

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 11820-2:2017

Xuất bản lần 1

**CÔNG TRÌNH CẢNG BIỂN –
YÊU CẦU THIẾT KẾ - PHẦN 2: TẢI TRỌNG VÀ TÁC ĐỘNG**

Marine port facilities - Design requirements - Part 2: Loads and actions

HÀ NỘI - 2017

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu.....	5
1 Phạm vi áp dụng.....	7
2 Tài liệu viện dẫn.....	7
3 Thuật ngữ, định nghĩa, ký hiệu và từ viết tắt.....	8
3.1 Thuật ngữ, định nghĩa.....	8
3.2 Ký hiệu và từ viết tắt.....	19
4 Nguyên tắc chung.....	22
4.1 Tổng quát.....	22
4.2 Phân loại tải trọng.....	22
4.3 Giá trị đặc trưng của tải trọng.....	22
4.4 Các giá trị biểu hiện khác của tải trọng tạm thời.....	23
4.5 Đặc trưng vật liệu và sản phẩm.....	23
4.6 Các hệ số thành phần và công thức tổ hợp.....	24
4.7 Đánh giá các tải trọng.....	30
4.8 Các trường hợp thiết kế và tổ hợp tải trọng.....	30
5 Khí tượng thủy văn và hải dương học.....	37
5.1 Tổng quát.....	37
5.2 Gió.....	37
5.3 Mực nước.....	46
5.4 Sóng.....	48
5.5 Dòng chảy.....	126
6 Điều kiện địa kỹ thuật.....	129
6.1 Khảo sát đất nền.....	129
6.2 Tính chất cơ lý của đất.....	131
7 Động đất.....	160
7.1 Khái quát.....	160
7.2 Sức kháng động đất của các công trình cảng và bệ cảng trong thiết kế.....	161
7.3 Phương pháp hệ số động đất.....	161
7.4 Hệ số động đất thiết kế.....	162
8 Tính toán áp lực đất.....	164
9 Sự hóa lỏng của đất.....	164

TCVN 11820-2:2017

10	Lún nền đất	164
11	Tàu.....	165
11.1	Các kích thước chính của tàu thiết kế	165
11.2	Các tác động do tàu.....	165
12	Tác động của môi trường	182
12.1	Những yếu tố của môi trường tác động đến công trình cảng.....	182
12.2	Các tác động của môi trường đến công trình cảng.....	183
12.3	Đánh giá các tác động của công trình cảng đến môi trường.....	183
13	Trọng lượng bản thân và tải trọng khai thác	183
13.1	Tổng quan.....	183
13.2	Định nghĩa trọng lượng bản thân và tải trọng khai thác.....	183
13.3	Trọng lượng bản thân.....	184
13.4	Tải trọng khai thác	185
Phụ lục A	- Lực do áp lực gió lên kết cấu công trình (tham khảo).....	188
Phụ lục B	- Một số vấn đề về mực nước thủy triều (tham khảo).....	191
Phụ lục C	- Sóng - Cơ sở lý thuyết (tham khảo).....	202
Phụ lục D	- Phân tích giá trị cực trị độc lập (tham khảo).....	215
Phụ lục E	- Tác động sóng và dòng chảy (tham khảo)	218
Phụ lục F	- Phương pháp gần đúng đánh giá phản ứng và chuyển vị của các kết cấu đơn giản chịu tải trọng chu kỳ (tham khảo).....	225
Phụ lục G	- Các công thức lực gió và dòng chảy (tham khảo).....	229
Phụ lục H	- Vận chuyển bùn cát ven bờ và dự báo diễn biến bờ biển (tham khảo)	241
Phụ lục I	- Quan trắc và nghiên cứu về khí tượng và biển (tham khảo).....	258
Phụ lục J	- Tính toán áp lực nước (tham khảo)	264
Phụ lục K	- Dự báo, đánh giá hóa lỏng và các biện pháp chống hóa lỏng (tham khảo)	266
Phụ lục L	- Các kích thước chính của tàu thiết kế (tham khảo).....	273
Phụ lục M	- Điều kiện sóng cho phép đối với các tàu đang neo (BS 6349-1-1: 2013) (tham khảo).....	286
Phụ lục N	- Tải trọng phương tiện thiết bị khai thác (tham khảo).....	292
Thư mục tài liệu tham khảo		301

Lời nói đầu

TCVN 11820-2: 2016 do Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải được xây dựng trên cơ sở tham khảo OCDI: Tiêu chuẩn kỹ thuật công trình cảng và bể cảng Nhật Bản và BS 6349: Công trình hàng hải, Bộ Giao thông Vận tải đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ tiêu chuẩn “**Công trình Cảng biển - Yêu cầu thiết kế**” dự kiến gồm các phần sau:

Phần 1: Nguyên tắc chung;

Phần 2: Tải trọng và tác động;

Phần 3: Yêu cầu về vật liệu;

Phần 4: Nền móng và cải tạo đất

- Phần 4-1: Nền móng;

- Phần 4-2: Cải tạo đất;

Phần 5: Công trình bến;

Phần 6: Đê chắn sóng;

Phần 7: Luồng tàu và bể cảng;

Phần 8: Ụ khô, âu tàu, triển và bến nhà máy đóng tàu;

Phần 9: Nạo vét và tôn tạo đất;

Phần 10: Công trình cảng khác.

Công trình cảng biển - Yêu cầu thiết kế - Phần 2: Tải trọng và tác động

Mairine Port Facilities - Design Requirements - Part 2: Loads and Actions.

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định tải trọng và tác động trong thiết kế xây dựng mới, cải tạo nâng cấp và bảo trì cho các loại công trình cảng biển.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có):

TCVN 4195:2012, *Đất xây dựng - Phương pháp xác định khối lượng riêng trong phòng thí nghiệm;*

TCVN 4196:2012, *Đất xây dựng - Phương pháp xác định độ ẩm và độ hút ẩm trong phòng thí nghiệm;*

TCVN 4197:2012, *Đất xây dựng - Phương pháp xác định giới hạn dẻo và giới hạn chảy trong phòng thí nghiệm;*

TCVN 4199:2012, *Đất xây dựng - Phương pháp xác định sức chống cắt trong phòng thí nghiệm ở máy cắt phẳng;*

TCVN 4200:2012, *Đất xây dựng - Phương pháp xác định tính nén lún trong phòng thí nghiệm;*

TCVN 4202:2012, *Đất xây dựng - Các phương pháp xác định khối lượng thể tích trong phòng thí nghiệm;*

TCVN 5747:1993, *Đất xây dựng - Phân loại;*

TCVN 8421: 2010, *Công Trình thủy lợi - Tải trọng và lực tác dụng lên công trình do sóng và tàu;*

TCVN 8721:2012, *Đất xây dựng công trình thủy lợi - Phương pháp xác định khối lượng thể tích khô lớn nhất và nhỏ nhất của đất rời trong phòng thí nghiệm;*

TCVN 11820-2:2017

TCVN 8723:2012, *Đất xây dựng công trình thủy lợi - Phương pháp xác định hệ số thấm của đất trong phòng thí nghiệm;*

TCVN 8729:2012, *Đất xây dựng công trình thủy lợi - Phương pháp xác định khối lượng thể tích của đất;*

TCVN 8868:2011, *Thí nghiệm xác định sức kháng cắt không cố kết - không thoát nước và cố kết thoát nước của đất dính trên thiết bị nén ba trục;*

TCVN 9153:2012, *Công trình thủy lợi - Phương pháp chỉnh lý kết quả thí nghiệm mẫu đất;*

TCVN 9350:2012, *Đất xây dựng - Phương pháp phóng xạ xác định độ ẩm và độ chặt của đất tại hiện trường;*

TCVN 9351:2012, *Đất xây dựng - Phương pháp thí nghiệm hiện trường - Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT);*

TCVN 9437:2012, *Khoan thăm dò địa chất công trình;*

TCVN 9846:2013, *Quy trình thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng CPTu;*

TCVN 9901:2014, *Công trình thủy lợi - Yêu cầu thiết kế đê biển;*

TCVN 11419:2016, *Luồng tàu biển - Yêu cầu thiết kế;*

TCVN 11820-1: 2017, *Công trình Cảng biển - Yêu cầu thiết kế - Phần 1: Nguyên tắc chung;*

OCDI 2002 & 2009, *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan (Tiêu chuẩn kỹ thuật công trình cảng và bến cảng Nhật Bản);*

BS 6349-1-2: 2016, *Maritime Work - Part 1-2: General - Code of practice for assessment of actions (Công trình hàng hải - Phần 1-2: Khái quát - Tiêu chuẩn đánh giá các tác động);*

ASTM D5311, *Phương pháp thử tiêu chuẩn xác định sức kháng cắt cố kết không thoát nước của đất với tải trọng lặp theo chu kỳ;*

3 Thuật ngữ, định nghĩa, ký hiệu và từ viết tắt

3.1 Thuật ngữ, định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa nêu trong **TCVN 11820-1:2017** và các thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1.1

Ảnh hưởng của tác động - E (Effect of action)

Ảnh hưởng của tác động trên bộ phận kết cấu (ví dụ như nội lực, mô men, ứng suất, biến dạng) hay trên toàn bộ công trình (ví dụ như biến dạng, xoay).

3.1.2

Biểu đồ phân tán (Scatter diagram)

Đồ thị thể hiện xác suất chung của hai hoặc nhiều hơn các thông số (khí tượng hải dương).

CHÚ THÍCH: Thường dùng với các thông số sóng để thể hiện xác suất xuất hiện đồng thời của chiều cao sóng có ý nghĩa ($H_{1/3}$) và chu kỳ đại diện (T_z hay T_p).

3.1.3

Trạng thái giới hạn (Limit state)

Trạng thái tương ứng với các điều kiện mà vượt qua nó thì công trình hay bộ phận công trình không thoả mãn các quy định đã được dựa vào để thiết kế.

3.1.4

Trạng thái giới hạn cực hạn (Ultimate limit state - ULS)

Các trạng thái đi kèm với phá hoại trượt hay các dạng phá hoại kết cấu tương tự khác.

CHÚ THÍCH: Nói chung, chúng tương ứng với sức chịu tải lớn nhất của công trình hay bộ phận công trình.

3.1.5

Trạng thái giới hạn khả năng sử dụng (Serviceability limit state- SLS)

Trạng thái tương ứng với các điều kiện mà vượt qua nó thì công trình hay bộ phận công trình không thoả mãn các yêu cầu sử dụng đã quy định.

3.1.6

Trạng thái giới hạn sử dụng không thể phục hồi (Irreversible serviceability limit states)

Trạng thái giới hạn sử dụng mà một số hậu quả của các tải trọng vượt quá các yêu cầu sử dụng đã quy định sẽ vẫn duy trì khi các tải trọng đã dời đi.

3.1.7

Trạng thái giới hạn sử dụng có thể phục hồi (Reversible serviceability limit states)

Trạng thái giới hạn sử dụng mà không có hậu quả nào của các tải trọng vượt quá các yêu cầu sử dụng đã quy định sẽ vẫn duy trì khi các tải trọng đã dời đi.

3.1.8

Giới hạn khai thác trong giai đoạn thiết kế (Design stage operating limit- DSOL)

Thiết lập và phát triển các giới hạn khai thác về môi trường trong các giai đoạn quy hoạch và thiết kế theo các mục đích thiết kế cho bến, luồng, khu vực quay tàu và các công trình tương tự khác, để tiến hành tính toán thời gian ngừng hoạt động do thời tiết trong giai đoạn thiết kế.

3.1.9

Chiều cao sóng (Wave height)

Chiều cao tính từ bụng sóng trước đến đỉnh sóng.

3.1.10

Chiều cao sóng có ý nghĩa – $H_{1/3}$ (Significant wave height)

Chiều cao trung bình của 1/3 các chiều cao lớn nhất của các con sóng đi qua điểm không trong một trạng thái biển.

CHÚ THÍCH: Trong phần lớn các hệ thống đo đạc, chiều cao sóng có hiệu được tính theo $4\sqrt{m_0}$, ở đây m_0 là mô men phổ điểm không, hay 4σ , σ là độ lệch tiêu chuẩn của các thời gian cao trình bề mặt nước trên khoảng thời gian đo đạc, thường khoảng 30 min.

3.1.11

Chiều dài sóng (Wave length)

Khoảng cách giữa các đỉnh sóng liên tiếp nhau.

3.1.12

Chiều sâu hàng hải (Nautical depth)

Khoảng cách theo chiều đứng tức thời và cục bộ giữa đáy hàng hải và bề mặt nước tự do không bị xáo trộn.

3.1.13

Chu kỳ sóng (Wave period)

Thời gian để hai đỉnh sóng liên tiếp nhau đi qua một điểm cố định.

3.1.14

Chu kỳ đỉnh phổ sóng (Spectral peak wave period)

Chu kỳ của mật độ năng lượng lớn nhất (đỉnh) dạng phổ.

CHÚ THÍCH: Trong thực tế khi trong phổ có nhiều hơn một đỉnh thì lấy đỉnh cao nhất.

3.1.15 Dòng chảy (Currents)

3.1.15.1

Dòng chảy tổng hợp (Total current)

Dòng chảy tổng hợp quan sát được bao gồm các thành phần thủy triều, sóng, gió hay các ảnh hưởng khác làm xuất hiện dòng chảy tại khu vực.

3.1.15.2

Dòng dư (Residual current)

Phần của dòng chảy tổng mà không được tạo thành từ các thành phần điều hòa của thủy triều.

3.1.15.3**Dòng thủy triều (Tidal current)**

Phần của dòng chảy tổng mà chịu tác động của lực thủy triều (dòng triều).

3.1.16**Đáy chạy tàu (Nautical bottom)**

Cao trình mà các đặc tính vật lý của đáy luồng hàng hải hay khu vực điều khiển tàu đạt đến một giới hạn mà khi tiếp xúc với sóng tàu gây ra các ảnh hưởng không đảm bảo đối với khả năng kiểm soát hay điều khiển tàu.

3.1.17**Điều kiện khai thác bình thường (Normal operating conditions)**

Điều kiện đối với trường hợp thiết kế khi công trình được xem xét đang trong sử dụng khai thác để cập tàu, tàu rời bến hay trong điều kiện neo phù hợp với các giới hạn khai thác giai đoạn thiết kế đối với công trình.

3.1.18**Điều kiện khai thác cực trị (Extreme operating condition)**

Điều kiện của trường hợp thiết kế khi công trình chịu các điều kiện môi trường cực trị vượt quá giới hạn khai thác giai đoạn thiết kế (DSOL), có hay không sử dụng cho tàu cập, rời bến hay neo.

CHÚ THÍCH: Điều kiện khai thác cực trị có thể bao gồm điều kiện môi trường cực trị có các chu kỳ trở lại khác nhau. Đối với các kết cấu lâu dài thường có thể là các hiện tượng có chu kỳ trở lại 50 đến 100 năm được xem như các trường hợp thiết kế chuẩn tắc và 500 đến 1000 năm khi thiết kế theo trường hợp sự cố.

3.1.19**Độ chìm thêm (Squat)**

Độ chìm thêm không đổi của con tàu đang chuyển động bao gồm sự tịnh tiến và xoay do dòng nước đi qua thân tàu đang chuyển động.

3.1.20**Giai đoạn quy hoạch (Planning phase)**

Khoảng thời gian khi các yêu cầu về chức năng và khai thác đã được xác định đủ để bắt đầu thiết kế, nguồn số liệu hiện có và sự hiểu biết đã được nghiên cứu và có thể bắt đầu nghiên cứu khả thi.

3.1.21**Giá trị danh định (Nominal value)**

Giá trị được xác định không dựa trên cơ sở thống kê, ví dụ như trên kinh nghiệm đã tích lũy được hay trên các điều kiện vật lý.

3.1.22

Giá trị đặc trưng của một tải trọng - F_k (Characteristic value of an action)

Giá trị đại diện chính của một tải trọng.

CHÚ THÍCH: Hiện nay một giá trị đặc trưng có thể xác định trên cơ sở thống kê, được chọn sao cho tương ứng với một xác suất đã mô tả không vượt quá một bất lợi trong một "chu kỳ tham chiếu" có xét đến tuổi thọ thiết kế của công trình và thời lượng của trường hợp thiết kế.

3.1.23

Chu kỳ tham chiếu (Reference period)

Chu kỳ thời gian đã chọn mà được sử dụng làm cơ sở để đánh giá các tải trọng tạm thời theo thống kê và khả năng của các tải trọng sự cố.

3.1.24

Giá trị đại diện của một tải trọng - F_{rep} (Representative value of an action)

Giá trị sử dụng để kiểm tra một trạng thái giới hạn. Giá trị đại diện có thể là giá trị đặc trưng F_k hay giá trị tải trọng đi cùng ΨF_k .

3.1.25

Giá trị thiết kế của một tải trọng - F_d (Design value of an action)

Giá trị nhận được bằng tích của giá trị đại diện với hệ số thành phần γ_f .

3.1.26

Giá trị của một tải trọng tạm thời dài hạn - $\Psi_2 Q_k$ (Quasi-permanent value of a variable action)

Giá trị được xác định sao cho tổng chu kỳ thời gian của nó sẽ chiếm phần lớn chu kỳ tham chiếu. Nó có thể được biểu diễn như một phần xác định của giá trị đặc trưng khi sử dụng hệ số $\Psi_2 \leq 1$.

3.1.27

Gió giật (Gust)

Tốc độ gió tăng hay giảm nhanh, duy trì nhỏ hơn 1 min.

3.1.28

Giông (Squall)

Hiện tượng giông đặc trưng bởi tấn công bất ngờ.

CHÚ THÍCH: Thời lượng giông thường tính theo min hơn là theo h và thường đi kèm với sự thay đổi hướng gió, hạ nhiệt độ không khí đột ngột và mưa lớn. Để được phân loại như một cơn giông, tốc độ gió thường lớn hơn khoảng 13 km/h và duy trì dài hơn 2 min (để khác với gió giật).

3.1.29**Giới hạn khai thác về môi trường (Environmental operating limits)**

Giá trị giới hạn về thời tiết biển hay các thông số môi trường khác, bao gồm gió, sóng, sóng lừng, tốc độ dòng chảy, mức thủy triều, tầm nhìn và nhiệt độ, mà nếu vượt quá sẽ không cho phép các khai thác nhất định, cần được quy định trong sổ tay khai thác của công trình.

3.1.30**Hiệu ứng nước nông (Shoaling)**

Sự biến đổi sóng gây bởi chỉ riêng sự thay đổi chiều sâu khi chúng đi vào vùng nước nông hơn.

CHÚ THÍCH: Hiệu ứng nước nông xảy ra vì tốc độ sóng và chiều dài sóng giảm trong vùng nước nông, do đó năng lượng trên một đơn vị diện tích sóng tăng lên, gây nên tăng chiều cao sóng. Chu kỳ sóng vẫn giữ nguyên trong nước nông. Các ảnh hưởng biến đổi sóng nước nông khác như khúc xạ xuất hiện riêng rẽ với nước nông.

3.1.31**Khai thác và bảo trì (Operation and maintenance)**

Sự sử dụng hàng ngày các công trình cảng biển đã hoàn thành bao gồm kiểm tra theo định kỳ hay đột xuất, bảo trì và sửa chữa.

3.1.32**Mức nước biển trung bình (Mean sea level)**

Trung bình của mọi mực nước biển đo được cách nhau một h trên toàn bộ một chu kỳ thủy triều thiên văn 18,6 năm.

CHÚ THÍCH: Thay đổi theo mùa và trong năm của mực nước biển trung bình có thể dự kiến xảy ra trong một số vùng, và trong nhiều năm mực nước biển trung bình có thể thay đổi.

3.1.33**Mức nước thấp trung bình khi triều cường (Mean low water spring (MLWS))**

Trung bình, trong một chu kỳ thời gian dài, của chiều cao hai con nước thấp liên tiếp trong triều kiệt.

3.1.34**Mức nước tĩnh (Still water level)**

Mức nước bề mặt không thay đổi, theo lý thuyết, khi không có ảnh hưởng nào của sóng và gió.

CHÚ THÍCH 1: Mực nước tĩnh thường được dùng để tính toán động học sóng đối với tác động chung và cao trình đỉnh sóng đối với các cao trình mặt bến nhỏ nhất.

CHÚ THÍCH 2: Mực nước tĩnh là một khái niệm trừu tượng, dành cho các mực đích kỹ thuật, được tính toán bằng cách cộng thêm vào các ảnh hưởng của thủy triều, nước dâng do bão và các sai số do thay đổi mực nước biển trong tương lai nhưng không xét đến các thay đổi do các sóng đối với mực nước biển trung bình.

3.1.35

Nhiều xạ (Diffraction)

Sự uốn, phân tán và giao thoa của các sóng khi đi qua một vật cản (như đê chắn sóng) hay qua một khoảng hở (như lối vào bể cảng).

3.1.36

Nước cao cực trị (Extreme high water)

Mức nước cao nhất dự báo xảy ra tại một vị trí như một tổ hợp của thủy triều thiên văn, nước dâng nâng cao hay hạ thấp, triều giả và dòng chảy sông đối với một hiện tượng cực trị có chu kỳ trở lại đã được định nghĩa.

3.1.37

Nước dâng do bão (Storm surge)

Thay đổi mực nước biển (tăng hoặc giảm) mà do các lực khí tượng (khác với thủy triều).

CHÚ THÍCH 1: Nước dâng có thể xảy ra trên bờ thoáng, trên các vịnh và trên các cửa sông do tác động của gió ép lên bề mặt nước, sự giảm áp suất khí quyển, triều giả do bão gây nên, sự hình thành sóng và các nguyên nhân khác.

CHÚ THÍCH 2: Thuật ngữ "dâng" cũng được dùng theo nghĩa khác để mô tả chuyển động dọc của một con tàu đang neo.

3.1.38

Nước thấp cực trị (Extreme low water)

Mức nước thấp nhất dự báo xảy ra tại một vị trí, là tổ hợp của thủy triều thiên văn, nước dâng nâng cao hay hạ thấp, triều giả và dòng chảy sông đối với một hiện tượng cực trị có chu kỳ trở lại đã được định nghĩa.

3.1.39

Phổ sóng (Wave spectrum)

Phép đo tổng năng lượng đi cùng với sự biến động của cao trình mặt biển trên dải tần số đơn vị và trên khu vực theo hướng đơn vị.

CHÚ THÍCH 1: Phổ tần số sóng (tích phân trên mọi hướng) thường được mô tả bằng cách sử dụng một vài dạng thông số như phổ sóng Pierson-Moskowitz hay JONSWAP.

CHÚ THÍCH 2: Diện tích bên dưới phổ sóng là mô men phổ về không m_0 , là phép đo tổng năng lượng trong trạng thái biển và được sử dụng để tính chiều cao sóng có hiệu.

3.1.40

Soliton (Soliton)

Sóng trọng lực dao động bên trong một khối chất lỏng truyền trên bề mặt giữa hai chất lỏng có mật độ khác nhau.

CHÚ THÍCH 1: Thường trong các điều kiện ngoài khơi trong đại dương sâu, chúng truyền dọc theo lớp chuyển tiếp nhiệt và chịu sự điều khiển bởi lực thủy triều tương tác với đặc trưng chiều sâu.

CHÚ THÍCH 2: Soliton thường được biết như "các con sóng bên trong".

3.1.41

Sóng khúc xạ (Refraction wave)

Sự uốn cong hướng truyền sóng do sự thay đổi chiều sâu nước dưới các con sóng.

CHÚ THÍCH: Phần sóng nước nông di chuyển chậm hơn so với phần sóng trong nước sâu hơn, khi đó chiều sâu dưới đỉnh sóng thay đổi dọc theo đỉnh, sóng bị uốn cong.

3.1.42

Sóng lừng (Swell)

Trạng thái biển trong đó sóng hình thành bởi gió từ một nơi xa chuyển động tới, không phải hình thành tại chỗ.

CHÚ THÍCH: Khi xếp hạng các loại sóng từ một phổ hay từ các đo đạc, năng lượng trong dải chu kỳ từ 8 s đến 25 s có thể mô tả như sóng lừng. Năng lượng tại các chu kỳ dài hơn 25 s có thể được mô tả như năng lượng sóng trọng lực bề mặt.

3.1.43

Sóng phản xạ (Reflection wave)

Trường hợp xảy ra khi sóng gặp phải một vật cản, ví dụ như đê biển hay đê chắn sóng.

CHÚ THÍCH: Sóng cũng phản xạ khi đi khỏi các bãi và tại vị trí thay đổi chiều sâu đột ngột.

3.1.44

Sóng thần (Tsunami)

Các sóng biển chu kỳ dài gây bởi các chuyển dịch đứng nhanh của đáy biển do động đất, hay bởi trượt đất đáy biển hay ven bờ.

3.1.45

Sóng trọng lực bề mặt (Infragravity wave)

Sóng chu kỳ dài là sóng đi cùng nhóm sóng lừng đi qua các khoảng cách dài, hay truyền sóng tự do một cách độc lập sau khi tương tác với các đường bờ nông.

CHÚ THÍCH: Năng lượng sóng trong dải chu kỳ 25 s đến 500 s nói chung có thể được phân loại là năng lượng sóng trọng lực bề mặt. Các sóng có chu kỳ dài hơn 500 s có thể sẽ đi cùng với sóng thần và thủy triều.

3.1.46

Tải trọng - F (Action)

a) Một bộ các lực (tải trọng) đặt lên công trình (tác động trực tiếp – direct actions);

b) Một bộ các biến dạng hay gia tốc gây bởi, ví dụ như, thay đổi nhiệt độ, biến động độ ẩm, lún lệch hay động đất (tác động gián tiếp - indirect actions).

3.1.47

Tải trọng thường xuyên - G (Permanent action)

Tải trọng mà có thể tác động trong suốt chu kỳ tham chiếu đã cho và có thể bỏ qua sự thay đổi về biên độ theo thời gian, hay chỉ luôn luôn thay đổi theo một hướng (đơn điệu) cho đến khi tải trọng đó đạt đến một giá trị giới hạn nhất định.

3.1.48

Tải trọng tạm thời - Q (Variable action)

Tải trọng mà không thể bỏ qua sự thay đổi về biên độ theo thời gian, hay có thể thay đổi theo cả hai hướng.

3.1.49

Tải trọng sự cố - A (Accidental action)

Tải trọng mà thường có thời lượng ngắn nhưng biên độ lớn mà có thể không xảy ra đối với một công trình đã cho trong tuổi thọ thiết kế.

CHÚ THÍCH 1: Có thể dự kiến một tải trọng sự cố trong nhiều trường hợp để gây ra các hậu quả nghiêm trọng trừ khi đã có các biện pháp thích hợp.

CHÚ THÍCH 2: Các tải trọng do va chạm, gió và động đất có thể là các tải trọng tạm thời hay sự cố, phụ thuộc vào thông tin có được về các phân bố thống kê.

3.1.50

Tải trọng động đất - A_E (Seismic action)

Tải trọng phát sinh do chuyển dịch đất nền khi động đất.

3.1.51

Tải trọng địa kỹ thuật (Geotechnical action)

Tải trọng do đất nền, đất đắp hay nước ngầm truyền lên công trình.

3.1.52

Thiết kế cơ sở (Concept design)

Thiết kế cơ sở là thiết kế được lập trong Báo cáo nghiên cứu khả thi đầu tư xây dựng trên cơ sở phương án thiết kế được lựa chọn, thể hiện được các thông số kỹ thuật chủ yếu phù hợp với tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật được áp dụng, là căn cứ để triển khai các bước thiết kế tiếp theo.

3.1.53

Thiết kế kỹ thuật (Detailed design)

Thiết kế kỹ thuật là thiết kế cụ thể hóa thiết kế cơ sở sau khi dự án đầu tư xây dựng công trình được phê duyệt nhằm thể hiện đầy đủ các giải pháp, thông số kỹ thuật và vật liệu sử dụng phù hợp với tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật được áp dụng, là cơ sở để triển khai thiết kế bản vẽ thi công.

3.1.54**Tốc độ gió trung bình (Mean wind speed)**

Tốc độ gió trung bình theo thời gian, trung bình trên một khoảng thời gian quy định và tại cao trình quy định.

CHÚ THÍCH: Tốc độ gió trung bình thay đổi theo cao trình bên trên mực nước biển trung bình và theo khoảng thời gian lấy trung bình; cao trình tham chiếu tiêu chuẩn là 10 m và khoảng thời gian tiêu chuẩn là 1 h.

3.1.55**Thông số khí tượng hải dương (Metocean parameters)**

Thiết kế khí tượng và hải dương và các thông số khai thác bao gồm gió, mưa, các điều kiện khí quyển, bức xạ mặt trời, mực nước, sóng, dòng chảy, chất lượng nước và các đặc trưng vật lý và hóa học và sinh vật biển.

3.1.56**Thời gian dừng do thời tiết (Weather downtime)**

Thời kỳ trong đó một bến không thể cho cập bến, neo và các hoạt động vận chuyển hàng hóa do các điều kiện thời tiết không thuận lợi, trạng thái biển, thủy triều dòng chảy hay tầm nhìn vượt quá các giới hạn khai thác đã định nghĩa.

3.1.57 Thủy triều (Tides)**3.1.57.1****Thủy triều thiên văn (Astronomical tide)**

Hiện tượng mặt biển luân phiên tăng và giảm chịu sự chi phối duy nhất của các điều kiện thiên văn của mặt trời và mặt trăng, được dự báo theo các thành phần thủy triều, xác định theo phân tích điều hòa các số đo mức thủy triều trong một chu kỳ dài.

3.1.57.2**Thủy triều thiên văn thấp nhất (Lowest astronomical tide - LAT)**

Mức thủy triều thấp khi mọi thành phần điều hòa gây nên thủy triều ở trong cùng pha.

CHÚ THÍCH: Các thành phần điều hòa trong một pha xảy ra xấp xỉ cứ 18,6 năm một lần, nhưng mức tương đương với LAT đạt đến nhiều lần mỗi năm tại đa phần các vị trí. LAT không thể hiện mức nước biển thấp nhất mà có thể đạt tới, vì nước rút và sóng thần có thể gây nên các mức thấp hơn. LAT thường là mức được chọn làm số "0" hải đồ để đo đặc bản đồ hàng hải.

3.1.57.3**Triều cường (Spring tides)**

Hai lần trong một tháng âm lịch trong phạm vi trung bình của hai lần triều liên tiếp là lớn nhất.

3.1.57.4**Triều kém (Neap tides)**

Hai lần trong một tháng âm lịch trong phạm vi trung bình của hai lần triều liên tiếp là nhỏ nhất.

3.1.58

Trạng thái biển (Sea state)

Điều kiện biển trong một chu kỳ mà trong đó các thống kê của nó giữ hầu như không đổi.

CHÚ THÍCH: Theo ý nghĩa thống kê học, trạng thái biển không thay đổi đáng kể trong chu kỳ đó. Chu kỳ mà trong đó tồn tại điều kiện này thường giả thiết là 3 h, mặc dù nó phụ thuộc vào tình trạng thời tiết cụ thể tại mọi thời điểm đã cho.

3.1.59

Triều giả (Seiche)

Sự dao động của khối nước với chu kỳ tự nhiên của nó.

CHÚ THÍCH: Triều giả thường có dạng các con sóng đứng hay lắc/dao động của bề mặt tự do. Các dao động này có thể có chu kỳ từ vài min trong bể cảng và vịnh đến trên 10 h trong các hồ lớn.

3.1.60

Tiêu chí thiết kế (Design criteria)

Các công thức định lượng mô tả các điều kiện phải thỏa mãn từng trạng thái giới hạn.

3.1.61

Trường hợp thiết kế (Design situation)

Tập hợp các điều kiện thực tế xảy ra trong một khoảng thời gian nhất định mà thiết kế sẽ cho thấy các trạng thái giới hạn liên quan không bị vượt quá.

3.1.62

Trường hợp thiết kế ngắn hạn (Transient design situation)

Trường hợp thiết kế có chu kỳ ngắn hơn rất nhiều tuổi thọ thiết kế của công trình và có xác suất xảy ra cao.

CHÚ THÍCH: Trường hợp thiết kế ngắn hạn tham chiếu đến các điều kiện tạm thời của công trình, về sử dụng, hay bị phơi ra, ví dụ như trong khi thi công hay sửa chữa.

3.1.63

Trường hợp thiết kế ổn định (Persistent design situation)

Trường hợp thiết kế có chu kỳ yêu cầu giống như tuổi thọ thiết kế của công trình.

CHÚ THÍCH: Nói chung, tham chiếu đến các điều kiện sử dụng tiêu chuẩn.

3.1.64

Trường hợp thiết kế sự cố (Accidental design situation)

Trường hợp thiết kế bao gồm các điều kiện (hay sự phơi ra) bất thường của công trình, bao gồm hỏa hoạn, nổ, va chạm hay hư hỏng cục bộ.

3.1.65**Thiết kế phòng cháy (Fire design)**

Thiết kế công trình để đạt được khả năng làm việc yêu cầu trong trường hợp hỏa hoạn.

3.1.66**Trường hợp thiết kế động đất (Seismic design situation)**

Trường hợp thiết kế bao gồm các điều kiện bất thường của công trình khi xảy ra hiện tượng động đất.

3.1.67**Tiêu chí tính sử dụng (Serviceability criterion)**

Tiêu chí thiết kế cho một trạng thái giới hạn sử dụng.

3.1.68**Xoáy nhiệt đới (Tropical cyclone)**

Tuần hoàn đại dương hay khí quyển khép kín chung quanh một vùng áp thấp mà hình thành ban đầu trên các đại dương nhiệt đới.

CHÚ THÍCH 1: Tuần hoàn theo chiều ngược chiều kim đồng hồ trong bán cầu bắc và theo chiều kim đồng hồ trong bán cầu nam. Thực tế xoáy nhiệt đới có thể thành một trong những cơn bão mạnh nhất trên thế giới, với tốc độ gió vượt quá 145 km/h và đi kèm mưa lớn.

CHÚ THÍCH 2: Các xoáy nhiệt đới thường nói đến các cơn bão ở Vịnh Mexico và Bắc Đại Tây Dương, các cơn bão nhiệt đới ở Biển Đông và Tây Bắc Thái Bình Dương và các xoáy ở nam Thái Bình Dương và Biển Nam Ấn Độ.

3.2 Ký hiệu và từ viết tắt**3.2.1 Ký hiệu**

A	Tải trọng sự cố
A_d	Giá trị tải trọng sự cố thiết kế
A_{Ed}	Giá trị tải trọng động đất thiết kế
A_T	Diện tích hình chiếu mặt trước của tàu trên mặt nước (m^2)
A_L	Diện tích hình chiếu mặt bên của tàu trên mặt nước (m^2)
B	Chiều rộng của tàu (m)
C_b	Hệ số khối của tàu
C_m	Hệ số khối lượng thủy động của tàu
C_e	Hệ số lệch tâm của tàu
C_s	Hệ số độ mềm của tàu
C_c	Hệ số hình dạng bên
C_x	Hệ số cản của gió theo hướng X (hướng mũi tàu)
C_y	Hệ số cản của gió theo hướng Y (hướng mạn tàu)
C_M	Hệ số mô men áp lực gió xung quanh phần giữa tàu

TCVN 11820-2:2017

D	Mớn nước đầy tải của tàu (m)
E_f	Năng lượng cập tàu (kNm)
F	Tải trọng
F_d	Giá trị thiết kế của tải trọng
F_k	Giá trị đặc trưng của tải trọng
F_{rep}	Giá trị đại diện của một tải trọng
F_r	Số Froude
G	Tải trọng thường xuyên
G_d	Giá trị thiết kế của tải trọng thường xuyên
$G_{d,sup}$	Giá trị thiết kế cao của tải trọng thường xuyên
$G_{d,inf}$	Giá trị thiết kế thấp của tải trọng thường xuyên
G_k	Giá trị đặc trưng của tải trọng thường xuyên
$G_{k,j}$	Giá trị đặc trưng của tải trọng thường xuyên j
$G_{k,j,sup}$	Giá trị đặc trưng cao của tải trọng thường xuyên j
$G_{k,j,inf}$	Giá trị đặc trưng thấp của tải trọng thường xuyên j
L	Khoảng cách từ điểm mà tàu chạm vào công trình neo đậu tới trọng tâm của tàu đo dọc theo đường mặt của công trình neo đậu (m)
L_{oa}	Tổng chiều dài tàu (m)
L_{pp}	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc (m)
M_s	Khối lượng của tàu (T)
M_w	Khối lượng nước xung quanh tàu (khối lượng nước cuốn theo) (T)
P	Tải trọng do ứng suất trước
Q	Tải trọng tạm thời
Q_d	Giá trị thiết kế của tải trọng tạm thời
Q_k	Giá trị đặc trưng của một tải trọng tạm thời
$Q_{k,1}$	Giá trị đặc trưng của tải trọng tạm thời thứ 1
$Q_{k,i}$	Giá trị đặc trưng của tải trọng tạm thời đi kèm i
S	Diện tích bề mặt ngập nước của tàu (m ²)
R	Bán kính quay xung quanh trục thẳng đứng đi qua trọng tâm của tàu (m)
R_x	Thành phần lực gió theo hướng X (kN)
R_y	Thành phần lực gió theo hướng Y (kN)
R_f	Áp lực dòng chảy (kN)
R_M	Mô men lực gió xung quanh phần giữa tàu (kNm)
U	Vận tốc gió (m/s)

U_{10}	Vận tốc gió trung bình ở độ cao tiêu chuẩn 10 m (m/s)
V_b	Vận tốc cập bến (m/s)
∇	Khối lượng dẫn nước của tàu (m^3)
ρ_a	Khối lượng riêng không khí, có thể được lấy là $\rho_a = 1,23 \cdot 10^{-3} (t/m^3)$
γ	Hệ số thành phần
γ_G	Hệ số thành phần của các tải trọng thường xuyên
γ_Q	Hệ số thành phần của các tải trọng tạm thời
γ_p	Hệ số thành phần của các tải trọng do ứng suất trước
$\gamma_{G,sup}$	Hệ số thành phần ảnh hưởng bất lợi của các tải trọng thường xuyên
$\gamma_{G,int}$	Hệ số thành phần ảnh hưởng có lợi của các tải trọng thường xuyên
Ψ_0	Hệ số giá trị tổ hợp của tải trọng tạm thời
Ψ_1	Hệ số giá trị ngắn hạn của tải trọng tạm thời
Ψ_2	Hệ số giá trị dài hạn của tải trọng tạm thời

3.2.2 Từ viết tắt

Từ viết tắt	Từ tiếng Anh	Từ tiếng Việt
CDL	Chart Datum Level	Cao độ "0" hải đồ
DT	Displacement Tonnage	Lượng dẫn nước theo tấn
DWT	Dead Weight Tonnage	Trọng tải tĩnh
DSOL	Design stage operating limit	Giới hạn khai thác trong giai đoạn thiết kế
EQU	Loss of equilibrium	Mất cân bằng tĩnh học
FAT	Fatigue failure	Phá hoại mỏi
GEO	Failure of the ground	Phá hoại do đất nền
GT	Gross Tonnage	Trọng tải toàn bộ
HYD	Hydraulic heave/gradients	Gradient thủy lực/đất trời thủy lực
MBL	Minimum breaking load	Tải trọng đứt dây nhỏ nhất của dây neo
MLWS	Mean low water spring	Mực nước thấp trung bình khi triều cường
SWL	Safe working load	Tải trọng làm việc an toàn của dây neo
LAT	Lowest astronomical tide	Triều thiên văn thấp nhất
SLS	Serviceability limit state	Trạng thái giới hạn khả năng sử dụng
STR	Failure of the structure	Phá hoại của kết cấu
UPL	Uplift/buoyancy	Lực nâng lên/đẩy nổi
ULS	Ultimate limit state	Trạng thái giới hạn cực hạn

4 Nguyên tắc chung

4.1 Tổng quát

Đề thiết kế công trình cảng biển, cần thiết lập được những tác động và các yêu cầu về độ bền vật liệu một cách phù hợp để làm các điều kiện thiết kế tuân theo yêu cầu làm việc của công trình và hiện trạng nơi đặt công trình.

Các điều kiện bao gồm gió, thủy triều, sóng, sóng thần, sự di chuyển của nước biển, thủy lực cửa sông, dòng ven bờ, các điều kiện đất, áp lực nước và đất, lún mặt đất, chuyển động của mặt đất, hóa lỏng của đất, kích thước chính của tàu thiết kế, tác động môi trường, trọng lượng bản thân, gia tải...

Việc xác lập các điều kiện thiết kế (tải trọng và tác động) ảnh hưởng nhiều đến tính năng, hiệu quả kinh tế,... của công trình, vì thế cần được thực hiện một cách thận trọng.

Các điều kiện thiết kế nói chung cần được thiết lập dựa trên kết quả khảo sát và thí nghiệm sơ bộ phù hợp. Điều cần thiết là hiểu rõ các phương pháp và kết quả của các khảo sát và thí nghiệm đó.

4.2 Phân loại tải trọng

Tải trọng được phân loại theo sự biến động theo thời gian như sau:

- Tải trọng thường xuyên (G), ví dụ như trọng lượng bản thân (thép, bê tông, đất và các vật liệu khác), tải trọng địa kỹ thuật, nước ngầm, tải trọng do ứng suất trước trong kết cấu bê tông cũng như trong đất và các tải trọng không trực tiếp gây bởi lún không đều, co ngót...;
- Tải trọng tạm thời (Q), ví dụ như tải trọng do giao thông đường bộ, do các thiết bị trong cảng như cần cẩu di động trong khai thác hay trong thi công, do neo cập tàu, do hàng hóa, do gió, do sóng, do dòng chảy và do biến động nước ngầm và triều trở...
- Các tải trọng sự cố (A) như do nổ hay đâm va của tàu và các phương tiện,...

CHÚ THÍCH: Các tải trọng không trực tiếp do chịu biến dạng có thể là thường xuyên hay tạm thời.

4.3 Giá trị đặc trưng của tải trọng

Giá trị đặc trưng F_k của một tải trọng là giá trị đại diện chính của nó và được quy định như:

- Một giá trị trung bình, một giá trị cao hơn hay thấp hơn, hay giá trị danh định (không phải là phân bố thống kê);
- Trong tài liệu thiết kế.

Giá trị đặc trưng của một tải trọng thường xuyên cần được đánh giá như sau :

- Nếu biến động của G có thể xem rất nhỏ, có thể sử dụng một giá trị G_k ;
- Nếu biến động của G không thể xem là nhỏ, có thể sử dụng hai giá trị: một giá trị $G_{k,sup}$ cao hơn và một giá trị $G_{k,inf}$ thấp hơn.

Biến động của G có thể bỏ qua nếu G không thay đổi đáng kể trong tuổi thọ thiết kế của kết cấu và hệ số biến động của nó rất nhỏ. G_k khi đó lấy bằng giá trị trung bình.

CHÚ THÍCH 1: Hệ số biến động này có thể nằm trong phạm vi 0,05 đến 0,10 tùy theo loại kết cấu.

Trong các trường hợp kết cấu rất nhạy cảm với biến động trong G (ví dụ như một số loại kết cấu bê tông ứng suất trước), cần sử dụng hai giá trị ngay cả khi hệ số biến động rất nhỏ. Khi đó $G_{k,inf}$ lấy tại 5 % điểm phân vị và $G_{k,sup}$ lấy tại 95 % điểm phân vị của phân bố thống kê Gauss.

Tải trọng do ứng suất trước (P) cần được phân loại như một tải trọng thường xuyên gây bởi hoặc các lực được kiểm soát và/hoặc các biến dạng được kiểm soát tác động trên kết cấu. Các loại ứng suất này cần phân biệt từng loại khác nhau (ví dụ như ứng suất trước bằng các thanh hay ứng suất trước bằng cách đặt biến dạng qua các gối đỡ).

CHÚ THÍCH 2: Các giá trị đặc trưng của ứng suất trước, tại thời điểm t, có thể là một giá trị cao hơn $P_{k,sup}(t)$ và một giá trị thấp hơn $P_{k,inf}(t)$. Đối với các trạng thái giới hạn cực hạn có thể sử dụng một giá trị trung bình $P_m(t)$.

Đối với các tải trọng tạm thời, giá trị đặc trưng Q_k tương ứng với hoặc:

- Một giá trị cao hơn có xác suất dự kiến không bị vượt quá hay một giá trị thấp hơn có xác suất dự kiến sẽ được duy trì, trong khoảng thời gian tham chiếu quy định nào đó. Hay:
- Một giá trị danh định mà có thể được quy định trong các trường hợp khi không biết phân bố thống kê.

Đối với các tải trọng sự cố, giá trị thiết kế A_d cần được quy định cho từng dự án.

Đối với các tải trọng động đất, giá trị thiết kế A_{Ed} cần được đánh giá từ giá trị đặc trưng A_{Ek} hay quy định cho từng dự án.

4.4 Các giá trị biểu hiện khác của tải trọng tạm thời

Các giá trị biểu hiện khác của tải trọng tạm thời như sau:

- Giá trị tổ hợp được biểu hiện bằng tích $\Psi_0 Q_k$, dùng để kiểm tra các trạng thái giới hạn cực hạn và các trạng thái giới hạn sử dụng không thể phục hồi;
- Giá trị tải trọng tạm thời ngắn hạn được biểu hiện bằng tích $\Psi_1 Q_k$, dùng để kiểm tra các trạng thái giới hạn cực hạn có bao gồm các tải trọng sự cố và để kiểm tra các trạng thái giới hạn sử dụng có thể phục hồi.
- Giá trị tải trọng tạm thời dài hạn được biểu hiện bằng tích $\Psi_2 Q_k$, dùng để kiểm tra các trạng thái giới hạn cực hạn có bao gồm các tải trọng sự cố và để kiểm tra các trạng thái giới hạn sử dụng có thể phục hồi. Các giá trị tải trọng tạm thời dài hạn cũng được sử dụng để tính toán các ảnh hưởng lâu dài

Trong đó:

Ψ_0 : hệ số giá trị tổ hợp của tải trọng tạm thời;

Ψ_1 : hệ số giá trị ngắn hạn của tải trọng tạm thời;

Ψ_2 : hệ số giá trị dài hạn của tải trọng tạm thời.

CHÚ THÍCH: Giá trị tải trọng tạm thời dài hạn cũng có thể được xác định bằng giá trị trung bình của một khoảng thời gian đã chọn.

4.5 Đặc trưng vật liệu và sản phẩm

Đặc trưng của vật liệu (bao gồm đất và đá) hay sản phẩm cần được biểu thị bằng các giá trị đặc trưng

Khi kiểm tra trạng thái giới hạn mà nhạy cảm với sự biến động của đặc tính vật liệu, cần xét đến các giá trị đặc trưng cao hơn và thấp hơn của đặc tính vật liệu.

TCVN 11820-2:2017

Khi giá trị thấp của đặc tính vật liệu và sản phẩm là bất lợi, giá trị đặc trưng cần được định nghĩa như giá trị tại điểm phân vị 5 %.

Khi giá trị cao của đặc tính vật liệu và sản phẩm là bất lợi, giá trị đặc trưng cần được định nghĩa như giá trị tại điểm phân vị 95 %.

Các giá trị đặc tính vật liệu phải được xác định theo các thí nghiệm tiêu chuẩn thực hiện trong các điều kiện quy định. Phải áp dụng một hệ số tính đổi khi cần để chuyển đổi các kết quả thí nghiệm thành các giá trị mà có thể giả thiết thể hiện được ứng xử của vật liệu và sản phẩm trong kết cấu hay đất nền.

Khi không có số liệu thống kê đầy đủ để thiết lập các giá trị đặc trưng của đặc tính vật liệu hay sản phẩm, có thể lấy các giá trị danh định làm các giá trị đặc trưng hay có thể thiết lập trực tiếp các giá trị thiết kế của đặc tính đó. Khi các giá trị thiết kế cao hơn hay thấp hơn của đặc tính vật liệu hay sản phẩm được thiết lập trực tiếp (ví dụ như các hệ số ma sát, các tỷ số giảm chấn), cần lựa chọn chúng sao cho nhiều hơn các giá trị bất lợi có thể ảnh hưởng đến xác suất xảy ra của trạng thái giới hạn đang xem xét đến một phạm vi tương tự với các giá trị thiết kế khác.

Khi cần tính toán cường độ cao hơn (ví dụ như để đánh giá sức chịu tải thiết kế và đối với cường độ chịu kéo của bê tông để tính các ảnh hưởng của các tải trọng không trực tiếp) cần xét đến một giá trị đặc trưng cao hơn.

Việc giảm sức kháng của cường độ vật liệu hay sản phẩm cần được xem xét do kết quả ảnh hưởng của các tải trọng lặp lại và có thể giảm sức kháng theo thời gian do mỏi.

Thông số độ cứng kết cấu (ví dụ như các mô đun đàn hồi, các hệ số biến dạng dư) và các hệ số giãn nở do nhiệt cần lấy các giá trị trung bình. Cần dùng các giá trị khác nhau để xét đến thời lượng của tải trọng.

CHÚ THÍCH: Trong một số trường hợp, có thể xét đến giá trị cao hơn hay thấp hơn giá trị trung bình của mô đun đàn hồi (ví dụ như trong trường hợp mất ổn định).

Khi cần một hệ số thành phần đối với các vật liệu và sản phẩm, phải sử dụng một giá trị gần đúng trừ khi có thông tin thống kê phù hợp để đánh giá độ tin cậy của giá trị đã chọn.

4.6 Các hệ số thành phần và công thức tổ hợp

Các tổ hợp tải trọng cần bao gồm các tải trọng thường xuyên và các tải trọng tạm thời. Các tải trọng bên trong như ứng suất trước cần xét đến khi thích hợp.

Các hệ số thành phần và và tổ hợp tải trọng cần dựa theo các kiến nghị cho trong tiêu chuẩn này. Đặc biệt cần kể đến như sau đây:

- a) Tải trọng sóng cần được xem như tải trọng tạm thời;
- b) Tải trọng do dòng chảy cần được xem như tải trọng tạm thời;
- c) Tải trọng đi cùng với các hoạt động của tàu (tải trọng do cập tàu, neo tàu, lực đẩy chân vịt tàu và do các khung dẫn lên tàu) cần được xem như tải trọng tạm thời;
- d) Tải trọng do tàu va đâm sự cố cần được xem như tải trọng tạm thời;

e) Tải trọng đi cùng với các hoạt động khai thác của cảng (của các phương tiện trong cảng, các cần cầu và hàng hoá) cần được xem như tải trọng tạm thời;

CHÚ THÍCH 1: Trọng lượng bản thân của các cần cầu cố định hay di động có thể được xem như một tải trọng thường xuyên, và là các tải trọng tạm thời đối với các cần cầu khi được xem như tải trọng hàng hoá hay tải trọng do môi trường.

f) Các tổ hợp khi tải trọng gió trên công trình, trên các toà nhà, các cầu dẫn, các đường đi bộ hay các cần cầu và các tải trọng sóng trên công trình cảng biển xuất hiện đồng thời trong một trường hợp thiết kế cần được giả thiết như các tải trọng tạm thời.

g) Các hệ số thành phần đối với các tải trọng thường xuyên và các tải trọng tạm thời độc lập lấy theo Bảng 1.

CHÚ THÍCH 2: Nếu tổ hợp bao gồm các tải trọng thường xuyên và các tải trọng tạm thời thì các hệ số thành phần cho trong Bảng 1 chỉ lấy các hệ số cần thiết cho các tải trọng thiết kế mà đã được sử dụng để kiểm tra.

Nếu tổ hợp bao gồm các tải trọng thường xuyên và nhiều hơn một tải trọng tạm thời thì một trong những tải trọng tạm thời đó cần được quy định như tải trọng tạm thời chính và các tải trọng tạm thời khác cần được giả thiết như các tải trọng tạm thời đi cùng. Các tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời chính cần được nhân với các hệ số thành phần cho trong Bảng 1, nhưng các tải trọng tạm thời đi cùng cần nhân với các hệ số ψ , chúng là những hệ số cho giá trị tổ hợp ψ_0 , giá trị thường xuyên ψ_1 hay giá trị giả thường xuyên ψ_2 của các tải trọng tạm thời.

CHÚ THÍCH 3: Chúng thể hiện các xác suất đã giảm mà các ảnh hưởng lớn nhất xảy ra đồng thời khi xét cùng với nhiều hơn một tải trọng tạm thời độc lập về thống kê. Khi các tác động xuất hiện từ cùng một nguyên nhân thì chúng có thể được xử lý đồng thời như một tải trọng tạm thời chính hay thứ yếu khi thích hợp.

Khi thích hợp, thiết kế cần đánh giá các trường hợp thiết kế khác nhau bằng cách lấy các tải trọng tạm thời khác nhau làm tải trọng tạm thời chính cho đến khi xác định được tổ hợp gây ra phản ứng bất lợi nhất của kết cấu.

CHÚ THÍCH 4: Điều này có nghĩa là một tải trọng tạm thời khác đã được giảm bởi hệ số ψ trong từng trường hợp thiết kế khác nhau.

Cần sử dụng các công thức cho trong Bảng 3 để xác định cách áp dụng các hệ số thành phần và các hệ số ψ cho các tổ hợp tải trọng thường xuyên, tải trọng do ứng suất trước và tải trọng tạm thời.

Bảng 1 - Các hệ số thành phần của tải trọng (tiếp theo)

Loại tải trọng	Kịch bản	Hạng mục	Ký hiệu	EQU (bộ A)		STR/GEO (bộ B)		STR/GEO (bộ C)	
				Bất lợi	Có lợi	Bất lợi	Bất lợi	Có lợi	Bất lợi
Tải trọng thường xuyên ¹⁾		Trọng lượng bản thân thép	$Y_{G,sup}$	1,05	0,95	1,20	0,95	1,00	1,00
			$Y_{G,inf}$						
		Trọng lượng bản thân bê tông	$Y_{G,sup}$	1,05	0,95	1,35	0,95	1,00	1,00
			$Y_{G,inf}$						
		Trọng lượng đất và các vật liệu khác	$Y_{G,sup}$	1,05	0,95	1,35	0,95	1,00	1,00
			$Y_{G,inf}$						
		Tĩnh tải và phụ thêm ²⁾	$Y_{G,sup}$	1,05	0,95	1,20	0,95	1,00	1,00
$Y_{G,inf}$									
Tải trọng địa kỹ thuật	$Y_{G,sup}$	1,05	0,95	1,35	0,95	1,00	1,00		
	$Y_{G,inf}$								
Nước ngầm ³⁾	$Y_{G,sup}$	1,05	0,95	1,35	0,95	1,00	1,00		
	$Y_{G,inf}$								
Lún lệch	$Y_{G,sup}$	-	-	1,20 ⁴⁾	-	1,00	-		
	$Y_{G,inf}$								
Tải trọng tạm thời	Tải trọng giao thông đường bộ	Phương tiện đường bộ (nhóm 1a)	Y_Q	1,35	-	1,35	-	1,15	-
		Tải trọng đi bộ (nhóm 1a)	Y_Q	1,35	-	1,35	-	1,15	-
		Các lực ngang (nhóm 2)	Y_Q	1,35	-	1,35	-	1,15	-
		Tải trọng đi bộ (nhóm 3)	Y_Q	1,35	-	1,35	-	1,15	-
	Tải trọng thiết bị ⁴⁾	Cần cầu khung	Y_Q	1,35	-	1,35	-	1,15	-
		Cần cầu cảng di động	Y_Q	1,35	-	1,35	-	1,15	-
		Cần cầu thi công	Y_Q	1,35	-	1,35	-	1,15	-
		Phương tiện cửa cảng	Y_Q	1,35	-	1,35	-	1,15	-
		Thiết bị bốc xếp hàng hoá	Y_Q	1,35	-	1,35	-	1,15	-
	Tải trọng hàng hoá	Container	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,15	-
		Hàng bách hoá	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,15	-
		Hàng rời	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,15	-
		Sản phẩm lỏng	Y_Q	1,05	-	1,05	-	1,00	-
	Tải trọng môi trường	Tải trọng gió ⁶⁾	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,30	-
		Gió khai thác (giới hạn khai thác do môi trường)	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,30	-
		Tác động do nhiệt ⁶⁾	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,30	-
		Dòng chảy	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,30	-
		Sóng	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,30	-
		Sóng khai thác (giới hạn khai thác do môi trường)	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,30	-
		Triều trở hay nước ngầm thay đổi ³⁾	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,30	-
	Tải trọng khai thác tàu ⁷⁾	Cập tàu (theo năng lượng đặc trưng) ⁸⁾	Y_Q	1,35	-	1,35	-	1,15	-
		Cập tàu (theo năng lượng đặc trưng) ⁸⁾	Y_Q	1,20	-	1,20	-	1,10	-
		Neo tàu	Y_Q	Xem Bảng 2	-	Xem Bảng 2	-	Xem Bảng 2	-
		Khung dẫn của tàu	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,30	-
		Lực máy đẩy của tàu	Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,30	-
	Tải trọng thi công		Y_Q	1,50	-	1,50	-	1,30	-

Bảng 1 - Các hệ số thành phần của tải trọng (tiếp theo)

Loại tải trọng	Kịch bản	Hạng mục	Ký hiệu	EQU (bộ A)		STR/GEO (bộ B)		STR/GEO (bộ C)	
				Bất lợi	Có lợi	Bất lợi	Bất lợi	Có lợi	Bất lợi
	Tải trọng địa kỹ thuật ⁹⁾	Áp lực đất	γ_0	-	-	-	-	-	-
<p>CHÚ THÍCH: Có những bộ hệ số thành phần khác nhau cho các trường hợp thiết kế khác nhau, những bộ chính là :</p> <ul style="list-style-type: none"> - EQU: bộ để đánh giá các trạng thái cân bằng tổng thể như ổn định lật khi cường độ của các bộ phận kết cấu hay đất nền không còn vai trò khống chế; - STR: bộ khống chế việc đánh giá cường độ kết cấu khi cường độ kết cấu có vai trò khống chế; - GEO: bộ khống chế việc đánh giá phá hoại hay biến dạng bị vượt quá của đất nền khi cường độ đất hay đá có vai trò khống chế; - FAT: bộ để dùng cho phá hoại mỏi của công trình hay các bộ phận kết cấu; - UPL: bộ để dùng cho mất cân bằng của công trình hay đất nền do sự nâng lên bởi áp lực nước (đẩy nổi); - HYD: bộ để dùng cho sự trôi đất do thủy lực, xói và dòng chảy bên trong đất do gradient thủy lực gây ra. <p>¹⁾ Các giá trị đặc trưng của mọi tải trọng thường xuyên từ một nguồn có thể nhân với $\gamma_{G, sup}$ nếu tổng tải trọng từ nguồn đó là bất lợi, và với $\gamma_{G, inf}$ nếu tổng tải trọng từ nguồn đó là có lợi.</p> <p>²⁾ Tĩnh tải có phụ thêm thể hiện các đặc trưng như tải trọng bề mặt. Đối với tải trọng bề mặt xác suất chất tải lại trong tuổi thọ thiết kế của công trình cần xét đến bằng cách đưa vào chiều dày bổ sung.</p> <p>³⁾ Đối với các tải trọng phụ thuộc vào mực nước, các giá trị đặc trưng có thể đánh giá trực tiếp theo theo Phần 4.1 của bộ tiêu chuẩn này. Tuy theo có thể áp dụng an toàn bổ sung đối với mực nước đặc trưng. Tuy nhiên các mực nước giới hạn có thể bị hạn chế trong hình học của công trình. Các giá trị đặc trưng của áp lực nước từ một nguồn, ví dụ như mực nước triều, được nhân với riêng giá trị của γ_0 hay γ_G nếu phù hợp. Các hệ số thành phần cho các tải trọng như vậy có thể được xác định cho từng dự án riêng rẽ.</p> <p>⁴⁾ Đối với các trường hợp thiết kế khi các tải trọng do chênh lún có các ảnh hưởng bất lợi. Cần phải tăng lên 1,35 trong trường hợp phân tích phi tuyến. Đối với các trường hợp thiết kế khi tải trọng do chênh lún có các ảnh hưởng có lợi, không cần xét đến các tải trọng đó.</p> <p>⁵⁾ Các hệ số thành phần cho trong Bảng 1 cho các cân cấu tổ hợp với trọng lượng bản thân và các tải trọng tạm thời. Chúng có thể riêng biệt, với trọng lượng bản thân được xử lý như tải trọng thường xuyên đối với tĩnh tải có phụ thêm và thành phần biến đổi được xử lý như tải trọng hàng hoá đối với hàng bách hoá và/hoặc như một hay hơn các tải trọng môi trường. Khi không biết thành phần trọng lượng bản thân của các tải trọng cân cấu thì các tải trọng tổ hợp cần xét đến như một tải trọng thường xuyên để dùng cho các tính toán mà đòi hỏi phải xét đến các ảnh hưởng động đất hay tải trọng tạm thời dài hạn.</p> <p>⁶⁾ Các giá trị của γ_0 cho các tải trọng môi trường trong Bảng 1 là dựa trên các giá trị đặc trưng có chu kỳ lặp bằng với tuổi thọ thiết kế của công trình nhưng không nhỏ hơn 50 năm đối với các trường hợp dài hạn. Đối với các trường hợp thiết kế ngắn hạn, chu kỳ lặp này cần được xác định cho từng dự án và thường là 10 năm đối với các trường hợp ngắn hạn và ít nhất không nhỏ hơn 1 năm .</p> <p>⁷⁾ Đối với các hệ số thành phần liên quan đến các tải trọng trên các công trình neo tàu, xem Bảng 2.</p> <p>⁸⁾ Các giá trị của γ_0 cho các tải trọng đệm tàu đã kiến nghị một phạm vi các hệ số rộng hơn rất nhiều so với hiện nay, do giảm xác suất vượt quá của các tải trọng lớn.</p> <p>⁹⁾ Không cho giá trị nào do giá trị thiết kế của áp lực đất cần dựa trên các giá trị thiết kế của các hoạt tải làm tăng áp lực đất</p>									

Bảng 2 - Hệ số thành phần của các tải trọng neo tàu

Điều kiện khai thác	Phương pháp đánh giá tải trọng	Hệ số thành phần cho các tải trọng (γ_a)	
		EQU (Bộ A) và STR/GEO (Bộ B)	STR/GEO (Bộ C)
Điều kiện khai thác bình thường (bến bận, đang tiến hành công tác bốc xếp hàng hóa và các hoạt động khác)	Các tải trọng tính toán có thể lớn nhất đối với các điều kiện môi trường tiêu chuẩn đã quy định (trong tổ hợp với các tải trọng cập tàu và/hoặc các tải trọng khai thác ổn định khác khi có thể áp dụng)	1,5	1,3
Điều kiện khai thác cực trị (bến bận)	Các tải trọng tính toán có thể lớn nhất đối với các điều kiện môi trường khai thác cực trị đã quy định (trong tổ hợp với các tải trọng cập tàu khi có thể áp dụng)	1,5	1,3
Điều kiện khai thác cực trị (bến bận)	Điều kiện khai thác cực trị -tải trọng dựa trên đặc tính tốc độ ¹⁾ của thiết bị neo tàu khi đã biết tại giai đoạn thiết kế và khi phù hợp với các yêu cầu khai thác.	1,3	1,15
Điều kiện sự cố (bến bận)	Đánh giá tổng tải trọng lớn nhất có thể trên các điểm neo đối với kịch bản sự cố dựa trên: <ul style="list-style-type: none"> - Đánh giá rủi ro các khai thác cụ thể đã đề nghị và các điều kiện môi trường trội hơn; và - Đặc tính giới hạn²⁾ của thiết bị neo tàu và dây dừng để neo tàu và thiết bị neo trên bến nhân với không nhỏ hơn 1,18. 	-	-

¹⁾ Ví dụ như khi người khai thác bến tương lai mô tả các tàu chở dầu và khi phù hợp với OCIMF MEG 3 thì đặc tính tốc độ của thiết bị neo và các dây buộc thường được định nghĩa như SWL và thường phối hợp với dự trữ an toàn về cường độ chịu kéo. Đối với các tời, tải trọng giữ khi phanh thường lấy 60% của MBL của các dây neo và đặc tính tốc độ này có thể là tải trọng giữ thiết kế tương đương 80% của MBL của các dây neo.

²⁾ Đặc tính giới hạn của một thiết bị neo tàu và các dây neo có thể lấy như MBL của các dây neo. Đặc tính giới hạn của thiết bị neo trên bến có thể lấy bằng SWL. Hệ số 1,18 cho phép các dự trữ điển hình giữa các đặc trưng các đặc tính giới hạn thiết kế hay mã hiệu của các dây neo, tời và khớp và cường độ chịu kéo giới hạn trên.

Bảng 3 - Các công thức tổ hợp tải trọng

Trường hợp thiết kế	Trạng thái giới hạn	Tải trọng thường xuyên	Ứng suất trước	Tải trọng sự cố chính hay động đất	Tải trọng tạm thời chính ¹⁾	Tải trọng tạm thời đi cùng ¹⁾	Công thức số
Các trạng thái giới hạn cực hạn							
Dài hạn và ngắn hạn	Bất lợi	$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j}^{sup}$ $G_{k,j}^{sup}$	$+Y_p P$	-	$+Y_{Q,1} Q_{k,1}$	$+\sum Y_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \dots$	1
	Có lợi	$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j}^{inf}$ $G_{k,j}^{inf}$	$+Y_p P$	-	$+Y_{Q,1} Q_{k,1}$	$+\sum Y_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \dots$	1
Sự cố	Bất lợi	Hoặc: $\sum G_{k,j}^{sup}$ Hay: $\sum G_{k,j}^{sup}$	$+P$	$+A_d$	$+\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$+\sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	2
		Hoặc: $\sum G_{k,j}^{inf}$ Hay: $\sum G_{k,j}^{inf}$	$+P$	$+A_d$	$+\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$+\sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	2
	Có lợi	Hoặc: $\sum G_{k,j}^{sup}$ Hay: $\sum G_{k,j}^{sup}$	$+P$	$+A_d$	$+\psi_{1,1} Q_{k,1}^{2)}$	$+\sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	2
		Hoặc: $\sum G_{k,j}^{inf}$ Hay: $\sum G_{k,j}^{inf}$	$+P$	$+A_d$	$+\psi_{2,1} Q_{k,1}^{2)}$	$+\sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	2
Động đất	Bất lợi	$\sum G_{k,j}^{sup}$	$+P$	$+A_{Ed}^{3)}$	-	$+\sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	3
	Có lợi	$\sum G_{k,j}^{inf}$	$+P$	$+A_{Ed}^{3)}$	-	$+\sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	3
Sự cố thi công	Bất lợi	$\sum G_{k,j}^{sup}$	$+P$	$+A_d$	-	$+\sum \psi_{2,i} Q_{c,k}^{4)}$	Xem Chú thích 2
	Có lợi	$\sum G_{k,j}^{inf}$	$+P$	$+A_d$	-	$+\sum \psi_{2,i} Q_{c,k}^{4)}$	Xem Chú thích 2
Các trạng thái giới hạn khai thác							
Đặc trưng	Bất lợi	$\sum G_{k,j}^{sup}$	$+P$	-	$+Q_{k,1}$	$+\sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$	4
	Có lợi	$\sum G_{k,j}^{inf}$	$+P$	-	$+Q_{k,1}$	$+\sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$	4
Tạm thời ngắn hạn	Bất lợi	$\sum G_{k,j}^{sup}$	$+P$	-	$+\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$+\sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	5
	Có lợi	$\sum G_{k,j}^{inf}$	$+P$	-	$+\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$+\sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	5
Tạm thời dài hạn	Bất lợi	$\sum G_{k,j}^{sup}$	$+P$	-	-	$+\sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	6
	Có lợi	$\sum G_{k,j}^{inf}$	$+P$	-	-	$+\sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	6

Ký hiệu: + cần phải tổ hợp với; \sum ảnh hưởng tổ hợp của

¹⁾ Tải trọng tạm thời như liệt kê trong Bảng 1. Mọi tải trọng tạm thời trong trường hợp thiết kế cần được xếp hạng như "chính", những tải trọng tạm thời khác được xem như "đi cùng".

²⁾ Lựa chọn giữa $\psi_{1,1}$ hay $\psi_{1,2}$ liên quan đến trường hợp thiết kế sự cố liên quan.

³⁾ $A_{Ed} = \gamma A_{Ek}$ khi ảnh hưởng động đất như đã định nghĩa trong điều 7 của Tiêu chuẩn này.

⁴⁾ $Q_{c,k}$ là giá trị đặc trưng của các tải trọng thi công.

Chú thích 1: Các công thức 1, 2, 3 và 7, 8, 9 ở dưới không dùng để kiểm tra trạng thái giới hạn mỗi. Để kiểm tra mỗi xem mỗi xem các phần 5, 6 và 8 của bộ tiêu chuẩn này.

Chú thích 2: Trong khi thi công các trường hợp thiết kế liên quan phải được xét đến. Khi thích hợp các tải trọng thi công cụ thể cần được xét đến đồng thời trong những tổ hợp tải trọng phù hợp. Khi các tải trọng thi công không thể xảy ra đồng thời do áp dụng các biện pháp kiểm soát chúng không cần thiết xét đến trong các tổ hợp tải trọng tương ứng. Khi thích hợp các tác động do nhiệt và nước cần được xem xét đồng thời với các tải trọng thi công. Khi thích hợp các thông số khác nhau không chế các tải trọng do nước và các thành phần của tác động do nhiệt cần xét đến khi xác định các tổ hợp tương ứng với các tải trọng thi công.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (1)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (2)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (3)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (4)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (5)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6)$$

4.7 Đánh giá các tải trọng

Các giá trị tải trọng cần lấy theo điều 4.6.

Các trường hợp và tổ hợp thiết kế cần được chọn theo các đề nghị cho trong điều 4.8. Trong từng trường hợp cụ thể phải xét đến các tải trọng tới hạn khác mà có thể xảy ra.

4.8 Các trường hợp thiết kế và tổ hợp tải trọng

4.8.1 Các trường hợp thiết kế

1) Các trường hợp thiết kế ổn định

Các trường hợp thiết kế ổn định là trong trường hợp sử dụng tiêu chuẩn.

Các điều kiện sử dụng tiêu chuẩn đối với một công trình cảng biển là phù hợp để đánh giá các tải trọng và các tổ hợp tải trọng trong một trường hợp thiết kế ổn định cần bao gồm cả các điều kiện khai thác tiêu chuẩn và cực trị.

Điều kiện khai thác tiêu chuẩn là điều kiện cho trường hợp thiết kế khi công trình được xem xét khi sử dụng để cập tàu, tàu rời bến hay trong điều kiện neo buộc phù hợp với các hạn chế khai thác giai đoạn thiết kế.

Các hạn chế khai thác giai đoạn thiết kế là đánh giá sơ bộ các hạn chế khai thác theo điều kiện môi trường đã được thiết lập và phát triển trong các giai đoạn thiết kế và quy hoạch theo mục đích thiết kế các công trình bến, luồng tàu, khu vực quay tàu và các công trình tương tự khác và để tính toán trong giai đoạn thiết kế thời gian ngừng khai thác.

Điều kiện khai thác cực trị là điều kiện cho trường hợp thiết kế khi một công trình bến chịu các điều kiện môi trường cực trị vượt quá các hạn chế khai thác giai đoạn thiết kế có hay không có các con tàu sử dụng để cập bến, rời bến hay neo buộc.

CHÚ THÍCH 1: Những điều kiện khai thác cực trị có thể bao gồm các điều kiện môi trường cực trị có các chu kỳ lặp khác nhau. Thường đối với các công trình lâu bền có thể là các hiện tượng có chu kỳ lặp 50 đến 100 năm được xem như các trường hợp thiết kế ổn định, và các hiện tượng có chu kỳ lặp 500 đến 1000 năm được xem như các trường hợp thiết kế sự cố.

CHÚ THÍCH 2: Những ví dụ về trường hợp khai thác ổn định là:

- Các tải trọng môi trường có chu kỳ lặp tương ứng với tuổi thọ thiết kế của công trình (nhưng nói chung không nhỏ hơn 50 năm);
- Những mực nước có chu kỳ lặp tương ứng với tuổi thọ thiết kế của công trình;
- Nạo vét quá đáy biển nằm trong các sai số quy định;
- Đáy biển bị sâu hơn do xói;
- Tăng cột áp thủy tĩnh do hút cạn một khu nước để kiểm tra theo kế hoạch theo các khoảng thời gian không quá 1 năm;

- f) Biên độ các mực nước thủy triều cho khai thác mà xảy ra trong tổ hợp với các tải trọng do khai thác cảng;
- g) Các thay đổi dự báo trước đối với công trình, công trình đất, mặt bãi, bố trí kho bãi, thiết bị bốc xếp hay chiều sâu nạo vét;
- h) Tổ hợp các điều kiện môi trường và khai thác cảng khi các khai thác bị giới hạn đến các điều kiện môi trường nhất định đã được định nghĩa trước. Một ví dụ là khi một tàu không thể cập bến trong các điều kiện của điều a) bên trên và do vậy các khai thác bị hạn chế đến các tốc độ gió thấp hơn. Trong những trường hợp như vậy các tải trọng khai thác không xảy ra đồng thời với các tốc độ gió có chu kỳ lặp tương ứng với tuổi thọ thiết kế như trong điều a) nói trên.
- i) Các tải trọng xuất hiện do các khai thác cập tàu dẫn đến năng lượng cập tàu đặc trưng thiết kế.
- j) Tải trọng do container khi sử dụng các hệ số khác nhau để xếp container cao hơn một hàng;
- k) Tải trọng do sử dụng giao thông trong cảng tiêu chuẩn;
- l) Các tổ hợp tải trọng gió và sóng khi hoặc:
- Gió là tải trọng gió cực trị bao gồm tăng cường do gió giật như đã định nghĩa trong Điều 5.2 và tải trọng sóng là từ chiều cao sóng có ý nghĩa không phải là lớn nhất; hay
 - Sóng là tải trọng sóng từ chiều cao sóng lớn nhất cực trị và gió là tải trọng gió cực trị nhưng không có gió giật tăng cường.
- Điều a) ở trên bao gồm một danh sách các trường hợp thiết kế ổn định theo các phương pháp định nghĩa các tải trọng gió trong Điều 5.2 và tải trọng sóng và dòng chảy trong Điều 4.6 là dựa trên sự phân tích các trường hợp cực trị và các hệ số thành phần đã chọn phù hợp với trường hợp đó.

2) Các trường hợp thiết kế tạm thời

Trường hợp thiết kế tạm thời là các điều kiện tạm thời có thể áp dụng cho công trình, ví dụ như khi thi công hay sửa chữa.

CHÚ THÍCH: Những ví dụ về các trường hợp thiết kế tạm thời là :

- a) Tầng cột áp thủy tĩnh do hút cạn một khu nước để kiểm tra ngoài định kỳ;
- b) Các tải trọng tạm thời khi thi công.

3) Các trường hợp thiết kế sự cố

Trường hợp thiết kế sự cố là các điều kiện đặc biệt có thể áp dụng cho công trình hay chịu các điều kiện môi trường của nó, ví dụ như cháy, nổ, đắm va hay hậu quả của hư hỏng cục bộ.

Những trường hợp thiết kế sự cố đối với các công trình cảng biển cần bao gồm điều kiện khai thác sự cố.

Điều kiện khai thác sự cố là điều kiện cho trường hợp thiết kế khi công trình được xem như được khai thác cập tàu, tàu rời bến hay trong điều kiện neo buộc phù hợp với các hạn chế khai thác đối với công trình nhưng các điều kiện đặc biệt xảy ra do sai khác trong các trình tự khai thác công trình hay do thiết bị hư hỏng.

Cần thiết lập những trường hợp thiết kế sự cố có thể hợp lý và các điều kiện môi trường phù hợp bằng cách đánh giá rủi ro đối với các khai thác cụ thể đã được đề nghị và các điều kiện môi trường trội hơn.

CHÚ THÍCH 1: Những trường hợp thiết kế sự cố là :

Tầng cột áp thủy tĩnh do hút cạn một vùng nước xảy ra do một hư hỏng sự cố đối với các cửa ngăn cách;

- a) Các tải trọng phát sinh từ tàu đang cập bến mất kiểm soát;
- b) Các tổ hợp tải trọng từ gió cực trị được tăng cường bởi gió giật và chiều cao sóng lớn nhất cực trị.

CHÚ THÍCH 2: Đối với một số công trình cần xét đến ảnh hưởng của các tải trọng khai thác hay môi trường cực trị để đạt được một khả năng không bị phá hoại lớn và làm mất sự cân xứng. Trong các trường hợp như vậy có thể cần xem xét đến các tải trọng do môi trường của các hiện tượng có chu kỳ lặp 500 đến 1000 năm như các trường hợp thiết kế sự cố. Một kịch bản tàu đắm va có thể hợp lý cũng có thể được xem xét như một trường hợp thiết kế sự cố.

4) Trường hợp thiết kế bao gồm áp lực nước

Cần đánh giá sự biến động trong áp lực nước và các mực nước đi cùng với chúng do thủy triều và các điều kiện khí tượng. Khi thiết kế các tường chắn đáy chôn trong đất, các tường chắn trọng lực hay các mái dốc kê trong các tường bến hay bến trên nền cọc các thành phần cố định và biến đổi của áp lực nước cần áp dụng các hệ số thành phần phù hợp. Ngoài ra cần chú ý liệu các thành phần đó có cùng nguồn gốc và đã áp dụng hệ số thành phần phù hợp hay chưa.

CHÚ THÍCH: Nói chung thành phần thủy triều thể hiện phần biến động của tải trọng, thành phần còn lại là phần cố định.

5) Trường hợp thiết kế trong thi công

Cần xét đến các trường hợp thiết kế liên quan trong quá trình thi công.

Khi một công trình biển được đưa vào sử dụng trong các giai đoạn, cần xét đến các trường hợp thiết kế liên quan.

Khi có liên quan các tải trọng thi công cụ thể cần đặt đồng thời với các tải trọng môi trường và khai thác phù hợp.

CHÚ THÍCH: Khi các tải trọng thi công không xảy ra đồng thời do thực hiện các biện pháp kiểm soát, không cần xét đến chúng trong tổ hợp tải trọng liên quan.

Khi phù hợp cần phải xét đến các thông số khác nhau khổng chế các tác động của nước và sóng và các thành phần của tác động nhiệt khi xác định các tổ hợp có các tải trọng trong thi công.

6) Trường hợp thiết kế có bao gồm ứng suất trước trong kết cấu bê tông

Cần tham chiếu tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông ứng suất trước tương ứng.

7) Trường hợp thiết kế bao gồm lún không đều

Cần xét đến ảnh hưởng của lún không đều nếu được xem là lớn do ảnh hưởng của các tác động trực tiếp.

CHÚ THÍCH 1: Dự án cụ thể có thể quy định các giới hạn về tổng độ lún và chênh lún.

Chênh lún trên công trình do lún đất cần được phân loại như một tác động thường xuyên G_{set} và xét đến trong các tổ hợp tải trọng khi kiểm tra theo các trạng thái cực hạn và khai thác của công trình. G_{set} cần được thể hiện trong một bộ các giá trị tương ứng với các chênh lệch (so với cao trình tham chiếu) lún giữa các móng riêng biệt hay các bộ phận của các móng hay, $d_{set,i}$ (ở đây i là số hiệu của móng riêng biệt hay bộ phận móng đó).

CHÚ THÍCH 2: Lún chủ yếu gây bởi các tải trọng thường xuyên và đất đắp phía sau. Các tác động biến đổi có thể xét đến trong một vài dự án riêng rẽ.

CHÚ THÍCH 3: Độ lún biến động đơn điệu (trong cùng hướng) theo thời gian và cần xét đến từ thời điểm chúng phát sinh ảnh hưởng đến công trình (nghĩa là sau khi công trình hay bộ phận của nó trở nên không xác định (lính)). Ngoài ra trong trường hợp của một công trình bê tông hay một công trình có các bộ phận bê tông, có thể xảy ra tương tác giữa phát triển của độ lún và biến dạng dư trong các bộ phận bê tông.

Chênh lệch lún của các móng riêng rẽ hay các bộ phận của móng $d_{set,i}$ cần được dự báo tốt nhất có xét đến trình tự thi công công trình.

Khi không có các biện pháp kiểm soát cần xác định độ lún do tải trọng lâu dài như sau :

- $d_{set,i}$ cần được ấn định cho tất cả các móng độc lập hay các bộ phận của móng;
- Các móng độc lập hay các bộ phận của móng, được chọn để có được ảnh hưởng bất lợi nhất, sẽ phải chịu một độ lún $d_{set,i} \pm \Delta_{set,i}$, ở đây $\Delta_{set,i}$ là để xét đến sự không chắc chắn khi đánh giá độ lún.

8) Trường hợp thiết kế bao gồm các tải trọng gió và sóng

Các tải trọng gió và sóng tác động trong tổ hợp với các tải trọng khai thác cần phải phù hợp với các hạn chế khai thác do môi trường đã được định nghĩa trong giai đoạn thiết kế cho trường hợp khai thác đang xem xét.

CHÚ THÍCH 1: Các điều kiện gió và sóng khai thác là điều kiện lớn nhất trong đó đang tiến hành một khai thác cụ thể (ví dụ như tàu đang cập bến hay khai thác cần cẩu). Những giá trị khai thác đã được định nghĩa cho từng dự án. Những giá trị khai thác khác nhau có thể được định nghĩa đối với các khai thác khác nhau trong một dự án.

CHÚ THÍCH 2: Tuỳ theo các điều kiện khí hậu địa phương, một quy định khác đối với các tác động gió và nhiệt có thể được định nghĩa cho một dự án riêng rẽ. Cần tham chiếu các quy định địa phương có liên quan.

Tải trọng gió, sóng và dòng chảy cần được giá thiết tác động đồng thời khi những hoàn cảnh của địa điểm cho phép chúng tác động theo cùng hướng.

CHÚ THÍCH 3: Trong đa số các trường hợp, gió và các sóng hình thành do gió cục bộ có thể tác động trong cùng một hướng. Gió và sóng lừng có thể tác động trên cùng một hướng. Xem thêm các Chú thích của 2) và 3) của Điều 4.8.1.

9) Trường hợp thiết kế bao gồm các tải trọng sự cố (không chấn động)

CHÚ THÍCH 1: Khi một tải trọng cho trường hợp thiết kế sự cố cần phải xét đến thì không cần xét đến tải trọng sự cố khác trong cùng một tổ hợp.

Đối với một trường hợp thiết kế sự cố xét đến va chạm trong giao thông cảng, thiết bị hay cần cẩu di động, các tải trọng do giao thông, cần cẩu, hàng hoá kho bãi và tải trọng dòng chảy trên công trình cần được xét đến khi phù hợp trong các tổ hợp như các tải trọng đi kèm được phối hợp theo **Bảng 3**.

Cũng như mọi tải trọng tạm thời đã nêu trong các tổ hợp trong **Bảng 3**, các tải trọng cập tàu và neo tàu sự cố cần được tổ hợp với thành phần thường xuyên của các tải trọng từ mọi thiết bị hay cần cẩu của cảng trên công trình. Điều này được phép đối với đối với trường hợp khi một cần cẩu có thể đặt trong một vị trí cố lâu dài trên công trình tại thời điểm mà xảy ra sự cố, do đó cần được xem như một phần của tải trọng thường xuyên không phải là tải trọng tạm thời.

CHÚ THÍCH 2: Các tổ hợp bổ sung của các tải trọng cho các trường hợp thiết kế sự cố khác có thể được thoả thuận cho từng dự án riêng biệt.

10) Trường hợp thiết kế để kiểm tra điều kiện địa kỹ thuật

Các tổ hợp tải trọng trong trường hợp thiết kế kiểm tra điều kiện địa kỹ thuật cần giống như các kiểm tra theo trạng thái giới hạn cực hạn (ULS) khác.

4.8.2 Tổ hợp tải trọng

Các tải trọng cần được tổ hợp theo các công thức đã cho trong **Bảng 3** để kiểm tra các trạng thái giới hạn cực hạn và khai thác đối với toàn bộ phạm vi trường hợp thiết kế phù hợp với công trình.

CHÚ THÍCH 1: Ảnh hưởng của các tải trọng mà không xảy ra đồng thời do các lý do vật lý và chức năng không cần xem xét cùng nhau trong các tổ hợp tải trọng.

CHÚ THÍCH 2: Các tổ hợp có bao gồm các tải trọng bên ngoài phạm vi nói ở đây có thể được xác định cho dự án riêng rẽ khi xét đến xác suất xảy ra đồng thời của các thành phần tải trọng khác nhau.

CHÚ THÍCH 3: Đối với các tác động do động đất xem điều 7.

Tổ hợp tải trọng cho trong phạm vi các công thức 1, 2, 3 ở trên và công thức 7, 8 dưới đây cần được sử dụng khi kiểm tra trạng thái giới hạn cực hạn.

Dạng tổng quát:

$$E_d = \gamma_{sd} E\{\gamma_{g,j} G_{k,j}; \gamma_p P; \gamma_{q,1} Q_{k,1}; \gamma_{q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (7)$$

Tổ hợp một tải trọng tạm thời chính và các tải trọng tạm thời khác đi cùng:

$$E_d = E\{\gamma_{g,j} G_{k,j}; \gamma_p P; \gamma_{q,1} Q_{k,1}; \gamma_{q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (8)$$

Dạng tổng quát trường hợp thiết kế sự cố :

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_d; (\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) Q_{k,1}; \psi_{2,j} Q_{k,j}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (9)$$

CHÚ THÍCH 4: Bảng 3 liệt kê tổ hợp thể hiện theo hệ thống.

CHÚ THÍCH 5: Để kiểm tra mỗi xem các phần thiết kế công trình cụ thể.

Tổ hợp tải trọng cho trong phạm vi các công thức 4; 5; 6 và công thức 10 dưới đây cần được sử dụng khi kiểm tra các trạng thái giới hạn sử dụng.

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; Q_{k,j}; \psi_{0,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (10)$$

CHÚ THÍCH 6: Cần chú ý đến các đề nghị bổ sung để kiểm tra biến dạng và dao động cho trong các phần liên quan đến thiết kế các hạng mục công trình.

4.8.3 Các hệ số tổ hợp

CHÚ THÍCH 1: Các hệ số tổ hợp ψ được sử dụng trong các công thức tổ hợp, xem 4.8.2 và Bảng 1.

Các hệ số ψ cho trong Bảng 4 cần được sử dụng cho các tổ hợp các tải trọng biến động (Xem các công thức của Bảng 3).

CHÚ THÍCH 2: Các hệ số ψ có thể đặt cho các dự án riêng rẽ để đáp ứng các yêu cầu cụ thể.

4.8.4 Các hệ số thành phần của tải trọng

Các hệ số thành phần cho trong Bảng 1 cần được sử dụng trong các công thức tổ hợp đã cho trong điều 4.8.2 và Bảng 3.

Khi áp dụng Bảng 1 trong các trường hợp khi trạng thái giới hạn rất nhạy cảm đối với các thay đổi trong biên độ của các tải trọng thường xuyên, cần lấy các giá trị đặc trưng cao hơn và thấp hơn của các tải trọng này để kiểm tra trường hợp bất lợi nhất.

Cân bằng tĩnh (EQU) của các công trình cảng biển cần được kiểm tra khi sử dụng các giá trị thiết kế của các tải trọng trong bộ A.

Thiết kế các bộ phận kết cấu (STR) khi không bao gồm các tải trọng địa kỹ thuật chỉ cần dùng các giá trị tải trọng thiết kế trong bộ B để kiểm tra.

Thiết kế các bộ phận kết cấu (STR) khi bao gồm các tải trọng địa kỹ thuật và sức kháng của đất nền (GEO) cần được kiểm tra khi sử dụng một trong các bộ tiếp cận thiết kế đã nêu trong Phần 4.1 của Bộ tiêu chuẩn này và tùy theo cách tiếp cận thiết kế đã sử dụng, dùng các giá trị thiết kế hoặc theo bộ B hay C hay cả hai.

Nói chung thiết kế địa kỹ thuật cần được thực hiện khi sử dụng theo Phần 4.1 của Bộ tiêu chuẩn này với các hệ số thành phần bộ B hay bộ C được chọn theo Bảng 1.

CHÚ THÍCH: Phần 4.1 của Bộ tiêu chuẩn này có các nguyên tắc đánh giá ổn định địa kỹ thuật cũng như đánh giá các trường hợp phá hoại thủy lực và đáy nổi.

Các tổ hợp tải trọng để kiểm tra địa kỹ thuật cần giống như kiểm tra ULS.

Các giá trị γ_p để sử dụng cho các tải trọng do ứng suất trước cần lấy theo các giá trị đại diện của các tải trọng này tuân theo các Phần 5, 6 và 8 của Bộ tiêu chuẩn này.

Bảng 4 - Các hệ số ψ cho tổ hợp tải trọng trong công trình cảng biển

Tải trọng		Hệ số giá trị tổ hợp của tải trọng tạm thời ¹⁾ (ψ_0)	Hệ số giá trị ngắn hạn của tải trọng tạm thời ¹⁾ (ψ_1)	Hệ số giá trị dài hạn của tải trọng tạm thời ¹⁾ (ψ_2)
Tải trọng phương tiện giao thông	Xe đường bộ (nhóm 1a) ²⁾	0,75	0,75	0
	Xe đường bộ (nhóm 1b) ²⁾	0	0,75	0
	Tải trọng đường đi bộ (nhóm 2) ²⁾	0,40	0,40	0
	Các lực ngang (nhóm 2) ²⁾	0	0	0
	Tải trọng đường đi bộ (nhóm 3) ²⁾	0	0,40	0
Tải trọng chỉ do đường đi bộ ³⁾	Nhóm 1	0,40	0,40	0
	Q_{mk}	0	0	0
	Nhóm 2	0	0	0
Tải trọng thiết bị	Cần cầu khung	0,75	0,75	0 ³⁾
	Cần cầu cảng di động	0,75	0,75	0 ⁴⁾
	Cần cầu thi công	0 ⁴⁾	0,75	0
	Xe của cảng	0,75	0,75	0
	Thiết bị bốc xếp hàng hoá	0,75	0,75	0
Tải trọng hàng hoá ⁷⁾	Container trong khu xếp chính	0,90	0,80	0,70
	Hang bách hoá hay container trên mặt bến ⁸⁾	0,70	0,50	0,30
	Hang rời	1,0	0,90	0,80
	Sản phẩm lỏng	1,0	0,90	0,80

Bảng 4 - Các hệ số ψ cho tổ hợp tải trọng trong công trình cảng biển (tiếp theo)

Tải trọng		Hệ số giá trị tổ hợp của tải trọng tạm thời ¹⁾ (ψ_0)	Hệ số giá trị ngắn hạn của tải trọng tạm thời ¹⁾ (ψ_1)	Hệ số giá trị dài hạn của tải trọng tạm thời ¹⁾ (ψ_2)
Tải trọng do môi trường	Gió	0,50	0,20	0
	Gió khai thác	1,0	0	0
	Tác động do nhiệt	0,60	0,60	0,50
	Dòng chảy	0,60	0,20	0
	Dòng chảy khai thác ⁹⁾	0,60	0,20	0
	Sóng	0,60	0,20	0
	Sóng khai thác	0,60	0,20	0
	Triều trở ¹⁰⁾	0,60	0,20	0
Tải trọng khai thác	Cập tàu	0,75	0,75	0
	Neo tàu	0,50	0,20	0
	Khung dẫn của tàu	0,70	0,50	0 ⁹⁾
	Máy đẩy của tàu	0,75	0,75	0
Tải trọng thi công và lắp đặt		1,00	0	1,00

¹⁾ Ý nghĩa các hệ số ψ đã cho trong điều 4.4.

²⁾ Đối với các tải trọng giao thông đường bộ và đường đi bộ, cần chấp nhận các hệ số cho các cầu và đã được nhắc lại ở đây. Các viết tắt nhóm 1a, 1b, 2 và 3 tham chiếu đến các mẫu tải trọng đã định nghĩa trong bảng 1.

³⁾ Các tải trọng chỉ do đường đi bộ áp dụng được cho các công trình mà chỉ dùng để đi bộ và các xe phục vụ nhẹ.

⁴⁾ Đối với các điều kiện động đất liên quan đến các cần cầu khung, khi không có thông tin về khả năng chống động đất của cần cầu, một cần cầu khung cần đặt ở vị trí đã được đánh giá có thể hình thành các tải trọng tới hạn và khi đó thường cần được xem như một tải trọng thường xuyên, nghĩa là không xem như một tải trọng tạm thời.

⁵⁾ Hoạt động của cần cầu cảng di động cần được xét đến. tải trọng thường xuyên của chúng có thể thêm vào tải trọng thường xuyên của toàn bộ công trình trong một số vị trí như đối với cần cầu khung.

⁶⁾ Cần cầu sử dụng trong thi công hay bảo trì có thể cần tổ hợp với các tải trọng khác nếu cho phép các khai thác trong vùng bên cạnh.

⁷⁾ Các hệ số của tải trọng hàng hoá dựa trên định nghĩa tải trọng tạm thời ngắn hạn và tải trọng tạm thời dài hạn.

⁸⁾ Nếu dải mặt bến được sử dụng chủ yếu để xếp container, cần sử dụng các hệ số phù hợp với "Container trong khu xếp chính".

⁹⁾ Khi dòng chảy ảnh hưởng lớn đến tải trọng neo, cần sử dụng tải trọng neo do dòng chảy như tải trọng tạm thời dài hạn

¹⁰⁾ Triều trở cho tổ hợp tải trọng thường xuyên cần sử dụng đối với triều cường trung bình. Cần sử dụng triều trở do triều trung bình như tải trọng tạm thời dài hạn

4.8.5 Các trạng thái giới hạn khai thác và quy định khác

Đối với các trạng thái giới hạn khai thác, các tổ hợp tải trọng cần chọn theo các công thức tổ hợp trong **Bảng 3** và các giá trị tải trọng thiết kế chọn theo các quy định trong các **Phần 5, 6, và 8** của bộ tiêu chuẩn này.

Cần định nghĩa các tiêu chí khai thác liên quan đến các yêu cầu tính khai thác. Biến dạng cần được tính toán tuân theo các quy định các **Phần 5, 6, và 8** của bộ tiêu chuẩn này khi sử dụng các tổ hợp tải trọng thích hợp theo các **công thức 4; 5 và 6** có xét đến các yêu cầu về tính khai thác và phân biệt giữa các trạng thái giới hạn có thể phục hồi và không thể phục hồi được.

Chú thích: Nói chung không cần thiết đánh giá công trình theo các giới hạn biến dạng trừ khi để kiểm soát thoát nước và các khai thác khác và biến dạng của thiết bị nhạy cảm như các cần cầu khung bồng hàng từ tàu lên bờ.

5 Khí tượng thủy văn và hải dương học

5.1 Tổng quát

Những yếu tố về khí tượng thủy văn và hải dương học sau đây cần xem xét khi thiết kế công trình cảng.

Áp suất khí quyển và sự phân bố áp suất khí quyển là các yếu tố tạo nên gió.

Gió tạo nên sóng và nước dâng do bão, ảnh hưởng đến áp suất khí quyển tác động lên công trình cảng và các tàu đang neo, và trở thành một yếu tố gây trở ngại việc bốc xếp hàng hóa và các hoạt động khác ở cảng.

Mực thủy triều ảnh hưởng tới áp lực đất và áp lực nước, tác động lên các công trình cảng, và trở thành một yếu tố gây trở ngại việc bốc xếp hàng hóa và các hoạt động khác ở cảng. Đồng thời, nó cũng ảnh hưởng tới sóng ở các khu vực nước nông.

Sóng tạo ra lực sóng tác động lên các công trình cảng và trở thành một yếu tố gây trở ngại tới chức năng của các công trình cảng. Sóng cũng gây ảnh hưởng tới các tàu đang neo làm cho các tàu này chuyển động và gây trở ngại tới việc bốc dỡ hàng hóa và các hoạt động khác tại cảng. Đồng thời, sóng có thể làm tăng mực nước trung bình, làm ảnh hưởng tới mực thủy triều giống như đã nêu ở trên.

Sóng thần gây ra lực sóng và áp lực nước lên công trình cảng, và trở thành một yếu tố gây trở ngại tới việc thực hiện chức năng của các công trình cảng; đồng thời, nó cũng ảnh hưởng tới các tàu đang neo, làm cho chúng di chuyển.

Các dòng chảy ảnh hưởng tới bồi lắng trên đáy biển và trở thành yếu tố gây trở ngại tới chức năng của công trình cảng.

5.2 Gió

5.2.1 Khái quát

Gió là hiện tượng không khí di chuyển do sự chênh lệch áp suất khí quyển và nhiệt độ. Tốc độ gió trên đại dương cao hơn rất nhiều so với trên đất liền gần bờ. Khi thiết kế các công trình cảng phải đánh giá các ảnh hưởng của gió một cách phù hợp.

TCVN 11820-2:2017

Đặc trưng của gió được thiết lập bằng các phương pháp được đưa ra ở các điều sau đây tương ứng với tác động độc lập hay tổ hợp của hai hay nhiều tác động cần được xem xét.

Gió bề mặt đại dương sử dụng trong tính toán sóng, nước dâng do bão cần được định nghĩa một cách thích hợp theo khái niệm tốc độ gió, hướng gió và khác nữa dựa trên quan sát và dự báo thời tiết trong thời gian dài.

5.2.2 Các đặc trưng của gió và phương pháp xác định

Gió sẽ được sử dụng trong tính toán áp lực gió cần được định nghĩa một cách thích hợp theo khái niệm tốc độ gió, hướng gió tương ứng với chu kỳ trở lại thông qua phân tích thống kê số liệu quan sát thời gian dài hay gió đã được suy luận từ lịch sử hay các phương pháp khác.

- Gió sẽ được sử dụng trong tính toán năng lượng gió cần được định nghĩa một cách thích hợp theo phân bố thống kê phối hợp của tốc độ và hướng gió đối với một khoảng thời gian nhất định, dựa trên số liệu quan sát thời gian dài hay gió đã suy luận từ lịch sử.
- Gió sẽ được sử dụng trong tính toán sóng và nước dâng do bão phải là các giá trị quan sát được hay suy luận từ lịch sử trong vòng 30 năm và lâu hơn.
- Gió sẽ được sử dụng trong tính toán áp lực gió phải là các giá trị quan sát được hay suy luận từ lịch sử trong vòng 30 năm và lâu hơn.

5.2.3 Gió gradient

- Vận tốc gió gradient có thể được biểu thị bằng hàm số của gradient áp lực, bán kính cong của các đường đẳng áp, vĩ độ và mật độ không khí như trong **công thức (11)**.

$$V_s = r\omega \sin\varphi \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{\frac{\partial p}{\partial r}}{\rho_a r \omega^2 \sin^2 \varphi}} \right) \quad (11)$$

trong đó:

V_s là vận tốc gió gradient (m/s); trong trường hợp có gió xoáy nghịch chiều, **công thức (11)** cho một giá trị âm, khi đó phải lấy giá trị tuyệt đối

$\partial p/\partial r$ là gradient áp lực ($\text{kg/m}^2/\text{s}^2$), (lấy giá trị dương đối với gió xoáy thuận chiều lấy giá trị âm đối với gió xoáy nghịch chiều kim đồng hồ)

R là bán kính cong của các đường đẳng áp (m)

ω là vận tốc góc quay trái đất (1/s), $\omega = 7,27 \cdot 10^{-5}/\text{s}$

φ là vĩ độ ($^\circ$)

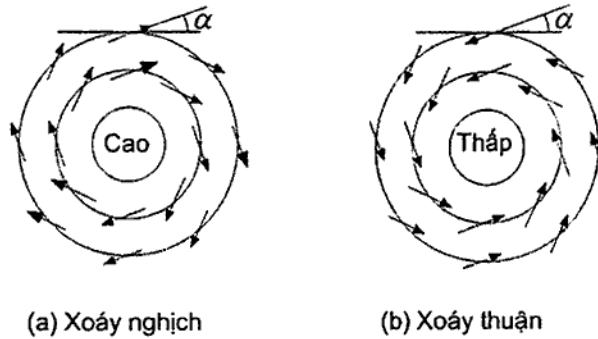
ρ_a là mật độ không khí (kg/m^3).

CHÚ THÍCH: khi tính toán, các đơn vị đo cần được đổi thành các đơn vị theo hệ m, kg..., 1° vĩ độ tương đương với khoảng cách gần bằng $1,11 \cdot 10^5$ m, áp lực không khí 1,0 hPa bằng 100 kg/m^2 .

- Gió gradient có các đường đẳng áp là đường thẳng (nghĩa là bán kính cong trong công thức (11) có giá trị vô cùng lớn) được gọi là gió song song với các đường đẳng áp. Trong trường hợp này, vận tốc gió được tính theo công thức (12).

$$V = \frac{\frac{\partial p}{\partial r}}{2\rho_a \omega \sin \varphi} \quad (12)$$

Vận tốc gió thực tế trên mặt đại dương thường thấp hơn giá trị tính từ công thức gió gradient. Tuy hướng của gió gradient song song với đường đẳng áp về mặt lý thuyết, gió ở mặt biển thổi với một góc α nào đó so với đường đẳng áp trong thực tế như mô tả trong Hình 1. Ở Bắc bán cầu, gió xung quanh cơn lốc xoáy thuận thì thổi ngược kim đồng hồ và hướng vào trong, còn gió xung quanh cơn lốc xoáy nghịch thì thổi thuận theo chiều kim đồng hồ và hướng ra ngoài. Mối quan hệ giữa vận tốc gió trên cao và vận tốc gió thực tế ở mặt biển thay đổi theo vĩ độ. Trong các điều kiện trung bình mối quan hệ này được tổng hợp trong Bảng 5.



Hình 1 - Hướng gió đối với một xoáy thuận (thấp) và một xoáy nghịch (cao)

Bảng 5 - Mối quan hệ giữa vận tốc gió ở mặt biển và vận tốc gió gradient

Vĩ độ ($^{\circ}$)	5	10	20	30	40	50
Góc α ($^{\circ}$)	28	24	20	18	17	15
Tỷ số tốc độ V_s/V_g	0,43	0,51	0,60	0,64	0,67	0,70

CHÚ THÍCH: Việt Nam nằm trong vùng có vĩ độ $8^{\circ}33'$ đến vĩ độ $23^{\circ}22'$ Bắc bán cầu.

5.2.4 Gió bão

Khi tính toán liên quan tới hiện tượng mực nước dâng hoặc sóng do bão, thường giả định sự phân bố áp suất không khí tuân theo công thức Fujita (13) hoặc công thức Myer (14); các hằng số trong công thức được chọn được xác định dựa trên các kết quả đo đặc áp lực không khí thực tế tại khu vực bão.

Công thức Fujita

$$p = p_{\infty} - \frac{\Delta p}{\sqrt{1 + \left(\frac{r}{r_0}\right)^2}} \quad (13)$$

Công thức Myer

$$p = p_c + \Delta p \cdot \exp\left(-\frac{r_0}{r}\right) \quad (14)$$

trong đó:

- p là áp suất không khí tại khoảng cách r từ tâm bão (hPa);
- r là khoảng cách từ tâm bão (km);
- p_c là áp suất không khí ở tâm bão (hPa);
- r_0 là khoảng cách dự báo từ tâm bão tới điểm tại đó vận tốc gió lớn nhất (km);
- Δp là độ tụt áp suất không khí tại tâm bão (hPa) $\Delta p = p_{\infty} - p_c$
- p_{∞} là áp suất không khí tại $r = \infty$ (hPa); $p_{\infty} = p_c + \Delta p$

Quy mô của một cơn bão thay đổi theo thời gian, vì vậy các chỉ số r_0 và Δp cần được xác định là các hàm số theo thời gian.

5.2.5 Giá trị tại các điểm lưới tọa độ khí tượng (GPV)

Việc tính toán các giá trị về áp lực không khí, vận tốc gió, hướng gió và dòng hơi nước thường dựa vào các mô hình tính toán giá trị khí tượng sử dụng mạng tính toán 3 chiều và các giá trị tại các điểm lưới tọa độ (GPV). Các giá trị tại điểm lưới tọa độ này có thể được sử dụng thay cho các giá trị dự đoán dựa vào công thức (11) và (14). Tuy nhiên, khi sử dụng một lưới tọa độ có khoảng cách lớn cho các công thức tính toán khí tượng thì áp suất khí quyển và gió có thể không được tạo ra như tính toán tại nơi mà các điều kiện khí tượng bị thay đổi nhiều theo vị trí, ví dụ như các vùng gần tâm bão. Vì vậy, khi các giá trị GPV được sử dụng thì nên dùng các giá trị quan trắc để kiểm tra độ chính xác.

5.2.6 Năng lượng gió

Nếu gió được xem xét như sự dịch chuyển của không khí thì năng lượng gió qua một đơn vị diện tích mặt cắt ngang trong một đơn vị thời gian được tính theo công thức (15).

Gió dùng để tính toán năng lượng gió được xác định dựa vào sự phối hợp các phân bố thống kê đối với vận tốc và hướng gió trong một khoảng thời gian nhất định (thường là 01 năm), và dựa vào các số liệu được quan trắc hay dự báo trong một thời gian dài (thường là từ 03 năm trở lên).

$$P = \frac{1}{2} \rho_a V^3 \quad (15)$$

trong đó:

- P là năng lượng của lực gió trên một đơn vị diện tích mặt cắt ngang (W/m^2);
- ρ_a là mật độ không khí (kg/m^3);
- V là vận tốc gió (m/s).

5.2.7 Các giá trị đặc trưng của vận tốc gió

Những thành phần của gió là hướng và vận tốc, trong đó hướng gió được biểu thị là một trong 16 hướng, còn vận tốc gió là vận tốc trung bình trên 10 min.

Vận tốc gió tác động trực tiếp lên các công trình cảng và các tàu neo, nói chung được xác định là vận tốc diễn ra trong một khoảng thời gian nhất định, được dự đoán từ xác suất phân bố vận tốc gió có thể xảy ra dựa trên các giá trị đo đạc trong một thời gian dài từ 30 năm trở lên, bằng cách sử dụng vận tốc gió trung bình 10 min lớn nhất hàng năm trong vòng hơn 30 năm.

Để thiết kế các công trình cảng, có thể sử dụng các số liệu trên để tham khảo. Tuy nhiên nếu địa điểm nghiên cứu có các điều kiện địa hình khác với các địa điểm gần trạm khí tượng nói trên thì phải tiến hành đo đạc để xác định các ảnh hưởng của địa hình trong vòng ít nhất một năm.

Vận tốc gió đo được tại các trạm khí tượng là các giá trị tại độ cao khoảng 10 m so với mặt đất. Khi sử dụng các giá trị đo này để dự báo gió thổi qua đại dương, nếu độ cao của công trình khác với độ cao nêu ở trên thì phải tiến hành điều chỉnh độ cao phù hợp với vận tốc gió. Sự phân bố vận tốc gió theo chiều cao được thể hiện theo thang loga (logarit), tuy nhiên để đơn giản trong thiết kế các loại công trình khác nhau, chúng ta thường dùng tỷ lệ bậc lũy thừa:

$$U_h = U_0 \left(\frac{h}{h_0} \right)^n \quad (16)$$

trong đó:

U_h là vận tốc gió ở độ cao h , (m/s);

U_0 là vận tốc gió ở độ cao h_0 , (m/s).

Số mũ n trong công thức (16) thay đổi theo độ gồ ghề của địa hình gần nơi khảo sát và độ ổn định của không khí, nhưng nhìn chung có thể sử dụng giá trị $n = 1/10$ tới $1/4$ để kiểm tra kết quả khi xác định vận tốc gió cho các mục đích như tính toán áp lực gió, còn giá trị $n \geq 1/7$ thường được sử dụng để tính vận tốc gió trên biển. Các số liệu thống kê vận tốc gió thường là vận tốc trung bình trong hơn 10 min, tuy nhiên tùy theo công trình có thể cần vận tốc gió trung bình trong khoảng thời gian ngắn hơn hay là vận tốc gió tức thời cực đại. Trong những trường hợp như vậy, cần đánh giá các đặc điểm vùng miền như mối quan hệ giữa vận tốc gió chính và vận tốc gió cực đại và hệ số giật (được xác định là tỷ lệ giữa vận tốc gió tức thời cực đại và vận tốc gió trung bình trong 10 min).

5.2.8 Áp lực gió

Áp lực gió được xác định bằng cách xem xét các yếu tố như kết cấu công trình và vị trí công trình.

Áp lực gió tác động lên nhà kho và các thiết bị bốc dỡ hàng hóa được xác định như sau:

1) Đối với cần trục di động

Giá trị tải trọng gió được tính theo công thức (17):

$$W = q.C.A \quad (17)$$

trong đó:

- W là lực do áp lực gió (N);
- q là áp suất theo vận tốc (N/m^2);
- C là hệ số áp lực gió;
- A là diện tích tiếp nhận áp lực (m^2).

Giá trị của áp lực vận tốc trong công thức (17) có thể được tính toán theo công thức (18) hoặc theo công thức (19) tùy theo trạng thái của cần trục:

Cần trục đang hoạt động:

$$q = 83 \sqrt{h} \quad (18)$$

Cần trục dừng hoạt động:

$$q = 980 \sqrt[3]{h} \quad (19)$$

trong đó:

h là độ cao tính từ mặt đất tới bề mặt cần trục tiếp nhận gió, lấy $h=16$ m nếu độ cao dưới 16 m.

Với giá trị hệ số áp lực gió, có thể sử dụng giá trị đạt được từ thí nghiệm trong hầm gió của cần cầu đó hoặc giá trị trong **Bảng 6** với loại bề mặt cần trục tiếp nhận gió. Một "bề mặt bao gồm các mặt phẳng" trong **Bảng 6** là bề mặt của một kết cấu có dạng giống như hộp như dầm hộp, buồng điều khiển, phòng máy hay phòng điện. Một "bề mặt hình trụ" bao gồm bề mặt của dây cáp. "Diện tích bề mặt" là diện tích phần bị che khuất trong **Hình 2**.

Bảng 6 - Hệ số áp lực gió c đối với tải trọng gió tác động lên một cản trực

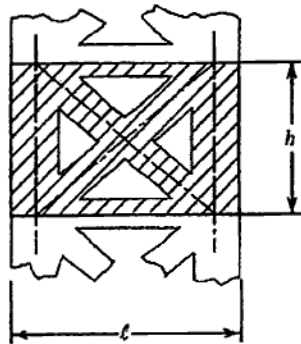
Phân loại các bề mặt cản trực nhận được gió		Giá trị
Các bề mặt do các khung giàn đặt ngang tạo thành (không bao gồm các giàn đặt ngang bằng ống thép)	$W_1 < 0,1$	2,0
	$0,1 \leq W_1 < 0,3$	1,8
	$0,3 \leq W_1 < 0,9$	1,6
	$0,9 \leq W_1$	2,0
Bề mặt tạo thành bởi các bề mặt phẳng	$W_2 < 5$	1,2
	$5 \leq W_2 < 10$	1,3
	$10 \leq W_2 < 15$	1,4
	$15 \leq W_2 < 25$	1,6
	$25 \leq W_2 < 50$	1,7
	$50 \leq W_2 < 100$	1,8
	$100 \leq W_2$	1,9
Các bề mặt được tạo thành bởi các bề mặt hình trụ và các khung giàn ống thép đặt ngang	$W_3 < 3$	1,2
	$3 \leq W_3$	0,7

CHÚ THÍCH: Trong bảng này, W_1, W_2, W_3 chỉ các giá trị tương ứng như sau:

W_1 : Tỷ lệ chiếm diện tích (giá trị này được tính bằng cách lấy diện tích bề mặt ước tính của cản trực tiếp nhận gió chia cho diện tích bề mặt tiếp nhận cùng các loại gió như vậy)

W_2 : Giá trị tính được bằng cách lấy độ dài theo hướng dọc bề mặt cản trực tiếp nhận gió chia cho chiều rộng bề mặt tiếp nhận cùng các loại gió như vậy.

W_3 : Giá trị tính được bằng cách lấy chiều rộng ước tính của cọc trụ hoặc ống thép (đơn vị tính: m) nhân với căn bậc 2 của giá trị nêu trên bảng trên điều 2) phân áp suất vận tốc (đơn vị: N/m^2) khi cản trực không hoạt động



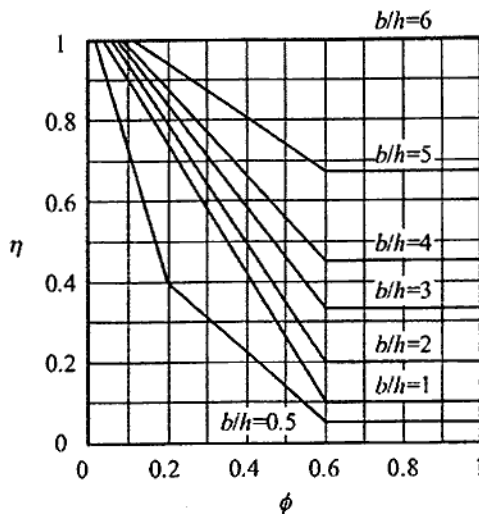
Hình 2 - Diện tích được chiếu

Diện tích tiếp nhận áp lực trong công thức (17) là diện tích mặt tiếp nhận được gió của cần trục chiếu lên bề mặt vuông góc với hướng gió (ở phần này, dưới đây gọi là "diện tích được chiếu"). Khi có hai hay nhiều bề mặt cần trục nhận được gió, thì diện tích theo công thức áp lực gió được xác định như sau:

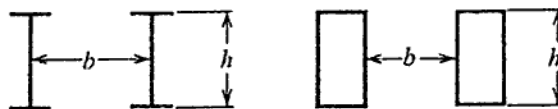
- Diện tích được chiếu của bề mặt đầu tiên theo hướng gió.
- Diện tích tính được bằng cách nhân các diện tích bề mặt thứ hai và cuối cùng theo các hướng gió (dưới đây trong phần này "bề mặt thứ hai và cuối cùng") mà trùng với bề mặt đầu tiên theo hướng gió với các hệ số giảm được đưa ra ở Hình 3.
- Diện tích được chiếu của các phần của bề mặt thứ hai và mặt cuối cùng không trùng với bề mặt đầu tiên theo hướng gió.

Trong Hình 3, b , h , ϕ và η biểu thị các giá trị tương ứng sau:

- b : khoảng cách giữa các dầm cần trục mà tiếp nhận gió (xem Hình 4)
- h : độ cao của dầm đầu tiên theo hướng gió, trong số các dầm mà tiếp nhận gió (xem Hình 4)
- ϕ : tỷ lệ chiếm diện tích của dầm đầu tiên theo hướng gió trong số các dầm của các bề mặt cần trục mà tiếp nhận gió (đối với các mặt được hình thành bởi các giàn nằm ngang ϕ là giá trị W_1 được Chú ý rõ trong Bảng ở phần trước và đối với các mặt được tạo nên từ các mặt phẳng hoặc các bề mặt hình trụ, ϕ bằng 1).
- η : Các hệ số triết giảm



Hình 3 - Các Hệ số giảm đối với diện tích được chiếu



(a) Dầm kết cấu thép

(b) Dầm kết cấu dạng hộp

Hình 4 - Kích thước b và h

Đối với cần trục di động, tải trọng gió được tính toán như sau:

- Giá trị tải trọng gió được tính theo công thức (17).
- Áp lực vận tốc được tính theo công thức (18).
- Với giá trị của hệ số áp lực gió, có thể sử dụng giá trị thu được từ các thử nghiệm hầm gió trên cần trục di động mà tiếp nhận gió hoặc các giá trị cho trong **Bảng 6**.

Đối với giá trị áp lực vận tốc trong phép tính W_3 , sử dụng giá trị trong công thức (19).

2) Đối với cần trục cố định

Giá trị lực do áp lực gió được tính toán theo công thức (20), trong trường hợp này vận tốc gió được lấy bằng 50m/s tại thời điểm xảy ra bão và 16 m/s tại các thời điểm khác.

$$W = q.C.A \quad (20)$$

trong đó:

- W là lực do áp lực gió (N);
- q là áp lực vận tốc (N/m^2);
- C là hệ số áp lực gió;
- A là diện tích tiếp nhận áp lực gió (m^2).

Áp lực vận tốc gió có thể được tính toán theo công thức (21):

$$q = \frac{U^2}{30} \sqrt{h} \quad (21)$$

trong đó :

- q là áp lực vận tốc (N/m^2)
- U là vận tốc gió (m/s)
- H là độ cao (m) so với mặt đất của bề mặt cần trục nhận được gió (sử dụng hệ số $h = 15m$, nếu độ cao dưới 15m)

Với các giá trị của hệ số áp lực gió, có thể sử dụng trị giá thu được từ các thử nghiệm trong hầm gió hoặc giá trị trong **Bảng 7** đối với loại bề mặt và tỉ lệ toàn phần của bề mặt mà tiếp nhận gió.

Bảng 7 - Hệ số áp lực gió đối với áp lực gió của cản trực cố định

Phân loại các bề mặt tiếp nhận gió	Tỷ lệ toàn phần	Hệ số áp lực gió
Các bề mặt được tạo thành bởi các lưới và các khung giàn nằm ngang	$W_1 < 0,1$	2,0
	$0,1 \leq W_1 < 0,3$	1,8
	$0,3 \leq W_1 < 0,9$	1,6
	$0,9 \leq W_1$	2,0
Bề mặt được tạo thành bởi các bề mặt phẳng	---	1,2
Các bề mặt dây cáp tời	---	1,2
CHÚ THÍCH: Giá trị tỷ lệ chiếm diện tích là giá trị được tính bằng cách chia diện tích được chiếu của bề mặt cản trực nhận được gió cho diện tích bề mặt nhận được các loại gió cùng loại.		

Diện tích nhận áp lực là diện tích tiếp nhận gió chiếu lên bề mặt vuông góc với hướng gió. Khi có từ hai bề mặt trở lên trùng nhau theo hướng gió thì diện tích đó được tính toán như sau:

Diện tích dùng để tính toán áp lực gió được xác định bằng cách tóm tắt như sau:

a) Trường hợp có hai mặt tiếp nhận gió trùng nhau

- i) Diện tích được chiếu của bề mặt đầu theo hướng gió,
- ii) 60 % của các diện tích các phần bề mặt thứ hai theo hướng gió mà chồng lên bề mặt đầu,
- iii) Các diện tích được chiếu của các phần của bề mặt thứ hai theo hướng gió mà không chồng lên bề mặt đầu.

b) Trường hợp có ba hoặc hơn ba bề mặt tiếp nhận gió

- i) 50 % của các diện tích được chiếu của các phần thuộc bề mặt thứ ba và bề mặt khác theo hướng gió mà chồng lên bề mặt đầu.
- ii) Các diện tích được chiếu của các phần bề mặt thứ ba và bề mặt khác theo hướng gió mà không chồng lên bề mặt đầu.

Ngoài ra lực do áp lực gió lên kết cấu công trình khác tham khảo Phụ lục A. Lực do áp lực gió lên kết cấu công trình.

5.3 Mục nước

5.3.1 Khái quát

Trong thiết kế và khai thác công trình cảng, mực nước thủy triều được xác định theo mức không hải đồ thông qua phân tích thống kê các số liệu quan trắc; hoặc mô hình toán và/hoặc những nguồn thông tin khác; các yếu tố về thủy triều thiên văn, ảnh hưởng khí tượng thủy hải văn, tác động của sóng (nước dâng do sóng), và các yếu tố bất thường khác như sóng thần được xem xét đến trong xác định mực nước thiết kế.

1) Mức nước thủy triều

Khi xác định mức nước thủy triều để sử dụng trong thiết kế công trình, cần xem xét phù hợp mức độ ảnh hưởng của mức nước thủy triều đối với tác động của sóng và áp lực nước. Hơn nữa, cần phải xem xét khả năng xảy ra đồng thời mức nước và sóng tác động lên công trình theo hướng bất lợi nhất.

Mức nước triều được xác định theo hệ cao độ hải đồ dựa trên số liệu đo đạc trong vòng 03 năm hoặc nhiều hơn. Các mức nước sử dụng trong tính toán thiết kế bao gồm mức nước trung bình, mức nước cao thiết kế và mức nước thấp thiết kế sẽ được trình bày dưới đây.

2) Nước dâng do bão

Khi xác định nước dâng do bão, cần xem xét phù hợp những số liệu đo đạc nhiều năm (30 năm hoặc nhiều hơn). Khi xác định nước dâng do bão, nếu không thể có số liệu quan trắc dài hạn, các mô hình tính toán nước dâng dựa trên các số liệu điều kiện thủy văn và những ghi chép về mức nước lịch sử có thể được sử dụng. Khi chạy mô hình toán nước dâng do bão, cần xem xét một cách hợp lý chiều cao sóng gia tăng do sóng vỡ gần bờ trong một số trường hợp.

5.3.2 Các mức nước thiết kế

Mức nước thiết kế (hay mức nước tính toán) là mức nước trung bình, mức nước cao, hay mức nước thấp theo một bảo đảm suất quy định, dùng để tính toán độ sâu hay cao trình đỉnh các công trình cảng. Mức nước tính toán đối với khu nước, luồng lạch ra vào của các cảng biển hay nhà máy sửa chữa tàu cần quy định ứng với số '0' độ sâu đã dùng trên hải đồ của vùng biển. Mức nước tính toán này xác định theo đường đảm bảo suất nhiều năm (tối thiểu 03 năm) của mức nước ngày.

Bảo đảm suất để xác định mức nước tính toán đối với các khu nước được quy định trong bảng sau tùy thuộc vào hiệu số giữa mức nước có đảm bảo suất 50% ($H_{50\%}$) và mức nước thấp nhất (H_{min}).

Bảng 8 - Bảo đảm suất xác định mức nước tính toán

$H_{50\%} - H_{min}$ (cm)	Đảm bảo suất, %
≤ 180	98,0
260	99,0
≥ 300	99,5

CHÚ THÍCH:

- Đường đảm bảo suất mức nước ngày được vẽ theo kết quả quan trắc bằng h tiến hành ít nhất là 3 năm.
- Mức nước thấp nhất H_{min} là mức nước năm thấp nhất với tần suất 1 lần trong 25 năm (bảo đảm suất 4%).
- Khi đây số liệu quan trắc mức nước không đủ dài thì dùng phương pháp tính chuyển từ các trạm tương tự.
- Khi có luồng ra vào cảng thì mức nước tính toán của khu nước cảng không lấy cao hơn mức nước tính toán của luồng xác định theo TCVN 11419:2016.
- Đối với các giá trị trung gian của hiệu số ($H_{50\%} - H_{min}$) thì mức nước tính toán được xác định bằng cách nội suy.

Mức nước thường dùng trong tiêu chuẩn nước ngoài Tham khảo Phụ lục B. Một số vấn đề về mức nước thủy triều.

5.4 Sóng

5.4.1 Tổng quan

5.4.1.1 Phân loại sóng biển có liên quan đến công trình cảng

Tồn tại 5 loại sóng biển sau đây có liên quan đến kỹ thuật xây dựng các loại công trình cảng biển:

- 1) Sóng do gió;
- 2) Sóng do tàu;
- 3) Sóng thần;
- 4) Sóng do triều giả;
- 5) Sóng chu kỳ dài.

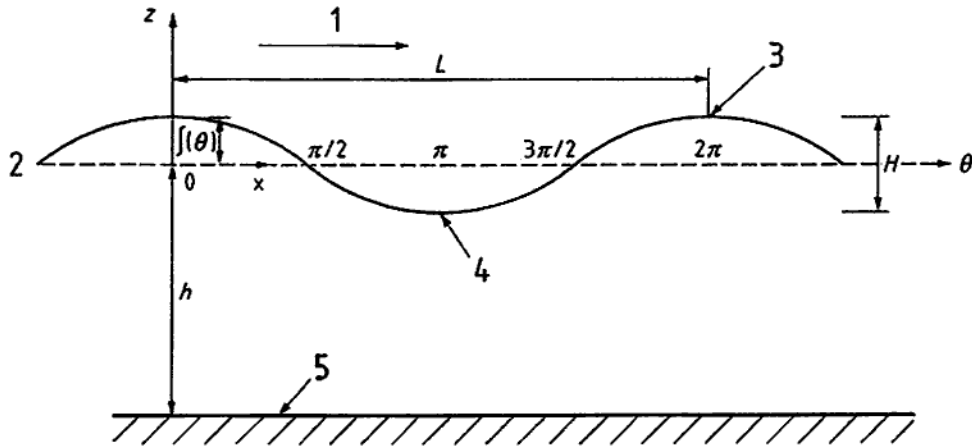
5.4.1.2 Lý thuyết sóng do gió và các thông số cơ bản

Trong thiết kế công trình cảng biển, thường sử dụng các lý thuyết cơ bản của sóng do gió như sau:

- 1) Lý thuyết sóng tuyến tính biên độ nhỏ Airy
- 2) Lý thuyết sóng có biên độ hữu hạn: Cnoidal và Stoker.

Cơ sở các lý thuyết sóng này tham khảo thêm **Phụ lục C**.

Trong lý thuyết sóng tuyến tính chu kỳ được giả thiết độc lập với độ sâu nước (giả thiết không đổi khi chiều sâu nước, chiều cao và hướng sóng thay đổi).



CHÚ DẪN:

- | | |
|------------------------------------|-------------------|
| 1: Hướng truyền sóng | H: Chiều cao sóng |
| 2: Mực nước tĩnh (SWL) ($z = 0$) | L: Chiều dài sóng |
| 3: Đỉnh sóng | h: Độ sâu nước |
| 4: Bụng sóng | t: Thời gian |
| 5: Đáy ($z = -h$) | T: Chu kỳ sóng |

$$\theta = kx - \omega t \quad (22)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (23)$$

$$k = \frac{2\pi}{L} \quad (24)$$

trong đó:

ω là tần số góc;

k là số sóng.

Hình 5 - Lý thuyết sóng tuyến tính – sơ đồ định nghĩa

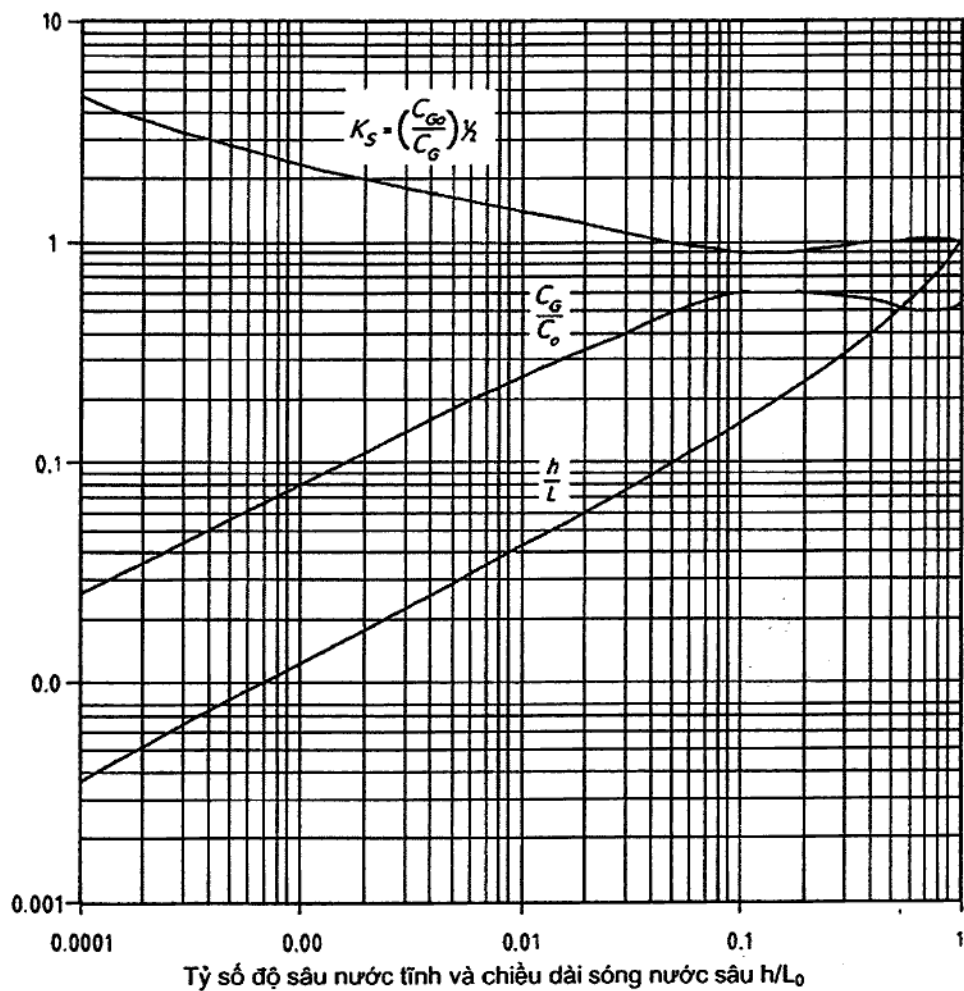
Bảng 9 - Lý thuyết sóng tuyến tính – các công thức hữu dụng

Công thức tính của:	Các công thức phù hợp		
	Nước nông đã định nghĩa bằng	Nước chuyển tiếp đã định nghĩa bằng	Nước sâu nước đã định nghĩa bằng
	$\frac{h}{L} < \frac{1}{20}$	$\frac{1}{20} < \frac{h}{L} < \frac{1}{2}$	$\frac{h}{L} > \frac{1}{2}$
Mặt cắt sóng	$\eta = \frac{H}{2} \cos \left[\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \right] = \frac{H}{2} \cos \theta$		
Tốc độ sóng	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gh}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi h}{L} \right)$	$C = C_0 = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$

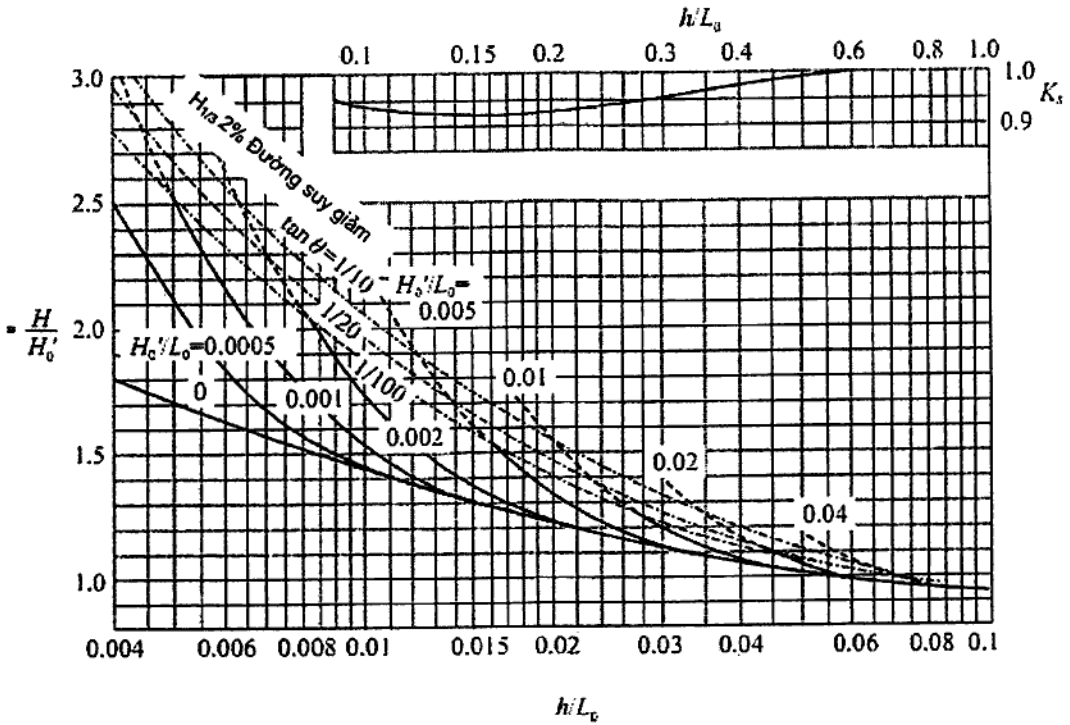
Bảng 9 - Lý thuyết sóng tuyến tính – các công thức hữu dụng (tiếp theo)

Công thức tính của:	Các công thức phù hợp		
	Nước nông đã định nghĩa bằng	Nước chuyển tiếp đã định nghĩa bằng	Nước sâu nước đã định nghĩa bằng
	$\frac{h}{L} < \frac{1}{20}$	$\frac{1}{20} < \frac{h}{L} < \frac{1}{2}$	$\frac{h}{L} > \frac{1}{2}$
Chiều dài sóng	$L = T\sqrt{gh} = CT$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)$	$L = L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = C_0 T$
Tốc độ nhóm sóng	$C_G = C = \sqrt{gh}$	$C_G = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right] C$	$C_{G0} = \frac{1}{2} C_0 = \frac{gT}{4\pi}$
Tốc độ hạt nước			
Ngang	$u = \frac{H}{2} \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{h}} \cos \theta$	$u = \frac{HgT}{2L} \frac{\cosh[2\pi(z+h)/L]}{\cosh(2\pi h/L)} \cos \theta$	$u = \frac{\pi H}{T} \exp\left(\frac{2\pi z}{L}\right) \cos \theta$
Đứng	$w = \frac{H\pi}{T} \left(1 + \frac{z}{h}\right) \sin \theta$	$w = \frac{HgT}{2L} \frac{\sinh[2\pi(z+h)/L]}{\cosh(2\pi h/L)} \sin \theta$	$w = \frac{\pi H}{T} \exp\left(\frac{2\pi z}{L}\right) \sin \theta$
Gia tốc hạt nước			
Ngang	$\dot{u} = \frac{H\pi}{T} \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{h}} \sin \theta$	$\dot{u} = \frac{g\pi H \cosh[2\pi(z+h)/L]}{L \cosh(2\pi h/L)} \sin \theta$	$\dot{u} = 2H \left(\frac{\pi}{T}\right)^2 \exp\left(\frac{2\pi z}{L}\right) \sin \theta$
Đứng	$\dot{w} = -2H \left(\frac{\pi}{T}\right)^2 \left(1 + \frac{z}{h}\right) \cos \theta$ $\dot{w} = -2H \left(\frac{\pi}{T}\right)^2 \left(1 + \frac{z}{h}\right) \cos \theta$	$\dot{w} = \frac{g\pi H \sinh[2\pi(z+h)/L]}{L \cosh(2\pi h/L)} \cos \theta$	$\dot{w} = -2H \left(\frac{\pi}{T}\right)^2 \exp\left(\frac{2\pi z}{L}\right) \cos \theta$
Dịch chuyển của hạt nước			
Ngang	$\zeta_h = -\frac{HT}{4\pi} \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{h}} \sin \theta$	$\zeta_h = -\frac{H \cosh[2\pi(z+h)/L]}{2 \sinh(2\pi h/L)} \sin \theta$	$\zeta_h = -\frac{H}{2} \exp\left(\frac{2\pi z}{L}\right) \sin \theta$
Đứng	$\zeta_w = \frac{H}{2} \left(1 + \frac{z}{h}\right) \cos \theta$	$\zeta_w = -\frac{H \sinh[2\pi(z+h)/L]}{2 \sinh(2\pi h/L)} \cos \theta$	$\zeta_w = \frac{H}{2} \exp\left(\frac{2\pi z}{L}\right) \cos \theta$
Áp lực bề mặt	$p = \rho_0 g(\eta - z)$	$p = \rho_0 g \eta \frac{\cosh[2\pi(z+h)/L]}{\cosh(2\pi h/L)}$	$p = \rho_0 g \eta \exp\left(\frac{2\pi z}{L}\right) - \rho_0 g z$

Khi sóng vào vùng nước nông, lúc đó áp dụng lý thuyết Cnoidal hoặc lý thuyết Hyperbolic. Thậm chí cả lý thuyết sóng dài phi tuyến của Shuto đã được tuyến tính hóa qua hệ số nước nông K_s là hàm của chiều cao sóng nước sâu tương đương H'_0 , chiều cao sóng nước sâu H_0 , chiều dài sóng nước sâu L_0 và độ sâu h (Hình 6). Hiện tượng sóng nước nông rất thường xuyên gặp ở cửa sông.



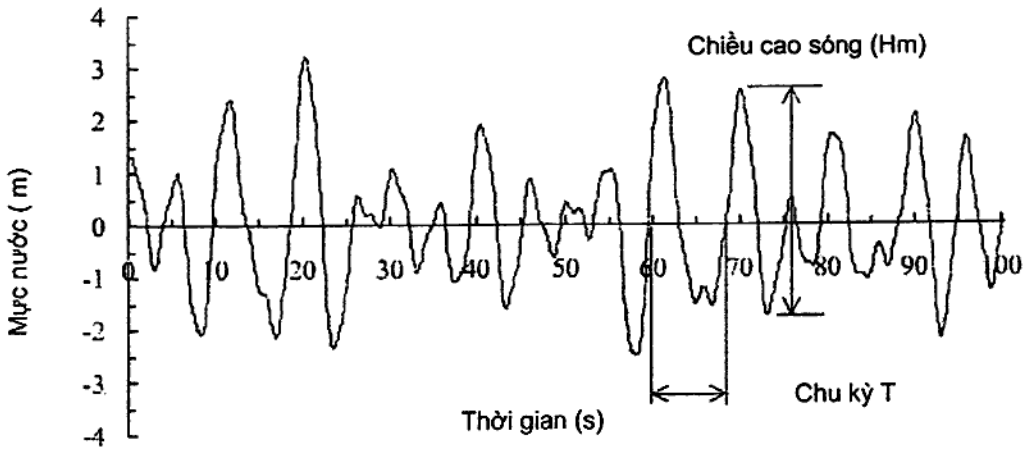
Hình 6 - Biến đổi chiều dài sóng, tốc độ nhóm sóng và hệ số nước nông theo chiều sâu nước



Hình 7 - Hệ số nước nông K_s

5.4.1.3 Phổ sóng và sóng thiết kế

Sóng do gió là sóng ngẫu nhiên và không điều hoà ($T \neq \text{const}$) như ở hình 8. Do đó muốn có sóng thực phải thống kê và diễn tả qua lý thuyết phổ:



Hình 8 - Sơ đồ sóng thực ngẫu nhiên

Trong thiết kế công trình cảng biển, phải xem xét đầy đủ dạng hàm số của phổ sóng và sử dụng một công thức thích hợp.

1) Dạng chung của phổ sóng

Dạng chung của phổ sóng thường được biểu thị bằng công thức sau đây:

$$S(f, \theta) = S(f) G(f, \theta) \quad (25)$$

trong đó:

- f là tần số;
- θ là phương vị so với phương chính của sóng;
- $S(f, \theta)$ là phổ hướng.

Trên đây, $S(f)$ là một hàm số biểu thị sự phân bố của năng lượng sóng liên quan tới tần số, nó được gọi là phổ tần số; $G(\theta)$ là một hàm số biểu thị sự phân bố của năng lượng sóng liên quan tới hướng, nó được gọi là "hàm lan truyền theo hướng"

Hàm số biểu thị trong các công thức sau đây có thể sử dụng cho $S(f)$ và $G(f, \theta)$. Phổ tần số của công thức (26) được gọi là phổ Bretschneider Mitsuyasu, còn công thức (27) được gọi là hàm lan truyền loại Mitsuyasu:

$$S(f) = 0,257 H_{1/3}^2 T_{1/3}^4 f^{-5} \exp[-1,03(T_{1/3} f)^4] \quad (26)$$

$$G(f, \theta) = G_0 \cos^{2S}(\theta/2) \quad (27)$$

trong đó:

G_0 là một hằng số tỷ lệ thoả mãn điều kiện chuẩn hoá sau đây:

$$\int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} G(f, \theta) d\theta = 1 \quad (28)$$

trong đó:

θ_{\max} và θ_{\min} là các góc lệch tối đa và tối thiểu so với phương chính.

Số hạng S trong công thức (27) là một thông số biểu thị mức độ lan truyền theo phương của năng lượng sóng. Nó được cho bởi công thức sau:

$$\left. \begin{aligned} S &= S_{\max} \left(\frac{f}{f_m} \right)^{-2,5} ; f > f_m \\ S &= S_{\max} \left(\frac{f}{f_m} \right)^5 ; f \leq f_m \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

Trong đó f_m là tần số tại đó đỉnh phổ xuất hiện. Nó có thể được biểu thị bằng các số hạng của chu kỳ sóng có ý nghĩa $T_{1/3}$ như trong công thức sau:

$$f_m = 1 / (1,05 T_{1/3}) \quad (30)$$

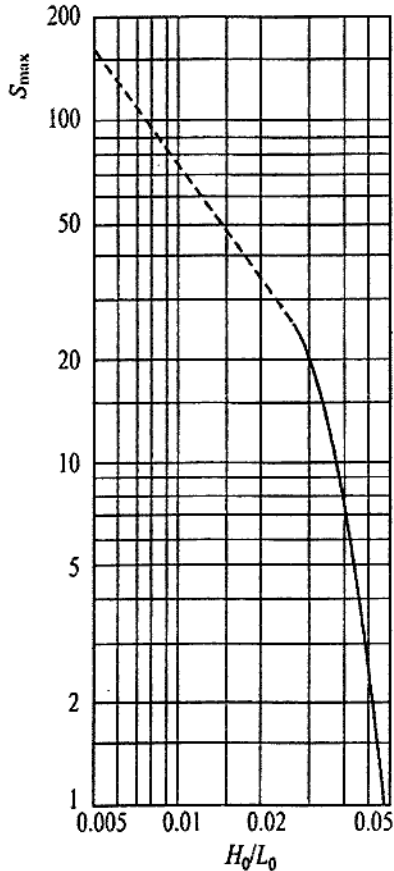
Nếu các đơn vị của $H_{1/3}$ và $T_{1/3}$ là m và s, đơn vị của $S(f, \theta)$ là $m^2 \cdot s$.

2) Giá trị của thông số lan truyền theo hướng

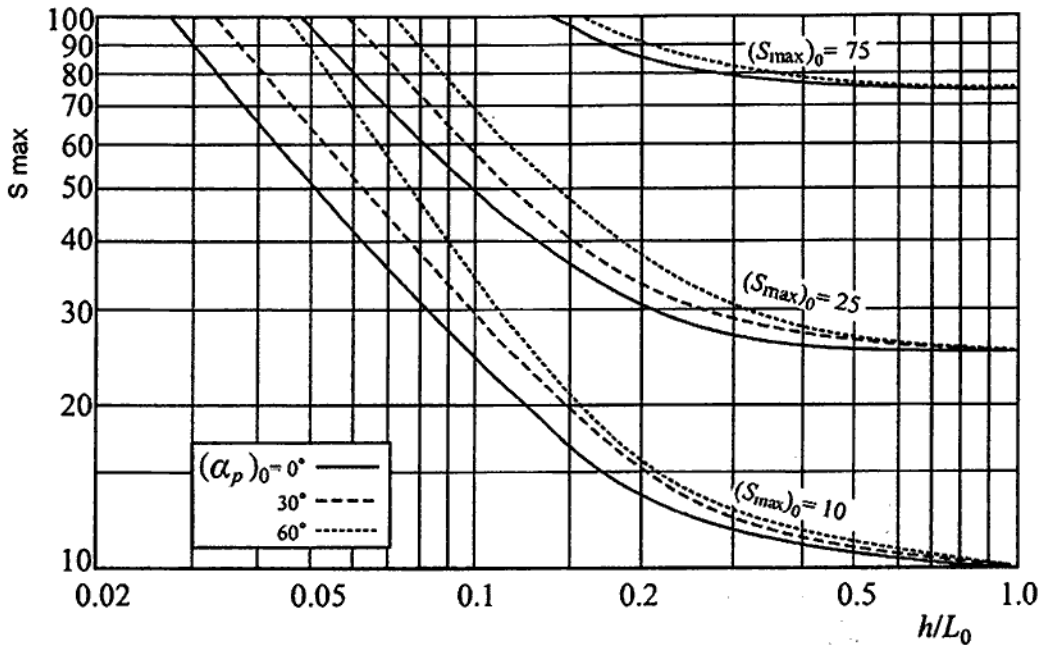
Phải lấy một giá trị bằng 10 cho giá trị cực đại S_{max} của thông số lan truyền theo hướng trong trường hợp sóng do gió ở nước sâu. Trong trường hợp nước dâng, xét đến quá trình phân rã của sóng và các vấn đề khác, nên lấy một giá trị bằng 20 hoặc hơn là thích hợp. Hình 9 cho một đồ thị các giá trị gần đúng của S_{max} tùy theo độ dốc của sóng. Xét đoán qua giá trị của độ dốc sóng, có thể thấy rằng $S_{max} < 20$ đối với sóng do gió. Đồ thị này có thể sử dụng để xác định giá trị gần đúng của S_{max} . Goda và Suzuki kiến nghị sử dụng các giá trị chuẩn $S_{max} = 10$ đối với sóng do gió, $S_{max} = 25$ đối với sóng lừng trong khi bắt đầu suy yếu, và $S_{max} = 75$ đối với là sóng lừng bị suy yếu một đoạn dài kể từ khi gió ngừng thổi.

3) Thay đổi của S_{max} do khúc xạ

Dạng của hàm số lan truyền theo hướng thay đổi khi sóng trải qua quá trình khúc xạ. Khi tiến hành tính toán nhiều xạ trên sóng không đều, bằng cách sử dụng các sóng đã bị khúc xạ, khi đó điều rất quan trọng là xem xét các sự thay đổi đó trong hàm số lan truyền theo hướng. Hình 10 cho các giá trị của S_{max} sau khi các sóng đã bị khúc xạ tại một bờ biển có các đường đồng mức sâu thẳng và song song. Trong hình, $(\alpha_p)_0$ là góc tới của hướng sóng chính ở ranh giới nước sâu, nghĩa là góc giữa hướng sóng chính và đường vuông góc với đường đồng mức.



Hình 9 - Đồ thị ước tính S_{max} theo độ dốc sóng H_0/L_0 .



Hình 10 - S_{max} thay đổi theo độ sâu h (khúc xạ)

4) Mô hình cải tiến cho phổ tần số

Nếu các sóng được tạo ra trong một máng thí nghiệm bằng cách sử dụng phổ Bretschneider – Mitsuyasu được biểu thị bằng công thức (26), chu kỳ của sóng có ý nghĩa của các sóng được tạo ra thường lệch với chu kỳ của sóng có ý nghĩa mục tiêu. Lý do có độ lệch như vậy là công thức gốc (26) được cho theo các số hạng của tần số đỉnh f_m nhưng được thay bằng chu kỳ sóng có ý nghĩa $T_{1/3}$ bằng việc sử dụng công thức (30). Do đó Goda đã kiến nghị dạng phổ tiêu chuẩn sau đây, với dạng này chu kỳ sóng có ý nghĩa của sóng được tạo ra không lệch với chu kỳ sóng có ý nghĩa mục tiêu.

$$S(f) = 0,257 H^2_{1/3} T^{-4}_{1/3} f^{-5} \exp[-1,03(T_{1/3} f)^4] \quad (5.4.10)$$

Tần số đỉnh của công thức (31) thấp hơn khoảng 8% so với tần số đỉnh của công thức (26), mật độ phổ ở đỉnh cao hơn khoảng 18%, và toàn bộ phổ bị dịch về phía tần số thấp. Ít nhất, nên sử dụng dạng phổ biểu thị bằng công thức (31) cho phổ mục tiêu trong các thí nghiệm mô hình thủy lực.

5) Quan hệ giữa phổ sóng và các giá trị điển hình của các đặc trưng của sóng

a) Phổ sóng và giá trị điển hình của chiều cao sóng

Nếu hàm mật độ xác suất để một chiều cao sóng H xuất hiện được giả định là tuân theo phân bố Rayleigh, khi đó quan hệ giữa chiều cao sóng trung bình \bar{H} và mô men gốc của phổ sóng m_0 được cho bởi công thức (31), trong đó mô men thứ n của phổ sóng được xác định trong công thức (32).

$$m_n = \int_0^\infty f^n S(f) df \quad (32)$$

$$\bar{H} = \sqrt{2\pi m_0} \approx 2,5\sqrt{m_0} \quad (33)$$

Sử dụng quan hệ $H_{1/3} = 1,60\bar{H}$, ta có quan hệ sau đây giữa chiều cao sóng quan trọng và phổ.

$$H_{1/3} \approx 4,0\sqrt{m_0} \quad (34)$$

Theo kết quả quan sát thực tế, thường là trường hợp quan hệ tốt nhất là $H_{1/3} = 3,8\sqrt{m_0}$. Các trường hợp dữ liệu về sóng trong nước nông tại đó chiều cao sóng lớn, các sóng phi tuyến tính cao và do đó quan hệ $H_{1/3} = 4,0\sqrt{m_0}$ được thoả mãn. Trường hợp khác, có một tương quan rất mạnh giữa $H_{1/3}$ và m_0 . Do đó có thể chấp nhận sử dụng **công thức (34)** và tính chiều cao sóng có ý nghĩa từ phổ.

b) Phổ sóng và giá trị điển hình của chu kỳ

Khi xác định sóng theo phương pháp qua 0, chu kỳ trung bình T_z được cho bởi phương trình sau theo lý thuyết Rice.

$$T_z = \sqrt{m_0 / m_2} \quad (35)$$

Tính chu kỳ trung bình sử dụng phổ loại Breschneider- Mitsuyasu, ta có quan hệ sau:

$$T_z = 0,74 T_{1/3} \quad (36)$$

Sóng thiết kế phải lựa chọn sao cho phù hợp với mục tiêu tính toán: khai thác, ổn định, độ bền, chống xói... ứng với từng hạng mục công trình cảng biển: để chắn sóng, bến neo tàu, kè cảng, trụ độc lập, tường biển, đê hướng dòng... với mức đầu tư khác nhau bằng cách sử dụng các số liệu sóng có được từ quan trắc hiện trường và từ dự báo theo quy định bao gồm sóng thường (gió mùa) và sóng bão như trên **Hình 11**.



Hình 11 - Quy trình xác định sóng thiết kế

Sóng dùng trong vùng thiết kế là sóng có ý nghĩa, sóng nước sâu, sóng nước sâu tương đương và các sóng khác.

Định nghĩa các thông số sóng:

- Sóng cao nhất (chiều cao sóng cao nhất H_{max} và chu kỳ sóng cao nhất T_{max}): Sóng cao nhất trong một nhóm sóng.
- Sóng một phần mười cao nhất ($H_{1/10}$, $T_{1/10}$): Sóng có chiều cao và chu kỳ bằng chiều cao và chu kỳ trung bình của các sóng một phần mười cao nhất trong một nhóm sóng.
- Sóng trung bình (chiều cao sóng trung bình \bar{H} , chu kỳ trung bình \bar{T}): Sóng có chiều cao và chu kỳ bằng chiều cao và chu kỳ trung bình của tất cả các sóng trong nhóm sóng.
- Sóng nước sâu (chiều cao sóng nước sâu H_0 và chu kỳ sóng nước sâu T_0): Sóng ở một vị trí mà chiều sâu nước bằng ít nhất một nửa chiều dài sóng; các thông số sóng được biểu thị bằng các thông số của sóng có ý nghĩa ở vị trí đó.
- Sóng nước sâu tương đương (H_0'): Chiều cao một sóng giả thuyết đã được hiệu chỉnh vì ảnh hưởng của các thay đổi về địa hình hai chiều như khúc xạ và nhiễu xạ; nó được biểu thị bằng chiều cao của sóng có ý nghĩa.

Thông số sóng thiết kế có ý nghĩa nhất là H_0 , trong đó bao gồm cả chiều cao sóng nước sâu tương ứng H_0' :

$$H_0' = K_d K_r H_0 \quad (37)$$

trong đó:

K_d là hệ số nhiễu xạ ;

K_r là hệ số khúc xạ ;

H_0 là chiều cao sóng nước sâu $h \geq \frac{L}{2}$

Theo thống kê từ nhiều tiêu chuẩn (BS, OCDI, DIN,SPM...) có thể chuyển đổi gần đúng theo các mối tương quan sau:

$$\begin{aligned} H_{1/10} &= 1,27 H_{1/3} \\ H_{1/3} &= 1,60 \bar{H} \quad (\bar{H} : \text{chiều cao sóng trung bình}) \end{aligned} \tag{38}$$

$$H_{max} = (1,6 + 2,0) H_{1/3}$$

$$H_{1/10} = 2,03 \bar{H}$$

$$T_{max} = (0,6 + 1,3) T_{1/3}$$

$$T_{1/10} = (0,9 + 1,1) T_{1/3}$$

$$T_{1/3} = (0,9+1,4) \bar{T} \quad (\bar{T} : \text{chu kỳ trung bình}) \tag{39}$$

$$T_{max} \approx T_{1/10} \approx (1,1+1,3) \bar{T}$$

CHÚ THÍCH: Nếu tính toán sóng theo cấp công trình như quy định thì phải chọn tần suất đảm bảo cho chiều cao sóng H và các thông số khác, lúc đó cần vận dụng TCVN 8421: 2010.

5.4.2 Dự báo sóng

Việc dự báo sóng phải thực hiện theo một phương pháp thích hợp với hai bước sau:

- Xác định trường gió
- Tính toán sự phát triển và sự suy giảm dần của sóng.

Trường gió được đặc trưng bởi các thông số: Hướng và vận tốc gió, đà gió và thời gian gió thổi cho sóng khởi điểm nước sâu. Đối với trường gió cho sóng khởi điểm nước nông có thêm độ sâu h ứng với một địa hình cụ thể, trong đó bao gồm cả ở cửa sông châu thổ hoặc loa kèn.

Có hai nhóm phương pháp dự báo sóng do gió:

1) Nhóm các phương pháp sóng có ý nghĩa:

a) Phương pháp S-M-B (Sverdrup, H.U.; Munk, W.H., và Bretschneider C.L.)

Phương pháp S-M-B được dùng khi trường gió ổn định. Chiều cao và chu kỳ của sóng nước sâu có ý nghĩa được tính theo vận tốc gió và thời gian gió thổi trong trường gió và chiều dài đà gió bằng Hình 11. Về chiều cao sóng có được từ vận tốc gió và từ thời gian gió thổi, chiều cao nào thấp hơn thì được chấp nhận là giá trị dự báo, tương tự đối với chu kỳ. Hình 11 được vẽ dựa trên mối quan hệ bởi các công thức (40), (41) và (42).

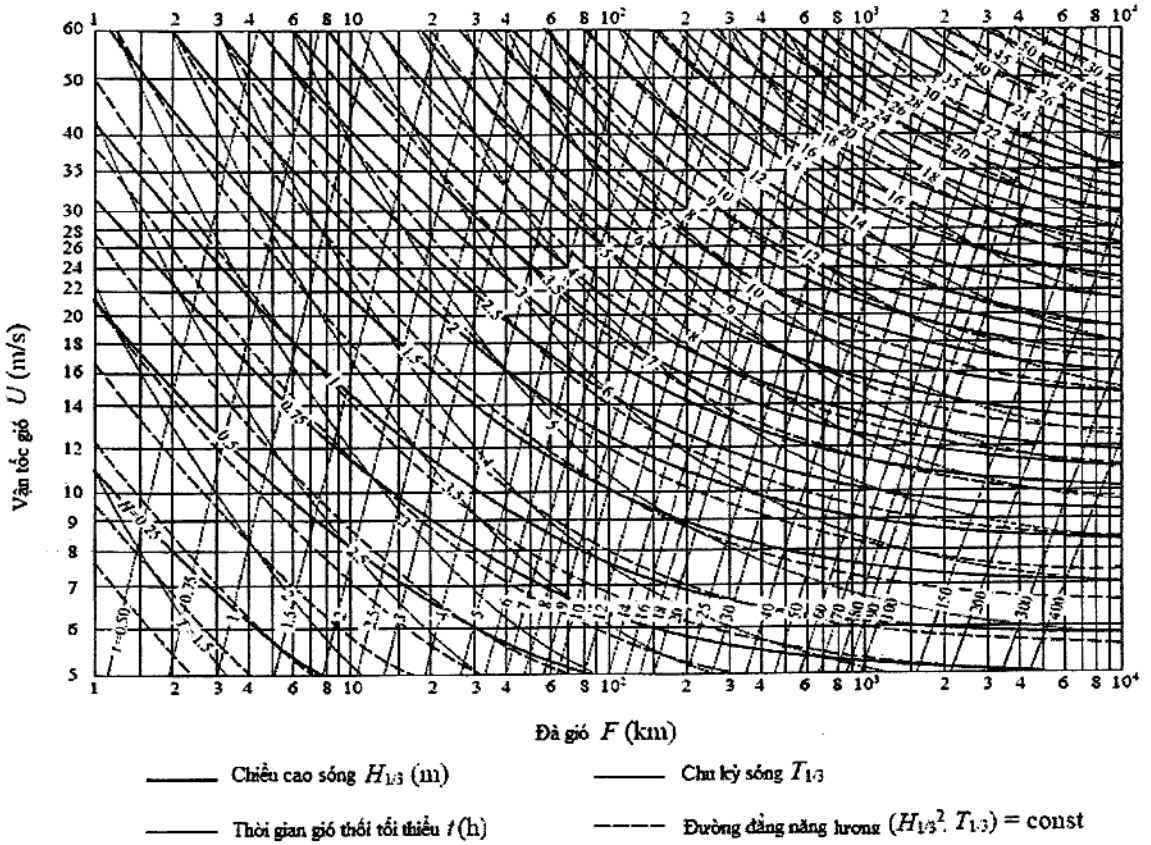
$$\frac{gH_{1/3}}{U^2} = 0,30 \left[1 - \frac{1}{\left\{ 1 + 0,004 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{1/2} \right\}^2} \right] \quad (40)$$

$$\frac{gT_{1/3}}{2\pi U} = 1,37 \left[1 - \frac{1}{\left\{ 1 + 0,008 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{1/3} \right\}^5} \right] \quad (41)$$

$$t = \int_0^F \frac{dF}{C_G} = \int_0^F \frac{dF}{gT_{1/3} / 4\pi} \quad (42)$$

trong đó:

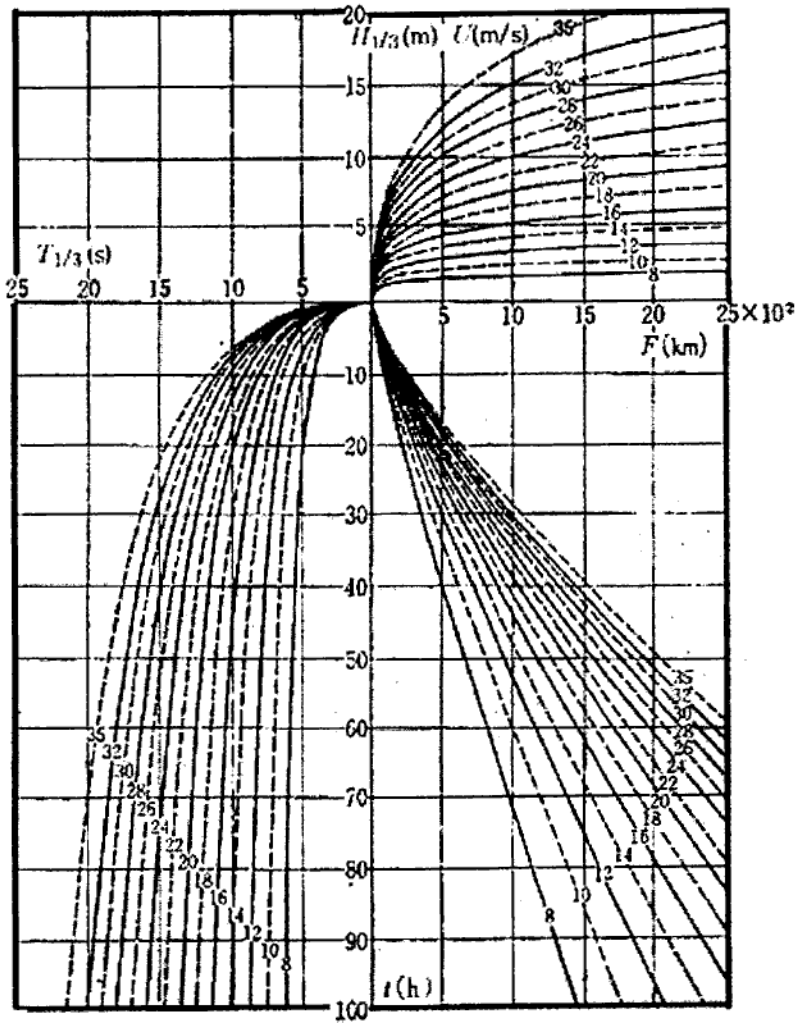
- $H_{1/3}$ là chiều cao sóng có ý nghĩa (m);
- $T_{1/3}$ là chu kỳ sóng có ý nghĩa (s) ;
- U là vận tốc gió ở 10 m trên mặt biển (m/s) ;
- F là chiều dài đà gió (m) ;
- g là gia tốc trọng trường (m/s²) (= 9,81 m/s²);
- t là thời gian gió thổi tối thiểu (h).



Hình 12 - Đồ thị dự báo sóng theo S-M-B

b) Phương pháp Wilson

Phương pháp Wilson phù hợp cho sóng bão (Hình 13). Từ các đường cong $H_{1/3}$ - t - F - $T_{1/3}$, dễ dàng tìm được $H_{1/3}$ và $T_{1/3}$ khi F di chuyển.



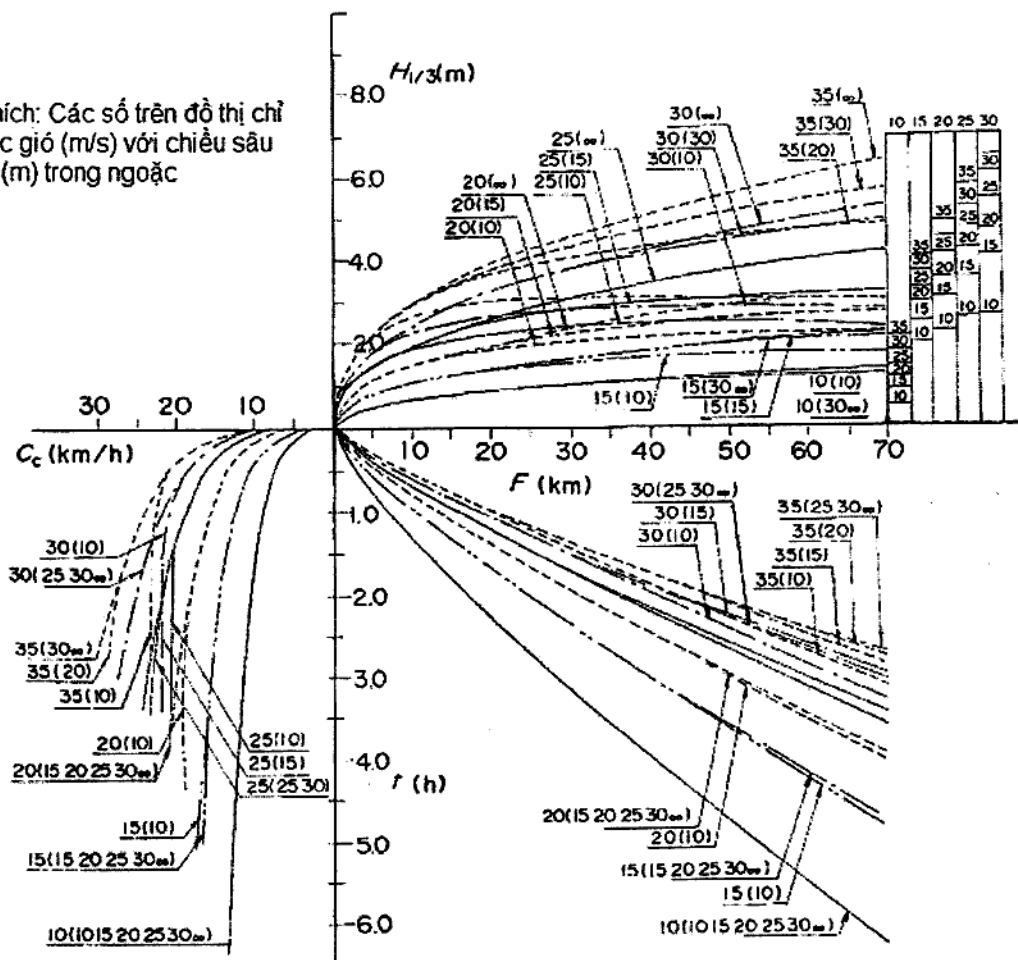
Hình 13 - Đồ thị dự báo sóng theo Wilson $H_{1/3}$ - F - C_G

c) Phương pháp Sakamoto – Ijima (S-I)

Phương pháp Sakamoto – Ijima được phát triển từ phương pháp Wilson dùng cho cả sóng vùng nước nông nơi quá trình truyền sóng ảnh hưởng bởi độ sâu nước. Từ các đường cong trên hình 14 tra được $H_{1/3}$ theo $H_{1/3}$ - F - C_G (C_G Tốc độ nhóm). Còn $T_{1/3}$ xác định trực tiếp theo công thức:

$$T_{1/3} = 3,86 \sqrt{H_{1/3}} \quad (43)$$

Chú thích: Các số trên đồ thị chỉ vận tốc gió (m/s) với chiều sâu nước (m) trong ngoặc



Hình 14 - Đồ thị dự báo sóng theo Sakamoto – Ijima ($H_{1/3}$ - t - F - C_G)

CHÚ THÍCH: Tham khảo thêm Phụ lục C.2 Dự báo sóng do gió (BS 6349-1-2-2016).

2) Nhóm các phương pháp theo lý thuyết phổ qua các phần mềm

a) Phần mềm MRI:

Mô hình MRI được xây dựng 1973 -1977 dựa theo phổ Piersm – Moskowitz, thời gian tính toán ngắn có độ chính xác sát với thực tế cho chiều cao sóng H.

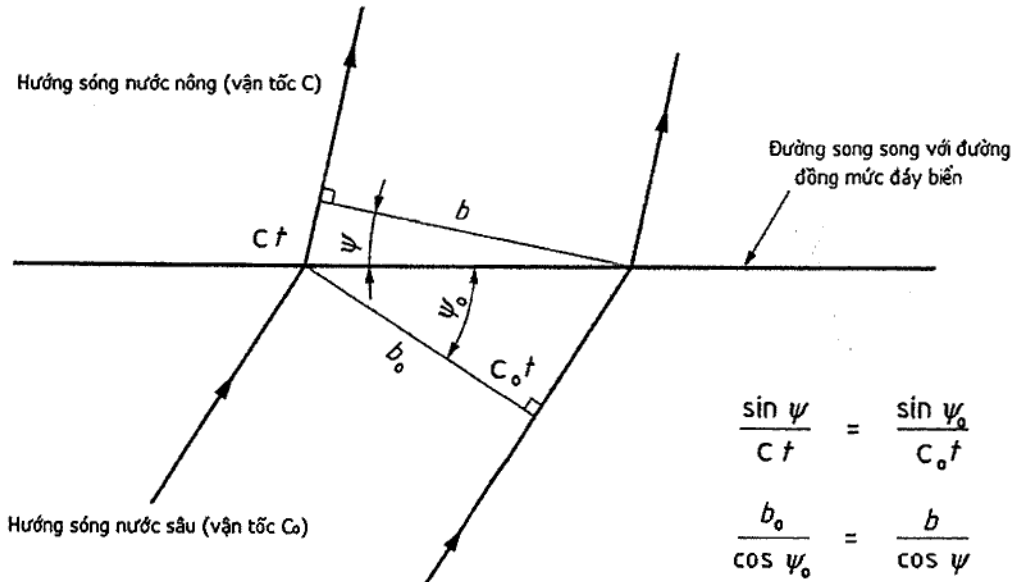
b) Phần mềm WAM:

Đây là phần mềm thế hệ thứ 3 tiêu biểu, dùng để tính toán trực tiếp các tương tác phi tuyến của các sự cộng hưởng tới 4 sóng dựa theo phổ Hasselmann và các tác giả khác: Phillips, Janssen... Mô hình WAM cũng thích hợp với vùng nước nông $h \leq \frac{L}{2}$

5.4.3 Khúc xạ và hiệu ứng nước nông

Các đỉnh sóng có xu hướng có tuyến song song với các đường đồng sâu của đáy do bị khúc xạ.

Sơ đồ khúc xạ cho trong **Hình 15**, đại diện cho các trường hợp khi mặt cắt đáy có thể xấp xỉ với các đường đồng sâu thẳng, song song nhau. Trong phần lớn các trường hợp thực tế, các đường đồng sâu là không có quy luật hay cong trong mặt bằng nên kiến nghị một cách tiếp cận mô hình số của sóng. Khi mô hình hoá số không thực tế và chỉ để đánh giá mang tính tham khảo, có thể xây dựng một loạt các đường trực giao hay tia sóng bằng tính toán luỹ tiến theo định luật Snell để thể hiện các ảnh hưởng của khúc xạ lên khu vực đang được đánh giá. Sự phân kỳ hay hội tụ của các tia cạnh nhau sẽ chỉ ra sự tập trung hay phân tán năng lượng sóng dọc theo đỉnh sóng.



Hình 15 - Sơ hoạ khúc xạ sóng

Khi không có các dòng chảy và giả thiết không hình thành tiêu tán, nhiễu xạ hay phản xạ sóng, chiều cao sóng cục bộ gây bởi khúc xạ và nước nông có thể liên quan đến giá trị nước sâu bằng cách giả thiết rằng năng lượng sóng được bảo toàn giữa các đường trực giao, như vậy $EC_0 b$ vẫn là hằng số, trong đó:

E là mật độ năng lượng sóng, cho bởi $\rho_0 g H^2 / 8$

trong đó :

ρ_0 là mật độ của nước, theo kg/m^3 ;

g là gia tốc trọng lực, theo m/s^2 ;

H là chiều cao sóng, theo m ;

C_0 là tốc độ nhóm sóng, theo m/s ;

b là khoảng cách giữa các đường trực giao sóng cạnh nhau theo m .

Chiều cao sóng trên đường bờ khi đó có thể tính theo:

$$H = K_s K_r H_0 \quad (44)$$

trong đó :

H_0 là chiều cao sóng trong nước sâu, theo m ;

- K_s là hệ số sóng nước nông, cho bởi $w(C_{G0}/C_G)$;
- w là thành phần đứng của tốc độ hạt nước, theo m/s;
- C_{G0} là tốc độ nhóm sóng trong nước sâu, theo m/s;
- C_G là tốc độ nhóm sóng theo m/s;
- K_r là hệ số khúc xạ sóng cho bởi (b_0/b) ;
- b_0 là khoảng tách tia sóng trong nước sâu.

Các giá trị hệ số nước nông, cùng với chiều dài và tốc độ nhóm sóng có thể nhận được từ **Hình 6**.

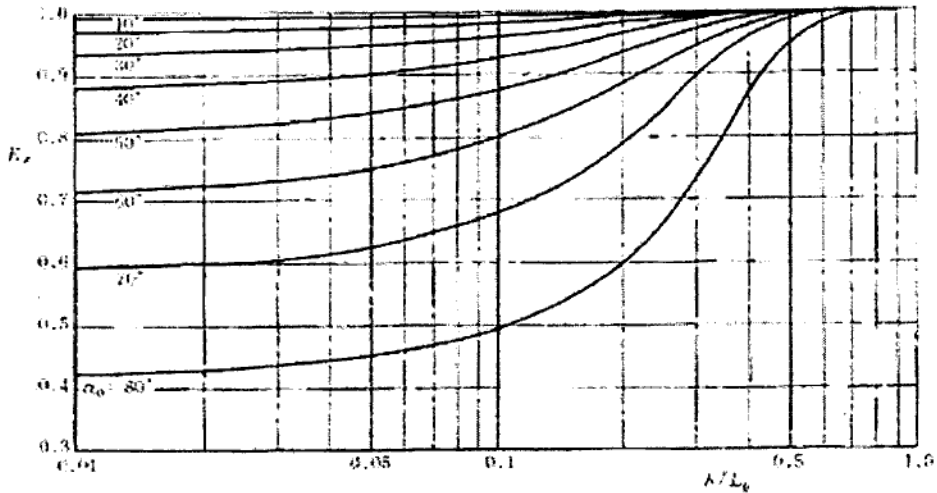
Ảnh hưởng nước nông đối với các sóng ngẫu nhiên, bao gồm các ảnh hưởng của sóng vỡ có thể tính theo **Hình 7**.

Khi các kỹ thuật vẽ tia sóng được chấp nhận, hệ số khúc xạ sóng có thể tìm được bằng cách đo sự phân kỳ hay hội tụ tương đối của các tia sóng nhận được từ các phân tích khúc xạ.

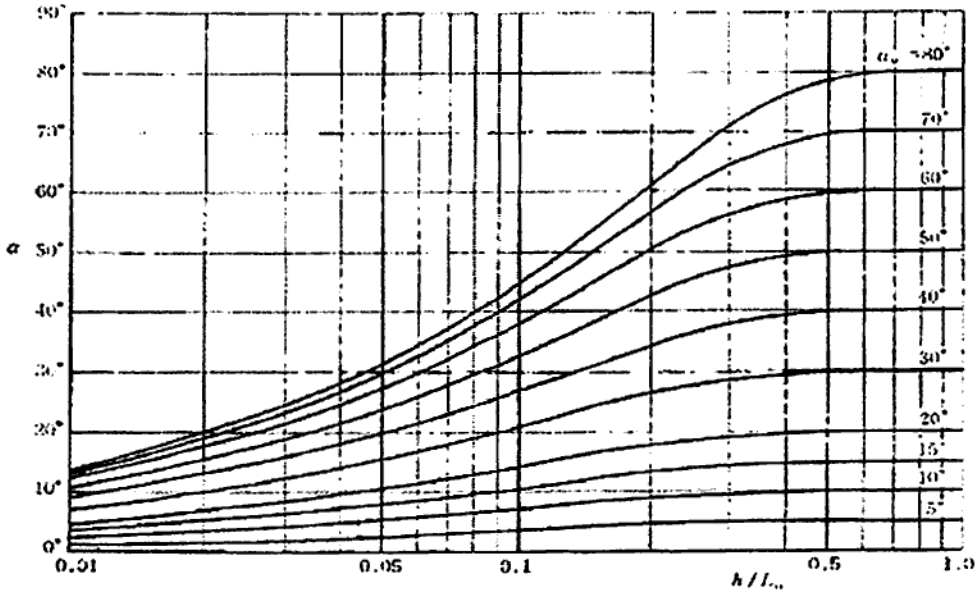
Những thay đổi đột ngột trong các đường đồng sâu đáy biển có thể dẫn đến khúc xạ và phản xạ sóng, chúng gây nên sự truyền năng lượng, khi đó các công thức nói trên có thể không đúng.

Hai **hình 16** và **17** để xác định K_r và diễn tả sự thay đổi tia sóng điều hoà khi khúc xạ, áp dụng cho sóng lan truyền ở dài tần suất hẹp như sóng thần (Tsunami) hay sóng lừng (Swell wave).

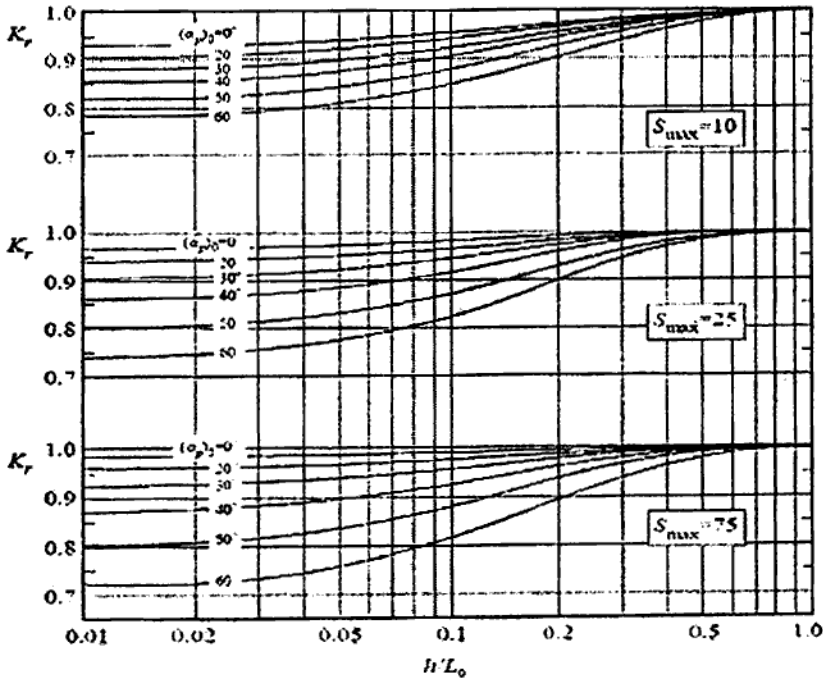
Hai **hình 18** và **19** để xác định K_r và diễn tả sự thay đổi tia sóng không điều hòa khi khúc xạ, áp dụng cho bờ biển thẳng và có các đường đồng sâu song song.



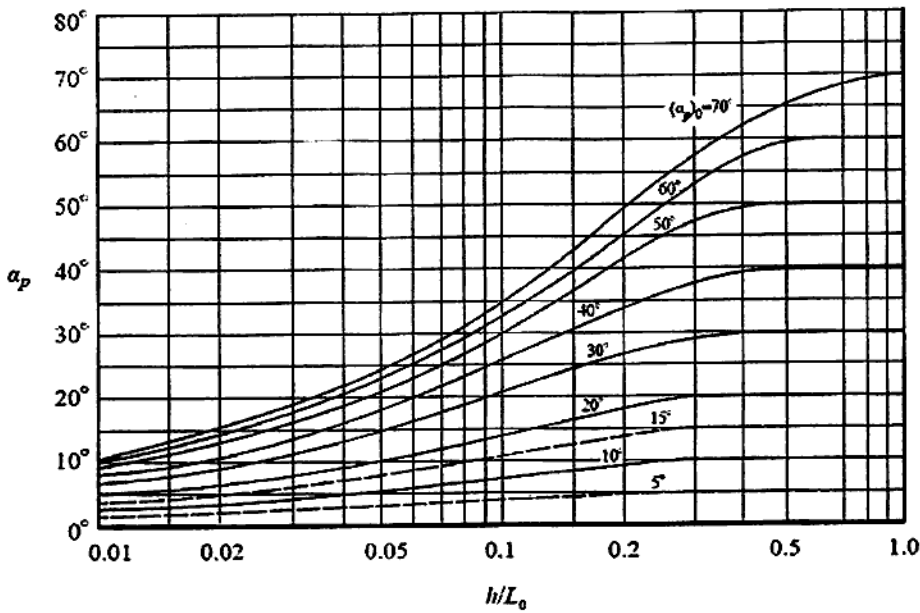
Hình 16 - Hệ số K_r cho sóng điều hoà với bờ biển thẳng và các đường đồng sâu song song



Hình 17 - Đồ thị chỉ sự thay đổi hướng sóng cho sóng điều hòa tại bờ biển thẳng và các đường đồng sâu song song



Hình 18 - Hệ số K_r cho sóng không điều hòa với bờ biển thẳng và các đường đồng sâu song song



Hình 19 - Đồ thị chỉ sự thay đổi hướng sóng cho sóng không điều hòa tại bờ biển thẳng và các đường đồng sâu song song

Trong tính toán lan truyền sóng cho bờ biển Việt Nam có nhiều đảo nhiều cửa sông lớn từ vùng nước sâu vào bờ, có thể dùng 3 phần mềm sau:

a) Phần mềm RCPwave

Mô hình ra đời 1980 dùng cho sóng tuyến tính, vùng biển hở bao gồm cả vùng sóng vỡ ở vùng nước nông (cửa sông). Nền tảng cho RCPWave là hàm thế tốc độ của Berkhoff có tính đến hiệu ứng khúc xạ, nhiễu xạ, tán xạ ở dạng:

$$\frac{\partial}{\partial x} (C \cdot C_G \cdot \frac{\partial \phi}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (C \cdot C_G \cdot \frac{\partial \phi}{\partial y}) + \delta^2 \frac{C_G}{C} \phi = 0 \tag{45}$$

trong đó:

$\phi_{(x,y)}$: Thế vận tốc

C_G : Tốc độ nhóm sóng

C : Tốc độ truyền sóng

δ : Tần số góc $\delta = 2\pi/T$

b) Mô hình REFDIF

Mô hình ra đời 1983 có cả hiệu ứng phi tuyến của sóng Stokes bậc 3, cũng được dùng cho khu vực nước nông dựa vào hàm thế của lưu tốc:

$$\frac{D^2 \phi}{Dt^2} + \nabla u \frac{D\phi}{Dt} - \nabla (C \cdot C_G \cdot \nabla \cdot \phi) + (\delta^2 - k^2 \cdot C \cdot C_G) \cdot \phi = 0 \tag{46}$$

trong đó:

K là số sóng;

U là véc tơ dòng chảy ;

$\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right)$ Toán tử Laplace ;

$\delta^2 = g.k.tanh(kh)$;

h là độ sâu.

c) Mô hình STWave

Là mô hình phổ sóng vừa dự báo vừa tính lan truyền vùng gần bờ, trong đó bao gồm cả hiệu ứng nhiễu xạ, chiết xạ, sóng nước nông và dòng chảy. Đây là mô hình tính rất cận kề các khía cạnh năng lượng E có thể kể đến tiêu tán, tồn thất, thấm, vỡ, phân bố lại....

$$\frac{\partial E(f, \theta, x, y, t)}{\partial t} = -C_G \nabla E(f, \theta, x, y, t) + \sum_{k=1}^k S_k(f, \theta, x, y, t) \quad (47)$$

trong đó:

E (f, θ , x, y, t) là mật độ năng lượng phổ;

$S_{(f, \theta, x, y, t)_k}$ là mật độ năng lượng thêm vào hay mất đi của nguồn thứ k.

Tính toán lan truyền theo các mô hình rất tiện lợi, nhanh, do đó diễn tả trường sóng dễ dàng, tuy nhiên mức độ chính xác khác nhau, từ đó bản đồ khúc xạ theo mỗi mô hình là khác nhau mặc dầu số liệu đầu vào là như nhau.

CHÚ THÍCH: Đối với cảng ở cửa sông nên vẽ cáctia khúc xạ từ vùng nước sâu vào bờ ứng với mỗi phương vị tác động của gió chịu ảnh hưởng trên nền bản đồ địa hình cửa sông đó với tỷ lệ 1:500 đến 1:2000. Vấn đề này tham khảo ở TCVN 8421: 2010.

5.4.4 Nhiễu xạ sóng

Hệ số nhiễu xạ trong bể cảng K_d nơi tàu neo đậu làm hàng được xác định theo

$$K_d = \frac{H_d}{H_i} \quad (48)$$

trong đó:

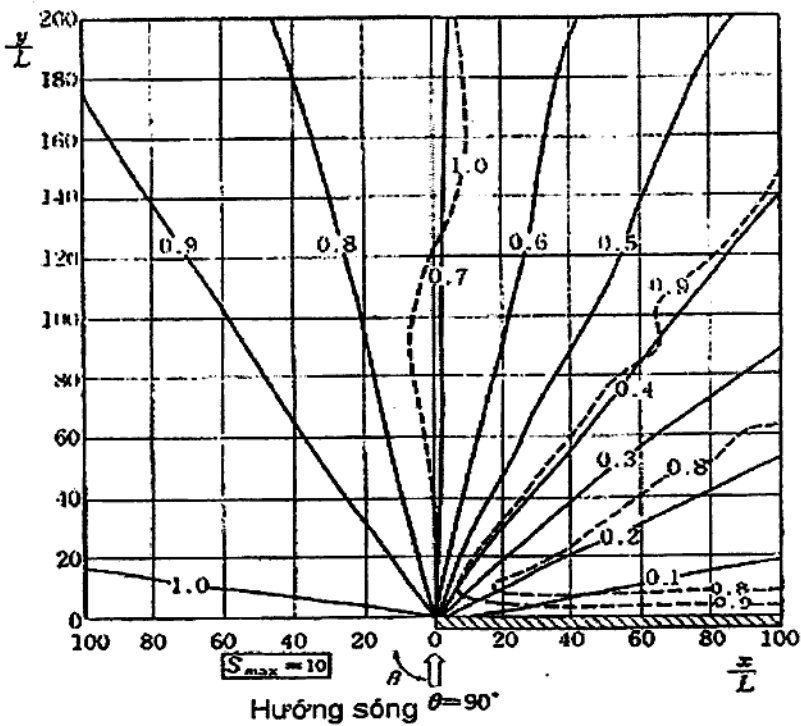
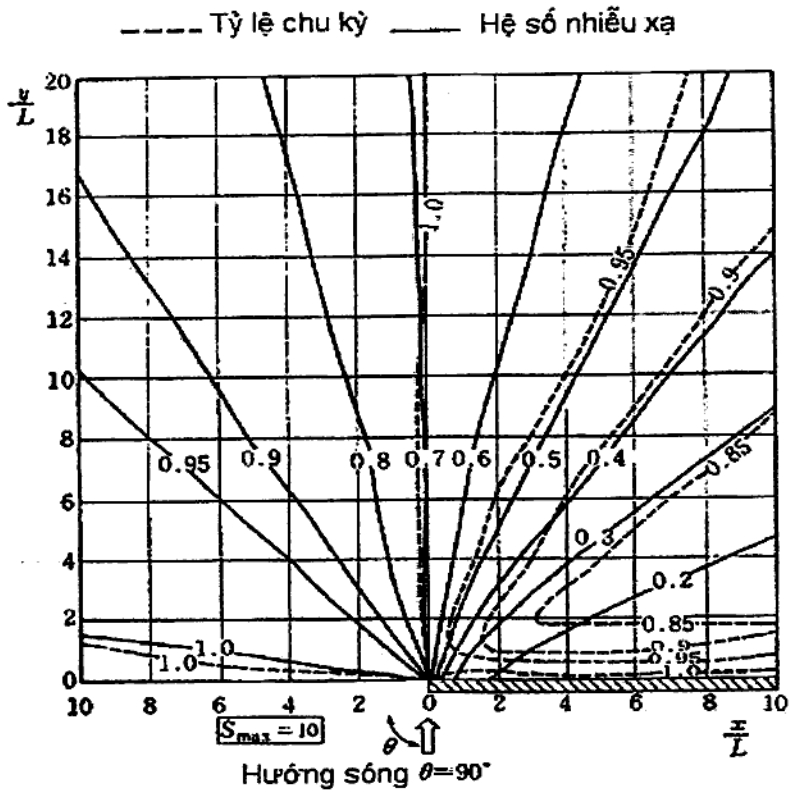
H_d là chiều cao sóng nhiễu xạ tại điểm i trong bể cảng;

H_i là chiều cao sóng xuất phát đi vào ứng với một hướng gió tại cửa cảng.

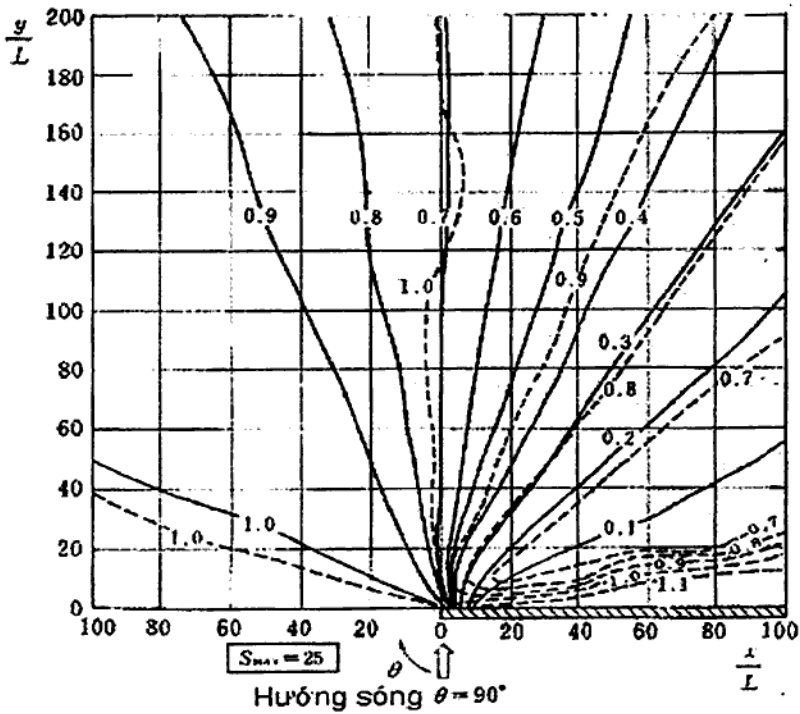
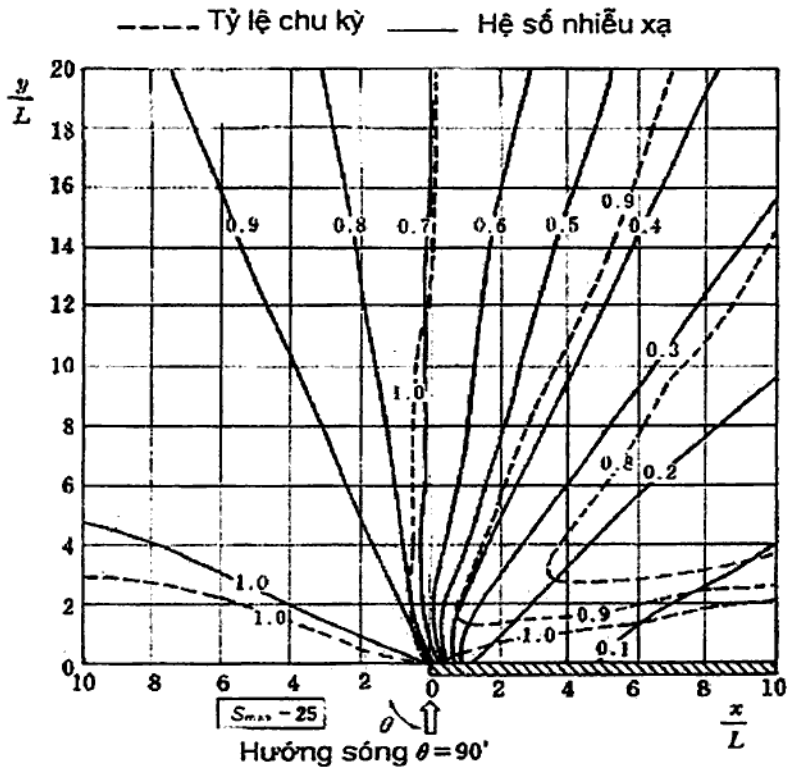
a) Nhiễu xạ trong bể cảng có một đê nhô và tia sóng đi vào hợp với cửa cảng 1 góc $\theta = 90^\circ$

Ba hình từ 20 (a); 20(b); 20(c) cho phép tìm được K_d kèm theo chu kỳ T ứng với $S_{max} = 10; 25; 75$ chỉ cho tia sóng vào cửa vuông góc với $\theta = 90^\circ$. Dùng phương pháp chấp bình đồ tìm được:

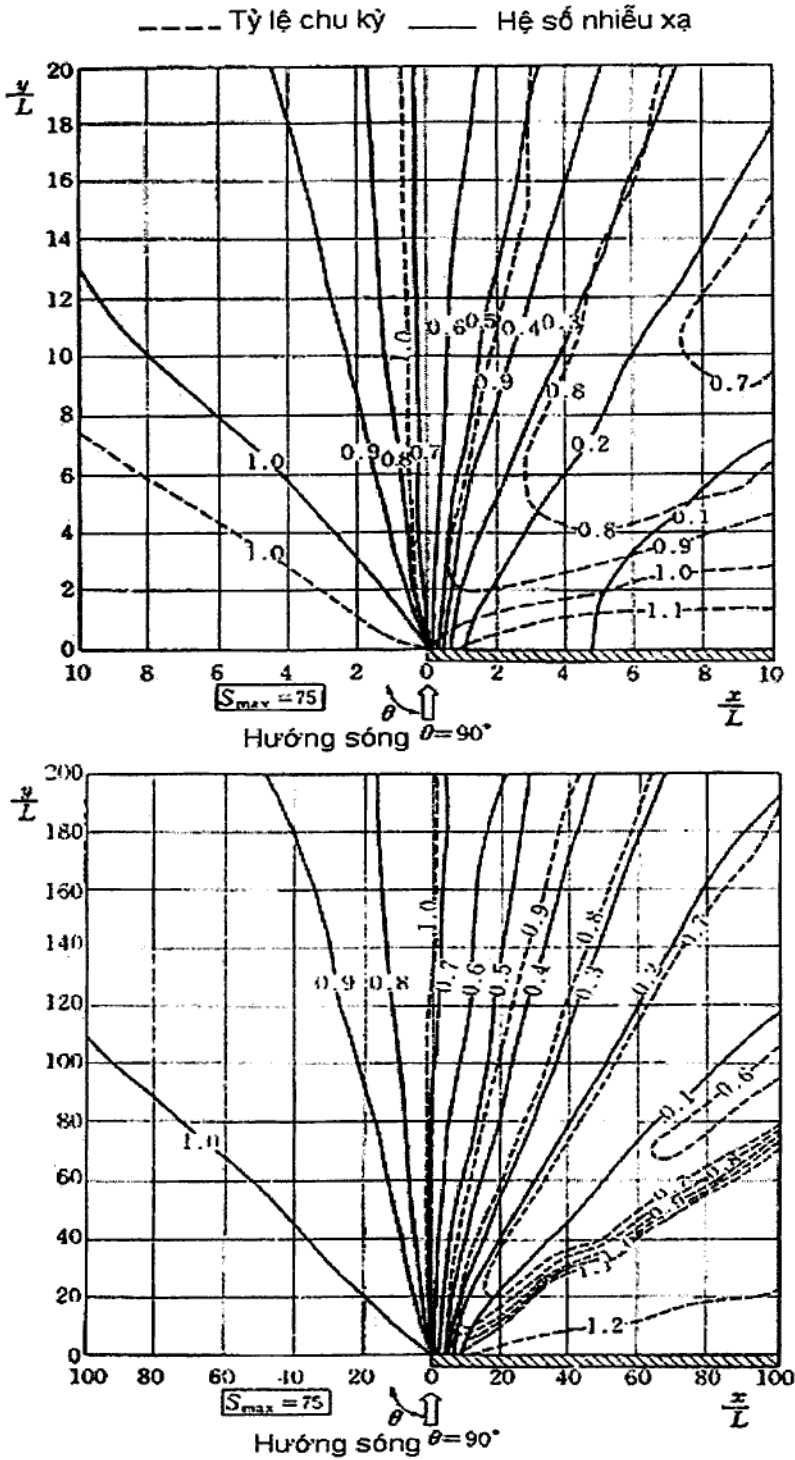
$$H_d = K_d H_i \quad (49)$$



Hình 20(a) - Hai đồ thị tìm K_d và T cho 1 đê nhỏ với $S_{max} = 10$ và $\theta = 90^\circ$



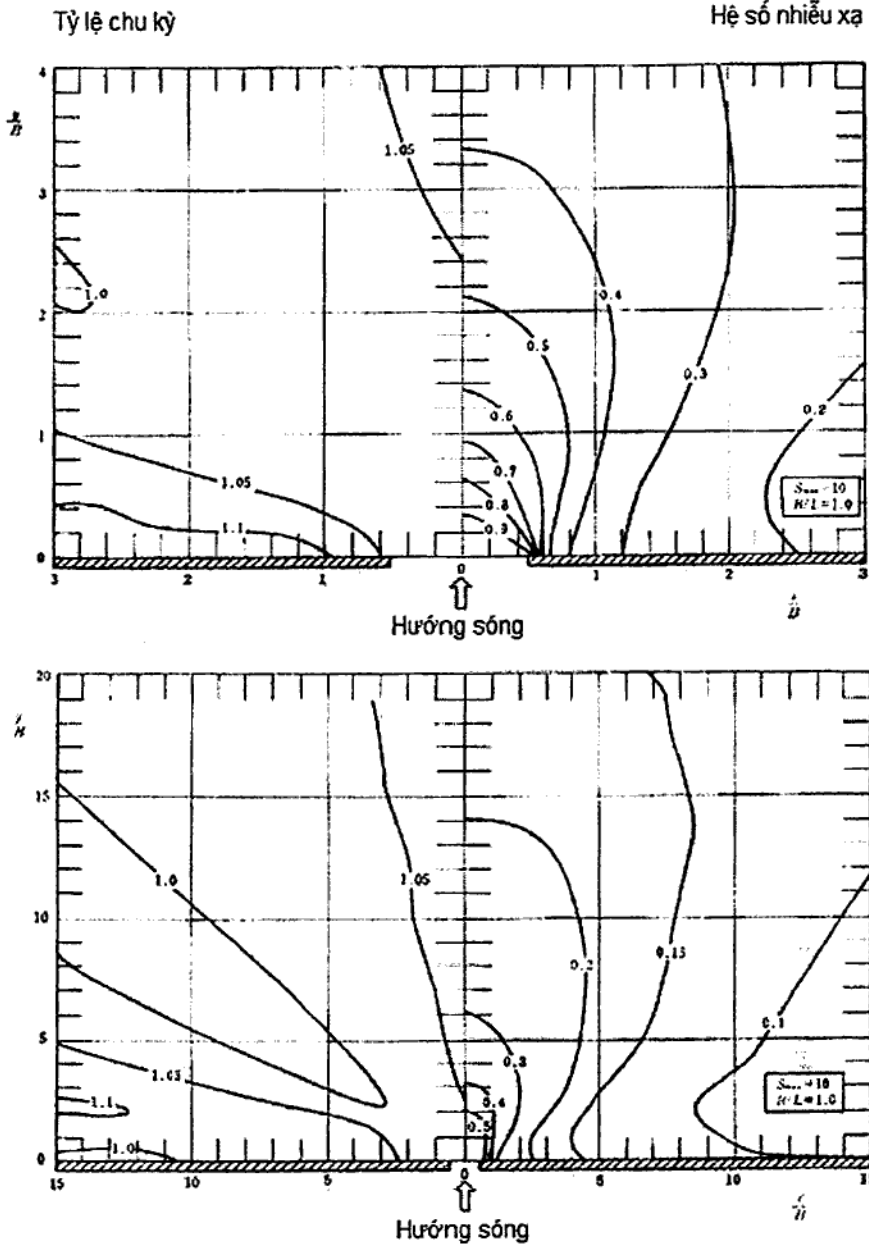
Hình 20(b) - Hai đồ thị tìm K_d và T cho 1 đê nhô với $S_{max} = 25$ và $\theta = 90^\circ$



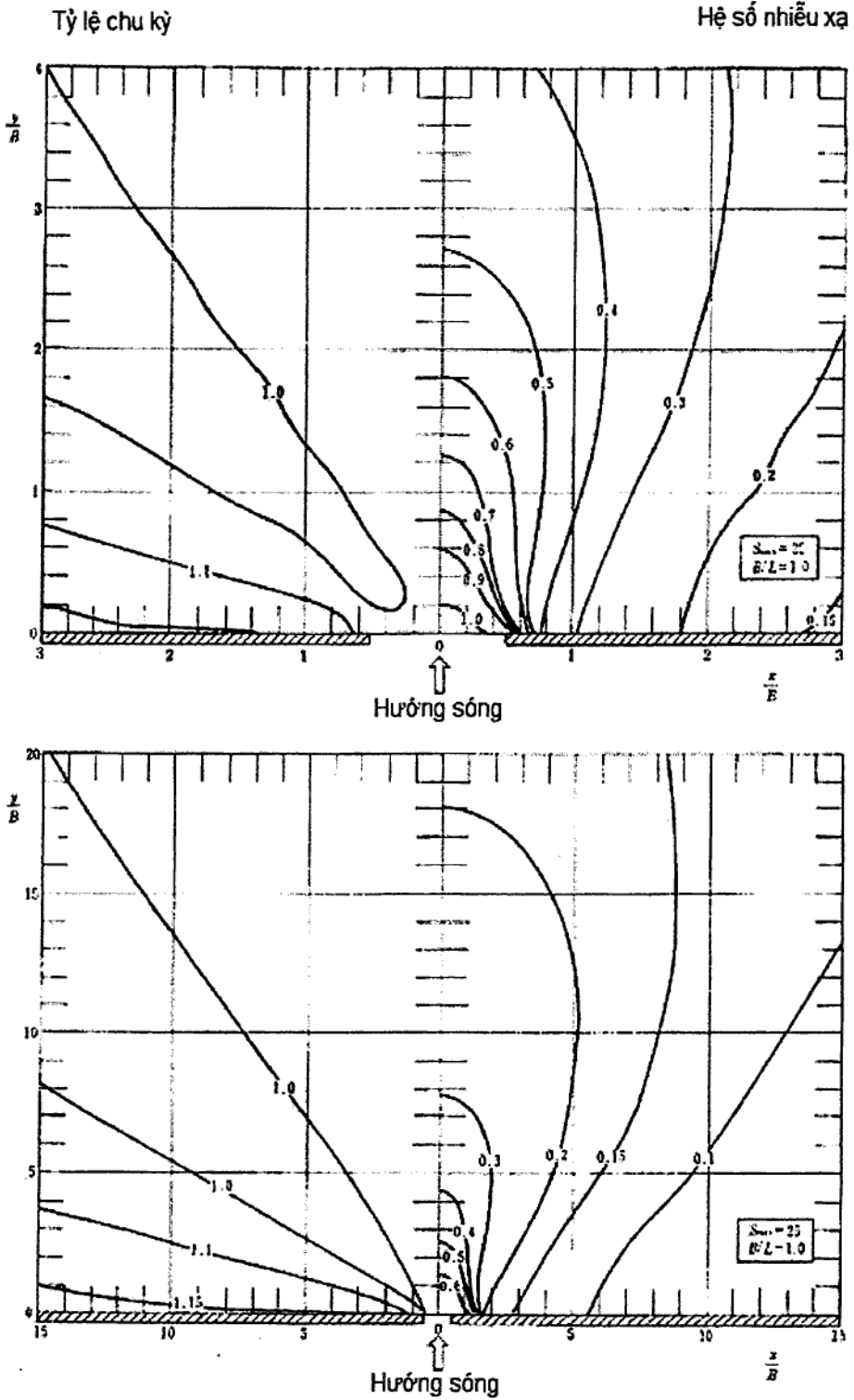
Hình 20(c) - Hai đồ thị tìm K_d và T cho 1 đê nhô với $S_{max} = 75$ và $\theta = 90^\circ$

b) Nhiễu xạ trong bể cảng có hai đê nhô và tia sóng đi vào hợp với cửa cảng 1 góc $\theta = 90^\circ$ và ứng với mỗi chiều rộng tương đối của cửa cảng B/L .

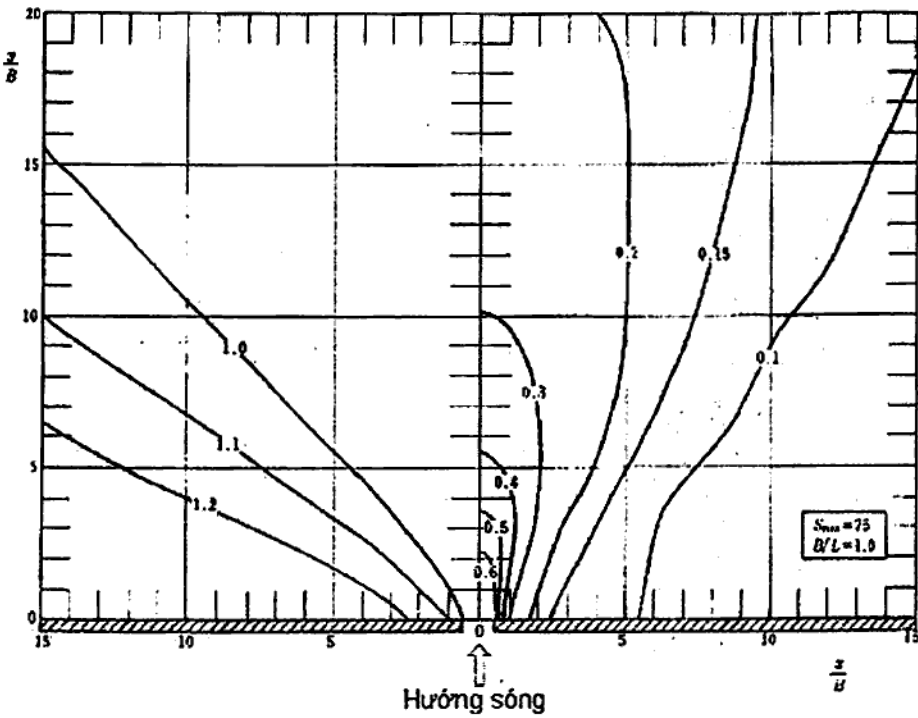
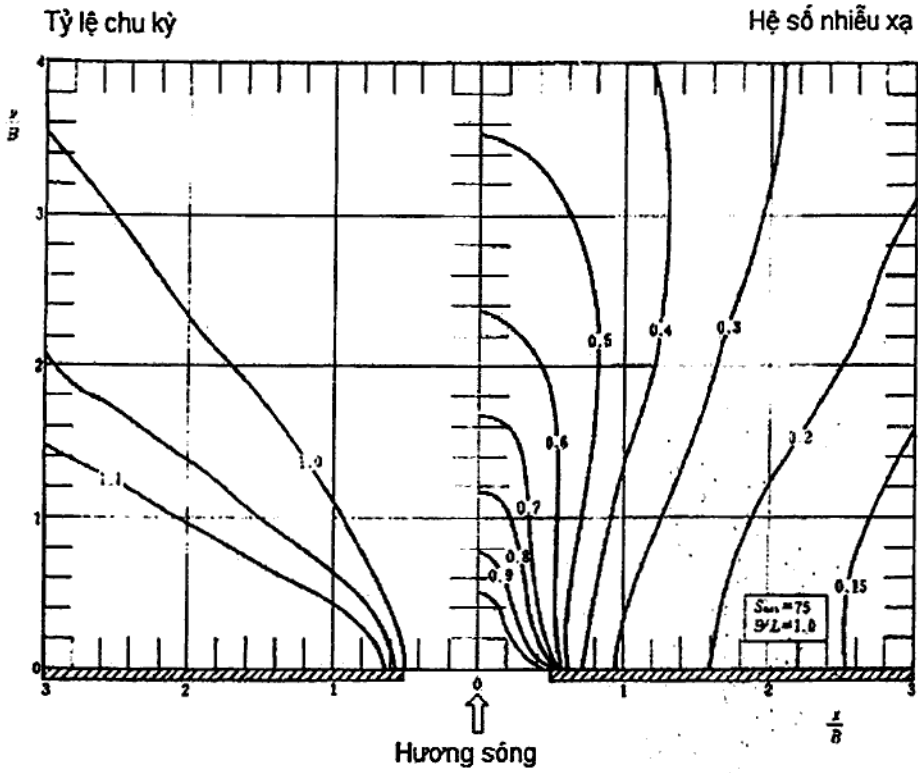
Mười hai hình 21(a) đến 21(l) cho phép tìm được K_d kèm theo chu kỳ T ứng với $S_{max} = 10; 25; 75$ chỉ cho tia sóng vào cửa vuông góc với đê ($\theta = 90^\circ$). Để có kết quả dùng phương pháp chấp bình đồ.



Hình 21(a) - Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhỏ với $S_{max} = 10$, $\theta = 90^\circ$ và $\frac{B}{L} =$



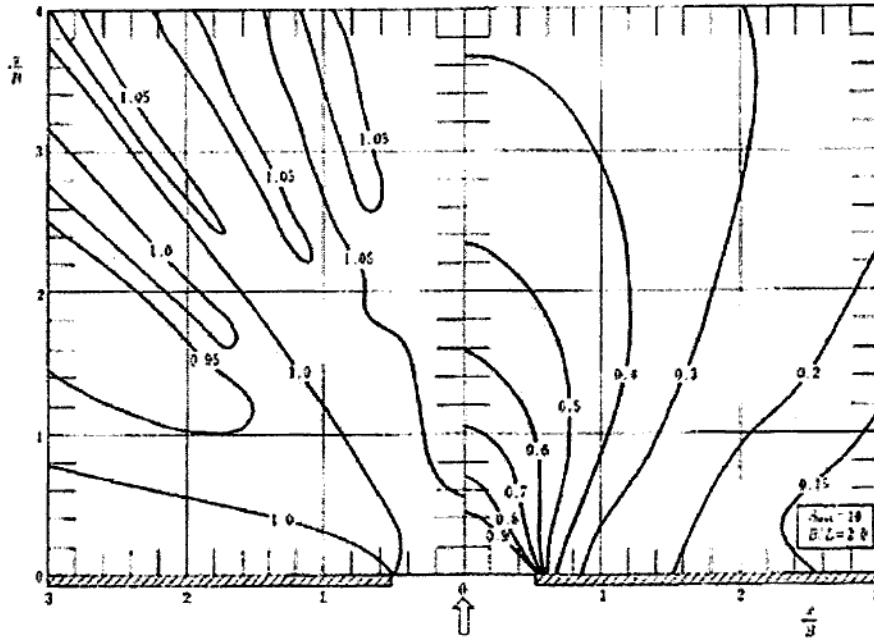
Hình 21(b) - Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhô với $S_{max} = 25$, $\theta = 90^\circ$ và $B/L = 1$



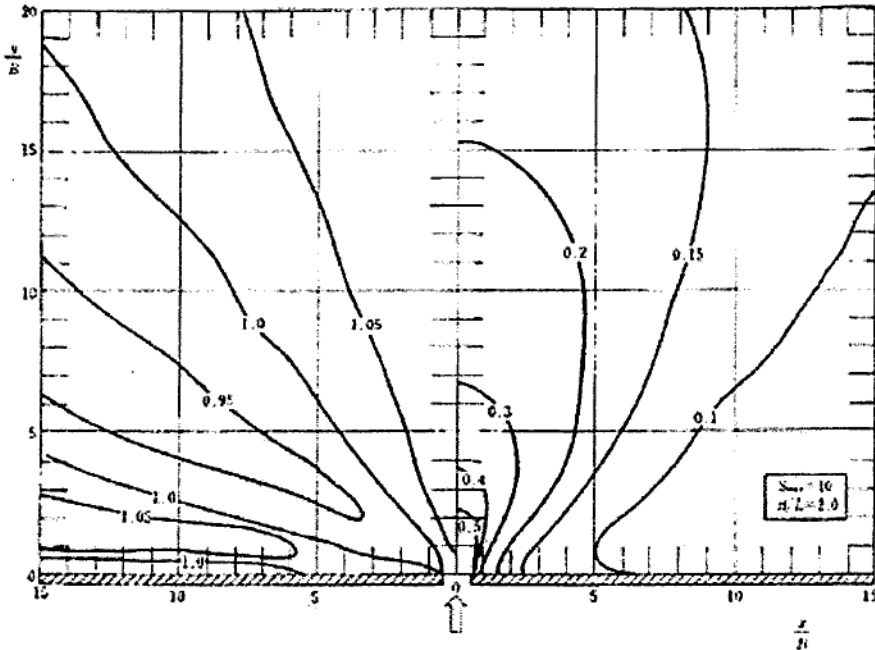
Hình 21(c) – Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhô với $S_{max} = 75$, $\theta = 90^\circ$ và $B/L = 1$

Tỷ lệ chu kỳ

Hệ số nhiễu xạ

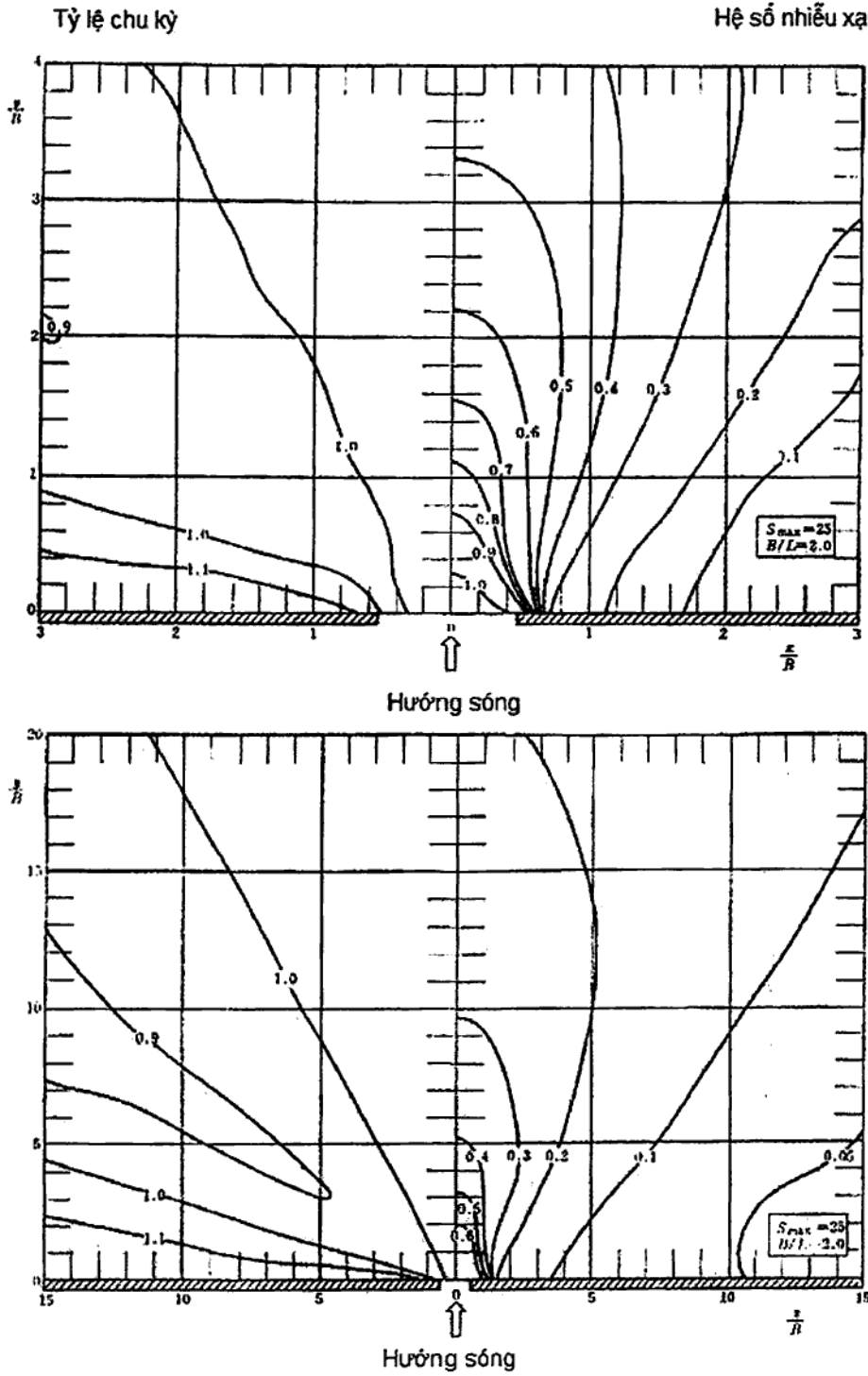


Hướng sóng

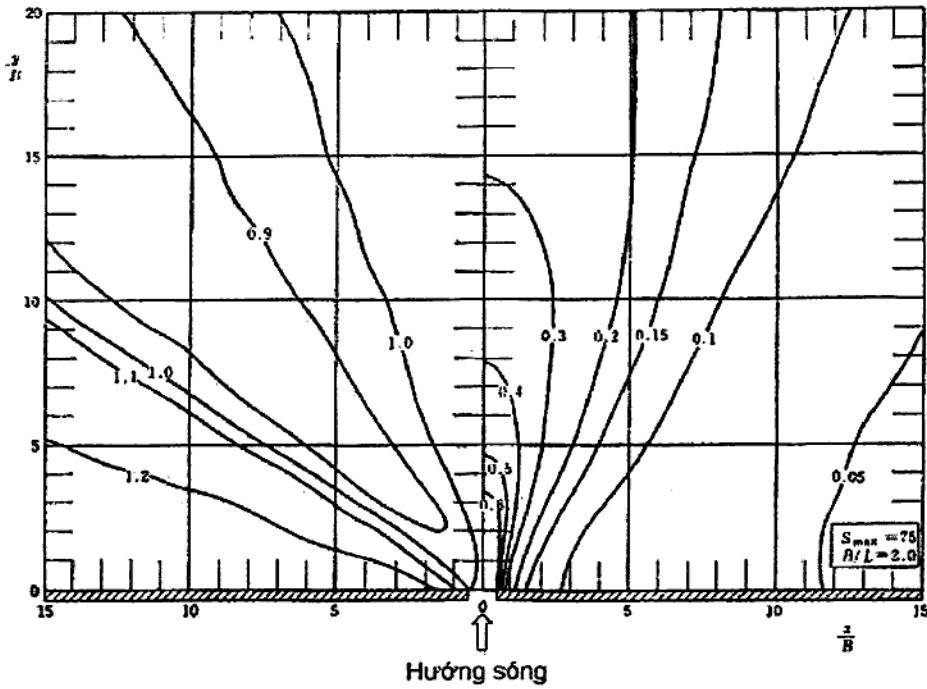
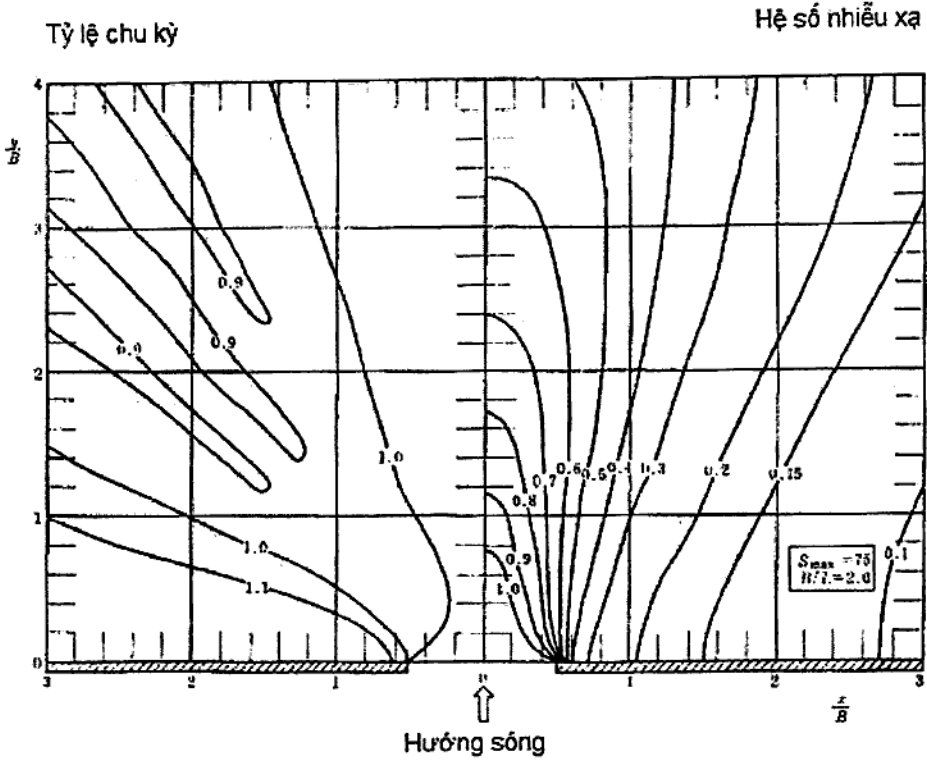


Hướng sóng

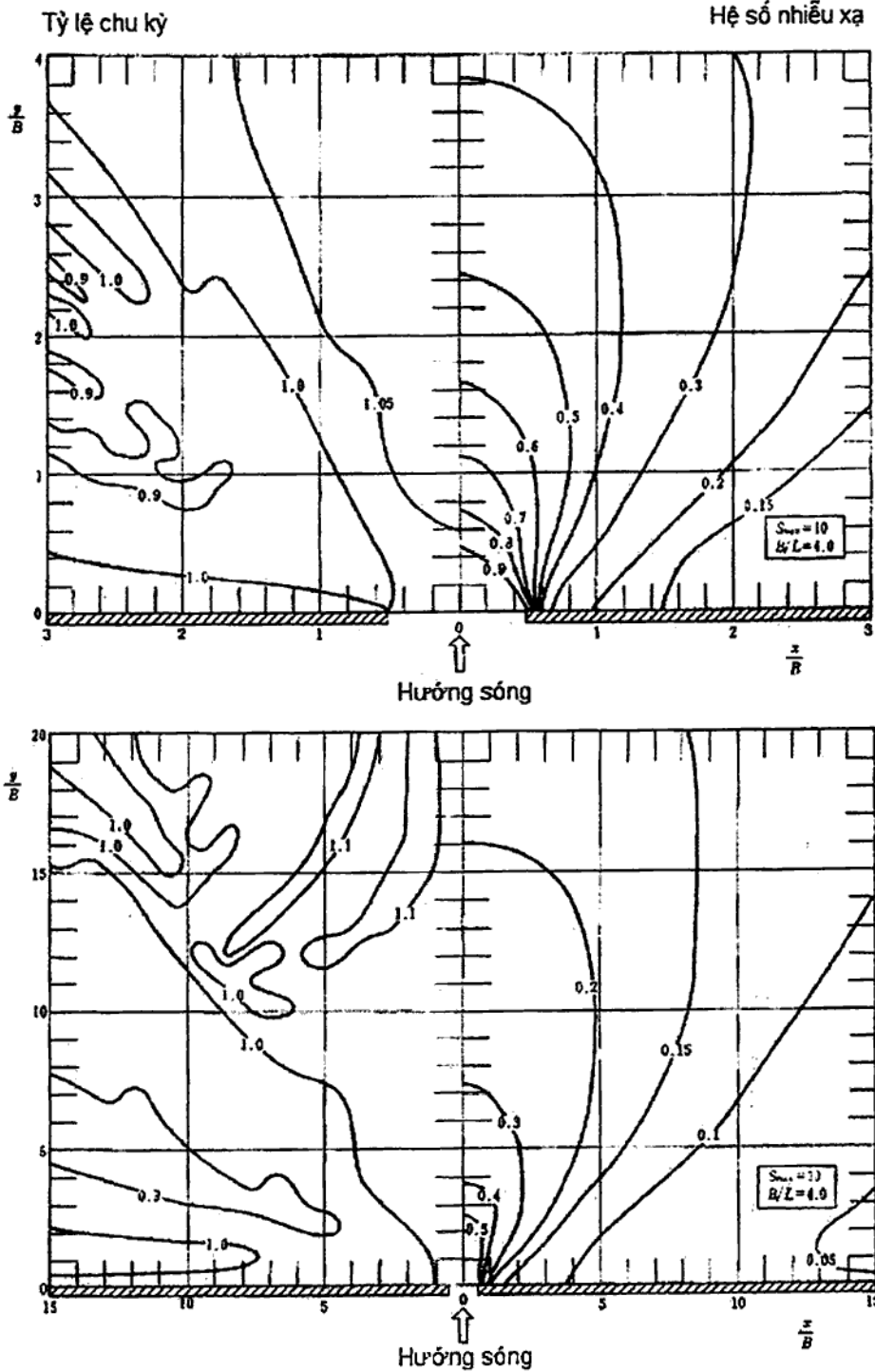
Hình 21(d) - Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhô với $S_{max} = 10$, $\theta = 90^\circ$ và $B/L=2$



Hình 21(e) - Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhô với $S_{max} = 25$, $\theta = 90^\circ$ và $B/L = 2$



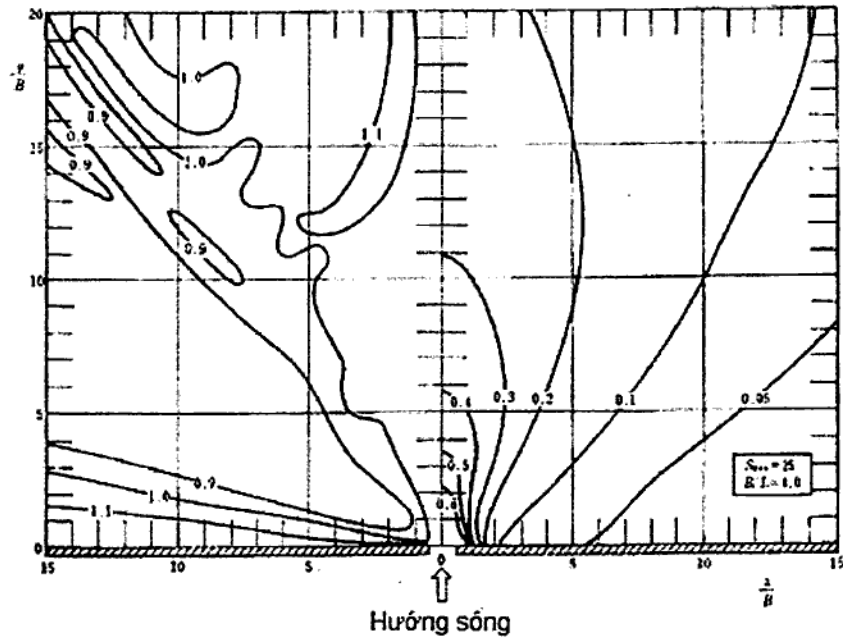
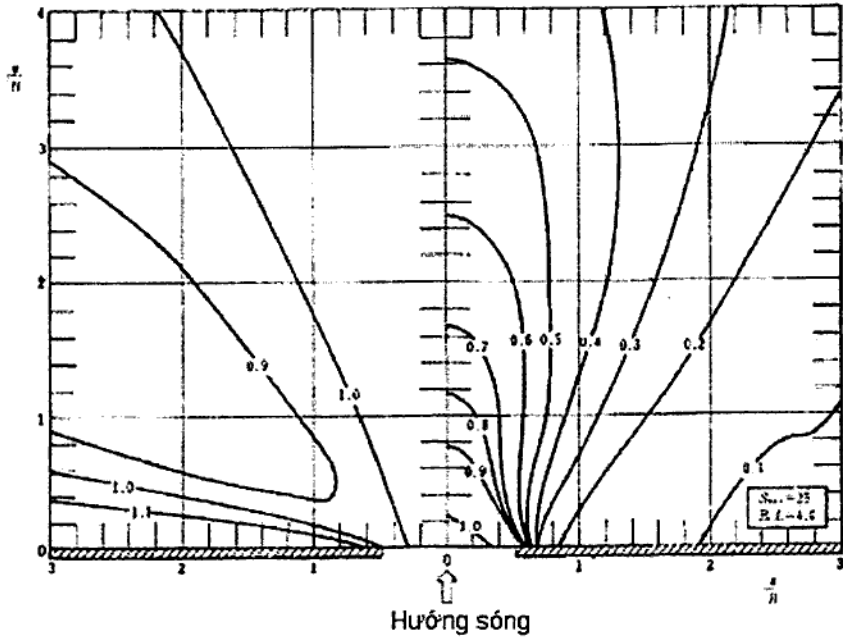
Hình 21(f) - Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhỏ với $S_{max} = 75$, $\theta = 90^\circ$ và $B/L = 2$



Hình 21(g) - Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhô với $S_{max} = 10$, $\theta = 90^\circ$ và $B/L = 4$

Tỷ lệ chu kỳ

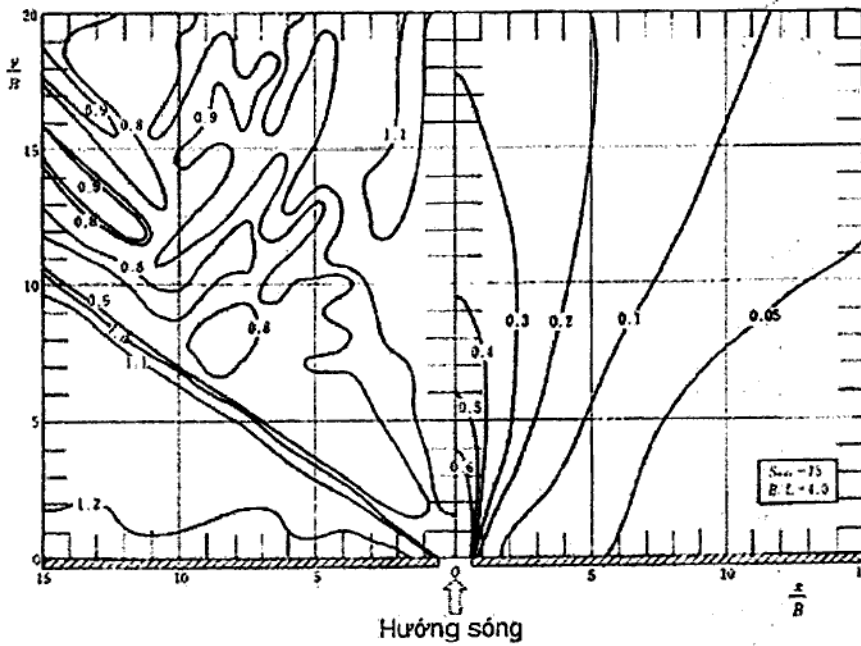
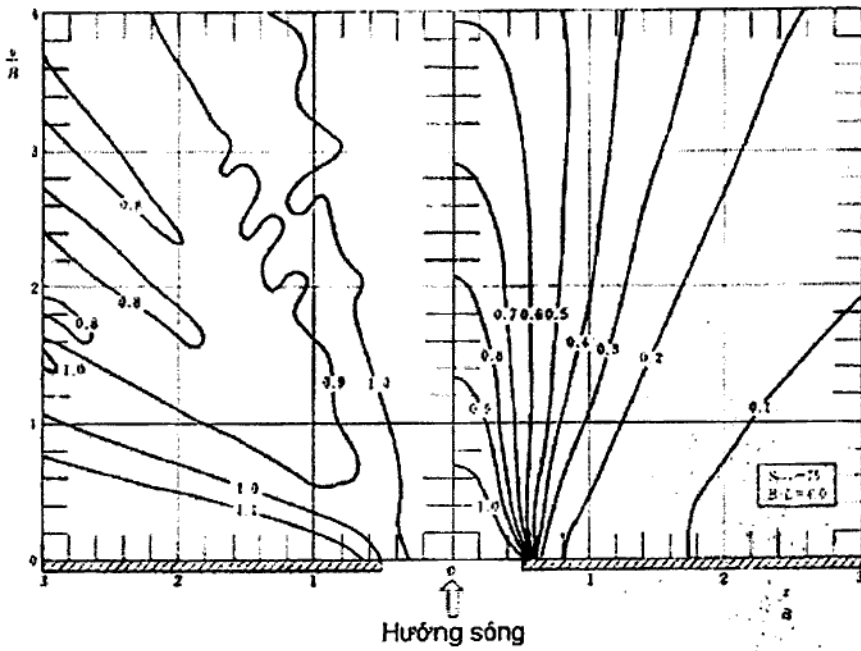
Hệ số nhiễu xạ



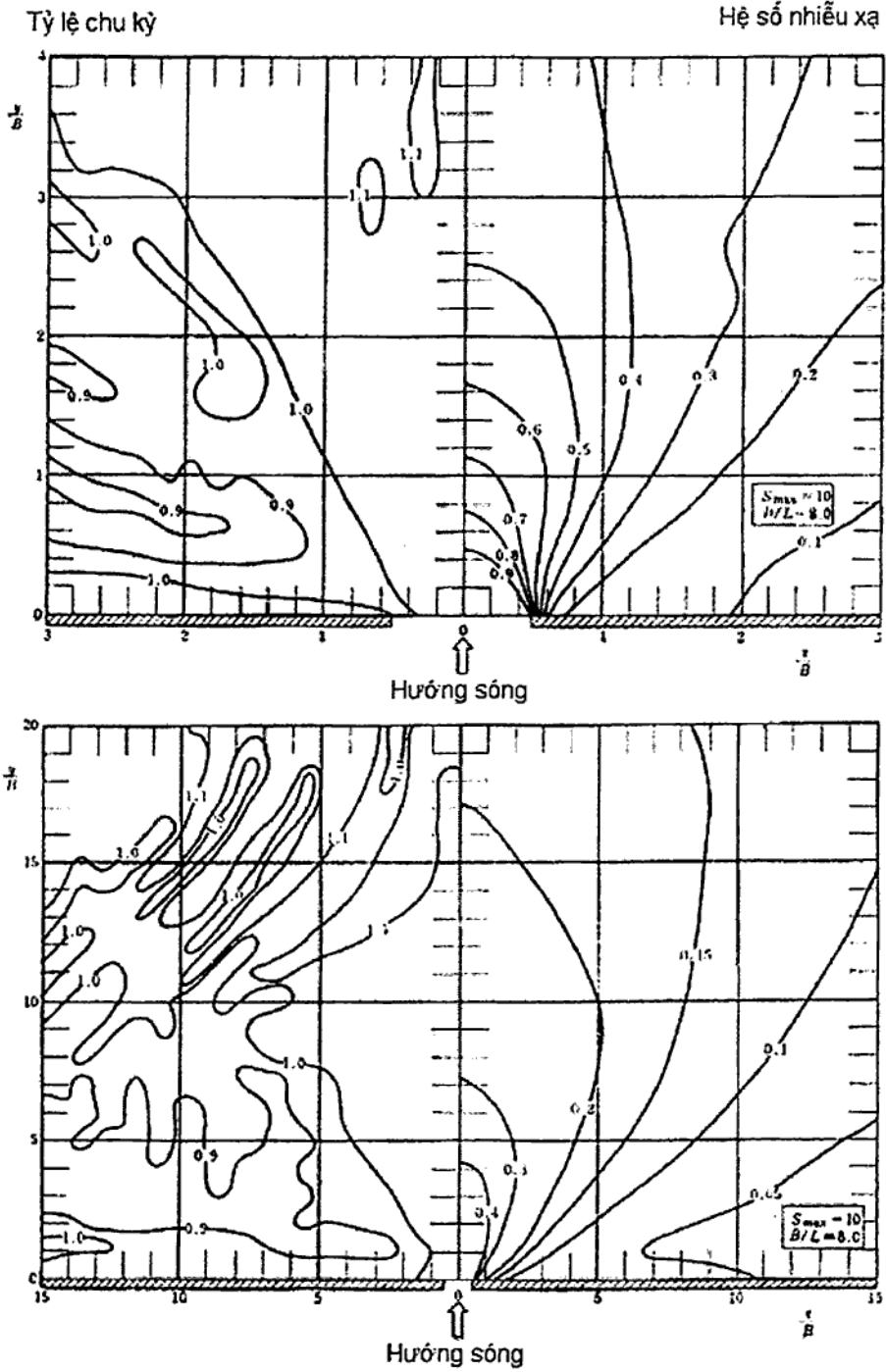
Hình 21(h) - Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhô với $S_{max} = 25$, $\theta = 90^\circ$ và $B/L = 4$

Tỷ lệ chu kỳ

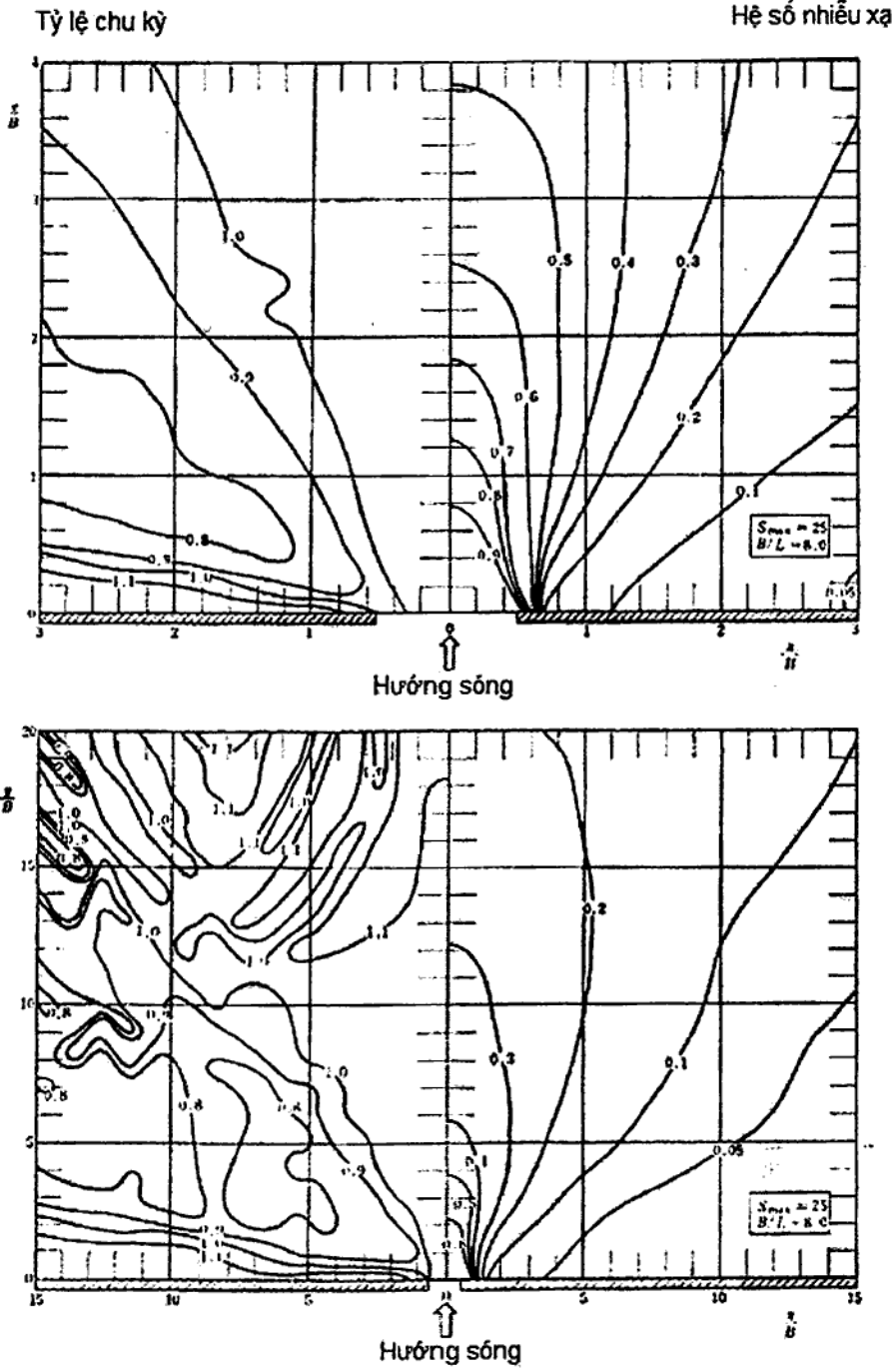
Hệ số nhiễu xạ



Hình 21(i) - Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhô với $S_{max} = 75$, $\theta = 90^\circ$ và $B/L = 4$



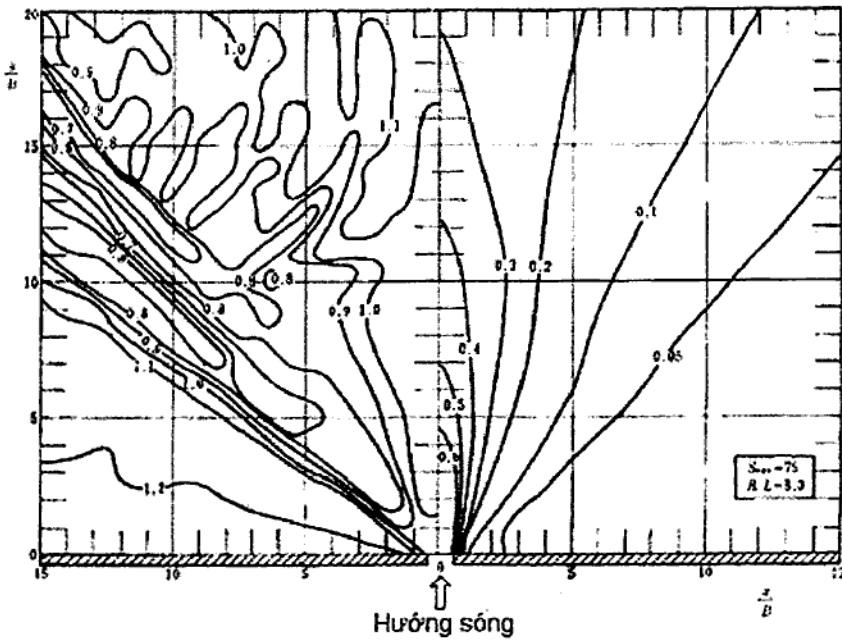
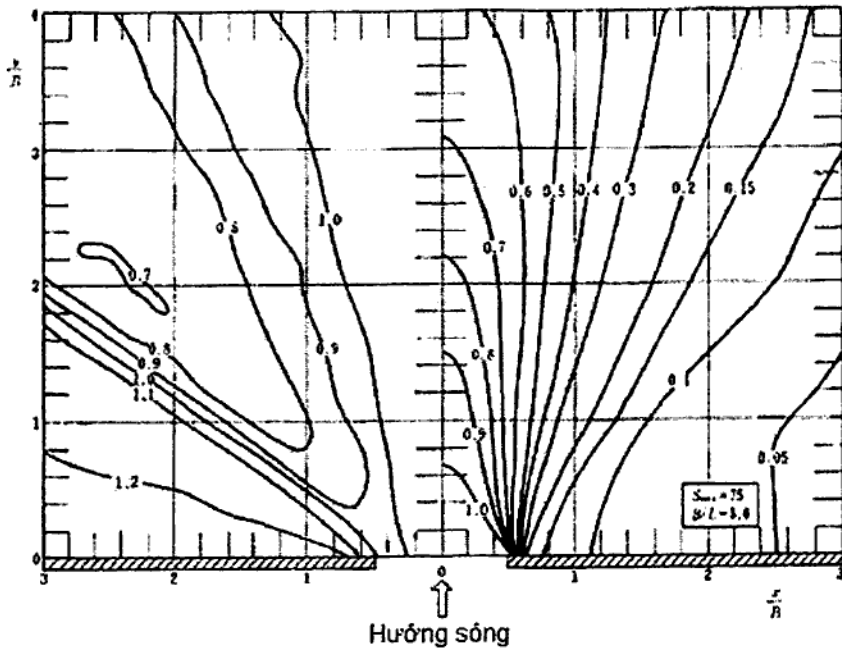
Hình 21(j) - Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhô với $S_{max} = 10$, $\theta = 90^\circ$ và $B/L=8$



Hình 21(k) – Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhỏ với $S_{max} = 25$, $\theta = 90^\circ$ và $B/L = 8$

Tỷ lệ chu kỳ

Hệ số nhiễu xạ



Hình 21(I) - Hai đồ thị xác định K_d và T cho 2 đê nhô với $S_{max} = 75$, $\theta = 90^\circ$ và $B/L = 8$

c) Nhiều xạ trong bể cảng có 2 đê nhô và tia sóng đi vào hợp với cửa cảng một góc ($\theta \neq 90^\circ$)

Trong trường hợp $\theta \neq 90^\circ$ thì dùng cách quy đổi $\theta \neq 90^\circ$ về $\theta = 90^\circ$ với θ tương ứng cho Bảng 10 có kèm theo góc lệch θ' của tia chính nhiễu xạ (Hình 22). Khi đó chiều rộng quy đổi B' của cửa cảng được xác định theo (50):

$$B'/L = (B/L) \sin \theta' \quad (50)$$

Bảng 10 - Góc của tia chính nhiễu xạ θ' a) $S_{\max} = 10$

B/L	Góc giữa đề chấn sóng và hướng đi tới của sóng θ			
	15°	30°	45°	60°
1,0	53° (38°)	58° (28°)	65° (20°)	71° (11°)
2,0	46° (31°)	53° (23°)	62° (17°)	70° (10°)
4,0	41° (26°)	49° (19°)	60° (15°)	70° (10°)

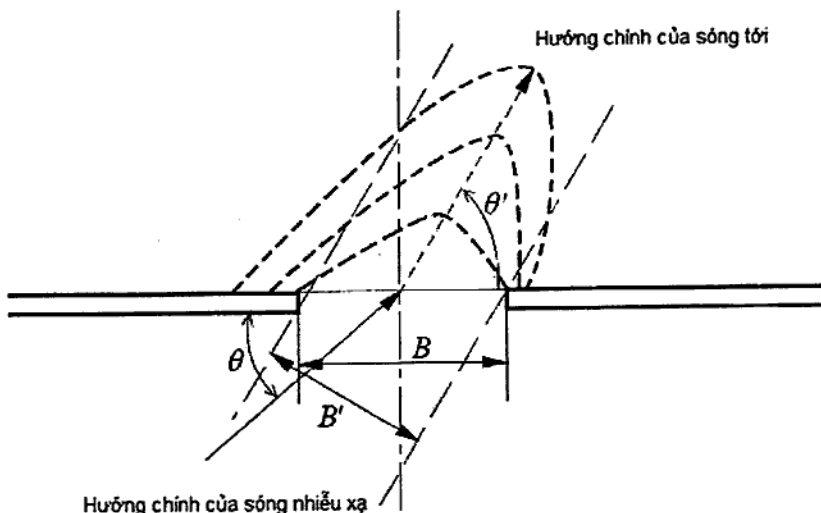
b) $S_{\max} = 25$

B/L	Góc giữa đề chấn sóng và hướng đi tới của sóng θ			
	15°	30°	45°	60°
1,0	49° (34°)	52° (22°)	61° (16°)	70° (10°)
2,0	41° (26°)	47° (17°)	57° (12°)	67° (7°)
4,0	36° (21°)	42° (12°)	54° (9°)	65° (5°)

c) $S_{\max} = 75$

B/L	Góc giữa đề chấn sóng và hướng đi tới của sóng θ			
	15°	30°	45°	60°
1,0	41° (26°)	45° (15°)	55° (10°)	66° (6°)
2,0	36° (21°)	41° (11°)	52° (7°)	64° (4°)
4,0	30° (15°)	36° (6°)	49° (4°)	62° (2°)

CHÚ THÍCH: Góc trong ngoặc đơn là góc lệch so với góc đi tới



Hình 22 - Sơ đồ quy đổi về B' và θ'

CHÚ THÍCH:

- (1) Tính nhiễu xạ theo cách quy đổi có sai số tối đa 10%
- (2) Khi $B/L \geq 8$ có thể tách thành 2 bề cảng ứng với từng đề nhỏ tương ứng
- (3) Nếu có thể thì tính sóng nhiễu xạ theo mô hình vật lý với tỷ lệ mô hình 1:50 đến 1:150
- (4) Có thể tính nhiễu xạ theo BS 6349:1-2:2016 hoặc SPM với cùng 24 phương vị như của OCDI.

d) Nhiễu xạ có kể tới khúc xạ

Gặp bề cảng có độ sâu khác nhau nhiều nên kể tới ảnh hưởng của khúc xạ. Lúc đó chiều cao sóng H_d tại 1 điểm trong bề cảng được tính theo:

$$H_d = K_d K_r K_s H_i \tag{51}$$

trong đó:

- K_d là Hệ số nhiễu xạ;
- K_r là Hệ số khúc xạ;
- K_s là Hệ số cạn;
- H_i là chiều cao sóng xuất phát tại cửa cảng ứng với một phương vị.

e) Nhiễu xạ trong bề cảng có kể tới phản xạ

Ảnh hưởng của phản xạ của nhiễu xạ không lớn, trường hợp kết cấu đê chắn sóng, kè cảng, và kết cấu bến là tường đứng có ảnh hưởng một ít làm tăng chiều cao sóng nhiễu xạ, lúc đó tham khảo Điều 3. Tải trọng và tác động của sóng lên công trình có mặt ngoài thẳng đứng hoặc nghiêng của TCVN 8421:2010.

5.4.5 Phản xạ của sóng

1) Khái quát

Trong thiết kế công trình cảng, phải nghiên cứu ảnh hưởng của các ảnh hưởng phản xạ của sóng từ các kết cấu lân cận đến công trình đang xem xét và ảnh hưởng của các sóng phản xạ từ công trình đang xem xét tới các khu vực lân cận.

CHÚ THÍCH: Cần ghi nhớ tới vấn đề các sóng phản xạ từ các công trình cảng có thể gây ảnh hưởng lớn tới sự vận hành của tàu bè và việc bốc xếp hàng hoá. Ví dụ, các sóng phản xạ từ một đê chắn sóng thẳng đứng có thể gây ra nhiễu loạn trong luồng chạy tàu, và sóng phản xạ liên tiếp từ tường bến có thể làm rối loạn bên trong bể cảng.

(1) Tổ hợp của sóng phản xạ và sóng tới

Chiều cao sóng H_s khi cùng tồn tại các sóng tới và sóng phản xạ từ các biên phản xạ (một chuỗi các sóng tới và một chuỗi sóng phản xạ từ các biên phản xạ được gọi là "nhóm sóng") có thể tính theo công thức:

$$H_s = \sqrt{H_1^2 + H_2^2 + \dots + H_n^2} \quad (52)$$

trong đó:

H_s là chiều cao sóng có ý nghĩa khi lấy đồng thời tất cả các nhóm sóng;

H_1, H_2, \dots, H_n là chiều cao sóng có ý nghĩa của các nhóm sóng.

Tuy nhiên, nếu tác động của sóng thay đổi theo hướng sóng, phải xét đến sự khác nhau trong các hướng sóng của các nhóm sóng khác nhau. Chiều cao sóng tính toán được chỉ có giá trị cho các vị trí cách xa một biên phản xạ ít nhất khoảng 0,7 chiều dài sóng.

Đối với sự nhiễu xạ và khúc xạ của các sóng mà đối với chúng hướng sóng là một nhân tố quan trọng, chiều cao sóng có ý nghĩa được xác định riêng cho mỗi nhóm sóng bằng cách tiến hành bất cứ tính toán nào cần cho nhóm sóng đó, khi hướng sóng của các nhóm sóng khác nhau. Sau đó chiều cao sóng tổ hợp được tính bằng cách đưa các chiều cao sóng có ý nghĩa đó vào các công thức (52). Một cách khác có thể chấp nhận được là xác định phổ cho mỗi nhóm sóng, cộng các phổ đó với nhau để tính dạng phổ khi các nhóm sóng cùng tồn tại và sau đó tiến hành các tính toán trực tiếp nhiễu xạ và khúc xạ bằng sử dụng phổ đó.

(2) Tổ hợp của chu kỳ

Chiều cao sóng có ý nghĩa được dùng trong tính toán lực sóng khi có hai nhóm sóng có chu kỳ khác nhau xếp chồng lên nhau có thể được xác định bằng phương pháp tổ hợp năng lượng (công thức (52)). Chu kỳ sóng có ý nghĩa $T_{1/3}$ có thể xác định bằng công thức sau:

$$T_{1/3} = k \sqrt{\frac{(H_{v3})_I^2 + (H_{v3})_{II}^2}{(H_{v3})_I^2 / (T_{v3})_I^2 + (H_{v3})_{II}^2 / (T_{v3})_{II}^2}} \quad (53)$$

trong đó:

$$k = 1,0 + \alpha (R_H / \mu)^{-0,121 \ln(R_H / \mu)}$$

$$\alpha = 0,08 (\ln R_T)^2 - 0,15 \ln R_T$$

$$\mu = \begin{cases} 0,632 + 0,144 \ln R_T & : 0,1 \leq R_T < 0,8 \\ 0,6 & : 0,8 \leq R_T < 1 \end{cases} \quad (54)$$

$$A = \begin{cases} 13,97 + 4,33 \ln R_T & : 0,1 \leq R_T < 0,4 \\ 10,0 & : 0,4 \leq R_T < 1 \end{cases} \quad (55)$$

$$R_H = (H_{1/3})_I / (H_{1/3})_{II} \quad (56)$$

$$R_T = (T_{1/3})_I / (T_{1/3})_{II} \quad (57)$$

trong đó:

$(H_{1/3})_I, (H_{1/3})_{II}$: Các chiều cao sóng có nghĩa tương ứng với nhóm sóng I và II trước khi xếp chồng (m)

$(T_{1/3})_I, (T_{1/3})_{II}$: Các chu kì có nghĩa tương ứng với các nhóm sóng I và II trước khi xếp chồng (s)

CHÚ THÍCH: Trong các công thức trên, I được quy cho nhóm sóng có chu kỳ ngắn hơn, còn II cho nhóm sóng có chu kỳ dài hơn.

(3) Phương pháp tính ảnh hưởng của sóng phản xạ

Các phương pháp tính toán để nghiên cứu phạm vi ảnh hưởng của sóng phản xạ từ một kết cấu gồm có phương pháp Phân bố chiều cao sóng quanh đảo và một phương pháp đơn giản bằng đồ thị nhiều xạ.

a) Phương pháp Phân bố chiều cao sóng quanh đảo

Trong phương pháp tính toán này, lời giải lý thuyết cho thấy sự biến dạng của sóng xung quanh một góc lồi đơn lẻ được tách thành ba số hạng, đại diện cho sóng tới, sóng phản xạ và sóng phân tán. Số hạng cho sóng phân tán được khai triển dần dần để trở thành một công thức thích hợp, để phương pháp này có thể được áp dụng cho trường hợp có một số góc lồi, giả định chiều dài các cạnh giữa các góc ít nhất bằng năm lần chiều dài sóng của các sóng tới, để cho các góc lồi không ảnh hưởng lẫn nhau. Cần chú ý là các sai số có thể trở nên lớn nếu các cạnh ngắn hơn thế.

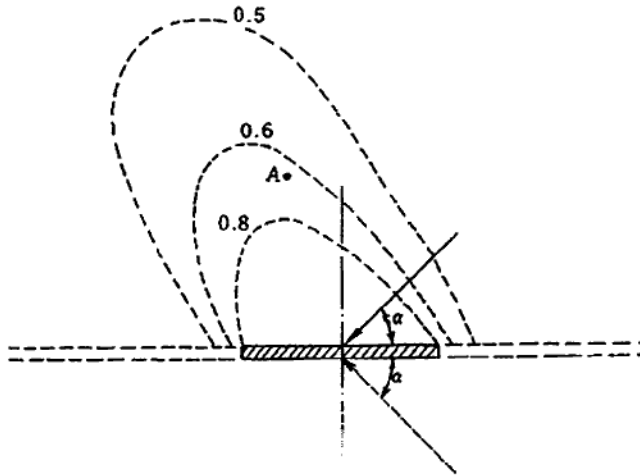
Vì có giả định khác là chiều sâu nước đồng đều, không thể tính khúc xạ của các sóng phản xạ. Nói chung, với các mục đích thực tế, nếu chiều dài các cạnh giữa các góc chỉ cần dài ít nhất bằng 3 lần chiều dài sóng của sóng tới cũng đủ. Phương pháp tính này cũng có thể áp dụng cho phản xạ của sóng không ổn định bằng cách xếp chồng các sóng thành phần. Tuy các vấn đề nhiễu xạ sóng cũng có thể phân tích bằng phương pháp tính toán này, sẽ có sai số lớn nếu nó được áp dụng cho nhiễu xạ sóng bởi kết cấu mỏng như đê chắn sóng.

b) Phương pháp đơn giản bằng đồ thị nhiều xạ

Giải thích phương pháp này bằng ví dụ cho trong Hình 23. Chiều cao sóng tại điểm A ở mặt trước của một đê chắn sóng thẳng đứng tách rời được tính khi sóng tới đê chắn sóng theo một góc α . Thay cho đê chắn sóng tách rời, giả định có hai đê chắn sóng ảo bán vô hạn với một cửa vào, như đã cho trong Hình 23 bằng đường gạch ngắn. Sau đó, ta xét tình trạng sóng đi tới cửa ảo từ hướng sóng của sóng tới và hướng đối xứng với hướng kia so với đê chắn sóng tách rời (Nghĩa là hướng cho bởi mũi tên gạch ngắn trong Hình 23) và vẽ đồ thị khúc xạ cho cửa mở (đường gạch ngắn trong Hình 23). Phạm vi

ảnh hưởng của sóng phản xạ được thể hiện bằng đồ thị nhiễu xạ đối với các đê chắn sóng ảo và cửa vào. Theo đó, giả định rằng hệ số nhiễu xạ tại điểm A đọc được là 0,68. tỉ lệ chiều cao sóng đối với các sóng tới tại điểm A có được bằng cách kết hợp giá trị 0,68 này với một giá trị bằng 1,0 biểu thị sóng tới; vì là các năng lượng cộng với nhau, tỉ lệ chiều cao sóng trở thành $\sqrt{1+0,68^2} = 1,21$. Tuy nhiên phải nhớ rằng, giá trị 1,21 này biểu thị giá trị trung bình của tỉ lệ chiều cao sóng xung quanh điểm A. Không nên sử dụng phương pháp này cho các điểm nằm trong 0,7 chiều dài sóng của đê chắn sóng tách rời, vì các sai số do ảnh hưởng ghép pha sẽ lớn.

Với trường hợp phản xạ sóng bởi một đê chắn sóng bán vô hạn, đê chắn sóng ảo cũng là một đê chắn sóng bán vô hạn ở hướng ngược lại, và khi đó sử dụng đồ thị nhiễu xạ cho đê chắn sóng bán vô hạn. Khi hệ số phản xạ ở mặt trước của đê chắn sóng nhỏ hơn 0,1 do có công trình hấp thụ sóng chẳng hạn, hệ số nhiễu xạ phải nhân với hệ số phản xạ trước khi sử dụng. Ví dụ, nếu hệ số phản xạ của đê riêng rẽ là 0,4 trong ví dụ trước, tỷ lệ chiều cao sóng ở điểm A trở thành $\sqrt{1+(0,4 \times 0,68)^2} = 1,04$



Hình 23 - Sơ đồ nêu rõ ảnh hưởng của sóng phản xạ

2) Hệ số phản xạ

Hệ số phản xạ được xác định một cách phù hợp dựa trên các kết quả quan sát hiện trường, thí nghiệm mô hình thủy lực, và các dữ liệu trước đây.

Nên xác định giá trị của hệ số phản xạ bằng các quan sát hiện trường. Tuy nhiên, khi có khó khăn trong việc tiến hành quan sát hiện trường hoặc khi kết cấu đang xem xét chưa được xây dựng, cần xác định các hệ số phản xạ theo các kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực. Trong trường hợp này nên sử dụng các sóng không ổn định làm sóng thử nghiệm. Dưới đây liệt kê các giá trị gần đúng của hệ số phản xạ của một số loại kết cấu:

Bảng 11 - Hệ số phản xạ C_r

TT	Dạng kết cấu công trình	Hệ số phản xạ C_r
1	Tường đứng khi sóng không tràn	0,7 + 0,9
2	Tường đứng khi sóng tràn	0,7
3	Đê chắn sóng tường đứng ngập trong nước	0,5+ 0,7
4	Đê mái nghiêng đá đổ	0,3+ 0,6
5	Đê mái nghiêng có khối phủ BT thường và dị dạng	0,3+ 0,5
6	Đê tường đứng thùng chìm có buồng tiêu năng	0,3+ 0,6
7	Bãi tự nhiên	0,05+ 0,2

Trừ tường thẳng đứng, các giới hạn thấp trong các phạm vi nói trên của hệ số phản xạ tương đương trường hợp của sóng dốc và các giới hạn cao hơn là của sóng có độ dốc thoải. tuy nhiên, cần nhớ rằng với kết cấu thẳng đứng hấp thụ sóng, hệ số phản xạ thay đổi với chiều dài sóng, và hình dạng và kích thước của kết cấu.

3) Biến dạng của sóng ở các góc lõm, gần đầu đê chắn sóng và xung quanh các đê chắn sóng tách rời

Xung quanh các góc lõm của kết cấu, gần đầu các đê chắn sóng và xung quanh các đê chắn sóng tách rời, chiều cao sóng lớn hơn giá trị bình thường của sóng tính tại đó do ảnh hưởng của nhiễu xạ và phản xạ. Sự tăng chiều cao sóng này cần phải được tính toán cẩn thận. Hơn nữa, cũng phải xem xét tính không ổn định của sóng trong phân tích ảnh hưởng của tính chất không ổn định của sóng

Khi sự phân bố chiều cao sóng gần một góc lõm hay một đầu của đê chắn sóng được tính với sóng ổn định, ta có một dạng phân bố với độ lượn sóng lớn. Tuy nhiên khi tính chất không ổn định của sóng được đưa vào tính toán, dạng lượn sóng của đường phân bố trở nên nhẵn hơn trừ vùng trong phạm vi một chiều dài sóng của góc lõm, và giá trị đỉnh của chiều cao sóng trở nên nhỏ hơn. Như vậy việc tính toán sử dụng các sóng ổn định đã đánh giá quá cao độ gia tăng trong chiều cao sóng xung quanh các góc lõm và đầu đê chắn sóng.

a) Đồ thị để tính sự phân bố chiều cao sóng xung quanh một góc lõm.

Sự phân bố chiều cao sóng đối với sóng không ổn định gần một góc lõm được nêu trong Hình 24. Hình này trình bày dạng phân bố giá trị cực đại chiều cao sóng, như đã có được từ các tính toán bằng số cho mỗi hướng sóng chính. Người ta giả định rằng sóng phản xạ lại hoàn toàn bởi đê chắn sóng. Trong đồ thị, K_d là tỷ lệ của chiều cao sóng ở mặt trước của đê chắn sóng chính với chiều cao sóng của sóng tới. Các sóng không ổn định sử dụng trong tính toán có một dạng phổ với $S_{max} = 75$, ngụ ý một sự lan truyền theo hướng hẹp. Đường chấm gạch dài trong mỗi đồ thị cho ta sự phân bố của giá trị cực đại chiều cao sóng tại mỗi điểm có được bằng cách dùng một cách tính toán gần đúng. Chiều dài l_1 là chiều dài đê chắn sóng chính, l_2 là chiều dài cánh đê chắn sóng, và β là góc giữa đê chắn sóng

chính và cánh. Hình vẽ này có thể sử dụng để tính sự phân bố chiều cao sóng gần một góc lõm. Khi việc sử dụng chương trình tính toán không dễ dàng, có thể sử dụng phương pháp tính gần đúng.

b) Ảnh hưởng giảm chiều cao sóng của công trình hấp thụ sóng.

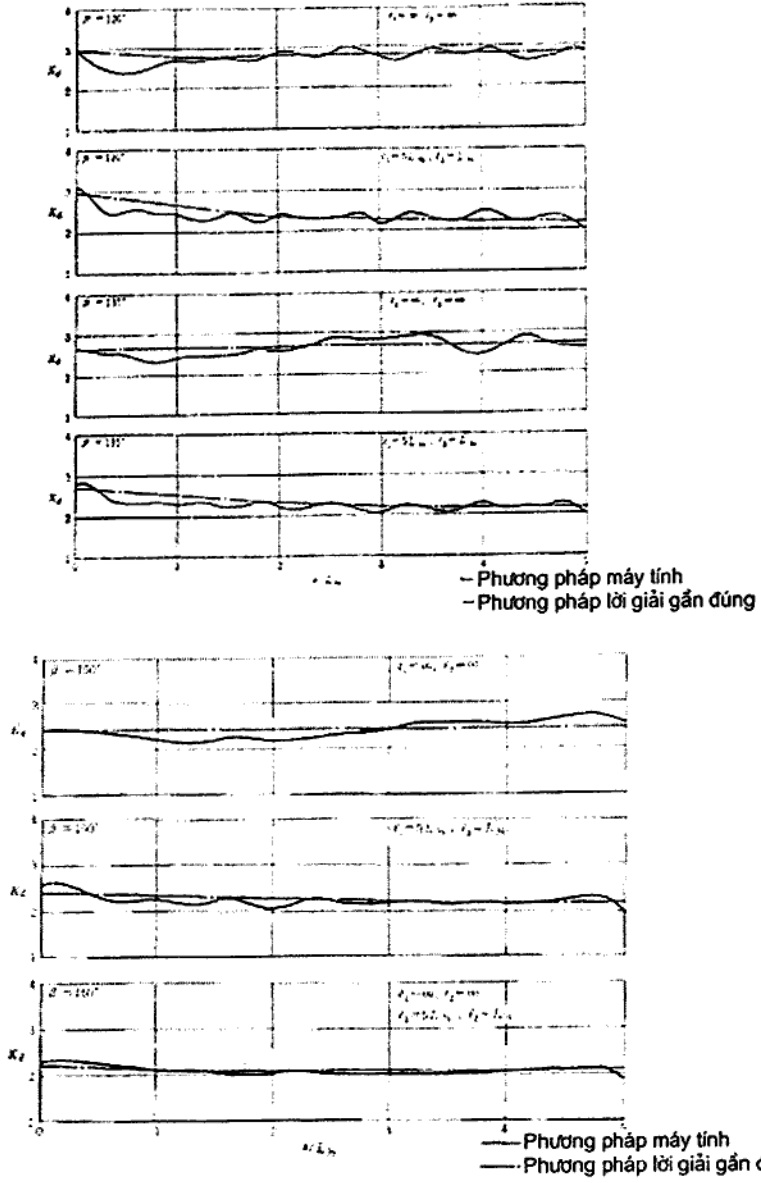
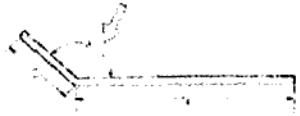
Khi đặt một công trình hấp thụ sóng để ngăn cản sự tăng chiều cao xung quanh một góc lõm và nếu công trình hấp thụ sóng làm cho hệ số phản xạ của đê chắn sóng không lớn hơn 0,4, hoàn toàn có thể chấp nhận được việc bỏ qua sự tăng chiều cao sóng do sự có mặt của góc lõm. Tuy nhiên, đó chỉ là trường hợp khi công trình hấp thụ sóng trải dài toàn bộ đê chắn sóng. Nếu đê chắn sóng dài, không thể trông mong công trình hấp thụ sóng có hiệu quả cao trừ phi nó được xây dựng trên toàn bộ chiều dài của đê chắn sóng, vì ảnh hưởng của sóng phản xạ từ cánh đê chắn sóng kéo dài ngay cả đến các vị trí cách xa đáng kể góc lõm. Cũng có thể nói như vậy về ảnh hưởng của đê chính đến đê cánh.

c) Sự tăng chiều cao sóng ở đầu đê chắn sóng.

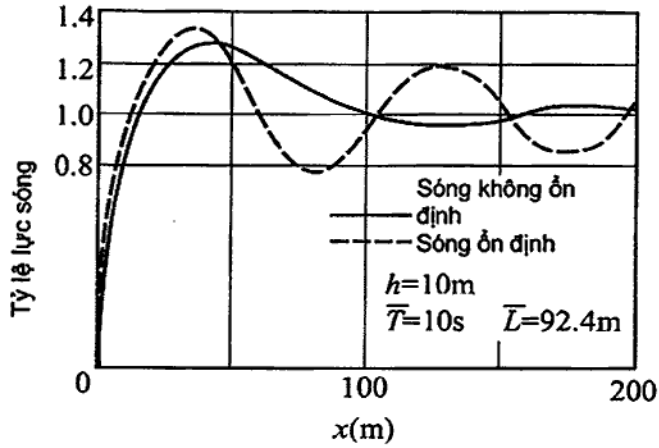
Gần đầu của một đê chắn sóng bán vô hạn hoặc đầu của đê chắn sóng ở lối vào bến (đặc biệt trong một khoảng một chiều dài sóng kể từ đầu đê), sóng nhiễu xạ bởi đê chắn sóng làm cho chiều cao sóng cục bộ tăng cao so với chiều cao sóng tĩnh tiêu chuẩn. Vì sự phân bố chiều cao sóng có một dạng nhấp nhô ngay tại mặt sau của đê chắn sóng, cần chú ý rằng sự chênh lệch về mực nước giữa bên trong và bên ngoài đê chắn sóng làm phát sinh một lực sóng lớn. Hình 25 nêu một ví dụ các kết quả của một tính toán tỷ lệ lực sóng (nghĩa là tỷ lệ lực sóng với lực sóng của một sóng tĩnh) tại gần đầu một đê chắn sóng.

d) Tăng chiều cao sóng xung quanh một đê chắn sóng tách rời.

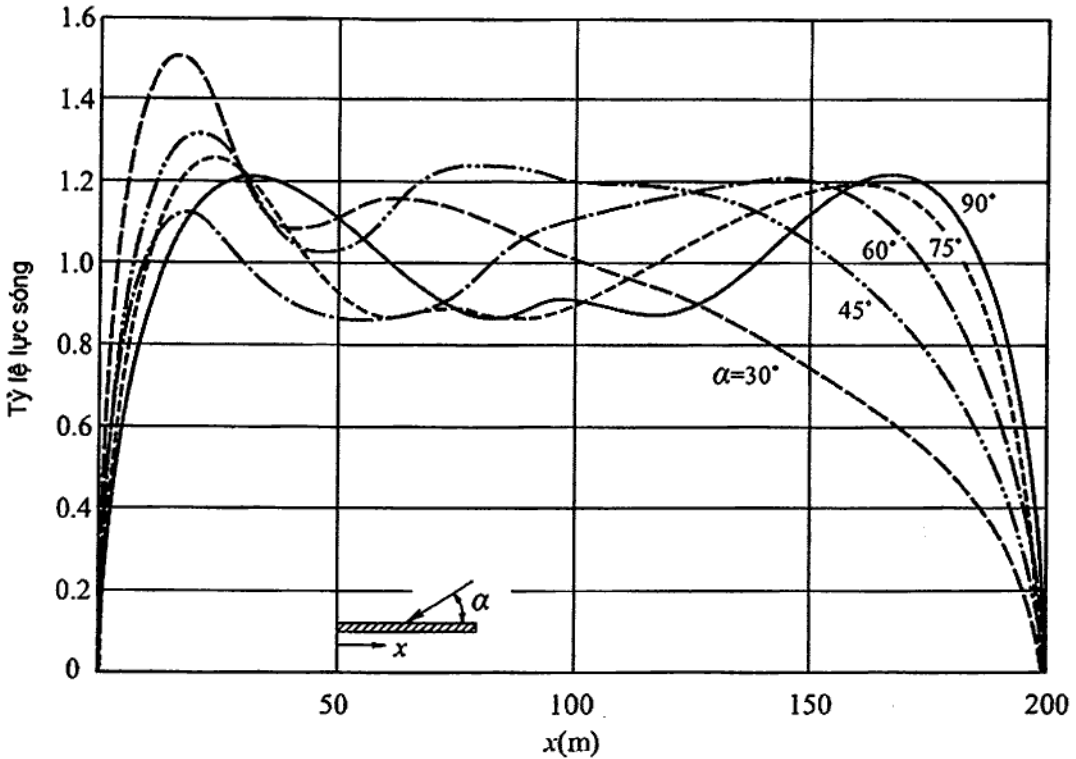
Đọc một đê chắn sóng tách rời, sản sinh ra các sóng có chiều cao lớn hơn chiều cao của sóng tĩnh tiêu chuẩn, và sự phân bố chiều cao sóng có một dạng lượn sóng ngay ở mặt sau của đê chắn sóng. Đó là do ảnh hưởng của sự nhiễu xạ sóng ở hai đầu đê chắn sóng. Lực sóng cũng trở nên lớn do độ chênh mực nước ở hai phía trong và phía ngoài của đê chắn sóng. Đặc biệt cần chú ý rằng, với một đê chắn sóng tách rời, vị trí mà lực sóng cực đại được tạo ra có thể di chuyển lớn với hướng sóng và tỷ lệ chiều dài đê chắn sóng với chiều dài sóng. Hình 26 nêu một ví dụ các kết quả tính toán sự phân bố lực sóng dọc đê chắn sóng tách rời đối với các sóng không ổn định đơn hướng. Trong tính toán này, hướng sóng mà khi đó lực sóng lớn nhất xảy ra là $\alpha = 30^\circ$ (nghĩa là không phải khi các sóng đi tới vuông góc với đê chắn sóng mà khi sóng tới xiên một góc tương đối).



Hình 24 - Sự phân bố giá trị cực đại của chiều cao sóng xung quanh góc lõm



Hình 25 - Phân bố lực sóng dọc một đê chắn sóng bán vô hạn



Hình 26 - Phân bố lực sóng dọc đê chắn sóng tách rời

5.4.6 Sóng vỡ

Trong nước sâu, sóng vỡ trước khi đạt đến độ dốc giới hạn (gần đúng là $H_0/L_0 < 1/7$). Công thức sau đây cung cấp một biện pháp đơn giản để tính các độ dốc sóng giới hạn khi sóng đi vào vùng nước nông:

$$\left(\frac{H}{L}\right)_b = 0.14 \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)_b \quad (58)$$

TCVN 11820-2:2017

Trong đó chỉ số b chỉ các điều kiện sóng vỡ. Khi $h/L < 0,04$ ($h/L_0 < 0,01$) công thức này cho $H_b \approx 0,88 h_b$, chỉ ra rằng trong nước nông chỉ riêng độ sâu nước không chế chiều cao sóng vỡ. Tuy nhiên trong thực tế chỉ số vỡ $H_b/h_b (= Y_{br})$ phụ thuộc vào số Iribarren, sóng vỡ tràn (spilling) có $Y_{br} \approx 0,7+0,8$, sóng vỡ đổ (plunging) có $Y_{br} \approx 0,9+1,1$ và sóng vỡ nhào (collapsing) có $Y_{br} \approx 1,2+1,3$. Để xét đến các biến động này công thức trên có thể cải biên thành như sau:

$$\left(\frac{H}{L}\right)_b = 0.14 \tanh\left(\frac{Y_{br}}{0.88} \times \frac{2\pi h}{L}\right)_b \quad (59)$$

Trong các độ sâu nông hơn, cũng phụ thuộc vào năng lượng sóng ban đầu, sóng vỡ cũng chịu sự khống chế của độ sâu nước và mái dốc của đáy biển và vào tốc độ thay đổi của độ sâu nước khi truyền, với chỉ số vỡ độ sâu giới hạn $Y_{br} (= H/h)$ thay đổi giữa khoảng 0,5 và 1,5 khi h giảm. Giá trị thường được đưa ra của chỉ số vỡ độ sâu giới hạn là bằng 0,78 lần độ sâu nước tính có thể nhận được từ lý thuyết mô tả các sóng đơn trên đáy biển thoải, và do vậy không có được tính toán chiều cao sóng vỡ một cách thoả đáng trong đa số các trường hợp.

Nguyên tắc sơ bộ đối với các sóng không điều hoà trên các mái dốc phía trước vịnh phải (có mái dốc đáy nhỏ hơn 1/50) cho chỉ số sóng vỡ vào khoảng 0,5 đến 0,6. Những định nghĩa về các loại sóng vỡ khác nhau được minh hoạ trong Hình 27. Những định nghĩa này dựa trên thông số tương tự của sóng vỡ bờ ξ , hay số Iribarren I_r , mà được tính như sau:

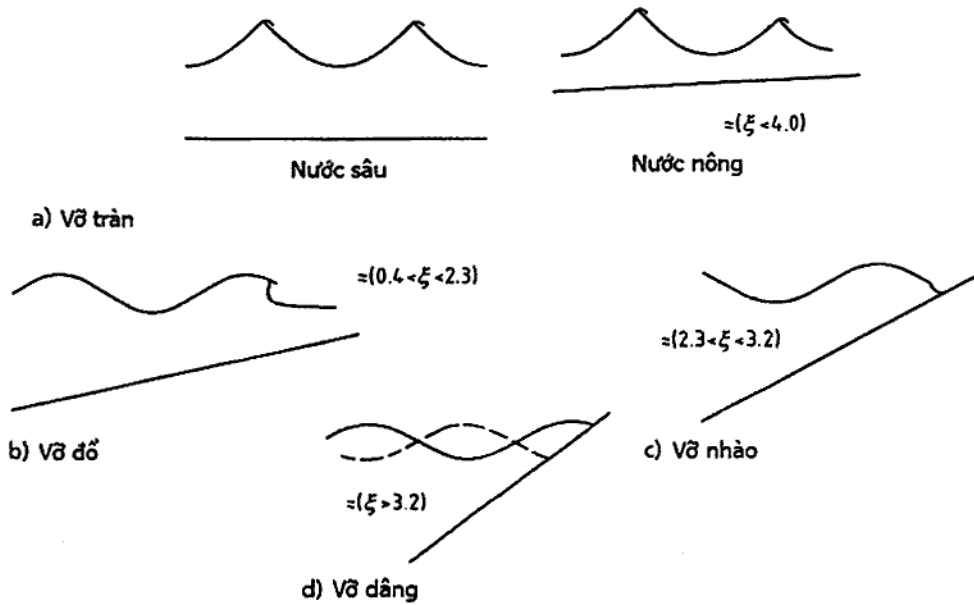
$$\xi = \frac{\tan \beta}{(H/L_0)^{0.5}} \quad (60)$$

trong đó:

β là mái dốc đáy;

H là chiều cao sóng theo m đo tại chân của mái dốc.

Không có các ranh giới chính xác giữa các loại sóng vỡ khác nhau. Các yếu tố như tình hình của mái dốc cũng có ảnh hưởng đến các loại sóng vỡ.



Hình 27 - Các loại sóng vỡ

Sóng vỡ tràn có thể xảy ra khi đáy biển là một mái dốc thoải. Các sóng vỡ đổ có các đỉnh sóng cuộn lại trên bề mặt sóng dẫn đầu và nhào vào bụng sóng trước đó, bẫy không khí và sản sinh ra rất nhiều năng lượng sóng trong một va đập mạnh. Các sóng vỡ nhào là trong giai đoạn chuyển tiếp giữa vỡ đổ và vỡ dâng. Chúng không bao giờ vỡ hoàn toàn như trong vỡ đổ, tuy nhiên đáy của bề mặt dẫn đầu nhào xuống tạo ra bọt. Các sóng vỡ nhào dẫn đến sóng leo lớn nhất. Các sóng dâng không vỡ có tiềm năng gây ra phản xạ đáng kể, mặc dù mức độ phản xạ thực tế phụ thuộc vào độ nhám và tính thấm của mái dốc.

Phương pháp được chấp nhận rộng rãi để xét đến hiệu ứng nước nông và sóng vỡ trên các mái dốc phía trước đồng nhất (và tới vuông góc với mái dốc) dựa trên các kết quả phối hợp của các thí nghiệm mô hình và các quan sát trên công trình mẫu, có thể dùng để tính toán, đối với sóng ngẫu nhiên, chiều cao sóng trong vùng vỗ bờ và biển phía trước của vùng này

Độ dốc sóng nước sâu tương đương H_0/L_0 , mái dốc đáy và chiều sâu nước tương đối h/L_0 đã được lấy làm các thông số để vẽ biểu đồ đối với chiều cao sóng lớn nhất và chiều cao sóng có ý nghĩa, mà đã được tiêu chuẩn hoá. Chiều cao sóng lớn nhất lấy bằng chiều cao trung bình của 0,4% các sóng cao nhất ($H_{1/250}$). Quan hệ gần đúng giữa $H_{1/250}$ và $H_{1/3}$ như sau: $H_{1/250} = 1,8 H_{1/3}$.

Hình 28 và Hình 29 đã được vẽ cho các mái dốc 1/10, 1/20, 1/30, 1/50 và 1/100. Mỗi hình vẽ có một đường cong nét đứt với tiêu đề "Suy giảm nhỏ hơn 2%". Trong vùng bên phải của đường cong này sự suy giảm chiều cao sóng do sóng vỡ nhỏ hơn 2% và chiều cao sóng có thể tính được theo hệ số nước nông đã cho trong Hình 7.

Chiều cao sóng nước sâu tương đương được định nghĩa như chiều cao sóng tại điểm quan tâm tương ứng với chiều cao sóng có ý nghĩa trong nước sâu và cho bởi:

$$H'_0 = K_d K_r H_{s0} \quad (61)$$

Chu kỳ của sóng nước sâu tương đương đã được giả thiết bằng chu kỳ sóng có ý nghĩa nước sâu như sau:

$$T_p = T_{p0} \quad (62)$$

Do H_0 nói chung biến động và khác nhau theo từng vị trí địa lý nên cần được đánh giá.

Chiều cao sóng có thể tính được khi sử dụng công thức sau:

Nếu $h/L_0 \geq 0,2$:

$$H_s = K_s H'_0 \quad (63)$$

Nếu $h/L_0 < 0,2$:

$$H_{1/3} = \{ \min \{ (\beta_0 H'_0 + \beta_1 h); \beta_{\max} H'_0; K_s H'_0 \} \} \quad (64)$$

Trong đó:

$$\beta_0 = 0,028 (H'_0/L_0)^{-0,38} \exp [20(\tan\theta)^{1,5}]$$

$$\beta_1 = 0,52 \exp [4,2 \tan\theta]$$

$$\beta_{\max} = \max\{0,92; 0,32 (H'_0/L_0)^{-0,29} \exp [2,4 \tan\theta]\}$$

K_s Hệ số nước nông xác định theo Hình 7.

$$H_{\max} = \{ \min \{ (\beta_0^* H'_0 + \beta_1^* h); \beta_{\max}^* H'_0; 1,8 K_s H'_0 \} \} \quad (65)$$

Trong đó:

$$\beta_0^* = 0,052 (H'_0/L_0)^{-0,38} \exp [20(\tan\theta)^{1,5}]$$

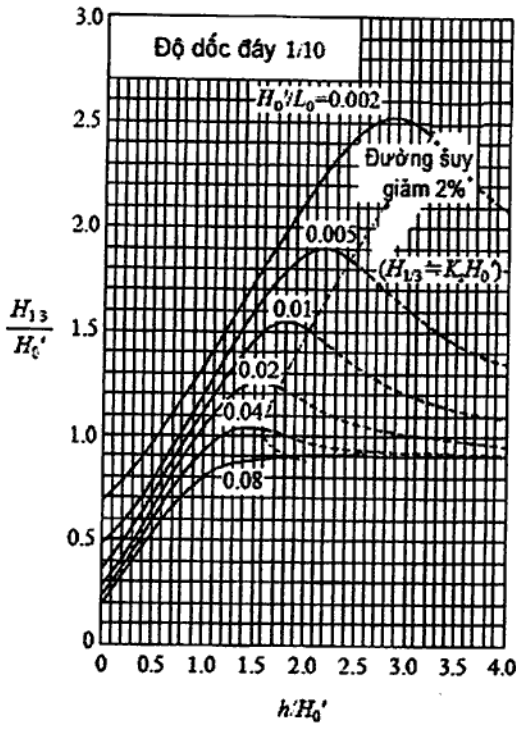
$$\beta_1^* = 0,63 \exp [3,8 \tan\theta]$$

$$\beta_{\max}^* = \max\{1,65; 0,53 (H'_0/L_0)^{-0,29} \exp [2,4 \tan\theta]\}$$

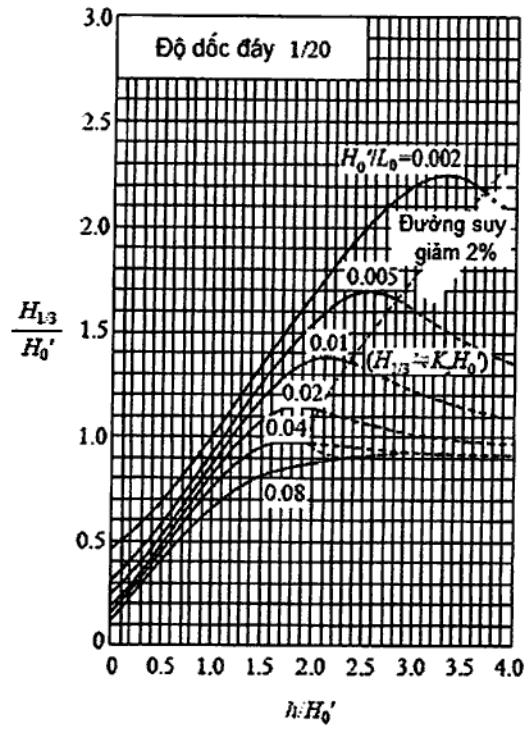
Các công thức này có thể cho các chiều cao tính toán khác nhiều phần trăm so với như đã nhận được trên các đồ thị. Đặc biệt đối với các sóng có độ dốc lớn hơn 0,04 trong độ sâu nước khi:

$$\beta_0 H'_0 + \beta_1 d = \beta_{\max} H'_0 \quad (66)$$

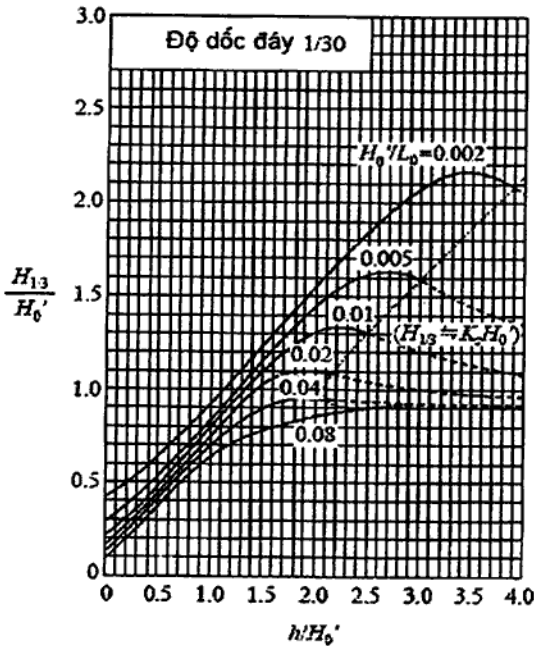
Các sai khác có thể vượt quá 10% với sai khác tương tự đối với $H_{1/250}$. Điều này cũng có thể xảy ra sự mất liên tục trong $H_{1/250}$ tại $d/L_0 = 0,2$. Do đó cần chú ý khi áp dụng các công thức này và khi có thể khuyến nghị nên so sánh và thẩm định với các phương pháp khác.



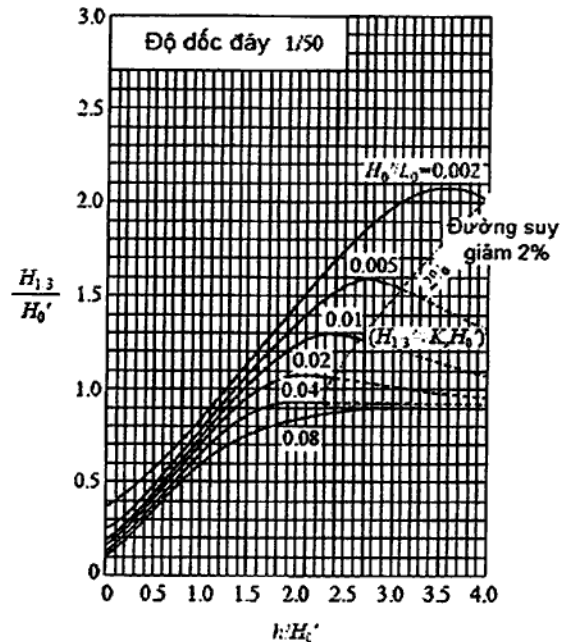
Hình 28(a) - Đồ thị tìm $H_{1/3}$ của sóng vỡ với độ dốc đáy biển 1:10



Hình 28(b) - Đồ thị tìm $H_{1/3}$ của sóng vỡ với độ dốc đáy biển 1:20

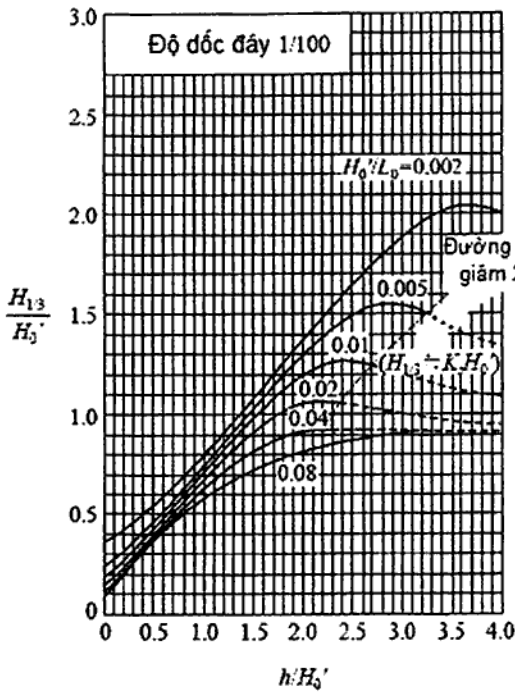


Hình 28(c) - Đồ thị tìm $H_{1/3}$ của sóng vỡ với độ

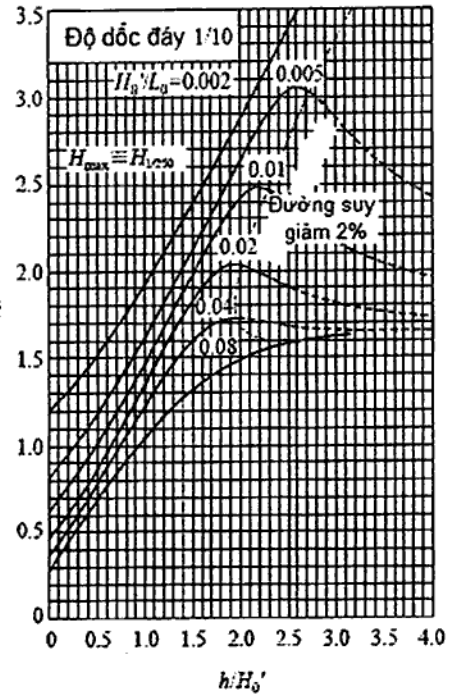


Hình 28(d) - Đồ thị tìm $H_{1/3}$ của sóng vỡ với độ dốc đáy biển 1:50

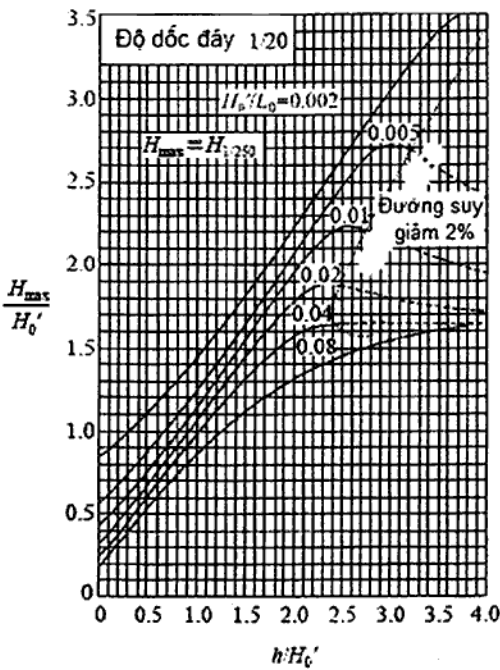
dốc đáy biển 1:30



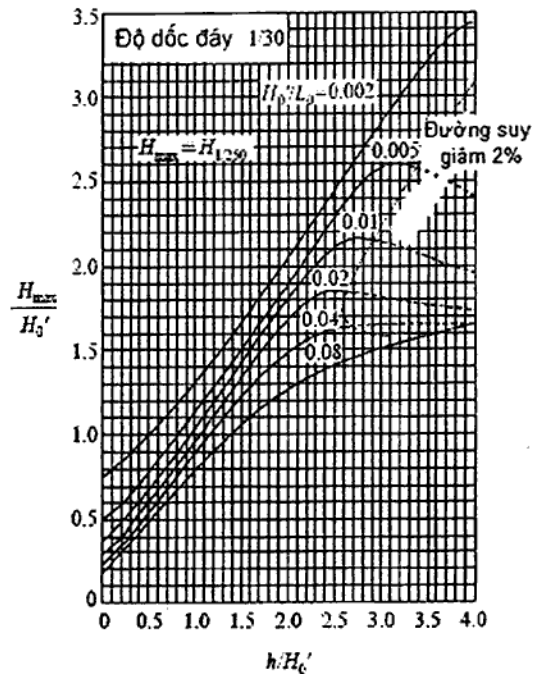
Hình 28(e) - Đồ thị tìm $H_{1/3}$ của sóng vỡ với độ dốc đáy biển 1:100



Hình 29(a) - Đồ thị tìm H_{max} của sóng vỡ với độ dốc đáy biển 1:10



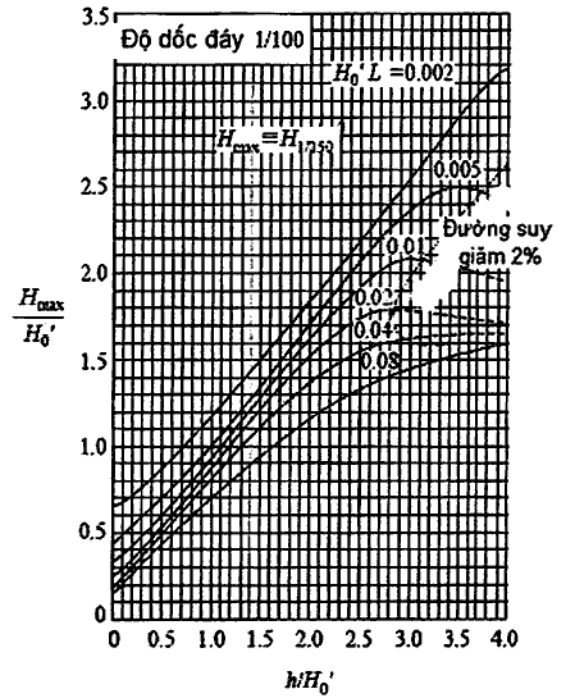
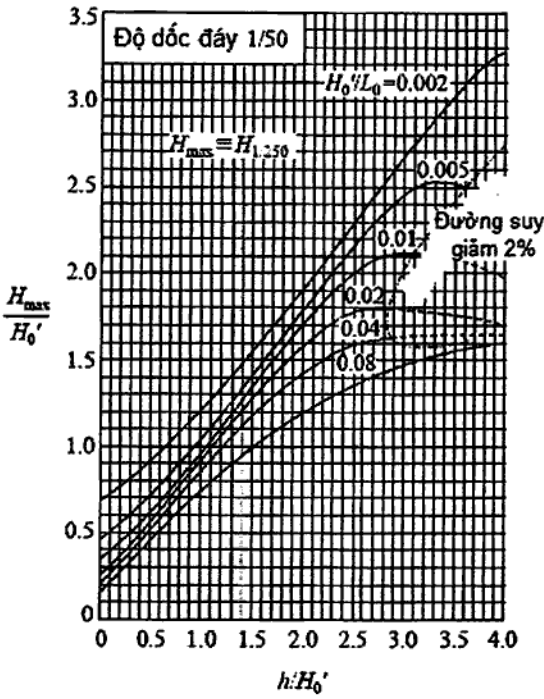
Hình 29(b) - Đồ thị tìm H_{max} của sóng vỡ với độ dốc



Hình 29(c) - Đồ thị tìm H_{max} của sóng vỡ

đáy biển 1:20

với độ dốc đáy biển 1:30

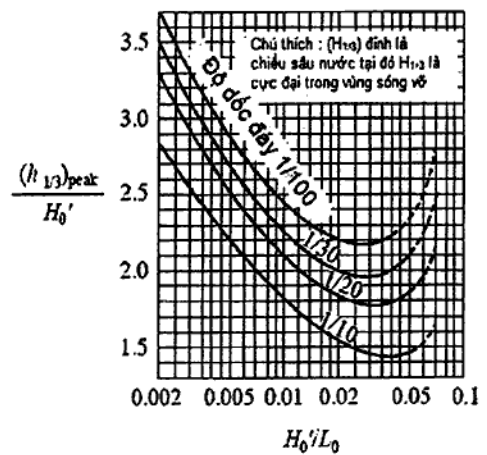
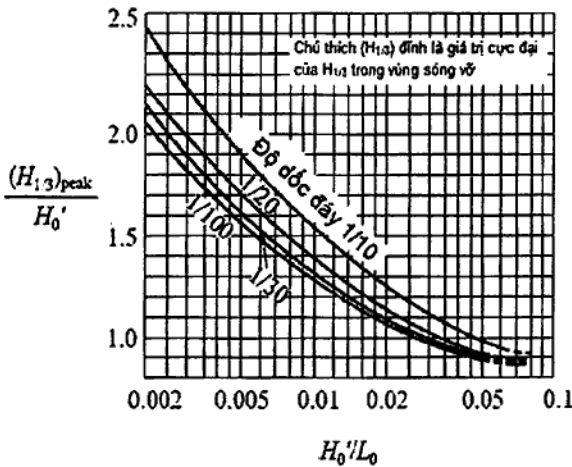


Hình 29(d) - Đồ thị tìm $H_{1/3}$ của sóng vỡ với độ dốc đáy biển 1:50

Hình 29(e) - Đồ thị tìm H_{max} của sóng vỡ với độ dốc đáy biển 1:100

- Cho $H_{1/3}$ tại đỉnh của sóng điều hòa

Dùng đồ thị trên Hình 30 để tìm $H_{1/3}$ của sóng vỡ điều hòa, còn chiều sâu h tại đó đạt $H_{1/3}$ được tìm trên Hình 31.



Hình 30 - Đồ thị tìm $H_{1/3}$ cho sóng vỡ điều hòa

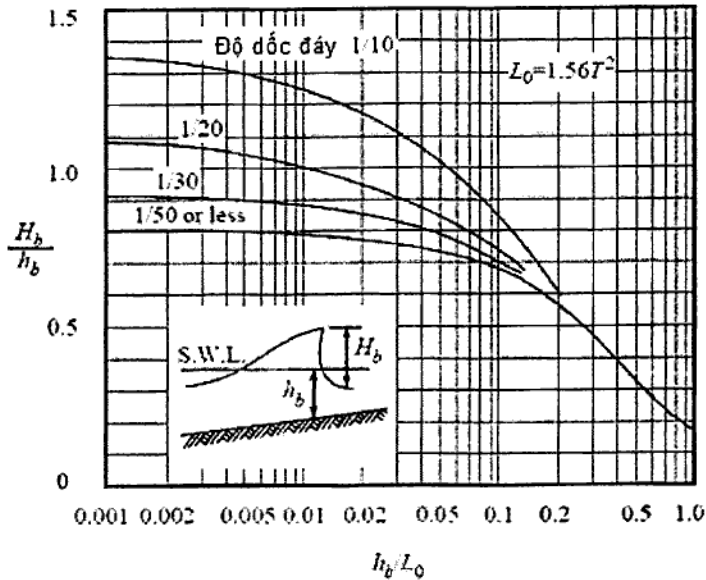
Hình 31 - Đồ thị tìm h ứng với $H_{1/3}$ của sóng vỡ điều hòa

- Cho H_b giới hạn của sóng điều hòa

Chiều cao sóng vỡ giới hạn của sóng điều hòa xảy ra tại điểm vỡ đầu tiên được tìm hoặc cho đồ thị trên hình 32, hoặc theo công thức (67) với $\tan\theta$ biểu thị mái dốc đáy biển.

$$\frac{H_o}{L_o} = 0,17[1 - \exp\{-1,5\frac{\pi h}{L_o}(1 + 1,5 \tan^{4/3}\theta)\}] \tag{67}$$

Chú thích: H_b giới hạn được hiểu chính là chiều cao sóng vỡ H_{max} .



Hình 32 - Đồ thị tìm H_b giới hạn của sóng điều hòa

CHÚ THÍCH: Tham khảo CIRIA C683.

5.4.7 Sóng leo

Hiện tượng sóng leo trên mái dốc xảy ra liên tiếp với nhau. Thông số quan trọng nhất của sự biến dạng này là chiều cao sóng leo R_x tính từ mực nước tính toán. Khi mái dốc phủ các khối tiêu sóng cần làm thí nghiệm mô hình vật lý để tìm R_x .

R_x được xác định theo (68) đơn giản, và được áp dụng rộng rãi cho sóng không ổn định có độ dốc sóng đồng đều ($H_o/L_o \approx \text{const}$)

$$\frac{R_x}{H_o} = a\xi^b \text{ với } \frac{1}{30} \leq \tan\beta < \frac{1}{5} \text{ và } 0,007 \leq \frac{H_o}{L_o} \tag{68}$$

Hai hệ số a, b cho ở Bảng 12 dưới đây.

Bảng 12 - Các hệ số a, b của (5.4.46)

R_x	R_{max}	$R_{2\%}$	$R_{1/10}$	$R_{1/3}$	\bar{R}
a	2,32	1,86	1,70	1,38	0,88
b	0,77	0,71	0,71	0,70	0,69

Trong đó, R_{max} là giá trị lớn nhất của chiều cao sóng leo, và $R_{2\%}$ là giá trị mà chiều cao sóng leo được tính trong một thí nghiệm vượt quá 2%. $R_{1/10}$, $R_{1/3}$, là 1/10 chiều cao sóng leo lớn nhất 1/10 và 1/3 và \bar{R} giá trị trung bình tương ứng có thể tính toán bằng một phương pháp tương tự với trường hợp sóng không ổn định được phân tích thống kê. ξ là tham số đồng dạng sóng vỡ, và $\xi = \tan\beta \cdot \sqrt{H_o/L_o}$. $\tan\beta$ là độ dốc đáy biển.

Khi mái dốc đổ đá R_x xác định theo Van der Meer-Sten's:

$$\left. \begin{aligned} \frac{R_x}{H_s} &= a\xi_m \quad (\xi_m \leq 1,5) \\ \frac{R_x}{H_s} &= b\xi_m^c \quad (\xi_m \geq 1,5) \end{aligned} \right\} \quad (69)$$

$$\xi_m = \tan\beta / \sqrt{2\pi H_s / g T_m^2}$$

trong đó:

T_m là chu kỳ trung bình ;

H_s là chiều cao sóng có nghĩa tại chân công trình.

Khi mái dốc có tính thấm, công thức tính R_x theo công thức 70:

$$\frac{R_x}{H_s} = d \quad (70)$$

Các hệ số a, b, c, d cho ở Bảng 13.

Bảng 13 - Các hệ số a, b, c, d

R_x	R_{max}	$R_{2\%}$	$R_{1/10}$	$R_{1/3}$	\bar{R}
a	1,12	0,96	0,77	0,77	0,47
b	1,34	1,17	0,94	0,88	0,60
c	0,55	0,46	0,42	0,41	0,34
d	2,58	1,97	1,45	1,35	0,82

CHÚ THÍCH: Ngoài phương pháp tính sóng leo đã nêu có thể tính toán sóng leo thiết kế theo Phụ lục C của TCVN 9901:2014.

5.4.8 Sóng tràn

Do nhiều nguyên nhân: Vốn đầu tư hạn hẹp, mức nước quá cao, sóng thần....nên có thể thiết kế cho phép sóng tràn qua mặt đê chắn sóng hoặc qua các hạng mục công trình khác. Trong thiết kế cần định lượng được lưu lượng tràn đơn vị.

1. Lưu lượng tràn giới hạn và lưu lượng tràn cho phép ($q = m^3/m/s$).

a. Lưu lượng tràn giới hạn

Đó là lưu lượng q gây ra hư hại công trình được quy định ở Bảng 14

Bảng 14 - Lưu lượng q giới hạn ($m^3/m/s$)

Loại công trình	Lớp phủ mái	Lưu lượng tràn q giới hạn $m^3/m/s$
Kè tường biển	Lớp phủ có lát đá	0,2
	Lớp phủ không lát đá	0,05
Đê biển	Bê tông cả mái trước, mái sau và đỉnh	0,05
	Bê tông chỉ có mái trước và đỉnh	0,02
	Bê tông chỉ có mái trước	$\leq 0,005$

b. Lưu lượng tràn cho phép

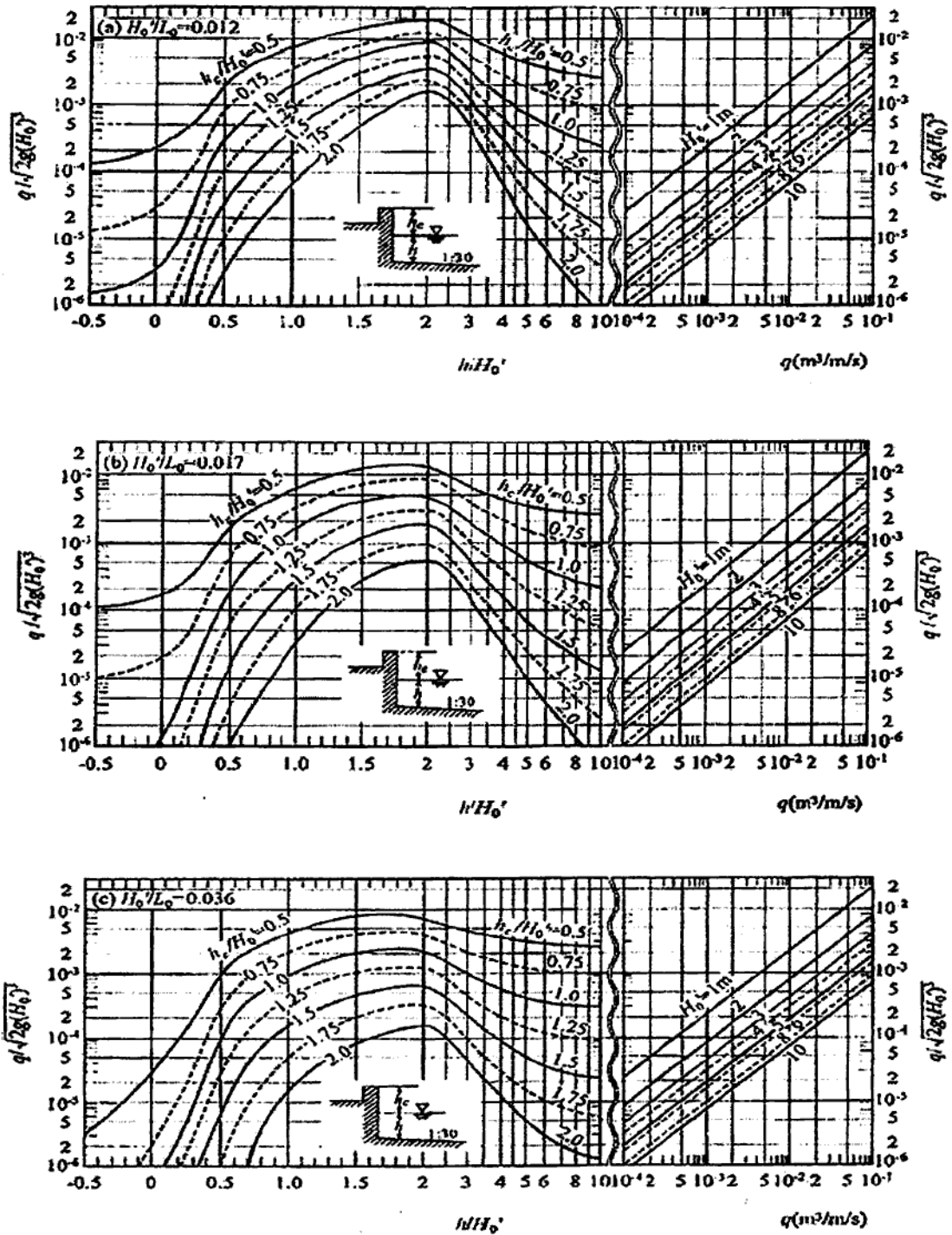
Lưu lượng q tràn cho phép phụ thuộc vào mức độ quan trọng của công trình được quy định ở bảng 15.

Bảng 15 - Lưu lượng q cho phép ($m^3/m/s$)

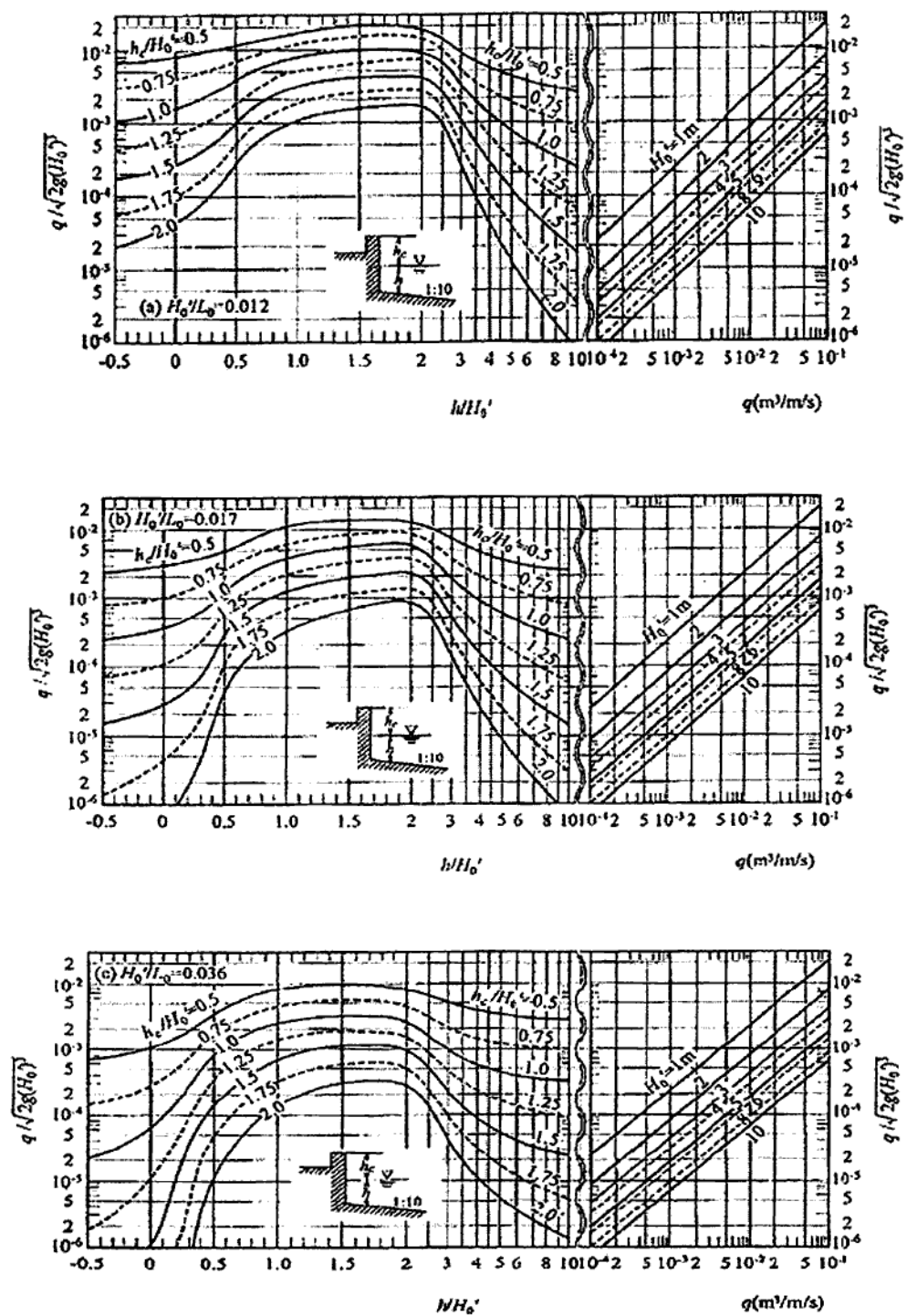
Mục tiêu sử dụng đất	Độ xa từ đê biển	Lưu lượng tràn cho phép $m^3/m/s$
Đi bộ- dạo chơi	Ngay sau đê (50% mức an toàn)	$2 \cdot 10^{-4}$
	Ngay sau đê (90% mức an toàn)	$3 \cdot 10^{-5}$
Đường ô tô	Ngay sau đê (50% mức an toàn)	$2 \cdot 10^{-5}$
	Ngay sau đê (90% mức an toàn)	$1 \cdot 10^{-6}$
Khu nhà ở	Ngay sau đê (50% mức an toàn)	$7 \cdot 10^{-5}$
	Ngay sau đê (90% mức an toàn)	$1 \cdot 10^{-6}$

2. Ước tính lưu lượng tràn q đối với đê biển (tường biển) có độ dốc đáy khác nhau

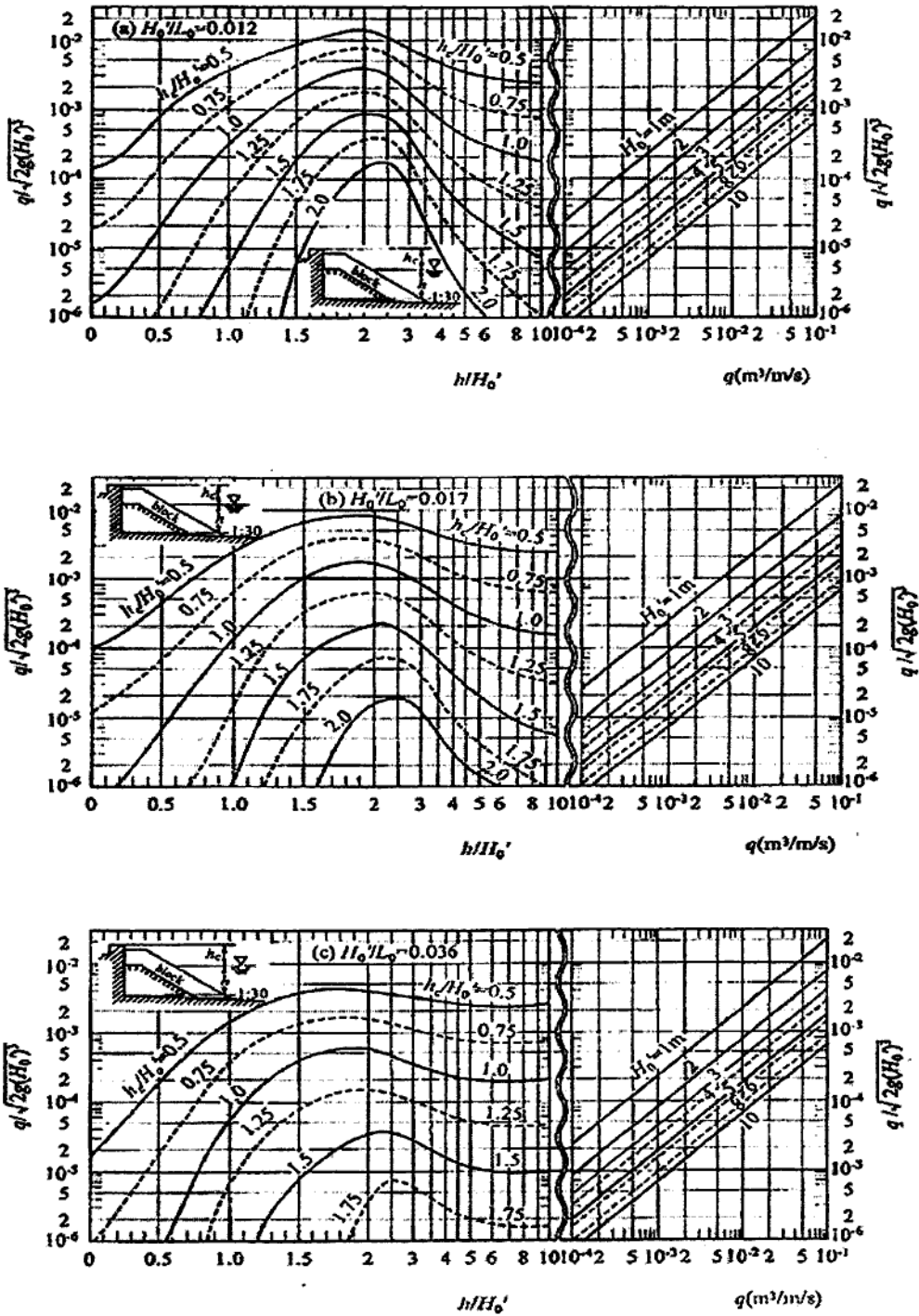
Các đồ thị tại các Hình 32, 33, 34, 35 cho phép ước tính được q ($m^3/m/s$) đối với kết cấu đê tường đứng có mái dốc đáy biển 1/10; 1/30 không có kết cấu tiêu sóng và có kết cấu tiêu sóng.



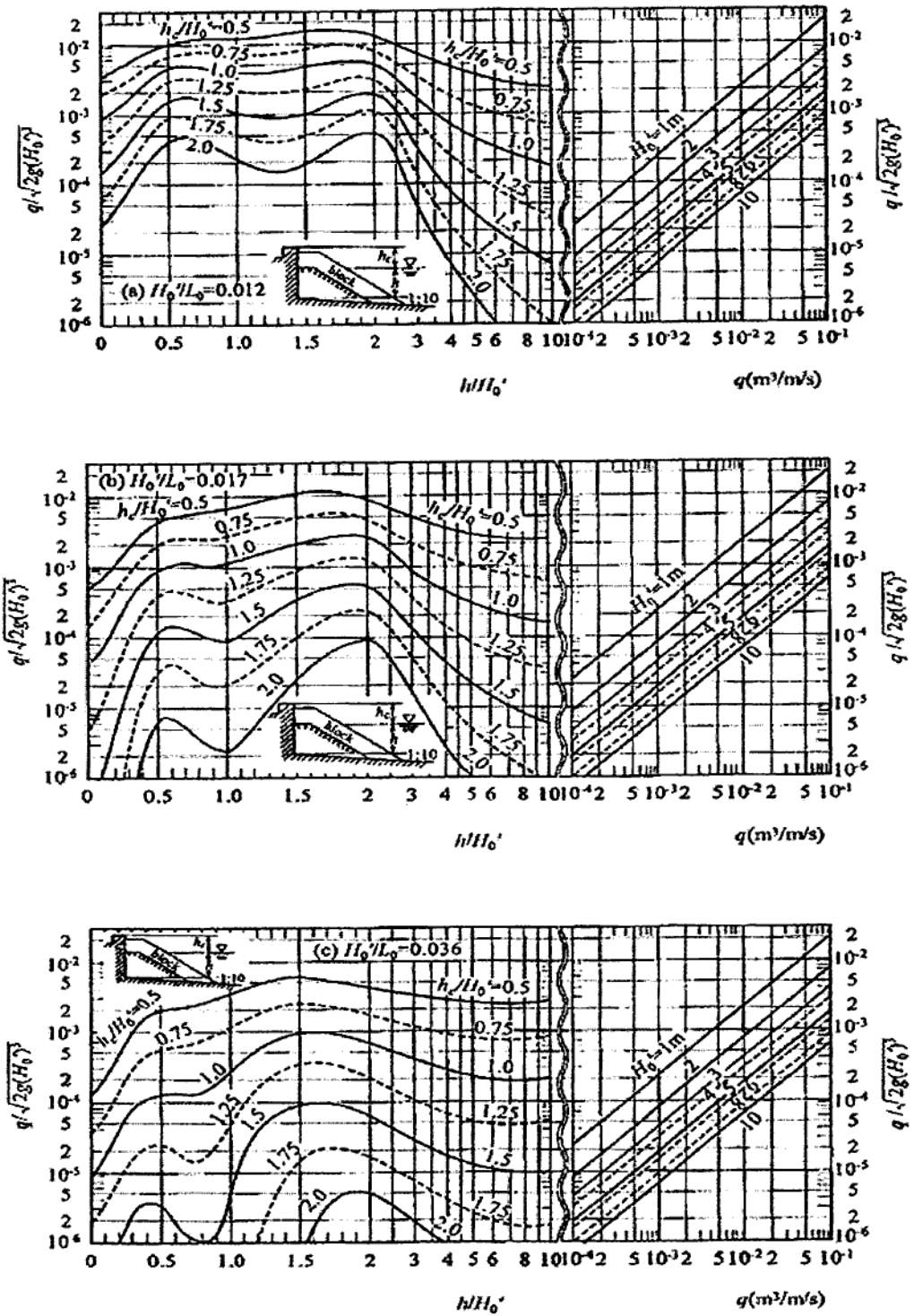
Hình 33 - Ba đồ thị ước tính tỷ lệ sóng tràn q với đáy biển dốc 1:30 và kết cấu đê tường đứng không có kết cấu tiêu sóng



Hình 34 - Ba đồ thị ước tính tỷ lệ sóng tràn q với đáy biển dốc 1:10 và kết cấu đê tường đứng không có kết cấu tiêu sóng



Hình 35 - Ba đồ thị ước tính tỷ lệ sóng tràn q với đáy biển dốc 1: 30 và kết cấu đê tường đứng kèm theo kết cấu tiêu sóng



Hình 36 - Ba đồ thị ước tính tỷ lệ sóng tràn q với đáy biển dốc 1: 10 và kết cấu đê tường đứng kèm theo kết cấu tiêu sóng

CHÚ THÍCH: Khi có điều kiện nên xác định lưu lượng tràn q ($m^3/m.s$) bằng mô hình vật lý là tin cậy nhất.

- Có thể tính toán sóng tràn thiết kế theo Phụ lục D. Tính toán sóng tràn thiết kế của TCVN 9901:2014.

5.4.9 Sóng truyền

1) Sóng truyền qua đê chắn sóng hỗn hợp

Hệ số sóng truyền qua đê chắn sóng hỗn hợp được tính theo:

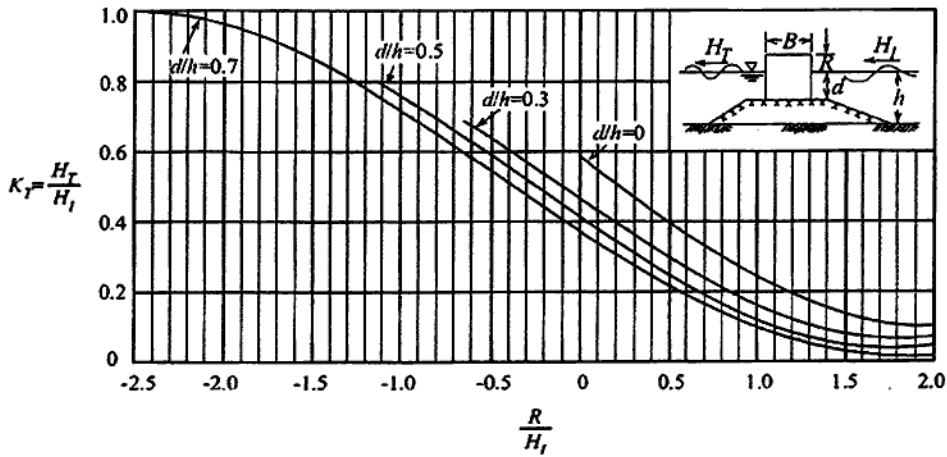
$$K_T = \frac{H_T}{H_i} \quad (71)$$

trong đó:

H_T là chiều cao sóng truyền đã qua đê;

H_i là chiều cao sóng đến (ngoài đê).

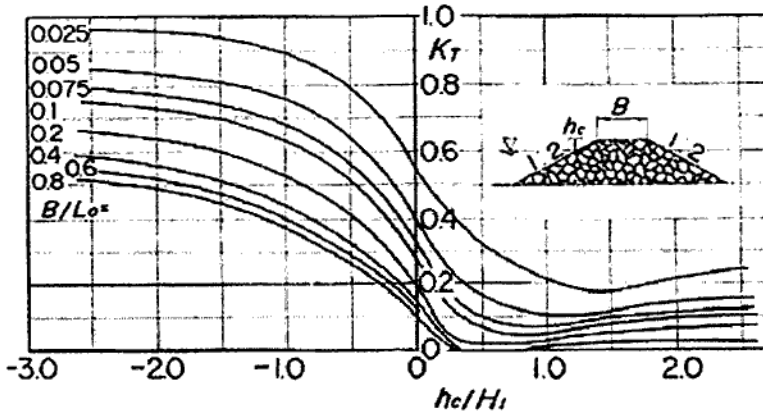
Đồ thị ở hình 37 cho phép tìm được K_T tương ứng với 4 tỷ lệ kích thước $\frac{d}{h} = 0,7 ; 0,5 ; 0,3 ; 0,0$



Hình 37 - Đồ thị xác định hệ số sóng truyền K_T

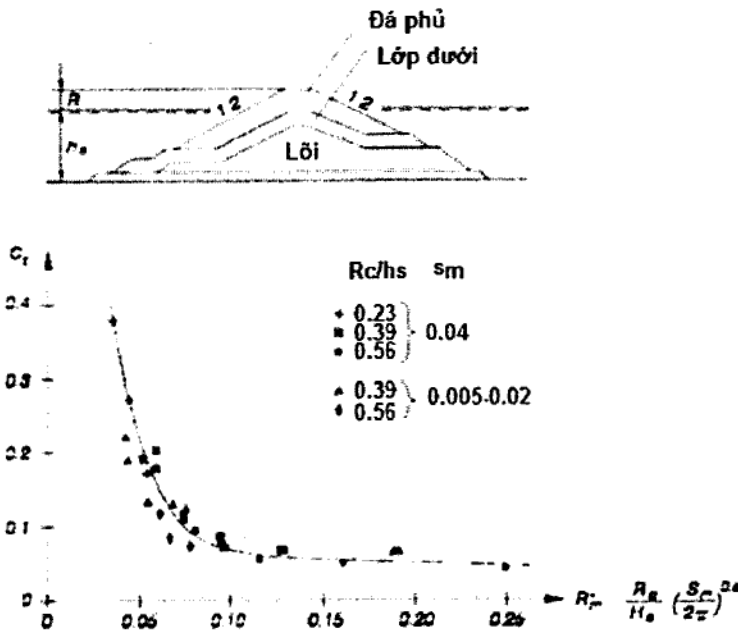
2) Sóng truyền qua đê chắn sóng mái nghiêng bằng đá đổ

a. Hệ số truyền sóng đối với các đê chắn sóng mái nghiêng có thể nhận được theo các nghiên cứu thực nghiệm. Hình 38 trình bày biểu đồ truyền sóng trên các đê chắn sóng mái nghiêng (Tanaka, 1976), ở đây hệ số truyền sóng K_T thay đổi theo chiều rộng đỉnh B cùng với độ vượt cao h_c .



Hình 38 - Hệ số truyền sóng (Tanaka, 1976)

b. Hình 39 trình bày các kết quả thực nghiệm hệ số truyền sóng C_t cho đê chắn sóng đỉnh thấp có khối phủ chịu các sóng đâm trực tiếp không điều hòa (Allsop, 1983), ở đây thấy rõ ảnh hưởng của độ dốc sóng $s_m (= H_s/L)$ và độ vượt cao R đến hệ số truyền.



Hình 39 - Hệ số truyền sóng (Allsop, 1983)

c. Công thức (72) thể hiện công thức truyền sóng do Van der Meer và d'Angremond (1991) đề nghị cho các đê chắn sóng đỉnh thấp phủ đá ngập nước trên đá ngầm.

$$K_t = \left(0.031 \frac{H_s}{D_{n50}} - 0.24\right) \frac{R_c}{D_{n50}} + b \tag{72}$$

trong đó:

lớn nhất $K_t = 0,75$, nhỏ nhất $K_t = 0,075$ cho kết cấu truyền thống

lớn nhất $K_t = 0,60$, nhỏ nhất $K_t = 0,15$ cho kết cấu trên đá ngầm.

$$b = \begin{cases} -5.42s_{op} + 0.0323 \frac{H_s}{D_{n50}} - 0.0017 \left(\frac{B}{D_{n50}} \right)^{1.84} + 0.51 & \text{cho kết cấu truyền thống} \\ -2.6s_{op} - 0.05 \frac{H_s}{D_{n50}} + 0.85 & \text{cho kết cấu trên đá ngầm} \end{cases}$$

H_s : Chiều cao sóng có ý nghĩa của các sóng tới

D_{n50} : Trung bình của đường kính danh định của đá theo các điều kiện thiết kế

R_C : Độ vượt cao, âm đối với đề chấn sóng ngập

B : Chiều rộng đỉnh đê

s_{op} : Độ dốc sóng nước sâu tương ứng với chu kỳ đỉnh.

5.4.10 Sóng vỗ bờ

Sóng vỗ bờ có chu kỳ vài min, xảy ra cùng với biến dạng sóng trong nước nông

Dao động chiều cao sóng ngẫu nhiên xảy ra trong vài min gần với đường bờ được gọi là sóng vỗ bờ có ảnh hưởng lớn đến chiều cao sóng leo, sóng tràn và sự ổn định của các bãi ven bờ

công thức Goda đưa ra dựa trên các quan sát hiện trường: biên độ trung bình căn bậc 2 của mặt cắt sóng vỗ bờ :

$$\xi_{rms} = \frac{0,04 (\eta_{rms})_o}{\sqrt{\frac{H'_o}{L_o} \left(1 + \frac{h}{H'_o}\right)}} = \frac{0,01 H'_o}{\sqrt{\frac{H'_o}{L_o} \left(1 + \frac{h}{H'_o}\right)}} \quad (73)$$

trong đó:

- ξ_{rms} là biên độ trung bình căn bậc 2 của mặt cắt sóng vỗ bờ;
- $(\eta_{rms})_o$ là biên độ trung bình căn bậc 2 của mặt cắt sóng nước sâu;
- H'_o là chiều cao sóng nước sâu tương đương;
- L_o là bước sóng nước sâu;
- h là độ sâu.

5.4.11 Độ tĩnh lặng của sóng trong bể cảng

a. Mục tiêu thiết kế đối với bể cảng thương mại phải hoạt động được trong thời gian của 1 năm nên được tính toán cẩn thận. Phải kiểm tra chiều cao sóng nhiều xạ trong bể cảng, nhất là khu nước trước bến với tất cả các hướng sóng đi vào cửa cảng với sóng có chu kỳ lặp lại là 50 năm. Yêu cầu đặt ra: chiều cao sóng nhiều xạ H_o tại khu nước cập tàu phải nhỏ hơn hoặc bằng chiều cao sóng cho phép $[H_i]$, gọi là độ yên lặng ứng với từng loại cỡ tàu.

$$H_o \leq [H_i] \quad (74)$$

- (1) $[H_i] = 0,5 + 1,0m$ với tàu hàng lượng choán nước $(2+50)10^3$ tấn
- (2) $[H_i] = 0,15 + 0,3m$ cho các bến du thuyền
- (3) $[H_i] \leq 0,4$ m cho tàu cá.

b. Tính toán năng suất hoạt động bốc dỡ hàng hóa đối với sóng chu kỳ dài

Thiết lập chiều cao sóng tới hạn đối với các công trình bốc dỡ hàng hóa.

Đối với việc thiết lập chiều cao sóng tới hạn cho các công trình bốc dỡ hàng hóa cho phần sóng có chu kỳ dài, cần xem xét loại tàu và hệ thống bốc dỡ hàng hóa, rồi xác định chiều cao sóng riêng biệt dựa trên một khảo sát về thực trạng bốc dỡ hàng hóa. Chiều cao sóng tới hạn cho các công trình bốc dỡ hàng hóa với các sóng có chu kỳ dài được xác định như trong **Bảng 16**.

Bảng 16 - Chiều cao sóng tới hạn cho công trình bốc dỡ hàng với sóng chu kỳ dài

Mức chiều cao sóng có ý nghĩa của các sóng có chu kỳ dài	Các điều kiện giả định	Chiều cao sóng tới hạn đối với các công trình bốc dỡ hàng (m)
1	Các cấp tàu có lượng chuyển dịch dọc bến cho phép khi bốc xếp hàng hóa là tương đối lớn, hay các tàu có chu kỳ dọc bến tự nhiên ≤ 1,5 min (cỡ tàu 1.000 ÷ 5.000 DWT)	0,2
2	Các cấp tàu có lượng chuyển dịch dọc bến cho phép khi bốc xếp hàng hóa là vừa phải, hay các tàu có chu kỳ dọc bến tự nhiên ≤ 1,5 min (các tàu hàng bách hóa 5.000 ÷ 10.000 DWT)	0,15
3	Các cấp tàu có lượng chuyển dịch dọc bến cho phép khi bốc xếp hàng hóa là nhỏ, hay các tàu có chu kỳ dọc bến tự nhiên 2 ÷ 3 min (các tàu container, chở quặng sắt 10.000 ÷ 70.000 DWT)	0,10

5.4.12 Áp lực sóng và lực sóng do gió

5.4.12.1 Áp lực sóng do gió lên tường đứng của sóng đứng và sóng vỡ

a) Lực sóng khi đỉnh sóng chạm tường lên mặt trước của tường

Biểu đồ áp lực sóng được thể hiện trên **Hình 40** với các giá trị sau của Goda:

$$\eta^* = 0,75 \cdot (1 + \cos\beta) \cdot \lambda_1 \cdot H_D \tag{75}$$

$$p_1 = 0,5 \cdot (1 + \cos\beta) \cdot (\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2 \cos^2\beta) \cdot \rho_0 \cdot g \cdot H_D \tag{76}$$

$$p_2 = \frac{p_1}{\cosh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)} \tag{77}$$

$$p_3 = \alpha_3 \cdot P_1 \tag{78}$$

trong đó:

Các giá trị η^* , P_1 , P_2 , P_3 thể hiện ở **Hình 40**

ρ_0 là mật độ nước biển ($\rho_0 = 1,03 \text{ t/m}^3$);

g là gia tốc trọng trường;

β là góc của tia sóng đi vào tường (Hình 41); β lấy giảm đi 15° song $> 0^\circ$;

λ_1, λ_2 là các hệ số điều chỉnh (1,0 là giá trị tiêu chuẩn);

h là độ sâu trước tường;

L là bước sóng;

H_D là chiều cao sóng lấy cho tính toán áp lực.

Ở vùng sóng đứng (không vỡ)

$$H_D = H_{\max} = 1,8 \cdot H_{1/3} \text{ (của sóng đứng)} \quad (79)$$

Ở vùng sóng vỡ

$$H_D = H_{\max} \text{ của sóng vỡ (điều 5.4.6)} \quad (80)$$

$$\alpha_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{4\pi h/L}{\sinh\left(\frac{4\pi h}{L}\right)} \right\}^2 \quad (81)$$

$$x_2 = \min \left\{ \left(\frac{h_b - d}{3h_b} \right) \left(\frac{H_D}{d} \right)^2 ; \frac{2d}{H_D} \right\} \quad (82)$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)} \right\} \quad (83)$$

trong đó:

$h_b = 5 \cdot H_{1/3}$ khoảng cách ra phía biển kể từ chân công trình

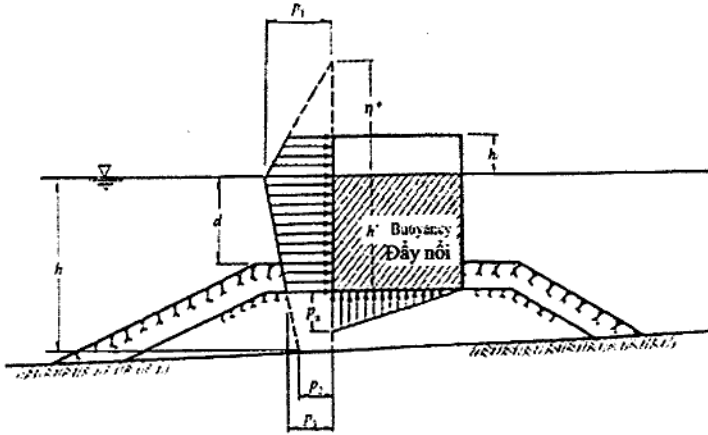
$d; h'$ là chiều sâu thể hiện ở Hình 40.

Cường độ áp lực đẩy nổi P_u lấy bằng:

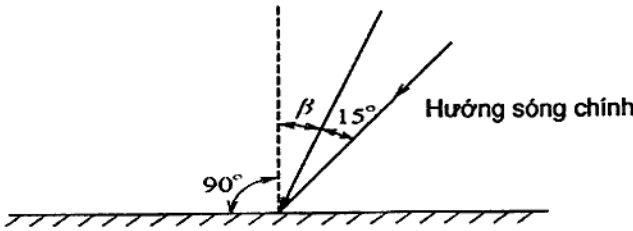
$$P_u = 0,5 \cdot (1 + \cos\beta) \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_3 \cdot \lambda_3 \cdot \rho_0 \cdot g \cdot H_D \quad (84)$$

trong đó:

$\lambda_3 = 1,0$ hệ số hiệu chỉnh

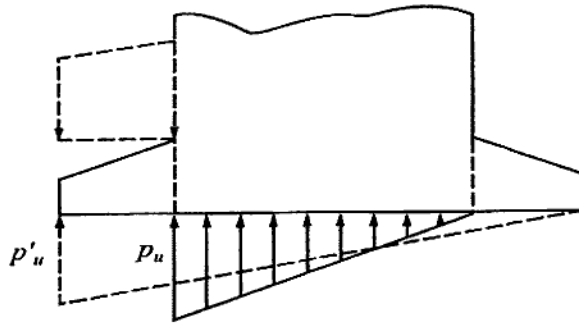


Hình 40 - Biểu đồ áp lực sóng khi đỉnh sóng chạm vào tường đứng
Đường pháp tuyến tới tường



Hình 41 - Cách lấy góc β cho tính toán

CHÚ Ý: Khi gặp thùng chìm có con xôn không được tính chiều dài Con xôn cho tính toán áp lực đẩy nổi (Hình 5.4.34)



Hình 42 - Biểu đồ áp lực sóng đẩy nổi khi có con xôn

CHÚ Ý:

1. Các công thức Goda nêu trên được mềm hóa khi áp dụng cho tường đỉnh thấp, tường đỉnh cao, lên tường nghiêng bằng cách chọn các hệ số λ , α , β cho phù hợp (tham khảo OCDI 2002, OCDI 2009)
2. Khi tường đứng cấu tạo bằng cọc trụ ống D lớn vẫn áp dụng được các công thức Goda nêu trên.

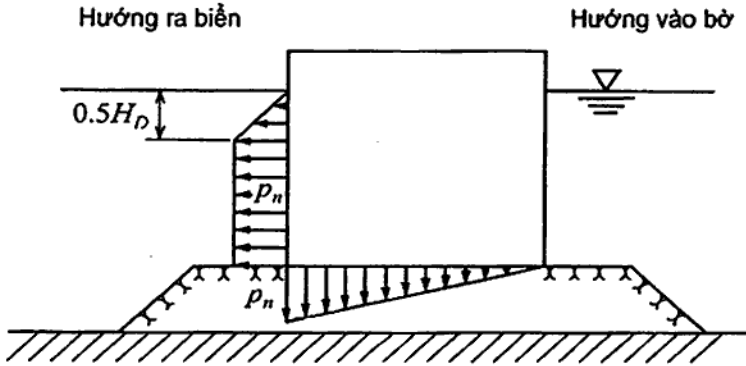
b) Lực sóng khi đáy sóng chạm tường lên mặt trước của tường

Khi đó biểu đồ áp lực của cả sóng đứng và sóng vỡ thể hiện ở Hình 43 với sự chấp nhận cường độ áp lực $P_n = \text{const}$ tính theo công thức:

$$P_n = 0,5 \cdot \rho_0 \cdot g \cdot H_D (\text{kn/m}^2)$$

(85)

Các kí hiệu như điều a.



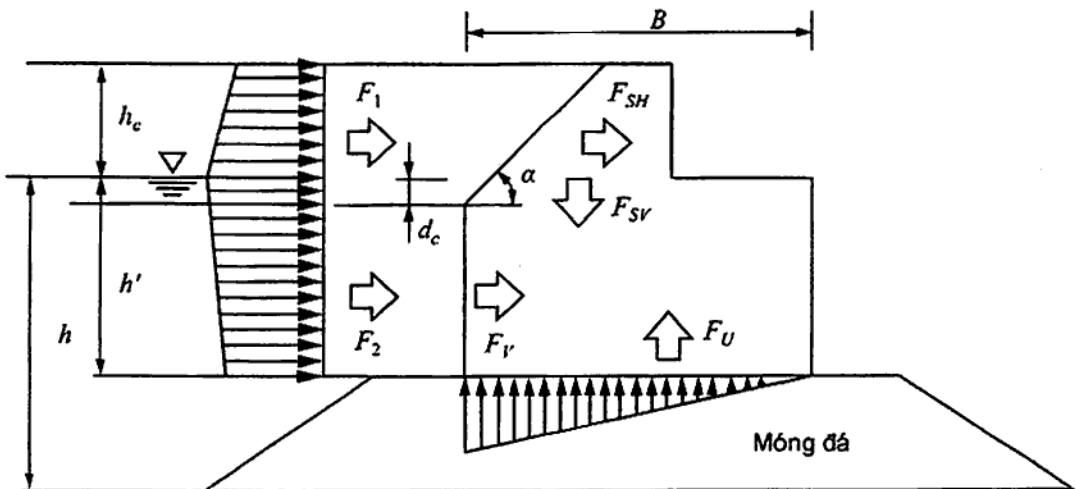
Hình 43 - Biểu đồ áp lực sóng khi đáy sóng chạm tường

5.4.12.2 Áp lực xung do các sóng vỡ

Áp lực xung do sóng vỡ ở cạnh đê chắn sóng tường đứng rất dễ xảy ra khi 1- đáy biển dốc, 2- lớp đệm cao. Áp lực này vừa lớn vừa xung nên nguy hiểm cục bộ cho công trình, nên cần có các biện pháp bảo vệ thích hợp, đặc biệt khi $\beta < 20^\circ$. Khi cần xác định áp lực xung do sóng vỡ nên xây dựng các thí nghiệm mô hình thủy lực (tham khảo OCĐI 2009).

5.4.12.3 Lực sóng lên thùng chìm đỉnh dốc

Khi quy định phương nằm ngang x, phương thẳng đứng z, biểu đồ áp lực sóng lên thùng chìm đỉnh dốc được thể hiện trên Hình 44.



Hình 44 - Biểu đồ áp lực sóng lên thùng chìm đỉnh dốc

$$F_x = F_{SH} + F_v + \lambda'_{SL} \cdot F_1 \cdot \sin^2 \alpha + \lambda_v \cdot F_2$$

(86)

$$F_z = F_{sv} + F_u = -\lambda'_{sl} \cdot F_1 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha + 0,5 \cdot P_u \cdot B \quad (87)$$

$$\lambda'_{sl} = \min [\max\{1,0 - 23 (H/L) \cdot \tan^2\alpha + 0,046 \cdot \tan^2\alpha + \sin^2\alpha\}, \sin^2\alpha] \quad (88)$$

$$\lambda_v = \min [1,0, \max\{1,1, 1,1 + 11 d_c/L\} - 5,0 (H/L)] \quad (89)$$

trong đó:

- F_x là tổng lực ngang của sóng tác động lên đê chắn sóng đỉnh dốc (kN/m);
- F_z là tổng áp lực sóng theo phương thẳng đứng lên đê chắn sóng đỉnh dốc (kN/m);
- F_{SH} là tổng áp lực ngang thành phần của lực sóng tác động lên phần mái dốc (kN/m);
- F_{sv} là tổng áp lực đứng thành phần của lực sóng tác động lên phần mái dốc (kN/m);
- F_v là tổng lực ngang của sóng tác động vào phần kết cấu thẳng đứng (kN/m);
- F_u là tổng lực đẩy nổi tác động vào đáy công trình (kN/m);
- F_1 là lực ngang thành phần tương ứng với phần kết cấu nghiêng, ngoài lực sóng theo phương ngang tính theo Goda (kN/m);
- F_2 là lực ngang thành phần tương ứng với phần kết cấu thẳng đứng, ngoài lực sóng theo phương ngang tính theo Goda (kN/m);
- λ'_{sl} là hệ số điều chỉnh của lực sóng tác động lên phần nghiêng của kết cấu;
- λ_v là hệ số điều chỉnh của lực sóng tác động lên phần đứng của kết cấu;
- α là góc nghiêng của phần đỉnh dốc (°);
- P_u là Cường độ áp lực đẩy nổi tại mép ngoài của đáy công trình, được tính theo công thức Goda;
- B là chiều rộng của đê chắn sóng (Hình 45) (m);
- H là chiều cao sóng (m) ;
- L là Bước sóng (m) ;
- d_c là chiều cao từ mực nước tĩnh tới điểm thấp nhất của mái dốc, trường hợp nằm trên mực nước tĩnh d_c có giá trị dương (m) ;

λ'_{sl} được định nghĩa theo 3 trường hợp sau:

a) Khi H/L tương đối nhỏ

$$\lambda'_{sl} = \sin^2\alpha, \text{ tức là } F_{SH} = F_1; F_{sv} = F_1 \cdot \tan^2\alpha$$

b) Khi H/L lớn

$$\lambda'_{sl} = 1,0 \text{ tức là } F_{SH} = F_1 \cdot \sin 2\alpha; F_{sv} = F_1 \cdot \sin^2\alpha$$

c) Khi H/L nằm giữa a) và b)

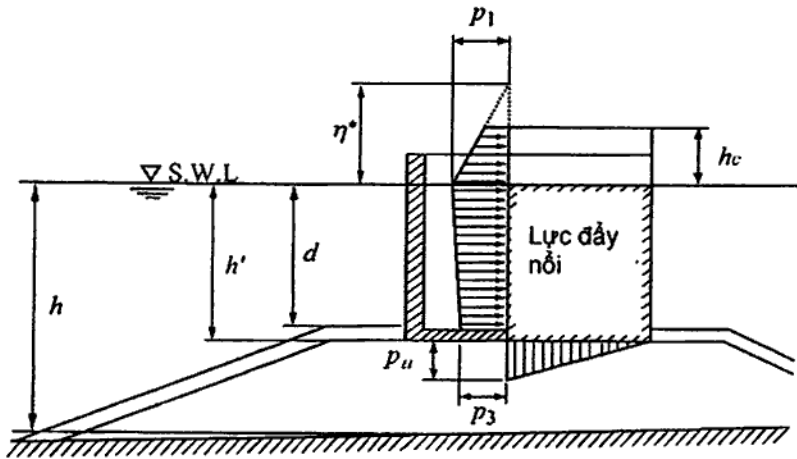
$$\lambda'_{sl} \text{ giảm khi } H/L \text{ tăng}$$

Nói chung có thể lấy $\lambda'_{sl} = \lambda_v = 1,0$ cho bài toán đơn giản

5.4.12.4 Lực sóng lên đê chắn sóng thùng chìm thẳng đứng có buồng tiêu năng

a) Buồng tiêu năng không có tấm bản trần

Vẫn dùng các công thức Goda, song được mềm hóa bằng cách lấy $\lambda_1 = \lambda_3 = 1,0$ và $\lambda_2 = 0$ (Hình 45)



Hình 45 - Phân bố áp lực sóng dùng để kiểm tra tính ổn định (trường hợp buồng tiêu năng không có tấm bản trần)

b) Buồng tiêu năng có tấm bản trần

Trường hợp buồng tiêu năng bị bịt kín bằng tấm bản trần, một lực xung do sóng vỡ hình thành tức khắc do lớp không khí trong phần trên của buồng tiêu năng không thoát ra được do mực nước tăng lên. Do vậy cần xem xét lực xung do sóng vỡ này đặc biệt khi sử dụng áp lực sóng trong thẩm định tính năng của các bộ phận kết cấu. Có thể giảm lực sóng vỡ xung kích này bằng cách tạo ra các lỗ thoát khí. Tuy nhiên cần chú ý rằng nếu các lỗ này quá lớn, bề mặt nước sẽ đánh trực tiếp vào bản trần không có đệm không khí, có nghĩa là lực sóng này sẽ tăng lên.

c) Chú thích

Các phương pháp tính lực sóng mà xét đến ảnh hưởng của hình dạng tuyến đê chắn sóng vẫn chưa có được độ tin cậy hợp lý. Do vậy nên thực hiện kiểm tra bằng các thí nghiệm mô hình thủy lực. Hơn nữa có sự phù hợp tốt giữa sự gia tăng chiều cao sóng theo hình dạng tuyến đê chắn sóng và gia tăng trong lực sóng. Do đó có thể chấp nhận tăng chiều cao sóng trong thẩm định tính năng phù hợp với phạm vi ảnh hưởng của hình dạng tuyến đê chắn sóng như trong công thức (90), khi đó tính lực sóng dựa trên công thức tính toán tiêu chuẩn.

$$H'_D = \min \{K_C H_D, K_b H_b\} \quad (90)$$

trong đó:

H'_D là chiều cao sóng tính toán áp lực có kể đến ảnh hưởng hình dạng các tuyến đê chắn sóng;

K_C là hệ số tăng chiều cao sóng có kể đến hình dạng các tuyến đê chắn sóng $K_C \geq 1,0$;

K_b là hệ số giới hạn cho sóng vỡ giới hạn $K_{Cb} = 1,4$;

H_D là chiều cao sóng tính toán không kể tới ảnh hưởng của các tuyến đê chắn sóng;

H_b là chiều cao sóng vỡ tại vị trí phía ngoài biển cách chân đê chắn sóng $5.H_{1/3}$.

Tại các đoạn đê lôm, gần các đầu đê và xung quanh một đê biệt lập K_C xác định theo (91)

$$K_C = H_S / \{H_I \cdot (1 + K_R)\} \quad (91)$$

trong đó:

H_S là chiều cao sóng đứng dọc theo tường đê chắn sóng (m);

H_I là chiều cao sóng đến ;

K_R là hệ số phản xạ.

Trong tính toán lấy $K_C < 1$

Chiều cao sóng vỡ H_b được lấy bằng chiều cao sóng lớn nhất H_{max} trong công thức 42.

5.4.12.5 Lực sóng tác động lên tường đứng phủ khối bê tông tiêu sóng

Lực sóng tác động lên một tường đứng phủ khối bê tông tiêu sóng thay đổi tùy vào kết cấu của công trình tiêu sóng, và do đó nó phải được đánh giá bằng cách sử dụng các kết quả thí nghiệm mô hình tương đương với các điều kiện thiết kế. Tuy nhiên, nếu cao độ đỉnh của kết cấu tiêu sóng bằng với cao độ đỉnh của tường đứng và các khối bê tông tiêu sóng đủ chắc chắn để chống lại các tác động của sóng, lực sóng tác động lên tường đứng có thể được tính toán bằng cách áp dụng công thức Goda mở rộng. Theo phương pháp này, bằng công thức tiêu chuẩn được đưa ra ở phần 5.4.12.1 Áp lực sóng do gió lên tường đứng của sóng đứng và sóng vỡ, các giá trị η^* , p_1 và p_u tính được bởi các công thức (60), (61) và (70) lần lượt được sử dụng tùy nhiên cần lấy giá trị thích hợp cho các hệ số hiệu chỉnh áp lực sóng λ_1 , λ_2 và λ_3 theo các điều kiện thiết kế. Takahashi và cộng sự đã đề xuất các hệ số như sau:

$$\lambda_1 = \begin{cases} 1.0 & (H/h \leq 0,3) \\ 1,2 \cdot \frac{2(H/h)}{3} & (0,3 < H/h \leq 0,6) \\ 0.8 & (H/h > 0,6) \end{cases} \quad (92)$$

$$\lambda_3 = \lambda_1$$

$$\lambda_2 = 0$$

Trong vùng sóng vỡ, các đê chắn sóng phủ bởi khối bê tông tiêu sóng thường lấy $\lambda_1 = \lambda_3 = 0,8$.

5.4.12.6 Lực sóng tác động lên các cấu kiện ngập dưới nước và kết cấu độc lập

a) Khi cấu kiện có kích thước nhỏ hơn bước sóng ($D=0,2L \div 0,33L$)

Khi đường kính của cấu kiện $D < L$ (bước sóng) ít ảnh hưởng đến sự lan truyền sóng, lực sóng được xác định theo công thức Morison, trong đó lực sóng được biểu thị là tổng lực kéo tỷ lệ với bình phương vận tốc hạt nước và lực quán tính tỷ lệ với gia tốc.

$$\bar{F}_n = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho_0 \cdot |\bar{u}_n| \cdot D \cdot \Delta S + C_M \cdot \rho_0 \cdot \bar{a}_n \cdot A \cdot \Delta S \quad (93)$$

trong đó:

C_M : hệ số quán tính (Bảng 17)

C_D : hệ số kéo (Bảng 18)

ρ_0 : mật độ nước biển ($\rho_0 = 1,03 \text{ t/m}^3$)

\bar{u}_n, \bar{a}_n : thành phần tốc độ (m/s) và gia tốc (m/s²) của hạt nước theo hướng vuông góc với trục cấu kiện nằm trên mặt phẳng chứa trục cấu kiện và hướng chuyển động của hạt nước trùng với \bar{f}_n của sóng tới khi chưa có các cấu kiện

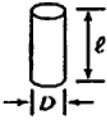
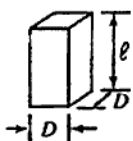
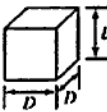


$|\bar{u}_n|$: giá trị tuyệt đối của \bar{u}_n (m/s)

D: chiều rộng cấu kiện hoặc đường kính cấu kiện theo hướng vuông góc với trục cấu kiện nhìn từ hướng của \bar{f}_n (m)

A: diện tích mặt cắt ngang cấu kiện vuông góc với trục của cấu kiện (m²)

\bar{f}_n : lực tác động lên một đoạn chiều dài ΔS (m) theo hướng trục dọc của cấu kiện, tại đó hướng của lực nằm trên mặt phẳng chứa trục cấu kiện và hướng chuyển động của hạt nước và vuông góc với trục cấu kiện (kN).

Bảng 17 - Hệ số quán tính C_M

Hình dạng	Thể tích	Hệ số quán tính
Hình trụ tròn 	$\frac{\pi}{4} D^2 l$	2,0 ($l > D$)
Lăng trụ đáy vuông 	$D^2 l$	2,19 ($l > D$)
Khối lập phương 	D^3	1,67
Hình cầu 	$\frac{\pi D^3}{6}$	1,5
Tấm phẳng 	$\frac{\pi}{4} D^2 l$	D/l=1→0,61 D/l=2→0,85 D/l=∞→1,00

Hệ số kéo C_D phụ thuộc vào nhiều yếu tố: hình dạng, độ nhám, số Reynolds.....

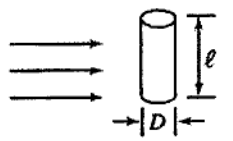
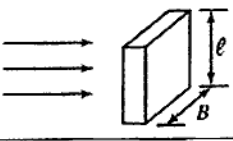
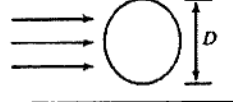
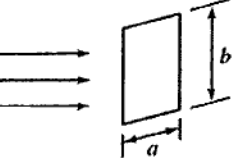

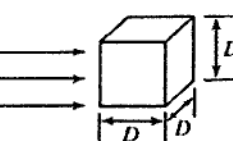
Đối với cấu kiện tròn $C_D = 1,0$

Đối với các loại cấu kiện khác $C_D < 0,7$.

Có thể lấy C_D ở Bảng 18 dưới đây

CHÚ THÍCH: Ngoài tính theo công thức Morison (93), có thể tham khảo thêm một phương pháp tính khác cũng dựa theo nguyên lý: tổng của lực kéo và lực quán tính được giới thiệu ởTCVN 8421:2010

Bảng 18 - Hệ số kéo C_D

Hình dạng	Diện tích	Hệ số cản	
Hình trụ tròn (bề mặt thô)		DI	$1.0(l > D)$
Lăng trụ chữ nhật		BI	$2.0(l > D)$
Tấm tròn		$\frac{\pi}{4} D^2$	1.2
Tấm phẳng		ab	$a/b=1 \rightarrow 1.12$ $a/b=2 \rightarrow 1.15$ $a/b=4 \rightarrow 1.19$ $a/b=10 \rightarrow 1.29$ $a/b=18 \rightarrow 1.40$ $a/b=\infty \rightarrow 2.01$
Hình cầu		$\frac{\pi}{4} D^2$	0.5 ~ 2
Khối lập phương		D^2	1.3 ~ 1.6

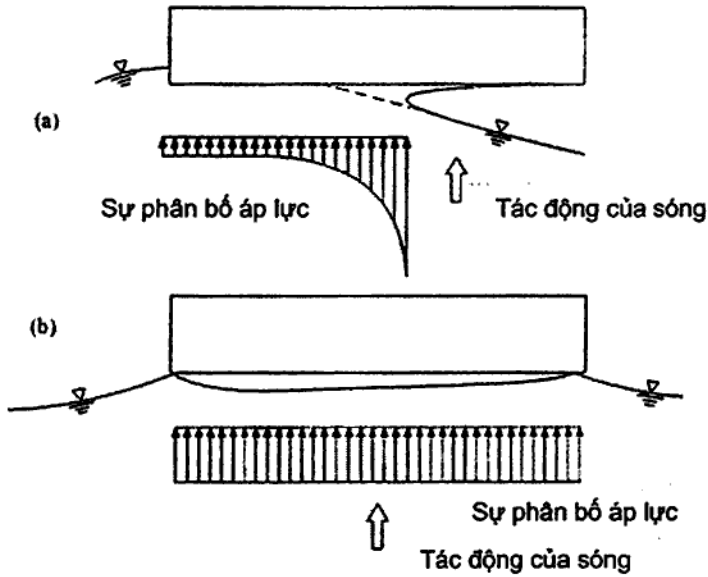
b) Khi cấu kiện có kích thước lớn $D \geq L$

Trường hợp này bỏ qua lực kéo (cản), tính toán lực sóng dựa vào thế vận tốc, dựa vào thuyết nhiễu xạ của MacCamy-Fuchs và Goda-Yoshimura cho các cấu kiện lớn hình trụ là phổ biến (tham khảo OCDD 2009)

5.4.12.7 Lực sóng tác động lên cấu kiện (đài) gần mặt nước

Áp lực sóng đẩy lên tác động vào đáy tấm bản nằm ngang (đài) sinh ra hai dạng biểu đồ:

- (1) Khi mặt sóng hợp với mặt đáy 1 góc $\neq 0$ sinh ra biểu đồ phi tuyến (Hình 46(a))
- (2) Khi mặt sóng hợp với mặt đáy 1 góc ≈ 0 sinh ra biểu đồ phân bố đều (Hình 46(b))



Hình 46 - Hai dạng biểu đồ áp lực sóng lên đáy tấm nằm ngang gần mặt nước

a) Tính toán lực đẩy lên của sóng đứng

Goda đã sử dụng công thức của Karman's để tính tổng áp lực đẩy lên p (kN) của sóng lên một tấm nằm ngang

$$p = \xi \cdot \frac{\rho_0 g}{H} \cdot H \cdot L \cdot B \cdot \tanh \frac{2\pi h}{L} \cdot \left(\frac{H}{S'} - \frac{S'}{H} \right) \quad (94)$$

$$S' = S - \pi \frac{H^2}{L} \coth \frac{2\pi h}{L} \quad (95)$$

trong đó:

P : Tổng áp lực đẩy lên (kN);

ξ : hệ số điều chỉnh ;

ρ_0 : mật độ nước biển ($\rho_0 = 1,03 \text{ t/m}^3$);

g : gia tốc trọng trường;

H : chiều cao sóng tới, nói chung $H = H_{\max}$ (m);

L : bước sóng (m);

B : chiều rộng tấm bản của đài (m);

h : độ sâu nước;

s : khoảng trống của đáy tấm bản trên mặt nước tĩnh;

S' : khoảng trống của đáy tấm bản ở mức tương ứng chính giữa của đỉnh sóng và đáy sóng (đường trung bình của sóng).

b) Tính toán lực đẩy lên của sóng vào trụ cọc

Ito và Takeda đã làm thí nghiệm cho trụ cầu dẫn và tìm ra một công thức gần đúng cường độ trung bình áp lực sóng:

$$P_K = \rho_0 g (8H-4.5S) \quad (96)$$

trong đó:

- P_K là giá trị đặc trưng trung bình đỉnh của cường độ lực đẩy lên (kN/m^2);
- ρ_0 là mật độ nước biển ($\rho_0 = 1,03 \text{ t/m}^3$);
- g là gia tốc trọng trường;
- H là chiều cao sóng đến, lấy $H = H_{\max}$
- S là khoảng cách từ mặt nước tới mặt dưới của cầu dẫn.

c) Tính toán lực đẩy của sóng tiến đến lên kết cấu đài của trụ độc lập

Ito và Takeda xây dựng một công thức

$$P_K = 2\rho_0 g H \quad (97)$$

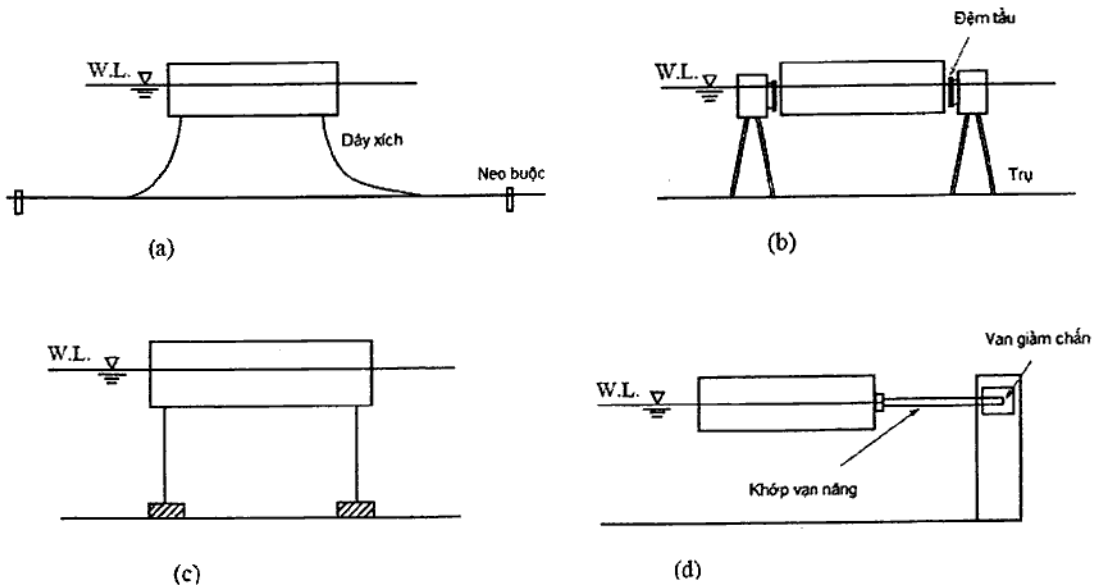
Các kí hiệu tương tự như công thức 96.

5.4.12.8 Tải trọng sóng lên đê chắn sóng mái nghiêng

Khi mái nghiêng được phủ bằng các tấm BTCT khi sóng tác động vào xảy ra áp lực phân bố và áp lực đẩy nổi liên tiếp kề nhau. Tham khảo Điều 12.4 Công trình ngăn cát, giảm sóng dạng mái nghiêng của TCVN 9901:2014 và Điều 3.4 Tải trọng và tác động của sóng lên công trình có mặt ngoài nghiêng của TCVN 8421:2010.

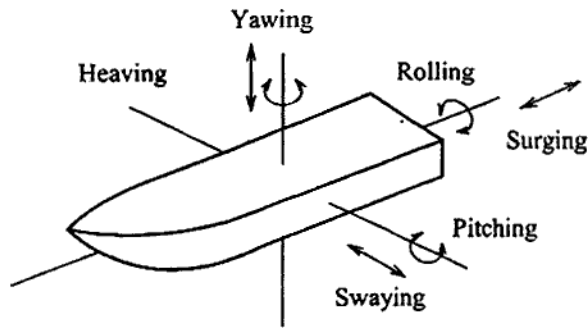
5.4.12.9 Tải trọng sóng lên kết cấu nổi

Vật nổi ở đây được hiểu là ponton, cầu dẫn nổi, bển lắp ráp nhanh... với 4 cách neo: neo xích, neo căng, neo trụ, neo khớp nổi vạn năng. Trên hình 47 là sơ đồ 4 cách neo kết cấu nổi. Ngoài lực sóng tác động lên vật nổi còn có dòng chảy, lực neo, lực gió, lực trôi dạt, lực phục hồi của ổn định nổi ngang nổi dọc bao gồm cả động và tĩnh. Tất cả các lực này tạo thành một chuyển động phức tạp với 6 ẩn số như miêu tả trên hình 48.



Hình 47 - Bốn cách neo vật nổi

a, Neo xích b. Neo căng c. Neo trụ d. Neo khớp vạn năng



CHÚ DẪN:

- Heaving: dịch chuyển theo phương đứng (nhấp nhô);
- Yawing: xoay trong mặt phẳng nằm ngang;
- Swaying: dịch chuyển theo phương ngang;
- Pitching: xoay theo phương dọc;
- Surging: dịch chuyển theo phương dọc;
- Rolling: xoay theo phương ngang.

Hình 48 - Các thành phần chuyển động của vật nổi

5.4.12.10 Tải trọng sóng vỡ lên kè bờ biển và hải đảo

Toàn bộ các nội dung này tham khảo **Phụ lục F. Tính toán áp lực sóng của TCVN 9901: 2014**, ứng với các hạng mục dưới đây

a) Kè tường đứng khi chưa lấp đất phía sau ứng với 3 vị trí kè

- Tại vị trí sóng vỡ cuối cùng
- Nằm giữa vị trí sóng vỡ cuối cùng và mép nước
- Tại vị trí phía trong mép nước

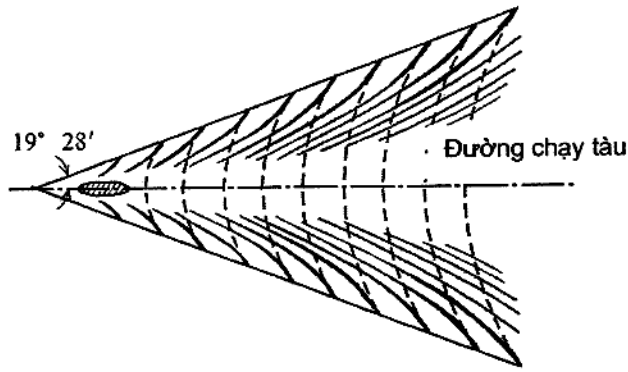
b) Kè tường đứng và tường cong BTCT đã lấp đất phía sau

c) Kè mỏ hàn

d) Đê ngập có cao trình thấp hơn mực nước.

5.4.13 Sóng do tàu

Sóng do tàu được xác định khi tàu chạy trong kênh, luồng tàu được mô phỏng ở hình 49 gồm hai nhóm sóng: sóng lan tỏa và sóng ngang.



Hình 49 - Bình diện sóng do tàu

a) Chiều dài sóng ngang được xác định từ điều kiện vận tốc của sóng ngang bằng vận tốc tàu chạy

$$\frac{gL_T}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L_T} = V^2 \text{ (với } V < \sqrt{gh} \text{)} \quad (98)$$

trong đó :

- L_T là Chiều dài sóng ngang (m)
- h là độ sâu (m)
- V là tốc độ tàu chạy (m/s)

Khi nước đủ sâu bước sóng ngang xác định theo (99)

$$L_o = \frac{2\pi}{g} V^2 = 0,169 V_k^2 \text{ (m)} \quad (99)$$

- V_k là tốc độ chạy tàu (kt)
- $V_k = 1,946 V$ (m/s)

b) Chu kỳ sóng ngang bằng chu kỳ sóng đương phát triển với L_t (hoặc L_o) ở độ sâu h :

$$T_t = \sqrt{\frac{2\pi}{g} L_t \coth\left(\frac{2\pi h}{L_t}\right)} = T_o \coth\left(\frac{2\pi h}{L_t}\right) \quad (100)$$

$$T_o = \frac{2\pi}{g} V = 0,330 V_k \quad (101)$$

trong đó:

- T_t Chu kỳ sóng ngang ứng với độ sâu h (s);
- T_o Chu kỳ sóng ngang ứng với nơi đủ độ sâu (s) .

c) Bước sóng và chu kỳ sóng lan toả (hoặc sóng phân kỳ) L_d (m); T_d (s)

$$L_d = L_t \cdot \cos^2 \theta \quad (102)$$

$$T_d = T_t \cdot \cos \theta \quad (103)$$

θ : Góc giữa hướng hành trình của sóng phân kỳ (lan toả) với đường tàu chạy ($^\circ$) $\theta \approx 40^\circ + 55^\circ$

d) Sóng tàu nước sâu $V \leq 0,7\sqrt{gh}$ được phép bỏ qua ảnh hưởng của nước nông. **Bảng 19** thống kê điều kiện là sóng do tàu nước sâu

Bảng 19 - Các điều kiện được xem là sóng do tàu nước sâu

Tốc độ tàu	V_k (kt)	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	25,0	30,0
Độ nước sâu	h (m)	1,4	3,1	5,5	8,6	12,4	16,9	22,0	34,4	49,6
Chu kỳ sóng ngang	T_o (S)	1,7	2,5	3,3	4,1	5,0	5,8	6,6	8,3	9,9

e) Chiều cao sóng do tàu: với khoảng cách quan sát 100m cách đường chạy tàu, chiều cao sóng H_o đặc trưng được xác định:

$$H_o = \left(\frac{L_s}{100}\right)^{1/3} \sqrt{\frac{E_{HPW}}{1620L_s V_K}} \text{ (m)} \quad \text{Thường } H_o = 1,0 + 2,0 \text{ m} \quad (104)$$

L_s : Chiều dài tàu (m)

V_K : Tốc độ chạy tàu khi đầy tải (hải lý)

E_{HPW} : Công suất tạo sóng

Nếu khoảng cách quan sát S (m) thay đổi, chiều cao sóng H_{max} được xác định:

$$H_{max} = H_o \left(\frac{100}{S}\right)^{1/3} \left(\frac{V_k}{V_K}\right)^3 \quad (105)$$

V_k : Tốc độ chạy tàu thực tế (kt)

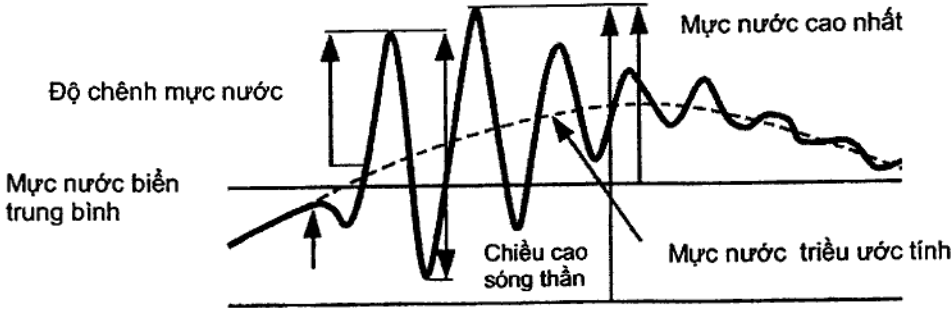
Chiều cao sóng do tàu giới hạn H_{limit} (m) khi $\frac{H_{max}}{L} \approx 0,14$ của sóng lan toả (phân kỳ) và góc $\theta \approx 50^\circ$ được tính theo công thức :

$$H_{limit} = 0,010 V_k^2 \text{ (m)} \quad (106)$$

f) Áp lực sóng do tàu lên kết cấu gia cố bờ kênh được khuyến cáo vận dụng cách tính trong **TCVN 9901:2014**

5.4.14 Sóng thần

Sóng thần được xem xét dựa trên số liệu ghi chép của sóng thần trong quá khứ. Sóng thần được hiểu là sự nâng lên - hạ xuống mặt nước một cách đột ngột do động đất. Trên **hình 50** là mặt cắt kèm theo các thuật ngữ của sóng thần.



Hình 50 - Mặt cắt cùng các thuật ngữ của sóng thần

a) Tốc độ lan truyền sóng thần dựa theo lý thuyết của sóng dài

$$C = \sqrt{gh} \tag{107}$$

h: Độ sâu ;

g: gia tốc trọng trường

b) Biến dạng của sóng thần vẫn bao gồm: Khúc xạ, nhiễu xạ, phản xạ, vỡ, hiệu ứng nước nông. Riêng biến dạng sóng thần trong vịnh được diễn tả khái quát theo định luật Green qua công thức

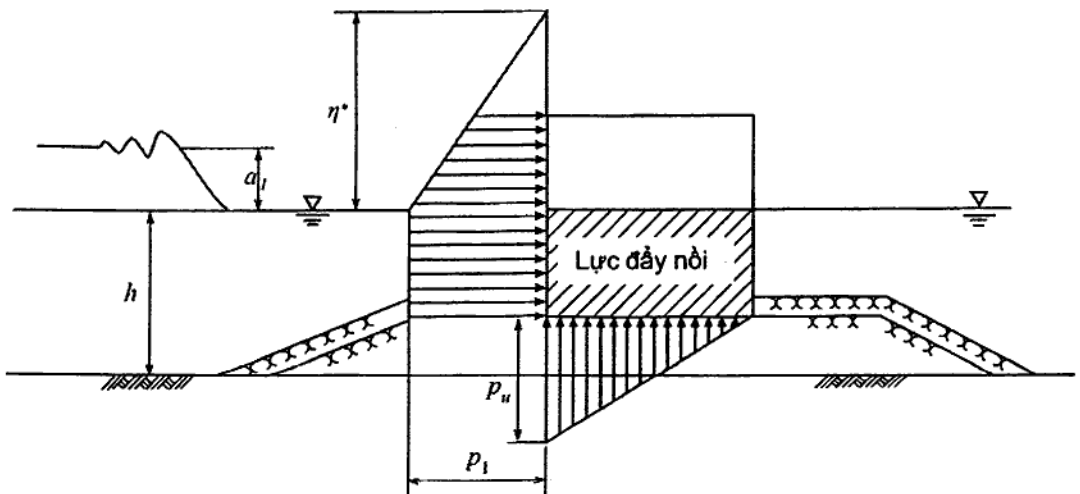
$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^{1/4} \tag{108}$$

trong đó:

H₁: Chiều cao sóng thần ứng với mặt cắt ngang nơi có chiều rộng b₁, độ sâu h₁

H₂: Chiều cao sóng thần ứng với mặt cắt ngang nơi có chiều rộng b₂, độ sâu h₂

c) Biểu đồ áp lực sóng thần chấp nhận phân bố theo quy luật tuyến tính như thể hiện trên hình 51 bao gồm lực phương ngang và lực đẩy nổi.



Hình 51 - Biểu đồ áp lực sóng thần lên kết cấu tường đứng

Các giá trị η^* , P_1 , P_u trên hình 51 lần lượt được xác định theo các công thức sau đây:

$$\eta^* = 3 \cdot a_1 \quad (109)$$

$$P_1 = 2,2\rho_0 g \cdot a_1 \quad (\text{kN/m}^2) \quad (110)$$

$$P_u = P_1 \quad (\text{kN/m}^2) \quad (111)$$

Trong đó:

- η^* là chiều cao của biểu đồ trên mặt nước (m);
- a_1 là chiều cao sóng đến của sóng thần (m);
- P_1 là cường độ áp lực sóng thần theo phương ngang (kN/m^2);
- P_u là cường độ áp lực đẩy nổi ở mép tường (kN/m^2);
- g là gia tốc trọng trường (m/s^2).

d) Chiều cao sóng đến của sóng thần

$$H_1 = 2 a_1 \quad (112)$$

e) Tốc độ dòng chảy do sóng thần sinh ra

$$u = \frac{c \cdot \eta}{h} = \eta \cdot \sqrt{\frac{g}{h}} \quad (113)$$

trong đó:

- η là độ chênh mặt nước do sóng thần (m);
- h là chiều sâu nước (m);
- g là gia tốc trọng trường (m/s^2);
- c là vận tốc sóng thần (m/s).

5.4.15 Sóng do triều giả

Triều giả là hiện tượng dao động bất bình thường có chu kỳ của toàn bộ khu nước từ mặt tới đáy, từ bờ này sang bờ kia theo chiều ngang hay theo chiều dọc của khu nước bị giới hạn có chiều dài $l \geq h$ (chiều sâu).

Triều giả có ảnh hưởng lớn đến hoạt động của bể cảng do dao động bất thường bởi hai nhóm nguyên nhân, từ đó gây ra các cộng hưởng trong bể cảng. Hai nhóm nguyên nhân là:

- Triều giả quy mô lớn có thể do động đất, lực hút của mặt trăng mặt trời, lực coriolic, gió dòn, sóng gió
- Triều giả quy mô nhỏ có thể do sóng do tàu, do Triều giả lớn ở biển khơi truyền vào theo nguyên tắc bình thông nhau, hoặc do sóng do gió từ bên ngoài bể cảng...

Chu kỳ dao động tự nhiên của khối nước T_w (S) được xác định theo 4 trường hợp cụ thể sau đây:

- (1) Khi bể cảng dài, hẹp, hình chữ nhật với độ sâu có một đầu thông ra biển

$$T_w = \frac{4l}{(2n+1)\sqrt{gh}} \quad (114)$$

l là chiều dài bể cảng (m);

n là số nút trong bể (0,1,2...).

Hoặc có thể xác định theo (115)

$$T_w = \alpha \frac{4l}{\sqrt{gh}} \quad (115)$$

α : Hệ số hiệu chỉnh lấy theo bảng 20

Bảng 20 - Hệ số α của (115) (b: chiều rộng của bể cảng)

b/l	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/10	1/25
α	1,132	1,261	1,217	1,187	1,163	1,106	1,064

(2) Khi bể cảng dài, hẹp có dạng kênh 1 chiều, không nối với biển:

$$T_w = \frac{2l}{n\sqrt{gh}} \quad (116)$$

(3) Khi bể cảng chữ nhật, dài l , rộng b , độ sâu không đổi, có cửa vào hẹp:

$$T_w = \frac{2}{c} \left[\left(\frac{n}{l} \right)^2 + \left(\frac{m}{b} \right)^2 \right]^{-1/2} = \frac{2}{\sqrt{gh \left[\left(\frac{n}{l} \right)^2 + \left(\frac{m}{b} \right)^2 \right]}} \quad (117)$$

n : số nút theo chiều dài

m : số nút theo chiều rộng

$$C = \sqrt{gh}$$

(4) Khi bể cảng hình tròn, bán kính r :

$$T_w = \frac{2r}{f_n C} \quad (118)$$

f_n : Hệ số ứng với số nút (thường chỉ tính với số nút n hoặc m bằng 2)

Khi :

$$n, m = 1; f_n = 1,2197$$

$$n, m = 2; f_n = 2,233$$

$$n, m = 3; f_n = 3,2383.$$

5.4.16 Sóng chu kỳ dài

(1) Sóng chu kỳ dài được định nghĩa là sóng được tạo nên bởi các sóng thành phần có chu kỳ trong khoảng thời gian 30 s tới 300 s bao gồm trong phổ tần số được phân tích từ kết quả ghi chép quan sát liên tục trong vòng 20 min hoặc lâu hơn.

(2) Dao động mực nước trong khoảng thời gian từ 30 s đến vài min thỉnh thoảng có xảy ra tại các điểm quan trắc trong cảng và ngoài khơi. Sự dao động như vậy được gọi là sóng chu kỳ dài. Nếu chu kỳ của các sóng chu kỳ dài đó gần bằng chu kỳ tần số tự nhiên của hệ dao động gồm tàu và các dây neo, hiện tượng cộng hưởng có thể sinh ra một chuyển động lớn của sóng vỡ ngay cả khi chiều cao sóng nhỏ, gây ảnh hưởng lớn đến hiệu quả khai thác của cảng. Nếu kết quả quan sát cho thấy các sóng chu kỳ dài có chiều cao sóng đặc trưng bằng 10÷15 cm hoặc cao hơn thường xuyên xuất hiện trong bể cảng, cần nghiên cứu các biện pháp đối phó.

Khi dao động mực nước rõ ràng trong khoảng thời gian vài min hoặc dài hơn xảy ra tại một điểm quan sát trong bể cảng, có khả năng cao hiện tượng "sóng lừng" đang diễn ra. Hiện tượng này xảy ra khi những nhiễu động nhỏ trong mực nước, do áp lực không khí ở biển thay đổi, được khuếch đại bởi tần số tự nhiên của bể cảng hoặc vịnh. Vận tốc dòng chảy lớn cũng có thể xuất hiện cục bộ trong bể cảng, làm đứt dây neo của các tàu nhỏ. Khi lập quy hoạch cảng, nên xem xét đến việc bố trí hình dáng của bể cảng để giảm thiểu sự chuyển động của sóng lừng. Tại các bến du thuyền và các cảng nhỏ khác, tần số tự nhiên của cảng có thể gần bằng tần số của sóng chu kỳ dài và sự lan truyền sóng chu kỳ dài từ biển hở có thể tạo ra sóng lừng ở bể cảng. Do vậy, hai loại sóng này có mối liên hệ chặt chẽ với nhau. Nếu các quan sát hoặc tính toán cho thấy sóng lừng do các sóng chu kỳ dài gây ra, nên đề ra các biện pháp đối phó khi xem xét hai loại sóng này.

(3) Chiều cao sóng tới hạn đối với công tác bốc xếp hàng bị ảnh hưởng bởi sóng chu kỳ dài

Cần xem xét hợp lý đến vấn đề sóng chu kỳ dài trước tường bến có thể làm cho tàu dao động với biên độ vài m do hiện tượng cộng hưởng. Chiều cao sóng tới hạn đối với công tác bốc xếp hàng chịu ảnh hưởng bởi sóng chu kỳ dài phụ thuộc vào các yếu tố như chu kỳ sóng, kích thước của tàu, tình trạng neo, và các điều kiện chất hàng của tàu.

(4) Tính toán sự lan truyền của sóng chu kỳ dài

Nên tính toán sự truyền sóng chu kỳ dài trong bể cảng bằng cách lập đường biên sóng tới biên ngoài biển sau đó dùng phương pháp tính toán có sử dụng các phương trình sóng tuyến tính.

(5) Hướng sóng chu kỳ dài

Trong trường hợp truyền sóng chu kỳ dài, có nhiều trường hợp sóng chu kỳ dài trùng với sóng phản xạ từ bờ biển, và rất khó để xác định hướng. Tuy nhiên, năng lượng của sóng chu kỳ dài chính có thể truyền theo hướng sóng chính của một sóng chu kỳ ngắn (sóng do gió tạo ra).

(6) Biện pháp đối phó với các sóng chu kỳ dài

Trong các vùng nước có biểu hiện của sóng chu kỳ dài, nên bố trí mặt bằng để chắn sóng nhằm ngăn chặn sự xâm nhập của sóng chu kỳ dài vào bể cảng. Khi đó, trong trường hợp đường kính hạt của các vật liệu đê lớn, gần như tất cả năng lượng của sóng chu kỳ dài được truyền vào trong bể cảng, do đó, nên tiến hành kiểm tra hình dạng của đê chắn sóng và kết cấu đê một cách thích hợp.

5.5 Dòng chảy

5.5.1 Dòng chảy biển ở khu vực ven bờ

Dòng chảy biển hoặc các dòng chảy khác phải được nghiên cứu chi tiết về cả hướng và độ lớn trên cơ sở đo đạc tại hiện trường hoặc từ mô hình toán. Tác động của dòng chảy, thường xảy ra đồng thời với các tác động khác, đối với ổn định của công trình là rất lớn.

Chuyển động của nước biển là tổ hợp của nhiều loại dòng chảy có chu kỳ khác nhau, gây ra bởi những tác động tự nhiên khác nhau; vận tốc cũng như hướng của dòng chảy bị tác động bởi địa hình và dạng kết cấu công trình, và biến đổi rất phức tạp theo cả không gian và thời gian. Chuyển động của nước biển là nguyên nhân kéo theo sự chuyển động của lớp trầm tích đáy biển, gây nên những vấn đề như bồi lắng ở luồng dẫn và khu nước bề cảng, cũng như xói mòn khu vực xung quanh các công trình. Dòng chảy biển có thể gây ra những biến đổi trên quy mô rộng đối với môi trường tự nhiên, như chất lượng nước, biến đổi trầm tích, và biến đổi sinh học.

Xét về nguồn gốc và quy mô theo không gian và thời gian, dòng chảy biển được phân loại bao gồm dòng thủy triều, dòng chảy do gió, dòng chảy mật độ, và dòng chảy gần bờ. Các loại dòng chảy này bị tác động lớn bởi điều kiện địa chất và điều kiện khí tượng hải dương khu vực.

5.5.2 Thủy lực cửa sông

Ảnh hưởng của chế độ thủy lực cửa sông, kể cả dòng chảy trong sông, có thể được đánh giá bằng những phương pháp khác nhau trên cơ sở các dữ liệu đo đạc tại hiện trường hoặc mô hình số.

Tác động của thủy lực cửa sông bao gồm những yếu tố như thủy triều cửa sông, dòng chảy sông, dòng chảy mật độ ở cửa sông, sóng vào cửa sông và sự bồi lắng. Việc đánh giá các tác động này được thực hiện bằng các phương pháp phù hợp, xét đến tác động từ phía biển tới cửa sông, dòng chảy sông và sa bồi từ sông.

1) Tổng quát

Gianh giới để xác định phạm vi ảnh hưởng của thủy lực cửa sông thường không rõ ràng, khu vực nước ngọt và nước mặn tương tác với nhau được xác định là khu vực lớn mở rộng từ đường giới hạn ảnh hưởng thủy triều ở thượng lưu sông đến cửa vịnh. Tuy nhiên xét về tác động và ảnh hưởng liên quan tới các công trình cảng, thì khu vực cửa sông được định nghĩa tổng quát là khu vực mở rộng từ điểm thượng nguồn tại đó nước mặn chảy tới do chuyển động triều trung bình đến phần phía trước của thềm cửa sông nơi có cấu tạo là cát được bồi đắp trong mùa lũ (dưới đây gọi đơn giản là khu vực cửa sông). Tại khu vực cửa sông, bên cạnh những tác động như dòng thủy triều, chuyển động thủy triều, sóng, và dòng chảy gần bờ, còn có sự dao động của dòng chảy từ sông trong mùa kiệt và lũ. Khi trạng thái chuyển động của nước và mật độ nước thay đổi, phát sinh hiện tượng thủy lực phức hợp xảy ra như dòng chảy mật độ, và hiện tượng di chuyển lớp trầm tích như do lắng đọng và kết bông hóa học. Tại khu vực cửa sông, các sinh vật sống ở môi trường lý hóa cân bằng, và môi trường tự nhiên và sinh vật tại khu vực này có thể dễ dàng bị ảnh hưởng bởi những hoạt động của con người, do đó mà

đòi hỏi phải có sự nghiên cứu đầy đủ và quan trắc liên tục những ảnh hưởng đó đối với việc hình thành các công trình xung quanh.

2) Chuyển động thủy triều, sóng, và dòng chảy ở cửa sông

Diễn biến thủy lực tại khu vực cửa sông thường rất phức tạp do sự pha trộn các tác động như dao động mực thủy triều, dòng thủy triều, dòng chảy triều, sự gia tăng mực nước do sóng, và sự dao động của dòng chảy gần bờ. Nhìn chung, dòng chảy ở cửa sông có thể được đánh giá như sau:

- a) Dòng chảy mạnh khi sông có lũ, dòng chảy gradient của sông là chủ đạo, đây là dòng chảy đều.
- b) Khi nước sông ở trạng thái bình thường, kết cấu của dòng chảy sẽ phức tạp vì dòng thủy triều và dòng chảy mật độ được bổ sung vào dòng gradient.
- c) Trong mùa kiệt, dòng triều sẽ chiếm ưu thế. Tuy nhiên tại các cửa sông có biên độ triều nhỏ, dòng thủy triều không mạnh, dòng chảy trọng lực (mật độ) sẽ rõ rệt hơn.
- d) Tại cửa sông có biên độ triều lớn, dòng triều có xu hướng chủ đạo.

3) Dòng chảy mật độ tại cửa sông

Tại cửa sông, nước biển thâm nhập vào lớp dưới của nước sông do sự chênh lệch mật độ, và có sự giao thoa giữa các dòng chảy để đạt được mức cân bằng động học. Các dòng này được gọi là "dòng trọng lực hay còn gọi dòng mật độ tại cửa sông", được chia làm ba loại là hỗn hợp dòng chảy yếu, hỗn hợp dòng chảy trung bình, hỗn hợp dòng chảy mạnh phụ thuộc vào hình dáng giao thoa giữa nước sông và nước biển; tuy nhiên trong thực tế dòng chảy trọng lực có thể thay đổi theo thời gian và theo mùa.

4) Sóng vào cửa sông

Khi sóng vào cửa sông, sóng bị biến đổi bởi tác động của địa hình và dòng chảy sông. Chiều cao sóng tăng lên do khúc xạ và hiệu ứng nước nông. Tốc độ lan truyền bị giảm do dòng chảy sông ngược với hướng lan truyền, và làm gia tăng chiều cao sóng. Khi chiều cao sóng đạt tới giá trị nào đó, năng lượng sóng sẽ giảm dần do ma sát đáy, sóng sẽ vỡ và tạo ra dòng chảy hỗn loạn.

5) Trầm tích cửa sông

Trầm tích tại cửa sông thông thường là cát có lẫn bùn sét từ trong sông. Trầm tích di chuyển dưới tác động của sóng, hình thành nên những doi cát, bãi ngầm ở cửa sông. Trầm tích và bồi lắng ở cửa sông gây nhiều vấn đề khó khăn đối với công tác duy tu công trình cảng và quản lý môi trường.

5.5.3 Lực dòng chảy

1) Khái quát

Lực gây bởi dòng chảy, tác động lên các cấu kiện và công trình trên nền cọc ngập nước hay gần mặt nước như trụ cầu, đường ống, hay vật liệu phủ móng đá học, tỉ lệ với giá trị bình phương của vận tốc. Có thể chia lực tác động của dòng chảy thành lực kéo theo tác động theo hướng dòng chảy và lực nâng lên tác động theo hướng vuông góc dòng chảy. Thông thường các lực kéo theo và nâng lên

TCVN 11820-2:2017

được tính theo các công thức sau đây. Chú ý rằng một vật thể mỏng hình ống trong nước có thể còn chịu lực rung do xoáy nước gây ra.

a) Lực kéo theo

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_o A U^2 \quad (119)$$

trong đó,

F_D là lực kéo theo tác động lên vật thể theo hướng dòng chảy (kN);

C_D là hệ số kéo ;

ρ_o là mật độ nước (t/m^3) ;

A là diện tích hình chiếu của vật theo hướng dòng chảy (m^2) ;

U là vận tốc dòng chảy (m/s).

b) Lực nâng lên

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho_o A_L U^2 \quad (120)$$

trong đó:

F_L là lực nâng tác động lên vật thể theo hướng vuông góc với dòng chảy (kN);

C_L là hệ số nâng ;

A_L là diện tích hình chiếu của vật theo hướng vuông góc với dòng chảy (m^2).

2) Hệ số cản kéo

Lực kéo gây bởi dòng chảy được biểu diễn bằng tổng lực cản bề mặt do ma sát như trong công thức (119). Hệ số kéo thay đổi theo hình dạng và độ nhám của vật thể, hướng và hệ số Reynolds của dòng chảy, do đó cần xác định giá trị phù hợp với các điều kiện khác nhau.

Khi hệ số Reynolds lớn hơn 10^3 , các giá trị liệt kê trong Bảng 18 có thể sử dụng là giá trị tiêu chuẩn cho hệ số kéo. Chú ý đối với dạng trụ tròn hoặc hình cầu với bề mặt phẳng, giá trị hệ số kéo sẽ giảm đột ngột khi hệ số Reynolds vào khoảng 10^5 . Tuy nhiên đối với dạng trụ tròn có bề mặt nhám, mức giảm của giá trị hệ số kéo không quá lớn, và hệ số kéo ổn định dần ở một mức không thay đổi tương ứng với độ nhám tương đối. Số liệu của khối lập phương được thu thập từ thí nghiệm lực sóng thực hiện bởi Hamada, Mitsuyasu và Hase.

3) Hệ số nâng lên

Như với hệ số lực cản ngang, hệ số nâng lên C_L cũng thay đổi theo hình dạng vật thể, hướng dòng chảy và hệ số Reynolds. (xem 5.4.12.6 Lực sóng tác động lên các cấu kiện ngập dưới nước và kết cấu độc lập).

6 Điều kiện địa kỹ thuật

6.1 Khảo sát đất nền

6.1.1. Các phương pháp khảo sát

Các điều kiện địa kỹ thuật bao gồm: chiều sâu của các tầng chịu lực, chiều sâu của các tầng móng kỹ thuật, độ dày của tầng nền đất yếu, các điều kiện địa tầng học khác của đất, các mực nước (mực nước dư), trọng lượng đơn vị (độ nén chặt), các đặc trưng vật lý, các đặc trưng chống cắt, các đặc trưng cố kết, độ dẫn thủy lực, các đặc trưng hóa lỏng,...

Các phương pháp khảo sát địa kỹ thuật để xác định các điều kiện địa kỹ thuật bao gồm: khoan khảo sát TCVN 9437, lấy mẫu trong lỗ khoan, thí nghiệm SPT trong lỗ khoan TCVN 9351, thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của mẫu khoan, đào trong phòng thí nghiệm, các thí nghiệm hiện trường...

Đất là một loại vật liệu phụ thuộc vào ứng suất tác dụng rất lớn, các đặc tính của nó có thể thay đổi nhiều do cố kết theo thời gian. Hoặc thay đổi do lớp đất phủ trên,... Do đó cần phải tiến hành các đợt khảo sát hiện trường tùy theo mức độ yêu cầu. Tuy nhiên, quy mô của các đợt khảo sát hiện trường không thể bao quát hết, vì vậy cần tận dụng tối đa các thông tin về điều kiện địa kỹ thuật trước khi khảo sát (bao gồm các cơ sở dữ liệu,...) có được từ các lần nghiên cứu tài liệu. Trong trường hợp này, điều quan trọng là phải xác nhận được các điều kiện địa kỹ thuật đã không thay đổi do các thay đổi từ lớp đất phủ trên hay cố kết, hoặc cần phải xem xét trường các điều kiện địa kỹ thuật đã thay đổi.

6.1.2. Vị trí, khoảng cách, và chiều sâu của các khu vực khảo sát hiện trường

Vị trí của một đợt khảo sát hiện trường, khoảng cách, chiều sâu của khu vực khảo sát phải được xác định phù hợp với kích thước của công trình, phân bố ứng suất trong đất nền do trọng lượng của công trình, tính đồng nhất về địa tầng của đất nền. Tính đồng nhất hay không đồng nhất của đất là yếu tố quan trọng nhất khi xác định số điểm khảo sát. Việc kiểm tra tính đồng nhất hay không nhất của đất từ các kết quả của các đợt khảo sát trước đây, địa hình, các phương pháp khai thác địa vật lý như các phương pháp khai thác sóng âm thanh và sóng bề mặt là một việc làm rất hiệu quả. Khoảng cách các điểm khảo sát tham khảo Bảng 21, 22 và 23.

Chiều sâu khảo sát phải đủ để xác định lớp địa tầng có đủ khả năng chịu tải. Dù một lớp địa tầng có đủ khả năng chịu tải hay không còn phụ thuộc vào sự khác nhau về hình dạng và quy mô của công trình. Đối với các công trình có quy mô tương đối nhỏ hoặc khi các móng không phải là cọc chống chịu lực, chiều sâu thăm dò vào lớp đất với giá trị N thu được từ thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn là $N \geq 30$ từ 3 m đến 5 m, hoặc đối với một công trình có quy mô lớn nơi dự định có các cọc chống chịu lực, chiều sâu thăm dò vào lớp đất với giá trị $N \geq 50$ không nhỏ hơn 5 m. Cũng như vậy, để kiểm định tính năng tính chịu động đất, thì công tác khảo sát nên tiếp tục được tiến hành cho đến khi xác định được một lớp đá xây dựng có tốc độ sóng cắt là 300 m/s hoặc lớn hơn.

Bảng 21 - Vị trí khảo sát và khoảng cách cho các đợt khảo sát khoan và sóng âm

Trường hợp các điều kiện địa tầng học tương đối đồng đều ở cả hai chiều ngang và đứng (Đơn vị: m)

Quy mô		Dọc tuyến công trình		Vuông góc với dọc tuyến công trình		
		Khoảng cách		Khoảng cách		Khoảng cách từ tuyến (lớn nhất)
		Khoan	Sóng âm	Khoan	Sóng âm	Khoan Sóng âm
Khảo sát sơ bộ	Khu vực lớn	300-500	100-300	50	25	50-100
	Khu vực nhỏ	50-100	20-50			
Khảo sát chi tiết		50-100	20-50	20-30	10-15	

Bảng 22 - Vị trí khảo sát và khoảng cách cho các đợt khảo sát khoan và sóng âm

Trường hợp các điều kiện địa tầng phức tạp (Đơn vị: m)

Quy mô		Dọc tuyến mặt công trình		Vuông góc với dọc tuyến mặt công trình		
		Khoảng cách		Khoảng cách		Khoảng cách từ tuyến (lớn nhất)
		Khoan	Sóng âm	Khoan	Sóng âm	Khoan Sóng âm
Khảo sát sơ bộ		≤ 50	15-20	20-30	10-15	50-100
Khảo sát chi tiết		10-30	5-10	10-20	5-10	

CHÚ THÍCH 1: Khảo sát Sóng âm có thể cần hoặc không cần khoan

CHÚ THÍCH 2: Các khảo sát bằng sóng âm trên bảng chỉ là những khảo sát không cần khoan.

CHÚ THÍCH 3: Đối với các khảo sát bằng sóng âm cần yêu cầu khoan, theo các giá trị ở phần "cột khoan".

6.1.3. Lựa chọn các phương pháp khảo sát

Các phương pháp khảo sát phù hợp nhất với các mục đích khảo sát được chọn phải tính đến quy mô của đợt khảo sát, tầm quan trọng của công trình và hiệu quả kinh tế.

Các phương pháp khảo sát cho mỗi đợt phụ thuộc vào mục đích khảo sát và các thông tin của đất nền (Bảng 23)

Bảng 23 - Các phương pháp khảo sát theo các mục đích khảo sát

Phân loại	Mục đích khảo sát	Phương pháp khảo sát	Chi tiết khảo sát
Các điều kiện địa tầng	Xác định các điều kiện địa tầng	Khoan Khảo sát âm Khảo sát địa vật lý	Chiều sâu móng Độ dày lớp yếu Sự nối tiếp của địa tầng
Các đặc trưng vật lý	Phân loại các đặc tính đất	Lấy mẫu nguyên dạng (cho phép biến dạng kết cấu đối với tất cả trừ γ_t)	Trọng lượng đơn vị, γ_t Độ ẩm, w Khối lượng riêng, ρ_s Thành phần hạt, Trạng thái, w_L, w_p, I_p
Hệ số thấm	Hệ số thấm	Lấy mẫu nguyên trạng Thí nghiệm hiện trường	Hệ số thấm, k
Các đặc tính cơ học	Khả năng chịu lực Độ ổn định mái dốc Áp lực đất	Lấy mẫu nguyên dạng Độ sâu Thí nghiệm tại chỗ	Cường độ nén nở hông, q_u Cường độ chịu cắt, τ' Góc chịu cắt, ϕ Khối lượng riêng tương đối, D
	Các đặc trưng cố kết	Lấy mẫu nguyên trạng	Chỉ số nén, C_c Đường cong nén, e -log p Hệ số cố kết, c_v Hệ số nén thể tích, m_v
	Các đặc trưng đảm chặt	Cũng có thể áp dụng lấy mẫu không nguyên trạng Thí nghiệm hiện trường	Trọng lượng đơn vị khô lớn nhất, γ_{dmax} Độ ẩm tốt nhất, w_{opt} CBR
	Các đặc trưng động lực học	Lấy mẫu nguyên trạng Thí nghiệm hiện trường	Các mô đun chịu cắt, G Hệ số suy giảm, h_p Các đặc trưng hóa lỏng

CHÚ THÍCH 1: Trạng thái của mẫu đất nguyên trạng được xác định theo TCVN 4197.

CHÚ THÍCH 2: Việc tính toán các giá trị đặc trưng theo TCVN 9153.

6.2 Tính chất cơ lý của đất

6.2.1 Các đặc tính vật lý của đất

6.2.1.1 Trọng lượng đơn vị của đất

Phải xác định được Trọng lượng đơn vị thông qua thu thập các mẫu thí nghiệm nguyên trạng trên hiện trường, hoặc thu được trực tiếp tại hiện trường.

Trọng lượng đơn vị là trọng lượng của đất trên đơn vị thể tích trong không khí, và gồm có trọng lượng đơn vị ẩm và trọng lượng đơn vị khô. Cũng như vậy, trọng lượng đơn vị trong nước (trọng

lượng của đất trên đơn vị thể tích mà ở đó đã trừ bớt lực đẩy nổi) được đề cập đến là trọng lượng riêng ngập nước. Để xác định trọng lượng đơn vị, cần phải thiết lập các phương pháp thu thập các mẫu đất sét thử nguyên trạng, có thể thu được các mẫu thử làm đại diện cho đất tại hiện trường. Vì vậy, trọng lượng đơn vị của đất sét có thể thu được qua các thí nghiệm tại phòng thí nghiệm TCVN 4202. Tuy nhiên, để xác định được trọng lượng đơn vị của đất cát hoặc cát tại hiện trường theo TCVN 8721. Xác định độ ẩm theo TCVN 4196.

Trọng lượng đơn vị ẩm là một trong những chỉ số chỉ ra các đặc tính cơ bản của đất, được sử dụng để nhận biết độ cứng của đất và mức độ rời rạc, để tính toán trọng lượng của một khối đất và độ rỗng.

6.2.1.1.1 Trọng lượng đơn vị ẩm

Trọng lượng đơn vị ẩm là trọng lượng các hạt đất trên khối lượng đơn vị và trọng lượng nước trong khoảng trống, được tính theo công thức sau:

$$\gamma_t = \rho_t g = \frac{\rho_s + \frac{S_r}{100} e \rho_w}{1+e} g = \frac{1+W}{1+e} \rho_s g \tag{121}$$

Trong đó:

- γ_t là trọng lượng đơn vị ẩm (kN/m³);
- ρ_t là khối lượng đơn vị (t/m³);
- ρ_s là khối lượng riêng của hạt đất (t/m³);
- e là độ rỗng;
- S_r là độ bão hòa (%);
- W là hàm lượng nước (%);
- ρ_w là khối lượng riêng của nước (t/m³);
- g là gia tốc trọng trường (m/s²).

Các giá trị gần đúng của trọng lượng đơn vị của đất thường gặp tại khu vực cảng biển như trong **Bảng 24**.

Bảng 24 - Trọng lượng đơn vị và độ ẩm của đất đại diện

Chỉ tiêu	Đất sét Holocene	Đất sét Holocene	Đất cát
Trọng lượng đơn vị ẩm γ_t (kN/m ³)	12-16	16-20	16-20
Trọng lượng đơn vị khô γ_d (kN/m ³)	5-14	11-14	12-18
Hàm lượng nước w (%)	150-30	60-20	30-10

6.2.1.1.2 Trọng lượng đơn vị khô

Trọng lượng đơn vị khô là trọng lượng đất khô trên một đơn vị thể tích (trong đó: đặt $w = 0$ hoặc $S_r =$

0) được tính theo công thức sau:

$$\gamma_d = \rho_d g = \frac{\rho_s g}{1+e} \quad (122)$$

trong đó:

γ_d là trọng lượng đơn vị khô (kN/m³);

ρ_d là khối lượng riêng hạt (t/m³).

Cũng như thế, mối quan hệ giữa trọng lượng đơn vị ẩm γ_t và trọng lượng đơn vị khô γ_d được cho bởi công thức sau:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1 + \frac{w}{100}} \quad (123)$$

6.2.1.1.3 Trọng lượng đơn vị đẩy nổi

Nếu độ rỗng bị ngập nước hoàn toàn, thì trọng lượng đơn vị đẩy nổi được biểu diễn bởi công thức sau:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = \frac{\rho_s - \rho_w}{1+e} g \quad (124)$$

trong đó:

γ' là trọng lượng đơn vị đẩy nổi (kN/ m³);

γ_{sat} là trọng lượng đơn vị bão hòa (kN/m³).

Mặc dù trọng lượng đơn vị của nước γ_w có phần phụ thuộc vào nồng độ và nhiệt độ muối, nhưng giá trị chính xác của nó vẫn biết được. Vì vậy, khi thu được các giá trị đặc trưng của một móng bị ngập nước, có tính đến sự biến thiên trọng lượng đơn vị thì cần xét đến sự biến thiên trong γ' chứ không phải γ_{sat} . Nói cách khác, khi nhân các giá trị đặc trưng với một hệ số riêng để có được các giá trị thiết kế, không cần thiết phải áp dụng hệ số riêng cho khối lượng riêng của nước γ_w , do vậy trọng lượng đơn vị đẩy nổi γ' được nhân với hệ số riêng chứ không phải là trọng lượng đơn vị bão hòa γ_{sat} .

6.2.1.1.4 Đo trọng lượng đơn vị tại hiện trường

Các phương pháp trực tiếp thu được trọng lượng đơn vị tại hiện trường bao gồm các phương pháp trong đó việc đo đạc chỉ có thể thực hiện được ở gần bề mặt đất nền, các phương pháp đo đất rắn. Phương pháp đo mẫu thay thế cát theo TCVN 8729. Cũng như vậy, phương pháp đo mẫu sử dụng chất đồng vị phóng xạ (RI) theo TCVN 9350.

6.2.1.1.5. Độ chặt tương đối

Mức độ nén chặt của cát có thể được thể hiện bởi mật độ chặt tương đối sử dụng công thức sau:

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} = \frac{\rho_d - \rho_{d\min}}{\rho_{d\max} - \rho_{d\min}} \frac{\rho_{d\max}}{\rho_d} \quad (125)$$

trong đó:

- D_r là độ chặt tương đối;
- e_{\max} là hệ số rỗng ở trạng thái rời nhất
- e_{\min} là tỉ lệ độ rỗng ở trạng thái chặt nhất;
- e là hệ số rỗng trong tình trạng hiện tại của mẫu thí nghiệm;
- $\rho_{d\min}$ là khối lượng riêng khô trong trạng thái rời nhất (g/cm^3);
- $\rho_{d\max}$ là khối lượng riêng khô trong trạng thái chặt nhất (g/cm^3);
- ρ_d là khối lượng riêng khô trong trạng thái hiện tại của mẫu thí nghiệm (g/cm^3)

Độ chặt của cát bị ảnh hưởng lớn do hình dạng của các hạt và thành phần kích thước hạt. Vì vậy, từ các trọng lượng đơn vị và các tỉ lệ độ rỗng tính toán được từ nó. Khối lượng riêng của cát không thể được đánh giá chính xác. Do đó, độ chặt tương đối được sử dụng để chỉ ra giá trị tương đối trong phạm vi các tỉ lệ rỗng có thể được lấy với loại đất này. Do e_{\max} , e_{\min} , $\{\rho_{d\min}, \rho_{d\max}\}$ để lấy được D_r , có thể được thực hiện theo Tiêu chuẩn TCVN 8721.

6.2.1.2 Phân loại đất

Phân loại đất được thực hiện bằng việc phân loại cho đất hạt thô và sự đồng nhất cho đất mịn.

Tính chất cơ học của đất như độ bền hay độ biến dạng có một mối quan hệ chặt chẽ với việc phân loại cho đất hạt thô, với sự đồng nhất cho đất mịn.

Phương pháp phân loại đất và đá, danh mục của chúng nên phù hợp với phương pháp phân loại kỹ thuật cho vật liệu đất nền theo TCVN 5747.

Hệ số đồng nhất là một chỉ số cho thấy các đặc điểm kích thước hạt của đất cát và được xác định bởi công thức sau:

$$U_c = D_{60} / D_{10} \quad (126)$$

Trong đó:

- U_c là hệ số đồng nhất;
- D_{60} là kích thước hạt tương ứng với 60 % theo khối lượng trong đường cong phân bố cỡ hạt (mm);
- D_{10} là kích thước hạt tương ứng với 10 % theo khối lượng trong đường cong phân bố cỡ hạt (mm).

Một hệ số đồng nhất lớn có nghĩa là các kích thước hạt được phân bố rộng rãi, đất như vậy được gọi là "cấp phối tốt". Ngược lại, một giá trị nhỏ U_c có nghĩa là sự phân bố kích thước hạt ở diện hẹp hoặc kích thước hạt đồng nhất. Đất như vậy được gọi là "cấp phối kém". Trong Hệ thống Phân loại đất đồng nhất, đất hạt thô là nơi mà các hàm lượng mịn ít hơn 5% tổng khối lượng sau này lại được chia thành "đất phân bố rộng rãi" và "đất đồng nhất".

Đất phân bố rộng rãi: $10 \leq U_c$

Đất đồng nhất: $U_c < 10$.

6.2.1.3 Độ dẫn thủy lực của đất

Khi dòng thấm trong đất bão hòa hoàn toàn là một dòng chảy tầng ổn định, độ dẫn thủy lực sẽ được ước tính bằng cách sử dụng định luật Darcy.

Độ dẫn thủy lực k (hệ số thấm) theo diện tích mặt cắt ngang của loại đất A , độ dốc thủy lực i và khối lượng của dòng thấm trong thời gian đơn vị được tính theo công thức sau:

$$k = \frac{q}{iA} \quad (127)$$

trong đó:

- k là hệ số thấm (cm/s);
- q là khối lượng của lưu lượng nước trong đất trong thời gian đơn vị (cm^3/s);
- i là độ dốc thủy lực; $i = h/L$;
- h là tổn thất cột áp (cm);
- L là chiều dài đường thấm (cm);
- A là diện tích mặt cắt ngang (cm^2).

Để xác định hệ số độ thấm k của các mẫu đất nguyên dạng (lấy tại hiện trường) trong phòng thí nghiệm hoặc một thí nghiệm độ thấm tại chỗ theo TCVN 8723.

Giá trị gần đúng của hệ số thấm

Hazen chỉ ra rằng kích thước hạt hiệu quả D_{10} và hệ số thấm của cát k có liên quan tới nhau, công thức (128) để tính toán k cát đồng nhất tương đối với hệ số đồng nhất $U_c < 5$, và kích thước hạt có hiệu quả D_{10} từ 0,1mm đến 0,3mm.

$$k = CD_{10}^2 \quad (128)$$

trong đó:

- k là hệ số thấm (cm/s);
- C là hằng số ($C=100$ (1/cm.s));
- D_{10} là kích thước hạt được gọi là kích thước hạt hiệu quả tương ứng với 10% theo khối lượng trong đường cong phân bố cỡ hạt (cm);

Các giá trị gần đúng của hệ số thấm được liệt kê trong Bảng 25.

Bảng 25 – Các giá trị gần đúng của hệ số thấm

Đất	Cát	Bùn	Đất sét
Hệ số thấm	10^{-2} cm/s	10^{-5} cm/s	10^{-7} cm/s

6.2.2 Tính chất cơ học của đất

6.2.2.1 Hệ số đàn hồi

Khi phân tích trạng thái của đất như một vật thể đàn hồi, các hệ số đàn hồi được xác định có tính đến tính phi tuyến của quan hệ ứng suất - biến dạng của đất.

Khi phân tích trạng thái đất như một vật thể đàn hồi, các mô đun biến dạng và hệ số Poisson thường được dùng làm các hệ số đàn hồi. Bởi vì tính phi tuyến mạnh mẽ của quan hệ ứng suất - biến dạng của đất, các hệ số đàn hồi trong phân tích phải được xác định bằng cách xét mức độ biến dạng của đất nền được phân tích.

(1) Sự phụ thuộc biến dạng của mô đun biến dạng

Quan hệ ứng suất - biến dạng của đất thường cho thấy tính phi tuyến mạnh mẽ. Khi độ biến dạng nằm trong khoảng 10^{-5} hoặc cụ thể là ít hơn 0,001% hoặc ít hơn, các mô đun biến dạng là lớn nhất và gần như không đổi. Giá trị tối đa này E_{max} tương ứng với giá trị đo được trong các phương pháp thí nghiệm động lực như thăm dò sóng đàn hồi và được gọi là các mô đun đàn hồi động lực. Khi mức độ biến dạng tăng, các mô đun đàn hồi giảm. Các mô đun cát tuyến E_{50} , được xác định từ một thí nghiệm nén không nở hông thông thường hoặc một thí nghiệm nén ba trục, được coi là các mô đun biến dạng khi biến dạng có phạm vi 10^{-3} (0,1 %). Khi tiến hành một phân tích đàn hồi đất, cần phải xác định hằng số đàn hồi bằng cách xét mức độ biến dạng của đất.

(2) Quan hệ giữa cường độ cắt không thoát nước và các mô đun biến dạng

Đối với đất dính kết, các giá trị gần đúng cho mô đun đàn hồi tiếp tuyến ban đầu E_t và mô đun đàn hồi cát tuyến E_{50} có thể được xác định bằng cách sử dụng công thức (129) và công thức (130).

$$E_t = 210c_u \quad (129)$$

$$E_{50} = 180c_u \quad (130)$$

trong đó:

E_t là mô đun đàn hồi tiếp tuyến ban đầu (kN/m^2);

E_{50} là mô đun đàn hồi cát tuyến (kN/m^2);

c_u là cường độ cắt không thoát nước (kN/m^2).

Công thức (129) chỉ áp dụng cho đất biển có cấu trúc dính kết chặt với độ dẻo cao

(3) Hệ số Poisson

Để xác định hệ số Poisson (ν) của đất, hiện tại chưa có phương pháp nào được thiết lập, mặc dù một số phương pháp đã được đề xuất. Thực tế $\nu = 1/2$ được sử dụng cho các điều kiện không thoát nước của đất bão hòa, và $\nu = 1/3-1/2$ được sử dụng cho rất nhiều tình huống khác.

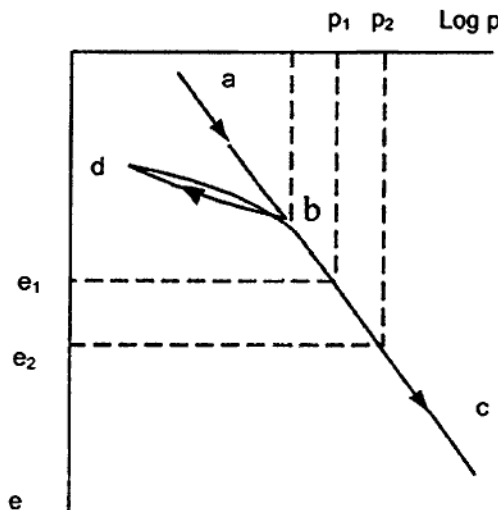
6.2.2.2 Đặc tính nén và cố kết

Đặc tính nén của đất và các hệ số ước tính độ lún móng do cố kết có thể được tính toán từ các giá trị thu được theo TCVN 4200.

Khi đất bị tải một chiều, lực nén của kết cấu với các hạt đất gây ra lún được gọi là lực nén. Nếu độ rỗng của đất bị bão hòa với nước, cần phải thoát nước lỗ rỗng để các hạt đất tiếp xúc kết cấu với nhau. Đối với đất cát có độ dẫn thủy lực cao, sự thoát nước nhanh. Do đó, co ngót xảy ra ngay lập tức sau tải và sớm kết thúc. Tuy nhiên đối với nền đất có đất kết dính, độ dẫn thủy lực rất thấp. Vì vậy, cần phải có một khoảng thời gian dài để thoát nước và lún do nén diễn ra chậm. Hiện tượng nén do lún trong nền đất có đất kết dính như vậy xảy ra trong một thời gian dài được gọi là cố kết. Các đặc điểm cố kết của đất không chỉ được sử dụng để tính toán độ lún do tải, mà còn để ước tính sự gia tăng cường độ cắt của đất trong công tác cải tạo đất.

6.2.2.2.1 Tính toán lún cuối cùng do cố kết

Khi áp lực cố kết và tỉ số độ rỗng khi cố kết được hoàn thành ở áp lực (sau 24 h) trong một thí nghiệm cố kết được thi điểm trên biểu đồ tỷ lệ xích bán loga, còn gọi là đường cong e - $\log p$, hoặc đường cong nén, như được chỉ ra trong Hình 52. phần "abc" của đường cong e - $\log p$ chỉ ra quá trình tải và gần tuyến tính. Trạng thái cố kết được chỉ ra bằng phần "abc" được gọi là trạng thái cố kết thông thường. Mặt khác, nếu đất không bị tải từ trạng thái ở điểm "b", thì quan hệ giữa tỷ lệ rỗng và áp lực đạt đến trạng thái cân bằng áp lực giảm như mô tả của đoạn "db". Trạng thái được miêu tả bởi "bd" và "db" gọi là quá cố kết. Khi một thí nghiệm cố kết được thực hiện, hướng "d \rightarrow b \rightarrow c" được mô tả, điểm "b" thu được tại ranh giới của "d \rightarrow b" chỉ ra sự biến dạng đàn hồi và "b \rightarrow c" chỉ ra sự biến dạng dẻo, và áp lực tương ứng với đường phân giới này được gọi là ứng suất đàn hồi cố kết.



Hình 52 – Quan hệ e - $\log p$ khi cố kết

Quan hệ giữa tỷ lệ rỗng e và áp lực p cho phân khúc "abc", miền cố kết thông thường trong Hình 52 được thể hiện bởi công thức sau:

$$e_2 = e_1 - C_c \log_{10} \frac{p_2}{p_1} \quad (131)$$

trong đó:

C_c là số không thứ nguyên biểu thị mức độ nghiêng của phân khúc "abc" và được gọi là chỉ số nén.

Độ lún cuối cùng do tải cố kết gây ra có thể được tính bằng cách sử dụng ba phương pháp: phương pháp đường cong e-logp; phương pháp C_c ; và phương pháp m_v hệ số nén thể tích.

Sự giảm tỉ lệ rỗng Δe khi áp lực gia tăng từ áp lực của lớp đất đá phủ bên trên tại hiện trường p_0 đến $(p_0 + \Delta p)$ có thể được xác định bằng cách trực tiếp đọc các đường cong quan hệ e-log p có được từ các thí nghiệm cố kết. Mặt khác, lún được dự tính sẽ được đánh giá thiên về phía biên an toàn, thì nó cũng có thể được đánh giá bởi công thức (132) khi sử dụng công thức (131)

$$\Delta e = e_{p_0} - e_{p_0 + \Delta p} = C_c \log_{10} \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \quad (132)$$

Trong phương pháp đường cong e-log p, độ lún S được tính bằng công thức sau sử dụng Δe hoặc đọc trực tiếp hoặc xác định từ công thức sau:

$$S = h \frac{\Delta e}{1 + e_0} \quad (133)$$

trong đó:

h là độ dày của lớp.

Trong phương pháp C_c , độ lún S được tính toán bởi công thức sau:

$$S = h \frac{C_c}{1 + e_0} \log_{10} \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \quad (134)$$

Công thức này tương ứng với công thức mà nhờ nó công thức (132) được thay vào trong công thức (133).

Hệ số nén thể tích m_v được sử dụng để ước tính độ lún và lượng nén bằng một tỉ lệ tương ứng với m_v . Tuy nhiên, điều này chỉ có hiệu quả khi trong áp lực cố kết gia tăng ít do m_v có thể được giả định là không đổi, bởi vì nó sẽ tuyến tính hóa đất có phi tuyến tính mạnh. Để tính toán độ lún S khi sử dụng m_v theo công thức sau:

$$S = m_v \Delta p h \quad (135)$$

trong đó:

m_v là hệ số nén thể tích khi áp lực cố kết là $\sqrt{\rho_0 \times (\rho_0 + \Delta \rho)}$

Nói chung, giá trị m_v trong suốt quá trình cố kết giảm với áp lực của lớp đất đá bên trên có hiệu tăng lên.

Dưới trạng thái cố kết thông thường, mối quan hệ giữa p và m_v được vẽ trên một đồ thị logarit kép gần như sẽ là một đường thẳng, m_v được sử dụng trong công thức (135) để tính toán lún là giá trị trung bình trong suốt quá trình thay đổi áp lực của lớp đất bên trên có hiệu của đất nền từ p_0 đến $(p_0 + \Delta p)$. Thông thường, giá trị này sẽ là m_v cho số trung bình nhân của áp lực của lớp đất đá bên trên có hiệu $(\sqrt{\rho_0 \times (\rho_0 + \Delta \rho)})$.

6.2.2.2.2 Tốc độ lún

Trong lý thuyết Terzaghi - một lý thuyết cố kết cổ điển, phương pháp phân tích tốc độ lún là như sau: Khi gia tăng áp lực p được thêm vào đất dính bão hòa dưới điều kiện không thoát nước, áp lực nước lỗ rỗng vượt quá bằng độ lớn của p được tạo ra. Theo các diễn tiến cố kết, áp lực nước lỗ rỗng dần dần mất đi, và cùng lúc ứng suất σ' hoạt động giữa các hạt đất cũng tăng lên. Ứng suất này được gọi là "ứng suất có hiệu". Tuy nhiên, tổng áp lực nước lỗ rỗng u và sự tăng ứng suất σ' giữa các hạt đất luôn luôn bằng sự tăng áp lực tải p theo công thức sau:

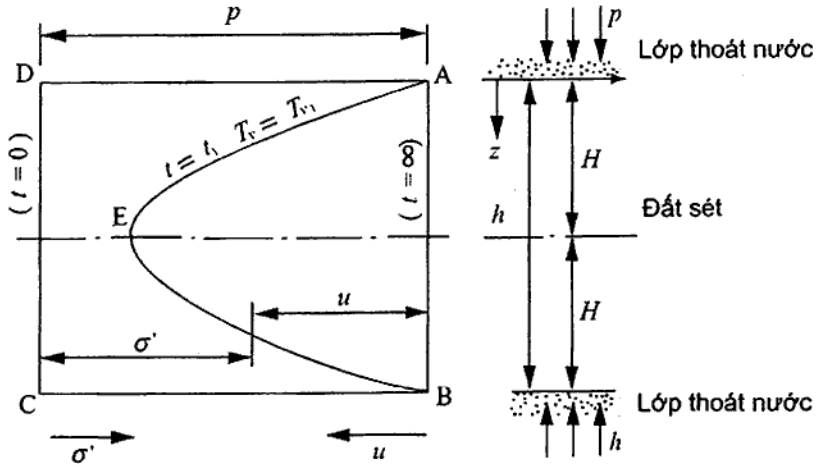
$$p = \sigma' + u \quad (136)$$

trong đó:

- p là áp lực do tải trọng;
- σ' là ứng suất có hiệu;
- u là áp lực nước lỗ rỗng.

Xét trường hợp các lớp cát thấm nhiều ở trên và bên dưới một lớp đất sét dày $2H$. Khi áp dụng một sự tăng áp lực cố kết p , phân bố theo độ sâu σ' và u như trong Hình 53. Nói cách khác, tại thời điểm bắt đầu cố kết ($t = 0$), trạng thái được chỉ ra bởi đường DC với $u = p$, $\sigma' = 0$, và khi đã kết thúc cố kết thì ở trạng thái như chỉ ra trong đường AB, với $u = 0$, $\sigma' = p$. Đường cong AEB là phân bố áp lực nước lỗ rỗng tại thời gian t_1 sau khi bắt đầu cố kết. Đường cong này được gọi là "đường đồng đẳng". Như hiển thị trong hình, những phần đất xa các lớp thoát nước có tốc độ cố kết tương đối chậm.

Tỷ số gia số ứng suất có hiệu đối với gia số áp lực cố kết (σ'/p) tại một độ sâu nhất định z được gọi là mức độ cố kết U_z ở độ sâu đó. Mức độ cố kết ở mỗi độ sâu trung bình trên toàn bộ tầng đó được gọi là mức độ cố kết trung bình U . Cố kết trung bình là tỷ số diện tích AEBCD với diện tích ABCD trong Hình 53.



Hình 53 – Phân bố áp lực nước lỗ rỗng theo chiều sâu

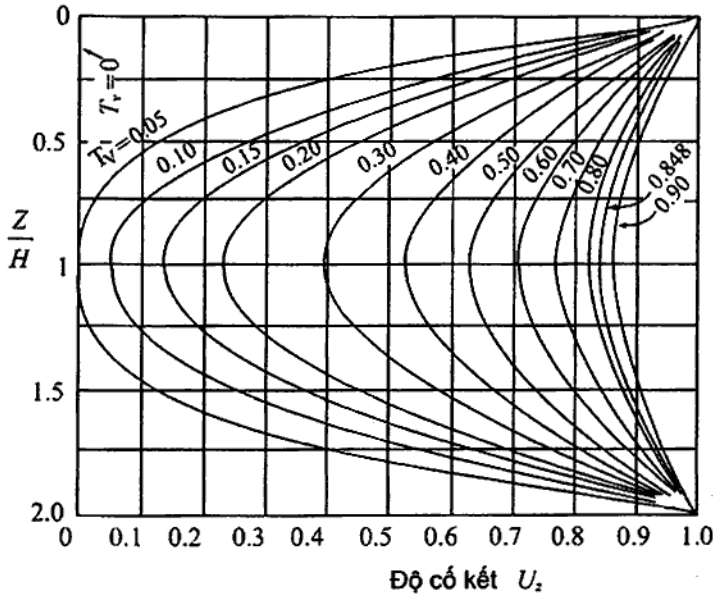
Cổ kết là hiện tượng lún phụ thuộc vào thời gian. Tốc độ cổ kết cho toàn bộ lớp đất kết dính được biểu thị bằng thông số U với mức độ cổ kết trung bình. Quan hệ giữa U và hệ số thời gian không thứ nguyên T_v có được từ lý thuyết cổ kết. Sự tương quan giữa hệ số thời gian không thứ nguyên T_v và thời gian thực tế t được thể hiện bởi công thức sau:

$$T_v = \frac{c_v t}{H^2} \quad (137)$$

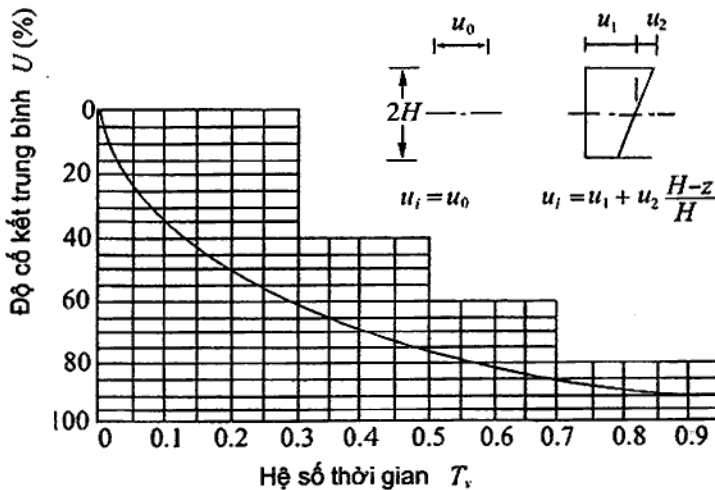
trong đó:

- T_v là hệ số thời gian;
- c_v là hệ số cổ kết;
- t là thời gian sau khi cổ kết bắt đầu;
- H^* là khoảng cách thoát nước tối đa.

Khi lớp thấm tồn tại ở cả hai mặt của lớp đất kết dính, khoảng cách thoát nước tối đa H^* cũng giống như H. Tuy nhiên, khi lớp thấm chỉ tồn tại ở một mặt, H^* bằng 2H. Mức độ cổ kết ở mỗi độ sâu được thể hiện bởi các đường đẳng cổ kết trong Hình 54. Ngoài ra, Hình 55 cho thấy quan hệ về mặt lý thuyết giữa mức độ cổ kết trung bình và hệ số thời gian.



Hình 54 – Các đường đẳng cố kết



Hình 55 – Quan hệ lý thuyết giữa mức độ cố kết trung bình và hệ số thời gian

6.2.2.2.3 Cố kết sơ cấp và cố kết thứ cấp

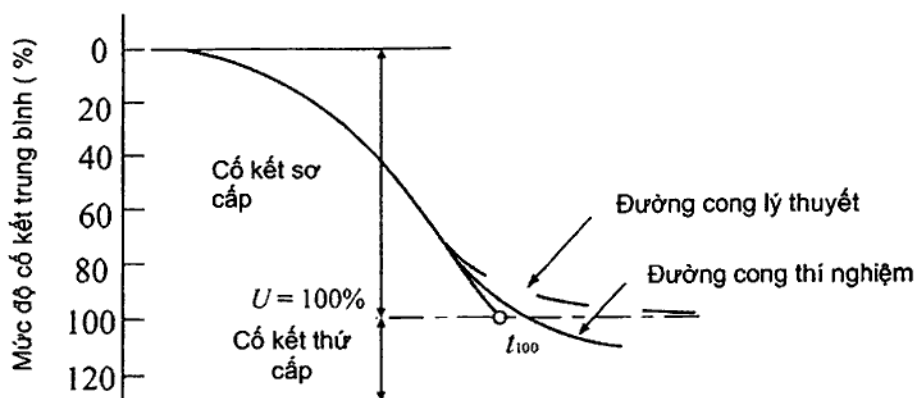
Nếu quan hệ giữa số lượng lún và thời gian đo được trong một thí nghiệm cố kết được biểu thị mức độ cố kết so với thời gian, Hình 56. Tuy nhiên, như hiển thị trong hình, ở giai đoạn cố kết cuối cùng, đường cong thí nghiệm không trùng với các đường cong lý thuyết. Cố kết cho đến khi $U = 100\%$ như được xác định bởi mối quan hệ độ lún và thời gian gần như khớp với lý thuyết cố kết được gọi là "cố kết sơ cấp", và một phần trong đó $U > 100\%$ và cố kết không khớp với lý thuyết cố kết được gọi là "cố kết thứ cấp".

Cổ kết thứ cấp được coi là một hiện tượng rã, và trong trường hợp này, độ lún có xu hướng xảy ra tuyến tính với loga của thời gian.

Trong công tác kiểm định tính năng của các công trình cảng, thông thường áp lực cổ kết do tải trọng đạt tới một vài lần ứng suất chảy cổ kết của đất nền. Trong những điều kiện này, số lượng lún do cổ kết sơ cấp là lớn và số lượng lún do cổ kết thứ cấp là tương đối nhỏ, vì vậy trong hầu hết các trường hợp cổ kết thứ cấp không được xét đến khi thực hiện kiểm định tính năng. Ngoài ra, nếu độ lún lớn, thì ảnh hưởng của sự gia tăng lực đẩy nổi cùng với độ lún triệt tiêu ảnh hưởng của cổ kết thứ cấp, như vậy rõ ràng là sẽ không thấy được cổ kết thứ cấp. Trong các trường hợp sau đây, cần phải tính đến cổ kết thứ cấp khi kiểm định tính năng của công trình cảng.

Tiến trình lún mặt đất cùng với thời gian thi công có các ảnh hưởng nghiêm trọng đến công trình.

Như trong trường hợp đất có sét Pleistocene tầng sâu, khi áp lực cổ kết không vượt quá ứng suất chảy cổ kết của lớp đất một cách đáng kể, thì không thể bỏ qua sự góp mặt của cổ kết thứ cấp.



Hình 56 - Cổ kết sơ cấp và cổ kết thứ cấp

6.2.2.2.4 Lún cổ kết của đất kết dính rất yếu

Khi việc đắp đất được thực hiện với việc nạo vét hoặc loại bỏ bùn, cần phải dự kiến độ lún cổ kết của các lớp trầm tích rất yếu. Lý thuyết cổ kết Mikasa's có xét đến tác động trọng lượng bản thân của lớp đất sét và những thay đổi trong bề dày lớp trong quá trình cổ kết có thể được áp dụng để phân tích vấn đề này.

Trong trường hợp này, số lượng và tốc độ lún không thể được xác định qua việc phân tích, mà nó phải được tính toán bằng phương pháp vi phân hữu hạn.

Khi độ dày của một lớp do lún bị giảm so với độ dày ban đầu mà lớn đến mức không thể bỏ qua, thì cũng gặp phải nhiều lỗi lớn trong tính toán lún cổ kết thông thường. Ví dụ, nếu độ dày lớp giảm 10% đến 50%, độ chênh lệch giữa phương pháp tính toán thông thường và một tính toán có tính đến tác động của sự thay đổi độ dày lớp là trong khoảng từ 3% đến 30%. Ngoài ra, tác động của tự trọng không đổi là lớn nhất khi cho phép giữ lại như cũ sau nạo vét và đắp đất, khi tải tăng, tác động này

cũng tương đối giảm. Đối với tải trọng bằng hai hay hơn trọng lượng bản thân trung bình của lớp đất yếu, tác động của trọng lượng bản thân trở nên rất nhỏ và hầu như có thể bỏ qua.

Để ước tính các thông số cố kết của đất dính rất yếu, sử dụng một thí nghiệm cố kết áp dụng liên tục tốc độ biến dạng không đổi như quy định trong **TCVN 4200**. Đối với đất dính với hiệu ứng thời gian lớn hoặc đối với đất kết dính mà độ lún của nó có thể bắt đầu thấy được sau khi diễn ra ứng suất chảy cố kết, tốc độ không đổi của thí nghiệm cố kết biến dạng mà từ đó một đường cong e-logp liên tục có thể thu được là một phương pháp rất hữu ích để có được ứng suất chảy cố kết. Tuy nhiên, đường cong e-logp bị ảnh hưởng lớn bởi tốc độ biến dạng, đường cong e-logp có được từ thí nghiệm này thường chuyển dịch mạnh sang bên áp lực cố kết lớn so với đường cong e-log p có được từ một thí nghiệm cố kết tải gia tăng theo quy định trong **TCVN 4200**. Vì vậy cần phải nhận thức được rằng ứng suất chảy cố kết trở nên lớn hơn.

6.2.2.2.5 Mối tương quan giữa hệ số nén và hệ số cố kết và các tính chất vật lý

Trong số tất cả các thí nghiệm đất, thí nghiệm cố kết đòi hỏi lượng thời gian dài nhất. Nếu kết quả thí nghiệm cố kết có thể được ước tính từ các kết quả thí nghiệm vật lý, thí nghiệm chỉ yêu cầu các mẫu thí nghiệm không nguyên dạng, đây là một phương pháp thí nghiệm tương đối đơn giản, và hơn nữa những kết quả của nó có thể nhanh chóng đạt được, điều này sẽ rất hữu ích. Skempton đã đề xuất công thức tương quan (138) là quan hệ giữa C_c chỉ số nén và giới hạn chảy w_L .

$$C_c = 0.009(w_L - 10) \quad (138)$$

trong đó:

C_c là chỉ số nén;

w_L là giới hạn chảy.

Công thức (138) có thể áp dụng cho mẫu đất sét được chế bị lại và cố kết lại trong phòng thí nghiệm, hoặc đất nền có đất sét mới được hình thành bằng đắp đất nhân tạo, nhưng nó có xu hướng đánh giá hoặc quá mức hoặc không đúng mức các đặc tính nén của đất sét có được trầm tích qua tự nhiên.

Lý do tại sao các đất nền có đất dính tự nhiên có các giá trị chỉ số nén lớn hơn so với đất sét mới đó là do trong quá trình lắng đọng trầm tích xảy ra trong nhiều năm, một kết cấu được hình thành do hiệu ứng theo thời gian như sự xi măng hóa. Khi kết cấu này bị phá hủy như là kết quả của áp lực cố kết vượt quá ứng suất chảy cố kết thì có được độ nén cao.

6.2.2.2.3 Tính chất kháng cắt

Các thông số cường độ kháng cắt của đất được xác định bằng cách phân loại đất thành đất cát và đất dính. Cường độ kháng cắt của đất cát được xác định trong các điều kiện thoát nước trong khi cường độ kháng cắt đất dính được xác định trong các điều kiện không thoát nước.

Nói chung, độ dẫn thủy lực của đất cát gấp từ 10^3 đến 10^5 lần so với đất dính. Đối với lớp đất cát, nước dư trong các lỗ rỗng được xem là thoát đi hoàn toàn trong quá trình xây dựng. Mặt khác, đối với lớp

đất dính thì lại khác, hầu như không dự kiến được sự thoát nước trong quá trình xây dựng vì độ dẫn thủy lực rất thấp. Vì vậy, trong nhiều trường hợp cường độ kháng cắt của lớp đất cát được đánh giá bằng cách sử dụng góc chịu cắt trong điều kiện thoát nước σ_D và lực dính trong điều kiện thoát nước c_D . Vì giá trị c_D thường rất nhỏ, nên thực tế thường bỏ qua c_D và chỉ sử dụng σ_D làm thông số cường độ.

Trong trường hợp lớp đất dính bão hòa, cường độ kháng cắt của lớp phía dưới hầu như không thay đổi giữa trước và sau khi xây dựng, vì trong quá trình xây dựng không thể thoát được nước. Do đó, cường độ kháng cắt không thoát được nước trước khi xây dựng được sử dụng làm thông số cường độ. Đối với đất trung gian có khả năng thấm ở vị trí nào đó giữa đất cát và đất dính, đất đó nên được xem là đất cát hoặc đất dính dựa trên hệ số thấm và các điều kiện thi công.

6.2.2.3.1 Cường độ kháng cắt

Cường độ kháng cắt τ_f của đất thường được biểu diễn bởi công thức sau:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \varphi \quad (139)$$

trong đó:

- τ_f là cường độ kháng cắt;
- c là lực dính hoặc lực dính biểu kiến;
- φ là góc chịu cắt (°);
- σ là ứng suất pháp trên bề mặt cắt.

Khi một ứng suất được áp dụng cho một loại đất, ứng suất tác động lên kết cấu xương của các hạt đất, gọi là ứng suất có hiệu và áp lực nước lỗ rỗng, cả hai đều thay đổi. Nếu tổng ứng suất tổng áp dụng cho đất biểu thị là σ , ứng suất hiệu quả biểu thị là σ' và áp lực nước lỗ rỗng biểu thị là u , có thể thiết lập được công thức sau đây:

$$\sigma = \sigma' + u \quad (140)$$

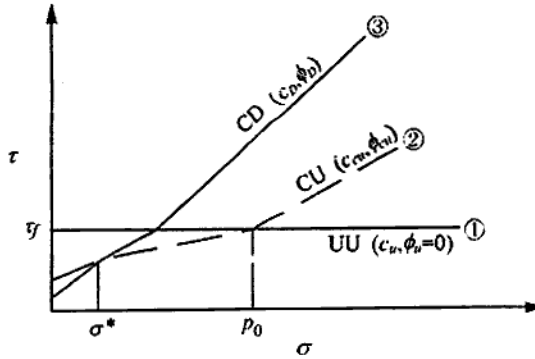
$$\sigma' = \sigma - u \quad (141)$$

trong đó:

- σ là ứng suất tổng;
- σ' là ứng suất hiệu quả;
- u là áp lực nước lỗ rỗng.

Trong công thức (139), các hằng số cường độ như φ , biến thiên tùy thuộc vào các điều kiện trong các thí nghiệm cắt, nhưng điều kiện có tác động lớn nhất là điều kiện thoát nước của đất. Bởi vì đất có xu hướng thay đổi khối lượng được biết đến là "độ nở" trong khi bị cắt, cường độ kháng cắt của đất phụ thuộc nhiều vào việc có hay không có một thay đổi thể tích của đất trong quá trình cắt. Điều kiện thoát nước được phân thành ba loại sau đây và các thông số cường độ khác nhau được sử dụng cho từng trường hợp:

- Điều kiện 1: không cố kết, không thoát nước (điều kiện UU) theo TCVN 8868.
- Điều kiện 2: cố kết, không thoát nước (điều kiện CU) theo TCVN 8868.
- Điều kiện 3: cố kết, thoát nước (điều kiện CD) theo TCVN 8868.



Hình 57 - Quan hệ giữa các điều kiện thoát nước và cường độ cắt

Trong Hình 57, các sơ đồ thành phần được biểu thị cho cường độ kháng cắt khi các thí nghiệm cắt trực tiếp được thực hiện trong điều kiện thoát nước 1; 2; 3. Trong hình, sự thay đổi cường độ kháng cắt theo ứng suất pháp tăng hoặc giảm σ được hiển thị trên các mẫu đất đã được cố kết trước khi tới áp lực p_0 . Như được biểu hiện trong hình, trong điều kiện 1 không cố kết, không thoát nước, cường độ kháng cắt là hằng số và không phụ thuộc vào σ . Trong trường hợp điều kiện 2 cố kết, không thoát nước, với phạm vi $p_0 < \sigma$, cường độ kháng cắt tăng tuyến tính khi σ tăng. Trong điều kiện 3 cố kết, thoát nước, cường độ kháng cắt hoàn toàn lớn hơn điều kiện 1 và 2, và điều này là do tỷ lệ rỗng bị giảm bởi cố kết hoặc cắt trong trường hợp đất dính yếu hoặc cát rời. Tuy nhiên, khi σ nhỏ hơn nhiều so với p_0 (trong hình, giới hạn của của ứng suất pháp này được chỉ định là σ^*), cường độ kháng cắt trong điều kiện thoát nước cố kết nhỏ hơn so với cường độ trong điều kiện cố kết không thoát nước do tác động của sự nở trong khi cắt. Nói gọn lại quan hệ này cho các phạm vi σ , ta thu được như sau:

- Trong phạm vi $p_0 < \sigma$, cụ thể là tải áp dụng lớn hơn so với nén trước khi cố kết; điều kiện 1 < điều kiện 2 < điều kiện 3.
- Trong phạm vi $\sigma^* < \sigma < p_0$, cụ thể là tải áp dụng nhỏ hơn áp lực cố kết trước đó một chút; điều kiện 2 < điều kiện 1 < điều kiện 3 hoặc điều kiện 2 < điều kiện 3 < điều kiện 1.
- Trong phạm vi $\sigma < \sigma^*$, cụ thể là các tải áp dụng nhỏ hơn nhiều so với áp lực cố kết trước đó; điều kiện 3 < điều kiện 2 < điều kiện 1.

Cường độ kháng cắt được sử dụng để kiểm định tính năng của đất nên nên là cường độ kháng cắt cho các điều kiện thoát nước nguy hiểm nhất dự kiến sẽ xảy ra dưới tải trọng đã cho. Điều kiện thoát nước và cường độ cắt sau đó sẽ như sau:

- Khi tải diễn ra nhanh chóng trên nền đất có đất dính

Do tiến trình cố kết và cường độ kháng cắt tăng cùng với thời gian trôi qua, thời gian nguy hiểm nhất sẽ là ngay sau khi tải, trong lúc hầu như không xảy ra thoát nước. Điều này được gọi là vấn đề ổn định ngắn hạn. Cường độ kháng cắt τ vào thời điểm này lấy bằng cường độ cắt c_u đã xác định được từ các thí nghiệm không cố kết không thoát nước (UU) bằng cách sử dụng các mẫu trước khi tải. Thông số c_u (cường độ cắt không thoát nước) còn được gọi là lực dính biểu kiến và phân tích sử dụng c_u cũng được gọi là "phương pháp $\phi = 0$ ". Thi công xây dựng các đê biển hoặc các công trình chắn sóng mà không cần đào đất, đắp đất, và xây đê bao trên nền đất có đất dính yếu thuộc loại này.

(b) Khi độ thấm của đất lớn hoặc khi thoát nước từ lớp cố kết hầu như được hoàn thành trong thời gian xây dựng vì việc đặt tải được thực hiện rất chậm. Vì thoát nước từ lớp đất xảy ra đồng thời với việc tải và dự kiến cường độ lớp đất tăng cùng với tải, thì nên tiến hành kiểm định các kết cấu bằng cách sử dụng c_D và ϕ_D được xác định được trong các điều kiện cố kết và thoát nước (CD). Thi công xây dựng đê biển hoặc công trình chắn sóng, đắp đất và các đê bao trên đất có cát thuộc loại này.

(c) Khi độ dẫn thủy lực của đất nền kém và tải được loại ra để giảm ứng suất pháp σ trên mặt phẳng cắt. Trong trường hợp này, tình huống nguy hiểm nhất là sau một thời gian dài trôi qua, khi đất hút nước, nở ra, và mất cường độ kháng cắt của nó, điều này được gọi là vấn đề ổn định dài hạn. Như thể hiện trong Hình 57, cường độ cắt không thoát nước trở nên thấp nhất sau khi hấp thụ nước và nở đất ở tỷ số quá cố kết nhỏ, hay nói cách khác, σ nhỏ hơn p_0 một chút. Do vậy, trong trường hợp này, nên sử dụng giá trị c_u có xét đến sự nở của đất. Việc duy trì và đào đất trong nền đất có đất sét hoặc loại bỏ tải trọng đã chất trước đó lên đất nền có đất kết dính yếu thuộc loại này. Mặt khác, trong trường hợp đất quá cố kết rất nặng trong đó σ lại rất nhỏ so với p_0 , các thông số c_D và ϕ_D được dùng để kiểm định tính năng vì cường độ kháng cắt trong điều kiện cố kết thoát nước là nhỏ nhất. Thông thường, điều này thường áp dụng đối với các trường hợp sử dụng các phương pháp cắt đất nhưng nó cũng áp dụng cho các công trình xây dựng ở các vùng ven biển như các công trình đê biển ở độ sâu sâu hơn và các công trình nạo vét đất dưới đáy biển.

Trong hầu hết các trường hợp đối với các điều kiện thi công bình thường của các công trình cảng, cường độ không thoát nước trong các điều kiện UU của (a) được sử dụng để kiểm định tính năng đối với đất dính và thông số cường độ trong các điều kiện CD của (b) được dùng đối với đất cát. Các công thức sau đây cho thấy các phương pháp tính toán cường độ tương ứng:

a) Đối với đất kết dính với hàm lượng cát nhỏ hơn 50%

$$\tau = c_u \tag{142}$$

trong đó:

τ là cường độ kháng cắt;

c_u là cường độ kháng cắt không thoát nước.

b) Đối với đất cát có hàm lượng cát cao hơn 80%

$$\tau = (\sigma - u) \tan \varphi_0 \quad (143)$$

trong đó:

- τ là cường độ kháng cắt;
- σ là ứng suất pháp với mặt phẳng trượt;
- u là áp lực thủy lực tại công trình;
- φ_0 là góc chịu cắt cho các điều kiện thoát nước (°).

Hơn nữa, vì đất với thành phần cát trong khoảng từ 50 % đến 80 % thể hiện các đặc tính trung gian giữa nền đất có cát và đất dính, nó được gọi là đất trung gian. Việc đánh giá cường độ kháng cắt đất trung gian khó so với việc đánh giá cường độ đất cát hoặc đất dính. Do đó, cường độ kháng cắt cho đất này nên được đánh giá một cách cẩn thận bằng cách tìm kiếm các kết quả nghiên cứu gần đây nhất. Đối với đất trung gian có thể được xử lý như đất dính, tốt hơn là tận dụng các kết quả của các thí nghiệm CD ba trục ...v.v chứ không phải đánh giá cường độ cắt từ cường độ nén không nở hông.

6.2.2.3.3 Cường độ kháng cắt của cát

Vì đất cát có hệ số thấm cao và được xem xét trong điều kiện hoàn toàn thoát nước, cường độ kháng cắt của cát được thể hiện trong công thức (6.2.23). Góc chịu cắt φ_0 cho các điều kiện thoát nước có thể xác định được bằng cách sử dụng thí nghiệm CD ba trục trong các điều kiện cố kết và thoát nước. Vì giá trị của φ_0 trở nên lớn khi tỷ lệ rỗng của cát trở nên nhỏ và mật độ của nó trở nên cao, tỷ lệ rỗng e_0 tại hiện trường nên được xác định chính xác. Vì vậy, tốt nhất nên lấy và kiểm tra một mẫu nguyên trạng. Mặc dù các giá trị của cát φ_0 với cùng mật độ sẽ thay đổi một chút với các điều kiện cắt, giá trị φ_0 được xác định bởi một thí nghiệm CD ba trục được thực hiện với áp lực cố kết tương ứng với các điều kiện thiết kế có mẫu nguyên trạng, có thể được dùng làm tham số thiết kế cho phân tích tĩnh ổn định. Tuy nhiên, trong trường hợp vấn đề sức chịu tải cho móng chịu nhiều ảnh hưởng từ các sự cố hư hỏng đang tiến triển, khả năng chịu lực được ước tính quá mức trong một số trường hợp nếu giá trị φ_0 được xác định bởi một thí nghiệm CD ba trục được dùng trực tiếp làm tham số thiết kế.

So sánh với trường hợp đất dính, việc lấy mẫu các mẫu cát nguyên trạng gặp khó khăn về mặt kỹ thuật và cũng rất đắt tiền. Đây là lý do mà cường độ cắt cho đất cát thường xuyên được xác định từ giá trị N của thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn chứ không phải là của một thí nghiệm đất trong phòng. Đối với công thức để xác định φ_0 từ các giá trị N , tham khảo 6.2.2.4 Góc chịu cắt của đất nền có cát.

6.2.2.3.4 Cường độ kháng cắt của đất dính

Đất có thành phần sét và bùn về tỉ lệ phần trăm là lớn hơn 50% được coi là đất dính. Có một số phương pháp, như được trình bày dưới đây, để xác định cường độ kháng cắt không thoát nước c_u của đất dính. Nên lựa chọn một phương pháp thích hợp trong việc xem xét các yếu tố như kinh nghiệm trong quá khứ, các đặc tính của đất nền và tầm quan trọng của các kết cấu.

a) Phương pháp q_u

Phương pháp này sử dụng giá trị trung bình của cường độ nén nở hông. Cường độ cắt không thoát

nước c_u được dùng cho kiểm định tính năng được cho bởi công thức sau:

$$c_u = q_u / 2 \quad (144)$$

trong đó:

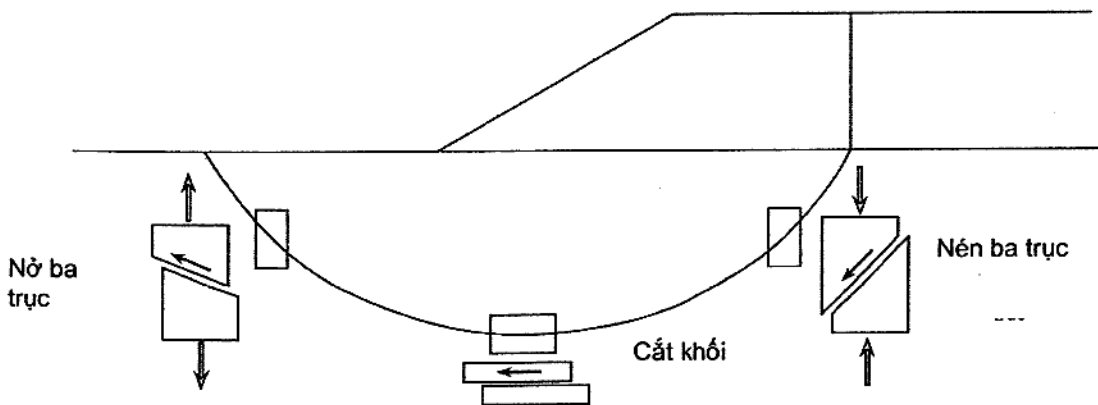
c_u là cường độ kháng cắt không thoát nước;

q_u là giá trị trung bình của cường độ nén nở hông.

Trong các thí nghiệm nén nở hông, áp lực nở hông được áp dụng trên mẫu thí nghiệm và do đó, kết quả cường độ có được có thể rất nhỏ do mẫu phân tán. Rất khó để áp dụng lên đất sét lấy mẫu từ độ sâu như đất sét Pleistocene cứng nơi các vết nứt có thể dễ dàng xuất hiện. Cần thận trọng đối với ứng dụng trên đất trung gian có hàm lượng cát cao vì có thể sẽ không duy trì được ứng suất có hiệu trong mẫu thí nghiệm do đó có thể chỉ xác định được một cường độ cắt rất nhỏ. Trong trường hợp này, tốt hơn là sử dụng các phương pháp thí nghiệm khác như thí nghiệm ba trục hoặc thí nghiệm cắt trực tiếp.

b) Phương pháp sử dụng cường độ từ các thí nghiệm ba trục có tính đến ứng suất ban đầu và tính bất đẳng hướng:

Việc phân tích tính ổn định của một đê đắp trên nền đất sét bằng cách sử dụng mặt trượt tròn, như thể hiện trong Hình 58. Ứng suất đứng tăng lên dẫn đến phía dưới nền đắp bị cắt trực tiếp, vì vậy có thể đánh giá cường độ cắt tương ứng với điều này bằng thí nghiệm nén không thoát nước ba trục (thí nghiệm CUC), mặc dù nói một cách chính xác thì có các sai lệch trong biến dạng phẳng và phép đối xứng trục. Mặt khác, cắt xảy ra tại điểm cuối của cung tròn, nói cách khác là gần nền mái dốc, do sự gia tăng ứng suất ngang, vì vậy có thể đánh giá cắt này bằng cách thí nghiệm kéo cố kết không thoát nước ba trục (CUE). Tất nhiên, có những sai lệch trong biến dạng phẳng và phép đối xứng trục, và có sai lệch lớn đối ngược với các thí nghiệm kéo ba trục, trong đó lực hướng trục giảm, trong khi đê phá hoại thì ứng suất ngang tăng. Gần dưới đáy của cung tròn, kiểu biến dạng không phải nén cũng không phải nở, nhưng tạo ra cát gần ngang. Vì vậy, có thể để đánh giá điều này bằng một thí nghiệm cắt trực tiếp hoặc một thí nghiệm cắt đơn giản.



Hình 58 - Vấn đề tính ổn định và tính dị hướng cường độ cho một nền đắp được xây dựng trên mặt nền đất có sét

Cường độ kháng cắt s_u^* được dùng trong kiểm định tính năng của công trình cảng có thể là giá trị trung bình của cường độ kháng nén s_{uc} xác định được từ một thí nghiệm nén và cường độ kháng nở s_{ue} xác định được từ một thí nghiệm kéo sẽ được tính như sau:

$$s_u^* = \frac{s_{uc} + s_{ue}}{2} \quad (145a)$$

hoặc cường độ kháng cắt trực tiếp s_{us} có thể được sử dụng làm giá trị đại diện.

$$s_u^* = s_{us} \quad (145b)$$

trong đó:

- s_u^* là cường độ kháng cắt;
- s_{uc} là cường độ kháng nén;
- s_{ue} là cường độ kháng nở;
- s_{us} là cường độ kháng cắt trực tiếp.

Đối với hầu hết các loại đất, cường độ kháng nở ba trục s_{ue} bằng khoảng 70% cường độ kháng nén ba trục s_{uc} .

Trong quá trình lấy mẫu không thể tránh được sự nhiễu của một mẫu thử ở một quy mô nhất định, ngay cả khi đã nỗ lực giảm thiểu nó. Ngoài ra, từ lâu người ta đã nói rằng thí nghiệm nén không thoát nước thiếu độ tin cậy, nhưng các phương pháp kiểm định tính năng thường xuyên dựa vào chúng, vì trong tình hình hiện nay không thể chọn được các phương pháp khác. Là một phương pháp xác định cường độ cắt không thoát nước, phương pháp này được gọi là "phương pháp nén lại" được cho là đáng tin cậy nhất trong số các phương pháp thí nghiệm hiện được đề xuất. Phương pháp này được dựa trên suy nghĩ rằng bằng cách tạo lại tình trạng ứng suất tương tự như các mẫu thử được lấy ở vị trí ban đầu, có thể giảm hơn nữa hiệu ứng nhiễu trong mẫu thử bằng sự cố kết.

Các phần tử trong mặt đất phụ thuộc vào ứng suất có hiệu lớp đất phủ dọc σ'_{v0} , và áp lực đất ngang trạng thái nghỉ $\sigma'_h (=K_0\sigma'_{v0})$. Một mẫu thử đã lấy có ứng suất bằng 0 dưới áp suất khí quyển, và ứng suất có hiệu dư đẳng hướng do sự hút vẫn còn duy trì đến một mức độ nhất định. Tuy nhiên, bằng cách cố kết đến $\sigma'_1 = \sigma'_{v0}$, $\sigma'_3 = K_0\sigma'_{v0}$ trong thiết bị thí nghiệm ba trục, các thí nghiệm cắt không thoát nước có thể được thực hiện với cùng một trạng thái ứng suất có hiệu như ở vị trí ban đầu được sao chép lại. Áp lực lớp đất phủ có hiệu σ'_{v0} có thể tính toán được từ trọng lượng riêng của các mẫu thử đã lấy. Tuy nhiên, một vấn đề ở giai đoạn này là làm thế nào để xác định được hệ số áp lực đất K_0 . Một số phương pháp xác định được hệ số từ các thí nghiệm tại hiện trường đã được đề xuất, nhưng cũng có thể xác định được hệ số này từ một thí nghiệm cố kết K_0 trong phòng thí nghiệm sử dụng hộp ba trục. Ở đây, thí nghiệm cố kết K_0 là một thí nghiệm trong đó áp suất dọc trục σ_3 được kiểm soát sao cho diện tích mặt cắt ngang của mẫu thử không thay đổi khi áp lực dọc trục σ_1 hoặc biến dạng dọc trục ϵ_1 tăng. Tuy nhiên, K_0 thu được bằng phương pháp này là K_{0NC} cho trạng thái cố kết thông thường, thường

TCVN 11820-2:2017

được thể hiện là K_0 , do đó, cần phải biết rằng nó không phải là K_0 cho đất có hiệu ứng thời gian như trong đất thực tế. Trong đất sét Nhật Bản, K_0 dưới các điều kiện cố kết bình thường hầu hết ở trong khoảng 0,45 đến 0,55.

Phương pháp nén lại cũng có thể áp dụng cho thí nghiệm cắt trực tiếp. Trong trường hợp này, sự thay đổi đường kính mẫu vật thử bị vòng cắt cản, vì vậy bằng cách đơn giản là làm cho áp lực cố kết bằng áp lực đất phủ bên trên có hiệu σ'_{v0} , không nhất thiết phải biết K_0 .

Mặc dù cường độ cắt không thoát nước ($q_u/2$) thu được từ một thí nghiệm nén không nở hông có tổng lượng biến thiên lớn, giá trị trung bình gần tương tự như giá trị trung bình của s_{ue} và s_{ue} của cường độ cắt không thoát nước thu được từ các thí nghiệm nén ba trục và kéo bằng phương pháp nén lại với cố kết σ'_{v0} và $K_0\sigma'_{v0}$ có khả năng tạo lại tình trạng ứng suất tương tự như mẫu thử ở vị trí ban đầu. Độ tin cậy của các kết quả thí nghiệm sử dụng các thí nghiệm nén ba trục và kéo theo phương pháp nén lại mà cơ sở cơ học của nó rõ ràng hơn, cao hơn một chút so với độ tin cậy từ các thí nghiệm nén không thoát nước. Các thí nghiệm ba trục được ưu tiên để kiểm định tính năng của công trình cảng.

c) Phương pháp sử dụng cường độ từ một thí nghiệm cắt trực tiếp:

Phương pháp này sử dụng cường độ τ_{DS} được xác định bởi một thí nghiệm cắt trực tiếp sau khi mẫu nguyên dạng được cố kết một chiều theo áp lực của lớp đất đá phủ bên trên có hiệu tại hiện trường. Thí nghiệm cắt trực tiếp có thể được thực hiện theo **TCVN 4199**. Cường độ kháng cắt không thoát nước được sử dụng để kiểm định tính năng được cho bởi công thức sau:

$$c_u = 0.85\tau_{DS} \quad (146)$$

trong đó:

trị số 0,85 là một hệ số hiệu chỉnh liên quan đến hiệu ứng tốc độ cắt.

d) Các phương pháp kết hợp cường độ nén có nở hông và cường độ từ các thí nghiệm nén ba trục

Một vấn đề với phương pháp q_u là độ tin cậy của thí nghiệm thấp trong đất mà không có hồ sơ trước đó ghi lại, bởi vì thí nghiệm chịu ảnh hưởng của xáo trộn trong quá trình lấy mẫu. Để giải quyết vấn đề này, có thể sử dụng một phương pháp kết hợp để xác định cường độ bằng cách so sánh q_u của các mẫu nguyên dạng với cường độ từ một thí nghiệm CU ba trục và đánh giá chất lượng của mẫu. Trong phương pháp này, mẫu được cố kết đẳng hướng bằng ứng suất có hiệu trung bình tại hiện trường $2\sigma'_{v0}/3$ khi $K_0=0,5$, sau đó thí nghiệm cố kết ba trục CU được thực hiện trong điều kiện nén không thoát nước. Cường độ kháng cắt không thoát nước nhờ đó thu được phải được hiệu chỉnh theo kinh nghiệm bằng cách nhân 0,75. Nói cách khác, như trường hợp với thí nghiệm cắt trực tiếp, đối với thí nghiệm ba trục này, các giá trị đo được phải trải qua xử lý sơ bộ để đạt các giá trị quy đổi. Phương pháp này được sử dụng cho nền đất tự nhiên và không được áp dụng cho đất cải tạo không cố kết.

e) Phương pháp xác định cường độ kháng cắt không thoát nước từ một thí nghiệm cắt cánh tại hiện trường:

Một thí nghiệm cắt cánh được thực hiện như mô tả trong 6.1.3 Lựa chọn các phương pháp khảo sát. Giá trị trung bình của cường độ cắt thu được $c_{u(z)}$ có thể được dùng để kiểm định tính năng như cường độ cắt không thoát nước c_u . Có thể tiến hành một thí nghiệm cắt cánh tại hiện trường khá dễ dàng với tính linh hoạt tại một khu vực hiện trường. Thí nghiệm có thể xác định cường độ kháng cắt đối với đất sét rất yếu mà không thể tiến hành được nhờ một thí nghiệm nén có nở hông do khó khăn trong việc thực hiện tách mẫu. Do đó nó có thể được áp dụng, ví dụ, cho quản lý xây dựng nơi đất đang được cải tạo bằng cách sử dụng các hệ thống thoát nước đứng. Mặc dù phương pháp và nguyên tắc thí nghiệm đơn giản, nhưng vẫn phải chú ý đến tác động của ma sát thành. Cần tìm ra các cách giảm ma sát và đo đạc ảnh hưởng của nó.

Mỗi phương pháp đều có những đặc trưng riêng của nó, mà phải được coi là thích đáng để chọn một phương pháp thích hợp nhất.

Cường độ kháng cắt không thoát nước c_u của đất dính tăng lên trong tiến trình cố kết, và tải cố kết càng cao thì cường độ c_u càng lớn sau khi cố kết. Do đó, áp lực cố kết tăng cùng độ sâu khi áp lực của lớp đất phủ bên trên tăng, vì thế thông thường cường độ c_u của nền đất có đất sét tăng theo chiều sâu và sự phân bố của cường độ cắt không thoát nước được sử dụng trong kiểm định tính năng thường được thể hiện bằng công thức sau:

$$c_u = c_{u0} + kz \quad (147)$$

trong đó:

c_u là cường độ kháng cắt không thoát nước tại độ sâu z so với bề mặt của lớp đất sét;

c_{u0} là cường độ kháng cắt không thoát nước tại bề mặt của lớp đất sét;

k là tỉ lệ tăng cường độ c_u với độ sâu z ;

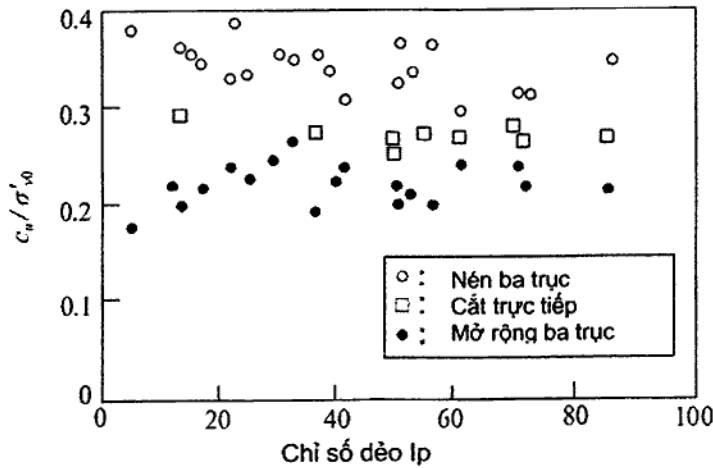
z là độ sâu từ bề mặt của lớp đất sét.

6.2.2.3.5 Sự tăng cường độ đất dính do cố kết

Cường độ không thoát nước của đất dính sẽ tăng lên theo tiến triển của cố kết. Đối với các phương pháp cải tạo đất như phương pháp thoát nước thẳng đứng, tỷ lệ gia tăng cường độ c_u/p bằng cố kết là một thông số quan trọng bởi vì cường độ được tăng lên bằng hệ thống thoát nước lỗ rỗng qua cố kết. Nền đất dính bồi lắng tự nhiên có thể hơi quá cố kết, hoặc thậm chí nếu nó được cố kết thông thường về mặt lịch sử ứng suất, nó có thể bị coi là quá cố kết với ứng suất cố kết đàn hồi p_c lớn do hiệu ứng thời gian. Vì lý do này, tỷ lệ tăng cường độ trở thành thông số đặc trưng của đất dính trong trường hợp quá cố kết nhẹ thông qua chuẩn hóa chứ không phải bằng áp lực của lớp đất phủ bên trên có hiệu ứng σ'_{v0} tương đương với áp lực cố kết mà bằng ứng suất đàn hồi cố kết p_c ($m=c_u/p_c$). Giá trị c_u/p_c - một thông số thuộc tính đất được sử dụng trong phương pháp thoát nước thẳng đứng giúp tăng cường độ càng lớn thì tỉ lệ tăng cường độ càng lớn và công tác cải thiện đất dự kiến sẽ hiệu quả hơn. Từ kinh nghiệm quá khứ trong các kết quả nghiên cứu và kết quả thu được ở hiện trường đất sét ở biển tại Nhật Bản, giá trị c_u/p_c (bất kể độ dẻo thể nào) nằm trong khoảng được hiển thị bởi công thức sau đây:

$$c_u / p_c = 0.2 \sim 0.25 \quad (148)$$

Theo quan điểm thực tế thì tỉ lệ quá cố kết OCR của đất dính bồi lắng tự nhiên thông thường nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,5, và $\sigma'_{v0} = p_c / OCR$, do đó, dữ liệu trong **Hình 59** đưa ra chứng minh đúng cho công thức (148)



Hình 59 – Quan hệ giữa chỉ số dẻo và c_u / σ'_{v0}

6.2.2.3.6 Sự giảm cường độ của đất dính do trương nở

Nếu phần tải được loại bỏ sau cố kết, đất dính hút nước và trương nở lên theo thời gian, làm cho c_u giảm. Ngoài ra, thời gian cần cho trương nở ngắn hơn đáng kể so với thời gian cần cho cố kết. Các điều kiện thoát nước của trường hợp này tương ứng với phần bên trái của công thức (148) như được chỉ ra trong **Hình 59**, vì vậy cần đánh giá sự giảm cường độ có khả năng xảy ra sau trương nở. Cụ thể, việc loại bỏ tải ở cuối cố kết trong các công tác cải tạo đất như phương pháp thoát nước thẳng đứng hay phương pháp chất tải trước, đào cho các kết cấu tường chắn đất, và nạo vét sâu hơn xuống đáy biển, v.v, tương ứng với tình huống này.

6.2.2.3.4 Cường độ của đất trung gian

Đất có hàm lượng cát trong khoảng từ 50% đến 80% là đất trung gian giữa đất có cát và đất dính. Đối với loại đất này, hệ số thấm và các điều kiện thiết kế được đưa vào xem xét để xác định xem đất là đất có cát hay đất dính. Sau đó, cường độ kháng cắt được xác định phù hợp. Đối với đất trung gian có thành phần cát lớn hoặc có sỏi san hô, độ dẫn thủy lực được xác định từ một thí nghiệm oedometer gia tải thường đưa ra một giá trị chưa được đánh giá đúng mức, do những hạn chế của điều kiện thí nghiệm. Tốt hơn là không chỉ cải tiến các phương pháp thí nghiệm mà còn phải tiến hành một thí nghiệm thấm tại hiện trường hoặc một thí nghiệm xuyên côn điện **TCVN 9846** để xác định hệ số thấm.

Khi hệ số thấm được xác định bởi kiểu phương pháp này lớn hơn 10^{-4} cm/s , đất được coi là có khả năng thấm. Do đó, giá trị ϕ_D được xác định từ một kháng xuyên côn điện - hoặc một thí nghiệm ba trục CD có thể được dùng làm các thông số thiết kế liên quan đến $c_D = 0$. Theo kinh nghiệm khảo sát các đặc tính

của đất trung gian ở Nhật Bản, nhiều trường hợp giá trị φ_0 lớn hơn 30° .

Khi hệ số thấm dưới 10^{-4} cm/s, việc kiểm định tính năng đất trung gian nên được tiến hành giống như là đất dính. Bởi vì ảnh hưởng của giải phóng ứng suất trong quá trình lấy mẫu ở đất trung gian là lớn hơn nhiều so với trong đất dính, cường độ cắt xác định bởi phương pháp q_u chưa được đánh giá đúng mức. Một phương pháp hiệu chỉnh được sử dụng cho cường độ của đất trung gian như vậy với thành phần cát lớn bằng trung bình của thành phần đất sét và chỉ số dẻo. Tuy nhiên, tốt hơn nên sử dụng phương pháp kết hợp với thí nghiệm nén có nở hông và thí nghiệm nén ba trục hoặc thí nghiệm cắt trực tiếp làm phương pháp đánh giá cường độ của đất trung gian.

6.2.2.4 Phương pháp diễn giải các giá trị N

Góc kháng cắt cho đất có cát được tính bằng cách sử dụng công thức sau đây từ một giá trị thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn.

$$\varphi = 25 + 3.2 \sqrt{\frac{100N}{70 + \sigma'_{v0}}} \quad (149)$$

trong đó:

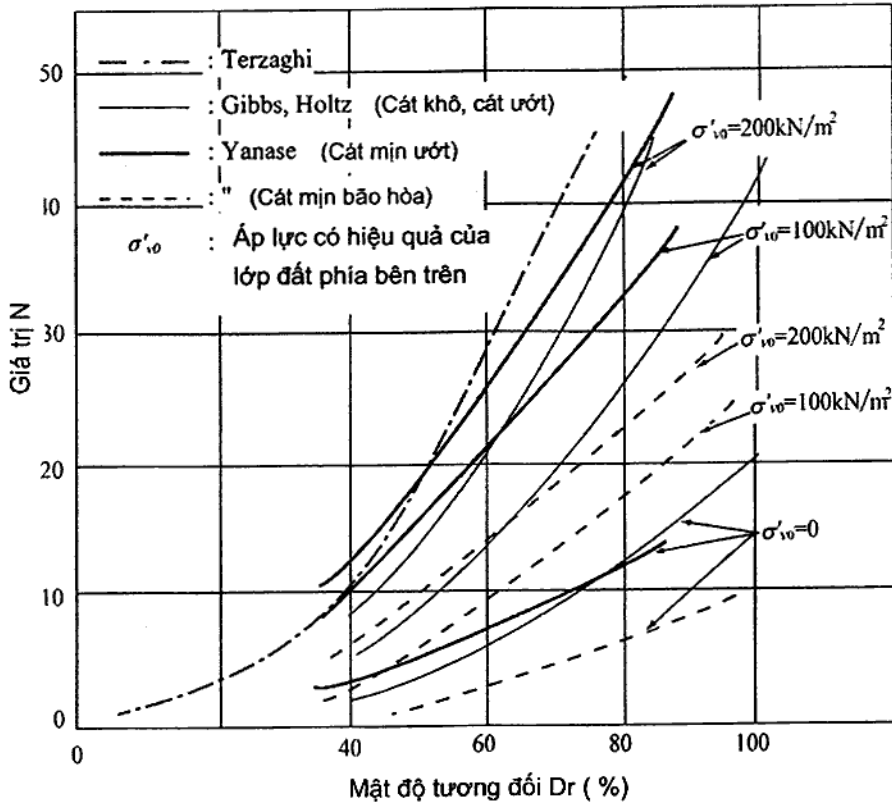
φ là góc kháng cắt của cát($^\circ$);

N là giá trị thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn;

σ'_{v0} là áp lực của lớp đất phủ bên trên có hiệu ở độ sâu nơi thực hiện thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (kN/m^2);

Các mối quan hệ giữa giá trị N và nhiều thông số đất đã được thiết lập bằng dữ liệu tại các địa điểm khác nhau. Tuy nhiên, khi sử dụng các mối quan hệ này, cần phải xem xét số liệu cơ bản về nguồn gốc của chúng và các điều kiện về đất của dữ liệu và xác nhận phạm vi áp dụng của chúng. Như có thể thấy trong công thức của Dunham, công thức thường được sử dụng trong nhiều năm, giá trị φ đã được xác định trực tiếp từ các giá trị N mà không xét đến áp lực của lớp đất phủ bên trên có hiệu σ'_{v0} . Tuy nhiên, do mật độ tương đối D_r biến thiên với σ'_{v0} như nhìn thấy trong Hình 60, σ'_{v0} phải được xem xét để xác định D_r từ một giá trị N. Khái niệm này được dùng trong đánh giá sự hóa lỏng. Trong đánh giá này, sức kháng hóa lỏng được kiểm định từ N_{65} , tương đương với giá trị N chuyển đổi thành giá trị N khi áp lực của lớp đất phủ bên trên hiệu quả $\sigma'_{v0} = 65 \text{ kN/m}^2$.

Tương tự, ai cũng biết rằng ngay cả trong các nền đất có cùng φ , giá trị N tăng cùng với sự tăng trong áp lực của lớp đất phủ bên trên có hiệu. Do đó, ảnh hưởng của σ'_{v0} phải được tính đến khi xác định φ từ các giá trị N.



Hình 60 - Ảnh hưởng của áp lực có hiệu quả của lớp đất phủ bên trên và mật độ tương đối trên các giá trị N

Các hệ số ảnh hưởng đến các giá trị N

Các yếu tố ảnh hưởng đến các giá trị N chồng chéo lên nhau, phương pháp hiệu chỉnh định lượng cho những hệ số này chưa được xây dựng. Tuy nhiên, để hiểu về các giá trị N, mức độ ảnh hưởng của các hệ số ảnh hưởng quan trọng như sau:

(1) Mật độ

Vì mật độ, mật độ tương đối, của đất nền tăng, đặc biệt đối với đất cát, giá trị N tăng.

(2) Hàm lượng nước

Ngoài cát mịn nén chặt và các loại đất bùn, giá trị N tăng theo thứ tự cát bão hòa, cát khô, cát ướt.

(3) Áp lực đất phủ trên có hiệu

Giá trị N tăng khi áp lực đất phủ trên có hiệu.

(4) Ảnh hưởng của mực nước ngầm.

Vì mực nước ngầm dao động, áp lực lớp đất phủ bên trên có hiệu và mức độ bão hòa của đất thay đổi, do đó, các giá trị N cũng thay đổi theo.

(5) Các yếu tố ảnh hưởng khác

Giá trị N thay đổi theo dạng hạt đất, sự phân bố kích thước hạt và thành phần khoáng chất của đất.

(6) Góc kháng cắt của đất cát

Góc kháng cắt φ là một hằng số quan trọng cho kiểm định tính năng của đất, tương tự như cường độ cắt không thoát nước của các loại đất sét. Tuy nhiên, φ là một giá trị phức tạp chịu sự điều chỉnh của nhiều yếu tố, và ngay cả cùng một loại đất cũng sẽ không có một giá trị không đổi. Vì vậy, cần phải khảo sát đầy đủ các số liệu cơ bản để thiết lập các phương pháp kiểm định tính năng, chẳng hạn như những điều kiện nào được giả định trong các phương pháp kiểm định tính năng sử dụng φ .

(7) Giá trị N của nền đất kết dính

So với nền đất cát thì giá trị N của một loại đất dính nhỏ và độ tin cậy của nó thấp. Theo kinh nghiệm trước đây và kết quả thí nghiệm, nếu q_u bằng 100kN/m^2 hoặc thấp hơn thì việc đo lường giá trị N là khó khăn. Trong các loại đất dính có giá trị q_u , này là khi đất dính mềm được tìm thấy bằng cách lấy các mẫu thí nghiệm với một mẫu loại thí nghiệm thẩm tiêu chuẩn trong một quá trình khảo sát sơ bộ, hoặc khi tiến hành các thí nghiệm để biết các tính chất vật lý, điều này rất có ý nghĩa, nhưng chỉ từ giá trị N thì không thể xác định được cường độ và các hằng số đất nền cơ học khác. Trong trường hợp một đất sét Pleistocene có cường độ cao, môi trường lắng đọng trước kia và lịch sử ứng suất đã thay đổi một số lần. Do đó, ngay cả trong cùng một địa tầng các đặc tính của đất cũng không thống nhất, thường xuyên nhận thấy một trạng thái quá cố kết không liên quan đến áp lực lớp đất đá phủ lên trên có hiệu hiện tại. Vì vậy, các giá trị N và các tính chất của đất thay đổi rất nhiều chỉ với những thay đổi nhỏ tại vị trí hoặc chiều sâu. Ngoài ra, các kỹ thuật lấy mẫu đất cứng cũng rất khó khăn, các vết nứt có thể dễ dàng trở nên rắn chắc trong các mẫu thí nghiệm. Ở Nhật Bản, cường độ của đất dính cứng thường được đánh giá bằng cách sử dụng giá trị q_u , nhưng giá trị q_u rất dễ bị tác động bởi chất lượng của các mẫu thí nghiệm.

6.2.3 Phân tích động**6.2.3.1 Môđun biến dạng động**

(1) Đối với phân tích phản ứng địa chấn, một môđun biến dạng động của đất thích hợp sẽ được xác định để quy định mối quan hệ giữa ứng suất cắt và biến dạng chống cắt của đất.

(2) Kiểm định tính năng chống động đất nói chung có thể được phân loại sơ bộ thành các phương pháp kiểm định tính năng tĩnh và các phương pháp kiểm định tính năng động. Một ví dụ cho các phương pháp kiểm định tính năng tĩnh là phương pháp hệ số động đất trong đó giả định lực động đất tác động lên nền đất hoặc các kết cấu ở dạng một lực thế năng tĩnh và độ ổn định được kiểm định từ trạng thái cân bằng của các lực. Mặt khác, trong các phương pháp kiểm định tính năng động, các hệ số khuếch đại động hay các giá trị khuếch đại của gia tốc, tốc độ và biến dạng của đất nền nông hơn so với tầng đá gốc và đất nền móng đối với các kết cấu được tính toán để kiểm định tính ổn định của nền đất hoặc các kết cấu. Như đối với phương pháp phân tích phản ứng địa chấn, cả phân tích miền

thời gian và phân tích miền tần số đều được sử dụng. Đối với một trong hai phương pháp, cần phải có mối quan hệ giữa ứng suất cắt và biến dạng chống cắt của đất.

Thông thường, mối quan hệ giữa ứng suất cắt và biến dạng chống cắt trong đất chịu các tác động động học được mô tả bằng một đường cong khung và một đường cong trễ, như có thể thấy trong Hình 61(a). Một đường cong khung sẽ hiển thị phi tuyến tính đáng chú ý khi biên độ biến dạng chống cắt trở nên lớn hơn. Kể từ khi mô đun biến dạng động quy định mối quan hệ này giữa ứng suất cắt và biến dạng chống cắt, nó phải được áp dụng một cách phù hợp khi tiến hành một phân tích phản ứng địa chấn.

(3) Quan hệ giữa ứng suất cắt động và biến dạng chống cắt của đất

Có rất nhiều mô hình để áp dụng các đường cong ứng suất cắt và biến dạng chống cắt của đất vào phân tích, chẳng hạn như mô hình hyperbol được gọi là mô hình Hardin-Dornevich và mô hình model Ramberg-Osgood.

(4) Phương pháp biểu hiện các đặc tính biến dạng trong mô hình tuyến tính tương đương

Để đánh giá ứng xử của nền đất trong một trận động đất, tính phi tuyến của quan hệ giữa ứng suất động và biến dạng của đất cho một phạm vi biên độ biến dạng kháng cắt rộng phải được đánh giá và mô hình hóa thích hợp. Mối quan hệ của ứng suất động và biến dạng của đất được thể hiện bằng hai thông số: mô đun chống cắt và hệ số tắt dần trong mô hình tuyến tính tương đương. Mô đun trượt G và hệ số tắt dần h được xác định với biên độ biến dạng chống cắt bởi công thức (150) và công thức (151) như trong Hình 61(b).

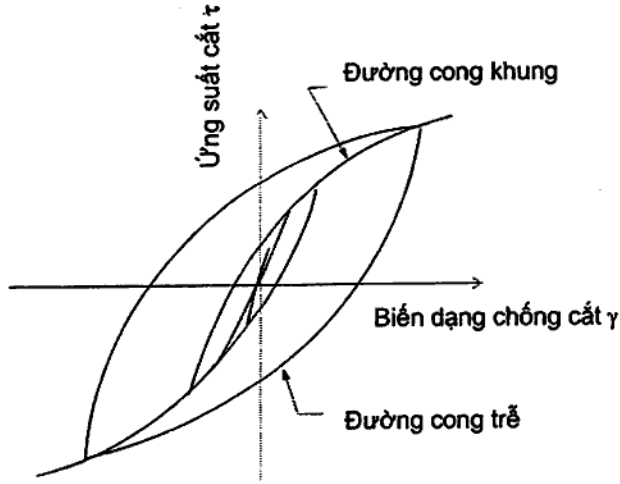
$$G = \frac{\tau}{\gamma} \tag{150}$$

$$h = \frac{\Delta w}{2\pi w} \tag{151}$$

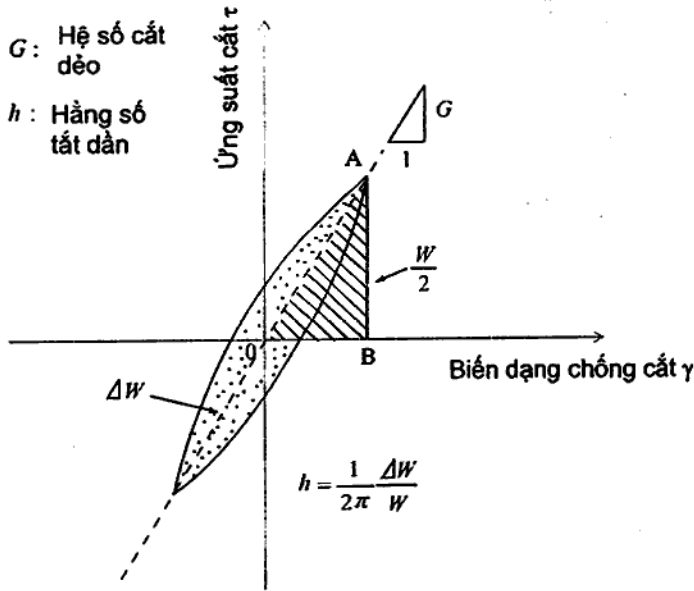
trong đó

- G là mô đun chống cắt (kN/m²);
- τ là biên độ ứng suất chống cắt (kN/m²);
- γ là biên độ biến dạng chống cắt;
- h là hệ số tắt dần;
- W là năng lượng biến dạng (kN/m²);
- ΔW là năng lượng tắt dần (kN/m²).

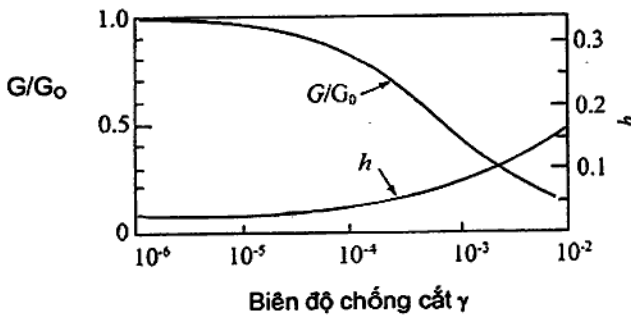
Vì các giá trị của mô đun chống cắt G và hệ số tắt dần h biến thiên phi tuyến tính phụ thuộc vào giá trị γ, một đường cong G/G₀~γ và một đường cong ah~γ thường được vẽ như trong Hình 62, trong đó G₀ là mô đun chống cắt tại γ = 10⁻⁶.



Hình 61(a) - Đường cong ứng suất biến dạng



Hình 61(b) – Môđun chống cắt và hệ số tắt dần



Hình 62 – Môđun chống cắt, hệ số tắt dần và biên độ biến dạng chống cắt

(5) Đo mô đun kháng cắt và hệ số giảm dần

Mô đun kháng cắt và hệ số giảm dần phải được xác định bằng các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm chẳng hạn như thí nghiệm cộng hưởng hoặc các thí nghiệm ba trục chu kỳ, hoặc bằng các thí nghiệm tại hiện trường sử dụng các đợt sóng đàn hồi như phương pháp thăm dò PS hoặc phương pháp đo vận tốc truyền qua lỗ. Có thể sử dụng các thí nghiệm phòng thí nghiệm để đo các mô đun kháng cắt và các hệ số tắt dần cho một phạm vi biên độ biến dạng kháng cắt rộng từ biến dạng chống cắt 10^{-6} cho sự cố mặc dù phải thu được các mẫu nguyên dạng ngoài hiện trường. Cũng có thể dùng các thí nghiệm để đánh giá sự thay đổi trong các mô đun biến dạng động do việc thi công các kết cấu. Với các thí nghiệm ba trục chu kỳ, mô đun chống cắt được xác định từ công thức sau:

$$G = \frac{\sigma_a}{2\varepsilon_a(1 + \nu)} \tag{152}$$

trong đó:

- G là mô đun kháng cắt (kN/m²);
- σ_a là biên độ ứng suất trục(kN/m);
- ν là hệ số Poisson;
- ε_a là biên độ biến dạng trục.

Đối với ν , giá trị 0,33 thường được sử dụng cho một điều kiện thoát nước và 0,45 được sử dụng cho một điều kiện không thoát nước.

Hệ số tắt dần được tính từ công thức (151) với W và ΔW xác định được từ đường cong ứng suất-biến dạng tương tự trong Hình 61(b).

Thí nghiệm tại hiện trường được giới hạn cho các phép đo các mô đun kháng cắt chỉ tương ứng với mức biên độ biến dạng kháng cắt 10^{-6} . Các thí nghiệm như vậy chưa được đưa vào ứng dụng thực tế để đo mô đun kháng cắt và hệ số tắt dần cho biên độ biến dạng kháng cắt lớn. Nhưng các thí nghiệm đó có lợi thế là có thể đo các giá trị tại hiện trường trực tiếp. Chúng cũng được sử dụng để hiệu chỉnh các mô đun kháng cắt thu được từ các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm. Hằng số đàn hồi của đất nền được xác định bởi các công thức từ (153) đến (155) từ dữ liệu của các phép đo vận tốc sóng đàn hồi bằng cách thăm dò địa chấn sử dụng các lỗ khoan.

$$G_0 = \rho V_s^2 = \frac{\gamma_1}{g} V_s^2 \tag{153}$$

$$E_0 = 2(1 + \nu)G_0 \tag{154}$$

$$\nu = \frac{\left[\frac{V_p}{V_s} \right] - 2}{2 \left\{ \left[\frac{V_p}{V_s} \right]^2 - 1 \right\}} \tag{155}$$

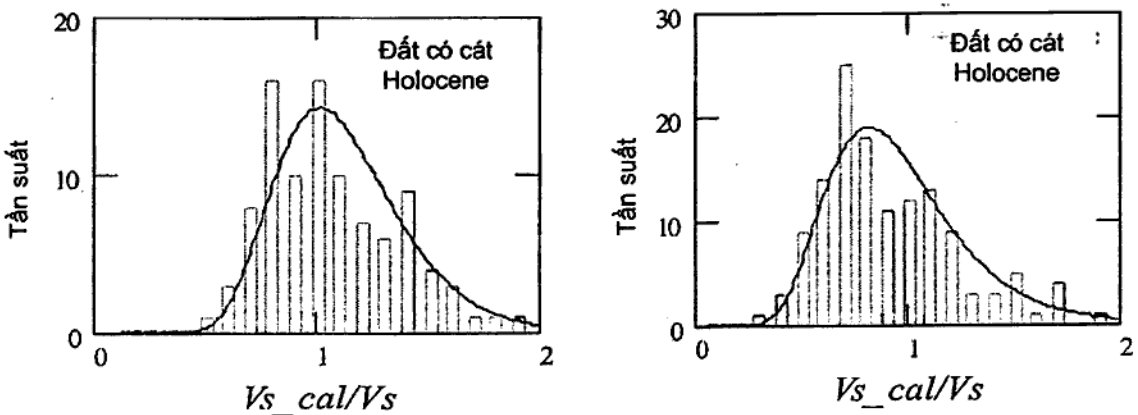
trong đó:

- V_p là vận tốc sóng dọc (m/s);
- V_s là vận tốc sóng ngang (m/s);
- G_0 là môđun chống cắt (kN/m^2);
- E_0 là môđun Young (kN/m^2);
- ν là hệ số Poisson;
- ρ là khối lượng riêng (t/m^3);
- γ_t là trọng lượng riêng ướt (kN/m^3);
- g là gia tốc trọng lực (m/s^2).

Có các vấn đề khác nhau cần phải chú ý liên quan đến các phép đo khi tiến hành thăm dò sóng đàn hồi trên nền đất đáy biển mềm. Những vấn đề này bao gồm các phương pháp tiếp nhận và tạo chấn động cho các sóng đàn hồi như sóng dọc và ngang, độ chính xác của các các phần đọc hồ sơ sóng và các phương pháp bảo vệ các lỗ khoan.

(6) Ước tính đơn giản mô đun chống cắt và các hệ số tắt dần.

Trong những trường hợp mà khó có thể đo trực tiếp các mô đun chống cắt và các hệ số tắt dần của đất từ các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm hoặc các thí nghiệm tại hiện trường, có những phương pháp ước tính từ chỉ số dẻo, tỉ lệ rỗng, cường độ nén có nở hông và giá trị N . Tuy nhiên, cần hiểu rằng trong các phương pháp ước tính từ giá trị N , các giá trị ước tính biến thiên lớn, và hệ số biến thiên là khoảng 0,2. Chẳng hạn, trên cơ sở sự biến thiên của giá trị N và vận tốc sóng S bởi tác giả Imai, đối với từng loại nền đất, sự kiểm định độ chính xác lỗi ước tính của vận tốc sóng S được chỉ ra cho cát Holocene và đất sét trong Hình 63. Trục ngang cho thấy tỉ lệ các giá trị ước tính của vận tốc sóng S được chuyển đổi từ các giá trị N và các giá trị thực tế. Đối với đất có cát Holocene giá trị trung bình của tỉ lệ là 1,12 với độ lệch chuẩn 0,29 một độ lệch vô cùng lớn. Đối với đất sét Holocene giá trị trung bình của tỉ lệ là 0,95 với độ lệch chuẩn 0,32. Trong cả hai trường hợp, sự phân bố thống kê có thể được coi là phân bố logarit tiêu chuẩn.



Hình 63 - Độ chính xác ước tính cho vận tốc sóng S

6.2.3.2 Các đặc tính cường độ động lực

(1) Cường độ của đất chống lại các ngoại lực tác động động học thường được xác định thông qua các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm. Trong trường hợp này, cần phải xác định hợp lý các đặc tính của các ngoại lực và các điều kiện đất nền.

Các ngoại lực tác động động học điển hình gặp phải tại các cảng và bến cảng là dịch chuyển địa chấn và lực sóng. Đặc điểm để xác định các dịch chuyển địa chấn là chu kỳ ngắn và lặp lại theo chu kỳ, trong khi đặc điểm để xác định lực sóng bởi một giai đoạn dài và lặp lại nhiều lần theo chu kỳ. Hiện nay, các ngoại lực tác động động học này thường bị chuyển đổi thành các tác động tĩnh như trong phương pháp hệ số địa chấn. Tuy nhiên, có những trường hợp cần xử lý chúng như những tải trọng động giống như trong phân tích hóa lỏng hoặc trong phân tích giảm cường độ của đất dính thuộc nền đất móng bên dưới các kết cấu tiếp xúc với sóng. Trong những trường hợp như vậy, cường độ động của đất thường xác định được bằng các thí nghiệm ba trục chu kỳ. Khi tiến hành các thí nghiệm ba trục chu kỳ, có thể sử dụng phương pháp thí nghiệm ba trục chu kỳ không thoát nước theo **ASTM D5311**.

7 Động đất

7.1. Khái quát

Khi thiết kế các công trình cảng, phải nghiên cứu cẩn thận ảnh hưởng của động đất sao cho công trình duy trì được sức kháng chấn một cách thích đáng.

- 1) Phải xét các vấn đề sau đây khi nghiên cứu sức kháng chấn của công trình:
 - a) Mức độ động đất trong vùng, các trận động đất cần xem xét trong phân tích chuyển động của đất khi động đất, v.v...
 - b) Điều kiện của đất tại địa điểm xây dựng
 - c) Tầm quan trọng của công trình (dựa trên sự đánh giá toàn diện tầm quan trọng xã hội và kinh tế)
 - d) Sức kháng chấn của công trình.
- 2) Các hạng mục nghiên cứu liên quan đến việc phân tích sức kháng chấn gồm:
 - a) Ổn định của toàn bộ công trình
 - b) Ổn định chống trượt của đất
 - c) Ảnh hưởng của việc hoá lỏng đối với độ ổn định của kết cấu
 - d) Ứng suất trong các cấu kiện kết cấu
 - e) Từ quan điểm khai thác, sự dịch chuyển tương đối của các bộ phận khác nhau hoặc giữa các kết cấu lân cận hoặc với đất.
- 3) Phải nghiên cứu sức kháng chấn của các công trình cảng có xem xét đến các đặc trưng động lực của các kết cấu bằng phương pháp cho trong **7.3 Phương pháp hệ số động đất**. trong trường hợp có yêu cầu thiết kế kháng chấn và công trình có tầm quan trọng lớn cần tham khảo các phương pháp

phân tích động như phương pháp biến dạng động đất, phương pháp hệ số động đất cải tiến hay phương pháp phân tích phản ứng động của hệ thống đất – kết cấu như trong OCDI 2009

4) Đối với các kết cấu như cầu tàu kiểu trọng lực tương đối cứng và biên độ dao động của chúng nhỏ so với chuyển động của đất trong một trận động đất phải xem xét sức kháng chấn bằng cách dùng hệ số động đất trong 7.4 Hệ số động đất thiết kế và phương pháp trong 7.3 Phương pháp hệ số động đất

5) Với các kết cấu có một chu kỳ tự nhiên gần với chu kỳ chiếm ưu thế của chuyển động động đất và đặc trưng tắt dần nhỏ, hoặc với các kết cấu có một chu kỳ tự nhiên tương đối dài, phải nghiên cứu sức kháng chấn bằng cách dùng phương pháp hệ số động đất sửa đổi cho trong 7.3 Phương pháp hệ số động đất trong xem xét các đặc trưng phản ứng động đất của kết cấu.

7.2. Sức kháng động đất của các công trình cảng và bệ cảng trong thiết kế

Công trình cảng và bệ cảng phải có khả năng giữ được độ ổn định kết cấu cần thiết mà không bị mất chức năng của mình khi chịu dịch chuyển do động đất.

Bảng 26 - Dịch chuyển do động đất và sức kháng động đất của các công trình cảng và bệ cảng phải xem xét để thiết kế

Dịch chuyển của đất nền được xét đến để thiết kế động đất	Công trình có thể áp dụng	Sức kháng động đất
Chuyển động của đất với chu kỳ trở lại 500 năm	Tất cả các công trình (trừ các công trình được điều chỉnh theo các tiêu chuẩn khác và công trình cấp IV)	Không mất chức năng của chúng.

7.3. Phương pháp hệ số động đất

Phương pháp hệ số động đất được sử dụng để xác định tải trọng động đất đối với các kết cấu có một chu kỳ tự nhiên tương đối ngắn và hệ số tắt dần lớn. Trong trường hợp này, tải trọng động đất phải xác định bằng cách dùng hệ số động đất quy định trong 7.4 Hệ số động đất thiết kế và tính toán theo (a) hoặc (b) dưới đây gây bất lợi nhất các công trình bến cảng, tải trọng tác động vào trọng tâm của công trình

a) Tải trọng động đất = hệ số động đất x trọng lượng bản thân

b) Tải trọng động đất = hệ số động đất x (trọng lượng bản thân + hoạt tải)

Chú thích: Ảnh hưởng của thành phần thẳng đứng của chuyển động động đất đối với độ ổn định kết cấu là rất phức tạp, kết hợp đồng thời cả loại kết cấu và thành phần nằm ngang. Do đó phải có một phương pháp nghiên cứu chặt chẽ hơn trong việc sử dụng hệ số động đất thẳng đứng để đưa vào tải trọng động đất theo phương đứng. Tuy nhiên, với thiết kế động đất thực tế, hệ số động đất thẳng đứng không được đưa vào tính toán để tránh phức tạp, bởi vì các kết quả quan trắc đã chỉ ra rằng, trừ các vùng gần tâm chấn, thành phần thẳng đứng không lớn hơn so với thành phần nằm ngang. Ngoài ra,

TCVN 11820-2:2017

dựa trên các nghiên cứu và kinh nghiệm đã có, hệ số động đất nằm ngang trong 7.4 Hệ số động đất thiết kế được xác định mà có xem xét đến ảnh hưởng của chuyển động động đất thẳng đứng. Do đó, việc sử dụng hệ số động đất nằm ngang là đủ để xác định tải trọng động đất trong thiết kế các công trình cảng thông thường.

7.4. Hệ số động đất thiết kế

1) Hệ số động đất thiết kế được tính toán theo đỉnh gia tốc nền tham chiếu a_{gR} trên nền loại A (nền đá gốc) được lấy từ bản đồ phân vùng gia tốc nền lãnh thổ Việt Nam hoặc được lấy từ bản đồ phân vùng nhỏ động đất của một số vùng lãnh thổ được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt.

CHÚ THÍCH: Theo giá trị gia tốc nền thiết kế $a_g = \gamma_I \times a_{gR}$, chia thành ba trường hợp động đất:

- Động đất mạnh $a_g \geq 0,08g$, phải tính toán và cấu tạo kháng chấn;
- Động đất yếu $0,04g \leq a_g < 0,08g$, chỉ cần áp dụng các giải pháp kháng chấn đã được giảm nhẹ;
- Động đất rất yếu $a_g < 0,04g$, không cần thiết kế kháng chấn.

2) Hệ số động đất là hệ số động đất nằm ngang xác định bởi công thức dưới đây. Giá trị của hệ số phải được biểu thị bằng một con số hai chữ số bằng cách làm tròn nếu số thứ ba là năm hoặc hơn hoặc bỏ đi nếu nó nhỏ hơn năm.

Hệ số động đất (k_h) = hệ số động đất vùng (k_{h1}) \times hệ số điều kiện của đất (γ_s) \times hệ số tầm quan trọng (γ_I)

Hệ số động đất vùng được tính toán theo công thức (156):

$$k_{h1} = a_{gR} / g \quad (156)$$

trong đó:

a_{gR} là đỉnh gia tốc nền;

g là gia tốc trọng trường.

Bảng 27 - Hệ số điều kiện đất

Loại đất gốc	Loại A	Loại B	Loại C
Hệ số điều kiện đất	0,8	1,0	1,2

Bảng 28 - Phân loại đất

Loại đất	Tầng sỏi	Đất cát thường và đất dính	Đất yếu
Chiều dày của tầng kỹ đệ từ 5 m hoặc ít hơn	Loại A	Loại A	Loại B
Nhiều hơn 5 m và ít hơn 25 m	Loại A	Loại B	Loại C
25 m hoặc lớn hơn	Loại B	Loại B	Loại C

CHÚ THÍCH: Trong các bảng trên "đất yếu" là đất cát với giá trị N của thử nghiệm SPT nhỏ hơn 4 hoặc đất dính với cường độ nén nở hông tự do nhỏ hơn 20 kN/m^2 . Khi đất nền gồm hai hoặc nhiều lớp, loại đất phải xác định theo lớp nào có chiều

dày lớn nhất. Nếu đất nền gồm có hai hoặc nhiều lớp có chiều dày hầu như bằng nhau, loại đất phải xác định theo lớp đất nào có giá trị hệ số điều kiện đất lớn nhất trong các lớp đó.

Bảng 29 - Hệ số tầm quan trọng

Loại kết cấu	Đặc trưng kết cấu	Hệ số tầm quan trọng
Loại đặc biệt	Công trình thuộc có tầm quan trọng đặc biệt không cho phép hư hỏng do động đất	Thiết kế với gia tốc lớn nhất có thể xảy ra.
Loại I	Công trình có tầm quan trọng sống còn với việc bảo vệ công đồng, chức năng không được gián đoạn trong quá trình xảy ra động đất	1,25
Loại II	Công trình có tầm quan trọng trong việc ngăn ngừa hậu quả động đất, nếu bị sụp đổ gây tổn thất lớn về người và tài sản	1,00
Loại III	Công trình không thuộc loại đặc biệt, loại I, II, IV.	0,75
Loại IV	Công trình có tầm quan trọng thứ yếu đối với an toàn sinh mạng con người	Không yêu cầu tính toán kháng chấn

3) Khi trong phương pháp hệ số động đất có yêu cầu xem xét việc sử dụng hệ số động đất thẳng đứng, hệ số động đất thẳng đứng phải được xác định thích đáng bằng cách xem xét các đặc trưng kết cấu, các tính chất đất v.v...

4) Các trường hợp chung của các công trình bên cảng

a) Các hệ số để xác định các hệ số động đất tính toán của kết cấu bao gồm tính chất động đất vùng, các điều kiện đất, các tính chất động lực của kết cấu, và tầm quan trọng của kết cấu. Tuy nhiên, phản ứng động lực của kết cấu không cần xét đến trong thiết kế, vì phần lớn công trình cảng có chu kỳ tự nhiên tương đối ngắn cũng như hệ số tắt dần lớn. Nói chung, phản ứng động lực của kết cấu được bỏ qua và việc thiết kế động đất được tiến hành dựa trên phương pháp cho trong 7.3. **Phương pháp hệ số động đất**, sử dụng hệ số động đất tính toán trên đây.

b) Trong trường hợp có thể xác định hệ số động đất chính xác bằng cách điều tra nghiên cứu các yếu tố như tính chất động đất vùng, các đặc trưng chuyển động của đất, và sự khuếch đại chuyển động của đất do phản ứng của đất, giá trị này có thể sử dụng làm hệ số động đất tính toán. Ví dụ khi một phân tích phản ứng động lực của đất được tiến hành với một chuyển động động đất đầu vào dựa trên dữ liệu động đất hoặc các ghi chép các chuyển động mạnh tại địa điểm xây dựng, hoặc khi tiến hành một phân tích phản ứng động đất của các kết cấu để xem xét phản ứng động lực của chúng đối với chuyển động động đất, có thể xác định hệ số động đất tính toán dựa trên kết quả của các phân tích này.

c) Hệ số tầm quan trọng của kết cấu là một giá trị không thể áp dụng nhất loạt như nhau tùy thuộc vào việc sử dụng, loại hoặc kích cỡ của kết cấu, mà phải xác định bằng cách xem xét thích đáng các đặc trưng xã hội và kinh tế của công trình cùng với việc xem xét các hạng mục sau:

1. Sức kháng chấn cần có đối với chức năng tương ứng của công trình.
2. Mức độ hư hại khi công trình bị động đất tần công, khó khăn trong việc khôi phục công trình bị hư hại, và cường độ kết cấu lại của công trình sau khi bị hư hại.
3. Khả năng bốc xếp hàng hoá của công trình sau khi bị hư hại.

d) Khi tính tải trọng động đất trong **7.3 Phương pháp hệ số động đất**, hệ số động đất tính toán phải nhân với trọng lượng thực không trừ lực đẩy nổi. Tuy nhiên, trong tính áp lực đất, phải dùng hệ số động đất biểu kiến, vì trọng lượng đơn vị chìm trong nước có xét đến lực đẩy nổi được dùng trong trường hợp này.

8 Tính toán áp lực đất

Chỉ dẫn tính toán áp lực đất được trình bày tại TCVN "Phần 4-1: Nền móng".

Để tính toán áp lực đất cần xét đến:

- a) Hoạt tải trên bề mặt cần được xác định theo điều **13. Trọng lượng bản thân và tải trọng tác động**.
- b) Các mực nước cần cho thiết kế lấy theo điều **5.3 Thủy triều và mực nước biển**.
- c) Áp lực nước lỗ rỗng cần được xác định có xét đến biên độ triều, tính thấm của đất, các thiết bị thoát nước của đất và điều kiện của nước ngầm có áp và không có áp.
- d) Cần xét đến sự giảm áp lực đất bị động do nạo vét vượt quá hoặc do xói.

9 Sự hóa lỏng của đất

Khi dự báo và đánh giá là sẽ xảy ra hiện tượng hóa lỏng của nền do chuyển động của động đất, cần phải thực hiện các biện pháp chống hóa lỏng để bảo vệ mặt đất, có tính đến những tác động của hóa lỏng đến các kết cấu và các tình trạng của các công trình có liên quan ở xung quanh.

Những phương pháp nêu trong **Phụ lục K** là những nghiên cứu đối với hiện tượng hóa lỏng nền đất do chuyển động của động đất.

10 Lún nền đất

10.1 Ảnh hưởng của lún đất nền được đánh giá bằng phương pháp phù hợp dựa trên các điều kiện của đất nền có xem xét đến kết cấu của các công trình, tải trọng tác động và các tình trạng của các công trình có liên quan ở xung quanh.

10.2 Lún của nền đất

10.2.1 Lún của nền đất bao gồm lún tức thời, lún cố kết, lún không đều, chuyển dịch ngang...Ảnh hưởng của lún nền đất được đánh giá dựa trên điều kiện nền bằng các phương pháp phù hợp và xem xét cẩn thận về kết cấu công trình có liên quan, chất tải và các tác động do chuyển động đất nền.

Nội dung đánh giá lún của nền đất có thể tham khảo trong TCVN "Phần 4-1: Nền móng".

11 Tàu

11.1 Các kích thước chính của tàu thiết kế

11.1.1 Kích thước của tàu thiết kế (sau đây chỉ những con tàu được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho quá trình thiết kế công trình liên quan theo các tiêu chuẩn kỹ thuật) sẽ được xác định theo các phương pháp được đưa ra sau đây:

- 1) Trong trường hợp tàu thiết kế đã được xác định, sẽ sử dụng các kích thước của tàu đó.
- 2) Trong trường hợp không thể xác định được tàu thiết kế, các kích thước phải được thiết lập hợp lý dựa trên phân tích thống kê các kích thước của tàu đang hoạt động.

11.1.2 Tàu thiết kế là tàu có trọng tải tổng cộng lớn nhất trong số các tàu dự kiến sử dụng trong công trình cảng đang xem xét. Theo đó, trường hợp tàu thiết kế đã xác định được thì sử dụng các kích thước chính của tàu đó.

11.1.3 Trong trường hợp tàu thiết kế không được xác định trước, như các công trình cảng công cộng, các giá trị tiêu chuẩn về tải trọng, tổng chiều dài, chiều dài tàu giữa hai trụ đường thẳng góc, bề rộng tàu và môn nước đầy tải theo các loại tàu trong Phụ lục L có thể được sử dụng cho thiết kế.

11.2 Các tác động do tàu

11.2.1 Tổng quan

1) Cập tàu

a) Những tác động do cập tàu vào công trình neo đậu được xác định bằng cách sử dụng các phương pháp thích hợp, có xét đến kích thước của tàu thiết kế, phương pháp cập bến, tốc độ cập bến, kết cấu của các công trình neo đậu, ...

b) Những tác động do cập tàu vào các công trình neo đậu bao gồm những tác động do tàu cập bến. Việc thiết kế các công trình neo đậu, nói chung, phải xét đến các lực cập bến của tàu.

c) Lực cập bến của tàu vào các công trình neo đậu nói chung có thể được tính toán dựa trên năng lượng cập tàu bằng cách sử dụng các giá trị đặc trưng chuyển vị-phục hồi của hệ thống đệm tàu.

d) Khi thiết kế lựa chọn hệ thống đệm tàu, lực cập bến của tàu là những lực chính. Các loại tàu thiết kế, vận tốc cập bến, phương pháp cập bến... có tác động đáng kể đến lực cập bến, và do đó việc thiết kế phải nghiên cứu kỹ các điều kiện của tàu thiết kế.

e) Nói chung, các tác động do tàu ít được chú ý trong quá trình thiết kế các công trình neo tàu. Tuy nhiên, trong quá trình thiết kế các bến ngoài khơi để neo đậu tàu chở dầu lớn, tàu chở quặng lớn và công trình neo đậu để tàu trú ẩn, cầu tàu được thiết kế theo các tác động địa chấn nhỏ, tác động do tàu gây ra cần được chú ý trong quá trình thiết kế kết cấu.

2) Các chuyển động của Tàu

a) Những tác động do tàu neo vào các công trình neo đậu phải được xác định bằng cách sử dụng các phương pháp thích hợp, có xét đến các kích thước của tàu thiết kế, kết cấu của các công trình neo đậu, phương pháp neo đậu, các đặc điểm của thiết bị neo, và các ảnh hưởng của gió, sóng và dòng nước ... tác động lên tàu thiết kế.

b) Những tác động do tàu neo vào các công trình neo đậu bao gồm những tác động do các chuyển động của tàu. Nói chung, việc thiết kế các công trình neo đậu phải xét đến các lực xung kích và lực kéo tác động lên các công trình neo đậu do chuyển động của tàu được neo gây ra. Các chuyển động được tạo ra do tác động của lực sóng, lực gió, và lực dòng chảy lên tàu. Trong trường hợp các công trình neo đậu xây dựng hướng ra biển và chịu tác động các sóng chu kỳ dài, hoặc được xây dựng ở vùng biển hờ hoặc cảng nổi như bến ngoài khơi hoặc được xây dựng cho tàu trú ẩn thì lực sóng có tác động lớn lên tàu được neo. Những tác động này phải được xem xét kỹ.

c) Thông thường các lực xung kích và lực kéo do các chuyển động của tàu được neo đậu gây ra có thể được xác định bằng cách mô phỏng chuyển động dựa trên các lực sóng, lực gió, lực dòng chảy, và các đặc điểm của thiết bị neo tàu.

d) Việc thiết kế hệ thống va tàu phải xem xét không chỉ các lực cập bến mà cả các lực xung kích gây ra bởi các chuyển động của tàu được neo. Khi thiết kế các cọc neo, các lực kéo do chuyển động của các tàu được neo đậu tạo ra bởi lực gió là rất lớn. Các lực xung kích gây ra bởi các chuyển động của tàu được neo bị ảnh hưởng lớn bởi loại tàu thiết kế, tính chất sóng, đặc trưng chuyển vị-phục hồi của hệ thống đệm va..., và áp lực gió bị tác động lớn bởi các loại tàu thiết kế, do đó khi thiết kế phải nghiên cứu kỹ các điều kiện của tàu thiết kế, đặc tính sóng, kết cấu của tường bến, đặc điểm của các công trình neo đậu.

Các tác động do tàu lên công trình bến, tính toán hệ đệm tàu và hệ neo tàu chi tiết trong **Phần 5: Công trình bến**.

11.2.2 Các tác động do tàu cập bến

1) Năng lượng cập tàu

a) Những tác động do tàu cập bến thường được tính toán là năng lượng cập tàu. Năng lượng cập tàu có thể được tính phụ thuộc vào khối lượng của tàu, vận tốc cập bến, hệ số lệch tâm, hệ số khối lượng thủy động, hệ số độ mềm, và hệ số hình dạng bến như sau:

$$E_f = \left(\frac{M_s V^2}{2} \right) C_e C_m C_s C_c \quad (157)$$

trong đó

- E_r là năng lượng cập tàu (kNm);
- M_s là khối lượng của tàu (t);
- V là vận tốc cập bến (m/s);
- C_m là hệ số khối lượng thủy động;
- C_e là hệ số lệch tâm;
- C_s là hệ số độ mềm ;
- C_c là hệ số hình dạng bến.

b) Ngoài ra còn có phương pháp ước tính năng lượng cập tàu như: phương pháp thống kê, phương pháp thử nghiệm mô hình thủy lực, và phương pháp mô hình động lực chất lỏng cứng như phương pháp động năng. Tuy nhiên, với các phương pháp này, dữ liệu cần thiết cho việc thiết kế thường không đầy đủ. Vì vậy thường sử dụng phương pháp động năng.

c) Nếu giả định một con tàu khi cập bến chỉ chuyển động theo phương ngang tàu, động năng E_s (kNm) bằng $(M_s V^2)/2$. Tuy nhiên, khi tàu cập vào trụ va, tường bến hoặc một cầu tàu có trang bị đệm va, năng lượng bị các đệm va hấp thụ (nghĩa là năng lượng cập tàu E_r của tàu) sẽ là $E_s \cdot f$ có xét đến các nhân tố ảnh hưởng khác nhau, $f = C_m C_e C_s C_c$.

2) Khối lượng tàu (M_s)

Khối lượng của tàu (M_s) trong tính toán năng lượng cập tàu lấy bằng lượng dẫn nước (DT) khi đầy tải của tàu. Công thức (151) chỉ ra mối quan hệ giữa các giá trị đặc trưng lượng dẫn nước khi đầy tải (DT) và trọng tải tàu (DWT) hoặc tổng trọng tải tàu (GT). Các đại lượng trên tính toán như các công thức hồi quy chiếm 75% tổng các số liệu thống kê lượng dẫn nước khi đầy tải (DT) có xét đến trọng tải tàu (DWT) hoặc tổng trọng tải tàu (GT), sử dụng các công thức hồi quy và độ lệch chuẩn thể hiện trong **Bảng L.4** - Các công thức hồi quy đối với trọng tải tàu (DWT) hoặc Tổng trọng tải (GT) và Lượng dẫn nước (DT) trong **Phụ lục L**. Các mối quan hệ này được áp dụng trong phạm vi trọng tải thể hiện trong **Bảng L.1** của **Phụ lục L**.

Tàu bách hóa	DT= 1,174 DWT	
Tàu container	DT= 1,385 DWT	
Tàu chở dầu	DT= 1,235 DWT	
Tàu cho xe lên xuống được (RoRo)	DT= 1,022 GT	
Tàu chuyên chở ô tô (PCC)	DT= 0,751 GT	(158)
Tàu chở LPG	DT= 1,400 GT	
Tàu chở LNG	DT= 1,118 GT	
Tàu chở khách	DT= 0,573 GT	

TCVN 11820-2:2017

Phà đường ngắn đến trung bình (cự ly dưới 300 km) DT= 1,279 GT

Phà đường dài (cự ly từ 300 km trở lên) DT= 1,240 GT

Trong đó:

DT: trọng tải dẫn nước khi đầy tải của tàu (t)

GT: tổng trọng tải của tàu (GT)

DWT: trọng tải hàng trên tàu (DWT)

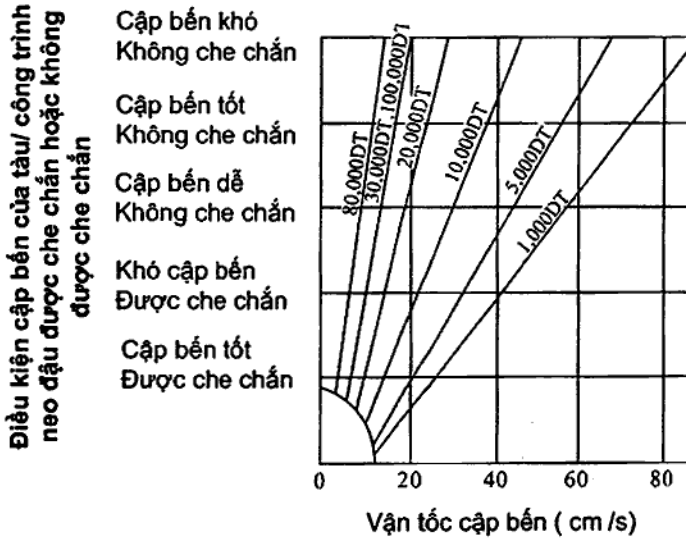
3) Vận tốc cập bến

a) Vận tốc cập bến của một tàu phải xác định dựa trên sự đo đạc thực tế hoặc hoặc tham khảo số liệu đotrước đó, có xét đến loại tàu thiết kế, mức độ chất tải của tàu, vị trí và kết cấu của công trình neo đậu, các điều kiện thời tiết và hải dương học, có hoặc không có tàu lai dắt và kích thước của tàu.

b) Đối với tàu hàng lớn và tàu dầu lớn cập bến, ta thấy các tàu này tạm thời dừng lại và nằm song song với tường bến với một khoảng cách nhất định. Sau đó, chúng được tàu lai dắt đẩy nhẹ cho đến khi tiếp xúc với tường bến. Khi có gió mạnh thổi vào bến, các tàu này có thể tự cập vào bến trong khi bị các tàu lai dắt kéo ra. Khi cập bến bằng phương pháp này, thông thường vận tốc cập bến có thể lấy bằng $10 \div 15$ cm/s dựa theo các thiết kế trước đó.

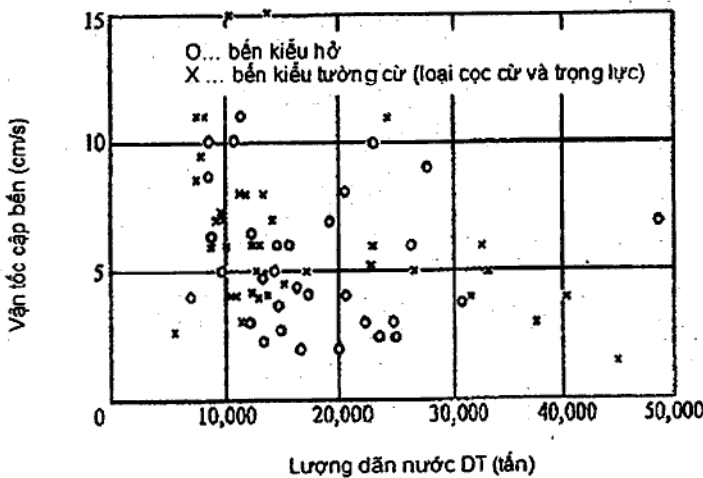
c) Đối với tàu đặc biệt như phà, tàu cho xe lên xuống (Ro-Ro), và các tàu hàng cỡ nhỏ tự cập bến mà không cần đến tàu lai dắt, tàu có cầu dốc ở mũi hoặc đuôi có thể cập vuông góc với bến. Trong các trường hợp này, có thể cập bến bằng phương pháp khác. Khi đó cầnChú ý xác định vận tốc cập bến dựa vào kết quả đo thực tế có xét đến phương pháp cập bến.

d) **Hình 64** cho thấy quan hệ giữa điều kiện cập bến của tàu và vận tốc cập bến theo kích cỡ tàu. Quan hệ này được thiết lập dựa trên dữ liệu thực nghiệm thu thập được. Hình này cho thấy kích cỡ tàu càng lớn thì vận tốc cập bến càng nhỏ và vận tốc cập bến phải lấy cao nếu công trình neo đậu không có đề chắn sóng bảo vệ.

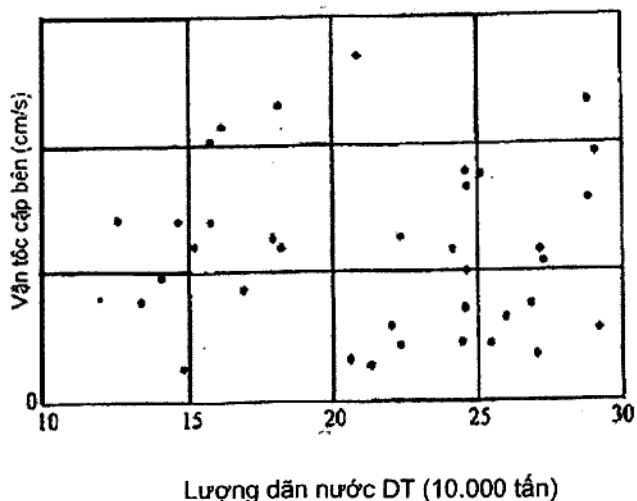


Hình 64 - Mối quan hệ giữa điều kiện cập bến và vận tốc cập bến theo kích cỡ tàu

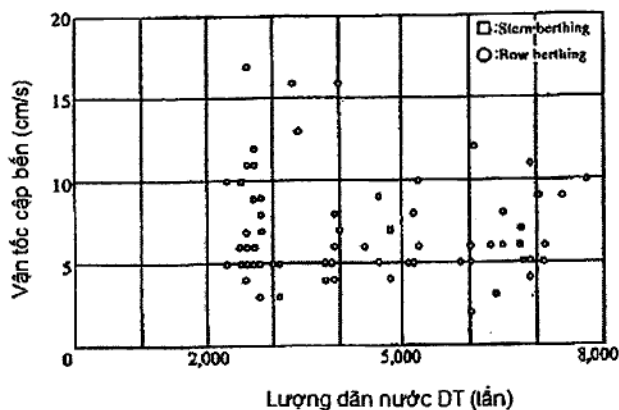
e) Theo các kết quả khảo sát về vận tốc cập bến, vận tốc cập bến thường nhỏ hơn 10 cm/s đối với các tàu hàng bách hoá, nhưng có một số ít trường hợp vượt trên 10 cm/s (xem Hình 65). Vận tốc cập bến đối với tàu dầu lớn khi cập bến ngoài khơi thường không vượt quá 10 cm/s (xem Hình 66). Đối với các phà tự cập bến, thường cập bến với vận tốc nhỏ hơn 10 cm/s, tuy nhiên, có số ít trường hợp vận tốc cập bến trên 15 cm/s, khi đó phải cẩn thận khi thiết kế các bến phà (xem Hình 67). Từ các kết quả khảo sát nói trên, mức độ chất tải của tàu ảnh hưởng đáng kể đến vận tốc cập bến. Nói cách khác, nếu một tàu đầy tải, có nghĩa là khoảng trống dưới sống tàu nhỏ, khi đó vận tốc cập bến có xu hướng hạ thấp, trong khi nếu tàu chở nhẹ, có nghĩa là khoảng trống dưới sống tàu lớn, khi đó vận tốc cập bến có xu hướng cao hơn.



Hình 65 - Vận tốc cập bến và lượng dẫn nước đối với tàu hàng bách hoá



Hình 66 - Vận tốc cập bến và lượng dẫn nước đối với tàu chở dầu lớn

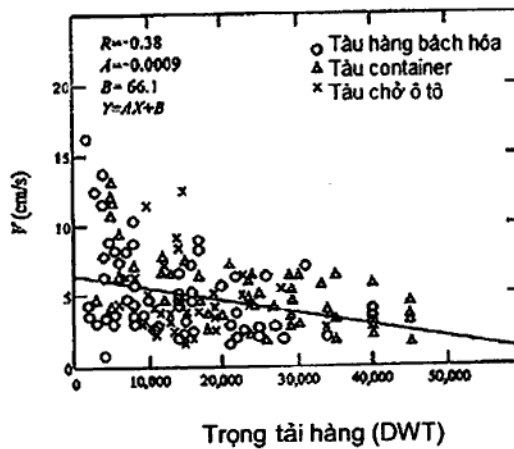


Hình 67 - Vận tốc cập bến và lượng dẫn nước nước đối với phà cập dọc bến

Theo khảo sát của Moriya, vận tốc cập bến trung bình đối với tàu hàng bách hóa, tàu container, và tàu chuyên dụng chở xe ô tô được liệt kê trong **Bảng 30**. Mối quan hệ giữa trọng tải tàu và vận tốc cập bến được cho trong **Hình 68**. Khảo sát này cũng cho thấy tàu càng lớn, vận tốc cập bến có xu hướng càng thấp. Vận tốc cập bến cao nhất quan sát được là khoảng 15 cm/s đối với tàu dưới 10.000 DWT và khoảng 10 cm/s đối với tàu 10.000 DWT hoặc lớn hơn.

Bảng 30 - Trọng tải tàu và vận tốc cập bến trung bình

Trọng tải (DWT)	Vận tốc cập bến (cm/s)			
	Tàu chở hàng bách hóa	Tàu Container	Tàu chuyên chở ô tô	Tất cả các tàu
Cấp 1.000	8,1	-	-	8,1
Cấp 5.000	6,7	7,8	-	7,2
Cấp 10.000	5,0	7,2	4,6	5,3
Cấp 15.000	4,5	4,9	4,7	4,6
Cấp 30.000	3,9	4,1	4,4	4,1
Cấp 50.000	3,5	3,4	-	3,4
Tất cả các tàu	5,2	5,0	4,6	5,0

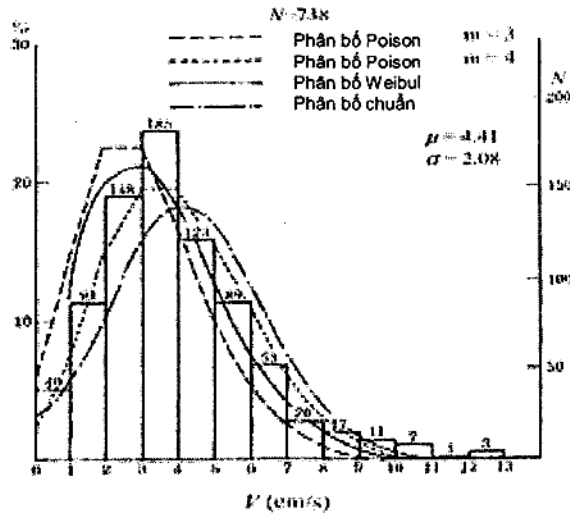


Hình 68 - Mối quan hệ giữa trọng tải tàu và vận tốc cập bến

f) Hình 69 cho thấy sự phân bố tần suất của vận tốc cập bến có được từ các ghi chép đo đạc thực tế ở các bến ngoài khơi cho các tàu dầu lớn khoảng 200.000 DWT sử dụng. Có thể thấy vận tốc cập bến cao nhất đo được là 13 cm/s. Nếu các số liệu được giả định theo sự phân bố Weibull, khi đó xác suất vận tốc cập bến dưới 13 cm/s sẽ là 99,6%. μ trung bình là 4,41 cm/s và độ lệch chuẩn s là 2,08 cm/s. Việc áp dụng sự phân bố Weibull cho ta hàm mật độ xác suất $f(V)$ biểu thị trong công thức (159):

$$f(V) = \frac{V}{0.8} \exp(-V^{1.25}) \quad (159)$$

Từ công thức này, xác suất của vận tốc cập bến vượt quá 14,5 cm/s sẽ là 1/1000. Các bến ngoài khơi tại đó có đo đạc vận tốc cập bến đã có vận tốc cập bến tính toán bằng 15 cm/s hoặc 20 cm/s.



Hình 69 - Sự phân bố tần suất của vận tốc cập bến

g) Các tàu nhỏ như tàu hàng cỡ nhỏ, tàu đánh cá tự cập bến không cần tàu lai dắt. Do đó, vận tốc cập bến thường cao hơn các tàu lớn và một số trường hợp vận tốc cập bến vượt quá 30 cm/s. Vì vậy đối với các tàu nhỏ, cần xác định kỹ vận tốc cập bến dựa trên các giá trị đo đạc thực tế.

h) Trong trường hợp tàu cập bến không dùng phương pháp cập bến thận trọng như mô tả trong (1), hoặc trong trường hợp tàu cỡ nhỏ hoặc trung bình cập bến trong khi chịu tác động của dòng chảy, cần xác định vận tốc cập bến dựa trên các số liệu đo đạc thực tế, có xét đến vận tốc trôi giạt của tàu do dòng chảy gây ra.

i) Một số nghiên cứu đã đề xuất công thức hồi quy vận tốc cập bến của tàu theo trọng tải tàu. Do các loại tàu và tải trọng được áp dụng cho công thức hồi quy vận tốc cập bến còn hạn chế, nên kết quả của nghiên cứu trên được sử dụng thận trọng.

j) Khi thiết kế công trình neo đậu cho tàu đánh cá sử dụng, nên tiến hành việc thiết kế dựa trên tiêu chuẩn tính toán công trình cảng và dựa trên tình trạng sử dụng thực tế.

4) Hệ số khối lượng thủy động

Hệ số khối lượng thủy động được tính toán từ các công thức sau đây:

$$C_m = 1 + \frac{\pi d}{2C_b B} \tag{160}$$

$$C_b = \frac{\nabla}{L_{pp} B d} \tag{161}$$

trong đó:

- C_b là hệ số khối;
- ∇ là thể tích dẫn nước của tàu (m^3);
- L_{pp} là chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc (m);
- B là bề rộng tàu (m);

d là mớn nước đầy tải (m).

Công thức tính toán này yêu cầu phải sử dụng chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L_{pp} , bề rộng của tàu B , và mớn nước đầy tải d của tàu thiết kế. Trong các trường hợp tàu thiết kế thuộc loại tiêu chuẩn có thể sử dụng giá trị trong Bảng I.1 Giá trị tiêu chuẩn đối với kích thước chính của tàu thiết kế.

a) Khi tàu cập bến, tàu có khối lượng M_s và khối lượng nước xung quanh tàu (có khối lượng M_w), cả hai đều giảm tốc. Theo đó, lực quán tính tương ứng với khối lượng nước sẽ cộng với lực quán tính của tàu. Hệ số khối lượng thủy động do đó được xác định bằng công thức (162).

$$C_m = \frac{M_s + M_w}{M_s} \quad (162)$$

trong đó:

C_m là hệ số khối lượng thủy động;

M_s là khối lượng của tàu (t);

M_w là khối lượng nước xung quanh tàu (khối lượng nước cuốn theo) (t).

Phương trình (160) do Ueda đề xuất dựa trên các kết quả thí nghiệm mô hình và đo đạc thực tế. Số hạng thứ hai trong phương trình (160) tương ứng với M_w/M_s trong phương trình (162).

Thể tích dẫn nước của tàu ∇ được xác định bằng cách chia lượng dẫn nước (DT) cho khối lượng riêng nước biển ($1,03 \text{ T/m}^3$)

5) Hệ số lệch tâm

a) Hệ số lệch tâm được tính toán theo công thức sau đây:

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \quad (163)$$

trong đó:

l là khoảng cách từ điểm mà tàu chạm vào công trình neo đậu tới trọng tâm của tàu đó dọc theo đường mặt của công trình neo đậu (m)

r là bán kính quay xung quanh trục thẳng đứng đi qua trọng tâm của tàu (m)

b) Trong quá trình cập bến, tàu không nằm hoàn toàn dọc theo tuyến bến. Điều này có nghĩa rằng khi tàu tiếp xúc với các hệ thống đệm va, nó bắt đầu chòng chành và quay. Quá trình này làm tiêu hao một phần động năng của tàu. Năng lượng bị tiêu hao khi tàu chòng chành rất nhỏ, dường như không đáng kể so với khi tàu quay nên có thể bỏ qua. Do đó, công thức (163) chỉ xét đến lượng năng lượng bị tiêu hao khi tàu quay.

c) r/L_{pp} là một hàm số của hệ số khối C_b của tàu và có thể đạt được từ Hình 70. Ngoài ra, có thể tính gần đúng theo công thức (164). Bán kính quay r liên quan đến L_{pp} là một hàm số của hệ số khối C_b của

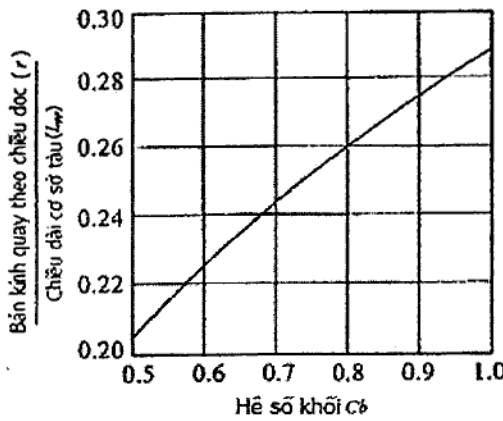
tàu và có thể có được từ **Hình 70**. Một cách khác, có thể sử dụng phép tính gần đúng tuyến tính cho trong công thức:

$$r = (0,19 C_b + 0,11) L_{pp} \tag{164}$$

trong đó:

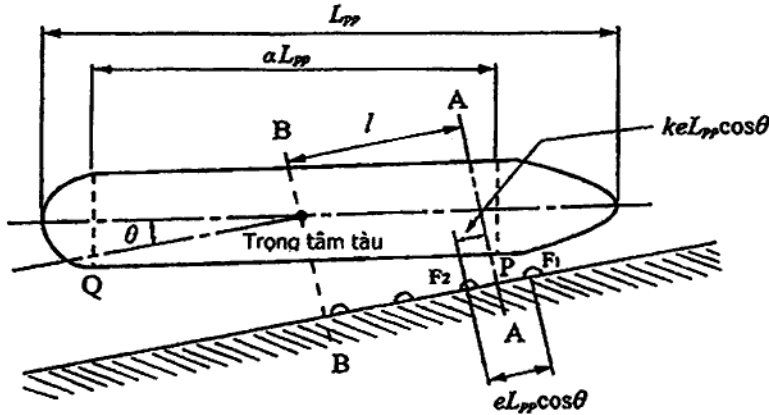
- r là bán kính quay; liên quan đến mô men quán tính I_z xung quanh trục thẳng đứng của tàu theo công thức $I_z = M_s r^2$
- C_b là hệ số khối;
- L_{pp} là chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc(m).

Công thức tính toán này yêu cầu phải sử dụng chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L_{pp} của tàu thiết kế. Trong các trường hợp tàu thiết kế thuộc loại tiêu chuẩn có thể sử dụng các giá trị trong **Bảng L.1**
Giá trị tiêu chuẩn các kích thước chính của tàu thiết kế



Hình 70 - Mối quan hệ giữa bán kính quay theo chiều dọc và hệ số khối

d) Theo như **Hình 71**, khi tàu tiếp xúc với đệm và F_1 và F_2 là điểm gần tường bên nhất tại điểm P, khoảng cách l từ điểm tiếp xúc đến trọng tâm của tàu được đo song song với công trình neo đậu được cho trong công thức (165) hoặc (166); l được lấy là L_1 khi $k > 0,5$ và L_2 khi $k < 0,5$. Khi $k = 0,5$, l được lấy theo L_1, L_2 tùy theo khoảng cách nào cho giá trị C_b cao hơn trong công thức (163).



Hình 71 - Mô tả sơ lược về tàu cập bến

$$L_2 = 0,5\alpha + e(1-k)L_{pp} \cos\theta \quad (165)$$

$$L_2 = (0,5\alpha - ek)L_{pp} \cos\theta \quad (166)$$

Trong đó:

L_1 : khoảng cách từ điểm tiếp xúc đến trọng tâm của tàu được đo song song với công trình neo đậu khi tàu chạm vào đê và F_1 (m)

L_2 : khoảng cách từ điểm tiếp xúc đến trọng tâm của tàu được đo song song với công trình neo đậu khi tàu chạm vào đê và F_2 (m)

θ : góc cập bến (giá trị của θ tùy thuộc vào điều kiện thiết kế; nó thường được lấy trong khoảng từ $0-10^\circ$)

e : tỷ số của khoảng cách giữa các đê va, đo theo chiều dọc tàu so với chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc

α : tỉ số của chiều dài cạnh song song của tàu tại cao độ của điểm tiếp xúc với đê va so với chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc, tỉ số này thay đổi tùy theo các yếu tố như loại tàu và hệ số khối v.v...nhưng thường nằm trong phạm vi $1/3 - 1/2$

k : tham số đại diện cho vị trí tương đối của điểm mà tàu tới gần công trình neo đậu nhất giữa các đê va F_1 và F_2 ; k biến thiên $0 < k < 1$, nhưng thường lấy $k = 0,5$.

6) Hệ số độ mềm

Hệ số độ mềm C_s là tỷ lệ giữa năng lượng cập tàu còn lại sau khi năng lượng bị hấp thụ do vỏ tàu bị biến dạng so với năng lượng cập tàu ban đầu. Thông thường, Hệ số độ mềm C_s có thể được lấy là $C_s = 1,0$ với giả định rằng không có tiêu hao năng lượng do sự biến dạng của thân tàu.

7) Hệ số hình dạng của bến

Khi một tàu cập bến, lượng nước nằm giữa tàu và công trình neo đậu không thoát ra được và tác động như có một cái đê đặt ở khoảng cách đó. Do đó, năng lượng mà đê va phải hấp thụ sẽ giảm đi. Ảnh hưởng này được xét đến khi xác định hệ số hình thể C_c của bến. Ảnh hưởng này phụ thuộc vào

các vấn đề như góc cập bến, hình dạng vỏ tàu, khoảng trống dưới sống tàu, và tốc độ cập bến, nhưng việc nghiên cứu này chưa nhiều. Thông thường, Hệ số hình thể của bến C_c có thể được lấy là $C_c = 1,0$.

11.2.3 Tác động do tàu chuyển động

1) Chuyển động của tàu bị neo

a) Tác động do các chuyển động của tàu bị neo đậu gây ra được tính bằng mô phỏng số các chuyển động của tàu, với lực do sóng tác động lên tàu, lực do gió, lực do dòng chảy gây ra.

b) Các tàu neo đậu tại các công trình neo đậu nằm ngoài biển hở hoặc gần các lối vào cảng, hoặc tại các công trình neo đậu được dự đoán có sóng chu kỳ dài, cũng như với các tàu neo đậu trong khi có bão, có khả năng bị dịch chuyển bởi ảnh hưởng của các tải trọng do sóng, gió, dòng chảy.... Trong một vài trường hợp, động năng do các chuyển động đó tạo ra có thể vượt quá năng lượng cập tàu. Trong các trường hợp đó, cần quan tâm đầy đủ đến lực kéo và lực xung kích do các chuyển động của tàu gây ra khi thiết kế các bích neo và đệm va.

c) Theo nguyên tắc chung, các chuyển động của một tàu neo đậu phải được phân tích qua mô phỏng số, có xét đến sự thay đổi ngẫu nhiên của các tải trọng và tính phi tuyến của đặc trưng tải trọng - biến dạng của hệ thống neo. Tuy nhiên, khi không thể thực hiện được mô phỏng số các chuyển động của tàu, hoặc khi tàu được neo buộc ở một hệ thống được xem là đối xứng nhiều hay ít hơn, ta có thể có được sự dịch chuyển của một tải trọng nào đó lên hệ thống neo bằng cách phân tích đáp tuyến tần số đối với các sóng ổn định hoặc bằng cách tham khảo các kết quả tính toán chuyển động lên một vật nổi neo ở một hệ thống có các đặc trưng tải trọng - biến dạng có tính chất song tuyến.

d) Tổng lực sóng tác động lên thân tàu được phân tích bằng cách chia nó thành lực sóng kích thích do các sóng đi tới và lực bức xạ (toả ra) được gây ra khi tàu chuyển động. Lực sóng kích thích do các sóng đi tới là lực sóng tính cho trường hợp các chuyển động của tàu bị kim hãm. Lực cản sóng là lực sóng tác dụng lên tàu khi tàu thực hiện một chuyển động biên độ đơn vị đối với mỗi phương thức chuyển động. Lực cản sóng có thể kết hợp hai yếu tố, thứ nhất là tỷ lệ thuận với sự tăng tốc của tàu và thứ hai là tỷ lệ thuận với tốc độ. Yếu tố thứ nhất có thể là khối lượng tăng thêm khi nó được chia cho gia tốc, còn yếu tố thứ hai có thể đại diện là một hệ số tắt dần khi nó được chia cho vận tốc. Ngoài ra, lực phi tuyến động lực đó là tỷ lệ thuận với bình phương chiều cao sóng tác động lên tàu, xem điều **Các tác động lên vật nổi và sự chuyển động của nó của phần 5.4 Sóng**

e) Với các tàu có hệ số khối bằng 0,7 ~ 0,8 như các tàu dầu, thân tàu có thể được đại diện bởi một hình trục ellip, cho phép đánh giá gần đúng lực do sóng.

f) Với các tàu hình hộp như tàu thi công, tính lực sóng bằng cách xem tàu như một vật nổi có tiết diện ngang chữ nhật hoặc vật nổi hình trục chữ nhật.

2) Lực sóng tác động lên tàu

a) Lực sóng tác động lên tàu thả neo phải được tính bằng phương pháp thích hợp, có xét đến loại tàu và các thông số của sóng.

b) Lực sóng tác động lên tàu thả neo được tính bằng cách sử dụng các phương pháp phân tích thích hợp chẳng hạn như phương pháp dải, phương pháp phân phối nguồn, phương pháp phần tử giới hạn, hoặc phương pháp phần tử hữu hạn, phương pháp phổ biến nhất được sử dụng đối với tàu là phương pháp dải.

c) Lực sóng theo phương pháp dải

- Lực sóng của sóng đều tác động lên thân tàu

Lực sóng tác động lên tàu được tính bằng cách cộng các lực Froude-Kriloff và lực nhiễu xạ.

- Lực Froude-Kriloff

Lực Froude-Kriloff là lực được tạo ra từ tổng hợp áp lực của các sóng tiến vào xung quanh chu vi thân tàu. Nó được tính bằng cách cộng lực của sóng tới và lực sóng phản xạ từ tường bên.

- Lực nhiễu xạ

Lực nhiễu xạ tác động lên một tàu là lực được sinh ra do sự thay đổi trường áp lực khi các sóng đi tới bị thân tàu phân tán. Để ước tính, sự thay đổi trong áp lực có thể thay thế bởi lực bức xạ (sóng cản khi tàu chuyển động với một vận tốc nào đó trong một chất lỏng yên lặng) với trường hợp thân tàu chuyển động so với chất lỏng. Trong trường hợp này, giả định rằng vận tốc của tàu bằng với vận tốc của mặt cắt ngang với thân tàu so với các phần tử nước trong các sóng tới. Vận tốc này gọi là "Vận tốc tương đối tương đương"

- Tổng Lực tác động lên thân tàu

Tổng các lực sóng tác động lên thân tàu có được tính bằng cách tổng hợp lực Froude-Kriloff và lực nhiễu xạ tác động lên một mặt cắt ngang thân tàu theo phương dọc từ $x = -L_{pp}/2$ tới $x = L_{pp}/2$

d) Lực sóng theo lý thuyết nhiễu xạ

Trong trường hợp tàu rất lớn, nghĩa là, nó có hệ số khối C_b từ 0,7 đến 0,8, không có kết cấu phản xạ ví dụ tường bên đằng sau tàu, và các chuyển động của tàu được xem là rất nhỏ, tàu có thể được đại diện bởi một hình trụ elíp và lực sóng có thể tính theo công thức dựa trên lý thuyết nhiễu xạ.

3) Lực do gió tác động lên tàu

a) Lực gió tác động lên tàu bị neo buộc phải được xác định bằng một công thức tính toán thích hợp

b) Phải xác định lực gió tác động lên tàu bị neo khi xem xét sự dao động tạm thời của vận tốc gió và các đặc trưng của các hệ số cản, điều này phụ thuộc vào hình dạng mặt cắt ngang của tàu.

c) Tải trọng gió tác động lên tàu được xác định từ các công thức (167) đến (169), sử dụng các hệ số cản C_x và C_y trong các phương X và Y và hệ số mômen áp lực C_M ở phần giữa tàu.

$$R_x = \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_r C_x \quad (167)$$

$$R_Y = \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_L C_Y \quad (168)$$

$$R_M = \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_L L_{pp} C_M \quad (169)$$

Trong đó:

C_x : Hệ số cản của gió theo hướng X (hướng mũi tàu)

C_y : Hệ số cản của gió theo hướng Y (hướng mạn tàu)

C_M : Hệ số mô men áp lực gió xung quanh phần giữa tàu

R_x : Thành phần lực gió theo hướng X (kN)

R_y : Thành phần lực gió theo hướng Y (kN)

R_M : Mô men lực gió xung quanh phần giữa tàu (kNm)

ρ_a : Khối lượng riêng không khí, có thể được lấy là $\rho_a = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ (t/m}^3\text{)}$

U: Vận tốc gió (m/s)

A_T : Diện tích hình chiếu mặt trước trên mặt nước (m²)

A_L : Diện tích hình chiếu mặt bên trên mặt nước (m²)

L_{pp} : Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc (m)

d) Phải xác định các hệ số lực gió C_x , C_y và C_M thông qua các thử nghiệm đường ống gió hoặc thử nghiệm bể nước đối với tàu thiết kế. Vì các thí nghiệm đó đòi hỏi thời gian và chi phí, có thể chấp nhận cho sử dụng các công thức tính toán đối với các hệ số lực gió dựa trên các thử nghiệm đường ống gió hoặc thử nghiệm bể nước đã được tiến hành trước đó.

e) Vận tốc gió tối đa, vận tốc gió trung bình trong 10 min, có thể được sử dụng làm vận tốc gió U.

f) Vì vận tốc gió thay đổi cả theo thời gian và không gian, vận tốc gió có thể được xem như dao động trong khi phân tích các chuyển động của tàu neo. Davenport và Hino đã kiến nghị phổ tần số cho các dao động theo thời gian của vận tốc gió. Phổ tần số do Davenport và Hino kiến nghị được cho bởi các công thức (170) và (171).

$$\left. \begin{aligned} fS_u(f) &= 4K_r U_{10}^2 \frac{X^2}{(1+X^2)^{4/3}} \\ X &= 1200f/U_{10} \end{aligned} \right\} \quad (170)$$

$$\left. \begin{aligned} S_u(f) &= 2,856 \frac{K_r U_{10}^2}{\beta} \left\{ 1 + \left(\frac{f}{\beta} \right)^2 \right\}^{-5/6} \\ \beta &= 1,169 \times 10^{-3} \left(\frac{U_{10} \alpha}{\sqrt{K_r}} \right) \left(\frac{z}{10} \right)^{2m\alpha-1} \end{aligned} \right\} \quad (171)$$

Trong đó:

$S_u(f)$: Phổ tần số của vận tốc gió (m²/s)

U_{10} : Vận tốc gió trung bình ở độ cao tiêu chuẩn 10 m (m^2/s)

K_r : Hệ số ma sát bề mặt được xác định với vận tốc gió ở độ cao tiêu chuẩn; trên mặt biển, lấy $K_r = 0,003$ là thích hợp.

α : Hệ số mũ khi vận tốc gió phân phối theo chiều dọc được thể hiện theo luật dạng lũy thừa $[U \propto (Z/10)^\alpha]$

z : Độ cao trên mặt đất hoặc mặt nước (m)

m : Hệ số hiệu chỉnh liên quan đến sự ổn định của khí quyển; m được lấy bằng 2 trong trường hợp có bão.

4) Lực dòng chảy tác động lên tàu

a) Áp lực dòng chảy do các dòng thủy triều tác động lên tàu được xác định bằng một công thức tính toán thích hợp.

b) Áp lực dòng chảy do các dòng chảy đập vào mũi tàu

Áp lực dòng chảy tác động lên tàu do các dòng chảy đập vào mũi tàu có thể tính theo công thức (172).

$$R_f = 0,0014SV^2 \quad (172)$$

trong đó

R_f : Lực dòng chảy (kN)

S : Diện tích bề mặt ngập nước (m^2)

V : Vận tốc dòng chảy (m/s)

c) Áp lực dòng chảy do các dòng chảy đập vào cạnh tàu

Áp lực dòng chảy do các dòng chảy đập vào cạnh tàu có thể tính theo công thức (173).

$$R = 0,5\rho_0 CV^2 B \quad (173)$$

trong đó:

R : Lực dòng chảy (kN)

ρ_0 : Khối lượng riêng nước biển (t/m^3)

C : Hệ số áp lực dòng chảy

V : Vận tốc dòng chảy (m/s)

B : Diện tích hình chiếu mặt bên dưới nước của tàu (m^2)

d) Áp lực dòng chảy bao gồm lực cản ma sát và lực cản áp lực. Các dòng chảy từ mũi và mạn tàu chủ yếu tạo ra các lực cản ma sát và lực cản áp lực, nhưng hai lực cản này không thể được phân biệt một cách rõ ràng. Công thức (172) là một công thức đơn giản thay thế $\rho_0 = 1,025 t/m^3$, $t = 15^\circ C$, và $\rho_0 = 0,14$ vào công thức (174) được gọi là công thức Froude.

k trong công thức đề cập đến giá trị chỉ số

$$R_f = \rho_o g \lambda \{1 + 0,0043(15-t)\} S V^{1,825} \quad (174)$$

trong đó

R_f : Áp lực dòng chảy (kN)

$\rho_o g$: Dung trọng của nước biển (kN/m³)

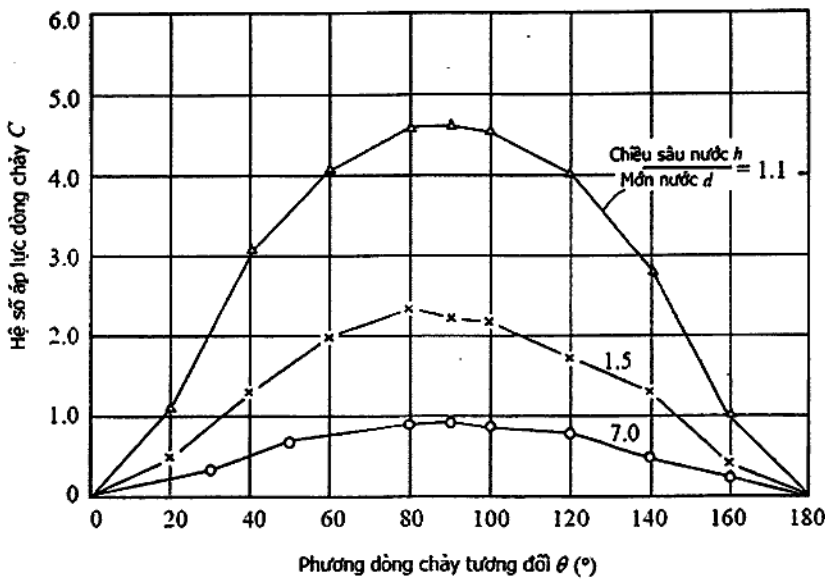
t: Nhiệt độ (°C)

S: Diện tích bề mặt ngập nước (m²)

V: Vận tốc dòng chảy (m/s)

λ : Hệ số, có thể lấy là $\lambda = 0,14741$ đối với tàu dài 30m và $\lambda = 0,13783$ đối với tàu dài 250m.

e) Hệ số áp lực dòng chảy C trong công thức (173) thay đổi tùy theo phương của dòng chảy liên quan θ ; có thể sử dụng các giá trị lấy theo Hình 72 với mục đích tham khảo.



Hình 72 - Hệ số áp lực dòng chảy C

5) Đặc trưng tải trọng – biến dạng của hệ thống neo tàu

a) Khi tiến hành phân tích chuyển động của một tàu bị neo, các đặc trưng tải trọng – biến dạng của hệ thống neo (dây neo, đệm va v.v...) phải được làm mô hình một cách thích hợp.

b) Các đặc trưng tải trọng – biến dạng của một hệ thống neo (dây neo, đệm va v.v...) thường là phi tuyến. Hơn nữa, đối với các đặc trưng của đệm va, chúng có thể cho thấy hiện tượng trễ, vì vậy nên làm mô hình các đặc trưng đó một cách thích hợp trước khi tiến hành phân tích chuyển động của một tàu neo đậu.

11.2.4 Các tác động do lực kéo của tàu

- 1) Các giá trị trong **Bảng 31** được sử dụng để chỉ các giá trị tiêu chuẩn của lực kéo do tàu neo vào các trụ neo và bích neo.
- 2) Trong trường hợp một trụ neo, giả định rằng lực kéo quy định trong (1) tác động nằm ngang, đồng thời có lực kéo bằng một nửa lực đó tác động hướng lên trên.
- 3) Trong trường hợp một bích neo, giả định rằng lực kéo quy định trong (1) tác động lên tất cả mọi phương.

Bảng 31 - Các giá trị tiêu chuẩn lực kéo của tàu

Tổng trọng tải của tàu GT (t)	Lực kéo tác động lên trụ neo (kN)	Lực kéo tác động lên bích neo (kN)
$200 < GT \leq 500$	150	150
$500 < GT \leq 1.000$	250	250
$1.000 < GT \leq 2.000$	350	250
$2.000 < GT \leq 3.000$	350	350
$3.000 < GT \leq 5.000$	500	350
$5.000 < GT \leq 10.000$	700	500
$10.000 < GT \leq 20.000$	1.000	700
$20.000 < GT \leq 50.000$	1.500	1.000
$50.000 < GT \leq 100.000$	2.000	1.000

- 4) Trụ neo được đặt ở xa mép nước, hoặc ở trên hoặc ở gần công trình neo đậu, gần hai đầu của một bến, chúng có thể được sử dụng để neo tàu khi có bão. Mặt khác, bích neo được đặt gần mép nước của các công trình neo tàu để có thể neo tàu, cập tàu hoặc cho tàu rời bến trong các điều kiện bình thường.
- 5) Về cách bố trí và tên của các dây neo để neo tàu, có thể tham khảo **Phần 5: Công trình bến**
- 6) Về cách bố trí và kết cấu của trụ neo và bích neo, xem **Phần 5: Công trình bến**
- 7) Nên tính lực kéo tác động lên một trụ neo và bích neo dựa trên cường độ đứt của dây neo khi tàu bị neo buộc, các điều kiện khí tượng và hải dương học tại vị trí công trình neo tàu, và kích thước của tàu và nếu cần thiết, cũng xem xét cả lực do tàu cập bến áp lực gió lên tàu khi bị neo, và lực do các chuyển động của tàu. Ngoài ra, cũng có thể xác định lực kéo tác động lên một trụ neo và một bích neo theo (8) – (12) dưới đây.

- 8) Trong trường hợp tổng trọng tải của tàu vượt quá 5.000 tấn và không xảy ra trường hợp có quá một dây neo được buộc vào một bích neo mà bích neo này được dùng cho các dây buộc tàu ở giữa các công trình neo tàu mà bến của tàu đã được ấn định, lực kéo tác động lên một bích neo có thể lấy bằng một nửa giá trị ghi trong **Bảng 31**.
- 9) Lực kéo của tàu có tổng trọng tải dưới 200 tấn hoặc hơn 100.000 tấn, nghĩa là các tàu không được đưa ra trong **Bảng 31**, cần xác định lực kéo đối với các công trình neo đậu trong điều kiện thời tiết khác nghiệt và lực kéo đối với các công trình neo đậu tại biển hở có các điều kiện hải dương học khác nghiệt, có xét đến các điều kiện khí tượng và hải dương học và kết cấu các công trình neo đậu bằng ghi chép kết quả đo đạc lực kéo...
- 10) Lực kéo tác động lên một trụ neo đã được xác định dựa trên áp lực gió tác động lên tàu sao cho một tàu chất tải nhẹ cũng có thể được neo an toàn ngay cả khi vận tốc gió là 25 – 30 m/s, với giả định là trụ neo được đặt ở vị trí cách xa đường mép nước của bến một khoảng bằng chiều rộng của tàu và các dây ở mũi tàu được kéo theo một phương 45° so với trục dọc của tàu. Lực kéo có được như vậy tương ứng với cường độ đứt của một tới hai dây neo. Với một tàu nhỏ có tổng trọng tải tới 1.000 tấn, trụ neo có thể chịu được lực kéo khi vận tốc gió lên tới 35m/s.
- 11) Lực kéo tác động lên một bích neo được xác định dựa trên áp lực tác động lên một tàu sao cho ngay một tàu chất tải nhẹ cũng có thể được neo chỉ dùng các bích neo với vận tốc gió lên tới 15 m/s, với giả định rằng dây neo ở mũi và đuôi tàu được kéo theo một phương ít nhất là 25° so với trục tàu. Lực kéo có được khi đó tương ứng với cường độ đứt của một dây neo đối với một tàu có tổng trọng tải lên tới 5.000 tấn.
- 12) Khi xác định lực kéo từ một tàu nhỏ trọng tải bị không quá 200 tấn, nên xem xét đến loại tàu, vị trí cập tàu, kết cấu của công trình neo.... Trong khi thiết kế các trụ neo và bích neo cho tàu có trọng tải bị không quá 200 tấn, sẽ là chuẩn xác khi lấy lực kéo tác động lên một trụ neo bằng 150 kN và lực kéo tác động lên một bích neo là 50 kN.
- 13) Khi tính lực kéo trong trường hợp các tàu như phà, tàu container, hoặc tàu khách, phải thận trọng khi sử dụng **Bảng 31** vì diện tích nhận áp lực gió của các tàu đó lớn.

12 Tác động của môi trường

12.1 Những yếu tố của môi trường tác động đến công trình cảng

Công trình cảng chịu tác động trực tiếp của các yếu tố của môi trường sau:

- 1) Biến đổi Khí hậu
- 2) Nước biển dâng
- 3) Xâm thực mặn
- 4) Thủy triều
- 5) Sóng và sóng thần

- 6) Bão và gió bão
- 7) Động đất, thiên tai
- 8) Và một số các yếu tố khác

12.2 Các tác động của môi trường đến công trình cảng

- 1) Ăn mòn kết cấu
- 2) Làm hư hại công trình
- 3) Giảm tuổi thọ công trình
- 4) Phá hủy kết cấu công trình

12.3 Đánh giá các tác động của công trình cảng đến môi trường

- 1) Các tác động đến môi trường được đánh giá bằng các phương pháp có xét đến tuổi thọ hoạt động của công trình theo thiết kế, như các đặc tính vật liệu - các điều kiện môi trường tại khu vực xây dựng - các phương pháp bảo trì và các điều kiện liên quan khác đối với công trình.
- 2) Dự án đầu tư xây dựng công trình Cảng phải được đánh giá tác động đến môi trường của công trình theo các quy định của Luật Môi trường .

13 Trọng lượng bản thân và tải trọng khai thác

13.1 Tổng quan

- Trọng lượng bản thân được xác định dựa trên tổng trọng lượng vật liệu của công trình.
- Tải trọng khai thác được xác định xét đến các điều kiện sử dụng của công trình và các điều kiện khai thác công trình.
- Khi thiết kế công trình Cảng, trọng lượng bản thân và tải trọng khai thác được sử dụng phù hợp để đưa vào dữ liệu thiết kế.

13.2 Định nghĩa trọng lượng bản thân và tải trọng khai thác

- Trọng lượng bản thân: trọng lượng của kết cấu công trình.
- Tải trọng khai thác: trọng lượng tác động lên kết cấu công trình. Tải trọng khai thác được chia thành tải tĩnh và hoạt tải.

1) Tĩnh tải

Những tải trọng như hàng hóa và hàng rời chất đồng trên mặt bến và trong các kho chứa.

2) Hoạt tải

Các tải trọng sau đây được gọi là hoạt tải khi thiết kế công trình cảng

- Tải trọng tàu hỏa trong cảng
- Tải trọng các phương tiện hoạt động trên bến cảng
- Tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng hóa

- Các tải trọng tác động trên bề mặt bến cảng

Xác định trọng lượng bản thân và tải trọng khai thác sử dụng trong thiết kế công trình Cảng biển dựa trên tình hợp lý loại tải trọng tác động lên công trình và các điều kiện đặt tải của các tải trọng đó. Đặc biệt, trọng lượng bản thân và tải trọng khai thác có ảnh hưởng lớn tới việc kiểm tra phá hoại trượt cung tròn bến cảng và các công trình bảo vệ bờ. Vì vậy, nên Chú ý khi xác định dạng và độ lớn của trọng lượng bản thân và tải trọng khai thác.

13.3 Trọng lượng bản thân

Khi thiết kế công trình cảng áp dụng các tiêu chuẩn kỹ thuật, cần xác định hợp lý trọng lượng bản thân dựa trên trọng lượng đơn vị của vật liệu.

Là các giá trị đặc trưng của trọng lượng đơn vị được sử dụng để tính trọng lượng bản thân, các giá trị trong **Bảng 32** thường được sử dụng. Tuy nhiên, trong các trường hợp trọng lượng đơn vị có thể được xác định bằng cách khảo sát sơ bộ hoặc bằng các cách khác thì các giá trị trong **Bảng 32** không phải luôn luôn được áp dụng.

Trọng lượng đơn vị của đá, cát, sỏi và cuội phụ thuộc vào chất lượng của đá, trong khi đó trọng lượng đơn vị của các vật liệu khác ngoại trừ kim loại như thép và nhôm thay đổi tùy vào trường hợp cụ thể. Khi sử dụng các vật liệu này cần xác định giá trị đặc trưng trọng lượng đơn vị.

Bảng 32- Giá trị đặc trưng trọng lượng đơn vị của vật liệu

STT	Vật liệu	Giá trị đặc trưng trọng lượng đơn vị (kN/m ³)
1	Thép và thép đúc	77,0
2	Gang	71,0
3	Nhôm	27,5
4	Bê tông cốt thép	24,0
5	Bê tông không cốt thép	22,6
6	Gỗ	7,8
7	Bê tông atphan	22,6
8	Đá (granit)	26,0
9	Đá (sa thạch)	25,0
10	Cát, sỏi và cuội (khô)	16,0
11	Cát, sỏi và cuội (ướt)	18,0
12	Cát, sỏi và cuội (bão hoà)	20,0

13.4 Tải trọng khai thác

Tải trọng khai thác nói ở đây à các loại tải trọng như tải tĩnh, tải trọng tàu hỏa chờ hàng trong Cảng, tải trọng các phương tiện vận chuyển hàng hóa, tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng hóa và hoạt tải tác dụng lên lớp mặt đường.

Phải xác định hợp lý giá trị đặc trưng của gia tải dựa trên việc xem xét các điều kiện sử dụng các công trình cảng, chẳng hạn như loại, khối lượng hàng hóa bốc dỡ và các phương pháp bốc dỡ hàng hóa.

13.4.1 Tĩnh tải

13.4.1.1 Tĩnh tải trong điều kiện bình thường

- 1) Khi xác định các giá trị đặc trưng của tải tĩnh trong điều kiện bình thường, cần xem xét đầy đủ các yếu tố ví dụ loại hàng được bốc dỡ, loại bao bì đóng gói hàng, khối lượng hàng hóa, phương thức bốc dỡ hàng hóa, và thời gian bốc hàng.
- 2) Trong quá trình thiết kế, một giá trị trung bình đối với mỗi phần trên mặt bến, kho để hàng, hoặc một nhà kho được sử dụng như là tải tĩnh. Tuy nhiên, khi xác định chất lượng vật liệu của kết cấu, tải tĩnh của chính nó thường được sử dụng. Tải tĩnh tác động lên mặt bến có ảnh hưởng lớn đến việc xác minh tính ổn định của các công trình neo đậu, vì vậy cần xem xét riêng tải tĩnh này với các tải tĩnh khác tác động lên các công trình như kho để hàng hoặc nhà kho.
- 3) Trong trường hợp bến cảng sử dụng cho mục đích chung, thường sử dụng các giá trị từ khoảng 1,0 đến 3,0 T/m². Đối với các bến bốc dỡ hàng hóa nặng như container và thép, nên xác định giá trị của tải tĩnh dựa trên việc nghiên cứu các điều kiện sử dụng.
- 4) Giá trị đặc trưng của trọng lượng đơn vị đối với hàng rời đã thu được dựa trên việc điều tra các điều kiện thực tế trước đây, được liệt kê trong bảng 33 như sau:

Bảng 33 – Giá trị đặc trưng của các trọng lượng đơn vị đối với hàng rời

Loại hàng	Giá trị đặc trưng của trọng lượng đơn vị (kN/m ³)
Than Cốc	0,5
Than cục	0,9
Than cám	0,8
Quặng sắt	2,0+2,9
Ximăng	1,5
Cát, sỏi và cuội	1,9

13.4.1.2 Tĩnh tải trong động đất

- 1) Xác định các giá trị đặc trưng của tải tĩnh trong động đất dưới các điều kiện biến đổi và ngẫu nhiên bằng cách dự đoán thích hợp xem một tải tĩnh có tồn tại hay không khi động đất xảy ra. Giả định rằng độ lớn của tải tĩnh trong động đất thiết kế được xác định theo khái niệm xác suất.
- 2) Tĩnh tải trong quá trình xảy ra động đất đối với kho chứa hàng quá cảnh, nhà kho, bãi chứa ngoài trời, các bãi chứa hàng có thể được xác định theo loại hình sử dụng. Mặt khác, đối với các công trình như mặt bãi bến cảng được sử dụng như các công trình bốc dỡ hàng là nơi hàng chỉ được đặt tạm thời, tải tĩnh sẽ thay đổi rất nhiều tùy thuộc vào việc hoạt động bốc hàng hóa có được tiến hành hay không. Vì vậy, khi sử dụng tĩnh tải trong quá trình xảy ra động đất, nên giả định các giá trị trung bình của tải tĩnh như là giá trị đặc trưng và nhân giá trị này với hệ số thành phần bằng 0,5.

13.4.1.3 Tải trọng phân bố không đều

- 1) Khi kiểm tra tính năng toàn bộ kết cấu, tải trọng phân bố không đều có thể được chuyển thành một tải trọng đồng đều trên diện tích mặt bến, kho hàng quá cảnh hoặc nhà kho. Tuy nhiên, nếu có một tải trọng tập trung lớn tác động lên kết cấu, thì cần coi nó như tải tập trung.
- 2) Thông thường các vật liệu như hàng hóa rất ít được chất đều trên toàn bộ khu vực. Tuy nhiên, có thể lấy ví dụ như khi thép được đặt trên ổ bệ gỗ, có thể giả định rằng trọng tải của nó là một tải trọng phân bố dạng đường thẳng. Trong trường hợp này nên giả định rằng trọng tải là một tải trọng tập trung, ví dụ như tải trọng phân bố dạng đường thẳng hoặc tải trọng điểm.
- 3) Khi xem xét một khu vực cụ thể, mặc dù giá trị trung bình của tải trọng phân bố không đều có thể giảm trong phạm vi giá trị tải trọng đồng đều bị thay thế, nhưng cần xem xét trường hợp tải trọng không đều tác động như tải trọng tập trung. Ví dụ, trong trường hợp bến tường cừ, có thể sẽ nguy hiểm nếu tải trọng tập trung tác động lên phía sau tường bến. Tương tự với trường hợp cầu tàu, nếu tải trọng tập trung tác động ở tâm, thì cầu cảng có thể bị gãy. Cần xem xét các trường hợp có thể xảy ra như trên khi xác định tải tĩnh.

13.4.2 Hoạt tải

13.4.2.1 Tải trọng tàu hỏa trong cảng

Tải trọng tàu hỏa phải được đặt sao cho gây ra tác động lớn nhất đối với các kết cấu hoặc cấu kiện của chúng bằng cách xem xét trọng lượng tĩnh của xe, trọng lượng có tải, và cách bố trí trục của tàu hoặc ô tô thường được sử dụng cho các đoạn đường mục tiêu. Bằng cách đó, tải trọng tàu hỏa sẽ tác động như một, bộ đẩy đủ bao gồm các tải trọng liên tiếp nhau mà không chia lẻ thành hai hoặc nhiều bộ lẻ.

13.4.2.2 Tải trọng phương tiện vận chuyển

Tải trọng phương tiện vận chuyển hàng hóa được xác định phù hợp với tải trọng được đưa ra trong Tiêu chuẩn kỹ thuật về cầu đường bộ.

Tham khảo Phụ lục N. Tải trọng phương tiện thiết bị khai thác.

13.4.2.3 Tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng

Tải trọng của thiết bị bốc dỡ hàng được chia thành 3 loại: thiết bị di động, trên ray và cố định, và các tác động tương ứng được xem xét như sau:

+ Đối với giá trị đặc trưng của tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng di động: có thể sử dụng tổng trọng lượng bản thân, trọng lượng bánh xe lớn nhất, tải trọng lớn nhất của chân chống cần cầu, hoặc tải trọng do áp lực tiếp đất lớn nhất của bánh xích thiết bị bốc dỡ hàng di động.

+ Đối với giá trị đặc trưng của tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng trên ray: có thể sử dụng tổng trọng lượng bản thân hoặc tải trọng bánh xe lớn nhất có xét tới khoảng cách bánh xe và số bánh xe.

+ Đối với giá trị đặc trưng của tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng cố định có thể sử dụng tải trọng nâng cần lớn nhất.

Kích thước thiết bị bốc dỡ hàng có xu hướng tiếp tục tăng, do đó nên xây dựng hợp lý điều kiện thiết kế sau khi đã nghiên cứu kỹ về kích cỡ thiết bị bốc dỡ hàng hóa có thể được sử dụng trong các công trình mục tiêu.

13.4.2.4 Tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng di động

Tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng di động gồm cần cầu bánh lốp, cầu bánh xích, thiết bị bốc dỡ hàng hóa container (gồm có xe chở container, cầu chuyển hàng, thiết bị nâng), thiết bị bốc hàng.

Tham khảo Phụ lục N. Tải trọng phương tiện thiết bị khai thác.

13.4.2.5 Tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng gắn trên ray

Tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng gắn trên ray gồm cần cầu container, thiết bị dỡ hàng khí nén, cần trục kiểu đu bánh xích kép. Trong trường hợp thiết bị bốc dỡ hàng lớn như cầu giàn và thiết bị dỡ quặng, cần xem xét hợp lý các yếu tố, ví dụ như tác động giật rần, tải trọng gió, tải trọng tác động lên trong suốt quá trình bốc dỡ hàng.

Tham khảo Phụ lục N. Tải trọng phương tiện thiết bị khai thác.

13.4.2.6 Tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng cố định

Tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng cố định gồm cần trục quay cố định và thiết bị dỡ hàng khí nén cố định.

13.4.2.7 Hoạt tải tác dụng lên lớp mặt

Thông thường, giá trị đặc trưng của hoạt tải tác dụng lên lớp mặt có thể bằng 5kN/m^2 . Tuy nhiên nên thiết lập giá trị này cho phù hợp với các loại công trình đặc biệt bằng cách xem xét điều kiện sử dụng các công trình.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Lực do áp lực gió lên kết cấu công trình

Áp lực gió tác động lên các kết cấu như cầu đường bộ và đường trên cao có thể xác định theo Các tiêu chuẩn kỹ thuật đối với cầu đường bộ. Trong đó lực do áp lực gió tác động lên cầu được xác định bằng cách xem xét hợp lý các điều kiện về đất, vị trí, địa hình của công trình cầu, các đặc điểm kết cấu của cầu và hình dạng mặt cắt ngang.

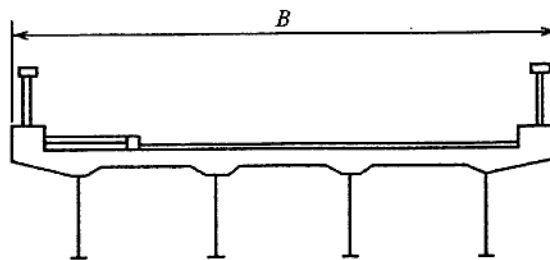
A.1 Dầm thép

Lực do áp lực gió tác động lên dầm thép được đưa ra trong **Bảng A.1** là giá trị trên một m chiều dài theo phương dọc cầu đối với một nhịp cầu.

Bảng A.1 - Lực do áp lực gió đối với các dầm thép (kN/m)

14 Hình dạng mặt cắt ngang	Áp lực gió
$1 \leq B/D < 8$	15 $\{4,0 - 0,2(B/D)\}D \geq 6,0$
16 $8 \leq B/D$	17 $2,4D \geq 6,0$

Trong đó: B = tổng chiều rộng của cầu (m) (xem Hình A.1); D = tổng chiều cao của cầu (m) (xem Bảng A.2)



Hình A.1 - Kích thước B

Bảng A.2 - Kích thước D

Hàng rào bảo vệ cầu	Hàng rào bảo vệ loại cứng dạng tường	Hàng rào bảo vệ loại cứng không phải dạng tường
Kích thước D		

A.2 Giàn kép

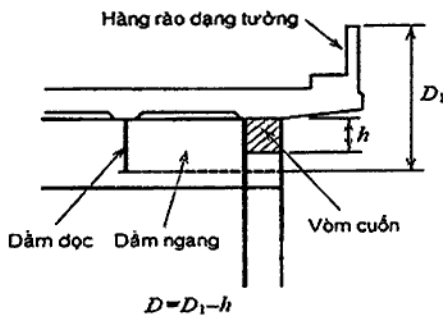
Lực do áp lực gió tác động lên giàn kép có giá trị như trong **Bảng A.3**, trên mỗi m^2 diện tích được chiếu có hiệu vuông góc theo hướng gió. Với một giàn kép chuẩn, có thể sử dụng lực do áp lực gió trong **Bảng A.4** trên mỗi m chiều dài của kết cấu hình vòm phía đón gió theo hướng trục cầu.

Bảng A.3 - Lực do áp lực gió lên giàn kép chính (kN/m^2)

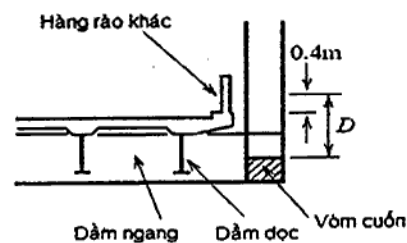
Giàn	Khi có hoạt tải	$1,25 \cdot \sqrt{f}$
	Khi không có hoạt tải	$2,5 \cdot \sqrt{f}$
Móng cầu	Khi có hoạt tải	1,5
	Khi không có hoạt tải	3,0
$0,1 \leq \phi \leq 0,6$		
Trong đó, ϕ = tỉ lệ chiếm diện tích của giàn (tỷ lệ diện tích được chiếu của giàn so với diện tích bao phủ của giàn)		

Bảng A.4 - Lực do áp lực gió tác động lên giàn kép chính tiêu chuẩn (kN/m)

Kết cấu vòm		Áp lực gió
Kết cấu vòm có tải	Khi có hoạt tải	$1.5+1.5D+1.25\sqrt{\lambda h} \geq 6.0$
	Khi không có hoạt tải	$3.0D+2.5\sqrt{\lambda h} \geq 6.0$
Kết cấu vòm không tải	Khi có hoạt tải	$1.25\sqrt{\lambda h} \geq 3.0$
	Khi không có hoạt tải	$2.5\sqrt{\lambda h} \geq 3.0$
$7 \leq \lambda / h \leq 40$		
Trong đó, D : tổng chiều cao của mặt cầu (m) (không tính chiều cao của phần chông lên phần vòm nhìn thấy được từ phương nằm ngang vuông góc với trục chính của cầu)		
h : chiều cao của phần vòm (m),		
λ : chiều cao giàn chính (m) tính từ tâm phần vòm cuốn dưới tới tâm của phần vòm cuốn trên.		



a) Dàn cầu có đường xe chạy trên



b) Dàn cầu có đường xe chạy dưới

Hình A.2 - Kích thước của D đối với dàn kép chính

A.3 Các loại dầm khác

Tùy theo dạng dầm có thể áp dụng (a) hoặc (b) để nhận được lực do áp lực gió trên các loại dầm cầu khác. Lực do áp lực gió tác động lên các bộ phận của dầm không được miêu tả ở hình (a) và (b) là giá trị đã cho trong **Bảng A.5** tùy theo hình dạng mặt cắt ngang. Khi có hoạt tải, lực do áp lực gió lấy bằng 1,5kN/m đối với hoạt tải ở vị trí 1,5 m tính từ bề mặt trên của cầu.

Bảng A.5 - Lực do áp lực gió tác động lên các bộ phận của cầu khác với các dầm thép và giàn kếp chính (kN/m²)

Hình dạng mặt cắt ngang của các bộ phận dầm cầu		Lực do áp lực gió	
		Bộ phận dầm cầu phía đầu gió	Bộ phận dầm cầu phía khuất gió
Hình tròn	Khi có hoạt tải	0,75	0,75
	Khi không có hoạt tải	1,5	1,5
Hình đa giác	Khi có hoạt tải	1,5	0,75
	Khi không có hoạt tải	3,0	1,5

A.4 Các dầm song song

Khi các dầm thép song song với nhau, cần điều chỉnh hợp lý lực do áp lực gió được thể hiện trong **bảng A.1** bằng cách xem xét ảnh hưởng của nó.

A.5 Áp lực gió lên phần kết cấu bên dưới

Lực do áp lực gió tác động trực tiếp lên phần dưới của kết cấu được tính là tải trọng nằm ngang có thể vuông góc hoặc song song với phương trục cầu. Giá định áp lực gió không tác động đồng thời theo cả hai hướng. Độ lớn của lực do áp lực gió là giá trị được ghi trong **Bảng A.6** đối với diện tích được chiếu đứng có hiệu tác động theo hướng gió.

Bảng A.6 - Lực do áp lực gió tác động lên phần dưới của kết cấu (kN/m²)

Hình dạng mặt cắt ngang của thân cầu		Áp lực gió
Hình tròn hoặc hình elip	Khi có hoạt tải	0,75
	Khi không có hoạt tải	1,5
Hình đa giác	Khi có hoạt tải	1,5
	Khi không có hoạt tải	3,0

Phụ lục B

(Tham khảo)

Một số vấn đề về mực nước thủy triều**B.1 Các định nghĩa mực nước thường dùng trong thiết kế của tiêu chuẩn nước ngoài****a) Mực nước biển trung bình (MSL)**

Chiều cao trung bình của mực nước biển trong một giai đoạn nhất định được gọi là mực nước biển trung bình của giai đoạn đó. Trong ứng dụng thực tế, mực nước biển trung bình được xác định là trung bình của mực nước biển quan trắc được trong vòng 03 năm.

b) Cao độ hải đồ (CDL)

Là mực nước chuẩn được xác định bằng cách lấy bằng mực nước biển thấp nhất trung bình nhiều năm. Được sử dụng như cao độ 0 Hải Đồ.

c) Mực nước trung bình cao nhất hàng tháng (HWL)

Mực nước trung bình cao nhất hàng tháng, xác định cho một tháng cụ thể, là mực nước cao nhất trong thời gian từ 2 ngày trước đến 4 ngày sau ngày sóc vọng (trăng non và trăng tròn).

d) Mực nước trung bình thấp nhất hàng tháng (LWL)

Mực nước trung bình thấp nhất hàng tháng, xác định cho một tháng cụ thể, là mực nước thấp nhất trong thời gian từ 2 ngày trước đến 4 ngày sau ngày sóc vọng.

e) Mực nước cao trung bình (MHWL)

Là giá trị trung bình của toàn bộ các mực nước cao, bao gồm cả thủy triều lên và thủy triều xuống.

f) Mực nước thấp trung bình (MLWL)

Là giá trị trung bình của toàn bộ các mực nước thấp, bao gồm cả thủy triều lên và thủy triều xuống.

g) Mực nước gần như cao nhất (NHHWL)

Là mức nước thu được bằng cách cộng mực nước biển trung bình với tổng các biên độ của bốn thành phần chính của thủy triều (M_2 , S_2 , K_1 , và O_1).

h) Mực nước cao của thủy triều lên thông thường (HWOST)

Là mức nước thu được bằng cách cộng mực nước biển trung bình với một nửa tổng biên độ của thành phần M_2 và S_2 . Chiều cao của HWOST đo từ cao độ không hải đồ được gọi là mức tăng do triều lên.

i) Mực nước thấp của thủy triều lên thông thường (LWOST)

Là mức nước thu được bằng cách lấy mực nước biển trung bình trừ đi một nửa tổng biên độ của thành phần M_2 và S_2 .

Có bốn thành phần chính của thủy triều có tên lần lượt là M_2 (thành phần chính chu kỳ bán nhật triều, chu kỳ = 12,421 h), S_2 (thành phần chính chu kỳ bán nhật triều, chu kỳ = 12,00 h), K_1 (thành phần chính chu kỳ nhật triều, chu kỳ = 23,934 h), và O_1 (thành phần chính chu kỳ bán nhật triều, chu kỳ = 25,819 h).

B.2 Nước dâng do bão

1) Định nghĩa

Bên cạnh thủy triều thiên văn gây ra bởi lực trọng trường của mặt trăng và mặt trời, chiều cao bề mặt nước biển có thể thay đổi do những yếu tố như biến đổi áp suất không khí và gió cùng với sự chuyển động dòng áp thấp (như bão, cuồng phong, và lốc xoáy) và nhiệt độ cao. Các biến động khí tượng ở bề mặt biển được gọi là thủy triều khí tượng, và sự chênh lệch giữa mức triều đo được và mức triều thiên văn dự báo được gọi là mực thủy triều bất thường. Đặc biệt, trong số các thủy triều khí tượng, sự dâng lên của thủy triều do chuyển động của bão hoặc lốc xoáy được gọi là nước dâng do bão.

2) Công thức kinh nghiệm đối với dự báo nước dâng do bão.

Mực nước thủy triều bất thường do bão có thể dự báo gần đúng theo công thức kinh nghiệm, như công thức (B.2.1)

$$\xi = a(p_0 - p) + bW^2 \cos\theta + c \tag{B.2.1}$$

trong đó:

- ξ là mực nước thủy triều bất thường (cm);
- p_0 là áp suất không khí tham chiếu (1010 hPa);
- p là áp suất khí quyển thấp nhất tại vị trí tính toán (hPa);
- W là giá trị lớn nhất của vận tốc gió trung bình trong 10 min tại vị trí tính toán (m/s);
- θ là góc tạo bởi hướng gió chính tới khu nước và hướng gió có vận tốc W lớn nhất;
- a, b, c là các hằng số được xác định từ kết quả quan trắc trong quá khứ tại vị trí tính toán.

3) Mô hình số xác định nước dâng do bão

Mô hình số có thể cho phép tính toán nước dâng do bão một cách chi tiết. Theo phương pháp này, những yếu tố như áp suất không khí tác động lên bề mặt biển, ứng suất ma sát trên bề mặt biển do gió, ứng suất ma sát tác động lên dòng chảy ở đáy biển, và độ nhớt động học cũng được đưa vào tính toán, và những thay đổi của mức triều và dòng nước tại các điểm lưới sẽ được tính toán ở từng giai đoạn từ thời điểm bão tiếp cận cho tới khi bão đi qua.

Sự phân bố áp suất không khí và vận tốc gió của cơn bão được tính từ áp suất (không khí) trung tâm, bán kính của vận tốc gió cực đại, và tốc độ di chuyển của cơn bão.

Địa hình đáy biển của khu nước được xác định bằng cách sử dụng lưới đo có khoảng cách vài trăm m hoặc nhỏ hơn, cho thấy độ sâu nước tại mỗi điểm lưới. Có khá nhiều mô hình số học của nước dâng do bão, mỗi mô hình đều có phạm vi ứng dụng nhất định mà ta phải cân nhắc khi sử dụng.

Trong những năm gần đây, các mô hình tính toán số được phát triển rất nhanh, có xét đến mật độ nước và dòng chảy từ trong sông.

4) Sự cộng hưởng của nước dâng do bão và sóng cao

Nguyên nhân chính làm nước dâng trong vịnh là do chênh lệch áp thấp cộng với ảnh hưởng gió. Sóng không liên qua trực tiếp đến áp thấp nhưng lại do tác động của gió là chủ yếu. Vì nước dâng và sóng khác nhau bởi nguyên nhân hình thành, nên khả năng xảy ra đồng thời thủy triều cao bất thường và sóng cao là rất thấp, điều này phụ thuộc vào đường đi và vị trí của cơn bão trong vịnh

5) Sự tăng lên của mực nước trung bình do sóng vỡ

Mực nước biển trung bình sẽ dâng cao trong vùng sóng vỡ. Độ dâng của mực nước phụ thuộc vào độ dốc của đáy biển, độ dốc của sóng tới. Độ dốc sóng có xu thế tăng lên khi sóng tiến gần bờ và chiều cao sóng có thể gia tăng khoảng 10% so với chiều cao sóng có nghĩa tại khu vực nước sâu. Tại khu vực gần bờ nơi trực tiếp bị tác động bởi sóng, mực nước biển trung bình tăng lên đáng kể, đồng thời cũng là một yếu tố quan trọng tác động đến mực nước triều bất thường. Do vậy, trong thiết kế các hạng mục công trình cảng, độ dâng mực nước biển trung bình trong vùng sóng vỡ phải được xem xét đến

B.3 Sự cộng hưởng trong bể cảng

1) Định nghĩa

Ở những vị trí như hồ, nơi có chu vi khép kín hoặc vịnh, nơi có lối vào hẹp làm cho dòng chảy ít được trao đổi với biển phía ngoài, vùng nước bên trong có dao động tự nhiên với chu kỳ không đổi. Hiện tượng này được gọi là dao động mực nước hồ hoặc vịnh. Mặt khác, sự dao động diễn ra trong khu nước có cửa thông ra biển để dòng chảy chuyển động ra vào được gọi là cộng hưởng tại khu nước. Cộng hưởng tại khu nước của cảng là vấn đề quan trọng khi thiết kế các hạng mục công trình cảng, trong đó cần xét đến chu kỳ dao động, biên độ của thủy triều và nước dâng.

Sự cộng hưởng triều và nước dâng trong khu nước của cảng được chia làm hai loại chính. Một là do áp thấp và tác động của gió. Loại thứ hai là dao động xảy ra trong vịnh hoặc khu nước của cảng do sóng tác động từ ngoài biển và sự biến động mực nước và dòng chảy trong dài hạn. Loại dao động này có thể gây ra cộng hưởng lớn cùng chu kỳ dao động khá là khác biệt đối với hình dạng và kích thước khu nước của cảng. Đặc biệt ở khu nước có dạng dài và hẹp như cảng nhân tạo, và khu nước được bao quanh bởi các công trình với hệ số khúc xạ cao như tường chắn, thường sẽ xảy ra cộng hưởng đáng kể tại khu nước.

Chu kỳ xảy ra cộng hưởng trong khu nước của cảng thường từ vài min đến vài chục min, và biên độ có thể đạt đến vài chục cm. Mặc dù biên độ thẳng đứng của mực nước do cộng hưởng tại bến chỉ khoảng vài chục cm nhưng tốc độ dòng chảy theo phương ngang thì lớn, nên đây có thể là một vấn đề đối với việc neo đậu tàu và vận hành bốc xếp hàng hóa. Sóng, có chu kỳ từ 30 đến 300 s được đo đạc liên tục

trong 20 min hoặc hơn, được xác định là sóng dài. Vì vậy cần thiết phải biết được chu kỳ tần số tự nhiên của bể cảng trong thiết kế công trình.

2) Chu kỳ cộng hưởng tại khu nước của cảng

Đối với các khu nước của cảng mà có thể mô hình hóa bằng những hình khối đơn giản, chu kỳ tần số tự nhiên và tỉ lệ độ lớn biên độ có thể được tính toán bằng các công thức lý thuyết. Tuy nhiên những hình dạng và điều kiện biên của những khu nước trong thực tế vô cùng phức tạp nên cần thu thập chu kỳ tần số tự nhiên và các tỉ lệ độ lớn biên độ tại những điểm quan trắc ở hiện trường hoặc từ mô hình số. Để tham khảo, các công thức tính chu kỳ tần số tự nhiên trong những trường hợp đơn giản nhất được đưa ra như dưới đây:

a) Khu nước của cảng hình chữ nhật có độ sâu không đổi (biên kín, không có dòng chảy ra hoặc vào, Hình B.3.1 (a)):

$$T = \frac{2l}{m\sqrt{gh}} \quad (\text{B.3.1})$$

trong đó:

- T là chu kỳ tự nhiên(s);
- l là chiều dài mặt nước (phương dọc) (m);
- m là dạng dao động (1, 2, 3, ...);
- g là gia tốc trọng trường (9,8 m/s²);
- h là độ sâu nước (m).

b) Khu nước của cảng có độ sâu không đổi (như Hình B.2.1 (b), dòng chảy tự do ra hoặc vào một địa điểm, bể cảng dài và hẹp):

$$T = \frac{4}{2m+1} \frac{l}{\sqrt{gh}} \quad (\text{B.3.2})$$

Tỉ số khuếch đại biên độ trong thực tế thường nhận giá trị lớn nhất khi m = 0 hoặc 1. Thực chất không chỉ mực nước trong phạm vi bể cảng mà nước biển phía ngoài khu vực gần lối vào cảng cũng dao động ở mức nào đó, do đó giá trị chu kỳ tần số tự nhiên trở nên lớn hơn giá trị cho ở công thức (B.3.2) và được tính như công thức (B.3.3):

$$T = \alpha \frac{4l}{\sqrt{gl}} \quad (\text{B.3.3})$$

trong đó:

- l là chiều dài bể cảng theo phương dọc;
- α là Hiệu chỉnh lối vào bến, tính toán theo công thức (B.3.4):

$$\alpha = \left\{ 1 + \frac{2b}{\pi l} \left(0.9228 - \ln \frac{\pi b}{4l} \right) \right\}^{1/2} \quad (\text{B.3.4})$$

trong đó:

- π là hằng số;
- b là chiều rộng bến.

Bảng B.3.1 thể hiện giá trị hệ số hiệu chỉnh lối vào bể cảng α đối với các giá trị đại diện b/l , theo tính toán từ công thức (B.3.4):

Bảng B.3.1 - Hệ số hiệu chỉnh lối vào bến

b/l	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/10	1/25
α	1.320	1.261	1.217	1.187	1.163	1.106	1.064

c) Khu nước của cảng có độ sâu không đổi (như Hình B.3.1 (c)), dòng chảy tự do ra hoặc vào một địa điểm, và lối vào cảng hẹp):

$$T = \frac{2}{\sqrt{gh \left\{ \left(\frac{m}{l} \right)^2 + \left(\frac{n}{b} \right)^2 \right\}}} \quad (\text{B.3.5})$$

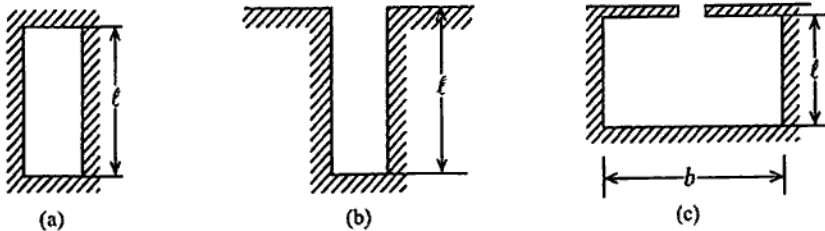
trong đó:

b là chiều rộng bể cảng (m);

l là chiều dài bể cảng ;

n là số giao điểm theo phương chiều rộng bể cảng ($n = 0, 1, 2, \dots$).

Trong trường hợp này, chu kỳ tần số có giá trị nhỏ hơn so với tính toán từ công thức (B.3.5) do tác động của cửa cảng.



Hình B.3.1 - Mô hình các dạng bể cảng

3) Biên độ

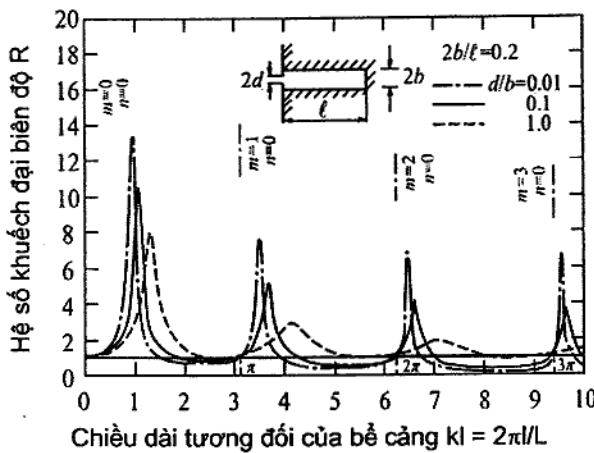
Biên độ cộng hưởng khu nước của cảng được xác định bởi tổ hợp sóng, sự thay đổi của mực nước có chu kỳ lớn, sự biến đổi của dòng chảy, và tỉ lệ độ lớn của những chu kỳ đó. Nếu những chu kỳ tác động này trùng với chu kỳ tự nhiên bể cảng thì cộng hưởng sẽ xảy ra, biên độ cộng hưởng sẽ đạt giá trị lớn nhất. Tuy nhiên ma sát đáy biển gây ra sóng ngẫu nhiên và xoáy nước tại cửa cảng, dẫn tới năng lượng sóng sẽ bị tổn thất, do đó biên độ cộng hưởng tại bể cảng sẽ bị giảm thiểu. Sự cộng hưởng vẫn có thể xảy ra ngay cả khi những chu kỳ tác động không trùng với chu kỳ tự nhiên của bể cảng.

Nếu chiều rộng cửa cảng hẹp để tăng độ tĩnh lặng của khu nước, thì sự cộng hưởng tại khu nước có khả năng xuất hiện cao hơn. Hiện tượng này được gọi là nghịch lý bể cảng. Khi hình dạng bể cảng

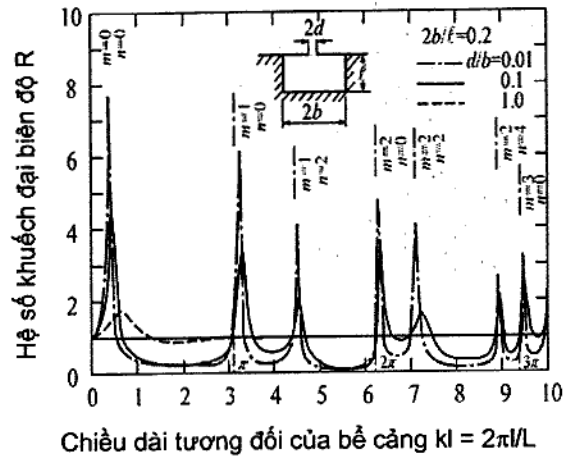
thay đổi, như kéo dài để chắn sóng, cần cẩn trọng không để gây ra hiện tượng cộng hưởng lớn tại bể cảng.

Nếu bỏ qua sự tổn thất năng lượng tại cửa cảng, tỉ số khuếch đại biên độ R tại góc trong của một bể cảng chữ nhật có thể được tính toán từ tỉ số chiều dài bể cảng và chiều dài sóng, sử dụng Hình B.3.2 và Hình B.3.3. Theo những hình này, đối với bể cảng chữ nhật dài và hẹp như trong Hình B.3.2, sự cộng hưởng xuất hiện dễ dàng hơn đối với những chiều dài lớn hơn điều kiện cộng hưởng. Trong Hình B.3.4 những điểm cộng hưởng xấp xỉ bằng với những điểm cộng hưởng của hồ hình chữ nhật hoàn toàn khép kín, được tính toán bởi công thức (B.3.6):

$$\frac{l}{L} = \sqrt{m^2 + \frac{n^2}{(2b/l)^2}} \quad m, n = 0, 1, 2, \dots \quad (B.3.6)$$



Hình B.3.2 - Phổ cộng hưởng cho bể cảng chữ nhật dài và hẹp



Hình B.3.3 - Đồ thị cộng hưởng cho bể cảng chữ nhật rộng

4) Giải pháp làm giảm thiểu sự cộng hưởng

Cộng hưởng tại khu nước của cảng là hiện tượng sóng chu kỳ dài tác động sâu vào bên từ cửa vào, kết hợp với sự phản xạ trong khu nước làm tăng biên độ. Để giảm thiểu sự cộng hưởng trong khu nước, cần giảm thiểu phản xạ sóng xung quanh chu vi bên trong của khu nước hoặc thay đổi hình dạng khu nước để giảm thiểu sinh ra cộng hưởng, hoặc làm độ hấp thụ năng lượng trong bể cảng tăng lên. Vì vậy, việc xây tường chắn thẳng đứng xung quanh chu vi bể cảng là hết sức tránh. Nếu sử dụng đê chắn sóng đá hoặc đê thấm nước với mái dốc thoải, phản xạ sóng có thể được giảm bớt ở mức độ nào đó, và năng lượng sóng được hấp thụ phần lớn trên mái dốc đê chắn sóng.

B.4 Mục nước thủy triều bất thường

1) Nguyên nhân gây ra mực nước triều bất thường

Bên cạnh nước dâng do bão và sóng thần, nhiều nguyên nhân khác cũng có thể gây ra thủy triều bất thường, như sự biến đổi của dòng hải lưu, sự tăng lên của nhiệt độ nước biển do những dòng hải lưu

có nhiệt độ cao hơn, và dòng chảy mặt do gió. Biến đổi bất thường của mực nước thủy triều có thể tiếp diễn trong một vài ngày đến một vài tháng, và trong những trường hợp như mức triều cao nhất hàng tháng xuất hiện đồng thời với nước dâng do bão, thì nước lũ có thể xuất hiện.

2) Tác động của thủy triều bất thường

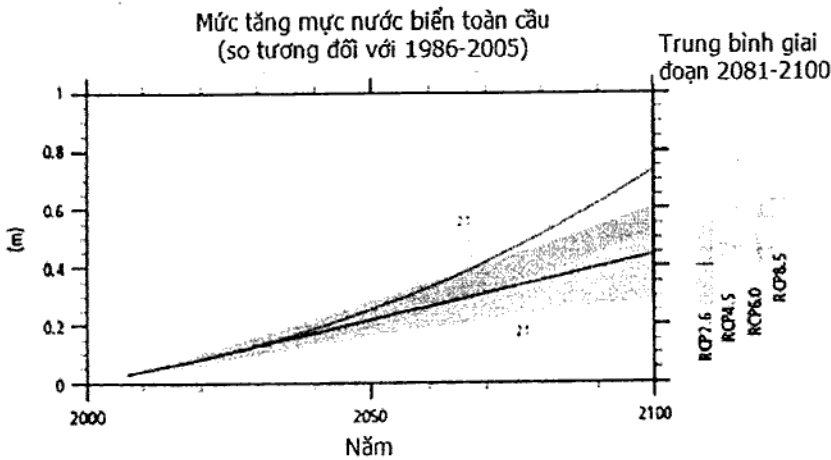
Ảnh hưởng của mực triều bất thường đối với tính toán ổn định công trình cảng và khả năng chịu của kết cấu có thể được xem xét thông qua lựa chọn mực nước thiết kế. Ví dụ, về tính ổn định của đê chắn sóng, mức triều cao bất thường có thể kéo trọng tâm của đê chắn sóng cao lên theo đó làm giảm tính ổn định của đê. Yoshioka và các cộng sự đã đánh giá xác suất phân bố mực triều bất thường tại 97 vị trí trên khắp Nhật Bản dựa trên dữ liệu quan trắc về thủy triều trong 29 năm, và thực hiện phân tích độ tin cậy dựa trên đánh giá này cho tác động ảnh hưởng tới độ sụt trượt và tính ổn định của đê chắn sóng. Trong các kết quả thu được, độ suy giảm chỉ số an toàn do mực triều bất thường khá nhỏ nên có thể bỏ qua.

B.5 Biến đổi dài hạn của mực nước trung bình

1) Dự báo biến đổi của mực nước trung bình

Bên cạnh những đánh giá về mực triều bất thường và nước dâng do bão trong lựa chọn mực nước thiết kế, nhiều nghiên cứu ở Nhật Bản và nước ngoài về nước biển dâng trong dài hạn đã được thực hiện.

Theo báo cáo đánh giá của Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) Hình B.4.1 thể hiện sự biến đổi của mực nước biển trung bình trong tương lai theo dự báo của IPCC.



Hình B.5.1 - Mức tăng mực nước biển từ 2006 đến 2100

(Mọi thay đổi so sánh tương đối với giai đoạn 1986-2005)

(Theo báo cáo năm 2014 về Biến đổi Khí hậu của Tiểu ban Liên Chính phủ về biến đổi khí hậu (The Intergovernmental Panel on Climate Change – Công bố 2015))

Các kịch bản nhiệt độ cuối thế kỷ 21 tăng tương ứng (so với 1986-2005) :

RCP2.6: 0,3°C đến 1,7°C ; RCP2.6 : 1,1°C đến 2,6°C; RCP2.6 : 1,4°C đến 3,1°C và RCP8.5 : 2,6°C đến 4,8°C.

2) Tác động của nước biển dâng

Nếu mực nước biển trung bình tăng lên và xảy ra sóng thần hoặc nước dâng do bão, các hạng mục công trình cảng không đủ độ cao, mức độ ổn định và an toàn của các công trình bị giảm và làm tăng nguy cơ xảy ra thảm họa. Thêm vào đó còn có tác động tới hạ tầng cơ sở khu hậu cần phía sau cảng và ảnh hưởng tới công tác vận hành khai thác cảng.

Những giải pháp để phòng ngừa và thích ứng với khả năng nước biển dâng lên bao gồm những biện pháp nâng cấp cơ sở hạ tầng, thay đổi cách thức sử dụng đất, gia cố hệ thống phòng chống thiên tai, và cần thiết phải hiểu rõ những ưu và nhược điểm của từng phương pháp, xét đến những yếu tố như đặc điểm xã hội và điều kiện tự nhiên của khu vực nghiên cứu, kết hợp tất cả các phương pháp đó để đưa ra một kế hoạch thích nghi phù hợp. Trong quy hoạch phát triển cơ sở hạ tầng, như các công trình cảng, công trình thoát nước, và đường bộ (cầu), cần phải xem xét mức độ dự phòng cần thiết để đối phó với hiện tượng nước biển dâng. Tuy nhiên, các nhân tố khác như vòng đời dự án, tính hiệu quả đầu tư và chi phí, tác động đến môi trường xung quanh, và độ tin cậy của dự báo về mức độ dâng của nước biển cũng phải được đánh giá xem xét.

B.6 Mực nước ngầm và sự thấm nước

1) Trong một số trường hợp, mực nước ngầm tại các vùng cát ven bờ cũng cần được xem xét phù hợp khi thiết kế các hạng mục công trình cảng.

2) Mật khác vận tốc và lưu lượng thấm nước ngầm vào móng và các công trình có khả năng để thấm nước cũng cần được xem xét.

3) Mực nước ngầm

Cao độ mực nước ngầm trong vùng bờ biển có ảnh hưởng của nước ngọt từ lục địa có thể được xác định như sau: (xem Hình B.6.1)

$$h^2 = h_0^2 + (h_1^2 - h_0^2) \frac{x}{L} \quad (B.6.1)$$

trong đó

$$h_0 = \frac{\rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \zeta_0 \quad , \quad h_1 = \frac{\rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \zeta_1$$

h : độ sâu dưới mực nước biển của bề mặt tiếp xúc giữa nước ngọt và nước mặn ở khoảng cách x (m)

h_0 : độ sâu dưới mực nước biển của bề mặt tiếp xúc giữa nước ngọt và nước mặn ở khoảng cách $x = 0$ (m)

h_1 : độ sâu dưới mực nước biển của bề mặt tiếp xúc giữa nước ngọt và nước mặn ở khoảng cách $x = L$ (m)

ρ_1 : mật độ nước ngọt (g/m^3)

ρ_2 : mật độ nước mặn (g/m^3)

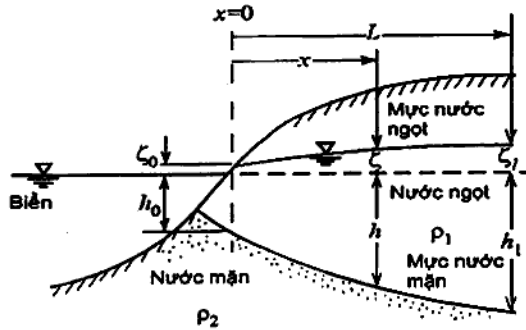
ζ_0 : cao độ nước ngọt trên mực nước biển ở bờ ($x = 0$) (m)

ζ : cao độ nước ngọt trên mực nước biển ở bờ $x = L$ (m)

L : khoảng cách từ bờ ($x = 0$) đến điểm tham chiếu (m)

x : khoảng cách về phía bờ từ đường bờ biển (m)

Công thức (B.6.1) không thể áp dụng nếu lớp không thấm nằm gần mặt đất hoặc trong tầng ngậm nước: : Mọi quan hệ giữa sự tăng mực nước ngầm do sóng và biến đổi tầng địa chất của bờ biển, xem 10.1.



Hình B.6.1 - Sơ lược nước ngầm ở bờ biển

4) Sự thấm nước ở móng và công trình

a) Công thức tính lưu lượng nước thấm

Khi nước chảy vào lớp thấm là dòng chảy đều thành lớp, lưu lượng nước thấm có thể được tính toán theo công thức Darcy. Dòng chảy đều trong lớp thấm thông thường cấu tạo từ đất và cát, như các lớp bề mặt và các lớp lọc, thường rất nhỏ. Trong những trường hợp này thì sử dụng công thức Darcy với công thức (B.6.2)

$$q = k.i.A \quad (\text{B.6.2})$$

trong đó:

q : lưu lượng nước chảy vào lớp thấm trên mỗi đơn vị thời gian (cm^3/s)

k : hệ số thấm (cm/s)

i : gradient thủy lực: $i = \frac{h}{L}$

h : độ chênh cột áp

L : chiều dài đường đi của dòng chảy thấm

A : diện tích mặt cắt ngang (cm^2)

Những giới hạn áp dụng cho công thức này được xác định bởi đường kính các hạt cấu tạo lên lớp thấm và hệ số Reynolds cho tốc độ thấm, tuy nhiên tốt hơn nên xác định giá trị này bằng phương pháp đo đạc thực tế bởi không có giải pháp nào được cho là hoàn chỉnh..

b) Sự thấm qua tường cọc cừ

Rất khó xác định chính xác hệ số thấm qua kết cấu tường cừ; hơn nữa, hệ số thấm của đất đắp sau tường lại có ảnh hưởng chính. Shoji và các cộng sự đã kiểm định vấn đề này và thực hiện những thí nghiệm thấm rất toàn diện, trong đó họ không chỉ thay đổi lực căng ở các mối nối mà còn thêm vào những trường hợp có hoặc không có đất lấp ở những khu vực mối nối. Công thức thực nghiệm được đề xuất như sau:

$$q = K.h^n \tag{B.6.3}$$

trong đó:

- q: tốc độ dòng thấm qua mối nối cọc cừ trên mỗi đơn vị chiều dài theo phương dọc (cm³/s/cm)
- K: hệ số thấm ở các mối nối (cm²⁻ⁿ/s)
- h: chênh lệch cột áp giữa phía trước và phía sau mối nối (cm)
- n: hệ số phụ thuộc vào tình trạng mối nối (n ≈ 0,5 khi mối nối không được lấp cát, và ≈ 1,0 khi các khe nối được lấp đầy cát)

Khi có cát ở cả hai phía của cọc cừ và mối nối đang chịu lực căng, Shoji và các cộng sự lấy giá trị K=7,0 x 10⁻⁴ cm/s trong thí nghiệm của mình. Tuy nhiên nghiên cứu cũng chỉ ra nếu dòng thấm được tính toán bằng giá trị này, lưu lượng thấm sẽ lớn gấp 30 lần so với đo đạc thực tế tại hiện trường. Trong ứng dụng thực tế, cần thiết phải rất chú ý đến chênh lệch giữa tình trạng của tường cọc cừ sử dụng trong thí nghiệm và loại tường cừ sử dụng ở hiện trường.

c) Sự thấm nước qua đê đá đổ

Tốc độ dòng chảy thấm qua móng đê đá đổ của dạng kết cấu trọng lực có thể được ước tính theo công thức sau:

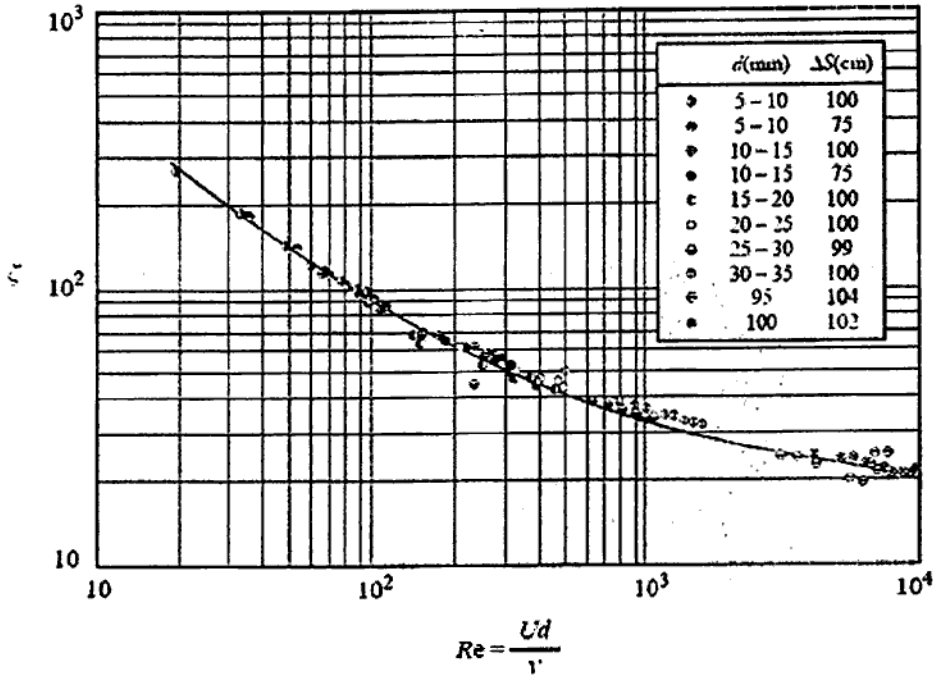
$$q=UH \tag{B.6.4}$$

$$U = \sqrt{\frac{2gd \Delta H}{\zeta \Delta S}}$$

trong đó:

- q: tốc độ dòng chảy thấm trên mỗi đơn vị chiều rộng (m³/s/m)
- U: vận tốc thấm trung bình đối với mặt cắt ngang của đê đá đổ (m/s)
- H: chiều cao lớp thấm (m)
- d: kích thước đá học (m)
- g: gia tốc trọng lực (= 9,81 m/s²)
- ΔH/ΔS: gradient thủy lực
- ζ: hệ số cản

Công thức (B.6.4) được đề xuất dựa vào kết quả thí nghiệm sử dụng tám loại đá khác nhau có kích thước đồng đều, với đường kính từ 5mm đến 100mm. Chiều dài dòng thấm thực tế có thể được coi là tổng của 70% đến 80% chiều cao lớp thấm và chiều rộng nền thùng chìm. Hệ số cản được thể hiện ở Hình B.6.2. Khi $Re (=Ud/v) > 104$, chấp nhận giá trị $\zeta \approx 20$.



Hình B.6.2 - Mối quan hệ giữa hệ số cản ζ và số Reynolds

Phụ lục C

(Tham khảo)

Sóng - Cơ sở lý thuyết

C.1 Phạm vi áp dụng các lý thuyết sóng

Sự ra đời của các lý thuyết chuyển động sóng đã có lịch sử lâu dài từ thế kỷ 19. Hiện nay trong phạm vi lĩnh vực kỹ thuật công trình người ta hay nói đến lý thuyết sóng tuyến tính Airy và lý thuyết sóng bậc cao Stokes.

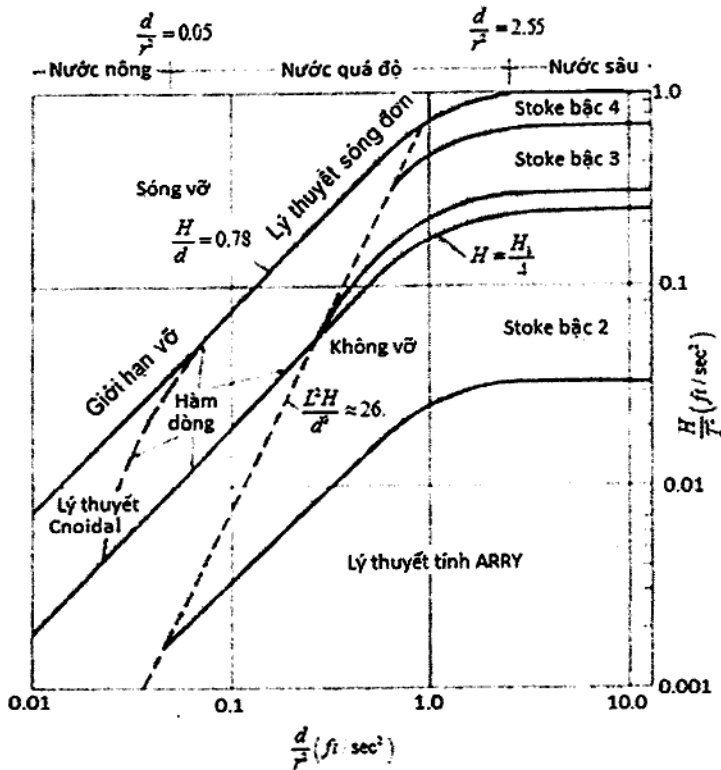
Airy đã giả thiết biên độ sóng (a) là nhỏ so với chiều dài sóng (L) và chiều sâu nước (d). Điều này chỉ đúng đối với các sóng rất nhỏ. Nói chung lý thuyết sóng nhỏ của Airy dự báo tương đối chính xác gia tăng tốc độ của các hạt nước, và mặt cắt bề mặt và áp lực tại mọi vị trí và, nói chung, mô tả đầy đủ chuyển động của các hạt nước. Tuy nhiên lý thuyết này không dự báo chính xác các đặc trưng của các sóng gần vỡ. Lý thuyết Airy thường được tham chiếu như lý thuyết sóng tuyến tính, hay gần đúng bậc nhất, biên độ nhỏ.

Stokes đã phát triển các công thức cho sóng có "biên độ bị hạn chế" bằng cách xem xét các bậc cao hơn bậc nhất trong lời giải công thức Laplace. Ông đã xét đến một thực tế là đỉnh sóng dâng cao hơn trên mực nước tĩnh so với bụng sóng thấp hơn bên dưới.

Những sóng Stokes có bậc kế tiếp cao hơn, cho mặt cắt bề mặt sóng dốc hơn trong các đỉnh và thoải hơn trong bụng sóng so với lý thuyết sóng biên độ nhỏ đã cho; chúng giống nhiều hơn các sóng mà thực tế quan sát được ngoài đại dương. Cần nhấn mạnh rằng lý thuyết tuyến tính Airy là một trường hợp đặc biệt của lý thuyết Stokes, được gọi là trường hợp các sóng rất nhỏ.

Một vấn đề quan trọng khác của sóng Stokes là các quỹ đạo của các hạt nước không khép kín như trong giả thiết của lý thuyết tuyến tính và do đó hiện tượng vận chuyển khối lượng đã được xét đến; như các sóng mà đã biết là các sóng tiến.

Phạm vi áp dụng tương đối của một số lý thuyết sóng được minh họa trong Hình C.1.1. Trong Hình này nước sâu được định nghĩa bởi tỷ số $d/L > 0,5$ và nước nông bởi $d/L < 0,04$ còn khu vực chuyển tiếp nằm giữa các giới hạn này. Như theo hình vẽ này, trong nước nông như đã định nghĩa việc chọn lý thuyết conical hay sóng đơn bị hạn chế nhất, và trong nước sâu lý thuyết tuyến tính Airy có thể đủ đáp ứng hầu hết các mục đích kỹ thuật công trình; các lý thuyết Stokes bậc cao hơn cho cách thể hiện tốt hơn các sóng dốc hơn. Chú ý rằng trong Hình C.1.1 đã có một đường thể hiện giá trị $L^2H/d^3 = 26$. Nó được gọi là thông số Ursell (Ursell, 1953). Thông số này là đường phân ranh giới được thiết kế để trợ giúp trong việc chọn lý thuyết sóng thích hợp



Hình C.1.1 - Phạm vi có giá trị của các lý thuyết sóng khác nhau (theo LeMehaute, 1969)

C.2 Dự báo sóng do gió (BS 6349-1-2-2016)

C.2.1 Khái quát

Các phương pháp dự báo sóng này chỉ dùng để tính toán sơ bộ, để hỗ trợ cho các thiết kế ý tưởng khi không có nguồn số liệu sóng nào để lựa chọn.

Các phương pháp này để mở rộng phạm vi hình thành sóng, mà gọi là đà gió, và tốc độ gió tác động trong phạm vi đó với một thời lượng đã cho trước.

Hai phương pháp này nói chung có thể dùng để tính toán các thông số sóng. Phương pháp thứ nhất sử dụng các biểu đồ dự báo cho các tính toán về chiều cao và chu kỳ sóng có nghĩa. Phương pháp thứ hai dựa trên kiến thức đã tích lũy được về các phổ sóng một chiều điển hình tại địa điểm đang quan tâm.

Các dự báo có thể sẽ không chính xác do các khó khăn để định nghĩa trường gió và cơ chế hình thành sóng một cách chính xác. Vị trí thực tế cũng có thể chịu ảnh hưởng của sóng lừng.

C.2.2 Tốc độ và thời lượng gió

Cần sử dụng tốc độ gió, trừ khi bắt đầu khác đi, có thể giả thiết là tốc độ bên trên mực nước biển 10m, lấy trung bình trên khoảng thời gian liên quan.

Khi không có số liệu gió đo trực tiếp tại nhiều trạm và khi dự báo cho một khu vực đại dương lớn, có

thể sử dụng các biểu đồ khí tượng khái quát mà có biểu thị các đường đẳng áp để tính toán tốc độ, thời lượng và đà gió. Trong những trường hợp đó định nghĩa trường gió dựa trên tính toán của các chuyên gia khí tượng có thể được ưa dùng hơn các đo đạc trực tiếp tốc độ gió.

Đối với những đà gió đã xác định nhỏ hơn, có thể sử dụng số liệu tốc độ gió ven bờ. Trong những trường hợp như vậy thường hiệu chỉnh đến tốc độ và hướng gió ven bờ trung bình trên toàn bộ chiều dài đà, giống như đối với trạm ven bờ. Kết quả dự báo có thể không đáng tin cậy trong những trường hợp mà chiều dài đà vượt quá một nửa bán kính của thành phần gió xoáy.

C.2.3 Chiều dài đà gió

Đà gió dùng trong các kỹ thuật dự báo sóng tốt nhất hạn chế đến hoặc tốc độ gió không thay đổi lớn hơn 2,5 m/s so với tốc độ trung bình hay hướng gió không thay đổi lớn hơn 30°. Hình thành gió trong một đà gió có thể giảm đi khi chiều rộng của đà nhỏ hơn nhiều so với chiều dài của nó, nhưng bằng chứng cho thấy ảnh hưởng đó nhỏ. Chiều dài đà gió do đó có thể giả thiết là một khoảng đường thẳng từ điểm tại đó chiều cao sóng được yêu cầu để tạo nên ranh giới của sự hình thành sóng. Ranh giới này có thể tạo bởi đất liền hay các điều kiện khí tượng.

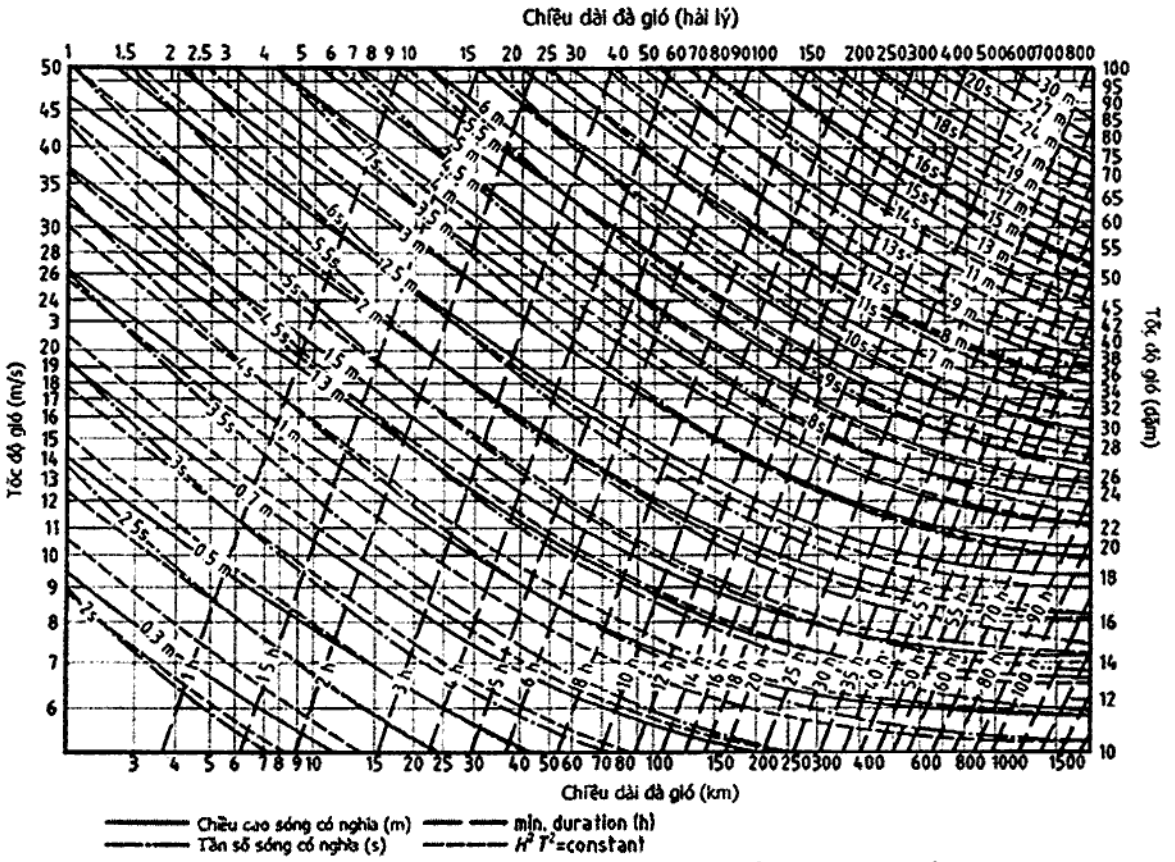
C.2.4 Dự báo bằng các biểu đồ sóng có ý nghĩa

Phương pháp dự báo sóng tin cậy hơn nhiều sử dụng lý thuyết thủy động lực học cơ sở và số liệu thực nghiệm để dự báo các đại lượng sóng trung bình theo ý nghĩa tốc độ gió, chiều dài đà gió và thời lượng gió.

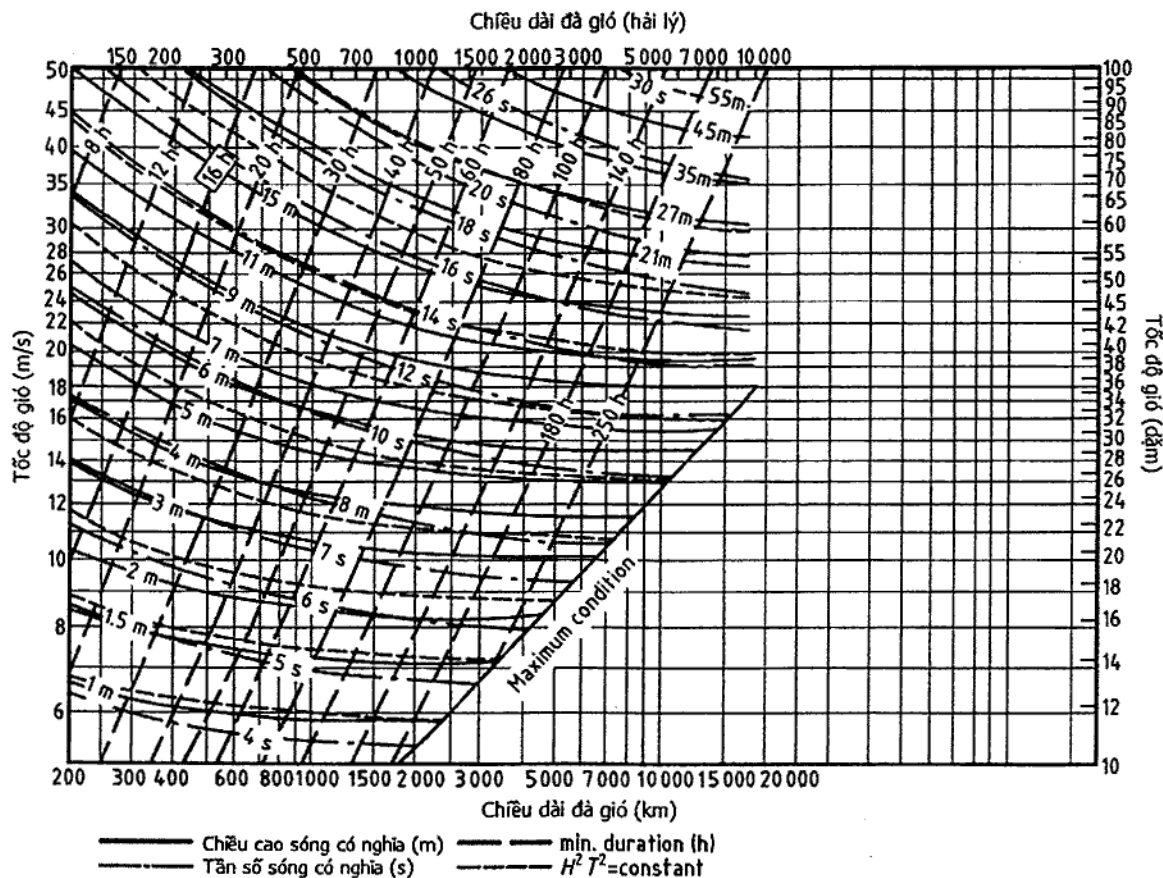
Các đường cong dự báo sóng nước sâu điển hình, tương quan tốt với kết quả của các kỹ thuật phổ trên một phạm vi rộng, trình bày trên **Hình C.2.1** và **Hình C.2.2**. Những biểu đồ này có thể dùng để đưa vào những giá trị của tốc độ gió và theo đó đi ngang cho đến khi giao với hoặc chiều dài đà hoặc thời lượng, miễn là cái nào đến trước. Chiều cao và chu kỳ sóng có ý nghĩa khi đó nhận được tại điểm giao nhau.

Trong nước sâu năng lượng sóng tỷ lệ thuận với bình phương của tích số chiều cao và chu kỳ sóng, nên đường gạch gạch của hằng số H^2T^2 cho trên các **Hình C.2.1** và **C.2.2** thể hiện các đường năng lượng không đổi. Chúng có thể được dùng để nhận được các thông số sóng từ các ảnh hưởng tích lũy của lịch sử tốc độ gió thay đổi; tuy nhiên cần thận trọng khi kiểm tra xem các hạn chế về đà gió không bị vượt quá trong những trường hợp như vậy.

Ví dụ như đối với một đà gió 120 km, trên đó tốc độ gió đạt trung bình 20 m/s từ 1.000 h đến 1.600 h và 25 m/s từ 1.600 h đến 1.800 h, chiều cao và chu kỳ sóng có ý nghĩa tại 1.600 h đã cho đối với 20 m/s và thời lượng 6 h tương ứng là 3,7 m và 7,6 s. Theo đường cong năng lượng không đổi lên đến tốc độ gió 25 m/s, sau đó di chuyển dọc theo đường này về bên phải một lượng bằng 2 h, chiều cao và chu kỳ sóng có ý nghĩa đối với 1.800 h tìm được tương ứng là 4,8 m và 8,6 s, tại một đà gió lớn hơn hay bằng 97 km. Đã chỉ có một đà gió có tốc độ gió cao hơn là 80 km, ví dụ như, khi đó chiều cao và chu kỳ sóng có ý nghĩa đối với 1.800 h có thể có đà gió bị hạn chế tương ứng là 4,4 m và 8,3 s.



Hình C.2.1 - Biểu đồ dự báo sóng có ý nghĩa – Các chiều dài đà gió đến 1.500 km

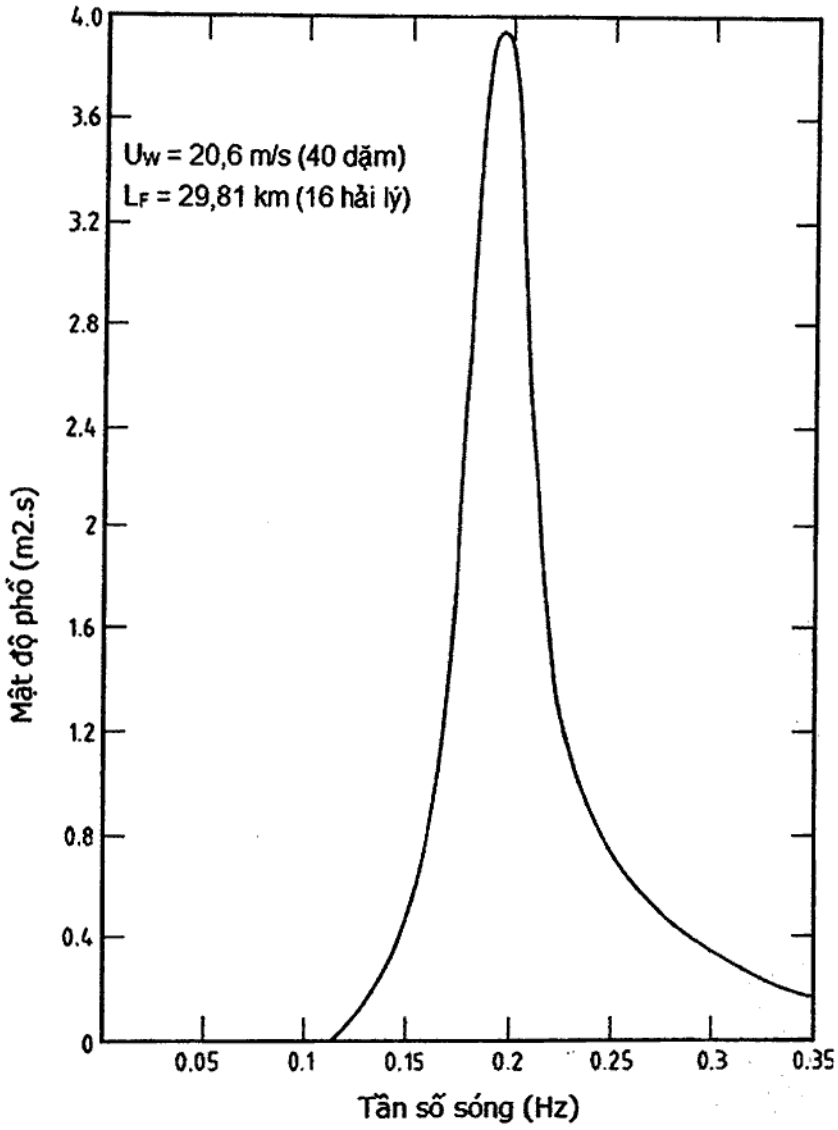


Hình C.2.2 - Biểu đồ dự báo sóng có ý nghĩa – Các chiều dài đả gió từ 200 km đến 20.000 km

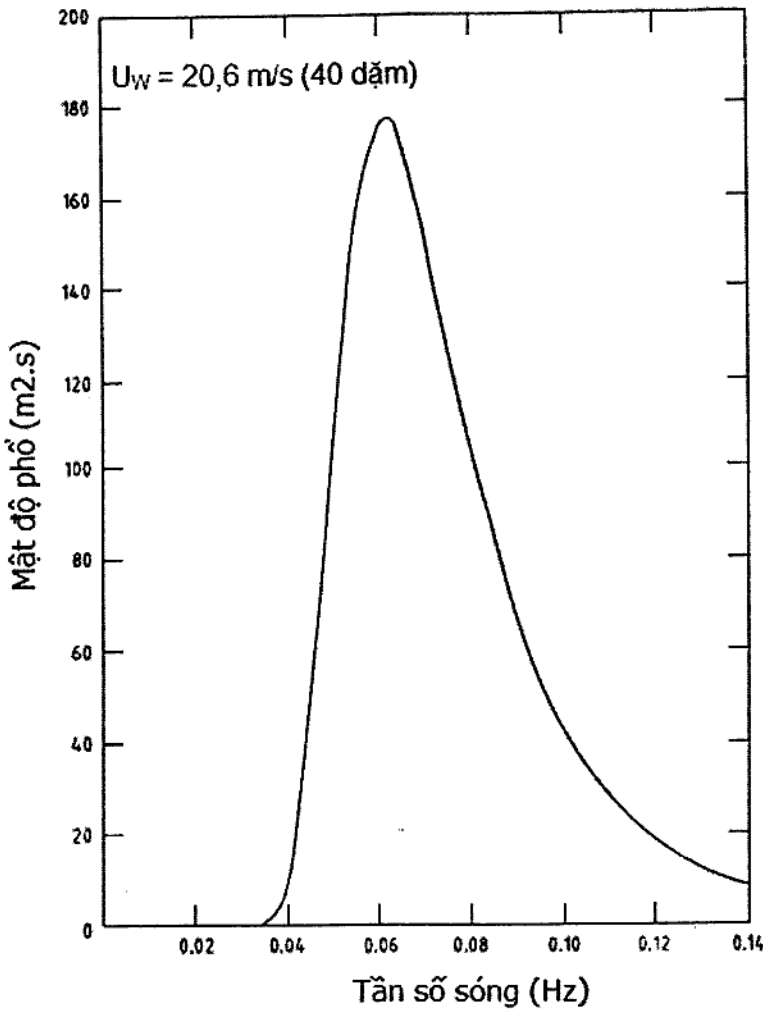
C.3 Dự báo theo phổ sóng (BS 6349-1-2-2016)

Dựa trên các kết quả nghiên cứu trên vùng Biển Bắc đã cho phép thực hiện tính toán một cách hợp lý bằng phổ sóng một chiều trong trường hợp đả gió bị giới hạn và những tính toán này đã bổ sung cho thông tin trước đây thu nhận được tại Bắc Đại Tây Dương cho phổ phát triển hoàn toàn.

Những ví dụ về hai loại phổ sóng một chiều này được trình bày trên các Hình C.3.1 và Hình C.3.2, trong đó mật độ phổ $S(f)$ được trình bày theo tần số f .



Hình C.3.1 - Phổ sóng JONSWAP



Hình C.3.2 - Phổ sóng Pierson – Moskowitz

Các đồ thị này thể hiện theo nghĩa tổng quát năng lượng phân bố như thế nào trên các chu kỳ sóng thay đổi trên biển và diện tích bên dưới đường cong này, có kích thước theo căn bậc hai của m, có thể được sử dụng để nhận được các ước tính thông số chiều cao sóng. Phân tích số liệu kinh nghiệm đã cho thấy rằng chiều cao sóng có ý nghĩa theo phổ H_{m0} , được cho theo quan hệ:

$$H_{m0} = 4\sqrt{m_0} \tag{C.3.1}$$

Trong đó: mô men phổ lấy với điểm không, m_0 , thể hiện diện tích bên dưới phổ nhận được bằng cách lấy tích phân.

Phân tích số liệu kinh nghiệm của các trường hợp này khi các sóng có đà gió bị hạn chế đã nhận được phổ JONSWAP, trong đó mật độ phổ được cho theo:

$$S(f) = \frac{kg^2}{(2\pi)^4 f^5} \exp\left[-\frac{5}{4}\left(\frac{f_p}{f}\right)^4\right] \gamma^a \tag{C.3.2}$$

Trong đó:

$$\begin{aligned}
 k_j &= 0.076 \left(\frac{gL_f}{U_w^2} \right)^{-0.22} \\
 \gamma &= 3.3 \\
 a &= \exp \left[\frac{(f/f_p - 1)^2}{2\omega^2} \right]
 \end{aligned} \tag{C.3.3}$$

Trong đó:

$$\begin{aligned}
 \omega &= 0.07 \text{ khi } f \leq f_p \\
 &\text{hoặc} \\
 \omega &= 0.09 \text{ khi } f > f_p \\
 f_p &= 3.5 \frac{g}{U_w} \left(\frac{gL_f}{U_w^2} \right)^{-0.33}
 \end{aligned} \tag{C.3.4}$$

trong đó:

L_F là chiều dài đà gió ;

U_w là tốc độ gió bên trên mực nước biển 10 m;

F là tần số sóng ;

F_p là tần số tại đó xảy ra đỉnh phổ.

Hình C.3.1 thể hiện phổ JONSWAP cho trường hợp :

$U_w = 20,6$ m/s (40 dặm); và

$L_F = 29,81$ km (16 hải lý).

Ngoài những quan hệ này một thông số không thứ nguyên mô tả sự thay đổi bề mặt đã được xác định từ các quan sát JONSWAP. Nó có thể sử dụng để tính toán chiều cao có ý nghĩa trực tiếp nhưng cho các giá trị thấp hơn xấp xỉ 10% so với đã thể hiện trên **Hình C.3.3** .

Số liệu kinh nghiệm từ Biển Bắc Đại Tây Dương đã được sử dụng để định nghĩa một phổ một chiều phát triển hoàn toàn, được gọi là phổ Pierson – Moskowitz, trong đó mật độ phổ được cho bằng:

$$S(f) = \frac{k_P g^2}{(2\pi)^4 f^5} \exp \left[-\frac{5}{4} \left(\frac{f_P}{f} \right)^4 \right] \tag{C.3.5}$$

Trong đó:

$$\begin{aligned}
 k_P &= 0.0081 \\
 f_P &= \frac{0.8772g}{2\pi U_{19.5}}
 \end{aligned} \tag{C.3.6}$$

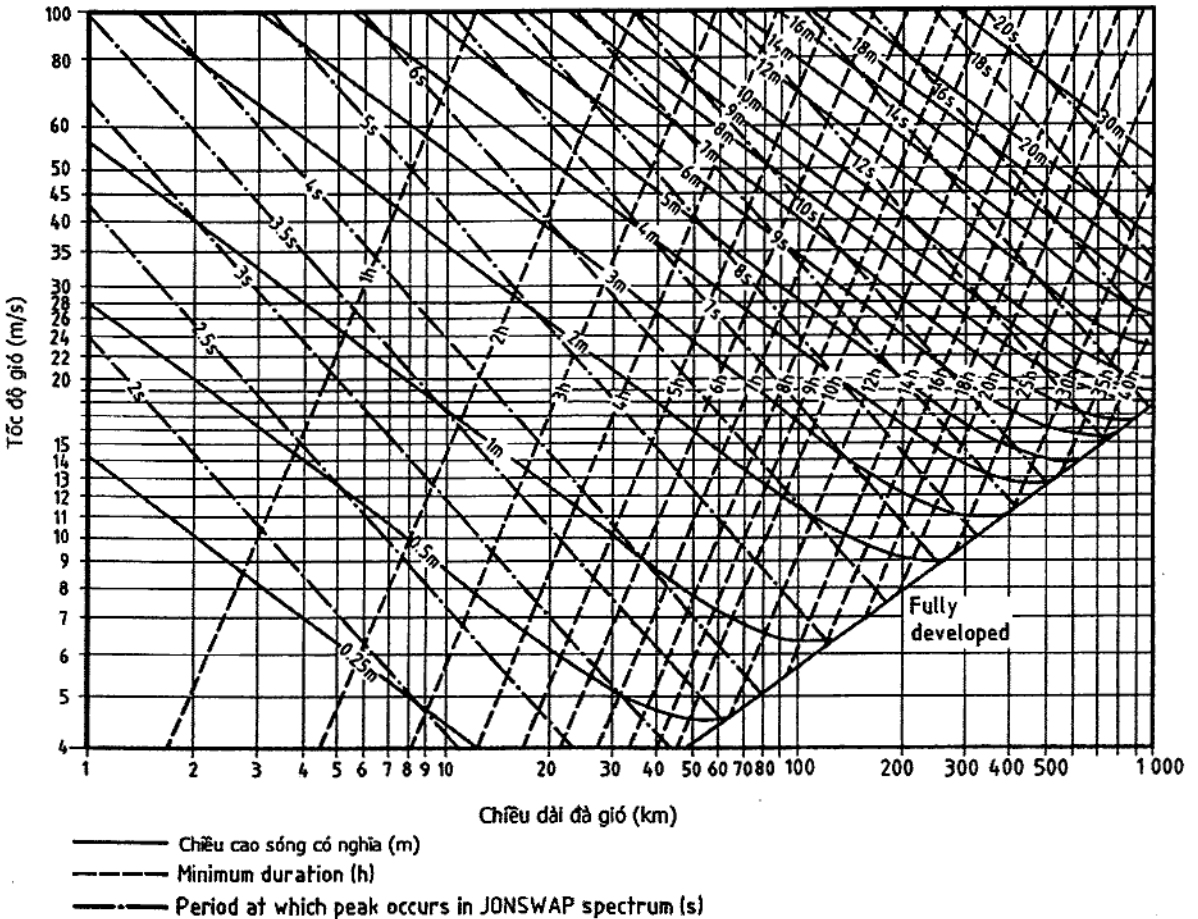
$U_{19.5}$ là tốc độ gió tại độ cao 19,5 m trên mặt biển.

Hình C.3.2 thể hiện phổ Pierson – Moskowitz cho trường hợp $U_{19.5} = 22,66$ m/s.

Khi không có thông tin nào tốt hơn, thường trong thực tế sử dụng phổ Pierson – Moskowitz cho tất cả các trường hợp mà phổ JONSWAP dự báo tần số đỉnh phổ thấp hơn so với phổ Pierson – Moskowitz, nghĩa là khi:

$$gL_p/U_w^2 > 2.92 \times 10^4 \quad (C.3.7)$$

Đối với các đả gió ngắn hơn, phổ JONSWAP thường có thể dự báo tin cậy nhất cho phổ một chiều vì nó dựa trên số liệu toàn diện nhất nhận được từ các trường hợp đả gió bị hạn chế. Tuy nhiên cần thận trọng khi cần tiến hành dự báo cho các đả có tốc độ gió giảm nhanh ngay sau khi tạo ra trạng thái sóng biển phát triển hoàn toàn, vì giá trị H_s nhận được từ phổ JONSWAP đã vượt quá so với đả nhận được từ phổ phát triển hoàn toàn. Khó khăn này có thể được khắc phục bằng cách sử dụng Hình C.3.3 khi các đường đồng giá trị của H_s đã được hiệu chỉnh để cho sự chuyển tiếp êm thuận giữa hai phổ này.



Hình C.3.3 - Chiều cao sóng có ý nghĩa và chu kỳ đỉnh đối với phổ sóng

C.4 Ma sát đáy

Dựa trên các kết quả nghiên cứu trên vùng Biển Bắc đã cho phép thực hiện tính toán một cách hợp lý bằng phổ sóng một chiều trong trường hợp đả gió bị giới hạn và những tính toán này đã bổ sung cho thông tin trước đây thu nhận được tại Bắc Đại Tây Dương cho phổ phát triển hoàn toàn.

Do kết quả ma sát với đáy biển, các sóng gặp phải sức kháng có hiệu quả đối với chuyển động quỹ đạo của chúng gần đáy biển khi chúng lan truyền vào trong vùng nước nông. Lực ma sát này trên một đơn vị diện tích là:

$$F_b = K_b \rho w^2 \quad (\text{C.4.1})$$

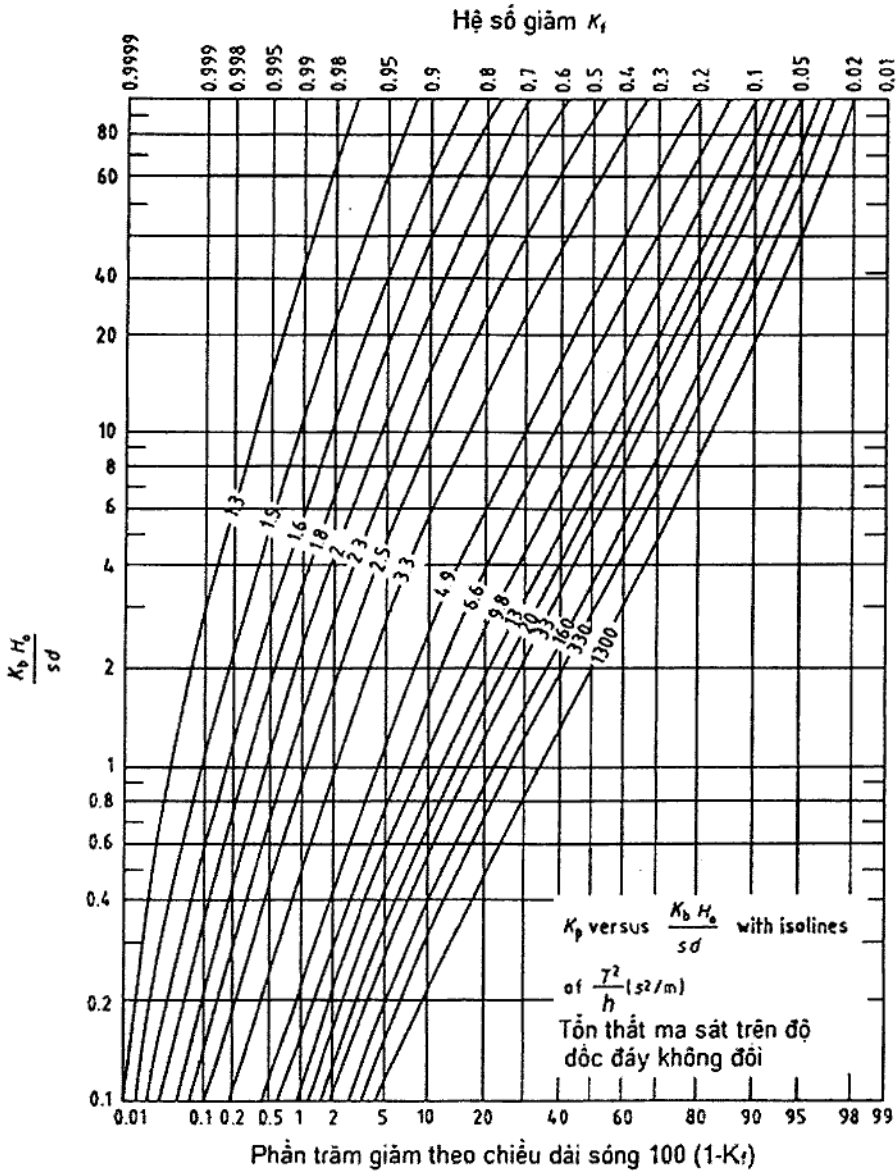
trong đó:

K_b là hệ số ma sát đáy;

ρ là mật độ nước theo kg/m^3 ;

w là tốc độ quỹ đạo theo phương ngang tại đáy biển theo m/s , được tính khi không có ma sát đáy.

Tích số của lực này với w , lấy trung bình trên một chu kỳ sóng sẽ cho lượng năng lượng tiêu hao trên một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian và nó bằng với năng lượng đã tiêu hao trên một chiều dài đơn vị dọc theo đường đi của tia sóng. Phương trình đó có thể giải được để tìm ra công thức cho hệ số giảm chiều cao sóng K_r do ma sát đáy. Nó được vẽ biểu đồ trong **Hình C.4.1** đối với trường hợp đặc biệt của một đáy biển có mái dốc đều s_d , biểu diễn theo tang của góc giữa đáy và phương nằm ngang. Mọi ảnh hưởng khúc xạ đã bị bỏ qua và hệ số K_r không bao gồm sự thay đổi trong chiều cao sóng trong nước nông.



Hình C.4.1 - Hệ số giảm chiều cao sóng do ma sát đáy

Có thể thấy trên Hình C.4.1 rằng chỉ cần xét đến ma sát đáy khi thông tin về các thông số sóng được yêu cầu trong vùng nước rất nông do có thể cần để xác định ảnh hưởng của tác động sóng lên đê biển hay các bãi. Đối với các công trình đứng trong, ví dụ như, 10m nước, ảnh hưởng của ma sát đáy lên các chiều cao sóng xảy ra thường xuyên có thể bỏ qua trong đa số các trường hợp. Tuy nhiên ma sát đáy có thể là một yếu tố rất quan trọng khi làm suy giảm các điều kiện sóng mạnh có các chu kỳ dài.

Nếu sử dụng Hình C.4.1 cho thấy rằng ma sát đáy là quan trọng, khi đó sẽ phát sinh các khó khăn để có được các tính toán chính xác ảnh hưởng của nó do vấn đề ấn định giá trị thực tiễn của hệ số ma sát đáy K_f .

Trong đa số các trường hợp khi ma sát đáy là quan trọng nên nghĩ rằng năng lượng sóng bị tiêu hao do các chuyển động hỗn loạn của nước mà hình thành do các hạt nước dao động trên các sóng cát đáy hay do đáy biển gồ ghề. Do các sóng cát này đã hình thành bởi chính các sóng, chiều cao sóng cát có thể là hàm số của các thông số sóng, có thể xem rằng hệ số ma sát đáy có thể dự đoán thay đổi theo từng cơn bão. Để tính hệ số ma sát đáy từ các quan sát hiện trường thì đầu tiên cần tách mọi ảnh hưởng nước nông khác, như khúc xạ và hiệu ứng nước nông ra khỏi số liệu. Các nghiên cứu loại này chỉ ra một hệ số ma sát đáy thay đổi đáng kể với một số giá trị có biên độ lớn hơn so với giá trị 0,01 thường được đưa ra. Đã nhận được các giá trị trung bình 0,04 đến 0,06. Một vài biến động đó có thể do sai số khi tách các ảnh hưởng nước nông khác ra khỏi số liệu.

C.5 Nhiễu xạ sóng đối với đáy biển phẳng

C.5.1 Khái quát

Những ảnh hưởng của nhiễu xạ sóng đối với một đáy biển phẳng có thể được đánh giá theo hai cách gọi là :

- a) Dựa trên giả thiết các sóng có tần số đơn;
- b) Dựa trên cơ sở các sóng ngẫu nhiên, thực tế hơn.

Trong tự nhiên đa số sóng biển là tổ hợp của các sóng có nhiều tần số và hướng. Các biểu đồ nhiễu xạ tần số đơn đã cho một ấn tượng nhầm lẫn của vùng nước được che chắn bởi một đê chắn sóng, nếu được áp dụng cho một sóng tương đương có chu kỳ bằng với chu kỳ của sóng có ý nghĩa của một sóng ngẫu nhiên.

C.5.2 Nhiễu xạ của sóng ngẫu nhiên

Trong nước sâu, sóng ngẫu nhiên chứa các thành phần di chuyển theo các hướng khác với hướng chính. Thường giả thiết rằng bên trong khu vực hình thành, các thành phần có thể di chuyển theo hướng bất kỳ, nhưng sự phân phối năng lượng sóng theo hướng vẫn đang tiếp tục được thảo luận. Các số liệu đo ở Biển Bắc trong Dự án Sóng Biển Bắc mà đưa đến phổ sóng JONSWAP đã ủng hộ giả thiết rằng lượng năng lượng sóng di chuyển theo mọi hướng tỷ lệ thuận với căn bậc hai của cosin góc giữa hướng của thành phần đó và hướng chính. Trong các khu vực bên ngoài khu vực hình thành, sự phân bố trở nên hẹp hơn rất nhiều khi tăng khoảng cách từ nguồn đến các sóng. Cũng có bằng chứng rằng sự phân bố trở nên hẹp hơn khi các cơn sóng tiến vào vùng nước nông.

Chương 4 của CIRIA C683 đã có một loạt các hình vẽ mà có thể sử dụng để tính toán sơ bộ các ảnh hưởng có thể của nhiễu xạ sóng.

Trong đa số các trường hợp đã dự đoán rằng cách tiếp cận mô hình số sẽ được sử dụng để đánh giá nhiễu xạ do các chướng ngại tự nhiên hay nhân tạo, trong trường hợp như vậy người thiết kế cần có sự hiểu biết tương đối giá trị khoa học các mô hình dựa trên lý thuyết khác nhau theo ý nghĩa độ tin cậy của chúng khi thể hiện các quá trình vật lý có thể sẽ xảy ra.

C.5.3 Dòng chảy do nhiễu xạ sóng sinh ra

Ảnh hưởng thứ yếu của nhiễu xạ sóng tại lối vào bể cảng (hay khoảng hở giữa các đê chắn sóng rời để chỉnh trị bãi) là việc tạo ra các dòng chảy phía sau đê chắn sóng.

Từ các đường đồng sâu có hệ số khác trình bày trong các hình vẽ trong **Chương 4** của **CIRIA C683** có thể thấy rằng có một gradient trong chiều cao sóng tồn tại dọc theo một đỉnh sóng trên phía khuất của đê chắn sóng.

Tại đường biên bể cảng dọc theo nó các đỉnh sóng vỡ, chuyển động quỹ đạo của các hạt nước được biến đổi thành dòng nước leo lên do quá trình sóng vỡ. Nó gây ra tăng cục bộ của mực nước trung bình, và được duy trì nhờ các sóng vỡ tiếp theo. Cơ chế này được biết như sóng dâng, tăng khi chiều cao sóng tăng. Thành phần nhiễu xạ dẫn đến sóng dâng sẽ giảm dọc theo đường biên của bể cảng theo hướng của vùng được che chắn của đê chắn sóng. Khi đó sẽ hình thành một dòng nước đi về phía được che chắn, sinh ra dòng hoàn lưu, đi từ đầu của đê chắn sóng về phía biên đối diện của cửa vào. Như vậy các xoáy nước lớn có thể hình thành trên các phía được che chắn của đê chắn sóng, các dòng chảy này có thể dự kiến đạt đến 0,5 đến 1,0 m/s (1 hải lý đến 2 hải lý) khi chiều cao sóng tới là lớn.

Phụ lục D

(Tham khảo)

Phân tích giá trị cực trị độc lập

D.1 Độ tin cậy của phân tích cực trị

Những tính toán giá trị cực trị nhận được từ phân tích thống kê (ngoại suy) dựa vào thời lượng của số liệu thô xem như là điển hình hay đại diện cho các điều kiện thời gian dài. Nếu các hiện tượng bão là đặc biệt lớn hay vừa phải trong khoảng thời gian của số liệu có sẵn, thì các ngoại suy cho các giá trị cực trị hoặc quá lớn hay quá nhỏ. Những ngoại suy dự kiến sẽ trở nên tin cậy hơn khi dựa trên số liệu có khoảng thời gian dài hơn.

Kỹ thuật phân tích thống kê giả thiết rằng cơ chế hình thành thông số duy trì không đổi trong thời gian dài. Lý do đầu tiên là các ngoại suy đối với chu kỳ lặp vượt quá, ví dụ như, 100 năm cần xem xét cẩn thận, vì độ tin cậy của chúng có thể chịu ảnh hưởng biến đổi thời gian dài trong thành phần khí hậu.

Bộ số liệu thô cần được sàng lọc để chọn các giá trị đỉnh phát sinh từ các cơn bão riêng rẽ, để đảm bảo độc lập về thống kê. Cần cẩn thận để đảm bảo rằng bước này không nhằm tăng số liệu đầu vào bị hạn chế bằng cách bao gồm cả các hiện tượng không độc lập.

Phụ lục trình bày sơ bộ này có thể áp dụng cho các thông số khác nhau, như chiều cao sóng, mực nước hay các thông số khác như tốc độ dòng chảy hay chu kỳ sóng, nhưng có thể cần các điều chỉnh phương pháp luận này để phản ứng với từng đặc trưng khác nhau.

D.2 Hàm mật độ xác suất

Phương pháp này bao gồm vẽ các giá trị đỉnh (đã chọn cao hơn một ngưỡng đã định nghĩa và từ các hiện tượng riêng rẽ trong bộ số liệu thô) đối với các xác suất tích lũy xuất hiện. Sử dụng một hàm mật độ xác suất với mục tiêu đạt được một đồ thị đường thẳng mà khi đó có thể kéo dài để tính toán sự xuất hiện của các điều kiện cực trị.

Ví dụ như để tính chiều cao sóng (nói chung để phân tích các cực trị thường sử dụng chiều cao sóng có ý nghĩa), đối với một bộ các giá trị n_x của các chiều cao đại diện H đã được lập thành bảng theo thứ tự biên độ tăng dần, xác suất mà H nhỏ hơn một giá trị đơn lẻ H_n (ở đây n nhỏ hơn hay bằng n_x) có thể biểu thị như sau:

$$\frac{n}{n_x + 1} \quad (\text{D.2.1})$$

Do đó xác suất p_n mà H_n bằng hay vượt quá được cho bởi:

$$p_n = 1 - \frac{n}{n_x + 1} \quad (\text{D.2.2})$$

Những giá trị của p_n có thể tính được trực tiếp từ công thức trên cho từng chiều cao riêng rẽ trong bộ số liệu bị hạn chế, nhưng đối với các bộ số liệu lớn có thể thuận tiện hơn khi chia bộ số liệu đã được sắp xếp thành một số các khoảng chiều cao bằng nhau. Đối với mỗi chiều cao, một số đếm được ghi trong khoảng thích hợp và một số đếm trong từng khoảng của các khoảng thấp hơn. Số lượng tổng cộng của các con số đó bên trong một khoảng chia cho số lượng tổng cộng của các quan sát sẽ cho xác suất p_n của chiều cao sóng H_n bằng hay vượt quá, ở đây H_n là chiều cao định nghĩa giới hạn thấp hơn của khoảng bên dưới giá trị xem xét.

Một số hàm số mật độ xác suất đã được tìm thấy phù hợp trong các trường hợp khác nhau. Đôi khi một phân bố phù hợp tốt với các chiều cao sóng thấp hơn và phân bố khác phù hợp tốt hơn với các chiều cao sóng cao hơn, có khả năng chỉ ra hai tập hợp sóng khác nhau. Trong những trường hợp như vậy phân bố mà phù hợp với các sóng lớn hơn được dùng để ngoại suy. Những phân bố sau đây có thể phù hợp và cung cấp thông tin chỉ để hỗ trợ phân tích sơ bộ.

- a) Phân bố Weibull. Vẽ đồ thị $\log_e \log_e (1/p_n)$ và $\log_e(H_n - H_L)$.
- b) Phân bố Fisher – Tippet. Vẽ đồ thị $-\log_e \log_e [1/(1-p_n)]$ và $-\log_e(H_L - H_n)$.
- c) Phân bố Frecher. Vẽ đồ thị $-\log_e \log_e [1/(1-p_n)]$ và $\log_e(H_n - H_L)$.
- d) Phân bố Gumbel. Vẽ đồ thị $-\log_e \log_e [1/(1-p_n)]$ và H_n .
- e) Phân bố Gompertz. Vẽ đồ thị $\log_e \log_e (1/p_n)$ và H_n .
- f) Phân bố log tiêu chuẩn. Vẽ H_n với p_n trên đồ thị xác suất log. Hay vẽ y theo $\log H_n$ khi y có thể nhận được, với sự trợ giúp của các bản, từ :

$$p_n = 0.5 - (2\pi)^{-1/2} \int_0^y \exp(-t^2 / 2) dt \tag{D.2.3}$$

Đối với các phân bố a), b) và c) giá trị của H_L mà thể hiện giá trị giới hạn thấp hơn hay cao hơn của H_n , có thể chọn bằng cách thử để phù hợp tốt nhất.

Có thể tồn tại các phân bố khác và thường áp dụng cho những phân tích như vậy, chúng thường được chấp nhận bao gồm giá trị cực trị hàm mũ, tổng quát hoá (GEV) và điều kiện Pareto đã tổng quát hoá.

Đồ thị đường thẳng đó cho xác suất của các chiều cao sóng nhất định (hay các thông số khác) bằng hay vượt quá trong khoảng thời gian mà trên đó bộ số liệu ban đầu đã nhận được. Miễn là bộ số liệu ban đầu này là độc lập về thống kê và thể hiện các điều kiện điển hình, khi đó có thể tiến hành ngoại suy đến các giá trị xác suất thấp hơn và các chu kỳ lặp dài hơn. Theo định nghĩa, chu kỳ lặp là chu kỳ trong đó hiện tượng đó chỉ xảy ra trung bình một lần. Theo đó chiều cao lớn nhất H_{n_x} nhận được từ n_x giá trị đại diện cho một chu kỳ quan sát T_0 sẽ có chu kỳ lặp bằng T_0 . Bằng cách thay n_x bằng n trong công thức cho p_n trên đây, sẽ cho một xác suất của:

$$\frac{1}{n_x + 1} \tag{D.2.4}$$

Do đó chiều cao sóng với chu kỳ lặp đã cho T_0 có xác suất xuất hiện:

$$\frac{T_0}{T_R (n_x + 1)} \tag{D.2.5}$$

Khi đó có thể sử dụng đồ thị xác suất để nhận được chiều cao sóng cực trị liên quan.

Trong thực tế khuyến nên sử dụng số liệu nhiều năm để từ đó tóm tắt số liệu cần thiết, vì mọi thời lượng ngắn hơn có thể không tạo ra một bộ đại diện.

Chất lượng của một phân bố phù hợp cụ thể cần được đánh giá bằng giám sát bằng mắt cũng như bằng các biện pháp thống kê định lượng khác. Người thiết kế cần chọn một tổ hợp mô hình thống kê và ngưỡng (hay một số hiện tượng) mà phù hợp tốt nhất với phân bố đó và sai lệch nhiều nhất để xét đến sự không chắc chắn do thời gian bị hạn chế của bộ số liệu lịch sử có được so với các chu kỳ lặp đã tính toán.

D.3 Ngoại suy chu kỳ sóng

Phụ thuộc vào nguồn số liệu được chấp nhận, chu kỳ sóng có thể là chu kỳ sóng trung bình T_m , chu kỳ sóng có ý nghĩa $T_s (=T_{1/3})$ hay chu kỳ tại đó đỉnh xảy ra trong phổ sóng T_p (hay có thể các định nghĩa khác như chu kỳ sóng năng lượng trung bình $T_{m-1,0}$). Đối với các hình dạng phổ sóng tiêu chuẩn, áp dụng các bất đẳng thức sau đây:

$$T_m < T_s < T_p \quad (D.3.1)$$

Thường xây dựng một biểu đồ rời rạc hay vẽ đồ thị chiều cao sóng đối với chu kỳ sóng mà trên đó cũng có thể vẽ các đường cong của các độ dốc sóng không đổi, hay các đường phù hợp nhất thể hiện mối quan hệ chiều cao sóng/chu kỳ sóng (có sai lệch đến các hiện tượng bão cực trị). Nói chung biểu đồ này gợi ý một giá trị trội hơn của độ dốc sóng mà có thể dùng cho điều kiện thiết kế. Tuy nhiên nếu các giá trị độ dốc sóng quá tần mát, có thể cần đánh giá phạm vi của các giá trị sẽ đi cùng với chiều cao sóng thiết kế. Một cách tiếp cận liên quan hơn đòi hỏi chu kỳ sóng cần liên quan đến chiều cao sóng sử dụng mô hình log tiêu chuẩn có điều kiện hay cực trị. Cũng có thể cần tách tập hợp chiều cao sóng/chu kỳ sóng thành các phân góc theo hướng, nếu tiếp cận như vậy đã cho thấy phù hợp trong xử lý các cực trị của chiều cao sóng.

Đối với một chiều cao sóng thiết kế, các giá trị độ dốc sóng thấp hơn, nghĩa là các chu kỳ sóng dài hơn, thường cho lực sóng lớn hơn, nhưng cần cẩn thận nếu công trình hay các bộ phận độc lập của chúng có thể cộng hưởng tại các chu kỳ bên trong phạm vi chu kỳ của các sóng tới, trong trường hợp như vậy chu kỳ cộng hưởng cần bao gồm trong các thông số thiết kế.

Đối với các sóng bão, độ dốc sóng $2\pi H_s / (gT_m^2)$ theo ý nghĩa của sóng có ý nghĩa và chiều dài sóng nước sâu đi cùng với chu kỳ trung bình của các sóng chính, thường trong phạm vi 0,03 đến 0,06. Đối với trạng thái biển phát triển hoàn toàn có thể lấy bằng 0,05 không xét đến chiều cao sóng có ý nghĩa, mặc dù nó có thể không phù hợp trong các khu vực chịu ảnh hưởng mạnh của các sóng lừng.

Trong trường hợp của các chiều cao sóng lớn nhất các chu kỳ đi cùng với các giá trị lớn nhất này có thể dự kiến gần với chu kỳ T_p tại đó các đỉnh xảy ra trong phổ tần số sóng một chiều, và chu kỳ đó thường dài hơn đáng kể so với chu kỳ sóng trung bình T_m . Đối với trạng thái biển phát triển hoàn toàn $T_p/T_m \approx 1,4$.

Phụ lục E

(Tham khảo)

Tác động sóng và dòng chảy

E.1 Lực kéo theo của dòng chảy ổn định

Đối với một bộ phận kết cấu lẳng trụ đều ngập trong một dòng chảy ổn định, lực kéo theo ổn định tác động tại trung tâm của diện tích vuông góc với dòng chảy có thể tính theo công thức sau đây:

$$F_d = \frac{1}{2}(C_D \rho V^2 A_n) \quad (\text{E.1.1})$$

trong đó:

F_D là lực kéo theo ổn định, theo N;

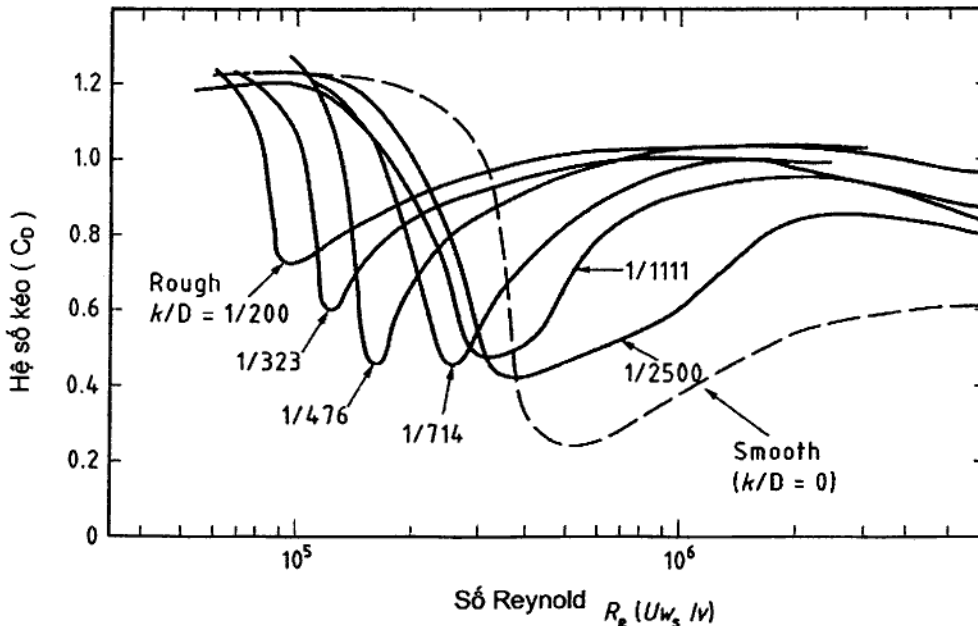
C_D là hệ số kéo theo không thứ nguyên trung bình theo thời gian đối với dòng chảy ổn định;

ρ là khối lượng riêng của nước, theo kg/m^3 ;

V là tốc độ dòng chảy tới, theo m/s ;

A_n là diện tích của bộ phận kết cấu vuông góc với dòng chảy, theo m^2 .

Các giá trị của các hệ số lực kéo theo của dòng chảy đối với các cọc tròn hay ống/trụ các loại khác phụ thuộc vào số Reynold và độ nhám bề mặt. Những giá trị được kiến nghị cho trong Hình E.1 đối với các tiết diện tròn có các mức độ nhám khác nhau, do các hoàn thiện bề mặt/bộ phận kết cấu hay sinh vật biển bám.



Hình E.1 - Các giá trị lực kéo theo đối với các trụ tròn

E.2 Dao động do dòng chảy

Tác động của dòng chảy lên các bộ phận mảnh có thể hình thành các dòng không ổn định và xảy ra các xoáy nước cuộn xuống. Tần số của các xoáy cuộn này có thể trùng khớp với (hay nhiều lần của) tần số tự nhiên của bộ phận kết cấu và do vậy gây nên phản ứng điều hoà bất lợi. Chỉ dẫn chi tiết hơn cho trong ISO 21650: 2007, G.2.8 và phương pháp phân tích đơn giản chỉ cho mục đích sơ bộ trình bày dưới đây:

Tốc độ dòng cực hạn (đối với các tiết diện tròn) có thể tính theo biểu thức:

$$V_{crit} = K f_N W_s \quad (E.2.1)$$

trong đó:

V_{crit} là tốc độ dòng cực hạn, theo m/s;

K là hằng số không thứ nguyên bằng:

1,2 đối với tấn công bên ngoài chuyển động theo tuyến;

2,0 đối với biên độ lớn nhất chuyển động theo tuyến;

3,5 đối với bên ngoài chuyển động cắt ngang dòng;

5,5, đối với biên độ lớn nhất chuyển động cắt ngang dòng;

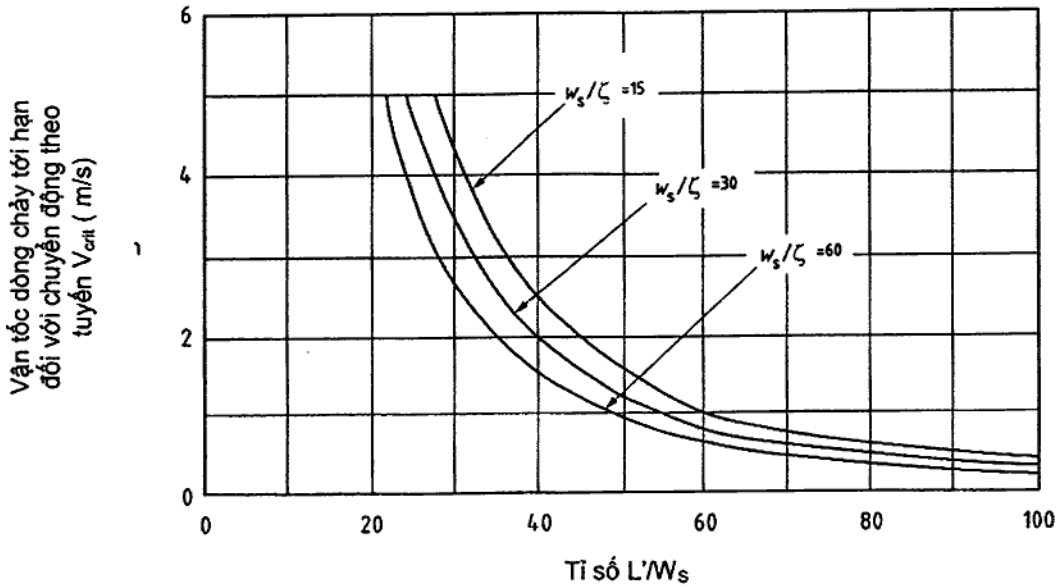
f_N là tần số tự nhiên của kết cấu, theo Hz;

W_s là đường kính trụ, theo m.

Các giá trị của f_N và W_s có thể lấy mà có kể đến ảnh hưởng của sinh vật biển bám, mặc dù do điều kiện cực hạn đối với dao động do dòng chảy thường xảy ra khi thi công, sinh vật biển bám có thể bỏ qua.

Loại kết cấu phổ biến nhất có các cọc thép vách mỏng thẳng đứng ngàm tại đáy và nổi khớp trên đỉnh, bị ngập hay hoàn toàn chìm trong nước và có thể bỏ qua sinh vật biển bám. Các tốc độ dòng cực hạn đối với bên ngoài chuyển động theo tuyến xảy ra trong loại kết cấu này cho trong Hình E.2. Đối với các cọc tương tự nhưng có độ ngàm khác và/hoặc các điều kiện chuyển động khác, các tốc độ cực hạn có thể nhận được bằng cách áp dụng các hệ số điều chỉnh cho trong Bảng E.1 đối với các giá trị lấy từ Bảng E.2.

LƯU Ý 1. Các đường cong trình bày trong Hình E.2. là bảo thủ trong đó đã giả thiết bề mặt nước là tại đỉnh cọc.



Hình E.2 - Tốc độ dòng cực hạn đối với các cọc tròn đối với dao động theo tuyến

Bảng E.1 - Các hệ số điều chỉnh tốc độ dòng cực hạn

Chuyển động	Hệ số điều chỉnh			
	Khớp đến ngàm tại đáy	Công xôn	Đỉnh và đáy khớp	Ngàm đỉnh và đáy
Bên ngoài chuyển động theo tuyến	1	0,23	0,64	1,46
Lớn nhất trong chuyển động theo tuyến	1,67	0,38	1,07	2,43
Bên ngoài chuyển động cắt ngang dòng chảy	2,92	0,67	1,87	4,25
Lớn nhất trong chuyển động cắt ngang dòng chảy	4,58	1,05	2,94	6,68

LƯU Ý 2. Tính toán lực và chuyển vị không phải là cực hạn. Đó là vì các xoáy cuộn là hiện tượng cộng hưởng, trong đó chuyển vị tăng dần dần khi tải trọng không tăng. Nó có thể chỉ xét đến để phòng tránh. Những spoiler thủy động lực học có thể tránh sự kích thích nhưng những thiết bị như vậy thường làm tăng lực kéo theo trên các cọc.

Trong các công trình lâu bền, các đặc tính của kết cấu và các bộ phận của nó thường được lựa chọn trên cơ sở trên :

- Tốc độ dòng cực hạn cao hơn tốc độ dòng chảy thiết kế; hay
- Khối lượng và sự giảm chấn đủ để ngăn ngừa chuyển động lớn.

Tiêu chí đầu có thể giả thiết sẽ thoả mãn nếu tốc độ dòng chảy nhỏ hơn $1,2f_N W_s$. Tiêu chí thứ hai có thể giả thiết sẽ thoả mãn nếu hệ số giảm chấn khối lượng lớn hơn 2,0 trong trường hợp chuyển động theo tuyến và lớn hơn 25 trong trường hợp chuyển động cắt ngang dòng, ở đây hệ số giảm chấn khối lượng được tính theo công thức :

$$\frac{2\bar{m}\Delta}{\rho W_s} \quad (\text{E.2.2})$$

trong đó:

Δ là giá số logarit của giảm chấn kết cấu (lấy bằng 0,07 đối với đa số các công trình biển);

ρ là khối lượng riêng của nước, theo kg/m^3 ;

W_s là đường kính trụ, theo m;

\bar{m} Là khối lượng kích thích có hiệu trên đơn vị chiều dài, theo kg/m , được cho bởi :

$$\bar{m} = \frac{\int_0^{L'} m_L (y(x))^2 dx}{\int_0^{l'} (y(x))^2 dx} \quad (\text{E.2.3})$$

trong đó:

m_L là khối lượng trên chiều dài đơn vị (bao gồm nước chứa trong và khối lượng thủy động phụ thêm), theo kg/m ;

$y(x)$ là hình dạng kiểu chịu uốn là hàm số của tọa độ x đo với mức ngầm biểu kiến;

L' là chiều dài tổng thể của trụ đo từ mức ngầm biểu kiến đến cao trình sàn, theo m;

l' là chiều dài từ mức ngầm biểu kiến đến mực nước, theo m.

E.3 Tác động sóng lên các kết cấu hình trụ đứng (hay nghiêng)

Như một gần đúng bảo thủ, lực sóng có thể lấy bằng 1,4 lần lực thành phần trội hơn. Đối với $W_s/w_p > 0,2$ thế năng chiếm ưu thế tăng và đối với $W_s/w_p > 0,2$ lực kéo theo chiếm ưu thế, W_s là chiều rộng hay đường kính của phần ngập nước của kết cấu hay bộ phận và w_p chiều rộng quỹ đạo của hạt nước tại bề mặt, có thể tính gần đúng theo:

$$W_p = \frac{H}{\tanh(2\pi d / L)} \quad (\text{E.3.1})$$

trong đó:

H là chiều cao sóng, theo m;

d là độ sâu nước tĩnh (tại công trình), theo m;

L là chiều dài sóng, theo m.

Công thức Morison có thể được biểu diễn như sau :

$$F_w = F_D + F_I \quad (\text{E.3.2})$$

trong đó:

F_w là tổng lực sóng vuông góc với trục của bộ phận, theo kN;

F_D là lực kéo theo ổn định, theo kN, được cho theo:

$$F_D = \int_0^{L_s} (1/2 C_D \rho W_s |U|U) dL_s \quad (\text{E.3.3})$$

F_I là thành phần lực thể năng, theo kN.

$$F_I = \int_0^{L_s} (C_I \rho \bar{U}) dL_s \quad (\text{E.3.4})$$

trong đó:

L_s là chiều dài ngập nước của bộ phận, có chiều rộng dL_s , là chiều dài bộ phận, theo m;

C_D là hệ số lực kéo theo;

C_I là hệ số lực thể năng;

U là tốc độ hạt nước tức thời vuông góc với trục bộ phận, theo m/s;

\bar{U} là gia tốc hạt nước tức thời vuông góc với trục bộ phận, theo m/s²;

ρ là khối lượng riêng của nước, theo t/m³.

A là diện tích tiết diện ngang của bộ phận, theo m².

Khi bộ phận đó kéo dài qua bề mặt nước, giới hạn lấy tích phân L_s chịu sự khống chế của mực nước tức thời η .

Các giá trị đã kiến nghị C_D cho đối với các trụ tròn trong **Hình E.1** và của C_I và C_s đối với một số hình dạng kết cấu tiêu chuẩn trong **Bảng E.1**.

Các công thức sau đây đối với mực nước, tốc độ và gia tốc hạt nước tức thời lấy theo lý thuyết tuyến tính:

$$\eta = \frac{H}{2} \cos \left[2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \right] \quad (\text{E.3.5})$$

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh \left[\frac{2\pi(y+d)}{L} \right]}{\sinh(2\pi d/L)} \cos \left[2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \right] \quad (\text{E.3.6})$$

$$v = \frac{\pi H}{T} \frac{\sinh \left[\frac{2\pi(y+d)}{L} \right]}{\sinh(2\pi d/L)} \sin \left[2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \right] \quad (\text{E.3.7})$$

$$\bar{u} = \frac{2\pi H}{T} \frac{\cosh \left[\frac{2\pi(y+d)}{L} \right]}{\sinh(2\pi d/L)} \sin \left[2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \right] \quad (\text{E.3.8})$$

$$\bar{v} = \frac{2\pi H \sinh[2\pi(y+d)/L]}{T \sinh(2\pi d/L)} \cos\left[2\pi\left(\frac{x}{L} - \frac{t}{L}\right)\right] \quad (\text{E.3.9})$$

trong đó:

- η là chiều cao của bề mặt nước bên trên mực nước tĩnh, theo m;
- u là thành phần nằm ngang của tốc độ hạt nước, theo m/s;
- v là thành phần thẳng đứng của tốc độ hạt nước, theo m/s;
- \bar{u} là thành phần nằm ngang của gia tốc hạt nước, theo m/s;
- \bar{v} là thành phần thẳng đứng của gia tốc hạt nước, theo m/s;

(tại mọi thời điểm t tại khoảng cách x tính từ đỉnh sóng và trong trường hợp của các tốc độ và gia tốc, tại chiều cao y bên trên mực nước tĩnh);

- D là độ sâu mực nước tĩnh, theo m;
- H là chiều cao sóng, theo m;
- L là chiều dài sóng, theo m;
- T là chu kỳ sóng, theo s.

E.4 Tác động sóng lên tường

Các sóng tới trên một bề mặt đứng dài vô hạn (hay theo thuật ngữ thực tế một đê biển hay đê chắn sóng tương đối dài) có thể phản xạ không vỡ, trong trường hợp đó một sóng đứng hình thành phía trước tường có chiều cao, trong trường hợp sóng điều hoà, hai lần chiều cao của sóng tới (được biết như sóng clapotis).

Kết quả sau cùng có thể là một sóng đứng có chiều cao thay đổi dọc theo tường có giá trị trung bình khoảng hai lần chiều cao sóng tới. Biến động này có thể chiếm khoảng 20% đối với các sóng điều hoà và rõ ràng đối với ít nhất hai lần chiều dài sóng dọc theo tường tính từ đầu của nó. Biến động tương tự có thể xảy ra dọc các sóng có đỉnh ngẫu nhiên, nhưng biến động đỉnh có thể là 15% và biến động này có thể giảm bớt trong một chiều dài sóng từ sự mất liên tục trong tường. Khi các biến động như vậy có thể là cực hạn khuyến nghị cần tiến hành một khảo sát thực địa cụ thể.

E.5 Tác động sóng lên các kết cấu nằm ngang

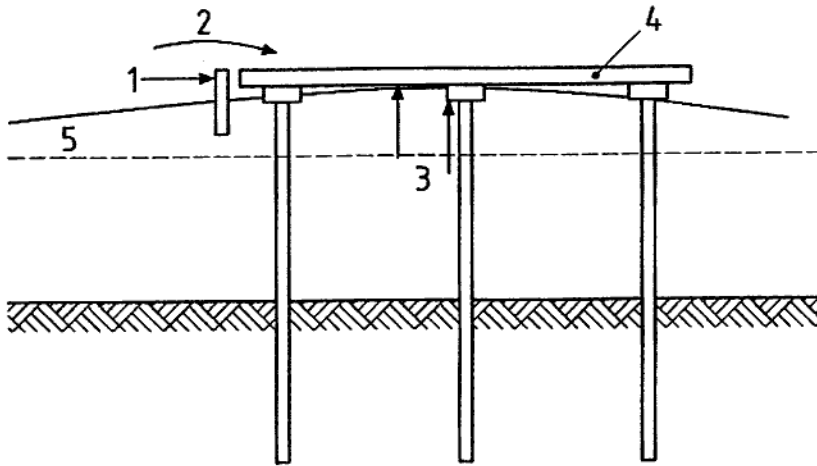
Các tải trọng thủy lực do sóng lên sàn bển hay các bộ phận nhô ra khác (các dầm, đệm tàu) có thể được mô tả như "các tải trọng sóng trên bản". Chúng có thể được tổng hợp lại như sau :

- Các tải trọng nâng lên trên các bản;
- Các tải trọng nâng lên trên dầm hay các bộ phận nhô ra khác;
- Các tải trọng đè xuống trên các bản (ngập và hút);

TCVN 11820-2:2017

- Các tải trọng ngang (cả hai hướng biển và hướng bờ) trên các dầm hay các bộ phận nhô ra khác, ví dụ các đệm tàu.

Một sơ hoạ của các tải trọng sóng trên bản tác động trên một bến nhô trình bày trong **Hình E.3**. Tính chất, sự xuất hiện và biên độ của các tải trọng sóng đó thay đổi lớn theo loại kết cấu khác nhau và các điều kiện sóng. Những bộ phận nằm ngang như các sàn sàn mặt bến có thể chịu những lực đứng lớn nâng lên hay đè xuống, đặc biệt trong những điều kiện sàn bến bị ngập. Các bộ phận có mặt đứng như dầm và đệm tàu có thể phải chịu các lực rất lớn, cả nằm ngang và đứng, nếu đủ đầy.



- | | | | |
|---|--|---|-----------------|
| 1 | Tải trọng ngang | 4 | Bản sàn cầu tàu |
| 2 | Tải trọng đè xuống | 5 | Mực nước tĩnh |
| 3 | Tải trọng nâng tác dụng lên bản và dầm | | |

Hình E.3 - Sơ hoạ các tải trọng sóng trên bản sàn

Phụ lục F

(Tham khảo)

Phương pháp gần đúng đánh giá phản ứng và chuyển vị của các kết cấu đơn giản chịu tải trọng chu kỳ

Chuyển vị do tải trọng chu kỳ phụ thuộc vào quan hệ giữa tần số của tải trọng đặt và tần số tự nhiên của kết cấu. Những tải trọng chu kỳ chính là:

- Tải trọng sóng từ chuỗi điều hoà của các sóng;
- Các xoáy cuộn từ các phần ổn định của dòng chảy ổn định;
- Dao động của giao thông các phương tiện;
- Các tải trọng dao động từ các máy móc có quay nặng, không cân bằng gắn cố định vào công trình.

Một phép tính gần đúng hợp lý đối với phản ứng thực của công trình có thể nhận được bằng cách mô hình hoá công trình như một hệ một bậc tự do. Trong mô hình đó độ cứng được thể hiện bằng một lò so đơn và thế năng bằng một khối lượng đơn bị hạn chế chỉ cho phép chuyển động theo một hướng. Lực tỷ lệ thuận với chuyển vị đối với lò so và tạo ra một xung ban đầu, khối lượng đó dao động tại tần số tự nhiên f_N , như sau :

$$f_N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_s}{m_o}} \quad (F.1)$$

trong đó:

k_s là độ cứng của lò so;

m_o là khối lượng tương đương của công trình.

Dưới tải trọng chu kỳ đặt vào có giá trị lớn nhất P và tần số đặt vào f_c , chuyển vị lớn nhất d_c là :

$$d_c = \frac{P}{k_s} \sqrt{\left\{ \frac{1}{\left[1 - (f_c / f_N)^2 + (2qf_c / f_N)^2 \right]} \right\}} \quad (F.2)$$

trong đó:

q là tỷ lệ của giảm chấn cực hạn, bằng giữa 0,01 và 0,05 đối với các công trình biển. Khi không có thông tin tốt hơn q có thể lấy bằng 0,01.

Thành phần trong căn bậc hai của công thức trước là bội số của chuyển vị tĩnh (P/k_s) được biết như khuyếch đại động học. Nếu nó vượt quá 1,2 cần phải dùng các phương pháp giải tích chính xác hơn.

TCVN 11820-2:2017

Khi sử dụng các công thức trên để có được phản ứng động gần đúng, độ cứng của các bộ phận của công trình có thể tính toán theo các nguyên tắc kết cấu thông thường. Có thể sử dụng các giá trị động của mô đun Young.

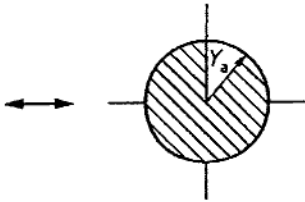
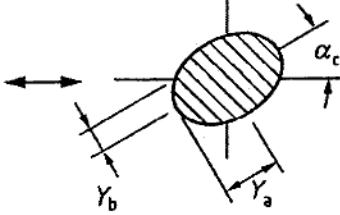

Trong tính toán độ cứng của một hệ cọc, có thể sử dụng chiều dài có hiệu của cọc tính từ cao trình bản sàn đến cao trình ngàm biểu kiến. Cao trình ngàm biểu kiến nằm tại độ sâu bên dưới đáy biển giữa $4W_s$ đối với sét cứng và $8W_s$ đối với bùn yếu, ở đây W_s là đường kính cọc nhưng cần sai số cho phép đối với xói có thể xảy ra.

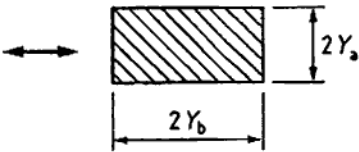
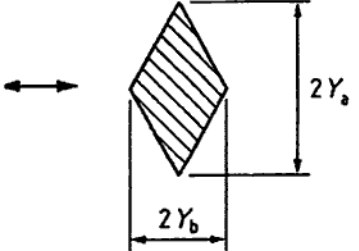
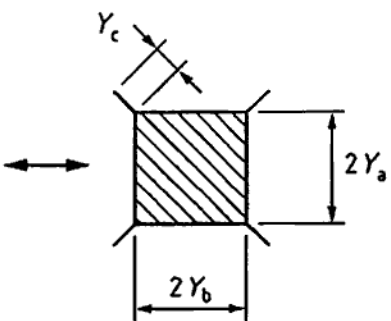
Khối lượng đơn tương đương thể hiện thế năng của hệ thống là một mô hình của phân bố khối lượng thực tế. Phân bố khối lượng thực tế này có thể tính được bằng cách giả thiết một gối khớp đơn giản, theo phương của chuyển động và tại nút mà khối lượng tương đương phải đặt vào, nghĩa là nằm ngang tại cao trình bản sàn trên bển trên nền cọc. Khi đó có thể thực hiện một phân tích tĩnh học bằng cách sử dụng các khối lượng như các tải trọng, để tạo các phản lực tại các gối đỡ giả thiết. Phản lực này có thể lấy bằng khối lượng tương đương m_0 .

Khối lượng đã phân bố của công trình có thể lấy bao gồm :

- 1) Khối lượng thực tế của công trình, bao gồm khối lượng của mọi sinh vật biển bám, không cho phép có lực đẩy nổi;
- 2) Khối lượng nước bị giam trong công trình;

Bảng F.1 - Khối lượng phụ thêm của nước bị cản giữ

Hình dạng tiết diện ngang của cấu kiện lặn trụ		Khối lượng phụ thêm của nước bị cản giữ trên đơn vị chiều dài ^{A)}
Tiết diện hình tròn		$\rho\pi Y_a^2$
Tiết diện hình elip		$\rho\pi (Y_b^2 \cos^2 \alpha_c + Y_a^2 \sin^2 \alpha_c)$
Tám phẳng		$\rho\pi Y_a^2$

Hình dạng tiết diện ngang của cầu kiện lặn trụ		Khối lượng phụ thêm của nước bị cản giữ trên đơn vị chiều dài ^{A)}																
Tiết diện hình chữ nhật		$\frac{K_1 \rho \pi Y_s^2}{Y_s/Y_b}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>Y_s/Y_b</th> <th>K_1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.1</td><td>2.23</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>1.98</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>1.70</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>1.51</td></tr> <tr><td>2.0</td><td>1.36</td></tr> <tr><td>5.0</td><td>1.21</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>1.14</td></tr> </tbody> </table>	Y_s/Y_b	K_1	0.1	2.23	0.2	1.98	0.5	1.70	1.0	1.51	2.0	1.36	5.0	1.21	10.0	1.14
Y_s/Y_b	K_1																	
0.1	2.23																	
0.2	1.98																	
0.5	1.70																	
1.0	1.51																	
2.0	1.36																	
5.0	1.21																	
10.0	1.14																	
Tiết diện hình thoi		$\frac{K_2 \rho \pi Y_s^2}{Y_s/Y_b}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>Y_s/Y_b</th> <th>K_2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.2</td><td>0.61</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>0.67</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>0.76</td></tr> <tr><td>2.0</td><td>0.85</td></tr> </tbody> </table>	Y_s/Y_b	K_2	0.2	0.61	0.5	0.67	1.0	0.76	2.0	0.85						
Y_s/Y_b	K_2																	
0.2	0.61																	
0.5	0.67																	
1.0	0.76																	
2.0	0.85																	
Tiết diện hình vuông có góc lồi		$\frac{K_3 \rho \pi Y_s^2}{Y_s/Y_b}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>Y_s/Y_b</th> <th>K_3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.05</td><td>1.61</td></tr> <tr><td>0.10</td><td>1.72</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>2.19</td></tr> </tbody> </table>	Y_s/Y_b	K_3	0.05	1.61	0.10	1.72	0.25	2.19								
Y_s/Y_b	K_3																	
0.05	1.61																	
0.10	1.72																	
0.25	2.19																	

^{A)} là tỷ trọng của nước

3) Khối lượng nước bị công trình cản giữ bên ngoài, bao gồm bị cản giữ bởi sinh vật biển bám vào.

Những giá trị điển hình của nước bị cản giữ cho trong **Bảng F.1** cho một số tiết diện ngang.

Trừ khi có thông tin tốt hơn có thể giả thiết rằng sinh vật biển bám có giá trị cho trong **Bảng F.2** bên dưới LAT.

Bảng F.2 - Biểu thị cho phép khối lượng sinh vật biển bám

Độ sâu dưới đáy biển m	Tải trọng Kg/m ²
0 đến 10	250
10 đến 20	200
20 đến 30	125
30 đến 50	80

TCVN 11820-2:2017

Điều quan trọng là nhận được số liệu địa phương cụ thể về bám bản biển tiềm năng đối với thiết kế sau cùng do bám bản nặng hơn có thể xảy ra. Ví dụ như bám bản của tảo biển loại tảo bẹ có thể dày đến 3m trong một số lớp đặt trên Biển Bắc.

Các xoáy cuộn do các mặt cắt hình tròn sinh ra một loại tải trọng chu kỳ đặc biệt trong đó chuyển vị tăng dần dần khi tải trọng không tăng. Nó chỉ có thể xử lý bằng cách phòng tránh.

Phụ lục G

(Tham khảo)

Các công thức lực gió và dòng chảy

G.1 Khái quát

Phụ lục này cho các phương pháp đánh giá các lực do gió và dòng chảy để đánh giá các tác động neo tàu khi sử dụng các công thức kinh nghiệm dựa trên số liệu thí nghiệm mô hình tàu.

Các công thức đã sử dụng trong các lần xuất bản trước của tiêu chuẩn này đã được in lại ở đây (tham chiếu như các công thức của BS 6349 và được mô tả chi tiết hơn trong G.2). Chúng được giữ lại không điều chỉnh và được dựa trên phạm vi số liệu đã công bố từ những năm 1950.

Đối với các áp dụng trong ngành công nghiệp dầu khí, phương pháp luận cho trong OCIMF và MEG3(N2) (tham chiếu như các công thức OCIMF và được mô tả chi tiết hơn trong G.3) đã được đề nghị.

Điều quan trọng là ghi nhận sự khác nhau giữa các công thức để tránh sai sót hay áp dụng không phù hợp.

Cơ sở kiến thức có tính lịch sử để phát triển đã cho ở đây vì cho rằng cần thiết để người thiết kế có thể lưu giữ, như thông tin cơ bản rất quan trọng và có thể vẫn còn hữu ích để đánh giá sơ bộ các lực do gió và dòng chảy lên các con tàu.

G.2 Công thức của BS 6349

Các lực do gió và dòng chảy tổng quát có thể mô tả như :

- Các lực dọc và ngang phối hợp với mô men lấy với trục đứng (nghĩa là đi qua trọng tâm), tất cả tác động lên đường trung tâm của tàu; hay
- Hai lực ngang, một trên từng đường vuông góc, phối hợp với một lực dọc.

Phương pháp sau đã được chấp nhận cho tiêu chuẩn này, và biên độ và ý nghĩa của các lực này có thể được đánh giá bằng các công thức đã cho như sau .

Đối với các lực gió :

$$\begin{aligned} F_{TW} &= C_{TW} \rho_A A_L V_W^2 \times 10^{-4} \\ F_{LW} &= C_{LW} \rho_A A_L V_W^2 \times 10^{-4} \end{aligned} \quad (G.2.1)$$

trong đó:

F_{TW} là các lực gió ngang, phía trước hay phía sau, theo KN;

Lưu ý 1. Các lực phía trước hay phía sau có thể tổ hợp lại thành tổng hợp lực gió ngang.

F_{LW} là lực gió dọc, theo KN;

C_{TW} là hệ số lực gió ngang, phía trước hay phía sau;

C_{LW} là hệ số lực gió dọc;

TCVN 11820-2:2017

ρ_A là khối lượng riêng không khí theo kg/m^3 , có thể lấy thay đổi từ $1.309,6 \text{ kg/m}^3$ tại 0°C đến $1.170,3$ tại 30°C ;

A_L là diện tích chiếu dọc của con tàu bên trên đường ngắm nước, theo m^2 ;

V_W là tốc độ gió thiết kế, theo m/s^2 tại chiều cao 10 m bên trên mực nước biển.

Đối với các lực dòng chảy

$$\begin{aligned} F_{TC} &= C_{TC} C_{CT} \rho L_{BP} d_m V_c^{12} \times 10^{-4} \\ F_{LC} &= C_{LC} C_{CL} \rho L_{BP} d_m V_c^{12} \times 10^{-4} \end{aligned} \quad (\text{G.2.2})$$

Trong đó:

F_{TC} là lực dòng chảy ngang, phía trước hay phía sau, theo kN;

Lưu ý 2. Các lực phía trước và phía sau có thể tổ hợp lại thành lực gió ngang tổng hợp.

F_{LC} là lực dòng chảy dọc, theo kN;

C_{TC} là hệ số lực dòng chảy kéo theo ngang, phía trước hay phía sau;

C_{LC} là hệ số lực dòng chảy kéo theo dọc;

C_{CL} là hệ số hiệu chỉnh độ sâu đối với các lực dòng chảy kéo theo dọc;

Lưu ý 3. Nó cần được đưa vào khi tỷ số độ sâu và môn nước nhỏ hơn 6.

C_{CT} là hệ số hiệu chỉnh độ sâu đối với các lực dòng chảy kéo theo ngang;

Lưu ý 4. Nó cần được đưa vào khi tỷ số độ sâu và môn nước nhỏ hơn 6.

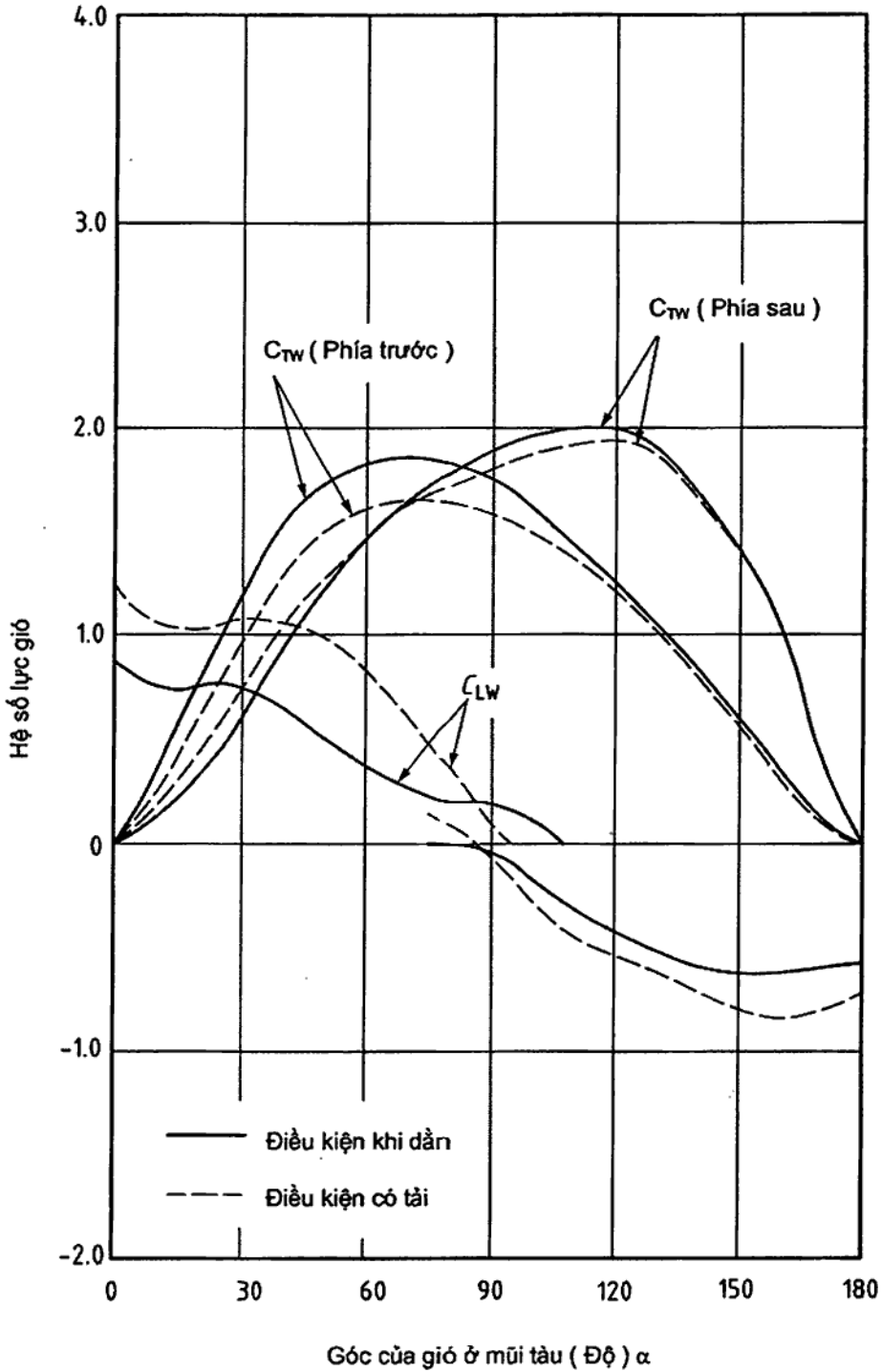
ρ là khối lượng riêng của nước, theo kg/m^3 và có thể lấy bằng 1.000 kg/m^3 đối với nước ngọt và 1025 kg/m^3 đối với nước biển.

L_{BP} là chiều dài giữa các đường vuông góc của tàu, theo m;

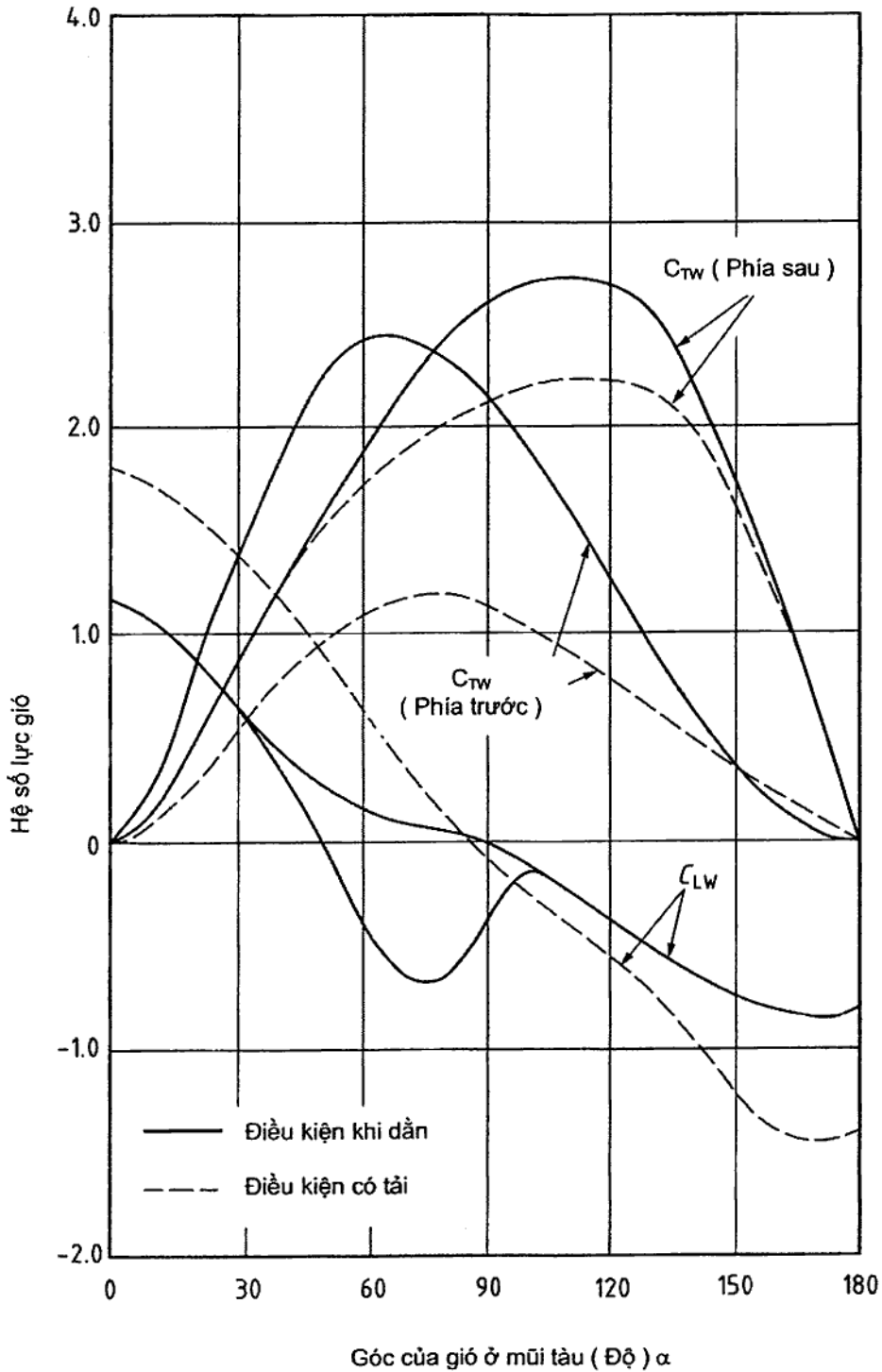
d_m là môn nước trung bình của tàu, theo m;

V_c là tốc độ dòng chảy lấy trung bình trên môn nước trung bình của tàu, của thành phần dòng chảy theo hướng đang xem xét, ngang hay dọc, theo m/s .

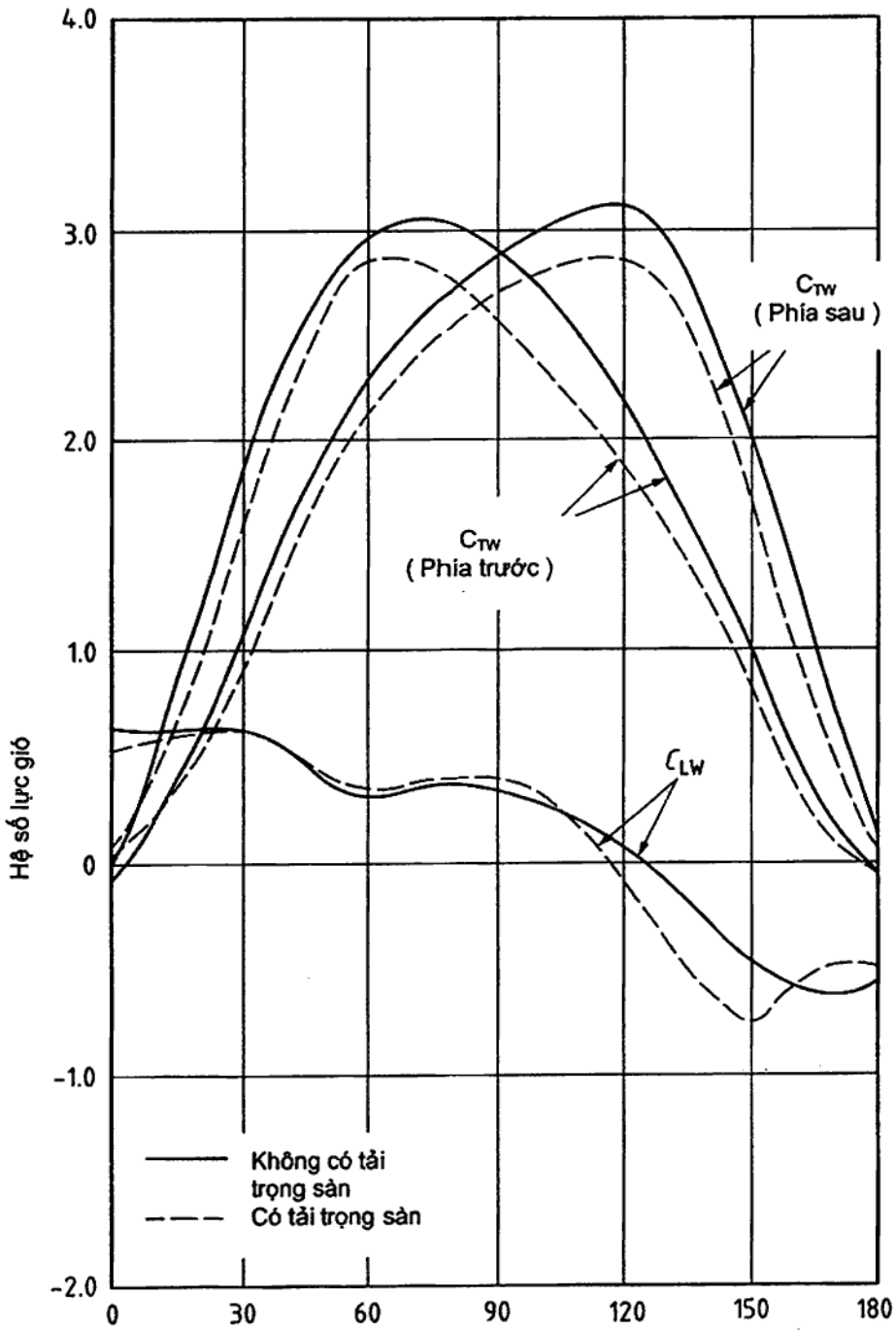
Các giá trị của các hệ số lực gió cho trong **Hình G.1**; **Hình G.2** và **Hình G.3** đối với các góc gió tới khác nhau và các loại tàu khác nhau trong cả hai điều kiện dẫn và chất tải.



Hình G.1 - Đường bao các hệ số lực gió cho các tàu hàng khô và các tàu dầu nhỏ



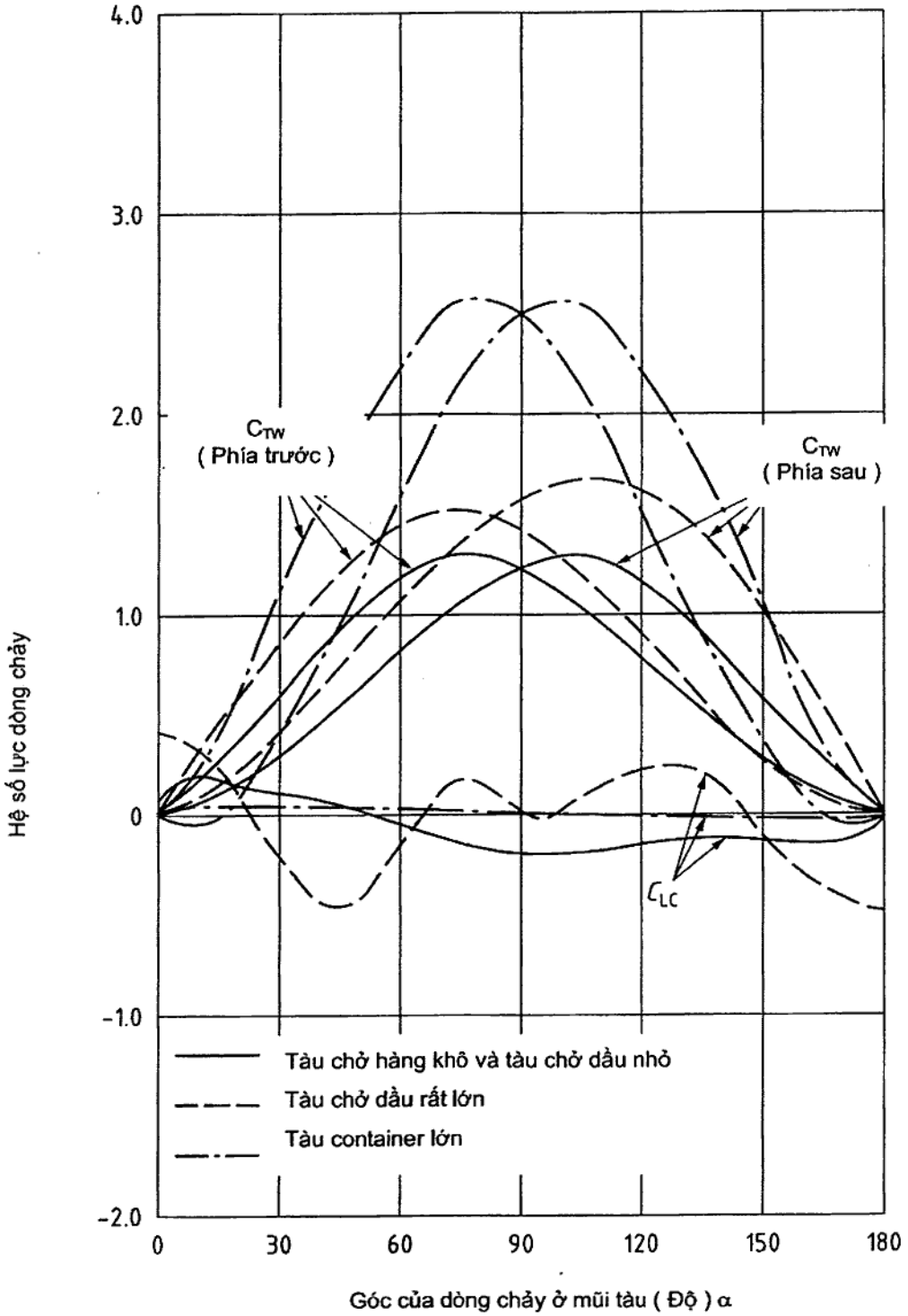
Hình G.2 - Các hệ số lực gió cho các tàu dầu lớn có kết cấu bên trên phía sau



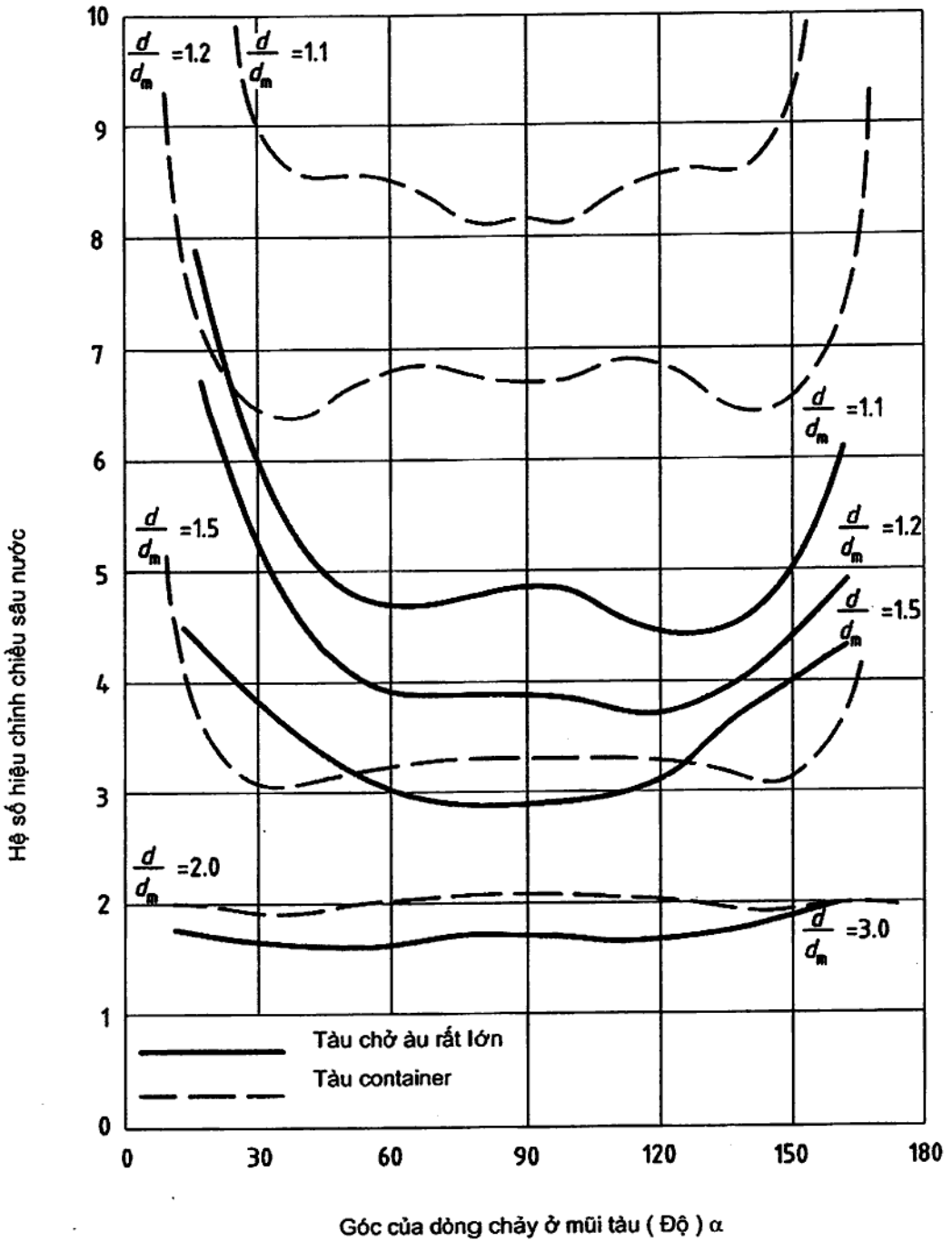
Góc của gió ở mũi tàu (Độ) α

Hình G.3 - Các hệ số lực gió cho các tàu container điển hình

Các giá trị của các hệ số lực kéo theo của dòng chảy cho trong Hình G.4 và các hệ số hiệu chỉnh đối với các ảnh hưởng nước nông cho trong các Hình G.5 và Hình G.6.



Hình G.4 - Các hệ số lực kéo theo của dòng chảy, mọi loại tàu, trường hợp nước sâu



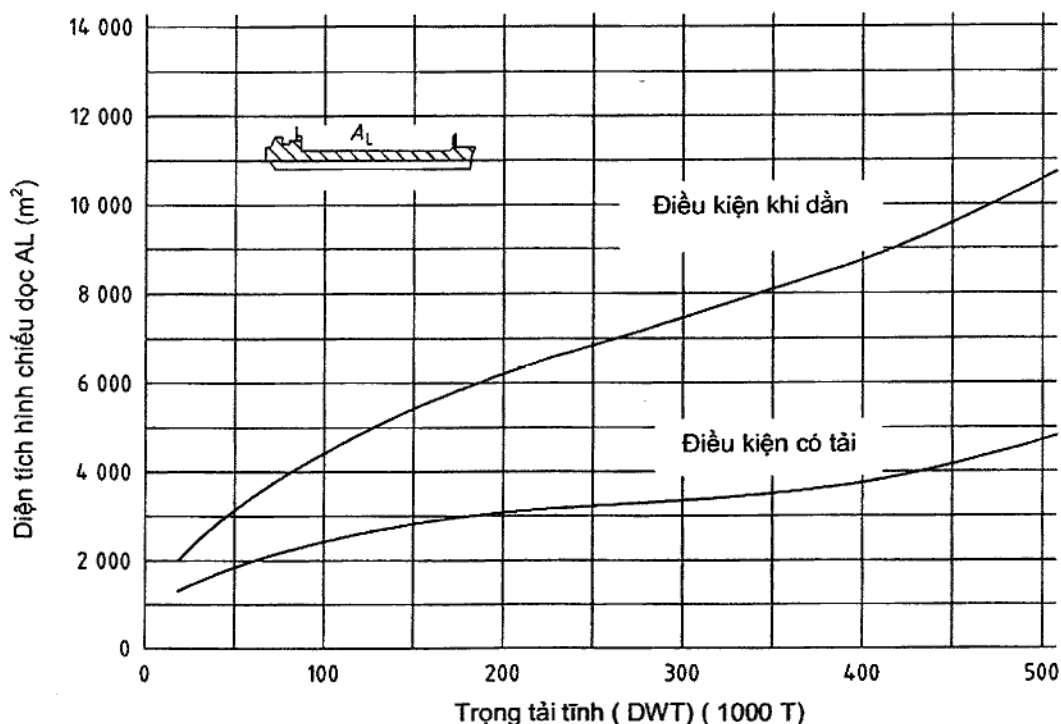
Hình G.5 - Các hệ số hiệu chỉnh độ sâu nước đối với các lực dòng chảy thành bên



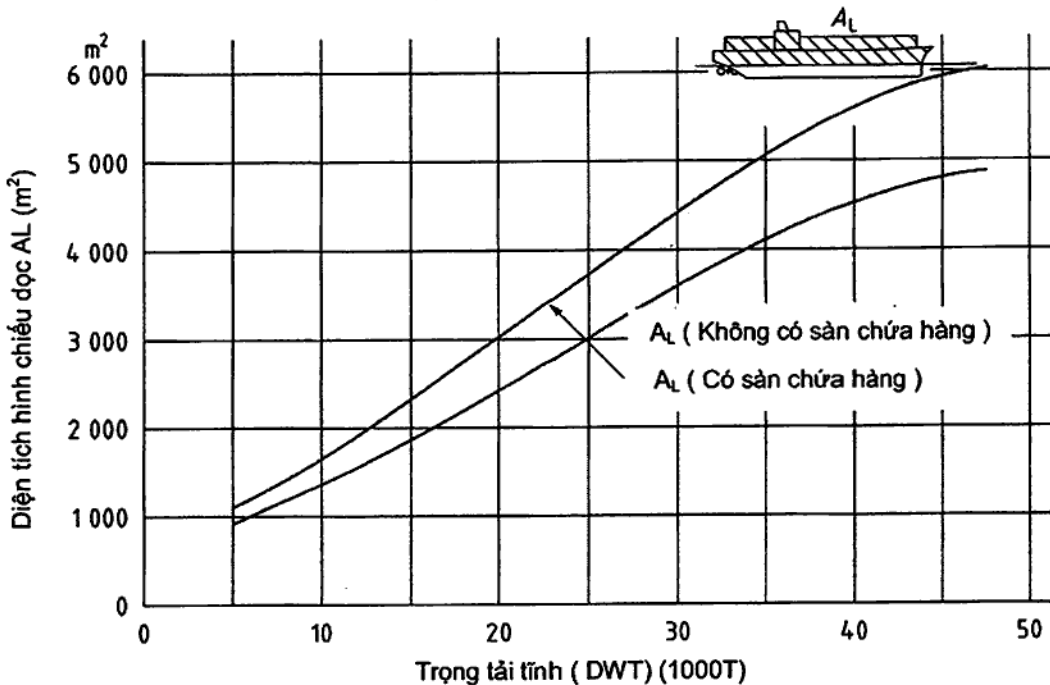
Hình G.6 - Các hệ số hiệu chỉnh độ sâu nước đối với các lực dòng chảy dọc trên tàu container

Các giá trị của các hệ số cho các tàu chở dầu thô rất lớn (VLCC) và các tàu chở dầu trong Hình G.1 và Hình G.2 là bao gồm cho mục đích so sánh với các tàu khác. Tuy nhiên như đã lưu ý trong các công thức của OCIMF được kiến nghị để đánh giá các hệ số lực gió và của lực kéo theo của dòng chảy cho VLCC và các loại tàu chở sản phẩm dầu khác dưới 16.000 DWT và chở khí trong phạm vi từ 75.000 m³ đến 125.000 m³.

Các giá trị điển hình của chiều dài, mớn nước và các diện tích thành bên của các tàu hàng khô và các tàu container đã cho trong BS 6349-1-1:2013 và Hình G.7 và Hình G.8. Các hình này có thể lấy như chỉ dẫn cho thiết kế sơ bộ khi không có số liệu tàu cụ thể.



Hình G.7 - Các diện tích hình chiếu dọc điển hình của các tàu dầu



Hình G.8 - Tàu container: chiều dài và các diện tích hình chiếu dọc

G.3 Công thức OCIMF

OCIMF MEG 3 có chỉ dẫn về đánh giá tính áp dụng của các hệ số đối với một phạm vi rộng hơn các kích cỡ tàu dầu và các thiết kế hiện đại hơn đã lưu ý như sau.

- Đối với các tàu chở sản phẩm và dầu nhỏ hơn, tương tự hình học là đáng kể trong đánh giá tính áp dụng của các hệ số. Điều đó có nghĩa là tính tương tự của tỷ số chiều cao boong và chiều rộng thân tàu là cần thiết để áp dụng các hệ số lực kéo theo của gió ngang và sự tương tự của tỷ số mớn nước và chiều rộng thân tàu là cần thiết để áp dụng các hệ số lực kéo theo của dòng chảy ngang.
- Đối với các tàu chở khí, các hệ số gió áp dụng cho các thiết kế bể chứa màng mỏng hay hình cầu trong phạm vi 75.000 m^3 đến 125.000 m^3 . Đối với các tàu chở khí ngoài phạm vi này, nói chung số liệu hệ số kéo theo của gió có thể chấp nhận được là không có và trừ khi phải tiến hành các thí nghiệm mô hình trong từng trường hợp, khuyến nghị sử dụng các ngoại suy bảo thủ từ số liệu tàu chở khí đã được công bố.
- Các mô hình hầm gió cho tàu chở dầu tương ứng với các tàu dầu điển hình trước Hội nghị Quốc tế Bảo vệ Ô nhiễm do các tàu (MARPOL) năm 1973 với một tỷ số của chiều dài toàn bộ đối với chiều cao boong chất tải trong phạm vi từ 50 đến 60, và một tỷ số của chiều cao boong khí dẫn đối với chiều cao boong đầy tải là 3. Các tàu chở dầu sau MARPOL (SBT và thân kép) nói chung có chiều cao boong cao hơn so với các tàu chở dầu trước MARPOL, và nội suy hay ngoại suy có thể thích hợp nhất phải trên cơ sở tỷ số chiều cao boong giữa tàu và chiều rộng thân tàu.

OCIMF MEG 3 cũng nhấn mạnh rằng các hệ số kéo theo do dòng chảy đã dựa trên số liệu thí nghiệm từ tài liệu của OCIMF đã được in *Dự báo các tải trọng do gió và dòng chảy trên các tàu VLCC* luôn dựa trên các tàu chở dầu có tỷ số giữa chiều dài và chiều rộng trong phạm vi từ 6,3 đến 6,5. Một số tàu chở dầu có tỷ số chiều dài và chiều rộng thấp hơn và các nghiên cứu trước đây chỉ ra rằng hệ số kéo theo do dòng chảy dọc có thể cao hơn 25% đến 30%, có tỷ số chiều dài và chiều rộng là 5,0. Không giống như lực kéo theo do gió dọc, lực kéo theo do dòng chảy dọc được tính theo ý nghĩa của chiều dài thân nhân với mớn nước.

G.4 Tốc độ và phổ gió

BS 6349-1-1:2013 điển hình kiến nghị sử dụng tốc độ gió chu kỳ trung bình 60s để đánh giá bốc xếp và neo cho các tàu lớn như các tàu chở dầu khí. Đối với phân tích trạng thái ổn định của tàu đang neo, Các công thức của OCIMF MEG 3 đã dựa trên tốc độ gió chu kỳ trung bình 30s, đã luôn được xem như đại diện cho thời gian điển hình cho phản ứng tải trọng neo đáng kể nhất của một tàu đang neo.

Trong một số hoàn cảnh có thể đánh giá một thời lượng ngắn hơn, ví dụ như khi phản ứng roll có thể có thời lượng ngắn hơn.

Khi tiến hành mô hình hoá động để đánh giá các tải trọng neo, cần bao gồm một phổ gió thích hợp đối với kiểu phản ứng của con tàu qua một phạm vi các chu kỳ gió giật đã trung bình hoá giữa 30 s và gió giật 3 s.

G.5 Phạm vi giá trị của các hệ số kéo theo

Ngoài các kích thước và tỷ lệ của tàu, các công thức của cả **BS6349** và OCIMF đã trình bày các trường hợp lý tưởng và có giá trị cho các tàu không được che chắn trong vùng biển hở. Chúng được nghĩ rằng có giá trị khi tàu được neo vào các công trình mở về thủy động, ví dụ như các con tàu neo vào các trụ tựa/sàn tải trọng, miễn là các cọc đó cách nhau tương đối rộng.

Đối với các cạnh tường bên đứng hay các kết cấu cọc bố trí dày, cần đánh giá để áp dụng các hệ số kéo theo, đặc biệt khi gió thổi ra phía ngoài bên, hay dòng chảy không kết thúc (mũi/lái). Trong trường hợp trước có thể cần cho phép đối với gió thổi trên các con tàu ngoài bến, bằng cách giảm diện tích phơi gió của thân tàu bằng diện tích được che chắn từ đường ngăn nước cho đến sàn mặt bến.

Trong trường hợp các dòng chảy mạnh (lớn hơn khoảng 4 hải lý), đã có một số trường hợp khi các tàu neo vào các bến trên nền cọc bố trí dày có dòng chảy mạnh với một góc nhỏ đối với con tàu (đến vào khoảng 10°). Những trường hợp đó không thể đánh giá theo cách thông thường. Dòng trên phía bên của con tàu chậm dần, gây ảnh hưởng làm mực nước trên phía con tàu tăng, là ảnh hưởng dẫn đến gia tăng chênh lệch áp ngang qua chiều rộng tàu. Chúng làm cho tăng đến một tải trọng phía ngoài bến mạnh, nó có thể bổ sung cho lực kéo theo thông thường và phụ thuộc vào các điều kiện, có thể có biên độ lớn.

G.6 Lịch sử kiến thức cơ sở đối với các hệ số kéo theo của tàu

Các hệ số lực gió cho tàu chở dầu của OCIMF là của tài liệu "Dự báo các tải trọng gió và dòng chảy trên tàu VLCC" mà đã ngừng tái bản. Tài liệu này nói rằng các hệ số đối với các con tàu trong hạng từ 150.000 đến 500.000. Tuy nhiên gần đây hơn OCIMF MEG3 [N2] nói rằng các hệ số gió và dòng chảy nguyên thủy ban đầu đã được định nghĩa cho tàu VLCC cỡ trên 150.000 DWT, nhưng sau đó đã thêm vào rằng số liệu các thí nghiệm mô hình gần đây nhất trên các dạng tàu chở dầu mà có kết cấu bên trên phía lái và các dạng dẫn riêng rẽ đã khẳng định rằng cùng các hệ số đó nói chung có thể áp dụng cho các tàu nhỏ hơn, và rằng chúng có thể sử dụng cho phạm vi các tàu xuống đến xấp xỉ 16.000 tấn.

OCIMF đã công bố số liệu hệ số lực gió trên các tàu dầu cho hai dạng mũi tàu khác nhau, mũi dạng V và mũi dạng U. Đối với mũi dạng đầu tại đường ngăn nước tương đối nhọn và được định nghĩa như "truyền thống" và có thể phù hợp cho đa số các tàu dầu. Loại thứ hai được xem là "hình trụ" và phù hợp đối với các tàu dầu có dạng mũi rất tròn kéo dài đến đường ngăn nước.

Tuy nhiên sự khác nhau trong hình dạng mũi chỉ xuất hiện để ảnh hưởng đến hệ số lực gió dọc đối với tàu dầu đang dẫn. Các góc xiên giữa khoảng 40° đến 90° , ảnh hưởng hút xảy ra khi lực gió dọc tăng đáng kể. Các thí nghiệm lực gió của OCIMF cho thấy không có sự khác nhau khác giữa hai dạng mũi tàu.

Các thí nghiệm của OCIMF đã thực hiện trên mô hình đã đại diện cho bốn loại tàu dầu khác nhau trong phạm vi từ 150.000 DWT đến 500.000 DWT, chất tải và đang dẫn. Ngoài tình trạng chất tải, đầy tải đối với đang dẫn, và sự khác nhau dạng mũi tàu. OCIMF không tạo sự phân biệt đối với hình dạng thân tàu hay kết cấu bên trên. OCIMF tuy nhiên đã nói rằng số liệu đối với các tàu dầu khác nhau đã được hiệu chỉnh để định nghĩa các đường cong trung bình đại diện.

OCIMF cũng nói rằng số liệu đã được hiệu chỉnh chi tiết để phản ánh các bất định cố hữu trong các kết quả thí nghiệm mô hình. Số liệu hệ số lực thành bên đang dẫn và mô men yaw đã tăng khoảng 10% và hệ số lực dọc, số liệu lực khoảng 20%. Các hệ số lực gió OCIMF do đó có thể bảo thủ đối với đa số các tàu dầu. Nên cần phải chú ý khi so sánh số liệu của OCIMF với các nguồn khác vì các khác biệt khả dĩ trong cách định nghĩa và hiệu chỉnh hệ số như thế nào.

Đôi khi một số hệ số lực gió khác sử dụng cho các tàu hình dạng khác nhau đã có của Viện hoàng gia về Kiến trúc Hải quân trong bài báo "Những tàu dầu lớn – các hệ số gió và mất tốc độ do gió và sóng" [33]. Số liệu báo cáo trong bài báo này dựa trên các thí nghiệm đã tiến hành tại Viện nghiên cứu Khoa học không gian của Thụy Điển và do Hội đồng Phát triển Kỹ thuật Thụy Điển tài trợ.

Đa số các nghiên cứu đã thực hiện trên một mô hình tàu chở quặng/dầu 280.000 DWT. Các phương án kết cấu bên trên và các hệ số tỷ lệ đã được thí nghiệm để đại diện cho các tàu trong phạm vi từ 100.000 DWT đến 500.000 DWT. Nhiều phương án nhà phía lái đã được thí nghiệm trên mô hình 280.000 DWT.

Bài báo "Dự báo các tải trọng gió trên các tàu chở khí hoá lỏng" của OCIMF cũng đã ngừng phát hành, cho các hệ số lực gió riêng rẽ cho các tàu chở khí tự nhiên hoá lỏng (LNGC). Số liệu này dựa trên các thí nghiệm tiến hành trên các mô hình các tàu chở khí trong hạng 75.000 m³ đến 125.000 m³. OCIMF đã công bố số liệu hệ số lực gió cho hai loại dạng bồn của tàu chở khí khác nhau : các bồn hình lăng trụ (màng mỏng) và các bồn hình cầu. Các mô hình tàu chở khí có các bồn lăng trụ đã được thí nghiệm có boong cao hơn so với các tàu dầu truyền thống nhưng mặt khác không có diện tích bên trên sàn boong bổ sung nhiều. Mô hình tàu chở khí có bồn hình cầu cũng có sàn boong như của tàu có bồn lăng trụ nhưng đã cho biết bổ sung các bồn hình cầu nhô lên sàn boong chính. Như vậy chúng đã có diện tích chắn gió ngang bên trên sàn boong được bổ sung thêm đáng kể.

Số liệu tương đối ít đã được tiến hành đối với lực kéo theo trên các con tàu đậu trong dòng chảy ngang với các góc khác nhau trong luồng có độ sâu và chiều rộng hạn chế. Lực kéo theo dọc nhạy cảm đối với hình dạng thân tàu và hướng của dòng chảy. Tuy nhiên lực kéo theo dọc là thành phần tương đối nhỏ của lực tổng hợp, ngoại trừ các góc tấn công rất nhỏ.

Những công thức đã sử dụng là kinh nghiệm dựa trên các kết quả thí nghiệm mô hình thực hiện tại Đại học Newcastle, được hỗ trợ bởi Hội đồng Nghiên cứu Khoa học và Kỹ thuật và nhiều nhà tài trợ công nghiệp. Các thí nghiệm cho con tàu dạng xà lan chữ nhật có các mức nước và độ sâu nước khác nhau và được giữ với các góc khác nhau đối với dòng nước trong một luồng có bề rộng hữu hạn. Các kết quả của các công thức này cho thấy phù hợp với của các công thức khác cho hầu hết các góc. Những công thức này rất hữu dụng cho nghiên cứu các tàu đang neo do chúng có kể đến khoảng giãn cách dưới đáy tàu và ảnh hưởng hệ số béo trong các luồng đã được định nghĩa.

Phụ lục H

(Tham khảo)

Vận chuyển bùn cát ven bờ và dự báo diễn biến bờ biển

H.1 Vận chuyển bùn cát ven bờ

Sự dịch chuyển của bùn cát ven bờ cũng như tác động của nó có thể được phân tích dựa trên các số liệu đo đạc hiện trường hoặc dự báo bằng mô hình.

Những yếu tố quan trọng khi nghiên cứu sự dịch chuyển bùn cát và tác động của nó bao gồm kích thước hạt bùn cát, chiều sâu giới hạn, tốc độ dịch chuyển, và hướng di chuyển của bùn cát ven bờ.

1) Khái quát

a) Sự di chuyển của bùn cát ven bờ có thể gây bồi hoặc xói cho công trình cảng. Phạm vi và mức độ ảnh hưởng có thể được đánh giá thông qua các yếu tố đề cập trên.

b) Sự vận chuyển bùn cát tác động đến sự hình thành địa thể và địa mạo của đường bờ và đáy biển. Sóng và dòng chảy là hai trong những tác nhân chủ yếu làm bùn cát dịch chuyển.

c) Tuy nhiên, sự dịch chuyển bùn cát do tác động trực tiếp của gió cũng nên được xem xét trong nghiên cứu sự dịch chuyển bùn cát.

d) Nguồn bùn cát từ trong sông có thể bị bồi lắng tại cửa sông hay ven biển dưới tác động của sóng và dòng chảy, qua thời gian có thể hình thành các bãi cạn.

e) Bãi biển tự nhiên chịu tác động lặp đi lặp lại của quá trình bồi xói dưới tác động của sóng, gió và dòng chảy. Tuy nhiên, địa hình bãi biển vẫn có thể ổn định tương đối trong thời gian dài khi mà tổng lượng bồi xói cân bằng nhau. Do những thay đổi của ngoại lực tác động (sóng, dòng chảy) sự cân bằng này có thể mất đi. Khi đó bờ biển có thể bị xói hoặc bồi lắng. Khi bờ biển phát triển đến một mức độ nào đó, thế cân bằng mới sẽ được tái lập, bờ biển lại trở lên ổn định với địa hình và địa mạo mới. Khi xây dựng các công trình như đê chắn sóng, đập chắn sóng, đê chắn sóng xa bờ và liền bờ, cần phải nghiên cứu thận trọng những tác động của nó đối với hiện tượng dịch chuyển bùn cát nêu trên.

f) Khi sóng di chuyển từ khơi vào bờ, bùn cát đáy chưa bị tác động bởi sóng khi độ sâu vẫn còn lớn. Tuy nhiên, khi độ sâu đáy biển giảm đến ngưỡng nào đó, sóng bắt đầu tác động đến đáy biển làm cho bùn cát bắt đầu dịch chuyển. Độ sâu nước ở ngưỡng mà bùn cát bắt đầu dịch chuyển được gọi là độ sâu giới hạn. Sato đã nghiên cứu sự dịch chuyển bùn cát đáy bằng cách sử dụng cát silic được gây nhiễu phóng xạ để xuống biển rồi quan sát sự dịch chuyển của chúng. Từ nghiên cứu này, ông đã xác định hai điều kiện để bùn cát dịch chuyển, lần lượt được gọi là dịch chuyển bùn cát bề mặt và dịch chuyển toàn bộ bùn cát đáy.

g) Tốc độ vận chuyển bùn cát dọc bờ là tốc độ di chuyển của các hạt bùn cát theo hướng song song với đường bờ biển, gây ra bồi sóng tới theo hướng xiên với bờ.

h) Hướng vận chuyển bùn cát có thể đảo chiều phụ thuộc vào hướng sóng tới. Hướng có lượng dịch chuyển lớn hơn trong một năm được gọi là hướng chủ đạo.

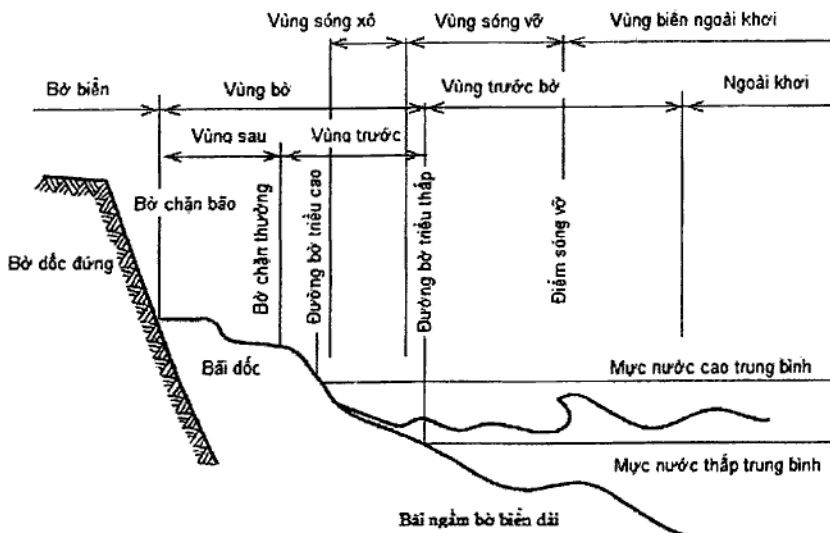
i) Trong dài hạn thì những biến đổi địa hình do bùn cát di chuyển dọc bờ thường không thể phục hồi được. Ví dụ, xét địa hình gần với một đê chắn sóng, nếu sóng tới từ phía bên phải, thì sẽ có bồi tụ bùn cát ở phía bên phải đê, và xói sẽ xảy ra ở bên trái đê. Ngược lại, nếu sóng tới từ phía bên trái thì hiện tượng trên sẽ đảo vị trí cho nhau. Tuy nhiên, về dài hạn việc bồi xói sẽ phụ thuộc vào tổng năng lượng sóng tới phía nào lớn hơn. Ví dụ, nếu năng lượng trung bình của sóng tới từ phía phải lớn hơn năng lượng sóng tới từ phía trái, mặc dù phía phải đê có thể xảy ra hiện tượng lúc bồi lúc xói. Nhưng cuối cùng lượng bồi tụ vẫn tăng lên ở bên phải, trong khi độ sâu xói sẽ tăng lên ở bên trái đê. Do vậy, khi xây dựng các công trình cảng và công trình gần bờ, cần thiết phải hiểu rõ hướng chủ đạo của quá trình vận chuyển bùn cát dọc bờ cũng như tốc độ di chuyển của nó, để có thể ước tính mức độ diễn biến bờ biển trong khu vực đó.

j) Địa hình bờ biển

- Thuật ngữ trên mặt cắt dọc bờ biển

Mặt cắt điển hình của một bờ cát được định nghĩa với thuật ngữ như trong Hình H.1.1. "Ngoài khơi" là khu vực phía xa bờ nơi mà sóng không bị vỡ ở điều kiện bình thường, và trong nhiều trường hợp độ dốc đáy khá nhỏ. "Gần bờ" là khu vực tiếp giáp giữa biên xa bờ và đường biên đất liền khi thủy triều thấp nhất. Đây là khu vực sóng bị vỡ và có các bãi ngầm cạnh hình thành dọc bờ.

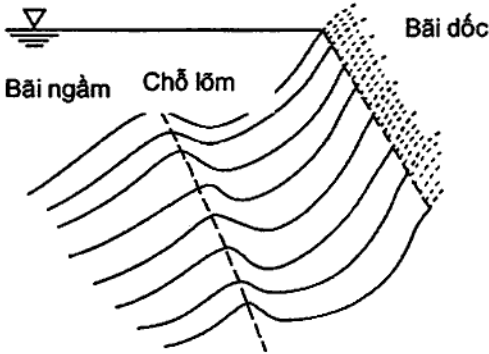
Tên gọi nêu ở dòng đầu tiên của Hình H.1.1 phân loại những khu vực dựa trên dạng dịch chuyển bùn cát. Ở vùng sóng vỡ, bùn cát bị lơ lửng do tác động của xoáy nước lớn gây bởi sóng vỡ và mang theo nhiều khối cát với mật độ lớn. Tiếp đến sự dịch chuyển bùn cát tại vùng sóng xô bờ với diễn biến bồi xói tương đối phức tạp phụ thuộc vào các đặc trưng của sóng.



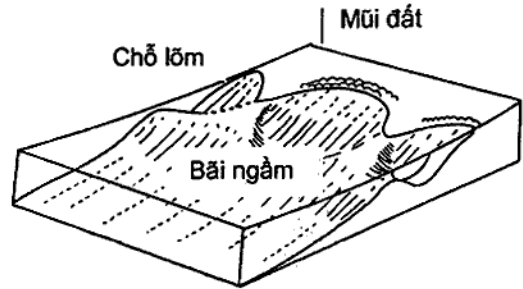
Hình H.1.1 - Thuật ngữ mặt cắt bờ biển

- Địa hình các bãi cát như các cồn cát dọc bờ

Cồn cát dọc bờ là đặc trưng địa hình riêng biệt của một bãi cát ven biển tạo nên dạng mặt cắt bãi cát ven biển theo phương ngang, nó có hình dạng dài và thẳng, gần như song song với đường bờ như Hình H.1.2 (a), hoặc có dạng vòm lặp đi lặp lại như Hình H.1.2 (b). Đặc biệt, loại thứ hai của bãi cát dọc bờ còn được gọi là bãi lưới liềm. Cồn cát ven bờ thường tạo thành nhiều thềm bậc theo thứ tự hướng ra ngoài biển, trong trường hợp đó, cát hình thành theo quy mô lớn thành những cồn cát ngoài khơi.



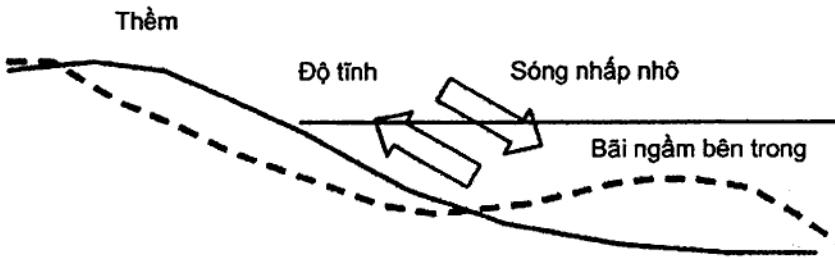
Hình H.1.2(a) - Cồn cát dọc bờ biển



Hình H.1.2(b) - Cồn cát lưới liềm

- Địa hình đáy biển khu vực gần bờ

Như thể hiện trong Hình H.1.3, quá trình biến đổi đáy biển phụ thuộc trạng thái sóng từ tĩnh lặng đến khi dữ dội.

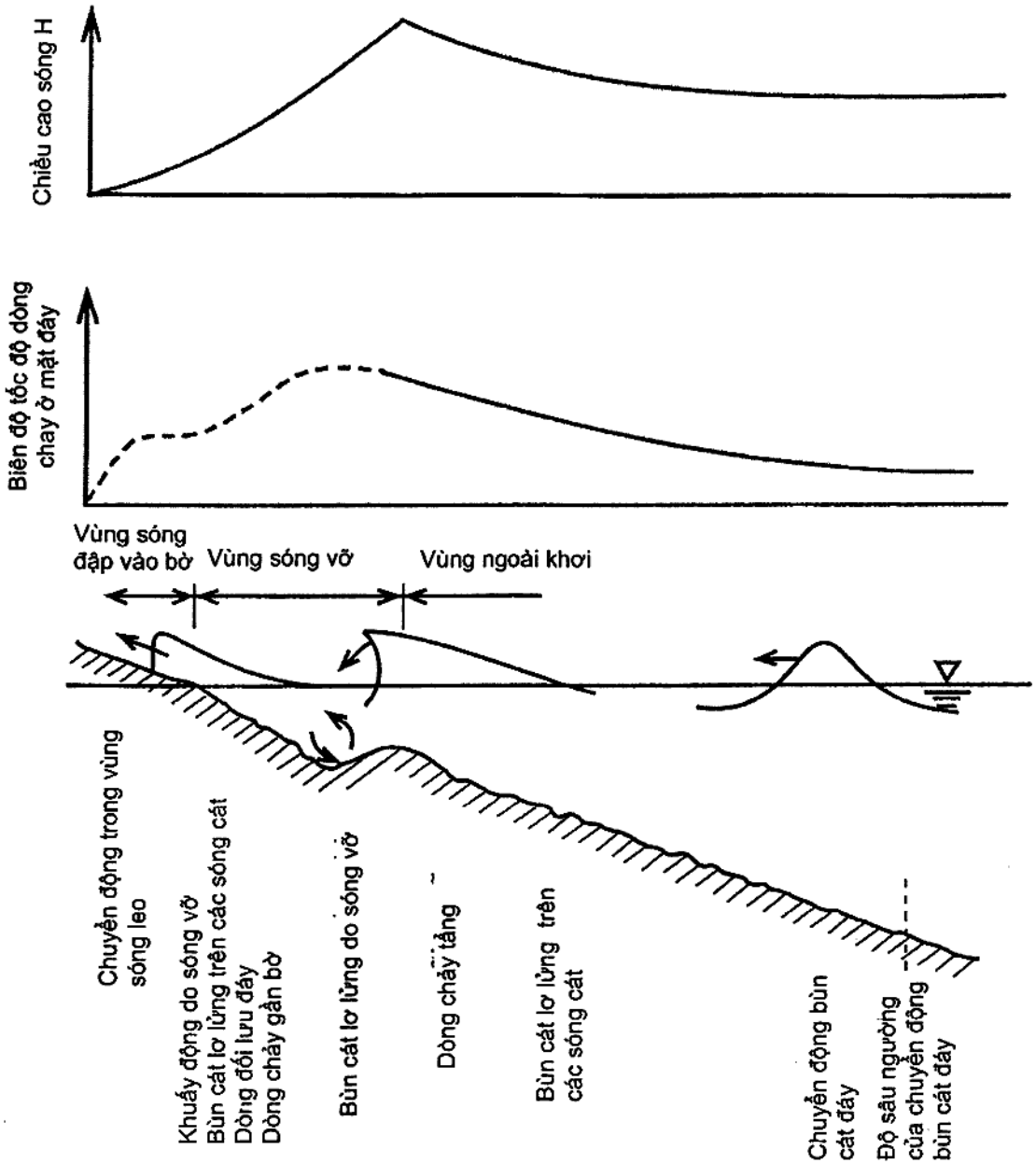


Hình H.1.3 - Địa hình đáy biển gần bờ

k) Dạng dịch chuyển của bùn cát

Sự di chuyển của bùn cát ven bờ phân thành ba loại: bùn cát đáy, bùn cát lơ lửng, và dòng chảy phân tầng tùy theo dạng chuyển động của bùn cát.

Vùng nước nông có thể được phân loại thành ba khu vực như trong Hình H.1.4: khu vực ngoài khơi, vùng sóng vỡ và vùng sóng xô bờ. Phụ thuộc vào tính chất của sóng, chuyển động bùn ở mỗi khu vực được phân tích dưới đây.



Hình H.1.4 - Các dạng chuyển động bùn cát theo hướng vuông góc với bờ

l) Ý nghĩa vật lý và công thức ước tính đối với độ sâu giới hạn của chuyển động bùn cát.

Độ sâu giới hạn của chuyển động bùn cát là một trong yếu tố quan trọng để xác định chiều dài đề chắn sóng hoặc độ sâu khu nước cần được bảo vệ.

Sato và Tanaka đã thực hiện một số khảo sát tại hiện trường sử dụng cát silic phóng xạ để quan sát. Dựa trên các kết quả quan trắc của mình, họ đã xác định các điều kiện chuyển động của bùn cát được trình bày sau đây:

Dựa trên những dữ liệu hiện trường, Sato và Tanaka đã đề xuất hai công thức ước tính độ sâu giới hạn trong chuyển động bùn cát lớp bề mặt và tổng lượng chuyển động bùn cát đáy:

- Độ sâu giới hạn của chuyển động bùn cát mặt

$$\frac{H_0}{L_0} = 1,35 \left(\frac{d}{L_0} \right)^{v_3} \sin \frac{2\pi h_1}{L} \frac{H_0}{H} \quad (\text{H.1.1})$$

- Độ sâu giới hạn của chuyển động bùn cát đáy

$$\frac{H_0}{L_0} = 2,4 \left(\frac{d}{L_0} \right)^{v_3} \sin \frac{2\pi h_1}{L} \frac{H_0}{H} \quad (\text{H.1.2})$$

Trong đó:

L_0 : chiều dài sóng khu vực nước sâu (m)

H'_0 : chiều cao sóng nước sâu tương đương (m)

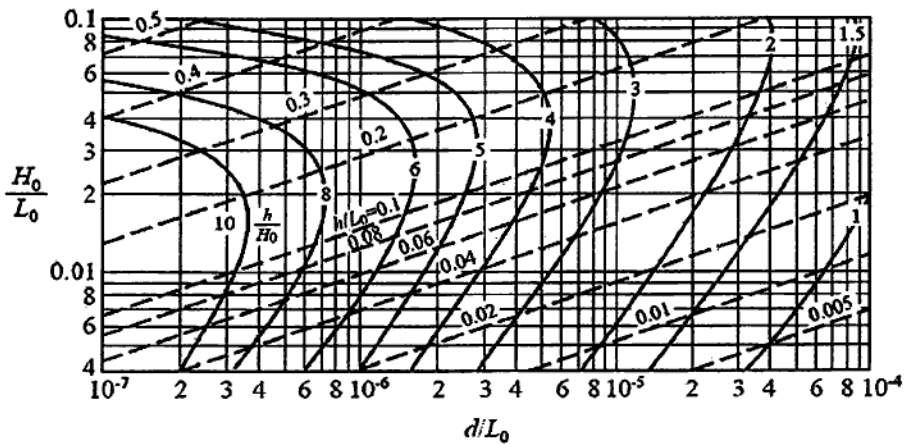
L : chiều dài sóng tại độ sâu nước hi (m)

H : chiều cao sóng tại độ sâu nước hi (m)

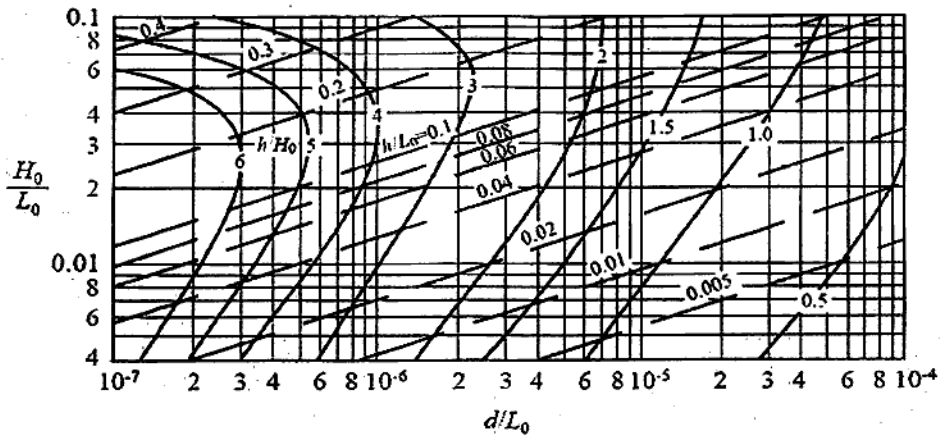
d : cỡ hạt bùn cát, cỡ hạt trung bình hoặc đường kính trung bình (m)

h_1 : độ sâu giới hạn của chuyển động bùn cát (m)

Công thức (D.1.1) và (D.1.2) cho thấy độ sâu giới hạn được xác định theo phương pháp thử dần. Đồ thị Hình D.1.6 (a) và (b) được xây dựng để có thể dễ dàng ước tính các độ sâu giới hạn theo các giá trị d/L_0 và H_0/L_0 .



Hình H.1.6 (a) - Đồ thị tính toán độ sâu giới hạn chuyển động lượng bùn cát mặt



Hình H.1.6 (b) - Đồ thị tính toán độ sâu giới hạn chuyển động tổng lượng bùn cát đáy

m) Vận chuyển bùn cát dọc bờ

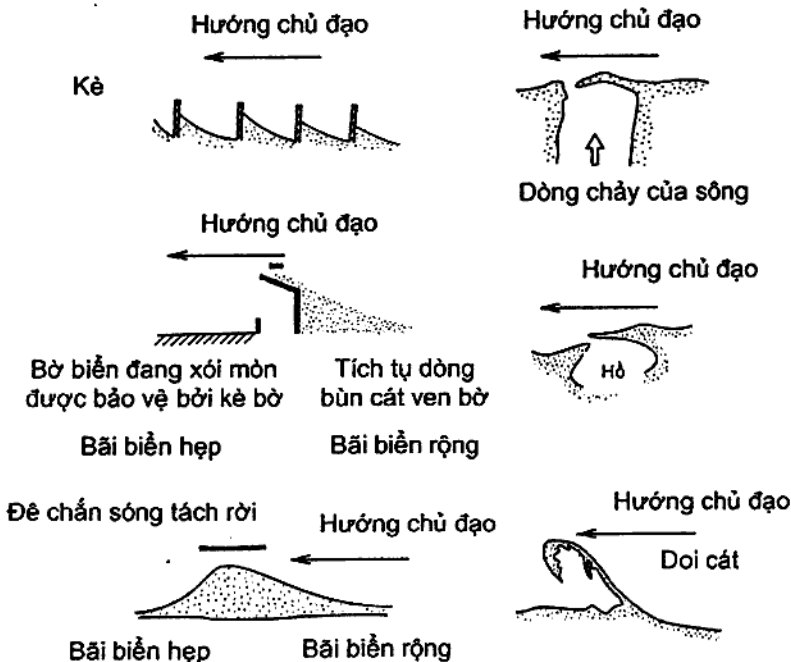
- Hướng chủ đạo của vận chuyển bùn cát dọc bờ được xác định dựa trên các dữ liệu sau:

Địa hình bờ biển tự nhiên và chung quanh các công trình ven bờ (xem Hình H.1.7)

Các đặc trưng của bùn cát phân bố dọc bờ biển như đường kính hạt trung bình, hàm lượng khoáng chất, v.v.

Hướng chuyển động của vật liệu đánh dấu

Hướng dòng năng lượng sóng tới



Hình H.1.7 - Địa hình bờ điển hình thể hiện hướng dịch chuyển bùn cát ven bờ chủ đạo

- Để xác định tính mức độ di chuyển bùn cát ven bờ, những dữ liệu sau đây cần được xác minh và điều tra một cách đầy đủ:

Số liệu quan trắc liên tục về biến đổi lượng bùn cát xung quanh các kết cấu ven bờ;

Số liệu về thành phần dọc bờ của dòng năng lượng sóng;

Số liệu liên quan đến mức độ di chuyển bùn cát tại khu vực lân cận;

Số liệu về khối lượng nạo vét trong quá khứ;

Số liệu quan trắc liên tục về lượng bồi lắng ở vị trí hố đào quan trắc;

Số liệu về lượng dịch chuyển của vật liệu thực nghiệm bằng cát huỳnh quang tại vùng sóng vỡ.

- Các công thức khác nhau có thể được sử dụng để ước tính giá trị tương đối của mức độ vận chuyển bùn cát bờ. Công thức thường được sử dụng là công thức (H.1.3), với hệ số α cho các công thức khác nhau nêu trong **Bảng H.1.1**.

$$Q_x = \alpha E_x$$

$$E_x = \sum K_r^2 \left(\frac{n_A w_o H_A^2 L_A}{8T} \right) \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (\text{H.1.3})$$

trong đó:

- Q_x là tốc độ dịch chuyển bùn cát dọc bờ (m^3/s);
- E_x là thành phần dọc bờ của dòng năng lượng sóng (kN.m/m/s);
- K_r là hệ số khúc xạ giữa điểm quan sát sóng và điểm sóng vỡ;
- n_A là tỷ số giữa vận tốc nhóm và vận tốc sóng tại điểm quan sát sóng;
- w_o là dung trọng của nước biển (kN/m^3);
- H_A là chiều cao sóng tại điểm quan sát (m);
- L_A là chiều dài sóng tại điểm quan sát (m);
- T là chu kỳ sóng (s);
- α_b là góc sóng tới tại điểm sóng vỡ ($^\circ$).

Bảng H.1.1 - Hệ số α đối với công thức tính tốc độ vận chuyển bùn cát dọc bờ

Savage	Sato và Tanaka	Công binh Quân đội Hoa Kỳ
0,022	0,03	0,04

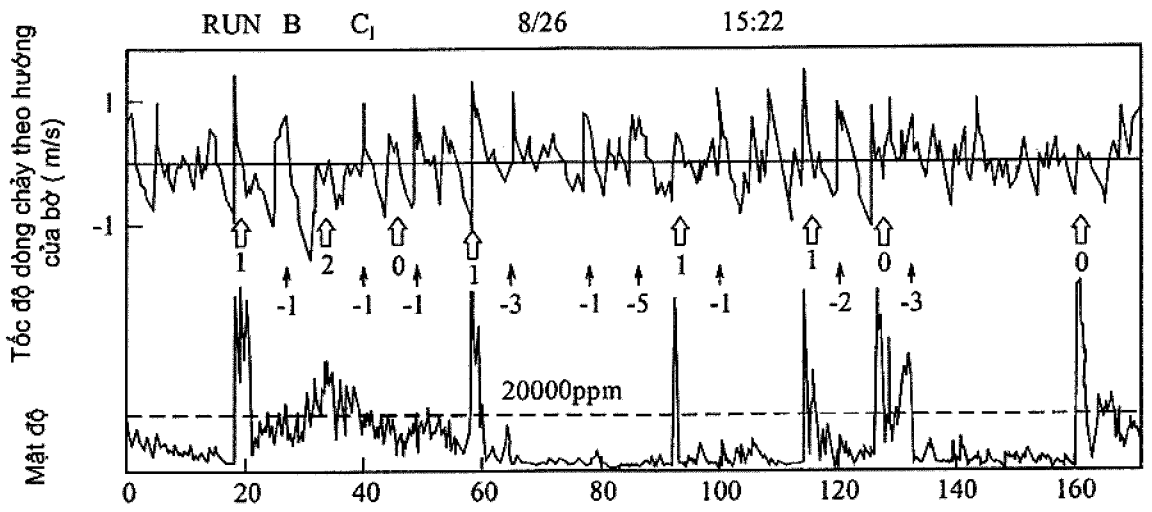
n) Hiện tượng di chuyển bùn cát ven bờ trong vùng sóng vỡ

Trong vùng sóng vỡ, một khối lượng cát lớn bị xáo trộn bởi sóng vỡ, do tốc độ quỹ đạo sóng tăng lên gần đáy biển do chiều sâu nước thấp và do các dòng chảy gần bờ.

Komar, dựa vào mức độ dịch chuyển bùn cát dọc bờ thu thập được từ các nghiên cứu sử dụng cát huỳnh quang, đã chỉ ra rằng bùn cát đáy chiếm đa phần trong vùng sóng vỡ. Sternberg và các cộng sự đã phát hiện thấy phần lớn khối lượng bùn cát di chuyển dọc bờ là bùn cát lơ lửng. Khác biệt với quan điểm trên, Kato và các cộng sự đã sử dụng cát huỳnh quang để đo đặc tốc độ vận chuyển bùn cát vùng sóng vỡ và thấy rằng bùn cát đáy chiếm đa phần khi vận tốc phân tử nước do sóng gây ra nhỏ, trong khi bùn cát lơ lửng là chủ yếu khi vận tốc lớn.

Chuyển động bùn cát lơ lửng chiếm đa số có thể được kiểm tra bằng cách chia chuyển động thành hai quá trình.

- Quá trình lơ lửng của bùn cát gây bởi xoáy nước hình thành khi sóng vỡ.
- Quá trình lắng đọng trong đó bùn cát bị tác động bởi những ngoại lực ngẫu nhiên sau khi các xoáy nước bị phá vỡ kết cấu.
- Hình H.1.8 đưa ra những biến động về thời gian của quá trình tập trung bùn cát lơ lửng và vận tốc dòng chảy theo hướng của bờ đã được Kato và các cộng sự đo đạc được trong vùng sóng vỡ tại hiện trường. Hình mũi tên trắng trong hình dưới đây cho thấy sóng vỡ ở phía biển từ điểm quan trắc và mũi tên đen cho thấy sóng đi qua điểm quan trắc và vỡ ở phía gần bờ. Rõ ràng độ tập trung bùn cát lơ lửng tăng lên nhanh chóng khi sóng vỡ ở phía biển trước điểm quan trắc. Kết quả này cho thấy bùn cát lơ lửng liên quan đến các xoáy nước đi xuống sau khi sóng vỡ.



Hình H.1.8 - Ví dụ quan trắc thực địa về quá trình tập trung bùn cát lơ lửng

o) Diễn biến địa hình và diễn biến đường bờ trong vùng sóng xô

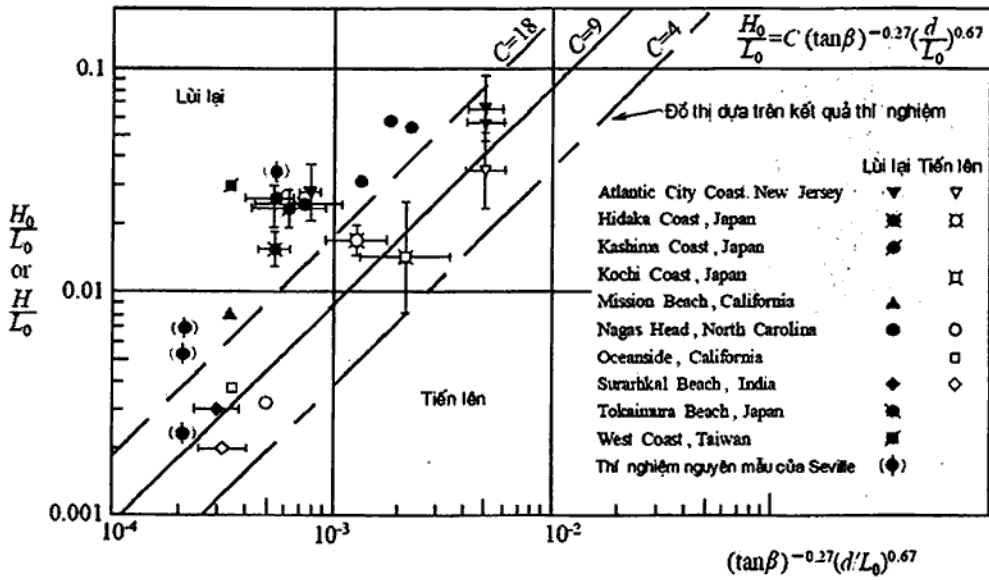
Horikawa và các cộng sự đã nghiên cứu về các điều kiện trong đó đường bờ phát triển hay bị xâm thực do chuyển động bùn cát ở vùng sóng xô dựa trên những thử nghiệm trong phòng thí nghiệm, và đề xuất công thức (H.1.4) áp dụng cho điều kiện hiện trường.

$$\frac{H_o}{L_o} = C_s (\tan \beta)^{-0.27} \left(\frac{d}{L_o} \right)^{0.67} \tag{H.1.4}$$

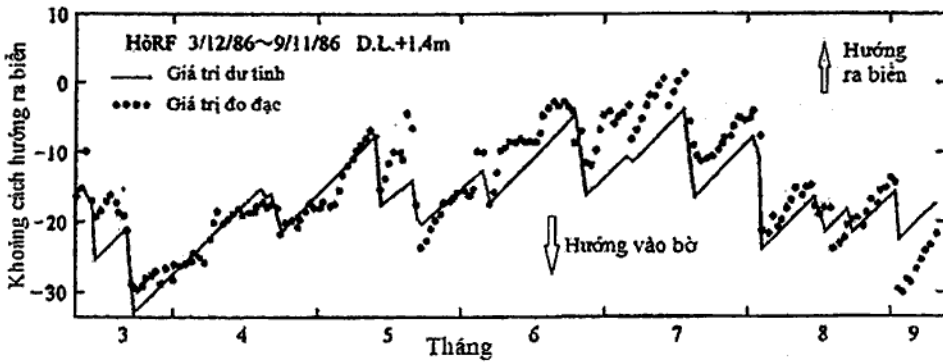
trong đó:

- H_o là chiều cao sóng nước sâu (m);
- L_o là bước sóng nước sâu (m);
- $\tan \beta$ là độ dốc trung bình đáy biển từ đường bờ tới chiều sâu nước 20 m;
- d là cỡ hạt bùn cát (m) ;
- C_s là hệ số.

Dựa trên công thức (H.1.4), đường bờ bị xâm thực khi $C_s \geq 18$ (xem Hình H.1.9)



Hình H.1.9 - Tiến và lùi của đường bờ tại thực địa



Hình H.1.10 - So sánh giữa số liệu dự báo và đo đạc vị trí đường bờ

Katoh và cộng sự đã xem xét công thức (H.1.4) có sử dụng năng lượng sóng nước sâu và đề xuất một mô hình dự báo biến đổi đường bờ theo từng ngày. Hình H.1.10 là so sánh giữa kết quả dự báo và đo đạc đường bờ tại thực địa.

p) Mối quan hệ giữa sự biến đổi địa hình bờ biển và mực nước ngầm

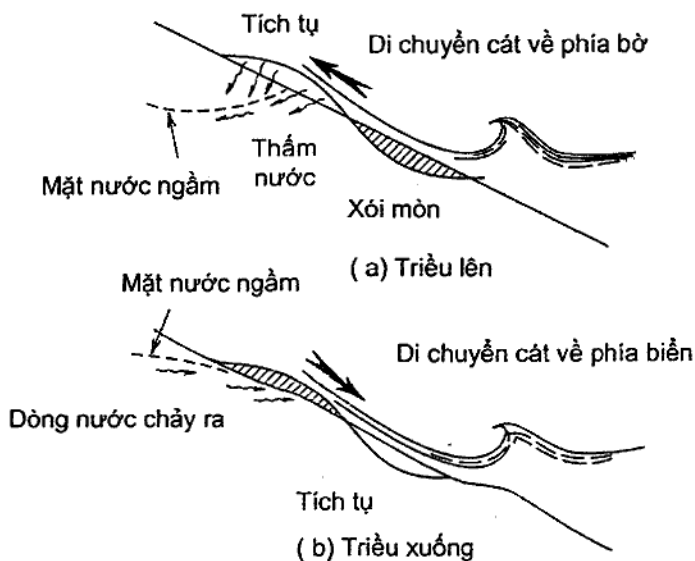
Những thay đổi địa hình đi kèm sự thay đổi mực nước thủy triều bờ phía trước có thể được giải thích trên hình Hình H.1.11. Khi mực nước triều thay đổi, mực nước ngầm cũng thay đổi theo. Nhưng do có độ trễ về thời gian, mực nước ngầm khi triều cường khác với khi triều xuống.

- Trong quá trình triều cường, mực nước ngầm thấp, và sẽ dễ dàng hơn cho nước biển dâng lên phía bờ và xâm nhập vào nước ngầm.

- Trái lại, trong quá trình triều xuống, mực nước ngầm thường cao và nước biển sẽ khó dâng lên phía bờ để xâm nhập vào nước ngầm. Ở những điều kiện nhất định, nước ngầm có thể thoát ra khỏi bề mặt đất trong quá trình triều xuống. Như trong Hình H.1.11, kết quả cho thấy rằng bùn cát hình thành trong quá trình triều cường sẽ bị xói, và sau đó lại trở lại vị trí ban đầu.

Khi sóng leo lên một mức cao trên bờ do bão, tạo điều kiện cho mực nước ngầm duy trì ở mức cao vì nước biển leo thẳm vào bãi như thể hiện trên Hình H.1.11 (b). Số liệu đo đạc hiện trường cho thấy hiện tượng xói mòn phát triển nhanh chóng ở vùng bờ phía trước trong điều kiện nói trên.

Một số biện pháp bảo vệ bờ đã sử dụng mối quan hệ giữa mực nước ngầm ở bờ phía trước và sự chuyển động của cát; đó là rút bớt mực nước ngầm bằng biện pháp cưỡng bức hoặc trọng lực để phòng tránh xói mòn. Biện pháp sử dụng trọng lực là lấp đặt một lớp thấm nước cao trong cát làm cho dòng nước ngầm chảy khỏi bờ và hạ thấp mực nước ngầm. Với phương pháp này, bờ biển có thể được bảo vệ và giữ được gần như nguyên trạng so với bờ biển tự nhiên vì không nhìn thấy công trình nào trên bờ.



Hình H.1.11 - Mối quan hệ giữa những thay đổi địa hình bờ phía trước và mực nước ngầm

q) Sự dịch chuyển bãi cát ngầm dọc bờ

Như đề cập trong (10) Địa hình đáy biển gần bờ, bãi cát ngầm dọc bờ đôi khi hình thành trong vùng sóng vỡ. Bãi cát này hình thành theo chu kỳ và dịch chuyển dần ra biển. Trong khi bãi cát ngầm dịch chuyển, có thể diễn ra quá trình vận chuyển bùn cát theo phương vuông góc với đường bờ (ra biển hoặc lên bờ) tại một số vị trí khác nhau, như vậy sự di chuyển bùn cát ra phía biển diễn ra gần với bãi cát ngầm, còn sự dịch chuyển bùn cát về phía bờ diễn ra ở những khu vực trũng. Chu kỳ của một vòng dịch chuyển bùn cát ra khỏi bờ tùy theo bờ biển có thể trong phạm vi từ một đến 20 năm.

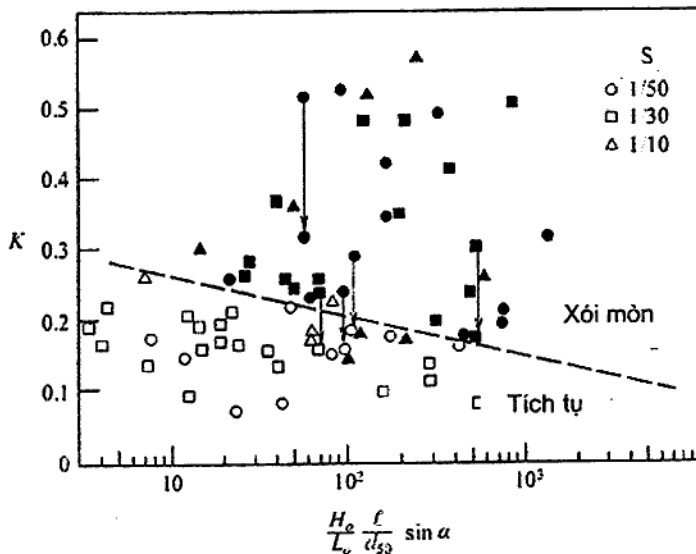
2) Xói chung quanh công trình

a) Xói chung quanh công trình như đê chắn sóng, kè chỉnh trị, bến cầu tàu,...., có thể ảnh hưởng tới độ an toàn và ổn định tổng thể của công trình.

b) Các đặc trưng sóng tác động lên các bãi tự nhiên có thể xem gần như không đổi trong một khoảng thời gian dài. Địa hình tạo bởi các đặc trưng đó cũng gần như ổn định. Hiện tượng xói mòn sẽ xảy ra khi xây dựng các công trình và sự cân bằng giữa các ngoại lực và địa hình này bị xáo trộn cục bộ hay trên diện rộng. Cơ chế và mức độ xói sẽ thay đổi theo hình dạng và vị trí công trình tác động lên, song vì vậy cần xem xét cẩn thận khi chọn công trình chống xói.

c) Hiện tượng xói phía trước kè biển

Hiện tượng xói phía trước kè biển được biết đến có mối quan hệ mật thiết với hệ số phản xạ sóng. Ví dụ, Hình H.1.12 được thiết lập để dự tính mức độ xói hoặc bồi theo hệ số phản xạ K và thông số (H_0/L_0) $(l/d_{50}) \sin \alpha$ được xác định với độ dốc sóng H_0/L_0 , đường kính trung bình của bùn cát d_{50} , gradient độ dốc của kè bờ là α , đối với đê chắn sóng tường đứng $\alpha = 90^\circ$, và khoảng cách l tính từ điểm sóng leo trên một mặt cắt cân bằng tới vị trí của kè bờ. Biểu đồ cho thấy mọi điều kiện khác đều cân bằng, đó là những ưu điểm chống xói phía trước kè để làm mặt phía trước của kè dốc.

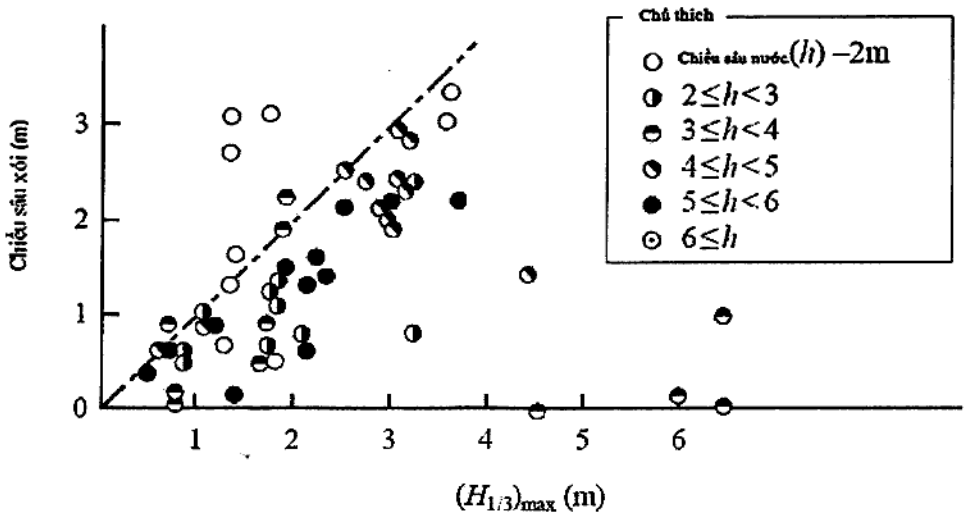


Hình H.1.12 - Các điều kiện giới hạn giữa xói và bồi ở phía trước kè bờ

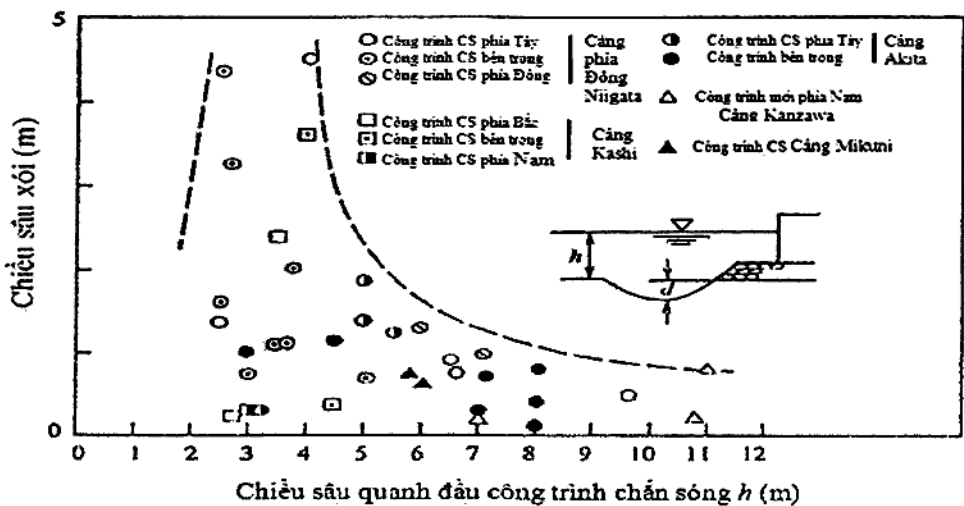
d) Xói cục bộ xung quanh đầu chắn sóng

- Xói ở vùng sóng đổ
- Xói cục bộ ở đầu đê

Hình H.1.13 thể hiện các điều kiện xói cục bộ xung quanh phía đầu đê chắn sóng như đã được Tanaka phân tích. Chiều sâu xói lớn nhất gần bằng với chiều cao sóng có ý nghĩa lớn nhất ($H_{1/3}$)_{max} trong 15 ngày trước khi tiến hành đo đạc xói. Ngoài ra, Hình H.1.14 thể hiện mối quan hệ giữa độ sâu nước xung quanh đầu đê chắn sóng và chiều sâu xói. Chiều sâu xói lớn nhất khi độ sâu nước tại đầu đê chắn sóng vào khoảng 3m đến 5m (trong vùng sóng đổ).



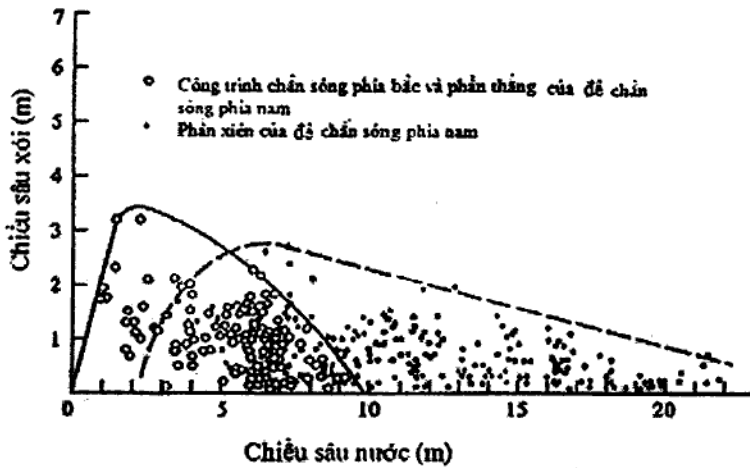
Hình H.1.13 - Mối quan hệ giữa độ sâu xói tại đầu đê chắn sóng và chiều cao sóng nghĩa lớn nhất trong 15 ngày trước ($H_{1/3}$)_{max}



Hình H.1.14 - Mối quan hệ giữa chiều sâu xói và độ sâu nước chung quanh đầu đê chắn sóng

Xói phía trước đê chắn sóng

Hình H.1.15 thể hiện mối quan hệ giữa chiều sâu xói phía trước đê chắn sóng và độ sâu nước. Vòng tròn đen trong hình thể hiện điều kiện xói xung quanh phần xiên của đê chắn sóng. Chiều sâu xói đạt giá trị lớn nhất ở đoạn cong của đê, tại đó độ sâu nước là 7m và giảm dần về phía biển. Mặt khác, chiều sâu xói ở phía trước đoạn thẳng của đê, thể hiện bằng những hình tròn trắng, có giá trị cực đại tại độ sâu nước là 2m và giảm đi cả khi nước nông hơn và sâu hơn. Vị trí có chiều sâu xói lớn nhất tương ứng với vị trí của bãi cát ngầm dọc bờ.



Hình H.1.15 - Mối quan hệ giữa chiều sâu xói và độ sâu của nước

Xói cục bộ bên ngoài đê chắn sóng

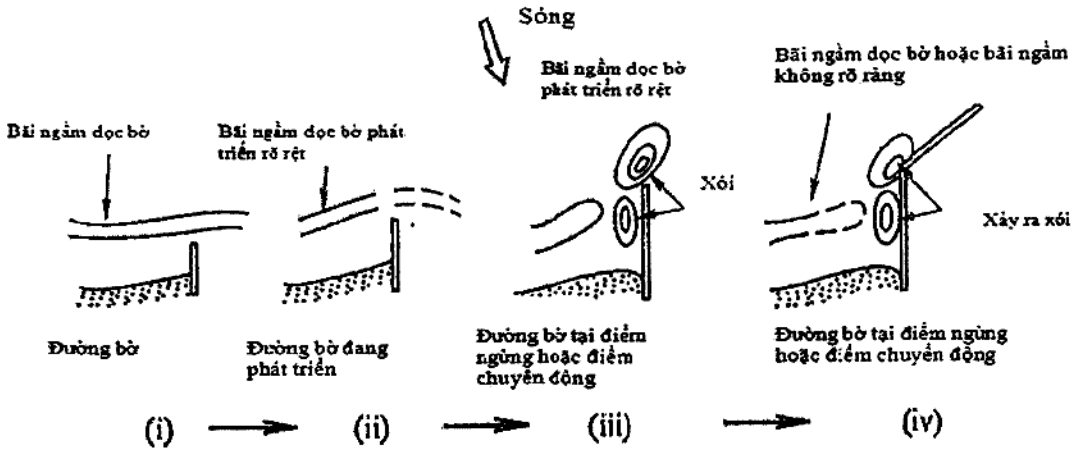
Hình H.1.16 thể hiện các vị trí tại đó xói cục bộ có thể xảy ra do kéo dài đê chắn sóng:

Đầu đê (đặc biệt rõ ràng khi đầu đê nằm trong vùng sóng đổ)

Xung quanh đoạn thẳng của đê chắn sóng (đặc biệt rõ ràng tại vị trí gần điểm đê chắn sóng cát với bãi cát ngầm)

Xung quanh lớp đệm đá phía trước hoặc đê chắn sóng ngập (đặc biệt rõ ràng ở phía ngoài bể cảng)

Các vị trí uốn cong của đê



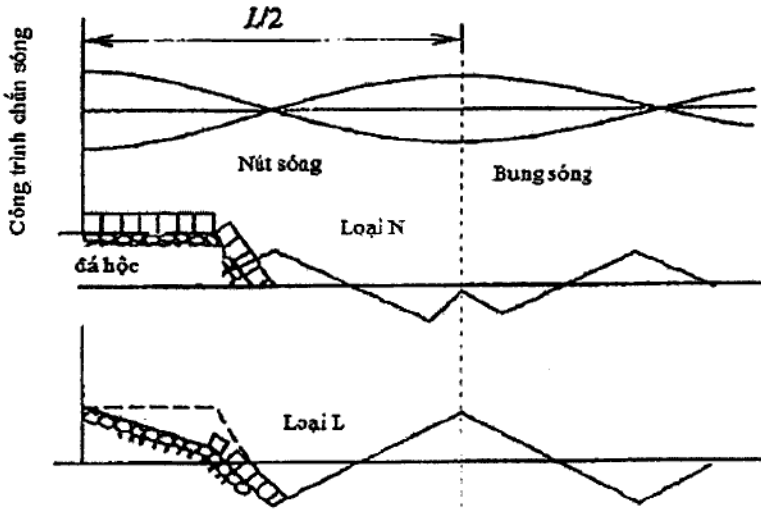
Hình H.1.16 - Xói cục bộ bên ngoài công trình chắn sóng

- Xói trong vùng sóng đứng

Chiều sâu xói ở phía trước tường đứng có xu hướng giảm đi khi độ sâu nước phía trước tường tăng lên, và điều kiện sóng bắt đầu dịch chuyển sang vùng sóng đứng. Trong trường hợp đê chắn sóng dạng hỗn hợp, khi đó chân lớp đệm đá hoặc phần nào đó cách xa với bề mặt phản xạ sóng của tường đứng, xói ở chân lớp đệm đá hoặc do sóng đứng đôi khi trở thành một vấn đề. Irie và cộng sự đã thực hiện thí nghiệm liên quan tới loại xói này và đã chỉ ra các vấn đề sau:

(a) Thông số cơ bản là U_b/ω , tỉ số giữa vận tốc ngang lớn nhất của hạt nước tại đáy gây bởi sóng tới U_b với tốc độ lắng đọng của bùn cát ω . Khi $U_b/\omega > 10$ thì bùn cát sẽ chuyển động từ vị trí điểm nút của sóng đứng đến vị trí bụng sóng, và xói xảy ra ở điểm nút, còn bồi sẽ xảy ra ở bụng sóng. Đây được gọi là xói kiểu L. Khi $U_b/\omega < 10$, hiện tượng ngược lại sẽ xảy ra và được gọi là xói kiểu N (tham khảo Hình H.1.17). Xói kiểu L là hiện tượng mà bồi xảy ra tại bụng của sóng đứng và xói xảy ra tại nút sóng, xói kiểu N là hiện tượng ngược với xói kiểu L, khi đó xói sẽ xảy ra tại bụng sóng còn bồi sẽ xảy ra tại điểm nút.

(b) Thực tế, giá trị U_b/ω thường lớn hơn 10 và nhìn chung xói ở điểm nút của sóng đứng là chủ yếu. Thông thường do chân lớp đệm đá hoặc nằm cách tường đứng một khoảng cách bằng $\frac{1}{4}$ bước sóng hoặc xấp xỉ như thế, xói và lún sụt lớp đệm đá hoặc của đê chắn sóng xảy ra ở vị trí khi bùn cát dịch chuyển về phía bụng sóng cách tường đứng một nửa bước sóng.



Hình H.1.17 - Sơ họa xói do sóng đứng

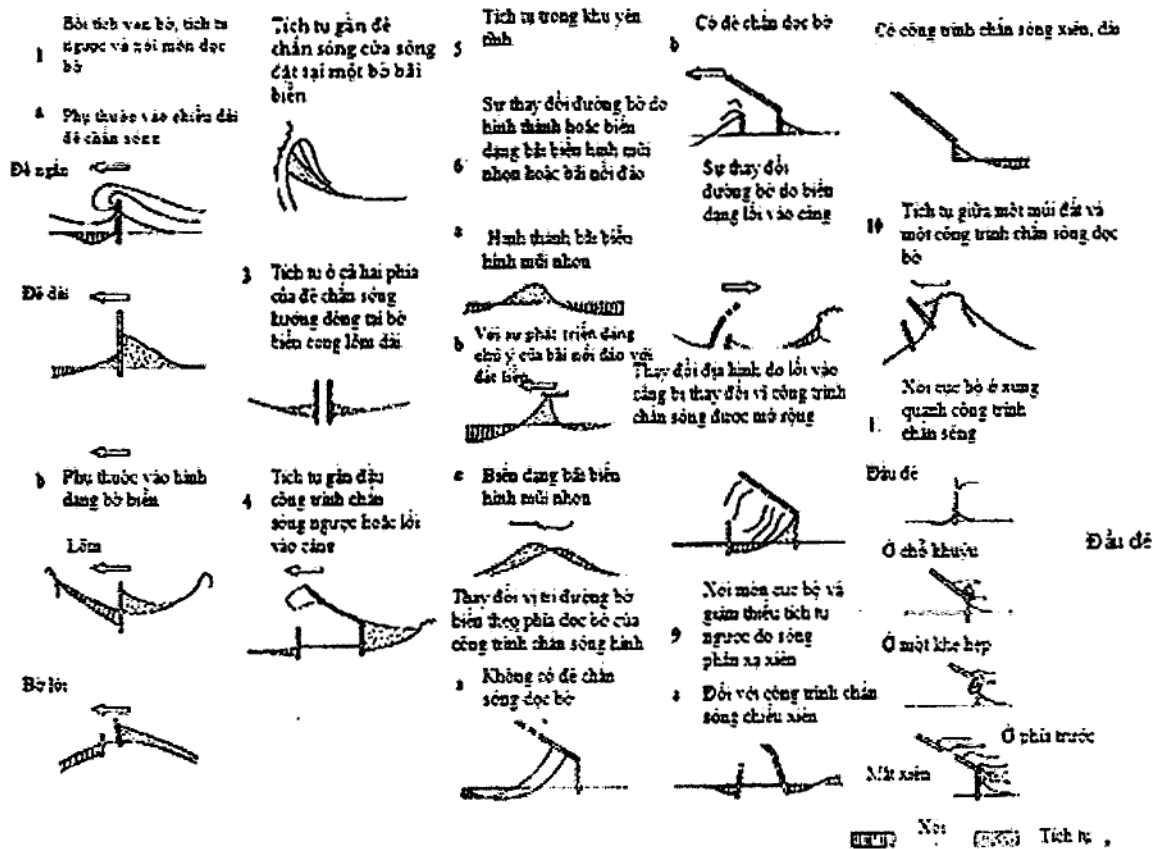
H.2 Dự báo diễn biến bờ biển

Mọi yếu tố liên quan cần được khảo sát kỹ lưỡng khi dự báo diễn biến bờ biển, đồng thời xem xét các yếu tố như các kết quả dự báo bằng một phương pháp dự báo thích hợp và số liệu trong quá khứ về thay đổi địa hình đường bờ tại vị trí quan tâm.

1) Nhiều phương pháp khác nhau có thể được sử dụng để dự báo diễn biến bờ biển bao gồm các kỹ thuật dự báo theo kinh nghiệm, tính toán dựa trên các thí nghiệm mô hình thủy lực đặc biệt là thí nghiệm mô hình lòng động, và phương pháp mô phỏng số học.

2) Các kỹ thuật dự báo theo kinh nghiệm

Phương pháp kinh nghiệm là trình tự dựa trên thu thập và phân tích các ví dụ về những diễn biến đường bờ biển đổi trong quá khứ, mặt bằng và dạng kết cấu công trình dự kiến xây dựng để so sánh với những ví dụ trong quá khứ có tính chất tương đồng. Trên cơ sở đó đánh giá khả năng biến đổi đường bờ do công trình có thể gây lên. Tanaka đã tiến hành nghiên cứu mô hình hóa những thay đổi địa hình phức tạp có thể xảy ra sau khi xây dựng công trình. Ông đã phân nhóm theo đặc tính của những biến đổi địa hình điển hình cho một loạt các ví dụ diễn biến đường bờ. Kết quả của nghiên cứu đã giúp chúng ta hình dung được thay đổi địa hình tại một số các cảng Nhật Bản theo một số dạng điển hình dưới đây (xem Hình H.2.1). Các trường hợp ngoại lệ khác là rất hiếm. Các dạng biến đổi địa hình thể hiện trong Hình H.2.1 có thể tham khảo cho công tác, khảo sát và việc dự báo mang tính định tính diễn biến đường bờ trở nên khả thi.



Hình H.2.1 - Phân loại dạng thay đổi địa hình sau khi xây dựng công trình

3) Thí nghiệm mô hình thủy lực với mô hình lòng động

Khả năng dự báo diễn biến bờ biển dựa vào những thí nghiệm mô hình thủy lực, đặc biệt là với mô hình lòng động, còn bị hạn chế bởi chưa giải quyết được vấn đề tương tự. Do đó, người ta thường xây dựng mô hình trong đó tập trung vào một số vấn đề trọng tâm chứ không thể giải quyết được các bài toán tổng thể. Xác định tính tương tự về động học là một trong những nhiệm vụ quan trọng nhất trong thí nghiệm mô hình lòng động.

Những vấn đề sau đây có thể được nghiên cứu bằng mô hình vật lý:

- Khu vực bị thay đổi địa hình do xây dựng các công trình ven biển
- So sánh các phương án quy hoạch mặt bằng nhằm hạn chế xói mòn bờ do công trình gây ra, như đê chắn sóng xa bờ, kè chỉnh trị.
- Đánh giá một cách định tính diễn biến bờ biển do xây dựng công trình biển trên quy mô rộng.

Tuy nhiên, dự báo diễn biến bờ biển khó thực hiện trong những trường hợp:

- Hình dạng mặt cắt ngang ổn định của bãi biển nhân tạo trong điều kiện biển hờ.

- Các vấn đề diễn biến đường bờ do các công trình biển quy mô lớn đặt trong vùng biển hở
- Mức độ bồi lắng tại khu vực luồng tàu và bể cảng.
- Các giải pháp đối phó với tình trạng bồi lắng tại các cảng với quy mô nhỏ như cảng du thuyền.
- Ảnh hưởng của đê chắn sóng xa bờ có kết cấu thềm và các đê chắn sóng bị ngập cho ổn định bãi biển.

4) Dự báo bằng mô phỏng số học

Hiện nay, phương pháp mô phỏng số học được chia làm hai loại: (1) mô hình dự báo sự thay đổi vị trí đường bờ, được gọi là mô hình thay đổi đường bờ, hay còn gọi là thuyết một đường – bản chất là dự báo biến đổi dọc theo đường bờ biển; và (2) mô hình dự báo thay đổi ba chiều trong chiều sâu nước nghĩa là thay đổi địa hình bãi biển, được gọi là mô hình ba chiều hay mô hình dự báo thay đổi địa hình bờ biển.

Phụ lục I

(Tham khảo)

Quan trắc và nghiên cứu về khí tượng và biển

I.1 Các quan sát và điều tra về khí tượng

1) Tổng quát

Công trình cảng được thiết kế để đạt được tính năng yêu cầu phù hợp với hiện tượng tự nhiên như gió lớn, bão,... Khi thiết kế công trình cảng, cần kiểm tra các nội dung liên quan đến mục đích bằng cách quan sát của các yếu tố khí tượng hoặc tiến hành các mô phỏng số.

2) Lập kế hoạch điều tra khí tượng và thiết lập các điều kiện tự nhiên

Điều tra khí tượng bằng các phương pháp khác nhau như phân tích thống kê các số liệu trong quá khứ, phân tích bằng mô phỏng số và các quan sát khí tượng tại hiện trường, đồng thời cần lập kế hoạch xem xét tổng thể các nội dung dưới đây để quyết định phương pháp phù hợp:

- Xác định các yếu tố khí tượng cần thiết,
- Sự cần thiết đối với số liệu khí tượng tại hiện trường với thời gian thực,
- Khả năng có được số liệu quan sát khí tượng trong quá khứ,
- Khả năng sử dụng số liệu quan trắc từ các trạm khí tượng gần nhất hoặc các hệ thống trạm quan trắc thu thập số liệu khí tượng tự động,
- Sự cần thiết đối với các mô phỏng số,
- Sự cần thiết việc quan trắc khí tượng tại hiện trường.

Dựa vào các kết quả nghiên cứu này, quyết định sử dụng phương pháp nào sau nhằm xác định các điều kiện tự nhiên:

- Phân tích thống kê dữ liệu trước đây,
- Phân tích bằng các mô phỏng số,
- Các kết quả quan trắc khí tượng tại hiện trường,

I.2 Quan sát và điều tra mực thủy triều

1) Mục đích công tác quan sát thủy triều

Quan sát mực thủy triều là các quan sát liên tục mặt biển cấp 1 (trừ những thay đổi tần suất tương đối ngắn ví dụ như sóng). Quan sát mực thủy triều có các mục đích khác nhau như được liệt kê ở dưới đây, từ đó cần thực hiện cho phù hợp với mục đích.

2) Quan sát mực nước chuẩn

Qua tất cả các giai đoạn lập phương án, thiết kế và thi công, mực nước tiêu chuẩn thích hợp cần được đưa ra từ các kết quả quan sát mực thủy triều.

3) Theo dõi mực nước trung bình

Gần đây sự dâng mặt biển trở thành mối quan tâm lớn liên quan tới hiện tượng nóng lên toàn cầu. Tuy nhiên, có những sự khác nhau lớn trong các kết quả dự đoán sự dâng lên mặt biển, vì thế người ta đã nhận thấy tầm quan trọng của việc quan trắc mực nước biển trung bình dựa vào quan sát mực thủy triều trong thời gian dài.

4) Tìm hiểu về sóng thần, mực nước dâng do bão và sóng chu kỳ dài

Khi kết cấu dọc bờ biển chịu các thảm họa, việc tìm hiểu các điều kiện biển, gồm các ghi chép mực thủy triều là bước đầu tiên trong quá trình tìm hiểu nguyên nhân và lập ra các biện pháp khắc sau thảm họa.

5) Quản lý thi công

Việc quan sát mực thủy triều rất quan trọng đối với công tác xây dựng công trình biển an toàn và tin cậy.

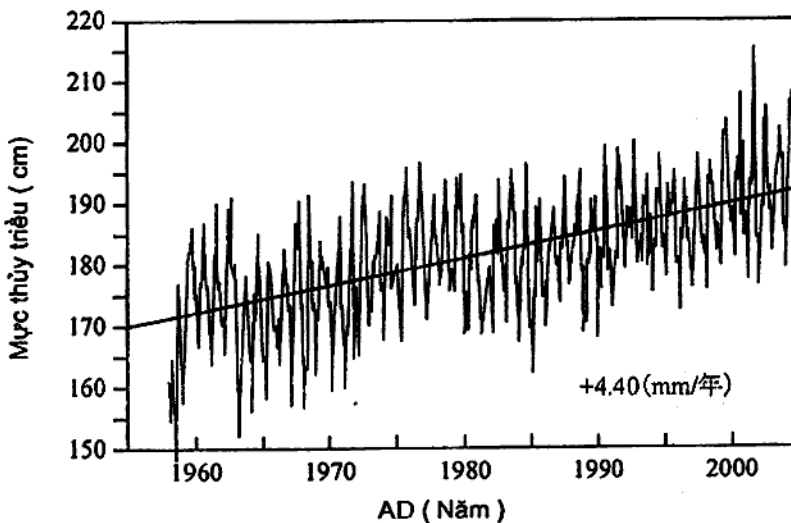
6) Quan trắc môi trường

Quan trắc môi trường là cần thiết để hiểu được sự thay đổi mực thủy triều.

1.3 Phân tích sự thay đổi mực nước trung bình trong thời gian dài

Hình 1.3.1 là ví dụ biểu đồ biểu diễn sự thay đổi mực thủy triều trung bình tháng dựa trên quan sát mực thủy triều trong thời gian dài.

Mực thủy triều trung bình thay đổi theo mùa, sẽ cao hơn vào mùa hè và thấp hơn vào mùa đông. Mực thủy triều trung bình trong thời gian dài tăng chậm, với độ dâng khoảng 4,4 mm/năm.



Hình 1.3.1 - Ví dụ về dao động mực nước biển trung bình tháng trong thời gian dài

1.4 Quan trắc và điều tra về sóng

1) Khái quát

Ở vùng nước nông, sóng bị biến dạng do các quá trình như khúc xạ, sóng vỡ và hiệu ứng nước nông, vì thế cần quan trắc ngoài khơi để hiểu rõ các điều kiện thực của chúng.

Con người có thêm nhiều sự tương tác với biển trong tương lai hơn trong quá khứ, vì thế cần thu thập các dữ liệu quan sát sóng trong khoảng thời gian dài hơn. Phần dưới đây trình bày các thuyết minh về đo đạc sóng để đo chiều cao và chu kỳ sóng, đó là hai thông số cơ bản nhất của sóng. Sau đó là đo hướng sóng, phổ hướng sóng cũng như các thành phần sóng chu kỳ dài, đây là chủ đề quan trọng gần đây đang được quan tâm.

2) Máy đo sóng để quan trắc chiều cao và chu kỳ sóng

- Máy đo sóng loại áp lực

Trước những năm 1950, công tác đo đạc sóng thường sử dụng phương pháp đo sóng loại cảm biến từng bước; tuy nhiên loại máy áp lực để đo sự thay đổi áp lực nước trên đáy biển là phương pháp được ưa chuộng hơn bởi vì chúng không cần các công trình như tháp quan trắc.

Tuy nhiên sự chuyển động các hạt nước gây ra do sóng nước không sâu tới đáy biển, do đó máy đo sóng loại áp lực ít nhạy cảm với sóng chu kỳ ngắn. Do vậy, biến dạng sóng được ghi lại bởi các dụng cụ này không phải là hình dạng sóng bề mặt mà là các hình dạng sóng bề mặt từ đó các sóng thành phần có chu kỳ ngắn bị loại bỏ. Đồng thời khó tìm ra sự thay đổi áp lực nước ở các vùng nước tương đối sâu, vì vậy loại máy đo sóng này có nhược điểm là không thích hợp đối với việc đo đạc sóng ở vùng nước sâu. Gần đây, các phương pháp tính toán chính xác biến dạng bề mặt sóng từ những thay đổi áp lực nước đã được triển khai và cải tiến, vì vậy phạm vi áp dụng đối với máy đo sóng loại áp lực cung cấp một phương pháp đơn giản và không tốn kém này bắt đầu phát triển lại.

- Máy đo sóng loại siêu âm

Máy đo sóng loại siêu âm (Ultrasonic type wave gauges, USW, được phát triển vào những năm 1960) có ưu điểm hơn các máy đo sóng loại áp lực là có thể đo trực tiếp biến dạng sóng bề mặt, và chúng ngày càng được sử dụng nhiều.

Máy đo sóng loại siêu âm gồm một bộ cảm ứng đặt ở đáy biển, một dây cáp ngầm nối bộ cảm ứng với trạm quan trắc ở đất liền và một bộ khuếch đại. Phần chính của máy đo sóng được đặt trạm quan sát trên đất liền. Xung tín hiệu siêu âm được phát theo chiều thẳng đứng lên trên từ bộ cảm ứng được đặt tại một vị trí cố định, có thể là trên đáy biển hoặc là trong biển tại một độ sâu nhất định, tín hiệu siêu âm phản xạ bởi mặt biển được thu nhận tại cùng vị trí đặt bộ cảm ứng tương tự. Thời gian giữa truyền và thu nhận tỷ lệ với khoảng cách của bộ cảm ứng từ mặt biển, do vậy có thể đo đạc biến dạng sóng bề mặt bằng cách đo đạc thời gian này trong các khoảng thời gian ngắn, khoảng 0,5 s.

Nhược điểm của phương pháp đo này là khó phát hiện ra mặt biển khi nhiều bọt khí bị chìm gần mặt biển (ví dụ như do các đê chắn sóng), tuy nhiên đối với việc đo đạc sóng thường thì dụng cụ này có ưu

điểm là cho phép đo đạc trực tiếp hình dạng sóng bề mặt với một chi phí tương đối thấp nhưng cho kết quả chính xác mà không cần các thiết bị như tháp. Dụng cụ đo đạc này cũng được áp dụng để đo đạc sóng ở những vùng nước biển sâu và có nhiều trường hợp được đặt ở các nơi có độ sâu tới 50 m. Mặt khác, một loại dụng cụ cũng được đưa vào sử dụng được đặt ở đáy các kết cấu tầng trên của đế chắn sóng và đo trực tiếp sự thay đổi mực nước ở dưới bằng phát ra âm thanh qua không khí.

- Máy đo sóng loại phao tiêu.

Có thể đo đạc chuyển động theo phương đứng của mặt nước bằng một máy đo gia tốc theo phương đứng đặt trên phao tiêu. Máy có ưu điểm là cũng có thể đo hướng sóng và phổ hướng sóng bằng cách gắn một máy đo gia tốc theo phương ngang. Các ưu điểm khác là nhiều phao tiêu có thể phát đi các số liệu vô tuyến tới trạm quan sát đặt trên đất liền, vì thế không cần sử dụng dây cáp và chúng dễ dàng được sử dụng ngay cả khi nước sâu. Tuy nhiên, các thiết bị này không có khả năng phát hiện ra các thành phần có chu kỳ dài ví dụ như sóng thần và sự dâng mực nước biển do bão có gia tốc nhỏ.

Gần đây, các hệ thống định vị toàn cầu đã được triển khai, vì thế thay vì sử dụng phương pháp dùng máy đo gia tốc, các tọa độ vị trí của ăng ten đặt trên phao tiêu được đo trực tiếp bằng hệ thống định vị toàn cầu (với khoảng thời gian lấy mẫu ngắn, khoảng 1s hoặc ngắn hơn), có thể đo không chỉ sóng mà còn các thành phần chu kỳ dài như sóng thần, sự dâng mực nước biển do bão và chuyển động thủy triều.

- Máy đo sóng loại cảm biến từng bước

Máy đo sóng loại cảm biến từng bước có các điện cực được cách ly với nhau, và được sắp xếp theo phương đứng với khoảng cách không đổi, tự tắt hoặc bật khi điện cực ngập trong nước hoặc được để ngoài không khí, do đó tìm ra mực nước theo từng bước. Các phương pháp này đều có ưu điểm như các máy đo sóng siêu âm đều có được biến dạng sóng mặt nước một cách trực tiếp và hơn nữa chúng không cần phải điều chỉnh, tuy nhiên nhược điểm của chúng là kết cấu (ví dụ như một tháp quan sát) cần đặt cố định điện cực vào đúng vị trí.

- Máy đo sóng loại điện dung và máy đo sóng loại dây điện trở

Nguyên lý của máy đo sóng dạng điện dung là kéo căng theo phương đứng dây điện được phủ bởi chất điện môi từ dưới nước lên trên mặt biển, do vậy điện dung giữa dây và nước biển sẽ thay đổi khi mực nước lên hoặc xuống. Phương pháp này biến sự thay đổi điện dung thành điện sóng mạng- được khuếch đại và ghi lại sau khi sóng được phát hiện, do vậy hiệu suất của nó có độ tuyến tính tốt, đồng thời cũng có phản ứng tốt bởi vì sóng điện tần suất cao được sử dụng như sóng truyền. Mặt khác, nguyên tắc máy đo sóng loại dây điện trở nhằm mở rộng dây điện trở theo phương đứng từ không khí vào trong nước và đo đạc sự thay đổi với khoảng cách ngắn của dây điện trở do chuyển động lên xuống của mực nước. Trong trường hợp máy đo sóng điện dung, độ tuyến tính đầu ra và đáp ứng tốt cũng là đặc trưng của loại dụng cụ này.

- Phương pháp đo đạc bằng quang học

Phương pháp này bao gồm các phương pháp như đo bằng kỹ thuật chụp ảnh nổi từ mặt đất hoặc trên cao, và theo dõi vật nổi bằng các máy quay chuyển động chậm. Gần đây, công tác quan sát bề mặt bằng Rada tần số cao đã được sử dụng, và có một khả năng chắc chắn rằng công nghệ đo đặc sóng ở khu vực bờ biển bằng cảm biến từ xa từ các vệ tinh nhân tạo sẽ được phát triển trong tương lai.

3) Quan sát hướng sóng và phổ hướng sóng

- Khái quát

Cùng với chiều cao sóng và chu kỳ sóng, hướng sóng là một trong ba yếu tố chính của sóng. Nhưng việc đo đặc hướng sóng khó khăn hơn so với đo chiều cao sóng, vì vậy các số liệu về hướng sóng ít được thu thập hơn.

- Máy ghi hướng sóng dạng máy đo dòng bằng siêu âm (CDW)

Nguyên tắc đo đặc của máy ghi hướng sóng dạng máy đo dòng bằng siêu âm như sau: Khi sóng siêu âm được truyền giữa hai điểm trong nước và có một dòng nước thì vận tốc truyền sẽ thay đổi tùy theo các thành phần vận tốc dòng. Thiết bị này đo chuyển động của các hạt nước tại đó bộ cảm biến được đặt, vì vậy không đo được nếu chiều cao sóng nhỏ hoặc chu kỳ sóng ngắn. Do đó để đo được hướng sóng thì chiều sâu nước để có thể đặt bộ cảm biến thường là 30 m hoặc thấp hơn. Do vậy, thiết bị này có một hạn chế lớn đó là chỉ có thể đo đặc hướng sóng ở khu vực nước nông bị ảnh hưởng bởi khúc xạ và sóng đó phải là sóng gần bờ, tuy nhiên, các máy đo này đã trở thành máy đo hướng sóng đối với các sóng dọc bờ được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay.

- Quan sát bằng dây máy đo sóng

Do CWD có hạn chế đã được nêu ở trên, để quan sát phổ hướng sóng ngoài khơi với độ chính xác và tin cậy cao, Iwaki và Niigata đã thực hiện các quan sát ngoài bờ tại Nhật Bản với các dây máy gồm ba hoặc bốn máy đo sóng.

Quan sát bằng dây máy này sử dụng một chuỗi dài những kết quả ghi chép về sự thay đổi mực nước của các máy đo sóng khác nhau để xác định phổ hướng sóng. Bằng phương pháp này, việc đo đặc đạt độ chính xác và độ tin cậy tuyệt vời, tuy nhiên phương pháp này tốn kém hơn so với phương pháp quan sát sóng bình thường, vì thế vẫn chưa thể sử dụng phương pháp dây tại nhiều điểm quan sát.

- Máy đo hướng sóng Doppler (DWDM)

Máy đo hải dương học kết hợp các chức năng của máy đo sóng, máy đo hướng sóng và các máy đo tốc độ và hướng dòng chảy thành một thiết bị có đầy đủ chức năng. Đó là thiết bị quan sát sóng sử dụng hiệu ứng Doppler lên các tín hiệu siêu âm trong nước có tác dụng tìm ra sự chênh lệch về tần số giữa một tín hiệu phát ra và sau đó được thu lại bởi bộ cảm biến trên đáy biển để tìm ra vận tốc dòng chảy của tầng trung bất kỳ giữa đáy biển và mặt biển, và một thiết bị cảm biến đơn có thể cho kết quả tính toán chính xác phổ hướng sóng của sóng ngoài khơi mà không cần các quan sát với quy mô lớn.

- Phao

Bảng đo đạc các thành phần đứng và nằm ngang của gia tốc phao tiêu, có thể đo hướng sóng và phổ hướng sóng. Cũng có thể đo hướng sóng và phổ hướng sóng bằng cách đo chuyển vị ngang của phao kết hợp với bộ cảm biến hệ thống định vị toàn cầu.

Tuy nhiên, cần phải chú ý rằng phương pháp quan sát gia tốc không thể tìm ra các thành phần chu kỳ dài có gia tốc nhỏ. Hơn nữa điều này đúng với cả phương pháp quan sát gia tốc và phương pháp định vị toàn cầu theo phương pháp này chuyển động của phao không cần phù hợp với chuyển động của các hạt nước cùng sóng do tác động của gió và các hệ thống neo, vì vậy, có những trường hợp không thể đo được hướng sóng và phổ hướng sóng.

- Quan sát hướng sóng bằng Rada

Phương pháp xác định hướng sóng bằng cách sử dụng rada sóng milimet với độ phân giải cao nhằm hiển thị sự phân bố đường đỉnh sóng trong các vùng biển đã được xây dựng, tuy nhiên, sự phân tích dữ liệu vẫn còn có hạn chế.

Công nghệ quan sát phổ hướng sóng bề mặt bằng radar tần số cao vẫn đang được triển khai.

4) Quan sát sóng thần và sóng chu kỳ dài bằng máy đo sóng ngoài khơi

- Ghi chép về sự hoạt động của sóng thần ngoài khơi

Trước đây, những tài liệu được đo đạc thực tế tại nơi xảy ra sóng thần là các vết sóng leo và là các ghi chép mực thủy triều. Tất nhiên, các dữ liệu như vậy rất quan trọng để nhận rõ các điều kiện thực của sóng thần, nhưng điều đó là không đủ. Cụ thể là các ghi chép về sự thay đổi mực thủy triều đo tại các trạm đo đạc thủy triều trong các cảng là những ghi chép về sự thay đổi mực nước biển qua các ống lấy nước vào, vì vậy trong thực tế, rất khó để đo đạc một cách rõ ràng các thành phần dao động với khoảng thời gian ngắn 10 min hoặc ít hơn. Với lý do này, việc có được những ghi chép về sự hoạt động của sóng thần ngoài khơi có một ý nghĩa vô cùng quan trọng.

- Quan sát sóng chu kỳ dài

Thông tin liên quan tới sóng chu kỳ dài từ các số liệu quan trắc liên tục có được bằng cách sử dụng máy đo sóng ngoài khơi. Thông tin này không chỉ hữu dụng khi sóng thần xảy ra mà cả trong các trường hợp bình thường. Gần đây đã biết rằng có thể đánh giá chính xác độ tĩnh của cảng chỉ dựa trên cơ sở chiều cao sóng đặc trưng. Thậm chí khi chiều cao sóng đặc trưng thấp và khi sóng ở khu vực cảng tĩnh lặng, có nhiều báo cáo về các trường hợp dây buộc neo tàu bị đứt dẫn đến không thể thực hiện các hoạt động vận chuyển, bốc dỡ hàng hóa hoặc công trình xây dựng cảng biển không thể tránh khỏi gián đoạn do sự dao động mạnh của tàu và các tàu trong cảng bị gián đoạn hoạt động do ảnh hưởng của sóng chu kỳ dài. Sóng chu kỳ dài có thể ảnh hưởng lớn tới độ tĩnh của cảng biển ngay cả khi chiều cao sóng nhỏ.

Phụ lục J

(Tham khảo)

Tính toán áp lực nước dư

J.1 Áp lực nước dư

1) Áp lực nước dư gây ra do độ chênh giữa mực nước biển và mực nước bên trong công trình được tính bằng công thức sau:

$$\text{- Khi } y < h_w: \quad p_w = \gamma_w y \quad (\text{J.1})$$

$$\text{- Khi } y \geq h_w: \quad p_w = \gamma_w h_w \quad (\text{J.2})$$

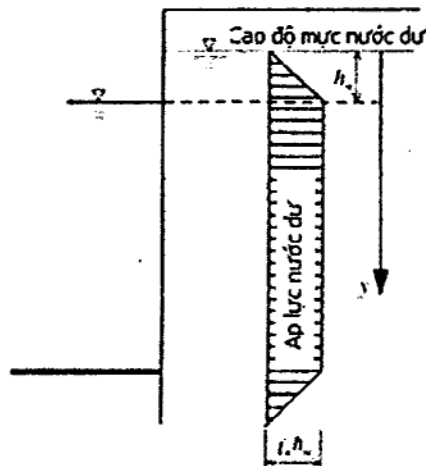
trong đó :

p_w là áp lực nước dư (kN/m^2);

γ_w là trọng lượng đơn vị của nước (kN/m^3);

y là chiều sâu từ cao độ nước dư (m).

- 2) Mực nước dư bị ảnh hưởng bởi nhiều điều kiện khác nhau như khả năng thấm của đất đắp và phạm vi thủy triều. Thông thường chiều cao h_w bằng 1/3 ~ 2/3 phạm vi triều.
- 3) Sau khi công trình hoàn thành, tính thấm của các tường bển và các vật liệu xung quanh có thể giảm theo thời gian. Vì vậy, khi biên độ thủy triều ở phía trước bển là khá lớn, thì cần xem xét một cách hợp lý trong việc xác định độ chênh mực nước dư.



Hình J.1 - Sơ đồ áp lực nước dư

J.2 Áp lực thủy động

1) Khi có chất lỏng nằm trong công trình thì cần phải xem xét áp lực động của chất lỏng đó lên chúng. Cụ thể trong các trường hợp sau:

- Áp lực thủy động của nước trong các khoang của thùng chìm;
- Áp lực thủy động của nước trong lỗ rỗng của vật liệu đắp của bến tường cừ;
- Áp lực thủy động của nước đối với thiết kế đáy bàn của thùng chìm.

2) Áp lực thủy động trong động đất được tính theo công thức(J.3) sau :

$$p_{dw} = \pm \frac{7}{12} k \gamma_w \sqrt{Hy} \quad (J.3)$$

Trong đó :

p_{dw} là áp lực nước động lực (kN/m²);

k là hệ số động đất;

γ_w là trọng lượng đơn vị của nước (kN/m³);

F là chiều cao kết cấu bên dưới mực nước tĩnh (m);

y là chiều sâu từ mực nước tĩnh (m).

Hợp lực của áp lực thủy động và chiều sâu tác động của nó được tính theo công thức(J.4) như sau:

$$P_{dw} = \pm \frac{7}{12} k \gamma_w \sqrt{Hy} \quad (J.4)$$

$$h_{dw} = \frac{3}{5} H \quad (J.5)$$

trong đó :

k , P_w và H là như trong điều 2) ở trên;

P_{dw} là hợp lực của áp lực nước động lực (kN/m);

h_{dw} là chiều sâu của điểm tác động của hợp lực từ mực nước tĩnh (m).

3) Tác động của áp lực thủy động ở phía trước và phía sau tường được lấy theo cùng một hướng ra phía biển.

Trong trường hợp tường nghiêng thì áp lực thủy động lên bề mặt nhỏ hơn so với tường đứng do các hạt nước chuyển động dọc theo bề mặt nghiêng. Khi đó, áp lực thủy động được tính theo phương pháp phù hợp.

Phụ lục K

(Tham khảo)

Dự báo, đánh giá hóa lỏng và các biện pháp chống hóa lỏng

K.1 Dự báo và đánh giá về hóa lỏng

Việc dự báo và đánh giá đất có bị hóa lỏng hay không thường được thực hiện bằng phương pháp phù hợp sử dụng kích thước hạt và thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn hoặc kết quả thí nghiệm nén ba trục.

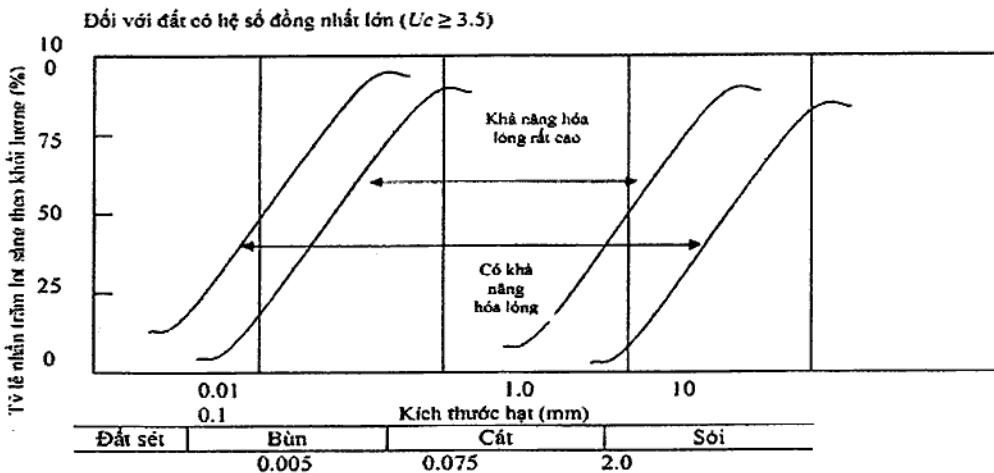
Các phương pháp dự báo và xem xét về hóa lỏng:

- Phương pháp sử dụng kích thước hạt và giá trị N thì đơn giản và dễ thực hiện, và thường được sử dụng để dự báo và xem xét sự hóa lỏng.
- Phương pháp sử dụng kết quả thí nghiệm nén ba trục thì phức tạp hơn và được sử dụng khi thấy phương pháp sử dụng kích thước hạt và giá trị N là rất khó khăn và cần có phương pháp chi tiết hơn.

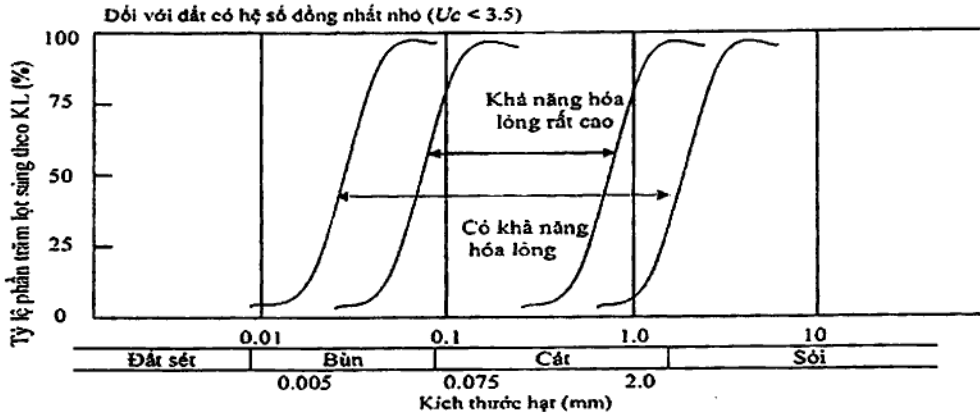
K.1.1 Dự báo và đánh giá về hóa lỏng sử dụng kích thước hạt và giá trị N

1) Xem xét dựa trên kích thước hạt

a) Các lớp đất phía dưới cần phải được phân loại phù hợp về kích thước hạt theo hình K.1.1, phụ thuộc vào giá trị của hệ số đồng nhất. Giá trị ngưỡng của hệ số đồng nhất ($U_c = D_{60}/D_{10}$) là 3.5. Trong đó, U_c là hệ số đồng nhất, D_{60} và D_{10} biểu thị kích thước hạt tương ứng với tỷ lệ lọt sàng 60% and 10%. Đất được coi là không hóa lỏng khi đường cong phân bố kích thước hạt không nằm trong phạm vi "có thể bị hóa lỏng" của hình K.1.1.



Hình K.1.1 (a) - Phạm vi có thể bị hóa lỏng ($U_c \geq 3.5$)



Hình K.1.1 (b) - Phạm vi có thể bị hóa lỏng ($U_c < 3.5$)

b) Khi đường cong phân bố kích thước hạt mở rộng phạm vi "có thể hóa lỏng", cần có phương pháp phù hợp để kiểm tra khả năng hóa lỏng. Đối với đất có tỷ lệ lớn của phân bố kích thước hạt nhỏ, thì nên thực hiện thí nghiệm ba trục. Đối với đất có tỷ lệ sỏi lớn, thì được xác định là không hóa lỏng khi hệ số thấm ≥ 3 m/s.

c) Khi tầng đất có tính thấm kém như đất sét hoặc bùn nằm ở trên tầng đất gốc thì nó phải được coi là đất nằm trong phạm vi "có thể hóa lỏng".

d) Thí nghiệm thấm đối với đất có độ thấm > 3 m/s phải là phương pháp đặc biệt. Có thể sử dụng phương pháp ước tính độ thấm gián tiếp khi việc đo độ thấm khó thực hiện. Tuy nhiên, cần chú ý tới các đặc tính của đất như hàm lượng hạt nhỏ để áp dụng phương pháp gián tiếp.

2) Dự báo và đánh giá về hóa lỏng sử dụng giá trị N tương đương và gia tốc tương đương.

Khi tầng đất dưới có kích thước hạt nằm trong phạm vi "có thể hóa lỏng" được thể hiện trong hình K.1.1, phải tiến hành kiểm tra thêm như sau:

a) Giá trị N tương đương:

Giá trị N tương đương được tính toán theo công thức (K.1.1).

$$(N)_{65} = \frac{N - 0.019(\sigma_v - 65)}{0.0041(\sigma_v - 65) + 1.0} \quad (\text{K.1.1})$$

trong đó:

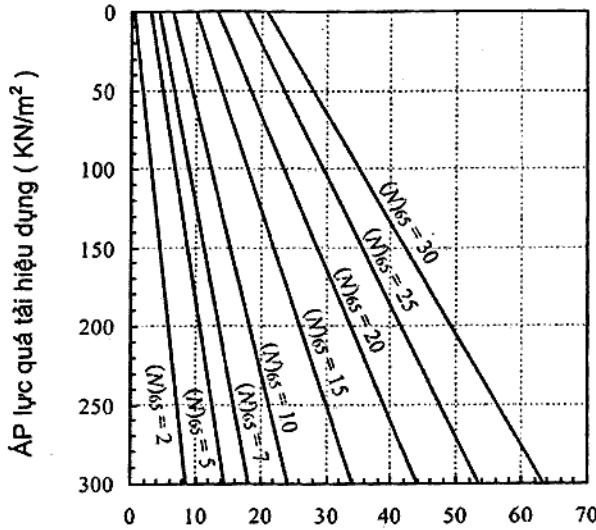
$(N)_{65}$ là giá trị N tương đương;

N là giá trị N của tầng đất dưới;

σ_v' là áp lực quá tải có hiệu của tầng đất dưới (kN/m^2).

(Áp lực quá tải có hiệu phải được tính toán theo độ cao của đất tại thời điểm thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn).

Hình K.1.2 biểu thị mối quan hệ được đưa ra trong công thức (K.1.1). Khi sử dụng công thức (K.1.3) dưới đây, các giá trị N tự thân của lớp đất được coi là giá trị N tương đương.



Hình K.1.2 - Biểu đồ tính toán đối với giá trị N tương đương, những đường thẳng chỉ mối quan hệ giữa các giá trị N và áp lực quá tải có hiệu khi độ chặt tương đối là không đổi

b) Gia tốc tương đương

Gia tốc tương đương được tính toán từ công thức (K.1.2) cho mỗi lớp đất sử dụng ứng suất cắt lớn nhất thu được từ kết quả phân tích phản ứng địa chấn của đất.

$$\alpha_{eq} = 0.7 \frac{\tau_{max}}{\sigma_v} g \tag{K.1.2}$$

trong đó:

α_{eq} là gia tốc tương đương (Gal);

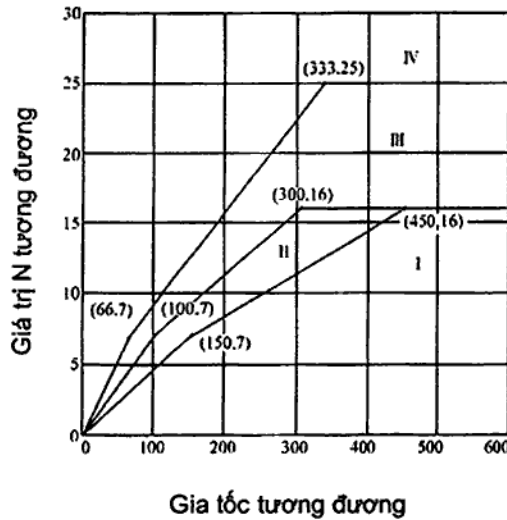
τ_{max} là ứng suất cắt lớn nhất (kN/m^2);

σ_v là áp lực quá tải có hiệu (kN/m^2) (Chú ý là áp lực quá tải có hiệu được sử dụng để tính toán gia tốc tương đương thu được dựa trên chiều cao đất tại thời điểm động đất);

g là gia tốc trọng trường (980 Gal).

c) Dự báo và đánh giá sử dụng giá trị tương đương N và gia tốc tương đương

Các lớp đất được phân loại theo các dãy ký hiệu I - IV trong hình K.1.3, sử dụng giá trị tương đương N và gia tốc tương đương của các lớp đất.



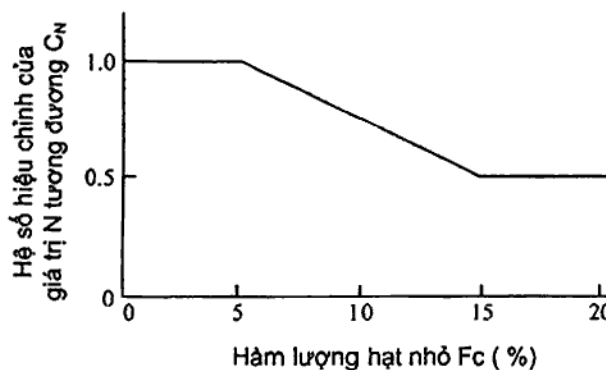
Hình K.1.3 - Phân loại lớp đất với giá trị tương đương N và gia tốc tương đương

3) Dự báo, đánh giá và hiệu chỉnh giá trị N khi tỷ lệ hàm lượng hạt nhỏ là tương đối lớn.

a) Khi hàm lượng hạt nhỏ có kích thước hạt $\leq 75 \mu\text{m}$, là $\geq 5\%$ thì giá trị tương đương N cần được hiệu chỉnh trước khi áp dụng hình K.1.3, sau đó lớp đất được đánh giá để trong khoảng từ I đến IV trong hình K.1.3 mà nó rơi vào. Việc hiệu chỉnh giá trị tương đương N được chia thành ba trường hợp sau đây.

b) Trường hợp 1: Khi chỉ số độ dẻo < 10 hoặc không xác định được, hoặc khi hàm lượng hạt nhỏ $< 15\%$;

Giá trị N tương đương, sau khi hiệu chỉnh, phải được thiết lập bằng (N) $65/c_N$. Hệ số điều chỉnh c_N đưa ra trong hình K.1.4. Giá trị tương đương N, sau khi hiệu chỉnh, và gia tốc tương đương được sử dụng để xác định khoảng trong hình K.1.4



Hình K.1.4 - Hệ số hiệu chỉnh của giá trị N tương đương tương ứng với hàm lượng hạt nhỏ

c) Trường hợp 2: Khi chỉ số độ dẻo > 10 nhưng < 20 , và lượng hạt nhỏ $\geq 15\%$

TCVN 11820-2:2017

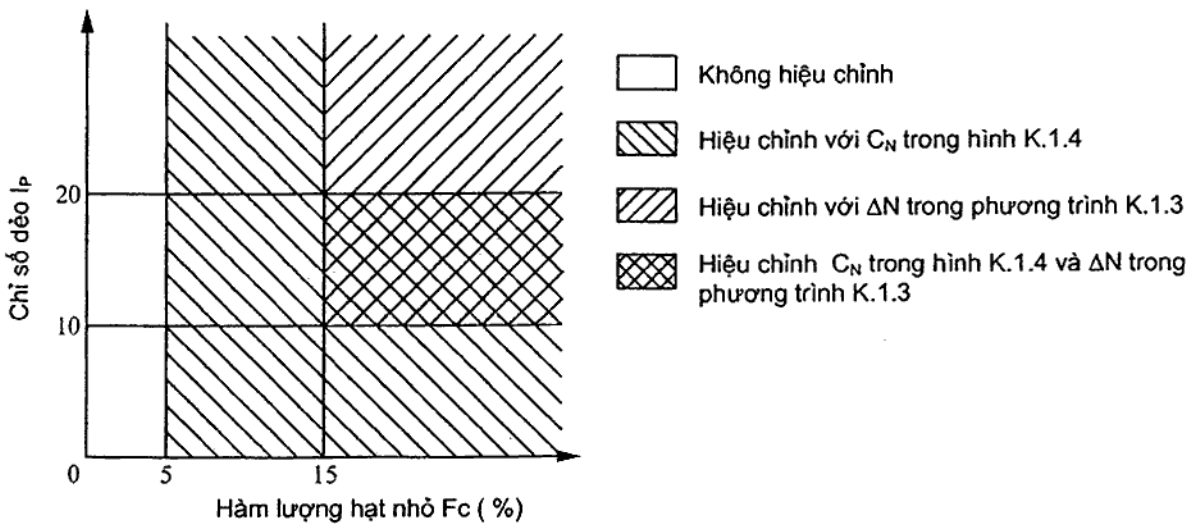
Giá trị N tương đương, sau khi hiệu chỉnh, phải được thiết lập bằng cả hai đại lượng (N) 65/0.5 và N + ΔN, và khoảng được xác định phù hợp với tình trạng dưới đây, trong đó giá trị đối với ΔN được đưa ra từ công thức sau:

$$\Delta N = 8 + 0.4 (I_p - 10) \tag{K.1.3}$$

- (a) Khi N + ΔN nằm trong phạm vi I, sử dụng khoảng I.
 - (b) Khi N + ΔN nằm trong phạm vi II, sử dụng khoảng II.
 - (c) Khi N + ΔN nằm trong phạm vi III hoặc IV and (N) 65/0.5 ở trong phạm vi I, II or III, sử dụng khoảng III.
 - (d) Khi N + ΔN, nằm trong phạm vi III hoặc IV and (N) 65/0.5 ở trong phạm vi IV, sử dụng khoảng IV.
- d) Trường hợp 3: Khi chỉ số độ dẻo ≥ 20, và lượng hạt nhỏ ≥ 15%

Giá trị N tương đương, sau khi hiệu chỉnh, phải được thiết lập bằng N + ΔN. Khoảng phải được xác định phù hợp với giá trị N tương đương, sau khi hiệu chỉnh, và gia tốc tương đương.

e) Hình K.1.5 thể hiện quan hệ giữa hàm lượng hạt nhỏ và chỉ số dẻo được mô tả ở 2), 3) và 4) nêu trên.



Hình K.1.5 - Phương pháp hiệu chỉnh giá trị N bằng hàm lượng hạt nhỏ và chỉ số dẻo

4) Dự báo và đánh giá sự hóa lỏng

Do việc dự báo hóa lỏng cần phải xem xét các yếu tố khác ngoài trừ các hiện tượng vật lý như mức độ an toàn nào cần phải đạt được trong kết cấu, cho nên không thể thiết lập một cách vô điều kiện tiêu chí bất kỳ đối với đánh giá các kết quả dự báo khác nhau. Bảng K.1.1 cho thấy việc đánh giá được coi như là tiêu chuẩn.

Trong bảng này, thuật ngữ “dự báo sự hóa lỏng” đề cập đến khả năng hóa lỏng cao hay thấp như là một hiện tượng vật lý. Ngược lại, Thuật ngữ “đánh giá hóa lỏng” đề cập đến việc xem xét khả năng hóa lỏng cao hay thấp và xác định đất có bị hóa lỏng hay không.

Bảng K.1.1 - Dự báo và đánh giá sự hóa lỏng đối với lớp đất phù hợp với khoảng từ I đến IV

Khoảng thể hiện trong hình K.1.3	Dự báo sự hóa lỏng	Đánh giá sự hóa lỏng
I	Khả năng xảy ra hóa lỏng là rất cao	Sự hóa lỏng sẽ xảy ra
II	Khả năng xảy ra hóa lỏng là cao	Sự hóa lỏng sẽ xảy ra hoặc tiến hành đánh giá sâu hơn dựa trên thí nghiệm ba trục
III	Khả năng hóa lỏng là thấp	Sự hóa lỏng không xảy ra hoặc tiến hành đánh giá sâu hơn dựa trên thí nghiệm ba trục. Đối với kết cấu rất quan trọng, sự hóa lỏng sẽ xảy ra hoặc tiến hành đánh giá sâu hơn dựa trên thí nghiệm ba trục
IV	Khả năng hóa lỏng là rất thấp	Sự hóa lỏng không xảy ra

K.1.2 Dự báo và đánh giá dựa trên kết quả thí nghiệm ba trục

- 1) Khi có khó khăn để dự báo và đánh giá khả năng hóa lỏng của nền đất từ các kết quả của kích thước hạt và giá trị N, thì việc dự báo và đánh giá khả năng hóa lỏng của nền đất được thực hiện với kết quả phân tích phản ứng động đất và thí nghiệm ba trục trên các mẫu đất nguyên dạng.
- 2) Việc xem xét hợp lý về trạng thái ứng suất trong đất và sự bất thường của những tác động do chuyển động mặt đất là quan trọng đối với kết quả phân tích phản ứng địa chấn của nền đất và những thí nghiệm ba trục để hiển thị các hiện tượng thực tế trong lòng đất

K.1.3 Đánh giá về sự hóa lỏng toàn phần

Trong đánh giá sự hóa lỏng toàn phần của nền đất phía dưới cho một địa điểm gồm nhiều lớp đất, cần phải đánh giá toàn diện dựa trên đánh giá cho từng lớp đất nền phía dưới

K.1.4 Dự báo và đánh giá hóa lỏng khi chuyển động đất nền dài hạn

Phương pháp dự báo và đánh giá hóa lỏng sử dụng kích thước hạt và giá trị N là một cách tiếp cận thực nghiệm đối với các trường hợp chuyển động mặt đất khi mà chuyển động chính kéo dài tới trên 20s. Cần chú ý rằng phương pháp này có thể đưa ra kết quả dự báo và đánh giá thiên về nguy hiểm trong các trường hợp chuyển động mặt đất dài hạn.

K.1.5 Dự báo và đánh giá hóa lỏng trong các chuyển động mặt đất theo chu kỳ dài

Phương pháp dự báo và đánh giá hóa lỏng sử dụng kích thước hạt và giá trị N là một cách tiếp cận thực nghiệm đối với các trường hợp chuyển động mặt đất khi mà chuyển động chính có chu kỳ trên 1s. Cần chú ý rằng, phương pháp này có thể đưa ra kết quả dự báo và đánh giá thiên về nguy hiểm đối với đất dính trong các trường hợp chuyển động mặt đất theo chu kỳ dài

K.2 Các biện pháp chống hoá lỏng

- 1) Khi thực hiện các biện pháp chống lại sự hoá lỏng, phải lựa chọn các biện pháp thích hợp để duy trì các chức năng của kết cấu sau một trận động đất.
- 2) Khi thiết kế các biện pháp chống đỡ, phải có những quyết định về các hạng mục sau đây:
 - a) Phương pháp xây dựng các công trình đối phó
 - b) Kích thước của các công trình đối phó (diện tích và chiều sâu)
 - c) Thiết kế cụ thể các công trình đó
- 3) Các hạng mục a) tới c) dưới đây được xem là các công trình đối phó:
 - a) Để ngăn chặn áp lực quá cao của nước trong các lỗ rỗng
 1. Lèn chặt
 2. Hoá cứng
 3. Thay thế (thay bằng cát dễ lèn chặt)
 - b) Làm tiêu tan áp lực quá cao của nước trong các lỗ rỗng
 1. Đặt các đường dẫn thoát nước
 2. Thay thế (thay bằng cát thô, sỏi...)
 - c) Kết hợp a) và b)
 1. Kết hợp đơn thuần các biện pháp a) và b)
 2. Kết hợp các biện pháp a) và b) sau khi xem xét quan hệ của chúng với các kết cấu xung quanh.
- 4) Kích thước của các công trình cải tạo đất dùng như các biện pháp đối phó với hoá lỏng phải xác định tới mức độ duy trì được chức năng của kết cấu.
- 5) Khi dùng lu lèn làm biện pháp đối phó với hoá lỏng, đất phải được lèn chặt sao cho giá trị N sau khi lèn đạt một giá trị tại đó sự hoá lỏng được phán đoán sẽ không xảy ra. Khi đất sẽ hoá lỏng nằm kề với đất đã cải tạo, một khu vực nằm trong ảnh hưởng của hoá lỏng phải được dự trữ trong diện tích đất cải tạo. Giá trị N tương đương cho khu vực dự trữ phải là 16 hoặc lớn hơn.
Các biện pháp đối phó với hoá lỏng phải được tiến hành bằng cách xem xét thích đáng các mục tiêu thiết kế của việc cải tạo đất, và ảnh hưởng đến các kết cấu hiện có và đến khu vực xung quanh.

Phụ lục L

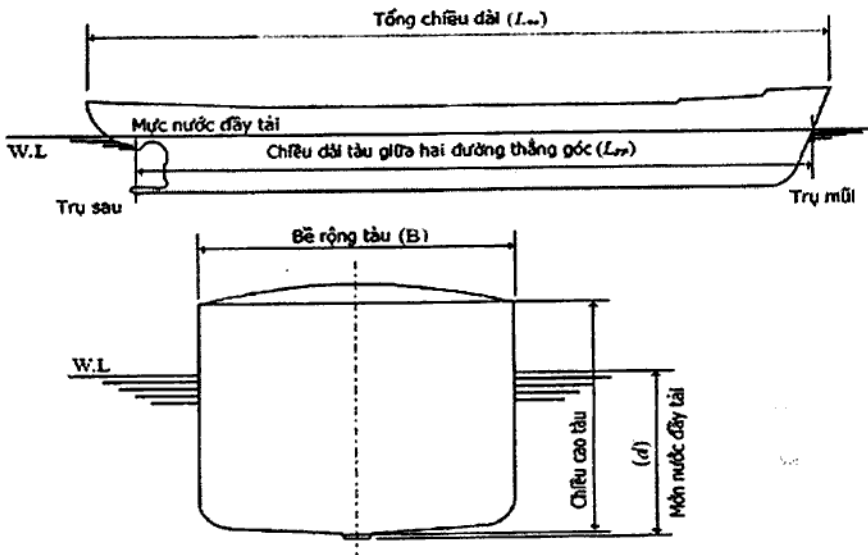
(Tham khảo)

Các kích thước chính của tàu thiết kế

Ngoài các số liệu về kích thước của tàu thiết kế nêu trong phụ lục này có thể tham khảo thêm các kích thước của tàu nêu trong PIANC "Report n° 121 – 2014" và BS 6349-1-1:2013.

Các số liệu tiêu chuẩn trong Bảng L.1 được lập dựa trên phân tích thống kê các kích thước của tàu hiện có với tỷ lệ 75% với từng loại trọng tải. Số liệu kích thước thực tế của tàu thuyền chở hàng nhỏ có sự chênh lệch lớn với số liệu tiêu chuẩn, do đó các kích thước của chúng sử dụng các số liệu trong Bảng L.2 như số liệu tham khảo và cần xem xét số liệu của tàu thực tế tại cảng.

Tổng trọng tải GT được đưa ra trong Bảng L.1 về cơ bản có nghĩa là tổng trọng tải theo tiêu chuẩn quốc tế, nhưng trong một số trường hợp, đề cập đến tổng trọng tải theo số liệu của Nhật Bản, được chỉ rõ trong Bảng I.1. Hình I.1 cho thấy các kích thước chính được sử dụng trong các bảng.



Hình.L.1 -Kích thước chính của tàu

Bảng L.1 - Số liệu tiêu chuẩn về kích thước chính của tàu thiết kế

1 Tàu hàng bách hóa

Trọng tải tàu DWT (t)	Tổng chiều dài tàu L_{oa} (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L_{pp} (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tài d (m)
1.000	67	61	10,7	3,8
2.000	82	75	13,1	4,8
3.000	92	85	14,7	5,5
5.000	107	99	17	6,4
10.000	132	123	20,7	8,1
12.000	139	130	21,8	8,6
18.000	156	147	24,4	9,8
30.000	182	171	28,3	10,5
40.000	198	187	30,7	11,5
55.000	217	206	32,3	12,8
70.000	233	222	32,3	13,8
90.000	251	239	38,7	15
120.000	274	261	42	16,5
150.000	292	279	44,7	17,7

2 Tàu container

Trọng tải tàu DWT (t)	Tổng chiều dài tàu L_{oa} (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L_{pp} (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tài d (m)	Tham khảo: Sức chở của container (TEU)
10.000	139	129	22,0	7,9	500 – 890
20.000	177	165	27,1	9,9	1.300-1.600
30.000	203	191	30,6	11,2	2.000-2.400
40.000	241	226	32,3	12,1	2.800-3.200
50.000	274	258	32,3	12,7	3.500-3.900
60.000	294	279	35,9	13,4	4.300-4.700
100.000	350	335	42,8	14,7	7.300-7.700

3 Tàu chở dầu

Trọng tải tàu DWT (t)	Tổng chiều dài tàu L_{oa} (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L_{pp} (m)	Bề rộng tàu B (m)	Món nước đầy tải d (m)
1.000	63	57	11,0	4,0
2.000	77	72	13,2	4,9
3.000	86	82	14,7	5,5
5.000	100	97	16,7	6,4
10.000	139	131	20,6	7,6
15.000	154	146	23,4	8,6
20.000	166	157	25,6	9,3
30.000	184	175	29,1	10,4
50.000	209	199	34,3	12,0
70.000	228	217	38,1	12,9
90.000	243	232	41,3	14,2
100.000	250	238	42,7	14,8
150.000	277	265	48,6	17,2
300.000	334	321	59,4	22,4

4 Tàu cho xe lên xuống (RO-RO)

Tổng trọng tải GT (t)	Tổng chiều dài tàu L_{oa} (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L_{pp} (m)	Bề rộng tàu B (m)	Món nước đầy tải d (m)
3.000	120	110	18,9	5,8
5.000	140	130	21,4	6,5
10.000	172	162	25,3	7,7
20.000	189	174	28,0	8,7
40.000	194	174	32,3	9,7
60.000	208	189	32,3	9,7

(Các tàu 3.000 GT, 5.000 GT và 10.000 GT là số liệu tham khảo tiêu chuẩn Nhật Bản)

5 Tàu chuyên dụng chở ô tô

Tổng trọng tải GT (t)	Tổng chiều dài tàu Loa (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc Lpp (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)
500	70		11,8	3,8
1.500	94		15,7	5,0
3.000	112	103	18,2	5,5
5.000	130	119	20,6	6,2
12.000	135	123	21,8	6,8
20.000	158	150	24,4	7,9
30.000	179	175	26,7	8,8
40.000	185	175	31,9	9,3
60.000	203	194	32,3	10,4

(Các tàu 3.000 GT và 5.000 GT là số liệu tham khảo tiêu chuẩn Nhật Bản)

6 Tàu chở khí hóa lỏng (LPG)

Tổng trọng tải GT (t)	Tổng chiều dài tàu Loa (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)
3.000	98	92	16,1	6,3
5.000	116	109	18,6	7,3
10.000	144	136	22,7	8,9
20.000	179	170	27,7	10,8
30.000	204	193	31,1	12,1
40.000	223	212	33,8	13,1
50.000	240	228	36,0	14,0

7 Tàu chở khí tự nhiên hóa lỏng (LNG)

Tổng trọng tải GT (t)	Tổng chiều dài tàu Loa (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc Lpp (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)
20.000	174	164	27,8	8,4
30.000	199	188	31,4	9,2
50.000	235	223	36,7	10,4
80.000	274	260	42,4	11,5
100.000	294	281	45,4	12,1

8 Tàu chở khách

Tổng trọng tải GT (t)	Tổng chiều dài tàu Loa (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc Lpp (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)
3.000	97	88	16,5	4,3
5.000	115	104	18,6	5,0
10.000	146	131	21,8	6,4
20.000	186	165	25,7	7,8
30.000	214	189	28,2	7,8
50.000	255	224	32,3	7,8
70.000	286	250	32,3	8,1
100.000	324	281	32,3	8,1

9-1 Phà đường gản (cự ly dưới 300 km tham khảo tiêu chuẩn Nhật Bản)

Tổng trọng tải GT (t)	Tổng chiều dài tàu Loa (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc Lpp (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)
400	56	47	11,6	2,8
700	70	60	13,2	3,2
1.000	80	71	14,4	3,5
3.000	124	116	18,6	4,6
5.000	136		21,6	5,3
7.000	141	130	22,7	5,7
10.000	166	155	24,6	6,2
13.000	194	179	26,2	6,7

(Tất cả các tàu là số liệu tham khảo tiêu chuẩn Nhật Bản)

9-2 Phà đường dài (cự ly 300 km tham khảo tiêu chuẩn Nhật Bản)

Tổng trọng tải GT (t)	Tổng chiều dài tàu Loa (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc Lpp (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)
6.000	147	135	22	6,3
10.000	172	159	25,1	6,3
13.000	185		27,3	6,8
15.000	197	183	28,2	6,9
20.000	197	183	28,2	6,9
23.000	200		28,2	7,2

(Tất cả các tàu là số liệu tham khảo tiêu chuẩn Nhật Bản)

Bảng L.2 - Số liệu tham khảo về kích thước chính của tàu thiết kế**10 Tàu hàng cỡ nhỏ**

Trọng tải tàu DWT (t)	Tổng chiều dài tàu Loa (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc Lpp (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)
500	53	47	9,4	3,3
700	58	53	9,5	3,3

Bảng số liệu tiêu chuẩn về kích thước chính của tàu thiết kế cho thấy các kích thước chính của tàu đối với các loại tải trọng khác nhau. Các kích thước này dựa trên các phân tích thống kê do Takahashi và các đồng nghiệp thực hiện với tổng tỷ lệ bao gồm 75%. Vì vậy, một số tàu có kích thước lớn hơn các tàu có cùng trọng tải được đưa ra trong bảng này và một số tàu khác có trọng tải lớn hơn trọng tải được dùng cho các tàu thiết kế có kích thước nhỏ hơn các tàu thiết kế trong bảng này.

Công thức hồi quy đối giữa Tổng tải trọng GT và Lượng dẫn nước DT được thể hiện lần lượt trong **Bảng L.3** và **L.4**, Chúng có thể được áp dụng với điều kiện có xét đến các hệ số xác định R^2 và độ lệch chuẩn σ trong các công thức hồi quy. Công thức hồi quy đối với từng loại tàu trong các bảng được áp dụng trong phạm vi trọng tải trong **Bảng L.1**.

Tàu container loại cỡ dưới trung bình, trung bình và trên trung bình có các kích thước đặc trưng theo từng loại, và vì thế có thể tham khảo các kích thước này trong **Bảng L.5** đến **L.9**. Có thể tham khảo các kích thước của tàu chở dầu thô rất lớn trong **Bảng L.10**.

Chiều cao của các tàu khác nhau đáng kể ngay cả trong trường hợp các tàu cùng loại và có cùng trọng tải. Do đó, công tác thiết kế cầu và các kết cấu khác bắc qua sông biển phải xét đến chiều cao của các tàu thiết kế tính từ mặt biển đến các điểm cao nhất. Có thể tham khảo chiều cao của các tàu từ nghiên cứu do Takahashi và các đồng nghiệp thực hiện.

Bảng L.3 - Công thức hồi quy đối với Trọng tải tàu (DWT) và Tổng trọng tải (GT)

Loại tàu		Công thức hồi quy	Hệ số xác định R^2	Độ lệch chuẩn σ (t)
Tàu hàng bách hóa		GT = 0,529 DWT	0,988	2.202
Tàu container		GT = 0,882 DWT	0,971	3.735
Tàu chở dầu		GT = 0,535 DWT	0,992	4.276
Tàu cho xe lên xuống được	Tổng trọng tải theo TC quốc tế	GT= 1,780 DWT	0,752	7.262
	Tổng trọng tải theo TC Nhật Bản	GT= 1,409 DWT	0,825	1.528
Tàu chuyên dụng chở ô tô (PCC)	Tổng trọng tải theo TC quốc tế	GT = 2,721 DWT	0,826	7.655
	Tổng trọng tải theo TC Nhật Bản	GT= 1,241 DWT	0,781	676
Tàu chở khí hóa lỏng		GT= 0,845 DWT	0,988	1.513
Tàu chở khí tự nhiên hóa lỏng		GT= 1,370 DWT	0,819	12.439
Tàu chở khách		GT= 8,939 DWT	0,862	12.285
Phà đường gần		GT= 2,146 DWT	0,833	1.251
Phà đường dài		GT= 2,352 DWT	0,816	1.988

Bảng L.4 - Công thức hồi quy đối với Trọng tải hàng (DWT) hoặc Tổng trọng tải (GT) và Lượng dẫn nước (DT)

Loại tàu	Công thức hồi quy	Độ lệch chuẩn σ
Tàu hàng bách hóa	DT = 1,139 DWT	0,052 DWT
Tàu container	DT = 1,344 DWT	0,060 DWT
Tàu chở dầu	DT = 1,138 DWT	0,145 DWT
Tàu cho xe lên xuống được (Tổng trọng tải theo TC quốc tế)*	DT = 0,880 GT	0,211 GT
Tàu chuyên dụng chở ô tô (PCC) (Tổng trọng tải theo TC Quốc tế)*	DT = 0,652 GT	0,147 GT
Tàu chở khí hóa lỏng	DT = 1,114 GT	0,425 GT
Tàu chở khí tự nhiên hóa lỏng	DT = 1,015 GT	0,154 GT
Tàu chở khách	DT = 0,522 GT	0,076 GT
Phà đường gần	DT = 1,052 GT	0,337 GT
Phà đường dài	DT = 1,150 GT	0,135 GT

(Bảng này chỉ thể hiện các số liệu tổng trọng tải theo TC quốc tế)

Bảng L.5 - Các kích thước chính của tàu container (cỡ nhỏ)

Trọng tải tàu DWT (t)	Tổng chiều dài tàu L_{oa} (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L_{pp} (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)	Tham khảo: Sức chở của container (TEU)
5.000	109	101	17,9	6,3	300-500
10.000	139	129	22,0	7,9	630-850
20.000	177	165	27,0	10,0	1.300-1.500
30.000	203	191	30,4	11,4	2.000-2.200
40.000	225	211	30,6	12,5	2.600-2.900

Bảng L.6- Kích thước chính của tàu container (cỡ trung bình)

Trọng tải tàu DWT (t)	Tổng chiều dài tàu L _{oa} (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L _{pp} (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)	Tham khảo: Sức chở của container (TEU)
30.000	201	187	32,3	11,3	2.100-2.400
40.000	237	223	32,3	12,0	2.800-3.200
50.000	270	255	32,3	12,7	3.400-3.900
60.000	300	285	32,3	13,4	4.000-4.600

Bảng L.7- Kích thước chính của tàu container (cỡ lớn)

Trọng tải tàu DWT (t)	Tổng chiều dài tàu Loa (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L _{pp} (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)	Tham khảo: Sức chở của container (TEU)
60.000	275/285	260/268	37,2/40,0	12,7/13,8	4.300- 5.400
70.000	276/280	263/266	40,0/40,0	14,0 /14,0	5.300-5.600
80.000-100.000	300/304	285/292	40,0/42,8	13,5 /14,5	6.300- 6.700

(Bảng này không thể hiện các kết quả phân tích thống kê mà chỉ thể hiện các giá trị bằng 1/4 và 3/4 theo thứ tự từ thấp đến cao)

Hình L.8 - Kích thước chính của tàu container trên 100.000 DWT

Trọng tải tàu DWT (t)	Tổng chiều dài tàu L_{oa} (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L_{pp} (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)	Tham khảo: Sức chở của container (TEU)
100.870	324,0	324,0	42,0	13,0	8.000
101.570	334,1	319,0	42,8	14,5	8.204
101.612	334,0	319,0	42,8	14,5	8.100
104.696	346,0	331,5	42,8	14,5	6.600
104.700	346,0	331,5	42,8	14,5	6.600
104.750	346,0	331,5	42,8	14,5	7.226
107.500	332,0	-	42,8	14,5	8.400
109.000	352,0	336,4	42,8	14,5	10.150
110.000	336,7	321	42,8	15,0	9.200
115.700	366,9	351,1	42,8	15,0	7.929
156.907	397,6	376,0	56,0	16,5	11.000

(Bảng này được lập dựa trên "Số liệu Tàu thủy từ LMIU" (8/2006). Tính đến tháng 8/2006, có 100 tàu container có trọng tải trên 100.000 DWT. Trong bảng này, mỗi một loại trọng tải DWT biểu thị ba tàu có cùng trọng tải hàng, và cho thấy các kích thước chính của tàu với sức chứa lớn nhất của container, trong đó ngoại trừ tàu 156.907 DWT)

Bảng L.9 - Kích thước chính của tàu container có sức chở trên 8.000 TEU

Sức chở container (TEU)	Tổng chiều dài tàu L_{oa} (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L_{pp} (m)	Bề rộng tàu B (m)	Mớn nước đầy tải d (m)	Tham khảo : Trọng tải tàu DWT (t)
8.000	324.0	324.0	42,0	13.0	100.870
8.030	324.8	-	42,0	14.5	104.904
8.063	323.0	308,0	42,8	14,5	99.615
8.100	335.5	-	42,8	14,6	103.800
8.152	335.0	-	42,8	13,5	97.612
8.154	275.0	263,0	37,1	12,5	68.363
8.189	334.0	-	-	14,5	101.906
8.200	334.1	314,7	-	14,5	101.818
8.204	334.0	319,0	-	14,5	110.000
8.238	335.0	319,0	42,8	11,5	97.430
8.400	332.4	317,2	-	14,5	108.180
9.200	350.6	336,8	42,8	14,5	112.062
9.415	349.0	353,3	42,8	14,5	117.800
9.600	337.0	-	-	-	115.000
10.150	352.0	336,4	42,8	14,5	109.000
11.000	397.6	376,0	56,0	16,5	156.907

(Bảng này được lập dựa trên "Số liệu Tàu thủy từ LMIU" (8/2006)." Tính đến tháng 8/2006, 90 tàu container có trọng tải trên 8.000 TEU". Trong bảng này, mỗi loại trọng tải theo TEU thể hiện một trọng tải trong đó lại gồm ba hoặc nhiều hơn ba tàu có cùng trọng tải theo TEU. Các kích thước chính của tàu có Trọng tải hàng DWT lớn nhất trong số đó được thể hiện trong bảng, ngoại trừ tàu lớn nhất có Trọng tải bằng 11.000 TEU)

Bảng L.10 - Kích thước chính của tàu chở dầu có trọng tải trên 400.000 DWT

Trọng tải tàu DWT (t)	Tổng chiều dài tàu L_{oa} (m)	Chiều dài tàu giữa hai đường thẳng góc L_{pp} (m)	Bề rộng tàu B (m)	Món nước đầy tải d (m)
423.000	380	366	68,0	24,5
441.893	380	366	68,0	24,5
441.823	380	-	68,0	24,5
442.470	380	-	68,0	24,5

Phụ lục M

(Tham khảo)

Điều kiện sóng cho phép đối với các tàu đang neo (BS 6349-1-1: 2013)

Đối với các tàu nhỏ thì độ tĩnh lạng trong bể cảng được biểu thị qua chiều cao sóng cho phép. Đối với các tàu lớn độ tĩnh lạng trong bể cảng được biểu thị thông qua các chuyển dịch cho phép lớn nhất theo các phương chuyển dịch tàu khi đang bốc xếp hàng hóa:

M.1 Đối với các tàu nhỏ

Bảng M.1.1 - Các tiêu chí sóng cho các tàu nhỏ

Chiều dài tàu nhỏ, tàu thuyền giải trí	Tiêu chí chiều cao sóng lớn nhất, các sóng ngang một phần tư		Tiêu chí chiều cao sóng, các sóng đối đầu	
	T_z , s	H_s , m	T_z , s	H_s , m
4 đến 10	< 2	0,20	< 2,5	0,20
	đến 4	0,10	2,5 đến 4	0,15
	> 4	0,15	> 4	0,20
10 đến 16	< 3	0,25	< 3,5	0,30
	đến 5	0,15	3,5 đến 5,5	0,20
	> 5	0,20	> 5,5	0,30
20	< 4	0,30	< 4,5	0,30
	đến 6	0,15	4,5 đến 7	0,25
	> 6	0,25	> 7	0,30

Các giá trị cho trong Bảng này thường áp dụng cho các tàu nhỏ neo tại các phao cố định, bến nhô hay tường bến. Các chiều cao sóng lớn hơn có thể thích hợp trong các trường hợp khi chú ý lựa chọn cẩn thận loại và thiết kế neo. Đối với các neo xoay, một chiều cao H_s lớn nhất 0,6 m thường được chấp nhận trong công tác quy hoạch.

Những hạn chế cho trong Bảng M.1.1 được định nghĩa như các điều kiện mà có tần số được chấp nhận xảy ra một lần trong năm. Cần phải đánh giá rủi ro về an toàn và hư hỏng đối với các tàu nhỏ và các tàu cá trong một hiện tượng của các hiện tượng không thường xuyên hơn. Đối với các bể cảng để các tàu nhỏ và các tàu thuyền giải trí neo lâu dài, khi không có các tiêu chí khác. Bảng M.1.2 cho các điều kiện sóng biểu thị sự hạn chế cho một hiện tượng xác suất theo năm thấp (chu kỳ lặp trung bình $T_r = 50$ năm).

Bảng M.1.2 - Các tiêu chí chế độ sóng cho các tàu nhỏ khi xét đến các hiện tượng cực trị

Chiều dài tàu nhỏ, thuyền giải trí m	Tiêu chí chiều cao sóng lớn nhất, các sóng ngang một phần tư $T_r > 4s$		Tiêu chí chiều cao sóng, các sóng đối đầu $T_r > 4s$	
	$T_r = 50$ năm M	$T_r = 1$ năm m	$T_r = 50$ năm m	$T_r = 1$ năm m
10 đến 20	0,30	0,15 đến 0,25	0,60	0,20 đến 0,30

Phản ứng của tàu giải trí và các thuyền đánh cá đối với sóng có chu kỳ 1 min hay dài hơn có thể dự kiến sẽ tương tự như ảnh hưởng của dòng chảy. Vì thế năng lượng sóng tại các chu kỳ như vậy không đáng kể đối với các tàu như vậy một khi chúng đã neo buộc, và các tiêu chí cho trong điều này áp dụng đối với chiều cao dư của các con sóng bên trong bể cảng tại các chu kỳ sóng bão hay sóng lừng.

Bảng M.1.1 áp dụng cho các điều kiện sóng lớn nhất mà thông thường được xem như được chấp nhận trong các bến tàu thuyền giải trí. Một trong các yếu tố đó dẫn đến các hạn chế đã kiến nghị rằng các tàu thuyền thường được neo rất gần nhau nên có thể có những dịch chuyển rất nhỏ trước khi va đâm gây hư hỏng xảy ra. Đối với các bể cảng cho tàu thuyền giải trí trong các vị trí bị phơi ra thì thường cần xây dựng một hệ thống các đê chắn sóng chông lán, nhằm duy trì được các điều kiện sóng được chấp nhận. Một chỉ dẫn hữu dụng để quy hoạch sơ bộ trong những trường hợp như vậy là không nhìn thấy trực tiếp biển khơi tại mực nước từ các vị trí neo bên trong bể cảng tại mọi trạng thái thủy triều. Những bể cảng hay khu nước bên trong có thể cần cung cấp cho tàu giải trí có thể tích nghi một cách an toàn.

M.2 Bể cảng cá

Những tiêu chí sóng cho trong **Bảng M.1.1** cũng có thể sử dụng để đánh giá sơ bộ các điều kiện sóng được chấp nhận đối với các tàu thuyền đánh cá dài đến 20m, mặc dù các tàu cá nói chung cấu tạo khoẻ hơn so với tàu thuyền giải trí.

Đối với các tàu cá lớn hơn các điều kiện sóng được chấp nhận có thể lấy theo các tiêu chí chuyển động giới hạn đối với các điều kiện làm việc an toàn như nêu trong điều sau đây.

M.3 Những tàu lớn hơn 1.000 DWT

Tuỳ theo loại tàu, các yêu cầu bốc xếp hàng hoá và các đặc trưng neo buộc, các điều kiện sóng giới hạn có thể chịu sự chi phối hoặc bằng cường độ hệ neo hay bằng chuyển động tàu cho phép lớn nhất.

Khi không có thông tin khác các tiêu chí sau đây có thể chấp nhận để tính toán các điều kiện sóng bị giới hạn để neo an toàn:

TCVN 11820-2:2017

- Đối với các tàu cá, ven bờ, vận chuyển hàng theo chuyến, các phà trong phạm vi từ 1.000 DWT đến 8.000 DWT xem **Bảng M.3.1**
- Đối với các tàu khác lớn hơn 10.000 DWT, xem **Bảng M.3.2**.
- Đối với các phà và tàu Ro-Ro xem **Bảng M.3.3**.
- Đối với các tàu container xem **Bảng M.3.4** và **Bảng M.3.5**.

Bảng M.3.1 - Kiến nghị các giới hạn tốc độ lớn nhất cho tàu từ 1.000 DWT đến 8.000 DWT

Kích cỡ tàu DWT	Surge m/s	Sway m/s	Heave m/s	Yaw Độ/s	Pitch Độ/s
1.000	0,6	0,6	-	2,0	-
2.000	0,4	0,4	-	1,5	-
8.000	0,3	0,3	-	1,0	-

Những giá trị cho trong **Bảng M.3.1** dựa trên sự hạn chế tác động động học của một tàu đang neo đối với bến. Điều kiện hạn chế về hư hỏng đối với tàu và/hoặc bến là năng lượng động của tàu .

Đối với tàu lớn hơn **Bảng M.3.2** cho các tiêu chí chuyển dịch để làm việc an toàn đối với hàng hoá cho một phạm vi rộng các loại tàu.

Bảng M.3.2 - Chỉ dẫn các tiêu chí chuyển dịch lớn nhất đối với các điều kiện làm việc an toàn

Loại tàu	Thiết bị bốc xếp hàng hoá	Loại chuyển động					
		Surge*	Sway*	Heave*	Yaw*	Pitch*	Roll*
		m	m	m	Độ	Độ	Độ
Tàu cá	Cần cầu nâng	0,15	0,15	0,4	3	3	3
	Nâng hạ	1,0	1,0	0,4	3	3	3
	Bơm hút	2,0	1,0	0,4	3	3	3
Tàu ven bờ, theo chuyển	Cần cầu tàu	1,0	1,2	0,6	1	1	2
	Cần cầu bờ	1,0	1,2	0,8	2	1	3
Bách hoá	-	2,0	1,5	1,0	3	2	5
Hang rời	Cần cầu	2,0	1,0	1,0	2	2	6
	Gầu nâng/gầu bánh xe	1,0	0,5	1,0	2	2	2
	Băng chuyển	5,0	2,5	-	3	-	-
Tàu dầu	Giá tải trọng	0,5 đến 2,0**	0,5 đến 2,0**	-	-	-	-
Tàu khí	Giá tải trọng	0,5 đến 1,0**	0,5 đến 1,0**	-	-	-	-

Các chuyển động nói đến các giá trị đỉnh (ngoại trừ sway: đỉnh không)

** Những giá trị này đã được PIANC điều chỉnh, mặc dù các giá tải trọng đã được thiết kế để chấp nhận các surge, sway hay yaw đối với bến lớn hơn, phạm vi khai thác an toàn của các giá này có thể nhỏ hơn và các điều chỉnh giới hạn này có thể để kích hoạt hệ thống dừng khẩn cấp tại các chuyển dịch nhỏ hơn.

CHÚ THÍCH 1: Các tiêu chí chuyển dịch cho trong Bảng M.3.2 đã được đơn giản hoá và có thể về cụ thể không thể hiện được các phát triển mới nhất đối với các tàu container lớn đặc biệt đối với thiết bị bốc xếp hàng hoá hiện đại và các nhà cung cấp hệ thống kiểm soát và các nhà khai thác có thể cung cấp thông tin chi tiết hơn về các hệ thống cập nhật nhất.

CHÚ THÍCH 2:

- Heave: dịch chuyển theo phương đứng (nhấp nhò);
- Yaw: xoay trong mặt phẳng nằm ngang;
- Sway: dịch chuyển theo phương ngang;
- Pitch: xoay theo phương dọc;
- Surge: dịch chuyển theo phương dọc;
- Roll: xoay theo phương ngang.

Bảng M.3.3 - Kiến nghị các tiêu chí chuyển dịch lớn nhất cho các điều kiện làm việc an toàn của các tàu Ro-Ro

Chuyển dịch	Loại tàu	Chuyển động		Tốc độ	
		Điều kiện khai thác bình thường	Điều kiện khai thác cực trị	Điều kiện khai thác bình thường	Điều kiện khai thác cực trị
Range/Surge	Ro-Ro tiêu chuẩn	$\pm 0,3$ m	$\pm 1,0$ m	0,12 m/s	0,3 m/s
	Khung ray	$\pm 0,05$ m	-	0,4	0,3 m/s
Sway	Ro-Ro tiêu chuẩn	$\pm 0,3$ m	$\pm 1,0$ m	0,12 m/s	0,3 m/s
	Khung ray	$\pm 0,05$ m	-	-	-
Heave	Ro-Ro tiêu chuẩn	$\pm 0,3$ m	$\pm 1,0$ m	0,12 m/s	0,3 m/s
	Khung ray	$\pm 0,2$ m	-	0,4	-
Roll/heel*	Ro-Ro tiêu chuẩn	$\pm 2,0^\circ$	$\pm 5,0^\circ$	0,3°/s	0,3°/s
	Khung ray	$\pm 1,0^\circ$	-	-	-
Yaw	Ro-Ro tiêu chuẩn	$\pm 0,25^\circ$	$\pm 0,5^\circ$	0,15°/s	0,2°/s
	Khung ray	-	-	-	-
Pitch/trim**	Ro-Ro tiêu chuẩn	$\pm 0,5^\circ$	$\pm 1,0^\circ$	0,08°/s	0,1°/s
	Khung ray	$\pm 1,0^\circ$	-	-	-

* Không tổ hợp với sway

** Không tổ hợp với heave

Bảng M.3.4 - Chỉ dẫn về các điều kiện biên độ sóng có ý nghĩa cho phép lớn nhất đối với các tàu container có hiệu quả (dỡ tải) chất tải 95%

Loại tàu	Chuyển dịch chính					
	Surge [*] m	Sway ^{**} m	Heave ^{**} m	Yaw ^{**} Độ	Pitch ^{**} Độ	Roll ^{**} Độ
Tàu Container	0,2 đến 0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	1

* Hai giá trị của surge là cho các tiêu chí 0,1 và 0,2 m, trình bày cho các cấu tạo móc khoá container khác nhau.

** Đối với các tàu container lớn không phơi sóng lừng ngang, chuyển dịch giới hạn là surge. Các chuyển dịch khác thường chấp nhận được đối với quá trình (dỡ tải) chất tải khi surge nằm trong các giới hạn này.

Bảng M.3.5 - Các tiêu chí surge đối với các tàu container cho hiệu quả (dỡ tải) chất tải 95%

Đặt tiêu chí	Cơ sở để đặt tiêu chí	Biên độ chuyển dịch surge sóng có ý nghĩa cho phép lớn nhất ($T_{\text{surge}} = 30 \text{ s đến } 100 \text{ s}$)
0,1 m	Twist-lock pins	0,2 m
0,2 m	Spreader flaps	0,4 m

Phụ lục N

(Tham khảo)

Tải trọng phương tiện thiết bị khai thác

N.1 Tải trọng phương tiện vận chuyển

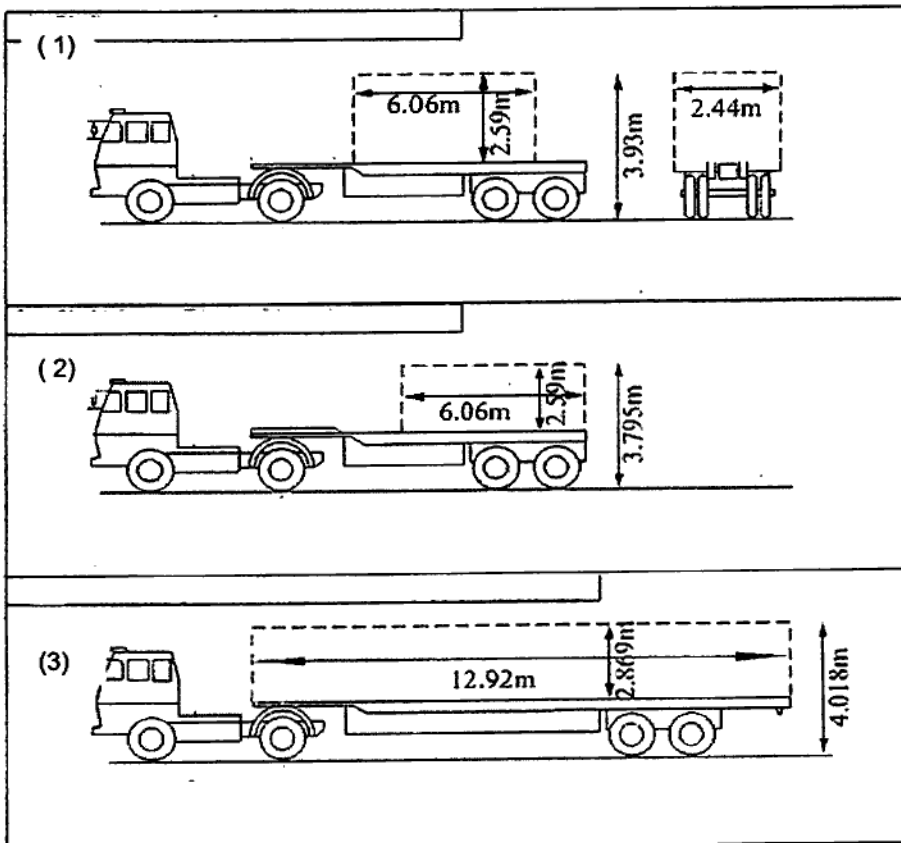
Những quy định quốc tế liên quan tới kích thước và tổng khối lượng tối đa của container được "Tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc tế" (ISO) đặt ra như liệt kê trong **Bảng N.1**

Bảng N.1 - Kích thước tiêu chuẩn của container

Loại	Chiều dài (L)				Chiều rộng (W)				Chiều cao (H)				Tổng khối lượng	
	mm	Sai số mm	ft	Sai số mm	mm	Sai số mm	ft	Sai số mm	mm	Sai số mm	ft	Sai số mm	kg	lb
1AAA	12.19 2	0 -10	40	0 -3/8	2.438	0 -5	8	0 -3/16	2.896*	0 -5	9 6*	0 -3/16	30.480*	67.200 *
1AA									2.591*	0 -5	8 6*	0 -3/16		
1A									2.438*	0 -5	8 -3/16	0		
1AX									<2.438		<8			
1BBB	9.125	0 -10	29 11 1/4	0 -3/16	2.438	0 -5	8	0 -3/16	2.896*	0 -5	9 6*	0 -3/16	25,400*	56.000 *
1BB									2.591*	0 -5	8 6*	0 -3/16		
1B									2.438	0 -5	8 -3/16	0		
1BX									<2.438		<8			
1CC	6.058	0 -6	19 10	0 -1/4	2.438	0 -5	8	0 -3/16	2,591*	0 -5	8 6*	0 -3/16	24.000 *	52.900 *

Loại	Chiều dài (L)				Chiều rộng (W)				Chiều cao (H)				Tổng khối lượng	
	mm	Sai số mm	ft	Sai số mm	mm	Sai số mm	ft	Sai số mm	mm	Sai số mm	ft	Sai số mm	kg	lb
1C			1/2						2.438	0 -5	8	0 -3/16		
1CX									<2.438	0 -5	<8			
1D	2.991	0 -5	9 9 3/4	0 -3/16	2.438	0 -5	8	0 -3/16	2.438	0 -5	8	0 -3/16	10.160*	22.400*
1DX									<2.438		<8			

Chú thích: (*) Một số nước quy định tổng chiều cao của xe và container.



Hình N.1- Kích thước xe chở container

N.2 Tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng di động

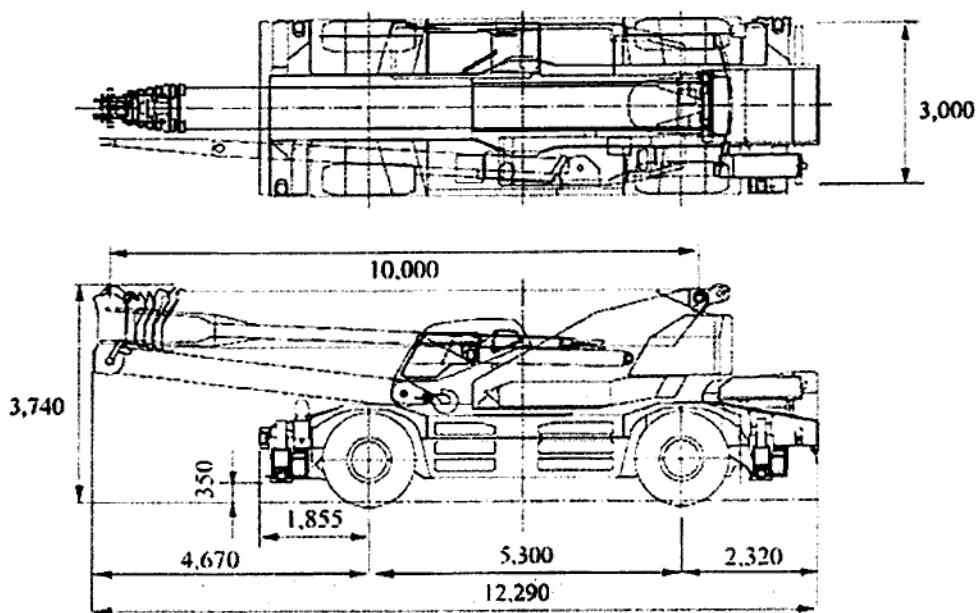
Bảng N.2 - Kích thước của cầu quay có gắn lốp

Loại thiết bị	Tải trọng tiêu chuẩn (t)	Tổng trọng lượng thiết bị	Kích thước khung gầm chính(m)					Tải trọng lớn nhất của bánh xe khi di chuyển (kN/vòng)	Áp lực tiếp đất lớn nhất trong quá trình vận hành ^(*) (kPa)
			Bán kính di chuyển lớn nhất	Tổng chiều rộng ⁽¹⁾	Chiều dài cơ sở	Mặt lăn (lốp xe)	Tổng chiều cao ⁽²⁾		
Cầu quay	34,0	289	24,0	8,8	8,0	4,0	37,5	217	527
	34,1	395	30,0	11,0	25,2	3,5	48,0	255	174
	38,0	349	32,0	11,5	8,5	3,4	51,4	147	882
	40,0	370	34,0	12,0	9,7	4,3	59,5	320 (tải trọng trực bánh xe)	280
Cầu kéo bánh xích kép	34,0	406	30,0	13,0	15,0	5,0	42,5	142	358
	34,1	402	30,0	12,8	15,0	5,0	45,0	139	301
	34,5	425	28,0	11,7	10,0	4,5	39,0	294	314
	37,5	417	32,6	12,0	8,0	5,5	52,0	139	293

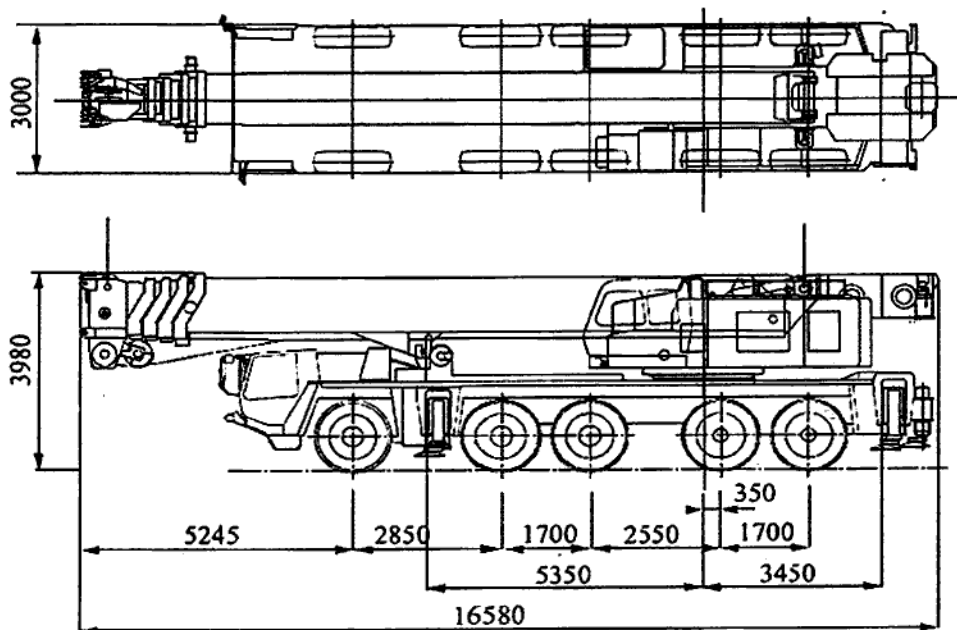
CHÚ THÍCH:

(*) "Kích thước khung gầm chính" là kích thước khi di chuyển vào bên trong bãi hàng hóa

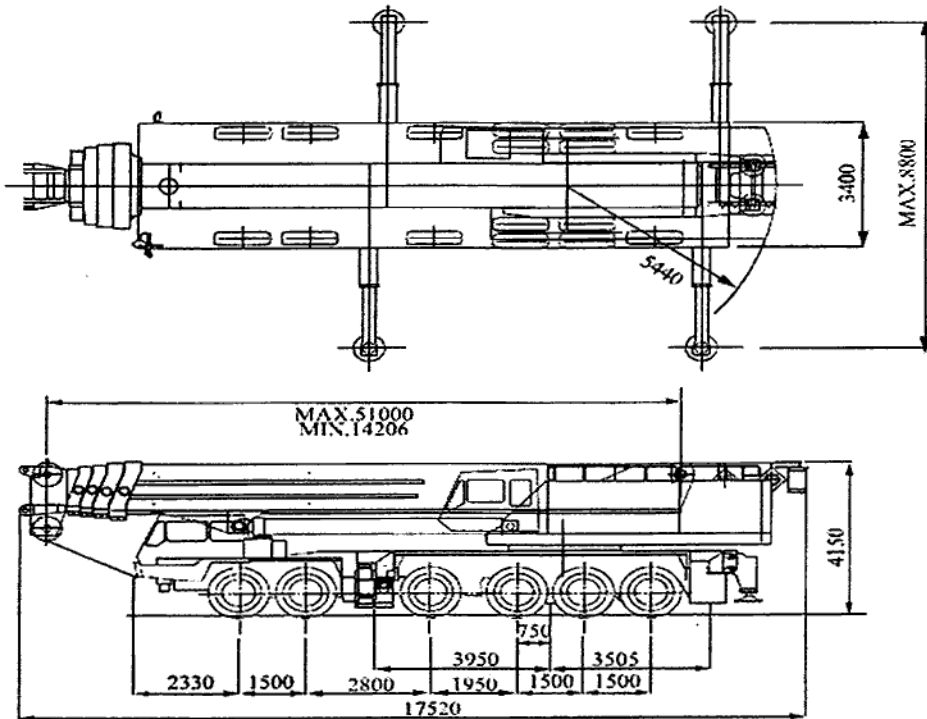
(**) "Tải trọng trực bánh xe tối đa" là giá trị tải trọng trực bánh xe lớn nhất khi cầu di chuyển vào bên trong bãi hàng hóa



Hình N.2 - Cản cầu sử dụng cho địa hình gồ ghề



Hình N.3 - Cản cầu sử dụng cho mọi địa hình



Hình N.4 - Cầu xe kéo

Bảng N.3 - Bảng kích thước mẫu cần cầu sử dụng cho địa hình gồ ghề, cần cầu sử dụng cho mọi địa hình và cần cầu dùng cho xe kéo

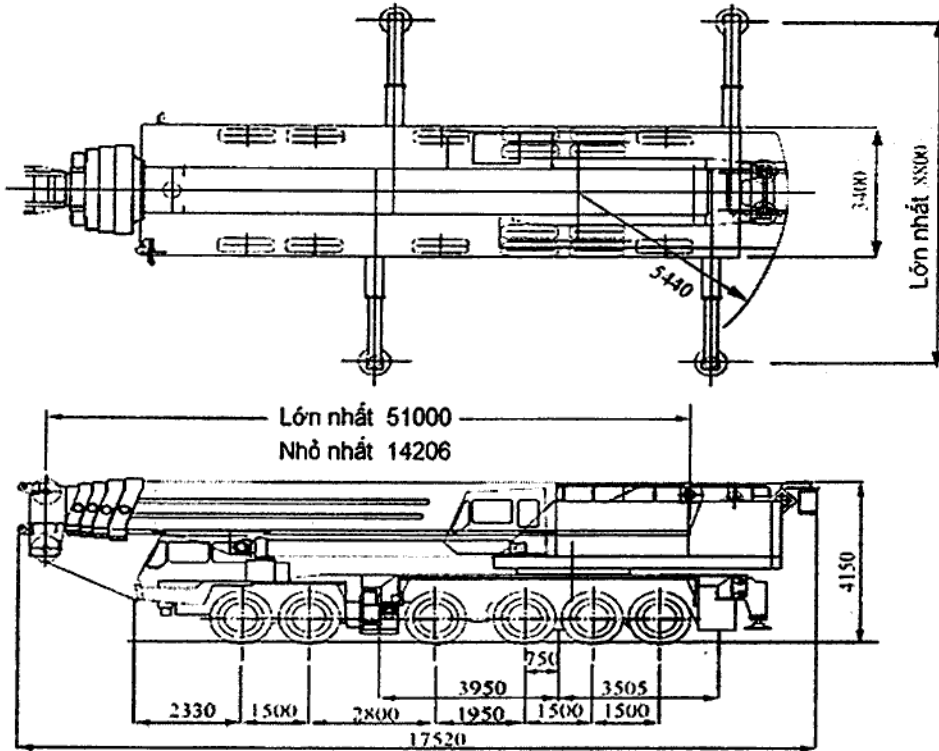
Loại cầu	Tải trọng nâng tối đa (t)	Tổng trọng lượng thiết	Kích thước khung gầm chính (*) (m)					Tải trọng trục bánh xe tối đa (*) (kN)
			Tổng chiều dài	Tổng chiều rộng	Tổng chiều cao	Chiều dài cơ sở	Mặt lăn lốp xe	
Cần cầu sử dụng cho địa hình gồ ghề	16	19,7	8,23	2,20	3,14	3,20	1,82	97,5
	25	26,5	11,21	2,62	3,45	3,65	2,17	131,2
	35	32,6	11,57	2,75	3,55	3,90	2,24	163,9
	50	37,8	11,85	2,96	3,71	4,85	2,38	185,3
	60	39,6	12,29	3,00	3,74	5,30	2,42	194,4
Cần cầu sử dụng cho mọi địa hình	100	60,0	13,53	2,78	3,95	6,00	2,32	147,1
	160	87,5	16,58	3,00	3,98	8,80	2,56	171,6
	360	90,0	17,62	3,00	4,00	10,24	2,55	154,9
	400	126,0	18,29	3,00	4,10	11,30	2,56	179,5
	550	132,0	18,00	3,00	4,25	11,30	2,56	198,1

Cần cầu dung cho máy kéo	120	94,7	15,38	3,40	4,00	7,38	2,76/2,52	392,8
	160	131,4	16,72	3,40	4,05	7,30	2,83/2,54	543,8
	360	114,0	17,52	3,40	4,34	9,25	2,83/2,54	297,7

Chú thích:

(¹) "Kích thước khung gầm chính" là kích thước khi di chuyển vào bên trong bãi hàng hóa

(²) "Tải trọng trục bánh xe tối đa" là giá trị tải trọng trục bánh xe lớn nhất khi cầu di chuyển vào bên trong bãi hàng hóa.



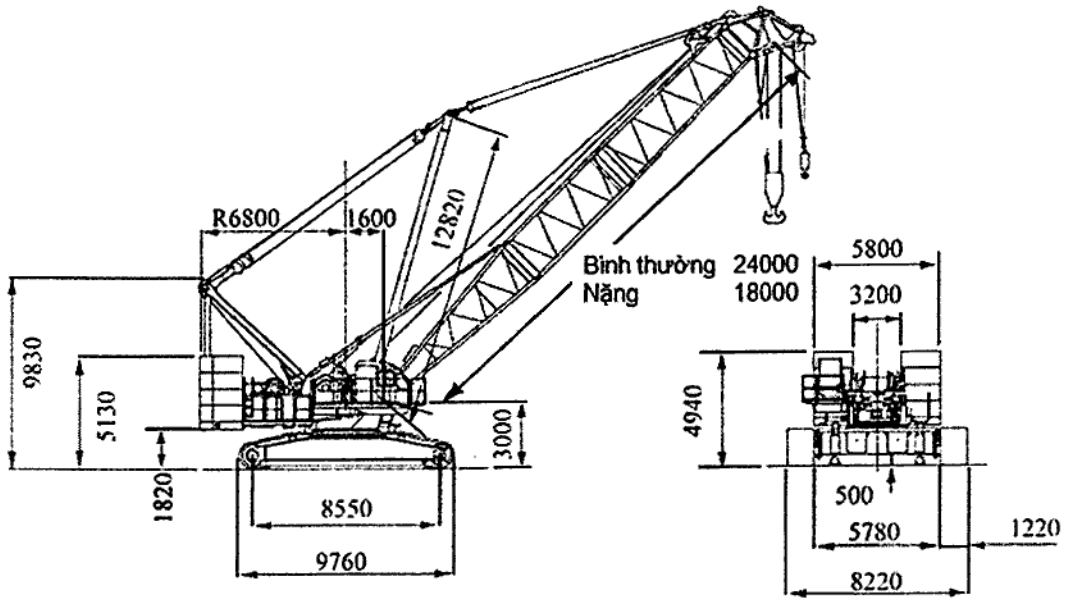
Hình N.5 - Xe xếp container

Bảng N.4 - Kích thước xe xếp container mẫu

Tên máy móc	Công-ten-nơ được bốc dỡ (ft)	Tải trọng tiêu chuẩn	Tổng trọng lượng thiết bị (t)	Kích thước khung gầm chính(m)				Tải trọng lớn nhất của bánh xe khi di chuyển (kN/vòng)
				Tổng chiều dài (")	Tổng chiều rộng	Tổng chiều cao	Chiều dài cơ sở	
A	20,40	35	60	15,8	4,5	13,6	8,1	117
B	20,40	40	59	12,2	5,3	12,6	7,4	122
C	20,40,45	35	59	17,4	4,5	13,7	8,0	124

Chú ý:

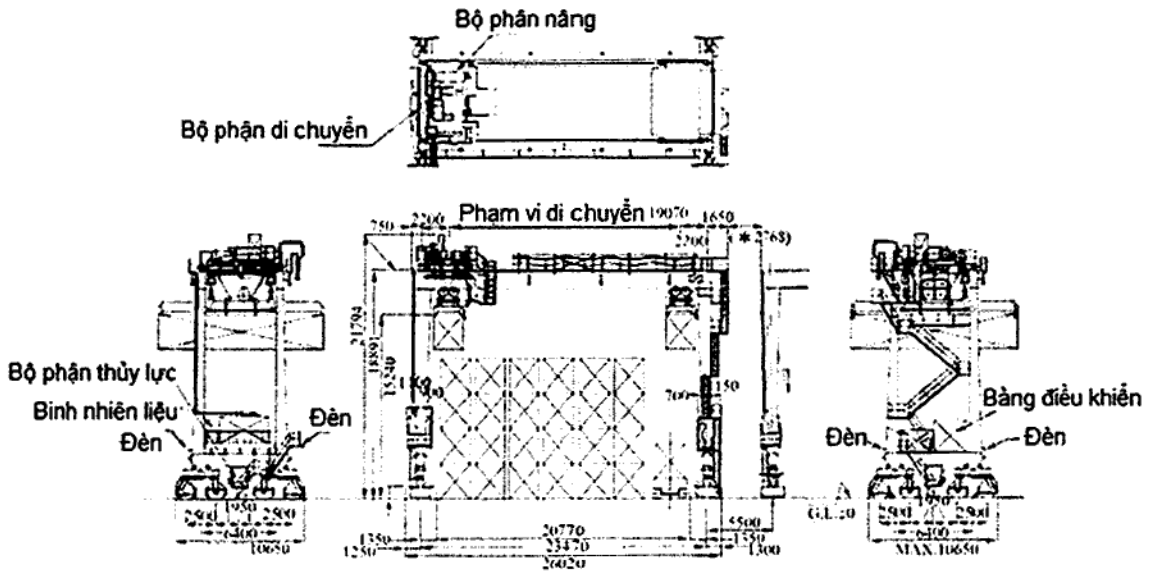
(¹) "Tổng chiều dài" là tổng chiều dài khi bốc dỡ một container dài 40foot (12,40m)



Hình N.6 - Cầu bánh xích

Bảng N.5 - Kích thước cầu bánh xích mẫu

Tải trọng nâng(t)	Tổng trọng lượng thiết bị	Kích thước khung gầm chính (m)				Áp lực tiếp đất của bánh xích (kPa)
		Tổng chiều cao	Tổng hiệu dài bánh xích	Tổng chiều rộng bánh xích	Chiều rộng dài xích	
30	33	4,72	4,49	3,30	0,76	54
45	45	5,12	5,40	4,30	0,76	60
50	49	5,25	5,57	4,35	0,76	61
70	71	6,18	5,99	4,83	0,80	80
80	85	6,56	6,32	4,90	0,90	86
90	89	6,64	6,40	4,90	0,85	91
100	122	7,92	7,88	6,17	0,92	90
150	161	8,49	8,49	7,07	1,07	89
200	193	8,49	9,18	7,07	1,07	103
300	284	9,83	9,76	8,22	1,22	127
350	294	7,82	10,14	8,79	1,29	120
450	390	10,12	11,51	9,50	1,50	122
800	1.190	-	14,68	12,80	2,00	127

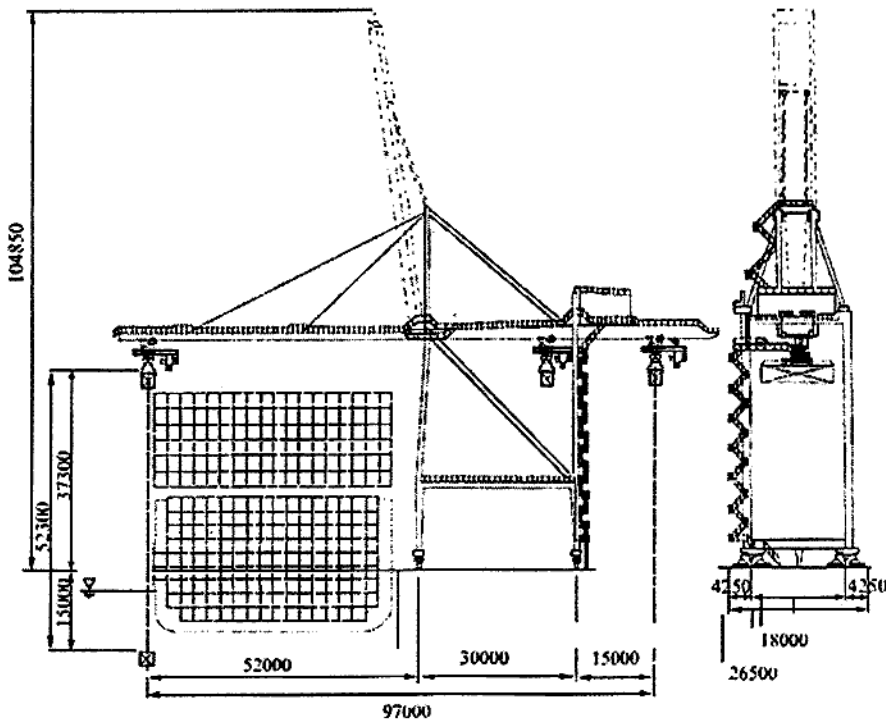


Hình N.7 - Cẩu cầu di chuyển

Bảng N.6 - Kích thước cẩu cầu di chuyển mẫu

Tên Máy móc	Container được bốc dỡ (ft)	Tải trọng tiêu chuẩn (t)	Tổng trọng lượng thiết bị (t)	Kích thước khung gầm chính(m)				Tải trọng lớn nhất của bánh xe khi di chuyển (kN/vòng)	Số lượng vòng quay của bánh xe (Vòng/góc)
				Tổng chiều Dài	Tổng chiều Rộng	Tổng chiều Cao	Chiều dài cơ sở		
A	20,40	36,0	133	26,1	12,0	21,5	6,4	281	2
B	20,40,45	40,6	119	26,0	11,3	21,1	6,4	275	2
C	20,40,45	40,6	129	26,3	12,2	21,8	6,4	293	2
D	20,40,45	40,6	140	25,8	11,7	24,4	6,4	295	2
E	20,40,45	51,0	150	25,8	12,7	28,3	8,0	327	2
F	20,40,45	40,6	129	26,0	11,3	21,1	6,4	142	4
G	20,40,45	50,0	150	26,0	10,7	21,8	6,4	167	4

N.3 Tải trọng thiết bị bốc dỡ hàng gắn trên ray



Hình N.8 - Cẩu cầu container

Bảng N.7 - Kích thước Cẩu cầu container mẫu

Tên máy móc	Container được bốc dỡ (ft)	Tải trọng tiêu chuẩn (t)	Tổng trọng lượng thiết bị (t)	Kích thước khung gầm chính(m)						Tải trọng lớn nhất của bánh xe khi di chuyển (kN/v)	Số lượng vòng quay bánh xe (V/ góc)
				Tầm với	Khẩu độ	Tầm với sau	Tổng chiều rộng	Tổng chiều cao	Chiều dài cơ sở		
A	20,40	30,5	580	31,0	16,0	10,0	27,0	68,0	18,0	406	8
B	20,40	30,5	627	31,0	16,0	9,0	28,0	72,0	18,0	314	8
C	20,40	30,5	668	31,0	16,0	9,5	27,0	46,0	18,0	314	8
D	20,40	30,5	635	40,0	16,0	11,0	27,0	80,5	18,0	343	8
E	20,40	40,6	1.127	50,0	30,0	15,0	27,0	73,1	18,0	577	8
F	20,40,45	40,5	890	47,1	30,0	15,0	28,0	100,0	18,0	558	8
G	20,40,45	40,6	965	50,0	30,5	15,0	28,0	102,3	18,0	394	10
H	20,40,45	40,6	1.030	50,5	30,0	14,0	26,5	65,0	18,0	720	8
I	20,40,45	50,0	993	52,0	30,0	15,0	26,5	105,0	18,0	744	8
J	20,40,45	65,0	1.360	63,0	30,0	16,0	26,5	127,2	16,5	711	8

Thư mục tài liệu tham khảo

- (1) BS 6349-1-1:2013, *Maritime Work-Part 1-1: General – Code of practice for planning and design for operations* (Công trình hàng hải-Phần 1-1: Khái quát- Tiêu chuẩn quy hoạch và thiết kế cho khai thác).
 - (2) BS EN 1990, *Eurocode – Basic of structural design* (Eurocode - Cơ sở thiết kế kết cấu).
 - (3) СП 38.13330.2012, *Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)* (Tải trọng và tác động (do sóng, băng và do tàu) lên công trình thủy).
 - (4) РД 31.31.27-81, *Руководство по проектированию морских причальных сооружений* (Hướng dẫn thiết kế công trình bến cảng biển).
 - (5) *Shore Protection Manual (SPM1984)* (Sổ tay bảo vệ bờ của hải quân Mỹ).
 - (6) *Coastal Engineering Manual (CEM 2012)* (Sổ tay công trình ven bờ của hải quân Mỹ).
 - (7) ISO 21650: 2007, *Actions from waves and currents on coastal structures* (Tác động sóng và dòng chảy lên các công trình ven bờ).
 - (8) JRA 2004, *Tiêu chuẩn kỹ thuật cầu cao tốc*.
-