

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 11823-6:2017**

**THIẾT KẾ CẦU ĐƯỜNG BỘ -  
PHẦN 6: KẾT CẤU THÉP**

*Highway bridge design specification - Part 6: Steel structures*

**HÀ NỘI - 2017**



## MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU .....	15
1 PHẠM VI ÁP DỤNG .....	16
2 TÀI LIỆU VIỆN DẪN .....	16
3 THUẬT NGỮ VÀ ĐỊNH NGHĨA .....	17
4 VẬT LIỆU .....	28
4.1 CÁC LOẠI THÉP KẾT CẤU .....	28
4.2 CHÓT, CON LẤN VÀ CON LẮC .....	29
4.3 BULÔNG, ĐAI ỐC VÀ VÒNG ĐỆM .....	30
4.3.1 Bulông .....	30
4.3.2 Đai ốc .....	31
4.3.2.1 Đai ốc dùng cho bu lông liên kết mối nối kết cấu .....	31
4.3.2.2 Đai ốc dùng cho Bulông neo .....	31
4.3.3 Vòng đệm .....	31
4.3.4 Các linh kiện liên kết tùy chọn .....	31
4.3.5 Thiết bị chỉ báo lực .....	32
4.4 ĐỊNH NEO CHỊU CẮT .....	32
4.5 KIM LOẠI HÀN .....	32
4.6 KIM LOẠI ĐÚC .....	32
4.6.1 Thép đúc và gang dẻo .....	32
4.6.2 Các sản phẩm đúc có thể rèn được .....	32
4.6.3 Gang .....	32
4.7 THÉP KHÔNG GỈ .....	32
4.8 CÁP THÉP .....	33
4.8.1 Sợi thép trơn .....	33
4.8.2 Sợi thép tráng kẽm .....	33
4.8.3 Sợi thép bọc epoxy .....	33
4.8.4 Tao cáp cầu .....	33
5 CÁC TRẠNG THÁI GIỚI HẠN .....	33
5.1 TỔNG QUÁT .....	33
5.2 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN SỬ DỤNG .....	34
5.3 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN MỎI VÀ NỨT GỠ .....	34
5.4 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN CƯỜNG ĐỘ .....	34
5.4.1 Tổng quát .....	34
5.4.2 Hệ số sức kháng .....	34

5.5 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN ĐẶC BIỆT.....	35
6 THIẾT KẾ CHỊU MỎI VÀ NỨT GỖY.....	36
6.1 MỎI.....	36
6.1.1 Tổng quát.....	36
6.1.2. Mỗi do tải trọng gây ra.....	36
6.1.2.1 Cơ sở thiết kế chịu mỏi.....	36
6.1.2.2 Các tiêu chí thiết kế.....	36
6.1.2.3 Phân loại các chi tiết.....	37
6.1.2.4 Cấu tạo chi tiết để giảm chịu lực cưỡng bức.....	55
6.1.2.5 Sức kháng mỏi.....	55
6.1.3 Mỏi do xoắn vặn gây ra.....	57
6.1.3.1 Các bản liên kết ngang.....	58
6.1.3.2 Bản liên kết nằm ngang.....	58
6.1.3.3 Mặt cầu thép bản trục hướng.....	59
6.2 PHÁ HỦY NỨT GỖY.....	59
7 CÁC YÊU CẦU VỀ KÍCH THƯỚC CHUNG VÀ CHI TIẾT.....	60
7.1 CHIỀU DÀI CÓ HIỆU CỦA NHỊP.....	60
7.2 ĐỘ VÒNG TÍNH TẢI.....	60
7.3 CHIỀU DÀY NHỎ NHẤT CỦA THÉP.....	61
7.4 VÁCH NGẮN VÀ KHUNG NGANG.....	61
7.4.1 Tổng quát.....	61
7.4.2 Các bộ phận có mặt cắt I.....	62
7.4.3 Dầm có mặt cắt hộp.....	63
7.5. HỆ GIẺNG LIÊN KẾT NGANG.....	64
7.5.1. Tổng quát.....	64
7.5.2 Bộ phận có mặt cắt chữ I.....	64
7.5.3 Bộ phận có mặt cắt hình chậu.....	65
7.5.4 Giàn.....	65
7.6 CHÓT.....	65
7.6.1 Vị trí.....	65
7.6.2 Sức kháng.....	65
7.6.2.1 Uốn và cắt kết hợp.....	65
7.6.2.2 Ép mặt.....	66
7.6.3 Kích thước tối thiểu của chốt đối với các thanh đầu có lỗ.....	66
7.6.4 Chốt và đai ốc của chốt.....	66
7.7 CÁC DẦM CÁN VÀ DẦM HÀN TỖ HỢP ĐƯỢC UỐN BẰNG NHIỆT.....	67

7.7.1 Tổng quát.....	67
7.7.2 Bán kính cong nhỏ nhất.....	67
7.7.3 Độ vòng.....	67
<b>8 CẤU KIỆN CHỊU KÉO .....</b>	<b>68</b>
8.1 TỔNG QUÁT.....	68
8.2 SỨC KHÁNG KÉO.....	69
8.2.1 Tổng quát .....	69
8.2.2 Hệ số chiết giảm, U .....	69
trường hợp.....	72
U .....	72
U .....	72
8.2.3 Kéo và uốn kết hợp .....	72
8.3 DIỆN TÍCH THỰC.....	72
8.4 TỶ SỐ ĐỘ MẢNH GIỚI HẠN.....	73
8.5 CÁC CẤU KIỆN TỔ HỢP.....	73
8.5.1 Tổng quát .....	73
8.5.2 Các bản khoét lỗ.....	73
8.6 CÁC THANH ĐẦU CÓ LỖ CHÓT.....	74
8.6.1 Sức kháng tính toán .....	74
8.6.2 Cấu tạo của thanh .....	74
8.6.3 Lắp đặt thanh .....	74
8.7 CÁC BẢN ÓP LIÊN KẾT CHÓT .....	75
8.7.1 Tổng quát .....	75
8.7.2 Bản chót.....	75
8.7.3 Kích thước cấu tạo.....	75
8.7.4 Lắp đặt.....	76
<b>9 CẤU KIỆN CHỊU NÉN .....</b>	<b>76</b>
9.1 TỔNG QUÁT.....	76
9.2 SỨC KHÁNG NÉN.....	76
9.2.1 Nén dọc trục.....	76
9.2.2 Nén dọc trục và uốn kết hợp.....	76
9.3 TỶ SỐ ĐỘ MẢNH GIỚI HẠN .....	77
9.4 CÁC CẤU KIỆN KHÔNG LIÊN HỢP.....	77
9.4.1 Sức kháng nén danh định.....	77
9.4.1.1 Tổng quát.....	77
9.4.1.2 Sức kháng ổn định đàn hồi chịu uốn .....	81

9.4.1.3 Sức kháng ổn định đàn hồi chịu xoắn và chịu xoắn uốn.....	81
9.4.2 Các chi tiết không mảnh và mảnh của cấu kiện.....	82
9.4.2.1 Các chi tiết cấu kiện không mảnh.....	82
9.4.2.2 Các chi tiết cấu kiện mảnh.....	84
9.4.3 Các cấu kiện tổ hợp.....	87
9.4.3.1 Tổng quát.....	87
9.4.3.2 Các bản khoét lỗ.....	88
9.5 CÁC CẤU KIỆN LIÊN HỢP.....	90
9.5.1 Sức kháng nén danh định.....	90
9.5.2 Các giới hạn.....	91
9.5.2.1 Tổng quát.....	91
9.5.2.2 Các ống nhồi bê tông.....	91
9.5.2.3 Các thép hình bọc bê tông.....	91
9.6 ỐNG THÉP NHỒI BÊ TÔNG LIÊN HỢP (CFSTs).....	92
10 CÁC MẶT CHỮ I CHỊU UỐN.....	95
10.1 TỔNG QUÁT.....	95
10.1.1 Mặt cắt liên hợp.....	95
10.1.1.1 Ứng suất.....	96
10.1.1.1.1 Trình tự chất tải.....	96
10.1.1.1.2 Ứng suất trong mặt cắt tại vùng mô men uốn dương.....	96
10.1.1.1.3 Ứng suất trong mặt cắt trong vùng mô men uốn âm.....	96
10.1.1.1.4 Ứng suất trong bản bê tông.....	97
10.1.1.1.5 Bề rộng có hiệu của bản bê tông.....	97
10.1.2 Mặt cắt không liên hợp.....	97
10.1.3 Mặt cắt lai.....	97
10.1.4 Các cấu kiện có chiều cao bản bụng thay đổi.....	97
10.1.5 Độ cứng.....	97
10.1.6 Ứng suất trong bản cánh và mô men uốn trong cấu kiện.....	98
10.1.7 Cốt thép tối thiểu trong bản bê tông chịu mô men uốn âm.....	100
10.1.8 Nứt gãy mặt cắt có hiệu.....	100
10.1.9 Sức kháng oằn của bản bụng.....	100
10.1.9.1 Bản bụng không có sườn tăng cứng dọc.....	100
10.1.9.2 Bản bụng có sườn tăng cứng dọc.....	101
10.1.10 Hệ số giảm cường độ bản cánh.....	101
10.1.10.1 Hệ số lai, $R_h$ .....	101
10.1.10.2 Hệ số phân tán tải trọng bản bụng, $R_b$ .....	102

10.2 CÁC GIỚI HẠN KÍCH THƯỚC MẶT CẮT NGANG.....	103
10.2.1 Các tỷ lệ bản bụng.....	103
10.2.1.1 Bản bụng không có sườn tăng cứng dọc:.....	103
10.2.1.2 Bản bụng có sườn tăng cứng dọc.....	103
10.2.2. Các tỷ lệ bản cánh.....	104
10.3 KIỂM TRA KHẢ NĂNG THI CÔNG.....	104
10.3.1 Tổng quát.....	104
10.3.2 Sức kháng uốn.....	105
10.3.2.1 Bản cánh chịu nén được giằng gián đoạn.....	105
10.3.2.2 Bản cánh chịu kéo được giằng gián đoạn.....	105
10.3.2.3 Bản cánh chịu kéo hoặc nén được giằng liên tục.....	106
10.3.2.4 Bản bê tông.....	106
10.3.3 Sức kháng cắt.....	106
10.3.4 Lắp đặt bản mặt cầu.....	106
10.3.5 Độ võng do tĩnh tải.....	108
10.4 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN SỬ DỤNG.....	108
10.4.1 Biến dạng đàn hồi.....	108
10.4.2 Biến dạng không hồi phục.....	108
10.4.2.1 Tổng quát.....	108
10.4.2.2 Biến dạng do uốn.....	109
10.5 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN MỎI VÀ NÚT GỠ.....	110
10.5.1 Mỏi.....	110
10.5.2 Nứt gãy.....	110
10.5.3 Các yêu cầu đặc biệt về mỏi quy định cho bản bụng.....	110
10.6 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN CƯỜNG ĐỘ.....	110
10.6.1 Tổng quát.....	110
10.6.2 Các điều kiện kháng uốn của mặt cắt.....	111
10.6.2.1 Tổng quát.....	111
10.6.2.2 Mặt cắt liên hợp chịu uốn dương.....	111
10.6.2.3 Mặt cắt không liên hợp chịu mô men âm và mặt cắt không liên hợp....	111
10.6.3 Sức kháng cắt.....	112
10.6.4 Neo chống cắt.....	112
10.7 SỨC KHÁNG UỐN CỦA MẶT CẮT LIÊN HỢP CHỊU MÔ MEN UỐN DƯƠNG..	112
10.7.1 Mặt cắt đặc chắc.....	112
10.7.1.1 Tổng quát.....	112
10.7.1.2 Sức kháng uốn danh định.....	113

10.7.2	Mặt cắt không đặc chắc.....	113
10.7.2.1	Tổng quát.....	113
10.7.2.2	Sức kháng uốn danh định.....	114
10.7.3	Yêu cầu về tính dẻo.....	114
10.8	<b>SỨC KHÁNG UỐN CỦA MẶT CẮT LIÊN HỢP CHỊU MÔ MEN ÂM VÀ MẶT CẮT KHÔNG LIÊN HỢP.....</b>	<b>114</b>
10.8.1	Tổng quát.....	115
10.8.1.1	Bản cánh chịu nén có giằng gián đoạn.....	115
10.8.1.2	Bản cánh chịu kéo có giằng gián đoạn.....	115
10.8.1.3	Bản cánh chịu kéo hoặc nén có giằng liên tục.....	115
10.8.2	Sức kháng uốn của bản cánh chịu nén.....	115
10.8.2.1	Tổng quát.....	115
10.8.2.2	Sức kháng ổn định cục bộ.....	115
10.8.2.3	Sức kháng ổn định xoắn ngang .....	116
10.9	<b>SỨC KHÁNG CẮT .....</b>	<b>119</b>
10.9.1	Tổng quát.....	119
10.9.2	Sức kháng danh định của các bản bụng không được tăng cứng.....	119
10.9.3	Sức kháng danh định của các bản bụng được tăng cứng .....	120
10.9.3.1	Tổng quát.....	120
10.9.3.2	Các khoang phía trong của bụng dầm.....	120
10.9.3.3	Khoang biên của bản bụng (Khoang đầu dầm) .....	121
10.10	<b>CÁC NEO CHÓNG CẮT .....</b>	<b>122</b>
10.10.1	Tổng quát.....	122
10.10.1.1	Các kiểu neo.....	122
10.10.1.2	Bước neo.....	122
10.10.1.3	Khoảng cách ngang .....	124
10.10.1.4	Lớp bê tông phủ neo và chiều sâu ngậm neo trong bê tông.....	124
10.10.2	Sức kháng mỗi.....	124
10.10.3	Các yêu cầu đặc biệt đối với các điểm đổi dấu mô men uốn do tĩnh tải.....	125
10.10.4	Trạng thái giới hạn cường độ .....	126
10.10.4.1	Tổng quát.....	126
10.10.4.2	Lực cắt danh định .....	126
10.10.4.3	Sức kháng cắt danh định .....	127
10.11	<b>SƯỜN TĂNG CỨNG.....</b>	<b>128</b>
10.11.1	Sườn tăng cứng ngang .....	128
10.11.1.1	Tổng quát.....	128



10.11.1.2 Chiều rộng nhô ra của sườn .....	128
10.11.1.3 Mômen quán tính .....	129
CHÚ THÍCH: .....	131
10.11.2 Sườn tăng cứng ở vị trí gối .....	131
10.11.2.1 Tổng quát.....	131
10.11.2.2 Chiều rộng nhô ra của sườn .....	131
10.11.2.3 Sức kháng tựa của sườn tăng cứng gối.....	132
10.11.2.4 Sức kháng dọc trục của các sườn tăng cứng gối .....	132
10.11.2.4.1 Tổng quát .....	132
10.11.2.4.2 Mặt cắt có hiệu .....	132
10.11.3 Các sườn tăng cứng dọc.....	133
10.11.3.1 Tổng quát.....	133
10.11.3.2 Chiều rộng phần nhô ra của sườn tăng cứng dọc.....	133
10.11.3.3 Mômen quán tính và bán kính quán tính .....	133
10.12 CÁC BÀN TÁP .....	134
10.12.1 Tổng quát .....	134
10.12.2 Các yêu cầu về đầu nối bản táp .....	135
10.12.2.1 Tổng quát.....	135
10.12.2.2 Các yêu cầu về đầu nối bản táp.....	135
10.12.2.3 Các đầu bản táp nối bulông .....	135
11 CÁC CẤU KIỆN CÓ MẶT CẮT HỘP CHỊU UỐN .....	136
11.1 TỔNG QUÁT.....	136
11.1.1 Xác định ứng suất .....	136
11.1.2 Gối.....	137
11.1.3 Liên kết giữa bản cánh và thành hộp.....	137
11.1.4 Lỗ kiểm tra và thoát nước.....	138
11.2 CÁC GIỚI HẠN TỶ LỆ KÍCH THƯỚC MẶT CẮT NGANG .....	138
11.2.1 Các kích thước thành hộp .....	138
11.2.1.1 Tổng quan.....	138
11.2.1.2 Thành hộp không có sườn tăng cứng dọc.....	138
11.2.1.3 Thành hộp có sườn tăng cường dọc.....	138
11.2.2 Tỷ lệ bản cánh mặt cắt hình chày .....	138
11.2.3 Các hạn chế đặc biệt khi sử dụng hệ số phân bố hoạt tải cho mặt cắt nhiều hộp .....	139
11.3 KHẢ NĂNG THI CÔNG .....	140
11.3.1 Tổng quát .....	140

11.3.2 Khả năng chịu uốn.....	140
11.3.3 Khả năng chịu lực cắt.....	141
11.4 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN SỬ DỤNG .....	141
11.5 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN MỎI VÀ NỨT GỠY.....	141
11.6 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN CƯỜNG ĐỘ.....	142
11.6.1 Tổng quan .....	142
11.6.2 Yêu cầu cấu tạo mặt cắt chịu uốn.....	143
11.6.2.1 Tổng quan.....	143
11.6.2.2 Mặt cắt chịu uốn dương .....	143
11.6.2.3 Mặt cắt chịu mô men uốn âm .....	143
11.6.3 Yêu cầu cấu tạo mặt cắt chịu lực cắt.....	143
11.6.4 Neo chống cắt .....	144
11.7 SỨC KHÁNG UỐN CỦA MẶT CẮT CHỊU MÔMEN UỐN DƯƠNG.....	144
11.7.1 Mặt cắt đặc chắc .....	144
11.7.1.1 Tổng quát.....	144
11.7.1.2 Sức kháng uốn danh định .....	144
11.7.2 Mặt cắt không đặc chắc.....	144
11.7.2.1 Tổng quát.....	144
11.7.2.2 Sức kháng uốn danh định .....	145
11.8 SỨC KHÁNG UỐN CỦA MẶT CẮT CHỊU MÔMEN ÂM .....	146
11.8.1 Tổng quát .....	146
11.8.1.1 Bản cánh hộp chịu nén .....	146
11.8.1.2 Bản cánh giằng liên tục chịu kéo.....	146
11.8.2 Sức kháng uốn của bản cánh hộp chịu nén.....	146
11.8.2.1 Tổng quát.....	146
11.8.2.2 Bản cánh mặt hộp không có sườn tăng cứng .....	146
11.8.2.3 Bản cánh mặt hộp có sườn tăng cứng dọc .....	148
11.9 SỨC KHÁNG CẮT .....	150
11.10 NEO CHỐNG CẮT.....	150
11.11 SƯỜN TĂNG CỨNG .....	151
11.11.1 Sườn tăng cứng thành hộp.....	151
11.11.2 Sườn tăng cứng dọc cho bản cánh chịu nén .....	151
12 CÁC CẤU KIỆN CHỊU UỐN KHÁC.....	152
12.1 TỔNG QUÁT .....	152
12.1.1 Điều kiện áp dụng.....	152
12.1.2 Trạng thái giới hạn cường độ .....	153

12.1.2.1 Uốn .....	153
12.1.2.2 Tải trọng dọc trục kết hợp với uốn.....	153
12.1.2.3 Lực cắt.....	153
<b>12.2 SỨC KHÁNG UỐN DANH ĐỊNH.....</b>	<b>154</b>
12.2.1 Tổng quát .....	154
12.2.2 Các cấu kiện không liên hợp .....	154
12.2.2.1 Các cấu kiện hình I và H .....	154
12.2.2.2 Các cấu kiện hình hộp .....	155
12.2.2.3 Các ống tròn .....	157
12.2.2.4 Thép T và thép góc kép.....	158
12.2.2.5 Thép hình U .....	159
12.2.2.6 Thép góc đơn.....	161
12.2.2.7 Thép thanh mặt cắt chữ nhật và thép tròn đặc.....	161
12.2.3 Các kết cấu liên hợp.....	162
12.2.3.1 Các thép hình được bọc bê tông.....	162
12.2.3.2 Các ống thép nhồi bê tông .....	163
<b>12.3 SỨC KHÁNG CẮT DANH ĐỊNH CỦA CÁC CẤU KIỆN LIÊN HỢP .....</b>	<b>166</b>
12.3.1 Các thép hình được bọc bê tông .....	166
12.3.2 Các ống thép nhồi bê tông.....	167
12.3.2.1 Các ống hình chữ nhật.....	167
12.3.2.2 Các ống tròn .....	167
<b>13 CÁC LIÊN KẾT VÀ MỐI NỐI .....</b>	<b>167</b>
13.1 TỔNG QUÁT.....	167
13.2 CÁC LIÊN KẾT BULÔNG.....	168
13.2.1 Tổng quát.....	168
13.2.1.1 Các liên kết bu lông ma sát.....	168
13.2.1.2 Các liên kết bu lông chịu ép tựa .....	169
13.2.2 Sức kháng tính toán .....	169
13.2.3 Bulông, đai ốc và vòng đệm.....	170
13.2.3.1 Bulông và đai ốc .....	170
13.2.3.2 Vòng đệm .....	170
13.2.4 Các lỗ.....	171
13.2.4.1 Kiểu lỗ.....	171
13.2.4.1.1 Tổng quát .....	171
13.2.4.1.2 Các lỗ rộng quá cỡ .....	171
13.2.4.1.3 Các lỗ có dạng ô van ngắn .....	171

13.2.4.1.4 Các lỗ có dạng ô van dài .....	171
13.2.4.2 Kích thước .....	172
13.2.5 Quy cách của bu lông.....	172
13.2.6 Khoảng cách của các bu lông.....	173
13.2.6.1 Khoảng cách tịnh và cự ly tối thiểu .....	173
13.2.6.2 Cự ly tối đa của các bu lông chống thấm mỗi nối.....	173
13.2.6.3 Cự ly tối đa của bu lông liên kết - nối ghép mặt cắt cấu kiện tổ hợp. ....	173
13.2.6.4 Cự ly tối đa của bu lông liên kết -ghép tổ hợp ở đầu mút của cấu kiện chịu nén .....	174
13.2.6.5 Cự ly ở đầu ngoài cùng của chuỗi hàng lỗ bu lông.....	174
13.2.6.6 Các khoảng cách đến mép cạnh.....	174
13.2.7 Sức kháng cắt của bu lông .....	174
13.2.8 Sức kháng trượt của bu lông .....	175
13.2.9 Sức kháng ép mặt ở các lỗ bulông .....	177
13.2.10 Sức kháng kéo .....	178
13.2.10.1 Tổng quát.....	178
13.2.10.2 Sức kháng kéo danh định .....	178
13.2.10.3 Sức kháng môi.....	178
13.2.10.4 Lực kéo do hiệu ứng cạy nắp mặt bích .....	178
13.2.11 Kéo và cắt kết hợp .....	179
13.2.12 Sức kháng cắt của bu lông neo .....	180
13.3 CÁC LIÊN KẾT HÀN.....	180
13.3.1 Tổng quát.....	180
13.3.2 Sức kháng tính toán .....	180
13.3.2.1 Tổng quát.....	180
13.3.2.2 Các liên kết hàn có soi rãnh vát ngấu hoàn toàn.....	180
13.3.2.2.1 Chịu lực kéo và nén.....	180
13.3.2.2.2 Chịu lực cắt .....	180
13.3.2.3 Các liên kết hàn có soi rãnh vát ngấu không hoàn toàn .....	181
13.3.2.3.1 Chịu lực kéo hoặc nén.....	181
13.3.2.3.2 Chịu lực cắt .....	181
13.3.2.4 Các liên kết đường hàn góc .....	181
13.3.2.4.1 Chịu lực kéo và nén.....	181
13.3.2.4.2 Chịu lực cắt .....	182
13.3.3 Diện tích có hiệu.....	182
13.3.4 Kích thước của các đường hàn góc .....	182

13.3.5 Chiều dài có hiệu nhỏ nhất của các đường hàn góc.....	183
13.3.6 Vòng đầu đường hàn góc.....	183
13.3.7 Các mối hàn trám .....	183
<b>13.4 SỨC KHÁNG CHỊU CẮT KHUÔN.....</b>	<b>183</b>
<b>13.5 CÁC CHI TIẾT LIÊN KẾT.....</b>	<b>184</b>
13.5.1 Tổng quát .....	184
13.5.2 Chịu lực kéo .....	184
13.5.3 Chịu lực cắt .....	185
<b>13.6 CÁC MỐI NỐI.....</b>	<b>185</b>
13.6.1 Mối nối bulông.....	185
13.6.1.1 Tổng quát.....	185
13.6.1.2 Các cấu kiện chịu kéo.....	185
13.6.1.3 Các cấu kiện chịu nén.....	186
13.6.1.4 Các cấu kiện chịu uốn.....	186
13.6.1.4.1 Tổng quát .....	186
13.6.1.4.2 Các mối nối bản bụng.....	186
13.6.1.4.3 Các mối nối bản cánh.....	187
13.6.1.5 Các bản đệm.....	189
13.6.2 Các mối nối hàn.....	190
<b>13.7 CÁC LIÊN KẾT KHUNG CỨNG.....</b>	<b>191</b>
13.7.1 Tổng quát .....	191
13.7.2 Các bản bụng .....	191
<b>14 QUY ĐỊNH CHO CÁC LOẠI KẾT CẤU.....</b>	<b>192</b>
14.1 CÁC NHỊP DẦM CHẠY DƯỚI.....	192
14.2 CÁC GIÀN .....	193
14.2.1 Tổng quát .....	193
14.2.2 Các cấu kiện của giàn .....	193
14.2.3 Các ứng suất thứ cấp.....	193
14.2.4 Các vách ngang.....	193
14.2.5 Độ vòng .....	193
14.2.6 Các đường truyền lực và các trục trọng tâm.....	194
14.2.7 Giằng khung cổng cầu và chống lắc.....	194
14.2.7.1 Tổng quát.....	194
14.2.7.2 Các nhịp giàn chạy dưới.....	194
14.2.7.3 Các nhịp giàn chạy trên.....	194
14.2.8 Bản tiếp điểm .....	195

14.2.9 Giàn hở .....	201
14.2.10 Sức kháng tính toán .....	201
<b>14.3 CÁC KẾT CẤU PHẦN TRÊN CÓ BẢN TRỰC HƯỚNG.....</b>	<b>202</b>
14.3.1 Tổng quát.....	202
14.3.2 Bản mặt cầu chịu nén tổng thể.....	202
14.3.2.1 Tổng quát.....	202
14.3.2.2 Ổn định cục bộ.....	202
14.3.2.3 Ổn định của khoang.....	202
14.3.3 Chiều rộng có hiệu của mặt cầu .....	203
14.3.4 Công tác dựng hiệu ứng tổng thể và cục bộ .....	203
<b>14.4 CÁC VÒM BẢN BỤNG SƯỜN ĐẶC .....</b>	<b>203</b>
14.4.1 Sự khuếch đại mômen đối với độ võng .....	203
14.4.2 Độ mảnh của bản bụng .....	203
14.4.3 Ổn định của bản cánh .....	204
<b>15 CỌC.....</b>	<b>204</b>
15.1 TỔNG QUÁT .....	204
15.2 SỨC KHÁNG KẾT CẤU.....	204
15.3 SỨC KHÁNG NÉN.....	205
15.3.1 Nén dọc trục.....	205
15.3.2 Kết hợp uốn và nén dọc trục .....	205
15.3.3 Ổn định .....	205
15.4 ỨNG SUẤT LỚN NHẤT CHO PHÉP KHI ĐÓNG CỌC .....	205
<b>PHỤ LỤC A.....</b>	<b>.....</b>
<b>SỨC KHÁNG UỐN CỦA DẦM LIÊN HỢP THẲNG MẶT CẮT I TRONG VÙNG MÔ MEN</b> <b>ÂM VÀ DẦM THẲNG MẶT CẮT I KHÔNG LIÊN HỢP CÓ BẢN BỤNG ĐẶC CHẮC HOẶC</b> <b>KHÔNG ĐẶC CHẮC .....</b>	<b>206</b>
<b>PHỤ LỤC B.....</b>	<b>.....</b>
<b>PHÂN BỐ LẠI MÔ MEN TỪ CÁC MẶT CẮT CHỮ I TRÊN CÁC TRỤ GIỮA CỦA CÁC CẦU</b> <b>THẲNG LIÊN TỤC .....</b>	<b>213</b>
<b>PHỤ LỤC C.....</b>	<b>.....</b>
<b>CÁC BƯỚC CƠ BẢN THIẾT KẾ KẾT CẤU PHẦN TRÊN CẦU THÉP .....</b>	<b>220</b>
<b>PHỤ LỤC D.....</b>	<b>.....</b>
<b>CÁC TÍNH TOÁN CƠ BẢN CHO CÁC CẤU KIỆN CHỊU UỐN .....</b>	<b>237</b>

## LỜI NÓI ĐẦU

**TCVN 11823 - 6: 2017** được biên soạn trên cơ sở tham khảo Tiêu chuẩn thiết kế cầu theo hệ số tải trọng và sức kháng của AASHTO (AASHTO, LRFD Bridge Design Specification). Tiêu chuẩn này là một Phần thuộc Bộ tiêu chuẩn Thiết kế cầu đường bộ, bao gồm 12 Phần như sau:

- TCVN 11823-1:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 1: Yêu cầu chung
- TCVN 11823-2:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 2: Tổng thể và đặc điểm vị trí
- TCVN 11823-3:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 3: Tải trọng và Hệ số tải trọng
- TCVN 11823-4:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 4: Phân tích và Đánh giá kết cấu
- TCVN 11823-5:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 5: Kết cấu bê tông
- TCVN 11823-6:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 6: Kết cấu thép
- TCVN 11823-9:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 9: Mặt cầu và Hệ mặt cầu
- TCVN 11823-10:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 10: Nền móng
- TCVN 11823-11:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 11: Mố, Trụ và Tường chắn
- TCVN 11823-12:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 12: Kết cấu vùi và Áo hàm
- TCVN 11823-13:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 13: Lan can
- TCVN 11823-14:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 14: Khe co giãn và Gối cầu .

Tiêu chuẩn kỹ thuật thi công tương thích với Bộ tiêu chuẩn này là Tiêu chuẩn kỹ thuật thi công cầu AASHTO LRFD (*AASHTO LRFD Bridge construction Specifications*)

**TCVN 11823 - 6: 2017** do Bộ Giao thông vận tải tổ chức biên soạn, 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.

## **Thiết kế cầu đường bộ - Phần 6: Kết cấu thép**

*Highway Bridge Design Specification- Part 6: Steel Structures*

### **1 PHẠM VI ÁP DỤNG**

Tiêu chuẩn này áp dụng cho việc thiết kế các cầu kiện, các mối nối và các liên kết bằng thép dùng cho các kết cấu cầu dầm cán và dầm tổ hợp thẳng hoặc cong bằng, khung, giàn và vòm, các hệ dây văng và hệ dây võng, và các hệ mặt cầu kim loại.

Đối với dầm tổ hợp cong, tiêu chuẩn này chỉ áp dụng cho công tác thiết kế và thi công dầm mặt cắt chữ I hoặc hộp đơn, có bán kính cong bằng hoặc lớn hơn 30500 mm. Trường hợp bán kính nhỏ hơn giới hạn này, việc áp dụng kết cấu cầu phải dựa trên cơ sở đánh giá chi tiết kết cấu cầu theo các yêu cầu phù hợp với các nguyên tắc cơ học cơ bản.

### **2 TÀI LIỆU VIỆN DẪN**

Các tài liệu dưới đây là rất cần thiết đối với việc áp dụng tiêu chuẩn này. Các tài liệu viện dẫn được trích dẫn từ những vị trí thích hợp trong văn bản tiêu chuẩn và các ấn phẩm được liệt kê dưới đây. Đối với các tài liệu có đề ngày tháng, những sửa đổi bổ xung sau ngày xuất bản chỉ được áp dụng cho bộ Tiêu chuẩn này khi bộ Tiêu chuẩn này được sửa đổi, bổ xung. Đối với các tiêu chuẩn không đề ngày tháng thì dùng phiên bản mới nhất.

- TCVN 2737:1995 Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế
- TCVN 4954:05 Đường ô tô- Yêu cầu thiết kế
- TCVN 5408:2007 Lớp phủ kẽm nhúng nóng trên bề mặt sản phẩm gang và thép- Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử
- TCVN 1651: 2008 Thép cốt bê tông và lưới thép hàn
- TCVN 5664:2009 Tiêu chuẩn quốc gia, Phân cấp kỹ thuật đường thủy nội địa
- TCVN 9386:2012 Thiết kế công trình chịu động đất
- TCVN 9392:2012 Thép cốt bê tông- Hàn hồ quang
- TCVN 9393: 2012- Cọc Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục
- TCVN 10307:2014- Kết cấu cầu thép – Yêu cầu kỹ thuật chung về chế tạo, lắp ráp và nghiệm thu



- TCVN 10309:2014 Hàn cầu thép - Quy định kỹ thuật
- AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications (Tiêu chuẩn kỹ thuật thi công cầu AASHTO)
- AASHTO M270M/M Standard Specification for Structural Steel for Bridges (Tiêu chuẩn thép kết cấu dùng cho cầu)
- ASTM A 252 Standard Specification for Welded and Seamless Steel Pipe Piles (Tiêu chuẩn cọc ống bằng thép uốn nối hàn)

### 3 THUẬT NGỮ VÀ ĐỊNH NGHĨA

**3.1 Mố cầu (Abutment)** - Kết cấu bên dưới để đỡ một đầu của kết cấu nhịp cầu.

**3.2 Tỷ số mặt cắt (Aspect Ratio)** – Với các hình chữ nhật, là tỷ số độ dài các cạnh.

**3.3 Dầm thép hình (Beam)** - Một bộ phận kết cấu mà chức năng chính là truyền các tải trọng xuống trụ, chủ yếu qua chịu uốn và chịu cắt. Nói chung, thuật ngữ “beam” được sử dụng để chỉ cấu kiện được làm bằng các thép hình cán.

**3.4 Cột- Dầm (Beam-Column)** - Một bộ phận kết cấu mà chức năng chính là chịu cả lực dọc và mô men.

**3.5 Sức kháng oằn do uốn (Bend-Buckling Resistance)** - Tải trọng lớn nhất có thể chịu được của bản bụng mà không xảy ra biến dạng oằn cục bộ do uốn theo lý thuyết đàn hồi và thực nghiệm.

**3.6 Uốn hai chiều (Biaxial Bending)** - Sự uốn đồng thời của các bộ phận hoặc cấu kiện theo hai trục vuông góc.

**3.7 Tới hạn (Bifurcation)** - Hiện tượng mà một bộ phận hoặc cấu kiện thẳng hoặc phẳng lý tưởng dưới tác dụng của lực nén ở trạng thái giới hạn giữa bị oằn hoặc không, hoặc là một bộ phận thẳng lý tưởng dưới tác dụng của mômen uốn ở trạng thái giới hạn giữa biến dạng uốn – xoắn hoặc uốn phẳng.

**3.8 Phân tích tới hạn (Bifurcation Analysis)** - Phân tích được dùng để xác định tải trọng oằn hoặc tới hạn.

**3.9 Phá hoại cắt theo khuôn (Block Shear Rupture)** - Sự phá hỏng một liên kết bản bụng bằng bulông của các dầm nối trục giao hoặc sự phá hỏng một liên kết bất kỳ chịu kéo mà bị xé rách một phần của một tấm bản dọc theo chu vi của các bulông liên kết.

**3.10 Chi tiết bulông (Bolt Assembly)** - Bulông, đai ốc và vòng đệm.

**3.11 Bản mặt dầm hộp (Box Flange)** - Bộ phận bản nối giữa hai sườn. Bản mặt có thể là bản phẳng không có sườn tăng cường, bản có sườn tăng cường hoặc bản bê tông cốt thép liên kết với bản thép bằng các neo chống cắt

**3.12 Cấu kiện giằng ngang (Bracing Member)** - Một cấu kiện liên kết giằng cứng cấu kiện chính hoặc một phần của cấu kiện chính, chống lại sự chuyển động nằm ngang.

**3.13 Tải trọng mất ổn định (Buckling Load)** - Tải trọng ở mức làm cho một bộ phận hoặc cấu kiện thẳng lý tưởng chịu nén bị oằn.

**3.14 Cấu kiện tổ hợp (Built-Up Member)** - Một cấu kiện được làm từ các bộ phận bằng thép liên kết với nhau bằng hàn, bắt bu lông, hoặc tán ri vê.

**3.15 Yêu cầu va đập của rãnh chữ V Charpy (Charpy V- Notch Impact Requirement)** - Năng lượng tối thiểu yêu cầu được hấp thụ trong thí nghiệm rãnh chữ V Charpy được tiến hành ở một nhiệt độ quy định.

**3.16 Thí nghiệm rãnh chữ V Charpy (Charpy V-Notch Test)** - Thí nghiệm va đập tuân theo AASHTO T243 (ASTM A673M).

**3.17 Khoảng cách trống giữa các bulông (Clear Distance of Bolts)** - Khoảng cách giữa các mép của các lỗ bulông kề nhau.

**3.18 Khoảng cách trống bên ngoài của các bulông (Clear End Distance of Bolts)** - Khoảng cách giữa mép của lỗ bulông và đầu của bộ phận.

**3.19 Mặt cắt hộp kín (Closed-Box Section)** - Một cấu kiện chịu uốn có mặt cắt ngang gồm hai sườn đứng hoặc xiên hình thành ít nhất một khoang kín. Một cấu kiện có mặt cắt kín tỏ ra hiệu quả khi kháng xoắn bằng cách hình thành dòng ứng suất tiếp trong sườn và cánh.

**3.20 Tải trọng phá hỏng (Collapse Load)** - Tải trọng mà một bộ phận kết cấu hoặc kết cấu có thể chịu được ngay trước khi sự phá hỏng trở nên rõ ràng.

**3.21 Bàn cánh đặc chắc (Compact Flange)** - Đối với một mặt cắt liên hợp chịu tác dụng của mô men uốn âm hoặc một mặt cắt không liên hợp có một bàn cánh đơn có giằng chịu nén có độ mảnh bằng hoặc dưới độ mảnh cánh có thể chịu được ứng biến đủ để sức kháng chịu uốn lớn nhất sẽ đạt được trước khi cánh bị mất ổn định cục bộ dẫn đến ảnh hưởng lớn tới ứng xử của nó, nó đòi hỏi về liên kết tăng cường (giằng ngang) để đảm bảo thỏa mãn sự phát triển sức kháng uốn lớn nhất.

**3.22 Tiết diện đặc chắc (Compact Section)** - Một tiết diện liên hợp chịu tác dụng của mô men uốn dương thỏa mãn các yêu cầu về cấp thép, độ mảnh của sườn, độ dẻo có khả năng phát triển sức kháng danh định vượt quá mô men chảy nhưng chưa vượt quá mô men dẻo.

**3.23 Chiều dài không giằng đặc chắc (Compact Unbraced Length)** - Đối với một mặt cắt liên hợp chịu tác dụng của mô men uốn âm hoặc một mặt cắt không liên hợp, giới hạn chiều dài không giằng của một bàn cánh đơn có giằng chịu nén có độ mảnh bằng hoặc dưới chiều dài để sức kháng chịu uốn lớn nhất sẽ đạt được trước khi cánh bị oằn ngang do xoắn dẫn đến ảnh hưởng lớn tới ứng xử của nó, các đòi hỏi về độ mảnh của cánh phải đảm bảo thỏa mãn sự phát triển sức kháng uốn lớn nhất.

**3.23 Bàn bụng đặc chắc (Compact Web)** - Đối với một mặt cắt liên hợp chịu tác dụng của mô men uốn âm hoặc một mặt cắt không liên hợp, một bàn bụng chịu nén có độ mảnh bằng hoặc dưới độ mảnh mà mặt cắt có sức kháng chịu uốn lớn nhất bằng mô men dẻo sẽ đạt được trước khi bàn bụng bị oằn do uốn xoắn dẫn đến ảnh hưởng lớn tới ứng xử của nó, các

đòi hỏi về cấp thép, độ dẻo, độ mảnh của bản cánh và/hoặc liên kết tăng cường (giằng ngang) phải đảm bảo thỏa mãn.

**3.24 Thành phần Cấu kiện (Component)** - Một phần cấu thành của kết cấu.

**3.25 Dầm thép hình liên hợp (Composite Beam)** - Một dầm thép được liên kết vào bản mặt cầu để cho chúng cùng làm việc dưới các tác động lực như là một kết cấu nguyên thể.

**3.26 Cột liên hợp (Composite Column)** - Một bộ phận kết cấu chịu nén bao gồm hoặc các thép hình kết cấu được bọc bằng bê tông, hoặc một ống thép được đúc đầy bê tông, được thiết kế để làm việc dưới các tác động lực như là một nguyên thể.

**3.27 Dầm tổ hợp liên hợp (Composite Girder)** - Một thành phần bằng thép chịu uốn nối với một bản bê tông để phần thép đó và bản bê tông cũng như cốt thép dọc trong bản bê tông làm việc dưới các tác động lực như là một nguyên thể.

**3.28 Liên kết (Connection)** - Một đường hàn hoặc một nhóm các bu lông để truyền ứng suất pháp và/hoặc ứng suất tiếp từ một bộ phận này tới bộ phận khác.

**3.29 Ngưỡng mỏi với biên độ không đổi (Constant Amplitude Fatigue Threshold)** - Biên độ ứng suất danh định mà ở dưới nó thì một chi tiết riêng biệt có thể chịu đựng một số vô hạn các tác động lặp lại mà không bị phá hủy do mỏi.

**3.30 Bản cánh được giằng liên tục (Continuously Braced Flange)** - Một bản cánh được chôn trong bê tông hoặc được neo bằng neo chống cắt do đó hiệu ứng uốn ngang của cánh có thể bỏ qua. Một cánh được giằng liên tục trong vùng nén cũng được coi là không bị mất ổn định cục bộ hoặc uốn xoắn.

**3.31 Bản cánh khống chế (Controlling Flange)** - Cánh trên hoặc cánh dưới với mặt cắt nhỏ hơn tại chỗ nối, bất cứ bản cánh nào có tỷ số giữa ứng suất đàn hồi (tại điểm giữa bề dày của nó do ứng lực tính toán) với sức kháng tính toán của nó là lớn nhất.

**3.32 Mặt cắt nứt (Cracked Section)** - Một mặt cắt liên hợp trong đó phần bê tông được coi là không chịu kéo.

**3.33 Tải trọng tới hạn (Critical Load)** - Tải trọng gây ra hiện tượng tới hạn xác định bằng lý thuyết ổn định.

**3.34 Khung ngang (Cross-Frame)** - Một khung giàn ngang liên kết các thành phần chịu uốn dọc kề nhau hoặc ở phía trong mặt cắt ống hay mặt cắt hộp kín để truyền hoặc phân bố tải trọng theo phương đứng và phương ngang cũng như để giữ ổn định cánh chịu nén. Đôi khi được đồng nhất với thuật ngữ vách ngăn.

**3.35 Xoay mặt cắt ngang (Cross-Section Distortion)** - Biến dạng của mặt cắt ngang của mặt cắt hộp kín hoặc mặt cắt ống do tác động xoắn.

**3.36 Dầm cong (Curved Girder)** - Một dầm mặt cắt chữ "I", hoặc hộp kín hay dạng ống có dạng cong trên mặt bằng.

**3.37 Mặt cầu (Deck)** - Một thành phần, có hoặc không có lớp phủ, trực tiếp đỡ tải trọng bánh xe và được chống đỡ bởi các thành phần khác.

**3.38 Hệ mặt cầu (Deck System)** - Kết cấu phần trên trong đó mặt cầu là một phần của tổng thể cùng các thành phần chống đỡ nó, hoặc biến dạng của hệ chống đỡ ảnh hưởng đáng kể đến ứng xử của mặt cầu.

**3.39 Giàn cầu chạy trên (Deck Truss)** - Hệ giàn trong đó đường xe chạy ở tại hoặc bên trên mức của mặt trên của giàn.

**3.40 Phân loại chi tiết (Detail Category)** - Nhóm các thành phần và các chi tiết về cơ bản có cùng một sức kháng môi.

**3.41 Vách ngăn (Diaphragm)** - Một bộ phận liên kết ngang tiết diện đặc theo phương đứng nối hai thành phần chịu uốn theo phương dọc hoặc ở trong mặt cắt hộp kín hoặc mặt cắt ống để truyền và phân bố tải trọng đứng và ngang cũng như giữ ổn định cho cánh chịu nén.

**3.42 Bàn cánh có giằng đoạn (Discretely Braced Flange)** - Bàn cánh được đỡ ở những khoảng gián đoạn bởi các giằng đủ để chống lại chuyển vị ngang và chuyển vị xoắn ở các điểm giằng.

**3.43 Độ mỏi do vặn xoắn (Distortion-Induced Fatigue)** - Các tác động mỏi do các ứng suất phụ thường không được định lượng ở trong phân tích và thiết kế đặc trưng của cầu.

**3.44 Cự ly mép của các bulông (Edge Distance of Bolts)** - Khoảng cách thẳng góc với đường lực giữa tâm của lỗ và mép của cấu kiện.

**3.45 Chiều dài có hiệu (Effective Length)** - Chiều dài tương đương KL được dùng trong công thức chịu nén và xác định bằng phân tích tới hạn.

**3.46 Hệ số chiều dài có hiệu (Effective Length Factor)** - Tỷ lệ giữa chiều dài có hiệu và chiều dài không giằng của bộ phận được đo giữa tim hai chi tiết liên kết.

**3.47 Bề rộng có hiệu (Effective Width)** - Bề rộng của bản thép hoặc bê tông được giảm đi do giả thiết ứng suất phân bố đều có cùng hiệu ứng kết cấu như bản với phân bố ứng suất không đều.

**3.48 Đàn hồi (Elastic)** - ứng xử của kết cấu trong đó ứng suất tỷ lệ với ứng biến và không có biến dạng dư sau khi dỡ tải.

**3.49 Phân tích đàn hồi (Elastic Analysis)** - Xác định hiệu ứng của tải trọng trên các cấu kiện và liên kết dựa trên ứng xử ứng suất - biến dạng là tuyến tính và không có biến dạng dư trong vật liệu khi dỡ tải.

**3.50 Đàn hồi dẻo lý tưởng (Đàn - dẻo) (Elastic-Perfectly Plastic)** - Một đường ứng suất - biến dạng lý tưởng của vật liệu biến đổi từ điểm ứng suất bằng không với biến dạng bằng không tới điểm chảy của vật liệu, sau đó biến dạng tăng lên ứng với ứng suất không đổi.

**3.51 Cự ly đầu của các bulông (End Distance of Bolts)** - Khoảng cách dọc theo đường lực giữa tâm của lỗ và đầu của cấu kiện.

**3.52 Khoang biên (End Panel)** - Đoạn đầu của giàn hoặc dầm.

**3.53 Thanh đầu lỗ (Eyebar)** - Cấu kiện chịu kéo với tiết diện hình chữ nhật và hai đầu được mở rộng, khoét lỗ để liên kết chốt.

- 3.54 Tải trọng tính toán (Factored Load)** - Tích của tải trọng danh định và hệ số tải trọng.
- 3.55 Liên kết (Fastener)** - Thuật ngữ chung cho các liên kết hàn, bu lông, đinh tán hoặc các thiết bị nối khác.
- 3.56 Mỏi (Fatigue)** - Sự bắt đầu và/hoặc sự lan truyền các vết nứt do sự biến đổi lặp lại của ứng suất pháp truyền với thành phần chịu kéo.
- 3.57 Tuổi thọ mỏi thiết kế (Fatigue Design Life)** - Số năm mà một chi tiết dự kiến chịu được các tải trọng giao thông giả định mà không phát sinh nứt do mỏi. Trong nghiên cứu xây dựng của tiêu chuẩn thiết kế này đã lấy là 75 năm.
- 3.58 Tuổi thọ mỏi (Fatigue Life)** - Số chu kỳ ứng suất lặp lại dẫn đến sự phá hỏng do mỏi của chi tiết.
- 3.59 Sức kháng mỏi (Fatigue Resistance)** - Biên độ ứng suất cực đại có thể chịu được mà không phá hỏng chi tiết đối với số chu kỳ quy định.
- 3.60 Tuổi thọ mỏi hữu hạn (Finite Fatigue Life)** - Số chu kỳ đạt tới sự phá hỏng chi tiết khi biên độ ứng suất có khả năng xảy ra cực đại vượt quá giới hạn mỏi với biên độ không đổi.
- 3.61 Phân tích bậc nhất (First-Order Analysis)** - Phân tích trong đó điều kiện cân bằng được thiết lập trên kết cấu không biến dạng; nghĩa là, ảnh hưởng của biến dạng là không đáng kể khi thành lập phương trình cân bằng.
- 3.62 Uốn của bản cánh theo phương ngang (Flange Lateral Bending)** - Uốn của bản cánh quanh trục vuông góc với bản cánh do tải trọng ngang tác dụng lên nó và/hoặc xoắn không đều trong cấu kiện.
- 3.63 Lực (Force)** - Tổng hợp của ứng suất phân bố trong một diện tích cho trước. Thuật ngữ chung chỉ lực dọc, mô men uốn, mô men xoắn và lực cắt.
- 3.64 Độ dai phá hủy (Fracture Toughness)** - Số đo khả năng của vật liệu hoặc cấu kiện kết cấu hấp thụ năng lượng mà không bị phá hoại, thông thường được xác định bằng thí nghiệm rãnh chữ V Charpy.
- 3.65 FCM - Cấu kiện khổng chế đứt gãy (Fracture-Critical Member)** - Cấu kiện chịu kéo mà sự phá hỏng của nó dẫn tới hoặc sự sập đổ cầu, hoặc cầu không còn có khả năng thực hiện chức năng của nó.
- 3.66 Đường của bulông (Gage of Bolts)** - Khoảng cách giữa các đường kẻ của bulông; khoảng cách từ lưng của một thép góc hoặc thép hình khác đến đường thứ nhất của các bulông.
- 3.67 Dầm tổ hợp (Girder)** - Thành phần kết cấu mà chức năng chủ yếu là chịu uốn và chịu cắt dưới tác dụng của tải trọng. Nói chung, thuật ngữ này được sử dụng cho các mặt cắt được chế tạo (tổ hợp).
- 3.68 Chiều dài thân bulông (Grip)** - Khoảng cách giữa đai ốc và đầu bulông.
- 3.69 Bản tiếp điểm (Bản nút) (Gusset Plate)** - Bản thép được dùng để liên kết các thanh đứng, thanh xiên và thanh ngang của giàn ở tại tiết điểm khoang giàn.

**3.70 Kết cấu nhịp giàn chạy giữa (Half Through-Truss Spans)** - Hệ giàn với đường xe chạy đặt ở một cao độ nào đó giữa các mạt trên và mạt dưới và nó loại trừ việc sử dụng hệ liên kết ngang ở biên trên.

**3.71 Dầm lai (Hybrid Girder)** - Dầm thép được chế tạo với thép bản bụng có cường độ chảy tối thiểu thấp hơn của một hoặc cả hai bản cánh.

**3.72 Tác động phi đàn hồi (Inelastic Action)** - Điều kiện trong đó sự biến dạng không hoàn toàn hồi phục lúc dỡ bỏ tải trọng đã gây ra biến dạng đó.

**3.73 Sự phân bố lại phi đàn hồi (Inelastic Redistribution)** - Sự phân bố lại các hiệu ứng lực trong một thành phần hoặc kết cấu do các biến dạng phi đàn hồi gây ra ở tại một hoặc nhiều mặt cắt.

**3.74 Mất ổn định (Instability)** - Một điều kiện xảy ra khi tải trọng tác dụng trên một thành phần hoặc kết cấu với kết quả là biến dạng tiếp tục dẫn tới sự giảm khả năng chịu tải.

**3.75 Khoang bên trong (Interior Panel)** - Phần phía bên trong của một thành phần giàn hoặc dầm.

**3.75 Nút (Joint)** - Vùng nối của các đầu thanh, mặt phẳng, hoặc cạnh. Nút được phân loại theo loại liên kết sử dụng và phương thức truyền lực.

**3.76 Giằng liên kết (Lacing)** - Các tấm hoặc thanh liên kết các nhánh của một cấu kiện .

**3.77 Ứng suất do uốn ngang (Lateral Bending Stress)** - Ứng suất pháp gây ra bởi uốn của bản cánh theo phương ngang.

**3.78 Giằng ngang (Lateral Bracing)** - Một kết cấu dàn nằm trong mặt phẳng ngang giữa hai dầm I hoặc hai cánh của 2 dầm ống để chống biến dạng mặt cắt ngang và bổ sung độ cứng cũng như độ ổn định cho cả cầu.

**3.78 Cấu kiện giằng ngang (Lateral Bracing Component)** – Cấu kiện được sử dụng riêng lẻ hoặc như là một phần của hệ tăng cường ngang để ngăn ngừa sự mất ổn định khi uốn dọc của các thành phần và/hoặc để chịu tải trọng nằm ngang.

**3.79 Sự oằn do xoắn ngang (Lateral-Torsional Buckling)** - Sự mất ổn định khi uốn dọc của một cấu kiện kéo theo độ võng ngang và xoắn.

**3.80 Lớp khung (Level)** - Phần của khung cứng bao gồm một bộ phận nằm ngang và các cột ở giữa bộ phận đó và chân của khung hoặc bộ phận nằm ngang tiếp sau thấp hơn.

**3.81 Trạng thái giới hạn (Limit State)** - Một điều kiện đối với một cấu kiện hoặc kết cấu trở nên không thích hợp để sử dụng, và được cho rằng không còn đáp ứng được công năng dự tính cũng như không an toàn. Các giới hạn về công năng kết cấu bao gồm sự phá hoại giòn, sập đổ do khớp dẻo, biến dạng quá mức, hết tuổi thọ, mỏi, mất ổn định và khả năng khai thác.

**3.82 Hiệu ứng lực (Load Effect)** - Mô men, lực cắt, lực dọc hoặc mô men xoắn trong một bộ phận kết cấu do tải trọng gây ra trên kết cấu.

**3.83 Đường truyền tải trọng (Load Path)** - Chuỗi các cấu kiện và các mối ghép qua đó tải trọng được truyền từ điểm gốc tới điểm đến của nó.

**3.84 Mỏi do tải trọng gây ra (Load-Induced Fatigue)** - Các hiệu ứng mỏi do các ứng suất phẳng mà các cấu kiện và các chi tiết được thiết kế rõ ràng.

**3.85 Mất ổn định cục bộ (Local Buckling)** - Sự oằn xảy ra trong một phần tử tấm khi chịu nén.

**3.86 Mối hàn chịu tải dọc (Longitudinally Loaded Weld)** - Mối hàn với ứng suất đặt song song với trục dọc của mối hàn.

**3.87 Trục chính (Major Axis)** - Trục trọng tâm của mặt cắt mà mô men quán tính trục là lớn nhất; cũng thường được hiểu là trục quán tính chính của mặt cắt.

**3.88 Ứng suất kéo thực (Net Tensile Stress)** - Tổng đại số của hai hoặc nhiều ứng suất trong đó số tổng là kéo.

**3.89 Bản cánh không đặc chắc (Noncompact Flange)** - Đối với một mặt cắt liên hợp chịu tác dụng của mô men uốn âm hoặc một mặt cắt không liên hợp, một bản cánh chịu nén có giằng giàng đoạn có độ mảnh bằng hoặc dưới giới hạn độ mảnh cánh có thể chịu được sự chảy cục bộ trong thành phần của mặt cắt ngang liên quan tới bản bụng lai, ứng suất dư và/hoặc đối xứng đơn trục của mặt cắt có ảnh hưởng quyết định đến sức kháng uốn danh định.

**3.90 Mặt cắt không đặc chắc (Noncompact Section)** - Một mặt cắt liên hợp khi chịu mô men dương có sức kháng danh định không được lớn hơn mô men chảy.

**3.91 Chiều dài không giằng không đặc chắc (Noncompact Unbraced Length)** - Đối với một mặt cắt liên hợp chịu tác dụng của mô men uốn âm hoặc một mặt cắt không liên hợp, giới hạn chiều dài không giằng của một bản cánh đơn có giằng chịu nén bằng hoặc dưới giới hạn để sự bắt đầu chảy dẻo trong mỗi bản cánh của mặt cắt ngang với tác dụng của ứng suất dư trong cánh chịu nén có một hiệu ứng đáng kể (đã được thống kê) lên sức kháng uốn danh định.

**3.92 Bản bụng không đặc chắc (Noncompact Web)** - Đối với một mặt cắt liên hợp chịu tác dụng của mô men uốn âm hoặc một mặt cắt không liên hợp, một bản bụng thỏa mãn các yêu cầu về mác thép và có độ mảnh bằng hoặc dưới độ mảnh để không xảy ra –theo lý thuyết đàn hồi - mất ổn định oằn do uốn trong giới hạn đàn hồi, được tính toán theo lý thuyết dầm, nhỏ hơn giới hạn của sức kháng uốn danh định.

**3.93 Mặt cắt không liên hợp (Noncomposite Section)** - Một dầm cán không nối với phần bản mặt cầu bằng các neo chống cắt.

**3.94 Bản cánh không khống chế (Noncontrolling Flange)** - Bản cánh của mặt cắt nhỏ hơn ở vị trí nối đối diện với bản cánh khống chế.

**3.95 Xoắn không đều (Nonuniform Torsion)** - Một mặt cắt thành mỏng chịu xoắn nội, cũng được biết đến như là sự xoắn vênh, phát sinh ra cả ứng suất tiếp và ứng suất pháp, làm mặt cắt vênh không còn phẳng nữa. Xoắn không đều hình thành trong các bộ phận chống lại tác dụng của mô men xoắn ngoại lực bằng cả sự xoắn vênh và xoắn theo St. Venant. Mỗi thành phần nội lực này biến đổi dọc theo bộ phận mặc dù ngoại lực có thể là mô men xoắn tập

trung hay phân bố đều dọc theo bộ phận giữa hai điểm giằng chống xoắn. Xoắn vênh là vượt trội hơn hẳn xoắn St. Venant trong các bộ phận có mặt cắt hở, trong khi xoắn St. Venant là trội hơn trong các bộ phận mặt cắt kín.

**3.96 Mặt cắt hở (Open Sections)** - Một cấu kiện chịu uốn có mặt cắt ngang không hình thành các khoang kín. Một bộ phận có mặt cắt hở chịu mô men xoắn chủ yếu bằng xoắn không đều, từ đó gây ra các ứng suất pháp trong các mút của bản cánh.

**3.97 Bàn mặt cầu trục hướng (Orthotropic Deck)** - Mặt cầu làm bằng thép tấm được tăng cường bằng các sườn thép hở hoặc kín ở mặt dưới của tấm thép.

**3.98 Độ võng cố định (Permanent Deflection)** - Loại tác động phi đàn hồi trong đó độ võng còn lưu lại ở một cấu kiện hoặc một hệ sau khi tải trọng đã được dỡ bỏ.

**3.99 Trụ (Pier)** - Một cột, một nhóm cột được liên kết lại hoặc các loại cấu kiện có dạng khác được thiết kế để làm một kết cấu chống đỡ trung gian cho kết cấu phần trên cầu.

**3.100 Bước (Pitch)** - Khoảng cách dọc theo đường lực ở giữa các tâm của các lỗ bu lông hoặc các neo chống cắt kề nhau.

**3.101 Phân tích dẻo (Plastic Analysis)** – Xác định các hiệu ứng lực trong các bộ phận và liên kết dựa trên giả thiết ứng xử dẻo-cứng; ví dụ, sự cân bằng được thỏa mãn tại mọi nơi trong kết cấu và sự chảy không bị vượt quá ở bất cứ đâu. Các hiệu ứng thứ cấp có thể cần được xem xét.

**3.102 Khớp dẻo (Plastic Hinge)** – Một vùng chảy dẻo hình thành trong một bộ phận kết cấu với mô men dẻo. Dầm được xem là quay quanh khớp, trừ khi sức kháng mô men dẻo được giữ nguyên trong khớp.

**3.103 Mô men dẻo (Plastic Moment)** – Mô men kháng khi mặt cắt chảy dẻo hoàn toàn.

**3.104 Ứng biến dẻo (Plastic Strain)** – Hiệu của ứng biến tổng và ứng biến đàn hồi.

**3.105 Sự hóa dẻo (Plastification)** – Quá trình chảy dẻo dần dần của các thớ trong mặt cắt ngang của bộ phận khi mô men uốn tăng.

**3.106 Tấm (Plate)** - Sản phẩm cán phẳng mà bề dày lớn hơn 6,0mm.

**3.107 Khung cổng (Portal Frames)** - Giằng liên kết ngang giàn ở đầu hoặc giằng Vierendeel để tạo sự ổn định và chịu các tải trọng gió và động đất.

**3.108 Sức kháng sau khi oằn (Post-Buckling Resistance)** – Tải trọng có thể chịu được của một bộ phận hoặc cấu kiện sau khi bị oằn.

**3.109 Bộ phận chính (Primary Member)** – Bộ phận được thiết kế để chịu được nội lực xác định từ một phân tích.

**3.110 Tác động cạy nắp (Prying Action)** – Tác động đòn bẩy xảy ra trong liên kết mà trục của lực tác dụng lệch tâm với trục của bu lông, gây ra biến dạng của bộ phận nối và làm tăng lực dọc trong bu lông.



- 3.111 Mômen phân phối lại (Redistribution Moment)** - Nội mô men do sự chẩy dềo gây ra ở trong cấu kiện chịu uốn của nhịp liên tục và được giữ cân bằng bởi các phản lực ngoài.
- 3.112 Sự phân phối lại các mô men (Redistribution of Moments)** - Quá trình do sự hình thành các biến dạng phi đàn hồi trong các kết cấu liên tục.
- 3.113 Ứng suất phân phối lại (Redistribution Stress)** - Ứng suất uốn do bởi mômen phân phối lại.
- 3.114 Tính dư (Redundancy)** - Chất lượng của cầu làm cho có khả năng thực hiện công năng thiết kế của nó ở trong trạng thái bị hư hại.
- 3.115 Bộ phận dư (Redundant Member)** - Bộ phận mà sự hư hỏng của nó không gây ra sự hư hỏng cầu.
- 3.116 Tuổi thọ mỏi yêu cầu (Required Fatigue Life)** - Tích của số giao thông xe tải chạy trung bình hàng ngày trên một làn đơn nhân với số chu kỳ mỗi lượt xe tải chạy qua và tuổi thọ thiết kế tính bằng ngày.
- 3.117 Ứng suất dư (Residual Stress)** – ứng suất còn tồn tại trong cấu kiện hoặc chi tiết không chịu tải, nó đã hình thành trong quá trình hoàn thiện sản phẩm như uốn nguội, và/hoặc làm lạnh sau khi cán hoặc hàn.
- 3.118 Sự uốn ngược (Reverse Curvature Bending)** – Một điều kiện uốn trong đó mô men uốn tại hai đầu của một bộ phận làm cho bộ phận đó uốn theo dạng chữ “S”.
- 3.119 Khung cứng (Rigid Frame)** – Một kết cấu trong đó các liên kết vẫn giữ nguyên góc tương đối giữa các bộ phận dầm hoặc cột dưới tác dụng của tải trọng.
- 3.120 Xoắn St. Venant (St. Venant Torsion)** – Thành phần của nội lực xoắn kiểm chế trong một chi tiết chỉ tạo ra ứng suất tiếp thuần túy trên mặt cắt ngang, cũng gọi là xoắn thuần túy hoặc xoắn đều.
- 3.121 Phân tích thứ cấp (Second-Order Analysis)** – Sự phân tích trong đó điều kiện cân bằng được thành lập trên kết cấu đã biến dạng; nghĩa là chuyển vị của kết cấu được sử dụng để thiết lập phương trình cân bằng.
- 3.122 Cấu kiện phụ (Secondary Member)** - Một bộ phận mà ứng suất của nó thường không được phân tích đánh giá.
- 3.123 Tải trọng khai thác (Service Loads)** – Tải trọng tác dụng lên kết cấu trong điều kiện bình thường.
- 3.124 Hệ số hình dạng (Shape Factor)** – Tỷ lệ giữa mô men dẻo và mô men chẩy hoặc là tỷ lệ giữa mô men quán tính dẻo của mặt cắt và mô men quán tính đàn hồi của mặt cắt.
- 3.125 Sức kháng oằn do cắt (Shear-Buckling Resistance)** – Tải trọng lớn nhất mà bản bụng có thể chịu được do cắt mà không bị oằn xác định theo lý thuyết và thực nghiệm.
- 3.126 Neo chống cắt (Shear Connector)** – Một cơ cấu cơ khí ngăn cản không cho chuyển vị tương đối giữa hai mặt liên kết tiếp xúc cả theo hai phương pháp tuyến và tiếp tuyến.

**3.127 Dòng ứng suất tiếp (Shear Flow)** – Lực cắt trên mỗi đơn vị bề rộng tác động song song với cạnh của phần tử tấm.

**3.128 Cắt trễ (Shear Lag)** – Sự phân bố phi tuyến của ứng suất pháp ngang theo chiều rộng một cấu kiện bởi biến dạng cong vênh do cắt.

**3.129 Lá thép (Sheet)** - Sản phẩm thép cán phẳng mà bề dày từ 0,15mm và 6,0mm.

**3.130 Uốn một chiều (Single Curvature Bending)** – Biến dạng của một bộ phận theo một đường cong về một phía của bộ phận suốt chiều dài không giằng.

**3.131 Góc chéo (Skew Angle)** – Góc giữa trục các gối đỡ với pháp tuyến của trục dọc cầu, ví dụ góc chéo 0 độ ứng với cầu thẳng.

**3.132 Bàn (Slab)** – Một bản mặt cầu được cấu tạo từ bê tông cốt thép.

**3.133 Bàn cánh mảnh (Slender Flange)** – Đối với một mặt cắt liên hợp chịu tác dụng của mô men uốn âm hoặc một mặt cắt không liên hợp, một bản cánh đơn có giằng chịu nén có độ mảnh bằng hoặc trên độ mảnh mà sức kháng uốn danh định được không chế bởi ổn định đàn hồi cục bộ của bản cánh, các đòi hỏi về liên kết tăng cường (giằng ngang) phải được thỏa mãn.

**3.134 Chiều dài mảnh không giằng (Slender Unbraced Length)** – Đối với một mặt cắt liên hợp chịu tác dụng của mô men uốn âm hoặc một mặt cắt không liên hợp, giới hạn chiều dài không giằng của một bản cánh đơn có giằng chịu nén có độ mảnh bằng hoặc trên chiều dài mà sức kháng uốn danh định được không chế bởi ổn định đàn hồi cục bộ của bản cánh.

**3.135 Bàn bụng mảnh (Slender Web)** – Đối với một mặt cắt liên hợp chịu tác dụng của mô men uốn âm hoặc một mặt cắt không liên hợp, một bản bụng chịu nén có độ mảnh bằng hoặc trên độ mảnh mà ứng suất trong bản bụng khi chịu uốn đạt đến giá trị khi bị oằn do uốn theo lý thuyết đàn hồi trước khi ứng suất trong bản cánh chịu nén đạt đến giới hạn chảy.

**3.136 Tỷ số độ mảnh (Slenderness Ratio)** – Tỷ lệ giữa chiều dài hữu hiệu với bán kính quán tính của mặt cắt ngang của một bộ phận, cả hai đều ứng với cùng một trục chịu uốn; hoặc là tỷ số giữa chiều rộng toàn phần hoặc một phần hoặc chiều cao với chiều dày của một cấu kiện. Mỗi nối hiệu quả để truyền mô men, lực cắt, lực dọc, mô men xoắn giữa hai đầu của hai bộ phận kết cấu để hình thành một bộ phận dài hơn.

**3.137 Ván khuôn để lại (Stay-in-Place Formwork)** – Ván khuôn kim loại hoặc bê tông đúc sẵn được để lại trong kết cấu sau khi kết thúc quá trình thi công.

**3.138 Sườn tăng cứng (Stiffener)** – Một bộ phận, thường là thép góc hoặc thép bản, được gắn với bản nắp hoặc bản bụng của dầm cán hoặc dầm tổ hợp để phân bố tải trọng, truyền lực cắt hoặc chống oằn cho bộ phận mà nó được gắn vào.

**3.139 Độ cứng (Stiffness)** – Khả năng chống lại biến dạng của một bộ phận hoặc kết cấu được đo bằng tỷ số giữa lực tác dụng và chuyển vị tương ứng.

**3.140 Sự hóa cứng (Strain Hardening)** – Hiện tượng xảy ra ở loại thép dẻo, sau khi biến dạng đạt đến giá trị hoặc vừa quá giới hạn chảy thì khả năng chịu tải lớn hơn giá trị gây ra sự chảy dẻo ban đầu.

- 3.141 Ứng biến sau hóa cứng (Strain-Hardening Strain)** – Đối với thép kết cấu có một thêm chảy dẻo trong quan hệ ứng suất – ứng biến, giá trị của ứng biến bắt đầu từ hóa cứng.
- 3.142 Biên độ ứng suất (Stress Range)** - Hiệu đại số giữa các ứng suất cực trị do tải trọng đi qua.
- 3.143 Trục khỏe (Strong-Axis)** – Trục đi qua trọng tâm mà mô men quán tính trục ứng với trục đó là lớn nhất.
- 3.144 Khoang phụ (Subpanel)** - Khoang có bản bụng được tăng cường, được chia ra bởi một hoặc nhiều nếp tăng cường dọc.
- 3.145 Liên kết chống lắc (Sway Bracing)** - Giằng liên kết thẳng đứng ngang giữa các bộ phận giàn.
- 3.146 Cường độ kéo (Tensile Strength)** – ứng suất kéo lớn nhất mà vật liệu có thể chịu được.
- 3.147 Sự hình thành trường kéo (Tension-Field Action)** – ứng xử của một khoang dầm chịu cắt trong đó xuất hiện các ứng suất kéo phát triển trong bản bụng và lực nén phát triển trong các sườn tăng cường ngang theo dạng tương tự một giàn Pratt (kết cấu dầm có thanh xiên hướng vào giữa nhịp dầm và thanh đứng).
- 3.148 Các nhịp dầm chạy dưới (Through-Girder Spans)** - Hệ dầm mà đường xe chạy ở cao độ thấp hơn bản cánh trên.
- 3.149 Ứng suất ngang thành (Through-Thickness Stress)** - ứng suất uốn trong bản bụng hoặc bản cánh gây ra bởi biến dạng xoắn vặn của mặt cắt.
- 3.150 Các nhịp giàn chạy dưới (Through-Truss Spans)** - Hệ giàn mà đường xe chạy đặt ở gần mạ dưới và có hệ ngang ở mạ trên.
- 3.151 Bản liên kết, bản nối (Tie Plates)** - Bản được sử dụng để liên kết các thành phần của một cấu kiện.
- 3.152 Vòm có thanh căng (Tied Arch)** - Vòm mà trong đó lực đẩy ngang của sườn vòm do thanh giằng ngang chịu.
- 3.153 Chân đường gờ (Toe of the Fillet)** – Điểm kết thúc của chân đường hàn của mỗi hàn góc hoặc đường gân vát góc của mặt cắt cán.
- 3.154 Ứng suất tiếp do xoắn (Torsional Shear Stress)** – ứng suất tiếp gây ra bởi xoắn St. Venant.
- 3.155 Mỗi hàn chịu tải ngang (Transversely Loaded Weld)** - Mỗi hàn chịu ứng suất thẳng góc với trục dọc của mỗi hàn.
- 3.156 Mặt cắt hộp kiểu máng (Trough-Type Box Section)** - Mặt cắt hình U không có bản cánh nối chung.
- 3.157 Vòm thực (True Arch)** - Vòm mà trong đó lực đẩy ngang trong sườn vòm được kiềm chế bởi ngoại lực từ móng chân vòm.

**3.158 Mặt cắt hình chậu (Tub Section)** – Một dầm thép hở phía trên cấu tạo gồm một bản cánh đáy, hai bản bụng thẳng đứng hoặc xiên và một bản cánh trên độc lập được gắn vào phần trên của mỗi bản bụng. Các bản cánh trên được liên kết bằng các bộ phận giằng ngang.

**3.159 Chiều dài không có liên kết giằng ngang (Unbraced Length)** - Khoảng cách giữa các điểm có thanh tăng cường chịu được sự mất ổn định khi uốn dọc hoặc biến dạng đang được nghiên cứu, nói chung, khoảng cách giữa các điểm khoang hoặc các vị trí có thanh tăng cường.

**3.160 Tiêu chuẩn chảy Von Mises (Von Mises Yield Criterion)** – Một lý thuyết cho rằng hiệu ứng không đàn hồi tại một điểm dưới tác dụng của tổ hợp ứng suất xảy ra khi năng lượng biến đổi hình dạng một thể tích đơn vị bằng năng lượng biến đổi hình dạng một thể tích đơn vị trong thí nghiệm kéo thanh đơn giản tới giới hạn đàn hồi ở trạng thái ứng suất một trục. Theo đó, giới hạn chảy bằng 0.58 lần giới hạn chảy khi kéo.

**3.161 Ứng suất vênh (Warping Stress)** – ứng suất pháp gây ra trong mặt cắt ngang do xoắn vặn và hoặc biến dạng của mặt cắt ngang.

**3.162 Xoắn vênh (Warping Torsion)** - Một thành phần của tổng sức kháng xoắn trong một bộ phận gây ra cả ứng suất tiếp và ứng suất pháp từ sức kháng chống biến dạng vênh của mặt cắt.

**3.163 Mất ổn định bản bụng (Web Crippling)** – Hư hỏng cục bộ của tấm bản bụng tại lân cận của một tải trọng tập trung hoặc phản lực gối do sự nén ngang gây ra bởi tải trọng này.

**3.164 Tỷ lệ độ mảnh bản bụng (Web Slenderness Ratio)** Tỷ số giữa chiều cao bản bụng ở giữa các bản cánh chia cho chiều dày bản bụng.

**3.165 Thời điểm đạt giới hạn chảy (Yield Moment)** – Thời điểm mà thứ ngoài cùng của một cấu kiện chịu uốn đạt tới ứng suất chảy.

**3.166 Cường độ chảy (Yield Strength)** - Ứng suất mà tại đó vật liệu biểu lộ một độ lệch giới hạn theo quy định từ tính tỷ lệ của ứng suất với ứng biến.

**3.167 Mức ứng suất chảy (Yield-Stress Level)** - Ứng suất được xác định trong thí nghiệm kéo khi biến dạng đạt 0,005 mm/ mỗi mm.

## 4 VẬT LIỆU

### 4.1 CÁC LOẠI THÉP KẾT CẤU

Các loại thép kết cấu phải tuân theo các yêu cầu, quy định trong Bảng 1 và thiết kế phải căn cứ theo các giá trị đặc tính tối thiểu được qui định. Các loại thép có kèm ký hiệu "W" là thép tự bảo vệ chống rỉ.

Môđun đàn hồi và hệ số giãn nở nhiệt của tất cả các cấp của thép kết cấu phải già định là 200.000 MPa và  $11,7 \times 10^{-6}$  mm/mm/ °C.

Thép theo tiêu chuẩn AASHTO M270M, cấp 250, (ASTM A709M, cấp 250) có thể được sử dụng với các loại tấm chiều dày trên 100 mm cho các bộ phận không phải là kết cấu hoặc các cấu kiện chi tiết của hệ gối.

Các thép hình kết cấu hợp kim tôi và ram và đường ống không hàn với cường độ kéo tối đa quy định không vượt quá 965 MPa đối với các thép hình kết cấu, hoặc 1000 MPa đối với đường ống không hàn, có thể được sử dụng, miễn là:

- Vật liệu đáp ứng tất cả các yêu cầu cơ lý, hóa chất của AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A 709M), cấp HPS 690W, và
- Thiết kế được căn cứ trên các đặc tính tối thiểu quy định đối với thép AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A 709M), cấp HPS 690W,

Ống kết cấu phải là loại ống uốn tạo hình nguội hàn hoặc ống không hàn tuân theo ASTM A500, cấp B, hay ống uốn tạo hình nóng hàn hoặc ống không hàn tuân theo ASTM A501.

Các giới hạn chiều dày liên quan đến các thép hình cán và các nhóm yêu cầu phải tuân theo ASTM A6M (AASHTO M160).

Các bản thép và thanh thép được uốn nguội hoặc uốn nóng phải thỏa mãn các yêu cầu đối với uốn bản qui định tại Điều 11.4.3.3 của Tiêu chuẩn thi công cầu AASHTO LRFD.

Thép ống dùng cho ống thép nhồi bê tông (CFSTs) được thiết kế theo các qui định của Điều 9.6 phải phù hợp với các qui định của ASTM A 252 Cấp 3 và phải là thép chịu hàn theo các qui định của TCVN 10309:2014.

**Bảng 1 - Các đặc tính cơ học tối thiểu của thép kết cấu theo hình dáng, cường độ và chiều dày**

Ký hiệu AASHTO	Thép kết cấu	Thép hợp kim thấp cường độ cao		Thép hợp kim thấp tôi và ram	Thép hợp kim tôi & ram, cường độ chảy dẻo cao	
	M270M Cấp 250	M270M Cấp 345	M270M Cấp 345W	M270M Cấp 485W	M270M Các cấp 690/690 W	
Ký hiệu ASTM tương đương	A 709M Cấp 250	A 709M Cấp 345	A 709M Cấp 345W	A 709M Cấp 485W	A 709M Các cấp 690/690 W	
Chiều dày của các bản, mm	Tới 100	Tới 100	Tới 100	Tới 100	Tới 65	Trên 65 đến 100
Thép hình	Tất cả các nhóm	Tất cả các nhóm	Tất cả các nhóm	Không áp dụng	Không áp dụng	Không áp dụng
Cường độ chịu kéo nhỏ nhất, $F_u$ , MPa	400	450	485	620	760	690
Giới hạn chảy hay cường độ chảy nhỏ nhất $F_y$ , MPa	250	345	345	485	690	620

#### 4.2 CHÓT, CON LĂN VÀ CON LẮC

Thép cho các chốt, con lăn và con lắ phải tuân theo các yêu cầu của Bảng 1, Bảng 2 hoặc Điều 4.7.

Các con lăn phải có đường kính không nhỏ hơn 100 mm.

**Bảng 2- Các đặc tính cơ học tối thiểu của các chốt, các con lăn và các con lắc theo kích thước và cường độ**

Ký hiệu AASHTO với các giới hạn kích thước	M169 đường kính 100mm hoặc nhỏ hơn	M102 đến đường kính 500 mm	M102 đến đường kính 500 mm	M102 đến đường kính 250 mm	M102 đến đường kính 500 mm
Ký hiệu ASTM, cấp hoặc hạng	A108 Các cấp 1016 đến 1030	A668 Hạng C	A668 Hạng D	A668 Hạng F	A668 Hạng G
Giới hạn chảy nhỏ nhất $F_y$ , MPa	250	230	260	345	345

### 4.3 BULÔNG, ĐAI ỐC VÀ VÒNG ĐỆM

#### 4.3.1 Bulông

Các bulông để dùng liên kết kết cấu phải tuân theo một trong các tiêu chuẩn sau đây:

- Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với các bulông và đinh neo thép cacbon, cường độ chịu kéo 420 MPa, ASTM A307 Cấp A hoặc B,
- Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với các bulông cường độ cao cho các liên kết thép kết cấu với cường độ kéo tối thiểu 830 MPa đối với các đường kính từ 16mm tới 27mm và 725MPa đối với các đường kính từ 28mm tới 38mm, AASHTO M164M (ASTM A325M), hoặc
- Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với các bulông cường độ cao, các hạng 10.9 và 10.9.3 cho các liên kết thép kết cấu, AASHTO M253M (ASTM A490M).

Các bulông loại 1 nên sử dụng với các loại thép không phải là thép tự chống gỉ. Các bulông loại 3 tuân theo AASHTO M 164 (ASTM A 325) hoặc AASHTO M 253 (ASTM A 490) phải được sử dụng với các thép tự chống gỉ. Bu lông loại 1 ASTM A325M có thể hoặc tráng kẽm nhúng nóng phù hợp với AASHTO M 232M/M 232 (ASTM A 153/A 153M), Hạng C, hoặc tráng kẽm bằng cơ học phù hợp AASHTO M298 (ASTM B695), Hạng 345 (50). Các bulông tráng kẽm phải được thí nghiệm kéo lại sau khi tráng kẽm, theo AASHTO M164 (ASTM A325M) qui định. Các bulông AASHTO M253M (ASTM A490M) không được tráng kẽm.

Các vòng đệm, đai ốc và bulông của bất cứ liên kết nào phải được tráng kẽm theo cùng phương pháp. Các đai ốc cần được phủ lên nhau tới số lượng tối thiểu yêu cầu đối với lắp ghép linh kiện liên kết, và phải được bôi trơn bằng dầu nhờn có màu sắc trông thấy được.

Bulông neo phải có cấu tạo theo các tiêu chuẩn:

- ASTM A307 cấp C, hoặc
- ASTM F1554

### 4.3.2 Đai ốc

#### 4.3.2.1 Đai ốc dùng cho bu lông liên kết mối nối kết cấu

Trừ chú thích ở dưới, các đai ốc cho các bulông AASHTO M164M (ASTM A325M) phải tuân theo tiêu chuẩn kỹ thuật đối với các đai ốc thép các bon và hợp kim, AASHTO M291M (ASTM A563M), cấp 8S, 8S3, 10S or 10S3.

Các đai ốc cho bulông của AASHTO M253M (ASTM A490M) phải tuân theo các yêu cầu của AASHTO M291M (ASTM A563M), Cấp 10S or 10S3.

Các đai ốc để tráng kẽm phải được xử lý nhiệt cấp 10S . Phải áp dụng các quy định của Điều 4.3.1.

Các đai ốc phải có độ cứng tối thiểu là 89 HRB.

Các đai ốc để sử dụng theo AASHTO M164M (ASTM A325M), các bulông loại 3 phải là cấp 8S 3 hoặc 10S3. Các đai ốc để sử dụng theo AASHTO M253M (ASTM A490M), các bulông loại 3 phải là cấp 10S3.

#### 4.3.2.2 Đai ốc dùng cho Bulông neo

Đai ốc dùng cho bulông neo phải được cấu tạo phù hợp với các tiêu chuẩn sau đây. Các Đai ốc dùng cho bulông neo chế tạo theo ASTM A307 cấp C và ASTM F1554 phải cấu tạo theo AASHTO M 291 (ASTM A563) với kích cỡ, cấp tương ứng của bulông neo. Các đai ốc mạ phải được xử lý nhiệt Cấp 10S hoặc 10S3. Phải áp dụng các qui định của Điều 4.3.1. Các đai ốc mạ nên được bôi trơn bằng dầu nhờn có màu sắc trông thấy được

### 4.3.3 Vòng đệm

Các vòng đệm phải tuân theo tiêu chuẩn kỹ thuật đối với các vòng đệm thép tôi, AASHTO M 293 (ASTM F436).

Các quy định của Điều 4.3.1 phải được áp dụng cho các vòng đệm mạ kẽm.

### 4.3.4 Các linh kiện liên kết tùy chọn

Các linh kiện liên kết khác hoặc các cụm linh kiện liên kết cho đến nay không được quy định, như là phải thỏa mãn các yêu cầu của ASTM F 1852, có thể được sử dụng, miễn là chúng đáp ứng các điểm sau đây:

- Các vật liệu, các yêu cầu sản xuất và thành phần hóa học của AASHTO M164 (ASTM A325) hoặc AASHTO M253 (ASTM A490),
- Các yêu cầu đặc tính cơ học của cùng quy trình trong các thí nghiệm theo kích thước thực, và
- Đường kính thân và các khu vực ép tựa dưới đầu và đai ốc, hoặc bộ phận tương đương của chúng, không được nhỏ hơn các thông số quy định cho một bulông và đai ốc có cùng các kích thước danh định được qui định trong các Điều 4.3.1 và 4.3.2.

Các linh kiện liên kết để lựa chọn như thế có thể không giống các kích thước khác của bulông, đai ốc và vòng đệm quy định trong các Điều 4.3.1 đến 4.3.3.

### 4.3.5 Thiết bị chỉ báo lực

Các thiết bị chỉ báo lực có đặc tính phù hợp theo các yêu cầu của ASTM F959M, có thể được sử dụng cùng với các bulông, đai ốc và vòng đệm. Có thể xem xét cho phép dùng các thiết bị chỉ báo lực để lắp ráp với các loại đai ốc lục giác tôi cứng theo AASHTO M 291 (ASTM A563) cấp 10S, miễn là cả hai thiết bị chỉ báo lực và đai ốc tôi cứng đều đáp ứng các yêu cầu cơ lý của Tiêu chuẩn ASTM đối với chúng.

### 4.4 ĐINH NEO CHỊU CẮT

Các đinh neo chịu cắt phải được làm từ các thanh thép kéo nguội, các cấp 1015, 1018 hoặc 1020, khử một phần hoặc khử hoàn toàn ôxy, tuân theo AASHTO M169 (ASTM A108) - Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với các thanh thép cacbon gia công nguội, chất lượng tiêu chuẩn, và phải có giới hạn chảy nhỏ nhất là 345 MPa và cường độ chịu kéo là 415 MPa. Nếu cố định các mũ đinh bằng phương pháp nóng chảy thì thép dùng cho các mũ phải là cấp cacbon thấp phù hợp với hàn và phải tuân theo ASTM A109M - Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với thép, cacbon, thép lá cán nguội.

### 4.5 KIM LOẠI HÀN

Kim loại hàn phải tuân theo các qui định của TCVN 10309: 2014.

### 4.6 KIM LOẠI ĐÚC

#### 4.6.1 Thép đúc và gang dẻo

Thép đúc phải tuân theo một trong các tiêu chuẩn sau đây:

- AASHTO M192M - Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với việc đúc thép cho cầu đường bộ, Hạng 485, trừ khi được quy định khác.
- AASHTO M103M (ASTM A27M) - Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với việc đúc thép cacbon cho ứng dụng chung, Cấp 485-250, trừ khi được quy định khác.
- AASHTO M163M (ASTM A743M) - Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với việc đúc hợp kim dựa vào gang pha crom chống ăn mòn, gang pha crom-niken cho ứng dụng chung, cấp CA15, trừ khi được quy định khác.

Sản phẩm đúc bằng gang dẻo phải tuân theo Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với gang dẻo đúc, ASTM A536, cấp 414-276-18, trừ khi được quy định khác.

#### 4.6.2 Các sản phẩm đúc có thể rèn được

Các sản phẩm đúc có thể rèn được phải tuân theo ASTM A47M, Cấp 24118, - Quy trình đối với các sản phẩm gang ferit có thể rèn được. Cường độ chảy dẻo nhỏ nhất phải không thấp hơn 241MPa.

#### 4.6.3 Gang

Các sản phẩm gang phải tuân theo AASHTO M105 (ASTM A48M), Hạng 30 - Quy trình đối với các sản phẩm đúc hợp kim xám.

### 4.7 THÉP KHÔNG GỈ

Thép không gỉ phải tuân theo một trong các tiêu chuẩn sau đây:



- ASTM A176- “Tiêu chuẩn kỹ thuật” đối với thép tấm, thép lá và thép dải không gỉ và thép pha crôm chịu nhiệt
- ASTM A240M- “Tiêu chuẩn kỹ thuật” đối với thép tấm, thép lá và thép dải pha crôm chịu nhiệt và thép không gỉ, cho các bình chịu áp suất
- ASTM A276- “Tiêu chuẩn kỹ thuật” đối với thép thanh và thép hình chịu nhiệt và không gỉ, hoặc
- ASTM A666- “Tiêu chuẩn kỹ thuật” đối với thép lá, thép dải, thép tấm, thanh dẹt austenit không gỉ cho các áp dụng kết cấu.

Thép không gỉ không tuân theo các Tiêu chuẩn liệt kê trên đây có thể được sử dụng miễn là thép đó tuân theo các yêu cầu cơ-hóa học của một trong các Tiêu chuẩn liệt kê trên đây, hoặc các Tiêu chuẩn khác đã ban hành. Các Tiêu chuẩn này quy định các tính chất và sự thích hợp, miễn là thép đó phải qua các phân tích, thí nghiệm và các kiểm tra khác ở cùng mức và theo cách mô tả của một trong các Tiêu chuẩn đã liệt kê.

#### 4.8 CẤP THÉP

##### 4.8.1 Sợi thép trơn

Sợi thép trơn phải theo qui định của ASTM A510M - Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với các yêu cầu chung cho các phôi để cán kéo dây và dây tròn thô, thép cacbon.

##### 4.8.2 Sợi thép tráng kẽm

Sợi thép tráng kẽm phải tuân theo ASTM A641M - Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với dây thép cacbon bọc kẽm (tráng kẽm).

##### 4.8.3 Sợi thép bọc epoxy

Sợi thép bọc epoxy phải tuân theo ASTM A99 - Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với dây thép bọc epoxy.

##### 4.8.4 Tao cáp cầu

Tao cáp cầu phải theo qui định của ASTM A586 - Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với dây cáp kết cấu sợi thép bọc kẽm song song và xoắn, hoặc ASTM A603 - Tiêu chuẩn đối với cáp thép kết cấu bọc kẽm.

#### 4.9 Tiếp xúc các kim loại khác nhau

Nếu các bộ phận thép, kể cả thép không gỉ, tiếp xúc với hợp kim nhôm sẽ hình thành điện cực, nên nhôm phải được cấu tạo cách ly tiếp xúc với các bộ phận bằng thép. Các bộ phận thép gồm cả các bộ phận kết cấu, bu lông, đai ốc hay vòng đệm

### 5 CÁC TRẠNG THÁI GIỚI HẠN

#### 5.1 TỔNG QUÁT

Đặc tính kết cấu của các bộ phận được làm từ thép hoặc thép phối hợp với các vật liệu khác, phải được nghiên cứu cho từng giai đoạn có thể làm vào nguy cơ bị phá hỏng trong khi thi công, bốc xếp, vận chuyển và lắp ráp, cũng như trong tuổi thọ phục vụ của kết cấu mà chúng là một phần.

Các bộ phận kết cấu phải được cấu tạo tương xứng để thỏa mãn các yêu cầu về các trạng thái giới hạn cường độ, đặc biệt, sử dụng và môi.

## 5.2 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN SỬ DỤNG

Phải áp dụng các quy định của các Điều 5.2.6 Phần 2 bộ tiêu chuẩn này và Điều 10.5.

Các bộ phận chịu uốn phải được kiểm tra ở trạng thái giới hạn sử dụng theo các quy định tại Điều 10 và 11.

## 5.3 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN MÔI VÀ NỨT GỖY

Các bộ phận cấu thành và các chi tiết phải được kiểm tra về môi như quy định trong Điều 10.6

Phải áp dụng tổ hợp tải trọng môi, quy định trong Bảng 3. và hoạt tải môi quy định trong Điều 6.1.4 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này.

Các bộ phận chịu uốn phải được kiểm tra ở trạng thái giới hạn môi và nứt gãy theo các quy định tại Điều 10 và 11.

Các bulông chịu môi do kéo phải thỏa mãn các quy định của Điều 13.2.10.3.

Các yêu cầu độ bền chống nứt gãy phải theo qui định của Điều 6.6.2.

## 5.4 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN CƯỜNG ĐỘ

### 5.4.1 Tổng quát

Cường độ và độ ổn định phải được xem xét với các tổ hợp tải trọng cường độ quy định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này

### 5.4.2 Hệ số sức kháng

Các hệ số sức kháng,  $\phi$ , đối với trạng thái giới hạn cường độ phải lấy như sau:

- Đối với uốn.....  $\phi_t = 1,00$
- Đối với cắt.....  $\phi_v = 1,00$
- Đối với nén dọc trục, chỉ cho thép .....  $\phi_c = 0,90$
- Đối với nén dọc trục, cột liên hợp.....  $\phi_c = 0,90$
- Nén dọc trục và nén kết hợp uốn trong ống thép nhồi bê tông CFSTs.....  $\phi_c = 0,90$
- Đối với kéo, đứt trong mặt cắt thực.....  $\phi_u = 0,80$
- Đối với kéo, chảy trong mặt cắt nguyên .....  $\phi_y = 0,95$
- Đối với ép mặt tựa trên các chốt, các lỗ doa, khoan hoặc bắt bulông và các bề mặt cán..  
.....  $\phi_b = 1,00$
- Đối với các bulông ép mặt trên vật liệu.....  $\phi_{bb} = 0,80$
- Đối với các neo chịu cắt.....  $\phi_{sc} = 0,85$
- Đối với các bulông A325M và A490M chịu kéo .....  $\phi_t = 0,80$
- Đối với các bulông A307 chịu kéo .....  $\phi_t = 0,80$
- Đối với các bulông A307 chịu cắt.....  $\phi_s = 0,75$

- Đối với các bulông A325M và A490M chịu cắt .....  $\phi_s = 0,80$
- Đối với cắt khuôn .....  $\phi_{bs} = 0,80$
- Đối với cắt phá hoại trong kết cấu chịu nén.....  $\phi_{vu} = 0,80$
- Bản nút của dàn, chịu nén.....  $\phi_{cg} = 0,75$
- Bản nối thanh mạ vào nút dàn .....  $\phi_{cs} = 0,65$
- Bản nút dàn bị phá hoại chịu cắt .....  $\phi_{vy} = 0,80$
- Đối với mắt ổn định (phình) bản bụng.....  $\phi_w = 0,80$
- Đối với kim loại hàn trong các đường hàn ngẫu hoàn toàn:
  - + cắt trên diện tích có hiệu .....  $\phi_{e1} = 0,85$
  - + kéo hoặc nén trực giao với diện tích có hiệu .....  $\phi = \phi$  kim loại nền
  - + kéo hoặc nén song song với trục của đường hàn.....  $\phi = \phi$  kim loại nền
- Đối với kim loại hàn trong các đường hàn ngẫu từng phần:
  - + cắt song song với trục của đường hàn .....  $\phi_{e2} = 0,80$
  - + kéo hoặc nén song song với trục của đường hàn.....  $\phi = \phi$  kim loại nền
  - + nén trực giao với diện tích có hiệu.....  $\phi = \phi$  kim loại nền
  - + kéo trực giao với diện tích có hiệu.....  $\phi_{e1} = 0,80$
- Đối với kim loại hàn trong các mối hàn:
  - + kéo hoặc nén song song với trục của đường hàn.....  $\phi = \phi$  kim loại nền
  - + cắt trong chiều cao tính toán của kim loại hàn góc .....  $\phi_{e2} = 0,80$
- Đối với sức kháng trong khi đóng cọc .....  $\phi_{e1} = 1,00$
- Đối với sức kháng chịu lực dọc trục của cọc chịu nén và bị phá hủy do điều kiện đóng khó khăn khi cần thiết dùng mũi cọc:
  - + Cọc H.....  $\phi_c = 0,50$
  - + Cọc ống.....  $\phi_c = 0,60$
- Đối với sức kháng chịu lực dọc trục của cọc chịu nén trong điều kiện đóng thuận lợi khi không cần thiết dùng mũi cọc:
  - + Cọc H.....  $\phi_c = 0,60$
  - + Cọc ống.....  $\phi_c = 0,70$
- Đối với sức kháng chịu lực dọc trục kết hợp với uốn của cọc không bị phá hoại:
  - + sức kháng dọc trục của cọc H.....  $\phi_c = 0,70$
  - + sức kháng dọc trục của cọc ống.....  $\phi_c = 0,80$
  - + sức kháng chống uốn.....  $\phi_t = 1,00$
- Đối với các neo đỉnh chịu cắt khi kéo .....  $\phi_{st} = 0,75$

## 5.5 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN ĐẶC BIỆT

Phải nghiên cứu tất cả các tổ hợp tải trọng đặc biệt có thể áp dụng ghi trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này.

Tất cả các hệ số sức kháng đối với trạng thái giới hạn đặc biệt, trừ đối với các bulông, đều phải lấy bằng 1,0

Các mối liên kết bằng bulông không được thiết kế theo khả năng (diện tích mặt cắt thanh) hoặc theo trạng thái chảy kết cấu có thể được giả định làm việc như các liên kết loại ma sát ở trạng thái giới hạn đặc biệt và phải dùng các giá trị của các hệ số sức kháng đối với các bulông qui định trong Điều 5.4.2.

## 6 THIẾT KẾ CHỊU MỎI VÀ NÚT GỖY

### 6.1 MỎI

#### 6.1.1 Tổng quát

Độ mỏi phải được phân loại do tải trọng gây ra hoặc do cong vênh gây ra mỏi.

#### 6.1.2. Mỏi do tải trọng gây ra

##### 6.1.2.1 Cơ sở thiết kế chịu mỏi

Tác dụng lực để thiết kế chịu mỏi của chi tiết cầu thép phải là biên độ ứng suất của hoạt tải. Đối với bộ phận chịu uốn có neo chống cắt trên toàn chiều dài, và có bản bê tông cốt thép thỏa mãn các quy định của Điều 10.1.7, ứng suất do tĩnh tải và hoạt tải và biên độ ứng suất thiết kế mỏi tại tất cả các mặt cắt của cầu kiện do tải trọng tác dụng lên mặt cắt liên hợp có thể được tính dựa trên giả thiết bản bê tông có hiệu cho cả mô men dương và mô men âm. Đặc trưng mặt cắt liên hợp theo dài hạn tính với tĩnh tải, đặc trưng liên hợp ngắn hạn của mặt cắt liên hợp được tính với hoạt tải.

Các ứng suất dư không được xét đến trong thiết kế chịu mỏi.

Các quy định này chỉ áp dụng cho các chi tiết chịu ứng suất kéo thực. Trong các vùng mà các tải trọng thường xuyên không nhân với hệ số, gây ra lực nén, thì chỉ kiểm tra mỏi nếu như ứng suất nén này nhỏ hơn ứng suất kéo lớn nhất gây ra do hoạt tải từ tổ hợp tải trọng mỏi I quy định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này.

##### 6.1.2.2 Các tiêu chí thiết kế

Khi kiểm tra độ chịu mỏi do tải trọng gây ra, mỗi chi tiết phải thỏa mãn điều kiện:

$$\gamma(\Delta f) \leq (\Delta F)_n \quad (1)$$

trong đó:

$\gamma$  = hệ số tải trọng với tổ hợp tải trọng mỏi quy định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này

( $\Delta f$ ) = tác dụng lực, biên độ ứng suất gây ra do hoạt tải là tải trọng mỗi theo quy định trong Điều 6.1.4 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này (MPa)

( $\Delta F$ )<sub>n</sub> = sức chịu mỗi danh định quy định trong Điều 6.1.2.5 (MPa)

### 6.1.2.3 Phân loại các chi tiết

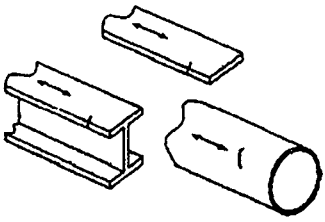
Các bộ phận và các chi tiết phải được thiết kế để thỏa mãn các yêu cầu của các loại chi tiết tương ứng tóm tắt trong Bảng.3. Các lỗ bu lông được mô tả trong Bảng 3 phải được chế tạo phù hợp với quy định tại Điều 11.4.8.5 của Tiêu chuẩn kỹ thuật thi công cầu đường bộ AASHTO LRFD. Trừ những quy định riêng, lỗ bu lông ở khung giằng ngang, dầm ngang và các cấu kiện giằng biên và những bản liên kết của nó phải được giả định đục lỗ kích thước đầy đủ khi thiết kế.

Trừ quy định sau đây cho các bộ phận và chi tiết của cấu kiện không chế phá hủy nứt gãy (FCM), khi lưu lượng xe tải trung bình ngày đêm của một làn xe trong 75 năm nhỏ hơn hoặc bằng các giá trị quy định tại Bảng 4 cho các loại chi tiết được xem xét với tổ hợp tải trọng mỗi II quy định tại Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này có thể dùng kết hợp với sức kháng mỗi danh định tuổi thọ hữu hạn qui định ở Điều 6.1.2.5. Nếu không, phải sử dụng tổ hợp tải trọng mỗi I kết hợp với sức kháng mỗi danh định tuổi thọ vô hạn qui định ở Điều 6.1.2.5. Lưu lượng xe tải trung bình ngày đêm của một làn xe (ADTT)<sub>SL</sub> phải được tính theo quy định tại Điều 6.1.4.2 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này.

Đối với các bộ phận và các chi tiết trên cấu kiện không chế phá hủy nứt gãy (FCM), tổ hợp tải trọng mỗi I quy định tại Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này phải được sử dụng kết hợp với sức kháng mỗi danh định cho tuổi thọ hữu hạn quy định tại Điều 6.1.2.5.

Các cấu kiện và các chi tiết của mặt cầu bản trực hướng phải được thiết kế để thỏa mãn các yêu cầu trong Bảng 3 theo Cấp thiết kế được lựa chọn thể hiện trong Bảng và theo quy định tại Điều 8.3.4 Phần 9 bộ tiêu chuẩn này.

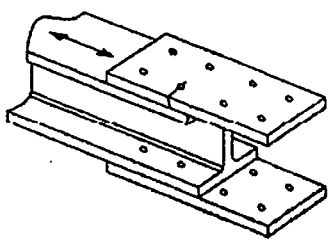
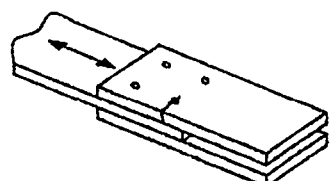
**Bảng 3 - Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra**

Mô tả	Loại	Hàng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi ( $\Delta F$ ) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 1 - Vật liệu thép thường ở cách xa mỗi hàn bất kỳ</b>					
1.1 Thép cơ bản, trừ thép không sơn tự chống rỉ, với bề mặt cán và làm sạch. Các mép cắt bằng lửa với độ nhám bề mặt 0,025mm hoặc thấp hơn nhưng không có góc lôm	A	8,19E+12	165	Cách xa tất cả mối hàn hoặc mối nối kết cấu	
1.2 Thép cơ bản không sơn tự chống rỉ với các bề mặt cán hoặc làm sạch. Các mép cắt bằng lửa với độ nhám bề mặt 0,025 mm hoặc thấp hơn không bao gồm góc nối	B	3,93E+11	110	Cách xa mối hàn hoặc mối nối kết cấu	

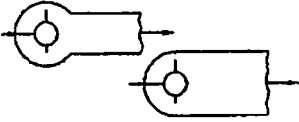
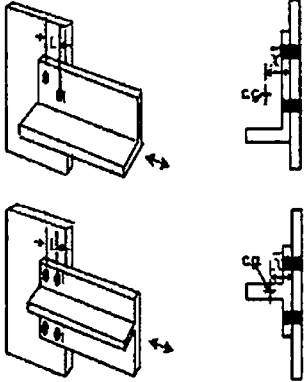
Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hạng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi (ΔF) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 1 - Vật liệu thép thường ở cách xa mối hàn bất kỳ</b>					
1.3 Các bộ phận đầu nối dầm, cắt góc hoặc nơi thay đổi kích thước hình học đột ngột được chế tạo theo AASHTO/AWS D1.5, ngoại trừ lỗ chờ tiếp cận đường hàn	C	1,44E+12	69	Tại bất kỳ mép ngoài	
1.4 Mặt cắt ngang thép tấm có các lỗ chờ tiếp cận đường hàn được chế tạo theo Điều 3.2.4 AASHTO/AWS D1.5	C	1,44E+12	69	Trong kim loại cơ bản ở góc trong của lỗ chờ đường hàn	
1.5 Vị trí khoét lỗ của cầu kiện (Brown, 2007).	D	7,21E+11	48	Trong mặt cắt hao hụt, khởi nguồn từ mặt bên của lỗ	
<b>Phần 2 - Vật liệu trong liên kết bằng mối nối cơ khí</b>					
2.1 Kim loại cơ bản tại mặt cắt nguyên của mối nối bu lông cường độ cao được thiết kế như mối nối chịu ma sát với bu lông cường độ cao được căng trước, lắp trong lỗ được khoan đủ kích thước hoặc đột lỗ và khoét cho đúng kích cỡ, (Chú ý: xem Điều kiện 2.3 với đột lỗ bu lông, Điều kiện 2.5 với bắt vít góc)	B	3,93E+12	110	Xuyên qua mặt cắt nguyên gần lỗ bu lông	

Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

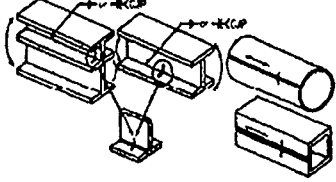
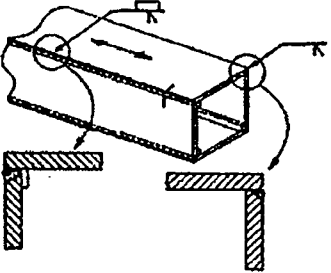
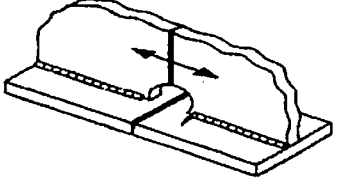
Mô tả	Loại	Hàng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi (ΔF) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 2 - Vật liệu trong liên kết bằng mối nối cơ khí</b>					
2.2 Kim loại cơ bản tại mặt cắt thực (diện tích đã trừ lỗ) của mối nối bu lông cường độ cao được thiết kế như mối nối bu lông chịu cắt nhưng được chế tạo và lắp đặt theo tất cả yêu cầu cho mối nối chịu ma sát với bu lông cường độ cao căng trước đặt trong lỗ được khoan đủ kích cỡ hoặc đục lỗ và khoét đúng kích cỡ. (Chú ý: xem Điều kiện 2.3 với đục lỗ bu lông, xem Điều kiện 2.5 với thép góc nối bu lông hoặc cấu kiện mặt cắt chữ "T" nối với bản nút hoặc bản nối)..	B	3,93E+12	110	Trong mặt cắt thực bắt nguồn từ phía bên của lỗ	
2.3 Kim loại cơ bản tại mặt cắt thực của tất cả mối nối bu lông của các cấu kiện mạ kẽm nhúng nóng (Huhn và Valtinat, 2004); kim loại cơ bản tại mặt cắt phù hợp với định nghĩa trong Điều kiện 2.1 hoặc 2.2, có thể áp dụng của mối nối bulông cường độ cao với bulông căng trước trong lỗ được đục đủ kích cỡ (Brown, 2007); và kim loại cơ bản tại mặt cắt thực của các mối nối cơ khí khác, trừ các thanh có đầu khoét lỗ hoặc tấm chốt, cường độ cao không căng. (Chú ý: xem Điều kiện 2.5)	D	7,21e+11	48	Trong mặt cắt thực bắt nguồn từ phía bên của lỗ hoặc xuyên qua mặt cắt nguyên gần lỗ, có thể áp dụng	

Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

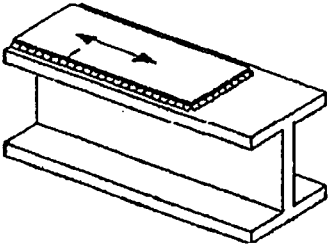
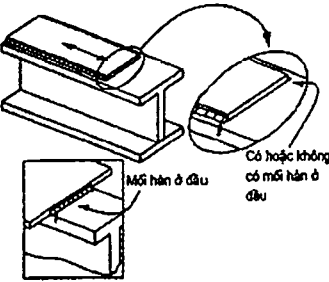
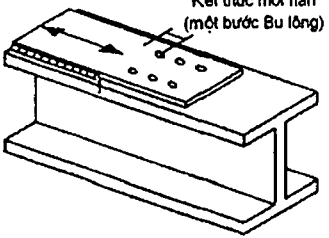
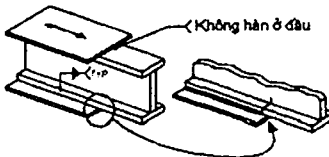
Mô tả	Loại	Hằng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi (ÄF) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 2 - Vật liệu trong liên kết bằng mối nối cơ khí</b>					
2.4 Kim loại cơ bản tại mặt cắt thực của đầu thanh khoét lỗ treo hoặc các bản chốt (Chú ý: với kim loại cơ bản trong thân thanh có đầu lỗ hoặc mặt cắt nguyên của bản nối chốt, xem Điều kiện 1.1 hoặc 1.2)	E	3,61E+11	31	Trong mặt cắt thực bắt nguồn từ phía bên của lỗ	
2.5 Kim loại cơ bản ở mặt cắt thép góc hoặc chữ T của các cấu kiện liên kết với bản nút hoặc tấm bời bu lông cường độ cao chịu ma sát. Biên ứng suất mỏi phải được tính toán trên diện tích thực có hiệu của cấu kiện, $A_e = U A_g$ , trong đó $U = (1-x/L)$ và $A_g$ là diện tích nguyên của cấu kiện, $x$ là khoảng cách từ tim của cấu kiện tới mặt ngoài của bản nút hoặc tấm nối và $L$ là khoảng cách giữa các mặt ngoài bu lông trong liên kết song song tới các đường lực. Hiệu ứng mô men do lệch tâm trong liên kết phải bỏ qua khi tính toán biên ứng suất (Mc Donald và Frank, 2009). Các dạng mỏi phải lấy theo quy định Điều kiện 2.1. Đối với tất cả các loại liên kết bu lông khác, thay thế $A_g$ bằng diện tích có hiệu $A_n$ trong tính toán diện tích thực theo phương trình trên và sử dụng các dạng mỏi tương ứng cho những loại liên kết theo quy định Điều kiện 2.2 hoặc 2.3 khi có thể áp dụng.	Xem các loại có thể áp dụng như trên	Xem các hằng số có thể áp dụng như trên	Xem các ngưỡng mỏi có thể áp dụng như trên	Xuyên qua mặt cắt nguyên gần lỗ, hoặc tại mặt cắt thực bắt nguồn từ mặt bên của lỗ, trong mức có thể áp dụng	



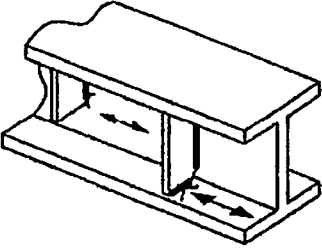
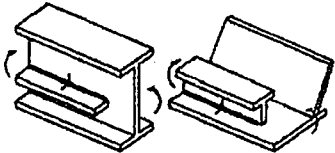
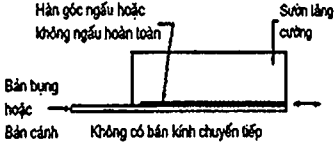
Bảng 3 (tiếp theo) - Các loại chi tiết bị mòn do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hàng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mòn (ÄF) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 3: Mối hàn nối các bộ phận của cấu kiện tổ hợp</b>					
3.1 Kim loại cơ bản và kim loại hàn trong các bộ phận không có các gắn kết phụ của cấu kiện tổ hợp được liên kết bằng các đường hàn rãnh dọc liên tục ngẫu hoàn toàn 2 phía và được hàn từ mặt còn lại, hoặc mối hàn liên tục song song với phương của ứng suất	B	3,93E+12	110	Từ bề mặt hoặc các đứt đoạn bên trong của mối hàn, cách xa điểm đầu vết nứt	
3.2 Kim loại cơ bản và kim loại hàn trong các bộ phận không có các gắn kết phụ của cấu kiện tổ hợp được liên kết bằng các đường hàn rãnh dọc ngẫu hoàn toàn với các thanh đệm lót để lại hoặc các đường hàn ngẫu liên tục từng phần song song với phương của ứng suất.	B'	2,00E+12	83	Từ bề mặt mối hàn hoặc bên trong không liên tục của mối hàn, bao gồm mối hàn với các thanh đệm lót	
3.3 Kim loại cơ bản và kim loại hàn tại điểm kết thúc mối hàn dọc ở lỗ chờ tiếp cận đường hàn phải thực hiện theo Điều 3.2.4 Cấu kiện tổ hợp, AASHTO/AWS D1.5. (Chú ý: không bao gồm mối nối hàn đối đầu bản cánh)	D	7,21E+11	48	Từ điểm kết thúc mối hàn vào tới bản bụng hoặc bản cánh	

Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hằng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi (ΔF) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
3.4 Kim loại cơ bản và kim loại hàn trong phạm vi của các bản phủ ốp trên cầu kiện, được liên kết bởi các đường hàn góc liên tục song song với phương của ứng suất	B	3,93E+12	110	Từ bề mặt hoặc đứt đoạn bên trong mối hàn cách xa từ điểm cuối mối hàn	
3.5 Kim loại cơ bản tại điểm kết thúc của các bản ốp phủ cục bộ có đầu vuông hoặc hình vát cạnh hẹp hơn so với bản cánh, có hoặc không có mối hàn ngang ở đầu hoặc bản phủ rộng hơn bản cánh có mối hàn ngang ở đầu  Chiều dày bản cánh ≤ 20 mm  Chiều dày bản cánh > 20 mm	E  E'	3,61E+11  1,28E+11	31  18	Trong bản cánh tại chân đầu mút đường hàn hoặc tại điểm kết thúc mối hàn dọc ở bản cánh hoặc tại mép của bản cánh nối với bản phủ rộng	
3.6 Kim loại cơ bản tại điểm kết thúc của mối hàn của bản phủ cục bộ trên cầu kiện, có một đầu có liên kết bằng bu lông cường độ cao chịu ma sát thỏa mãn theo yêu cầu Điều 10.12.2.3	B	3,93E+12	110	Trong bản cánh tại điểm kết thúc của mối hàn dọc	
3.7 Kim loại cơ bản tại điểm kết thúc của đường hàn của bản phủ cục bộ có chiều rộng lớn hơn chiều rộng bản cánh và không có mối hàn ngang ở đầu	E'	1,28E+11	18	ở mép bản cánh tại đầu mối hàn bản phủ	

Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hạng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi ( $\Delta F$ ) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 4 - Liên kết hàn sườn tăng cứng</b>					
4.1 Kim loại cơ bản tại chân mối hàn góc liên kết giữa sườn tăng cứng ngang với bản cánh và giữa sườn tăng cứng ngang với bản bụng. (chú ý: bao gồm mối hàn tương tự như sườn tăng cứng tại gối và bản liên kết) Thép cơ bản tại sườn tăng cứng gối, hàn vào cánh	C'	1,44E+12	83	bắt đầu từ nơi thay đổi kích thước hình học tại chân mối hàn góc phát triển vào kim loại cơ bản	
4.2 Kim loại cơ bản và kim loại hàn trong sườn tăng cứng dọc cho bản bụng hoặc sườn tăng cứng dọc cho bản nắp hộp liên kết bởi đường hàn góc liên tục song song với phương của ứng suất	B	3,93E+12	110	Từ bề mặt hoặc nơi gián đoạn bên trong của mối hàn cách xa đầu đường hàn	
4.3 Kim loại cơ bản tại điểm kết thúc mối hàn của sườn tăng cứng dọc cho bản bụng hoặc sườn tăng cứng dọc cho nắp hộp, không cấu tạo thay đổi chiều cao chuyển tiếp					
chiều dày sườn tăng cứng < 25mm	E	3,61E+11	31		
chiều dày sườn tăng cứng ≥ 25mm	E'	1,28E+11	18		

Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hằng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi (ΔF) <sub>m</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 4 - Liên kết hàn sườn tăng cứng</b>					
Với sườn tăng cứng được liên kết bởi mối hàn và thay đổi chiều cao với bán kính chuyển tiếp R tại điểm kết thúc mối hàn:					
R ≥ 600 mm	B	3,93E+12	110	Trong các cấu kiện chính gần điểm tiếp tuyến của bán kính	
600mm > R ≥ 150mm	C	1,44E+12	69		
150mm > R ≥ 50mm	D	7,21E+11	48		
50 mm > R	E	3,61E+11	31		
<b>Phần 5- Mối hàn ngang với phương của ứng suất cơ bản</b>					
5.2 Kim loại cơ bản và kim loại hàn trong hoặc liền kề mối hàn nối đối đầu rãnh ngẫu hoàn toàn, với mối hàn kín khít được kiểm soát bởi Phương pháp thử không phá hủy (NDT) và với việc mài mối hàn song song với phương của ứng suất tại chuyển tiếp thay đổi chiều rộng bằng một bán kính không nhỏ hơn 600 mm với điểm tiếp tuyến tại đầu mối hàn soi rãnh (Hình 5)	B	3,93E+12	110	Từ sự gián đoạn bên trong của kim loại lấp đầy hoặc không liên tục dọc biên nóng chảy	
5.3 Kim loại cơ bản và mối hàn kim loại trong hoặc gần kề chân của mối hàn chữ "T" hoặc mối hàn góc rãnh ngẫu hoàn toàn, hoặc mối hàn nối đối đầu rãnh ngẫu hoàn toàn, có hoặc không có chuyển tiếp chiều dày với độ dốc không lớn hơn 1/2,5, khi không tháo thanh chèn tạm. (chú ý: nứt trong bán cánh của "T" có thể xảy ra do ứng suất uốn ngoài mặt phẳng gây ra bởi phần thân).	C	1,44E+12	69	Từ bề mặt đầu mối hàn ở chân của mối hàn phát triển vào kim loại cơ bản hoặc dọc theo ranh giới nóng chảy	

Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hạng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi (ÁF) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 5- Mối hàn ngang với phương của ứng suất cơ bản</b>					
5.4 Kim loại cơ bản và kim loại hàn tại chi tiết được đặt tải không liên tục trên các phần tử tấm được nối với một cặp mối hàn góc hoặc mối hàn rãnh ngấu không hoàn toàn trên mặt đối diện của tấm vuông góc với phương của ứng suất cơ bản	C được điều chỉnh ở Phương trình 5	1,44E+12	69	Khởi đầu từ sự thay đổi kích thước hình học tại chân của mối hàn phát triển vào kim loại cơ bản hoặc bắt đầu tại góc mối hàn chịu kéo phát triển lên và sau đó xuyên qua mối hàn	

Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hằng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi ( $\bar{\sigma}$ ) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 6- Các chi tiết liên kết được nối bằng hàn chịu tải theo phương ngang</b>					
6.1 Kim loại cơ bản của cấu kiện chịu lực theo chiều dọc tại chi tiết chịu tải theo chiều ngang (ví dụ như bản liên kết ngang) được gắn kết bởi một mối hàn song song với phương của ứng suất chính và có cấu tạo chuyển tiếp chiều rộng bản theo bán kính R với việc kết thúc mối hàn có mài êm thuận				Gần điểm tiếp tuyến của bán kính tại cạnh của cấu kiện chịu tải theo chiều dọc hoặc tại chân của mối hàn tại điểm kết thúc mối hàn nếu không mài nhẵn êm thuận	
R ≥ 600 mm	B	3,93e+12	110	R ≥ 600 mm	
600mm>R≥150mm	C	1,44E+12	69	600mm>R≥150mm	
150mm>R≥50mm	D	7,21E+11	48	150mm>R≥50mm	
50mm > R	E	3,61E+11	31	50mm > R	
Đối với bất kỳ bán kính chuyển tiếp với việc kết thúc mối hàn không nhẵn (chú ý: Điều kiện 6.2, 6.3 hoặc 6.4, khi áp dụng được cũng phải được kiểm tra)	E	3,61E+11	31	Đối với bất kỳ bán kính chuyển tiếp với việc kết thúc mối hàn không nhẵn (chú ý: kiểm tra cả Điều kiện 6.2, 6.3 hoặc 6.4.)	

**Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra**

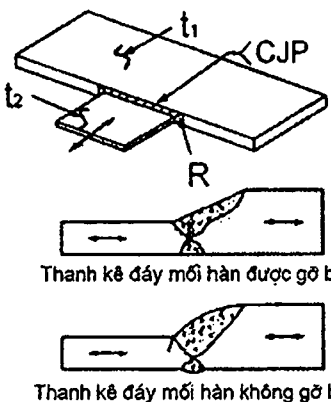
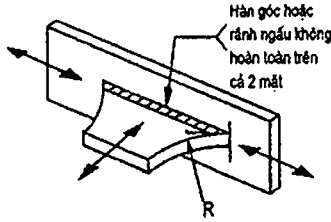
Mô tả	Loại	Hệ số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi ( $\Delta F$ ) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 6- Các chi tiết liên kết được nối bằng hàn chịu tải theo phương ngang</b>					
<p>6.2 Kim loại cơ bản trong chi tiết được đặt tải theo phương ngang (ví dụ một bản nối ngang) được gắn kết với một cấu kiện chịu tải theo chiều dọc có chiều dày bằng nhau bởi một đường hàn rãnh ngấu hoàn toàn song song với phương của ứng suất chính và có cấu tạo chuyển tiếp chiều rộng bản theo bán kính R, với chất lượng mối hàn được kiểm tra bằng Phương pháp thử không phá hủy (NDT) và với đầu mối hàn được mài nhẵn êm thuận</p>					

**Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra**  
**Điều kiện 6.2 tiếp theo**

Mô tả	Loại	Hằng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi ( $\Delta\sigma$ ) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 6- Các chi tiết liên kết được nối bằng hàn chịu tải theo phương ngang</b>					
Khi thanh đệm hàn được gỡ bỏ:				Gần điểm tiếp tuyến của bán kính hoặc trong mối hàn hoặc tại ranh giới nóng chảy của cấu kiện chịu tải theo chiều dọc hoặc chi tiết hàn gắn kèm chịu tải theo chiều ngang	
R ≥ 600 mm	B	3,93E+12	110		
600mm>R≥150mm	C	1,44E+12	69		
150mm>R≥50mm	D	7,21E+11	48		
50mm > R	E	3,61E+11	31		
Khi thanh đệm hàn không được gỡ bỏ:				Tại chân mối hàn hoặc dọc theo cạnh của cấu kiện chịu tải theo phương dọc hoặc chi tiết gắn kèm chịu tải theo phương ngang	
R ≥ 590 mm	C	1,44E+12	110		
590 mm>R≥150mm	C	1,44E+12	69		
150mm>R≥50mm	D	7,21E+11	48		
50mm > R	E	3,61E+11	31		
(Chú ý: Phải kiểm tra Điều kiện 6.1)					



Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hằng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi (ΔF) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 6- Các chi tiết liên kết được nối bằng hàn chịu tải theo phương ngang</b>					
6.3 Kim loại cơ bản trong chi tiết chịu lực theo phương ngang (ví dụ một bản nối ngang) được gắn vào cấu kiện chịu tải theo chiều dọc có chiều dày thép không bằng nhau bằng mối hàn rãnh ngẫu hoàn toàn song song với phương của ứng suất chính và có cấu tạo chuyển tiếp chiều dày mối hàn với bán kính R, với chất lượng mối hàn được kiểm soát bởi Phương pháp thử không phá hủy (NDT) và với đầu mối hàn được mài nhẵn êm thuận:				Tại chân mối hàn dọc theo cạnh của tấm mỏng hơn  Tại điểm kết thúc mối hàn của chuyển tiếp chiều dày bán kính nhỏ  Tại chân mối hàn dọc theo cạnh của tấm mỏng hơn	
Khi thanh kê đáy mối hàn được gỡ bỏ:					
R ≥ 50 mm	D	7,2E+11	48		
R < 50 mm	E	3,6E+11	31		
Đối với bất kỳ bán kính chuyển tiếp chiều dày mối hàn với thanh kê đáy đường hàn không gỡ bỏ (chú ý: Phải kiểm tra Điều kiện 6.1)	E	3,6E+11	31		
6.4 Kim loại cơ bản trong chi tiết chịu tải theo phương ngang (ví dụ một bản nối ngang) được gắn kèm với cấu kiện chịu tải theo chiều dọc bởi một đường hàn góc hoặc mối hàn rãnh ngẫu không hoàn toàn song song với phương ứng suất chính (chú ý: phải kiểm tra Điều kiện 6.1)	Xem Điều kiện 5.4				

Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hằng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi ( $\Delta F$ ) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 7-Các chi tiết liên kết được hàn, chịu tải theo chiều dọc</b>					
7.1 Kim loại cơ bản trong cấu kiện chịu tải theo chiều dọc tại chi tiết có chiều dài L theo phương của ứng suất chính và chiều dày t gắn vào cấu kiện bởi mối hàn rãnh hoặc hàn góc song song hoặc theo phương ngang với phương của ứng suất chính, nơi chi tiết gắn kết không có bán kính chuyển tiếp:				Trong các cấu kiện chính ở đầu mối hàn tại chân mối hàn	
L < 50 mm	C	1,44E12	69	L < 50 mm	
50 mm ≤ L ≤ 12t hoặc 100 mm	D	7,21E11	48	50 mm ≤ L ≤ 12t hoặc 100 mm	
L > 12t hoặc 100 mm					
t < 25 mm	E	3,61E+11	31	t < 25 mm	
t ≥ 25 mm	E'	1,28E+11	18	t ≥ 25 mm	
(Chú ý: Xem Điều kiện 7.2 đối với mối hàn thanh thép góc hoặc thanh mặt cắt chữ T liên kết với bản nút hoặc bản nổi)					

Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hằng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi ( $\Delta F$ ) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 7-Các chi tiết liên kết được hàn, chịu tải theo chiều dọc</b>					
7.2 Kim loại cơ bản trong các bộ phận thép góc hoặc mặt cắt chữ T liên kết với một bản nút hoặc tấm nối bởi mối hàn góc theo chiều dọc cả 2 mặt của chi tiết liên kết của mặt cắt cấu kiện. Biên độ ứng suất mỏi phải được tính trên diện tích thực có hiệu của cấu kiện, $A_e = U A_g$ , trong đó $U = (1-x/L)$ và $A_g$ là diện tích mặt cắt nguyên của cấu kiện. $x$ là khoảng cách từ trọng tâm của cấu kiện tới bề mặt của bản nút hoặc tấm nối và $L$ là chiều dài lớn nhất của mối hàn dọc. Không tính đến hiệu ứng mô men do lệch tâm trong liên kết khi tính toán biên độ ứng suất (Mc Donald và Frank, 2009)	E	3,61E+11	31	Chân của mối hàn góc trong cấu kiện liên kết	

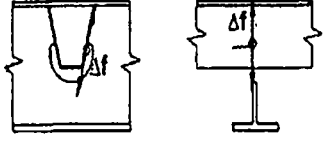
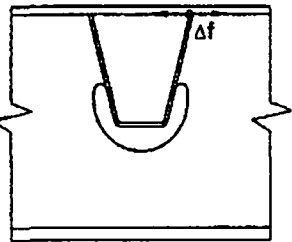
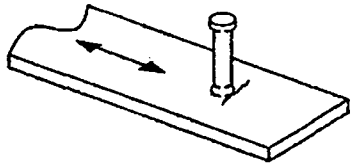
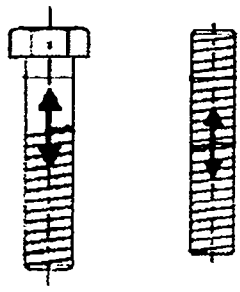
Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hằng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi ( $\Delta\sigma$ ) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 8-Các dạng khác</b>					
<p>8.1 Sườn dọc nối hàn với bản mặt cầu bằng đường hàn một mặt ngấu 80% (nhỏ nhất 70%) với khoảng hở chân <math>\leq 0,05</math> mm trước khi hàn</p> <p>Cấp thiết kế bản trực hướng áp dụng: 1, 2 hoặc 3</p>	C	1,44E+12	69	Xem hình	
<p>8.2 Mối nối hàn sườn dọc bằng hàn đối đầu soi rãnh đơn với tấm lót đệm để lại. Khe hở hàn &gt; bề dày vách sườn dọc</p> <p>Cấp thiết kế bản trực hướng áp dụng: 1, 2 hoặc 3</p>	D	7,21E+11	48	Xem hình	
<p>8.3 Mối nối sườn dọc (bắt bu lông) - Kim loại cơ bản tại mặt cắt nguyên của liên kết bu lông cường độ cao chịu ma sát</p> <p>Cấp thiết kế bản trực hướng áp dụng: 1, 2 hoặc 3</p>	B	3,93E+12	16	Xem hình	
<p>8.4 Mối nối hàn tấm bản mặt cầu (trong mặt phẳng) - hàn nối đối đầu soi rãnh đơn theo phương ngang hoặc dọc với tấm lót để lại.</p> <p>Cấp thiết kế bản trực hướng áp dụng: 1, 2 hoặc 3</p>	D	7,21E+11	48	Xem hình	

Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hằng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi (ΔF) <sub>TH</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 8-Các dạng khác</b>					
<p>8.5 Sườn dọc hàn với dầm ngang - Vách sườn tại mối hàn dầm ngang (hàn góc hoặc hàn rãnh ngấu hoàn toàn)</p> <p>Cấp thiết kê bản trực hướng áp dụng: 1, 2 hoặc 3</p>	C	1,44E+12	69	Xem hình	
<p>8.6 Sườn dọc hàn nổi hàn vào dầm ngang mặt cầu - Vách sườn tại mối hàn dầm ngang (hàn góc, hàn rãnh ngấu hoàn toàn hoặc hàn rãnh ngấu không hoàn toàn)</p> <p>Cấp thiết kê bản trực hướng áp dụng: 1 hoặc 3</p>	C (Xem Ghi chú 1)	1,44e+12	69	Xem hình	
<p>8.7 Tại phần khoét lỗ dầm ngang - Kim loại cơ bản tại mép với vết cắt mịn bằng nhiệt theo AWS D1.5</p> <p>Cấp thiết kê bản trực hướng áp dụng: 1 hoặc 3</p>	A	8,19E+12	165	Xem hình	

Bảng 3 (tiếp theo)- Các loại chi tiết bị mỏi do tải trọng gây ra

Mô tả	Loại	Hằng số A (MPa <sup>3</sup> )	Ngưỡng mỏi ( $\Delta\sigma$ ) <sub>m</sub> (MPa)	Điểm khởi đầu vết nứt tiềm ẩn	Thí dụ minh họa
<b>Phần 8-Các dạng khác</b>					
8.8 Vách sườn dọc ở nơi khoét lỗ dầm ngang - Vách sườn dọc tại nơi sườn dọc nối hàn với dầm ngang (hàn góc, hàn rãnh ngẫu không hoàn toàn hoặc hàn rãnh ngẫu hoàn toàn)  Cấp thiết kế bản trực hướng áp dụng: 1 hoặc 3	C	1,44E+12	69	Xem hình	
8.9 Sườn dọc nối với bản mặt cầu tại vị trí dầm ngang  Cấp thiết kế bản trực hướng áp dụng: 1 hoặc 3	C	1,44E+12	69	Xem hình	
1: Khi các ứng suất bị chi phối bởi các cấu kiện trong mặt phẳng tại mối hàn góc hoặc mối hàn rãnh ngẫu không hoàn toàn, phải xem xét Phương trình 5. Trong trường hợp này, $\Delta\sigma$ phải được tính tại giữa chiều dày và không được áp dụng phương pháp ngoại suy theo điều Điều 9.8.3.4.3.					
<b>Phần 9-Các dạng khác</b>					
9.1 Kim loại cơ bản tại đỉnh neo chịu cắt được gắn kết bởi đường hàn góc hoặc đường hàn đỉnh neo tự động				Tại chân của mối hàn trong kim loại cơ bản	
9.2 Bu lông cường độ cao không căng trước, bu lông thường, thanh neo ren và thanh treo với ren cắt, neo với mặt đất hoặc ren được cán. Sử dụng biên độ ứng suất tác động trên diện tích chịu ứng suất kéo do hoạt tải cộng với tác động của lực bẫy cạy nắp khi áp dụng.				Từ chân của ren phát triển vào phần diện tích chịu ứng suất kéo	
(Trạng thái Môi II) Tuổi thọ hữu hạn	E'	1,28E+11	N/A		
(Trạng thái Môi I) Vĩnh cửu	D	-	48		

Bảng 4 -  $(ADTT)_{SL}$  75 năm tương đương tuổi thọ vĩnh cửu

Chi tiết danh mục	$(ADTT)_{SL}$ 75 năm tương đương tuổi thọ vĩnh cửu (xe tải / ngày đêm)
A	530
B	860
B'	1035
C	1290
C'	745
D	1875
E	3530
E'	6485

#### 6.1.2.4 Cấu tạo chi tiết để giảm chịu lực cưỡng bức

Tận dụng tới mức cao nhất có thể của khả năng thi công để thiết kế cấu tạo chi tiết kết cấu hàn sao cho tránh tạo ra mối nối bị cưỡng bức cao và kích thước hình học bị thay đổi đột ngột giống như khe nứt dẫn đến phá hoại nứt gãy do ứng suất kiểm chế. Mối hàn song song với ứng suất chính nhưng bị gián đoạn bởi các cấu kiện nối trực giao nhau phải được cấu tạo chi tiết để có một khe hở tối thiểu 25 mm giữa các chân mối hàn.

#### 6.1.2.5 Sức kháng mỏi

Trường hợp quy định dưới đây, sức kháng mỏi danh định phải được tính như sau:

- Đối với Tổ hợp tải trọng ở trạng thái Mỏi I và tuổi thọ mỏi vĩnh cửu:

$$(\Delta F)_n = (\Delta F)_{TH} \quad (2)$$

- Đối với Tổ hợp tải trọng ở trạng thái Mỏi II và tuổi thọ mỏi hữu hạn:

$$(\Delta F)_n = \left( \frac{A}{N} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

với:

$$N = (365) (75) n (ADTT)_{SL} \quad (4)$$

trong đó:

A = hằng số lấy từ Bảng 5 ( $MPa^3$ )

n = số các chu kỳ biên độ ứng suất đối với mỗi lượt chạy qua của xe tải, lấy từ Bảng 6

$(ADTT)_{SL}$  = ADTT một làn xe chạy như quy định trong Điều 6.1.4 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này

$(\Delta F)_{TH}$  = ngưỡng mỏi với biên độ không đổi, lấy từ Bảng 7 (MPa)

Sức kháng mỏi danh định đối với kim loại cơ bản và kim loại hàn tại các chi tiết bản không liên tục được nối với nhau bằng một cặp mối hàn góc hoặc mối hàn rãnh ngẫu không hoàn toàn trên mặt đối diện của tấm thép vuông góc với phương của ứng suất chính phải được lấy như sau:

$$(\Delta F)_n = (\Delta F)_n^c \left[ \frac{1,12 - 1,01 \left( \frac{2a}{t_p} \right) + 1,24 \left( \frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0,167}} \right] \leq (\Delta F)_n^c \quad (5)$$

trong đó:

$(\Delta F)_n^c$  = sức kháng mỏi danh định đối với chi tiết loại C (MPa)

$2a$  = chiều dày của phần bản thép góc không hàn ngẫu theo phương của chiều dày của bản thép chịu tải (mm). Đối với liên kết hàn góc, tỷ số  $(2a/t_p)$  phải được lấy bằng 1,0

$t_p$  = chiều dày của bản chịu tải (mm).

$W$  = Kích thước chân phần hàn phủ của đường hàn rãnh hoặc chu vi mặt đường hàn góc theo phương của bản thép chịu tải (mm).

Các giá trị hằng số của các loại chi tiết, A, và ngưỡng mỏi của biên độ không đổi  $(\Delta F)_{TH}$ , cho trong Bảng 5 và 7 là áp dụng cho bu lông cường độ cao chịu kéo. Các loại bu lông khác lấy theo mục 9.2 cho trong Bảng 3

**Bảng 5 - Hằng số loại chi tiết, A**

Loại chi tiết	Hằng số A nhân $10^{11}$ (MPa <sup>3</sup> )
A	82,0
B	39,3
B'	20,0
C	14,4
C'	14,4
D	7,21
E	3,61
E''	1,28
Bulông M164 M (A325M) chịu kéo dọc trục	5,61
Bulông M253 M (A490M) chịu kéo dọc trục	10,3

**Bảng 6 - Các chu kỳ đối với mỗi lượt xe tải chạy qua, n**



Các cấu kiện dọc	Chiều dài nhịp	
	> 12000 mm	≤ 12000 mm
Các dầm nhịp giản đơn	1,0	2,0
Các dầm liên tục		
1) Gắn gối tựa ở phía trong	1,5	2,0
2) ở nơi khác	1,0	2,0
Các dầm hẫng	5,0	
Các giàn	1,0	
Các cấu kiện ngang	Khoảng cách	
	> 6000 mm	≤ 6000 mm
	1,0	2,0

Bảng 7- Giới hạn môi - biên độ không đổi

Loại chi tiết	Giới hạn (MPa)
A	165
B	110
B'	83
C	69
C'	83
D	48
E	31
E'	18
Bulông M164M (A325M) chịu kéo dọc trục	214
Bulông M253M (A490M) chịu kéo dọc trục	262

### 6.1.3 Môi do xoắn vặn gây ra

Phải cấu tạo chi tiết các đường truyền lực đảm bảo đủ để truyền tất cả các lực đã dự kiến và không được dự kiến bằng cách liên kết tất cả các bộ phận ngang vào các thành phần thích hợp cấu thành mặt cắt ngang của cấu kiện chịu lực dọc. Các đường truyền tải phải được bố trí bằng cách liên kết các thành phần khác nhau thông qua hàn nối hoặc bắt bulông.

Để kiểm soát ổn định và uốn đàn hồi của bản bụng, các quy định của Điều 6.10.5.3 phải được thỏa mãn.

### 6.1.3.1 Các bản liên kết ngang

Các bản liên kết phải được hàn hoặc bắt bulông vào cả các bản cánh chịu nén và chịu kéo của mặt cắt ngang mà ở đó:

- Các vách ngăn hoặc các khung ngang liên kết được gắn nối vào các bản liên kết ngang, hoặc các gờ tăng cường ngang thực hiện chức năng như các bản liên kết
- Các vách ngăn ở trong hoặc ở ngoài hoặc các khung ngang được gắn nối vào các bản liên kết ngang, hoặc các gờ tăng cường ngang thực hiện chức năng như các bản liên kết, và
- Các dầm ngang được gắn nối vào các bản liên kết ngang, hoặc các gờ tăng cường ngang thực hiện chức năng như các bản nối.

Khi không có nhiều thông tin hơn, cần thiết kết liên kết bằng hàn hoặc bằng bulông để chịu được tải trọng nằm ngang 90 000N đối với các cầu thẳng, không chéo.

Khi các vách ngăn trong nhịp được đặt liền kề, được sử dụng:

- Trên dầm cán trong cầu thẳng với mặt cầu thép liên hợp được đặt trên gối thẳng hoặc nghiêng không quá  $10^\circ$  so với phương thẳng đứng và
- Với các vách ngăn được đặt liền kề theo đường thẳng song song với gối

Có thể liên kết vách ngăn vào bản bụng dầm thép cán bằng bu lông hoặc hàn trên phạm vi nhỏ hơn toàn bộ chiều cao của thép góc ở đầu vách ngăn hoặc của bản liên kết. Chiều cao của bản liên kết hoặc thép góc ở đầu mút vách ngăn tối thiểu phải bằng hai phần ba chiều cao bản bụng dầm. Đối với các thép góc liên kết bằng bu lông thì phải để chừa một khoảng trống giữa lỗ bu lông trên đỉnh cũng như lỗ bu lông ở đáy tới mặt hộp trên và đáy hộp (tương ứng) một khoảng tối thiểu bằng 75mm. Cự ly của bu lông phải theo qui định của Điều 13.2.6 Đối với các thép góc và bản liên kết của vách ngăn liên kết hàn phải để một khoảng trống 75mm giữa đầu trên cũng như đầu dưới của thép góc hoặc bản liên kết với bản mặt hộp và bản đáy hộp tương ứng; Cánh của thép góc hoặc mép bản liên kết được hàn vào bụng dầm. Không được hàn đầu trên và đầu dưới của thép góc hoặc bản liên kết vào bụng dầm.

### 6.1.3.2 Bản liên kết nằm ngang

Nếu gắn nối các bản liên kết nằm ngang vào các bản cánh là không thực hiện được, thì các bản liên kết nằm ngang trên các bản bụng có gờ tăng cường cần được đặt ở một khoảng cách thẳng đứng không nhỏ hơn một nửa chiều rộng của bản cánh kể từ trên hoặc phía dưới bản cánh. Các bản liên kết nằm ngang gắn nối vào các bản bụng không có sườn tăng cường cần được đặt ít nhất là 150 mm ở trên hoặc ở dưới bản cánh, nhưng không nhỏ hơn một nửa chiều rộng của bản cánh như quy định ở trên.

Các đầu của các bộ phận liên kết nằm ngang trên bản liên kết nằm ngang phải được giữ ở khoảng cách tối thiểu là 100 mm kể từ bản bụng và bất kỳ gờ tăng cường ngang nào.

Ở những nơi có gờ tăng cường, thì các bản liên kết nằm ngang phải được định tâm trên gờ tăng cường, dù bản này có ở cùng phía với gờ tăng cường trên bản bụng hay không. Ở chỗ nào bản liên kết nằm ngang ở cùng phía với gờ tăng cường, thì bản đó phải được gắn nối vào gờ tăng cường. Thanh tăng cường ngang ở vị trí nào phải được liên tục từ bản cánh chịu nén đến bản cánh chịu kéo và phải được gắn nối vào cả hai bản cánh.

### 6.1.3.3 Mặt cầu thép bản trực hướng

Chi tiết cấu tạo phải thỏa mãn tất cả các qui định của Điều 8.3.6 Phần 9 bộ tiêu chuẩn này

## 6.2 PHÁ HỦY NỨT GÃY

Trừ khi được qui định tại đây, tất cả các thành phần chính theo phương dọc của kết cấu phần trên và liên kết chịu tác dụng của các hiệu ứng do lực kéo ở tổ hợp tải trọng cường độ I, như quy định tại Điều 4.1.1 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này, và các dầm ngang chịu các hiệu ứng đó, phải yêu cầu độ dai chống nứt gãy của rãnh chữ V Charpy. Các thành phần chính và liên kết khác chịu tác dụng của các hiệu ứng do lực kéo ở tổ hợp tải trọng cường độ I có thể yêu cầu độ dai chống nứt gãy của rãnh chữ V Charpy. Tất cả các thành phần và liên kết yêu cầu độ dai chống nứt gãy của rãnh chữ V Charpy phải được chỉ định rõ trong hồ sơ thiết kế.

Trừ khi có chỉ dẫn khác, yêu cầu về độ dai chống nứt gãy của rãnh chữ V Charpy không nhất thiết xem xét cho các hạng mục sau:

- Bản nối và bản tấp trong mối nối bu lông chịu cắt 2 mặt;
- Sườn tăng cường ngang trung gian của bản bụng không làm việc như bản liên kết;
- Gối, bản trên và bản đáy gối;
- Khe co dãn
- Vật liệu hệ thoát nước.

Các yêu cầu năng lượng tác động thử máy va đập Charpy trên rãnh khía chữ V phải theo qui định của AASHTO M270M/M270 (ASTM A709/A709M) theo nhiệt độ qui định.

Trong hồ sơ thiết kế phải xác định, nếu có, bộ phận nào là cấu kiện không chế phá hủy nứt gãy (FCM). Trừ khi tiến hành phân tích chính xác với mô hình có các cấu kiện được giả thiết bị nứt để khẳng định cường độ và độ ổn định của kết cấu bị giả thiết phá hủy, vị trí của tất cả FCM phải được ghi rõ trong hồ sơ thiết kế. Chỉ dẫn kỹ thuật của hồ sơ thiết kế phải qui định chế tạo chi tiết FCM theo qui định của chương 12 Tiêu chuẩn hàn kết cấu cầu AASHTO/AWS D1.5M/D1.5.

Mọi chi tiết phụ gắn vào, trừ các bản đệm gối, có chiều dài theo phương của ứng suất kéo lớn hơn 100 mm mà được hàn vào khu vực chịu kéo của một bộ phận không chế nứt gãy (FCM) phải được xem là một phần của bộ phận chịu kéo đó và nó phải được xem như là không chế phá hủy nứt gãy.

Bảng 8 - Các yêu cầu của độ bền chống nứt gãy

HÀN HOẶC GIA CÔNG CƠ KHÍ	LOẠI	ĐỘ DÀY (mm)	CÁU KIỆN KHÔNG CHẾ NỨT GẦY		CÁU KIỆN KHÔNG KHÔNG CHẾ NỨT GẦY
			GIÁ TRỊ NĂNG LƯỢNG THỪ TỐI THIỂU (J)	(J @ °C)	(J @ °C)
HÀN	250	$t \leq 100$	27	34 @ 21	20 @ 21
	345/345S/345W	$t \leq 50$	27	34 @ 21	20 @ 21
		$50 < t \leq 100$	33	41 @ 21	27 @ 21
	HPS 345W	$t \leq 100$	33	41 @ -12	27 @ -12
	HPS 485W	$t \leq 100$	38	48 @ -23	34 @ -23
	690/690W	$t \leq 65$	38	48 @ -1	34 @ -1
		$65 < t \leq 100$	49	68 @ -1	48 @ -1
GIA CÔNG CƠ KHÍ	250	$t \leq 100$	27	34 @ 21	20 @ 21
	345/345S/345W	$t \leq 100$	27	34 @ 21	20 @ 21
	HPS 345W	$t \leq 100$	33	41 @ -12	27 @ -12
	HPS 485W	$t \leq 100$	38	48 @ -23	34 @ -23
	690/690W	$t \leq 100$	38	48 @ -1	34 @ -1

## 7 CÁC YÊU CẦU VỀ KÍCH THƯỚC CHUNG VÀ CHI TIẾT

### 7.1 CHIỀU DÀI CÓ HIỆU CỦA NHỊP

Các chiều dài nhịp phải được lấy bằng khoảng cách giữa các tim của các gối hoặc các điểm khác của trụ tựa.

### 7.2 ĐỘ VỒNG TÍNH TẢI

Các kết cấu thép nên làm vồng ngược trong khi chế tạo để bù lại độ vồng tĩnh tải và trặc dọc tuyến.

Độ vồng do trọng lượng thép và bê tông phải được chỉ rõ riêng biệt. Độ vồng do lớp phủ mặt cầu tương lai hoặc các tải trọng khác không xảy ra ở thời điểm chế tạo cũng phải được chỉ rõ riêng biệt.

Độ võng phải được xác định có tính đến độ võng do tĩnh tải.

Khi các giai đoạn thi công được qui định, trình tự các tải trọng tác dụng phải được xét đến khi xác định độ võng.

Có thể dùng cách thay đổi chiều dài của các bộ phận, khi thích hợp, trong các hệ giàn, vòm và dầm văng để:

- Điều chỉnh độ võng tĩnh tải cho phù hợp với vị trí hình học cuối cùng,
- Giảm hoặc loại trừ việc làm ngắn sườn, và
- Điều chỉnh biểu đồ mô men tĩnh tải trong các kết cấu siêu tĩnh.

Với cầu dầm 1 chéo và cong có các gối xiên hoặc không, hồ sơ thiết kế phải chỉ rõ vị trí cầu lắp dự kiến trên dầm trong điều kiện vị trí này có thể đạt được về lý thuyết. Phải áp dụng các quy định trong Điều 5.2.6.1 Phần 2 bộ tiêu chuẩn này, liên quan đến góc xoay tại gối.

### 7.3 CHIỀU DÀY NHỎ NHẤT CỦA THÉP

Thép kết cấu, bao gồm giằng liên kết, các khung ngang và tất cả các loại bản tiết điểm, trừ bản tiếp điểm của các kết cấu dàn, các bản bụng bằng thép hình cán, các sườn mặt cắt kín trong các mặt cầu trục hướng, các bản đệm và trong các lan can tay vịn, đều phải làm bằng thép có chiều dày không nhỏ hơn 8 mm. Bản tiết điểm của dàn thép phải có chiều dày không nhỏ hơn 9 mm.

Đối với các bản mặt cầu trục hướng, chiều dày bản bụng các sườn thép hình dầm cán hoặc thép hình U của bản mặt cầu trục hướng không được nhỏ hơn 6 mm. Chiều dày bản thép mặt của mặt cầu trục hướng không được nhỏ hơn 15mm hoặc 4% khoảng cách lớn hơn giữa các sườn. Chiều dày của các sườn kín không được nhỏ hơn 4,5mm.

Ở nơi nào kim loại tiếp xúc với môi trường chịu các tác động ăn mòn nghiêm trọng, thì phải được bảo vệ đặc biệt chống ăn mòn, hoặc tăng thêm chiều dày của kim loại một lượng dự phòng trừ hao do ăn mòn.

### 7.4 VÁCH NGĂN VÀ KHUNG NGANG

#### 7.4.1 Tổng quát

Các vách ngăn hoặc các khung ngang có thể được đặt ở đầu của kết cấu nhịp, trên vị trí các gối giữa, và cách quãng dọc theo nhịp.

Phải kiểm tra sự cần thiết bố trí các vách ngăn hoặc các khung ngang cho tất cả các giai đoạn theo phương pháp thi công dự kiến và điều kiện khai thác. Việc kiểm tra tính này cần bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở các nội dung sau đây:

- Truyền các tải trọng gió nằm ngang từ đáy dầm tới mặt cầu và từ mặt cầu xuống tới các gối,
- Sự ổn định của bản cánh dưới đối với tất cả các tải trọng khi chịu nén,

- Sự ổn định của các bản cánh trên trong vùng chịu nén trước khi bê tông mặt cầu rắn chắc,
- Xem xét bất kỳ hiệu ứng chịu uốn ngang của bản cánh, và
- Sự phân bố các hoạt tải và tĩnh tải thẳng đứng tác dụng lên kết cấu nhịp cầu.

Bản ván khuôn thép thi công mặt cầu để lại kết cấu không được xét đến là cấu kiện giữ ổn định cho cánh trên vùng chịu nén trước khi bê tông mặt cầu rắn chắc.

Nếu các vách ngăn hoặc các khung ngang cố định được mô tả là các phần tử trong mô hình kết cấu sử dụng để tính các tác dụng lực, thì chúng phải được thiết kế với tất cả các trạng thái giới hạn có thể áp dụng được đối với các tác dụng lực tính toán. Các vách ngăn và các khung ngang phải được thiết kế như là điều kiện tối thiểu, để truyền các tải trọng gió theo các quy định của Điều 6.2.7 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này, và phải đáp ứng tất cả các qui định về độ mảnh có thể áp dụng được ở Điều 8.4 hoặc Điều 9.3. Các bộ phận vách ngăn hoặc khung ngang trong cầu cong phải được coi là các bộ phận chính.

Các bản liên kết với các vách ngăn và các khung ngang phải thỏa mãn các yêu cầu quy định trong Điều 6.1.3.1. Khi bản cánh của vách ngăn hoặc thanh biên của khung ngang không được gắn trực tiếp vào bản cánh dầm, thì phải bố trí cấu tạo và tính toán để truyền lực ngang tính được trong vách ngăn hoặc khung ngang tới bản cánh thông qua các bản liên kết.

Tại đầu cầu và các trụ trung gian là nơi mà sự liên tục của bản mặt cầu bị gián đoạn, các mép của bản phải được đỡ bởi các vách ngăn hoặc các kết cấu thích hợp khác như qui định trong Điều 4.4 Phần 9 bộ tiêu chuẩn này.

#### 7.4.2 Các bộ phận có mặt cắt I

Vách ngăn hoặc khung ngang cho dầm cán hoặc dầm tổ hợp nên có chiều cao lớn nhất có thể, nhưng tối thiểu nên là 0,5 chiều cao dầm cán và 0,75 chiều cao dầm tổ hợp. Khung ngang trong cầu cong nên có các thanh chéo với thanh biên trên và biên dưới.

Các vách ngăn ở đầu phải được thiết kế chịu các lực và chống sự biến hình vĩnh viễn truyền đến từ mặt cầu và mối nối mặt cầu. Các mô men ở đầu của các vách ngăn phải được xem xét trong thiết kế chi tiết liên kết giữa cấu kiện dọc và các vách ngăn. Vách ngăn có tỷ lệ chiều dài nhịp trên chiều cao lớn hơn 4,0 có thể được thiết kế như một dầm.

Khi các gối đỡ không chéo, các vách ngăn hoặc khung ngang ở giữa nhịp nên được bố trí vuông góc với tim dầm.

Khi các gối đỡ chéo không quá  $20^\circ$ , các vách ngăn hoặc khung ngang ở giữa nhịp có thể được bố trí theo đường chéo song song với đường tim gối đỡ chéo.

Khi các gối đỡ chéo quá  $20^\circ$ , các vách ngăn hoặc khung ngang phải được bố trí vuông góc với tim dầm và có thể được bố trí liên tục hoặc so le.

Vách ngăn hoặc khung ngang không cần bố trí dọc theo tim các gối chéo nếu các khung ngang hoặc vách ngăn đã được bố trí vuông góc tại gối để kháng lại lực ngang.

Nếu vách ngăn hoặc khung ngang cuối là chéo, hiệu ứng của các thành phần lực tiếp tuyến truyền qua thành phần chéo lên dầm phải được xét đến.

Vách ngăn hoặc khung ngang tại gối phải được cấu tạo với kích thước để truyền tất cả các thành phần ngang của tải trọng từ kết cấu phần trên tới gối được neo theo phương ngang.

Khoảng cách,  $L_b$ , giữa các vách ngăn hoặc khung ngang trung gian trong cầu dầm I cong không được vượt quá quy định về điều kiện cầu lắp sau đây:

$$L_b \leq L_r \leq R/10 \quad (6)$$

Trong đó:

$L_r$  = chiều dài không giằng giới hạn theo Phương trình 137 (mm)

$R$  = bán kính cong nhỏ nhất của khoang dầm (mm)

$L_b$  không được vượt quá 9000 mm trong bất cứ trường hợp nào.

### 7.4.3 Dầm có mặt cắt hộp

Phải bố trí các vách ngăn hoặc các khung ngang ở bên trong các tiết diện hình hộp tại vị trí gối để chống sự xoay ngang, sự chuyển vị và cong vênh của mặt cắt, và phải được thiết kế cấu tạo để truyền các mômen xoắn và các lực ngang từ hộp tới các gối.

Với mặt cắt ngang bao gồm 2 hoặc nhiều hộp, khung ngang hoặc vách ngăn phía ngoài phải được bố trí giữa hai dầm tại gối cuối. Khung ngang hoặc vách ngăn phía ngoài có thể được bố trí giữa hai dầm tại gối trung gian hoặc các vị trí trung gian trừ khi theo kết quả tính toán, dầm hộp ổn định không cần đến các cấu kiện đó ngay cả trong giai đoạn lắp ráp. Tại vị trí bố trí vách ngăn hay khung ngang ngoài lòng hộp phải bố trí cả vách ngăn hay khung ngang trong lòng hộp.

Nếu làm vách ngăn tấm để có sự liên tục hoặc để chịu được các lực xoắn phát sinh bởi các cấu kiện cầu, thì vách ngăn phải được liên kết vào các bản bụng và các bản cánh của mặt cắt hộp. Cần làm các cửa chui cho người đi qua các vách ngăn trung gian với kích thước tối thiểu rộng 450mm cao 610mm. Khi thiết kế vách ngăn cần tính đến tác động của các lỗ cửa đến ứng suất trong vách ngăn. Cần nghiên cứu để gia cố xung quanh lỗ cửa nếu cần thiết.

Phải bố trí các vách ngăn và khung ngang trung gian. Với tất cả các mặt cắt hộp đơn, các mặt cắt dầm cong bằng, các mặt cắt nhiều hộp trong mặt cắt ngang của cầu không thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.2.3 hoặc có cánh hộp không thỏa mãn quy định của Điều 11.1.1; các vách ngăn và khung ngang bên trong phải được bố trí với khoảng cách không vượt 12000 mm.

Bản bụng vách ngăn trong lòng hộp và vách ngăn ngoài lòng hộp phải thỏa mãn điều kiện của Phương trình 88. Sức kháng danh định chịu cắt của các bản bụng của vách ngăn trong lòng hộp và ngoài lòng hộp phải xác định theo Phương trình 156.

### 7.4.4 Giàn và vòm

Phải bố trí các vách ngăn ở vị trí các liên kết vào các dầm ngang mặt cầu và ở các liên kết khác hoặc các điểm đặt các tải trọng tập trung. Cũng có thể làm các vách ngăn bên trong để giữ liên kết của bộ phận.

Các bản tiết điểm gắn chốt gối ở đầu của giàn phải được liên kết bằng vách ngăn. Các bản bụng của bộ gối cần được liên kết bằng vách ngăn ở nơi nào có thể thực hiện được.

Nếu đầu của bản bản bụng hoặc bản phủ dài bằng 1200 mm hoặc hơn tính từ điểm giao cắt của các bộ phận, thì phải làm vách ngang giữa các bản tiết điểm gắn lồng vào các bộ phận chính.

## 7.5. HỆ GIẪNG LIÊN KẾT NGANG

### 7.5.1. Tổng quát

Phải xem xét bố trí hệ giằng ngang kết cấu thích hợp chịu lực cho tất cả các giai đoạn thi công dự kiến và cho trạng thái kết cấu cuối cùng khi khai thác công trình.

Khi cần bố trí hệ giằng ngang thì nên đặt giằng ngang ở trong hoặc gần mặt phẳng của bản cánh hoặc thanh mạ giàn cần giằng. Việc nghiên cứu sự cần thiết bố trí hệ giằng ngang phải bao gồm, nhưng không bị hạn chế các tiêu chí công năng sau:

- Truyền các tải trọng gió ngang đến các gối như quy định trong Điều 6.2.7 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này, và
- Truyền các tải trọng ngang như quy định trong Điều 6.2.8 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này, và
- Kiểm soát các biến dạng và hình dạng mặt cắt trong quá trình chế tạo, lắp ráp và lắp đặt bản mặt cầu.

Hệ giằng liên kết ngang tạm không cần cho các trạng thái khai thác, không được coi là các bộ phận chính, và có thể được tháo đi.

Nếu hệ giằng ngang được mô tả trong mô hình kết cấu để xác định nội lực do hoạt tải, thì hệ này phải được thiết kế với tất cả các trạng thái giới hạn có thể áp dụng được và phải xem như là bộ phận kết cấu chính. Phải áp dụng các quy định của các Điều 8.4 và 9.3.

Các bản nút liên kết của hệ giằng ngang phải thỏa mãn các yêu cầu quy định trong Điều 6.1.3.2.

Khi hệ giằng ngang được thiết kế chịu tải động đất, phải áp dụng các quy định của Điều 6.2.8 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này.

### 7.5.2 Bộ phận có mặt cắt chữ I

Các bản cánh gắn vào các bản mặt cầu có đủ độ cứng đủ để giằng bản cánh liên tục thì không cần hệ giằng ngang.

Sự cần thiết bố trí giằng liên kết ngang ở vùng sát gối của cầu dầm I đảm bảo độ cứng trong khi thi công phải được nghiên cứu.



### 7.5.3 Bộ phận có mặt cắt hình chấu

Phải bố trí giằng ngang biên trên giữa hai cánh thường trong mặt cắt máng đơn. Với dầm thẳng, yêu cầu về hệ thống giằng ngang trên toàn bộ chiều dài dầm phải được kiểm tra để đảm bảo biến dạng của mặt cắt lòng máng được khống chế đầy đủ trong quá trình cầu lắp và đổ bê tông bản mặt cầu. Phải kiểm tra ổn định của bản cánh chịu nén trong phạm vi khoang giữa các điểm giằng của hệ giằng ngang trong thời gian đổ bê tông mặt cầu. Nếu không bố trí một hệ thống giằng ngang trên toàn bộ chiều dài dầm, thì phải kiểm tra ổn định cục bộ của bản cánh và ổn định tổng thể mặt cắt lòng máng đơn cho từng giai đoạn thi công được định trong hồ sơ thiết kế. Với dầm cong, phải bố trí hệ giằng ngang trên toàn bộ chiều dài dầm và phải kiểm toán ổn định của bản cánh chịu nén trong phạm vi khoang giữa các các điểm liên kết của hệ giằng ngang trong thời gian đổ bê tông mặt cầu.

Hệ giằng ngang phía trên phải được bố trí để chịu dòng cắt ở trong mặt cắt hộp do tải trọng tính toán trước khi bê tông bản mặt cầu cứng và làm việc liên hợp: Lực sinh ra trong hệ giằng ngang do uốn của máng cũng phải được xét đến trong quá trình thi công theo như các giai đoạn thi công được qui định trong hồ sơ thiết kế.

Nếu hệ giằng ngang được gắn nối vào các bản bụng, thì diện tích mặt cắt ngang của máng theo dòng cắt phải giảm đi để phản ánh vị trí thực tế của hệ liên kết, và phải bố trí cấu tạo để truyền các lực từ hệ liên kết đến bản cánh trên.

### 7.5.4 Giàn

Các kết cấu nhịp giàn chạy dưới và các kết cấu nhịp giàn chạy trên phải có hệ giằng ngang trên và giằng ngang dưới. Nếu sử dụng hệ giằng ngang dạng chữ X thì mỗi cấu kiện có thể coi là làm việc đồng thời ở hai hướng kéo và nén nếu chúng đáp ứng được các yêu cầu độ mảnh đối với cả hai phần chịu kéo và chịu nén. Các cấu kiện cần được liên kết ở các chỗ giao nhau của chúng.

Cấu kiện làm hệ giằng ngang cho các thanh mạ chịu nén cần làm càng cao càng tốt và liên kết vào cả hai bản cánh.

Các liên kết dầm sàn cần được bố trí sao cho hệ giằng ngang sẽ gắn nối cả dầm sàn và cấu kiện chịu lực chính. Ở chỗ nào hệ giằng ngang giao với mối nối hình thành bởi dầm sàn và cấu kiện dọc chính, thì cấu kiện giằng ngang phải được liên kết vào cả hai bộ phận trên.

## 7.6 CHÓT

### 7.6.1 Vị trí

Phải bố trí các chốt sao cho giảm thiểu được các tác dụng của lực do lệch tâm.

### 7.6.2 Sức kháng

#### 7.6.2.1 Uốn và cắt kết hợp

Các chốt chịu uốn và cắt kết hợp phải có kích thước tương xứng để thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{6,0M_u}{\phi_f D^3 F_y} + \left[ \frac{2,2V_u}{\phi_v D^2 F_y} \right]^3 \leq 0,95 \quad (7)$$

trong đó:

- D = đường kính của chốt (m)  
 M<sub>u</sub> = mômen do các tải trọng tính toán (N-mm)  
 V<sub>u</sub> = lực cắt do các tải trọng tính toán (N)  
 F<sub>y</sub> = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của chốt (MPa)  
 φ<sub>f</sub> = hệ số sức kháng uốn như quy định trong Điều 5.4.2  
 φ<sub>v</sub> = hệ số sức kháng cắt như quy định trong Điều 5.4.2

Mômen M<sub>u</sub>, và lực cắt V<sub>u</sub> cần được lấy ở cùng mặt cắt thiết kế dọc theo chốt.

### 7.6.2.2: Ép mặt

Sức kháng ép mặt tính toán trên các chốt phải được tính như sau:

$$(R_{pB})_r = \phi_b (R_{pB})_n \quad (8)$$

trong đó:

$$(R_{pB})_n = 1,5 t D F_y \quad (9)$$

ở đây:

- t = chiều dày của bản (mm)  
 D = đường kính của chốt (mm)  
 φ<sub>b</sub> = hệ số sức kháng ép mặt theo quy định trong Điều 5.4.2

### 7.6.3 Kích thước tối thiểu của chốt đối với các thanh đầu có lỗ

Đường kính của chốt D, phải thỏa mãn:

$$D \geq \left[ \frac{3}{4} + \frac{F_y}{2760} \right] b \quad (10)$$

trong đó:

- F<sub>y</sub> = cường độ chảy dẻo nhỏ nhất quy định của chốt (MPa)  
 b = chiều rộng của thân của thanh đầu có lỗ (mm).

### 7.6.4 Chốt và đai ốc của chốt

Các chốt phải có chiều dài đủ để bảo đảm sự ép mặt hoàn toàn của tất cả các phần liên kết ở trên thân vụn của chốt. Chốt phải được bảo đảm ở đúng vị trí bằng:

- Các đai ốc hình lục giác có một mặt tiện vành khuyên lõm vào
- Các đai ốc hình lục giác mặt phẳng với các vòng đệm, hoặc

- Nếu các chốt được khoan lỗ xuyên qua thì đầu chốt được ngăn giữ bằng các cụm thanh chốt

Các đai ốc của chốt hoặc thanh chốt phải là các sản phẩm đúc rèn hoặc thép và phải bảo đảm ở đúng vị trí bằng các chốt hãm xuyên qua các ren, hoặc bằng mài các ren. Các đai ốc khóa sẵn có ở thị trường có thể được sử dụng thay cho sự mài các ren hoặc dùng các chốt hãm.

## 7.7 CÁC DẦM CÁN VÀ DẦM HÀN TỔ HỢP ĐƯỢC UỐN BẰNG NHIỆT

### 7.7.1 Tổng quát

Điều này quy định cho việc thiết kế các dầm cán và dầm hàn tổ hợp được uốn bằng nhiệt để tạo ra dầm cong theo mặt bằng. Dầm thép cong được chế tạo uốn bằng nhiệt phải dùng loại thép được sản xuất phù hợp với tiêu chuẩn AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A709M), cấp 250, 345, 345S, 345W, HPS 345W, HPS 485W or HPS 690W hoặc tương đương.

### 7.7.2 Bán kính cong nhỏ nhất

Với dầm cán và dầm tổ hợp uốn cong bằng nhiệt, bán kính cong bằng được xác định theo tìm của bản bụng không được nhỏ hơn 45 750 mm và không được nhỏ hơn giá trị lớn trong hai giá trị được tính từ hai Phương trình sau:

$$R = \frac{37bD}{\sqrt{F_{yw}\psi t_w}} \quad (11)$$

$$R = \frac{51700b}{F_{yw}\psi t} \quad (12)$$

Trong đó:

- $\psi$  = tỷ số của diện tích tổng mặt cắt ngang và diện tích hai bản cánh
- $b$  = bề rộng bản cánh lớn nhất (mm)
- $D$  = tính cự giữa hai bản cánh (mm)
- $F_{yw}$  = giới hạn chảy nhỏ nhất của bản bụng (MPa)
- $R$  = bán kính cong (mm)

Bán kính cũng không được nhỏ hơn 305000 mm khi chiều dày bản cánh lớn hơn 75mm và bề rộng bản cánh lớn hơn 760 mm.

### 7.7.3 Độ võng

Khi có qui định phải điều chỉnh tăng độ võng để bù lại độ võng có thể bị tiêu hao của dầm uốn nóng khi khai thác do tiêu hao các ứng suất dư, lượng độ võng tính bằng milimet ở mặt cắt bất kỳ dọc theo chiều dài L của dầm phải được tính như sau :

$$\Delta = \frac{\Delta_{DL}}{\Delta_M} (\Delta_M + \Delta_R) \quad (13)$$

Trong đó :

$$\Delta_R = \frac{0,02L^2 F_y}{EY_0} \left( \frac{305000 - R}{259000} \right) \quad (14)$$

ở đây :

$\Delta_{DL}$  = Độ võng ở mặt cắt bất kỳ dọc theo chiều dài L tính theo phương pháp thông thường để bù độ võng do tĩnh tải hoặc các tải trọng khác được quy định (mm)

$\Delta_M$  = Giá trị độ võng lớn nhất trong chiều dài L (mm)

$F_y$  = Giới hạn chảy nhỏ nhất quy định (MPa) của thép bản cánh

$Y_0$  = Khoảng cách từ trục trung hòa tới thớ ngoài cùng của mặt cắt ngang (mm)

R = Bán kính cong (mm)

L = Chiều dài nhịp của dầm giản đơn hoặc đối với dầm liên tục lấy bằng khoảng cách từ điểm gối của nhịp biên đến điểm mô men do tĩnh tải bằng không hoặc cự ly giữa các điểm mô men do tĩnh tải bằng không (mm).

Mất mát độ võng giữa các điểm uốn ngược chịu tải trọng thường xuyên gần với trụ cầu là nhỏ và có thể được bỏ qua.

## 8 CẤU KIỆN CHỊU KÉO

### 8.1 TỔNG QUÁT

Các cấu kiện và các mối nối đối đầu chịu lực kéo dọc trục phải được kiểm tra theo hai điều kiện:

- Chảy của mặt cắt nguyên theo Phương trình 15, và
- Đứt của mặt cắt thực (trừ hao diện tích lỗ) theo Phương trình 16.

Khi xác định mặt cắt nguyên phải chiết giảm diện tích các lỗ lớn hơn loại lỗ thông thường dùng cho các liên kết như lỗ bu lông.

Khi xác định mặt cắt thực (mặt cắt chiết giảm) cần phải xét đến các trường hợp:

- Diện tích nguyên, từ diện tích này sẽ khấu trừ đi hoặc áp dụng các hệ số chiết giảm thích hợp,
- Khấu trừ tất cả các lỗ trong mặt cắt ngang thiết kế,
- Hiệu chỉnh các khấu trừ lỗ bu lông theo quy tắc bố trí chữ chi được quy định trong Điều 8.3,
- Áp dụng hệ số chiết giảm U, quy định trong Điều 8.2.2, đối với các cấu kiện và Điều 13.5.2 đối với các bản táp nối và các cấu kiện táp nối khác để xét đến hiện tượng cắt trễ, và

- Áp dụng hệ số diện tích có hiệu lớn nhất 85% đối với các bản tấp nổi và các cấu kiện tấp nổi khác quy định trong Điều 13.5.2

Các cấu kiện chịu kéo phải thỏa mãn các yêu cầu về độ mảnh như quy định trong Điều 8.4 và các yêu cầu về mối của Điều 6.1. Phải kiểm toán sức kháng cắt khuôn ở các đầu nổi như quy định trong Điều 13.4.

## 8.2 SỨC KHÁNG KÉO

### 8.2.1 Tổng quát

Sức kháng kéo tính toán,  $P_r$ , phải lấy giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị xác định theo các Phương trình 15 và 16

$$P_r = \phi_y P_{ny} = \phi_y F_y A_g \quad (15)$$

$$P_r = \phi_u P_{nu} = \phi_u F_u A_n U \quad (16)$$

trong đó:

- $P_{ny}$  = sức kháng kéo danh định đạt tới chảy ở của mặt cắt nguyên (N)  
 $F_y$  = cường độ chảy tối thiểu quy định (MPa)  
 $A_g$  = diện tích mặt cắt nguyên của bộ phận ( $\text{mm}^2$ )  
 $P_{nu}$  = sức kháng kéo danh định chịu nứt gãy của mặt cắt thực (N)  
 $F_u$  = cường độ chịu kéo (MPa)  
 $A_n$  = diện tích thực của cấu kiện theo quy định trong Điều 8.3 ( $\text{mm}^2$ )  
 $U$  = hệ số chiết giảm để xét đến cắt trễ, bằng 1,0 đối với các bộ phận trong đó các tác dụng lực được truyền tới tất cả các cấu kiện, và theo quy định trong Điều 8.2.2 đối với các trường hợp khác  
 $\phi_y$  = hệ số sức kháng chảy của các cấu kiện chịu kéo theo quy định trong Điều 5.4.2  
 $\phi_u$  = hệ số sức kháng nứt gãy của các cấu kiện chịu kéo theo quy định trong Điều 5.4.2

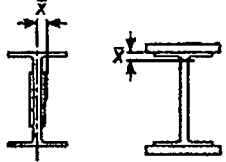


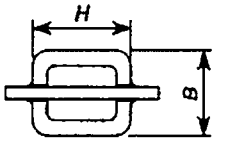
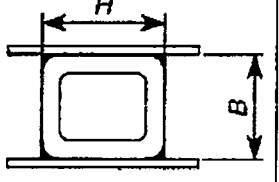
### 8.2.2 Hệ số chiết giảm, U

Phải dùng hệ số chiết giảm cắt trễ, U, khi kiểm toán nứt gãy ở trạng thái giới hạn cường độ theo qui định tại Điều 8.1

Trong trường hợp thiếu các thử nghiệm hoặc phân tích chính xác hơn, các hệ số chiết giảm qui định ở đây được sử dụng để xét đến sự cắt trễ trong các liên kết.

Hệ số chiết giảm cắt trễ, U, có thể tính theo qui định trong Bảng 9

Bảng 9 - Hệ số cắt trĩ cho các mối nối cấu kiện chịu kéo

Trường hợp	Mô tả bộ phận	Hệ số cắt trĩ, U	Ví dụ	
1	Tất cả các cấu kiện mà lực kéo truyền trực tiếp tới mỗi chi tiết của mặt cắt ngang bằng mối nối cơ hay bằng hàn (trừ các trường hợp 3, 4, 5, và 6).	$U = 1,0$		
2	Tất cả các cấu kiện chịu kéo, trừ bản và mặt cắt thép hình rỗng (HSS), khi mà lực kéo được truyền tới chỉ một số mà không phải tất cả chi tiết thành phần của mặt cắt ngang bằng mối nối cơ khí hoặc các đường hàn dọc. (ngoài ra cho I cánh rộng (W), các loại thép hình khác M, Thép I tiêu chuẩn, và thép hình H bụng dày (HP), trường hợp 7 có thể áp dụng.)	$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$		
3	Tất cả các cấu kiện chịu kéo, lực kéo được truyền bằng đường hàn ngang tới một số chi tiết thành phần của mặt cắt ngang	$U = 1,0$ và A = diện tích của các bộ phận được nối trực tiếp		
4	Các bản mà lực kéo được truyền bằng đường hàn dọc.	$L \geq 2w \dots U = 1,0$ $2w > L \geq 1,5w \dots U = 0,87$ $1,5w > L \geq w \dots U = 0,76$		
5	Các cấu kiện thép mặt cắt rỗng hình tròn có bản nút kẹp đúng tâm.	$L \geq 1,3D \dots U = 1,0$ $D \leq L \leq \frac{\bar{x}}{1,3D} \dots U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$ $\frac{\bar{x}}{x} = \frac{D}{\pi}$		
6	Cấu kiện mặt cắt rỗng hình chữ nhật	có bản nút đơn kẹp trùng tâm	$L \geq H \dots U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$ $\frac{\bar{x}}{x} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B + FH)}$	
		có 2 bản nút ở các mặt bên	$L \geq H \dots U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$ $\frac{\bar{x}}{x} = \frac{B^2}{4(B + FH)}$	

Bảng 9 (tiếp theo) - Hệ số cắt trễ cho các mối nối cấu kiện chịu kéo

Trường hợp	Mô tả bộ phận		Hệ số cắt trễ, U	Vi dụ
7	các thép hình dạng W, M, S, hoặc HP hoặc hình T cắt từ các thép hình dạng đó (tính U theo cả trường hợp 2, dùng giá trị lớn hơn)	Bản cánh nối có 3 bản ốp trở lên theo hướng của đường lực tác dụng	$b_f \geq \frac{2}{3}d \dots U = 0.90$ $b_f < \frac{2}{3}d \dots U = 0.85$	
		Bản bụng nối với 4 bản ốp trở lên theo chiều đường truyền lực	U = 0,7	
8	Thép góc đơn (tính cả U theo trường hợp 2, lấy giá trị lớn hơn.)	có 4 hoặc nhiều hơn bản nối trên bản nhánh theo chiều lực tác dụng	U = 0,80	
		có 2 hay 3 bản nối trên một nhánh theo hướng đường truyền lực	U = 0,60	
<p>(*)</p> <p>L = chiều dài mối nối (mm)</p> <p>W = chiều dày bản thép (mm)</p> <p><math>\bar{x}</math> = độ lệch tâm mối nối</p> <p>B = chiều cao của cấu kiện có mặt cắt rỗng hình hộp đo theo chiều vuông góc với mặt phẳng mối nối (mm)</p> <p>d = chiều dày danh định của mặt cắt (mm)</p> <p><math>b_f</math> = chiều rộng bản cánh (mm)</p> <p>- Ký hiệu các loại mặt cắt thép hình:</p> <p>W = thép hình H ( I cánh rộng )</p> <p>S = thép hình I tiêu chuẩn</p> <p>HP = thép hình H có chiều dày bản bụng bằng bản cánh</p> <p>Các loại thép hình mặt cắt không phân loại, tương tự như trên.</p>				

### 8.2.3 Kéo và uốn kết hợp

Cấu kiện chịu kéo và uốn kết hợp phải thỏa mãn điều kiện theo các Phương trình 17 và 18:

$$\text{Nếu } \frac{P_u}{P_r} < 0,2 \quad , \quad \text{thì } \frac{P_u}{2,0P_r} + \left( \frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1,0 \quad (17)$$

$$\text{Nếu } \frac{P_u}{P_r} \geq 0,2 \quad , \quad \text{thì } \frac{P_u}{P_r} + \frac{8,0}{9,0} \left( \frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1,0 \quad (18)$$

trong đó:

$P_r$  = sức kháng kéo tính toán theo quy định trong Điều 8.2.1 (N)

$M_{rx}$  = sức kháng uốn tính toán quanh trục x được lấy bằng  $\phi_r$  nhân với sức kháng uốn danh định quanh trục x được xác định theo Điều 10, 11 hoặc 12, khi thích hợp (N-mm)

$M_{ry}$  = sức kháng uốn tính toán quanh trục y được lấy bằng  $\phi_r$  nhân với sức kháng uốn danh định quanh trục y được xác định theo Điều 12, khi thích hợp (N-mm)

$M_{ux}, M_{uy}$  = các mômen theo các trục x và y, tương ứng, do các tải trọng tính toán gây ra (N-mm)

$P_u$  = hiệu ứng lực dọc trục do các tải trọng tính toán gây ra (N)

$\phi_r$  = hệ số sức kháng uốn theo Điều 5.4.2

Sự ổn định của bản cánh chịu ứng suất nén thực do kéo và uốn phải được tính kiểm tra về oằn cục bộ.

### 8.3 DIỆN TÍCH THỰC

Diện tích mặt cắt thực (diện tích có hiệu),  $A_n$ , của một chi tiết là tích số của bề dày của chi tiết với bề rộng có hiệu nhỏ nhất của nó được tính như sau:

Khi tính diện tích thực chịu kéo và chịu cắt, chiều rộng của lỗ bu lông lấy bằng chiều rộng danh định của lỗ cộng thêm 2mm. Đường kính tiêu chuẩn của lỗ bu lông được coi là chiều rộng danh định của lỗ. Bề rộng của các lỗ dạng ô van được phép dùng như qui định tại Điều 13.2.4.1 được lấy bằng kích thước danh định hay kích thước chiều rộng của lỗ áp dụng theo qui định tại Điều 13.2.4.2. Phải xác định chiều rộng có hiệu đối với từng chuỗi các lỗ dàn theo chiều ngang cấu kiện và dọc theo bất cứ tuyến ngang, xiên hay đường chữ chi nào.

Chiều rộng có hiệu đối với mỗi chuỗi lỗ phải được xác định bằng chiều rộng của cấu kiện trừ đi tổng các chiều rộng của tất cả các lỗ ở trong chuỗi và cộng thêm lượng  $s^2/4g$  cho mỗi khoảng cách ngang giữa các lỗ tiếp liền nhau ở trong chuỗi, trong đó:

$s$  = Cự ly dọc tìm lỗ đo theo đường song song với trục dọc truyền lực của hai lỗ bất kỳ liền nhau (bố trí theo hình ô vuông hay hoa mai) (mm)



$g$  = cự ly ngang của tim hai lỗ bất kỳ liền nhau đo theo đường vuông góc với trục truyền lực dọc (mm)

Đối với các thép góc, cự ly tim các lỗ trong các cánh kề đối nhau bằng tổng các cự ly từ lưng của các thép góc đến tim lỗ trừ đi chiều dày cánh thép góc.

#### 8.4 TỶ SỐ ĐỘ MẠNH GIỚI HẠN

Các bộ phận chịu kéo, trừ các thanh thép tròn, thanh đầu có lỗ chốt, dây cáp và các bản, phải thỏa mãn các yêu cầu độ mảnh quy định ở đây:

- Đối với các cấu kiện chính chịu ứng suất đối dấu .....  $\lambda / r \leq 140$
- Đối với các cấu kiện chính không chịu ứng suất đối dấu .....  $\lambda / r \leq 200$
- Đối với các cấu kiện hệ giằng .....  $\lambda / r \leq 240$

trong đó :

$\lambda$  = chiều dài không giằng (mm)

$r$  = bán kính hồi chuyển (bán kính quán tính) nhỏ nhất (mm)

#### 8.5 CÁC CẤU KIỆN TỔ HỢP

##### 8.5.1 Tổng quát

Các bộ phận chính của các cấu kiện chịu kéo được tổ hợp từ thép hình cán hoặc hàn phải được liên kết bằng các bản liên tục có hoặc không khoét lỗ, hoặc bằng các bản giằng ở đầu kết hợp thanh giằng hoặc không. Các liên kết hàn giữa thép hình và các bản thép phải liên tục. Các liên kết bulông giữa thép hình và các bản thép giằng phải tuân theo các quy định của Điều 13.2

##### 8.5.2 Các bản khoét lỗ

Tỷ lệ của chiều dài theo phương của lực kéo với chiều rộng của các lỗ không được vượt quá 2,0.

Khoảng cách tịnh giữa các lỗ theo phương chịu ứng suất không được nhỏ hơn khoảng cách ngang giữa các đường tim bulông hoặc đường hàn gần nhất. Khoảng cách tịnh giữa đầu của bản và lỗ thứ nhất không được nhỏ hơn 1,25 lần khoảng cách ngang giữa các bulông hoặc đường hàn.

Chu vi của các lỗ phải có bán kính tối thiểu là 38 mm.

Phần chiều rộng bản tự do ở mép của các lỗ có thể được tính vào diện tích thực của cấu kiện.

Khi các lỗ được bố trí so le so với các lỗ của bản khoét lỗ ở mặt đối diện của cấu kiện, diện tích thực của cấu kiện phải được xem như bằng diện tích của mặt cắt có các lỗ trong cùng mặt phẳng ngang.

## 8.6 CÁC THANH ĐẦU CÓ LỖ CHÓT

### 8.6.1 Sức kháng tính toán

Sức kháng tính toán của thân của thanh với đầu có lỗ chốt phải lấy như quy định trong Phương trình 15.

### 8.6.2 Cấu tạo của thanh

Các thanh đầu có lỗ chốt phải có chiều dày đồng đều, không nhỏ hơn 14 mm hoặc lớn hơn 50 mm.

Bán kính chuyển tiếp giữa đầu và thân của thanh đầu có lỗ chốt không được nhỏ hơn chiều rộng của đầu tại đường tim của lỗ chốt.

Chiều rộng thực của đầu thanh tại đường tim của lỗ chốt không được nhỏ hơn 135% chiều rộng cần thiết của thân.

Kích thước thực của đầu ở bên ngoài lỗ chốt lấy theo phương dọc không được nhỏ hơn 75% của chiều rộng của thân.

Chiều rộng của thân không được vượt quá tám lần chiều dày của nó.

Tim của lỗ chốt phải được đặt trên trục dọc của thân của thanh. Đường kính lỗ chốt không được lớn hơn đường kính chốt 0,8 mm.

Đối với các loại thép có cường độ chảy dẻo nhỏ nhất qui định lớn hơn 480 MPa, đường kính lỗ không được lớn hơn năm lần chiều dày của thanh.

### 8.6.3 Lắp đặt thanh

Các thanh với đầu có lỗ chốt của một cặp phải đối xứng qua mặt phẳng trung tâm của kết cấu và càng song song càng tốt. Chúng phải được cố định để chống lại sự dịch chuyển ngang trên các chốt và chống lại sự vặn vẹo ngang do sự xiên lệch của cầu.

Các thanh phải được bố trí sao cho để các thanh liền kề ở trong cùng khoang được tách rời với khoảng hở ít nhất là 14 mm. Phải có các vòng đệm để chèn mọi khe hở giữa các thanh kề nhau trên một chốt. Các thanh chéo giao nhau không có đủ khoảng không để tránh nhau thì phải được kẹp chặt vào nhau ở chỗ giao nhau.

## 8.7 CÁC BÀN ÓP LIÊN KẾT CHÓT

### 8.7.1 Tổng quát

Ở nơi nào có thể được thì nên tránh dùng các bản ốp liên kết chốt. Sau đây gọi tắt là bản chốt. Bản ốp nối chốt phải theo qui định Điều 8.2.1

### 8.7.2 Bàn chốt

Sức kháng ép mặt tính toán trên các bản chốt,  $\tilde{P}_r$ , phải được tính như sau:

$$P_r = \phi_b P_n = \phi_b A_b F_y \quad (19)$$

Ở đây:

- $P_n$  = sức kháng ép mặt danh định (N)
- $A_b$  = hình chiếu diện tích ép mặt trên bản ( $\text{mm}^2$ )
- $F_y$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của thép bản (MPa)
- $\phi_b$  = hệ số sức kháng đối với ép mặt quy định trong Điều 5.4.2.

Bản chính có thể được tăng cường trong vùng lỗ bằng cách gắn thêm các bản chốt để gia tăng chiều dày của tấm bản chính.

Nếu sử dụng bản chốt, phải bố trí sao cho giảm thiểu độ lệch tâm của tải trọng và được gắn vào bản chính bằng các đường hàn hoặc các bulông đủ để truyền các lực ép mặt từ các bản chốt vào bản chính.

### 8.7.3 Kích thước cấu tạo

Tổng cộng diện tích thực của bản chính và các bản chốt trên mặt cắt ngang qua đường tim của lỗ chốt không được nhỏ hơn 1,4 lần diện tích thực yêu cầu của bản chính ở ngoài lỗ.

Diện tích thực tổ hợp của bản chính và các bản chốt ở xa lỗ chốt, lấy theo phương dọc, không được nhỏ hơn diện tích thực yêu cầu của bản chính ở ngoài lỗ chốt.

Tim của lỗ chốt phải được đặt trên trục dọc của bản chính. Đường kính lỗ chốt không được lớn hơn đường kính chốt 0,8 mm.

Đối với các thép có cường độ chảy tối thiểu quy định lớn hơn 480 MPa, đường kính lỗ không được vượt quá năm lần chiều dày tổng cộng của bản chính và các bản chốt.

Chiều dày tổng cộng của bản chính và các bản chốt không được nhỏ hơn 12% của chiều rộng có hiệu từ mép lỗ đến mép của bản hoặc các bản. Chiều dày của bản chính không được nhỏ hơn 12% của chiều rộng yêu cầu tại vị trí ở xa lỗ.

### 8.7.4 Lắp đặt

Các bản ốp liên kết chốt phải được cố định để không dịch chuyển ngang trên chốt và không bị vặn chéo do sự xiên lệch của cầu.

## 9 CẤU KIỆN CHỊU NÉN

### 9.1 TỔNG QUÁT

Các quy định của Điều này được áp dụng cho các cấu kiện thép liên hợp và không liên hợp có dạng lăng trụ chịu nén dọc trục hoặc nén dọc trục kết hợp uốn.

Các vòm còn phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều 14.4.

Các thanh mạ chịu nén của các giàn hồ chạy dưới còn phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều 14.2.9.

### 9.2 SỨC KHÁNG NÉN

#### 9.2.1 Nén dọc trục

Sức kháng tính toán của các cấu kiện chịu nén,  $P_r$ , phải được tính như sau:

$$P_r = \phi_c P_n \quad (20)$$

trong đó:

$P_n$  = sức kháng nén danh định theo quy định ở các Điều 9.4 và 9.5, khi thích hợp (N)

$\phi_c$  = hệ số sức kháng nén theo quy định trong Điều 5.4.2

#### 9.2.2 Nén dọc trục và uốn kết hợp

Trừ khi được cho phép khác như qui định trong các Điều 9.4.4 và 9.6.3, tải trọng nén dọc trục,  $P_u$ , và các mômen xảy ra đồng thời,  $M_{ux}$  và  $M_{uy}$ , tính với các tải trọng tính toán (tải trọng với hệ số) bằng các phương pháp giải tích đàn hồi phải thỏa mãn mối quan hệ sau đây:

$$\text{Nếu } \frac{P_u}{P_r} < 0,2 \quad , \quad \text{thì } \frac{P_u}{2,0P_r} + \left( \frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1,0 \quad (21)$$

$$\text{Nếu } \frac{P_u}{P_r} \geq 0,2 \quad , \quad \text{thì } \frac{P_u}{P_r} + \frac{8,0}{9,0} \left( \frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1,0 \quad (22)$$

Trong đó:

$P_r$  = sức kháng nén tính toán theo quy định trong Điều 9.2.1 (N)

$M_{rx}$  = sức kháng uốn tính toán theo trục x được lấy bằng  $\phi_t$  nhân sức kháng uốn danh định theo trục x xác định theo quy định trong các Điều 10, 11 hoặc 12, khi thích hợp (N-mm)

$M_{ry}$  = sức kháng uốn tính toán theo trục y được lấy bằng  $\phi_t$  nhân sức kháng uốn danh định theo trục y xác định theo quy định trong các Điều 12, khi thích hợp (N-mm)

$\phi_t$  = Hệ số sức kháng uốn qui định trong Điều 5.4.2

Các mômen  $M_{ux}$  và  $M_{uy}$  theo các trục đối xứng, có thể được xác định bằng:

- Giải tích đàn hồi bậc hai, có tính đến độ khuếch đại mômen gây ra bởi tải trọng trục tính toán, hoặc
- Tính gần đúng bằng phương pháp điều chỉnh bước đơn như quy định trong Điều 5.3.2.2.2 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này.

### 9.3 TỶ SỐ ĐỘ MẠNH GIỚI HẠN

Các cấu kiện chịu nén phải thỏa mãn các yêu cầu giới hạn độ mảnh sau đây.

- Đối với các bộ phận chính:  $\frac{K\lambda}{r} \leq 120$
- Đối với các bộ phận giằng liên kết:  $\frac{K\lambda}{r} \leq 140$

trong đó:

- K = hệ số chiều dài có hiệu quy định trong Điều 6.2.5 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này  
 l = chiều dài không được giằng (mm)  
 r = bán kính hồi chuyển (bán kính quán tính) nhỏ nhất (mm)

Đối với riêng điều này, bán kính hồi chuyển có thể tính trên một mặt cắt qui ước, bỏ qua một phần của diện tích mặt cắt của thanh, miễn là:

- Khả năng chịu lực của cấu kiện tính theo diện tích thực tế và bán kính hồi chuyển lớn hơn tải trọng tính toán, và
- Khả năng chịu lực của cấu kiện theo qui ước với diện tích chiết giảm và bán kính hồi chuyển tương ứng cũng lớn hơn các tải trọng tính toán.

### 9.4 CÁC CẤU KIỆN KHÔNG LIÊN HỢP

#### 9.4.1 Sức kháng nén danh định

##### 9.4.1.1 Tổng quát

Sức kháng nén danh định  $P_n$  phải là giá trị nhỏ nhất của các giá trị xác định theo dạng thức mất ổn định có thể xảy ra là mất ổn định uốn, mất ổn định xoắn và mất ổn định uốn xoắn như sau:

- Dạng thức mất ổn định của các chi tiết đối xứng đôi:
  - Mất ổn định uốn có thể xảy ra. Mất ổn định uốn xoắn có thể xảy ra đối với các cấu kiện có mặt cắt hở mà chiều dài không giằng chống xoắn có hiệu lớn hơn chiều dài giằng ngang có hiệu.

- Dạng thức mất ổn định của các chi tiết đối xứng đơn:
  - Phải xét mất ổn định uốn
  - Phải xét mất ổn định uốn xoắn cho các chi tiết có mặt cắt hở.
- Dạng thức mất ổn định của các chi tiết không đối xứng:
  - Chỉ xét mất ổn định uốn xoắn cho các chi tiết có mặt cắt hở trừ các chi tiết thép góc đơn được thiết kế theo qui định của Điều 9.4.4 và chỉ xét mất ổn định do uốn.
  - Chỉ xét mất ổn định do uốn của các chi tiết có mặt cắt kín.

Mất ổn định do xoắn và mất ổn định do uốn xoắn không phải xem xét cho các sườn tăng cường tại điểm gối đỡ.

$P_n$  phải được xác định như sau:

$$\text{Nếu } \frac{P_e}{P_o} \geq 0,44 \quad \text{thì} \quad P_n = \left[ 0,658 \left( \frac{P_o}{P_e} \right) \right] P_o \quad (23)$$

$$\text{Nếu } \frac{P_e}{P_o} < 0,44 \quad \text{thì} \quad P_n = 0,877 P_e \quad (24)$$

Trong đó :

$A_s$  = diện tích mặt cắt ngang nguyên ( $\text{mm}^2$ )

$F_y$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định (MPa)



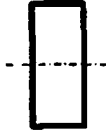
$P_e$  = sức kháng tới hạn đàn hồi xác định theo qui định ở Điều 9.4.1.2 cho trường hợp mất ổn định uốn , theo Điều 9.4.1.2 cho dạng thức mất ổn định uốn và mất ổn định uốn-xoắn (N)

$P_o$  =  $QF_y A_g$  (N) - Sức kháng danh định tương đương giới hạn chảy

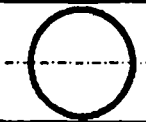




$Q$  = hệ số chiết giảm do độ mảnh, xác định theo qui định ở Điều 9.4.2.  $Q$  lấy bằng 1 khi kiểm toán sườn tăng cứng gối.

Việc lựa chọn các dạng thức mất ổn định phù hợp để xác định giá trị  $P_n$  và các Phương trình tính  $P_e$  và chọn giá trị  $Q$  có thể dùng theo Bảng 10.

Bảng 10 - Xác định sức kháng nén danh định,  $P_n$ 

Mặt cắt ngang	Mặt cắt không có chi tiết mảnh ( $Q = 1,0$ )		Mặt cắt có chi tiết mảnh ( $Q < 1,0$ )	
	Dạng có khả năng mất ổn định	Phương trình áp dụng tìm $P_e$	Dạng có khả năng mất ổn định	Phương trình áp dụng tìm $P_e$
	FB <sup>*</sup>	(25)	FB	(25)
	Và nếu $K_{zL} > K_{yL}$ : TB	(26)	Và nếu $K_{zL} > K_{yL}$ : TB	(26)
			và: FLB	(41) hoặc (42) hoặc (47) hoặc (48)
			Và/hoặc: WLB	(51)
	FB	(25)	FB	(25)
	và: FTB <sup>*</sup>	(27)	và: FTB	(27)
			và: FLB	(41) hoặc (42) hoặc (47) hoặc (48)
			Và/hoặc: WLB	(51)
	FB	(27) Với loại mặt cắt tổ hợp xem thêm Điều 9.4.3	FB	(27) Với loại mặt cắt tổ hợp xem thêm Điều 9.4.3
			và: FLB	(50) hoặc (51)
			Và/hoặc: WLB	(51)

Bảng 10 (tiếp) - Xác định sức kháng nén danh định,  $P_n$ 

Mặt cắt ngang	Không có bộ phận mảnh ( $Q = 1.0$ )		Không có bộ phận mảnh ( $Q < 1.0$ )	
	Dạng có khả năng mất ổn định	Phương trình áp dụng tìm $P_n$	Dạng có khả năng mất ổn định	Dạng có khả năng mất ổn định
	FB	(25)	FB	(25)
			và: LB	(52)
	FB	(25)	FB	(25)
	và: FTB	(27)	và: FTB	(27)
			Mặt cắt chữ T và: FLB	(41) hoặc (42) hoặc (47) hoặc (48)
			Và/hoặc: SLB Cặp thép góc lưng tiếp xúc liền tục và: LLB	(43) hoặc (44)  (41) hoặc (42)
	FB	(25) Xem thêm Điều 9.4.4	FB	(25) Xem thêm Điều 9.4.4
			và: LLB	(45) hoặc (46)
	FB	(25) Xem thêm Điều 9.4.3	FB	(25) Xem thêm Điều 9.4.3
	và: FTB	(27)	và: FTB	(27)
			và: LLB	(45) hoặc (46)
		FB	(25)	NA*
Mặt cắt hở không đối xứng	FTB	(28)	FTB	(28)
			và: LB	Xem Điều 9.4.2.2
Mặt cắt kín không đối xứng	FB	(25)	FB	(25)
		Và: LB	Xem Điều 9.4.2.2	
Sườn tăng cường tại vị trí gối	FB	(25) Xem thêm Điều 10.11.2.4	NA	NA
(*): FB = Oằn do uốn TB = Oằn do xoắn FTB = Oằn do xoắn-uốn kết hợp FLB = oằn cục bộ bản cánh WLB = oằn cục bộ bản bụng SLB = oằn cục bộ cánh (thép góc) LLB = oằn cục bộ cánh đứng LB = oằn cục bộ NA = Không áp dụng				



#### 9.4.1.2 Sức kháng ổn định đàn hồi chịu uốn

Sức kháng tới hạn ổn định đàn hồi,  $P_e$ , theo dạng thức mất ổn định uốn phải tính như sau:

$$P_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{Kl}{r_s}\right)^2} A_g \quad (25)$$

Trong đó:

- $A_g$  = diện tích mặt cắt ngang nguyên ( $\text{mm}^2$ )
- $K$  = hệ số chiều dài có hiệu quy định trong Điều 6.2.5 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này.
- $l$  = chiều dài không giằng trong mặt phẳng mất ổn định (mm)
- $r_s$  = bán kính hồi chuyển theo mặt phẳng mất ổn định (mm)

#### 9.4.1.3 Sức kháng ổn định đàn hồi chịu xoắn và chịu xoắn uốn

Đối với các cấu kiện có mặt cắt hình đối xứng đôi, sức kháng tới hạn ổn định đàn hồi chịu xoắn được xác định như sau :

$$P_e = \left[ \frac{\pi^2 EC_w}{(K_z l_z)^2} + GJ \right] \frac{A_g}{I_x + I_y} \quad (26)$$

Trong đó :

- $A_g$  = diện tích mặt cắt ngang nguyên ( $\text{mm}^2$ )
- $C_w$  = hằng số xoắn vênh ( $\text{mm}^6$ )
- $G$  = Mô đun đàn hồi chống cắt của thép (bằng  $0,385E$ ) (MPa)
- $I_x, I_y$  = Mô men quán tính của mặt cắt xung quanh trục khỏe và trục yếu ( $\text{mm}^4$ )
- $J$  = hằng số xoắn St.Venant ( $\text{mm}^4$ )
- $K_z l_z$  = Chiều dài có hiệu mất ổn định xoắn (mm)

Đối với cấu kiện có mặt cắt hình đối xứng đơn, trong đó trục  $y$  là trục đối xứng của mặt cắt ngang, sức kháng tới hạn ổn định đàn hồi chịu xoắn uốn được xác định như sau :

$$P_e = \left( \frac{P_{ey} + P_{ez}}{2H} \right) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4P_{ey}P_{ez}H}{(P_{ey} + P_{ez})^2}} \right] \quad (27)$$

Trong đó :

$$H = 1 - \frac{y_0^2}{r_0^2} \quad (28)$$

$$P_{ey} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_y l_y}{r_y}\right)^2} A_g \quad (29)$$

$$P_{ez} = \left( \frac{\pi^2 EC_w}{(K_z l_z)^2} + GJ \right) \frac{1}{r_0^2} \quad (30)$$

$$\overline{r_0^2} = y_0^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g} \quad (31)$$

ở đây :

$K_y l_y$  = Chiều dài để xét ổn định uốn xung quanh trục y (mm)

$\bar{r}_0$  = Bán kính quán tính cực quanh tâm cắt (mm)

$r_y$  = Bán kính quán tính xung quanh trục y (mm)

$y_0$  = khoảng cách dọc theo trục y giữa tâm cắt và trọng tâm mặt cắt (mm)

Đối với cấu kiện có mặt cắt hở không đối xứng, sức kháng ổn định đàn hồi tới hạn chịu xoắn uốn lấy giá trị nghiệm nhỏ nhất của phương trình bậc ba sau:

$$(P_e - P_{ex})(P_e - P_{ey})(P_e - P_{ez}) - P_e^2(P_e - P_{ey})\left(\frac{x_0}{r_0}\right)^2 - P_e^2(P_e - P_{ex})\left(\frac{y_0}{r_0}\right)^2 = 0 \quad (32)$$

Trong đó :

$$P_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_x l_x}{r_x}\right)^2} A_g \quad (33)$$

$$\bar{r}_0^2 = x_0^2 + y_0^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g} \quad (34)$$

ở đây :

$K_x l_x$  = chiều dài có hiệu xét mất ổn định uốn quanh trục x (mm)

$r_x$  = bán kính quán tính xung quanh trục x (mm)

$x_0$  = khoảng cách dọc theo trục x giữa tâm cắt và trọng tâm của mặt cắt (mm)

## 9.4.2 Các chi tiết không mảnh và mảnh của cấu kiện

### 9.4.2.1 Các chi tiết cấu kiện không mảnh

Các chi tiết cấu kiện không mảnh phải thỏa mãn yêu cầu giới hạn độ mảnh qui định tại Điều khoản này. Hệ số triết giảm độ mảnh Q qui định ở Điều 9.4.1.1 lấy bằng 1,0 đối với các mặt cắt của cấu kiện chịu nén được tổ hợp bởi toàn bộ các chi tiết không mảnh.

Trừ khi được quy định tại đây, độ mảnh của các bản phải thỏa mãn:

$$\frac{b}{t} \leq k \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (35)$$

trong đó:

k = hệ số oằn (hệ số ổn định) của bản theo quy định trong Bảng 11

b = chiều rộng của bản như quy định trong Bảng 11 (mm)

t = chiều dày bản (mm)

Bản cánh của dầm I tổ hợp, các bản thép và cánh thép góc nhô ra của mặt cắt I tổ hợp phải thỏa mãn:

$$\frac{b}{t} \leq 0,64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}} \quad (36)$$

Và:

$$0,35 \leq k_c \leq 0,76 \quad (37)$$

Trong đó:

$$k_c \leq \frac{4}{\sqrt{\frac{D}{t_w}}} \quad (38)$$

Với:

b = một nửa bề rộng bản cánh (mm)

D = chiều cao sườn dầm (mm)

Chiều dày vách của các ống thép kể cả thép mặt cắt rỗng HSS phải thỏa mãn:

$$\frac{D}{t} \leq 2,8 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (39)$$

trong đó:

D = đường kính ống (mm)

t = chiều dày ống (mm)

Đối với các cấu kiện khi thiết kế chịu nén và uốn đồng thời,  $F_y$  như sử dụng ở đây, có thể được thay bằng ứng suất nén tính toán lớn nhất do tải trọng dọc trục tính toán và mômen uốn xảy ra đồng thời, quan hệ tương tác phương trình của Điều 9.2.2 thay bằng quan hệ tính toán sau :

$$\frac{P_u}{P_r} + \frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \leq 1.0 \quad (40)$$

Trong đó:

$P_r$  = sức kháng chịu nén tính toán qui định ở Điều 9.2.1 (N)

$P_u$  = lực nén dọc trục do tải trọng tính toán

$M_{ry}$  = sức kháng uốn tính toán quanh trục x lấy bằng sức kháng uốn danh định quanh trục x tính theo qui định ở Điều 10, 11 hay 12 nhân với hệ số  $\phi_f$  (N.mm)

$M_{rx}$  = sức kháng uốn tính toán quanh trục y lấy bằng sức kháng uốn danh định quanh trục y tính như qui định ở Điều 12 nhân với hệ số  $\phi_f$  (N.mm)

$M_{ux}$  = mô men uốn quanh trục x do tải trọng tính toán (N.mm)

$M_{uy}$  = mô men uốn quanh trục y do tải trọng tính toán (N.mm)

Bảng 11- Hệ số ổn định của bản và bề rộng của bản khi chịu nén dọc trục

Các bản được đỡ dọc một mép (chi tiết không cứng)	k	b
Các bản cánh của thép hình cán I, T, U Các bản nhô ra từ mặt cắt thép hình I; và Các bản cánh chia ra của hai thép góc ghép tiếp xúc liên tục	0,56	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chiều rộng nửa bản cánh của các mặt cắt I</li> <li>Chiều rộng toàn bản cánh của các thép U</li> <li>Khoảng cách giữa mép tự do và hàng bulông thứ nhất hoặc các đường hàn trong các bản</li> <li>Toàn chiều rộng của cạnh bên nhô ra đối với các đôi thép góc ghép tựa tiếp xúc liên tục</li> </ul>
Các thân của thép T cán	0,75	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toàn chiều cao của T</li> </ul>
Cánh nhô ra của thép góc đơn Cánh nhô ra của thép góc đôi ghép không tựa tiếp xúc; và Tất cả các chi tiết khác không cứng	0,45	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toàn chiều rộng của cánh bên nhô ra đối với thanh thép góc đơn hoặc thanh thép góc đôi ghép rời (không tựa tiếp xúc)</li> <li>Toàn chiều rộng nhô ra đối với các cấu kiện khác</li> </ul>
Các bản được đỡ dọc theo hai mép (chi tiết cứng)	k	b
Các bản cánh và bản bụng của mặt cắt tổ hợp hộp và HSS hình vuông, chữ nhật; và Các bản nắp phủ bản cánh không khoét lỗ	1,40	<ul style="list-style-type: none"> <li>Khoảng cách giữa các đường tim hàng bu lông liền kề hoặc đường hàn ở cánh của của mặt cắt hộp tổ hợp.</li> <li>Khoảng cách giữa các đường tim hàng bu lông liền kề hoặc cự ly tịnh giữa các cánh khi hàn ở các thành của mặt cắt hộp tổ hợp</li> <li>Khoảng cách tịnh giữa các cánh hộp trừ đi bán kính trong của các phía của mặt cắt HSS. Dùng kích thước bao ngoài trừ 3 lần chiều dày thành thích hợp qui định ở Điều 12.2.2.2 nếu không biết trị số bán kính góc</li> <li>Khoảng cách giữa các đường hàn hay bu lông nối các bản nắp</li> </ul>
Các bản bụng của mặt cắt I, U và các chi tiết cấu kiện cứng khác	1,49	<ul style="list-style-type: none"> <li>Khoảng cách tịnh giữa các bản cánh trừ đi các chiều dày chân hoặc bán kính góc đường hàn ở các cánh đối với các bản bụng của các thép hình I và U cán</li> <li>Khoảng cách giữa các hàng bu lông hoặc khoảng cách tịnh các cánh khi hàn vào bụng cho các mặt cắt tổ hợp hình I và U</li> <li>Khoảng cách tịnh giữa các đỡ mép đối với tất cả các cấu kiện khác</li> </ul>
Các bản nắp có khoét lỗ	1,86	<ul style="list-style-type: none"> <li>Khoảng cách tịnh giữa các đỡ mép; xem thêm đoạn cuối của Điều 9.4.3.2</li> </ul>

#### 9.4.2.2 Các chi tiết cấu kiện mảnh

Các chi tiết cấu kiện không thỏa mãn giới hạn độ mảnh qui định tại Điều 9.4.2.1 sẽ được phân loại thành chi tiết mảnh và phải tuân theo các yêu cầu qui định tại Điều này.

Với các mặt cắt ngang của cấu kiện chịu nén được hình thành bởi chỉ các chi tiết mảnh không tăng cường, hệ số chiết giảm chi tiết mảnh  $Q$  được qui định ở Điều 9.4.1.1 sẽ lấy bằng hệ số cho các chi tiết không tăng cường,  $Q_s$ .  $Q_s$  phải lấy giá trị nhỏ nhất trong số tất cả

các chi tiết trong mặt cắt ngang. Đối với mặt cắt của cầu kiện chịu nén được cấu thành chỉ bằng các chi tiết cứng, giá trị của  $Q$  lấy bằng hệ số của các chi tiết cứng,  $Q_a$ . Đối với mặt cắt cầu kiện chịu nén được cấu thành bởi cả chi tiết mảnh và chi tiết cứng thì giá trị  $Q$  lấy bằng tích số của  $Q_s$  và  $Q_a$ .

Đối với các chi tiết mảnh không tăng cứng  $Q_s$  phải lấy như sau :

- Đối với cánh của mặt cắt thép cán hình I, T, U; các bản nhô ra từ mặt cắt I; và các cánh nhô ra của thép góc ghép đôi cánh tựa liên tục :

$$\circ \text{ Nếu } 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ thì}$$

$$Q_s = 1,415 - 0,74 \left( \frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (41)$$

$$\circ \text{ Nếu } \frac{b}{t} > 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ thì}$$

$$Q_s = \frac{0,69E}{F_y \left( \frac{b}{t} \right)^2} \quad (42)$$

- Với thân của thép cán hình T:

$$\circ \text{ Nếu } 0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ thì}$$

$$Q_s = 1,908 - 1,22 \left( \frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (43)$$

$$\circ \text{ Nếu } \frac{b}{t} > 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ thì}$$

$$Q_s = \frac{0,69E}{F_y \left( \frac{b}{t} \right)^2} \quad (44)$$

- Đối với cánh chia ra của thép góc đơn; cánh chia ra của thép góc đôi tổ hợp không tựa sát và tất cả các chi tiết không cứng khác:

$$\circ \text{ Nếu } 0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ thì}$$

$$Q_s = 1,34 - 0,76 \left( \frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (45)$$

o Nếu  $\frac{b}{t} > 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  thì

$$Q_s = \frac{0,53E}{F_y \left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (46)$$

- Đối với cánh của mặt cắt thép I tổ hợp; các bản hoặc cánh thép góc nhô ra từ mặt cắt I tổ hợp:

o Nếu  $0,64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 1,17 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$  thì

$$Q_s = 1,415 - 0,65 \left(\frac{b}{t}\right) \sqrt{\frac{F_y}{k_c E}} \quad (47)$$

o Nếu  $\frac{b}{t} > 1,17 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$  thì

$$Q_s = \frac{0,90 k_c E}{F_y \left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (48)$$

Đối với các chi tiết mảnh được tăng cứng, trừ các ống thép và thép mặt cắt hình tròn rỗng HSS,  $Q_s$  được lấy như sau:

$$Q_s = \frac{A_{eff}}{A} \quad (49)$$

Trong đó :

A = Diện tích nguyên của mặt cắt cấu kiện (mm<sup>2</sup>)

$A_{eff}$  = Tổng các diện tích có hiệu của mặt cắt ngang xét tới chiết giảm chiều rộng có hiệu của từng chi tiết mảnh được tăng cứng trong mặt cắt =  $A - \sum (b - b_e)$  (mm<sup>2</sup>)

Chiều rộng có hiệu  $b_e$  được xác định như sau :

- Đối với các bản mặt hộp của mặt cắt hộp chữ nhật và vuông và các thép hộp rỗng HSS có chiều dày đồng nhất và các bản nắp không khoét lỗ :

$$b_e = 1,92t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[ 1 - \frac{0,38}{(b/t)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad (50)$$

- Đối với các bản bụng, các bản nắp khoét lỗ và tất cả chi tiết tăng cường khác:

$$b_e = 1,92t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[ 1 - \frac{0,34}{(b/t)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad (51)$$

Trong đó :

$$f = Q_s F_y \text{ (MPa)}$$

Khi tất cả các chi tiết không tăng cường, mặt cắt ngang thuộc loại không mảnh,  $Q_s=1,0$ .

Đối với ống thép, kể cả thép mặt cắt rỗng HSS tròn có  $D/t$  không vượt quá  $0,45E/F_y$ ,  $Q_s$  xác định như sau:

$$Q_s = \frac{0,038E}{F_y(D/t)} + \frac{2}{3} \quad (52)$$

Trong đó:  $b$ ,  $D$ ,  $t$  và  $k_c$  được lấy theo qui định trong Điều 9.4.2.1 cho các chi tiết của cấu kiện được xem xét.

### 9.4.3 Các cấu kiện tổ hợp

#### 9.4.3.1 Tổng quát

Phải áp dụng các quy định của Điều 9.4.2. Với các cấu kiện tổ hợp gồm hai hoặc nhiều hơn nhánh thép hình, tỷ số độ mảnh của mỗi thép hình thành phần được nối với nhau bởi bu lông hoặc hàn không được lớn hơn 75% tỷ số độ mảnh không chế của cấu kiện tổ hợp. Phải dùng bán kính quán tính nhỏ nhất để tính tỷ số độ mảnh của nhánh thép hình trên phạm vi chiều dài giữa các giằng liên kết.

Hệ giằng có thể là các thanh dẹt, thép góc, thép U, hoặc các thép hình khác được dùng làm thanh giằng, hoặc bản giằng phải được bố trí sao cho tỷ số độ mảnh của các nhánh thép hình giữa các điểm giằng không lớn hơn 75% độ mảnh không chế của cấu kiện tổ hợp.

Sức kháng nén danh định của cấu kiện tổ hợp từ hai hay nhiều thép hình xác định theo Điều 9.4.1 phải được điều chỉnh như sau. Nếu dạng thức mất ổn định gây ra biến dạng tương đối làm xuất hiện lực cắt trong giằng liên kết giữa các nhánh thép hình,  $K\lambda/r$  phải được thay bằng  $(K\lambda/r)_m$  được xác định như sau với các hệ giằng liên kết kiểu hàn hoặc bu lông cường độ cao:

$$\left( \frac{K\lambda}{r} \right)_m = \sqrt{\left( \frac{K\lambda}{r} \right)_0^2 + 0,82 \left( \frac{\alpha^2}{1+\alpha^2} \right) \left( \frac{a}{r_{ib}} \right)^2} \quad (53)$$

Trong đó:

$$\left( \frac{K\lambda}{r} \right)_m = \text{tỷ số độ mảnh điều chỉnh của cấu kiện tổ hợp}$$

$\left(\frac{K\lambda}{r}\right)_0$  = tỷ số độ mảnh của cấu kiện tổ hợp làm việc như một bộ phận đồng nhất trong phương mất ổn định xét đến

$\alpha$  = hệ số phân bố =  $h/2r_b$

$a$  = khoảng cách giữa các liên kết (mm)

$r_b$  = bán kính quán tính của một nhánh thép hình riêng biệt đối với trục đi qua trọng tâm của nó và song song với trục của cấu kiện bị mất ổn định (mm)

$h$  = khoảng cách giữa trọng tâm của các thép hình riêng với trục mất ổn định của cấu kiện theo phương vuông góc (mm)

#### 9.4.3.2 Các bản khoét lỗ

Các bản khoét lỗ phải thỏa mãn các qui định của các Điều 9.4.2 và 8.5.2 và phải được thiết kế cho tổng lực cắt do các tải trọng tính toán và một lực cắt phụ lấy như sau:

$$V = \frac{P_r}{100} \left[ \frac{100}{(\lambda/r) + 10} + \frac{8,8 (\lambda/r) F_y}{E} \right] \quad (54)$$

trong đó:

$V$  = lực cắt phụ thêm (N)

$P_r$  = sức kháng nén tính toán quy định trong các Điều 9.2.1 và 9.2.2 (N)

$l$  = chiều dài cấu kiện (mm)

$r$  = bán kính hồi chuyển theo trục thẳng góc đến bản khoét lỗ (mm)

$F_y$  = cường độ chảy quy định tối thiểu (MPa)

Bên cạnh việc kiểm tra theo qui định của Điều 9.4.2.1 về khoảng cách tịnh giữa hai gờ đỡ mép của bản nắp khoét lỗ với việc dùng hệ số ổn định của bản  $k$  bằng 1,86, thì qui định của Điều 9.4.2.1 cũng yêu cầu phải kiểm tra riêng điều kiện chiều rộng nhô ra từ mép của bản khoét lỗ tới gờ đỡ tựa một bên với việc sử dụng hệ số ổn định của bản  $k$  bằng 0,45.

#### 9.4.4 Cấu kiện thép góc đơn

Các thép góc đơn chịu nén uốn đồng thời xung quanh một trục hoặc cả hai trục chính của nó phải thỏa mãn tất cả các điều kiện sau:

- Liên kết ở đầu thép góc vào một cánh bằng hàn hoặc bằng ít nhất là 2 bu lông;
- Thép góc chịu tải trọng nén qua đầu thép góc ở cùng cánh được liên kết;
- Thép góc không chịu bất kỳ một lực ngang nào
- Nếu thép góc là một thanh bụng của dàn, thì tất cả các thanh bụng dàn liền kề phải được liên kết vào cùng một phía mặt của bản nút hay thanh mạ.

Thanh thép góc có thể được thiết kế như một cấu kiện chịu nén theo điều kiện ổn định uốn như qui định của các Điều 9.2.1, 9.4.1.1 và 9.4.1.2 với giá trị tỷ số độ mảnh có hiệu,  $(K\lambda/r)_{eff}$ , được qui định sau đây để xác định sức kháng danh định chịu nén,  $P_n$ :

- Đối với thép góc đều cánh và thép góc không đều cánh có liên kết ở cánh rộng hơn:



- o Nếu  $\frac{l}{r_x} \leq 80$  thì

$$\left(\frac{K\lambda}{r}\right)_{eff} = 72 + 0,75 \frac{\lambda}{r_x} \left(\frac{K\lambda}{r}\right)_{eff} \quad (55)$$

- o Nếu  $\frac{l}{r_x} > 80$

$$\left(\frac{K\lambda}{r}\right)_{eff} = 32 + 1,25 \frac{\lambda}{r_x} \quad (56)$$

• Đối với thép góc không đều cánh mà liên kết nối đặt ở cánh hẹp hơn và tỷ lệ giữa các bề rộng cánh nhỏ hơn 1,7:

- o Nếu  $\frac{l}{r_x} \leq 80$  thì

$$\left(\frac{K\lambda}{r}\right)_{eff} = 72 + 0,75 \frac{\lambda}{r_x} + 4 \left[ \left(\frac{b_\lambda}{b_s}\right)^2 - 1 \right] \geq 0,95 \frac{\lambda}{r_x} \quad (57)$$

- o Nếu  $\frac{l}{r_x} > 80$

$$\left(\frac{K\lambda}{r}\right)_{eff} = 32 + 1,25 \frac{\lambda}{r_x} + 4 \left[ \left(\frac{b_\lambda}{b_s}\right)^2 - 1 \right] \geq 0,95 \frac{\lambda}{r_x} \quad (58)$$

Trong đó :

$b_1$  = bề rộng của cánh rộng hơn trong thép góc không đều cánh (mm)

$b_s$  = bề rộng của cánh hẹp hơn trong thép góc không đều cánh (mm)

$l$  = cự ly giữa 2 điểm tựa của các liên kết ở hai đầu của thép góc (mm)

$r_x$  = bán kính quán tính xung quanh trục hình học của thép góc song song với cánh được liên kết (mm)

$r_z$  = bán kính quán tính xung quanh trục thứ yếu của thép góc (mm)

Tỷ số độ mảnh lớn nhất thực tế của thép góc không được lớn hơn giới hạn tỷ số độ mảnh đã qui định ở Điều 9.3. Các thép góc đơn được thiết kế với  $\left(\frac{K\lambda}{r}\right)_{eff}$  không phải kiểm toán ổn định chịu uốn kết hợp xoắn.

## 9.5 CÁC CẤU KIỆN LIÊN HỢP

### 9.5.1 Sức kháng nén danh định

Các quy định của Điều này áp dụng cho các cột liên hợp không chịu uốn. Các quy định của Điều 12.2.3 áp dụng cho các cột liên hợp chịu uốn. Các quy định trong các Điều 9.6 và 12.2.3.3 qui định phương pháp thiết kế ống thép nhồi bê tông (CFSTs) chịu nén hoặc chịu nén uốn kết hợp.

Cột có mặt cắt liên hợp thỏa mãn các quy định của Điều 9.5.2 thì sức kháng nén danh định phải được tính như sau:

$$\text{Nếu } \lambda \leq 2,25 \text{ thì } P_n = 0,66^\lambda F_e A_s \quad (59)$$

$$\text{Nếu } \lambda > 2,25 \text{ thì } P_n = \frac{0,88F_e A_s}{l} \quad (60)$$

với :

$$\lambda = \left[ \frac{K\lambda}{r_s \pi} \right]^2 \frac{F_e}{E_c} \quad (61)$$

$$F_e = F_y + C_1 F_{yr} \left( \frac{A_r}{A_s} \right) + C_2 f'_c \left( \frac{A_c}{A_s} \right) \quad (62)$$

$$E_e = E \left[ 1 + \left( \frac{C_3}{n} \right) \left( \frac{A_c}{A_s} \right) \right] \quad (63)$$

trong đó :

- $A_s$  = diện tích mặt cắt ngang của mặt cắt thép ( $\text{mm}^2$ )
- $A_c$  = diện tích mặt cắt ngang của bê tông ( $\text{mm}^2$ )
- $A_r$  = tổng diện tích mặt cắt ngang của cốt thép dọc ( $\text{mm}^2$ )
- $F_y$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của mặt cắt thép (MPa)
- $F_{yr}$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của cốt thép dọc (MPa)
- $f'_c$  = cường độ nén 28 ngày nhỏ nhất quy định của bê tông (MPa)
- $E$  = môđun đàn hồi của thép (MPa)
- $l$  = chiều dài không giằng của cột (mm)
- $K$  = hệ số chiều dài có hiệu theo quy định trong Điều 6.2.5 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này
- $n$  = tỷ số môđun của bê tông theo quy định trong Điều 10.5.1.1.2
- $r_s$  = bán kính quán tính của mặt cắt thép trong mặt phẳng uốn, nhưng không nhỏ hơn 0,3 lần chiều rộng của bộ phận liên hợp trong mặt phẳng uốn đối với các thép hình được bọc bê tông liên hợp (mm)
- $C_1, C_2, C_3$  = hằng số cột liên hợp được quy định trong Bảng 12.

**Bảng 12 - Các hằng số cột liên hợp**

	Các ống nhồi bê tông	Các thép hình được bọc
C <sub>1</sub>	1,0	0,70
C <sub>2</sub>	0,85	0,60
C <sub>3</sub>	0,40	0,20

Khi xác định khuyếch đại mômen cho các cấu kiện liên hợp chịu nén dọc trục và uốn kết hợp theo phương pháp điều chỉnh gần đúng một bước quy định trong Điều 5.3.2.2.2 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này, phải áp dụng Phương trình sau đây:

$$P_e = \frac{A_s F_e}{\lambda} \quad (64)$$

### 9.5.2 Các giới hạn

#### 9.5.2.1 Tổng quát

Sức kháng nén phải được tính toán phù hợp với Điều 9.5.1, nếu diện tích mặt cắt ngang của mặt cắt thép gồm ít nhất 4% tổng diện tích mặt cắt ngang của cột.

Sức kháng nén phải được tính toán như là cột bê tông cốt thép trong Phần 5 bộ tiêu chuẩn này, nếu diện tích mặt cắt ngang của thép hình hoặc ống nhỏ hơn 4% tổng diện tích mặt cắt ngang.

Cường độ nén của bê tông phải ở trong khoảng 20 MPa và 55 MPa.

Cường độ chảy quy định tối thiểu của mặt cắt thép và cốt thép dọc sử dụng để tính sức kháng nén danh định phải không vượt quá 420 MPa.

Sự truyền tải cả tải trọng trong cột liên hợp phải được xem xét trong thiết kế các bộ phận đỡ chân cột.

Mặt cắt ngang phải có ít nhất một trục đối xứng

#### 9.5.2.2 Các ống nhồi bê tông

Các yêu cầu về chiều dày của vách đối với các ống thép không nhồi quy định trong Điều 9.4.2 phải áp dụng cho các ống thép liên hợp nhồi bê tông.

#### 9.5.2.3 Các thép hình bọc bê tông

Các thép hình bọc bê tông phải được tăng cường bằng cốt thép dọc và ngang. Bố trí cốt thép phải theo các quy định của Điều 7.4.6 Phần 5 bộ tiêu chuẩn này, trừ khoảng cách thẳng đứng của các thanh cốt đai phải không được vượt quá trị số nhỏ nhất của:

- 16 lần đường kính thanh thép dọc
- 48 lần đường kính thanh cốt thép giằng hoặc
- 0,5 kích thước cạnh nhỏ nhất của cấu kiện liên hợp

Nhiều thép hình trong cùng mặt cắt ngang của một cột liên hợp phải được liên kết với nhau bằng các dải giằng và các bản giằng để phòng oằn mất ổn định các thép hình riêng lẻ trước khi bê tông đông cứng.

## 9.6 ỐNG THÉP NHỒI BÊ TÔNG LIÊN HỢP (CFSTs)

### 9.6.1 Tổng quát

Các qui định của Điều này cùng với Điều 12.2.3.3 dùng để thiết kế ống thép nhồi bê tông liên hợp (CFSTs) có hoặc không bố trí cốt thép trong lòng ống chịu nén dọc trục hoặc chịu nén uốn kết hợp. CFSTs không nên dùng cho kết cấu chịu uốn thuần túy.

### 9.6.2 Các giới hạn cấu tạo

Ống thép dùng cho kết cấu ống thép nhồi bê tông phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Chỉ dùng ống thép tròn,
- Dùng ống tròn tạo bằng các thép bản cuộn với đường nối hàn theo đường xoắn ốc, các ống tạo bằng thép bản thẳng uốn tròn nối bằng đường hàn thẳng hoặc các ống thép không mối nối,
- Ống thép tròn có đường nối thẳng được dùng làm ống thép liên hợp nhồi bê tông (CFSTs) cho tất cả các ứng dụng với đường kính ngoài bằng 610mm hoặc nhỏ hơn. Ống thép tròn có đường hàn nối thẳng có đường kính ngoài lớn hơn 610mm được dùng khi bê tông nhồi là loại bê tông có phụ gia giảm co ngót, đạt tới mức co ngót tối đa là 0,04 % ở tuổi 28 ngày, thí nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM C157.
- Chiều dày thành ống phải thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{D}{t} \leq 0,15 \frac{E}{F_{yst}} \quad (65)$$

Trong đó:

$D$  = đường kính ngoài ống thép (mm)

$E$  = mô đun đàn hồi của ống thép (MPa)

$F_{yst}$  = cường độ chảy tối thiểu qui định của thép ống (MPa)

$t$  = chiều dày của thành ống thép (mm)

- Cường độ chịu nén tối thiểu của bê tông ở tuổi 28 ngày phải lớn hơn 21 MPa và  $0.075F_{yst}$

### 9.6.3 Nén và uốn kết hợp

#### 9.6.3.1 Tổng quát

Tải trọng nén dọc trục,  $P_u$ , tác dụng đồng thời với mô men uốn,  $M_u$ , được tính theo mức tải trọng tính toán bằng phương pháp giải tích đàn hồi phải thỏa mãn quan hệ tương tác P-M dựa trên ổn định lực nén tính toán. Đường cong sức kháng tính toán tương tác được xây dựng bằng cách áp dụng hệ số sức kháng,  $\phi_c$ , cho trường hợp nén uốn kết hợp của ống

thép nhồi bê tông liên hợp qui định trong Điều 5.4.2 cho đường cong tương tác P-M dựa trên ổn định chịu nén danh định như qui định tại Điều 9.6.3.4

### 9.6.3.2 Sức kháng nén dọc trục

Sức kháng nén tính toán,  $P_r$ , của cột ống thép nhồi bê tông CFST chịu nén dọc trục được xác định như sau:

$$P_r = \phi_c P_n \quad (66)$$

ở đây:

$\phi_c$  = hệ số sức kháng nén uốn kết hợp của cột liên hợp thép nhồi bê tông CFSTs như qui định tại Điều 5.4.2

$P_n$  = Sức kháng chịu nén danh định (MPa)

Sức kháng nén danh định của cột ống thép nhồi bê tông CFST chịu nén dọc trục phải được xác định theo các Phương trình từ 67 đến 72 như sau:

- Nếu  $P_e > 0,44P_0$ , thì:

$$P_n = 0,658P_0 \quad (67)$$

- Nếu  $P_e \leq 0,658P_0$  thì,

$$P_n = 0,877P_0 \quad (68)$$

Trong đó:

$$P_0 = 0,95f'_c A_c + F_{ys} A_{st} + F_{yb} A_{sb} \quad (69)$$

$$P_e = \frac{\pi^2 EI_{eff}}{(K\lambda)^2} \quad (70)$$

$$EI_{eff} = EI_{st} + EI_{si} + C'E_c I_c \quad (71)$$

$$C' = 0,15 + \frac{P}{P_0} + \frac{A_{st} + A_{sb}}{A_{st} + A_{sb} + A_c} \leq 0,9 \quad (72)$$

ở đây:

$A_{st}$  = diện tích mặt cắt ngang của ống thép ( $\text{mm}^2$ )

$A_{sb}$  = tổng diện tích mặt cắt ngang của các cốt thép bố trí trong lòng ống ( $\text{mm}^2$ )

$A_c$  = diện tích mặt cắt thực (trừ hao) của bê tông ( $\text{mm}^2$ )

$E_c$  = mô đun đàn hồi của bê tông (MPa)

$E$  = Mô đun đàn hồi của ống thép và cốt thép (MPa)

$EI_{eff}$  = độ cứng liên hợp có hiệu của ống thép nhồi bê tông CFST ( $\text{N} \cdot \text{mm}^2$ )

$F_{ys}$  = giới hạn chảy tối thiểu qui định của ống thép (MPa)

$F_{yb}$  = giới hạn chảy tối thiểu qui định của cốt thép (MPa)

$f'_c$  = cường độ chịu nén của bê tông ở tuổi 28-ngày (MPa)

$I_c$  = mô men quán tính của mặt cắt bê tông không nứt quanh trục trung hòa ( $\text{mm}^4$ )

$I_{st}$  = mô men quán tính của mặt cắt ống thép quanh trục trung hòa ( $\text{mm}^4$ )

$I_{si}$  = mô men quán tính của mặt cắt cốt thép quanh trục trung hòa ( $\text{mm}^4$ )

$K$  = hệ số chiều dài có hiệu như qui định tại Điều 6.2.5 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này

$l$  = chiều dài không có giằng của cột (mm)

$P$  = tải dọc trục không nhân hệ số (N)

$P_e$  = sức kháng tới hạn ổn định đàn hồi cho ổn định chịu uốn (N)

$P_n$  = sức kháng chịu nén danh định (N)

$P_0$  = sức kháng chịu nén của cột không xét đến ổn định (N)

### 9.6.3.3 Sức kháng nén uốn danh định

Sức kháng nén uốn danh định,  $M_n$ , của ống thép nhồi bê tông là hàm số của sức kháng nén danh định,  $P_n$ , được xác định như qui định tại Điều 12.2.3.3

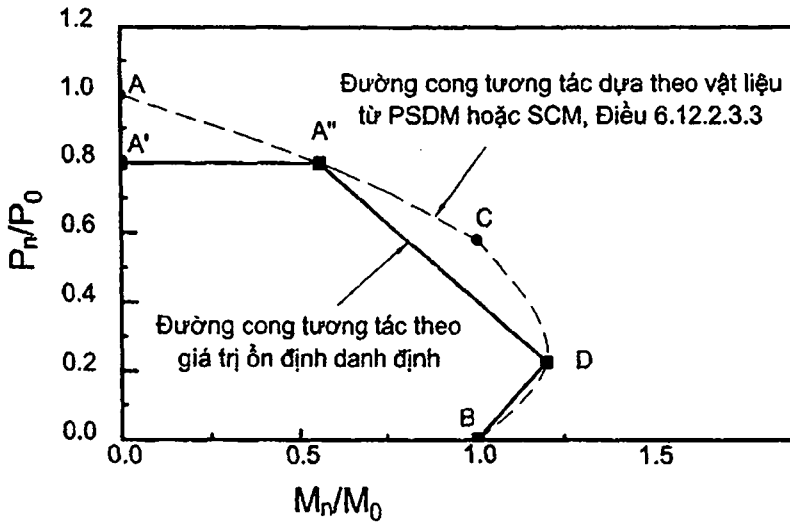
### 9.6.3.4 Đường cong quan hệ tương tác dựa trên ổn định nén danh định

Đường cong quan hệ tương tác dựa trên ổn định nén danh định P-M của ống thép nhồi bê tông được xây dựng bằng cách nối các điểm A', A'', D, và B, như minh họa trên Hình 1, trong đó:

- Điểm A có giá trị  $P_0$ , xác định theo qui định tại Điều 9.6.3.2,
- Điểm A' có giá trị sức kháng nén dọc trục không có mô men,  $P_n$ , xác định theo qui định tại Điều 9.6.3.2
- Điểm A'' là giao điểm của đường cong quan hệ tương tác theo vật liệu xác định theo qui định tại Điều 12.2.3.3 với đường nằm ngang đi qua điểm A'.
- Điểm B là giá trị sức kháng mô men đàn hồi liên hợp không có lực dọc trục,  $M_0$ , xác định theo qui định tại Điều 12.2.3.3,
- Điểm C là giá trị lực dọc trục,  $P_c$ , trên đường cong quan hệ tương tác theo vật liệu, xác định theo qui định tại Điều 12.2.3.3, giá trị này tương ứng với sức kháng mô men đàn hồi không lực dọc trục,  $M_0$  (điểm B).
- Điểm D nằm trên đường cong quan hệ tương tác vật liệu định theo qui định tại Điều 12.2.3.3 và được lấy là giá trị lực dọc trục,  $P_D$ , xác định như sau:

$$P_D = 0,5P_C \frac{P_n}{P_0} \quad (73)$$

Trong đó  $P_n$  xác định theo qui định tại Điều 9.6.3.2



Hình 1- Xây dựng đường cong tương tác P-M dựa trên ổn định danh định

## 10 CÁC MẶT CỨ I CHỊU UỐN

### 10.1 TỔNG QUÁT

Các qui định trong điều khoản này được áp dụng cho các kết cấu dầm cán cong hay chế tạo từng đoạn thẳng nối liên tục theo từng đoạn dây cung tạo cong, chịu uốn, có mặt cắt chữ I, đối xứng qua trục thẳng đứng nằm trong mặt phẳng của bản bụng dầm. Các quy định áp dụng cho dầm liên hợp hoặc không liên hợp, lai và không lai, có chiều cao thay đổi hoặc không đổi được định nghĩa và tuân theo các quy định từ Điều 10.1.1 đến Điều 10.1.8. Các quy định cũng áp dụng cho hiệu ứng tổ hợp uốn theo trục chính và uốn ngang cánh do bất kỳ tác động nào.

Tất cả các bộ phận mặt cắt I chịu uốn phải được thiết kế thỏa mãn các yêu cầu tối thiểu về:

- Các giới hạn tỷ lệ mặt cắt ngang được quy định tại Điều 10.2;
- Các yêu cầu về chế tạo lắp ráp, quy định tại Điều 10.3;
- Trạng thái giới hạn sử dụng được quy định tại Điều 10.4;
- Trạng thái giới hạn mỏi và nứt gãy được quy định tại Điều 10.5;
- Trạng thái giới hạn cường độ được quy định tại Điều 10.6.

Sức kháng ổn định cục bộ bản bụng trong kết cấu có bản bụng mảnh phải được xác định theo Điều 10.1.9. Hệ số chiết giảm cường độ bản cánh trong các dầm lai hoặc có bản bụng mảnh phải được xác định theo Điều 10.1.10.

Khung ngang và vách ngăn cho mặt cắt I phải thỏa mãn các quy định tại Điều 7.4. Khi được yêu cầu, giằng liên kết ngang cho hệ dầm mặt cắt I phải thỏa mãn quy định của Điều 7.5.

#### 10.1.1 Mặt cắt liên hợp

Các mặt cắt bao gồm thành phần bản bê tông cốt thép có khả năng làm việc hợp nhất và được liên kết chống trượt ngang với mặt cắt thép bằng các neo chống cắt được thiết kế theo quy định của Điều 10.10 phải được xem xét như là các mặt cắt liên hợp.

### 10.1.1.1 Ứng suất

#### 10.1.1.1.1 Trình tự chất tải

Ứng suất đàn hồi tại bất cứ vị trí nào trong mặt cắt liên hợp do tải trọng tác dụng phải được lấy là tổng của các ứng suất do tải trọng tác dụng riêng biệt trên:

- Mặt cắt thép,
- Mặt cắt liên hợp ngắn hạn và
- Mặt cắt liên hợp dài hạn.

Khi thi công không đà giáo đỡ, tính tải dài hạn tác dụng trước khi bản bê tông đông cứng hoặc được liên hợp phải được giả thiết là do mặt cắt thép chịu; các tính tải dài hạn và hoạt tải sau giai đoạn này phải giả thiết do mặt cắt liên hợp chịu. Khi thi công có đà giáo đỡ, tất cả tính tải dài hạn phải được giả thiết tác dụng sau khi bản bê tông đông cứng hoặc được liên hợp và hồ sơ thiết kế phải qui định điều này.

#### 10.1.1.1.2 Ứng suất trong mặt cắt tại vùng mô men uốn dương

Khi tính toán ứng suất trong mặt cắt chịu mô men uốn dương, mặt cắt liên hợp phải bao gồm mặt cắt thép và diện tích tính đổi của bề rộng có hiệu của bản bê tông. Bê tông ở phía chịu kéo của trục trung hòa sẽ không được tính ở trạng thái giới hạn cường độ.

Tải trọng tức thời được coi là tác động lên mặt cắt liên hợp ngắn hạn, diện tích bản bê tông phải được tính đổi bằng cách dùng tỷ số mô đun đàn hồi ngắn hạn,  $n$ . Các tải trọng dài hạn được giả thiết tác dụng lên mặt cắt liên hợp dài hạn, diện tích bản bê tông được tính đổi bằng cách sử dụng tỷ số mô đun đàn hồi dài hạn,  $3n$ . Khi mô men do tải trọng tức thời và tải trọng dài hạn là ngược dấu ở trạng thái giới hạn cường độ, mặt cắt liên hợp tương ứng có thể được sử dụng với mỗi mô men này nếu kết quả ứng suất thực trong bản bê tông do tổng của các mô men danh định là nén. Ngoài ra, phải theo các quy định tại Điều 10.1.1.1.3 để xác định ứng suất trong mặt cắt thép. Xác định ứng suất trong bản bê tông theo quy định tại Điều 10.1.1.1.4.

Tỷ số mô đun đàn hồi được lấy là:

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (74)$$

Trong đó:

$E_c$  = Mô đun đàn hồi của bê tông xác định theo Điều 4.2.4 Phần 5 bộ tiêu chuẩn này (MPa)

#### 10.1.1.1.3 Ứng suất trong mặt cắt trong vùng mô men uốn âm

Khi tính toán ứng suất uốn trong mặt cắt với mô men uốn âm, mặt cắt liên hợp cho cả mô men uốn dài hạn và ngắn hạn phải bao gồm mặt cắt thép và cốt thép dọc trong phạm vi bề



rộng có hiệu của bản bê tông, trừ các ngoại lệ được quy định tại Điều 6.1.2.1, Điều 10.1.1.1.4 hoặc Điều 10.4.2.1.

#### 10.1.1.1.4 Ứng suất trong bản bê tông

Khi tính toán ứng suất uốn dọc trong bản bê tông do tất cả tải trọng dài hạn hoặc tức thời, phải tính theo tỷ số mô đun đàn hồi ngắn hạn,  $n$ .

#### 10.1.1.1.5 Bề rộng có hiệu của bản bê tông

Xác định bề rộng có hiệu của bản bê tông theo qui định Điều 6.2.6 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này.

### 10.1.2 Mặt cắt không liên hợp

Các mặt cắt mà bản bê tông không liên kết với mặt cắt thép bằng neo chống cắt được thiết kế theo quy định tại Điều 10.10 phải xét như mặt cắt không liên hợp.

### 10.1.3 Mặt cắt lai

Cường độ chảy quy định tối thiểu của thép bản bụng không nhỏ hơn giá trị lớn hơn giữa 70% cường độ chảy quy định tối thiểu của thép bản cánh và 250 MPa.

Khi xác định sức kháng uốn và cắt của các bộ phận mặt cắt lai mà cường độ thép bản bụng lớn hơn cường độ thép của một hoặc cả hai bản cánh, cường độ chảy của bản bụng không được lấy giá trị lớn hơn 120% cường độ chảy quy định tối thiểu của thép bản cánh có cường độ nhỏ hơn.

### 10.1.4 Các cấu kiện có chiều cao bản bụng thay đổi

Phải xét đến hiệu ứng độ xiên của bản cánh dưới khi xác định ứng suất trong bản cánh dưới do uốn quanh trục chính của mặt cắt. Khi xét cân bằng tĩnh học, lực cắt trong bản bụng do tĩnh tải có thể được giảm do thành phần lực thẳng đứng trong bản cánh dưới.

Tại các điểm mà bản cánh dưới chuyển thành nằm ngang, phải xét đến thành phần lực thẳng đứng trong bản cánh truyền lên bản bụng.

### 10.1.5 Độ cứng

Các đặc trưng độ cứng sau đây phải xét đến khi giải tích các cấu kiện chịu uốn.

- Đối với tải trọng tác động lên mặt cắt không liên hợp: chỉ đặc trưng độ cứng của mặt cắt thép.
- Đối với tải trọng dài hạn tác động lên mặt cắt liên hợp: đặc trưng độ cứng của mặt cắt liên hợp dài hạn, giả thiết bản bê tông là có hiệu trên toàn chiều dài nhịp.

- Đối với tải trọng tức thời tác dụng lên mặt cắt liên hợp: đặc trưng độ cứng của mặt cắt liên hợp ngắn hạn, giả thiết bản bê tông là có hiệu trên toàn chiều dài nhịp.

### 10.1.6 Ứng suất trong bản cánh và mô men uốn trong cấu kiện

Khi kiểm toán sức kháng uốn theo điều kiện ổn định uốn xoắn ngang:

- Ứng suất  $f_{bu}$  phải lấy giá trị ứng suất nén lớn nhất trong chiều dài không giằng của bản cánh đang xét, được tính toán không xét uốn ngang bản cánh.
- Mô men  $M_u$  phải lấy giá trị mô men uốn quanh trục chính lớn nhất trên suốt chiều dài không giằng gây nên bản cánh đang xét.
- Ứng suất  $f_t$  phải lấy giá trị ứng suất lớn nhất do uốn ngang trên chiều dài không giằng của bản cánh đang xét.

Khi kiểm toán sức kháng uốn theo điều kiện giới hạn chảy, oằn cục bộ bản cánh hoặc uốn phình bản bụng,  $f_{bu}$ ,  $M_u$  và  $f_t$  có thể được xác định như các giá trị trên tại mặt cắt đang xét.

Giá trị  $f_{bu}$ ,  $M_u$  và  $f_t$  phải xác định theo tải trọng tính toán, và phải được lấy dấu dương trong tất cả các phương trình sức kháng.

Ứng suất uốn ngang trong bản cánh được giằng liên tục phải được lấy bằng không. Ứng suất uốn ngang trong bản cánh được giằng từng đoạn phải xác định bằng tính toán kết cấu. Tất cả các đoạn bản cánh được giằng phải thỏa mãn:

$$f_t \leq 0,6F_{yt} \quad (75)$$

Ứng suất uốn ngang trong bản cánh,  $f_t$ , có thể được xác định trực tiếp từ phân tích đàn hồi bậc nhất trong bản cánh chịu nén được giằng với khoảng cách:

$$L_b \leq 1,2L_p \sqrt{\frac{C_b R_b}{f_{bu} / F_{yc}}} \quad (76)$$

Hoặc tương đương:

$$L_b \leq 1,2L_p \sqrt{\frac{C_b R_b}{M_u / M_{yc}}} \quad (77)$$

Trong đó:

$C_b$  = Hệ số điều chỉnh biến thiên của mô men, xác định theo Điều 10.8.2.3 hoặc Điều A3.3 Phụ lục A, khi thích hợp.

$f_{bu}$  = giá trị lớn nhất của ứng suất nén trong chiều dài không giằng của bản cánh đang xét, không tính đến uốn ngang của bản cánh (MPa)

$L_b$  = chiều dài không giằng (mm)

- $L_p$  = giới hạn chiều dài không giằng xác định theo Điều 10.8.2.3 (mm)
- $M_u$  = giá trị mô men lớn nhất theo trục chính trong chiều dài không giằng gây nén bản cánh đang xét (N-mm)
- $M_{yc}$  = mô men chày tương ứng với bản cánh đang xét xác định theo Điều D2 Phụ lục D (N-mm)
- $R_b$  = hệ số phân tán tải trọng bản bụng được xác định theo Điều 10.1.10.2

Nếu Phương trình 76 hoặc 77, không thỏa mãn, phải xác định ứng suất uốn ngang của bản cánh chịu nén bằng phân tích đàn hồi bậc 2

Ứng suất uốn ngang của bản cánh chịu nén theo phân tích bậc hai có thể xác định gần đúng bằng cách tăng giá trị của phân tích bậc 1 với hệ số như sau:

$$f_{\lambda} = \left( \frac{0,85}{1 - \frac{f_{bu}}{F_{\sigma}}} \right) f_{\lambda} \geq f_{\lambda} \quad (78)$$

Hoặc tương đương:

$$f_{\lambda} = \left( \frac{0,85}{1 - \frac{M_u}{F_{\sigma} S_{xc}}} \right) \quad (79)$$

Trong đó:

- $f_{bu}$  = giá trị lớn nhất của ứng suất nén trong chiều dài không giằng của bản cánh đang xét, không tính đến uốn ngang của bản cánh (MPa)
- $f_{\lambda}$  = ứng suất uốn ngang trong bản cánh chịu nén theo phân tích bậc 1 tại mặt cắt đang xét, hoặc ứng suất uốn ngang lớn nhất trong bản cánh theo phân tích bậc 1 trong chiều dài không giằng, khi thích hợp (MPa)
- $F_{\sigma}$  = ứng suất uốn xoắn đàn hồi trong bản cánh được xác định theo Phương trình 140 hoặc A31 Phụ lục A. Phương trình A31 Phụ lục A có thể áp dụng chiều dài không giằng trong cầu dầm I thẳng có bản bụng đặc chắc hoặc không đặc chắc.
- $M_u$  = Giá trị mô men quanh trục chính lớn nhất trong chiều dài không giằng gây ra nén bản cánh đang xét (N-mm)
- $S_{xc}$  = mô đun mặt cắt đàn hồi với trục chính cho cánh chịu nén được lấy bằng  $M_{yc}/F_{yc}$  (mm<sup>3</sup>)

### 10.1.7 Cốt thép tối thiểu trong bản bê tông chịu mô men uốn âm

Khi ứng suất kéo dọc trong bản bê tông do tải trọng thi công tính toán hoặc tổ hợp tải trọng Sử dụng II qui định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này vượt quá  $\phi f_t$ , tổng diện tích của cốt thép dọc trong bản không được nhỏ hơn 1% tổng diện tích của bản bê tông.  $\phi$  lấy bằng 0,9 và  $f_t$  là cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông được xác định như sau:

- Đối với bê tông thường  $f_t = 0,24\sqrt{f_c}$
- Đối với bê tông nhẹ tính theo Điều 4.2.6 Phần 5 bộ tiêu chuẩn này

Ứng suất dọc trong bản bê tông phải lấy theo Điều 10.1.1.1.4. Phải bố trí cốt thép có cường độ chảy nhỏ nhất quy định không nhỏ hơn 400 MPa và đường kính không lớn hơn 20 mm.

Cốt thép chịu lực phải được bố trí thành hai lớp phân bố đều trong bề rộng bản, và hai phần ba lượng thép phải bố trí ở lớp trên. Khoảng cách giữa các thanh thép đơn không quá 300 mm.

Khi không bố trí neo chống cắt trong phạm vi có mô men âm, tất cả các cốt thép dọc phải được kéo dài vào vùng có mô men dương, vượt qua các neo chống cắt bổ sung theo qui định của Điều 10.10.3 một đoạn không ít hơn chiều dài triển khai như quy định trong Phần 5 bộ tiêu chuẩn này.

### 10.1.8 Nứt gãy mặt cắt có hiệu

Khi kiểm tra bộ phận chịu uốn ở trạng thái giới hạn cường độ hoặc khả năng thi công, phải áp dụng các yêu cầu bổ sung sau đây cho tất cả các mặt cắt ngang có khoét lỗ trong bản cánh chịu kéo:

$$f_t \leq 0,84 \left( \frac{A_n}{A_g} \right) F_u \leq F_{yt} \quad (80)$$

Trong đó:

$A_n$  = diện tích thực đã trừ lỗ của bản cánh chịu kéo xác định theo Điều 8.3 (mm<sup>2</sup>)

$A_g$  = diện tích tổng của bản cánh chịu kéo (mm<sup>2</sup>)

$f_t$  = ứng suất trên diện tích nguyên của bản cánh chịu kéo do tải trọng tính toán không tính đến uốn ngang trong bản cánh (MPa)

$F_u$  = cường độ chịu kéo đứt nhỏ nhất quy định của thép bản cánh chịu kéo theo Bảng 1 (MPa)

### 10.1.9 Sức kháng oằn của bản bụng

#### 10.1.9.1 Bản bụng không có sườn tăng cứng dọc

Sức kháng oằn danh định của bản bụng phải được tính như sau:

$$F_{crw} = \frac{0,9Ek}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2} \quad (81)$$

Nhưng không vượt quá giá trị nhỏ hơn giữa  $R_h F_{yc}$  và  $F_{yw}/0,7$ .

Trong đó:

$k$  = hệ số kháng oằn của bản bụng

$$= \frac{9}{(D_c/D)^2} \quad (82)$$

Trong đó:

$D_c$  = chiều cao của bản bụng chịu nén trong giới hạn đàn hồi (mm). Với mặt cắt liên hợp,  $D_c$  phải được xác định theo Điều D3.1 Phụ lục D.

$R_h$  = hệ số lai xác định theo Điều 10.1.10.1

Khi cả hai mép của bản bụng chịu nén,  $k$  phải lấy bằng 7,2.

#### 10.1.9.2 Bản bụng có sườn tăng cứng dọc

Thay cho một phân tích chính xác khác, sức kháng uốn oằn danh định có thể được xác định theo Phương trình 81, với hệ số ổn định lấy như sau:

- nếu  $\frac{d_s}{D_c} \geq 0,4$  thì:  $k = \frac{5,17}{(d_s/D)^2} \geq \frac{9}{(D_c/D)^2}$  (83)

- nếu  $\frac{d_s}{D_c} < 0,4$ , thì:  $k = \frac{11,64}{(D_c - d_s)^2}$  (84)

trong đó:

$d_s$  = khoảng cách từ tim của sườn tăng cứng dọc gần nhất hoặc cạnh của sườn tăng cứng bằng thép góc gần nhất tới mặt trong hoặc chân của cánh chịu nén (mm)

Khi cả hai mép của bản bụng đều chịu nén,  $k$  phải lấy bằng 7,2.

#### 10.1.10 Hệ số giảm cường độ bản cánh

##### 10.1.10.1 Hệ số lai, $R_h$

Với các thép hình cán, mặt cắt tổ hợp được làm từ thép đồng nhất và mặt cắt tổ hợp có thép bản bụng có cường độ cao hơn thép bản cánh,  $R_h$  phải được lấy là 1,0. Nếu không, thay cho một phân tích chính xác, hệ số lai có thể được lấy bằng:

$$R_h = \frac{12 + \beta(3\rho - \rho^3)}{12 + 2\beta} \quad (85)$$

Trong đó:

$$\beta = \frac{2D_n t_w}{A_{fn}} \quad (86)$$

$\rho$  = giá trị nhỏ hơn giữa  $F_{yw}/f_n$  và 1,0.

trong đó:

$A_{fn}$  = tổng của diện tích bản cánh và diện tích của các bản phủ phía ngoài trục trung hòa tương ứng với  $D_n$  (mm<sup>2</sup>). Với mặt cắt liên hợp chịu mô men uốn âm, diện tích cốt thép dọc có thể được tính gộp vào diện tích  $A_{fn}$  của bản cánh trên.

$D_n$  = khoảng cách lớn hơn từ trục trung hòa đàn hồi của mặt cắt tới mặt trong của hai bản cánh (mm). Với mặt cắt trục trung hòa nằm giữa bản bụng, khoảng cách từ trục trung hòa tới mặt trong của bản cánh nào có hiện tượng chảy trước.

$f_n$  = với các mặt cắt khi hiện tượng chảy xảy ra trong bản cánh trước, một bản phủ hoặc cốt thép dọc trên trục trung hòa phía tương ứng với  $D_n$ , giá trị lớn nhất của cường độ chảy nhỏ nhất quy định của mỗi thành phần đã nêu khi tính  $A_{fn}$  (MPa). Mặt khác, giá trị lớn nhất của ứng suất đàn hồi trong bản cánh, bản phủ hoặc cốt thép dọc phía ngoài của trục trung hòa tương ứng  $D_n$  khi hiện tượng chảy xuất hiện đầu tiên ở phía ngược lại của trục trung hòa.

#### 10.1.10.2 Hệ số phân tán tải trọng bản bụng, $R_b$

Khi kiểm tra khả năng thi công theo quy định của Điều 10.3.2, nếu:

- Mặt cắt là liên hợp và ở vùng chịu mô men dương, bản bụng thỏa mãn các yêu cầu của Điều 10.2.1.1 hoặc 11.2.1.2,

Hoặc:

- Một hoặc nhiều sườn tăng cứng dọc được bố trí và

$$\frac{D}{t_w} \leq 0,95 \sqrt{\frac{E_k}{F_{yc}}} \quad (87)$$

Hoặc:

- Bản bụng thỏa mãn:

$$\frac{2D_c}{t_w} \leq \lambda_{rw} \quad (88)$$

Thì,  $R_b$  phải được lấy là 1,0.

Nếu khác:

$$R_b = 1 - \left( \frac{a}{1200 + 300a_{wc}} \right) \left( \frac{2D_c}{t_w} - \lambda_{rw} \right) \leq 1,0 \quad (89)$$

Trong đó:

$\lambda_w$  = giới hạn độ mảnh của bụng không đặc chắc

$$= 5,7 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (90)$$

$a_{wc}$  = cho tất cả các mặt cắt trừ mặt cắt chỉ ra dưới đây, tỉ lệ của hai lần diện tích phần bản bụng chịu nén với diện tích bản cánh chịu nén

$$= \frac{2D_c t_w}{b_{fc} t_{fc}} \quad (91)$$

Đối với mặt cắt liên hợp có sườn tăng cứng dọc trong vùng mô men dương

$$= \frac{2D_c t_w}{b_{fc} t_{fc} + b_s t_s (1 - f_{DC1} / F_{yc}) / 3n} \quad (92)$$

Trong đó:

$b_s$  = bề rộng có hiệu của bản bê tông (mm)

$f_{DC1}$  = ứng suất nén trong bản cánh đang xét, không tính đến uốn ngang bản cánh và do tải trọng lâu dài tính toán tác động trước khi bản bê tông đông cứng hoặc liên hợp (MPa)

$k$  = hệ số uốn oằn của bản bụng xác định theo Điều 10.1.9.2

$n$  = tỷ số mô đun đàn hồi xác định theo Điều 10.1.1.1.2

$t_s$  = bề dày bản bê tông (mm)

$D_c$  = chiều cao của bản bụng chịu nén trong giới hạn đàn hồi (mm). Với mặt cắt liên hợp,  $D_c$  phải được xác định theo Điều D3.1 Phụ lục D

## 10.2 CÁC GIỚI HẠN KÍCH THƯỚC MẶT CẮT NGANG.

### 10.2.1 Các tỷ lệ bản bụng

#### 10.2.1.1 Bản bụng không có sườn tăng cứng dọc:

Bản bụng phải có tỷ lệ như sau:

$$\frac{D}{t_w} \leq 150 \quad (93)$$

#### 10.2.1.2 Bản bụng có sườn tăng cứng dọc

Bản bụng phải có tỷ lệ như sau:

$$\frac{D}{t_w} \leq 300 \quad (94)$$

## 10.2. 2. Các tỷ lệ bản cánh

Bản cánh chịu kéo và chịu nén phải có tỷ lệ như sau:

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 12,0 \quad (95)$$

$$b_f \geq D/6, \quad (96)$$

$$t_f \geq 1,1t_w, \quad (97)$$

Và:

$$0,1 \leq \frac{I_{yc}}{I_{yt}} \leq 10 \quad (98)$$

Trong đó:

$I_{yc}$  = mô men quán tính bản cánh chịu nén của mặt cắt thép với trục thẳng đứng đi qua bản bụng ( $\text{mm}^4$ )

$I_{yt}$  = mô men quán tính của bản cánh chịu kéo với trục thẳng đứng đi qua bản bụng ( $\text{mm}^4$ )

## 10.3 KIỂM TRA KHẢ NĂNG THI CÔNG

### 10.3.1 Tổng quát

Phải áp dụng các quy định của Điều 5.3 Phần 2 bộ tiêu chuẩn này. Hơn nữa kết cấu phải có cấu tạo đảm bảo cường độ, với điều kiện không cho phép dùng giới hạn chảy danh định hoặc dựa vào sức kháng sau oằn của các bộ phận chịu lực chính của kết cấu khi kiểm toán các giai đoạn thi công, chỉ cho phép bản bụng của mặt cắt lại làm việc đến chảy. Để đạt được mục đích này, phải thỏa mãn yêu cầu theo các quy định của Điều 10.3.2 và 10.3.3 ở mỗi giai đoạn thi công. Với các mặt cắt trong vùng mô men dương được liên hợp ở giai đoạn hoàn công, nhưng không được liên hợp trong quá trình thi công, phải áp dụng các quy định của Điều 10.3.4. Khi kiểm tra khả năng thi công của các cấu kiện chịu uốn, tất cả tải trọng phải được tính với hệ số theo Điều 4.2 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này. Khi tính toán độ võng, phải lấy hệ số tải trọng bằng 1,0.

Phải kiểm tra khả năng có lực nhỏ gối ở từng giai đoạn thi công.

Bản bụng không có sườn tăng cứng gối đỡ tại vị trí chịu lực tập trung không truyền qua bản hoặc hệ bản mặt cầu phải thỏa mãn các quy định của Điều D5 Phụ lục D.

Nếu bản cánh chịu kéo đang xét có lỗ khoét, bản cánh chịu kéo phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều 10.1.8.



Các mối nối bu lông chịu lực trong cấu kiện chịu uốn hoặc nối vào cấu kiện chịu uốn phải được cấu tạo để chống trượt do tải trọng tính toán ở mỗi giai đoạn thi công. Phải áp dụng các quy định của Điều 13.2.8 để kiểm tra trượt mối nối.

### 10.3.2 Sức kháng uốn

#### 10.3.2.1 Bản cánh chịu nén được giằng gián đoạn

Trong từng giai đoạn thi công, phải kiểm soát kết cấu theo các quy định sau. Với mặt cắt có bản bụng mảnh, không cần kiểm tra theo Phương trình 99 khi  $f_t$  bằng không. Với mặt cắt có bản bụng đặc chắc hay không, phải kiểm tra theo Phương trình 101.

$$f_{bu} + f_{\lambda} \leq \phi_f R_n F_{yc}, \quad (99)$$

$$f_{bu} + \frac{1}{3} f_{\lambda} \leq \phi_f R_n F_{nc}, \quad (100)$$

Và

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{crw} \quad (101)$$

Trong đó:

$\phi_f$  = hệ số sức kháng uốn theo Điều 5.4.2.

$f_{bu}$  = ứng suất trong bản cánh không tính đến uốn ngang theo Điều 10.1.6 (MPa)

$f_t$  = ứng suất trong bản cánh do uốn ngang theo Điều 10.1.6 (MPa)

$F_{crw}$  = sức kháng ổn định uốn danh định của bản bụng theo Điều 10.1.9 (MPa)

$F_{nc}$  = sức kháng uốn danh định của bản cánh (MPa). Phải tính  $F_{nc}$  theo Điều 10.8.2. Đối với mặt cắt chữ I có bản bụng đặc chắc hoặc không trong cầu dầm thẳng, sức kháng ổn định do uốn ngang  $M_{nc}$  xác định theo Điều A3.3 Phụ lục A chia cho  $S_{xc}$ . Khi tính toán  $F_{nc}$  trong giai đoạn thi công, phải lấy hệ số phân tán tải trọng bản bụng,  $R_b$ , là 1,0.

$M_{yc}$  = mô men chảy tương ứng với bản cánh chịu nén xác định theo Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$R_n$  = hệ số lai xác định theo Điều 10.1.10.1

$S_{xc}$  = mô đun mặt cắt đàn hồi theo trục chính của mặt cắt cho cánh chịu nén lấy bằng  $M_{yc}/F_{yc}$  (mm<sup>3</sup>)

#### 10.3.2.2 Bản cánh chịu kéo được giằng gián đoạn

Trong các giai đoạn thi công, ứng suất bản cánh phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$f_{bu} + f_{\lambda} \leq \phi_f R_n F_{yt} \quad (102)$$

**10.3.2.3 Bản cánh chịu kéo hoặc nén được giằng liên tục**

Trong các giai đoạn thi công, ứng suất bản cánh phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$f_{bu} \leq \phi_f R_h F_{yf} \quad (103)$$

Với mặt cắt không liên hợp có bản bụng mảnh, bản cánh chịu nén phải thỏa mãn điều kiện theo Phương trình 101.

**10.3.2.4 Bản bê tông**

Ứng suất kéo dọc trục trong bản bê tông liên hợp do tải trọng tính toán không được vượt quá  $\phi_f$  trong tất cả các giai đoạn thi công, trừ khi bố trí cốt thép dọc, theo Điều 10.1.7. Ứng suất trong bản bê tông phải xác định theo Điều 10.1.1.1.4,  $\phi$  và  $f_r$  được lấy theo Điều 10.1.7.

**10.3.3 Sức kháng cắt**

Trong tất cả các giai đoạn thi công, sức kháng cắt của bản bụng phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

$$V_u \leq \phi_v V_{cr} \quad (104)$$

Trong đó:

$\phi_v$  = hệ số sức kháng cắt theo Điều 5.4.2

$V_u$  = lực cắt trong bản bụng tại mặt cắt đang xét do tải trọng dài hạn tính toán và tải trọng thi công tác dụng lên mặt cắt không liên hợp (N)

$V_{cr}$  = sức kháng cắt-chảy hoặc sức kháng cắt oằn xác định theo Phương trình 156 (N)

**10.3.4 Lắp đặt bản mặt cầu****10.3.4.1 Tổng quát**

Mặt cắt liên hợp vào giai đoạn kết cấu hoàn thành chịu uốn dương, nhưng không liên hợp trong quá trình thi công, phải kiểm tra uốn theo các quy định của Điều 10.3.2 trong suốt các giai đoạn lắp đặt bản mặt cầu.

Chỉ được dùng các đặc trưng hình học, chiều dài giằng và ứng suất của mặt cắt thép để tính sức kháng uốn danh định. Phải xem xét sự thay đổi của tải trọng, độ cứng và liên kết trong suốt các giai đoạn lắp đặt bản mặt cầu. Phải xét đến các hiệu ứng lực của giá đỡ phân hẳng của bản mặt cầu lên dầm ngoài.

**10.3.4.2 Độ gia tăng chuyển vị tổng thể của phiến dầm I mảnh**

Các qui định của Điều này phải được áp dụng cho các nhịp cầu dầm I với mặt cắt ngang có ba phiến dầm hoặc ít hơn được liên kết với nhau bằng các khung ngang hoặc các vách ngang và nó cũng phù hợp với cả hai điều kiện sau của dầm ở trạng thái không liên hợp trong khi thi công lắp đặt bê tông bản mặt cầu:

- Các phiến dầm không được giằng ngang bằng các kết cấu khác hoặc bằng các hệ giằng bên ngoài khác trong phạm vi nhịp; và
- Phiến dầm không có hệ giằng ngang lắp ở mức bản cánh dầm trước khi bê tông bản mặt cầu đông cứng.

Xem xét tất cả các dầm trong mặt cắt ngang của nhịp đang xét, tổng giá trị mô men uốn dương tính toán lớn nhất do thi công lắp đặt bản bê tông mặt cầu không được lớn hơn 50% của sức kháng ổn định xoắn ngang đàn hồi của toàn bộ nhịp dầm làm việc như một hệ thống. Sức kháng ổn định xoắn ngang đàn hồi của toàn bộ nhịp dầm làm việc như một hệ thống,  $M_{gs}$ , có thể được tính như sau:

$$M_{gs} = \frac{\pi^2 w_g E}{L^2} \sqrt{I_{eff} I_x} \quad (105)$$

Trong đó:

- Đối với các dầm đối xứng kép:

$$I_{eff} = I_y \quad (106)$$

- Đối với các dầm đối xứng đơn:

$$I_{eff} = I_{yc} + \left(\frac{t}{c}\right) I_{yt} \quad (107)$$

ở đây:

$C$  = khoảng cách từ trọng tâm của mặt cắt dầm thép không liên hợp đang xét tới trọng tâm của bản cánh chịu nén (mm). Khoảng cách này lấy giá trị dương.

$I_y$  = Mô men quán tính mặt cắt không liên hợp quanh trục của dầm đơn trong nhịp đang xét ( $\text{mm}^4$ )

$I_{yc}, I_{yt}$  = Mô men quán tính của bản cánh chịu nén, chịu kéo tương ứng quanh trục trọng tâm thẳng đứng của đơn nguyên dầm trong nhịp đang xét ( $\text{mm}^4$ )

$I_y$  = Mô men quán tính mặt cắt không liên hợp quanh trục trọng tâm thẳng đứng của đơn nguyên dầm trong nhịp đang xét ( $\text{mm}^4$ )

$L$  = chiều dài của nhịp xem xét (mm)

$t$  = khoảng cách từ trọng tâm của mặt cắt dầm thép không liên hợp tới trọng tâm bản cánh chịu kéo (mm). Khoảng cách này lấy giá trị dương.

$w_g$  = Khoảng cách giữa hai dầm đối với mặt cắt ngang có hai dầm hoặc cự ly giữa các dầm ngoài cùng trong hệ mặt cầu có ba dầm (mm)

Trong trường hợp tổng giá trị mô men uốn dương tính toán lớn nhất do thi công lắp đặt bản bê tông mặt cầu lớn hơn 50% của  $M_{gs}$ , phải xem xét thực hiện một trong các giải pháp:

- Xem xét bổ sung hệ giàng ngang nối ở mức mặt phẳng bản cánh trong phạm vi gần gối như qui định ở Điều 7.5.2;
- Có thể xem xét thay đổi thiết kế hệ thống để tăng cường độ cứng ; hoặc
- Có thể tính toán độ gia tăng chuyển vị do hiệu ứng thứ cấp của hệ dầm để đánh giá liệu nó có nằm trong phạm vi cho phép.

### 10.3.5 Độ võng do tĩnh tải

Phải theo các quy định của Điều 7.2,.

## 10.4 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN SỬ DỤNG

### 10.4.1 Biến dạng đàn hồi

Phải theo các quy định của Điều 5.2.6, Phần 2 bộ tiêu chuẩn này.

### 10.4.2 Biến dạng không hồi phục

#### 10.4.2.1 Tổng quát

Để kiểm tra theo qui định của Điều này, phải áp dụng tổ hợp tải trọng Sử dụng II qui định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này.

Có thể sử dụng các phương pháp sau để tính ứng suất trong kết cấu thép ở trạng thái giới hạn sử dụng II:

- Với các bộ phận mà neo chống cắt được bố trí trên suốt chiều dài của chúng và thỏa mãn các quy định của Điều 10.1.7, ứng suất uốn do tổ hợp tải trọng Sử dụng II tác dụng trên mặt cắt liên hợp có thể được tính theo mặt cắt liên hợp ngắn hạn hoặc dài hạn, khi thích hợp. Bản bê tông mặt cầu có thể coi là có hiệu với cả mô men uốn dương và âm với điều kiện ứng suất kéo dọc lớn nhất trong bản bê tông tại mặt cắt đang xét do tác dụng của tổ hợp tải trọng sử dụng II nhỏ hơn  $2f_c$ ,  $f_c$  là ứng suất kéo qui ước của bê tông qui định ở Điều 10.1.7
- Đối với các mặt cắt liên hợp trong vùng mô men âm mà ứng suất kéo lớn nhất trong bản bê tông lớn hơn  $2f_c$ , thì ứng suất uốn trong kết cấu thép gây ra bởi tổ hợp tải trọng sử dụng II sẽ được tính với mặt cắt bao gồm mặt cắt thép và cốt thép dọc trong phạm vi chiều rộng có hiệu của bản bê tông.
- Đối với các mặt cắt không liên hợp trong phạm vi mô men âm, chỉ lấy riêng đặc trưng hình học của mặt cắt thép để tính ứng suất uốn trong kết cấu thép.

Ứng suất kéo trong bản bê tông phải được tính theo qui định ở Điều 10.1.1.1.4.

**10.4.2.2 Biến dạng do uốn**

Để ngăn ngừa các biến dạng không hồi phục do hoạt tải gây ra, các bản cánh phải thỏa mãn yêu cầu sau.

Với bản cánh thép trên của mặt cắt liên hợp:

$$f_f \leq 0,95R_h F_{yf} \quad (108)$$

Với bản cánh thép dưới của mặt cắt liên hợp:

$$f_f + \frac{f_\lambda}{2} \leq 0,95R_h F_{yf} \quad (109)$$

Với cả hai bản cánh thép của mặt cắt không liên hợp:

$$f_f + \frac{f_\lambda}{2} \leq 0,80R_h F_{yf} \quad (110)$$

Trong đó:

$f_f$  = ứng suất trong bản cánh do tổ hợp tải trọng sử dụng II gây ra tại mặt cắt đang xét không tính đến tác dụng của uốn ngang (MPa)

$f_\lambda$  = ứng suất uốn ngang của bản cánh do tổ hợp tải trọng sử dụng II gây ra tại mặt cắt đang xét xác định theo Điều 10.1.6 (MPa)

$F_{yf}$  = cường độ chảy của thép bản cánh (MPa)

$R_h$  = hệ số lai được xác định theo Điều 10.1.10.1

Với các bộ phận chịu uốn nhịp liên tục trong cầu dầm I thẳng thỏa mãn yêu cầu của Điều B2 Phụ lục B, tỷ lệ phần trăm của mô men uốn âm do tổ hợp tải trọng Sử dụng II tại mặt cắt đỉnh trụ có thể được phân bố lại theo quy định của Điều B3 hoặc B6 Phụ lục B.

Với các mặt cắt liên hợp chịu uốn dương sử dụng trong thi công có chống đỡ, ứng suất nén trong bản bê tông do tổ hợp tải trọng sử dụng II xác định theo Điều 10.1.1.1.4, không được vượt quá  $0,6f_c$ .

Trừ các mặt cắt liên hợp chịu uốn dương có bản cánh thỏa mãn các qui định của Điều 10.2.1.1, tất cả các mặt cắt khác phải thỏa mãn quy định sau đây:

$$f_c \leq F_{cw} \quad (111)$$

Trong đó:

$f_c$  = ứng suất trong bản cánh do tổ hợp tải trọng sử dụng II gây ra tại mặt cắt đang xét không tính đến tác dụng của uốn ngang (MPa)

$F_{cw}$  = sức kháng uốn oằn danh định của bản bụng có hoặc không có sườn tăng cứng dọc được xác định theo Điều 10.1.9, với điều kiện thích hợp (MPa)

## 10.5 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN MỎI VÀ NỨT GỖY

### 10.5.1 Mỏi

Phải kiểm tra mỏi các chi tiết theo quy định trong Điều 6.1. Phải áp dụng tổ hợp tải trọng mỏi qui định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này và hoạt tải tính mỏi theo Điều 6.1.4 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này.

Với các dầm I cong trong cầu cong, phải kiểm tra biên độ ứng suất mỏi do uốn theo trục chính cộng với uốn ngang.

Phải kiểm tra khả năng chịu mỏi của neo chống cát quy định trong các Điều 10.10.2 và 10.10.3.

### 10.5.2 Nứt gãy

Các yêu cầu độ dai chống nứt gãy quy định trong hồ sơ thiết kế phải phù hợp với các quy định của Điều 6.2.

### 10.5.3 Các yêu cầu đặc biệt về mỏi quy định cho bản bụng

Theo yêu cầu của Điều này, tải trọng mỏi tính toán phải được xác định theo tổ hợp tải trọng mỏi I qui định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này, với hoạt tải tính mỏi theo Điều 6.1.4 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này.

Các khoang của bản bụng có sườn tăng cứng ngang, có hoặc không có sườn tăng cứng dọc, phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$V_u \leq V_{cr} \quad (112)$$

Trong đó:

$V_u$  = lực cắt trong bản bụng do tính tải dài hạn tiêu chuẩn và tải trọng mỏi tính toán (N)

$V_{cr}$  = sức kháng cắt cường độ chảy hoặc sức kháng ổn định chịu cắt xác định theo Phương trình 156 (N)

## 10.6 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN CƯỜNG ĐỘ

### 10.6.1 Tổng quát

Theo yêu cầu của Điều này, phải áp dụng tổ hợp tải trọng cường độ thích hợp theo Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này.

## 10.6.2 Các điều kiện kháng uốn của mặt cắt

### 10.6.2.1 Tổng quát

Nếu bản cánh chịu kéo có lỗ khoét tại vị trí đang xét thì bản cánh chịu kéo phải thỏa mãn các qui định của Điều 10.1.8.

### 10.6.2.2 Mặt cắt liên hợp chịu uốn dương

Phải xét các mặt cắt liên hợp của các dầm thép đặt theo đường dây cung liên tục hoặc dầm thép cong trong cầu cong như các mặt cắt không đặc chắc và kiểm tra theo các yêu cầu của Điều 10.7.2.

Phải xét các mặt cắt liên hợp trong cầu thẳng như là các mặt cắt liên hợp đặc chắc nếu chúng thỏa mãn các điều kiện sau:

- Cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản cánh không vượt quá 485 MPa,
- Bản bụng thỏa mãn các quy định của Điều 10.2.1.1,

Và:

- Mặt cắt thỏa mãn các giới hạn về độ mảnh bản bụng:

$$\frac{2D_{\varphi}}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (113)$$

Trong đó:

$D_{\varphi}$  = chiều cao bản bụng chịu nén khi tính mô men dẻo theo Điều D3.2 Phụ lục D (mm)

Mặt cắt đặc chắc phải thỏa mãn các qui định của Điều 10.7.1. Nếu không, phải xét mặt cắt như các mặt cắt không đặc chắc và kiểm tra theo các qui định của Điều 10.7.2.

Mặt cắt đặc chắc và không đặc chắc phải thỏa mãn các qui định về tính dẻo của Điều 10.7.3.

### 10.6.2.3 Mặt cắt không liên hợp chịu mô men âm và mặt cắt không liên hợp

Các mặt cắt liên hợp của các dầm thép đặt theo đường dây cung liên tục hoặc dầm thép cong trong cầu cong liên hợp phải thỏa mãn theo các qui định của Điều 10.8.

Các mặt cắt trong cầu thẳng mà gối của nó đặt trên đường vuông góc với tim cầu hoặc xiên không quá  $20^\circ$  và có bố trí các vách ngăn hoặc khung ngang ở giữa dầm theo đường song song với các đường tim đặt gối cầu thì cần thỏa mãn:

- Cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản cánh không vượt quá 485 MPa,
- Bản bụng thỏa mãn độ mảnh giới hạn không đặc chắc:

$$\frac{2D_c}{t_w} \leq 5,7 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (114)$$

Và:

- Bản cánh phải thỏa mãn các tỷ lệ sau:

$$\frac{I_{yc}}{I_{yt}} \geq 0.3 \quad (115)$$

Trong đó:

- $D_c$  = chiều cao của bản bụng chịu nén trong giới hạn đàn hồi (mm). Với mặt cắt liên hợp,  $D_c$  phải thỏa mãn các qui định của Điều D3.1 Phụ lục D.
- $I_{yc}$  = mô men quán tính của bản cánh thép chịu nén quanh trục thẳng đứng đi qua bản bụng ( $\text{mm}^4$ ).
- $I_{yt}$  = mô men quán tính của bản cánh thép chịu kéo quanh trục thẳng đứng đi qua bản bụng ( $\text{mm}^4$ ).

Có thể thỏa mãn các quy định cho mặt cắt có bản bụng đặc chắc hoặc không đặc chắc theo Phụ lục A. Mặt khác, mặt cắt phải thỏa mãn các quy định của Điều 10.8.

Với các bộ phận chịu uốn nhịp liên tục trong cầu thẳng thỏa mãn các quy định của Điều B2 Phụ lục B, một phần mô men uốn âm tại mặt cắt trên trụ có thể được phân bố lại theo phương pháp quy định trong Điều B4 hoặc B6 Phụ lục B.

### 10.6.3 Sức kháng cắt

Phải áp dụng các quy định của Điều 10.9

### 10.6.4 Neo chống cắt

Phải áp dụng các quy định của Điều 10.10.4.

## 10.7 SỨC KHÁNG UỐN CỦA MẶT CẮT LIÊN HỢP CHỊU MÔ MEN UỐN DƯƠNG

### 10.7.1 Mặt cắt đặc chắc

#### 10.7.1.1 Tổng quát

Ở trạng thái giới hạn cường độ, sức kháng uốn của mặt cắt phải thỏa mãn điều kiện:

$$M_u + \frac{1}{3} f_t S_{xt} \leq \phi_f M_n \quad (116)$$

Trong đó:

- $\phi_f$  = hệ số sức kháng uốn theo Điều 5.4.2
- $f_t$  = ứng suất uốn ngang trong bản cánh xác định theo Điều 10.1.6 (MPa)
- $M_n$  = sức kháng uốn danh định của mặt cắt xác định theo Điều 10.7.1.2 (N-mm)
- $M_u$  = mô men uốn quanh trục chính của mặt cắt xác định theo Điều 10.1.6 (N-mm)



$M_{yt}$  = Mô men chảy tính theo bản cánh chịu kéo xác định theo Điều D2 Phụ lục D  
(N-mm)

$S_{xt}$  = mô đun mặt cắt đàn hồi xung quang trục chính mặt cắt đối với bản cánh chịu kéo:  
 $M_{yt} F_{yt} (\text{mm}^3)$

### 10.7.1.2 Sức kháng uốn danh định

Sức kháng uốn danh định của mặt cắt phải được lấy bằng:

Nếu  $D_p \leq 0,1D_t$ , thì:

$$M_n = M_p \quad (117)$$

Nếu khác thì :

$$M_n = M_p \left( 1,07 - 0,7 \frac{D_p}{D_t} \right) \quad (118)$$

Trong đó:

$D_p$  = khoảng cách từ đỉnh của bản bê tông tới trục trọng tâm của mặt cắt liên hợp xuất hiện mô men dẻo (mm)

$D_t$  = tổng chiều cao của mặt cắt liên hợp (mm)

$M_p$  = Mô men dẻo của mặt cắt liên hợp xác định theo Điều D1 Phụ lục D (N-mm)

Trong nhịp dầm liên tục, sức kháng uốn danh định của mặt cắt phải thỏa mãn:

$$M_n \leq 1.3R_h M_y \quad (119)$$

Trong đó:

$M_n$  = sức kháng uốn danh định xác định theo các Phương trình 117 hoặc 118 (N-mm)

$M_y$  = mô men chảy xác định theo Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$R_h$  = hệ số lai xác định theo Điều 10.1.10.1

Trừ khi:

- nhịp đang xét và tất cả các mặt cắt gàn trụ giữa thỏa mãn các quy định của Điều B2 Phụ lục B,

và:

- giá trị phù hợp của  $\theta_{RL}$  theo Điều B2 Phụ lục B vượt 0,009 rad ở tất cả các mặt cắt gàn trụ giữa, trong trường hợp đó, sức kháng uốn danh định không bị giới hạn theo Phương trình 119.

### 10.7.2 Mặt cắt không đặc chắc

#### 10.7.2.1 Tổng quát

Bản cánh chịu nén ở trạng thái giới hạn cường độ phải thỏa mãn điều kiện:

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{nc} \quad (120)$$

Trong đó:

- $\phi_f$  = hệ số sức kháng cho uốn theo Điều 5.4.2  
 $f_{bu}$  = ứng suất trong bản cánh không tính đến uốn ngang bản cánh theo Điều 10.1.6 (MPa)  
 $F_{nc}$  = sức kháng uốn danh định của bản cánh chịu nén xác định theo Điều 10.7.2.2 (MPa)

Bản cánh chịu kéo phải thỏa mãn điều kiện:

$$f_{bu} + \frac{1}{3} f_{\lambda} \leq \phi_f F_m \quad (121)$$

Trong đó:

- $f_{\lambda}$  = ứng suất uốn ngang trong bản cánh xác định theo Điều 10.1.6 (MPa)  
 $F_m$  = sức kháng uốn danh định của bản cánh chịu kéo xác định theo Điều 10.7.2.2 (MPa)

Ứng suất nén cực đại trong bản bê tông ở trạng thái giới hạn cường độ, xác định theo Điều 10.1.1.1.4, không được vượt quá  $0,6f_c$ .

### 10.7.2.2 Sức kháng uốn danh định

Sức kháng uốn danh định của bản cánh chịu nén được tính như sau:

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (122)$$

Trong đó:

- $R_b$  = hệ số phân tán tải trọng bản bụng lấy theo Điều 10.1.10.2  
 $R_h$  = hệ số lai xác định theo Điều 10.1.10.1

Sức kháng uốn danh định của bản cánh chịu kéo phải tính bằng:

$$F_m = R_h F_{yt} \quad (123)$$

### 10.7.3 Yêu cầu về tính dẻo

Mặt cắt đặc chắc và không đặc chắc phải thỏa mãn điều kiện:

$$D_p \leq 0,42 D_t \quad (124)$$

Trong đó:

- $D_p$  = khoảng cách từ đỉnh của bản bê tông đến trục trung hòa của mặt cắt liên hợp khi xuất hiện mô men dẻo (mm)  
 $D_t$  = tổng chiều cao mặt cắt liên hợp (mm)

## 10.8 SỨC KHÁNG UỐN CỦA MẶT CẮT LIÊN HỢP CHỊU MÔ MEN ÂM VÀ MẶT CẮT

## KHÔNG LIÊN HỢP

**10.8.1 Tổng quát****10.8.1.1 Bàn cánh chịu nén có giằng gián đoạn**

Ở trạng thái giới hạn cường độ, ứng suất bản cánh phải đạt được điều kiện sau:

$$f_{bu} + \frac{1}{3}f_{\lambda} \leq \phi_f F_{nc} \quad (125)$$

Trong đó:

- $\phi_f$  = hệ số sức kháng cho uốn xác định theo Điều 5.4.2
- $f_{bu}$  = ứng suất trong bản cánh không tính đến uốn ngang bản cánh theo Điều 10.1.6 (MPa)
- $f_{\lambda}$  = ứng suất uốn ngang trong bản cánh xác định theo Điều 10.1.6 (MPa)
- $F_{nc}$  = sức kháng uốn danh định của bản cánh chịu kéo xác định theo Điều 10.8.2 (MPa)

**10.8.1.2 Bàn cánh chịu kéo có giằng gián đoạn**

Ở trạng thái giới hạn cường độ, ứng suất bản cánh phải được thỏa mãn điều kiện sau:

$$f_{bu} + \frac{1}{3}f_{\lambda} \leq \phi_f F_{nt} \quad (126)$$

Trong đó:

- $F_{nt}$  = sức kháng uốn danh định của bản cánh xác định theo Điều 10.8.3 (MPa)

**10.8.1.3 Bàn cánh chịu kéo hoặc nén có giằng liên tục**

Ở trạng thái giới hạn cường độ, ứng suất bản cánh phải được thỏa mãn điều kiện sau:

$$f_{bu} \leq \phi_f R_h F_{yf} \quad (127)$$

**10.8.2 Sức kháng uốn của bản cánh chịu nén****10.8.2.1 Tổng quát**

Phải kiểm tra điều kiện ổn định cục bộ và ổn định xoắn ngang theo Phương trình 125 với việc dùng giá trị  $F_{nc}$  thích hợp cho từng trường hợp như qui định ở Điều 10.8.2.2 và Điều 10.8.2.3.

**10.8.2.2 Sức kháng ổn định cục bộ**

Sức kháng uốn cục bộ của bản cánh chịu nén được xác định như sau:

- Nếu  $\lambda_r \leq \lambda_{rc}$ , thì:

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (128)$$

- Nếu khác thì:

$$F_{nc} = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}} \right) \left( \frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] R_b R_h F_{yc} \quad (129)$$

Trong đó:

$$\lambda_f = \text{tỷ số độ mảnh của cánh chịu nén} \\ = \frac{b_{fc}}{2l_{fc}} \quad (130)$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_{yr}}} \quad (131)$$

$$\lambda_{rf} = \text{giới hạn tỷ lệ độ mảnh cho bản cánh không đặc chắc} \\ = 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_{yr}}} \quad (132)$$

Trong đó :

$F_{yr}$  = ứng suất trong bản cánh chịu nén ngay khi bắt đầu xuất hiện chảy danh định trong phạm vi mặt cắt ngang, bao gồm cả hiệu ứng của ứng suất dư nhưng không tính đến ứng suất nén do uốn ngang bản cánh, lấy giá trị nhỏ hơn trong các giá trị  $0,7F_{yc}$  và  $F_{yw}$  nhưng không nhỏ hơn  $0,5F_{yc}$

$R_b$  = Hệ số phân tán tải trọng bản bụng xác định như qui định ở Điều 10.1.10.2

$R_h$  = Hệ số lai như qui định ở Điều 10.1.10.1

### 10.8.2.3 Sức kháng ổn định xoắn ngang

Sức kháng chịu ổn định xoắn ngang của bản cánh chịu nén có dạng hình lăng trụ trong phạm vi các chiều dài vùng không có giằng, được xác định như sau :

- Nếu  $L_b \leq L_p$  thì

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (133)$$

- Nếu  $L_p < L_b < L_r$  thì

$$F_{nc} = C_b \left[ 1 - \left( 1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}} \right) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] R_b R_h F_{yc} \leq R_b R_h F_{yc} \quad (134)$$

- Nếu  $L_b > L_r$  thì:

$$F_{nc} = F_{cr} \leq R_b R_h F_{yc} \quad (135)$$

Trong đó :

$L_p$  = chiều dài không giằng giới hạn để đạt được sức kháng uốn danh định  $R_b R_h F_{yc}$  dưới tác dụng của mô men uốn rải đều.

$$= 1,0r_t \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (136)$$

$L_r$  = chiều dài không giằng giới hạn để bắt đầu xuất hiện chảy danh định trong các cánh dưới tác dụng của của uốn phân bố đều có xét đến tác dụng của ứng suất dư trong cánh chịu nén

$$= \pi r_i \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (137)$$

$C_b$  = hệ số điều chỉnh biến thiên mô men, thay cho việc tính chi tiết,  $C_b$  có thể tính như sau

- Đối với cánh hẫng không có giằng và đối với cấu kiện có  $f_{mid}/f_2 > 1$  hoặc  $f_2 = 0$

$$C_b = 1,0 \quad (138)$$

- Với các trường hợp khác:

$$C_b = 1,75 - 1,05 \left( \frac{f_1}{f_2} \right) + 0,3 \left( \frac{f_1}{f_2} \right)^2 \leq 2,3 \quad (139)$$

$F_{cr}$  = ứng suất ổn định xoắn ngang đàn hồi (MPa)

$$= \frac{C_b R_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_i} \right)^2} \quad (140)$$

$r_i$  = bán kính quán tính có hiệu chịu ổn định xoắn ngang (mm)

$$= \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{3} \frac{Dt}{b_{fc} t_{fc}} \right)}} \quad (141)$$

Trong đó :

$F_y$  = ứng suất trong bản cánh chịu nén ngay khi bắt đầu xuất hiện chảy danh định trong phạm vi mặt cắt ngang, bao gồm cả hiệu ứng của ứng suất dư nhưng không tính đến ứng suất nén do uốn ngang bản cánh, lấy giá trị nhỏ hơn trong các giá trị  $0,7F_{yc}$  và  $F_{yw}$  nhưng không nhỏ hơn  $0,5F_{yc}$

$D_c$  = chiều cao phần bản bụng chịu nén trong phạm vi đàn hồi (mm).  $D_c$  của mặt cắt liên hợp xác định theo Điều D3.1 Phụ lục D

$f_{mid}$  = ứng suất không xét đến uốn ngang ở điểm giữa của đoạn bản cánh giữa hai điểm có giằng của bản cánh đang xem xét; nó được tính từ giá trị biểu đồ bao mô men gây ra ứng suất nén lớn nhất tại điểm này hoặc giá trị ứng suất kéo nhỏ nhất nếu tại điểm đó không bao giờ chịu nén (MPa). Giá trị  $f_{mid}$  phải tính với tải trọng tính toán và lấy dấu dương khi là ứng suất nén và âm khi là ứng suất kéo.

$f_0$  = ứng suất không tính đến uốn ngang ở tại điểm phía đối nghịch với điểm tương ứng với  $f_2$ , tính từ giá trị biểu đồ bao mô men tạo ra ứng suất nén lớn nhất tại điểm này của bản cánh đang xét hoặc là ứng suất kéo nhỏ nhất tại điểm này nếu không bao giờ xuất hiện ứng suất nén (MPa).  $f_0$  phải tính với tải trọng tính toán và lấy dấu dương khi nén, dấu âm khi kéo.

$f_1$  = ứng suất không tính đến uốn ngang ở điểm giằng đối nghịch với điểm tương ứng với  $f_2$  được tính như là đường chẵn bất lợi nhất của đường thẳng ứng suất giả thiết biến thiên tuyến tính qua các giá trị  $f_2$  với giá trị  $f_{mid}$  hoặc  $f_0$ , giá trị nào tạo ra  $C_b$  (MPa) nhỏ hơn,  $f_1$  có thể được xác định như sau:

- Khi sự biến thiên của mô men dọc theo chiều dài giữa 2 điểm giằng có hình dạng lõm thì

$$f_1 = f_0 \quad (142)$$

- Nếu khác thì

$$f_1 = 2f_{mid} - f_2 \geq f_0 \quad (143)$$

$f_2$  = trừ khi có chú thích ở dưới đây, ứng suất nén lớn nhất không xét đến uốn ngang ở hai đầu của đoạn không giằng của bản cánh đang xem xét được tính từ giá trị hình bao mô men không chế. (MPa)  $f_2$  phải tính với tải trọng tính toán và lấy dấu dương khi nén, dấu âm khi kéo.

$R_b$  = Hệ số phân tán tải trọng bản bụng được xác định như quy định của Điều 10.1.10.2

$R_h$  = Hệ số lai được xác định như qui định của Điều 10.1.10.1

Với mặt cắt liên hợp đối xứng hai bên trong phạm vi chiều dài không có giằng chịu mô men uốn ngược, phải kiểm tra sức kháng ổn định xoắn ngang cho cả hai bản cánh, trừ khi cánh trên được coi là giằng liên tục.

Đối với các bộ phận không có dạng hình lăng trụ trong phạm vi chiều dài không giằng thì sức kháng chịu ổn định xoắn ngang của bản cánh chịu nén  $F_{nc}$  ở mỗi mặt cắt trong phạm vi chiều dài không giằng được lấy giá trị sức kháng nhỏ nhất trong phạm vi không giằng xem xét xác định theo các Phương trình 133, 134, 135 với giả thiết trong phạm vi này bản cánh là hình lăng trụ. Trong trường hợp này, hệ số điều chỉnh mô men biến thiên  $C_b$  lấy bằng 1,0 và không điều chỉnh  $L_b$  bằng hệ số chiều dài có hiệu.

Nếu trong phạm vi chiều dài không giằng có sự chuyển tiếp tới một mặt cắt nhỏ hơn cách một đoạn nhỏ hơn hoặc bằng 20% chiều dài không giằng tính từ điểm giằng có mô men nhỏ hơn thì sức kháng chịu ổn định xoắn ngang có thể xác định theo giả thiết không có sự chuyển tiếp miễn là mô men quán tính ngang của bản cánh tại mặt cắt nhỏ hơn bằng hoặc lớn hơn một nửa giá trị tương ứng tại mặt cắt lớn hơn.

### 10.8.3 Sức kháng uốn của bản cánh chịu kéo

Sức kháng uốn danh định của bản cánh chịu kéo được xác định như sau:

$$F_n = R_h F_y \quad (144)$$

Trong đó:

$R_b$  = hệ số lai xác định như qui định tại Điều 10.1.10.1

## 10.9 SỨC KHÁNG CẮT

### 10.9.1 Tổng quát

Sức kháng cắt ở trạng thái giới hạn cường độ của các khoang bản bụng trong phạm vi dầm thẳng và cong phải thỏa mãn điều kiện:

$$V_r = \phi_v V_n \quad (145)$$

- $\phi_v$  = hệ số kháng cắt được quy định ở Điều 5.4.2  
 $V_n$  = sức kháng cắt danh định được quy định ở các Điều 10.9.2 và 10.9.3 lần lượt đối với các bản bụng không có sườn tăng cứng và có sườn tăng cứng (N)  
 $V_u$  = lực cắt trong bản bụng do tải trọng tính toán tại mặt cắt đang xét (N)

Các sườn tăng cứng ngang trung gian ở giữa phải được thiết kế theo quy định của Điều 10.11.1. Các sườn tăng cứng dọc phải được thiết kế theo quy định ở Điều 10.11.3.

Các khoang trong của bản bụng dầm không lai và dầm lai mặt cắt I:

- Khi không có sườn tăng cứng dọc và có các sườn tăng cứng ngang với khoảng cách không quá 3D hoặc
- Khi có một hoặc nhiều sườn tăng cứng dọc và có các sườn tăng cứng ngang với khoảng cách không quá 1,5D phải được xem như là bản bụng được tăng cứng và phải áp dụng các quy định của Điều 10.9.3. Nếu khác đi, phải được xem như là khoang bản bụng không được tăng cứng và phải áp dụng các quy định của Điều 10.9.2.

Với bản bụng được tăng cứng, các cấu tạo của khoang bản bụng ở đầu dầm phải theo quy định ở Điều 10.9.3.3

### 10.9.2 Sức kháng danh định của các bản bụng không được tăng cứng

Sức kháng cắt danh định của các bản bụng không được tăng cứng phải được lấy từ sức kháng cắt cường độ chảy hoặc sức kháng ổn định chịu cắt như sau:

$$V_n = V_{cr} = CV_p \quad (146)$$

Trong đó:

$$V_p = 0,58F_{yw}D_t w \quad (147)$$

Với:

- C = tỷ số sức kháng oằn chịu cắt với cường độ chảy do cắt xác định theo các Phương trình.151, 152 hoặc 153 khi thích hợp, với hệ số oằn do cắt, k, lấy bằng 5,0  
 $V_{cr}$  = sức kháng cắt theo cường độ chảy hoặc sức kháng ổn định chịu cắt (N)

$V_n$  = sức kháng cắt danh định (N)

$V_p$  = lực cắt dẻo (N)

### 10.9.3 Sức kháng danh định của các bản bụng được tăng cứng

#### 10.9.3.1 Tổng quát

Sức kháng cắt danh định của các khoang phía trong của bản bụng được tăng cứng bằng sườn ngang hoặc cả sườn ngang và sườn dọc phải được lấy bằng sức kháng cắt theo cường độ chảy hoặc tổng của sức kháng ổn định chịu cắt và sức kháng cắt sau mất ổn định oằn do sự làm việc của vùng chịu kéo như quy định trong các Điều 10.9.3.2. Sức kháng cắt danh định của các khoang biên (đầu dầm) của bản bụng được tăng cứng ngang hoặc cả ngang và dọc phải lấy bằng sức kháng cắt theo cường độ chảy hoặc sức kháng ổn định chịu cắt như quy định trong các Điều 10.9.3.3. Tổng chiều cao bản bụng,  $D$ , phải được sử dụng khi xác định sức kháng cắt danh định của các khoang bản bụng có các sườn tăng cứng dọc. Phải lấy lực cắt lớn nhất trong khoang để tính các sườn tăng cứng ngang và bố trí khoảng cách giữa chúng. Các sườn tăng cứng phải thỏa mãn các yêu cầu quy định trong Điều 10.11.

#### 10.9.3.2 Các khoang phía trong của bụng dầm

Sức kháng cắt danh định của khoang bụng phía trong phải tính theo các quy định của Điều 10.9.1, và với mặt cắt trong phạm vi khoang phải có cấu tạo thỏa mãn:

$$\frac{2Dt_w}{(b_{fc}t_{fc} + b_{fd}t_{fd})} \leq 2,5 \quad (148)$$

thì sức kháng cắt được tính bằng:

$$V_n = V_p \left[ C + \frac{0,87(1-C)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_o}{D}\right)^2}} \right] \quad (149)$$

Trong đó:

$$V_p = 0,58F_{yw}Dt_w \quad (150)$$

Với:

$d_o$  = khoảng cách giữa các sườn tăng cứng ngang (mm)

$V_n$  = sức kháng cắt danh định của khoang bản bụng (N)

$V_p$  = lực cắt dẻo (N)



C = tỷ số của sức kháng ổn định chịu cắt với cường độ cắt chảy

Tỷ số C, phải được xác định như sau:

$$\text{Nếu } \frac{D}{t_w} < 1,12 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} \quad \text{thì } C = 1,0 \quad (151)$$

$$\text{Nếu } 1,12 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} \leq \frac{D}{t_w} < 1,40 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} \quad \text{thì: } C = \frac{1,12}{\frac{D}{t_w}} \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} \quad (152)$$

$$\text{Nếu } \frac{D}{t_w} > 1,40 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} \quad \text{thì: } C = \frac{1,57}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2} \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} \quad (153)$$

Trong đó:

k = hệ số ổn định chịu cắt

$$= 5 + \frac{5}{\left(\frac{d_o}{D}\right)^2} \quad (154)$$

Nếu khác điều kiện trên, sức kháng cắt danh định phải được lấy như sau:

$$V_n = V_p \left[ C + \frac{0,87(1-C)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_o}{D}\right)^2 + \frac{d_o}{D}}} \right] \quad (155)$$

### 10.9.3.3 Khoang biên của bản bụng (Khoang đầu dầm)

Sức kháng cắt danh định của khoang bụng biên được tính như sau:

$$V_n = V_{cr} = CV_p \quad (156)$$

Trong đó:

$$V_p = 0,58F_{yw}Dt_w \quad (157)$$

Với:

C = tỷ số của sức kháng ổn định oản chịu cắt với cường độ cắt chảy xác định theo Phương trình.151, 152, hoặc 153 khi thích hợp

$V_{cr}$  = sức kháng cắt theo cường độ chảy hoặc sức kháng ổn định cắt (N)

$V_p$  = lực cắt dẻo (N)

Khoảng cách giữa các sườn tăng cứng ngang của khoang biên có hoặc không sườn tăng cứng dọc không vượt quá 1,5D.

## 10.10 CÁC NEO CHỐNG CẮT

### 10.10.1 Tổng quát

Trong các mặt cắt liên hợp, phải bố trí các neo thép hình U hoặc neo đỉnh chống cắt ở mặt tiếp xúc giữa bản mặt cầu bê tông và mặt cắt thép để chịu lực cắt ở mặt tiếp xúc.

Ở các kết cấu nhịp dầm liên hợp giản đơn phải làm các neo chống cắt suốt chiều dài của nhịp.

Ở các cầu liên hợp liên tục thẳng thường nên làm các neo chống cắt suốt chiều dài cầu. Trong các vùng mô men uốn âm phải làm các neo chống cắt khi cốt thép dọc được xem là một phần của mặt cắt liên hợp. Nếu không, các neo chống cắt không cần phải bố trí trong các vùng mô men uốn âm, nhưng phải bố trí thêm neo bổ sung ở trong vùng của các điểm mô men do tính tải đối dấu theo quy định trong Điều 10.10.3.

Ở nơi mà các neo chống cắt được bỏ qua trong các vùng mô men uốn âm, cốt thép dọc phải được kéo dài vào vùng mô men uốn dương theo quy định trong Điều 10.1.7.

Ở các cầu liên hợp liên tục cong phải làm bố trí neo chống cắt dọc trên toàn chiều dài dầm.

#### 10.10.1.1 Các kiểu neo

Phải thiết kế các neo thép hình U và neo đỉnh chống cắt theo các quy định của Điều này.

Phải lựa chọn loại neo chống cắt mà nó có toàn bộ các bề mặt tiếp xúc được với bê tông sau khi đầm xong bê tông. Các neo phải có khả năng chống lại cả hai chuyển vị thẳng đứng và nằm ngang giữa bê tông và thép.

Tỷ lệ của chiều cao với đường kính của neo đỉnh chịu cắt không được nhỏ hơn 4,0.

Các neo thép hình U chống cắt phải có các đường hàn góc không nhỏ hơn 5 mm đặt dọc theo lưng và cánh của thép U.

#### 10.10.1.2 Bước neo

Bước của các neo chống cắt phải được xác định để thỏa mãn điều kiện chịu lực ở trạng thái giới hạn mỗi theo quy định trong Điều 10.10.2 và 10.10.3. Số lượng của các neo chống cắt không được nhỏ hơn số lượng yêu cầu để thỏa mãn điều kiện chịu lực ở trạng thái giới hạn cường độ theo quy định trong Điều 10.10.4.

Bước của các neo chống cắt phải thỏa mãn:

$$p \leq \frac{nZ_r}{V_{sr}} \quad (158)$$

trong đó:

$V_{sr}$  = biên độ lực cắt ngang mỗi cho mỗi đơn vị độ dài (N/mm)

$$= \sqrt{(V_{fat})^2 + (F_{fat})^2} \quad (159)$$

$V_{fat}$  = biên độ lực cắt dọc mỗi cho mỗi đơn vị độ dài (N/mm)

$$= \frac{V_f Q}{I} \quad (160)$$

$F_{fat}$  = biên độ lực cắt hướng tâm mỗi cho mỗi đơn vị độ dài (N/mm) được lấy như giá trị lớn hơn của :

$$F_{fat1} = \frac{A_{bot} \sigma_{f1g} \lambda}{I} \quad (161)$$

Hoặc:

$$F_{fat2} = \frac{F_{rc}}{W} \quad (162)$$

Với:

$\sigma_{ng}$  = biên độ ứng suất dọc mỗi trong bản cánh dưới không xét uốn ngang bản cánh (MPa)

$A_{bot}$  = diện tích của bản cánh dưới (mm<sup>2</sup>)

$F_{rc}$  = biên độ thực của lực truyền từ vách ngăn hoặc khung ngang lên bản cánh trên (N)

$I$  = mômen quán tính của mặt cắt liên hợp ngắn hạn (mm<sup>4</sup>)

$\lambda$  = khoảng cách giữa các điểm giằng (mm)

$n$  = số lượng các neo chống cắt trong một mặt cắt ngang

$p$  = bước của các neo chống cắt dọc theo trục dọc (mm)

$Q$  = mômen thứ nhất của diện tích quy đổi ngắn hạn của bản bê tông đối với trục trung hòa của mặt cắt liên hợp ngắn hạn (mm<sup>3</sup>)

$R$  = bán kính tối thiểu của dầm trong khoang (mm)

$V_f$  = biên độ lực cắt thẳng đứng do tổ hợp tải trọng mỗi theo Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này với hoạt tải tính mỗi xác định theo Điều 6.1.4 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này (N)

$w$  = chiều dài có hiệu của bản (mm) được lấy là 1220 mm, trừ vị trí trên đỉnh trụ  $w$  có thể lấy là 600 mm

$Z_r$  = sức kháng mỗi chịu cắt của một neo chống cắt riêng lẻ theo quy định trong Điều 10.7.4.2 (N)

Với các nhịp thẳng hoặc đoạn thẳng, biên độ lực cắt mỗi hướng tâm theo Phương trình 161 có thể được lấy bằng không. Với cầu thẳng hoặc cong bằng không chệch quá 20°, biên độ lực cắt mỗi hướng tâm theo Phương trình 162 có thể lấy bằng không.

Bước từ tim đến tim của các neo chống cắt không được vượt quá 600 mm và không được nhỏ hơn 6 lần đường kính đỉnh.

**10.10.1.3 Khoảng cách ngang**

Các neo đỉnh chống cắt phải được đặt theo chiều ngang, trên mặt bản cánh trên của tiết diện thép và có thể bố trí theo khoảng cách với cự ly đều hoặc thay đổi.

Cự ly từ tim đến tim neo đỉnh theo chiều vuông góc với trục dọc của dầm không được nhỏ hơn 4 lần đường kính neo đỉnh.

Khoảng cách tịnh giữa mép của bản cánh trên và mép của neo chống cắt gần nhất không được nhỏ hơn 25 mm.

**10.10.1.4 Lớp bê tông phủ neo và chiều sâu ngậm neo trong bê tông**

Chiều cao tịnh của lớp bê tông phủ ở trên các đỉnh của các neo chống cắt không được nhỏ hơn 50 mm. Các neo chống cắt cần được chôn sâu ít nhất 50 mm vào trong bản bê tông mặt cầu.

**10.10.2 Sức kháng môi**

Sức kháng môi của neo chống cắt riêng lẻ,  $Z$ , phải được lấy như sau:

Đối với loại neo đỉnh:

- Khi lưu lượng xe tải bình quân một ngày trên một làn (ADTT)<sub>SL</sub> trong thời gian tuổi thọ thiết kế nhiều hơn hoặc bằng 960 xe tải ngày đêm thì dùng tổ hợp tải trọng môi I để tính và sức kháng cắt môi vô hạn được xác định như sau;

$$Z_r = 38d^2 \quad (163)$$

- Nếu không như trên thì dùng tổ hợp tải trọng môi II để tính và sức kháng cắt môi hữu hạn được xác định như sau

$$Z_r = \alpha d^2 \quad (164)$$

Trong đó:

$$\alpha = 238 - 29,5 \text{ Log}N \quad (165)$$

Đối với loại thép hình U

- Khi lưu lượng xe tải bình quân một ngày trên một làn (ADTT)<sub>SL</sub> trong thời gian tuổi thọ thiết kế nhiều hơn hoặc bằng 1850 xe tải ngày đêm thì dùng tổ hợp tải trọng môi I để tính và sức kháng cắt môi vô hạn được xác định như sau

$$Z_r = 368W \quad (166)$$

- Nếu không như trên thì dùng tổ hợp tải trọng môi II để tính và sức kháng cắt môi hữu hạn được xác định như sau

$$Z_r = B w \quad (167)$$

trong đó:

$$B = 1641 - 189 \text{ log}N \quad (168)$$

ở đây:

$(ADTT)_{sl}$  = Lưu lượng ngày trên làn xe đơn như qui định trong Điều 6.1.4.2 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này

$d$  = đường kính của neo đỉnh (mm)

$N$  = số chu kỳ quy định trong Điều 6.1.2.5

$W$  = Chiều dài của thép hình U đo theo chiều vuông góc so với hướng bản cánh dầm

Bước neo phải được xác định từ Phương trình 163, sử dụng trị số  $Z_r$  và phạm vi lực cắt  $V_{sr}$ .

Xét ảnh hưởng của neo chống cắt lên sức kháng mỏi của bản cánh theo các quy định của Điều 6.1.2.

### 10.10.3 Các yêu cầu đặc biệt đối với các điểm đổi dấu mô men uốn do tĩnh tải

Với các cấu kiện không liên hợp trong vùng mô men uốn âm ở điều kiện làm việc khai thác, phải làm các neo chống cắt bổ sung ở trong vùng các điểm đổi dấu mô men uốn do tĩnh tải.

Số lượng các neo chống cắt bổ sung,  $n_{AC}$  phải được tính như sau:

$$n_{AC} = \frac{A_s f_{sr}}{Z_r} \quad (169)$$

trong đó:

$A_s$  = tổng diện tích cốt thép dọc trên gối trung gian ở trong phạm vi chiều rộng có hiệu của bản bê tông ( $\text{mm}^2$ )

$f_{sr}$  = phạm vi ứng suất ở trong cốt thép dọc trên gối trung gian do tổ hợp tải trọng mỗi trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này với hoạt tải tĩnh mỗi theo Điều 6.1.4 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này (MPa)

$Z_r$  = sức kháng mỏi chịu cắt của một neo đơn theo quy định ở Điều 10.10.2 (N)

Các neo chống cắt bổ sung phải được đặt trong phạm vi khoảng cách bằng một phần ba của chiều rộng bản cánh có hiệu như qui định ở Điều 6.2.6 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này về mỗi bên của điểm đổi dấu mô men do tĩnh tải dầm thép. Cụ ly tìm đến tìm của tất cả các neo kể cả các neo bố trí thêm trong phạm vi này phải thỏa mãn các yêu cầu qui định tại Điều 10.10.1.2. Cần bố trí các mối nối ở hiện trường sao cho chúng không gây trở ngại cho các neo chống cắt.

#### 10.10.4 Trạng thái giới hạn cường độ

##### 10.10.4.1 Tổng quát

Sức kháng tính toán của các neo chống cắt đơn  $Q_r$  phải được lấy như sau ở trạng thái giới hạn cường độ:

$$Q_r = \phi_{sc} Q_n \quad (170)$$

trong đó:

$Q_n$  = sức kháng cắt danh định của một neo chống cắt đơn theo quy định trong Điều 10.10.4.3 (N).

$\phi_{sc}$  = hệ số sức kháng đối với các neo chống cắt theo quy định trong Điều 5.4.2

ở trạng thái giới hạn cường độ, số lượng tối thiểu neo chống cắt,  $n$ , trong vùng đang xét phải được lấy là:

$$n = \frac{P}{Q_r} \quad (171)$$

trong đó:

$P$  = tổng lực cắt danh định xác định theo Điều 10.10.4.2 (N)

$Q_r$  = sức kháng cắt tính toán của một neo xác định theo Phương trình 170 (N)

##### 10.10.4.2 Lực cắt danh định

Với các nhịp giản đơn và nhịp liên tục không liên hợp trong vùng chịu mô men âm ở giai đoạn khai thác cầu, tổng lực cắt danh định,  $P$ , trong phạm vi từ điểm có mô men dương lớn nhất do hoạt tải có xung kích đến điểm có mô men bằng không kề đó phải lấy bằng:

$$P = \sqrt{P_p^2 + F_p^2} \quad (172)$$

trong đó:

$P_p$  = tổng lực cắt dọc trong bản bê tông tại điểm có mô men dương lớn nhất do hoạt tải có xung kích (N) được lấy giá trị nhỏ hơn giữa:

$$P_{1p} = 0,85 f_c b_s t_s \quad (173)$$

Và

$$P_{2p} = F_{yw} D t_w + F_{yt} b_{nt} t_n + F_{yc} b_{rc} t_{rc} \quad (174)$$

$F_p$  = tổng lực cắt hướng tâm trong bản bê tông tại điểm có mô men dương lớn nhất do hoạt tải có xung kích (N) được lấy là:

$$F_p = P_p \frac{L_p}{R} \quad (175)$$

Trong đó:

$b_s$  = bề rộng có hiệu của bản bê tông (mm)

$L_p$  = chiều dài cung giữa điểm đầu dầm và điểm có mô men dương lớn nhất do hoạt tải và xung kích liền kề (mm)

$R$  = bán kính cong nhỏ nhất của dầm trong toàn chiều dài,  $L_p$  (mm)

$t_s$  = bề dày của bản bê tông (mm)

Với các nhịp thẳng và đoạn dầm thẳng,  $F_p$  lấy bằng không.

Với các nhịp liên tục có liên hợp trong vùng chịu mô men âm trong ở giai đoạn khai thác, tổng lực cắt danh định,  $P$ , giữa điểm có mô men dương lớn nhất do hoạt tải thiết kế có xung kích và điểm cuối dầm kề đó phải xác định theo Phương trình 172. Tổng lực cắt danh định,  $P$ , trong phạm vi giữa điểm có mô men dương lớn nhất do hoạt tải thiết kế có xung kích và tim gối trụ trung gian kề đó phải xác định theo:

$$P = \sqrt{P_T^2 + F_T^2} \quad (176)$$

Trong đó:

$P_T$  = tổng lực cắt dọc trong bản bê tông giữa điểm có mô men dương lớn nhất do hoạt tải thiết kế có xung kích và điểm tim gối trụ trung gian kề đó (N) được lấy là:

$$P_T = P_p + P_n \quad (177)$$

$P_n$  = tổng lực cắt dọc trong bản bê tông trên gối trụ trung gian (N) được lấy là giá trị nhỏ hơn giữa:

$$P_{1n} = F_{yw} D t_w + F_{yl} b_{fl} t_n + F_{yc} b_{fc} t_c \quad (178)$$

Và

$$P_{2n} = 0,45 f_c b_s t_s \quad (179)$$

$F_T$  = tổng lực cắt hướng tâm trong bản bê tông giữa điểm có mô men dương lớn nhất do hoạt tải có xung kích và điểm tim gối trụ trung gian kề đó (N) được lấy là:

$$F_T = P_T \frac{L_n}{R} \quad (180)$$

Trong đó:

$L_n$  = chiều dài cung giữa điểm có mô men dương lớn nhất do hoạt tải có xung kích và điểm tim gối trụ trung gian kề đó (mm)

$R$  = bán kính cong nhỏ nhất của dầm trong toàn chiều dài,  $L_n$  (mm)

Với các nhịp thẳng và đoạn dầm thẳng,  $F_T$  có thể lấy bằng không.

#### 10.10.4.3 Sức kháng cắt danh định

Sức kháng cắt danh định của một neo đỉnh chịu cắt được ngàm trong bản bê tông phải được lấy như sau:

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f_c E_c} \leq A_{sc} F_u \quad (181)$$

trong đó:

$A_{sc}$  = diện tích mặt cắt ngang của neo đính chịu cắt ( $\text{mm}^2$ )

$f'_c$  = cường độ nén 28 ngày quy định của bê tông (MPa)

$E_c$  = môđun đàn hồi của bê tông theo quy định trong Điều 4.2.4 Phần 5 bộ tiêu chuẩn này (MPa)

$F_u$  = cường độ kéo nhỏ nhất quy định của neo đính chịu cắt được quy định trong Điều 4.4 (MPa)

Sức kháng cắt danh định của một neo thép hình U chịu cắt được chôn trong bản bê tông phải lấy như sau :

$$Q_n = 0,3 (t_f + 0,5t_w) L_c \sqrt{f'_c E_c} \quad (182)$$

trong đó:

$t_f$  = chiều dày bản cánh của neo U chịu cắt (mm)

$t_w$  = chiều dày bản bụng của neo U chịu cắt (mm)

$L_c$  = chiều dài của neo U chịu cắt (mm).

## 10.11 SƯỜN TĂNG CỨNG

### 10.11.1 Sườn tăng cường ngang

#### 10.11.1.1 Tổng quát

Các sườn tăng cường ngang là các thép bản hoặc thép góc được hàn hoặc liên kết bằng bulông vào một hoặc cả hai bên của bản bụng.

Các sườn tăng cường trong dầm thẳng không sử dụng như là các bản liên kết (vào hệ vách ngăn) phải lắp khít chặt vào bản cánh chịu nén, nhưng không cần phải ép vào mặt bản cánh chịu kéo. Các sườn tăng cường một phía trong các dầm cong bằng phải được liên kết vào cả hai bản cánh. Khi một cặp sườn tăng cường ngang được sử dụng trong các dầm cong bằng, chúng phải khít chặt với cả hai bản cánh.

Các sườn tăng cường được sử dụng như các bản nối cho các vách ngăn hoặc các khung ngang phải được liên kết vào cả hai bản cánh.

Khoảng cách giữa đầu của mỗi hàn sườn tăng cường vào bản bụng và mép gần của đường hàn bản cánh vào bản bụng hoặc sườn tăng cường dọc vào bản bụng phải không nhỏ hơn  $4t_w$  nhưng không được lớn hơn giá trị nhỏ hơn giữa  $6t_w$  và 100 mm.

Phải bố trí các sườn tăng cường ngang với cự ly không lớn quá  $1,5D$  trong các khoang bản bụng có sườn tăng cường dọc.

#### 10.11.1.2 Chiều rộng nhô ra của sườn

Chiều rộng,  $b_1$ , của phần nhô ra của mỗi sườn tăng cường phải thỏa mãn:



$$b_t \geq 50 + \frac{D}{30} \quad (183)$$

và

$$16,0 t_p \geq b_t \geq 0,25 b_f \quad (184)$$

trong đó:

$b_t$  = với mặt cắt chữ I, toàn bộ bề rộng cánh chịu nén chỗ rộng nhất trong phạm vi đang xem xét; với mặt cắt hình chậu, toàn bộ bề rộng cánh trên trong phạm vi đang xem xét; với mặt cắt hộp kín, giới hạn của  $b/4$  không được áp dụng (mm)

$t_p$  = chiều dày của phần sườn nhô ra (mm)

### 10.11.1.3 Mômen quán tính

Với sườn tăng cứng ngang kể với các khoang bản bụng không chịu tác động của trường-kéo- chéo sau mất ổn định oằn, mô men quán tính của sườn tăng cứng ngang phải lấy bằng giá trị nhỏ hơn trong các giới hạn sau:

$$I_t \geq I_{t1} \quad (185)$$

Và

$$I_t \geq I_{t2} \quad (186)$$

Trong đó:

$$I_{t1} = b t_w^3 J \quad (187)$$

$$I_{t2} = \frac{D^4 \rho_t^{1,3}}{40} \left( \frac{F_{yw}}{E} \right)^{1,5} \quad (188)$$

$$\square \quad J = \frac{2,5}{(d/D)^2} - 2,0 \geq 0,5 \quad (189)$$

$$F_{crs} = \frac{0,31E}{\left( \frac{b_t}{t_p} \right)^2} \leq F_{ys} \quad (190)$$

ở đây:

$b_t$  = chiều rộng phần nhô ra của sườn tăng cứng (mm)

$F_{yw}$  = cường độ chảy nhỏ nhất qui định của thép bản bụng (MPa)

$I_{t1}$  = mô men quán tính tối thiểu của sườn tăng cứng ngang cần thiết để phát huy toàn bộ sức kháng ổn định chịu cắt của bản bụng (mm<sup>4</sup>)

$I_{t2}$  = mô men quán tính tối thiểu của sườn tăng cứng ngang cần thiết để phát huy toàn bộ sức kháng cắt sau mất ổn định oằn do tác động của trường- kéo- chéo (mm<sup>4</sup>)

$I_t$  = mômen quán tính của sườn tăng cứng ngang quanh mép tiếp xúc với bản bụng đối với các sườn đơn (một bên bản bụng) và quanh trục giữa chiều dày của bản bụng đối với các sườn kép (hàn cả hai bên bản bụng) ( $\text{mm}^4$ )

- $t_p$  = chiều dày của phần nhô ra của sườn tăng cứng (mm)
- $b$  = giá trị nhỏ hơn giữa  $d_o$  và  $D$  (mm)
- $d_o$  = giá trị nhỏ hơn của bề rộng khoang bụng liền kề (mm)
- $J$  = thông số độ cứng chống uốn của sườn tăng cứng
- $\rho_t$  = giá trị lớn hơn giữa  $F_{yw}/F_{cs}$  và 1,0
- $F_{cs}$  = ứng suất ổn định cục bộ cho sườn tăng cứng (MPa)
- $F_{ys}$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của sườn tăng cứng (MPa)
- $V_p$  = Lực cắt dẻo (N)

Với sườn tăng cứng ngang kề với các khoang bản bụng chịu tác động của trường- kéo- chéo sau mất ổn định oằn, mô men quán tính của sườn tăng cứng ngang  $I_t$  phải thỏa mãn điều kiện:

$$I_t \geq I_{t1} + (I_{t2} - I_{t1})\rho_w \quad (191)$$

• Nếu khác:

$$I_t \geq I_{t2} \quad (192)$$

Trong đó:

- Nếu cả hai khoang kề với sườn tăng cứng là chịu tác động của trường- kéo- chéo sau mất ổn định oằn, thì

$$\rho_w = \text{tỷ số lớn nhất của } \frac{V_u - \phi_v V_{cr}}{\phi_v V_n - V_{cr}} \text{ trong phạm vi hai khoang}$$

- Nếu không

$$P_w = \text{tỷ số của } \frac{V_u - \phi_v V_{cr}}{\phi_v V_n - V_{cr}} \text{ trong phạm vi một khoang chịu tác động của trường- kéo- chéo sau mất ổn định oằn}$$

$V_{cr}$  = sức kháng cắt theo cường độ chảy hoặc sức kháng ổn định chịu cắt của khoang xem xét (N)

$$= CV_p \quad (193)$$

$V_p$  = lực cắt đàn hồi (N)

$$= 0,58 F_{yw} D t_w \quad (194)$$

ở đây:

$\phi_v$  = hệ số sức kháng đối với lực cắt như qui định tại Điều 5.4.2

$C$  = tỷ lệ của sức kháng cắt theo ổn định với sức kháng cắt theo cường độ chảy xác định theo các Phương trình 151, 152 hoặc 153, khi thích hợp

$V_n$  = sức kháng cắt danh định theo cường độ chảy hoặc sức kháng ổn định cắt cộng với sức kháng cắt do tác động của trường- kéo- chéo sau mắt ổn định oằn của khoang xem xét, xác định theo qui định tại Điều 10.9.3.2 (N)

$V_u$  = lực cắt lớn nhất do tải trọng tính toán trong khoang đang xem xét (N)

Các sườn tăng cứng ngang của khoang bụng có các sườn tăng cứng dọc cũng phải thỏa mãn:

$$I_t \geq \left( \frac{b_t}{b_\lambda} \right) \left( \frac{D}{3,0d_o} \right) I_\lambda \quad (195)$$

trong đó:

$b_t$  = chiều rộng thiết kế của sườn tăng cứng ngang (mm)

$b_\lambda$  = chiều rộng thiết kế của sườn tăng cứng dọc (mm)

$I_t$  = mômen quán tính của sườn tăng cứng dọc được xác định theo Điều 10.11.3.3 ( $\text{mm}^4$ )

### CHÚ THÍCH:

*Tác động trường- kéo- chéo* là nói về khả năng bản bụng của dầm có thể chịu thêm lực cắt sau khi bản bụng bị oằn

### 10.11.2 Sườn tăng cứng ở vị trí gối

#### 10.11.2.1 Tổng quát

Các sườn tăng cứng gối phải được bố trí tại bản bụng của các dầm tổ hợp ở tất cả các vị trí gối. Ở vị trí gối trên thép hình cán hoặc các vị trí khác trên dầm mặt cắt tổ hợp hoặc các thép hình cán chịu lực tập trung, khi tải trọng không truyền qua bản mặt cầu hoặc hệ bản mặt cầu, phải sử dụng các sườn tăng cứng gối hoặc bản bụng phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều D5 Phụ lục D.

Các sườn tăng cứng gối phải bao gồm một hoặc nhiều thép bản hoặc thép góc được liên kết bằng hàn hoặc bắt bulông vào cả hai bên của bản bụng. Các mối nối vào bản bụng phải được thiết kế để truyền toàn bộ lực gối do các tải trọng tính toán.

Các sườn tăng cứng phải kéo dài trên toàn bộ chiều cao của bản bụng và càng khít càng tốt, tới các mép ngoài của các bản cánh.

Mỗi sườn tăng cứng phải được mài để lấp tựa khít đỡ bản cánh thông qua đó nó nhận được tải trọng, hoặc được gắn vào bản cánh đó bằng đường hàn rãnh ngấu hoàn toàn.

#### 10.11.2.2 Chiều rộng nhô ra của sườn

Chiều rộng,  $b_t$ , của mỗi phần nhô ra của sườn tăng cứng phải thỏa mãn

$$b_t \leq 0,48t_p \sqrt{\frac{E}{F_{ys}}} \quad (196)$$

trong đó:

- $t_p$  = chiều dày của phần nhô sườn tăng cứng (mm)  
 $F_{ys}$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của sườn tăng cứng (MPa)

### 10.11.2.3 Sức kháng tựa của sườn tăng cứng góí

Sức kháng tựa tính toán cho sườn tăng cứng góí được lắp khít, phải được tính như sau:

$$(R_{sb})_r = \phi_b (R_{sb})_n \quad (197)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} (R_{sb})_n &= \text{Sức kháng tựa danh định cho sườn tăng cứng góí được lắp tựa khít (N)} \\ &= 1,4A_{pn} F_{ys} \end{aligned} \quad (198)$$

Trong đó:

- $\phi_b$  = hệ số sức kháng tựa theo quy định Điều 5.4.2  
 $A_{pn}$  = diện tích của phần nhô ra của sườn tăng cứng phía ngoài của gờ đường hàn giữa bản bụng và bản cánh nhưng không nằm ngoài mép của bản cánh (mm<sup>2</sup>)  
 $F_{ys}$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của sườn tăng cứng (MPa)

### 10.11.2.4 Sức kháng dọc trục của các sườn tăng cứng góí

#### 10.11.2.4.1 Tổng quát

Sức kháng tính toán dọc trục,  $P_r$ , phải được xác định theo quy định của Điều 9.2.1 sử dụng cường độ chảy nhỏ nhất quy định của sườn tăng cứng  $F_y$ . Bán kính quán tính phải được tính đối với giữa chiều dày của bản bụng và chiều dài có hiệu phải bằng 0,75D, trong đó D là chiều cao của bản bụng.

#### 10.11.2.4.2 Mặt cắt có hiệu

Đối với các sườn tăng cứng được bắt bulông vào bản bụng, mặt cắt cột có hiệu chỉ tính bao gồm các chi tiết của sườn tăng cứng.

Trừ khi được quy định tại đây, với các sườn tăng cứng được hàn vào bản bụng, mặt cắt có hiệu của cột phải bao gồm cả một phần bản bụng. Đối với các sườn tăng cứng kép gồm hai thép bản được hàn vào bản bụng, mặt cắt cột có hiệu phải bao gồm tất cả các chi tiết của sườn tăng cứng, cộng với dải bản bụng nằm ở giữa sườn, có bề rộng không quá  $9t_w$  sang mỗi bên của sườn tăng cứng. Nếu bố trí nhiều hơn một cặp đôi sườn tăng cứng thì mặt cắt cột có hiệu phải tính bao gồm tất cả các chi tiết của sườn tăng cứng, cộng với dải bản bụng nằm ở giữa các cặp sườn tăng cứng bao ra ngoài không quá  $9t_w$  sang mỗi bên của các chi tiết lồi ra của cặp sườn tăng cứng phía ngoài của nhóm,

Dài của bản bụng không được tính vào trong mặt cắt có hiệu ở tại các trụ ở phía trong của các dầm liên tục với mặt cắt lại có cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản bụng ít hơn 70% của cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản cánh. Nếu cường độ chảy nhỏ nhất quy

định của thép bản bụng nhỏ hơn của thép sườn tăng cứng, diện tích dải của bản bụng được tính vào mặt cắt có hiệu phải giảm đi theo tỷ lệ của  $F_{yw}/F_{ys}$ .

### 10.11.3 Các sườn tăng cứng dọc

#### 10.11.3.1 Tổng quát

Khi có yêu cầu, các sườn tăng cứng dọc nên gồm thép bản hàn vào một phía của bản bụng, hoặc thép góc được bắt bu lông vào bản bụng. Sườn tăng cứng dọc phải đặt tại vị trí vuông góc với bản bụng sao cho thỏa mãn Phương trình 101 khi kiểm tra khả năng thi công, phải thỏa mãn Phương trình 111 ở trạng thái giới hạn sử dụng, và phải thỏa mãn tất cả các yêu cầu thiết kế tương ứng ở trạng thái giới hạn cường độ.

Trong mọi trường hợp, các sườn tăng cứng dọc phải kéo dài liên tục trong suốt chiều dài của nó, trừ khi được cho phép khác đi do điều kiện đặc biệt. Nếu các chi tiết ngang bản bụng làm việc như sườn tăng cứng ngang bị ngắt bởi sườn tăng cứng dọc, các chi tiết ngang phải được gắn vào sườn tăng cứng dọc để phát triển sức kháng uốn và sức kháng dọc trục của các sườn ngang.

Ứng suất uốn trong sườn tăng cứng dọc,  $f_s$ , do tải trọng tính toán trạng thái giới hạn cường độ và khi kiểm tra khả năng thi công phải thỏa mãn:

$$f_s \leq \phi_f R_n F_{ys} \quad (199)$$

trong đó:

- $\phi_f$  = hệ số sức kháng uốn theo Điều 5.4.2
- $F_{ys}$  = Cường độ chảy nhỏ nhất quy định của sườn tăng cứng (MPa)
- $R_n$  = hệ số lai xác định theo Điều 10.1.10.1

#### 10.11.3.2 Chiều rộng phần nhô ra của sườn tăng cứng dọc

Chiều rộng phần nhô ra,  $b_\lambda$ , của sườn tăng cứng phải thỏa mãn:

$$b_\lambda \leq 0,48 t_s \sqrt{\frac{E}{F_{ys}}} \quad (200)$$

trong đó:

- $t_s$  = chiều dày của sườn tăng cứng (mm)

#### 10.11.3.3 Mômen quán tính và bán kính quán tính

Độ cứng của các sườn tăng cứng dọc phải đảm bảo điều kiện:

$$I_\lambda \geq D t_w^3 \left[ 2,4 \left( \frac{d_o}{D} \right)^2 - 0,13 \right] \beta \quad (201)$$

Và

$$r \geq \frac{0,16d_o \sqrt{\frac{F_{yc}}{E}}}{\sqrt{1 - 0,6 \frac{F_{yc}}{R_h F_{ys}}}} \quad (202)$$

trong đó:

$\beta$  = hệ số điều chỉnh cong cho độ cứng sườn tăng cứng dọc được tính như sau:

- Với các trường hợp khi sườn tăng cứng dọc nằm trên mặt bản bụng ở phía lưng đường cong:

$$\beta = \frac{Z}{6} + 1 \quad (203)$$

- Với các trường hợp khi sườn tăng cứng dọc nằm trên mặt bản bụng ở phía bụng đường cong:

$$\beta = \frac{Z}{12} + 1 \quad (204)$$

$Z$  = thông số đường cong:

$$= \frac{0,95d_o^2}{Rt_w} \leq 10 \quad (205)$$

trong đó:

$d_o$  = khoảng cách sườn tăng cứng ngang (mm)

$I_l$  = mômen quán tính của sườn tăng cứng dọc gồm cả một bề rộng cùng làm việc của bản bụng bằng  $18t_w$  quanh trục của mặt cắt tổ hợp (mm<sup>4</sup>). Nếu  $F_{yw}$  nhỏ hơn  $F_{ys}$ , dải bản bụng trong mặt cắt có hiệu phải giảm đi theo tỷ lệ  $F_{yw}/F_{ys}$ .

$R$  = Bán kính cong dầm nhỏ nhất trong phạm vi khoang (mm)

$r$  = bán kính quán tính của sườn tăng cứng dọc gồm cả một bề rộng làm việc của bản bụng bằng  $18t_w$  quanh trục của mặt cắt tổ hợp (mm)

## 10.12 CÁC BẢN TÁP

### 10.12.1 Tổng quát

Chiều dài của bản tấp bất kỳ,  $L_{cp}$ , bằng mm, ốp vào một bộ phận, phải thỏa mãn:

$$L_{cp} \geq 2d + 900 \quad (206)$$

trong đó:

$d$  = chiều cao của mặt cắt thép (mm)

Không được dùng các đường hàn đứt đoạn để liên kết bản tấp trên các bản cánh dày hơn 20 mm đối với các kết cấu có đường truyền lực không dư, chịu các tải trọng lặp gây ra ứng suất kéo hoặc ứng suất đối dấu ở trong bản cánh.

Chiều dày lớn nhất của bản tấp đơn trên bản cánh không được lớn hơn hai lần chiều dày của bản cánh mà bản tấp được liên kết vào. Không được dùng bản tấp hàn nhiều lớp.

Các bản tấp có thể rộng hơn hoặc hẹp hơn bản cánh mà chúng được liên kết vào.

## 10.12.2 Các yêu cầu về đầu nối bản tấp

### 10.12.2.1 Tổng quát

Điểm dừng đầu nối tính toán lý thuyết của bản tấp phải được xác định tại vị trí mặt cắt mà mômen,  $M_u$ , hoặc ứng suất uốn,  $f_{bu}$ , do các tải trọng tính toán bằng sức kháng uốn tính toán của bản cánh. Bản tấp phải được kéo dài đủ xa quá điểm dừng tính toán để cho:

- Biên độ ứng suất tại đầu bản tấp thực tế thỏa mãn các yêu cầu thích hợp của mỗi được quy định trong Điều 6.1.2, và
- Chiều dài mỗi hàn và/hoặc các bulông đặt trong phạm vi giữa điểm dừng tính toán và đầu bản tấp thực tế đủ chịu toàn bộ lực dọc trong bản tấp do các tải trọng tính toán tại điểm dừng tính toán.

Chiều rộng ở các đầu của các bản tấp vượt thon không được nhỏ hơn 75 mm.

### 10.12.2.2 Các yêu cầu về đầu nối bản tấp

Các mối hàn liên kết bản tấp vào bản cánh ở giữa các điểm dừng tính toán và đầu bản tấp thực tế phải đầy đủ để phát triển lực tính toán trong bản tấp tại điểm dừng tính toán.

Ở chỗ nào các bản tấp rộng hơn bản cánh, các mối hàn không được bao quanh các đầu của bản tấp.

### 10.12.2.3 Các đầu bản tấp nối bulông

Các bulông trong các mối nối ma sát của bản tấp vào bản cánh trong phạm vi giữa các điểm dừng tính toán và đầu bản tấp thực tế phải đầy đủ để chịu lực do các tải trọng tính toán trong bản tấp tại điểm dừng lý thuyết.

Sức kháng trượt của mối nối đầu bản tấp bắt bulông phải được xác định theo Điều 13.2.8. Các đường hàn dọc liên kết bản tấp vào bản cánh phải được liên tục và phải dừng ở một khoảng cách bằng cự ly một hàng bulông trước hàng thứ nhất của bulông trong phần đầu bản tấp bắt bulông. Khi đầu bản tấp bắt bulông, hồ sơ thiết kế phải quy định rằng chúng được lắp ráp theo trình tự sau đây:

- Khoan các lỗ,

- Làm sạch các bề mặt sẽ ghép kín,
- Lắp đặt các bulông,
- Hàn các tấm.

## 11 CÁC CẤU KIỆN CÓ MẶT CẮT HỢP CHỊU UỐN

### 11.1 TỔNG QUÁT

Các quy định của Điều này áp dụng cho thiết kế chịu uốn của dầm thẳng hoặc cong có mặt cắt nhiều hộp kín hay hộp đơn hoặc lồng máng trong cầu dầm giản đơn hoặc liên tục có nhịp trung bình. Các qui định cho thiết kế cầu liên hợp, lai và không lai, có chiều cao bản bụng không đổi hoặc thay đổi như định nghĩa và yêu cầu của các Điều 10.1.1, Điều 10.1.3 tới Điều 10.1.8, và Điều 11.1.1 tới 11.1.4. Các quy định của Điều 10.1.6 chỉ phải áp dụng cho bản cánh trên của dầm mặt cắt ngang hình chậu.

Mặt cắt hộp đơn phải được bố trí ở giữa của mặt cắt ngang, và hợp lực của tĩnh tải càng gần với tâm cắt của hộp càng tốt. Các quy định này không được áp dụng cho dầm hộp đơn nhiều ngăn, hoặc cho mặt cắt hộp có bản đáy là bản cánh liên hợp.

Tất cả các loại của cấu kiện mặt cắt hộp chịu uốn phải được thiết kế thỏa mãn các yêu cầu tối thiểu:

- Các giới hạn tỷ lệ mặt cắt ngang theo Điều 11.2;
- Các yêu cầu về khả năng thi công theo Điều 11.3;
- Các yêu cầu ở trạng thái giới hạn sử dụng theo Điều 11.4;
- Các yêu cầu ở trạng thái giới hạn môi và nứt gãy theo Điều 11.3;
- Các yêu cầu ở trạng thái giới hạn cường độ theo Điều 11.6.

Phải xác định sức kháng ổn định chịu uốn của các bộ phận có bản bụng mảnh theo Điều 10.1.9. Hệ số chiết giảm cường độ bản cánh trong các bộ phận kết cấu lai và có bản bụng mảnh phải xác định theo Điều 10.1.10.

Khung ngang và vách ngăn ngoài hay trong của mặt cắt hộp phải thỏa mãn các quy định của Điều 7.4. Giằng bản cánh trên của dầm mặt cắt hình chậu phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều 7.5.

#### 11.1.1 Xác định ứng suất

Với mặt cắt hộp đơn hoặc nhiều hộp, bản cánh mặt hộp phải được xem như là có hiệu toàn bộ trong kháng uốn nếu bề rộng bản không vượt quá  $1/5$  chiều dài nhịp có hiệu. Với các nhịp giản đơn, chiều dài nhịp có hiệu phải lấy bằng chiều dài nhịp. Với các nhịp liên tục, chiều dài nhịp có hiệu phải lấy bằng khoảng cách giữa hai điểm mô men uốn đổi dấu dưới tác dụng của tĩnh tải, hoặc giữa gối và một điểm mô men đổi dấu dưới tác dụng của tĩnh tải, khi thích hợp. Nếu bề rộng bản cánh vượt quá  $1/5$  chiều dài nhịp có hiệu, chỉ một bề rộng có hiệu bằng  $1/5$  chiều dài nhịp có hiệu được xét trong kháng uốn.



Với cầu dầm thẳng mặt cắt nhiều hộp thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.2.3, mô men uốn do hoạt tải có thể được xác định theo các quy định tương ứng trong Điều 6.2.2.2.2 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này. Ứng suất tiếp do xoắn St. Venant, uốn ngang và ứng suất vênh dọc do biến dạng vặn mặt cắt ngang có thể được bỏ qua trong các cầu có bản cánh hộp có hiệu toàn bộ như trên. Trong các cầu này, mặt cắt của hộp ngoài được giả định chịu lực gió ngang tính toán và có thể được coi mặt cắt chịu gió với bản bụng là đáy hộp và bản cánh là 12 lần bề dày bản thành hộp.

Các quy định của Điều 6.2.2.2.2 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này không được áp dụng cho:

- Mặt cắt hộp đơn trong cầu thẳng hoặc cong,
- Mặt cắt nhiều hộp không thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.2.3, hoặc là
- Mặt cắt nhiều hộp trong cầu cong.

Với các mặt cắt này, và với mặt cắt có bề rộng có hiệu không bao gồm toàn bộ mặt hộp, hiệu ứng của ứng suất tiếp do xoắn St. Venant và uốn phải được xét đến. Ứng suất tiếp St. Venant trong cánh hộp do tổ hợp tải trọng cường độ gây ra không được vượt cường độ kháng cắt chịu xoắn tính toán của bản mặt hộp,  $F_{vr}$ , là:

$$F_{vr} = 0,75\phi_v \frac{F_{\mathcal{N}}}{\sqrt{3}} \quad (207)$$

Trong đó:

$\phi_v$  = hệ số sức kháng cắt theo Điều 5.4.2

Hơn nữa, ứng suất uốn ngang do biến dạng vặn mặt cắt ngang phải được xét đến khi tính mỗi theo Điều 11.5 và ở trạng thái giới hạn cường độ. Ứng suất uốn ngang do tải trọng tính toán không được vượt quá 135 MPa ở trạng thái giới hạn cường độ. Ứng suất vênh dọc do biến dạng mặt cắt ngang phải được xét đến khi tính mỗi theo Điều 11.5, nhưng có thể bỏ qua ở trạng thái giới hạn cường độ. Ứng suất uốn ngang và ứng suất vênh dọc phải được xác định theo giải tích chi tiết kết cấu dựa trên các nguyên lý sức bền vật liệu. Sườn tăng cứng ngang gắn với bản thành hộp hoặc cánh mặt hộp được coi là có hiệu khi chịu uốn ngang.

### 11.1.2 Gối

Có thể bố trí gối đơn hoặc gối kép tại các trụ. Gối kép có thể được đặt ở trong hoặc ở ngoài của sườn hộp. Nếu dùng gối đơn hẹp hơn bản đáy hộp, chúng phải được đặt đúng tâm cắt của hộp, và các trụ đỡ khác phải đủ gối để chống lật dưới bất kỳ tổ hợp tải trọng nào. Nếu phải sử dụng các gối neo do xuất hiện lực nâng, hiệu ứng của tổng hợp lực phải được xét đến trong thiết kế.

### 11.1.3 Liên kết giữa bản cánh và thành hộp

Trừ khi quy định tại đây, tổng chiều cao có hiệu của đường hàn giữa bản mặt hộp và thành hộp không được nhỏ hơn bề dày nhỏ hơn giữa bản thành hộp và bản mặt hộp.

Khi hai hoặc nhiều hơn vách ngăn được bố trí trong mỗi nhịp, đường hàn góc có thể được sử dụng để liên kết bản mặt hộp và bản thành. Kích thước đường hàn không nhỏ hơn theo

quy định của Điều 13.3.4. Nếu sử dụng đường hàn góc, thì phải hàn cả hai phía của liên kết giữa bản mặt và bản thành hộp.

#### 11.1.4 Lỗ kiểm tra và thoát nước

Các lỗ kiểm tra trong mặt cắt hộp nên đặt ở bản đáy hộp tại vùng có ứng suất nhỏ. Hiệu ứng của lỗ kiểm tra đối với ứng suất trong bản cánh nên được kiểm tra để xác định sự cần thiết tăng cường bản đáy hộp. Tại các lỗ kiểm tra của bản cánh hộp chịu nén, sức kháng uốn danh định của bản cánh còn lại trên mỗi phía của lỗ theo Trạng thái giới hạn Cường độ phải xác định theo quy định của Điều 10.8.2.2 với  $\lambda$  bằng chiều rộng hình chiếu bản cánh trên một phía lỗ chia cho chiều dày bản cánh, bao gồm cả phần gia cường bản cánh. Phải quy định về thông gió và thoát nước trong lòng hộp.

## 11.2 CÁC GIỚI HẠN TỶ LỆ KÍCH THƯỚC MẶT CẮT NGANG

### 11.2.1 Các kích thước thành hộp

#### 11.2.1.1 Tổng quan

Thành hộp có thể thẳng đứng hoặc xiên. Độ xiên của thành hộp với mặt phẳng vuông góc với đáy hộp không nên vượt quá 1/4. Trong trường hợp thành xiên, kích thước xiên của thành hộp phải được dùng để kiểm tra tất cả các yêu cầu thiết kế. Bản thành phải được nối vào chính giữa của bản cánh trên trong dầm lòng máng.

#### 11.2.1.2 Thành hộp không có sườn tăng cường dọc

Bản thành hộp phải thỏa mãn:

$$\frac{D}{t_w} \leq 150 \quad (208)$$

Trong đó:

D= chiều cao thành hộp

$t_w$  = Chiều dày thành hộp

#### 11.2.1.3 Thành hộp có sườn tăng cường dọc

Bản thành phải thỏa mãn:

$$\frac{D}{t_w} \leq 300 \quad (209)$$

### 11.2.2 Tỷ lệ bản cánh mặt cắt hình chụ

Bản cánh trên chịu nén hoặc kéo của dầm mặt cắt hình chụ phải thỏa mãn:

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 12,0 \quad (210)$$

$$b_f \geq D/6 \quad (211)$$

Và:

$$t_f \geq 1,1t_w \quad (212)$$

Trong đó:

$B_f$  = chiều rộng bản cánh

$T_f$  = bề dày bản cánh

$D$  = chiều cao hộp

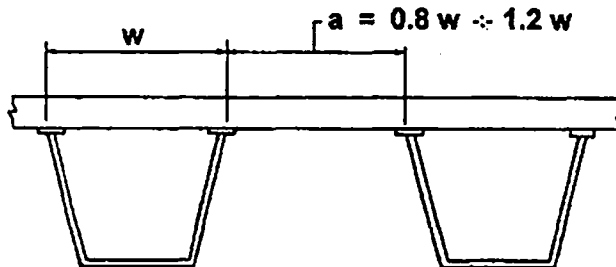
### 11.2.3 Các hạn chế đặc biệt khi sử dụng hệ số phân bố hoạt tải cho mặt cắt nhiều hộp

Các cầu thẳng mặt cắt ngang gồm hai hoặc nhiều hộp khoang đơn, có mô men uốn do hoạt tải lên mỗi hộp được xác định theo các quy định tương ứng trong Điều 6.2.2.2.2 Phần 4 bộ tiêu chuẩn, phải thỏa mãn các hạn chế kích thước hình học như quy định tại đây. Hơn nữa, đường tim gối không được chéo.

Khoảng cách giữa các tim bản cánh các hộp kề nhau,  $a$ , được lấy ở giữa nhịp, không lớn hơn 120% và không nhỏ hơn 80% khoảng cách giữa các tim bản cánh của mỗi hộp đó,  $w$ , như sơ họa trên Hình 2. Thêm vào yêu cầu giữa nhịp, khi các mặt cắt hộp không song song được sử dụng, khoảng cách giữa các tim bản cánh liền kề tại gối không được lớn hơn 135% và không được nhỏ hơn 65% khoảng cách giữa các tim bản cánh của các hộp liền kề. Khoảng cách giữa các tim bản cánh của mỗi hộp phải bằng nhau.

Độ xiên của thành hộp với mặt phẳng vuông góc với cánh dưới không nên vượt quá 1:4.

Cánh hẫng của bản bê tông, gồm cả gờ chắn và lan can, không được lớn hơn 60% của khoảng cách trung bình giữa tim các bản cánh thép của mặt cắt hộp liền kề,  $a$ , hoặc 1800 mm.



Hình 2- Khoảng cách tim giữa các bản cánh

## 11.3 KHẢ NĂNG THI CÔNG

### 11.3.1 Tổng quát

Trừ khi được quy định tại điều này, phải áp dụng các quy định của Điều 10.3. Kích thước hình học của mặt cắt hộp riêng lẻ phải được duy trì suốt cả các giai đoạn thi công, bao gồm cả việc lắp đặt mặt cầu bê tông. Cần phải xem xét để quyết định bố trí các vách ngăn trung gian ở phía trong hoặc các khung ngang, các vách ngăn ở bên ngoài hoặc hệ giằng ngang ở trên, hoặc các phương cách khác tạm thời hay vĩnh cửu để bảo đảm rằng các biến dạng của mặt cắt hộp luôn được kiểm soát.

### 11.3.2 Khả năng chịu uốn

Với các giai đoạn thi công, phải áp dụng các quy định từ Điều 10.3.2.1 tới Điều 10.3.2.3 cho bản cánh trên của dầm mặt cắt hình chày. Chiều dài không giằng nên lấy bằng khoảng cách giữa các khung ngang hoặc các vách ngăn. Phải áp dụng các quy định của Điều A3.3 Phụ lục A khi xác định sức kháng oằn do xoắn của bản cánh trên mặt cắt chày có bản bụng đặc chắc hoặc không đặc chắc.

Với các giai đoạn thi công không chế, bản cánh hộp không liên hợp chịu nén phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{nc} \quad (213)$$

và:

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{crw} \quad (214)$$

trong đó:

$\phi_f$  = hệ số sức kháng uốn theo Điều 5.4.2

$f_{bu}$  = ứng suất dọc bản cánh do tải trọng tính toán gây ra tại mặt cắt đang xét, không tính đến hiệu ứng của ứng suất vênh (MPa)

$F_{crw}$  = sức kháng oằn chịu uốn danh định của bản bụng theo Điều 10.1.9 (MPa)

$F_{nc}$  = sức kháng uốn danh định của bản cánh chịu nén xác định theo Điều 11.8.2 (MPa). Khi tính  $F_{nc}$  cho khả năng thi công, hệ số phân tán tải trọng bản bụng,  $R_b$ , phải lấy là 1,0.

Với mặt cắt có bản bụng đặc chắc hoặc không đặc chắc, không cần kiểm tra theo Phương trình 214.

Với các giai đoạn thi công không chế, bản cánh hộp không liên hợp chịu kéo và bản cánh hộp giằng liên tục chịu kéo hoặc nén phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

$$f_{bu} \leq \phi_f R_n F_y \Delta \quad (215)$$

trong đó:

$$\Delta = \sqrt{1 - 3 \left( \frac{f_v}{F_y} \right)^2} \quad (216)$$

$$\begin{aligned}
 f_v &= \text{Ứng suất tiếp do xoắn St. Venant do tải trọng tính toán gây ra trên mặt cắt đang xét (MPa)} \\
 &= \frac{T}{2A_o t_f} \quad (217)
 \end{aligned}$$

trong đó:

$A_o$  = diện tích kín trong phạm vi lòng hộp ( $\text{mm}^2$ )

$R_h$  = hệ số lai xác định theo Điều 10.1.10.1

$T$  = Nội lực xoắn do tải trọng tính toán (N-mm)

Khi tải trọng tác dụng lên bản cánh hộp liên hợp trước khi bê tông đông cứng hoặc được liên hợp, phải thiết kế bản cánh như với bản cánh hộp không liên hợp. Độ võng thẳng đứng lớn nhất của bản cánh hộp không liên hợp do tính tải tiêu chuẩn dài hạn, gồm cả trọng lượng bản cánh, và tải trọng thi công tiêu chuẩn không được vượt quá 1/360 lần chiều dài nhịp ngang giữa các thành hộp. Ứng suất uốn trong toàn chiều dày của bản cánh hộp không liên hợp do tính tải dài hạn tính toán và tải trọng thi công tính toán không được vượt quá 135 MPa. Trọng lượng của bê tông ướt và các tính tải tạm thời khác đặt trên bản cánh hộp không liên hợp có thể được tính với giả thiết bản cánh hộp làm việc như một dầm giản đơn nhịp bằng khoảng cách giữa các thành hộp. Có thể tăng cường bản cánh nếu có yêu cầu khống chế độ võng và ứng suất của bản cánh do tác dụng của tải trọng trước khi bản bê tông đông cứng hoặc được liên hợp.

### 11.3.3 Khả năng chịu lực cắt

Khi kiểm toán lực cắt theo Điều 10.3.3, cũng phải áp dụng các quy định của Điều 11.9, khi thích hợp.

## 11.4 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN SỬ DỤNG

Trừ khi được quy định tại đây, phải áp dụng các quy định của Điều 6.10.4.

Đại lượng  $f_\lambda$  trong Phương trình 109 phải lấy bằng không. Không áp dụng Phương trình 110. Trừ các mặt cắt chịu mô men uốn dương có bản thành hộp thỏa mãn các quy định của Điều 11.2.1.2, tất cả các mặt cắt phải thỏa mãn Phương trình 111.

Không được áp dụng phương pháp trong Phụ lục B khi xác định phân bố lại mô men âm ở đỉnh trụ trung gian của nhịp dầm liên tục với tổ hợp tải trọng Sử dụng II.

## 11.5 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN MỎI VÀ NỨT GỖY

Trừ khi được quy định tại Điều này, phải áp dụng các quy định của Điều 10.5.

Khi tính mỏi của neo chống cắt, cũng phải áp dụng các quy định của Điều 11.10, khi thích hợp. Không áp dụng các quy định về mỏi của neo chống cắt trong Điều 10.10.3.

Khi kiểm tra các yêu cầu về chịu cắt theo Điều 10.5.3, cũng phải áp dụng các quy định của Điều 11.9, khi thích hợp.

Ứng suất dọc vênh và ứng suất uốn ngang do biến dạng vênh mặt cắt ngang phải được tính cho:

- Mặt cắt hộp đơn trong cầu thẳng hoặc cong,
- Mặt cắt nhiều hộp không thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.2.3,
- Mặt cắt nhiều hộp trong cầu cong
- Bất cứ mặt cắt hộp đơn hoặc nhiều hộp nào có bản cánh mặt hộp không có hiệu toàn phần theo Điều 11.1.1.

Biên độ ứng suất do ứng suất dọc vênh phải được tính đến khi kiểm toán sức kháng mỏi của kim loại cơ bản ở tất cả các chi tiết theo các quy định của Điều 6.1. Biên độ ứng suất uốn ngang phải được xét riêng biệt khi đánh giá sức kháng mỏi của kim loại cơ bản tại vị trí sát với đường hàn góc và sát với điểm cuối của đường hàn góc nối các chi tiết ngang với bản thành và bản cánh mặt hộp. Cần phải kiểm tra biên ứng suất uốn ngang tại vị trí điểm kết thúc mỗi hàn góc giữa bản nút nối thanh ngang của khung ngang với bản cánh nắp hộp trong các khung ngang trung gian trong lòng hộp. Các thanh ngang của khung ngang kề với bản cánh mặt hộp phải được nối vào cánh mặt hộp trừ khi có bố trí sườn tăng cường dọc, nếu có sườn dọc thì phải liên kết thanh ngang vào sườn dọc bằng bu lông. Mô men quán tính của chi tiết ngang trong khung ngang không được nhỏ hơn mô men quán tính của bản nối lớn nhất trong khung ngang đang xét quanh trục mép tiếp xúc với thành hộp.

Với mặt cắt hộp đơn, bản cánh mặt hộp chịu kéo phải được coi là bộ phận không chế nứt gãy, trừ khi phân tích cho thấy mặt cắt có thể chịu toàn bộ tĩnh tải và một phần thích hợp của hoạt tải sau khi xuất hiện một nứt gãy giả định tại bất kỳ điểm nào của bản cánh và bản bụng.

Trừ khi cường độ và ổn định tương ứng của một kết cấu bị phá hoại có thể được kiểm tra bằng phân tích chi tiết, trong mặt cắt ngang hợp thành từ hai hộp, chỉ bản cánh dưới trong vùng mô men dương của mặt cắt được thiết kế theo tiêu chí bộ phận không chế nứt gãy. Khi mặt cắt ngang có nhiều hơn hai hộp, sẽ không xem xét bất cứ thành phần nào của mặt cắt theo tiêu chí không chế nứt gãy.

## 11.6 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN CƯỜNG ĐỘ

### 11.6.1 Tổng quan

Để thực hiện các quy định của Điều này, phải áp dụng các tổ hợp tải trọng cường độ thích hợp trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này.

## 11.6.2 Yêu cầu cấu tạo mặt cắt chịu uốn

### 11.6.2.1 Tổng quan

Nếu có các lỗ trong bản cánh mặt hộp chịu kéo của mặt cắt đang xét, bản cánh chịu kéo phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều 10.1.8.

### 11.6.2.2 Mặt cắt chịu uốn dương

Mặt cắt trong cầu dầm thép cong phải được xem là không đặc chắc và phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.7.2.

Mặt cắt trong cầu thẳng được xem là đặc chắc nếu thỏa mãn các yêu cầu sau đây:

- Cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản cánh và bản bụng không vượt quá 480 MPa,
- Bản thành hộp thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.2.1.2,
- Mặt cắt là một phần của cầu thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.2.3,
- Bản mặt hộp là có hiệu hoàn toàn theo Điều 11.1.1,

Và:

- Mặt cắt thỏa mãn giới hạn độ mảnh bản bụng:

$$\frac{2D_{cp}}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (218)$$

Trong đó:

$D_{cp}$  = chiều cao bản bụng chịu nén khi chịu mô men dẻo xác định theo điều D3.2 Phụ lục D (mm)

Mặt cắt đặc chắc phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.7.1. Nếu không, mặt cắt này phải xem như là không đặc chắc và phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.7.2.

Mặt cắt đặc chắc và không đặc chắc phải thỏa mãn các yêu cầu về tính dẻo theo Điều 10.7.3.

### 11.6.2.3 Mặt cắt chịu mô men uốn âm

Phải áp dụng các quy định của Điều 11.8. Không áp dụng các quy định của Phụ lục A. Không được áp dụng phương pháp trong Phụ lục B khi xác định phân bố lại mô men âm ở đỉnh trụ trung gian của dầm liên tục do tải trọng tính toán.

## 11.6.3 Yêu cầu cấu tạo mặt cắt chịu lực cắt

Phải áp dụng các quy định của Điều 11.9.

#### 11.6.4 Neo chống cắt

Phải áp dụng các quy định của Điều 10.10.4. Cũng phải áp dụng các quy định của Điều 11.10, khi thích hợp.

### 11.7 SỨC KHÁNG UỐN CỦA MẶT CẮT CHỊU MÔMEN UỐN DƯƠNG

#### 11.7.1 Mặt cắt đặc chắc

##### 11.7.1.1 Tổng quát

Ở trạng thái giới hạn cường độ, mặt cắt phải thỏa mãn điều kiện:

$$M_u \leq \phi_f M_n \quad (219)$$

Trong đó:

$\phi_f$  = hệ số sức kháng uốn theo Điều 5.4.2

$M_n$  = sức kháng uốn danh định của mặt cắt theo Điều 11.7.1.2 (N-mm)

$M_u$  = mô men uốn quanh trục chính của mặt cắt do tải trọng tính toán tại mặt cắt đang xét (N-mm)

##### 11.7.1.2 Sức kháng uốn danh định

Sức kháng uốn danh định của mặt cắt phải xác định theo Điều 10.7.1.2, trừ các nhịp liên tục, sức kháng uốn danh định luôn luôn bị giới hạn bởi Phương trình 119.

#### 11.7.2 Mặt cắt không đặc chắc

##### 11.7.2.1 Tổng quát

Ở trạng thái giới hạn cường độ, bản cánh chịu nén phải thỏa mãn:

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{nc} \quad (220)$$

Trong đó:

$\phi_f$  = hệ số sức kháng uốn theo Điều 5.4.2

$f_{bu}$  = ứng suất dọc bản cánh mặt hộp do tải trọng tính toán gây ra tại mặt cắt đang xét, không tính đến hiệu ứng của ứng suất vênh, khi thích hợp (MPa)

$F_{nc}$  = sức kháng uốn danh định của bản cánh mặt hộp chịu nén xác định theo Điều 11.7.2.2 (MPa)

Bản cánh mặt hộp chịu kéo phải thỏa mãn:

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{nt} \quad (221)$$

Trong đó:



$F_{nt}$  = sức kháng uốn danh định của bản cánh chịu kéo xác định theo Điều 11.7.2.2 (MPa)

Ứng suất nén dọc lớn nhất trong bản bê tông ở trạng thái giới hạn cường độ, xác định theo Điều 10.1.1.1.4, không được vượt quá  $0,6f_c$ .

### 11.7.2.2 Sức kháng uốn danh định

Sức kháng uốn danh định của bản cánh chịu nén trong mặt cắt hình chữ nhật được tính bằng:

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (222)$$

Trong đó:

$R_b$  = hệ số phân tán tải trọng bản bụng xác định theo Điều 10.1.10.2

$R_h$  = hệ số lai theo Điều 10.1.10.1

Sức kháng uốn danh định của bản cánh mặt hộp chịu nén trong mặt cắt hộp kín được tính như sau:

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \Delta \quad (223)$$

Trong đó:

$$\Delta = \sqrt{1 - 3 \left( \frac{f_v}{F_{yc}} \right)^2} \quad (224)$$

$f_v$  = ứng suất tiếp do xoắn trong bản cánh do tải trọng tính toán (MPa)

$$= \frac{T}{2A_o t_{fc}} \quad (225)$$

Trong đó:

$A_o$  = diện tích kín trong phạm vi lòng hộp (mm<sup>2</sup>)

$T$  = Nội lực xoắn do tải trọng tính toán (N-mm)

Sức kháng uốn danh định của bản mặt hộp, bản cánh chịu kéo trong mặt cắt hộp kín và mặt cắt hình chữ nhật được tính bằng:

$$F_{nt} = R_h F_{yt} \Delta \quad (226)$$

Trong đó:

$$\Delta = \sqrt{1 - 3 \left( \frac{f_v}{F_{yt}} \right)^2} \quad (227)$$

$f_v$  = ứng suất cắt do xoắn St. Venant trong bản cánh do tải trọng tính toán gây ra trên mặt cắt đang xét (MPa)

$$= \frac{T}{2A_o t_f} \quad (228)$$

## 11.8 SỨC KHÁNG UỐN CỦA MẶT CẮT CHỊU MÔMEN ÂM

### 11.8.1 Tổng quát

#### 11.8.1.1 Bản cánh hộp chịu nén

Bản cánh hộp chịu nén phải thỏa mãn các yêu cầu sau ở trạng thái giới hạn cường độ:

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{nc} \quad (229)$$

Trong đó:

$\phi_f$  = hệ số sức kháng uốn theo Điều 5.4.2

$f_{bu}$  = ứng suất dọc bản cánh do tải trọng tính toán gây ra tại mặt cắt đang xét, không tính đến hiệu ứng của ứng suất vênh (MPa)

$F_{nc}$  = sức kháng uốn danh định của bản cánh xác định theo Điều 11.8.2 (MPa)

#### 11.8.1.2 Bản cánh giằng liên tục chịu kéo

Phải thỏa mãn các yêu cầu sau ở trạng thái giới hạn cường độ:

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{nt} \quad (230)$$

Trong đó:

$F_{nt}$  = sức kháng uốn danh định của bản cánh xác định theo Điều 11.8.3 (MPa)

## 11.8.2 Sức kháng uốn của bản cánh hộp chịu nén

### 11.8.2.1 Tổng quát

Sức kháng uốn danh định của bản cánh hộp chịu nén không có sườn tăng cứng dọc được xác định theo Điều 11.8.2.2. Sức kháng uốn danh định của bản cánh hộp chịu nén có sườn tăng cứng dọc được xác định theo Điều 11.8.2.3

#### 11.8.2.2 Bản cánh mặt hộp không có sườn tăng cứng

Sức kháng uốn danh định của bản cánh chịu nén,  $F_{nc}$ , được xác định như sau:

$$F_{nc} = F_{cb} \sqrt{1 - \left( \frac{f_v}{\phi_v F_{cv}} \right)^2} \quad (231)$$

Trong đó:

$F_{cb}$  = sức kháng ổn định nén danh định của bản cánh mặt hộp chỉ chịu nén được tính như sau;

- Nếu  $\lambda_f \leq \lambda_p$  thì :

$$F_{cb} = R_b R_h F_{yc} \Delta \quad (232)$$

- Nếu  $\lambda_f \leq \lambda_p < \lambda_r$  thì:

$$F_{cb} = R_b R_h F_{yc} \left[ \Delta - \left( \Delta - \frac{\Delta - 0,3}{R_h} \right) \left( \frac{\lambda_f - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \quad (233)$$

- Nếu  $\lambda_f > \lambda_r$ , thì:

$$F_{cb} = \frac{0,9 E R_b k}{\lambda_f^2} \quad (234)$$

$F_{cv}$  = Sức kháng ổn định cắt của bản cánh mặt hộp chỉ chịu cắt được tính như sau:

- Nếu  $\lambda_f \leq 1,12 \sqrt{\frac{E k_s}{F_{yc}}}$ , thì:

$$F_{cv} = 0,58 F_{yc} \quad (235)$$

- Nếu  $1,12 \sqrt{\frac{E k_s}{F_{yc}}} < \lambda_f \leq 1,40 \sqrt{\frac{E k_s}{F_{yc}}}$  thì

$$F_{cv} = \frac{0,65 \sqrt{F_{yc} E k_s}}{\lambda_f} \quad (236)$$

- Nếu  $\lambda_f > 1,40 \sqrt{\frac{E k_s}{F_{yc}}}$  thì

$$F_{cv} = \frac{0,9 E k_s}{\lambda_f^2} \quad (237)$$

$\lambda_f$  = tỷ số độ mảnh của bản cánh chịu nén

$$= \frac{b_{fc}}{t_{fc}} \quad (238)$$

$$\lambda_p = 0,57 \sqrt{\frac{E k}{F_{yc} \Delta}} \quad (239)$$

$$\lambda_r = 0,95 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yr}}} \quad (240)$$

$$\Delta = \sqrt{1 - 3 \left( \frac{f_v}{F_{yc}} \right)^2} \quad (241)$$

$f_v$  = ứng suất cắt do xoắn St. Venant trong bản cánh mặt hộp do tải trọng tính toán của mặt cắt đang xét (MPa)

$$= \frac{T}{2A_o t_{fc}} \quad (242)$$

$F_{yr}$  = giá trị nhỏ hơn giữa ứng suất nén trong bản cánh khi bắt đầu chảy danh định, xét đến hiệu ứng của ứng suất dư và cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản bụng (MPa)

$$= (\Delta - 0,3)F_{yc} \leq F_{yw} \quad (243)$$

$k$  = hệ số ổn định oằn của tấm với ứng suất pháp phân bố đều

$$= 4,0$$

$k_s$  = hệ số ổn định oằn của tấm với ứng suất cắt

$$= 5,34$$

Trong đó

$\phi_r$  = hệ số sức kháng uốn theo Điều 5.4.2

$\phi_v$  = hệ số kháng cắt theo Điều 5.4.2

$b_{fc}$  = bề rộng bản cánh hộp chịu nén giữa hai bản bụng (mm)

$A_o$  = diện tích bao trong lòng hộp (mm<sup>2</sup>)

$R_b$  = hệ số phân tán tải trọng bản bụng xác định theo Điều 10.1.10.2

$R_n$  = hệ số lai xác định theo Điều 10.1.10.1

$T$  = Nội lực xoắn do tải trọng tính toán (N-mm)

### 11.8.2.3 Bản cánh mặt hộp có sườn tăng cứng dọc

Sức kháng uốn danh định của bản cánh mặt hộp chịu nén phải được tính như sức kháng uốn danh định của bản cánh mặt hộp chịu nén không có sườn tăng cứng dọc được xác định theo Điều 11.8.2.2, với các thay thế sau đây:

- $w$  thay cho  $b_{fc}$ , ( $w$  là chiều rộng mặt hộp giữa hai thành hộp)
- hệ số ổn định của tấm khi chịu ứng suất pháp phân bố đều,  $k$ , phải lấy là:
- Nếu  $n = 1$ , thì:

$$k = \left( \frac{8I_s}{wt_{fc}^3} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (244)$$

- Nếu  $n = 2$ , thì:

$$k = \left( \frac{0,894I_s}{wt_{fc}^3} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (245)$$

$1.0 \leq k \leq 4.0$  và:

- Hệ số ổn định của tấm khi chịu ứng suất cắt,  $k_s$ , phải lấy là:

$$k_s = \frac{5,34 + 2,84 \left( \frac{I_s}{wt_{fc}^3} \right)^{\frac{1}{3}}}{(n+1)^2} \leq 5,34 \quad (246)$$

trong đó:

- $I_s$  = mô men quán tính của một sườn tăng cứng dọc lấy với trục song song với bản cánh và đi qua chân sườn tăng cứng ( $\text{mm}^4$ )
- $n$  = số sườn tăng cứng dọc cách đều
- = giá trị lớn hơn giữa khoảng cách hai sườn tăng cứng dọc kề nhau và khoảng cách từ thành hộp đến sườn tăng cứng dọc kề đó (mm)

Sườn tăng cứng dọc bản cánh chịu nén phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.11.2.

### 11.8.3 Sức kháng uốn của bản cánh chịu kéo

Sức kháng uốn danh định của bản cánh chịu kéo phải tính như sau:

$$F_{nt} = R_h F_{yt} \quad (247)$$

trong đó:

- $R_h$  = hệ số lai xác định theo Điều 10.1.10.1

Sức kháng uốn danh định của bản cánh mặt hộp chịu kéo của hộp kín phải xác định theo Phương trình 226

## 11.9 SỨC KHÁNG CẮT

Phải áp dụng các quy định của Điều 10.9 khi xác định sức kháng cắt tính toán của thành hộp đơn. Trong trường hợp bản thành hộp xiên, trị số  $D$  trong Điều 10.9 phải lấy là chiều cao bản thành hộp đo theo đường xiên.

Trong trường hợp bản thành hộp xiên, mỗi bản thành hộp phải được thiết kế với lực cắt,  $V_{ui}$ , do tải trọng tính toán như sau:

$$V_{ui} = \frac{V_u}{\cos \theta} \quad (248)$$

trong đó:

$V_u$  = Lực cắt thẳng đứng do tải trọng tính toán trên bản thành hộp xiên (N)

$\theta$  = góc xiên của thành hộp với phương thẳng đứng (Độ)

Với tất cả các mặt cắt hộp đơn, các mặt cắt trong dầm cong, các mặt cắt nhiều hộp trong cầu không thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.2.3, hoặc với các bản mặt hộp không có hiệu toàn bộ theo các quy định của Điều 11.1.1,  $V_u$  phải được lấy là tổng hợp của ứng suất tiếp do uốn và do xoắn St. Venant.

Với các bản cánh mặt hộp,  $b_{lc}$  hoặc  $b_n$ , phải được lấy bằng một nửa bề rộng bản mặt hộp có hiệu giữa các thành hộp khi kiểm toán theo Phương trình 148, trong đó bề rộng mặt hộp có hiệu phải lấy theo Điều 11.1.1, nhưng không được vượt quá  $18t_f$  với  $t_f$  là bề dày của bản mặt hộp.

Sườn tăng cứng thành hộp phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.11.1.

## 11.10 NEO CHỐNG CẮT

Phải thiết kế các neo chống cắt theo quy định của Điều 10.10. Phải bố trí neo chống cắt ở vùng chịu mô men âm.

Với tất cả các mặt cắt hộp đơn, các mặt cắt trong dầm cong, các mặt cắt nhiều hộp trong cầu không thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.2.3, hoặc với các mặt hộp không có hiệu toàn bộ theo các quy định của Điều 11.1.1, phải thiết kế neo chống cắt với tổng hợp của ứng suất tiếp do uốn và do xoắn St. Venant. Biên độ lực cắt mỗi theo phương dọc cho mỗi đơn vị chiều dài,  $V_{fat}$ , của một bản cánh trên của dầm mặt cắt hình chữ nhật phải được tính với bản thành hộp chịu lực cắt do uốn và xoắn tăng thêm. Kết quả tính bố trí bước neo chống cắt của một cánh trên cũng phải sử dụng cho bản cánh trên còn lại. Biên độ lực cắt mỗi hướng tâm do độ cong,  $F_{fat1}$ , được cho trong Phương trình 161 có thể bỏ qua khi thiết kế mặt cắt hộp trong các nhịp thẳng hoặc cong.

Khi kiểm tra kết quả số lượng neo chống cắt theo điều kiện trạng thái giới hạn cường độ, diện tích mặt cắt ngang phần thép của mặt cắt hộp đang xét và diện tích có hiệu của bản bê tông liên hợp với nó phải lấy giá trị đã sử dụng để xác định P theo các Phương trình 173, 174, 178, và 179.

Neo chống cắt trên bản mặt hộp liên hợp phải phân bố đều trên bề rộng của bản cánh mặt hộp. Khoảng cách lớn nhất theo phương ngang,  $S_i$ , giữa các neo chống cắt phải thỏa mãn yêu cầu sau:

$$\frac{s_i}{t_f} \sqrt{\frac{F_y}{kE}} \leq R_1 \quad (249)$$

trong đó:

k = hệ số ổn định của tấm chịu ứng suất pháp phân bố đều, xác định theo Điều 11.8.2

$R_1$  = tỷ số độ mảnh giới hạn của bản cánh mặt hộp xác định theo Phương trình 238

Với bản cánh mặt hộp ở trạng thái giới hạn mỏi,  $V_{sr}$  trong Phương trình 158 phải được xác định như véc tơ tổng của biên độ ứng suất tiếp mỗi theo phương dọc trong Phương trình 160 và biên độ ứng suất tiếp mỗi do xoắn trong bản bê tông. Số neo chống cắt yêu cầu để thỏa mãn trạng thái giới hạn cường độ phải xác định theo các quy định của Điều 10.10.4. Đồng thời, véc tơ tổng của lực dọc và lực cắt xoắn do tải trọng tĩnh toán trong bản bê tông cho mỗi neo không được vượt quá Q, xác định từ Phương trình 170.

## 11.11 SƯỜN TĂNG CỨNG

### 11.11.1 Sườn tăng cứng thành hộp

Phải thiết kế sườn tăng cứng ngang trung gian của bản thành hộp theo các quy định của Điều 10.11.1.

Phải thiết kế sườn tăng cứng dọc của bản thành hộp theo các quy định của Điều 10.11.3.

Trừ khi được quy định tại Điều này, phải thiết kế sườn tăng cứng tại gó theo các quy định của Điều 10.11.2. Sườn tăng cứng tại gó nên gắn vào vách ngăn hơn là vào thành hộp xiên. Khi gắn sườn tăng cứng tại gó gắn vào vách ngăn, các quy định của Điều 10.11.2.4.2 phải được áp dụng cho vách ngăn. Ở vị trí gó di động, các sườn tăng cứng tại gó và vách ngăn nên được thiết kế với độ lệch tâm khi có chuyển vị do nhiệt độ.

### 11.11.2 Sườn tăng cứng dọc cho bản cánh chịu nén

Sườn tăng cứng dọc cho bản mặt hộp chịu nén phải được bố trí đều trên bề rộng của bản mặt hộp chịu nén. Cường độ chảy nhỏ nhất quy định của sườn tăng cứng không được nhỏ hơn cường độ của bản mặt hộp gắn với nó.

Bề rộng nhô ra,  $b_\lambda$ , của sườn tăng cứng phải thỏa mãn điều kiện:

$$b_\lambda \leq 0,48t_s \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (250)$$

trong đó:

$t_s$  = chiều dày sườn tăng cứng (mm)

Mô men quán tính,  $I_\lambda$ , của mỗi sườn tăng cứng quanh trục song song với bản mặt hộp và đi qua chân sườn phải thỏa mãn:

$$I_\lambda \geq \psi W t_{fc}^3 \quad (251)$$

trong đó:

$\psi$  = 0,125 $k^3$  với  $n=1$

= 1,120 $k^3$  với  $n=2$

$k$  = hệ số ổn định với ứng suất pháp phân bố đều

1,0  $\leq k \leq$  4,0

$n$  = số sườn tăng cứng dọc cách đều

= giá trị lớn hơn giữa khoảng cách hai sườn tăng cứng dọc kề nhau và khoảng cách từ thành hộp đến sườn tăng cứng dọc kề đó (mm)

## 12 CÁC CẤU KIỆN CHỊU UỐN KHÁC

### 12.1 TỔNG QUÁT

#### 12.1.1 Điều kiện áp dụng

Phải áp dụng các quy định của Điều này cho các cấu kiện:

- Các cấu kiện hình chữ H không liên hợp, uốn theo các trục của mặt cắt ngang và mặt cắt không liên hợp, hình I uốn quanh trục yếu của nó
- Cấu kiện hình hộp không liên hợp kể cả các thép mặt cắt rỗng hình vuông và hình chữ nhật HSS
- Các ống tròn không liên hợp kể cả thép mặt cắt rỗng tròn HSS
- Các thép chữ U, thép góc, thép chữ T và các thanh thép tròn
- Các thép hình cán bọc bê tông
- Các ống thép tròn nhồi bê tông liên hợp.



## 12.1.2 Trạng thái giới hạn cường độ

### 12.1.2.1 Uốn

Sức kháng uốn tính toán,  $M_r$ , phải được tính như sau:

$$M_r = \phi_r M_n \quad (252)$$

trong đó:

$M_n$  = sức kháng uốn danh định quy định trong các Điều 12.2.2 và 12.2.3 cho các cấu kiện không liên hợp và liên hợp tương ứng (N.mm)

$\phi_r$  = hệ số sức kháng đối với uốn quy định trong Điều 5.4.2

Đường cong quan hệ tương tác P-M theo vật liệu của ống thép tròn nhồi bê tông (CFSTs) phải được xác định như qui định tại Điều 12.2.3.3

### 12.1.2.2 Tải trọng dọc trục kết hợp với uốn

Phải áp dụng các quy định trong Điều 8.2.3 cho kéo dọc trục và uốn kết hợp, hoặc quy định trong Điều 9.2.2 cho nén dọc trục và uốn kết hợp.

### 12.1.2.3 Lực cắt

#### 12.1.2.3.1 Tổng quát

Sức kháng cắt tính toán,  $V_r$ , phải được tính như sau:

$$V_r = \phi_v V_n \quad (253)$$

trong đó:

$V_n$  = sức kháng cắt danh định quy định trong các Điều 10.9.2 và 12.3 cho các bản bụng của các bộ phận không liên hợp và các bộ phận liên hợp, tương ứng ngoại trừ cấu kiện mặt cắt hộp và các cấu kiện mặt cắt rỗng hình vuông, hình chữ nhật không liên hợp phải theo qui định của Điều 11.9, và các ống thép tròn không liên hợp kể cả cấu kiện thép mặt cắt rỗng hình tròn phải theo qui định của Điều 12.1.2.3.3 (N)

$\phi_v$  = hệ số sức kháng đối với cắt quy định trong Điều 5.4.2

Với thân của thép T và các cánh thép hình I, H không liên hợp chịu lực quanh trục yếu, hệ số ổn định oằn chịu cắt,  $k$ , lấy bằng 1,2.

#### 12.1.2.3.2 cấu kiện thép mặt cắt rỗng hình vuông và hình chữ nhật HSS

Đối với mặt cắt cấu kiện thép mặt cắt rỗng hình vuông, chiều cao bản bụng,  $D$ , lấy bằng khoảng cách tịnh giữa hai bản cánh trừ đi các bán kính lượn góc phía trong và diện tích của cả hai bản bụng đều được tính tham gia chịu cắt.

#### 12.1.2.3.3 Thép ống hình tròn

Sức kháng cắt danh định của thép ống tròn không liên hợp, kể cả thép mặt cắt rỗng hình tròn HSS,  $V_n$ , được tính bằng:

$$V_n = 0,5F_{cr} A_g \quad (254)$$

Trong đó:

$$F_{cr1} = \frac{1,6E}{\sqrt{\frac{L_v}{D} \left(\frac{D}{t}\right)^4}} \leq 0,58F_y \quad (255)$$

Hoặc:

$$F_{cr2} = \frac{0,78E}{\left(\frac{D}{t}\right)^2} \leq 0,58F_y \quad (256)$$

Trong đó:

$A_g$  = diện tích nguyên của mặt cắt theo chiều dày ống thiết kế ( $\text{mm}^2$ )

$D$  = đường kính ngoài của ống (mm)

$L_v$  = khoảng cách giữa các điểm lực cắt lớn nhất và bằng không. (mm)

$t$  = chiều dày thiết kế thành ống lấy bằng 0,93 lần bề dày danh định của thép mặt cắt rỗng tròn HSS hàn điện, các loại khác lấy bằng chiều dày thành ống danh định.

## 12.2 SỨC KHÁNG UỐN DANH ĐỊNH

### 12.2.1 Tổng quát

Trừ khi qui định ở đây, các quy định về oằn xoắn nằm ngang không cần áp dụng cho các cấu kiện liên hợp, các cấu kiện hình hộp không liên hợp, các cấu kiện hình chữ H chịu uốn quanh trục yếu của chúng và các ống thép tròn không liên hợp.

### 12.2.2 Các cấu kiện không liên hợp

#### 12.2.2.1 Các cấu kiện hình I và H

Các quy định của Điều này áp dụng cho các cấu kiện hình I, H và các cấu kiện gồm hai thép hình U liên kết với nhau bằng bản bụng.

Các quy định của Điều 10.4 phải áp dụng cho uốn theo trục thẳng góc với bản bụng.

Sức kháng uốn danh định đối với uốn theo trục song song với bản bụng phải được lấy như sau:

- Nếu  $\lambda_j \leq \lambda_{pf}$ , thì:

$$M_n = M_p \quad (257)$$

- Nếu  $\lambda_{pf} < \lambda_f \leq \lambda_{yf}$ , thì:

$$M_n = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{S_y}{Z_y} \right) \left( \frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}} \right) \right] F_y Z_y \quad (258)$$

trong đó:

$\lambda_f$  = tỷ số độ mảnh của bản cánh chịu nén

$$= \frac{b_f}{2t_f} \quad (259)$$

$\lambda_{pf}$  = giới hạn tỷ số độ mảnh của bản cánh đặc chắc

$$= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (260)$$

$\lambda_{yf}$  = giới hạn tỷ số độ mảnh của bản cánh không đặc chắc

$$= 0,83 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (261)$$

trong đó:

$F_y$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản cánh có cường độ nhỏ hơn (MPa)

$M_p$  = mô men dẻo quanh trục trọng tâm song song với bản bụng (N.mm)

$S_y$  = mô đun mặt cắt đàn hồi quanh trục song song với bản bụng (mm<sup>3</sup>)

$Z_y$  = mô đun mặt cắt dẻo quanh trục song song với bản bụng (mm<sup>3</sup>)

#### 12.2.2.2 Các cấu kiện hình hộp

Sức kháng uốn danh định của các cấu kiện có mặt cắt hình hộp đối xứng đôi, đồng nhất, chịu uốn quanh các trục của nó, phải được tính như sau:

$$M_n = F_y S \left[ 1 - \frac{0,064 F_y S \lambda \left( \frac{\sum \left( \frac{b}{t} \right)^{0,5}}{I_y} \right) \right]}{AE} \right] \quad (262)$$

trong đó:

$S$  = môđun mặt cắt theo trục uốn ( $\text{mm}^3$ )

$A$  = diện tích được bao quanh bởi các đường tim của các tấm tạo thành hộp ( $\text{mm}^2$ )

$l$  = chiều dài không được giằng ( $\text{mm}$ )

$I_y$  = mômen quán tính theo trục thẳng góc với trục uốn ( $\text{mm}^4$ )

$b/t$  = chiều rộng của bản cánh hoặc chiều cao bản thành hộp bất kỳ chia cho chiều dày của nó; trong đó chiều rộng bản cánh không tính phần hăng bên ngoài chu vi hộp.

Sức kháng uốn danh định của thép mặt cắt rỗng HSS hình vuông hay chữ nhật chịu uốn quanh các trục của nó sẽ lấy giá trị nhỏ hơn trong các giá trị tính theo giới hạn chảy, oằn cục bộ của bản cánh hay oằn cục bộ bản bụng.

Sức kháng uốn danh định của thép mặt cắt rỗng HSS hình vuông hay chữ nhật theo giới hạn chảy được tính như sau:

$$M_n = M_p = F_y Z \quad (263)$$

Trong đó:

$M_p$  = Mô men dẻo (Nmm)

$Z$  = Mô men tính dẻo của mặt cắt quanh trục chịu uốn ( $\text{mm}^3$ )

Khi độ mảnh bản cánh,  $\lambda_y$  của thép mặt cắt rỗng HSS vuông hay chữ nhật lớn hơn  $\lambda_{yf}$ , phải kiểm tra khả năng chịu oằn cục bộ. Khi xét đến oằn cục bộ bản cánh, sức kháng uốn danh định sẽ được tính như sau:

• Nếu  $\lambda_y \leq \lambda_{yf}$ , thì:

$$M_n = (M_p - F_y S) \left( 3,57 \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 4 \right) \leq M_p \quad (264)$$

• Nếu  $\lambda_y > \lambda_{yf}$  thì:

$$M_n = F_y S_{\text{eff}} \quad (265)$$

trong đó:

$\lambda_y$  = độ mảnh bản cánh chịu nén =  $b_{fc}/t_{fc}$

$\lambda_{yf}$  = giới hạn độ mảnh bản cánh đặc chắc

$$= 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (266)$$

$\lambda_{yf}$  = độ mảnh giới hạn của bản cánh không đặc chắc

$$= 1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (267)$$

trong đó:

$b_{fc}$  = chiều rộng tịnh của bản cánh hộp chịu nén ở giữa hai thành hộp trừ đi bán kính góc

lượn bên trong ở hai bên thành hộp ( $\text{mm}$ )

$S$  = mô men tính đàn hồi quanh trục chịu uốn ( $\text{mm}^3$ )

$S_{\text{eff}}$  = mô men tính đàn hồi có hiệu quanh trục chịu uốn tính theo chiều rộng có hiệu của bản cánh chịu nén ( $\text{mm}^3$ ) được xác định như sau:

$$b_e = 1,92 t_f \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left[ 1 - \frac{0,38}{(b_f/t_f)} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right] \leq b_f \quad (268)$$

$t_c$  = chiều dày thiết kế của bản cánh hộp chịu nén lấy bằng 0,93 lần chiều dày cánh danh định đối với thép mặt cắt rỗng HSS hàn điện và bằng chiều dày danh định đối với các trường hợp khác (mm)

Khi độ mảnh bản cánh  $\lambda_f$  của thép mặt cắt rỗng HSS hình vuông và chữ nhật lớn hơn  $\lambda_{f1}$ , ứng suất bản cánh chịu nén phải thỏa mãn điều kiện sau ở trạng thái giới hạn mỗi, giới hạn sử dụng và khi thi công:

$$f_c \leq \frac{1,96}{\lambda_f^2} \quad (269)$$

ở đây:

$f_c$  = ứng suất bản cánh chịu nén của mặt cắt đang xem xét do:

- Tải trọng của tổ hợp trạng thái giới hạn sử dụng II;
- Do tải trọng tĩnh lâu dài không hệ số cộng với tổ hợp tải trọng mỗi I trạng thái giới hạn mỗi;
- Tĩnh tải nhân hệ số tương ứng với điều kiện thi công.

Khi độ mảnh bản bụng,  $D/t_w$ , của thép hình HSS vuông và chữ nhật vượt quá  $\lambda_{pw}$ , phải kiểm toán oằn cục bộ bản bụng. Theo điều kiện oằn cục bộ bản bụng, sức kháng uốn danh định được lấy bằng:

$$M_n = M_p - (M_p - F_y S) \left( 0,305 \frac{D}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 0,738 \right) \leq M_p \quad (270)$$

trong đó:

$\lambda_{pw}$  = độ mảnh giới hạn của bản bụng đặc chắc

$$= 2,42 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (271)$$

ở đây:

$D$  = khoảng cách tịnh giữa các bản cánh trừ đi bán kính góc lượn bên trong ở hai mép thành hộp (mm)

$t_w$  = chiều dày thiết kế của bản cánh thành hộp chịu nén lấy bằng 0,93 lần chiều dày cánh danh định đối với thép hình HSS tổ hợp hàn điện và bằng chiều dày danh định đối với các trường hợp khác

### 12.2.2.3 Các ống tròn

Đối với thép ống tròn không liên hợp, kể cả thép mặt cắt rỗng tròn HSS, sức kháng uốn danh định lấy giá trị nhỏ hơn trong các giá trị tính theo giới hạn chảy hay tính theo điều kiện oằn cục bộ tương ứng. Tỷ lệ  $D/t$  của thép ống tròn dùng làm cấu kiện chịu uốn không được vượt quá  $0,45E/F_y$ .

Sức kháng uốn theo giới hạn chảy được tính bằng:

$$M_n = M_p = F_y Z \quad (272)$$

Ở đây:

- $D$  = đường kính ngoài (mm)
- $t$  = chiều dày thành ống (mm)
- $M_p$  = mô men dẻo (Nmm)
- $Z$  = mô men tính mặt cắt ( $\text{mm}^3$ )

Với các mặt cắt có  $D/t$  vượt quá  $0,07E/F_y$ , phải kiểm tra khả năng chịu oằn cục bộ. Theo điều kiện oằn cục bộ, sức kháng uốn danh định được tính bằng:

- Nếu  $\frac{D}{t} \leq \frac{0,31E}{F_y}$ , thì:

$$M_n = \left( \frac{0,021E}{\frac{D}{t}} + F_y \right) S \quad (273)$$

- Nếu  $\frac{D}{t} > \frac{0,31E}{F_y}$ , thì

$$M_n = F_c S \quad (274)$$

Trong đó:

$F_c$  = ứng suất oằn cục bộ đàn hồi (MPa)

$$= \frac{0,33E}{\frac{D}{t}} \quad (275)$$

ở đây:

$S$  = mô men tĩnh mặt cắt đàn hồi ( $\text{mm}^3$ )

#### 12.2.2.4 Thép T và thép góc kép

Khi thép hình T và thép góc kép chịu tải trong mặt phẳng đối xứng, sức kháng uốn danh định lấy giá trị nhỏ nhất trong các giá trị tính theo giới hạn chảy, oằn do xoắn ngang, hoặc oằn cục bộ của các bộ phận.

Theo giới hạn chảy, sức kháng uốn danh định được tính bằng:

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (276)$$

Giá trị  $M_n$  trong Phương trình 276 chỉ hạn chế bằng  $1,6 M_y$  khi sườn T chịu kéo và bằng  $M_y$  khi sườn T chịu nén.

ở đây:

$F_y$  = cường độ chảy tối thiểu qui định (MPa)

$M_p$  = Mô men dẻo (Nmm)

$M_y$  = mô men chảy theo khoảng cách tới đầu mút của sườn (Nmm)

$Z_x$  = Mô men tĩnh mặt cắt dẻo quanh trục x ( $\text{mm}^3$ )

Theo điều kiện oằn do xoắn ngang, sức kháng uốn danh định được tính bằng:

$$M_n = \frac{\pi \sqrt{EI_y GJ}}{L_b} \left[ B + \sqrt{1 + B^2} \right] \quad (277)$$

Trong đó:

$$B = \pm 2,3 \frac{d}{L_b} \sqrt{\frac{I_y}{J}} \quad (278)$$

ở đây:

$d$  = tổng chiều cao mặt cắt (mm)

$G$  = mô đun đàn hồi cắt của thép = 0,385E (MPa)

$I_y$  = mô men quán tính quanh trục  $y$  ( $\text{mm}^4$ )

$J$  = Hằng số xoắn St. Venant ( $\text{mm}^4$ )

$L_b$  = chiều dài không có giằng đỡ (mm)

Lấy dấu cộng cho  $B$  trong Phương trình 278 khi sườn chịu kéo và dấu âm khi sườn chịu nén. Nếu đầu mút của sườn chịu nén ở bất kỳ vị trí nào dọc theo chiều dài không có giằng đỡ thì giá trị  $B$  lấy theo dấu âm.

Đối với các mặt cắt có bản cánh chịu nén và độ mảnh bản cánh  $\lambda_f$  vượt quá  $\lambda_{pf}$ , thì phải kiểm tra khả năng bị oằn cục bộ bản cánh. Theo điều kiện chống oằn cục bộ bản cánh của thép hình T, sức kháng uốn danh định được tính bằng:

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y S_{xc}) \left( \frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \leq 1,6M_y \quad (279)$$

Theo điều kiện chống oằn cục bộ bản cánh của của thép góc kép, sức kháng uốn danh định được tính bằng:

$$M_n = F_y S_{xc} \left( 2,43 - 1,72 \left( \frac{b_f}{2t_f} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right) \leq 1,6F_y S_{xc} \quad (280)$$

Trong đó:

$M_p$  = mô men đàn hồi (N.mm)

$$= F_y Z_x \leq 1,6M_y \quad (281)$$

$\lambda_f$  = độ mảnh bản cánh =  $b_f / 2t_f$ .

$\lambda_{pf}$  = giới hạn độ mảnh cho bản cánh đặc chắc

$$= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (282)$$

$\lambda_{rf}$  = giới hạn độ mảnh cho bản cánh không đặc chắc

$$= 1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (283)$$

Trong đó:

$b_f$  = chiều rộng bản cánh (mm). Đối với thép góc kép đôi,  $b_f$  là tổng chiều rộng của các cánh chĩa ra

$S_{xc}$  = Mô men tĩnh mặt cắt đối với cánh chịu nén ( $\text{mm}^3$ )

$t_f$  = chiều dày bản cánh (mm)

### 12.2.2.5 Thép hình U

Khi thép hình U chịu uốn quanh trục khỏe hay trục  $x$ , sức kháng uốn danh định của nó sẽ lấy theo giá trị nhỏ hơn giữa các giá trị xác định theo giới hạn chảy hoặc theo điều kiện oằn do xoắn ngang, khi thích hợp.

Sức kháng uốn danh định theo điều kiện chảy được tính như sau:

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (284)$$

Trong đó:

$F_y$  = cường độ chảy quy định tối thiểu (MPa)

$M_p$  = mô men dẻo (Nmm.)

$Z_x$  = mô men tĩnh mặt cắt đều quanh trục x ( $\text{mm}^3$ )

Khi chiều dài không có giằng  $L_b$  lớn hơn  $L_p$ , phải kiểm tra khả năng oằn xoắn ngang. Theo điều kiện oằn xoắn ngang, sức kháng uốn danh định được xác định như sau:

- Nếu  $L_b \leq L_r$  thì:

$$M_n = C_b \left[ \left( M_p - 0,7F_y S_x \right) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (285)$$

- Nếu  $L_b > L_r$ , thì:

$$M_n = F_\alpha S_x \leq M_p \quad (286)$$

trong đó:

$F_\alpha$  = ứng suất đàn hồi oằn xoắn ngang (MPa)

$$= \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_0} \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (287)$$

$$c = \frac{h_0}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} \quad (288)$$

$C_w$  = hằng số xoắn vênh ( $\text{mm}^6$ )

$$= \frac{t_f b^3 h_0^2 (3bt_f + 2h_0 t_w)}{12 (6bt_f + 2h_0 t_w)} \quad (289)$$

$L_p$  = Chiều dài không giằng giới hạn để đạt được sức kháng uốn danh định  $M_p$  dưới điều kiện uốn dải đều (mm)

$$= 1,78 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (290)$$

$L_r$  = chiều dài không giằng giới hạn để bắt đầu đạt tới chảy danh định dưới tác dụng của mô men uốn dải đều có xét đến ứng suất dư của cánh chịu nén (mm)

$$= 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} \left[ 1 + \sqrt{1 + 6,76 \left( \frac{0,7F_y S_x h_0}{E Jc} \right)^2} \right]} \quad (291)$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad (292)$$

ở đây:

$C_b$  = hệ số điều chỉnh gradient mô men xác định như qui định trong Điều A3.3 Phụ lục A

$L_b$  = chiều dài không giằng (mm)

$b$  = khoảng cách giữa đầu mút của cánh và đường tim bản bụng (mm)

$h_0$  = khoảng cách giữa các trọng tâm bản cánh (mm)

$I_y$  = mô men quán tính quanh trục y ( $\text{mm}^4$ )

$J$  = hằng số xoắn St. Venant ( $\text{mm}^4$ )

$R_{ts}$  = bán kính quán tính để xác định  $L_r$  (mm)

$R_y$  = bán kính quán tính quanh trục y (mm.)

$S_x$  = mô men tĩnh mặt cắt đàn hồi quanh trục x ( $\text{mm}^3$ )

$t_f$  = chiều dày bản cánh (mm); với thép hình U cán, lấy theo chiều dày trung bình

$t_w$  = chiều dày bản bụng (mm)



Khi thép hình U chịu uốn quanh trục yếu của nó hay trục  $y$ , sức kháng uốn danh định phải xác định theo các qui định của Điều 12.2.2.1. Sức kháng uốn danh định không được vượt quá  $1,6 F_y S_y$ , ở đây  $S_y$  là mô men tĩnh mặt cắt dẻo quanh trục  $y$ . Độ mảnh bản cánh,  $\lambda_f$ , của thép hình U cán hay làm bằng thép bản uốn phải thỏa mãn:

$$\lambda_f \leq \lambda_{pf} \quad (293)$$

trong đó:

$\lambda_f$  = độ mảnh bản cánh của thép hình U =  $b_f/t_f$

$\lambda_{pf}$  = độ mảnh giới hạn cho bản cánh đặc chắc

$$= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (294)$$

ở đây:

$b_f$  = chiều rộng bản cánh (mm)

$t_f$  = chiều dày bản cánh (mm)

Độ mảnh bản bụng của thép hình U cán hay làm bằng thép bản uốn phải thỏa mãn:

$$\frac{D}{t_w} \leq \lambda_{pw} \quad (295)$$

Trong đó:

$\lambda_{pw}$  = độ mảnh giới hạn cho bản bụng đặc chắc

$$= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (296)$$

ở đây:

$D$  = chiều cao bản bụng (mm)

$t_w$  = chiều dày bản bụng (mm)

### 12.2.2.6 Thép góc đơn

Không dùng thép góc đơn làm cấu kiện chịu uốn thuần túy. Các thép góc đơn chịu lực nén dọc trục kết hợp uốn có thể được thiết kế theo các qui định của Điều 9.4.4

### 12.2.2.7 Thép thanh mặt cắt chữ nhật và thép tròn đặc

Sức kháng uốn danh định của các thép thanh mặt cắt chữ nhật hoặc thép tròn đặc phải lấy theo giá trị nhỏ hơn giữa các giá trị xác định theo giới hạn chảy hay theo điều kiện oằn do xoắn ngang, khi thích hợp. Theo điều kiện chảy, sức kháng uốn danh định phải được xác định như sau:

- Với các thanh mặt cắt hình chữ nhật có  $\frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{0,08E}{F_y}$  chịu uốn quanh trục khỏe của

nó, các thanh mặt cắt hình chữ nhật chịu uốn quanh trục yếu của nó, các thanh thép tròn đặc:

$$M_n = M_p = F_y Z \leq 1,6M_y \quad (297)$$

ở đây:

$d$  = chiều cao của thanh mặt cắt chữ nhật (mm)

$F_y$  = cường độ chảy tối thiểu qui định (MPa)

$L_b$  = chiều dài không giằng đỡ chống chuyển vị ngang hoặc quay (mm)

$M_p$  = mô men dẻo (Nmm)

$M_y$  = mô men chày (Nmm)

$t$  = bề rộng của thanh mặt cắt hình chữ nhật song song với trục uốn (mm)

$Z$  = mô men tĩnh mặt cắt dẻo ( $\text{mm}^3$ )

Theo điều kiện oằn xoắn ngang, sức kháng uốn danh định được xác định như xác định cho thanh mặt cắt hình chữ nhật chịu uốn quanh trục chính của nó:

- Nếu,  $\frac{0,08E}{F_y} < \frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{1,9E}{F_y}$ , thì:

$$M_n = C_b \left[ 1,52 - 0,274 \left( \frac{L_b d}{t^2} \right) \frac{F_y}{E} \right] M_y \leq M_p \quad (298)$$

- Nếu,  $\frac{L_b d}{t^2} > \frac{1,9E}{F_y}$ , thì:

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (299)$$

Trong đó:

$$F_{cr} = \frac{1,9EC_b}{\frac{L_b d}{t^2}} \quad (\text{MPa})$$

ở đây:

$C_b$  = hệ số điều chỉnh gradient mô men xác định như qui định trong Điều A3.3 Phụ lục A

$S_x$  = mô men tĩnh mặt cắt quanh trục chính của nó ( $\text{mm}^3$ )

Các thép thanh mặt cắt chữ nhật chịu uốn quanh trục phụ của nó và các thép thanh tròn đặc không cần xét oằn xoắn ngang.

### 12.2.3 Các kết cấu liên hợp

#### 12.2.3.1 Các thép hình được bọc bê tông

Đối với các cấu kiện thép hình bọc bê tông thỏa mãn các quy định của Điều 9.5.2.3, sức kháng uốn danh định của các thép hình bọc bê tông chịu uốn không nén, phải lấy theo trị số nhỏ hơn của:

$$M_n = M_{ps}, \quad \text{hoặc} \quad (300)$$

$$M_n = M_{yc} \quad (301)$$

Sức kháng uốn danh định của các thép hình bọc bê tông chịu nén kết hợp uốn phải được lấy như sau:

$$\text{Nếu } \frac{P_u}{\phi_c P_n} \geq 0,3, \quad \text{thì} \quad M_n = ZF_y + \frac{(d-2c)A_s F_y}{3} + \left( \frac{d}{2} - \frac{A_s F_y}{1,7 f'_c b} \right) A_s F_y \quad (302)$$

$$\text{Nếu } 0,0 < \frac{P_u}{\phi_c P_n} < 0,3, \quad \text{thì}$$

$M_n$  phải xác định bằng nội suy tuyến tính giữa trị số  $M_n$  cho bởi Phương trình 300 và 301 khi  $P_u = 0$  và trị số  $M_n$  cho bởi Phương trình 302 khi  $(P_u / f_c P_n) \geq 0,3$ .

trong đó:

- $P_u$  = lực nén dọc trục do tải trọng tính toán (N)  
 $P_n$  = sức kháng nén danh định quy định ở Điều 9.5.1 (N)  
 $\phi_c$  = hệ số sức kháng đối với nén dọc trục quy định ở Điều 5.4.2  
 $M_{ps}$  = mômen dẻo của mặt cắt thép (N.mm)  
 $M_{yc}$  = mômen chảy của mặt cắt liên hợp xác định theo quy định ở Điều D2 Phụ lục D (N.mm)  
 $Z$  = môđun mặt cắt dẻo của mặt cắt thép theo trục uốn ( $\text{mm}^3$ )  
 $A_w$  = diện tích bản bụng của mặt cắt thép ( $\text{mm}^2$ )  
 $f'_c$  = cường độ nén nhỏ nhất 28 ngày quy định của bê tông (MPa)  
 $A_r$  = diện tích cốt thép dọc ( $\text{mm}^2$ )  
 $c$  = khoảng cách từ tim của cốt thép dọc đến bề mặt gần nhất của bộ phận ở trong mặt phẳng uốn (mm)  
 $d$  = chiều cao của cấu kiện ở trong mặt phẳng uốn (mm)  
 $b$  = chiều rộng của cấu kiện thẳng góc với mặt phẳng uốn (mm)  
 $F_{yr}$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của cốt thép dọc (MPa)

### 12.2.3.2 Các ống thép nhồi bê tông

Sức kháng uốn danh định của các ống thép nhồi bê tông trong lòng mà thỏa mãn các qui định trong Điều 9.5.2, có thể được xác định như sau:

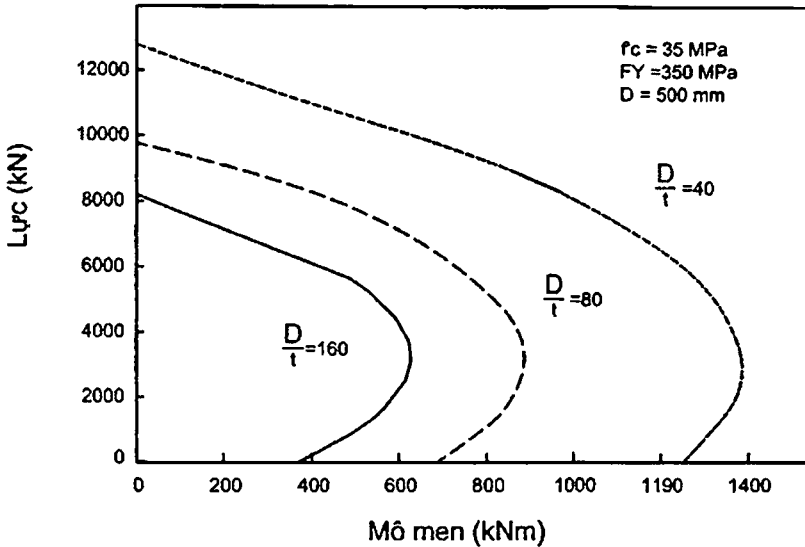
$$\text{Nếu } \frac{D}{t} < 2,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \quad \text{thì } M_n = M_{ps} \quad (303)$$

$$\text{Nếu } 2,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{D}{t} \leq 8,8 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \quad \text{thì } M_n = M_{yc} \quad (304)$$

### 12.2.3.3 Ống thép nhồi bê tông liên hợp (CFSTs)

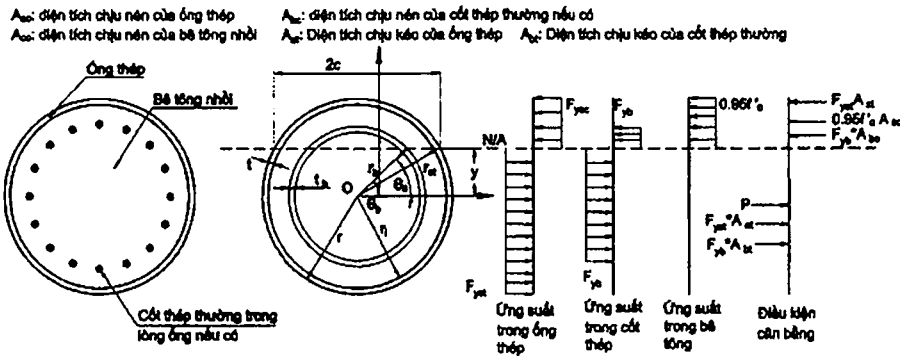
Đường cong tương tác trị số danh định P-M theo vật liệu của ống thép tròn nhồi bê tông liên hợp thỏa mãn các điều kiện qui định của Điều 9.6.2 phải được tính theo phương pháp phân bố ứng suất đàn hồi (PSDM) hoặc phương pháp tương thích ứng biến (SCM). Trong Điều này qui định chi tiết tính theo PSDM.

Phương pháp phân bố ứng suất đàn hồi (PSDM) khai thác toàn bộ cường độ chảy của vật liệu thép khi chịu nén và chịu kéo. Tải trọng dọc trục, P, và mô men uốn, M, cân bằng với trạng thái ứng suất tại một vị trí trục trung hòa, với kết quả các giá trị P và M xác định một điểm trên đường cong tương tác P-M. Với các vị trí trục trung hòa khác sẽ xác định giá trị các điểm khác để hoàn thành toàn bộ đường cong tương tác P-M theo vật liệu.



Hình 3- Đường cong tương tác P-M theo vật liệu

Đối với tải trọng dọc trục kết hợp uốn, PSDM được xác định bằng cách dùng nhiều vị trí trục trung hòa giả thiết để có được đường cong tương tác P-M theo vật liệu như minh họa trên Hình 3. Đường cong tương tác này xác định sức kháng theo vật liệu của ống thép nhồi bê tông liên hợp CFSTs không xét đến ảnh hưởng của oằn, mô men thứ cấp hay hiệu ứng P-δ.



Hình 4- Mô hình nguyên lý tính theo PSDM

Phương pháp giải nghiệm đóng tìm điểm của đường cong tương tác theo vật liệu của ống tròn nhồi bê tông không có hoặc có một hàng cốt thép bố trí theo vành tròn cho trong các Phương trình 305 và 306. Các phương trình được xây dựng theo điều kiện cân bằng phân bố ứng suất trên toàn mặt cắt liên hợp như minh họa trên Hình 4.

$$P_n = F_{yxt} t r_m [(\pi - 2\theta_s) - (\pi + 2\theta_s)] + t_b r_b [F_{yb} (\pi - 2\theta_b) - (F_{yb} - 0,95 f'_c) (\pi + 2\theta_b)] + \frac{0,95 f'_c}{2} [(\pi - 2\theta_s) r_i^2 - 2yc] \tag{305}$$

$$M_n = 0,95 f'_c \left[ (r_i^2 - y^2) - \frac{c^2}{3} \right] + 4 F_{yxt} t c \frac{r_m^2}{r_i} + 4 F_{yb} t_b c_b r_b \tag{306}$$

Trong đó:

$$r_m = r - \frac{t}{2} \quad (307)$$

$$\theta_s = \sin^{-1} \left( \frac{y}{r_m} \right) \quad (308)$$

$$\theta_b = \sin^{-1} \left( \frac{y}{r_b} \right) \quad (309)$$

$$c = r_s \cos \theta_s \quad (310)$$

$$c_b = r_b \cos \theta_b \quad (311)$$

$$t_b = \frac{nA_b}{2\pi r_b} \quad (312)$$

Trong đó:

$A_b$  = diện tích mặt cắt ngang của một thanh cốt thép ( $\text{mm}^2$ )

$c$  = một nửa chiều dài dây cung theo một trạng thái ứng suất như minh họa trên Hình 4 (mm)

$c_b$  = một nửa chiều dài dây cung theo một trạng thái ứng suất của một ống thép giả tưởng mô hình hóa các cốt thép bố trí trong lòng ống (mm)

$f_{yb}$  = cường độ chảy tối thiểu quy định của cốt thép bố trí trong lòng ống, nếu có (MPa)

$f_{ysb}$  = cường độ chảy tối thiểu quy định của ống thép (MPa)

$f'_c$  = cường độ chịu nén tối thiểu quy định ở tuổi 28-ngày của bê tông (MPa)

$M_n$  = sức kháng mô men danh định là hàm số của sức kháng nén danh định,  $P_n$  (Nmm)

$n$  = số thanh cốt thép bố trí theo khoảng cách đều như thể hiện trên Hình 4

$P_n$  = sức kháng nén danh định là hàm số của sức kháng mô men danh định  $M_n$  (N).

$r$  = bán kính ngoài của ống thép, như thể hiện trên Hình 4 (mm.)

$r_b$  = bán kính tới tim cốt thép, như thể hiện trên Hình 4

$r_i$  = bán kính trong của ống thép, như thể hiện trên Hình 4 (mm)

$r_m$  = bán kính tim của ống thép, như thể hiện trên Hình 4 (mm)

$t$  = chiều dày của ống thép, như thể hiện trên Hình 4 (mm)

$t_b$  = chiều dày của ống thép giả tưởng mô hình hóa sự làm việc của cốt thép trong lòng ống thép, như thể hiện trên Hình 4 (mm)

$Y$  = khoảng cách từ tim của ống thép tới trục trung hòa ở trạng thái ứng suất đang xem xét, như thể hiện trên Hình 4 (mm)

$\theta_b$  = góc dùng để xác định chiều dài  $c_b$ , cho trạng thái ứng suất đang xem xét (radians)

$\theta_s$  = góc dùng để xác định chiều dài  $c$  cho trạng thái ứng suất đang xem xét (radians)

Trong các biểu thức trên, giá trị dương của  $P$  biểu thị lực nén,  $y$  và  $\theta$  là dương theo ký hiệu qui ước trên Hình 4. Đường cong tương tác P-M theo vật liệu được xây dựng bằng cách giải các phương trình cho các giá trị rời rạc của  $y$  và nối các điểm có được khi  $y$  biến thiên giữa cộng và trừ  $r_i$ . Đối với trường hợp không bố trí cốt thép trong lòng ống hoặc không xem xét các biến số,  $A_b$  và  $t_b$  bằng không và một số hạng mục không đóng góp tạo ra sức kháng. Đối với trường hợp có xét đến cốt thép,  $\theta_b$  lấy giá trị dương  $\pi/2$  nếu tỷ số  $y/r_b$  lớn hơn một;  $\theta_b$  lấy giá trị âm  $\pi/2$  nếu  $y/r_b$  nhỏ hơn một. Sức kháng mô men đàn hồi liên hợp không có lực dọc trục,  $M_0$ , tương ứng với điểm trên đường cong tương tác P-M theo vật liệu khi  $P_{sinh}$  theo Phương trình 305 bằng không, có thể xác định qua nội suy tuyến tính.

## 12.3 SỨC KHÁNG CẮT DANH ĐỊNH CỦA CÁC CẤU KIỆN LIÊN HỢP

### 12.3.1 Các thép hình được bọc bê tông

Sức kháng cắt danh định được xác định như sau:

$$V_n = 0,58F_{yw}Dt_w + \frac{F_{yr}A_v(d-c)}{S} \quad (313)$$

trong đó:

$F_{yw}$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản bụng thép hình (MPa)

$F_{yr}$  = cường độ chảy nhỏ nhất của cốt thép đai (MPa)

$D$  = chiều cao bản bụng của thép hình (mm)

$t_w$  = chiều dày của bản bụng hoặc các bản bụng của thép hình (mm)

$A_v$  = diện tích mặt cắt ngang của các thanh cốt thép đai giao cắt với vết nứt do lực cắt theo đường chéo (mm<sup>2</sup>)

$s$  = khoảng cách dọc của cốt thép đai (mm)

$d$  = chiều cao của cấu kiện trong mặt phẳng cắt (mm)

c = khoảng cách từ tim của cốt thép dọc đến bề mặt gần nhất của cấu kiện ở trong mặt phẳng uốn (mm)

### 12.3.2 Các ống thép nhồi bê tông

#### 12.3.2.1 Các ống hình chữ nhật

Sức kháng cắt danh định có thể tính như sau:

$$V_n = 1,16 D t_w F_y \quad (314)$$

trong đó:

D = chiều cao bản bụng của ống (mm)

$t_w$  = chiều dày của ống (mm)

#### 12.3.2.2 Các ống tròn

Sức kháng cắt danh định có thể tính bằng:

$V_n$  = cường độ cắt danh định của riêng ống thép (N)

## 13 CÁC LIÊN KẾT VÀ MỐI NỐI

### 13.1 TỔNG QUÁT

Trừ khi được quy định khác, các liên kết và các mối nối của các cấu kiện chính phải được thiết kế ở trạng thái giới hạn cường độ không nhỏ hơn trị số lớn hơn của các giới hạn sau:

- Trị số ứng suất trung bình do mômen uốn, lực cắt hoặc lực dọc trục do các tải trọng tính toán gây ra ở tại điểm nối hoặc liên kết và sức kháng uốn, cắt hoặc lực dọc trục tính toán của cấu kiện ở cùng điểm đó, hoặc
- 75% của sức kháng uốn, cắt hoặc dọc trục tính toán của cấu kiện hoặc chi tiết.

Khi các vách ngăn, khung ngang, giằng ngang, dầm dọc hoặc dầm ngang của kết cấu cầu thẳng hoặc cong bằng chịu uốn được đưa vào trong mô hình tính thiết kế để xác định các nội lực, hoặc nối cách khác, được thiết kế với các nội lực được tính toán một cách tường minh từ kết quả của mô hình tính, đầu nối của các cấu kiện giằng này phải được thiết kế với các nội lực tính toán của cấu kiện. Nếu không, đầu nối của các cấu kiện này phải được thiết kế với 75% sức kháng theo mặt cắt cấu tạo của nó.

Các liên kết cần được cấu tạo đối xứng theo trục của các cấu kiện. Các liên kết, trừ các giải giằng và các lan can tay vịn, phải gồm có không ít hơn hai bulông. Các bộ phận, gồm cả hệ bản giằng, cần được liên kết để các trục trọng tâm của chúng giao nhau ở một điểm. Cần

tránh các liên kết lệch tâm. Ở chỗ nào không thể tránh được các liên kết lệch tâm, thì các bộ phận và các liên kết phải được cấu tạo đủ chịu lực do tác động tổ hợp của lực cắt và mômen gây ra do sự lệch tâm.

Trong trường hợp các liên kết truyền tổng lực cắt của đầu của cầu kiện, thì mặt cắt nguyên phải được lấy như mặt cắt nguyên của các cầu kiện được liên kết.

Chiều dày của các thép góc liên kết đầu của các dầm dọc, dầm ngang mặt cầu và các dầm chủ không được nhỏ hơn 10 mm. Các liên kết ở đầu các dầm dọc, dầm ngang mặt cầu và các dầm chủ cần được làm với hai thép góc. Dầm hẫng và các thép góc giá đỡ được lắp thêm để làm trụ chống trong khi lắp ráp không được xét đến trong việc xác định số lượng các liên kết yêu cầu để truyền lực cắt của đầu cầu kiện.

Trừ trường hợp đặc biệt, phải bố trí cấu tạo các lỗ bu lông tiêu chuẩn trong liên kết ở các cầu cong bằng.

Các liên kết đầu của các dầm dọc, các dầm ngang mặt cầu và các dầm chủ cần được bắt bulông với các bulông cường độ cao. Cho phép dùng các liên kết hàn khi bắt bulông không thực hiện được. Ở chỗ nào sử dụng hàn, thì các liên kết đầu hàn phải được thiết kế chịu các tải trọng thẳng đứng và mômen uốn gây ra do sự kiểm chế chống lại sự quay của đầu cầu kiện.

## 13.2 CÁC LIÊN KẾT BULÔNG

### 13.2.1 Tổng quát

Các chi tiết bằng thép bắt bulông có thể được tráng phủ hoặc không tráng phủ và phải ép khít chắc chắn với nhau sau khi các bulông đã được xiết chặt. Hồ sơ thiết kế phải quy định rằng tất cả các bề mặt nối ghép kể cả các bề mặt kề với đầu bulông và đai ốc, phải được quy định là không có lớp vẩy, trừ vẩy mỏng dính chặt khi cán thép tại nhà máy, và không có vết bẩn hoặc các vật liệu lạ khác.

Các mối nối bulông cường độ cao phải được quy định rõ là liên kết ma sát hoặc liên kết ép tựa. Đối với các liên kết ma sát, trị số ma sát phải phù hợp với điều kiện quy định của các bề mặt được tạo nhám theo quy định trong Điều 13.2.8. Tất cả vật liệu trong phạm vi ép chặt của bulông phải bằng thép.

#### 13.2.1.1 Các liên kết bu lông ma sát

Các mối nối chịu sự đổi dấu của ứng suất, các tải trọng xung kích mạnh, dao động đáng kể hoặc ở chỗ mà ứng suất và ứng biến do sự trượt mối ghép có hại đến khả năng sử dụng được của kết cấu, thì phải được chỉ định dùng liên kết bu lông ma sát. Các liên kết đó bao gồm:

- Các mối nối chịu tải trọng mỗi;



- Các mối nối chịu cắt với các bulông lắp vào các lỗ to quá cỡ;
- Các mối nối chịu cắt với các bulông lắp vào các lỗ dạng ô van ngắn và dài khi mà lực trên mối nối ở một phương không phải phương thẳng góc với trục dọc của lỗ ô van, trừ khi thiết kế có ý định khác và qui định trong hồ sơ thiết kế;
- Các mối nối chịu tải trọng đổi dấu đáng kể;
- Các mối nối trong đó các mối hàn và các bulông cùng tham gia chịu lực ở bề mặt được ghép kín chung;
- Các mối nối chịu kéo dọc trục hoặc kéo dọc trục và cắt đồng thời;
- Các mối nối chỉ chịu nén dọc trục, với các lỗ tiêu chuẩn hoặc các lỗ dạng ô van chỉ trong một lớp của liên kết với phương của tải trọng thẳng góc với phương trục dọc của lỗ dạng ô van, trừ đối với các liên kết quy định trong Điều 13.6.1.3; và
- Các mối nối mà mọi sự trượt đều sẽ trở thành nguy hiểm cho sự làm việc của mối nối hoặc kết cấu và các mối nối đó được chỉ rõ trong hồ sơ thiết kế.

Các liên kết không chế làm việc theo trượt phải có cấu tạo hợp lý để ngăn bị trượt dưới tổ hợp tải trọng sử dụng II, quy định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này và cấu tạo đủ sức kháng ép tựa, cắt và kéo ở các tổ hợp tải trọng trạng thái giới hạn cường độ. Phải áp dụng các quy định của Điều 13.2.2.

#### 13.2.1.2 Các liên kết bu lông chịu ép tựa

Các liên kết ép tựa chỉ được phép sử dụng cho các mối nối chịu nén dọc trục, hoặc cho các mối nối trên các bộ phận hệ giằng ngang, và phải thoả mãn sức kháng tính toán,  $R_r$ , ở trạng thái giới hạn cường độ.

#### 13.2.2 Sức kháng tính toán

Sức kháng tính toán,  $R_r$ , của bulông trong các liên kết bu lông ma sát, ở tổ hợp tải trọng sử dụng II phải được tính như sau:

$$R_r = R_n \quad (315)$$

trong đó:

$R_n$  = sức kháng danh định theo quy định trong Điều 13.2.8

Sức kháng tính toán,  $R_r$  hoặc  $T_r$ , của một liên kết bulông ở trạng thái giới hạn cường độ phải được tính theo cả hai điều kiện như sau:

$$R_r = \phi R_n \quad (316)$$

$$T_r = \phi T_n \quad (317)$$

trong đó:

$R_n$  = sức kháng danh định của bulông, liên kết hoặc vật liệu liên kết như sau:

- Đối với các bulông chịu cắt,  $R_n$  phải được lấy theo quy định ở Điều 13.2.7
- Đối với vật liệu liên kết trong các mối nối ép tựa,  $R_n$  phải được lấy theo quy định ở Điều 13.2.9
- Đối với vật liệu liên kết trong chịu kéo hoặc cắt,  $R_n$  phải được lấy theo quy định ở Điều 13.5

$T_n$  = sức kháng danh định của bulông được tính như sau:

- Đối với các bulông chịu kéo dọc trục,  $T_n$  phải được lấy theo quy định ở Điều 13.2.10
- Đối với các bulông chịu kéo dọc trục và cắt,  $T_n$  phải được lấy theo quy định ở Điều 13.2.11

$\phi$  = hệ số sức kháng cho các bulông quy định trong Điều 5.4.2, lấy như sau:

- $\phi_c$  cho các bulông chịu cắt,
- $\phi_t$  cho các bulông chịu kéo,
- $\phi_s$  cho các bulông ép tựa lên vật liệu
- $\phi_u$  hoặc  $f_u$  cho vật liệu liên kết thích hợp với chịu kéo, hoặc
- $\phi_v$  cho vật liệu liên kết chịu cắt

### 13.2.3 Bulông, đai ốc và vòng đệm

#### 13.2.3.1 Bulông và đai ốc

Phải áp dụng các quy định của Điều 4.3.

#### 13.2.3.2 Vòng đệm

Vòng đệm sử dụng trong các liên kết bulông phải thỏa mãn các yêu cầu quy định ở Điều 4.3. Yêu cầu vòng đệm tối cứng cho các liên kết bulông cường độ cao ở nơi mà:

- Mặt ngoài của các phần được bắt bulông có độ dốc lớn hơn 1:20, đối với mặt phẳng trục giao với trục bulông;
- Thực hiện xiết chặt bằng phương pháp dùng cờ lê kiểm chuẩn, trong bất cứ trường hợp nào phải sử dụng vòng đệm ở dưới cấu kiện được xiết chặt;
- Các bulông AASHTO M253M (ASTM A490M) được bắt trong vật liệu có cường độ chảy nhỏ nhất quy định nhỏ hơn 345MPa, không kể đến phương pháp xiết chặt;
- Cần cho các lỗ rộng quá cỡ hoặc lỗ có dạng ô van theo các quy định ở đây;
- Các bulông AASHTO M253M (ASTM A490M) đường kính trên 24 mm được bắt vào lỗ rộng quá cỡ hoặc lỗ ô van ngắn trong lớp thép phía ngoài, trong trường hợp này, lớp

thép dưới cả đầu bulông và đai ốc phải dùng chiều dày nhỏ nhất 8,0 mm. Không được sử dụng nhiều vòng đệm tôi cứng.

Các vòng đệm tôi cứng phải được đặt trên các lỗ rộng quá cỡ hoặc lỗ dạng ô van ngắn ở lớp thép phía ngoài.

Phải bố trí chi tiết bản đệm hoặc thanh liên tục với các lỗ tiêu chuẩn, chiều dày không nhỏ hơn 8,0 mm, để phủ hoàn toàn các lỗ dạng ô van dài. Các vòng đệm tôi cứng để dùng với bulông cường độ cao phải được đặt trên bề mặt ở phía ngoài của bản đệm hoặc thanh.

Các thiết bị chỉ báo tải trọng không được đặt bên ngoài các lỗ rộng quá cỡ hoặc dạng ô van ở lớp thép phía ngoài, trừ khi cũng có dùng vòng đệm tôi cứng hoặc bản đệm kết cấu.

### **13.2.4 Các lỗ**

#### **13.2.4.1 Kiểu lỗ**

##### *13.2.4.1.1 Tổng quát*

Trừ khi có quy định khác, phải sử dụng các lỗ tiêu chuẩn trong các liên kết bulông cường độ cao.

##### *13.2.4.1.2 Các lỗ rộng quá cỡ*

Các lỗ rộng quá cỡ có thể được sử dụng trong bất cứ lớp nào hoặc tất cả các lớp của các liên kết ma sát. Không được sử dụng các lỗ rộng quá cỡ trong các liên kết bu lông ép tựa.

##### *13.2.4.1.3 Các lỗ có dạng ô van ngắn*

Các lỗ có dạng ô van ngắn ngắn có thể được sử dụng trong bất cứ lớp nào hoặc tất cả các lớp của các liên kết ma sát trượt hoặc kiểu ép tựa. Các lỗ dạng ô van có thể được sử dụng mà không chú ý đến phương của tải trọng trong các liên kết ma sát, nhưng chiều dài phải vuông góc với phương của tải trọng trong các liên kết bu lông chịu ép tựa.

##### *13.2.4.1.4 Các lỗ có dạng ô van dài*

Các lỗ có dạng ô van dài có thể được sử dụng trong chỉ một lớp của hoặc liên kết ma sát hoặc kiểu ép tựa. Các lỗ có dạng ô van dài có thể được sử dụng mà không chú ý tới phương của tải trọng trong các liên kết ma sát, nhưng phải vuông góc với phương của tải trọng trong các liên kết bu lông chịu ép tựa.

### 13.2.4.2 Kích thước

Kích thước của các lỗ không được vượt quá các trị số cho trong Bảng 13:

**Bảng 13 - Các kích thước lỗ lớn nhất**

Đường kính bulông	Tiêu chuẩn	Quá cỡ	ô van ngắn	ô van dài
d	Đường kính	Đường kính	Rộng x Dài	Rộng x Dài
mm	Mm	Mm	mm	mm
16	18	20	18 x 22	18 x 40
20	22	24	22 x 26	22 x 50
22	24	28	24 x 30	24 x 55
24	26	30	26 x 33	26 x 60
27	30	35	30 x 37	30 x 67
30	33	38	33 x 40	33 x 75
36	39	44	39 x 46	39 x 90

### 13.2.5 Quy cách của bu lông

Đường kính của bu lông không được nhỏ hơn 16mm. Không được dùng bu lông đường kính 16mm trong các cấu kiện chủ yếu, trừ khi tại các cạnh của sắt góc 64mm và các bản cánh của các mặt cắt có kích thước yêu cầu các bu lông liên kết 16mm để thoả mãn các quy định về cấu tạo khác quy định ở đây.

Thép hình kết cấu không dùng được bu lông 16mm thì chỉ nên giới hạn dùng cho các lan can.

Các thép góc mà quy cách của nó không yêu cầu phải xác định bằng tính toán thì có thể dùng các loại bu lông như sau:

- Bu lông đường kính 16mm cho cánh 50mm
- Bu lông đường kính 20mm cho cánh 64mm
- Bu lông đường kính 24mm cho cánh 75mm
- Bu lông đường kính 27mm cho cánh 90mm

Đường kính bu lông trong các thép góc của các thanh chủ yếu không được vượt quá một phần tư chiều rộng cánh của thanh có bố trí chúng.

### 13.2.6 Khoảng cách của các bu lông

#### 13.2.6.1 Khoảng cách tịnh và cự ly tối thiểu

Cự ly tim đến tim tối thiểu của bu lông với các lỗ tiêu chuẩn không được lấy nhỏ hơn ba lần đường kính bu lông. Khi dùng loại bu lông có lỗ quá cỡ hoặc các lỗ dạng ô van thì khoảng cách tịnh tối thiểu giữa các mép của các lỗ kề liền theo hướng truyền lực hay ngang với hướng lực không được lấy nhỏ hơn hai lần đường kính của bu lông.

#### 13.2.6.2 Cự ly tối đa của các bu lông chống thấm mối nối

Để đảm bảo cách ẩm cho các mối nối, cự ly bu lông trên một tuyến tim đơn một hàng kề liền với mép ngoài cùng của bản táp ngoài hay thép hình phải thoả mãn:

$$S \leq (100 + 4,0t) \leq 175 \quad (318)$$

Nếu có một tuyến trục thứ hai bố trí so le các bu lông một cách đều đặn với tuyến tim kề liền với mép tự do có khoảng cách không nhỏ hơn  $38 + 4,0t$  thì cự ly tính so le  $S$  giữa 2 tuyến tim đó phải thoả mãn:

$$S \leq 100 + 40.t \left( \frac{3,0g}{4,0} \right) \leq 175 \quad (319)$$

Cự ly tính so le này không được nhỏ hơn một nửa so với yêu cầu đối với tuyến tim đơn trong đó:

$t$  = chiều dày của tấm ốp ngoài hay thép hình, lấy giá trị nhỏ hơn (mm)

$g$  = khoảng cách giữa các bu lông (mm)

#### 13.2.6.3 Cự ly tối đa của bu lông liên kết - nối ghép mặt cắt cấu kiện tổ hợp

Các bu lông- ghép được dùng trong các cấu kiện có mặt cắt ghép nối tổ hợp cơ khí mà mặt cắt ngang của nó có hai hay hơn hai tấm bản hoặc thép hình kẹp với nhau.

Cự ly giữa các bu lông- nối ghép trong các cấu kiện chịu nén không được vượt quá 12 t. Khoảng cách  $g$  giữa các tuyến tim bu lông liền kề không được vượt quá 24,0 t. Khi bố trí so le hai tuyến trục lỗ bu lông liền kề nhau, Bước cự ly các lỗ so le giữa hai tuyến tim liền kề phải thoả mãn:

$$p \leq 15,0t - \left( \frac{3,0g}{8,0} \right) \leq 12,0t \quad (320)$$

Cự ly giữa các bu lông trong các thanh chịu kéo không được vượt quá hai lần quy định đối với thanh chịu nén. Đối với các thanh chịu kéo, khoảng cách giữa các tuyến tim không được vượt quá 24,0 t. Bước cự ly tối đa của các đinh liên kết dùng cho các cấu kiện có mặt cắt

tổ hợp cơ khí không được vượt quá trị số nhỏ nhất giữa hai yêu cầu chống ẩm và ghép tổ hợp.

#### 13.2.6.4 Cự ly tối đa của bu lông liên kết -ghép tổ hợp ở đầu mút của cấu kiện chịu nén

Cự ly bu lông liên kết các bộ phận của cấu kiện chịu nén không được vượt quá bốn lần đường kính của bu lông trên một đoạn chiều dài bằng 1,5 lần bề rộng lớn nhất của cấu kiện. Bên ngoài phạm vi chiều dài này, Bước cự ly có thể được tăng dần trên một đoạn chiều dài bằng 1,5 lần chiều rộng tối đa của cấu kiện cho đến khi nào đạt được cự ly tối đa quy định trong Điều 13.2.6.3.

#### 13.2.6.5 Cự ly ở đầu ngoài cùng của chuỗi hàng lỗ bu lông

Cự ly đầu ngoài cùng của hàng lỗ bu lông với mọi loại lỗ được đo từ tâm bu lông không được nhỏ hơn khoảng cách đến mép quy định trong Bảng 14. Đối với lỗ ngoại cỡ hay các dạng ô van, cự ly tịnh tối thiểu đến mép không được nhỏ hơn đường kính bu lông.

Khoảng cách ở đầu mút lớn nhất phải lấy bằng khoảng cách đến mép tối đa quy định trong Điều 13.2.6.6.

#### 13.2.6.6 Các khoảng cách đến mép cạnh

Khoảng cách đến mép tối thiểu theo quy định trong Bảng 14

Khoảng cách đến mép lớn nhất không được lớn hơn tám lần chiều dày của bản ốp ngoài mỏng nhất hay 125mm.

**Bảng 14- Khoảng cách đến mép tối thiểu**

Đường kính bu lông	Các mép cắt bằng lưỡi cắt	Các mép tấm bản hay thép hình được cán hoặc các mép được cắt bằng khí đốt
mm	mm	mm
16	28	22
20	34	26
22	38	28
24	42	30
27	48	34
30	52	38
36	64	46

#### 13.2.7 Sức kháng cắt của bu lông

Sức kháng cắt danh định của bulông cường độ cao (ASTM A325 hoặc ASTM A490) hoặc bulông ASTM A307 ở trạng thái giới hạn cường độ trong các mối nối mà cự ly giữa các bu lông liên kết xa nhất đo song song với đường tác dụng của lực nhỏ hơn 1270 mm phải lấy như sau:

- Khi mặt phẳng cắt ngoài vùng ren bu lông:

$$R_n = 0,48 A_b F_{ub} N_s \quad (321)$$

- Khi mặt phẳng cắt đi qua phạm vi ren bu lông:

$$R_n = 0,38 A_b F_{ub} N_s \quad (322)$$

trong đó:

- $A_b$  = diện tích của bulông tương ứng với đường kính danh định ( $\text{mm}^2$ )
- $F_{ub}$  = cường độ kéo nhỏ nhất quy định của bulông được quy định trong Điều 4.3 (MPa)
- $N_s$  = số lượng các mặt phẳng chịu cắt tính cho mỗi bulông.

Sức kháng cắt danh định của bulông trong các mối nối có chiều dài lớn hơn 1270 mm phải lấy bằng 0,80 lần trị số theo các Phương trình 321 hoặc 322.

Khi xem xét liệu ren của bulông nằm ngoài các mặt phẳng cắt của các bề mặt tiếp xúc hay không, chiều dài ren của bulông phải được lấy bằng chiều dài ren quy định cộng với hai chiều dài bước ren.

Nếu các ren của bulông nằm trong vùng có mặt phẳng cắt ở trong mối ghép, thì sức kháng cắt của bulông ở trong tất cả các mặt phẳng cắt của mối nối phải là trị số của trường hợp mặt cắt đi qua phạm vi ren.

Đối với các bu lông A307, thiết kế cắt phải theo Phương trình 322. Khi chiều dài kẹp của một bu lông A307 vượt quá 5 lần đường kính, sức kháng danh định phải giảm 1,0% cho mỗi 1,5 mm chiều dài kẹp vượt quá 5 lần đường kính.

### 13.2.8 Sức kháng trượt của bu lông

Sức kháng trượt danh định của bulông trong liên kết chịu ma sát phải được tính như sau:

$$R_n = K_n K_s N_s P_t \quad (323)$$

trong đó:

- $N_s$  = số lượng mặt ma sát tính cho mỗi bulông
- $P_t$  = lực kéo yêu cầu nhỏ nhất của bu lông quy định trong Bảng 15 (N)
- $K_n$  = hệ số kích thước lỗ quy định trong Bảng 16 .
- $K_s$  = hệ số điều kiện bề mặt quy định trong Bảng 17 .

**Bảng 15 - Lực kéo nhỏ nhất yêu cầu của bu lông**

Đường kính bulông mm	Lực kéo yêu cầu - $P_t$ (kN)	
	M164 (A325M)	M253 (A490M)
16	91	114
20	142	179
22	176	221
24	205	257
27	267	334
30	326	408
36	475	595

**Bảng 16 - Các trị số của  $K_h$** 

Cho các lỗ tiêu chuẩn	1,0
Cho các lỗ vượt quá cỡ và lỗ dạng ô van ngắn	0,85
Cho các lỗ dạng ô van dài với cạnh dài thẳng góc với phương của lực	0,70
Cho các lỗ dạng ô van dài với cạnh dài song song với phương của lực	0,60

**Bảng 17 - Các trị số của  $K_s$** 

Điều kiện bề mặt ma sát Loại A	0,33
Điều kiện bề mặt ma sát Loại B	0,50
Điều kiện bề mặt ma sát Loại C	0,33

Phân loại điều kiện bề mặt ma sát cho Bảng 17 theo các yếu tố sau đây:

- Bề mặt Loại A: không sơn, làm sạch lớp váng rỉ ở nhà máy, và các bề mặt phủ sơn Loại A được làm sạch bằng thổi hơi ép,
- Bề mặt Loại B: các bề mặt không sơn, được làm sạch bằng thổi hơi ép, và các bề mặt có lớp phủ sơn Loại B được làm sạch bằng thổi hơi ép, và
- Bề mặt Loại C: các bề mặt mạ kẽm nóng và làm nhám bằng bàn chải sắt sau khi mạ.

Hồ sơ thiết kế phải quy định trong các mặt ma sát mỗi nối không sơn phủ, phải tẩy sạch sơn kể cả bất kỳ vệt sơn ngẫu nhiên nào, ở vùng gần hơn một đường kính bulông, nhưng không nhỏ hơn 25 mm kể từ mép của bất kỳ lỗ nào và tất cả các khu vực trong phạm vi nhóm bulông.

Hồ sơ thiết kế cũng phải quy định rằng các mối nối ghép có các bề mặt được tạo nhám đã sơn được làm sạch bằng thổi hơi ép và đã phủ một lớp sơn mà được định tính chất ma sát bằng thử nghiệm như lớp phủ Loại A hoặc Loại B.

Tùy theo điều kiện của dự án cụ thể, các lớp phủ có hệ số điều kiện bề mặt nhỏ hơn 0,33 có thể được sử dụng, miễn là hệ số trung bình điều kiện bề mặt được thiết lập bằng thử nghiệm. Sức kháng trượt danh định phải được xác định như sức kháng trượt danh định cho điều kiện bề mặt Loại A, với kích thước lỗ và loại bulông thích hợp, nhân với hệ số điều kiện bề mặt xác định bằng thử nghiệm chia cho 0,33.

Hồ sơ thiết kế phải quy định:

- Các mối nối có lớp sơn phủ không được lắp ráp trước khi các lớp sơn đã hong khô với thời gian ít nhất đã sử dụng trong thử nghiệm định tính, và
- Các bề mặt được tạo nhám quy định để mạ kẽm phải được mạ kẽm nóng theo AASHTO M111 (ASTM A123), sau đó các bề mặt được tạo nhám bằng cách làm sạch bề mặt bằng bàn chải sắt cầm tay. Không được dùng bàn chải sắt chạy bằng điện.



Nếu liên kết ma sát phải chịu tác động của một lực kéo làm cho giảm lực kẹp chặt có hiệu, thì sức kháng trượt danh định phải nhân với hệ số tính theo Phương trình 332.

### 13.2.9 Sức kháng ép mặt ở các lỗ bulông

Diện tích ép mặt có hiệu của bulông phải lấy bằng đường kính của nó nhân với chiều dày của vật liệu liên kết mà thân bu lông ép tựa. Chiều dày có hiệu của vật liệu liên kết với các lỗ khoét miệng loe phải lấy như chiều dày của vật liệu liên kết, trừ đi một nửa chiều cao của miệng loe.

Đối với các lỗ tiêu chuẩn, các lỗ quá cỡ, các lỗ dạng ô van ngắn chịu lực theo hướng bất kỳ, và tất cả các lỗ dạng ô van dài song song với hướng lực tác dụng ép mặt, thì sức kháng ép mặt danh định của các lỗ bulông ở phía trong và ở đầu ở trạng thái giới hạn cường độ,  $R_n$ , phải được lấy như sau:

- Với các bulông có khoảng cách tịnh giữa các lỗ không nhỏ hơn  $2,0d$  và với khoảng cách tịnh ở đầu không nhỏ hơn  $2,0d$  :

$$R_n = 2,4 d t F_u \quad (324)$$

- Nếu khoảng cách tịnh giữa các lỗ nhỏ hơn  $2,0d$ , hoặc khoảng cách tịnh ở đầu nhỏ hơn  $2,0d$ :

$$R_n = 1,2 L_c t F_u \quad (325)$$

Đối với các lỗ dạng ô van dài vuông góc với lực ép mặt:

- Với các bulông có khoảng cách tịnh giữa các lỗ không nhỏ hơn  $2,0d$  và với khoảng cách tịnh ở đầu không nhỏ hơn  $2,0d$ :

$$R_n = 2,0 d t F_u \quad (326)$$

- Nếu hoặc khoảng cách tịnh giữa các lỗ nhỏ hơn  $2,0d$ , hoặc khoảng cách tịnh ở đầu nhỏ hơn  $2,0d$ :

$$R_n = L_c t F_u \quad (327)$$

trong đó:

$d$  = đường kính danh định của bulông (mm)

$t$  = chiều dày của vật liệu liên kết (mm)

$F_u$  = cường độ kéo của vật liệu liên kết quy định trong Bảng 1 (MPa)

$L_c$  = khoảng cách tịnh giữa các lỗ hoặc giữa lỗ và đầu của bộ phận theo hướng của lực tác dụng (mm)

### 13.2.10 Sức kháng kéo

#### 13.2.10.1 Tổng quát

Các bulông cường độ cao chịu kéo dọc trục phải được căng đến lực quy định trong Bảng 15. Lực kéo căng trước trong bu lông được coi như lực do các tải trọng bên ngoài tính toán, cộng với bất kỳ lực kéo nào do tác động nhỏ lên gây ra bởi sự biến dạng của các chi tiết liên kết theo quy định trong Điều 13.2.10.4.

#### 13.2.10.2 Sức kháng kéo danh định

Sức kháng kéo danh định của bulông,  $T_n$ , độc lập với mọi lực xiết chặt ban đầu, phải tính như sau:

$$T_n = 0,76 A_b F_{ub} \quad (328)$$

trong đó:

$A_b$  = diện tích của bulông tương ứng với đường kính danh định ( $\text{mm}^2$ )

$F_{ub}$  = cường độ kéo nhỏ nhất quy định của bulông được quy định trong Điều 4.3 (MPa).

#### 13.2.10.3 Sức kháng mỏi

Khi các bulông cường độ cao làm việc kéo dọc trục chịu mỏi, biên độ ứng suất,  $D_f$ , trong bulông, do hoạt tải mỏi thiết kế, cộng với tác động xung kích của tải trọng mỏi quy định trong Điều 6.1.4 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này, cộng với lực kéo phát sinh do hiệu ứng cạy nắp mặt bích theo tác dụng lặp chu kỳ của tải trọng mỏi, phải thỏa mãn điều kiện tính theo Phương trình 1.

Khi tính biên độ ứng suất bulông, phải sử dụng giá trị đường kính danh định của bulông. Lực kéo tính toán do hiệu ứng cạy nắp mặt bích không được vượt quá 30% của tải trọng bên ngoài tác dụng.

Các bulông thép cacbon thấp ASTM 307 không được sử dụng trong các liên kết chịu mỏi.

#### 13.2.10.4 Lực kéo do hiệu ứng cạy nắp mặt bích

Các bu lông thường xuyên chịu tải trọng kéo như mối nối mặt bích hay các kết cấu tương đương. Các ví dụ điển hình cho loại mối nối này là mối liên kết ở đầu thanh treo, liên kết đầu thanh giằng chéo vào bản bụng dầm chủ và mối nối của dầm vào cột (tương tự đầu dầm dọc vào bụng dầm ngang hệ mặt cầu). Tùy thuộc vào chiều của mô men uốn mà phía trên hoặc phía dưới bản nối đầu mặt bích chịu kéo. Khi có lực kéo, do biến dạng bản nối mặt bích mà phát sinh thêm lực kéo trong bu lông. Hiệu ứng này gọi là hiệu ứng cạy nắp mặt bích.

Lực kéo do hiệu ứng biến dạng bản nối phải được tính như sau:

$$Q_u = \left[ \frac{3b}{8a} - \frac{t^3}{328000} \right] P_u \quad (329)$$

trong đó

- $Q_u$  = lực kéo do hiệu ứng “cạy nắp mặt bích” trên một bulông do các tải trọng tính toán, lấy bằng 0 khi là âm (N)  
 $P_u$  = lực kéo trực tiếp trên một bulông do các tải trọng tính toán (N)  
 $a$  = khoảng cách từ tim của bulông đến mép của bản táp (mm)  
 $b$  = khoảng cách từ tim của bulông đến chân đường hàn của bộ phận liên kết (mm)  
 $t$  = chiều dày của chi tiết liên kết mỏng nhất (mm)

### 13.2.11 Kéo và cắt kết hợp

Sức kháng kéo danh định của bulông chịu cắt kết hợp kéo dọc trục,  $T_n$ , phải tính như sau:

Nếu  $\frac{P_u}{R_n} \leq 0,33$  thì

$$T_n = 0,76 A_b F_{ub} \quad (330)$$

Nếu không thỏa mãn điều kiện trên, thì tính bằng:

$$T_n = 0,76 A_b F_{ub} \sqrt{1 - \left[ \frac{P_u}{\phi_s R_n} \right]^2} \quad (331)$$

trong đó:

- $A_b$  = diện tích mặt cắt thân bulông ứng với đường kính danh định ( $\text{mm}^2$ )  
 $F_{ub}$  = ứng suất kéo nhỏ nhất quy định của bulông quy định trong Điều 4.3 (MPa)  
 $P_u$  = lực cắt tác động lên bulông do các tải trọng thành phần (N)  
 $R_n$  = sức kháng cắt danh định của bulông quy định trong Điều 13.2.7 (N)

Sức kháng danh định của bulông trong các liên kết ma sát do Tổ hợp tải trọng sử dụng II theo quy định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này, để chịu cắt kết hợp kéo dọc trục, không được vượt quá sức kháng trượt danh định quy định trong Điều 13.2.8 nhân với hệ số:

$$1 - \frac{T_u}{P_t} \quad (332)$$

trong đó:

- $T_u$  = lực kéo do tải trọng tính toán theo Tổ hợp tải trọng sử dụng II (N)  
 $P_t$  = lực kéo nhỏ nhất yêu cầu của bu lông quy định trong Bảng 15

### 13.2.12 Sức kháng cắt của bu lông neo

Sức kháng cắt của bu lông neo theo tiêu chuẩn ASTM F 1554 hoặc ASTM A307 cấp C ở trạng thái giới hạn cường độ được tính như sau:

- Khi mặt phẳng cắt trong phạm vi đường ren:

$$R_n = 0,48 A_b F_{ub} N_s \quad (333)$$

Trong đó:

$A_b$  = diện tích của bu lông neo theo đường kính danh định

$F_{ub}$  = cường độ chịu kéo qui định tối thiểu của bu lông neo qui định ở Điều 4.3

$N_s$  = số lượng mặt phẳng chịu cắt của một bu lông neo.

## 13.3 CÁC LIÊN KẾT HÀN

### 13.3.1 Tổng quát

Kim loại cơ bản, kim loại hàn, và các chi tiết thiết kế hàn phải tuân theo các yêu cầu của TCVN 10309:2014.

Phải sử dụng kim loại hàn tương hợp trong các mối hàn có vát và hàn đắp, trừ kim loại mà quy định các phân loại que hàn với cường độ nhỏ hơn kim loại cơ bản khi chi tiết hóa các đường hàn đắp, trong trường hợp này phương pháp hàn và kim loại hàn phải được lựa chọn để bảo đảm các mối hàn chắc chắn.

### 13.3.2 Sức kháng tính toán

#### 13.3.2.1 Tổng quát

Sức kháng tính toán của các liên kết hàn,  $R_n$ , ở trạng thái giới hạn cường độ phải được lấy theo quy định trong các Điều 13.3.2.2 và 13.3.2.4.

Diện tích có hiệu của đường hàn phải lấy theo quy định trong Điều 13.3.3. Sức kháng tính toán của vật liệu liên kết phải lấy theo quy định trong Điều 13.5.

#### 13.3.2.2 Các liên kết hàn có soi rãnh vát ngẫu hoàn toàn

##### 13.3.2.2.1 Chịu lực kéo và nén

Sức kháng tính toán của các liên kết hàn có soi rãnh vát ngẫu hoàn toàn chịu kéo hoặc nén trực giao với diện tích có hiệu hoặc song song với trục của đường hàn phải được lấy như sức kháng tính toán của kim loại cơ bản.

##### 13.3.2.2.2 Chịu lực cắt

Sức kháng tính toán của các liên kết hàn có soi rãnh vát ngẫu hoàn toàn chịu cắt trên diện tích có hiệu phải được lấy theo trị số nhỏ hơn của hoặc trị số tính theo Phương trình 334, hoặc 60% của sức kháng tính toán của kim loại cơ bản chịu kéo:

$$R_r = 0,6 f_{e1} F_{exx} \quad (334)$$

trong đó:

$F_{exx}$  = cường độ theo phân loại của kim loại hàn (MPa)

$f_{e1}$  = hệ số sức kháng đối với kim loại hàn quy định trong Điều 5.4.2

### **13.3.2.3 Các liên kết hàn có soi rãnh vát ngấu không hoàn toàn**

#### **13.3.2.3.1 Chịu lực kéo hoặc nén**

Sức kháng tính toán của các liên kết hàn có soi rãnh vát ngấu không hoàn toàn chịu kéo hoặc nén song song với trục của đường hàn hoặc nén trực giao với diện tích có hiệu phải được lấy như sức kháng tính toán của kim loại cơ bản.

Sức kháng tính toán đối với các liên kết hàn có soi rãnh vát ngấu không hoàn toàn chịu kéo trực giao với diện tích hiệu dụng phải được lấy theo trị số nhỏ hơn giữa các trị số tính theo Phương trình 335, và sức kháng tính toán của kim loại cơ bản:

$$R_r = 0,6 f_{e1} F_{exx} \quad (335)$$

trong đó:

$f_{e1}$  = hệ số sức kháng đối với kim loại hàn quy định trong Điều 5.4.2

#### **13.3.2.3.2 Chịu lực cắt**

Sức kháng tính toán của các liên kết hàn có soi rãnh vát ngấu không hoàn toàn chịu cắt song song với trục của đường hàn phải lấy theo trị số nhỏ hơn giữa các trị số tính theo sức kháng danh định tính toán của vật liệu liên kết quy định trong Điều 13.5, và sức kháng tính toán của kim loại hàn lấy như sau:

$$R_r = 0,6 f_{e2} F_{exx} \quad (336)$$

trong đó:

$f_{e2}$  = hệ số sức kháng đối với kim loại hàn quy định trong Điều 4.2.

### **13.3.2.4 Các liên kết đường hàn góc**

#### **13.3.2.4.1 Chịu lực kéo và nén**

Sức kháng tính toán đối với các liên kết hàn dùng đường hàn góc chịu kéo hoặc nén song song với trục của đường hàn phải được lấy theo sức kháng tính toán của kim loại cơ bản.

#### 13.3.2.4.2 Chịu lực cắt

Sức kháng cắt của đường hàn góc sử dụng kim loại hàn tương xứng hoặc không tương xứng và có kiểu mối hàn thông thường phải được lấy như là tích của diện tích có hiệu theo Điều 13.3.3, với sức kháng tính toán của kim loại hàn, tính như sau:

$$R_r = 0,6 f_{e2} F_{exx} \quad (337)$$

#### 13.3.3 Diện tích có hiệu

Diện tích có hiệu phải là chiều dài đường hàn có hiệu nhân với chiều cao có hiệu của mối hàn. Chiều cao có hiệu của mối hàn là khoảng cách nhỏ nhất từ gốc mối ghép đến mặt mối hàn.

#### 13.3.4 Kích thước của các đường hàn góc

Kích thước của đường hàn góc có thể được định trong thiết kế liên kết, sao cho các lực do các tải trọng tính toán không vượt quá sức kháng tính toán của liên kết quy định trong Điều 13.3.2.

Kích thước lớn nhất của đường hàn góc có thể được sử dụng cho vị trí dọc theo các mép của các chi tiết được liên kết phải được lấy như sau:

- Đối với tấm thép dày nhỏ hơn 6,0 mm: lấy bằng chiều dày của tấm thép, và
- Đối với vật liệu thép tấm chiều dày 6,0 mm hoặc lớn hơn: nhỏ hơn chiều dày của vật liệu 2 mm, trừ khi đường hàn được định rõ trên các tài liệu hợp đồng là phải được hàn để có chiều cao bằng chiều dày bản thép.

Kích thước nhỏ nhất của đường hàn góc cần lấy theo quy định trong Bảng 18. Kích thước đường hàn không cần vượt quá chiều dày của bộ phận mỏng hơn được nối ghép. Các đường hàn góc nhỏ hơn có thể được chấp thuận tùy theo mức độ ứng suất làm việc của mối hàn và việc gia nhiệt trước khi hàn thích hợp.

**Bảng 18 - Kích thước nhỏ nhất của các đường hàn góc**

Chiều dày kim loại cơ bản của bộ phận mỏng hơn được nối ghép (T)	Kích thước nhỏ nhất của đường hàn góc
mm	mm
$T \leq 20$	6
$20 < T$	8

### 13.3.5 Chiều dài có hiệu nhỏ nhất của các đường hàn góc

Chiều dài có hiệu nhỏ nhất của đường hàn góc phải là bốn lần kích thước của nó và không được nhỏ hơn 40 mm.

### 13.3.6 Vòng đầu đường hàn góc

Các đường hàn góc chịu lực kéo không song song với trục của đường hàn, hoặc các đường hàn góc chưa cấu tạo phù hợp để chịu ứng suất lặp, đều không được dùng tại các góc của các chi tiết hoặc các bộ phận. Tại đó đường hàn được cấu tạo đi tiếp trong cùng mặt phẳng, mạch hàn phải liên tục, kích thước đầy đủ, vòng bao quanh góc của chi tiết, với một chiều dài bằng hai lần kích thước hàn. Các mạch hàn vòng đầu phải được chỉ dẫn trong hồ sơ thiết kế.

Các đường hàn góc đắp lên các phía đối diện của một mặt phẳng chung tiếp xúc giữa hai chi tiết phải có cấu tạo gián đoạn ở góc chung cho cả hai đường hàn.

### 13.3.7 Các mối hàn trám

Các mối hàn trám cần là một mạch hàn liên tục kết hợp các chức năng trám lỗ và chịu lực, chỉ thay đổi mặt cắt khi yêu cầu sức kháng thay đổi hoặc các yêu cầu về kích thước đường hàn góc nhỏ nhất.

## 13.4 SỨC KHÁNG CHỊU CẮT KHUÔN

Liên kết bản bụng của các dầm chia và tất cả các liên kết chịu kéo, bao gồm các bản liên kết, các bản nối và các bản tiết điểm, phải được nghiên cứu để bảo đảm bố trí vật liệu liên kết thích hợp có đủ khả năng phát triển sức kháng tính toán của liên kết.

Phải kiểm tra liên kết theo tất cả các mặt phẳng lát cắt trong cấu kiện và các bản liên kết có thể bị xé rách theo đường viền nối tìm các lỗ bu lông. Các mặt phẳng lát cắt đó bao gồm các mặt song song và vuông góc với phương của các lực tác dụng. Các mặt phẳng song song với phương đặt lực phải được xem xét để chỉ chịu các ứng suất cắt. Các mặt phẳng thẳng góc phương đặt lực phải được xem xét để chỉ chịu các ứng suất kéo.

Sức kháng tính toán của tổ hợp các mặt phẳng song song và thẳng góc phải được tính như sau:

$$R_t = \phi_{bs} R_p (0,58 F_u A_{vn} + U_{bs} F_u A_{ln}) \leq \phi_{bs} R_p (0,58 F_y A_{vg} + U_{bs} F_u A_{ln}) \quad (338)$$

trong đó:

$R_p$  = Hệ số chiết giảm theo phương pháp gia công lỗ, lấy bằng 0,9 nếu tạo lỗ đủ kích thước bằng đột lỗ, lấy bằng 1,0 nếu khoan lỗ hoặc đột sau đó roa cho đủ kích thước

- $A_{vg}$  = diện tích nguyên dọc theo mặt phẳng chịu ứng suất cắt ( $\text{mm}^2$ )  
 $A_{vn}$  = diện tích trừ hao dọc theo mặt phẳng chịu ứng suất cắt ( $\text{mm}^2$ )  
 $U_{bs}$  = hệ số chiết giảm sức kháng cắt khuôn lấy bằng 0,5 khi ứng suất kéo phân bố không đều và bằng 1,0 khi ứng suất kéo phân bố đều.  
 $A_{lg}$  = diện tích nguyên dọc theo mặt phẳng chịu ứng suất kéo ( $\text{mm}^2$ )  
 $A_{ln}$  = diện tích trừ hao dọc theo mặt phẳng chịu ứng suất kéo ( $\text{mm}^2$ )  
 $F_y$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của vật liệu liên kết (MPa)  
 $F_u$  = cường độ kéo nhỏ nhất quy định của vật liệu liên kết được quy định trong Bảng 1 (MPa)  
 $\phi_{bs}$  = hệ số sức kháng đối với cắt khuôn quy định trong Điều 5.4.2

Diện tích nguyên phải được xác định theo chiều dài của mặt phẳng lát cắt nhân với chiều dày của chi tiết. Diện tích trừ hao phải là diện tích nguyên, trừ toàn bộ số lỗ hoặc một phần số lỗ trong mặt phẳng, nhân với đường kính danh định của các lỗ qui định tại Điều 8.3 và trong Bảng 13 nhân với chiều dày của chi tiết.

Khi xác định mặt cắt trừ hao của các mặt phẳng chịu ứng suất kéo, ảnh hưởng của các lỗ đặt so le kề với các lát cắt phải được xác định theo Điều 8.3. Đối với các mặt cắt trừ hao chịu ứng suất cắt, đường kính có hiệu dày đủ của các lỗ tìm trong phạm vi hai đường kính gần lát cắt phải được trừ đi. Các lỗ sẽ được trám lại, có thể được bỏ qua.

## 13.5 CÁC CHI TIẾT LIÊN KẾT

### 13.5.1 Tổng quát

Phải áp dụng Điều này vào thiết kế các chi tiết liên kết như các bản nối, các bản nút, các thép góc tại góc nối, các giá công xôn, và các bản liên kết chịu kéo hoặc cắt.

### 13.5.2 Chịu lực kéo

Sức kháng chịu kéo tính toán,  $R_t$ , phải lấy theo trị số nhỏ nhất của các trị số tính theo các Phương trình 15 và 16 về giới hạn chảy và nứt gãy, tương ứng, hoặc sức kháng phá hủy cắt khuôn quy định trong Điều 13.4.

Khi xác định  $P_{nu}$ , theo quy định trong Phương trình 16, cho các bản liên kết ngang, các bản nối và các bản tiết điểm, hệ số chiết giảm,  $U$ , quy định trong Điều 8.2.2, phải được lấy bằng 1,0, và diện tích hao hụt của bản,  $A_n$ , sử dụng trong Phương trình 16 không được lấy lớn hơn 85% của diện tích nguyên của bản.



### 13.5.3 Chịu lực cắt

Sức kháng cắt tính toán,  $R_r$ , của chi tiết nối phải lấy giá trị nhỏ hơn giữa hai giá trị cắt chảy và cắt theo nứt gãy.

Đối với cắt chảy, sức kháng tính toán của chi tiết nối được tính như sau:

$$R_r = \phi_v 0,58 F_y A_{vg} \quad (339)$$

Trong đó

- $A_{vg}$  = diện tích nguyên của chi tiết liên kết chịu cắt ( $\text{mm}^2$ )
- $F_y$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của cấu kiện liên kết (MPa)
- $\phi_v$  = hệ số sức kháng đối với cắt theo quy định trong Điều 5.4.2

Khi kiểm soát nứt gãy do chịu cắt, sức kháng cắt tính toán  $R_r$  của chi tiết liên kết tính như sau :

$$R_r = \phi_{vu} 0,58 R_p F_u A_{vm} \quad (340)$$

Trong đó :

- $A_{vm}$  = diện tích trừ hao của chi tiết liên kết chịu cắt ( $\text{mm}^2$ )
- $F_u$  = cường độ chịu kéo cực hạn của chi tiết liên kết (MPa)
- $R_p$  = hệ số chiết giảm gia công lỗ, lấy bằng 0,9 nếu tạo lỗ đủ kích thước bằng đột lỗ; lấy bằng 1,0 nếu khoan lỗ hoặc đột sau đó roa cho đủ kích thước
- $\phi_{vu}$  = hệ số sức kháng chịu cắt nứt gãy của chi tiết liên kết theo qui định của Điều 5.4.2

## 13.6 CÁC MỐI NỐI

### 13.6.1 Mối nối bulông

#### 13.6.1.1 Tổng quát

Các mối nối bắt bulông phải được thiết kế để thỏa mãn các yêu cầu quy định trong Điều 13.1. Khi mặt cắt thay đổi tại mối nối, thì mặt cắt nhỏ hơn của hai mặt cắt mối nối phải được sử dụng trong thiết kế.

#### 13.6.1.2 Các cấu kiện chịu kéo

Các mối nối của các cấu kiện chịu kéo phải thỏa mãn các yêu cầu quy định trong Điều 13.5.2. Các mối nối của các cấu kiện chịu kéo phải thiết kế theo mối nối chịu ma sát quy định trong Điều 13.2.1.1.

### 13.6.1.3 Các cấu kiện chịu nén

Các mối nối của các cấu kiện chịu nén được bố trí cấu tạo với các đầu được gia công ở nhà máy để mặt tiếp xúc của các cấu kiện được nối tựa ép hoàn toàn tại vị trí nối, và hồ sơ thiết kế phải quy định kiểm tra trong khi chế tạo và lắp ráp, để có thể đảm bảo cho đầu tiếp xúc ép tựa này chịu được không nhỏ hơn 50% sức kháng tính toán của mặt cắt ghép nối.

Các mối nối trong các thanh mạ giàn, các bộ phận vòm và cột cần được bố trí càng gần các điểm của khoang càng tốt và thường ở về phía có nội lực nhỏ hơn. Bố trí cấu tạo các bản, thép góc hoặc các chi tiết khác của mối nối phải phù hợp với sự phân bố lực trong các phần cấu thành của các bộ phận ghép nối.

### 13.6.1.4 Các cấu kiện chịu uốn

#### 13.6.1.4.1 Tổng quát

Trong các nhịp liên tục, mối nối nên được bố trí tại hoặc gần điểm mô men do tính tải bằng không. Mối nối bản bụng và bản cánh trong vùng ứng suất đổi dấu, phải được kiểm tra cho cả mô men uốn dương và mô men uốn âm.

Với mối nối bản bụng và bản cánh, không được bố trí ít hơn hai hàng bu lông ở mỗi phía của mối nối. Không được sử dụng các lỗ quá cỡ hoặc lỗ dạng ô van trong cấu kiện hoặc bản nối trong mối nối bu lông.

Các mối nối của các cấu kiện chịu uốn phải thiết kế theo mối nối ma sát qui định trong Điều 13.2.1.1. Các liên kết cũng phải được định kích thước để chống trượt trong quá trình cầu lắp và quá trình đổ bê tông bản mặt cầu.

Hệ số sức kháng uốn của bản cánh tại vị trí mối nối phải thỏa mãn các quy định phù hợp với trạng thái giới hạn cường độ theo Điều 10.6.2.

Ứng suất uốn do tải trọng tính toán ở trạng thái giới hạn cường độ và để kiểm tra trượt của mối nối bu lông tại điểm nối phải xác định dựa trên đặc trưng hình học của mặt cắt nguyên.

Mối nối thép góc vào bản cánh bằng bu lông phải gồm cả hai cánh thép góc, mỗi cánh trên một cạnh của cấu kiện chịu uốn.

#### 13.6.1.4.2 Các mối nối bản bụng

Các bản nối bản bụng và liên kết giữa chúng phải được thiết kế chống cắt và mô men do lệch tâm của lực cắt cũng như một phần mô men uốn do bản bụng chịu tại vị trí mối nối. Với tất cả các mặt cắt hộp đơn, và với mặt cắt nhiều hộp trong cầu không thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.2.3, bao gồm cả các cầu cong bằng, hoặc với bản mặt hộp không có hiệu toàn phần theo Điều 11.1.1, lực cắt phải lấy là tổng hợp của cắt do uốn và xoắn St. Venant trong bản cánh chịu lực kết hợp. Với các hộp có thành hộp xiên, mối nối thành hộp phải được thiết kế theo thành phần thẳng đứng của lực cắt trong mặt phẳng của thành hộp.

Giá trị lực cắt thiết kế nhỏ nhất ở trạng thái giới hạn cường độ,  $V_{uw}$ , phải tính như sau:

- Nếu  $V_u < 0,5\phi_v V_n$ , thì:

$$V_{uw} = 1,5 V_u \quad (341)$$

- Nếu không:

$$V_{\text{tr}} = \frac{(V_u + \phi_v V_n)}{2} \quad (342)$$

Trong đó:

- $\phi_v$  = hệ số sức kháng cắt xác định theo Điều 5.4.2
- $V_u$  = lực cắt do tải trọng tính toán tại điểm nối (N)
- $V_n$  = sức kháng cắt danh định xác định theo các Điều 10.9.2 và 10.9.3 cho bản bụng có hoặc không có sườn tăng cứng, tương ứng (N)

Lực cắt thiết kế ở trạng thái giới hạn cường độ không được vượt quá giá trị nhỏ hơn sức kháng cắt tính toán của tấm nối bản bụng theo Điều 13.4 hoặc sức kháng cắt của tấm nối bản bụng theo Điều 13.5.3.

Độ lệch tâm của lực cắt thiết kế phải lấy là khoảng cách từ tâm của mối nối đến trọng tâm của liên kết về phía đang xét.

Ở trạng thái giới hạn cường độ, ứng suất do uốn kết hợp lực dọc trong tấm nối của bản bụng không được vượt quá cường độ chảy quy định nhỏ nhất của bản nối nhân với hệ số sức kháng,  $\phi_t$ , theo Điều 5.4.2.

Liên kết bu lông của mối nối bản bụng phải được thiết kế như mối nối ma sát cho tổng lực thiết kế trong bu lông lớn nhất. Lực cắt thiết kế tối thiểu, để kiểm tra trượt của mối nối bu lông bản bụng, phải lấy là lực cắt tại điểm nối do tổ hợp tải trọng Sử dụng II, theo Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này.

Mối nối bản bụng phải đối xứng. Bản nối phải kéo dài hết mức có thể trên chiều cao bản bụng.

#### 13.6.1.4.3 Các mối nối bản cánh

Ở trạng thái giới hạn cường độ, bản nối và liên kết của nó với bản cánh không chế phải đủ sức kháng tối thiểu lấy bằng ứng suất thiết kế,  $F_d$ , nhân với giá trị nhỏ hơn của các diện tích có hiệu bản cánh,  $A_e$ , ở hai phía của mối nối, trong đó  $F_d$  được xác định như sau:

$$F_d = \frac{\left( \left| \frac{f_{cf}}{R_n} \right| + \alpha \phi_f F_{yf} \right) R_g}{2} \geq 0,75 \alpha \phi_f F_{yf} R_g \quad (343)$$

trong đó:

- $A_e$  = diện tích có hiệu của bản cánh ( $\text{mm}^2$ ). với bản cánh chịu nén,  $A_e$  lấy là diện tích nguyên của bản cánh. Với bản cánh chịu kéo,  $A_e$  phải lấy như sau:

$$A_e = \left( \frac{\phi_u F_u}{\phi_y F_{yf}} \right) A_n \leq A_g \quad (344)$$

$R_g$  = hệ số điều chỉnh sức kháng của bản cánh, được xác định như sau:

$$R_g = \frac{[\alpha A_g F_{yf}]_{LS}}{[\alpha A_g F_{yf}]_{SS}} \leq 1,0 \quad (345)$$

$[\alpha A_g F_{yf}]_{LS}$  = tích số của diện tích có hiệu với  $\alpha F_{yf}$  của bản cánh xem xét của mặt cắt lớn hơn tại mỗi nối

$[\alpha A_g F_{yf}]_{SS}$  = tích số của diện tích có hiệu với  $\alpha F_{yf}$  của bản cánh xem xét của mặt cắt nhỏ hơn tại mỗi nối

Trong đó:

- $f_{ct}$  = ứng suất uốn lớn nhất do tải trọng tính toán tại điểm giữa chiều dày của bản cánh không chế tại vị trí mỗi nối (MPa)
- $R_h$  = hệ số lai theo Điều 10.1.10.1. với mặt cắt lai có  $F_{ct}$  không vượt quá cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản bụng, hệ số lai phải lấy bằng 1,0
- $\alpha$  = 1,0, trừ khi giá trị nhỏ hơn bằng  $(F_n/F_{yf})$  có thể dùng cho bản cánh, khi  $F_n$  nhỏ hơn  $F_{yf}$
- $\phi_t$  = hệ số sức kháng cho uốn qui định tại Điều 5.4.2
- $F_n$  = hệ số sức kháng danh định của bản cánh (MPa)
- $F_{yf}$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản cánh (MPa)
- $\phi_u$  = hệ số sức kháng nứt gãy của bản cánh chịu kéo theo Điều 5.4.2
- $\phi_y$  = hệ số sức kháng chảy của bản cánh chịu kéo theo Điều 5.4.2
- $A_n$  = diện tích trừ hao thực của bản cánh chịu kéo xác định theo Điều 8.3 (mm<sup>2</sup>)
- $A_g$  = diện tích nguyên của bản cánh chịu kéo (mm<sup>2</sup>)
- $F_u$  = cường độ chịu kéo nhỏ nhất quy định của bản cánh chịu kéo xác định theo Bảng 1 (MPa)
- $F_{yf}$  = cường độ chảy quy định nhỏ nhất của bản cánh chịu kéo (MPa)

Bản nối và liên kết của nó với bản cánh không không chế phải đủ sức kháng tối thiểu bằng ứng suất thiết kế,  $F_{ncf}$ , nhân với giá trị diện tích có hiệu nhỏ hơn,  $A_e$ , của bản cánh không không chế, trong đó  $F_{ncf}$  được xác định như sau:

$$F_{ncf} = R_{cf} \left| \frac{f_{ct}}{R_h} \right| \geq 0,75 \alpha \phi_f F_{yf} R_g \quad (346)$$

trong đó:

- $R_{cf}$  = giá trị tuyệt đối của tỷ số giữa  $F_{ct}$  và  $f_{ct}$  cho bản cánh không chế
- $F_{ncf}$  = ứng suất uốn lớn nhất do tải trọng tính toán tại điểm giữa chiều dày của bản cánh không không chế tại vị trí mỗi nối đồng thời với  $f_{ct}$  (MPa)
- $R_g$  = hệ số điều chỉnh sức kháng của bản cánh, xác định theo Phương trình 345
- $R_h$  = hệ số lai theo Điều 10.1.10.1 với mặt cắt lai có  $f_{ct}$  không vượt quá cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản bụng, hệ số lai phải lấy bằng 1,0

Ở trạng thái giới hạn cường độ, lực thiết kế trong bản nối chịu kéo không được vượt quá sức kháng kéo tính toán theo Điều 13.5.2. Lực thiết kế trong bản nối chịu nén không được vượt quá sức kháng kéo tính toán,  $R_r$ , như sau:

$$R_r = \phi_c F_y A_s \quad (347)$$

Trong đó:

- $\phi_c$  = hệ số sức kháng nén theo Điều 5.4.2  
 $F_y$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản bụng (MPa)  
 $A_s$  = diện tích nguyên của bản nối (mm<sup>2</sup>)

Liên kết bu lông của mối nối bản cánh phải được thiết kế loại mối nối ma sát cho lực thiết kế của bản cánh. Lực thiết kế tối thiểu của bản cánh đang xét, để kiểm tra trượt của mối nối bu lông bản cánh, phải lấy là ứng suất thiết kế ở tổ hợp tải trọng sử dụng II,  $F_s$ , nhân với giá trị nhỏ hơn giữa diện tích nguyên bản cánh ở về hai phía của mối nối, trong đó  $F_s$  được lấy như sau:

$$F_s = \frac{f_s}{R_h} \quad (348)$$

Trong đó:

- $f_s$  = ứng suất uốn lớn nhất do tổ hợp tải trọng Sử dụng II tại điểm giữa chiều dày của bản cánh xem xét trong mặt cắt nhỏ hơn tại vị trí mối nối (MPa)  
 $R_h$  = hệ số lai theo Điều 10.1.10.1. với mặt cắt lai có ứng suất  $f_s$  lớn hơn trong bản cánh không vượt quá cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản bụng, hệ số lai phải lấy bằng 1,0

Khi cần bố trí bản đệm, phải áp dụng các quy định của Điều 13.6.1.5.

Khi tính thiết kế mối nối bu lông bản cánh theo trượt và theo moment của các mặt cắt hộp đơn, và các mặt cắt nhiều hộp trong cầu kể cả các cầu cong bằng không thỏa mãn các yêu cầu của Điều 11.2.3, hoặc với các bản mặt hộp không có hiệu toàn bộ theo các quy định của Điều 11.1.1, phải tính đến ứng suất vênh dọc do biến dạng vắn mặt cắt ngang. Ứng suất vênh dọc có thể được bỏ qua trong trạng thái giới hạn cường độ. Ứng suất tiếp do xoắn St.Venant phải được xét đến khi thiết kế mối nối bu lông của bản mặt hộp cho các mặt cắt này tại tất cả các trạng thái giới hạn.

Hiệu ứng uốn ngang trong bản cánh dầm lòng máng và dầm I được giằng gián đoạn phải được xét đến khi thiết kế mối nối bu lông bản cánh.

### 13.6.1.5 Các bản đệm

Khi các bulông chịu các tải trọng thông qua các bản đệm dày 6,0 mm hoặc hơn trong liên kết chịu lực kéo dọc trục, kể cả mối nối bản cánh dầm, thì cần thỏa mãn một trong các điều kiện sau :

- Các bản đệm phải được kéo dài quá bản tiết điểm hoặc chi tiết nối, và sự kéo dài bản đệm phải được bảo đảm bố trí đủ các bulông tăng thêm để phân bố đều tổng ứng suất trên mặt cắt tổ hợp của cấu kiện và bản đệm, hoặc

- Để không cần phải kéo dài bản đệm, thì phải giảm sức kháng tính toán của bu lông khi cắt ở trạng thái giới hạn cường độ, như quy định trong Điều 13.2.2, với hệ số giảm bằng:

$$R = \left[ \frac{1+\gamma}{1+2\gamma} \right] \quad (349)$$

trong đó:

$$\gamma = \frac{A_f}{A_p}$$

$A_f$  = tổng diện tích các bản đệm phía trên và dưới của bản nối ( $\text{mm}^2$ )

$A_p$  = giá trị nhỏ hơn giữa tổng diện tích các bản được nối và tổng diện tích các bản nối ở trên và dưới bản được nối ( $\text{mm}^2$ )

Với các mối liên kết chịu ma sát, sức kháng trượt tính toán của bu lông ở tổ hợp tải trọng sử dụng II, xác định theo Điều 13.2.2, không được điều chỉnh do ảnh hưởng của bản đệm

Số lượng bản đệm dày 6,0 mm hoặc hơn không được nhiều hơn hai.

Với các mối nối bu lông, bản bụng có chênh lệch về chiều dày nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 mm, không cần bố trí bản đệm.

Cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản đệm dày hơn hoặc bằng 6,0 mm không nên nhỏ hơn giá trị lớn hơn giữa 70% cường độ chảy quy định của bản được nối và 250 MPa.

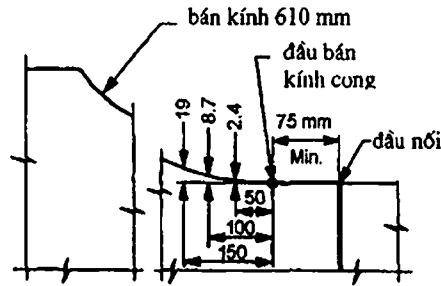
### 13.6.2 Các mối nối hàn

Thiết kế mối nối hàn và các chi tiết phải tuân theo TCVN 10309:2014 và các quy định của Điều này.

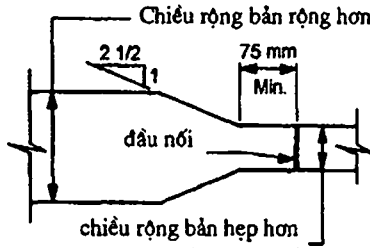
Các mối nối hàn phải được thiết kế để chịu mômen, lực cắt hoặc lực dọc trục thiết kế quy định trong Điều 13.1. Các cấu kiện chịu kéo và nén có thể được nối ghép bằng cách dùng các mối hàn đối đầu ngẫu hoàn toàn; cần tránh sử dụng các bản ốp nối.

Các mối nối hàn ở hiện trường cần bố trí sao cho giảm thiểu vị trí đường hàn ở tư thế ngửa mặt.

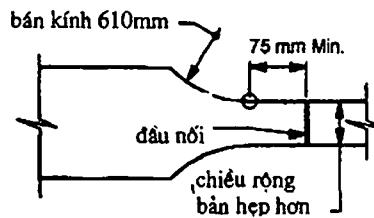
Các bản thép có chiều rộng khác nhau được nối ghép bằng các đường hàn đối đầu phải có các đoạn chuyển tiếp thay đổi chiều rộng đối xứng theo dạng như trên Hình 5. Lựa chọn kiểu chuyển tiếp phải phù hợp với các loại chi tiết của Bảng 3 đối với liên kết nối hàn có vát dùng trong thiết kế cấu kiện. Hồ sơ thiết kế phải quy định các mối nối hàn đối đầu nối ghép bản thép có các chiều dày khác nhau được mài tới một độ dốc đều, giữa các bề mặt chên nhau bao gồm cả đường hàn, không lớn hơn 1: 2,5.



(a) Chi tiết chuyển đổi bề rộng



(b) Chuyển đổi vuốt thẳng



(c) Chuyển đổi theo bán kính 610 mm

Hình 5 - Các chi tiết mối nối hàn

### 13.7 CÁC LIÊN KẾT KHUNG CỨNG

#### 13.7.1 Tổng quát

Tất cả các liên kết khung cứng phải được thiết kế để chịu các mômen, lực cắt và các lực dọc trục do tải trọng tính toán ở trạng thái giới hạn cường độ.

#### 13.7.2 Các bản bụng

Chiều dày của bản bụng dầm không có sườn tăng cứng phải thỏa mãn điều kiện:

$$t_w \geq \sqrt{3} \left( \frac{M_c}{\phi_v F_y d_b d_c} \right) \quad (350)$$

trong đó:

- $F_y$  = cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản bụng (MPa)  
 $M_c$  = mômen cột do các tải trọng tính toán (N.mm)  
 $d_b$  = chiều cao dầm (mm)  
 $d_c$  = chiều cao cột (mm)  
 $f_v$  = hệ số sức kháng đối với cắt theo quy định trong Điều 5.4.2

Khi chiều dày của bản bụng liên kết nhỏ hơn chiều dày qui định theo Phương trình 350, bản bụng phải được tăng cứng bằng các sườn tăng cứng chéo hoặc bằng bản tăng cứng ốp với bản bụng ở trên diện tích liên kết.

Ở các mối nối khuỷu (góc của khung) nơi mà các bản cánh của một cấu kiện được tạo thành khung cứng vào bản cánh của cấu kiện khác, phải làm các sườn tăng cứng trên bản bụng của cấu kiện thứ hai đối diện bản cánh chịu nén của cấu kiện thứ nhất, trong đó:

$$t_w < \frac{A_f}{t_b + 5k} \quad (351)$$

và đối diện bản cánh chịu kéo của cấu kiện thứ nhất trong đó:

$$t_c < 0,4 \sqrt{A_f} \quad (352)$$

trong đó:

- $t_w$  = chiều dày của bản bụng được tăng cứng (mm)  
 $k$  = khoảng cách từ mặt ở phía ngoài của bản cánh đến chân của đường hàn góc bản bụng của cấu kiện được tăng cứng (mm)  
 $t_p$  = chiều dày của bản cánh truyền lực tập trung (mm)  
 $t_c$  = chiều dày của bản cánh của cấu kiện được tăng cứng (mm)  
 $A_f$  = diện tích của bản cánh truyền tải trọng tập trung (mm<sup>2</sup>)

## 14 QUY ĐỊNH CHO CÁC LOẠI KẾT CẤU

### 14.1 CÁC NHỊP DẦM CHẠY DƯỚI

Trong các kết cấu dầm thép cán hoặc dầm thép tổ hợp bố trí các bộ phận hệ mặt cầu chạy dưới, phải bố trí cấu tạo tăng cứng chống biến dạng ngang bằng các bản tiết điểm nách hoặc các giằng chống góc của khung theo dạng các bản bụng đặc được liên kết vào các sườn tăng cứng trên bụng dầm chủ và đỉnh các dầm ngang mặt cầu. Thiết kế các bản tiết điểm phải theo các qui định của Điều 14.2.8.



## 14.2 CÁC GIÀN

### 14.2.1 Tổng quát

Các giàn cần có các thanh công cầu nghiêng. Phải tránh tình trạng các tiết điểm đầu mạ thượng không được chống đỡ theo phương nằm ngang.

Tim đến tim các giàn chủ phải được đặt cách nhau một cự ly đủ xa để tránh lật.

Các chiều cao có hiệu của giàn được giả định là:

- Khoảng cách giữa các trọng tâm của các thanh mạ được liên kết bằng bulông, và
- Khoảng cách giữa các tâm của các chốt.

### 14.2.2 Các cấu kiện của giàn

Các cấu kiện phải đối xứng đối qua mặt phẳng ở trung tâm của giàn.

Nếu hình dạng của giàn cho phép, các thanh mạ chịu nén phải liên tục.

Nếu các thanh bụng dàn chịu ứng suất đối dấu, các liên kết đầu của chúng không được là chốt. Nên tránh dùng các thanh xiên phụ.

### 14.2.3 Các ứng suất thứ cấp

Thiết kế và chọn các cấu tạo sao cho các ứng suất thứ cấp càng nhỏ càng tốt. Phải tính các ứng suất do mômen tĩnh tải của cấu kiện cũng như mô men do sự lệch tâm của các mối nối hoặc lệch tâm các đường truyền lực gây ra. Các ứng suất thứ cấp do sự vặn của giàn hoặc độ võng của dầm ngang không cần phải xem xét trong bất kỳ cấu kiện nào mà chiều cao của nó đo song song với mặt phẳng bị vặn nhỏ hơn một phần mười chiều dài của nó.

### 14.2.4 Các vách ngang

Phải làm các vách ngăn ngang ở trong các cấu kiện giàn theo các yêu cầu quy định trong Điều 7.4.4.

### 14.2.5 Độ võng

Chiều dài của các cấu kiện giàn phải được điều chỉnh để tạo độ võng bằng hoặc lớn hơn độ võng do tĩnh tải gây ra.

Khi tính toán độ võng của giàn, phải sử dụng diện tích nguyên của các cấu kiện giàn. Nếu các bản khoét lỗ được sử dụng, thì diện tích hiệu dụng của bản khoét lỗ phải là khối lượng thực giữa các tim của các lỗ khoét chia cho chiều dài từ tim đến tim của các lỗ khoét.

Các yêu cầu thiết kế đối với các bản khoét lỗ phải thỏa mãn các quy định trong các Điều 8.5.2 và 9.4.3.2

#### **14.2.6 Các đường truyền lực và các trục trọng tâm**

Các cấu kiện chính phải cấu tạo để cho các trục trọng tâm của chúng càng gần tâm của mặt cắt nhất khi có thể.

Trong các cấu kiện chịu nén có mặt cắt không đối xứng, như các mặt cắt thanh mạ giàn được tạo thành từ các bản bản bụng và bản phủ, thì trục trọng tâm của mặt cắt phải gần trùng khít với đường truyền lực thì càng lợi, trừ khi sự lệch tâm đó có thể làm giảm tác dụng uốn tĩnh tải. Trong thanh mạ dưới hoặc các thanh xiên có hai thép góc, đường truyền lực có thể lấy như đường định cỡ gần lưng của thép góc nhất hoặc ở trọng tâm đối với các giàn hàn.

#### **14.2.7 Giằng khung cổng cầu và chống lắc**

##### **14.2.7.1 Tổng quát**

Phải tính kiểm tra để xem xét sự cần thiết bố trí các khung ngang thẳng đứng làm hệ liên kết giằng chống lắc ngang trong các giàn. Bất kỳ sự phân tích kết cấu đầy đủ nào khi có hoặc không có hệ giằng chống lắc ngang trung gian đều có thể được chấp nhận, với điều kiện là sự cân bằng, sự tương thích và sự ổn định đều thỏa mãn tất cả các trạng thái giới hạn.

##### **14.2.7.2 Các nhịp giàn chạy dưới**

Các nhịp giàn chạy dưới phải có hệ giằng ngang khung cổng cầu, hoặc cường độ và độ cứng của hệ giàn phải được chứng minh là đủ sức chịu khi không có giằng cổng cầu. Nếu hệ giằng khung cổng cầu được sử dụng, thì hệ đó nên là kiểu hai mặt phẳng hoặc kiểu hộp, liên kết cứng vào trụ cổng cầu và các bản cánh của mạ trên, bố trí cấu tạo cho chiều cao tối đa đến mức mà tính không cho phép. Nếu sử dụng khung cổng mặt phẳng đơn, thì cần đặt khung này trong mặt phẳng ngang trung tâm của các thanh cổng cầu, với các vách ngang giữa các bản bụng của các thanh cổng cầu để tạo sự phân bố các ứng suất cổng cầu.

Cổng cầu, có hoặc không có hệ giằng liên kết, phải được thiết kế để tiếp nhận toàn bộ phản lực của hệ nằm ngang của mạ trên và các thanh cổng cầu phải được thiết kế để truyền phản lực này tới các gối của giàn.

##### **14.2.7.3 Các nhịp giàn chạy trên**

Các nhịp giàn chạy trên phải có hệ giằng chống lắc ngang trong mặt phẳng của các thanh đứng đầu dàn, hoặc cường độ và độ cứng của hệ giàn phải được chứng minh là đủ. Ở nơi mà hệ giằng chống lắc ngang được sử dụng, thì hệ này phải kéo dài đủ chiều cao của các giàn ở bên dưới hệ dầm mặt cầu, và hệ liên kết tăng cường chống lắc ngang ở đầu nhịp dàn

phải đủ kích thước để truyền toàn bộ tải trọng nằm ngang ở trên cao xuống các trụ cầu thông qua các thanh đứng đầu giàn.

## 14.2.8 Bản tiếp điểm

### 14.2.8.1 Tổng quát

Phải bố trí các bản tiếp điểm hoặc bản liên kết để liên kết các thanh giàn, trừ khi các thanh được liên kết chốt. Các đỉnh liên kết (bu lông hoặc đỉnh tán) từng cấu kiện phải được bố trí đối xứng với trục của cấu kiện đến mức hợp lý có thể và các liên kết của các bộ phận cấu kiện dàn phải được bố trí cấu tạo đủ truyền lực.

Cần tránh cấu tạo các chỗ cắt góc lõm đến mức có thể được, trừ các đường cong tạo dáng.

Các bản tiếp điểm phải có chiều dày thỏa mãn yêu cầu chiều dày bản thép tối thiểu dùng cho kết cấu giàn qui định tại Điều 7.3. Các bản tiếp điểm được thiết kế chịu cắt, nén hoặc kéo cho từng thanh nối vào hoặc tổ hợp một số thanh nếu có thể, theo các yêu cầu qui định trong các Điều 14.2.8.3 đến 14.2.8.5. Các bản tiếp điểm làm việc như một mối nối các thanh mạ được thiết kế độc lập như là kết cấu bản nối, theo các qui định của Điều 14.2.8.6. Phải kiểm tra độ mảnh của mép bản tiếp điểm theo các qui định tại Điều 14.2.8.7.

Bản tiếp điểm nối bu lông phải thỏa mãn các yêu cầu của Điều 13.1 và 13.2. Khi cần cấu tạo có bản đệm, phải áp dụng các qui định của Điều 13.6.1.5.

### 14.2.8.2 Bản tiếp điểm nhiều lớp và các bản nối

Với cấu tạo bản tiếp điểm có nhiều lớp bản thép và các bản nối, khi xác định sức kháng tính toán theo qui định trong các Điều 14.2.8.3 đến 14.2.8.6, có thể cộng sức kháng của các bản riêng rẽ với nhau, miễn là có bố trí đủ các đỉnh nối để truyền lực trong các lớp bản tiếp điểm và các bản nối.

### 14.2.8.3 Sức kháng cắt

Sức kháng cắt tính toán của các bản tiếp điểm,  $V_n$ , được lấy theo giá trị nhỏ hơn của các giá trị kháng cắt theo cường độ chảy hoặc và sức kháng cắt nứt gãy.

Sức kháng cắt chảy tính toán được tính như sau:

$$V_r = \phi_{vy} 0,58 F_y A_{vg} \Omega \quad (353)$$

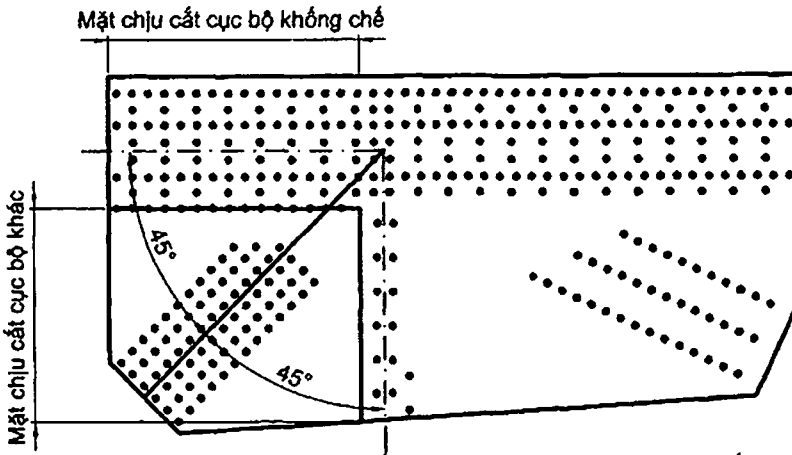
Trong đó:

$\phi_{vy}$  = hệ số sức kháng cắt chảy cho bản tiếp điểm giàn qui định trong Điều 5.4.2

$\Omega$  = hệ số chiết giảm cho bản tiếp điểm lấy bằng 0,88

$A_{vg}$  = diện tích mặt cắt nguyên của mặt phẳng chịu cắt ( $\text{mm}^2$ )

$F_y$  = cường độ chảy tối thiểu qui định của thép bản tiếp điểm (MPa)



**Hình 6 - Mặt phẳng chịu cắt cục bộ không chế song song với đầu mút của thanh chịu nén, vì thanh tạo khung nối vào bản tiếp điểm xiên góc  $45^\circ$  so với cả thanh mạ và thanh đứng.**

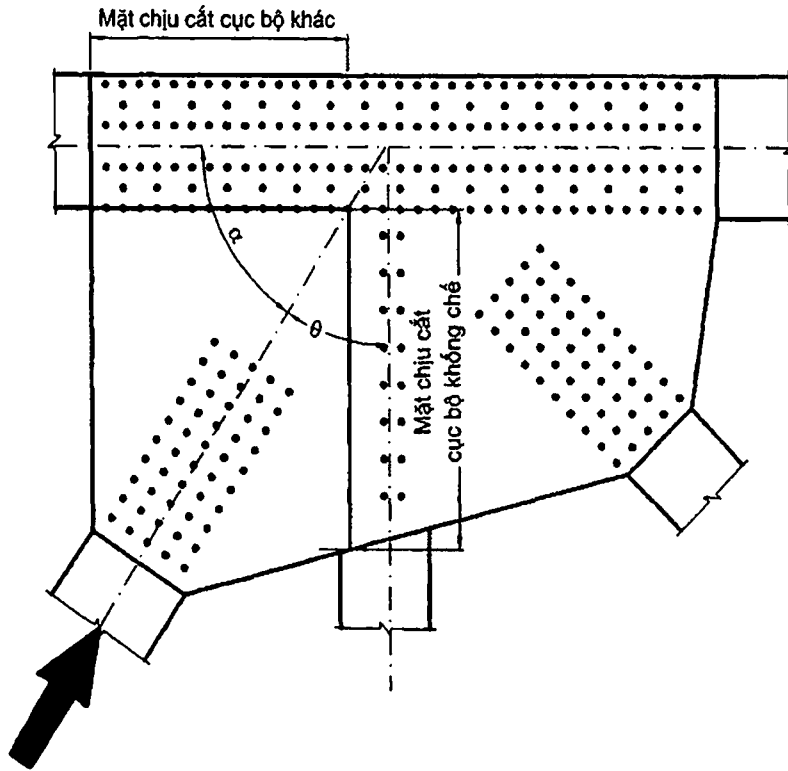
Trường hợp chịu lực cắt nứt gãy, sức kháng cắt tính toán được xác định theo Phương trình 340.

Kiểm tra lực cắt theo đường chịu cắt cục bộ thích hợp và trên toàn chiều rộng của đường phá hoại. Chỉ kiểm tra các đường chịu cắt cục bộ quanh các thanh chịu nén và chỉ áp dụng Phương trình 353 cho các đường chịu cắt cục bộ. Chiều dài đường chịu cắt cục bộ được lấy dọc theo các đường bố trí đỉnh nối (bu lông hoặc ri vê) của các thanh liền kề giữa mép của bản và các đường đỉnh nối khác. Các đường chịu cắt cục bộ sau đây cần được đánh giá để tìm ra đường chịu cắt không chế:

- Đường chịu cắt song song với mép cắt của thanh chịu nén như minh họa trên

Hình 6;

- Đường chịu cắt ở về một bên của thanh chịu nén và về phía thanh nối vào nút có góc giao giữa một thanh dàn với thanh bên cạnh nhỏ hơn như chỉ ra trên Hình 7; và
- Đường chịu cắt mà dọc theo nó có diện tích mặt cắt chịu cắt nhỏ nhất ở vị trí tiếp điểm dàn có thanh chịu nén không cắt cụt đầu (Bản tiếp điểm giữa dàn) và thanh dàn có góc giao bằng nhau về hai phía của thanh chịu nén.



Hình 7—Ví dụ về đường chịu cắt cục bộ không chế ở về một bên của thanh chịu nén không cắt cụt đầu và có góc giao giữa một thanh dãn với thanh bên cạnh nhỏ hơn

#### 14.2.8.4 Sức kháng chịu nén

Sức kháng chịu nén tính toán của bản tiếp điểm phải được tính như sau:

$$P_r = \phi_{cg} P_n \quad (354)$$

ở đây:

$\phi_{cg}$  = hệ số sức kháng chịu nén của bản tiếp điểm dàn qui định trong Điều 5.4.2 [

$P_n$  = sức kháng chịu nén danh định của một mặt cắt chịu nén Whitmore xác định theo Phương trình 24 hoặc 25 khi thích hợp (N)

Khi tính giá trị  $P_n$ , hệ số chiết giảm theo độ mảnh  $Q$  phải lấy bằng 1,0. Và sức kháng oằn tới hạn dẻo,  $P_e$ , phải được tính bằng:

$$P_e = \frac{3,29E}{\left(\frac{L_{mid}}{t_g}\right)^2} A_g \quad (355)$$

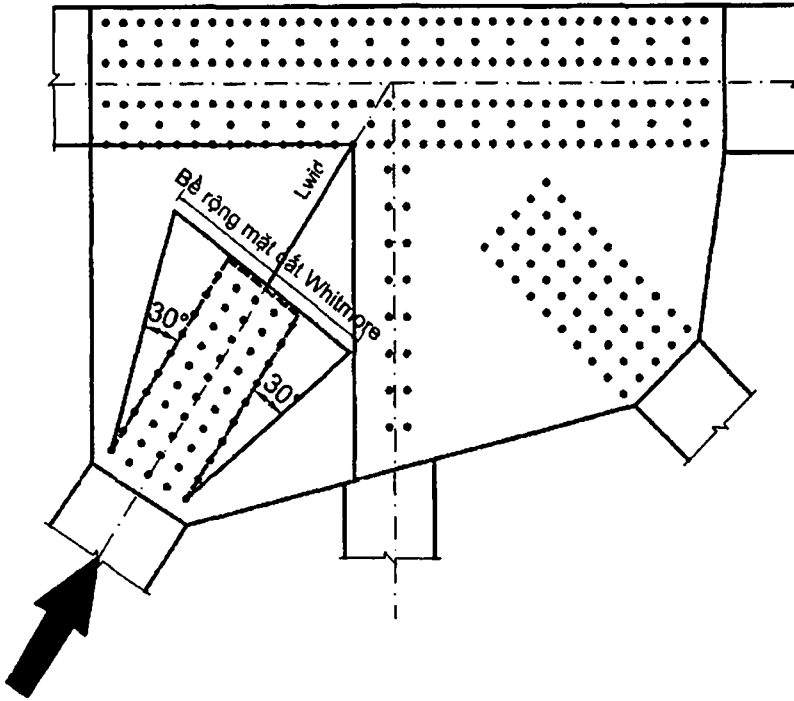
Trong đó:

$A_g$  = diện tích mặt cắt nguyên của mặt cắt Whitmore dựa trên giả thiết góc phân bố  $30^\circ$  như thể hiện trên Hình 8 ( $\text{mm}^2$ ). Mặt cắt Whitmore không bị giảm đi nếu mặt cắt này giao với các đường lỗ bu lông của các thanh bên cạnh.

$L_{wid}$  = khoảng cách từ giữa mặt cắt Whitmore đến đường đỉnh nối của thanh gần nhất theo hướng trục tim thanh như miêu tả trên Hình 8 (mm)

$t_g$  = chiều dày của bản tiếp điểm (mm.)

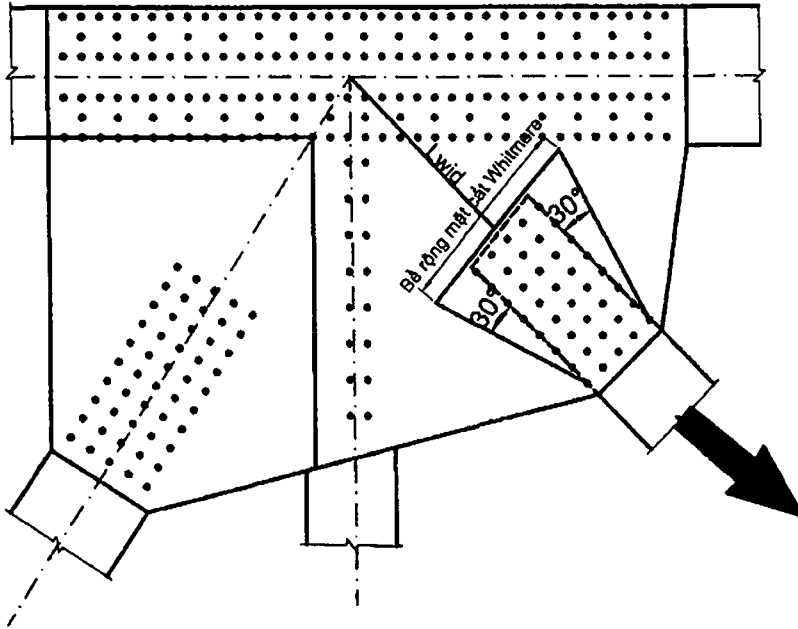
Các qui định của Điều này không được áp dụng cho kiểm toán bản nối của thanh mạ chịu nén.



Hình 8- Ví dụ thể hiện liên kết mặt cắt Whitmore của một thanh chịu nén bắt nguồn từ góc phân bố 30° và khoảng cách  $L_{wid}$

#### 14.2.8.5 Sức kháng chịu kéo

Sức kháng chịu kéo tính toán,  $R_r$  của bản tiếp điểm được lấy bằng sức kháng chịu kéo tính toán nhỏ nhất theo điều kiện cường độ chảy, nứt gãy, hoặc cắt khuôn xác định theo các qui định của Điều 13.5.2. Khi kiểm toán theo các Phương trình 15 và 16, mặt cắt Whitmore qui định trên Hình 9 phải được dùng để tính diện tích mặt cắt có hiệu. Mặt cắt Whitmore không bị giảm đi nếu chiều rộng của nó giao với các đường lỗ bu lông của các thanh bên cạnh.



Hình 9 - Thí dụ thể hiện liên kết mặt cắt Whitmore của thanh chịu kéo với góc phân bố lực 30°

Các qui định của Điều này không được áp dụng cho kiểm toán nối của thanh mạ chịu kéo

#### 14.2.8.6 Các mối nối thanh mạ

Các bản tiếp điểm đóng vai trò nối hai mặt cắt thanh mạ với nhau phải được kiểm tra bằng kiểm toán mặt cắt xét đến sự lệch tâm tương đối giữa tất cả các bản đi qua mặt cắt và các lực tác dụng trên mặt phẳng được nối.

Đối với các mối nối thanh mạ chịu nén, sức kháng chịu nén tính toán,  $P_r$ , của mặt cắt nối được tính như sau:

$$P_r = \phi_{cs} F_{cr} \left( \frac{S_g A_g}{S_g + E_p A_g} \right) \quad (356)$$

Trong đó:

$F_{cr}$  = ứng suất trong mặt cắt nối ở giới hạn sức kháng khả dụng (MPa),  $F_{cr}$  phải được lấy bằng cường độ chảy nhỏ nhất qui định của thép bản tiếp điểm nếu Phương trình sau thỏa mãn:

$$\frac{KL_{splice} \sqrt{12}}{t_g} < 25 \quad (357)$$

ở đây:

$\phi_{cs}$  = hệ số sức kháng cho mối nối thanh mạ bản tiếp điểm gián qui định tại Điều 5.4.2

$A_g$  = diện tích nguyên của tất cả bản thép trong mặt cắt giao với mặt phẳng nối ( $\text{mm}^2$ )

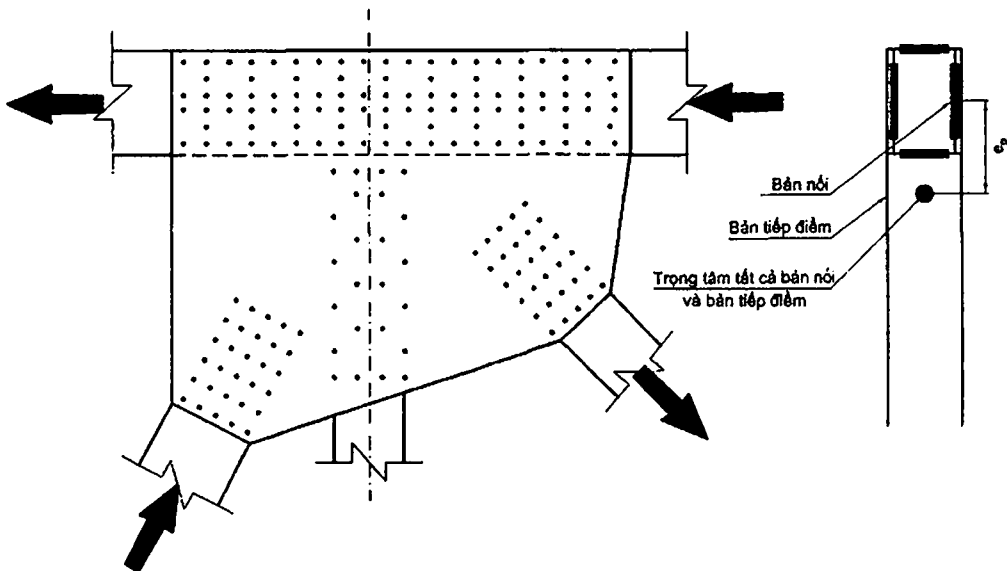
$e_p$  = khoảng cách giữa trọng tâm của mặt cắt với điểm tổng hợp lực vuông góc với mặt phẳng nối ( $\text{mm}$ )

$K$  = hệ số chiều dài cột có hiệu lấy bằng 0,5 cho mỗi nối thanh mạ

$L_{\text{splice}}$  = Khoảng cách từ tim đến tim các hàng định đầu tiên ở hai đầu thanh mạ liền kề như miêu tả trên Hình 11 ( $\text{mm}$ )

$S_g$  = mô men tĩnh mặt cắt nguyên của tất cả các bản thép trong mặt cắt ngang giao với mặt phẳng nối ( $\text{mm}^3$ )

$T_g$  = Chiều dày bản tiếp điểm ( $\text{mm}$ )



Hình 10 - Minh họa mặt cắt tổ hợp mỗi nối thanh mạ

Với mỗi nối thanh mạ chịu kéo, sức kháng kéo tính toán,  $P_r$ , phải được lấy giá trị nhỏ hơn trong các giá trị tính theo các Phương trình 358 và 359.

$$P_r = \phi_{cs} F_y \left( \frac{S_g A_g}{S_g + e_p A_g} \right) \quad (358)$$

$$P_r = \phi_{cs} F_u \left( \frac{S_n A_n}{S_n + e_p A_n} \right) \quad (359)$$

ở đây:

$\phi_{cs}$  = hệ số sức kháng cho mỗi nối thanh mạ bản tiếp điểm gián quy định tại Điều 5.4.2

$A_g$  = diện tích nguyên của tất cả bản thép trong mặt cắt giao với mặt phẳng nối ( $\text{mm}^2$ )

$A_n$  = diện tích thực (diện tích trừ lỗ) của tất cả bản thép trong mặt cắt giao với mặt phẳng nối ( $\text{mm}^2$ )

$e_p$  = khoảng cách giữa trọng tâm của mặt cắt với điểm tổng hợp lực vuông góc với mặt phẳng nối ( $\text{mm}$ .)

$F_y$  = cường độ chảy nhỏ nhất qui định của thép bản tiếp điểm (MPa)

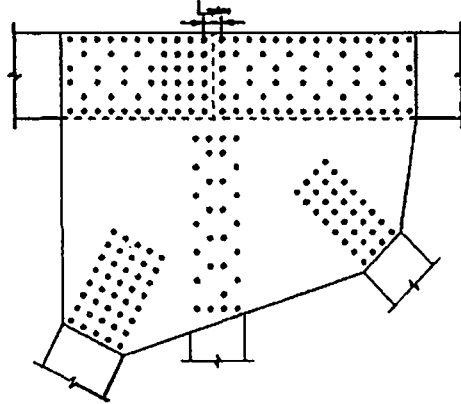


$F_u$  = cường độ chịu kéo nhỏ nhất qui định của thép bản tiếp điểm (MPa)

$S_g$  = mô men tĩnh mặt cắt nguyên của tất cả các bản thép trong mặt cắt ngang giao với mặt phẳng nối ( $\text{mm}^3$ )

$S_n$  = mô men tĩnh mặt cắt thực của tất cả các bản thép trong mặt cắt ngang giao với mặt phẳng nối ( $\text{mm}^3$ )

Các chi tiết của mỗi nối thanh mạ chịu kéo cũng phải được kiểm tra chịu lực cắt khối theo qui định trong Điều 13.4



Hình.14.2.8.6-2—Ví dụ các thông số  $L_{splice}$  mỗi nối thanh mạ,

#### 14.2.8.7 Độ mảnh của mép bản tiếp điểm

Nếu chiều dài của mép bản tiếp điểm không được giảm xuống quá  $2,06 t_g (E/F_y)^{1/2}$ , ở đây  $t_g$  là chiều dày và  $F_y$  cường độ chảy nhỏ nhất qui định của thép bản tiếp điểm, thì mép tiếp điểm phải được tăng cứng.

#### 14.2.9 Giàn hờ

Các thanh đứng của giàn và các dầm hệ mặt cầu cũng như các liên kết của chúng trong các nhịp giàn hờ (không có hệ giằng ngang trong mặt phẳng thanh mạ trên) phải được thiết kế để chịu lực nằm ngang dài đều không nhỏ hơn  $4,38 \text{ N/mm}$  đặt tại các điểm khoang giàn mạ trên của mỗi giàn; lực này được coi là tải trọng dài hạn thuộc Tổ hợp tải trọng I về cường độ và được nhân với hệ số tương ứng.

Mạ trên phải được xem như là một cột thanh bị nén có các gối tựa ngang đàn hồi ở tại các điểm khoang giàn

#### 14.2.10 Sức kháng tính toán

Sức kháng tính toán của các cấu kiện chịu kéo phải thỏa mãn các yêu cầu quy định trong Điều 8.2.

Sức kháng tính toán của các cấu kiện chịu nén phải thỏa mãn các yêu cầu quy định trong Điều 6.9.2.

Sức kháng uốn danh định của các cấu kiện mà sức kháng tính toán của chúng bị khống chế bởi các Phương trình tương tác, quy định trong các Điều 8.2.3 hoặc 9.2.2, phải được tính theo quy định trong Điều 12.

### 14.3 CÁC KẾT CẤU PHẦN TRÊN CÓ BẢN TRỰC HƯỚNG

#### 14.3.1 Tổng quát

Các quy định của Điều này phải áp dụng cho thiết kế các cầu thép sử dụng bản thép có sườn tăng cứng làm mặt cầu.

Mặt cầu bản trực hướng phải được xem như một phần tích hợp của kết cấu phần trên cầu và tham gia chịu toàn bộ các lực tác dụng lên cầu. Các liên kết giữa mặt cầu và các bộ phận kết cấu chính phải được thiết kế chịu các tác động tương tác quy định trong Điều 4.1 Phần 9 bộ tiêu chuẩn này.

Khi tính bản trực hướng, phải tổng hợp cả nội lực do hiệu ứng tác dụng lực cục bộ với hiệu ứng lực tổng thể của kết cấu nhịp.

Ảnh hưởng của các sự méo vặn do xoắn của hình dạng mặt cắt ngang phải được xét đến trong phân tích bản mặt và dầm của các cầu dầm hộp bản trực hướng.

#### 14.3.2 Bản mặt cầu chịu nén tổng thể

##### 14.3.2.1 Tổng quát

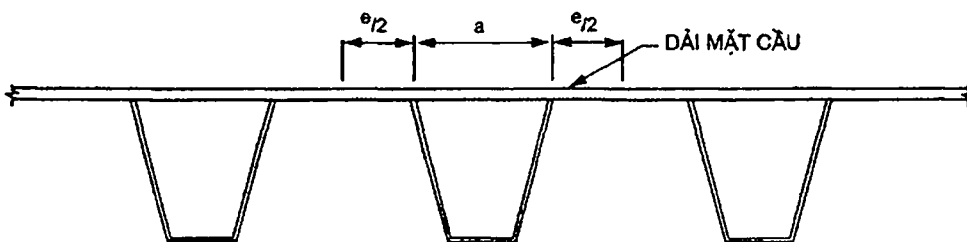
Các yếu tố liên quan ổn định tiềm ẩn sau đây cần phải được đánh giá khi thiết kế bản trực hướng: ổn định của bản thép mặt trong phạm vi giữa các sườn, ổn định cục bộ thành hộp của sườn kín, ổn định toàn khoang bản mặt cầu giữa các dầm ngang.

##### 14.3.2.2 Ổn định cục bộ

Đối với ổn định cục bộ, độ mảnh của từng chi tiết thành phần cần phải được kiểm tra, như: quan hệ khoảng cách giữa các sườn với tỷ lệ độ dày bản mặt, khoảng cách giữa các sườn kín với tỷ lệ chiều dày bản mặt và chiều cao sườn với tỷ lệ chiều dày của thành sườn tăng cứng. Bề rộng có hiệu cho từng chi tiết xác định theo Điều 9.4.2

##### 14.3.2.3 Ổn định của khoang

Khi xét một khoang mặt cầu trực hướng giữa hai dầm ngang có thể đơn giản hóa bằng cách xét một dải mặt trực hướng bao gồm sườn dọc và chiều rộng bản có hiệu như chỉ trên Hình 12



#### CHÚ DẪN:

$a$  = chiều rộng sườn kín tại bản mặt, tính từ tim đến tim các thành hộp của sườn kín

$e$  = Khoảng cách tịnh giữa các sườn liền kề tính từ tim các thành hộp của các sườn liền kề

Hình 12 - Dải mặt cầu để đánh giá sức kháng chịu nén

### 14.3.3 Chiều rộng có hiệu của mặt cầu

Phải áp dụng các quy định của Điều 6.2.6.4 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này.

### 14.3.4 Công tác dụng hiệu ứng tổng thể và cục bộ

Trong tính toán các tác động lực cực trị lên mặt cầu, phải xét cộng tác dụng hiệu ứng lực tổng thể và cục bộ. Các tác động lực tổ hợp như thế phải được tính cho cùng một cấu hình và một vị trí của hoạt tải.

## 14.4 CÁC VÒM BẢN BỤNG SƯỜN ĐẶC

### 14.4.1 Sự khuếch đại mômen đối với độ võng

Khi tính theo phương pháp khuếch đại mômen, phải theo các quy định trong Điều 5.3.2.2.3 Phần 4 bộ tiêu chuẩn này. .

### 14.4.2 Độ mảnh của bản bụng

Độ mảnh của các bản bụng của các sườn vòm phải thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{D}{t_w} \leq k \sqrt{\frac{E}{f_a}} \quad (360)$$

Bảng 19 - Độ mảnh bản của vòm

Điều kiện	k	$I_s$
Không có sườn tăng cứng dọc	1,25	-
Một sườn tăng cứng dọc	1,88	$I_s = 0,75 D t_w^3$
Hai sườn tăng cứng dọc	2,51	$I_s = 2,2 D t_w^3$

trong đó:

$f_a$  = ứng suất dọc trục do các tải trọng tính toán (MPa)

k = hệ số ổn định bản quy định trong Bảng 19

Mômen quán tính của các sườn tăng cứng quanh trục song song với bản bụng ở đáy của sườn tăng cứng phải không được nhỏ hơn trị số quy định trong Bảng 19.

Tỷ số giữa chiều rộng với chiều dày của các sườn tăng cứng phải thỏa mãn:

$$\frac{b}{t_s} \leq 0,408 \sqrt{\frac{E}{f_a + \frac{f_b}{3}}} \leq 12 \quad (361)$$

trong đó:

$f_b$  = ứng suất lớn nhất do các tải trọng tính toán, có tính đến sự khuếch đại mômen (MPa)

#### 14.4.3 Ổn định của bản cánh

Tỷ số chiều rộng trên chiều dày của các bản cánh phải thỏa mãn điều kiện:

- Đối với chiều rộng giữa các bản bụng:

$$\frac{b}{t} \leq 1,06 \sqrt{\frac{E}{f_a + f_b}} \quad (362)$$

- Đối với các chiều rộng phần hẫng:

$$\frac{b}{t} \leq 0,408 \sqrt{\frac{E}{f_a + f_b}} \leq 12 \quad (363)$$

## 15 CỌC

### 15.1 TỔNG QUÁT

Phải thiết kế cọc như cấu kiện kết cấu đủ an toàn chịu các tải trọng tác động.

Với một nhóm chỉ bao gồm các cọc thẳng đứng chịu tải trọng ngang, phải phân tích kết cấu của cọc xét đến các hiệu ứng tương tác giữa cọc và đất theo như quy định trong Điều 7.3.9 Phần 10 bộ tiêu chuẩn này.

### 15.2 SỨC KHÁNG KẾT CẤU

Hệ số sức kháng,  $\phi_c$  và  $\phi_r$ , cho trạng thái giới hạn cường độ phải lấy theo qui định của Điều 5.4.2. Hệ số sức kháng của cọc chịu nén dọc trục bị phá hoại do quá trình đóng cọc chỉ áp dụng cho mặt cắt cọc bị phá hủy theo các kinh nghiệm hiện có. Ví thế, hệ số  $\phi_c$  được quy định cho sức kháng dọc trục là 0,50 tới 0,70 cho cọc chịu nén không uốn phải áp dụng chỉ

cho khả năng chịu lực dọc trục của cọc. Hệ số  $\phi_c$  bằng 0,70 và 0,80 và hệ số  $\phi_t$  bằng 1,00 phải áp dụng cho sức kháng uốn và nén kết hợp của cọc trong Phương trình tương tác cho các đại lượng mô men uốn và lực dọc tương ứng.

### 15.3 SỨC KHÁNG NÉN

#### 15.3.1 Nén dọc trục

Sức kháng tính toán của các cọc chịu nén,  $P_r$ , phải tính theo Điều 9.2.1 với hệ số sức kháng,  $\phi_c$ , lấy theo qui định của Điều 5.4.2.

#### 15.3.2 Kết hợp uốn và nén dọc trục

Phải thiết kế các cọc chịu nén và uốn đồng thời theo qui định của Điều 9.2.2 với hệ số sức kháng,  $\phi_c$  và  $\phi_t$ , lấy theo qui định của Điều 5.4.2.

#### 15.3.3 Ổn định

Phải xét hiệu ứng mất ổn định của cọc có chiều dài tự do ở trong nước hoặc không khí theo qui định của Điều 9. Phải giả thiết rằng cọc xuyên qua nước và không khí được ngàm tại một chiều sâu nào đó dưới đất. Phải xác định ổn định theo các quy định của Điều 9 cho cấu kiện chịu nén sử dụng chiều dài tương đương bằng chiều dài không được chống đỡ ngang, cộng chiều sâu đến vị trí ngàm. Chiều sâu đến vị trí ngàm phải xác định theo Điều 7.3.13.4 Phần 10 bộ tiêu chuẩn này cho cọc xiên hoặc phân tích P- $\Delta$  cho cọc thẳng đứng.

### 15.4 ỨNG SUẤT LỚN NHẤT CHO PHÉP KHI ĐÓNG CỌC

Không chế ứng suất cho phép lớn nhất khi đóng cọc cho đầu cọc thép theo qui định của Điều 7.8 Phần 10 bộ tiêu chuẩn này.

## PHỤ LỤC A

(Quy định)

**SỨC KHÁNG UỐN CỦA DÀM LIÊN HỢP THẲNG MẶT CẮT I TRONG VÙNG MÔ MEN ÂM VÀ DÀM THẲNG MẶT CẮT I KHÔNG LIÊN HỢP CÓ BẢN BỤNG ĐẶC CHẮC HOẶC KHÔNG ĐẶC CHẮC**

**A1 TỔNG QUÁT**

Các quy định này chỉ áp dụng cho các mặt cắt trong dầm cầu thẳng có gối đặt vuông góc hoặc đặt chéo góc không lớn hơn  $20^\circ$  so với đường vuông góc trục dầm, và có các vách ngăn hoặc dầm ngang trong lòng dầm đặt tại tim các đường liên tục song song với gối, và thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Cường độ chảy quy định tối thiểu của bản cánh và bản bụng không vượt quá 485 MPa,
- Bản bụng phải thỏa mãn giới hạn độ mảnh không đặc chắc:

$$\frac{2D_c}{t_w} < 5,7 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (A1)$$

và:

- Các bản cánh phải thỏa mãn tỷ lệ sau đây:

$$\frac{I_{yc}}{I_{yt}} \geq 0,3 \quad (A2)$$

Trong đó:

$D_c$  = chiều cao bản bụng trong vùng bản bụng chịu nén trong phạm vi đàn hồi (mm).

Đối với mặt cắt liên hợp,  $D_c$  được xác định theo quy định trong Điều D6.3.1 Phụ lục D.

$I_{yc}$  = mô men quán tính của bản cánh chịu nén của mặt cắt ngang thép quanh trục thẳng đứng trong mặt phẳng bản bụng ( $\text{mm}^4$ )

$I_{yt}$  = mô men quán tính của bản cánh chịu kéo của mặt cắt ngang thép quanh trục thẳng đứng trong mặt phẳng bản bụng ( $\text{mm}^4$ )

Nếu không, phải định kích thước mặt cắt theo các điều khoản qui định trong Điều 10.8.

Các mặt cắt được thiết kế theo qui định này phải có đặc tính như mặt cắt bản bụng đặc chắc hoặc mặt cắt bản bụng không đặc chắc như qui định trong Điều A2

**A1.1 Các mặt cắt có bản cánh chịu nén được giằng cách đoạn**

Ở trạng thái giới hạn cường độ, yêu cầu sau đây phải được thỏa mãn:

$$M_u + \frac{1}{3} f_1 S_{xc} \leq \phi_f M_{nc} \quad (A3)$$

Trong đó:

$\phi_f$  = Hệ số sức kháng qui định trong Điều 5.4.2

$f_1$  = Ứng suất ngang của bản cánh như qui định trong Điều D10.1.6 Phụ lục D (MPa)

$M_{nc}$  = Sức kháng uốn danh định dựa trên cánh chịu nén xác định như qui định trong Điều A3 (N-mm)

$M_u$  = mô men uốn quanh trục chính của mặt cắt xác định như qui định trong Điều 10.1.6 (N-mm)

$M_{yc}$  = mô men chảy tương quan với cánh chịu nén xác định như qui định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$S_{xc}$  = Mô đun mặt cắt đàn hồi quanh trục chính của mặt cắt đối với cánh chịu nén được lấy bằng  $M_{yc}/F_{yc}$  (mm<sup>3</sup>)

### A1.2 Các mặt cắt có cánh chịu kéo được giằng cách đoạn

Ở trạng thái giới hạn cường độ, yêu cầu sau đây phải được thỏa mãn:

$$M_u + \frac{1}{3} f_1 S_{xt} \leq \phi_f M_{nt} \quad (A4)$$

Trong đó:

$M_{nt}$  = sức kháng uốn danh định dựa trên điều kiện chảy chịu kéo xác định như qui định trong Điều A4 (N-mm)

$M_{yt}$  = mô men chảy tương quan với cánh chịu kéo xác định như qui định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$S_{xt}$  = Mô đun mặt cắt đàn hồi quanh trục chính của mặt cắt đối với cánh chịu kéo được lấy bằng  $M_{yt}/F_{yt}$  (mm<sup>3</sup>)

### A1.3 Các mặt cắt có cánh chịu nén được giằng liên tục

Ở trạng thái giới hạn cường độ, yêu cầu sau đây phải được thỏa mãn:

$$M_u \leq \phi_f R_{pc} M_{yc} \quad (A5)$$

Trong đó:

$M_{yc}$  = mô men chảy tương quan với cánh chịu nén xác định như qui định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$R_{pc}$  = Hệ số dẻo bản bụng đối với cánh chịu nén xác định như qui định trong Điều A2.1 hoặc Điều A2.2, khi có thể áp dụng.

### A1.4 Các mặt cắt có cánh chịu kéo được giằng liên tục

Ở trạng thái giới hạn cường độ, yêu cầu sau đây phải được thỏa mãn:

$$M_u \leq \phi_f R_{pt} M_{yt} \quad (A6)$$

Trong đó:

$M_{yt}$  = mô men chảy tương quan với cánh chịu kéo xác định như qui định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$R_{pt}$  = Hệ số dẻo bản bụng đối với cánh chịu kéo xác định như qui định trong Điều A2.1 hoặc Điều A2.2, khi thích hợp.

## A2 HỆ SỐ DÈO BẢN BỤNG

### A2.1 Các mặt cắt bản bụng đặc chắc

Các mặt cắt thỏa mãn điều kiện sau đây sẽ được phân loại là mặt cắt bản bụng đặc chắc:

$$\frac{2D}{t_w} \leq \lambda_{pw(D,pc)} \quad (A7)$$

Trong đó:

$\lambda_{pw(D_{pc})}$  = tỷ số độ mảnh giới hạn cho bản bụng đặc chắc tương ứng điều kiện

$$\frac{2D_{cp}}{t_w} = \frac{\sqrt{\frac{E}{F_{yc}}}}{\left(0,54 \frac{M_p}{R_h M_y} - 0,09\right)^2} \leq \lambda_{rw} \left(\frac{D_{cp}}{D_c}\right) \quad (A8)$$

$\lambda_{rw}$  = tỷ số độ mảnh giới hạn cho bản bụng không đặc chắc

$$= 5,7 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (A9)$$

Ở đây:

$D_c$  = chiều cao bản bụng chịu nén trong phạm vi đàn hồi (mm). Đối với mặt cắt liên hợp,  $D_c$  được xác định theo quy định trong Điều D3.1 Phụ lục D.

$D_{cp}$  = chiều cao chịu nén của bản bụng khi mô men đạt tới dẻo xác định theo quy định trong Điều D3.2 Phụ lục D (mm)

$M_y$  = mô men chảy lấy giá trị nhỏ hơn giữa các giá trị  $M_{yc}$  và  $M_{yt}$  xác định theo quy định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$R_h$  = hệ số lai xác định theo quy định trong Điều 10.1.10.1

Hệ số dẻo bản bụng phải lấy như sau:

$$R_{pc} = \frac{M_p}{M_{yc}} \quad (A10)$$

$$R_{pt} = \frac{M_p}{M_{yt}} \quad (A11)$$

Ở đây:

$M_p$  = Mô men dẻo xác định theo quy định trong Điều D1 Phụ lục D (N-mm)

$M_{yc}$  = mô men chảy tương quan với cánh chịu nén xác định như qui định trong Điều D6.2 (N-mm)

$M_{yt}$  = mô men chảy tương quan với cánh chịu kéo xác định như qui định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$R_{pc}$  = hệ số dẻo bản bụng cho cánh chịu nén

$R_{pt}$  = hệ số dẻo bản bụng cho cánh chịu kéo tới giới hạn chảy

## A2.2 Các mặt cắt bản bụng không đặc chắc

Các mặt cắt không thỏa mãn điều kiện của Phương trình A7, nhưng độ mảnh của bản bụng thỏa mãn yêu cầu sau:

$$\lambda_w < \lambda_{rw} \quad (A12)$$

Phải được phân loại là mặt cắt bản bụng không đặc chắc, ở đây:

$$\lambda_w = \text{tỷ số độ mảnh của bản bụng dựa trên mô men đàn hồi} = \frac{2D_c}{t_w} \quad (A13)$$

$$\lambda_{rw} = \text{tỷ số độ mảnh giới hạn cho bản bụng không đặc chắc} = 5,7 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (A14)$$



$D_c$  = chiều cao bản bụng chịu nén trong phạm vi đàn hồi (mm). Đối với mặt cắt liên hợp,  $D_c$  được xác định theo quy định trong Điều D3.1 Phụ lục D

Hệ số dẻo bản bụng được tính như sau:

$$R_{pc} = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{R_h M_{yc}}{M_p} \right) \left( \frac{\lambda_w - \lambda_{pw}(D_c)}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}(D_c)} \right) \right] \frac{M_p}{M_{yc}} \leq \frac{M_p}{M_{yc}} \quad (A15)$$

$$R_{pt} = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{R_h M_{yt}}{M_p} \right) \left( \frac{\lambda_w - \lambda_{pw}(D_c)}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}(D_c)} \right) \right] \frac{M_p}{M_{yt}} \leq \frac{M_p}{M_{yt}} \quad (A16)$$

Ở đây:

$$\begin{aligned} \lambda_{pw}(D_c) &= \text{tỷ số độ mảnh giới hạn cho bản bụng đặc chắc tương ứng với } 2D_c t_w \\ &= \lambda_{pw}(D_{cp}) \left( \frac{D_c}{D_{cp}} \right) \leq \lambda_{rw} \end{aligned} \quad (A17)$$

### A3 SỨC KHÁNG UỐN THEO CÁCH CHỊU NÉN

#### A3.1 Tổng quát

Phương trình A3 phải được thỏa mãn cho cả kiểm soát oằn cục bộ và oằn do xoắn ngang theo các giá trị  $M_{nc}$  xác định cho mỗi trường hợp như qui định trong Điều A3.2 và A3.3, tương ứng.

#### A3.2 Sức kháng oằn cục bộ

Sức kháng uốn theo điều kiện oằn cục bộ bản cánh chịu nén phải được lấy như sau:

- nếu  $\lambda_f \leq \lambda_{pf}$ , thì:

$$M_{nc} = R_{pc} M_{yc} \quad (A18)$$

- Nếu không:

$$M_{nc} = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{F_{yt} S_{xc}}{R_{pc} M_{yc}} \right) \left( \frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] R_{pc} M_{yc} \quad (A19)$$

Trong đó:

$$\lambda_f = \text{tỷ số độ mảnh cánh chịu nén} = \frac{b_{fc}}{2t_{fc}} \quad (A20)$$

$$\lambda_{pf} = \text{tỷ số độ mảnh giới hạn cánh đặc chắc} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (A21)$$

$$\lambda_{rf} = \text{tỷ số độ mảnh giới hạn cánh không đặc chắc} = 0,95 \sqrt{\frac{E k_c}{F_{yr}}} \quad (A22)$$

$k_c$  = hệ số oằn cục bộ

- Đối với mặt cắt tổ hợp:

$$= \frac{4}{\sqrt{\frac{D}{t_w}}} \quad (A23)$$

$$0,35 \leq k_c \leq 0,76$$

• Đối với thép hình cán:

$$= 0,76$$

Trong đó:

$F_{yr}$  = ứng suất nén trong bản cánh tại thời điểm trong phạm vi mặt cắt đạt tới giới hạn chảy danh định, kể cả tác dụng của ứng suất dư, nhưng không kể ứng suất uốn ngang trong bản cánh chịu nén, được lấy giá trị nhỏ hơn giữa  $0,7F_{yc}$ ,  $R_h F_{yt} S_{xt} / S_{xc}$  và  $F_{yw}$ , nhưng không nhỏ hơn  $0,5F_{yc}$

$M_{yc}$  = mô men chảy tương quan với cánh chịu nén xác định như qui định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$M_{yt}$  = mô men chảy tương quan với cánh chịu kéo xác định như qui định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$R_h$  = hệ số lai xác định theo qui định trong Điều 10.1.10.1

$R_{pc}$  = hệ số dẻo bản bụng cho cánh chịu nén xác định như qui định trong Điều A2.1 hoặc Điều A2.2, khi thích hợp.

$S_{xc}$  = Mô đun mặt cắt đàn hồi quanh trục chính của mặt cắt đối với cánh chịu nén được lấy bằng  $M_{yc} / F_{yc}$  ( $\text{mm}^3$ )

$S_{xt}$  = Mô đun mặt cắt đàn hồi quanh trục chính của mặt cắt đối với cánh chịu kéo được lấy bằng  $M_{yt} / F_{yt}$  ( $\text{mm}^3$ )

### A3.3 Sức kháng uốn chịu oằn do xoắn ngang

Trên một đoạn không có giằng của cấu kiện hình lăng trụ, sức kháng uốn theo điều kiện oằn xoắn ngang được lấy như sau:

• Nếu  $L_b \leq L_p$ , thì:

$$M_{nc} = R_{pc} M_{yc} \quad (A24)$$

• Nếu  $L_p < L_b < L_r$ , thì:

$$M_{nc} = C_b \left[ 1 - \left( 1 - \frac{F_{yr} S_{xc}}{R_{pc} M_{yc}} \right) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] R_{pc} M_{yc} \leq R_{pc} M_{yc} \quad (A25)$$

• Nếu  $L_b > L_r$ , thì:

$$M_{nc} = F_{cr} S_{xc} \leq R_{pc} M_{yc} \quad (A26)$$

Trong đó:

$L_b$  = Chiều dài không có giằng (mm)

$L_p$  = Chiều dài không có giằng giới hạn để đạt được sức kháng uốn danh định  $R_{pc} M_{yc}$  dưới

tác dụng của mô men uốn dài đều (mm)  $= 1,0 r_t \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}}$  (A27)

$L_r$  = Chiều dài không có giằng giới hạn để đạt giới hạn chảy danh định ở cả hai bản cánh dưới tác dụng của mô men uốn dài đều có xét đến tác dụng ứng suất dư trong bản cánh chịu nén (mm)

$$= 1,95r_t \frac{E}{F_{yr}} \sqrt{\frac{J}{S_{xc}h}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6,76 \left( \frac{F_{yr} S_{xc}h}{E J} \right)^2}} \quad (\text{A28})$$

$C_b$  = hệ số điều chỉnh gradien mô men. Thay cho việc tính toán giải tích chi tiết,  $C_b$  có thể tính như sau:

- Đối với các cấu kiện hằng không giằng và các cấu kiện mà

$$M_{mid}/M_2 > 1 \text{ hoặc } M_2 = 0$$

$$C_b = 0$$

$$(\text{A29})$$

- Đối với tất cả các trường hợp khác,

$$C_b = 1,75 - 1,05 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \left( \frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3 \quad (\text{A30})$$

$F_{\alpha}$  = ứng suất oằn do xoắn ngang đàn hồi (MPa)

$$= \frac{C_b \pi^2 E}{(L_b / r_t)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J}{S_{xc}h} (L_b / r_t)^2} \quad (\text{A31})$$

$J$  = Hằng số xoắn St. Venant (mm<sup>4</sup>)

$$= \frac{D_w^3}{3} + \frac{b_f t_f^3}{3} \left( 1 - 0,63 \frac{t_f}{b_f} \right) + \frac{b_f t_f^3}{3} \left( 1 - 0,63 \frac{t_f}{b_f} \right) \quad (\text{A32})$$

$r_t$  = bán kính quán tính có hiệu khi xét oằn do xoắn ngang (mm)

$$= \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{3} \frac{D_c t_w}{b_{fc} t_{fc}} \right)}} \quad (\text{A33})$$

Ở đây:

$F_{yr}$  = ứng suất nén trong bản cánh tại thời điểm trong phạm vi mặt cắt đạt tới giới hạn chảy danh định, kể cả tác dụng của ứng suất dư, nhưng không kể ứng suất uốn ngang trong bản cánh chịu nén, được lấy giá trị nhỏ hơn giữa  $0,7F_{yc}$ ,  $R_n F_{yt} S_{xt}/S_{xc}$  và  $F_{yw}$ , nhưng không nhỏ hơn  $0,5F_{yc}$

$D_c$  = chiều cao bản bụng chịu nén trong phạm vi đàn hồi (mm). Đối với mặt cắt liên hợp,  $D_c$  được xác định theo quy định trong Điều D3.1 Phụ lục D.

$h$  = chiều cao tính từ tim đến tim của hai bản cánh (mm)

$M_{mid}$  = mô men uốn quanh trục chính tại điểm giữa của đoạn không giằng được lấy từ hình bao mô men giá trị gây ra ứng suất nén lớn nhất tại điểm đang xem xét của bản cánh hoặc ứng suất kéo nhỏ nhất nếu tại điểm này không chịu nén với bất kỳ tải trọng nào (N-mm).  $M_{mid}$  phải do tải trọng tính toán (tải trọng với hệ số) gây ra và lấy giá trị dương khi gây ra nén và dương khi gây ra kéo trong bản cánh xem xét.

$M_0$  = mô men ở điểm giằng đối diện với điểm lấy theo giá trị  $M_2$ , được lấy từ hình bao mô men giá trị gây ra ứng suất nén lớn nhất tại điểm đang xem xét của bản cánh hoặc ứng suất kéo nhỏ nhất nếu tại điểm này không bao giờ chịu nén (N-mm).  $M_0$  phải do tải trọng tính toán (tải trọng với hệ số) gây ra và lấy giá trị dương khi gây ra nén và dương khi gây ra kéo trong bản cánh xem xét.

$M_1$  = mô men ở điểm giằng đối diện với điểm lấy theo giá trị  $M_2$ , được tính như giá trị trung gian của các giá trị lớn nhất biến thiên tuyến tính từ  $M_2$  đến giá trị  $M_{mid}$  hoặc  $M_0$ , giá trị nào tạo ra giá trị  $C_b$  nhỏ hơn (N-mm).  $M_1$  có thể được tính như sau:

- Khi sự biến thiên mô men dọc theo chiều dài giữa các điểm giằng có hình cong lõm:

$$M_1 = M_0 \quad (A34)$$

- Nếu không:  $M_1 = 2M_{mid} - M_2 \geq M_0$  (A35)

$M_2 =$  trừ khi được ghi chú dưới đây, mô men quanh trục chính lớn nhất ở cả hai đầu của đoạn không giằng gây ra nên bản cánh đang xem xét, được lấy từ giá trị hình bao mô men ứng suất lớn nhất (N-mm).  $M_2$  phải do tải trọng tính toán và lấy giá trị dương. Nếu mô men bằng không hoặc gây ra kéo trong bản cánh xem xét ở ở cả hai đầu đoạn không giằng,  $M_2$  phải lấy bằng không.

$M_{yc} =$  Mô men chảy tương quan với cánh chịu nén xác định như qui định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$M_{yt} =$  mô men chảy tương quan với cánh chịu kéo xác định như qui định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$R_h =$  hệ số lai xác định như qui định trong Điều 10.1.10.1

$R_{pc} =$  hệ số dẻo bản bụng cho cánh chịu nén xác định như qui định trong Điều A2.1 hoặc Điều A2.2, khi thích hợp.

$S_{xc} =$  Mô đun mặt cắt đàn hồi quanh trục chính của mặt cắt đối với cánh chịu nén được lấy bằng  $M_{yc}/F_{yc}$  (mm<sup>3</sup>)

$S_{xt} =$  Mô đun mặt cắt đàn hồi quanh trục chính của mặt cắt đối với cánh chịu kéo được lấy bằng  $M_{yt}/F_{yt}$  (mm<sup>3</sup>)

Đối với chiều dài giữa hai điểm giằng mà cấu kiện chỉ có các mặt cắt không liên hợp đối xứng đơn trục chịu mô men uốn trước thì phải kiểm tra sức kháng oằn chịu mô men xoắn ngang cho cả hai bản cánh trừ khi bản cánh trên được coi là giằng liên tục.

Đối với chiều dài giữa hai điểm giằng của cấu kiện không phải lạng trụ, sức kháng uốn chịu oằn do xoắn ngang có thể lấy giá trị sức kháng nhỏ nhất trong phạm vi chiều dài không giằng đang xét xác định từ Phương trình. A24, A25, hoặc A26, với giả thiết chiều dài không giằng là lạng trụ. Sức kháng uốn  $M_{nc}$  tại mỗi mặt cắt trong phạm vi chiều dài không giằng sẽ lấy bằng giá trị này nhân với tỷ số  $S_{xc}$  tại mặt cắt xem xét, nhân với  $S_{xc}$  tại mặt cắt kiểm tra sức kháng oằn do xoắn ngang. Hệ số điều chỉnh gradien mô men,  $C_b$ , lấy bằng 1,0 và không phải điều chỉnh chiều dài,  $L_b$ , bằng hệ số chiều dài có hiệu.

Đối với chiều dài giữa hai điểm giằng có chuyển tiếp về mặt cắt nhỏ hơn tại một điểm cách điểm giằng một đoạn nhỏ hơn hoặc bằng 20% chiều dài đoạn không giằng, có mô men nhỏ hơn, thì sức kháng uốn chịu oằn xoắn ngang có thể được xác định với giả thiết không có sự chuyển tiếp về mặt cắt nhỏ hơn, miễn là mô men quán tính ngang của bản cánh hoặc hai bản cánh của mặt cắt nhỏ hơn bằng hoặc lớn hơn một nửa giá trị tương ứng của mặt cắt lớn hơn.

#### A4 SỨC KHÁNG UỐN THEO CÁNH CHỊU KÉO BỊ CHẢY

Sức kháng uốn danh định theo điều kiện bản cánh chịu kéo bị chảy phải được lấy như sau:

$$M_{nt} = R_{pt}M_{yt} \quad (A36)$$

Ở đây:

$M_{yt} =$  Mô men chảy theo cánh dưới chịu kéo, được xác định theo quy định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$R_{pt} =$  hệ số dẻo bản bụng cho chảy cánh chịu kéo xác định như qui định trong Điều A2.1 hay Điều A2.2, khi thích hợp.

## PHỤ LỤC B

(Quy định)

### PHÂN BỐ LẠI MÔ MEN TỪ CÁC MẶT CẮT CHỮ I TRÊN CÁC TRỤ GIỮA CỦA CÁC CẦU THẲNG LIÊN TỤC

#### B1 TỔNG QUÁT

Điều này phải áp dụng để tính toán sự phân bố lại mô men của cấu kiện dầm mặt cắt chữ I liên tục tại mặt cắt trên các trụ giữa của cầu ở trạng thái giới hạn sử dụng và/hoặc trạng thái giới hạn cường độ. Những qui định này chỉ phải áp dụng cho các cấu kiện mặt cắt chữ I thỏa mãn yêu cầu của Điều B2.

#### B2 ĐIỀU KIỆN ÁP DỤNG

Sự phân bố lại mô men chỉ áp dụng đối với dầm liên tục thẳng mặt cắt chữ I có đường tim trục đặt các gối của nó không chéo quá  $10^\circ$  so với đường vuông góc tim cầu và dọc theo đường tim này không bố trí các khung ngang gián đoạn. Các mặt cắt có thể là liên hợp hoặc không liên hợp trong vùng mô men dương hay vùng mô men âm.

Mặt cắt ngang trong suốt đoạn không giằng ở ngay sát mặt cắt trên trụ giữa mà từ đó mô men được phân bố lại phải có cường độ chảy qui định tối thiểu không vượt quá 485 MPa. Không được bố trí các lỗ trong phạm vi cánh chịu kéo một khoảng cách bằng hai lần chiều dày bản bụng về hai phía tính từ tim mặt cắt trên gối giữa mà từ đó mô men được phân bố lại. Tất cả các mặt cắt khác có lỗ trên cánh chịu kéo phải thỏa mãn qui định của Điều 10.1.8 sau khi mô men được phân bố lại.

Mô men được phân bố lại chỉ ở các mặt cắt trên các trụ giữa của dầm có các mặt cắt trên toàn chiều dài không giằng ngay kề sát mặt cắt đó thỏa mãn các yêu cầu của các Điều B2.1 đến Điều B2.6. Nếu dùng phương pháp chính xác theo Điều B6, để tính phân bố lại mô men thì không yêu cầu các mặt cắt trên gối trụ giữa phải thỏa mãn các yêu cầu này, tuy nhiên mô men không được phân bố lại từ các mặt cắt không thỏa mãn các yêu cầu này. Các mặt cắt như vậy phải thỏa mãn các qui định của các Điều 10.4.2, 10.8.1 hoặc Điều A1, sau khi phân bố lại. Nếu tính phân bố lại mô men các mặt cắt trên gối trụ giữa theo các qui định của Điều B3 hoặc B4 thì chiều dài không giằng liền kề ngay mặt cắt trên gối trụ giữa phải thỏa mãn các qui định của các Điều từ B2.1 đến Điều B2.6.

#### B2.1 Các tỷ lệ kích thước bản bụng

Bản bụng mặt cắt trong phạm vi chiều dài không giằng được xem xét có chiều dày bằng  $t_w$  phải được định kích thước sao cho thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{D}{t_w} \leq 150 \quad (B1)$$

$$\frac{2D_c}{t_w} \leq 6,8 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (B2)$$

Và:

$$D_{cp} \leq 0,75D \quad (B3)$$

Ở đây:

$D_c$  = chiều cao bản bụng chịu nén trong phạm vi đàn hồi (mm). Đối với mặt cắt liên hợp,  $D_c$  được xác định theo quy định trong Điều D3.1 Phụ lục D.

$D_{cp}$  = chiều cao chịu nén của bản bụng khi mô men đạt tới dẻo xác định theo quy định trong Điều D3.2 Phụ lục D (mm)

## B2.2 Các tỷ lệ bản cánh chịu nén

Bản cánh chịu nén mặt cắt trong phạm vi chiều dài không giằng được xem xét phải được định kích thước sao cho thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (B4)$$

Và:

$$b_f \geq \frac{D}{4,25} \quad (B5)$$

## B2.3 Chuyển đổi mặt cắt

Cấu kiện mặt cắt thép hình I phải được coi là lạng trụ trong phạm vi chiều dài không giằng đang xem xét.

## B2.4 Giằng bản cánh chịu nén

Chiều dài không giằng xem xét phải thỏa mãn:

$$L_b \leq \left[ 0,1 - 0,06 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \right] \frac{r_t E}{F_{yc}} \quad (B6)$$

Ở đây:

$L_b$  = chiều dài không giằng (mm)

$M_1$  = mô men uốn quanh trục chính của mặt cắt ngang ở điểm giằng có mô men nhỏ hơn do tải trọng tính toán, lấy theo giá trị mô men lớn nhất hoặc nhỏ nhất của hình bao mô men, tùy theo giá trị cho chiều dài không giằng cho phép nhỏ nhất. (N-mm)

$M_2$  = mô men uốn quanh trục chính của mặt cắt ngang ở điểm giằng có mô men lớn hơn do tải trọng tính toán, được lấy như giá trị hình bao mô men lớn nhất. (N-mm)

$r_t$  = bán kính quán tính có hiệu để xét oằn do xoắn ngang trong phạm vi chiều dài không giằng xem xét được xác định theo Phương trình A33 Phụ lục A (mm)

$(M_1/M_2)$  sẽ lấy dấu âm khi mô men làm cong ngược dầm.

## B2.5 Sức kháng cắt

Các bản bụng không có sườn tăng cứng dọc trong phạm vi chiều dài không giằng xem xét phải thỏa mãn các yêu cầu sau ở trạng thái giới hạn cường độ:

$$V_u \leq \phi_v V_{cr} \quad (B7)$$

Ở đây:

$\phi_v$  = hệ số sức kháng cắt qui định trong Điều 5.4.2

$V_u$  = lực cắt trong bản bụng do tải trọng tính toán (N)

$V_{cr}$  = sức kháng cắt chống oằn xác định theo Phương trình 146 khi bản bụng không có sườn tăng cứng và Phương trình 156 khi bản bụng có sườn tăng cứng (N)

**B2.6 Các sườn tăng cứng tại gối**

Phải bố trí các sườn tăng cứng vị trí gối tại mặt cắt trên các trụ giữa, thiết kế theo các qui định của Điều 10.11.2.

**B3 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN SỬ DỤNG****B3.1 Tổng quát**

Phải áp dụng trạng thái giới hạn sử dụng II theo Bảng 3.Phần 3 bộ tiêu chuẩn này.

**B3.2 Sức kháng uốn****B3.2.1 Các mặt cắt ngay sát trụ giữa**

Ngoại trừ các yêu cầu của Phương trình. 111 phải được thỏa mãn, không cần phải kiểm tra vùng lân cận mặt cắt gối giữa trong phạm vi 2 nhịp liền kề theo các qui định của Điều 10.4.2 mà chúng đã thỏa mãn các yêu cầu của Điều B2 trong phạm vi tới điểm thay đổi bản cánh gần nhất hoặc điểm đổi dấu mô men do tĩnh tải lấy theo điểm gần hơn.

**B3.2.2 – Các mặt cắt ở các vị trí khác**

Các mặt cắt ở tất cả các vị trí khác phải thỏa mãn các qui định của Điều 10.4.2, sau khi phân bố lại mô men. Đối với mặt cắt liên hợp chịu mô men dương, khi tính ứng suất uốn trong mặt cắt thép gây ra do các mô men phân bố lại phải dùng đặc trưng mặt cắt liên hợp theo dài hạn. Để tính ứng suất uốn dọc trong bản bê tông gây ra do các mô men phân bố lại, phải áp dụng các qui định của Điều 10.1.1.1.4.

Phải tính các mô men phân bố lại theo các qui định trong Điều B3.3 và cộng với mô men đàn hồi gây ra do tổ hợp tải trọng sử dụng II.

**B3.3 Các mô men phân bố lại****B3.3.1 Tại các mặt cắt trên gối trụ giữa**

Tại mỗi mặt cắt trên gối trụ giữa, mà các ứng suất uốn không được kiểm tra như cho phép của Điều B3.2.1, mô men phân bố lại do tổ hợp tải trọng sử dụng II phải được xác định như sau:

$$M_{rd} = |M_e| - M_{pe} \quad (B8)$$

Trong đó:

$$0 \leq M_{rd} \leq 0,2|M_e| \quad (B9)$$

Ở đây:

$M_{pe}$  = mô men uốn đàn hồi có hiệu âm ở trạng thái giới hạn sử dụng được xác định như qui định trong Điều B5 (N-mm)

$M_e$  = giá trị hình bao mô men đàn hồi lớn nhất ở mặt cắt trên gối trụ giữa do tổ hợp tải trọng sử dụng II (N-mm)

### B3.3.2 Các mặt cắt ở tất cả các vị trí khác

Biểu đồ giá trị mô men phân bố lại do tổ hợp tải trọng sử dụng II được xây dựng bằng cách nối giá trị mô men phân bố lại từ điểm của các mặt cắt sát gối giữa đến một điểm bất kỳ có giá trị mô men phân bố lại bằng không nằm trên các trụ khác hoặc mô liền kề bằng đường thẳng.

## B4 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN CƯỜNG ĐỘ

### B4.1 Sức kháng uốn

#### B4.1.1 Các mặt cắt gần gối trên trụ giữa

Không phải kiểm tra sức kháng uốn của các mặt cắt trong phạm vi chiều dài không giằng ngay sát mặt cắt trên gối trụ giữa mà nó thỏa mãn yêu cầu của Điều B2.

#### B4.1.2 Các mặt cắt ở tất cả các vị trí khác

Các mặt cắt ở tất cả các vị trí khác phải thỏa mãn các qui định của các Điều 10.7, 10.8.1 hoặc A1, sau khi phân bố lại mô men. Đối với mặt cắt liên hợp chịu mô men dương, khi tính ứng suất uốn trong mặt cắt thép gây ra do các mô men phân bố lại phải dùng đặc trưng mặt cắt liên hợp theo dài hạn. Để tính ứng suất uốn dọc trong bản bê tông gây ra do các mô men phân bố lại, phải áp dụng các qui định của Điều 10.1.1.1.4.

Phải tính các mô men phân bố lại theo các qui định trong Điều B4.2 và cộng với mô men đàn hồi gây ra do tải trọng tính toán của tổ hợp tải trọng trạng thái giới hạn cường độ.

### B4.2 Các mô men phân bố lại

#### B4.2.1 Tại các mặt cắt trên gối trụ giữa

Tại mỗi mặt cắt trên gối trụ giữa, mà các ứng suất uốn không được kiểm tra như cho phép của Điều B4.1.1, mô men phân bố lại do tổ hợp tải trọng cường độ phải được xác định theo giá trị lớn hơn của các giá trị sau:

$$M_{rd} = |M_e| + \frac{1}{3} f_t S_{xc} - \phi_f M_{pe} \quad (B10)$$

Hoặc:

$$M_{rd} = |M_e| + \frac{1}{3} f_t S_{xt} - \phi_f M_{pe} \quad (B11)$$

Trong đó:

$$0 \leq M_{rd} \leq 0,2|M_e| \quad (B12)$$

Ở đây:

$f_t$  = ứng suất uốn trong bản cánh ngang xem xét tại mặt cắt trên gối trụ giữa (MPa). Đối với bản cánh chịu kéo có giằng liên tục hoặc bản cánh chịu nén,  $f_t$  lấy bằng không.



$\phi_f$  = hệ số sức kháng uốn qui định trong Điều 5.4.2

$M_{pe}$  = mô men uốn dẻo có hiệu âm ở trạng thái giới hạn cường độ được xác định theo qui định trong Điều B5 (N-mm)

$M_e$  = giá trị hình bao mô men đàn hồi lớn nhất ở mặt cắt trên gối trụ giữa do tải trọng tính toán (N-mm)

$M_{yc}$  = Mô men chày theo cánh chịu nén, được xác định theo quy định trong Điều D2 Phụ lục D (N-mm)

$M_{yt}$  = Mô men chày theo cánh chịu kéo, được xác định theo quy định trong Điều D.2 Phụ lục D (N-mm)

$S_{xc}$  = Mô đun mặt cắt đàn hồi quanh trục chính của mặt cắt đối với cánh chịu nén được lấy bằng  $M_{yc}/F_{yc}$  (mm<sup>3</sup>)

$S_{xt}$  = Mô đun mặt cắt đàn hồi quanh trục chính của mặt cắt đối với cánh chịu kéo được lấy bằng  $M_{yt}/F_{yt}$  (mm<sup>3</sup>)

#### B4.2.2 Các mặt cắt ở tất cả các vị trí khác

Biểu đồ mô men phân phối lại ở trạng thái giới hạn cường độ được xây dựng bằng phương pháp như qui định cho trạng thái giới hạn sử dụng II qui định ở Điều B3.3.2.

### B5 MÔ MEN DÈO CÓ HIỆU

#### B5.1 Các mặt cắt trên gối trụ giữa với các đặc trưng tiếp nhận mô men xoay

Đối với mặt cắt trên gối trụ giữa thỏa mãn các yêu cầu qui định của Điều B2 và có chứa:

- Các sườn tăng cứng đứng được bố trí cách nhau một khoảng  $D/2$  hoặc nhỏ hơn trên một chiều dài tối thiểu bằng  $D/2$  về mỗi phía của mặt cắt trên gối trụ giữa

Hoặc:

- Các bản bụng siêu đặc chắc, thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{2D_{cp}}{t_w} \leq 2,3 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (B13)$$

ở đây:

$D_{cp}$  = chiều cao chịu nén của bản bụng khi mô men đạt tới dẻo xác định theo quy định trong Điều D3.2 Phụ lục D (mm)

thì mô men dẻo có hiệu được tính như sau:

- Với trạng thái giới hạn sử dụng:

$$M_{pe} = M_n \quad (B14)$$

- Với trạng thái giới hạn cường độ:

$$M_{pe} = \left( 2,78 - 2,3 \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{F_{yc}}{E}} - 0,35 \frac{D}{b_f} + 0,39 \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{F_{yc}}{E}} \frac{D}{b_f} \right) M_n \leq M_n \quad (B15)$$

Ở đây:

$M_n$  = sức kháng mô men uốn danh định của mặt cắt trên gối trụ giữa, lấy theo giá trị nhỏ hơn giữa  $F_{nc}S_{xc}$  và  $F_{nt}S_{xt}$ , với  $F_{nc}$  và  $F_{nt}$  được xác định như qui định trong Điều 10.8. Đối với các mặt cắt có bản bụng đặc chắc hoặc không đặc chắc,  $M_n$  có thể lấy giá trị nhỏ hơn giữa  $M_{nc}$  và  $M_{nt}$  được xác định theo qui định trong Phụ lục A (N-mm).

#### B5.2 Các loại mặt cắt trên gối trụ giữa khác

Với các mặt cắt trên gối trụ giữa thỏa mãn yêu cầu của Điều B2, nhưng không thỏa mãn yêu cầu của Điều B5.1, mô men dẻo có hiệu được xác định như sau:

• Với trạng thái giới hạn sử dụng:

$$M_{pe} = \left( 2,90 - 2,3 \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{F_{yc}}{E}} - 0,35 \frac{D}{b_f} + 0,39 \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{F_{yc}}{E} \frac{D}{b_f}} \right) M_n \leq M_n \quad (B16)$$

• Với trạng thái giới hạn cường độ:

$$M_{pe} = \left( 2,63 - 2,3 \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{F_{yc}}{E}} - 0,35 \frac{D}{b_f} + 0,39 \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{F_{yc}}{E} \frac{D}{b_f}} \right) M_n \leq M_n \quad (B17)$$

## B6 PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH CHI TIẾT

### B6.1 Tổng quát

Các dầm liên tục mặt cắt I thỏa mãn các yêu cầu của Điều B2 cũng có thể được thiết kế dựa trên cơ sở tính giải tích trực tiếp. Với cách tiếp cận này, phải xác định các mô men phân bố lại trên cơ sở thỏa mãn sự liên tục xoay và quan hệ mô men-quay phi tuyến đặc trưng tại các mặt cắt trên gối trụ giữa được lựa chọn. Giải tích trực tiếp có thể dùng ở trạng thái giới hạn sử dụng hay trạng thái giới hạn cường độ. Trong phương pháp giải tích này phải sử dụng biểu đồ bao mô men do tải trọng tính toán.

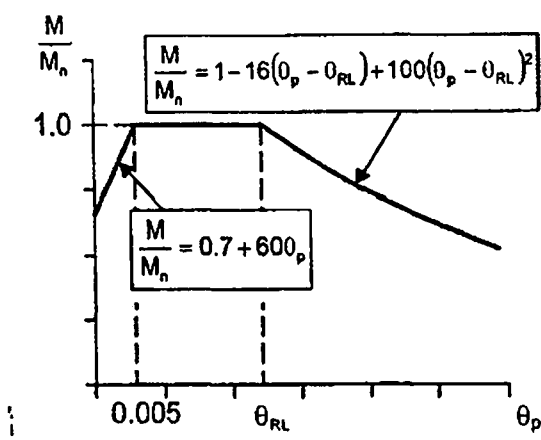
Đối với phương pháp giải tích trực tiếp, khi xác định các mô men phân bố lại phải dùng đặc trưng độ cứng đàn hồi của mặt cắt liên hợp tức thời với giả thiết bản bê tông làm việc có hiệu trên toàn bộ chiều dài nhịp. Đối với mặt cắt liên hợp chịu mô men dương, khi tính ứng suất uốn trong mặt cắt thép gây ra do các mô men phân bố lại phải dùng đặc trưng mặt cắt liên hợp theo đặc trưng dài hạn. Để tính ứng suất uốn dọc trong bản bê tông gây ra do các mô men phân bố lại, phải áp dụng các qui định của Điều 10.1.1.1.4.

Các mặt cắt liên kết với mặt cắt trên gối trụ giữa mà từ đó mô men được phân bố lại phải thỏa mãn yêu cầu của Điều B3.2.1 ở trạng thái giới hạn sử dụng và Điều B4.1.1 ở trạng thái giới hạn cường độ. Tất cả các mặt cắt khác phải thỏa mãn các qui định của các Điều 10.4.2, 10.7, 10.8.1, hoặc A1 sau khi có lời giải.

Khi áp dụng phương pháp giải tích trực tiếp ở trạng thái giới hạn cường độ, phải lấy tung độ của đường cong Mô men-Quay nhân với hệ số sức kháng uốn qui định trong Điều 5.4.2. Khi áp dụng phương pháp giải tích trực tiếp ở trạng thái giới hạn Sử dụng II, phải sử dụng đường cong mô men- góc quay danh định.

### B6.2 Các đường cong quan hệ Mô men – Góc quay danh định

Tại mặt cắt trên gối trụ giữa mà thỏa mãn các yêu cầu của Điều B6.2, có thể sử dụng đường cong quan hệ mô men- góc quay danh định như trên Hình B1.



Hình B1- Đường cong quan hệ Mô men – Quay danh định cho các mặt cắt hình I trên gối trụ giữa thỏa mãn qui định của Điều B2.

Trong đó:

$\theta_{RL}$  = góc quay dẻo mà từ đó mô men trong mặt cắt trên gối trụ giữa thông thường bắt đầu giảm khi tăng  $\theta_p$  (radians)

$$= 0,137 - 0,143 \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{F_{yc}}{E}} - 0,0216 \frac{D}{b_f} + 0,0241 \frac{D}{b_f} \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{F_{yc}}{E}} \quad (B18)$$

cho các mặt cắt thỏa mãn các yêu cầu bổ sung qui định trong Điều B5.1, và:

$$= 0,128 - 0,143 \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{F_{yc}}{E}} - 0,0216 \frac{D}{b_f} + 0,0241 \frac{D}{b_f} \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{F_{yc}}{E}} \quad (B19)$$

cho tất cả các mặt cắt khác.

$\theta_p$  = góc quay dẻo ở mặt cắt trên gối trụ giữa (rad.)

$M$  = mô men uốn quanh trục chính của mặt cắt do tải trọng tính toán (N-mm)

$M_n$  = sức kháng mô men uốn danh định của mặt cắt trên gối trụ giữa, lấy theo giá trị nhỏ hơn giữa  $F_{nc}S_{xc}$  và  $F_{nt}S_{xt}$ , với  $F_{nc}$  và  $F_{nt}$  được xác định như qui định trong Điều 10.8. Đối với các mặt cắt có bản bụng đặc chắc hoặc không đặc chắc,  $M_n$  có thể lấy giá trị nhỏ hơn giữa  $M_{nc}$  và  $M_{nt}$  được xác định như qui định trong Phụ lục A6 (N-mm). Đối với tổ hợp tải trọng gây ra ứng suất uốn ngang bản cánh lớn, thì xét đến ảnh hưởng của uốn ngang bản cánh bằng cách giảm các giá trị trên một theo hệ số lớn hơn giữa các giá trị  $\frac{1}{3}f_1S_{xc}$  hoặc  $\frac{1}{3}f_1S_{xt}$ .

$f_1$  = ứng suất ngang trong bản cánh xem xét tại mặt cắt trên gối trụ giữa (MPa). Với bản cánh chịu kéo có giằng liên tục hoặc bản cánh chịu nén, phải lấy  $f_1$  bằng không.

Có thể sử dụng các quan hệ mô men – góc quay danh định khác cho các mặt cắt trên gối trụ giữa mà nó thỏa mãn các yêu cầu của Điều B2, miễn là khi xây dựng đường cong quan hệ đó có xét đến tất cả các yếu tố có tiềm năng ảnh hưởng tới đặc tính quan hệ mô men – góc quay trong phạm vi giằng buộc của các yêu cầu đó.

Các mặt cắt trên gối trụ giữa không thỏa mãn các yêu cầu của Điều B2 thì khi giải tích phải được coi là còn làm việc đàn hồi và phải thỏa mãn các qui định của các Điều 10.4.2, 10.8.1, hoặc Điều A1, khi có thể sau khi tìm được lời giải.

**PHỤ LỤC C****(Tham khảo)****CÁC BƯỚC CƠ BẢN THIẾT KẾ KẾT CẤU PHẦN TRÊN CẦU THÉP****C1 TỔNG QUÁT**

Phác thảo trình tự thiết kế này chỉ nhằm đưa ra một cái nhìn tổng quát quá trình thiết kế. Xin đừng coi rằng nó hoàn toàn đầy đủ cũng như nó có thể thay thế cho các kiến thức làm việc về các điều khoản của Tiêu chuẩn này.

Trong các chú dẫn về các Điều khoản ở phần trình bày mục C2 và C3 liên quan đến bộ tiêu chuẩn này ghi trong ngoặc đơn, ví dụ : (1.3.1) , sau đây xin được hiểu như sau: số đứng đầu là chỉ số của Phần tiêu chuẩn thuộc bộ tiêu chuẩn này. Ví dụ số 1 trong ngoặc đơn vừa nêu là Tiêu chuẩn TCVN 11823-1: 2017 (Phần 1 của bộ tiêu chuẩn này), số tiếp sau là số Điều khoản của tiêu chuẩn đó.

**C2 CÁC XEM XÉT TỔNG QUAN**

- A. Triết lý thiết kế (1.3.1)
- B. Các trạng thái giới hạn (1.3.2)
- C. Các trung thiết kế và vị trí cầu (2.3) (2.5)

**C3 THIẾT KẾ KẾT CẤU PHẦN TRÊN**

- A. Hoạch định mặt cắt tổng thể cầu
  - 1. Chiều rộng đường (tiêu chuẩn đường)
  - 2. Bố trí nhịp (2.3.2) (2.5.4) (2.5.5) (2.6)
  - 3. Lựa chọn loại cầu —giả thiết dầm mặt cắt I- hoặc dầm hộp
- B. Hoạch định mặt cắt điển hình
  - 1. Dầm – I
    - a. Dầm liên hợp (6.10.1.1) hoặc không liên hợp (6.10.1.2)
    - b. Dầm lai hoặc không lai (6.10.1.3)
    - c. Dầm có chiều cao thay đổi (6.10.1.4)
    - d. Các giới hạn tỷ lệ mặt cắt (6.10.2)
  - 2. Dầm hộp
    - a. Mặt cắt nhiều hộp hay hộp đơn (6.11.1.1) (6.11.2.3)
    - b. Dầm lai hay không lai (6.10.1.3)
    - c. Chiều cao thành hộp thay đổi (6.10.1.4)
    - d. Các giới hạn tỷ lệ mặt cắt ngang (6.11.2)
    - e. Các loại gối (6.11.1.2)
    - f. Bản mặt cầu thép trục hướng (6.14.3)
- C. Thiết kế bản mặt cầu bê tông cốt thép thường
  - 1. Bản mặt cầu (4.6.2.1)
  - 2. Chiều dày tối thiểu (9.7.1.1)

3. Thiết kế theo kinh nghiệm (9.7.2)
4. Thiết kế truyền thống (9.7.3)
5. Phương pháp dải (4.6.2.1) s
6. Đặt hoạt tải (3.6.1.3.3) (4.6.2.1.4) (4.6.2.1.5)
7. Phân bố cốt thép (9.7.3.2)
8. Thiết kế cánh hẫng (13.7.3.5) (3.6.1.3.4)
9. Cốt thép tối thiểu cho bản mặt cầu bê tông chịu mô men uốn âm (6.10.1.7)

#### D. Lựa chọn hệ số sức kháng

1. Trạng thái giới hạn cường độ (6.5.4.2)

#### E. Lựa chọn điều chỉnh tải trọng

1. Độ dẻo (1.3.3)
2. Độ dư (1.3.4)
3. Mức độ quan trọng khi khai thác cầu (1.3.5)

#### F. Lựa chọn tổ hợp tải trọng và các hệ số tải trọng (3.4.1)

1. Trạng thái giới hạn cường độ (6.5.4.1) (6.10.6.1) (6.11.6.1)
2. Trạng thái giới hạn sử dụng (6.10.4.2.1)
3. Trạng thái giới hạn mỏi và dòn (6.5.3)

#### G. Tính nội lực do hoạt tải

1. Lựa chọn các hoạt tải (3.6.1) và số làn xe (3.6.1.1.1)
2. Hệ số làn xe (3.6.1.1.2)
3. Gia tăng hoạt tải do xung kích (3.6.2)
4. Hệ số phân phối cho mô men (4.6.2.2.2)
  - a. Các dầm trong với bản bê tông mặt cầu (4.6.2.2.2b)
  - b. Các dầm ngoài (4.6.2.2.2d)
  - c. Các cầu chéo (4.6.2.2.2e)
5. Các hệ số phân bố cho lực cắt (4.6.2.2.3)
  - a. Các dầm trong (4.6.2.2.3a)
  - b. Các dầm ngoài (4.6.2.2.3b)
  - c. các cầu chéo (4.6.2.2.3c)
6. Sườn tăng cường (6.10.1.5)
7. Các tác động của gió (4.6.2.7)
8. Phản lực truyền xuống kết cấu phần dưới (3.6)

#### H. Tính toán tác động do các tải trọng khác nêu trong bước C6.3.F

#### I. Thiết kế mặt cắt yêu cầu- Minh họa cho thiết kế dầm mặt cắt I

##### 1. Thiết kế chịu uốn

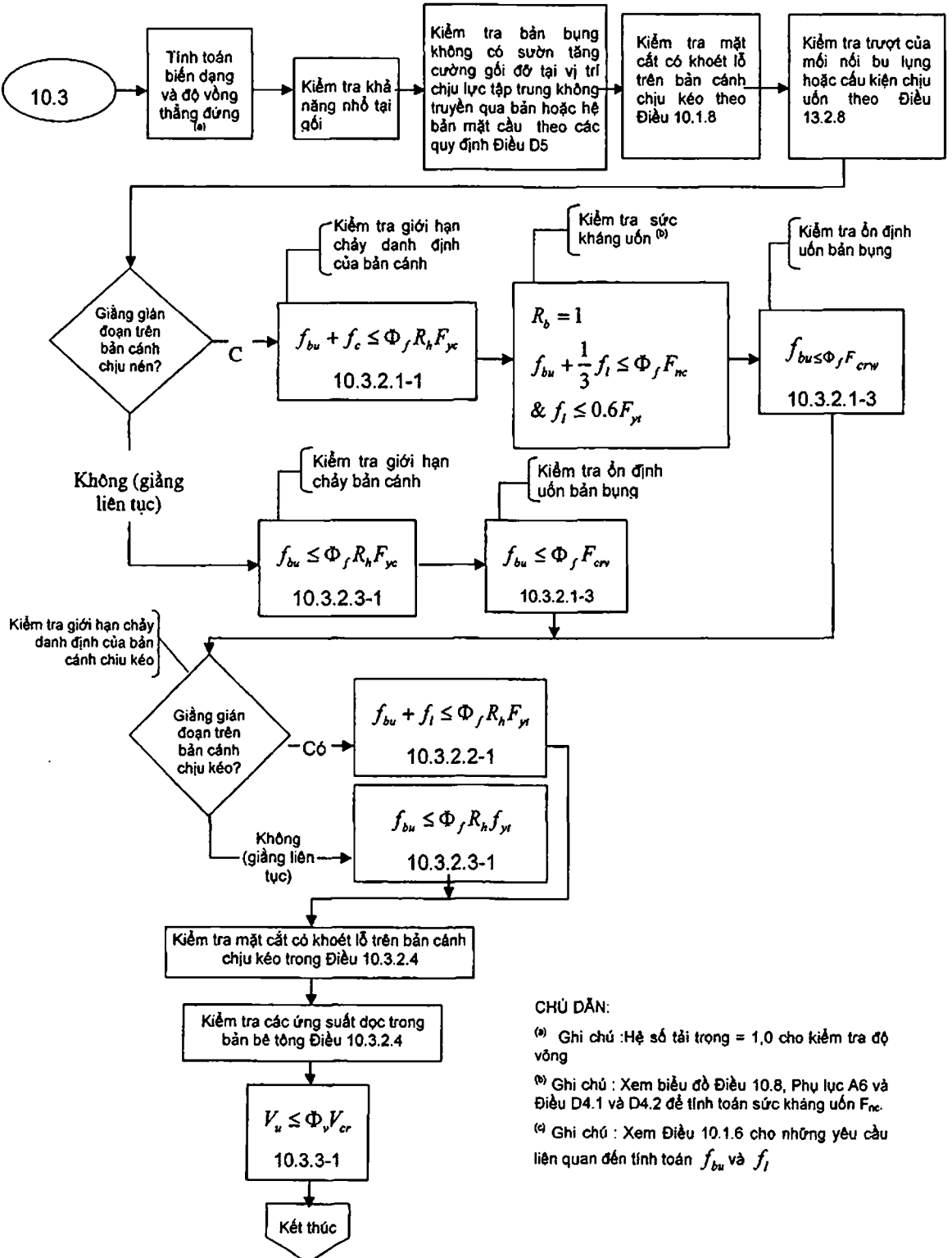
- a. Các ứng suất của mặt cắt liên hợp (6.10.1.1.1)
- b. Các ứng suất bản cánh và mô men uốn của cầu kiện (6.10.1.6)
- c. Các đặc trưng cơ bản của mặt cắt (D1) (D2) (D3)
- d. Tính thích hợp thi công (6.10.3)
  - (1) Tổng quát (2.5.3) (6.10.3.1)
  - (2) Uốn (6.10.3.2) (6.10.1.8)(6.10.1.9) (6.10.1.10.1) (6.10.8.2)
  - (A3.3—tùy chọn)

- (3) Cát (6.10.3.3)
  - (4) Lắp đặt bản mặt cầu (6.10.3.4)
  - (5) Độ võng do tĩnh tải (6.10.3.5)
  - e. Trạng thái giới hạn sử dụng (6.5.2) (6.10.4)
    - (1) Biến dạng đàn hồi (6.10.4.1)
      - (a) Theo tiêu chí kiểm soát độ võng do hoạt tải (2.5.2.6.2)
      - (b) Theo tiêu chí tỷ lệ chiều dài nhịp với chiều cao dầm (2.5.2.6.3)
    - (2) Các biến dạng vĩnh cữu (6.10.4.2)
      - (a) Tổng quát (6.10.4.2.1)
      - (b) Uốn (6.10.4.2.2) (Phụ lục B—tùy chọn) (6.10.1.9) (6.10.1.10.1)
  - f. Các trạng thái giới hạn môi và đứt gãy (6.5.3) (6.10.5)
    - (1) Môi (6.10.5.1) (6.6.1)
    - (2) Đứt gãy (6.10.5.2) (6.6.2)
    - (3) Các yêu cầu đặc biệt về môi đối với bản bụng (6.10.5.3)
  - g. Trạng thái giới hạn cường độ (6.5.4) (6.10.6)
    - (1) Mặt cắt liên hợp trong vùng mô men uốn dương (6.10.6.2.2) (6.10.7)
    - (2) Mặt cắt liên hợp trong vùng mô men uốn âm và các mặt cắt không liên hợp (6.10.6.2.3) (6.10.8) (Phụ lục A - tùy chọn) (Phụ lục B6—tùy chọn) (Phụ lục D.4—tùy chọn)
    - (3) Đứt gãy mặt cắt trụ lõi (6.10.1.8)
    - (4) Các hệ số giảm sức kháng bản cánh (6.10.1.10)
2. Thiết kế chịu cắt
- a. Tổng quát (6.10.9.1)
  - b. Bản bụng không sườn tăng cường (6.10.9.2)
  - c. Bản bụng có sườn tăng cường (6.10.9.3)
    - (1) Tổng quát (6.10.9.3.1)
    - (2) Các khoang phía trong dầm (6.10.9.3.2)
    - (3) Các khoang phía đầu dầm (6.10.9.3.3)
  - d. Thiết kế sườn tăng cường (6.10.11)
    - (1) Sườn tăng cường đứng phía trong (6.10.11.1)
    - (2) Sườn tăng cường trên gối (6.10.11.2) (D6.5)
    - (3) Sườn tăng cường dọc (6.10.11.3)
3. Neo liên hợp (6.10.10)
- a. Tổng quát (6.10.10.1)
  - b. Sức kháng môi (6.10.10.2)
  - c. Các yêu cầu đặc biệt cho điểm nối đầu mô men do tĩnh tải (6.10.10.3)
  - d. Trạng thái giới hạn cường độ (6.10.10.4)
- J. Các yêu cầu kích thước và chi tiết
1. Chiều dày của vật liệu (6.7.3)

2. Các mối nối Bu lông (6.13.2)
  - a. Khả năng thiết kế tối thiểu (6.13.1)
  - b. Các mặt cắt trừ hao (6.8.3)
  - c. Các giới hạn cụ thể Bu lông (6.13.2.6)
  - d. Sức kháng bu lông theo không chế trượt mối nối (6.13.2.2) (6.13.2.8)
  - e. Sức kháng cắt (6.13.2.7)
  - f. Sức kháng ép tựa (6.13.2.9)
  - g. Sức kháng kéo (6.13.2.10)
3. Các mối nối hàn (6.13.3)
4. Sức kháng phá hoại cắt theo khuôn (6.13.4)
5. Các chi tiết nối (6.13.5)
6. Mối nối chồng (6.13.6)
  - a. Mối nối chồng với bu lông (6.13.6.1)
  - b. Mối nối chồng hàn (6.13.6.2)
7. Các bản phủ (6.10.12)
8. Các vách ngăn và khung ngang (6.7.4)
9. Giằng liên kết ngang (6.7.5)

C4 SƠ ĐỒ CÁC BƯỚC THIẾT KẾ MẶT CẮT I CHỊU UỐN

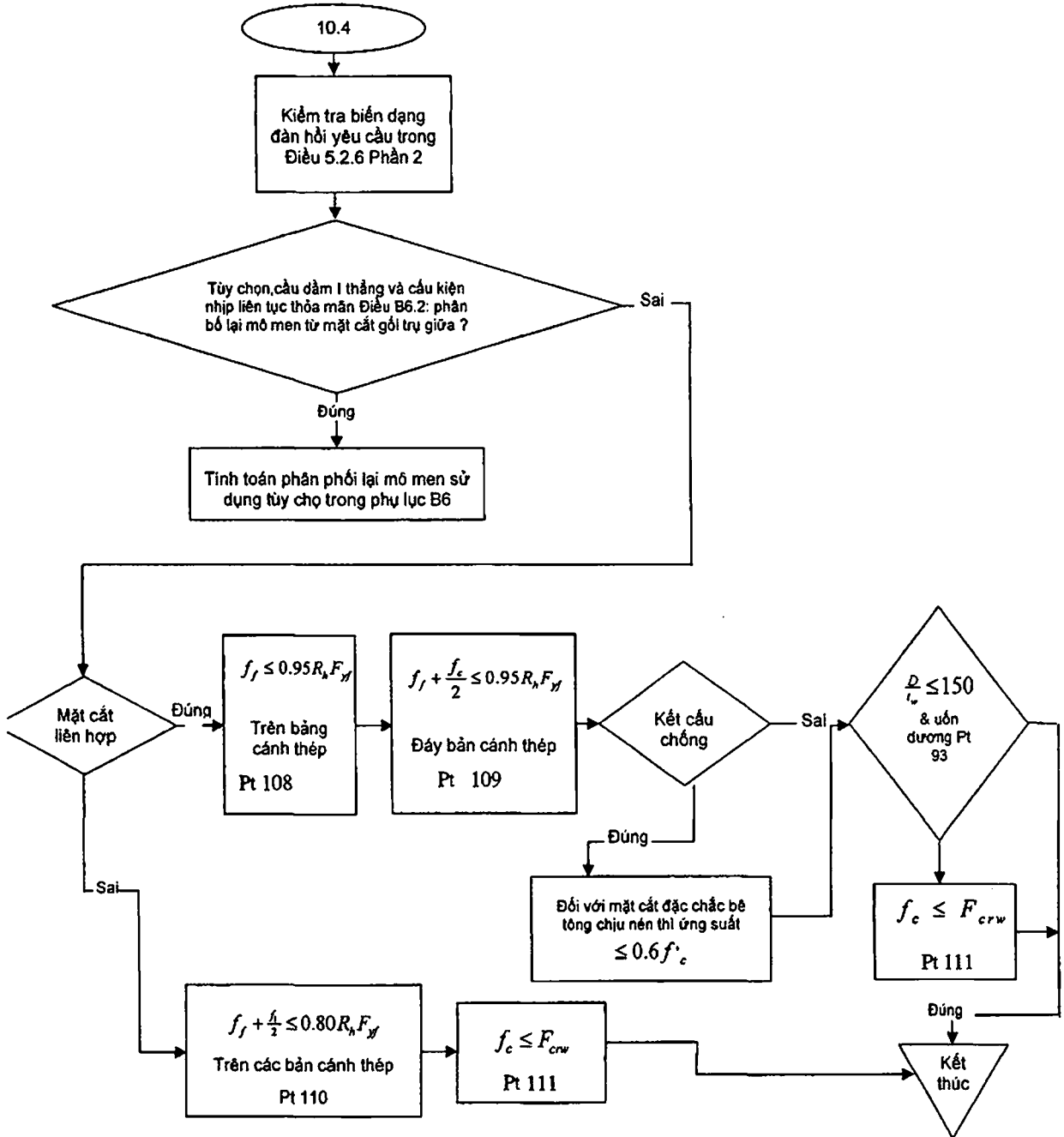
C4.1 Biểu đồ cho Điều 10.3 tiêu chuẩn này



Hình C1 - Biểu đồ cho Điều 10.3 Kiểm tra khả năng thi công

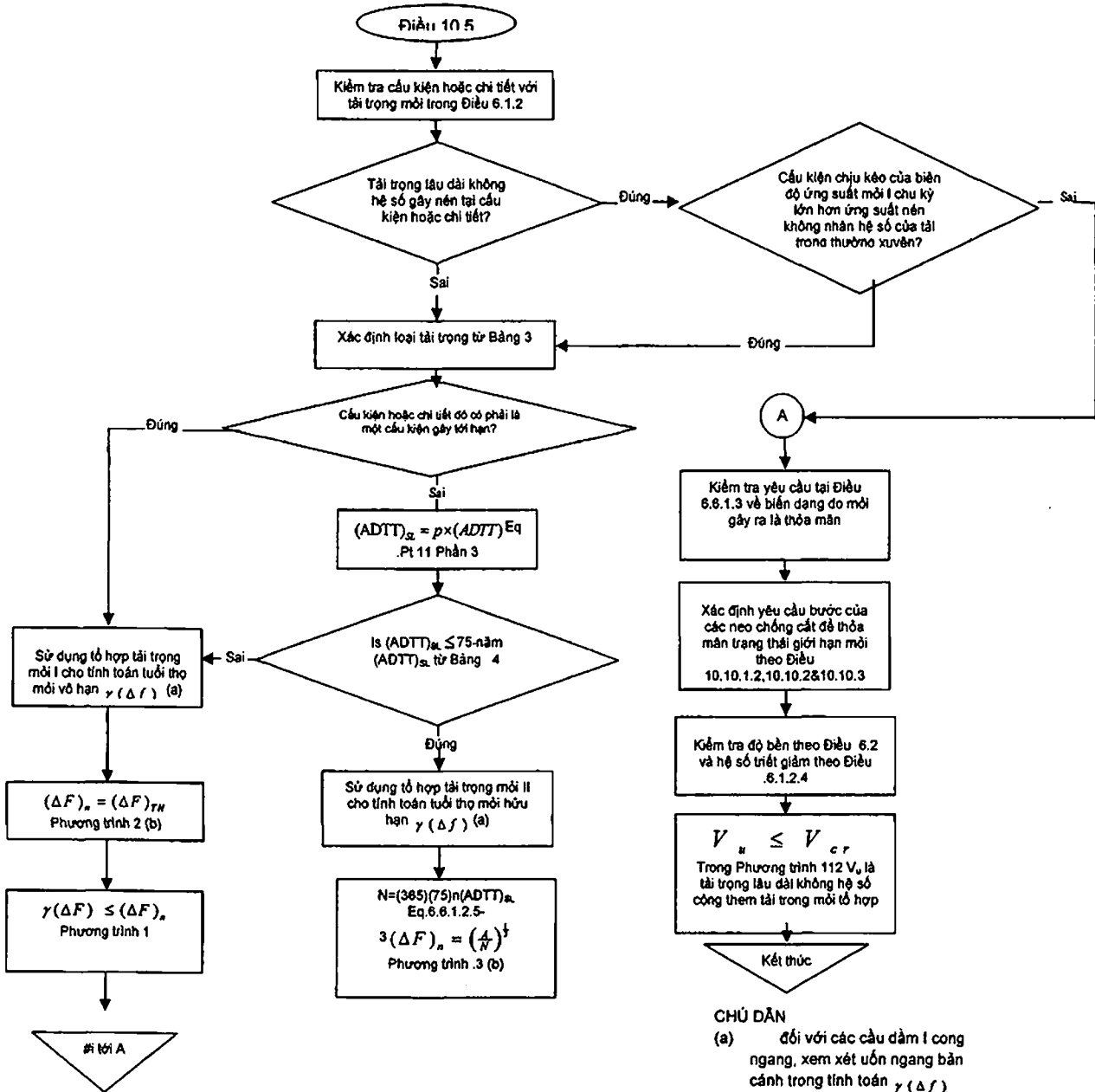


## C4.2 Biểu đồ cho Điều 10.4



Hình C2 - Biểu đồ cho Điều 10.4 Trạng thái giới hạn sử dụng

C4.3 Biểu đồ cho Điều 10.5



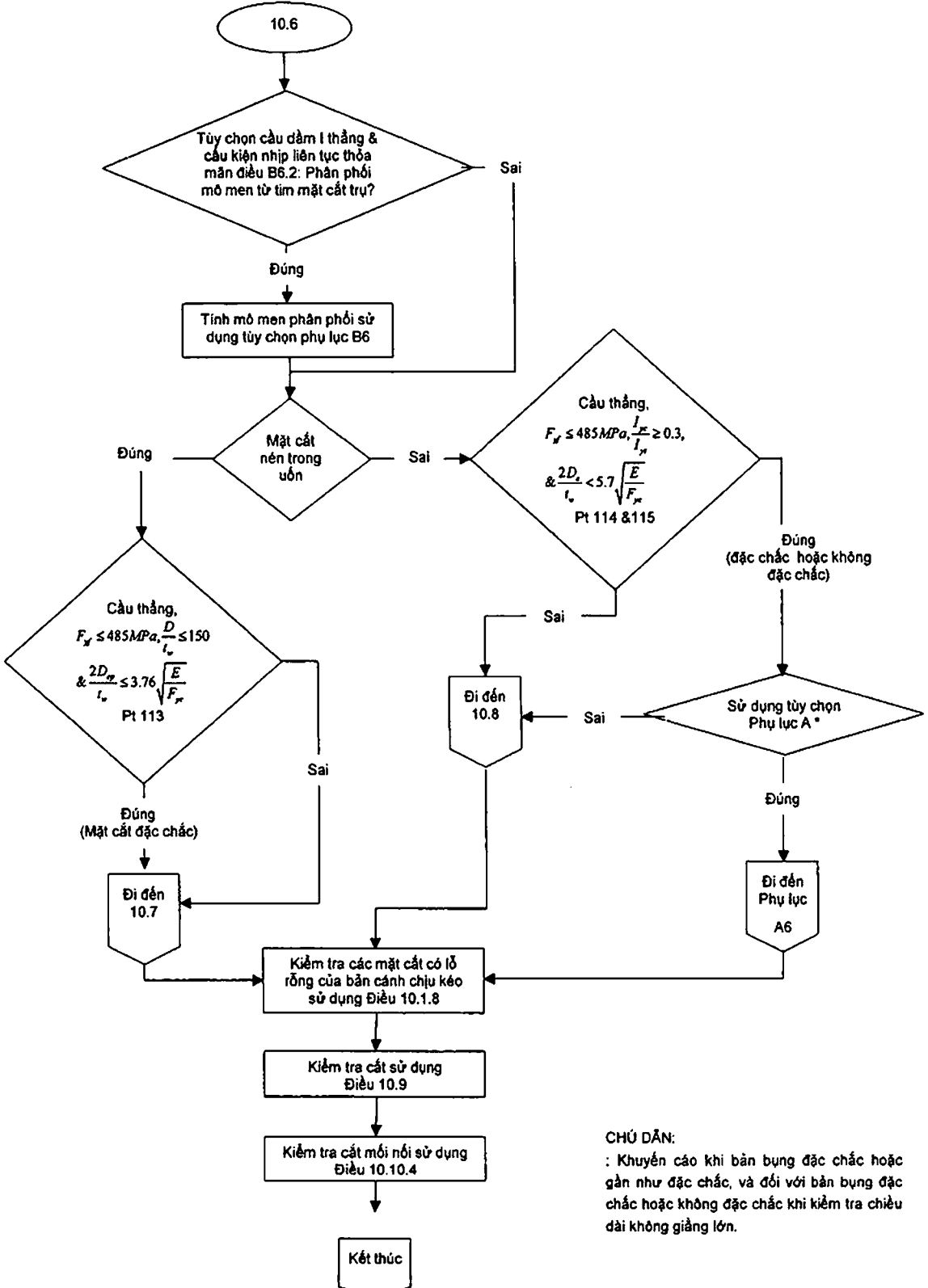
**CHÚ DẪN**

(a) đối với các cầu dầm I cong ngang, xem xét uốn ngang bản cánh trong tính toán  $\gamma(\Delta f)$

(b) tại các chi tiết nối các phần tử tấm không liên tục được liên kết với một cặp mối hàn góc hoặc hàn rãnh ngấn trên mặt đối diện của tấm vuông góc với phương ứng suất chính, xem Phương trình 5

Hình C3 - Biểu đồ cho Điều 10.5 Trạng thái giới hạn mỗi và nứt gãy

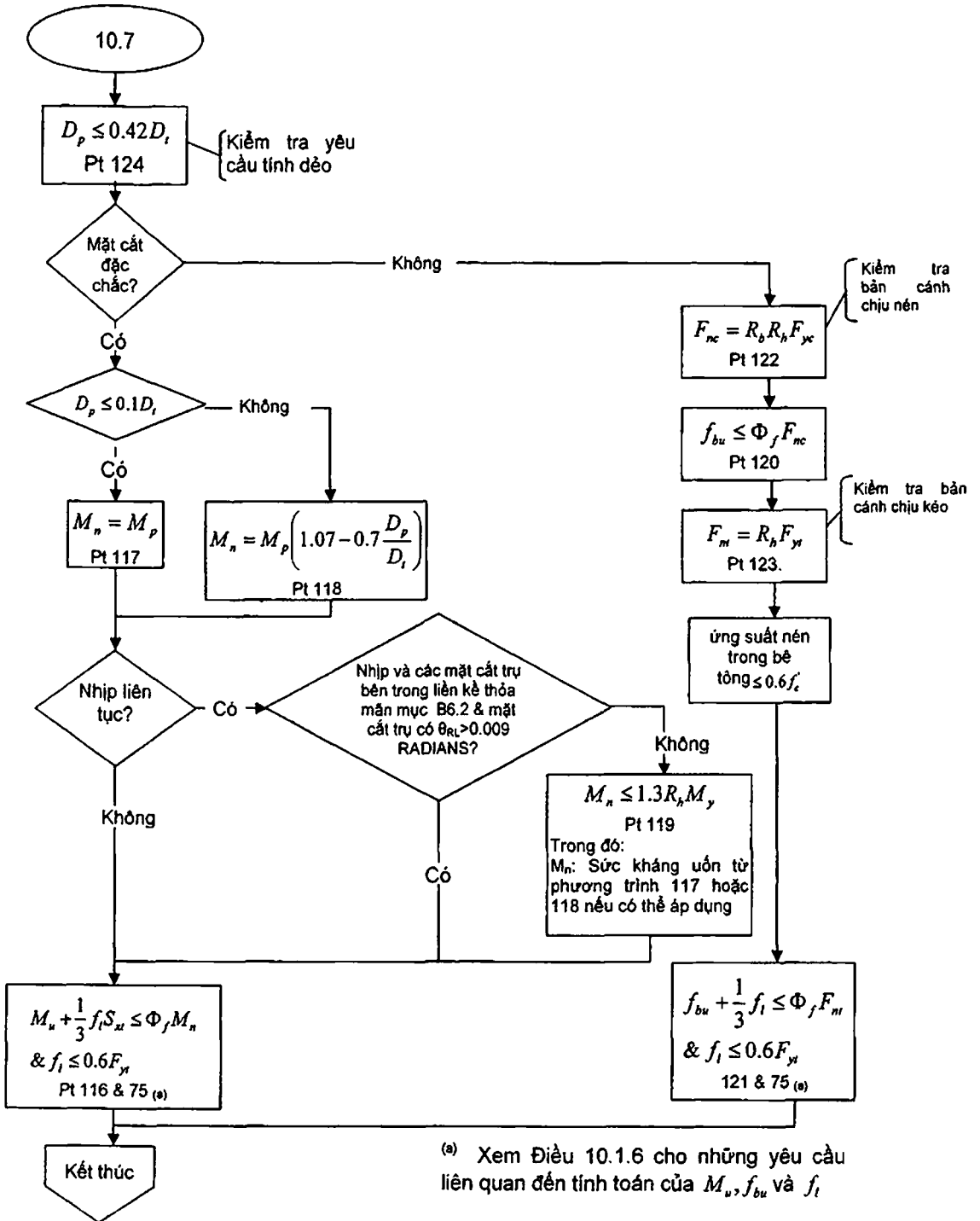
C4.4 Biểu đồ theo Điều 10.6



**CHÚ DẪN:**  
 : Khuyến cáo khi bản bụng đặc chắc hoặc gần như đặc chắc, và đối với bản bụng đặc chắc hoặc không đặc chắc khi kiểm tra chiều dài không giằng lớn.

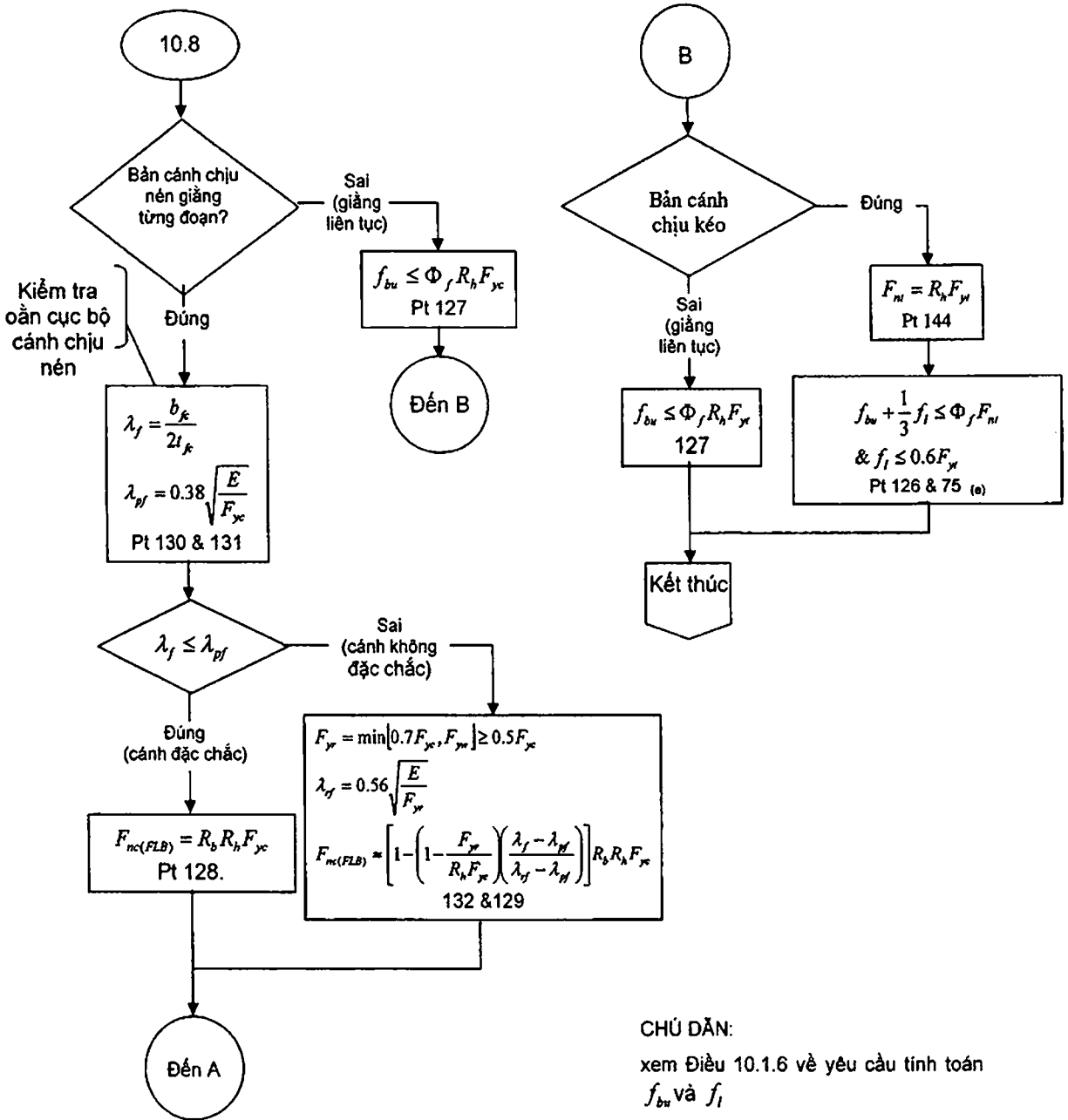
Hình C4 - Sơ đồ cho Điều 10.6 Trạng thái giới hạn cường độ

C4.5 Biểu đồ cho Điều 10.7



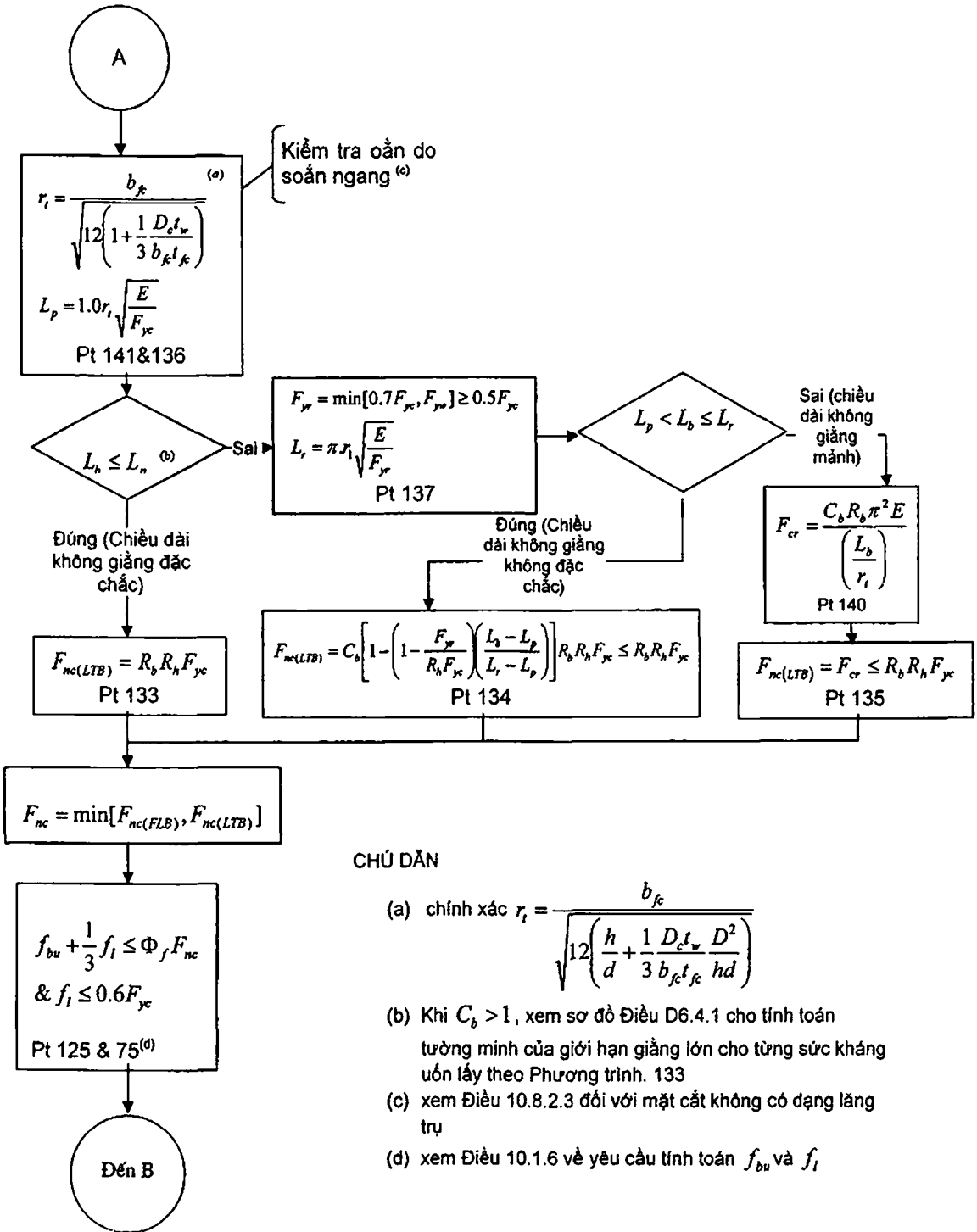
Hình C5 - Biểu đồ cho Điều 10.7 Mặt cắt liên hợp chịu uốn dương

C4.6 Biểu đồ cho Điều 10.8



CHÚ DẪN:  
xem Điều 10.1.6 về yêu cầu tính toán  $f_{bu}$  và  $f_t$

Hình C6 - Biểu đồ cho Điều 10.8 Mặt cắt liên hợp chịu uốn âm và mặt cắt không liên hợp



CHÚ DẪN

(a) chính xác  $r_i = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left( \frac{h}{d} + \frac{1}{3} \frac{D_c t_w}{b_{fc} t_{fc}} \frac{D^2}{hd} \right)}}$

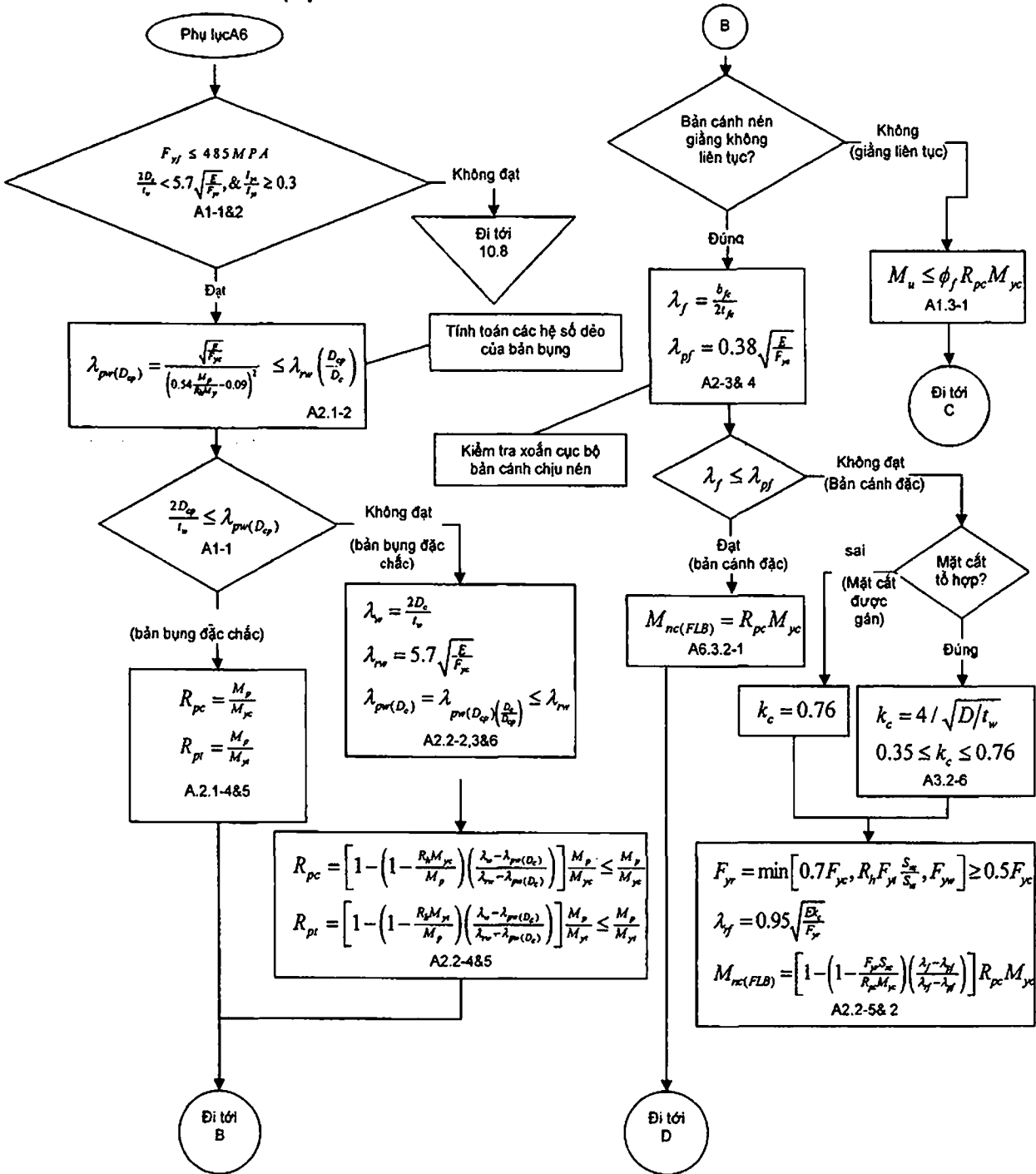
(b) Khi  $C_b > 1$ , xem sơ đồ Điều D6.4.1 cho tính toán tường minh của giới hạn giằng lớn cho từng sức kháng uốn lấy theo Phương trình. 133

(c) xem Điều 10.8.2.3 đối với mặt cắt không có dạng lăng trụ

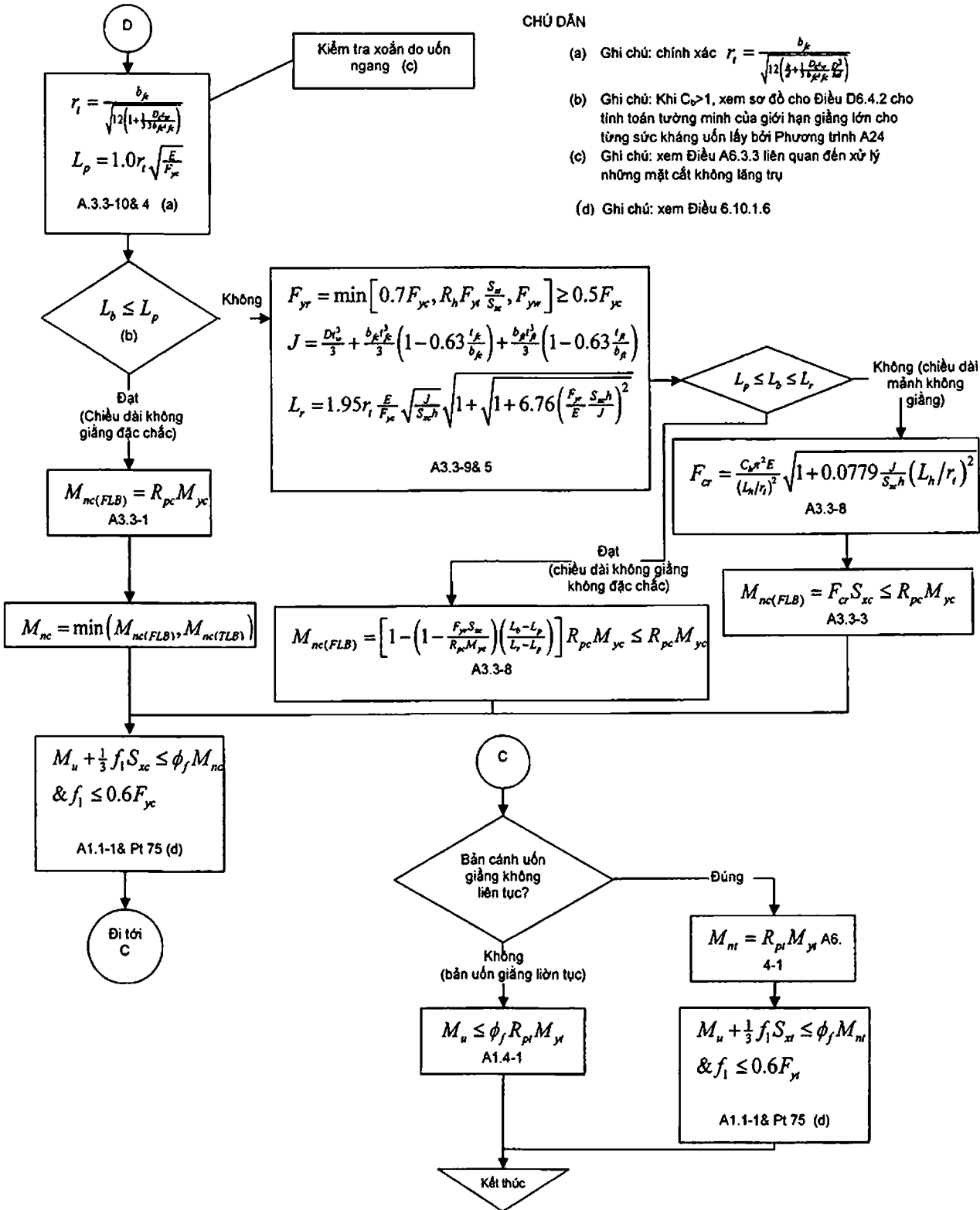
(d) xem Điều 10.1.6 về yêu cầu tính toán  $f_{bu}$  và  $f_l$

Hình C6 (tiếp) - Biểu đồ cho Điều 10.8 Mặt cắt liên hợp chịu uốn âm và mặt cắt không liên hợp

C4.7 Biểu đồ cho Phụ lục A



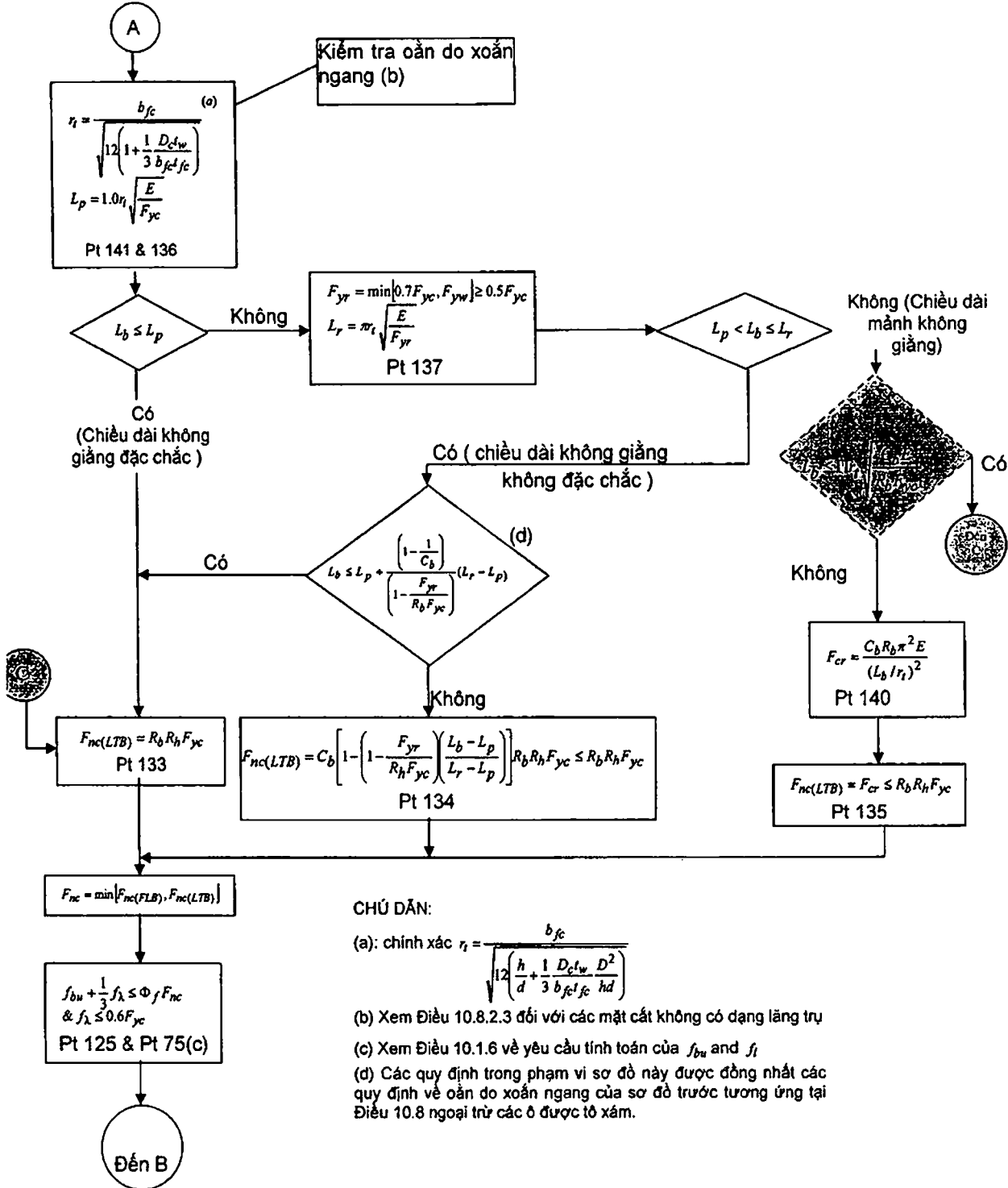
Hình C7 - Biểu đồ cho phụ lục A Sức kháng uốn của mặt cắt I thẳng liên hợp trong uốn âm và mặt cắt I thẳng không liên hợp với bản bụng đặc chắc hoặc không đặc chắc.



Hình C7 (tiếp)—Biểu đồ cho phụ lục A—Sức kháng uốn của mặt cắt I thẳng liền hợp trong uốn âm và mặt cắt I thẳng không liền hợp với bản bụng đặc chắc hoặc không đặc chắc.

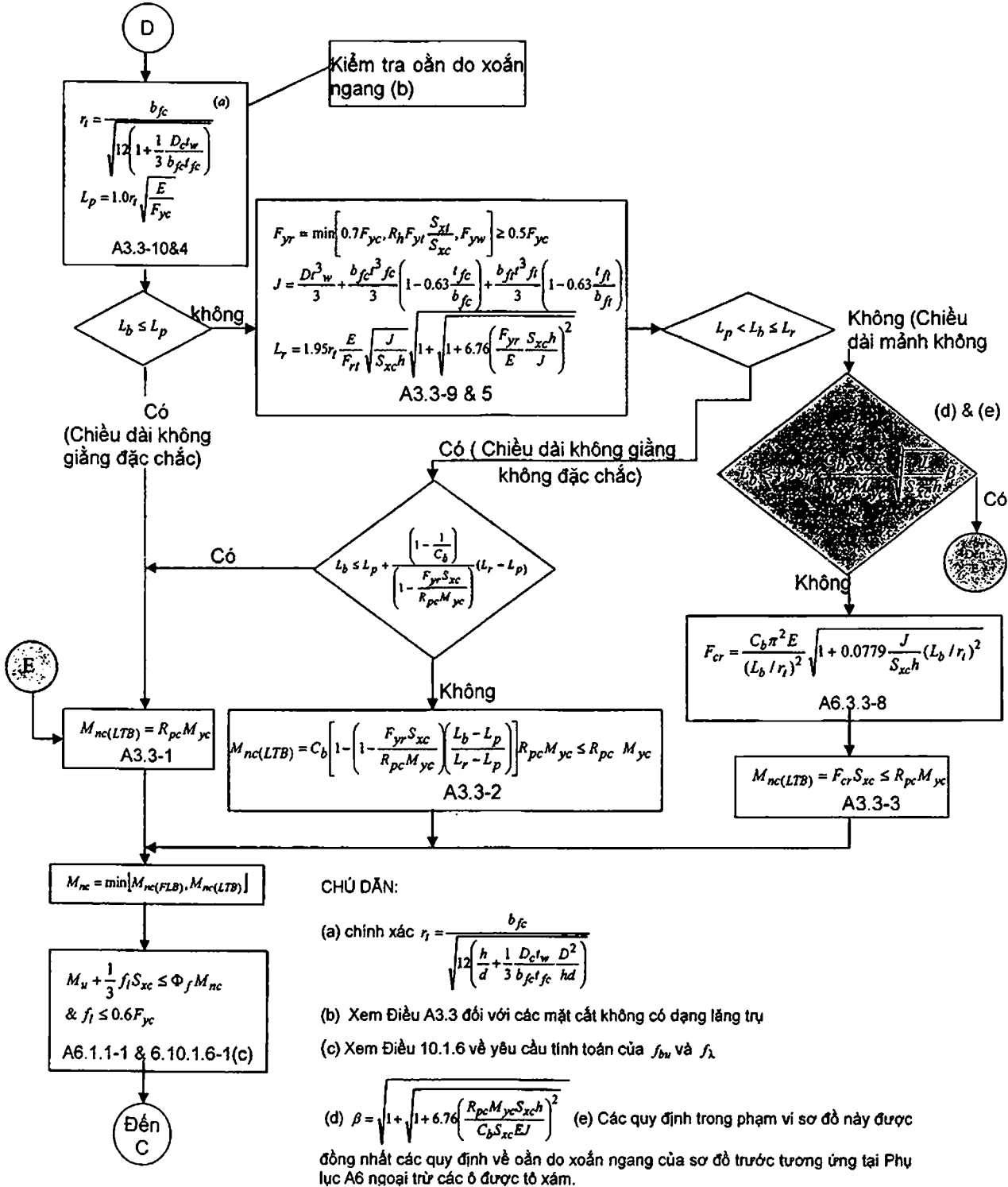


C4.8 Sơ đồ cho Điều D4.1



Hình C8 - Sơ đồ cho Điều D4.1 quy định của Điều 10.8.2.3 yêu cầu về chiều dài không giằng để đạt được sức kháng uốn lớn nhất.

C4.9 Sơ đồ cho Điều D4.2



Hình C9 - Sơ đồ cho Điều D4.2 quy định của Điều A3.3 yêu cầu về chiều dài không giằng cho sự phát triển của sức kháng uốn lớn nhất.

**C4.10 Điều chỉnh gradien mô men,  $C_b$  (các trường hợp mẫu)**

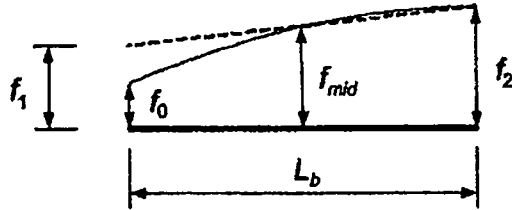
Các cánh hẫng và các cấu kiện không giằng, nếu  $f_{mid}/f_2 > 1$  hoặc  $f_2 = 0$ :  $C_b = 1$

Nếu không:  $C_b = 1.75 - 1.05(f_1/f_2) + 0.3(f_1/f_2)^2 < 2.3$

Nếu sự biến thiên của mô men giữa các điểm giằng theo dạng đường cong:  $f_1 = f_0$

Nếu khác:  $f_1 = 2f_{mid} - f_2 \geq f_0$

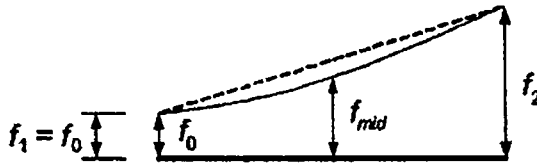
Ví dụ:



$$f_{mid}/f_2 = 0.875$$

$$f_1/f_2 = 0.75$$

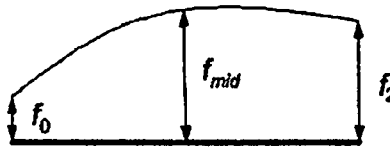
$$C_b = 1.13$$



$$f_1/f_2 = 0.375$$

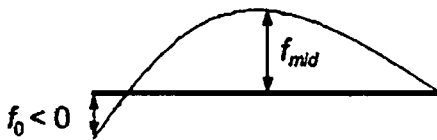
$$C_b = 1.4$$

Biểu đồ mô men hoặc đường bao lồm



$$f_{mid} > f_2$$

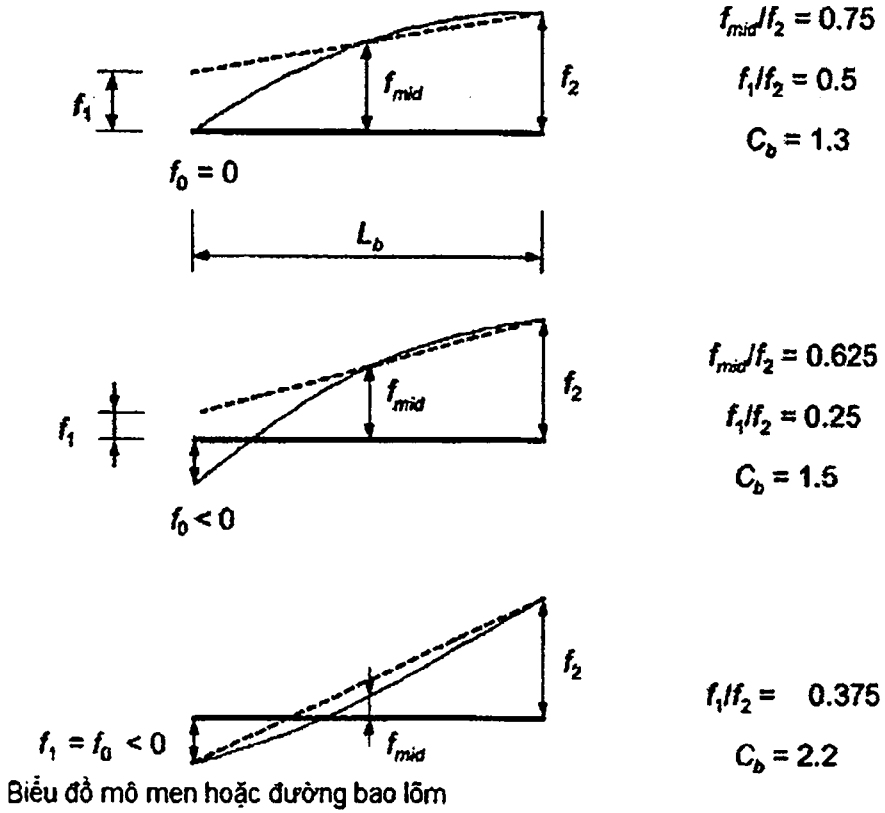
$$C_b = 1$$



$$f_2 = 0$$

$$C_b = 1$$

Hình C10 - Điều chỉnh Gradient Mô men  $C_b$  ( Các trường hợp mẫu)



Hình C10 (tiếp)- Điều chỉnh Gradient Mô men  $C_b$  (Các trường hợp mẫu)

CHÚ THÍCH:

Những ví dụ ở trên giả thiết rằng cấu kiện hình lăng trụ trong phạm vi chiều dài không giằng hoặc chuyển đổi sang một mặt cắt nhỏ hơn  $0,2L_b$  từ điểm giằng với mô men nhỏ hơn. Nếu không,  $C_b = 1$

**PHỤ LỤC D****(Quy định)****CÁC TÍNH TOÁN CƠ BẢN CHO CÁC CẤU KIỆN CHỊU UỐN****D1 MÔ MEN DÈO**

Mô men dẻo,  $M_p$ , phải được tính bằng mô men do lực dẻo quay quanh trục trung hòa dẻo gây ra.. Các lực dẻo trong phần thép của mặt cắt phải được tính với cường độ giới hạn chảy của các bản cánh, bản bụng và cốt thép tương ứng. Các lực dẻo trong phần bê tông chịu nén của mặt cắt được tính theo biểu đồ ứng suất chịu nén hình chữ nhật phần mặt cắt bê tông với ứng suất chịu nén bằng  $0.85f_c$ . Bỏ qua phần bê tông chịu kéo.

Vị trí trục trung hòa dẻo được xác định theo điều kiện cân bằng mà không có lực dọc trục phân bố giữa bản cánh và bản bụng.

Mô men dẻo của mặt cắt liên hợp trong vùng mô men dương có thể xác định bằng cách sau:

- Tính các lực thành phần và dùng chúng để xác định liệu vị trí trục trung hòa dẻo đi qua bản bụng, bản cánh trên hay là bản bê tông;
- Tính vị trí trục trung hòa dẻo trong phạm vi bộ phận đã xác định ở bước thứ nhất; và
- Tính  $M_p$ . Các phương trình cho các vị trí khác nhau của trục trung hòa dẻo có khả năng xuất hiện (PNA) được trình bày trong Bảng D1.

Các lực dọc trong cốt thép dọc có thể bỏ qua, xét thiên về an toàn. Để thực hiện điều đó, đặt  $P_b$  và  $P_t$  bằng 0 trong các phương trình trong Bảng D1.

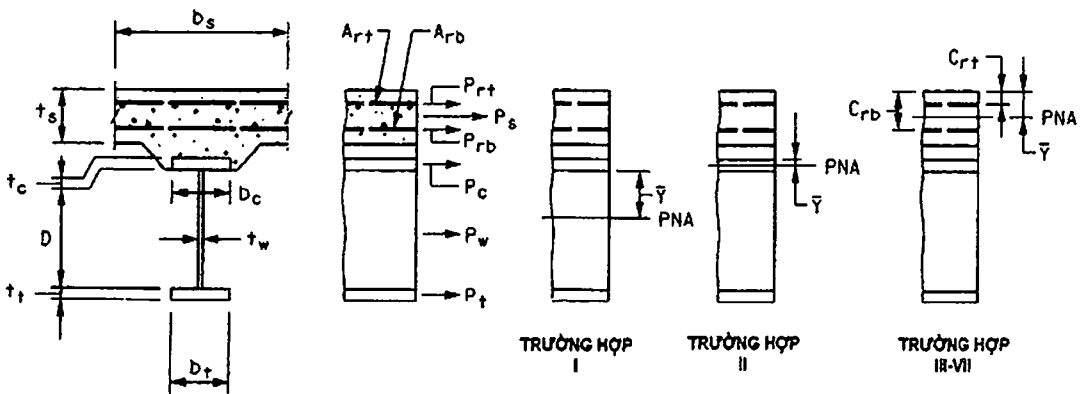
Mô men dẻo của mặt cắt liên hợp trong vùng mô men âm có thể được tính bằng cách tương tự. Các phương trình cho cả hai trường hợp hầu hết giống nhau, cho trong Bảng D2.

Mô men dẻo của mặt cắt không liên hợp có thể được tính bằng cách bỏ các số hạng có liên quan đến bản bê tông và cốt thép dọc trong các Phương trình trong các Bảng D1 và D2 cho các mặt cắt liên hợp.

Trong các phương trình tính  $M_p$  cho trong Bảng D1 và D2,  $d$  là khoảng cách từ một lực thành phần đến trục trung hòa dẻo. Các lực thành phần tác dụng ở các vị trí (a) giữa chiều dày của các bản cánh và bản bê tông, (b) tim giữa chiều cao bản bụng, và (c) tim của cốt thép.. Tất cả các lực thành phần, các kích thước, và các khoảng cách lấy dấu dương. Điều kiện được kiểm toán theo thứ tự liệt kê trong Bảng D1 và D2.

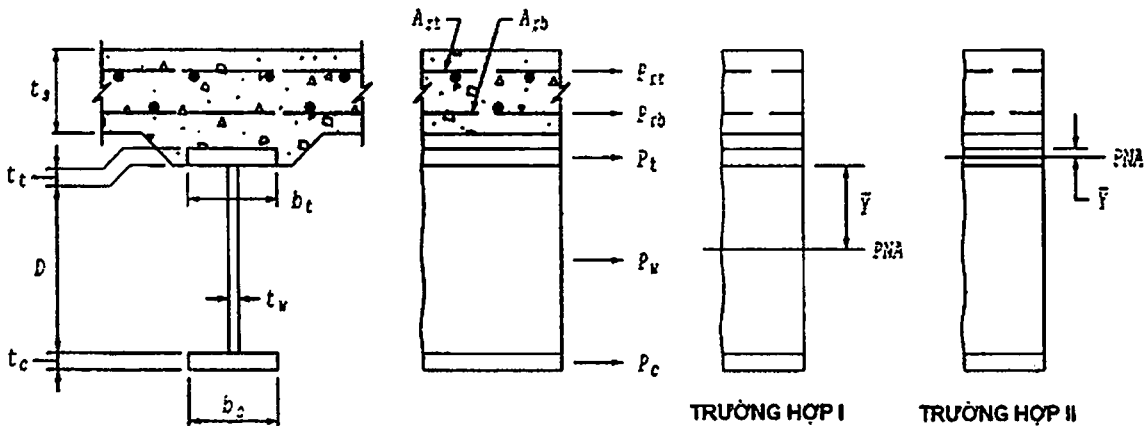
**Bảng D1- Tính toán  $\bar{y}$  và  $M_p$  Cho mặt cắt chịu uốn dương**

Trường hợp	Vị trí trục trung hòa dẹt	Điều kiện	$\bar{y}$ và $M_p$
I	Trên bản bụng	$P_t + P_w \geq P_c + P_{rb} + P_{rt}$	$\bar{y} = \left(\frac{D}{2}\right) \left[ \frac{P_t - P_c - P_s - P_{rt} - P_{rb}}{P_w} + 1 \right]$ $M_p = \frac{P_w}{2D} \left[ \bar{y}^2 + (D - \bar{y})^2 \right] + [P_s d_s + P_{rt} d_{rt} + P_{rb} d_{rb} + P_c d_c + P_t d_t]$
II	ở bản cánh trên	$P_t + P_w + P_c \geq P_s + P_{rb} + P_{rt}$	$\bar{y} = \left(\frac{t_c}{2}\right) \left[ \frac{P_w + P_t - P_s - P_{rt} - P_{rb}}{P_c} + 1 \right]$ $M_p = \frac{P_c}{2t_c} \left[ \bar{y}^2 + (t_c - \bar{y})^2 \right] + [P_s d_s + P_{rt} d_{rt} + P_{rb} d_{rb} + P_w d_w + P_t d_t]$
III	Bản bê tông, dưới $P_{rb}$	$P_t + P_w + P_c \geq \left(\frac{C_{rb}}{t_s}\right) P_s + P_{rb} + P_{rt}$	$\bar{y} = (t_s) \left[ \frac{P_c + P_w + P_t - P_{rt} - P_{rb}}{P_s} \right]$ $M_p = \left(\frac{\bar{y}^2 P_s}{2t_s}\right) + [P_{rt} d_{rt} + P_{rb} d_{rb} + P_c d_c + P_w d_w + P_t d_t]$
IV	Bản bê tông, tại $P_{rb}$	$P_t + P_w + P_c + P_{rb} \geq \left(\frac{C_{rb}}{t_s}\right) P_s + P_{rt}$	$\bar{y} = c_{rb}$ $M_p = \left(\frac{\bar{y}^2 P_s}{2t_s}\right) + [P_{rt} d_{rt} + P_c d_c + P_w d_w + P_t d_t]$
V	Bản bê tông, trên $P_{rb}$ dưới $P_{rt}$	$P_t + P_w + P_c + P_{rb} \geq \left(\frac{C_{rt}}{t_s}\right) P_s + P_{rt}$	$\bar{y} = (t_s) \left[ \frac{P_{rb} + P_c + P_w + P_t - P_{rt}}{P_s} \right]$ $M_p = \left(\frac{\bar{y}^2 P_s}{2t_s}\right) + [P_{rt} d_{rt} + P_{rb} d_{rb} + P_c d_c + P_w d_w + P_t d_t]$
VI	Bản bê tông, tại $P_{rt}$	$P_t + P_w + P_c + P_{rb} + P_{rt} \geq \left(\frac{C_{rt}}{t_s}\right) P_s$	$\bar{y} = C_{rt}$ $M_p = \left(\frac{\bar{y}^2 P_s}{2t_s}\right) + [P_{rb} d_{rb} + P_c d_c + P_w d_w + P_t d_t]$
VII	Bản bê tông, trên $P_{rt}$	$P_t + P_w + P_c + P_{rb} + P_{rt} < \left(\frac{C_{rt}}{t_s}\right) P_s$	$\bar{y} = (t_s) \left[ \frac{P_{rb} + P_c + P_w + P_t + P_{rt}}{P_s} \right]$ $M_p = \left(\frac{\bar{y}^2 P_s}{2t_s}\right) + [P_{rt} d_{rt} + P_{rb} d_{rb} + P_c d_c + P_w d_w + P_t d_t]$



Bảng D2 - Tính toán  $\bar{Y}$  và  $M_p$  cho mặt cắt chịu uốn âm

Trường hợp	Vị trí trục trung hòa dẹt	Điều kiện	$\bar{Y}$ và $M_p$
I	ở bản bụng	$P_t + P_w \geq P_c + P_{rb} + P_n$	$\bar{Y} = \left(\frac{D}{2}\right) \left[ \frac{P_c - P_t - P_n - P_{rb}}{P_w} + 1 \right]$ $M_p = \frac{P_w}{2D} \left[ \bar{Y}^2 + (D - \bar{Y})^2 \right] + [P_n d_n + P_{rb} d_{rb} + P_c d_c + P_t d_t]$
II	ở bản cánh trên	$P_c + P_w + P_t \geq P_{rb} + P_n$	$\bar{Y} = \left(\frac{t_t}{2}\right) \left[ \frac{P_w + P_c - P_n - P_{rb}}{P_t} + 1 \right]$ $M_p = \frac{P_t}{2t_t} \left[ \bar{Y}^2 + (t_t - \bar{Y})^2 \right] + [P_n d_n + P_{rb} d_{rb} + P_w d_w + P_c d_c]$



Trong đó:

$$P_n = F_{yt} A_n$$

$$P_s = 0.85 f_{cs} t_s$$

$$P_{rb} = F_{yrb} A_{rb}$$

$$P_c = F_{yc} b_c t_c$$

$$P_w = F_{yw} D t_w$$

$$P_t = F_{yt} b_t t_t$$

**D2 MÔ MEN DẸO**

**D2.1 Các mặt cắt không liên hợp**

Mô men dẹt,  $M_y$ , của mặt cắt không liên hợp phải được xác định bằng giá trị nhỏ hơn của mô men cần thiết để cánh chịu nén đạt tới giới hạn chảy danh định sơ cấp,  $M_{yc}$ , và mô men cần thiết để cánh chịu kéo đạt tới giới hạn chảy danh định sơ cấp,  $M_{yt}$ , ở trạng thái giới hạn cường độ. Không xét đến uốn ngang bản cánh của tất cả các loại mặt cắt và chảy của bản bụng ở mặt cắt lai trong tính toán này.

**D2.2 Các mặt cắt liên hợp trong vùng mô men dương**

Mô men dẹt của mặt cắt liên hợp trong vùng mô men dương phải được lấy bằng tổng các mô men tác dụng vào mặt cắt ở từng giai đoạn như mặt cắt thép chưa liên

hợp, mặt cắt liên hợp tức thời, mặt cắt liên hợp dài hạn để gây ra ứng suất chảy danh định sơ cấp ở một trong cả hai bản cánh ở trạng thái giới hạn cường độ. Không xét đến uốn ngang bản cánh của tất cả các loại mặt cắt và chảy của bản bụng mặt cắt lai trong tính toán này.

Mô men dẻo của mặt cắt liên hợp trong vùng mô men dương có thể được xác định như sau:

- Tính mô men  $M_{D1}$  gây ra bởi tải thường xuyên tính toán trước khi bản bê tông đông cứng hay trước khi làm việc liên hợp. Mô men này tác dụng vào mặt cắt thép.
- Tính mô men  $M_{D2}$ , gây ra do tải trọng tính toán của phần tĩnh tải còn lại. Mô men này tác dụng vào mặt cắt liên hợp dài hạn.
- Tính mô men tác dụng thêm,  $M_{AD}$  để khi tác dụng vào mặt cắt liên hợp tức thời gây ra ứng suất chảy danh định trong từng bản cánh.
- Mô men chảy là tổng của toàn bộ mô men do tĩnh tải và mô men tác dụng thêm.

Mô tả phương pháp tính bằng biểu thức như sau:

Tìm giá trị  $M_{AD}$  từ phương trình:

$$F_{yt} = \frac{M_{D1}}{S_{NC}} + \frac{M_{D2}}{S_{LT}} + \frac{M_{AD}}{S_{ST}} \quad (D1)$$

Sau đó tính:

$$M_y = M_{D1} + M_{D2} + M_{AD} \quad (D2)$$

Ở đây:

$S_{NC}$  = mô đun mặt cắt không liên hợp ( $\text{mm}^3$ )

$S_{ST}$  = mô đun mặt cắt liên hợp tức thời ( $\text{mm}^3$ )

$S_{LT}$  = mô đun mặt cắt liên hợp dài hạn ( $\text{mm}^3$ )

$M_{D1}$ ,  $M_{D2}$  &  $M_{AD}$  = mô men do tải trọng tính toán tác dụng lên các mặt cắt theo giai đoạn tương ứng (N-mm)

$M_y$  phải được lấy giá trị nhỏ hơn các giá trị tính cho cánh chịu nén,  $M_{yc}$ , hoặc cánh chịu kéo,  $M_{yt}$ .

### D2.3 Các mặt cắt liên hợp trong vùng mô men âm

Đối với các mặt cắt trong vùng mô men âm, phương pháp tính mô men dẻo cũng theo như qui định trong Điều D2.2, chỉ có khác là mặt cắt liên hợp cho giai đoạn tức thời và dài hạn đều chỉ có mặt cắt thép và cốt thép dọc trong phạm vi chiều rộng bản có hiệu. Như vậy,  $S_{ST}$  và  $S_{LT}$  có cùng giá trị.

Ngoài ra,  $M_{yt}$  sẽ được xác định hoặc là với bản cánh chịu kéo hoặc là với cốt thép dọc tùy theo thành phần nào đạt tới giới hạn chảy trước.

### D2.4 Các mặt cắt bản cánh có tấm ốp ngoài

Đối với các mặt cắt mà bản cánh có tấm ốp ngoài,  $M_{yc}$  hoặc  $M_{yt}$  phải được lấy theo giá trị nhỏ nhất của mô men chảy sơ cấp danh định theo ứng suất trong từng bản cánh xem xét hoặc bất kỳ một tấm ốp vào bản cánh nào đạt tới giới hạn chảy trước. Không xét đến uốn ngang bản cánh của tất cả các loại mặt cắt và chảy bản bụng ở mặt cắt lai trong tính toán này.

## D3 CHIỀU CAO BẢN BỤNG TRONG VÙNG CHỊU NÉN

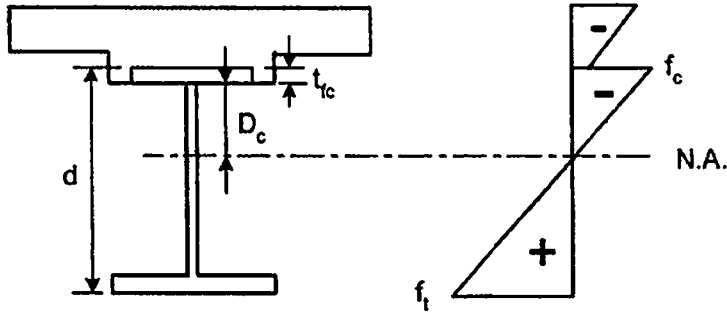
### D3.1 Trong phạm vi đàn hồi ( $D_c$ )



Đối với mặt cắt liên hợp trong vùng mô men dương, chiều cao bản bụng trong vùng chịu nén trong giới hạn đàn hồi,  $D_c$ , là chiều cao mà trên nó tổng đại số của các ứng suất trong thép mặt cắt liên hợp tức thời và mặt cắt liên hợp dài hạn do tính tải và các hoạt tải kể cả xung kích là nén.

Thay cho tính  $D_c$  ở mặt cắt mô men dương, có thể sử dụng phương trình sau từ biểu đồ ứng suất:

$$D_c = \left( \frac{-f_c}{|f_c| + f_t} \right) d - t_{fc} \geq 0 \tag{D3}$$



Hình D3.1-1—Tính  $D_c$  tại các mặt cắt chịu mô men dương

ở đây:

$d$  = chiều cao mặt cắt thép (mm)

$f_c$  = tổng ứng suất bản cánh chịu nén gây ra bởi các loại tải trọng khác nhau, như,  $DC_1$ , tính tải tác dụng trên mặt cắt không liên hợp;  $DC_2$ , tính tải tác dụng trên mặt cắt liên hợp dài hạn;  $DW$ , tính tải lớp phủ mặt cầu; và  $LL+IM$ ; tác dụng trên các mặt cắt tương ứng với chúng (MPa).  $f_c$  phải lấy dấu âm khi ứng suất trong vùng chịu nén. Ứng suất uốn ngang bản cánh không xét trong tính toán này.

$f_t$  = tổng ứng suất trong bản cánh chịu kéo do các tải trọng khác nhau (MPa). Ứng suất uốn ngang bản cánh không xét trong tính toán này.

Đối với mặt cắt liên hợp trong vùng mô men âm,  $D_c$  phải tính với mặt cắt bao gồm phần dầm thép cộng với cốt thép dọc, trừ trường hợp sau đây. Ở trạng thái giới hạn sử dụng, bản bê tông được coi là có hiệu dụng để tính ứng suất chịu uốn của mặt cắt liên hợp gây ra do Tổ hợp tải trọng sử dụng II thì  $D_c$  phải tính theo Phương trình D3

**D3.2 Ở trạng thái mô men dèo ( $D_{cp}$ )**

Đối với mặt cắt liên hợp trong vùng mô men âm, chiều cao bản bụng trong vùng chịu nén khi đạt tới mô men chày,  $D_{cp}$ , phải được tính như sau theo các trường hợp ghi trong Bảng D1, khi trục trung hòa dèo đi qua bản bụng:

$$D_{cp} = \frac{D}{2} \left( \frac{F_{yt}A_t - F_{yc}A_c - 0,85f'_cA_s - F_{yrs}A_{rs}}{F_{yw}A_w} + 1 \right) \tag{D4}$$

Ở đây:

$A_c$  = diện tích cánh chịu nén (mm<sup>2</sup>)

$A_{rs}$  = tổng diện tích cốt thép dọc trong phạm vi chiều rộng có hiệu của bản bê tông mặt cầu (mm<sup>2</sup>)

- $A_s$  = diện tích của bản bê tông ( $\text{mm}^2$ )  
 $A_t$  = diện tích của bản cánh chịu kéo ( $\text{mm}^2$ )  
 $A_w$  = diện tích bản bụng ( $\text{mm}^2$ )  
 $D_{cp}$  = chiều cao bản bụng trong vùng chịu nén khi đạt tới mô men dẻo (mm)  
 $F_{yrs}$  = Cường độ chảy qui định của cốt thép dọc (MPa)

Đối với tất cả các mặt cắt liên hợp khác trong vùng mô men dương,  $D_{cp}$  được lấy bằng không.

Đối với mặt cắt liên hợp trong vùng mô men âm,  $D_{cp}$  phải được tính như sau theo các trường hợp ghi trong Bảng D2, khi trục trung hòa dẻo đi qua bản bụng:

$$D_{cp} = \frac{D}{2A_w F_{yw}} [F_{yt} A_t + F_{yw} A_w + F_{yrs} A_{rs} - F_{yc} A_c] \quad (D5)$$

Với tất cả các mặt cắt liên hợp khác trong vùng mô men âm,  $D_{cp}$  phải lấy bằng D.

Với các mặt cắt không liên hợp, khi có:

$$F_{yw} A_w \geq |F_{yc} A_c - F_{yt} A_t| \quad (D6)$$

$D_{cp}$  phải được tính như sau:

$$D_{cp} = \frac{D}{2A_w F_{yw}} [F_{yt} A_t + F_{yw} A_w + F_{yrs} A_{rs} - F_{yc} A_c] \quad (D7)$$

Đối với tất cả các mặt cắt không liên hợp khác,  $D_{cp}$  phải lấy bằng D.

#### D4 CÁC PHƯƠNG TRÌNH OÀN XOÁN NGANG CHO $C_b > 1,0$ , VỚI CÁC YẾU CẦU CHIỀU DÀI KHÔNG GIẰNG ĐỂ CÓ SỨC KHÁNG UỐN LỚN NHẤT

##### D4.1 Theo các qui định của Điều 10.8.2.3

Với các chiều dài không giằng mà trong khoảng đó cấu kiện có dạng lăng trụ, sức kháng oằn xoắn ngang của cánh chịu nén phải được lấy như sau:

- Nếu  $L_b \leq L_p$ , thì:

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (D8)$$

- Nếu  $L_p < L_b \leq L_r$ , thì:

$$\text{Nếu } L_b \leq L_p + \frac{\left(1 - \frac{1}{C_b}\right)}{\left(1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}}\right)} (L_r - L_p), \text{ thì: } F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (D9)$$

Nếu khác, thì:

$$F_{nc} = C_b \left[ 1 - \left( 1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}} \right) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] R_b R_h F_{yc} \leq R_b R_h F_{yc} \quad (D10)$$

- Nếu  $L_b > L_r$ , thì:

$$\text{Nếu } L_b \leq \pi r_t \sqrt{\frac{C_b E}{R_h F_{yc}}}, \text{ thì:} \quad (D11)$$

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc}$$

$$\text{Nếu khác, thì: } F_{nc} = F_{cr} \leq R_b R_h F_{yc} \quad (D12)$$

Tất cả các ký hiệu trong các phương trình trên lấy theo định nghĩa trong Điều 10.8.2.3.

**D4.2 Theo các qui định của Điều A3.3**

Với các chiều dài không giảm mà trong khoảng đó cấu kiện có dạng lăng trụ, sức kháng oằn xoắn ngang của cánh chịu nén phải được lấy như sau:

- Nếu  $L_b \leq L_r$ , thì:

$$M_{nc} = R_{pc} M_{yc} \quad (D13)$$

- Nếu  $L_b < L_p \leq L_r$ , thì

$$\text{Nếu } L_b \leq L_p + \frac{\left(1 - \frac{1}{C_b}\right)}{\left(1 - \frac{F_{yr} S_{xc}}{R_{pc} F_{yc}}\right)} (L_r - L_p), \text{ thì:}$$

$$M_{nc} = R_{pc} M_{yc} \quad (D14)$$

Nếu khác điều kiện trên:

$$M_{nc} = C_b \left[ 1 - \left( 1 - \frac{F_{yr} S_{xc}}{R_{pc} M_{yc}} \right) \left( \frac{L_b L_p}{L_r L_p} \right) \right] R_{pc} M_{yc} \leq R_{pc} M_{yc} \quad (D15)$$

- Nếu  $L_b > L_r$ , thì:

Nếu:

$$L_b \leq 1.95 r_t \frac{C_b S_{xc} E}{R_{pc} M_{yc}} \sqrt{\frac{J}{S_{xc} h}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left( \frac{R_{pc} M_{yc} S_{xc} h}{C_b S_{xc} E J} \right)^2}} \quad (D16)$$

:  $M_{nc} = R_{pc} M_{yc}$

Nếu khác điều kiện trên:

$$M_{nc} = F_{cr} S_{xc} \leq R_{pc} M_{yc} \quad (D17)$$

Tất cả các ký hiệu trong các phương trình trên lấy theo định nghĩa trong Điều A3.3.

**D5 CÁC LỰC TẬP TRUNG ĐẶT VÀO BẢN BỤNG KHÔNG CÓ SƯỜN TĂNG CỨNG GÓI****D5.1 Tổng quát**

Tại các vị trí góI và các vị trí khác chịu tải trọng tập trung, mà tải trọng không được truyền qua bản mặt cầu hay hệ mặt cầu, các bản bụng không có sườn tăng cứng góI, thì phải kiểm toán các trạng thái giới hạn chảy cục bộ bản bụng và phình bản bụng theo các qui định của Điều D5.2 và D5.3.

**D5.2 Chảy cục bộ bản bụng**

Các bản bụng chịu tác dụng lực tập trung kéo hay nén phải thỏa mãn điều kiện:

$$R_u \leq \phi_b R_n \quad (D18)$$

Trong đó:

$R_n$  = sức kháng danh định chịu tải trọng tập trung (N)

- Đối với phản lực góI trên trụ giữa và các tải trọng tập trung đặt cách đều cấu kiện một khoảng cách lớn hơn d:

$$R_n = (5k + N) F_{yw} t_w \quad (D19)$$

- Nếu khác điều kiện trên:

$$R_n = (2,5k+N)F_{yw}t_w \quad (D20)$$

Ở đây:

- $\phi_b$  = hệ số sức kháng nén qui định tại Điều 5.4.2  
 $d$  = chiều cao mặt cắt thép (mm)  
 $k$  = khoảng cách từ mặt ngoài của bản cánh chịu tải trọng tập trung đến mép bản bụng hoặc mép vuốt góc bản bụng. (mm)  
 $N$  = chiều dài của góí (mm).  $N$  phải lớn hơn hoặc bằng  $k$  tại các vị trí đầu góí  
 $R_u$  = Tải trọng tập trung hoặc phản lực góí tính toán (N)

### D5.3 Biến dạng phình bản bụng

Các bản bụng chịu tác dụng của lực nén tập trung phải thỏa mãn điều kiện:

$$R_u \leq \phi_w R_n \quad (D21)$$

Trong đó:

$R_n$  = sức kháng danh định chịu tải trọng tập trung (N)

- Khi phản lực góí trên trụ giữa và các tải trọng tập trung đặt cách đều cấu kiện một khoảng cách lớn hơn  $d/2$ :

$$R_n = 0,8t_w^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{N}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (D22)$$

- Nếu khác điều kiện trên:

Nếu  $N/d \leq 0,2$ , thì:

$$R_n = 0,4t_w^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{N}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (D23)$$

Nếu  $N/d > 0,2$ , thì:

$$R_n = 0,4t_w^2 \left[ 1 + \left( \frac{4N}{d} - 0,2 \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (D24)$$

Trong đó:

- $\phi_w$  = hệ số sức kháng chống phình bản bụng qui định trong Điều 5.4.2  
 $t_f$  = chiều dày của bản cánh chịu tải trọng tập trung hoặc phản lực góí (mm)