

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 10306:2014**

Xuất bản lần 1

**BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO –  
THIẾT KẾ THÀNH PHẦN MẪU HÌNH TRỤ**

*High strength Concrete – Proportional Design with cylinder sample*

**HÀ NỘI – 2014**

## MỤC LỤC

Lời nói đầu.....	5
1 Phạm vi áp dụng.....	7
2 Tài liệu viện dẫn.....	7
3 Thuật ngữ, định nghĩa và ký hiệu.....	8
4 Quy định chung.....	9
4.1 Cường độ chịu nén đặc trưng.....	9
4.2 Độ lệch chuẩn.....	9
4.3 Hệ số biến động.....	10
4.4 Tuổi thí nghiệm.....	10
4.5 Các yêu cầu khác.....	10
4.6 Tỷ lệ nước trên chất kết dính (N/CKD).....	10
4.7 Tính công tác.....	11
4.8 Thí nghiệm cường độ.....	11
5 Vật liệu chế tạo bê tông cường độ cao.....	11
5.1 Lựa chọn các loại vật liệu thành phần.....	11
5.2 Xi măng.....	11
5.3 Các chất kết dính phụ thêm.....	12
5.4 Các phụ gia hóa học.....	12
5.5 Cốt liệu.....	13
5.5.1 Cốt liệu nhỏ (Cát).....	13
5.5.2 Cốt liệu thô (đá).....	13
5.6 Nước.....	14
6 Thiết kế thành phần bê tông cường độ cao.....	14
6.1 Quy định chung.....	14
6.2 Cường độ chịu nén trung bình yêu cầu.....	14
6.3 Mục đích.....	15
6.4 Trình tự tính toán thành phần bê tông cường độ cao sử dụng tro bay.....	15

**TCVN 10306:2014**

6.4.1	Bước 1- Lựa chọn độ sụt và cường độ chịu nén trung bình yêu cầu .....	16
6.4.2	Bước 2- Lựa chọn cỡ hạt lớn nhất danh định của cốt liệu .....	16
6.4.3	Bước 3 - Lựa chọn tối ưu lượng cốt liệu thô .....	17
6.4.4	Bước 4 - Tính toán lượng nước và không khí.....	17
6.4.5	Bước 5 - Lựa chọn tỉ lệ N/CKD .....	18
6.4.6	Bước 6 - Tính toán hàm lượng vật liệu chất kết dính .....	19
6.4.7	Bước 7 - Lựa chọn thành hợp hỗn hợp cơ sở không dùng vật liệu chất kết dính khác xi măng 20	
6.4.8	Bước 8 - Xác định các hỗn hợp đồng dạng sử dụng tro bay.....	20
6.4.9	Bước 9 - Các mẻ trộn thử.....	21
6.4.10	Bước 10 - Điều chỉnh thành phần các mẻ trộn thử .....	21
6.4.11	Bước 11 – Lựa chọn các tỉ lệ pha trộn tối ưu.....	22
6.5	Trình tự tính toán thành phần bê tông cường độ cao sử dụng muối silic.....	222
6.5.1	Bước 1- Lựa chọn độ sụt và cường độ chịu nén yêu cầu .....	22
6.5.2	Bước 2- Lựa chọn cỡ hạt lớn nhất của cốt liệu.....	22
6.5.3	Bước 3- Lựa chọn tối ưu hàm lượng cốt liệu thô .....	22
6.5.4	Bước 4-Tính toán lượng nước và không khí.....	23
6.5.5	Bước 5 - Lựa chọn tỉ lệ N/CKD .....	23
6.5.6	Bước 6: Tính toán hàm lượng vật liệu chất kết dính .....	23
6.5.7	Bước 7 - Lựa chọn thành hợp hỗn hợp cơ sở không dùng vật liệu chất kết dính khác xi măng .....	23
6.5.8	Bước 8 - Xác định các hỗn hợp đồng dạng sử dụng muối silic.....	23
6.5.9	Bước 9 - Chuẩn bị các mẻ trộn thử phòng thí nghiệm .....	24
6.5.10	Bước 10 - Tiến hành các thí nghiệm trên mẻ trộn hỗn hợp bê tông thực tế .....	24
6.5.11	Bước 11- Điều chỉnh thành phần các mẻ trộn thử .....	25
6.5.12	Bước 12 – Lựa chọn các tỉ lệ pha trộn tối ưu.....	25
6.6.	Các thao tác kiểm tra chất lượng .....	25
6.6.1	Lấy mẫu.....	25
6.6.2	Các tiêu chuẩn.....	25
6.6.3	Phương pháp đánh giá.....	25

**Lời nói đầu**

TCVN 10306:2014 do Tổng cục Đường bộ Việt 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.



## Bê tông cường độ cao – Thiết kế thành phần mẫu hình trụ

*High strength Concrete - Proportional Design with cylinder sample*

### 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này hướng dẫn về việc lựa chọn vật liệu, thiết kế thành phần bê tông và các phương pháp kiểm tra chất lượng bê tông đối với bê tông có cường độ cao có sử dụng phụ gia giảm nước cao, phụ gia khoáng, cốt liệu và xi măng Poóc lăng PC40 trở lên phù hợp các tiêu chuẩn.

Tiêu chuẩn này sử dụng cho bê tông có cường độ chịu nén đo trên mẫu hình trụ  $d=150$  mm và  $h=300$  mm, không áp dụng cho bê tông thử nghiệm cường độ chịu nén mẫu hình lập phương.

### 2 Tài liệu viện dẫn

TCVN 7570:2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*;

TCVN 7572-1+20:2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử*;

TCVN 2682:2009, *Xi măng Poóc lăng - Yêu cầu kỹ thuật*;

TCVN 4506:2012, *Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*;

TCVN 10302-2014, *Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng*;

TCVN 8826:2012, *Phụ gia hóa học cho bê tông*;

TCVN 8827:2012, *Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa - Silica fume và tro trấu nghiền mịn*;

TCVN 3105-1993, *Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử*;

TCVN 3106-1993, *Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt*;

ASTM C29, *Unit weight and Voids in Aggregate (Tiêu chuẩn phương pháp thí nghiệm khối lượng thể tích khô và độ rỗng của cốt liệu)*;

ASTM C39, *Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (Tiêu chuẩn thí nghiệm cường độ nén mẫu bê tông hình trụ)*;

## **TCVN 10306:2014**

ASTM C78, *Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)* (Cường độ kéo uốn của bê tông (Sử dụng dầm uốn 4 điểm));

ASTM C94, *Standard Specification for Ready-Mixed Concrete* (Tiêu chuẩn kỹ thuật cho bê tông trộn sẵn);

ASTM C192, *Making and Curing Concrete Test Specimens in the laboratory* (Tiêu chuẩn chế tạo và dưỡng hộ mẫu thử thí nghiệm trong phòng thí nghiệm);

ASTM C494, *Chemical Admixtures for Concrete* (Tiêu chuẩn về phụ gia hóa học cho bê tông);

ASTM C1240, *Silicafume in Concrete and Mortar* (Muội silic sử dụng trong bê tông và vữa);

ASTM C1611, *Tiêu chuẩn thí nghiệm độ chảy lan (Slump Flow-SF) của bê tông tự đầm*;

ASTM E329, *Standard Specification for Agencies Engaged in Construction Inspection, Testing, or Special Inspection* (Tiêu chuẩn kỹ thuật phục vụ công tác thanh tra, thử nghiệm, thanh tra đặc biệt công trình xây dựng);

ACI 214-02, *Evaluation of Strength Test Results of Concrete* (Chỉ dẫn đánh giá kết quả thí nghiệm cường độ bê tông);

ACI304/ACI304R, *Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete* (Hướng dẫn đo, trộn, vận chuyển, và đổ bê tông);

ACI 318-11, *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary* (Tiêu chuẩn xây dựng cho kết cấu bê tông và giải thích);

ACI 363R-10, *Report on High-Strength Concrete* (Báo cáo về bê tông cường độ cao);

### **3 Thuật ngữ, định nghĩa và ký hiệu**

**3.1** Bê tông cường độ cao: Bê tông cường độ cao là bê tông có cường độ chịu nén đặc trưng 55 MPa hoặc lớn hơn ở tuổi 28 ngày theo tiêu chuẩn ASTM C39 và thí nghiệm mẫu hình trụ có đường kính  $D=150$  mm và chiều cao  $H=300$  mm;

**3.2** Cường độ chịu nén đặc trưng, kí hiệu là  $f_c'$ , đơn vị MPa;

**3.3** Cường độ chịu nén trung bình yêu cầu dùng để lựa chọn thành phần bê tông, kí hiệu là  $f_{cr}'$ , đơn vị MPa;

**3.4** Độ lệch chuẩn, kí hiệu là  $s$ , đơn vị MPa;

**3.5** Hệ số biến động, kí hiệu là  $V$ , đơn vị %;

**3.6** Cường độ chịu nén trung bình của các kết quả thử, kí hiệu là  $\bar{X}$ , đơn vị MPa;

**3.7** Kết quả thí nghiệm (KQTN): là kết quả trung bình của 2 hoặc 3 viên mẫu hình trụ tiêu chuẩn từ một tổ mẫu đồng dạng và được thí nghiệm cùng độ tuổi.

## 4 Quy định chung

### 4.1 Cường độ chịu nén đặc trưng

Cường độ chịu nén đặc trưng của bê tông cường độ cao kí hiệu là  $f_c'$ , đơn vị là MPa. Khi xác định được độ lệch chuẩn của bê tông thì quan hệ giữa cường độ chịu nén trung bình và cường độ chịu nén đặc trưng được tính theo công thức (1):

$$f_c' = \bar{X} - k.s \quad (1)$$

trong đó:

$\bar{X}$ : là giá trị cường độ chịu nén trung bình của các kết quả thí nghiệm;

s: Độ lệch chuẩn, MPa.

k: là hệ số phụ thuộc vào xác suất yêu cầu khi kiểm tra chất lượng bê tông – biểu thị mức độ cho phép tỷ lệ % kết quả thấp hơn cường độ chịu nén đặc trưng  $f_c'$  được chọn theo bảng sau:

**Bảng 1 - Giá trị của hệ số k theo tỷ lệ phần trăm các kết quả thấp hơn  $f_c'$**

Hệ số k	Tỷ lệ % kết quả thí nghiệm thấp hơn $f_c'$
1,28	10
1,64	5
1,96	2,5
2,33	1

Điều kiện đảm bảo về cường độ chịu nén của bê tông theo tiêu chuẩn ACI 318 phải thỏa mãn như sau:

Thứ nhất: trung bình của 3 kết quả thí nghiệm liên tiếp không được thấp hơn  $f_c'$  với xác suất là kết quả thấp hơn  $f_c'$  là 1 % và

Thứ hai: với không có kết quả thí nghiệm đơn lẻ nào thấp hơn  $0,9f_c'$  với xác suất là kết quả thấp hơn  $f_c'$  là 1 %.

Từ hai điều kiện trên thì cường độ chịu nén trung bình yêu cầu tối thiểu được tính theo hai phương trình sau:

$$f_{cr} = f_c' + 1,34s \quad (2)$$

$$f_{cr} = 0,9f_c' + 2,33s \quad (3)$$

### 4.2 Độ lệch chuẩn

Độ lệch chuẩn của bê tông kí hiệu là s, được xác định theo công thức sau:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

trong đó:

$\bar{X}$ : là giá trị trung bình số học của các kết quả thử cường độ nén của bê tông, MPa

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (5)$$

$X_i$ : là giá trị của từng kết quả thí nghiệm, MPa.  $X$ : là kết quả trung bình của một tổ mẫu gồm 2 hoặc 3 mẫu thí nghiệm);

$n$ : là số kết quả thí nghiệm tối thiểu là 30. Nếu số kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén là 15, 20, 25, 30 thì cần điều chỉnh độ lệch chuẩn với hệ số 1,16; 1,08; 1,03; 1,0.

#### 4.3 Hệ số biến động

Hệ số biến động  $v$ , được xác định theo công thức (6)

$$v = \frac{s}{\bar{X}} \times 100 \quad (6)$$

#### 4.4 Tuổi thí nghiệm

Bê tông cường độ cao thí nghiệm ở tuổi 7, 28, 56, 91 ngày hoặc 1 năm. Tùy theo yêu cầu của công trình và vật liệu chế tạo có thể chọn tuổi bê tông cho thiết kế phù hợp và kinh tế. Việc lựa chọn tỉ lệ thành phần hỗn hợp có thể bị ảnh hưởng bởi tuổi thí nghiệm.

#### 4.5 Các yêu cầu khác

Những yêu cầu kỹ thuật khác khi lựa chọn các vật liệu và tỉ lệ thành phần bao gồm: Mô đun đàn hồi; Cường độ chịu kéo uốn; Nhiệt thủy hóa; Co ngót và từ biến; Độ bền; Khả năng chống thấm; Thời gian ninh kết; Phương pháp đổ; Tính công tác.

Tùy theo yêu cầu của dự án, khi thiết kế thành phần bê tông cần chọn một nhóm các yêu cầu cho phù hợp.

#### 4.6 Tỷ lệ nước trên chất kết dính (N/CKD)

Trong bê tông cường độ cao thì tỷ lệ nước trên xi măng (N/X) được thay thế bằng tỉ lệ N/CKD, vì mỗi loại hỗn hợp bê tông bê tông cường độ cao thường bao gồm nhiều chất kết dính khác nhau. Tỷ lệ N/CKD được tính toán theo khối lượng.

Mối quan hệ giữa tỷ lệ N/CKD và cường độ chịu nén được coi là yêu cầu cơ bản của bê tông cường độ cao. Việc sử dụng phụ gia hóa học và các loại chất kết dính khác để đạt được yêu cầu chung là bê tông với tỷ lệ N/CKD thấp. Tỷ lệ N/CKD cho bê tông cường độ cao khoảng từ 0,2 đến 0,4.

#### 4.7 Tính công tác

Tính công tác là đặc tính của hỗn hợp bê tông tươi để đảm bảo tính dễ đổ, làm đặc và hoàn thiện để không bị phân tầng. Tính công tác được đo bằng độ sụt xác định bởi côn tiêu chuẩn Abrams theo TCVN 3106-1993. Đối với bê tông cường độ cao nên dùng thêm việc đo độ chảy lan theo ASTM C1611 của hỗn hợp bê tông. Để đảm bảo tính dễ đổ và bơm của bê tông độ chảy lan nên ở mức không nhỏ hơn 500 mm.

Bê tông cường độ cao nên được đổ với độ sụt từ 5 cm ÷ 10 cm. Quy định này phù hợp cho tính công tác trong mọi điều kiện áp dụng. Tuy nhiên, tùy thuộc vào khoảng cách cốt thép và đặc điểm của kết cấu có thể chọn độ sụt cao hơn.

Hỗn hợp cốt liệu thô, chất kết dính và tỉ lệ N/CKD thấp, hỗn hợp bê tông cường độ cao có thể rất khó đổ. Bê tông cường độ cao có thể thi công ở một độ sụt cao với phụ gia giảm nước cao mà không có vấn đề phân tầng. Bê tông chảy với độ sụt vượt quá 20 cm, có sử dụng phụ gia giảm nước cao, là rất hiệu quả để lấp đầy lỗ rỗng giữa các khoảng trống giữa các cốt thép nhỏ. Trong quá trình vận chuyển sự giảm độ sụt là vấn đề, vì vậy giữ độ sụt thích hợp vận chuyển và phải sử dụng phụ gia giảm nước cao (HRWRA). Phụ gia giảm nước cao cho kết quả tốt trong việc tăng cường độ của bê tông ở tuổi sớm. Hàm lượng và chủng loại phụ gia nên theo hướng dẫn của nhà sản xuất và thực hiện các thí nghiệm kiểm tra để đảm bảo chất lượng của bê tông.

#### 4.8 Thí nghiệm cường độ

Phương pháp thí nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM C39 và ASTM C78 được phép sử dụng. Để đo cường độ bê tông phải có ít nhất hai mẫu thử nghiệm cho mỗi tuổi và các điều kiện thử.

### 5 Vật liệu chế tạo bê tông cường độ cao

#### 5.1 Lựa chọn các loại vật liệu thành phần

Để chế tạo bê tông cường độ cao cần lựa chọn vật liệu phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật. Để đạt được cường độ cao hơn, cần lựa chọn tối ưu các thành phần, xem xét đến các đặc tính của xi măng, muối silic và tro bay, chất lượng cốt liệu, sự tương tác giữa hồ và cốt liệu, loại phụ gia, hàm lượng phụ gia và cách trộn. Đánh giá xi măng, muối silic, tro bay, phụ gia hóa học và cốt liệu từ các nguồn khác nhau, để kết hợp các loại vật liệu một cách tối ưu. Nhà phân phối bê tông cường độ cao phải đảm bảo tính đồng nhất và tuân thủ các phép thử được chấp thuận với tất cả các vật liệu trong sản xuất bê tông cường độ cao.

#### 5.2 Xi măng

Chất lượng của xi măng ảnh hưởng lớn đến các tính chất của bê tông cường độ cao. Thông thường lượng xi măng dùng cho bê tông cường độ cao từ 400 kg/m<sup>3</sup> ÷ 593 kg/m<sup>3</sup>. Sự biến đổi về thành phần khoáng vật và các đặc tính vật lý của xi măng có ảnh hưởng lớn đến cường độ chịu nén của bê tông.

## **TCVN 10306:2014**

Dùng xi măng Poóc lăng từ PC40 trở lên phù hợp với TCVN 2682:2009. Thành phần hoá học và độ mịn của xi măng phải phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 2682:2009. Xi măng pooc lăng PC40 có thể sử dụng cho bê tông có cấp đến 70 MPa. Với các bê tông ở cấp 80 MPa ÷ 100 MPa nên chọn xi măng PC50. Cần xem xét việc sử dụng lượng xi măng không quá cao để hạn chế sự mất độ sụt sớm, co ngót dẻo lớn và nhiệt độ tối đa của hỗn hợp bê tông để không quá mức gây nứt.

Cần yêu cầu nhà máy xi măng cung cấp chứng chỉ kiểm tra xi măng trong xi lô trong vòng 6 ÷ 12 tháng trước khi sử dụng bao gồm chỉ số về các đặc tính cường độ và chỉ số về độ mịn của xi măng. Trước khi sử dụng xi măng cần kiểm tra chất lượng của xi măng theo tiêu chuẩn Việt Nam phù hợp. Việc kiểm tra cần được tiến hành trên các mẻ trộn thử nghiệm.

Cần thử nghiệm cả tính toả nhiệt và có những chỉ dẫn cần thiết về độ toả nhiệt của xi măng. Cần kiểm tra tối ưu hỗn hợp xi măng với các phụ gia khoáng. Cần lựa chọn tương thích phụ gia giảm nước với loại xi măng.

### **5.3 Các chất kết dính phụ thêm**

Các chất kết dính phụ thêm được sử dụng thông dụng trong sản xuất bê tông cường độ cao là tro bay hoặc muội silic. Ngoài ra có thể sử dụng xỉ lò cao nghiền mịn, tro trấu hoặc metakaolan để giảm bớt lượng xi măng sử dụng, kiểm soát sự gia tăng nhiệt độ của bê tông trong giai đoạn đầu và có thể giảm nhu cầu về nước với tính công tác nhất định.

Tro bay dùng cho bê tông có các chỉ tiêu chất lượng của tro bay đạt TCVN 10302:2014

Muội silic là vật liệu pozzulan rất mịn, thành phần chính của muội chủ yếu là  $\text{SiO}_2$  vô định hình có tỷ diện tích bề mặt rất cao (20-23m<sup>2</sup>/g), nên muội có độ hoạt tính cao, đường kính trung bình khoảng 0,1µm nhỏ hơn kích thước của hạt xi măng khoảng 100 lần.

Khối lượng riêng của muội silic khoảng 2,2 g/cm<sup>3</sup>. Chỉ tiêu kỹ thuật của muội silic được quy định theo ASTM C1240.

### **5.4 Các phụ gia hóa học**

Trong sản xuất bê tông khi giảm tỷ lệ N/CKD bằng cách giảm lượng nước yêu cầu sẽ tạo ra cường độ nén cao hơn. Vì vậy cần sử dụng phụ gia hoá học.

Bê tông cường độ cao có thể sử dụng nhiều loại phụ gia: phụ gia giảm nước, phụ gia giảm nước mức cao, phụ gia chậm ninh kết, phụ gia đông cứng nhanh, phụ gia cuốn khí, phụ gia hạn chế ăn mòn cốt thép. Phụ gia hoá học phải phù hợp với quy định của ASTM C494/C494 M. Lượng phụ gia hoá học được tính theo phần trăm của khối lượng chất kết dính, hoặc tính bằng 1% khối lượng xi măng.

Phụ gia kéo dài ninh kết hỗ trợ cho việc kiểm soát qua trình hydrat hoá ban đầu và có thể kiểm soát tốc độ đông rắn xi măng làm cho bê tông có thể thi công dễ dàng hơn.

Liều lượng các phụ gia làm chậm được chọn bằng phương pháp thực nghiệm theo yêu cầu tăng cường độ và yêu cầu về tốc độ đông rắn của bê tông.

Phụ gia giảm nước ở mức cao là một chất làm dẻo mạnh, có tác động nhiều nhất trong các hỗn hợp bê tông nhiều xi măng và các vật liệu kết dính khác. Phụ gia giảm nước cao giúp phân tán các hạt xi măng, giảm lượng nhào trộn đến hơn 30 %, vì vậy làm tăng cường độ nén của bê tông.

Phụ gia giảm nước mức cao sẽ làm cường độ bê tông tăng nhanh hơn đặc biệt ở các giai đoạn đầu (trước 3 ngày). Cần sử dụng loại phụ gia giảm nước cao phù hợp với xi măng cả về chủng loại và liều lượng. Phụ gia giảm nước cao được trộn vào bê tông tại nhà máy ở công trình theo hướng dẫn của người sản xuất và thông qua thí nghiệm để bê tông đạt được yêu cầu kỹ thuật và hiệu quả kinh tế.

## **5.5 Cốt liệu**

Cốt liệu thô và cốt liệu mịn được sử dụng trong bê tông cường độ cao cần đáp ứng những yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 7570:2006. Các yêu cầu về độ bền cốt liệu có thể sử dụng TCVN 7570:2006.

### **5.5.1 Cốt liệu nhỏ (Cát)**

Cấp phối hạt và hình dạng của các hạt cốt liệu nhỏ là yếu tố quan trọng trong quá trình sản xuất của bê tông cường độ cao. Hình dạng hạt và đặc điểm bề mặt ảnh hưởng lớn đến lượng nước yêu cầu nhào trộn và cường độ chịu nén của bê tông như với đối cốt liệu thô. Cốt liệu nhỏ trong cùng một cấp phối cốt liệu khi chênh lệch 1% độ rỗng sẽ làm lượng nước yêu cầu giảm 4,72 lít/m<sup>3</sup>.

Liều lượng hồ được yêu cầu trên một đơn vị thể tích của hỗn hợp bê tông giảm xuống để tương ứng với thể tích của cốt liệu thô chống lại việc tăng thêm cốt liệu nhỏ. Bởi lẽ liều lượng CKD trong bê tông cường độ cao là lớn, thể tích của các hạt nhỏ xu hướng tăng cao. Do đó thể tích của cát có thể giữ ở mức tối thiểu cần thiết để đạt được tính thi công và độ đặc.

Cốt liệu nhỏ với mô đun độ lớn ( $M_k$ ) trong khoảng 2,5÷3,2 là thích hợp cho bê tông cường độ cao. Hỗn hợp bê tông được chế tạo với cốt liệu tốt có mô đun độ lớn nhỏ hơn 2,5 có tính công tác kém, và lượng nước yêu cầu lại nhiều hơn. Cũng có thể trộn cát từ các nguồn khác nhau để tăng thêm cấp phối để chế tạo bê tông cường độ cao hơn. Nếu cát nhân tạo được dùng, nên chú ý xem xét đến việc có thể tăng thêm lượng nước cần thiết cho tính công tác của bê tông. Kích thước hạt và sự tăng diện tích bề mặt tiếp xúc của cát nhân tạo so với cát tự nhiên có thể ảnh hưởng quan trọng đến lượng nước yêu cầu.

Các tính chất của cát phải đạt các yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7572:2006.

### **5.5.2 Cốt liệu thô (đá)**

Trong thành phần của bê tông cường độ cao, các loại cốt liệu thô được yêu cầu phải xem xét một cách đặc biệt vì chúng là thành phần chiếm thể tích lớn nhất trong bê tông, ảnh hưởng lớn đến cường độ và tính chất khác của bê tông. Thông thường, bê tông cường độ cao được chế tạo từ cốt liệu đá có cường độ cao với cường độ nén của đá gốc từ 100 MPa trở lên.

## TCVN 10306:2014

Cốt liệu thô sẽ ảnh hưởng đáng kể đến cường độ và đặc tính cấu trúc của bê tông. Vì thế, cốt liệu thô nên được chọn sao cho đủ cứng, không nứt nẻ hoặc dễ vỡ, sạch và bề mặt không bị phong hoá. Cốt liệu thường dùng là đá vôi, đá granit, đá bazan.

Các đặc tính của cốt liệu thô ảnh hưởng đến đặc tính của dính kết giữa cốt liệu và vữa, lượng nước nhào trộn yêu cầu. Dùng các cỡ hạt cốt liệu nhỏ hơn để đạt cường độ cao hơn.

Mỗi cỡ hạt cốt liệu sẽ cho bê tông đạt một mức cường độ lớn nhất có thể. Loại cỡ hạt lớn nhất  $D_{max}$  19+25mm sẽ cho bê tông sản xuất có cường độ lên đến 62 Mpa và loại từ 9,5+12,5mm cho bê tông đạt lớn hơn 62MPa. Việc sử dụng cốt liệu thô với kích thước lớn nhất cần lưu ý vì ảnh hưởng đến mô đun đàn hồi, từ biến và co ngót khô. Các chỉ tiêu kỹ thuật của cốt liệu lớn được thử nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 7572:2006.

### 5.6 Nước

Nước trộn và bảo dưỡng bê tông phải phù hợp với TCVN 4506:2012.

## 6 Thiết kế thành phần bê tông cường độ cao

### 6.1 Quy định chung

Các tỉ lệ thành phần bê tông cường độ cao phụ thuộc vào nhiều yếu tố như cường độ yêu cầu, tuổi bê tông, các tính chất của vật liệu và yêu cầu ứng dụng. Ngoài ra, tính kinh tế, các yêu cầu về kết cấu thực tế sản xuất, điều kiện môi trường và thời điểm thi công cũng ảnh hưởng đến sự lựa chọn hỗn hợp bê tông.

Phương pháp xác định thành phần bê tông cường độ cao chặt chẽ hơn so với phương pháp xác định các hỗn hợp bê tông thông thường. Đặc biệt chú ý đến việc lựa chọn phụ gia khoáng và phụ gia hoá học, xác định tỉ lệ N/CKD hợp lý. Cần có nhiều mẻ trộn thử để có được những số liệu cần thiết cho phép xác định tỉ lệ pha trộn tối ưu. Phương pháp chung để thiết kế thành phần bê tông cường độ cao là phương pháp lý thuyết kết hợp với thực nghiệm trên cơ sở lý thuyết về thể tích tuyệt đối và cường độ yêu cầu.

### 6.2 Cường độ chịu nén trung bình yêu cầu

Cường độ chịu nén trung bình yêu cầu  $f_{cr}$  thường được dùng để lựa chọn thành phần của bê tông.

ACI 318 cho phép những thành phần hỗn hợp bê tông được chọn trên kinh nghiệm thực tế hoặc các mẻ trộn thử trong phòng thí nghiệm. Để đạt được cường độ chịu nén đặc trưng của dự án, thì bê tông cần phải được tính toán tỉ lệ sao cho cường độ chịu nén trung bình ngoài thực tế lớn hơn cường độ chịu nén đặc trưng  $f_c$  bằng 1 giá trị đủ lớn để xác suất các kết quả không đạt là nhỏ.

Khi lựa chọn thành phần hỗn hợp bê tông cường độ cao dựa vào kinh nghiệm thực tế thì giá trị cường độ chịu nén trung bình yêu cầu  $f_{cr}$  được lấy giá trị lớn hơn trong 2 công thức sau:

$$f_{cr} = f_c + 1.34s \quad (7)$$



$$f'_{cr} = 0.9f'_c + 2.33s \quad (8)$$

trong đó  $s$  là độ lệch tiêu chuẩn, đơn vị MPa

Bê tông cường độ cao sử dụng xác suất là 1 trong 100 các thí nghiệm cường độ nén riêng lẻ sẽ nhỏ hơn 90 % so với cường độ đặc trưng. Người thiết kế có thể lựa chọn độ lệch chuẩn nào đó để đạt được chất lượng bê tông theo yêu cầu dự án. Độ lệch chuẩn có thể chọn trong khoảng 5÷6 MPa.

Khi không xác định được độ lệch chuẩn thì cường độ chịu nén trung bình yêu cầu được tính theo công thức sau:

$$f'_{cr} = 1,1f'_c + 4,8 \text{ MPa} \quad (9)$$

Khi thiết kế thành phần bê tông trong phòng thí nghiệm, cường độ chịu nén trung bình yêu cầu được tính theo công thức sau:

$$f'_{cr} = (1,1f'_c + 4,8)/0,9 \text{ MPa} \quad (10)$$

### 6.3 Mục đích

Trình tự lựa chọn tỉ lệ thành phần của hỗn hợp bê tông cường độ cao của hướng dẫn này là thích hợp cho bê tông khối lượng thông thường, cường độ trung bình yêu cầu từ 62÷83 MPa và lớn hơn. Lựa chọn thành phần hỗn hợp bê tông cường độ cao theo khối lượng để đảm bảo có thể sản xuất hỗn hợp bê tông với độ dẻo yêu cầu (tính công tác; thời gian kết thúc ninh kết) và thỏa mãn các tính năng của bê tông đã đông cứng (cường độ, độ bền) ở mức giá thành thấp nhất.

Tất cả các vật liệu chế tạo phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật của dự án. Những tỉ lệ thành phần hỗn hợp dựa vào tính năng được điều chỉnh trong phòng thí nghiệm phải được thực hiện các mẻ trộn thử trong phòng thí nghiệm và hiện trường. Những điều chỉnh tỉ lệ thành phần hỗn hợp trong sản xuất phải được đặc biệt lưu ý.

Lựa chọn các vật liệu để sản xuất bê tông cường độ cao được lấy theo mục 6 của tiêu chuẩn này.

Khi lựa chọn tỉ lệ thành phần cho hỗn hợp bê tông cường độ cao cần xem xét lại những chỉ dẫn kỹ thuật của dự án. Xác định các yêu cầu về tính năng và thành phần của bê tông như: cường độ nén, tính công tác, các tác động hoá học, khả năng chống mài mòn, khả năng kháng nhiệt, tỷ lệ N/CKD, liều lượng chất kết dính, tỷ lệ thay thế tro bay hoặc muối silic. Cần khảo sát thực tế thi công và khả năng của nhà thầu, các yêu cầu đặc biệt của môi trường, các điều kiện vật liệu địa phương để thiết kế mang tính khả thi.

### 6.4 Trình tự tính toán thành phần bê tông cường độ cao sử dụng tro bay

Bê tông cường độ cao sử dụng tro bay được thiết kế ở tuổi 56 ngày hoặc 90 ngày vì thành phần tro bay làm cho bê tông phát triển cường độ chậm.

Lựa chọn thành phần bê tông cường độ cao được tiến hành theo các bước sau:

## TCVN 10306:2014

### 6.4.1 Bước 1 - Lựa chọn độ sụt và cường độ chịu nén trung bình yêu cầu

Cường độ chịu nén yêu cầu để thiết kế được lấy theo 6.2.

Độ sụt được lựa chọn theo hướng dẫn Bảng 2.

**Bảng 2 - Kiến nghị độ sụt của bê tông sử dụng và không sử dụng phụ gia giảm nước cao**

Bê tông sử dụng phụ gia giảm nước cao	
Độ sụt trước khi cho phụ gia giảm nước cao	2,5 cm ÷ 5 cm
Bê tông không sử dụng phụ gia giảm nước cao	
Độ sụt	5 cm ÷ 10 cm

Độ sụt từ 2,5 cm đến 5 cm được sử dụng để lựa chọn lượng nước ban đầu. Độ sụt thực tế khi thi công có thể lớn hơn tùy theo yêu cầu của kết cấu công trình và đạt được với hàm lượng phụ gia giảm nước cao tối ưu.

Đối với những bê tông cường độ cao không dùng phụ gia giảm nước cao, độ sụt đã kiến nghị sử dụng từ 5 cm đến 10 cm có thể được chọn theo loại kết cấu thích hợp. Các bê tông với độ sụt nhỏ hơn 5 cm là khó khăn để đầm. Do đó bê tông cường độ cao thường sử dụng phụ gia giảm nước cao.

Cường độ trung bình yêu cầu để sử dụng cho mẻ trộn thử nên được xác định theo hướng dẫn tại 6.2.

### 6.4.2 Bước 2 - Lựa chọn cỡ hạt lớn nhất danh định của cốt liệu

Dựa vào các cường độ yêu cầu thực tế, cỡ hạt lớn nhất danh định được kiến nghị sử dụng theo Bảng 3.

**Bảng 3 - Kiến nghị cỡ hạt lớn nhất danh định của cốt liệu**

Cường độ bê tông yêu cầu hiện trường, MPa	Kiến nghị cỡ hạt lớn nhất danh định của cốt liệu, mm
< 62 MPa	19 ÷ 25
≥ 62 MPa	9,5 ÷ 12,5 <sup>(*)</sup>

**CHÚ THÍCH: (\*)** Khi sử dụng phụ gia giảm nước cao và lựa chọn cốt liệu thô, cường độ chịu nén của bê tông trong phạm vi 62÷83 MPa có thể sử dụng lớn hơn cỡ hạt lớn nhất danh định của cốt liệu thô lên đến tới 25 mm.

Theo ACI318 kích thước hạt lớn nhất danh định của cốt liệu không nên vượt quá 1/5 kích thước nhỏ nhất của cấu kiện, 1/3 chiều dày tấm, và không quá 3/4 khoảng trống nhỏ nhất giữa các thanh cốt thép, các bước của các thanh, hoặc cốt thép dự ứng lực, ống cốt thép dự ứng lực.

### 6.4.3 Bước 3 - Lựa chọn tối ưu lượng cốt liệu thô

Lượng cốt liệu thô tối ưu phụ thuộc vào cường độ, đặc tính, kích thước hạt lớn nhất và mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ. Thể tích của cốt liệu thô đã lên chặt được lựa chọn theo Bảng 4.

**Bảng 4 - Kiến nghị thể tích cốt liệu thô trong một đơn vị thể tích bê tông**

Thể tích cốt liệu thô tối ưu ứng với cỡ hạt lớn nhất danh định của cốt liệu được sử dụng cát có mô đun độ lớn từ 2,5÷3,2				
Cỡ hạt lớn nhất danh định, mm	9,5	12,5	19	25
Thể tích cốt liệu thô ở trạng thái lên chặt (VCA), m <sup>3</sup>	0,63 ÷ 0,65	0,65 ÷ 0,68	0,69 ÷ 0,72	0,73 ÷ 0,75

Thể tích lên chặt của cốt liệu ở trạng thái bão hòa bề mặt khô ứng với khối lượng thể tích đã lên chặt được thí nghiệm theo ASTM C29.

Khối lượng của cốt liệu thô ở trạng thái khô tính cho 1m<sup>3</sup> hỗn hợp bê tông được tính theo công thức (11):

$$D = \rho_{dlc} \times VCA \quad (11)$$

Trong đó

$\rho_{dlc}$  là khối lượng đơn vị lên chặt của đá được xác định theo tiêu chuẩn ASTM C29 khoảng (1,6÷1,65 g/cm<sup>3</sup>).

### 6.4.4 Bước 4 - Tính toán lượng nước và không khí

Lượng nước của một đơn vị thể tích bê tông được yêu cầu để tạo ra độ sụt đã cho phụ thuộc vào cỡ hạt lớn nhất, hình dạng hạt và cấp phối hạt, lượng xi măng và loại phụ gia giảm nước siêu dẻo đã sử dụng. Nếu sử dụng HRWRA, lượng nước trong phụ gia này được tính toán là một phần trong tỷ lệ N/CKD.

**Bảng 5 - Lượng nước yêu cầu ban đầu và hàm lượng khí của bê tông tươi với cát có độ rỗng 35 %**

Độ sụt, cm	Lượng nước trộn, (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>(a)</sup>			
	Cỡ hạt lớn nhất của cốt liệu thô, (mm)			
	9,5	12,5	19	25
2,5+5,0	184	175	169	166
5,0+7,5	190	184	175	172
7,5 +10,0	196	190	181	178
Hàm lượng khí cuốn vào (%)	3 (2.5) <sup>(b)</sup>	2.5 (2.0) <sup>(b)</sup>	2 (1.5) <sup>(b)</sup>	1.5 (1.0) <sup>(b)</sup>

CHÚ THÍCH: (a) Giá trị đã cho phải được điều chỉnh cho cát có độ rỗng khác 35 % sử dụng công thức (13) (b) Hỗn hợp sử dụng phụ gia giảm nước cao.

Bảng 5 đưa ra lượng nước nhào trộn yêu cầu cho bê tông cường độ cao dùng với cốt liệu có kích thước 9,5+25mm. Lượng nước sử dụng này là liều lượng lớn nhất ứng với loại cốt liệu sạch, có hình dạng hợp lí và cấp phối phù hợp TCVN7570:2006. Bởi vì hình dáng hạt và tính chất bề mặt của cốt liệu nhỏ có thể ảnh hưởng đáng kể tới độ rỗng của nó, lượng nước yêu cầu pha trộn có thể khác giá trị đã cho.

Bảng 5 cũng đưa ra hàm lượng không khí phù hợp cho bê tông cường độ cao.

Những giá trị lượng nước yêu cầu pha trộn đã chọn trong Bảng 5 có thể dùng khi cốt liệu nhỏ được sử dụng có độ rỗng 35%. Độ rỗng của cốt liệu nhỏ có thể được tính toán theo công thức (12):

$$\text{Độ rỗng của cát, } v = \left(1 - \frac{\rho_{clc}}{\rho_c}\right) \times 100, \% \quad (12)$$

trong đó:  $\rho_{clc}$  - khối lượng thể tích cát lèn chặt, g/cm<sup>3</sup>;

$\rho_c$  - khối lượng riêng của cát, g/cm<sup>3</sup>.

Khi sử dụng cát có độ rỗng khác 35%, phải điều chỉnh lượng nước trộn theo công thức (7-7):

$$N_{dc} = (v - 35) \times 4,72 \text{ (lít/m}^3\text{)} \quad (13)$$

Khi sử dụng các chất siêu dẻo phù hợp với ASTM C494, lượng nước trong bê tông cường độ cao có thể giảm từ 12 % đến 30 % so với lượng nước ghi ở Bảng 5.

#### 6.4.5 Bước 5 - Lựa chọn tỉ lệ N/CKD

Trong hỗn hợp bê tông cường độ cao, các vật liệu chất kết dính khác xi măng, nên sử dụng muối hoặc tro bay. Chất kết dính là tổng của xi măng+tro bay+muối silic.

Tỉ lệ N/CKD được tính toán bằng cách chia khối lượng nước pha trộn của tổng khối lượng xi măng và tro bay hoặc muối silic.

Trong Bảng 6, tỉ lệ N/CKD lớn nhất được kiến nghị ứng với cỡ hạt cốt liệu lớn nhất để đạt được cường độ chịu nén khác nhau ở 28 ngày tuổi hoặc 56 ngày tuổi. Sử dụng phụ gia giảm nước cao thông thường làm tăng cường độ chịu nén của bê tông. Giá trị tỉ lệ N/CKD đã cho trong Bảng 6 dùng cho bê tông có và không sử dụng phụ gia giảm nước cao.

**Bảng 6 - Tỉ lệ N/CKD cao nhất cho bê tông có và không dùng phụ gia giảm nước cao**

Cường độ trung bình yêu cầu, $f_{cr}$ , MPa		Tỉ lệ N/CKD							
		Cốt liệu thô cỡ lớn nhất, mm							
		9,5		12,5		19		25	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
62	28 ngày	0,38	0,30	0,36	0,29	0,35	0,29	0,34	0,28
	56 ngày	0,42	0,33	0,39	0,32	0,37	0,31	0,36	0,30
69	28 ngày	0,33	0,26	0,32	0,26	0,31	0,25	0,30	0,25
	56 ngày	0,37	0,29	0,35	0,28	0,33	0,27	0,32	0,26
76	28 ngày	0,30	-	0,29	-	0,27	-	0,27	-
	56 ngày	0,33	-	0,31	-	0,29	-	0,29	-
83	28 ngày	0,27	-	0,26	-	0,25	-	0,25	-
	56 ngày	0,30	-	0,28	-	0,27	-	0,26	-

$$f_{cr} = 1,1f_c + 4,8MPa$$

(1): Có sử dụng phụ gia giảm nước cao

(2): Không sử dụng phụ gia giảm nước cao

#### 6.4.6 Bước 6 - Tính toán hàm lượng vật liệu chất kết dính

Khối lượng của chất kết dính cho mỗi đơn vị thể tích bê tông ( $m^3$ ) được xác định bằng cách chia lượng nước nhào trộn cho mỗi đơn vị thể tích bê tông (bước 4) cho tỉ lệ N/CKD (bước 5). Lượng chất kết dính là tổng khối lượng của xi măng với tro bay.

Tuy nhiên, nếu như chỉ dẫn kỹ thuật quy định giới hạn nhỏ nhất và lớn nhất CKD trên một đơn vị thể tích bê tông thì lượng chất kết dính phải thỏa mãn yêu cầu này. Vì vậy, hỗn hợp nên được lựa chọn để đạt được khối lượng chất kết dính lớn hơn so với yêu cầu.

Ngày nay đã có thể chế tạo bê tông có  $f_{cr}$  đến 100 MPa có sử dụng tỉ lệ N/CKD 0,22+0,25.

## TCVN 10306:2014

### 6.4.7 Bước 7 - Lựa chọn thành hợp hỗn hợp cơ sở không dùng vật liệu chất kết dính khác xi măng

Để xác định tỉ lệ pha trộn tối ưu, người tính toán cần chuẩn bị vài mẻ trộn thử với hàm lượng tro bay khác nhau. Thông thường, một mẻ trộn thử nên sử dụng chỉ có xi măng pooc lăng là toàn bộ chất kết dính. Các bước tiếp theo nên được theo dõi tới khi hoàn chỉnh hỗn hợp cơ sở

- *Lượng xi măng*: Đối với hỗn hợp cơ sở, bởi vì không có vật liệu chất kết dính khác xi măng được sử dụng, khối lượng của xi măng bằng khối lượng vật liệu chất kết dính được tính trong Bước 6.

- *Lượng cát*: Sau khi xác định khối lượng của cốt liệu thô, xi măng và nước; và tỉ lệ % của hàm lượng khí trong 1 m<sup>3</sup> hỗn hợp bê tông, thì lượng cát có thể được tính toán theo phương pháp thể tích đặc thông thường.

$$C = (1000 - \frac{X}{\rho_x} - N - \frac{D}{\rho_D} - V_{kk}) \times \rho_C \quad (14)$$

trong đó:  $V_{kk}$ : thể tích không khí trong bê tông được lấy theo Bảng 5;

$\rho_C$ : khối lượng riêng của cát, g/cm<sup>3</sup>;

$\rho_x$ : khối lượng riêng của xi măng lấy bằng 3,15 g/cm<sup>3</sup>;

### 6.4.8 Bước 8 - Xác định các hỗn hợp đồng dạng sử dụng tro bay

Sử dụng tro bay trong sản xuất bê tông cường độ cao có thể đem lại yêu cầu lượng nước thấp hơn, giảm nhiệt độ và giảm giá thành. Tuy nhiên, do phụ thuộc thành phần hóa học của tro bay nên cường độ của bê tông cũng bị ảnh hưởng. Bởi vậy, khuyến cáo sử dụng tối thiểu 2 hàm lượng tro bay khác nhau cho các hỗn hợp đồng dạng. Các bước tiếp theo nên dùng cho mỗi mẻ trộn thử.

- *Loại tro bay*: Có thể dùng tro bay loại F hoặc loại C theo quy định ở Bảng 7.

- *Khối lượng tro bay*: Khi chọn được tỉ lệ phần trăm để thay thế, khối lượng của tro bay được sử dụng cho mỗi mẻ trộn thử cần được tính bằng việc nhân với tổng khối lượng vật liệu kết dính (bước 6) với tỷ lệ tro bay thay thế. Khối lượng còn lại của CKD là khối lượng của xi măng.

- *Thể tích tro bay*: Do sự chênh lệch trong khối lượng đơn vị của xi măng và tro bay nên thể tích của những CKD trong mỗi thể tích m<sup>3</sup> bê tông sẽ thay đổi với hàm lượng tro bay, thậm chí là khối lượng CKD vẫn giữ nguyên không thay đổi. Bởi vậy, đối với mỗi một hỗn hợp, thể tích của vật liệu CKD bằng tổng cộng thể tích xi măng và thể tích tro bay.

**Bảng 7 - Tỷ lệ sử dụng tro bay**

Tro bay	Tỷ lệ tro bay (% của khối lượng CKD)
Loại F	15÷25
Loại C	20÷35

- *Xác định khối lượng cát:* Xác định thể tích các vật liệu trong một m<sup>3</sup> của bê tông: xi măng, tro bay, nước, đá dăm và lượng khí cuốn vào (bước 7). Lượng cát của mỗi hỗn hợp bê tông có thể được tính toán theo phương pháp thể tích đặc tuyệt đối.

$$C = (1000 - \frac{X}{\rho_X} - \frac{FA}{\rho_{FA}} - N - \frac{D}{\rho_D} - V_{kk}) \times \rho_C \quad (15)$$

trong đó

$\rho_{FA}$ : khối lượng riêng của tro bay, thường lấy 2,2-2,64 g/cm<sup>3</sup>;

Các phương pháp trước đây, tổng thể tích xi măng và tro bay cộng thêm cát trong mỗi thể tích khối m<sup>3</sup> của bê tông được giữ không đổi. Hơn nữa, những điều chỉnh trong tỉ lệ thành phần hỗn hợp có thể cần, do có thay đổi tổng lượng nước yêu cầu và ảnh hưởng khác của tro bay đến đặc tính của bê tông. Những điều chỉnh này được xác định trong suốt thời gian mê trộn thử ở mục 7.4.9.

#### 6.4.9 Bước 9 - Các mê trộn thử

Đối với hỗn hợp thử được chọn tỉ lệ thành phần trong các bước từ 1 đến 8, một mê trộn thử được chế tạo để xác định tính công tác và cường độ đặc trưng. Khối lượng của cát, đá dăm, và nước phải được điều chỉnh cho chính xác với tình trạng ẩm của cốt liệu. Với một mê trộn nên chọn sao cho sau khi nhào trộn đều đạt hỗn hợp đồng nhất, tính công tác và cường độ yêu cầu, mỗi mê trộn tối thiểu là 85 lít hỗn hợp bê tông và lớn hơn nếu cần để xác định được các thí nghiệm bê tông tươi và chế tạo đủ số lượng mẫu thí nghiệm yêu cầu.

#### 6.4.10 Bước 10 - Điều chỉnh thành phần các mê trộn thử

Nếu các tính chất mong muốn của bê tông không đạt được, thì tỉ lệ thành phần hỗn hợp thử ban đầu nên được điều chỉnh theo những hướng dẫn sau để tạo được đặc tính mong muốn:

- *Tính công tác:* Nếu độ sụt ban đầu của hỗn hợp thử không nằm trong phạm vi yêu cầu, thì lượng nước pha trộn nên được điều chỉnh. Khối lượng chất kết dính trong hỗn hợp nên được điều chỉnh để duy trì tỉ lệ N/CKD. Lượng cát nên được điều chỉnh để đảm bảo khối lượng của công trình.

Nếu yêu cầu của dự án là kiểm tra độ sụt thì kiểm tra độ sụt của bê tông theo tiêu chuẩn TCVN 3106-93 còn dự án yêu cầu độ chảy lan thì cần kiểm tra độ chảy lan theo ASTM C1611;

- *Lượng phụ gia giảm nước cao:* Nếu sử dụng phụ gia giảm nước cao, nên thử các liều lượng khác để xác định sự ảnh hưởng tới cường độ, tính công tác và nhiệt độ của bê tông để xác định hàm lượng và loại phụ gia giảm nước cao tối ưu.

- *Lượng cốt liệu thô (đá):* Hỗn hợp trộn thử nghiệm bê tông đã được điều chỉnh theo độ sụt mong muốn cần phải xác định xem hỗn hợp đó có quá cứng đối với công việc đổ và hoàn thiện hay không. Nếu cần thiết thì hàm lượng cốt liệu thô có thể được giảm xuống và hàm lượng cát được điều chỉnh tương ứng để đạt những yêu cầu của công trường. Tuy nhiên, điều này có thể làm tăng nhu cầu nước của hỗn hợp, do đó cần phải tăng hàm lượng các chất kết dính cần thiết để duy trì tỉ lệ N/CKD.

## **TCVN 10306:2014**

- Hàm lượng không khí: Nếu hàm lượng không khí đo được khác xa so với tính toán thì liều lượng phụ nên được giảm hoặc hàm lượng cát nên được điều chỉnh để đạt yêu cầu về hàm lượng không khí.

- Tỷ lệ N/CKD: Nếu cường độ nén của bê tông không đạt khi sử dụng tỷ lệ N/CKD theo kiến nghị ở Bảng 7 thì cần kiểm tra thêm các hỗn hợp thử nghiệm có tỷ lệ N/CKD thấp hơn. Nếu vẫn không làm tăng được cường độ thì nên xem xét lại mức độ thích hợp của các vật liệu đã sử dụng.

### **6.4.11 Bước 11 – Lựa chọn các tỷ lệ pha trộn tối ưu**

Chọn mẻ trộn thử trên cơ sở các hỗn hợp đồng dạng sau khi đã điều chỉnh để đưa ra một hỗn hợp tối ưu đạt được các yêu cầu về cường độ, các tính chất mong muốn và giá thành phù hợp. Các mẫu thí nghiệm cường độ cần được chế tạo từ các mẻ trộn thử có điều kiện giống như ở hiện trường theo các yêu cầu của ACI 318. Việc chuẩn bị các mẻ trộn và mẫu thử sẽ được đánh giá tốt hơn khi mà kích cỡ mẻ trộn thử với thiết bị, quy trình như trong điều kiện thực tế sẽ áp dụng. Cường độ chịu nén trung bình của lô mẫu không nhỏ hơn cường độ chịu nén trung bình yêu cầu dùng khi lựa chọn thành phần.

## **6.5 Trình tự tính toán thành phần bê tông cường độ cao sử dụng muối silic**

Muối silic ảnh hưởng nhiều đến tính chất của bê tông. Đặc biệt là đối với bê tông cường độ cao bởi do tính chất vật lý và hóa học. Muối silic làm tăng nhiều cường độ bởi vì nó làm tăng khả năng dính kết giữa xi măng và cốt liệu. Muối silic phản ứng với Canxihydroxit, là một sản phẩm yếu của quá trình thủy hóa xi măng, kết quả là tạo ra các sản phẩm rắn tăng cường độ cho bê tông và hạn chế thấm. Xi măng sử dụng đạt các tiêu chuẩn quốc gia và muối đạt tiêu chuẩn ASTM C1240.

Khi không sử dụng phụ gia hóa học thì hỗn hợp rất khó trộn, đổ, bơm và hoàn thiện vì thế tiêu chuẩn ACI 211.1 và ACI 363 khuyến cáo nên sử dụng phụ gia giảm nước cao cho bê tông có muối silic. Liều lượng phụ gia giảm nước cao phụ thuộc vào khối lượng muối silic và loại phụ gia giảm nước. Phụ gia giảm nước và kiểm soát đông cứng đạt yêu cầu theo ASTM C494.

Bê tông cường độ cao sử dụng muối silic được thiết kế theo cường độ chịu nén trung bình yêu cầu ở tuổi 28 ngày. Trình tự các bước như sau:

### **6.5.1 Bước 1 - Lựa chọn độ sụt và cường độ chịu nén yêu cầu**

Độ sụt được lựa chọn theo hướng dẫn tại Bảng 2 và thực hiện theo hướng dẫn trong điều

### **6.5.2 Bước 2 - Lựa chọn cỡ hạt lớn nhất của cốt liệu**

76TYCV 2QZ` 1

Thực hiện theo chỉ dẫn tại 7.4.2.

### **6.5.3 Bước 3 - Lựa chọn tối ưu hàm lượng cốt liệu thô**

Thực hiện theo chỉ dẫn tại 7.4.3.



#### 6.5.4 Bước 4 - Tính toán lượng nước và không khí

Thực hiện theo chỉ dẫn tại 7.4.4.

#### 6.5.5 Bước 5 - Lựa chọn tỉ lệ N/CKD

Thực hiện theo chỉ dẫn tại 7.4.5.

#### 6.5.6 Bước 6: Tính toán hàm lượng vật liệu chất kết dính

Khối lượng của chất kết dính được yêu cầu cho mỗi đơn vị thể tích bê tông ( $m^3$ ) được xác định bằng cách chia lượng nước nhào trộn cho mỗi đơn vị thể tích bê tông (Bước 4) cho tỉ lệ N/CKD (Bước 5). Lượng chất kết dính là tổng khối lượng của xi măng với muối silic.

Tuy nhiên, nếu như chỉ dẫn kỹ thuật quy định giới hạn nhỏ nhất và lớn nhất CKD trên một đơn vị thể tích bê tông thì lượng chất kết dính phải thỏa mãn yêu cầu này. Vì vậy, hỗn hợp nên được lựa chọn để đạt được khối lượng chất kết dính lớn hơn so với yêu cầu. Tỷ lệ muối silic sử dụng là 5-15% so với khối lượng CKD và tỷ lệ N/X không nhỏ hơn 0,2.

#### 6.5.7 Bước 7 - Lựa chọn thành hợp hỗn hợp cơ sở không dùng vật liệu chất kết dính khác xi măng

Thực hiện theo chỉ dẫn tại 7.4.7.

#### 6.5.8 Bước 8 - Xác định các hỗn hợp đồng dạng sử dụng muối silic

Sử dụng muối silic trong sản xuất bê tông cường độ cao có thể đem lại yêu cầu lượng nước cao hơn và tăng giá thành. Tuy nhiên, do phụ thuộc vào tỷ lệ muối silic sử dụng nên các tính năng của bê tông cũng thay đổi. Bởi vậy, khuyến cáo tối thiểu 2 hàm lượng muối silic khác nhau cho các hỗn hợp đồng dạng. Các bước tiếp theo nên dùng cho mỗi mẻ trộn thử để lựa chọn hàm lượng muối silic sử dụng.

*Loại muối silic:* Khi sử dụng xi măng phù hợp với TCVN 2682:2009, xi măng Việt Nam từ PC40 trở lên nên sử dụng muối silic phù hợp với ASTM C1240.

*Khối lượng muối silic:* Khối lượng muối silic từ 5 đến 15 % so với khối lượng xi măng và tỷ lệ N/X không nhỏ hơn 0,2. Tổng lượng xi măng và muối silic thường dùng cho bê tông cường độ cao không vượt quá  $593 \text{ kg/m}^3$ .

Khi chọn được tỉ lệ phần trăm để thay thế, khối lượng của muối silic được sử dụng cho mỗi mẻ trộn thử cần được tính bằng việc nhân với tổng khối lượng vật liệu kết dính (bước 6) với tỷ lệ muối silic thay thế. Khối lượng còn lại của vật liệu kết dính là khối lượng của xi măng.

*Thể tích muối silic:* Do khối lượng riêng của muối silic là  $2,2 \text{ g/cm}^3$  nên thể tích của muối silic cần được tính riêng khi tính toán khối lượng cát. Bởi vậy, đối với mỗi một hỗn hợp, thể tích của vật liệu chất kết dính bằng tổng cộng thể tích xi măng và thể tích của muối silic.

*Xác định lượng cát:* Xác định thể tích các vật liệu trong một  $m^3$  của bê tông: xi măng, tro bay, nước, đá dăm và lượng khí cuốn vào (bước 7). Lượng cát của mỗi hỗn hợp bê tông có thể được tính toán theo phương pháp thể tích đặc tuyệt đối.

$$C = (1000 - \frac{X}{\rho_X} - \frac{SF}{\rho_{SF}} - N - \frac{D}{\rho_D} - V_{kk}) \times \rho_C \tag{16}$$

trong đó

$\rho_{SF}$ : khối lượng riêng của muối silic, thường lấy 2,2+2,5 g/cm<sup>3</sup>;

Các phương pháp trước đây, tổng thể tích xi măng và muối silic cộng thêm cát trong mỗi m<sup>3</sup> của bê tông được giữ không đổi. Hơn nữa, những điều chỉnh trong tỉ lệ thành phần hỗn hợp có thể cần, do có thay đổi tổng lượng nước yêu cầu và ảnh hưởng khác của muối silic đến đặc tính của bê tông. Những điều chỉnh này được xác định trong suốt thời gian mê trộn thử ở mục 6.5.9.

6.5.9 Bước 9 - Chuẩn bị các mê trộn thử phòng thí nghiệm

Liều lượng muối silic ảnh hưởng nhỏ đến các thành phần còn lại của bê tông. Để đổ bê tông có muối silic, lượng muối nên phân tán đều trong bê tông để phát huy hiệu quả của muối. Thường cũng gặp khó khăn để làm phân tán muối với hàm lượng nhỏ khi trộn mê thử trong phòng thí nghiệm. Các hạt muối kết nén nên làm tơi để phân tán đều trong bê tông. Thời gian trộn của bê tông muối silic thường gấp hai lần so với hướng dẫn trong ASTM C192.

Trộn bê tông ở lượng nước cho phép lớn nhất với thành phần hỗn hợp bê tông và tỷ lệ N/CKD cho phép lớn nhất. Trong trường hợp không đạt độ sụt yêu cầu thì dùng phụ gia hóa học để điều chỉnh.

Xem xét lại các tính chất của bê tông tươi, nếu không đạt được tính công tác, lượng không khí và các tính chất khác thì kịp thời điều chỉnh. Giảm cốt liệu mịn và tăng lượng cốt liệu thô có thể làm giảm tính sệt của hỗn hợp bê tông.

6.5.10 Bước 10 - Tiến hành các thí nghiệm trên mê trộn hỗn hợp bê tông thực tế

Trên thực tế luôn tồn tại sai khác giữa các mê trộn phòng thí nghiệm và kết của từ sản phẩm bê tông thực tế, cụ thể loại phụ gia hóa học sử dụng. Nếu thí nghiệm từ mê trộn của xe vận chuyển bê tông là cách tốt nhất để xác định các yêu cầu của bê tông tươi và bê tông đông cứng. Thí nghiệm trên hỗn hợp bê tông thực tế cũng là cách để xác định các tính chất cần quan tâm của dự án như: tính dễ hoàn thiện, co ngót, tăng nhiệt độ và chất lượng của bề mặt sản phẩm. Cũng là cơ hội để các nhóm làm việc với nhau kiểm soát lần cuối trước khi đưa ra sản xuất đại trà. Chú ý sau đây cần được ghi nhớ:

- + Tiến hành thử nghiệm xe trộn trong quá trình tiến hành dự án, để không bị lượng chất kết dính bị giảm bớt do dính trên bề mặt thùng trộn hay xe vận chuyển của trạm trộn mê trộn tối thiểu là 2,0m<sup>3</sup>.
- + Thí nghiệm để xác định các yêu cầu kỹ thuật của bê tông tươi và bê tông đông cứng từ yêu cầu của dự án. Điều chỉnh thành phần của bê tông khi thực hiện trên mê trộn ở trạm trộn và ở phòng thí nghiệm.

### 6.5.11 Bước 11- Điều chỉnh thành phần các mẻ trộn thử

Thực hiện theo 6.4.10.

### 6.5.12 Bước 12 - Lựa chọn các tỉ lệ pha trộn tối ưu

Thực hiện theo 6.4.11.

## 6.6 Kiểm tra chất lượng

### 6.6.1 Lấy mẫu

Các quy định về lấy mẫu được chọn theo quy định trong tiêu chuẩn kỹ thuật của dự án. Ngoài ra có thể tham khảo tần suất lấy mẫu như sau:

Mẫu để thí nghiệm cường độ cho mỗi loại bê tông: Không ít hơn một ngày một lần hoặc 100 m<sup>3</sup> hoặc là trên một diện tích là 450 m<sup>2</sup> lấy một tổ mẫu;

Một kết quả thí nghiệm cường độ ở tuổi thí nghiệm là kết quả trung bình của 2 hoặc 3 mẫu hình trụ.

### 6.6.2 Các tiêu chuẩn

Để lựa chọn các thao tác kiểm tra chất lượng bê tông cần xác định xem sự phân bố của các kết quả kiểm tra cường độ nén có nằm trên một đường cong phân bố bình thường hay không. ACI 214 là một công cụ thông dụng để kiểm tra chất lượng bê tông cường độ cao. Vấn đề khác cần xem xét cả trong quá trình kiểm tra chất lượng và giai đoạn thiết kế là vấn đề tuổi kiểm tra bê tông cường độ cao. Các kiểm tra cường độ nén nên tiến hành với bê tông ở tuổi 28, 56 hoặc 90 ngày để mở rộng phạm vi ứng dụng cho bê tông cường độ cao.

### 6.6.3 Phương pháp đánh giá

Các phương pháp đánh giá về cường độ: Cần đánh giá theo cường độ trung bình, độ lệch chuẩn và hệ số biến động. Trong quá trình sản xuất cần lập các biểu đồ kiểm tra chất lượng bê tông.

6.6.2.1 Đánh giá theo cường độ trung bình, một loại bê tông được coi là đạt yêu cầu về cường độ với xác suất đảm bảo là 99 % (Tỷ lệ phần trăm các kết quả nhỏ hơn  $f_c'$  không quá 1 %), nếu đảm bảo 2 điều kiện sau theo công thức (17) và (18):

+ Giá trị trung bình số học của bất kỳ 3 kết quả thí nghiệm liên tiếp nào cũng không thấp hơn  $f_c'$  và

+ Không có kết quả thí nghiệm nào riêng lẻ thấp hơn  $0,9f_c'$ .

$$f_{cr}' = f_c' + \frac{2,33.s}{\sqrt{3}} = f_c' + 1,34.s, MPa \quad (17)$$

và  $f_{cr}' = 0,9 \times f_c' + 2,33 \times s, MPa \quad (18)$

## TCVN 10306:2014

### 6.6.2.2 Đánh giá theo độ lệch chuẩn $s$ , MPa

Theo các tài liệu hiện nay cho thấy độ lệch chuẩn đối với bê tông cường độ cao có giá trị  $s = 3,5 \div 4,8$  MPa.

### 6.6.2.3 Đánh giá theo độ biến động cường độ $V$ , %

$$V = \frac{S}{X} \times 100, \% \quad (19)$$

Theo phương pháp biến thiên cường độ thì cường độ trung bình thử nghiệm ở công trường lớn hơn giá trị  $f_{cr}'$  theo công thức 20.

$$f_{cr}' = 0,9 \times f_c' / (1 - z \times V), MPa \quad (20)$$

Với  $z$  lấy bằng 2,33 (1 % các kết quả thử nhỏ hơn  $f_c'$ )

6.6.2.4 Lập các biểu đồ kiểm tra chất lượng bê tông trong quá trình sản xuất bê tông để cung cấp cho các nhà quản lý nhằm đề ra các biện pháp xử lý và hạn chế các kết quả không bình thường. Dạng biểu đồ kiểm tra được quy định theo các tiêu chuẩn kỹ thuật của dự án.

---