

**BỘ XÂY DỰNG**

**CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM**  
**Độc lập - Tự do - Hạnh phúc**

Số: **1536/QĐ-BXD**

Hà Nội, ngày **26** tháng **11** năm **2018**

**QUYẾT ĐỊNH**

**Ban hành Chỉ dẫn kỹ thuật**  
**“Hướng dẫn sử dụng silica fume trong bê tông”**

**BỘ TRƯỞNG BỘ XÂY DỰNG**

Căn cứ Nghị định số 81/2017/NĐ-CP ngày 17/7/2017 của Chính phủ quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Bộ Xây dựng;

Xét đề nghị của Hội Bê tông Việt Nam tại công văn số 37/BTVN ngày 11/7/2018 về việc ban hành Chỉ dẫn kỹ thuật “Hướng dẫn sử dụng silica fume trong bê tông”;

Theo đề nghị của Vụ trưởng Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường,

**QUYẾT ĐỊNH:**

**Điều 1.** Ban hành kèm theo Quyết định này Chỉ dẫn kỹ thuật “Hướng dẫn sử dụng silica fume trong bê tông”.

**Điều 2.** Quyết định này có hiệu lực kể từ ngày ký.

**Điều 3.** Chánh Văn phòng Bộ, Vụ trưởng Vụ Khoa học công nghệ và Môi trường, Chủ tịch Hội Bê tông Việt Nam và các tổ chức, cá nhân có liên quan chịu trách nhiệm thi hành Quyết định này./.

**Nơi nhận:**

- Như Điều 3;
- Lưu: VT, Vụ KHCN&MT.



**KT. BỘ TRƯỞNG**  
**THỨ TRƯỞNG**

**Lê Quang Hùng**

**BỘ XÂY DỰNG**

**CHỈ DẪN KỸ THUẬT**  
**HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SILICA FUME**  
**TRONG BÊ TÔNG**

**HÀ NỘI - 2018**

**Mục lục**

<b>Lời nói đầu .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Phạm vi áp dụng .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Tài liệu viện dẫn.....</b>	<b>5</b>
<b>3 Đặc tính kỹ thuật của silica fume.....</b>	<b>6</b>
<b>4 Các loại bê tông ưu tiên sử dụng silica fume.....</b>	<b>7</b>
<b>5 Lựa chọn thành phần bê tông sử dụng silica fume .....</b>	<b>11</b>
<b>6 Sản xuất và thi công bê tông sử dụng silica fume .....</b>	<b>14</b>

**Lời nói đầu**

**Chỉ dẫn kỹ thuật "Hướng dẫn sử dụng silica fume trong bê tông"** do Hội Công nghiệp Bê tông Việt Nam biên soạn, Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường đề nghị, Bộ Xây dựng ban hành.

## **Hướng dẫn sử dụng silica fume trong bê tông**

*Guide for the use of silica fume in concrete*

### **1 Phạm vi áp dụng**

Chỉ dẫn kỹ thuật này hướng dẫn sử dụng silica fume trong bê tông cho các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép được chế tạo từ bê tông nặng đặc chắc. Các loại bê tông ưu tiên sử dụng silica fume bao gồm: bê tông cường độ cao, bê tông trong môi trường xâm thực sulfat và bê tông trong môi trường biển.

### **2 Tài liệu viện dẫn**

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

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

TCVN 4453:1995, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Quy phạm thi công và nghiệm thu*

TCVN 6260:2009, *Xi măng poóc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật*

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

TCVN 7713:2007, *Xi măng - Xác định sự thay đổi chiều dài thanh vữa trong dung dịch sulfat*

TCVN 8826:2011, *Phụ gia hóa học cho bê tông*

TCVN 8827:2011, *Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa - Silica fume và tro trấu nghiền mịn*

TCVN 8828:2011, *Bê tông - Yêu cầu bảo dưỡng ẩm tự nhiên*

TCVN 9035:2011, *Hướng dẫn lựa chọn và sử dụng xi măng trong xây dựng*

TCVN 9337:2012, *Bê tông nặng - Xác định độ thấm ion clo bằng phương pháp đo điện lượng*

TCVN 9346:2012, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển*

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

TCVN 10303:2014, *Bê tông - Kiểm tra và đánh giá cường độ chịu nén*

TCVN 11586:2016, *Xi hạt lò cao nghiền mịn cho bê tông và vữa xây dựng*

## CDKT

Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại. Ban hành kèm theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/09/1998 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng.

ASTM C1240-12 Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures

ASTM C94-14 Standard Specification for Ready-Mixed Concrete

### 3 Đặc tính kỹ thuật của silica fume

**3.1** Silica fume là vật liệu siêu mịn, chứa  $\text{SiO}_2$  vô định hình, thu được trong quá trình sản xuất silic và hợp kim silic bằng hồ quang. Tỷ lệ  $\text{SiO}_2$  trong silica fume phụ thuộc vào loại hợp kim sản xuất. Silica fume thu được khi sản xuất hợp kim 50% ferrosilicon chứa khoảng từ 74% đến 84%  $\text{SiO}_2$ , thu được khi sản xuất hợp kim 75% ferrosilicon chứa khoảng từ 84% đến 91%  $\text{SiO}_2$ , còn thu được khi sản xuất silic chứa khoảng từ 87% đến 98%  $\text{SiO}_2$ .

**3.2** Silica fume là phụ gia khoáng hoạt tính cao. Trong bê tông, silica fume có thể phân bố ở khoảng trống giữa các hạt xi măng và tham gia phản ứng với các sản phẩm thủy hóa xi măng hình thành các khoáng mới. Nhờ đó có thể cải thiện được cấu trúc, độ chống thấm, cường độ, độ bền lâu và khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông trong các môi trường xâm thực.

**3.3** Để nâng cao hiệu quả kinh tế - kỹ thuật, giảm giá thành, có thể sử dụng phối hợp silica fume với các loại phụ gia khoáng khác. Khi đó, phương án sử dụng cụ thể cần được xác định trên cơ sở kết quả thí nghiệm với vật liệu thực tế. Phụ gia khoáng cần phải đáp ứng yêu cầu kỹ thuật quy định trong tiêu chuẩn tương ứng (ví dụ như tro bay cần đáp ứng TCVN 10302:2014, xỉ hạt lò cao nghiền mịn cần đáp ứng TCVN 11586:2016, ...)

**3.4** Do có diện tích bề mặt lớn, sử dụng silica fume trong bê tông làm tăng lượng nước cần trộn để đạt cùng tính công tác. Do đó, để đảm bảo hiệu quả sử dụng, cần phải sử dụng silica fume kết hợp với phụ gia giảm nước. Lượng dùng phụ gia giảm nước cần được xác định thực tế theo bản chất của phụ gia và lượng dùng silica fume trong bê tông. Phụ gia giảm nước cần đáp ứng yêu cầu quy định trong tiêu chuẩn TCVN 8826:2011.

**3.5** Silica fume được cung cấp dưới các dạng:

**3.5.1** Dạng bột rời. Silica fume dạng bột rời được thu trực tiếp từ sản xuất silic và hợp kim silic bằng hồ quang mà không qua chế biến. Silica fume dạng bột rời có độ mịn cao và khối lượng thể tích xấp thấp (từ  $130 \text{ kg/m}^3$  đến  $430 \text{ kg/m}^3$ ). Khi sử dụng silica fume dạng bột rời cần chú ý tránh hiện tượng tắc ống vận chuyển bằng khí nén, kết khối trong silô chứa hay hạn chế việc phát tán bụi,...

**3.5.2** Dạng bột nén. Silica fume dạng bột rời có thể được xử lý qua quá trình kết khối thành các tổ hợp gồm các hạt silica fume liên kết yếu với nhau. Khi đó, hỗn hợp có khối lượng thể tích xấp lớn hơn (từ  $480 \text{ kg/m}^3$  đến  $640 \text{ kg/m}^3$ ), dễ vận chuyển và xử lý. Các tổ hợp hạt silica fume sẽ bị phá vỡ và phân tán

đều trong quá trình trộn bê tông. Silica fume dạng bột nén có thể được bổ sung hoặc không bổ sung phụ gia hóa học dạng bột (giảm nước, giảm nước mức cao, kéo dài thời gian đông kết, ...).

3.5.3 Dạng hồ. Hồ nước silica fume có khối lượng thể tích khoảng từ 1320 kg/m<sup>3</sup> đến 1440 kg/m<sup>3</sup> chứa khoảng từ 42% đến 60% silica fume khô theo khối lượng. Hồ nước 50% silica fume chứa khoảng 700 kg/m<sup>3</sup> silica fume khô theo khối lượng. Hồ nước silica fume có thể có thêm hoặc không thêm các loại phụ gia hóa học khác.

### 3.6 Yêu cầu kỹ thuật

3.6.1 Silica fume dạng bột rời phải đáp ứng yêu cầu kỹ thuật quy định trong Bảng 1.

3.6.2 Silica fume dạng bột nén và dạng hồ phải được chế tạo từ silica fume dạng bột rời có các tính chất thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Yêu cầu kỹ thuật đối với silica fume dạng bột rời

TT	Chỉ tiêu	Mức yêu cầu theo tiêu chuẩn	
		TCVN 8827:2011	ASTM C1240-12
1	Hàm lượng SiO <sub>2</sub> , %, không nhỏ hơn	85	85
2	Độ ẩm, %, không lớn hơn	3,0	3,0
3	Hàm lượng mất khi nung, % không lớn hơn	6,0	6,0
4	Lượng sót sàng 45µm, % khối lượng, không lớn hơn		
	- lớn nhất	10,0	10,0
	- sai khác so với giá trị trung bình	5,0	5,0
5	Chỉ số hoạt tính đối với xi măng so với mẫu đối chứng ở 7 ngày tuổi, %, không nhỏ hơn	85 *)	105 **)
6	Bề mặt riêng, m <sup>2</sup> /g, không nhỏ hơn	12	15

Ghi chú: \*) Khi xác định chỉ số hoạt tính, lựa chọn lượng nước để đạt độ xòe 110±5%

\*\*) Khi xác định chỉ số hoạt tính, sử dụng 242 ml nước và phụ gia siêu dẻo (nếu cần) để đạt được độ xòe từ 100% đến 115%.

## 4 Các loại bê tông ưu tiên sử dụng silica fume

### 4.1 Bê tông cường độ cao

## CDKT

4.1.1 Silica fume thích hợp để chế tạo bê tông cường độ cao có cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày trên 60 MPa. Bê tông sử dụng silica fume ở tuổi sớm có thể đạt cường độ từ 20 MPa đến 30 MPa ở tuổi 1 ngày đến 3 ngày.

4.1.2 Sử dụng silica fume trong bê tông cường độ cao giúp cải thiện cấu trúc đá xi măng. Silica fume có thể phản ứng với  $\text{Ca(OH)}_2$  hình thành các calcium-silicat hydrat (CSH). Khi sử dụng silica fume để thay thế một phần xi măng có thể giảm được lượng nhiệt phát sinh khi thủy hóa xi măng, hạn chế các ứng suất nhiệt và sự phát sinh các khuyết tật do ứng suất nhiệt trong bê tông.

4.1.3 Để nâng cao cường độ bê tông cần phải cải thiện chất lượng đá xi măng, tăng tỷ lệ xi măng trên nước (chất kết dính trên nước). Khi đó, một mặt cần tăng lượng dùng xi măng tới mức lớn nhất có thể, cải thiện chất lượng đá xi măng bằng cách sử dụng silica fume và mặt khác, cần giảm lượng nước trộn bằng cách sử dụng phụ gia giảm nước.

4.1.4 Sử dụng silica fume làm tăng lượng nước trộn để đạt cùng tính công tác (nhất là với hàm lượng cao). Khi đó, phải sử dụng hoặc điều chỉnh lượng dùng phụ gia giảm nước để đạt được tính công tác cần thiết mà không phải tăng lượng dùng nước. Do đó, sử dụng silica fume cho bê tông cường độ cao nhất thiết phải đi kèm với phụ gia giảm nước (ưu tiên sử dụng các loại phụ gia giảm nước mức cao).

## 4.2 Bê tông trong môi trường xâm thực sulfat

4.2.1 Sử dụng silica fume nói riêng và các loại phụ gia khoáng khác nói chung là giải pháp có hiệu quả để cải thiện độ bền của bê tông trong môi trường xâm thực sulfat. Cơ chế cải thiện độ bền trong môi trường xâm thực sulfat của silica fume bao gồm việc cải thiện cấu trúc, hạn chế khả năng các tác nhân xâm thực thâm thấu vào bê tông và việc giảm thiểu hàm lượng  $\text{Ca(OH)}_2$  nhờ phản ứng puzolanic.

4.2.2 Silica fume có thể được sử dụng cho bê tông trong tất cả các môi trường xâm thực sulfat thay thế cho sử dụng xi măng bền sulfat nếu đáp ứng được các điều kiện kỹ thuật trình bày trong 4.2.3.

CHÚ THÍCH: Sử dụng silica fume với xi măng thông thường cho bê tông trong môi trường xâm thực sulfat thay thế xi măng bền sulfat là giải pháp hiệu quả để chế tạo bê tông cường độ cao, bền vững trong môi trường sulfat.

4.2.3 Sử dụng silica fume cho bê tông trong môi trường xâm thực sulfat cần đảm bảo các điều kiện sau:

- bê tông sử dụng silica fume thỏa mãn yêu cầu về tỷ lệ nước trên chất kết dính và cường độ chịu nén;
- kết quả thí nghiệm thực tế tính chất của hỗn hợp chất kết dính bao gồm xi măng, silica fume và các phụ gia khoáng khác (nếu có) thỏa mãn yêu cầu đối với từng môi trường xâm thực sulfat với mức độ xâm thực cụ thể.

4.2.4 Mức độ xâm thực của môi trường xâm thực sulfat tùy theo nồng độ  $\text{SO}_4^{2-}$  hòa tan trong đất hoặc hàm lượng  $\text{SO}_4^{2-}$  trong nước, được phân loại thành các mức thấp, vừa, khắc nghiệt và rất khắc nghiệt và được trình bày tại Bảng 2 (theo TCVN 9035:2011).



**Bảng 2. Phân loại môi trường xâm thực sulfat (TCVN 9035:2011)**

TT	Phân loại môi trường xâm thực sulfat	Nồng độ $\text{SO}_4^{2-}$ hòa tan trong đất, %	Nồng độ $\text{SO}_4^{2-}$ trong nước, ppm ( $10^{-4}\%$ )
1	Thấp	0,00 - 0,10	0 - 150
2	Vừa	0,10 - 0,20	150 - 1.500
3	Khắc nghiệt	0,20 - 2,00	1.500 - 10.000
4	Rất khắc nghiệt	> 2,00	> 10.000

Ghi chú: Hàm lượng  $\text{SO}_4^{2-}$  trong đất và trong nước được tính qua hàm lượng  $\text{SO}_3^{2-}$  theo công thức:  $\% \text{SO}_4^{2-} = 1,2 \times \% \text{SO}_3^{2-}$ .

4.2.5 Tùy theo mức độ khắc nghiệt của môi trường xâm thực sulfat, bê tông có silica fume cần đáp ứng các yêu cầu trong Bảng 3.

**Bảng 3. Yêu cầu đối với bê tông có silica fume trong môi trường sulfat**

TT	Môi trường xâm thực sulfat	N/CKD, không lớn hơn	Cấp bê tông, không thấp hơn
1	Thấp	không quy định	không quy định
2	Vừa	0,50	B35
3	Khắc nghiệt	0,45	B45
4	Rất khắc nghiệt	0,45	B45

4.2.6 Hỗn hợp chất kết dính gồm xi măng, silica fume và các loại phụ gia khoáng khác nếu có (chủng loại vật liệu và tỷ lệ thành phần) sử dụng cho bê tông trong môi trường xâm thực sulfat với các mức độ xâm thực khác nhau phải có giá trị độ nở thanh vữa đáp ứng các yêu cầu tương ứng trong Bảng 4.

**Bảng 4. Yêu cầu đối với chất kết dính cho bê tông trong môi trường xâm thực sulfat**

TT	Môi trường xâm thực sulfat	Độ nở thanh vữa <sup>a)</sup> , % ở thời điểm, không lớn hơn		
		6 tháng	12 tháng	18 tháng
1	Thấp	-	-	-
2	Vừa	0,10	-	-
3	Khắc nghiệt	0,05	0,10 <sup>b)</sup>	-
4	Rất khắc nghiệt	-	-	0,10

Ghi chú: <sup>a)</sup> Độ nở thanh vữa trong dung dịch  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  xác định theo TCVN 7713:2007

<sup>b)</sup> Được quy định trong trường hợp độ nở thanh vữa ở 6 tháng lớn hơn 0,05%

**4.3 Bê tông trong môi trường biển**

4.3.1 Silica fume được sử dụng cho bê tông trong môi trường biển nhằm nâng cao khả năng chịu xâm thực sulfat vừa và khả năng bảo vệ chống ăn mòn cốt thép trong bê tông dựa trên tác dụng cải thiện cấu trúc, hạn chế khả năng thâm nhập của sulfat và chloride vào bê tông của silica fume.

4.3.2 Silica fume có thể được sử dụng cho bê tông trong môi trường biển ở tất cả các vùng làm việc của kết cấu và với các niên hạn sử dụng khác nhau nếu đáp ứng được các yêu cầu quy định trong 4.3.

4.3.3 Tùy thuộc vào mức độ xâm thực sulfat của môi trường biển, sử dụng silica fume trong bê tông cần thực hiện theo các khuyến cáo trong 4.2.

4.3.4 Bê tông cho các kết cấu bê tông cốt thép sử dụng trong môi trường biển cần đáp ứng các yêu cầu quy định trong TCVN 9346:2012. Theo đó, với niên hạn sử dụng tới 50 năm, tùy thuộc vào vùng làm việc của kết cấu, cường độ và độ chống thấm nước của bê tông phải đáp ứng yêu cầu quy định trong Bảng 5.

CHÚ THÍCH: Khuyến khích sử dụng silica fume cho bê tông trong môi trường biển với niên hạn sử dụng tới 50 năm nhằm nâng cao chất lượng và độ bền lâu của kết cấu.

**Bảng 5.** Yêu cầu đối với bê tông có sử dụng silica fume cho kết cấu bê tông cốt thép làm việc trong môi trường biển

Yêu cầu kỹ thuật	Vùng làm việc của kết cấu									
	Ngập nước		Nước lên xuống		Khí quyền					
					Trên mặt nước			Trên bờ và Gần bờ		
Mác theo cường độ chịu nén, lớn hơn	30	40	40	50	30	40	50	25	30	40
Mác chống thấm, lớn hơn	8	10	10	12	8	10	12	6	8	10
Ghi chú: Không bắt buộc áp dụng các yêu cầu về cường độ và độ chống thấm đối với các kết cấu bê tông không có cốt thép làm việc trong vùng khí quyền biển.										

4.3.5 Với niên hạn sử dụng trên 50 năm (tới 100 năm) có thể áp dụng các biện pháp:

- tăng cường độ bê tông thêm 10 MPa và độ chống thấm thêm một mác chống thấm hoặc tăng chiều dày lớp bê tông bảo vệ lên thêm 20 mm.

- sử dụng phụ gia silica fume để nâng cao độ đặc chắc, hạn chế sự xâm nhập của chloride. Mức độ thấm chloride của bê tông khi thí nghiệm theo TCVN 9337:2012 cần phải ở mức rất thấp (điện lượng

truyền qua mẫu từ 100 đến 1 000 culông). hoặc không đáng kể (điện lượng truyền qua mẫu không lớn hơn 100 culông).

## **5 Lựa chọn thành phần bê tông sử dụng silica fume**

### **5.1 Yêu cầu chung**

5.1.1 Việc sử dụng silica fume cần được đơn vị thiết kế chỉ định hoặc nhà thầu thi công đề xuất.

5.1.2 Khi chỉ định, đề xuất sử dụng silica fume, cần quy định cụ thể các yêu cầu kỹ thuật đối với silica fume và bê tông sử dụng silica fume.

5.1.3 Sử dụng silica fume trong bê tông chỉ được chấp thuận sau khi có kết quả thí nghiệm chứng minh sự phù hợp của silica fume với các yêu cầu đặt ra.

### **5.2 Vật liệu sử dụng**

5.2.1 Xi măng pooc lăng hoặc xi măng pooc lăng hỗn hợp cần thỏa mãn yêu cầu TCVN 2682:2009, TCVN 6260:2009. Ưu tiên sử dụng xi măng mác cao. Có thể sử dụng các loại xi măng khác đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo hướng dẫn trong TCVN 9035:2011..

5.2.2 Cốt liệu lớn cần thỏa mãn yêu cầu của TCVN 7570:2006.

Đối với bê tông cường độ cao, ưu tiên sử dụng đá dăm có mác từ 100 trở lên, có hàm lượng hạt thoi dẹt không vượt quá 15%. Nên sử dụng cốt liệu được phối trộn từ ít nhất hai cỡ hạt. Dmax của cốt liệu không nên lớn hơn 20 mm.

5.2.3 Cốt liệu nhỏ cần thỏa mãn yêu cầu của TCVN 7570:2006.

Đối với bê tông cường độ cao, mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ nên nằm trong khoảng từ 2,5 đến 3,2.

5.2.4 Nếu cốt liệu cho bê tông không thỏa mãn yêu cầu về hàm lượng chloride, cần xác định tổng lượng chloride trong bê tông theo TCVN 7572-15:2006. Tổng lượng chloride trong bê tông không được lớn hơn 0,6 kg/m<sup>3</sup> đối với bê tông cốt thép và không được lớn hơn 0,3 kg/m<sup>3</sup> đối với bê tông cốt thép ứng suất trước.

5.2.5 Phụ gia giảm nước cần thỏa mãn yêu cầu của TCVN 8826:2011. Ưu tiên sử dụng các loại phụ gia giảm nước có giá trị lượng nước trộn tối đa so với mẫu đối chứng nhỏ hơn 80% (ở lượng dùng khuyến cáo)

5.2.6 Silica fume và tro bay phải thỏa mãn các yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 8827:2011 hoặc các tiêu chuẩn nước ngoài tương ứng.

5.2.7 Phụ gia khoáng khác phải thỏa mãn các yêu cầu của tiêu chuẩn tương ứng. Tro bay phải thỏa mãn các yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 10302:2014. Xi hạt lò cao nghiền mịn phải thỏa mãn các yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 11586:2016.

### **5.3 Lựa chọn thành phần bê tông định hướng**

## CDKT

5.3.1 Thành phần bê tông được lựa chọn theo "Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại" và các khuyến cáo trong mục này.

### 5.3.2 Lựa chọn lượng dùng silica fume

5.3.2.1 Lượng dùng silica fume hoặc silica fume và phụ gia khoáng khác được xác định qua thí nghiệm thực tế chứng minh bê tông hoặc (và) hỗn hợp chất kết dính thỏa mãn các yêu cầu đặt ra. Lượng dùng sơ bộ có thể lấy theo khuyến cáo của nhà cung cấp hoặc các cơ quan chuyên môn.

5.3.2.2 Lượng dùng silica fume trong bê tông với xi măng pooc lăng (TCVN 2682:2009) thường không vượt quá 10% khối lượng chất kết dính, với xi măng pooc lăng hỗn hợp (TCVN 6260:2009) thường không vượt quá 8% khối lượng chất kết dính.

5.3.2.3 Lượng dùng silica fume kết hợp phụ gia khoáng khác thường có giá trị như sau:

- Khi dùng với xi măng pooc lăng, lượng dùng silica fume thường không vượt quá 10% khối lượng chất kết dính, lượng dùng phụ gia khoáng khác thường không vượt quá 25% khối lượng chất kết dính.
- Khi dùng với xi măng pooc lăng hỗn hợp, lượng dùng silica fume thường không vượt quá 8% khối lượng chất kết dính, lượng dùng phụ gia khoáng khác thường không vượt quá 15% khối lượng chất kết dính.

5.3.3 Lựa chọn lượng dùng silica fume cho bê tông trong môi trường sunphát là yêu cầu bắt buộc, phải được thực hiện trước khi lựa chọn thành phần bê tông. Trình tự tiến hành bao gồm các nội dung sau.

5.3.3.1 Lựa chọn tỷ lệ sơ bộ silica fume hoặc silica fume kết hợp với phụ gia khoáng khác nhau để tiến hành thí nghiệm. Tỷ lệ sơ bộ được lấy theo khuyến cáo của nhà cung cấp hoặc của các cơ quan chuyên môn. Nếu không có các khuyến cáo cụ thể, có thể tham khảo quy định tại 5.3.2. Trong thí nghiệm, nên sử dụng ít nhất 3 tỷ lệ phối trộn khác nhau với khoáng khác biệt 2-4 % đối với silica fume, 4-8% đối với phụ gia khoáng khác.

5.3.3.2 Tiến hành thí nghiệm xác định độ nở thanh vữa các hỗn hợp chất kết dính với tỷ lệ phụ gia khác nhau theo TCVN 7713:2007.

5.3.3.3 Tỷ lệ sử dụng phụ gia phù hợp là tỷ lệ cho kết quả độ nở thanh vữa thỏa mãn yêu cầu quy định trong Bảng 4. Cho phép sử dụng các tỷ lệ trung gian được xác định bằng nội suy trên cơ sở các kết quả thí nghiệm thực tế. Trong trường hợp thành phần vật liệu sử dụng được coi là ổn định, có thể tham khảo các kết quả thí nghiệm trước đó nếu được tiến hành trên cùng chủng loại vật liệu với điều kiện có thí nghiệm kiểm chứng.

5.3.4 Lượng dùng silica fume cho bê tông trong môi trường biển cần đáp ứng yêu cầu về chống xâm thực sulfat và yêu cầu về bảo vệ thép cốt trong bê tông. Lượng dùng sơ bộ có thể lấy theo 5.3.3.

5.3.5 Chủng loại và lượng dùng phụ gia giảm nước cần được lựa chọn để đáp ứng được các yêu cầu đặt ra đối với hỗn hợp bê tông và bê tông. Lượng dùng sơ bộ phụ gia giảm nước được lấy theo khuyến

cáo của nhà sản xuất và có thể được điều chỉnh trong quá trình thí nghiệm. Trong trường hợp không đáp ứng yêu cầu, cần xem xét thay đổi lượng dùng hoặc chủng loại phụ gia giảm nước.

5.3.6 Lượng nước ban đầu được ước tính theo "Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại", có tính đến khả năng giảm nước của phụ gia hóa học và mức độ tăng lượng dùng nước khi sử dụng silica fume. Với lượng dùng silica fume khoảng 5% trở lên, lượng nước cần tăng thêm để đạt cùng tính công tác có thể lấy gần bằng khối lượng silica fume. Lượng dùng nước cụ thể cần được hiệu chỉnh thông qua các mẻ trộn thực tế. Trong trường hợp sử dụng silica fume dạng hồ nước, lượng nước trong hỗn hợp hồ nước cần được tính gộp vào lượng nước trộn.

5.3.7 Khối lượng chất kết dính được tính bằng tổng khối lượng xi măng và phụ gia khoáng (silica fume hoặc silica fume và phụ gia khoáng khác). Khi đó, tỷ lệ CKD/N được sử dụng thay thế cho tỷ lệ X/N trong các tính toán.

5.3.8 Ảnh hưởng của silica fume đến cường độ bê tông có thể được tính đến thông qua hệ số k thể hiện khả năng thay thế xi măng của silica fume. Khi đó, cường độ bê tông phụ thuộc vào tỷ lệ chất kết dính quy đổi trên nước. Lượng chất kết dính quy đổi được tính theo công thức (1).

$$CKD_{qt} = X + k \times SF \quad (1)$$

trong đó:  $CKD_{qt}$  là cường độ bê tông, MPa

$k$  là hệ số thay thế xi măng của silica fume

$X, SF$  là lượng dùng xi măng, silica fume,  $kg/m^3$ .

Hệ số k phụ thuộc vào bản chất của phụ gia, xi măng, tuổi bê tông, ... và cần được xác định theo thực tế. Nếu không có các số liệu thực tế, có thể sử dụng giá trị  $k=2,0$  cho các tính toán ban đầu khi lượng dùng silica fume không quá 11% so với khối lượng xi măng.

5.3.9 Lượng dùng xi măng cần đáp ứng các yêu cầu sau:

5.3.9.1 Lượng dùng xi măng không nên vượt quá  $500 kg/m^3$  hoặc theo chỉ định của thiết kế;

5.3.9.2 Lượng dùng xi măng cho bê tông của kết cấu làm việc trong vùng khí quyển và vùng ngập nước không nhỏ hơn  $350 kg/m^3$ , trong vùng nước lên xuống là  $400 kg/m^3$ .

## 5.4 Trộn hỗn hợp bê tông sử dụng silica fume trong phòng thí nghiệm

5.4.1 Thiết bị và quy trình trộn hỗn hợp bê tông với silica fume trong phòng thí nghiệm phải đảm bảo phân tán đồng đều silica fume trong hỗn hợp bê tông.

5.4.2 Nếu không có các chỉ dẫn khác, khi trộn bê tông có sử dụng silica fume trong điều kiện phòng thí nghiệm, có thể áp dụng quy trình trộn sau đây:

- cho 75% nước và cốt liêt lớn vào thùng trộn;

## CDKT

- cho silica fume và thùng trộn đang quay;
- trộn 1,5 phút;
- cho xi măng và tro bay (nếu có) vào thùng trộn đang quay;
- trộn 1,5 phút;
- cho cốt liệu nhỏ và 25% nước còn lại vào thùng trộn (phụ gia siêu dẻo được trộn cùng lượng nước này);
- trộn 5 phút;
- nghỉ 3 phút;
- trộn 5 phút.

## 6 Sản xuất và thi công bê tông sử dụng silica fume

### 6.1 Kiểm soát chất lượng silicafume

#### 6.1.1 Silica fume được kiểm soát chất lượng theo lô.

CHÚ THÍCH: Bên cạnh các quy định của nhà sản xuất, lô silica fume phải được nhập khẩu theo cùng đơn hàng và cùng phương tiện vận chuyển.

#### 6.1.2 Lấy mẫu và kiểm tra chất lượng của silica fume tiến hành theo các quy định của TCVN 8827:2011.

#### 6.1.3 Trước khi đưa lô silica fume vào sản xuất phải tiến hành kiểm soát chất lượng theo tất cả các chỉ tiêu quy định trong tiêu chuẩn.

#### 6.1.4 Kiểm soát chất lượng đột suất được tiến hành khi có nghi ngờ về chất lượng sản phẩm. Kiểm soát chất lượng đột suất có thể tiến hành đánh giá một, một vài hoặc toàn bộ các chỉ tiêu quy định trong tiêu chuẩn.

### 6.2 Vận chuyển và lưu kho silica fume

#### 6.2.1 Silica fume dạng bột khô có thể được đóng bao đảm bảo chống ẩm và không bị rách vỡ khi vận chuyển. Kích thước bao nhỏ từ 15 kg đến 25 kg phù hợp với việc vận chuyển thô sơ, nhu cầu sử dụng hoặc đựng trong các bao chuyên dụng với kích thước lớn chứa từ 500 kg đến 1000 kg.

#### 6.2.2 Bao chuyên dụng với kích thước lớn được sản xuất với các dây đai đảm bảo thuận tiện cho việc nâng hạ bằng cầu. Bao dạng này cần có vòi đổ ở dưới cùng của bao để dễ dàng xả liệu vào khay tiếp nhận của silo hay thiết bị vận chuyển.

#### 6.2.3 Silicafume dạng bột khô đóng bao cần lưu trong kho có mái che.

#### 6.2.4 Silicafume dạng bột nén không đóng bao lưu kho dạng rời trong silo, vận chuyển bằng các thiết bị vận chuyển chuyên dụng (xe bồn, vít tải, bơm khí nén...).

6.2.5 Silicafume dạng bột rời nên được vận chuyển, lưu kho dạng đóng bao.

6.2.6 Silica fume dạng hồ cần được lưu trữ trong can, thùng phi hoặc bao PP dung tích 5 lít, 20 lít, 200 lít đảm bảo kín và vận chuyển bằng các thiết bị phù hợp tránh làm biến dạng, thủng, rách bao bì.

6.2.7 Silica fume dạng hồ không được đóng thùng, đóng bao cần vận chuyển và lưu trữ trong các thiết bị chuyên dụng có cánh khuấy hoặc bơm tuần hoàn đảm bảo độ đồng nhất của hỗn hợp.

### 6.3 Trộn hỗn hợp bê tông

6.3.1 Quy trình và thiết bị trộn hỗn hợp bê tông cần phải đảm bảo phân bố đồng đều các hạt silica fume trong toàn bộ mẻ trộn. Khi sử dụng silica fume dạng bột nén, quá trình trộn phải đảm bảo phá vỡ hoàn bộ các hạt bột nén. Trộn hỗn hợp bê tông nên thực hiện trong các máy trộn cưỡng bức.

6.3.2 Chế độ trộn để đạt được độ đồng nhất cần thiết nên được xác định thông qua thí nghiệm đánh giá độ đồng nhất của hỗn hợp bê tông. Để đạt được độ đồng nhất cần thiết khi sử dụng silica fume có thể cần tăng thời gian trộn hoặc giảm thể tích mẻ trộn. Nếu không có các số liệu cụ thể, có thể tham khảo các số liệu của nhà cung cấp.

CHÚ THÍCH: Chế độ trộn phù hợp có thể được xác định thông qua kết quả thí nghiệm độ đồng nhất của hỗn hợp bê tông theo tiêu chuẩn ASTM C94-14.

### 6.4 Tạo hình và hoàn thiện bề mặt

6.4.1 Tạo hình các cấu kiện và kết cấu bê tông sử dụng silica fume cần tuân thủ các yêu cầu theo TCVN 4453:1995.

6.4.2 Sử dụng silica fume làm tăng liên kết nội tại và giảm tách nước của hỗn hợp bê tông do đó, việc tạo hình và hoàn thiện bề mặt có thể cần được tiến hành theo quy trình riêng, nhất là với lượng dùng silica fume cao (10% trở lên).

6.4.3 Bề mặt khối đổ cần được tạo phẳng. Với hỗn hợp bê tông có độ linh động cao và tạo hình có sử dụng thiết bị đầm với chế độ rung hợp lý thì không cần thao tác cán tạo phẳng.

### 6.5 Bảo dưỡng

6.5.1 Công tác bảo dưỡng là bắt buộc đối với bê tông. Nếu không có các chỉ dẫn riêng, công tác bảo dưỡng được thực hiện theo TCVN 8828:2011.

CHÚ THÍCH: Do tác động của hiện tượng co nội tại nên bê tông sử dụng silica fume với tỷ lệ N/X thấp có thể vẫn bị nứt do co mặc dù được bảo dưỡng âm đầy đủ. Trong trường hợp này cần áp dụng thêm các biện pháp kỹ thuật khác nhằm tránh nứt kết cấu.

6.5.2 Bề mặt khối đổ cần được che phủ và tưới ẩm để tránh các ảnh hưởng bất lợi của thời tiết. Việc tưới ẩm bề mặt bê tông có thể tiến hành bằng các thiết bị phun nước tạo sương.

6.5.3 Trong trường hợp cần thiết, nên xem xét bổ sung các biện pháp kỹ thuật hạn chế hiện tượng co ngót nội tại của bê tông sử dụng silica fume khi tỷ lệ nước trên chất kết dính nhỏ hơn 0,35.

## **6.6 Kiểm soát chất lượng bê tông**

6.6.1 Kiểm soát quá trình sản xuất, thi công và chất lượng bê tông được tiến hành tuân thủ các yêu cầu quy định trong TCVN 4453:1995 và các yêu cầu bổ sung dưới đây.

6.6.2 Kiểm soát chế độ trộn để đảm bảo độ đồng nhất của hỗn hợp bê tông cần được thực hiện đối với các trạm trộn bê tông trước khi phê duyệt đưa vào sản xuất.

CHÚ THÍCH: Chế độ trộn phù hợp có thể được xác định thông qua kết quả thí nghiệm độ đồng nhất của hỗn hợp bê tông theo tiêu chuẩn ASTM C94-14.

6.6.3 Kiểm tra và đánh giá cường độ bê tông thực hiện theo yêu cầu quy định trong tiêu chuẩn TCVN 10303:2014.

6.6.4 Đối với bê tông trong môi trường xâm thực sulfat, kiểm soát độ nở thanh vữa chế tạo từ chất kết dính thực tế sử dụng. Đồng thời, kiểm soát chủng loại và tỷ lệ xi măng cũng như silica fume và phụ gia khoáng khác trong chế tạo bê tông.

6.6.5 Đối với bê tông trong môi trường biển, cần tuân thủ các yêu cầu quy định trong TCVN 9346:2012. Với bê tông có niên hạn sử dụng trên 50 năm cần kiểm soát thêm mức độ thấm chloride của bê tông.