

## SỬ DỤNG CỐT SỢI THÉP VÀ PHỤ GIA KHOÁNG SIÊU MỊN ĐỂ CHẾ TẠO BÊ TÔNG CHẤT LƯỢNG SIÊU CAO

Nguyễn Quang Phú<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Sử dụng cốt sợi thép, phụ gia khoáng siêu mịn và phụ gia siêu dẻo chế tạo bê tông chất lượng siêu cao có tính công tác tốt, cường độ nén rất cao phù hợp cho thi công các công trình giao thông và xây dựng đặc biệt quan trọng. Khi thay thế chất kết dính bằng (10÷30)% Silica fume, xi lò cao hoạt hóa là 25%, cốt sợi thép là 1,5%, kết hợp lượng dùng phụ gia siêu dẻo hợp lý sẽ chế tạo được bê tông có cường độ nén đạt trên 100MPa; bê tông thiết kế đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cho thi công các công trình xây dựng và giao thông tại Việt Nam.

**Từ khóa:** Bê tông chất lượng siêu cao; Silica fume; Xi lò cao; Cốt sợi thép; Phụ gia siêu dẻo.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông truyền thống với cường độ chịu nén từ 20÷40 MPa được sử dụng trong các công trình xây dựng từ cuối những năm 1800, phát triển từ sự ra đời của xi măng Poocăng vào năm 1824, với các vật liệu thành phần là xi măng Poocăng, nước, cát và sỏi hoặc đá dăm. Bê tông cường độ cao với cường độ chịu nén lên đến 60 MPa cũng đã được nghiên cứu, phát triển trên thế giới từ những năm đầu 1900 với sự xuất hiện của các loại phụ gia giảm nước, tăng dẻo và phụ gia khoáng silica fume hạt siêu mịn trong thành phần. Cho tới cuối những năm 1980, một loạt công trình nhà cao tầng sử dụng bê tông cường độ cao từ 80÷130 MPa đã được hoàn thành (Eng. Pshtivan, 2011). Bê tông cường độ cao hiện đang sử dụng khá rộng rãi trong xây dựng cầu và nhà cao tầng. Tuy nhiên các loại bê tông này vẫn tồn tại nhược điểm là giòn và chịu uốn, chịu kéo kém.

Ngày nay, các công trình cao tầng, đường cao tốc, cầu trên cao hay các công trình ngoài khơi càng phổ biến, chúng cần một loại vật liệu có khả năng chịu tải lớn, chịu mài mòn, va đập cao đồng thời có tuổi thọ lâu dài mà bê tông truyền thống không còn đáp ứng được. Từ sự cấp thiết đó, bê tông chất lượng siêu cao được nghiên cứu và ứng dụng với hy vọng thay thế được một số hạng mục kết cấu cầu, đường trên cao hiện nay đang sử dụng

bê tông truyền thống từ 40÷70 MPa và từng bước nghiên cứu ứng dụng bê tông chất lượng siêu cao trong một số hạng mục kết cấu công trình cầu, đường hiện đại, trong các công trình kỹ thuật quân sự và các công trình đặc biệt khác (De Larrard F, Sedran T, 1994; Hartmann J, Graybeal B 2001).

Về cốt liệu để chế tạo bê tông chất lượng siêu cao cần có độ đặc chắc rất cao, cốt liệu yêu cầu có khả năng chống lại sự thay đổi thời tiết, khả năng chống lại tác động nứt, vỡ hay kéo đứt, bám dính tốt hay khả năng gắn kết tốt với chất kết dính, có khả năng chống thấm, chống lại sự hao mòn gây ra bởi ma sát và mài mòn các hạt. Do đó, với các loại cốt liệu thông thường rất khó đáp ứng để chế tạo bê tông chất lượng siêu cao, cần thiết phải sử dụng một loại cốt liệu đặc biệt khác, đó là cát quartz có cường độ và độ đặc chắc rất cao. Tại Việt Nam, cát quartz cũng được khai thác khá phổ biến từ việc nghiền nhỏ đá quartz tại một số mỏ đá như: Thanh Sơn - Phú Thọ, Tiên Sơn - Hòa Bình, Xuân Lộc - Đồng Nai, Phú Yên.

Để tăng khả năng kháng uốn, kháng nứt cho bê tông chất lượng siêu cao, cần thiết phải sử dụng các loại cốt sợi trong thiết kế. Phạm vi nghiên cứu của đề tài sử dụng một số vật liệu cơ bản có sẵn tại thị trường trong nước như xi măng PC40, phụ gia khoáng siêu mịn Silica fume, kết hợp xi lò cao hoạt hóa của công ty Hòa Phát, cát quartz lấy từ mỏ đá Hòa Bình, cốt sợi thép và phụ gia siêu dẻo thế hệ mới để chế tạo được bê tông chất lượng siêu cao có

---

<sup>1</sup> Bộ môn Vật liệu xây dựng, Khoa Công trình

cường độ nén  $\geq 100$  MPa, cường độ uốn cao, khả năng chống thấm và chống mài mòn tốt.

## 2. VẬT LIỆU NGHIÊN CỨU

### 2.1. Xi măng

Xi măng sử dụng trong thí nghiệm là xi măng Pooclăng PC40 Chinfon - Hải Phòng đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 2682:2009. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của xi măng như trong bảng 1.

**Bảng 1. Kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu cơ lý của xi măng**

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả TNo
1	Khối lượng riêng	$g/cm^3$	3,12
2	Độ mịn (Lượng sót trên sàng 0,09)	%	3,2
3	Lượng nước tiêu chuẩn	%	28,2
4	Thời gian bắt đầu đông kết	phút	110
	Thời gian kết thúc đông kết	phút	305
5	Độ ổn định thể tích	mm	2,2
6	Giới hạn bền nén tuổi 3 ngày	$N/mm^2$	34,0
	Giới hạn bền nén tuổi 28 ngày	$N/mm^2$	52,5

### 2.2. Cát quartz

Cát quartz sử dụng trong đề tài được nghiền từ đá quartz của mỏ đá Tiến Sơn - Hòa Bình,

sau đó phân cỡ hạt cát có kích thước từ  $100 \div 600 \mu m$ , các chỉ tiêu cơ lý của cát được thể hiện trong bảng 2.

**Bảng 2. Các chỉ tiêu cơ lý của cát quartz**

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	$g/cm^3$	2,68
2	Khối lượng thể tích xốp	$g/cm^3$	1,48
3	Độ rỗng	%	44,8
4	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0
5	Độ ẩm	%	1,0
6	Tạp chất hữu cơ	-	Đạt

### 2.3. Đá dăm

Đề tài sử dụng đá dăm để chế tạo mẫu bê tông đối chứng so sánh với BTCLSC, đá dăm có  $D_{max}$

= 10 mm, các chỉ tiêu cơ lý của đá dăm đạt TCVN 7570:2006 như trong bảng 3.

**Bảng 3. Các tính chất cơ lý của đá dăm**

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	$g/cm^3$	2,75
2	Khối lượng thể tích xốp	$g/cm^3$	1,48
3	Khối lượng thể tích lèn chặt	$g/cm^3$	1,66
4	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0,65
5	Độ hút nước	%	0,49
6	Thành phần hạt	-	Đạt

### 2.4. Cát tự nhiên

Đề tài sử dụng cát vàng để chế tạo mẫu bê tông đối chứng so sánh với BTCLSC, cát thí nghiệm

đạt TCVN 7570:2006, các chỉ tiêu cơ lý của cát được thể hiện trong bảng 4.

**Bảng 4. Các tính chất cơ lý của cát tự nhiên**

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2,62
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm <sup>3</sup>	1,53
3	Độ rỗng	%	41,6
4	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	1,65
5	Mô đun độ lớn	-	2,66
6	Tạp chất hữu cơ	-	Đạt
7	Thành phần hạt	-	Đạt

**2.5. Nước**

Nước sử dụng để trộn và bảo dưỡng bê tông là nước sinh hoạt lấy tại phòng thí nghiệm phù hợp tiêu chuẩn TCVN 4506: 2012.

**2.6. Phụ gia khoáng****2.6.1. Silica fume**

Phụ gia khoáng sử dụng là Silica fume thay thế một phần xi măng trong các cấp phối bê tông thiết kế. Các tính chất cơ lý của Silica fume đảm bảo yêu cầu kỹ thuật theo ASTM C 1240-00 được trình bày trong bảng 5.

**Bảng 5. Tính chất cơ lý của Silica fume**

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả	Yêu cầu kỹ thuật ASTM C 1240-00
1	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2,42	-
2	Độ ẩm	%	1,76	-
3	Hàm lượng mất khi nung	%	2,80	≤ 6,0
4	Hàm lượng SiO <sub>2</sub>	%	89,5	SiO <sub>2</sub> ≥ 85,0
5	Hàm lượng SO <sub>3</sub>	%	0,05	< 2,0
6	Hàm lượng CaO	%	0,66	< 1,0
7	Hàm lượng Cl	%	0,01	< 0,3

**2.6.2. Xi lò cao hoạt hóa**

Xi lò cao hoạt hóa nghiền mịn được mua từ công ty Hòa Phát (khu công nghiệp luyện gang

thép Hòa Phát - Kinh Môn - Hải Dương), xi có các chỉ tiêu cơ lý thỏa mãn theo TCVN 11586:2016 thể hiện ở bảng 6.

**Bảng 6. Tính chất của xi lò cao hoạt hóa**

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2,97
2	Chỉ số hoạt tính với xi măng	%	108,6
3	MKN	%	0,91
4	Độ mịn	cm <sup>2</sup> /g	3600

**2.7. Phụ gia hóa học**

Để hỗn hợp bê tông có tính công tác và khả năng đầm chặt tốt thì hỗn hợp bê tông thiết kế không được phép xảy ra hiện tượng phân tầng và tách nước, trong nghiên cứu chế tạo BTCLSC đã sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao gốc

Polycarboxylate (PC), Grace ADVA 181 với lượng dùng thông qua thí nghiệm cụ thể.

**2.8. Cốt sợi thép**

Cốt sợi thép sử dụng trong đề tài là sợi Dramix OL13/0,2 đạt tiêu chuẩn ASTM A820-01, các tính chất cơ lý của sợi thể hiện ở bảng 7.

**Bảng 7. Các tính chất cơ lý của cốt sợi thép Dramix OL13/0,2**

STT	Tính chất	Thông số kỹ thuật
1	Hình dạng sợi	Thẳng
2	Tiết diện ngang	Tròn
3	Chiều dài L (mm)	13
4	Đường kính D (mm)	0,2
5	Tỉ lệ hướng sợi (L/D)	65
6	Lực kéo đứt (MPa)	2750

### 3. THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG VÀ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

#### 3.1. Thiết kế cấp phối bê tông thí nghiệm

Sử dụng phương pháp thiết kế thành phần bê tông chất lượng siêu cao theo tiêu chuẩn ACI 211-4R:1993 (phương pháp của Viện bê tông Mỹ).

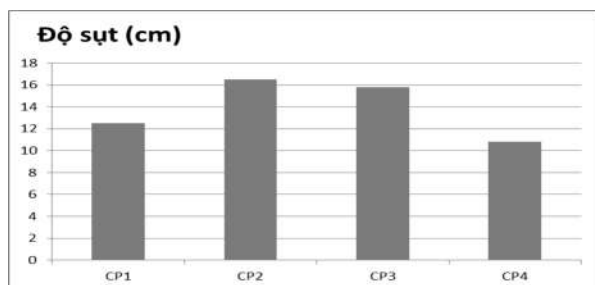
Dựa trên các loại vật liệu đã nghiên cứu để chế tạo BTCLSC với yêu cầu của mẫu đối chứng có cường độ nén ở tuổi 28 ngày đạt M100, thay đổi lượng dùng Silica Fume (SF) để thay thế xi măng trong thành phần chất kết dính, giữ nguyên lượng

phụ gia siêu dẻo và các thành phần vật liệu khác của bê tông. Tất cả các cấp phối sử dụng hàm lượng xi lò cao hoạt hóa (GBFS) là 25%CKD, hàm lượng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao ADVA 181 là 1,1 lít/100kg CKD, hàm lượng cốt sợi thép là 1,5% chất kết dính (*Eng. Pshitiwan N. Shakor & Prof. S. S. Pimplikar, 2011*); tỷ lệ C/CKD = 0,85 (*De Larrard F, Sedran T, 1994*). Trong thí nghiệm, tỷ lệ N/CKD = 0,18 và với các tỷ lệ SF thay thế xi măng lượt là 10%; 20% và 30%CKD. Kết quả thiết kế thành phần vật liệu cho các cấp phối BTCLSC như trong bảng 8.

**Bảng 8. Thành phần vật liệu cho 1m<sup>3</sup> BTCLSC**

Cấp phối	Xi măng (kg)	Silica fume (kg)	Xi lò cao (kg)	Cát quartz (kg)	Cốt sợi thép (kg)	Nước (lít)	Phụ gia ADVA 181 (lít)	Tỉ lệ N/CKD
CP1	885	0	295	1003	17,7	212,4	12,98	0,18
CP2	767	118	295	1003	17,7	212,4	12,98	0,18
CP3	649	236	295	1003	17,7	212,4	12,98	0,18
CP4	531	354	295	1003	17,7	212,4	12,98	0,18

#### 3.2. Thí nghiệm xác định hàm lượng SF hợp lý



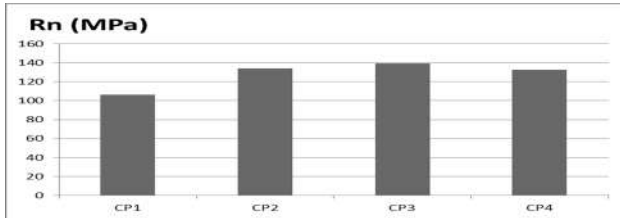
*Hình 1. Biểu đồ độ sụt của các mẫu bê tông thí nghiệm*

Để tìm được hàm lượng SF hợp lý trong thành phần của BTCLSC, đề tài tiến hành thí nghiệm so

sánh độ sụt và cường độ nén ở tuổi 28 ngày của tất cả các cấp phối bê tông thiết kế trong bảng 8. Kết quả thí nghiệm độ sụt và cường độ nén ở tuổi 28 ngày của các cấp phối bê tông được thể hiện ở hình 1 và hình 2.

*Nhận xét:* Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi sử dụng SF thay thế xi măng 10% và 20%.CKD thì tính công tác của hỗn hợp bê tông tăng so với mẫu đối chứng (CP1). Sự cải thiện tính công tác của hỗn hợp bê tông khi có mặt SF là do hiệu ứng điền đầy. Tuy vậy, khi tăng hàm lượng dùng SF, do tỷ diện của SF rất lớn, khoảng 18.000 ÷ 20.000 m<sup>2</sup>/kg, nên cần một lượng nước rất lớn để

thấm ướt bề mặt các hạt SF và hiệu ứng này không thể bù đắp lại được các hiệu ứng có lợi của SF. Điều này thấy rõ khi hàm lượng SF tăng lên 30% thì tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm; qua thí nghiệm nhận thấy hỗn hợp BTCLSC sử dụng 10÷20% có tính công tác tốt nhất.



Hình 2. Biểu đồ cường độ nén của các mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày.

*Nhận xét:* Khi tăng tỷ lệ của Silica fume, thì cường độ nén của BTCLSC tăng lên, tăng lần lượt là 26%; 32% và 24% so với mẫu đối chứng khi hàm lượng SF thay thế xi măng tương ứng là 10%; 20% và 30%. Khi tỷ lệ Silica fume vượt quá 20%, cường độ BTCLSC có xu hướng giảm,

điều này có thể do thực tế là phản ứng pozzolanic không hết với thành phần hoạt tính  $SiO_2^{VDH}$  và hiệu ứng điền đầy của phụ gia Silica fume chưa triệt để.

Như vậy, từ kết quả thí nghiệm độ sụt và cường độ nén của BTCLSC cho thấy tỷ lệ SF thay thế xi măng tối ưu là từ (10 ÷ 20)%CKD, hỗn hợp bê tông cho tính công tác tốt nhất, cường độ nén của bê tông phù hợp nhất. Vì vậy, để đáp ứng hiệu quả về mặt kinh tế và kỹ thuật, đề tài sử dụng cấp phối BTCLSC với hàm lượng SF thay thế xi măng là 10%CKD để làm thí nghiệm so sánh với bê tông chế tạo sử dụng đá dăm và cát tự nhiên thay thế cho cát quartz.

### 3.3. Thí nghiệm so sánh và đánh giá một số chỉ tiêu kỹ thuật của BTCLSC

Đề tài tiến hành nghiên cứu một số chỉ tiêu kỹ thuật của mẫu BTCLSC với cấp phối CP2, đồng thời so sánh với mẫu bê tông sử dụng cốt liệu là đá dăm và cát tự nhiên (CP0) thay cho cát quartz, cấp phối bê tông đó được thể hiện trong bảng 9 dưới đây.

Bảng 9. Thành phần vật liệu cho 1m<sup>3</sup> bê tông nghiên cứu

Cấp phối	XM (kg)	SF (kg)	GBFS (kg)	Cốt liệu			Cốt sợi thép (kg)	N (lít)	Phụ gia ADVA 181 (lít)
				Đá dăm (kg)	Cát tự nhiên (kg)	Cát quartz (kg)			
CP0	767	118	295	1079	658	-	17,7	212,4	12,98
CP2	767	118	295	-	-	1003	17,7	212,4	12,98

Tiến hành thí nghiệm độ sụt, cường độ nén ở tuổi 28 ngày và độ mài mòn của mẫu bê tông CP0, sau đó so sánh với chỉ tiêu kỹ thuật này của

mẫu BTCLSC CP2 đã chọn ở trên, cho ta kết quả như bảng 10.

Bảng 10. So sánh độ sụt và cường độ nén của 2 cấp phối bê tông

Cấp phối	Cốt liệu	Độ sụt (cm)	Rn, 28 ngày, MPa	Độ mài mòn (%)
CP0	Đá dăm, cát tự nhiên	22,6	91,7	2,68
CP2	Cát quartz	16,5	134,2	0,95

*Nhận xét:* Dựa vào kết quả của bảng 10 cho thấy, nếu thay thế cốt liệu đá dăm và cát tự nhiên cho cốt liệu là cát quartz thì độ sụt của hỗn hợp bê tông của cấp phối CP0 rất cao, điều này dễ nhận thấy là cốt liệu tự nhiên đá dăm và cát tự nhiên có

kích thước hạt lớn hơn cát quartz, khả năng hút nước thấp hơn rất nhiều, do vậy với cùng tỷ lệ N/CKD và PGSD thì cấp phối CP0 sẽ cho độ sụt cao hơn rất nhiều.

Tuy nhiên cường độ nén của cấp phối CP0 sau

28 ngày tuổi chỉ đạt  $R_n < 100\text{MPa}$ , giảm đến 31,7% so với cường độ nén của BTCLSC (CP2). Lý do là đá dăm là cốt liệu lớn, dễ bị nứt gãy khi chịu tải trọng, bản thân của cốt liệu đá dăm kém đặc chắc và chịu lực cũng thấp hơn cát quartz rất nhiều; bên cạnh đó lỗ rỗng vùng chuyển tiếp giữa đá xi măng và cốt liệu đá dăm sẽ lớn hơn rất nhiều so với cốt liệu chỉ có cát quartz, do đó khả năng gắn kết giữa đá xi măng và cốt liệu đá dăm sẽ kém hơn. Việc sử dụng cát quartz với kích thước hạt nhỏ sẽ làm cho khả năng gắn kết với đá xi măng tốt hơn, bê tông đặc chắc và cho cường độ cao hơn.

Cấp phối CP2 sử dụng cát quartz cũng có độ mài mòn rất thấp so với khi sử dụng cốt liệu thông thường (CP0), qua đó nhận thấy BTCLSC đáp ứng được các yêu cầu xây dựng cho các công trình có chất lượng và tính bền cao.

#### 4. KẾT LUẬN

Dựa vào một số kết quả thí nghiệm đã thực hiện cho thấy với các loại vật liệu đã nghiên cứu có trên thị trường trong nước hoàn toàn có thể chế tạo được BTCLSC với cường độ nén  $>100\text{MPa}$ , khả năng chống mài mòn rất tốt. Từ đây mở ra một triển vọng mới trong ngành sản xuất bê tông

của nước ta, nhằm đáp ứng xây dựng các công trình đặc biệt như các công trình chịu phóng xạ, nhà siêu cao tầng, đường cao tốc, cầu trên cao hay các công trình ngoài khơi, chúng cần một loại vật liệu có khả năng chịu tải lớn, chịu mài mòn, va đập cao, đồng thời có tuổi thọ lâu dài mà bê tông truyền thống không còn đáp ứng được.

Với các loại vật liệu sử dụng trong nghiên cứu, để chế tạo BTCLSC có cường độ cao và khả năng chịu mài mòn tốt, nhất thiết phải sử dụng phụ gia khoáng siêu mịn là SF, bên cạnh đó cần kết hợp sử dụng xỉ lò cao hoạt hóa để tăng tính công tác cho hỗn hợp BTCLSC, tăng độ đặc chắc tối đa cho bê tông để đạt được cường độ cũng như độ bền tốt nhất cho BTCLSC.

Để tăng khả năng va đập, tăng khả năng kháng nứt, kháng uốn tốt, giảm co ngót cho BTCLSC, cốt sợi thép là thành phần vật liệu không thể thiếu trong thiết kế BTCLSC. Khi sử dụng cốt sợi thép trong thành phần của BTCLSC thì độ sụt của hỗn hợp bê tông đối chứng giảm rất mạnh. Bên cạnh đó, tỷ lệ N/CKD của BTCLSC rất thấp, vì vậy để đảm bảo tính công tác của hỗn hợp BTCLSC thì bắt buộc phải sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- ASTM A820-01, “Sợi thép cho bê tông. Yêu cầu kỹ thuật”.
- TCVN 11586:2016, “Xỉ lò cao hoạt hóa nghiền mịn cho bê tông và vữa”.
- TCVN 2682:2009, “Xi măng Poóclăng. Yêu cầu kỹ thuật”.
- TCVN 3106:2007, “Hỗn hợp bê tông nặng. Phương pháp thử độ sụt”.
- TCVN 3118:2012, “Bê tông nặng. Phương pháp xác định cường độ nén”.
- TCVN 7570:2006, “Cốt liệu cho bê tông và vữa. Yêu cầu kỹ thuật”
- ASTM C 1240 -00, “Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures”.
- De Larrard F, Sedran T (1994), "Optimization of ultra-high-performance concrete by the use of a packing model", *Cement and Concrete Research*. 24(6), p. 997-1009.
- Eng. Pshtivan N. Shakor, Prof.S.S. Pimplikar (2011), “Glass Fiber Reinforced Concrete Use in Construction”, *International Journal of Technology and Engineering System*: Jan - Mach 2011, Vol.2, No.2.
- Hartmann J, Graybeal B (2001), "Testing of ultra-high performance concrete girders, *Proc. PCI annual convention*", Oct. Reno. NV, USA.
- Jacques Resplendino, Jérôme Petitjean (2003), *Ultra-High Performance Concrete: First Recommendations and Examples of Application*, ISHPC.
- Jones M, Zheng L, Newlands M (2002), "Comparison of particle packing models for proportioning concrete constituents for minimum voids ratio", *Materials and Structures*. 35(5), p. 301-309.

Kollmorgen G.A (2004), “*Impact of Age and Size on the Mechanical Behavior of an UltraHigh Performance Concrete*”, Michigan Technological University.

**Abstract:**

**USING OF STEEL FIBER AND ULTRA-FINE MINERAL ADDITIVES  
TO MANUFACTURE THE ULTRA HIGH PERFORMANCE CONCRETE**

*Using of steel fiber and ultra-fine mineral additives with superplasticizer to manufacture the Ultra High Performance Concrete component with good workability, very high compressive strength, suitable for the especially important transports and constructions. When replacing the binder with (10÷30)% Silica fume and 25% Blast Furnace Granulated Slag, and the steel fiber with the content of 1,5%, combined using of reasonable superplasticizer, the concrete will be manufactured with compressive strength over 100MPa; the designed concrete to meet the technical requirements for constructions and transports in Vietnam.*

**Keywords:** Ultra High Performance Concrete (UHPC); Silica fume (SF); Blast Furnace Granulated Slag (BFGS); Steel fiber; Superplasticizer.

---

*Ngày nhận bài: 23/4/2020*

*Ngày chấp nhận đăng: 18/5/2020*