

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI NCKH SINH VIÊN**

**ỨNG DỤNG BÊ TÔNG TÍNH NĂNG SIÊU CAO
TRONG XÂY DỰNG NHÀ NHIỀU TẦNG**

- Trưởng nhóm nghiên cứu : **Konsy LAICHITH, Lớp DCXDDC62**

- Thành viên tham gia thực hiện :

Anousone SORMIXAY, lớp: DCXDDC61

Phisanou TAYMANY, lớp: DCXDDC62

Syphone THANOUXAY, lớp: DCXDDC62

Kai VILAIYANG, lớp: DCXDDC62

- Người hướng dẫn: **PGS. TS. Nguyễn Xuân Mãn**

Hà Nội, Tháng 4 năm 2021

Mục lục

Chương , mục	Trang
Mục lục	1
Danh mục bảng biểu	1
Danh mục những từ viết tắt (xếp theo thứ tự bảng chữ cái)	2
Mở đầu	4
I.Khái niệm về bê tông tính năng siêu cao bê tông tính năng siêu cao. Những đặc tính kỹ thuật và tính công tác của bê tông tính năng siêu cao.	6
II.Thành phần của bê tông tính năng siêu cao	8
III.Thi công bê tông tính năng siêu cao	22
IV. Lĩnh vực sử dụng bê tông tính năng siêu cao trong xây dựng	25
V.Những đề xuất về sử dụng bê tông tính năng siêu cao trong xây dựng công trình nhà nhiều tầng.	37
Kết luận	40
Tài liệu tham khảo	41

Danh mục bảng biểu

Tên bảng biểu	Trang
Bảng 1. Sử dụng BTCLSC - TĐ trong một số công trình xây dựng	7
Bảng 2. Thành phần UHPC điển hình	8
Bảng 3. Một số tính chất cơ lý của xi măng	11
Bảng 4. Cấp phối bê tông chất lượng siêu cao sử dụng trong nghiên cứu	16
Bảng 5. So sánh giữa bê tông thường NSC và bê tông UHPC	40

Danh mục những từ viết tắt (xếp theo thứ tự bảng chữ cái);

Từ viết đầy đủ	Viết tắt
Bê tông	BT
Tính năng siêu cao	TNSC
Bê tông tính năng siêu cao	BTTNSC
Bê tông chất lượng siêu cao	BTCLSC
Độ sụt	SN
Độ xòe	DX
Độ cứng	ĐC
Độ linh hoạt	ĐLH
Tính công tác	TCT
Độ chảy	ĐC
Độ tách nước	ĐTN
Độ mịn của xi măng	ĐMXM
Hàm lượng nước	HLN
Hệ số dùng nước của xi măng để thủy hóa bình thường	K_N
Bê tông chất lượng siêu cao (Tiếng Anh: Ultra High Performance Concrete)	BTCLSC (Tiếng Anh: UHPC)
Phụ gia	PG
Phụ Gia siêu dẻo	PGSD
Bê tông thường	NSC
Sợi thép	ST
Thành phần bê tông	TPBT
Xi măng	X
Nước	N
Đá, sỏi	S
Cát	C
Cốt liệu thô	CLT
Cốt liệu nhỏ	CLN
Cốt liệu mịn	CLM
Đường kính lớn nhất (kích thước lớn nhất)	d_{\max}

Đường kính nhỏ nhất (kích thước nhỏ nhất)	d_{\min}
Cường độ chịu uốn	R_u
Cường độ chịu nén	R_n
Cường độ chịu kéo	R_k
Cường độ của bê tông ở tuổi 3 ngày sau pha trộn	R_{3ng}
Cường độ của bê tông ở tuổi 7 ngày sau pha trộn	R_{7ng}
Cường độ của bê tông ở tuổi 28 ngày sau pha trộn	R_{28ng}
Mô đun đàn hồi	E
Hệ số thấm	K_{th}
Độ ẩm	W
Dung trọng thể tích	γ_v
Dung trọng riêng	γ_r
Ăn mòn BT	AMBT
Ăn mòn cốt liệu	AMCL
Độ thấm Cl	ĐTCI
Trương nở thể tích	TNTT
Độ rỗng	N
Chất kết dính	CKD
Tỷ lệ nước -xi măng	N/X
Tỷ lệ nước-chất kết dính	N/CKD
Khối lượng	KL
Silica fume	SF
Tro bay	FA
Polycarboxylates	PC
Vinylcopolymers	VC
Polyme Viscocrete	PV
Ligno Sulphonates	LS
Naphthalene Sulphonate Polycondesate	BMS
Polime gốc sulphonated melamine	MFS

Mở đầu

Xuất hiện vật liệu bê tông sau đó là bê tông cốt thép đã làm thay đổi, tạo nên cuộc cách mạng trong ngành xây dựng. Cùng với những tiến bộ trong lĩnh vực hóa học, vật lý, ngành vật liệu xây dựng có những đột phá lớn trong công nghệ chế tạo và thi công các loại vật liệu mới, làm nên những kỳ tích mới trong ngành xây dựng.

Bê tông trên nền tảng của chất kết dính là xi măng Pooclang đã làm cho tốc độ xây dựng trong mọi lĩnh vực có sự tăng trưởng vượt bậc với sản lượng rất lớn.

Các loại bê tông chịu nước, chịu nhiệt, chịu ăn mòn Clo, ăn mòn sulfat; bê tông nhẹ, bê tông xốp, bê tông cường độ cao, bê tông dẻo, bê tông khí áp chung ,...đã được chế tạo và đưa vào xây dựng.

Gần đây bê tông tự đầm hay bê tông tự lèn đã được áp dụng trong xây dựng các công trình có mật độ cốt thép lớn, không gian đổ hạn chế được Hoa Kỳ, Châu Âu, Nhật Bản sử dụng trong nhiều lĩnh vực xây dựng: Cầu, cống, tháp, hầm và nhà nhiều tầng.

Trong báo cáo của chuyên đề này nhóm tác giả đã trình bày về ứng dụng bê tông tính năng siêu cao trong xây dựng nhà nhiều tầng.

Trong báo cáo này khái niệm bê tông tính năng siêu cao (BTTNSC) đồng nghĩa với bê tông chất lượng siêu cao (BTCLSC). Cũng cần thấy rằng BTTNSC hay BTCLSC có các đặc tính kỹ thuật, đặc tính công nghệ rất cao đáp ứng cho những lĩnh vực xây dựng đòi hỏi chất lượng cao, tuổi thọ lớn trong môi trường không thuận lợi khi sử dụng bê tông thường. Cũng không nhầm giữa bê tông cường độ siêu cao (BTCĐSC) với BTTNSC hay BTCLSC. Bê tông TNSC hay bê tông CLSC vừa có cường độ siêu cao, vừa có độ sụt rất lớn, độ xòe lớn nên có thể không cần đầm khi đổ bê tông đúc cấu kiện xây dựng.

Những nội dung chính được đề cập trong đề tài bao gồm:

- Khái niệm về bê tông tính năng siêu cao. Những đặc tính kỹ thuật và tính công tác của bê tông tính năng siêu cao.
- Thành phần của bê tông tính năng siêu cao.
- Thi công bê tông tính năng siêu cao.

- Lĩnh vực sử dụng bê tông tính năng siêu cao trong xây dựng.
- Những đề xuất về sử dụng bê tông tính năng siêu cao trong xây dựng công trình nhà nhiều tầng.

Mục tiêu của đề tài là:

- Nâng cao nhận thức và sự hiểu biết về bê tông tính năng siêu cao;
- Lĩnh vực áp dụng sử dụng bê tông tính năng siêu cao trong các công trình xây dựng nói chung và trong xây dựng nhà nhiều tầng nói riêng.

Kết quả đạt được sẽ là:

- Hiểu biết về thành phần và phương pháp thi công bê tông tính năng siêu cao;
- Biết lựa chọn lĩnh vực xây dựng để sử dụng bê tông tính năng siêu cao trong xây dựng nói chung và trong công nghệ thi công nhà nhiều tầng bằng bê tông và bê tông cốt thép nói riêng.

Trong quá trình tiến hành đề tài Nhóm nghiên cứu đã được Thầy PGS.TS. Nguyễn Xuân Mãn, Bộ môn Kỹ thuật xây dựng hướng dẫn chu đáo.

Tuy nhiên do kiến thức còn nhiều hạn chế nên đề tài còn có nhiều khiếm khuyết cả về nội dung và hình thức. Nhóm tác giả mong nhận được sự quan tâm, sự góp ý của các thầy cô và các bạn sinh viên để hoàn chỉnh báo cáo đề tài.

Chúng em chân thành cảm ơn Khoa Xây dựng, Nhà trường, nhất là Bộ môn Kỹ thuật Xây dựng đã tạo điều kiện để chúng em bước đầu làm quen, tập sự với công tác nghiên cứu khoa học.

I. Khái niệm về bê tông (BT) tính năng siêu cao (TNSC).

Bê tông chất lượng siêu cao, tiếng Anh là: Ultra High Performance Concrete (UHPC) là hỗn hợp bê tông trộn sẵn có sử dụng cốt sợi kim loại phân tán và phụ gia siêu dẻo (PGSD). Loại bê tông này được dùng trong các kết cấu đặc biệt có cường độ rất cao, khả năng chịu va đập và chịu mài mòn lớn.

Bê tông có tính năng siêu cao (BTCLSC) là kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học Hoa Kỳ, Nhật Bản và Âu châu những năm 70-80 của thế kỷ trước, trên cơ sở phát triển phụ gia siêu dẻo Polyme thế hệ mới. Ngày nay BTTNSC được sử dụng rộng rãi trên thế giới; có các đặc tính cơ bản như sau (AFGC-SETRA, 2002):

1.1. Các đặc tính của BTTNSC-TĐ cho dưới đây:

- Cường độ chịu kéo R_k ở tuổi:
 - 3 ngày: $R_k \geq 6 \text{ mm}^2$;
 - 7 ngày: $R_k \geq 10 \text{ mm}^2$;
 - 28 ngày: $R_k \geq 12 \text{ mm}^2$;
- Cường độ chịu nén R_n ở tuổi :
 - 3 ngày: $R_n \geq 50 \text{ mm}^2$;
 - 7 ngày: $R_n \geq 80 \text{ mm}^2$;
 - 28 ngày: $R_n \geq 120 \text{ mm}^2$;
- Chất kết dính (xi măng) có dạng bột, màu xám
- Kích thước lớn nhất của cốt liệu: 1.0mm
- Dạng đổ đông là 2,2 tấn/ khối
- Khối lượng thể tích của hỗn hợp: ~2.4 kg/lít; bê tông thành phẩm có khối lượng thể tích từ 2,4-2,5 tấn/ khối.
- Hàm lượng nước: 9.0-10.0%
- Độ tách nước: 0%
- Mô đun đàn hồi: $\geq 45 \text{ Gpa}$
- Độ thấm thấp, do đó cấu kiện làm từ loại bê tông này có khả năng chống thấm cao;
- Chống thấm Cl^- rất cao, do đó có thể chịu được trong môi trường biển;
- Độ chảy từ 500 -700 mm và độ linh động (độ sụt SN) từ 160-180mm; do đó có thể tự chảy dưới tác dụng của trọng lượng bản thân để lấp đầy hoàn toàn ván khuôn khi

có mật độ cốt thép dày đặc mà không cần đầm rung (loại bê tông này gọi là bê tông tự đầm, bê tông tự lèn hay bê tông chảy);

- Hỗn hợp bê tông giữ nguyên tính đồng nhất trong suốt quá trình vận chuyển và thi công, không bị phân tách các thành phần, không phân lớp.

1.2. Ưu điểm của bê tông tính năng siêu cao

Bê tông TNSC không độc hại, các thành phần trộn sẵn, thi công dễ dàng; hỗn hợp có khả năng tự chảy, không tách nước, không phân tầng; cường độ chịu uốn và cường độ chịu nén cao, khả năng chống thấm lớn, chống ăn mòn rất tốt; khả năng chịu va đập, mài mòn lớn.

Bê tông tính năng siêu cao, tự đầm (BTTNSC-TĐ) thường ứng dụng cho các cấu kiện bê tông cốt thép sau đây: bộ móng máy, đường ray, gối cầu; mặt đường chịu va đập (xe bánh xích...); các kết cấu dầm cầu, tấm mỏng; các kết cấu chịu ăn mòn, mài mòn; các vị trí yêu cầu bê tông có cường độ cao, khả năng chịu va đập mài mòn lớn; cấu kiện có mật độ cốt thép dày đặc, điều kiện thi công khó khăn như vỏ hầm bê tông cốt thép, cột khung nhà, các dầm, sàn thi công tại chỗ vận chuyển vừa theo đường ống. Trên bảng 1 (Graybeal, B.A., 2005) chỉ ra một số công trình xây dựng sử dụng BTTNSC - TĐ trên thế giới (xem bảng 1).

Bảng 1. Sử dụng BTCLSC - TĐ trong một số công trình xây dựng
(Graybeal, B.A., 2005)

TT	Tên công trình sử dụng	R_n^{28} , Mpa	E_{dh} , Gpa	SN, cm	Năm SD
1	Cat Point Creek Bridge, Richmond County, Virginia, USA	170	45	16	2013
2	Hawkeye Bridge Buchanan County, Iowa, USA	148	45	16	2015
3	Footbbridge in Changsha, China	90	45	16	2016

Ở Việt Nam cũng đã có một số công trình công bố nghiên cứu về BTTNSC – TĐ, đã đưa ra khuyến nghị sử dụng tổ hợp phụ gia khoáng silica fume và tro bay để thay thế một phần xi măng trong chế tạo bê tông chất lượng siêu cao (KOLLMORGEN, G.A. , 2004; Nguyễn Công Thắng và nnk , 2015). Hiện nay tại Trung tâm Phát triển Công nghệ cao thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (HL KH-CN VN) đang tiến hành đề tài khoa học độc lập cấp Nhà nước “ *Nghiên cứu công nghệ chế tạo bê tông tính*

năng siêu cao (UHPC) phục vụ xây dựng một số công trình quốc phòng”; mã số: TĐLCN.37/18; giai đoạn 2019-2021. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu còn dừng ở những kết luận lý thuyết và thực nghiệm sơ khai, chưa được đưa vào ứng dụng rộng rãi trong xây dựng. Đồng thời để chế tạo BTCLSC –TĐ đòi hỏi cần nhập các nguyên liệu thành phần và giá thành của sản phẩm còn khá cao nên hạn chế sử dụng trong thực tế xây dựng.

Trong bài viết này chúng tôi đã tiến hành việc xác định các thành phần của BTCLSC-TĐ bằng lý thuyết và thực nghiệm. Điều này góp phần quan trọng trong việc phát triển và ứng dụng loại bê tông này trong công nghiệp xây dựng ở Việt Nam.

II. Thành phần của bê tông tính năng siêu cao UHPC

UHPC được sử dụng trong nghiên cứu này là một sản phẩm được cấp bằng sáng chế của một nhà sản xuất bê tông lớn trên toàn thế giới. Sản phẩm là một bê tông bột phản ứng được bán trên thị trường dưới tên Ductal. Sản phẩm này có một số thành phần vật liệu khác nhau tùy thuộc vào ứng dụng particular. Một phương án điển hình được cung cấp **trong bảng 2**.

Bảng 2. Thành phần UHPC điển hình

Vật liệu	Lượng, kg/m ³ (lb/yd ³)	Phần trăm theo trọng lượng, %
Xi măng Portland	712 (1,200)	28.5
Cát mịn	1020 (1,720)	40.8
Khối silica	231 (390)	9.3
Thạch anh mặt đất	211 (355)	8.4
Phụ gia siêu dẻo	30.7 (51.8)	1.2
Accelerator	30.0 (50.5)	1.2
Sợi thép	156 (263)	6.2
Nước	109 (184)	4.4
1 kg/m ³ = 1,686 lb/yd ³		

Tỷ lệ vật liệu cấu thành đã được xác định, một phần, dựa trên tối ưu hóa hỗn hợp hạt. Phương pháp này cho phép một ma trix bê tông được phân loại mịn và đồng nhất cao.

Cát mịn, thường nằm trong khoảng từ 150 đến 600 micromet (μm), về mặt kích thước là vật liệu dạng hạt lớn nhất. Hạt lớn nhất tiếp theo là xi măng có đường kính trung bình xấp xỉ 15 μm . Có kích thước tương tự là thạch anh nghiền với đồng hồ diatrung bình là 10 μm . Hạt nhỏ nhất, khối silica, có đường kính đủ nhỏ để lấp đầy khoảng trống kẽ giữa xi măng và các hạt thạch anh nghiền nát.

Về mặt kích thước, thành phần lớn nhất trong hỗn hợp là sợi thép. Trong nghiên cứu này, sợi thép trong hỗn hợp có đường kính 0,2 mm (mm) (0,008 inch) và chiều dài 12,7 mm (0,5 inch). Với kích thước tương đối của cát và sợi, các sợi thép có thể củng cố ma trận bê tông ở cấp độ vi mô. Một sự phân biệt khác về tính chất của sợi thép được cung cấp trong phần 2.3.

II.1. Đặt vấn đề – tính cấp thiết của nghiên cứu

Bê tông chất lượng siêu cao là một trong những loại bê tông đầy triển vọng của thế kỷ 21, với các tính chất đặc biệt như độ chảy cao, cường độ cao, độ thấm thấp và độ bền cao. Tuy nhiên, trong bê tông chất lượng siêu cao, lượng xi măng sử dụng rất lớn, khoảng 900 – 1000 kg/m³, điều này sẽ ảnh hưởng lớn đến giá thành và tính chất của sản phẩm. Do vậy, việc nghiên cứu sử dụng phụ gia khoáng thay thế một phần xi măng trong bê tông chất lượng siêu cao có ý nghĩa to lớn về mặt kỹ thuật, kinh tế và môi trường, góp phần vào mục tiêu phát triển xây dựng bền vững.

Điều này đã khiến các học giả thuộc đội ngũ phát triển công nghệ của Công ty cổ phần Hóa phẩm xây dựng TKA Việt Nam trăn trở nhiều năm. Trong đó có Giáo sư Nguyễn Văn Tuấn, Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Trọng Lâm, Phạm Hữu Danh đều là chuyên gia nghiên cứu của Đại học Xây dựng.

Nghiên cứu cho kết quả tốt về việc sử dụng tổ hợp phụ gia khoáng silica fume và tro bay để thay thế một phần xi măng trong chế tạo bê tông chất lượng siêu cao. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc sử dụng hỗn hợp phụ gia khoáng này cải thiện đáng kể tính công tác và tăng cường độ nén của bê tông. Điều này góp phần quan trọng trong việc phát triển và ứng dụng loại bê tông này trong công nghiệp xây dựng ở Việt Nam.

II.2. Giới thiệu tổng quan

II.2.1. Khái niệm bê tông chất lượng siêu cao

Bê tông chất lượng siêu cao (BTCLSC) là loại bê tông có độ chảy cao, cường độ nén rất cao (thường lớn hơn 150 MPa), cường độ uốn lớn (khi sử dụng cốt sợi), độ thấm thấp

và độ bền cao [1]. Sự ra đời của bê tông chất lượng siêu cao đã đánh dấu một bước ngoặt trong công nghệ bê tông với các tính chất đặc biệt về cường độ, độ bền, và độ ổn định thể tích. Các nghiên cứu phát triển và ứng dụng loại bê tông này được bắt đầu từ năm 90 của thế kỷ 20 và kể từ đó loại bê tông này đã được áp dụng ở một số nước phát triển như dùng để chế tạo các cấu kiện bê tông đúc sẵn, dầm cầu đúc sẵn, tấm lát mặt cầu, chế tạo các silo,... hoặc dùng tại chỗ để sửa chữa các kết cấu đã bị hỏng, dùng cho các cột chịu tải trọng lớn, dùng cho các bể chứa phế thải hạt nhân,...

II.2.2. Vật liệu chế tạo bê tông chất lượng siêu cao công nghệ cũ

Vật liệu để chế tạo BTCLSC thông thường bao gồm cát thạch anh với kích thước khoảng 100-600 μ m, xi măng, silica fume, nước và phụ gia siêu dẻo. Trong đó, lượng xi măng khoảng 900-1000 kg/m³ [2] và đây là nhược điểm lớn nhất của loại bê tông này bởi vì sẽ làm tăng giá thành sản phẩm và ảnh hưởng đến tính chất kỹ thuật, đồng thời việc sử dụng nhiều xi măng sẽ kéo theo sự ảnh hưởng về môi trường do lượng khí cacbonic thải ra trong quá trình sản xuất xi măng [3]. Việc nghiên cứu sử dụng các loại phụ gia khoáng để thay thế một phần xi măng trong bê tông chất lượng siêu cao là rất cần thiết.

II.2.3. Vật liệu cải thiện bê tông chất lượng siêu cao

Trong số các phụ gia khoáng dùng cho bê tông, tro bay được đánh giá là có triển vọng để thay thế xi măng trong BTCLSC, với hiệu quả đạt được về kỹ thuật, về kinh tế và môi trường. Xét về mặt kỹ thuật, tro bay có thành phần hoá học với tổng hàm lượng các ôxyt ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) lớn hơn 70% (tro bay loại F theo ASTM C618 [4]). Các ôxyt hoạt tính này có khả năng phản ứng với sản phẩm thủy hoá của xi măng (phản ứng pozzolanic) tạo ra các sản phẩm dạng CSH có cường độ cao, bền với môi trường hơn, đặc biệt tăng khả năng chống ăn mòn cho bê tông [5].

Bên cạnh đó, với hình dạng đặc trưng là các hạt hình cầu, mịn (đường kính hạt trung bình khoảng 9-15 μ m) nên việc sử dụng tro bay sẽ cải thiện tính công tác của hỗn hợp bê tông (*hiệu ứng ổ bi – Ball bearing effect*), làm tăng tính dẻo cho hỗn hợp bê tông, giảm lượng nước nhào trộn, tăng độ đặc cho bê tông, sẽ làm tăng cường độ cũng như khả năng chống thấm của bê tông [5]. Xét về mặt kinh tế – môi trường, theo thống kê [6], hàng năm ước tính các nhà máy nhiệt điện trên cả nước thải ra khoảng 2.3 triệu tấn tro bay, đến năm 2015 sẽ là 5 triệu tấn/năm, điều này sẽ ảnh hưởng rất lớn đến môi trường. Việc nghiên cứu sử dụng tro bay làm phụ gia khoáng sử dụng trong BTCLSC

vừa góp phần làm giảm giá thành cho sản phẩm bê tông, giảm ô nhiễm môi trường, góp phần vào mục tiêu phát triển xây dựng bền vững đồng thời vẫn đảm bảo các tính chất kỹ thuật của BTCLSC.

Nghiên cứu này trình bày kết quả nghiên cứu về sự ảnh hưởng của việc sử dụng hỗn hợp tro bay và silica fume đến một số tính chất cơ lý của bê tông ở các điều kiện dưỡng hộ khác nhau. Trong đó, tro bay được sử dụng với các hàm lượng khác nhau, từ 10-40% theo khối lượng chất kết dính (CKD) gồm xi măng, silica fume và tro bay. Điều kiện bảo dưỡng mẫu được thực hiện ở 2 môi trường là dưỡng hộ tiêu chuẩn và dưỡng hộ nhiệt ẩm.

II.3. Vật liệu chế tạo và phương pháp nghiên cứu

II.3.1. Vật liệu chế tạo

Vật liệu được dùng trong nghiên cứu gồm: xi măng Pooclăng Sông Gianh PC40 có các tính chất cơ lý trình bày ở **bảng 3**, với đường kính hạt trung bình khoảng 14 μ m.

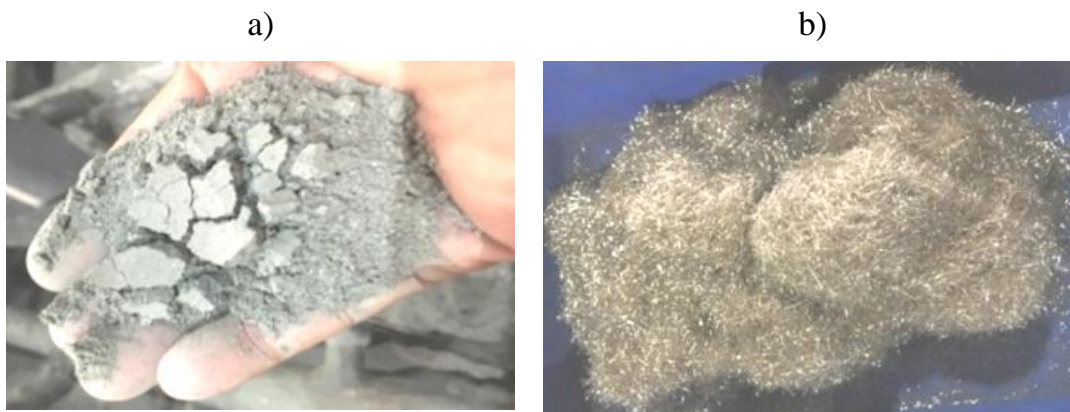
Bảng 3. Một số tính chất cơ lý của xi măng (Nguyễn Công Thắng và nnk, 2015).

Tính chất	Đơn vị	Giá trị	Quy phạm	Phương pháp thí nghiệm
Độ mịn -Lượng sót sàng 0.09mm -Độ mịn Blaine	% cm ² /g	2.1 3380	≤ 10 ≥ 2800	TCVN 4030-2003
Độ dẻo tiêu chuẩn	%	29.0	—	TCVN 6017-1995
Giới hạn bền nén -Sau 3 ngày -Sau 28 ngày	MPa	26.4 49.6	≥ 21.0 ≥ 40.0	TCVN 6016-1995

Silica fume (SF) dạng hạt rời của hãng Elkem, có đường kính hạt trung bình khoảng 0.15 μ m, hàm lượng SiO₂ là 92.3%, chỉ số hoạt tính với xi măng là 113.5%; cốt liệu là cát thạch anh có đường kính cỡ hạt trung bình khoảng 300 μ m, độ rỗng khi chưa lèn

chất 45.1%; phụ gia siêu dẻo (PGSD) sử dụng của hãng BASF có gốc polycarboxylate, với hàm lượng chất khô 30%.

Hỗn hợp xi măng với phụ gia siêu dẻo và sợi thép cac bon của CHLB Đức cho trên **hình 1**



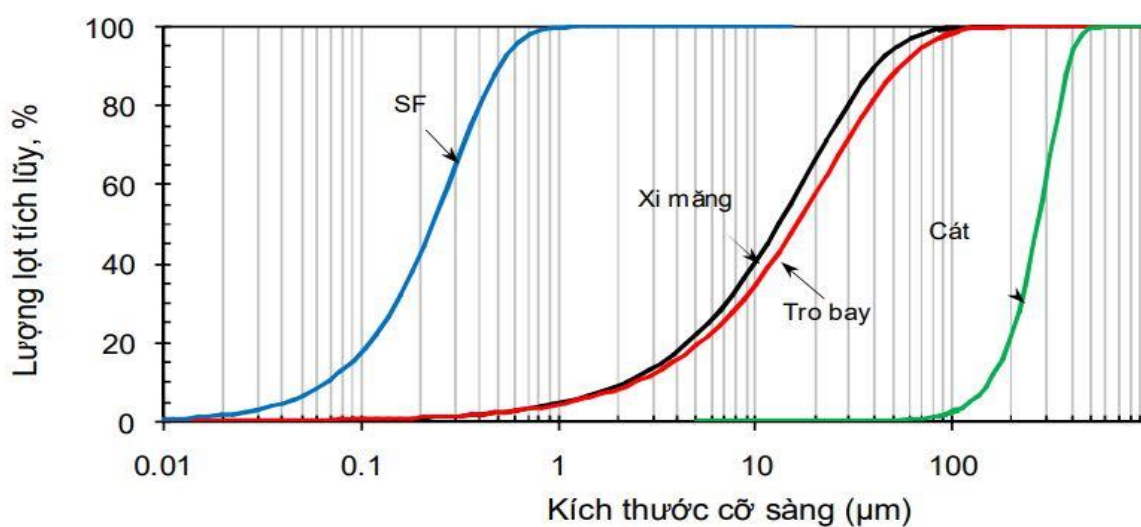
Hình 1. Vật liệu thành phần:

a) Hỗn hợp xi măng với phụ gia siêu dẻo có gốc polycarboxylate;

b) Sợi thép cac bon của CHLB Đức

Tro bay (FA) sử dụng trong nghiên cứu là tro tuyển Phả Lại có đường kính cỡ hạt trung bình khoảng $15.5\mu\text{m}$, hàm lượng các oxit ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) là 84.2%, chỉ số hoạt tính với xi măng là 104.3%.

Thành phần hạt của các vật liệu này được xác định bằng phương pháp nhiễu xạ laze, kết quả thể hiện ở **hình 2**.



Hình 2. Thành phần hạt của vật liệu dùng trong nghiên cứu

Phụ gia siêu dẻo (PGSD) là thành phần không thể thiếu trong việc chế tạo BTTNSC, tự đầm. Trong BTTNSC-TĐ thì tỷ lệ N/CKD rất thấp. Để bảo đảm cho bê tông có cường

độ cao (có nghĩa là sử dụng đến mức thấp nhất có thể tỉ lệ N/CKD) mà vẫn đảm bảo độ chảy cao thì việc sử dụng phụ gia siêu dẻo (PGSD) trong BTTNSC là yếu tố bắt buộc. Việc nghiên cứu sử dụng chủng loại và hàm lượng phụ gia siêu dẻo có ý nghĩa rất lớn trong việc đảm bảo cho bê tông có tỉ lệ N/CKD thấp mà vẫn đảm bảo tính công tác (độ chảy loang) cao. Độ chảy này phải được duy trì trong một khoảng thời gian nhất định để đảm bảo cho việc thi công loại bê tông này được thuận lợi. Sử dụng phụ gia siêu dẻo với một hàm lượng thấp không đảm bảo cho bê tông có độ chảy cao khi tỉ lệ N/CKD thấp. Tuy nhiên, khi lượng dùng phụ gia siêu dẻo lớn sẽ làm tăng đáng kể giá thành của bê tông, làm tăng khả năng tách nước, kéo dài thời gian đông kết cho hỗn hợp bê tông.

Trên thị trường hiện nay có 5 loại phụ gia siêu dẻo thuộc 3 thế hệ: thế hệ 1 là A và thế hệ 2 là B, thế hệ 3 là C:

- A1 - Ligno Sulphonates (LS): Là phụ gia siêu dẻo thế hệ 1 từ các chất cao phân tử tự nhiên Lignin (từ gỗ và senlulo) độ giảm nước tối đa là 10%, có thể làm chậm ninh kết, độ sụt giảm 30% sau 30 phút. Lượng dùng 2,5% xi măng;

- B1 - Polime gốc sulphonated melamine (MFS): Phụ gia siêu dẻo gốc URE và Phormadehyde có tác dụng giảm nước tối đa đến 25% lượng dùng 1,5 - 2,5% xi măng giảm độ sụt đến 50% sau 40 phút và cho phép đạt cường độ sớm ($R_3 = 0,85R_{28}$), thời gian thi công ngắn, tỷ lệ $N/X < 0,4$ và phù hợp với khí hậu nóng;

- B2 - Naphthalene Sulphonate Polycondesate: Tên thương mại là BMS, có nguồn gốc từ than đá, giảm nước tối đa 25%; lượng dùng 1,5 - 2,5% xi măng, giảm độ sụt đến 50% sau 50 phút;

- B3 - Chất phụ gia siêu dẻo thế hệ thứ hai: Vinglucopolymers VC, thành phần chính là: Sunfonated Vinylcopolymers (dầu thô), giảm nước tối đa đến 30% lượng dùng 1,5-2% xi măng. Giảm độ sụt ban đầu đến 50% sau 100 phút, tạo ra độ sụt đến 22 cm, cho phép kéo dài thời gian thi công.

- C - Chất phụ gia siêu dẻo thế hệ ba: Polycarboxylates - (PC): Gốc Polyme cao phân tử tổng hợp, tạo ra độ sụt của bê tông từ 15 đến 22 cm, thời gian đông cứng từ 1 đến 4 giờ và có thể tăng cường độ, giảm lượng nước từ 30 đến 40%. Loại phụ gia đặc biệt này có thể thay đổi cấu tạo phân tử để phù hợp với các yêu cầu đặc biệt. Với bê tông cường độ cao và siêu cao thường dùng chất PGSD loại PC, với bê tông tự đầm có thể dùng loại cải tiến là: Polyme Viscocrete (PV).

Tác dụng tăng dẻo của loại phụ gia này chủ yếu nhờ hai loại lực đẩy khác nhau giữa

các hạt xi măng giúp chúng bị phân tán, cụ thể:

- Lực đẩy tĩnh điện xuất hiện do sự hấp phụ lên bề mặt các hạt xi măng các ion âm được cung cấp bởi các nhóm carboxylic.

- Hiệu ứng phân tán nhờ cấu trúc mạch nhánh của các phân tử polyme trong phụ gia, bao gồm mạch chính và mạch nhánh hình răng lược.

Phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate có khả năng duy trì độ chảy của hỗn hợp bê tông tốt hơn so với các loại phụ gia siêu dẻo khác, điều này rất thuận lợi cho việc chế tạo bê tông có tỷ lệ N/CKD thấp và có độ chảy cao.

Trong đề tài nghiên cứu này sử dụng loại phụ gia siêu dẻo thế hệ thứ ba gốc polycarboxylate. Một số đặc tính của phụ gia siêu dẻo này cụ thể như sau:

- Dạng sản phẩm: dạng lỏng;
- Màu sắc: màu nâu nhạt;
- Khối lượng riêng: 1.07 g/cm^3
- Mức độ độc hại theo tiêu chuẩn ECC 99/45: không độc.

II.3.2. Phương pháp thực nghiệm

Tính công tác của hỗn hợp bê tông được xác định bằng thí nghiệm độ chảy của côn nhỏ theo tiêu chuẩn Anh BS 4551-1:1998. Giá trị độ chảy loang của các hỗn hợp bê tông trong nghiên cứu này được điều chỉnh trong khoảng 210-230mm.

Trong bê tông chất lượng siêu cao, việc xác định cường độ nén theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN3118- 1993) với kích thước mẫu $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}^3$ là rất khó bởi vì cường độ nén của bê tông rất cao. Một số nghiên cứu [7-11] đã khẳng định rằng, ảnh hưởng của kích thước khuôn đến cường độ nén của bê tông chất lượng siêu cao là không đáng kể. Do vậy, trong nghiên cứu này cường độ nén của bê tông được xác định với mẫu có kích thước $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}^3$.

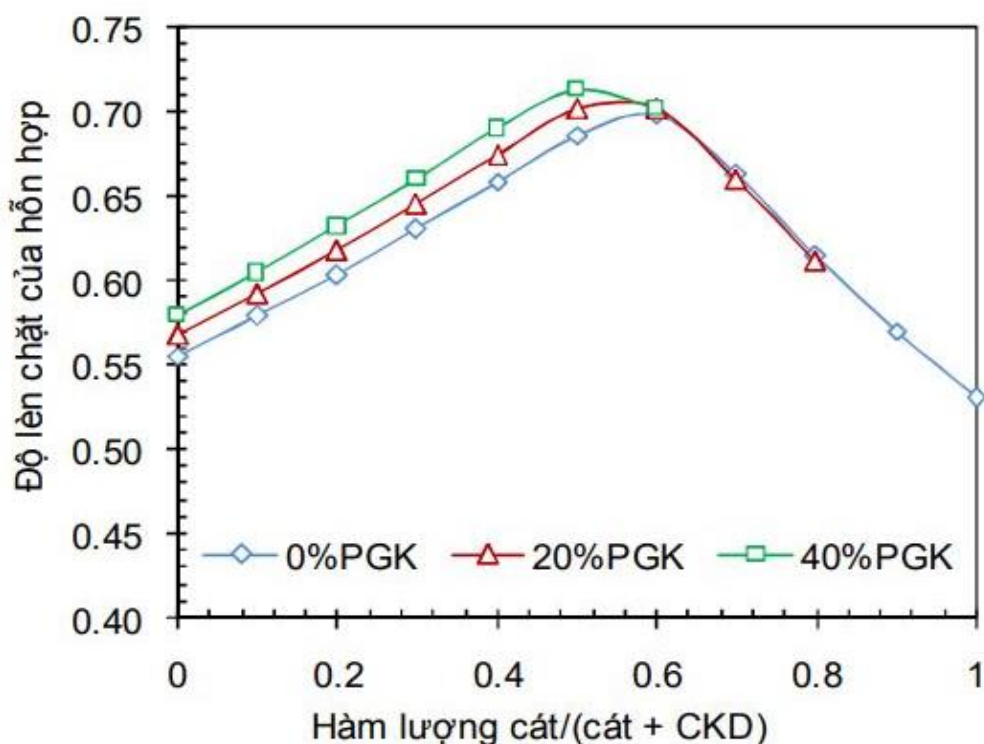
II. 4. Thiết kế thành phần bê tông chất lượng siêu cao

II.4.1. Thiết kế thành phần hạt

Tối ưu hóa thành phần hạt là một trong những khâu then chốt của việc thiết kế cấp phối hỗn hợp BTCLSC. Thành phần hạt của các vật liệu này được xác định bằng phương pháp nhiễu xạ laze, trên cơ sở đó ta xác định được lượng sót của mỗi cấp hạt, tương ứng với các loại vật liệu, từ đó ta xác định mức độ lèn chặt lớn nhất của hỗn hợp hạt. Trong nghiên cứu này, tối ưu hóa thành phần hạt được tính toán theo lý thuyết do De Larrard

và Sedran đề xuất [12, 13], trong đó hệ số lèn chặt của hỗn hợp hạt là 12.5 theo đề xuất của Jones, M. và các cộng sự [14]. Đối với hệ hỗn hợp hạt gồm cát – xi măng – FA-SF, lượng SF được cố định là 10% khối lượng chất kết dính (CKD), lượng FA sẽ thay thế lượng dùng xi măng tương ứng (từ 0-40%). Khi đó CKD sẽ bao gồm xi măng, SF và FA.

Như vậy, thành phần hạt ở đây được xem xét như là hệ hai cấu tử gồm cát và CKD. Quan hệ giữa độ lèn chặt của hỗn hợp với tỷ lệ của vật liệu thành phần được thể hiện ở hình 3. Như vậy, dựa trên kết quả tính toán thì lượng tối ưu được xác định với tỷ lệ cát/(cát + CKD) là 0.50. Tỷ lệ phối hợp giữa 3 cấu tử lúc đó sẽ là 50% cát + 30% xi măng + 20% PGK.



Hình 3. Độ lèn chặt của hỗn hợp Cát-Xi măng-SF-FA; (SF = 10%)

Trên cơ sở tỷ lệ phối hợp giữa các cấu tử, đề tài tiến hành khảo sát với lượng dùng phụ gia khoáng tương ứng với các tỷ lệ (0-30%) trong hỗn hợp. Khi tỷ lệ N/CKD lấy cố định là 0.18 thì cấp phối bê tông được xác định. Bảng 2 thể hiện thành phần hỗn hợp cấp phối được sử dụng trong nghiên cứu.

II. 4.2. Cấp phối bê tông chất lượng siêu cao

Từ kết quả tính toán tối ưu hóa thành phần hạt này, đề tài đã xác định được tỷ lệ của vật liệu thành phần, từ đó xác định được cấp phối bê tông sử dụng trong nghiên cứu (bảng 4).

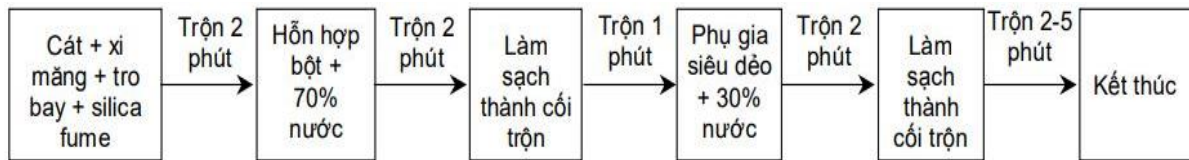
Bảng 4. *Cấp phối bê tông chất lượng siêu cao sử dụng trong nghiên cứu*

STT	Khối lượng CKD tính cho 1 m ³ BT, (kg)	N/CKD (theo KL)	Cát/C KD (theo KL)	SF, % (theo KL của CKD)	FA, % (theo KL của CKD)	PGSD, % (theo KL của CKD)
1	1122	0.18	1	0	0	1.20
2	1105	0.18	1	10	0	1.00
3	1089	0.18	1	20	0	1.00
4	1073	0.18	1	30	0	1.20
5	1057	0.18	1	40	0	2.15
6	1110	0.18	1	0	10	1.00
7	1098	0.18	1	0	20	0.90
8	1086	0.18	1	0	30	0.85
9	1093	0.18	1	10	10	0.80
10	1081	0.18	1	10	20	0.70
11	1070	0.18	1	10	30	0.65
12	1059	0.18	1	10	40	0.60

Giá trị hàm lượng PGSD sử dụng trong bảng 2 này là lượng PGSD dùng để đạt độ chảy loang của hỗn hợp bê tông trong khoảng 210-230 mm như đã đề cập ở phần trên.

II.4.3. Quy trình thí nghiệm

Máy trộn sử dụng trong nghiên cứu là máy trộn Hobart có dung tích 20 lít.
Quy trình trộn hỗn hợp bê tông tiến hành theo các bước dưới đây:



Các mẫu được đúc có kích thước 50 mm ´ 50 mm ´ 50 mm, sau đó được dưỡng hộ ở điều kiện tiêu chuẩn (nhiệt độ $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ trong thời gian $24\pm 3\text{h}$), mẫu được tháo ra khỏi khuôn và chia làm 2 nhóm tiếp tục dưỡng hộ trong 2 môi trường khác nhau:

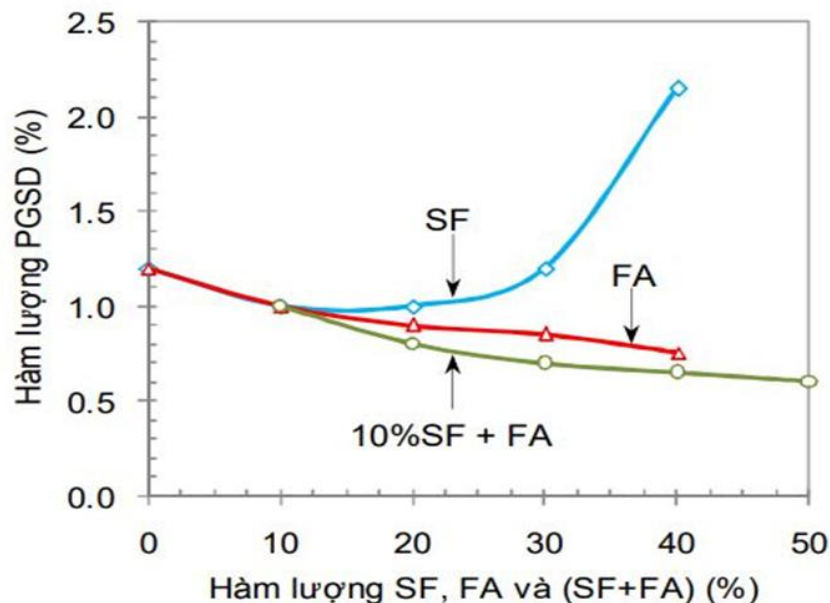
- Tiếp tục dưỡng hộ trong điều kiện tiêu chuẩn ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$, RH >95%);
- Dưỡng hộ 02 ngày ở điều kiện nhiệt ẩm ($90\pm 5^{\circ}\text{C}$) sau đó tiếp tục dưỡng hộ trong điều kiện tiêu chuẩn ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$, RH >95%).

Cường độ nén của bê tông được xác định ở các tuổi 3, 7, 28 và 90 ngày.

II.5. Kết quả và bàn luận

II.5.1. Tính công tác của hỗn hợp bê tông

Lượng dùng phụ gia siêu dẻo (PGSD) của hỗn hợp BTCLSC để đạt được giá trị đường kính độ chảy loang trung bình từ 210 – 230 mm được thể hiện ở **hình 4**.



Hình 4. Quan hệ giữa lượng phụ gia siêu dẻo và phụ gia khoáng theo khối lượng chất kết dính, độ chảy từ 210-230 mm, N/CKD = 0.18

Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi sử dụng SF thay thế xi măng 10 – 20% thì tính công tác của hỗn hợp bê tông tăng. Sự cải thiện tính công tác của hỗn hợp bê tông khi có mặt SF là do hiệu ứng điền đầy. Theo Bache [15] cho rằng trong hỗn hợp bê tông có phụ gia siêu dẻo và tỷ lệ N/CKD thấp, các hạt SF siêu mịn chiếm chỗ của lượng nước lẽ ra nằm

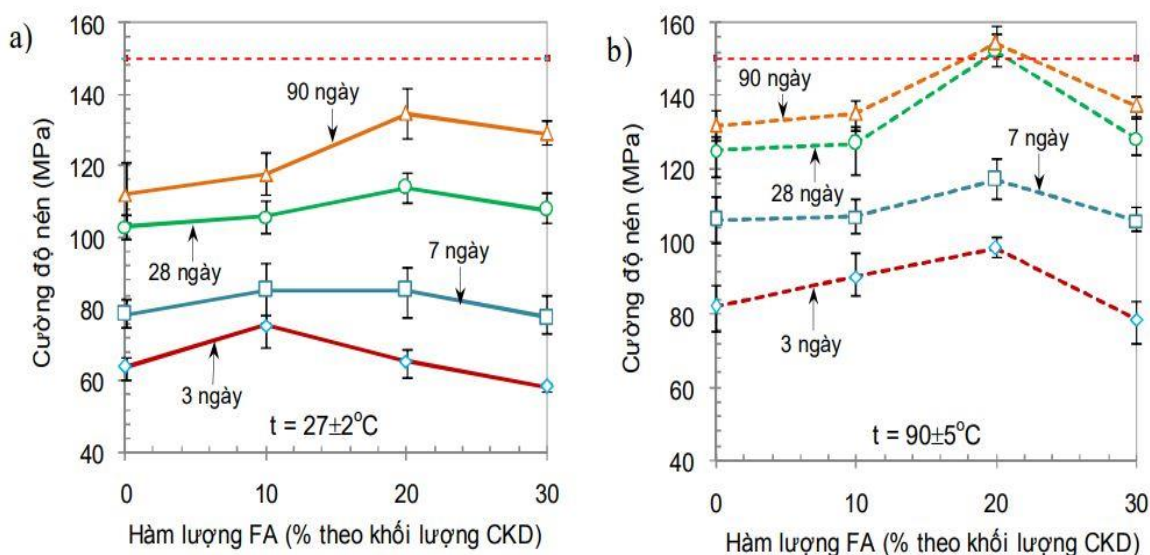
giữa các hạt xi măng vón tụ, làm tăng lượng nước tự do trong hồ và do đó làm tăng độ lưu động cho hỗn hợp bê tông.

Tuy vậy, khi tăng hàm lượng dùng SF, do tỷ diện của SF rất lớn, khoảng 18.000-20.000 cm²/g [16, 17] nên cần một lượng nước rất lớn để thấm ướt bề mặt 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% và 40% thì lượng phụ gia siêu dẻo tăng lên đáng kể [17].

Ngược lại với sự ảnh hưởng của việc thay thế SF, khi tăng hàm lượng FA thì độ chảy của hỗn hợp bê tông tăng. Điều này có thể giải thích là do các hạt FA có dạng hình tròn, nhờ hiệu ứng “ô bi” sẽ làm giảm ma sát giữa các hạt, làm tăng tính công tác cho hỗn hợp bê tông.

II.5.2. Ảnh hưởng của lượng dùng tro bay đến cường độ nén của bê tông chất lượng siêu cao

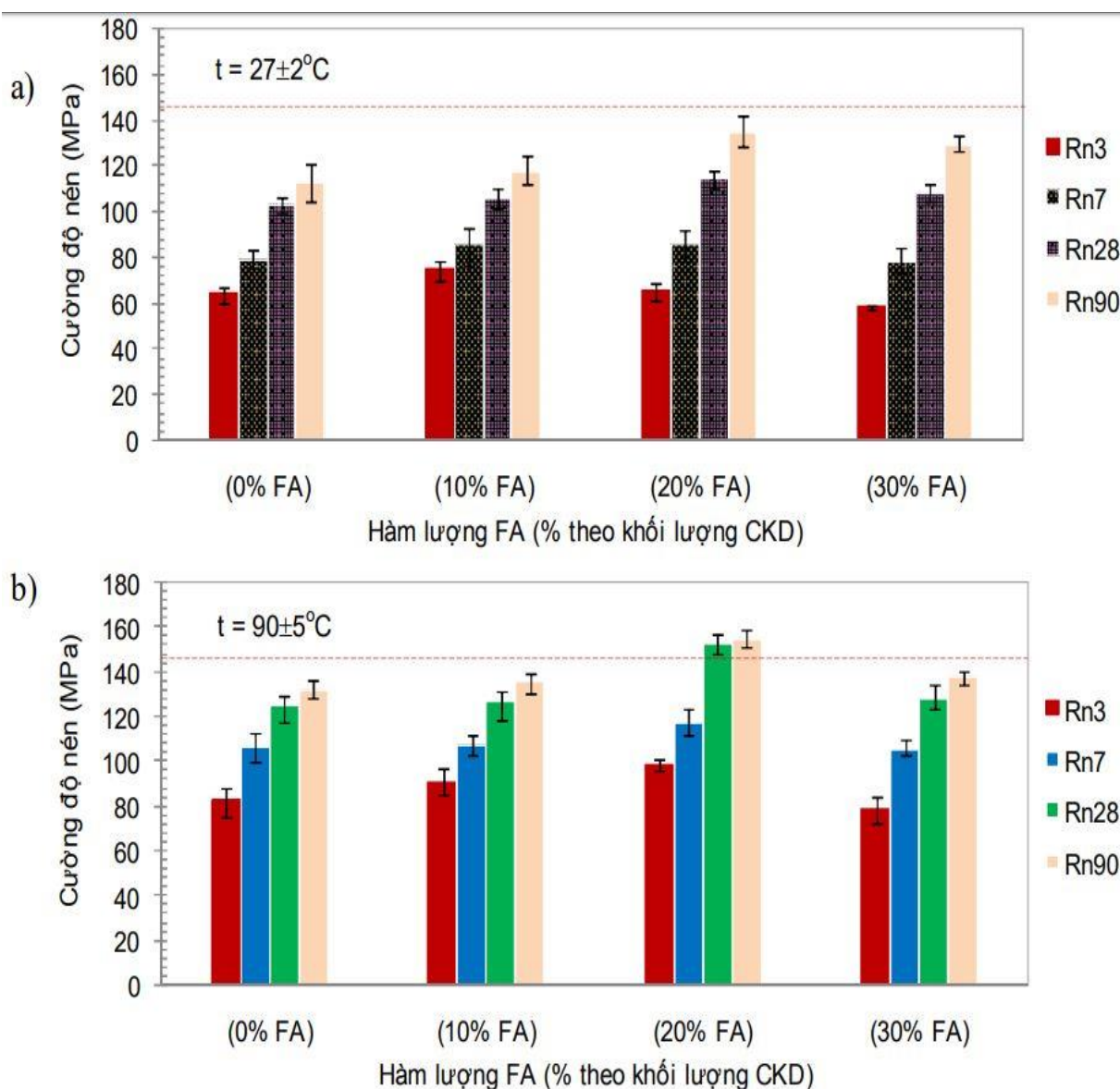
Ảnh hưởng của hàm lượng FA đến cường độ nén của BTCLSC thể hiện ở hình 5.



Hình 5. Ảnh hưởng của hàm lượng FA đến cường độ nén của BTCLSC, $N/CKD = 0.18$, (a) $27 \pm 2^\circ\text{C}$, (b) $90 \pm 5^\circ\text{C}$

Khi sử dụng FA đến 30% không có sự suy giảm cường độ nén của bê tông ở tuổi 28 ngày so với mẫu đối chứng, ở cả điều kiện dưỡng hồ tiêu chuẩn và dưỡng hồ nhiệt ẩm. Cường độ nén BTCLSC sử dụng 20% FA đạt giá trị lớn nhất ở cả chế độ dưỡng hồ tiêu chuẩn và dưỡng hồ nhiệt ẩm, tương ứng là 114 MPa và 153 MPa. Tiếp tục tăng hàm lượng FA thì cường độ nén của bê tông bắt đầu giảm.

Ảnh hưởng của hàm lượng FA tới sự phát triển cường độ nén của bê tông theo thời gian thể hiện ở hình 6a và 6b.



Hình 6. Ảnh hưởng của hàm lượng FA đến sự phát triển cường độ nén của BTCLSC theo thời gian, $N/CKD = 0.18$, (a) $27 \pm 2^\circ\text{C}$, (b) $90 \pm 5^\circ\text{C}$

Ở điều kiện dưỡng hộ tiêu chuẩn ($t = 27 \pm 2^\circ\text{C}$), khi sử dụng hàm lượng FA là 10% và 20% thì cường độ nén của bê tông ở những ngày đầu tăng không nhiều so với mẫu đối chứng, nhưng sự phát triển cường độ ở tuổi về sau khá lớn, đặc biệt ở tuổi 90 ngày. Điều này có thể là do các hạt FA có dạng hình tròn, cấu trúc xốp, trong quá trình nhào trộn sẽ hút một lượng nước nhất định của hệ vào. Do quá trình thủy hóa của xi măng, theo thời gian độ ẩm của hệ sẽ giảm xuống, khi đó lượng nước trong các hạt FA sẽ cung cấp để quá trình thủy hóa xảy ra được triệt để hơn, điều này có thể làm tăng cường độ nén của bê tông.

Với các mẫu được dưỡng hộ trong điều kiện nhiệt ẩm ($t = 90^\circ \pm 5^\circ\text{C}$), tốc độ phát triển cường độ ở những ngày đầu tăng nhưng tốc độ phát triển cường độ ở tuổi dài ngày tăng

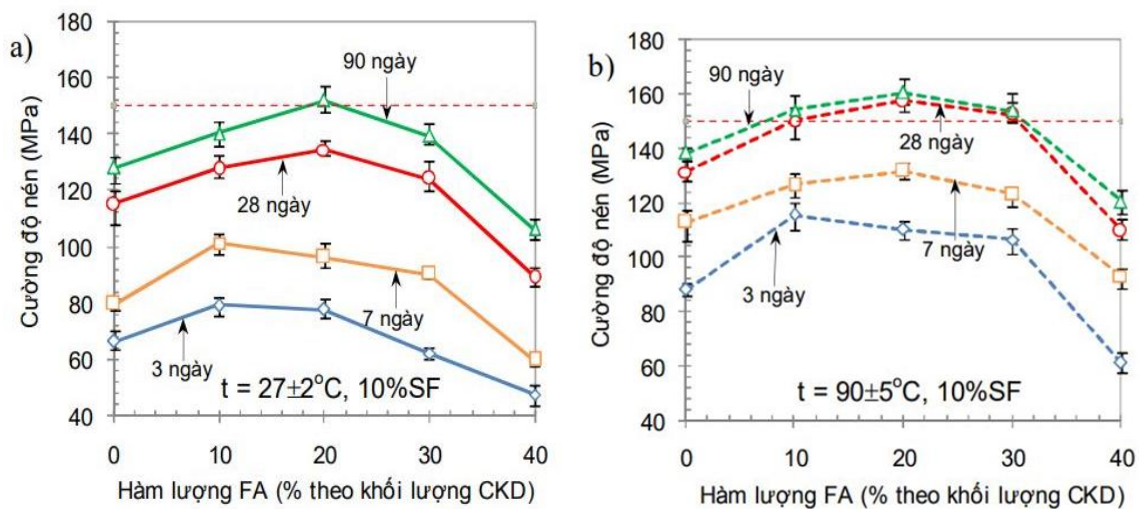
không nhiều, chẳng hạn cường độ nén ở tuổi 90 ngày tăng không nhiều so với tuổi 28 ngày. Khi hàm lượng FA sử dụng tăng lên thì cường độ nén của bê tông giảm tương ứng với các điều kiện dưỡng hộ.

Như vậy, cường độ nén BTCLSC sử dụng 20% FA đạt giá trị lớn nhất đối với cả hai chế độ dưỡng hộ tiêu chuẩn và dưỡng hộ nhiệt ẩm cao, tương ứng là 114 MPa và 153 MPa.

II.5.3. Ảnh hưởng của sự kết hợp giữa silica fume và tro bay đến cường độ nén của bê tông chất lượng siêu cao

Hình 7 thể hiện sự ảnh hưởng của hàm lượng silica fume và tro bay đến cường độ nén của bê tông, trong đó hàm lượng silica fume giữ cố định là 10% theo khối lượng CKD, và hàm lượng này được dùng cố định trong nghiên cứu ảnh hưởng của tổ hợp SF và FA đến cường độ nén của BTCLSC.

Ảnh hưởng của hàm lượng (SF và FA) đến hàm lượng PGSD sử dụng và cường độ nén của BTCLSC thể hiện ở **hình 4 và hình 7**.



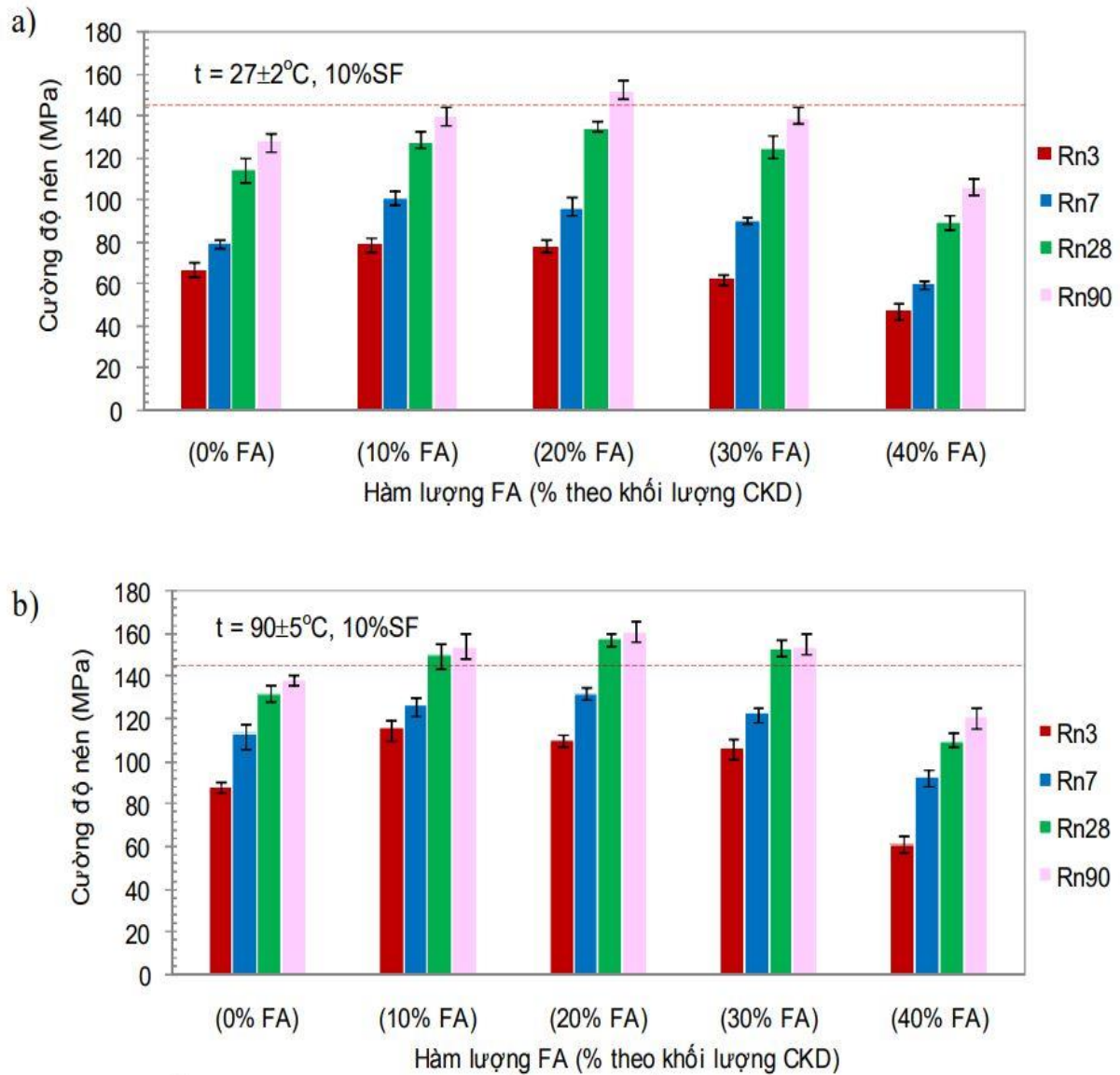
Hình 7. Ảnh hưởng của hàm lượng FA đến cường độ nén BTCLSC, $N/CKD = 0.18$, (a) $27 \pm 2^\circ\text{C}$, (b) $90 \pm 5^\circ\text{C}$

Qua kết quả thí nghiệm ta thấy khi có sự kết hợp giữa SF và FA hỗn hợp bê tông có lượng dùng PGSD ít hơn so với khi dùng đơn phụ gia khoáng, đồng thời cường độ nén của bê tông cao hơn khi sử dụng đơn phụ gia khoáng là FA với cùng hàm lượng.

Kết quả cho thấy cường độ nén lớn nhất của tổ hợp này đạt được khi lượng dùng FA là 20%, tương ứng giá trị cường độ nén của mẫu ở điều kiện dưỡng hộ tiêu chuẩn và nhiệt ẩm đạt được tại tuổi 28 ngày là 135 MPa và 158 MPa. Ở điều kiện nhiệt ẩm khi lượng dùng FA đến 30% thì cường độ nén của bê tông đạt 152 MPa. Như vậy, kể đến

lượng dùng cố định SF là 10% thì tổng lượng dùng của phụ gia khoáng trong trường hợp này có thể nâng lên đến 40%, điều này mang lại ý nghĩa rất lớn trong việc sử dụng phụ gia khoáng thay thế xi măng để chế tạo BTCLSC.

Tốc độ phát triển cường độ nén ở các tuổi khác nhau ở 2 chế độ dưỡng hộ khác nhau thể hiện trên **hình 8**.



Hình 8. Ảnh hưởng của hàm lượng FA đến sự phát triển cường độ nén của bê tông theo thời gian, hàm lượng SF cố định 10%, N/CKD = 0.18, (a) 27±2°C, (b) 90±5°C

Kết quả thí nghiệm có thể thấy rằng cường độ nén của BTCLSC ở điều kiện dưỡng hộ tiêu chuẩn cũng giống như quy luật phát triển cường độ của bê tông khi sử dụng đơn phụ gia khoáng, nghĩa là tương đối thấp ở tuổi ban đầu, cường độ bê tông tiếp tục tăng nhanh đến tuổi 90 ngày. Trong khi đó với điều kiện dưỡng hộ nhiệt ẩm, cường độ nén bê tông ở những ngày đầu tăng nhanh, và tăng không nhiều ở tuổi dài ngày, chẳng hạn ở 28 và 90 ngày.

II. 6. Kết luận

Dựa trên những kết quả nghiên cứu đạt được, một số kết luận có thể rút ra trong điều kiện nghiên cứu này như sau:

- Hoàn toàn có thể sử dụng tro bay ở Việt Nam thay thế một phần xi măng để chế tạo BTCLSC;
- Việc sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng sẽ cải thiện tính công tác của hỗn hợp BTCLSC. Trong điều kiện dưỡng hộ nhiệt ẩm ($90 \pm 5^\circ\text{C}$, $\text{RH} > 95\%$), lượng dùng 20% FA thay thế xi măng là tối ưu để chế tạo BTCLSC, khi đó cường độ nén cao nhất đạt được là 153 MPa. Đồng thời, lượng FA có thể dùng để chế tạo BTCLSC là 20% với chế độ dưỡng hộ nhiệt ẩm;
- Khi sử dụng đơn phụ gia khoáng SF, hàm lượng 10% SF là tối ưu để chế tạo BTCLSC, khi đó cường độ nén đạt được lớn nhất là 152MPa và 160MPa tương ứng ở điều kiện dưỡng hộ tiêu chuẩn và dưỡng hộ nhiệt ẩm. Bên cạnh đó, lượng SF lớn nhất có thể sử dụng để chế tạo BTCLSC là 30%, để đạt cường độ nén theo yêu cầu (> 150 MPa);
- Khi sử dụng kết hợp FA và SF sẽ làm tăng tính công tác của hỗn hợp BTCLSC. Tổng lượng dùng phụ gia khoáng có thể thay thế xi măng đến 40% mà cường độ nén của BTCLSC vẫn đạt theo yêu cầu (>150 MPa).

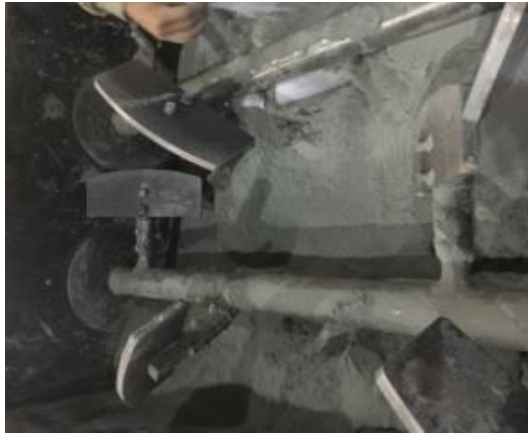
III. Thi công bê tông tính năng siêu cao

Thi công bê tông tính năng siêu cao là công việc đòi hỏi phải tuân thủ đúng quy trình một cách nghiêm ngặt. Quá trình trộn vữa bê tông cần thực hiện bằng máy trộn với tốc độ vòng quay lớn. Lúc đầu lượng nước được cho khoảng 10% và trộn trong khoảng 60 giây, sau đó cho thêm lượng nước khoảng 50% rồi tiếp tục trộn trong khoảng 120 giây, cuối cùng cho hết lượng nước trộn cùng với sợi thép và trộn đều đến khi độ sụt và độ xòe đáp ứng. Máy trộn có tốc độ vòng quay 120 vòng phút. Máy trộn và quá trình trộn hỗn hợp vữa bê tông cho trên các **hình 9**.

Yêu cầu sau khi trộn độ sụt và độ xòe của hỗn hợp bê tông phải đảm bảo theo thiết kế. Thường thì độ sụt dao động từ 10 đến 20 cm; độ xòe dao động tương ứng từ 210mm đến 240mm phụ thuộc vào hàm lượng phụ gia siêu dẻo.

Cách xác định độ xòe và độ chảy của hỗn hợp bê tông TNSC chỉ ra trên **hình 10**.

Cách xác định độ sụt (độ linh hoạt) của hỗn hợp bê tông TNSC cho trên **hình 11**.



a) Máy trộn

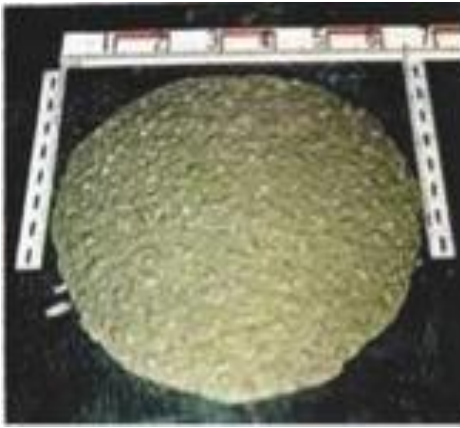


b) Trộn khi lượng nước 10%



c) Đã trộn xong

Hình 9. Máy trộn và quá trình trộn hỗn hợp bê tông



Hình 10. Xác định độ xòe côn nhỏ và độ chảy của hỗn hợp bê tông TNSC trên mô hình



Hình 11. Dụng cụ và cách xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông TNSC

IV. Lĩnh vực sử dụng bê tông tính năng siêu cao trong xây dựng

IV.1. Ứng dụng bê tông TNSC ở nước ngoài

Bê tông TNSC, một vật liệu hàng đầu cho xây dựng bê tông đúc sẵn, xuất hiện với tên gọi “bê tông bột phản ứng” vào đầu những năm 1990, hiện nay vật liệu này đã được sử dụng ngày càng nhiều ở Mỹ và nước ngoài trong thập kỷ qua.

Trên thế giới, các công trình xây dựng cao hàng trăm tầng đều sử dụng bê tông cường độ siêu cao UHPC. Với khả năng chịu tải lớn, chuyển tải hiệu quả, bê tông UHPC góp phần giảm tổng trọng lượng công trình, mang lại hiệu quả kinh tế cao trong xây dựng kết cấu.

Mặc dù chi phí ban đầu của vật liệu chế tạo BTNSC, với thiết kế tối ưu, tiết diện cấu kiện giảm sẽ thay thế hoàn toàn sản phẩm bê tông cốt thép truyền thống. Bê tông cường độ siêu cao mang lại giá trị kinh tế cao trên cơ sở tối ưu chi phí ban đầu được kết quả tăng giá trị sử dụng, vòng đời công trình kéo dài.

BTNSC dùng để xây dựng cầu đường bộ ở Pháp, Nhật Bản và Malaysia; cầu đi bộ ở Canada và Venezuela; Các tấm mái và mặt tiền kiến trúc ở Canada và Pháp; và nhiều nước khác.

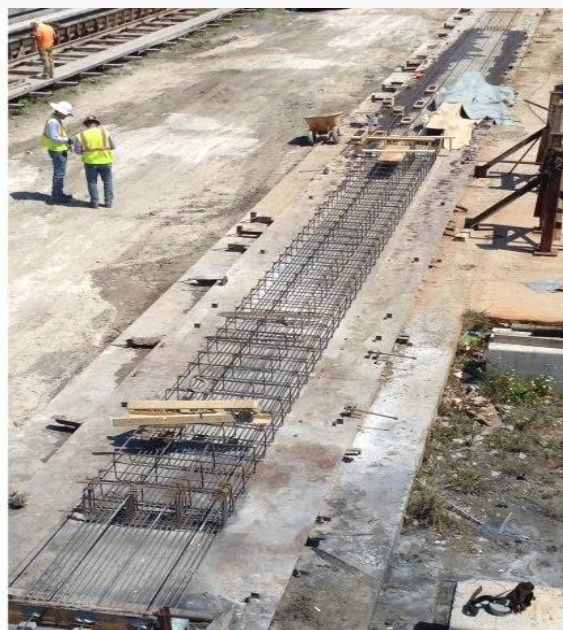
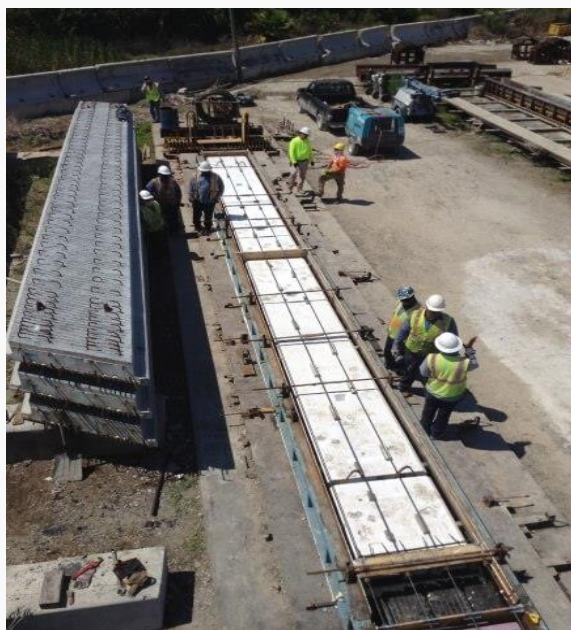


Hình 12. UHPC dùng để xây dựng cầu đường bộ ở Pháp



Hình 13. Dầm cầu ở Virginia làm từ BTTNSC

Tại Hoa Kỳ, BTTNSC sử dụng để xây dựng dầm cầu ở Virginia và Iowa, lớp phủ mặt cầu ở New York và Delaware, và các khớp nối đúc tại hiện trường giữa các thành viên cầu đúc sẵn ở hơn 20 tiểu bang khác.



Hình 14. Trạm trộn tổng thể BTTNSC

Các nỗ lực nghiên cứu phát triển liên tục của: cơ quan giao thông vận tải liên bang – tiểu bang, tổ chức công nghiệp quốc gia, công ty tư nhân và các nhà sản xuất bê tông tại Hoa Kỳ đang tìm cách nâng cao công nghệ bê tông uhpcc để áp dụng rộng rãi hơn trong vận tải và xây dựng.

IV.2. Ứng dụng bê tông tính năng siêu cao tại Việt Nam

Hiện tại, ứng dụng BTTNSC được nghiên cứu trong các lĩnh vực xây dựng giao thông, thi công cầu, chế tạo dầm cầu. Tại Việt Nam, BTTNSC mới được các trường đại học, viện nghiên cứu những năm gần đây.

Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng (IBST) đã chế tạo thành công phiến dầm cầu bê tông ứng suất trước tính năng siêu cao. Với sản phẩm này, IBST mong muốn được triển khai ứng dụng rộng rãi trong thực tiễn, góp phần nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân nông thôn, đồng bào vùng sâu, vùng xa, đồng thời giúp tiết giảm chi phí cho giao thông đô thị của các thành phố lớn.



Hình 15. Dầm cầu Năng An-Xuân Hồi làm từ BTTNSC

Cầu dân sinh Năng An – Xuân Hồi được thiết kế có kết cấu phiến dầm mặt cầu bằng bê tông tính năng siêu cao do Viện KHCN Xây dựng – Bộ Xây dựng nghiên cứu chế tạo. Cầu có tính năng ưu việt như quá trình thi công nhanh, vật liệu sử dụng chỉ bằng 1/3 cầu bình thường.



Hình 16. Dầm cầu Quy Hợp tại huyện Cao Phong, tỉnh Hoà Bình

Cầu Quy Hợp tại huyện Cao Phong, tỉnh Hoà Bình đã được chế tạo theo tấm lè bộ hành bằng công nghệ bê tông siêu tính năng UHPC đúc sẵn có độ dày 2,5 Cm và tải trọng 300 Kg/m²



Hình 17. Cầu dân sinh đúc sẵn làm từ BTTNSC

Hiện nay Nhà máy Bê tông Thành Hưng tại TP. Tuyên Quang tỉnh Tuyên Quang đã ứng dụng công nghệ bê tông chất lượng siêu cao UHPC để đúc sẵn cầu dân sinh, mố neo, nắp hố tại sân golf....

Năm 2020, Công ty TNHH Đầu tư và Xây dựng Thành Hưng cùng Tổng cục đường bộ Việt Nam, Ban QLDA 3, Tư vấn giám sát là Viện KHGTVT, tư vấn kiểm định là Viện VLXD và tư vấn thiết kế là liên doanh ĐHGTVT và Tedi thiết lập thông số công nghệ và thiết bị, quy trình thi công lớp UHPC để sửa chữa mặt cầu Thăng long

Vật liệu UHPC bê tông siêu tính năng sản xuất trong nước được Viện Khoa học công nghệ xây dựng cấp giấy chứng nhận hợp chuẩn phù hợp với tiêu chuẩn của Pháp

Thành phần cấp phối bê tông siêu tính năng là cát thạch anh lấy tại Cam Ranh, xi măng PC50 của Nhà máy xi măng Nghi Sơn, Silica fume, sợi thép cường độ cao và các loại phụ gia khác.



Hình 18. Thiết bị, quy trình thi công lớp UHPC để sửa chữa mặt cầu Thăng long

Để phục vụ tốt công việc sửa chữa mặt cầu Thăng Long, Công ty TNHH Đầu tư và Xây dựng Thành Hưng đã đầu tư nhập khẩu cối trộn bê tông siêu tính năng từ Châu Âu, lắp đặt tại Tuyên Quang để sản xuất bột UHPC khô đảm bảo chất lượng sản phẩm cho công trình.



Hình 19. Dây chuyền sản xuất BTTNSC từ Châu Âu, lắp đặt tại Tuyên Quang

Đồng thời, đầu tư thêm 02 dây chuyền sản xuất bê tông siêu tính năng ướt lắp đặt trên mặt cầu cùng với hệ thống phụ trợ: Máy rải bê tông siêu tính năng và xe chở UHPC chuyên dụng, hệ thống bảo dưỡng hơi nước đồng bộ...

Theo Tổng cục Đường bộ Việt Nam, mặt cầu Thăng Long đã qua 2 đợt sửa chữa lớn vào năm 2009 và các năm từ 2012 – 2014. Năm 2009, mặt cầu Thăng Long được sửa

chữa tổng thể toàn bộ mặt kết cấu lớp phủ mặt cầu tính từ dưới lên. Sau một thời gian khai thác, lớp bê tông nhựa SMA bị hư hỏng, trượt, xô dòn nứt dẫn đến lớp bê tông nhựa mặt cầu nhanh bị phá hỏng.

Trong đợt 2, Bộ Giao thông Vận tải thi công sửa chữa, khắc phục hư hỏng lớp bê tông nhựa mặt cầu Thăng Long bằng máy rải chuyên dụng của Hãng HallBrother (Mỹ), sử dụng vật liệu dính bám nhũ tương nhựa đường polyme và bê tông nhựa polyme. Tuy nhiên, chỉ sau thời gian ngắn đưa vào sử dụng, lớp phủ mặt cầu đã hư hỏng, bong tróc, rạn nứt...



Hình 20. Đổ bê tông TNSC mặt cầu Thăng Long

Giải pháp sửa chữa cầu Thăng Long lần thứ 3 là cải tạo bản thép hiện tại thành mặt cầu liên hợp nhẹ bằng cách: làm sạch bản thép mặt cầu, hàn đinh neo dài 5 Cm theo công nghệ hàn Plasma tốc độ nhanh (0,17 giây) để không gây biến tính vật liệu thép.



Hình 21. Nghiên cứu dùng BTCT với BTTNSC sửa mặt cầu Thăng Long

Sau đó đặt lưới thép lên rồi đổ bê tông siêu tính năng (UHPC) cường độ tối thiểu 120 Mpa, dày tối thiểu 6 Cm. Trong quá trình thi công sẽ che chắn cầu Thăng Long để tránh mưa, nắng, đảm bảo nhiệt độ bê-tông.

Sửa chữa cầu Thăng long

Để sửa chữa mặt cầu Thăng Long cần tăng cường độ cứng cho bản mặt cầu, đảm bảo độ dính bám giữa mặt cầu và lớp phủ, chống thấm, chống đọng nước xuống bề mặt bản thép mặt cầu.

Việc cào bóc, làm sạch lớp phủ mặt cầu cũ, thi công lớp dính bám và thảm bê tông nhựa polyme do các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật và công nhân của Công ty cổ phần Phương Thành thực hiện.

Công việc tiến hành theo các bước sau:

- Cào bóc lớp bê tông nhựa hiện có
- Làm sạch bản mặt thép của cầu
- Lắp đặt lưới thép và đổ bê tông siêu tính năng (UHPC) cường độ cao gấp 3-4 lần bê tông thông thường
- Thi công lớp phủ gốc nhựa tạo nhám và êm thuận ở trên cùng.
- Thay thế các khe co giãn đã bị hư hỏng, sửa chữa lề bộ hành và hệ thống thoát nước.



Hình 22. Cạo lớp nhựa bê tông mặt cầu Thăng Long



Hình 23. Làm sạch bản mặt thép của cầu

Trong thời gian sửa chữa sẽ cấm hoàn toàn phương tiện đi qua cầu. Đại diện nhà thầu sửa chữa cầu Thăng Long cho biết, đơn vị thi công đang gia cường mặt cầu thép hiện tại, hàn các đỉnh neo thép vào bản mặt thép và lắp đặt lưới thép.



Hình 24. Chôn bu lông neo và lưới thép trên bản thép mặt cầu đã làm sạch gỉ

Tiếp đó đổ lớp bê-tông siêu tính năng (UHPC) có cường độ chịu nén, chịu kéo cao, độ dày tối thiểu 6 Cm. Vị trí 120 m nửa mặt cầu đầu tiên được đổ bê tông do nhà thầu thi công Công ty Thành Hưng thực hiện.

Thiết bị được sử dụng thi công dự án bao gồm trạm trộn để sản xuất hỗn hợp UHPC đổ bê tông siêu tính năng của hãng Skako nhập khẩu từ Đan Mạch; thiết bị rải UHPC và bảo dưỡng hơi nước được nhập khẩu từ Trung Quốc. Toàn bộ công việc vận hành thiết bị từ sản xuất vật liệu UHPC, trộn, rải và bảo dưỡng đều do các kỹ sư và cán bộ kỹ thuật, công nhân của Công ty Thành Hưng thực hiện.



Hình 25. Trạm trộn bê tông uhpc tại công trường



Hình 26. Đô bê tông tính năng siêu cao



Hình 27. Công tác bảo dưỡng bê tông TNSC



Hình 28. Thảm lớp bê-tông nhựa polyme phía trên

V. Ứng dụng của bê tông tính năng siêu cao trong xây dựng công trình nhà nhiều tầng

Hiện nay, loại bê tông này có vị trí rất quan trọng trong các công trình xây dựng cầu, đường, nhà, và các công có quy mô lớn. Trên thế giới, các công trình cao ốc hàng trăm tầng đều phổ biến sử dụng bê tông TNSC siêu cao.

Ứng dụng của bê tông cường độ cao trong xây dựng cầu: Loại bê tông này thường được sử dụng làm hệ thống dầm cầu bê tông dự ứng lực. Dựa trên những ưu điểm, bê tông cường độ cao giúp làm giảm tải trọng cho hệ thống dầm, và tăng chiều dài kết cấu nhịp. Trong xây dựng nhà nhiều tầng BTTNSC dùng để đúc các cấu kiện sau:

- Sử dụng bê tông cường độ cao làm cột của các tòa nhà:

Nhờ cường độ chịu nén cao hơn hẳn các loại bê tông khác, chọn dùng loại bê tông làm cột của các tòa nhà sẽ làm tăng khả năng chịu tải của cột, đồng thời giảm kích thước mặt cắt cột. Mặt khác, khi thi công lượng cốt thép, và ván khuôn sử dụng để đổ bê tông cường độ cao cũng ít hơn rất nhiều.

- Sử dụng BTTNSC để tạo các dầm có nhịp lớn trong các tòa nhà nhịp lớn, mái dạng vòm.
- Sử dụng BTTNSC để xây dựng các tháp, trụ có chiều cao lớn.
- Sử dụng BTTNSC trong các kết cấu bê tông dự ứng lực của các sàn nhà cao tầng.
- Sử dụng BTTNSC trong xây dựng các công trình ngầm thủy công, giao thông, kho ngầm, các trụ sở hay thiết chế văn hóa, thể thao, quốc phòng,..dưới đất.

Ngoài ra BTTNSC được dùng rất hiệu quả trong xây dựng các công trình biển chịu mặn, chịu xâm thực và sóng đánh chống bào mòn.

- Các ứng dụng BTTNSC vào các loại cấu kiện khác:
 - Bộ móng máy, đường ray, gối cầu
 - Mặt đường chịu va đập (xe bánh xích...)
 - Các kết cấu chịu ăn mòn, mài mòn.
 - Các vị trí yêu cầu bê tông có cường độ cao, khả năng chịu va đập mài mòn lớn...



Hình 29. Bê tông TNSC trong các sàn nhà cao cấp

Ưu điểm của bê tông tính năng siêu cao

Tính năng cơ bản nhất của bê tông chất lượng siêu cao là cường độ chịu nén hơn 150 Mpa, cường độ chịu kéo trực tiếp sau nứt hơn 5 Mpa, hơn nữa UHPC sở hữu độ cứng và độ bền cực kỳ cao.

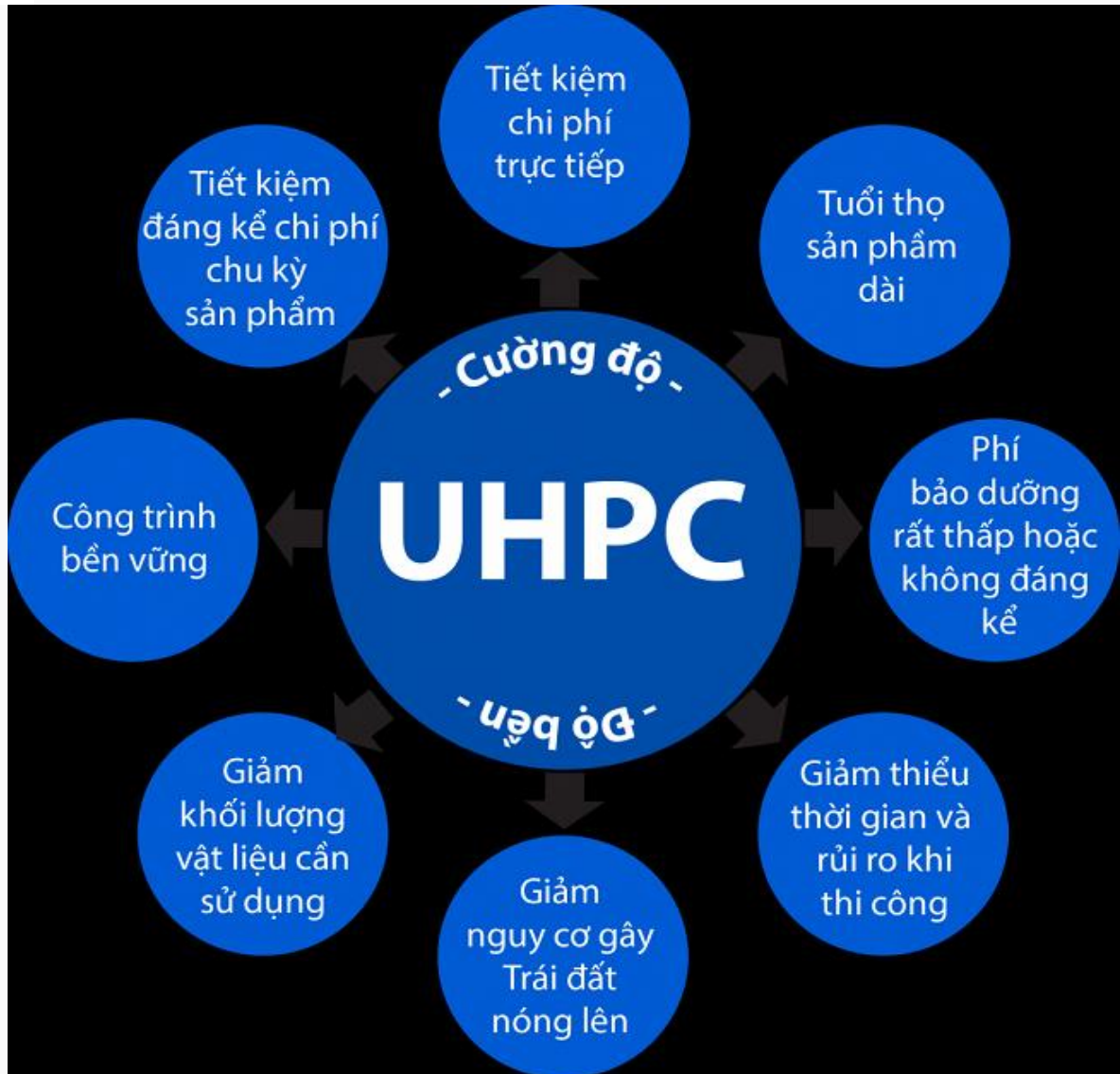
Trên hình 30 cho thấy các ưu điểm của BTTNSC. Đây là một thành công vượt bậc của ngành vật liệu xây dựng trong thời gian qua và chắc chắn là ngày càng ứng dụng rộng rãi BTTNSC trong các lĩnh vực xây dựng khác nhau, trong đó xây dựng các công trình cao tầng sẽ chiếm ưu thế.

Bằng cách tận dụng các đặc tính quan trọng trong BTTNSC, các cấu kiện đúc sẵn nhịp dài, cầu dự ứng lực và tòa nhà sẽ cách mạng hóa bê tông, sử dụng vật liệu hiệu quả hơn, cải thiện không gian, nâng cao hiệu suất sử dụng công trình.

Các ưu thế của BTTNSC là:

- Giảm được tiết diện và kích thước kết cấu;

- Tăng khả năng chịu lực và độ bền cực kì cao;
- Mang lại kiến trúc thẩm mỹ đẹp, đặc biệt cho kết cấu;
- Phù hợp cho kết cấu đúc sẵn, thi công lắp đặt nhanh;
- Kiểm soát tốt chất lượng kết cấu;
- Tạo ra kết cấu có tính đột phá mới lạ
- Giảm thiểu chi phí đầu tư xây dựng công trình.



Hình 30. Các ưu điểm của BTTNSC

So sánh các chỉ tiêu cơ-lý của BTTNSC so với bê tông thường cho trên bảng 5.

Bảng 5. So sánh giữa bê tông thường NSC và bê tông UHPC

Chỉ tiêu	Đơn vị	NSC	UHPC
Trọng lượng riêng	Kg/dm ³	2,2-2,5	2,45-2,55
Cường độ chịu nén	MPa	10-60	150-250
Cường độ chịu uốn	MPa	2-8	15-40
Cường độ chịu kéo	MPa	1-4	7-11
Mô-đun đàn hồi	GPa	20-40	45-55

Kết luận và kiến nghị

a) Phần kết luận:

Dựa trên những kết quả đạt được có thể đưa ra một số kết luận như sau:

- Sử dụng bê tông tính năng siêu cao và tự đầm là một xu hướng tất yếu khi thi công các công trình có điều kiện thi công đặc biệt, các cấu kiện có mật độ bố trí cốt thép dày, không gian sau ván khuôn đồ hẹp và vận chuyển vừa bằng cách bơm theo đường ống. Trong điều kiện đó sẽ không cần phải đầm mà vừa bê tông sẽ tự lèn, tự chảy, tự lấp kín không gian cần đổ mà vẫn đảm bảo tính đồng đều, độ chặt của kết cấu;

- Bê tông TNSC, tự đầm được chế tạo từ các vật liệu thành phần gồm: xi măng Portland PC40, cát thạch anh nghiền mịn, sợi thép mác, PGSD thế hệ 3 có gốc polycarboxylate (PC) của hãng BASF và nước với cấp phối phù hợp sẽ cho ta sản phẩm có chất lượng siêu cao về độ bền (cường độ chịu nén ở 28 ngày tuổi có thể đạt 120 Mpa) , chống thấm nước cao; có độ sụt (khoảng 18-20cm) và độ xòe lớn (khoảng 250-300mm) đảm bảo tính công tác của hỗn hợp.

- Sử dụng PGSD thế hệ 3 có gốc polycarboxylate (PC) còn có khả năng chống thấm Cl⁻ cao, do đó có thể dùng BTTNSC cho xây dựng công trình biển, chịu mặn.

b) Phần kiến nghị:

- Cần thiết phải nghiên cứu cả lý thuyết và thực nghiệm về BTTNSC để đưa vào TCVN.

- Nội địa hóa các thành phần của BTTNSC như sợi thép, các loại PGSD, cốt liệu mịn trên cơ sở sử dụng vật liệu nano.

- Nghiên cứu chế tạo thiết bị trộn, thiết bị vận chuyển hỗn hợp BTTNSC và tự động để việc thi công loại bê tông này được cơ giới hóa, nâng cao công suất và chất lượng sản phẩm.

Tài liệu tham khảo

1. AFGC-SETRA, Ultra High Performance Fibre-Reinforced Concretes. 2002, Paris, France: Interim Recommendations, AFGC publication.
2. RICHARD, P. and M.H. CHEYREZY, “Reactive Powder concretes with high ductility and 200-800 MPa compressive strength” in Mehta, P.K. (ED). Concrete Technology: Past, Present and Future, Proceedings of the V. Mohan Malhotra Symposium, 1994: p. ACI SP 144-24, 507-518. Detroit: Victoria Wieczorek.
3. VOOA, Y.L. and S.J. FOSTERB, Characteristics of ultra-high performance ‘ductile’ concrete and its impact on sustainable construction. The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering, 2010. 3: p. 168–187.
4. MEHTA, P.K. and V. MALHOTRA, High performance, high volume fly ash concrete. 2008, ACCA.
5. Ramachandra, High-Volume Fly Ash and Slag concrete. Noyes, 1995: p. 800-837.
6. LONG, L.Đ., Nghiên cứu sử dụng tro nhiệt điện đốt than tầng sôi tuần hoàn có khử khí sulfua (CFBC) của Nhà máy Nhiệt điện Cao Ngạn cho sản xuất vật liệu xây dựng. Báo cáo tổng kết đề tài khoa học và công nghệ, Viện Vật liệu Xây dựng, 2010.
7. AHLBOR, T.M., E. J. PEUSE, and D.L. MISSON, Ultra-High-Performance-Concrete for Michigan Bridges Material Performance – Phase I. 2008, Center for Structural Durability Michigan Technological University. p. 152.
8. LE, T.T., Ultra high performance fibre reinforced concrete paving flags. 2008, University of Liverpool: Liverpool. p. 374.
9. AHLBORN, T.M., et al., Strength and Durability Characterization of Ultra-High Performance Concrete Under Variable Curing Conditions. TRB Annual Meeting, 2011: p. 1-19.
10. KOLLMORGEN, G.A., Impact of Age and Size on the Mechanical Behavior of an Ultra-High Performance Concrete, in MS Thesis in Civil Engineering. 2004, Michigan

Technological, University, Houghton, Michigan.

11. GRAYBEAL, B.A., Characterization of the Behavior of Ultra-High Performance Concrete, in PhD Dissertation. 2005, University of Maryland, College Park, Maryland.
12. LARRARD, F.D. and T. SEDRAN, Optimization of ultra-high-performance concrete by the use of a packing model.
Cement and Concrete Research, 1994. 24(6): p. 997-1009.
13. DE LARRARD, F., Concrete mixture proportioning: A scientific approach. Modern Concrete Technology Series, E&FN SPON, London, 1999.
14. JONES, M., L. ZHENG, and M. NEWLANDS, Comparison of particle packing models for proportioning concrete constituents for minimum voids ratio. Materials and Structures, 2002. 35(5): p. 301-309.
15. BACHE, H.H., Densified Cement-Based/Ultrafine Particles-Based Materials. Proceedings, Second International Conference on Superplasticizer in Concrete, Ottawa, 1981: p. 185-213.
16. C.HOLLAND, T., Silica Fume User's Manual. Silica Fume Association, April 2005: p. 183.
17. TUAN, N.V., Rice Husk Ash as a Mineral Admixture for Ultra High Performance Concrete, in Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, the Netherlands. 2011. p. 165.