■Ngày nhận bài: 11/02/2022 ■Ngày sửa bài: 18/3/2022 ■Ngày chấp nhận đăng: 04/4/2022

Nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia siêu dẻo đến tính chất của bê tông siêu tính năng - UHPC

Research on effect of superplasticizer on the properties of Ultra high performance oncrete - UHPC

> TS TRẦN BÁ VIỆT (1), KS LƯƠNG TIẾN HÙNG (2)
(1) Hội bê tông Việt Nam - VCA, Email: vietbach57@yahoo.com, Tel: 0903406501.
(2) Công ty Cổ phần Sáng tạo và Chuyển giao công nghệ Việt Nam.

TÓM TẮT:
Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về vai trò và sự ảnh hưởng của phụ gia siêu dẻo trong chế tạo bê tông siêu tính năng – UHPC. Thông qua các thử nghiệm tính chất cơ lý của hỗn hợp UHPC và UHPC, có thể đưa ra được các đánh giá và số liệu tham khảo về việc lựa chọn chủng loại phụ gia và hàm lượng của chúng cho tính toán cấp phối UHPC để đảm bảo được mức tối ưu nhất về tính công tác và cường độ.
Từ khoá: Bê tông siêu tính năng – UHPC, phụ gia siêu dẻo, cốt sợi thép phân tán, sợi thép cường độ cao, bảo dưỡng nhiệt ẩm, độ chảy xoè, cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo trực tiếp, cường độ chịu kéo khi uốn.

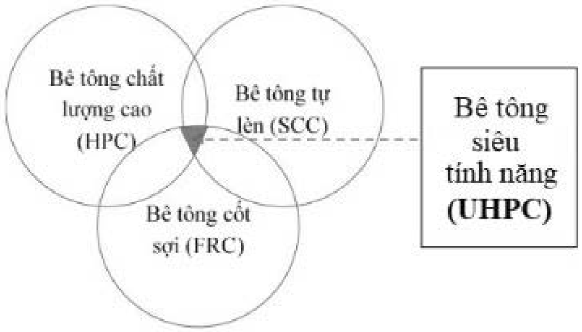
ABSTRACT:
This paper presents research results the influence of superplasticizers in ultra high performance concrete -UHPC. Through testing the physical and mechanical properties of the mixture UHPC and UHPC, it is possible to provide evaluations and reference data on the selection of additives and content for the calculation of UHPC grading in order to ensure the optimal composition of UHPC.
Keywords: Ultra high performance fibre reinforced concrete – UHPC, superplasticizer, dispersed fiber reinforcement, high strength steel thread, heat moisture curing, flow, compressive strength, tensile strength, flexural strength.

I. TỔNG QUAN

1. UHPC – Vật liệu thành phần

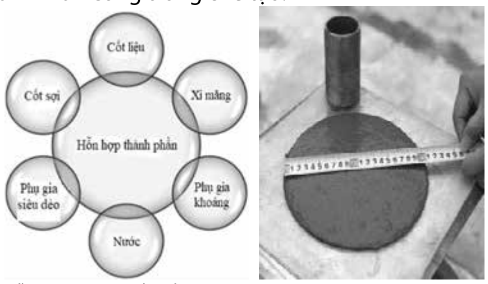
Một sản phẩm tiên tiến nhất hiện nay của công nghệ bê tông tại Việt Nam chính là bê tông siêu tính năng – UHPC sử dụng cốt sợi thép phân tán. Điều này được khẳng định sau thành công của việc áp dụng công nghệ này vào sửa chữa mặt cầu Thăng Long.

UHPC là một vật liệu có sự kết hợp hài hoà giữ các loại bê tông khác như HPC, SCC và FRC với điểm đặc biệt là có độ bền rất cao, độ dẻo dai lớn.



Hình 1. Định nghĩa về bê tông siêu tính năng – UHPC

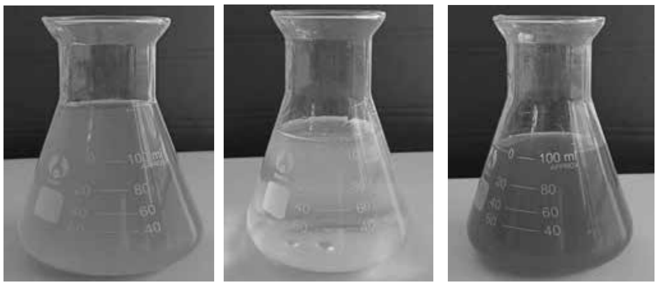
Khả năng làm việc của UHPC phụ thuộc rất nhiều vào tỉ lệ N/CKD. Nhờ sử dụng phụ gia siêu dẻo một cách hợp lý cho hỗn hợp thành phần UHPC có được tối ưu hoá về độ đặc chắc. Cùng với đó là sự phân tán 3D của cốt sợi thép mà UHPC có được cường độ chịu nén lên tới 200 MPa, Modul đàn hồi lên tới 60 GPa, cường độ chịu kéo trực tiếp và cường độ chịu kéo khi uốn lần lượt là 15 MPa, 45 MPa (ở tuổi 28 ngày). Phụ gia siêu dẻo còn giúp hỗn hợp UHPC có tính chất tự chảy, tự lèn chặt tạo ra một sản phẩm có bề mặt đẹp, chất lượng cao và giảm nhân công trong chế tạo.



Hình 2. Hỗn hợp thành phần cấu tạo và tính năng tự chảy của UHPC

Các phụ gia siêu dẻo được sử dụng trong chế tạo UHPC thường là loại có gốc Polycarboxylate (PCE). Tuy vậy, liều lượng phụ gia cần thiết phụ thuộc rất lớn vào sự tương thích giữa các vật liệu thành phần.

Để làm rõ được ảnh hưởng trên, đã nghiên cứu chế tạo UHPC với 3 loại phụ gia siêu dẻo khác nhau là PCE 1, PCE 2 và PCE 3 để so sánh, đánh giá.



Hình 3. Các loại phụ gia sử dụng trong nghiên cứu này (PCE 1, PCE 2, PCE 3)

2. Phương pháp nghiên cứu và các tiêu chuẩn áp dụng

Các vật liệu trên cấu thành nên UHPC đáp ứng các tiêu chuẩn về vật liệu:

- TCVN 6282:2009, Xi măng Poóc lăng – yêu cầu kỹ thuật;
- TCVN 8826:2011, Phụ gia hoá học cho bê tông và vữa;
- TCVN 9036:2011, Nguyên liệu để sản xuất thuỷ tinh – cát – yêu cầu kỹ thuật;
- TCVN 11586:2016, Xỉ hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa;
- ASTM A820/A820M-16, Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete.

Các mẫu thí nghiệm tính chất cơ lý có kích thước như sau:

- Cường độ chịu nén: mẫu lập 4x4x16 cm và mẫu trụ d10xh20 cm;
- Cường độ chịu kéo: mẫu 5x10x50 cm;
- Cường độ chịu kéo khi uốn: mẫu lập phương 10x10x40 cm;

Các chỉ tiêu tính chất cơ lý thực hiện theo các tiêu chuẩn sau:

- TCCS 02:2017/IBST, Bê tông tính năng siêu cao UHPC – hướng dẫn thiết kế kết cấu;
- NF P18-470:2016, Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete – Specifications, performance, production and conformity;
- ASTM C1856/C1856M-17, Standard Practice for Fabricating and Testing Specimens of Ultra - High Performance Concrete;
- ASTM C469/C469M-14e1, Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression;
- ASTM C1609/C1609M - 19a, Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using BeamWith Third – Point Loading);

Hình 4. Tính tự chảy, tự lèn chặt của hỗn hợp UHPC trong thực tế thi công

Các mẫu UHPC được bảo dưỡng ở cùng một điều kiện: sau khi đúc và làm phẳng mặt, mẫu được bảo dưỡng ẩm tự nhiên; sau 24 giờ tiếp theo, mẫu tiếp tục được bảo dưỡng nhiệt ẩm tại 80 °C trong thời gian 72 giờ tiếp theo; sau cùng, mẫu tiếp tục được bảo dưỡng ẩm tại điều kiện phòng thí nghiệm đến đủ 7 ngày tuổi, rồi để tự nhiên đến 28 ngày để thử kết quả.

II. NỘI DUNG KỸ THUẬT

1. Giới thiệu vật liệu và thiết bị sử dụng

a) Vật liệu thành phần trong nghiên cứu này bao gồm:

Bảng 1. Thông tin vật liệu thành phần chế tạo UHPC

STT	Nội dung	Chi tiết
1	Nhóm chất kết dính	- Xi măng PC40
		- Silica fume
		- GGBS
2	Nhóm cốt liệu	- Thạch anh
		- Sợi thép 3200 MPa

Hình 5. Cốt sợi thép và sự phân tán sợi thép trong UHPC

b) Các thiết bị sử dụng:

- Máy nén (ứng suất – biến dạng) bê tông 2.000 kN;
- Máy kéo – uốn (ứng suất – biến dạng) bê tông 100 kN;
- Cone Suttard: d50 x h100 mm;
- Cone ASTM C230/C230M-21: d70/100 x h50 mm;
- Khuôn mẫu chịu nén: d10 x h20 cm;
- Khuôn mẫu chịu kéo: 5 x 10 x 50 cm;
- Khuôn mẫu chịu kéo khi uốn: 10 x 10 x 40 cm;

2. Cấp phối thử nghiệm

Các yêu cầu đặt ra đối với thiết kế cấp phối UHPC:

- Đảm bảo việc sử dụng 3 loại phụ gia trên giúp UHPC có tính công tác trong thi công với độ chảy xoè tới thiểu >10 cm (cone Suttard) và >15 cm (cone ASTM C230/C230M-21);
- Đáp ứng các yêu cầu về chỉ tiêu cường độ.

Bảng 2. Cấp phối đánh giá các loại phụ gia thử nghiệm

Tên vật liệu		Khối lượng, *(kg)*	Thể tích, *(lit)*
Xi măng		910	294,5
SF + GGBS		270	131,2
Cát thạch anh		890	335,8
Sợi thép		160	20,4
Phụ gia siêu dẻo gốc PCE	PCE 1 – 3,2 %	37,8	35,0
	PCE 2 – 3,4 %	40,1	37,8
	PCE 3– 1,7 %	20,1	18,4
N/CKD		0,165	
Hàm lượng bọt khí: 2,5 %			
Tổng			**1.000**

3. Kết quả thử nghiệm hỗn hợp UHPC

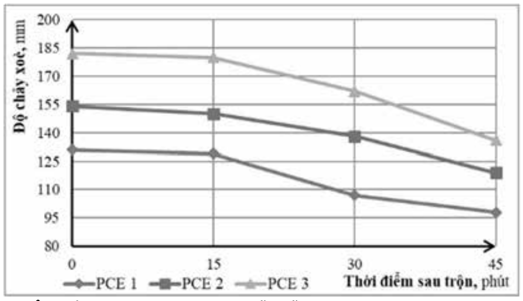
Các chỉ tiêu thử nghiệm ở Bảng 3 dưới đây được thực hiện trong điều kiện nhiệt độ và độ ẩm của phòng thí nghiệm:

Bảng 3. Kết quả thử nghiệm các tính chất của các mẫu hỗn hợp UHPC

Loại mẫu	Cone Suttard, (mm)	Cone ASTM C230, (mm)	Hàm lượng bọt khí, (%)	Thời gian xuất hiện chảy dẻo, phút
PCE 1	131	169	2,7	6,5
PCE 2	154	206	2,4	6,0
PCE 3	182	238	2,6	5,0

Bảng 4. Kết quả kiểm tra tổn thất tính công tác của hỗn hợp UHPC theo thời gian

Loại mẫu	Tổn thất độ chảy xoè – cone Suttard, cm			
	Sau trộn	15 phút	30 phút	45 phút
PCE 1	136	129	107	98
PCE 2	154	150	138	119
PCE 3	182	180	162	136



Hình 6. Tổn thất tính công tác của các mẫu hỗn hợp UHPC sau trộn

Hình 7. Kiểm tra tính công tác của các mẫu hỗn hợp UHPC

4. Kết quả thử nghiệm UHPC

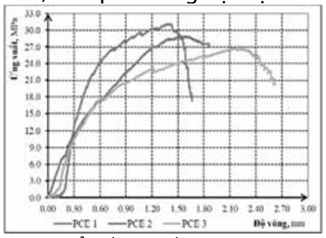
a) Kết quả cường độ chịu nén

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm cường độ chịu nén của mẫu UHPC

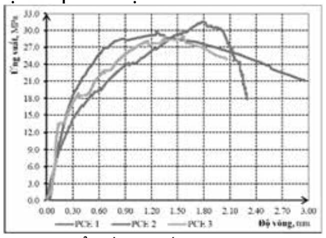
Loại mẫu	R5, (MPa)			R28, (MPa)		
	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
PCE 1	140,8	142,1	138,5	146,0	147,3	144,1
	140,5			**145,8**		
PCE 2	136,4	132,6	134,5	139,1	138,5	136,7
	134,5			**138,1**		
PCE 3	127,6	123,7	125,9	141,2	137,3	139,9
	125,7			**139,5**		

Hình 8. Thử cường độ chịu nén các mẫu UHPC

b) Kết quả cường độ chịu kéo trực tiếp và chịu kéo khi uốn



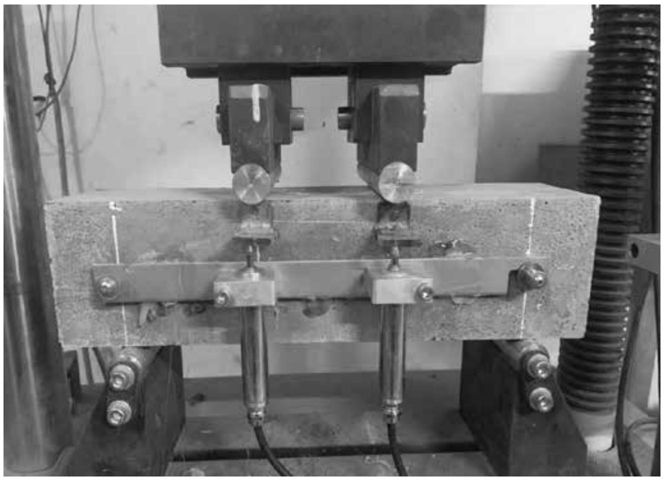
Hình 9. Biểu đồ ứng suất – độ võng chịu kéo khi uốn của các mẫu UHPC tại 5 ngày



Hình 10. Biểu đồ ứng suất – độ võng chịu kéo khi uốn của các mẫu UHPC tại 28 ngày

Bảng 6. Kết quả thử nghiệm các tính chất khác của các mẫu UHPC

Loại mẫu	Chịu kéo trực tiếp, MPa		Chịu kéo khi uốn, MPa	
	R5	R28	R5	R28
PCE 1	10,0	11,2	31,1	31,6
PCE 2	9,4	10,7	29,0	29,8
PCE 3	9,3	10,6	26,8	29,0



Hình 11. Thí nghiệm xác định đường cong ứng suất – độ võng chịu kéo khi uốn mẫu UHPC

III. KẾT LUẬN

1. Cả 3 loại phụ gia gốc PCE trên đều có thể sử dụng trong sản xuất, chế tạo UHPC và cho kết quả tốt.

2. Phụ gia PCE 3 có liều lượng sử dụng trên 1 m^3 UHPC chỉ bằng 1/2 so với 2 loại phụ gia PCE 1 và PCE 2.

3. Về tính công tác và hàm lượng bọt khí, ứng với cả 3 loại phụ gia đều cho kết quả đáp ứng yêu cầu.

4. Cường độ chịu kéo trực tiếp đạt trên 9,3 MPa, lớn nhất là 11,2 MPa.

5. Cường độ kéo khi uốn của UHPC ứng với cả 3 loại phụ gia đồng biến theo thời gian, và R5 bằng khoảng 93% so với R28, R 28 đạt trên 27 MPa.

6. Cường độ kéo khi uốn tại vết nứt đầu tiên của UHPC ứng với cả 3 loại phụ gia lớn hơn 15 MPa.

7. Độ võng đàn hồi, tại ứng suất 15 MPa, khi kéo uốn ứng với cả 3 loại phụ gia lớn hơn 200 µm/m.

8. Phụ gia siêu dẻo PCE 1 để chế tạo UHPC cho chất lượng cao nhất; PCE 3 cho hiệu quả kinh tế cao nhất. Như vậy tuỳ thuộc yêu cầu mà có thể lựa chọn loại phụ gia phù hợp để chế tạo các loại UHPC khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. FHWA-HRT-18-036, Properties and Behavior of UHPC-Class Material.

2. ASTM C1856/C1856M-17, Standard Practice for Fabricating and Testing Specimens of Ultra-High Performance Concrete.

3. ASTM C469/C469M-14e1, Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.

1. ASTM C1609/C1609M-19a, Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third – Point Loading).