

Nghiên cứu sử dụng cát thạch anh ven biển để chế tạo bê tông siêu tính năng - UHPC

Research on use of coastal quartz sand producing ultra high performance concrete - UHPC

> TS TRẦN BÁ VIỆT¹, KS LƯƠNG VĂN HÙNG²

¹ Hội bê tông Việt Nam - VCA;

Email: vietbach57@yahoo.com; Tel: 0903406501

² Công ty CP Sáng tạo và Chuyển giao công nghệ Việt Nam.

TÓM TẮT:

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về vai trò của cát thạch anh tự nhiên để chế tạo UHPC, tiềm năng và tính khả thi của việc sử dụng một số loại cát trắng ven biển Việt Nam thông qua các thử nghiệm tính chất cơ lý của UHPC.

Từ khóa: Bê tông siêu tính năng UHPC; sợi thép, cát trắng - cát thạch anh; bảo dưỡng nhiệt ẩm; cường độ chịu nén; cường độ chịu kéo trực tiếp; cường độ chịu kéo khi uốn; modul đàn hồi và hệ số Poisson.

ABSTRACT:

The article presents the role of quartz sand in the composition of UHPC and the potential and feasibility of using some types of white sand along the coast of Vietnam through tests of physical and mechanical properties of UHPC.

Keywords: Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete - UHP; steel fiber; white sand - quartz san; heat moisture curing; compressive strength; tensile strengt; flexural strength; elastic Modulus and Poisson's.

I. TỔNG QUAN

1. UHPC - Vật liệu thành phần

UHPC là thế hệ tiên tiến của của vật liệu composit nền xi măng được hiệu chỉnh thành phần để có cường độ nén rất cao, độ dẻo dai lớn và tuổi thọ vượt trội. Chất kết dính trong UHPC phần lớn là xi măng Poóc lăng và một phần nhỏ bao gồm các phụ gia khoáng khác là Silicafume, tro bay, xỉ lò cao...

Cốt liệu chính trong thành phần UHPC là cát thạch anh với nhiều loại có các kích thước hạt khác nhau. Việc loại bỏ các cốt liệu lớn (đá dăm) mà chỉ sử dụng cát thạch anh trong hỗn hợp UHPC là hợp lý, nhờ hình dạng góc cạnh cát giúp làm giảm thiểu các lỗ rỗng ở vùng giao thoa ITZ dẫn đến độ xốp tổng thể thấp hơn trong matrix, do đó độ bền cơ học tăng rất cao. Cốt

sợi thép phân tán không thể thiếu trong nhóm vật liệu cấu thành làm cho UHPC tăng vượt trội về cường độ chịu kéo - uốn, đặc biệt là cải thiện thêm tính dẻo dai là giá trị $R_{kéo\ max}$.

Các kết quả cho thấy, UHPC được chế tạo tại Việt Nam đã đạt được cường độ chịu nén R28 khoảng 130 ÷ 190 MPa, cường độ chịu kéo trực tiếp trong khoảng 7 ÷ 16 MPa và chịu kéo khi uốn R28 và 20 ÷ 45 MPa. Modul đàn hồi của UHPC trung bình 40 ÷ 60 GPa.

Việt Nam có đường bờ biển tương đối dài với các vùng có mỏ cát thạch anh trải từ Bắc vào Nam như Quảng Ninh, Quảng Bình, Quảng Trị, Đà Nẵng, Quảng Nam, Bình Định, Phú Yên, Khánh Hoà, Hà Tiên ... đây là điều kiện thuận lợi về tài nguyên với chất lượng cao, cho phép giảm giá của sản phẩm UHPC.

Từ đó, sẽ tạo điều kiện biến một sản phẩm UHPC có thể được sử dụng rộng rãi cho các công trình dân dụng hoặc hạ tầng với giá thành cạnh tranh với bê tông cốt thép truyền thống. Nghiên cứu này được thực hiện để tạo ra một hệ thống số liệu tham chiếu khách quan về tính khả thi khi sử dụng cát trắng ven biển nước ta.

Trong nghiên cứu này có sử dụng 10 loại cát tại các mỏ khác nhau làm hệ so sánh tham khảo bao gồm:

Bảng 1. Các mẫu cát trắng - cát thạch anh ven biển

Loại cát	Nguồn gốc	Kí hiệu
Cát Móng Cái	Móng Cái, Quảng Ninh	MC
Cát Vân Đồn	Vân Đồn, Quảng Ninh	VĐ
Cát Quảng Trạch	Quảng Trạch, Quảng Bình	QT
Cát Lệ Thủy	Lệ Thủy, Quảng Bình	LT
Cát Vico	Sản phẩm của Vico, Hải Lăng, Quảng Trị	VC
Cát Hoàng Tiệp	Sản phẩm của Hoàng Tiệp, Thăng Bình, Quảng Nam	HT
Cát Fico	Sản phẩm của Fico, Cam Lâm, Khánh Hoà	FC
Cát Cam Ranh	Cam Ranh, Khánh Hoà	CR
Cát Nha Trang	Nha Trang, Khánh Hoà	NT
Cát Bắc Bình	Bắc Bình, Bình Thuận	BT



Hình 1 - Cát thạch anh ven biển nước ta hiện trữ lượng lớn, nhưng chưa được khai thác sử dụng hiệu quả

2. Phương pháp nghiên cứu và các tiêu chuẩn liên quan

Các vật liệu chính trên cấu thành nên hỗn hợp UHPC đều đáp ứng các tiêu chuẩn Việt Nam hay các tài liệu tham khảo khác của nước ngoài về vật liệu như:

- TCVN 6282:2009, Xi măng Poóc lăng - yêu cầu kỹ thuật;
- TCVN 10302:2014, Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng;
- TCVN 11586:2016, Xi hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa;
- TCVN 9036:2011, Nguyên liệu để sản xuất thủy tinh - cát - yêu cầu kỹ thuật;
- TCVN 8826:2011, Phụ gia hoá học cho bê tông và vữa;
- ASTM A820/A820M-16, Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete.



Hình 2 - Cát tại các điểm lấy mẫu có trữ lượng lớn và tương đối sạch

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

- Cường độ chịu nén: mẫu lập phương 4x4x16 cm và mẫu trụ 10xh20 cm;
- Cường độ chịu kéo: mẫu xương 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 Beam With Third - Point Loading);

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:

Nhóm chất kết dính: Xi măng PC 40; Silicafume; Xi lò cao; Tro bay.

Nhóm cốt liệu và cốt sợi phân tán: Cốt liệu: lần lượt 10 loại cát trắng được nêu ở Bảng 1; Cốt sợi: Sợi thép mạ đồng cường độ cao, 3200MPa.

Phụ gia dẻo gốc PCE.



Hình 3 - Cốt sợi thép phân tán và phụ gia dẻo gốc PCE dùng trong nghiên cứu
b) Các thiết bị sử dụng:

- Máy trộn bê tông trục nghiêng tăng cường;
- Máy nén (ứng suất - biến dạng) bê tông 2.000 kN;
- Máy kéo - uốn (ứng suất - biến dạng) bê tông 100 kN;
- Khuôn mẫu chịu nén trụ d100 x H 200 mm;
- Khuôn mẫu chịu nén 40 x 40 x 160 mm;
- Khuôn mẫu chịu kéo: 50 x 100 x 500 mm;
- Khuôn mẫu chịu kéo khi uốn 100 x 100 x 400 mm;

2. Các kết quả thí nghiệm của cát trắng

a) Thành phần hạt

Bảng 2. Kết quả thử nghiệm thành phần hạt của các mẫu cát

Cỡ sàng	Lượng sót sàng tích lũy, (%)					Modul
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
MC	0	0	0,6	14,3	74,4	0,89
VĐ	0	0,1	3,8	83,0	99,7	1,87
QT	0	1,0	28,8	64,9	97,9	1,93
LT	0	0,1	12,8	87,2	95,1	1,95
VC	0	4,2	17,9	39,9	75,3	1,37
HT	0	1,1	15,3	35,8	73,8	1,26
FC	0	0	3,9	71,0	98,1	1,73
CR	0	0,2	6,8	70,0	97,1	1,74
NT	0	3,2	17,8	75,2	91,7	1,88
BT	0	0	9,8	26,2	75,0	1,11

b) Thành phần hoá và các chỉ tiêu khác

Bảng 3. Kết quả thử nghiệm thành phần hoá và các chỉ tiêu khác của các mẫu cát

Loại cát	Thành phần hoá (%)					Tạp chất hữu cơ (%)	Khối lượng riêng (g/cm ³)
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CL ⁻		
MC	96,54	0,171	0,062	0,021	> 0,001	0,9	2,64
VĐ	99,51	0,169	0,087	0,017	> 0,001	0,7	2,63
QT	99,58	0,036	0,060	0,013	< 0,001	0,5	2,65
LT	99,64	0,105	0,057	0,009	< 0,001	0,6	2,64
VC	96,03	0,204	0,047	0,013	< 0,001	0,2	2,62
HT	96,08	0,167	0,032	0,009	< 0,001	0,2	2,66
FC	99,46	0,069	0,034	0,005	< 0,001	0,1	2,65
CR	99,72	0,172	0,030	0,011	> 0,001	0,4	2,64
NT	98,77	0,158	0,036	0,010	> 0,001	0,2	2,66
BT	96,22	0,209	0,042	0,031	< 0,001	0,1	2,63

Nhận xét:

- 10 loại cát trong nghiên cứu này đều có hàm lượng SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃ thoả mãn yêu cầu TCVN 9036:2011, đặc biệt là hàm lượng SiO₂ > 95%, đáp ứng tiêu chuẩn để chế tạo UHPC;
- Các mẫu cát MC, VĐ, QT, LT và CR được lấy ngay tại bãi ven biển nên hàm lượng tạp chất là tương đối lớn,

3. Cấp phối thử nghiệm

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

- Cân bằng thể tích với khối lượng thể tích hỗn hợp >2400 kg/m³ với nguyên tắc khi khối lượng thể tích càng cao, UHPC cường độ càng lớn;

- Đảm bảo tính công tác trong thi công với độ chảy xoè tới thiểu >10 cm (nhớt kế Suttard) và 15 cm (cone ASTM C230/C230M-21);

- Đảm bảo tính co ngót với việc điều chỉnh các tỉ lệ xi măng/chất kết dính, chất kết dính/cát và tổng lượng nước/chất kết dính;

- Đáp ứng về chỉ tiêu các loại cường độ và modul đàn hồi;

Các mẫu cát nghiên cứu trên được so sánh với cùng 1 cấp phối đối chứng sau:

Bảng 4. Cấp phối đối chứng dùng cho thử nghiệm tính phù hợp của các mẫu cát

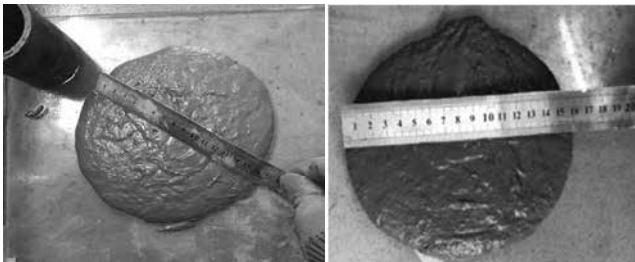
Tên vật liệu	Khối lượng, (kg)	Thể tích, (lit)
Xi măng	950	306,4
Silicafume + GGBS + tro bay	310	130,7
Cát: 10 loại cát trắng tương ứng	-	302,9
Sợi thép	200	25,5
Phụ gia siêu dẻo PCE	38	35,8
Nước	173,7	173,7
Hàm lượng bọt khí: 3,0 %		
Tổng		1.000

4. Kết quả thử nghiệm hỗn hợp UHPC

Các chỉ tiêu thử nghiệm ở Bảng 5 dưới đây được thực hiện trong điều kiện nhiệt độ và độ ẩm của phòng thí nghiệm, mẫu thử độ chảy xoè được kiểm tra bằng nhớt kế Suttard:

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm các tính chất của các mẫu hỗn hợp UHPC

Loại mẫu	Độ chảy xoè và tổn thất độ chảy xoè (cm)			Khối lượng thể tích (kg/m ³)	Hàm lượng bọt khí (%)
	Sau trộn	15 phút	30 phút		
MC	136	119	108	2470	2,7
VĐ	145	123	113	2480	2,2
QT	167	138	126	2450	2,6
LT	163	135	129	2460	2,6
VC	154	127	116	2460	2,4
HT	136	117	105	2480	2,1
FC	150	123	120	2490	2,6
CR	153	127	119	2480	2,7
NT	162	140	124	2490	2,3
BT	138	114	106	2470	2,2



Hình 4 - Thử nghiệm độ chảy xoè của các mẫu hỗn hợp UHPC sau trộn

5. Kết quả thử nghiệm UHPC

a) Kết quả cường độ chịu nén

Sử dụng keo Epoxy để capping mẫu trụ, kết quả cho trong Bảng 6

Bảng 6. Kết quả thử nghiệm cường độ chịu nén của các mẫu UHPC

Kết quả (MPa)	Mẫu 4x4x16 cm, MPa			Mẫu trụ D10xH20 cm, MPa		
	R5	R14	R28	R5	R14	R28
MC	147,0	154,9	160,2	123,9	128,4	132,4
VĐ	156,8	164,5	172,6	131,0	136,7	143,3
QT	153,1	162,1	169,1	128,2	135,1	140,7
LT	151,3	156,2	161,8	126,4	129,3	135,1
VC	159,0	164,8	181,3	131,5	137,8	150,2
HT	165,7	172,3	178,7	135,9	143,7	147,6
FC	173,8	177,2	190,1	143,7	145,9	156,5
CR	165,1	168,0	174,6	136,1	139,5	147,3
NT	169,5	170,3	183,9	136,0	141,0	149,8
BT	156,4	160,5	170,0	129,6	133,2	135,7

Nhận xét: Cả 10 loại cát trắng đều cho kết quả nén mẫu >120 MPa, chứng tỏ có thể dùng được cho chế tạo UHPC, trong đó mẫu cát FC - Cam Ranh cho kết quả cao nhất, đạt 156,5 MPa với mẫu trụ.

Hệ số tỷ lệ cường độ mẫu 100x200 so với cường độ mẫu 40x40x160 mm khoảng 0,82. Điều này cho phép đánh giá nhanh chất lượng cát thông qua mẫu nhỏ 40 x40x160mm.

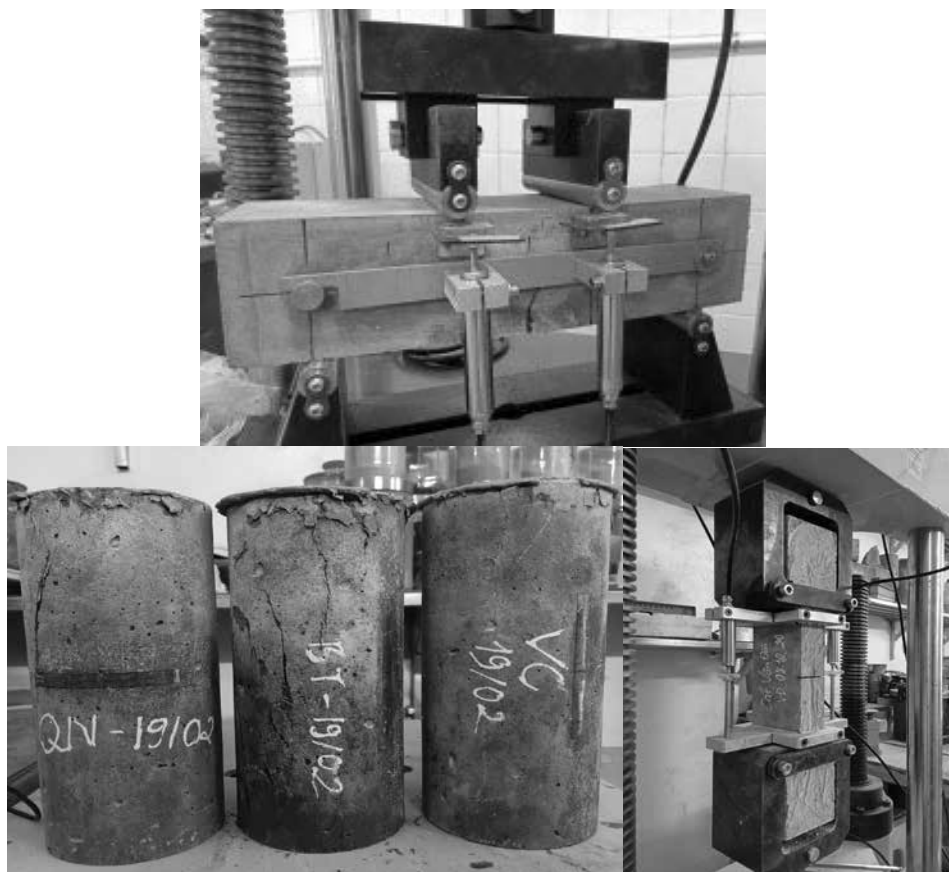


Hình 5 - Thử nghiệm cường độ chịu nén của các mẫu UHPC

b) Kết quả cường độ chịu kéo trực tiếp, kéo khi uốn và modul đàn hồi

Bảng 7. Kết quả thử nghiệm các tính chất khác của các mẫu UHPC

Kết quả (MPa)	Kéo trực tiếp		Kéo khi uốn		Modul đàn hồi	Hệ số Poisson's
	R5	R28	R5	R28		
MC	8,9	9,3	24,4	27,6	$44,1 \cdot 10^3$	0,16
VĐ	8,8	9,6	26,9	28,3	$46,3 \cdot 10^3$	0,18
QT	9,0	9,5	25,1	29,4	$43,9 \cdot 10^3$	0,18
LT	8,7	9,6	26,2	29,5	$47,2 \cdot 10^3$	0,17
VC	8,9	9,9	26,7	30,4	$49,5 \cdot 10^3$	0,20
HT	8,8	9,8	26,8	31,1	$47,4 \cdot 10^3$	0,19
FC	9,2	10,4	27,9	33,6	$51,8 \cdot 10^3$	0,20
CR	8,5	9,7	25,0	30,9	$48,7 \cdot 10^3$	0,18
NT	8,6	9,8	26,2	31,8	$49,1 \cdot 10^3$	0,17
BT	8,6	9,5	24,6	27,3	$43,2 \cdot 10^3$	0,17



Hình 6 - Thí nghiệm các chỉ tiêu khác của các mẫu UHPC

III. KẾT LUẬN

1. Cát trắng tại các tỉnh thành ven biển miền trung có hàm lượng SiO₂ lớn, sử dụng được trong chế tạo UHPC. Cát tốt nhất là vùng Nam Trung bộ.

2. So với các loại cát chưa được qua xử lý (rửa mặn, sàng tuyển) thì các loại cát là sản phẩm của các nhà máy khai thác như Fico, Vico, Hoàng Tiệp cho kết quả tốt nhất.

3. Các loại cát trắng được lấy tại các bãi, mỏ tự nhiên gần biển như MC, VĐ, CR, NT có hàm lượng Cl⁻ tương đối lớn, phải được rửa mặn trong quá trình khai thác trước khi đưa vào sử dụng.

4. Có thể sử dụng mẫu 40x40x160mm để thử nghiệm với hệ số cường độ nén 0,82 để quy đổi sang mẫu trụ chuẩn 100x200mm.

5. Trữ lượng cát thạch anh ở nước ta còn rất lớn, có những nơi hiện đang sử dụng một cách lãng phí, chưa được khai thác hợp lý, ví dụ như dùng trong việc san lấp mặt bằng. Cần nghiên cứu để đưa nguồn tài nguyên khoáng sản cát thạch anh ven biển dùng chế tạo bê tông chất lượng siêu cao UHPC.

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