NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG VẬT LIỆU UHPC CHO CÔNG TÁC GIA CƯỜNG, SỬA CHỮA CÔNG TRÌNH CẦU XUỐNG CẤP TẠI VIỆT NAM

STUDY ON APPLYING UHPC METERIAL FOR REPAIR OF DOWN BRIDGES IN VIETNAM

Vũ Ngọc Luyến[1], Ngô Mạnh Toàn

Viện Khoa học công nghệ và xây dựng
Email: [1]vnluyen.ibst@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.59382/hnkh17-ibst.2025.ses1-12

TÓM TẮT: Trong những năm gần đây, nhiều cây cầu hiện có ở Việt Nam đã xảy ra tình trạng xuống cấp do ảnh hưởng bởi các điều kiện tự nhiên như: môi trường khí hậu nóng ẩm, mưa bão, lũ lụt cùng với sự gia tăng phát triển của các phương tiện theo sự phát triển của đất nước và thiếu sự quản lý sửa chữa bảo trì các cây cầu. Đặc biệt, với các cây cầu có quy mô nhỏ có thể bị xuống cấp nhanh chóng dẫn đến tuổi thọ bị rút ngắn đáng kể do không được sửa chữa, bảo trì đầy đủ. Do đó để đảm bảo hiệu quản sử dụng cũng như tuổi thọ của các cây cầu, cần thiết nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật sửa chữa và gia cường cho các kết cấu bị hư hỏng. Với mục đích này, nghiên cứu tiến hành phát triển và triển khai vật liệu UHPC trong công tác sửa chữa gia cường công trình cầu Việt Nam.

Mục đích của nghiên cứu là thu thập thông tin, dữ liệu để nghiện cứu tiến tới thương mại hóa các kết quả ứng dụng UPHC cho công tác sửa chữa cầu trong tương lai. Điều này sẽ đạt được thông qua đánh giá các đặc tính và hiệu suất cơ học của bê tông UHPC được tối ưu hóa bằng cách sử dụng vật liệu địa phương tại Việt Nam.

TỪ KHÓA: Bê tông UHPC, cường độ nén, uốn, kéo

ABSTRACT: Recent years, many existing bridges in Vietnam have been degraded due to the impact of natural conditions such as hot and humid climate, storms, floods, along with the increase in vehicle development according to the country's development and lack of management of bridge repair and maintenance. In particular, small-scale bridges can be degraded quickly, leading to a significantly shortened lifespan due to lack of repair and maintenance. Therefore, to ensure the efficiency of use as well as the lifespan of bridges, it is necessary to study technical solutions for repairing and reinforcing damaged structures. For this purpose, the study is conducted to develop and deploy UHPC materials in the repair and reinforcement of Vietnamese bridge works.

The purpose of the research is to collect information and data to conduct research towards commercializing the results of UPHC application for bridge repair work in the future. This will be achieved through evaluation of the mechanical properties and performance of optimized UHPC concrete using local materials in Vietnam.

KEYWORDS: UHPC Concrete, compressive strength, bending, tensil.

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là một quốc gia có mạng lưới sông ngòi dày đặc. Hệ thống sông ngòi ở Việt Nam được phân bố rộng khắp, với nhiều sông, kênh, rạch chằng chịt, đặc biệt là ở các vùng đồng bằng với điều kiện tự nhiên như vậy để đảm bảo lưu thông, giao lưu phát triển kinh tế giữa các vùng nên từ lâu nước ta đã đẩy nhanh xây dựng hệ thống hạ tầng cầu công qua các sông ngòi để nâng cao đời sống kinh tế xã hội. Tuy nhiên, theo thời gian sử dụng các cây cầu đã có những dấu hiệu xuống cấp nghiêm trọng đòi hỏi phải triển khai thay thế hoăc sửa chữa để đảm bảo an toàn cho người và phương tiện lưu thông cũng như đáp ứng chủ trương phát triển kinh tế của Nhà nước. Theo thống kê (nguồn: báo Pháp luật) trên địa bàn thành phố Hà Nội hiện có 167 cây câu đi qua các sông, đường, cầu vượt trong số đó có những cây cầu đã xuống cấp và xuống cấp nghiệm trong cần phải được thay thế và sửa chữa. Tương tự tại Thành phố Hồ Chí Minh có khoảng 1.123 cây cầu. Trong đó có những cây cầu đã tồn tại hơn 50 năm, đang và đã được rà soát, thay thế để đảm bảo an toàn giao thông và phát triển hạ tầng đô thị. Thực trạng xuống cấp các cây cầu đã và đang diễn ra tại khắp các tỉnh thành Việt Nam theo sự đô thị hóa ngày càng cao tại Việt Nam đã gây đặt ra các yêu cầu và đòi hỏi cấp bách vấn đề duy tu, sửa chữa các cây cầu để đảm bảo an toàn cho người và phương tiện đi lại trên cầu.

Hình 1: Một số cây cầu bị hư hỏng tại Việt Nam

Hiện nay, cùng với sự phát triển công nghệ xây dựng đặc biệt những năm gần đây việc áp dụng bê tông UHPC trong xây dựng công trình dân dụng và giao thông ngày càng trở nên phổ biến. đã có rất nhiều cây cầu sử dụng bê tông UHPC chế tạo các phiến dầm như tại dự án LRamp về xây dựng các cầu nông thôn tại Việt Nam do World bank tài trợ đã xây dựng thành công các cây cầu sử dụng bê tông UHPC như: cầu Làng cỏ (Thái Nguyên cũ); Khe rợn (Nghệ An)... Gần đây bê tông UHPC đã được áp dụng sửa chữa một số cầu, mặt cầu hử hỏng tại Việt Nam.

2. NGHIÊN CỨU VẬT LIỆU SỬ DỤNG CHO BÊ TÔNG UHPC TẠI VIỆT NAM

UHPC đang ngày càng trở nên phổ biến trong xây dựng với chất lượng vượt trội, bê tông UHPC đang là giải pháp hiệu quả để áp dụng trong thi công xây dựng, sửa chữa và gia cường kết cấu công trình dân dụng, cầu đường giao thông. Các tính chất đặc trưng vật liệu sử dụng như sau [12]:

2.1. Xi măng

Sử dụng loại xi măng PC40 đáp ứng theo TCVN 2682 - 2009 như bảng sau:

Bảng 1: Chỉ tiêu kỹ thuật của xi măng

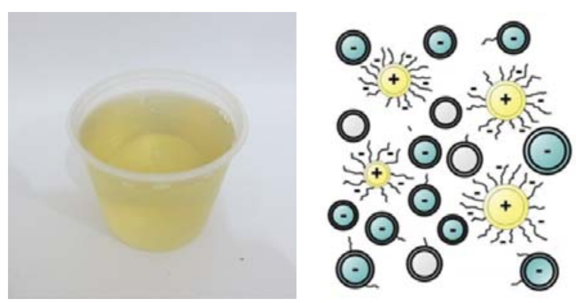
STT	Chỉ tiêu	Kết quả	Phương pháp thử
1	Khối lượng riêng, g/cm^3	3,15	TCVN 4030:2003
2	Độ mịn (lượng sọt trên sàng 75μm), %	5,0	
3	Độ dẻo tiêu chuẩn, %	28,5	
4	Độ ổn định thể tích, mm	1,0	TCVN 6017:1995
5	Thời gian đông kết, phút: - Bắt đầu - Kết thúc	70 145	
6	Cường độ nén, MPa: - Ở tuổi 3 ngày - Ở tuổi 28 ngày	34,4 51,7	TCVN 6016:1995

2.2. Phụ gia siêu dẻo

Sử dụng phụ gia Polycarboxylat PRO-PCA1 (phụ gia siêu dẻo thế hệ thứ 3) với các tính năng như trong bảng sau:

Bảng 2: Các tính chất của phụ gia siêu dẻo

Mô tả sản phẩm	PCA1 là loại phụ gia siêu dẻo thế hệ thứ 3 với hiệu quả giảm nước tốt, tạo độ chảy xoè cao
Gốc	Polycarboxylat
Dạng/Màu	Chất lỏng/Màu vàng nhạt
Điều kiện lưu trữ	Lưu trữ trong điều kiện khô ráo, nhiệt độ từ 5 - 30^{o}C
Độ pH	6,7
Tỷ trọng, kg/l	1,1
Hàm lượng chất khô, %	39,5
Liều lượng thông thường	0,5 - 3 lít/100 kg xi măng
Khả năng giảm nước	> 40%



Hình 2: Phụ gia siêu dẻo
và cấu trúc phụ gia gốc Carboxylic

2.3. Silica Fume

Silica fume là một sản phẩm phụ được lấy ra từ quá trình nung thạch anh với than đá trong các lò hồ quang điện của ngành sản xuất silicon và các hợp kim thép silicon, khói bay ra có hàm lượng đioxit silic vô định hình cao và chứa các tinh thể hình cầu rất mịn.

Silicafume gồm các hạt thủy tinh rất mịn với một diện tích bề mặt lên tới 20.000 m^2/kg khi được đo bằng phương pháp hấp thụ Nitơ. Sự phân bố bề mặt kích thước hạt của một loại Silicafume điển hình cho thấy hầu hết các hạt đều nhỏ hơn 1μm với đường kính trung bình khoảng 0,1μm nhỏ hơn kích thước của hạt xi măng gấp 100 lần. Trọng lượng riêng của Silicafume là 2,2 g/cm^3, Khối lượng thể tích từ 160 - 320 kg/m^3. Silicafume được sử dụng làm phụ gia cho bê tông cường độ cao và bê tông cường độ siêu cao. Hàm lượng Silicafume thông thường nằm trong phạm vi từ 5 - 15% lượng xi măng.

Bảng 3: Các tính chất của silica fume

Các chỉ tiêu kỹ thuật	ASTMC1240
Hàm lượng SiO_2	≥ 85,0
Lượng mất khi nung (%)	< 3,0
Diện tích bề mặt rỗng	< 6,0
Chỉ số hoạt tính cường độ, ở tuổi 7 ngày (%)	> 75
Chỉ số hoạt tính cường độ, ở tuổi 28 ngày (%)	> 105
Độ mịn (lượng tích lũy trên sàng 45μm) (%)	< 10
Khối lượng riêng (kg/m^3)	2200

Hình 3: Phụ gia và cấu trúc của silicafum

2.4. Cát quartz

Các tính chất cơ lý và thành phần hạt của cát quartz như sau:

Bảng 4: Các tính chất cơ lý cát quartz

TT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2.71	TCVN 7572-2006
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm^3	1,481	
3	Độ mịn	μm	< 0,6	TCVN 4030:2003

Bảng 5: Thành phần hạt cát quartz

Thành phần hạt		
Cỡ sàng	Lượng lọt trên sàng i	Lượng sót tích lũy
N	*(%)*	*(%)*
5	0.00	-
2.5	0.00	0.00
1.25	0.06	0.06
0.63	8.70	9.04
0.315	89.99	99.02
0.14	0.93	99.96
< 0.14	0.04	-

Hình 4: Cát trắng tại mỏ cát ở Việt Nam

2.5. Cát quartz nghiền

Cát Quartz trắng nghiền được nghiền nhỏ từ cát Quartz. Các chỉ tiêu kỹ được thể hiện qua bảng sau:

Bảng 6: Các tính chất cơ lý cát quartz nghiền

TT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2.7	TCVN 7572-4:2006
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm^3	1,027	TCVN 7572-4:2006

Hình 5: Cát trắng nghiền tại mỏ cát ở Việt Nam

2.6. Sợi thép

Sợi thép sử dụng là sợi mịn; giới hạn chảy là 2.000 MPa; khối lượng sợi là 264.000 sợi/kg, đường kính là 0,22 mm, dài 12,7 mm. Sợi thép được chế tạo phù hợp với tiêu chuẩn ISO 9001, hàm lượng sợi thép được sử dụng trong nghiên cứu bê tông tính năng siêu cao là 1%, 2%, 3% và 4% theo thể tích bê tông, sợi thép sử dụng như trong hình 8.

Sợi thép có cường độ từ 2000 - 3000 MPa, được mạ đồng. Sợi có dạng thẳng, tỷ lệ hướng sợi từ 65 - 125. Chiều dài từ 11 - 25 mm, đường kính từ 0,15 - 0,25 mm. Sợi được đóng bao hoặc thùng 25 kg/bao. Sợi thép cường độ cao siêu mảnh có thể nhập khẩu hoặc nhập phôi về để chế tạo, cắt ngắn tại Việt Nam. Bê tông cường độ càng cao thì có thể sử dụng càng mảnh và có chiều dài càng ngắn, hay nói cách khác là hiệu quả làm việc giữa sợi với nền càng tốt.

Người ta cũng có thể sử dụng sợi hybrid (phối hợp giữa hai hoặc vài loại sợi khác nhau) để cải tiến tính chất của bê tông UHPC theo các yêu cầu khác nhau hoặc trong các trạng thái và điều kiện sử dụng khác nhau. Ví dụ như sử dụng cợi thép và sợi PP. Sử dụng sợi siêu mảnh với sợi thép thế hệ 1. Sử dụng sợi PP siêu mảnh và sợi nylon dài v.v...

Bảng 7: Lực bền kéo và độ bền kéo sợi thép

TT	Lực bền kéo (N)	Độ bền kéo (MPa)
1	113,80	2994,737
2	107,00	2815,789
3	109,80	2889,474
4	111,20	2926,316
5	110,20	2900,000
6	112,60	2963,158
7	109,60	2884,211
8	113,10	2976,316
9	112,40	2957,895
10	108,70	2860,526
T.bình	**110,80**	**2916,842**
Max	**113,80**	**2994,737**
Min	**107,00**	**2815,789**

Hình 6: Sợi thép cường độ cao

Các vật liệu chính được sử dụng trong bê tông cường độ siêu cao để thí nghiệm là xi măng PC 40; cốt liệu nhỏ (cát Quarzt) và cốt liệu mịn (bột cát Quarzt); Silica fume; phụ gia siêu dẻo IPRO; sợi thép Dramix tỷ lệ hướng sợi 57.7.

Nguồn cung cấp vật liệu cho thấy rằng Việt Nam có đủ nguồn vật liệu có sẵn phù hợp với các tiêu chuẩn để chế tạo bê tông tính năng siêu cao - UHPC.

3. PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT BÊ TÔNG UHPC

Các tính chất của vật liệu sử dụng được xác định theo các tiêu chuẩn được nêu trong bảng:

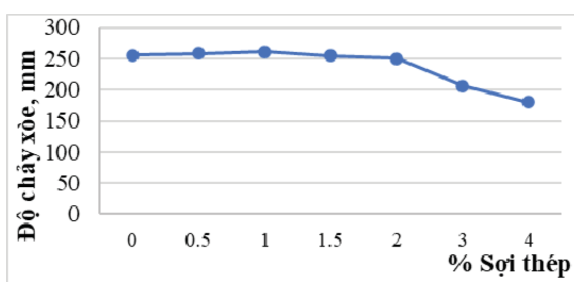
Bảng 8: Các phương pháp nghiên cứu một số tính chất cơ bản bê tông UHPC

Chỉ tiêu thí nghiệm		Phương pháp thử
Độ chảy xòe		**TCVN 9204:2012**
Xác định cường độ	Nén	ASTM C39, TCVN 3118:1995
	Uốn	ASTM C1609, TCVN 6016:2011
	Kéo	K-UHPC: 2014
Modul đàn hồi		ASTM C469; TCVN 5726-1993
Ứng suất - biến dạng		K-UHPC: 2014

3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến tính công tác của hỗn hợp UHPC

Bảng 9: Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến độ chảy xòe

Tính công tác / Cấp Phối	Độ chảy xòe (mm)
M0 - 0% sợi	257
M1 - 1,0%	262
M2 - 2,0%	250
M3 - 3,0%	207
M4 - 4,0%	181

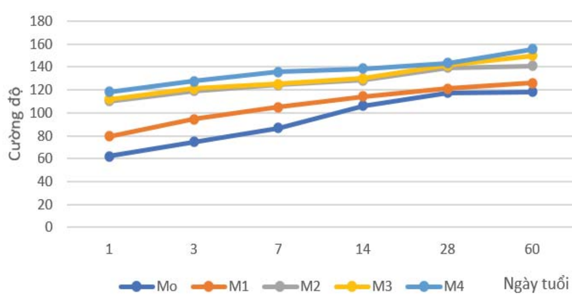


Hình 7: Biểu đồ ảnh hưởng hàm lượng sợi thép đến độ chảy xòe của hỗn hợp UHPC

3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến tốc độ phát triển cường độ nén trên mẫu trụ D100 × H200 mm. Cường độ nén mẫu trụ D100 × H200 mm

Bảng 10: Ảnh hưởng hàm lượng sợi thép đến tốc độ phát triển cường độ nén theo thời gian (ngày)

	Sợi thép, %	1	3	7	14	28	60
M0	0	62.1	74.8	86.6	106.1	117.6	118.2
M1	1	79.5	94.3	105.1	114.2	121.1	125.9
M2	2	110.1	119.2	124.5	128.4	139.2	141.1
M3	3	111.9	121.1	125.3	130.2	141.4	149.8
M4	4	118.5	127.8	135.6	138.7	143.2	155.4



Hình 8: Biểu đồ ảnh hưởng hàm lượng sợi thép đến tốc độ phát triển cường độ nén theo thời gian (ngày) - của bê tông UHPC, MPa

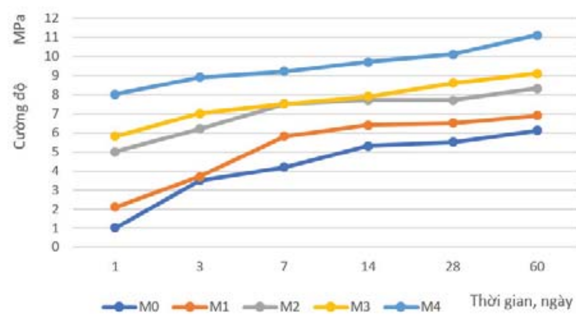
Hình 9: Nén mẫu bê tông UHPC

3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến tốc độ phát triển cường độ chịu kéo của UHPC theo thời gian.

Sử dụng khuôn có kích thước tiết diện chịu kéo 50 × 100 mm để thử nghiệm, kết quả thử nghiệm được thể hiện qua bảng 11 và biểu đồ sau.

Bảng 11: Ảnh hưởng hàm lượng sợi thép đến tốc độ phát triển cường độ chịu kéo theo thời gian (ngày), MPa

	Sợi thép, %	1	3	7	14	28	60
M0	0	1.0	3.5	4.2	5.3	5.5	6.1
M1	1	2.1	3.7	5.8	6.4	6.5	6.9
M2	2	5.0	6.2	7.5	7.7	7.7	8.3
M3	3	5.8	7.0	7.5	7.9	8.6	9.1
M4	4	8.0	8.9	9.2	9.7	10.1	11.1



Hình 10: Biểu đồ ảnh hưởng hàm lượng sợi thép đến sự phát triển cường độ chịu kéo bê tông UHPC

3.4. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến tốc độ phát triển cường độ uốn trên mẫu 40 × 40 × 160 mm

Bảng 12: Ảnh hưởng hàm lượng sợi thép đến tốc độ phát triển cường độ uốn theo thời gian (ngày) trên mẫu uốn 40 × 40 × 160 mm, MPa

	Sợi thép, %	1	3	7	14	28	60
M0	0	4.9	10.2	10.3	11.9	13.1	13.5
M1	1	10.2	12.3	14.8	17.9	18.0	18.9
M2	2	13.1	23.0	26.3	27.9	29.5	32.8
M3	3	23.1	27.9	28.7	31.2	32.8	36.1
M4	4	24.6	29.5	37.7	42.7	49.2	57.4

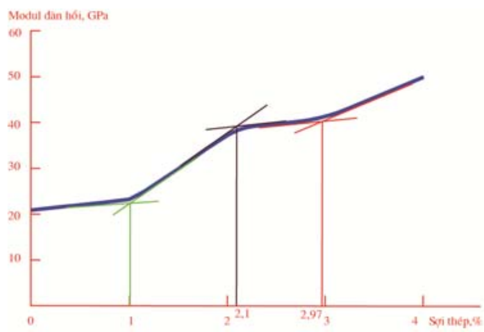
3.5. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến Modul đàn hồi

Kết quả modul đàn hồi của các mẫu bê tông UHPC được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 13: Modul đàn hồi theo K-UHPC

Nhóm mẫu thử	M0	M1	M2	M3	M4
Cường độ nén (MPa)	108	110	130	136	136
ε1 (mm/mm)	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
ε2 (mm/mm)	0.00103	0.00104	0.001042	0.001041	0.001041

Nhóm mẫu thử	M0	M1	M2	M3	M4
S1(MPa)	1.98	2.41	2.55	2.55	2.61
S2 (MPa)	43.16	44.32	52.28	54.52	59.08
Modul (E), GPa	**42.02**	**42.33**	**50.13**	**52.44**	**56.98**



Hình 11: Modul đàn hồi trên mẫu trụ D150 × H300 mm

3.6. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến khả năng chống mài mòn của bê tông

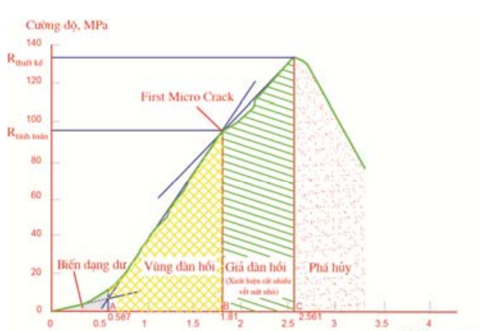
Các kết quả thử nghiên độ mài mòn của bê tông UHPC với các hàm lượng sợi thép khác nhau

Bảng 14: Kết quả thí nghiệm mài mòn

TT	Tên mẫu	Sợi thép, %	Độ mài mòn g/cm^2
1	UHPC-0	0	0.18
2	UHPC-1	1	0.16
3	UHPC-2	2	0.14
4	UHPC-3	3	0.11
5	UHPC-4	4	

3.7. Ứng suất biến dạng

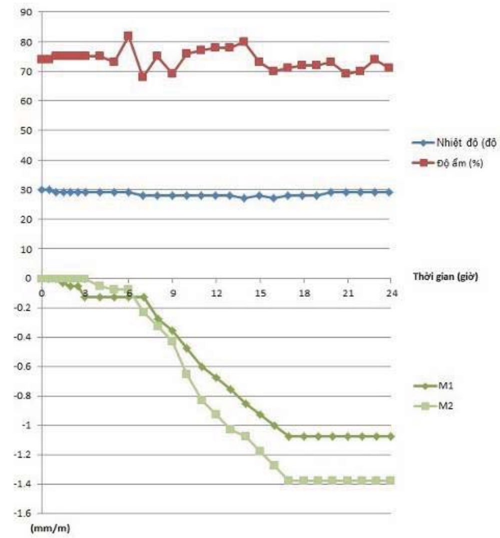
Bản chất dẻo dai của vật liệu UHPC với hàm lượng sợi thép sử dụng 2% được nghiên cứu quan hệ ứng suất và biến dạng trên mẫu biến dạng nén Trụ D15 × H30 cm. Biểu đồ quan hệ ứng suất biến dạng thu được biểu diễn trên các hình bên dưới.



Hình 12: Ứng suất biến dạng khi nén trung bình

3.8. Độ co mềm điều kiện phòng thí nghiệm

Nghiên cứu ảnh hưởng với 2% sợi thép. Hỗn hợp bê tông được đổ vào khuôn 100 × 100 × 400 mm để ổn định trong 30 phút sau đó gắn đồng hồ, vạch chia 0,01 mm rồi bắt đầu đo liên tục trong 24 giờ.

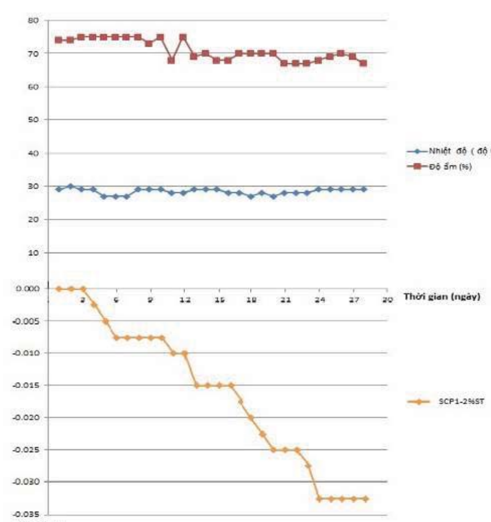


Hình 13: Độ co mềm trong điều kiện phòng thí nghiệm của hỗn hợp UHPC theo thời gian

Qua các biểu đồ ta thấy độ co mềm của UHPC lớn hơn rất nhiều độ co khô. Đo trong 24 giờ là thời gian co do bê tông đóng rắn và bị mất nước, chỉ số co tại 24 giờ trung bình là 1,225 mm/m.

3.9. Độ co khô trong điều kiện phòng thí nghiệm

Nghiên cứu với 2% sợi thép, sau khi thực hiện xong đo co mềm, để ổn định mẫu trong 1 ngày, sau đó gắn đồng hồ với vạch chia 0,002 mm đo trong thời gian 28 ngày tiếp theo.



Hình 14: Độ co khô trong điều kiện trong phòng thí nghiệm của bê tông UHPC theo thời gian

Chỉ số co khô tại 28 ngày là 0,033 mm/m. Do tỷ lệ N/CKD thấp nên co do bốc hơi nước mao quản ko xảy ra. Khi có sợi thép có tác dụng chống nứt (như trạng thái bị ứng suất trước), làm cho vết nứt không lớn thêm được.

3.10. Nghiên cứu khả năng chống thấm của UHPC

Nghiên cứu ảnh hưởng với 2% sợi thép. Liên quan đến mức độ thấm Ion Cl-, có thể đánh giá trước hết gián tiếp thông qua khả năng chống thấm của bê tông.

Bảng 15. Kết quả xác định khả năng chống thấm của bê tông UHPC

Áp lực thí nghiệm MPa	Kết quả quan sát hiện tượng thấm trên từng mẫu					
	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 5	Mẫu 6
14	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm
18	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm
20	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm	Chưa thấm

Bê tông UHPC có thể chịu được cấp áp lực trên 20 MPa. Cấp chống thấm đạt được > 20 MPa, chứng minh bê tông UHPC có mật độ cao và độ đồng nhất rất cao, không rạn nứt do co mềm và co khô. Các mẫu bê tông có độ đồng đều rất tốt. Điều đó cho phép tiên liệu là hệ số thấm Ion Cl- cũng sẽ rất thấp.

Một số nhận xét từ nghiên cứu các tính chất bê tông UHPC:

(1). Nghiên cứu đã xác định được ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến độ chảy xòe; tổn thất độ chảy xòe theo thời gian; sự phát triển cường độ nén, uốn, kéo theo thời gian, Modul đàn hồi và ứng suất biến dạng của bê tông UHPC.

(2). Khi sử dụng hàm lượng sợi thép < 1% không có làm thay đổi nhiều tính chất bê tông UHPC. Hàm lượng sợi thép từ 1 - 3%, các tính chất chịu kéo, uốn của bê tông UHPC tăng từ 2 - 2,5 lần. Hàm lượng sợi > 3% hiệu quả kinh tế không cao do tăng chi phí sợi thép.

(3). Modul đàn hồi biến đổi từ 42.020 GPa đến 56.980 GPa với bê tông có cường độ chịu nén từ 108 đến 140 MPa.

(4). Các nguồn vật tư, vật liệu hiện có trên thị trường tại Việt Nam hoàn toàn đáp ứng đủ điều kiện để chế tạo bê tông UHPC.

(5). Độ co khô thấp do tác dụng sợi thép liên kết chống nứt cho bê tông UHPC.

4. CÁC GIẢI PHÁP SỬ DỤNG BÊ TÔNG UHPC TRONG GIA CƯỜNG SỬA CHỮA CÔNG TRÌNH CẦU TẠI VIỆT NAM

4.1. Gia cường, sửa chữa dầm, trụ cầu bằng bê tông UHPC

Các cấu kiện chịu lực chính của cầu như dầm, trụ theo thời gian do ảnh hưởng của điều kiện thời tiết và các ngoại lực do các phương tiện di chuyển gây ra sự hư hỏng, xuống cấp đặc biển với các cây cầu được xây dựng từ thế kỷ 20 điều này ảnh hưởng lớn đến khả năng vận hành và sử dụng cũng như an toàn của các cây cầu do đó cần nghiên cứu giải pháp sửa chữa để đảm bảo an toàn cho các cây cầu. Bê tông UHPC là lựa chọn tốt cho công tác sửa chữa các vị trí hư hỏng, xuống cấp do các tính năng ưu việt của loại bê tông này so với bê tông thông thường như: cường độ chịu nén, uốn, kéo, độ chảy cao.

Mô tả giải pháp

Trong gia cố dầm, trụ cầu, bê tông UHPC được sử dụng để tăng cường khả năng chịu lực, đảm bảo tính toàn khối của các kết cấu chính như dầm cầu, trụ, móng khi các kết cấu này có dấu hiệu hư hỏng cần sửa chữa. Quá trình gia cố có thể được thực hiện bằng cách đục, mở rộng mặt cắt ngang của cấu kiện, có thể bổ sung thêm cốt thép, tạo liên kết bê tông. Các bộ phận gia cố sửa chữa được đổ bê tông UHPC trực tiếp tại hiện trường với mục đích chính là tăng khả năng chịu tải và kéo dài tuổi thọ của cầu.

Hình 15: Thi công sửa chữa gia cường kết cấu dầm, trụ cầu bằng UHPC

Quá trình thi công sửa chữa kết cấu dầm, trụ bằng bê tông UHPC bao gồm các bước sau:

- Kiểm tra đánh giá vị trí dầm, trụ cầu hư hỏng cần sửa chữa, các thông tin liên quan dầm, trụ cầu về khả năng chịu lực, các yêu cầu đối với vật liệu thay thế các vị trí gia cố, sửa chữa.

- Lập biện pháp thi công và bảo dưỡng, kiểm tra bê tông UHPC sau khi thi công để đảm bảo chất lượng bê tông sau khi thi công.

- Chuẩn bị bề mặt: Bề mặt của kết cấu hiện tại cần được đục tẩy đến lớp bê tông tốt, làm sạch và vệ sinh kỹ trước khi thi công. Bề mặt bê tông có thể được làm nhám để đảm bảo độ bám dính tốt với bê tông UHPC hoặc được bổ sung tăng cường thép liên kết tạo bám dính.

- Lắp đặt cốt thép (nếu có): Cốt thép, thường ở dạng thanh hoặc dây, được bố trí theo thiết kế để chịu lực kéo trong quá trình hoạt động của kết cấu, các thanh cốt thép được lắp đặt theo đúng tiêu chuẩn kỹ thuật và khoảng cách giữa các thanh thép phù hợp với yêu cầu chịu lực của kết cấu cầu.

- Sau khi lắp đặt, vệ sinh các vị trí gia cường được tạo ẩm và ghép ván khuôn. Các ván khuôn được gia công đảm bảo độ kín khít, bao phủ toàn bộ vị trí bê tông hư hỏng cần sửa chữa và gia cường. Các thành ván khuôn được cố định vào dầm, trụ cầu. Sau đó, các mép được xảm kín để không bị chảy bê tông UHPC trong quá trình thi công do đặc điểm loại vật liệu này có độ chảy rất cao.

- Đổ bê tông: Bê tông được trộn trên các máy trộn chuyên dụng để đảm bảo độ đồng nhất bê tông sau khi trộn, có thể trộn trực tiếp tại hiện trường hoặc được vận chuyển trên các phương tiện chuyên dụng sau đó bê tông được vận chuyển đến vị trí gia cường sửa chữa và rót trực tiếp lên các cấu kiện dầm, trụ cầu. Quá trình đổ bê tông cần phải được kiểm soát chặt chẽ để đảm bảo không có lỗ rỗng, đồng nhất trong kết cấu sau khi đổ.

- Bảo dưỡng và kiểm soát chất lượng: Sau khi đổ bê tông cần bảo dưỡng để bê tông phát triển cường độ theo yêu cầu. Các vị trí gia cường được phủ kín xung quanh bề vị trí đổ bằng lớp bạt chuyên dụng, dưỡng hộ theo phương pháp nhiệt ẩm trong 3 ngày đầu.

- Tháo ván khuôn sau khi kiểm tra chất lượng bê tông đạt cường độ yêu cầu, kiểm tra và hoàn thiện bề mặt bê tông tiếp tục bảo dưỡng bê tông trong điều kiện tự nhiên.

- Lập báo cáo đánh giá quá trình thi công gia cường sửa chữa kết cấu.

4.2. Gia cường sửa chữa bản mặt cầu bằng bê tông UHPC

Việt Nam có thời tiết nhiệt đới gió mùa của Nước ta, thời tiết khắc nghiệt cùng với sự phát triển kinh tế, đô thị hoá làm gia tăng khối lượng vận tải để đáp ứng yêu cầu phát triển kinh tế, xã hội, cùng với đó là áp lực lên hệ thống hạ tầng cầu, đường. Đặc biệt với hệ thống cầu, với các công trình có từ lâu cầu sử dụng, trên bề mặt phủ bê tông nhựa. Quá trình sử dụng các bản mặt cầu bị biến dạng, phồng rộp, nứt vỡ gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến người và phương tiện khi lưu thông qua đòi hỏi phải có phương án sử chữa đảm bảo an toàn trong quá trình sử dụng. Với nhưng cầy cầu có dấu hiện xuống cấp, hư hỏng việc có một nền vững chắc sẽ đảm bảo ổn định cho các lớp phía trên không bị hư hỏng trong quá trình khai thác, vận hành và sử dụng.

Hình 16: Hư hỏng bề mặt bê tông nhựa trên cầu

Mô tả giải pháp thi công sửa chữa với cầu có bản mặt thép liên hợp.

Các cây cầu có bản mặt thép, kết cấu thép quá trình sử dụng gây ra sự trượt giữa các lớp bê tông bản mặt với mặt cầu gây ra hiện tượng phông rộp, nứt vỡ. Điều này đòi hỏi phải có một cầu cần có một kết cấu nền đủ chắc và tạo liên kết tốt giữa bản mặt và lớp bê tông nhựa phủ phía trên. Bê tông UHPC sử dụng làm nền cho các kết cấu cầu như trên rất phù hợp do đây là loại bê tông có chất lượng cao, dạng vật liệu bê tông nhưng gần với thép, có cường độ chịu nén, uốn và kéo cao hơn nhiều so với bê tông thông thường.

Quá trình thi công sửa chữa bề mặt bằng bê tông UHPC bao gồm các bước sau:

- Thu thập thông tin về kết cấu bản mặt cầu, vật liệu sử dụng và đánh giá các nguyên nhân gây ra các hiện tượng hư hỏng trên mặt cầu.

- Lập kế hoạch thi công, các phương án thi công có thể được thực hiện theo các modul thu nhỏ trong phòng thí nghiệm để đánh giá trước khi triển khai thi công.

Hình 17: Kiểm tra đánh giá modul liên kết UHPC với bản mặt thép trước khi thi công

- Chuẩn bị bề mặt: Bề mặt của mặt cầu hư hỏng cần được làm sạch lớp bê tông nhựa và vệ sinh kỹ bề mặt đến bản thép trước khi thi công bằng máy mài hoặc các thiết bị vệ sinh chuyên dụng.

- Tạo liên kết giữa bề mặt bản thép với lớp bê tông UHPC bằng các đinh hàn stud được hàn chặt với bản mặt cầu.

- Ghép ván khuôn chia theo các đợt đổ, khoảng cách đổ tạo khe co giãn. Ván khuôn được gia công đảm bảo kín, khít khi thi công.

- Quá trình thi công bê tông UHPC được đổ bằng máy dải bê tông chuyên dụng, bê tông UHPC được trộn theo quy trình được phê duyệt và được đổ trực tiếp lên bề mặt cầu tại hiện trường. Bê tông UHPC được vận chuyển bằng các thiết bị chuyên dụng đến máy dải bê tông để đảm bạo độ đồng nhất bê tông trong quá trình thi công.

- Ngay sau khi bê tông UHPC được thi công xong cần hoàn thiện để bê tông phủ đầy bể mặt và mặt bê tông không có hiện tượng nứt, rỗ.

- Bề mặt bê tông cần được dài một lớp nilon bảo vệ và phù kín bằng lớp bạt để tiến hành quá trình dưỡng hộ nhiệt ẩm để phát triển cường độ bê tông và bề mặt không xuất hiện các vết nứt (do bê tông UHPC sử dụng hàm lượng xi cao).

- Tháo lớp bạt phủ, kiểm tra chất lượng bê tông và tiến hành bảo dưỡng trong điều kiện tự nhiên.

Hình 18: Gia cường, sửa chữa mặt cầu hư hỏng tại Việt Nam

5. KẾT LUẬN

(1) Nguồn vật tư, vật liệu hiện có tại Việt Nam hoàn toàn đáp ứng điều kiện để chế tạo bê tông siêu tính năng UHPC.

(2) Việt Nam đã hoàn toàn nắm bắt các công nghệ chế tạo bê tông UHPC và sử dụng trong thi công gia cường sửa chữa các vị trí hư hỏng như dầm, trụ, bản mặt... của công trình cầu với chất lượng đảm bảo theo yêu cầu thiết kế.

(3) Với các tính năng ưu việt Bê tông UHPC được sử dụng trong công tác sửa chữa các công trình cầu làm tăng tuổi thọ công trình và an toàn trong vận hành sử dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] US.Department of Transportation Federal highway administration (FHWA), Ultra-high performance Concrete a state - of - the - art Report for the Bridge Community, June 2013.

[2] US. Department of Transportation Federal highway administration (FHWA), Material property characterization of Ultra-high performance Concrete, August, 2006.

[3] Kim Jee-sang; Kim Byung-suk, Design Guidelines for K-UHPC, Korea Institute of construction technology, February, 2014.

[4] Francoi TOUTLEMONDE and Jacques RESPLENDINO, Proceedings of the RILEM-fib-AFGC International Symposium on Ultra-high Performance fiber-Reinforced Concrete, UHPFRC 2013.

[5] French Standard NF P18-710, National addition of Eurocode 2 - Design of Concrete Structures: Specific rules for Ultra high performance fiber - Reinforced Concrete (UHPFRC), 16 April, 2016.

[6] Iowa State University, Design, construction, and field testing of an Ultra-high performance Concrete Pi-Girder bridge, Final report January, 2011.

[7] Stephen J.Foster, Yen Lei VooUHPFRC as a Material for Bridge Construction, ACF, 2015.

[8] CHEN Bao chun Tow Pilot UHPFRC Bridges in Chin a, ACF, Ha Noi, 2016.

[9] SETRA, AFGC. Béton fibrés à ultra-hautes performences, recommandationn.

[10] Antony Kodsy-University of Nebraska-Lincoln, Repair and Strengthening of Concrete Bridges Using Ultra-High-Per, 2022.

[11] Antony M. Kodsy, Repair and strengthening of concrete bridges using ultra-high-performance concrete (UHPC), 2022.

[12] Viện KHCN Xây dựng, "Nghiên cứu giải pháp kết cấu lắp ghép sử dụng bê tông tính năng cao cho công trình xây dựng trên đảo", Mã số RD 87-16BĐ, 7/2017.

[13] Trần Bá Việt, Lương Tiến Hùng, Lê Hoàng Phúc, Trần Bá Tú, "Kỹ thuật sửa chữa, gia cố và bảo trì kết cấu bê tông cốt thép của công trình dân dụng và công nghiệp", Tạp chí Xây dựng, 2022.