

NGHIÊN CỨU LỚP PHỦ BÊ TÔNG SIÊU TÍNH NĂNG (UHPC) LIÊN HỢP BẢN MẶT THÉP ĐỂ SỬA CHỮA MẶT CẦU THĂNG LONG RESEARCH ON ULTRA-HIGH PERFORMANCE CONCRETE (UHPC) OVERLAY COMPOSITE STEEL DECK TO REPAIR THANG LONG BRIDGE DECK

Trần Bá Việt¹, Lương Tiến Hùng²

¹ Hội Bê tông Việt Nam - VCA

² Công ty Cổ phần Sản xuất và Chuyển giao Công nghệ Việt Nam

Email: ¹ vietbach57@yahoo.com

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses2-11>

TÓM TẮT: Cầu Thăng Long sau nhiều năm khai thác với lưu lượng xe ngày một lớn dẫn tới bản mặt thép của cầu không đảm bảo điều kiện về độ cứng và độ võng theo giới hạn cho phép. Sau các hội thảo khoa học cùng các nghiên cứu thử nghiệm đánh giá cho thấy giải pháp “sử dụng công nghệ bê tông siêu tính năng (UHPC) liên kết với bản mặt thép trực hướng tạo thành bản mặt cầu nhẹ liên hợp” đã được lựa chọn thiết kế để sửa chữa mặt cầu Thăng Long. Để thi công lớp phủ UHPC thành công tại dự án này, cần phải xác định các thông số công nghệ như: độ chảy xoè, thời gian đông kết, tính lưu biến và co mềm theo điều kiện thi công thực tế tại hiện trường (nhiệt độ và độ ẩm). Ngoài ra, còn phải xác định các tính chất cơ lý khác của UHPC như: cường độ chịu nén, ứng suất biến dạng khi chịu kéo, mô đun đàn hồi và co khô. Nghiên cứu này đã xác định được các thông số công nghệ để thi công lớp phủ UHPC trong thời gian từ 25/08/2020 đến 31/12/2020 đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của dự án sửa chữa mặt cầu Thăng Long.

TỪ KHÓA: Cầu Thăng Long, dự án sửa chữa mặt cầu Thăng Long, bê tông siêu tính năng (UHPC); bản mặt cầu nhẹ liên hợp, bảo dưỡng nhiệt ẩm, độ chảy xoè, co mềm, co khô, cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo, mô-đun đàn hồi.

ABSTRACTS: Thang Long bridge, after many years of operation with increasing traffic volume, leads to the steel face plate of the bridge not ensuring the conditions of stiffness and deflection within the allowable limit. After scientific conferences and experimental studies, it was shown that the solution using Ultra High Performance Concrete (UHPC) technology associated with orthogonal steel decks to form composite lightweight deck slabs design selection to repair Thang Long bridge deck. In order to successfully apply UHPC coating in this project, it is necessary to determine the technological parameters such as: flow, setting time, rheology and shrinkage according to actual construction conditions at site (temperature and humidity). In addition, other physical and mechanical properties of UHPC must be determined such as compressive strength, tensile strength, elastic modulus and dry shrinkage. This study has determined the technological parameters for the construction of UHPC coating during the period from August 25, 2020 to December 31, 2020 to meet the technical requirements of the Thang Long bridge deck repair project.

KEYWORDS: Thang Long bridge, Thang Long bridge deck repair project, lightweight conjugate bridge deck, Ultra High Performance Concrete (UHPC); moisture heat maintenance, flow, soft shrinkage, dry shrinkage; compressive strength, flexural strength, tensile strength, modulus.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cầu Thăng Long là công trình thế kỉ, mang đậm biểu tượng hữu nghị của 2 nước Việt Nam – Liên Xô. Cầu được khởi công xây dựng ngày 26 tháng 11 năm 1974 và chính thức khánh thành vào ngày 9 tháng 5 năm 1985.



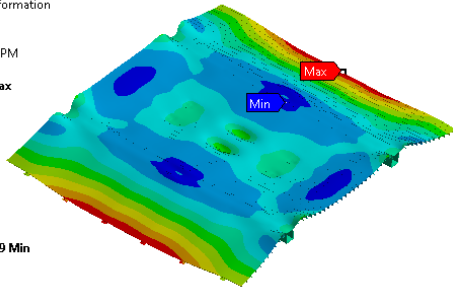
Hình 1. Hiện trạng mặt cầu trước khi sửa chữa

Cầu Thăng Long – vành đai 3 là một trong những tuyến đường huyết mạch kết nối Hà Nội với các tỉnh phía Bắc với lưu lượng giao thông lớn. Sau hơn 25 năm khai thác, cầu đã được sửa chữa lớn vài lần, làm lại lớp thảm nhựa bề mặt nhưng không đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật. Theo khảo sát tháng 2 năm 2020, lưu lượng xe qua cầu trên 47000 lượt/ngày với tải trọng trực vượt 2÷3 lần so với thiết kế.

Theo báo cáo đánh giá của liên danh Công ty TNHH Tư vấn & Xây dựng Đại học Giao thông

H: Nén_No2_1 lần
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
4/14/2020 6:58 PM

2.0558 Max
1.8278
1.5998
1.3718
1.1438
0.91576
0.68774
0.45973
0.23171
0.0036999 Min



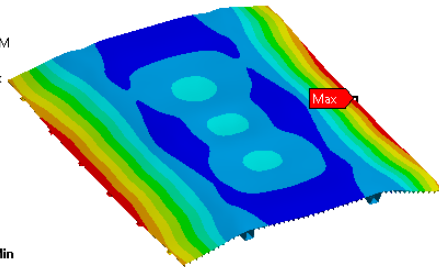
Vận tải và Công ty CP Tư vấn Xây dựng Công trình Giao thông 2:

- Bề mặt cầu không đảm bảo điều kiện về độ cứng, độ võng lớn hơn rất nhiều so với giới hạn cho phép.

- Bê tông Asphalt không bám dính tốt với bản mặt thép, xuất hiện rất nhiều vết nứt dọc ở tất cả các nhịp, bị xô dồn về 2 bên lề đường.

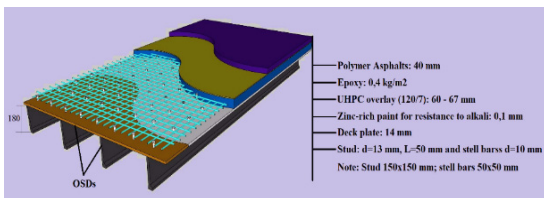
H: ST_NénĐT_1 lần
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
4/17/2020 9:53 AM

3.0605 Max
2.7276
2.3947
2.0618
1.729
1.3961
1.0632
0.73034
0.39747
0.064592 Min



Sau quá trình thử nghiệm vật liệu, kết cấu mô hình hoá, kiểm định phương án thi công cả ở trong phòng thí nghiệm lẫn hiện trường và tiếp thu khoa học công nghệ - kinh nghiệm quốc tế, Bộ giao thông Vận tải giao Tổng cục Đường bộ Việt Nam quyết định lựa chọn giải pháp thiết kế: “Sử dụng công nghệ bê tông siêu tính năng UHPC liên kết với bản mặt thép trực hướng thành bản mặt cầu nhẹ liên hợp”.

Bê tông cường độ siêu cao UHPC (Ultra – high performance concrete) là sự phát triển cao cấp hơn của bê tông cốt sợi truyền thống. UHPC là vật liệu có tiềm năng lớn trong ứng dụng cho việc sửa chữa bản mặt cầu thép trực hướng (OSDs), việc kết hợp chúng dự kiến sẽ tạo thành một kết cấu duy nhất.



Hình 2. Cấu tạo các lớp mặt cầu Thăng Long cho thiết kế sửa chữa bằng UHPC

Do cầu có 2 tầng tách biệt, tầng 1 phần đường bộ và đường sắt vẫn hoạt động bình thường nên việc thi công lớp phủ UHPC phải đảm bảo các tác động do tàu hỏa di chuyển qua không ảnh hưởng đến chất lượng lớp phủ. Ngoài ra UHPC cũng phải đáp ứng được điều kiện thi công trên mặt cầu:

nhật độ 30÷35°C, độ ẩm 50÷70%. Nhằm đảm bảo các yêu cầu trên, toàn bộ cầu được chia thành 32 phân đoạn, mỗi phân đoạn được thi công trong khoảng thời gian từ 6÷9 tiếng trong nhà có mái che chắn kín 2 bên.

Để có thể thi công sửa chữa mặt cầu, UHPC phải đảm được các yêu cầu sau: độ chảy xoè thử bằng nhớt kế Suttart ≥ 100 mm, biến dạng co ≤ 650 $\mu\text{m/m}$, cường độ kháng nén tại ≥ 120 MPa, cường độ kháng kéo ≥ 7 MPa, mô đun đàn hồi ≥ 45 GPa.



Hình 3. Mô hình nhỏ và lớn thử nghiệm lớp UHPC liên hợp bản mặt thép trực hướng

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sử dụng vật liệu và thi công đáp ứng các tiêu chuẩn sau:

- TCVN 2682:2020, Xi măng Poóc lăng.
- TCVN 8826:2011, Phụ gia hoá học cho bê tông.
- TCVN 8827:2020, Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa – silica fume, tro trấu nghiền mịn và meta cao lanh.

- TCVN 11586:2016, Xi hạt lò cao nghiên mịn dùng cho bê tông và vữa.

- TCVN 12392-1:2018, Sợi cho bê tông cốt sợi – phần 1: sợi thép.

- Áp dụng TCVN 13735:2023, Bê tông - bê tông siêu tính năng UHPC – yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử.

- Áp dụng TCVN 13736:2023, Bê tông - bê tông siêu tính năng UHPC – thi công và nghiệm thu.

3. LỰA CHỌN VẬT LIỆU THÀNH PHẦN

Việc chế tạo thành công UHPC phụ thuộc vào việc tối ưu hoá tỷ lệ thành phần vật liệu trong hỗn hợp của nó. Đặc biệt trong đó là cát trắng thạch anh – cát biển, nguồn nguyên liệu sẵn có tại Việt Nam với trữ lượng lớn, hàm lượng SiO₂ cao. Cùng với đó là cốt sợi thép vì nó sẽ giúp tăng đặc tính cơ học, cả về cường độ kháng nén lẫn cường độ kháng kéo. Để có thể phân tán hiệu quả cốt sợi thép, UHPC phải có độ chảy xoè lớn nhưng vẫn phải đảm bảo tỷ lệ N/CKD ở mức thấp tối thiểu. Vấn đề này sẽ được giải quyết bằng cách thêm phụ gia siêu dẻo gốc PCE.

3.1. Xi măng

Xi măng được lựa chọn sử dụng là loại PC50, có các chỉ số kỹ thuật đáp ứng TCVN 2682:2020.

Bảng 1. Chất lượng xi măng

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	3,10
2	Độ bền uốn, R28	MPa	14,1
3	Độ bền nén, R3	MPa	38,4
4	Độ bền nén, R28	MPa	59,7

3.2. Silica fume

Silica fume được lựa chọn sử dụng để thay thế một phần xi măng là loại bán nén, có các chỉ số kỹ thuật đáp ứng TCVN 8827:2020.

Bảng 2. Chất lượng Silica fume

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,21
2	Khối lượng thể tích	kg/m ³	620
3	Độ ẩm	%	1,2
4	Mất khi nung (LOI)	%	0,9
5	Chỉ số hoạt tính, R7	%	112
6	Chỉ số hoạt tính, R28	%	119
7	Hàm lượng SiO ₂	%	94,2

3.3. Xi lò cao nghiên mịn (GGBS)

GGBS được lựa chọn sử dụng để thay thế một phần xi măng là loại S95, có các chỉ số kỹ thuật đáp ứng TCVN 11586:2016.

Bảng 3. Chất lượng GGBS

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,86
2	Độ ẩm	%	0,7
3	Chỉ số hoạt tính, R7	%	81
4	Chỉ số hoạt tính, R28	%	107
5	Mất khi nung (LOI)	%	1,7

3.4. Cát trắng thạch anh

Cát thạch anh được lựa chọn sử dụng là loại cát trắng Fico, có các chỉ số kỹ thuật đáp ứng TCVN 13735:2023.

Bảng 4. Chất lượng cát trắng thạch anh

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả	
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,65	
2	Hàm lượng tạp chất	%	0	
3	Độ ẩm	%	0,2	
4	Mô đun độ lớn	-	1,63	
5	Hàm lượng SiO ₂	%	97,2	
6	Hàm lượng Ion Cl ⁻	%	< 0,001	
7	Lượng sót sàng tích lũy trên sàng	1,25 mm	%	0,0
8		0,63 mm	%	9,4
9		0,315 mm	%	56,0
10		0,14 mm	%	97,7

3.5. Sợi thép

Cốt sợi thép được lựa chọn sử dụng là sợi thép mạ đồng cường độ cao loại 2D, có các chỉ số kỹ thuật đáp ứng TCVN 12392-1:2018.

Bảng 5. Kết quả kiểm tra chất lượng sợi thép

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Tỷ lệ hướng sợi	-	65
2	Hàm lượng tạp chất	%	0
3	Cường độ chịu kéo	MPa	3200

3.6. Phụ gia siêu dẻo

Phụ gia siêu dẻo được lựa chọn sử dụng là loại phụ gia siêu dẻo giảm nước gốc PCE thế hệ thứ 4, có các chỉ số kỹ thuật đáp ứng TCVN 8826:2011.

Bảng 6. Kết quả kiểm tra chất lượng phụ gia siêu dẻo

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	-	1,09
2	Hàm lượng chất khô	%	38,7
3	Độ pH	%	6,26
4	Hàm lượng tro	%	1,76



Hình 4. Lựa chọn được các loại vật liệu phù hợp là khâu then chốt trong chế tạo UHPC

3.7. Các loại phụ gia bổ sung khác

Nói về tính công tác, phụ gia lưu biến (P-BASF) sẽ được lựa chọn sử dụng nhằm đáp ứng yêu cầu thi công lớp phủ UHPC khi độ dốc ngang mặt cầu là 2%. Loại phụ gia này nó giúp UHPC giảm được độ chảy xòe từ 190÷210 mm xuống còn 120÷150 mm.

Ngoài ra, phụ gia ổn định (PCE-R) cũng được lựa chọn nhằm kéo dài thời gian ninh kết của hỗn hợp UHPC lên khoảng 9÷10 tiếng, giúp cho có thể thi công những phân đoạn dài nhất mà không bị ảnh hưởng bởi tác động từ hoạt động của máy móc thiết bị, tàu hoả ở tầng dưới.

4. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

4.1. Nguyên tắc thiết kế, chế độ bảo dưỡng nhiệt ẩm

Các yêu cầu cơ bản được đặt ra trong quá trình thiết kế cấp phối như sau:

- Đảm bảo tính công tác: độ chảy xòe (nhót kế Suttard) ≥ 100 mm.
- Đảm bảo về hàm lượng cốt sợi: $\geq 2,5\%$.
- Đảm bảo về nhiệt độ hỗn hợp: $\leq 35^\circ\text{C}$.
- Đảm bảo tính co ngót: độ co $\leq 650 \mu\text{m/m}$.
- Đảm bảo về hàm lượng cốt sợi: $\geq 2,5\%$.
- Đảm bảo yêu cầu về cường độ: cường độ chịu nén $\geq 120 \text{ MPa}$ và cường độ chịu kéo $\geq 7 \text{ MPa}$.
- Đảm bảo về tính đàn hồi: Mô-đun đàn hồi $\geq 45 \text{ GPa}$.



Hình 5. Thực hiện phủ màng film PVC có chứa các hạt silicagen lên bề mặt UHPC

Phương pháp bảo dưỡng nhiệt ẩm được sử dụng để bảo dưỡng mẫu thử sau khi kết thúc đồng kết sẽ giúp tỷ lệ và tốc độ phản ứng thủy hoá xi măng trong UHPC được nâng cao:

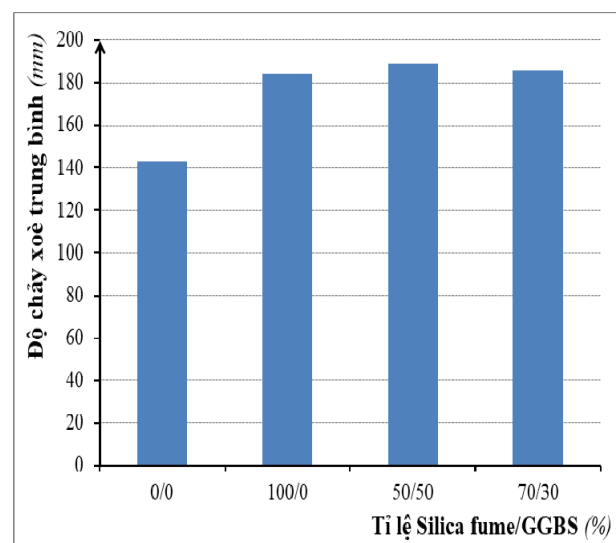
- Bảo dưỡng ẩm tự nhiên ban đầu sử dụng màng flim PVC có sẵn các hạt silicagen bên trong bề mặt, phủ lên bề mặt UHPC ngay sau khi vừa thi công cán – rải cùng công tác phun nước ẩm liên tục cho đến khi UHPC đủ 1 ngày tuổi.

- Tiếp theo đó là bảo dưỡng nhiệt ẩm (bão hoá ẩm) ở mức $80 \pm 5^\circ\text{C}$ liên tục trong thời gian 72 tiếng. Tốc độ tăng và hạ nhiệt của chế độ này lần lượt là 10°C/h và 15°C/h .

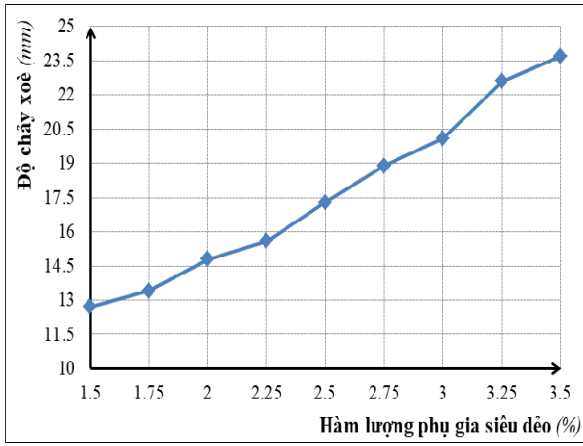
- Sau khi nhiệt độ mẫu trở lại mức bình thường lớp phủ UHPC tiếp tục được bảo dưỡng ẩm tự nhiên đến khi UHPC đủ 7 ngày tuổi.

4.2. Các kết quả thử nghiệm

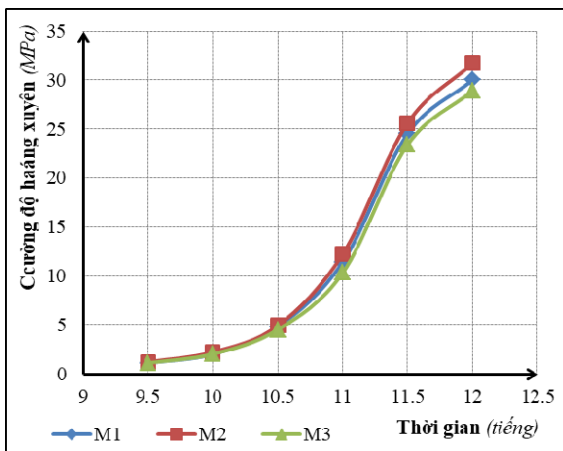
Các kết quả thử nghiệm trong LAS được cho trong các bảng sau:



Hình 6. Đánh giá tác dụng của Silica fume, GGBS đến độ chảy xòe hỗn hợp UHPC



Hình 7. Đánh giá tác dụng của phụ gia dẻo đến độ chảy xoè hỗn hợp UHPC



Hình 8. Thời gian ninh kết của UHPC khi sử dụng PCE-R

Bảng 7. Thống kê kết quả thí nghiệm cấp phối UHPC ở các lần thử khác nhau

Nội dung		Thử lần 1	Thử lần 2	Thử lần 3	
t° - môi trường, °C		20 ± 2	27 ± 2	31 ± 2	
RH-môi trường, %		50 ± 2	80 ± 2	65 ± 2	
Độ chảy xoè 1, mm		191	196	187	
Độ chảy xoè 2, mm (sau thêm P-BASF)		145	146	141	
Setting time	B/đầu	10:05	10:20	10:00	
	K/thúc	11:30	12:00	11:20	
Hàm lượng sợi, %		2.62	2.57	2.56	
Cường độ chịu nén, MPa	R ₄	148.3	154.3	151.4	
	R ₇	152.4	154.7	151.0	
	R ₂₈	152.6	156.9	152.7	
Cường độ chịu kéo, MPa	R ₄	9.2	8.6	10.1	
	R ₇	9.1	10.7	11.6	
	R ₂₈	10.6	9.3	9.8	
Mô-đun đàn hồi, GPa		R ₂₈	51.6	52.7	52.3

4.3. Giải pháp thi công

Ngoài ra, UHPC cũng phải đáp ứng được điều kiện thi công trên mặt cầu: nhiệt độ không khí không quá 40°C, độ ẩm không khí không nhỏ hơn 60%. Nhằm đảm bảo yêu cầu trên, toàn bộ mặt cầu được chia thành 32 phân đoạn với các kích thước chiều dài khác nhau (90m, 112m, 134 m), mỗi phân đoạn được thi công trong khoảng thời gian từ 6 ÷ 10 tiếng, trong nhà có mái che chắn kín 2 bên để tránh mưa nắng trực tiếp và khi phun nước, không bị gió thổi cuốn đi. Để thời gian thi công được rút ngắn và chất lượng UHPC được ổn định ở mức cao, đồng thời phân chia quá trình trộn thành 2 giai đoạn: trộn khô UHPC (trộn trước tại nhà máy) và trộn ướt UHPC (tại hiện trường):

Khi nhiệt độ mẫu trở lại mức bình thường (tương đương phòng LAS), mẫu tiếp tục được bảo dưỡng ẩm tự nhiên đến khi UHPC đủ 7 ngày tuổi.

- Sử dụng bột khô UHPC trộn sẵn đã có sẵn sợi thép được trộn sẵn trên máy trộn tăng cường của Châu Âu và đóng gói theo định lượng từng mẻ trộn tại nhà máy nhằm rút ngắn thời gian trộn.

- Bột khô được trộn trước thời điểm thi công trong khoảng thời gian 2 ÷ 3 ngày, đem lại hiệu quả cao nhất về chất lượng sản phẩm (nhiệt độ hỗn hợp bột < 60°C).

- Trộn ướt UHPC với thời gian trộn ≥ 8 phút và không quá 14 phút, điều kiện nhiệt độ môi trường thi công phải nằm trong khoảng 5°C ≤ t° ≤ 40°C.

- Ổn định nhiệt độ môi trường tại trạm trộn bằng thiết bị phun nước bụi – sương ẩm xung quanh các trạm trộn, đặc biệt là thành cối trộn < 35°C.

- Sử dụng đá khô CO₂ được xếp xung quanh với mục đích làm lạnh thành cối trộn < 15°C.

- Sử dụng Chiller – thiết bị làm lạnh và nước đá công nghiệp để làm lạnh nước trộn luôn ổn định < 5°C.

- Để vận chuyển hỗn hợp UHPC sau khi trộn đến vị trí thi công một cách kịp thời, hiệu quả mà số lượng công nhân điều khiển tối thiểu, sử dụng 5 xe xúc lật với dung tích gầu chứa > 1m³. Và yêu cầu phủ bạt che kín lên xe vận chuyển hỗn hợp UHPC sau trộn khi điều kiện thời tiết không thuận lợi như trời nắng hoặc có mưa nhỏ và vừa.

- Tại nhà máy sử dụng máy trộn SKAKO – Đan mạch để trộn hỗn hợp bột khô UHPC và tại công trường sử dụng 2 trạm trộn với 4 máy trộn liên hoàn dòng CO-NELE – Trung Quốc.

- Máy rải – đầm – cán liên hợp được sử dụng để đầm chặt lớp phủ UHPC, có thể lấp kín các khe giữa lưới thép, đinh neo và bản mặt thép mà bề mặt cũng được hoàn thiện với độ dốc ngang 2%. Máy cũng được cài đặt sẵn chiều cao làm việc để lớp phủ UHPC có chiều dày tối thiểu là 60mm với tốc độ của máy được duy trì ổn định ở mức $11 \div 2m/h$.

- Thiết bị bảo dưỡng nhiệt ẩm bao gồm nồi hơi, hệ thống dẫn hơi và buồng bảo dưỡng. Với chiều dài một phân đoạn là rất lớn nên cần sử dụng nồi hơi di động, và có số lượng là 5 cái.



Hình 9. Nhà thi công lớp phủ có mái che và trạm trộn tại mặt cầu

5. CHẤT LƯỢNG THI CÔNG

- Kiểm tra nhiệt độ UHPC của 32 phân đoạn thi công cho kết quả tương đối ổn định, chứng tỏ việc sử dụng Chiller làm mát nước trộn và các giải pháp làm lạnh khác đi cùng, đem lại hiệu quả cao, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật.

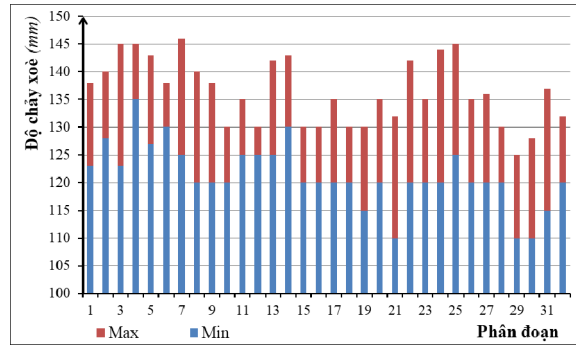
- Kết quả kiểm tra độ chảy xòe của hỗn hợp UHPC của 32 phân đoạn thi công đều đáp ứng yêu cầu kỹ thuật.

- Cả 32 phân đoạn đã thi công đều có kết quả kiểm tra chất lượng lớp phủ UHPC sau bảo dưỡng nhiệt rất tốt – cường độ chịu nén tương đối ổn định, vượt mức yêu cầu thiết kế từ $5 \div 40\%$.

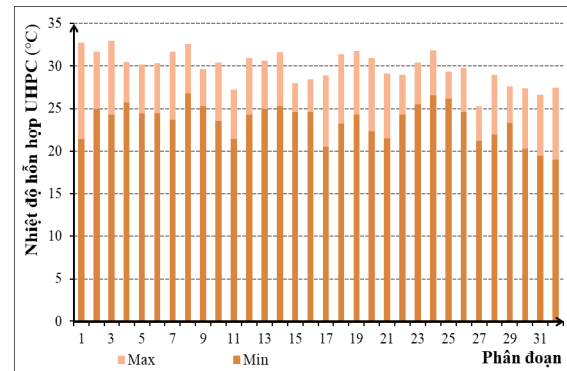
- Cả 32 phân đoạn thi công đều có kết quả kiểm tra cường độ chịu kéo tương đối ổn định, vượt mức yêu cầu thiết kế từ $20 \div 80\%$.



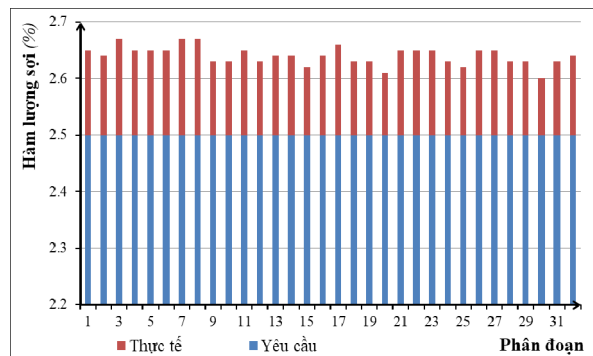
Hình 10. Bột khô UHPC trộn sẵn và máy rải - đầm - cán liên hợp



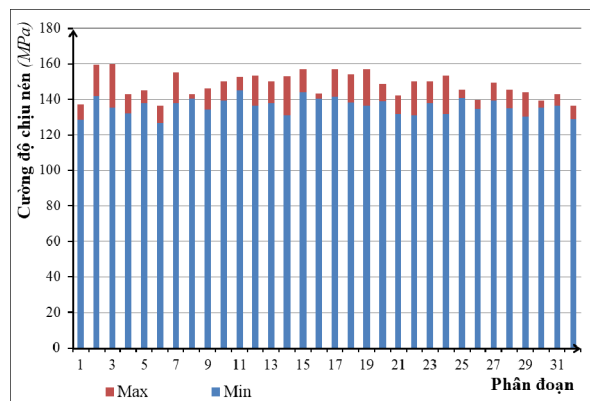
Hình 11. Kiểm soát độ chảy xòe của hỗn hợp UHPC sau trộn của 32 phân đoạn



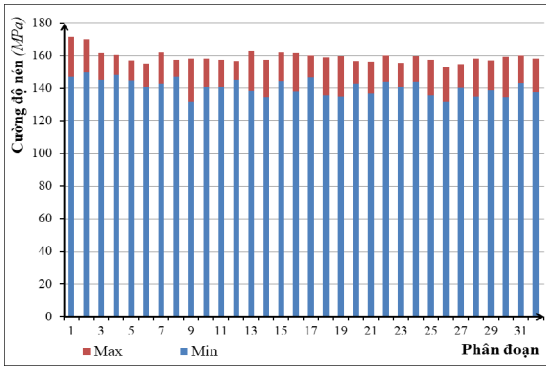
Hình 12. Kiểm soát nhiệt độ của hỗn hợp UHPC sau trộn của 32 phân đoạn



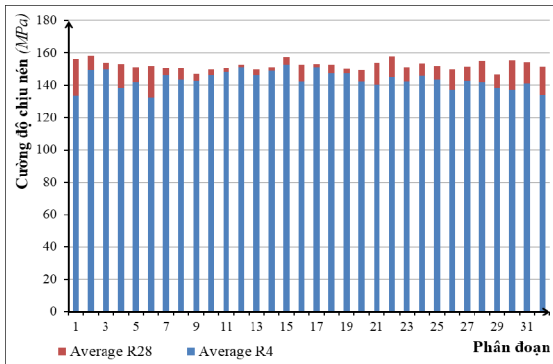
Hình 13. Theo dõi chất lượng hỗn hợp UHPC – hàm lượng sợi thép của 32 phân đoạn



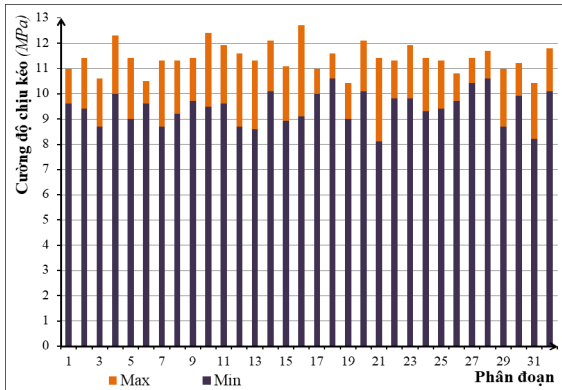
Hình 14. Kiểm tra cường độ chịu nén của UHPC – tại 4 ngày tuổi



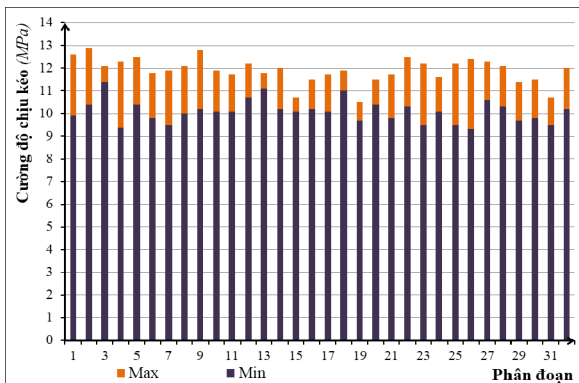
Hình 15. Kiểm tra cường độ chịu nén của UHPC – tại 28 ngày tuổi



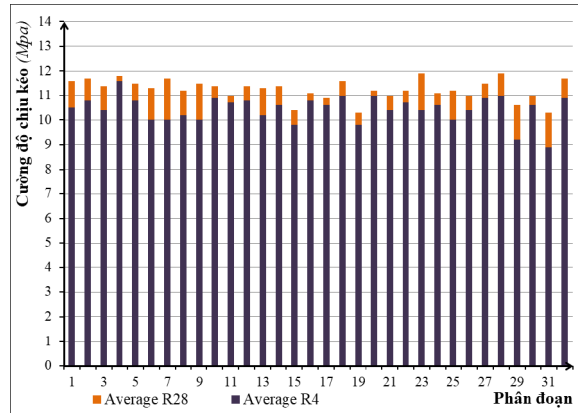
Hình 16. Cường độ chịu nén của UHPC – tại 4 và 28 ngày tuổi



Hình 17. Kiểm tra cường độ chịu kéo của UHPC - tại 4 ngày tuổi



Hình 18. Kiểm tra cường độ chịu kéo của UHPC – tại 28 ngày tuổi



Hình 19. Cường độ chịu kéo của UHPC – tại 4 và 28 ngày tuổi

6. KẾT LUẬN

- Quá trình thi công đã kiểm soát được việc lựa chọn và ổn định chất lượng vật liệu tại Việt Nam và thiết kế cấp phối đáp ứng tất cả các yêu cầu của thiết kế kết cấu và điều kiện công nghệ thi công, sự thay đổi của thời tiết môi trường trong suốt thời gian thi công.

- Đã hoàn thành tốt với chất lượng ổn định, chế tạo 2000 m³ UHPC tương đương 28.000 m² mặt lớp phủ UHPC liên hợp để sửa chữa mặt cầu Thăng Long, Hà Nội, Việt Nam liên tục trong 3 tháng cuối năm 2020.

- Thông xe trở lại cầu Thăng Long từ ngày 7 tháng 1 năm 2021 tới nay đã qua gần 3 năm khai thác với tốc độ xe là 80 km/h, lượt xe trên 50.000 lượt xe/ngày đêm cho thấy chất lượng lớp phủ UHPC liên hợp là rất đáng tin cậy, đáp ứng và vượt yêu cầu thiết kế và chỉ dẫn kỹ thuật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] NF P18-710: *National addition to Eurocode 2 – Design of concrete structures: specific rules for Ultra-High Performance Concrete.*
- [2] NF P18-470, *Concrete - ultra-high performance fibre-reinforced concrete (uhpc) – specifications, performance, production and conformity.*
- [3] NF P 18-451 *Concrete - Execution of concrete structures - Specific rules for UHPRFC.*
- [4] FHWA-HRT-18-036 *Properties and Behavior of UHPC-Class Materials.*