

Dự báo khả năng chịu cắt của bản bê tông cốt thép được tăng cường bê tông siêu tính năng

Prediction of shear strength of reinforced concrete slab strengthened with ultra-high-performance concrete

Nguyễn Hoàng Quân, Hoàng Việt Hải*

Trường Đại học Giao thông vận tải

*Tác giả liên hệ: hoangviethai@utc.edu.vn

Ngày nhận bài: 14/3/2024 ; Ngày chấp nhận đăng: 15/5/2024

Tóm tắt:

Kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) được sửa chữa và gia cường bằng bê tông siêu tính năng (UHPC) đã cho thấy hiệu quả rõ rệt trong việc nâng cao khả năng chịu tải trong các nghiên cứu thực nghiệm. Tuy nhiên, các phương pháp tính toán kết cấu BTCT được gia cường bởi UHPC còn rất hạn chế. Bài báo trình bày các phương pháp để dự đoán khả năng chịu cắt của kết cấu bản UHPC-BTCT dựa trên việc áp dụng các tiêu chuẩn thiết kế hiện có. Bốn phương pháp được đề xuất dựa trên các tiêu chuẩn hiện hành được sử dụng để tính toán khả năng chịu cắt của kết cấu, kết quả dự báo được so sánh với kết quả thực nghiệm của các nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cũng khẳng định phương pháp đề xuất dựa trên các tiêu chuẩn thiết kế hiện hữu có thể dự đoán khả năng chịu cắt của các kết cấu UHPC-BTCT với độ chính xác cao.

Từ khóa: Bê tông cốt thép; Bê tông siêu tính năng; Khả năng chịu cắt.

Abstract:

Reinforced concrete (RC) structures repaired and strengthened with ultra-high-performance concrete (UHPC) have shown significant effectiveness in improving the load-bearing capacity in experimental studies. However, calculation methods for RC structures reinforced with UHPC are still very limited. This paper presents methods for predicting the load-bearing capacity of UHPC-RC structures based on the application of existing design standards. Four methods are proposed based on existing standards used to calculate the shear capacity of structures, and the predicted results are compared with the experimental results from previous studies. This confirms that the proposed methods based on existing design standards can predict the load-bearing capacity of UHPC-RC structures with high accuracy.

Keywords: Reinforced concrete structure; Ultra-high-performance concrete; Shear strength.

1. Giới thiệu

Bê tông siêu tính năng (UHPC) với ưu điểm khả năng chịu nén, chịu kéo, chống thấm, kháng nứt lớn được coi là một vật liệu mới trong việc tăng cường các kết cấu bê tông cốt thép (BTCT). Các phương pháp sử dụng UHPC để tăng cường kết cấu BTCT nhằm phát huy các tính năng ưu việt của vật liệu mới này, đã được các nhà khoa học Brühwiler và Denarie [1] đề xuất vào năm 2005. Các nghiên cứu của họ đã áp dụng bê tông UHPC trong việc sửa chữa khôi phục khả năng

chịu lực của một công trình thực tế, theo dõi và đánh giá chứng minh hiệu quả của vật liệu này trong sửa chữa gia cường kết cấu BTCT, đồng thời, cũng đánh giá UHPC rất phù hợp để sử dụng trong các kết cấu đổ tại chỗ hoặc trong các phương án kết cấu lắp ghép [2].

Trong hơn hai thập kỷ qua, nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã được tiến hành về kết cấu UHPC-BTCT [1], [3], [4], [5], [6]. Các đặc tính đặc biệt của vật liệu UHPC về khả năng chịu kéo, nén và hấp thụ năng lượng dẫn đến các kết

cấu hiện hữu có được khả năng chịu lực sau khi tăng cường bằng một lớp UHPC [7]. Ngoài ra, UHPC đã được áp dụng vào việc tăng cường BTCT dưới dạng các tấm UHPC đúc sẵn [8], đổ tại chỗ [2], và vật liệu khôi phục khả năng chịu lực [5]. Bê tông siêu tính năng (UHPC) đã chứng minh được vai trò ứng xử tổng thể kết cấu UHPC-BTCT, bao gồm việc phát triển nứt, khả năng chịu tải và thay đổi đặc tính phá hoại của kết cấu.

Tuy nhiên, các nghiên cứu về mô hình giải tích để dự đoán khả năng chịu cắt, uốn của kết cấu UHPC-BTCT còn rất hạn chế. Đối với kết cấu BTCT hoặc bê tông cốt sợi riêng biệt, khả năng chịu lực của kết cấu có thể tính toán được khi sử dụng các tiêu chuẩn hiện hành. Một số tiêu chuẩn có thể áp dụng cho kết cấu BTCT, như ACI 318 [9], hoặc cho bê tông cốt sợi (như UHPC), ACI 544 [10],... Tuy nhiên, khi kết hợp hai loại vật liệu này, việc sử dụng các tiêu chuẩn trên không còn phù hợp. Dùng một phần hoặc kết hợp các tiêu chuẩn nhằm đề xuất mô hình giải tích phù hợp đối với kết cấu UHPC-BTCT là hết sức cần thiết, đó là mục đích của nghiên cứu này.

Bài báo giới thiệu các mô hình dự đoán khả năng chịu cắt của kết cấu UHPC-BTCT dựa trên việc kết hợp các tiêu chuẩn và các nghiên cứu trước đây. Bốn mô hình được đề xuất trong nghiên cứu này, sau đó, mô hình được so sánh và đánh giá với các nghiên cứu thực nghiệm trước đó.

2. Mô hình tính toán khả năng chịu cắt theo các tiêu chuẩn hiện hành

2.1. Mô hình tính toán sức kháng cắt bê tông cốt thép

Phương pháp tính toán sức kháng cắt theo tiêu chuẩn ACI 318, Eurocode 2 (EC 2) đều có cách tiếp cận khi tính toán sức kháng cắt (V_n) bằng tổng của khả năng chịu cắt do cốt thép đai (V_s) và khả năng chịu cắt của bê tông (V_c).

$$V_n = V_s + V_c = \frac{A_{sw} f_{yt} d}{s} + V_c \quad (1)$$

Trong đó, A_{sw} là tiết diện cốt thép đai, f_{yt} là giới hạn chảy của cốt thép đai, d là chiều cao hữu hiệu, s là ký hiệu cho bước cốt đai.

Khả năng chịu cắt của bê tông (V_c) được tính toán theo các công thức sau phụ thuộc vào từng tiêu chuẩn:

Theo tiêu chuẩn ACI 318

Khi $A_v \geq A_{v,min}$, V_c được tính theo một hoặc trong hai công thức dưới đây [9]:

$$V_c = \left[0,17\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d \quad (2)$$

Hoặc:

$$V_c = \left[0,66\lambda(\rho_w)^{1/3}\sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d \quad (3)$$

Khi $A_v \leq A_{v,min}$,

$$V_c = \left[0,66\lambda_s\lambda(\rho_w)^{1/3}\sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d \quad (4)$$

Trong đó, λ là hệ số xét đến trọng lượng thể tích bê tông đến sức kháng cắt, f'_c (MPa) cường độ chịu nén của bê tông, ρ_w là hàm lượng cốt thép dọc, d là chiều cao hữu hiệu, b_w là bề rộng sườn. N_u là lực dọc tác dụng lên dầm, A_g là diện tích nguyên của mặt cắt. λ_s là hệ số xét đến ảnh hưởng của kích thước mẫu:

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1+0,004d}} \leq 1 \quad (5)$$

Theo tiêu chuẩn Eurocode 2

$$V_c = \left(\frac{0,18}{\gamma_c} k [100\rho_s f_{ck}] \right) b_w d \quad (6)$$

Trong đó, γ_c là hệ số an toàn; f_{ck} (MPa) là cường độ chịu nén của bê tông; ρ_s là hàm lượng cốt thép dọc; d là chiều cao hữu hiệu; b_w là bề rộng sườn; k là hệ số hiệu ứng kích thước được tính toán như sau:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad (d \text{ được tính bằng mm}) \quad (7)$$

2.2. Mô hình tính toán sức kháng cắt bê tông cốt sợi (UHPC)

Bê tông siêu tính năng (UHPC) có khả năng chịu kéo cao một phần do có hàm lượng cốt sợi phân tán trong hỗn hợp. Theo các nghiên cứu gần đây, hàm lượng phù hợp trong hỗn hợp thông thường là 2% để hỗn hợp có khả năng chịu kéo lớn hơn 8 MPa. Do đó, UHPC cũng được xem là một loại bê tông cốt sợi. Mô hình tính toán sức kháng cắt của bê tông cốt sợi tuân theo các tiêu chuẩn sau đây:

Tiêu chuẩn ACI 544

Khả năng chịu cắt của kết cấu bê tông cốt sợi tuân theo công thức sau [10]:

$$V_n = \frac{2}{3} f_{ct} \left(\frac{d}{a} \right) b_w d \quad (8)$$

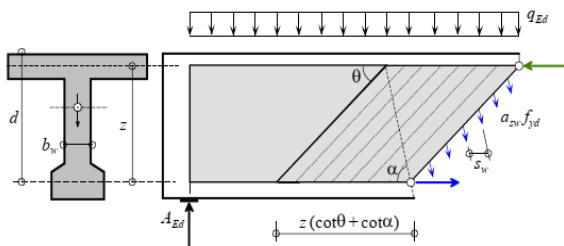
Trong đó, f_{ct} là cường độ chịu kéo của bê tông cốt sợi, a là khoảng cách từ điểm đặt lực đến gối, d là chiều cao hữu hiệu, b_w là bề rộng sườn. Tuy nhiên, công thức trên không tính đến một số tham số ảnh hưởng rất lớn tới khả năng chịu cắt bao gồm chiều dài sợi, loại sợi và hàm lượng cốt thép thường trên mặt cắt ngang.

Tiêu chuẩn MC 2010

Công thức tính khả năng chịu cắt của kết cấu bê tông cốt sợi có hoặc không có cốt đai được tính toán theo công thức sau [11]:

$$V_n = V_{c,F} + V_s \quad (9)$$

Trong đó, $V_{c,F}$ là sức kháng cắt bê tông có mặt của thành phần cốt sợi, V_s là sức kháng cắt của thành phần cốt đai.



Hình 1. Mô hình tính toán khả năng chịu cắt theo MC 2010.

Tại tiêu chuẩn này, cốt sợi được xem xét trong thành phần sức kháng. Thành phần sức kháng cắt được tính toán thông qua công thức:

$$V_{c,F} = \left(\frac{0,18}{\gamma_c} k \left[100 \rho_s \left(1 + 7,5 \frac{f_{Fruk}}{f_{ctk}} \right) f_{ck} \right]^{\frac{1}{3}} \right) b_w d \quad (10)$$

Với, f_{ctk} là cường độ chịu kéo của bê tông cốt sợi, f_{ck} là cường độ chịu nén của bê tông (MPa), f_{Fruk} là ứng suất dư khi bê tông chịu kéo.

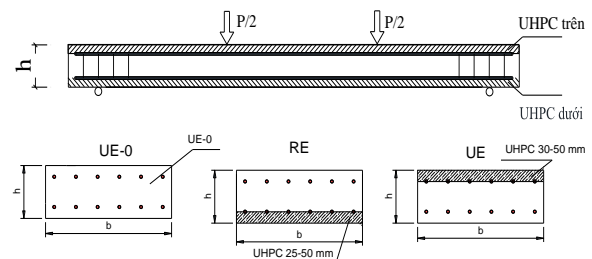
$$V_s = \frac{A_w}{s} z f_{ywd} (\cot \phi + \cot \theta) \sin \phi \quad (11)$$

Trong đó, $\theta = 45^\circ$ là góc giữa thanh giằng bê tông chịu nén và trục vuông góc của lực cắt, ϕ là góc tạo bởi cốt thép chịu cắt và trục nằm ngang của dầm, f_{ywd} là giới hạn chảy của cốt thép đai.

Như vậy, mô hình tính toán sức kháng cắt của kết cấu bê tông cốt thép thông thường hoặc bê tông cốt sợi đều là sự cộng tác dụng khả năng chịu cắt của các vật liệu đơn lập.

3. Mô hình tính toán kết cấu UHPC – BTCT

Đối với kết cấu BTCT được khôi phục khả năng chịu lực bằng UHPC. Kết cấu gồm hai thành phần là BTCT và UHPC (Hình 1).



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm kết cấu UHPC-BTCT.

Kết cấu gồm các lớp như Hình 2, mô hình phù hợp để tính toán sức kháng cắt là sự kết hợp giữa việc tham gia của BTCT và UHPC. Do đó, nhóm nghiên cứu đề xuất sử dụng các mô hình tính toán sức kháng cắt của bản bê tông cốt thép thường được gia cường ở vùng chịu kéo, nén bằng tấm UHPC dựa trên các tiêu chuẩn ACI, Eurocode như đã được trình bày trong phần 2.

Mô hình dựa trên nguyên lý cộng tác dụng, sức kháng cắt của kết cấu được gia cường bằng tấm UHPC với tổng sức kháng cắt của phần bê tông thường và sức kháng cắt của phần UHPC. Mô hình đề xuất dựa trên ý tưởng của một số nghiên cứu trước đây như Yin và cộng sự [12].

Mô hình 1 dựa trên tiêu chuẩn ACI 318 và ACI 544

$$V_{n,comp} = V_{c,ACI318} + V_{UHPC,ACI544} \quad (12)$$

$$V_{c,ACI318} = \left[0,66\lambda_s \lambda (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d \quad (13)$$

$$V_{UHPC,ACI544} = \frac{2}{3} f_{ct} \left(\frac{h_U}{a} \right)^{0,25} b_w \frac{h_U}{2} \quad (14)$$

Trong đó, $V_{c,ACI318}$, $V_{UHPC,ACI544}$ lần lượt là sức kháng cắt do phần bê tông thường và bê tông cường độ cao. Lưu ý rằng, công thức (13) được sử dụng do mẫu dầm không bố trí cốt thép đai. h_U là chiều dày của phần UHPC. f'_c là cường độ chịu nén của bê tông thường, d là chiều cao hữu hiệu của mặt cắt, b_w là bề rộng chịu cắt. λ là hệ số xét đến ảnh hưởng của khối lượng thể tích bê tông đến sức kháng cắt, $\lambda = 1$ cho bê tông thường, $\lambda = 0,85$ cho bê tông cát nhẹ, $\lambda = 0,75$ cho tất cả các loại bê tông nhẹ khác.

$\rho_s = \frac{A_s}{b_w d}$ là hàm lượng cốt thép dọc. f_{ct} là cường độ chịu kéo của UHPC được lấy bằng $f_{ct} = 0,3(f'_{cUHPC})^{2/3}$. a là khoảng cách từ điểm đặt lực tới gối tựa.

Mô hình 2 dựa trên tiêu chuẩn EC 2 và MC 2010

$$V_{n,comp} = V_{c,EC2} + V_{UHPC,MC2010} \quad (15)$$

$$V_{c,EC2} = \left\{ \frac{0,18k_1}{\gamma_c} [100\rho_s f_{ck}]^{1/3} \right\} b_w d \quad (16)$$

$$V_{UHPC,MC2010} = \left\{ \frac{0,18k_2}{\gamma_c} \left[100\rho_s \left(1 + \frac{7,5f_{Ftuk}}{f_{ctk}} \right) f_{ckUHPC} \right]^{1/3} \right\} b_w \frac{h_U}{2} \quad (17)$$

$$k_1 = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \quad (18)$$

$$k_2 = 1 + \sqrt{\frac{200}{h_U/2}} \leq 2 \quad (19)$$

Trong đó, $V_{c,EC2}$, $V_{UHPC,MC2010}$ lần lượt là sức kháng cắt của bê tông thường và bê tông cường độ cao. $\gamma_c = 1,5$ là hệ số an toàn dành cho vật liệu bê tông. f_{ck} , f_{ckUHPC} là cường độ chịu nén của bê tông thường và bê tông cường độ cao (MPa). $\frac{f_{Ftuk}}{f_{ctk}}$ có thể lấy gần đúng bằng 0,62.

f_{ctk} là cường độ chịu kéo của bê tông cường độ cao, được lấy bằng $f_{ctk} = 0,3(f_{ckUHPC})^{2/3}$. f_{Ftuk} là ứng suất dư khi chịu kéo của bê tông cường độ cao, tỷ số $\frac{f_{Ftuk}}{f_{ctk}}$ có thể lấy gần đúng bằng

0,62. Tương tự, mô hình 3 và mô hình 4 là sự kết hợp mô hình theo tiêu chuẩn hiện hành.

Mô hình 3 dựa trên ACI 318 và MC 2010

$$V_{n,comp} = V_{c,ACI318} + V_{UHPC,MC2010} \quad (20)$$

Mô hình 4 dựa trên EC 2 và ACI 544

$$V_{n,comp} = V_{c,EC2} + V_{UHPC,ACI544} \quad (21)$$

4. Kết quả và thảo luận

Để kiểm chứng mô hình đề xuất, trong nghiên cứu này, sử dụng nghiên cứu của Hoang và các cộng sự [13] dùng 30 mm, 40 mm, 50 mm để thay thế cho 30 mm lớp bê tông bảo vệ của kết cấu dạng bản bê tông cốt thép có chiều dài là 1800 mm, chiều cao là 140 mm và chiều rộng là 360 mm. Bê tông thường có cường độ chịu nén bằng 35,8 MPa, bê tông UHPC có cường độ chịu nén bằng 130 MPa. Nghiên cứu với mục tiêu đánh giá khả năng chịu uốn, cắt của kết cấu trước và sau khi tăng cường với sự xuất hiện của bê tông ở vùng chịu nén. Một nghiên cứu khác được sử dụng là Yin và cộng sự [5], với bê tông thường có cường độ chịu nén là 23 MPa,

bê tông UHPC có cường độ chịu nén là 153 MPa. Kết cấu bản BTCT được tăng cường bằng lớp UHPC ở vùng chịu kéo. Thông số thí nghiệm của các nghiên cứu được tổng hợp trong Bảng 1.

Bảng 1. Kích thước chi tiết của mẫu thí nghiệm.

Mẫu	b (mm)	h (mm)	Chiều dày UHPC h_u (mm)	Cốt thép	
				Vùng nén A'_s	Vùng kéo A_s
UE-0	360	140	-	6T12	6T12
UE-30	360	140	30	6T12	6T12
UE-40	360	150	40	6T12	6T12
UE-50	360	160	50	6T12	6T12
RE-0	300	100	0	5T12	5T12
OV-25	300	125	25	5T12	5T12
OV-25a	300	125	25	5T12	5T12
OV-50	300	150	50	5T12	5T12
OV-50a	300	150	50	5T12	5T12

Kết quả tính toán khả năng chịu cắt của kết cấu UHPC-BTCT được tổng hợp trong Bảng 2. Lưu ý rằng, lực cắt thu được từ thực nghiệm được lấy bằng phân nửa giá trị lực lớn nhất tác dụng lên mẫu. Kết quả cho thấy mô hình 3 dự báo khả năng chịu cắt của kết cấu khá sát với kết quả thực nghiệm, dự báo khả năng chịu cắt với hệ số từ 1,12 đến 1,89, trừ trường hợp OV-25a và OV 50a, có kết quả dự báo phù hợp hơn so với ba mô hình khác.

Bảng 2. Kết quả dự báo khả năng chịu cắt của kết cấu UHPC-BTCT.

Mẫu	Thực nghiệm V_u	Kết quả dự báo của mô hình				Tỷ lệ $\frac{V_{n,exp}}{V_u}$ của các mô hình			
		1	2	3	4	1	2	3	4
UHPC-0-30 [14]	60,61	45,17	51,48	54,31	42,34	1,34	1,18	1,12	1,43
UHPC-30 [14]	97,53	45,17	51,48	54,31	42,34	2,16	1,89	1,80	2,30
UHPC-40 [11]	115,025	50,98	57,85	60,85	46,68	2,26	1,99	1,89	2,46
UHPC-50 [11]	121,715	54,27	63,96	67,12	51,10	2,24	1,90	1,81	2,38
OV-25 [5]	73,74	23,57	20,69	34,73	20,69	2,59	2,95	1,76	2,95
OV-25a [5]	77,97	22,98	32,40	32,38	23,09	3,21	2,28	2,28	3,19
OV-50 [5]	77,97	25,42	32,37	32,35	25,44	3,07	2,41	2,41	3,06
OV-50a [5]	95,06	26,16	44,11	44,09	26,17	2,98	1,77	1,77	2,98

5. Kết luận và kiến nghị

Bài báo đã trình bày các phương pháp để dự đoán khả năng chịu cắt của kết cấu UHPC-BTCT dựa trên việc áp dụng các tiêu chuẩn thiết kế hiện có. Thông qua việc đề xuất bốn mô hình kết hợp từ các tiêu chuẩn hiện hành áp dụng cho bê tông thông thường và bê tông cốt sợi. Kết quả cho thấy, mô hình kết hợp giữa khả năng chịu cắt của bê tông theo tiêu chuẩn ACI 318 và khả năng chịu cắt của bê tông cốt sợi theo tiêu chuẩn MC 2010 cho kết quả sát với kết quả thực nghiệm và mô hình có hệ số dao động từ 1,12 đến 1,89, trừ trường hợp OV-25a và OV 50a. Tuy nhiên, cần có nhiều nghiên cứu hơn về sự kết hợp nhiều mô hình khác để thu được nhiều kết quả thí nghiệm nhằm kiểm chứng mô hình.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải (UTC) trong đề tài mã số T2024-CT-017.

Tài liệu tham khảo

- [1] E. Brühwiler and E. Denarié, “Rehabilitation and strengthening of concrete structures using ultra-high performance fibre reinforced concrete,” *Struct. Eng. Int.*, vol 23, no. 4, 2013, doi: 10.2749/101686613X13627347100437.
- [2] E. Brühwiler, “UHPRFC technology to enhance the performance of existing concrete bridges,” *Struct. Infrastruct. Eng.*, vol 16, no. 1, pp. 94-105, 2020, doi: 10.1080/15732479.2019.1605395.
- [3] M. A. Al-Osta, M. N. Isa, M. H. Baluch, and M. K. Rahman, “Flexural behavior of reinforced concrete beams strengthened with ultra-high performance fiber reinforced concrete,” *Constr. Build. Mater.*, vol 134, pp. 279-296, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.12.094.
- [4] Y. Yang, C. Xu, J. Yang, and K. Wang, “Experimental study on flexural behavior of precast hybrid UHPC-NSC beams,” *J. Build. Eng.*, vol. 70, 2023, Art. no. 106354, doi: 10.1016/j.job.2023.106354.
- [5] H. Yin, W. Teo, and K. Shirai, “Experimental investigation on the behaviour of reinforced concrete slabs strengthened with ultra-high-performance concrete,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 155, pp. 463-474, 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.08.077.
- [6] S. Yuan, Z. Liu, T. Tong, and J. Liu, “Experimental, analytical, and numerical investigation on flexural behavior of hybrid beams consisting of ultra-high performance and normal-strength concrete,” *Eng. Struct.*, vol. 268, 2022, Art. no. 114725, doi: 10.1016/j.engstruct.2022.114725
- [7] Federal Highway Administration, “Material property characterization of ultra-high performance concrete,” U.S. Department of Transportation, Washington, DC, USA, Rep. FHWA-HRT-06-103, 2006.
- [8] F. J. Alaeed and B. L. Karihaloo, “Retrofitting of reinforced concrete beams with CARDIFRC,” vol. 7, no. 3, pp. 174-186, 2003, doi: 10.1061/(ASCE)1090-0268(2003)7:3(174).
- [9] *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19) and commentary (ACI 318R-19)*, ACI 318-19, American Concrete Institute, Michigan, USA, 2019.
- [10] ACI committee 544, “Design considerations for steel fiber reinforced concrete,” *ACI Struct. J.*, vol. 85, no. 5, pp. 563-579, 1988, doi: 10.14359/3144.
- [11] fib Model Code for Concrete Structures 2010-First complete draft, fib Bulletin No. 55, *International Federation for Structural Concrete*, vol. 1, 2010.
- [12] H. Yin, K. Shirai, and W. Teo, “Finite element modelling to predict the flexural behaviour of ultra-high performance concrete members,” *Eng. Struct.*, vol. 183, pp. 741-755, 2019, doi: 10.1016/j.engstruct.2019.01.046.
- [13] V. H. Hoang, T. A. Do, A. T. Tran, and X. H. Nguyen, “Flexural capacity of reinforced

concrete slabs retrofitted with ultra-high-performance concrete and fiber-reinforced polymer,” *Innov. Infrastruct. Solut.*, vol. 9, 2024, Art. no. 113, doi: 10.1007/s41062-024-01410-y.

[14] H. V. Hải, “Thực nghiệm ứng xử chịu uốn bản bê tông cốt thép được tăng cường bê tông siêu tính năng (UHPC),” *TC KH GTVT*, tập 74, số 9, tr. 1100-1109, 2023, doi: 10.47869/tcsj.74.9.7.