

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG XÁC ĐỊNH ỨNG XỬ CHỊU CẮT CỦA DÀM BÊ TÔNG CỐT THÉP GIA CƯỜNG BẰNG BÊ TÔNG CỐT LƯỚI DỆT

NUMERIAL STUDY ON SHEAR BEHAVIOR OF CONCRETE BEAMS STRENGTHENED WITH TEXTILE REINFORCED CONCRETE

Nguyễn Quang Sĩ¹, Đặng Việt Tuấn², Tạ Quốc Việt³

^{1,2,3}Trường đại học Giao thông Vận tải

Email: ¹ sing_ph@utc.edu.vn, ² dangvietluan@utc.edu.vn, ³ tqviet@utc.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses1-14>

TÓM TẮT: Bài báo trình bày nghiên cứu mô phỏng số bằng phương pháp phần tử hữu hạn nhằm xác định ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt thép được gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt. Kết quả mô phỏng số được so sánh với kết quả thực nghiệm trên mẫu dầm chịu uốn ba điểm. So sánh cho thấy sự tương đồng giữa mô hình mô phỏng số và kết quả thí nghiệm trên các phương diện như đường cong lực – chuyển vị tại vị trí đặt lực, dạng phá hoại. Bên cạnh đó, một số tham số ảnh hưởng đến ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt thép gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt cũng được khảo sát.

TỪ KHÓA: Mô phỏng số, dầm chịu cắt, bê tông cốt lưới dệt.

ABSTRACTS: *This paper presents the numerical simulation study using the finite element method to determine the shear behavior of reinforced concrete (RC) beam strengthened with textile reinforced concrete (TRC). Numerical simulation results, then, are compared with experimental results on three points bending tests. The obtained results show the similarity between numerical simulation model and experimental results in aspects such as displacement - force curve, failure mode. Besides, some parameters affecting to shear behavior of RC beam strengthened with TRC have been also investigated.*

KEYWORDS: *Numerical, beam, beam under shear, textile reinforced concrete (TRC).*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dầm bê tông là một trong những cấu kiện phổ biến trong công trình xây dựng. Trong đó, dầm bê tông cốt thép (BTCT) chiếm đa số. Tuy nhiên, sau một thời gian sử dụng, khả năng chịu lực và độ bền theo thời gian của kết cấu dầm BTCT bị suy giảm do nhiều nguyên nhân khác nhau. Một trong những nhược điểm lớn nhất của kết cấu BTCT là hiện tượng cốt thép bị ăn mòn (cốt thép bị gỉ). Đặc biệt là do Việt Nam nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, với đặc tính cơ bản là nóng ẩm và phân bố theo mùa. Ngoài ra, nước ta có đường bờ biển dài hơn 3200 km, các công trình ven biển chịu sự xâm thực mạnh từ môi trường. Đây là điều kiện thuận lợi thúc đẩy quá trình ăn mòn cốt thép từ đó làm nứt vỡ, bong tách lớp bê tông bảo vệ cốt thép, làm kết cấu bị hư hỏng sớm, không đảm bảo tuổi thọ công trình, gây thiệt hại về người và của. Mặt khác, các kết cấu cũ có thể không còn đáp ứng được nhu cầu tải trọng ngày càng lớn khi thay đổi công năng sử dụng. Từ đó, làm gia tăng chi phí để sửa chữa và gia cường các công trình bằng BTCT.

Trên thế giới, có nhiều phương pháp tăng cường kết cấu BTCT đã được áp dụng như: dán bản thép bên ngoài, dự ứng lực ngoài, dán bằng vật liệu polymer cốt sợi FRP (Fiber – Reinforced Polymer), dùng bê tông cốt lưới sợi dệt TRC (Textile Reinforced Concrete) v.v. Trong khoảng 10 năm gần đây, FRP được sử dụng rộng rãi trên thế giới cũng như ở Việt Nam do công nghệ này đặc biệt phù hợp với công tác sửa chữa, tăng cường. FRP có trọng lượng nhỏ, cường độ cao, không dẫn điện, không nhiễm từ, có tính linh hoạt cao trong sử dụng, và đặc biệt là không bị gỉ. Tuy nhiên, công nghệ này có một số nhược điểm như FRP liên kết vào kết cấu bằng chất kết dính polymer, chất nền này có độ bền không cao với môi trường, nhất là dễ bị suy thoái dưới tác dụng của nhiệt độ cao. Ngoài ra, chất lượng của phương pháp gia cường này phụ thuộc nhiều vào quá trình thi công, khó áp dụng cho các kết cấu trong môi trường ẩm ướt, thấm thấu.

Việc thay thế chất kết dính polymer bằng bê tông hạt mịn là một giải pháp hiệu quả để cải thiện các nhược điểm của công nghệ gia cường bằng FRP, từ đó vật liệu bê tông cốt lưới dệt TRC ra đời.

Bê tông cốt lưới dệt là loại vật liệu được cấu thành từ hai thành phần chính là lưới sợi dệt và bê tông hạt mịn. Lưới sợi dệt được làm từ các sợi nhỏ, có nguồn gốc từ các bon hoặc thủy tinh, được dệt thành tấm lưới và đặt vào bê tông hạt mịn, thay thế thép làm cốt. Vật liệu trong bê tông hạt mịn có kích thước thường nhỏ hơn 1 mm để đảm bảo tính dính bám tốt với lưới sợi [1].

Trên thế giới, một số nghiên cứu về ứng dụng TRC vào tăng cường, sửa chữa kết cấu cũ ở nhiều nước trên thế giới như Mỹ, Thụy Điển, Pháp, Đức... đã được thực hiện. Các kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, bê tông cốt lưới dệt rất phù hợp cho việc sửa chữa, tăng cường các kết cấu BTCT, đặc biệt là các công trình yêu cầu cao về chống ăn mòn, hoặc sử dụng trong môi trường khắc nghiệt ([2-4]). TRC có giá thành rẻ, dễ dàng thi công theo phương pháp “trát”, khả năng chịu lửa cao, tương thích với các vật liệu nền như bề mặt bê tông, có thể ứng dụng ở những bề mặt ẩm ướt hoặc khu vực có nhiệt độ thấp. TRC có thể sử dụng để tăng cường hiệu quả các kết cấu BTCT chịu uốn, cắt, nén và xoắn [5]. Ở Việt Nam, công nghệ này cũng đang thu hút được sự chú ý của các nhà nghiên cứu trong nước ([6-8]). Năm 2018, lần đầu tiên công nghệ TRC được áp dụng để sửa chữa, tăng cường cho kết cấu sàn BTCT cho công trình nhà xưởng công nghiệp tại Vĩnh Yên, Vĩnh Phúc.

Hiện nay, với sự hỗ trợ của máy vi tính và sự phát triển của lý thuyết phần tử hữu hạn (PTHH) đã cho phép phân tích được sự làm việc của các kết cấu một cách khá chính xác. Nguyễn Huy Cường và nnk [9] đã dùng phần mềm PTHH Abaqus để nghiên cứu mô phỏng số ứng xử chịu uốn của dầm bê tông cốt thép được gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt. Kết quả mô phỏng được so sánh với kết quả thí nghiệm và đã kiểm chứng được sự chính xác của mô hình. Trong bài báo này, phần mềm PTHH Cast3M [10] được sử dụng để nghiên cứu ứng xử chịu cắt của dầm BTCT gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt. Kết quả mô phỏng được kiểm chứng với kết quả thí nghiệm được thực hiện bởi Tetta và nnk [11]. Từ mô hình đã được kiểm chứng bằng thí nghiệm, nghiên cứu tham số được thực hiện để xem

xét ảnh hưởng của các thông số cấu tạo đến ứng xử của kết cấu dầm bê tông cốt thép được tăng cường bằng bê tông cốt lưới dệt.

Bố cục bài báo gồm các phần sau. Phần 1 đặt vấn đề, phần 2 trình bày tóm tắt các kết quả thí nghiệm. Tiếp đó, phần 3 trình bày mô hình mô phỏng. So sánh kết quả mô phỏng số và thí nghiệm được trình bày trong phần 4 và cuối cùng là phần kết luận.

2. THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH ỨNG XỬ CHỊU CẮT CỦA DẦM BÊ TÔNG CỐT THÉP GIA CƯỜNG BÊ TÔNG CỐT LƯỚI DỆT

Phần dưới đây trình bày tóm tắt thí nghiệm về dầm bê tông cốt thép gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt được thực hiện bởi Tetta và nnk [11].

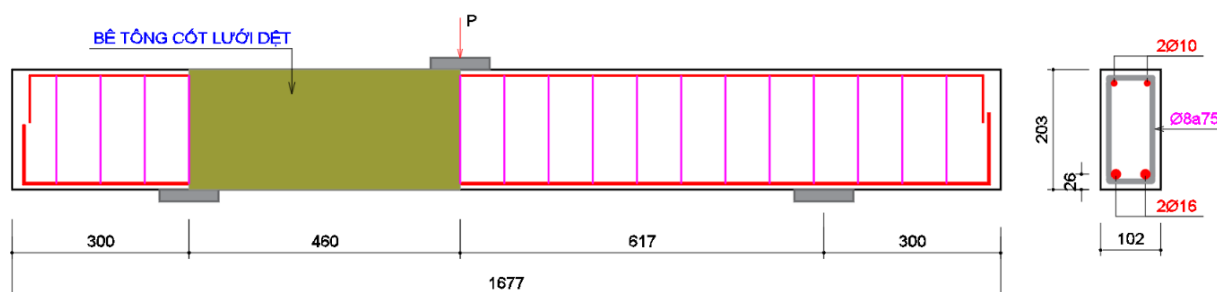
2.1. Bố trí thí nghiệm

Nhằm xác định ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt thép gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt, ba mẫu dầm có cùng kích thước 102x203x1677 (mm) được chế tạo và tiến hành thí nghiệm chịu uốn ba điểm không đối xứng. Trong đó, một mẫu dầm không được tăng cường được dùng làm dầm đối chứng, kí hiệu DC. Hai mẫu dầm được tăng ở mặt bên của dầm với số lớp lưới dệt lần lượt là 1 lớp và 2 lớp, kí hiệu SB-M1 và SB-M2. Ba mẫu dầm sử dụng 2 thanh thép ở thớ dưới và 2 thanh thép ở thớ trên với đường kính lần lượt là 16 mm và 10 mm, cốt thép đai sử dụng trong dầm có đường kính 8 mm, khoảng cách giữa các thanh thép đai là 75 mm. Một trong hai nhịp chịu cắt (chiều dài 460 mm) không bố trí cốt thép đai. Cấu tạo của mẫu dầm thí nghiệm được thể hiện trong Hình 1.

Đặc trưng cơ học của bê tông dầm trong thí nghiệm (TN) được tóm tắt trong Bảng 1, cường độ chịu nén trung bình theo mẫu trụ, f_{cm} (MPa) tăng cường cho mẫu SB-M1 và SB-M2 lần lượt là 31,1 MPa và 28,2 MPa. Các thông số của cốt

Bảng 1. Đặc trưng cơ học của bê tông dầm [11]

Tên mẫu	Cường độ chịu nén trung bình theo mẫu trụ, f_{cm} (MPa)	Cường độ chịu kéo (MPa)
DC, SB-M1	21,6	2,66
SB-M2	22,6	2,81



Hình 1. Cấu tạo chi tiết các mẫu dầm thí nghiệm [11]

thép được trình bày trong Bảng 2. Lưới sợi dệt được dùng trong thí nghiệm này là loại sợi các bon, trọng lượng của sợi là 348g/m². Bảng 3 thể hiện các thông số của vật liệu lưới sợi dệt.

Bảng 2. Thông số thép thanh trong TN [11]

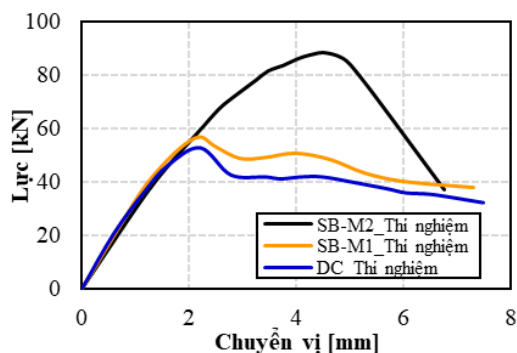
Đường kính thép (mm)	Giới hạn chảy f_y (MPa)	Mô đun đàn hồi E_s (MPa)
8	568	200000
10	552	200000
16	547	200000

Bảng 3. Thông số lưới sợi dệt trong TN [11]

	Đường kính (mm)	Mô đun đàn hồi E_f (MPa)	Cường độ chịu kéo (MPa)
Sợi các bon	0,95	225000	3800

2.2. Kết quả thí nghiệm

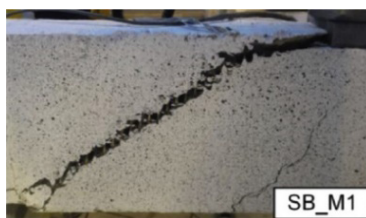
Hình 2 thể hiện mối quan hệ lực tác dụng và chuyển vị tại vị trí đặt lực của ba mẫu dầm thí nghiệm và hình dạng phá hoại của các mẫu thí nghiệm được trình bày ở Hình 3. Đối với dầm đối chứng DC, giá trị cực hạn của dầm bằng 52,59 kN sau khi hình thành vết nứt do cắt lớn trong nhịp chịu cắt (Hình 3a). Giá trị lực cực hạn đối với dầm SB-M1 và SB-M2 lần lượt là 56,77 MPa và 88,13 MPa. So sánh với mẫu dầm đối chứng DC thì khả năng chống cắt của dầm tăng lên lần lượt 7,95% và 67,58%. Quan sát trong Hình 2, đối với dầm DC và SB-M1, sau khi đạt giá trị cực hạn, giá trị lực giảm từ 52,29 kN xuống 42,42 kN (tương ứng giảm 23%), giá trị lực giảm từ 56,77 kN xuống 48,71 kN (tương ứng giảm 18%) với



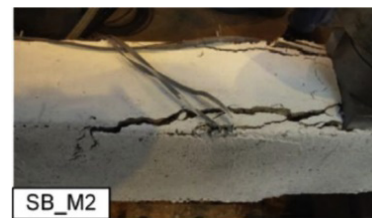
Hình 2. Quan hệ lực – chuyển vị tại vị trí đặt lực của mẫu dầm thí nghiệm [11]



a) Dầm DC



b) Dầm SB-M1



c) Dầm SB-M2

Hình 3. Dạng phá hoại của mẫu dầm thí nghiệm [11]

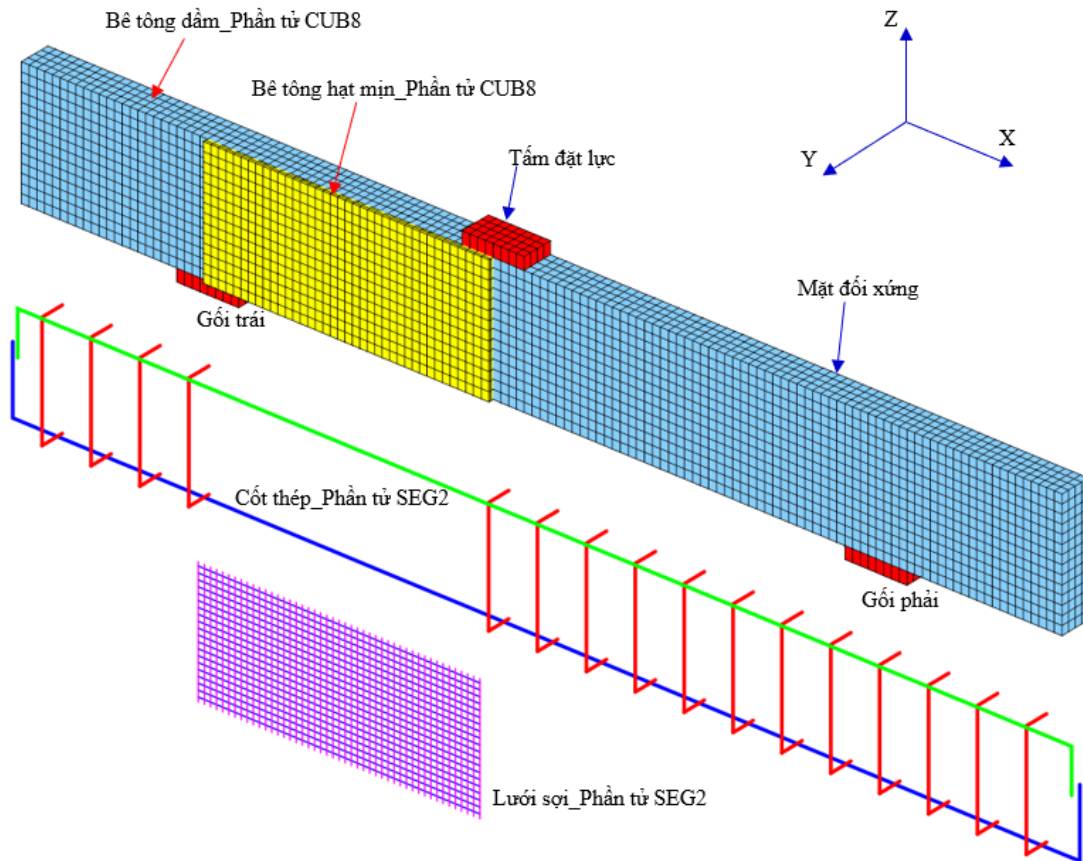
mẫu SB-M1, điều này cho thấy hai mẫu thí nghiệm này bị phá hoại do cắt. Bên cạnh đó, giá trị lực không giảm đột ngột khi vết nứt nghiêng mở rộng mà giảm một cách từ từ. Điều này có thể giải thích là do cốt thép trong dầm bị chảy. Ngoài ra, do bê tông tại vị trí đặt lực chưa bị ép vỡ, lúc này, lực cắt vẫn có thể truyền qua các vết nứt nhờ hiệu ứng cài khóa cốt liệu và lực chốt trong cốt thép dọc. Đối với dầm SB-M2, do hàm lượng lưới sợi gia cường lớn nên khả năng chịu cắt tăng lên (67,58% so với dầm đối chứng DC). Sau khi đạt đến giá trị cực đại, giá trị lực giảm nhanh do lớp bê tông hạt mịn bị bong tách và bê tông vùng nén tại vị trí đặt lực bị ép vỡ (Hình 3c). Hiệu quả gia cường của 1 lớp lưới sợi là thấp hơn nhiều so với gia cường bằng 2 lớp lưới sợi, nguyên nhân có thể là do các sợi dọc bị trượt theo chiều dọc trong vữa bê tông hạt mịn hoặc có thể do đứt một phần cốt sợi qua vết nứt cắt (Hình 3b).

3. MÔ HÌNH MÔ PHỎNG

3.1. Xây dựng mô hình

Mẫu dầm thí nghiệm được tiến hành mô phỏng bằng phần mềm phần tử hữu hạn Cast3M [10]. Đây là phần mềm có mã nguồn mở, được nghiên cứu và phát triển triển bởi Viện nghiên cứu năng lượng nguyên tử (CEA) của Cộng hòa Pháp. Nhờ vào tính đối xứng, việc mô hình hóa mẫu dầm được thực hiện trên 1/2 mô hình nhằm giảm nhẹ khối lượng tính toán.

Phần tử lực diện 8 nút (CUB8), mỗi nút có ba bậc tự do là ba chuyển vị thẳng đứng theo ba phương U_x , U_y , U_z được dùng để miêu tả cho phần tử bê tông. Các phần tử này có kích thước bằng 12,5mm để đảm bảo điều kiện hội tụ của bài toán. Thanh thép và lưới sợi các bon được mô phỏng bằng phần tử thanh tuyến tính 2 nút (SEG2). Gối bên trái được khống chế chuyển vị theo phương đứng và phương ngang ($U_x = U_z = 0$), gối bên phải được khống chế chuyển vị theo phương đứng ($U_z = 0$), việc quy đổi về 1/2 mô hình được thực hiện thông qua việc khống chế chuyển vị thẳng theo phương vuông góc với mặt đối xứng bằng không ($U_y = 0$). Dầm mô phỏng được gia tải bằng chuyển vị với số gia chuyển vị $\Delta U = -0,01$ mm. Hình 4 thể hiện các phần tử trong mô hình mô phỏng.



Hình 4. Mô hình phân tử hữu hạn

Ứng xử của bê tông được mô phỏng bằng cách sử dụng mô hình bê tông phá hoại của Mazars [12]. Mô hình này có trong thư viện các mô hình vật liệu phân mềm Cast3M. Mô hình này cho phép miêu tả các ứng xử phức tạp của vật liệu bê tông như ứng xử chịu nén một, hai, ba trục thông qua đại lượng hư hại có hiệu. Đại lượng này cho phép miêu tả sự suy giảm độ cứng của mẫu. Ở trạng thái mẫu bị nứt, đại lượng này cho phép miêu tả sự phát triển của vết nứt đồng thời tránh cho các vết nứt bị xâm nhập vào nhau (unilateral contact). Bên cạnh đó, mô hình mô phỏng tương đối chính xác các loại tải trọng khác nhau: tải trọng động, tải trọng tĩnh, tải trọng lặp [13]. Lưới sợi các bon được miêu tả bằng ứng xử đàn hồi tuyến tính đến khi bị phá hoại. Nghiên cứu của Curbach [14] cho thấy cường độ chịu kéo của lưới sợi đặt trong bê tông bị suy giảm đi đáng kể so với lưới sợi trần. Nghiên cứu của Hegger và nnk [15] cho thấy góc nghiêng của lưới sợi với vết nứt cũng ảnh hưởng đến cường độ có hiệu của sợi. Theo Si Larbi và nnk [16] thì để kể đến sự làm việc đồng đều của lưới sợi dọc theo vết nứt, cường độ kéo đứt của lưới sợi có thể lấy bằng 50% cường độ của lưới sợi nằm trong bê tông. Các thanh thép dọc chịu kéo và thép đai được miêu tả bằng ứng xử đàn hồi – dẻo lý tưởng.

Thực tế quan sát thí nghiệm cho thấy sự phá hoại của các mẫu không xảy ra ở bề mặt bám dính giữa bê tông hạt mịn với bê tông nền của dầm được tăng cường, do đó, bê tông dầm và bê tông hạt mịn được giả thiết là bám dính tuyệt đối. Bám dính giữa cốt thép với bê tông dầm, giữa lưới sợi các bon với bê tông hạt mịn cũng được mô tả bằng dính bám tuyệt đối. Việc đơn giản hóa này cho phép giảm độ phức tạp của mô hình và tập trung vào ứng xử tổng thể của dầm bê tông cốt thép được gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt [17]. Tuy nhiên, để có thể thu được kết quả chính xác hơn và phản ánh đúng đắn các dạng phá hoại của dầm thì các mô hình có kể đến hiệu ứng dính bám giữa lưới sợi với bê tông của dầm, giữa bê tông hạt mịn với bê tông dầm cần được nghiên cứu, phát triển.

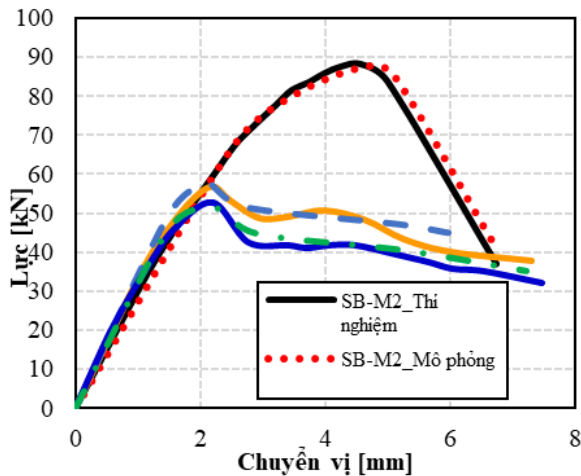
3.2. Kết quả mô phỏng

3.2.1. Mối quan hệ lực chuyển vị

Hình 5 thể hiện sự so sánh mối quan hệ lực chuyển vị thu được từ mô hình mô phỏng và kết quả thí nghiệm. Quan sát thấy rằng đường cong thu được từ mô hình mô phỏng thể hiện sự tương đồng với kết quả thí nghiệm. Bên cạnh đó, giá trị lực lớn nhất không có sự khác biệt nhiều so với kết quả thí nghiệm. Kết quả so sánh giá trị lực lớn nhất thu được từ thí nghiệm và mô phỏng chỉ có sai lệch nhỏ, với sai số là nhỏ hơn 2%.

Bảng 4. So sánh kết quả của các dầm thí nghiệm và mô phỏng

Dầm	Lực lớn nhất P_u (kN)		
	Thí nghiệm	Mô phỏng số	Sai số
DC	52,59	51,60	1,9%
SB-M1	56,77	57,79	1,8%
SB-M2	88,13	87,54	0,7%



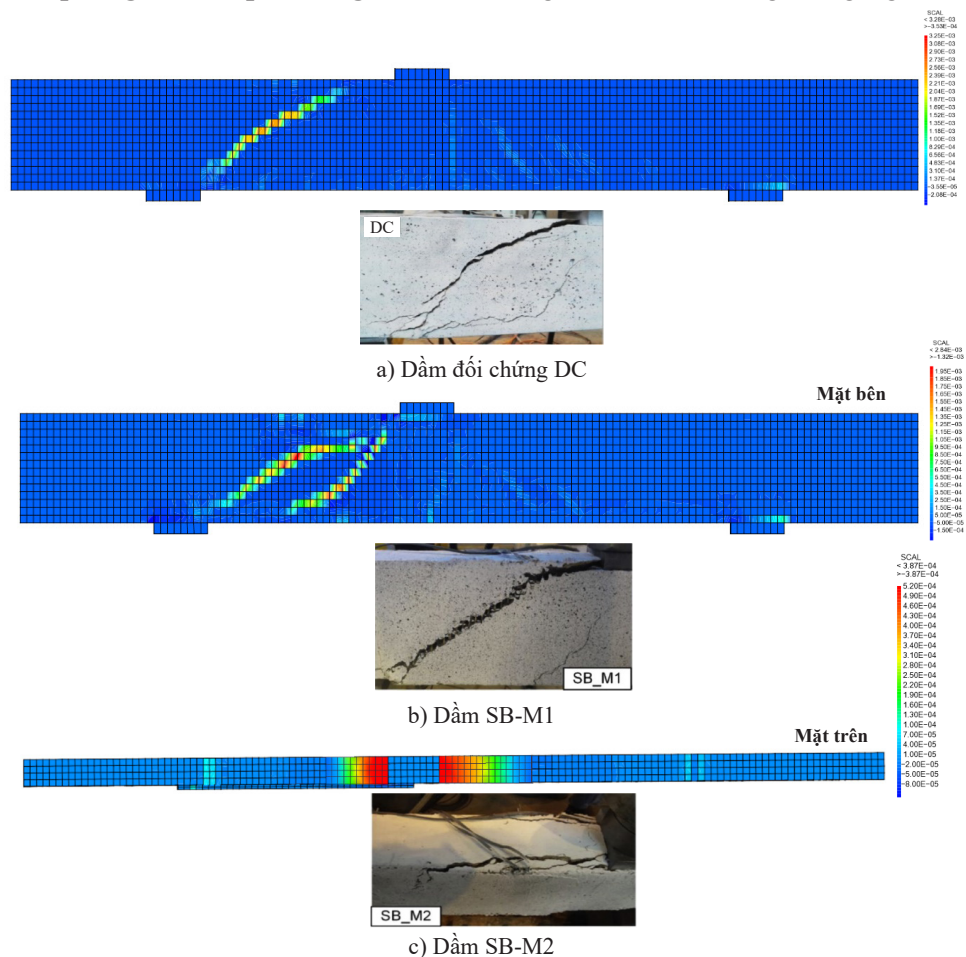
Hình 5. So sánh lực – chuyển vị tại vị trí đặt lực của dầm mô phỏng với kết quả thí nghiệm

3.2.2. Dạng phá hoại

Hình 6 thể hiện hình ảnh phá hoại của mẫu dầm thí nghiệm DC và SB-M1 thu được từ mô hình mô phỏng. Quan sát thấy rằng dạng phá hoại thể hiện sự tương đồng với kết quả thí nghiệm khi trên mẫu có các vết nứt nghiêng do cắt trong nhịp chịu cắt.

Đối với dầm SB-M1, sự phá hoại là do vết nứt nghiêng mở rộng và phát triển từ vị trí đặt tải đến gối đỡ. Khi vết nứt chưa mở rộng lớn, dính bám giữa lưới sợi và bê tông hạt mịn có thể coi là tuyệt đối, do đó kết quả mô phỏng thu được khá phù hợp với kết quả thí nghiệm. Tuy nhiên, sau khi vết nứt mở rộng, một số lưới sợi ở cuối vết nứt không đủ chiều dài neo sẽ bị tuột, do đó chưa phát huy được hết sức kháng của sợi. Do mô hình mô phỏng có lựa chọn dính bám giữa sợi và bê tông hạt mịn là dính bám tuyệt đối, nên ở giai đoạn sau khi đạt đỉnh của lực và vết nứt mở rộng lớn thì mô hình đã không phản ánh được hiện tượng tuột của các sợi này, do đó kết quả mô phỏng và thực nghiệm ở giai đoạn này có sự chênh lệch khá lớn.

Đối với mẫu SB-M2, quan sát thí nghiệm cho thấy sự phá hoại của mẫu là do bê tông vùng nén bị ép vỡ. Sự ép vỡ bê tông vùng nén làm cho bê tông nền có hiện tượng nở ngang lớn, kèm theo sự



Hình 6. Hình ảnh phá hoại mẫu dầm từ mô hình mô phỏng

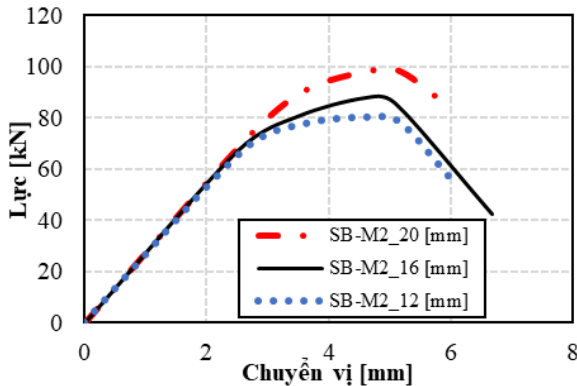
tác động kéo của các lớp tăng cường ở phần vỏ nên bê tông nền bị bong tách. Theo Hình 6c, dạng phá hoại trong mô hình mô phỏng cũng là vùng bê tông tại vị trí gia tải bị nén vỡ.

3.3. Ảnh hưởng của một số tham số tới ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt thép gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt

Mô hình mô phỏng số kể trên cho thấy sự tương đồng với kết quả thí nghiệm về đường cong lực – chuyển vị tại vị trí gia tải, dạng phá hoại của dầm. Trên cơ sở đó, mô hình này được sử dụng để khảo sát ảnh hưởng của một số tham số tới ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt thép được gia cường bằng 2 lớp lưới sợi dệt (SB-M2).

3.3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng cốt thép

Để nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng cốt thép đến ứng xử của dầm, số lượng cốt thép chịu kéo được thay đổi từ 2 thanh đường kính 16 mm (hàm lượng cốt thép trong dầm là 2,22%) thành 2 thanh đường kính 12 mm và 2 thanh đường kính 20 mm, tương ứng với hàm lượng cốt thép là 1,26% và 3,51% và các thông số của bê tông được giữ nguyên. Biểu đồ quan hệ lực – chuyển vị của các mẫu dầm có hàm lượng cốt thép khác nhau được thể hiện trong Hình 7.



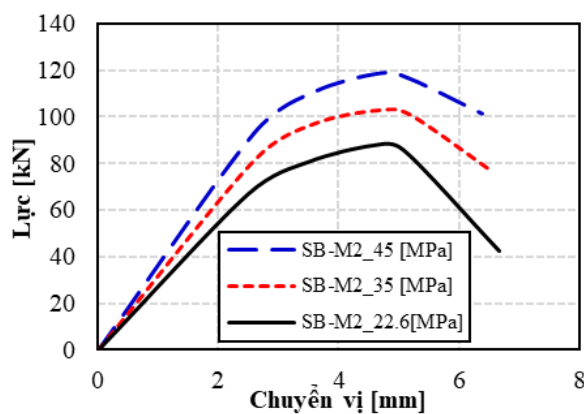
Hình 7. Ảnh hưởng của hàm lượng cốt thép dọc

Quan sát thấy rằng, hàm lượng cốt thép ảnh hưởng đến sức kháng của dầm, khi tăng hàm lượng cốt thép lên thì khả năng chịu lực lớn nhất của các dầm cũng tăng lên. Khi thay đổi đường kính cốt thép từ 12 mm thành 16 mm và 20 mm thì khả năng chịu lực tăng lần lượt là 9,1% và 21,9%.

3.3.2. Ảnh hưởng của cường độ chịu nén của bê tông

Cường độ chịu nén của bê tông là một trong những thông số quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến sức kháng và độ cứng của dầm bê tông. Trong phần thí nghiệm, cường độ chịu nén trung bình theo mẫu trụ của bê tông dầm (f_{cm}) là 22,6 MPa. Trong phần này, để đánh giá ảnh hưởng của cường độ chịu nén

của bê tông dầm đến ứng xử của dầm, bê tông có cường độ 35 MPa và 45 MPa được lựa chọn để khảo sát với các thông số của cốt thép và lưới sợi cũng như bê tông hạt mịn được giữ nguyên. Hình 8 thể hiện so sánh biểu đồ lực – chuyển vị của mẫu dầm với cường độ bê tông khác nhau. Có thể nhận thấy rằng, khi tăng cường độ chịu nén của bê tông dầm, độ cứng ban đầu của dầm tăng lên. Ngoài ra, biểu đồ cũng cho thấy, khi tăng cường độ chịu nén của bê tông từ 22,6 MPa lên 35 MPa và 45 MPa thì sức kháng cắt của dầm cũng tăng lên lần lượt 17,4% và 35,7%.



Hình 8. Ảnh hưởng của cường độ chịu nén của bê tông

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo đã trình bày nghiên cứu mô phỏng số bằng phương pháp phân tử hữu hạn xác định ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt thép gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt. Một số kết luận được rút ra như sau:

Mô hình mô phỏng cho thấy sự tương đồng với kết quả thí nghiệm trên các phương diện như dạng vết nứt, mối quan hệ lực chuyển vị. Sai số giữa giá trị chịu lực lớn nhất của mô hình và thí nghiệm là nhỏ hơn 2%.

Bên cạnh đó, dựa trên mô hình mô phỏng số, nghiên cứu tham số được tiến hành để xác định ảnh hưởng của một số tham số tới ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt thép gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt. Các phân tích khảo sát cho thấy rằng khi thay đổi đường kính cốt thép chịu kéo từ 12 mm thành 16 mm và 20 mm thì giá trị chịu lực của dầm tăng lần lượt là 9,1% và 21,9%. Ngoài ra, khi tăng cường độ chịu nén của bê tông từ 22,6 MPa lên 35 MPa và 45 MPa thì độ cứng ban đầu của dầm cũng tăng lên, giá trị lực lớn nhất cũng tăng 17,4% và 35,7%.

Hướng nghiên cứu tiếp theo là nghiên cứu mô hình mô phỏng có xét đến hiệu ứng dính bám giữa

lưới sợi với bê tông hạt mịn, dính bám giữa bê tông hạt mịn với bê tông nền được tăng cường bằng bê tông cốt lưới sợi dệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tran Cao Thanh Ngoc, Nguyen Xuan Huy, Nguyen Nghia Binh, Pham Minh Hau (2021), *Ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt GFRP được gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt*, Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, Tập 72, Số 8 (10/2021), 932-944.
- [2] Brameshuber W. (2006), *Textile Reinforced Concrete. State-of-the Art*, Report of RILEM Technical Committee 201-TRC, 1st ed. Bagnaux, vol. 36: RILEM Publications S.A.R.L., ISBN 2-912143-99-3.
- [3] American Concrete Institute (2013). *ACI 549.4R-13: Guide to Design and Construction of Externally Bonded Fabric-Reinforced Cementitious Matrix (FRCM) Systems for Repair and Strengthening Concrete and Masonry Structures*.
- [4] Zulassung Z-31.10-182 (2015) Gegenstand: *Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT (Textilbewehrter Beton)*, Prüfstelle: DIBt, Antragsteller: TUDAG TU Dresden Aktiengesellschaft.
- [5] Manfred Curbach (2002), *SFB 528: Textile Bewehrungen zur Bautechnischen Verstärkung und Instandsetzung*, Arbeits- und Ergebnisbericht für die Periode II/1999 - I/2002.
- [6] Nguyễn Huy Cường, Ngô Đăng Quang, Lê Minh Cường, Nguyễn Hoàng Quân (2016), *Nghiên cứu thực nghiệm xác định ứng xử chịu uốn của dầm bê tông cốt thép được tăng cường bằng bê tông cốt lưới dệt sợi các bon*, Tạp chí Kết cấu và công nghệ xây dựng, số 23/2016.
- [7] Ngô Đăng Quang, Nguyễn Huy Cường, Nguyễn Duy Tiến (2020), *Nghiên cứu thực nghiệm và tính toán cột bê tông cốt thép chịu nén đúng tâm được tăng cường bằng bê tông cốt lưới dệt các bon*, Tạp chí Khoa học GTVT, Tập 71 số 5 (tháng 6/2020), 486-499.
- [8] Nguyễn Xuân Huy, Lê Minh Cường, Nguyễn Thị Nhung (2019). *Phân tích sự phá hoại chọc thủng của bản bê tông cốt thép được gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt*, Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, số 69, 41-47.
- [9] Nguyễn Huy Cường, Vũ Văn Hiệp, Lê Đăng Dũng (2016), *Nghiên cứu ứng xử chịu uốn của dầm bê tông cốt thép được tăng cường bằng bê tông cốt lưới dệt*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Số 48(2015), 70-76.
- [10] CAST3M, <http://www-cast3m.cea.fr/>.
- [11] Z. C. Tetta, L. N. Koutas, D. A. Bournas (2015), *Textile-reinforced mortar (TRM) versus fiber-reinforced polymers (FRP) in shear strengthening of concrete beams*, Compos. Part B: Eng., 77 (2015) 338-348.
- [12] Mazars J, *A description of micro and macroscale damage of concrete structure*. Eng Fract Mech 25:729-737, 1986
- [13] Nguyễn Quang Sĩ, *Nghiên cứu mô phỏng xác định ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt composite polyme*, Tạp chí Người Xây dựng, số tháng 3&4-2022.
- [14] Manfred Curbach (2002), *SFB 528: Textile Bewehrungen zur Bautechnischen Verstärkung und Instandsetzung*, Arbeits- und Ergebnisbericht für die Periode II/1999 - I/2002
- [15] Hegger J., Brameshuber W. và Will. N (2006), *First International RILEM Symposium on Textile Reinforced Concrete*, Proceedings of RILEM conference, ISBN 2-912143-97-7.
- [16] Si Larbi A., Contamine R., Ferrier E. and Hamelin, P. (2010). *Shear strengthening of RC beams with textile reinforced concrete (TRC) plate*, Construction and Building Materials, 24(10), 1928-1936.
- [17] Khuong Le Nguyen, Minh Quyen Cao, Xuan Huy Nguyen, Seed Banihashemi, Amir Si Larbi (2023), *Experimental and numerical investigation for confined concrete elements with fabric reinforced cementitious matrix (FRCM)*, Construction and Building Materials, 382 (2023) 131280, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131280>.