

**PHÂN TÍCH ỨNG XỬ CHỊU CẮT CỦA DẦM BÊ TÔNG
CỐT PHI KIM LOẠI**
**STUDY ON SHEAR BEHAVIOR OF CONCRETE BEAM WITH
FIBER REINFORCED POLYMER BARS**

ThS. **PHẠM THỊ THANH THỦY**¹, PGS.TS **NGUYỄN XUÂN HUY**¹, KS. **NGUYỄN QUANG SĨ**²,
TS. **NGUYỄN MAI CHÍ TRUNG**³

¹ Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Giao thông vận tải

² Khoa Công trình, Phân Hiệu tại Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải

³ Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Quy Nhơn

Email: thuyp1@utc.edu.vn

Tóm tắt: Bài báo tập trung đánh giá hiệu quả chịu cắt của dầm bê tông cốt thanh FRP có sử dụng kết hợp lưới sợi. Lưới sợi được sử dụng thay thế cho cốt đai truyền thống. Nghiên cứu thực nghiệm đã tiến hành trên 2 mẫu dầm có và không có lưới sợi dệt. Kết quả cho thấy sử dụng lưới sợi thủy tinh hoàn toàn phù hợp đối với dầm bê tông cốt thanh FRP chịu cắt. Một mô hình mô phỏng phần tử hữu hạn cũng đã được xây dựng và kiểm chứng với kết quả thí nghiệm. Cuối cùng, khảo sát về ảnh hưởng của một số tham số tới ứng xử chịu cắt của dầm cốt thanh FRP cũng được tiến hành.

Từ khóa: lưới sợi, FRP, ứng xử cắt, dầm, phá hoại.

Abstract: This paper focus on the contribution of textile to the shear performance of concrete beams reinforced with FRP rebars. Glass textile is used to replace the traditional transverse reinforcement. The experimental program includes two rectangular concrete beam specimens reinforced with and without of stirrups. The experimental results indicate that the glass textile can substitute the traditional transverse reinforcement in shear resistance of FRP reinforced concrete beam. A finite element model was also developed and compared against the test results. Finally, the parametric study was conducted to quantify various parameters on the shear behaviour of concrete beams reinforced with FRP rebars.

Keywords: textile reinforced concrete (TRC), FRP, shear behaviour, beam, failure.

1. Đặt vấn đề

Tuổi thọ của công trình xây dựng phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó độ bền của bê tông và tốc độ

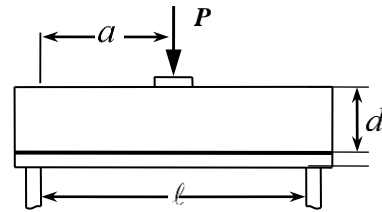
giữ của cốt thép trong bê tông là một trong những yếu tố quan trọng nhất. Việt Nam là nước có đường bờ biển dài, với nhiều công trình xây dựng nằm trong môi trường có tính ăn mòn cao. Đây là một vấn đề lớn với các công trình bằng bê tông cốt thép (BTCT) do việc ăn mòn cốt thép có thể gây hư hỏng nghiêm trọng cho công trình. Một giải pháp hữu hiệu để có thể hạn chế được tình trạng này là sử dụng polymer cốt sợi (fiber reinforced polymer – FRP) dạng thanh để làm cốt gia cường trong kết cấu bê tông, thay thế cốt thép thông thường. Thanh FRP là một dạng vật liệu composit chứa sợi (thủy tinh, các bon, aramid,...) được gắn kết bởi chất nền là nhựa polymer (như epoxy, vinylester) [1, 2]. Các sợi tạo ra cường độ và độ cứng cho thanh, trong khi chất nền có tác dụng bảo vệ và truyền lực giữa các sợi. Ưu điểm nổi bật của vật liệu FRP là có cường độ chịu kéo rất lớn, trọng lượng rất nhẹ, và đặc biệt là không chịu ăn mòn. Gần đây, thanh FRP thủy tinh (GFRP) đã bắt đầu sản xuất trong nước và bán ra thị trường. Tiêu chuẩn TCVN 11110:2015 về cốt composite polyme dùng trong kết cấu bê tông và địa kỹ thuật đã được Bộ Khoa học và Công nghệ công bố vào tháng 12 năm 2015 vừa qua [3]. Tuy nhiên, bởi cốt FRP không uốn được tại hiện trường, do đó các kỹ sư gặp nhiều khó khăn khi cần bê hoặc uốn ở các góc để làm cốt đai chịu cắt. Đây là một nhược điểm làm hạn chế sự phổ biến của loại cốt chịu lực này.

Bê tông cốt lưới sợi (Textile Reinforced Concrete, TRC) là một loại vật liệu mới, đang thu hút sự quan tâm của nhiều trung tâm nghiên cứu lớn do khả năng áp dụng bền vững cho kết cấu công trình. TRC là bê tông hạt mịn có cốt dạng lưới được dệt từ sợi các bon hay sợi thủy tinh kháng kiềm. Lưới sợi là vật liệu có nhiều ưu điểm đặc biệt

như có cường độ cao, trọng lượng nhẹ và có độ bền với môi trường rất cao [3]. TRC đã được áp dụng rất hiệu quả để tăng cường kết cấu bê tông cũ, chế tạo cấu kiện bê tông mới, đặc biệt là kết cấu đúc sẵn. Ở Việt Nam hiện nay, TRC đã bắt đầu được nghiên cứu, tập trung chính vào việc sử dụng để tăng cường khả năng uốn và chịu cắt cho dầm, bản BTCT [4, 5, 6], tăng cường khả năng chịu nén cho kết cấu cột BTCT [7, 8]. Bên cạnh đó, TRC cũng đang được nghiên cứu để ứng dụng cho kết cấu bản bê tông dự ứng lực căng trước [9]. So với cốt thanh FRP, cốt lưới dệt dễ thi công, dễ uốn cong để hình thành cốt đai chịu cắt hơn so với thanh FRP. Ngoài ra, do có khả năng chịu kéo và mô đun đàn hồi lớn hơn so với thanh FRP nên việc áp dụng cốt lưới sợi làm cốt đai chịu cắt cho dầm bê tông là rất tiềm năng.

Bài báo này trình bày phân tích về ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt thanh FRP sử dụng lưới sợi như là cốt đai chịu cắt. Đầu tiên, nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành với 2 mẫu dầm có tỉ số chiều dài chịu cắt trên chiều cao hữu hiệu (a/d) bằng 2,8 nhằm đánh giá hiệu quả trong việc sử dụng lưới sợi làm cốt đai. Sau đó, mô hình mô phỏng phần tử hữu hạn (PTHH) được thiết lập nhằm kiểm chứng kết quả thí nghiệm cũng như

phân tích một số tham số ảnh hưởng đến ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt phi kim loại sử dụng cốt dọc là thanh FRP và cốt đai là lưới sợi dệt.



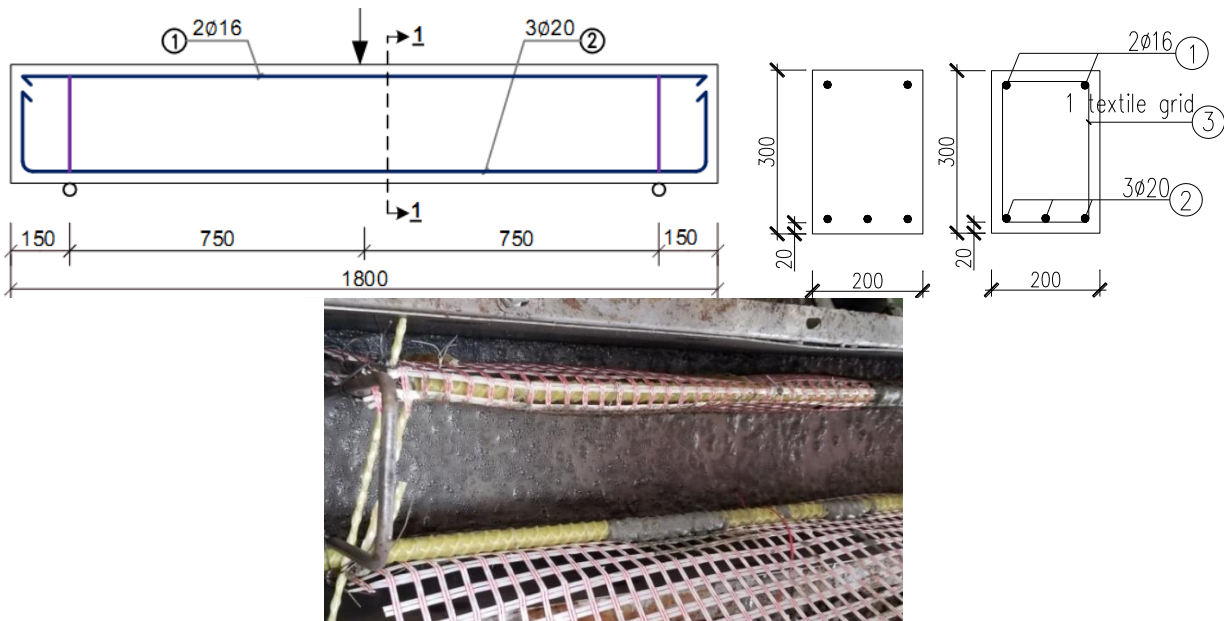
Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm

2. Thí nghiệm dầm chịu cắt

2.1 Sơ đồ thí nghiệm

Hai mẫu dầm thí nghiệm có chiều dài 1,8m, mặt cắt ngang 200mm x 300mm. Dầm sử dụng bê tông hạt mịn có cường độ chịu nén 52 MPa, cốt thanh FRP có mô đun đàn hồi 43 GPa, cường độ chịu kéo 800 MPa. Sơ đồ bố trí thanh FRP được thể hiện trên hình 2 trong đó mẫu 1 không có cốt đai, mẫu 2 sử dụng 1 lớp lưới dệt đóng vai trò cốt đai. Loại lưới sợi sử dụng là lưới thủy tinh có mô đun đàn hồi 120 GPa, cường độ chịu kéo tấm sợi là 1800 MPa.

Sơ đồ thí nghiệm theo dạng uốn 3 điểm. Mẫu được gia tải theo chuyển vị tăng dần cho đến khi phá hoại. Trong quá trình thí nghiệm, các LVDT được bố trí để đo chuyển vị.



Hình 2. Cấu tạo các mẫu dầm và sơ đồ thí nghiệm

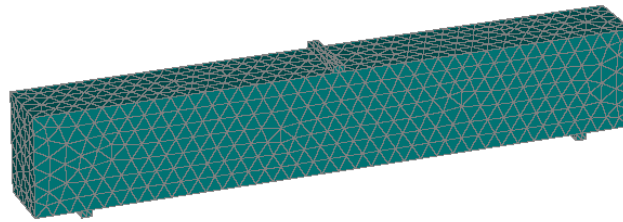
2.2 Kết quả thí nghiệm

Dạng phá hoại của các mẫu dầm được thể hiện tại hình 3. Với mẫu 1 (hình 3a) là mẫu chỉ có cốt dọc

FRP, các vết nứt chủ yếu là vết nứt vuông góc trục dầm do uốn. Vết nứt đầu tiên xuất hiện từ giữa dầm, lan dần từ dưới lên. Bốn vết nứt thẳng góc

tông được lựa chọn là các phần tử khối bậc cao dạng hình hộp để cho kết quả chính xác nhất có thể. Trong khi đó, FRP và lưới sợi được mô hình hoá bằng phần tử cốt chịu lực (reinforcement) có dạng thanh một chiều

rời rạc. Khi sử dụng dạng phần tử này, liên kết giữa các nút của phần tử bê tông và các nút cốt sợi dệt được tạo ra tự động. Dính bám giữa thanh FRP, lưới sợi và bê tông được giả thiết là tuyệt đối.

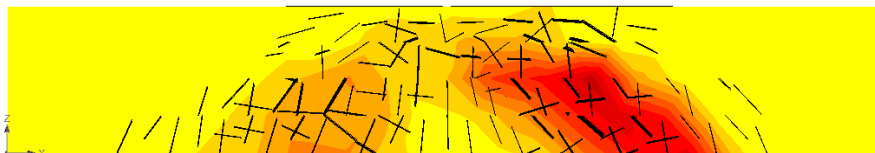


Hình 5. Lưới PTHH của mô hình dầm phi kim loại

3.2 Kết quả mô phỏng và so sánh với thí nghiệm

Mẫu dầm số 2 ở phần thực nghiệm được sử dụng để mô phỏng và đối chiếu kết quả. Hình 6 thể hiện dạng phá hoại của mẫu trong mô hình mô phỏng. So sánh với kết quả thí

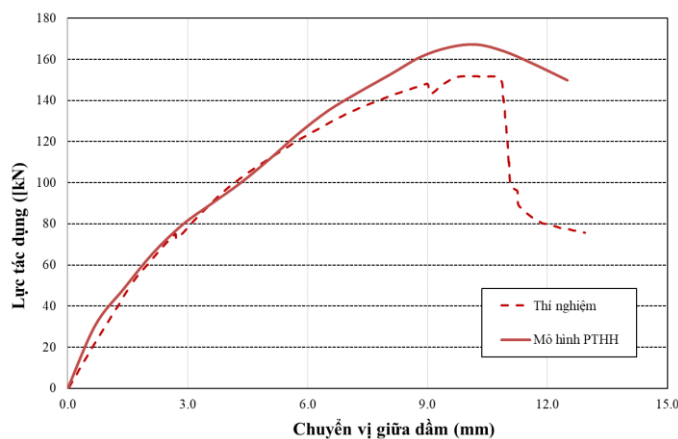
nghiệm (hình 3b), sự phân bố vết nứt cũng như dạng phá hoại của dầm là khá tương đồng. Các vết nứt chủ đạo là vết nứt nghiêng tương ứng với dạng phá hoại do cắt xuất hiện cùng vị trí trên dầm.



Hình 6. Dạng phá hoại của mẫu 2

Đường cong quan hệ giữa lực tác dụng và chuyển vị thẳng đứng tại giữa dầm cũng được kiểm chứng (hình 7). Như ta thấy, đường cong mô phỏng khá sát đường cong thực nghiệm trên cả phương diện độ cứng lẫn tải trọng tới hạn. Sai số so

với kết quả thí nghiệm ở giá trị tải trọng lớn nhất chỉ vào khoảng 9%. Các kết quả trên cho thấy mô hình được xây dựng là đáng tin cậy, có khả năng mô phỏng chính xác ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt phi kim loại.



Hình 7. So sánh mối quan hệ lực ngang - chuyển vị đỉnh của mẫu 2

4. Khảo sát tham số

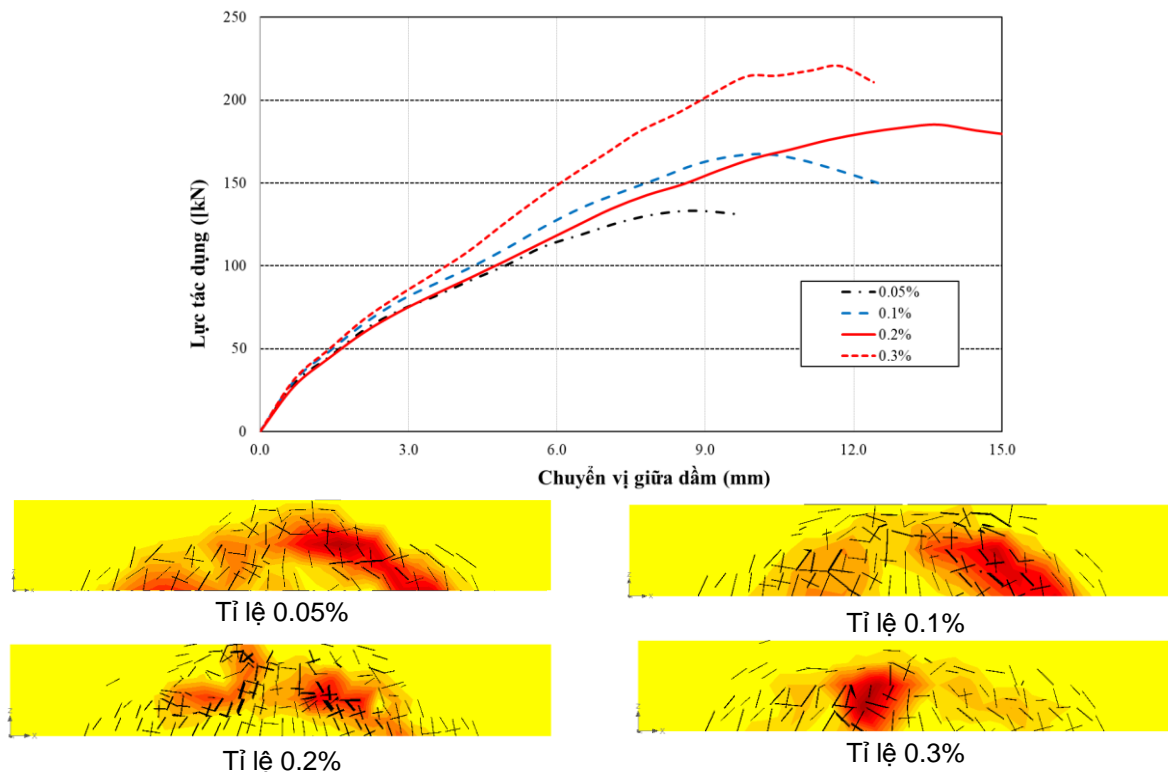
Dựa trên mô hình được đã được kiểm chứng ở phần 3, ảnh hưởng của một số tham số tới khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt phi kim loại sẽ được phân tích dưới đây.

4.1 Hàm lượng lưới sợi

Nghiên cứu thực nghiệm đã tiến hành đánh giá khả năng sử dụng 1 lớp lưới sợi làm cốt đai (tương ứng hàm lượng 0,1%). Các giá trị hàm lượng cốt sợi khác từ 0,05% đến 0,3%. được đánh giá ở hình

8. Hoàn toàn logic, sức kháng cắt của dầm được tăng lên khi hàm lượng sợi làm cốt đai tăng lên. Cụ thể, sức kháng cắt của dầm có hàm lượng sợi 0,3% có giá trị tăng 30% so với dầm có hàm lượng sợi 0,05%. Về mặt tổng thể, sự phân bố vết nứt giữa

các mẫu không có nhiều khác biệt. Tuy nhiên, số lượng vết nứt nghiêng (do cắt) giảm đi khi hàm lượng sợi tăng lên. Điều đó khẳng định rằng sự phá hoại cắt của dầm đã chậm lại khi sử dụng lưới sợi làm cốt đai.

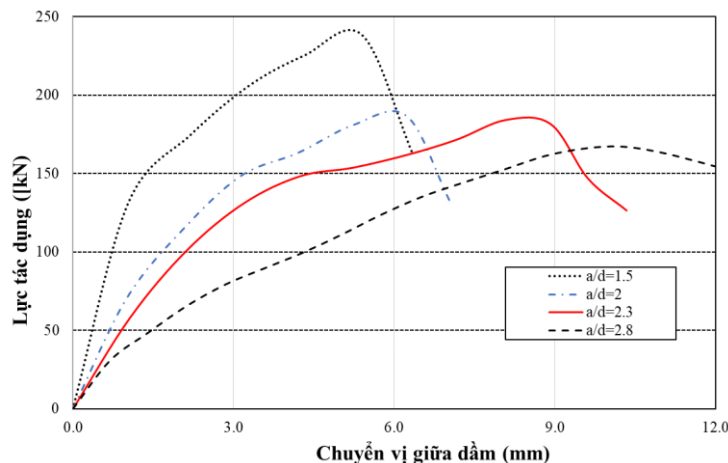


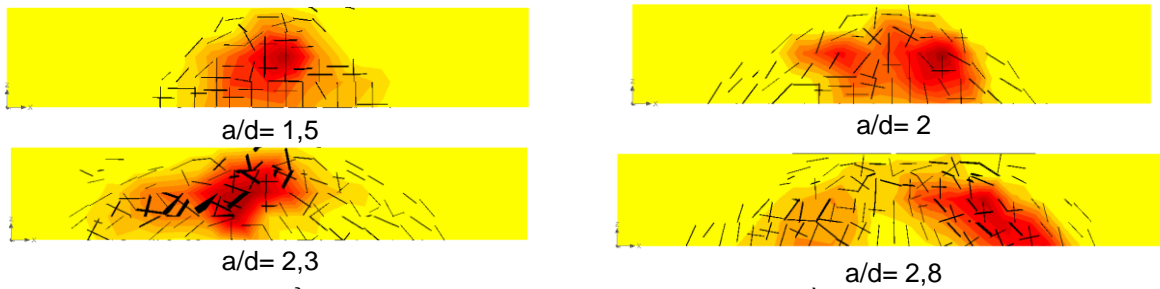
Hình 8. Ảnh hưởng của hàm lượng lưới sợi

4.2 Tỷ lệ cánh tay đòn chịu lực với chiều cao hữu hiệu

Tỷ lệ cánh tay đòn chịu lực với chiều cao hữu hiệu (a/d) là một chỉ số rất quan trọng đối với ứng xử chịu cắt của dầm. Hình 9 cho ta thấy sự khác nhau về ứng xử giữa 4 dầm có tỷ lệ cánh tay đòn chịu lực với chiều cao hữu hiệu khác nhau. Kết quả

khảo sát xác định rằng khi tỷ lệ cánh tay đòn chịu lực với chiều cao hữu hiệu thay đổi từ 1,5 lên 2; 2,3 và 2,8, thì sức kháng cắt của dầm giảm tương ứng 27,9%, 31,5% và 42,5%. Bên cạnh đó, số lượng vết nứt do cắt cũng tỷ lệ thuận với giá trị cánh tay đòn chịu lực với chiều cao hữu hiệu.





Hình 9. Ảnh hưởng của tỉ lệ cánh tay đòn chịu lực với chiều cao hữu hiệu

5. Kết luận

Nghiên cứu về ứng xử chịu cắt của dầm bê tông cốt thanh FRP kết hợp với lưới sợi đã được trình bày ở bài báo này. Kết quả từ nghiên cứu thực nghiệm cho thấy việc sử dụng lưới sợi làm cốt đai là hoàn toàn khả thi và có tiềm năng ứng dụng trong thực tế. Với một lớp lưới sợi dệt làm cốt đai, sức kháng cắt của dầm tăng gần gấp đôi so với dầm không có lưới sợi và làm giảm thiểu số lượng cũng như sự phát tán của vết nứt. Bên cạnh đó, một mô hình mô phỏng PTHH dựa trên phần mềm ATENA đã được xây dựng nhằm kiểm chứng kết quả thí nghiệm cũng như làm rõ hơn các tham số ảnh hưởng tới khả năng chịu cắt của loại dầm này. Mô hình đã chứng minh được độ chính xác tin cậy khi mô phỏng chính xác ứng xử của dầm. Các phân tích khảo sát cho thấy sức kháng cắt của dầm có hàm lượng sợi 0,3% có giá trị tăng 30% so với dầm có hàm lượng sợi 0,05%. Khi tỉ lệ cánh tay đòn chịu lực với chiều cao hữu hiệu thay đổi từ 1,5 lên 2; 2,3 và 2,8, thì sức kháng cắt của dầm giảm tương ứng 27,9%, 31,5% và 42,5%.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong khuôn khổ đề tài mã số B2021-DQN-02.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Hùng Phong (2014), Nghiên cứu thực nghiệm sự làm việc của dầm bê tông có cốt polyme sợi thủy tinh hàm lượng thấp, *Tạp chí Xây dựng*, số 9/2014, tr.61-65.
2. Nguyễn Hùng Phong (2014), Một số vấn đề về thiết kế cấu kiện chịu uốn bằng bê tông cốt thanh polyme cốt sợi thủy tinh, *Tạp chí Xây dựng*, số 8/2014, tr.43-48.

3. TCVN 11110:2015 (2015), Cốt composit Polyme dùng trong kết cấu bê tông và địa kỹ thuật.
4. 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, pp. 41-47.
5. Lê Nguyên Khương, Cao Minh Quyền, Nguyễn Xuân Huy, Si Larbi Amir (2018). "Giải pháp lai gia cường bê tông cốt lưới sợi dệt nhằm nâng cao khả năng chịu lực của dầm bê tông cốt thép" - *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, ISSN 1859-1566, số 3/2018, pp.42-49.
6. Nguyễn Huy Cường (2021). "Nghiên cứu tăng cường dầm bê tông cốt thép bằng bê tông cốt lưới dệt"- *Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông vận tải*.
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)*, tr 486-499.
8. Ngo Dang Quang, Nguyen Huy Cuong, Mai Dinh Loc, Vu Van Hiep (2020), Experimental and numerical evaluation of concentrically loaded reinforced concrete columns strengthening by textile reinforced concrete jacketing, *Civil Engineering Journal*.
9. Nguyen Huy Cuong, Ngo Dang Quang (2020), Experimental study on flexural behavior of prestressed and non-prestressed textile reinforced concrete plates, *Transport and Communications Science Journal, Vol. 71, Issue 1 (01/2020)*, 37-45.

Ngày nhận bài: 8/3/2022.

Ngày nhận bài sửa: 19/4/2022.

Ngày chấp nhận đăng: 19/4/2022.