

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VÀ MÔ PHỎNG ỨNG XỬ CHỊU LỰC CỦA DÀM HỘP BẰNG BÊ TÔNG CỐT LƯỚI DỆT

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF LOAD CARRYING BEHAVIOR OF HOLLOW BEAM USING TEXTILE REINFORCED CONCRETE

Đỗ Văn Linh

Trường Đại học Giao thông Vận tải

Email: dvlinh@utc.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses1-18>

TÓM TẮT: Bài báo trình bày nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng nhằm xác định ứng xử chịu lực của một dạng kết cấu mới là dầm hộp bằng bê tông cốt lưới dệt. Đây là dạng vật liệu mới bao gồm có bê tông hạt mịn có cốt dạng lưới được dệt từ các sợi phi kim loại. Bên cạnh đó, nghiên cứu mô phỏng cũng được tiến hành. Kết quả mô phỏng cho thấy sự tương đồng với kết quả thí nghiệm trên phương diện dạng phá hoại, đường cong lực chuyển vị.

TỪ KHÓA: dầm hộp, bê tông cốt lưới dệt, nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng.

ABSTRACTS: The paper presents an experimental and numerical investigation aimed at determining the load-carrying behavior of a new type of structure, which is a textile reinforced concrete hollow beam. This new material consists of fine-grained concrete reinforced with textile made from non-metallic fibers. In addition, numerical simulations were also conducted. The simulation results showed a similarity to the experimental results in terms of the failure mode, load-deflection curves.

KEYWORDS: hollow beam, textile reinforced concrete, experimental and numerical study.

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, các công trình xây dựng ở nước ta chủ yếu được làm bằng bê tông cốt thép. Đây là loại vật liệu có ưu điểm là giá thành rẻ, dễ chế tạo. Tuy nhiên, kết cấu bê tông cốt thép có nhược điểm lớn là cốt thép bị ăn mòn, giảm tiết diện chịu lực, gây hư hỏng thậm chí làm cho kết cấu bị phá hoại. Việc nghiên cứu, phát triển các loại vật liệu mới không bị ăn mòn là một vấn đề cấp thiết ở Việt Nam do đất nước ta có khí hậu nóng ẩm, đường bờ biển dài 3000 km, đây là yếu tố đẩy mạnh quá trình ăn mòn cốt thép.

Trong khoảng 5 năm gần đây, nhóm nghiên cứu của trường Đại học Giao thông Vận tải phát triển một loại vật liệu mới là bê tông cốt lưới dệt (Textile reinforced concrete – TRC). TRC là bê tông hạt mịn có cốt dạng lưới được dệt từ sợi các bon hay sợi thủy tinh kháng kiềm. Lưới sợi dệt là loại vật liệu có nhiều ưu điểm như có cường độ cao, trọng lượng nhẹ, đặc biệt là không bị ăn mòn [1]. Loại vật liệu này đã được nghiên cứu để tăng cường khả năng chịu uốn [2] và chịu cắt [3] cho dầm bê tông cốt thép, tăng cường khả năng chịu nén cho cột [4], tăng

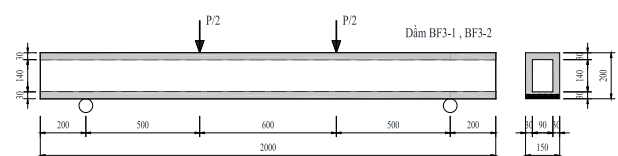
cường khả năng chịu tải trọng ngang cho kết cấu vách [5]. Một số dạng cấu kiện mới dạng tấm phẳng sử dụng TRC như tấm tường, tấm tường sandwich, bản bê tông dự ứng lực căng trước cũng đã được nghiên cứu [6].

Mục tiêu của bài báo nhằm trình bày nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng ứng xử chịu uốn của một dạng cấu kiện mới, chịu lực phức tạp là dầm hộp thành mỏng bằng bê tông cốt lưới dệt.

Bố cục của bài báo bao gồm các phần sau. Phần 2 miêu tả mẫu thí nghiệm, các kết quả thí nghiệm. Mô hình mô phỏng được trình bày ở phần 3. Cuối cùng là kết luận và kiến nghị.

2. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

2.1. Cấu tạo mẫu thí nghiệm



Hình 1. Cấu tạo chi tiết mẫu thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành trên hai mẫu (kí

hiệu BF3-1, BF3-2) có chiều dài 2000 mm, tiết diện 150x200mm với kích thước lõi rỗng là 90x140mm. Mẫu đầm được tiến hành thí nghiệm chịu uốn 4 điểm với chiều dài nhịp chịu cắt bằng 500mm, chiều dài chịu uốn thuần túy bằng 600mm. Kích thước này tương ứng với chiều dài chịu cắt, chiều cao dầm (a/h) bằng 2,5. Việc lựa chọn kích thước này để đảm bảo dầm bị phá hoại do uốn ở khu vực chịu uốn thuần túy. Dầm hộp được bố trí 3 lớp lưới sợi ở biên chịu kéo.

2.2. Vật liệu thí nghiệm

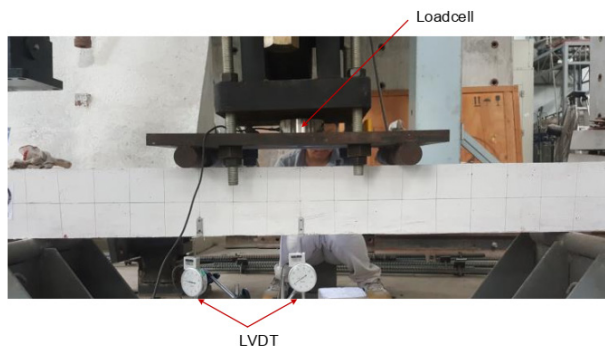
Bê tông hạt mịn có cường độ chịu nén và chịu kéo uốn trung bình lần lượt bằng 49,2 MPa và 6,85 MPa ở tuổi 28 ngày. Loại bê tông này có tính tự đầm tương đối cao, được thiết kế để bê tông dễ dàng len lõi qua các lớp lưới sợi nhằm đảm bảo tính đặc chắc cũng như dính bám tốt với lưới sợi. Lưới sợi dệt loại cacbon sigratex grid 350 có cường độ chịu kéo 3550 MPa, mô đun đàn hồi 225 GPa, với trọng lượng riêng là 1,82 g/cm³, diện tích của mỗi bó sợi là 0,88 mm². Cấu trúc lưới được dệt với các bó sợi theo phương 0°/90°, với khoảng cách giữa các bó sợi theo hai phương bằng 25mm.

2.3. Chế tạo mẫu và thiết lập hệ thống thí nghiệm

Mẫu đầm hộp được chế tạo tại trường đại học Giao Thông vận tải (Hình 2). Phần lõi rỗng được tạo ra bằng cách đặt một thanh xốp hình hộp có kích thước 90x140x2000mm vào trong ván khuôn. Bê tông hạt mịn được đổ vào ván khuôn, điền đầy các bản nắp và bản sườn. Tiếp đó, 3 lớp lưới sợi dệt lần lượt được đặt vào trong ván khuôn. Khoảng cách giữa các lớp lưới sợi dệt được không chế trong



Hình 2. Chế tạo mẫu thí nghiệm



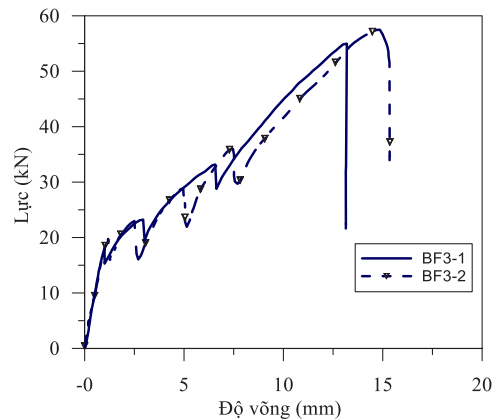
Hình 3. Bố trí thí nghiệm

khoảng từ 4-5mm. Cuối cùng, lớp bê tông bảo vệ cuối cùng được trát lên và hoàn thiện bản đáy.

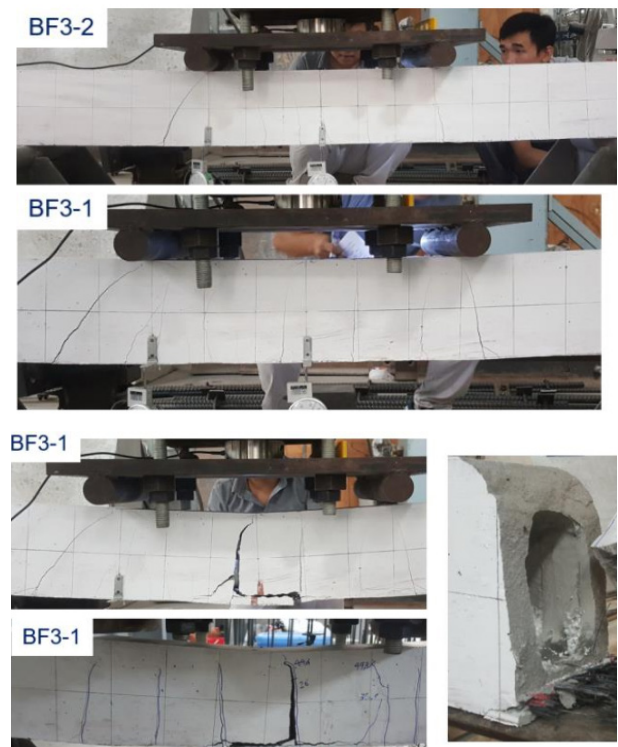
Các mẫu đầm được thí nghiệm chịu uốn 4 điểm cho đến khi bị phá hoại theo phương pháp không chế chuyển vị, với tốc độ gia tải 0,5mm/phút. Thiết bị gia tải là máy kéo nén SANS tại Phòng thí nghiệm Vật liệu và Kết cấu xây dựng, Trường Đại học Giao thông Vận tải. Trong thí nghiệm này, thiết bị đo lực loadcell và thiết bị đo chuyển vị LVDT được gắn vào giữa nhịp. Các thiết bị này được đồng bộ dữ liệu qua bộ ghi đo tự động datalogger. Hình 3 thể hiện hình ảnh bố trí thí nghiệm.

2.4. Kết quả thí nghiệm

Hình 4 thể hiện mối quan hệ giữa lực tác dụng và chuyển vị giữa nhịp thu được từ thí nghiệm. Kết



Hình 4. Mối quan hệ lực – chuyển vị từ thí nghiệm



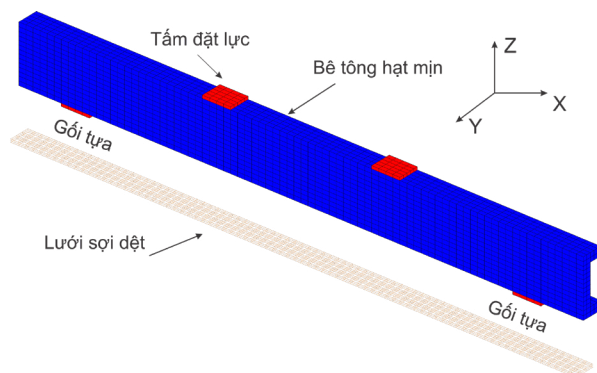
Hình 5. Dạng phá hoại của mẫu thí nghiệm

quả thu được trên hai mẫu thí nghiệm là tương đồng nhau. Dạng phá hoại của hai mẫu dầm được thể hiện trên hình 5. Quan sát thấy rằng, vết nứt ban đầu xuất hiện ở mức tải trọng 20 kN, sau đó, các vết nứt thẳng góc lần lượt xuất hiện ở khu vực chịu uốn thuần túy, với khoảng cách xấp xỉ 100 mm. Ở mức tải trọng xấp xỉ 40 kN, vết nứt do uốn-cắt xuất hiện nhưng không mở rộng lớn (Hình 5). Kết quả thí nghiệm cho thấy, hai dầm đều bị phá hoại do uốn khi các lớp lưới sợi lần lượt bị kéo đứt ở mức tải trọng 52,8 và 56,5 kN (Hình 4).

3. MÔ HÌNH MÔ PHỎNG

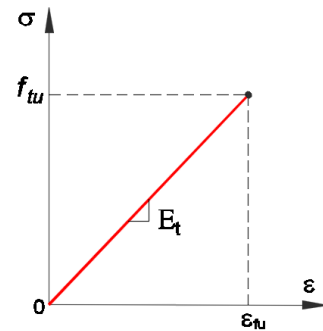
3.1. Xây dựng mô hình

Mẫu thí nghiệm kể trên được mô phỏng bằng phần mềm phân tử hữu hạn Cast3M. Đây là phần mềm phân tử hữu hạn có mã nguồn mở, được phát triển bởi Viện Năng lượng nguyên tử Cộng hòa Pháp (CEA) nhằm giải quyết các bài toán đa vật lý. 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. Bê tông hạt mịn, tấm kê gối, tấm đặt lực được miêu tả bằng phần tử lục diện 8 nút tuyến tính (CUB8). Mỗi nút có ba bậc tự do là 3 thành phần chuyển vị thẳng theo 3 phương (UX, UY, UZ). Lưới sợi dệt được dệt từ các bó sợi, mỗi bó sợi được miêu tả bằng phần tử thanh 2 nút tuyến tính (SEG2), diện tích của phần tử thanh bằng diện tích của một bó sợi. Việc quy đổi về 1/2 mô hình được thực hiện thông qua việc không chế chuyển vị thẳng theo phương vuông góc với mặt đối xứng bằng không (UY = 0). Gối bên trái được không chế điều kiện chuyển vị theo phương đứng và phương ngang bằng không (UX = UZ = 0). Gối bên phải được không chế điều kiện chuyển vị theo phương đứng bằng không. Dầm mô phỏng được gia tải bằng chuyển vị tại hai vị trí đặt lực với số gia chuyển vị bằng $\Delta U = -0,01mm$. Tổng thể, lưới phần tử hữu hạn có 7272 nút. Các kết quả thu được trên các lưới phần tử mịn hơn không thể hiện sự khác biệt với lưới phần tử được giới thiệu kể trên.



Hình 6. Lưới phần tử hữu hạn của mô hình

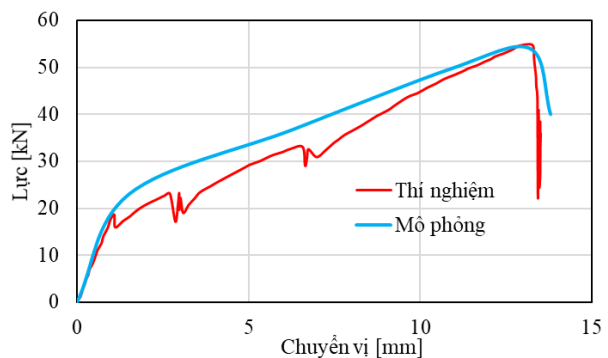
Ứng xử của bê tông được mô phỏng bằng cách sử dụng mô hình bê tông phá hoại của Mazars [7]. Mô hình này có trong thư viện các mô hình vật liệu phần mềm Cast3M. Mô hình kể trên cho phép miêu tả các ứng xử phức tạp của vật liệu bê tông như ứng xử chịu nén một, hai, ba trục thông qua đại lượng hư hại có 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). Lưới sợi dệt được mô tả bằng vật liệu đàn dẻo. Mối quan hệ ứng suất – biến dạng được thể hiện thông qua hai điểm: điểm đầu (0,0) và điểm cuối (ϵ_{tu} , f_{tu}). Dính bám giữa bê tông hạt mịn và lưới sợi dệt được giả thiết là dính bám tuyệt đối.



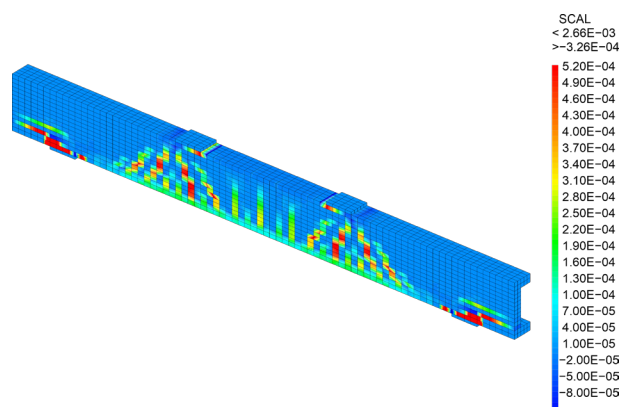
Hình 7. Ứng xử của lưới sợi

3.2. Kết quả mô hình mô phỏng

Hình 8 thể hiện sự so sánh giữa đường cong lực – chuyển vị thu được từ thí nghiệm và từ mô hình mô phỏng. Quan sát thấy rằng đường cong thu được từ mô hình mô phỏng thể hiện sự tương đồng với đường cong thu được từ thí nghiệm. Dạng phá hoại thu được từ mô hình mô phỏng được thể hiện trên Hình 9. Vị trí các vết nứt thu được từ mô hình cũng tương ứng với vị trí các vết nứt thu được từ thí nghiệm. Các vết thẳng góc xuất hiện ở vị trí giữa dầm, các vết nứt nghiêng xuất hiện từ điểm đặt lực đến gối tựa.



Hình 8. So sánh đường cong lực chuyển vị từ thí nghiệm và mô phỏng



Hình 9. So sánh dạng phá hoại từ thí nghiệm và mô phỏng

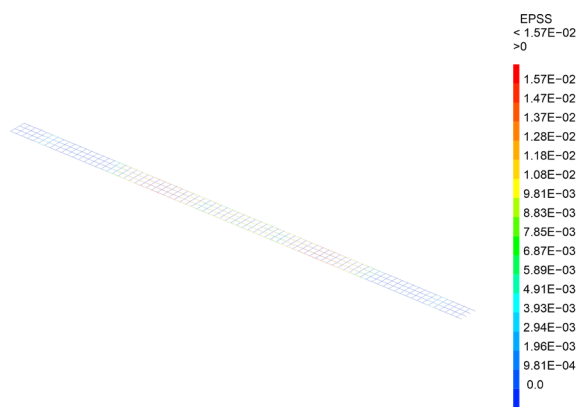
Hình 10 thể hiện biến dạng trong lưới sợi dệt thu được từ mô hình mô phỏng. Kết quả cho thấy rằng lưới sợi dệt đạt tới biến dạng lớn nhất bằng 0,0157. Điều này thể hiện rằng lưới sợi cũng bị phá hoại như quan sát được từ thí nghiệm.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày nghiên cứu thực nghiệm xác định ứng xử chịu uốn của một dạng kết cấu mới là dầm hộp bằng bê tông cốt lưới dệt. Biên chịu kéo của dầm được bố trí 3 lớp lưới sợi dệt. Kết quả cho thấy rằng dầm bị phá hoại do uốn ở vị trí giữa dầm, một số vết nứt nghiêng từ vị trí đặt lực đến gối tựa. Tiếp đó, dầm được thí nghiệm kê trên được tiến hành mô phỏng bằng phần mềm Cast3M. Vật liệu bê tông được mô phỏng bằng mô hình bê tông phá hoại của Mazars. Lưới sợi dệt được mô tả bằng vật liệu đàn dẻo. Kết quả cho thấy sự tương đồng giữa kết quả mô phỏng với kết quả thực nghiệm. Đây là cơ sở ban đầu cho việc tiến hành các nghiên cứu tiếp theo về dạng kết cấu này như: khảo sát các yếu tố hình học của dầm hộp, ảnh hưởng của lớp lưới sợi dệt, ứng xử chịu cắt của dầm hộp bằng bê tông cốt lưới dệt...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hegger, J., Will, N., (2007). *Textile Reinforced concrete-A new composite material*. Advances in Construction materials, Springer Berlin Heidelberg: 147-156.
- [2] Nguyen Huy Cuong, Ngo Dang Quang (2018). *Flexural behavior of reinforced concrete beam strengthened by textile reinforced concrete: experimental and numerical study*. The indian concrete journal, 92 (7): 28-43.
- [3] Cuong Huy Nguyen, Quang Dang Ngo (2020). *Flexural and shear behavior of reinforced concrete beam strengthened with carbon textile reinforced concrete*. Archives of civil engineering, 66(3):407-426.



Hình 10. Biến dạng trong lưới sợi dệt

- [4] Dang Quang Ngo, Huy Cuong Nguyen, Dinh Loc Mai, Van Hiep Vu (2020). *Experimental and numerical evaluation of concentrically loaded RC columns strengthened by textile reinforced concrete jacketing*. Civil engineering journal, 6(8):1428-1442.
- [5] Nguyễn Hoàng Quân, Lê Đăng Dũng, Nguyễn Huy Cường, Nguyễn Xuân Huy, Nguyễn Thành Tâm (2021). *Nghiên cứu thực nghiệm xác định ứng xử của vách liên hợp thép – bê tông được gia cường bằng bê tông cốt lưới dệt*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 3(193):27-34.
- [6] Nguyen Huy Cuong, Ngo Dang Quang (2020). *Experimental study on flexural behavior of prestressed and non-prestressed textile reinforced concrete plates*. Transport and Communication Science Journal, 71(1), 37-45.
- [7] Mazars, J (1986). *A description of micro and macroscale damage of concrete structure*. Engineering fracture mechanics, 25:729-737.