

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG CHỊU CẮT CỦA DẦM BÊ TÔNG KHI BỐ TRÍ CỐT ĐAI XIÊN BẰNG THỰC NGHIỆM

EXPERIMENTAL STUDY ON IMPROVING SHEAR CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE BEAM BY INCLINED STIRRUPS

Nguyễn Bá Ngọc Thảo^{1a*}, Trần Như Quân^{2,b}

¹Khoa Kỹ thuật Công trình, Đại học Lạc Hồng
^angocthao858580@gmail.com, ^bNhuquan0305@gmail.com

TÓM TẮT: Khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép rất được quan tâm bởi cộng đồng nhà khoa học trong nước và quốc tế. Trong bài báo này, khả năng chịu cắt của cấu kiện dầm bê tông cốt thép có tiết diện hình chữ nhật tăng lên nhờ được gia cường bằng cốt đai xiên thay cho cốt đai bố trí đứng theo truyền thống. Thực nghiệm được tiến hành cho hai trường hợp: cốt đai xiên biến đổi đều và cốt đai xiên với các góc nghiêng khác nhau. Kết quả thu được so sánh và xác minh bằng tiêu chuẩn hiện hành. Trên cơ sở đó, một đề xuất về quy trình và phương pháp thiết kế cho dầm bê tông cốt thép được gia cường bằng cốt đai xiên để tăng cường khả năng chịu cắt.

TỪ KHÓA: Khả năng chịu cắt, cốt đai, cốt đai xiên, dầm bê tông cốt thép.

ABSTRACT: Shear capacity of reinforced concrete beam has been intensively investigated both in domestic and international research communities. In this work, the shear capacity of reinforced concrete beam with rectangular cross section is further enhanced by stirrups. Experiments are conducted for two cases: transverse stirrups and inclined stirrups with various angles of inclination. Results are verified with available codes and standards. Based on the experimental outcomes, suggestions on procedure and methods to design reinforced concrete beam with stirrups are made.

KEYWORDS: Resistance to shear, belt, reinforced concrete, reinforced concrete.

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam đã ban hành ra nhiều tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông và cốt thép quan trọng để giúp cho các kỹ sư thiết kế đạt hiệu quả tốt. Nhưng một số tiêu chuẩn như TCVN 5574-2012 [1], [2] hay tiêu chuẩn của Nga [3], [4] chỉ phân tích của dầm sử dụng cốt đai bình thường. Ngoài sự phá hoại dầm BTCT tại những tiết diện chịu uốn (do mô men) mà còn phá hoại tại những tiết diện chịu cắt hoặc cắt và uốn kết hợp (flexural shear). Như vậy, thực tế có nhiều yếu tố tham gia đóng góp vào khả năng chịu cắt của dầm. Các tiêu chuẩn chỉ mới đưa ra được cách để thiết kế cấu kiện BTCT đủ khả năng chịu lực nhưng còn chênh lệch nhau khá nhiều giữa các tiêu chuẩn. Ví dụ nghiên cứu sự giống nhau và khác nhau về cách thiết kế cốt thép đai [5] cũng như là chưa tối ưu được cách thiết kế kết cấu chịu uốn. Vì thế các bài nghiên cứu về gia cường khả năng chịu uốn và cắt của cấu kiện BTCT trở thành một bài toán nghiên cứu quan trọng trong cộng đồng khoa học trong và ngoài nước.

Trong thiết kế dầm thường được kiểm tra độ võng trước để có thể bố trí cốt thép hợp lý trong dầm. Sau đó dầm mới được thiết kế để chịu cắt. Khả năng chịu cắt ảnh hưởng thay đổi tùy theo kích thước mặt cắt ngang dầm, tải trọng tác dụng và thường phá hủy kết cấu đột ngột. Thiết kế phải làm cho cấu kiện có khả năng chịu cắt cao hơn khả năng chịu uốn [6], [7].

Dầm BTCT được thiết kế để kháng lại lực cắt cũng như là uốn. Tại trạng thái giới hạn cuối, khả năng chịu cắt và uốn vượt quá khả năng của dầm gây ra các vết nứt kéo dài. Trong dầm các vết nứt chéo phát triển rộng và đáng kể hơn so với các vết nứt uốn nên phải bố trí cốt đai hợp lý để kháng lại lực cắt tạo ra. Vì thế có nhiều bài nghiên cứu gia cường bê tông để tăng khả năng chịu cắt. Hamid A và Noor A đã sử dụng các thanh nghiêng nhỏ; Kết quả cho thấy

chiều rộng của vết nứt cắt là nhỏ hơn nhiều so với cách gia cường truyền thống [8]. Bên cạnh đó đã có nhiều thí nghiệm sử dụng lý thuyết và thực nghiệm để tính toán cốt đai xiên 45° hiệu suất tăng khoảng 20% [9], [10]. Tác giả Ghale cùng các cộng sự [11] cũng chỉ ra hiệu quả dầm sử dụng cốt nghiêng tốt hơn nhiều so với dầm bình thường khi thí nghiệm sử dụng đai xiên 45°, 60°, 75° bằng tiêu chuẩn Eurocode 2014.

Kết quả thí nghiệm cốt đai xiên theo TCVN5574-1012 và dựa vào sự phát triển vết nứt, thì việc bố trí cốt đai xiên theo chiều hướng vuông góc với vết nứt sẽ tạo hiệu quả hơn về khả năng chịu lực cắt và giảm xuất hiện vết nứt. Qua nghiên cứu cho thấy khi dùng cốt đai xiên 45° thì khả năng chịu cắt của cấu kiện dầm sẽ tăng khoảng 30% so với dầm dùng cốt đai bình thường.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Khả năng chịu cắt của dầm BTCT theo tiêu chuẩn TCVN5574-2012

Khả năng chịu lực cắt của dầm khi không đặt cốt ngang (cốt đai, cốt xiên) chính là Q_b (khả năng chịu cắt của bê tông). Trong tiêu chuẩn TCVN5574:2012 khả năng chịu cắt của dầm bê tông khi không đặt cốt đai là [1],[2]:

$$Q_b = \frac{\varphi_{b4}(1+\varphi_n)R_{bt}bh^2}{c} + 0.75q_{sw}c_0 \quad (1)$$

Trong đó:

Received: 06, 08, 2021

Accepted: 12, 12, 2021

Corresponding: Nguyễn Bá Ngọc Thảo

Email: ngocthao858580@gmail.com06,

Q_b : khả năng chịu cắt của bê tông không cốt ngang.

φ_{b4} : hệ số bằng 1,5 với bê tông nặng và bằng 1,2 với bê tông hạt nhỏ.

φ_n : hệ số xét ảnh hưởng của lực dọc trục.

Khi lực dọc trục là lực nén:

$$\varphi_n = 0,1 \frac{N}{R_{bt}bh_0} \leq 0,5$$

Khi lực dọc trục là lực kéo:

$$\varphi_n = -0,2 \frac{N}{R_{bt}bh_0}$$

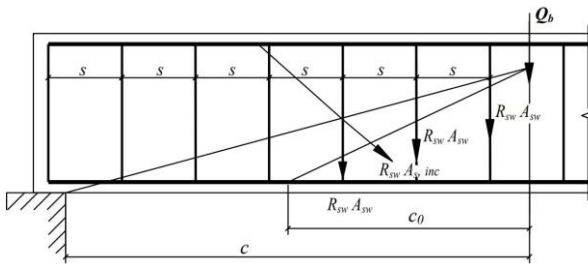
b : bề rộng tiết diện.

h_0 : chiều cao làm việc của dầm.

c_0 : chiều dài hình chiếu vết nứt nghiêng, lấy bằng c nhưng không được lớn hơn $2h_0$ và không nhỏ hơn h_0 .

Khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép khi có cốt đai và cốt xiên được xác định:

$$[Q] = Q_b + Q_{sc} + Q_{s,inc} \quad (2)$$



Hình 1: Sơ đồ nội lực trên tiết diện nghiêng với trục dọc cấu kiện bê tông cốt thép khi tính toán độ bền chịu lực cắt.

Khả năng chịu cắt của bê tông, được xác định:

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh^2}{c} \quad (3)$$

Ứng suất cắt: $v_b = \frac{Q_b}{bh_0} = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt} \frac{h_0}{c}$ (4)

φ_{b2} : hệ số xét đến ảnh hưởng của loại bê tông, đối với bê tông nặng lấy $\varphi_{b2}=2$.

φ_f : hệ số ảnh hưởng cánh chịu nén của tiết diện T, I.

$$\varphi_f = \frac{0,75u_f h_f}{bh_0} \leq 0,5; u_f = \min[3h_f; (b_f - b)] \quad (5)$$

Ngoài ra khả năng chịu cắt của bê tông được khống chế:

$$Q_{b,min} \leq Q_b \leq Q_{b,max} \quad (6)$$

Khả năng chịu cắt bé nhất của bê tông:

$$Q_{b,min} \leq \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0 \quad (7)$$

Với $(1 + \varphi_f + \varphi_n) \leq 1,5$; $Q_{b,max} = 2,5R_{bt}bh_0$ (8)

Khả năng chịu cắt của cốt đai: $Q_{sw} = q_{sw}c_0$ (9)

q_{sw} : nội lực trong cốt thép đai trên một đơn vị chiều dài cấu kiện, được xác định $q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{S}$. Với s là bước của cốt đai;

$$\text{Ngoài ra: } q_{sw} \geq \frac{\varphi_{b3}(1 + \varphi_n + \varphi_f)R_{bt}b}{2} \quad (10)$$

Khả năng chịu cắt của cốt xiên

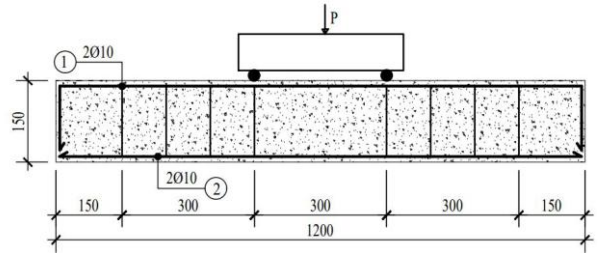
$$Q_{s,inc} = \sum R_s A_{s,inc} \sin \alpha \quad (11)$$

2.2. Thí nghiệm ứng xử của dầm BTCT gia cường bằng cốt đai xiên

Nghiên cứu khả năng chịu cắt của dầm bê tông được gia cường bằng cách sử dụng cốt đai xiên được nghiên cứu với mẫu thí nghiệm dầm có mặt cắt hình chữ nhật kích thước (80x150)mm và chiều dài nhịp uốn là 1,2m. Tất cả các dầm được chế tạo cùng một loại công thức bê tông. Cường độ nén trung bình của mẫu bê tông hình trụ là 36KN. Trong thực tế, cường độ chịu lực của vật liệu bê tông ở các dầm sẽ không hoàn toàn giống nhau do sự phân tán ngẫu nhiên của vật liệu cũng như nhiều yếu tố ảnh hưởng khác như chất lượng của việc đầm lèn, điều kiện bảo dưỡng. Dầm M₁ đầu tiên không sử dụng cốt đai xiên và được dùng để làm dầm đối chứng cho các dầm khác. Tất cả các dầm đều sử dụng cùng một loại cốt thép. Đường kính của thép dọc chủ là 10mm, và của thép đai là 6mm. Bề dày lớp bê tông bảo vệ là 15mm. Các dầm sử dụng chung cấp phối bê tông Mác 250 (B20).

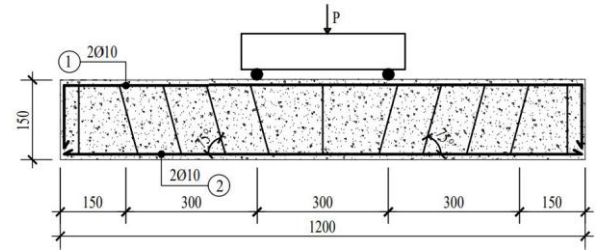
2.2.1. Chi tiết dầm

Việc mô tả kích thước của dầm cũng như việc bố trí cốt thép và các điểm đo được thể hiện ở hình dưới:

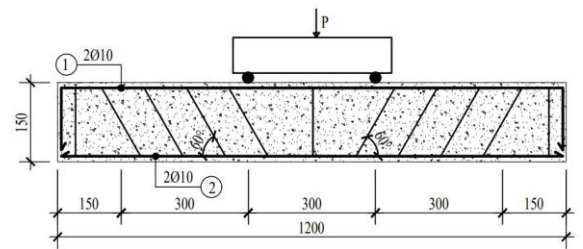


Hình 2: Mô hình M1 thí nghiệm thể hiện điểm đặt lực và chuyển vị dầm cốt đai 90°

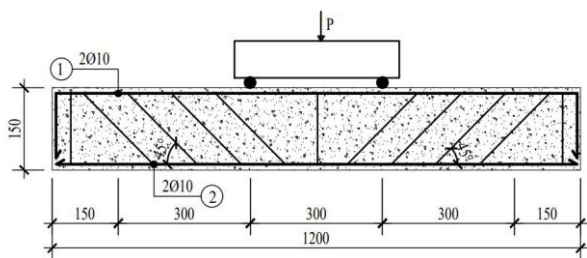
Dựa vào mô hình trên ta chia lực tập trung P thành 2 lực nhỏ tác dụng vào dầm bê tông cốt thép. Sử dụng lực tập trung dầm sẽ thể hiện rõ được vết nứt hơn so với lực phân bố đều. Và mô hình dầm sử dụng cốt đai bình thường này sẽ dùng để so sánh các vết nứt tạo ra từ đó có thể xem xét khả năng chịu lực khi dùng cốt đai xiên.



Hình 3: Mô hình M2 thí nghiệm thể hiện điểm đặt lực và chuyển vị dầm cốt đai 75°



Hình 4: Mô hình M3 thí nghiệm thể hiện điểm đặt lực và chuyển vị dầm cốt đai 60°



Hình 5: Mô hình M4 thí nghiệm thể hiện điểm đặt lực và chuyển vị dầm cốt đai 45⁰

2.2.2. Đúc mẫu dầm

Các bước đầu tiên chuẩn bị, sử dụng cốt dọc Ø10 và cốt đai Ø6a100 cho dầm bê tông cốt thép có kích thước 80x150x1200mm. Lần lượt sử dụng cốt đai xiên dầm từ 45⁰ tới 90⁰.

Mỗi mẫu dầm được đánh dấu cẩn thận để đảm bảo từng mẫu vật sẽ đáp ứng đầy đủ đặc điểm kỹ thuật và không bị nhầm lẫn trong khi ép mẫu thí nghiệm.



Hình 6: Cốt thép dầm M4 sử dụng cốt đai xiên góc 45⁰

Hình 6 như ảnh trên là quá trình lắp đặt gia cố cốt thép được thực hiện trong giai đoạn ban đầu trước khi đổ bê tông. Các thanh thép đai và thép dọc được gắn chặt với nhau và được buộc chặt bằng dây kẽm. Khung cốt đai xiên có sử dụng 3 cốt đai thẳng ở hai đầu và ở giữa bụng để cố định bốn thanh cốt dọc không bị chạy trong quá trình đổ mẫu. Đề tài muốn kiểm tra khả năng chịu cắt của cốt đai nên không bố trí cốt đai ở bụng.

Các khuôn ván được làm sạch hết các bụi bẩn và bôi lên một lớp dầu mỏng. Bê tông được trộn như đúng cấp phối đã đề ra ở bảng dưới.

Bảng 1: Bảng cấp phối bê tông.

Tên mẫu vật liệu	Xi măng (kg)	Đá (kg)	Cát (kg)	Nước (kg)	Độ sụt
TKCP BTXM đá					
1x2 M250					
Đá 1x2	355	1140	735	190	10 ± 2
Cát bê tông					
Xi măng					

Trong quá trình đổ bê tông phải chêm đế sao cho khoảng cách bê tông bảo vệ và lớp cốt thép là 15mm và phải đầm đều tay để dầm không bị rỗ và đều. Dầm sau khi đổ xong thì được phủ bao bố và tưới nước thường xuyên, sau khi được 3 ngày thì dỡ khuôn ra và tiếp tục dùng bao bố cuốn mẫu để tưới nước trong 27 ngày để đủ cường độ của bê tông.

Thí nghiệm uốn được thực hiện bằng máy nén thủy lực với sơ đồ dầm 4 điểm. Tải trọng được phân đều tại 2 vị trí ở 1/3 chiều dài dầm.

2.2.3. Thực hiện thí nghiệm

Các dầm được gia tải lần lượt. Nội dung việc đo đạc kết quả thí nghiệm bao gồm:

+ Khi dầm đủ 27 ngày tuổi, đủ điều kiện để thí nghiệm, bề mặt mẫu được làm sạch để dễ dàng phát hiện các vết nứt và quá trình đánh dấu dễ dàng hơn. Vị trí của gối đỡ cũng như là điểm đặt lực cũng được đánh dấu để dễ dàng lắp đặt dầm trong khi thử nghiệm.

+ Đo chuyển vị (độ võng) tại mặt cắt trung điểm của dầm. Đầu đo biến dạng kết nối với máy đo chuyển vị và biến dạng tĩnh SDA do Nhật Bản chế tạo. Số liệu đo được ghi tự động vào tệp dữ liệu lưu trữ trong máy tính điều khiển dụng cụ đo và được ghi theo các bước thời gian định sẵn.

+ Ngoài ra, các vết nứt và sự mở rộng của vết nứt cũng được quan sát đo đạc.

Các dầm này được thí nghiệm theo phương pháp gia tải theo từng bước 0,01KN cho tới khi phá hoại. Quá trình gia tải được lập trình theo ý đồ bằng phần mềm điều khiển máy. Số liệu đo về lực và chuyển vị của đầu gia tải cũng được ghi tự động vào tệp dữ liệu. Mỗi dầm mất khoảng 2-3 giờ để kiểm tra.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

3.1. Kết quả thí nghiệm bằng phương pháp thực nghiệm

3.1.1. Kết quả và ứng xử của mẫu dầm M1

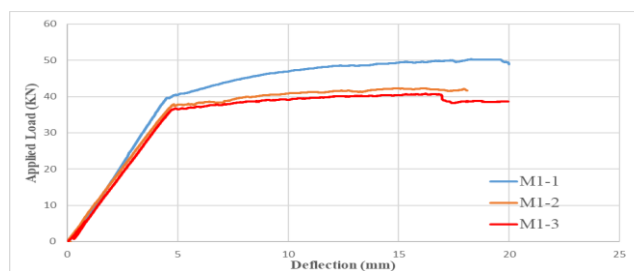
Cốt đai sử dụng trong mẫu M1 là dùng cốt đai bình thường. Tải trọng được gia tải tăng dần đến khi bị phá vỡ. Mẫu này được dùng để so sánh với những mẫu được gia cường bằng cốt đai xiên. Trước khi thí nghiệm các dụng cụ được kiểm tra lại để đảm bảo độ chính xác.



Hình 7: Thí nghiệm phá hoại dầm M1

Từ hình 7 thí nghiệm trên ta thấy dầm bắt đầu phá hoại ở khoảng 15KN. Khi đó tại vùng bụng bê tông bắt đầu xuất hiện một số vết nứt và dần dần lan rộng. Vì lần nghiên cứu này chỉ quan tâm đến cốt đai xiên nên không bố trí thép dọc ngay bụng để tăng khả năng chịu uốn ngay bụng dầm. Và tới khoảng 32KN thì hai bên bụng dầm bắt đầu xuất hiện các vết nứt xiên. Các vết nứt này xuất hiện là do lực cắt tạo ra trên dầm. Nhìn tổng quan thì các vết nứt khá là đều và đẹp, các vết nứt xiên do lực cắt xuất phát từ 2 điểm đặt lực phía trên dầm và hướng xuống.

Khi tải đạt 44 KN thì dầm bị phá hủy bởi lực cắt, tất cả thông số về tải trọng cũng như là chuyển vị của dầm tại vị trí giữa nhịp của 3 mẫu M1 sử dụng cốt đai bình thường được thống kê ở biểu đồ hình 8 bên dưới.



Hình 8: Biểu đồ quan hệ chuyển vị ở giữa dầm phụ thuộc vào tải trọng M1

Các mẫu dầm M1 là sử dụng cốt đai bình thường cho thấy 3 mẫu dầm này tương đối là đều nhau. Chuyển vị lớn nhất của tổ hợp dầm M1 này cũng khoảng 20mm.

3.1.2. Kết quả và ứng xử của mẫu dầm M2

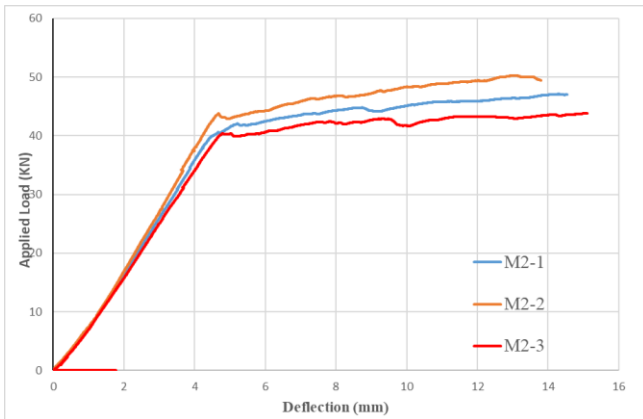
Dầm M2 được sử dụng cốt đai xiên 75° lệch 15° so với dầm M1 sử dụng cốt đai bình thường. Hình dáng của dầm mẫu M1 khi bị phá hoại được thể hiện như trong hình 9.



Hình 9: Thí nghiệm phá hoại dầm M2

Trạng thái phá hủy của dầm sử dụng cốt đai xiên 75° có sự khác biệt so với sử dụng cốt đai bình thường. Ở bụng thì vết nứt cũng khá giống nhau đều xuất hiện ở khoảng 15-17 KN nhưng các vết nứt xiên thì phải tới 33KN thì mẫu dùng cốt xiên này mới bắt đầu có các vết nứt xiên. Qua đó thấy phần nào sự gia cường bằng cốt đai xiên đã tăng khả năng chịu cắt của cấu kiện dầm BTCT.

Để giải thích cho dạng phá hủy này, ngẫu lực trong bản do mô men gây ra khi gia tải. Dưới tác dụng của tải trọng, kết cấu bị uốn cong theo hướng xuống dưới. Bê tông ở phần trên chịu nén và cốt thép gia cường và bê tông ở phần dưới chịu kéo. Hai loại lực này ngược chiều nhau và gây ra lực trượt giữa bản bê tông. Tại vị trí gần gối có lực cắt lớn, thì lực gây trượt này cũng lớn. Cũng vì các lực ngược chiều này quyết định đến trạng thái ứng suất của bê tông mà cụ thể là trạng thái ứng suất chính có phương xiên. Khi ứng suất kéo chính lớn hơn cường độ chịu kéo của bê tông, sẽ tạo ra vết nứt xiên. Vết nứt này tiếp tục phát triển theo sự gia tăng của tải trọng.



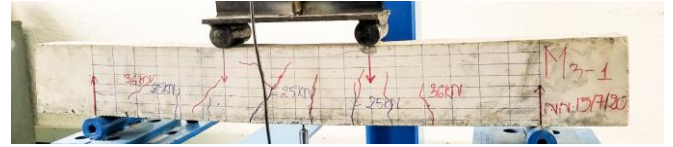
Hình 10: Biểu đồ quan hệ chuyển vị ở giữa dầm phụ thuộc vào tải trọng M2

Các quan hệ chuyển vị – tải trọng của các mẫu M2 dầm BTCT thể hiện ở hình 10. Ở đây bản dầm thể hiện một miền chảy dẻo rất lớn và có chuyển vị tới hạn là gần 15mm. Ở trạng thái này, dầm có tỷ lệ chuyển vị tương đối so với chiều dài là 1.25%. Tải trọng lớn nhất mà dầm M2-1 chịu được là 50,2KN, và vết nứt xiên do tác động của lực cắt gây ra cũng phải tới 33KN thì mới xuất hiện các vết nứt. Qua đó thấy khả năng chịu lực cắt của cốt đai xiên đang cao hơn so với sử dụng cốt đai bố trí như bình thường.

3.1.3. Kết quả và ứng xử của mẫu dầm M3

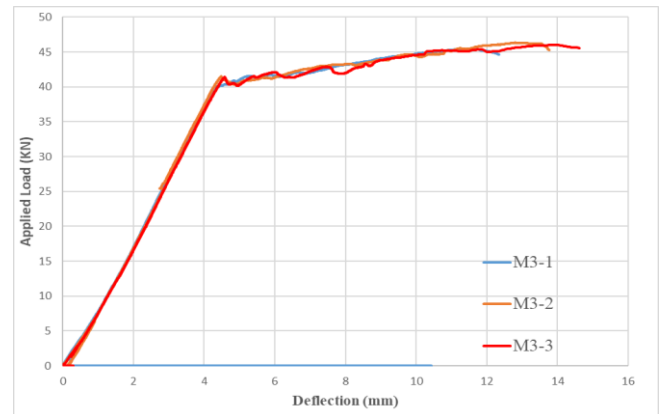
So sánh mẫu nén của tổ hợp dầm M3 sử dụng cốt đai xiên 60° ta thấy các vết nứt tại bụng bắt đầu hình thành khi

lực 24KN nhưng để xuất hiện các vết nứt xiên thì lực đã lên 36KN. Qua đó cho thấy rõ ràng tăng góc xiên thì khả năng chịu lực cắt của dầm BTCT cũng tăng theo trung bình là xiên 15° thì sẽ tăng được 120-130% theo thực nghiệm.



Hình 11: Thí nghiệm phá hoại dầm M3

Từ biểu đồ tải trọng và chuyển vị hình 12 ta thấy kết quả thí nghiệm của tổ hợp dầm M3 là 600 như hình trên thì cả ba kết quả đều gần như giống nhau hoàn toàn. Chuyển vị của dầm đều đạt khoảng 15mm. Tải trọng gây nứt ở bụng của mẫu dầm M3 này cũng đạt 25KN. Tuy nhiên khả năng chịu cắt của mẫu M3 cao hơn mẫu M2 và M1. Để gây nứt chéo do tác dụng của lực cắt thì tải trọng phải tới 36KN. Như vậy, khả năng chịu cắt của cốt đai xiên càng xiên thì càng tốt hơn so với sử dụng cốt đai bình thường.



Hình 12: Biểu đồ quan hệ chuyển vị ở giữa dầm phụ thuộc vào tải trọng M3

3.1.4. Kết quả và ứng xử của mẫu dầm M4

Tại thời điểm phá hoại thì dầm gần như chỉ còn vết nứt đứng ở bụng nhưng tải trọng cũng phải tới 31KN. Còn vết nứt xiên do lực cắt phá hoại gây ra thì rất ít và tải trọng phải đạt tới 42KN thì mới bắt đầu xuất hiện. Qua kết quả thí nghiệm cho thấy mẫu dầm M4 cho thấy các vết nứt ở bụng và vết nứt xiên nhỏ đi rõ rệt.



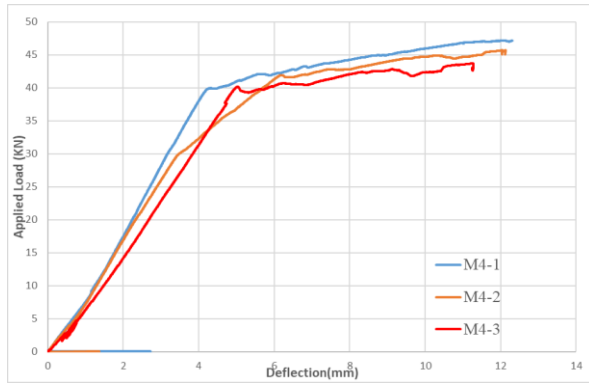
Hình 13: Thí nghiệm phá hoại dầm M4

Dựa vào biểu đồ hình 14 thấy khi sử dụng cốt đai xiên 45° thì chuyển vị của mẫu giảm hẳn còn 12mm trong khi các mẫu dầm khác >15 mm.

Tải trọng tác dụng gây phá hủy của mẫu M4 sử dụng cốt đai xiên 45° cũng tăng lên khoảng 50KN.

Sự chênh lệch về khả năng chịu cắt của dầm M4 dùng $\Phi 6a100$ xiên 45° cũng tăng; khi cốt đai bố trí ở góc 90° thì tải trọng đạt 24KN là xuất hiện vết nứt xiên kéo dài và to; khi cốt đai bố trí xiên ở góc 75° thì vết nứt bé dần và tải phải bắt đầu 30KN thì dầm mới bắt đầu xuất hiện vết nứt xiên. Qua mẫu dầm M3 sử dụng cốt đai xiên 60° thì khả năng chịu cắt tăng lên nhiều, tải trọng phải đạt 36KN thì

dầm mới bị phá hủy do lực cắt gây ra, nhưng thể hiện rõ rệt nhất là khi sử dụng cốt đai xiên 45^0 ta mới thấy được rõ ràng nhất sự khác biệt sử dụng cốt đai xiên này để kháng lại lực cắt gây ra theo hướng 45^0 , tải trọng phải tới 42KN thì dầm mới bắt đầu xảy ra vết nứt xiên mặc dù trước đó vết nứt có xảy ra nhưng vẫn rất nhỏ.



Hình 14: Biểu đồ quan hệ chuyển vị ở giữa dầm phụ thuộc vào tải trọng M4

Biến dạng của các tổ hợp dầm xiên càng lớn thì ta cũng thấy khả năng biến dạng càng nhỏ.

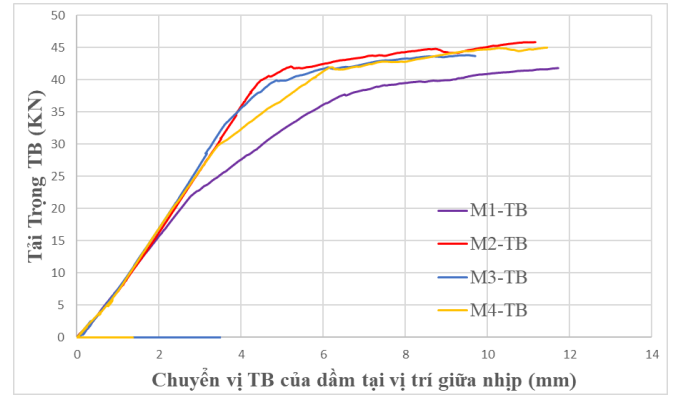
3.1.5. So sánh các kết quả thí nghiệm

Từ 4 tổ mẫu thí nghiệm ở trên ta có bảng kết quả thí nghiệm phá hoại của dầm BTCT.

Bảng 2: Kết quả thí nghiệm.

Ký hiệu mẫu	Đối tượng TN	Lực nén mẫu (kN)	Lực nén TB (KN)	Chuyển vị (mm)
M1-1		50.3		20.00
M1-2	Cốt đai xiên 90^0	42.2	44.42	18.57
M1-3		40.8		22.22
M2-1		47.8		11.53
M2-2	Cốt đai xiên 75^0	50.3	47.78	13.83
M2-3		45.3		17.84
M3-1		45.4		12.65
M3-2	Cốt đai xiên 60^0	46.3	45.91	14.12
M3-3		46.0		15.08
M4-1		48.4		15.08
M4-2	Cốt đai xiên 45^0	44.8	45.65	17.28
M4-3		43.8		11.41

Để so sánh rõ ràng nhất, biểu đồ hình 15 bên dưới sẽ thể hiện chi tiết tương quan giữa chuyển vị là khả năng chịu lực của các tổ hợp dầm. Lấy trung bình của các tổ hợp dầm ra để so sánh.



Hình 15: Biểu đồ quan hệ chuyển vị ở giữa dầm phụ thuộc vào tải trọng Mtb

Hình 15 ở trên trình bày kết quả do biến dạng mặt dưới của tổ hợp dầm tại vị trí giữa dầm. Biến dạng lớn nhất vào khoảng 12mm. Khả năng chịu lực của kết cấu cũng đạt khoảng 45KN.

Vì khả năng chịu tải trọng dầm phụ thuộc phần lớn vào cốt dọc và hình dạng kích thước của dầm BTCT nên tải trọng lớn nhất gây ra cũng tương đối giống nhau. Tuy nhiên khả năng chịu cắt của dầm thì tăng lên rõ rệt. So sánh trực quan giữa các thí nghiệm về phá hủy của dầm do lực cắt gây ra ở phía trên thì ta thấy cốt đai càng xiên thì khả năng chịu cắt của dầm càng tốt.

3.1.6. Kết luận phần nghiên cứu bằng thực nghiệm

Sức chịu tải của kết cấu dầm được gia cường khả năng chịu cắt bằng cốt đai xiên được tăng lên nhiều, trong trường hợp thí nghiệm này là thêm khoảng 120%-130% khi tăng độ xiên lên 15^0 so với kết cấu không gia cường. Kết quả thí nghiệm cho thấy toàn bộ các dầm được gia cường bị phá hoại do phá hoại uốn gây ra từ moment là khá lớn. Ảnh hưởng của giới hạn chảy cốt thép cũng không được xem xét tới, bài nghiên cứu tập trung vào sự phá vỡ nứt của dầm khi sử dụng cốt xiên. Việc nghiên cứu ảnh hưởng của mức độ ảnh hưởng tới sự bám dính giữa bê tông và lớp vật liệu gia cường là cốt đai cùng với ứng xử của vùng chịu cắt và uốn là rất cần thiết. Để có thể khảo sát và phân tích đầy đủ hơn ứng xử của dầm bê tông cốt thép được gia cường bằng cốt đai xiên, các thí nghiệm sau cần tập trung vào xem xét sự ảnh hưởng của hàm lượng cốt thép đặt xiên, ảnh hưởng của cường độ bê tông và sử dụng thêm sensor để đo được ảnh hưởng của đai xiên; do điều kiện kỹ thuật và kinh tế, nhóm tác giả đề nghị ứng dụng phương pháp tính toán theo công thức giải tích để nghiên cứu và so sánh với phương pháp thực nghiệm.

3.2. So sánh kết quả thực nghiệm với kết quả giải tích khi xét đến vai trò của cốt thép xiên trong thiết kế chống cắt dầm BTCT

Xét dầm bốn điểm chịu lực tập trung với các số liệu như sau: Nhịp $L=1,2m$; $b=8cm$; $h=15cm$. Tải trọng tập trung là P chia đều thành 2 tải tập trung bằng nhau với khoảng cách từ tâm ra là $c = 30cm$, khoảng cách đến từng gối phía dưới là 45cm. Cốt dọc sử dụng $4\phi 10$, cốt đai sử dụng là $\phi 6$, cấp độ bền chịu nén của bê tông B20.

Dựa vào các công thức đã nêu ở phần 2.1 khả năng chịu cắt của dầm BTCT theo tiêu chuẩn TCVN5574-2012 được thể hiện ở bảng 3:

Bảng 3: Kết quả so sánh sự chênh lệch giữa thực nghiệm và tính toán.

	Thực nghiệm (KN)	Tính toán (KN)	Chênh lệch (%)
Cốt đai bình thường	30-33	30,852	6%
Cốt đai xiên 75 ⁰	33-35	36,232	5,5%
Cốt đai xiên 60 ⁰	36-37	39,614	6,7%
Cốt đai xiên 45 ⁰	42-44	40,768	5,1%

Dựa vào kết quả thực nghiệm và kết quả giải tích thì thấy 2 kết quả tương đồng với nhau và kết quả tính toán lệch nhau khoảng 5-6% so với thực nghiệm.

Kết quả sai số do một số yếu tố khi làm thực nghiệm không thể nào hoàn toàn chính xác như là trong khi tính toán như khi đổ kích thước thực tế không hoàn toàn đúng như trong tính toán hay quá trình đầm bê tông không kỹ. Và còn nhiều yếu tố khác ảnh hưởng đến kết quả của thực nghiệm.

Mặc dù vậy, qua bảng so sánh kết quả trên ta thấy rõ khi sử dụng cốt đai xiên thì khả năng chịu cắt của dầm BTCT được tăng lên. So với sử dụng cốt đai bình thường thì cốt đai xiên 45⁰ khả năng kháng cắt tăng lên khoảng 132%.

4. KẾT LUẬN

Kết cấu dầm bê tông cốt thép được sử dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng, do đặc tính làm việc của kết cấu thì ứng xử cắt được tập trung nghiên cứu bằng cách sử dụng cốt đai xiên. Sau đây là một số điểm nổi bật của bài báo này:

+ Kết quả nghiên cứu bằng thực nghiệm vật lý việc sử dụng cốt đai xiên tăng khả năng chịu cắt lên 10-20% mỗi khi tăng góc lệch lên 15⁰

+ Chiều rộng và chiều dài của các vết nứt trong dầm khi sử dụng cốt đai xiên tương đối nhỏ hơn về chiều dài và rộng của vết nứt dầm sử dụng cốt đai truyền thống. Các vết nứt cũng ít đi đáng kể.

+ Chi phí dầm bê tông cốt thép được gia cố bằng cốt đai xiên nhỏ hơn so với chi phí dầm bê tông cốt thép tăng cường cốt đai kiểu truyền thống.

Việc đầm trong thí nghiệm là trường hợp chịu uốn ngang phẳng, phương ứng suất chính sẽ thay đổi vị trí tùy thuộc vào ứng suất pháp thay đổi. Mô hình thí nghiệm đặt cốt đai xiên dựa theo phương của ứng suất chính để tăng khả năng chịu cắt cấu kiện.

Từ kết quả nghiên cứu bằng phương pháp tính toán theo TCVN5574-2012 cũng cho thấy khả năng chịu cắt của dầm sử dụng cốt đai xiên tăng lên đáng kể. Ngoài ra, kết quả của hai phương pháp nghiên cứu bằng thực nghiệm và theo

phương pháp tính toán thì lệch nhau chỉ khoảng 5-6% là chấp nhận được.

Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng ứng dụng dầm bê tông cốt thép sử dụng cốt đai xiên tăng khả năng chịu cắt và tối ưu được giá thành hơn so với một số loại dầm bê tông cốt thép được gia cố cốt đai. Các vết nứt xuất hiện ít hơn, khả năng chịu lực để dầm bắt đầu bị nứt do lực cắt cũng tăng lên đáng kể. Qua đó có thể giảm tiết diện của cấu kiện dầm xuống. Nên khả năng áp dụng cho các công trình là khả quan. Mặc dù tối ưu về khả năng chịu cắt và giá thành nhưng khi thi công thì khó khăn hơn là sử dụng cốt đai truyền thống. Cách gắn cốt đai cũng như là khâu gia công cần kỹ càng và khó khăn hơn.

Sự biến dạng dài tương đối trong cốt đai nếu đo được sẽ cho ta biết sự phân phối lực cắt vào trong cốt đai. Do đó, trong nghiên cứu sắp tới, yếu tố này sẽ là một hướng thú vị để đánh giá được hiệu quả của cốt đai.

Ngoài ra, nhóm tác giả còn tiếp tục thử nghiệm khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép sử dụng nhiều loại cốt đai xiên khác nhau. Qua đó để thấy rõ hơn cách gia cường nào là tối ưu nhất trong quá trình tăng khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép sử dụng cốt đai xiên.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép, TCVN5574-2012, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội **2012**.
- [2] Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Công, Kết cấu bê tông cốt thép (Phần cấu kiện cơ bản), Nhà Xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, **2021**.
- [3] SNI P 2.03.01-84*, Concrete and reinforced concrete structures (bản tiếng Nga).
- [4] SNI P 52-01-2003, Concrete and reinforced concrete structures. Principal rules, Moscow, **2004** (bản tiếng Nga).
- [5] Phùng Ngọc Dũng, Lê Thị Thanh Hà, Phân tích và thiết kế dầm bê tông cốt thép chịu uốn trên tiết diện nghiêng theo ACI 318, EUROCODE 2 và TCVN 5574:2012, Tạp chí KHCN Xây dựng số **3/2014**.
- [6] Msc. Naim Mosa Khalil Asha, Enhancing The Role Of Bent-Up Bars In Shear Beyond The Code Requirements By Using Plane-Crack Interceptor-Cross Diagonal Form, International Journal of GEOMATE, **July, 2020**, Vol.19, Issue 71, pp. 153 – 159.
- [7] CP 52-101-2003, Concrete and reinforced concrete structures made without reinforcement prestressing. Set of rules (CP) for design and construction, Moscow, **2004** (bản tiếng Nga).
- [8] Hamid A., Noor A., The Use of Horizontal and Inclined Bars as Shear Reinforcement, Master thesis, University of Technology Malaysia. **2005**, pp.1-105.
- [9] Zamri, Nor Fazlin, et al. The effects of inclined shear reinforcement in reinforced concrete beam. Malaysian Journal of Civil Engineering, **2018**, pp30.1.
- [10] Sayyad, Atteshamuddin S.; patankar, Subhash V. Effect of stirrups orientation on flexural response of RC deep beams. American journal of civil engineering and Architecture, **2013**, pp1.5: 107-111.
- [11] Ghale, Chandra. Perfomance of reinforced concrete (RC) beam strengthened in shear using inclined stirrups. **2013**. PhD Thesis. Dundalk Institute of Technology.