

KHẢ NĂNG CHỊU CẮT CỦA DẦM NỐI ĐẶT CỐT THÉP THÔNG THƯỜNG TRONG KẾT CẤU VÁCH - LỖI NHÀ NHIỀU TẦNG

Đoàn Xuân Quý¹, Nguyễn Tiến Chương¹

Tóm tắt: Trong tính toán kết cấu vách - lỗi trong nhà nhiều tầng cần kể đến sự có mặt của dầm nối để tăng hiệu quả của các loại kết cấu này. Tuy nhiên, dầm nối phải chịu nội lực lớn và có xu hướng phá hoại trước tiên. Dầm nối phải được tính toán và cấu tạo đảm bảo được độ bền và độ cứng để có thể đáp ứng yêu cầu làm việc của hệ kết cấu. Có nhiều nghiên cứu về khả năng chịu lực cũng như sự làm việc của dầm nối cả về thực nghiệm và trên các mô hình số. Tuy nhiên, các nghiên cứu dựa trên các cấu tạo cốt thép nhất định, chưa có một khảo sát cụ thể về vai trò của cốt thép dọc và cốt thép đai tới khả năng chịu cắt của dầm. Bài báo sẽ dựa trên nghiên cứu lý thuyết, so sánh các mô hình tính toán để đánh giá sự làm việc của dầm nối dựa trên hàm lượng của hai loại cốt thép nói trên. Kết quả cho thấy cốt thép dọc ảnh hưởng đáng kể đến khả năng chịu cắt của dầm nối và cần được kể đến trong tính toán kết cấu dầm loại này.

Từ khoá: Dầm nối/ Lanh tô, khả năng chịu cắt, kết cấu vách, kết cấu lỗi, nhà nhiều tầng, lý thuyết miền nén cải tiến (MCFT).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dầm nối là loại cấu kiện nối giữa hai vách đơn với nhau tạo thành vách kép hoặc nối các tường hở của kết cấu lõi với nhau tạo thành kết cấu lõi nửa kín. Các nghiên cứu (Smith BS, 1991) (N.T. Chương, 2015) (N.T. Chương và Đ.X. Quý, 2018) đã chỉ ra dầm nối có vai trò quan trọng trong sự làm việc của hai loại kết cấu này trong việc đảm bảo cho hệ kết cấu ổn định ngay cả khi các dầm trong hệ kết cấu bị phá hoại (Đ.X. Quý và N.T. Chương, 2021).

Khi dầm nối đặt trong cơ cấu chịu lực của vách kép hoặc lõi nửa kín, mặc dù kết cấu có thể chịu lực ngang hoặc xoắn nhưng dầm nối luôn làm việc phẳng. Dầm nối có sơ đồ ngàm hai đầu vào hai vách biên. Dầm nối có nội lực lớn và nếu không được thiết kế đủ chịu lực sẽ bị phá hoại và giảm một phần khả năng chịu lực của hệ kết cấu. Vì vậy mà có tài liệu đã bỏ qua vai trò của dầm nối trong tính toán kết cấu (B.S. Taranath, 2010). Khác với dầm bình thường, dầm nối thường có tỉ lệ nhịp

trên chiều cao từ 2 đến 4 và làm việc có xu hướng theo dạng dầm cao. Vì vậy mà các tiêu chuẩn tính toán đưa ra công thức tính toán khác so với cũng khác với tính toán của dầm thường (N.T. Chương và Đ.X. Quý, 2020).

Dầm nối thường được cấu tạo riêng rẽ làm hai loại: thứ nhất là dầm nối đặt cốt thép thông thường, thứ hai là dầm nối đặt thêm cốt thép chéo (hoặc là đặt cốt thép chéo là chính và hàm lượng cốt dọc, cốt đai ít hơn dầm thường). Việc tính toán cho hai loại dầm nối này là khác nhau. Các nghiên cứu chỉ ra khả năng làm việc của dầm nối đặt cốt thép chéo tốt hơn dầm nối đặt cốt thép thường về độ dẻo (T. Paulay & J.R. Binney, 1974). Tuy nhiên trong nhiều trường hợp, đặt dầm nối cốt thép thường vẫn hiệu quả nếu như được cấu tạo hợp lý (E. Lim et al, 2016) (L. Galano & A. Vignoli, 2000) ngoài ra do tính chất khó thi công của dầm đặt thép chéo nên nếu dầm thường có sự làm việc tốt thì cũng ưu tiên được sử dụng.

Phần lớn các nghiên cứu về khả năng chịu lực cho dầm nối đặt cốt thép thông thường được thực

¹ Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

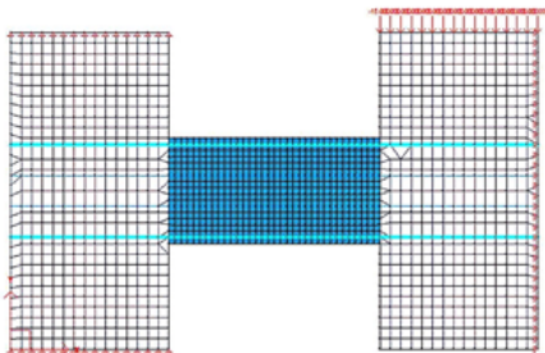
hiện để so sánh với dầm nổi đặt cốt chéo cùng kích thước (D. Naish & J.W. Wallace, 2010) hoặc là, chúng được nghiên cứu với các hàm lượng cốt thép nhất định. Trong các tiêu chuẩn tính toán cũng chỉ đề cập đến sự làm việc của bê tông và cốt đai mà không có thành phần của cốt thép dọc do được tính toán theo quan điểm tiết diện nghiêng (TCVN 5574:2018).

Nghiên cứu của tác giả (Đ.H. Long và P.P.A. Huy, 2016) với việc tính toán theo mô hình trường nén cải tiến đơn giản (SMCFT) đã đánh giá vai trò của cốt thép dọc đối với sự làm việc chịu cắt của dầm bê tông truyền thống. Nghiên cứu (Mihaylov, 2017) theo mô hình đàn cứng chỉ ra vai trò của cốt thép dọc đối với sự làm việc của dầm nổi.

Bài báo trình bày mô hình bằng phần tử hữu hạn cho một trường hợp dầm nổi đã được thí nghiệm, sau đó thay đổi các hàm lượng cốt thép để khảo sát sự làm việc. Kết quả được so sánh với các tính toán theo các phương pháp khác nhau để theo dõi sự ảnh hưởng cốt thép dọc và cốt thép đai đối với sự làm việc của dầm.

2. LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN VÀ MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU CỦA DẦM NỔI

Theo sự làm việc của dầm nổi trong hệ kết cấu có thể tách sơ đồ làm việc của dầm nổi như trên Hình 1. Theo đó dầm nổi được nối vào hai tường biên để tạo liên kết ngàm của hai đầu, tường biên trái được giữ cố định còn tường biên phải có thể di chuyển được theo phương đứng nhưng được giữ dịch chuyển theo phương ngang.



Hình 1. Mô hình PTHH của dầm nổi theo phần mềm Vector2

Dầm nổi được nghiên cứu trong bài báo là mẫu dầm CB20-2 (E. Lim, 2016). Dầm có kích thước 30x50cm, tỉ lệ nhịp trên chiều cao bằng 2 - dạng dầm cao (deep beam (B.I. Mihaylov, 2013)). Đầu tiên mô hình hóa, lựa chọn các thông số cho khớp với kết quả thí nghiệm, sau đó điều chỉnh để khảo sát khả năng chịu cắt của dầm nổi theo các hàm lượng cốt thép dọc và cốt thép đai.

Khảo sát dầm nổi được dựa trên Mô hình theo lý thuyết miền nén cải tiến (MCFT) (Vecchio & Collins, 1986) trong phần mềm (Vector2, 2017) (người dùng phải tự mô hình phần tử, lựa chọn mô hình vật liệu, mô hình cốt thép, các mô hình liên kết), mô hình MCFT được tính tự động theo phần mềm Response2000 (E.C. Bentz & M.P. Collins, 2000). Dầm nổi còn được tính theo lý thuyết miền nén cải tiến đơn giản (SMCFT) (Bentz et al, 2006) bằng cách lập các bảng tính đúng dần để tính ra được khả năng chịu cắt và bề rộng vết nứt tương ứng. Ngoài ra, kết quả tính toán còn được so sánh với kết quả tính theo công thức thực nghiệm của tiêu chuẩn Mỹ (ACI 318-19) và công thức của tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 5574:2018).

Khả năng chịu cắt tính toán theo SMCFT được xác định theo ứng suất cắt trong tiết diện:

$$v = \beta \sqrt{f'_c} + \rho_z f_{sw} \cot \theta \quad (1)$$

Với β và θ là hai đại lượng quan trọng cần xác định, hai đại lượng này ràng buộc lẫn nhau, theo MCFT phải lập các bảng tính sẵn khá phức tạp và khó để tính toán thủ công. Tuy nhiên, SMCFT xác định hai đại lượng này độc lập theo các biểu thức (2) và (3).

$$\beta = \frac{0,4}{1 + 1500 \varepsilon_x} \frac{1300}{1000 + S_{xe}} \quad (2)$$

$$\theta = (29^\circ + 7000 \varepsilon_x) \left(0,88 + \frac{S_{se}}{2500} \right) \leq 75^\circ \quad (3)$$

Bề rộng vết nứt của dầm theo lý thuyết SMCFT được tính theo công thức:

$$w = s_\theta \varepsilon_1 \quad (4)$$

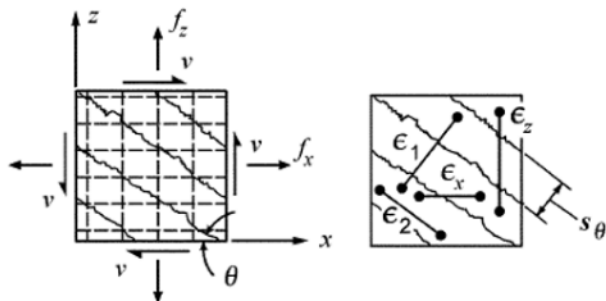
Với:

$$s_\theta = 1 / \left(\frac{\sin \theta}{s_x} + \frac{\cos \theta}{s_z} \right) \quad (5)$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x (1 + \cot^2 \theta) + \frac{\cot^4 \theta}{15000(1 + \sqrt{500\varepsilon_1})} \quad (6)$$

$$s_x = \frac{S_{xe}(a_g + 16)}{35} \quad (7)$$

Các thông số tính toán được cho như trên Hình 2:



Hình 2. Các thông số trong mô hình SMCFT

Trong mô hình SMCFT, khi tính toán các giá trị biến dạng, khoảng cách vết nứt được giả định rời rạc tính lập sao cho thỏa mãn điều kiện giả thiết của biến dạng ban đầu và ứng suất trong cốt thép dọc không vượt quá giới hạn chảy của nó. Tính toán SMCFT là một quá trình tính lập, kết quả cuối cùng của vết nứt có được sau khi đã xác định được giá trị biến dạng, ứng suất cốt (trung bình) trong bê tông, và góc nghiêng θ .

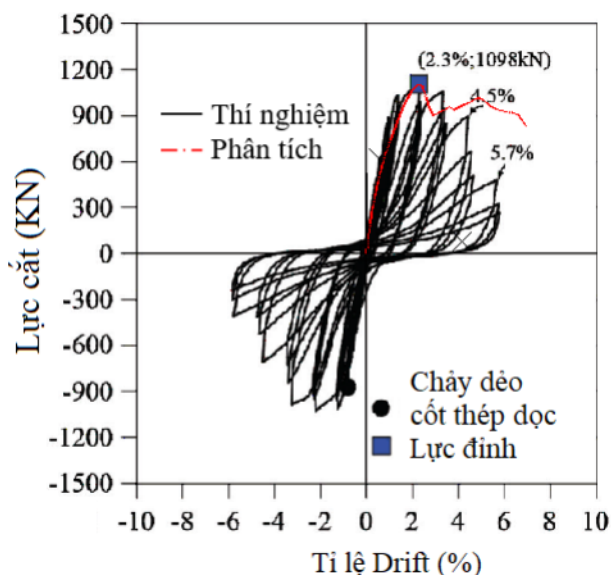
Các thông số vật liệu của dầm nổi được nghiên cứu như sau: bê tông có $f'_c = 52,2\text{Mpa}$, cốt thép có giới hạn chảy f_y lần lượt bằng 502Mpa cho D13, bằng 450,3Mpa cho D32 và 447,8Mpa cho D36. Thép đai ban đầu bố trí có hàm lượng 1,26% (thép D13a70), thép dọc mỗi lớp đặt 2D32 và 1D36 (hàm lượng 1,75%). Mô hình các dầm nổi theo thông số này cho khớp với kết quả thí nghiệm. Sau đó điều chỉnh cốt thép đai xuống 0,63% và 0,315% để khảo sát kết quả. Ứng với mỗi cấu tạo thép đai, cho thép dọc thay đổi từ hàm lượng 0,11% đến 2,62%.

3. KẾT QUẢ KHẢO SÁT SỰ LÀM VIỆC CỦA DẦM NỔI THEO HÀM LƯỢNG CỐT THÉP DỌC VÀ CỐT THÉP ĐAI

3.1. Kết quả so sánh phân tích mô hình với kết quả thực nghiệm

Hình 3 là kết quả phân tích của của phần mềm

Vector2 được so với kết quả thực nghiệm. Kết quả tính toán vết nứt tính bằng công thức của SMCFT cho kết quả dự đoán khá tốt, bề rộng vết nứt khi lực cắt đạt giá trị lớn nhất là 0,41mm (phần mềm Vector tính được bề rộng vết nứt là 0,52mm) so với kết quả thực nghiệm là 0,5mm. Kết quả tính toán tự động theo mô hình MCFT bằng phần mềm Response 2000 và tính toán bằng lý thuyết SMCFT cũng cho khả năng chịu cắt tương tự với kết quả thực nghiệm (lực cắt tính được tương ứng bằng phần mềm Response và SMCFT là 1130KN và 1111KN so với 1098KN của thực nghiệm).



Hình 3. Quan hệ lực - tỉ lệ Drift của mẫu CB20-2 theo KQ thí nghiệm và VecTor2

3.2. Kết quả khảo sát khả năng chịu lực của dầm nổi theo các trường hợp cấu tạo của cốt thép đai và thép dọc và theo các mô hình tính toán

Kết quả tính toán khả năng chịu cắt và bề rộng khe nứt được cho trong Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3. Trong đó a_{cr} - bề rộng vết nứt được tính theo công thức của SMCFT. Bảng 4 thể hiện kết quả tính toán cho dầm có HLCD bằng 1,75% và HLCTĐ được thay đổi.

Bảng 1. Kết quả tính toán cho dầm theo HLCĐ 0,315%

HLCĐ	HLCTD	V_MCFT (KN)	V_ACI (KN)	V_TCVN (KN)	V_Res (KN)	V_SMCFT (KN)	a _{cr} (mm)
0.315%	0.11%	424	401	352	190	163	0.81
0.315%	0.44%	522	401	352	360	355	0.69
0.315%	0.88%	566	401	352	502	438	0.52
0.315%	1.75%	590	401	352	559	541	0.38
0.315%	2.63%	612	401	352	588	576	0.35

Bảng 2. Kết quả tính toán cho dầm theo HLCĐ 0,63%

HLCĐ	HLCTD	V_MCFT (KN)	V_ACI (KN)	V_TCVN (KN)	V_Res (KN)	V_SMCFT (KN)	a _{cr} (mm)
0.63%	0.11%	468	623	515	258	187	0.72
0.63%	0.44%	593	623	515	530	503	0.51
0.63%	0.88%	746	623	515	742	627	0.58
0.63%	1.75%	800	623	515	802	756	0.49
0.63%	2.63%	917	623	515	875	918	0.36

Bảng 3. Kết quả tính toán cho dầm theo HLCĐ 1,26%

HLCĐ	HLCTD	V_MCFT (KN)	V_ACI (KN)	V_TCVN (KN)	V_Res (KN)	V_SMCFT (KN)	a _{cr} (mm)
1.26%	0.11%	637	898	732	300	332	0.74
1.26%	0.44%	773	898	732	730	632	0.56
1.26%	0.88%	940	898	732	909	835	0.49
1.26%	1.75%	1110	898	732	1130	1111	0.41
1.26%	2.63%	1137	898	732	1198	1227	0.38

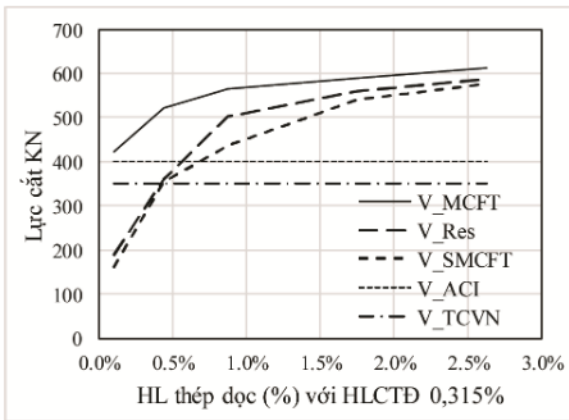
Bảng 4. Kết quả tính toán cho dầm theo HLCĐ 1,75%

HLCTD	HLCĐ	V_MCFT (KN)	V_ACI (KN)	V_TCVN (KN)	V_Res (KN)	V_SMCFT (KN)	a _{cr} (mm)
1.75%	0.315%	590	401	352	559	541	0.38
1.75%	0.63%	800	623	515	802	756	0.49
1.75%	1,26%	1110	898	732	1130	1111	0.41

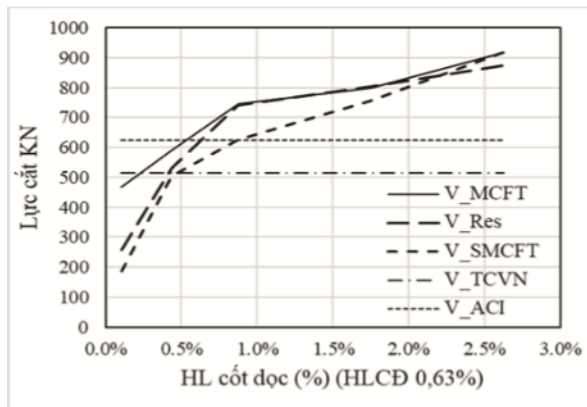
Kết quả tính toán được thể hiện trên các biểu đồ ở Hình 4, Hình 5 và Hình 6 thể hiện khả năng chịu cắt của dầm nổi trong ứng với 3 hàm lượng

cốt thép đai 0,315%, 0,63% và 1,26% ứng với sự thay đổi HLCTD. Kết quả thể hiện trên Hình 7 là khả năng chịu cắt của dầm nổi có bố trí cốt thép

đọc với hàm lượng bằng 1,75% với 3 hàm lượng khác nhau của cốt thép đai.



Hình 4. Khả năng chịu cắt của dầm nối có HLCTĐ 0,315%



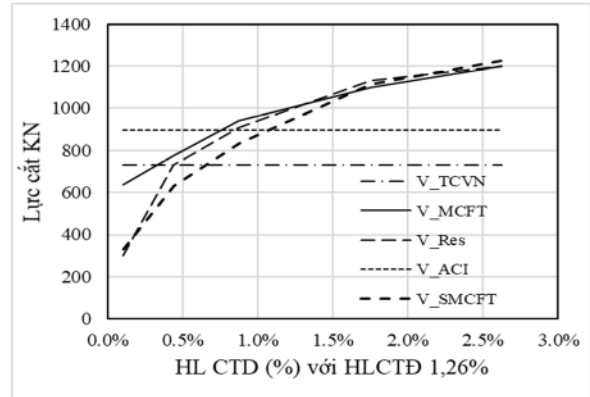
Hình 5. Khả năng chịu cắt của dầm nối có HLCTĐ 0,63%

Kết quả tính toán ta thấy, khả năng chịu cắt không chỉ ảnh hưởng bởi cốt thép đai mà nó còn ảnh hưởng nhiều bởi cốt thép dọc. Với cùng một hàm lượng cốt thép đai, khi HL cốt thép dọc tăng lên, khả năng chịu cắt của cấu kiện tăng lên đáng kể. Sự tăng của khả năng chịu cắt theo HLCTD là khá đều.

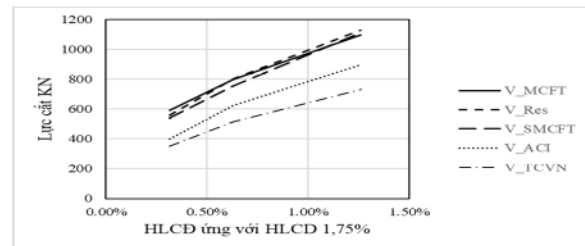
Tính toán với lý thuyết MCFT theo phần mềm Vector2 xác định khá tốt khả năng chịu lực của dầm nối ở hàm lượng cốt thép đai lớn. Khi hàm lượng cốt thép đai nhỏ, mô hình đánh giá cao khả năng làm việc của bê tông. Ở mức cốt đai 0,63% và 1,26% mô hình đánh giá khá sát với mô hình theo phần mềm Response 2000 và SMCFT. Ở

hàm lượng cốt thép dọc 0,5% trở lên, mô hình tính theo Vector2 cũng tính toán chính xác hơn.

Tính toán khả năng chịu cắt theo công thức thực nghiệm của ACI 318-19 và theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 cho khả năng chịu cắt nhỏ hơn khả năng thực sự của dầm nối với mẫu thực nghiệm. Như vậy việc tính toán theo hai tiêu chuẩn này là thiên về an toàn đối với hàm lượng cốt thép dọc ở 0,5% trở lên.



Hình 6. Khả năng chịu cắt của dầm nối có HLCTĐ 1,26%



Hình 7. Khả năng chịu cắt của dầm nối có HLCTĐ 1,75%

Khi tăng hàm lượng cốt thép dọc, không những khả năng chịu cắt của dầm nối tăng lên mà còn làm giảm bề rộng vết nứt.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã nghiên cứu khả năng chịu cắt của dầm nối đặt bê tông cốt thép thông thường theo các mô hình khác nhau, đồng thời so sánh với kết quả tính toán theo các tiêu chuẩn. Kết quả phân tích cho thấy:

Tính toán theo mô hình MCFT dự đoán được sát khả năng chịu lực của dầm theo thực tế thí

nghiệm và cao hơn so với tính toán theo các tiêu chuẩn. Tính toán theo hai tiêu chuẩn là nhỏ hơn và thiên về an toàn đối với hàm lượng cốt thép dọc từ 0,5% trở lên. Với hàm lượng cốt đai nhất định, tính toán theo TCVN 5574:2018 và ACI được khả năng chịu cắt ứng với hàm lượng cốt dọc tương ứng bằng 0,5% và 1% khi tính theo MCFT.

Cốt thép dọc trong dầm ảnh hưởng rõ rệt đến

khả năng chịu cắt của dầm nổi. Càng tăng hàm lượng cốt thép dọc khả năng chịu cắt của dầm nổi càng tăng lên, đồng thời bề rộng vết nứt của dầm cũng giảm xuống. Trong tính toán thiết kế cho dầm nổi cần kể đến vai trò của cốt thép dọc đối với khả năng chịu cắt của dầm. Thép dọc không những làm tăng khả năng chịu cắt của dầm mà còn làm giảm bề rộng vết nứt khi dầm nổi chịu lực cắt lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Tiến Chương, *Phân tích kết cấu nhà cao tầng*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2015.
- Đặng Hồng Long, Phạm Phú Anh Huy, ‘*Đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng cốt dọc đến khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép theo “Lý thuyết Miền nén cải tiến đơn giản”* – Evaluation Influence of Longitudinal Steel Ratio to The Shear Capacity of Reinforced Concrete Beam According to “Simplified Modified Compression Field Theory”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng - Số 3-2016, 2016.
- Nguyễn Tiến Chương, Đoàn Xuân Quý, ‘*Ảnh hưởng của độ cứng dầm nổi đến sự làm việc chịu xoắn của kết cấu lõi nhà cao tầng*’, Hội nghị Khoa học toàn quốc Cơ học Vật rắn lần thứ XIV, Đại học Trần Đại Nghĩa, Thành phố Hồ Chí Minh, 19-20/7/2018, Jul. 2018.
- Nguyễn Tiến Chương, Đoàn Xuân Quý, ‘*Phân tích sự làm việc của kết cấu lõi nửa kín nhà cao tầng chịu tải trọng ngang*’, Hội nghị Khoa học thường niên trường ĐH Thủy Lợi, Hà Nội năm 2018, 2018.
- Chương N. T. and Quý Đ. X., ‘*Tính toán khả năng chịu cắt của dầm nổi trong kết cấu lõi nhà cao tầng đặt cốt thép thông thường theo TCVN 5574: 2018*’, Hội nghị Khoa học thường niên trường ĐH Thủy lợi, Hà Nội năm 2020, p. 4, 2020.
- Quý Đ. X. and Chương N. T., ‘*Sự làm việc chịu xoắn của kết cấu lõi nửa kín nhà nhiều tầng có xét tới ứng xử ngoài giới hạn đàn hồi của dầm nổi*’, Hội nghị Khoa học toàn quốc Cơ học Vật rắn lần thứ XV Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Đại học Thái Nguyên thành phố Thái Nguyên ngày 24 - 25 tháng 9 năm 2021.
- Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574: 2018: *Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép*
- ACI 318-19: *Building code requirements for structural concrete and commentary*
- Smith B.S., Counll A, *Tall Building Structures: Analysis and Design*. John Wiley & Son Inc, 1991.
- Bulgale S. Taranath, *Reinforced Concrete Design of Tall Buildings*. CRC Press, New York, 2010.
- T. Paulay and J.R. Binney, ‘*Diagonally Reinforced Coupling Beams of Shear Walls*’, Symp. Pap., vol. 42, pp. 579–598, Jan. 1974.
- E. Lim, S.-J. Hwang, T.-W. Wang, and Y.-H. Chang, ‘*An Investigation on the Seismic Behavior of Deep Reinforced Concrete Coupling Beams*’, ACI Struct. J., vol. 113, No. 2, Mar. 2016, doi: 10.14359/51687939.
- Luciano Galano and Andrea Vignoli, ‘*Seismic Behavior of Short Coupling Beams with Different Reinforcement Layouts*’, ACI Struct. J., vol. 97, No. 6, 2000, doi: 10.14359/9633.
- D. Naish and J. W. Wallace, ‘*Testing and modeling of diagonally reinforced concrete coupling beams*’, p. 10, 2010.
- B. I. Mihaylov and R. Franssen, ‘*Shear-flexure interaction in the critical sections of short coupling beams*’, Eng. Struct., vol. 152, pp. 370–380, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.engstruct.2017.09.024.

- Boyan I. Mihaylov et al., 'Two-Parameter Kinematic Theory for Shear Behavior of Deep Beams', ACI Structural Journal 110(3) · May 2013, 2013.
- Vecchio F. J, Collins M, 'The Modified Compression Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear', ACI Journal. Titled no, 83 - 22, 1986.
- VecTor Analysis Group, 'VecTor2 - Finite Element Analysis of Reinforced Concrete 4.2'. 2017.
- Evan C. Bentz and Michael P. Collins, 'RESPONSE-2000 Reinforced Concrete Sectional Analysis, Version 1.0.5'. 2000.
- Evan C. Bentz, Frank J. Vecchio, and Michael P. Collins, 'Simplified Modified Compression Field Theory for Calculating Shear Strength of Reinforced Concrete Elements', ACI Struct. J., vol. 103, no. 4, 2006, doi: 10.14359/16438.

Abstract:

**THE SHEAR CAPACITY OF COUPLING BEAMS PLACING
CONVENTIONAL REINFORCEMENTS IN THE WALL
AND CORE STRUCTURE OF MULTI-STORY BUILDINGS**

In the calculation of wall-core structures in multi-story buildings, it is necessary to mention the presence of coupling beams to increase the efficiency of these types of structures. However, the connecting beam is subjected to a large amount of internal force and tends to fail first. The connecting beam must be calculated to ensure the strength and the stiffness to meet the working requirements of the structural system. There are many studies on the bearing capacity as well as the working of connecting beams both experimentally and on numerical models. However, there has not been a specific survey on the interaction between the longitudinal reinforcement and the transverse reinforcement on the working and shearing capacity of the beam. The article will be based on theoretical research, compare computational models to evaluate the working of the beams based on the content of the two types of reinforcement mentioned above. The results show that the longitudinal reinforcement significantly affects the shear strength of the coupling beam and should be included in the calculation of this type of beam structure.

Keywords: Coupling beam, shear resistance, shear wall structure, core wall structure, multi-story building, Modified Compression Field Theory (MCFT).

Ngày nhận bài: 30/9/2021

Ngày chấp nhận đăng: 01/11/2021

