

NGHIÊN CỨU CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN KHẢ NĂNG CHỊU CẮT CỦA DẦM BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO LÝ THUYẾT MIỀN NÉN CẢI TIẾN (STUDY OF THE PARAMETERS EFFECTED THE SHEAR CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE BEAM ACCORDING TO MODIFIED COMPRESSION FIELD THEORY)

Phạm Phú Anh Huy – Khoa Xây dựng, Anh Huy2006@gmail.com

Đặng Hồng Long- Khoa Xây dựng, honglongxlc@gmail.com

Tóm tắt: Đánh giá khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép (BTCT) là vấn đề phức tạp đã và đang được nghiên cứu trên thế giới. Bài báo trình bày cách đánh giá khả năng chịu cắt của dầm BTCT tiết diện chữ nhật theo mô hình Lý thuyết miền nén cải tiến (Modified Compression Field Theory-MCFT) xét đến các yếu tố ảnh hưởng như hàm lượng cốt dọc, vị trí đặt tải trọng và kích thước tiết diện. Một ví dụ số tính toán thực hành để kiểm nghiệm kết quả tính khả năng chịu cắt của dầm BTCT tiết diện chữ nhật theo MCFT, đồng thời so sánh kết quả tính với cách đánh giá khả năng chịu cắt của dầm theo TCVN 5574:2012 khi xét đến các yếu tố ảnh hưởng nêu trên.

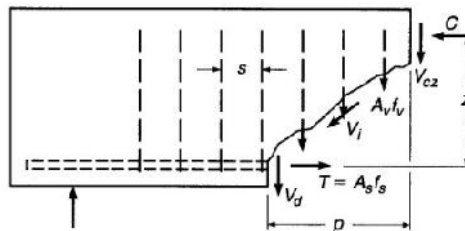
Abstract: Evaluation of the shear capacity of RC beam is very complex problem and being studied in the world. This paper present some methods which evaluate the shear capacity of rectangular RC beam according to Vietnam code and MCFT modeling considered influence factor, such as reinforcement ratios, location of load, and dimensions of section. Some of examples are conducted to check the result of shear capacity of rectangular RC beam according to Vietnam code (TCVN) and MCFT considering those factors.

Từ khóa: khả năng chịu cắt, miền nén cải tiến, cốt đai, shear capacity, stirrup, modified compression field theory.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phá hoại dầm BTCT không những 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). Thông thường, sự phá hoại trên tiết diện thẳng góc được đảm bảo nếu bố trí cốt dọc hợp lý, còn sự phá hoại trên các tiết diện nghiêng thì diễn ra phức tạp hơn. Nhiều nghiên cứu [5],[6],[7] đã chỉ ra khả năng chịu cắt của dầm BTCT trên tiết diện nghiêng là sự đóng góp của các thành phần sau:

$$[Q] = V_{cz} + V_i + V_d + V_s = V_c + V_s \quad (1)$$



Hình 1. Cân bằng lực tại vết nứt kéo xiên trong dầm BTCT có cốt đai

V_{cz} : lực cắt tại vùng bê tông chịu nén chưa xuất hiện vết nứt.

$V_i = V_{ix} + V_{iy}$: lực liên kết tại bề mặt khe nứt thông qua sự cài chặt cốt liệu, được xác định thông qua thí nghiệm, có giá trị bằng khoảng 1/3 tổng giá trị lực cắt [8].

V_d : lực ngang qua cốt thép chịu kéo (phụ thuộc vào chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt dọc).

$V_s = nA_v f_v$: tổng lực cắt trong cốt đai cắt qua vết nứt nghiêng.

Giá trị V_s có thể xác định được thông qua cường độ chảy dẻo của cốt thép đai và số lượng thanh thép đai, còn 3 thành phần còn lại trong công thức (1) chỉ có thể xác định chính xác thông qua thực nghiệm bởi sự ứng xử phức tạp ảnh hưởng qua lại lẫn nhau khi vết nứt phát triển. Tiêu chuẩn AIC 318-08 cho phép gần đúng tổng giá trị của 3 thành phần này thiên về an toàn và lấy bằng giá trị gây nứt bê tông V_{cr} [6],[7]:

$$V_c = V_{cz} + V_{iy} + V_d \approx V_{cr} = (0,16\sqrt{f'_c} + 17\frac{\rho V_u d}{M_u}) b_w d \leq 0,29\sqrt{f'_c} b_w d \quad (2)$$

Như vậy, thực tế có nhiều yếu tố tham gia đóng góp vào khả năng chịu cắt của dầm. Vấn đề xây dựng các công thức xác định khả năng chịu cắt của dầm BTCT tùy thuộc vào quan điểm sử dụng mô hình tính toán của từng quốc gia. Trong những năm gần đây, mô hình *Miền nén cải tiến (MCFT)* xây dựng trên cơ sở lý thuyết- thực nghiệm do Collins và Vecchio phát triển năm 1986 cho kết quả dự báo gần với thực tế [7]. Ngoài các yếu tố truyền thống ảnh hưởng đến khả năng chịu cắt, mô hình MCFT còn xét đến ảnh hưởng của ứng suất kéo trong vùng bê tông bị nứt. Khi nứt, ứng suất cắt truyền qua vết nứt thông qua cốt thép liên kết vết nứt, miễn là cốt thép không chảy, bê tông giữa các vết nứt xem là có hiệu quả sau đó. Các kết quả thực nghiệm được tiến hành ở ba quốc gia (Mỹ, Canada, Nhật) trong suốt gần 20 năm cho thấy MCFT dự đoán khả năng chịu cắt của dầm BTCT với mức độ sai lệch rất khả quan là dưới 12,2% so với thực tế [8]. Do đó, bài báo này sẽ đánh giá một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chịu cắt của dầm BTCT như hàm lượng cốt dọc ρ , tỷ số a/h_0 , kích thước tiết diện thông qua lý thuyết MCFT, đồng thời kiểm nghiệm lại kết quả đánh giá với TCVN 5574-2012. Ví dụ số sẽ được trình bày ở mục 3.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

a. 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 [4],[5]:

$$Q_b = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{c} + 0,75q_{sw}c_0 \quad (3)$$

Trong đó:

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;

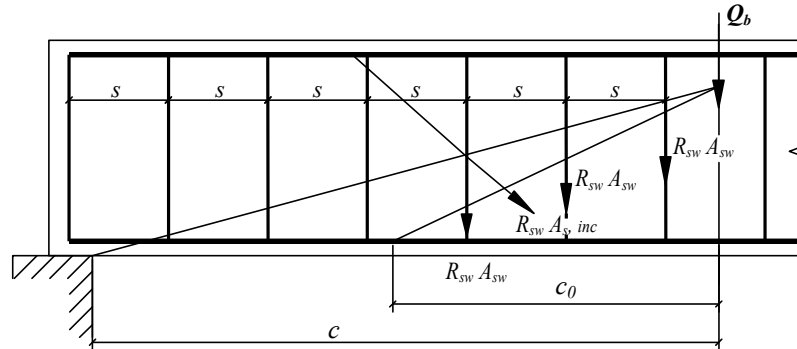
h_0 : chiều cao làm việc của dầm;

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

c: chiều dài hình chiếu tiết diện nghiêng trên trục cầu kiện tính từ mép gối tựa, $c \leq c_{\max} = 2h_0$;

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

$$[Q] = Q_b + Q_{sw} + Q_{s,inc} \quad (4)$$



Hình 2. Sơ đồ nội lực trên tiết diện nghiêng với trục dọc cầu kiện bê tông cốt thép khi tính toán độ bền chịu lực cắt

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

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_0^2}{c} \quad (5)$$

$$\text{Ứng suất cắt: } v_b = \frac{Q_b}{b h_0} = \varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} \frac{h_0}{c} \quad (6)$$

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 xét đến ảnh hưởng cánh chịu nén của tiết diện T, I; $\varphi_f = \frac{0,75 u_f h_f}{b h_0} \leq 0,5$;

$u_f = \min[3h_f; (b_f - b)]$;

Ngoài ra khả năng chịu cắt của bê tông được khống chế: $Q_{b,\min} \leq Q_b \leq Q_{b,\max}$ (7)

Khả năng chịu cắt bé nhất của bê tông: $Q_{b,\min} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_0$ (8)

với $(1 + \varphi_f + \varphi_n) \leq 1,5$; $Q_{b,\max} = 2,5 R_{bt} b h_0$ (9)

Khả năng chịu cắt của cốt đai: $Q_{sw} = q_{sw} c_0$ (10)

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

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

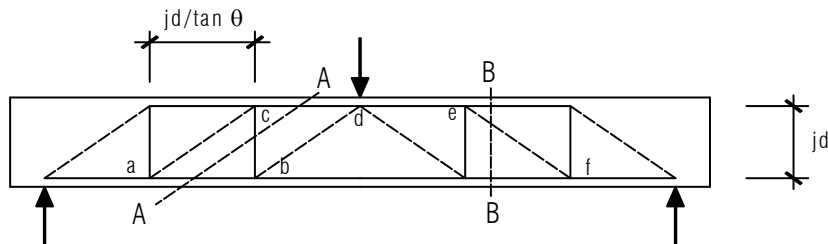
Khả năng chịu cắt của cốt xiên: $Q_{s,inc} = \sum R_s A_{s,inc} \sin \alpha$ (11)

b. Lý thuyết miền nén và miền nén cải tiến

Theo lý thuyết miền nén – CFT (Compression Field Theory) được đề xuất bởi Mitchell và Collins vào năm 1974. Lý thuyết này cơ bản dựa trên mô hình giàn với các thanh xiên nghiêng 45° . Theo mô hình này, sức chống cắt đạt tới khi cốt đai bị chảy và sẽ tương ứng với một ứng suất cắt là:

$$v = \frac{A_v f_y}{b_w s} = \rho_v f_y \quad (12)$$

với ρ_v là hàm lượng cốt đai.



Hình 3: Mô hình dãn với góc nghiêng 45°

Dạng tổng quát của phương trình (12) là:

$$v = \rho_v f_y \cot g \theta \quad (13)$$

với θ - góc của vết nứt nghiêng.

Các phương pháp đánh giá khả năng chịu cắt của dải bê tông chịu nén nghiêng giữa các vết nứt gọi là lý thuyết miền nén (CFT). Vấn đề cơ bản trong lý thuyết miền nén là xác định góc nghiêng θ . Nếu cốt thép dọc dãn dài theo lượng biến dạng là ε_x , thì cốt thép ngang sẽ bị dãn dài theo lượng là ε_y , bê tông chịu nén xiên sẽ bị ngăn lại theo một lượng là ε_2 , nên hướng của biến dạng nén chính có thể tìm được theo phương trình của Wagner [8],[9]:

$$\tan^2 \theta = (\varepsilon_x + \varepsilon_2) / (\varepsilon_y + \varepsilon_2) \quad (14)$$

Lý thuyết miền nén CFT yêu cầu việc tính toán biến dạng nén trong bê tông, (ε_2), đi kèm với ứng suất nén (f_2). Để làm việc đó Vecchio và Collins [9] đã giả thiết mối quan hệ ứng suất - biến dạng có dạng đơn giản sau:

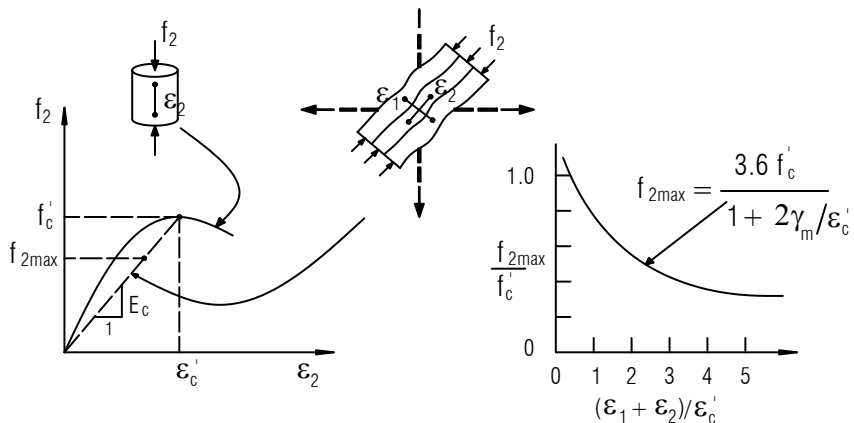
$$f_2 = f_{2,max} [2(\varepsilon_2 / \varepsilon'_c) - (\varepsilon_2 / \varepsilon'_c)^2] \quad (15)$$

Dựa trên các kết quả nhận được từ một loạt các dầm thí nghiệm (1978), Collins đã chỉ ra là khi vòng tròn biến dạng càng lớn thì ứng suất nén cần để phá hoại bê tông, $f_{2,max}$, sẽ nhỏ đi. Mối quan hệ được đưa ra là:

$$f_{2,max} = \frac{3,6 f'_c}{1 + \frac{2\gamma_m}{\varepsilon'_c}} \quad (16)$$

trong đó: γ_m - đường kính của vòng tròn biến dạng ($\gamma_m = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$);

ε'_c - biến dạng mà tại đó bê tông trong khi thí nghiệm nén mẫu hình trụ đạt tới cường độ chịu nén đặc trưng f'_c .



Hình 4. Quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông vùng nứt khi chịu nén

Trong lý thuyết miền nén (CFT), hai giả thiết quan trọng được thiết lập là bê tông không chịu kéo sau khi bị nứt và góc nghiêng của ứng suất nén xiên trùng với góc nghiêng của biến dạng chính. Thực tế cho thấy, hướng của ứng suất chính không giống với hướng của biến dạng sau khi bê tông bị nứt. Như vậy, có thể thấy rằng lý thuyết miền nén đã bỏ qua sự đóng góp của ứng suất kéo trong các vùng bê tông bị nứt và do đó có những ước lượng quá lớn sự biến dạng và đánh giá thấp về cường độ.

Lý thuyết miền nén cải tiến (MCFT) được đưa ra bởi Vecchio và Collins [7],[8],[9]. Khác với các mô hình truyền thống, MCFT có kể tới ảnh hưởng của ứng suất kéo trong vùng bê tông bị nứt. Khi nứt, ứng suất cốt truyền qua vết nứt thông qua cốt thép liên kết vết nứt, miền là cốt thép không chảy. Bê tông giữa vết nứt được coi là có hiệu quả sau đó. Người ta nhận thấy là ứng suất cục bộ trong cả bê tông và cốt thép sẽ khác biệt từ điểm này đến điểm khác trong vùng bê tông bị nứt, với ứng suất cốt thép cao nhưng ứng suất kéo của bê tông thấp tại các điểm nứt. Khi xác định giá trị góc của vết nứt nghiêng θ từ phương trình của Wagner, các điều kiện tương thích liên hệ biến dạng trong vùng bê tông bị nứt đối với biến dạng trong cốt thép được mô tả theo biến dạng trung bình, trong đó biến dạng được đo dọc theo chiều dài cơ sở lớn hơn chiều rộng của vết nứt.

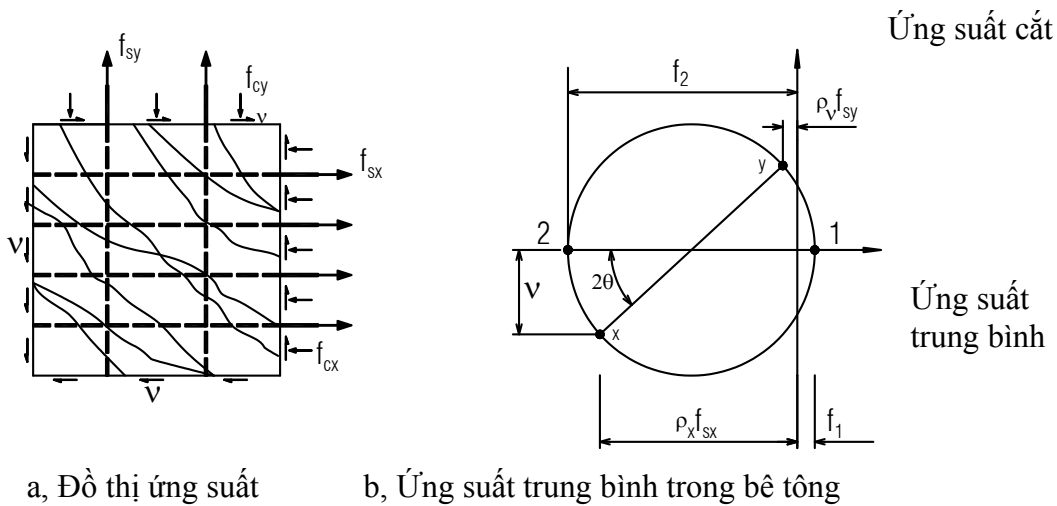
Các điều kiện cân bằng, trong đó liên hệ giữa ứng suất của bê tông và ứng suất của cốt thép với lực tác dụng được thể hiện theo các trị số của ứng suất trung bình, tức là trị số trung bình của ứng suất lấy trên chiều dài lớn hơn khoảng cách của vết nứt. Các mối quan hệ này có thể xác định từ hình 4 theo các phương trình sau:

$$\rho_v f_{sy} = f_{cy} = v \tan \theta - f_1 \quad (17)$$

$$\rho_x f_{sx} = f_{cx} = v \cot \theta - f_1 \quad (18)$$

$$f_2 = v(\tan \theta + \cot \theta) - f_1 \quad (19)$$

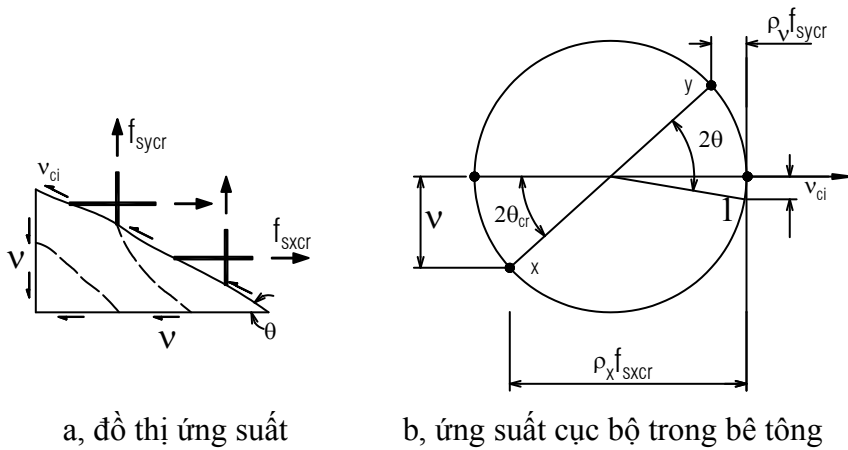
Các phương trình cân bằng, các mối quan hệ tương thích, quan hệ ứng suất - biến dạng của cốt thép và quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông trong vùng nứt khi chịu nén cho phép xác định trị số ứng suất trung bình, biến dạng trung bình, và góc nghiêng θ đối với bất kỳ cấp tải trọng nào cho đến khi phá hoại.



a, Đồ thị ứng suất

b, Ứng suất trung bình trong bê tông

Hình 5. Cân bằng theo trị số ứng suất trung bình



a, đồ thị ứng suất

b, ứng suất cục bộ trong bê tông

Hình 6. Cân bằng theo ứng suất cục bộ tại một vết nứt

Từ hình 5 và 6, ứng suất trong cốt thép tại các vết nứt có thể được xác định:

$$\rho_v f_{sycr} = v \tan \theta - v_{ci} \tan \theta \quad (20)$$

$$\rho_x f_{sxcr} = v \cot \theta + v_{ci} \cot \theta \quad (21)$$

Phá hoại của phần tử bê tông cốt thép sẽ chịu ảnh hưởng không phải từ ứng suất trung bình mà bởi ứng suất cục bộ tác dụng tại vết nứt. Khi kiểm tra các điều kiện trên tại một vết nứt, dạng nứt phức tạp thực tế sẽ được đơn giản hoá bao gồm một loạt các vết nứt song song cùng nghiêng góc θ so với thép dọc và cách nhau một khoảng s_θ . Giá trị cực đại của V_{ci} được lấy theo mối liên hệ giữa chiều rộng của vết nứt, (w), và kích cỡ cực đại của cốt liệu, (a), theo phương trình:

$$V_{ci} \leq \frac{0,18 \sqrt{f'_c}}{0,3 + \frac{a}{16}} \text{ (MPa, mm)} \quad (22)$$

Chiều rộng của vết nứt được lấy bằng khoảng cách của vết nứt nhân với biến dạng kéo chính, ε_1 , ($w = \varepsilon_1 s_\theta$).

Với những tải trọng lớn, biến dạng trung bình trong cốt đai, (ε_y), thông thường sẽ vượt quá biến dạng chảy của cốt thép. Trong trường hợp này cả f_{sy} trong phương trình (17) và f_{sycr} trong phương trình (20) sẽ bằng với ứng suất chảy trong cốt đai. Cân bằng về phải của 2 phương trình này và thay V_{ci} từ phương trình (22), sẽ có:

$$f_1 \leq \frac{0,18\sqrt{f'_c}}{0,3 + \frac{24w}{a+16}} \operatorname{tg}\theta \quad (23)$$

Việc giới hạn ứng suất kéo chính trung bình, f_1 , trong bê tông nhằm kể tới khả năng phá hoại theo cơ chế cài chặt của cốt liệu, điều này sẽ đảm nhiệm vai trò truyền ứng suất cắt bề mặt, (V_{ci}), dọc theo bề mặt của vết nứt.

Khi những ứng suất kéo này được kể tới, theo lý thuyết MCFT, kể cả các phần tử không có cốt đai cũng được dự báo một sức kháng cắt đáng kể sau khi nứt. Sức kháng cắt dự báo không chỉ là một hàm của lượng cốt thép đai gia cường mà còn là của lượng cốt thép dọc. Tăng lượng cốt thép dọc sẽ tăng sức kháng cắt.

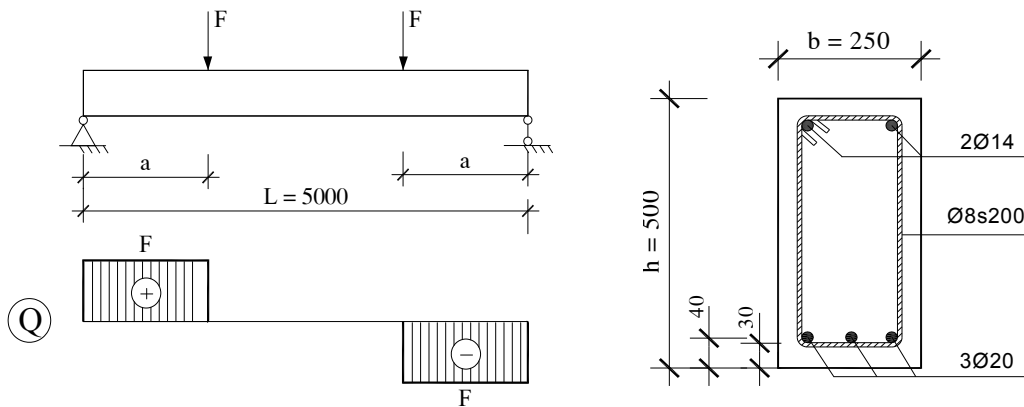
Theo lý thuyết miền nén cải tiến, để xác định khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép có thể dùng phương pháp an toàn là dùng biến dạng dọc lớn nhất, (ε_x), xảy ra trong thân dầm. Trong tính toán thiết kế, ε_x có thể được xác định gần đúng là biến dạng trong thanh chịu kéo của giàn tương đương.

Qua các kết quả thí nghiệm và so sánh với lý thuyết, MCFT đưa ra những điểm tiến bộ hơn và một dự báo tin cậy về khả năng kháng cắt của cấu kiện.

3. BÀI TOÁN NGHIÊN CỨU

Mô hình bài toán khảo sát là một dầm BTCT chịu tải trọng tập trung, sơ đồ như hình 7, bố trí cốt đai phân bố đều.

Quy trình tính toán theo MCFT là quy trình lặp, khá phức tạp nên việc sử dụng phần mềm *Response 2000* [10] xây dựng trên cơ sở lý thuyết MCFT, có thể dễ dàng khảo sát số với các trường hợp khác nhau.



Hình 7. Mô hình khảo sát khả năng chịu cắt của dầm

Các thông số khảo sát như sau:

Chiều cao dầm được khảo sát là những cao thông thường trong kết cấu nhà dân dụng $h = (40 \div 120) \text{cm}$.

Bề rộng dầm được lấy với tỷ số $b/h = 0,5$.

Bê tông cấp độ bền B20, thép dọc nhóm CII, cốt đai nhóm CI.

Tỷ số a/h_0 không chế trong khoảng từ 1 đến xấp xỉ 2,5.

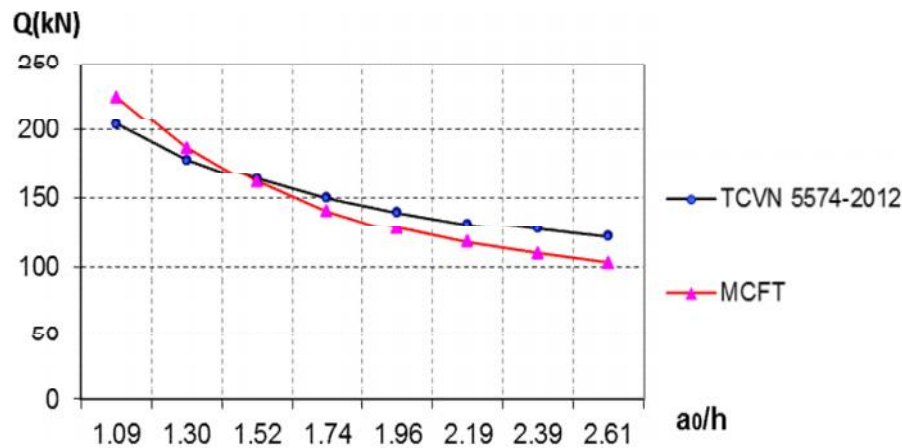
Các thông số khác thông số đã cho ở trên bài báo không xét đến, vì khi đó sẽ cho các kết quả khá phức tạp. Do vậy sẽ được trình bày trong các bài báo tiếp theo.

3.1. Trường hợp hàm lượng cốt dọc và tiết diện không đổi

Chọn hàm lượng cốt dọc $\mu = 0,8\%$ (tương đương $A_s \approx 9,425\text{cm}^2$ như hình 5) và không thay đổi trong bài toán khảo sát, tiết diện dầm không đổi $b \times h = (25 \times 50)\text{cm}^2$. Kết quả tính toán khả năng chịu cắt của dầm Q_b theo MCFT và theo TCVN 5574:2012 cho các trường hợp khảo sát khi nhịp chịu cắt thay đổi được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Khả năng chịu cắt của dầm (kN) trong trường hợp hàm lượng cốt dọc $\mu=0,8\%$ và tiết diện không đổi.

a(mm)	a/h ₀	5574:2012	MCFT
500	1,09	203,6	225,3
600	1,30	179,8	187,8
700	1,52	162,8	161,0
800	1,74	150,0	140,8
900	1,96	140,1	126,4
1000	2,19	132,2	116,8
1100	2,39	125,7	109,4
1200	2,61	120,25	102,9



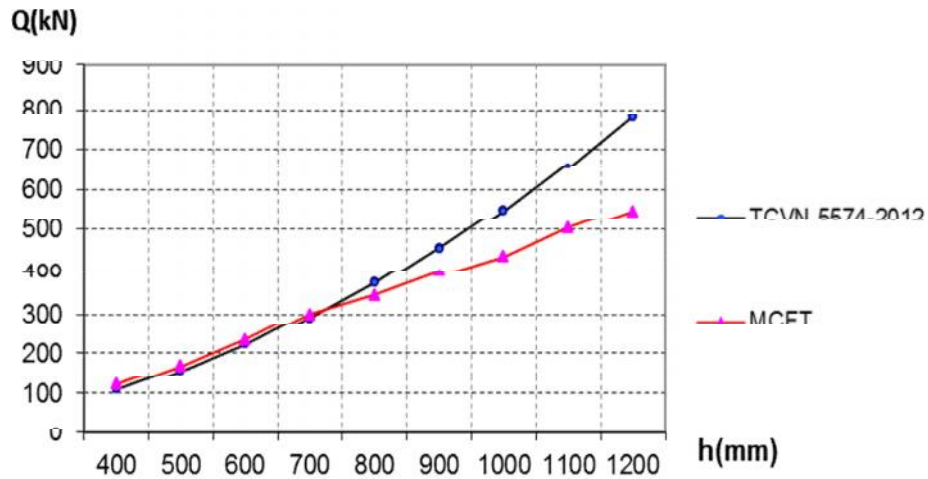
Hình 8. Khả năng chịu cắt của dầm (kN) trong trường hợp hàm lượng cốt dọc $\mu=0,8\%$ và tiết diện không đổi.

3.2. Trường hợp hàm lượng cốt dọc và tỷ số a/h₀ không đổi

Chọn hàm lượng cốt dọc $\mu = 0,8\%$, tỷ số $a/h_0 = 1,5$; $b/h = 0,5$. Kết quả tính toán khả năng chịu cắt của dầm Q_b theo MCFT và theo TCVN5574:2012 cho các trường hợp khảo sát khi tiết diện thay đổi được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Khả năng chịu cắt của dầm (kN) khi thay đổi kích thước tiết diện trường hợp $\mu=0,8\%$, $a/h_0=1,5$

h(mm)	5574:2012	MCFT
400	109,2	119,9
500	160,7	172,4
600	221,1	230,3
700	290,6	299,7
800	369,0	342,0
900	456,5	394,8
1000	552,9	438,1
1100	658,4	502,9
1200	772,8	551,4



Hình 9. Khả năng chịu cắt của dầm khi thay đổi kích thước tiết diện trường hợp $\mu=0,8\%$, $a/h_0=1,5$

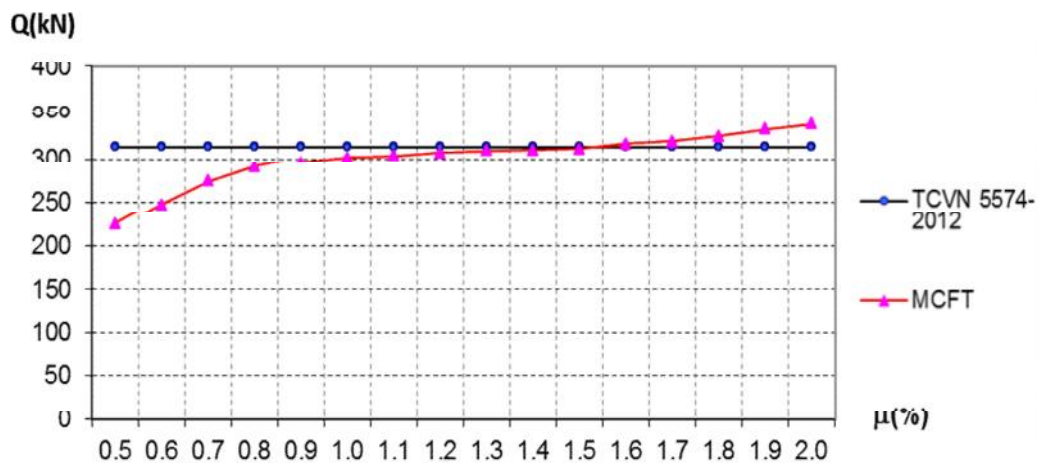
Nhận xét: Tiết diện tăng thì khả năng chịu cắt của dầm cũng tăng. Kết quả tính theo MCFT và 5574:2012 xấp xỉ khá tốt với nhau khi chiều cao dầm nhỏ hơn hoặc bằng 70cm. Trong trường hợp $\mu = 0,8\%$ khả năng chịu cắt khi đánh giá theo TCVN5574:2012 có xu hướng lớn hơn MCFT khi chiều cao dầm $h > 70\text{cm}$.

3.3. Trường hợp hàm lượng cốt dọc thay đổi.

Khảo sát khi hàm lượng cốt dọc thay đổi $\mu = (0,5 \div 2,0)\%$. Tỷ số $a/h_0 = 1,5$. Tiết diện dầm $(b \times h) = (35 \times 70)\text{cm}^2$. Kết quả tính khả năng chịu cắt của dầm theo TCVN5574:2012 và MCFT được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Khả năng chịu cắt của dầm (kN) khi hàm lượng cốt dọc thay đổi.

$\mu(\%)$	5574:2012	MCFT	$\mu(\%)$	5574:2012	MCFT
0,5	311,9	222,0	1,3	311,9	308,2
0,6	311,9	247,8	1,4	311,9	309,0
0,7	311,9	271,1	1,5	311,9	310,2
0,8	311,9	286,1	1,6	311,9	315,1
0,9	311,9	296,1	1,7	311,9	318,0
1,0	311,9	301,2	1,8	311,9	323,2
1,1	311,9	303,0	1,9	311,9	330,0
1,2	311,9	306,4	2,0	311,9	335,0



Hình 10. Khả năng chịu cắt của dầm khi hàm lượng cốt dọc thay đổi.

Từ các bài toán khảo sát trên ta rút ra một số nhận xét sau:

- Khả năng chịu cắt của dầm BTCT giảm khi tỷ số a/h_0 tăng và khi tỷ số $a/h_0 \geq 1,5$ thì kết quả đánh giá theo MCFT là thiên về an toàn hơn TCVN5574:2012.
- Tiết diện ảnh hưởng đến khá lớn đến khả năng chịu cắt của dầm, khả năng chịu cắt đánh giá theo mô hình MCFT và TCVN5574:2012 có giá trị xấp xỉ tốt với nhau khi chiều cao dầm nhỏ hơn hoặc bằng 70cm. Trường hợp hàm lượng cốt thép $\mu = 0,8\%$, khi chiều cao dầm lớn hơn 70cm thì phương pháp đánh giá theo mô hình MCFT cho kết quả thiên về an toàn hơn.
- Hàm lượng cốt dọc không được xét đến khi đánh giá khả năng chịu cắt theo TCVN5574:2012, điều này là chưa hợp lý. Theo MCFT khi hàm lượng cốt dọc tăng thì khả năng chịu cắt của dầm cũng tăng, tuy nhiên khi hàm lượng $\mu \geq 1,0\%$ thì khả năng chịu cắt tăng chậm. Khi hàm lượng $\mu \geq 1,5\%$ thì khả năng chịu cắt đánh giá theo TCVN5574:2012 cho kết quả an toàn so với MCFT.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Sử dụng mô hình theo lý thuyết Miền nén cải tiến để đánh giá khả năng chịu cắt của dầm thông qua phần mềm *Response 2000* có nhiều ưu điểm. Khả năng chịu cắt của dầm cần xét đến ảnh hưởng của hàm lượng cốt dọc, nên lưu ý đến những dầm có hàm lượng cốt dọc bé hơn 1,5% khi đánh giá theo TCVN5574:2012. Vị trí đặt lực tập trung cũng cần phải được chú ý, xem xét thiết kế sao cho tỷ số $a/h_0 > 1,5$ để kết quả đánh giá lực cắt theo TCVN 5574:2012 có kết quả thiên về an toàn. Tiết diện có ảnh hưởng khá lớn đến khả năng chịu cắt, với dầm có chiều cao dưới 700mm thì khả năng chịu cắt của dầm theo MCFT xấp xỉ tốt với cách đánh giá theo TCVN 5574:2012.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phùng Ngọc Dũng, Lê Thị Thanh Hà(2014), *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.
- [2] Phan Quang Minh (2014), *Kết cấu bê tông cốt thép – phần cấu kiện cơ bản*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội 2014.
- [3] Tiêu chuẩn Việt Nam (2012), *Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép*, TCVN5574-2012, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội 2012.
- [4] ACI Committee 318 (2008), *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary (318R-08)*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- [5] Abdul Ghaffar (2010), *Development of shear capacity equations for rectangular reinforced concrete beam*, Pak. J. Engg. & Appl. Sci. Vol 6, Jan, 2010 (p1-8)
- [6] Bentz, E.C., Vecchio, F.J., & Collins, M.P. (2006). *Simplified Modified Compression Field Theory for Calculating Shear Strength of Reinforced Concrete Elements*, ACI Structural Journal, v.103, n.4, pp.614-624
- [7] Collins, M.P., & Vecchio, F.J. (1986). *The Modified Compression Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear*, ACI Journal, v.83, n.2, pp.219-231.

- [8] Evan C. Bentz, Frank J. Vecchio, and Michael P. Collins (2006), *Simplified Modified Compression Field Theory for Calculating Shear Strength of Reinforced Concrete Elements*, ACI structure journal, August 2006 (p614-p624)
- [9] Frank J. Vecchio and Michael P. Collins (1986), *The modified compression field theory for reinforced concrete elements subjected to shear*, ACI journal, March 1986
- [10] Ibrahim M. Metwally (2012), Evaluate the capability and accuracy of response-2000 program in prediction of the shear capacities of reinforced and prestressed concrete members, HBRC Journal (2012) 8, p99-106.