VẬT LIỆU & XÂY DỰNG
Tạp chí Vật liệu và Xây dựng
ISSN 1859 - 381X
Website: www. jomc.vn

Khả năng chịu cắt của cấu kiện bê tông lắp ghép theo tiêu chuẩn BS EN 1992-1-1

Nguyễn Anh Dũng[1*]

[1] Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

TỪ KHOÁ

Bê tông lắp ghép
Tiêu chuẩn BS EN 1992-1-1
Phương pháp giàn ảo
Mối nối dọc

TÓM TẮT

Kết cấu bê tông lắp ghép ngày càng phổ biến ở Việt Nam, tuy nhiên các tài liệu chỉ dẫn thiết kế chi tiết cho kết cấu này chưa nhiều. Trong đó tính toán chịu cắt của kết cấu bê tông là một dạng bài toán phức tạp, chưa có sự thống nhất trong các tiêu chuẩn thiết kế của các nước. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 5574:2018 là tiêu chuẩn hiện hành cho thiết kế kết cấu bê tông dựa theo tiêu chuẩn của Liên bang Nga. Bộ Xây dựng đang chủ trì thực hiện hoàn thiện lại hệ thống tiêu chuẩn xây dựng, trong đó có Dự thảo ban hành tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông theo Châu Âu cụ thể là tiêu BS EN 1992-1-1. Đi theo định hướng mới này, bài báo tổng hợp các trường hợp phải tính toán chịu cắt cho kết cấu bê tông lắp ghép, trong đó các chỉ dẫn tính toán được dựa theo tiêu chuẩn BS EN 1992-1-1. Các thông tin này là tài liệu hữu ích cho các kỹ sư thiết kế kết cấu bê tông lắp ghép theo tiêu chuẩn Châu Âu.

KEYWORDS

Precast concrete
BS EN 1992-1-1
Shear capacity
Strut and tie method
Longitudinal joints

ABSTRACT

Precast concrete structures are becoming increasingly popular in Vietnam; however, detailed design guidelines for these structures are still scarce. In particular, shear strength calculations for concrete structures are a complex problem, lacking uniformity in design standards across different countries. The current national standard TCVN 5574:2018 is based on the Russian Federation standard for concrete structure design. The Ministry of Construction is currently working on revising the construction standards system, including a draft standard for concrete structure design according to European standards, specifically BS EN 1992-1-1. Following this new direction, this article summarizes cases requiring shear strength calculations for precast concrete structures, with calculation guidelines based on BS EN 1992-1-1. This information is a useful resource for engineers designing prefcast concrete structures according to European standards.

1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây các công trình xây dựng như nhà cao tầng và các kết cấu hạ tầng kỹ thuật sử dụng ngày càng nhiều kết cấu bê tông lắp ghép. Nhiều công ty xây dựng nhập khẩu các dây truyền công nghệ về bê tông lắp ghép để sản xuất và xây dựng, điển hình như tổng công ty VINACONEX đã nhập khẩu và sản xuất bê tông lắp ghép từ Châu Âu để xây dựng các nhà cao tầng lên tới 34 tầng sử dụng kết cấu bán lắp ghép tại khu đô thị Trung Hòa – Nhân Chính từ đầu những năm 2000 tới nay các công trình này vẫn thể hiện một diện mạo chắc chắn [1]. Hiện nay số lượng công ty sản xuất cấu kiện bê tông lắp ghép đã khá nhiều như công ty Bảo Quân, công ty Amacao, công ty Phan Vũ ... đã chứng minh cho sự hữu ích và phát triển của bê tông lắp ghép.

Mặc dù đã được sử dụng từ khá lâu và hiện nay đã trở nên phổ biến nhưng hiện nay ở Việt Nam vẫn chưa có nhiều tài liệu hướng dẫn tính toán thiết kế kết cấu bê tông lắp ghép. Về tiêu chuẩn thiết kế và thi công, chủ yếu dựa vào tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [2] để thiết kế (chung cho cả toàn khối và lắp ghép), tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu sản phẩm lắp ghép sử dụng tiêu chuẩn TCVN 9115:2019 [3], và TCVN 9114:2012 [4] cho các cấu kiện lắp ghép ứng dụng công nghệ ứng lực trước. Chưa có hướng dẫn tính toán thiết kế riêng cho cấu kiện lắp ghép. Việc nghiên cứu các các nước tiên tiến như Châu Âu hay Vương quốc Anh [5-10] để ban hành các tài liệu hướng dẫn tính toán thiết kế là thực sự cần thiết.

Trong các nội dung về tính toán thiết kế cho kết cấu bê tông, việc tính toán kiểm tra cắt hay xoắn được coi là một trong những nội dung phức tạp [11, 12, 13] và chưa có sự đồng thuận cao giữa các tiêu chuẩn của các nước với nhau, ví dụ theo tiêu chuẩn [2] là tính theo tiết diện nghiêng, trong khi theo [5] là theo mô hình giàn ảo. Bên cạnh đó hệ thống tiêu chuẩn thiết kế kết cấu công trình xây dựng của Việt Nam chủ yếu được chuyển dịch từ tiêu chuẩn của Nga nhưng có độ trễ và chưa có sự đồng bộ. Để hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng trên lãnh thổ Việt Nam, Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 198.QĐ-TTg [14] ngày 09/02/2018 và Bộ Xây dựng ban hành quyết định số 900/QĐ-BCĐĐTQ [15] ngày 29/06/2018 để thực hiện nhiệm vụ này.

Eurocodes là hệ thống tiêu chuẩn về thiết kế kết cấu công trình áp dụng cho các nước thuộc liên minh Châu Âu và được nhiều nước trên thế giới đưa vào sử dụng vì có nhiều ưu điểm. Các tiêu chuẩn

*Liên hệ tác giả: dung.kcct@tlu.edu.vn
Nhận ngày 15/07/2026, sửa xong ngày 02/08/2026, chấp nhận đăng ngày 03/08/2026
Link DOI: https://doi.org/10.54772/jomc.05.2026.1441

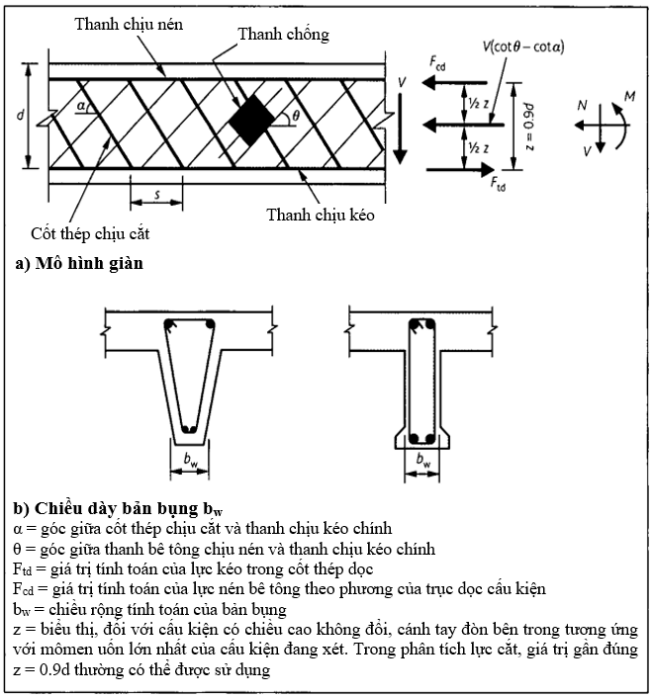
này hiện nay đang được Bộ Xây dựng chỉ đạo thực hiện chuyển dịch thành tiêu chuẩn Việt Nam, trong đó có Dự thảo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông tông cốt thép [16] là biên soạn theo tiêu chuẩn BS EN 1992-1-1. Dựa theo định hướng mới này, đã có một số công bố [17-19] hướng dẫn chi tiết việc tính toán kết cấu bê tông lắp ghép, tuy nhiên một chỉ dẫn riêng cho việc kiểm tra khả năng chịu cắt của kết cấu bê tông lắp ghép hiện nay vẫn chưa có.

Mặc dù đã được sử dụng tại Việt Nam từ khá lâu và hiện nay đang được xây dựng ngày càng nhiều với sự tham gia của nhiều công ty lớn, nhưng các tài liệu, chỉ dẫn hướng dẫn tính toán thiết kế cho kết cấu bê tông lắp ghép còn hạn chế, đặc biệt là tính toán chịu cắt cho kết cấu bê tông lắp ghép là chưa có. Vì vậy trên cơ sở hội nhập và chuẩn bị cho sự thay đổi của hệ thống tiêu chuẩn thiết kế TCVN trong thời gian tới, tác giả đã nghiên cứu tính toán khả năng chịu cắt của cấu kiện bê tông lắp ghép theo tiêu chuẩn BS EN 1992-1-1. Đây sẽ là tài liệu hữu ích cho các kỹ sư trong thực hành thiết kế công trình bê tông lắp ghép phù hợp với hệ thống tiêu chuẩn hiện đại, tiên tiến.

2. Khả năng chịu cắt của cấu kiện bê tông lắp ghép độc lập

Việc hướng dẫn tính toán thiết kế khả năng làm việc của cấu kiện bê tông lắp ghép chịu uốn (dầm hoặc sàn) trong đó có tính toán khả năng chịu cắt đã được trình bày cụ thể trong [17, 18], trong bài báo này chỉ thảo luận về kiểm tra khả năng chịu cắt cho các trường hợp có thể xảy ra của công trình bê tông lắp ghép, không tập trung vào một cấu kiện đơn lẻ.

Theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông BS EN 1992-1-1 [5] của Châu Âu, việc tính toán chịu cắt của cấu kiện dựa theo mô hình thanh chống và giằng (thường được gọi mô hình giàn ảo). Trong đó việc xác định khả năng chịu cắt của cấu kiện thông qua việc thay đổi độ nghiêng của thanh chống. Mô hình tính toán cơ bản về ký hiệu được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Mô hình giàn ảo và ghi chú cho tính cắt (theo BS EN 1992-1-1 [5]).

Trước tiên, cần xác minh xem lực cắt tác dụng V_{Ed} có vượt quá sức kháng $V_{Rd,c}$ của riêng bê tông hay không, trong đó sức kháng $V_{Rd,c}$ được xác định theo công thức (1).

$$V_{Rd,c} = v_{Rd,c}(b_w d) \quad (1)$$

Giá trị $v_{Rd,c}$ được trình bày trong Bảng 1 đối với bê tông có f_{ck} = 20 MPa. Các hệ số trong Bảng 2 được sử dụng để xác định giá trị $v_{Rd,c}$ có các cường độ bê tông khác.

Bảng 1. Khả năng chịu cắt của bê tông được biểu thị dưới dạng ứng suất.

$v_{Rd,c} = (V_{Rd,c}/b_w d)$(MPa)							
100 ρ_l	d = 200	d = 300	d = 400	d = 500	d = 600	d = 800	d = 1000
0,25	0,41	0,37	0,35	0,33	0,32	0,31	0,30
0,50	0,52	0,47	0,44	0,42	0,41	0,39	0,37
0,75	0,59	0,54	0,51	0,48	0,47	0,44	0,43
1,00	0,65	0,59	0,56	0,53	0,51	0,49	0,47
1,25	0,70	0,64	0,60	0,57	0,55	0,53	0,51
1,50	0,75	0,68	0,64	0,61	0,59	0,56	0,54
1,75	0,79	0,71	0,67	0,64	0,62	0,59	0,57
2,00	0,82	0,75	0,70	0,67	0,65	0,62	0,60

Chú giải:

1. Bảng có giá trị cho σ_{cp} = 0 (nghĩa là không có ứng suất dọc trục) và f_{ck} = 20 MPa)

2. $v_{Rd,c} = V_{Rd,c}/b_w d$

3. Các giá trị nhận được từ công thức (2):

$$V_{Rd,ct} = \left[\left(\frac{0.18}{\gamma_c}\right) k^3 \sqrt{100\rho_l f_{ck}}\right] b_w d \quad (2)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$$

$$\rho_l = A_{sl}/b_w d \leq 0.02$$

Trong đó:

A_{sl} = diện tích cốt thép chịu kéo dọc

b_w = chiều rộng nhỏ nhất của tiết diện ngang

d = chiều cao hiệu dụng

Bảng 2. Hệ số nhân (Multiplier) cho các cường độ bê tông khác.

f_{ck} (MPa)	25	30	35	40	45	50	60	70
Hệ số nhân	1,08	1,15	1,21	1,26	1,31	1,36	1,36	1,36

Chú giải:

Phụ lục quốc gia của Vương quốc Anh đối với BS EN 1992-1-1 (theo NDP cho CI. 3.1.2(2)P) quy định rằng cường độ chịu cắt của các loại bê tông cao hơn C50/60 phải được xác định bằng thí nghiệm, trừ khi có bằng chứng là làm việc đạt yêu cầu trong quá khứ, cụ thể bao gồm cả loại cốt liệu được sử dụng. Một cách khác, khuyến nghị rằng khả năng chịu cắt của các loại bê tông cao hơn C50/60 được giới hạn ở mức C50/60.

Trong các cấu kiện căng trước không có cốt thép chịu cắt, khả năng chịu cắt ở các tiết diện bị nứt phải lấy như đã nêu ở trên. Một tiết diện được coi là bị nứt nếu ứng suất kéo tạo ra lớn hơn $f_{ctk,\,0,05}$.

Trong các tiết diện không nứt, công thức sau đây phải thỏa mãn điều kiện:

$$\left[\frac{(V_{Ed,G})S}{I\sum b_w} + \frac{(V_{Ed,G})S_0}{I_0\sum b_w}\right] \leq \left[\sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_1\sigma_{cpm}f_{ctd}}\right] \quad (3)$$

Trong đó:

$V_{Ed,G}$ = lực cắt tính toán do trọng lượng của cấu kiện đúc sẵn và lớp đổ bù

$V_{Ed,\,Q}$ = lực cắt tính toán bổ sung trên tiết diện bán lắp ghép

S, S_0 = tương ứng là mô men bậc 1 của diện tích thiết diện đúc sẵn và tiết diện bán lắp ghép (nghĩa là bao gồm của cấu kiện lắp ghép và phần đổ bù)

I, I_0 = mô men quán tính của diện tích tương ứng với S và S_0

σ_{cpm} = ứng suất bê tông trung bình trong cấu kiện đúc sẵn do lực ứng suất trước hiệu quả phát triển đầy đủ gây ra.

2.1. Trường hợp khi $V_{Ed} < V_{Rd,c}$

Nếu $V_{Ed} < V_{Rd,c}$ thì không cần tính cốt thép chịu cắt. Tuy nhiên, cốt thép chịu cắt tối thiểu (xem phần sau) phải được cung cấp cho tất cả các cấu kiện khác ngoài các cấu kiện sau:

1/ Các tấm (đặc, có sườn hoặc lõi rỗng), nơi có đủ khả năng cung cấp cho sự phân bố ngang tải trọng; và

2/ Các cấu kiện có tầm quan trọng nhỏ không yêu cầu về cường độ hoặc sự ổn định.

Các điểm bổ sung sau đây cần được lưu ý:

1/ Khi tải trọng được tác động lên đỉnh của các cấu kiện, việc kiểm tra lực cắt phải được thực hiện tại các phần trong khoảng cách từ 0.5d đến 2.5d từ mép của gối tựa (tâm của gối tựa nếu gối đỡ là di động). Giá trị V_{Ed} có thể được giảm bớt bằng cách nhân các tải trọng liên quan với $a_v/2.5d$ trong đó a_v là khoảng cách của phần tính từ mép của gối đỡ (hoặc tâm của gối tựa mềm).

Giá trị của lực cắt ở trên nếu không giảm thì không được vượt quá $0.5\nu(\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c)b_w d$

$$\nu = 0.6(1 - (f_{ck}/250)) \quad (4)$$

α_{cc} = 1.0 cho tính toán chịu cắt

2/ Khi tiết diện chịu lực nén dọc trục (ví dụ ứng suất trước), các giá trị trong Bảng 1 có thể tăng thêm $0.15\sigma_{cp}$, trong đó σ_{cp} là ứng suất do lực dọc trục (N_{Ed}/A_C).

2.2. Trường hợp khi $V_{Ed} \geq V_{Rd,c}$

Khi $V_{Ed} \geq V_{Rd,c}$ việc bố trí cốt thép chịu cắt là bắt buộc. Các phương trình chính dưới đây được lưu ý.

Khả năng chịu cắt của tiết diện dựa trên cốt thép chịu cắt dọc (liên kết) được xác định theo công thức (5):

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/S)zf_{yw,d}cot\theta \quad (5)$$

Trong đó:

A_{sw} = diện tích cốt thép chịu cắt được cung cấp tại khoảng cách s

z = cánh tay đòn thường được lấy là 0.9d

f_{ywd} = cường độ chảy tính toán của cốt thép chịu cắt

θ = góc thanh chống (Hình 1)

Cot θ phải nằm trong khoảng từ 2.5 đến 1, ngoại trừ các cấu kiện trong đó lực cắt cùng tồn tại với lực căng bên ngoài đặt vào (lực căng do hạn chế không được xem xét ở đây). Trong các cấu kiện này, cot θ = 1.0

Khả năng chịu cắt lớn nhất của một tiết diện ngay cả khi có cốt thép cùng tham gia chịu cắt bị giới hạn bởi công thức (6):

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw}[v_1 f_{cd}/(cot\theta + tan\theta)]b_w z \quad (6)$$

Trong đó:

α_{cw} = 1.0 đối với cấu kiện không ứng suất trước. Đối với cấu kiện ứng suất trước thì phụ thuộc vào tỷ số giữa ứng suất dọc trục σ_{cp} với cường độ nén dọc trục của bê tông. Xem Bảng 3 để biết các giá trị của α_{cw} cho các tỷ lệ σ_{cp}/f_{cd} khác nhau.

$$v_1 = \nu = 0.6[1 - (f_{ck}/250)]$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$$

Lưu ý rằng giới hạn cường độ khi chịu cắt đối với bê tông loại C50/60 chỉ áp dụng cho khả năng chịu cắt của các phần không có cốt thép và không áp dụng cho khả năng chịu cắt lớn nhất $V_{Rd,\,max,}$ được điều khiển bởi sự nứt của thanh chống bê tông. Ở đây cường độ thực tế có thể được sử dụng cho f_{ck}.

Cốt thép cắt tối đa cho phép được giới hạn bởi:

$$(A_{sw}/b_w s)_{max} \leq 0.5\alpha_{cw} v f_{cd}/f_{ywd} \quad (7)$$

Cốt thép cắt tối thiểu cần được cung cấp được đưa ra bởi

$$(A_{sw}/b_w s) \quad = \left(0.08\sqrt{f_{ck}}\right)/f_{yk} \quad (8)$$

Bảng 3. Các giá trị của ứng suất dọc trục tác dụng σ_{cp}/cường độ nén dọc trục của bê tông f_{cd} (từ BS EN 1992-1-1 [5]).

σ_{cp}/f_{cd}	α_{cw}
0.00 – 0.25	$1 + (\sigma_{cp}/f_{cd})$
0.25 - 0.50	1.25
0.50 – 1.00	$2.5 \quad (1 - (\sigma_{cp}/f_{cd}))$

Quy trình thiết kế thực tế sẽ như sau:

- Nhận giá trị của cotθ từ công thức (6) bằng cách thay lực cắt tác dụng cho $V_{Rd,max}$. Kiểm tra xem cotθ nằm trong khoảng từ 2.5 đến 1.0.

- Lấy giá trị (A_{sw}/s) từ công thức (5) cho giá trị của cotθ đã chọn và thay thế lực cắt tác dụng cho $V_{Rd,\,sy}$.

Ví dụ dưới đây sẽ thể hiện quy trình vừa trình bày.

Ví dụ: Cho một dầm đơn giản có tiết diện hình chữ nhật 1000x400 mm (cao x rộng). Mômen uốn tác dụng ở trạng thái giới hạn cực hạn là 1800 kNm. Cường độ bê tông là 60 MPa và lớp bảo vệ của các thanh thép là 60 mm. Hãy tính toán cố thép chịu cắt cần thiết chịu lực cắt 1000 kN. Giả thiết 4 thanh thép loại B32 đặt ở nhịp kéo vào tới gối đỡ.

Lời giải:

a) Sức kháng của tiết diện với cốt thép

Khả năng chịu cắt của tiết diện không có cốt thép là $V_{Rd,c} = v_{Rd,c}\, b_w d$

$100\rho_1 = (10x3220)/(400x905) = 0.89$

$v_{Rd,c}$ là 0.46 MPa từ Bảng 1 và nhân với bê tông có $f_{ck} = 60$ MPa là 1.36 từ Bảng 2

$V_{Rd,c} = 400x905x1.36x0.46x10^{-3} = 226$ kN

Kết quả sức kháng nhỏ hơn lực cắt thực thế là $V_{Ed} = 1000$kN, do đó cần bố trí cốt thép chịu cắt

b) Tính toán cốt thép chịu cắt

Tiếp theo, góc thanh chống θ sẽ được sử dụng lấy từ công thức (6) bằng cách cân bằng lực cắt tác dụng với $V_{Rd,max} = V_{Ed} = 1000$ kN

Mặc dù cường độ bê tông thực tế là 60 MPa, đối với các tính toán chịu cắt, nó được giới hạn ở 50 MPa trừ khi cường độ cắt được xác định bằng các thí nghiệm.

Do đó $v_1 = v = 0{,}6\,[1 - (f_{ck}/250)] = 0.45$

Sử dụng công thức 2.2 với giá trị là f_{cd} tương ứng với cấp của bê tông được sử dụng, cotθ = 0.16 hoặc 6.09. Giá trị phải nằm trong phạm vi từ 1 đến 2.5. Giá trị càng cao thì cốt thép càng nhỏ. Chọn cotθ = 2.5

Diện tích cốt thép chịu cắt và khoảng cách được lấy từ công thức (5) của Phần I bằng cách đặt $V_{Rd,sy} = V_{Ed} = 1000$ kN. Khi đó đưa đến $(A_{sw}/s) = 1.122$. Bốn nhánh của thanh thép B8 @175 mm sẽ được bố trí.

c) Xác định giá trị giới hạn

Cuối cùng, cần kiểm tra xem phần cốt thép chịu cắt có nằm trong giữa các giá trị tối đa và tối thiểu trong Eurocode.

Giá trị của $p_w = (A_{sw}/s\ b_w = 201/(175 \times 400) = 2{,}87 \times 10^{-3}$. Giá trị tối đa của ρ_w được phép là $0.5vf_{cd}/f_{ywd}$

Trong ví dụ này f_{ck} lớn hơn 50 MPa. Phụ lục Vương quốc Anh yêu cầu giá trị tính toán của cường độ được giới hạn cho bê tông với $f_{ck} = 50$ MPa trừ khi thực hiện các thử nghiệm.

$F_{cd} = 1x50/1.5 = 33.3$ MPa

$v = 0.45$

$F_{yd} = 500/1.15 = 434.8$ MPa

Do đó, giá trị tối đa $\rho_w = 17.5 \times 10^{-3} > 2.87 \times 10^{-3} =>$ Đảm bảo

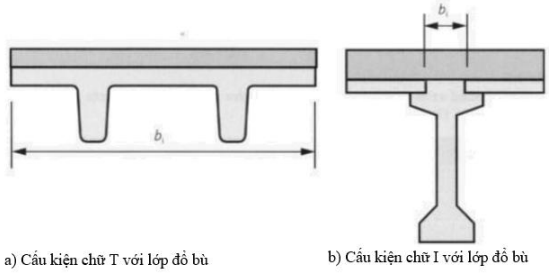
Giá trị tối thiểu $\rho_w = (0.08x60^{0.5})/500 = 1.24 \times 10^{-3} < 2.87x10^{-3} =>$ Đảm bảo

Lý do sử dụng bê tông có cường độ $f_{ck} = 60$ MPa là vì giá trị nhỏ nhất dựa trên cường độ chịu kéo của bê tông.

3. Kiểm tra cắt cấu kiện bê tông lắp ghép cho một số vị trí đặc biệt

Khác với tính toán cấu kiện bê tông cốt thép toàn khối là kiểm tra cắt trong cấu kiện, trong kết cấu bê tông lắp ghép, việc kiểm tra cắt cần được tiến hành tại một số vị trí đặc biệt chỉ có trong kết cấu bê tông lắp ghép.

3.1. Tại vị trí tiếp xúc giữa các lớp bê tông đổ tại thời điểm khác nhau



a) Cấu kiện chữ T với lớp đổ bù b) Cấu kiện chữ I với lớp đổ bù

Hình 2. Các ví dụ về bề mặt chịu cắt (BS EN 1992-1-1 [5]).

Trong kết cấu bán lắp ghép, một phần cấu kiện bê tông được chế tạo sẵn trong nhà máy, phần còn lại được đổ tại công trường. Khi đó tại vị trí tiếp xúc giữa các lớp bê tông có khả năng xảy ra trượt, điều này sẽ dẫn đến phát sinh ứng suất cắt tại mặt phân cách, điều này cần được tính toán kiểm tra. Lực tại mặt phân cách là lực ở phần bản bê tông đổ mới gây bởi mô men uốn trên tiết diện bán lắp ghép.

Ứng suất v_{Edi} do mômen uốn M_{Ed} trên tiết diện bán ghép là $\beta V_{Ed}/zb_i$

Trong đó:

V_{Ed} = lực cắt tại tiết diện do tải trọng gây ra trên tiết diện bán lắp ghép

z = cánh tay đòn của tiết diện bán lắp ghép

b_i = chiều rộng của bề mặt (xem Hình 2)

β = tỷ số giữa lực trong bản cánh của phần bê tông mới và

tổng lực bản cánh trong tiết diện bán lắp ghép (M_{Ed}/z) cả hai được tính cho mômen uốn M_{Ed} trên cả tiết diện bán lắp ghép.

v_{Edi} phải nhỏ hơn hoặc bằng sức kháng xác định theo công thức (9)

$$v_{Rdi} = cf_{ctf} + \mu\sigma_n + \rho f_{yd}(\mu sin\alpha + cos\alpha) \leq 0.5vf_{cd} \quad (9)$$

Trong đó:

Các giá trị của c và μ phụ thuộc vào bề mặt tiếp xúc và được thể hiện trong Bảng 4.

$f_{ctd} = f_{ctk0.05}/\gamma_c$ và $f_{cd} = \alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$

σ_n = thông thường ứng suất tại bề mặt không được lấy lớn hơn $0.6f_{cd}$

$\rho = A_s/A_i$

A_s = diện tích cốt thép đọc bề mặt ở một góc a từ 45 ^{0} đến 90 ^{0}

A_i = diện tích của mối nối

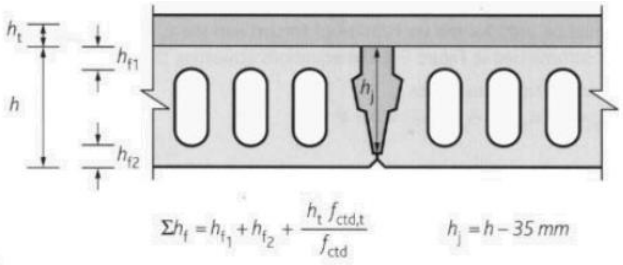
Bảng 4. Giá trị của μ và c cho các bề mặt tiếp xúc khác nhau (BS EN 1992-1-1 [5]).

Phân loại của bề mặt tiếp xúc	Hệ số ma sát μ	Hệ số cắt c
Rất mịn, bề mặt đúc trên khuôn thép, nhựa hoặc gỗ mịn	0.5	0.25
Nhẵn, trượt hoặc bề mặt dập hoặc bề mặt chưa được xử lý sau khi rung	0.6	0.35
Thô, bề mặt có độ nhám ít nhất 3 mm với khoảng cách 40 mm	0.7	0.45
Lồi lõm: lồi lõm về hình dạng như trong Hình 2.7	0.9	0.50
Nguyên khối	1.0	0.625

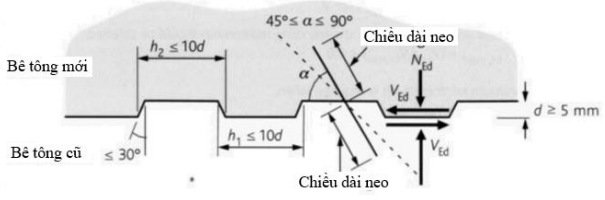
3.2. Tại vị trí dọc theo mối nối giữa các cấu kiện lắp ghép

Các cấu kiện lắp ghép được sản xuất trong nhà máy và ghép lại với nhau tại công trường, dọc theo vị trí tiếp giáp giữa các cấu kiện này thường được cấu tạo là liên kết khớp và các liên kết này phải có khả năng kháng cắt theo cả theo phương đứng và phương ngang. Trong đó lực cắt theo phương đứng gây ra bởi sự phân bố ngang của tải trọng sàn và lực cắt ngang theo chiều dài của các cấu kiện bị gây ra bởi tác động của tác động tấm cứng của sàn chống lại tải trọng ngang lên tòa nhà.

Nếu sử dụng các mối nối cơ học thì khả năng của chúng phải được xác định bằng thí nghiệm thích hợp. Hướng dẫn dưới đây áp dụng cho các liên kết được trát vữa đúng cách như trong Hình 3 và 4.



Hình 3. Lực cắt tại vị trí liên kết (BS EN 1168 [20]).



Hình 4. Liên kết kiểu lồi lõm.

3.2.1. Lực cắt đứng

Khả năng chịu cắt trên một đơn vị chiều dài ($v_{Rd,i}$) phải nhỏ hơn của một trong hai điều kiện sau:

$$0.25f_{ctd}\sum h_f \text{ hoặc } 0.15\left(f_{ctd,j} + f_{ctd,t}h_t\right) \quad (10)$$

Trong đó:

f_{ctd}, $f_{ctd,j}$, $f_{ctd,t}$ = tương ứng là các giá trị tính toán của cường độ chịu kéo của bê tông trong cấu kiện đúc sẵn, trong liên kết và tại lớp bê tông đổ bù sau.

$\sum h_f, h_j, h_t$ = Các kích thước thể hiện trong Hình 3.

3.2.2. Lực cắt ngang dọc theo chiều dài cấu kiện

Trong trường hợp không có lớp kết cấu lớp bê tông đổ bù sau tại chỗ, cần kiểm tra rằng ứng suất cắt trung bình trong các liên kết dọc của tấm sàn cứng dưới tác dụng của tải trọng bên trong tòa nhà không vượt quá 0.1 MPa ở trạng thái giới hạn cường độ. Chiều cao của liên kết nên được lấy nhỏ hơn 35 mm so với chiều cao toàn bộ của cấu kiện. Khi ứng suất vượt quá 0.1 MPa, các vết dập lõm thẳng đứng có chiều cao không nhỏ hơn 10 mm phải được thiết kế dọc theo chiều dài (xem Hình 4) và phải tiến hành kiểm tra theo Mục 3.1.

4. Kết luận

Dựa theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông của Châu Âu BS EN 1992-1-1 [5], một hướng dẫn tính toán chịu cắt của cấu kiện bê tông lắp ghép được trình bày ngắn gọn cùng ví dụ tính toán. Trong đó ngoài việc tính toán chịu cắt theo mô hình thanh chống và giằng (mô hình giàn ảo) áp dụng cho cấu kiện bê tông lắp ghép giống như cấu kiện bê tông cốt thép thông thường, bài báo cũng trình bày hướng dẫn tính toán chịu cắt tại bề mặt tiếp giáp giữa hai lớp bê tông được đổ tại các thời điểm khác nhau (bán lắp ghép) và tại vị trí dọc theo các cấu kiện đúc sẵn, đây là sự khác biệt của bê tông lắp ghép.

Các chỉ dẫn tính toán chịu cắt cho kết cấu bê tông lắp ghép này là thông tin hữu ích cho các kỹ sư thiết kế kết cấu bê tông theo định hướng mới, định hướng hiện đại và thân thiện với môi trường là dạng kết cấu bê tông lắp ghép.

Tài liệu tham khảo

[1]. Hà Anh Minh, "Công nghệ thi công lắp ghép mô-đun. Từ thực tế ở Việt Nam đến mô hình tiên tiến tại Singapore", *Tạp chí Xây dựng*, số 07/2025, trang 17-19.

[2]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 5574-2018. "*Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế*". Viện khoa học công nghệ xây dựng – Bộ Xây dựng 2018.

[3]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9115:2019. "*Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép lắp ghép – Thi công và nghiệm thu*". Hội Bê tông Việt Nam – Bộ Xây dựng 2019.

[4]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9114-2012. "*Sản phẩm bê tông ứng lực trước – Yêu cầu kỹ thuật và kiểm tra chấp nhận*". Hội Công nghiệp Bê tông Việt Nam – Bộ Xây dựng 2012.

[5]. BS EN 1992-1-1. 2004. "*Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings*", BSI, London, UK., February 2014.

[6]. "*Precast Eurocode 2: Design Manual*". 2007. For the design of precast concrete building structures to BS EN 1992-1-1: 2004 and UK National Annex: 2005.

[7]. British Precast. 2008. "*Precast Eurocode 2: Worked Examples*", British Precast Concrete Federation, Leicester, UK.

[8]. BS EN 13225. 2013. "*Precast concrete products – Linear structural elements*", BSI, London, UK.

[9]. BS EN 206. 2013. "*Concrete – Specification, performance, production and conformity*", BSI, London, UK.

[10]. Kim S. Elliott. 2017. "*Precast concrete structures*". 2nd ed., New York, USA.

[11]. Nguyễn Vĩnh Sáng., Nguyễn Anh Dũng., Nguyễn Ngọc Thắng, 2023. "Nghiên cứu ứng xử đàn hồi của dầm bê tông cốt thép chịu xoắn". *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng*, tập 12 số 05-2023, tr 42-48. https://doi.org/10.54772/jomc.05.2023.596.

[12]. Nguyễn Vĩnh Sáng., Nguyễn Anh Dũng., Nguyễn Ngọc Thắng, 2025. "Mô hình xác định khả năng chịu xoắn dầm bê tông cốt thép được gia cường bằng tấm FRP bọc ngoài". *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng*, tập 15 số 02-2025, tr 21-29. https://doi.org/10.54772/jomc.02.2025.794.

[13]. Vinh Sang Nguyen., Xuan Huy Nguyen., Dang Dung Le., Cao Thanh Ngoc Tran., Anh Dung Nguyen, 2025. "Experimental studies on torsional behavior of reinforced concrete beams strengthened using hybrid carbon and basalt FRP sheets". Structural Concrete, Vol. 26/5, pp 6594-6618. https://doi.org/10.1002/suco.70169.

[14]. Quyết định số 198/QĐ-TTg ngày 09/02/2018 của Thủ tướng Chính phủ về việc Phê duyệt Đề án Hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng.

[15]. Quyết định số 900/QĐ-BCĐĐTQ ngày 29/06/2018 của Trưởng Ban chỉ đạo Đề án Hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng (thuộc Bộ Xây dựng) về việc triển khai quyết định số 198/QĐ-TTg.

[16]. Dự thảo Tiêu chuẩn quốc gia TCVN X1992-1-1:202x, "*Thiết kế kết cấu bê tông – Phần 1-1: Quy định chung và quy định cho công trình nhà*". Viện khoa học công nghệ xây dựng – Bộ Xây dựng 2024.

[17]. Nguyễn Anh Dũng., Bùi Ngọc Sơn, "Thiết kế dầm bê tông lắp ghép theo tiêu chuẩn châu Âu". *Tạp chí Xây dựng*, số 08.2022, tr 74-79.

[18]. Nguyễn Anh Dũng, Nguyễn Ngọc Kỳ, "Thiết kế cấu kiện sàn bê tông lắp ghép dự ứng lực theo tiêu chuẩn BS EN 1992-1-1". *Tạp chí Xây dựng*, số 07.2024, tr 68-73.

[19]. Nguyễn Anh Dũng, "Xác định tải trọng tác động lên cấu kiện sàn bê tông lắp ghép theo tiêu chuẩn Châu Âu". *Tạp chí KH&CN Trường ĐHXD Miền Tây*, số 10 (09.2024), tr 30-37.

[20]. BS EN 1168:2005 + A3:2011. "*Precast concrete products. Hollow core slabs*". BSI, London, UK.