

ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP TÍNH BÀI TOÁN CỐT ĐAI CHỊU CẮT CỦA DẦM CHỊU TẢI TRỌNG TẬP TRUNG THEO TCVN 5574:2018

Lê Bá Huế^{a,*}, Phan Minh Tuấn^a

^a*Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 30/5/2022, Sửa xong 28/6/2022, Chấp nhận đăng 29/6/2022

Tóm tắt

Năm 2012 Cộng hòa liên bang Nga ban hành tiêu chuẩn SP 63.13330.2012 kèm chỉ dẫn - Pocobie cho SP 63.13330.2012. Việt Nam dựa trên tiêu chuẩn này ban hành TCVN 5574:2018, chưa có kèm chỉ dẫn nên khó sử dụng trong thực tế. Bài báo này giới thiệu lý thuyết cơ bản của bài toán tính cốt đai dầm chịu cắt, phương pháp thực hành tính khả năng chịu cắt, tính mật độ cốt đai theo Pocobie, đồng thời cũng chỉ ra những bất hợp lý của phương pháp thực hành này. Khắc phục những bất hợp lý đó, các tác giả đã đề xuất một phương pháp mới để tính toán cốt đai cho dầm chịu tải trọng tập trung theo TCVN 5574:2018 (SP 63.13330.2012 của Nga). Ưu việt của phương pháp đề xuất là tường minh, bám sát cơ sở lý thuyết và chính xác hơn so với chỉ dẫn của Nga.

Từ khóa: cốt đai; dầm bê tông cốt thép; lực tập trung; Pocobie; TCVN 5574:2018.

A NEW METHOD TO DESIGN STIRRUPS OF REINFORCED CONCRETE BEAMS SUBJECTED TO CONCENTRATED LOADS ACCORDING TO TCVN 5574:2018

Abstract

In 2012, the Russian Federation issued the standard SP 63.13330.2012 with the design guide - Pocobie for SP 63.13330.2012. Based on this standard, Viet Nam issued TCVN 5574:2018, but without any design guide. Therefore, it is difficult to apply in practice. This paper introduces the basic theory of the problem to calculate stirrups in the reinforced concrete (RC) beams, the practical method to calculate the beam shear resistance, the stirrup spacing according to the Pocobie's guideline. It also points out the irrationalities of this practical method. To resolve this issue, the authors proposed a new method to calculate the stirrups of RC beams subjected to concentrated loads according to TCVN 5574:2018 (SP 63.13330.2012 of Russia). The advantage of the proposed method is that it is clear, following closely the theoretical basis and is more accurate than the Russian design guide.

Keywords: stirrups; reinforced concrete beams; concentrated loads; Pocobie; TCVN 5574:2018.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2022-16\(3V\)-05](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2022-16(3V)-05) © 2022 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

1. Đặt vấn đề

Bài toán cường độ trên tiết diện nghiêng chịu cắt nói chung hay tính toán cốt đai chịu cắt của dầm bê tông cốt thép là một bài toán phức tạp vì nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như kích thước, hình học mặt cắt, sự tác động của tải trọng, vật liệu và đặc điểm của cấu kiện, vì vậy nên trên thế giới có nhiều trường phái tính toán khác nhau.

Sự phát triển và hoàn thiện của bài toán này theo trường phái của Liên Xô cũ (của Nga sau này - để đơn giản gọi chung là trường phái Nga), xét về những biến đổi cơ bản có thể chia ra làm các giai đoạn sau:

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: huelb@huce.edu.vn (Huế, L. B.)

- Giai đoạn 1 - Khoảng trước năm 1940: Dùng phương pháp ứng suất cho phép để tính toán bài toán cường độ trên tiết diện nghiêng. Đây là một phương pháp khá sơ khai, gần với tính toán trong sức bền vật liệu và chỉ phù hợp với những vật liệu đàn hồi lý tưởng.

- Giai đoạn 2 – Từ năm 1940 đến năm 1980: Tính theo nội lực phá hoại, sau đó là trạng thái giới hạn do xây dựng trên cơ sở hàng trăm thí nghiệm dầm và được đưa vào trong các tiêu chuẩn thiết kế của Nga như NiTU 55; SNIp II.B.I-62, SNIp II.21-75 và TCVN 5574:1991 của Việt Nam. Việc chuyển sang tính toán theo nội lực phá hoại và nhất là trạng thái giới hạn dựa trên các thí nghiệm đã giúp việc tính toán cường độ trên tiết diện nghiêng được hoàn thiện hơn cho vật liệu bê tông cốt thép.

- Giai đoạn 3 - Từ 1980 đến nay: Trường phái Nga tiếp tục nghiên cứu, vẫn trung thành với nguyên tắc chung từ đầu nhưng đã có những phát hiện mới, hoàn thiện hơn, được đưa vào trong các tiêu chuẩn: SNIp 2.03.01-84; SNIp 2.03.01-84* (TCXDVN 356:2005 sau đổi thành TCVN 5574:2012 của Việt Nam), SNIp 52-01-2003 và SP 63.13330.2012 (TCVN 5574:2018 của Việt Nam).

Năm 2012 Cộng hòa liên bang Nga ban hành tiêu chuẩn SP 63.13330.2012 [1] kèm chỉ dẫn - Pocobie cho SP 63.13330 [2], Việt Nam dựa trên tiêu chuẩn này ban hành TCVN 5574:2018 [3], chưa có kèm chỉ dẫn nên khó sử dụng.

Trong các tài liệu hướng dẫn tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [4–8], mỗi tác giả đều trình bày việc tính toán cốt đai chịu cắt theo mỗi cách khác nhau trên cơ sở những trình bày cơ động của tiêu chuẩn. Một số kết quả thực hành mang tính gần đúng và sai khác nhau, mặc dù cùng xuất phát từ một tiêu chuẩn.

Trong chỉ dẫn - Pocobie cho SP 63.13330 [2] trình bày các công thức cơ bản của bài toán và chỉ dẫn tính toán thực hành cho trường hợp dầm chịu tải trọng phân bố đều và chịu các tải trọng tập trung. Với trường hợp chịu tải trọng phân bố đều, xuất phát từ các công thức cơ bản, trong [9] đã làm rõ, chứng minh tính phù hợp của các công thức thực hành tính toán kiểm tra khả năng chịu lực và bài toán thiết kế cốt đai. Mặt khác trong [9] cũng đề xuất cách trình bày và đường lối tính toán khác, tường minh hơn và cho kết quả hoàn toàn trùng khớp với [2]. Trong bài báo không đề cập đến bài toán này. Với bài toán chịu tải trọng tập trung, tuy đầy đủ nhưng Pocobie trình bày mang tính thực dụng, không tường minh, nhiều chỗ tính toán quá an toàn, đôi chỗ lại không. Vì vậy, để giúp cho việc thiết kế, dạy học một cách lô gic, chính xác theo nguyên lý cơ bản, chúng tôi kiến nghị phương pháp trình bày, phương pháp tính toán mới dễ hiểu hơn và hợp lý hơn so với chỉ dẫn của Nga. Bài báo chỉ giới hạn cho trường hợp dầm chịu tải trọng tập trung, chi tiết và mở rộng hơn có thể tham khảo trong [9]. Tính toán cốt đai cho dầm bê tông cốt thép chịu đồng thời lực phân bố đều và lực tập trung có thể tìm hiểu trong [10].

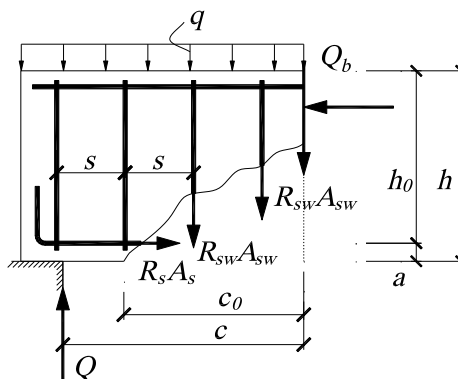
2. Nội dung bài toán theo Chỉ dẫn-Pocobie cho SP 63.13330.2012

2.1. Các công thức cơ bản

Sơ đồ tính toán trên tiết diện nghiêng theo Hình 1.

Tính toán cấu kiện chịu uốn trên tiết diện nghiêng tiến hành theo điều kiện:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} \quad (1)$$



Hình 1. Sơ đồ lực trên tiết diện nghiêng

trong đó Q là lực cắt trên tiết diện nghiêng có chiều dài hình chiếu c ; Q_b, Q_{sw} là lực cắt do bê tông, cốt đai chịu trên tiết diện nghiêng

$$Q_b = \frac{M_b}{c} \quad (2)$$

trong đó

$$M_b = 1,5R_{bt}bh_0^2 \quad (3)$$

Giá trị Q_b được khống chế trong khoảng:

$$Q_{b,\min} = 0,5R_{bt}bh_0 \leq Q_b \leq Q_{b,\max} = 2,5R_{bt}bh_0$$

Do đó c khống chế trong khoảng: $0,6h_0 \leq c \leq 3h_0$

$$Q_{sw} = \sum R_{sw}A_{sw} = 0,75q_{sw}c_0 \quad (4)$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{s_w} \quad (5)$$

trong đó c là chiều dài hình chiếu của tiết diện nghiêng lên trục dọc cầu kiện; c_0 là chiều dài hình chiếu vết nứt nghiêng lên trục dọc cầu kiện, $c_0 \leq c$ và $h_0 \leq c_0 \leq 2h_0$; R_{bt} là cường độ chịu kéo tính toán của bê tông; R_{sw} là cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép ngang; A_{sw} là diện tích tiết diện của một lớp cốt đai; s_w là khoảng cách các lớp cốt đai.

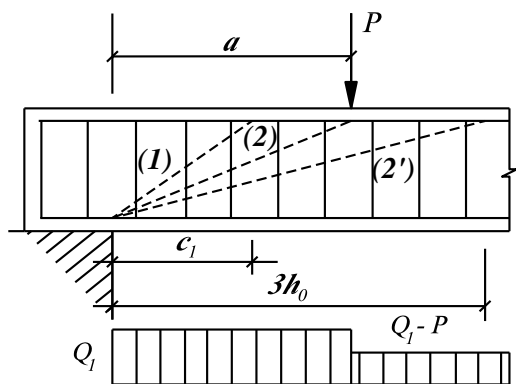
Cốt đai được coi là tính toán nếu tuân theo điều kiện:

$$q_{sw} \geq q_{sw,\min} = 0,25R_{bt}b \quad (6)$$

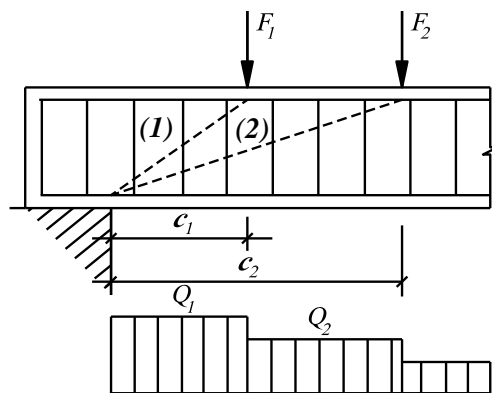
2.2. Bài toán kiểm tra khả năng chịu lực

Khi kiểm tra điều kiện (1), trong trường hợp chung cần tiến hành tính toán trên một số tiết diện nghiêng với chiều dài c khác nhau nhưng không vượt quá khoảng cách từ gối tựa đến tiết diện có mô men uốn lớn nhất và $3h_0$.

Khi cầu kiện chịu lực tập trung, giá trị c lấy bằng khoảng cách a từ mép gối tựa đến lực tập trung - tiết diện (2) ở Hình 2, cũng như bằng $c_1 = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}} \geq h_0$ nếu giá trị này nhỏ hơn khoảng cách từ mép gối tựa đến lực tập trung gần nhất - tiết diện (1).



Hình 2. Các tiết diện nghiêng tính toán khi chịu lực tập trung



Hình 3. Các tiết diện nghiêng tính toán khi chịu nhiều lực tập trung; (1) Tiết diện nghiêng với lực cắt Q_1 ; (2) Tiết diện nghiêng với lực cắt Q_2

2.3. Bài toán thiết kế cốt đai

Mật độ cốt đai yêu cầu, biểu diễn qua q_{sw} (5), xác định theo Pocobie như sau:

Khi tác dụng trên cầu kiện các lực tập trung, đặt trên các khoảng cách c_i từ gối tựa (Hình 3), đối với mỗi tiết diện nghiêng i có chiều dài hình chiếu c_i không vượt quá khoảng cách đến tiết diện có mô men uốn lớn nhất, giá trị $q_{sw(i)}$ xác định theo chỉ dẫn sau, phụ thuộc vào hệ số $\alpha_i = c_i/h_0$, lấy không lớn hơn 3:

$$\text{- Nếu } \varepsilon_i = \frac{Q_i}{R_{bt}bh_0} \leq \varepsilon_{pi} = \frac{1,5}{\alpha_i} + 0,1875\alpha_{0i} \text{ thì } q_{sw(i)} = 0,25R_{bt}b \frac{\varepsilon_{pi}}{\varepsilon_i} \quad (7)$$

$$\text{- Nếu } \varepsilon_i > \varepsilon_{pi} \text{ thì } q_{sw(i)} = R_{bt}b \frac{\varepsilon_i - 1,5/\alpha_i}{0,75\alpha_{0i}} \quad (8)$$

trong đó $\alpha_{0i} = \min(\alpha_i; 2)$; Q_i là lực cắt ở tiết diện thẳng góc i , cách gối tựa đoạn c_i ; cuối cùng lấy giá trị lớn nhất q_{sw} .

Với trường hợp thường gặp trong thực tế chỉ có một lực tập trung đặt cách mép gối một khoảng a (Hình 2), các công thức ở trên có thể thay bằng các công thức sau:

$$\text{- Nếu } \varepsilon_1 = \frac{Q}{R_{bt}bh_0} \leq \varepsilon_r = \frac{1,5}{K} + 0,1875K_0 \text{ thì } q_{sw} = \frac{0,25R_{bt}b\varepsilon_r}{\varepsilon_1} \quad (9)$$

$$\text{- Nếu } \varepsilon_1 > \varepsilon_r \text{ thì } q_{sw} = R_{bt}b \frac{\varepsilon_1 - \frac{1,5}{K}}{0,75K_0} \quad (10)$$

với $K = a/h_0$; $K_0 = \min(K; 2)$.

2.4. Nhận xét sơ bộ về hai bài toán trong Pocobie

• Bài toán kiểm tra:

a. Trong trường hợp tải trọng tập trung P nhỏ, khoảng cách a ngắn hơn nhiều so với c - tiết diện (2') ở Hình 2, tuy vậy có thể tiết diện nghiêng (2') nguy hiểm hơn tiết diện $c = a$. Điều này chứng minh được như dưới đây bằng cách so sánh về phải của hai tiết diện nghiêng (2) và (2') trên Hình 2.

- Khi $a < c < 2h_0$:

+ Với tiết diện nghiêng (2): $c = c_0 = a \leq 2h_0$, $Q = Q_1$, điều kiện cường độ:

$$Q_1 = M_b/a + 0,75q_{sw}a \quad (11)$$

+ Với tiết diện nghiêng (2'):

$$\text{Khi } c \leq 2h_0: Q = Q_1 - P; \quad c_0 = c = c_1 = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}} \leq 2h_0 \quad (12)$$

Điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng (2'):

$$Q_1 - P = M_b/c + 0,75q_{sw}c \quad (13)$$

Cân bằng Q_1 từ (11) và (13), có điều kiện:

$$P = M_b/a - M_b/c + 0,75q_{sw}(a - c) \quad (14)$$

Thay $0,75q_{sw} = M_b/c^2$ và biến đổi đại số, rút ra được:

$$P = \frac{M_b}{a} \left(1 - \frac{a}{c}\right)^2 \quad (15)$$

Nghĩa là, khi $P < \frac{M_b}{a} \left(1 - \frac{a}{c}\right)^2$ thì lấy $c = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}}$ cho dù $c > a$.

+ Ví dụ bằng số: Dầm có $b = 200$ mm; $h_0 = 500$ mm; B20 có $R_{bt} = 0,9$ MPa; $a = 600$ mm; $Q = 155$ kN; $P = 15$ kN; $q_{sw} = 95$ N/mm;

$$M_b = 1,5R_{bt}bh_0^2 = 67500000 \text{ Nmm}$$

Khả năng chịu cắt trên tiết diện (2) với $c = a$:

$$Q_u = \frac{M_b}{a} + 0,75q_{sw}a = 155250 \text{ N} = 155,25 \text{ kN} > Q = 155 \text{ kN}$$

Tính: $c_1 = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}} = 973 \text{ mm} < 2h_0 = 1000 \text{ mm}$.

Với tiết diện (2'), $c = c_1 = 973 \text{ mm} > a = 600 \text{ mm}$, có khả năng chịu cắt:

$$Q_u = \sqrt{3M_bq_{sw}} = 138700 \text{ N} = 138,7 \text{ kN} < Q = 155 - 15 = 140 \text{ kN}$$

Kiểm định: $P = 15 \text{ kN} < \frac{M_b}{a} \left(1 - \frac{a}{c}\right)^2 = 16532 \text{ N} = 16,5 \text{ kN}$

Kết luận:

- Tiết diện (1) tính theo tiêu chuẩn thì đủ khả năng chịu lực, tiết diện (2) không đủ.

- Khi $a < 2h_0$ và $c > 2h_0$: thì lực P có khả năng còn lớn hơn.

+ Ví dụ bằng số: Dầm khung bê tông cốt thép, $b = 250$ mm; $h = 600$ mm; $h_0 = 550$ mm; B25; thép đai CB240-T, $q_{sw} = 86$ N/mm, $Q_{\max} = 200$ kN, $P = 50$ kN, $a = 800$ mm.

Tính trên mặt cắt (2): $c = c_0 = a = 800$ mm, có khả năng chịu cắt Q_u theo (16) có:

$$Q_u = \frac{M_b}{a} + 0,75q_{sw}a = 200487 \text{ N} = 200,5 \text{ kN} > Q = 200 \text{ kN}$$

$$c_1 = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}} = 1359 \text{ mm} > 2h_0 = 1100 \text{ mm}$$

Nên khi tính theo mặt cắt (2') lấy $Q = Q_{\max} - P = 150$ kN, $c = 3h_0 = 1650$ mm, $c_0 = 2h_0 = 1100$ mm, theo (16):

$$Q = 150 \text{ kN} > Q_u = \frac{M_b}{c} + 0,75q_{sw}c_0 = 143138 \text{ N} = 143,14 \text{ kN}$$

Như vậy, tính theo Pocobie trên mặt cắt (1) thì an toàn nhưng tính trên mặt cắt (2') lại không an toàn.

Kết luận: Pocobie chỉ xét trên mặt cắt (1) có $c = a$ sẽ có trường hợp không an toàn.

b. Điều kiện lựa chọn $c = c_1 = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}} \geq h_0$ khi $c_1 < a$ trong Pocobie:

Đổi chiều với trên biểu đồ Hình 4 thì điều kiện chọn c ở trên chỉ đúng với đoạn 1: $c \leq 2h_0$. Khi tính ra $c > 2h_0$ (đoạn 2) thì giá trị c này không đúng nữa. Tuân theo mục 2.2 ở trên thì phải chọn $c = \min(a, 3h_0)$. Như vậy, viết theo [3] không tường minh.

Tuy nhiên để chuẩn hóa khi so sánh với phương án đề xuất, chúng tôi sẽ chỉnh lại nội dung mục b là, khi tính ra $c_1 > 2h_0$ thì chọn $c = \min(a, 3h_0)$.

• Bài toán thiết kế:

Pocobie trình bày như trên không tường minh, không bám sát cơ sở của bài toán kiểm tra nên độ tin cậy về lý thuyết không cao. Với các lý do trên, để phục vụ cho công tác thiết kế cũng như giảng dạy, chúng tôi đề xuất phương pháp trình bày tường minh hơn, bám sát nguyên lý hơn và kể cả những đề xuất mới dưới đây để khắc phục những nhược điểm trên.

3. Đề xuất về trình bày và phương pháp tính toán mới

Từ các công thức trên (mục 2), có thể viết triển khai điều kiện cường độ (1) cho trường hợp chịu một tải trọng tập trung đặt cách gối đoạn a (Hình 2):

$$Q \leq \frac{M_b}{c} + 0,75q_{sw}c_0 = Q_u \tag{16}$$

c nằm trong giới hạn: $0,6h_0 \leq c \leq 3h_0$; $c_0 \leq c$ và nằm trong giới hạn $1,0h_0 \leq c_0 \leq 2h_0$, nhưng để đồng nhất với cận dưới của c ở trên, sử dụng giới hạn $0,6h_0 \leq c_0 \leq 2h_0$.

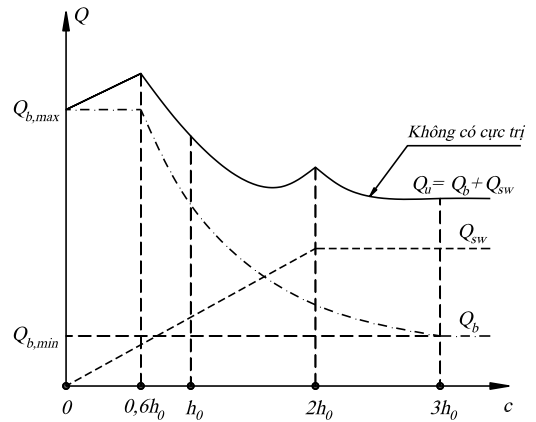
Do các khoảng chặn khác nhau mà Q_u biến đổi theo c của công thức trên phải chia ra các đoạn sau:

+ Đoạn 0: c từ 0 đến $0,6h_0$: $Q_b = Q_{b \max}$; Q_{sw} nhỏ hơn Q_b rất nhiều nên người ta thường chọn tiết diện theo điều kiện: $Q_{\max} \leq Q_{b \max}$, cốt đai đặt cầu tạo. Do đó dưới đây không đề cập đến đoạn này.

+ Đoạn 1: c từ $0,6h_0$ đến $2h_0$: có $c = c_0$.

+ Đoạn 2: c từ $2h_0$ đến $3h_0$: có $c_0 = 2h_0$; khi $c = 3h_0$ thì $Q_b = Q_{b \min} = 0,5R_{bt}bh_0$.

Biểu đồ quan hệ của Q_u và các thành phần với chiều dài c thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Quan hệ Q_u với chiều dài c khi dầm chịu tải tập trung

3.1. Bài toán kiểm tra khả năng chịu cắt

Đã bố trí cốt đai nên tính được q_{sw} theo (5), tính được M_b theo (3).

- Đoạn 1: Giả thiết rằng $c \leq 2h_0 \rightarrow c_0 = c$, phương trình (16) viết thành

$$Q \leq \frac{M_b}{c} + 0,75q_{sw}c = Q_u \tag{17}$$

Để Q_u nhỏ nhất ta có c_1 :

$$c_1 = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}} \tag{18}$$

Theo mục 2.2 và các nhận xét ở mục 2.4 ở trên, các tiết diện nghiêng c cần xét như sau:

+ $c \leq c_{\max} = 3h_0$;

+ $c = a$;

+ $c = c_1$ khi $h_0 \leq c_1 \leq 2h_0$ và $c_1 < a$.

Nguyên tắc tính toán:

+ Khi $h_0 \leq c_1 \leq 2h_0$ trong đoạn 1 sẽ có điểm cực trị, lúc này cần tìm các điểm nguy hiểm trong đoạn 1, ngoài ra còn phải tìm các điểm nguy hiểm trong đoạn 2. So sánh các trị số nguy hiểm đó để xác định trị số nguy hiểm nhất;

+ Khi $c_1 > 2h_0$ trong đoạn 1 không có cực trị, lúc này tiết diện nguy hiểm là $c = a$ và $c = 3h_0$.

Dựa trên nguyên tắc trên xét các trường hợp sau theo quan hệ giữa c_1 và a :

a. Kiểm tra điều kiện cường độ (ĐKCD) trong đoạn 1 khi $h_0 \leq c_1 \leq 2h_0$:

- Nếu $c_1 \leq a$, lấy $c = c_1$, thay vào (17) có ĐKCD:

$$Q_1 \leq Q_u = 2\sqrt{M_b 0,75q_{sw}} = \sqrt{3M_b q_{sw}} \quad (19)$$

- Nếu $a < c_1$, xét 2 mặt cắt ở Hình 2:

+ Mặt cắt (1) lấy $c = c_1$, $Q = Q_1 - P$ thay vào (17) và biến đổi có ĐKCD:

$$Q_1 \leq Q_u = P + \sqrt{3M_b q_{sw}} \quad (20)$$

+ Mặt cắt (2), với $c = a$, thay vào (17) có ĐKCD:

$$Q_1 \leq Q_u = \frac{M_b}{a} + 0,75q_{sw}a \quad (21)$$

b. Kiểm tra điều kiện cường độ trong đoạn 2: $c > 2h_0$:

- Nếu $a \leq 3h_0$, xét các mặt cắt:

+ Mặt cắt (2) với $c = a$, tùy theo giá trị của a mà chọn c_0 rồi thay vào công thức (17) để có ĐKCD:

$$a < 2h_0, c_0 = a: Q_1 \leq Q_u = \frac{M_b}{a} + 0,75q_{sw}a \quad (22)$$

$$a > 2h_0, c_0 = 2h_0: Q_1 \leq Q_u = \frac{M_b}{a} + 1,5q_{sw}h_0 \quad (23)$$

+ Mặt cắt (2') với $c = 3h_0$; $c_0 = 2h_0$; $Q = Q_1 - P$, thay vào (17) có:

$$Q_1 \leq Q_u = P + Q_{b \min} + 1,5q_{sw}h_0 \quad (24)$$

- Nếu $a > 3h_0$, chỉ xét 1 mặt cắt (2'): với $c = 3h_0$; $c_0 = 2h_0$; $Q = Q_1$

$$Q_1 \leq Q_u = Q_{b \min} + 1,5q_{sw}h_0 \quad (25)$$

Trong tính toán, tính Q_u cho từng đoạn, so sánh rồi chọn Q_u bé nhất để so sánh với Q_1 .

Ghi chú: Trong trường hợp tuân theo Pocobie thì không xét những mặt cắt mà về trái bằng $Q_1 - P$. Phần này thường gặp do trị số Q bị giảm và đơn giản hơn nên có thể được sử dụng trong thực tế thông thường.

3.2. Bài toán thiết kế cốt đai

Chọn trước đường kính cốt đai, số nhánh đai n , đi tìm khoảng cách s_{tt} thông qua q_{sw} .

Kết hợp (17) và (18) có:

$$c_1 = \frac{2M_b}{Q} \quad (26)$$

Tương tự như bài toán kiểm tra, xét các trường hợp sau theo quan hệ giữa c_1 và a :

a. Tìm q_{sw} nhỏ nhất trong đoạn 1 khi $h_0 \leq c_1 \leq 2h_0$:

- Nếu $c_1 \leq a$, lấy $c = c_1$, thay vào (19) có:

$$q_{sw} = \frac{Q_1^2}{3M_b} \quad (27)$$

- Nếu $a < c_1$, xét 2 mặt cắt:

+ Mặt cắt (1) lấy $c = c_1$, $Q = Q_1 - P$ thay vào (20) có:

$$q_{sw} = \frac{(Q_1 - P)^2}{3M_b} \quad (28)$$

+ Mặt cắt (2), với $c = a$, thay vào (21) có:

$$q_{sw} = \frac{Q_1 - \frac{M_b}{a}}{0,75a} \quad (29)$$

b. Tìm q_{sw} nhỏ nhất trong đoạn 2: $c > 2h_0$:

- Nếu $a \leq 3h_0$, xét các mặt cắt:

+ Mặt cắt (2) với $c = a$, tùy theo giá trị của a mà chọn c_0 rồi thay vào các công thức (22), (23) để có q_{sw} :

$$a < 2h_0, c_0 = a: q_{sw} = \frac{Q_1 - \frac{M_b}{a}}{0,75a} \quad (30)$$

$$a > 2h_0, c_0 = 2h_0: q_{sw} = \frac{Q_1 - \frac{M_b}{a}}{1,5h_0} \quad (31)$$

+ Mặt cắt (2') với $c = 3h_0$; $c_0 = 2h_0$; $Q = Q_1 - P$, thay vào (24) có:

$$q_{sw} = \frac{Q_1 - P - Q_{b \min}}{1,5h_0} \quad (32)$$

- Nếu $a > 3h_0$, chỉ xét 1 mặt cắt (2'): $c = 3h_0$; $c_0 = 2h_0$; $Q = Q_1$, theo (25):

$$q_{sw} = \frac{Q_1 - Q_{b \min}}{1,5h_0} \quad (33)$$

Sau khi tính ra các trị số q_{sw} của các mặt cắt trong trường hợp đang xét của từng đoạn, chọn trị số q_{sw} lớn nhất của đoạn ấy. Sau đó so sánh với nhau và với $q_{sw \min}$, chọn trị số lớn nhất để đi tính khoảng cách tính toán s_{tt} .

4. Đối chiếu giữa Pocobie và phương pháp đề xuất

4.1. Đánh giá công thức (10) của Pocobie

Công thức (10) trong Pocobie như sau:

$$\text{Nếu } \varepsilon_1 > \varepsilon_r \text{ thì } q_{sw} = R_{bt}b \frac{\varepsilon_1 - \frac{1,5}{K}}{0,75K_0} \quad (34)$$

Để có thể so sánh một cách lý thuyết giữa hai phương pháp tính, tiến hành triển khai công thức (34) cho trường hợp $\varepsilon_1 > \varepsilon_r$.

Xét các trường hợp a như sau:

+ Khi $K = a/h_0 > 3$ thì $K = 3$ và $K_0 = 2$. Thay thế các thông số và biến đổi công thức (34) về dạng tường minh có:

$$q_{sw} = \frac{Q_0 - Q_{b \min}}{1,5h_0} \quad (35)$$

+ Khi $2 < K < 3$: $K = K$; $K_0 = 2$. Tương tự có:

$$q_{sw} = \frac{Q - \frac{M_b}{a}}{1,5h_0} \quad (36)$$

+ Khi $K < 2$: $K = K_0$. Tương tự có:

$$q_{sw} = \frac{Q - \frac{M_b}{a}}{0,75a} \quad (37)$$

Kết quả so sánh các công thức đề xuất với các công thức triển khai của Pocobie trình bày trong Bảng 1.

So sánh các công thức đề xuất với các công thức triển khai của Pocobie, thấy:

- Pocobie chỉ sử dụng các công thức với $c = a$ hoặc $c = 3h_0$ khi $a > 3h_0$ mà không sử dụng các công thức khác như đề xuất.

- Pocobie không xét tiết diện nghiêng $c > a$ với $Q = Q_1 - P$ đôi khi sẽ cho trị số q_{sw} nhỏ hơn (không an toàn), vấn đề này đã đề cập ở trên.

4.2. Đánh giá công thức (9) của Pocobie

Công thức (9) trong Pocobie biểu diễn như sau:

$$\text{Nếu } \varepsilon_1 = \frac{Q}{R_{bt}bh_0} \leq \varepsilon_r = \frac{1,5}{K} + 0,1875K_0 \text{ thì } q_{sw} = \frac{0,25R_{bt}b\varepsilon_r}{\varepsilon_1} \quad (38)$$

Trường hợp $\varepsilon_1 < \varepsilon_r$ xảy ra khi Q bé, a nhỏ, q_{sw} sẽ nhỏ nhưng theo (38) có thể thấy:

- Không bao giờ xảy ra $q_{sw} < q_{sw, \min} = 0,25R_{bt}b$;

- Khi a giảm, K giảm, ε_r tăng, q_{sw} theo (38) tăng. Nhưng bản chất là khi a giảm thì $Q_b = M_b/a$ tăng, do đó q_{sw} sẽ giảm, thậm chí có khi còn nhỏ hơn $q_{sw, \min}$. Như vậy, công thức (38) trái ngược với bản chất.

Bảng 1. So sánh công thức đề xuất với công thức triển khai của Pocobie

a	q_{sw} theo Pocobie	q_{sw} theo đề xuất
$a > 3h_0$	$K = 3; K_0 = 2$ $q_{sw} = \frac{Q_1 - Q_{b \min}}{1,5h_0}$	<ul style="list-style-type: none"> • $c_1 < 2h_0; c = c_1$: (1) $q_{sw} = \frac{Q_1^2}{3M_b}$ • $c_1 > 2h_0; c = 3h_0$: (2') $q_{sw} = \frac{Q_1 - Q_{b \min}}{1,5h_0}$
$2h_0 < a < 3h_0$	$K = K; K_0 = 2$ $q_{sw} = \frac{Q_1^2}{3M_b}$	<ul style="list-style-type: none"> • $c_1 < 2h_0; c = c_1$: (1) $q_{sw} = \frac{Q_1 - \frac{M_b}{a}}{1,5h_0}$ • $c_1 > 2h_0$: + $c = a$: (2) $q_{sw} = \frac{Q_1 - \frac{M_b}{a}}{1,5h_0}$ + $c = 3h_0$ (2'): $q_{sw} = \frac{Q_1 - P - Q_{b \min}}{1,5h_0}$
$a < 2h_0$	$K_0 = K$ $q_{sw} = \frac{Q_1 - \frac{M_b}{a}}{0,75a}$	<ul style="list-style-type: none"> • $c_1 < a; c = c_1$: (1) $q_{sw} = \frac{Q_1^2}{3M_b}$ • $c_1 > a$: + $c = a$: (2) $q_{sw} = \frac{Q_1 - \frac{M_b}{a}}{0,75a}$ + $c_1 < 2h_0; c = c_1$ (1): $q_{sw} = \frac{(Q_1 - P)^2}{3M_b}$ + $c_1 > 2h_0; c = 3h_0$ (2'): $q_{sw} = \frac{Q_1 - P - Q_{b \min}}{1,5h_0}$

4.3. Đối chiếu bằng ví dụ

a. Ví dụ

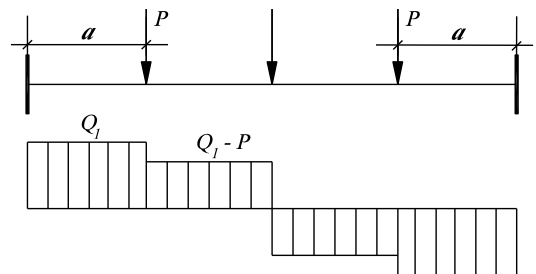
Dầm khung bê tông cốt thép (Hình 5) có tiết diện $b = 300 \text{ mm}$, $h = 700 \text{ mm}$, $h_0 = 650 \text{ mm}$. Bê tông cấp độ bền B15 có $R_{bt} = 0,75 \text{ MPa}$, $R_b = 8,5 \text{ MPa}$. Dầm có lực cắt tại gối Q_1 chịu tải trọng tập trung $P = 30 \text{ kN}$ đặt cách mép gối tựa một đoạn là a . Yêu cầu tính q_{sw} theo hai phương pháp. Nếu kết quả cả hai phương pháp trùng khớp nhau thì không cần kiểm tra lại bài toán thuận. Nếu kết quả khác nhau sẽ dùng bài toán thuận để kiểm tra và đánh giá.

Xét các trường hợp a và Q_1 khác nhau dưới đây:

- Trường hợp $Q_1 = 250 \text{ kN}$ (tương ứng $\varepsilon_1 > \varepsilon_r$)

Với a lần lượt bằng: 2,5 m; 1,5 m; 1,0 m.

Trường hợp $a = 2,5 \text{ m}$ và $a = 1,5 \text{ m}$: cả hai phương pháp tính cho kết quả trùng khớp nhau. Riêng trường hợp $a = 1,0 \text{ m}$ thì khác nhau nên cần kiểm tra lại theo bài toán thuận, trường hợp này được trình bày chi tiết dưới đây:



Hình 5. Sơ đồ tính dầm khung cho các ví dụ

Khi $a = 1,0$ m

★ Tính q_{sw} theo Pocobie: $K = \frac{a}{h_0} = 1,5345$ nên lấy $K = K_0 = 1,5345$; $\varepsilon_1 = \frac{Q}{R_{bt}bh_0} = 1,71$;
 $\varepsilon_r = \frac{1,5}{K} + 0,1875K_0 = 1,2635$.

Do $\varepsilon_1 > \varepsilon_r$ nên q_{sw} tính theo công thức (34): $q_{sw} = R_{bt}b \frac{\varepsilon_1 - \frac{1,5}{K}}{0,75K_0} = 143,2$ N/mm.

★ Tính theo phương pháp đề xuất: $M_b = 1,5R_{bt}bh_0^2 = 142593750$ Nmm; $c_1 = \frac{2M_b}{Q} = 1140,75$ mm;
 $a = 1000$ mm $< c_1 = 1140,75$ mm $< 2h_0 = 1300$ mm.

Xét ba mặt cắt:

- Mặt cắt (2), với $c = c_0 = a = 1000$ mm, tính theo công thức (30) có: $q_{sw} = \frac{Q - \frac{M_b}{a}}{0,75a} = 143,208$ N/mm.

- Mặt cắt (1), khi $c = c_1 < 2h_0$, $Q = Q_1 - P$, tính theo công thức (28) có: $q_{sw} = \frac{(Q_1 - P)^2}{3M_b} = 113,14$ N/mm.

- Mặt cắt (2') với $c = 3h_0$; $c_0 = 2h_0$; $Q = Q_1 - P$, thay vào (32) có: $q_{sw} = \frac{Q_1 - P - Q_{b\min}}{1,5h_0} = 150,64$ N/mm.

Chọn và so sánh: $q_{sw} = 150,64$ N/mm $> 143,2$ N/mm (theo Pocobie).

→ Như vậy tính theo Pocobie, không xét trường hợp $c > a$ ở đây không an toàn.

Do có sự khác nhau nên kiểm tra lại bài toán thuận theo phương pháp đề xuất:

Kiểm tra Pocobie: $q_{sw} = 143,2$ N/mm.

Tính $c_1 = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}} = 1152,25$ mm.

Như vậy $a = 1000$ mm $\leq c_1 = 1152,25$ mm $\leq 2h_0 = 1300$ mm

Xét ba mặt cắt:

- Mặt cắt (2), với $c = a$, tính theo (22) có: $Q_u = \frac{M_b}{a} + 0,75q_{sw}a = 250000$ N.

- Mặt cắt (1), khi $c = c_1 < 2h_0$, $Q = Q_1 - P$, tính theo (20) có: $Q_u = P + \sqrt{3M_bq_{sw}} = 277504$ N.

- Mặt cắt (2') với $c = 3h_0$; $c_0 = 2h_0$; $Q = Q_1 - P$, tính theo (24) có: $Q_u = P + Q_{b\min} + 1,5q_{sw}h_0 = 242745$ N.

So sánh $Q_{u\min} = 242745$ N $< Q_1 = 250000$ N: Không đủ khả năng chịu lực.

Kiểm tra phương pháp đề xuất: $q_{sw} = 150,64$ N/mm.

Tính $c_1 = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}} = 1123,44$ mm.

Như vậy $a = 1000$ mm $< c_1 = 1123,44$ mm $< 2h_0 = 1300$ mm.

Xét ba mặt cắt:

- Mặt cắt (2), với $c = a$, tính theo (22) có: $Q_u = \frac{M_b}{a} + 0,75q_{sw}a = 255573,75$ N.

- Mặt cắt (1), khi $c = c_1 < 2h_0$, $Q = Q_1 - P$, tính theo (20) có: $Q_u = P + \sqrt{3M_bq_{sw}} = 283852$ N.

- Mặt cắt (2') với $c = 3h_0$; $c_0 = 2h_0$; $Q = Q_1 - P$, tính theo (24) có: $Q_u = P + Q_{b\min} + 1,5q_{sw}h_0 = 250000$ N.

So sánh $Q_{u\min} = 250000$ N $= Q_1 = 250000$ N → Vừa khớp khả năng chịu lực.

Kết luận: Tính theo Pocobie không an toàn, tính theo phương pháp đề xuất trùng khớp giữa bài toán thuận và bài toán ngược.

• Trường hợp $Q_1 = 125$ kN (tương ứng $\varepsilon_1 < \varepsilon_r$)

Với a lần lượt bằng: 2,5 m; 1,5 m; 1,0 m.

Cả 3 trường hợp a nêu trên đều cho kết quả không giống nhau, được tập hợp trong Bảng 3. Dưới đây chỉ tính chi tiết cho trường hợp $a = 2,5$ m.

★ Tính q_{sw} theo Pocobie: $K = \frac{a}{h_0} = 3,85 > 3$ nên lấy $K = 3$; $K_0 = 2$; $\varepsilon_1 = \frac{Q}{R_{bt}bh_0} = 0,855$;
 $\varepsilon_r = \frac{1,5}{K} + 0,1875K_0 = 0,875$.

Do $\varepsilon_1 < \varepsilon_r$ nên q_{sw} tính theo công thức: $q_{sw} = 0,25R_{bt}b\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_1} = 57,566$ N/mm $> q_{sw\min} = 56,25$ N/mm.

★ Tính theo phương pháp đề xuất: Với trường hợp $a = 2500$ mm $> 3h_0 = 3.650 = 1950$ mm;
 $M_b = 1,5R_{bt}bh_0^2 = 142593750$ Nmm $c_1 = \frac{2M_b}{Q} = 2281,5$ mm

Do $a = 2500$ mm $> c_1 = 2281,5$ mm $> 3h_0 = 1950$ mm nên chỉ xét 1 mặt cắt: $c = 3h_0 = 1950$ mm; $c_0 = 2h_0 = 1350$ mm và tính q_{sw} theo công thức: $q_{sw} = \frac{Q - Q_{b\min}}{1,5h_0} = 53,205$ N/mm $< q_{sw\min} = 56,25$ N/mm.

Tuy nhiên để so sánh hai phương pháp ta dùng trị số $q_{sw} = 53,205$ N/mm.

Do giữa Pocobie và đề xuất khác nhau nên kiểm tra lại theo bài toán thuận.

+ Kiểm tra Pocobie với $q_{sw} = 57,566$ N/mm: $c = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}} = 1817,34$ mm $> 2h_0 = 1300$ mm.

Theo tiêu chuẩn lấy $c = \min(a; 3h_0) = 1950$ mm, tính Q_u theo công thức: $Q_u = Q_{b\min} + 1,5q_{sw}h_0 = 129251,85$ N.

Tuy $Q_u = 129251,85$ N $> Q = 125000$ N nhưng không đúng với mục tiêu của bài toán thiết kế là $Q = Q_u$.

+ Kiểm tra đề xuất với $q_{sw} = 53,205$ N/mm; $c = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}} = 1890$ mm $> 2h_0 = 1300$ mm.

Do $c > 2h_0$, $a > 3h_0$, nên chọn $c = 3h_0$; $c_0 = 2h_0$ và tính Q_u theo công thức: $Q_u = Q_{b\min} + 1,5q_{sw}h_0 = 124999,9$ N $= Q = 125000$ N.

Như vậy, tính theo tiêu chuẩn chưa hợp lý, tính theo phương pháp đề xuất hoàn toàn trùng khớp giữa bài toán thuận và bài toán ngược, kinh tế hơn.

b. So sánh kết quả theo bảng

Bảng 2. So sánh kết quả q_{sw} và Q_u trường hợp $Q_1 = 250$ kN, ($\varepsilon_1 > \varepsilon_r$)

a (m)	Bài toán	Theo Pocobie	Theo đề xuất (mặt cắt nguy hiểm và kết quả)	Chênh (%)
2,5	Thiết kế	$K = 3$; $K_0 = 2$ $q_{sw} = 181,5$ N/mm	$c_1 = 1140,7$ mm $< 2h_0 < a$ $c = a$; $q_{sw} = 181,5$ N/mm	0
1,5	Thiết kế	$K = 2,3077$; $K_0 = 2$ $q_{sw} = 159$ N/mm	$c_1 = 1140,7$ mm $< 2h_0 < a$ $c = a$; $q_{sw} = 159$ N/mm	0

a (m)	Bài toán	Theo Pocobie	Theo đề xuất (mặt cắt nguy hiểm và kết quả)	Chênh (%)
1,0	Thiết kế	$K_0 = K = 1,5345$ $+c = a; q_{sw} = 143,2 \text{ N/mm}$ $+c = 3h_0$; không xét	$2h_0 > c_1 = 1140,75 \text{ mm} > a$ $+c = a; q_{sw} = 143,2 \text{ N/mm}$ $+c = 3h_0; q_{sw} = 150,6 \text{ N/mm}$	0 5
	Kiểm tra	$+c = c_0 = a = 1000 \text{ mm}$ $Q_u = 250 \text{ kN} = Q$ $+c = 3h_0; Q_u = 242,75 \text{ kN} < Q$	$+c = c_0 = a = 1000 \text{ mm}$ $Q_u = 255,73 \text{ kN} > Q$ $+c = 3h_0; Q_u = 250 \text{ kN} = Q$	2,3 3,0

Nhận xét:

- Kết quả tính trong trường hợp $\varepsilon_1 > \varepsilon_r$ cho kết quả trùng khớp giữa hai phương pháp khi không xét mặt cắt (2').

- Khi xét mặt cắt (2') cho trường hợp a bé thì Pocobie cho kết quả chưa an toàn.

Bảng 3. So sánh q_{sw} và Q_u trường hợp $Q_1 = 125 \text{ kN}$, ($\varepsilon_1 < \varepsilon_r$)

a (m)	Bài toán	Theo Pocobie	Theo đề xuất	Chênh (%)
2,5	Thiết kế	$K = 3; K_0 = 2;$ $\varepsilon_r/\varepsilon_1 = 1,0234;$ $q_{sw} = 57,566 \text{ N/mm}$	$c = 2281,5 \text{ mm} > 3h_0;$ $c = 3h_0 < a;$ $q_{sw} = 53,025 \text{ N/mm}$	8,6
	Kiểm tra	$c = 1817,34 \text{ mm}$ $Q_u = 156,93 \text{ kN} > Q$	$c = 1890 \text{ mm}$ $Q_u = 125 \text{ kN} = Q$	25,54
1,5	Thiết kế	$K = 2,3077; K_0 = 2$ $q_{sw} = 67,434 \text{ N/mm}$	$c = 2281,75 > a; c = a$ $q_{sw} = 30,705 \text{ N/mm}$	119,6
	Kiểm tra	$c = 1679,1 \text{ mm}$ $Q_u = 160,8 \text{ kN} > Q$	$c = 2488,4 \text{ mm} > a; c = a$ $Q_u = 125 \text{ kN} = Q$	28,64
1,0	Thiết kế	$K_0 = K = 1,5345$ $q_{sw} = 83,12 \text{ N/mm}$	$c = 2281,75 \text{ mm} > a; c = 3h_0$ $q_{sw} = 22,44 \text{ N/mm}$	270,4
	Kiểm tra	$c = c_0 = a = 1000 \text{ mm}$ $Q_u = 205 \text{ kN} > Q$	$+c = c_0 = a = 1000 \text{ mm}$ $Q_b = M_b/a = 142,6 \text{ kN} > Q$ $+c = 3h_0; Q_u = 125 \text{ kN} = Q$	64,0

Nhận xét:

- Tính theo Pocobie cho kết quả hoàn toàn khác và chênh lệch lớn với phương pháp đề xuất. Nghịch lý là a càng nhỏ thì q_{sw} càng tăng.

- Tính theo phương pháp đề xuất cho kết quả luôn trùng khớp giữa bài toán thiết kế và bài toán kiểm tra, Q_u luôn bằng Q , đúng cho cả trường hợp khi không cần cốt đai.

5. Kết luận

Đối chiếu giữa hai phương pháp trình bày và tính toán trên có thể rút ra các kết luận:

Chỉ dẫn Pcobie cho SP 63.13330.2012 có những điểm chưa hợp lý sau:

- Trình bày không bám sát các công thức cơ bản nên không tường minh, không thuyết phục, khó khăn cho công tác giảng dạy;
- Kết quả so sánh lý thuyết và ví dụ số đều cho thấy tính theo [2] trùng khớp với phương pháp đề xuất khi $\varepsilon_1 > \varepsilon_r$, khi $\varepsilon_1 < \varepsilon_r$ cho độ an toàn quá cao, không tiết kiệm;
- Pcobie không xét tiết diện nghiêng $c > a$ đôi khi sẽ cho trị số q_{sw} nhỏ hơn (không an toàn).

Về phương pháp tính đề xuất:

- Phương pháp tính toán do các tác giả đề xuất đã bám sát cơ sở lý thuyết, các công thức cơ bản của tiêu chuẩn TCVN 5574:2018. Phương pháp trình bày tường minh, logic, dễ hiểu và dễ cho việc giảng dạy;
- Điểm ưu việt của phương pháp đề xuất là cho kết quả trùng khớp giữa bài toán thiết kế với bài toán kiểm tra, đảm bảo vừa đủ an toàn vừa tiết kiệm;
- Do những ưu điểm trên nên cần nghiên cứu để đưa vào giảng dạy và áp dụng rộng rãi cho công tác thiết kế.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (HUCE) trong đề tài mã số 56-2021/KHXD.

Tài liệu tham khảo

- [1] SP 63.13330.2012 (2012). *Concrete and reinforced concrete structures*. Principal rules. Ministry of regional development of the Russian federation.
- [2] Manual for SP 63.1330 (2015). *Calculation of reinforced concrete structures without prestressed reinforcements*. Ministry of construction and housing and utilities of the Russian federation.
- [3] TCVN 5574:2018. *Thiết kế bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [4] Kodysh, E. N., Trekin, N. N., Nikitin, I. K., Sosedov, K. E. (2017). *Practical methods and examples of calculation of reinforced concrete structures made of heavy concrete according to SP 63.13330*. Moscow.
- [5] Minh, P. Q., Phong, N. T., Thắng, N. T., Tùng, V. M. (2021). *Kết cấu bê tông cốt thép (phần cấu kiện cơ bản) TCVN 5574:2018*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
- [6] Bộ môn Công trình Bê tông cốt thép, Trường Đại học Xây Dựng (2021). *Hướng dẫn tính toán cấu kiện bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
- [7] Bảo, B. Q. (2020). *Thiết kế kết cấu bê tông cốt thép theo TCVN 5574:2018*. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [8] Huế, L. B. (2018). Kiến nghị về tính toán cốt đai chịu cắt của dầm bê tông cốt thép chịu lực tập trung theo SP 63.13330.2012. *Tạp chí khoa học công nghệ Xây dựng IBST*.
- [9] Hue, L. B., Phuong, P. M., Tuan, P. M. *Tìm hiểu bài toán cường độ chịu cắt của dầm bê tông cốt thép theo các tiêu chuẩn của Nga*. Đại học Xây dựng Hà Nội, mã số 56-2021/KHXD.
- [10] Thắng, N. T. (2019). *Tính toán cốt đai cho dầm bê tông cốt thép chịu đồng thời lực phân bố đều và lực tập trung*. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN*, 13(1V):25–34.