

Tính toán theo độ bền chịu lực cắt dầm bê tông cốt thép chịu tải trọng phân bố phức tạp

Shear design of reinforced concrete beams under complex distribution loads

GS.TS. Nguyễn Tiến Chương¹, TS. Ngô Văn Thức^{1,*} và Trương Hoàng Phúc¹

¹ Trường Đại học Xây dựng Miền Tây;

*Tác giả liên hệ: ngovanthuc@mtu.edu.vn

■ Nhận bài: 21/11/2024 ■ Sửa bài: 22/01/2025 ■ Duyệt đăng: 27/02/2025

TÓM TẮT

Theo TCVN 5574:2018, tính toán dầm bê tông cốt thép theo độ bền chịu lực cắt được thực hiện theo mô hình tiết diện nghiêng. Phương pháp tính toán hiện nay là phương pháp tính toán theo các tiết diện nghiêng nguy hiểm, theo đó cần xác định các tiết diện nguy hiểm dọc theo chiều dài cấu kiện và thực hiện tính toán khả năng chịu lực cắt theo các tiết diện nguy hiểm đó. Trường hợp tải trọng tác dụng lên dầm có phân bố phức tạp, việc xác định các tiết diện nghiêng nguy hiểm gặp khó khăn, do vậy, phương pháp tính toán theo các tiết diện nghiêng nguy hiểm khó áp dụng. Bài báo đề xuất phương pháp tính toán độ bền chịu lực cắt đối với dầm bê tông cốt thép chịu tải trọng phân bố phức tạp theo mọi tiết diện nghiêng trên cơ sở phân tích các đồ thị lực cắt mà không cần xác định các tiết diện nguy hiểm. Phương pháp tính toán được đề xuất có thể áp dụng để tính toán dầm bê tông cốt thép chịu tải trọng có quy luật phân bố bất kỳ.

Từ khóa: Lực cắt, tính toán chịu cắt, dầm bê tông cốt thép.

ABSTRACT

According to TCVN 5574:2018, the shear design of reinforced concrete beams is performed according to the inclined section model. The current design method is based on dangerous inclined sections, which requires determining dangerous sections along the length of the structure and calculating the shear strength according to those dangerous sections. In cases where the load acting on the beam has a complex distribution, determining dangerous inclined sections is difficult, so the design method based on dangerous inclined sections is difficult to apply. The paper proposes a method for shear design for reinforced concrete beams subjected to complex distributed loads according to all inclined sections based on the analysis of shear force graphs without determining dangerous sections. The proposed calculation method can be applied to design reinforced concrete beams subjected to loads with any distribution rule.

Keywords: Shear, shear design, reinforced concrete beam.

1. GIỚI THIỆU

Theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [1], độ bền của dầm bê tông cốt thép khi có tác dụng của lực cắt được tính toán theo mô hình tiết diện nghiêng và cần tiến hành tính toán đối với một loạt tiết diện nghiêng nằm dọc theo chiều dài cấu kiện với chiều dài hình chiếu của tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất. Phương

pháp tính toán phổ biến hiện nay là căn cứ vào quy luật phân bố tải trọng tác dụng lên dầm để xác định các tiết diện nghiêng nguy hiểm và tiến hành tính toán độ bền chịu lực cắt theo các tiết diện nguy hiểm đó. Phương pháp tính toán này gọi là phương pháp tính toán theo tiết diện nghiêng nguy hiểm.

Khi tải trọng tác dụng lên dầm có quy luật

phân bố đơn giản thì phương pháp tính toán theo tiết diện nghiêng nguy hiểm là thuận lợi vì các tiết diện nguy hiểm được xác định dễ. Áp dụng phương pháp tính toán theo tiết diện nghiêng nguy hiểm cho trường hợp dầm chịu tác dụng của tải trọng tập trung và tải trọng phân bố đều đã được giới thiệu trong [2]. Tuy nhiên, khi tải trọng tác dụng lên dầm có quy luật phân bố phức tạp thì phương pháp tính toán theo tiết diện nghiêng nguy hiểm không thuận lợi vì khó xác định các tiết diện nguy hiểm. Trong các tài liệu hiện hành, tính toán theo độ bền chịu lực cắt đối với dầm bê tông cốt thép chịu tải trọng phân bố phức tạp là bài toán chưa được xem xét. Dưới đây là một đề xuất để giải quyết bài toán này.

2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Mô hình tính toán dầm bê tông cốt thép theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt được thể hiện trên Hình 1. Tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 cho phép tính toán theo tiết diện nghiêng được tiến hành theo điều kiện:

$$Q_1 \leq Q_{bs,1} = Q_{b,1} + Q_{sw,1} \tag{1}$$

trong đó:

Q_1 là lực cắt tại tiết diện thẳng góc do

ngoại lực;

$$Q_{b,1} = 0,5R_{bt}bh_o \tag{2}$$

$$Q_{sw,1} = q_{sw}h_o \tag{3}$$

q_{sw} là nội lực trong cốt thép ngang trên một đơn vị chiều dài cầu kiện, được xác định theo công thức:

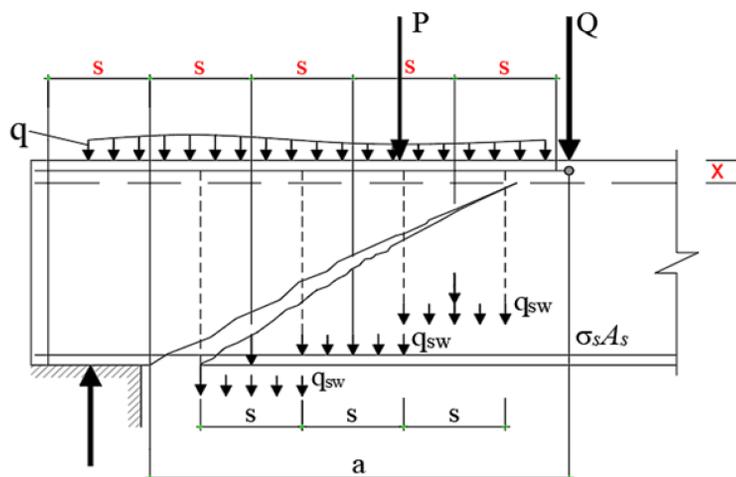
$$q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{s} \tag{4}$$

Cốt thép ngang được kể đến trong tính toán khi thỏa mãn điều kiện:

$$q_{ws} \geq 0,25R_{bt}b \tag{5}$$

Khi tiết diện thẳng góc, mà trong đó kể đến lực cắt Q_1 , nằm gần gối tựa ở khoảng cách a nhỏ hơn $2,5h_o$, thì tính toán theo điều kiện (1) với việc nhân giá trị $Q_{b,1}$ đã được xác định theo công thức (2) với hệ số bằng $2,5/(a/h_o)$, nhưng lấy giá trị $Q_{b,1}$ không lớn hơn $2,5R_{bt}bh_o$.

Khi tiết diện thẳng góc, mà trong đó kể đến lực cắt Q_1 , nằm ở khoảng cách a nhỏ hơn h_o , thì tính toán theo điều kiện (1) với việc nhân giá trị $Q_{sw,1}$ đã được xác định theo công thức (3) với hệ số bằng a/h_o



Hình 1. Mô hình tiết diện nghiêng

Theo chỉ dẫn trên đây của TCVN 5574:2018, các công thức tính toán $Q_{b,1}$ & $Q_{sw,1}$ có thể được viết như sau:

$$Q_{b,1} = \frac{1,25R_{bt}bh_o^2}{a} \tag{6}$$

lấy giá trị không lớn hơn $2,5R_{bt}bh_0$ và không nhỏ hơn $0,5R_{bt}bh_0$.

$$Q_{sw,1} = q_{sw}a \tag{7}$$

lấy giá trị không lớn hơn $q_{sw}h_0$.

Biểu đồ lực cắt $Q_{bs,1}$ có dạng như trên Hình 2.

Khi $a \geq 2,5h_0$, ta có:

$$Q_{bs,1} = 0,5R_{bt}bh_0 + q_{sw}h_0 = const$$

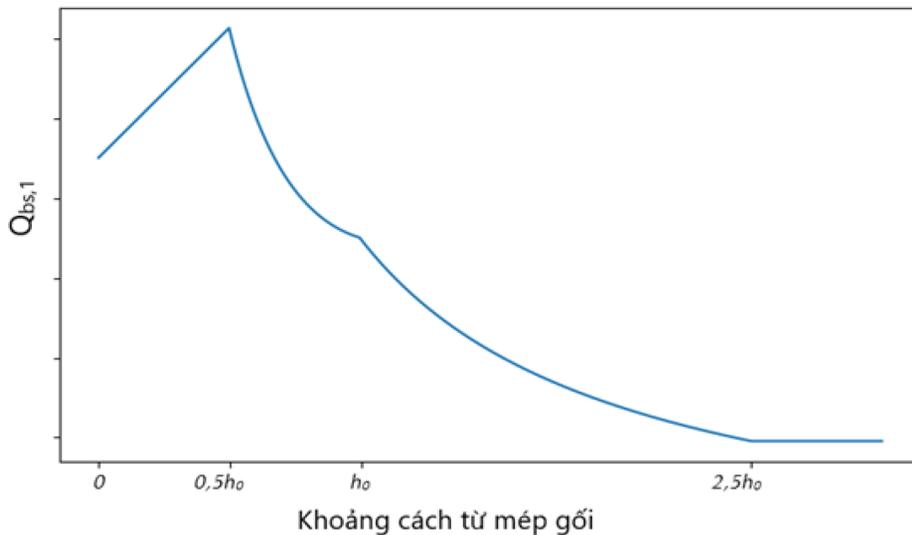
Giá trị lực cắt tại các tiết diện trong dầm được xác định theo công thức:

$$Q_1 = Q_{max} - \int gdx - \int vdx - \sum G_1 - \sum V_1 \tag{8}$$

trong đó:

g, G – tĩnh tải (tải trọng thường xuyên) phân bố, tập trung;

v, V – hoạt tải (tải trọng tạm thời) phân bố, tập trung.



Hình 2. Biểu đồ lực cắt $Q_{bs,1}$

Các tích phân trong (8) có thể được tính toán gần đúng bằng phương pháp tích phân số. Các biểu đồ Q_1 và $Q_{bs,1}$ được xây dựng trong một hệ tọa độ chung. Nếu biểu đồ lực cắt $Q_{bs,1}$ hoàn toàn nằm trên biểu đồ lực cắt Q_1 thì dầm đảm bảo độ bền theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt, còn nếu hai biểu đồ cắt nhau thì dầm không đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng. Quy trình tính toán gồm 2 bước:

Bước 1: Xây dựng các biểu đồ Q_1 và $Q_{bs,1}$.

Bước 2: Kiểm tra theo sự giao nhau của các biểu đồ Q_1 và $Q_{bs,1}$. Nếu các biểu đồ $Q_{bs,1}$ hoàn toàn nằm trên biểu đồ lực cắt Q_1 thì kết luận là dầm đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng. Nếu các biểu đồ có điểm giao nhau thì kết luận là dầm không

đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng.

3. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Tính toán theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt dầm bê tông cốt thép có sơ đồ như Hình 3; mặt cắt ngang dầm – Hình 4.

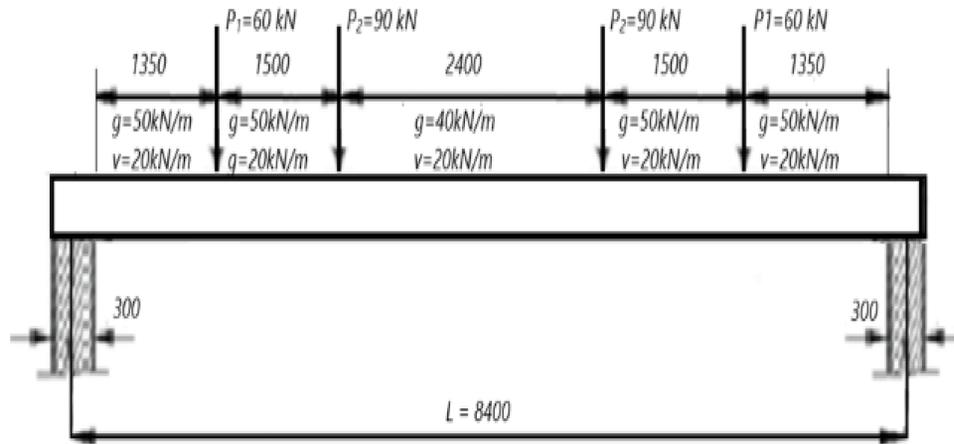
Vật liệu:

- bê tông B40;

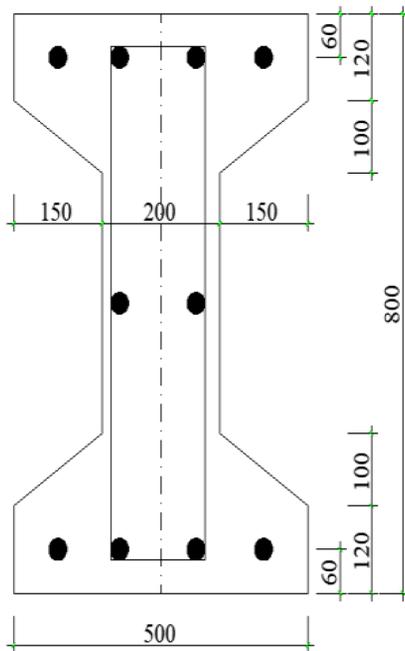
$$(R_b = 22MPa \quad R_{bt} = 1,4MPa)$$

- cốt thép đai

CB400 ($R_{sw} = 280MPa$; $\phi 10$; $n = 2$; $s = 200mm$) Tải trọng tác dụng lên dầm như trên Hình 3 (tải trọng phân bố gồm tĩnh tải (tải trọng thường xuyên) và hoạt tải (tải trọng tạm thời) v , tải trọng tập trung là tĩnh tải (tải trọng thường xuyên).



Hình 3. Sơ đồ dầm và tải trọng



Hình 4. Mặt cắt ngang dầm

Tính toán:

Lực cắt lớn nhất tại mép gối:

$$Q_{max} = (50 + 20)2,85 + (40 + 20)1,2 + 60 + 90 = 421,5kN$$

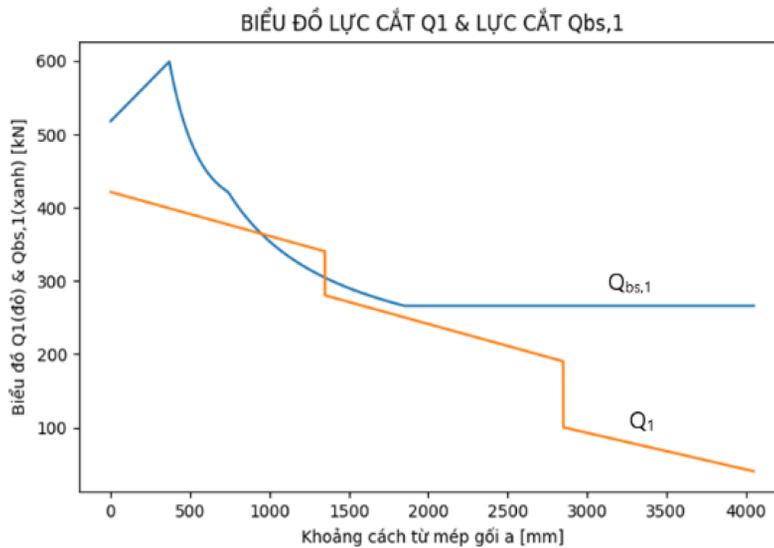
Kiểm tra hàm lượng cốt thép đai:

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{s} = \frac{280 \cdot 2.78}{200} = 218,4N/mm^3$$

$$0,25R_{bt}b = 0,25 \cdot 1,15 \cdot 200 = 57,5n/mm$$

Hàm lượng cốt thép đai đảm bảo yêu cầu để tính toán.

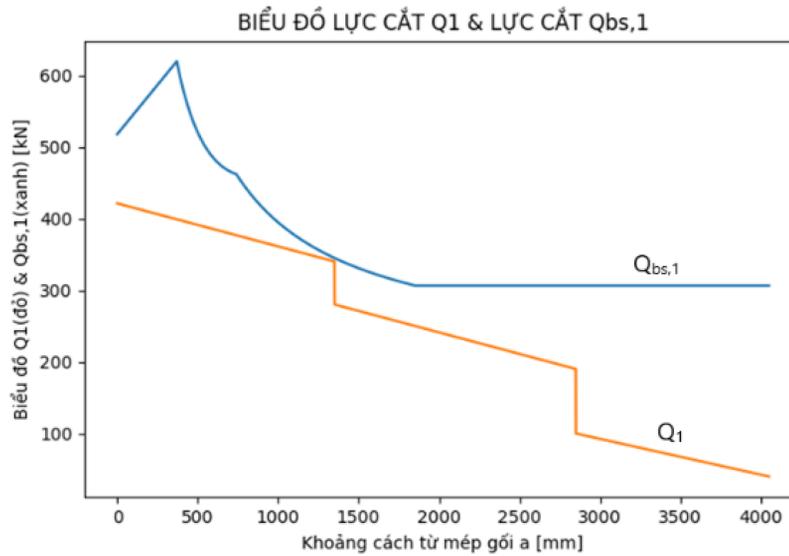
Biểu đồ lực cắt Q_1 và $Q_{bs,1}$ được thể hiện trên Hình 5. Các biểu đồ lực cắt Q_1 và $Q_{bs,1}$ cắt nhau. Trường hợp này dầm không đảm bảo độ bền chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng.



Hình 5. Biểu đồ lực cắt Q_1 và $Q_{bs,1}$ (Trường hợp $s = 200$ mm)

Nếu khoảng cách giữa các cốt thép đai là $s=160$ mm thì các biểu đồ lực cắt $Q_{bs,1}$ và Q_1 được thể hiện trên Hình 6. Các biểu đồ lực cắt Q_1 và $Q_{bs,1}$ không cắt nhau, biểu đồ $Q_{bs,1}$ nằm

hoàn toàn phía trên biểu đồ Q_1 . Trường hợp này đảm bảo độ bền chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng.



Hình 6. Biểu đồ lực cắt Q_1 và $Q_{bs,1}$ (Trường hợp $s=160$ mm)

4. THẢO LUẬN

Các biểu đồ lực cắt Q_1 và $Q_{bs,1}$ không những được dùng để kiểm tra độ bền chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng của dầm mà chúng còn thể hiện bức tranh tổng thể về sự làm việc của dầm chịu lực cắt.

Trên đây đã khảo sát (bằng các biểu đồ Q_1 và $Q_{bs,1}$) trên nửa nhịp dầm. Tuy nhiên, do lực cắt $Q_{bs,1}$ có giá trị không đổi khi $a \geq 2,5h_0$, trong khi đó lực cắt trong dầm Q_1 có giá trị giảm dần theo độ lớn khoảng cách từ mép gối, nên tính toán theo độ bền chịu tác dụng của lực cắt theo điều kiện $Q_1 \leq Q_{bs,1}$ chỉ cần khảo sát trên đoạn $a \leq 2,5h_0$.

5. KẾT LUẬN

Phương pháp tính toán dầm bê tông cốt

thép theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt trên đây là phương pháp đồ thị. Nội dung của phương pháp là xây dựng các biểu đồ lực cắt Q_1 và $Q_{bs,1}$ và sử dụng các biểu đồ này để kiểm tra dầm bê tông cốt thép theo độ bền chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng. Ưu điểm nổi bật của phương pháp là tính toán độ bền chịu lực cắt theo mọi tiết diện nghiêng và có thể được áp dụng để tính toán dầm bê tông cốt thép chịu tải trọng phân bố bất kỳ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 5574:2018 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế.
- [2] Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Trường Thắng, Võ Mạnh Tùng, Kết cấu bê tông cốt thép – Phần cấu kiện cơ bản. Hà Nội: NXB KH&KT, 2021.