

TÍNH TOÁN CHỌC THÙNG THEO TCVN 5574 : 2018

TS. LÊ MINH LONG

Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Trong tiêu chuẩn mới TCVN 5574:2018, thay thế cho TCVN 5574:2012, có sự thay đổi đáng kể trong tính toán chọc thủng cho các cấu kiện phẳng so với phiên bản cũ TCVN 5574:2012, đó là kể đến ảnh hưởng của mô men uốn, tác dụng tại vùng chọc thủng. Bài báo này đề cập tới một số điểm cần lưu ý khi áp dụng TCVN 5574:2018 để tính toán chọc thủng và làm rõ được cách tính toán mới, cũng như thiết lập được sơ đồ khối để có thể sử dụng trong thực tế tính toán thiết kế. Bài báo cũng đã thiết lập được công thức tính mô men kháng uốn cho các trường hợp cụ thể dùng trong tính toán chọc thủng.

Từ khóa: chọc thủng, bê tông cốt thép, cấu kiện phẳng.

Abstract: In the new version TCVN 5574:2018 replacing TCVN 5574:2012, there are significant changes in punching shear design for flat elements compared between the new and the old versions, that is, the influences of bending moment acting at punching shear zone have been taken into account. This paper provides some remarks when using TCVN 5574:2018 for punching shear design, explaining the new design method, as well as providing flow-charts for ease of practical calculations. This paper also establishes the formulae to calculate the section modulus for specific cases in punching shear design.

Key word: punching shear, reinforced concrete, flat element.

1. Mở đầu

Một trong những điểm mới trong tiêu chuẩn mới TCVN 5574:2018 [2] so với tiêu chuẩn cũ TCVN 5574:2012 [1] là phần tính toán chọc thủng đối với các cấu kiện phẳng dạng bản như bản sàn, bản móng. Trước đây tiêu chuẩn cũ [1] đưa ra cách tính đơn giản, chỉ kể đến tác dụng của lực tập trung (lực chọc thủng) mà không kể đến ảnh hưởng của các mô men uốn tác dụng theo một hoặc hai phương như trong thực tế vẫn thường xảy ra.

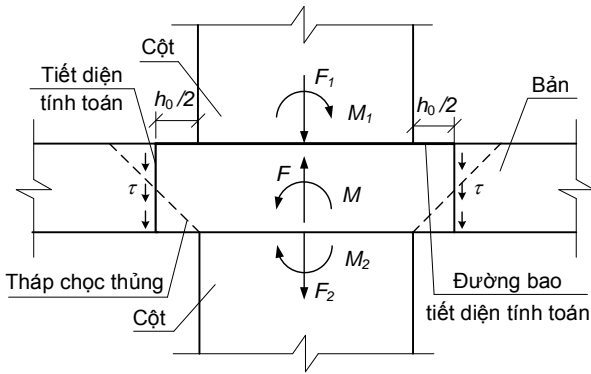
Tiêu chuẩn mới [2] đã khắc phục được vấn đề này như tác giả nhóm soạn thảo [2] đã nói trong bài viết [5] khi dự thảo của tiêu chuẩn mới [2] đang ở dạng dự thảo TCVN 5574:2017. Theo đó, tiêu chuẩn mới [2] vẫn sử dụng mô hình tính toán chọc thủng đang được áp dụng trong tiêu chuẩn cũ [1] nhưng có một số điều chỉnh để kể đến được ảnh hưởng của mô men uốn tác dụng mà trong tiêu chuẩn cũ [1] chưa kể đến được. Trong phần tính chọc thủng của tiêu chuẩn mới [2] cũng có những điểm cần lưu ý khi áp dụng trong thực tế. Để làm rõ điều này, bài báo này tập trung phân tích những điểm cần lưu ý đó. Ngoài ra, bài báo cũng đã thiết lập được trình tự tính toán tổng quát cũng như các sơ đồ khối chi tiết cho các trường hợp tính toán khác nhau nhằm giúp cho việc tính toán thiết kế trong thực tế được thuận lợi hơn.

2. Các nguyên tắc chung

2.1 Về tính toán

Theo quan điểm của tiêu chuẩn mới [2], tính toán chọc thủng được tiến hành đối với các cấu kiện bê tông cốt thép dạng phẳng (có thể là bản sàn, bản móng) khi có tác dụng của lực cục bộ (vuông góc với mặt phẳng cấu kiện) đặt tập trung – lực tập trung và mô men uốn tập trung. Cũng như trong tiêu chuẩn cũ [1], vùng chọc thủng trực tiếp được quy ước trong tiêu chuẩn mới [2] có dạng tháp với góc 45° như trên hình 1. Tiết diện tính toán thứ nhất là tiết diện nằm cách vùng truyền lực lên cấu kiện một khoảng $h/2$, vuông góc với trục dọc của nó, nơi có lực tiếp tuyến tác dụng lên bề mặt do lực tập trung và mô men uốn tập trung gây ra.

Lực tiếp tuyến tác dụng trên diện tích của tiết diện tính toán phải được chịu bởi bê tông với cường độ chịu kéo dọc trục R_{bt} và bởi các thanh cốt thép ngang với cường độ chịu kéo R_{sw} nằm trong khoảng từ $h/3$ đến h_0 tính từ biên diện chịu tải (hình 18 của tiêu chuẩn mới [2]).



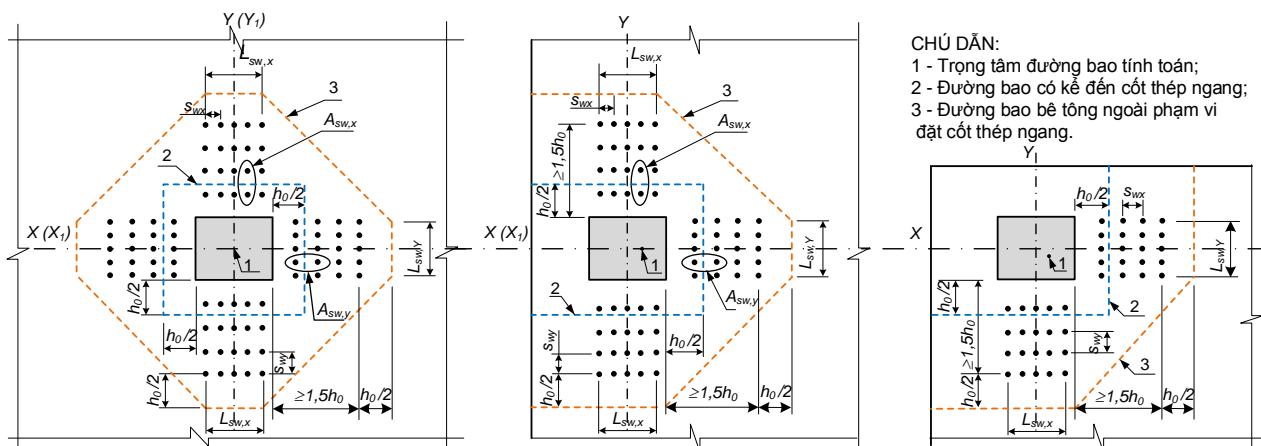
Hình 1. Mô hình tính toán quy ước

Khi có tác dụng của lực tập trung (lực chọc thủng) thì lực tiếp tuyến do bê tông và cốt thép cùng chịu được lấy như là lực phân bố đều trên toàn bộ diện tích tiết diện tính toán. Khi có tác dụng của mô men uốn tập trung thì lực tiếp tuyến được lấy như lực thay đổi tuyến tính dọc theo chiều dài tiết diện tính toán theo phương tác dụng của mô men uốn với lực tiếp tuyến lớn nhất ngược dấu ở biên của tiết diện ngang tính toán theo phương này.

Về nguyên tắc, khi kiểm tra khả năng chống chọc thủng của bản thì trước tiên kiểm tra trường hợp cấu kiện không được đặt cốt thép ngang, nếu không đủ thì cần bổ sung cốt thép ngang để cùng tham gia chống chọc thủng với bê tông. Trong mọi trường hợp, khi xác định diện tích tính toán thì việc xác định đường bao và mô men kháng uốn của đường bao tiết diện ngang tính toán là điểm mấu chốt trong bài toán tính chọc thủng. Khái niệm “đường bao tính toán” này tương đương với khái niệm “chu vi cơ sở” trong EN 1992-1-1 [6]. Đường bao này có thể là khép kín hoặc không khép kín. Khi diện truyền tải gây chọc thủng nằm phía trong cấu kiện phẳng, ví dụ như cột giữa nằm phía trong bản,

thì chỉ cần xét đường bao quanh diện chịu tải (diện tích tiết diện cột) nằm cách mặt bên cột một khoảng $h_0/2$, trong đó h_0 là chiều cao tính toán của bản. Khi cột nằm ở biên hoặc ở góc cấu kiện phẳng thì tiết diện nguy hiểm có thể là tiết diện có đường bao không khép kín. Khi đó cần phải xét hai phương án đường bao (không khép kín và khép kín) và phương án nào cho khả năng chống chọc thủng nhỏ hơn sẽ là phương án được chọn. Các phương án đường bao tính toán đã được thể hiện trên hình 15 của tiêu chuẩn mới [2]. Ngoài ra, tiêu chuẩn mới [2] cũng quy định cần kiểm tra tiết diện thứ hai có chu vi đường bao nằm cách hàng cốt thép ngang ngoài cùng $h_0/2$. Điều này cũng giống như trong tiêu chuẩn châu Âu [6] khi nói về chu vi cơ sở thứ hai. Khả năng chống chọc thủng của tiết diện cho chu vi này là do bê tông chịu.

Phần lớn các công thức trong tiêu chuẩn mới [2] phục vụ cho trường hợp cốt thép ngang đặt đều theo hai phương ($s_{wx} = s_{wy}$). Khi cốt thép đặt đều theo từng phương nhưng với bước khác nhau ($s_{wx} \neq s_{wy}$) hoặc đặt tập trung theo các trục diện truyền tải (nếu hợp lý hơn) thì vẫn dựa theo nguyên tắc đó để xác định đường bao bê tông, đường bao cốt thép và tính mô men kháng uốn của đường bao bê tông và của đường bao cốt thép ngang. Khi cốt thép ngang đặt tập trung theo các trục diện truyền tải thì đường bao bê tông và đường bao cốt thép ngang sẽ khác nhau (hình 2). Nguyên tắc này áp dụng cho cả khi cốt thép ngang là các đỉnh chịu cắt bố trí tập trung theo các trục nêu trên hoặc theo đường xuyên tâm. Các phương án này sẽ được trình bày chi tiết trong “Hướng dẫn thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018” đang được biên soạn.



Hình 2. Cốt thép ngang đặt tập trung theo các trục diện truyền tải

CHÚ DẪN:
 1 - Trọng tâm đường bao tính toán;
 2 - Đường bao có kể đến cốt thép ngang;
 3 - Đường bao bê tông ngoài phạm vi đặt cốt thép ngang.

Trong tiêu chuẩn mới [2] có đưa ra khái niệm mô men kháng uốn W “của đường bao tiết diện” không phải “của tiết diện” như chúng ta thường dùng và đường bao ở đây được quy ước có chiều rộng bằng đơn vị.

Khái niệm các mô men kháng uốn W_x và W_y , cũng như các mô men quán tính I_x và I_y nêu trong tiêu chuẩn mới [2] là “theo phương” trục X và trục Y chứ không phải là “đối với” trục X và trục Y . Điều này rất quan trọng và cần đặc biệt lưu ý vì cách ký hiệu này không giống như thông thường, cũng có thể dẫn tới nhầm lẫn các phương với nhau.

Cũng cần lưu ý là khi tính toán chọc thủng đài móng do cột gây ra thì trọng lượng đài móng không được kể vào để tính lực gây chọc thủng bởi trọng lượng này không thể gây ra chọc thủng. Bài toán chọc thủng đài do cọc gây ra cũng cần xem xét riêng [8].

Trong tiêu chuẩn mới [2] chưa chỉ rõ trường hợp chọc thủng cho vách. Thông thường thì vách và cột cần phải được định nghĩa. Theo các nghiên cứu thì vùng gây chọc thủng do vách tập trung ở vùng đầu vách (phần cạnh ngắn và một phần cạnh dài) do ứng suất cắt tại đây lớn hơn ở phương cạnh dài. Phương pháp xác định đường bao cho vách thẳng và vách chữ L sẽ được trình bày trong “Hướng dẫn thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018”.

Một điểm cần lưu ý nữa là trong 8.1.6.1 của tiêu chuẩn mới [2] có đoạn “*Khi có tác dụng của các mô men uốn tập trung và lực tập trung thì trong các điều kiện độ bền tỉ số giữa các mô men uốn tập trung tác dụng M , đã được kể đến khi tính toán chọc thủng, và các mô men uốn giới hạn M_u lấy không lớn hơn một nửa tỉ số giữa lực tập trung tác dụng F và lực giới hạn F_u* ”. Đoạn văn này có thể dẫn tới việc nó dễ bị diễn giải theo nhiều cách khác nhau. Vì vậy, để làm rõ điều này, tác giả bài báo đã tìm hiểu ở Viện bê tông cốt thép Nga (NIIZHB, cơ quan biên soạn SP 63.13330.2012 [3]), thông qua thư trả lời [6] của họ với tổ chức tư vấn bên Nga đã giải thích rõ hơn dưới dạng công thức như sau:

- Khi không đặt cốt thép ngang thì điều kiện độ bền như đã nói trong đoạn văn trên là:

$$\frac{M_x}{M_{b,u}} + \frac{M_y}{M_{b,y}} \leq \frac{0,5F}{F_{b,u}} \quad (1)$$

- Khi đặt cốt thép ngang thì điều kiện (1) có dạng:

$$\frac{M_x}{M_{bx,u} + M_{swx,u}} + \frac{M_y}{M_{by,u} + M_{swy,u}} \leq \frac{0,5F}{F_{b,u} + F_{sw,u}} \quad (2)$$

Cách diễn giải nêu trên cũng đã được cập nhật trong phiên bản mới nhất SP 63.13330.2018 [4]. Tại thời điểm viết bài báo này thì SP 63.13330.2018 đã có hiệu lực và nội dung của nó cũng đã được nhóm tác giả kịp cập nhật trong tiêu chuẩn mới [2].

Ngoài ra, khi lực dọc từ diện truyền tải đặt lệch tâm so với trọng tâm đường bao tính toán thì cần phải kể thêm *mô men bổ sung* do sự lệch tâm này gây ra với giá trị bằng $F \cdot e$ (trong đó e là độ lệch tâm của trọng tâm đường bao tính toán so với trọng tâm diện truyền tải). Mô men này được cộng đại số với mô men ngoại lực đặt vào diện tích gối tựa.

Trong tiêu chuẩn cũ [1] lực giới hạn trong cốt thép ngang được tính bằng: $F_{sw} = 0,8 \Sigma R_{sw} A_{sw}$,

(trong đó: $\Sigma R_{sw} A_{sw}$ là tổng tất cả các lực cắt chịu bởi các thanh cốt thép ngang cắt qua các mặt bên của tháp chọc thủng) thì trong tiêu chuẩn mới [2] nó được tính bằng: $F_{sw,u} = 0,8 q_{sw} u$.

(trong đó: $q_{sw} = R_{sw} A_{sw} / s_w$ và u là chu vi đường bao của tiết diện ngang tính toán khi cốt thép ngang được bố trí phân bố đều quanh diện truyền tải). Trường hợp cốt thép ngang được đặt đều theo từng phương nhưng với bước khác nhau theo các phương thì khi đường bao khép kín.

$$F_{sw,u} = 2(F_{sw,x} + F_{sw,y}),$$

trong đó: $F_{sw,x} = 0,8 R_{sw,x} A_{sw,x} L_{sw,x} / s_{wx}$;

$$F_{sw,y} = 0,8 R_{sw,y} A_{sw,y} L_{sw,y} / s_{wy}$$

với: $R_{sw,x}$ và $R_{sw,y}$ - cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép ngang theo phương X và Y ; $A_{sw,x}$ và $A_{sw,y}$ - diện tích tiết diện của một hàng thanh cốt thép ngang trên chiều rộng h_0 tính từ biên diện truyền tải theo phương X và Y ; $L_{sw,x}$ và $L_{sw,y}$ - chiều dài đoạn bố trí cốt thép ngang theo phương X và Y ; $s_{w,x}$ và $s_{w,y}$ - bước cốt thép ngang theo phương các trục X và Y . Trường hợp đường bao không khép kín với cột biên và cột góc thì $F_{sw,u}$ lần lượt bằng $(2F_{sw,x} + F_{sw,y})$ và $(F_{sw,x} + F_{sw,y})$.

Điều kiện khống chế trước đây là trong phạm vi đáy lớn của tháp chọc thủng phải đặt một lượng cốt

thép đai với tổng khả năng chịu lực $F_{sw} \geq 0,5F_b$, thì bây giờ $F_{sw,u} \geq 0,25F_{b,u}$. Nếu $F_{sw,u} > 0,25F_{b,u}$ thì cốt thép ngang không kể vào tính toán.

Trước đây cốt thép ngang các loại khi đưa vào tính toán được khống chế giá trị R_{sw} bằng 170 MPa (ứng với cốt thép C-I), còn bây giờ điều kiện khống chế này đã được lược bỏ nhưng R_{sw} của cốt thép ngang vẫn được khống chế không lớn hơn 300 MPa (bảng 14 của tiêu chuẩn mới [2]).

2.2 Về bố trí cốt thép ngang

Trong tiêu chuẩn cũ [1] quy định ở vùng *nén thủng* cốt thép ngang trong bản được đặt với bước không lớn hơn $h/3$ và không lớn hơn 200 mm, chiều rộng vùng đặt cốt thép ngang không nhỏ hơn $1,5h$ (với h là chiều dày bản).

Còn trong tiêu chuẩn mới [2] quy định tại vùng chọc thủng theo phương vuông góc với các cạnh của đường bao tính toán, cốt thép ngang cần được đặt với bước không lớn hơn $h_0/3$ và không lớn hơn 300 mm đối với bê tông có cấp cường độ chịu nén đến B60 và không nhỏ hơn 250 mm khi sử dụng bê tông từ B70 đến B100. Còn theo phương song song với các cạnh của đường bao tính toán, bước cốt thép ngang lấy không lớn hơn $1/4$ chiều dài cạnh tương ứng của đường bao tính toán. Ở đây có thể hiểu là bước cốt thép ngang theo các phương có thể bằng hoặc khác nhau. Ngoài ra, cần lưu ý là trong tiêu chuẩn mới [2] còn quy định cho hàng cốt thép ngang đầu tiên cách mép diện truyền tải một khoảng bằng $h_0/3$ đến $h_0/2$. Để đảm bảo cho vùng bê tông nằm ngoài chu vi đặt cốt thép không bị chọc thủng, chiều rộng của vùng cần đặt cốt thép ngang được mở rộng không nhỏ hơn $1,5h_0$ tính từ đường bao của diện chịu tải. Bước cốt thép ngang được phép tăng đến $h_0/2$. Khi đó, cần xem xét vị trí bất lợi nhất của tháp chọc thủng và trong tính toán chỉ kể đến các thanh cốt thép *cắt qua* tháp chọc thủng.

3. Tính toán thực hành

3.1 Trình tự tính toán tổng quát

Trên cơ sở các yêu cầu trong tiêu chuẩn mới [2], với các nội lực đã được xác định (từ phân tích tổng thể) và kích thước đã biết, trong đó có chiều cao tính toán của bản và cường độ vật liệu (bê tông và cốt thép) tính toán chọc thủng có thể được tiến hành theo các bước cơ bản sau:

1. Xác định biên tháp chọc thủng và giá trị của lực chọc thủng F và mô men uốn M (trường hợp uốn theo hai phương thì tìm M_x và M_y).

2. Tìm chu vi đường bao tiết diện tính toán u , diện tích A_b của tiết diện tính toán và mô men kháng uốn W_b của đường bao tính toán (trường hợp uốn theo hai phương thì tìm W_{bx} và W_{by}).

3. Xác định khả năng chống chọc thủng dưới tác dụng độc lập của lực tập trung $F_{b,u} = R_{bt}A_b$ và mô men tập trung $M_{bu} = R_{bt}W_b h_0$. Khi có tác dụng của mô men theo hai phương thì W_b và M_{bu} được tính cho từng phương riêng biệt (W_{bx} và W_{by} ; $M_{bu,x}$ và $M_{bu,y}$).

4. Kiểm tra điều kiện chống chọc thủng khi uốn theo một phương:

$$F/F_{bu} + M/M_{bu} \leq 1 \text{ có chú ý đến tỉ số.}$$

$$M/M_{bu} \leq 0,5F/F_{b,u}$$

Khi uốn theo hai phương:

$$F/F_{bu} + M_x/M_{bu,x} + M_y/M_{bu,y} \leq 1 \text{ có chú ý đến tỉ số}$$

$$M_x/M_{bu,x} + M_y/M_{bu,y} \leq 0,5F/F_{b,u}$$

5. Nếu độ bền không được đảm bảo thì cần đặt cốt thép ngang thỏa mãn các yêu cầu cấu tạo, sau đó tính q_{sw} và $F_{sw,u}$ (chú ý là cốt thép được đưa vào tính toán khi $F_{sw,u} \geq 0,25F_{b,u}$).

6. Tính toán khả năng chống chọc thủng của cốt thép khi uốn theo một phương bởi lực tập trung $F_{sw,u}$ và mô men $M_{sw,u}$, trong đó có chú ý đến sự có mặt của cốt thép ngang có thể làm tăng khả năng chống chọc thủng lên không quá 2 lần, nghĩa là:

$$(F_{b,u} + F_{sw,u}) \leq 2F_{bu} \text{ và } (M_{bu} + M_{sw,u}) \leq 2M_{bu}$$

Còn khi uốn theo hai phương thì:

$$(F_{b,u} + F_{sw,u}) \leq 2F_{b,u}, (M_{bx,u} + M_{swx,u}) \leq 2M_{bx,u} \text{ và } (M_{by,u} + M_{swy,u}) \leq 2M_{by,u}$$

7. Kiểm tra điều kiện chống chọc thủng khi uốn theo một phương:

$$F/(F_{b,u} + F_{sw,u}) + M/(M_{b,u} + M_{sw,u}) \leq 1 \text{ (ở đây chú ý}$$

$$\text{lấy } M/(M_{b,u} + M_{sw,u}) \leq 0,5F/(F_{b,u} + F_{sw,u}).$$

Khi uốn theo hai phương thì kiểm tra điều kiện:

$$F/(F_{b,u} + F_{sw,u}) + M_x/(M_{bx,u} + M_{swx,u}) + M_y/(M_{by,u} + M_{swy,u}) \leq 1.$$

QUY CHUẨN - TIÊU CHUẨN

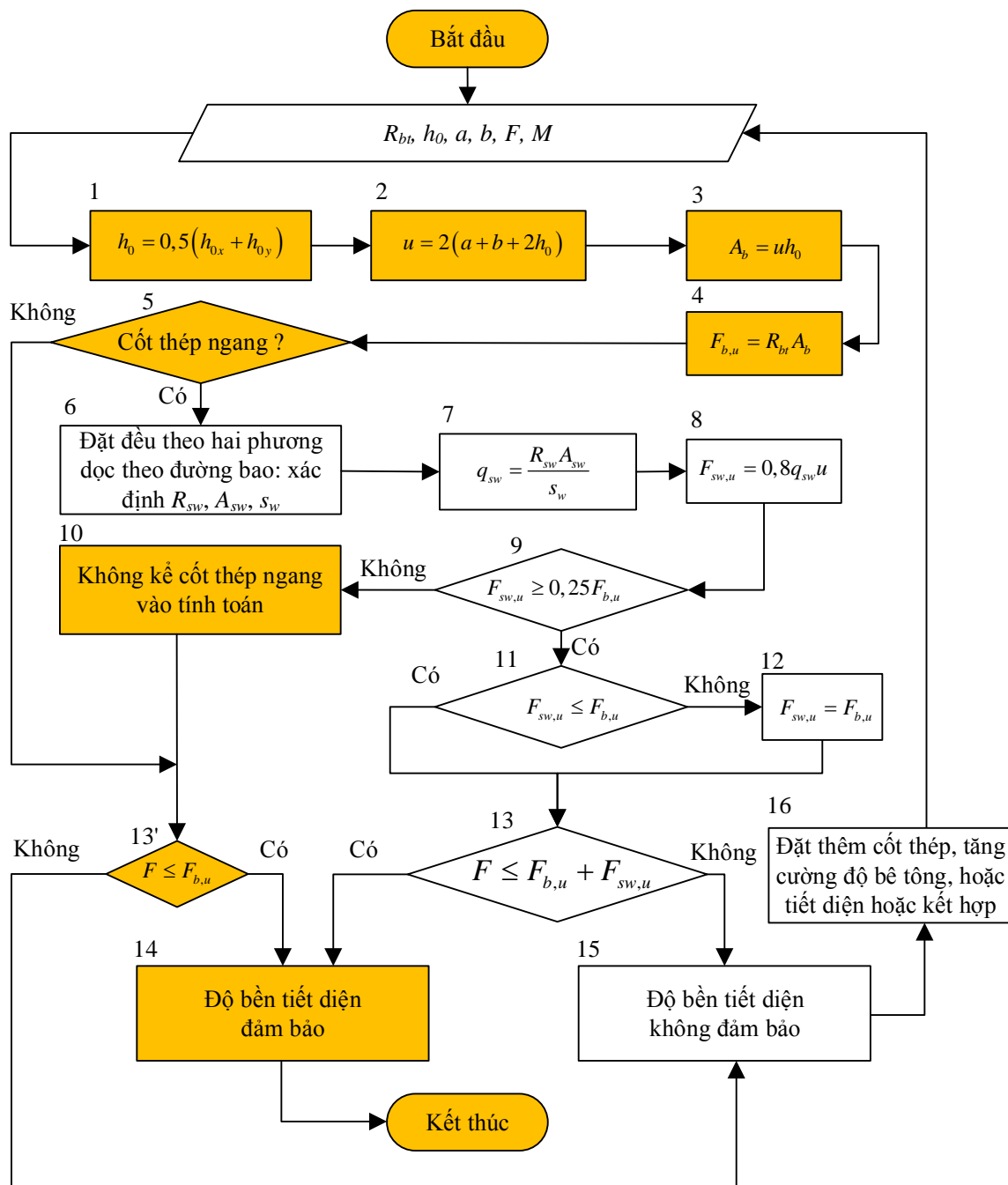
trong đó lấy $M_x/(M_{bx,u} + M_{swx,u}) + M_y/(M_{by,u} + M_{swy,u}) \leq 0,5F/(F_{b,u} + F_{sw,u})$.

8. Nếu độ bền không đảm bảo thì hoặc là đặt thêm cốt thép ngang (nhưng vẫn phải đảm bảo yêu cầu cấu tạo), hoặc tăng cấp cường độ bê tông hoặc chiều dày bản hoặc kết hợp.

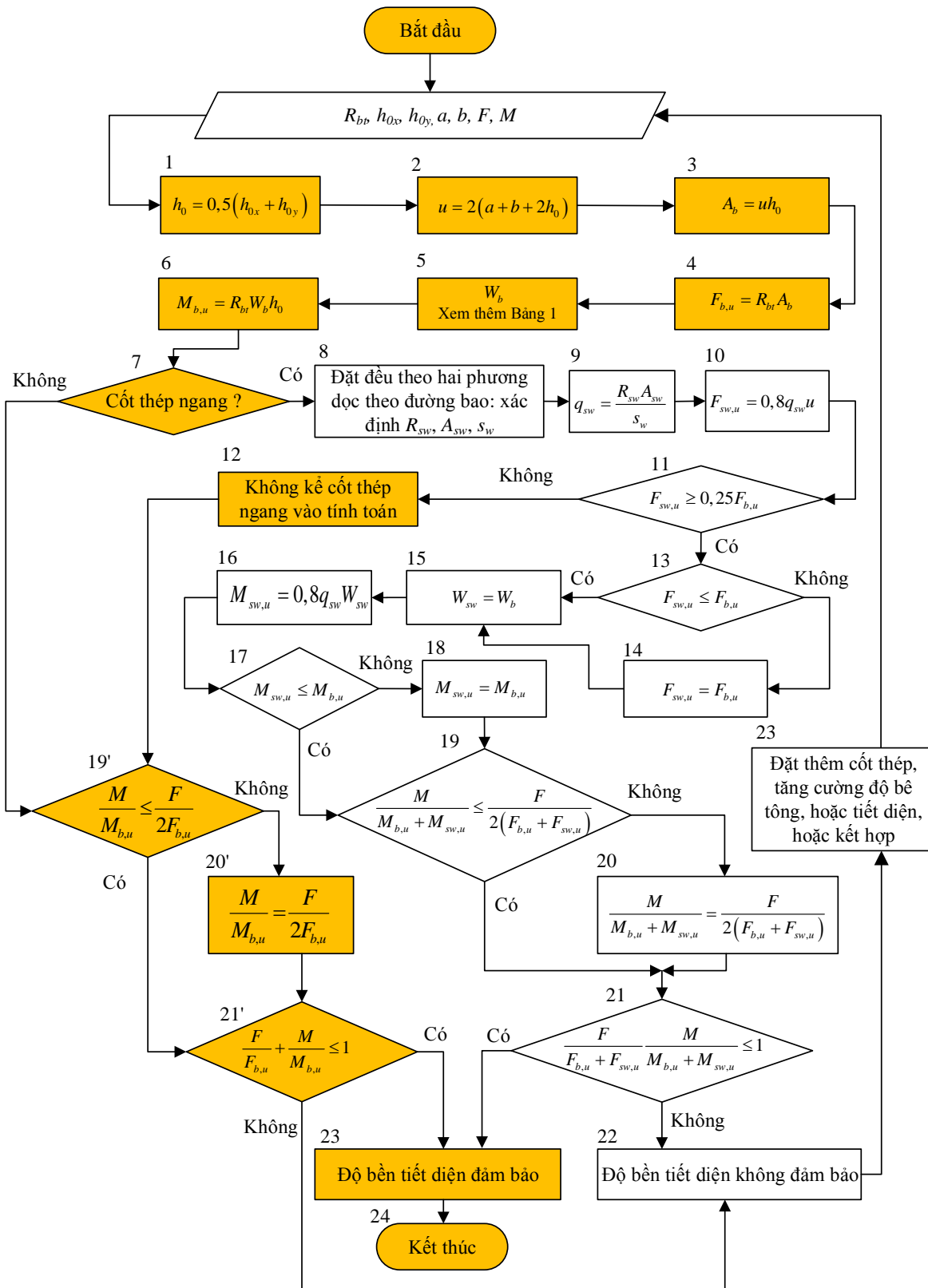
3.2 Sơ đồ khối chi tiết

Trên cơ sở trình tự tổng quát, có thể triển khai chi tiết trình tự tính toán cho các trường hợp cụ thể

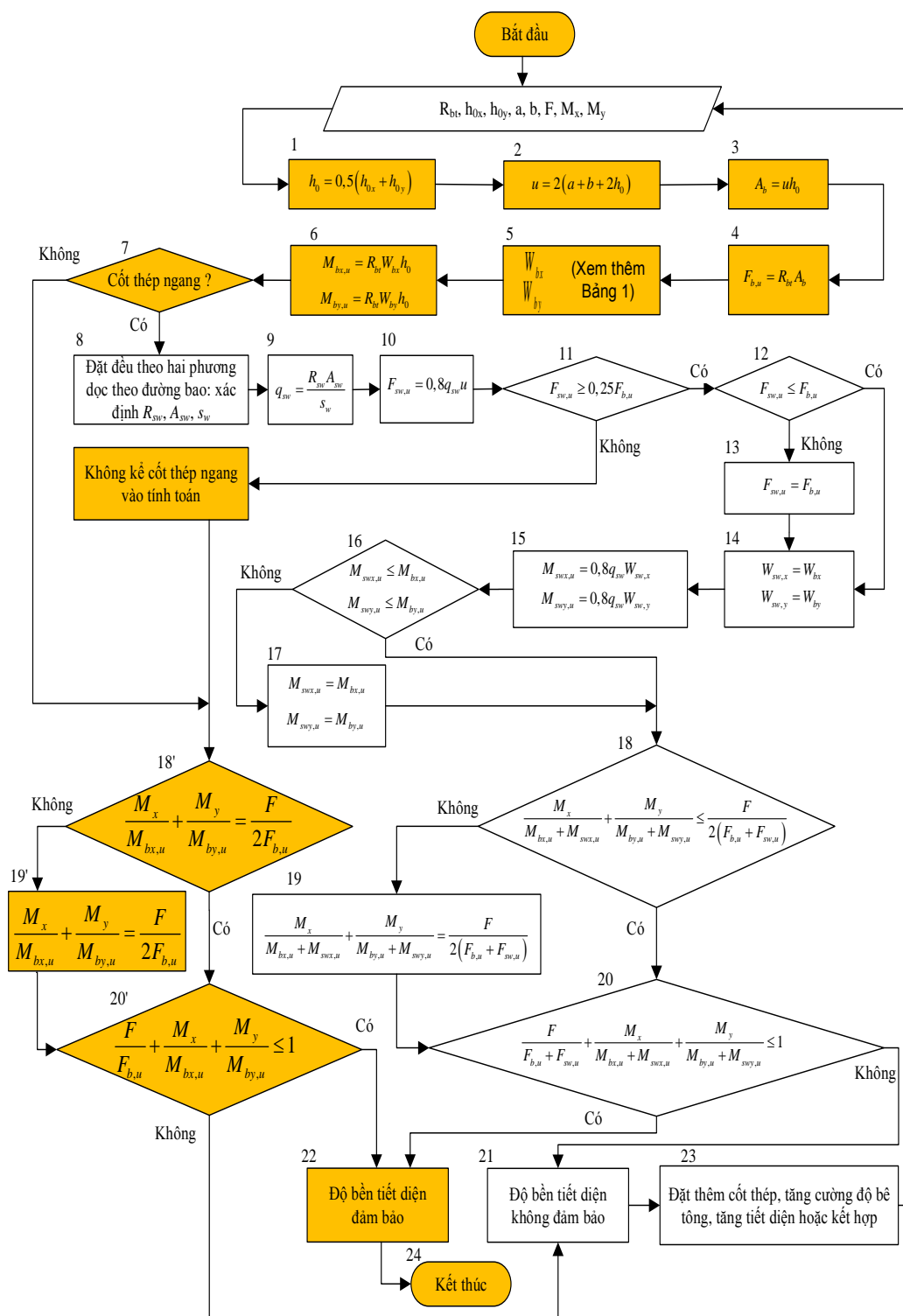
theo các sơ đồ khối ở các hình 3, 4 và 5. Trong các sơ đồ khối ở đây chỉ xét cốt thép ngang đặt đều bao quanh diện truyền tải với bước như nhau. Vận dụng các sơ đồ này có thể thiết lập được sơ đồ khối khác cho các trường hợp cốt thép ngang đặt với bước khác nhau theo hai phương, hoặc đặt tập trung theo các trục của diện truyền tải. Và khi đó cũng cần chú ý kể đến (tức là cộng đại số) mô men bổ sung $F \cdot e$ do trọng tâm đường bao tiết diện tính toán đặt lệch tâm so với trọng tâm diện truyền tải.



Hình 3. Sơ đồ khối cho trường hợp chỉ có tác dụng của lực chọn thủng



Hình 4. Sơ đồ khối cho trường hợp có tác dụng của lực chọc thủng và mô men uốn theo một phương



Hình 5. Sơ đồ khối cho trường hợp có tác dụng của lực chọc thủng và mô men uốn theo hai phương

3.3 Các trường hợp cụ thể

Việc xác định đường bao cũng như mô men kháng uốn của nó trong trường hợp cột giữa gây chọc thủng thường đơn giản hơn vì khi đó chỉ xét đường bao khép kín. Dưới đây chỉ tập trung lưu ý đối với các trường hợp cột biên và cột góc.

3.3.1 Cột biên

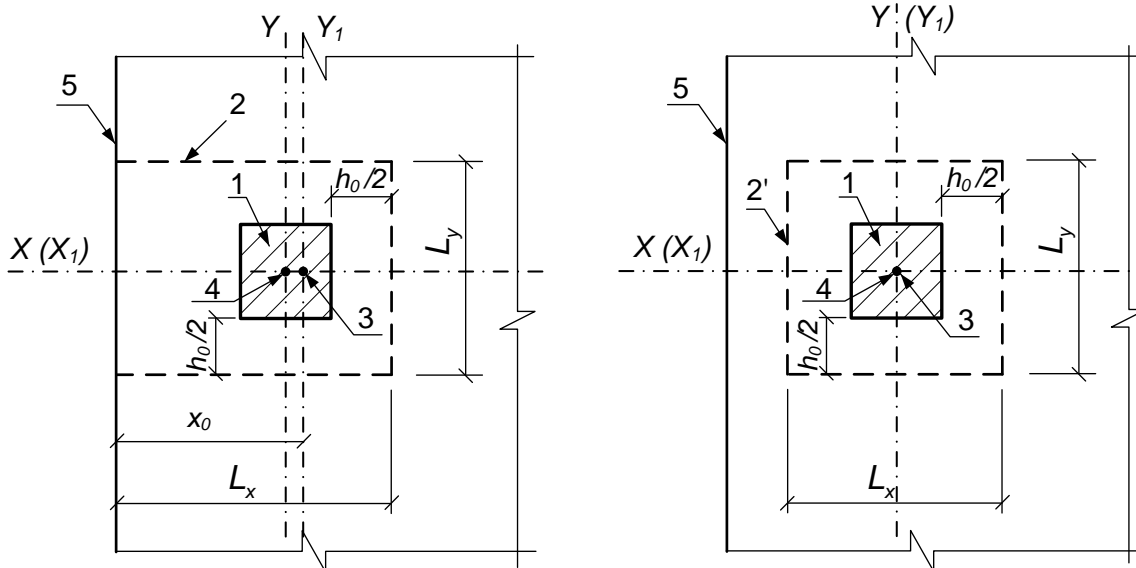
Khi cột nằm ở biên cấu kiện phẳng thì nếu

khoảng cách từ mép diện chịu tải gần với biên cấu kiện phẳng lớn hơn $h_0/2$ thì cần xét hai phương án đường bao:

Phương án 1: đường bao không khép kín (hình 6a) gồm 3 đoạn thẳng: 2 đoạn vuông góc với biên cấu kiện phẳng và nằm cách mép cột $h_0/2$ và đoạn thứ 3 song song với biên cấu kiện phẳng và cách mép cột $h_0/2$.

Phương án 2: đường bao khép kín (hình 6b), gồm 4 đoạn thẳng bao quanh cột và cách mép cột $h_0/2$.

Sau đó, tính toán khả năng chống chọc thủng theo hai phương án trên và lấy kết quả nhỏ hơn để kiểm tra điều kiện chọc thủng.



a) Đường bao không khép kín
 Chú dẫn: 1 – Diện truyền tải (diện tích tiết diện cột); 2 – Đường bao không khép kín; 2' – Đường bao khép kín;
 3 – Trọng tâm diện truyền tải; 4 – Trọng tâm diện truyền tải; 5 – Biên cấu kiện phẳng.

Hình 6. Cột biên (diện truyền tải nằm ở biên cấu kiện phẳng)

Theo phương án 1: đường bao không khép kín

Công thức (134) trong 8.1.6.3.3 của tiêu chuẩn mới [2] để xác định mô men kháng uốn $W_{bx(y)}$ của đường bao tính toán bê tông *theo phương* các trục vuông góc với nhau X và Y có thể tách thành hai công thức sau cho dễ hiểu:

$$W_{bx} = \frac{I_{bx}}{x_{max}} \tag{3}$$

$$W_{by} = \frac{I_{by}}{y_{max}} \tag{4}$$

trong đó: I_{bx} và I_{by} lần lượt là mô men quán tính của đường bao tính toán đối với các trục trung tâm Y_1 và X_1 , đi qua trọng tâm của nó (hình 6); x_{max} và y_{max} là các khoảng cách lớn nhất tính từ đường bao tính toán theo phương các trục X và Y (đi qua trọng tâm diện truyền tải) đến trọng tâm đường bao.

Theo tiêu chuẩn mới [2], I_{bx} có thể được tính như sau:

$$I_{bx} = I_{bx,1} + I_{bx,2} = \left[\frac{L_x^3}{6} + 2L_x \left(x_0 - \frac{L_x}{2} \right)^2 \right] + \left[L_y (L_x - x_0)^2 \right] \tag{5}$$

trong đó: $I_{bx,1}$ và $I_{bx,2}$ lần lượt là mô men quán tính của các đoạn đường bao song song với trục X và của các đoạn vuông góc với trục X, đối với trục trung tâm Y_1 ;

Để xác định được vị trí trọng tâm đường bao tính toán (x_0, y_0) trong công thức (5) thì mục 8.1.6.3.3 của tiêu chuẩn mới [2] cũng khuyến nghị lựa chọn các trục giao nhau bất kỳ nhưng thuận tiện sao cho dễ tìm được trọng tâm này theo công thức (135) trong tiêu chuẩn mới [2]. Đây là công thức quen thuộc trong sức bền vật liệu và nó được tách thành hai công thức sau cho dễ hiểu:

$$x_0 = \frac{\sum L_i x_{i0}}{\sum L_i} \tag{6}$$

$$y_0 = \frac{\sum L_i y_{i0}}{\sum L_i} \tag{7}$$

trong đó: L_i - chiều dài đoạn thứ i của đường bao tính toán; x_{i0} và y_{i0} - các khoảng cách từ trọng tâm các đoạn thành phần của đường bao tính toán đến các trục đã chọn theo phương X và Y.

Tử số của các công thức (6) và (7) chính là mô men tĩnh của đường bao đối với trục đã chọn. Trên hình 6a, các trục được lựa chọn lần lượt là trục X đi qua trọng tâm diện truyền tải và trục Y là biên trái của cấu kiện phẳng. Trường hợp này $y_0 = 0$.

Sau khi xác định được trọng tâm đường bao tính toán thì xác định mô men kháng uốn đối với trục đi qua trọng tâm này.

Theo phương X, mô men kháng uốn W_{bx} được tính theo các công thức:

$$W_{bx} = \frac{I_{bx}}{x_0} \quad (8a)$$

và

$$W_{bx} = \frac{I_{bx}}{L_x - x_0} \quad (8b)$$

sau đó lấy giá trị W_{bx} nhỏ hơn, nghĩa là:

$$W_{bx} = \min\left(\frac{I_{bx}}{x_0}; \frac{I_{bx}}{L_x - x_0}\right) \quad (9)$$

Trong thực tế, để tính nhanh và đơn giản hơn có thể so sánh x_0 và $(L_x - x_0)$ để biết được giá trị nào nhỏ hơn. Khi đó có thể chỉ dùng công thức (8a) hoặc (8b) để tính W_{bx} .

Sau khi biến đổi thì công thức (8a) và (8b) lần lượt trở thành:

$$W_{bx} = \frac{L_x^2(u + 3L_y)}{6(L_x + L_y)} \quad (10a)$$

$$\text{và } W_{bx} = \frac{L_x(u + 3L_y)}{6} \quad (10b)$$

trong đó: u - chu vi đường bao tính toán, $u = 2L_x + L_y$.

Như vậy là để tính các mô men kháng uốn W_{bx} có thể dùng các đại lượng hình học để tính nhanh là L_x , L_y và u .

Tương tự, theo phương Y thì mô men quán tính I_{by} của đường bao tính toán đối với trục X_1 :

$$\begin{aligned} I_{by} &= I_{by,1} + I_{by,2} = 0,5L_xL_y^2 + \frac{L_y^3}{12} \\ &= 0,5L_y^2\left(L_x + \frac{L_y}{6}\right) \end{aligned} \quad (11)$$

trong đó: $I_{by,1}$ và $I_{by,2}$ lần lượt là mô men quán tính của một đoạn đường bao song song với trục Y và của hai đoạn đường bao vuông góc với trục Y, đối với trục X_1 .

Và cuối cùng tính được W_{by} trong công thức (4) như sau:

$$W_{by} = \frac{I_{by}}{y_{\max}} = \frac{I_{by}}{L_y/2} = L_y\left(L_x + \frac{L_y}{6}\right) \quad (12)$$

Theo phương án 2: đường bao khép kín

Mô men quán tính I_{bx} của đường bao đối với trục Y_1 :

$$\begin{aligned} I_{bx} &= I_{bx,1} + I_{bx,2} = \frac{L_x^3}{6} + \frac{L_yL_x^2}{2} \\ &= \frac{L_x^2}{2}\left(\frac{L_x}{3} + L_y\right) \end{aligned} \quad (13)$$

trong đó: $I_{bx,1}$ và $I_{bx,2}$ lần lượt là các mô men quán tính của 2 đoạn đường bao song song với trục X và của 2 đoạn vuông góc với trục X, đối với trục Y_1 .

Khoảng cách x_0 từ biên của bản đến trọng tâm đường bao tính toán:

$$x_0 = \frac{L_x(L_x + L_y)}{2(L_x + L_y)} = \frac{L_x}{2} \quad (14)$$

Và cuối cùng tính được mô men kháng uốn W_{bx} :

$$\begin{aligned} W_{bx} &= \frac{I_{bx}}{x_{\max}} = \frac{I_{bx}}{x_0} = \frac{L_x^2}{2}\left(\frac{L_x}{3} + L_y\right) : \frac{L_x}{2} \\ &= L_x\left(\frac{L_x}{3} + L_y\right) \end{aligned} \quad (15)$$

Tương tự có thể tính được mô men kháng uốn W_{by} :

$$\begin{aligned} W_{by} &= \frac{I_{by}}{y_{\max}} = \frac{I_{by}}{y_0} = \frac{L_y^2}{2}\left(\frac{L_y}{3} + L_x\right) : \frac{L_y}{2} \\ &= L_y\left(\frac{L_y}{3} + L_x\right) \end{aligned} \quad (16)$$

3.3.2 Cột góc

Tương tự như trong 3.3.1, có thể lựa chọn các trục để dễ xác định được vị trí trọng tâm đường bao như trên hình 7. Đó là các biên của bản (hình 7a) cho trường hợp đường bao không khép kín và các trục trục giao nhau tại trọng tâm của diện truyền tải (hình 7b).

Với cách tính tương tự như ở 3.3.1, có thể xác định được các giá trị W_{bx} và W_{by} như sau:

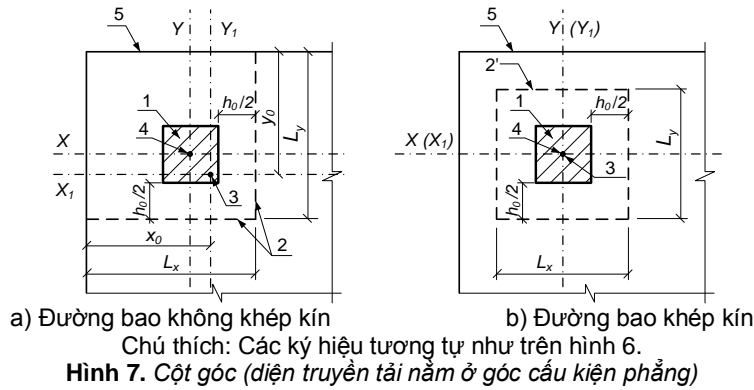
Đối với thớ gần biên của bản:

$$W_{bx} = \frac{L_x^2(u + 3L_y)}{12(0,5L_x + L_y)} \text{ và } W_{by} = \frac{L_y^2(u + 3L_x)}{12(0,5L_y + L_x)};$$

Đối với thớ xa biên của bản:

$$W_{bx} = \frac{L_x(u + 3L_y)}{6} \text{ và } W_{by} = \frac{L_y(u + 3L_x)}{6}.$$

Ở đây, $u = L_x + L_y$.



Để thuận tiện cho việc xác định trực tiếp W của đường bao tính toán (mà không cần thông qua mô men quán tính I), và độ lệch tâm e của lực dọc so với trọng tâm đường bao tính toán (lưu ý là không phải trọng tâm diện tích được bao bởi đường bao tính toán), tác giả đã

tính toán các đặc trưng này cho các trường hợp khác nhau và kết quả được thể hiện trong bảng 1. Trong bảng 1, L_x và L_y là các đoạn đường bao theo phương trục X vuông góc với biên cấu kiện phẳng và phương trục Y song song với biên cấu kiện phẳng.

Bảng 1. Mô men kháng uốn W của đường bao tính toán và độ lệch tâm e của lực dọc so với trọng tâm đường bao tính toán

Vị trí cột, chu vi đường bao (u)	Mô men kháng uốn			Độ lệch tâm e	
	Đối với thứ	Theo phương trục X , W_{bx}	Theo phương trục Y , W_{by}	Theo phương trục X , e_x	Theo phương trục Y , e_y
Cột biên, $2L_x + L_y$	Gần biên của bản	$\frac{L_x^2 (u + 3L_y)}{6(L_x + L_y)}$	$L_y (L_y/6 + L_x)$	$\frac{L_x (L_x + L_y)}{u} - x_0$	0
	Xa biên của bản	$\frac{L_x (u + 3L_y)}{6}$			
Cột góc, $L_x + L_y$	Gần biên của bản	$\frac{L_x^2 (u + 3L_y)}{12(0,5L_x + L_y)}$	$\frac{L_y^2 (u + 3L_x)}{12(0,5L_y + L_x)}$	$\frac{L_x (0,5L_x + L_y)}{u} - x_0$	$\frac{L_y (0,5L_y + L_x)}{u}$
	Xa biên của bản	$\frac{L_x (u + 3L_y)}{6}$	$\frac{L_y (u + 3L_x)}{6}$		$-y_0$
Cột giữa $2(L_x + L_y)$	-	$L_x (L_x/3 + L_y)$	$L_y (L_y/3 + L_x)$	0	0

4. Kết luận

Trong tiêu chuẩn mới TCVN 5574:2018 có thay đổi đáng kể trong cách tính chọc thủng cho cấu kiện phẳng so với tiêu chuẩn cũ TCVN 5574:2012 là đã kể được ảnh hưởng của mô men uốn phù hợp với thực tế và bài báo đã phân tích làm rõ thêm một số điểm mới này cũng như những điểm cần lưu ý khi áp dụng tiêu chuẩn mới.

Bài báo cũng đã thiết lập được trình tự tính toán chọc thủng tổng quát và chi tiết cho các trường hợp chỉ có lực tập trung, lực tập trung kết hợp mô men tập trung trong cả trường hợp có hoặc không có cốt thép ngang. Ngoài ra, bài báo cũng đã thiết lập được các công thức tính sẵn mô men kháng uốn của đường bao tính toán giúp cho công tác thiết kế được thuận tiện hơn.

Các điểm mới khác trong tiêu chuẩn mới TCVN 5574:2018 cũng sẽ được tác giả giới thiệu ở những số báo tới.

1. TCVN 5574:2012, Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
2. TCVN 5574:2018, Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.
3. SP 63.13330.2012, Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения (Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Các quy định chung).
4. SP 63.13330.2018, Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения (Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Các quy định chung).
5. Lê Minh Long, Một số điểm mới trong dự thảo TCVN 5574:2017, Tạp chí KHCN Xây dựng, số 2/2017.
6. А.Н. Давидюк, Вопрос и Ответ АД.2.626 (Câu hỏi và trả lời của Viện bê tông Nga NIIZHB), 2015.
7. EN 1992-1-1:2004, Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules of building (Thiết kế kết cấu bê tông. Phần 1-1: Các quy định chung và quy định cho nhà).
8. Lê Minh Long, Nguyễn Trung Kiên, Nguyễn Hải Điện, Tính toán độ bền đài cọc bê tông cốt thép toàn khối, Tạp chí KHCN Xây dựng, số 3/2015.

Ngày nhận bài: 27/6/2019.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 02/7/2019.

TÀI LIỆU THAM KHẢO