

TCVN X1993-1-7:202x

**THIẾT KẾ KẾT CẤU THÉP – PHẦN 1-7: KẾT CẤU
BẢN PHẪNG CHỊU TẢI TRỌNG NGOÀI MẶT PHẪNG**

Design of steel structures – Part 1-7: Strength and stability of planar plated structures subject to out of plane loading

DỰ THẢO

Hà Nội - 2024

Lời nói đầu

TCVN X1993-1-7:202x được xây dựng trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn *EN 1993-1-7:2007 Eurocode 3 — Design of steel structures — Part 1-7: Plated structures subject to out of plane loading*

TCVN ... do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Mục lục

Lời nói đầu	3
1. Quy định chung.....	9
1.1 Phạm vi	9
1.2 Tài liệu viện dẫn	10
1.3 Thuật ngữ và định nghĩa.....	10
1.3.1 Hình dạng kết cấu và hình học kết cấu	10
1.3.2 Thuật ngữ	12
1.3.3 Tác động.....	12
1.4 Ký hiệu	12
2 Cơ sở thiết kế.....	15
2.1 Các yêu cầu	15
2.2 Các nguyên tắc thiết kế theo trạng thái giới hạn	16
2.2.1 Quy định chung.....	16
2.2.2 Phá hoại dẻo.....	16
2.2.3 Tính dẻo chu kỳ	16
2.2.4 Mất ổn định	16
2.2.5 Mỏi.....	16
2.3 Tác động	16
2.4 Thiết kế với sự hỗ trợ thí nghiệm.....	16
3 Các tính chất vật liệu	17
4 Độ bền lâu	17
5 Phân tích kết cấu.....	17
5.1 Quy định chung	17
5.2 Ứng suất trong bản	17
5.2.1 Quy định chung.....	17
5.2.2 Các điều kiện biên của bản	18
5.2.3 Các mô hình thiết kế của kết cấu làm từ bản	18
6 Trạng thái giới hạn cực hạn.....	23
6.1 Quy định chung	23
6.2 Giới hạn dẻo.....	23
6.2.1 Quy định chung.....	23
6.2.2 Các quy tắc bổ sung đối với thiết kế bằng phân tích tổng thể	24
6.2.3 Các quy tắc bổ sung đối với thiết kế bằng phương pháp thiết kế đơn giản	24
6.3 Tính dẻo chu kỳ.....	24

6.3.1 Quy định chung	24
6.3.2 Các quy tắc bổ sung đối với thiết kế bằng phân tích tổng thể	25
6.4 Độ bền mất ổn định.....	26
6.4.1 Quy định chung	26
6.4.2 Các quy tắc bổ sung đối với thiết kế bằng phân tích tổng thể	26
6.4.3 Các quy tắc bổ sung đối với thiết kế bằng phương pháp thiết kế đơn giản.....	27
7 Mỗi	27
8 Trạng thái giới hạn sử dụng.....	27
8.1 Quy định chung.....	27
8.2 Độ võng ngoài mặt phẳng	27
8.3 Dao động vượt mức.....	28
Phụ lục A (tham khảo).....	29
Các phương pháp phân tích để thiết kế các kết cấu làm từ bản	29
A.1 Quy định chung	29
A.2 Phân tích đàn hồi tuyến tính cho bản (LA)	29
A.3 Phân tích phi tuyến hình học (GNA).....	29
A.4 Phân tích phi tuyến vật liệu (MNA).....	30
A.5 Phân tích phi tuyến hình học và vật liệu (GMNA).....	30
A.6 Phân tích phi tuyến hình học có kể đến sự không hoàn hảo (GNIA)	30
A.7 Phân tích phi tuyến hình học và vật liệu có kể đến sự không hoàn hảo (GMNIA).....	30
Phụ lục B (Tham khảo)	32
Ứng suất bên trong của bản chữ nhật không sườn cứng theo lý thuyết độ võng nhỏ.....	32
B.1 Quy định chung	32
B.2 Ký hiệu.....	32
B.3 Tải trọng phân bố đều	33
B.3.1 Độ võng ngoài mặt phẳng	33
B.3.2 Nội ứng suất	33
B.3.3 Các hệ số k cho tải trọng phân bố đều.....	33
B.4 Tải trọng diện tích ở đoạn giữa bản.....	35
B.4.1 Độ võng ngoài mặt phẳng	35
B.4.2 Nội ứng suất	35
B.4.3 Các hệ số k cho tải trọng diện tích	37
Phụ lục C (tham khảo)	38
Ứng suất bên trong của bản chữ nhật không sườn cứng theo lý thuyết độ võng lớn.....	38
C.1 Quy định chung.....	38
C.2 Ký hiệu	38
C.3 Tải trọng phân bố đều trên tổng bề mặt bản.....	39

TCVN X1993-1-7:202x

C.3.1 Độ võng ngoài mặt phẳng.....	39
C.3.2 Nội ứng suất.....	39
C.3.3 Các hệ số k cho tải trọng phân bố đều	41
C.4 Tải trọng diện tích ở giữa	45
C.4.1 Quy định chung	45
C.4.2 Nội ứng suất.....	45
C.4.3 Các hệ số cho tải trọng diện tích	46

Thiết kế kết cấu thép – Phần 1-7: Kết cấu bản phẳng chịu tải trọng ngoài mặt phẳng

Design of steel structures – Part 1-7: Strength and stability of planar plated structures subject to out of plane loading

1. Quy định chung

1.1 Phạm vi

(1) P TCVN X1993-1-7 đưa ra các quy tắc thiết kế cơ sở để thiết kế kết cấu của bản có sườn cứng hoặc không có sườn cứng hình thành nên bộ phận kết cấu làm từ bản, như si lô, bể chứa, chịu tải trọng ngoài mặt phẳng. Tiêu chuẩn này cần được sử dụng kết hợp với TCVN X1993-1-1 và các tiêu chuẩn áp dụng liên quan.

(2) Tiêu chuẩn này quy định các giá trị thiết kế của độ bền: hệ số riêng cho độ bền có thể được lấy từ Phụ lục quốc gia của tiêu chuẩn áp dụng liên quan. Các giá trị khuyến nghị được đưa ra trong các tiêu chuẩn áp dụng liên quan.

(3) Tiêu chuẩn này đề cập tới các yêu cầu cho thiết kế theo trạng thái giới hạn của :

- Sụp đổ dẻo;
- Tính dẻo chu kỳ;
- Mất ổn định;
- Mỏi.

(4) Cân bằng tổng thể của kết cấu (trượt, trôi, lật) không bao gồm trong Tiêu chuẩn này, nhưng được nêu trong TCVN X1993-1-1. Các xem xét riêng cho áp dụng cụ thể có thể tìm được trong các phần áp dụng liên quan của TCVN X1993.

(5) Các quy tắc trong tiêu chuẩn này liên quan đến các đoạn bản trong kết cấu làm từ bản có thể có sườn cứng hoặc không. Các đoạn bản này có thể là các bản riêng lẻ hoặc các phần của kết cấu làm từ bản. Chúng được chất tải bởi tác động ngoài mặt phẳng.

(6) Để kiểm tra các kết cấu làm từ bản có sườn cứng hoặc không có sườn cứng chỉ chịu nội lực trong mặt phẳng xem TCVN X1993-1-5. Trong TCVN X1993-1-7 đưa ra các quy tắc cho tương tác giữa nội lực trong mặt phẳng và tải trọng ngoài mặt phẳng.

(7) Đối với các quy tắc cho các cấu kiện và tấm tạo hình nguội xem TCVN X1993-1-3.

- (8) Miền nhiệt độ mà các quy tắc của tiêu chuẩn này cho phép áp dụng được nêu trong các phần liên quan của TCVN X1993.
- (9) Các quy tắc trong tiêu chuẩn này liên quan tới kết cấu được chế tạo phù hợp với các yêu cầu thi công của EN 1090-2.
- (10) Tải trọng gió và tải trọng do dòng vật liệu rời cần được xem là tác động tựa thường xuyên. Để kiểm tra mỏi, ảnh hưởng động phải được kể đến theo TCVN X1993-1-9. Các ứng suất xuất hiện do ứng xử động trong tiêu chuẩn này được coi là tựa thường xuyên.

1.2 Tài liệu viện dẫn

(1) Các tài liệu viện dẫn sau cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN X1993 Thiết kế kết cấu thép:

- Phần 1.1: Quy định chung và quy định cho nhà
- Phần 1.3: Quy định chung – Quy định bổ sung cho cấu kiện và tấm tạo hình nguội
- Phần 1.5: Cấu kiện làm từ bản phẳng
- Phần 1.6: Độ bền và ổn định kết cấu vỏ
- Phần 1.8: Thiết kế nút
- Phần 1.9: Mỏi
- Phần 1.10: Độ dai và tính chất theo chiều dày của vật liệu
- Phần 1.12: Quy định bổ sung cho TCVN X1993 đối với vật liệu thép tới S 700
- Phần 4.1: Si lô
- Phần 4.2: Bể chứa

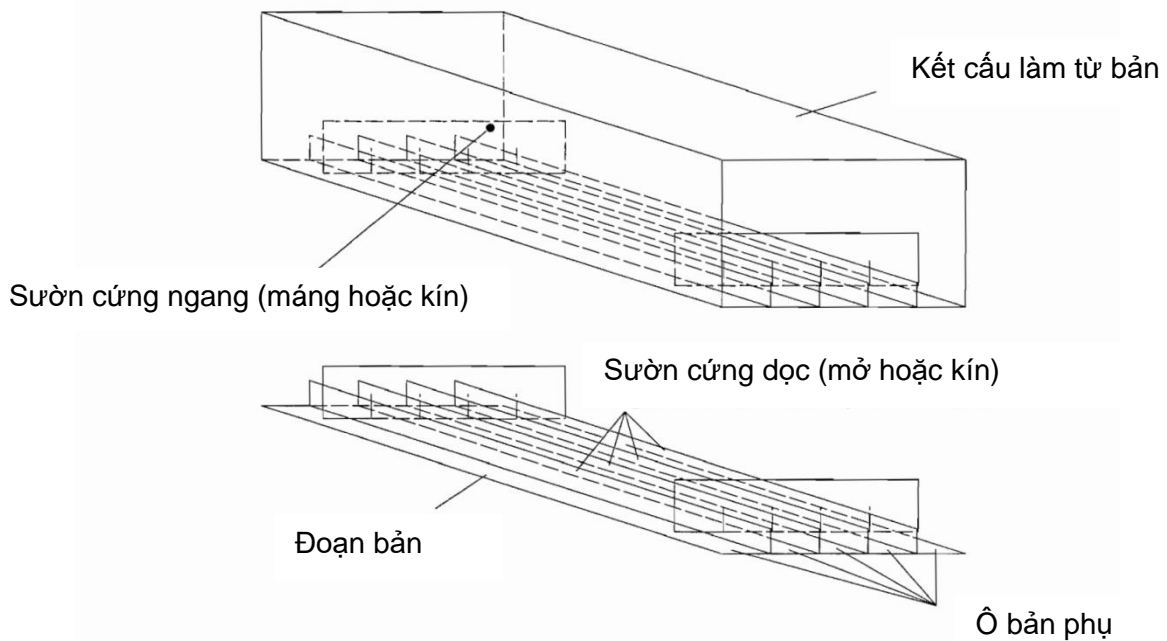
1.3 Thuật ngữ và định nghĩa

- (1) Áp dụng các quy tắc trong 1.5 của TCVN X1990.
- (2) Các thuật ngữ và định nghĩa sau bổ sung cho các thuật ngữ và định nghĩa trong TCVN X1993-1-1.

1.3.1 Hình dạng kết cấu và hình học kết cấu

1.3.1.1 Kết cấu làm từ bản (plated structure)

Kết cấu được cấu tạo từ các bản phẳng được nối với nhau. Các bản có thể có sườn cứng hoặc không có sườn cứng, xem Hình 1.1.



Hình 1.1 – Các bộ phận của kết cấu làm từ bản

1.3.1.2 Đoạn bản (plate segment)

Các bản phẳng mà có thể được tăng cứng hoặc không. Đoạn bản cần được xem là các phần riêng lẻ của kết cấu làm từ bản.

1.3.1.3 Sườn cứng (stiffener)

Bản hoặc tiết diện nối với bản để chống mất ổn định cho bản hoặc tăng cứng cho bản để chịu được tải trọng cục bộ. Sườn cứng được phân thành các loại sau:

- Sườn cứng dọc nếu phương dọc của nó trùng với phương truyền tải trọng chính của cấu kiện mà nó tạo nên;
- Sườn ngang nếu phương dọc của nó vuông góc với phương truyền tải trọng chính của cấu kiện mà nó tạo nên.

1.3.1.4 Bản được tăng cứng (stiffened plate)

Bản có sườn cứng ngang và/hoặc sườn cứng dọc

1.3.1.5 Ô bản (sub-panel)

Bản không tăng cứng được bao quanh bằng các sườn cứng hoặc ở bản bụng bằng các bản cánh và/hoặc các sườn cứng, hoặc ở bản cánh bằng các bản bụng và/hoặc các sườn cứng.

1.3.2 Thuật ngữ

1.3.2.1 Phá hoại dẻo (plastic collapse)

Dạng phá hoại tại trạng thái giới hạn khi kết cấu mất khả năng chịu được tải trọng tăng thêm do phát triển cơ cấu dẻo.

1.3.2.2 Phá hoại kéo (tensile rupture)

Dạng phá hoại tại trạng thái giới hạn khi sự phá hoại của bản xuất hiện do kéo.

1.3.2.3 Dẻo chu kỳ (cyclic plasticity)

Khi sự chảy dẻo lặp gây bởi các chu kỳ của tải trọng và không tải trọng.

1.3.2.4 Mất ổn định (buckling)

Khi kết cấu mất ổn định dưới lực nén và/hoặc cắt

1.3.2.5 Mỏi (fatigue)

Khi tải trọng chu kỳ gây nứt hoặc phá hoại.

1.3.3 Tác động

1.3.3.1 Tải trọng ngoài mặt phẳng (out of plane loading)

Tải trọng tác dụng vuông góc bề mặt của đoạn bản.

1.3.3.2 Lực trong mặt phẳng (in-plane forces)

Lực tác dụng song song bề mặt đoạn bản. Chúng gây nên các ảnh hưởng trong mặt phẳng (ví dụ nhiệt độ hoặc hiệu ứng ma sát) hoặc tải trọng tổng thể tác dụng lên kết cấu dạng bản.

1.4 Ký hiệu

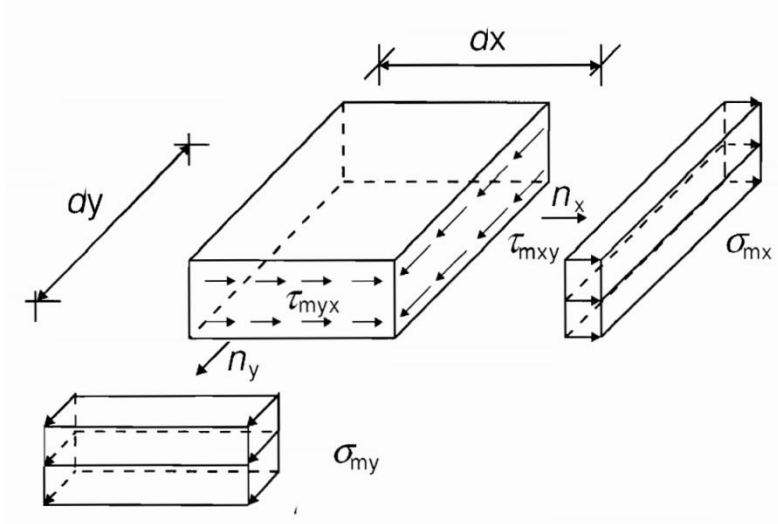
(1) Để bổ sung cho các ký hiệu nêu trong TCVN X1990 và TCVN X1993-1-1, sử dụng các ký hiệu sau:

(2) Ứng suất màng trong bản chữ nhật xem Hình 1.2:

σ_{mx} là ứng suất pháp màng theo phương x do thành phần ứng suất pháp màng trên đơn vị chiều rộng n_x ;

σ_{my} là ứng suất pháp màng theo phương y do thành phần ứng suất pháp màng trên đơn vị chiều rộng n_y ;

τ_{mxy} là ứng suất cắt màng do thành phần ứng suất cắt màng trên đơn vị chiều rộng n_{xy} .



Hình 1.2 – Các ứng suất màng

(3) Các ứng suất uốn và cắt trong bản chữ nhật do uốn xem Hình 1.3.

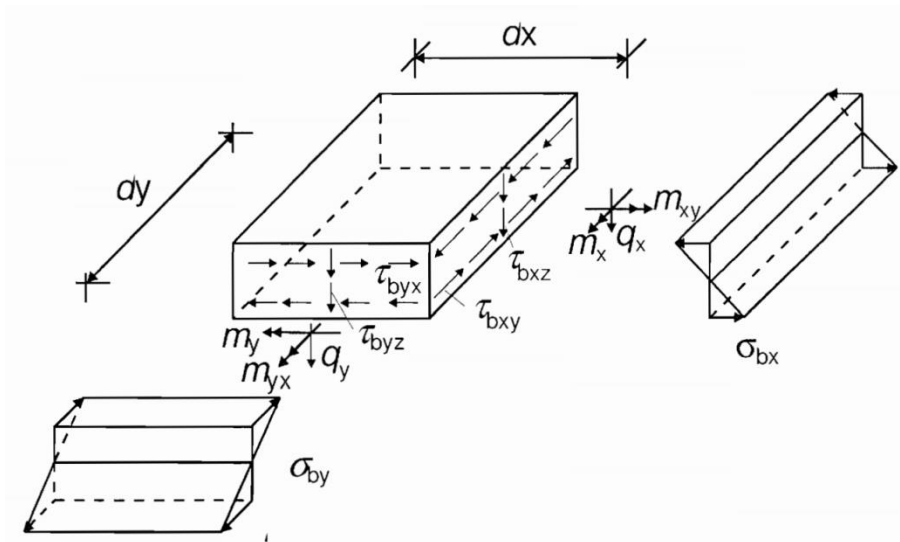
σ_{bx} là ứng suất theo phương x do mô men uốn trên đơn vị chiều rộng m_x ;

σ_{by} là ứng suất theo phương y do mô men uốn trên đơn vị chiều rộng m_y ;

τ_{bxy} là ứng suất cắt do mô men xoắn trên đơn vị chiều rộng m_{xy} ;

τ_{bxz} là ứng suất cắt do lực cắt ngang trên đơn vị chiều rộng q_x liên quan đến mô men uốn;

τ_{byz} là ứng suất cắt do lực cắt ngang q_y liên quan đến mô men uốn.



Hình 1.3 – Các ứng suất pháp và cắt do mô men uốn

CHÚ THÍCH: Nói chung, có tám thành phần ứng suất trong một mặt phẳng tại bất kỳ điểm nào. Các ứng suất cắt τ_{bxz} và τ_{byz} do q_x và q_y là không đáng kể trong phần lớn các trường hợp thực tế so với các thành phần ứng suất còn lại và vì vậy chúng thường có thể được bỏ qua trong thiết kế.

(4) Các ký tự Hy Lạp thường:

- α là tỉ số cạnh của đoạn bản (a/b);
- ε là biến dạng;
- α_R là hệ số tăng tải trọng;
- ρ là hệ số giảm cho bản mất ổn định;
- σ_i là ứng suất pháp theo phương i , xem Hình 1.2 và Hình 1.3;
- τ là ứng suất cắt, xem Hình 1.2 và Hình 1.3;
- ν là hệ số Poát xông;
- γ_M là hệ số riêng.

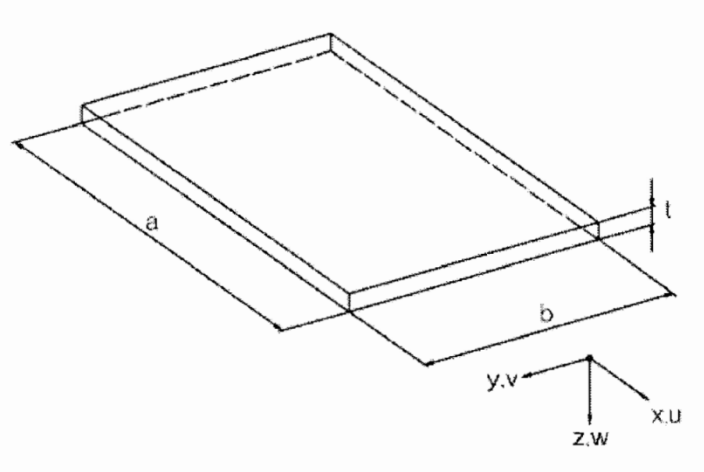
(5) Các ký tự Latin hoa:

- E là mô đun đàn hồi.

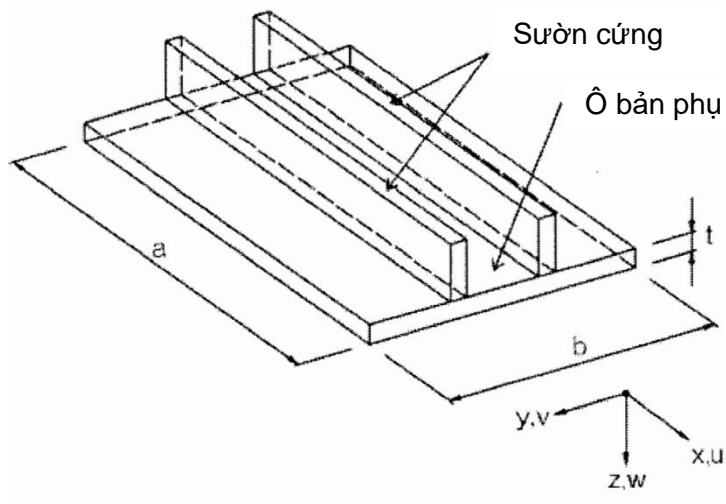
(6) Các ký tự Latin thường:

- a là chiều dài đoạn bản, xem Hình 1.4 và Hình 1.5;
- b là chiều rộng đoạn bản, xem Hình 1.4 và Hình 1.5;
- f_{yk} là ứng suất chảy hoặc ứng suất chảy quy ước ứng với 0,2 % đối với vật liệu có đường cong ứng suất-biến dạng không tuyến tính;
- n_i là lực pháp màng theo phương i (kN/m);
- n_{xy} là lực cắt màng (kN/m);
- m là mô men uốn (kNm/m);
- q_z là lực cắt ngang theo phương z (kN/m);
- t là chiều dày đoạn bản, xem Hình 1.4 và Hình 1.5.

CHÚ THÍCH: Các ký hiệu không được liệt kê ở trên được giải thích trong phần chính văn khi nó lần đầu xuất hiện.



Hình 1.4 – Kích thước và các trục của các đoạn bản không tăng cứng



Hình 1.5 – Kích thước và các trục các đoạn bản được tăng cứng; sườn cứng có thể hở hoặc kín

2 Cơ sở thiết kế

2.1 Các yêu cầu

- (1)P Cơ sở thiết kế phải phù hợp với TCVN X1990.
- (2)P Các trạng thái giới hạn sau phải được kiểm tra cho kết cấu làm từ bản:
 - Phá hoại dẻo, xem 2.2.2;
 - Dẻo chu kỳ, xem 2.2.3;
 - Mất ổn định, xem 2.2.4;
 - Mỏi, xem 2.2.5.
- (3) Thiết kế kết cấu làm từ bản cần thỏa mãn các yêu cầu sử dụng được thiết lập trong các tiêu chuẩn liên quan.

2.2 Các nguyên tắc thiết kế theo trạng thái giới hạn

2.2.1 Quy định chung

1)P Các nguyên tắc cho trạng thái giới hạn cực hạn nêu trong chương 2 của TCVN X1993-1-1 và TCVN X1993-1-6 cũng phải áp dụng cho kết cấu làm từ bản.

2.2.2 Phá hoại dẻo

(1) Phá hoại dẻo là trạng thái mà trong đó một phần kết cấu phát triển biến dạng dẻo đáng kể, liên quan đến phát triển cơ cấu dẻo. Tải trọng gây phá hoại dẻo thường được xác định bởi cân bằng cơ cấu dựa trên lý thuyết biến dạng nhỏ.

2.2.3 Tính dẻo chu kỳ

(1) Dẻo chu kỳ cần được coi là điều kiện giới hạn đối với các chu kỳ lặp lại của tải trọng tăng thêm và giảm xuống gây nên sự chảy dẻo khi kéo hoặc khi nén hoặc cả hai tại cùng một điểm, vì vậy gây ra quá trình lặp của sự làm việc dẻo trong kết cấu. Sự chảy dẻo thay đổi này có thể dẫn đến nứt cục bộ do giảm khả năng hấp thụ năng lượng của vật liệu, và đó là giới hạn mỗi chu kỳ nhỏ. Ứng suất liên quan đến trạng thái giới hạn này xuất hiện dưới tổ hợp tất cả các tác động và các điều kiện tương thích đối với kết cấu.

2.2.4 Mất ổn định

(1) Mất ổn định cần được coi là trạng thái mà trong đó toàn bộ kết cấu hoặc một phần kết cấu có chuyển dịch lớn gây nên trạng thái mất ổn định dưới tác dụng của ứng suất nén và/hoặc ứng suất tiếp trong bản. Điều này dẫn tới cấu kiện mất khả năng chịu được các tải trọng tăng thêm.

(2) Mất ổn định cục bộ của bản xem TCVN X1993-1-5.

(3) Đối với uốn, ổn định ngang do xoắn và ổn định distortional của các sườn cứng xem TCVN X1993-1-5.

2.2.5 Mỏi

(1) Mỏi cần được coi là trạng thái giới hạn gây nên sự phát triển và/hoặc tăng nứt bởi các chu kỳ lặp lại của ứng suất tăng thêm hoặc giảm xuống.

2.3 Tác động

(1) Tác động đặc trưng được xác định trong các phần tương ứng của TCVN X1991.

2.4 Thiết kế với sự hỗ trợ thí nghiệm

(1) Các yêu cầu về tính toán dựa trên kết quả thử nghiệm được nêu trong 2.5 của TCVN X1993-1-1 và trong Điều 9 của TCVN X1993-1-3.

3 Các tính chất vật liệu

- (1) Tiêu chuẩn này bao gồm thiết kế các kết cấu làm từ bản được chế tạo từ vật liệu thép phù hợp với các tiêu chuẩn sản phẩm được liệt kê trong TCVN X1993-1-1 và TCVN X1993-1-12.
- (2) Các tính chất vật liệu của các cấu kiện và tấm tạo hình nguội cần được lấy theo TCVN X1993-1-3.
- (3) Các tính chất của thép không gỉ cần được lấy theo TCVN X1993-1-4.

4 Độ bền

- (1) Độ bền lâu xem trong Điều 4 của TCVN X1993-1-1.

5 Phân tích kết cấu

5.1 Quy định chung

- (1)P Mô hình được sử dụng cho tính toán phải tương thích với dự báo ứng xử của kết cấu và các trạng thái giới hạn đang xét.
- (2) Nếu các điều kiện biên có thể được xác định một cách an toàn, nghĩa là ngàm hoặc không ngàm, thì kết cấu làm từ bản có thể được chia ra thành các đoạn bản riêng lẻ mà có thể được phân tích độc lập.
- (3) Ổn định tổng thể của kết cấu hoàn chỉnh phải được kiểm tra theo các phần tương ứng của TCVN X1993.

5.2 Ứng suất trong bản

5.2.1 Quy định chung

- (1) Mô hình tính toán và các giả thiết cơ sở để xác định nội ứng suất hoặc các thành phần ứng suất cần phù hợp với phản ứng kết cấu đối với tải trọng ở trạng thái giới hạn.
- (2) Mô hình kết cấu có thể đơn giản sao cho nó có thể thể hiện được rằng sự đơn giản được sử dụng sẽ cho kết quả đánh giá an toàn của hệ quả tác động.
- (3)P Phân tích tổng thể đàn hồi cần được sử dụng cho kết cấu làm từ bản. Khi có mỗi xuất hiện thì phân tích tổng thể đàn hồi không được sử dụng.
- (4) Sai lệch có thể từ phương giả thiết hoặc phần tác động cần được kể đến.
- (5) Phân tích đường chảy dẻo có thể được sử dụng ở trạng thái giới hạn khi nén trong mặt phẳng hoặc cắt trong mặt phẳng nhỏ hơn 10 % độ bền tương ứng. Độ bền uốn trong đường chảy dẻo cần được lấy bằng:

$$m_{Rd} = \frac{0,25f_y t^2}{\gamma_{M0}}$$

5.2.2 Các điều kiện biên của bản

- (1) Các điều kiện biên được giả thiết trong phân tích cần phù hợp với trạng thái giới hạn được xét.
- (2)P Nếu kết cấu làm từ bản được phân chia thành các đoạn bản riêng lẻ thì các điều kiện biên được giả thiết cho các sườn cứng trong các đoạn bản riêng lẻ trong tính toán thiết kế phải được ghi trong các bản vẽ và các yêu cầu kỹ thuật của dự án.

5.2.3 Các mô hình thiết kế của kết cấu làm từ bản

5.2.3.1 Quy định chung

- (1) Các nội ứng suất của đoạn bản cần được xác định theo:
- Công thức tiêu chuẩn, xem 5.2.3.2;
 - Phân tích tổng thể, xem 5.2.3.3;
 - Mô hình đơn giản hóa, xem 5.2.3.4.
- (2) Các phương pháp thiết kế nêu trong (1) cần được kể đến lý thuyết uốn tuyến tính và uốn phi tuyến cho bản trong các trường hợp tương ứng.
- (3) Lý thuyết uốn tuyến tính dựa trên giả thiết biến dạng nhỏ và sự phụ thuộc tuyến tính tải trọng - biến dạng. Điều này có thể được sử dụng nếu nén trong mặt phẳng hoặc cắt nhỏ hơn 10 % độ bền tương ứng.
- (4) Lý thuyết uốn phi tuyến dựa trên giả thiết biến dạng lớn và sự kể đến ảnh hưởng của biến dạng lên điều kiện cân bằng.
- (5) Các mô hình thiết kế nêu trong (1) có thể dựa trên các phương pháp phân tích nêu trong Bảng 5.1.

Bảng 5.1 – Các phương pháp phân tích

Loại phân tích	Lý thuyết uốn	Quy luật vật liệu	Hình học của bản
Phân tích đàn hồi tuyến tính (LA)	Tuyến tính	Tuyến tính	Hoàn chỉnh
Phân tích phi tuyến hình học (GNA)	Phi tuyến	Tuyến tính	Hoàn chỉnh
Phân tích phi tuyến vật liệu (MNA)	Tuyến tính	Phi tuyến	Hoàn chỉnh
Phân tích phi tuyến vật liệu và hình học (GMNA)	Phi tuyến	Phi tuyến	Hoàn chỉnh
Phân tích phi tuyến vật liệu và hình học có kể đến sự không hoàn hảo (GNIA)	Phi tuyến	Tuyến tính	Không hoàn hảo
Phân tích phi tuyến vật liệu và hình học có kể đến sự không hoàn hảo (GMNIA)	Phi tuyến	Phi tuyến	Không hoàn hảo

CHÚ THÍCH 1: Định nghĩa các loại phân tích được nêu trong Phụ lục A.

CHÚ THÍCH 2: Các loại phân tích thích hợp cho kết cấu cần được nêu trong chỉ dẫn kỹ thuật của dự án.

TCVN X1993-1-7:202x

CHÚ THÍCH 3: Việc sử dụng mô hình với hình học hoàn chỉnh. Không hoàn hảo hình học hoặc không liên quan hoặc được bao hàm trong các điều khoản thiết kế khác.

CHÚ THÍCH 4: Biên độ không hoàn hảo hình học được lựa chọn sao cho khi so sánh với các kết quả thử nghiệm sử dụng các mẫu thử được chế tạo với sai lệch phù hợp với EN 1090-2 thì kết quả tính toán là chấp nhận được, vì vậy các biên độ này thông thường khác với các sai lệch nêu trong EN 1090-2.

5.2.3.2 Phương pháp sử dụng các công thức tiêu chuẩn

(1) Các đoạn bản riêng lẻ của kết cấu làm từ bản, nội ứng suất có thể được tính cho tổ hợp các tác động thiết kế tương ứng với các công thức tính toán thích hợp dựa trên các loại phương pháp phân tích nêu trong 5.2.3.1.

CHÚ THÍCH: Phụ lục B và C cung cấp các giá trị tra bảng cho các bản chữ nhật không có sườn cứng chịu tải trọng ngang. Đối với các bản tròn, các công thức tính toán nêu trong TCVN X1993-1-6. Có thể sử dụng các công thức thiết kế khác, nếu độ tin cậy của các công thức thiết kế phù hợp với các yêu cầu nêu trong TCVN X1991-1

(2) Trong trường hợp trường ứng suất hai phương từ lý thuyết màng, ứng suất tương đương Von Mises $\sigma_{eq,Ed}$ có thể được xác định theo công thức:

$$\sigma_{eq,Ed} = \frac{1}{t} \sqrt{n_{x,Ed}^2 + n_{y,Ed}^2 - n_{x,Ed}n_{y,Ed} + 3n_{xy,Ed}^2} \quad (5.1)$$

(3) Trong trường hợp trường ứng suất hai phương từ lý thuyết bản đàn hồi, ứng suất Von Mises tương đương $\sigma_{eq,Ed}$ có thể được xác định theo công thức:

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed}\sigma_{y,Ed} + 3\tau_{xy,Ed}^2} \quad (5.2)$$

trong đó:

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{n_{x,Ed}}{t} \pm \frac{m_{x,Ed}}{t^2/4};$$

$$\sigma_{y,Ed} = \frac{n_{y,Ed}}{t} \pm \frac{m_{y,Ed}}{t^2/4};$$

$$\tau_{xy,Ed} = \frac{n_{xy,Ed}}{t} \pm \frac{m_{xy,Ed}}{t^2/4};$$

và $n_{x,Ed}$, $n_{y,Ed}$, $n_{xy,Ed}$, $m_{x,Ed}$, $m_{y,Ed}$, $m_{xy,Ed}$ được xác định theo 1.4(1) và (2).

Ghi chú: Các biểu thức trên cung cấp một ứng suất tương đương thiên về an toàn được đơn giản hóa cho thiết kế.

5.2.3.3 Sử dụng phân tích tổng thể: phương pháp phân tích số

(1) Nếu nội ứng suất của kết cấu làm từ bản được xác định bằng phân tích số dựa trên phân tích tuyệt tính vật liệu, ứng suất tương đương Von Mises $\sigma_{eq,Ed}$ của kết cấu làm từ bản cần được tính toán cho tổ hợp tác động thiết kế tương ứng.

(2) Ứng suất tương đương Von Mises $\sigma_{eq,Ed}$ được xác định bởi các thành phần ứng suất xuất hiện tại một điểm trong kết cấu làm từ bản.

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{y,Ed} + 3\tau_{xy,Ed}^2} \quad (5.3)$$

trong đó: $\sigma_{x,Ed}$ và $\sigma_{y,Ed}$ lấy dấu dương khi là ứng suất kéo.

(3) Nếu phân tích số được sử dụng để kiểm tra mất ổn định, ảnh hưởng của sự không hoàn hảo cần được kể đến. Các sự không hoàn hảo có thể là:

a) Không hoàn hảo hình học:

- Sai lệch từ hình dạng hình học danh định của bản (biến dạng ban đầu, độ võng ngoài mặt phẳng);
- Bản bụng không đều đặn (lệch);
- Sai lệch chiều dày danh định.

b) Không hoàn hảo vật liệu:

- Ứng suất dư do cán, dập, hàn, nắn thẳng;
- Tính không đồng nhất và không đẳng hướng.

(4) Sự không hoàn hảo hình học và vật liệu cần được kể đến bằng sự không hoàn hảo hình học tương đương ban đầu của bản hoàn hảo. Hình dạng của sự không hoàn hảo hình học tương đương ban đầu cần được lấy từ dạng mất ổn định tương ứng.

(5) Biên độ của sự không hoàn hảo hình học tương đương ban đầu e_0 của đoạn bản chữ nhật có thể thu được bằng tính toán số với các kết quả thử nghiệm từ mẫu thử mà có thể được xem như đại diện cho chế tạo từ đường cong mất ổn định bản của TCVN X1993-1-5 như sau:

$$e_0 = \frac{(1 - \rho \bar{\lambda}_p)(1 - \rho)}{\rho \zeta} \quad (5.4)$$

trong đó:

$$\zeta = \frac{6b^2(b^2 + \nu a^2)}{t(a^2 + b^2)^2} \quad \text{và} \quad \alpha < \sqrt{2};$$

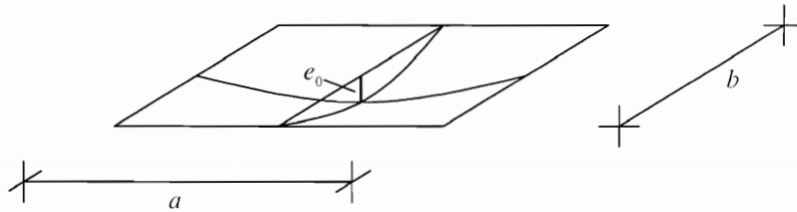
ρ là hệ số giảm cho mất ổn định bản như định nghĩa trong 4.4 của TCVN X1993-1-5;

a, b là các đặc trưng hình học của bản, xem Hình 5.1;

t là chiều dày bản;

α là tỉ số cạnh $a/b < \sqrt{2}$;

$\bar{\lambda}_p$ là độ mảnh tương đối của bản, xem TCVN X1993-1-5.



Hình 5.1 – Không hoàn hảo hình học tương đương ban đầu e_0 của đoạn bản

- (6) Như là một giả thiết thiên về an toàn, biên độ có thể lấy bằng $e_0 = a/200$, trong đó $b \leq a$.
- (7) Hình dáng của sự không hoàn hảo hình học tương đương, khi cần, cần phù hợp với các khuyết tật xuất hiện trong quá trình chế tạo và lắp dựng.
- (8)P Trong tất cả các trường hợp, độ chính xác của tính toán bằng phương pháp số cần được kiểm tra bằng kết quả thử nghiệm đã biết hoặc phân tích so sánh.

5.2.3.4 Sử dụng phương pháp thiết kế đơn giản

5.2.3.4.1 Quy định chung

- (1) Nội lực và ứng suất của kết cấu làm từ bản chịu tải trọng ngoài và trong mặt phẳng có thể được xác định bằng mô hình tính toán đơn giản cho kết quả đánh giá an toàn.
- (2) Vì vậy, kết cấu làm từ bản có thể được chia ra thành các đoạn bản riêng lẻ có sườn cứng hoặc không có sườn cứng.

5.2.3.4.2 Các đoạn bản không sườn cứng

- (1) Bản chữ nhật không có sườn cứng dưới tải trọng ngoài mặt phẳng có thể được mô hình hóa bằng dầm tương đương theo phương truyền lực chủ yếu, nếu các điều kiện sau thỏa mãn:
- Tỷ số a/b của bản lớn hơn 2;
 - Bản chịu tải trọng phân bố ngoài mặt phẳng mà có thể thay đổi hoặc tuyến tính hoặc phi tuyến;
 - Cường độ, ổn định và độ cứng của khung hoặc dầm đỡ đoạn bản thỏa mãn các điều kiện biên đã giả thiết của dầm tương đương.
- (2) Nội lực và mô men của dầm tương đương cần được xác định bằng cách sử dụng hoặc phân tích đàn hồi hoặc phân tích dẻo như đã nêu trong TCVN X1993-1-1.
- (3) Nếu độ võng bậc nhất do tải trọng ngoài mặt phẳng có dạng tương tự dạng mất ổn định bản do lực nén trong mặt phẳng bản, thì tương tác giữa hai hiện tượng cần được kể đến trong tính toán.
- (4) Trong các trường hợp, khi mà tình huống nêu trong (3) xảy ra, thì công thức tính lặp quy định trong 6.3 của TCVN X1993-1-1 có thể áp dụng cho dầm tương đương.

5.2.3.4.3 Các đoạn bản có sườn cứng

- (1) Bản có sườn cứng hoặc đoạn bản có sườn cứng có thể được mô hình hóa dưới dạng giàn giao thoa (grillage) nếu nó được tăng cứng đều theo phương ngang và phương dọc.

(2) Khi xác định diện tích tiết diện ngang A_i của bản của cấu kiện đơn lẻ i của Giàn giao thoa (grillage), ảnh hưởng trễ do cắt cần được kể đến bằng hệ số β theo TCVN X1993-1-5.

(3) Đối với cấu kiện i của giàn giao thoa (grillage) mà được bố trí song song với phương lực nén trong mặt phẳng, thì diện tích tiết diện ngang A_i cần được xác định có kể đến chiều rộng hiệu dụng của ô bản liền kề do mất ổn định bản theo TCVN X1993-1-5.

(4) Tương tác giữa hiệu ứng trễ do cắt và hiệu ứng mất ổn định bản, xem Hình 5.2, cần được xem xét bằng diện tích hiệu dụng A_i theo công thức sau:

$$A_i = \left[\rho_c \left(A_{L,eff} + \sum \rho_{pan,i} b_{pan,i} t_{pan,i} \right) \right] \beta^\kappa \quad (5.5)$$

trong đó:

$A_{L,eff}$ là diện tích hiệu dụng của sườn cứng có xét đến mất ổn định cục bộ dạng bản của sườn cứng;

ρ_c là hệ số giảm do mất ổn định tổng thể bản của đoạn bản có sườn cứng, như đã nêu trong 4.5.4(1) của TCVN X1993-1-5;

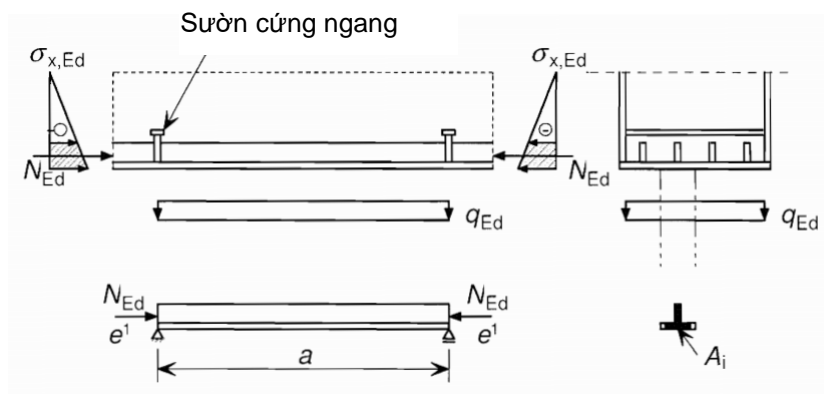
$\rho_{pan,i}$ là hệ số giảm do mất ổn định cục bộ bản của ô bản thứ i , như đã nêu trong 4.4(1) của TCVN X1993-1-5;

$b_{pan,i}$ là chiều rộng ô bản thứ i , như đã nêu trong 4.5.1(3) của TCVN X1993-1-5;

$t_{pan,i}$ là chiều dày ô bản thứ i ;

β là hệ số chiều rộng hiệu dụng của hiệu ứng trễ do cắt, xem 3.2.1 của TCVN X1993-1-5;

κ là hệ số đã nêu trong 3.3 của TCVN X1993-1-5.



Hình 5.2 – Xác định diện tích tiết diện ngang A_i

(5) Kiểm tra cấu kiện thứ i của giàn giao thoa (grillage) có thể được thực hiện bằng cách sử dụng công thức tương tác trong 6.3.3 của TCVN X1993-1-1 có kể đến các điều kiện tải trọng sau:

- Ảnh hưởng của tải trọng ngoài mặt phẳng;
- Lực dọc tương đương trong tiết diện ngang A_i do ứng suất pháp trong bản;

TCVN X1993-1-7:202x

- Độ lệch tâm e của lực dọc tương đương N_{Ed} so với trọng tâm của diện tích tiết diện ngang A_t .
- (6) Nếu các sườn cứng của đoạn bản hoặc đoạn bản chỉ được bố trí song song với lực nén trong mặt phẳng bản, thì bản có sườn cứng có thể được mô hình hóa dưới dạng dầm tương đương tựa trên gối lò xo đàn hồi, xem TCVN X1993-1-5;
- (7) Nếu các sườn cứng của đoạn bản có sườn cứng được bố trí theo phương ngang so với lực nén, thì tương tác giữa lực nén và mô men uốn trong đoạn bản không có sườn cứng nằm giữa các sườn cứng cần được kiểm tra theo 5.2.3.4.2(4).
- (8) Các sườn cứng dọc cần thỏa mãn các yêu cầu nêu trong chương 9 của TCVN X1993-1-5.
- (9) Các sườn cứng ngang cần thỏa mãn các yêu cầu nêu trong chương 9 của TCVN X1993-1-5.

6 Trạng thái giới hạn cực hạn

6.1 Quy định chung

- (1) Các bộ phận của kết cấu làm từ bản phải được điều chỉnh sao cho các yêu cầu thiết kế cơ sở đối với các trạng thái giới hạn nêu trong Điều 2 được thỏa mãn.
- (2) Đối với hệ số riêng γ_M cho sức kháng của kết cấu dạng bản, xem các phần liên quan của TCVN X1993.
- (3) Đối với các hệ số riêng γ_M của các liên kết của kết cấu làm từ bản, xem TCVN X1993-1-8.

6.2 Giới hạn dẻo

6.2.1 Quy định chung

- (1) Tại mỗi điểm trong kết cấu làm từ bản, ứng suất thiết kế $\sigma_{eq,Ed}$ cần thỏa mãn điều kiện:

$$\sigma_{eq,Ed} \leq \sigma_{eq,Rd} \quad (6.1)$$

trong đó:

$\sigma_{eq,Ed}$ là giá trị lớn nhất của ứng suất tương đương Von Mises đã nêu trong 5.2.3.

- (2) Trong thiết kế đàn hồi, độ bền đoạn bản chống lại phá hoại dẻo hoặc phá hoại kéo đứt dưới tác dụng đồng thời của lực dọc và uốn được xác định theo ứng suất tương đương Von Mises $\sigma_{eq,Rd}$:

$$\sigma_{eq,Rd} = f_{yk} / \gamma_{M0} \quad (6.2)$$

CHÚ THÍCH: Giá trị số của γ_{M0} xem 1.1(2).

6.2.2 Các quy tắc bổ sung đối với thiết kế bằng phân tích tổng thể

- (1) Nếu phân tích số dựa trên phân tích tuyến tính vật liệu, thì độ bền phá hoại dẻo hoặc phá hoại kéo đứt cần được kiểm tra theo các yêu cầu nêu trong 6.2.1.
- (2) Nếu phân tích số dựa trên quan hệ ứng suất – biến dạng thiết kế với $f_{yd}, (= f_y / \gamma_{M0})$, thì kết cấu làm từ bản chịu tải trọng F_{Ed} lấy từ giá trị thiết kế của tác động và tải trọng có thể được tăng dần để xác định hệ số tăng tải trọng α_R của trạng thái giới hạn dẻo F_{Rd} .
- (3) Kết quả phân tích số cần thỏa mãn điều kiện:

$$F_{Ed} \leq F_{Rd} \quad (6.3)$$

trong đó:

$$F_{Rd} = \alpha_R F_{Ed};$$

α_R là hệ số tăng tải trọng của tải trọng F_{Ed} để đạt tới trạng thái giới hạn cực hạn.

6.2.3 Các quy tắc bổ sung đối với thiết kế bằng phương pháp thiết kế đơn giản

6.2.3.1 Các bản không có sườn cứng

- (1) Nếu bản không có sườn cứng được thiết kế như dầm tương đương, thì độ bền tiết diện ngang của nó cần được kiểm tra theo tổ hợp tải trọng trong mặt phẳng và nội lực ngoài mặt phẳng theo các quy tắc thiết kế nêu trong TCVN X1993-1-1.

6.2.3.2 Các bản có sườn cứng

- (1) Nếu đoạn bản có sườn cứng được mô hình hóa như Giàn giao thoa (grillage) như đã nêu trong 5.2.3.4, thì tiết diện ngang và độ bền mất ổn định của các phần tử riêng lẻ thứ i của Giàn giao thoa (grillage) cần được kiểm tra theo tổ hợp tải trọng trong mặt phẳng và nội lực ngoài mặt phẳng bằng các công thức tương tác trong TCVN X1993-1-1, phần 6.3.3.
- (2) Nếu đoạn bản có sườn cứng được mô hình hóa như Giàn giao thoa (grillage) như đã nêu trong 5.2.3.4, thì tiết diện ngang và độ bền mất ổn định của dầm tương đương cần được kiểm tra theo tổ hợp tải trọng trong mặt phẳng và nội lực ngoài mặt phẳng bằng các công thức tương tác trong 6.3.3 của TCVN X1993-1-1.
- (3) Các thành phần ứng suất hoặc ứng suất của ô bản cần được kiểm tra phá hoại do kéo đứt hoặc phá hoại dẻo theo các quy tắc thiết kế nêu trong 5.2.3.2, 5.2.3.3 hoặc 5.2.3.4.

6.3 Tính dẻo chu kỳ

6.3.1 Quy định chung

- (1) Tại mỗi điểm trong kết cấu làm từ bản, miền ứng suất thiết kế $\Delta\sigma_{Ed}$ cần thỏa mãn điều kiện:

$$\Delta\sigma_{Ed} \leq \Delta\sigma_{Rd} \quad (6.4)$$

trong đó: $\Delta\sigma_{Ed}$ là giá trị lớn nhất của miền ứng suất tương đương Von Mises:

$$\Delta\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\Delta\sigma_{x,Ed}^2 + \Delta\sigma_{y,Ed}^2 - \Delta\sigma_{x,Ed}\Delta\sigma_{y,Ed} + 3\Delta\tau_{Ed}^2}$$

tại điểm tương ứng của đoạn bản do tổ hợp tác động thiết kế tương ứng gây ra.

(2) Trong thiết kế tuyến tính vật liệu, độ bền của đoạn bản chống lại dèo chu kỳ / mỗi chu kỳ nhỏ có thể được kiểm tra bằng giới hạn miền ứng suất Von Mises $\Delta\sigma_{Rd}$:

$$\Delta\sigma_{Rd} = 2,0f_{yk} / \gamma_{M0} \quad (6.5)$$

CHÚ THÍCH: Giá trị bằng số của γ_{M0} xem 1.1(2).

6.3.2 Các quy tắc bổ sung đối với thiết kế bằng phân tích tổng thể

- (1) Khi thực hiện phân tích phi tuyến vật liệu bằng máy tính, cần đặt các tác động thiết kế lên bản.
- (2) Tổng biến dạng tương đương Von Mises $\varepsilon_{eq,Ed}$ tích lũy khi kết cấu hết tuổi thọ cần được đánh giá bằng phương pháp phân tích mà mô hình hóa được tất cả các chu kỳ tải trọng.
- (3) Nếu không thực hiện phân tích chính xác hơn thì tổng biến dạng đàn hồi tương đương Von Mises $\varepsilon_{eq,Ed}$ có thể được xác định theo công thức:

$$\varepsilon_{eq,Ed} = m\Delta\varepsilon_{eq,Ed} \quad (6.6)$$

trong đó:

m là số chu kỳ thiết kế;

$\Delta\varepsilon_{eq,Ed}$ là số gia lớn nhất của biến dạng đàn hồi tương đương Von Mises trong một chu kỳ tải trọng hoàn chỉnh tại bất kỳ điểm nào trong kết cấu xuất hiện sau chu kỳ thứ ba.

- (4) Nếu không thực hiện đánh giá mỗi chu kỳ nhỏ chính xác hơn thì giá trị thiết kế của tổng biến dạng dèo tương đương Von Mises $\varepsilon_{eq,Ed}$ cần thỏa mãn điều kiện:

$$\varepsilon_{p,eq,Ed} \leq n_{eq} \frac{f_{yk}}{E\gamma_{M0}} \quad (6.7)$$

CHÚ THÍCH 1: Phụ lục quốc gia có thể lựa chọn giá trị của n_{eq} . Giá trị $n_{eq} = 25$ được khuyến nghị áp dụng.

CHÚ THÍCH 2: Giá trị bằng số của γ_{M0} xem 1.1(2).

6.4 Độ bền mất ổn định

6.4.1 Quy định chung

- (1) Nếu đoạn bản của kết cấu làm từ bản chịu nén trong mặt phẳng hoặc cắt thì độ bền mất ổn định của nó cần được kiểm tra theo các quy tắc thiết kế nêu trong TCVN X1993-1-5.
- (2) Ổn định uốn, ổn định xoắn-ngang hoặc ổn định méo của các sườn cứng cần được kiểm tra theo TCVN X1993-1-5, xem cùng 5.2.3.4(8) và (9).
- (3) Đối với tương tác giữa các ảnh hưởng của tải trọng trong mặt phẳng và ngoài mặt phẳng, xem chương 5.

6.4.2 Các quy tắc bổ sung đối với thiết kế bằng phân tích tổng thể

- (1) Nếu độ bền mất ổn định của bản dưới tác dụng của tổ hợp lực trong và ngoài mặt phẳng được kiểm tra bằng phương pháp số, thì tác động thiết kế F_{Ed} cần thỏa mãn điều kiện:

$$F_{Ed} \leq F_{Rd} \quad (6.8)$$

- (2) Sức kháng mất ổn định bản F_{Rd} của kết cấu làm từ bản được xác định theo công thức:

$$F_{Rd} = k F_{Rk} / \gamma_{M1} \quad (6.9)$$

trong đó:

- F_{Rk} là độ bền mất ổn định đặc trưng của kết cấu làm từ bản;
 k là hệ số hiệu chỉnh, xem (6).

CHÚ THÍCH: Giá trị của γ_{M1} xem 1.1(2).

- (3) Độ bền mất ổn định đặc trưng F_{Rk} cần được lấy từ đường cong lực – biến dạng mà được tính cho điểm tương ứng của kết cấu có kể đến tổ hợp tác động thiết kế F_{Ed} . Ngoài ra, phân tích cần kể đến sự không hoàn hảo như đã mô tả trong 5.2.3.2.
- (4) Độ bền mất ổn định đặc trưng F_{Rk} được xác định theo một trong hai điều kiện sau:
- Lực lớn nhất của đường cong lực – biến dạng (lực giới hạn);
 - Biến dạng lớn nhất cho phép trong đường cong lực – biến dạng trước khi đạt tới lực mất ổn định hoặc lực giới hạn, nếu liên quan.
- (5) Độ tin cậy của độ bền mất ổn định tới hạn được xác định bằng phương pháp số cần được kiểm tra:
- (a) Hoặc bằng tính toán trường hợp mất ổn định của bản khác, mà giá trị độ bền mất ổn định đặc trưng $F_{Rk,known}$ đã biết, với cùng các giả thiết về sự không hoàn hảo tương tự. Các trường hợp kiểm tra cần có các thông số kiểm tra mất ổn định của chúng như nhau (ví dụ độ mảnh không thứ nguyên của bản, ứng xử mất ổn định sau, độ nhạy với sự không hoàn hảo, ứng xử vật liệu);

TCVN X1993-1-7:202x

- (b) Hoặc bằng so sánh các giá trị tính được với các kết quả thử nghiệm $F_{Rk,known}$.
- (6) Phụ thuộc vào kết quả kiểm tra độ tin cậy, hệ số hiệu chỉnh k cần được đánh giá theo công thức:

$$k = F_{Rk,known,check} / F_{Rk,check} \quad (6.10)$$

Trong đó:

$F_{Rk,known,check}$ là kết quả thử nghiệm đã biết;

$F_{Rk,check}$ là kết quả tính toán bằng số.

6.4.3 Các quy tắc bổ sung đối với thiết kế bằng phương pháp thiết kế đơn giản

- (1) Nếu đoạn bản có sườn cứng được phân chia thành các ô bản và sườn cứng hiệu quả tương đương như nêu trong 5.2.3.4, thì độ bền mất ổn định của đoạn bản có sườn cứng có thể được kiểm tra theo các quy tắc thiết kế nêu trong TCVN X1993-1-5. Mất ổn định ngang của các bản cánh cứng tự do có thể được kiểm tra theo 6.3.3 của TCVN X1993-1-1.
- (2) Độ bền mất ổn định của bản cứng tăng cường hiệu dụng được định nghĩa trong mục 5.2.3.4 của tám có thể kiểm tra với quy tắc thiết kế trong TCVN X1993-1-1.

7 Mọi

- (1) Đối với kết cấu làm từ bản, các yêu cầu về mọi cần được lấy từ các tiêu chuẩn áp dụng tương ứng của TCVN X1993.
- (2) Đánh giá mọi cần được thực hiện phù hợp với quy trình nêu trong TCVN X1993-1-9.

8 Trạng thái giới hạn sử dụng

8.1 Quy định chung

- (1) Các nguyên tắc đối với các trạng thái giới hạn sử dụng nêu trong Điều 7 của TCVN X1993-1-1 cũng cần được áp dụng đối với kết cấu làm từ bản.
- (2) Đối với các kết cấu làm từ bản các tiêu chí trạng thái giới hạn nêu trong 8.2 và 8.3 cần được kiểm tra.

8.2 Độ võng ngoài mặt phẳng

- (1) Các giá trị giới hạn của độ võng ngoài mặt phẳng w cần được xem như là điều kiện mà việc sử dụng hiệu quả của các đoạn bản là kết thúc.

CHÚ THÍCH: Để xác định các giá trị giới hạn của độ võng w xem tiêu chuẩn áp dụng.

8.3 Dao động quá mức

(1) Dao động quá mức cần được xem là điều kiện giới hạn mà trong đó hoặc xảy ra sự phá hoại của kết cấu làm từ bản do mỏi gây bởi dao động vượt mức của bản, hoặc giới hạn sử dụng áp dụng.

CHÚ THÍCH: Để xác định các giá trị giới hạn của độ mảnh để tránh các dao động vượt mức, xem tiêu chuẩn áp dụng.

Phụ lục A (tham khảo)

Các phương pháp phân tích cho thiết kế các kết cấu làm từ bản

A.1 Quy định chung

(1) Nội ứng suất của bản có sườn cứng và không có sườn cứng có thể được xác định bằng các phương pháp phân tích sau:

- LA: Phân tích đàn hồi tuyến tính;
- GNA: Phân tích phi tuyến hình học;
- MNA: Phân tích phi tuyến vật liệu;
- GMNA: Phân tích phi tuyến hình học và vật liệu;
- GNIA: Phân tích phi tuyến hình học có kể đến sự không hoàn hảo;
- GMNIA: Phân tích phi tuyến hình học và vật liệu có kể đến sự không hoàn hảo.

A.2 Phân tích đàn hồi tuyến tính cho bản (LA)

(1) Phân tích đàn hồi tuyến tính mô hình hóa được ứng xử của kết cấu làm từ bản mỏng dựa trên lý thuyết uốn của bản, liên quan đến hình học hoàn chỉnh của bản. Tính tuyến tính của kết quả lý thuyết từ giả thiết quy luật đàn hồi tuyến tính của vật liệu và lý thuyết độ võng nhỏ tuyến tính.

(2) Phương pháp phân tích LA thỏa mãn điều kiện cân bằng cũng như tính tương thích của độ võng. Các ứng suất và biến dạng thay đổi tuyến tính dưới tải trọng ngoài mặt phẳng.

(3) Ví dụ cho Phương pháp phân tích LA, phương trình vi phân một phần bậc bốn sau đây cho bản mỏng đẳng hướng chỉ chịu tải trọng ngoài mặt phẳng $p(x,y)$:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{p(x,y)}{D} \quad (\text{A.1})$$

trong đó: $D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$.

A.3 Phân tích phi tuyến hình học (GNA)

(1) Phân tích phi tuyến hình học dựa trên nguyên tắc của lý thuyết uốn của bản của kết cấu hoàn chỉnh, sử dụng quy luật đàn hồi tuyến tính của vật liệu và lý thuyết độ võng lớn.

(2) Phương pháp phân tích GNA thỏa mãn điều kiện cân bằng cũng như tính tương thích của độ võng có kể đến biến dạng của kết cấu.

(3) Lý thuyết độ võng lớn kể đến tương tác giữa tác động uốn và màng. Độ võng và ứng suất thay đổi phi tuyến cùng với biên độ của áp lực ngoài mặt phẳng.

(4) Ví dụ cho phương pháp phân tích GNA, hệ phương trình vi phân một phần bậc bốn sau đây cho bản mỏng đẳng hướng chỉ chịu tải trọng ngoài mặt phẳng $p(x,y)$:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} - \frac{t}{D} \left[\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - 2 \cdot \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) + \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] = \frac{p(x,y)}{D} \quad (\text{A.2a})$$

$$\frac{\partial^4 f}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 f}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 f}{\partial y^4} = E \left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \quad (\text{A.2b})$$

trong đó:

f là hàm số ứng suất Airy;

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}.$$

A.4 Phân tích phi tuyến vật liệu (MNA)

(1) Phương pháp phân tích phi tuyến vật liệu dựa trên lý thuyết uốn bản của kết cấu hoàn chỉnh với giả thiết độ võng nhỏ - như trong A.2, tuy nhiên, nó kể đến ứng xử phi tuyến của vật liệu.

A.5 Phân tích phi tuyến hình học và vật liệu (GMNA)

(1) Phương pháp phân tích phi tuyến hình học và vật liệu dựa trên lý thuyết uốn bản của kết cấu hoàn chỉnh với các giả thiết của lý thuyết độ võng lớn phi tuyến và quy luật đàn – dẻo của vật liệu.

A.6 Phân tích phi tuyến hình học có kể đến sự không hoàn hảo (GNIA)

(1) Phân tích phi tuyến hình học có kể đến sự không hoàn hảo tương đương với phương pháp phân tích GNA như đã nêu trong A.3, tuy nhiên mô hình hình học sử dụng kết cấu không hoàn hảo hình học, đối với trường hợp biến dạng trước áp dụng tại bản mà chi phối dạng mất ổn định tương ứng.

(2) Phương pháp phân tích GNIA được sử dụng trong trường hợp nén là chủ yếu hoặc ứng suất cắt trong một số kết cấu làm từ bản do nội lực trong mặt phẳng. Nó cho độ bền mất ổn định đàn hồi của kết cấu làm từ bản không hoàn hảo “thực tế”.

A.7 Phân tích phi tuyến hình học và vật liệu có kể đến sự không hoàn hảo (GMNIA)

(1) Phân tích phi tuyến hình học và vật liệu có kể đến sự không hoàn hảo tương đương với phương pháp phân tích GMNA như đã nêu trong A.5, tuy nhiên mô hình hình học sử dụng kết cấu không hoàn hảo hình học, đối với trường hợp biến dạng trước áp dụng tại bản mà chi phối dạng mất ổn định tương ứng.

TCVN X1993-1-7:202x

(2) Phương pháp phân tích GMNIA được sử dụng trong trường hợp nén là chủ yếu hoặc ứng suất cắt trong bản do nội lực trong mặt phẳng. Nó đảm bảo độ bền mất ổn định đàn - dẻo của kết cấu không hoàn hảo “thực tế”.

Phụ lục B (Tham khảo)

Ứng suất bên trong của bản chữ nhật không sườn cứng theo lý thuyết độ võng nhỏ

B.1 Quy định chung

- (1) Phụ lục này cung cấp các công thức để tính toán nội ứng suất của bản chữ nhật không có sườn cứng dựa trên thuyết biến dạng nhỏ đối với bản. Do đó ảnh hưởng của lực màng không được tính đến trong các công thức thiết kế đưa ra trong phụ lục này.
- (2) Các điều kiện biên được xem xét:
- Tải trọng phân bố đều trên toàn bộ bản, xem B.3;
 - Tải trọng cục bộ ở giữa phân bố đều trên một diện tích giới hạn, xem B.4.
- (3) Độ võng w của đoạn bản và ứng suất uốn trong đoạn bản có thể được tính theo các hệ số nêu trong các bảng của B.3 và B.4. Các hệ số kể đến hệ số Poát xông $\nu = 0,3$.

B.2 Ký hiệu

- (1) Các ký hiệu được sử dụng:
- q_{Ed} là giá trị thiết kế của tải trọng phân bố đều trên toàn bộ bề mặt;
- p_{Ed} là giá trị thiết kế của tải trọng cục bộ phân bố đều trên bề mặt có diện tích $u \times v$;
- a là cạnh ngắn của bản;
- b là cạnh dài của bản;
- t là chiều dày bản;
- E là mô đun đàn hồi;
- k_w là hệ số của độ võng của bản tương ứng với điều kiện biên quy định trong bảng dữ liệu;
- $k_{\sigma_{bx}}$ là hệ số của ứng suất uốn σ_{bx} của bản tương ứng với điều kiện biên quy định trong bảng dữ liệu;
- $k_{\sigma_{by}}$ là hệ số của ứng suất uốn σ_{by} của bản tương ứng với điều kiện biên quy định trong bảng dữ liệu.

B.3 Tải trọng phân bố đều

B.3.1 Độ võng ngoài mặt phẳng

(1) Độ võng ngoài mặt phẳng w của đoạn bản chịu tải trọng phân bố đều có thể được xác định theo công thức:

$$w = k_w \frac{q_{Ed} a^4}{E t^3} \quad (B.1)$$

CHÚ THÍCH: Biểu thức (B.1) chỉ đúng khi w nhỏ so với t .

B.3.2 Nội ứng suất

(1) Các ứng suất uốn σ_{bx} và σ_{by} trong đoạn bản có thể được xác định theo các công thức:

$$\sigma_{bx,Ed} = k_{\sigma bx} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (B.2)$$

$$\sigma_{by,Ed} = k_{\sigma by} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (B.3)$$

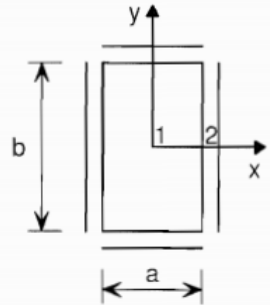
(2) Đối với đoạn bản, ứng suất tương đương có thể được xác định theo các ứng suất nêu trong (1) như sau:

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{bx,Ed}^2 + \sigma_{by,Ed}^2 - \sigma_{bx,Ed} \sigma_{by,Ed}} \quad (B.4)$$

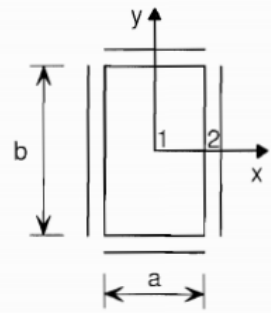
CHÚ THÍCH: Các điểm mà tại đó trạng thái ứng suất được xác định trong bảng dữ liệu, nằm ở các trục đối xứng hoặc ở các biên, sao cho nhờ có đối xứng hoặc điều kiện biên, ứng suất cắt do uốn τ_b bằng không.

B.3.3 Các hệ số k cho tải trọng phân bố đều

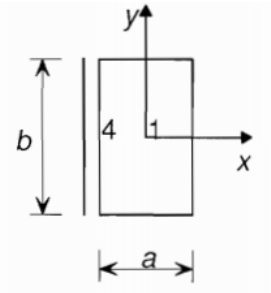
Bảng B.1 – Các hệ số k

		Tải trọng:	
		Tải trọng phân bố đều	
		Các điều kiện biên:	
		Tất cả các cạnh được liên kết cứng và xoay tự do	
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma bx1}$	$k_{\sigma by1}$
1,0	0,04434	0,286	0,286
1,5	0,08438	0,486	0,299
2,0	0,11070	0,609	0,278
3,0	0,13420	0,712	0,244

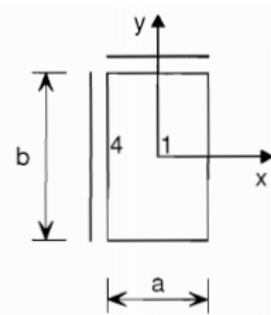
Bảng B.2 – Các hệ số k

		Tải trọng: Tải trọng phân bố đều		
		Các điều kiện biên: Tất cả các cạnh được liên kết cứng và chặn xoay		
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{bx2}}$
1,0	0,01375	0,1360	0,1360	-0,308
1,5	0,02393	0,2180	0,1210	-0,454
2,0	0,02763	0,2450	0,0945	-0,498
3,0	0,02870	0,2480	0,0754	-0,505

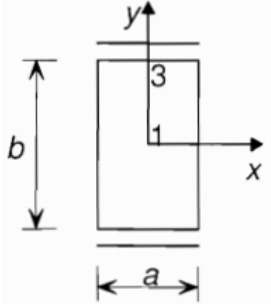
Bảng B.3 – Các hệ số k

		Tải trọng: Tải trọng phân bố đều		
		Các điều kiện biên: Ba cạnh được liên kết cứng và xoay tự do; một cạnh được liên kết cứng và chặn xoay		
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{bx4}}$
1,5	0,04894	0,330	0,177	-0,639
2,0	0,05650	0,368	0,146	-0,705

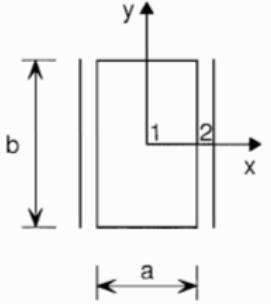
Bảng B.4 - Các hệ số k

		Tải trọng: Tải trọng phân bố đều		
		Các điều kiện biên: Hai cạnh được liên kết cứng và xoay tự do; hai cạnh được liên kết cứng và chặn xoay		
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{bx4}}$
1,0	0,02449	0,185	0,185	-0,375
1,5	0,04411	0,302	0,180	-0,588
2,0	0,05421	0,355	0,152	-0,683

Bảng B.5 – Các hệ số k

		Tải trọng: Tải trọng phân bố đều		
		Các điều kiện biên: Hai cạnh ngắn đối diện được ngàm; hai cạnh còn lại được liên kết khớp		
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{by3}}$
1,0	0,02089	0,145	0,197	-0,420
1,5	0,05803	0,348	0,274	-0,630
2,0	0,09222	0,519	0,284	-0,717

Bảng B.6 – Các hệ số k

		Tải trọng: Tải trọng phân bố đều		
		Các điều kiện biên: Hai cạnh dài đối diện được ngàm; hai cạnh ngắn còn lại được liên kết khớp		
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{bx2}}$
1,5	0,02706	0,240	0,106	-0,495
2,0	0,02852	0,250	0,0848	-0,507

B.4 Tải trọng cục bộ ở đoạn giữa bản

B.4.1 Độ võng ngoài mặt phẳng

(1) Độ võng w của đoạn bản chịu tải trọng cục bộ ở giữa có thể được xác định theo công thức sau:

$$w = k_w \frac{\rho_{Ed} a^4}{E t^3} \tag{B.5}$$

B.4.2 Nội ứng suất

(1) Các ứng suất uốn σ_{bx} và σ_{by} trong đoạn bản có thể được xác định theo các công thức sau:

$$\sigma_{bx,Ed} = k_{\sigma bx} \frac{p_{Ed}}{t^2} \quad (\text{B.6})$$

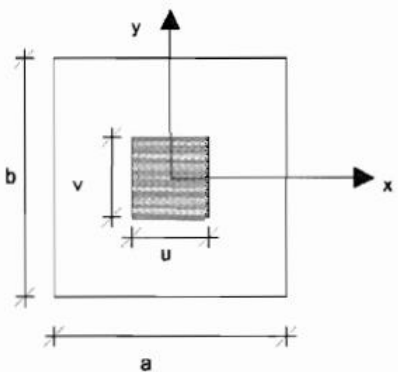
$$\sigma_{by,Ed} = k_{\sigma by} \frac{p_{Ed}}{t^2} \quad (\text{B.7})$$

(2) Đối với đoạn bản, ứng suất tương đương có thể được xác định theo các ứng suất nêu trong (1) như sau:

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{bx,Ed}^2 + \sigma_{by,Ed}^2 - \sigma_{bx,Ed}\sigma_{by,Ed}} \quad (\text{B.8})$$

B.4.3 Các hệ số k cho tải trọng cục bộ

Bảng B.7 – Các hệ số k

		Tải trọng: Chịu tải trọng cục bộ ở giữa		
		Các điều kiện biên: Tất cả các cạnh được liên kết cứng và xoay tự do		
		Các thông số: $\alpha = u/a$ $\beta = v/a$		
b/a	$\alpha \times \beta$	k_{w1}	$k_{\sigma bx1}$	$k_{\sigma by1}$
1,0	0,1 x 0,1	0,1254	1,72	1,72
	0,2 x 0,2	0,1210	1,32	1,32
	0,3 x 0,3	0,1126	1,04	1,04
	0,2 x 0,3	0,1167	1,20	1,12
	0,2 x 0,4	0,1117	1,10	0,978
1,5	0,1 x 0,1	0,1664	1,92	1,70
	0,2 x 0,2	0,1616	1,51	1,29
	0,3 x 0,3	0,1528	1,22	1,01
	0,2 x 0,3	0,1577	1,39	1,09
	0,2 x 0,4	0,1532	1,29	0,953
2,0	0,1 x 0,1	0,1795	1,97	1,67
	0,2 x 0,2	0,1746	1,56	1,26
	0,3 x 0,3	0,1657	1,28	0,985
	0,2 x 0,3	0,1708	1,45	1,07
	0,2 x 0,4	0,1665	1,35	0,929
3,0	0,1 x 0,1	0,1840	1,99	1,66
	0,2 x 0,2	0,1791	1,58	1,25
	0,3 x 0,3	0,1701	1,30	0,975
	0,2 x 0,3	0,1753	1,47	1,06
	0,2 x 0,4	0,1711	1,37	0,918

Phụ lục C (tham khảo)

Ứng suất bên trong của bản chữ nhật không có sườn cứng theo lý thuyết độ võng lớn

C.1 Quy định chung

- (1) Phụ lục này cung cấp các công thức để tính toán nội ứng suất của bản chữ nhật không có sườn cứng dựa trên thuyết biến dạng lớn đối với bản.
- (2) Các điều kiện biên được xem xét:
- Tải trọng phân bố đều trên toàn bộ bản, xem C.3;
 - Tải trọng cục bộ phân bố đều trên một diện tích giới hạn, xem C.4.
- (3) Ứng suất uốn và ứng suất màng trong tấm và độ võng w của tấm có thể được tính toán với các hệ số cho trong bảng của phần C.3 và C.4. Các hệ số tính đến hệ số Poát $\nu = 0,3$.

C.2 Ký hiệu

- (1) Các ký hiệu được sử dụng:
- q_{Ed} là giá trị thiết kế của tải trọng phân bố đều trên toàn bộ bề mặt;
- p_{Ed} là giá trị thiết kế của tải trọng cục bộ phân bố đều trên bề mặt có diện tích uxv ;
- a là cạnh ngắn của bản;
- b là cạnh dài của bản;
- t là chiều dày bản;
- E là mô đun đàn hồi;
- FBC là điều kiện biên uốn;
- MBC là điều kiện biên màng;
- k_w là hệ số của độ võng của bản tương ứng với điều kiện biên quy định trong bảng dữ liệu;
- $k_{\sigma_{bx}}$ là hệ số của ứng suất uốn σ_{bx} của bản tương ứng với điều kiện biên quy định trong bảng dữ liệu;
- $k_{\sigma_{by}}$ là hệ số của ứng suất uốn σ_{by} của bản tương ứng với điều kiện biên quy định trong bảng dữ liệu;
- $k_{\sigma_{mx}}$ là hệ số của ứng suất màng σ_{mx} của bản tương ứng với điều kiện biên quy định trong bảng dữ liệu;

$k_{\sigma_{my}}$ là hệ số của ứng suất màng σ_{my} của bản tương ứng với điều kiện biên quy định trong bảng dữ liệu.

C.3 Tải trọng phân bố đều trên tổng bề mặt bản

C.3.1 Độ võng ngoài mặt phẳng

(1) Độ võng ngoài mặt phẳng W của đoạn bản chịu tải trọng phân bố đều có thể được xác định theo công thức:

$$W = k_w \frac{q_{Ed} a^4}{E t^3} \quad (C.1)$$

C.3.2 Nội ứng suất

(1) Các ứng suất uốn σ_{bx} và σ_{by} trong đoạn bản có thể được xác định theo các công thức:

$$\sigma_{bx,Ed} = k_{\sigma_{bx}} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.2)$$

$$\sigma_{by,Ed} = k_{\sigma_{by}} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.3)$$

(2) Các ứng suất màng σ_{mx} và σ_{my} trong đoạn bản có thể được xác định theo các công thức:

$$\sigma_{mx,Ed} = k_{\sigma_{mx}} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.4)$$

$$\sigma_{my,Ed} = k_{\sigma_{my}} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.5)$$

(3) Tại bề mặt chịu tải của bản, tổng ứng suất được xác định theo ứng suất uốn và ứng suất màng nêu trong (1) và (2) như sau:

$$\sigma_{x,Ed} = -\sigma_{bx,Ed} + \sigma_{mx,Ed} \quad (C.6)$$

$$\sigma_{y,Ed} = -\sigma_{by,Ed} + \sigma_{my,Ed} \quad (C.7)$$

(4) Tại bề mặt không chịu tải của bản, tổng ứng suất được xác định theo ứng suất uốn và ứng suất màng nêu trong (1) và (2) như sau:

$$\sigma_{x,Ed} = \sigma_{bx,Ed} + \sigma_{mx,Ed} \quad (C.8)$$

$$\sigma_{y,Ed} = \sigma_{by,Ed} + \sigma_{my,Ed} \quad (C.9)$$

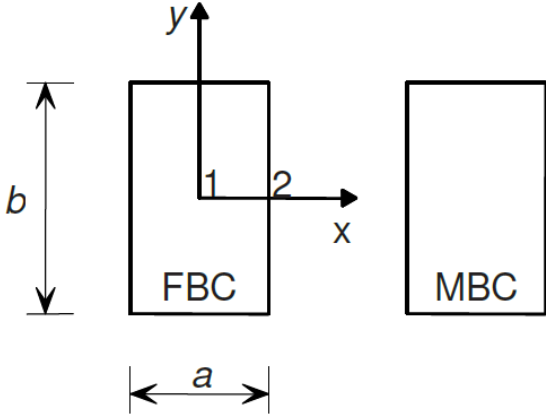
(5) Đối với bản, ứng suất tương đương $\sigma_{eq,Ed}$ có thể được xác định theo các ứng suất nêu trong (4) như sau:

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{y,Ed}} \quad (C.10)$$

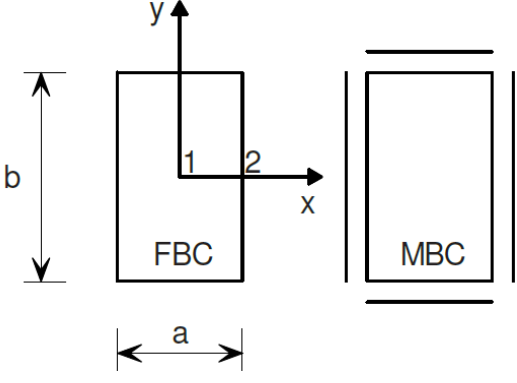
CHÚ THÍCH: Các điểm mà tại đó trạng thái ứng suất được xác định trong bảng dữ liệu, nằm ở các trục đối xứng hoặc ở các biên, sao cho nhờ có đối xứng hoặc điều kiện biên, ứng suất cắt màng τ_m , cũng như ứng suất cắt do uốn τ_b bằng không. Tổng đại số của ứng suất uốn và ứng suất màng tương ứng tại các điểm đang xét nêu trong các bảng dữ liệu, cho các giá trị ứng suất bề mặt lớn nhất và nhỏ nhất tại các điểm này.

C.3.3 Các hệ số *k* cho tải trọng phân bố đều

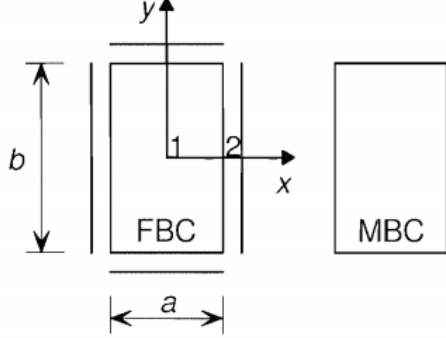
Bảng C.1 – Các hệ số *k*

		Tải trọng: Tải trọng phân bố đều					
		Các điều kiện biên: FBC: Tất cả các cạnh liên kết khớp MBC: Ứng suất pháp bằng không, ứng suất cắt bằng không					
		Các thông số: $Q = \frac{q_{Ed} a^4}{E t^4}$					
<i>b/a</i>	Q	<i>k_{w1}</i>	<i>k_{σbx1}</i>	<i>k_{σby1}</i>	<i>k_{σmx1}</i>	<i>k_{σmy1}</i>	<i>k_{σmy2}</i>
1,0	20	0,0396	0,2431	0,2431	0,0302	0,0302	-0,0589
	40	0,0334	0,1893	0,1893	0,0403	0,0403	-0,0841
	120	0,0214	0,0961	0,0961	0,0411	0,0411	-0,1024
	200	0,0166	0,0658	0,0658	0,0372	0,0372	-0,1004
	300	0,0135	0,0480	0,0480	0,0335	0,0335	-0,0958
	400	0,0116	0,0383	0,0383	0,0306	0,0306	-0,0915
1,5	20	0,0685	0,3713	0,2156	0,0243	0,0694	-0,1244
	40	0,0546	0,2770	0,1546	0,0238	0,0822	-0,1492
	120	0,0332	0,1448	0,0807	0,0170	0,0789	-0,1468
	200	0,0257	0,1001	0,0583	0,0141	0,0715	-0,1363
	300	0,0207	0,0724	0,0440	0,0126	0,0646	-0,1271
	400	0,0176	0,0569	0,0359	0,0117	0,0595	-0,1205
2,0	20	0,0921	0,4909	0,2166	0,0085	0,0801	-0,1346
	40	0,0746	0,3837	0,1687	0,0079	0,0984	-0,1657
	120	0,0462	0,2138	0,0959	0,0073	0,0992	-0,1707
	200	0,0356	0,1516	0,0695	0,0067	0,0914	-0,1610
	300	0,0287	0,1121	0,0528	0,0061	0,0840	-0,1510
	400	0,0245	0,0883	0,0428	0,0061	0,0781	-0,1434

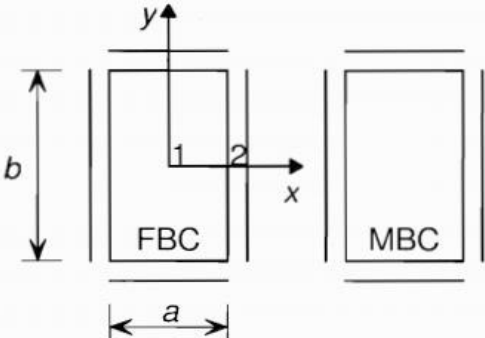
Bảng C.2 – Các hệ số k

		Tải trọng: Tải trọng phân bố đều Các điều kiện biên: FBC: Tất cả các cạnh liên kết khớp MBC: Tất cả các cạnh vắn thẳng. Ứng suất pháp trung bình bằng không, ứng suất cắt bằng không Các thông số: $Q = \frac{q_{Ed} a^4}{E t^4}$						
		b/a	Q	k_{w1}	$k_{\sigma bx1}$	$k_{\sigma by1}$	$k_{\sigma mx1}$	$k_{\sigma my1}$
1,0	20	0,0369	0,2291	0,2291	0,0315	0,0315	0,0352	-0,0343
	40	0,0293	0,1727	0,1727	0,0383	0,0383	0,0455	-0,0429
	120	0,0170	0,0887	0,0887	0,0360	0,0360	0,0478	-0,0423
	200	0,0126	0,0621	0,0621	0,0317	0,0317	0,0443	-0,0380
	300	0,0099	0,0466	0,0466	0,0280	0,0280	0,0403	-0,0337
	400	0,0082	0,0383	0,0383	0,0255	0,0255	0,0372	-0,0309
1,5	20	0,0554	0,3023	0,1612	0,0617	0,0287	0,0705	-0,0296
	40	0,0400	0,2114	0,1002	0,0583	0,0284	0,0710	-0,0293
	120	0,0214	0,1079	0,0428	0,0418	0,0224	0,0559	-0,0224
	200	0,0157	0,0778	0,0296	0,0345	0,0191	0,0471	-0,0188
	300	0,0122	0,0603	0,0224	0,0296	0,0167	0,0408	-0,0161
	400	0,0103	0,0505	0,0188	0,0267	0,0152	0,0369	-0,0147
2,0	20	0,0621	0,3234	0,1109	0,0627	0,0142	0,0719	-0,0142
	40	0,0438	0,2229	0,0689	0,0530	0,0120	0,0639	-0,0120
	120	0,0234	0,1163	0,0336	0,0365	0,0086	0,0457	-0,0083
	200	0,0172	0,0847	0,0247	0,0305	0,0075	0,0384	-0,0067
	300	0,0135	0,0658	0,0195	0,0268	0,0067	0,0335	-0,0058
	400	0,0113	0,0548	0,0164	0,0244	0,0064	0,0305	-0,0050
3,0	20	0,0686	0,3510	0,1022	0,0477	0,0020	0,0506	-0,0007
	40	0,0490	0,2471	0,0725	0,0420	0,0020	0,0441	0,0000
	120	0,0267	0,1317	0,0390	0,0320	0,0027	0,0335	0,0010
	200	0,0196	0,0954	0,0283	0,0271	0,0044	0,0285	0,0027
	300	0,0153	0,0733	0,0217	0,0242	0,0059	0,0256	0,0044
	400	0,0127	0,0605	0,0178	0,0221	0,0066	0,0235	0,0051

Bảng C.3 – Các hệ số k

		Tải trọng: Tải trọng phân bố đều Các điều kiện biên: FBC: Tất cả các cạnh được ngàm MBC: Ứng suất pháp bằng không, ứng suất cắt bằng không Các thông số: $Q = \frac{q_{Ed} a^4}{E t^4}$						
		b/a	Q	k_{w1}	$k_{\sigma bx1}$	$k_{\sigma by1}$	$k_{\sigma mx1}$	$k_{\sigma my1}$
1,0	20	0,0136	0,1336	0,1336	0,0061	0,0061	-0,3062	-0,0073
	40	0,0131	0,1268	0,1268	0,0113	0,0113	-0,3006	-0,0137
	120	0,0108	0,0933	0,0933	0,0212	0,0212	-0,2720	-0,0286
	200	0,0092	0,0711	0,0711	0,0233	0,0233	-0,2486	-0,0347
	300	0,0078	0,0547	0,0547	0,0233	0,0233	-0,2273	-0,0383
	400	0,0069	0,0446	0,0446	0,0226	0,0226	-0,21 13	-0,0399
1,5	20	0,0234	0,2117	0,1162	0,0061	0,0133	-0,4472	-0,0181
	40	0,0222	0,1964	0,1050	0,0098	0,0234	-0,4299	-0,0322
	120	0,0173	0,1406	0,0696	0,0124	0,0385	-0,3591	-0,0559
	200	0,0144	0,1103	0,0537	0,0116	0,0415	-0,3160	-0,0620
	300	0,0122	0,0879	0,0430	0,0105	0,0416	-0,2815	-0,0636
	400	0,0107	0,0737	0,0364	0,0098	0,0409	-0,2583	-0,0635
2,0	20	0,0273	0,2418	0,0932	0,0010	0,0108	-0,4935	-0,0150
	40	0,0265	0,2330	0,0897	0,0017	0,0198	-0,4816	-0,0277
	120	0,0223	0,1901	0,0740	0,0032	0,0392	-0,4223	-0,0551
	200	0,0192	0,1578	0,0621	0,0039	0,0456	-0,3780	-0,0647
	300	0,0165	0,1306	0,0518	0,0042	0,0483	-0,3396	-0,0690
	400	0,0147	0,1120	0,0446	0,0044	0,0487	-0,3132	-0,0702
3,0	20	0,0288	0,2492	0,0767	-0,0015	0,0027	-0,5065	-0,0033
	40	0,0290	0,2517	0,0795	-0,0022	0,0066	-0,5095	-0,0084
	120	0,0281	0,2440	0,0812	-0,0010	0,0247	-0,4984	-0,0331
	200	0,0260	0,2230	0,0750	0,0000	0,0368	-0,4702	-0,0497
	250	0,0247	0,2096	0,0707	0,0002	0,0415	-0,4520	-0,0564

Bảng C.4 – Các hệ số k

		Tải trọng: Tải trọng phân bố đều							
		Các điều kiện biên: FBC: Tất cả các cạnh được ngàm MBC: Tất cả các cạnh vắn thẳng, ứng suất pháp trung bình bằng không, ứng suất cắt bằng không							
		Các thông số: $Q = \frac{q_{Ed} a^4}{Et^4}$							
		b/a	Q	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{mx1}}$	$k_{\sigma_{my1}}$	$k_{\sigma_{bx2}}$
1,0	20	0,0136	0,1333	0,1333	0,0065	0,0065	-0,3058	0,0031	-0,0055
	40	0,0130	0,1258	0,1258	0,0118	0,0118	-0,3000	0,0059	-0,0103
	120	0,0105	0,0908	0,0908	0,0216	0,0216	-0,2704	0,0123	-0,0202
	200	0,0087	0,0688	0,0688	0,0234	0,0234	-0,2473	0,0151	-0,0233
	300	0,0073	0,0528	0,0528	0,0231	0,0231	-0,2267	0,0169	-0,0244
	400	0,0063	0,0430	0,0430	0,0223	0,0223	-0,2119	0,0176	-0,0246
1,5	20	0,0230	0,2064	0,1125	0,0137	0,0097	-0,4431	0,0118	-0,0082
	40	0,0210	0,1833	0,0957	0,0218	0,0155	-0,4195	0,0200	-0,0133
	120	0,0149	0,1175	0,0532	0,0275	0,0202	-0,3441	0,0295	-0,0185
	200	0,0118	0,0876	0,0369	0,0259	0,0195	-0,3028	0,0304	-0,0182
	300	0,0096	0,0678	0,0275	0,0238	0,0180	-0,2710	0,0300	-0,0173
	400	0,0083	0,0562	0,0221	0,0220	0,0168	-0,2492	0,0291	-0,0163
2,0	20	0,0262	0,2288	0,0853	0,0140	0,0060	-0,4811	0,0149	-0,0052
	40	0,0234	0,1994	0,0701	0,0206	0,0086	-0,4492	0,0234	-0,0077
	120	0,0162	0,1276	0,0404	0,0238	0,0094	-0,3611	0,0299	-0,0086
	200	0,0129	0,0963	0,0296	0,0223	0,0085	-0,3162	0,0289	-0,0079
	300	0,0105	0,0752	0,0230	0,0208	0,0077	-0,2824	0,0274	-0,0072
	400	0,0090	0,0627	0,0190	0,0196	0,0071	-0,2600	0,0259	-0,0066
3,0	20	0,0272	0,2331	0,0700	0,0102	0,0010	-0,4878	0,0111	-0,0008
	40	0,0247	0,2071	0,0615	0,0149	0,0011	-0,4575	0,0167	-0,0009
	120	0,0177	0,1396	0,0413	0,0186	0,0009	-0,3727	0,0202	-0,0005
	200	0,0143	0,1074	0,0319	0,0184	0,0009	-0,3272	0,0197	-0,0003
	300	0,0117	0,0848	0,0251	0,0176	0,0008	-0,2924	-0,0192	-0,0002
	400	0,0101	0,0709	0,0210	0,0169	0,0008	-0,2687	-0,0182	0,0000

C.4 Tải trọng cục bộ ở giữa

C.4.1 Quy định chung

(1) Độ võng w và các ứng suất có thể được xác định theo các công thức cho bản chịu tải trọng cục bộ ở giữa p_{Ed} , phân bố trên diện tích có chiều dài u và chiều rộng v :

$$w = k_w \frac{p_{Ed} a^4}{E t^3} \quad (C.11)$$

C.4.2 Nội ứng suất

(1) Các ứng suất uốn σ_{bx} và σ_{by} trong đoạn bản có thể được xác định theo các công thức sau:

$$\sigma_{bx,Ed} = k_{\sigma bx} \frac{p_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.12)$$

$$\sigma_{by,Ed} = k_{\sigma by} \frac{p_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.13)$$

(2) Các ứng suất màng σ_{mx} và σ_{my} trong đoạn bản có thể được xác định theo các công thức:

$$\sigma_{mx,Ed} = k_{\sigma mx} \frac{p_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.14)$$

$$\sigma_{my,Ed} = k_{\sigma my} \frac{p_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.15)$$

(3) Tại bề mặt chịu tải của bản, tổng ứng suất được xác định theo ứng suất uốn và ứng suất màng nêu trong (1) và (2) như sau:

$$\sigma_{x,Ed} = -\sigma_{bx,Ed} + \sigma_{mx,Ed} \quad (C.16)$$

$$\sigma_{y,Ed} = -\sigma_{by,Ed} + \sigma_{my,Ed} \quad (C.17)$$

(4) Tại bề mặt không chịu tải của bản tổng ứng suất được xác định theo ứng suất uốn và ứng suất màng nêu trong (1) và (2) như sau:

$$\sigma_{x,Ed} = \sigma_{bx,Ed} + \sigma_{mx,Ed} \quad (C.18)$$

$$\sigma_{y,Ed} = \sigma_{by,Ed} + \sigma_{my,Ed} \quad (C.19)$$

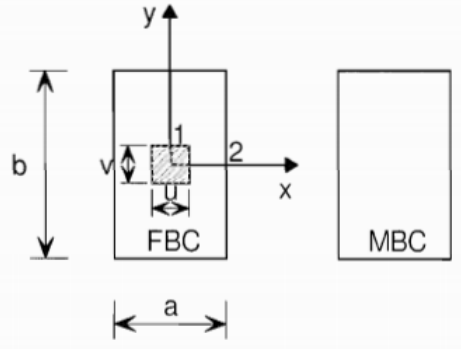
(5) Đối với bản, ứng suất tương đương $\sigma_{eq,Ed}$ có thể được xác định theo các ứng suất nêu trong (4) như sau:

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{y,Ed}} \quad (C.20)$$

CHÚ THÍCH: Các điểm mà tại đó trạng thái ứng suất được xác định trong bảng dữ liệu, nằm ở các trục đối xứng hoặc ở các biên, sao cho nhờ có đối xứng hoặc điều kiện biên, ứng suất cắt màng τ_m , cũng như ứng suất cắt do uốn τ_b bằng không. Tổng đại số của ứng suất uốn và ứng suất màng tương ứng tại các điểm đang xét nêu trong các bảng dữ liệu, cho các giá trị ứng suất bề mặt lớn nhất và nhỏ nhất tại các điểm này.

C.4.3 Các hệ số cho tải trọng cục bộ

Bảng C.5 – Các hệ số k

		Tải trọng: Tải trọng cục bộ ở giữa				
		Các điều kiện biên: FBC: Tất cả các cạnh liên kết cứng và xoay tự do MBC: Ứng suất pháp bằng không, ứng suất cắt bằng không				
		Các thông số: $\alpha = u/a; \beta = v/a; P = \frac{\rho_{Ed} a^4}{Et^4}; b/a = 1$				
$\alpha \times \beta$	P	k_{wl}	$k_{\sigma_{bxl}}$	$k_{\sigma_{byl}}$	$k_{\sigma_{mxl}}$	$k_{\sigma_{myl}}$
0,1 x 0,1	10	0,1021	1,4586	1,4586	0,1548	0,1548
	20	0,0808	1,2143	1,2143	0,1926	0,1926
	60	0,0485	0,8273	0,8273	0,2047	0,2047
	100	0,0372	0,6742	0,6742	0,1978	0,1978
	150	0,0298	0,5693	0,5693	0,1892	0,1892
	200	0,0255	0,5005	0,5005	0,1823	0,1823
0,2 x 0,2	10	0,0998	1,0850	1,0850	0,1399	0,1399
	20	0,0795	0,8593	0,8593	0,1729	0,1729
	60	0,0478	0,5108	0,5108	0,1756	0,1756
	100	0,0364	0,3881	0,3881	0,1624	0,1624
	150	0,0293	0,3089	0,3089	0,1505	0,1505
	200	0,0249	0,2614	0,2614	0,1412	0,1412
0,3 x 0,3	10	0,0945	0,8507	0,8507	0,1144	0,1144
	20	0,0759	0,6614	0,6614	0,1425	0,1425
	60	0,0459	0,3702	0,3702	0,1425	0,1425
	100	0,0351	0,2704	0,2704	0,1300	0,1300
	150	0,0282	0,2101	0,2101	0,1186	0,1186
	200	0,0240	0,1747	0,1747	0,1102	0,1102
0,2 x 0,3	10	0,0971	0,9888	0,9128	0,1224	0,1288
	20	0,0776	0,7800	0,7101	0,1512	0,1602
	60	0,0468	0,4596	0,4021	0,1488	0,1624
	100	0,0358	0,3468	0,2957	0,1368	0,1512
	150	0,0287	0,2760	0,2307	0,1248	0,1389
	200	0,0245	0,2340	0,1926	0,1152	0,1310
0,2 x 0,4	10	0,0939	0,9119	0,7961	0,1078	0,1183
	20	0,0755	0,7216	0,6142	0,1320	0,1487
	60	0,0457	0,4235	0,3355	0,1287	0,1516
	100	0,0350	0,3201	0,2435	0,1166	0,1408
	150	0,0280	0,2541	0,1868	0,1045	0,1301

	200	0,0239	0,2156	0,1545	0,0968	0,1213
--	-----	--------	--------	--------	--------	--------

Bảng C.6 – Các hệ số k

$\alpha \times \beta$		ρ	k_{w1}	$k_{\sigma bx1}$	$k_{\sigma by1}$	$k_{\sigma mx1}$	$k_{\sigma my1}$
0,1 x 0,1		10	0,1303	1,5782	1,3855	0,1517	0,1921
		20	0,1018	1,3056	1,1373	0,1786	0,2295
		60	0,0612	0,8986	0,7701	0,1824	0,2380
		100	0,0469	0,7411	0,6273	0,1747	0,2295
		150	0,0378	0,6298	0,5287	0,1670	0,2193
		200	0,0323	0,5568	0,4641	0,1594	0,2125
0,2 x 0,2		10	0,1281	1,1974	1,0049	0,1344	0,1780
		20	0,1007	0,9453	0,7766	0,1555	0,2116
		60	0,0605	0,5783	0,4554	0,1465	0,2103
		100	0,0462	0,4485	0,3457	0,1329	0,1974
		150	0,0372	0,3624	0,2748	0,1208	0,1845
		200	0,0317	0,3111	0,2322	0,1133	0,1742
0,3 x 0,3		10	0,1229	0,9589	0,7737	0,1074	0,1525
		20	0,0972	0,7405	0,5828	0,1232	0,1818
		60	0,0585	0,4282	0,3161	0,1110	0,1788
		100	0,0449	0,3221	0,2353	0,0988	0,1667
		150	0,0361	0,2550	0,1828	0,0878	0,1535
		200	0,0309	0,2147	0,1525	0,0805	0,1444
0,2 x 0,3		10	0,1260	1,1037	0,8360	0,1154	0,1657
		20	0,0994	0,8688	0,6322	0,1321	0,1984
		60	0,0598	0,5296	0,3553	0,1168	0,1973
		100	0,0459	0,4114	0,2649	0,1043	0,1853
		150	0,0369	0,3336	0,2082	0,0931	0,1722
		200	0,0314	0,2877	0,1755	0,0848	0,1624
0,2 x 0,4		10	0,1235	1,0294	0,7271	0,0993	0,1563
		20	0,0977	0,8101	0,5432	0,1109	0,1877
		60	0,0590	0,4954	0,2983	0,0955	0,1877
		100	0,0453	0,3857	0,2220	0,0826	0,1754
		150	0,0365	0,3148	0,1744	0,0722	0,1630
		200	0,0311	0,2722	0,1468	0,0658	0,1544

Tải trọng:

Tải trọng cục bộ ở giữa

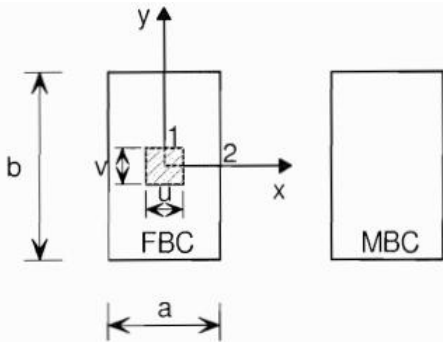
Các điều kiện biên:

FBC: Tất cả các cạnh liên kết cứng và xoay tự do

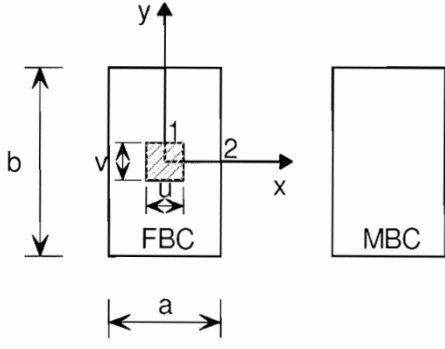
MBC: Ứng suất pháp bằng không, ứng suất cắt bằng không

Các thông số:

$$\alpha = u/a; \beta = v/a; P = \frac{p_{Ed} a^4}{E t^4}; b/a = 1,5$$



Bảng C.7 – Các hệ số k

		Tải trọng: Tải trọng cục bộ ở giữa				
		Điều kiện biên: FBC: Tất cả các cạnh liên kết cứng và xoay tự do MBC: Ứng suất pháp bằng không, ứng suất cắt bằng không				
		Các thông số: $\alpha = u/a; \beta = v/a; P = \frac{p_{Ed} a^4}{Et^4}; b/a = 2$				
$\alpha \times \beta$	ρ	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{mx1}}$	$k_{\sigma_{my1}}$
0,1 x 0,1	10	0,1438	1,6351	1,3560	0,1517	0,1904
	20	0,1154	1,3692	1,1106	0,1773	0,2288
	60	0,0725	0,9633	0,7498	0,1753	0,2438
	100	0,0564	0,7979	0,6112	0,1675	0,2355
	150	0,0456	0,6797	0,5127	0,1596	0,2271
	200	0,0390	0,6028	0,4492	0,1517	0,2188
0,2 x 0,2	10	0,1414	1,2542	0,9752	0,1326	0,1751
	20	0,1138	1,0078	0,7510	0,1513	0,2104
	60	0,0716	0,6427	0,4410	0,1373	0,2167
	100	0,0555	0,5054	0,3339	0,1232	0,2054
	150	0,0449	0,4134	0,2646	0,1108	0,1928
	200	0,0384	0,3572	0,2230	0,1030	0,1827
0,3 x 0,3	10	0,1362	1,0227	0,7506	0,1062	0,1517
	20	0,1104	0,8090	0,5615	0,1190	0,1822
	60	0,0698	0,4941	0,3093	0,1024	0,1862
	100	0,0542	0,3789	0,2275	0,0883	0,1753
	150	0,0421	0,3046	0,1783	0,0794	0,1645
	200	0,0374	0,2586	0,1487	0,0717	0,1546
0,2 x 0,3	10	0,1395	1,1702	0,8164	0,1146	0,1231
	20	0,1129	0,9396	0,6153	0,1262	0,1990
	60	0,0712	0,6003	0,3488	0,1088	0,2044
	100	0,0553	0,4742	0,2611	0,0943	0,1947
	150	0,0447	0,3901	0,2065	0,0841	0,1830
	200	0,0383	0,3379	0,1744	0,0754	0,1733
0,2 x 0,4	10	0,1375	1,0976	0,7051	0,0959	0,1551
	20	0,1117	0,8829	0,5267	0,1053	0,1886
	60	0,0706	0,5670	0,2945	0,0851	0,1942
	100	0,0549	0,4496	0,2220	0,0729	0,1849
	150	0,0445	0,3713	0,1765	0,0635	0,1737
	200	0,0381	0,3227	0,1496	0,0554	0,1644

Bảng C.8 – Các hệ số k

		<p>Tải trọng: Tải trọng cục bộ ở giữa</p> <p>Điều kiện biên: FBC: Tất cả các cạnh được liên kết cứng và xoay tự do MBC: Ứng suất pháp bằng không, ứng suất cắt bằng không</p> <p>Các thông số: $\alpha = u/a; \beta = v/a$ $P = \frac{\rho_{Ed} a^4}{Et^4}$ $b/a = 2,5$</p>				
		$\alpha \times \beta$	ρ	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$
0,1 x 0,1	10	0,1496	1,6636	1,3463	0,1552	0,1826
	20	0,1235	1,4109	1,1006	0,1811	0,2175
	60	0,0861	1,0428	0,7453	0,1811	0,2374
0,2 x 0,2	10	0,1470	1,2814	0,9650	0,1359	0,1688
	20	0,1218	1,0491	0,7400	0,1548	0,2000
	60	0,0849	0,7205	0,4363	0,1390	0,2088
0,3 x 0,3	10	0,1419	1,0504	0,7410	0,1092	0,1443
	20	0,1182	0,8489	0,5519	0,1222	0,1726
	60	0,0827	0,5681	0,3052	0,1014	0,1775
0,2 x 0,3	10	0,1455	1,1981	0,8056	0,1161	0,1579
	20	0,1210	0,9820	0,6053	0,1294	0,1876
	60	0,0847	0,6806	0,3487	0,1088	0,1982
0,2 x 0,4	10	0,1434	0,1126	0,6949	0,0986	0,1469
	20	0,1199	0,9261	0,5168	0,1069	0,1763
	60	0,0844	0,6480	0,2993	0,0849	0,1873