

CHƯƠNG 4. DẦM THÉP TIẾT DIỆN CHỮ I

1. Đặc điểm cấu tạo
2. Đặc điểm chịu lực
3. Mômen chảy và mômen dẻo
4. Mất ổn định cục bộ
5. Mất ổn định tổng thể
6. Sức kháng uốn
7. Sức kháng cắt
8. Tính toán dầm tiết diện chữ I ở TTGH sử dụng
9. Tính toán dầm tiết diện chữ I ở TTGH mới
10. Sườn tăng cường



4.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

4.1.1. Các loại dầm thép và phạm vi sử dụng (1/4)

✓ **Dầm?** là loại cấu kiện dạng thanh, có chiều rộng và chiều cao nhỏ hơn nhiều so với chiều dài. Dầm thép được sử dụng rộng rãi trong các công trình cầu cũng như các công trình xây dựng khác;

✓ Dầm là cấu kiện chủ yếu chịu tác dụng của tải trọng có phương vuông góc với trục cấu kiện. Nội lực trong dầm chủ yếu là M. Mặc dù nó có thể **đồng thời** chịu thêm lực cắt, xoắn, nén hoặc kéo, nhưng theo k/n thì các yêu cầu về tttk chịu uốn (mô men) thường khống chế việc lựa chọn hình dạng và kích thước dầm. Vì vậy, việc tttk dầm thường bắt đầu từ việc tt, tk theo điều kiện **chịu uốn (mô men)**, sau đó kiểm tra lại theo các đk chịu lực cắt, xoắn, kéo, nén cũng như các đk về võng, v.v.

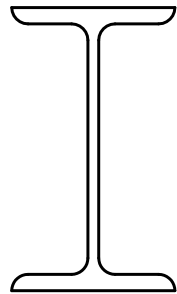


4.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

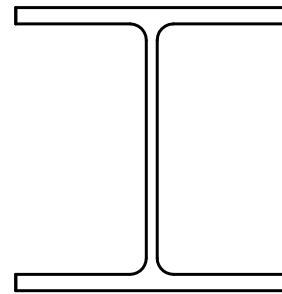
4.1.1. Các loại dầm thép và phạm vi sử dụng (1/4)

✓ Có 2 loại dầm thép:

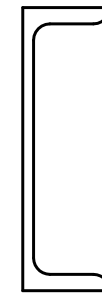
- Dầm định hình (beam): là loại được chế tạo bằng cách đúc hoặc cán trong nhà máy;



I cánh ngắn (S)



I cánh rộng (W)



Thép máng (C, U)

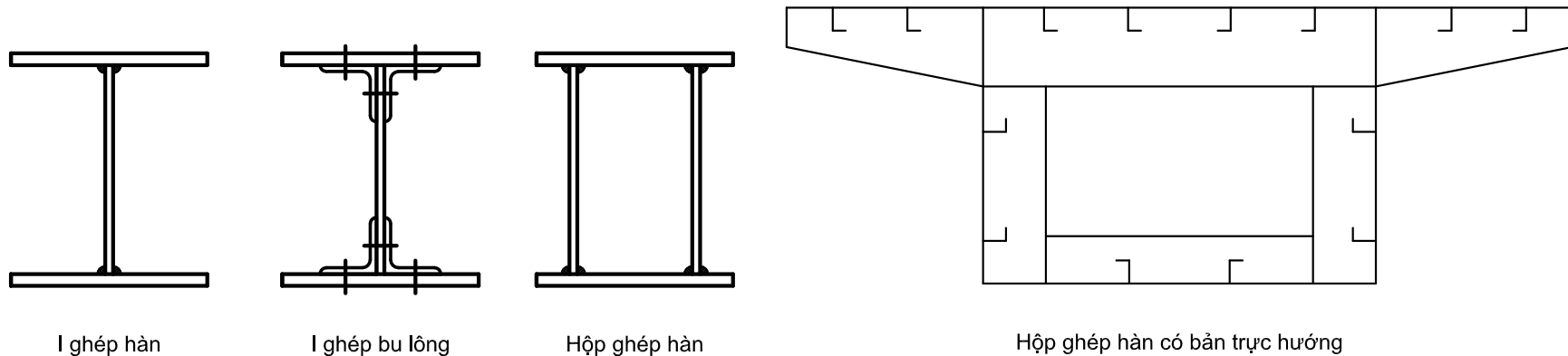
Loại này do được sản xuất sẵn trong nhà máy nên giá thành rẻ, nhưng kt thường bị hạn chế (không liên tục). Vì vậy, nó thường được sử dụng chủ yếu cho các kết cấu chịu tải trọng nhỏ, như các công trình nhà cửa, tạm, v.v. Trong các loại dầm định hình thì loại chữ I cánh rộng (W) được sử dụng phổ biến hơn cả. **Vì?**



4.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

4.1.1. Các loại dầm thép và phạm vi sử dụng (1/4)

- Dầm tổ hợp (girder): là loại được chế tạo bằng cách ghép tổ hợp các thép bản bằng lk hàn hoặc bu lông;



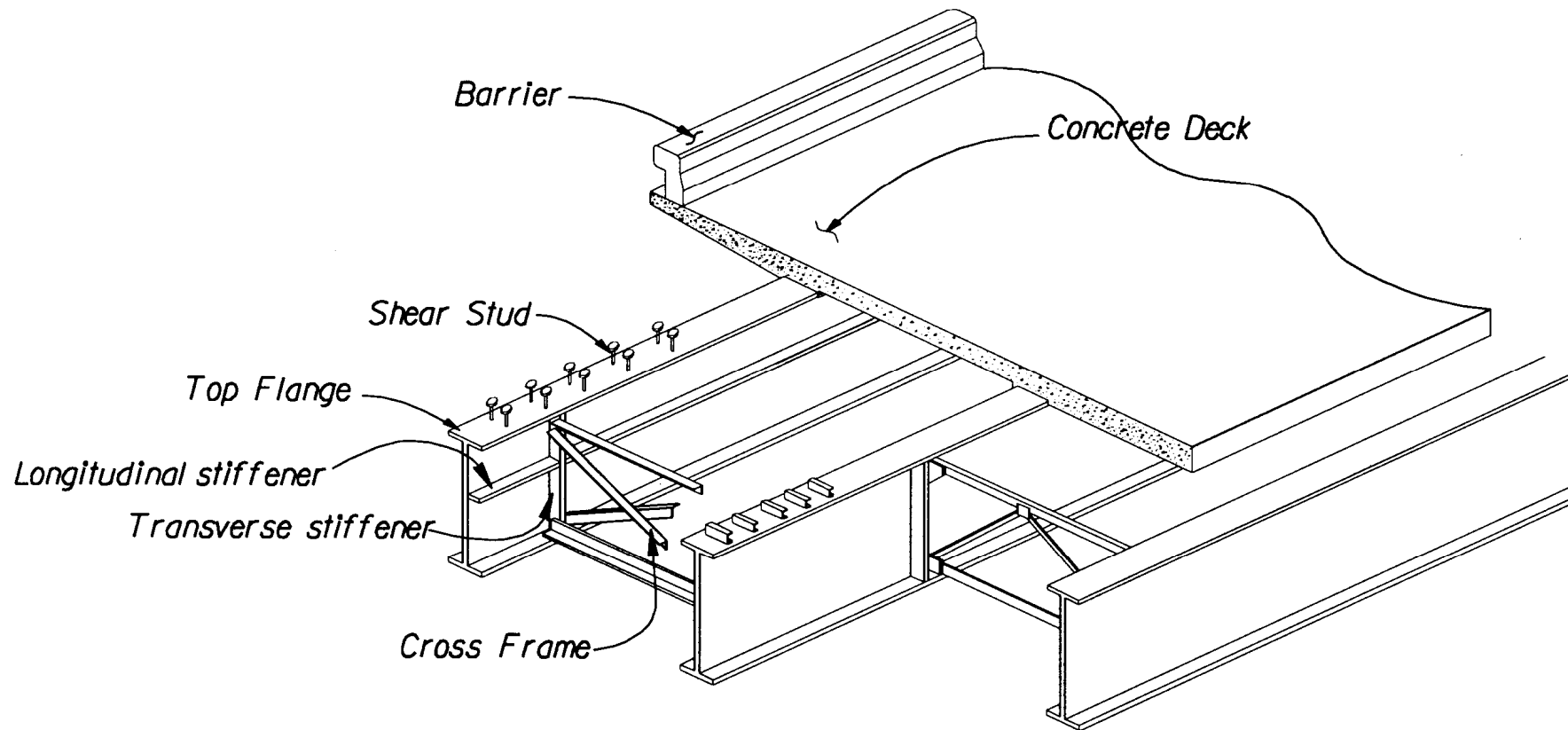
Loại dầm này được sd trong các k/c chịu tải trọng lớn hơn như dầm cầu. Ưu điểm của nó là ta có thể chế tạo được các tiết diện có kt tùy ý theo yêu cầu chịu lực của kết cấu → giảm giá thành. Trong các loại dầm ghép, thì dầm chữ I ghép hàn được sử dụng phổ biến nhất vì nó có cấu tạo đơn giản và tiết kiệm vl.



4.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

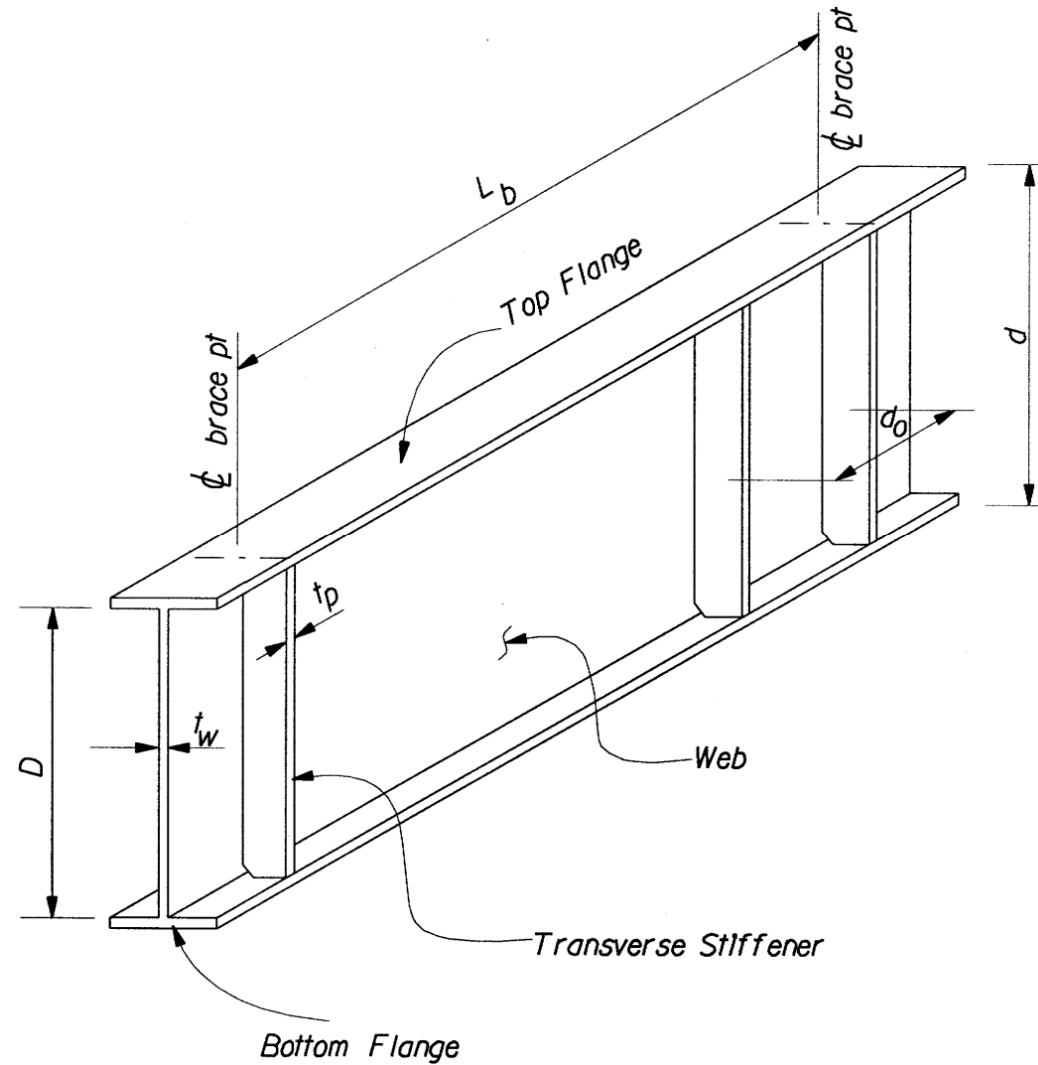
4.1.1. Các loại dầm thép và phạm vi sử dụng (1/4)

Một số hình ảnh về dầm thép:



4.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

4.1.1. Các loại dầm thép và phạm vi sử dụng (1/4)



4.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

4.1.1. Các loại dầm thép và phạm vi sử dụng (1/4)



4.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

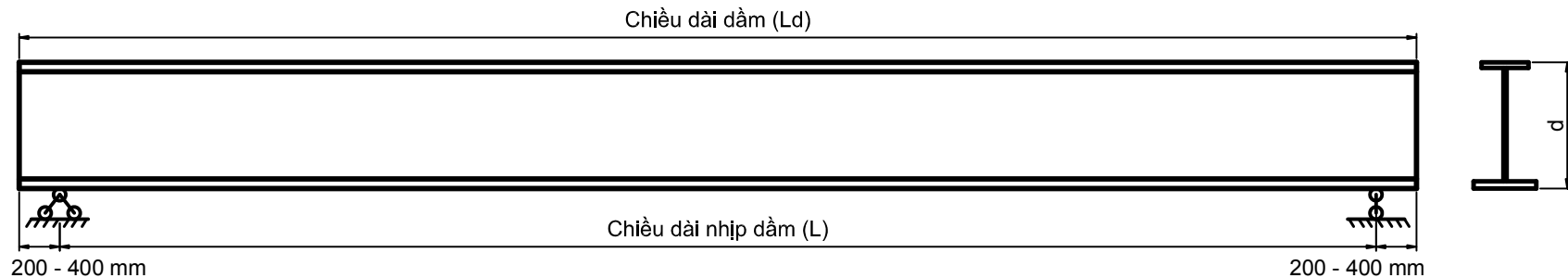
4.1.1. Các loại dầm thép và phạm vi sử dụng (1/4)



4.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

4.1.2. Các kích thước cơ bản của dầm thép (1/4)

✓ Xét một dầm thép td chữ I, nhịp giản đơn như HV. Ta có, các kt cơ bản của dầm như sau:



- Chiều dài tính toán dầm (L) = k/c giữa hai tim gối. Cd này phụ thuộc vào sơ đồ kcn cầu;
- Chiều dài dầm (L_d) = là chiều dài toàn bộ dầm. $L_d = L + 2 \times (200 \div 400 \text{ mm})$;
- Chiều cao dầm (d): đây là thông số rất quan trọng ảnh hưởng lớn đến giá thành ct → cần cân nhắc kỹ khi lựa chọn. TC 05 quy định như sau:



4.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

4.1.2. Các kích thước cơ bản của dầm thép (1/4)

Chiều cao tối thiểu của dầm thép (A2.5.2.6.3-1)

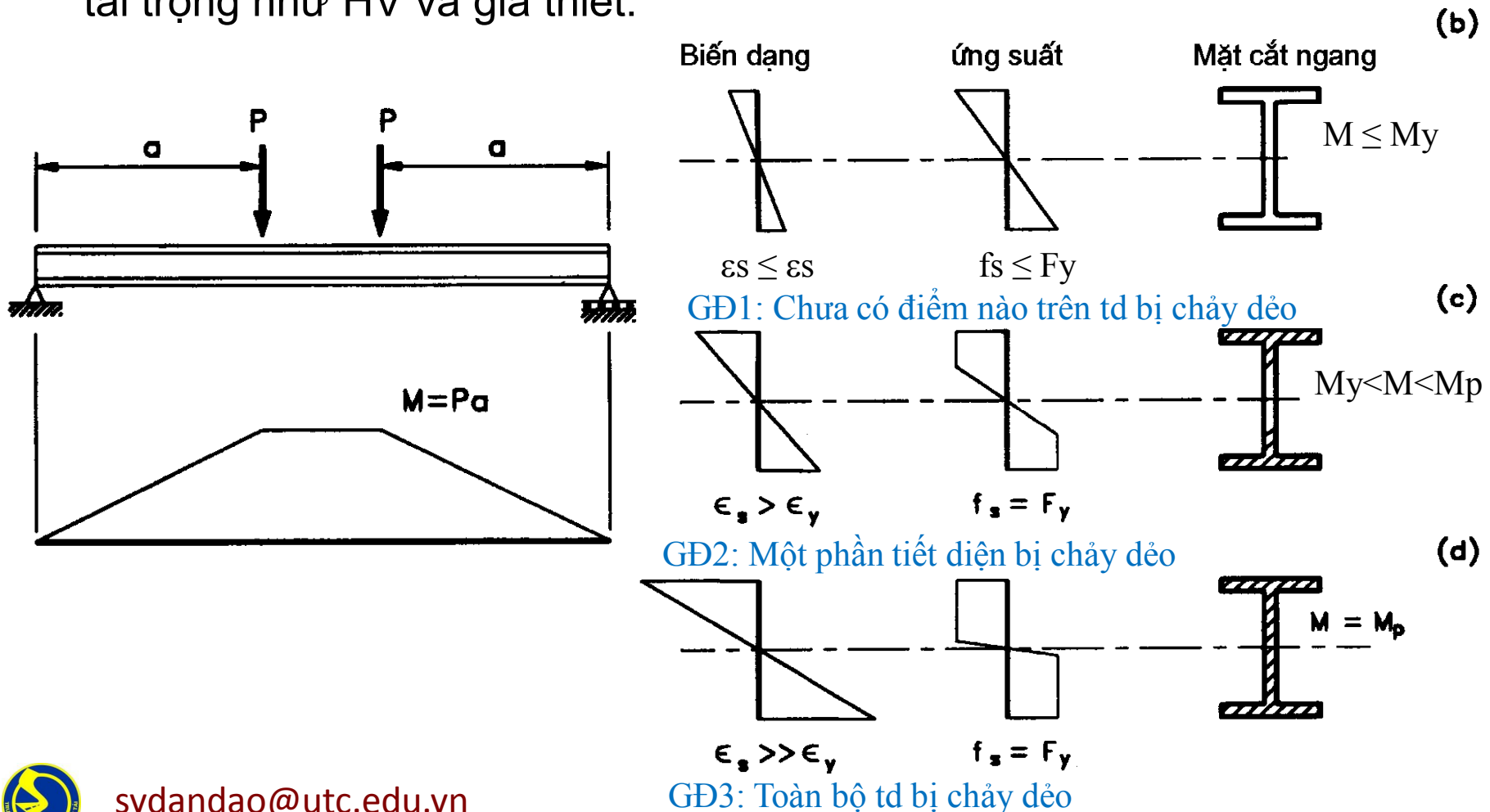
Kết cấu phần trên		Chiều cao tối thiểu	
Vật liệu	Loại hình	Dầm giản đơn	Dầm liên tục
Thép	Chiều cao toàn bộ của dầm I liên hợp	0,040L	0,032L
	Chiều cao của phần dầm I của dầm I liên hợp	0,033L	0,027L
	Giàn	0,100L	0,100L



4.2. ĐẶC ĐIỂM CHỊU LỰC

4.2.1. Sự chảy dẻo của tiết diện dầm I (1/3)

✓ Xét một dầm thép td chữ I, nhịp giản đơn, đx kép, chịu tác dụng của tải trọng như HV và giả thiết:



4.2. ĐẶC ĐIỂM CHỊU LỰC

4.2.1. Sự chảy dẻo của tiết diện dầm I (2/3)

✓ Các giả thiết:

- Thép là vật liệu đàn-dẻo lý tưởng;
- Tiết diện dầm vẫn phẳng trước và sau khi biến dạng (gt Becnuli);
- Dầm k bị môđ trước khi bị chảy dẻo hoàn toàn.

✓ Cho P tăng từ 0 → ph: td dầm trong khoảng giữa 2 tt P làm việc qua 3 gđ (xem HV). Khi đó, ta gọi:

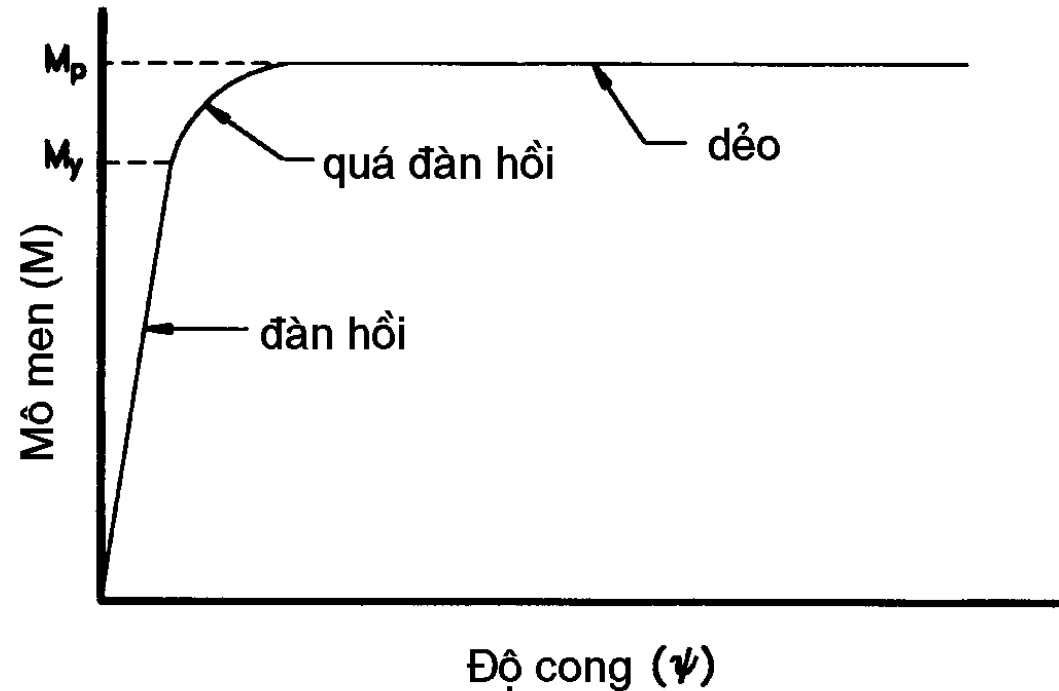
- M_y = mô men dẻo của td = mm bd chảy dẻo đầu tiên trên tiết diện;
- M_p = mm dẻo của td = mm gây bd chảy dẻo trên toàn bộ td;

Nếu ta gọi $\psi = \varepsilon_c/c =$ độ cong của dầm \Rightarrow Mqh giữa M - ψ như sau:



4.2. ĐẶC ĐIỂM CHỊU LỰC

4.2.1. Sự chảy dẻo của tiết diện dầm I (3/3)



Mối quan hệ M- ψ

Nhận xét: Khác với mqh us-bd khi td chịu kéo đúng tâm, mqh M- ψ có thêm gđ quá đàn hồi.



4.2. ĐẶC ĐIỂM CHỊU LỰC

4.2.2. Hiện tượng mất ổn định của dầm

- ✓ Nếu dầm bị phá hoại trước khi td dầm chảy dẻo hoàn toàn (hay khi $M < M_p$), thì ta nói dầm bị mod;
- ✓ Có 2 loại mod:
 - Mod cục bộ: là htg mod xảy ra do tỷ số rộng/dày của từng phần td dầm quá lớn gây ra → từng phần td bị bd hay cong vênh;
 - Mod tổng thể: là htg mod xảy ra do chiều dài không được lk của biên chịu nén quá lớn so với kt td dầm → toàn bộ td dầm bị bd hay cong vênh. Vì biên chịu nén là một phần của td dầm có biên chịu kéo luôn thẳng do us kéo → td dầm bị xoắn ngang → mod xoắn ngang.



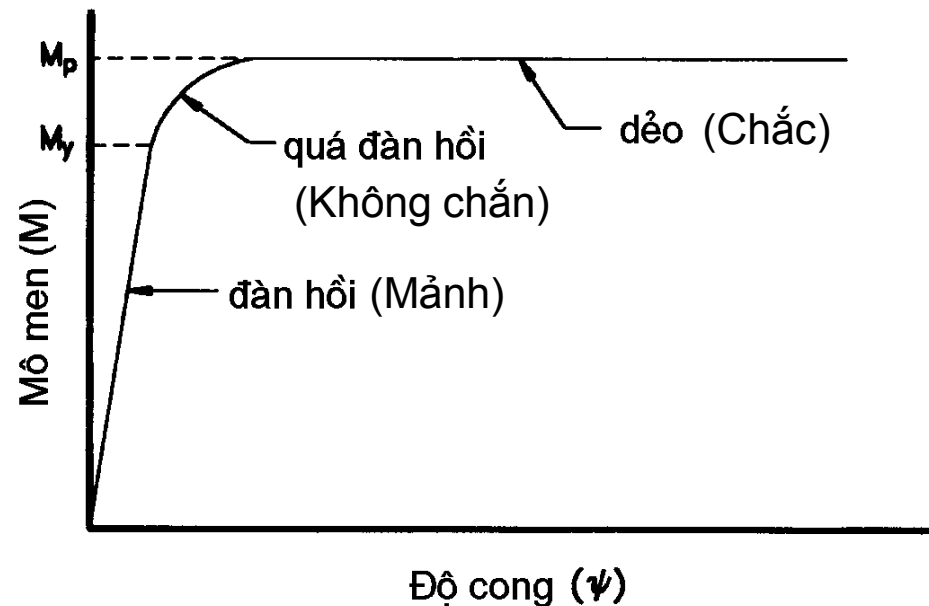
4.2. ĐẶC ĐIỂM CHỊU LỰC

4.2.3. Phân loại tiết diện (1/2)

a) Phân loại theo sự phát triển sức kháng uốn của td → 3 loại:

- ✓ Td đặc chắc (chắc): là td có thể chịu được $M = M_p$ (hay có thể chảy dẻo hoàn toàn) trước khi bị mod;
- ✓ Td không chắc: là td có thể chịu được tải trọng $M_y \leq M < M_p$ trước khi bị mod;
- ✓ Td mảnh: là td có thể chịu được $M < M_y$ trước khi bị mod.

Mqh M- ψ của 3 loại tiết diện



4.2. ĐẶC ĐIỂM CHỊU LỰC

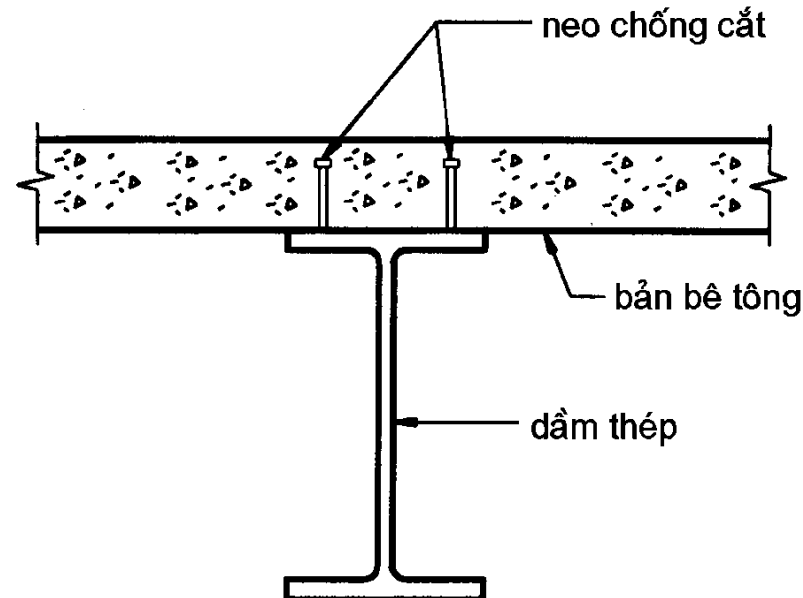
4.2.3. Phân loại tiết diện (2/2)

b) Phân loại theo sự liên kết giữa dầm thép và bản BTCT mặt cầu → 2 loại:

✓ Td không liên hợp: là td mà giữa dầm thép và bản BTCT mặt cầu không có sự liên kết chặt chẽ với nhau → kn chịu lực của dầm chủ yếu do dầm thép chịu;

✓ Td liên hợp: là td mà giữa dầm thép và bản BTCT mặt cầu có liên kết chặt chẽ với nhau → kn chịu lực của dầm do cả dầm thép và bản BTCT mặt cầu cùng tham gia.

Ví dụ về td liên hợp sử dụng neo chống cắt dạng đinh



4.2. ĐẶC ĐIỂM CHỊU LỰC

4.2.4. Độ cứng của dầm

✓ Độ cứng của dầm (EI) thể hiện khả năng chịu tải hay độ võng của dầm. TC 05 quy định:

- Với td không lh: $EI = EI$ của dầm thép;
- Với td lh: $EI = EI$ của td quy đổi. Td quy đổi là td đã được q/đổi về cùng một loại vl đồng nhất là thép. Hệ số qđ được qđ như sau:

= n đổi với tt tức thời;

= 3n đổi với tt lâu dài (thường xuyên).

$n = E_s/E_c$ có thể được lấy gần đúng như sau:

Tỷ số giữa mô đun đàn hồi của thép và của bê tông (bê tông có tỷ trọng thông thường)

f'_c (MPa)	$16 \leq f'_c < 20$	$20 \leq f'_c < 25$	$25 \leq f'_c < 32$	$32 \leq f'_c < 41$	$41 \leq f'_c$
n	10	9	8	7	6



4.3. MÔ MEN CHẢY VÀ MÔ MEN ĐÉO

4.3.1. Mô men chảy M_y

✓ M_y ? là trị số mm gây us (bd) chảy đầu tiên trên td dầm thép. $M_y = ?$

✓ M_y của td k liên hợp:

$$f_{\max} = M/S_{NC} = F_y \rightarrow M = M_y = F_y \cdot S_{NC}$$

$$S_{NC} = \text{mm chống uốn của td dầm thép} = I_{NC}/y_{\max}$$

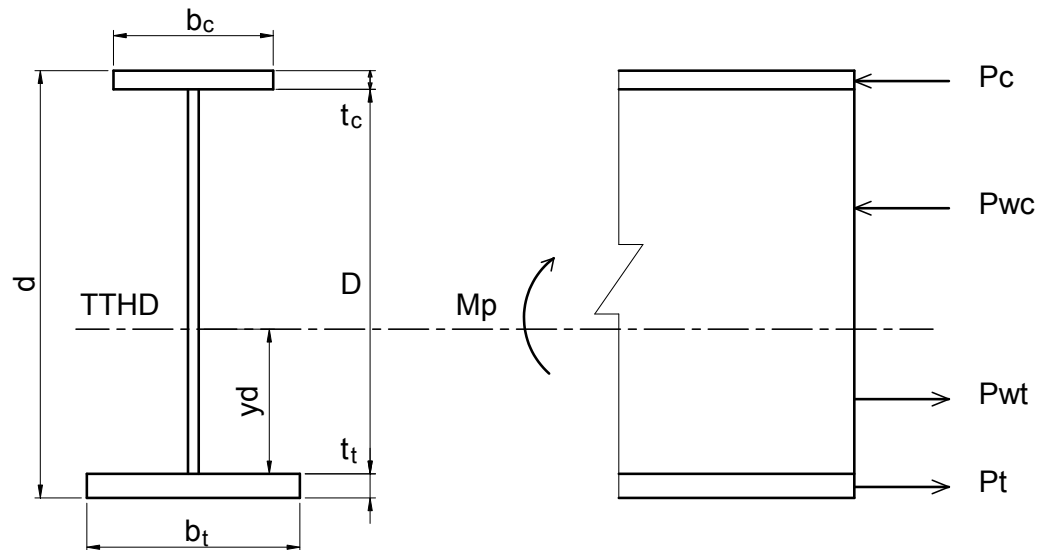
✓ M_y của td liên hợp? (xem tài liệu).



4.3. MÔ MEN CHẢY VÀ MÔ MEN DẸO

4.3.2. Mô men dẻo M_p (1/2)

- ✓ M_p là trị số mm làm cho td dầm thép chảy dẻo hoàn toàn. $M_p = ?$
- ✓ Tdk liên hợp: Cho một td dầm thép chữ I có kt như HV. $M_p = ?$



- Xác định vị trí TTH dẻo: TTH dẻo? là TTH khi td bị chảy dẻo hoàn toàn = trục có $b_d = 0$ hay trục phân cách giữa phần td chịu kéo và nén khi td chảy dẻo hoàn toàn.



4.3. MÔ MEN CHẢY VÀ MÔ MEN DẸO

4.3.2. Mô men dẻo M_p (2/2)

Tính các lực dẻo:

$$P_t = F_{yt}.A_t = F_{yt}.b.t$$

$$P_w = F_{yw}.A_w = F_{yw}.D.t_w$$

$$P_c = F_{yc}.A_c = F_{yc}.b.c$$

XĐ vị trí tương đối của TTH dẻo:

Nếu $P_t > P_w + P_c \rightarrow$ TTH dẻo đi qua bản cánh chịu kéo;

Nếu $P_t + P_w > P_c \rightarrow$ TTH dẻo đi qua sườn dầm;

Nếu $P_t + P_w < P_c \rightarrow$ TTH dẻo đi qua bản cánh chịu nén.

XĐ chính xác vị trí TTH dẻo:

$$\sum N = 0 \rightarrow y_d$$

VD khi TTH dẻo qua sườn: $\sum N = 0 \rightarrow$

$$b.t.F_{yt} + y_d.t_w.F_{yw} = (D - y_d).t_w.F_{yw} + b.c.F_{yc} \rightarrow y_d$$

✓ Td liên hợp (xem tài liệu).

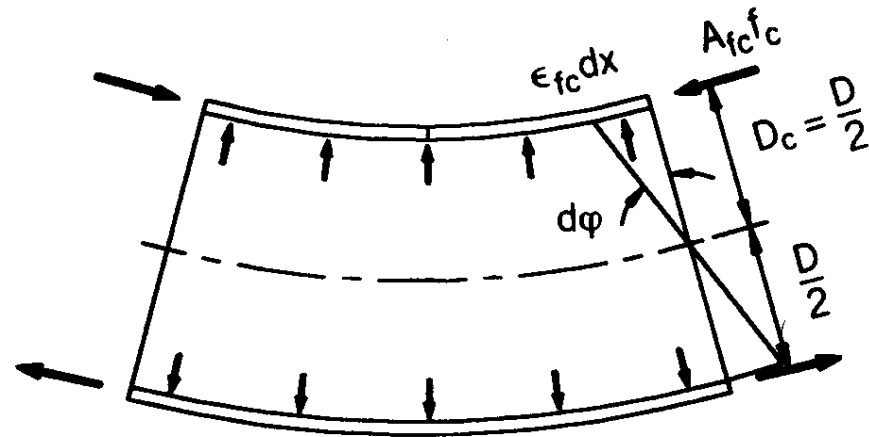


4.4. MẤT ỔN ĐỊNH CỤC BỘ

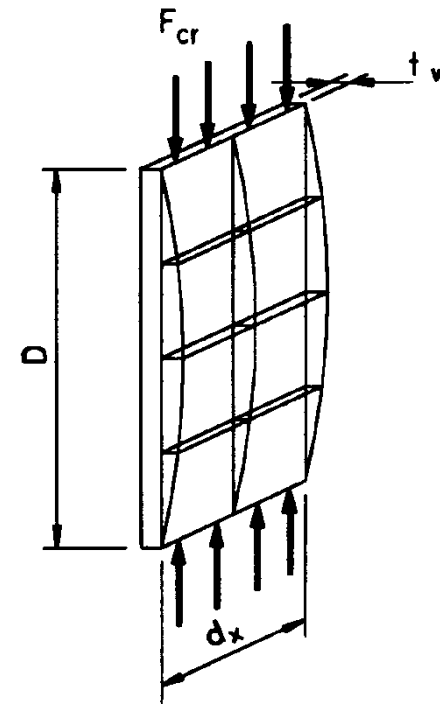
4.4.1. Mất ổn định của vách đứng (1/3)

a) Mod thẳng đứng của vách đứng

Xét một đoạn dầm td chữ I, dài dx chịu $M \rightarrow$ do độ cong của dầm \rightarrow trong vách dầm phát sinh us nén thẳng đứng. Dưới us nén thẳng đứng này vách dầm có thể bị mod như sau:



$$A_{fc} f_c d\phi = \frac{2\epsilon_{fc}}{D} dx$$

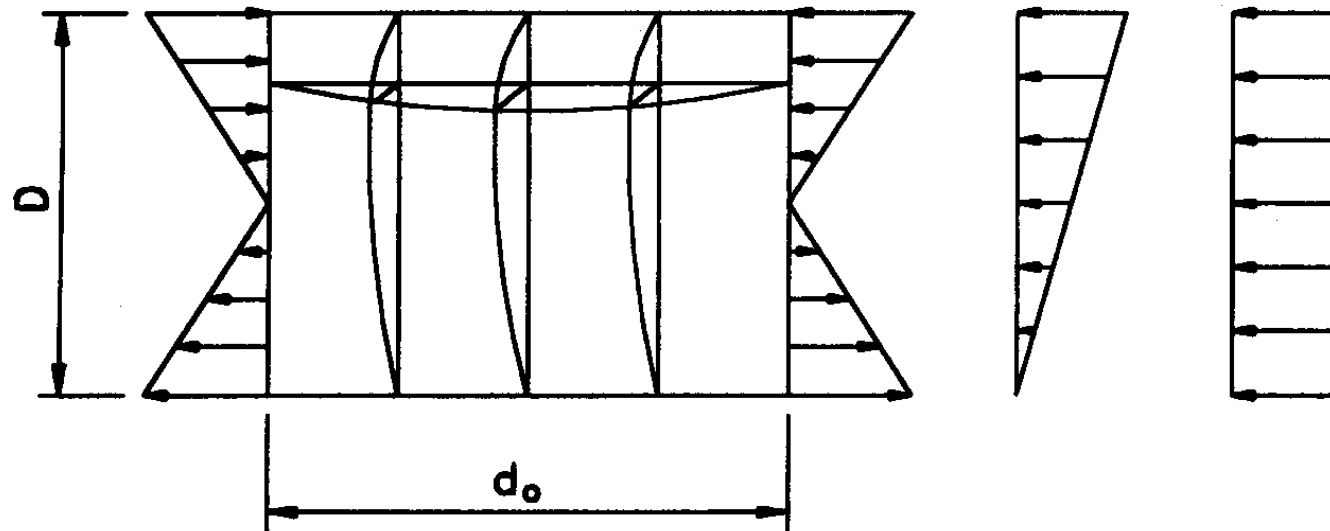


4.4. MẤT ỔN ĐỊNH CỤC BỘ

4.4.1. Mất ổn định của vách đứng (2/3)

b) Mod uốn của vách đứng

Khi dầm thép chữ I chịu M → Một phần vách dầm sẽ chịu nén → vách dầm có thể bị mod theo mô hình như sau:



$d_o = k/c$ giữa 2 STC đứng trung gian.



4.4. MẤT ỔN ĐỊNH CỤC BỘ

4.4.1. Mất ổn định của vách đứng (3/3)

c) Kết luận

Sự mod của vách dầm ảnh hưởng đến kn chịu uốn của dầm. Sự ảnh hưởng này được tìm thấy trong mqh M- λ như sau:

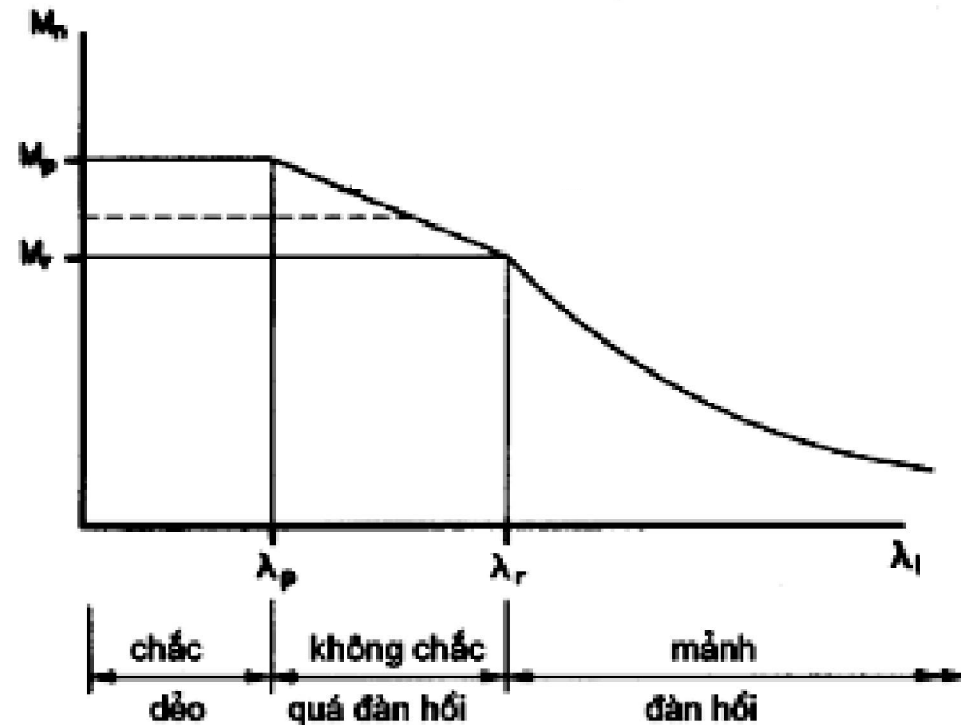
$$\lambda = \frac{2D_{cp}}{t_w} \quad \text{hay} \quad \frac{2D_c}{t_w}$$

= độ mảnh của vách dầm;

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}}$$

$$\lambda_r = 6,77 \sqrt{\frac{E}{f_c}}$$

(khi vách dầm k có STC dọc).

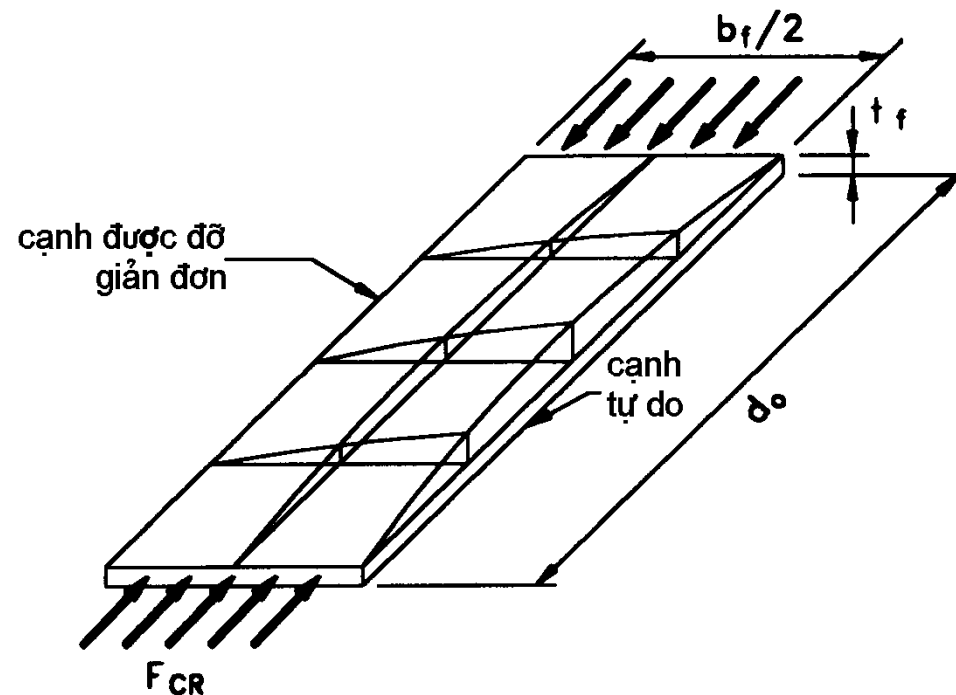


4.4. MẤT ỔN ĐỊNH CỤC BỘ

4.4.2. Mất ổn định của biên chịu nén

(1/2)

✓ Khi dầm thép chữ I chịu M → biên chịu nén có thể bị mod theo mô hình sau:



Mô hình mod của biên chịu nén



4.4. MẤT ỔN ĐỊNH CỤC BỘ

4.4.2. Mất ổn định của biên chịu nén

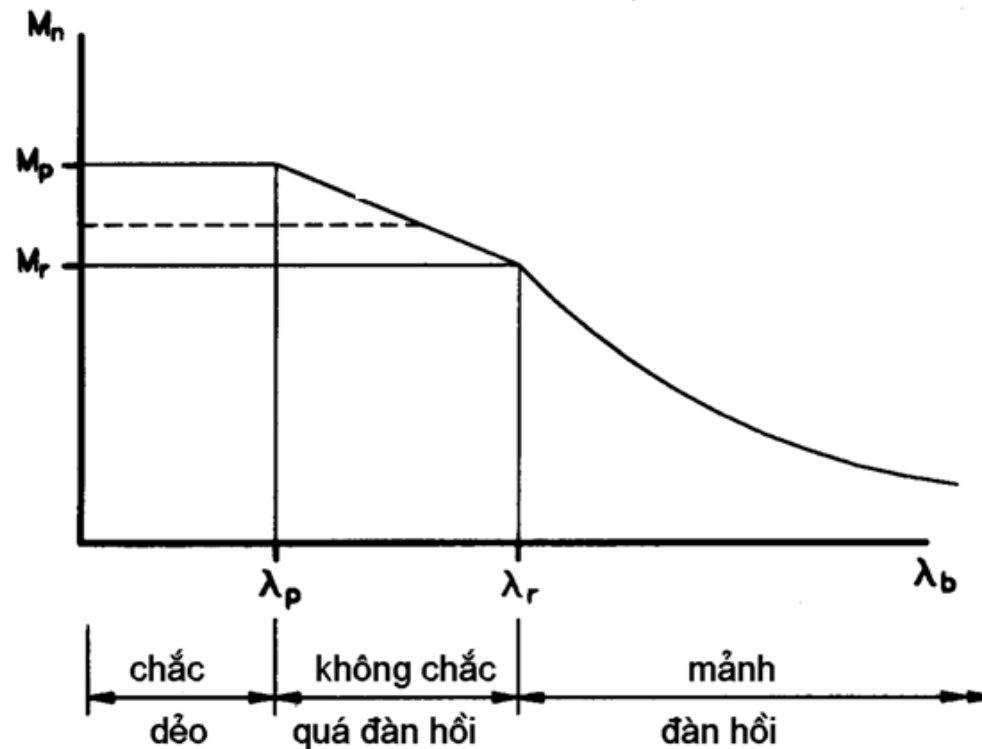
(2/2)

✓ Sự mod của biên chịu nén có ảnh hưởng lớn tới kn chịu uốn của dầm. Sự ảnh hưởng này được tìm thấy trong mqh M-λ như sau:

$\lambda = bf/2tf = bc/2tc =$ độ mảnh của biên chịu nén;

$$\lambda_p = 0,382 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}}$$

$$\lambda_r = 1,38 \sqrt{\frac{E}{f_c \sqrt{2D_c / t_w}}}$$



Mô hình mod của biên chịu nén



4.4. MẤT ỔN ĐỊNH CỤC BỘ

4.4.3. Tương tác độ mảnh của vách dầm và biên chịu nén của td chắc

✓ Thực nghiệm cho thấy, td dầm chữ I có thể không đạt đc trị số M_p khi độ mảnh của vách dầm và biên chịu nén đều thỏa mãn cho td đặc chắc. Tại sao? Vì vách dầm và biên chịu nén có sự tương tác với nhau khi chịu uốn.

✓ TC 05 quy định, với td đặc chắc, thì phải xét đến sự tương tác độ mảnh giữa vách dầm và biên chịu nén bằng hệ số sau:

$$\begin{cases} \frac{2D_{cp}}{t_w} \leq (0,75)3,76 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \\ \frac{b_f}{2t_f} \leq (0,75)0,382 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \end{cases} \quad (1)$$

✓ Nếu (1) không thỏa mãn, thì ta phải xx pt tương tác (2 sau):

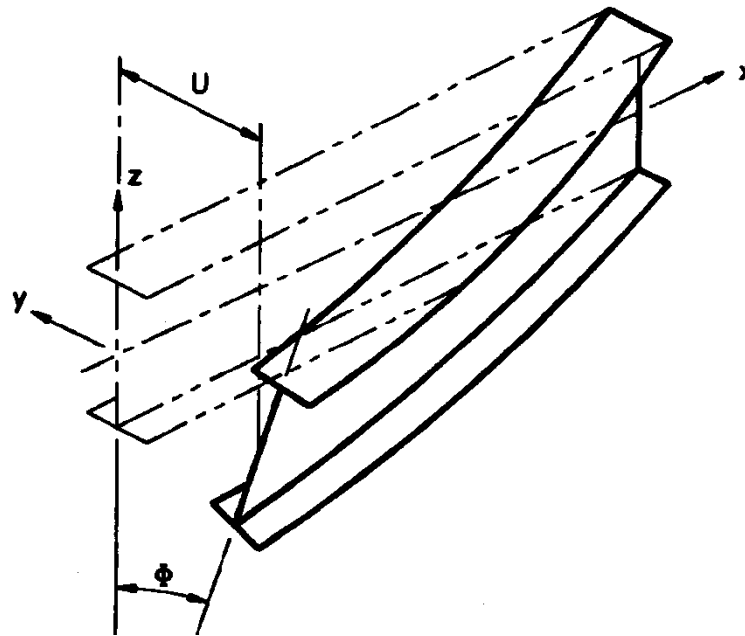
$$\frac{2D_{cp}}{t_w} + 9,35 \left(\frac{b_f}{2t_f} \right) \leq 6,25 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (2)$$



4.5. MẶT ỔN TỔNG THỂ

4.5.1. Khái niệm

✓ Khi dầm td chữ I chịu uốn, biên chịu nén làm việc giống như một cột chịu nén. Nếu $c/dài$ k đc l_k ngang của biên chịu nén quá lớn \rightarrow biên chịu nén bị mod do bị bd ngang ra ngoài mp dầm \rightarrow Mod tổng thể. Mặt khác, do biên chịu nén là một phần của td chữ I có biên chịu kéo luôn thẳng do chịu u_s kéo \rightarrow td bị xoắn ngang \rightarrow Mod xoắn ngang (HV).



4.5. MẶT ỔN TỔNG THỂ

4.5.2. Sự cân xứng của tiết diện chữ I

✓ Theo TC05, td dầm chữ I chịu uốn phải được cấu tạo cân xứng như

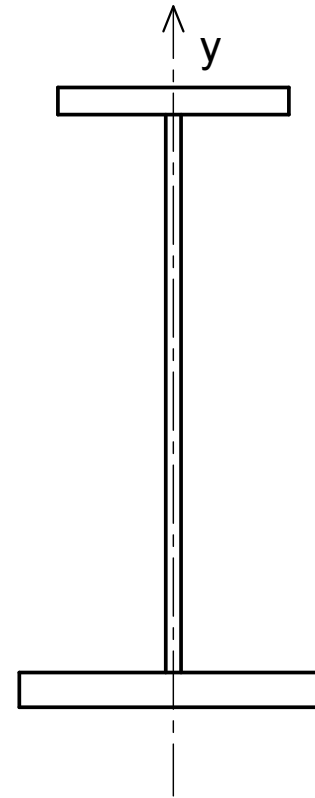
sau:

$$0,1 \leq l_{yc}/l_y \leq 0,9$$

Trong đó:

l_{yc} = mmqt của biên chịu nén;

l_y = mmqt của td quanh trục y .



4.5. MẤT ỔN TỔNG THỂ

4.5.3. Liên kết dọc của biên chịu nén

(1/3)

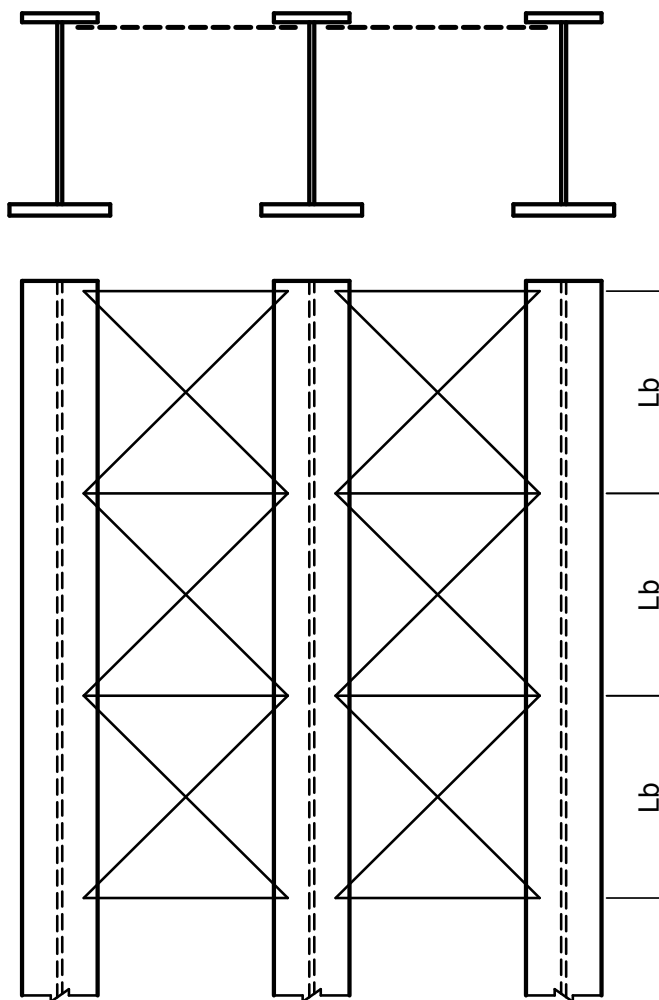
- ✓ Để chống lại hiện tượng mod tổng thể → biên chịu nén thường được lk dọc chống lại chuyển vị ngang. Các lk này gọi là hệ lk dọc của biên chịu nén.
- ✓ K/c giữa các điểm lk của hệ lk dọc gọi là chiều dài k được lk dọc của biên chịu nén, k/hiệu = L_b ;
- ✓ VD:



4.5. MẶT ỒN TỔNG THỂ

4.5.3. Liên kết dọc của biên chịu nén

(2/3)



4.5. MẤT ỔN TỔNG THỂ

4.5.3. Liên kết dọc của biên chịu nén

(3/3)

✓ Ta có, L_b càng nhỏ thì dầm càng khó bị mod tổng thể. Với dầm liên hợp, $L_b = 0 \rightarrow$ dầm không bị mod tổng thể;

✓ TC05 qđ như sau:

$$L_b \leq \left[0,124 - 0,0759 \left(\frac{M_1}{M_p} \right) \right] \left[\frac{r_y E}{F_{yc}} \right] \rightarrow \text{td đặc chắc};$$

$$L_b \leq L_p = 1,76 r_t \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \rightarrow \text{td không đặc chắc};$$

Trong đó:

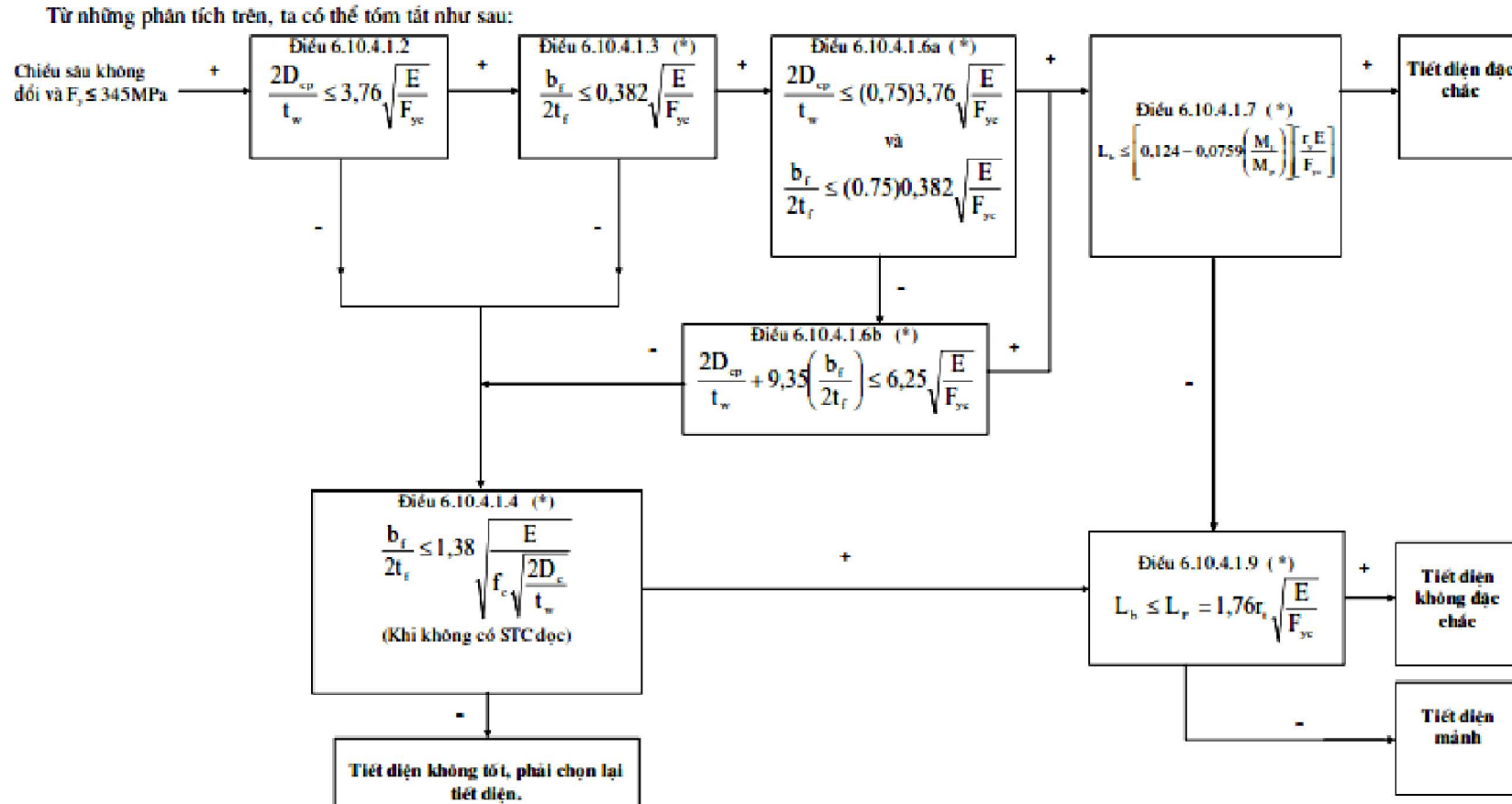
M_1 = trị số mm nhỏ hơn của dầm giữa hai đầu cd không đc lk dọc;

R_t = bkqt của phần td chịu nén quy ước gồm bản cánh chịu nén và 1/3 chiều cao bản bụng chịu nén.



4.6. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG UỐN

4.6.1. Trình tự kiểm tra td dầm I là chắc, không chắc hay mảnh



Chú ý: Tất cả các mặt cắt đều phải thoả mãn các giới hạn về tỷ lệ mặt cắt của điều A6.10.2;
 (*) = Đối với mặt cắt liên hợp chịu uốn dương, các điều này được xem như tự động thoả mãn;
 (+) = Đúng;
 (-) = Không đúng.

SƠ ĐỒ TRÌNH TỰ KIỂM TRA TIẾT DIỆN DẦM LÀ ĐẶC CHẮC, KHÔNG ĐẶC CHẮC HAY MẢNH



4.6. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG UỐN

4.6.2. Sức kháng uốn của td chữ I (1/2)

a) Sk uốn của td không liên hợp, đặc chắc

$$M_n = M_p$$

b) Sk uốn của td liên hợp, đặc chắc

(xem tài liệu)

c) Sk uốn của td không đặc chắc

Sk uốn của td không đặc chắc được xác định theo us như sau:

$$F_n = R_b \cdot R_h \cdot F_y$$

F_y = cường độ chảy của bản biên (cánh) chịu nén hoặc kéo;

R_h = hệ số lai = 1,0 với td đồng nhất;

R_b = hệ số truyền tải trọng, đc xác định như sau (A6.10.4.3.2, xem tài liệu).



4.6. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG UỐN

4.6.2. Sức kháng uốn của td chữ I (2/2)

d) Sk uốn của td mảnh, không liên hợp

✓ Với bản cánh chịu kéo:

$$F_n = R_b \cdot R_h \cdot F_{yt}$$

✓ Với bản cánh chịu nén (khi không có STC dọc):

- Nếu $L_b \leq L_r = 4,44 \sqrt{\frac{I_{yc} d E}{S_{xc} F_{yc}}}$, thì:

$$M_n = C_b R_b R_h M_y \left[1 - 0,5 \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq R_b R_h M_y$$

- Nếu không thì:

$$M_n = C_b R_b R_h \frac{M_y}{2} \left(\frac{L_r}{L_b} \right)^2 \leq R_b R_h M_y$$

e) Sk uốn của td mảnh, liên hợp (xem tài liệu)



4.6. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG UỐN

4.6.3. Kiểm toán sức kháng uốn của dầm chữ I

✓ Sức kháng uốn của dầm chữ I phải thỏa mãn đk sau (A6.10.4):

- Đối với tiết diện đặc chắc:

$$M_r = \phi_f \cdot M_n \geq M_u$$

- Đối với tiết diện đặc chắc:

$$F_r = \phi_f \cdot F_n \geq f_u$$

Trong đó:

ϕ_f = hệ số sk khi td chịu uốn (tra bảng = 1,0);

f_u = u_s lớn nhất trong bản cánh chịu kéo hoặc nén ở TTGH CĐ;

M_u = mm uốn tt tác dụng lên td xem xét ở TTGH CĐ.



4.7. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG CẮT

4.7.1. Sức kháng cắt do tác động dầm

(1/2)

✓ Xét một dầm td chữ I, chịu td của lực cắt V . Theo lý thuyết dầm, ta giả thiết toàn bộ lực cắt do vách dầm chịu và phân bố đều \rightarrow us cắt (tiếp) trên vách dầm là:

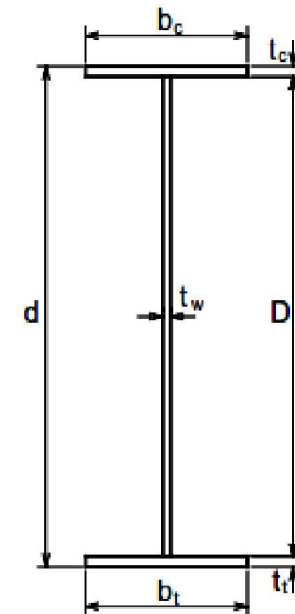
$$\tau = V/(D.tw) \rightarrow V = \tau.D.tw \quad (1)$$

✓ Từ (1), suy ra khả năng chịu cắt của dầm phụ thuộc vào kt của vách dầm và us cắt g/hạn $\tau_{gh} = ?$

- Nếu vách dầm không mod (D/tw nhỏ) thì $\tau_{gh} = \tau_y =$ us cắt chảy \rightarrow sk cắt của dầm đạt max = $V_p =$ lực cắt chảy của td

$$V_p = \tau_y.D.tw$$

Theo Mises, ta có $\tau_y = F_y/\sqrt{3} = 0,58F_y \rightarrow V_p = 0,58F_y.D.tw$



MCN dầm I



4.7. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG CẮT

4.7.1. Sức kháng cắt do tác động dầm (2/2)

- Nếu vách dầm mảnh (D/tw lớn) hay mod thì

$\tau_{gh} = \tau_{cr} =$ us cắt mod của vách dầm \rightarrow sk cắt của dầm là:

$$VT = \tau_{cr}.D.tw = \tau_{cr}/\tau_y.V_p$$

Ứng suất mod của vách dầm được xử như sau:

$$\tau_{cr} = k.\pi^2.E/[12.(1-\mu^2)].(tw/D)^2$$

$$k = 5+5/(d_o/D)^2$$

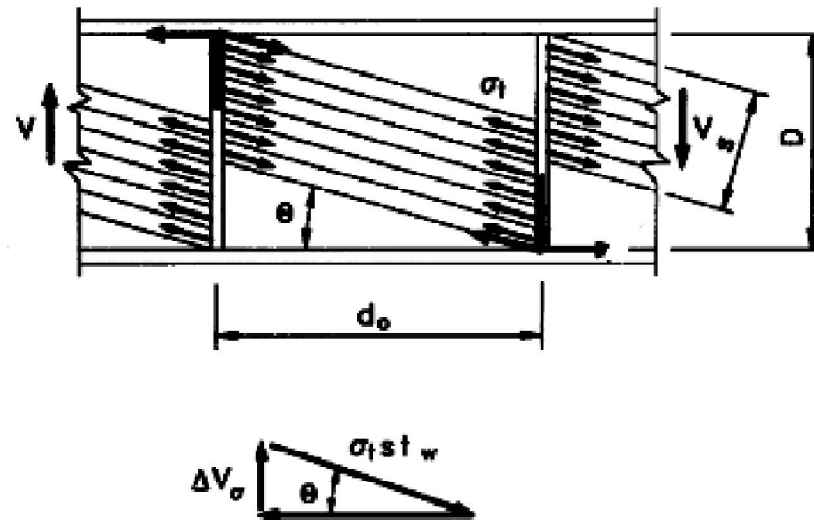
μ = hệ số Poisson (= 0,2 cho thép).



4.7. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG CẮT

4.7.2. Sức kháng cắt do tác động của trường căng (1/2)

✓ Nếu một khoang vách được tăng cường bởi các STC đứng → khi khoang chịu V, trong khoang sẽ xuất hiện một trường căng như sau:



✓ Do tác động của trường căng σ , vách dầm chịu thêm lực cắt là V_σ .
Người ta CM được:

$$V_\sigma = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\sigma_t}{\sigma_y} \frac{1}{\sqrt{1+\alpha^2}} V_P$$



4.7. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG CẮT

4.7.2. Sức kháng cắt do tác động của trường căng (2/2)

✓ Theo Baler, ta có mqh gần đúng sau:

$$\frac{\sigma_t}{F_y} = 1 - \frac{\tau_{cr}}{\tau_y}$$

Vậy ta có:

$$V_\sigma = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{(1 - \tau_{cr}/\tau_y)}{\sqrt{1 - \alpha^2}} \cdot V_p$$



4.7. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG CẮT

4.7.3. Sức kháng cắt tổ hợp

✓ Sk cắt của dầm sẽ là tổ hợp của sk cắt do tác động dầm và sk cắt do tác động của trường căng. Vậy:

$$V_n = V_p \left[\frac{\tau_{cr}}{\tau_y} + \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1 - (\tau_{cr} / \tau_y)}{\sqrt{1 + \alpha^2}} \right] = V_T + V_\sigma$$

✓ Thực ra cho thấy, 2 tác động trên không phải là 2 htg riêng rẽ, độc lập nhau. Thực ra chúng xh cùng nhau và tương tác với nhau để có sk tổ hợp. Thực nghiệm cho thấy, khi V nhỏ, thì lực cắt chủ yếu do tác động dầm chịu; nhưng khi V tăng lên thì trường căng xuất hiện và dầm chịu thêm được một phần lực cắt.



4.7. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG CẮT

4.7.4. Sức kháng cắt theo TC 05

(1/4)

a) Sức kháng cắt của vách dầm không được tăng cường (A6.10.7.2)

✓ Nếu $D/tw \leq 2,46 \cdot \sqrt{E/Fyw}$

$$V_n = V_p = 0,58 F_{yw} \cdot D \cdot tw$$

✓ Nếu $2,46 \cdot \sqrt{E/Fyw} < D/tw \leq 3,07 \cdot \sqrt{E/Fyw}$

$$V_n = 1,48 \cdot tw^2 \cdot \sqrt{E \cdot Fyw}$$

✓ Nếu $D/tw > 3,07 \cdot \sqrt{E/Fyw}$

$$V_n = 4,55 \cdot tw^3 \cdot E/D$$

b) Sức kháng cắt của vách dầm được tăng cường (A6.10.7.3.3)

✓ Các khoang biên:

$$V_n = C \cdot V_p$$



4.7. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG CẮT

4.7.4. Sức kháng cắt theo TC 05

(2/4)

✓ Các khoang trong của td đặc chắc

- Nếu $M_u \leq 0,5\phi_f.M_p$, thì

$$V_n = V_p \left[C + \frac{0,87(1-C)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_o}{D}\right)^2}} \right]$$

- Nếu $M_u > 0,5\phi_f.M_p$, thì

$$V_n = R V_p \left[C + \frac{0,87(1-C)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_o}{D}\right)^2}} \right] \geq C V_p ; \text{ với } R = \left[0,6 + 0,4 \left(\frac{M_r - M_u}{M_r - 0,75\phi_r M_y} \right) \right] \leq 1$$



4.7. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG CẮT

4.7.4. Sức kháng cắt theo TC 05 (3/4)

Trong đó:

μ = mm uốn lớn nhất trong khoang đang nghiên cứu;

$C = \tau_{cr}/\tau_y$ = tỷ số giữa u_s cắt môđ và u_s cắt chảy, xđ như sau:

$$+ \text{ Nếu } \frac{D}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{E_k}{F_{yw}}}, \text{ thì } C = 1,0$$

$$+ \text{ Nếu } 1,10 \sqrt{\frac{E_k}{F_{yw}}} \leq \frac{D}{t_w} \leq 1,38 \sqrt{\frac{E_k}{F_{yw}}}, \text{ thì } C = \frac{1,10}{\frac{D}{t_w}} \sqrt{\frac{E_k}{F_{yw}}}$$

$$+ \text{ Nếu } \frac{D}{t_w} > 1,38 \sqrt{\frac{E_k}{F_{yw}}}, \text{ thì } C = \frac{1,52}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2} \left(\frac{E_k}{F_{yw}}\right)$$



4.7. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG CẮT

4.7.4. Sức kháng cắt theo TC 05 (4/4)

✓ Các khoang trong của td không đặc chắc

+ Nếu $f_u \leq 0,75 \varphi_r F_y$ thì:

$$V_n = V_p \left[C + \frac{0,87(1-C)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_o}{D}\right)^2}} \right]$$

+ Nếu $f_u > 0,75 \varphi_r F_y$ thì:

$$V_n = R V_p \left[C + \frac{0,87(1-C)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_o}{D}\right)^2}} \right] \geq C V_p$$

Với:

$$R = \left[0,6 + 0,4 \left(\frac{F_r - f_u}{F_r - 0,75 \varphi_r F_y} \right) \right] \leq 1$$



4.7. XÁC ĐỊNH SỨC KHÁNG CẮT

4.7.5. Kiểm toán sức kháng cắt của dầm chữ I

✓ Sức kháng cắt của dầm chữ I phải thỏa mãn đk sau (A6.10.7.1):

$$V_r = \phi_v \cdot V_n \geq V_u$$

Trong đó:

ϕ_v = hệ số sk khi td chịu cắt (tra bảng = 1,0);

V_u = lực cắt tt tác dụng lên td xem xét ở TTGH CĐ.



4.8. TÍNH TOÁN DÀM CHỮ I Ở TTGH SỬ DỤNG

4.8.1. Kiểm toán ứng suất dài hạn (A6.10.5)

Để ngăn ngừa độ võng dài hạn (thường xuyên) quá lớn, có thể ảnh hưởng đến khả năng khai thác bình thường của công trình → TC 05 quy định, u_s đàn hồi lớn nhất ở bản biên của dầm chữ I ở TTGH SD phải thỏa mãn đk sau:

- Đối với tiết diện không liên hợp:

$$f_f \leq 0,8.R_h.F_{yf}$$

- Đối với tiết diện liên hợp:

$$f_f \leq 0,95.R_h.F_{yf}$$



4.8. TÍNH TOÁN DÀM CHỮ I Ở TTGH SỬ DỤNG

4.8.2. Kiểm toán độ võng không bắt buộc

Độ võng của dầm ở TTGH SD phải thỏa mãn đk sau (dầm giản đơn):

$$\Delta \leq \Delta_{cp} = L/800$$

Trong đó, Δ = độ võng lớn nhất do hoạt tải xe ô tô tk ở TTGH SD gây ra, bao gồm cả lực xung kích và lấy trị số lớn hơn của:

Độ võng do một xe tải tk gây ra, hoặc

Độ võng do 25% xe tải tk + độ võng do tải trọng làn tk gây ra.

$\Delta = ?$ (xem hướng dẫn BTL).



4.8. TÍNH TOÁN DÀM CHỮ I Ở TTGH SỬ DỤNG

4.8.3. Tính toán độ võng ngược (A6.7.2)

- ✓ Khi tk và thi công, các dầm thép nên chú ý làm độ võng ngược khi chế tạo để bù lại độ võng do tĩnh tải không hệ số (TTGH SD) và trắc dọc tuyến đường;
- ✓ Tĩnh tải không hệ số được xét đến bao gồm:
 - Tĩnh tải dầm thép và bản BTCT do dầm thép chịu;
 - Tĩnh tải lớp phủ mặt cầu và các tiện ích trên cầu do td liên hợp chịu.



4.9. TÍNH TOÁN DÀM CHỮ I Ở TTGH MỎI

4.9.1. Kiểm toán mỗi đôi với vách đứng

a) Kiểm toán mỗi đôi với vách đứng chịu uốn (không có STC dọc)

✓ Nếu $2D_c/t_w \leq 5,70.\sqrt{E/F_{yw}}$ → $f_{cf} \leq R_h.F_{yc}$

✓ Nếu $2D_c/t_w > 5,70.\sqrt{E/F_{yw}}$ → $f_{cf} \leq 32,5.E.(t_w/2D_c)^2$

b) Kiểm toán mỗi đôi với vách đứng chịu cắt

$$v_{cf} \leq 0,58.C.F_{yw}$$

D_c = chiều cao vách chịu nén ở gđ đàn hồi;

f_{cf} (v_{cf}) = u_s nén (u_s cắt) đh lớn nhất trong bản biên chịu nén (trong vách dầm) do tt dài hạn chưa nhân hệ số và 2 lần tổ hợp tt mỗi;

✓ Tổ hợp tt mỗi là tổ hợp chỉ có 1 xe tải mỗi qua cầu với hệ số tải trọng = 0,75, hệ số x/kích = 15% (A6.10.6.2). Xe tải mỗi là xe tải tk nhưng có kc 2 trục sau không đổi = 9000 mm. Ở đây, xe tải mỗi được nhân 2 vì xe tải nặng nhất qua cầu gần bằng 2 lần xe tải mỗi.



4.9. TÍNH TOÁN DÀM CHỮ I Ở TTGH MỎI

4.9.2. Kiểm tra mỏi tổng quát (1/6)

✓ Thiết kế chống mỏi là gạn us do hoạt tải xe tải tk mỏi chỉ đạt đến một trị số thợp ứng với số chu kỳ tác dụng của xe tải mỏi gây ra trong suốt thời gian khai thác của cầu (100 năm);

✓ C/thức tq ktra mỏi như sau:

$$\gamma(\Delta f) \leq (\Delta F)_n$$

Trong đó:

Δf = bđộ us do xe tải mỏi gây ra, có xét thêm lực xk = 15%. Khi tính giá trị này, ta giả thiết dầm vẫn làm việc trong gđ đàn hồi (xem BTL);

γ = hệ số tt mỏi = 0,75;

$(\Delta F)_n$ = sk mỏi danh định = sk mỏi tính toán theo u/suất. Theo A6.6.1.2.5, sk mỏi được xđ như sau:



4.9. TÍNH TOÁN DÀM CHỮ I Ở TTGH MỎI

4.9.2. Kiểm tra mỏi tổng quát (2/6)

$$(\Delta F)_n = \left(\frac{A}{N} \right)^{\frac{1}{3}} \geq \frac{1}{2} (\Delta F)_{TH}$$

Trong đó:

A, $(\Delta F)_{TH}$ = hệ số cấu tạo, ngưỡng us mỏi của chi tiết (tra bảng, phụ thuộc vào loại chi tiết cấu tạo, xem BTL);

N = số chu kỳ us mỏi tác dụng trong tuổi thọ thiết kế của cầu (100 năm). Theo TC 05, N được xử như sau:

$$N = (100 \text{ năm}) \cdot (365 \text{ ngày}) \cdot n \cdot (ADTT_{SL})$$

n = số chu kỳ us của 1 xe tải qua cầu (tra bảng, phụ thuộc vào loại cầu kiện và chiều dài nhịp);



4.9. TÍNH TOÁN DÀM CHỮ I Ở TTGH MỎI

4.9.2. Kiểm tra mỗi tổng quát (3/6)

$ADTT_{SL}$ = số xe tải tính toán qua cầu/ngày, tính trung bình trong tuổi thọ tk của cầu;

$$ADTT_{SL} = p \cdot ADTT$$

p = hệ số làn xe tải (tra bảng, phụ thuộc vào số làn xe tải của cầu);

ADTT = số xe tải qua cầu/ngày, tính trung bình trong tuổi thọ tk của cầu;

$$ADTT = k \cdot ADT \cdot nL$$

ADT = số lượng xe tb qua cầu/ ngày/ làn trong tuổi thọ tk của cầu;

k = tỷ lệ xe tải trong làn (tra bảng, phụ thuộc vào cấp đường tk);

nL = số làn xe tải tk của cầu.

Nhận xét: Nếu bộ us giảm 1/2 lần → N (tuổi thọ kết cấu) tăng 8 lần.

Ngược lại, nếu bộ us tăng 2 lần → N (tuổi thọ kết cấu) giảm 8 lần.



4.9. TÍNH TOÁN DÀM CHỮ I Ở TTGH MỎI

4.9.2. Kiểm tra mỏi tổng quát

(4/6)

Hệ số cấu tạo và giới hạn mỏi (A6.6.1.2.5-1, A6.6.1.2.5-3)

Loại chi tiết	Hệ số cấu tạo $A \cdot 10^{11}$ (MPa ³)	Giới hạn mỏi $(\Delta F)_{TH}$ (MPa)
A	82,0	165
B	39,3	110
B'	20,0	82,7
C	14,4	69,0
C'	14,4	82,7
D	7,21	48,3
E	3,61	31,0
E'	1,28	17,9
Bu lông A325M kéo dọc trục	5,61	214
Bu lông A490M kéo dọc trục	10,3	262



4.9. TÍNH TOÁN DÀM CHỮ I Ở TTGH MỎI

4.9.2. Kiểm tra mỏi tổng quát (5/6)

Số chu kỳ ứng suất của một lượt xe tải, n (A6.6.1.2.5-2)

Các cấu kiện dọc	Chiều dài nhịp	
	> 12000mm	≤ 12000mm
Dầm giản đơn	1,0	2,0
Dầm liên tục		
- Gắn trụ giữa	1,5	2,0
- Chỗ khác	1,0	2,0
Dầm hẫng	5,0	
Giàn	1,0	
Cấu kiện ngang	Khoảng cách	
	> 6000mm	≤ 6000mm
	1,0	2,0



4.9. TÍNH TOÁN DÀM CHỮ I Ở TTGH MỎI

4.9.2. Kiểm tra mỗi tổng quát

(6/6)

Tỷ lệ xe tải trong một làn đơn, p (A3.6.1.4.2-1)

Số lần xe tải	p
1	1,00
2	0,85
≥ 3	0,80

Tỷ lệ xe tải trong luồng giao thông, k (C3.6.1.4.2-1)

Cấp đường	k
Đường nông thôn liên tỉnh	0,20
Đường đô thị liên tỉnh	0,15
Đường nông thôn khác	0,15
Đường đô thị khác	0,10



5.10. SUỒN TĂNG CƯỜNG

5.10. 1. Các quy định về cấu tạo (1/3)

- ✓ Để tăng độ cứng cho vách và biên chịu nén của dầm chữ I, tránh mod \rightarrow người ta thường sử dụng các STC;
- ✓ Có 2 loại STC:
 - STC đứng (ngang);
 - STC dọc (thường chỉ sd khi chiều cao dầm > 2 m);
- ✓ STC đứng thường là các tấm thép HCN hoặc thép góc được hàn hoặc bắt bu lông vào 1 hoặc cả 2 phía của vách dầm;
- ✓ K/c giữa đầu mối hàn STC đứng vào bản bụng và bản cánh và đg hàn giữa bản bụng và bản cánh phải $\geq 4t_w$;
- ✓ STC đứng đặt trên toàn c/dài dầm gọi là STC đứng trung gian, đặt tại vị trí gối gọi là STC gối.



5.10. SƯỜN TĂNG CƯỜNG

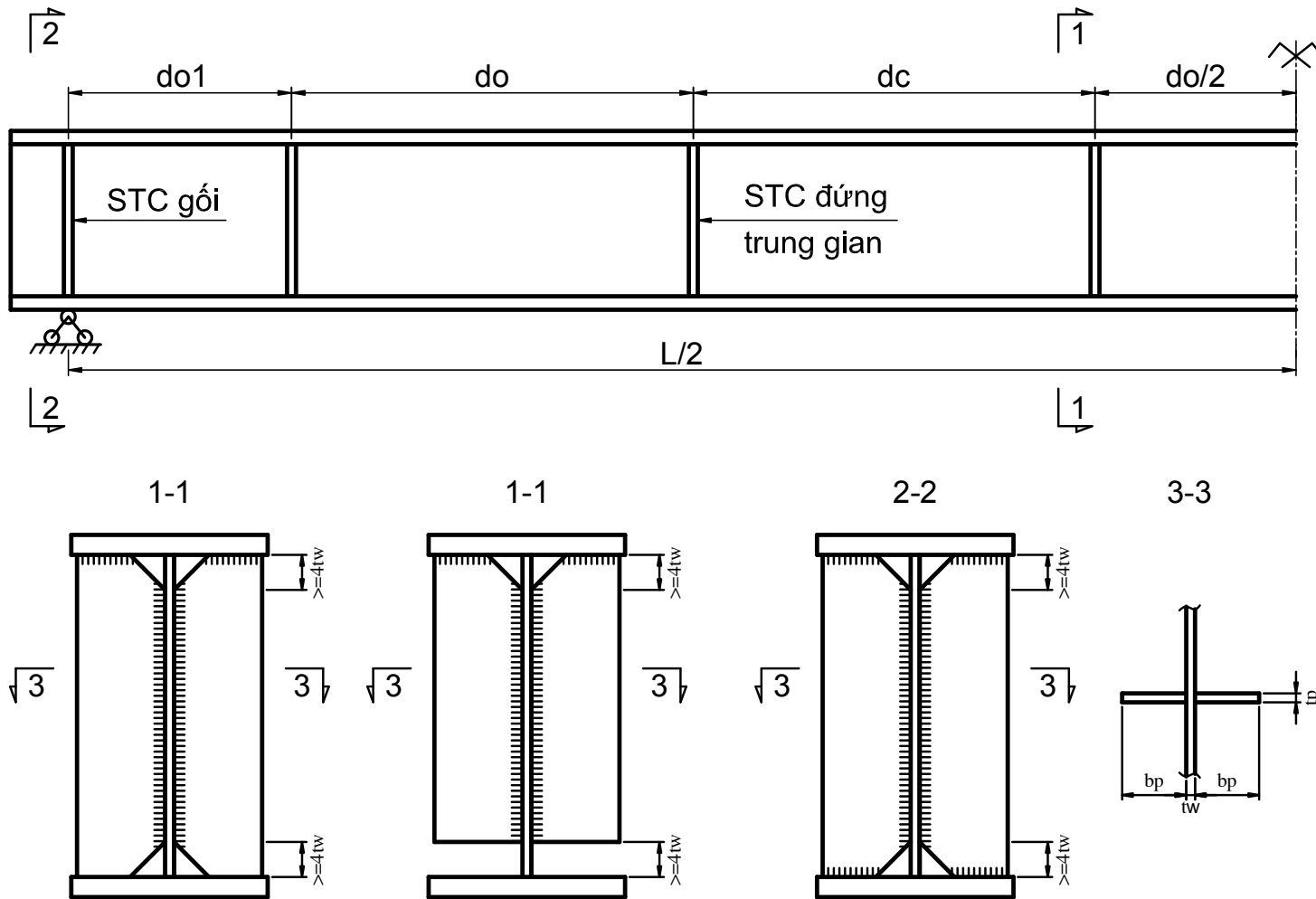
5.10. 1. Các quy định về cấu tạo (2/3)

- ✓ Các STC nên bố trí đx với nhau qua m/c giữa dầm. Kc giữa các STC có thể bằng nhau để thuận tiện cho thi công hoặc tăng dần từ đầu dầm vào giữa nhịp để phù hợp với đồ lực cắt trong dầm;
- ✓ Đoạn giữa 2 STC đứng tg gọi là khoang trong; đoạn giữa STC gối và STC đứng tg liền kề gọi là khoang cuối;
- ✓ Các STC đứng và dọc nên chọn loại cấu tạo kép, nghĩa là bố trí thành đôi một đối xứng với nhau qua vách dầm;
- ✓ Khi dầm có bố trí mm công trường, thì STC gối gần mn phải bố trí cách mép bản nổi một đoạn ít nhất là 20 – 30 cm;
- ✓ Các STC gối tg phải được hàn hoặc ép chặt và bản biên chịu nén, nhưng không cần đối với bản cánh chịu kéo;
- ✓ Các STC gối phải được kéo dài ra toàn bộ c/cao vách dầm và càng ép chặt vào 2 bản cánh càng tốt để truyền phản lực gối tốt hơn.



5.10. SƯỜN TĂNG CƯỜNG

5.10. 1. Các quy định về cấu tạo (3/3)



5.10. SUỒN TĂNG CƯỜNG

5.10. 2. Tính toán STC đứng trung gian (1/2)

✓ Khi ko có STC dọc, thì k/c giữa các STC đứng tg phải tm đk (A6.10.7.1):

$$d_0 \leq 3D$$

✓ STC đứng tg phải tm những đk sau:

- ĐK về độ mảnh (A6.10.8.1.2)

$$\text{và } 50 + \frac{d}{30} \leq b_p \leq 0,48t_p \sqrt{\frac{E}{F_{ys}}};$$

$$0,25b_f \leq b_p \leq 16,0t_p.$$

- ĐK về độ cứng (A6.10.8.1.3)

$$I_t \geq d_0 t_w^3 J, \text{ và}$$

$$J = 2,5 \left(\frac{D_p}{d_0} \right)^2 - 2,0 \geq 0,5$$



5.10. SUỒN TĂNG CƯỜNG

5.10. 2. Tính toán STC đứng trung gian (2/2)

$D_p = D$ khi không có STC dọc;

$l_t =$ mmqt của mcن STC đứng lấy với đường tiếp xúc giữa STC và vách khi là STC đơn và với giữa chiều dày vách khi là STC kép;

- Điều kiện về cường độ (A6.10.8.1.4)

$$A_s \geq \left[0,15BDt_w(1-C)\frac{V_u}{V_r} - 18t_w^2 \right] \left(\frac{F_{yw}}{F_{ys}} \right)$$

$A_s =$ diện tích mcن STC;

$B =$ hệ số xử như sau:

STC kép, bằng thép tấm HCN, $B = 1,0$;

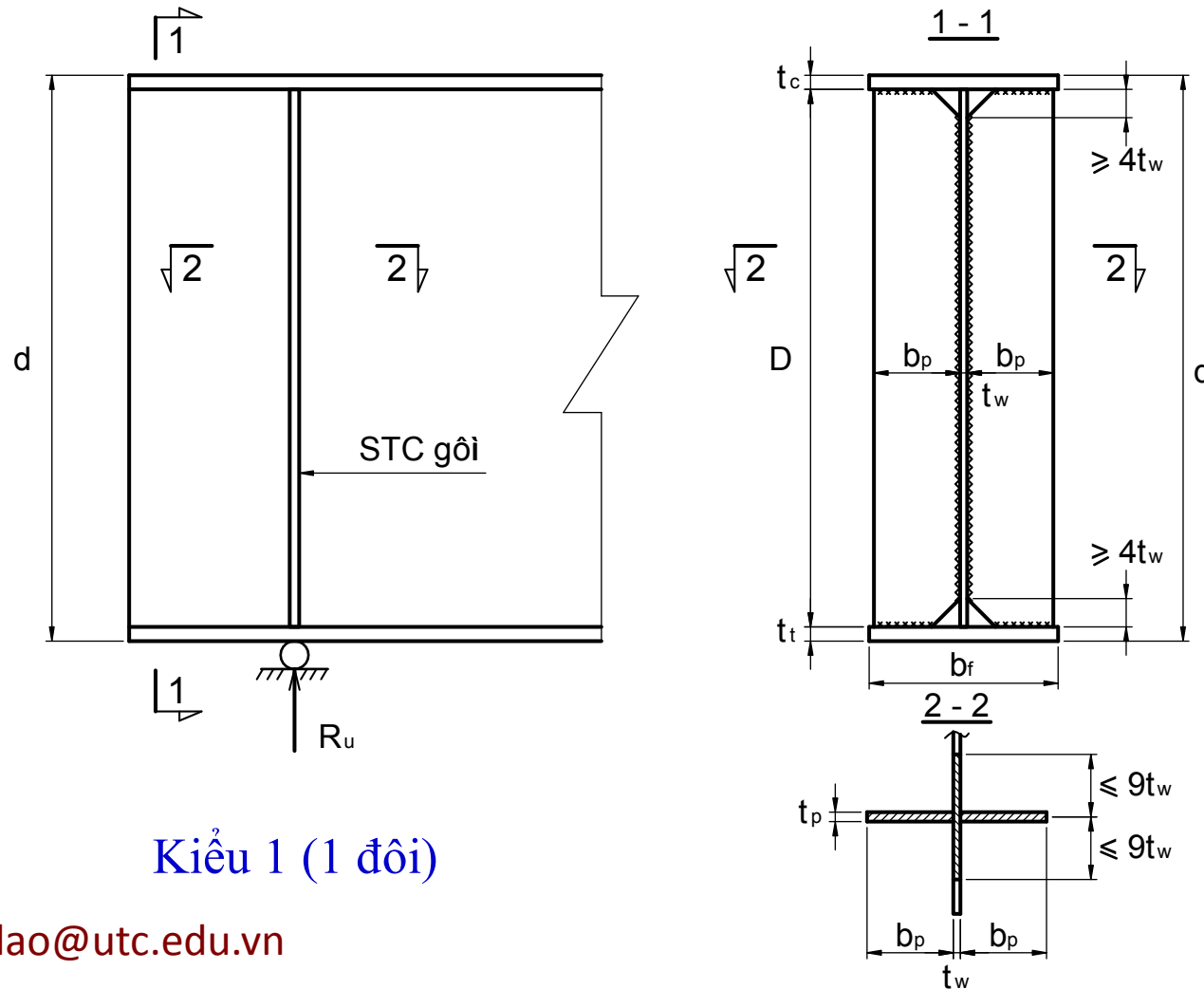
STC đơn, bằng thép tấm HCN, $B = 2,4$.



5.10. SƯỜN TĂNG CƯỜNG

5.10.3. Tính toán STC gòì (1/7)

a) Chi tiết cấu tạo STC gòì

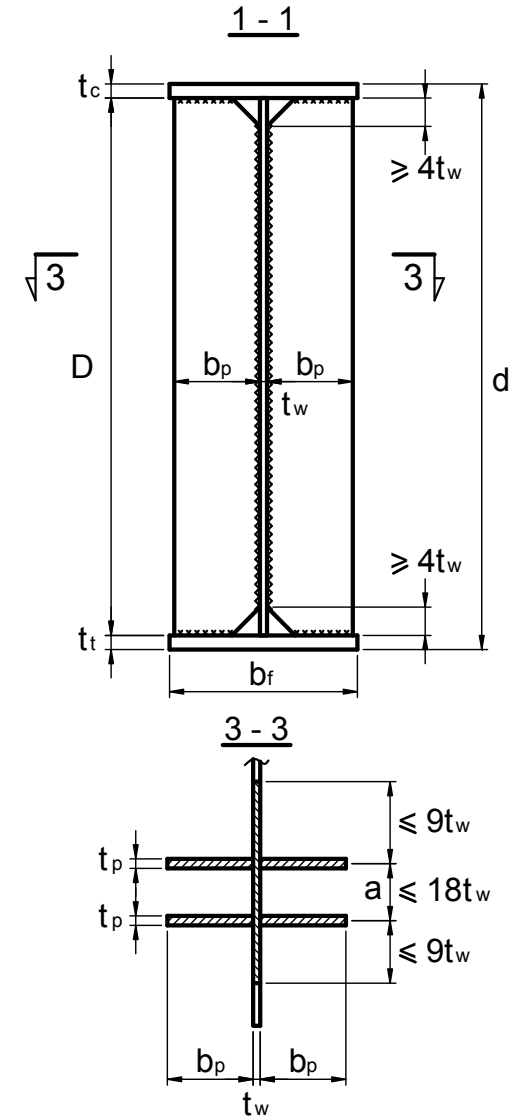
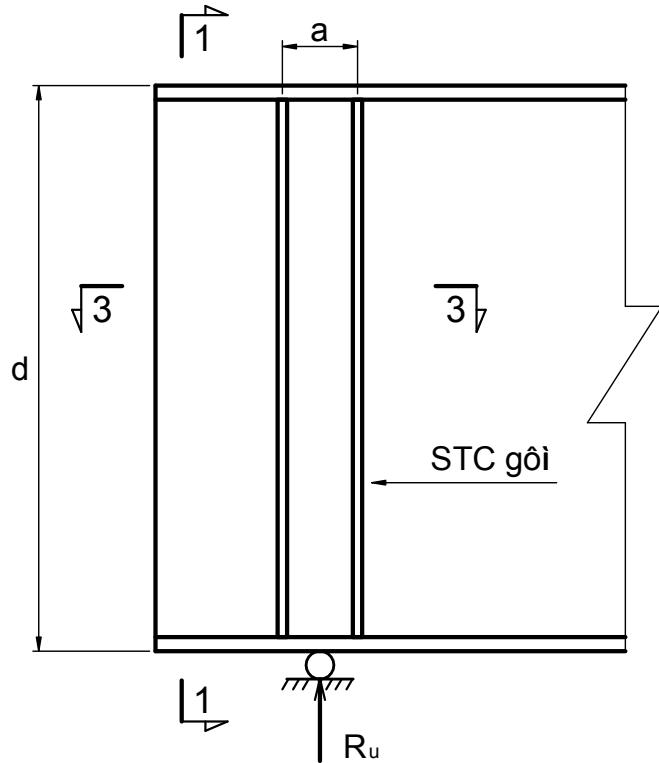


Kiểu 1 (1 đôi)



5.10. SƯỜN TĂNG CƯỜNG

5.10. 2. Tính toán STC gôì (2/7)



Kiểu 2 (≥ 2 đôi)



5.10. SƯỜN TĂNG CƯỜNG

5.10. 2. Tính toán thiết kế STC gôì (3/7)

b) Tính toán STC gôì (A6.10.8.2)

✓ Điều kiện về độ mảnh

$$\frac{b_p}{t_p} \leq 0,48 \sqrt{E / F_{ys}}$$

✓ Điều kiện về sức kháng tựa

$$B_r = \phi_b B_n = 1,0 (F_{ys} A_{pn}) \geq R_u$$

✓ Điều kiện về sức kháng nén dọc trục

STC gôì + 1 phần vách dầm theo quy định (HV) làm việc như 1 cột chịu lực nén dọc trục = $R_u \Rightarrow \text{ĐKCD}$:

$$P_r = \phi_c P_n = 0,9 (F_{cr} A_s) \geq R_u$$



5.10. SUỒN TĂNG CƯỜNG

5.10. 2. Tính toán STC gổi (4/7)

VD1: Cho dầm I, biết: $d = 1560$ mm; $b_f = 400$ mm; $t_f = 30$ mm; $t_w = 10$ mm; $R_u = 1750$ kN. Thép kc loại A709 M cấp 250. Hãy tk STC gổi?

Giải:

✓ Chọn: $b_f/4 = 100$ mm $< b_p < (b_f - t_w)/2 = 185$ mm \Rightarrow Chọn $b_p = 180$ mm.

✓ Từ ĐK độ mảnh \Rightarrow

$$t_p \geq \frac{b_p}{0,48\sqrt{E / F_{ys}}} = \frac{180}{0,48\sqrt{2.10^5 / 250}} = 13,3\text{mm}$$

Tra bảng, chọn $t_p = 14$ mm.

✓ Thử chọn 1 đôi STC gổi có kt (180x14) mm², và bố trí như sau:



5.10. SƯỜN TĂNG CƯỜNG

5.10. 2. Tính toán thiết kế STC gồi (5/7)

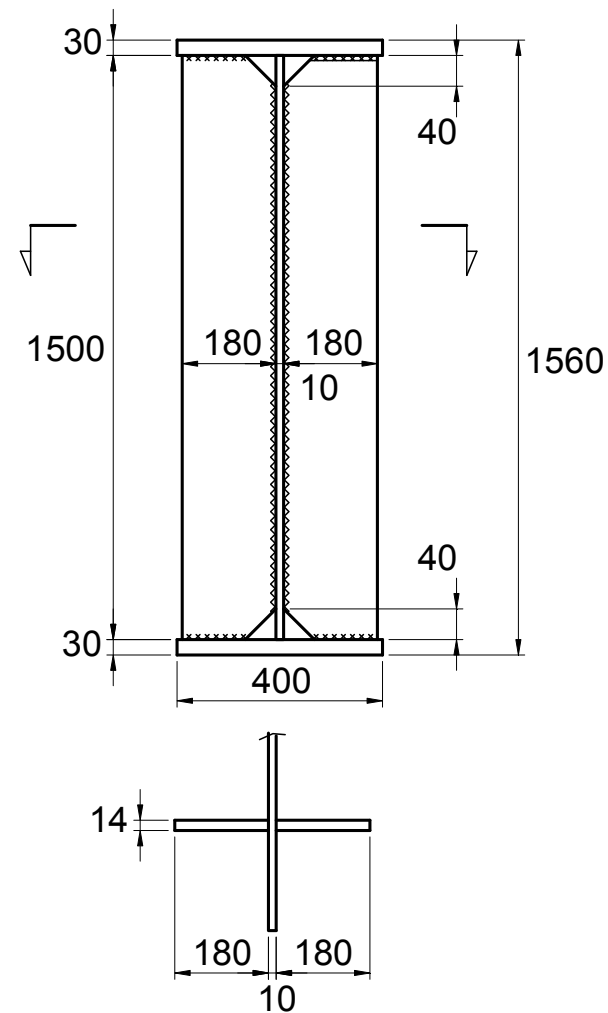
✓ Ktra sk tựa:

$$\begin{aligned} B_r &= 1,0(F_{ys} A_{pn}) = 1,0.250.(180 - 40).14.2 \\ &= 980.10^3 N = 980 kN < R_u = 1750 kN \end{aligned}$$

⇒ **Không đạt!**

✓ Thử chọn 2 đôi STC có kt (180x14) mm²

và bố trí như sau:



5.10. SƯỜN TĂNG CƯỜNG

5.10. 2. Tính toán thiết kế STC gôì (6/7)

✓ Thử chọn 2 đôi STC có kt (180x14) mm² và bố trí như sau:

✓ Ktra lại sk tựa:

$$B'_r = 2.B_r = 2.980 = 1960kN > R_u = 1750kN$$

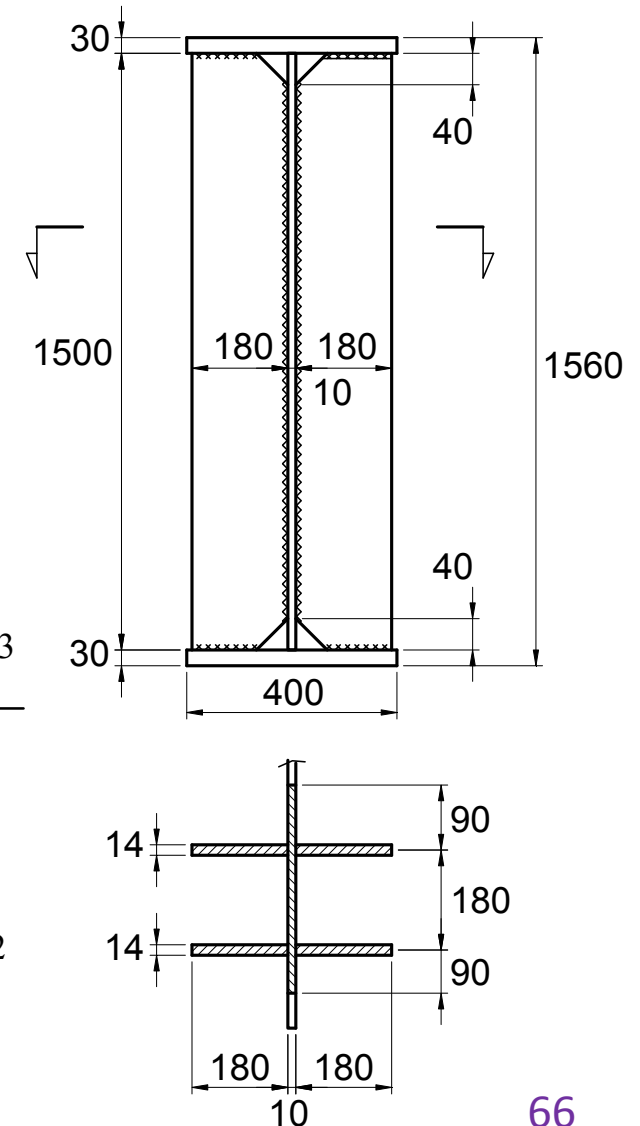
⇒ Đạt!

✓ Ktra sức kháng nén dọc trục:

$$I = 4 \cdot \left[\frac{14 \cdot 180^3}{12} + 14 \cdot 180 \cdot \left(\frac{180 + 10}{2} \right)^2 \right] + \frac{360 \cdot 10^3}{12}$$

$$= 118218 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$A_s = 4 \cdot 14 \cdot 180 + (90 + 90 + 180) \cdot 10 = 13680 \text{ mm}^2$$



5.10. SƯỜN TĂNG CƯỜNG

5.10. 2. Tính toán thiết kế STC gôi (7/7)

$$\Rightarrow r = \sqrt{I / A_s} = \sqrt{118218.10^3 / 13680} = 93mm$$

$$\Rightarrow \lambda = \left(\frac{Kl}{\pi r} \right)^2 \cdot \frac{F_{ys}}{E} = \left(\frac{0,75.1500}{3,14.93} \right)^2 \cdot \frac{250}{2.10^5} = 0,0186$$

\Rightarrow **Cột dài trung gian!**

$$\begin{aligned} \Rightarrow P_r &= 0,9(0,66^\lambda \cdot F_{ys} \cdot A_s) = 0,9(0,66^{0,0186} \cdot 250 \cdot 13680) = 3054.10^3 N \\ &= 3054kN > R_u = 1750kN. \end{aligned}$$

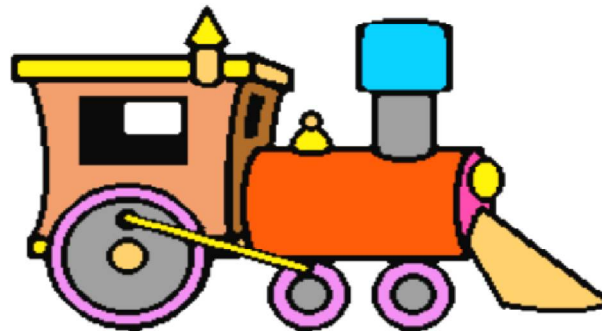
\Rightarrow **Đạt!**

Vậy, sử dụng 2 đôi STC gôi có kt (180x14) mm² và bố trí như trên là thỏa mãn yêu cầu của bài toán.



THE END!

**THANK YOU VERY MUCH FOR YOUR
LISTENING!**



A.WWW

MOJ.3ITRA.WWW