

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI  
BỘ MÔN KẾT CẤU THÉP - GỖ  
TS. PHẠM MINH HÀ ( *Chủ biên*) - TS. ĐOÀN TUYẾT NGỌC

# **THIẾT KẾ KHUNG THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG, MỘT NHỊP**

(*Tái bản*)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG  
HÀ NỘI – 2010



## LỜI NÓI ĐẦU

*Trong thời gian gần đây, loại khung thép nhẹ với cột và xà ngang tiết diện đặc chữ I tổ hợp hàn được sử dụng rất rộng rãi trong các công trình xây dựng công nghiệp và dân dụng nhờ những ưu điểm nổi bật là giảm đáng kể chi phí vật liệu, quá trình chế tạo được tự động hoá, việc thi công dựng lắp nhanh và thuận tiện. Cùng với việc Bộ Xây dựng mới ban hành Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép TCXD 338-2005 và xuất phát từ tình hình thực tiễn, chúng tôi thấy cần thiết phải biên soạn tài liệu này để sinh viên ngành Xây dựng dân dụng và công nghiệp có tài liệu tham khảo trong quá trình học tập và làm đồ án môn học. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn GS. Nguyễn Trâm và các thầy cô giáo Bộ môn Kết cấu thép-gỗ Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội đã đóng góp nhiều ý kiến quý báu trong quá trình biên soạn. Vì khả năng và trình độ có hạn nên chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, rất mong các bạn đọc góp ý phê bình để tài liệu này có thể hoàn chỉnh tốt hơn.*

Các tác giả



## TRONG TÀI LIỆU SỬ DỤNG CÁC KÍ HIỆU SAU

### a) Các đặc trưng hình học

$A$	diện tích tiết diện nguyên
$A_n$	diện tích tiết diện thực
$A_r$	diện tích tiết diện cánh
$A_w$	diện tích tiết diện bản bụng
$A_{bn}$	diện tích tiết diện thực của bulông
$b$	chiều rộng
$b_r$	chiều rộng cánh
$b_0$	chiều rộng phân nhô ra của cánh
$b_s$	chiều rộng của sườn ngang
$h$	chiều cao của tiết diện
$h_w$	chiều cao của bản bụng
$h_r$	chiều cao của đường hàn góc
$h_{rk}$	khoảng cách giữa trục của các cánh dầm
$i$	bán kính quán tính của tiết diện
$i_x, i_y$	bán kính quán tính của tiết diện đối với các trục tương ứng x-x, y-y
$I_r$	mômen quán tính của tiết diện nhánh
$I_t$	mômen quán tính xoắn
$I_x, I_y$	các mômen quán tính của tiết diện nguyên đối với các trục tương ứng x-x và y-y
$I_{nx}, I_{ny}$	các mômen quán tính của tiết diện thực đối với các trục tương ứng x-x và y-y
$L$	chiều cao của thanh đứng, cột hoặc chiều dài nhịp dầm
$l$	chiều dài nhịp
$l_0$	chiều dài tính toán của cấu kiện chịu nén
$l_x, l_y$	chiều dài tính toán của cấu kiện trong các mặt phẳng vuông góc với các trục tương ứng x-x, y-y
$l_w$	chiều dài tính toán của đường hàn
$S$	mômen tĩnh
$t$	chiều dày
$t_r, t_w$	chiều dày của bản cánh và bản bụng

$W_{\min}$  mômen chống uốn nhỏ nhất của tiết diện thực đối với trục tính toán  
 $W_x, W_y$  mômen chống uốn của tiết diện nguyên đối với trục tương ứng x-x, y-y

### b) Ngoại lực và nội lực

F, P ngoại lực tập trung  
M mômen uốn  
 $M_x, M_y$  mômen uốn đối với các trục tương ứng x-x, y-y  
N lực dọc  
V lực cắt

### c) Cường độ và ứng suất

E môđun đàn hồi  
f cường độ tính toán của thép chịu kéo, nén, uốn lấy theo giới hạn chảy  
 $f_v$  cường độ tính toán chịu cắt của thép  
 $f_c$  cường độ tính toán của thép khi ép mặt theo mặt phẳng tỉ đầu (có gia công phẳng)  
 $f_{ub}$  cường độ kéo đứt tiêu chuẩn của bulông  
 $f_{tb}$  cường độ tính toán chịu kéo của bulông  
 $f_{vb}$  cường độ tính toán chịu cắt của bulông  
 $f_{cb}$  cường độ tính toán chịu ép mặt của bulông  
 $f_{hb}$  cường độ tính toán chịu kéo của bulông neo  
 $f_{hb}$  cường độ tính toán chịu kéo của bulông cường độ cao  
 $f_w$  cường độ tính toán của mối hàn đối đầu chịu nén, kéo, uốn theo giới hạn chảy  
 $f_{wv}$  cường độ tính toán của mối hàn đối đầu chịu cắt  
 $f_{wf}$  cường độ tính toán của đường hàn góc (chịu cắt quy ước) theo kim loại mối hàn  
 $f_{ws}$  cường độ tính toán của đường hàn góc (chịu cắt quy ước) theo kim loại ở biên nóng chảy  
 $f_{wun}$  cường độ tiêu chuẩn của kim loại đường hàn theo sức bền kéo đứt  
 $\sigma$  ứng suất pháp  
 $\sigma_c$  ứng suất pháp cục bộ  
 $\sigma_x, \sigma_y$  các ứng suất pháp song song với các trục tương ứng x-x, y-y  
 $\sigma_{cr}, \sigma_{c,cr}$  các ứng suất pháp tới hạn và ứng suất cục bộ tới hạn

$\tau$  ứng suất tiếp  
 $\tau_{cr}$  ứng suất tiếp tới hạn

**d) Kí hiệu các thông số**

$e$  độ lệch tâm của lực  
 $m$  độ lệch tâm tương đối  
 $m_c$  độ lệch tâm tương đối tính đối  
 $n_v$  số lượng các mặt cắt tính toán  
 $\beta_r, \beta_s$  các hệ số để tính toán đường hàn góc theo kim loại đường hàn và ở biên nóng chảy của thép cơ bản  
 $\gamma_c$  hệ số điều kiện làm việc của kết cấu  
 $\gamma_b$  hệ số điều kiện làm việc của liên kết bulông  
 $\gamma_g, \gamma_p$  hệ số độ tin cậy về tải trọng (hệ số vượt tải)  
 $n_c$  hệ số tổ hợp nội lực  
 $\eta$  hệ số ảnh hưởng hình dạng của tiết diện  
 $\lambda$  độ mảnh của cấu kiện  
 $\bar{\lambda}$  độ mảnh quy ước  
 $\bar{\lambda}_w$  độ mảnh quy ước của bản bụng  
 $\lambda_x, \lambda_y$  độ mảnh tính toán của cấu kiện trong các mặt phẳng vuông góc với các trục tương ứng x-x, y-y  
 $\mu$  hệ số chiều dài tính toán của cột  
 $\varphi$  hệ số uốn dọc  
 $\varphi_b$  hệ số giảm cường độ tính toán khi mất ổn định dạng uốn xoắn  
 $\varphi_c$  hệ số giảm cường độ tính toán khi nén lệch tâm, nén uốn  
 $\psi$  hệ số để xác định hệ số  $\varphi_b$  khi tính toán ổn định của dầm





## Chương 1

# CẤU TẠO CHUNG CỦA KHUNG THÉP NHE TRONG NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG, MỘT NHỊP

### 1.1. PHẠM VI ÁP DỤNG VÀ CÁC YÊU CẦU CHUNG

Hệ kết cấu chịu lực trong nhà công nghiệp bao gồm khung ngang, móng, dầm cầu trục (nếu nhà có cầu trục) và hệ giằng, trong đó kết cấu chịu lực chính là khung ngang. Tùy theo vật liệu, khung ngang có thể là khung bê tông cốt thép, khung thép và khung liên hợp (cột bê tông cốt thép, xà ngang bằng thép). Khung ngang bằng thép có ưu điểm là trọng lượng nhẹ, thi công nhanh, nhưng giá thành cao hơn so với khung bê tông cốt thép. Do vậy, việc lựa chọn loại vật liệu phù hợp cần được giải quyết từ lúc lựa chọn phương án kết cấu, trên cơ sở phân tích tổng hợp các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật. Kinh nghiệm cho thấy khung thép sử dụng hợp lý trong trường hợp nhà có kích thước lớn, chịu tải trọng nặng, đất nền yếu, khi cần thi công nhanh để sớm đưa công trình vào sử dụng, khi địa điểm xây dựng ở những vùng có điều kiện chuyên chở khó khăn hoặc không có điều kiện chế tạo kết cấu bê tông cốt thép. Hệ khung thép chịu lực thường được sử dụng trong các nhà xưởng luyện kim, xưởng lắp ráp cơ khí, nhà kho...

Trước đây, trong kết cấu mái của nhà công nghiệp thường dùng tấm lợp pa-nen bê tông cốt thép. Hệ khung thép đỡ kiểu mái này thường bao gồm cột tiết diện thay đổi (cột bậc) và dầm vì kèo. Loại khung này có trọng lượng lớn, kích thước công kênh nên việc vận chuyển và dựng lắp khó khăn, chi phí chế tạo cao, tốn kém vật liệu, do đó làm tăng đáng kể chi phí xây lắp, hiệu quả kinh tế thấp. Trong thời gian gần đây, kết cấu khung thép nhẹ được áp dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng, nhất là trong các công trình công nghiệp. Do yêu cầu sử dụng và công năng của công trình, kết cấu khung thép nhẹ có thể có dạng một hoặc nhiều nhịp, một tầng hoặc nhiều tầng. Cấu tạo của khung có thể khác nhau tùy thuộc nhà có hay không có cầu trục, cầu trục đặt trên vai cột hay bố trí trong phạm vi mái của công trình. Loại khung có cấu tạo đơn giản và phổ biến nhất là khung một tầng, một nhịp, với cột và xà ngang có tiết diện không đổi hoặc thay đổi (hình nêm). Vật liệu lợp mái thường là tôn mạ hoặc sơn sần, có trọng lượng nhẹ.

Nhìn chung, kết cấu nhà công nghiệp cũng như nhà dân dụng khi thiết kế phải đáp ứng được yêu cầu cơ bản về sử dụng và tính kinh tế. Trong đó yêu cầu sử dụng là yêu cầu quan trọng nhất, được thể hiện ở các điểm sau:

- Kết cấu phải có đủ độ bền, độ cứng và tuổi thọ theo thiết kế. Điều này phụ thuộc vào đặc điểm của tải trọng tác dụng lên công trình, trong đó tải trọng cầu trục là quan trọng nhất vì tải trọng này có thể gây phá hoại mọi kết cấu. Ngoài ra, cần kể đến các tác động của môi trường sản xuất như nhiệt độ, các tác nhân ăn mòn như hoá chất, độ ẩm...

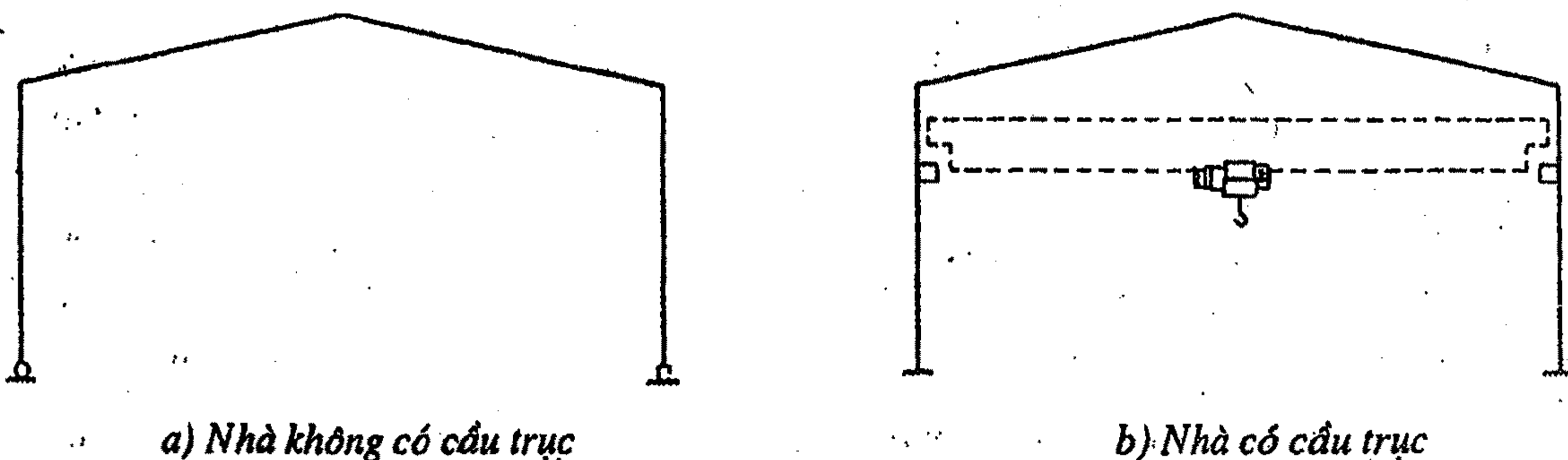
- Việc lắp đặt các thiết bị máy móc phải thuận tiện. Điều này liên quan đến cách bố trí lưới cột, hướng di chuyển của các thiết bị nâng cầu, hệ giằng... Để các thiết bị nâng cầu như cầu trục có thể hoạt động bình thường thì nhà phải có đủ độ cứng dọc và ngang.

Bảo đảm tốt các điều kiện thông gió và chiếu sáng tự nhiên cũng như nhân tạo để quá trình sản xuất diễn ra thuận lợi. Điều này phụ thuộc vào kích thước nhịp nhà, nhịp cửa trời...

- Ngoài yêu cầu sử dụng là yêu cầu cơ bản nhất thì yêu cầu kinh tế cũng là một tiêu chí quan trọng trong thiết kế nhằm mục đích giảm thiểu tối đa chi phí cho công trình (bao gồm chi phí thiết kế, chi phí vật liệu và chế tạo, chi phí xây lắp, bảo dưỡng kết cấu...). Để đạt hiệu quả kinh tế, người kỹ sư thiết kế cần lựa chọn giải pháp kết cấu hợp lý, chọn loại vật liệu phù hợp, tận dụng tối đa tính công nghiệp hoá và định hình hoá trong các giai đoạn thiết kế, gia công chế tạo, thi công lắp dựng kết cấu.

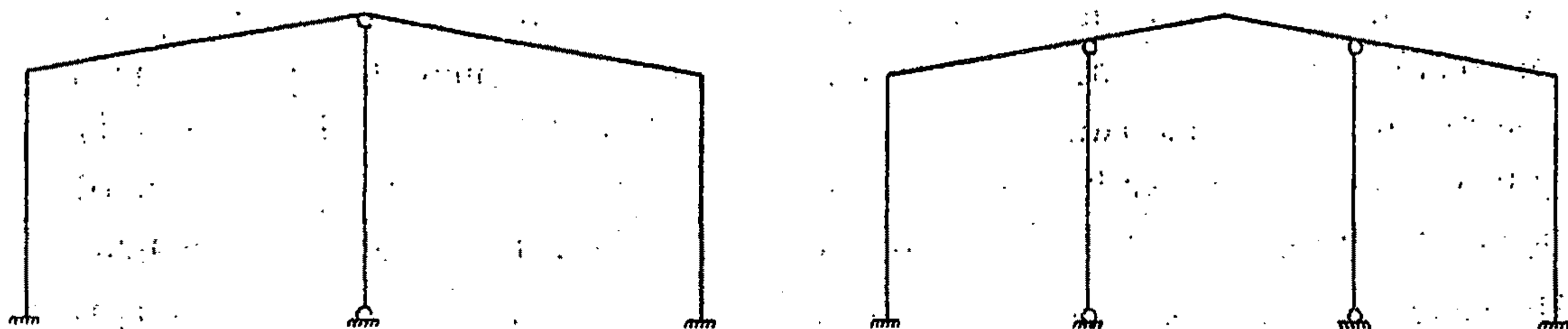
## 1.2. CẤU TẠO CỦA KHUNG THÉP NHẹ MỘT TẦNG, MỘT NHỊP

Khung thép nhẹ một tầng, một nhịp thường dùng trong các công trình cần không gian thông thoáng hoàn toàn như nhà thi đấu, hăng-ga máy bay, phòng trưng bày sản phẩm, nhà kho, nhà sản xuất... với nhịp khung thường không vượt quá 60m. Liên kết giữa cột khung với móng có thể là ngàm hoặc khớp. Liên kết khớp có ưu điểm là cấu tạo đơn giản, giảm được kích thước móng vì không có mô men ở chân cột, nên thường được dùng khi kích thước khung không lớn, nhà không có cầu trục, hoặc khi nền đất yếu. Tuy nhiên, với những khung ngang có kích thước lớn, chịu tải trọng nặng (sức trục lớn, gió mạnh) nếu dùng liên kết khớp thì chuyển vị ngang ở đỉnh cột sẽ lớn, nên trong trường hợp này cần chọn phương án liên kết ngàm giữa cột khung với móng để phân phối bớt mô men đầu cột xuống móng làm giảm chuyển vị đầu cột và tăng khả năng ổn định cũng như độ cứng cho khung ngang.



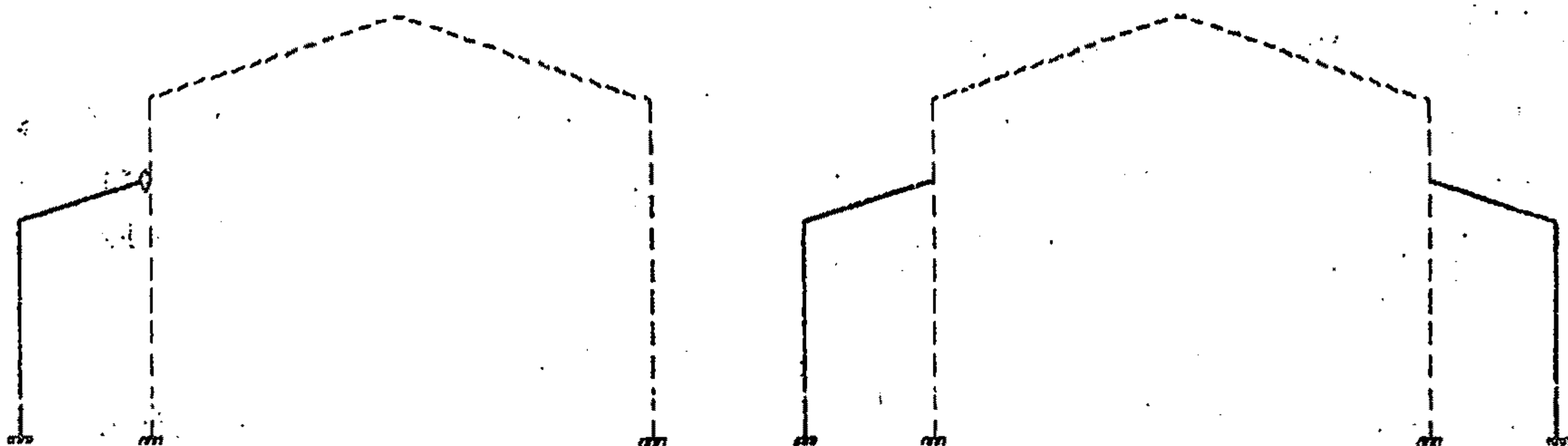
Hình 1.1. Sơ đồ khung một nhịp

Một dạng khác của khung một nhịp là loại có cột chống giữa, thường dùng khi không gian trong nhà không cần quá lớn, thường sử dụng làm nhà kho, nhà điều hành sản xuất, nhà xưởng... Nhịp kinh tế là khoảng 18 đến 24m. Khi nhịp lớn cần xét ảnh hưởng của nhiệt độ tới sự làm việc của kết cấu. Loại khung này có ưu điểm là không giới hạn chiều rộng nhà, không gian sử dụng linh hoạt, có thể bố trí thành nhiều phòng khi sử dụng vách ngăn. Tuy nhiên kết cấu khung rất nhạy cảm với hiện tượng lún lệch của móng, cột giữa có chiều cao quá lớn nếu nhịp rộng, vị trí cột khó thay đổi trong tương lai. Để giảm chiều cao cột giữa có thể sử dụng sơ đồ kết cấu khung một nhịp có nhiều cột chống. Cột chính thường liên kết ngàm với móng, cột giữa có thể liên kết khớp hoặc ngàm với xà ngang. Liên kết khớp khi tải trọng gió nhỏ, liên kết ngàm khi tải trọng gió lớn hoặc chiều cao cột lớn.



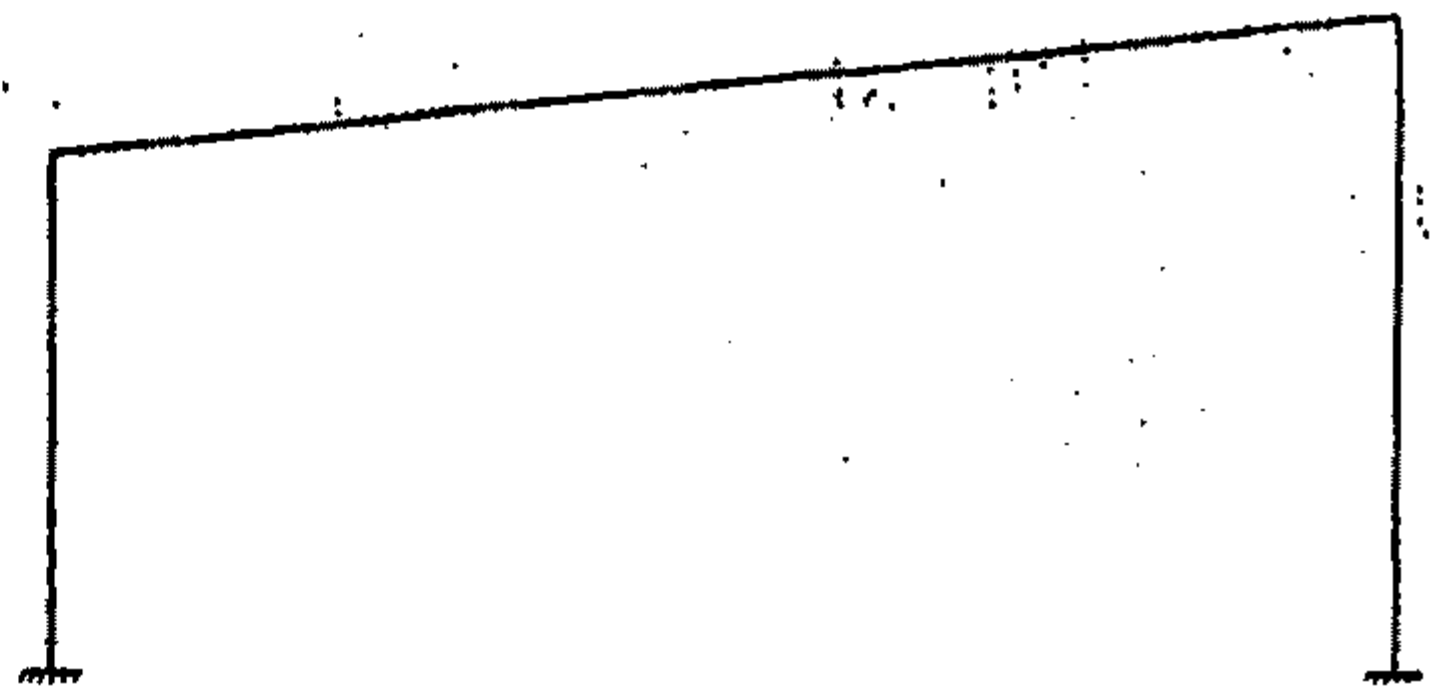
Hình 1.2. Sơ đồ khung một nhịp có cột chống giữa

Một kiểu khung một nhịp khác thường gặp là loại khung tựa (hình 1.3) hay khung một mái dốc (hình 1.4). Khung tựa thường được bố trí bổ sung cho các công trình đã có, nhưng cần mở rộng, như phòng đặt các thiết bị, phòng nghỉ cho công nhân, nhà kho... Khung tựa không tự đứng vững, không tự ổn định mà phải tựa vào một khung khác với một mái dốc. Xà ngang của khung tựa thường có liên kết khớp với khung chính để cột có tiết diện nhỏ. Nhịp của khung tựa không lớn, thường không quá 18m. Với yêu cầu nhịp lớn hơn thì xà cần được liên kết ngàm với khung chính hoặc đặt thêm cột phụ để chống trong nhịp. Khi cấu tạo liên kết giữa chái vào khung chính, cần chú ý sao cho hệ thống thoát nước không ảnh hưởng đến sự làm việc của toàn kết cấu. Cột và xà của nhà chái thường chọn tiết diện không đổi. Tuy nhiên, khi nhịp lớn cũng có thể chọn là tiết diện thay đổi.



Hình 1.3. Sơ đồ khung tựa

Khung một mái dốc có dạng một nhịp hoặc có thêm cột chống không kinh tế bằng khung một nhịp có hai mái dốc nên thường được áp dụng do yêu cầu thoát nước mái, khi cần không gian lớn ở một bên nhà, cần mở rộng thêm nhịp của công trình nhưng không được để máng nước ở giữa hai nhà cũ và mới hoặc không được chắt thêm tải trọng vào cột, móng của công trình cũ.



Hình 1.4. Sơ đồ khung một mái dốc

### 1.3. HỆ GIÀNG TRONG NHÀ CÔNG NGHIỆP DÙNG KẾT CẤU KHUNG THÉP NHẸ

Hệ giằng trong nhà công nghiệp đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo độ cứng không gian của nhà, giảm chiều dài tính toán của xà và cột khung theo phương ngoài mặt phẳng, từ đó tăng khả năng ổn định tổng thể cho khung ngang. Hệ giằng còn có tác dụng truyền tải trọng gió và lực hãm cầu trục theo phương dọc nhà xuống móng. Ngoài ra, hệ giằng còn đảm bảo cho việc thi công lắp dựng kết cấu được an toàn và thuận tiện.

Hệ giằng của trong nhà công nghiệp sử dụng khung thép nhẹ gồm hai bộ phận là hệ giằng mái và hệ giằng cột (hình 1.5).

#### 1.3.1. Hệ giằng mái

Hệ giằng mái trong nhà công nghiệp sử dụng khung thép nhẹ được bố trí theo phương ngang nhà tại hai gian đầu hồi (hoặc gần đầu hồi), đầu các khối nhiệt độ và ở một số gian giữa nhà tùy thuộc vào chiều dài nhà, sao cho khoảng cách giữa các giằng bố trí không quá 5 bước cột. Bản bụng của hai xà ngang cạnh nhau được nối bởi các thanh giằng chéo chữ thập. Các thanh giằng chéo này có thể là thép góc, thép tròn hoặc cáp thép mạ kẽm đường kính không nhỏ hơn 12mm. Ngoài ra, cần bố trí các thanh chống dọc bằng thép hình (thường là thép góc) tại những vị trí quan trọng như đỉnh mái, đầu xà (cột), chân cửa mái...

Trường hợp nhà có cầu trục, cần bố trí thêm các thanh giằng chéo chữ thập dọc theo đầu cột để tăng độ cứng cho khung ngang theo phương dọc nhà và truyền các tải trọng ngang như tải trọng gió, lực hãm cầu trục ra các khung lân cận.

#### 1.3.2. Hệ giằng cột

Hệ giằng cột có tác dụng bảo đảm độ cứng dọc nhà và giữ ổn định cho cột, tiếp nhận và truyền xuống móng các tải trọng tác dụng theo phương dọc nhà như tải trọng gió lên tường hồi, lực hãm dọc nhà của cầu trục. Hệ giằng cột gồm các thanh giằng chéo được bố trí trong phạm vi cột trên và cột dưới tại những gian có hệ giằng mái.

Trường hợp nhà không có cầu trục hoặc nhà có cầu trục với sức nâng dưới 15 tấn có thể dùng thanh giằng chéo chữ thập bằng thép tròn đường kính không nhỏ hơn 20mm. Nếu sức trục trên 15 tấn cần dùng thép hình, thường là thép góc. Độ mảnh của thanh giằng không được vượt quá 200.



## Chương 2

# THIẾT KẾ KHUNG NGANG

## 2.1. CÁC KÍCH THƯỚC CHÍNH CỦA KHUNG NGANG

### 2.1.1. Theo phương ngang

Khoảng cách giữa hai trục định vị (nhịp khung) thường có mô đun 6m hoặc 3m, có thể xác định theo công thức:

$$L = L_K + 2L_1 \quad (2.1)$$

trong đó:

$L_K$  - nhịp của cầu trục, phụ thuộc vào yêu cầu sử dụng và công nghệ, lấy theo catalô cầu trục;

$L_1$  - khoảng cách từ trục định vị đến trục ray cầu trục,  $L_1 = (750 \div 1000)$  mm với sức trục dưới 30 tấn, tùy thuộc bề rộng nhịp nhà.

Khoảng cách từ mép ngoài cột đến trục định vị ( $a$ ) lấy bằng 0 (trục định vị trùng với mép ngoài của cột) trong trường hợp nhà không có cầu trục hoặc nhà có cầu trục với sức nâng dưới 30 tấn.

Khoảng cách từ trọng tâm ray cầu trục đến mép trong của cột ( $z$ ) không được nhỏ hơn khoảng cách  $z_{min}$  trong catalô cầu trục, để bảo đảm cho cầu trục không vướng vào cột khi hoạt động.

Chiều cao tiết diện cột ( $h$ ) theo yêu cầu độ cứng thường chọn trong khoảng 1/15 - 1/20 chiều cao của cột.

### 2.1.2. Theo phương đứng

Chiều cao của cột, tính từ mặt móng đến đỉnh cột (đáy xà):

$$H = H_1 + H_2 + H_3; \text{ (lấy chẵn 100 mm)} \quad (2.2)$$

trong đó:

$H_1$  - cao trình đỉnh ray, là khoảng cách nhỏ nhất từ mặt nền đến mặt ray cầu trục, xác định theo yêu cầu sử dụng và công nghệ;

$H_2$  - chiều cao từ mặt ray cầu trục đến đáy xà ngang,

$$H_2 = H_K + b_K; \text{ (lấy chẵn 100 mm)} \quad (2.3)$$

$H_K$  - chiều cao gabarit của cầu trục, là khoảng cách từ mặt ray đến điểm cao nhất của cầu trục, lấy theo catalô cầu trục;

$b_K$  - khe hở an toàn giữa cầu trục và xà ngang, lấy không nhỏ hơn 200mm;

$H_3$  - phần cột chôn dưới cốt mặt nền, lấy sơ bộ khoảng 0÷1 m.

Chiều cao của phần cột trên, từ vai cột đỡ dầm cầu trục đến đáy xà ngang:

$$H_t = H_2 + H_{dct} + H_r \quad (2.4)$$

Với:

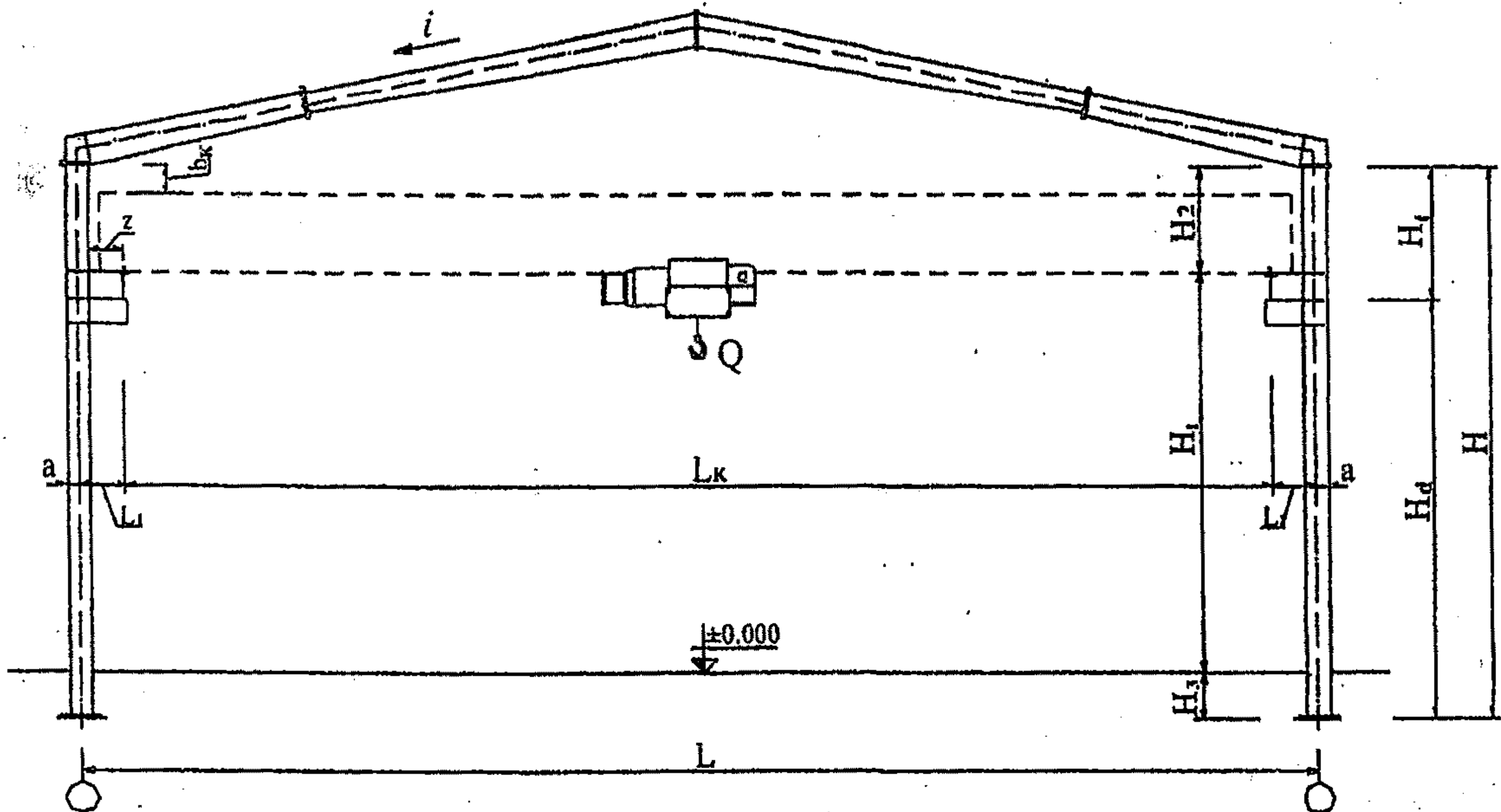
$H_{dct}$  - chiều cao dầm cầu trục, lấy theo phần thiết kế dầm cầu trục hoặc chọn sơ bộ khoảng 1/8 - 1/10 nhịp dầm;

$H_r$  - chiều cao của ray và đệm, lấy theo quy cách ray hoặc lấy sơ bộ khoảng 200mm.

Chiều cao của phần cột dưới, tính từ mặt móng đến mặt trên của vai cột:

$$H_d = H - H_t \quad (2.5)$$

Độ dốc của mái thường chọn  $i = (10 \div 15)\%$  với khung có nhịp dưới 60 m.



Hình 2.1. Các kích thước chính của khung ngang

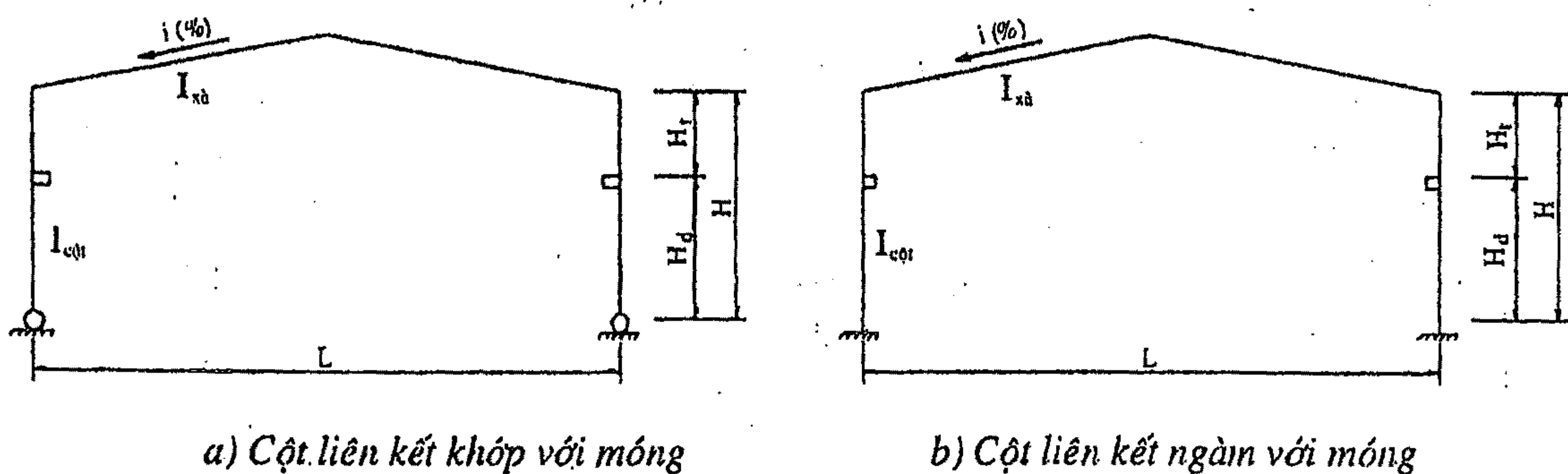
## 2.2. SƠ ĐỒ TÍNH KHUNG NGANG

Cột và xà ngang trong khung thép nhẹ thường có dạng tiết diện chữ I tổ hợp hàn. Tiết diện cột khung có thể không đối hoặc thay đổi tuyến tính (cột vát hình nêm). Trong

trường hợp chiều dài của xà ngang lớn, có thể chia thành các đoạn chuyên chở. Chiều dài của các đoạn chuyên chở được chọn căn cứ vào điều kiện vận chuyển, chế tạo (chiều dài của thép cán), kết hợp làm vị trí thay đổi tiết diện căn cứ vào sự phân bố mô men trong xà. Thông thường, chiều dài đoạn chuyên chở có môđun 3 m và không nên vượt quá 12 m.

Liên kết giữa cột với xà ngang thường cấu tạo là ngàm (liên kết cứng) để tăng độ cứng và giảm biến dạng của khung. Liên kết cột khung với móng có thể là ngàm hoặc khớp. Liên kết khớp thường dùng để giảm kích thước móng hoặc khi nền đất yếu để không có mô men ở chân cột (hình 2.2a). Liên kết ngàm thường được dùng để tăng độ ổn định cho khung ngang trong trường hợp khung chịu tải trọng khá lớn (nhà có cấu trúc) hoặc khi chiều cao hay nhịp khung lớn (hình 2.2b).

Quá trình thiết kế kích thước tiết diện cột và xà ngang trong khung thép nhẹ là quá trình tính toán lặp. Sau khi lựa chọn sơ đồ tính phù hợp, nội lực trong khung ngang được xác định bằng phần mềm tính kết cấu thông dụng với các kích thước tiết diện được giả thiết trước sơ bộ (có thể giả thiết trước sơ bộ tỷ số độ cứng của xà và cột, thông thường khoảng 1 ÷ 3) và lấy kết quả nội lực phân tích được để kiểm tra khả năng chịu lực của tiết diện vừa giả định. Nếu tiết diện thiếu hoặc thừa ứng suất thì cần có những điều chỉnh cần thiết.



Hình 2.2. Sơ đồ tính khung ngang

### 2.3. THIẾT KẾ XÀ GỖ MÁI

Xà gỗ mái trong khung thép nhẹ thường dùng thép tạo hình nguội thành mỏng, tiết diện chữ C hoặc Z. Vì xà gỗ có độ cứng nhỏ khi chịu uốn theo phương trong mặt phẳng mái nên thường cấu tạo thêm hệ giằng xà gỗ bằng thép tròn, đường kính không nhỏ hơn 12 mm.

Xà gỗ được tính toán như cấu kiện chịu uốn xiên. Sơ đồ tính là dầm đơn giản hay dầm liên tục, tùy thuộc vào cấu tạo của mối nối xà gỗ và của hệ giằng xà gỗ (hình 2.3). Tải trọng tác dụng lên xà gỗ bao gồm trọng lượng của tấm lợp, trọng lượng bản thân xà



gồ và hoạt tải mái (cần kể đến tải trọng gió trong trường hợp gió bắc mái có trị số lớn). Trị số của tải trọng tiêu chuẩn và tải trọng tính toán tác dụng lên xà gồ có thể xác định theo công thức:

$$q^{tc} = (g_m^{tc} + p_m^{tc}) \frac{a_{xg}}{\cos \alpha} + g_{xg}^{tc}; \quad (2.6)$$

$$q = (g_m^{tc} \gamma_g + p_m^{tc} \gamma_p) \frac{a_{xg}}{\cos \alpha} + g_{xg}^{tc} \gamma_g. \quad (2.7)$$

trong đó:

$g_m^{tc}$  - trị số tiêu chuẩn của trọng lượng các lớp mái;

$g_{xg}^{tc}$  - trị số tiêu chuẩn của trọng lượng bản thân xà gồ;

$p_m^{tc}$  - trị số tiêu chuẩn của hoạt tải mái;

$\gamma_g, \gamma_p$  - các hệ số vượt tải của tĩnh tải và hoạt tải mái;

$a_{xg}$  - khoảng cách bố trí xà gồ trên mặt bằng;

$\alpha$  - góc dốc của mái.

Phân tải trọng theo hai phương (hình 2.3b):

$$q_x^{tc} = q^{tc} \cos \alpha; \quad q_x = q \cos \alpha; \quad (2.8)$$

$$q_y^{tc} = q^{tc} \sin \alpha; \quad q_y = q \sin \alpha. \quad (2.9)$$

Tiết diện xà gồ cần kiểm tra theo các điều kiện về cường độ và biến dạng:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq f_{yc}; \quad (2.10)$$

$$\frac{\Delta}{B} \leq \left[ \frac{\Delta}{B} \right] = \frac{1}{200}. \quad (2.11)$$

trong các công thức trên:

$M_x, M_y$  - các mômen uốn do  $q_x$  và  $q_y$  gây ra tương ứng;

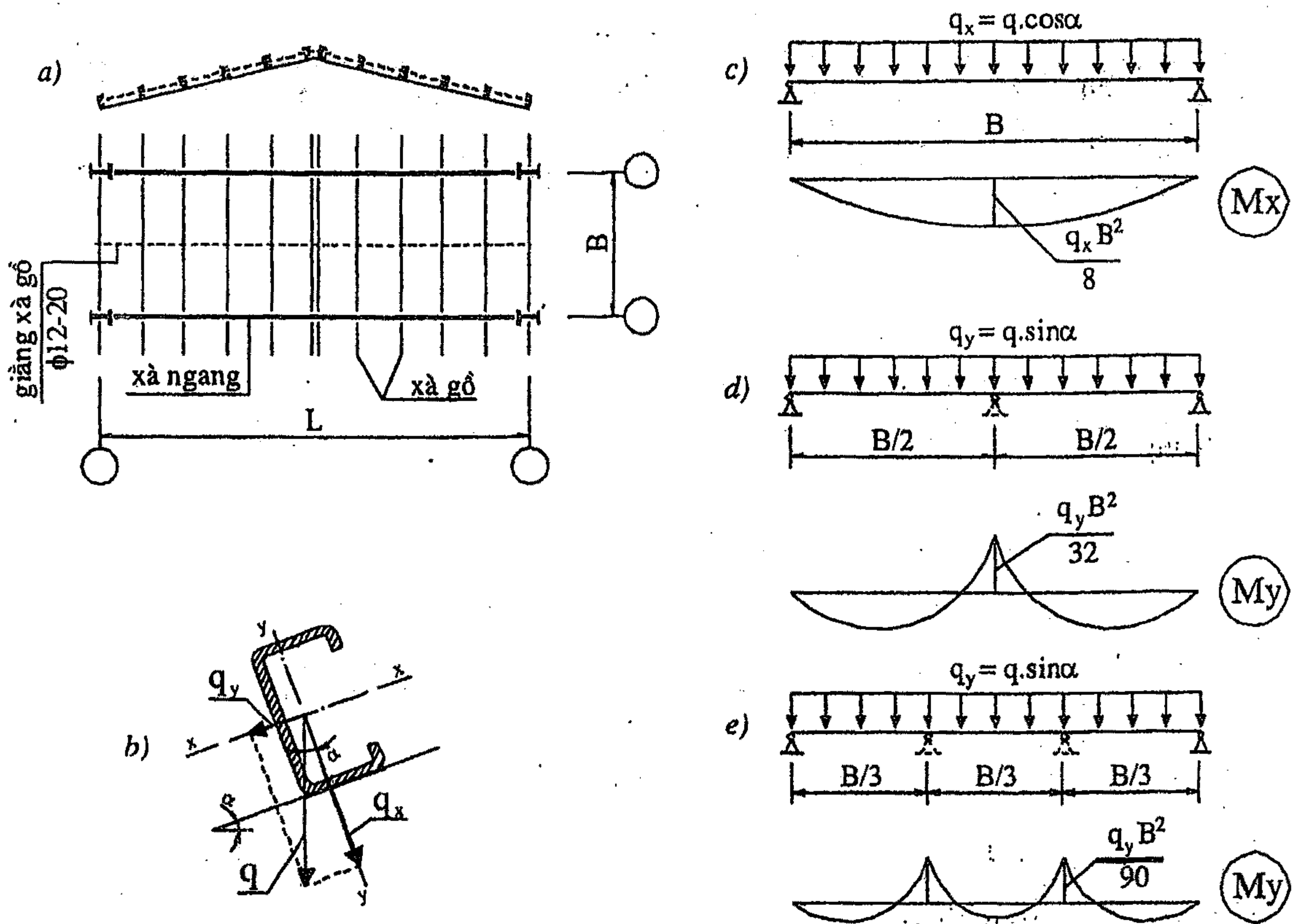
$W_x, W_y$  - các mômen chống uốn của tiết diện xà gồ đối với các trục quán tính chính;

$\Delta$  - độ võng của xà gồ, xác định như sau:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} - \text{khi không có hệ giằng xà gồ};$$

$$\Delta = \Delta_y - \text{khi có hệ giằng xà gồ};$$

$\Delta_x, \Delta_y$  - các độ võng thành phần do  $q_y^{tc}$  và  $q_x^{tc}$  gây ra tương ứng.



**Hình 2.3. Mặt bằng bố trí và sơ đồ tính xà gồ**  
a) Mặt bằng bố trí xà gồ; b) Mặt cắt xà gồ; c) Sơ đồ tính trong mặt phẳng vuông góc với mái; d, e) Sơ đồ tính trong mặt phẳng mái.

## 2.4. TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN KHUNG NGANG

Tải trọng tác dụng lên khung ngang thông thường bao gồm tải trọng thường xuyên (tĩnh tải), hoạt tải thi công hoặc sửa chữa mái, tải trọng cầu trục và tải trọng gió.

### 2.4.1. Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải)

Tĩnh tải tác dụng lên khung ngang bao gồm:

- Trọng lượng của tấm lợp và xà gồ: lấy theo catalo của nhà sản xuất hoặc có thể lấy sơ bộ khoảng  $0,1-0,15 \text{ kN/m}^2$ .

- Trọng lượng bản thân kết cấu và hệ giằng: được lấy theo các thiết kế tương tự hoặc có thể lấy sơ bộ theo kinh nghiệm khoảng  $0,15-0,2 \text{ kN/m}^2$  mái.

- Trọng lượng dầm cầu trục: xác định theo phân thiết kế dầm cầu trục hoặc theo kinh nghiệm khoảng  $1-2 \text{ kN/m}$  với sức trục dưới 30 tấn.

### 2.4.2. Hoạt tải mái

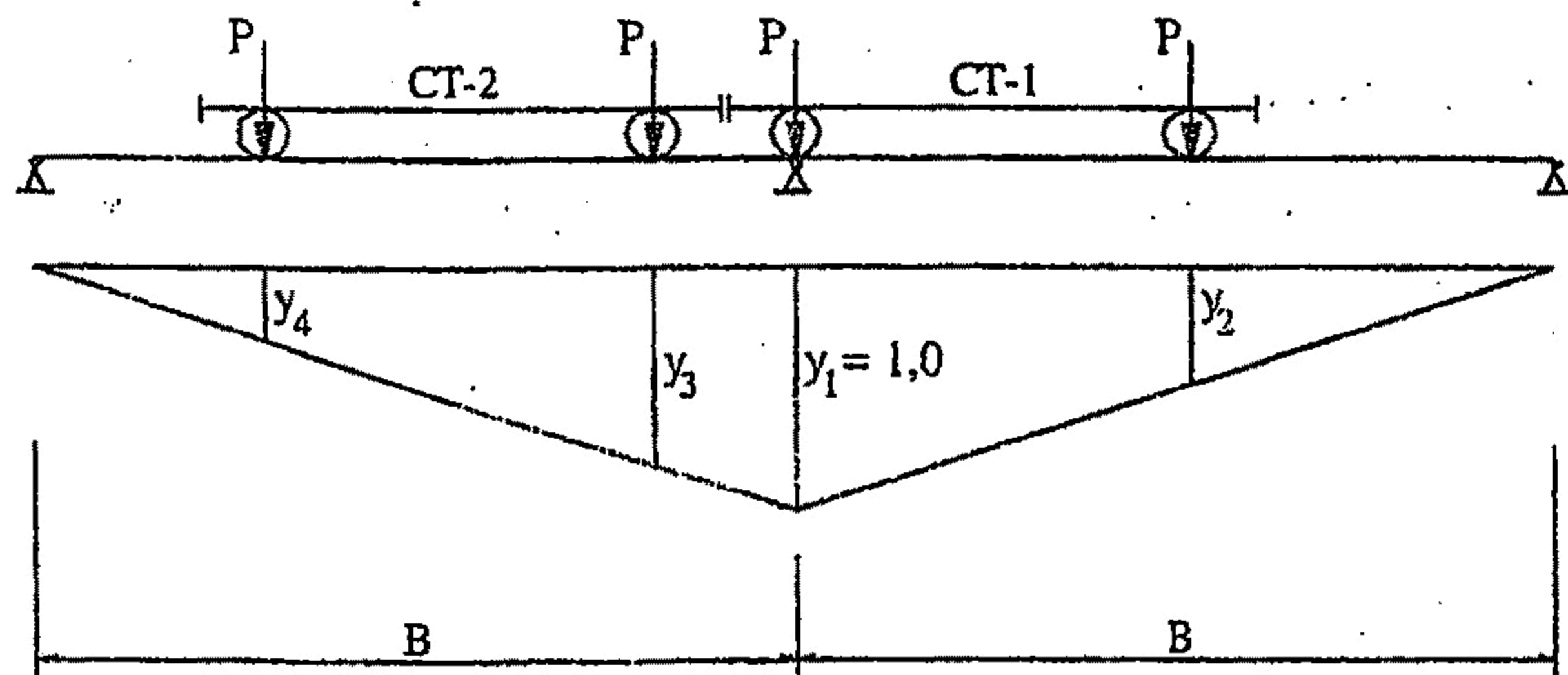
Theo TCVN 2737-1995 [3], trị số của hoạt tải sửa chữa hoặc thi công mái phụ thuộc vào loại mái. Với mái lợp vật liệu nhẹ như tôn, fibrôximăng... trị số tiêu chuẩn của hoạt tải mái  $p^{tc} = 0,3 \text{ kN/m}^2$ , hệ số vượt tải tương ứng  $\gamma_p = 1,3$ .

### 2.4.3. Hoạt tải cầu trục

Hoạt tải cầu trục tác dụng lên khung ngang bao gồm áp lực đứng và lực hãm ngang của cầu trục. Các tải trọng này thông qua các bánh xe cầu trục truyền lên vai cột.

#### a) Áp lực đứng của cầu trục

Áp lực đứng  $D_{max}, D_{min}$  của cầu trục truyền qua dầm cầu trục thành tải trọng tập trung đặt tại vai cột. Trị số của  $D_{max}, D_{min}$  có thể xác định bằng đường ảnh hưởng của phản lực gối tựa dầm cầu trục khi các bánh xe cầu trục di chuyển đến vị trí bất lợi nhất. Với khung một nhịp, cần xét tải trọng của hai cầu trục đặt sát nhau (hình 2.4).



Hình 2.4. Sơ đồ chất tải để xác định  $D_{max}$

Trị số của áp lực đứng tính toán của cầu trục truyền lên vai cột xác định theo công thức:

$$D_{max} = n_c \gamma_p \sum P_{max} y_i ; \quad (2.12)$$

$$D_{min} = n_c \gamma_p \sum P_{min} y_i . \quad (2.13)$$

trong đó:

$\gamma_p$  - hệ số vượt tải của hoạt tải cầu trục,  $\gamma_p = 1,1$ ;

$n_c$  - hệ số tổ hợp, lấy bằng 0,85 khi xét tải trọng do hai cầu trục chế độ làm việc nhẹ hoặc trung bình; 0,9 - với hai cầu trục chế độ làm việc nặng;

$P_{max}$  - áp lực lớn nhất tiêu chuẩn của một bánh xe cầu trục lên ray, tra catalô cầu trục;

$P_{min}$  - áp lực nhỏ nhất tiêu chuẩn của một bánh xe cầu trục lên ray ở phía cột bên kia:

$$P_{min} = \frac{(Q + G)}{n_0} - P_{max} ; \quad (2.14)$$

- Q - sức nâng thiết kế của cầu trục;
- G - trọng lượng toàn bộ cầu trục, tra catalô;
- $n_0$  - số bánh xe cầu trục ở một bên ray;
- $y_i$  - tung độ đường ảnh hưởng.

Do áp lực đứng của cầu trục  $D_{max}$ ,  $D_{min}$  đặt lệch tâm so với trục cột, nên cần kể đến các mô men lệch tâm tương ứng:

$$M_{max} = D_{max} e; \quad (2.15)$$

$$M_{min} = D_{min} e. \quad (2.16)$$

Với:  $e$  - độ lệch tâm, là khoảng cách từ trục ray cầu trục đến trục cột.

$$e = a + L_1 - \frac{h}{2}; \quad (2.17)$$

$h, a, L_1$  - xem mục 2.1.1.

#### b) Lực hãm ngang của cầu trục

Lực hãm ngang T của cầu trục tác dụng vào cột khung thông qua dầm hãm xác định theo công thức:

$$T = n_c \gamma_p T_1 \sum y_i. \quad (2.18)$$

trong đó:

$\gamma_p$  - hệ số vượt tải,  $\gamma_p = 1,1$ ;

$T_1$  - lực hãm ngang tiêu chuẩn của một bánh xe cầu trục:

$$T_1 = T_0 / n_0; \quad (2.19)$$

$T_0$  - lực hãm ngang của toàn bộ cầu trục:

$$T_0 = 0,5 k_f (Q + G_{xc}); \quad (2.20)$$

$G_{xc}$  - trọng lượng xe con, tra catalô;

$k_f$  - hệ số ma sát, lấy bằng 0,1 với cầu trục có móc mềm.

Lực hãm ngang T tác dụng lên cột khung đặt tại cao trình dầm hãm và có thể hướng vào hoặc hướng ra khỏi cột.

#### 2.4.4. Tải trọng gió

Tải trọng gió tác dụng vào khung ngang phụ thuộc vào địa điểm xây dựng và hình dáng công trình. Trị số của tải trọng gió tác dụng lên cột và xà ngang có thể xác định theo công thức:

$$q = \gamma_p w_0 k c B. \quad (2.21)$$

trong đó:

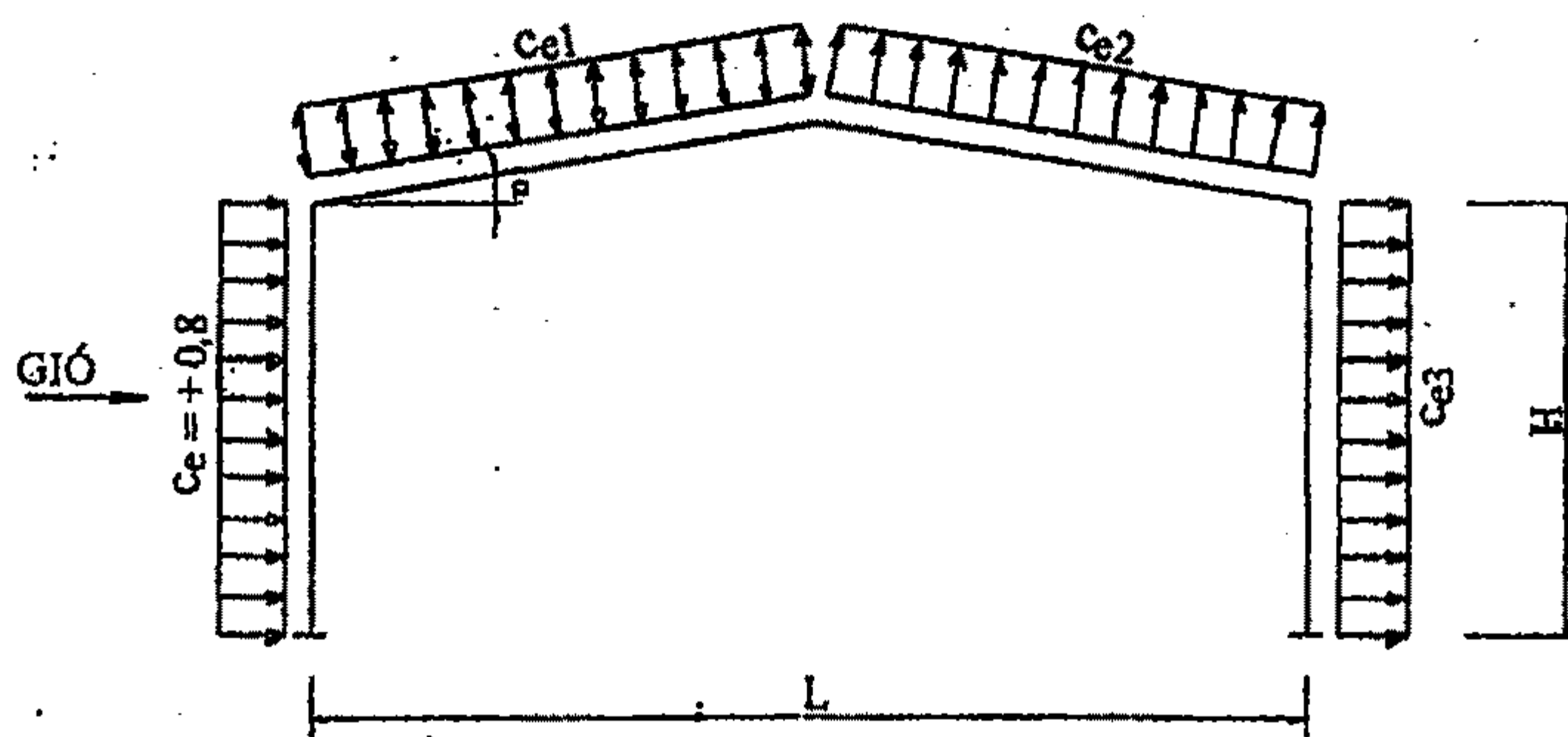
$\gamma_p$  - hệ số vượt tải của tải trọng gió,  $\gamma_p = 1,2$ ;

$w_0$  - áp lực gió tiêu chuẩn, phụ thuộc vào phân vùng gió (địa điểm xây dựng);

$k$  - hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao, phụ thuộc vào dạng địa hình;

$c_e$  - hệ số khí động, phụ thuộc vào hình dạng nhà (hình 2.5);

$B$  - bề rộng diện truyền tải trọng gió vào khung (bước khung).



Hình 2.5. Sơ đồ xác định hệ số khí động với tải trọng gió trái

Trị số của  $w_0$ ,  $k$ ,  $c_e$  có thể xác định theo phụ lục III. Trường hợp nhà có chiều cao không vượt quá 10 m, tải trọng gió được coi là không đổi. Với nhà có chiều cao trên 10 m, tải trọng gió phân bố theo quy luật hình thang, do đó để thuận tiện trong tính toán có thể quy đổi thành tải trọng phân bố đều trên suốt chiều cao của cột bằng cách nhân trị số của  $q$  với hệ số quy đổi  $\alpha_H$ , lấy như sau:

$$\alpha_H = 1 \quad - \text{nếu} \quad H \leq 10 \text{ m};$$

$$\alpha_H = 1,04 \quad - \text{nếu} \quad H = 10 \div 15 \text{ m};$$

$$\alpha_H = 1,1 \quad - \text{nếu} \quad H = 15 \div 20 \text{ m}.$$

## 2.5. XÁC ĐỊNH NỘI LỰC

Nội lực trong khung ngang được xác định với từng loại tải trọng, bằng các phần mềm tính toán kết cấu thông dụng như SAP, STAAD, KP... Kết quả tính toán nội lực cần thể hiện dưới dạng bảng thống kê và các biểu đồ nội lực (M, N, V). Cần tìm nội lực tại các tiết diện đặc trưng đối với từng cấu kiện khung là cột và xà ngang:

Với cột khung: cần xác định nội lực tại các tiết diện đỉnh cột, chân cột và vai cột (trường hợp không có vai cột đỡ dầm cầu trục thì xác định tại tiết diện giữa cột).

Với xà ngang: trường hợp xà có tiết diện không đổi thì xác định ở các tiết diện 2 đầu và giữa nhịp. Nếu xà có tiết diện thay đổi thì cần xác định nội lực ở các tiết diện 2 đầu và chỗ thay đổi tiết diện.

## 2.6. TỔ HỢP NỘI LỰC

Sau khi tính khung với từng loại tải trọng cần tổ hợp nội lực để tìm nội lực nguy hiểm nhất tại các tiết diện đặc trưng. Khi tiến hành tổ hợp nội lực cần tuân thủ một số nguyên tắc cơ bản sau:

- Nội lực do tĩnh tải cần kể đến trong mọi trường hợp.
- Không được xét đồng thời nội lực do  $D_{\max}$  và  $D_{\min}$  ở cùng một phía cột.
- Nếu kể đến nội lực do lực hãm ngang  $T$  thì phải kể nội lực do áp lực đứng  $D_{\max}$ ,  $D_{\min}$ . Ngược lại, có thể kể nội lực do áp lực đứng  $D_{\max}$ ,  $D_{\min}$  mà không cần kể nội lực do lực hãm ngang  $T$ .
- Nội lực do áp lực đứng  $D_{\max}$  xét ở phía cột nào thì nội lực do lực hãm ngang  $T$  phải kể đến ở phía cột đó.
- Cần xét hai tổ hợp cơ bản:
  - + Tổ hợp cơ bản 1: gồm nội lực do tĩnh tải và một hoạt tải gây ra (hệ số tổ hợp nội lực  $n_c = 1$ ).
  - + Tổ hợp cơ bản 2: gồm nội lực do tĩnh tải và các hoạt tải bất lợi (trị số của nội lực do các hoạt tải gây ra cần nhân với hệ số tổ hợp  $n_c = 0,9$ ).
- Tại một tiết diện đặc trưng cần tìm 3 cặp nội lực sau:

$$M_{\max}^+, N_{tu}; M_{\min}^-, N_{tu}; N_{\max}, M_{tu}^{\pm}$$

Mẫu bảng tổ hợp nội lực có thể tham khảo ở phần ví dụ tính toán trong chương 3. Sau khi tổ hợp cần chọn cặp nội lực nguy hiểm cho từng tiết diện đặc trưng. Có thể dùng cách tính sơ bộ lực nén lớn nhất do mô men và lực dọc phân vào thớ biên của tiết diện khảo sát theo công thức:

$$N_{\max} = \frac{|M|}{h} + \frac{|N|}{2} \quad (2.22)$$

## 2.7. THIẾT KẾ CỘT KHUNG

### 2.7.1. Xác định chiều dài tính toán

Chiều dài tính toán của cột khung có liên quan đến việc tính toán kiểm tra ổn định. Do cột khung làm việc theo hai phương nên cần xác định chiều dài tính toán theo phương ngang nhà (trong mặt phẳng khung) và phương dọc nhà (ngoài mặt phẳng khung). Xét hai trường hợp là cột tiết diện không đối và cột vát.

#### a) Cột tiết diện không đối

Chiều dài tính toán trong mặt phẳng khung của cột tiết diện không đối xác định theo công thức:

$$l_x = \mu H. \quad (2.23)$$

trong đó: H - chiều dài thực tế của cột, tính từ mặt móng đến đỉnh cột;

$\mu$  - hệ số chiều dài tính toán.

Theo TCXDVN 338-2005 [1], với khung một nhịp có liên kết giữa cột với xà ngang là ngàm, hệ số  $\mu$  xác định như sau:

Trường hợp liên kết cột khung với móng là khớp:

$$\mu = 2\sqrt{1 + \frac{0,38}{n}}. \quad (2.24)$$

Trường hợp liên kết cột khung với móng là ngàm:

$$\mu = \sqrt{\frac{n+0,56}{n+0,14}}. \quad (2.25)$$

trong đó:

n - tỷ số độ cứng đơn vị của xà và cột:

$$n = \left(\frac{I_{xa}}{L}\right) : \left(\frac{I_{cot}}{H}\right) = \frac{I_{xa}}{I_{cot}} \frac{H}{L}; \quad (2.26)$$

$I_{xa}, I_{cot}$  - mômen quán tính của tiết diện xà và cột.

Chiều dài tính toán của cột theo phương ngoài mặt phẳng khung ( $l_x$ ) lấy bằng khoảng cách giữa các điểm cố định không cho cột chuyển vị theo phương dọc nhà (giằng cột, dầm cầu trục...).

#### b) Cột vát

Theo [1], chiều dài tính toán trong mặt phẳng khung của cột vát xác định theo công thức:

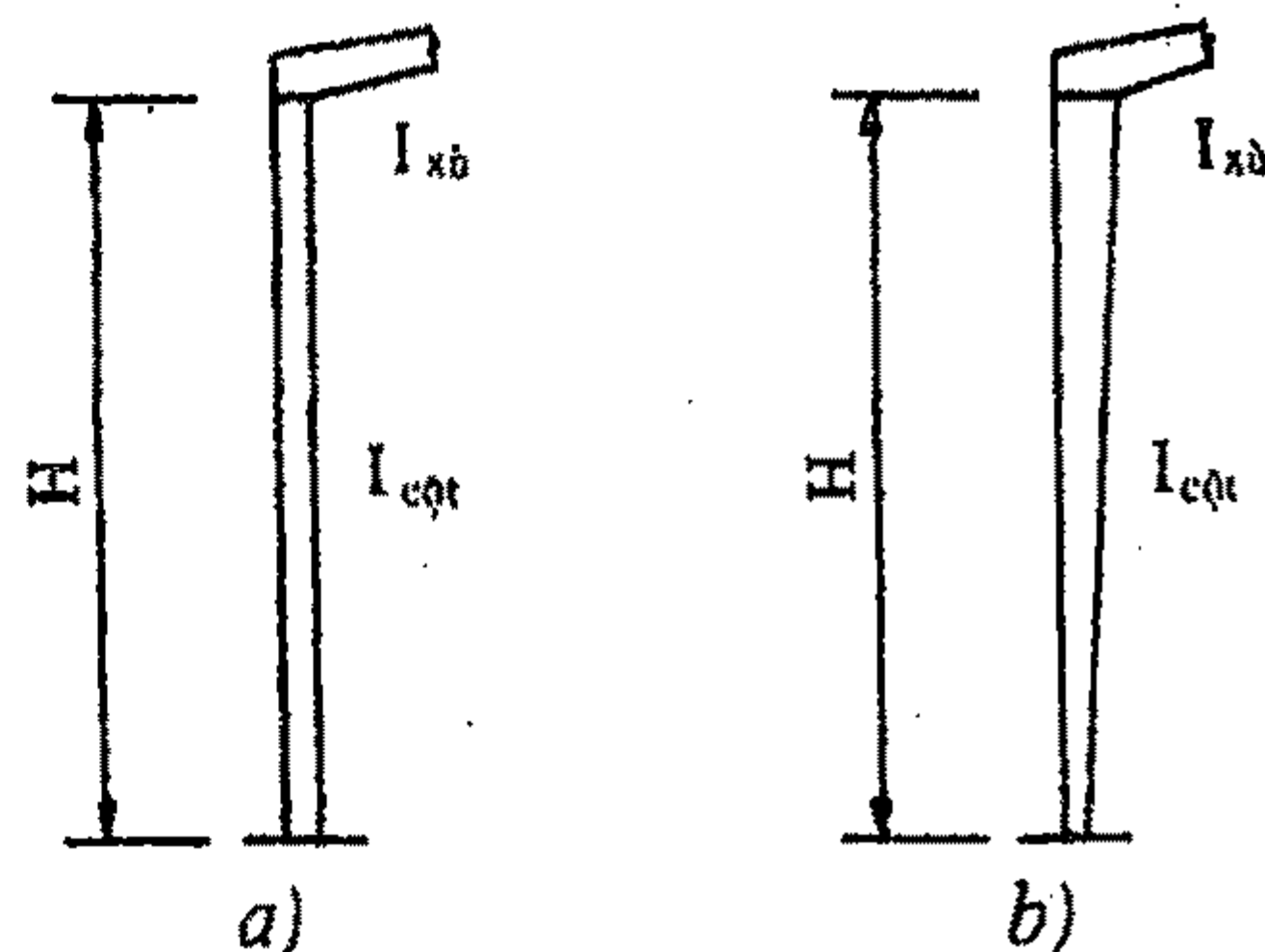
$$l_x = \mu\mu_1 H. \quad (2.27)$$

trong đó:

$\mu$  - xác định tương tự như trường hợp cột tiết diện không đổi;

$\mu_1$  - hệ số chiều dài tính toán bổ xung (bảng IV.1 phụ lục).

Chiều dài tính toán của cột vát theo phương ngoài mặt phẳng khung xác định tương tự như với cột tiết diện không đổi.



Hình 2.6. Sơ đồ xác định chiều dài tính toán của cột khung  
a) Cột tiết diện không đổi; b) Cột vát

### 2.7.2. Chọn tiết diện

Từ bảng tổ hợp nội lực, chọn cặp nội lực  $(M, N)$  bất lợi nhất trong các tiết diện đặc trưng của cột. Theo công thức Iasinski:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} + \frac{M}{W_x} \leq f_{\gamma_c} \quad (2.28)$$

Thay các giá trị  $\varphi = 0,85$  và  $\rho_x = W_x / A = (0,45 \div 0,35)h$  vào (2.28), sau khi biến đổi thu được công thức xác định diện tích tiết diện cần thiết của cột:

$$A_{yc} = \frac{N}{f_{\gamma_c}} \left[ 1,25 + (2,2 \div 2,8) \frac{M}{Nh} \right]. \quad (2.29)$$

Ở trên, chiều cao tiết diện cột  $H$  được chọn sơ bộ theo các yêu cầu độ cứng và cấu tạo:

$$h = (1/15 \div 1/20)H.$$

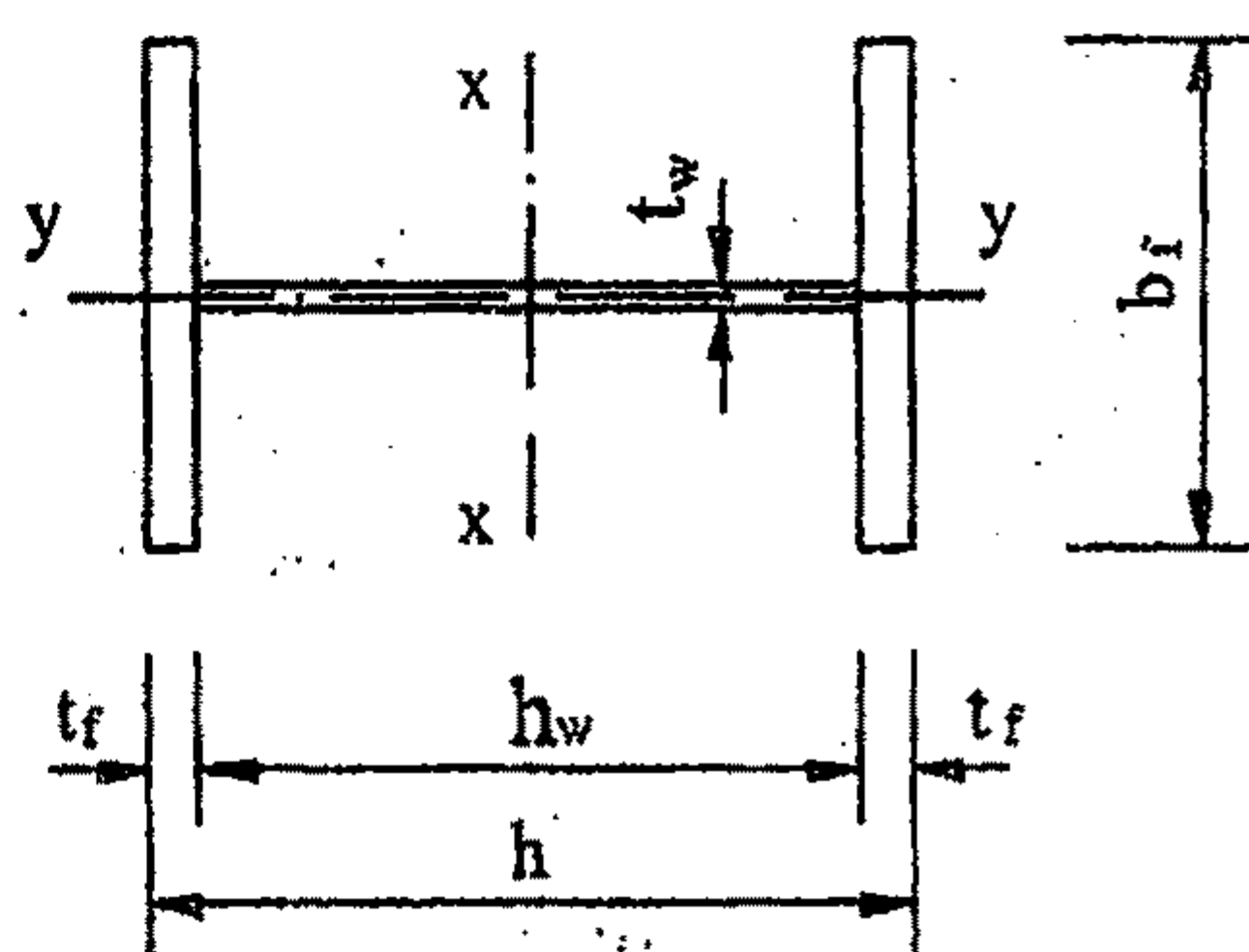
Theo các điều kiện cấu tạo và ổn định cục bộ chọn được kích thước tiết diện cột (hình 2.7):

$$t_w = (1/70 \div 1/100)h \geq 0,6 \text{ cm};$$

$$b_f = (0,3 \div 0,5)h;$$

$$b_f = (1/20 \div 1/30)l_y;$$

$$t_f \geq b_f \sqrt{f/E}; \quad t_f \geq t_w.$$



Hình 2.7. Tiết diện cột

### 2.7.3. Kiểm tra tiết diện

Cần xác định các đặc trưng hình học của tiết diện đã chọn:

$$A = t_w h_w + 2t_f b_f; \quad (2.30)$$

$$I_x = \frac{b_f h^3}{12} - 2 \left[ \frac{0,5(b_f - t_w) h_w^3}{12} \right]; \quad (2.31)$$

$$I_y = \frac{h_w t_w^3}{12} + 2 \frac{t_f b_f^3}{12}; \quad (2.32)$$

$$i_x = \sqrt{I_x / A}; \quad (2.33)$$

$$i_y = \sqrt{I_y / A}; \quad (2.34)$$

$$\lambda_x = l_x / i_x; \quad (2.35)$$

$$\lambda_y = l_y / i_y; \quad (2.36)$$



$$\bar{\lambda}_x = \lambda_x \sqrt{f/E}; \quad (2.37)$$

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \sqrt{f/E}; \quad (2.38)$$

$$m_x = \frac{M \cdot A}{N \cdot W_x}; \quad (2.39)$$

$$m_e = \eta m_x. \quad (2.40)$$

ở trên:

A - diện tích tiết diện cột;

$I_x, I_y$  - các mômen quán tính của tiết diện đối với các trục chính;

$i_x, i_y$  - các bán kính quán tính của tiết diện đối với các trục chính;

$\lambda_x, \lambda_y$  - độ mảnh tính toán của tiết diện cột theo 2 phương x và y;

$\bar{\lambda}_x, \bar{\lambda}_y$  - các độ mảnh quy đổi theo hai phương x và y;

$m_x$  - độ lệch tâm tương đối;

$m_e$  - độ lệch tâm quy đổi;

$\eta$  - hệ số ảnh hưởng của hình dạng tiết diện.

Tiết diện cột đã chọn ở trên cần kiểm tra theo các điều kiện bền, ổn định tổng thể và ổn định cục bộ.

#### a) Kiểm tra bền

Công thức kiểm tra:

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_{xn}} \leq f\gamma_c. \quad (2.41)$$

trong đó:  $A_n, W_{xn}$  - diện tích và mômen chống uốn thực của tiết diện cột.

Cần lưu ý là điều kiện (2.41) chỉ kiểm tra đối với những cột có tiết diện bị giảm yếu nhiều hoặc khi độ lệch tâm quy đổi  $m_e > 20$ .

#### b) Kiểm tra ổn định tổng thể

Ổn định tổng thể của cột theo hai phương trong và ngoài mặt phẳng khung được kiểm tra theo các công thức sau:

$$\sigma_x = \frac{N}{\varphi_x A} \leq f\gamma_c; \quad (2.42)$$

$$\sigma_y = \frac{N}{\varphi_y A} \leq f\gamma_c. \quad (2.43)$$

trong đó:

$\varphi_e$  - hệ số uốn dọc của cấu kiện chịu nén lệch tâm (bảng IV.3 phụ lục);

$\varphi_y$  - hệ số uốn dọc của cấu kiện nén đúng tâm (bảng IV.2 phụ lục);

$c$  - hệ số xét đến ảnh hưởng của mô men uốn và hình dạng của tiết diện đến khả năng ổn định ngoài mặt phẳng của cột:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} \text{ - nếu } m_x \leq 5; \quad (2.44)$$

$$c = \frac{1}{1 + \frac{\varphi_y}{\varphi_b} m_x} \text{ - nếu } m_x \geq 10; \quad (2.45)$$

$$c = c_5(2 - 0,2m_x) + c_{10}(0,2m_x - 1) \text{ - nếu } 5 < m_x < 10; \quad (2.46)$$

$c_5$  - xác định theo (2.44) với  $m_x = 5$ ;

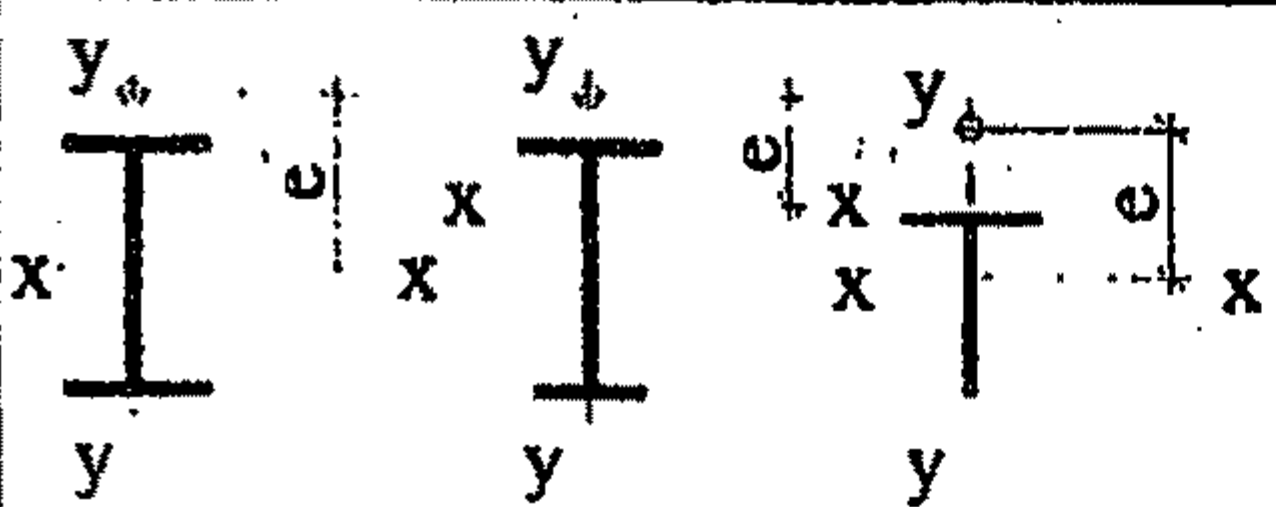
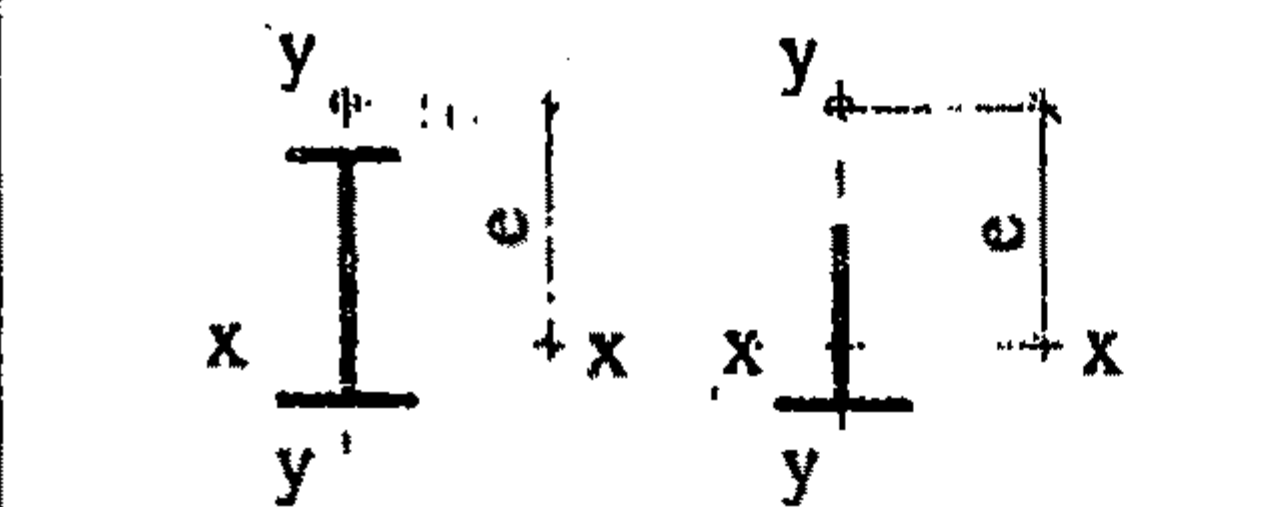
$c_{10}$  - xác định theo (2.45) với  $m_x = 10$ ;

$\varphi_b$  - hệ số xác định như đối với dầm thép khi kiểm tra ổn định tổng thể (tham khảo [1,6]);

$\eta$  - hệ số ảnh hưởng hình dạng tiết diện (bảng IV.5 Phụ lục);

$\alpha, \beta$  - các hệ số xác định theo bảng 2.1 dưới đây.

**Bảng 2.1. Hệ số  $\alpha$  và  $\beta$  đối với tiết diện chữ I hoặc chữ T**

Dạng tiết diện	Giá trị của các hệ số			
	$\alpha$ khi		$\beta$ khi	
	$m_x \leq 1$	$1 < m_x \leq 5$	$\lambda_y \leq \lambda_c$	$\lambda_y > \lambda_c$
	0,7	$0,65 + 0,05 m_x$	1	$\sqrt{\varphi_c / \varphi_y}$
	$1 - 0,3 \frac{I_2}{I_1}$	$1 - (0,35 - 0,05 m_x) \frac{I_2}{I_1}$	1	$1 - \left( 1 - \sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}} \right) \times \left( 2 \frac{I_2}{I_1} - 1 \right)$ khi $\frac{I_1}{I_2} < 0,5$ , $\beta = 1$

**Ghi chú:**  $I_1, I_2$  - các mômen quán tính của cánh lớn và nhỏ đối với trục đối xứng y-y của tiết diện;  
 $\varphi_c$  - giá trị của  $\varphi_y$  khi  $\lambda_y = \lambda_c = 3,14 \sqrt{E/f}$ .

Cần lưu ý là độ lệch tâm tương đối  $m_x$  trong các công thức (2.44, 2.45, 2.46) được tính toán với trị số mô men quy ước  $M'$  xác định như sau:

$$M' = \max(\bar{M}; \frac{M_1}{2}; \frac{M_2}{2}).$$

trong đó:

$M_1, M_2$  - trị số của mômen uốn ở hai đầu cột (hoặc đoạn cột) khảo sát trong cùng tổ hợp tải trọng với tổ hợp dùng để kiểm tra tiết diện cột;

$\bar{M}$  - trị số của mômen uốn tại 1/3 chiều cao của cột (hoặc đoạn cột) kể từ phía có mômen lớn hơn.  $\bar{M}$  được xác định với cùng tổ hợp tải trọng với  $M_1, M_2$ .

**c) Kiểm tra ổn định cục bộ của các bản cánh và bụng cột**

Ổn định cục bộ của bản cánh cột được kiểm tra theo công thức:

$$\frac{b_0}{t_f} \leq \left[ \frac{b_0}{t_f} \right]. \quad (2.47)$$

Với:

$b_0$  - bề rộng tính toán của bản cánh:

$$b_0 = \frac{b_f - t_w}{2}; \quad (2.48)$$

$\frac{b_0}{t_f}$  - độ mảnh giới hạn của bản cánh cột, xác định như sau với cột tiết diện chữ I

có  $0,8 \leq \bar{\lambda} \leq 4$ :

$$\frac{b_0}{t_f} = (0,36 + 0,1\bar{\lambda}) \sqrt{\frac{E}{f}}. \quad (2.49)$$

Lưu ý rằng trong công thức (2.49) nếu  $\bar{\lambda} < 0,8$  hoặc  $\bar{\lambda} > 4$  thì lấy  $\bar{\lambda} = 0,8$  hoặc  $\bar{\lambda} = 4$  để tính toán. Trường hợp (2.47) không thoả mãn cần điều chỉnh lại tiết diện bản cánh.

Ổn định cục bộ của bản bụng cột được kiểm tra theo công thức:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \left[ \frac{h_w}{t_w} \right]. \quad (2.50)$$

trong đó:  $\frac{h_w}{t_w}$  là độ mảnh giới hạn của bản bụng cột, xác định theo bảng 2.2 dưới đây.

**Bảng 2.2. Giá trị giới hạn  $[h_w/t_w]$  với cột tiết diện chữ I**

Độ lệch tâm tương đối	Giá trị $\bar{\lambda}$ và $\bar{\lambda}_1$	Công thức tính $\left[ \frac{h_w}{t_w} \right]$
$\bar{\lambda} < 2$	$\bar{\lambda} < 2$	$(1,3 + 0,15\bar{\lambda}^2)\sqrt{E/f}$
	$\bar{\lambda} \geq 2$	$(1,2 + 0,35\bar{\lambda})\sqrt{E/f}$ ; nhưng không quá $2,3\sqrt{E/f}$
$m \geq 1$	$\bar{\lambda}_1 < 2$	$(1,3 + 0,15\bar{\lambda}_1^2)\sqrt{E/f}$
	$\bar{\lambda}_1 \geq 2$	$(1,2 + 0,35\bar{\lambda}_1)\sqrt{E/f}$ ; nhưng không quá $3,1\sqrt{E/f}$

*Ghi chú:*  
 $\bar{\lambda}$  - độ mảnh quy ước khi tính toán ổn định của cột chịu nén đúng tâm;  
 $\bar{\lambda}_1$  - độ mảnh quy ước khi tính toán ổn định trong mặt phẳng tác dụng của mô men;  
 Khi  $0 < m < 1$  giá trị của  $[h_w/t_w]$  được nội suy tuyến tính theo các giá trị với  $m = 0$  và  $m = 1$ .

Trường hợp khả năng chịu lực của cột được quyết định bởi điều kiện ổn định tổng thể trong mặt phẳng uốn (2.42) thì cho phép lấy trị số  $h_w/t_w$  lớn hơn giá trị trong bảng 2.2, tuy nhiên trong các điều kiện kiểm tra ổn định (2.42) và (2.43) cần thay bằng diện tích tiết diện cột đã trừ đi phần bản bụng cột bị mất ổn định cục bộ (các đặc trưng hình học khác của tiết diện vẫn giữ nguyên):

$$A = 2b_f t_f + 2C_1 t_w \quad (2.51)$$

Với:  $C_1$  - bề rộng của phần bản bụng cột tiếp giáp với bản cánh (hình 2.8):

$$C_1 = 0,85t_w \left[ \frac{h_w}{t_w} \right] \quad (2.52)$$

Nếu tỷ số  $h_w/t_w \geq 2,3\sqrt{E/f}$  thì cần gia cường cho bản bụng cột bằng các cặp sườn ngang (vách cứng) như hình 2.9. Kích thước của sườn ngang lấy như sau:

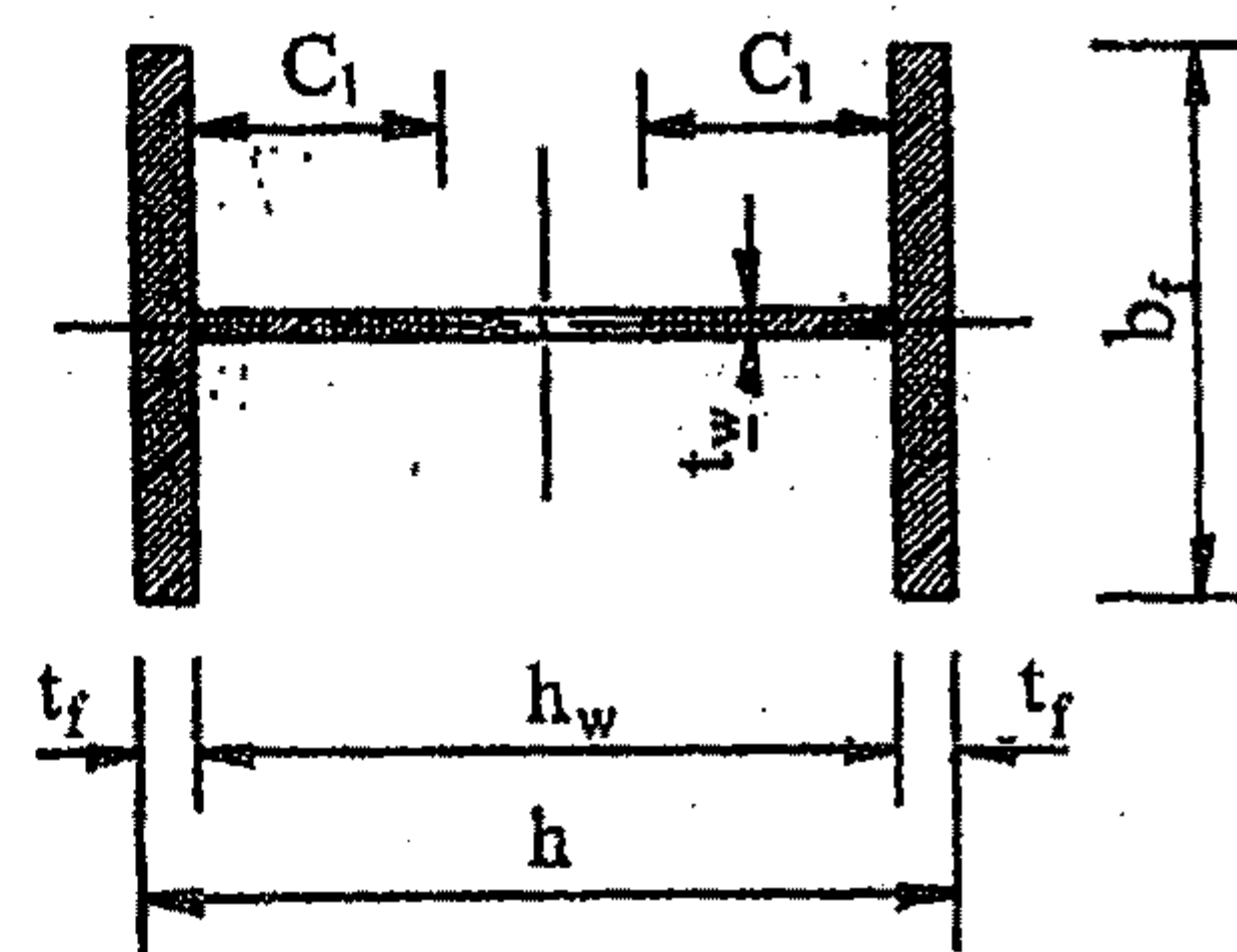
Bề rộng sườn:  $b_s \geq \frac{h_w}{30} + 40 \text{ mm};$

Bề dày sườn:  $t_s \geq 2b_s \sqrt{f/E};$

Khoảng cách sườn:  $a = (2,5 \div 3)h_w.$

**d) Kiểm tra chuyển vị ngang ở đỉnh cột**

Theo các điều 3.3.3 và 3.3.4 TCXDVN 338-2005 [1], chuyển vị ngang ở đỉnh cột khung nhà công nghiệp một

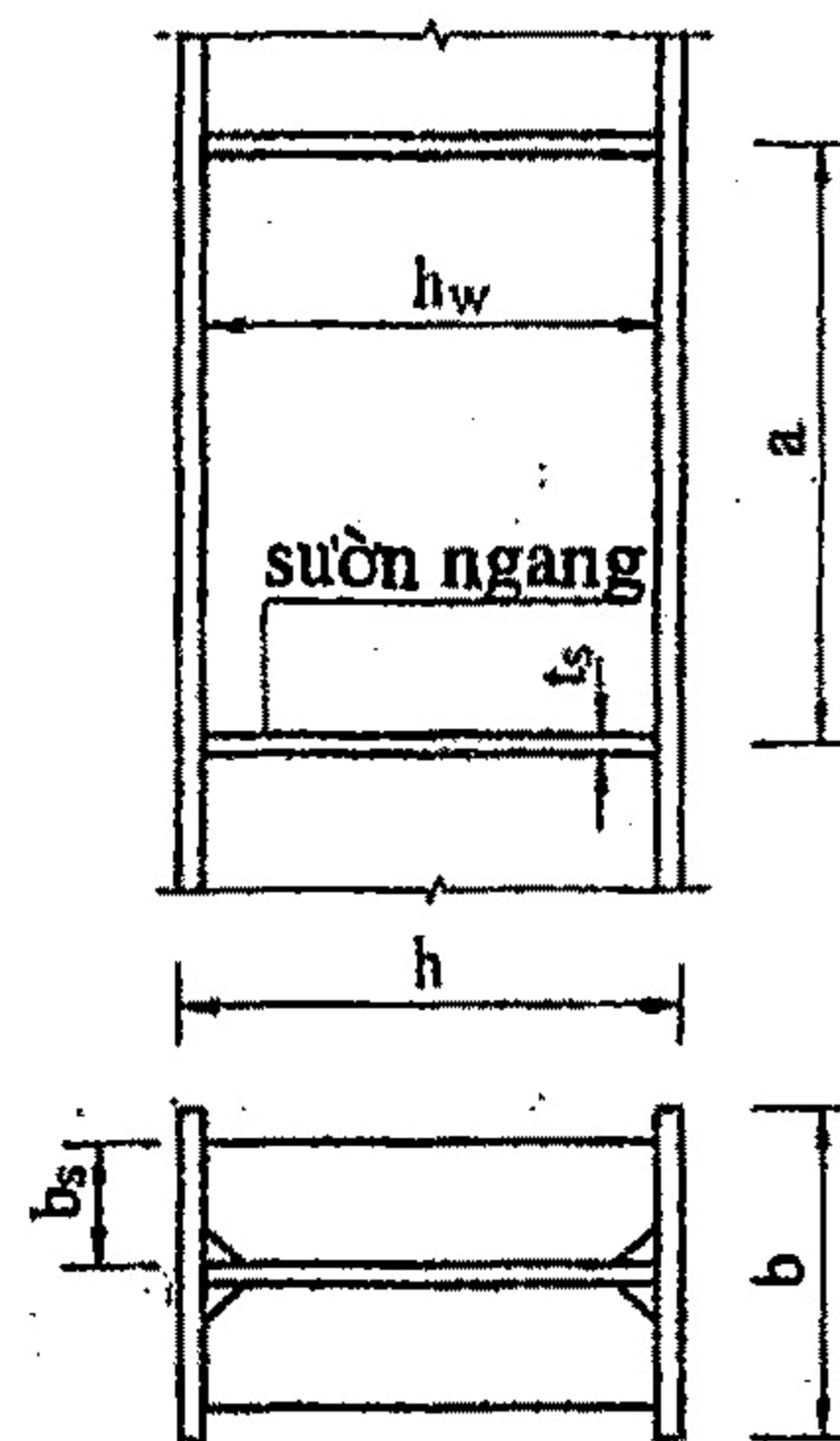


**Hình 2.8. Diện tích tiết diện cột khi bản bụng mất ổn định cục bộ**

tăng ( $\Delta_x$ ) gây ra bởi tải trọng gió tiêu chuẩn không được vượt quá:  $H/100$  - trong trường hợp nhà không có cầu trục, khi tường bao che bằng tấm tôn kim loại;  $H/300$  - trong trường hợp nhà có cầu trục chế độ làm việc nhẹ hoặc trung bình.

## 2.8. THIẾT KẾ XÀ NGANG

Từ bảng tổ hợp nội lực chọn các cặp nội lực nguy hiểm để tính toán. Thường chọn các cặp nội lực tại các tiết diện 2 đầu xà và tại chỗ thay đổi tiết diện.



Hình 2.9. Bố trí sườn ngang

### 2.8.1. Chọn tiết diện

Do tại mỗi tiết diện của xà ngang đều có mômen và lực dọc (thường là lực nén) cùng tác dụng nên tiết diện xà có thể chọn sơ bộ theo các điều kiện đối với cấu kiện chịu uốn (tương tự dầm tổ hợp hàn) và được kiểm tra lại theo điều kiện bền của cấu kiện chịu nén uốn.

Mômen chống uốn cần thiết của tiết diện có thể xác định theo công thức:

$$W_x^{yc} = \frac{M}{f_{yc}} \quad (2.53)$$

Chiều cao của tiết diện xác định từ điều kiện tối ưu về chi phí vật liệu:

$$h = k \sqrt{\frac{W_x^{yc}}{t_w}} \quad (2.54)$$

Với:  $k$  - hệ số cấu tạo, lấy bằng 1,15 - 1,2 với tiết diện tổ hợp hàn;

$t_w$  - bề dày bản bụng, chọn sơ bộ khoảng (0,6-1,2) cm.

Bề dày bản bụng xác định từ điều kiện chịu cắt:

$$t_w \geq \frac{3}{2} \frac{V}{h f_v \gamma_c} \geq 0,6 \text{ cm.} \quad (2.55)$$

Diện tích tiết diện cần thiết của bản cánh có thể xác định theo công thức:

$$A_f^{yc} = (b_f t_f)^{yc} \approx \left( W_x^{yc} \frac{h}{2} - \frac{t_w h_w^3}{12} \right) \frac{2}{h_f^2} \quad (2.56)$$

Theo các yêu cầu cấu tạo và ổn định cục bộ, kích thước tiết diện của bản cánh được chọn như sau:

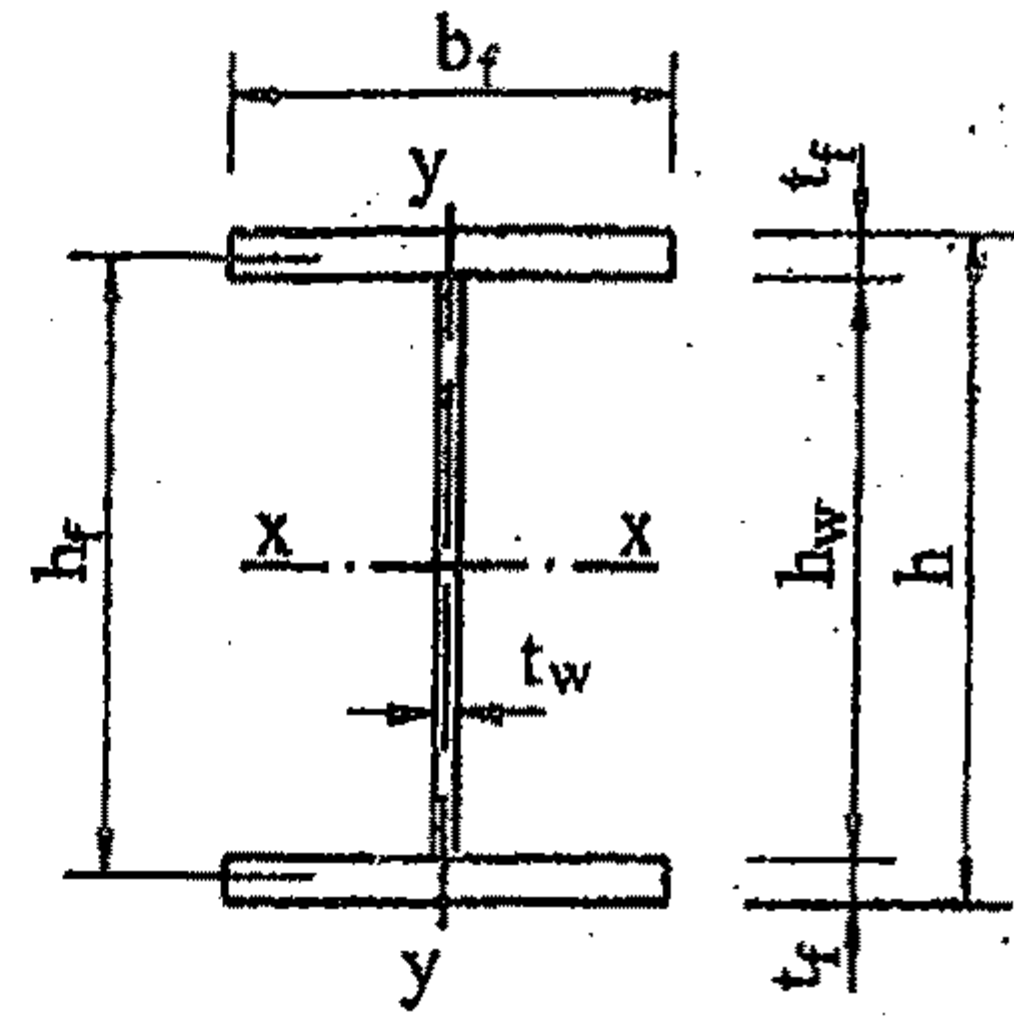
$$t_f = (1 + 2) \text{ cm;}$$

$$t_f \geq t_w;$$

$$b_f = (1/2 \div 1/5)h;$$

$$b_f \geq (1/10h; 18 \text{ cm});$$

$$\frac{b_f}{t_f} \leq \sqrt{\frac{E}{f}}.$$



Hình 2.10. Tiết diện xà ngang

### 2.8.2. Kiểm tra tiết diện

Do xà ngang trong kết cấu khung thép nhẹ có độ dốc nhỏ nên ảnh hưởng của lực dọc thường không đáng kể so với mômen (có độ lệch tâm quy đổi  $m_e > 20$ ) vì vậy tiết diện đã chọn được kiểm tra bền theo công thức (2.41).

Tại tiết diện đầu xà có mômen uốn và lực cắt cùng tác dụng nên cần kiểm tra ứng suất tương đương tại chỗ tiếp xúc giữa bản cánh và bản bụng:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq 1,15f_{yc}. \quad (2.57)$$

trong đó:  $\sigma_1 = \frac{M}{W_x} \frac{h_w}{h}$ ;  $\tau_1 = \frac{VS_f}{I_x t_w}$ ;

$S_f$  - mô men tĩnh của một cánh dầm đối với trục trung hoà x-x.

Do khoảng cách bố trí xà gồ ( $l_0$ ) không lớn nên tỷ số  $l_0/b_f$  không vượt quá trị số giới hạn xác định theo mục 5.2.2 TCXDVN 338-2005 [1] vì vậy điều kiện ổn định tổng thể của xà không cần kiểm tra. Các điều kiện ổn định cục bộ của bản cánh và bản bụng xà ngang được kiểm tra tương tự đối với dầm thép thông thường:

$$\frac{b_0}{t_f} \leq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{E}{f}}; \quad (2.58)$$

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{f}{E}} \leq 3,2. \quad (2.59)$$

ở trên:  $b_0$  - bề rộng tính toán của cánh nén,  $b_0 = 0,5(b_f - t_w)$ ;

$\bar{\lambda}_w$  - độ mảnh quy ước của bản bụng.

Trường hợp (2.58) không thoả mãn cần điều chỉnh lại tiết diện bản cánh. Nếu (2.59) không thoả mãn cần tăng cường bản bụng bằng các sườn cứng tương tự như với cột. Ngoài ra, nếu  $\bar{\lambda}_w > 2,5$  cần kiểm tra các ô bụng theo quy định ở điều 5.6.1 TCXDVN 338-2005 [1].

## 2.9. THIẾT KẾ CÁC CHI TIẾT

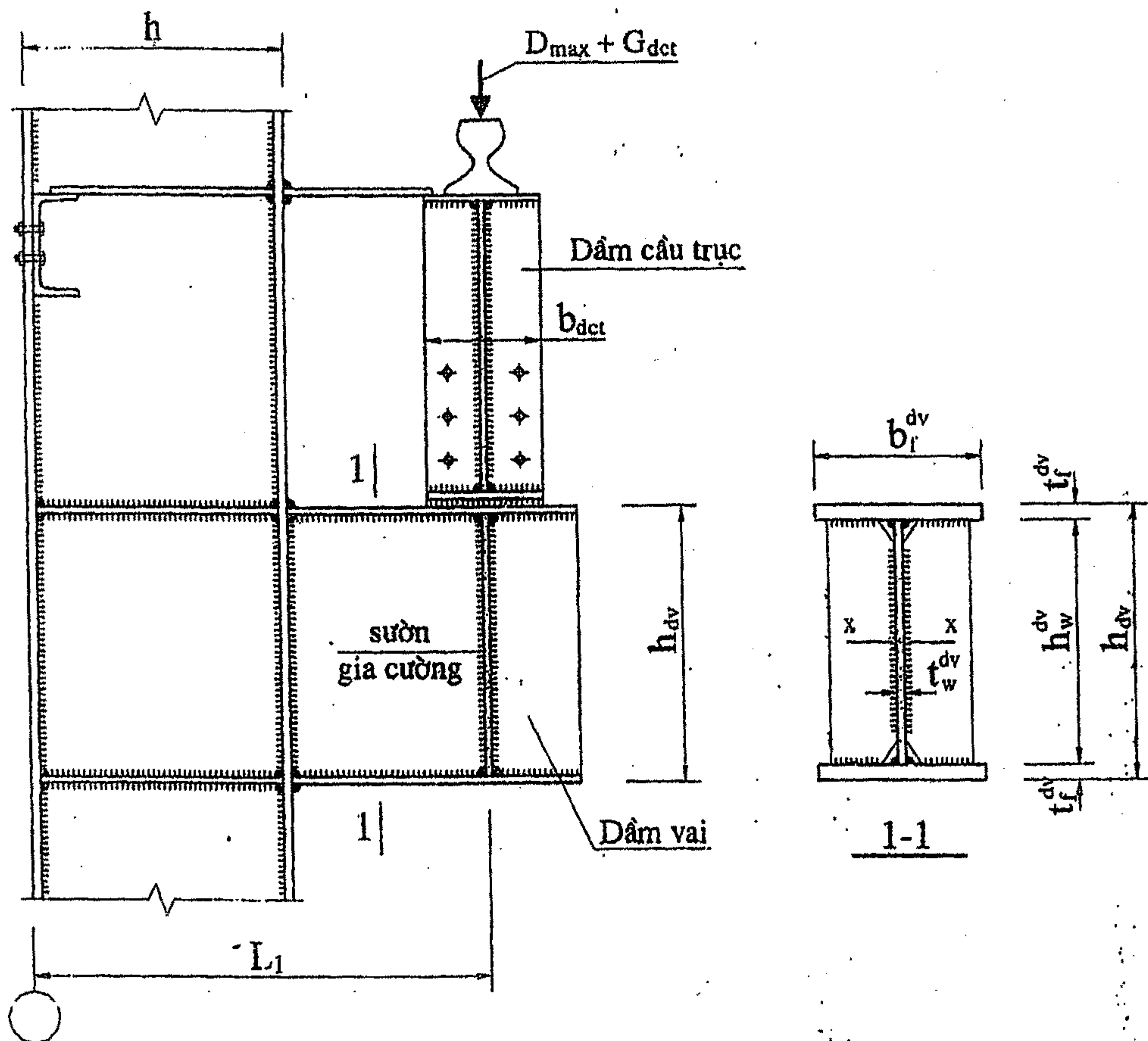
### 2.9.1. Vai cột

Vai cột làm nhiệm vụ đỡ dầm cầu trục và truyền tải trọng cầu trục vào cột. Trong khung thép nhẹ, vai cột (dầm vai) thường có tiết diện đối xứng chữ I tổ hợp hàn (hình 2.11). Sơ đồ tính là dầm công-xon, có nhịp bằng khoảng cách từ trọng tâm dầm cầu trục đến mép ngoài của bản cánh cột khung, chịu tải trọng tập trung do áp lực đứng và trọng lượng bản thân dầm cầu trục truyền vào (hình 2.12). Nội lực trong dầm vai tại chỗ ngàm với bản cánh cột có thể xác định theo các công thức trong sức bền vật liệu:

$$M = (D_{\max} + G_{\text{dct}})(L_1 - h); \quad (2.60)$$

$$V = D_{\max} + G_{\text{dct}}. \quad (2.61)$$

Chiều cao của bản bụng dầm vai ( $h_w^{dv}$ ) có thể chọn từ điều kiện chịu lực của hai đường hàn liên kết bản bụng dầm vai với bản cánh cột. Bề dày bản cánh dầm vai có thể chọn sơ bộ khoảng (1-2) cm, còn bề rộng chọn phụ thuộc vào bề rộng của bản cánh cột.



Hình 2.11. Cấu tạo vai cột

Bề dày bản bụng dầm vai có thể xác định từ điều kiện chịu ép cục bộ do phản lực dầm cầu trực truyền vào:

$$\frac{D_{\max} + G_{\text{dct}}}{(b_{\text{dct}} + 2t_f^{\text{dv}})t_w^{\text{dv}}} \leq f\gamma_c \quad (2.62)$$

Rút ra:

$$t_w^{\text{dv}} \geq \frac{D_{\max} + G_{\text{dct}}}{(b_{\text{dct}} + 2t_f^{\text{dv}})f\gamma_c} \quad (2.63)$$

trong đó:

$t_w^{\text{dv}}$  - bề dày bản bụng dầm vai;

$b_{\text{dct}}$  - bề rộng sườn gối dầm cầu trực, lấy theo phân thiết kế dầm cầu trực hoặc chọn sơ bộ khoảng (20-30) cm;

$t_f^{\text{dv}}$  - bề dày bản cánh dầm vai, chọn sơ bộ khoảng (1-2) cm;

Tiết diện dầm vai đã chọn cần được kiểm tra theo các điều kiện bền uốn, cắt và ứng suất tương đương tại chỗ ngàm với bản cánh cột:

$$\sigma = \frac{M}{W_x^{\text{dv}}} \leq f\gamma_c \quad (2.64)$$

$$t_w^{\text{dv}} \geq \frac{3}{2} \frac{V}{h_w^{\text{dv}} f_v \gamma_c} \quad (2.65)$$

$$\sigma_{\text{td}} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq 1,15f\gamma_c \quad (2.66)$$

ở trên:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_x^{\text{dv}}} \frac{h_w^{\text{dv}}}{h_{\text{dv}}};$$

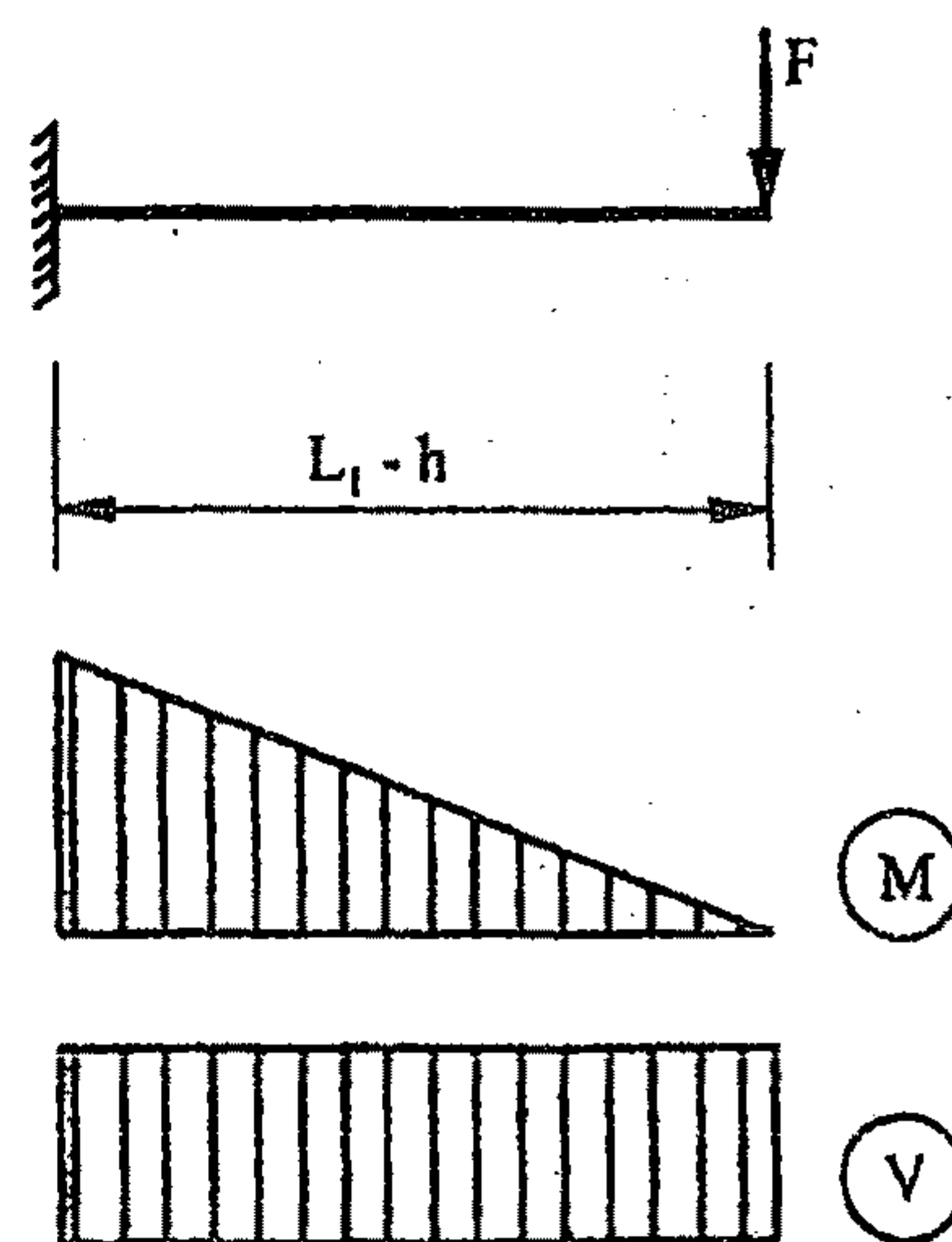
$$\tau_1 = \frac{VS_f^{\text{dv}}}{I_x^{\text{dv}} t_w};$$

$W_x^{\text{dv}}, I_x^{\text{dv}}$  - mômen chống uốn và mômen quán tính của tiết diện dầm vai;

$h_w^{\text{dv}}$  - chiều cao bản bụng dầm vai;

$S_f^{\text{dv}}$  - mômen tĩnh của bản cánh dầm vai đối với trục trung hoà.

Ngoài ra, cần kiểm tra các điều kiện ổn định cục bộ của bản cánh và bản bụng dầm vai, tương tự như với dầm thép thông thường.



Hình 2.12. Sơ đồ tính dầm vai



Chiều cao của các đường hàn góc liên kết dầm vai vào cột được chọn sơ bộ dựa vào quan niệm coi lực cắt do các đường hàn liên kết ở bản bụng chịu, còn mô men do các đường hàn liên kết ở bản cánh chịu. Các đường hàn này được kiểm tra theo điều kiện:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\left(\frac{M}{W_w}\right)^2 + \left(\frac{V}{A_w}\right)^2} \leq (\beta f_w)_{\min} \gamma_c \quad (2.67)$$

trong đó:  $A_w, W_w$  - diện tích tiết diện và mô men chống uốn của các đường hàn liên kết dầm vai vào bản cánh cột.

## 2.9.2. Chân cột

### a) Trường hợp chân cột liên kết khớp với móng

Diện tích cần thiết của bản đế xác định từ điều kiện chịu ép cục bộ của bê tông móng:

$$A_{bd}^{yc} = (B_{bd} L_{bd})^{yc} \geq \frac{N}{\psi R_{b,loc}} \quad (2.68)$$

trong đó:

$N$  - lực nén tính toán ở chân cột;

$\psi$  - hệ số lấy bằng 1 khi ứng suất trong bê tông móng là phân bố đều, bằng 0,75 khi ứng suất trong bê tông móng phân bố không đều;

$R_{b,loc}$  - cường độ tính toán chịu nén cục bộ của bê tông móng,

$$R_{b,loc} = \alpha \varphi_b R_b;$$

$\alpha$  - hệ số lấy bằng 1 khi mác bê tông móng không quá B25;

$\varphi_b$  - hệ số tăng cường độ của bê tông khi nén cục bộ,

$$\varphi_b = \sqrt[3]{\frac{A_m}{A_{bd}}} \leq 1,5 \text{ (thường chọn sơ bộ khoảng 1,1-1,2);}$$

$A_m$  - diện tích mặt móng;

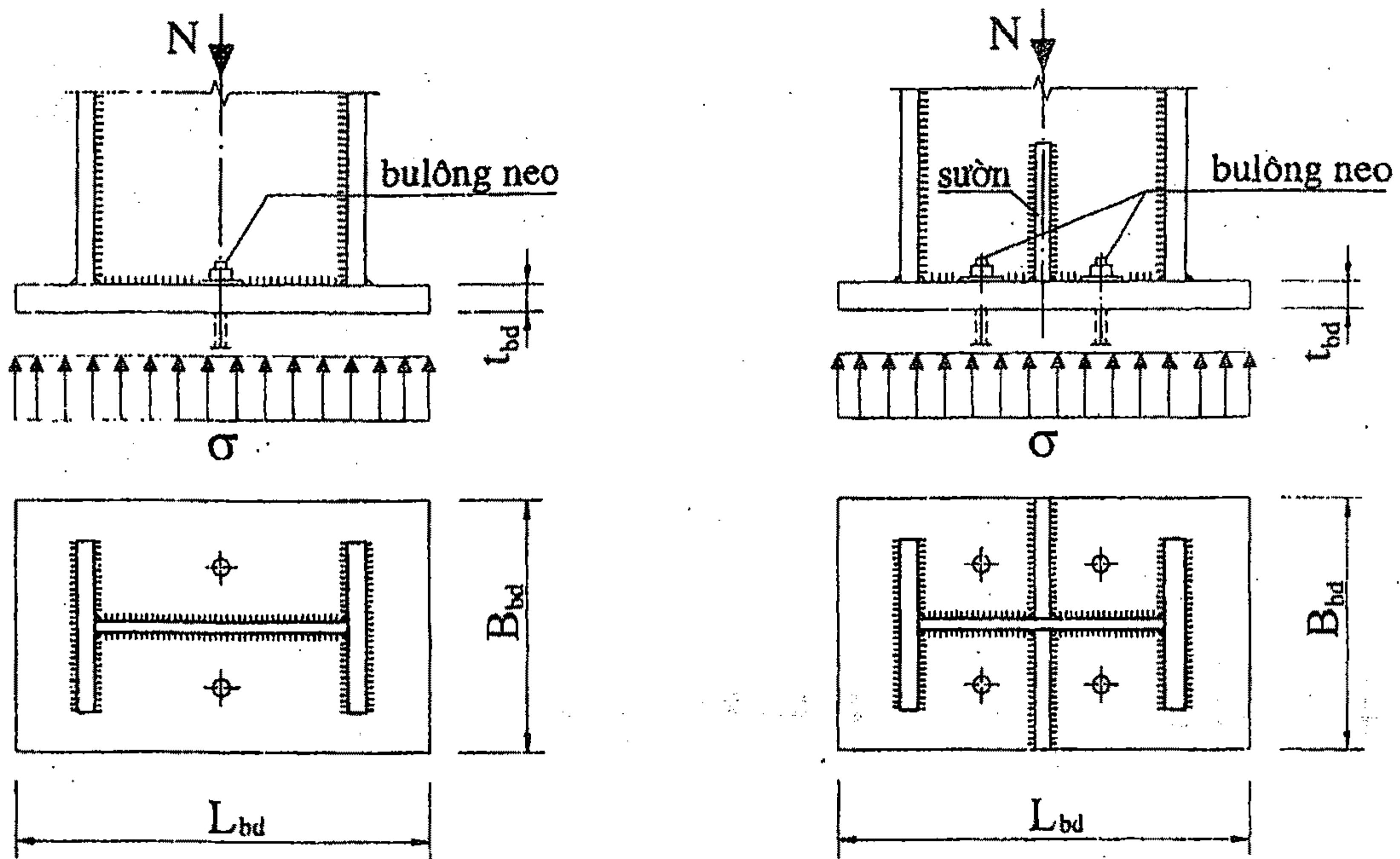
$A_{bd}$  - diện tích bề mặt của bản đế;

$R_b$  - cường độ nén tính toán của bê tông móng.

Từ điều kiện (2.68) chọn được bề rộng  $B_{bd}$  và chiều dài  $L_{bd}$  của bản đế chân cột, sao cho thoả mãn điều kiện:

$$\sigma = \frac{N}{B_{bd} L_{bd}} \leq \psi R_{b,loc} \quad (2.69)$$

Với:  $\sigma$  - ứng suất phản lực trong bê tông móng dưới bản đế chân cột.



a) Trường hợp không có sườn gia cường

b) Trường hợp có sườn gia cường

Hình 2.13. Cấu tạo chân cột liên kết khớp với móng

Bề dày của bản để xác định từ điều kiện bền uốn của bản để chịu ứng suất phản lực của bê tông móng, coi là phân bố đều (xem phân tích toán chân cột liên kết ngàm dưới đây). Bề dày của bản để chọn không nhỏ hơn 12 mm. Trường hợp bề dày bản để quá lớn cần cấu tạo thêm sườn để (hình 2.13b). Bu lông neo chọn theo cấu tạo, đường kính (20-24) mm. Số lượng bu lông thường chọn 2 hoặc 4 cái, tùy thuộc vào kích thước chân cột.

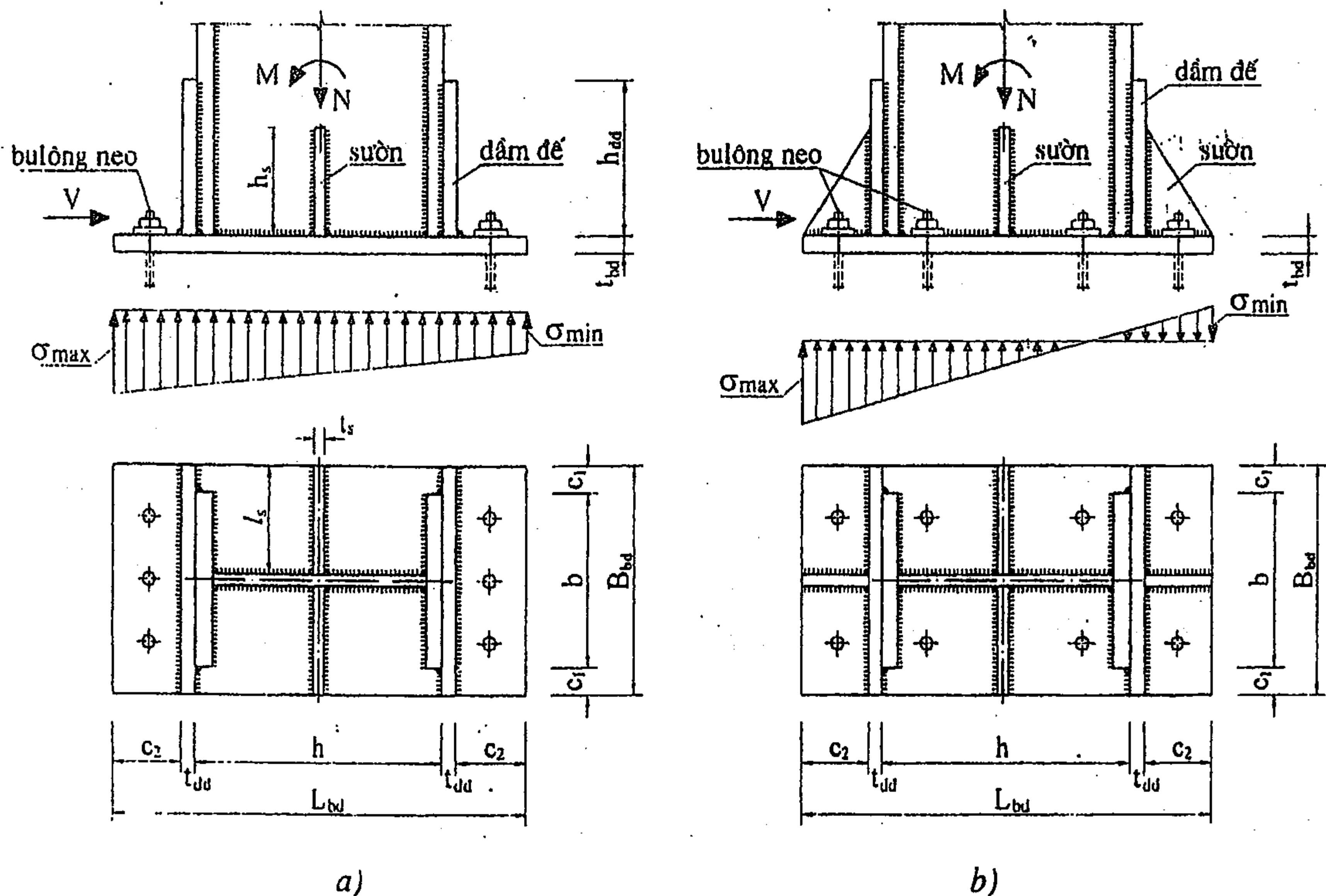
#### b) Trường hợp chân cột liên kết ngàm với móng

Cấu tạo của chân cột liên kết ngàm với móng trong khung thép nhẹ thường bao gồm bản đế, dầm đế và có thể có thêm các sườn. Các dầm đế và sườn có tác dụng phân phối đều nội lực chân cột xuống bản đế, đồng thời giảm được kích thước của các ô bản đế từ đó giảm bề dày của bản đế. Hình 2.14 dưới đây thể hiện hai phương án cấu tạo chân cột tùy thuộc vào độ lệch tâm  $e = M/N$ . Hình 2.14a áp dụng cho trường hợp  $e \leq L_{bd}/6$  (không có vùng chịu kéo trong bê tông móng). Hình 2.14b áp dụng cho trường hợp  $e \geq L_{bd}/6$  (có vùng chịu kéo trong bê tông móng).

Bề rộng và chiều dài của bản đế được chọn trước theo cấu tạo chân cột:

$$B_{bd} = b + 2c_1; L_{bd} = h + 2t_{dd} + 2c_2.$$

Chiều dài bản đế thường không nên chọn vượt quá 30cm so với chiều cao tiết diện cột để kích thước cổ móng không quá lớn. Các kích thước  $c_1, c_2, t_{dd}$  có thể chọn sơ bộ như sau:  $c_1 = (5-10)$  cm;  $c_2 = (10-15)$  cm;  $t_{dd} = (0,8-1,2)$  cm.



Hình 2.14. Cấu tạo chân cột liên kết ngàm với móng

Sau khi chọn được  $B_{bd}$  và  $L_{bd}$ , cần kiểm tra lại điều kiện ép cục bộ của bê tông móng:

$$\sigma_{\max}^{\min} = \frac{N}{B_{bd}L_{bd}} \pm \frac{6M}{B_{bd}L_{bd}^2} \leq \psi R_{b,loc} \quad (2.70)$$

Bề dày của bản đế chân cột được xác định từ điều kiện chịu uốn của bản đế dưới tác dụng của ứng suất phản lực trong bê tông móng (lưu ý là ứng suất phản lực trong các ô bản đế phân bố không đều vì vậy để thiên về an toàn lấy giá trị ứng suất lớn nhất trong ô đang xét):

$$t_{bd} = \sqrt{\frac{6M_{\max}}{f_{yc}}} \quad (2.71)$$

trong đó:  $M_{\max}$  - giá trị lớn nhất của mômen uốn trong các ô bản đế:

$$M_i = \alpha_b \sigma_i d_i^2 \quad (2.72)$$

$M_i$  - trị số của mômen uốn trong ô bản đế thứ  $i$ ;

$d_i$  - nhịp tính toán của ô bản đế thứ  $i$ ;

$\sigma_i$  - ứng suất phản lực của bê tông móng trong ô bản đế thứ  $i$ , xác định theo (2.69) hoặc (2.70).

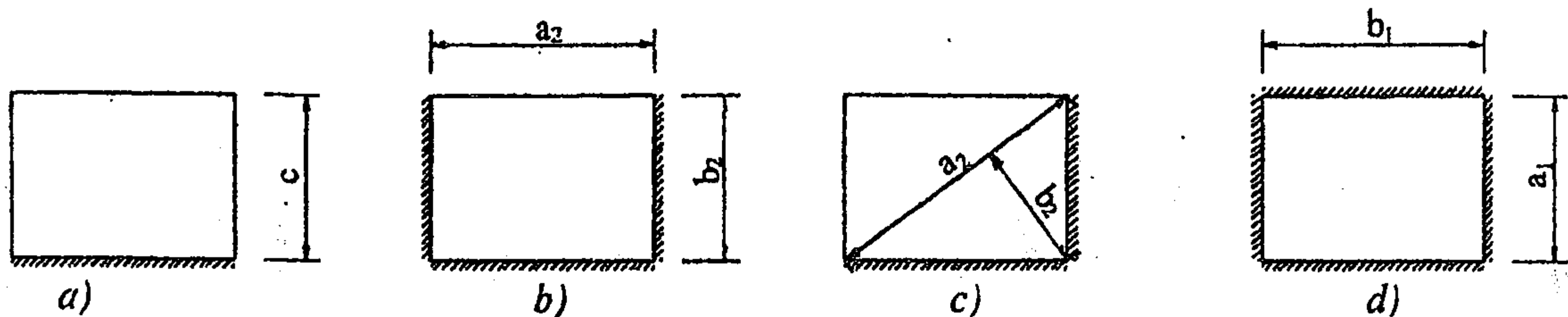
$\alpha_b$  - hệ số tra bảng, phụ thuộc vào loại ô bản và tỷ số các cạnh của chúng (bảng 2.3, 2.4),

Với ô bản công xôn (hình 2.15a):  $d = c$ ;  $\alpha_b = 0,5$ ;

Với ô bản kê 3 cạnh (hình 2.15b):  $d = a_2$ ;  $\alpha_b$  tra bảng 2.4 theo tỷ số  $b_2/a_2$  ( $a_2$  là chiều dài biên tự do;  $b_2$  là cạnh vuông góc với biên tự do);

Với ô bản kê 2 cạnh: Lấy như ô bản kê 3 cạnh với các kích thước như hình 2.15c;

Với ô bản kê 4 cạnh (hình 2.15d):  $d = a_1$ ;  $\alpha_b$  tra bảng 2.3 theo tỷ số  $b_1/a_1$  ( $a_1$  là cạnh ngắn của ô bản).



Hình 2.15. Các kích thước của ô bản để trong công thức (2.72)

Bảng 2.3. Hệ số  $\alpha_b$  với bản kê bốn cạnh

$b_1/a_1$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	> 2
$\alpha_b$	0,048	0,055	0,063	0,069	0,075	0,081	0,086	0,091	0,094	0,098	0,100	0,125

Bảng 2.4. Hệ số  $\alpha_b$  với bản kê ba cạnh hoặc hai cạnh liền kề

$b_2/a_2$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	2	> 2
$\alpha_b$	0,06	0,074	0,088	0,097	0,107	0,112	0,120	0,126	0,132	0,133

Trường hợp bề dày của bản để tính theo (2.71) quá lớn, cần giảm kích thước của ô bản để bằng cách bố trí thêm sườn ngăn, từ đó giảm được mô men uốn trong ô. Bề dày bản để thường chọn trong khoảng (1,2-3) cm và không lấy nhỏ hơn 1,2 cm.

Dầm để và các sườn, tùy thuộc vào cấu tạo chân cột, được tính toán như dầm đơn giản hoặc dầm công-xôn, chịu tải trọng là ứng suất phản lực trong bê tông móng với diện truyền tải tương ứng. Bề dày của thép tấm làm dầm hoặc sườn thường chọn trước theo cấu tạo khoảng (0,8-1,2) cm. Chiều cao của tiết diện dầm để hoặc sườn cần kiểm tra theo điều kiện chịu uốn và phải đủ chứa các đường hàn liên kết chúng với thân cột.

Bu lông neo được bắt chặt vào bản để chân cột. Số lượng bu lông tối thiểu là 4 cái. Vật liệu bu lông có thể là thép các bon hoặc thép hợp kim thấp. Bu lông neo được tính toán với cặp nội lực gây kéo lớn nhất cho chân cột. Trong vùng bê tông chịu nén dưới bản để, coi ứng suất phản lực trong bê tông móng ở mép biên của bản để đạt đến cường độ nén tính toán của bê tông móng. Từ phương trình cân bằng mô men đối với trọng tâm

vùng bê tông chịu nén (hình 2.16a) xác định được tổng lực kéo trong thân các bu lông neo ở một phía chân cột:

$$T_1 = \frac{M - Na}{y} \quad (2.73)$$

Với:  $T_1$  - tổng lực kéo trong thân các bu lông neo ở một phía chân cột;

$a, y$  - khoảng cách từ trọng tâm vùng bê tông chịu nén đến trọng tâm tiết diện cột và đến trục bu lông neo chịu kéo phía đối diện.

Ngoài quan niệm tính toán nêu trên, tại chân cột khung thép nhẹ thường tồn tại cặp nội lực gây kéo trong thân bu lông neo với lực dọc là lực kéo (hình 2.16b), do đó với cặp này cần xác định tổng lực kéo lớn nhất trong thân các bu lông neo ở một phía chân cột [10,11]:

$$T_2 = \frac{M}{L_b} + \frac{N}{2} \quad (2.74)$$

Với:  $L_b$  - khoảng cách giữa 2 dãy bu lông neo ở hai biên của bản đế.

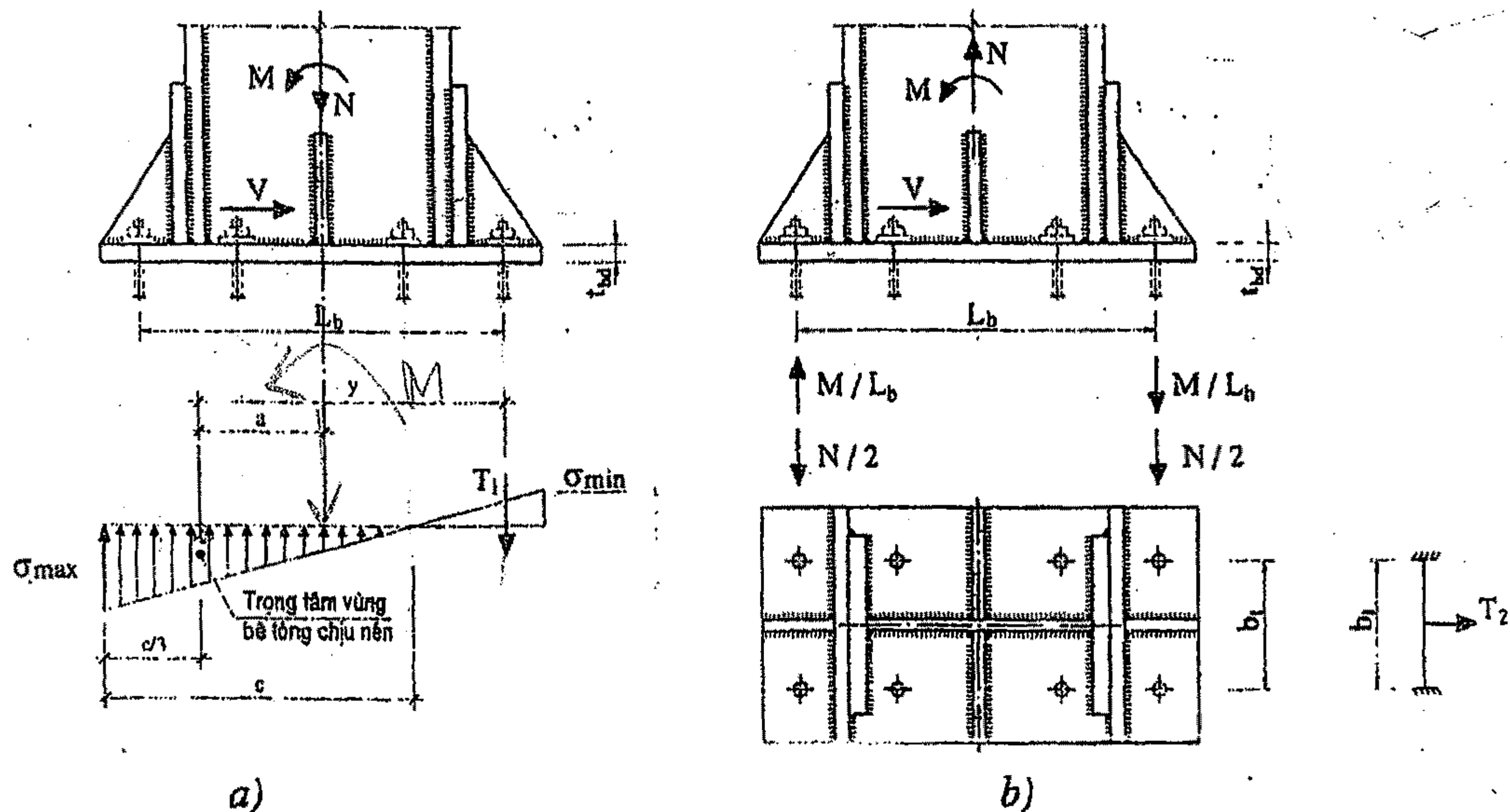
Diện tích tiết diện cần thiết của bu lông neo xác định từ điều kiện:

$$A_{ba}^{yc} = \frac{T_{max}}{n_1 f_{ba}} \quad (2.75)$$

Với:  $T_{max}$  - trị số lớn hơn trong 2 trị số  $T_1, T_2$  xác định theo (2.73) và (2.74);

$n_1$  - số bu lông neo ở một phía chân cột;

$f_{ba}$  - cường độ tính toán chịu kéo của thép bu lông neo (bảng I.10 phụ lục).



Hình 2.16. Tính toán bu lông neo

Các đường hàn liên kết tiết diện cột vào bản đế được tính toán dựa trên quan niệm coi mô men và lực dọc do các đường hàn ở bản cánh chịu, còn lực cắt do các đường hàn ở bản bụng chịu. Cặp nội lực để tính toán đường hàn thường chính là cặp đã dùng để tính toán các bu lông neo. Lực kéo trong bản cánh cột do mômen và lực dọc phân vào:

$$N_k = \frac{M}{h} \pm \frac{N}{2}. \quad (2.76)$$

Với:  $A, W_x$  - diện tích tiết diện và mômen chống uốn của tiết diện cột.

Chiều cao của đường hàn liên kết bản cánh và bản bụng cột với bản đế có thể xác định theo các công thức sau:

Ở bản cánh: 
$$h_f^{yc} = \frac{N_k}{\sum l_{1w} (\beta f_w)_{\min} \gamma_c}; \quad (2.77)$$

Ở bản bụng: 
$$h_f^{yc} = \frac{V}{\sum l_{2w} (\beta f_w)_{\min} \gamma_c}. \quad (2.78)$$

trong đó:

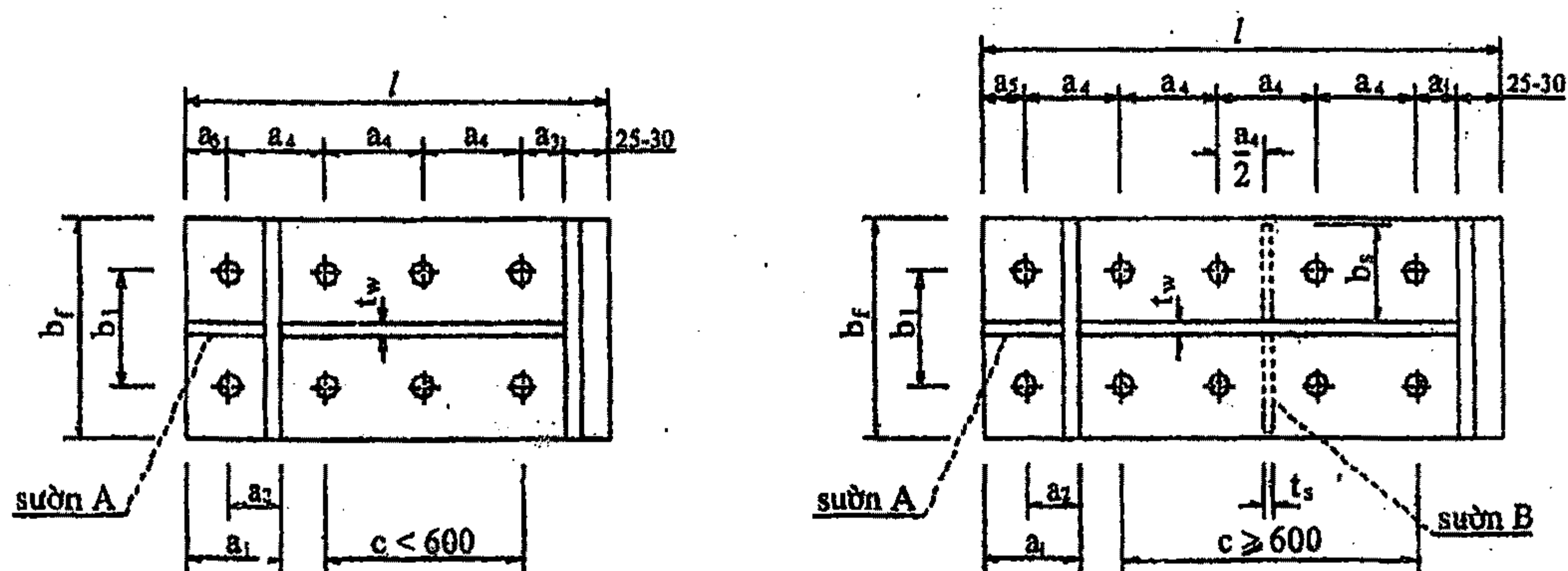
$\sum l_{1w}$  - tổng chiều dài tính toán của các đường hàn liên kết ở một bản cánh cột (kể cả đường hàn ở dầm đế và sườn nếu có) vào bản đế;

$\sum l_{2w}$  - tổng chiều dài tính toán của các đường hàn liên kết bản bụng cột với bản đế;

$V$  - trị số lớn nhất của lực cắt tại chân cột trong bảng tổ hợp nội lực.

### 2.9.3. Liên kết cột và xà ngang

Liên kết giữa cột và xà ngang thông qua mặt bích và các bu lông (thường dùng bu lông cường độ cao). Đường kính bu lông thường chọn  $d = (16 - 30)$  mm. Các bu lông có thể được bố trí thành 2 hoặc 4 hàng ở hai phía bản bụng cột, tùy thuộc vào kích thước của tiết diện xà và cột tại chỗ liên kết. Dưới đây giới thiệu kiểu bố trí bu lông theo 2 hàng là trường hợp thường gặp. Tùy theo khoảng cách giữa các dãy bu lông được bố trí trong phạm vi tiết diện có thể có hai kiểu bố trí (hình 2.17).



a) Không có sườn tăng cứng,  $c < 600$  mm

b) Có sườn tăng cứng (sườn B),  $c \geq 600$  mm

Hình 2.17. Bố trí bu lông trong liên kết xà với cột khung

Khoảng cách giữa các bu lông trong liên kết cần tuân thủ theo quy định của quy phạm [1] (bảng I.13 phụ lục). Có thể tham khảo các trị số trong bảng 2.5 [10].

**Bảng 2.5. Khoảng cách bố trí bu lông trong liên kết cột với xà ngang (tham khảo)**

Đường kính bu lông, mm	Khoảng cách bố trí bu lông, mm					
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$b_1$
$d \leq 24$	105	60	60	100	45	100
$d > 24$	135	80	60	120	55	120

Nếu khoảng cách giữa 2 dãy bu lông sát với 2 bản cánh phía trong tiết diện  $c \geq 600$  mm thì bố trí thêm sườn B gia cường (hình 2.17b).

*Trình tự tính toán liên kết được tiến hành như sau:*

a) Chọn cặp nội lực nguy hiểm (M, N, V) từ bảng tổ hợp nội lực, thường là cặp  $(M_{\min}^-, N_{tu})$ .

b) Chọn loại bu lông phù hợp và căn cứ vào cấu tạo bố trí trước số bu lông vào liên kết.

c) Xác định lực kéo tác dụng vào một bu lông ở dãy ngoài cùng do mô men và lực dọc phân vào (coi tâm quay trùng với dãy bu lông phía trong cùng):

$$N_{b \max} = \frac{Mh_1}{2\sum h_i^2} \pm \frac{N}{n} \quad (2.79)$$

trong đó:

$h_i$  - khoảng cách từ dãy bu lông thứ  $i$  trong liên kết đến tâm quay (hình 2.18b);

$h_1$  - khoảng cách giữa 2 dãy bu lông ngoài cùng;

2- số hàng bu lông.

d) Kiểm tra khả năng chịu lực của bu lông liên kết (ở dãy biên ngoài cùng):

Chịu mô men và lực dọc:

$$N_{b \max} \leq [N]_{tb} \gamma_c \quad (2.80)$$

Chịu lực cắt (coi lực cắt phân đều vào các bu lông):

$$\frac{V}{n} \leq [N]_b \gamma_c \quad (2.81)$$

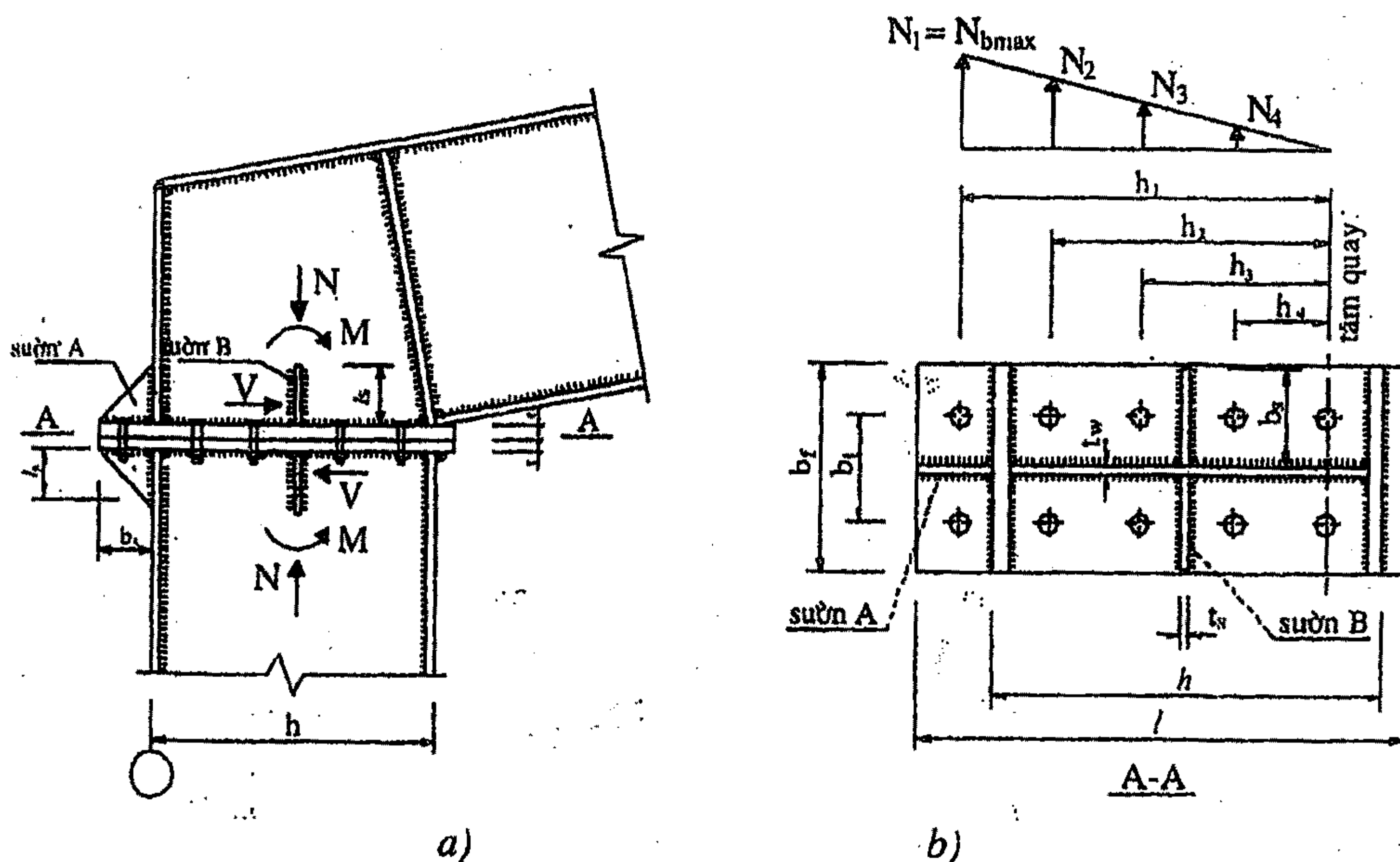
trong đó:

$[N]_{tb}, [N]_b$  - khả năng chịu kéo và khả năng chịu trượt của một bu lông cường độ cao;

V - lực cắt tại tiết diện liên kết, trong cùng tổ hợp với mô men và lực dọc ở trên;

n - số bu lông trong liên kết.

Nếu không thỏa mãn cần tăng đường kính bu lông hoặc tăng số lượng bu lông (nếu có thể) và kiểm tra lại các bước c và d.



Hình 2.18. Cấu tạo và tính toán liên kết cột với xà ngang

e) Bề dày bản mặt bích thường chọn trong khoảng (1,2 – 2,5) cm, xác định từ điều kiện cân bằng giới hạn khi chịu uốn [4,12], lấy trị số lớn hơn trong hai trị số sau:

$$t \approx 1,1 \sqrt{\frac{b_1 N_{bmax}}{(b + b_1) f}}; \quad (2.82)$$

và

$$t \approx 1,1 \sqrt{\frac{b_1 \sum N_i}{(b + h_1) f}}. \quad (2.83)$$

trong đó:

$N_i$  - lực kéo tác dụng lên một bu lông ở dãy thứ  $i$ :

$$N_i = N_{bmax} \frac{h_i}{h_1};$$

$b$  - bề rộng của mặt bích, thường lấy bằng bề rộng bản cánh cột.

f) Kiểm tra chiều dày bản bụng cột tại chỗ liên kết theo điều kiện chịu cắt:

$$t_w \geq \frac{3 V S_f}{2 I_x f_v \gamma_c}. \quad (2.84)$$

trong đó:

$S_f$  - mômen tĩnh của bản cánh cột đối với trục x-x của tiết diện;

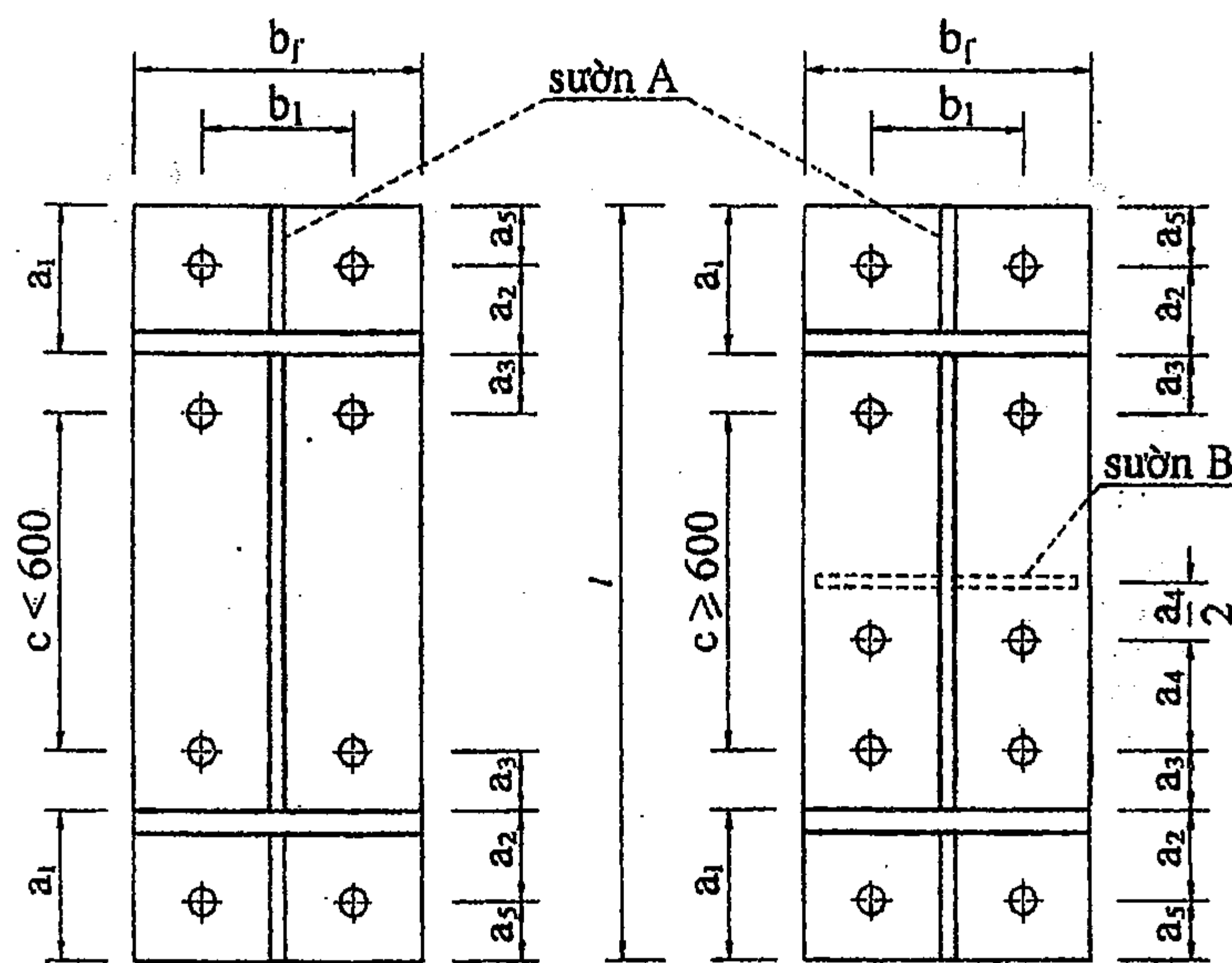
$I_x$  - mômen quán tính của tiết diện cột.



g) Chiều cao của các đường hàn liên kết tiết diện cột (xà ngang) với mặt bích được tính toán kiểm tra tương tự như đối với đường hàn liên kết tiết diện cột với bản đế, theo các công thức (2.77) và (2.78).

#### 2.9.4. Mối nối xà

Mối nối xà ngang thường là mối nối khuyếch đại tại công trường. Các đoạn xà ngang được liên kết với nhau bằng các bản mặt bích và bu lông cường độ cao, tương tự mối nối cột và xà ngang. Tùy theo khoảng cách giữa các dãy bu lông được bố trí trong phạm vi tiết diện có thể có hai kiểu bố trí (hình 2.19).



Hình 2.19. Bố trí bu lông trong mối nối xà ngang  
a) Không có sườn tăng cứng; b) có sườn tăng cứng

Khoảng cách giữa các bu lông trong liên kết cần tuân thủ quy định của quy phạm [1] (bảng I.13 phụ lục). Có thể tham khảo các trị số trong bảng 2.6 [10].

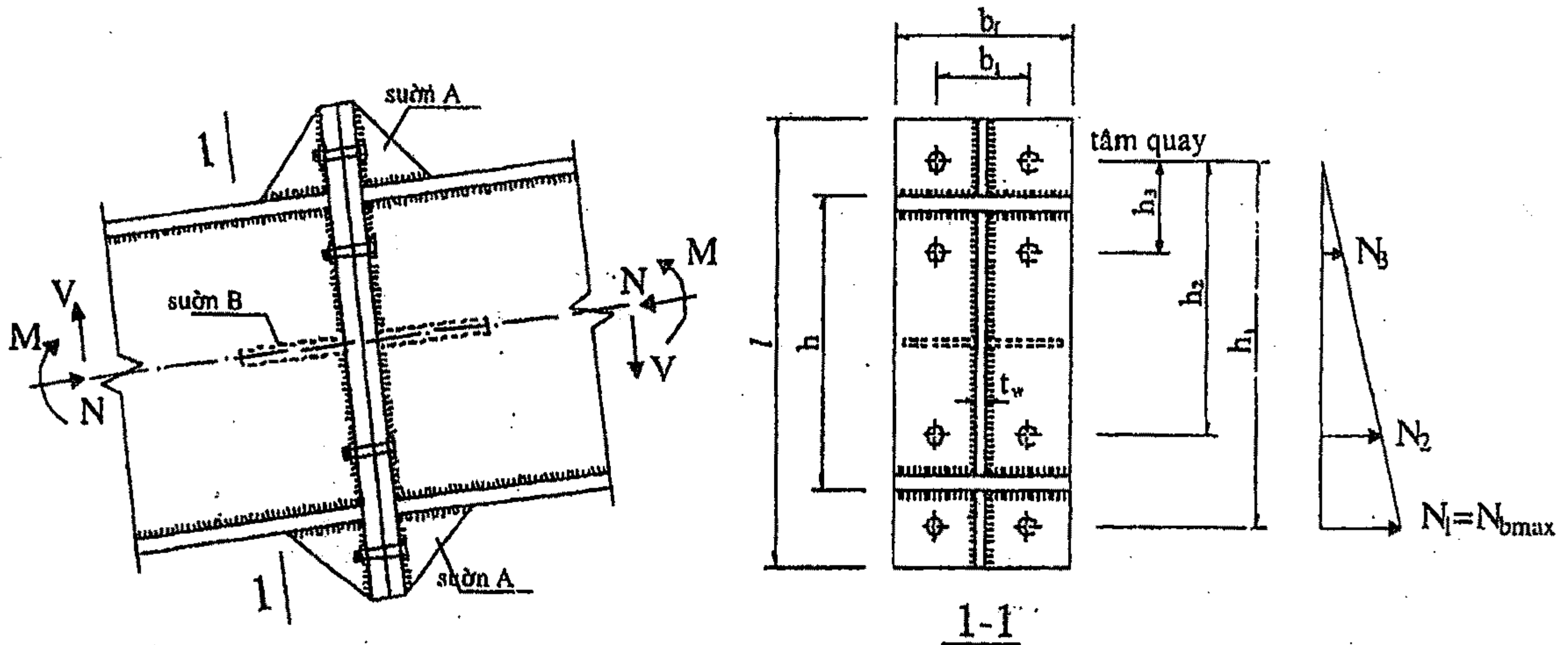
Bảng 2.6. Khoảng cách bố trí bu lông trong mối nối xà ngang (tham khảo)

Đường kính bu lông, mm	Khoảng cách bố trí bu lông, mm					
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$b_1$
$d \leq 24$	115	70	60	100	45	100
$d > 24$	135	80	60	120	55	120

Trình tự tính toán liên kết được tiến hành như sau:

a) Chọn cặp nội lực nguy hiểm (M, N, V) từ bảng tổ hợp nội lực, thường là cặp  $(M_{\max}^+, N_{tu})$ .

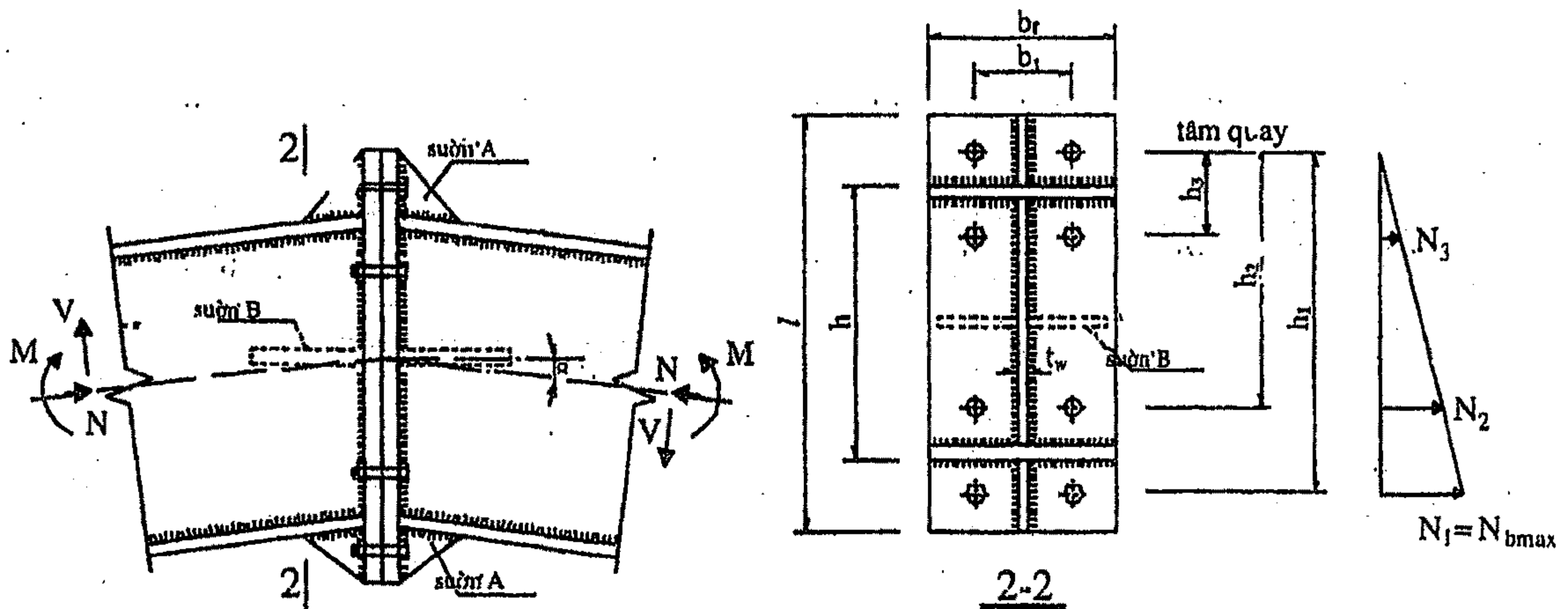
- b) Chọn loại bu lông phù hợp và căn cứ vào cấu tạo bố trí trước sơ bu lông vào liên kết.
- c) Xác định lực kéo tác dụng vào một bu lông (ở dây biên dưới cùng) do mô men và lực dọc phân vào theo công thức (2.79) (hình 2.20).
- d) Kiểm tra khả năng chịu lực của bu lông liên kết theo (2.80), (2.81).
- e) Xác định chiều dày bản mặt bích theo điều kiện (2.82), (2.83).
- f) Kiểm tra bề dày bản bụng xà ngang tại chỗ liên kết theo (2.84).
- g) Tính đường hàn liên kết tiết diện xà ngang với mặt bích theo (2.77), (2.78).



Hình 2.20. Cấu tạo mối nối xà

### 2.9.5. Mối nối đỉnh xà

Cấu tạo mối nối như hình 2.21.



Hình 2.21. Cấu tạo mối nối đỉnh xà

Trình tự tính toán tương tự như mục 2.9.4 ở trên. Cần lưu ý là do tại đỉnh xà ngang nội lực do mômen, lực dọc và lực cắt phân vào các bu lông không dọc thân nên cần quy

đổi thành các lực tác dụng dọc thân bu lông (thành phần hình chiếu lên phương ngang), vì vậy các công thức (2.80) và (2.81) sẽ có dạng sau:

$$N_{b\max} = \frac{Mh_i}{2\sum h_i^2} \pm \frac{N \cos \alpha}{n} \pm \frac{V \sin \alpha}{n} \leq [N]_{tb} \gamma_c; \quad (2.85)$$

$$\frac{V \cos \alpha \pm N \sin \alpha}{n} \leq [N]_b \gamma_c. \quad (2.86)$$

Với:  $\alpha$  là góc dốc của mái.

#### 2.9.6. Liên kết bản cánh với bản bụng cột và xà ngang

Đường hàn liên kết giữa bản cánh và bản bụng của cột (hoặc xà ngang) được tính toán chịu lực cắt lớn nhất trong các tiết diện của cột hay xà ngang. Chiều cao cần thiết của đường hàn này xác định theo công thức:

$$h_f^{yc} = \frac{V_{\max} S_f}{2I_x (\beta f_w)_{\min} \gamma_c}. \quad (2.87)$$

## Chương 3

# VÍ DỤ TÍNH TOÁN

### 3.1. SỐ LIỆU THIẾT KẾ

Thiết kế khung ngang chịu lực của nhà công nghiệp một tầng, một nhịp với các số liệu cho trước như sau:

- Nhịp khung ngang:  $L = 24\text{m}$
- Bước khung:  $B = 6\text{m}$
- Sức nâng cầu trục:  $Q = 10\text{ T}$  (nhà có 2 cầu trục hoạt động, chế độ làm việc trung bình)
- Cao trình đỉnh ray:  $+7.000\text{ m}$
- Độ dốc của mái:  $i = 10\%$
- Chiều dài nhà:  $90\text{ m}$
- Phân vùng gió: II-B (địa điểm xây dựng: thành phố Hà Nội)

Vật liệu thép mác CCT34s có cường độ:

$$f = 21\text{ kN/cm}^2$$

$$f_y = 12\text{ kN/cm}^2$$

$$f_c = 32\text{ kN/cm}^2$$

Hàn tay, dùng que hàn N42.

### 3.2. XÁC ĐỊNH CÁC KÍCH THƯỚC CHÍNH CỦA KHUNG NGANG

#### 3.2.1. Theo phương đứng

Chiều cao từ mặt ray cầu trục đến đáy xà ngang:

$$H_2 = H_K + b_K = 0,96 + 0,3 = 1,26\text{ (m)}.$$

Với:  $H_K = 0,96\text{ m}$  - tra catalo cầu trục (bảng II.3 phụ lục);

$b_K = 0,3\text{ m}$  - khe hở an toàn giữa cầu trục và xà ngang.

→ Chọn  $H_2 = 1,3\text{ m}$ .

Chiều cao của cột khung, tính từ mặt móng đến đáy xà ngang:

$$H = H_1 + H_2 + H_3 = 7 + 1,3 + 0 = 8,3 \text{ (m)}.$$

trong đó:  $H_1$  - cao trình đỉnh ray,  $H_1 = 7 \text{ m}$ ;

$H_3$  - phần cột chôn dưới nền, coi mặt móng ở cốt  $\pm 0.000$  ( $H_3 = 0$ ).

Chiều cao của phần cột tính từ vai cột đỡ dầm cầu trục đến đáy xà ngang:

$$H_t = H_2 + H_{\text{dct}} + H_r = 1,3 + 0,5 + 0,2 = 2 \text{ (m)}.$$

Chiều cao của phần cột tính từ mặt móng đến mặt trên của vai cột:

$$H_d = H - H_t = 8,3 - 2 = 6,3 \text{ (m)}.$$

### 3.2.2. Theo phương ngang

Coi trục định vị trùng với mép ngoài của cột ( $a = 0$ ). Khoảng cách từ trục định vị đến trục ray cầu trục:

$$L_1 = \frac{L - L_K}{2} = \frac{24 - 22,5}{2} = 0,75 \text{ (m)}.$$

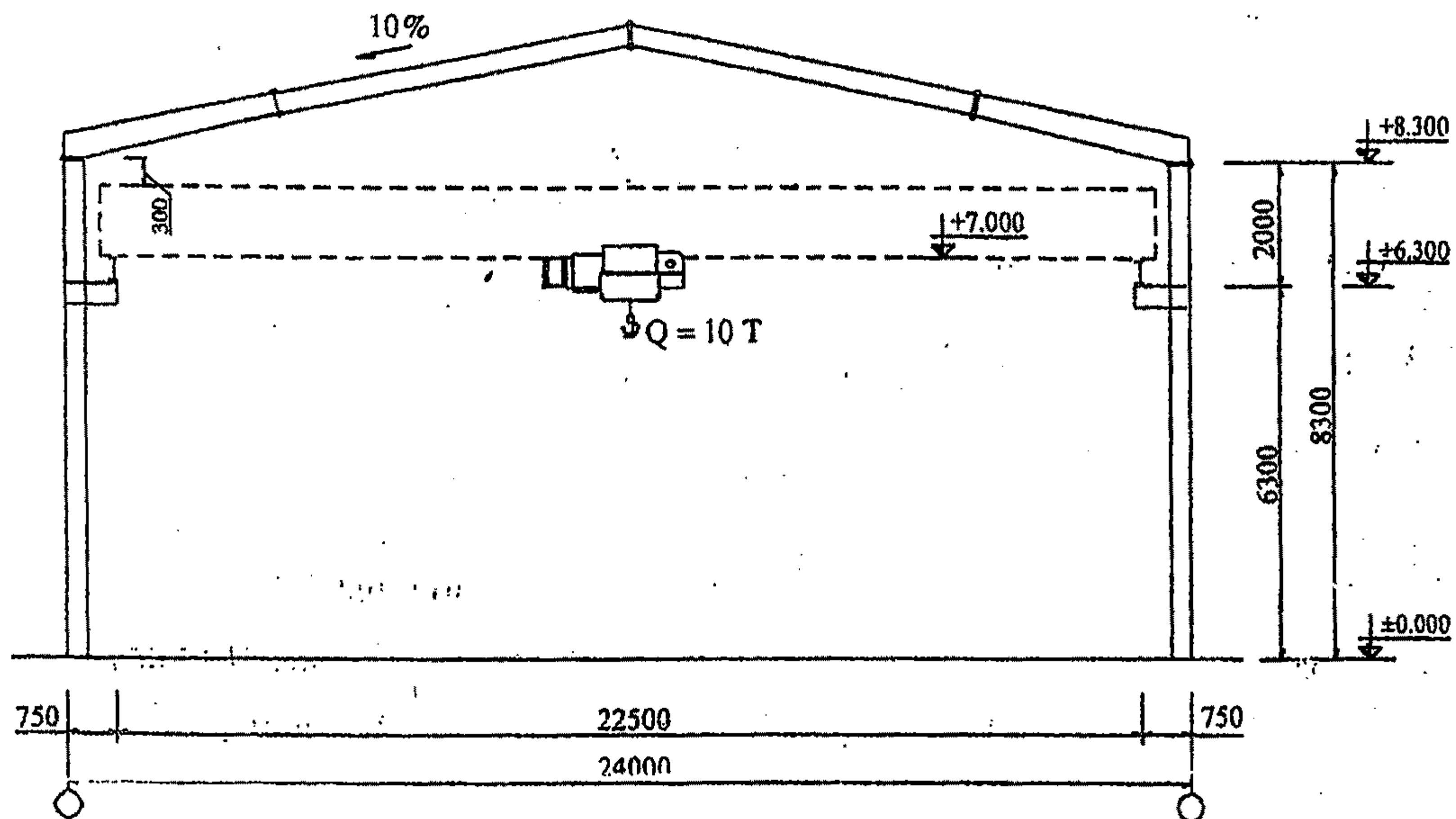
Chiều cao tiết diện cột chọn theo yêu cầu độ cứng:

$$h = \left( \frac{1}{15} \div \frac{1}{20} \right) H = \left( \frac{1}{15} \div \frac{1}{20} \right) 8,3 = (0,55 \div 0,415) \text{ m}.$$

→ Chọn  $h = 40 \text{ cm}$ .

Kiểm tra khe hở giữa cầu trục và cột khung:

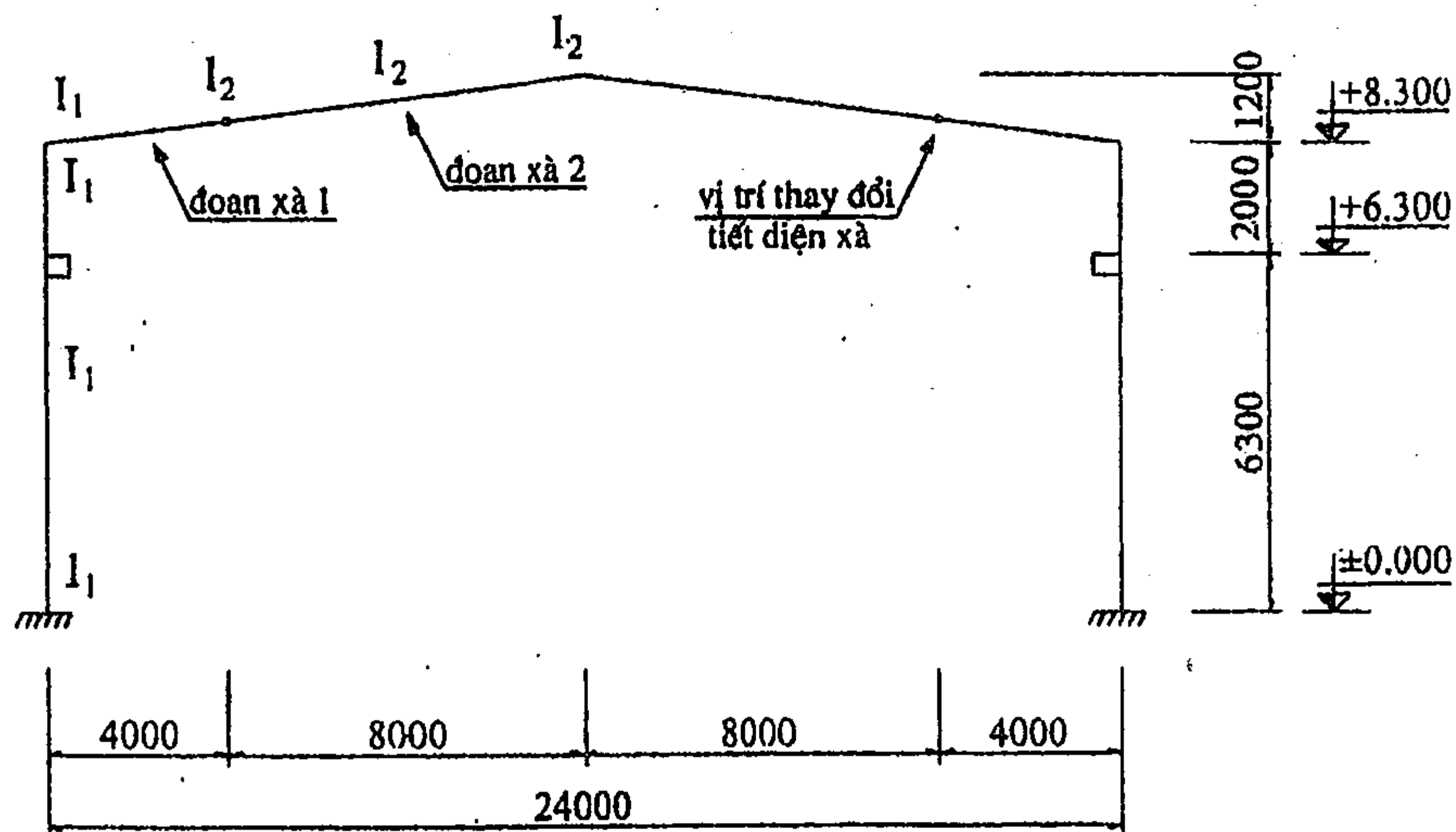
$$z = L_1 - h = 0,75 - 0,40 = 0,35 \text{ (m)} > z_{\text{min}} = 0,18 \text{ m}.$$



Hình 3.1. Các kích thước chính của khung ngang

### 3.2.3. Sơ đồ tính khung ngang

Do sức nâng cầu trục không lớn nên chọn phương án cột tiết diện không đổi, với độ cứng là  $I_1$ . Vì nhịp khung là 24 m nên chọn phương án xà ngang có tiết diện thay đổi hình nêm, dự kiến vị trí thay đổi tiết diện cách đầu xà 4 m. Với đoạn xà dài 4 m, độ cứng ở đầu và cuối xà là  $I_1$  và  $I_2$  tương ứng (giả thiết độ cứng của xà và cột tại chỗ liên kết xà-cột như nhau). Với đoạn xà dài 8 m, độ cứng ở đầu và cuối xà giả thiết bằng  $I_2$  (tiết diện không đổi). Giả thiết sơ bộ tỷ số độ cứng  $I_1 / I_2 = 2,818$  (tức là tiết diện của các cấu kiện xà và cột được khai báo trong phần mềm SAP2000 chính là các tiết diện được chọn ở phần ví dụ tính toán). Do nhà có cầu trục nên chọn kiểu liên kết giữa cột khung với móng là ngàm tại mặt móng (cột  $\pm 0.000$ ). Liên kết giữa cột với xà ngang và liên kết tại đỉnh xà ngang là cứng. Trục cột khung lấy trùng với trục định vị để đơn giản hoá tính toán và thiên về an toàn. Sơ đồ tính khung ngang như hình 3.2.



Hình 3.2. Sơ đồ tính khung ngang

## 3.3. TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN KHUNG NGANG

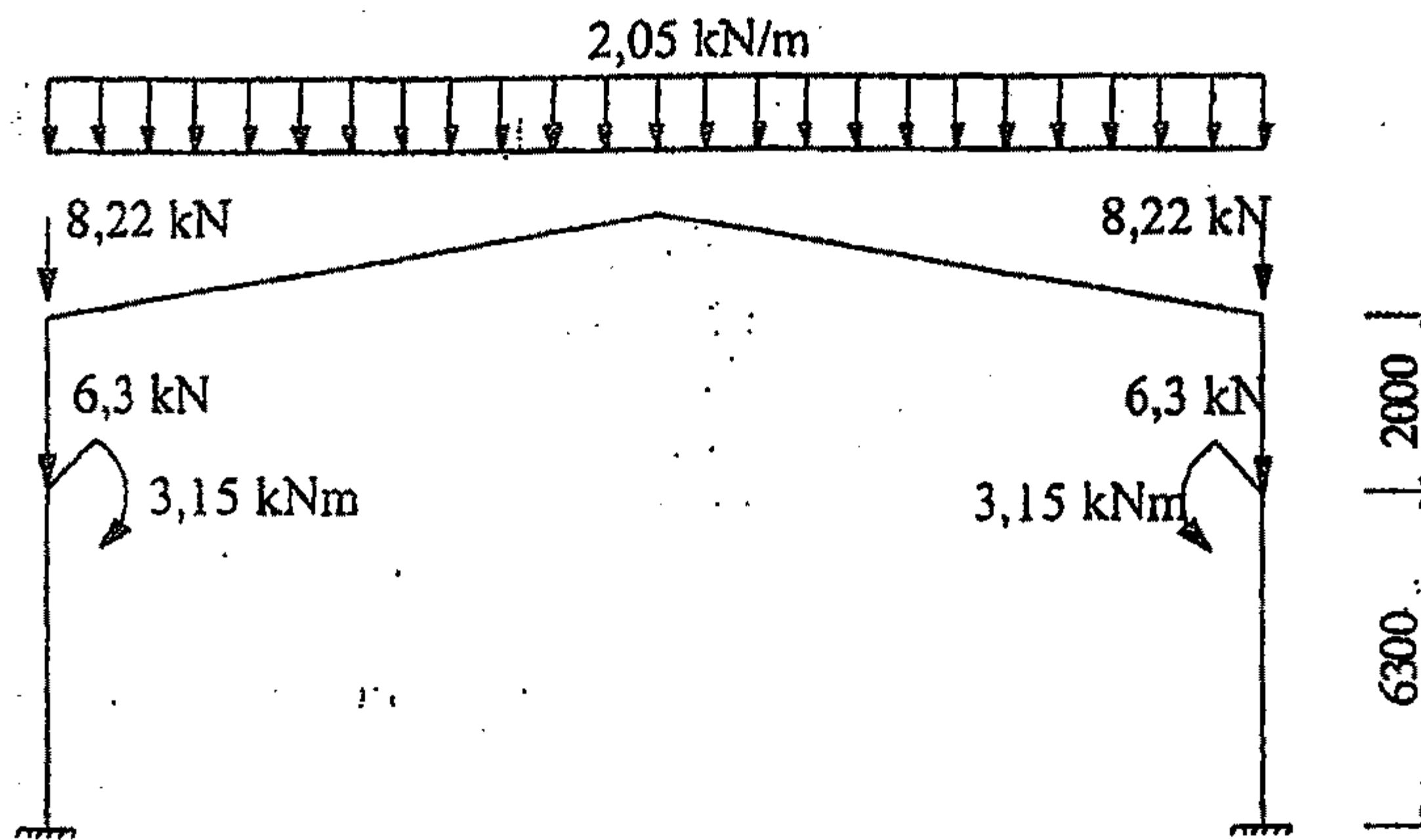
### 3.3.1. Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải)

Độ dốc mái  $i = 10\% \rightarrow \alpha = 5,71^\circ$  ( $\sin \alpha = 0,099$ ;  $\cos \alpha = 0,995$ ).

Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải) tác dụng lên khung ngang bao gồm trọng lượng của các lớp mái, trọng lượng bản thân xà gỗ, trọng lượng bản thân khung ngang và dầm cầu trục.

Trọng lượng bản thân các tấm lợp, lớp cách nhiệt và xà gỗ mái lấy  $0,15 \text{ kN/m}^2$ . Trọng lượng bản thân xà ngang chọn sơ bộ  $1 \text{ kN/m}$ . Tổng tĩnh tải phân bố tác dụng lên xà ngang:

$$\frac{1,1 \cdot 0,15 \cdot 6}{0,995} + 1,05 \cdot 1 = 2,05 \text{ (kN/m)}.$$



Hình 3.3. Sơ đồ tính khung với tải trọng thường xuyên (tĩnh tải)

Trọng lượng bản thân của tôn tường và xà gồ tường lấy tương tự như với mái là  $0,15 \text{ kN/m}^2$ . Quy thành tải tập trung đặt tại đỉnh cột:

$$1,1 \cdot 0,15 \cdot 6 \cdot 8,3 = 8,22 \text{ (kN)}.$$

Trọng lượng bản thân dầm cầu trục chọn sơ bộ là  $1 \text{ kN/m}$ . Quy thành tải tập trung và mô men lệch tâm đặt tại cao trình vai cột:

$$1,05 \cdot 1 \cdot 6 = 6,3 \text{ (kN)};$$

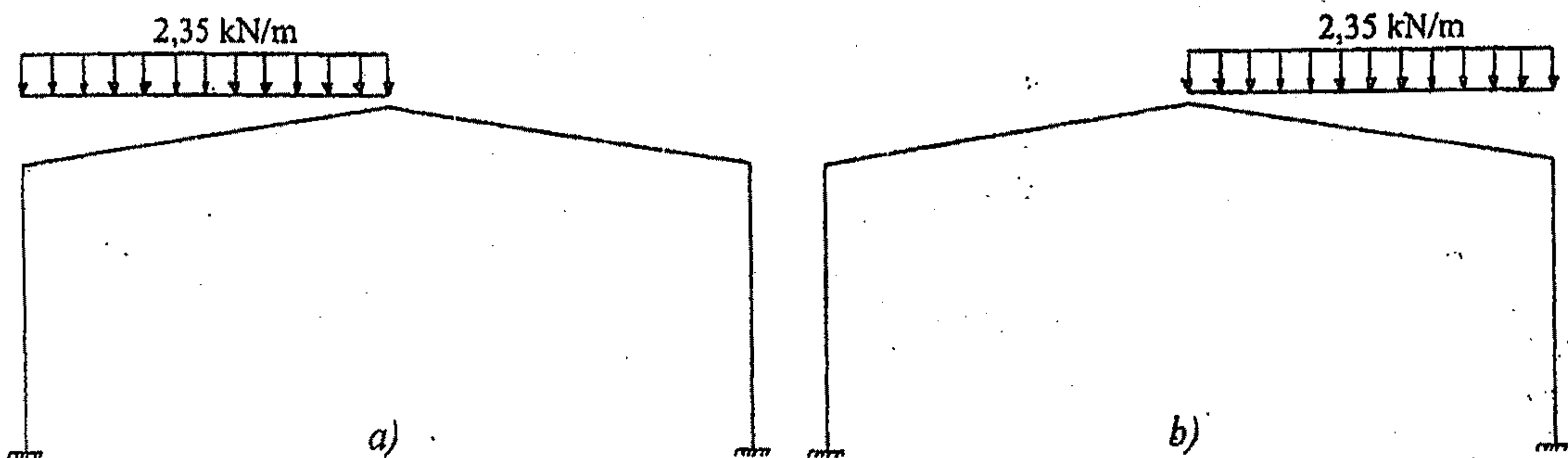
$$6,3 \cdot (L_1 - 0,5h) \approx 6,3 \cdot 0,5 = 3,15 \text{ (kNm)}.$$

### 3.3.2. Hoạt tải mái

Theo TCVN 2737-1995 [2], trị số tiêu chuẩn của hoạt tải thi công hoặc sửa chữa mái (mái lợp tôn) là  $0,3 \text{ kN/m}^2$ , hệ số vượt tải là 1,3.

Quy đổi về tải trọng phân bố đều trên xà ngang (hình 3.4):

$$\frac{1,3 \cdot 0,3 \cdot 6}{0,995} = 2,35 \text{ (kN/m)}.$$



Hình 3.4. Sơ đồ tính khung với hoạt tải mái;  
a) Hoạt tải mái nửa trái; b) Hoạt tải mái nửa phải

### 3.3.3. Tải trọng gió

Tải trọng gió tác dụng vào khung ngang gồm hai thành phần là gió tác dụng vào cột và gió tác dụng trên mái. Theo TCVN 2737-1995 [2], Hà Nội thuộc phân vùng gió II-B, có áp lực gió tiêu chuẩn  $w_0 = 0,95 \text{ kN/m}^2$ , hệ số vượt tải là 1,2.

Căn cứ vào hình dạng mặt bằng nhà và góc dốc của mái, các hệ số khí động có thể xác định theo sơ đồ trong bảng III.3 phụ lục (xem hình 2.5). Nội suy ta có:

$$c_{e1} = -0,32; c_{e2} = -0,4; c_{e3} = -0,5$$

- Tải trọng gió tác dụng lên cột:

+ Phía đón gió:

$$1,2 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 8,6 = 5,47 \text{ (kN/m)}$$

+ Phía khuất gió:

$$1,2 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 5,6 = 3,42 \text{ (kN/m)}$$

- Tải trọng gió tác dụng trên mái:

+ Phía đón gió:

$$1,2 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 32,6 = 2,19 \text{ (kN/m);}$$

+ Phía khuất gió:

$$1,2 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 4,6 = 2,74 \text{ (kN/m).}$$

### 3.3.4. Hoạt tải cầu trục

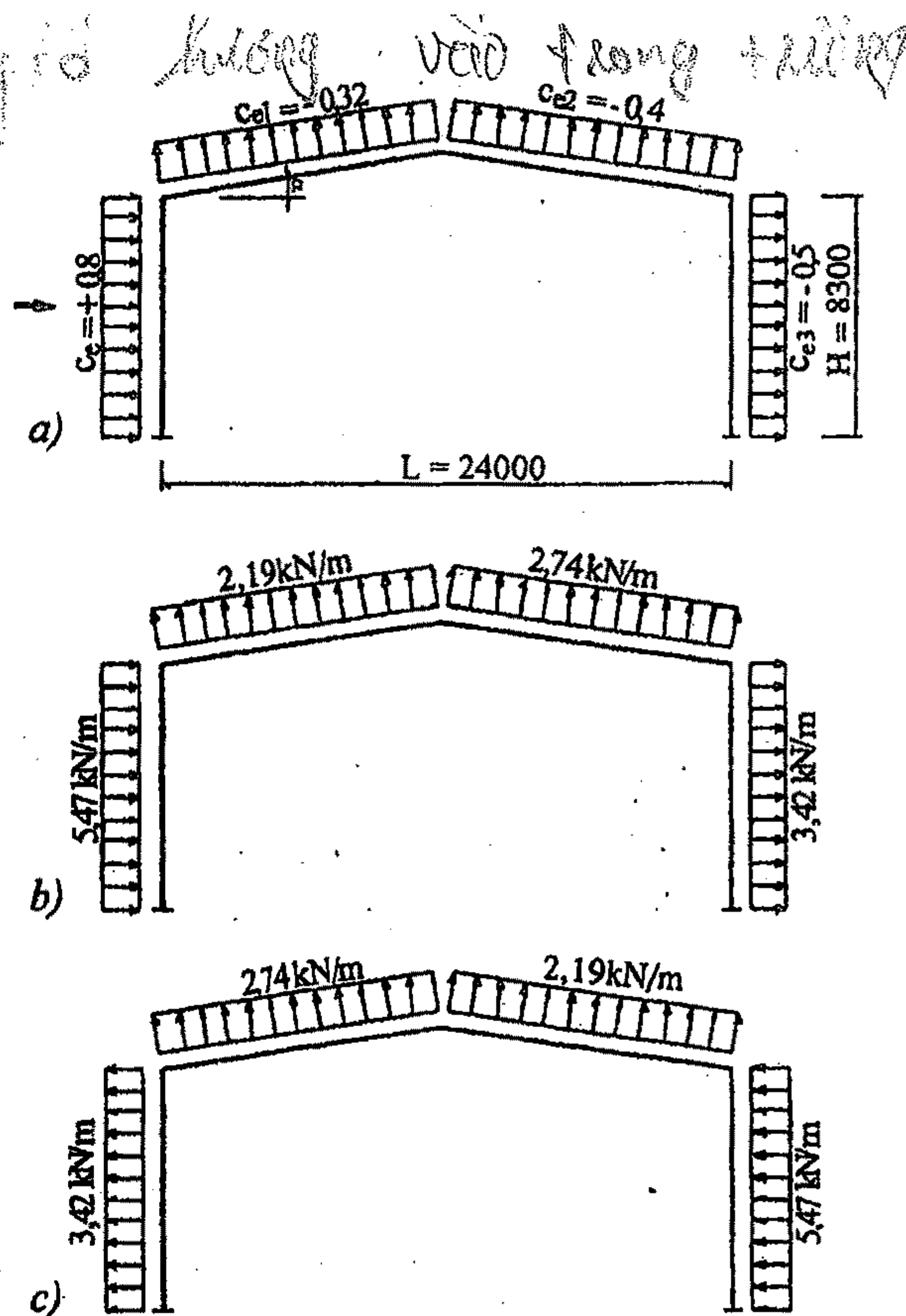
Theo bảng II.3 phụ lục, các thông số cầu trục sức nâng 10 tấn như sau:

Nhịp $L_K$ (m)	Ch.cao gabarit $H_K$ (mm)	Khoảng cách $Z_{min}$ (mm)	Bề rộng gabarit $B_K$ (mm)	Bề rộng đáy $K_K$ (mm)	T.lượng cầu trục G (T)	T.lượng xe con $G_{xc}$ (T)	Áp lực $P_{max}$ (kN)	Áp lực $P_{min}$ (kN)
22,5	960	180	3900	3200	8,36	0,803	70,7	21,1

Tải trọng cầu trục tác dụng lên khung ngang bao gồm áp lực đứng và lực hãm ngang, xác định như sau:

a) Áp lực đứng của cầu trục

Tải trọng thẳng đứng của bánh xe cầu trục tác dụng lên cột thông qua dầm cầu trục được xác định bằng cách dùng đường ảnh hưởng phản lực gối tựa của dầm và xếp các



Hình 3.5. Sơ đồ tính khung với tải trọng gió:

a) Sơ đồ xác định hệ số khí động;

b) Gió trái sang; c) Gió phải sang



bánh xe của 2 cầu trục sát nhau vào vị trí bất lợi nhất (hình 3.6), xác định được các tung độ  $y_i$  của đường ảnh hưởng, từ đó xác định được áp lực thẳng đứng lớn nhất và nhỏ nhất của các bánh xe cầu trục lên cột:

$$D_{\max} = n_c \gamma_p \sum P_{\max} y_i = 0,85 \cdot 1,1 \cdot 70,7 \cdot 2,7 = 178,5 \text{ (kN)};$$

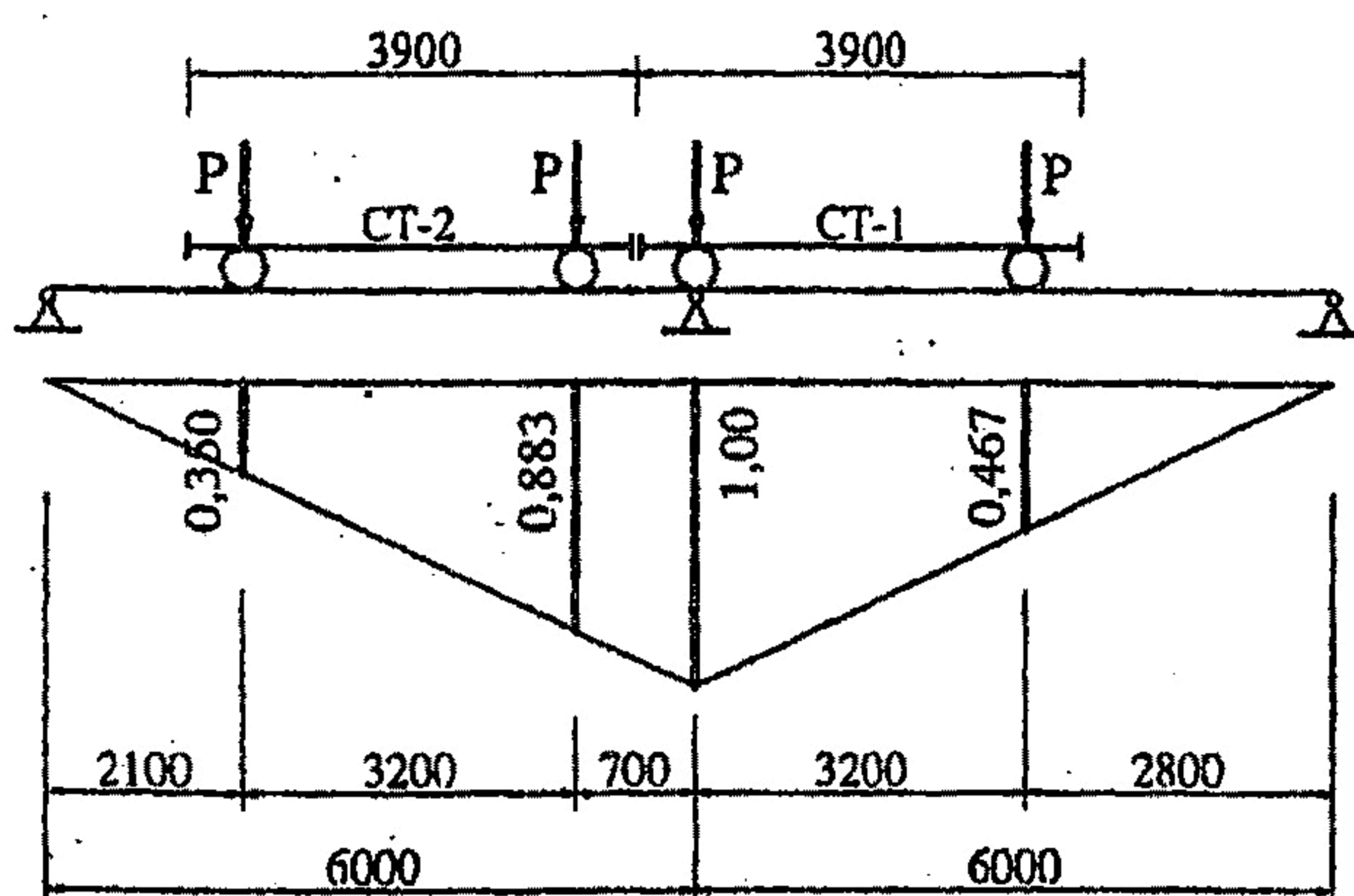
$$D_{\min} = n_c \gamma_p \sum P_{\min} y_i = 0,85 \cdot 1,1 \cdot 21,1 \cdot 2,7 = 53,3 \text{ (kN)}.$$

Ở trên:  $\sum y_i = 0,35 + 0,883 + 1 + 0,467 = 2,7.$

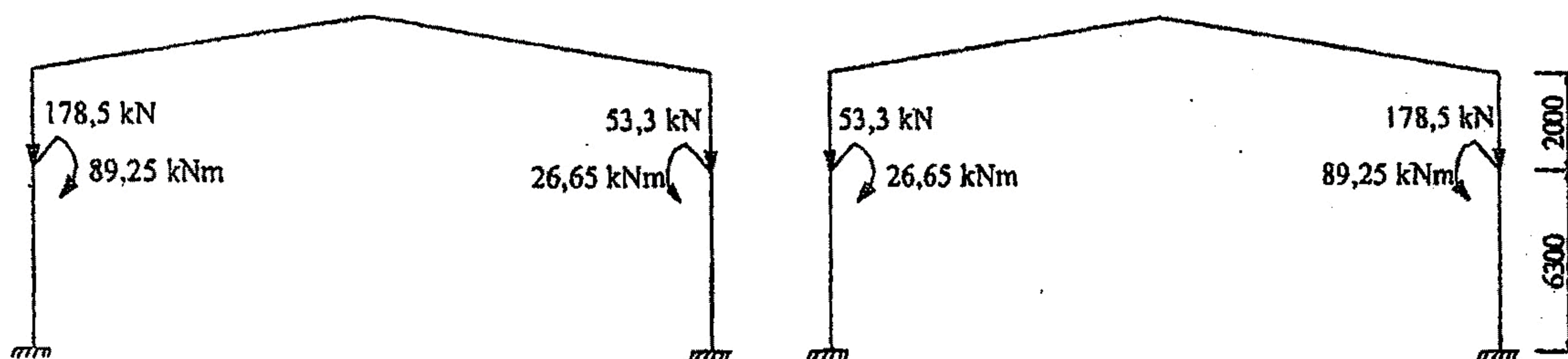
Các lực  $D_{\max}$  và  $D_{\min}$  thông qua ray và dầm cầu trục sẽ truyền vào vai cột, do đó sẽ lệch tâm so với trục cột là  $e = L_1 - 0,5h \approx 0,5 \text{ m}$ . Trị số của các mômen lệch tâm tương ứng:

$$M_{\max} = D_{\max} e = 178,5 \cdot 0,5 = 89,25 \text{ (kNm)};$$

$$M_{\min} = D_{\min} e = 53,3 \cdot 0,5 = 26,65 \text{ (kNm)}.$$



Hình 3.6. Đường ảnh hưởng để xác định  $D_{\max}$ ,  $D_{\min}$



a)  $D_{\max}$  lên cột trái

b)  $D_{\max}$  lên cột phải

Hình 3.7. Sơ đồ tính khung với áp lực đứng của cầu trục

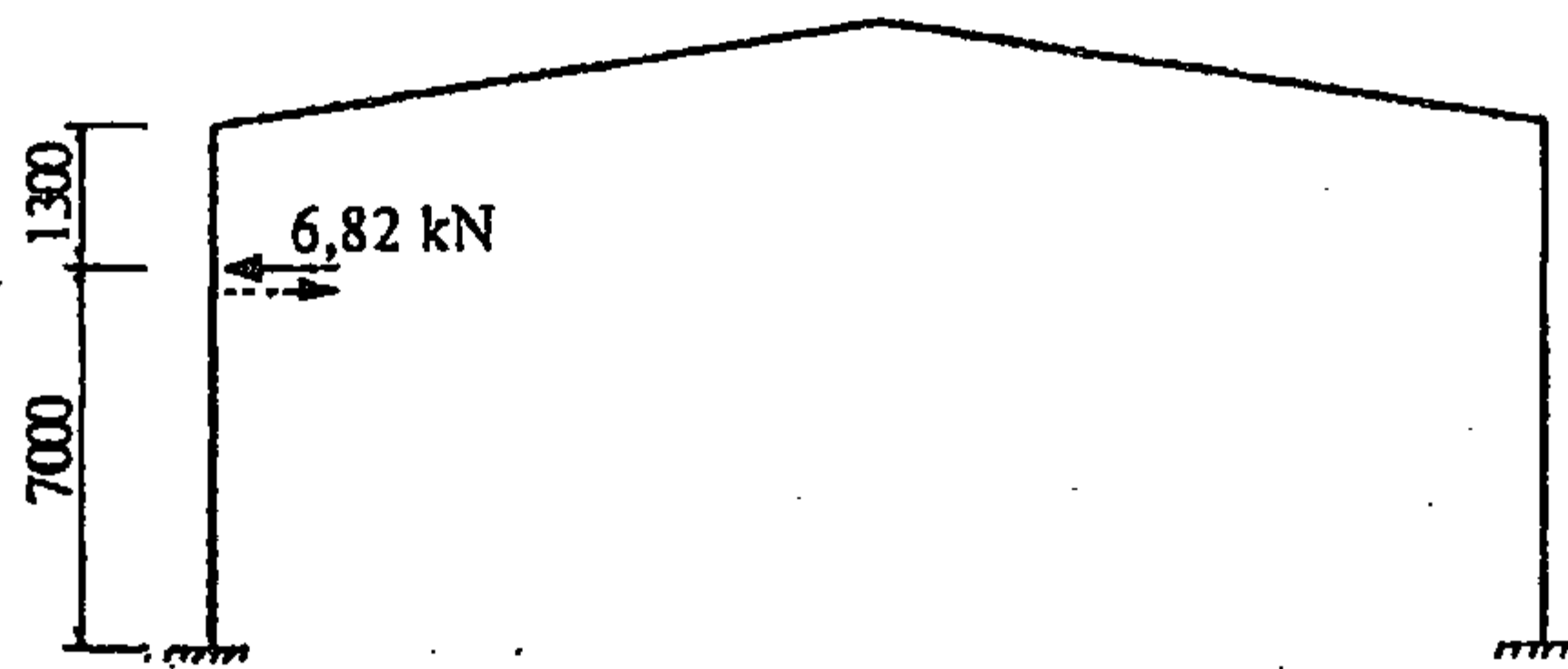
b) Lực hãm ngang của cầu trục

Lực hãm ngang tiêu chuẩn của một bánh xe cầu trục lên ray:

$$T_1^{tc} = \frac{0,05(Q + G_{xe})}{n_0} = \frac{0,05(100 + 8,03)}{2} = 2,7 \text{ (kN)}.$$

Lực hãm ngang của toàn cầu trực truyền lên cột đặt vào cao trình dầm hãm (giả thiết cách vai cột 0,7m):

$$T = n_c \gamma_p \sum T_i^{tc} y_i = 0,85 \cdot 1,1 \cdot 2,7 \cdot 2,7 = 6,82 \text{ (kN)}.$$



a) Lực hãm lên cột trái

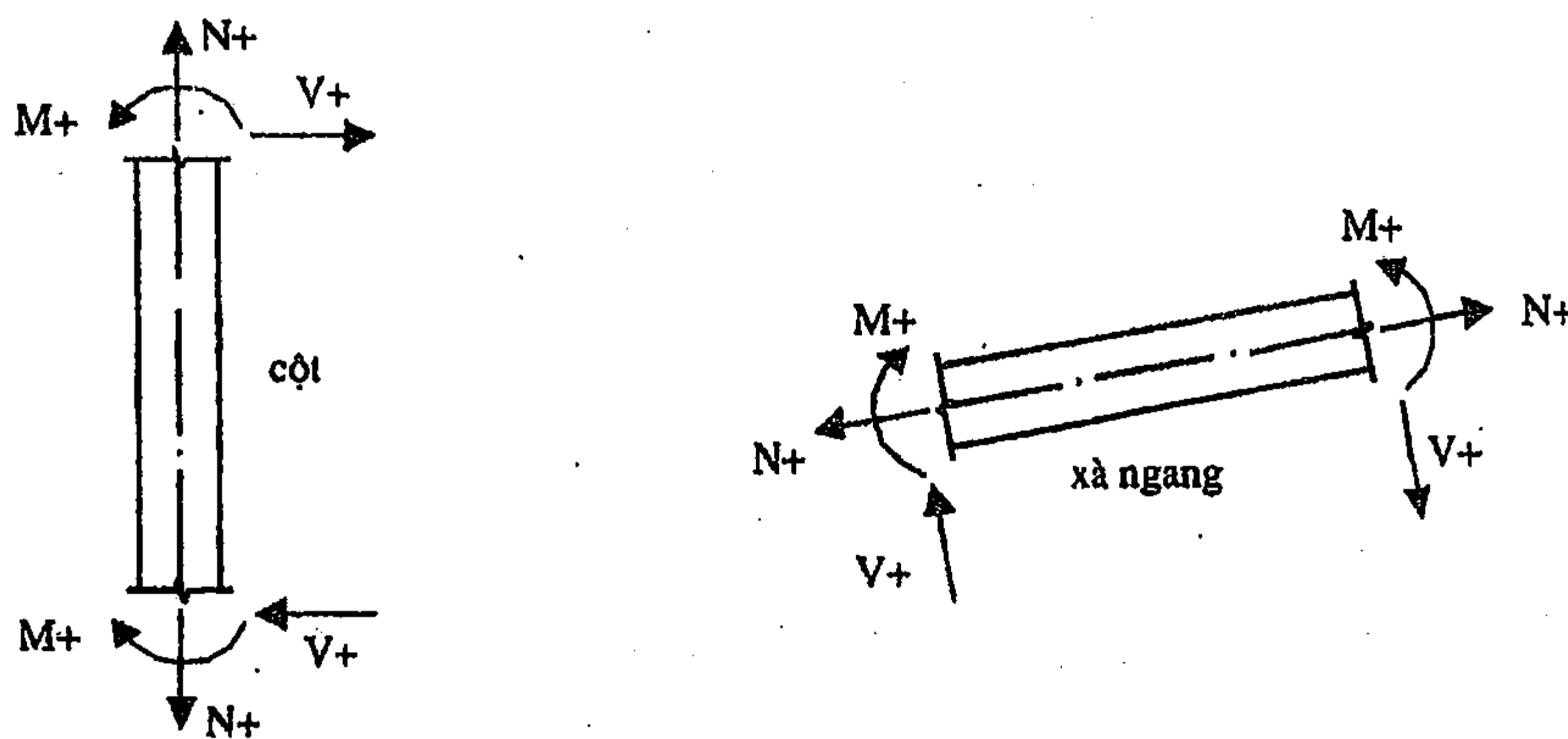


b) Lực hãm lên cột phải

Hình 3.8. Sơ đồ tính khung với lực hãm ngang của cầu trực

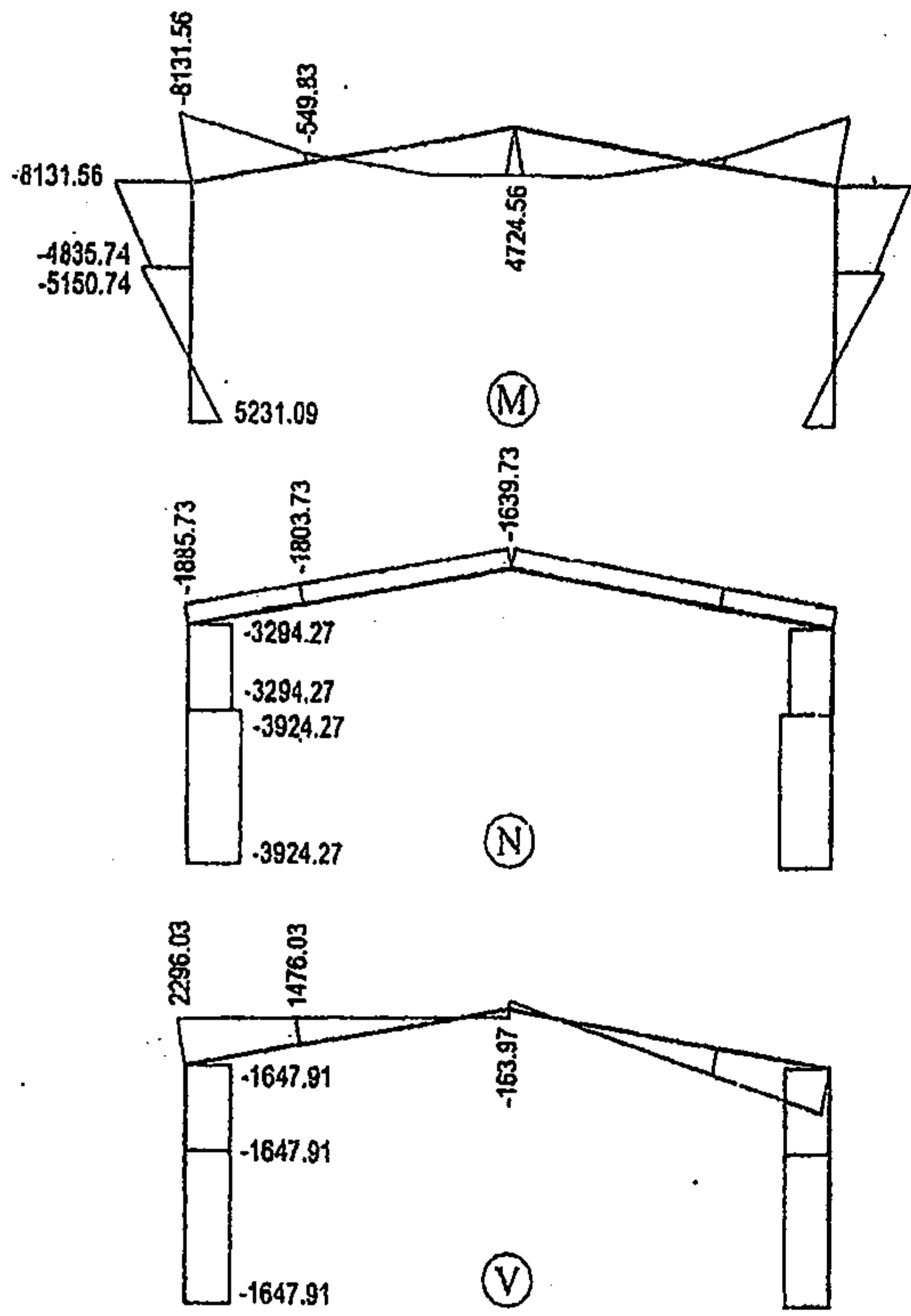
### 3.4. XÁC ĐỊNH NỘI LỰC

Nội lực trong khung ngang được xác định với từng trường hợp chất tải bằng phần mềm SAP 2000. Kết quả tính toán được thể hiện dưới dạng các biểu đồ và bảng thống kê nội lực. Dấu của nội lực lấy theo quy định chung trong sức bền vật liệu (hình 3.10).

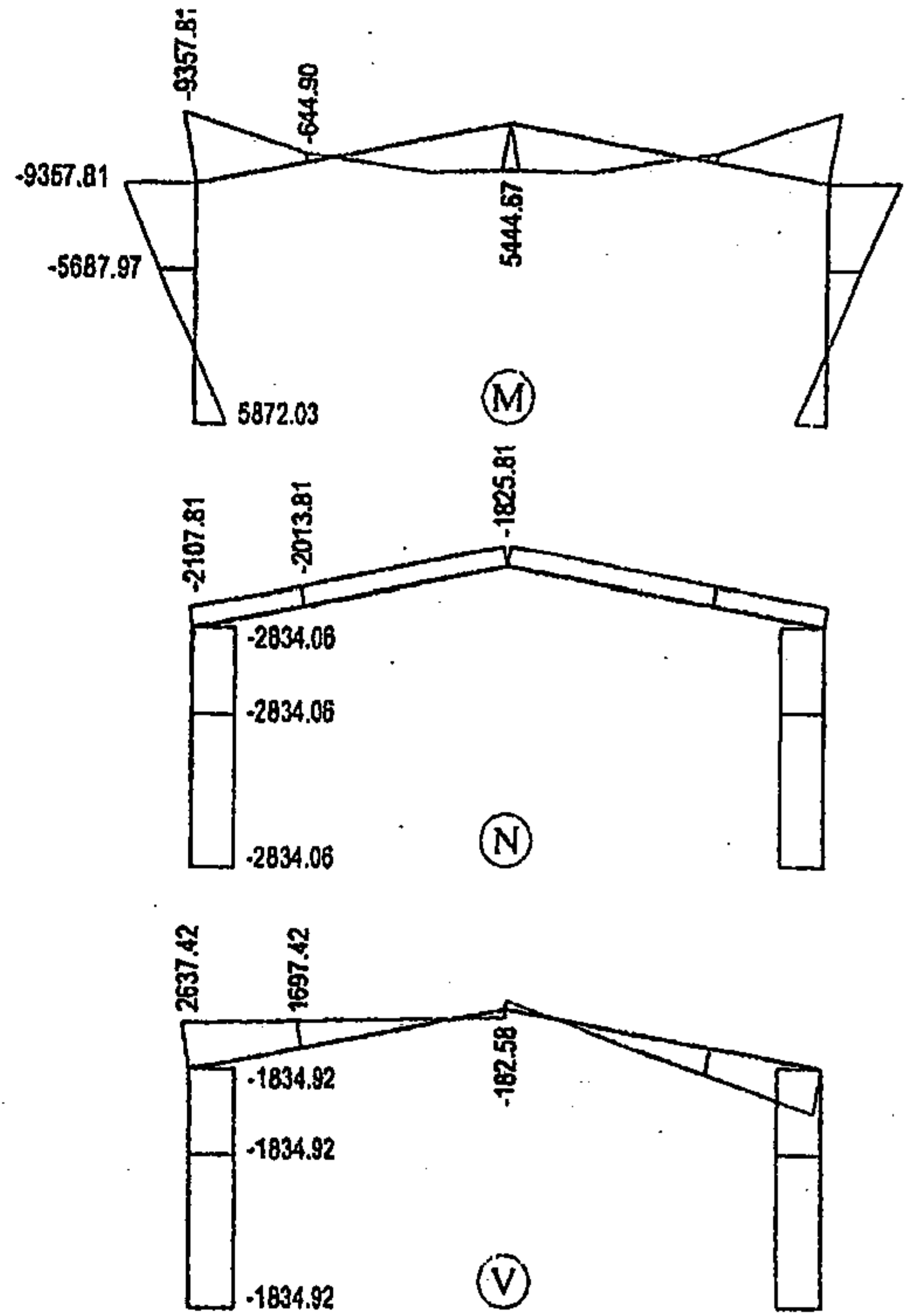


Hình 3.9. Quy ước chiều dương của nội lực theo SBVL

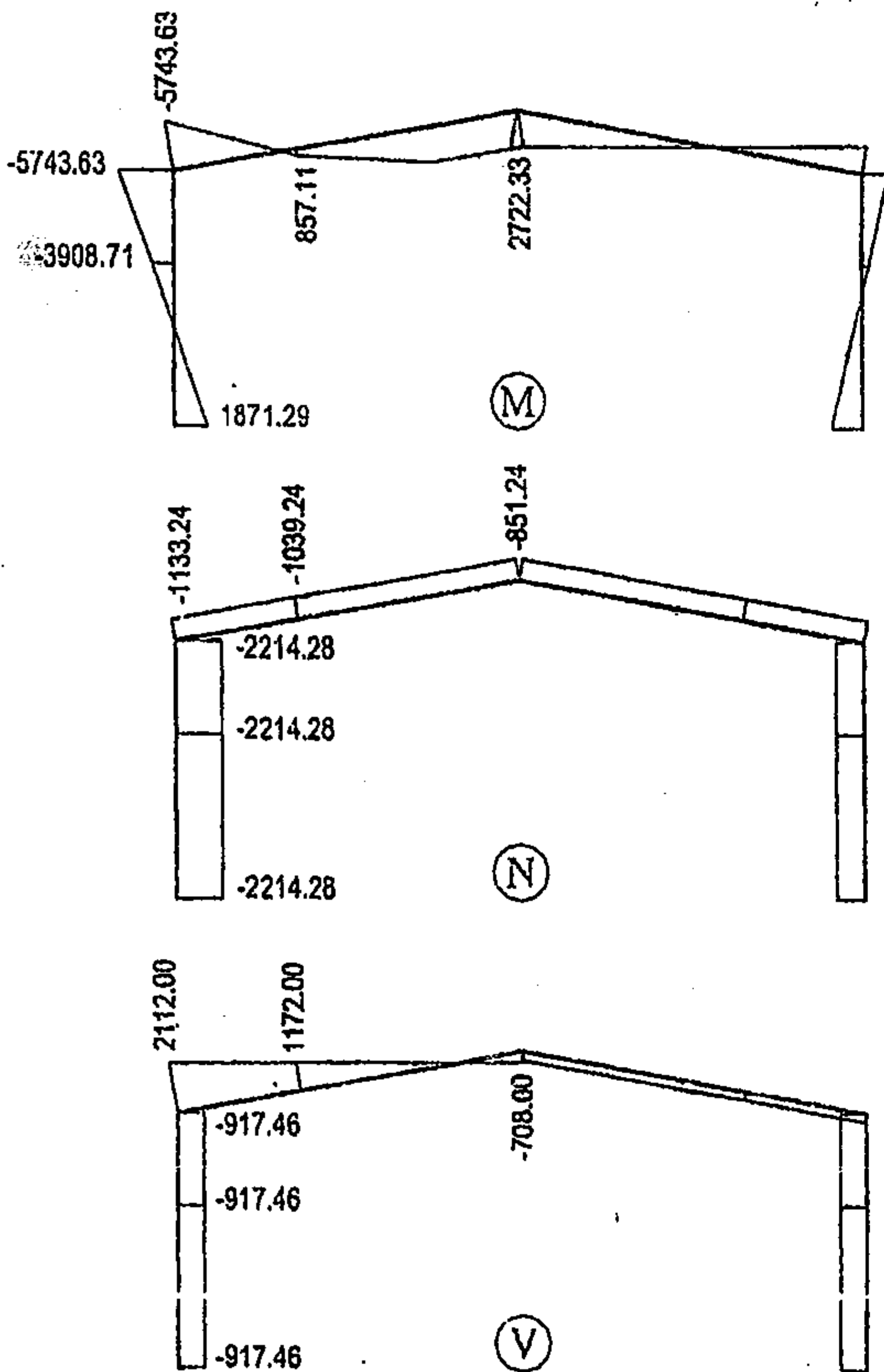
Dưới đây thể hiện hình dạng biểu đồ nội lực cho nửa khung bên trái với các trường hợp chất tải. Đơn vị tính là daN, daN.m. Riêng nội lực do hoạt tải chất cả mái xác định bằng cách cộng nội lực do 2 trường hợp chất hoạt tải mái nửa trái và nửa phải.



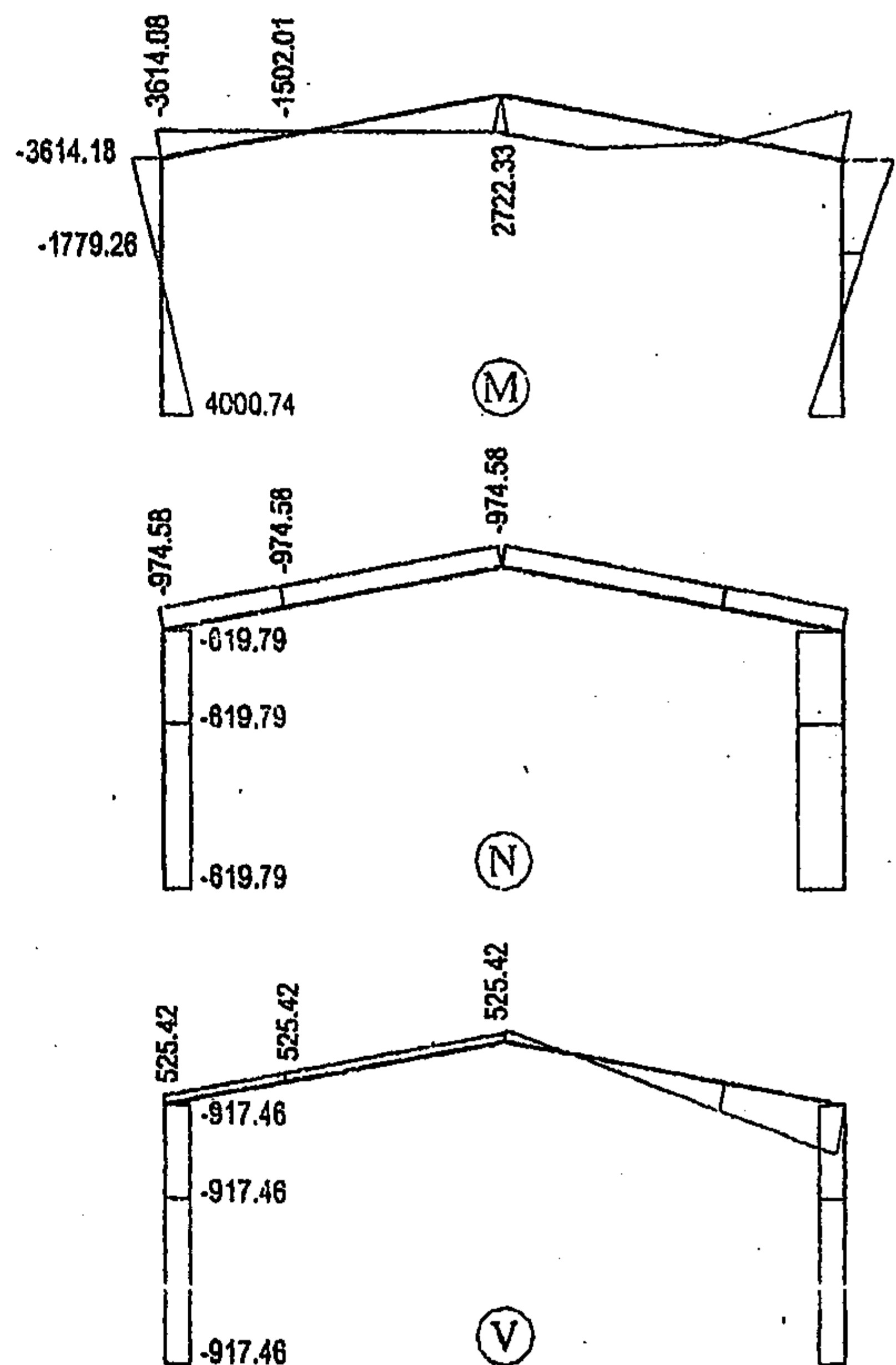
Hình 3.10. Nội lực do tĩnh tải



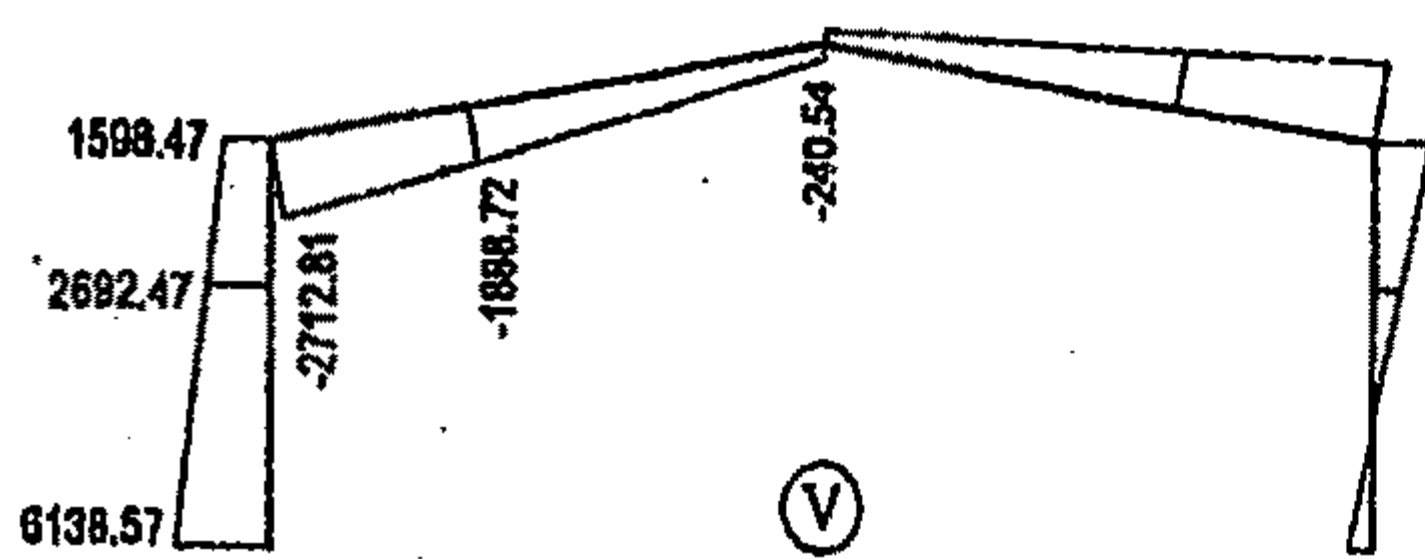
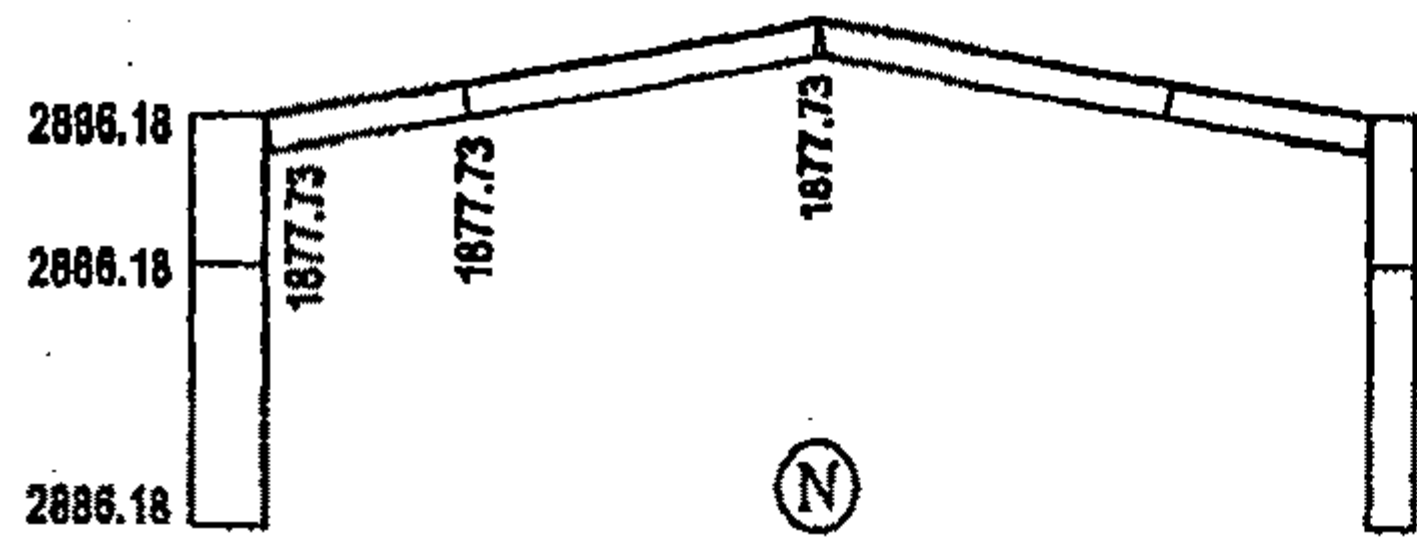
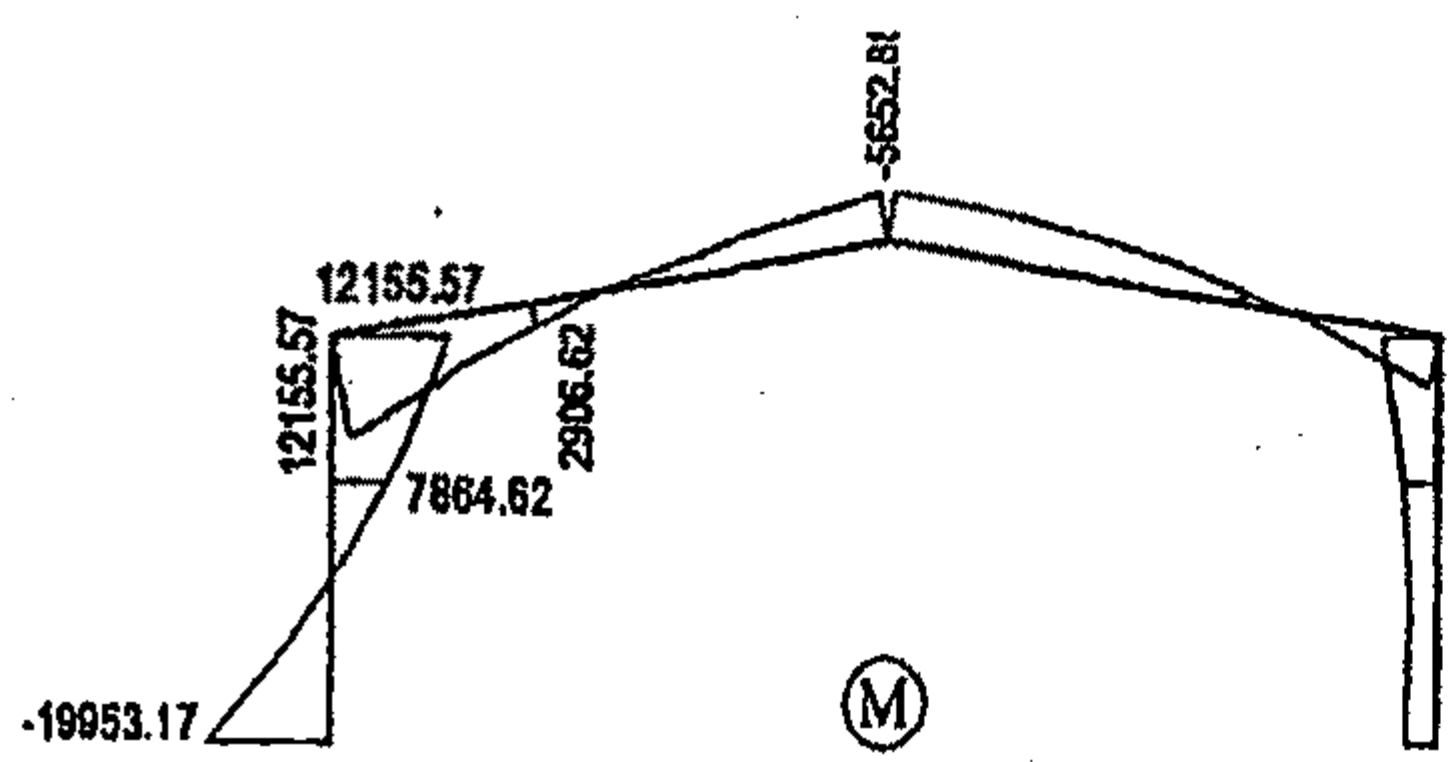
Hình 3.11. Nội lực do hoạt tải chất cả mái



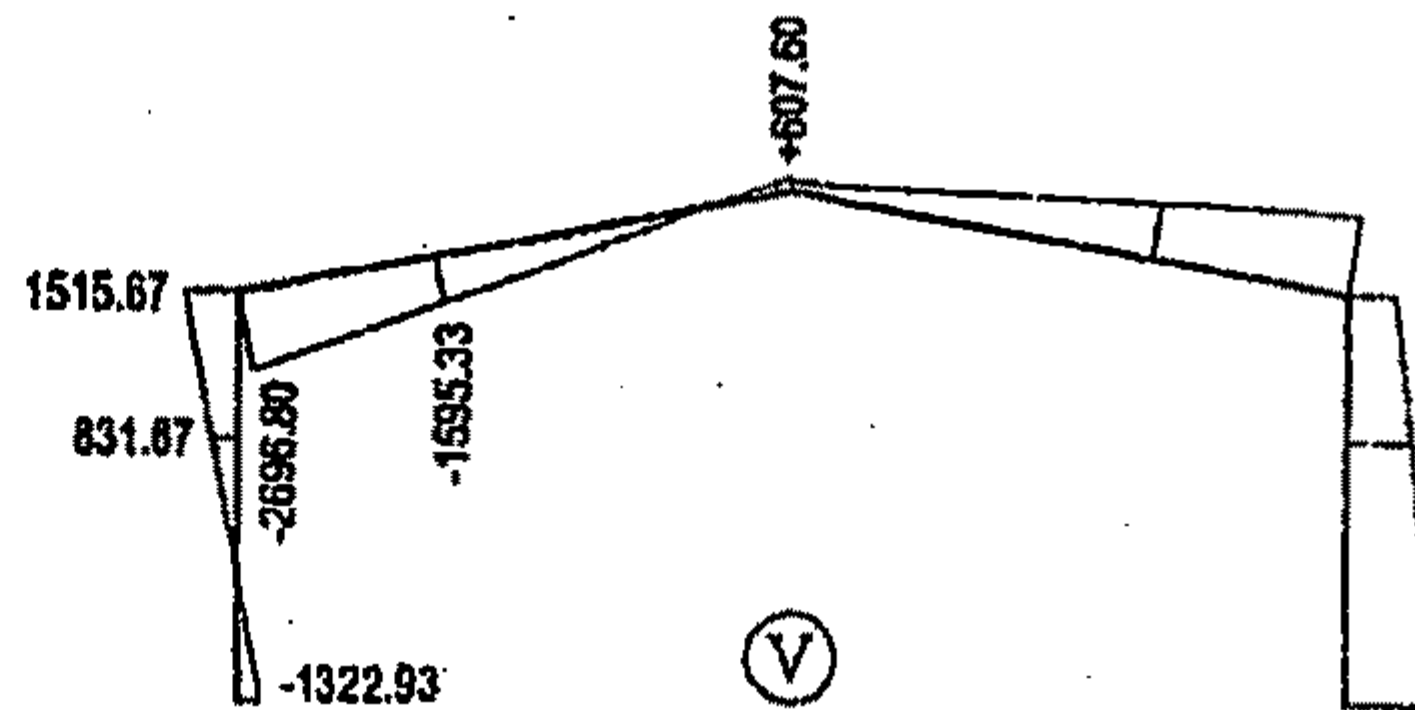
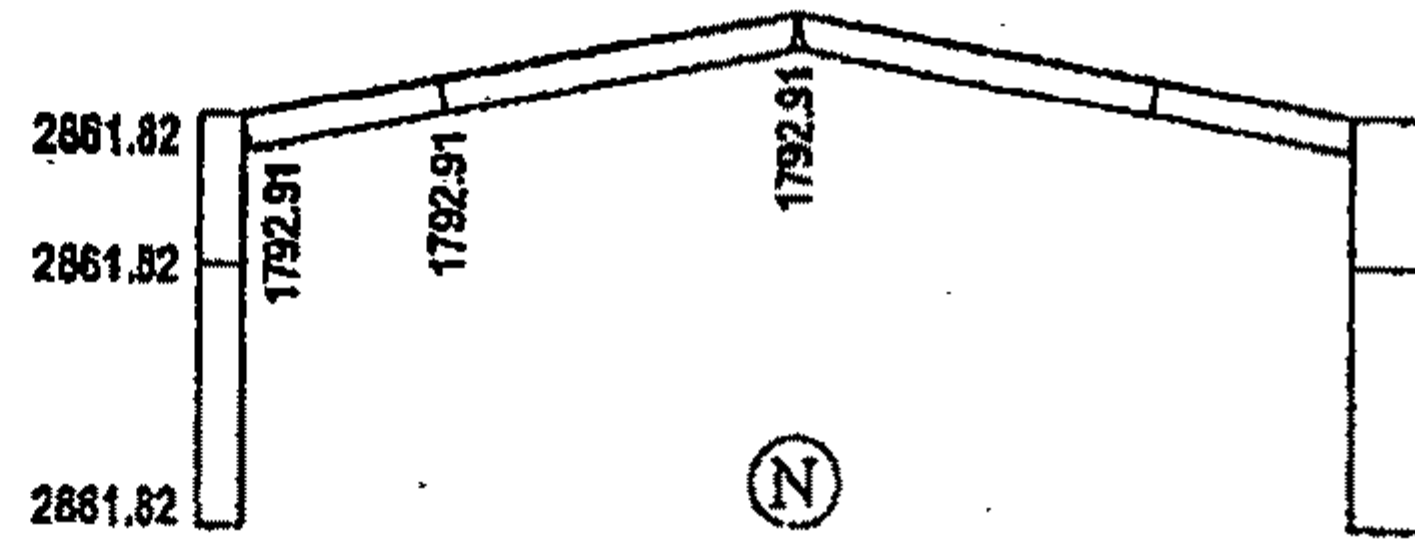
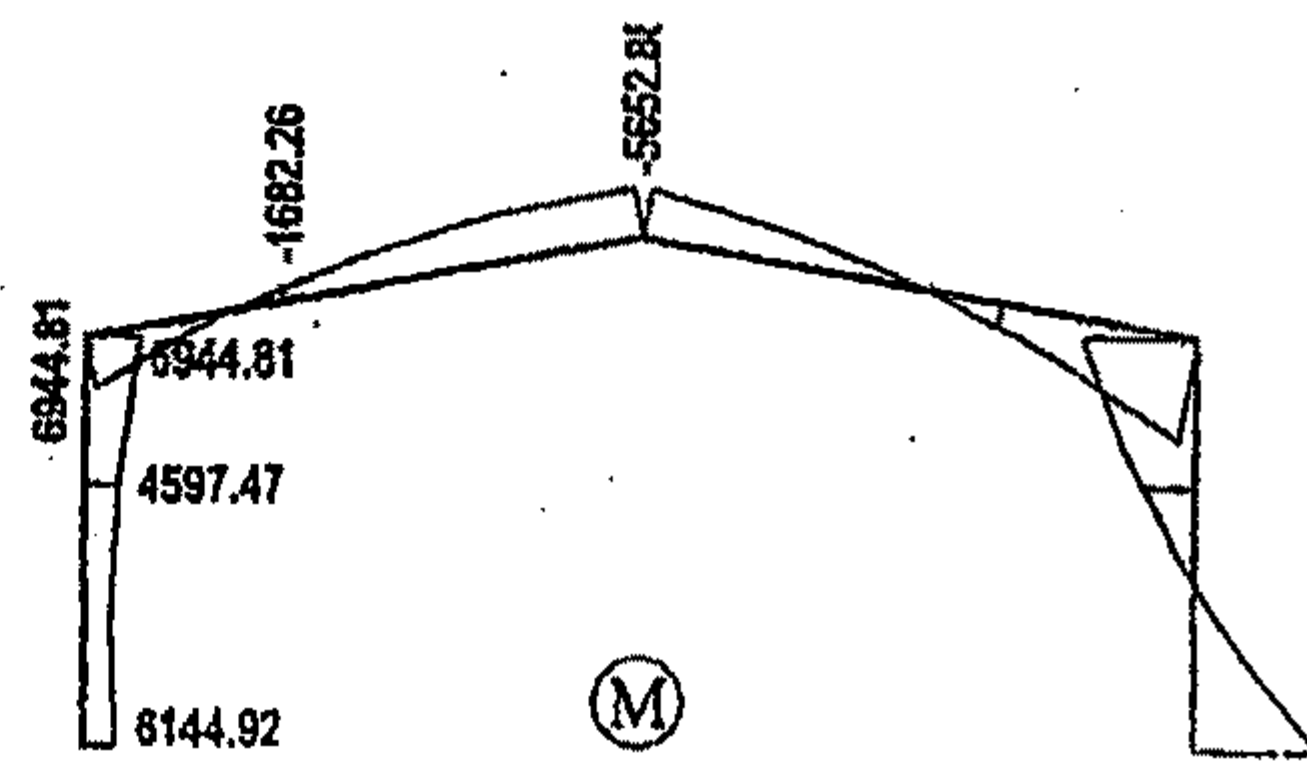
Hình 3.12. Nội lực do hoạt tải mái nửa trái



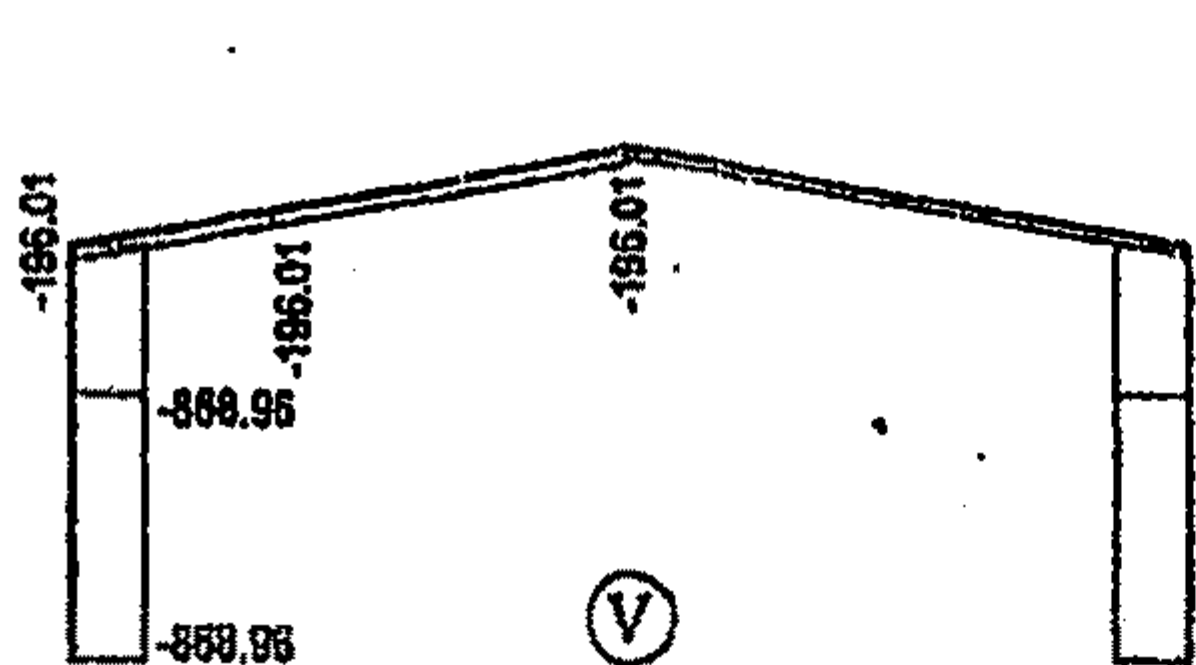
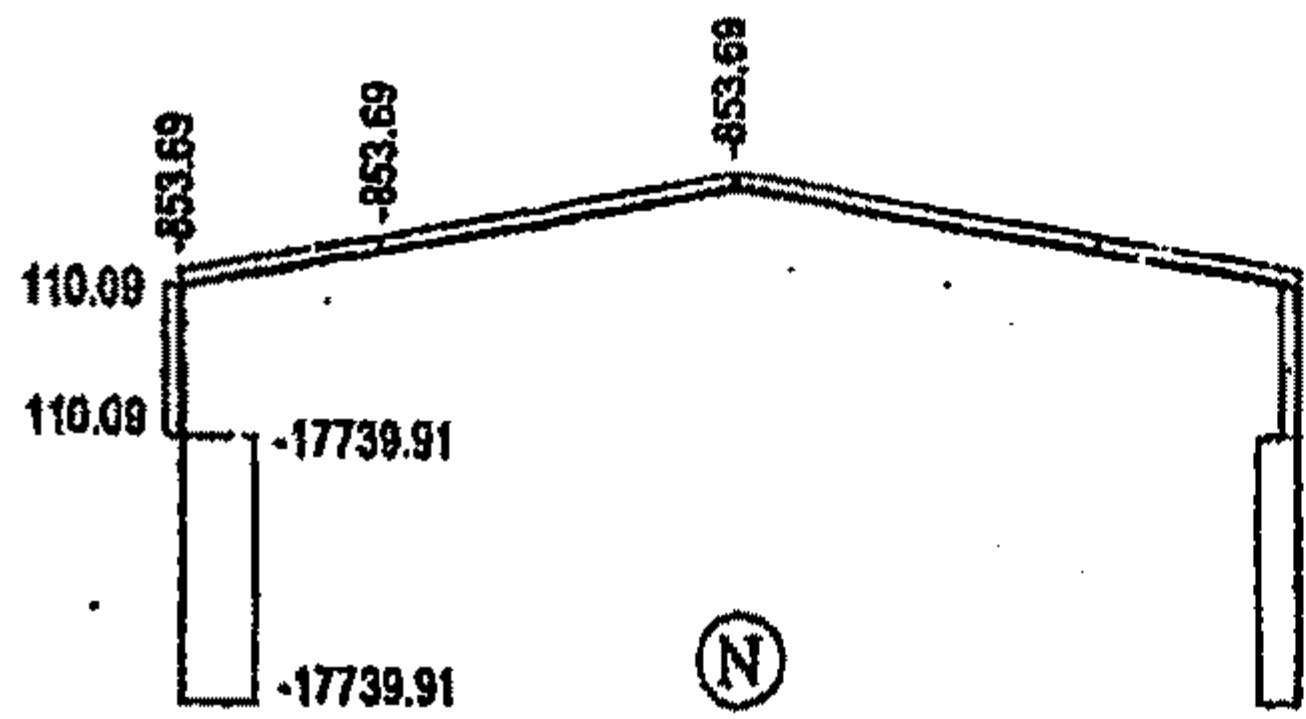
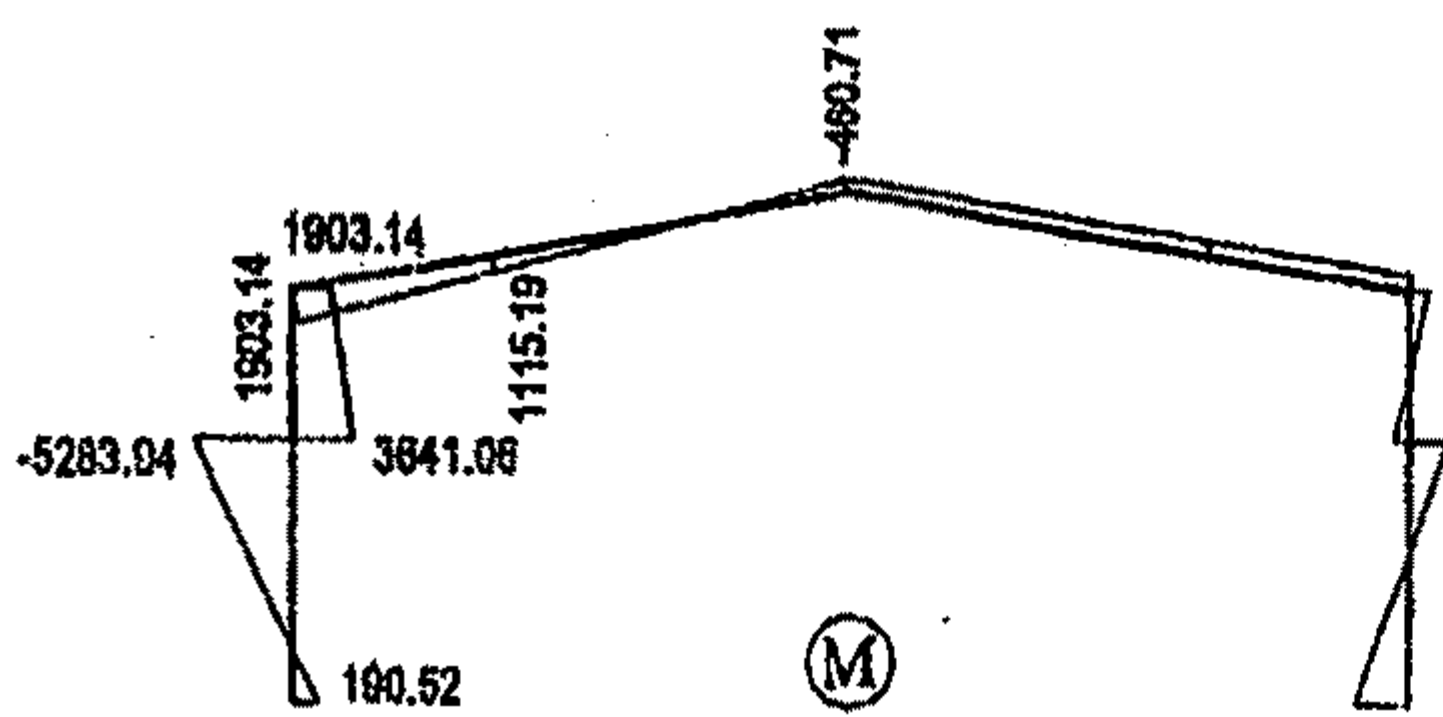
Hình 3.13. Nội lực do hoạt tải mái nửa phải



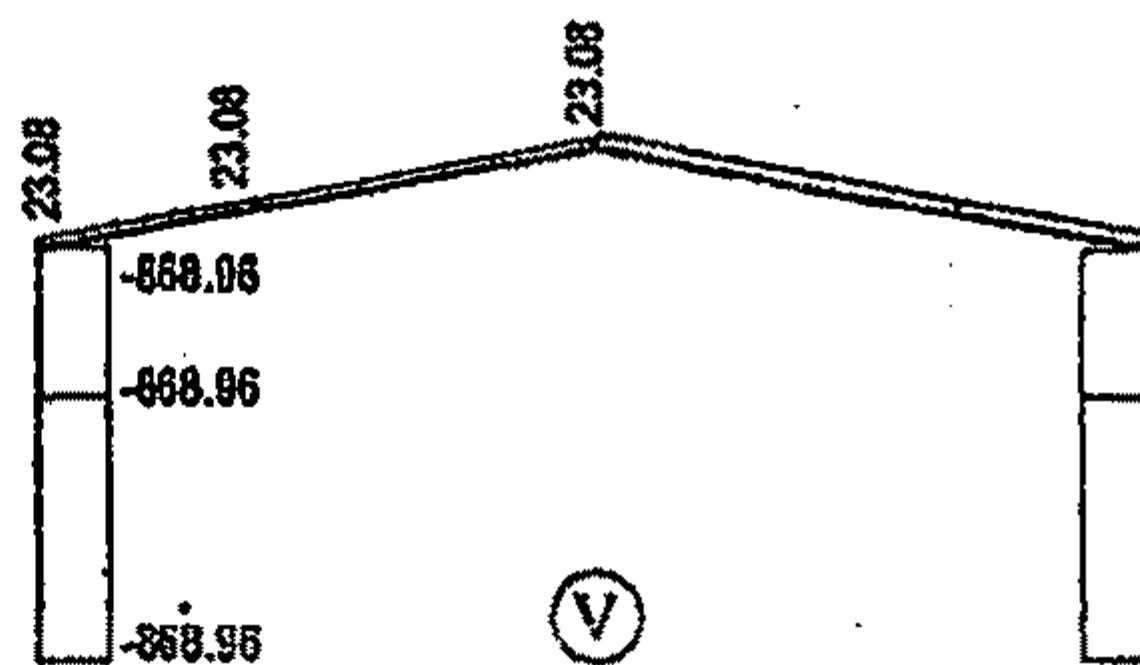
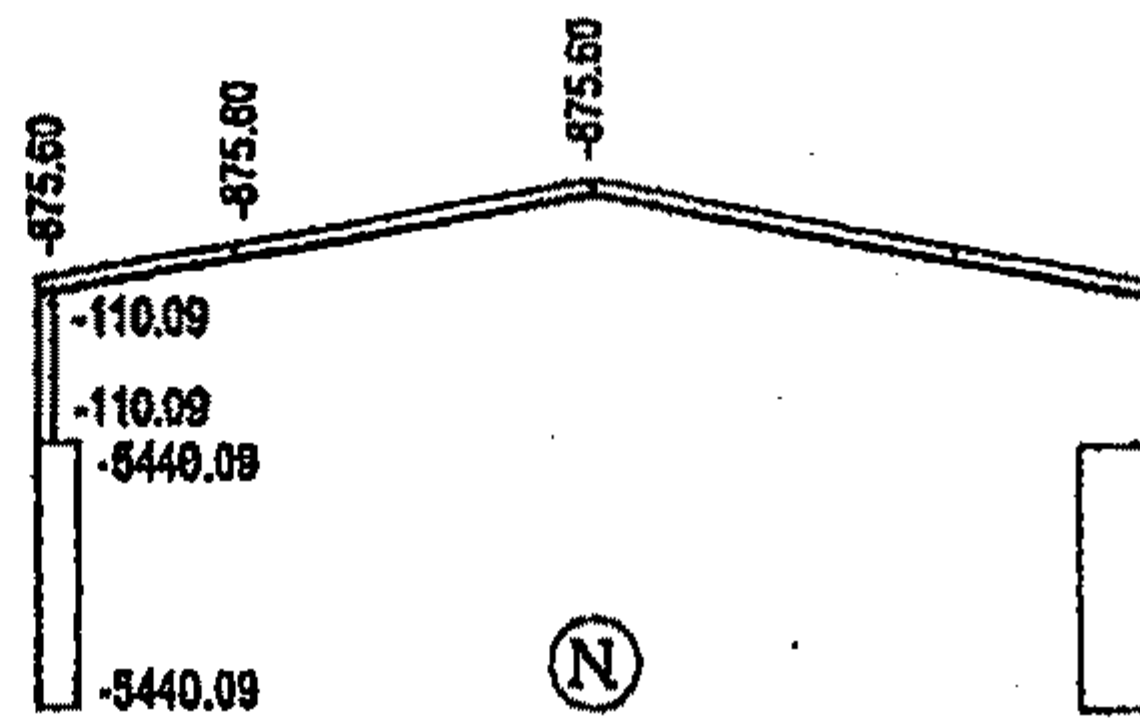
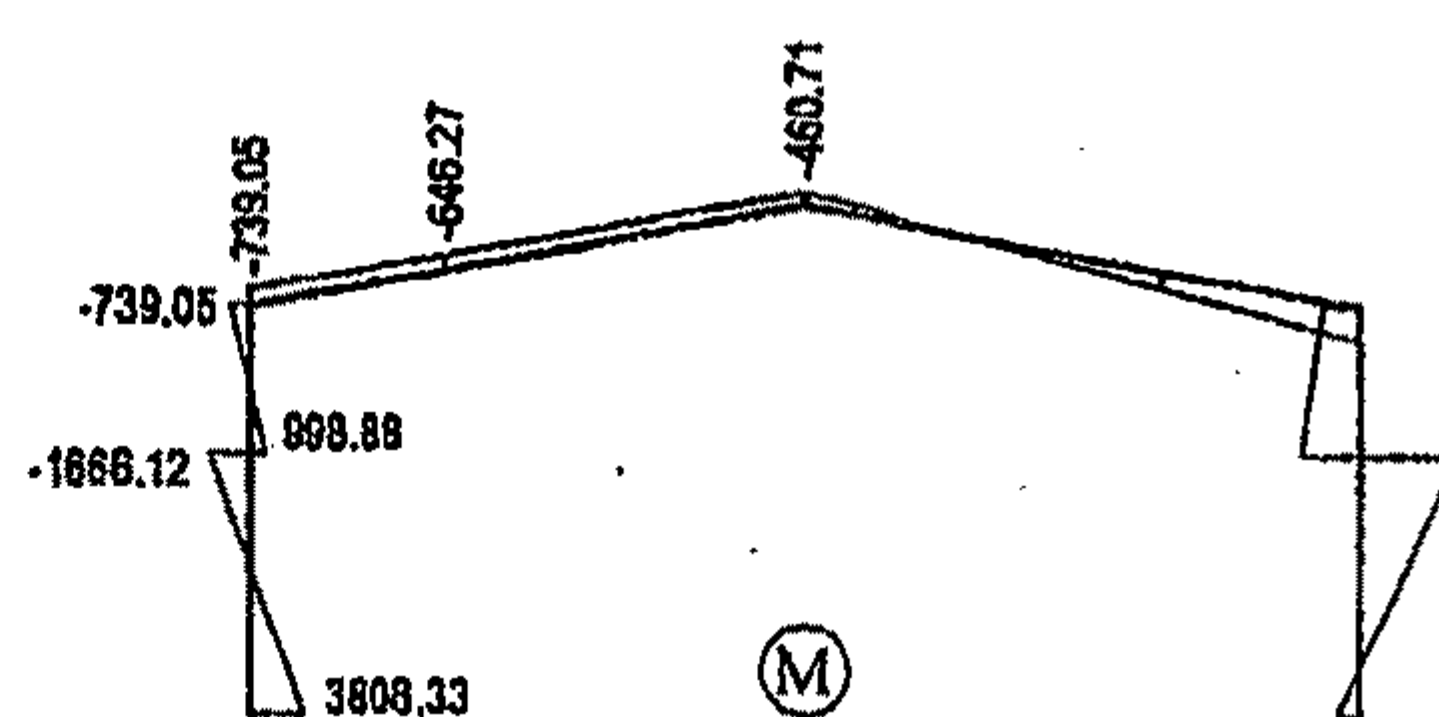
Hình 3.14. Nội lực do gió trái



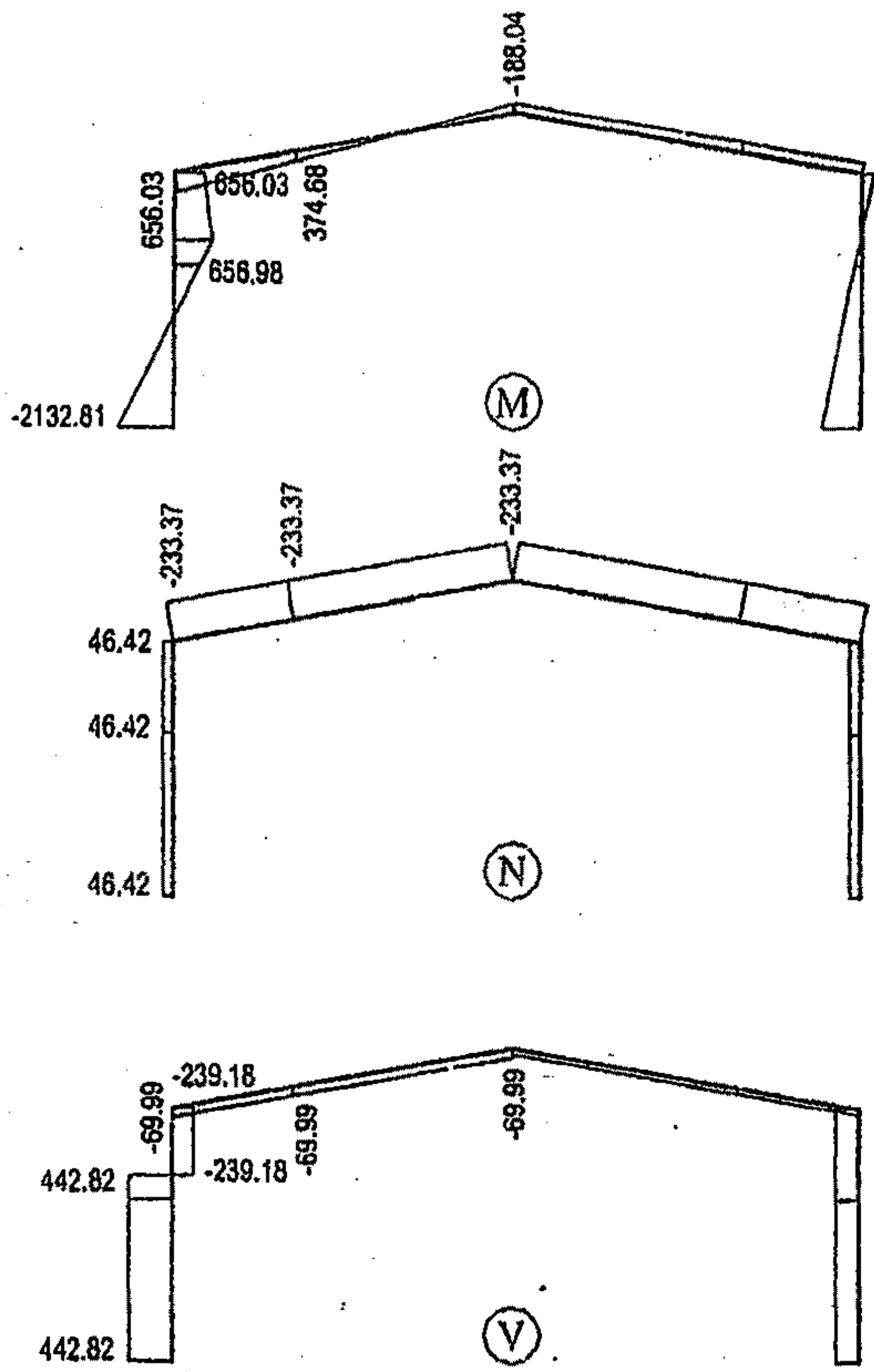
Hình 3.15. Nội lực do gió phải



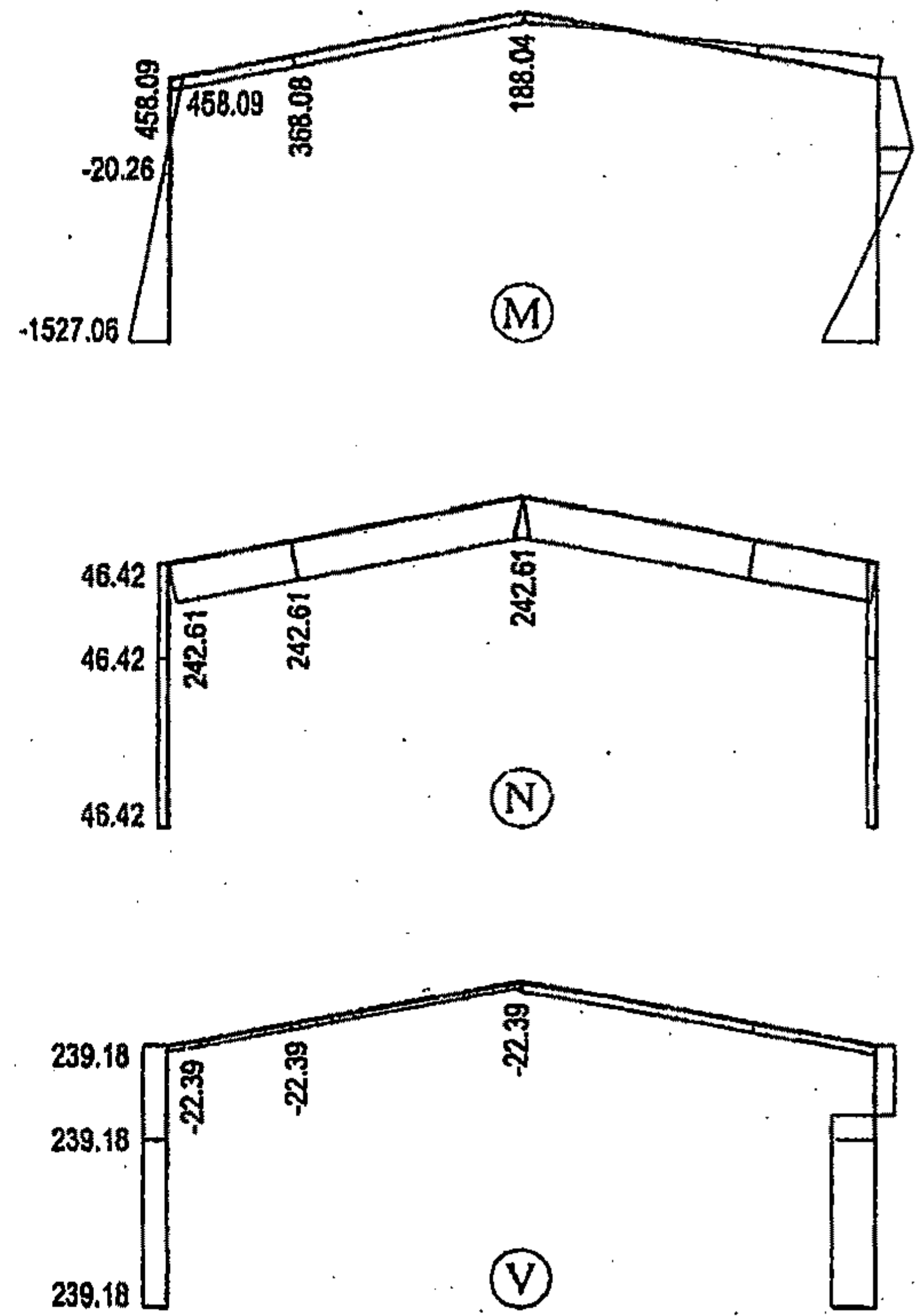
Hình 3.16. Nội lực do áp lực đứng của cầu trục lên cột trái



Hình 3.17. Nội lực do áp lực đứng của cầu trục lên cột phải



Hình 3.18. Nội lực do lực hãm ngang của cầu trục lên cột trái



Hình 3.19. Nội lực do lực hãm ngang của cầu trục lên cột phải

**Bảng thống kê nội lực**

(Đơn vị tính: daN, daN.m)

Cấu kiện	Tiết diện	Nội lực	Phương án chất tải									
			Tính tải	Hoạt tải mái trái	Hoạt tải mái phải	Hoạt tải cả mái	Gió trái	Gió phải	Dmax trái	Dmax phải	T trái	T phải
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cột	Chân cột	M	5231.09	1871.29	4000.74	5872.03	-19953.17	6144.92	190.52	3808.33	±2132.81	±1527.06
		N	-3924.27	-2214.28	-619.79	-2834.06	2886.18	2861.82	-17739.91	-5440.09	±46.42	±46.42
		V	-1647.91	-917.46	-917.46	-1834.92	6138.57	-1322.93	-868.96	-868.96	±442.82	±239.18
	Dưới vai	M	-5150.74	-3908.71	-1779.26	-5687.97	7864.62	4597.47	-5283.94	-1666.12	±656.98	±20.26
		N	-3924.27	-2214.28	-619.79	-2834.06	2886.18	2861.82	-17739.91	-5440.09	±46.42	±46.42
		V	-1647.91	-917.46	-917.46	-1834.92	2692.47	831.67	-868.96	-868.96	±442.82	±239.18
Trên vai	M	-4835.74	-3908.71	-1779.26	-5687.97	7864.62	4597.47	3641.06	998.88	±656.98	±20.26	
	N	-3294.27	-2214.28	-619.79	-2834.06	2886.18	2861.82	110.09	-110.09	±46.42	±46.42	
	V	-1647.91	-917.46	-917.46	-1834.92	2692.47	831.67	-868.96	-868.96	±442.82	±239.18	
Xà 4m	Đỉnh cột	M	-8131.56	-5743.63	-3614.18	-9357.81	12155.57	6944.81	1903.14	-739.05	±656.03	±458.09
		N	-3294.27	-2214.28	-619.79	-2834.06	2886.18	2861.82	110.09	-110.09	±46.42	±46.42
		V	-1647.91	-917.46	-917.46	-1834.92	1598.47	1515.67	-868.96	-868.96	±239.18	±239.18
	Đầu xà	M	-8131.56	-5743.63	-3614.18	-9357.81	12155.57	6944.81	1903.14	-739.05	±656.03	±458.09
		N	-1885.73	-1133.24	-974.58	-2107.81	1877.73	1792.91	-853.69	-875.60	±233.37	±242.61
		V	2296.03	2112.00	525.42	2637.42	-2712.81	-2696.80	23.08	23.08	69.99	±22.39
Cuối xà	M	-549.83	857.11	-1502.01	-644.90	2906.62	-1682.26	1115.19	-646.27	±374.68	±368.08	
	N	-1803.73	-1039.24	-974.58	-2013.81	1877.73	1792.91	-853.69	-875.60	±233.37	±242.61	
	V	1476.03	1172.00	525.42	1697.42	-1888.72	-1595.33	23.08	23.08	±69.99	±22.39	
Xà 8m	Đầu xà	M	-549.83	857.11	-1502.01	-644.90	2906.62	-1682.26	1115.19	-646.27	±374.68	±368.08
		N	-1803.73	-1039.24	-974.58	-2013.81	1877.73	1792.91	-853.69	-875.60	±233.37	±242.61
		V	1476.03	1172.00	525.42	1697.42	-1888.72	-1595.33	23.08	23.08	±69.99	±22.39
	Cuối xà	M	4724.56	2722.33	2722.33	5444.67	-5652.88	-5652.88	-460.71	-460.71	±188.04	±188.04
		N	-1639.73	-851.24	-974.58	-1825.81	1877.73	1792.91	-853.69	-875.60	±233.37	±242.61
		V	-163.97	-708.00	525.42	-182.58	-240.54	607.60	-196.01	23.08	±69.99	±22.39

Bảng tổ hợp nội lực

hợp với k<sup>o</sup> G  
HT X  
fai c  
(Đơn vị tính: daN, daN.m)

Cấu kiện	Tiết diện	Nội lực	Tổ hợp cơ bản 1			Tổ hợp cơ bản 2							
			M <sub>max</sub> , N <sub>tư</sub>	M <sub>min</sub> , N <sub>tư</sub>	N <sub>max</sub> , M <sub>tư</sub>	M <sub>max</sub> , N <sub>tư</sub>	M <sub>min</sub> , N <sub>tư</sub>	N <sub>max</sub> , M <sub>tư</sub>					
Cột	Chân cột	M	1,6	1,5	1,7,9	1,4,6,8,10		1,4,7,9					
			11376.01	-14722.08	7554.42	20848.20		12606.91					
			-1062.45	-1038.09	-21710.60	-8837.15		-22482.62					
		N	V	-2970.84	4490.66	-2959.69	-5487.30		-4479.94				
				1,5	1,7,9	1,7,9		1,4,7,9	1,4,7,9				
				2713.88	-11091.66	-11091.66		-15616.74	-15616.74				
	Dưới vai	M	N	-1038.09	-21710.60	-21710.60		-22482.62	-22482.62				
				V	1044.56	-2959.69	-2959.69		-4479.94	-4479.94			
					1,5	1,4	1,4	1,5,7,9					
	Trên vai	M	N		3028.88	-10523.71	-10523.71	6110.65					
				V	-408.09	-6128.33	-6128.33	-639.41					
					1044.56	-3482.83	-3482.83	-405.29					
	Đỉnh cột	M	N		4024.01	-17489.37	-17489.37	5111.71	-17631.02	-17631.02			
				V	-408.09	-6128.33	-6128.33	-639.41	-5985.78	-5985.78			
					-49.44	-3482.83	-3482.83	-1206.61	-4296.66	-4296.66			
Xà 4m	Đầu xà	M	1,5		1,4	1,4	1,5,7,9	1,4,8,10	1,4,8,10				
			4024.01	-17489.37	-17489.37	5111.71	-17631.02	-17631.02					
			N	-8	-3993.54	-3993.54	-1174.13	-4789.15	-4789.15				
	Cuối xà	M	N	1,5	1,6	1,4	1,2,5,7,9	1,3,6,8,10	1,4,8,10				
				2356.79	-2232.09	-1194.73	4178.41	-4328.59	-2043.16				
				74	169.18	-3817.54	-2027.44	-2073.62	-4622.55				
Cuối xà	V	M	-412.69	-119.30	3173.45	717.56	554.03	3044.63					
			N	V	1,4	1,5	1,4	1,2,5,7,9	1,3,6,8,10	1,4,8,10			
					2356.79	-2232.09	-1194.73	4178.41	-4328.59	-2043.16			
74	169.18	-3817.54			-2027.44	-2073.62	-4622.55						
Xà 8m	Đầu xà	M	N	V	-412.69	-119.30	3173.45	717.56	554.03	3044.63			
					Cuối xà	M	N	V	1,4	1,5	1,4	1,5,7,9	1,4,7,9
									10169.23	-928.32	10169.23		-946.91
	-3465.54	238	-3465.54						-928.13	-4261.31			
	Cuối xà	M	N	V	-346.55	-404.51	-346.55		-619.86	-567.69			

### 3.5. THIẾT KẾ TIẾT DIỆN CỘT

#### 3.5.1. Thiết kế tiết diện cột

##### a) Xác định chiều dài tính toán

Chọn phương án cột tiết diện không đổi. Với tỷ số độ cứng của xà và cột đã giả thiết là bằng nhau (mục 3.2.3), ta có:

$$n = \left( \frac{I_{xa}}{L} \right) : \left( \frac{I_{cot}}{H} \right) = 1 \cdot \frac{8,3}{24} = 0,346.$$

Theo (2.25) có:

$$\mu = \sqrt{\frac{n+0,56}{n+0,14}} = \sqrt{\frac{0,346+0,56}{0,346+0,14}} = 1,365.$$

Vậy chiều dài tính toán trong mặt phẳng khung của cột xác định theo công thức (2.23):

$$l_x = \mu H = 1,365 \cdot 8,3 = 11,33 \text{ (m)}.$$

Chiều dài tính toán của cột theo phương ngoài mặt phẳng khung ( $l_y$ ) lấy bằng khoảng cách giữa các điểm cố định không cho cột chuyển vị theo phương dọc nhà (dầm cầu trục, giằng cột, xà ngang...). Giả thiết bố trí giằng cột dọc nhà bằng thép hình chữ C tại cao trình +3.500, tức là khoảng giữa phân cột tính từ mặt móng đến dầm hãm, nên  $l_y = 3,5 \text{ m}$ .

##### b) Chọn và kiểm tra tiết diện

Từ bảng tổ hợp nội lực chọn cặp nội lực tính toán:

$$N = -224,83 \text{ kN}$$

$$M = -156,17 \text{ kNm}$$

$$V = -44,8 \text{ kN}$$

Đây là cặp nội lực tại tiết diện dưới vai, trong tổ hợp nội lực do các trường hợp tải trọng 1,4,7,9 gây ra.

Chiều cao tiết diện cột chọn từ điều kiện độ cứng:

$$h = \left( \frac{1}{15} \div \frac{1}{20} \right) H = (0,55 \div 41,5) \text{ cm} \rightarrow \text{Chọn } h = 40 \text{ cm}.$$

Bề rộng tiết diện cột chọn theo các điều kiện cấu tạo và độ cứng:

$$b_f = (0,3 \div 0,5) h = (12 \div 20) \text{ cm};$$

$$b_f = \left( \frac{1}{20} \div \frac{1}{30} \right) l_y = (17,5 \div 11,7) \text{ cm} \rightarrow \text{Chọn } b_f = 20 \text{ cm}.$$



Diện tích tiết diện cần thiết của cột xác định sơ bộ theo (2.29):

$$A_{yc} = \frac{224,83}{21,1} \left[ 1,25 + (2,2 \div 2,8) \frac{156,17 \cdot 10^2}{40 \cdot 224,83} \right] = (53,2 \div 65,4) \text{ (cm}^2\text{)}.$$

Bề dày bản bụng:

$$t_w = \left( \frac{1}{70} \div \frac{1}{100} \right) h \geq 0,6 \text{ cm} \rightarrow \text{Chọn } t_w = 0,6 \text{ cm.}$$

Tiết diện cột chọn như sau (hình 3.20):

+ Bản cánh: (1 × 20) cm.

+ Bản bụng: (0,6 × 38) cm.

Tính các đặc trưng hình học của tiết diện đã chọn:

$$A = 0,6 \cdot 38 + 2 \cdot (1 \cdot 20) = 62,8 \text{ (cm}^2\text{)};$$

$$I_x = \frac{20 \cdot 40^3}{12} - 2 \cdot \left[ \frac{0,5 \cdot (20 - 0,6) \cdot 38^3}{12} \right] = 17957 \text{ (cm}^4\text{)};$$

$$I_y = \frac{0,6^3 \cdot 38}{12} + 2 \cdot \frac{1 \cdot 20^3}{12} = 1334 \text{ (cm}^4\text{)}; \quad W_x = 17957 \cdot 2 / 40 = 898 \text{ (cm}^3\text{)};$$

$$i_x = \sqrt{\frac{17957}{62,8}} = 16,91 \text{ (cm)};$$

$$i_y = \sqrt{\frac{1334}{62,8}} = 4,61 \text{ (cm)};$$

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{11,33 \cdot 10^2}{16,91} = 67 < [\lambda] = 120;$$

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{3,5 \cdot 10^2}{4,61} = 76 < [\lambda] = 120;$$

$$\bar{\lambda}_x = \lambda_x \sqrt{\frac{f}{E}} = 67 \cdot \sqrt{\frac{21}{2,1 \cdot 10^4}} = 2,12; \quad \bar{\lambda}_y = \lambda_y \sqrt{\frac{f}{E}} = 76 \cdot \sqrt{\frac{21}{2,1 \cdot 10^4}} = 2,4;$$

$$m_x = \frac{M}{N} \frac{A}{W_x} = \frac{156,17 \cdot 10^2}{224,83} \cdot \frac{62,8}{898} = 4,86.$$

Tra bảng IV.5 phụ lục - với loại tiết diện số 5, ta có:

$$\begin{aligned} \text{Với } A_f / A_w = 0,5: \quad \eta &= (1,75 - 0,1m_x) - 0,02(5 - m_x)\bar{\lambda}_x = \\ &= (1,75 - 0,1 \cdot 4,86) - 0,02(5 - 4,86) \cdot 2,12 = 1,258. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Với } A_f / A_w \geq 1: \quad \eta &= (1,9 - 0,1m_x) - 0,02(6 - m_x)\bar{\lambda}_x = \\ &= (1,9 - 0,1 \cdot 4,86) - 0,02(6 - 4,86) \cdot 2,12 = 1,366. \end{aligned}$$

Với:  $\frac{A_f}{A_w} = \frac{1.20}{0.6.38} = 0,877$  nội suy có  $\eta = 1,339$ .

Từ đó:  $m_e = \eta m_x = 1,339.4,86 = 6,51 < 20 \rightarrow$  Không cần kiểm tra bền.

Với  $\bar{\lambda}_x = 2,12$  và  $m_e = 6,51$ , tra bảng IV.3 phụ lục, nội suy có  $\phi_e = 0,178$ .

Điều kiện ổn định tổng thể của cột trong mặt phẳng khung được kiểm tra theo công thức (2.42):

$$\sigma_x = \frac{N}{\phi_e A} = \frac{224,83}{0,178.62,8} = 20,1 \text{ (kN/cm}^2\text{)} < f_{\gamma_c} = 21 \text{ (kN/cm}^2\text{)}.$$

Để kiểm tra ổn định tổng thể của cột theo phương ngoài mặt phẳng cần tính trị số mô men ở 1/3 chiều cao của cột dưới kể từ phía có mô men lớn hơn. Vì cặp nội lực dùng để tính toán cột là tại tiết diện dưới vai cột và do các trường hợp tải trọng (1,4,7,9) gây ra nên trị số của mô men uốn tại tiết diện chân cột tương ứng là:

$$52,31 + (58,72 + 1,905 + 21,32).0,9 = 126,06 \text{ (kNm)}.$$

Vậy trị số của mô men tại 1/3 chiều cao cột dưới, kể từ tiết diện vai cột:

$$\bar{M} = -156,17 + \frac{[126,06 - (-156,17)]}{3} = -62,1 \text{ (kNm)}.$$

Do đó:  $M' = \max(\bar{M}; \frac{M}{2}) = \max(-62,1; \frac{-156,17}{2}) = -78,09 \text{ (kNm)}.$

Tính độ lệch tâm tương đối theo  $M'$ :

$$m_x = \frac{M' A}{N W_x} = \frac{78,09.10^2}{224,83} \cdot \frac{62,8}{898} = 2,49.$$

Do  $m_x = 2,49 < 5$  nên theo (2.44) ta có  $c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x}$ .

Ở trên:  $\beta = 1$  vì  $\lambda_c = 3,14 \sqrt{\frac{E}{f}} = 3,14 \sqrt{\frac{2.1.10^4}{21}} = 99 > \lambda_y = 76.$

Theo bảng 2.1 ta có:  $\alpha = 0,65 + 0,05 m_x = 0,65 + 0,05.2,49 = 0,775.$

Từ đó:  $c = \frac{1}{1 + 0,775.2,49} = 0,341.$

Với  $\lambda_y = 76$  tra bảng IV.2 phụ lục, nội suy có  $\phi_y = 0,743.$

Do vậy điều kiện ổn định tổng thể của cột theo phương ngoài mặt phẳng được kiểm tra theo công thức (2.43):

$$\sigma_y = \frac{N}{c\phi_y A} = \frac{224,83}{0,341 \cdot 0,743 \cdot 62,8} = 14,13 \text{ (kN/cm}^2\text{)} < f_{yc} = 21 \text{ (kN/cm}^2\text{)}.$$

Điều kiện ổn định cục bộ của các bản cánh và bản bụng cột được kiểm tra theo các công thức (2.47) và (2.50).

+ Với bản cánh cột:

$$\frac{b_0}{t_f} = \frac{0,5 \cdot (20 - 0,6)}{1} = 9,7 < \left[ \frac{b_0}{t_f} \right] = (0,36 + 0,1 \cdot 2,12) \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^4}{21}} = 18,1.$$

Ở trên, vì  $0,8 < \bar{\lambda}_x = 2,12 < 4$  nên  $[b_0 / t_f]$  xác định theo (2.49).

+ Với bản bụng cột: do  $m_x = 4,86 > 1$ ;  $\bar{\lambda}_x = 2,12 > 2$  và khả năng chịu lực của cột được quyết định bởi điều kiện ổn định tổng thể trong mặt phẳng uốn (do  $\sigma_x > \sigma_y$ ) nên theo bảng 2.2 ta có:

$$\left[ \frac{h_w}{t_w} \right] = (1,2 + 0,35 \bar{\lambda}_x) \sqrt{\frac{E}{f}} = (1,2 + 0,35 \cdot 2,12) \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^4}{21}} = 61,4.$$

Ta có:  $\frac{h_w}{t_w} = \frac{38}{0,6} = 63,3 < 3,1 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^4}{21}} = 98$

$$\frac{h_w}{t_w} = 63,3 < 2,3 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^4}{21}} = 73 \rightarrow \text{Không phải đặt vách cứng.}$$

Tuy nhiên:  $\frac{h_w}{t_w} = 63,3 > \left[ \frac{h_w}{t_w} \right] = 61,4$  do vậy bản bụng cột bị mất ổn định cục bộ,

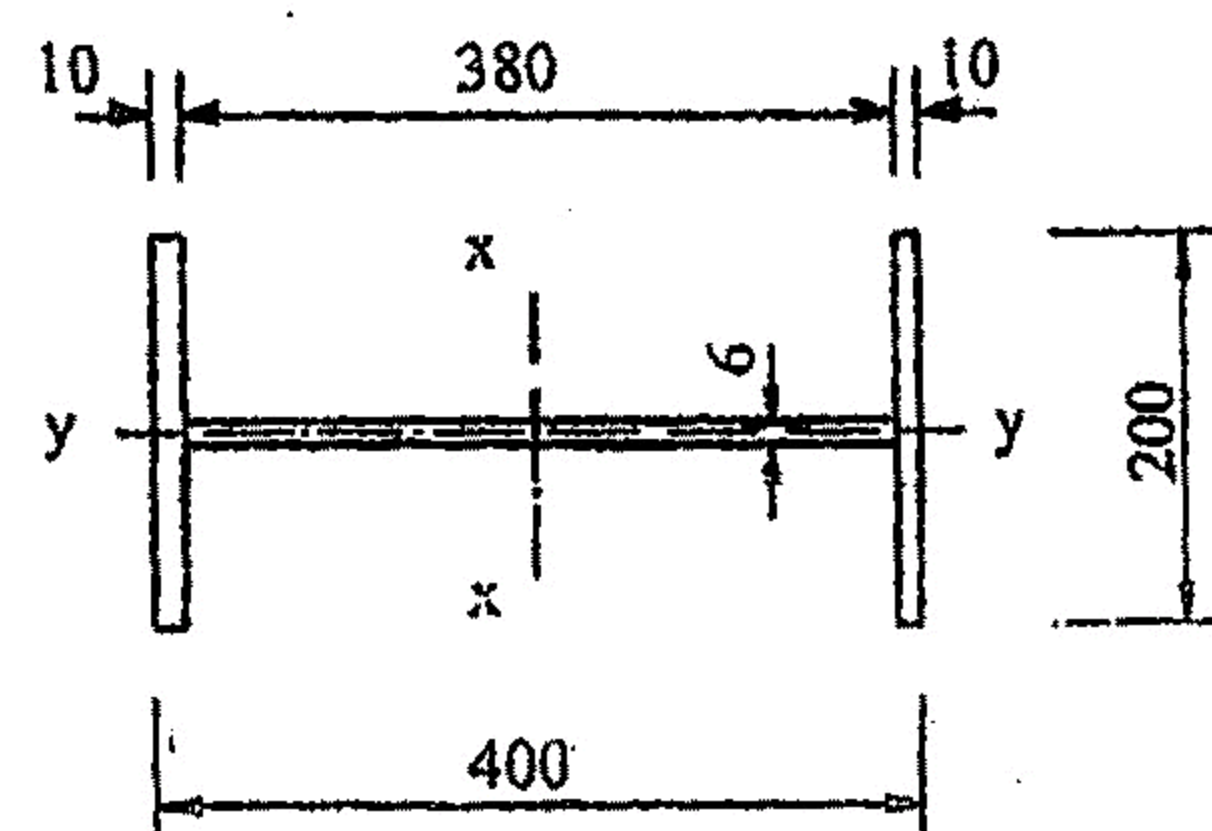
coi như chỉ có phần bản bụng cột tiếp giáp với 2 bản cánh còn làm việc. Bề rộng của phần bụng cột này là:

$$C_1 = 0,85 t_w \left[ \frac{h_w}{t_w} \right] = 0,85 \cdot 0,6 \cdot 61,4 = 31,3 \text{ (cm)}.$$

Diện tích tiết diện cột, không kể đến phần bản bụng bị mất ổn định cục bộ:

$$A' = 2 \cdot 0,6 \cdot 31,3 + 2 \cdot (1 \cdot 20) = 77,6 \text{ (cm}^2\text{)} > A = 62,8 \text{ cm}^2$$

→ Không cần kiểm tra lại các điều kiện ổn định tổng thể.



Hình 3.20. Tiết diện cột

Chuyển vị ngang lớn nhất ở đỉnh cột từ kết quả tính toán bằng phần mềm SAP 2000 trong tổ hợp tải trọng và tải trọng gió trái tiêu chuẩn là  $\Delta_x = 1,41 - 0,193 = 1,22\text{cm}$ . Do đó:

$$\frac{\Delta_x}{H} = \frac{0,0122}{8,3} = \frac{0,44}{300} < \frac{1}{300}$$

Vậy tiết diện cột đã chọn là đạt yêu cầu.

### 3.5.2. Thiết kế tiết diện xà ngang

#### a) Đoạn xà 4m (tiết diện thay đổi)

Từ bảng tổ hợp nội lực chọn cặp nội lực tính toán:

$$N = -47,89 \text{ kN}$$

$$M = -176,31 \text{ kNm}$$

$$V = 47,11 \text{ kN}$$

Đây là cặp nội lực tại tiết diện đầu xà, trong tổ hợp nội lực do các trường hợp tải trọng 1,4,8,10 gây ra.

Mô men chống uốn cần thiết của tiết diện xà ngang xác định theo công thức (2.53):

$$W_x^{yc} = \frac{M}{f_{yc}} = \frac{176,31 \cdot 10^2}{21.1} = 839,6 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Chiều cao của tiết diện xà xác định từ điều kiện tối ưu về chi phí vật liệu theo công thức (2.54), với bề dày bản bụng xà chọn sơ bộ là 0,6 cm:

$$h = k \sqrt{\frac{W_x^{yc}}{t_w}} = (1,15 \div 1,2) \cdot \sqrt{\frac{839,6}{0,6}} = (43 \div 44,9) \text{ (cm)}$$

→ Chọn  $h = 40 \text{ cm}$ .

Kiểm tra lại bề dày bản bụng từ điều kiện chịu cắt (2.55):

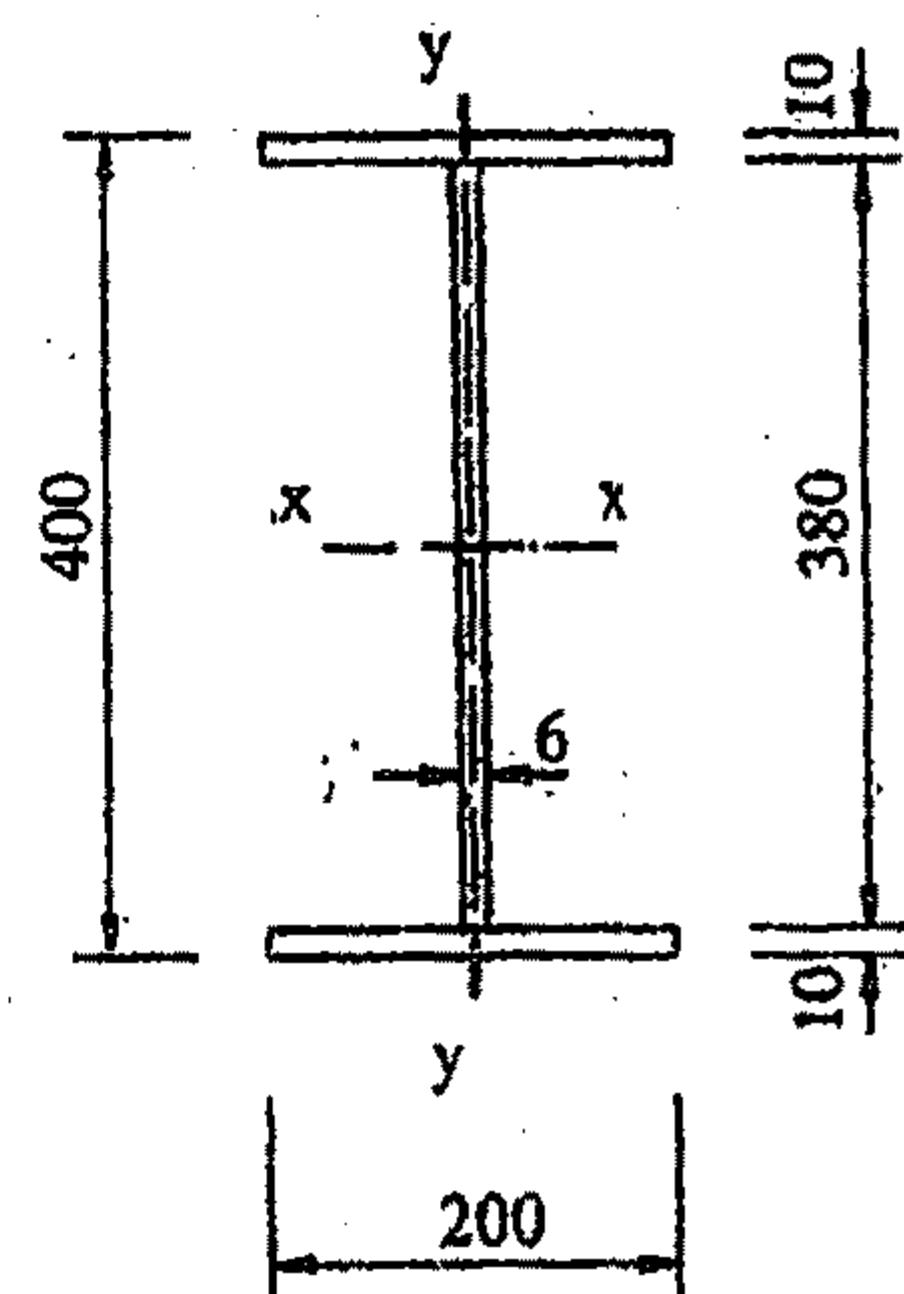
$$t_w = 0,6 \text{ cm} > \frac{3}{2} \frac{47,11}{40 \cdot 12 \cdot 1} = 0,15 \text{ (cm)}$$

Diện tích tiết diện cần thiết của bản cánh xà ngang xác định theo công thức (2.56):

$$A_f^{yc} = (b_f t_f)^{yc} = \left( 839,6 \cdot \frac{40}{2} - \frac{0,6 \cdot 38^3}{12} \right) \frac{2}{39^2} = 18,5 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Theo các yêu cầu cấu tạo và ổn định cục bộ, kích thước tiết diện của bản cánh được chọn là:  $t_f = 1 \text{ cm}$ ;  $b_f = 20 \text{ cm}$ .

Tính lại các đặc trưng hình học:



Hình 3.21. Tiết diện xà 4m

$$A = 0,6.38 + 2.(1.20) = 62,8 (\text{cm}^2);$$

$$I_x = \frac{20.40^3}{12} - 2. \left[ \frac{0,5.(20-0,6).38^3}{12} \right] = 17957 (\text{cm}^4);$$

$$W_x = 17957.2 / 40 = 898 (\text{cm}^3);$$

$$m_x = \frac{M A}{N W_x} = \frac{176,31.10^2}{47,89} \cdot \frac{62,8}{898} = 25,75.$$

Do  $m_x = 25,75 > 20 \rightarrow m_e = \eta m_x > 20$  (vì  $\eta \geq 1$ ) nên tiết diện xà ngang được tính toán kiểm tra theo điều kiện bền (2.41):

$$\sigma_x = \frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_{xn}} = \frac{47,89}{62,8} + \frac{176,31.10^2}{898} = 20,4 (\text{kN/cm}^2) < f_{yc} = 21 (\text{kN/cm}^2).$$

Tại tiết diện đầu xà có mô men uốn và lực cắt cùng tác dụng nên cần kiểm tra ứng suất tương đương tại chỗ tiếp xúc giữa bản cánh và bản bụng theo (2.57):

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq 1,15f_{yc}.$$

trong đó:

$$\sigma_1 = \frac{M h_w}{W_x h} = \frac{176,31.10^2}{898} \cdot \frac{38}{40} = 18,65 (\text{kN/cm}^2);$$

$$\tau_1 = \frac{VS_f}{I_x t_w} = \frac{47,11.390}{17957.0,6} = 1,71 (\text{kN/cm}^2)$$

Ở trên:  $S_f$  - mômen tĩnh của một cánh dầm đối với trục trung hoà x-x:

$$S_f = (20.1).(40-1) / 2 = 390 (\text{cm}^3).$$

Vậy:

$$\begin{aligned} \sigma_{td} &= \sqrt{18,65^2 + 3.1,71^2} = 18,88 (\text{kN/cm}^2) < 1,15f_{yc} \\ &= 1,15.21.1 = 24,15 (\text{kN/cm}^2). \end{aligned}$$

Kiểm tra ổn định cục bộ của bản cánh và bản bụng:

$$\frac{b_0}{t_f} = \frac{0,5.(20-0,6)}{1} = 9,7 < \frac{1}{2} \sqrt{\frac{E}{f}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2,1.10^4}{21}} = 15,8;$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{38}{0,6} = 63,3 < 5,5 \sqrt{\frac{E}{f}} = 5,5 \sqrt{\frac{2,1.10^4}{21}} = 174$$

→ Bản bụng không bị mất ổn định cục bộ dưới tác dụng của ứng suất pháp nén (không phải đặt sườn dọc).

$$\frac{h_w}{t_w} = 63,3 < 3,2 \sqrt{\frac{E}{f}} = 3,2 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^4}{21}} = 101$$

→ Bản bụng không bị mất ổn định cục bộ dưới tác dụng của ứng suất tiếp (không phải đặt sườn cứng ngang).

$$\frac{h_w}{t_w} = 63,3 < 2,5 \sqrt{\frac{E}{f}} = 2,5 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^4}{21}} = 79$$

→ Bản bụng không bị mất ổn định cục bộ dưới tác dụng của ứng suất pháp và ứng suất tiếp (không phải kiểm tra các ô bụng).

Vậy tiết diện xà đã chọn là đạt yêu cầu. Tỷ số độ cứng của tiết diện xà (ở chỗ tiếp giáp với cột) và cột đã chọn phù hợp với giả thiết ban đầu là bằng nhau.

b) Đoạn xà 8m (tiết diện không đổi)

Từ bảng tổ hợp nội lực chọn cặp nội lực tính toán:

$$N = -34,66 \text{ kN}$$

$$M = 101,69 \text{ kNm}$$

$$V = -3,47 \text{ kN}$$

Đây là cặp nội lực tại tiết diện cuối xà, trong tổ hợp nội lực do các trường hợp tải trọng 1,4 gây ra.

Mômen chống uốn cần thiết của tiết diện xà ngang:

$$W_x^{yc} = \frac{M}{f_{yc}} = \frac{101,69 \cdot 10^2}{21 \cdot 1} = 484,2 \text{ (cm}^3\text{)}.$$

Chọn sơ bộ bề dày bản bụng là 0,6 cm. Chiều cao của tiết diện xà xác định từ điều kiện tối ưu về chi phí vật liệu:

$$h = (1,15 \div 1,2) \cdot \sqrt{484,2 / 0,6} = (32,7 \div 34,1) \text{ (cm}^2\text{)}$$

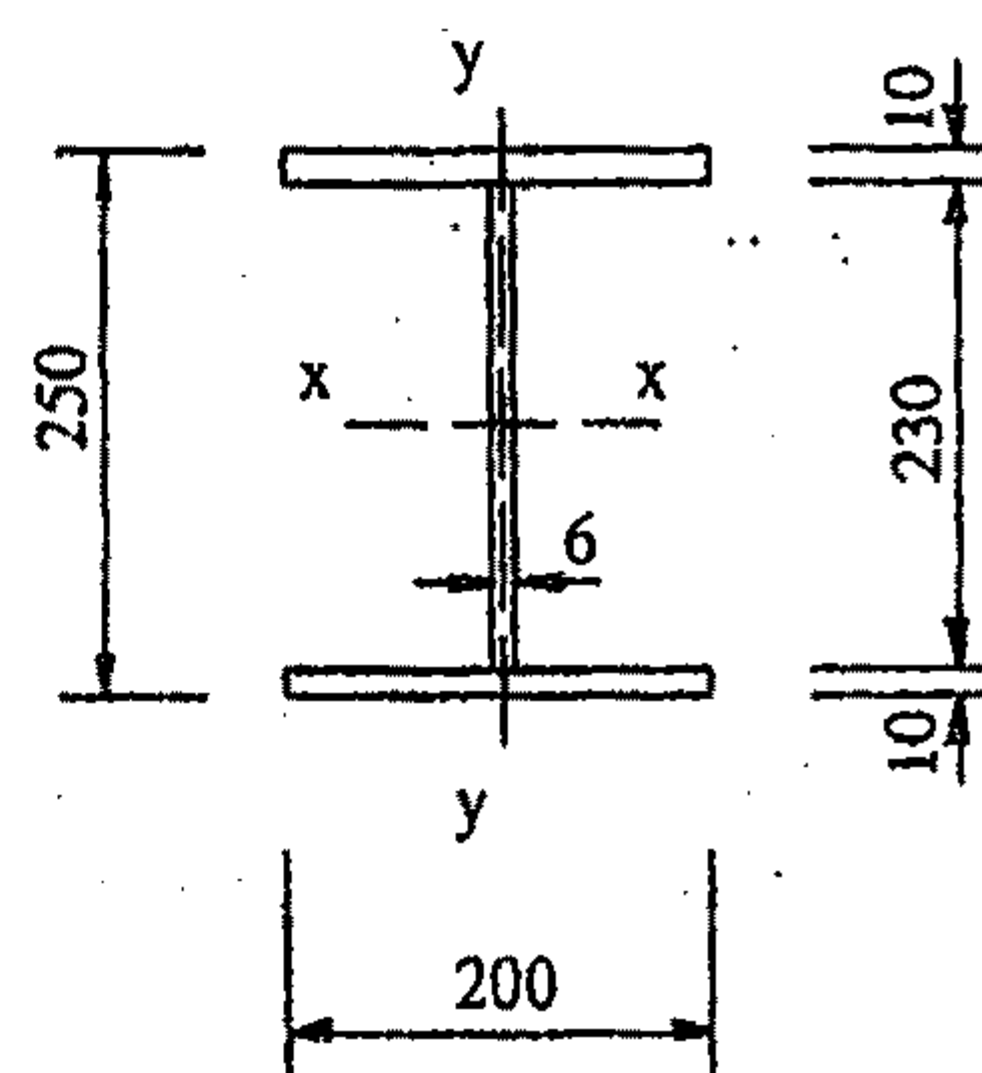
→ Chọn  $h = 25 \text{ cm}$ .

Chọn sơ bộ bề dày bản cánh xà là  $t_f = 1 \text{ cm}$ . Diện tích tiết diện cần thiết của bản cánh xà ngang:

$$A_f^{yc} = (b_f t_f)^{yc} = \left( 484,2 \cdot \frac{25}{2} - \frac{0,6 \cdot 23^3}{12} \right) \frac{2}{24^2} = 18,9 \text{ (cm}^2\text{)}.$$

Theo các yêu cầu cấu tạo và ổn định cục bộ, kích thước tiết diện của bản cánh được chọn là  $t_f = 1 \text{ cm}$ ;  $b_f = 20 \text{ cm}$ .

Tính lại các đặc trưng hình học:



Hình 3.22. Tiết diện xà 8m

$$A = 0,6.23 + 2.(1.20) = 53,8 \text{ (cm}^2\text{)};$$

$$I_x = \frac{20.25^3}{12} - 2 \cdot \left[ \frac{0,5.(20-0,6).23^3}{12} \right] = 6371,7 \text{ (cm}^4\text{)};$$

$$W_x = 6371,7.2 / 25 = 509,7 \text{ (cm}^3\text{)};$$

$$m_x = \frac{M}{N} \frac{A}{W_x} = \frac{101,69.10^2}{34,66} \cdot \frac{53,8}{509,7} = 30,97.$$

Do  $m_x = 30,97 > 20 \rightarrow m_e = \eta m_x > 20$  (do  $\eta \geq 1$ ) vì vậy tiết diện xà ngang được tính toán theo điều kiện bền (2.41):

$$\sigma_x = \frac{34,66}{53,8} + \frac{101,69.10^2}{509,7} = 20,6 \text{ (kN/cm}^2\text{)} < f_{y_c} = 21 \text{ (kN/cm}^2\text{)}.$$

Tương tự trên, cần kiểm tra ứng suất tương đương tại chỗ tiếp xúc giữa bản cánh và bản bụng xà ngang. Ta có:

$$S_f = (20.1) \cdot \frac{(25-1)}{2} = 240 \text{ (cm}^3\text{)};$$

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_x} \frac{h_w}{h} = \frac{101,69.10^2}{509,7} \cdot \frac{23}{25} = 18,35 \text{ (kN/cm}^2\text{)};$$

$$\tau_1 = \frac{VS_f}{I_x t_w} = \frac{3,47.240}{6371,7.0,6} = 0,22 \text{ (kN/cm}^2\text{)}.$$

Vậy:  $\sigma_{td} = \sqrt{18,35^2 + 3.0,22^2} = 18,35 \text{ (kN/cm}^2\text{)} < 1,15f_{y_c} = 24,15 \text{ (kN/cm}^2\text{)}.$

Do tiết diện xà đã chọn có kích thước nhỏ hơn đoạn xà 4 m nên không cần kiểm tra ổn định cục bộ của bản cánh và bản bụng.

### 3.6. THIẾT KẾ CÁC CHI TIẾT

#### 3.6.1. Vai cột

Với chiều cao tiết diện cột là  $h = 40 \text{ cm}$ , theo các công thức (2.60) và (2.61) xác định được mô men uốn và lực cắt tại chỗ liên kết công-xôn vai cột với bản cánh cột:

$$M = (D_{\max} + G_{\text{dct}})(L_1 - h) = (178,5 + 6,3).(0,75 - 0,4) = 64,68 \text{ (kNm)};$$

$$V = D_{\max} + G_{\text{dct}} = 178,5 + 6,3 = 184,8 \text{ (kN)}.$$

Bề rộng bản cánh dầm vai chọn bằng bề rộng cánh cột  $b_f^{\text{dv}} = 20 \text{ cm}$ . Giả thiết bề rộng của sườn gối dầm cầu trục  $b_{\text{dct}} = 20 \text{ cm}$ . Chọn sơ bộ bề dày các bản cánh dầm vai

$t_f^{dv} = 1 \text{ cm}$ . Từ đó bề dày bản bụng dầm vai xác định từ điều kiện chịu ép cục bộ do phản lực dầm cầu trực truyền vào, theo công thức (2.63):

$$t_w^{dv} \geq \frac{D_{\max} + G_{dct}}{(b_{dct} + 2t_f^{dv})f\gamma_c} = \frac{184,8}{(20 + 2 \cdot 1) \cdot 21 \cdot 1} = 0,4 \text{ (cm)} \rightarrow \text{Chọn } t_w^{dv} = 0,8 \text{ cm.}$$

Chiều cao của dầm vai xác định sơ bộ từ điều kiện bản bụng dầm vai đủ khả năng chịu cắt, suy ra từ công thức (2.65):

$$h_w^{dv} \geq \frac{3}{2} \frac{V}{t_w^{dv} f_v \gamma_c} = \frac{3}{2} \frac{184,8}{0,8 \cdot 12 \cdot 1} = 28,9 \text{ (cm)} \rightarrow \text{Chọn } h_w^{dv} = 38 \text{ cm.}$$

Các đặc trưng hình học của tiết diện dầm vai:

$$I_x^{dv} = \frac{20 \cdot 40^3}{12} - 2 \cdot \frac{0,5 \cdot (20 - 0,8) \cdot 38^3}{12} = 18871,5 \text{ (cm}^4\text{);}$$

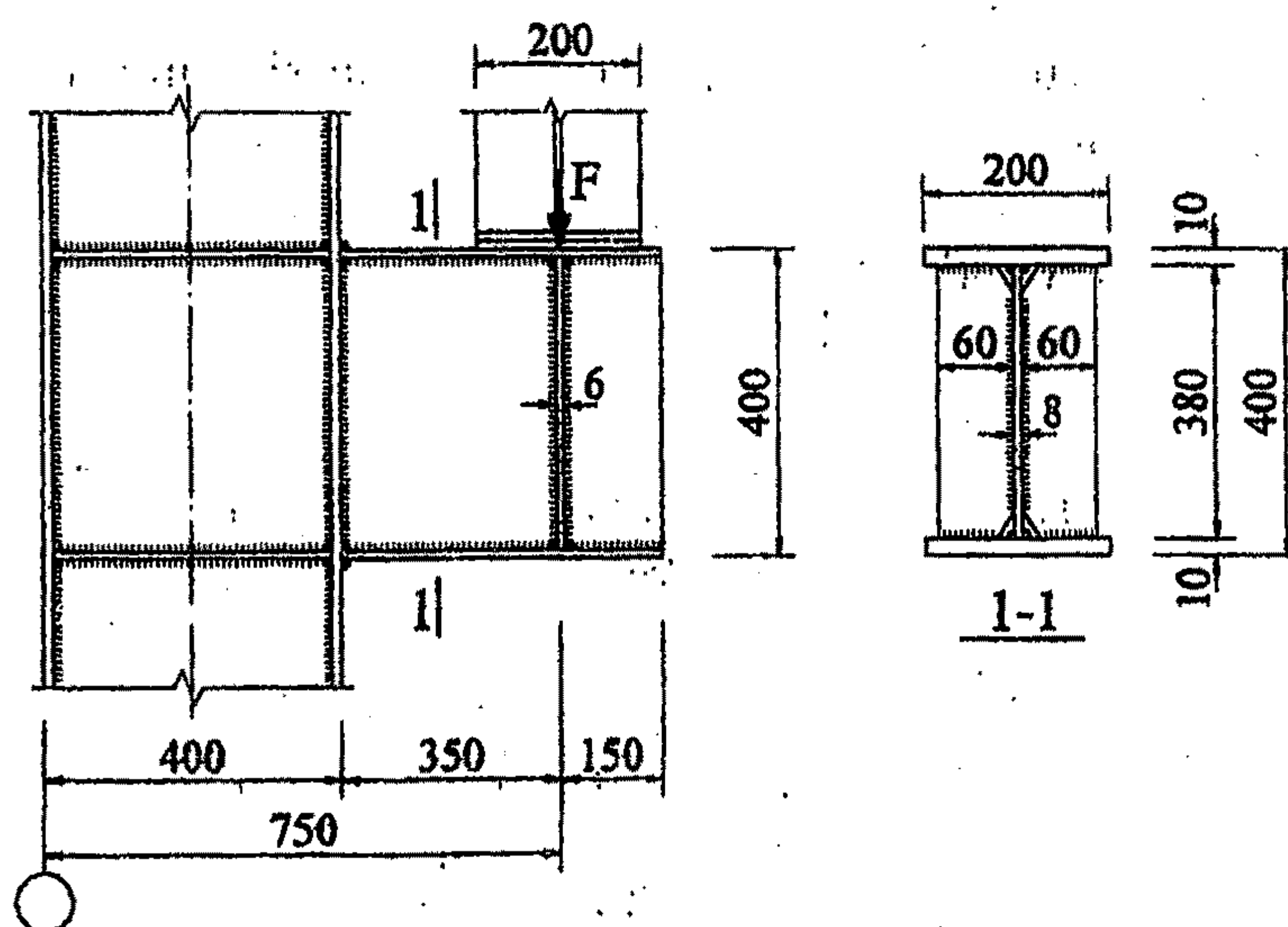
$$W_x^{dv} = \frac{18871,5 \cdot 2}{40} = 943,6 \text{ (cm}^3\text{);}$$

$$S_f^{dv} = (20 \cdot 1) \cdot 19,5 = 390 \text{ (cm}^3\text{).}$$

Trị số của ứng suất pháp và ứng suất tiếp tại chỗ tiếp xúc giữa bản cánh và bản bụng dầm vai:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_x^{dv}} \frac{h_w^{dv}}{h_{dv}} = \frac{64,68 \cdot 10^2}{943,6} \cdot \frac{38}{40} = 6,51 \text{ (kN/cm}^2\text{);}$$

$$\tau_1 = \frac{VS_f^{dv}}{I_x^{dv} t_w} = \frac{184,8 \cdot 390}{18871,5 \cdot 0,8} = 4,77 \text{ (kN/cm}^2\text{).}$$



Hình 3.23. Cấu tạo vai cột



Vậy theo (2.66):

$$\begin{aligned}\sigma_{td} &= \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = \sqrt{6,51^2 + 3.4,77^2} = \\ &= 10,52 \text{ (kN/cm}^2\text{)} < 1,15.21 = 24,15 \text{ (kN/cm}^2\text{)}.\end{aligned}$$

Kiểm tra ổn định cục bộ của bản cánh và bụng dầm vai:

$$\text{Bản cánh: } \frac{b_0}{t_f^{dv}} = \frac{0,5.(20-0,8)}{1} = 9,6 < \frac{1}{2} \sqrt{\frac{E}{f}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2,1.10^4}{21}} = 15,8.$$

$$\text{Bản bụng: } \frac{h_w^{dv}}{t_w^{dv}} = \frac{38}{0,8} = 47,5 < 2,5 \sqrt{\frac{E}{f}} = 2,5 \sqrt{\frac{2,1.10^4}{21}} = 79.$$

Theo cấu tạo, chọn chiều cao đường hàn liên kết dầm vai vào cột  $h_f = 0,6 \text{ cm}$ .

Chiều dài tính toán của các đường hàn liên kết dầm vai với bản cánh cột xác định như sau:

- Phía trên cánh (2 đường hàn):  $l_w = 20 - 1 = 19 \text{ cm}$ .
- Phía dưới cánh (4 đường hàn):  $l_w = 0,5.(20 - 0,8) - 1 \approx 8 \text{ cm}$ .
- Ở bản bụng (2 đường hàn):  $l_w = 38 - 1 = 37 \text{ cm}$ .

Từ đó, diện tích tiết diện và mô men chống uốn của các đường hàn trong liên kết (coi lực cắt chỉ do các đường hàn liên kết ở bản bụng chịu):

$$A_w = 2.0,6.37 = 44,4 \text{ (cm}^2\text{)};$$

$$\begin{aligned}W_w &= 2. \left[ \left( \frac{19.0,6^3}{12} + 19.0,6.20^2 \right) + \left( 2. \frac{8.0,6^3}{12} + 2.8.0,6.19^2 \right) + \frac{0,6.37^3}{12} \right] \cdot \frac{2}{40} = \\ &= 1055,9 \text{ (cm}^3\text{)}.\end{aligned}$$

Khả năng chịu lực của các đường hàn trong liên kết được kiểm tra theo (2.67):

$$\begin{aligned}\sigma_{td} &= \sqrt{\left( \frac{64,68.10^2}{1055,9} \right)^2 + \left( \frac{184,8}{44,4} \right)^2} = \\ &= 7,41 \text{ (kN/cm}^2\text{)} < (\beta f_w)_{\min} \gamma_c = (0,7.18).1 = 12,6 \text{ (kN/cm}^2\text{)}.\end{aligned}$$

Kích thước của cặp sườn gia cường cho bụng dầm vai lấy như sau:

- Chiều cao:  $h_s = h_w^{dv} = 38 \text{ cm}$ .
- Bề rộng:  $b_s = \frac{380}{30} + 40 = 52,7 \text{ (mm)} \rightarrow$  Chọn  $b_s = 6 \text{ cm}$ .
- Bề dày:  $t_s \geq 2b_s \sqrt{f/E} = 2.6. \sqrt{21/2,1.10^4} = 0,38 \text{ (cm)} \rightarrow$  Chọn  $t_s = 0,6 \text{ cm}$ .

Cấu tạo vai cột như hình 3.23.

### 3.6.2. Chân cột

#### a) Tính toán bản đế

Từ bảng tổ hợp nội lực chọn cặp nội lực tính toán tại tiết diện chân cột:

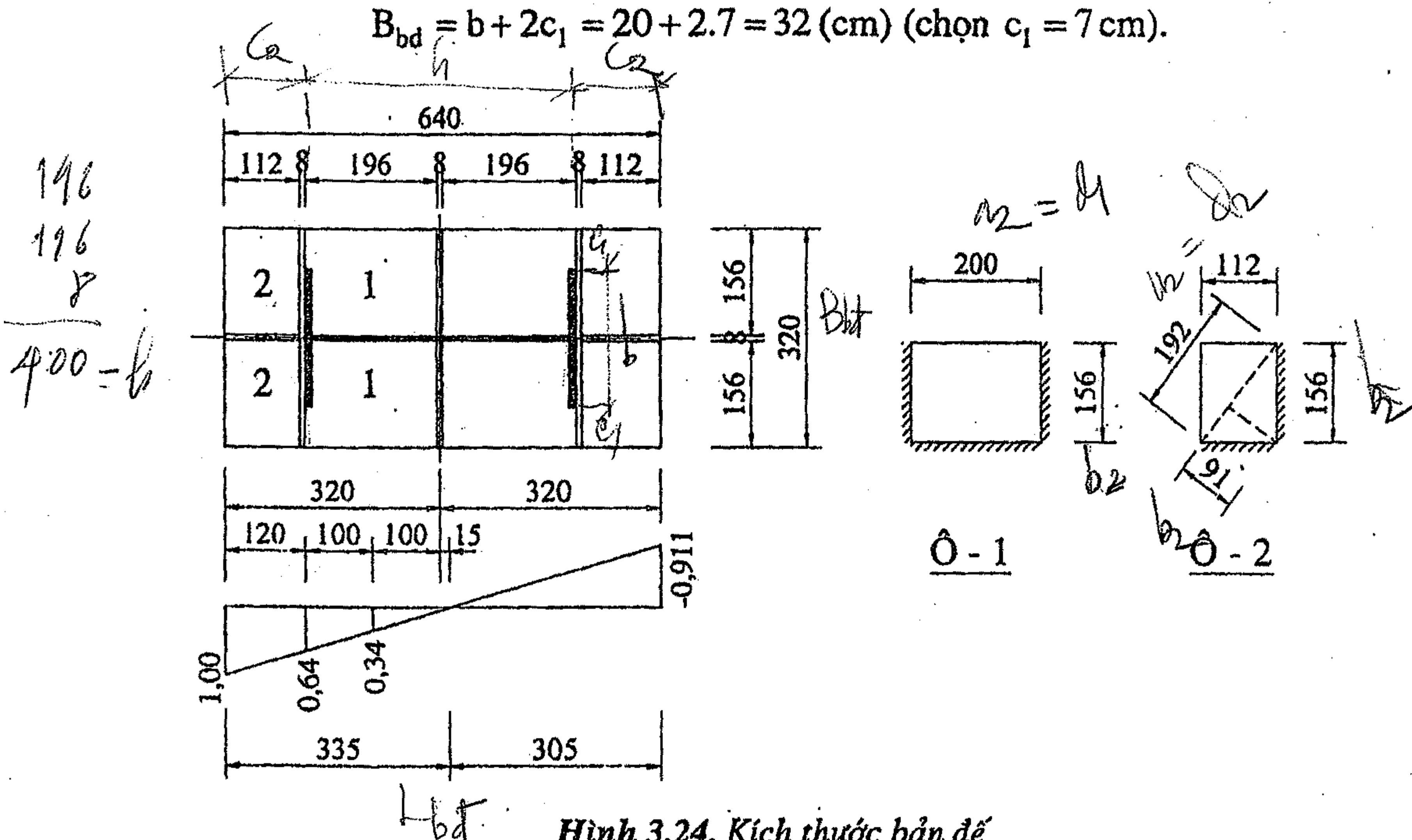
$$N = -88,37 \text{ kN}$$

$$M = 208,48 \text{ kNm}$$

$$V = -54,87 \text{ kN}$$

Căn cứ vào kích thước tiết diện cột đã chọn, dự kiến chọn phương án cấu tạo chân cột cho trường hợp có vùng kéo trong bê tông móng với 4 bu lông neo ở một phía chân cột (hình 2.14 b). Từ đó xác định được bề rộng của bản đế:

$$B_{bd} = b + 2c_1 = 20 + 2 \cdot 7 = 32 \text{ (cm) (chọn } c_1 = 7 \text{ cm).}$$



Hình 3.24. Kích thước bản đế

Chiều dài của bản đế xác định từ điều kiện chịu ép cục bộ của bê tông móng:

$$L_{bd} \geq \frac{N}{2B_{bd}\psi R_{b,loc}} + \sqrt{\left(\frac{N}{2B_{bd}\psi R_{b,loc}}\right)^2 + \frac{6M}{B_{bd}\psi R_{b,loc}}} =$$

$$= \frac{88,37}{2 \cdot 32 \cdot 0,75 \cdot 1,33} + \sqrt{\left(\frac{88,37}{2 \cdot 32 \cdot 0,75 \cdot 1,33}\right)^2 + \frac{6 \cdot 208,48 \cdot 10^2}{32 \cdot 0,75 \cdot 1,33}} = 63,9 \text{ (cm).}$$

(Ở trên giả thiết bê tông móng mác B20 có  $R_b = 1,15 \text{ kN/cm}^2$  và hệ số tăng cường độ  $\phi_b = 1,16$  - tương ứng với kích thước mặt móng là  $(0,4 \times 0,8) \text{ m}$  - từ đó xác định được  $R_{b,loc} = 1,1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 1,33 \text{ kN/cm}^2$ ).

Theo cấu tạo và khoảng cách bố trí bu lông neo, chiều dài của bản đế với giả thiết  $c_2 = 11,2$  cm và bề dày của dầm đế là 0,8 cm:

$$L_{bd} = h + 2t_{dd} + 2c_2 = 40 + 2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 11,2 = 64 \text{ (cm)}.$$

Tính lại ứng suất phản lực của bê tông móng phía dưới bản đế:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{B_{bd}L_{bd}} + \frac{6M}{B_{bd}L_{bd}^2} = \frac{88,37}{32,64} + \frac{6 \cdot 208,48 \cdot 10^2}{32,64^2} = 1 \text{ (kN/cm}^2\text{)} = \psi R_{b,loc} = 0,75 \cdot 1,33 = 1 \text{ (kN/cm}^2\text{)};$$

*hãy xem  
chỉ kéo*

$$\sigma_{min} = \frac{N}{B_{bd}L_{bd}} - \frac{6M}{B_{bd}L_{bd}^2} = \frac{88,37}{32,64} - \frac{6 \cdot 208,48 \cdot 10^2}{32,64^2} = -0,911 \text{ (kN/cm}^2\text{)}.$$

Bề dày của bản đế chân cột được xác định từ điều kiện chịu uốn của bản đế do ứng suất phản lực trong bê tông móng. Xét các ô bản đế:

Ô 1 (bản kê 3 cạnh):

$$a_2 = d_1 = 20 \text{ cm}; b_2 = 15,6 \text{ cm}; b_2 / a_2 = 15,6 / 20 = 0,78$$

Tra bảng 2.4, nội suy có:  $\alpha_b = 0,095$

$$\rightarrow M_1 = \alpha_b \sigma_1 d_1^2 = 0,095 \cdot 0,64 \cdot 20^2 = 24,32 \text{ (kNcm)}.$$

*fine  
đúng  
5B1*

Ô 2 (bản kê 2 cạnh liền kề):

$$a_2 = d_2 = 19,2 \text{ cm}; b_2 = 9,1 \text{ cm}; b_2 / a_2 = 9,1 / 19,2 = 0,474$$

Tra bảng có:  $\alpha_b = 0,06 \rightarrow M_1 = \alpha_b \sigma_2 d_2^2 = 0,06 \cdot 1 \cdot 19,2^2 = 22,12 \text{ (kNcm)}.$

*ok*

Vậy bề dày của bản đế xác định theo (2.71):

$$t_{bd} = \sqrt{\frac{6M_{max}}{f_{yc}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 24,32}{21,1}} = 2,64 \text{ (cm)} \rightarrow \text{chọn } t = 2,8 \text{ cm}.$$

b) Tính toán dầm đế

Kích thước của dầm đế chọn như sau:

+ Bề dày (đã chọn):  $t_{dd} = 0,8$  cm.

+ Bề rộng:  $b_{dd} = B_{bd} = 32$  cm.

+ Chiều cao:  $h_{dd}$  phụ thuộc vào đường hàn liên kết dầm đế vào cột phải đủ khả năng truyền lực do ứng suất phản lực của bê tông móng.

Lực truyền vào một dầm đế do ứng suất phản lực của bê tông móng:

$$N_{dd} = (12 + 10) \cdot 32 \cdot 0,64 = 450,56 \text{ (kN)}.$$

Theo cấu tạo, chọn chiều cao của đường hàn liên kết dầm đế vào cột là  $h_f = 0,6 \text{ cm}$ .  
 Từ đó xác định được chiều dài tính toán của 1 đường hàn liên kết dầm đế vào cột:

$$l_w = \frac{N_{dd}}{2h_f(\beta f_w)_{\min} \gamma_c} = \frac{450,56}{2 \cdot 0,6 \cdot (0,718) \cdot 1} + 1 = 30,8 \text{ (cm)}$$

→ Chọn chiều cao của dầm đế  $h_{dd} = 32 \text{ cm}$ .

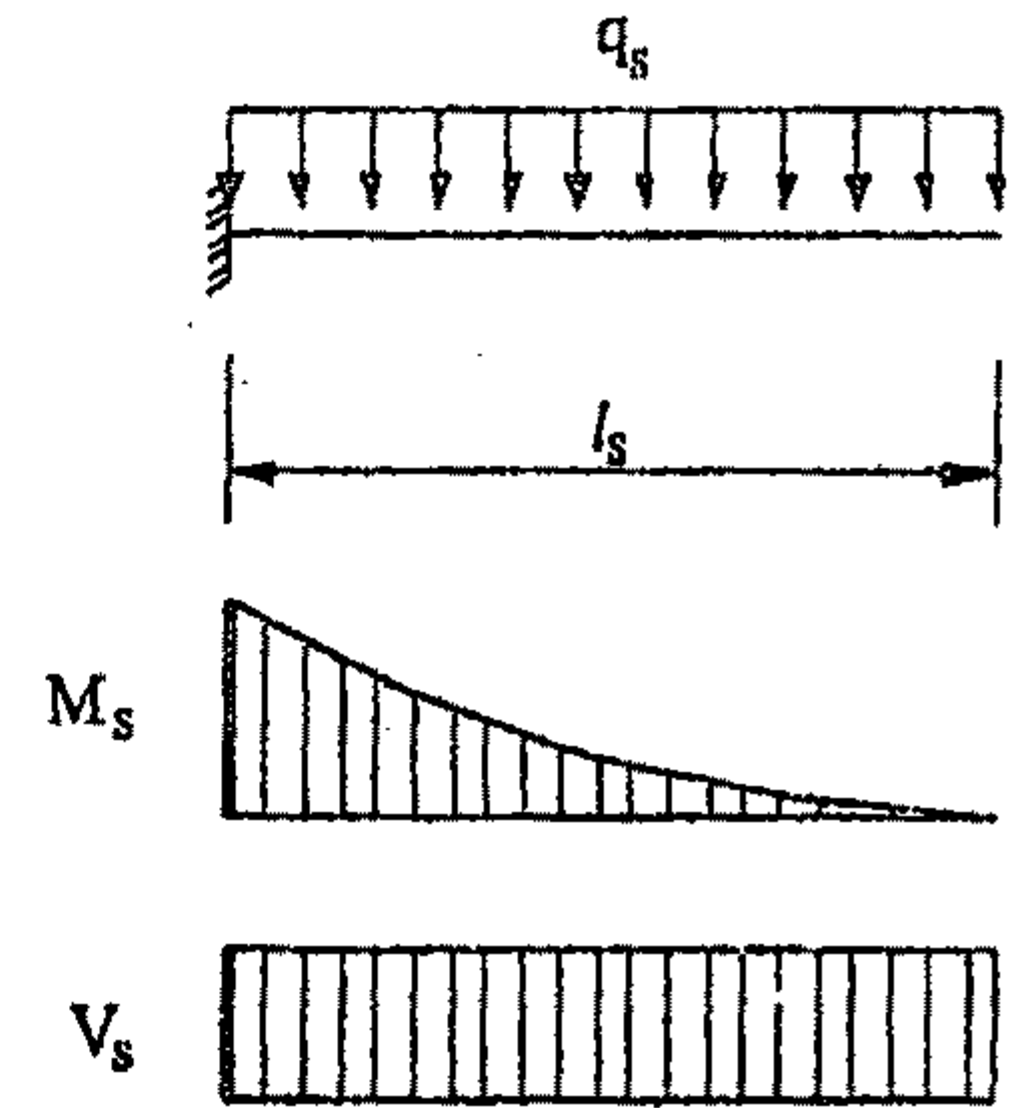
c) *Tính toán sườn A*

Sơ đồ tính sườn là dầm công-xôn ngàm vào bản bụng cột bằng 2 đường hàn liên kết (hình 3.25). Ta có:

$$q_s = 0,34 \cdot (2 \cdot 10) = 6,8 \text{ (kN/cm);}$$

$$M_s = \frac{q_s \cdot l_s^2}{2} = \frac{6,8 \cdot 15,6^2}{2} = 827,4 \text{ (kN.cm);}$$

$$V_s = q_s \cdot l_s = 6,8 \cdot 15,6 = 106,1 \text{ (kN).}$$



Hình 3.25. Sơ đồ tính sườn

Chọn bề dày sườn  $t_s = 0,8 \text{ cm}$ . Chiều cao của sườn xác định sơ bộ từ điều kiện chịu uốn:

$$h_s \geq \sqrt{\frac{6M_s}{t_s f \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 827,4}{0,8 \cdot 21 \cdot 1}} = 17,2 \text{ (cm)} \rightarrow \text{Chọn } h_s = 20 \text{ cm.}$$

Kiểm tra lại tiết diện sườn đã chọn theo ứng suất tương đương:

$$\begin{aligned} \sigma_{td} &= \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = \sqrt{\left(\frac{6 \cdot 827,4}{0,8 \cdot 20^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{106,1}{0,8 \cdot 20}\right)^2} = \\ &= 19,3 \text{ (kN/cm}^2\text{)} < 1,15 f \gamma_c = 1,15 \cdot 21 \cdot 1 = 24,15 \text{ (kN/cm}^2\text{)}. \end{aligned}$$

Theo cấu tạo, chọn chiều cao đường hàn liên kết sườn A vào bản bụng cột  $h_f = 0,6 \text{ cm}$ .  
 Diện tích tiết diện và mô men chống uốn của các đường hàn này là:

$$A_w = 2 \cdot 0,6 \cdot (20 - 1) = 22,8 \text{ (cm}^2\text{);}$$

$$W_w = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot (20 - 1)^2}{6} = 72,2 \text{ (cm}^3\text{)}.$$

Khả năng chịu lực của các đường hàn này được kiểm tra theo công thức:

$$\begin{aligned} \sigma_{td} &= \sqrt{\left(\frac{M_s}{W_w}\right)^2 + \left(\frac{V_s}{A_w}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{827,4}{72,2}\right)^2 + \left(\frac{106,1}{22,8}\right)^2} = \\ &= 12,4 \text{ (kN/cm}^2\text{)} < (\beta f_w)_{\min} \gamma_c = (0,718) \cdot 1 = 12,6 \text{ (kN/cm}^2\text{)}. \end{aligned}$$

d) *Tính toán sườn B*

Tương tự trên, với bề rộng diện truyền tải vào sườn là  $1,5l_s = 1,5.11,2 = 16,8$  (cm), ta có:

$$q_s = 1.16,8 = 16,8 \text{ (kN/cm)};$$

$$M_s = \frac{q_s \cdot l_s^2}{2} = \frac{16,8 \cdot 11,2^2}{2} = 1053,7 \text{ (kNcm)};$$

$$V_s = q_s \cdot l_s = 16,8 \cdot 11,2 = 188,16 \text{ (kN)}.$$

Chọn bề dày sườn  $t_s = 0,8$  cm. Chiều cao của sườn xác định sơ bộ từ điều kiện chịu uốn:

$$h_s \geq \sqrt{\frac{6M_s}{t_s f_{\gamma_c}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1053,7}{0,8 \cdot 21 \cdot 1}} = 19,4 \text{ (cm)} \rightarrow \text{Chọn } h_s = 25 \text{ cm}.$$

Kiểm tra lại tiết diện sườn đã chọn theo ứng suất tương đương:

$$\begin{aligned} \sigma_{td} &= \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = \sqrt{\left(\frac{6 \cdot 1053,7}{0,8 \cdot 25^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{188,16}{0,8 \cdot 25}\right)^2} = \\ &= 20,63 \text{ (kN/cm}^2\text{)} < 1,15 \cdot 21 = 24,15 \text{ (kN/cm}^2\text{)}. \end{aligned}$$

Chọn chiều cao đường hàn liên kết sườn B vào dầm để  $h_f = 0,6$  cm. Diện tích tiết diện và mô men chống uốn của các đường hàn này là:

$$A_w = 2 \cdot 0,6 \cdot (25 - 1) = 28,8 \text{ (cm}^2\text{)};$$

$$W_w = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot (25 - 1)^2}{6} = 115,2 \text{ (cm}^3\text{)}.$$

Khả năng chịu lực của các đường hàn liên kết được kiểm tra theo công thức:

$$\begin{aligned} \sigma_{td} &= \sqrt{\left(\frac{M_s}{W_w}\right)^2 + \left(\frac{V_s}{A_w}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1053,7}{115,2}\right)^2 + \left(\frac{188,16}{28,8}\right)^2} = \\ &= 11,24 \text{ (kN/cm}^2\text{)} < (\beta f_w)_{\min} \gamma_c = 0,7 \cdot 18 \cdot 1 = 12,6 \text{ (kN/cm}^2\text{)}. \end{aligned}$$

e) *Tính toán bu lông neo*

Từ bảng tổ hợp nội lực chọn cặp nội lực ở chân cột gây kéo nhiều nhất cho các bu lông neo:

$$N = -88,37 \text{ kN}$$

$$M = 208,48 \text{ kNm}$$

$$V = -54,87 \text{ kN}$$

Đây là cặp nội lực đã dùng để tính toán chân cột, do các tải trọng 1,4,6,8,10 gây ra. Chiều dài vùng bê tông chịu nén dưới bản đế là  $c = 33,5$  cm (hình 3.24). Chọn khoảng cách từ mép biên bản đế chân cột đến tâm bu lông neo là 6 cm (hình 3.26), xác định được:

$$a = L_{bd} / 2 - c / 3 = 64 / 2 - 33,5 / 3 = 20,8 \text{ (cm)}$$

$$y = L_{bd} - c / 3 - 6 = 64 - 33,5 / 3 - 6 = 46,8 \text{ (cm)}$$

(Các kích thước  $c, a, y$  xem hình 2.16).

Tổng lực kéo trong thân các bu lông neo ở một phía chân cột theo (2.73):

$$T_1 = \frac{M - Na}{y} = \frac{208,48 \cdot 10^2 - 88,37 \cdot 20,8}{46,8} = 406,2 \text{ (kN)}$$

Chọn thép bu lông neo mác 09Mn2Si, tra bảng I.10 phụ lục có  $f_{ba} = 190$  N/mm<sup>2</sup>. Diện tích tiết diện cần thiết của một bu lông neo:

$$A_{ba}^{yc} = \frac{T_1}{n_1 \cdot f_{ba}} = \frac{406,2}{4 \cdot 19} = 5,35 \text{ (cm}^2\text{)}.$$

Chọn bu lông  $\Phi 30$  có  $A_{bn} = 5,6$  cm<sup>2</sup> (bảng II.2 phụ lục).

Tính lại tổng lực kéo trong thân các bu lông neo ở một phía chân cột theo (2.74):

$$T_2 = \frac{208,48 \cdot 10^2}{52} - \frac{88,37}{2} = 356,74 \text{ (kN)}.$$

Ở trên lấy dấu trừ vì  $N$  là lực nén. Do  $T_2 < T_1$  nên đường kính bu lông neo đã chọn là đạt yêu cầu.

#### f) Tính toán các đường hàn liên kết cột vào bản đế

Các đường hàn liên kết tiết diện cột vào bản đế được tính toán trên quan niệm mô men và lực dọc do các đường hàn ở bản cánh chịu, còn lực cắt do các đường hàn ở bản bụng chịu. Nội lực để tính toán đường hàn chọn trong bảng tổ hợp nội lực chính là cặp đã dùng để tính toán các bu lông neo. Các cặp khác không nguy hiểm bằng.

Lực kéo trong bản cánh cột do mô men và lực dọc phân vào theo (2.76):

$$N_k = \left( \frac{M}{h} \pm \frac{N}{2} \right) = \left( \frac{208,48 \cdot 10^2}{40} - \frac{88,37}{2} \right) = 477,02 \text{ (kN)}$$

(Ở trên lấy dấu trừ vì  $N$  là lực nén).

Tổng chiều dài tính toán của các đường hàn liên kết ở một bản cánh cột (kể cả các đường hàn liên kết dầm đế vào bản đế):

$$\Sigma l_{lw} = 2 \cdot \left[ \frac{(32-1)}{2} - 1 \right] + 2 \cdot \left[ \frac{(20-0,6)}{2} - 1 \right] + 2 \cdot \left[ \frac{(32-20)}{2} - 1 \right] = 83,8 \text{ (cm)}.$$

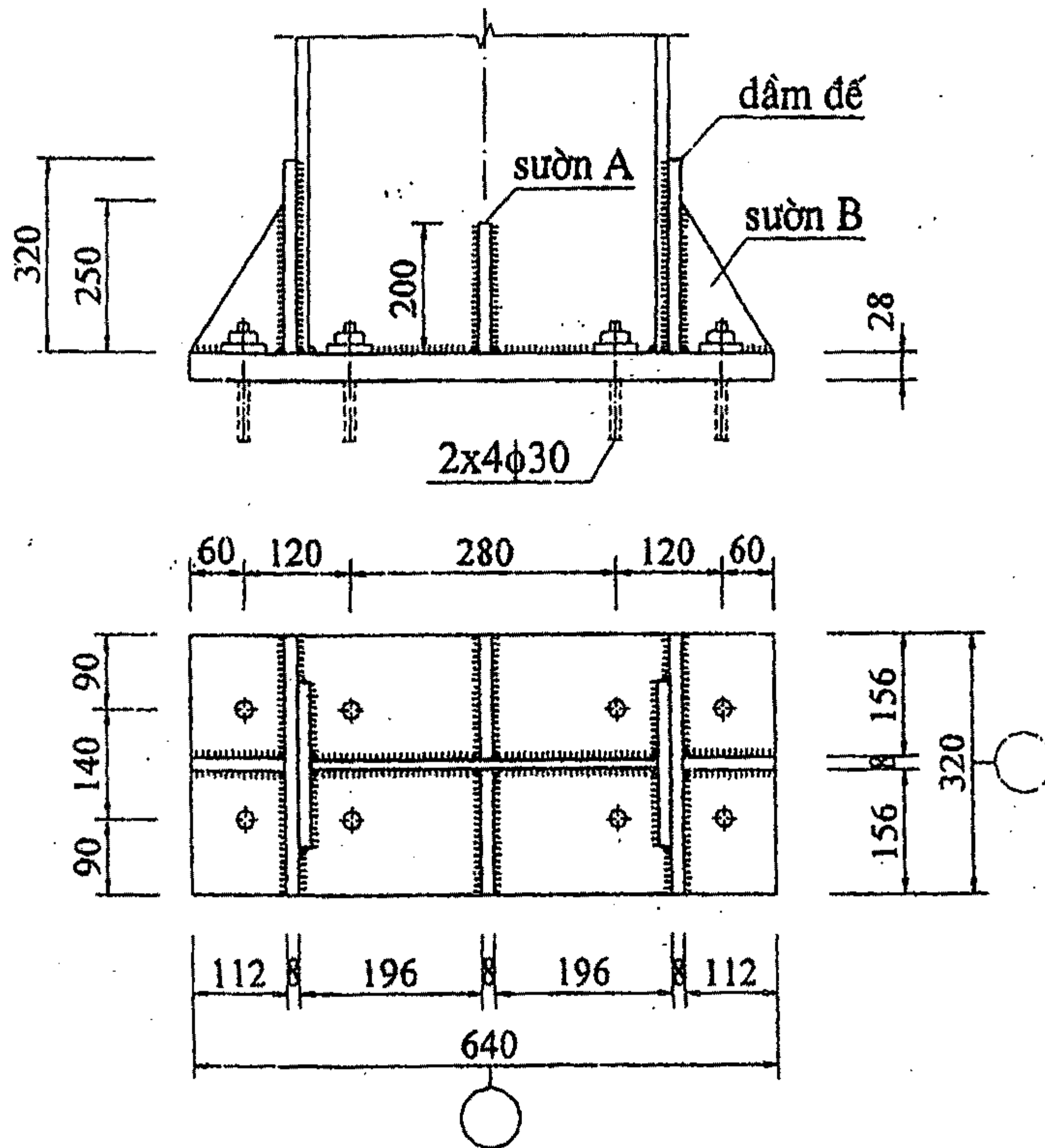
Chiều cao cần thiết của các đường hàn liên kết ở bản cánh cột theo (2.77):

$$h_f^{yc} = \frac{N_k}{\sum l_{1w} (\beta f_w)_{\min} \gamma_c} = \frac{477,02}{83,8 \cdot (0,7 \cdot 18) \cdot 1} = 0,45 \text{ (cm)}.$$

Chiều cao cần thiết của các đường hàn liên kết ở bản bụng cột theo (2.78):

$$h_f^{yc} = \frac{V}{\sum l_{2w} \cdot (\beta \cdot f_w)_{\min} \cdot \gamma_c} = \frac{54,87}{2 \cdot (38 - 1) \cdot (0,7 \cdot 18) \cdot 1} = 0,06 \text{ (cm)}.$$

Kết hợp cấu tạo chọn  $h_f = 0,6 \text{ cm}$ . Cấu tạo chân cột thể hiện ở hình 3.26.



Hình 3.26. Cấu tạo chân cột

### 3.6.3. Liên kết cột với xà ngang

Cặp nội lực dùng để tính toán liên kết là cặp gây kéo nhiều nhất cho các bu lông tại tiết diện đỉnh cột. Từ bảng tổ hợp chọn được:

$$N = -59,86 \text{ kN}$$

$$M = -176,31 \text{ kNm}$$

$$V = -42,97 \text{ kN}$$

Đây là cặp nội lực trong tổ hợp nội lực do các trường hợp tải trọng 1,4,8,10 gây ra. Trình tự tính toán như sau:

a) Tính toán bu lông liên kết:

Chọn bu lông cường độ cao cấp bền 8.8, đường kính bu lông dự kiến là  $d = 20$  mm. Bố trí bu lông thành 2 dãy với khoảng cách giữa các bu lông tuân thủ các quy định trong bảng I.13 phụ lục (hình 3.27).

Phía cánh ngoài của cột bố trí một cặp sườn gia cường cho mặt bích, với kích thước lấy như sau:

+ Bề dày:  $t_s \geq t_w \rightarrow$  chọn  $t_s = 0,8$  cm.

+ Bề rộng (phụ thuộc vào kích thước của mặt bích)  $\rightarrow$  chọn  $l_s = 9$  cm.

Chiều cao:  $h_s = 1,5l_s = 1,5 \cdot 9 = 13,5$  (cm)  $\rightarrow$  chọn  $h_s = 15$  cm.

Khả năng chịu kéo của một bu lông:

$$[N]_{tb} = f_{tb} \cdot A_{bn} = 40 \cdot 2,45 = 98 \text{ (kN)}.$$

Ở trên:

$f_{tb}$  - cường độ tính toán chịu kéo của bu lông (bảng I.9 phụ lục),  $f_{tb} = 400 \text{ N/mm}^2 = 40 \text{ kN/cm}^2$ ;

$A_{bn}$  - diện tích tiết diện thực của thân bu lông (bảng I.11 phụ lục),  $A_{bn} = 2,45 \text{ cm}^2$ .

Khả năng chịu trượt của một bu lông cường độ cao [1]:

$$[N]_b = f_{hb} A \gamma_{bl} \frac{\mu}{\gamma_{b2}} n_r = 0,7 \cdot 110 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot \frac{0,25}{1,7} \cdot 1 = 35,56 \text{ (kN)}.$$

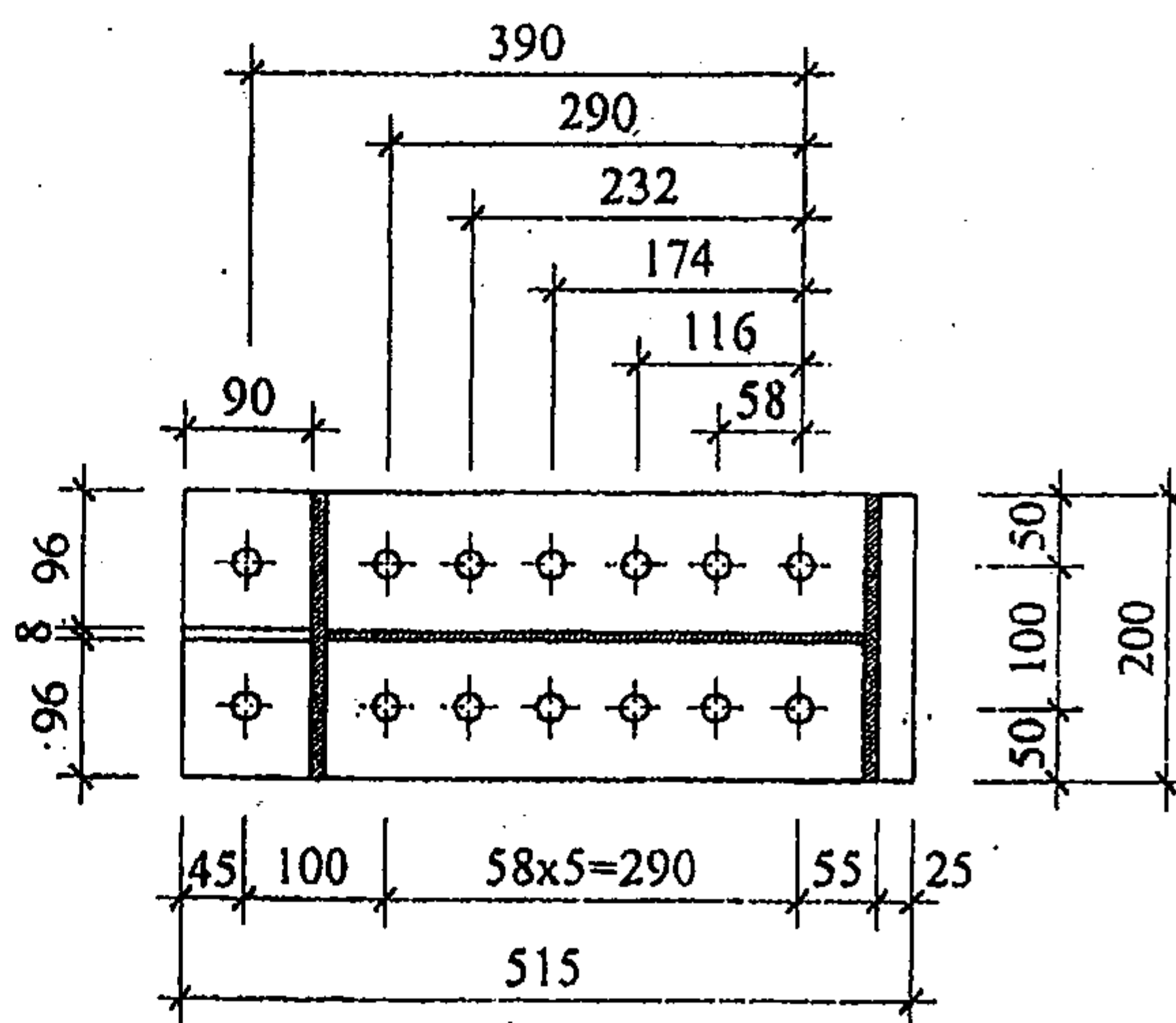
Ở trên:

$f_{hb}$  - cường độ tính toán chịu kéo của vật liệu bu lông cường độ cao trong liên kết ma sát,  $f_{hb} = 0,7f_{ub}$ ;

$f_{ub}$  - cường độ kéo đứt tiêu chuẩn của vật liệu bu lông (bảng I.12 phụ lục),  $f_{ub} = 1100 \text{ N/mm}^2 = 110 \text{ kN/cm}^2$  (với mác thép 40Cr);

$A$  - diện tích tiết diện của thân bulông,  $A = \pi d^2 / 4 = 3,14 \text{ cm}^2$ ;

$\gamma_{bl}$  - hệ số điều kiện làm việc của liên kết,  $\gamma_{bl} = 1$  do số bu lông trong liên kết  $n = 14 > 10$ ;



Hình 3.27. Bố trí bu lông trong liên kết cột với xà ngang



$\mu, \gamma_{b2}$  - hệ số ma sát và hệ số độ tin cậy của liên kết. Với giả thiết là không gia công bề mặt cấu kiện nên theo [1]:  $\mu = 0,25; \gamma_{b2} = 1,7$ ;  $n_f$  - số lượng mặt ma sát của liên kết,  $n_f = 1$ .

Theo điều 6.2.5 TCXDVN 338-2005 [1], trong trường hợp bu lông chịu cắt và kéo đồng thời thì cần kiểm tra các điều kiện chịu cắt và chịu kéo riêng biệt.

Lực kéo tác dụng vào một bu lông ở dây ngoài cùng do mô men và lực dọc phân vào (do mômen có dấu âm nên coi tâm quay trùng với dây bu lông phía trong cùng) theo (2.79):

$$N_{b\max} = \frac{Mh_1}{2\sum h_i^2} \pm \frac{N}{n} = \frac{176,31 \cdot 10^2 \cdot 39}{2 \cdot (5,8^2 + 11,6^2 + 17,4^2 + 23,2^2 + 29^2 + 39^2)} - \frac{59,86}{14} = 97,71 \text{ (kN)}$$

(Ở trên lấy dấu trừ vì N là lực nén).

Do  $N_{b\max} = 97,71 \text{ kN} < [N]_{tb} = 98 \text{ kN}$  nên các bu lông đủ khả năng chịu lực.

Kiểm tra khả năng chịu cắt của các bu lông theo (2.81):

$$\frac{V}{n} = \frac{42,97}{14} = 3,07 \text{ (kN)} < [N]_b \gamma_c = 35,56 \text{ (kN)}.$$

b) *Tính toán mặt bích*

Bề dày của mặt bích xác định từ điều kiện chịu uốn (2.82) và (2.83):

$$t \approx 1,1 \sqrt{\frac{b_1 N_{b\max}}{(b + b_1) f}} = 1,1 \sqrt{\frac{10 \cdot 97,71}{(20 + 10) \cdot 21}} = 1,37 \text{ (cm)};$$

và 
$$t \approx 1,1 \sqrt{\frac{b_1 \sum N_i}{(b + h_1) f}} = 1,1 \sqrt{\frac{10 \cdot 97,71 \cdot (5,8 + 11,6 + 17,4 + 23,2 + 29 + 39)}{39 \cdot (20 + 39) \cdot 21}} = 1,75 \text{ (cm)}.$$

→ Chọn  $t = 2 \text{ cm}$ .

c) *Tính toán đường hàn liên kết tiết diện cột (xà ngang) với mặt bích*

Tổng chiều dài tính toán của các đường hàn phía cánh ngoài (kể cả ở sườn) (hình 3.28):

$$\sum l_w = 4 \cdot (9,6 - 1) + 2 \cdot (9 - 1) = 50,4 \text{ (cm)}.$$

Lực kéo trong bản cánh ngoài do mômen và lực dọc phân vào theo (2.76):

$$N_k = \left( \frac{176,31 \cdot 10^2}{40} - \frac{59,86}{2} \right) = 410,85 \text{ (kN)}.$$

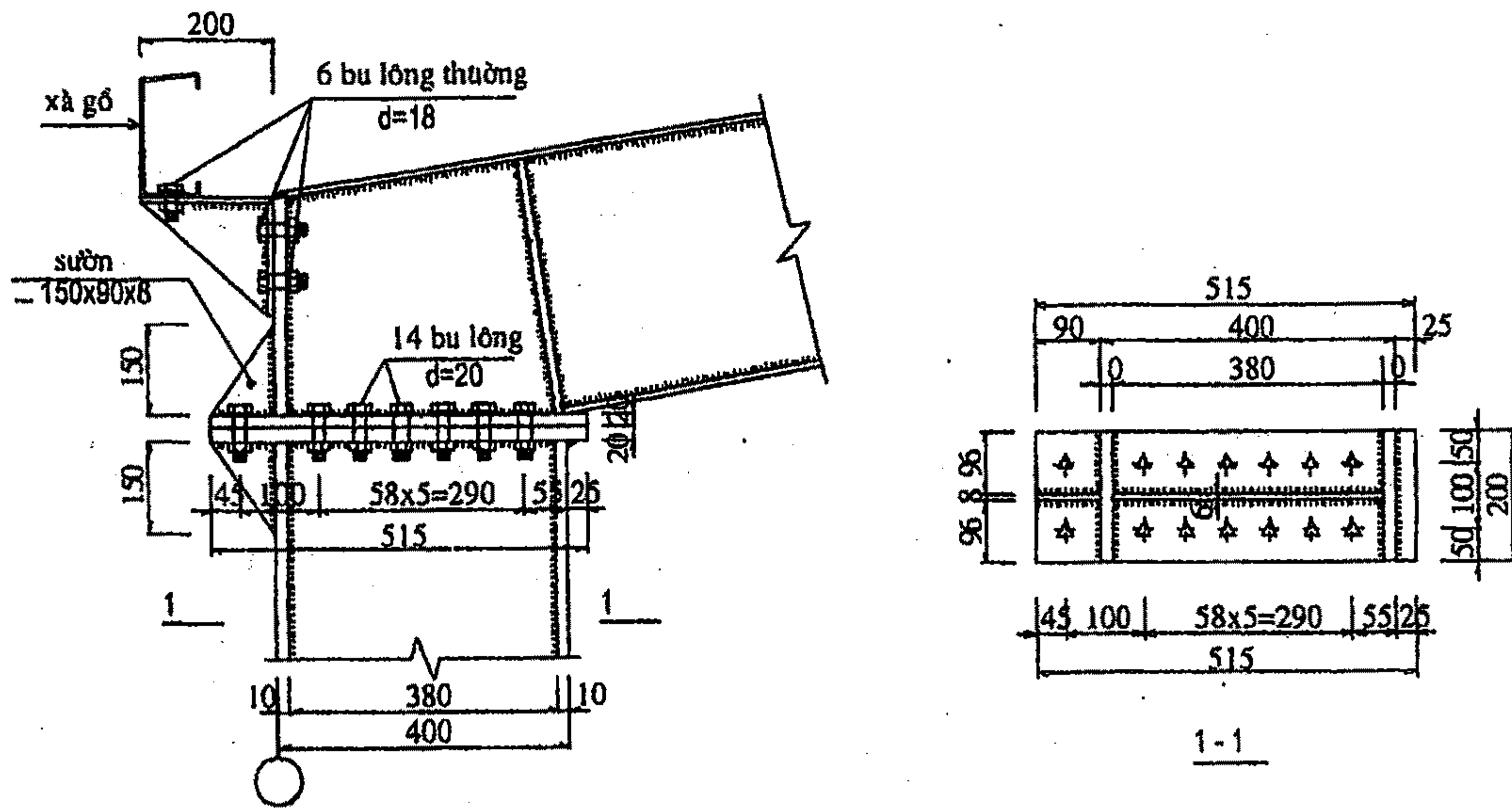
Vậy chiều cao cần thiết của các đường hàn này:

$$h_f^{yc} = \frac{N_k}{\sum l_w (\beta f_w)_{\min} \gamma_c} = \frac{410,85}{50,4 \cdot (0,7 \cdot 18) \cdot 1} = 0,65 \text{ (cm)}$$

Chiều cao cần thiết của các đường hàn liên kết bản bụng cột với mặt bích (coi các đường hàn này chịu lực cắt lớn nhất ở đỉnh cột xác định từ bảng tổ hợp nội lực):

$$h_f^{yc} = \frac{V}{\sum l_w \cdot (\beta f_w)_{\min} \cdot \gamma_c} = \frac{42,97}{2 \cdot (38 - 1) \cdot (0,7 \cdot 18) \cdot 1} = 0,05 \text{ (cm)}$$

Kết hợp cấu tạo, chọn chiều cao đường hàn là  $h_f = 0,7 \text{ cm}$ .



Hình 3.28. Cấu tạo mối nối cột với xà ngang

### 3.6.4. Mối nối đỉnh xà

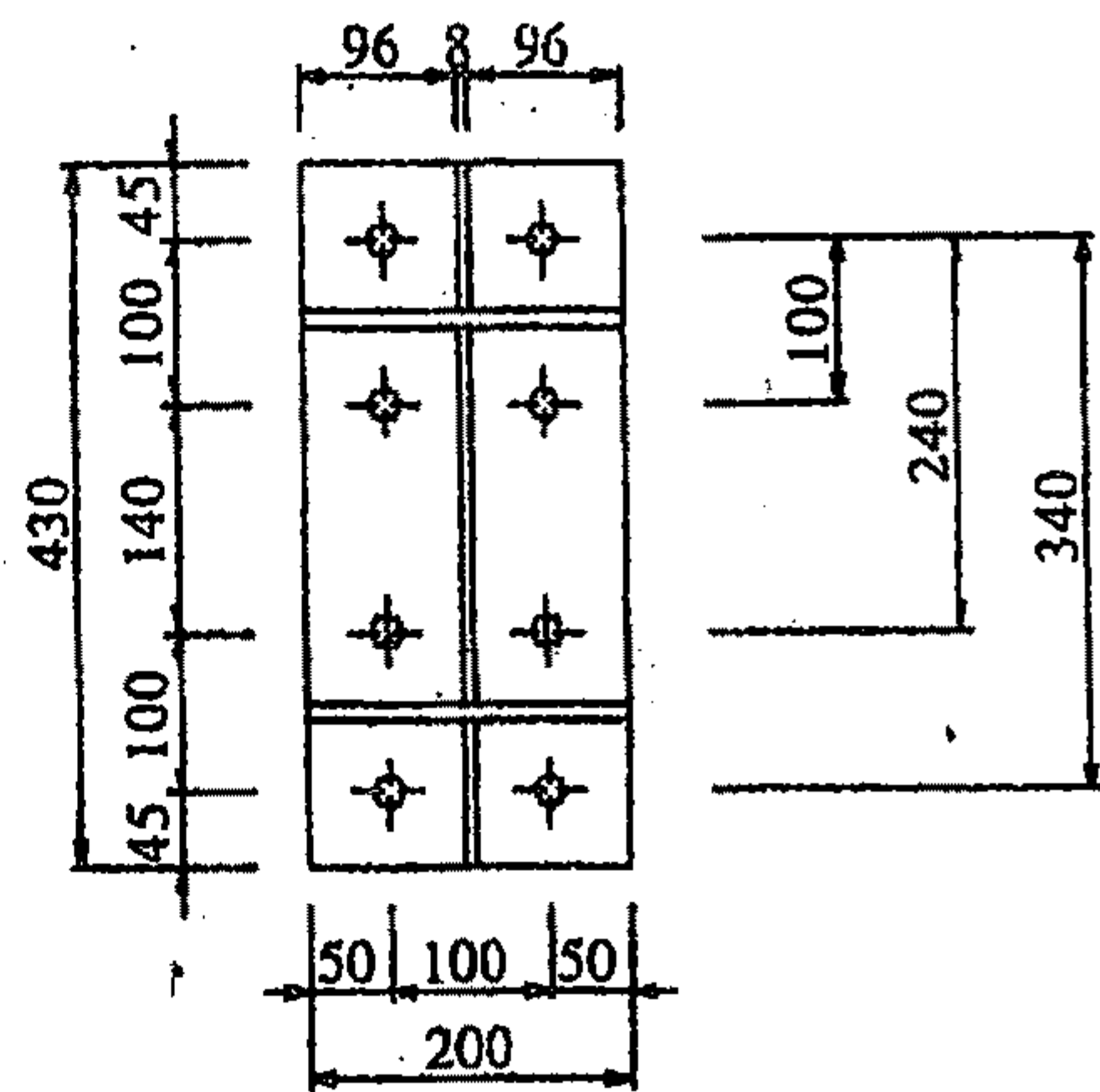
Trong bảng tổ hợp chọn cặp gậy kéo nhiều nhất cho các bu lông tại tiết diện đỉnh xà (đỉnh mái):

$$N = -34,66 \text{ kN}$$

$$M = 101,69 \text{ kNm}$$

$$V = -3,47 \text{ kN}$$

Đây là cặp nội lực trong tổ hợp nội lực do các trường hợp tải trọng 1,4 gây ra. Tương tự trên, chọn bu lông cường độ cao cấp bền 8.8, đường kính bu lông dự kiến là  $d = 20 \text{ mm}$  (lỗ loại C). Bố trí bu lông thành 2 hàng. Ở phía ngoài của 2 bản cánh xà ngang bố trí 2 cặp sườn gia cường cho mặt bích (hình 3.29), kích thước như sau:



Hình 3.29. Bố trí bu lông trong liên kết đỉnh xà

- + Bề dày:  $t_s = 0,8 \text{ cm}$ .
- + Chiều cao:  $h_s = 9 \text{ cm}$ .
- + Bề rộng:  $l_s = 1,5h_s = 1,5 \cdot 9 = 13,5 \text{ (cm)}$
- Chọn  $l_s = 15 \text{ cm}$ .

Lực kéo tác dụng vào một bu lông ở đáy dưới cùng do mô men và lực dọc phân vào (do mô men có dấu dương nên coi tâm quay trùng với đáy bu lông phía trên cùng) theo (2.85):

$$N_{b_{\max}} = \frac{Mh_1}{2\sum h_i^2} \pm \frac{N \cos \alpha}{n} \pm \frac{V \sin \alpha}{n} =$$

$$= \frac{101,69 \cdot 10^2 \cdot 34}{2 \cdot (10^2 + 24^2 + 34^2)} - \frac{34,66 \cdot 0,995}{8} - \frac{3,47 \cdot 0,1}{8} = 90,01 \text{ (kN)}$$

$$\rightarrow N_{b_{\max}} = 90,01 \text{ kN} < [N]_{tb} = 98 \text{ kN}.$$

Khả năng chịu cắt của các bu lông được kiểm tra theo công thức (2.86):

$$\frac{N \sin \alpha \pm V \cos \alpha}{n} = \frac{34,66 \cdot 0,1 - 3,47 \cdot 0,995}{8} = 0,002 \text{ (kN)} < [N]_b \gamma_c = 35,56 \text{ (kN)}.$$

Bề dày của mặt bích xác định từ các điều kiện sau:

$$t \approx 1,1 \sqrt{\frac{b_1 N_{b_{\max}}}{(b + b_1) f}} = 1,1 \sqrt{\frac{10 \cdot 90,01}{(20 + 10) \cdot 21}} = 1,32 \text{ (cm)};$$

$$t \approx 1,1 \sqrt{\frac{b_1 \sum N_{bi}}{(b + h_1) f}} = 1,1 \sqrt{\frac{10 \cdot 90,01 \cdot (34 + 24 + 10)}{34 \cdot (20 + 34) \cdot 21}} = 1,39 \text{ (cm)} \rightarrow \text{Chọn } t = 2 \text{ cm}.$$

Tổng chiều dài tính toán của các đường hàn phía cánh dưới (kể cả ở sườn) xác định tương tự trên là  $\sum l_w = 50,4 \text{ cm}$ . Lực kéo trong bản cánh dưới do mô men, lực dọc và lực cắt gây ra:

$$N_k = \left( \frac{M}{h} \pm \frac{N \cos \alpha}{2} \pm \frac{V \sin \alpha}{2} \right) =$$

$$= \left( \frac{101,69 \cdot 10^2}{25} - \frac{34,66 \cdot 0,995}{2} - \frac{3,47 \cdot 0,1}{2} \right) = 389,34 \text{ (kN)}.$$

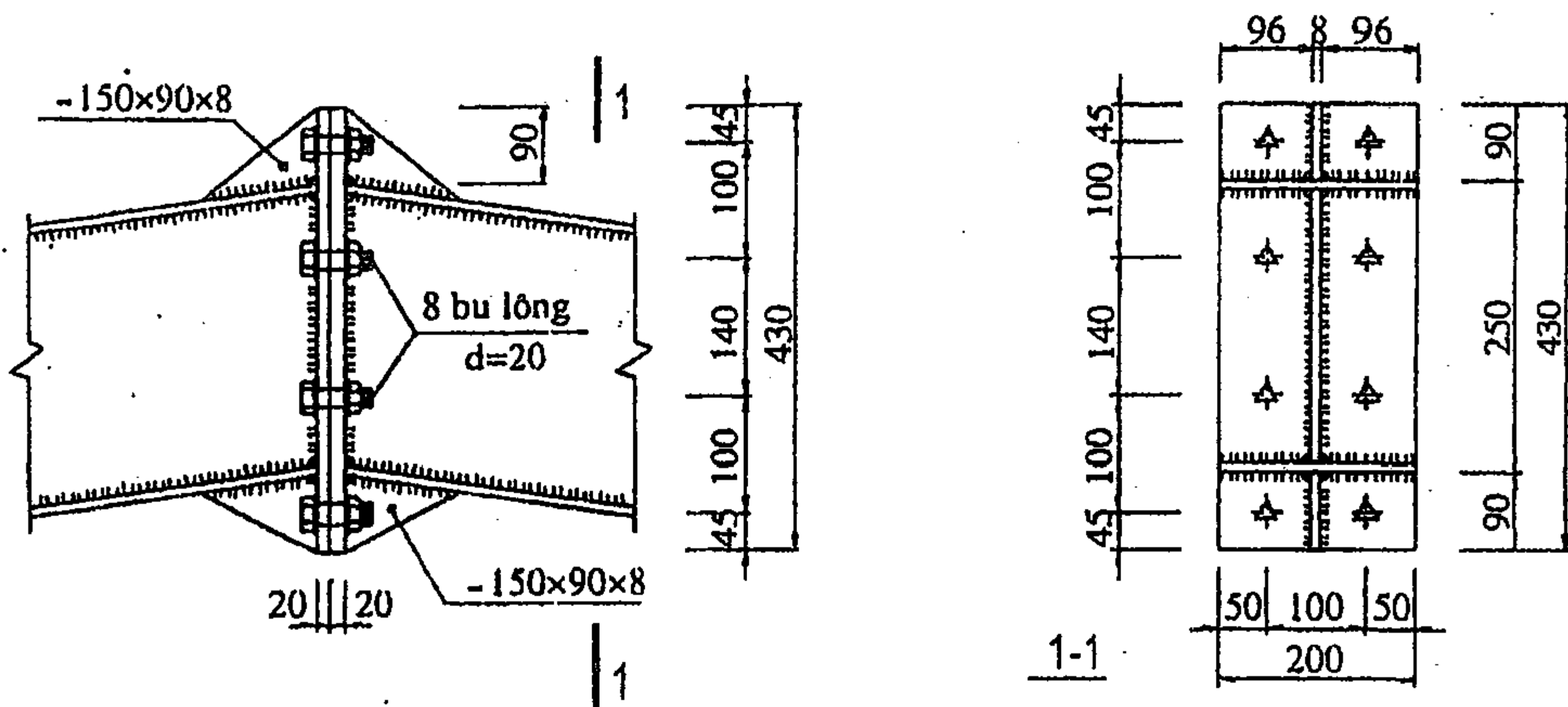
Vậy chiều cao cần thiết của các đường hàn này:

$$h_f^{yc} = \frac{N_k}{\sum l_w (\beta f_w)_{\min} \gamma_c} = \frac{389,34}{50,4 \cdot (0,718) \cdot 1} = 0,61 \text{ (cm)}.$$

Chiều cao cần thiết của các đường hàn liên kết bản bụng cột với mặt bích:

$$h_f^{yc} = \frac{N \sin \alpha \pm V \cos \alpha}{\sum l_w (\beta f_w)_{\min} \gamma_c} = \frac{34,66 \cdot 0,1 - 3,47 \cdot 0,995}{2 \cdot (23 - 1) \cdot (0,718) \cdot 1} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ (cm)}.$$

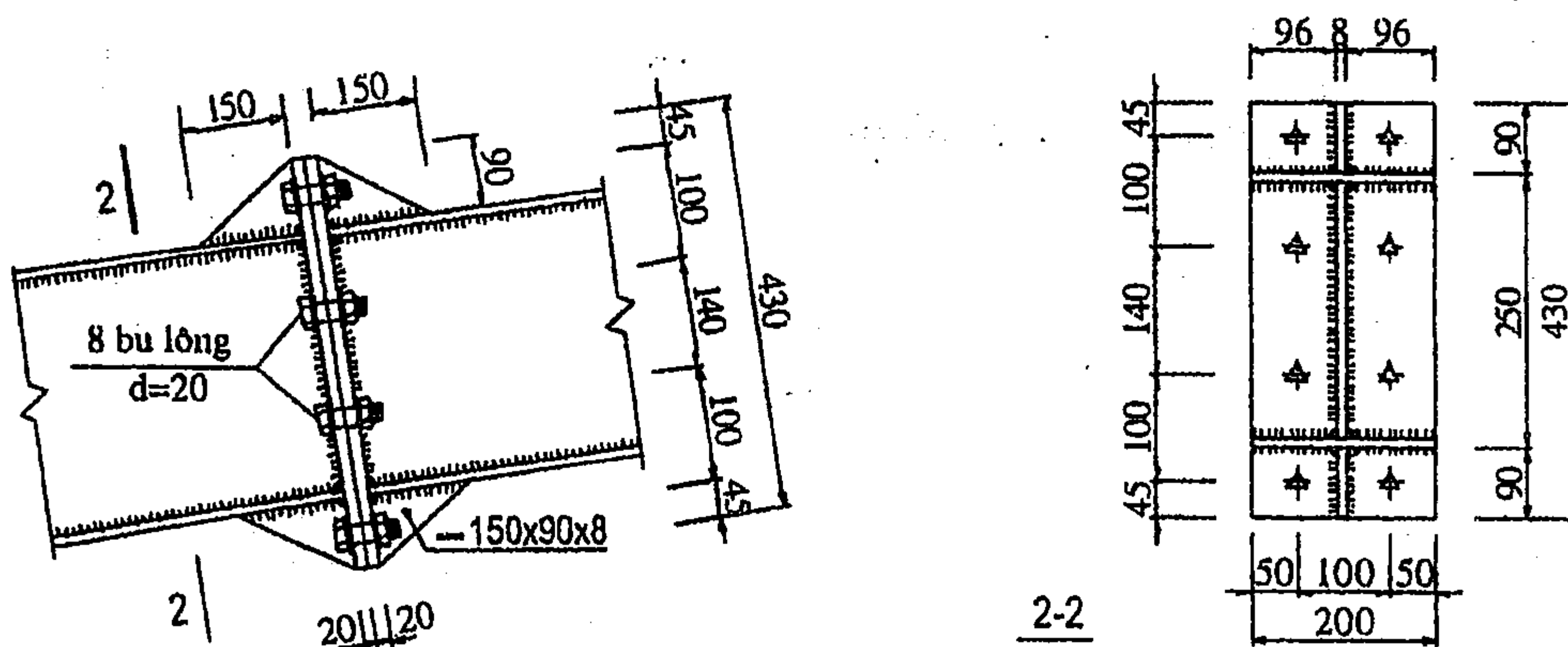
Kết hợp cấu tạo, chọn chiều cao đường hàn trong liên kết  $h_f = 0,7 \text{ cm}$ .



Hình 3.30. Cấu tạo mối nối đỉnh xà

### 3.6.5. Mối nối xà (ở nhịp)

Việc tính toán và cấu tạo mối nối xà thực hiện tương tự như trên. Do tiết diện xà ngang tại vị trí nối giống như tại đỉnh mái và nội lực tại chỗ nối xà nhỏ hơn nên không cần tính toán kiểm tra mối nối. Cấu tạo liên kết như hình 3.31.



Hình 3.31. Cấu tạo mối nối xà

### 3.6.6. Liên kết bản cánh với bản bụng cột và xà ngang

Lực cắt lớn nhất trong xà ngang là tại tiết diện đầu xà  $V_{\max} = 49,33 \text{ kN}$ . Chiều cao cần thiết của đường hàn liên kết giữa bản cánh và bản bụng xà ngang theo (2.87):

$$h_f^{yc} = \frac{V_{\max} S_f}{2I_x (\beta f_w)_{\min} \gamma_c} = \frac{49,33 \cdot 240}{2 \cdot 26372 \cdot (0,7 \cdot 18) \cdot 1} = 0,074 \text{ (cm)}.$$

Kết hợp cấu tạo, chọn chiều cao đường hàn  $h_f = 0,6 \text{ cm}$ .

Tiến hành tương tự, chọn chiều cao đường hàn liên kết bản cánh với bản bụng cột là  $h_f = 0,6 \text{ cm}$ .

PHỤ LỤC I

**Bảng I.1. Cường độ tiêu chuẩn  $f_y$ ,  $f_u$  và cường độ tính toán  $f$  của thép các bon (TCVN 5709 : 1993)**

Đơn vị tính:  $N/mm^2$

Mác thép	Cường độ tiêu chuẩn $f_y$ và cường độ tính toán $f$ của thép với độ dày $t$ (mm)						Cường độ kéo đứt tiêu chuẩn $f_u$
	$t \leq 20$		$20 < t \leq 40$		$40 < t \leq 100$		
	$f_y$	$f$	$f_y$	$f$	$f_y$	$f$	
CCT34	220	210	210	200	200	190	340
CCT38	240	230	230	220	220	210	380
CCT42	260	245	250	240	240	230	420

**Bảng I.2. Cường độ tiêu chuẩn  $f_y$ ,  $f_u$  và cường độ tính toán  $f$  của thép hợp kim thấp**

Đơn vị tính:  $N/mm^2$

Mác thép	Độ dày, mm								
	$t \leq 20$			$20 < t \leq 30$			$30 < t \leq 60$		
	$f_u$	$f_y$	$f$	$f_u$	$f_y$	$f$	$f_u$	$f_y$	$f$
09Mn2	450	310	295	450	300	285	-	-	-
14Mn2	460	340	325	460	330	315	-	-	-
16MnSi	490	320	305	480	300	285	470	290	275
09Mn2Si	480	330	315	470	310	295	460	290	275
10Mn2Si1	510	360	345	500	350	335	480	340	325
10CrSiNiCu	540	400 *	360	540	400 *	360	520	400 *	360

Ghi chú: \* Hệ số  $\gamma_M$  đối với trường hợp này là 1,1; bề dày tối đa là 40 mm.

**Bảng I.3. Các đặc trưng vật lý của thép**

Các đặc trưng vật lý	Giá trị
1. Khối lượng riêng $\rho$ , $kg/m^3$ : - Thép cán và khối đúc bằng thép - Khối đúc bằng gang	7850 7200
2. Hệ số dẫn dài do nhiệt $\alpha^o, C^{-1}$	$0,12 \cdot 10^{-4}$
3. Môđun đàn hồi $E$ , $N/mm^2$ - Thép cán và khối đúc bằng thép - Khối đúc bằng gang - Bó sợi thép song song - Cáp thép xoắn và cáp thép xoắn có lớp bọc ngoài	$2,1 \cdot 10^5$ $0,85 \cdot 10^6$ $2,0 \cdot 10^6$ $1,7 \cdot 10^6$
4. Môđun trượt của thép và khối đúc bằng gang $G$ , $N/mm^2$	$0,81 \cdot 10^6$
5. Hệ số nở ngang (hệ số Poát xông)	0,3

Ghi chú: Giá trị môđun đàn hồi của cáp thép cho trong bảng ứng với khi lực kéo không bé hơn 60% lực kéo đứt sợi cáp.

**Bảng I.4. Cường độ tính toán của mối hàn**

Dạng liên kết	Trạng thái làm việc		Ký hiệu	Cường độ tính toán
Hàn đối đầu	Nén, kéo và uốn khi kiểm tra chất lượng đường hàn bằng các phương pháp vật lý	Theo giới hạn chảy	$f_w$	$f_w = f$
		Theo sức bền kéo đứt	$f_{wu}$	$f_{wu} = f_t$
	Kéo và uốn		$f_w$	$f_w = 0,85 f$
	Trượt		$f_{wv}$	$f_{wv} = f_v$
Hàn góc	Cắt (qui ước)	Theo kim loại mối hàn	$f_{wf}$	$f_{wf} = 0,55 f_{wun} / \gamma_M$
		Theo kim loại ở biên nóng chảy	$f_{ws}$	$f_{ws} = 0,45 f_u$

**Ghi chú:**

- $f$  và  $f_v$  là cường độ tính toán chịu kéo và cắt của thép được hàn;  $f_u$  và  $f_{wun}$  là ứng suất kéo đứt tức thời theo tiêu chuẩn sản phẩm (cường độ kéo đứt tiêu chuẩn) của thép được hàn và của kim loại hàn.
- Hệ số độ tin cậy về cường độ của mối hàn  $\gamma_M$  lấy bằng 1,25 khi  $f_{wun} \leq 490 \text{ N/mm}^2$  và bằng 1,35 khi  $f_{wun} \geq 590 \text{ N/mm}^2$ .

**Bảng I.5. Cường độ kéo đứt tiêu chuẩn  $f_{wun}$  và cường độ tính toán  $f_{wf}$  của kim loại hàn trong mối hàn góc**

Đơn vị tính:  $\text{N/mm}^2$

Loại que hàn theo TCVN 3223 : 1994	Cường độ kéo đứt tiêu chuẩn $f_{wun}$	Cường độ tính toán $f_{wf}$
N42, N42 - 6B	410	180
N46, N46 - 6B	450	200
N50, N50 - 6B	490	215

**Bảng I.6. Chiều cao nhỏ nhất của đường hàn góc  $h_f$**

Dạng liên kết	Phương pháp hàn	Giới hạn chảy của thép $f_y$ ( $\text{N/mm}^2$ )	Giá trị nhỏ nhất $h_f$ khi chiều dày lớn nhất của các cấu kiện được hàn $t$ (mm)						
			4 ÷ 5	6 ÷ 10	11 ÷ 16	17 ÷ 22	23 ÷ 32	33 ÷ 40	41 ÷ 80
Chữ T với đường hàn góc hai phía; chồng và góc	Tay	$\leq 430$	4	5	6	7	8	9	10
		$430 < f_y \leq 530$	5	6	7	8	9	10	12
	Tự động và bán tự động	$\leq 430$	3	4	5	6	7	8	9
		$430 < f_y \leq 530$	4	5	6	7	8	9	10
Chữ T với đường hàn góc một phía	Tay	$\leq 380$	5	6	7	8	9	10	12
	Tự động và bán tự động		4	5	6	7	8	9	10

**Ghi chú:** Các kết cấu làm từ thép có giới hạn chảy  $f_y > 530 \text{ N/mm}^2$  và với tất cả các loại thép khi chiều dày các cấu kiện lớn hơn 80mm, chiều cao nhỏ nhất của đường hàn góc lấy theo các qui định kỹ thuật riêng.

**Bảng I.7. Que hàn dùng ứng với mác thép (tham khảo)**

Mác thép	Loại que hàn có thuốc bọc	
	TCVN 3223 : 1994	ГОСТ 9467 - 75 (Nga)
XCT34; XCT38; XCT42; XCT52	N42; N46	Э42; Э46
09Mn2; 14Mn2; 09Mn2Si; 10Mn2Si1	N46; N50	Э46; Э50

**Bảng I.8. Cường độ tính toán chịu ép mặt của bu lông  $f_{cb}$**

Đơn vị tính:  $N/mm^2$

Giới hạn bền kéo đứt của thép cấu kiện được liên kết	Giá trị $f_{cb}$	
	Bulông tinh	Bulông thô và thường
340	435	395
380	515	465
400	560	505
420	600	540
440	650	585
450	675	605
480	745	670
500	795	710
520	850	760
540	905	805

**Bảng I.9. Cường độ tính toán chịu cắt và kéo của bu lông**

Đơn vị tính:  $N/mm^2$

Trạng thái làm việc	Ký hiệu	Cấp độ bền						
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	8.8	10.9
Cắt	$f_{vb}$	150	160	190	200	230	320	400
Kéo	$f_{tb}$	170	160	210	200	250	400	500

**Bảng I.10. Cường độ tính toán chịu kéo của bu lông neo  $f_{ba}$**

Đơn vị tính:  $N/mm^2$

Đường kính bulông, mm	Làm từ thép mác		
	CT38	16MnSi	09Mn2Si
12 ÷ 32	150	192	190
33 ÷ 60	150	190	185
61 ÷ 80	150	185	180
81 ÷ 140	150	185	165

**Bảng I.11. Diện tích tiết diện của bu lông A, A<sub>bn</sub>**

Đơn vị tính: cm<sup>2</sup>

TCVN 1916 : 1995 d, mm	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
Bước ren p, mm	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	4	4,5	5
A	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,72	7,06	10,17	13,85	18,09
A <sub>bn</sub>	1,57	1,92	2,45	3,03	3,52	4,59	5,60	8,16	11,20	14,72

**Bảng I.12. Đặc trưng cơ học của bu lông cường độ cao**

Đường kính danh nghĩa của ren, mm	Mác thép	Độ bền kéo nhỏ nhất f <sub>uh</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Đường kính danh nghĩa của ren, mm	Mác thép	Độ bền kéo nhỏ nhất f <sub>ub</sub> , N/mm <sup>2</sup>
Từ 16 đến 27	40Cr	1100	36	40Cr	750
	38CrSi; 40CrVA	1350		30Cr3MoV	1100
	30Cr3MoV	1350	42	40Cr	650
	30Cr2NiMoVA			30Cr3MoV	1000
30	40Cr	950	48	40Cr	600
	30Cr3MoV; 35Cr2AV	1200		30Cr3MoV	900

**Bảng I.13. Quy định bố trí bu lông**

Đặc điểm của khoảng cách	Trị số của khoảng cách
1. Giữa tâm hai bu lông theo hướng bất kỳ:	
a) Nhỏ nhất	2,5d
b) Lớn nhất trong các dãy biên khi không có thép góc viền, chịu kéo và chịu nén.	8d hoặc 12t
c) Lớn nhất trong các dãy giữa và các dãy biên khi có thép góc viền:	
- Khi chịu kéo	16d hoặc 24t
- Khi chịu nén	12d hoặc 18t
2. Khoảng cách từ tâm bu lông đến mép của cấu kiện:	
a) Nhỏ nhất dọc theo lực	2d
b) Nhỏ nhất khi vuông góc với lực:	
- Khi mép cắt	1,5d
- Khi mép cán	1,2d
c) Lớn nhất	4d hoặc 8d
d) Nhỏ nhất đối với bu lông cường độ cao khi mép bất kỳ và hướng bất kỳ	1,3d
<b>Ghi chú:</b> Trong các cấu kiện liên kết làm bằng thép có giới hạn chảy cao hơn 380 N/mm <sup>2</sup> , khoảng cách nhỏ nhất giữa tâm hai bu lông là 3d.	
d - đường kính lỗ bu lông; t - chiều dày mỏng hơn của các cấu kiện ngoài.	



**Bảng I.14. Giá trị của hệ số điều kiện làm việc  $\gamma_c$**

Loại cấu kiện	$\gamma_c$
1. Dầm đặc và thanh chịu nén trong giàn của các sàn những phòng lớn ở các công trình như nhà hát, rạp chiếu bóng, câu lạc bộ, khán đài, các gian nhà hàng, kho sách, kho lưu trữ ... khi trọng lượng sàn lớn hơn hoặc bằng tải trọng tạm thời	0,9
2. Cột của các công trình công cộng, cột đỡ tháp nước	0,95
3. Các thanh chịu nén chính của hệ thanh bụng dàn liên kết hàn ở mái và sàn nhà (trừ thanh tại gối tựa) có tiết diện chữ T tổ hợp từ thép góc (ví dụ: vì kèo và các dàn,...), khi độ mảnh $\lambda$ lớn hơn hoặc bằng 60	0,8
4. Dầm đặc khi tính toán về ổn định tổng thể khi $\varphi_b < 1,0$	0,95
5. Thanh căng, thanh kéo, thanh néo, thanh treo được làm từ thép cán	0,9
6. Các thanh của kết cấu hệ thanh ở mái và sàn :	
a. Thanh chịu nén (trừ loại tiết diện ống kín) khi tính về ổn định	0,95
b. Thanh chịu kéo trong kết cấu hàn	0,95
7. Các thanh bụng chịu nén của kết cấu không gian rỗng gồm các thép góc đơn đều cạnh hoặc không đều cạnh (được liên kết theo cánh lớn):	
a. Khi liên kết trực tiếp với thanh cánh trên theo một cạnh bằng đường hàn hoặc bằng hai bu lông trở lên, dọc theo thanh thép góc :	
- Thanh xiên của hệ chữ thập có nút thuộc về thanh cánh ở hai mặt liên tiếp trùng nhau	0,9
- Thanh ngang của hệ tam giác có thanh đứng và hệ chữ K có nút thuộc về thanh cánh ở hai mặt liên tiếp trùng nhau	0,9
- Thanh xiên của hệ chữ thập hoặc tam giác có nút thuộc về thanh cánh ở hai mặt liên tiếp không trùng nhau và hệ chữ K có nút thuộc về thanh cánh ở hai mặt liên tiếp trùng nhau	0,8
b. Khi liên kết trực tiếp với thanh cánh trên theo một cạnh bằng một bulông (ngoài mục 7 của bảng này) hoặc khi liên kết qua bản mã bằng liên kết bất kỳ	0,75
8. Các thanh chịu nén là thép góc đơn được liên kết theo một cạnh (đối với thép góc không đều cạnh chỉ liên kết cạnh ngắn), trừ các trường hợp đã nêu ở mục 7 của bảng này, và các giàn phẳng chỉ gồm thép góc đơn	0,75
9. Các loại bể chứa chất lỏng	0,8
<b>Ghi chú:</b>	
1. Các hệ số điều kiện làm việc $\gamma_c < 1$ không được lấy đồng thời.	
2. Các hệ số điều kiện làm việc $\gamma_c$ trong các mục 3, 4, 6a, 7 và 8 cũng như các mục 5 và 6b (trừ liên kết hàn đối đầu) sẽ không được xét đến khi tính toán liên kết của các cấu kiện đó.	
3. Mọi trường hợp khác không nêu trong bảng này và không được quy định trong các điều tương ứng thì đều lấy $\gamma_c = 1$ .	

**Bảng I.15. Khoảng cách lớn nhất giữa các khe nhiệt độ của khung thép trong nhà và công trình một tầng**

Đơn vị tính: m

Đặc điểm của nhà và công trình	Khoảng cách lớn nhất		
	Giữa các khe nhiệt độ		Từ khe nhiệt độ hoặc từ đầu mút nhà đến trục của hệ giằng đứng gần nhất
	Theo dọc nhà	Theo ngang nhà	
- Nhà có cách nhiệt	230	150	90
- Nhà không cách nhiệt và các xưởng nóng	200	120	75
- Cầu cạn lộ thiên	130		50

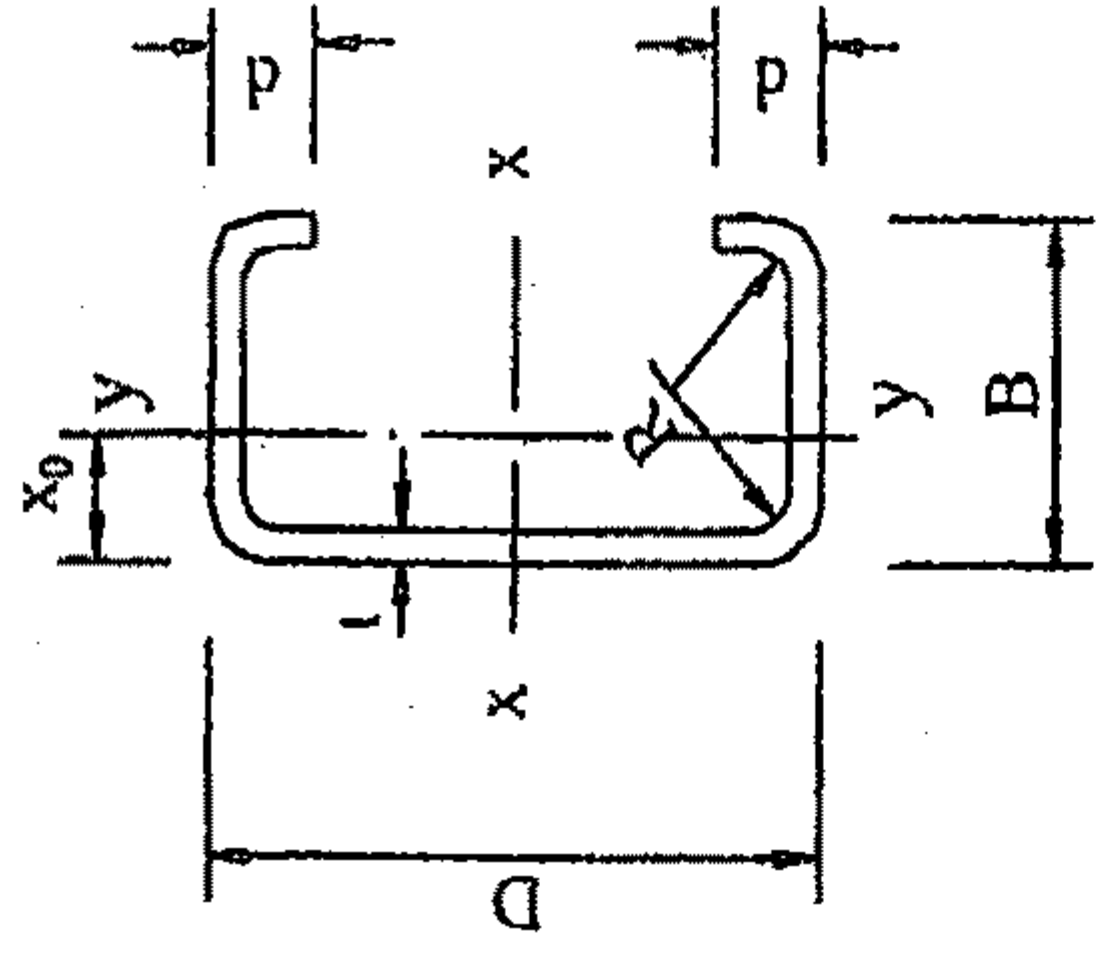
*Ghi chú:* Khi trong phạm vi khối nhiệt độ của nhà và công trình có hai hệ giằng đứng thì khoảng cách giữa các trục của chúng không vượt quá: 40 ÷ 50m đối với nhà; 25 ÷ 30m đối với cầu cạn lộ thiên.

**Bảng I.16. Độ võng cho phép của cấu kiện chịu uốn**

Loại cấu kiện	Độ võng cho phép
<i>Dầm của sàn nhà và mái:</i>	
1. Dầm chính	L / 400
2. Dầm của trần có trát vữa, chỉ tính võng cho tải trọng tạm thời	L / 350
3. Các dầm khác, ngoài trường hợp 1 và 2	L / 250
4. Tấm bản sàn	L / 150
<i>Dầm có đường ray:</i>	
1. Dầm đỡ sàn công tác có đường ray nặng 35 kG/m và lớn hơn	L / 600
2. Như trên, khi đường ray nặng 25 kG/m và nhỏ hơn	L / 400
<i>Xà gỗ:</i>	
1. Mái lợp ngói không đắp vữa, mái tấm tôn nhỏ	L / 150
2. Mái lợp ngói có đắp vữa, mái tôn mũi và các mái khác	L / 200
<i>Dầm hoặc dàn đỡ cầu trục:</i>	
1. Cầu trục chế độ làm việc nhẹ, cầu trục tay, palăng	L / 400
2. Cầu trục chế độ làm việc vừa (trung bình)	L / 500
3. Cầu trục chế độ làm việc nặng và rất nặng	L / 600
<i>Sườn tường:</i>	
1. Dầm đỡ tường xây	L / 300
2. Dầm đỡ tường nhẹ (tôn, fibrô ximăng), dầm đỡ cửa kính	L / 200
3. Cột tường	L / 400

*Ghi chú:* L là nhịp của cấu kiện chịu uốn. Đối với dầm công xôn thì L lấy bằng 2 lần độ vươn của dầm.

PHỤ LỤC II



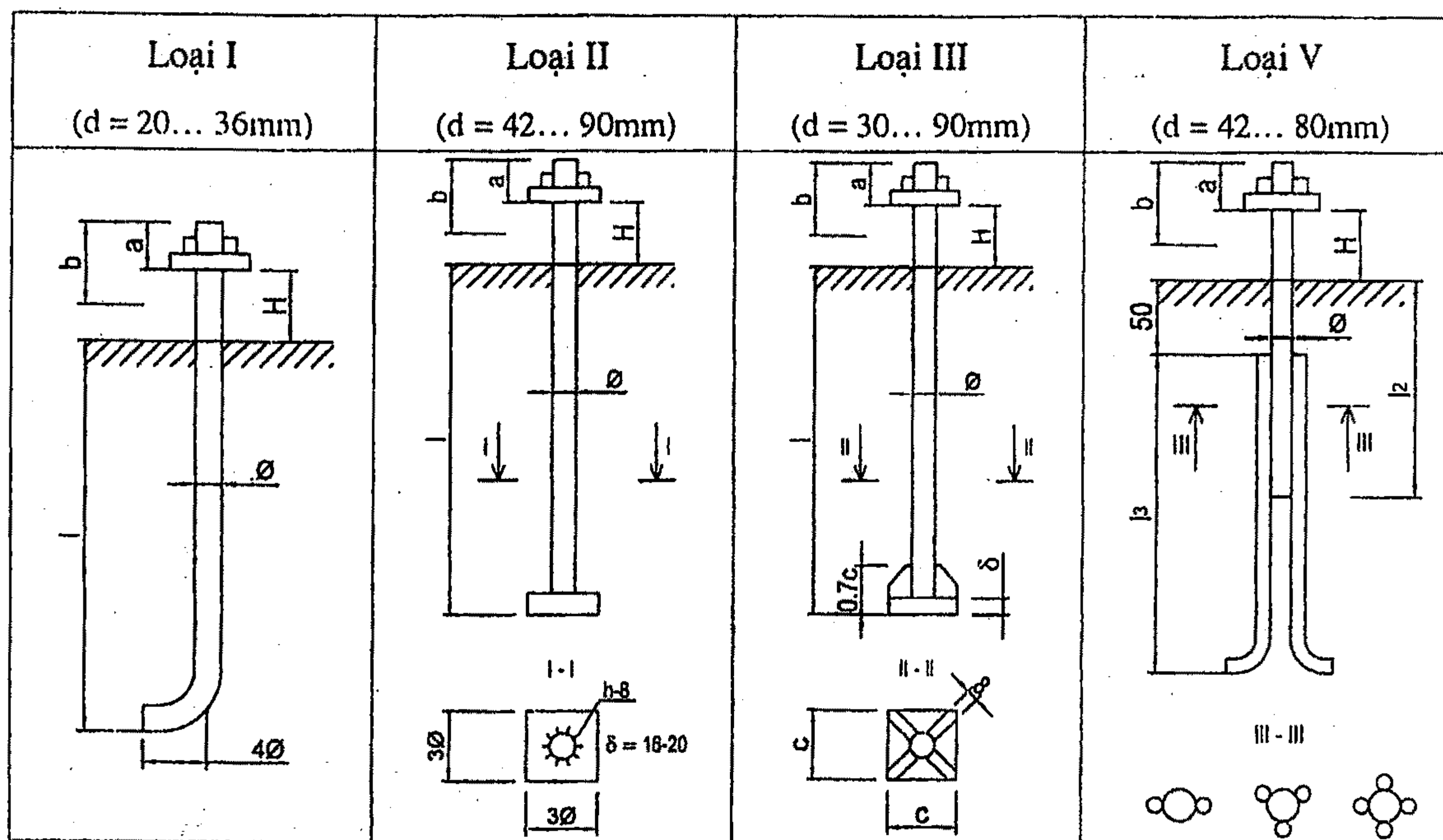
Bảng II.1. Quy cách thép hình C uốn nguội [9] (tham khảo)

Số hiệu	Các kích thước chính của tiết diện						Diện tích tiết diện $cm^2$	Các đặc trưng hình học đối với các trục quán tính chính								Trọng lượng dài kG
	D mm	B mm	t mm	d mm	R mm	7		Trục x-x				Trục y-y				
								$I_x, cm^4$	$S_x, cm^3$	$i_x, cm$	$L_x, cm^4$	$S_y, cm^3$	$i_y, cm$	$L_y, cm^4$	$x_0, cm$	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
12CS4x105	300	102	2,7	22,5	4,8	14,19	1977,10	129,62	11,81	177,73	23,76	3,53	2,67	11,04		
12CS4x085	300	102	2,2	21,2	4,8	11,48	1606,65	105,37	11,84	143,60	19,17	3,53	2,62	8,93		
12CS4x070	300	102	1,8	20,3	4,8	9,48	1327,78	87,02	11,84	118,21	15,65	3,53	2,59	7,35		
12CS3,5x105	300	89	2,7	22,5	4,8	13,48	1823,09	119,46	11,61	127,78	19,17	3,07	2,23	10,51		
12CS3,5x085	300	89	2,2	21,2	4,8	10,90	1481,78	97,18	11,63	103,23	15,44	3,07	2,20	8,50		
12CS3,5x070	300	89	1,8	20,3	4,8	9,03	1223,72	80,30	11,66	84,91	12,67	3,07	2,17	7,01		
12CS2,5x105	300	64	2,7	22,5	4,8	12,13	1510,92	99,14	11,15	55,78	11,34	2,14	1,44	9,45		
12CS2,5x085	300	64	2,2	21,2	4,8	9,81	1227,88	80,62	11,18	44,95	9,13	2,14	1,41	7,65		
12CS2,5x070	300	64	1,8	20,3	4,8	8,13	1015,60	66,53	11,20	37,17	7,49	2,14	1,39	6,30		
10CS4x105	250	102	2,7	22,5	4,8	12,84	1290,32	101,60	10,03	168,16	23,27	3,63	2,92	9,98		
10CS4x085	250	102	2,2	21,2	4,8	10,39	1048,90	82,75	10,06	136,11	18,68	3,63	2,90	8,08		
10CS4x070	250	102	1,8	20,3	4,8	8,58	869,92	68,33	10,08	111,97	15,35	3,63	2,87	6,66		
10CS4x065	250	102	1,7	20	4,8	7,94	807,49	63,58	10,08	104,06	14,24	3,63	2,87	6,19		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10CS3,5x105	250	89	2,7	22,5	4,8	12,13	1186,26	93,24	9,88	121,12	18,85	3,15	2,47	9,45
10CS3,5x085	250	89	2,2	21,2	4,8	9,81	961,49	75,87	9,91	97,81	15,17	3,15	2,43	7,65
10CS3,5x070	250	89	1,8	20,3	4,8	8,13	795	62,76	9,91	80,75	12,44	3,15	2,41	6,30
10CS3,5x065	250	89	1,7	20	4,8	7,55	740,89	58,34	9,93	74,92	11,54	3,15	2,40	5,85
10CS2,5x105	250	64	2,7	22,5	4,8	10,77	969,82	76,36	9,47	53,28	11,19	2,22	1,61	8,40
10CS2,5x085	250	64	2,2	21,2	4,8	8,71	790,84	62,11	9,50	42,87	9,01	2,22	1,57	6,81
10CS2,5x070	250	64	1,8	20,3	4,8	7,23	653,48	51,46	9,53	35,46	7,39	2,22	1,55	5,60
10CS2,5x065	250	64	1,7	20	4,8	6,71	607,70	47,85	9,53	32,97	6,85	2,22	1,54	5,20
10CS2x105	250	51	2,7	22,5	4,8	10,13	861,60	68,01	9,25	30,76	7,96	1,74	1,21	7,87
10CS2x085	250	51	2,2	21,2	4,8	8,19	703,43	55,39	9,27	25,02	6,42	1,75	1,18	6,38
10CS2x070	250	51	1,8	20,3	4,8	6,77	582,72	45,72	9,27	20,65	5,28	1,75	1,16	5,26
10CS2x065	250	51	1,7	20	4,8	6,26	541,10	42,61	9,30	19,19	4,88	1,75	1,15	4,87
9CS2,5x105	230	64	2,7	22,5	4,8	10,13	753,38	65,88	8,64	51,61	11,08	2,26	1,70	7,87
9CS2,5x085	230	64	2,2	21,2	4,8	8,19	611,86	53,59	8,66	41,62	8,93	2,26	1,67	6,38
9CS2,5x070	230	64	1,8	20,3	4,8	6,77	507,80	44,41	8,66	34,46	7,33	2,26	1,65	5,26
9CS2,5x065	230	64	1,7	20	4,8	6,26	470,34	41,30	8,69	32,01	6,80	2,26	1,64	4,87
9CS2,5x059	230	64	1,5	19,6	4,8	5,68	428,72	37,53	8,69	29,05	6,16	2,26	1,63	4,43
8CS4x105	200	102	2,7	22,5	4,8	11,48	774,19	76,04	8,20	156,50	22,61	3,68	3,25	8,93
8CS4x085	200	102	2,2	21,2	4,8	9,29	628,51	61,94	8,23	126,53	18,19	3,68	3,23	7,23
8CS4x070	200	102	1,8	20,3	4,8	7,68	520,29	51,29	8,26	104,06	14,96	3,68	3,20	5,95
8CS4x065	200	102	1,7	20	4,8	7,10	482,83	47,69	8,26	96,98	13,88	3,68	3,18	5,52
8CS4x059	200	102	1,5	19,6	4,8	6,45	441,21	43,43	8,26	87,82	12,57	3,68	3,18	5,02
8CS3,5x105	200	89	2,7	22,5	4,8	10,13	703,43	69,32	8,08	112,80	18,35	3,23	2,77	8,40
8CS3,5x085	200	89	2,2	21,2	4,8	8,71	574,40	56,54	8,10	91,15	14,81	3,23	2,72	6,81
8CS3,5x070	200	89	1,8	20,3	4,8	7,23	474,50	46,70	8,13	75,34	12,14	3,23	2,69	5,60
8CS3,5x065	200	89	1,7	20	4,8	6,71	441,21	43,43	8,13	69,93	11,26	3,23	2,69	5,20
8CS3,5x059	200	89	1,5	19,6	4,8	6,06	401,66	39,49	8,13	63,27	10,21	3,23	2,67	4,72

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8CS2,5x105	200	64	2,7	22,5	4,8	9,42	566,07	55,88	7,75	49,53	10,96	2,29	1,82	7,35
8CS2,5x085	200	64	2,2	21,2	4,8	7,61	462,02	45,56	7,77	40,33	8,83	2,30	1,78	5,95
8CS2,5x070	200	64	1,8	20,3	4,8	6,30	383,35	37,69	7,80	33,30	7,24	2,30	1,76	4,90
8CS2,5x065	200	64	1,7	20	4,8	5,85	356,71	35,07	7,82	30,93	6,72	2,30	1,75	4,55
8CS2,5x059	200	64	1,5	19,6	4,8	5,30	324,24	31,95	7,82	28,05	6,10	2,30	1,74	4,13
8CS2x105	200	51	2,7	22,5	4,8	8,77	499,48	49,16	7,54	28,97	7,83	1,82	1,38	6,82
8CS2x085	200	51	2,2	21,2	4,8	7,10	407,49	40,15	7,57	23,52	6,31	1,82	1,35	5,52
8CS2x070	200	51	1,8	20,3	4,8	5,85	337,56	33,27	7,59	19,44	5,18	1,82	1,33	4,55
8CS2x065	200	51	1,7	20	4,8	5,43	313,84	30,97	7,62	18,11	4,82	1,83	1,32	4,22
8CS2x059	200	51	1,5	19,6	4,8	4,92	285,53	28,35	7,62	16,44	4,36	1,83	1,31	3,84
7CS2,5x105	180	64	2,7	22,5	4,8	8,77	413,73	46,54	6,88	47,87	10,82	2,33	1,94	6,82
7CS2,5x085	180	64	2,2	21,2	4,8	7,10	337,56	38,02	6,91	38,67	8,72	2,33	1,91	5,52
7CS2,5x070	180	64	1,8	20,3	4,8	5,85	279,71	31,46	6,91	31,92	7,16	2,34	1,89	4,55
7CS2,5x065	180	64	1,7	20	4,8	5,43	260,14	29,33	6,93	29,68	6,64	2,34	1,88	4,22
7CS2,5x059	180	64	1,5	19,6	4,8	4,92	236,84	26,71	6,93	26,93	6,01	2,34	1,87	3,84
6CS4x105	150	102	2,7	22,5	4,8	10,13	401,25	52,60	6,30	141,52	21,79	3,73	3,68	7,87
6CS4x085	150	102	2,2	21,2	4,8	8,19	327,99	43,10	6,32	114,46	17,53	3,73	3,63	6,38
6CS4x070	150	102	1,8	20,3	4,8	6,77	271,80	35,72	6,35	94,48	14,40	3,73	3,61	5,26
6CS4x065	150	102	1,7	20	4,8	6,26	253,07	33,27	6,35	87,82	13,36	3,73	3,61	4,87
6CS4x059	150	102	1,5	19,6	4,8	5,68	230,18	30,15	6,38	79,50	12,11	3,73	3,58	4,43
6CS2,5x105	150	64	2,7	22,5	4,8	8,06	287,62	37,69	5,97	45,37	10,64	2,36	2,10	6,29
6CS2,5x085	150	64	2,2	21,2	4,8	6,52	235,17	30,81	5,99	36,75	8,57	2,37	2,06	5,09
6CS2,5x070	150	64	1,8	20,3	4,8	5,39	195,21	25,56	6,02	30,34	7,03	2,37	2,04	4,19
6CS2,5x065	150	64	1,7	20	4,8	5,01	181,48	23,76	6,02	28,18	6,52	2,37	2,03	3,90
6CS2,5x059	150	64	1,5	19,6	4,8	4,54	165,24	21,63	6,02	25,60	5,92	2,37	2,02	3,54

**Bảng II.2. Các kích thước chính của bu lông neo [14] (tham khảo)**  
(Vật liệu thép CT38, bê tông mác 150)



Đường kính, $d$ ( $\Phi$ ) mm	a, mm	b, mm	Loại bu lông neo								Diện tích tiết diện tính toán $\text{cm}^2$	Lực kéo giới hạn kN	
			I	II	III		IV						
			Chiều sâu neo danh nghĩa, mm	Chiều sâu neo tối thiểu, mm	C, mm	$\delta$ , mm	Số hiệu và đường kính của các thép được hàn thêm (nxd)	$l_2$ mm	$l_3$ mm				
20	35	60	700	-	-	-	-	-	-	-	-	2,49	34,8
22	40	65	800	-	-	-	-	-	-	-	-	3,08	43,1
24	45	70	850	-	-	-	-	-	-	-	-	3,59	50,3
27	50	75	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	4,67	65,4
30	55	80	1050	-	500	140	20	-	-	-	-	5,6	78,4
36	65	90	1300	-	600	200	20	-	-	-	-	8,2	115
42	70	100	-	1500	700	200	20	2x27	250	850	11,3	158	
48	80	110	-	1700	800	240	25	2x30	300	950	14,8	207	
56	100	120	-	2000	1000	240	25	2x36	350	1100	20,5	287	
64	110	130	-	2300	1100	280	30	2x36	350	1100	26,9	376	
72	120	145	-	2600	1300	280	30	3x36	350	1100	34,7	485	
80	140	155	-	2800	1400	350	40	4x36	350	1100	43,5	609	
90	150	180	-	3200	1600	400	40	-	-	-	56	784	
100	170	200	-	3800	2000	500	40	-	-	-	70,2	982	

**Bảng II.3. Số liệu cầu trục/Sức nâng 5-32 tấn, chế độ làm việc trung bình  
(tham khảo)**

Sức trục Q (T)	Nhịp $L_K$ (m)	Ch.cao gabarit $H_K$ (mm)	Kh.cách $Z_{min}$ (mm)	Bề rộng gabarit $B_K$ (mm)	Bề rộng đáy $K_K$ (mm)	T.lượng cầu trục G (T)	T.lượng xe con $G_{xc}$ (T)	Áp lực $P_{max}$ (kN)	Áp lực $P_{min}$ (kN)
5	16,5	770	130	3650	2700	4,12	0,45	35,3	10,3
	19,5	810	160	3880	2900	5,76	0,45	39,7	14,1
	22,5	810	160	3980	3200	6,8	0,45	42,3	16,7
	25,5	870	180	4500	3800	9,7	0,495	49,8	23,7
	28	870	180	5300	4600	10,82	0,495	52,7	26,4
	31	920	180	5930	5100	15,98	0,495	65,7	39,2
	34	920	180	5930	5100	18,1	0,495	70,9	44,6
6,3	16,5	810	160	3880	2900	6,76	0,59	42,8	11,6
	19,5	810	160	3880	2900	8,16	0,59	46,2	14,4
	22,5	810	160	3880	3200	9,22	0,59	48,7	16,7
	25,5	870	180	4500	3800	12,74	0,605	58	26,3
	28	870	180	5300	4600	13,64	0,605	61,1	29,2
	31	920	180	5930	5100	19,34	0,605	75,1	42,7
	34	920	180	5930	5100	20,24	0,605	77,8	45,4
8	16,5	900	160	3880	2900	7,7	0,59	52,3	13
	19,5	900	160	3880	2900	9,16	0,59	56,2	16,1
	22,5	900	160	3850	3200	10,36	0,59	59	18,6
	25,5	960	180	4500	3800	13	0,605	67,8	27,4
	28	960	180	5300	4600	14,78	0,605	70,2	29,5
	31	1010	180	5930	5100	19,62	0,605	84,7	43,5
	34	1010	180	5930	5100	21,76	0,605	87	45,7
10	16,5	960	180	3830	2900	5,7	0,803	63,3	15,2
	19,5	960	180	3830	2900	7,16	0,803	67,5	18,3
	22,5	960	180	3900	3200	8,36	0,803	70,7	21,1
	25,5	960	180	4500	3800	11	0,833	77,3	27,7
	28	960	180	5300	4600	12,78	0,833	81,9	32
	31	1010	180	5930	5100	17,62	0,833	94,3	43,8
	34	1010	180	6010	5100	19,76	0,833	99,7	49,1
12,5	16,5	1090	180	3830	2900	6,54	0,803	78,3	16,9
	19,5	1090	180	3830	2900	8,68	0,803	84,3	21,6
	22,5	1090	180	3900	3200	9,94	0,803	87,7	24,5
	25,5	1140	180	4630	3800	13,64	0,833	96,9	33,8
	28	1140	180	5030	4200	15,38	0,833	102	37,4
	31	1140	180	6010	5100	19,6	0,833	113	47,5
	34	1190	190	6110	5100	22,36	0,833	120	54,3

Sức trục Q (T)	Nhip $L_K$ (m)	Ch.cao gabarit $H_K$ (mm)	Kh.cách $Z_{min}$ (mm)	Bề rộng gabarit $B_K$ (mm)	Bề rộng đáy $K_K$ (mm)	T.lượng cầu trục G (T)	T.lượng xe con $G_{xe}$ (T)	Áp lực $P_{max}$ (kN)	Áp lực $P_{min}$ (kN)
16	16,5	1140	180	3860	2900	7,72	1,19	97,7	20,9
	19,5	1140	180	4230	3200	10,24	1,19	105	26,2
	22,5	1140	180	4230	3200	11,18	1,236	108	27,9
	25,5	1140	180	4630	3800	14,1	1,236	115	35,5
	28	1140	180	5030	4200	15,18	1,301	118	37,9
	31	1190	190	6110	5100	21,26	1,301	134	52,3
	34	1190	190	6110	5100	23,62	1,301	140	58,1
20	16,5	1330	180	3930	2900	8,54	1,19	119	23,7
	19,5	1330	180	4230	3200	11,3	1,19	127	29,5
	22,5	1330	180	4230	3200	12,46	1,236	130	32,3
	25,5	1330	180	4630	3800	15,44	1,236	138	39,2
	28	1380	190	5030	4100	18	1,301	145	45
	31	1380	190	6110	5100	22,96	1,301	158	56,8
	34	1380	190	6110	5100	24,14	1,301	161	59,7
25	16,5	1380	190	4130	3200	10	1,508	146	29
	19,5	1380	190	4130	3200	12,26	1,508	153	33,3
	22,5	1380	190	4130	3200	13,98	1,573	158	36,9
	25,5	1380	190	4730	3800	17,06	1,573	166	44,3
	28	1380	190	5530	4600	19,66	1,667	173	50,3
	31	1380	190	6110	5100	24,3	1,667	185	61,5
	34	1620	300	6270	5100	29,76	1,667	199	74,8
32	16,5	1460	190	4530	3600	12,12	2,531	184	36,6
	19,5	1460	190	4530	3600	14,76	2,531	193	40,8
	22,5	1460	190	4530	3600	16,46	2,453	198	44,3
	25	1700	300	5170	4000	21,62	2,453	212	56,1
	28	1700	300	5770	4600	24,36	2,7	219	62,8
	31	1700	300	6270	5100	29,14	2,7	232	73,7
	34	1700	300	6270	5100	34,04	2,7	245	85,2

Các ký hiệu trong bảng trên:

$L_K$  - nhip cầu trục;

$H_K$  - chiều cao gabarit của cầu trục (khoảng cách từ mặt ray đến điểm cao nhất của cầu trục);

$B_K$  - bề rộng gabarit của cầu trục;

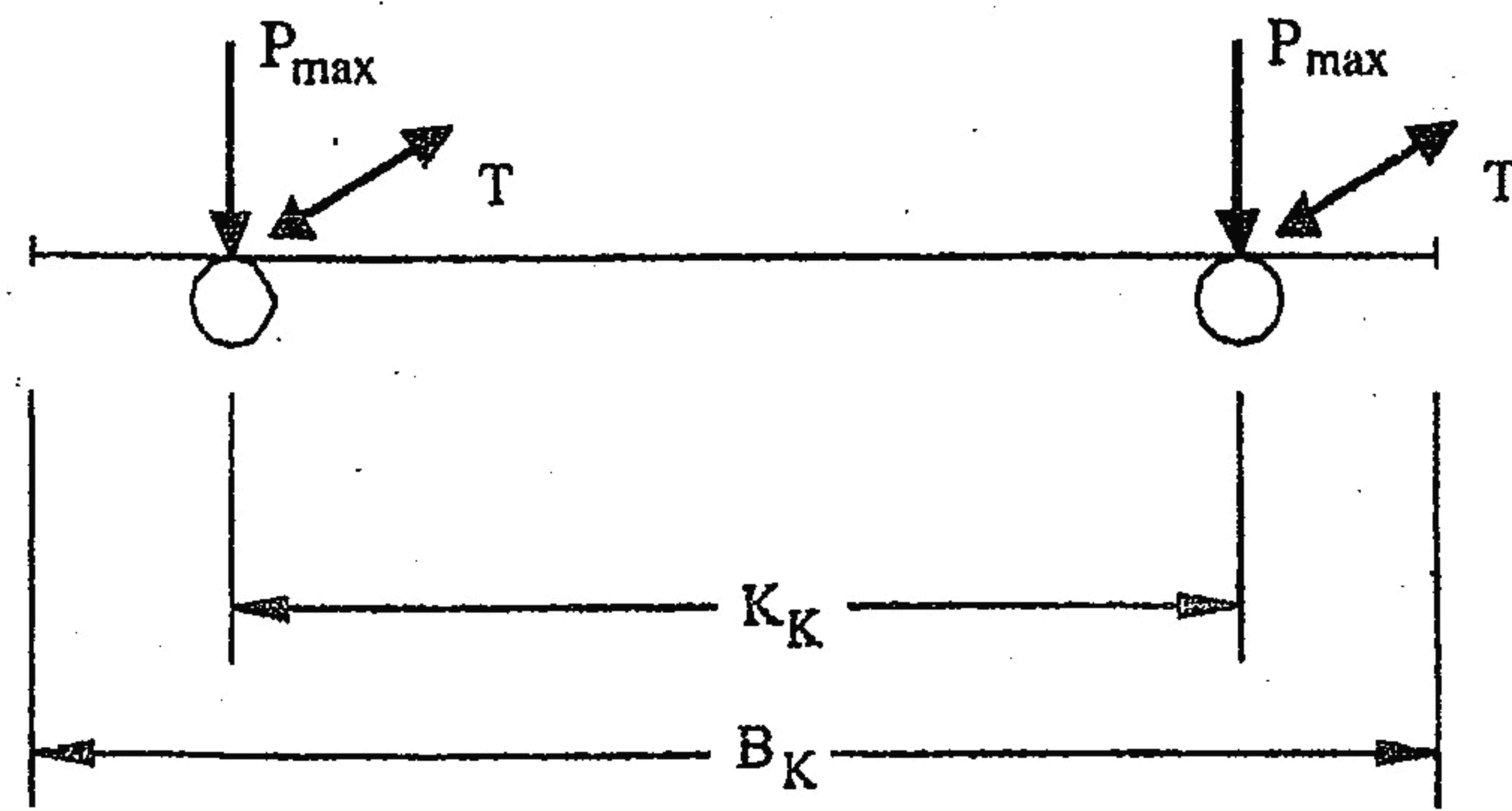
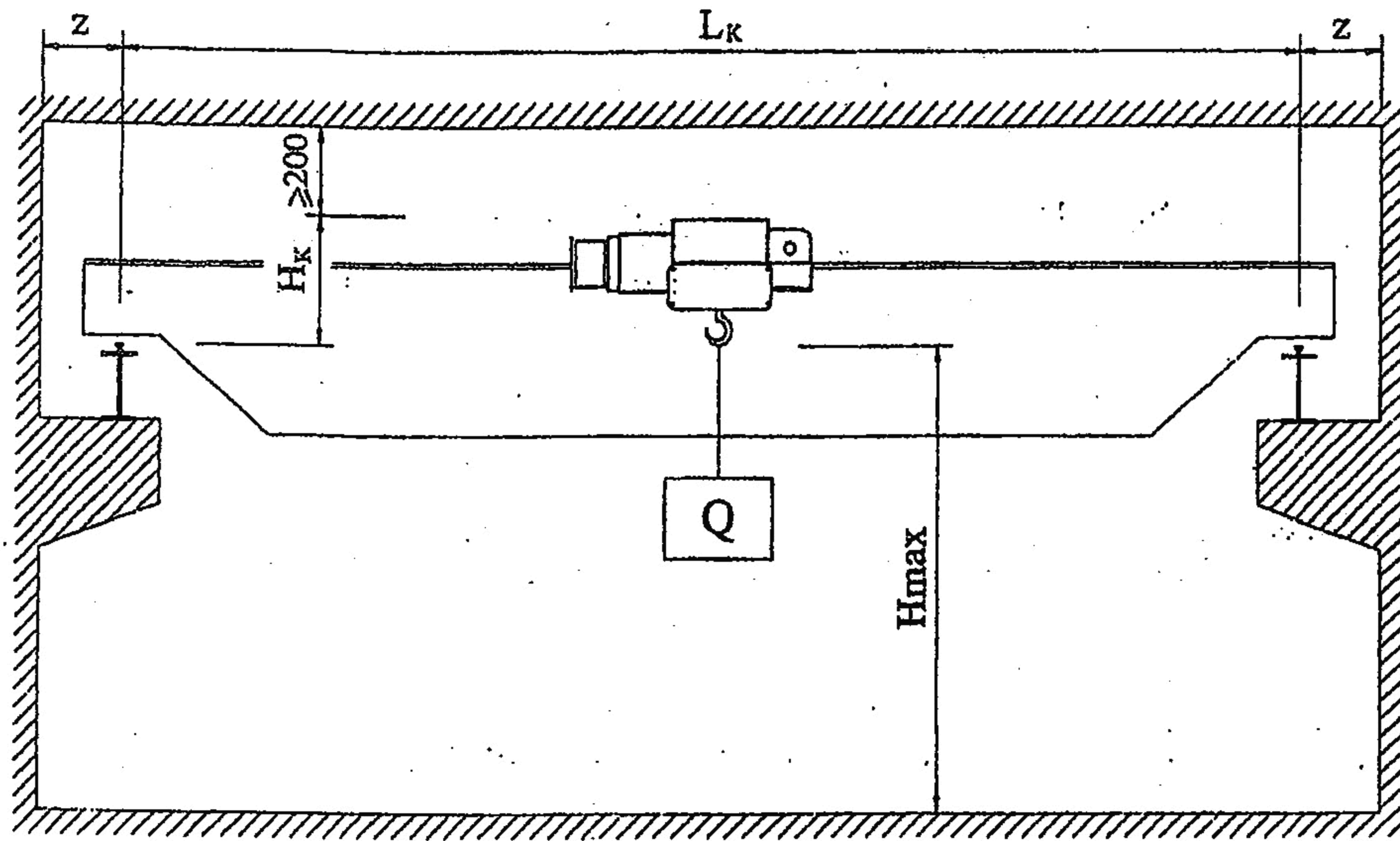
$K_K$  - bề rộng đáy (khoảng cách trọng tâm hai bánh xe cầu trục theo phương bề rộng / phương dọc nhà);

$Z_{min}$  - khoảng cách nhỏ nhất theo phương ngang từ trọng tâm ray cầu trục đến mép trong của cột;

$P_{max}$  - áp lực đứng tiêu chuẩn lớn nhất của một bánh xe cầu trục lên ray;

$P_{min}$  - áp lực đứng tiêu chuẩn nhỏ nhất của một bánh xe cầu trục lên ray.





### PHỤ LỤC III

**Bảng III.1. Giá trị áp lực gió theo bản đồ phân vùng  
áp lực gió trên lãnh thổ Việt Nam**

Vùng áp lực gió trên bản đồ	I	II	III	IV	V
$W_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,65	0,95	1,25	1,55	1,85
<p><i>Ghi chú:</i> Đối với vùng ảnh hưởng của bão được đánh giá là yếu (xem phụ lục D, TCVN 2737-1995), giá trị của áp lực gió <math>W_0</math> được giảm đi 0,1 kN/m<sup>2</sup> đối với vùng I-A; 0,12 kN/m<sup>2</sup> đối với vùng II-A và 0,15 kN/m<sup>2</sup> đối với vùng III-A.</p>					

**Bảng III.2. Hệ số k kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình**

Dạng địa hình Độ cao Z (m)	A	B	C
3	1,00	0,80	0,47
5	1,07	0,88	0,54
10	1,18	1,00	0,66
15	1,24	1,08	0,74
20	1,29	1,13	0,80
30	1,37	1,22	0,89
40	1,43	1,28	0,97
50	1,47	1,34	1,03
60	1,51	1,38	1,08
80	1,57	1,45	1,18
100	1,62	1,51	1,25
150	1,72	1,63	1,40
200	1,79	1,71	1,52
250	1,84	1,78	1,62
300	1,84	1,84	1,70
350	1,84	1,84	1,78
≥ 400	1,84	1,84	1,84

*Ghi chú:* Địa hình dạng A là địa hình trống trải, không có hoặc có rất ít vật cản cao không quá 1,5m (bờ biển thoáng, mặt sông, hồ lớn, đồng muối, cánh đồng không có cây cao...).

Địa hình dạng B là địa hình tương đối trống trải, có một số vật cản thưa thớt cao không quá 10m (vùng ngoại ô ít nhà, thị trấn, làng mạc, rừng thưa hoặc rừng non, vùng trồng cây thưa...).

Địa hình dạng C là địa hình bị che chắn mạnh, có nhiều vật cản sát nhau cao từ 10m trở lên (trong thành phố, vùng rừng rậm...).

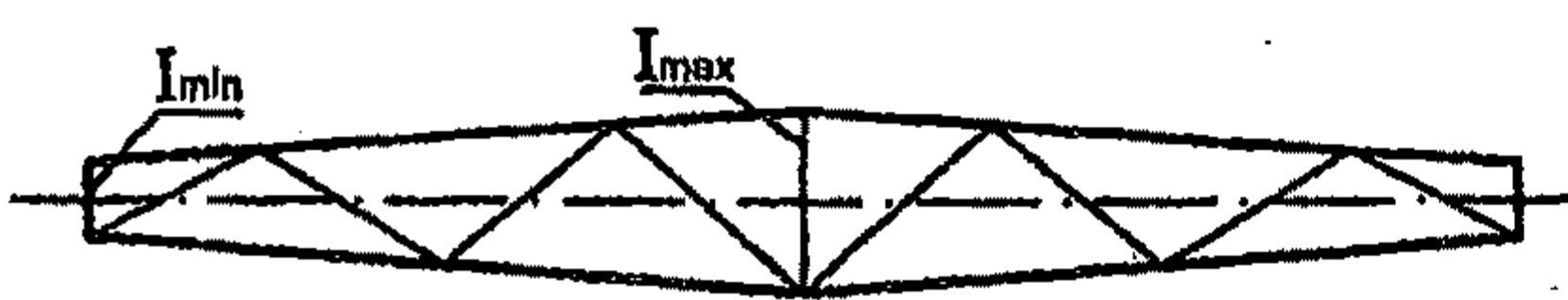
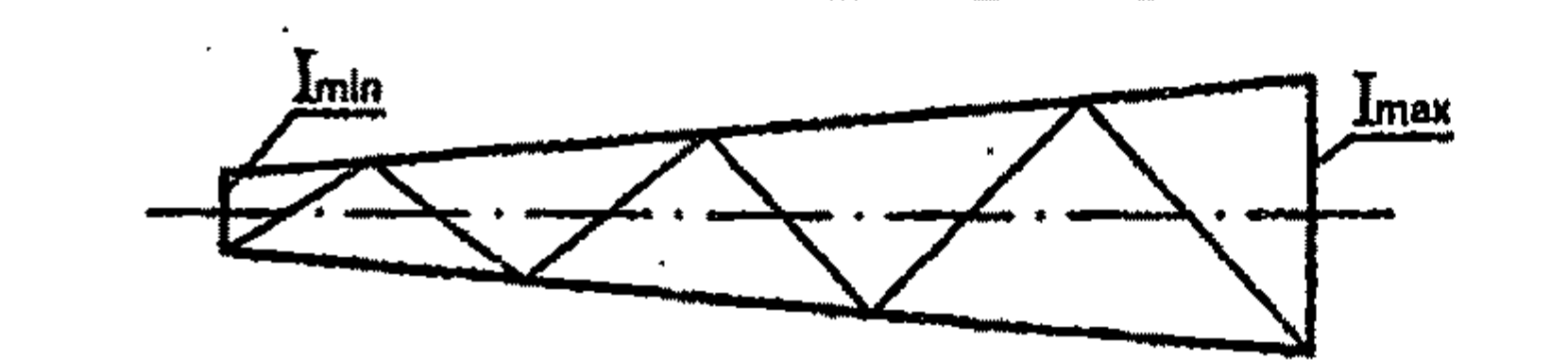
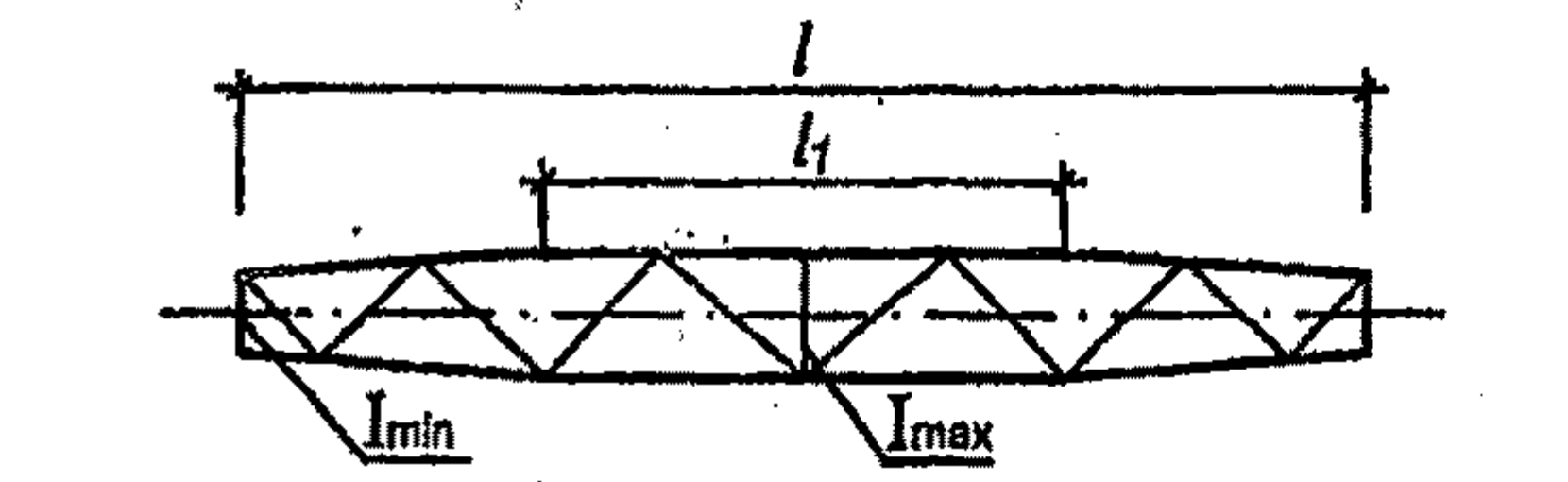
Đối với độ cao trung gian cho phép xác định giá trị k bằng cách nội suy tuyến tính các giá trị trong bảng III.2.

Khi xác định tải trọng gió cho một công trình, đối với các hướng gió khác nhau có thể có dạng địa hình khác nhau.



PHỤ LỤC IV

**Bảng IV.1. Hệ số chiều dài tính toán bổ sung  $\mu_1$   
đối với thanh có tiết diện thay đổi**

Sơ đồ thanh	$l_1/l$	Khi tỉ số $I_{min}/I_{max}$ bằng						
		0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
	-	-	1,35	1,24	1,14	1,08	1,02	1,00
	-	-	1,66	1,45	1,24	1,14	1,06	1,00
	0,0	1,69	1,35	1,25	1,14	1,08	1,03	1,00
	0,2	1,45	1,22	1,15	1,08	1,05	1,02	-
	0,4	1,23	1,11	1,07	1,04	1,02	1,01	-
	0,6	1,07	1,03	1,02	1,01	1,01	1,00	-
	0,8	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-

**Bảng IV.2. Hệ số uốn dọc  $\varphi$  của cấu kiện chịu nén đứng tâm**

Độ mảnh $\lambda$	Hệ số $\varphi$ đối với các cấu kiện bằng thép có cường độ tính toán $f, N/mm^2$													
	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640		
10	988	987	985	984	983	982	981	980	979	978	977	977		
20	967	962	959	955	952	949	946	943	941	938	936	934		
30	939	931	924	917	911	905	900	895	891	887	883	879		
40	906	894	883	873	863	854	846	849	832	825	820	814		
50	869	852	836	822	809	796	785	775	764	746	729	712		
60	827	805	785	766	749	721	696	672	650	628	608	588		
70	782	754	724	687	654	623	595	568	542	518	494	470		
80	734	686	641	602	566	532	501	471	442	414	386	359		
90	665	612	565	522	483	447	413	380	349	326	305	287		
100	599	542	493	448	408	369	335	309	286	267	250	235		
110	537	478	427	381	338	306	280	258	239	223	209	197		
120	479	419	366	321	287	260	237	219	203	190	178	167		
130	425	364	313	276	247	223	204	189	175	163	153	145		
140	376	315	272	240	215	195	178	164	153	143	134	126		
150	328	276	239	211	189	171	157	145	134	126	118	111		
160	290	244	212	187	167	152	139	129	120	112	105	099		
170	259	218	189	167	150	136	125	115	107	100	094	089		
180	233	196	170	150	135	123	112	104	097	091	085	081		
190	210	177	154	136	122	111	102	094	088	082	077	073		
200	191	161	140	124	111	101	093	086	080	075	071	067		
210	174	147	128	113	102	093	085	079	074	069	065	062		
220	160	135	118	104	094	086	077	073	068	064	060	057		

Ghi chú: Giá trị của hệ số  $\varphi$  trong bảng đã được tăng lên 1000 lần.

**Bảng IV.3. Hệ số  $\varphi_2$  để kiểm tra ổn định của cấu kiện tiết diện đặc, chịu nén lệch tâm (nén uốn), mặt phẳng tác dụng của mô men trùng với mặt phẳng đối xứng**

Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{f/E}$	Hệ số $\varphi_2$ khi độ lệch tâm tương đối tính đối $m$ , bằng												
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,5	967	922	850	782	722	669	620	577	538	469	417	370	337
1,0	925	854	778	711	653	600	563	520	484	427	382	341	307
1,5	875	804	716	647	593	548	507	470	439	388	347	312	283
2,0	813	742	653	587	536	496	457	425	397	352	315	286	260
2,5	742	672	587	526	480	442	410	383	357	317	287	262	238
3,0	667	597	520	465	425	395	365	342	320	287	260	238	217
3,5	587	522	455	408	375	350	325	303	287	258	233	216	198
4,0	505	447	394	356	330	309	289	270	256	232	212	197	181
4,5	418	382	342	310	288	272	257	242	229	208	192	178	165
5,0	354	326	295	273	253	239	225	215	205	188	175	162	150
5,5	302	280	256	240	224	212	200	192	184	170	158	148	138
6,0	258	244	223	210	198	190	178	172	166	153	145	137	128
6,5	223	213	196	185	176	170	160	155	149	140	132	125	117
7,0	194	186	173	163	157	152	145	141	136	127	121	115	108
8,0	152	146	138	133	128	121	117	115	113	106	100	095	091
9,0	122	117	112	107	103	100	098	096	093	088	085	082	079
10,0	100	097	093	091	090	085	081	080	079	075	072	070	069
11,0	083	079	077	076	075	073	071	069	068	063	062	061	060
12,0	069	067	064	063	062	060	059	059	058	055	054	053	052
13,0	062	061	054	053	052	051	051	050	049	049	048	048	047
14,0	052	049	049	048	048	047	047	046	045	044	043	043	042

Bảng IV.3 (kết thúc)

Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{f/E}$	Hệ số $\varphi_e$ khi độ lệch tâm tính đối khi $m_e$															
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20			
0,5	307	280	260	237	222	210	183	164	150	125	106	090	077			
1,0	283	259	240	225	209	196	175	157	142	121	103	086	074			
1,5	262	240	223	207	195	182	163	148	134	114	099	082	070			
2,0	240	222	206	193	182	170	153	138	125	107	094	079	067			
2,5	220	204	190	178	168	158	144	130	118	101	090	076	065			
3,0	202	187	175	166	156	147	135	123	112	097	086	073	063			
3,5	183	172	162	153	145	137	125	115	106	092	082	069	060			
4,0	168	158	149	140	135	127	118	108	098	088	078	066	057			
4,5	155	146	137	130	125	118	110	101	093	083	075	064	055			
5,0	143	135	126	120	117	111	103	095	088	079	072	062	053			
5,5	132	124	117	112	108	104	095	089	084	075	069	060	051			
6,0	120	115	109	104	100	096	089	084	079	072	066	057	049			
6,5	112	106	101	097	094	089	083	080	074	068	062	054	047			
7,0	102	098	094	091	087	083	078	074	070	064	059	052	045			
8,0	087	083	081	078	076	074	068	065	062	057	053	047	041			
9,0	075	072	069	066	065	064	061	058	055	051	048	043	038			
10,0	065	062	060	059	058	057	055	052	049	046	043	039	035			
11,0	057	055	053	052	051	050	048	046	044	040	038	035	032			
12,0	051	050	049	048	047	046	044	042	040	037	035	032	029			
13,0	045	044	043	042	041	041	039	038	037	035	033	030	027			
14,0	041	040	040	039	039	038	037	036	036	034	032	029	026			

Ghi chú: Giá trị của hệ số  $\varphi_e$  trong bảng đã được tăng lên 1000 lần;

Giá trị của hệ số  $\varphi_e$  không lấy lớn hơn giá trị của  $\varphi$ .

**Bảng IV.4. Hệ số  $\varphi$  để kiểm tra ổn định của cấu kiện tiết diện rỗng, chịu nén lệch tâm (nén uốn), mặt phẳng tác dụng của mô men trùng với mặt phẳng đối xứng**

Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_0 = \lambda \sqrt{f/E}$	Hệ số $\varphi$ khi độ lệch tâm tương đối khi $m$													
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	
0,5	908	800	666	571	500	444	400	364	333	286	250	222	200	
1,0	872	762	640	553	483	431	387	351	328	280	243	218	197	
1,5	830	727	600	517	454	407	367	336	311	271	240	211	190	
2,0	774	673	556	479	423	381	346	318	293	255	228	202	183	
2,5	708	608	507	439	391	354	322	297	274	238	215	192	175	
3,0	637	545	455	399	356	324	296	275	255	222	201	182	165	
3,5	562	480	402	355	320	294	270	251	235	206	187	170	155	
4,0	484	422	357	317	288	264	246	228	215	191	173	160	145	
4,5	415	365	315	281	258	237	223	207	196	176	160	149	136	
5,0	350	315	277	250	230	212	201	186	178	161	149	138	127	
5,5	300	273	245	223	203	192	182	172	163	147	137	128	118	
6,0	255	237	216	198	183	174	165	156	149	135	126	119	109	
6,5	211	208	190	178	165	157	149	142	137	124	117	109	102	
7,0	192	184	168	160	150	141	135	130	125	114	108	101	095	
8,0	148	142	136	130	123	118	113	108	105	097	091	085	082	
9,0	117	114	110	107	102	098	094	090	087	082	079	075	072	
10,0	097	094	091	090	087	084	080	076	073	070	067	064	062	
11,0	082	078	077	076	073	071	068	066	064	060	058	056	054	
12,0	068	066	064	063	061	060	058	057	056	054	053	050	049	
13,0	060	059	054	053	052	051	050	049	049	048	047	046	045	
14,0	050	049	048	047	046	046	045	044	043	043	042	042	041	



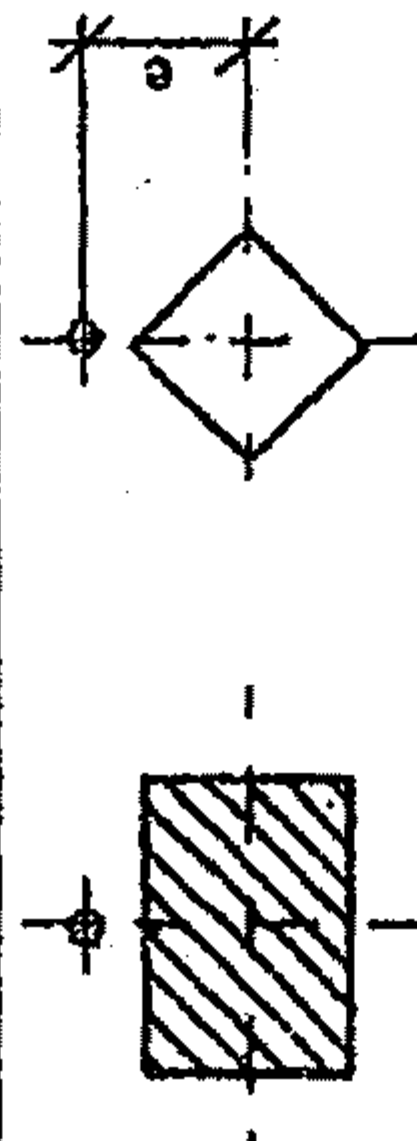
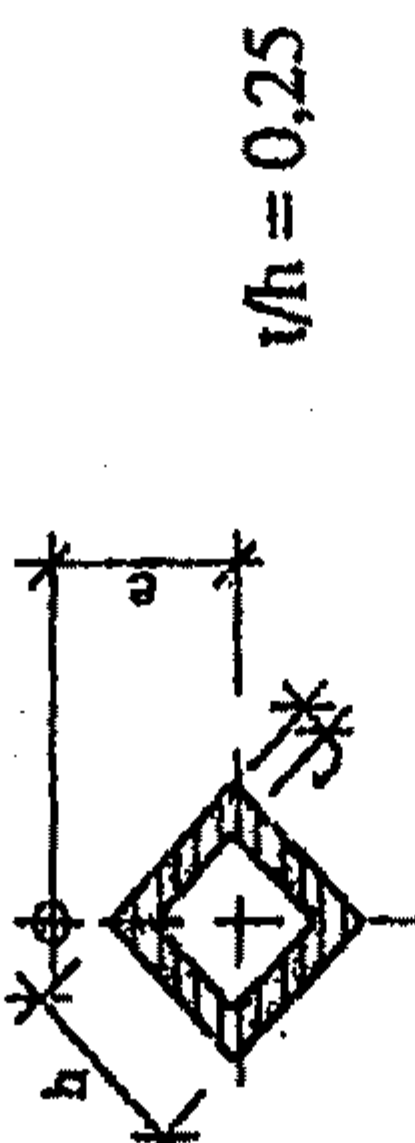
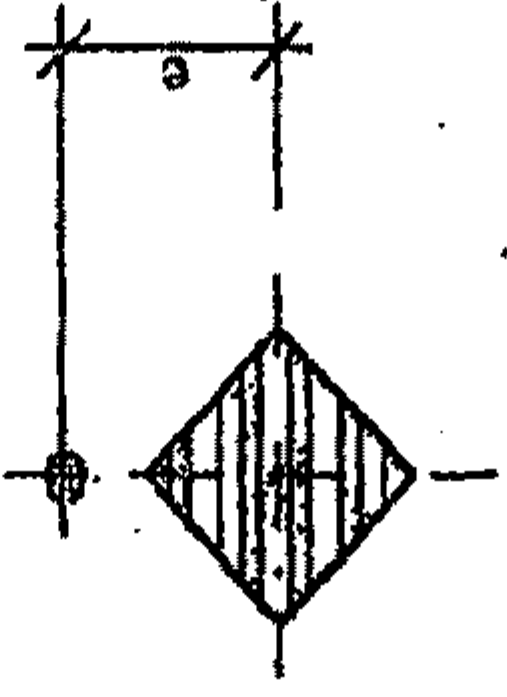
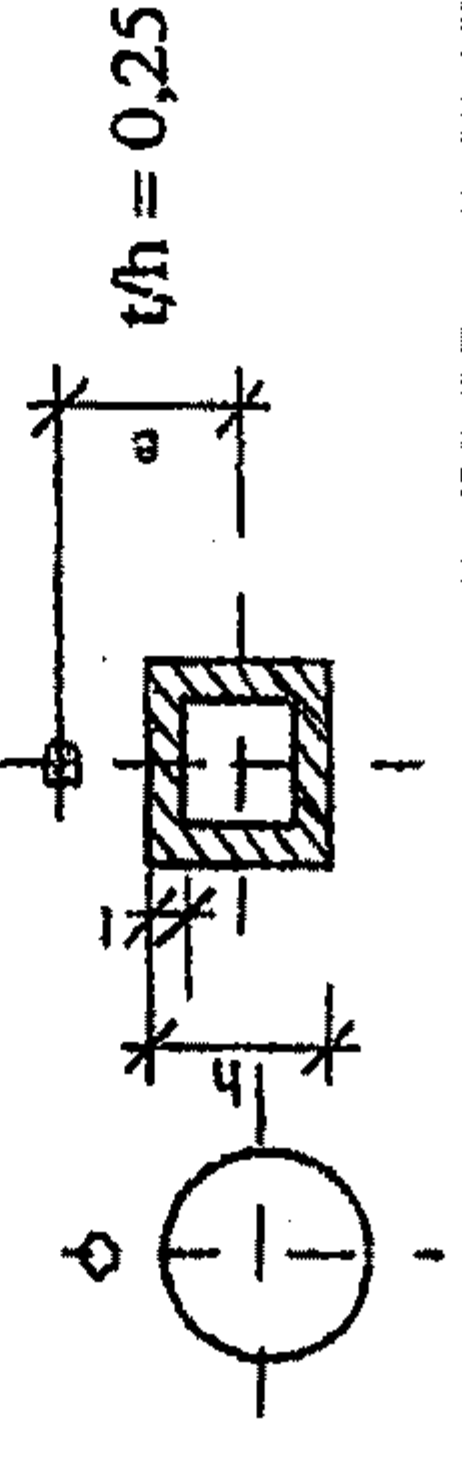
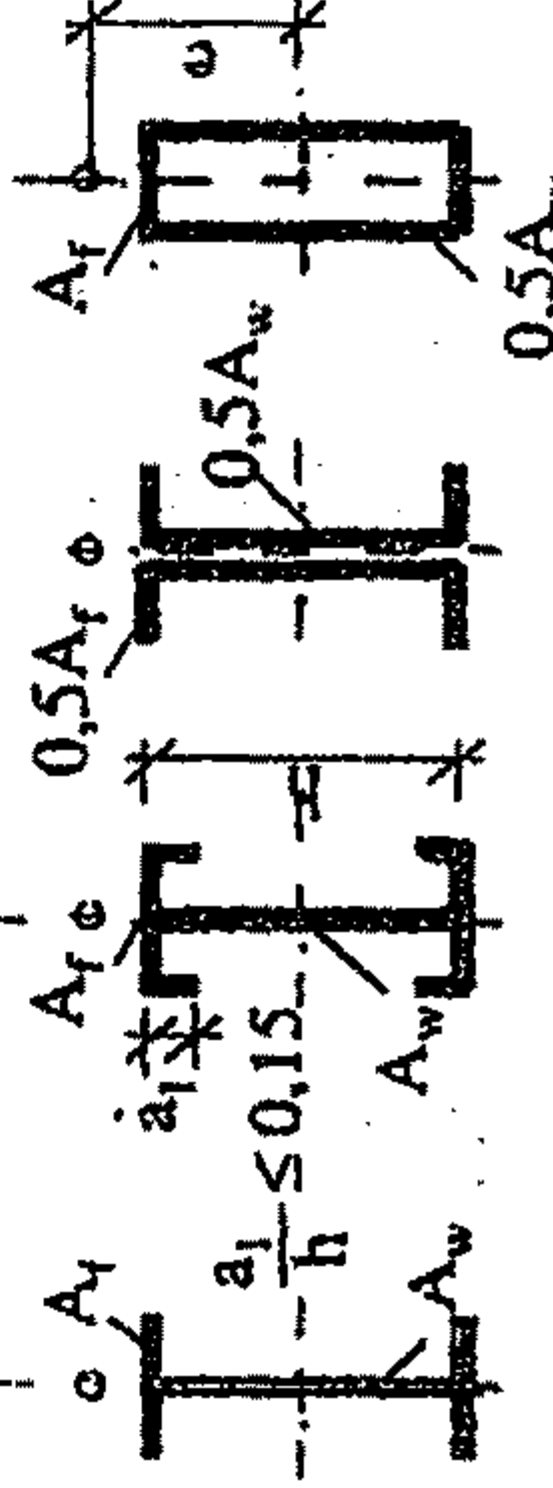
**Bảng IV.4 (kết thúc)**

Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_0 = \lambda \sqrt{f/E}$	Hệ số $\varphi_c$ khi độ lệch tâm tương đối khi $m$															
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20			
0,5	182	167	154	143	133	125	111	100	091	077	067	056	048			
1,0	180	165	151	142	131	121	109	098	090	077	066	055	046			
1,5	178	163	149	137	128	119	108	096	088	077	065	053	045			
2,0	170	156	143	132	125	117	106	095	086	076	064	052	045			
2,5	162	148	136	127	120	113	103	093	083	074	062	051	044			
3,0	153	138	130	121	116	110	100	091	081	071	061	051	043			
3,5	143	130	123	115	110	106	096	088	078	069	059	050	042			
4,0	133	124	118	110	105	100	093	084	076	067	057	049	041			
4,5	124	116	110	105	100	096	089	079	073	065	055	048	040			
5,0	117	108	104	100	095	092	086	076	071	062	054	047	039			
5,5	110	102	098	095	091	087	081	074	068	059	052	046	039			
6,0	103	097	093	090	085	083	077	070	065	056	051	045	038			
6,5	097	092	088	085	080	077	072	066	061	054	050	044	037			
7,0	091	087	083	079	076	074	068	063	058	051	047	043	036			
8,0	079	077	073	070	067	065	060	055	052	048	044	041	035			
9,0	069	067	064	062	059	056	053	050	048	045	042	039	035			
10,0	060	058	056	054	052	050	047	045	043	041	038	036	033			
11,0	053	052	050	048	046	044	043	042	041	038	035	032	030			
12,0	048	047	045	043	042	040	039	038	037	034	032	030	028			
13,0	044	044	042	041	040	038	037	036	035	032	030	028	026			
14,0	041	040	039	039	038	037	036	035	034	031	029	027	025			

**Ghi chú:** Giá trị của hệ số  $\varphi_c$  trong bảng đã được tăng lên 1000 lần;

Giá trị của hệ số  $\varphi_c$  không lấy lớn hơn giá trị của  $\varphi$ .

Bảng IV.5. Hệ số ảnh hưởng của hình dạng tiết diện  $\eta$

Loại tiết diện	Sơ đồ tiết diện	$\frac{A_f}{A_w}$	Trị số của $\eta$ khi		
			$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5$		$\bar{\lambda} > 5$
			$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$	$0,1 \leq m \leq 5$ $5 < m \leq 20$
1		-	1,0	1,0	1,0
2		-	0,85	0,85	0,85
3		-	$0,75 + 0,02 \bar{\lambda}$	$0,75 + 0,02 \bar{\lambda}$	0,85
4		-	$(1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m) \bar{\lambda}$	1,1	1,1
5		0,25	$(1,45 - 0,05m) - 0,01(5 - m) \bar{\lambda}$	1,2	1,2
		0,5	$(1,75 - 0,1m) - 0,02(5 - m) \bar{\lambda}$	1,25	1,25
		$\geq 1$	$(1,90 - 0,1m) - 0,02(6 - m) \bar{\lambda}$	$1,4 - 0,2 \bar{\lambda}$	1,3

Bảng IV.5. (tiếp theo)

*eta*

Loại tiết diện	Sơ đồ tiết diện	$\frac{A_f}{A_w}$	Trị số của $\eta$ khi		
			$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5$		
			$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$	$\bar{\lambda} > 5$
6	<p><math>a_1/h = 0,15</math></p>	-	$\eta_5 [1 - 0,3(5 - m)] \times \frac{a_1}{h}$	$\eta_5$	$\eta_5$
7	<p><math>\frac{a_1}{h} \leq 0,15</math></p>	-	$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h}\right)$	$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h}\right)$	$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h}\right)$
8	<p><math>0,5A_w</math></p>	0,25	$(0,75 + 0,05 m) + 0,01 (5 - m) \bar{\lambda}$	1,0	1,0
		0,5	$(0,5 + 0,1 m) + 0,02 (5 - m) \bar{\lambda}$	1,0	1,0
		$\geq 1$	$(0,25 + 0,15 m) + 0,03 (5 - m) \bar{\lambda}$	1,0	1,0
9	<p><math>0,5A_w</math></p>	0,5	$(1,25 - 0,05 m) - 0,01 (5 - m) \bar{\lambda}$	1,0	1,0
		$\geq 1$	$(1,5 - 0,1 m) - 0,02 (5 - m) \bar{\lambda}$	1,0	1,0

Bảng IV.5. (kết thúc)

10		0,5	1,4	1,4	1,4	1,4
		1,0	$1,6 - 0,01(5 - m) \bar{\lambda}$	1,6	$1,35 + 0,05m$	1,6
11	 	2,0	$1,8 - 0,02(5 - m) \bar{\lambda}$	1,8	$1,3 + 0,1m$	1,8
		0,5	$1,45 + 0,04m$	1,65	$1,45 + 0,04m$	1,65
		1,0	$1,8 + 0,12m$	2,4	$1,8 + 0,12m$	2,4
		1,5	$2,0 + 0,25m + 0,1\bar{\lambda}$	-	-	-
		2,0	$3,0 + 0,25m + 0,1\bar{\lambda}$	-	-	-

**Ghi chú:** Đối với các loại tiết diện từ 5 ÷ 7 khi tính tỉ số  $A_f/A_w$ , không kể đến phần cánh dẹt thẳng đứng;  
 Đối với các loại tiết diện từ 6 ÷ 7 giá trị của  $\eta_s$  lấy bằng giá trị của  $\eta$  của loại tiết diện 5, tương ứng với các trị số của  $A_f/A_w$ .

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCXDVN 338-2005: *Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế.*
2. TCVN 2737-1995: *Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế.*
3. Tuyển tập TCVN: *Thép kết cấu và thép dùng cho xây dựng.* Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 2001.
4. Phạm Văn Hội (chủ biên). *Kết cấu thép 2: Công trình dân dụng và công nghiệp.* Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 1998.
5. Phạm Văn Hội (chủ biên). *Kết cấu thép: Cấu kiện cơ bản.* Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 2006.
6. Đoàn Định Kiến (chủ biên). *Thiết kế kết cấu thép nhà công nghiệp.* Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 1998.
7. Đoàn Tuyết Ngọc, Phạm Minh Hà. *Tính toán khung thép nhẹ theo Tiêu chuẩn Việt Nam và Tiêu chuẩn Mỹ.* Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, 2007.
8. AISC 1999. *Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings.*
9. AISI 2002. *Cold-Formed Steel Design.*
10. MBMA 2002. *Metal Building Systems Manual.*
11. Lui E.M. *Structural Steel Design.* CRC Press LLC, 1999.
12. Беленя Е.И. и др. *Металлические конструкции.* Стройиздат. Москва, 1985.
13. Горев В.В. и др. *Металлические конструкции: Конструкции зданий.* Том 2. Высшая школа. Москва, 1999.
14. Кузнецов В.В. и др. *Металлические конструкции. Справочник проектировщика.* ЦНИИПроектстальконструкция имени Н.П.Мелникова. Издательство АСВ. Москва, 2000.

# MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	3
<i>Các ký hiệu sử dụng trong tài liệu</i>	5
<b>Chương 1. Cấu tạo chung của khung thép nhẹ trong nhà công nghiệp một tầng, một nhịp</b>	9
1.1. Phạm vi áp dụng và các yêu cầu chung	9
1.2. Cấu tạo của khung thép nhẹ một tầng, một nhịp	10
1.3. Hệ giằng trong nhà công nghiệp dùng kết cấu khung thép nhẹ	12
1.3.1. Hệ giằng mái	12
1.3.2. Hệ giằng cột	12
<b>Chương 2. Thiết kế khung ngang</b>	14
2.1. Các kích thước chính của khung ngang	14
2.1.1. Theo phương ngang	14
2.1.2. Theo phương đứng	14
2.2. Sơ đồ tính khung ngang	15
2.3. Thiết kế xà gồ mái	16
2.4. Tải trọng tác dụng lên khung ngang	18
2.4.1. Tải trọng thường xuyên	18
2.4.2. Hoạt tải mái	19
2.4.3. Hoạt tải cầu trục	19
2.4.4. Tải trọng gió	20
2.5. Xác định nội lực	21
2.6. Tổ hợp nội lực	22
2.7. Thiết kế cột khung	22
2.7.1. Xác định chiều dài tính toán	22
2.7.2. Chọn tiết diện	24
2.7.3. Kiểm tra tiết diện	24
2.8. Thiết kế xà ngang	29
2.8.1. Chọn tiết diện	29
2.8.2. Kiểm tra tiết diện	30
2.9. Thiết kế các chi tiết	31
2.9.1. Vai cột	31

2.9.2. Chân cột	33
2.9.3. Liên kết cột và xà ngang	38
2.9.4. Mối nối xà	41
2.9.5. Mối nối đỉnh xà	42
2.9.6. Liên kết bản cánh với bản bụng cột và xà ngang	43
<b>Chương 3. Ví dụ tính toán</b>	<b>44</b>
3.1. Số liệu thiết kế	44
3.2. Xác định các kích thước chính của khung ngang	44
3.2.1. Theo phương đứng	44
3.2.2. Theo phương ngang	45
3.2.3. Sơ đồ tính khung ngang	46
3.3. Tải trọng tác dụng lên khung ngang	46
3.3.1. Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải)	46
3.3.2. Hoạt tải mái	47
3.3.3. Tải trọng gió	48
3.3.4. Hoạt tải cầu trục	48
3.4. Xác định nội lực	50
3.5. Thiết kế tiết diện cấu kiện	56
3.5.1. Thiết kế tiết diện cột	56
3.5.2. Thiết kế tiết diện xà ngang	60
3.6. Thiết kế các chi tiết	63
3.6.1. Vai cột	63
3.6.2. Chân cột	66
3.6.3. Liên kết cột với xà ngang	71
3.6.4. Mối nối đỉnh xà	74
3.6.5. Mối nối xà (ở nhịp)	76
3.6.6. Liên kết bản cánh với bản bụng cột và xà ngang	76
<b>Phụ lục</b>	
Phụ lục 1	77
Phụ lục 2	83
Phụ lục 3	90
Phụ lục 4	92
<b>Tài liệu tham khảo</b>	<b>101</b>

# THIẾT KẾ KHUNG THÉP

## NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG, MỘT NHỊP

(Tái bản)

*Chịu trách nhiệm xuất bản :*

**TRỊNH XUÂN SƠN**

*Biên tập :* TRỊNH KIM NGÂN

*Chế bản điện tử :* ĐINH THỊ PHƯỢNG

*Sửa bản in :* TRỊNH KIM NGÂN

*Trình bày bìa :* VŨ BÌNH MINH

---

In 500 cuốn khổ 19 x 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 21-2010/CXB/451-64/XD ngày 30-12-2009. Quyết định xuất bản số 306/QĐ-XBXD ngày 18-10-2010. In xong nộp lưu chiểu tháng 10-2010.