BỘ XÂY DỰNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC TP. HỒ CHÍ MINH
KHOA XÂY DỰNG
BỘ MÔN: LÝ LUẬN CHÍNH TRỊ

ĐỒ ÁN KẾT CẤU THÉP

THUYẾT MINH

ĐỀ 63: THIẾT KẾ NHÀ CÔNG NGHIỆP 1 TẦNG 2 CẦU TRỤC CÓ CỬA MÁI

Học kỳ 3 năm học 2026-2027

Giáo viên hướng dẫn: ThS. TRẦN QUỐC HÙNG

Sinh viên thực hiện: ĐẶNG MINH TÂM

MSSV: 23720100019. LỚP XD23-TCA.

THÁNG 07/2026

MỤC LỤC

CHƯƠNG I : SỐ LIỆU THIẾT KẾ....4
1.1 SỐ LIỆU THIẾT KẾ....4
1.2 LỰA CHỌN VẬT LIỆU....5
CHƯƠNG II : SƠ BỘ KÍCH THƯỚC....6
2.1 XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC CẦU TRỤC....6
2.2 XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC KHUNG CÓ CẦU TRỤC....7
2.2.1 Xác định kích thước theo phương đứng của khung có cầu trục....7
2.2.2 Xác định kích thước theo phương ngang của khung có cầu trục....9
2.3 BỐ TRÍ HỆ GIẰNG....13
2.3.1 Bố trí hệ giằng mái....13
2.3.2 Bố trí hệ giằng dọc....15
2.3.3 Bố trí hệ giằng cột....16
2.3.4 Bố trí hệ giằng chéo....16
2.3.5 Bố trí hệ giằng khung đầu hồi....17
CHƯƠNG III : TẢI TRỌNG TÁC DỤNG VÀO CÔNG TRÌNH....18
3.1 TẢI TRỌNG THƯỜNG XUYÊN....18
3.1.1 Tải trọng thường xuyên của kết bản thân cấu thép....18
3.1.2 Tải trọng thường xuyên của kết bao che....18
3.2 TẢI TRỌNG TẠM THỜI....18
3.2.2 Tải trọng tạm thời ngắn hạn trên mái....18
3.2.3 Tải trọng tạm thời ngắn hạn cầu trục....19
3.3 TẢI TRỌNG GIÓ....21
3.3.1 Xác định hệ số $W_{3s,10}$....21
3.3.2 Xác định hệ số $k(z_e)$....21
3.3.3 Xác định hệ số c....22
3.3.4 Xác định hệ số Gf....30
3.3.6 Xác định giá trị W_k^{tt}....30

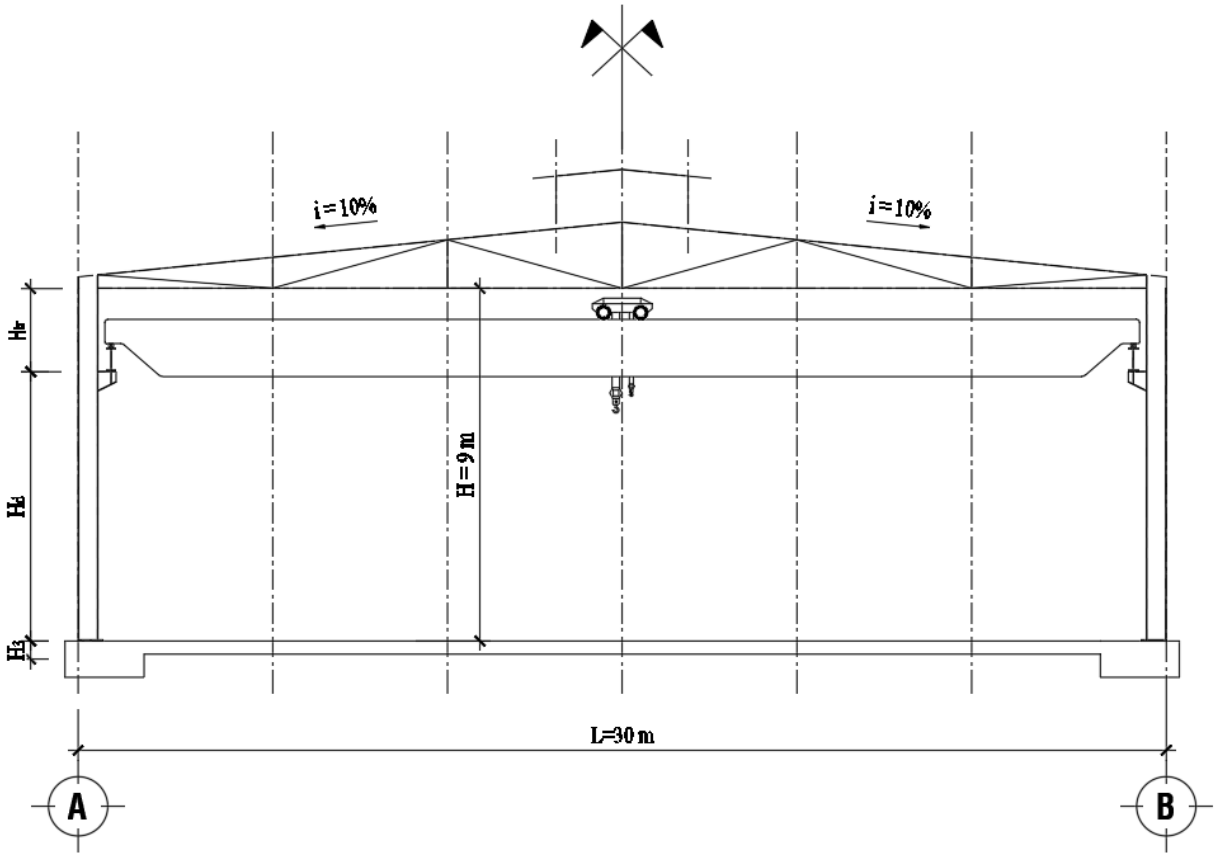
CHƯƠNG IV : CƠ SỞ LÝ THUYẾT TỔ HỢP TẢI TRỌNG 32
4.1. KHAI BÁO TẢI TRỌNG.....32
4.2. MÔ HÌNH TÍNH TOÁN.....32
4.2.1 Sơ đồ tính.....32
4.2.2 Thiết lập tiết diện mô hình.....33
4.2.3 Gán tải vào mô hình.....34
4.2.4 Kết quả nội lực.....44
4.3 Tổ hợp nội lực.....54
4.3.1 Tổ hợp nội lực thiết kế cột và dầm vai.....55
4.3.2 Tổ hợp nội lực thiết kế giàn.....56
CHƯƠNG V : TÍNH TOÁN KHUNG TRỤC ĐIỂN HÌNH.....59
5.1 THIẾT KẾ CỘT.....59
5.1.1 Thiết kết cột biên khung trục A cột dưới.....59
5.1.2 Thiết kết cột biên khung trục A cột trên.....66
5.2 THIẾT KẾ DẦM.....74
5.2.1 Thiết kết dầm vai.....74
5.3 THIẾT KẾ GIÀN.....78
5.3.1 Thiết kế giàn thép cánh dưới.....78
5.3.2 Thiết kế giàn thép cánh trên.....81
5.3.3 Thiết kế giàn thép đứng chính.....84
5.3.4 Thiết kế giàn thép thanh xiên chính đầu giàn.....87
5.3.5 Thiết kế giàn thép thanh xiên chính.....89
5.4 THIẾT LIÊN KẾT.....93
5.4.1 Liên kết cột trên với cột dưới.....93
5.4.2 Liên kết cột giữa với giàn thép.....95
5.4.3 Liên kết cột trục A.....96
5.4.4 Liên kết cột dưới với dầm vai.....103
5.6 KIỂM TRA CHUYỂN VỊ ĐỈNH.....105
5.7 KIỂM TRA ĐỘ VÕNG.....106

CHƯƠNG I : SỐ LIỆU THIẾT KẾ

1.1 SỐ LIỆU THIẾT KẾ

Thiết kế nhà công nghiệp 1 tầng (kết cấu sử dụng thép) 2 nhịp đối xứng nhau, nhịp nhà có cầu trục có chế độ làm việc trung bình chạy dọc theo chiều dài nhà xưởng có dàn vì kèo hình thang hoặc dầm thép ,có các số liệu đầu vào như sau:

	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Chiều dài nhà	$\sum$B	108	m
Bước cột	B	6	m
Nhịp khung giữa có cầu trục	L	30	m
Cao trình đỉnh ray	H_r	9	m
Vùng áp lực gió		II	
Độ dốc	i%	10%	
Dạng địa hình tính gió		B	
Sức trục	Q	32	T



1.2 LỰA CHỌN VẬT LIỆU

Vật liệu thép sử dụng : thép S235. Theo TCVN 5575:2024 có các thông số :

Ký hiệu	Thông số	Đơn vị
f	235 000	KN/m^2
f_u	360 000	KN/m^2
f_y	235 000	KN/m^2
f_v	129 800	KN/m^2
f_c	342 857	KN/m^2
f_{yd}	223 809	KN/m^2
f_{ud}	342 857	KN/m^2
f_{ws}	162 000	KN/m^2

Vật liệu que hàn sử dụng : E42 . Theo TCVN 3223:2000 có các thông số :

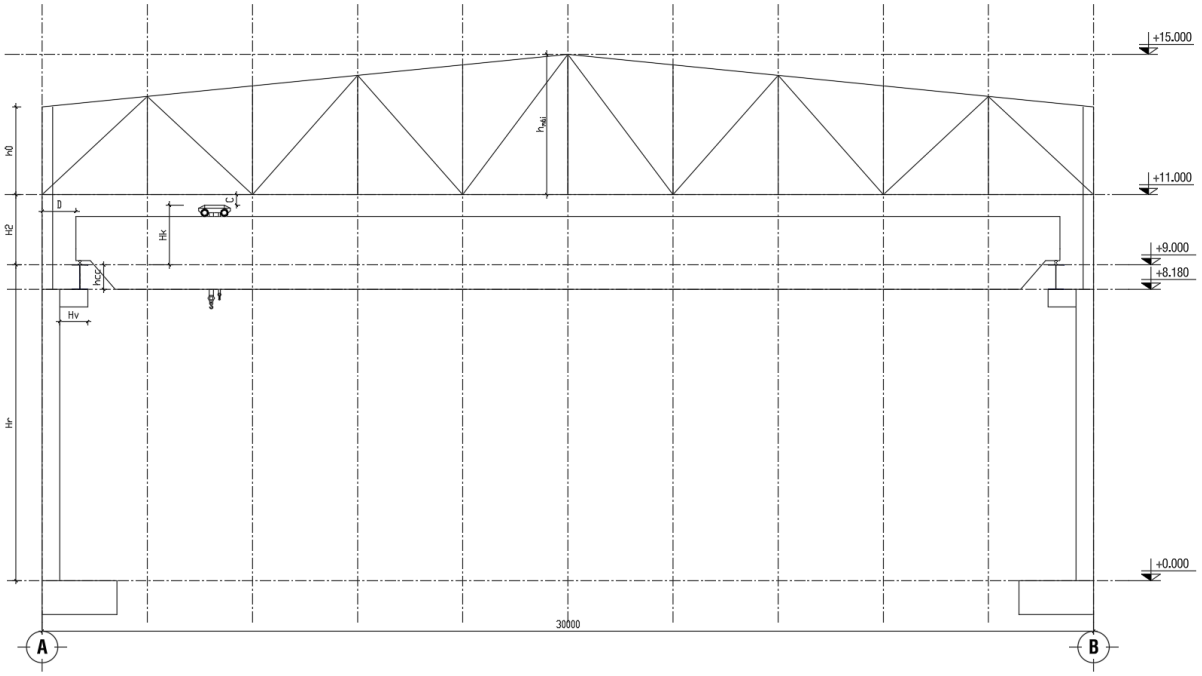
Ký hiệu	Thông số	Đơn vị
f_{wun}	430 000	KN/m^2
f_{wf}	180 000	KN/m^2

Vật liệu bulong sử dụng : 8.8 cấp chính xác A . Theo TCVN 5575:2024 có các thông số :

Ký hiệu	Thông số	Đơn vị
f_{ub}	830 000	KN/m^2
f_{yb}	660 000	KN/m^2
f_{vb}	332 000	KN/m^2
f_{tb}	448 000	KN/m^2
f_{cb}	560 000	KN/m^2

CHƯƠNG II : SƠ BỘ KÍCH THƯỚC

2.1 XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC CẦU TRỤC



Từ số liệu đầu vào L = 30 m, Q = 32 (T) nhà có 2 cầu trục chế độ làm việc trung bình, ta có chọn cầu trục nhịp như sau:

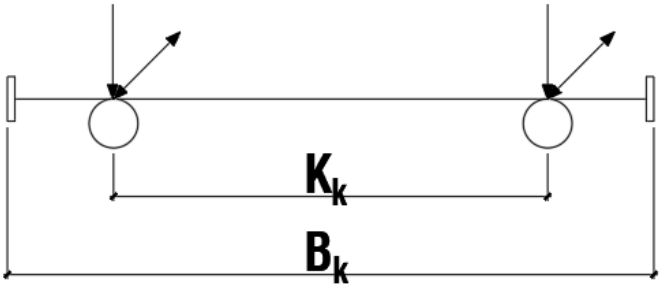
$L_k = L - 2\lambda = 30 - 2x1 = 28$ (m)

(Chọn $\lambda = 1$ để phù hợp với catalog)

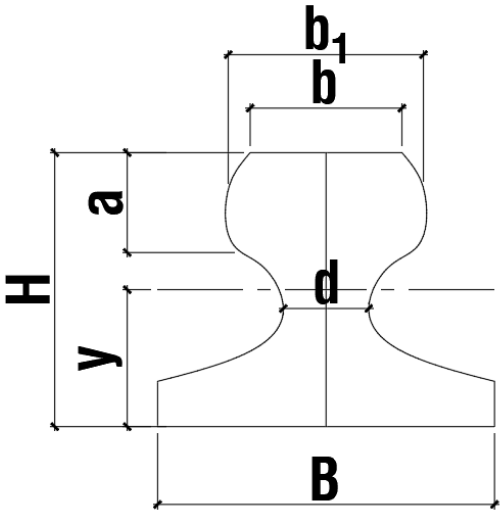
Tra bảng catalog cầu trục 1 xe con $L_k = 28$ (m) có các thông số như sau:

Nhịp L_k (m)	Chiều cao gabarit H_k(mm)	Khoảng cách Z_{min}(mm)	Bề rộng gabarit B_k(mm)	Bề rộng đáy K_k(mm)	Trọng lượng cầu trục G(T)	Trọng lượng xe con G_{xe}(T)	Áp lực P_{max} (KN/m^2)	Áp lực P_{min} (KN/m^2)
28	1700	300	5770	4600	24,36	2,7	219	62,8

Lựa chọn ray KP-07 có các thông số theo nhà sản xuất như sau:



Loại ray	Khối lượng 1m dài	Kích thước						Diện tích tiết diện ngang	Momen quán tính		Khoảng cách trọng tâm y_y (cm)
		H	B	b	b_1	a	d		I_x	I_y	
KP-07	52,83	120	120	65	70	32,5	28	67,3	1081,99	327,16	5,93



2.2 XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC KHUNG CÓ CẦU TRỤC

2.2.1 Xác định kích thước theo phương đứng của khung có cầu trục

Sơ bộ kích thước dầm cầu chạy:

$$h_{dcc} = (\frac{1}{10} \div \frac{1}{8}) \text{ x } B = (\frac{1}{10} \div \frac{1}{8}) \text{ x } 6000 = (600 \div 750)$$

=> chọn h_{dcc} = 750 mm

Khe hở an toàn giữa cầu trục và xà ngang (C) nên lấy không nhỏ hơn 200 mm

=> chọn C = 200 mm

Chiều cao từ mặt ray đến mép xà ngang:

$$H_2 = H_k + 100 + f = H_k + C = 1700 + 200 + 100 = 2000 \text{ mm}$$

Trong đó:

+H_k : chiều cao gabarit của cầu trục, tính từ mặt ray đến điểm cao nhất của xe con;

+ 100 mm: là khoảng cách an toàn;

+ f: khe hở phụ, xét đến độ võng của kết cấu, f= 200 mm.

Chiều cao của nhà xưởng tính từ nền nhà đến đáy xà ngang:

$$H = H_1 + H_2 = H_r + H_2 = 9000 + 2000 = 11000 \text{ mm}$$

Chiều cao cột dưới tính từ đài móng tới đáy dầm cầu chạy:

$$H_d = H_r - h_{dcc} - h_{ray} + H_3 = 9000 - 700 - 120 = 8180 \text{ mm}.$$

Trong đó:

+ H_3: là phần cột chôn bên dưới cote mặt nền => chọn $H_3 = 0$ mm.

+ h_{ray} : chiều cao của ray và đệm.

Chiều cao cột trên từ vai đỡ dầm cầu trục đến mép dưới dàn vì kèo

$$H_{tr} = H_2 + h_{dcc} = 2000 + 700 = 2700 \text{ mm}$$

Chiều cao đỉnh giàn mái hình thang:

$$h_{mái} = \left(\frac{1}{7} \div \frac{1}{9}\right) L = \left(\frac{1}{7} \div \frac{1}{9}\right) \times 30 = (4{,}28 \div 3{,}3)$$

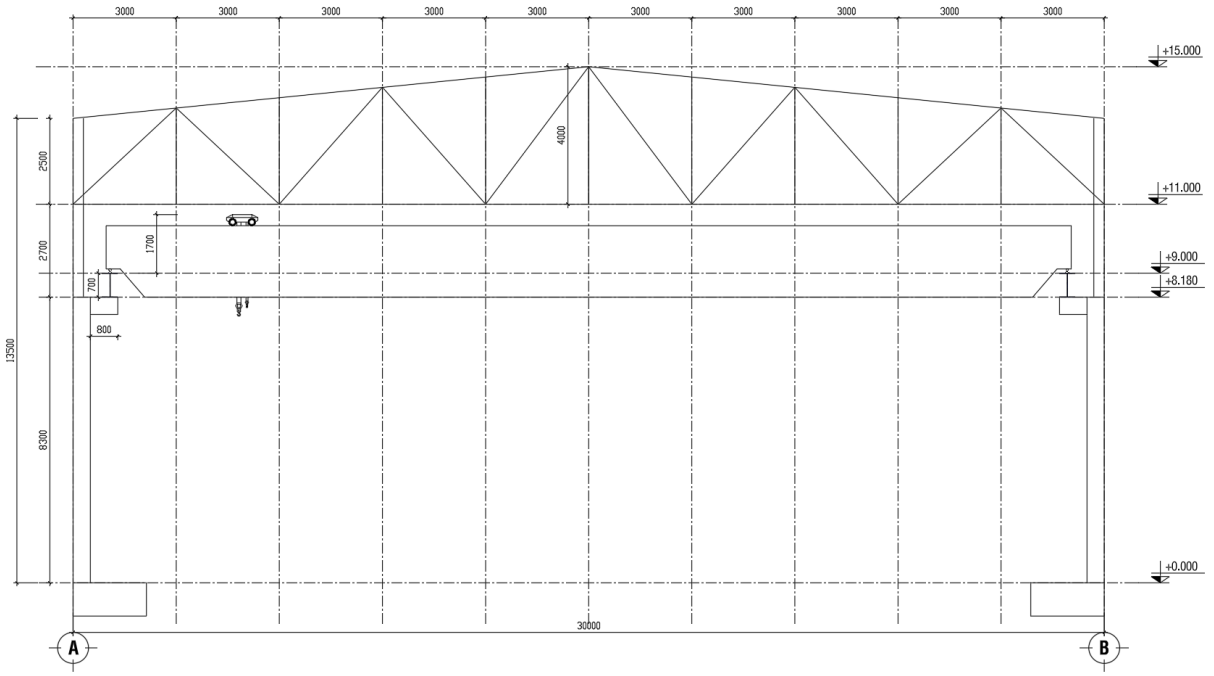
=> chọn $h_{mái} = 4$ m = 4000 mm

Chiều cao đầu giàn hình thang :

$$h_0 = h_{mái} - (i \times 0{,}5L) = 4 - (10\% \times 0{,}5 \times 30) = 2{,}5 \text{ m} = 2500 \text{ mm}$$

Chiều cao của cột mái (cột trên) :

$$h_{cm} = H + h_0 = 2700 + 2500 = 5200 \text{ mm}$$



2.2.2 Xác định kích thước theo phương ngang của khung có cầu trục

Khoảng cách từ trục định vị đến mép ngoài cột (a) :

=> Chọn a = 250 mm (Vì sức trục lớn Q = 32 T > 30T)

Khoảng cách từ trục định vị đến mép ray cầu trục:

$$L_1 = \frac{L - L_k}{2} = \frac{30 - 28}{2} = 1 \text{ (m)} = 1000 \text{ (mm)}$$

* Sơ bộ tiết diện cột dưới

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

$$h = (\frac{1}{20} \div \frac{1}{15}) H = (\frac{1}{20} \div \frac{1}{15}) \text{ x } 8300 = (415 \div 553)$$

=> chọn h = 500 mm

Sơ bộ bề rộng tiết diện cột:

$$b = (0{,}3 \div 0{,}5)\ h = (0{,}3 \div 0{,}5) \text{ x } 500 = (150 \div 250)$$

=> chọn b = 250 mm

Chiều dày bản bụng:

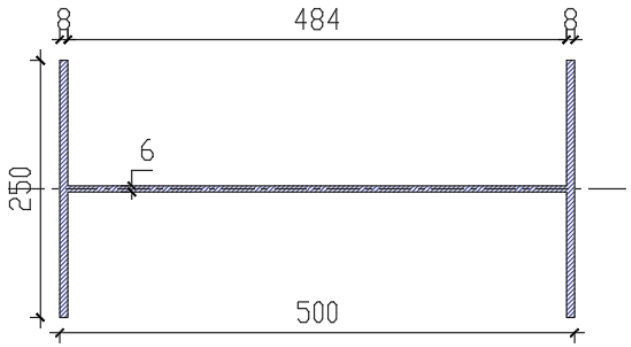
$$t_w = (\frac{1}{100} \div \frac{1}{70})\ h = (\frac{1}{100} \div \frac{1}{70}) \text{ x } 500 = (5 \div 7{,}1)$$

=> chọn t_w = 6 mm ($t_w \geq 6$mm)

Chiều dày bản cánh:

$$t_f = (\frac{1}{28} \div \frac{1}{35})\ b = (\frac{1}{28} \div \frac{1}{35}) \text{ x } 250 = (8{,}9 \div 7{,}1)$$

=> chọn t_f = 8 mm ($t_f \geq t_w$)



CỘT DƯỚI TL: 1/10

=> Kích thước I(500x250x6x8)

* Sơ bộ tiết diện cột trên

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

$$h = (\frac{1}{20} \div \frac{1}{15})\ H = (\frac{1}{20} \div \frac{1}{15})\ \text{x } 5200 = (260 \div 346)$$

=> chọn h = 300 mm

Sơ bộ bề rộng tiết diện cột:

$b = (0,3 \div 0,5)\ h = (0,3 \div 0,5) \text{ x } 300 = (90 \div 150)$

=> chọn b = 250 mm (bằng bề rộng cánh trên)

Chiều dày bản bụng:

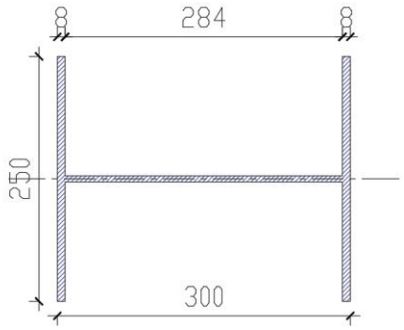
$$t_w = (\frac{1}{100} \div \frac{1}{70})\ h = (\frac{1}{100} \div \frac{1}{70}) \text{ x } 300 = (3 \div 4,2)$$

=> chọn t_w = 6 mm ($t_w \geq 6$mm)

Chiều dày bản cánh:

$$t_f = (\frac{1}{28} \div \frac{1}{35})\ b = (\frac{1}{28} \div \frac{1}{35}) \text{ x } 250 = (\ 8,9 \div 7,1)$$

=> chọn t_f = 8 mm ($t_f \geq t_w$)

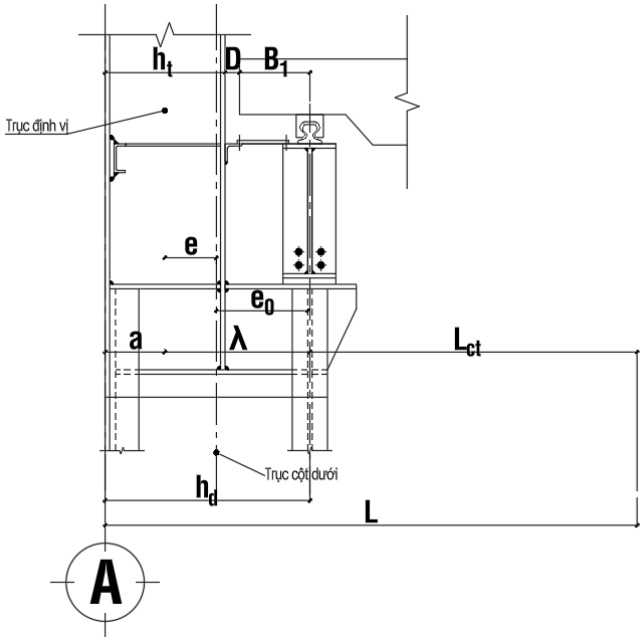


CỘT TRÊN TL: 1/10

=> Chọn thép hình I (300x250x6x8)

Kiểm tra lại khe hở giữa cầu trục và cột khung:

$D = L_1 - (h+a) = 1000 - (\ 300+250) = 450 > Z_{min} = 300$ mm



* Sơ bộ tiết vai cột

Chiều dài vai cột từ mép cột đến cạnh ngoài cùng bên vai cột:

$$L_v = L_1 - h_c + 150 = 1000 - 500 + 150 = 800 \text{ (mm)}$$

Khoảng cách từ trục ray đến mép ngoài cùng vai cột, giả thuyết bằng 150 mm.

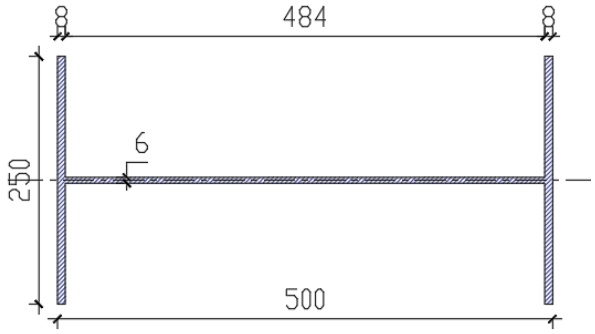
Chọn chiều cao vai cột tại điểm đặt D_{max} : h_2 =500 (mm)

Chọn chiều cao vai cột tại điểm giao cột dưới: h_1 = 500 (mm)

Chọn bề rộng tiết diện cánh vai cột b_f = 250 mm

Chiều dày bản bụng tiết diện vai cột t_w = 6mm

Chiều dày bản cánh tiết diện vai cột t_f = 8mm



DẦM VAI TL: 1/10

=> Kích thước I(500x250x6x8)

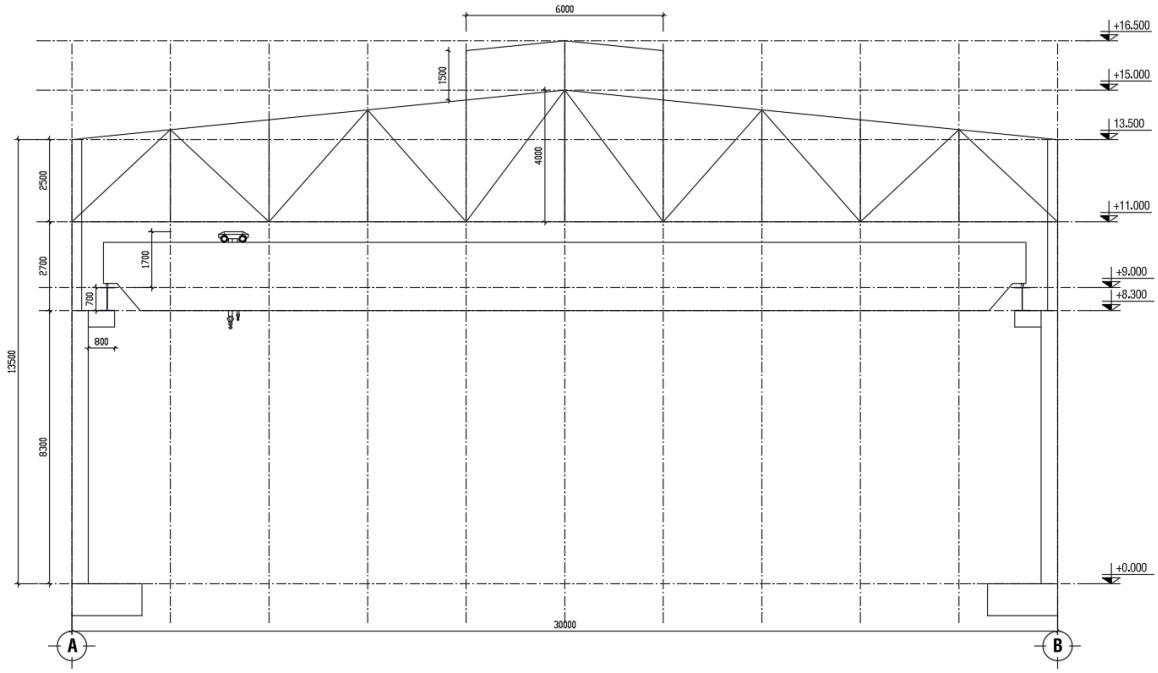
* Sơ bộ tiết cửa trời

Chiều dài cửa trời bằng khoản cách giữa 2 thanh giàn dọc để thanh giàn cánh trên chỉ chịu kéo nén

L_{ct} = 2 L = 3000 x 2 = 6000 mm

Chiều cao cửa trời lấy bằng:

h_{ct} = 1500 mm



2.3 BỐ TRÍ HỆ GIẰNG

Hệ giằng là một bộ phận trọng yếu của kết cấu nhà, có các tác dụng:

- Bảo đảm sự bất biến hình và độ cứng không gian của kết cấu chịu lực của nhà.
- Chịu các tải trọng tác dụng theo phương dọc nhà, vuông góc với mặt phẳng khung như gió thổi lên tường đầu hồi, lực hãm của cầu trục.
- Bảo đảm ổn định (hay giảm chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng) cho các cấu kiện chịu nén của kết cấu: thanh dàn, cột,...
- Tạo điều kiện thuận lợi, an toàn cho việc dựng lắp, thi công. Hệ giằng bao gồm hai nhóm: hệ giằng mái và hệ giằng cột.

2.3.1 Bố trí hệ giằng mái

Hệ giằng ở mái bao gồm các thanh giằng bố trí trong phạm vi từ cánh dưới dàn trở lên. Chúng được bố trí nằm trong các mặt phẳng cánh trên dàn, mặt phẳng cánh dưới dàn và mặt phẳng đứng các dàn.

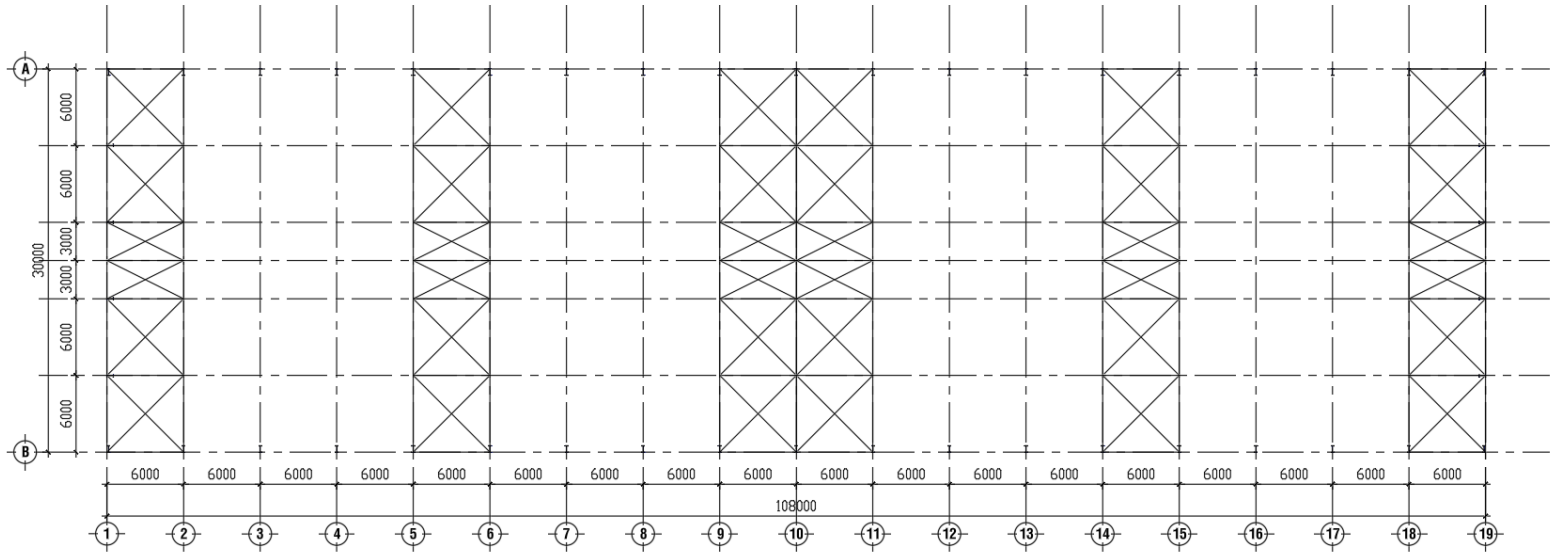
- Giằng trong mặt phẳng cánh trên gồm các thanh chéo chữ thập trong mặt phẳng cánh trên và các thanh chống dọc nhà. Tác dụng chính của chúng là bảo đảm ổn định cho cánh trên chịu nén của dàn, tạo những điểm cố kết không chuyển vị ra ngoài mặt phẳng dàn

- Thanh giằng chữ thập được bố trí ở 2 đầu nhà và khoảng giữa nhà. Khoảng cách giữa chúng không quá 50 – 60 m

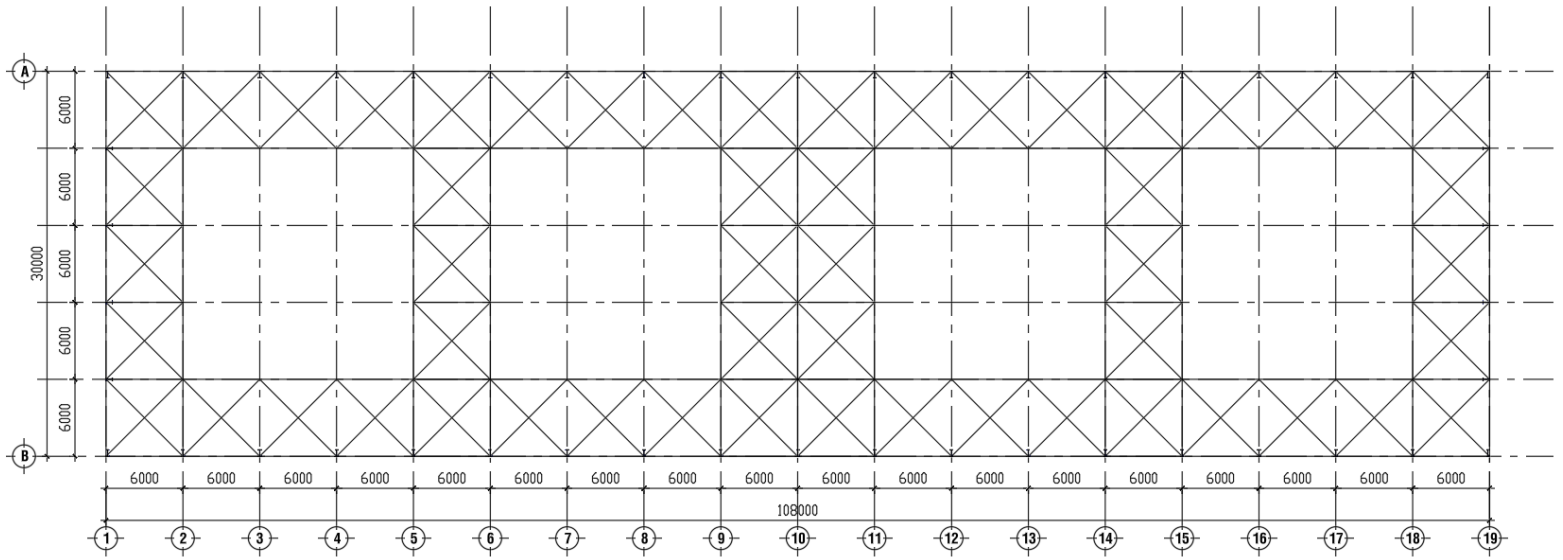
- Thanh chống dọc nhà dùng để cố định những nút quan trọng của nhà. Thường khoảng 6m bố trí 1 thanh

- Giằng trong mặt phẳng cánh dưới được đặt tại các vị trí có giằng cánh trên. Nó cùng với giằng cánh trên tạo nên các khối cứng không gian bất biến hình. Hệ giằng cánh dưới tại đầu hồi nhà dùng làm gối tựa cho cột hồi, chịu tải trọng gió lên tường hồi, nên gọi là dàn gió.

- Trong nhà công nghiệp có Q ≥ 10T hoặc có chế độ làm việc nặng, để tăng độ cứng cho nhà, cần có thêm hệ giằng cánh dưới theo phương dọc nhà. Hệ giằng đảm bảo sự làm việc cùng nhau của các khung, truyền tải trọng cục bộ tác dụng lên một khung sang các khung lân cận. Hệ giằng dọc được bố trí dọc 2 hàng cột biên và tại một số hàng cột giữa, cách nhau 60 – 90m theo phương bề rộng nhà.

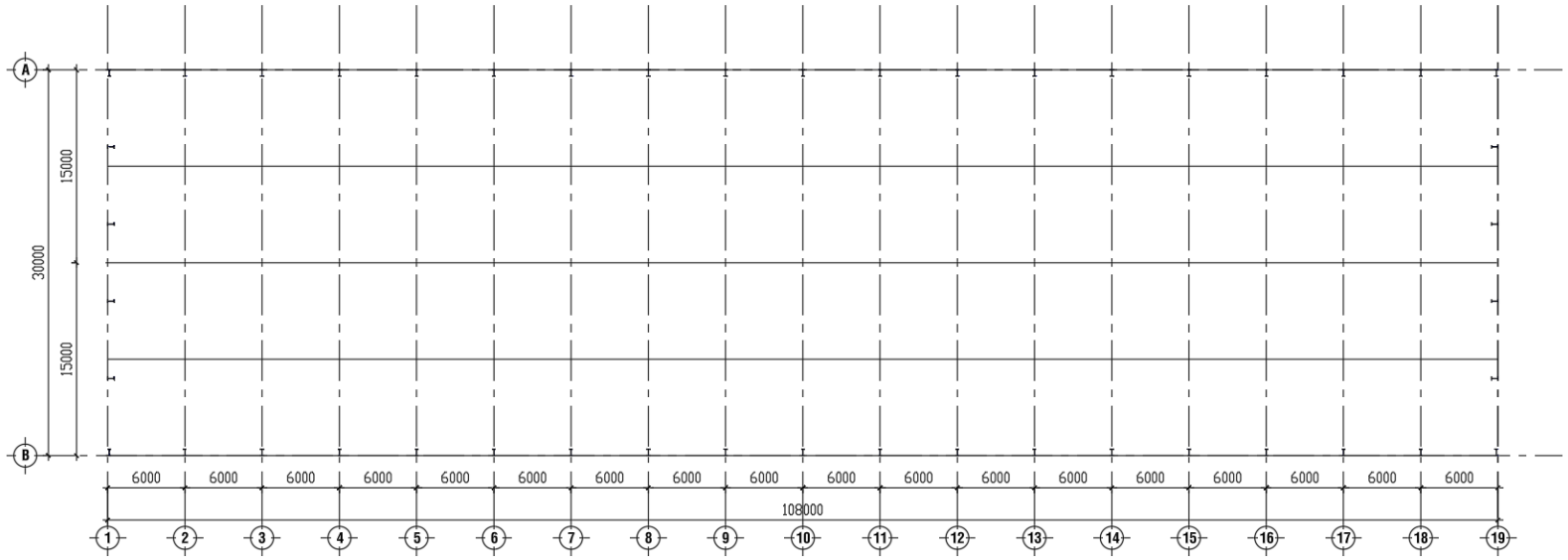


SƠ ĐỒ BỐ TRÍ GIẰNG MÁI CÁNH TRÊN TL: 1/100

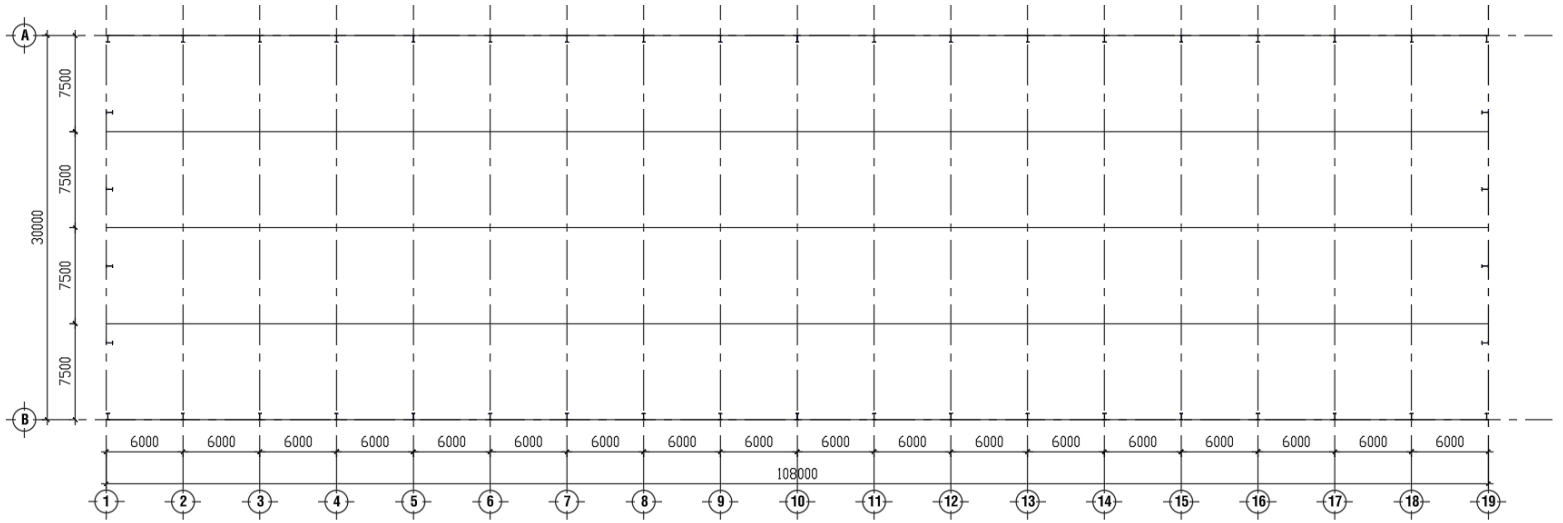


SƠ ĐỒ BỐ TRÍ GIẰNG MÁI CÁNH DƯỚI TL: 1/100

2.3.2 Bố trí hệ giằng dọc

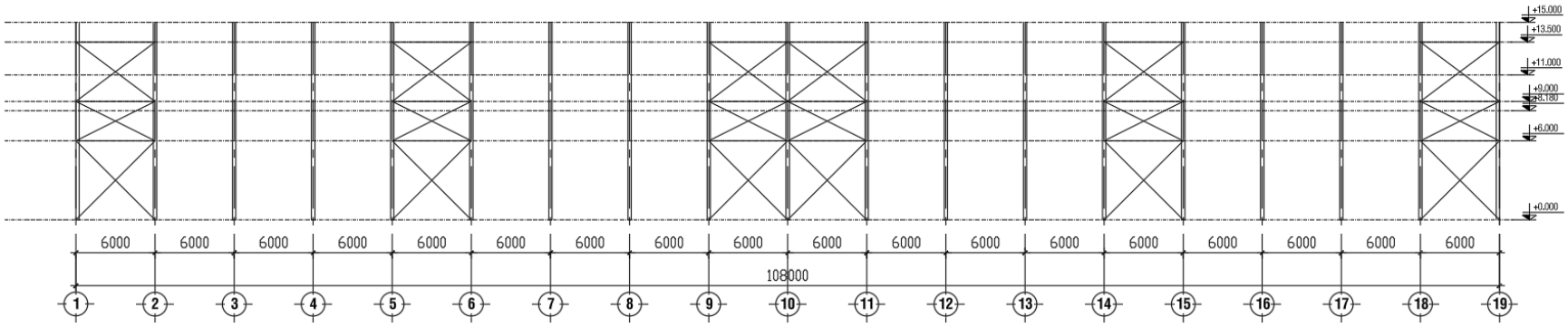


SƠ ĐỒ BỐ TRÍ GIẰNG DỌC CÁNH DƯỚI TL: 1/100



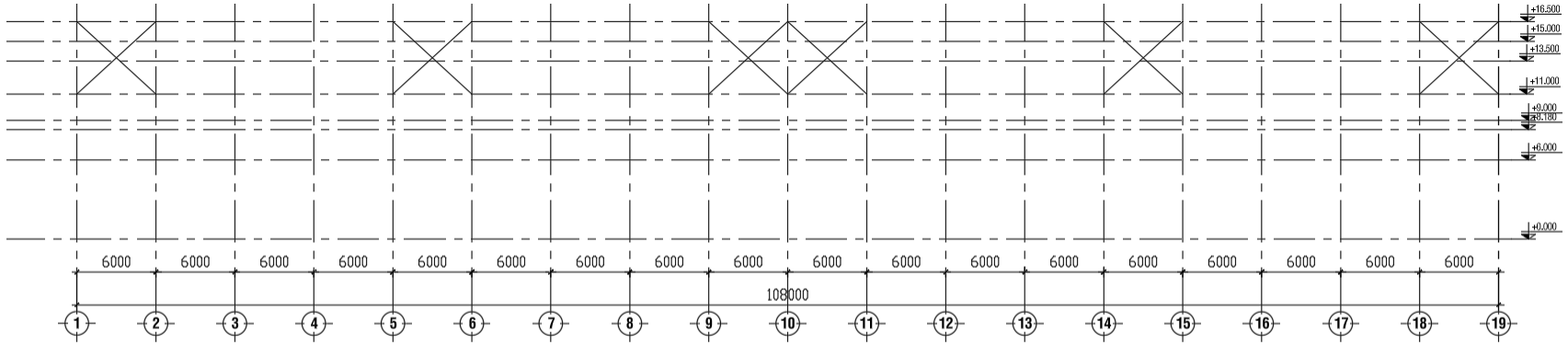
SƠ ĐỒ BỐ TRÍ GIẰNG DỌC CÁNH TRÊN TL: 1/100

2.3.3 Bố trí hệ giằng cột



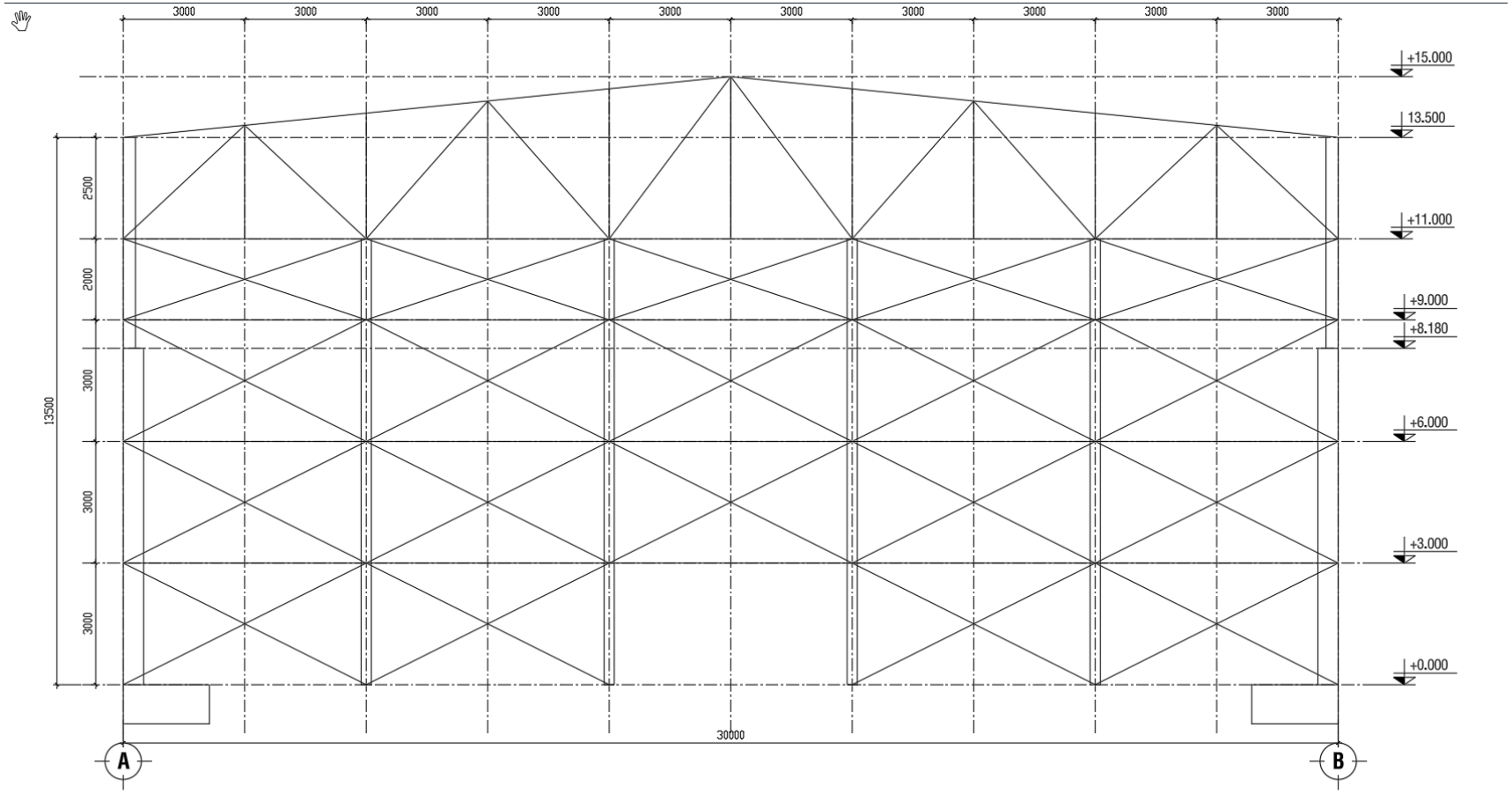
SƠ ĐỒ BỐ TRÍ GIẰNG CỘT TRỤC A TL: 1/100

2.3.4 Bố trí hệ giằng chéo



SƠ ĐỒ BỐ TRÍ GIẰNG CHÉO TL: 1/100

2.3.5 Bố trí hệ giằng khung đầu hồi



SƠ ĐỒ BỐ TRÍ GIẰNG KHUNG ĐẦU HỒI TL: 1/100

CHƯƠNG III : TẢI TRỌNG TÁC DỤNG VÀO CÔNG TRÌNH

3.1 TẢI TRỌNG THƯỜNG XUYÊN

Tải trọng thường xuyên tác dụng lên khung ngang bao gồm trọng lượng của các lớp mái, trọng lượng bản thân xà gồ, trong lượng bản thân khung ngang, hệ giằng.

3.1.1 Tải trọng thường xuyên của kết bản thân cấu thép

Trọng lượng bản thân kết cấu sẽ được phần mềm ETABS/SAP2000 tính toán khi giải nội lực thông qua các tổ hợp tải trọng. Với tải trọng tính toán, trọng lượng bản thân kết cấu sẽ nhân với hệ số tin cậy $\gamma_n = 1,05$ đối với cấu kiện thép (Theo bảng 1, trang 5, TCVN 2737-2023)

3.1.2 Tải trọng thường xuyên của kết bao che

Trọng lượng riêng của mái tôn thép 0,35 mm và xà gồ mái lấy bằng :

$$G_{tole} = 0,15(kN/m^2)$$

Trọng lượng của tấm tole và xà gồ mái truyền vào khung điển hình dưới dạng lực tập trung tại điểm xà gồ:

Tại điểm xà gồ giữa mái:

$$G_{mái}^{tc} = \frac{G_{tole} \text{ x } B \text{ x } B_{xg}}{\cos(\alpha)} = \frac{0,15 \text{ x } 6 \text{ x } 3}{\cos(5,71)} = 2,71(\text{ kN})$$

$$G_{mái}^{tt} = G_{mái}^{tc} \text{ x } \gamma_f = 2,71 \text{ x } 1,05 = 2,84 \text{ (kN)}$$

Trọng lượng của tấm tole và xà gồ tường truyền vào thanh xà gồ dưới dạng phân bố đều dọc trục

$$G_{tường}^{tc} = G_{tole} \text{ x } B = 0,15 \text{ x } 6 = 0,9 \text{ (kN/m)}$$

$$G_{tường}^{tt} = G_{tường}^{tc} \text{ x } \gamma_f = 0,9 \text{ x } 1,05 = 0,945 \text{ (kN/m)}$$

3.2 TẢI TRỌNG TẠM THỜI

3.2.2 Tải trọng tạm thời ngắn hạn trên mái

Theo bảng 4 mục 8.3.1 TCVN 2737:2023 Khu vực H: Mai không sử dụng, chỉ có người đi lại và sửa chữa có $q_{k,t} = 0,3$ (kN/m^2) và theo mục 8.3.5 TCVN 2737:2023 hệ số tin cậy của tải trọng $\gamma_f = 1,3$

Quy tải trọng thành phân bố đều trên diện tích thành tải trọng phân bố đều trên mét dài theo chiều chiều ngang của khung

Tải phân bố đều của các khung điển hình:

$$Q_{k,t} = q_{k,t} \text{ x } B \text{ x } \gamma_f = 0,3 \text{ x } 6 \text{ x } 1,3 = 2,34(kN/m)$$

3.2.3 Tải trọng tạm thời ngắn hạn cầu trục

*Tải trọng đứng

Áp lực bánh xe truyền qua dầm cầu trục thành lực tập trung vào vai cột. Áp lực lớn nhất của xe con tác dụng lên ray xảy ra khi xe con gần vai cột nhất, khi đó phía bên kia ray áp lực nhỏ nhất

$P_{max} = 219$ (kN/m)

$P_{max} = 62,8$ (kN/m)

Áp lực lực tính toán tác dụng lên vai cột:

$$D_{max} = \gamma_f \times \psi_t \times P_{max} \times \sum y_i$$

$$D_{min} = \gamma_f \times \psi_t \times P_{min} \times \sum y_i$$

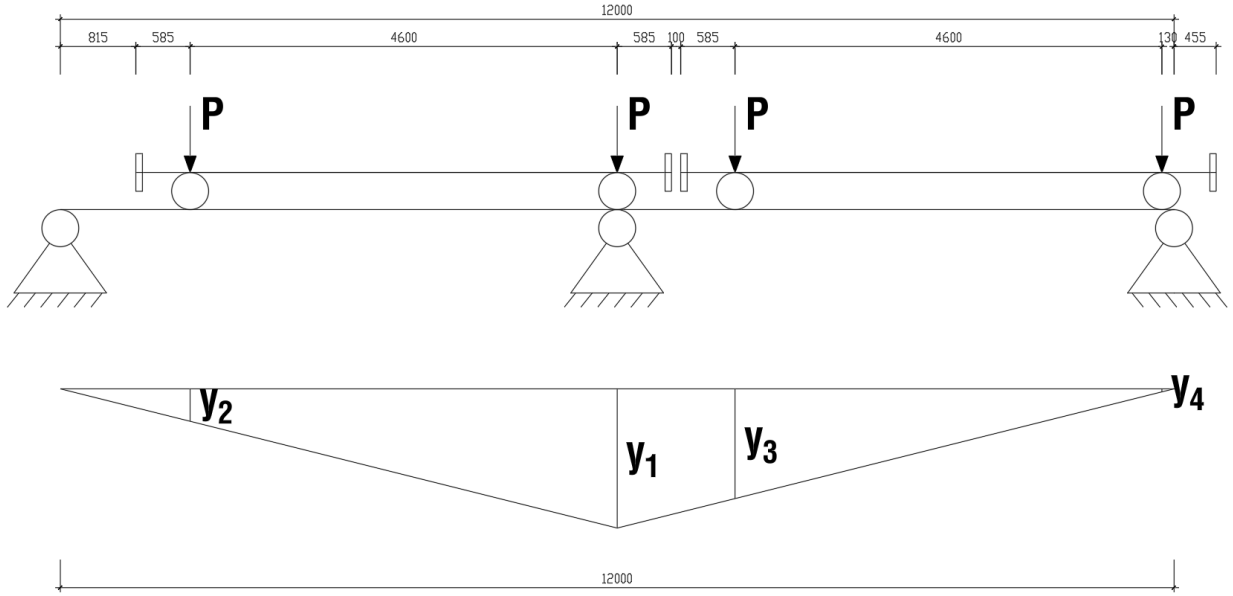
Trong đó:

+$\gamma_f = 1,2$: Hệ số độ tin cậy về tải trọng đối với tải trọng do cần trục, kể cả khi kiểm tra ổn định cục bộ bụng dầm, đối với tất cả các chế độ làm việc của cần trục. (Mục 9.8 Trang 26 TCVN 2737:2023);

+$\sum y_i$: tổng tung độ các đừng ảnh hưởng tại vị trí các bánh xe, lấy với tung độ ở gối giữa bằng 1;

+P_{max}, P_{min} : Áp lực bánh lớn nhất và nhỏ nhất của bánh xe tác dụng vào dầm cầu trục.

+$\psi_t = 0,85$ Khi xét đến hai cần trục (cầu trục hoặc cần trục treo) thì tải trọng do chúng phải được nhân với hệ số tổ hợp



Tung độ y_2 : $\frac{y_2}{y_1} = \frac{1400}{6000} \Rightarrow y_2 = 0,23$

Tung độ y_3 : $\frac{y_3}{y_1} = \frac{4730}{6000} \Rightarrow y_3 = 0,788$

Tung độ y_4 : $\frac{y_3}{y_1} = \frac{130}{6000} \Rightarrow y_4 = 0,021$

$\Rightarrow \sum y_i = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = 1 + 0,236 + 0,788 + 0,021 = 2,045$

Loại tải	γ_f	**P**	$\sum y_i$	**Giá trị tiêu chuẩn (kN)**	**Giá trị tính toán (kN)**
D_{max}	1,2	219	2,045	380,67	456,80
D_{min}	1,2	62,8	2,045	109,16	130,99

*Tải trọng ngang

Khi xe con hãm sẽ phát sinh lực quán tính xô ngang vào dầm cầu trục. Các lực này là lực tập chung tác dụng theo phương ngang vào vai cột.

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

$$T_{h,1}^{tc} = \frac{0,05(Q+G_{xe})}{n_0} = \frac{0,05(32+2,7)}{2} = 0,867 \text{ (T)} = 8,67 \text{ (kN)}$$

Trong đó:

+Q: Sức nâng của cầu trục;

+G_{xe}: Trọng lực của xe con;

n_0 : số bánh xe

Lực hãm ngang tính toán của một bánh xe lên cần trục ray:

$$T_h^{tt} = \gamma_f \text{ x } \psi_t \text{ x } T_{h,1}^{tc} \text{ x } \sum y_i = 1,2 \text{ x } 8,67 \text{ x } 2, \text{ x } 0,85 = 18,08 \text{ (kN)}$$

Trong đó:

+$\gamma_f = 1,2$: Hệ số độ tin cậy về tải trọng đối với tải trọng do cần trục, kể cả khi kiểm tra ổn định cục bộ bụng dầm, đối với tất cả các chế độ làm việc của cần trục. (Mục 9.8 Trang 26 TCVN 2737:2023);

+$\sum y_i$: tổng tung độ các đừng ảnh hưởng tại vị trí các bánh xe, lấy với tung độ ở gối giữa bằng 1

+$T_{h,1}^{tc}$: Lực hãm ngang tiêu chuẩn của một bánh xe lên cần trục ray.

+$\psi_t = 0,85$ Khi xét đến hai cần trục (cầu trục hoặc cần trục treo) thì tải trọng do chúng phải được nhân với hệ số tổ hợp

3.3 TẢI TRỌNG GIÓ

Theo mục 10.2.2 TCVN 2737:2023 giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gió W_k tại độ cao tương đương z_e được xác định theo công thức:

$$W_k = W_{3s,10} \times k(z_e) \times c \times G_f$$

Trong đó:

+ $W_{3s,10}$: là áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp 10 năm ;

+ $k(z_e)$: là hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình tại độ cao tương đương z_e ;

+ c : là hệ số khí động ;

+ G_f : là hệ số hiệu ứng giật.

3.3.1 Xác định hệ số $W_{3s,10}$

Theo mục 10.2.2 TCVN 2737:2023 áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp 10 năm được xác định theo:

$$W_{3s,10} = \gamma_T \times W_0 = 0,852 \times 95 = 80,94 \text{ (daN/m}^2\text{)} = 0,81 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Trong đó:

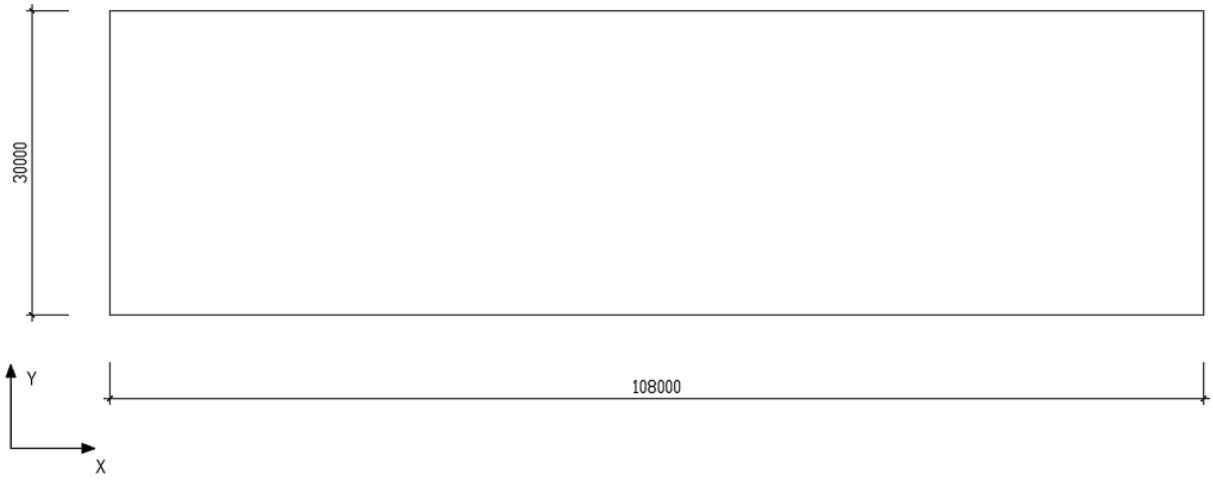
+ γ_T : hệ số chuyển đổi áp lực gió từ chu kỳ lặp từ 20 năm xuống 10 năm, lấy bằng 0,852;

+W_0 : là áp lực gió cơ sở vùng IV (Bảng 7 TCVN 2737:2023)

3.3.2 Xác định hệ số $k(z_e)$

Theo mục 10.2.4 TCVN 2737:2023 độ cao tương đương z_e xác định như sau:

Khi $h \leq b$: $z_e = h$



Phương	b(m)	h(m)	z_e(m)
X	108	15	15
Y	30	15	15

Trong đó:

+b : là chiều rộng của nhà (không kể khối đế), vuông góc với hướng gió;

+h : là chiều cao của nhà.

Theo mục 10.2.5 TCVN 2737:2023 giá trị $k(z_e)$ được xác định theo công thức :

$$k(z_e) = 2{,}01\left(\frac{z_e}{z_g}\right)^{2/\alpha} = 2{,}01\left(\frac{15}{274{,}32}\right)^{2/9{,}5} = 1{,}04$$

Trong đó:

+z_e :được xác định theo 10.2.4; z_e lấy không nhỏ hơn z_{min} theo Bảng 8;

+z_g :là độ cao gradient, được xác định phụ thuộc vào dạng địa hình, lấy theo Bảng 8;

+α : là hệ số dùng trong hàm lũy thừa đối với vận tốc gió 3s (lấy trung bình trong khoảng thời gian 3 s), được xác định phụ thuộc vào dạng địa hình, lấy theo Bảng 8.

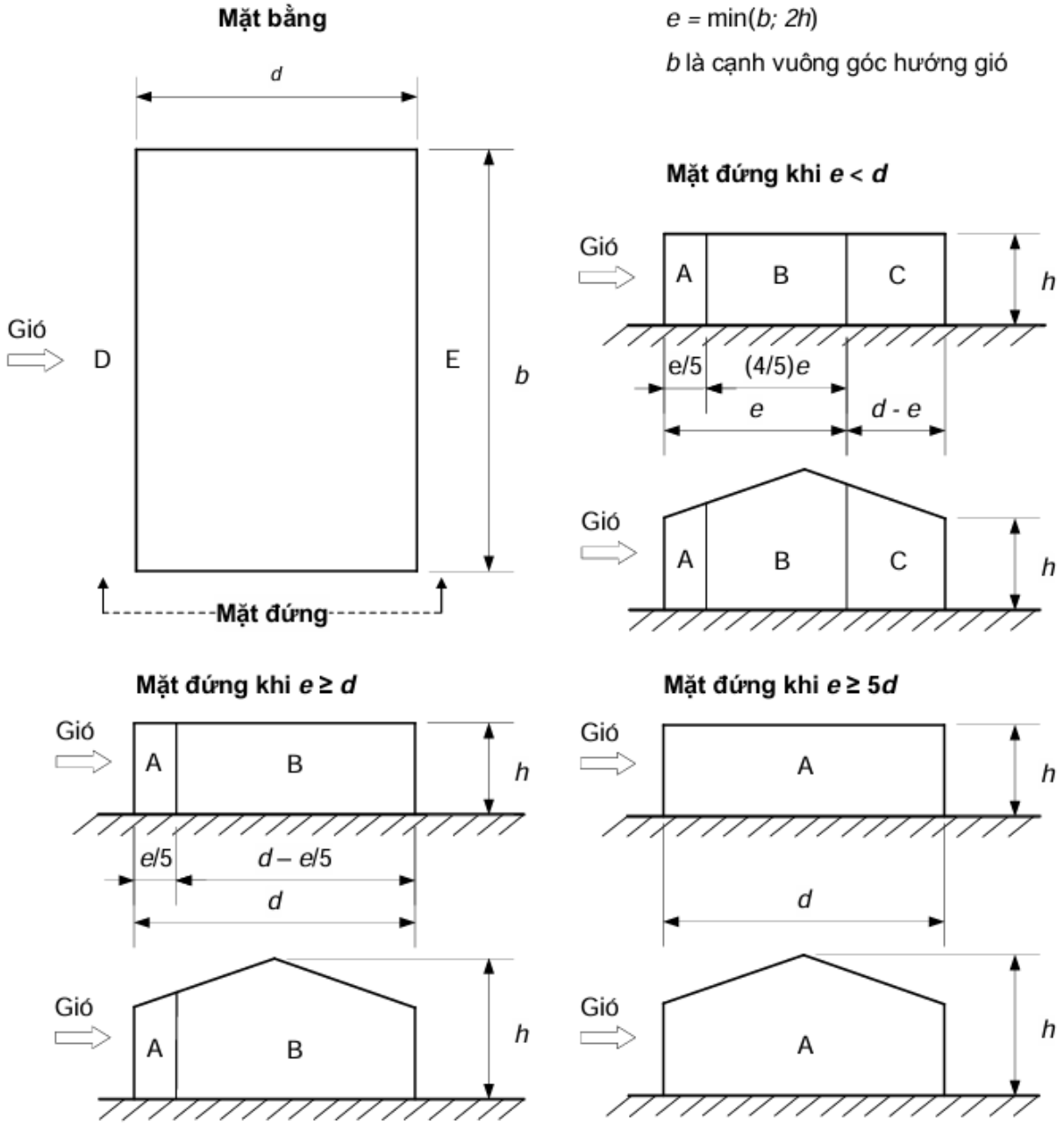
Dạng địa hình	Mô tả dạng địa hình	Giá trị z_g	Giá trị z_{min}	Giá trị α
A	Trống trải, không có hoặc có rất ít vật cản cao không quá 1,5 m (bờ biển thoáng, mặt sông, hồ lớn, đồng muối, cánh đồng không có cây cao...)	213,36	2,13	11,5
B	Tương đối trống trải, có một số vật cản thưa thớt cao không quá 10 m (vùng ngoại ô ít nhà, thị trấn, làng mạc, rừng thưa hoặc rừng non, vùng trồng cây thưa…)	274,32	4,57	9,5
C	Bị che chắn mạnh, có nhiều vật cản sát nhau cao từ 10 m trở lên (trong thành phố, vùng rừng rậm...)	365,76	9,14	7,0

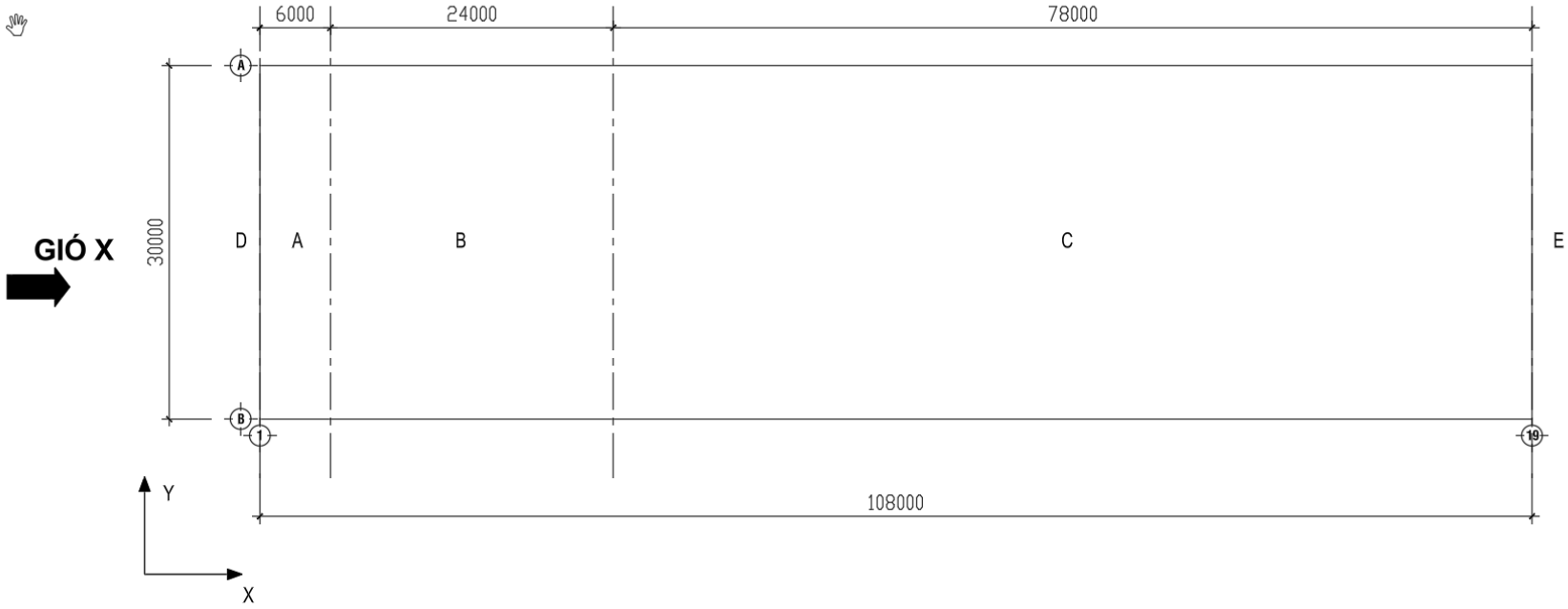
3.3.3 Xác định hệ số c

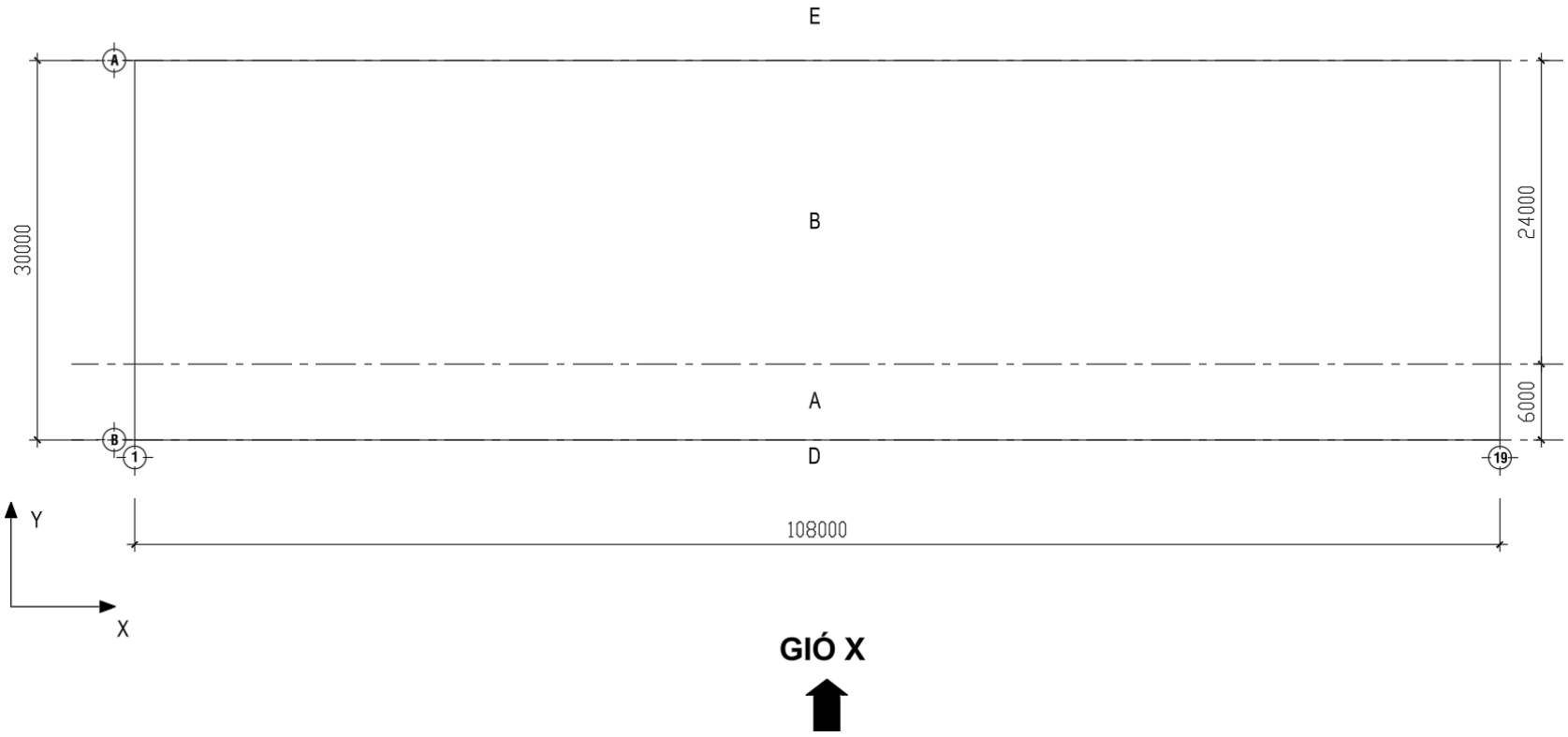
Xác định trường hợp tải gió tác động				
Gió	b(m)	2h(m)	d(m)	e=min(b;2h)
X	30	30	108	30
Y	108	30	30	30

Hệ số khí động c đối với trường hợp gió tác dụng vào tường						
Gió	**h/d**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**

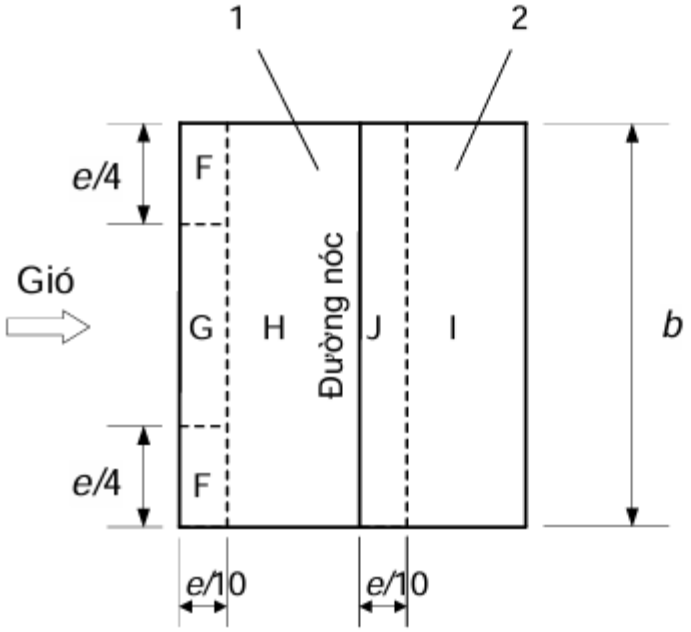
X	0,13	-1,2	-0,8	-0,5	+0,7	-0,3
Y	0,5	-1,2	-0,8	-0,5	+0,733	-0,367




6000
24000
78000
A
B
1
19
30000
GIÓ X
D
A
B
C
E
108000
Y
X

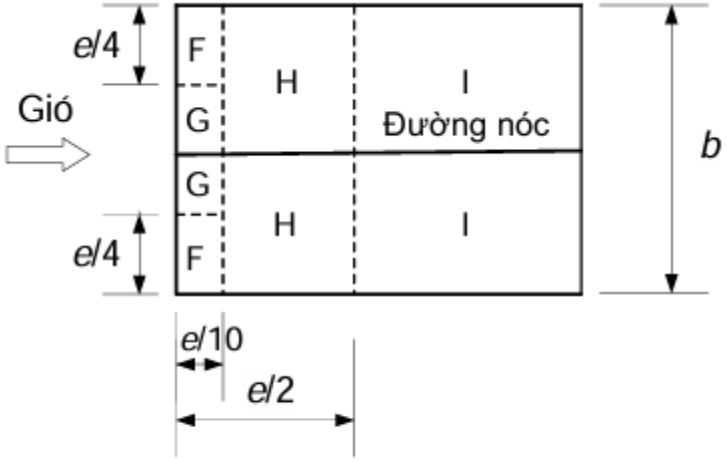

E
A
B
A
D
B
1
19
30000
24000
6000
108000
Y
X
GIÓ X

Hệ số khí động c đối với trường hợp gió tác dụng vào mái						
Gió	**α**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**
Y(-)	5,71	-1,64	-1,17	-0,58	-0,59	-0,63
Y(+)	5,71	+0,01	+0,01	+0,01	0	+0,11
X	5,71	-1,58	-1,30	-0,69	-0,59	-

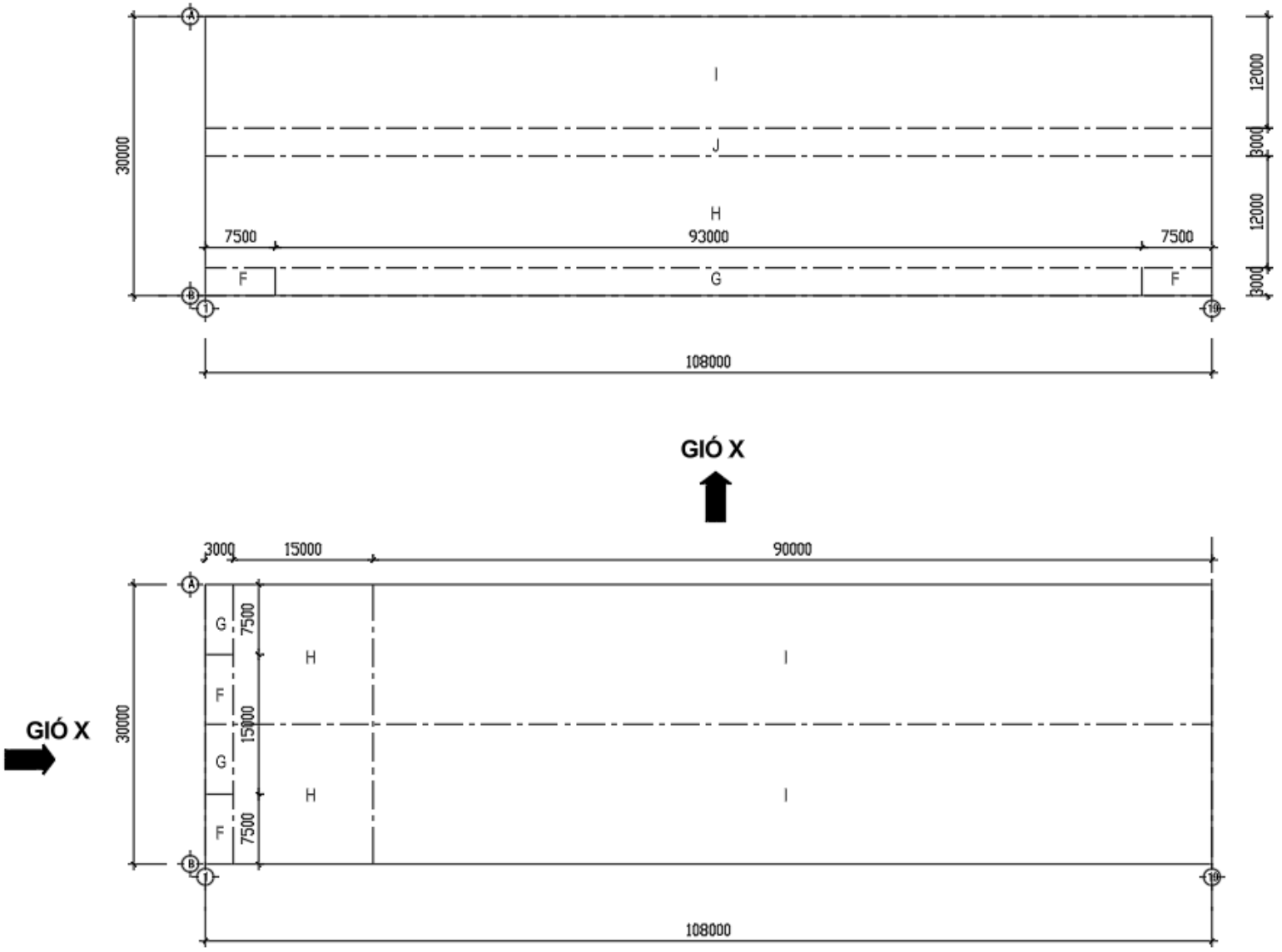


b) Góc hướng gió $\theta = 0°$

$e = \min(b; 2h)$

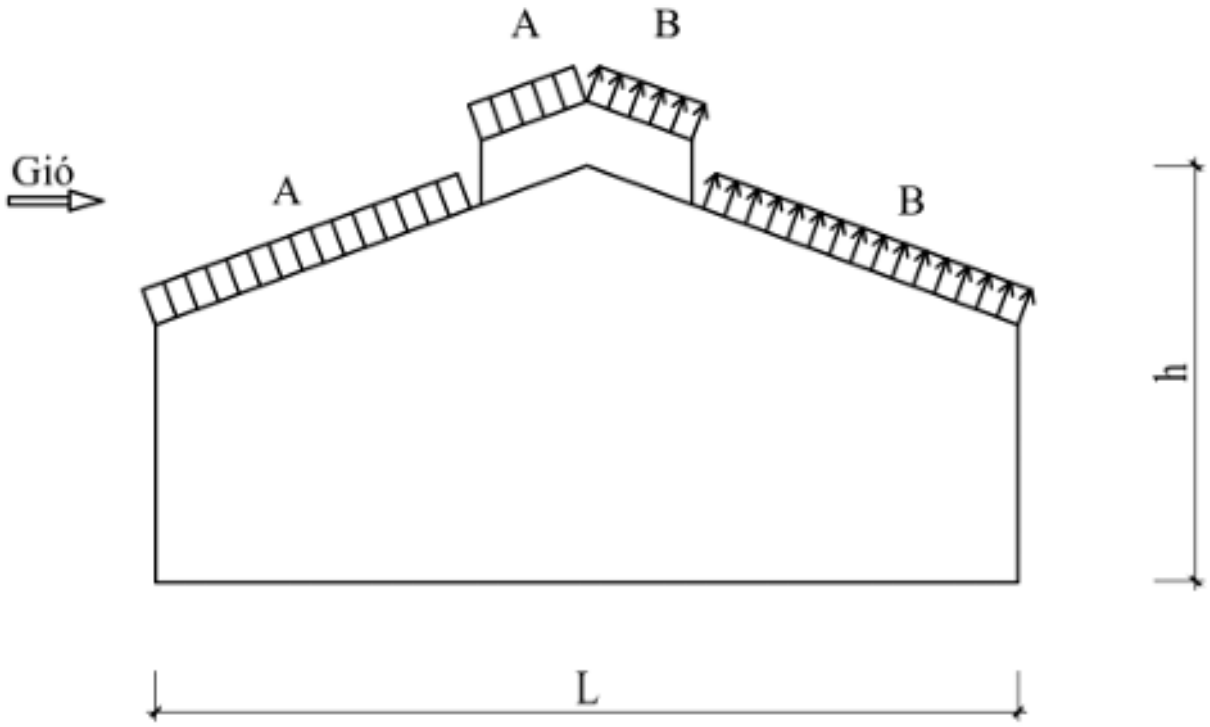


c) Góc hướng gió $\theta = 90°$


I
J
H
F
G
F
7500
93000
7500
30000
12000
8000
12000
8000
108000
GIÓ X
3000
15000
90000
G
F
G
F
H
H
I
I
7500
15000
7500
30000
GIÓ X
108000

Đối với vùng A và B của cửa trời dọc nhà, hệ số khí động ce được xác định theo bảng F.5a và bảng F.5b (theo mục F.8.13 TCVN 2737:2023)

Hệ số khí động c đối với trường hợp gió tác dụng vào cửa trời						
Gió	**α**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**
Y(-)	5,71	-1,64	-1,17	-0,58	-0,59	-0,63
Y(+)	5,71	+0,01	+0,01	+0,01	0	+0,11
X	5,71	-1,58	-1,30	-0,69	-0,59	-



3.3.4 Xác định hệ số Gf

Theo phụ lục E TCVN 2737:2023 hệ số gió giật Gf đối với nhà thép được xác định theo công thức:

$$G_f = 0,85 + \frac{h}{1010} = 0,85 + \frac{15}{1010} = 0,86$$

Trong đó:

+h : chiều cao công trình (m)

3.3.6 Xác định giá trị W_k^{tt}

Giá trị tiêu chuẩn của gió X tác dụng vào tường						
	$W_{3s,10}$	$K(z_e)$	c	G_f	W_k^{tc}	W_k^{tt}
A	0,81	1,04	-1,2	0,86	-0,87	-1,83
B			-0,8		-0,36	-0,76
C			-0,5		-0,58	-1,22
D			+0,7		+0,51	+1,22
E			-0,3		-0,21	-0,44

Giá trị tiêu chuẩn của gió Y tác dụng vào tường						
	$W_{3s,10}$	$K(z_e)$	c	G_f	W_k^{tc}	W_k^{tt}
A	0,81	1,04	-1,2	0,86	-0,87	-1,83
B			-0,8		-0,36	-0,76
C			-0,5		-0,58	-1,22
D			+0,73		+0,53	+1,11
E			-0,36		-0,26	-0,55

Giá trị tiêu chuẩn của gió X tác dụng vào mái						
	$W_{3s,10}$	$K(z_e)$	c	G_f	W_k^{tc}	W_k^{tt}
F	0,81	1,04	-1,64	0,86	-1,19	-2,50
G			-1,17		-0,84	-1,76
H			-0,58		-0,42	-0,88
I			-0,59		-0,42	-0,88
J			-0,63		-0,45	-0,95

Giá trị tiêu chuẩn của gió Y tác dụng vào mái âm						
	$W_{3s,10}$	$K(z_e)$	c	G_f	W_k^{tc}	W_k^{tt}
F	0,81	1,04	-1,50	0,86	-1,08	-2,27
G			-1,30		-0,94	-1,97
H			-0,66		-0,48	-1,01
I			-0,56		-0,41	-0,86
J			-		-	-

Giá trị tiêu chuẩn của gió Y tác dụng vào mái dương						
	$W_{3s,10}$	$K(z_e)$	c	G_f	W_k^{tc}	W_k^{tt}
F	0,81	1,04	+0,01	0,86	+0,07	+0,15
G			+0,01		+0,07	+0,15
H			+0,01		+0,07	+0,15
I			0		0	0
J			+0,11		+0,08	+0,17

(đơn vị KN/m^2)

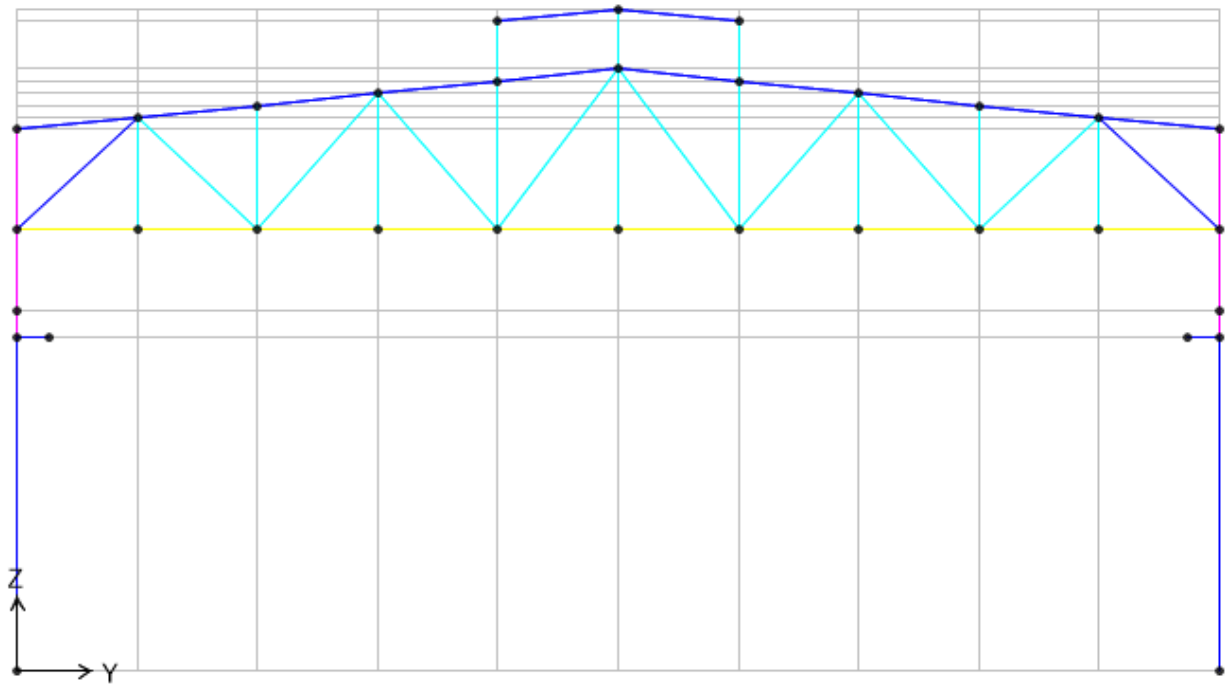
CHƯƠNG IV : CƠ SỞ LÝ THUYẾT TỔ HỢP TẢI TRỌNG

4.1. KHAI BÁO TẢI TRỌNG

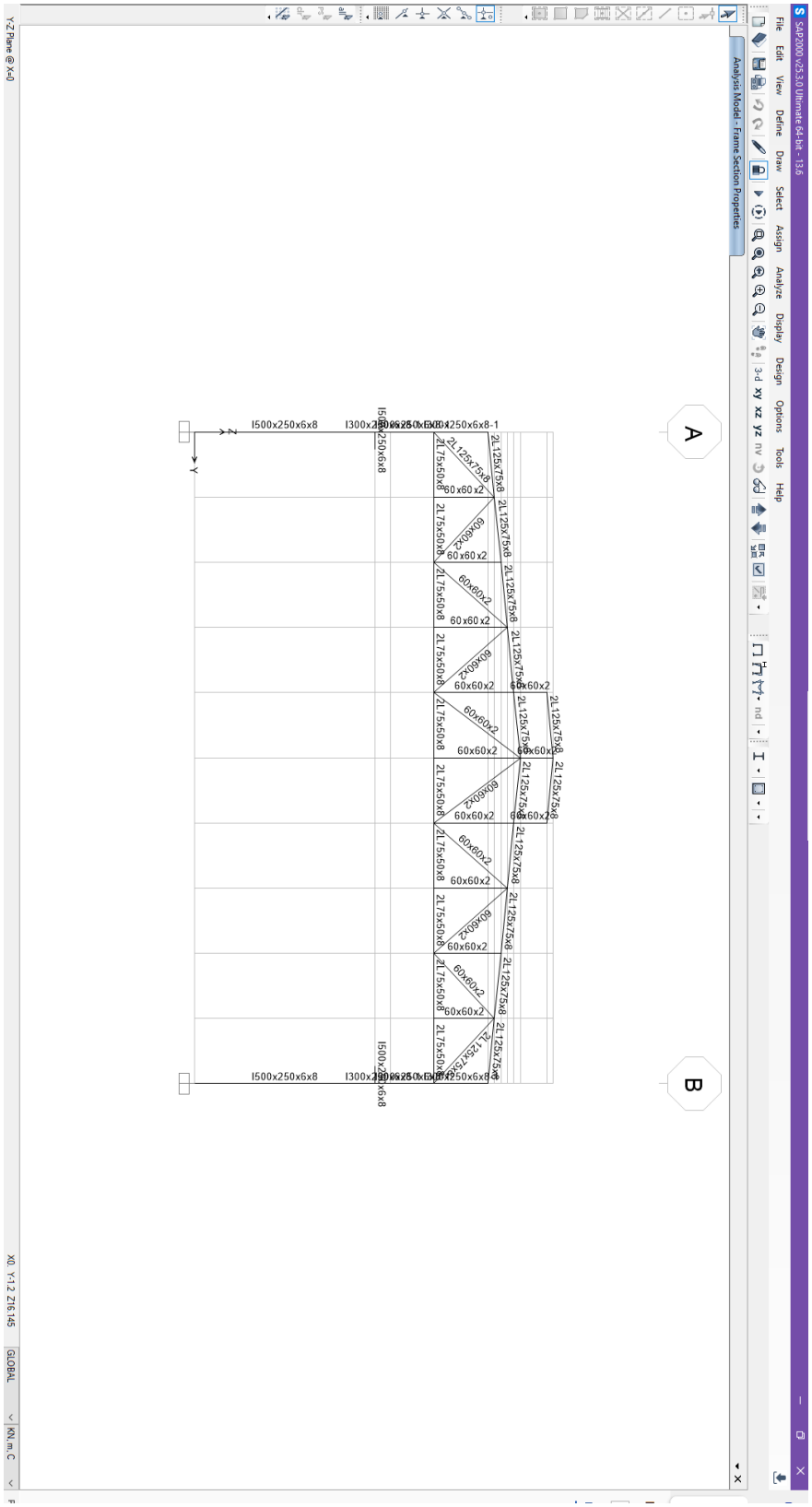
STT	Tên tải trọng	Loại	Diễn giải
1	TLBT	Dead	Trọng lượng bản thân của cấu kiện
2	HTM	Live	Hoạt tải mái
3	Gió Y+	Wind	Gió Y dương
4	Gió Y-	Wind	Gió Y âm
5	DmaxT	Live	Áp lực cầu trục max bên trái
6	DmaxP	Live	Áp lực cầu trục max bên phải
7	TTT	Live	Lực hãm bên trái cột trái
8	TTP	Live	Lực hãm bên trái cột phải
9	TPT	Live	Lực hãm bên trái cột phải
10	TPP	Live	Lực hãm bên phải cột phải

4.2. MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

4.2.1 Sơ đồ tính

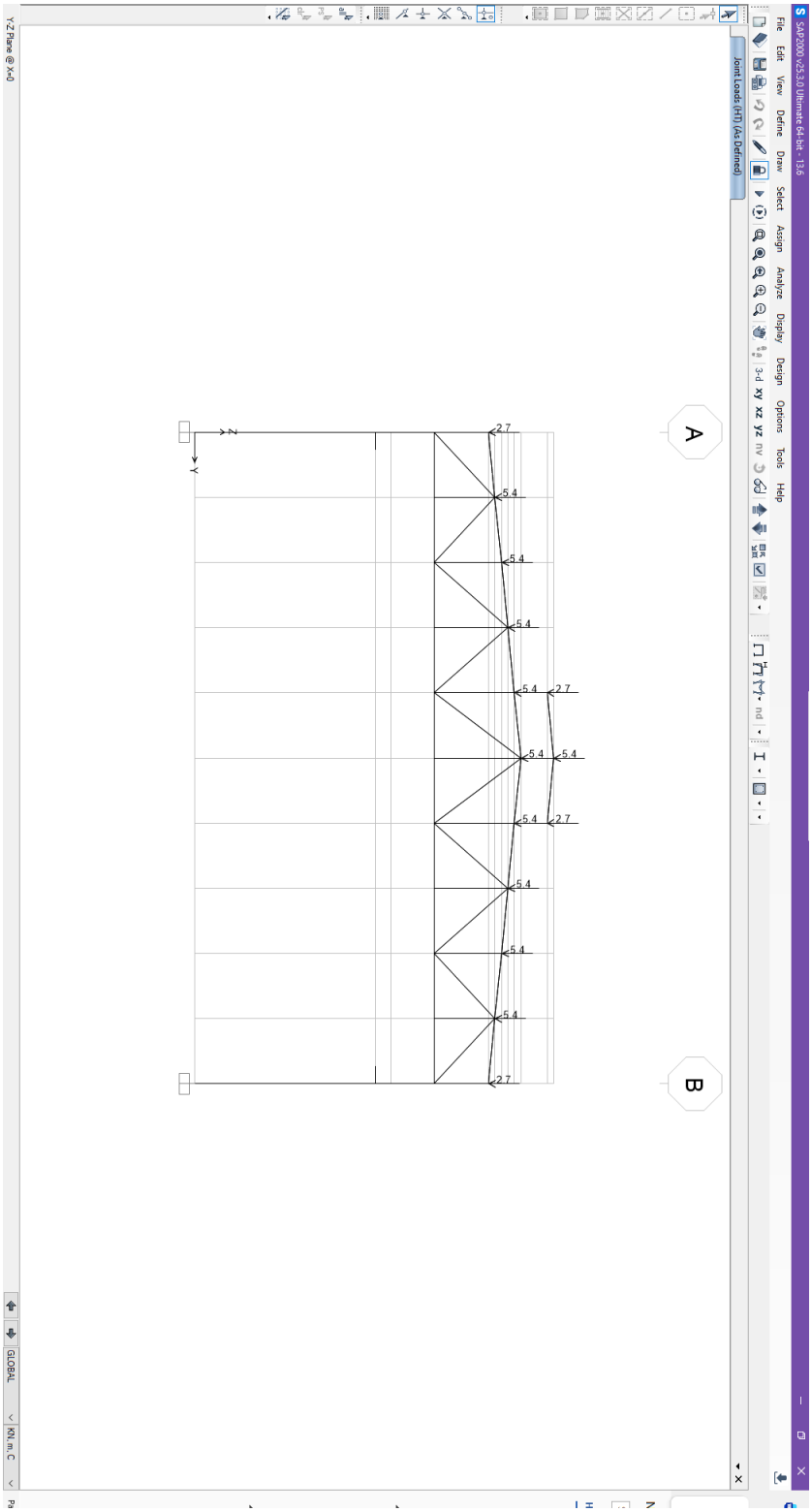


4.2.2 Thiết lập tiết diện mô hình

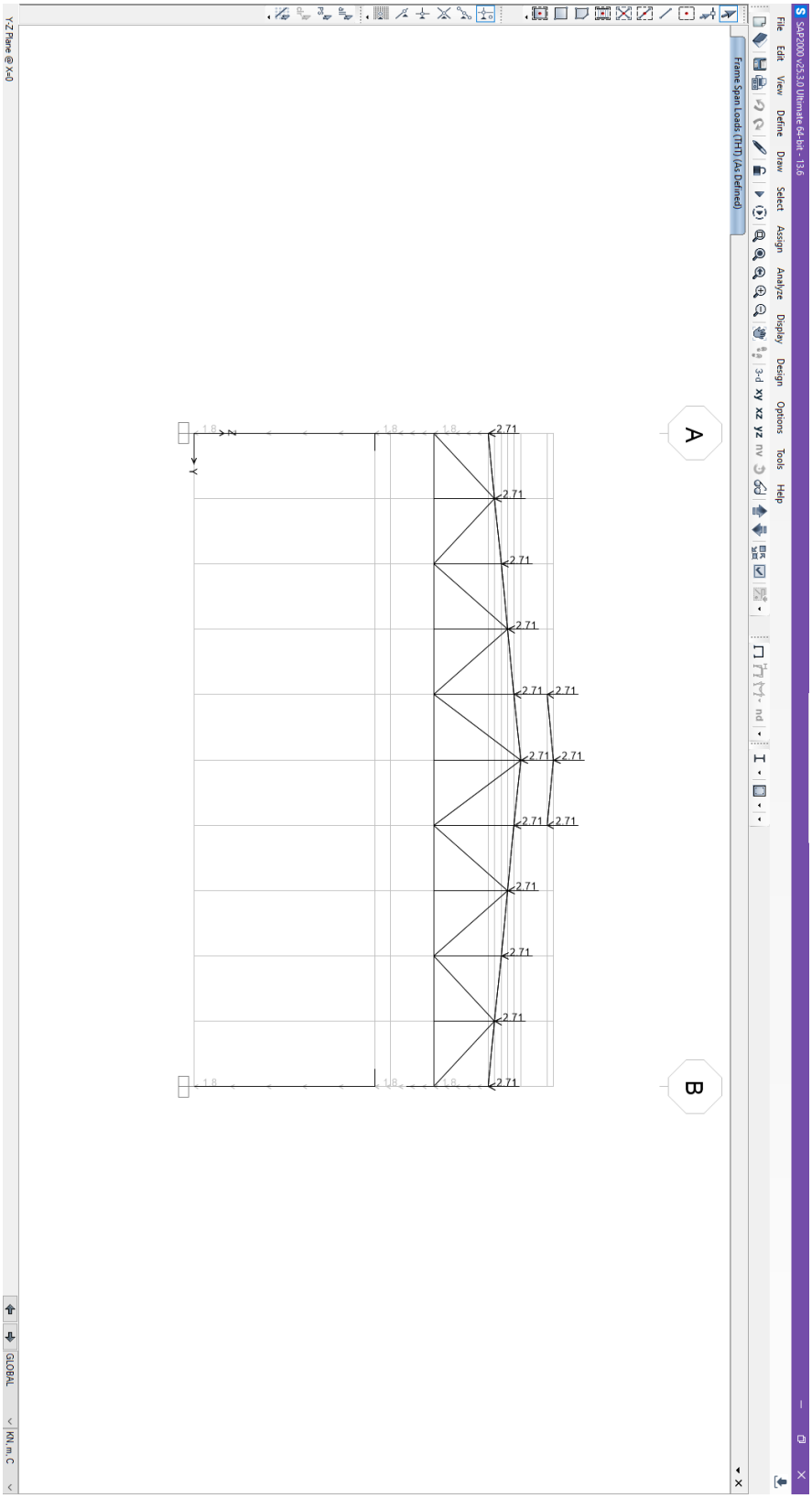


4.2.3 Gán tải vào mô hình

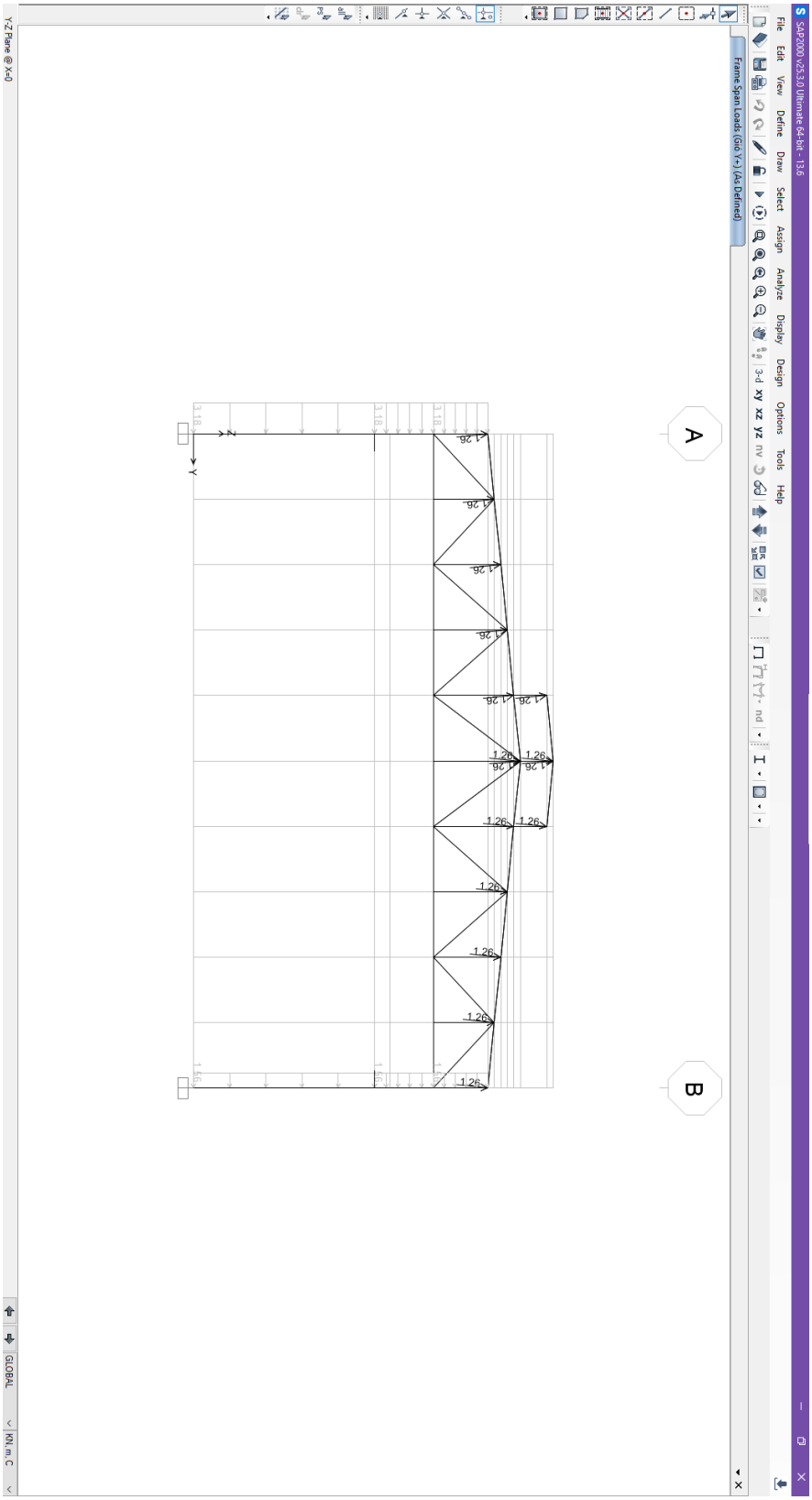
+Hoạt tải



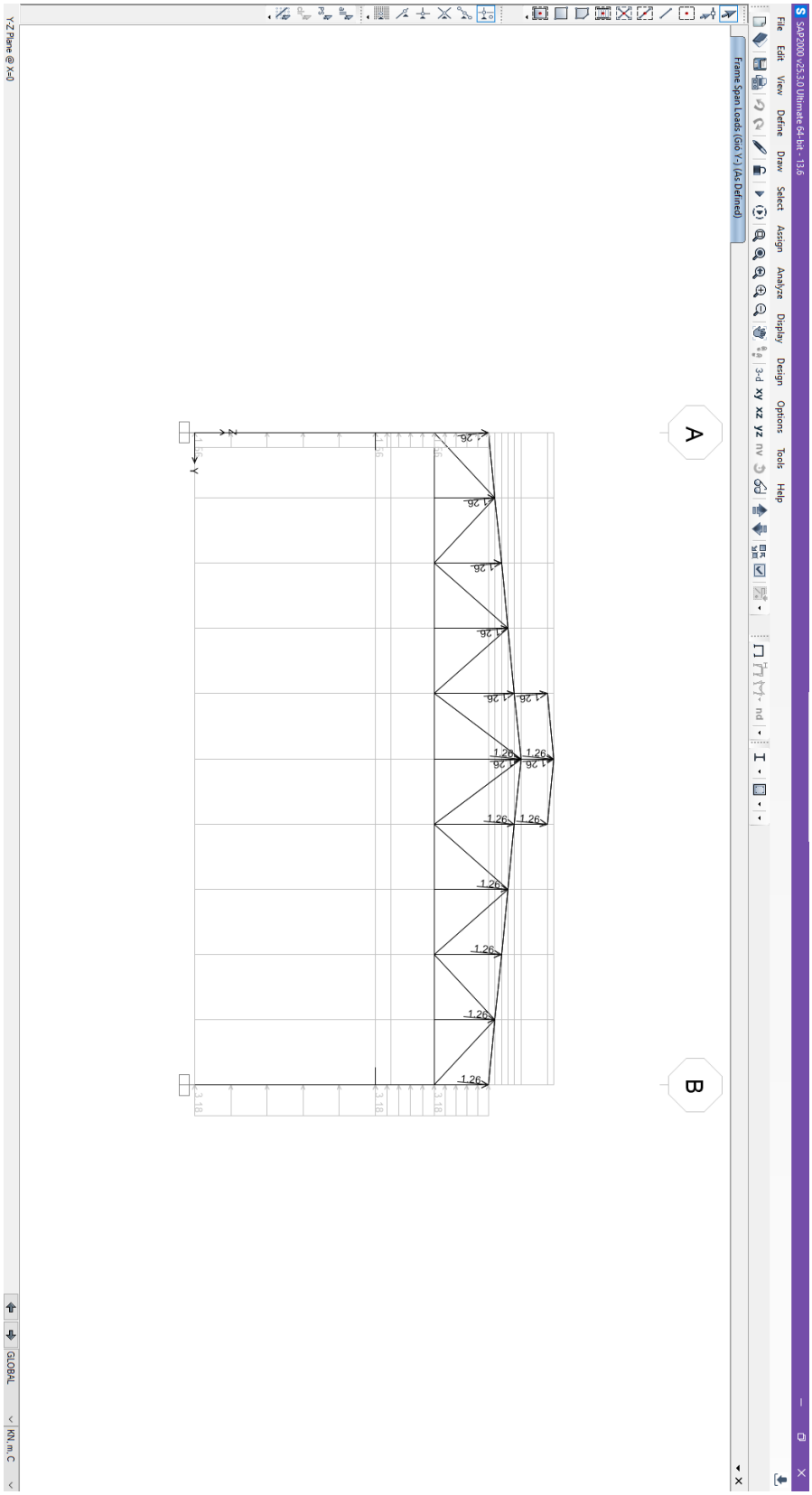
+Tải hoàn thiện:



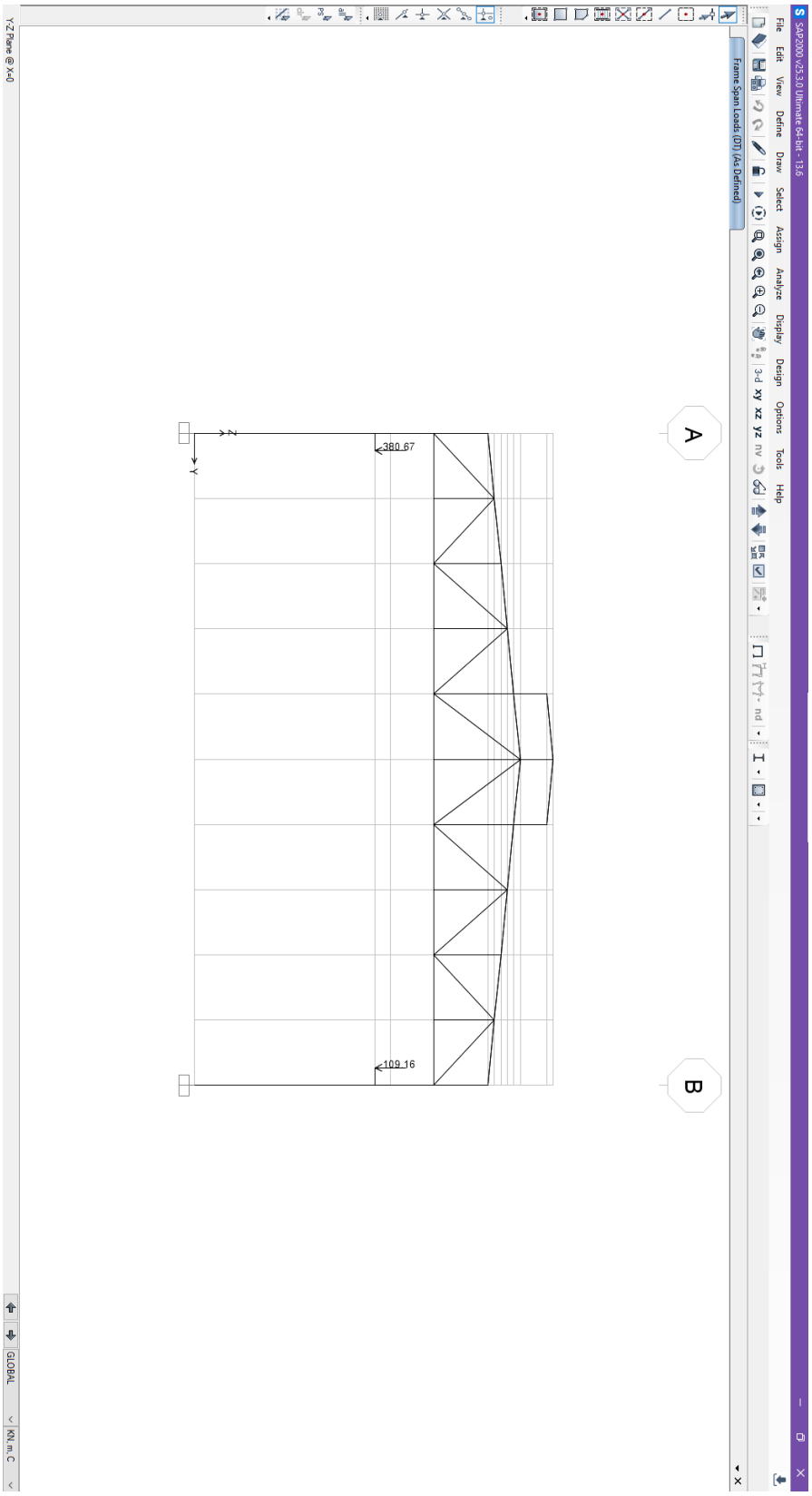
+Gió Y+:


SAP2000 v25.3.0 Ultimate 64-bit - 13.6
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help
Frame Span Loads (Gió Y+) (As Defined)
Y-Z Plane @ X=0
GLOBAL
KN, m, C
A
B
1.26

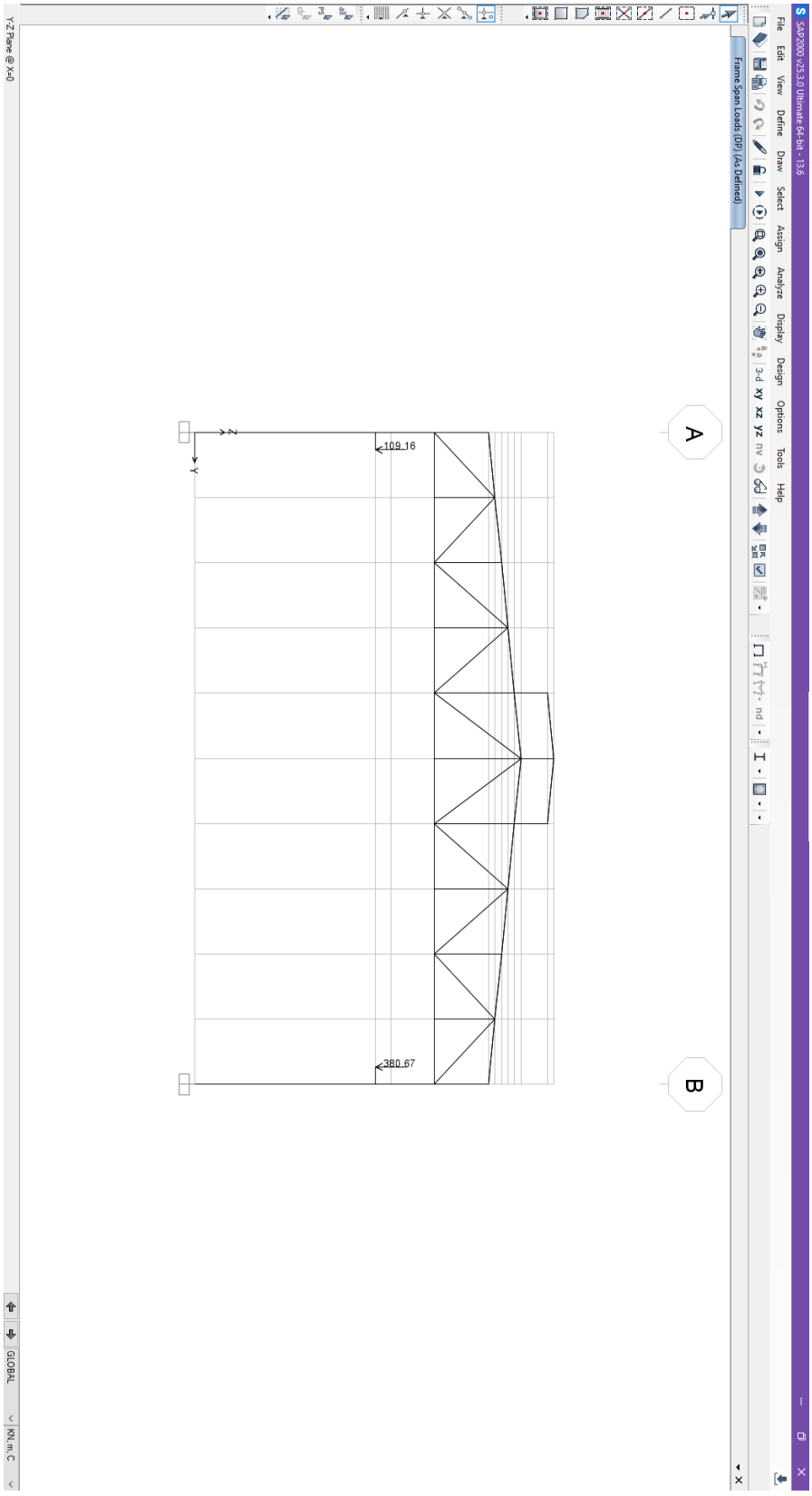
+ Gió Y- :


SAP2000 v25.3.0 Ultimate 64-bit - 13.6
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help
Frame Span Loads (Gió Y-) (As Defined)
Y-Z Plane @ X=0
GLOBAL
KN, m, C
A
B
1.26

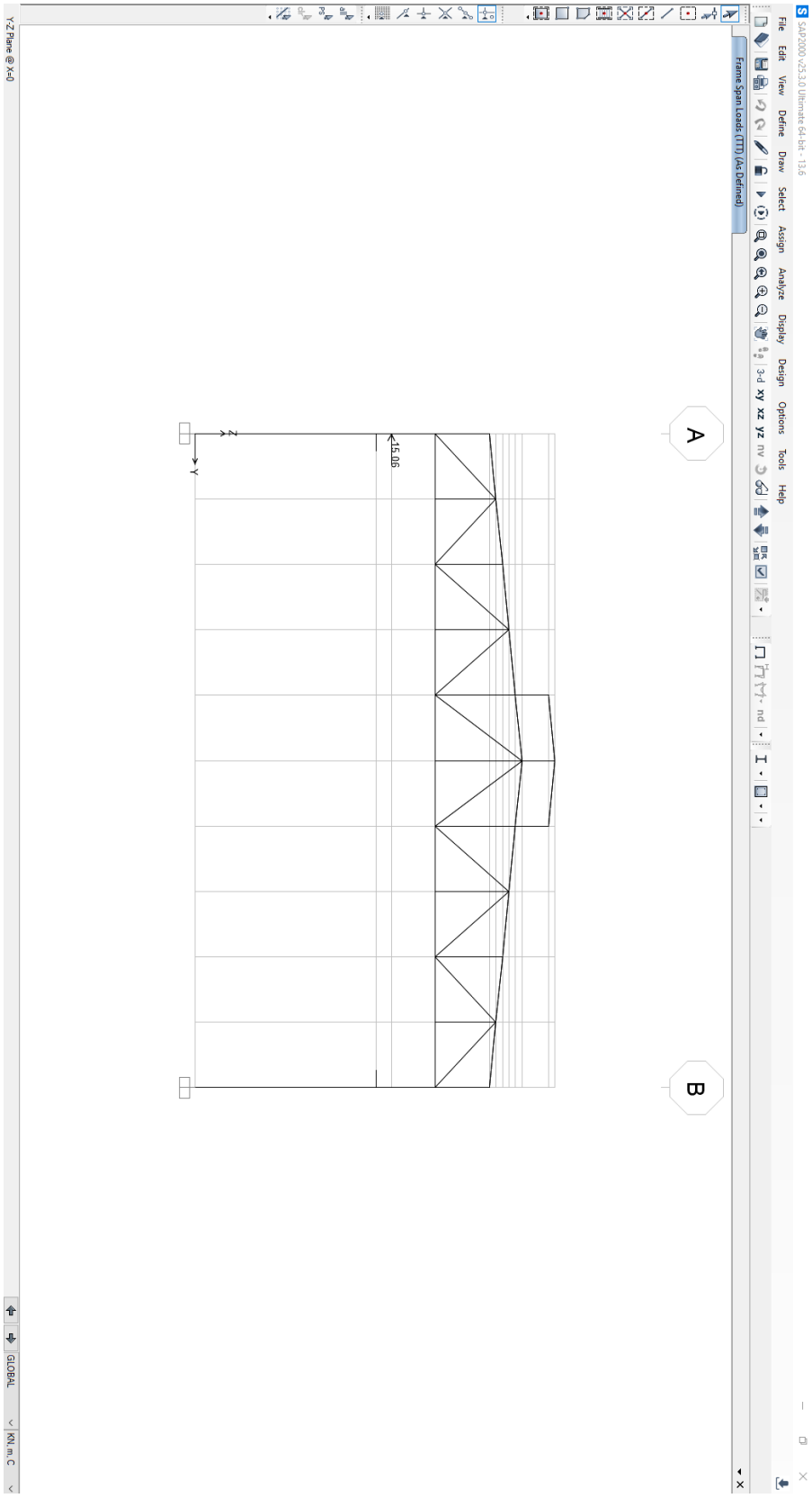
+D_{max}Trái;



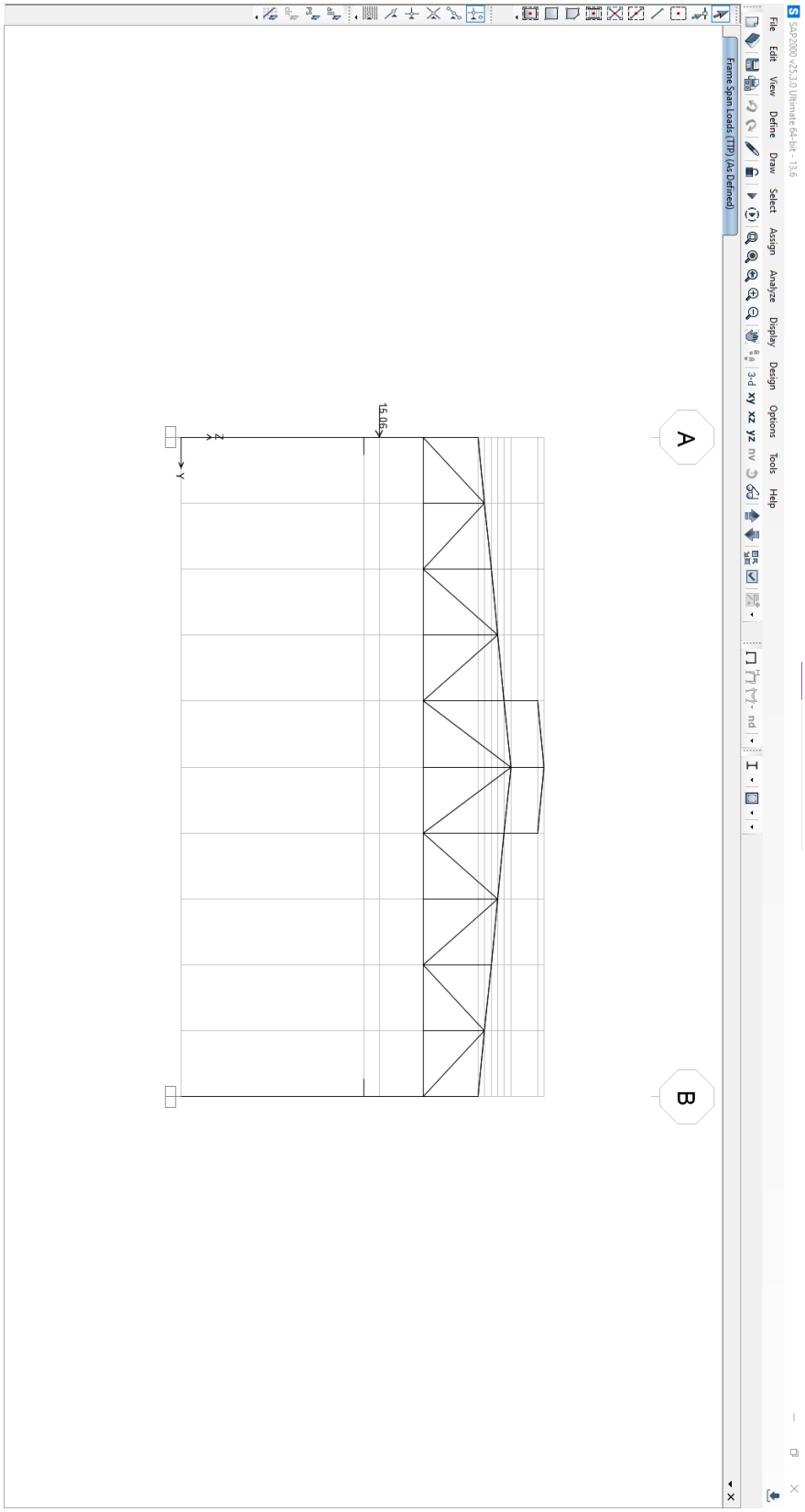
+D_{max}Phải:



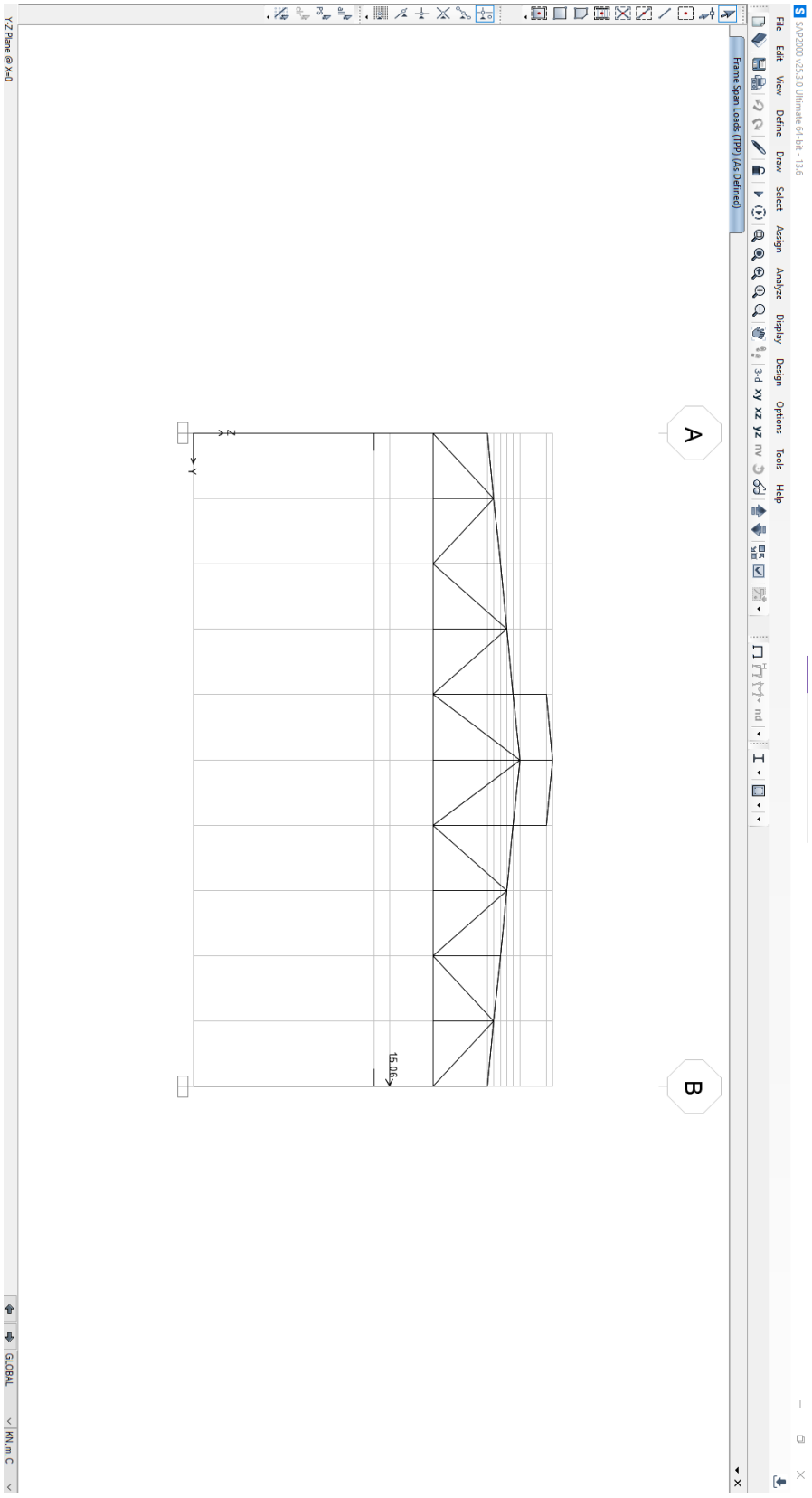
+Hãm trái cột trái:



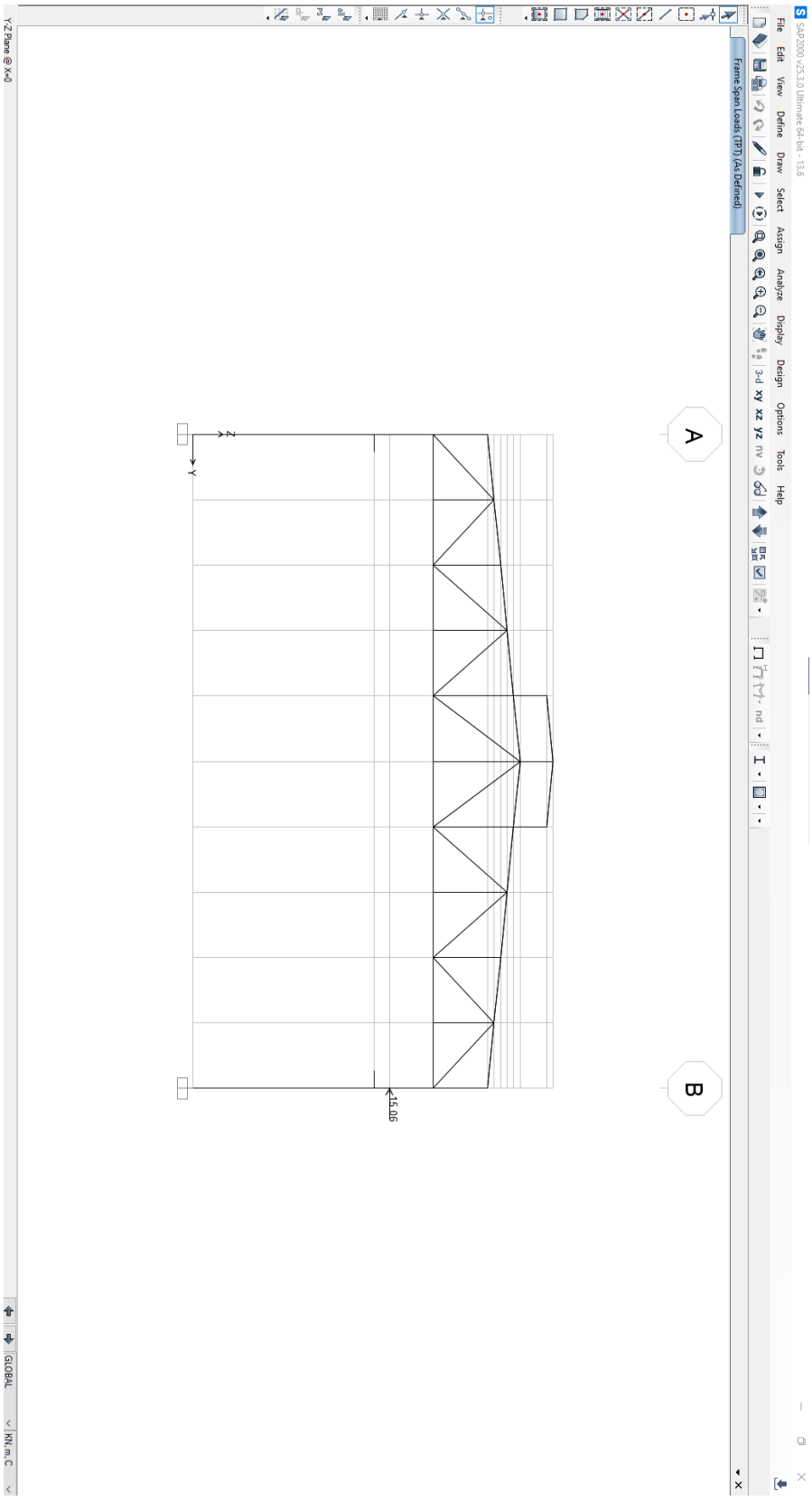
+Hãm phải cột trái:



+Hãm phải cột phải:

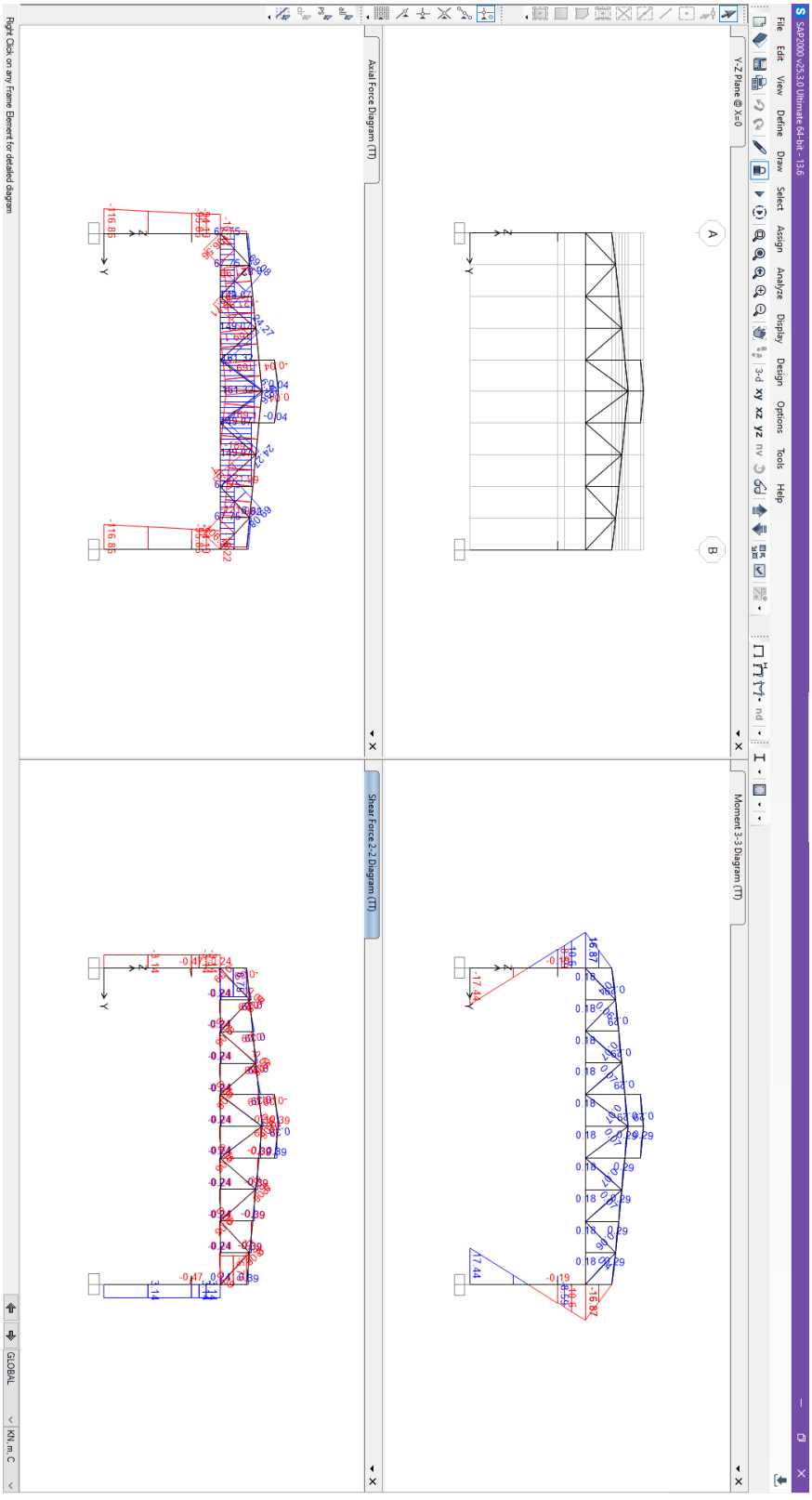


+Hãm trái cột phải:

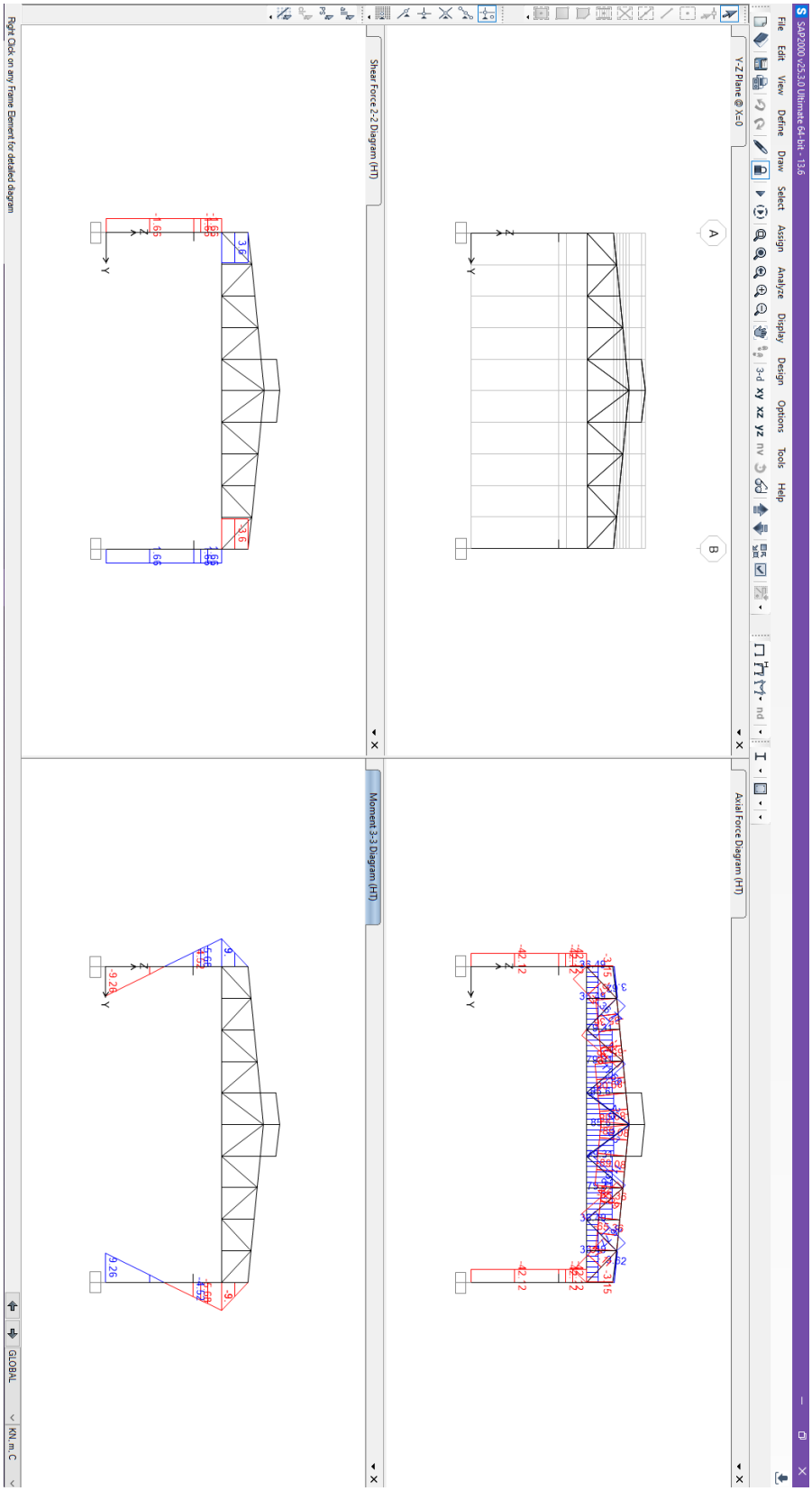


4.2.4 Kết quả nội lực

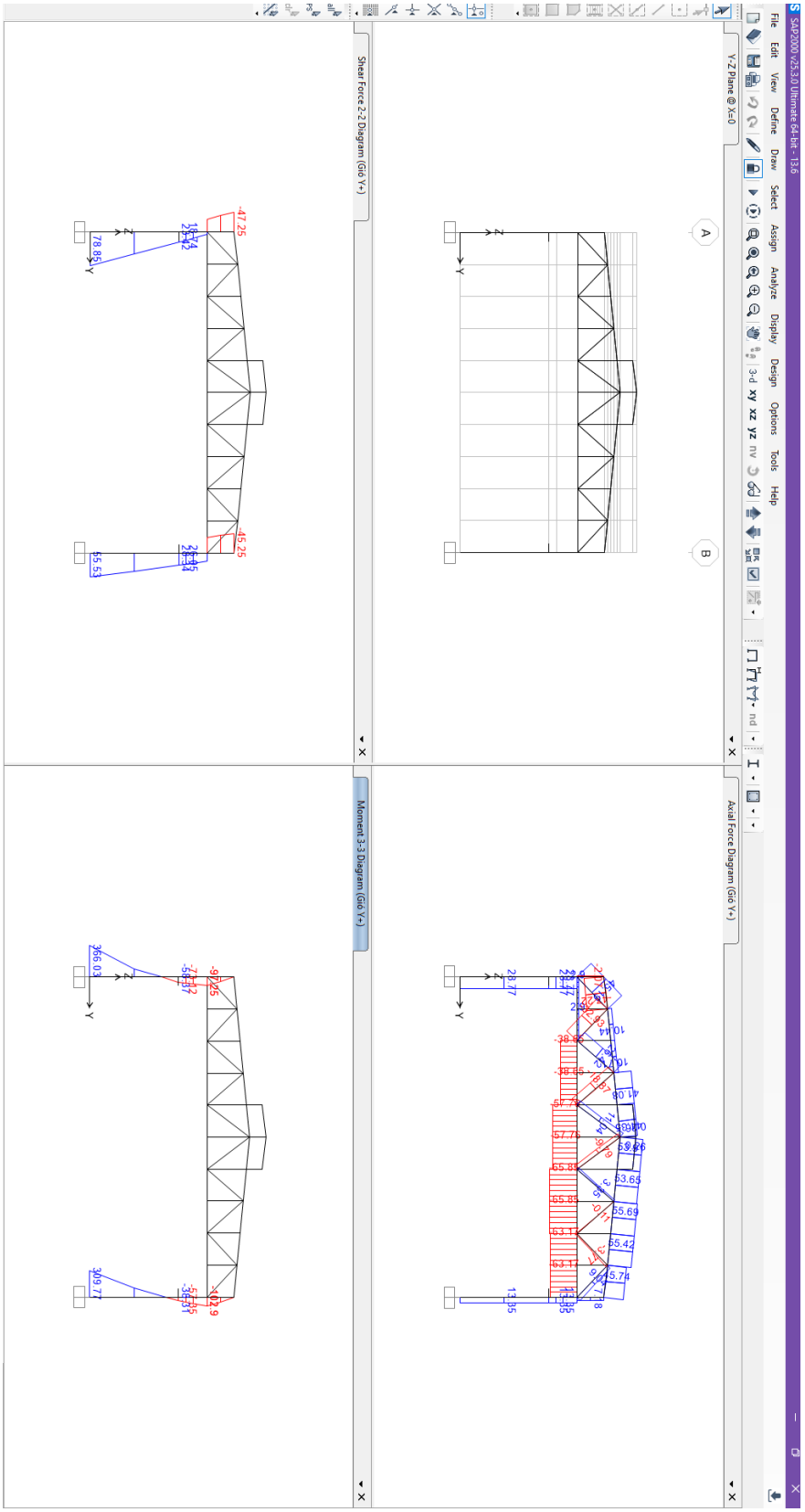
a. Tỉnh tải



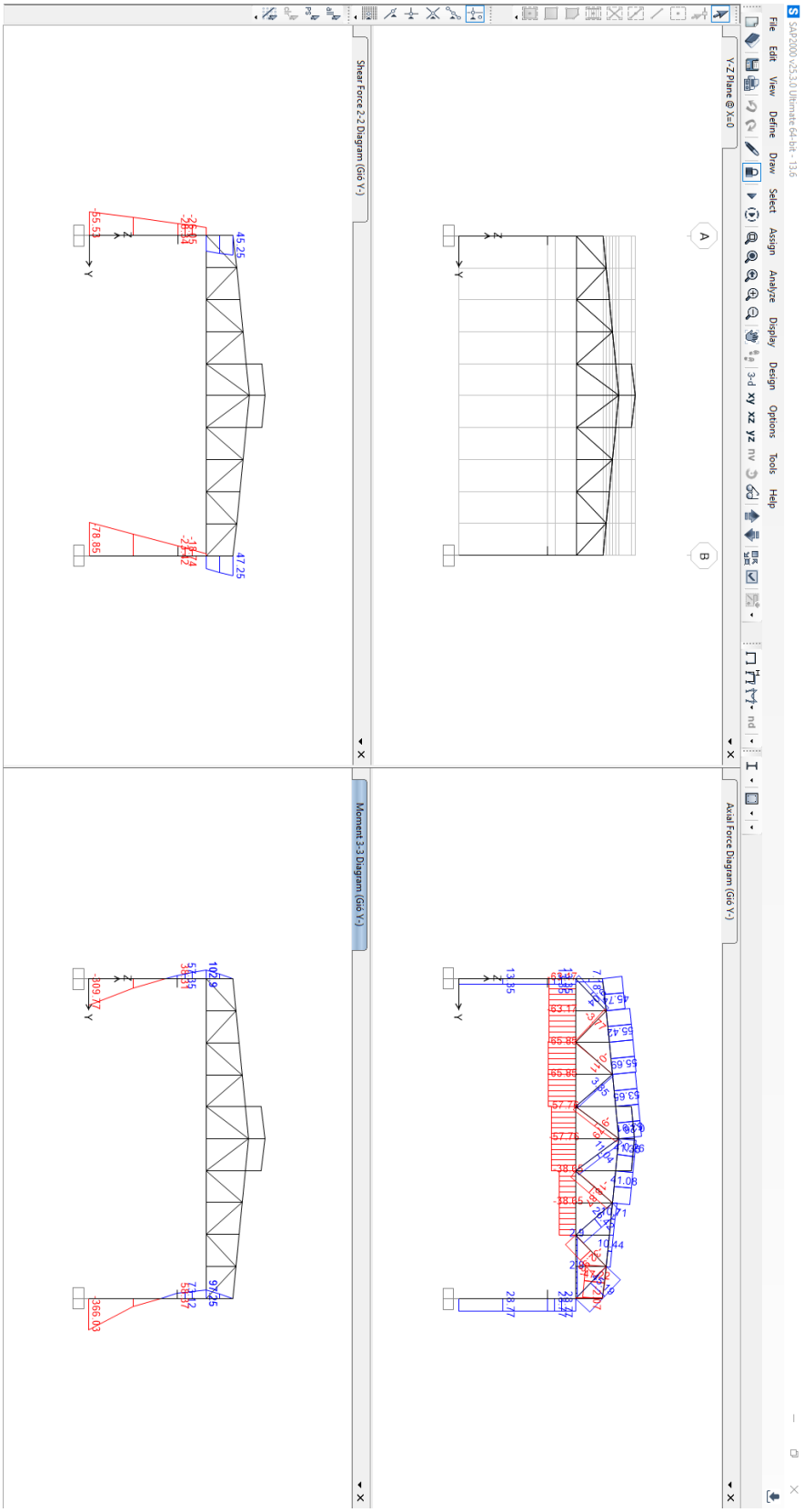
b. Hoạt tải


SAP2000 v25.3.0 Ultimate 64-bit - 13.6
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help
Y-Z Plane @ X=0
Shear Force 2-2 Diagram (HT)
Moment 3-3 Diagram (HT)
Axial Force Diagram (HT)
Right Click on any Frame Element for detailed diagram
GLOBAL
KN, m, C

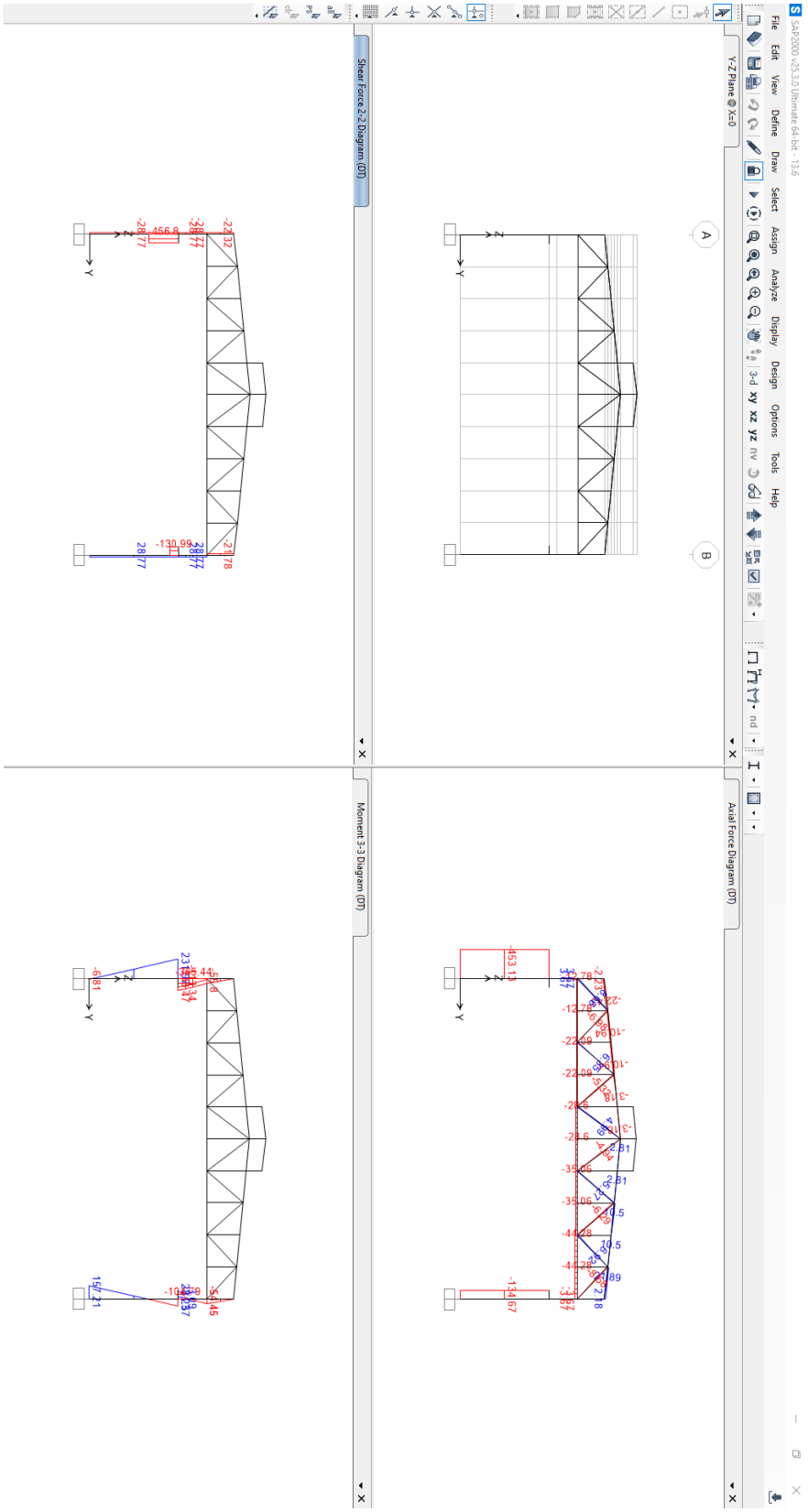
c. Gió Y (+)


Shear Force 2-2 Diagram (Gió Y+)
Y-Z Plane @ X=0
Moment 3-3 Diagram (Gió Y+)
Axial Force Diagram (Gió Y+)

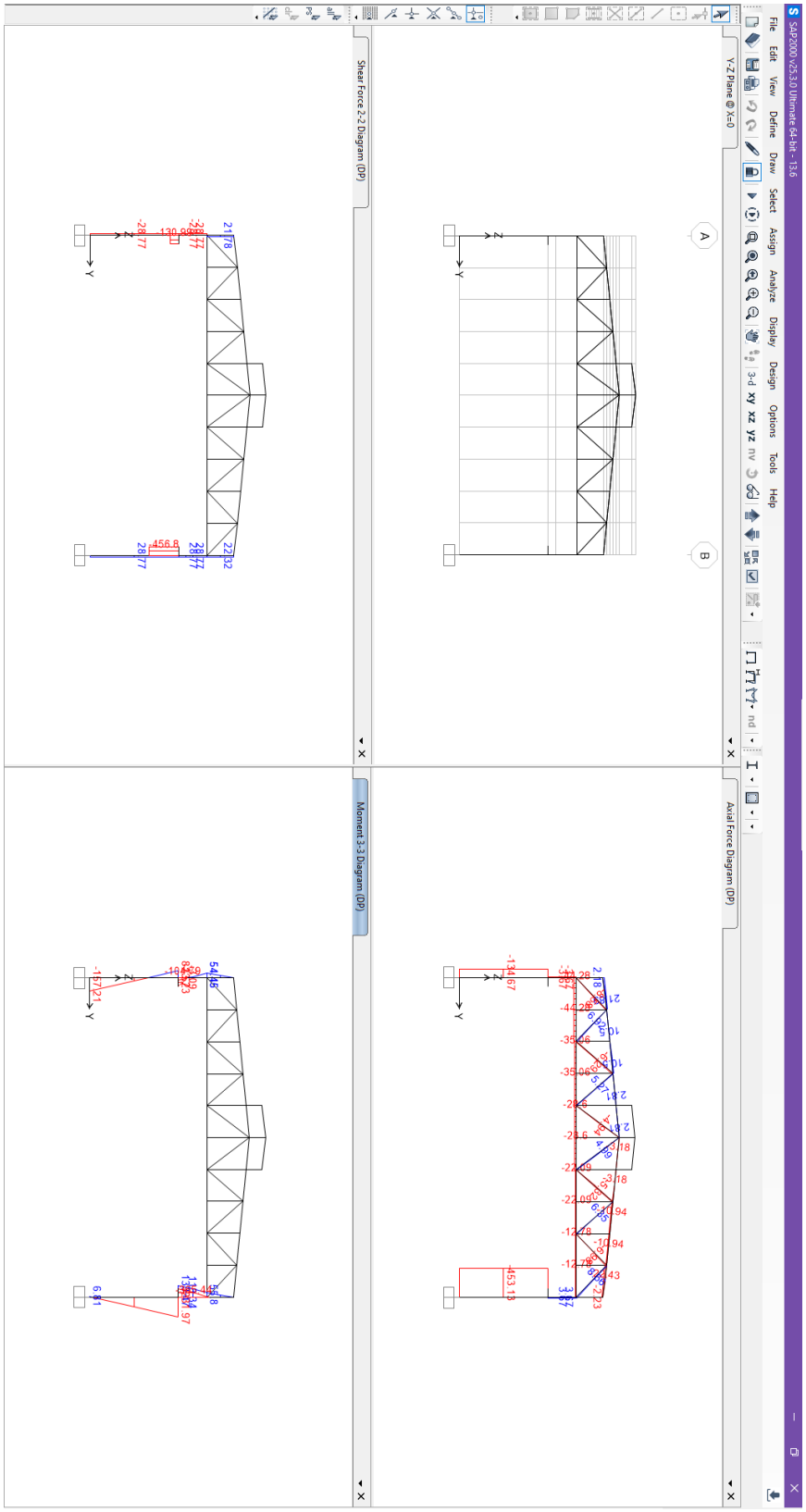
d. Gió Y(-)


Shear Force 2-2 Diagram (Gió Y-)
Y-Z Plane @ X=0
Moment 3-3 Diagram (Gió Y-)
Axial Force Diagram (Gió Y-)

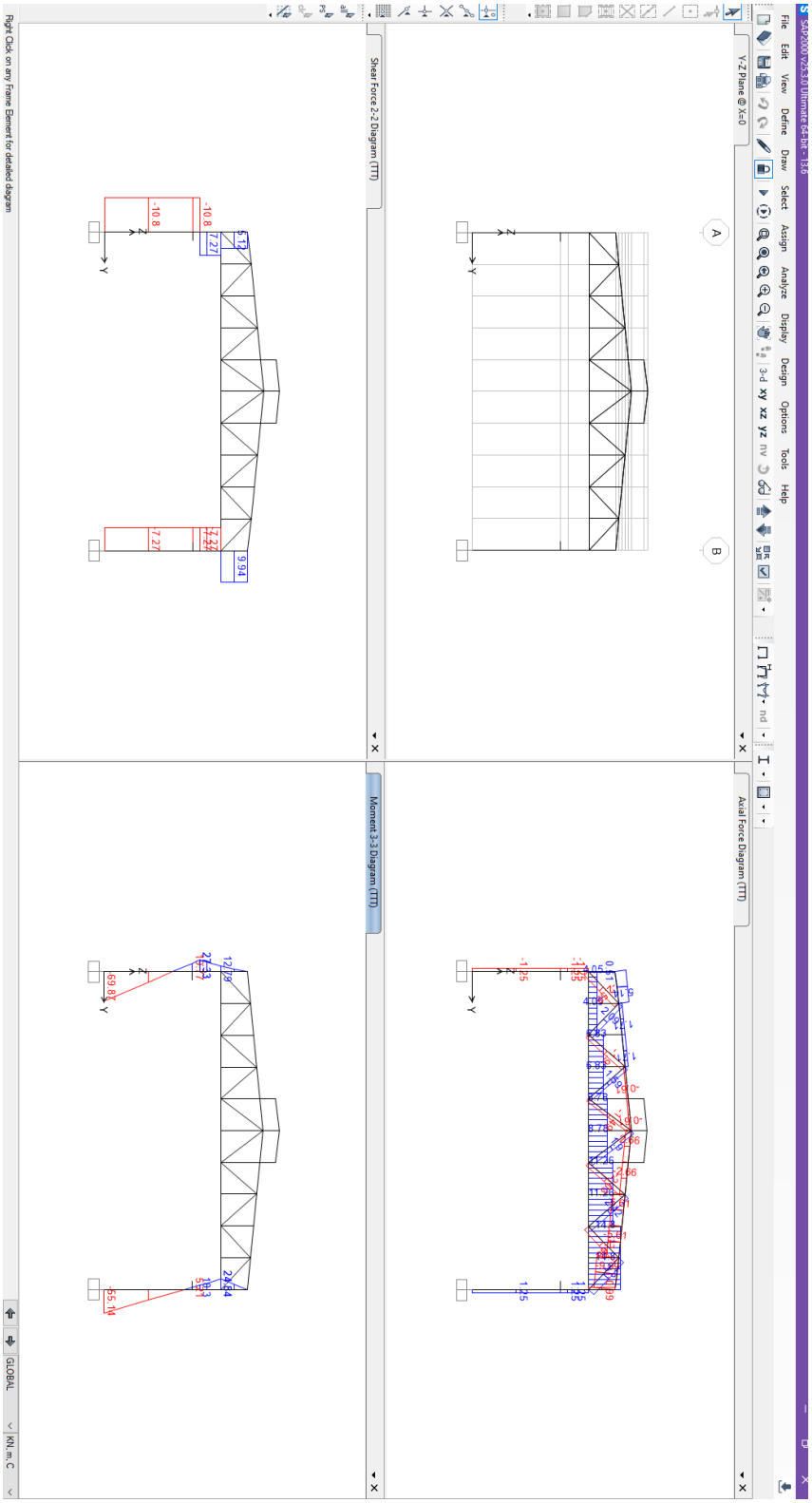
e.DmaxT


Shear Force 2-2 Diagram (DT)
Y-Z Plane @ X=0
Moment 3-3 Diagram (DT)
Axial Force Diagram (DT)

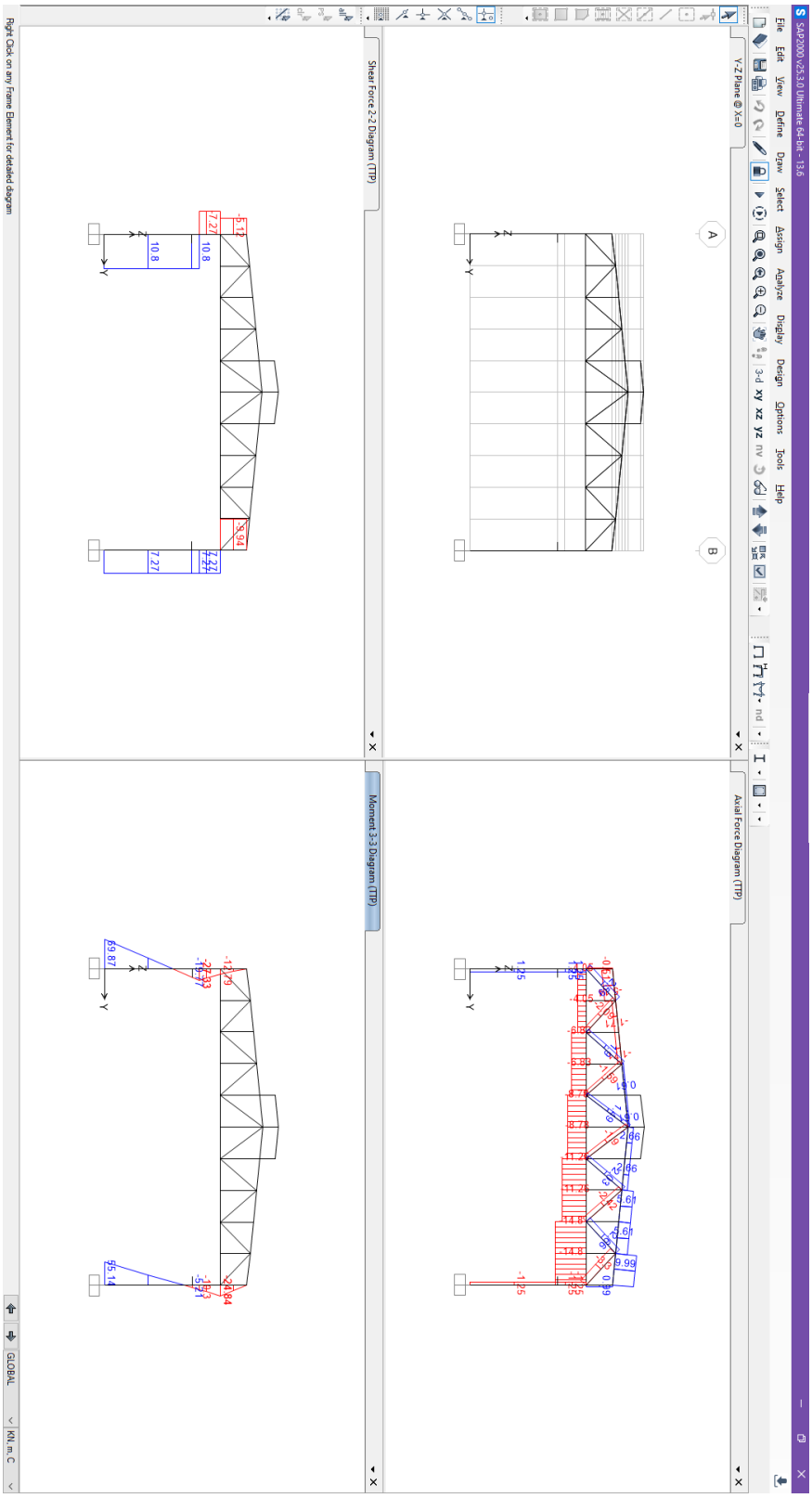
f. DmaxPh


SAP2000 v25.3.0 Ultimate 64-bit - 13.6
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help
Y-Z Plane @ X=0
Shear Force 2-2 Diagram (DP)
Axial Force Diagram (DP)
Moment 3-3 Diagram (DP)

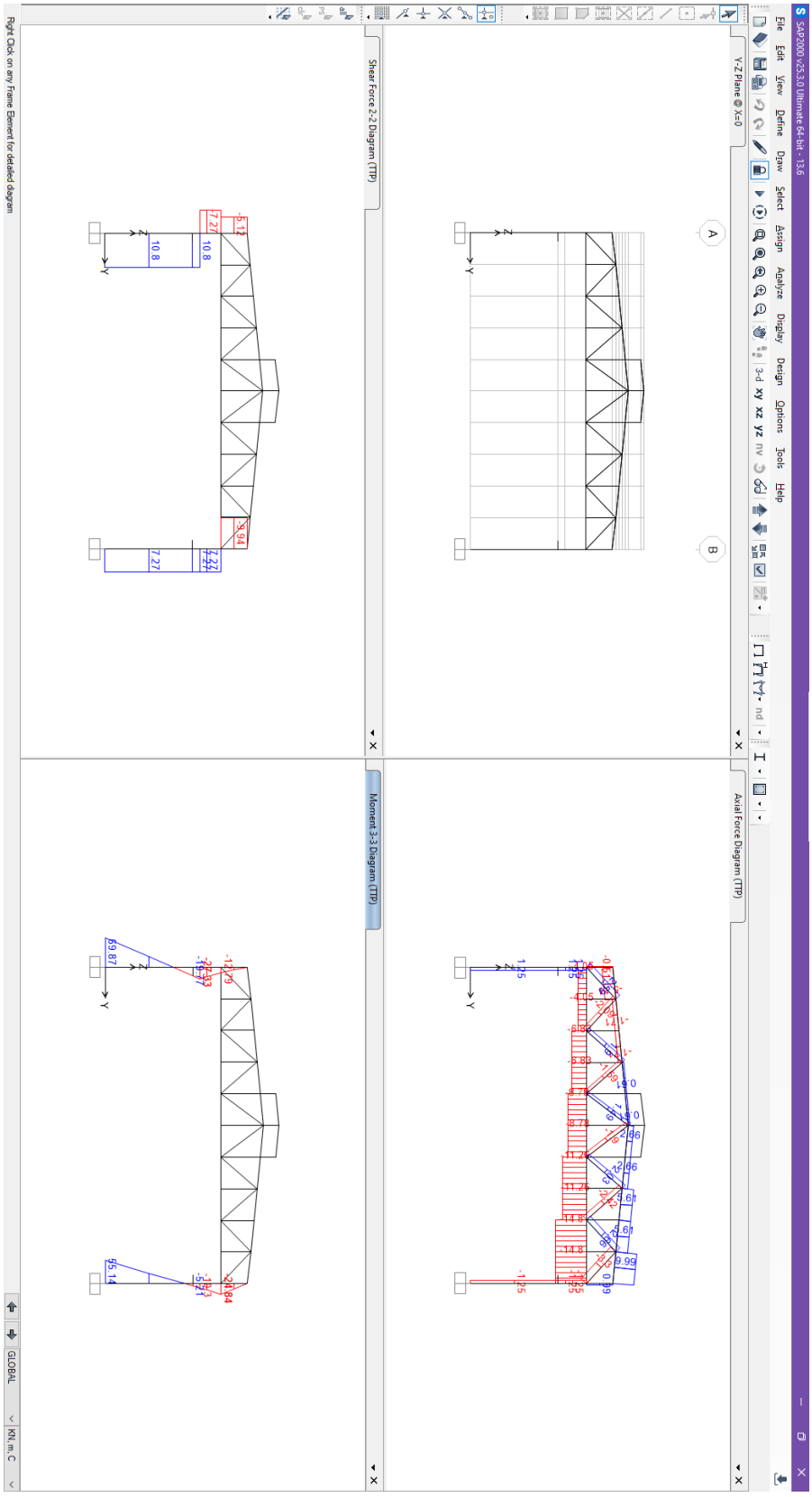
g.TTT


Shear Force 2-2 Diagram (TTT)
Moment 3-3 Diagram (TTT)
Axial Force Diagram (TTT)
Y-Z Plane @ X=0
Right Click on any Frame Element for detailed diagram
GLOBAL
KN, m, C

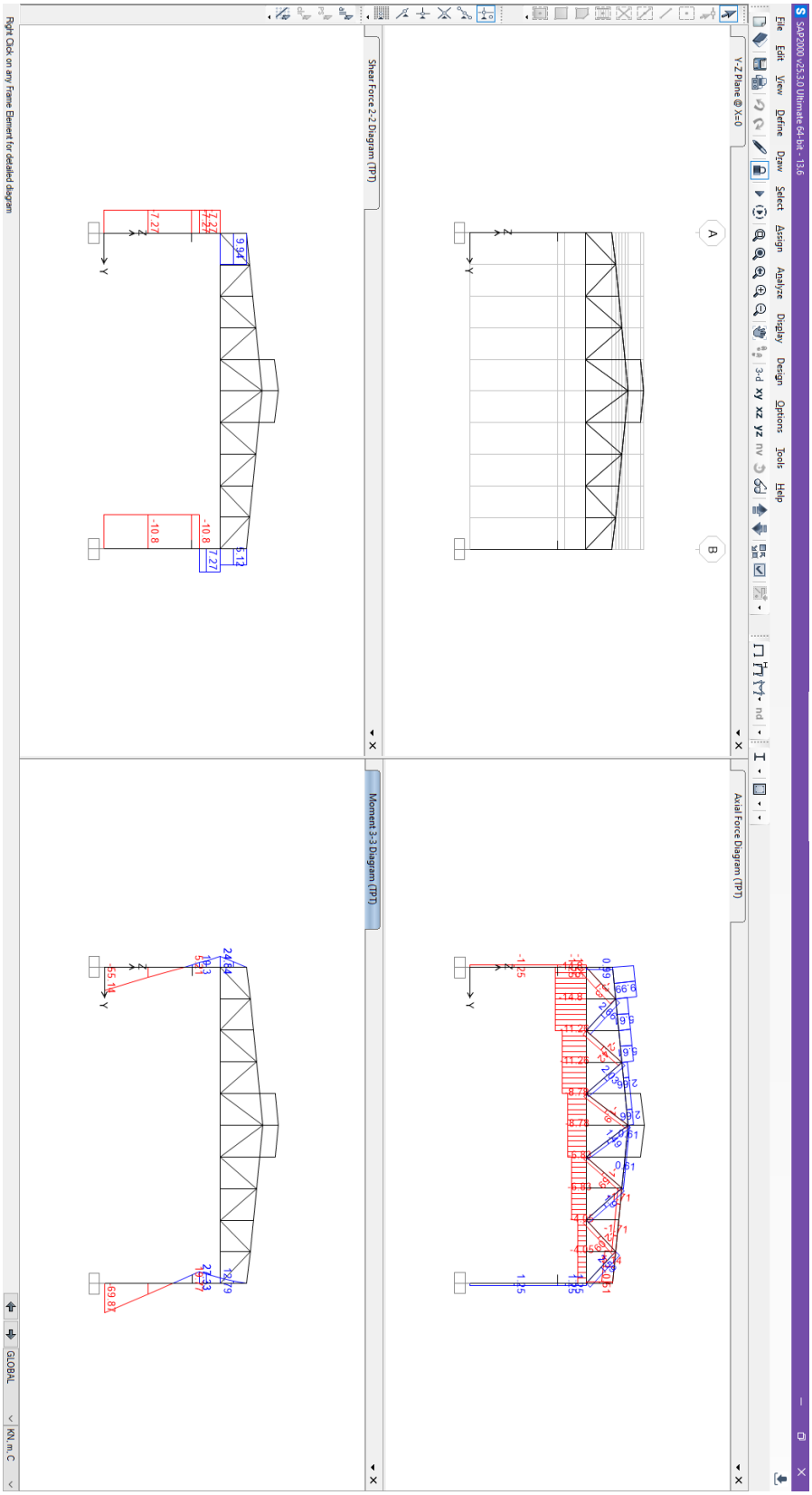
h.TTP


SAP2000 v25.3.0 Ultimate 64-bit - 13.6
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help
Shear Force 2-2 Diagram (TTP)
Y-Z Plane @ X=0
Moment 3-3 Diagram (TTP)
Axial Force Diagram (TTP)
Right Click on any Frame Element for detailed diagram
GLOBAL
KN, m, C

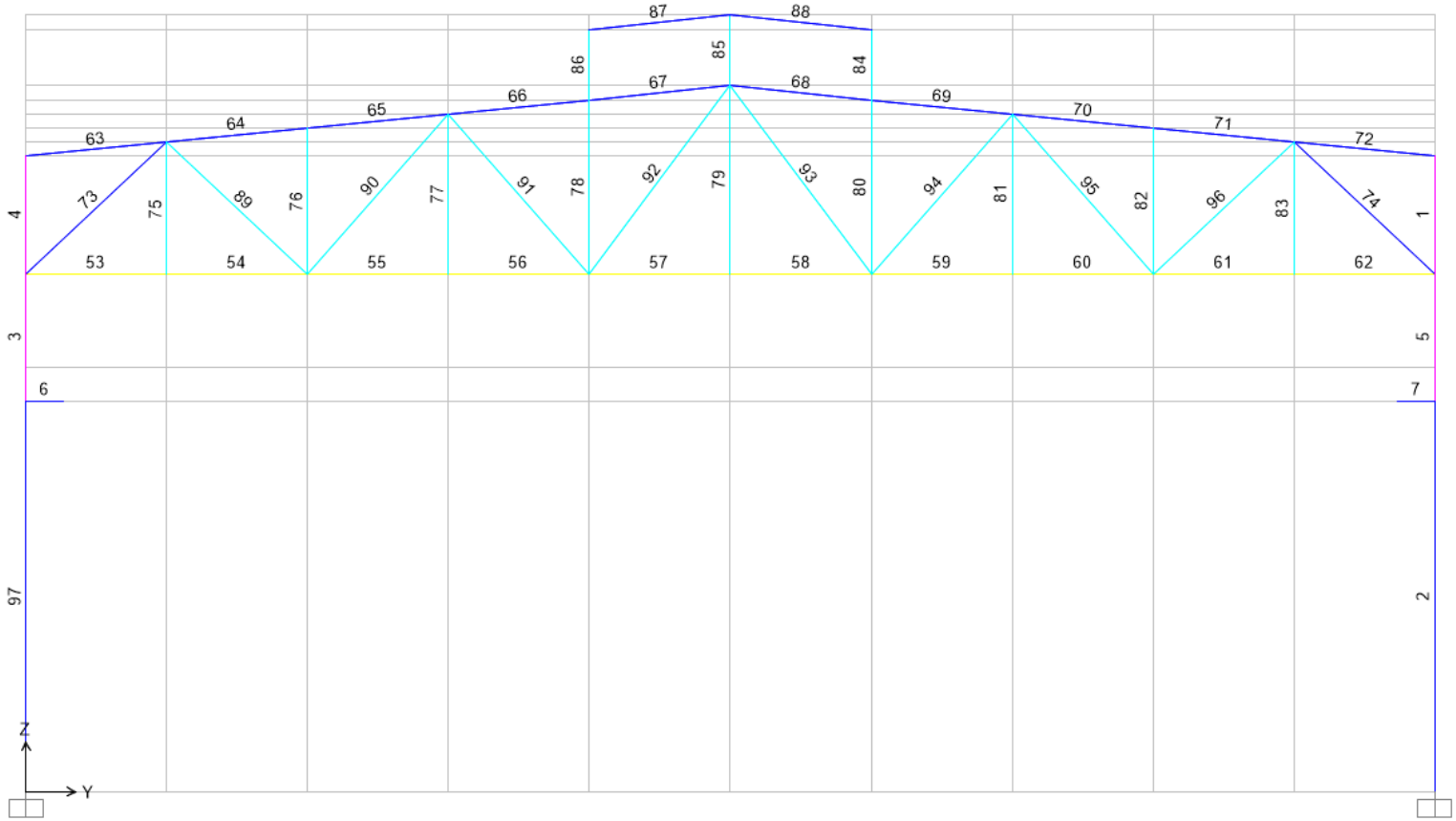
i.TPP


SAP2000 v25.3.0 Ultimate 64-bit - 13.6
Shear Force 2-2 Diagram (TTP)
Moment 3-3 Diagram (TTP)
Axial Force Diagram (TTP)
Y-Z Plane @ X=0
Right Click on any Frame Element for detailed diagram
GLOBAL
KN, m, C

k.TPT


SAP2000 v25.3.0 Ultimate 64-bit - T3.6
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help
Y-Z Plane @ X=0
Shear Force 2-2 Diagram (TPT)
Moment 3-3 Diagram (TPT)
Axial Force Diagram (TPT)
Right Click on any Frame Element for detailed diagram
GLOBAL
KN, m, C

4.3 Tổ hợp nội lực



4.3.1 Tổ hợp nội lực thiết kế cột và dầm vai

Tiết diện	Nội lực	LOẠI TẢI TRỌNG (kN-m)										Tổ hợp cơ bản 1		
		TT	HTM	DmaxTr	DmaxPh	TTT	TTP	TPP	TPT	GX+	GX-	M^{+}_{max}	M^{-}_{max}	N^{+}_{max}
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Cột dưới	M (kNm)	-17.4371	-9.262	-6.8129	-157.214	-69.8717	69.8717	55.1418	-55.1418	366.0315	-309.771	411.48	-522.38	-81.496
	N (kN)	-116.86	-42.12	-453.129	-134.667	-1.254	1.254	1.254	-1.254	28.771	13.354	-86.96	-542.77	-608.775
	V (kN)	-3.136	-1.66	-28.769	-28.769	-10.801	10.801	7.271	-7.271	78.846	-55.533	85.43	-112.26	-40.9597
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Cột dưới	M (kNm)	8.592	4.5152	231.9689	81.5673	19.7728	-19.7728	-5.2113	5.2113	-58.3655	38.3127	292.04	-63.71	258.4655
	N (kN)	-96.321	-42.12	-453.129	-134.667	-1.254	1.254	1.254	-1.254	28.771	13.354	-567.79	-69.17	-588.236
	V (kN)	-3.136	-1.66	-28.769	-28.769	-10.801	10.801	7.271	-7.271	23.418	-28.342	-66.14	28.74	-40.9597
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Cột trên	M (kNm)	8.592	4.5152	231.9689	81.5673	19.7728	-19.7728	-5.2113	5.2113	-58.3655	38.3127	292.04	-63.71	258.4655
	N (kN)	-96.321	-42.12	-453.129	-134.667	-1.254	1.254	1.254	-1.254	28.771	13.354	-567.79	-69.17	-588.236
	V (kN)	-3.136	-1.66	-28.769	-28.769	-10.801	10.801	7.271	-7.271	23.418	-28.342	-66.14	28.74	-40.9597
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Cột trên	M (kNm)	16.8723	8.9969	-55.7983	54.4497	12.7903	-12.7903	-24.8442	24.8442	-97.254	102.8959	192.46	-143.85	83.82714
	N (kN)	-89.447	-42.12	3.675	-3.675	-1.254	1.254	1.254	-1.254	28.771	13.354	-109.76	-59.00	-135.752
	V (kN)	-3.136	-1.66	-28.769	-28.769	7.271	-7.271	7.271	-7.271	5.388	-19.497	-54.78	-21.97	-25.5984
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Dầm vai	M (kNm)	-0.1871	-8.9E-15	-365.443	-104.794	-1.1E-13	1.14E-13	5.68E-14	-5.7E-14	4.55E-13	-4.5E-13	-	-315.63	0
	N (kN)	1.82E-12	0	-1.5E-11	0	0	0	0	0	0	0	-	0.00	0
	V (kN)	-0.468	-3.6E-15	-456.804	-130.992	-5.7E-14	5.68E-14	-5.7E-14	5.68E-14	0	0	-	-457.27	0

4.3.2 Tổ hợp nội lực thiết kế giàn

Tiết diện	Nội lực	LOẠI TẢI TRỌNG (kN-m)										Tổ hợp cơ bản 1	
		TT	HTM	DmaxTr	DmaxPh	TTT	TTP	TPT	TPP	GX+	GX-	N^{+}_{max}	N^{-}_{max}
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
53	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	67.749	36.495	-12.778	-44.278	4.048	-4.048	14.8	-14.8	2.902	-63.171	120.18	-48.59
	V (kN)	-0.238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.24	-0.24
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
54	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	67.749	36.495	-12.778	-44.278	4.048	-4.048	14.8	-14.8	2.902	-63.171	120.18	-48.59
	V (kN)	-0.238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.24	-0.24
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
55	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	149.073	79.315	-22.085	-35.056	6.83	-6.83	11.258	-11.258	-38.647	-65.853	238.52	41.54
	V (kN)	-0.238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.24	-0.24
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
56	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	149.073	79.315	-22.085	-35.056	6.83	-6.83	11.258	-11.258	-38.647	-65.853	238.52	41.54
	V (kN)	-0.238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.24	-0.24
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
57	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	161.319	85.596	-28.6	-28.6	8.778	-8.778	8.778	-8.778	-57.759	-57.759	254.82	69.92
	V (kN)	-0.238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.24	-0.24
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
63	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	6.744	3.617	-22.431	21.888	5.142	-5.142	-9.987	9.987	-47.22	45.744	84.43	-69.65
	V (kN)	-0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.39	-0.39
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
64	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00

	N (kN)	-121.99	-65.358	-10.941	10.504	1.706	-1.706	-5.614	5.614	10.441	55.423	-52.06	-202.25
	V (kN)	-0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.39	-0.39
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
65	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	-121.99	-65.358	-10.941	10.504	1.706	-1.706	-5.614	5.614	10.441	55.423	-52.06	-202.25
	V (kN)	-0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.39	-0.39
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
66	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	-169.104	-89.081	-3.178	2.811	-0.615	0.615	-2.659	2.659	41.084	53.647	-110.53	-263.44
	V (kN)	-0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.39	-0.39
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
67	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	-169.104	-89.081	-3.178	2.811	-0.615	0.615	-2.659	2.659	41.084	53.647	-110.53	-263.44
	V (kN)	-0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.39	-0.39
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
73	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	-106.558	-57.114	8.657	-8.578	-2.588	2.588	3.295	-3.295	45.195	9.043	-50.61	-174.36
	V (kN)	-0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.39	-0.39
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
75	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	0.476	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48	0.48
	V (kN)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
76	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	-11.474	-7.02	0	0	0	0	0	0	2.659	2.659	-8.82	-18.49
	V (kN)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
77	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	0.476	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48	0.48
	V (kN)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

78	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	-22.516	-10.53	0	0	0	0	0	0	5.318	5.318	-17.20	-33.05
	V (kN)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
79	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	0.476	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48	0.48
	V (kN)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
85	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	-11.411	-7.02	0	0	0	0	0	0	5.213	5.213	-6.20	-18.43
	V (kN)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
86	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	-11.019	-3.51	0	0	0	0	0	0	2.659	2.659	-8.36	-14.53
	V (kN)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
87	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	-0.039	36.767	-6.981	6.918	2.087	-2.087	-2.657	2.657	0.265	0.265	45.58	-9.41
	V (kN)	-0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.39	-0.39
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
90	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	-46.715	-24.094	6.353	-6.295	-1.899	1.899	2.418	-2.418	26.416	-0.114	-12.41	-78.75
	V (kN)	-0.059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.06	-0.06
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
91	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	24.274	11.584	-5.323	5.274	1.591	-1.591	-2.026	2.026	-18.873	3.354	45.45	-1.21
	V (kN)	-0.059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.06	-0.06
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
92	M (kNm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	N (kN)	6.205	2.305	4.989	-4.943	-1.492	1.492	1.899	-1.899	11.042	-9.792	25.52	-9.74
	V (kN)	-0.059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.06	-0.06

CHƯƠNG V : TÍNH TOÁN KHUNG TRỤC ĐIỂN HÌNH

5.1 THIẾT KẾ CỘT

Thiết kế cột khung trục điển hình dựa trên các tổ hợp có giá trị N, M_x, V lớn nhất. Với phương án cột thép chữ I có tiết diện đối xứng nên sử dụng các giá trị có nội lực lớn nhất để thiết kế bao gồm $|N_{max}|$, $\max\{M_x^{max}, M_x^{min}\}$. Ảnh hưởng của M_y là không đáng kể và phương pháp tính theo khung ngang nên bỏ qua trong tính toán.

5.1.1 Thiết kết cột biên khung trục A cột dưới

a. Thông số tiết diện và vật liệu

Vật liệu sử dụng:	S235
-Modun đàn hồi:	E= 206 000 000 KN/m^2
-Giới hạn chảy:	f_y= 235 000 KN/m^2
-Giới hạn bền:	f_u= 360 000 KN/m^2
-Đường hàn cánh và bụng:	Hàn 2 bên
-Hệ số điều kiện làm việc:	γ_c = 1,05
-Hệ số tin cậy của vật liệu:	γ_m= 1,05
-Hệ số tin cậy – giới hạn bền:	γ_u = 1,05
-Cường độ tính toán- giới hạn chảy:	f_{yd} = 223 809 KN/m^2
-Cường độ tính toán- giới hạn bền:	f_{ud} = 342 857 KN/m^2
-Cường độn tính toán – giới hạn trượt:	f_{ws} =162 000 KN/m^2

b. Kích thước tiết diện

- Chiều cao tiết diện:	h= 650 mm
- Chiều dày bản bụng:	t_w = 14 mm
- Bề rộng cánh trên:	b_f = 300 mm
- Chiều dày cánh trên:	t_f = 16 mm
- Bề rộng cánh dưới:	b_f = 300 mm
- Chiều dày cánh dưới:	t_f = 16 mm
- Chiều cao bản bụng:	h_w = 618 mm
- Chiều dài cấu kiện:	L= 8300 mm
- Chiều dài điểm cốt kết:	L_{ef} = 6000 mm

c. Các đặc trưng về hình học

- Diện tích hình học	A= 18252mm^2
- Momen quán tính / Phương chính:	I_x = 1240266404 mm^4

- Momen quán tính / Phương phụ:	I_y = 72141316 mm^4
Momen kháng uốn / Phương chính:	W_x = 3816204,32mm^3
Momen kháng uốn / Phương phụ:	W_y = 480942,11mm^3
Bán kính quán tính / Phương chính:	i_x = 260,68mm
Bán kính quán tính / Phương phụ:	i_y = 62,87 mm

d.Nội lực thiết kết

	Nội lực thiết kế cột			
TH1	Vị trí(m)	$\|M_{max}\|$(kNm)	N(kN)	V(kN)
	0	**552,38**	-542,77	-112,26
TH2	Vị trí(m)	|M|(kNm)	N_{max}(kN)	V(kN)
	0	-81,496	**-608,775**	-40,95

e.Chiều dài tính toán của cấu kiện

Theo phục lục G TCVN 5575:2024 hệ số chiều dài tính toán μ_1 của đoạn cột dưới được ngàm vào móng của cột một bậc được lấy khi đầu trên cột được liên kết chặn chuyển vị được tính theo công thức sau:

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\mu_{12}^2 + \mu_{11}^2(\beta - 1)}{\beta}}$$

Trong đó:

+μ_{12} là hệ số chiều dài tính toán của đoạn cột dưới khi $F_1 = 0$;

+μ_{11} là hệ số chiều dài tính toán của đoạn cột dưới khi $F_2 = 0$;

Giá trị μ_{12} và +μ_{11} lấy như sau:

-Khi đầu trên cột được ngàm cố định (chặn xoay, chặn chuyển vị): theo bảng G.4:

Trong các bảng từ G.1 đến G.4:

$$\alpha_1 = \frac{L_2}{L_1}\sqrt{\frac{I_1}{\beta \text{ x } I_2}} \text{ và } n = \frac{I_2 \text{ x } L_1}{I_1 \text{ x } L_2}$$

Trong đó:

+I_1, L_1 là momen quán tính của tiết diện và chiều dài của đoạn cột dưới;

+I_2, L_2 là momen quán tính của tiết diện và chiều dài của đoạn cột trên;

+$\beta = \frac{F_2 + F_1}{F_1}$.

Xác định β : $\beta = \frac{F_2+F_1}{F_1} = \frac{135,75+588,236}{588,236} = 1,227$

Xác định α : $\alpha_1 = \frac{L_2}{L_1}\sqrt{\frac{I_1}{\beta \text{ x } I_2}} = \frac{5,2}{8,3}\sqrt{\frac{298775285}{1,227 \text{ x } 96738485}} = 1$

Xác định n: $n = \frac{I_2 \text{ x } L_1}{I_1 \text{ x } L_2} = \frac{96738485 \text{ x } 8,3}{298775285 \text{ x } 5,2} = 0,51$

Hệ số $\frac{I_2}{I_1} = \frac{96738485}{298775285}$ và $\frac{L_2}{L_1} = \frac{5,2}{8,3}$

=> $\mu_{12} = 1,07$ và $\mu_{11} = 0,68$

=> $\mu_1 = \sqrt{\frac{\mu_{12}^2 + \mu_{11}^2(\beta-1)}{\beta}} = \sqrt{\frac{1,07^2 + 0,68^2(1,227-1)}{1,227}} = 1$

+) Kiểm tra độ bền của cột

Theo mục 9.2.2 TCVN 5575:2024:

-Độ lệch tâm tương đối được xác định theo công thức:

$m_{ef} = \eta x\ m$

Trong đó:

+η : là hệ số ảnh hưởng của hình dạng tiết diện, lấy theo bảng D.3 (Phục lục D);

+ $m=eA/W_c$ là độ lệch tâm tương đối(với: $e=M/N$ là độ lệch tâm mà khi tính e thì các giá trị M và N lấy theo yêu cầu trong 9.2.3; W_c là momen chốn uốn của tiết diện, tính cho thớ chịu nén nhiều nhất).

- Xác định hệ số độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$:

$\bar{\lambda} = \lambda \text{ x } \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}}$

- Xác định hệ số độ mảnh λ:

+$\lambda = \frac{L_{ef}}{i_{min}}$

Trong đó:

+ L_{ef} : là chiều dài tính toán của cột không thay đổi tiết diện xác định bằng công thức;

+ i : bán kính quán tính của tiết diện

- Xác định hệ số chiều dài tính toán của cột không thay đổi tiết diện:

$L_{ef} = L \text{ x } \mu$

Trong đó:

+L : là chiều dài chiều dài cột;

+μ = 0,5:hệ số chiều dài tính toán (lấy theo bảng 31 mục 10.3.3 TCVN 5575:2024)

	TH1	TH 2
$e=\frac{M}{N}$	e = 962,433	e = 133,85
$m=\frac{eA}{Wc}$	m= 4,603	m=0,64
$L_{ef}= L \times \mu$	L_{ef} = 1 x 8,3 =8,3	L_{ef} = 1 x 8,3 =8,3
$\lambda = \frac{L_{ef}}{i_{min}}$	λ = 132	λ = 132
$\bar{\lambda} = \lambda \times \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}}$	$\bar{\lambda}$ = 4,352	$\bar{\lambda}$ = 4,352
$\frac{A_f}{A_w}$	$\frac{A_f}{A_w}$ =1,1	$\frac{A_f}{A_w}$ =1,1
η	η=1,32	η=1,37
m_{ef}	m_{ef} = 6,07	m_{ef} = 0,88

Vì 2 trường hợp $m_{ef} \leq 20$ nên không cần tính toán độ bền của cấu kiện chịu nén lệch tâm (mục 9.1.2 TCVN 5575:2024)

Theo mục 9.2.2 TCVN 5574:2024 tính toán ổn định của cấu kiện chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn) có tiết diện không đổi trong mặt phẳng tác dụng của momen uốn trùng với mặt phẳng đối xứng được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{\varphi_e x\ A\ x\ f_{yd} x\ \gamma_c} \leq 1$$

Trong đó:

+N: lực dọc tác dụng lên cột;

+φ_e: hệ số ổn định khi nén uốn được xác định theo bảng D.2(Phụ lục D) phụ thuộc vào độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$;

+A :diện tích mặt cắt ngang của cấu kiện

+f_{yd} = 223 809 KN/m^2: cường độ tính toán của thép;

+γ_c = 1,05 :hệ số điều kiện làm việc

Kiểm tra với TH 1:

+ độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$ = 4,35 và m_{ef} = 6,07 nội suy => φ_e = 0,132

$$\Rightarrow \frac{N}{\varphi_e x\ A\ x\ f_{yd} x\ \gamma_c} = \frac{542,77}{0,132x\ 0,0182\ x\ 223\ 809\ x\ 1,05} = 0,96 < 1$$

Kiểm tra với TH 2:

+ độ mảnh quy ước $\bar{\lambda} = 4,35$ và $m_{ef} = 0,88$ nội suy => $\varphi_e = 0,3119$

$$\Rightarrow \frac{N}{\varphi_e x\ A\ x\ f_{yd} x\ \gamma_c} = \frac{608,775}{0,312x\ 0,0182\ x\ 223\ 809\ x\ 1,05} = 0,45 < 1$$

=> Cả 2 trường hợp đều ổn định trong mặt phẳng.

Theo mục 9.2.4 tính toán ổn định ngoài mặt phẳng tác dụng của momen uốn đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn) có tiết diện đặc không đổi(trừ tiết diện hộp) khi momen uốn tác dụng trong mặt phẳng có độ cứng lớn nhất ($I_x > I_y$) trùng với mặt phẳng đối xứng, cũng như tiết diện chữ C theo công thức:

$$\frac{N}{c\ x\ \varphi_y x\ A\ x\ f_{yd} x\ \gamma_c} \leq 1$$

+c : là hệ số, được xác định theo các yêu cầu trong 2.9.5;

+N: lực dọc tác dụng lên cột;

+φ_y: là hệ số ổn định khi nén đúng tâm, được xác định theo các yêu cầu trong 7.1.2.1;

+A :diện tích mặt cắt ngang của cấu kiện

+$f_{yd} = 223\ 809$ KN/m^2: cường độ tính toán của thép;

+$\gamma_c = 1,05$:hệ số điều kiện làm việc.

Xác định hệ số c:

TH1: khi độ lệch tâm tương đối $m_x \leq 5$:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha\ x\ m_x}$$

Trong đó:

+ α và β là các hệ số, được xác định theo Bảng 22.

TH2: khi độ lệch tâm tương đối $m_x \geq 10$:

$$c = \frac{1}{1 + m_x\ x\ \varphi_y/\varphi_b}$$

Trong đó :

+ φ_b : là hệ số ổn định khi uốn, được xác định theo các yêu cầu trong 8.4.1 và Phụ lục F như đối với dầm có từ hai điểm liên kết trở lên ở cánh chịu nén;

TH3: khi độ lệch tâm tương đối $5 < m_x < 10$:

$$c = c_5(2 - 0,2\ x\ m_x) + c_{10}(0,2\ x\ m_x - 1)$$

Trong đó:

+ c_5 : được tính theo công thức TH1 với $m_x = 5$;

+ c_{10} : được tính theo công thức TH2 với $m_x = 10$.

Khi độ mảnh $\bar{\lambda} > 3,14$ thì hệ số c không được vượt quá giá trị c_{max} , với c_{max} được xác định theo Phụ lục D; trong trường hợp, nếu $c > c_{max}$ thì thay c bằng c_{max} . Khi giá trị $c < 0,3$ thì lấy $c = 0,3$.

Xác định hệ số nén ổn định khi nén đúng tâm φ_y :

Theo mục 7.1.2.1 hệ số ổn định khi nén đúng tâm, khi $\bar{\lambda} \geq 0,6$ thì φ được xác định theo công thức sau:

$$\varphi = \frac{0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \times \bar{\lambda}^2})}{\bar{\lambda}^2}$$

Với δ được xác định theo công thức:

$$\delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \times \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2$$

Trong đó:

+ $\bar{\lambda}$: là độ mảnh quy ước của cấu kiện;

+ α và β là các hệ số, lấy theo Bảng 7 phụ thuộc vào loại tiết diện cấu kiện

	TH1	TH 2
c	2,39	7,26
m_x	4,603	0,64
φ_y	0,3993	0,3993
$\frac{N}{c \times \varphi_y \times A \times f_{yd} \times \gamma_c}$	0,1325	0,0489

+) Kiểm tra ổn định cục bộ:

+Ổn định cục bộ bản bụng:

Theo mục 8.5.1 TCVN 5575:2024 nếu độ mảnh quy ước của bản bụng $\bar{\lambda}_w = (h_{ef}/t_w)\sqrt{f_{yd}/E}$ không vượt quá giá trị giới hạn $\bar{\lambda}_{uw} = 3,5$ khi dầm không chịu ứng sức cục bộ đối với dầm có đường hàn cánh hai bên.

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w}\sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} = \frac{618}{14}\sqrt{\frac{223,81}{206000}} = 1,45$$

=> không cần kiểm tra ổn định cục bộ bản bụng

=> Ổn định cục bộ bản bụng.

Ổn định cục bộ bảnh cánh:

TH1: Theo mục 8.5.18 TCVN 5575:2018 Ổn định của cánh chịu nén được coi là đảm bảo nếu độ mảnh quy ước của phần cánh $\bar{\lambda}_{f1} = (b_{ef}/t_f)\sqrt{f_{yd}/E}$ không vượt quá giá trị $\bar{\lambda}_{uf}$ được xác định:

$$\bar{\lambda}_{uf} = 0,5\sqrt{f_{yf}/\sigma_c}$$

Trong đó:

+ f_{yf} : cường độ tính toán của thép làm bản cánh;

+ σ_c : là ứng suất trong cánh chịu nén

-Xác định ứng suất trong cánh chịu nén σ_c :

$$\sigma_c = \frac{M}{W_{xnc} \text{ x } \gamma_c}$$

Trong đó:

+ W_{xnc} momen chống uốn tiết diện thực theo thớ chịu nén;

- Xác định momen chống uốn tiết diện thực của thớ chịu nén;

TH2 :Theo mục 9.4.7 TCVN 5575:2024 ổn định bản cánh của cấu kiện chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn) có độ mảnh $0,8 \le \bar{\lambda}_x (\bar{\lambda}_y) \le 4$ được coi là đảm bảo nếu có độ mảnh quy ước của phần vươn cánh $\bar{\lambda}_f = (b_{ef} / t_f) \sqrt{f_{yd}/E}$ hoặc bản cánh $\bar{\lambda}_{f,1} = (b_{ef,1} / t_f)\sqrt{f_{yd}/E}$ không vượt quá giá trị độ mảnh quy ước giới hạn $\bar{\lambda}_{uf,1}$ xách định theo công thức trong bảng 24.

TH1: $0 \le m_x \le 5$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f}\sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} \le \bar{\lambda}_{ufc} - 0,01(1,5+0,7x\bar{\lambda}_x)m_x$$

TH2: $5 < m_x \le 20$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f}\sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} \le \bar{\lambda}_{uf}$$

Với $\bar{\lambda}_{uf}$ được tính nội suy tuyến tính theo công thức (133) và giá trị tính được theo 8.5.18 và 8.5.19 (ki m =20) tương ứng

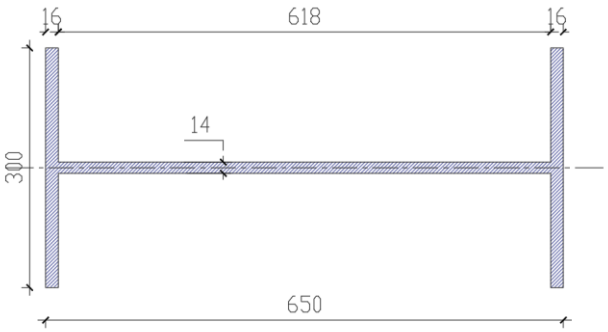
Trong đó:

+ b_{ef} : chiều dài tính toán của bản cánh

	TH1	TH2
m_x	4,603	0,640
TH	Nén uốn	Nén uốn
$\bar{\lambda}_{uf}$	0,362	0,480
$\bar{\lambda}_f$	0,294	0,294

=> Ổn định cục bộ bảng cánh

=> Kích thước cột biên I 650x300x14x16



I650x300x14x16 TL: 1/10

5.1.2 Thiết kết cột biên khung trục A cột trên

a. Thông số tiết diện và vật liệu

Vật liệu sử dụng:	S235
-Modun đàn hồi:	E= 206 000 000 KN/m^2
-Giới hạn chảy:	f_y= 235 000 KN/m^2
-Giới hạn bền:	f_u= 360 000 KN/m^2
-Đường hàn cánh và bụng:	Hàn 2 bên
-Hệ số điều kiện làm việc:	γ_c = 1,05
-Hệ số tin cậy của vật liệu:	γ_m= 1,05
-Hệ số tin cậy – giới hạn bền:	γ_u = 1,05
-Cường độ tính toán- giới hạn chảy:	f_{yd} = 223 809 KN/m^2
-Cường độ tính toán- giới hạn bền:	f_{ud} = 342 857 KN/m^2
-Cường độn tính toán – giới hạn trượt:	f_{ws} =162 000 KN/m^2

b. Kích thước tiết diện

- Chiều cao tiết diện:	h= 3000 mm
- Chiều dày bản bụng:	t_w = 14 mm
- Bề rộng cánh trên:	b_f = 300 mm
- Chiều dày cánh trên:	t_f = 16 mm
- Bề rộng cánh dưới:	b_f = 300 mm
- Chiều dày cánh dưới:	t_f = 14 mm
- Chiều cao bản bụng:	h_w = 272 mm
- Chiều dài cấu kiện:	L= 5200 mm
- Chiều dài điểm cốt kết:	L_{ef} =5200 mm

c. Các đặc trưng về hình học

- Diện tích hình học	A= 12752 mm^2
- Momen quán tính / Phương chính:	I_x = 198740330,67mm^4

- Momen quán tính / Phương phụ:	I_y = 63092842,67 mm^4
Momen kháng uốn / Phương chính:	W_x = 1324935,54 mm^3
Momen kháng uốn / Phương phụ:	W_y = 420618,95 mm^3
Bán kính quán tính / Phương chính:	i_x = 124,84 mm
Bán kính quán tính / Phương phụ:	i_y = 70,34mm

d.Nội lực thiết kết

	Nội lực thiết kế cột			
TH1	Vị trí	$\|M_{max}\|$(kNm)	N(kN)	V(kN)
	0	**292,04**	-597,76	-66,14
TH2	Vị trí	|M|(kNm)	N_{max}(kN)	V(kN)
	3,98	258,46	**-588,236**	-40,959

Theo phục lục G TCVN 5575:2024 hệ số chiều dài tính toán μ_1 của đoạn cột dưới được ngàm vào móng của cột một bậc được lấy khi đầu trên cột được liên kết chặn chuyển vị được tính theo công thức sau:

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\mu_{12}^2 + \mu_{11}^2(\beta - 1)}{\beta}}$$

Trong đó:

+μ_{12} là hệ số chiều dài tính toán của đoạn cột dưới khi $F_1 = 0$;

+μ_{11} là hệ số chiều dài tính toán của đoạn cột dưới khi $F_2 = 0$;

Giá trị μ_{12} và +μ_{11} lấy như sau:

-Khi đầu trên cột được ngàm cố định (chặn xoay, chặn chuyển vị): theo bảng G.4:

Trong các bảng từ G.1 đến G.4:

$$\alpha_1 = \frac{L_2}{L_1}\sqrt{\frac{I_1}{\beta \text{ x } I_2}} \text{ và } n = \frac{I_2 \text{ x } L_1}{I_1 \text{ x } L_2}$$

Trong đó:

+I_1, L_1 là momen quán tính của tiết diện và chiều dài của đoạn cột dưới;

+I_2, L_2 là momen quán tính của tiết diện và chiều dài của đoạn cột trên;

$$+\beta = \frac{F_2 + F_1}{F_1}.$$

Hệ số chiều dài tính toán μ_2 của đoạn cột trên của cột một bậc trong mọi trường

hợp được xác định theo công thức:

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_1}$$

Xác định β : $\beta = \frac{F_2+F_1}{F_1} = \frac{135,75+588,236}{588,236} = 1,227$

Xác định α : $\alpha_1 = \frac{L_2}{L_1}\sqrt{\frac{I_1}{\beta \text{ x } I_2}} = \frac{5,2}{8,3}\sqrt{\frac{298775285}{1,227 \text{ x } 96738485}} = 1$

Xác định n: $n = \frac{I_2 \text{ x } L_1}{I_1 \text{ x } L_2} = \frac{96738485 \text{ x } 8,3}{298775285 \text{ x } 5,2} = 0,51$

Hệ số $\frac{I_2}{I_1} = \frac{96738485}{298775285}$ và $\frac{L_2}{L_1} = \frac{5,2}{8,3}$

=> $\mu_{12} = 1,07$ và $\mu_{11} = 0,68$

=> $\mu_1 = \sqrt{\frac{\mu_{12}^2 + \mu_{11}^2(\beta-1)}{\beta}} = \sqrt{\frac{1,07^2 + 0,68^2(1,227-1)}{1,227}} = 1$

=> $\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_1} = \frac{1}{1} = 1$

+) Kiểm tra độ bền của cột

Theo mục 9.2.2 TCVN 5575:2024:

-Độ lệch tâm tương đối được xác định theo công thức:

$m_{ef} = \eta x\ m$

Trong đó:

+η : là hệ số ảnh hưởng của hình dạng tiết diện, lấy theo bảng D.3 (Phục lục D);

+ m=eA/W_c là độ lệch tâm tương đối(với: e=M/N là độ lệch tâm mà khi tính e thì các giá trị M và N lấy theo yêu cầu trong 9.2.3; W_c là momen chốn uốn của tiết diện, tính cho thớ chịu nén nhiều nhất).

- Xác định hệ số độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$:

$$\bar{\lambda} = \lambda \text{ x } \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}}$$

- Xác định hệ số độ mảnh λ:

$$+\lambda = \frac{L_{ef}}{i_{min}}$$

Trong đó:

+ L_{ef} : là chiều dài tính toán của cột không thay đổi tiết diện xác định bằng công thức;

+ i : bán kính quán tính của tiết diện

- Xác định hệ số chiều dài tính toán của cột không thay đổi tiết diện:

$L_{ef} = L \times \mu$

Trong đó:

+L : là chiều dài chiều dài cột;

+μ = 0,5:hệ số chiều dài tính toán (lấy theo bảng 31 mục 10.3.3 TCVN 5575:2024)

	TH1	TH2
$e=\frac{M}{N}$	e = 488,557	e = 439,381
$m=\frac{eA}{Wc}$	m= 4,525	m=4,07
$L_{ef} = L \times \mu$	L_{ef} = 5,2x1 = 5,2	L_{ef} = 5,2x1 = 5,2
$\lambda = \frac{L_{ef}}{i_{min}}$	λ = 70,78	70,78
$\bar{\lambda} = \lambda \times \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}}$	$\bar{\lambda}$ = 2,333	$\bar{\lambda}$ = 2,333
$\frac{A_f}{A_w}$	$\frac{A_f}{A_w}$ =2,55	$\frac{A_f}{A_w}$ =2,55
η	η=1,38	η=1,4
m_{ef}	m_{ef} = 6,24	m_{ef} = 5,71

Vì cả 2 trường hợp $m_{ef} \leq 20$ nên không cần tính toán độ bền của cấu kiện chịu nén lệch tâm (mục 9.1.2 TCVN 5575:2024)

+) Kiểm tra độ ổn định của cột

Theo mục 9.2.2 TCVN 5574:2024 tính toán ổn định của cấu kiện chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn) có tiết diện không đổi trong mặt phẳng tác dụng của momen uốn trùng với mặt phẳng đối xứng được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{\varphi_e x\ A\ x\ f_{yd} x\ \gamma_c} \leq 1$$

Trong đó:

+N: lực dọc tác dụng lên cột;

+φ_e: hệ số ổn định khi nén uốn được xác định theo bảng D.2(Phụ lục D) phụ thuộc vào độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$;

+A :diện tích mặt cắt ngang của cấu kiện

+f_{yd} = 223 809 KN/m^2: cường độ tính toán của thép;

+γ_c = 1,05 :hệ số điều kiện làm việc

Kiểm tra với TH1:

+ độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$ = 2,333 và m_{ef} = 6,24 nội suy => φ_e = 0,178

$$\Rightarrow \frac{N}{\varphi_e x\ A\ x\ f_{yd} x\ \gamma_c} = 1 \leq 1$$

Kiểm tra với TH2 :

+ độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$ = 2,333 và m_{ef} = 5,71 nội suy => φ_e = 0,1902

$$\Rightarrow \frac{N}{\varphi_e x\ A\ x\ f_{yd} x\ \gamma_c} = 0{,}98 \leq 1$$

=> Cả 2 trường hợp đều ổn định trong mặt phẳng.

Theo mục 9.2.4 tính toán ổn định ngoài mặt phẳng tác dụng của momen uốn đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn) có tiết diện đặc không đổi(trừ tiết diện hộp) khi momen uốn tác dụng trong mặt phẳng có độ cứng lớn nhất ($I_x > I_y$) trùng với mặt phẳng đối xứng, cũng như tiết diện chữ C theo công thức:

$$\frac{N}{c\ x\ \varphi_y x\ A\ x\ f_{yd} x\ \gamma_c} \leq 1$$

+c : là hệ số, được xác định theo các yêu cầu trong 2.9.5;

+N: lực dọc tác dụng lên cột;

+φ_y: là hệ số ổn định khi nén đúng tâm, được xác định theo các yêu cầu trong 7.1.2.1;

+A :diện tích mặt cắt ngang của cấu kiện

+f_{yd} = 223 809 KN/m^2: cường độ tính toán của thép;

+γ_c = 1,05 :hệ số điều kiện làm việc.

Xác định hệ số c:

TH1: khi độ lệch tâm tương đối $m_x \leq 5$:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha\ x\ m_x}$$

Trong đó:

+ α và β là các hệ số, được xác định theo Bảng 22.

TH2: khi độ lệch tâm tương đối $m_x \geq 10$:

$$c = \frac{1}{1 + m_x\ x\ \varphi_y/\varphi_b}$$

Trong đó :

+ φ_b : là hệ số ổn định khi uốn, được xác định theo các yêu cầu trong 8.4.1 và Phụ lục F như đối với dầm có từ hai điểm liên kết trở lên ở cánh chịu nén;

TH3: khi độ lệch tâm tương đối $5< m_x<10$:

$$c=c_5(2 - 0,2 \times m_x) + c_{10}(0,2 \times m_x - 1)$$

Trong đó:

+ c_5 : được tính theo công thức TH1 với $m_x = 5$;

+ c_{10} : được tính theo công thức TH2 với $m_x = 10$.

Khi độ mảnh $\bar{\lambda} > 3,14$ thì hệ số c không được vượt quá giá trị c_{max} , với c_{max} được xác định theo Phụ lục D; trong trường hợp, nếu $c > c_{max}$ thì thay c bằng c_{max} . Khi giá trị $c < 0,3$ thì lấy $c = 0,3$.

Xác định hệ số nén ổn định khi nén đúng tâm φ_y :

Theo mục 7.1.2.1 hệ số ổn định khi nén đúng tâm, khi $\bar{\lambda} \geq 0,6$ thì φ được xác định theo công thức sau:

$$\varphi = \frac{0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \times \bar{\lambda}^2})}{\bar{\lambda}^2}$$

Với δ được xác định theo công thức:

$$\delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \times \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2$$

Trong đó:

+ $\bar{\lambda}$: là độ mảnh quy ước của cấu kiện;

+ α và β là các hệ số, lấy theo Bảng 7 phụ thuộc vào loại tiết diện cấu kiện

	TH1	TH2
TH	TH2	TH1
c	0,3	0,51
m_x	4,525	4,07
φ_y	0,77	0,771
$\frac{N}{c \times \varphi_y \times A \times f_{yd} \times \gamma_c}$	0,823	0,488

+) Kiểm tra ổn định cục bộ:

Ổn định cục bộ bản bụng:

Theo mục 9.4.2 ổn định bản bụng của cấu kiện chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn) được coi làm đảm bảo nếu độ mảnh quy ước của bản bụng không vượt quá giá trị

độ mảnh quy ước giới hạn được xác định theo các công thức trong bảng 23.

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w}\sqrt{\frac{f_{yd}}{E}}$$

Trong đó:

+ h_{ef} : chiều cao tính toán của bản bụng;
+ t_w : chiều dày bản bụng.

$$=> \bar{\lambda}_w = \frac{268}{14}\sqrt{\frac{223,81}{206000}} = 0,64$$

Xác định độ mảnh quy ước bản bụng $\bar{\lambda}_{uw}$:

TH1: $c\varphi_y > \varphi_e$

a) $\bar{\lambda}_x < 2$

$$=> \bar{\lambda}_{uw} = 1,3 + 0,15x\ \bar{\lambda}_x{}^2$$

b) $\bar{\lambda}_x \geq 2$

$$=> \bar{\lambda}_{uw} = 1,2 + 0,35x\ \bar{\lambda}_x{}^2 \leq 3,1.$$

TH2: $c\varphi_y \leq \varphi_e$; $1 \leq \alpha \leq 2$

$$=> \bar{\lambda}_{uw} = 1,42\ x\ \sqrt{\frac{c_{cr}\ x\ f_{yd,t}\ x\ \gamma_c}{\sigma_1(2-\alpha+\sqrt{\alpha^2+4\beta}}} \leq 0,7 + 2,4x\ \alpha$$

	TH1	TH2
m_{ef}	6,23	5,709
TH	$c\varphi_y > \varphi_e$	$c\varphi_y > \varphi_e$
$\bar{\lambda}_{uw}$	1,572	1,572
$\bar{\lambda}_x$	1,346	1,346

=>Ổn định cục bộ bản bụng.

Ổn định cục bộ bảnh cánh:

Theo mục 9.4.7 TCVN 5575:2024 ổn định bản cánh của cấu kiện chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn) có độ mảnh $0,8 \leq \bar{\lambda}_x\ (\bar{\lambda}_y) \leq 4$ được coi là đảm bảo nếu có độ mảnh quy ước của phần vươn cánh $\bar{\lambda}_f = (b_{ef} / t_f)\sqrt{f_{yd}/E}$ hoặc bản cánh $\bar{\lambda}_{f,1} = (b_{ef,1} / t_f)\sqrt{f_{yd}/E}$ không vượt quá giá trị độ mảnh quy ước giới hạn $\bar{\lambda}_{uf,1}$ xách định theo công thức trong bảng 24.

TH1: $0 \leq m_x \leq 5$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f}\sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} \le \bar{\lambda}_{ufc} - 0{,}01(1{,}5+0{,}7x\bar{\lambda}_x)m_x$$

TH2: $5 < m_x \le 20$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f}\sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} \le \bar{\lambda}_{uf}$$

Với $\bar{\lambda}_{uf}$ được tính nội suy tuyến tính theo công thức (133) và giá trị tính được theo 8.5.18 và 8.5.19 (ki m =20) tương ứng

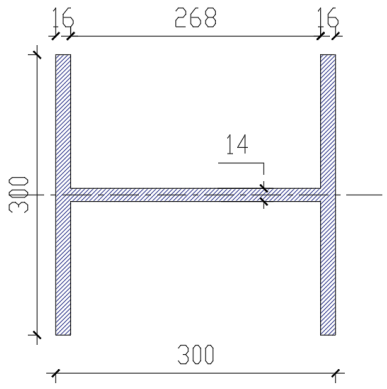
Trong đó:

+ b_{ef} : chiều dài tính toán của bản cánh

	TH1	TH2
m_x	4,525	4,070
TH	TH1	TH1
$\bar{\lambda}_x$	1,347	1,347
$\bar{\lambda}_{uf}$	0,395	0,395
$\bar{\lambda}_f$	0,294	0,294

=> Ổn định cục bộ bảng cánh

=> Kích thước cột biên I 300x300x14x16



I300x300x14x16 TL: 1/10

5.2 THIẾT KẾ DẦM

Thiết kế dầm khung trục điển hình dựa trên các tổ hợp có giá trị M_{max}, V_{max}, N_{max} lớn nhất. Dùng tổ hợp M_{max} để tính toán thiết kế và kiểm tra lại với tổ hợp có V_{max}, N_{max}. Vị trí lấy nội lực trên dầm bao gồm đầu nhịp và cuối nhịp (hoặc vị trí dầm liên kết với cột)

5.2.1 Thiết kết dầm vai

a. Thông số tiết diện và vật liệu

Vật liệu sử dụng:	S235
-Modun đàn hồi:	E= 206 000 000 KN/m^2
-Giới hạn chảy:	f_y= 235 000 KN/m^2
-Giới hạn bền:	f_u= 360 000 KN/m^2
-Đường hàn cánh và bụng:	Hàn 2 bên
-Hệ số điều kiện làm việc:	γ_c = 1,05
-Hệ số tin cậy của vật liệu:	γ_m= 1,05
-Hệ số tin cậy – giới hạn bền:	γ_u = 1,05
-Cường độ tính toán- giới hạn chảy:	f_{yd} = 223 809 KN/m^2
-Cường độ tính toán- giới hạn bền:	f_{ud} = 342 857 KN/m^2
-Cường độn tính toán – giới hạn trượt:	f_{ws} =162 000 KN/m^2

b. Kích thước tiết diện

- Chiều cao tiết diện:	h= 650 mm
- Chiều dày bản bụng:	t_w = 14 mm
- Bề rộng cánh trên:	b_f = 300 mm
- Chiều dày cánh trên:	t_f = 16 mm
- Bề rộng cánh dưới:	b_f = 300 mm
- Chiều dày cánh dưới:	t_f = 16 mm
- Chiều cao bản bụng:	h_w = 618 mm

c. Các đặc trưng về hình học

- Diện tích hình học	A= 18252mm²
- Momen quán tính / Phương chính:	I_x = 1240266404 mm^4
- Momen quán tính / Phương phụ:	I_y = 72141316 mm^4
Momen kháng uốn / Phương chính:	W_x = 3816204,32mm^3
Momen kháng uốn / Phương phụ:	W_y = 480942,11mm^3
Mô men tĩnh diện tích theo trục x	i_x = 260,68mm
Mô men tĩnh diện tích theo trục y	i_y = 62,87 mm

d.Nội lực thiết kết

	Nội lực thiết kế dầm			
Dầm vai	Vị trí	$\|M_{max}\|$(kNm)	N(kN)	V(kN)
	0	**365,65**	0	**-457,27**

+) Kiểm tra độ bền của dầm

Theo mục 8.2.1 TCVN 5575:2024:

Tính toán độ bền của dầm cấp 1 theo công thức:

Khi có tác dụng của của momen trong một mặt phẳng chính:

$$\frac{M}{W_{n,min} x\, f_{yd} x\, \gamma_c} \leq 1$$

Trong đó:

+ M: momen tác dụng lên cấu kiện;

+ $W_{n,min}$: momen chống uốn nhỏ nhất của tiết diện thực;

$$\Rightarrow \frac{365,65}{3,81x10^{-3} x\ 223\ 809 \times 1,05} = 0,4 < 1$$

Khi có tác dụng của lực cắt trong tiết diện :

$$\frac{V \times S}{I \times t_w x F_v \ x\, \gamma_c} \leq 1$$

Trong đó:

+ V: lực cắt tác dụng lên cấu kiện;

+ S : momen tĩnh của tiết diện theo trục đang xét ;

+ I : momen quán tính của tiết diện theo trục đang xét ;

+ t_w : chiều dày bản bụng.

$$\Rightarrow \frac{457,27 \times 0,0182}{3,81 \times 10^{-3} \times 0,016 \times 129\ 800 \times 1,05} = 0,98 \leq 1$$

=> Dầm thỏa độ bền

+) Kiểm tra ổn định tổng thể của dầm

Theo mục 8.4.1 TCVN 5575:2024:

Tính toán độ bền của dầm cấp 1 khi uốn trong mặt phẳng bụng, trùng với mặt phẳng đối xứng của tiết diện:

$$\frac{M_x}{\varphi_b x W_{cx} x\, f_{yd} x\, \gamma_c} \leq 1$$

Trong đó:

+ M_x: momen gây uốn cho cấu kiện;

+ φ_b : hệ số ổn định khi uốn được xác định theo phụ lục F;

+ W_{cx} : momen chống uốn của tiết diện đối với trục x-x, tính của thớ chịu nén lớn nhất của bản cánh chịu nén;

- Xác định hệ số φ_b :

Đối với dầm tiết diện chữ I có hai trục đối xứng hệ số φ_b được lấy bằng :

+TH1 $\varphi_1 \leq 0,85$

$$\varphi_1 = \varphi_b$$

+TH2 $\varphi_1 > 0,85$

$$\varphi_b = 0,68 + 0,21 \text{ x } \varphi_1 \leq 1$$

Trong đó φ_1 được xác định theo công thức :

$$\varphi_1 = \frac{\psi \text{ x } I_y}{I_x}\left(\frac{h}{L_{ef}}\right)^2 \frac{E}{f_{yd}}$$

- Xác định hệ số α đối với dầm chữ I tổ hợp hàn từ các bản thép:

$$\alpha = k \text{ x } \left(\frac{L_{ef} \text{x } t_f}{h_m \text{ x } b_f}\right)^2 \left(1+\frac{0,5 \text{ x } h_m \text{x } t_w^{\ 3}}{b_f \text{x } t_f^{\ 3}}\right)$$

Trong đó :2

-k: là hệ số phụ thuộc vào liên kết cánh chịu nén trong nhịp;

-t_f : chiều dày bản cánh

-b_f : chiều rộng bản cánh;

-t_w : chiều rộng bản bụng;

-h_m : chiều cao tính toán của tiết diện, phụ thuộc vào liên kết cánh chịu nén trong nhịp;

$$\Rightarrow \alpha = 8 \text{ x } \left(\frac{0,8\text{x } 0,016}{0,618 \text{ x } 0,3}\right)^2 \left(1+\frac{0,5 \text{ x } 0,618\text{x } 0,014^3}{0,3 \text{ x } 0,016^3}\right) = 1,73$$

$$\Rightarrow \psi = 1+ 0,16 \text{ x } \alpha = 1 + 0,16 \text{ x } 1,73 = 1,276$$

$$\Rightarrow \varphi_1 = \frac{1,27 \text{ x } 72141316}{1240266404}\left(\frac{0,65}{0,8}\right)^2 \frac{206000}{223,81} = 44,88$$

$$\Rightarrow \varphi_b = 0,68+0,1 \text{ x } 44,88=5,168 \Rightarrow \varphi_b = 1$$

$$\Rightarrow \frac{365,65}{3,81\text{x}10^{-3}\text{x } 223\ 809 \text{ x } 1,05} = 0,4 \leq 1$$

=> Dầm ổn định tổng thể

+) Kiểm tra ổn định bảng bụng

Theo mục 8.5.1 TCVN 5575:2024 nếu độ mảnh quy ước của bản bụng $\bar{\lambda}_w = (h_{ef}/t_w)\sqrt{f_{yd}/E}$ không vượt quá giá trị giới hạn $\bar{\lambda}_{uw} = 2,5$ khi dầm chịu ứng sức cục bộ đối với dầm có đường hàn cánh hai bên.

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w}\sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} = \frac{618}{14}\sqrt{\frac{223,81}{206000}} = 1,455$$

=> không cần kiểm tra ổn định cục bộ bản bụng

+) Kiểm tra ổn định bảng cánh

Theo mục 8.5.18 TCVN 5575:2018 Ổn định của cánh chịu nén được coi là đảm bảo nếu độ mảnh quy ước của phần cánh $\bar{\lambda}_{f1}=(b_{ef}/t_f)\sqrt{f_{yd}/E}$ không vượt quá giá trị $\bar{\lambda}_{uf}$ được xác định:

$$\bar{\lambda}_{uf}=0,5\sqrt{f_{yf}/\sigma_c}$$

Trong đó:

+ f_{yf} : cường độ tính toán của thép làm bản cánh;

+ σ_c : là ứng suất trong cánh chịu nén

-Xác định ứng suất trong cánh chịu nén σ_c :

$$\sigma_c = \frac{M}{W_{xnc}\ x\ \gamma_c}$$

Trong đó:

+ W_{xnc} momen chống uốn tiết diện thực theo thớ chịu nén;

- Xác định momen chống uốn tiết diện thực của thớ chịu nén;

$$W_{xnc} = \frac{I_n}{y_{max}} = \frac{1240266404}{325} = 3816204\ mm^3$$

$$\Rightarrow \sigma_c = \frac{M}{W_{xnc}\ x\ \gamma_c} = \frac{365,65}{3,81x10^{-3}\ x\ 1,05} = 91401,07\ (KN/m^2)$$

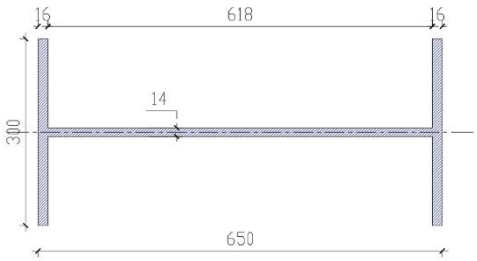
$$\Rightarrow \bar{\lambda}_{uf}=0,5\sqrt{\frac{223809}{91401}} = 0,782$$

- Xác định độ mảnh quy ước của bản cánh $\bar{\lambda}_{f1}$:

$$\bar{\lambda}_{f1}=\frac{286}{16}\sqrt{\frac{223,81}{206000}}=0,589 < 0,782$$

=> bản cánh ổn định

=> Kích thước tiết diện I650x300x14x15



I650x300x14x16 TL: 1/10

5.3 THIẾT KẾ GIÀN

Thiết kế giàn khung trục điển hình dựa trên các tổ hợp có giá trị N_{max} lớn nhất. Dùng tổ hợp N_{max} để tính toán thiết kế và kiểm tra lại với tổ hợp có V_{max}, N_{max}. Vị trí lấy nội lực trên dầm bao gồm đầu nhịp và cuối nhịp (hoặc vị trí dầm liên kết với giàn)

5.3.1 Thiết kế giàn thép cánh dưới

a. Thông số tiết diện và vật liệu

Vật liệu sử dụng:	S235
-Modun đàn hồi:	E= 206 000 000 KN/m^2
-Giới hạn chảy:	f_y= 235 000 KN/m^2
-Giới hạn bền:	f_u= 360 000 KN/m^2
-Hệ số điều kiện làm việc:	γ_c = 1,05
-Hệ số tin cậy của vật liệu:	γ_m= 1,05
-Hệ số tin cậy – giới hạn bền:	γ_u = 1,05
-Cường độ tính toán- giới hạn chảy:	f_{yd} = 223 809 KN/m^2
-Cường độ tính toán- giới hạn bền:	f_{ud} = 342 857 KN/m^2
-Cường độn tính toán – giới hạn trượt:	f_{ws} =162 000 KN/m^2

b. Kích thước tiết diện

- Chiều rộng cánh lớn	A= 75 mm
- Chiều rộng cánh nhỏ	B = 50 mm
- Chiều dày cánh	T = 8 mm
- Ghép cạnh	Cạnh ngắn

c. Các đặc trưng về hình học

- Diện tích hình học	A= 18,82 cm^2
Bán kính quán tính / Phương chính:	i_x = 14,00 mm
Bán kính quán tính / Phương phụ:	i_y = 37,48 mm

d.Nội lực thiết kết

Tên cấu kiện	Nội lực thiết kế giàn		
53	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)
	Nén,Kéo	120.18	-48.59
54	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)
	Nén,Kéo	120.18	-48.59
55	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)
	Kéo	238.52	41.54
56	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)

	Kéo	238.52	41.54
57	Trạng thái	N^{+}_{max}(kN)	N^{-}_{max}(kN)
	Kéo	254.82	69.92
87	Trạng thái	N^{+}_{max}(kN)	N^{-}_{max}(kN)
	Kéo,Nén	45.58	-9.41

Theo 10.1.1 TCVN 5575:2024 chiều dài tính toán của thanh cánh trong mặt phẳng lấy bằng chiều dài hình học của thanh:

$L_{ef} = L = 3000$ mm

Chiều dài tính toán của thanh cánh ngoài mặt phẳng lấy bằng khoảng cách giữa các nút có liên kết chặn chuyển vị ngoài mặt phẳng bởi các thanh giằng dọc:

$L_{ef,1} = L_1 = 7500$ mm

Độ mảnh theo phương x:

$$\bar{\lambda}_x = \frac{L_{ef}}{i_x} = \frac{3000}{14,00} = 214,28$$

Độ mảnh theo phương y:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{ef,1}}{i_y} = \frac{7500}{37,48} = 200,10$$

Trong đó:

+ L_{ef} :chiều dài tính toán trong mặt phẳng của thanh giàn;
+ $L_{ef,1}$:chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng của thanh giàn;
+ i_x :bán kính quán tính theo phương X;
+ i_y :bán kính quán tính theo phương Y;

Tỉ lệ độ mảnh theo phương chính và phương phụ:

$$\frac{\overline{\lambda_y}}{\overline{\lambda_x}} = \frac{200,12}{214,28} = 0,93$$

=> Tiết diện hợp lý

Độ mảnh quy ước của cấu kiện:

$$\bar{\lambda} = \overline{\lambda_x} \times \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} = 214,28 \times \sqrt{\frac{223,809}{206000}} = 7,06$$

+)Kiểm tra độ bền

Theo mục 7.1.2.1 TCVN 5574: độ bền của cấu kiện thép S235, chịu kéo hoặc nén đúng tâm dưới tác dụng lực dọc N được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{A_n \times f_{yd} \times \gamma_c} = \frac{254,82}{1,882 \times 10^{-3} \times 223\,809 \times 0,9} = 0,67 < 1$$

Trong đó:
+ N :là giá trị lực dọc lớn nhất;
+ A_n : diện tích thực của cấu kiện;
+ γ_c: hệ số điều kiện làm việc của thanh chịu nén.

+)Kiểm tra ổn định của thanh chịu nén
Theo mục 7.1.1.1 TCVN 5574: ổn định của thanh chịu nén của cấu kiện thép S235, chịu kéo hoặc nén đúng tâm dưới tác dụng lực dọc N được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{\varphi \text{ x } A_n \text{x } f_{yd} \text{x } \gamma_c} < 1$$

Trong đó:
+ N :là giá trị lực nén lớn nhất;
+ A_n : diện tích thực của cấu kiện;
+ γ_c: hệ số điều kiện làm việc của thanh chịu nén;
+ φ : hệ số ổn định khi nén đúng tâm.

Xác định hệ số ổn định khi nén đúng tâm φ:

$$\varphi = \frac{0{,}5(\ \delta - \sqrt{\delta^2 - 39{,}48 \text{ x } \overline{\lambda}^2})}{\overline{\lambda}^2}$$

Với δ được xác định theo công thức:

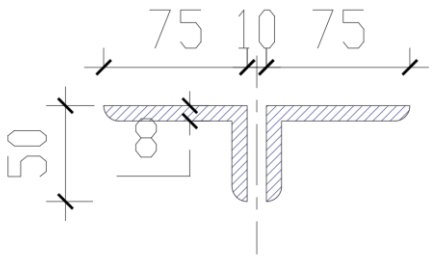
$$\delta = 9{,}87(1 - \alpha + \beta \text{ x } \overline{\lambda}) + \overline{\lambda}^2 = 9{,}87(1 - 0{,}04 + 0{,}14 \text{ x } 7{,}06) + 7{,}06^2 = 69{,}07$$

Trong đó:
+ $\overline{\lambda}$: là độ mảnh quy ước của cấu kiện;
+ α và β là các hệ số, lấy theo Bảng 7 phụ thuộc vào loại tiết diện cấu kiện

$$\Rightarrow \varphi = \frac{0{,}5(\ \delta - \sqrt{\delta^2 - 39{,}48 \text{ x } \overline{\lambda}^2})}{\overline{\lambda}^2} = \frac{0{,}5(\ 69{,}07 - \sqrt{69{,}07^2 - 39{,}48 \text{ x } 7{,}06^2})}{7{,}06^2} = 0{,}16$$

$$\Rightarrow \frac{N}{\varphi \text{ x } A_n \text{x } f_{yd} \text{x } \gamma_c} = \frac{48{,}59}{0{,}16 \text{ x } 1{,}882 \text{ x} 10^{-3} \text{ x } 223\,809 \text{ x } 0{,}75} = 0{,}96$$

=> Thanh cánh dưới ổn định khi chịu nén



2L75x50x8 TL: 1/10

5.3.2 Thiết kế giàn thép cánh trên

a. Thông số tiết diện và vật liệu

Vật liệu sử dụng:	S235
-Modun đàn hồi:	E= 206 000 000 KN/m^2
-Giới hạn chảy:	f_y= 235 000 KN/m^2
-Giới hạn bền:	f_u= 360 000 KN/m^2
-Hệ số điều kiện làm việc:	γ_c = 1,05
-Hệ số tin cậy của vật liệu:	γ_m= 1,05
-Hệ số tin cậy – giới hạn bền:	γ_u = 1,05
-Cường độ tính toán- giới hạn chảy:	f_{yd} = 223 809 KN/m^2
-Cường độ tính toán- giới hạn bền:	f_{ud} = 342 857 KN/m^2
-Cường độn tính toán – giới hạn trượt:	f_{ws} =162 000 KN/m^2

b. Kích thước tiết diện

- Chiều rộng cánh lớn	A= 125 mm
- Chiều rộng cánh nhỏ	B = 90 mm
- Chiều dày cánh	T = 10 mm
- Ghép cạnh	Cạnh ngắn

c. Các đặc trưng về hình học

- Diện tích hình học	A= 41,20 cm²
Bán kính quán tính / Phương chính:	i_x = 28,00 mm
Bán kính quán tính / Phương phụ:	i_y = 58,76 mm

d.Nội lực thiết kết

Tên cấu kiện	Nội lực thiết kế giàn		
63	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)
	Kéo,nén	84.43	-69.65
64	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)
	Nén	-52.06	-202.25

65	Trạng thái	N^{+}_{max}(kN)	N^{-}_{max}(kN)
	Nén	-52.06	-202.25
66	Trạng thái	N^{+}_{max}(kN)	N^{-}_{max}(kN)
	Nén	-110.53	-263.44
67	Trạng thái	N^{+}_{max}(kN)	N^{-}_{max}(kN)
	Nén	-110.53	-263.44

Theo 10.1.1 TCVN 5575:2024 chiều dài tính toán của thanh cánh trong mặt phẳng lấy bằng chiều dài hình học của thanh:

$L_{ef} = L = 3015$ mm

Chiều dài tính toán của thanh cánh ngoài mặt phẳng lấy bằng khoảng cách giữa các nút có liên kết chặn chuyển vị ngoài mặt phẳng bởi các thanh giằng dọc:

$L_{ef,1} = L_1 = 7537$ mm

Độ mảnh theo phương x:

$$\bar{\lambda}_x = \frac{L_{ef}}{i_x} = \frac{3015}{28,00} = 107,68$$

Độ mảnh theo phương y:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{ef,1}}{i_y} = \frac{7537}{58,76} = 128,26$$

Trong đó:

+ L_{ef} :chiều dài tính toán trong mặt phẳng của thanh giàn;
+ $L_{ef,1}$:chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng của thanh giàn;
+ i_x :bán kính quán tính theo phương X;
+ i_y :bán kính quán tính theo phương Y;

Tỉ lệ độ mảnh theo phương chính và phương phụ:

$$\frac{\bar{\lambda}_y}{\bar{\lambda}_x} = \frac{128,26}{107,68} = 1,19$$

=> Tiết diện hợp lý

Độ mảnh quy ước của cấu kiện:

$$\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_x \times \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} = 107,68 \times \sqrt{\frac{223,809}{206000}} = 3,55$$

+)Kiểm tra độ bền

Theo mục 7.1.2.1 TCVN 5574: độ bền của cấu kiện thép S235, chịu kéo hoặc nén đúng tâm dưới tác dụng lực dọc N được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{A_n x\, f_{yd} x\, \gamma_c} = \frac{263,44}{4,12 \text{ x } 10^{-3} x\, 223\,809 \text{ x } 0,75} = 0,38 < 1$$

Trong đó:

+ N :là giá trị lực dọc lớn nhất;
+ A_n : diện tích thực của cấu kiện;
+ γ_c: hệ số điều kiện làm việc của thanh chịu nén.

+)Kiểm tra ổn định của thanh chịu nén

Theo mục 7.1.1.1 TCVN 5574: ổn định của thanh chịu nén của cấu kiện thép S235, chịu kéo hoặc nén đúng tâm dưới tác dụng lực dọc N được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{\varphi \text{ x } A_n x\, f_{yd} x\, \gamma_c} < 1$$

Trong đó:

+ N :là giá trị lực nén lớn nhất;
+ A_n : diện tích thực của cấu kiện;
+ γ_c: hệ số điều kiện làm việc của thanh chịu nén;
+ φ : hệ số ổn định khi nén đúng tâm.

Xác định hệ số ổn định khi nén đúng tâm φ:

$$\varphi = \frac{0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \text{ x } \bar{\lambda}^2})}{\bar{\lambda}^2}$$

Với δ được xác định theo công thức:

$$\delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \text{ x } \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2 = 9,87(1 - 0,04 + 0,14 \text{ x } 3,55) + 3,55^2 = 26,85$$

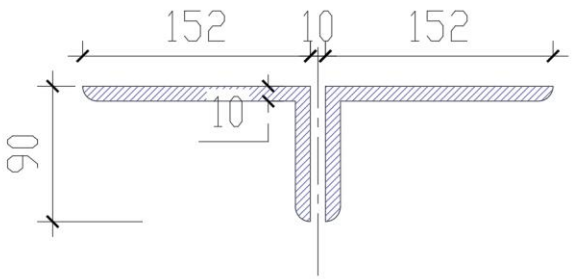
Trong đó:

+ $\bar{\lambda}$: là độ mảnh quy ước của cấu kiện;
+ α và β là các hệ số, lấy theo Bảng 7 phụ thuộc vào loại tiết diện cấu kiện

$$\Rightarrow \varphi = \frac{0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \text{ x } \bar{\lambda}^2})}{\bar{\lambda}^2} = \frac{0,5(26,85 - \sqrt{26,85^2 - 39,48 \text{ x } 3,55^2})}{3,55^2} = 0,47$$

$$\Rightarrow \frac{N}{\varphi \text{ x } A_n x\, f_{yd} x\, \gamma_c} = \frac{263,44}{0,47 \text{ x } 4,12 \text{ x } 10^{-3} \text{ x } 223\,809 \text{ x } 0,75} = 0,81$$

=> Thanh cánh trên ổn định khi chịu nén



2L125x90x10 TL: 1/10

5.3.3 Thiết kế giàn thép đứng chính

a. Thông số tiết diện và vật liệu

Vật liệu sử dụng:	S235
-Modun đàn hồi:	E= 206 000 000 KN/m^2
-Giới hạn chảy:	f_y= 235 000 KN/m^2
-Giới hạn bền:	f_u= 360 000 KN/m^2
-Hệ số điều kiện làm việc:	γ_c = 1,05
-Hệ số tin cậy của vật liệu:	γ_m= 1,05
-Hệ số tin cậy – giới hạn bền:	γ_u = 1,05
-Cường độ tính toán- giới hạn chảy:	f_{yd} = 223 809 KN/m^2
-Cường độ tính toán- giới hạn bền:	f_{ud} = 342 857 KN/m^2
-Cường độn tính toán – giới hạn trượt:	f_{ws} =162 000 KN/m^2

b. Kích thước tiết diện

- Chiều rộng cánh lớn	A= 80 mm
- Chiều rộng cánh nhỏ	B = 80 mm
- Chiều dày cánh	T = 2 mm

c. Các đặc trưng về hình học

- Diện tích hình học	A= 624 mm²
Bán kính quán tính / Phương chính:	i_x = 31,85 mm
Bán kính quán tính / Phương phụ:	i_y = 31,85 mm

d.Nội lực thiết kết

Tên cấu kiện	Nội lực thiết kế giàn		
75	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)
	Kéo	0.48	0.48
76	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)

	Nén	-8.82	-18.49
77	Trạng thái	N^{+}_{max}(kN)	N^{-}_{max}(kN)
	Kéo	0.48	0.48
78	Trạng thái	N^{+}_{max}(kN)	N^{-}_{max}(kN)
	Nén	-17.20	-33.05
79	Trạng thái	N^{+}_{max}(kN)	N^{-}_{max}(kN)
	Kéo	0.48	0.48
85	Trạng thái	N^{+}_{max}(kN)	N^{-}_{max}(kN)
	Kéo	-6.20	-18.43
86	Trạng thái	N^{+}_{max}(kN)	N^{-}_{max}(kN)
	Nén	-8.36	-14.53

Tính toán cho thanh dọc dài nhất 79:

Theo 10.1.1 TCVN 5575:2024 chiều dài tính toán của thanh cánh trong mặt phẳng lấy bằng chiều dài hình học của thanh:

$$L_{ef} = L = 4000 \text{ mm}$$

Chiều dài tính toán của thanh cánh ngoài mặt phẳng lấy bằng khoảng cách giữa các nút có liên kết chặn chuyển vị ngoài mặt phẳng bởi các thanh giằng dọc:

$$L_{ef,1} = L_1 = 4000 \text{ mm}$$

Độ mảnh theo phương x:

$$\bar{\lambda}_x = \frac{L_{ef}}{i_x} = \frac{4000}{31,85} = 125,58$$

Độ mảnh theo phương y:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{ef,1}}{i_y} = \frac{4000}{31,85} = 125,58$$

Trong đó:

+ L_{ef} :chiều dài tính toán trong mặt phẳng của thanh giàn;
+ $L_{ef,1}$:chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng của thanh giàn;
+ i_x :bán kính quán tính theo phương X;
+ i_y :bán kính quán tính theo phương Y;

Tỉ lệ độ mảnh theo phương chính và phương phụ:

$$\frac{\bar{\lambda}_y}{\bar{\lambda}_x} = \frac{125,58}{125,58} = 1$$

=> Tiết diện hợp lý

Độ mảnh quy ước của cấu kiện:

$$\bar{\lambda} = \overline{\lambda_x} \times \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} = 125,58 \times \sqrt{\frac{223,809}{206000}} = 4,14$$

+)Kiểm tra độ bền

Theo mục 7.1.2.1 TCVN 5574: độ bền của cấu kiện thép S235, chịu kéo hoặc nén đúng tâm dưới tác dụng lực dọc N được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{A_n \times f_{yd} \times \gamma_c} = \frac{33,05}{6,24 \times 10^{-4} \times 223\ 809 \times 0,9} = 0,26 \leq 1$$

Trong đó:

+ N :là giá trị lực dọc lớn nhất;
+ A_n : diện tích thực của cấu kiện;
+ γ_c: hệ số điều kiện làm việc của thanh chịu nén.

+)Kiểm tra ổn định của thanh chịu nén

Theo mục 7.1.1.1 TCVN 5574: ổn định của thanh chịu nén của cấu kiện thép S235, chịu kéo hoặc nén đúng tâm dưới tác dụng lực dọc N được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{\varphi \times A_n \times f_{yd} \times \gamma_c} < 1$$

Trong đó:

+ N :là giá trị lực nén lớn nhất;
+ A_n : diện tích thực của cấu kiện;
+ γ_c: hệ số điều kiện làm việc của thanh chịu nén;
+ φ : hệ số ổn định khi nén đúng tâm.

Xác định hệ số ổn định khi nén đúng tâm φ:

$$\varphi = \frac{0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \times \overline{\lambda^2}})}{\bar{\lambda}^2}$$

Với δ được xác định theo công thức:

$$\delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \times \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2 = 9,87(1 - 0,04 + 0,14 \times 4,14) + 4,14^2 = 32,33$$

Trong đó:

+ $\bar{\lambda}$: là độ mảnh quy ước của cấu kiện;
+ α và β là các hệ số, lấy theo Bảng 7 phụ thuộc vào loại tiết diện cấu kiện

$$\Rightarrow \varphi = \frac{0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \times \bar{\lambda}^2})}{\bar{\lambda}^2} = \frac{0,5(32,33 - \sqrt{32,33^2 - 39,48 \times 4,14^2})}{4,14^2} = 0,38$$

$$\Rightarrow \frac{N}{\varphi \times A_n \times f_{yd} \times \gamma_c} = \frac{33,05}{0,38 \times 6,24 \times 10^{-4} \times 223\,809 \times 0,75} = 0,83 < 1$$

=> Thanh dọc ổn định khi chịu nén

5.3.4 Thiết kế giàn thép thanh xiên chính đầu giàn

a. Thông số tiết diện và vật liệu

Vật liệu sử dụng:	S235
-Modun đàn hồi:	E= 206 000 000 KN/m^2
-Giới hạn chảy:	f_y= 235 000 KN/m^2
-Giới hạn bền:	f_u= 360 000 KN/m^2
-Hệ số điều kiện làm việc:	γ_c = 1,05
-Hệ số tin cậy của vật liệu:	γ_m= 1,05
-Hệ số tin cậy – giới hạn bền:	γ_u = 1,05
-Cường độ tính toán- giới hạn chảy:	f_{yd} = 223 809 KN/m^2
-Cường độ tính toán- giới hạn bền:	f_{ud} = 342 857 KN/m^2
-Cường độn tính toán – giới hạn trượt:	f_{ws} =162 000 KN/m^2

b. Kích thước tiết diện

- Chiều rộng cánh lớn	A= 125 mm
- Chiều rộng cánh nhỏ	B = 90 mm
- Chiều dày cánh	T = 10 mm
- Ghép cạnh	Cạnh ngắn

c. Các đặc trưng về hình học

- Diện tích hình học	A= 41,20 cm²
Bán kính quán tính / Phương chính:	i_x = 28,00 mm
Bán kính quán tính / Phương phụ:	i_y = 58,76 mm

d.Nội lực thiết kết

Tên cấu kiện	Nội lực thiết kế giàn		
73	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)
	Nén	-50.61	-174.36
89	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)
	Kéo	104.11	36.21
90	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)
	Nén	-82,78	-27,06

Theo 10.1.1 TCVN 5575:2024 chiều dài tính toán của thanh cánh trong mặt phẳng lấy bằng chiều dài hình học của thanh:

$$L_{ef} = L = 4104 \text{ mm}$$

Chiều dài tính toán của thanh cánh ngoài mặt phẳng lấy bằng khoảng cách giữa các nút có liên kết chặn chuyển vị ngoài mặt phẳng bởi các thanh giằng dọc:

$$L_{ef,1} = L_1 = 4104 \text{ mm}$$

Độ mảnh theo phương x:

$$\bar{\lambda}_x = \frac{L_{ef}}{i_x} = \frac{4104}{28,00} = 146,57$$

Độ mảnh theo phương y:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{ef,1}}{i_y} = \frac{4104}{58,76} = 69,84$$

Trong đó:

+ L_{ef} :chiều dài tính toán trong mặt phẳng của thanh giàn;
+ $L_{ef,1}$:chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng của thanh giàn;
+ i_x :bán kính quán tính theo phương X;
+ i_y :bán kính quán tính theo phương Y;

Độ mảnh quy ước của cấu kiện:

$$\bar{\lambda} = \overline{\lambda_x} \times \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} = 146,57 \times \sqrt{\frac{223,809}{206000}} = 4,83$$

+)Kiểm tra độ bền

Theo mục 7.1.2.1 TCVN 5574: độ bền của cấu kiện thép S235, chịu kéo hoặc nén đúng tâm dưới tác dụng lực dọc N được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{A_n \times f_{yd} \times \gamma_c} = \frac{174,36}{4,12 \times 10^{-3} \times 223\,809 \times 0,75} = 0,25 < 1$$

Trong đó:

+ N :là giá trị lực dọc lớn nhất;
+ A_n : diện tích thực của cấu kiện;
+ γ_c: hệ số điều kiện làm việc của thanh chịu nén.

+)Kiểm tra ổn định của thanh chịu nén

Theo mục 7.1.1.1 TCVN 5574: ổn định của thanh chịu nén của cấu kiện thép S235, chịu kéo hoặc nén đúng tâm dưới tác dụng lực dọc N được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{\varphi \times A_n \times f_{yd} \times \gamma_c} < 1$$

Trong đó:

+ N :là giá trị lực nén lớn nhất;
+ A_n : diện tích thực của cấu kiện;
+ γ_c: hệ số điều kiện làm việc của thanh chịu nén;
+ φ : hệ số ổn định khi nén đúng tâm.

Xác định hệ số ổn định khi nén đúng tâm φ:

$$\varphi = \frac{0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \times \bar{\lambda}^2})}{\bar{\lambda}^2}$$

Với δ được xác định theo công thức:

$$\delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \times \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2 = 9,87(1 - 0,04 + 0,14 \times 4,83) + 4,83^2 = 39,48$$

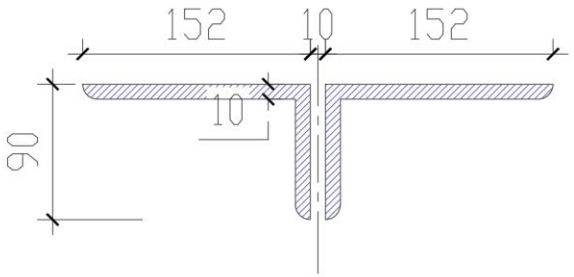
Trong đó:

+ $\bar{\lambda}$: là độ mảnh quy ước của cấu kiện;
+ α và β là các hệ số, lấy theo Bảng 7 phụ thuộc vào loại tiết diện cấu kiện

$$\Rightarrow \varphi = \frac{0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \times \bar{\lambda}^2})}{\bar{\lambda}^2} = \frac{0,5(39,48 - \sqrt{39,48^2 - 39,48 \times 4,83^2})}{4,83^2} = 0,3$$

$$\Rightarrow \frac{N}{\varphi \times A_n \times f_{yd} \times \gamma_c} = \frac{174,36}{0,3 \times 4,12 \times 10^{-3} \times 223\,809 \times 0,75} = 0,84 < 1$$

=> Thanh xiên ổn định khi chịu nén



2L125x90x10 TL: 1/10

5.3.5 Thiết kế giàn thép thanh xiên chính

a. Thông số tiết diện và vật liệu

Vật liệu sử dụng:	S235
-Modun đàn hồi:	E= 206 000 000 KN/m^2

-Giới hạn chảy:	f_y= 235 000 KN/m^2
-Giới hạn bền:	f_u= 360 000 KN/m^2
-Hệ số điều kiện làm việc:	γ_c = 1,05
-Hệ số tin cậy của vật liệu:	γ_m= 1,05
-Hệ số tin cậy – giới hạn bền:	γ_u = 1,05
-Cường độ tính toán- giới hạn chảy:	f_{yd} = 223 809 KN/m^2
-Cường độ tính toán- giới hạn bền:	f_{ud} = 342 857 KN/m^2
-Cường độn tính toán – giới hạn trượt:	f_{ws} =162 000 KN/m^2

b. Kích thước tiết diện

- Chiều rộng cánh lớn	A= 80 mm
- Chiều rộng cánh nhỏ	B = 80 mm
- Chiều dày cánh	T = 2,5 mm

c. Các đặc trưng về hình học

- Diện tích hình học	A= 775 mm²
Bán kính quán tính / Phương chính:	i_x = 31,85 mm
Bán kính quán tính / Phương phụ:	i_y = 31,85 mm

d.Nội lực thiết kết

Tên cấu kiện	Nội lực thiết kế giàn		
91	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)
	Kéo,Nén	45.45	-1.21
92	Trạng thái	N^+_{max}(kN)	N^-_{max}(kN)
	Kéo,Nén	25.52	-9.74

Theo 10.1.1 TCVN 5575:2024 chiều dài tính toán của thanh cánh trong mặt phẳng lấy bằng chiều dài hình học của thanh:

$$L_{ef} = L = 4534 \text{ mm}$$

Chiều dài tính toán của thanh cánh ngoài mặt phẳng lấy bằng khoảng cách giữa các nút có liên kết chặn chuyển vị ngoài mặt phẳng bởi các thanh giằng dọc:

$$L_{ef,1} = L_1 = 4534 \text{ mm}$$

Độ mảnh theo phương x:

$$\bar{\lambda}_x = \frac{L_{ef}}{i_x} = \frac{4534}{31,85} = 142,35$$

Độ mảnh theo phương y:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{ef,1}}{i_y} = \frac{4534}{31,85} = 142,35$$

Trong đó:

+ L_{ef} :chiều dài tính toán trong mặt phẳng của thanh giàn;
+ $L_{ef,1}$:chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng của thanh giàn;
+ i_x :bán kính quán tính theo phương X;
+ i_y :bán kính quán tính theo phương Y;

Tỉ lệ độ mảnh theo phương chính và phương phụ:

$$\frac{\overline{\lambda_y}}{\overline{\lambda_x}} = \frac{142,35}{142,35} = 1$$

=> Tiết diện hợp lý

Độ mảnh quy ước của cấu kiện:

$$\bar{\lambda} = \overline{\lambda_x} \times \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} = 142,35 \times \sqrt{\frac{223,809}{206000}} = 4,78$$

+)Kiểm tra độ bền

Theo mục 7.1.2.1 TCVN 5574: độ bền của cấu kiện thép S235, chịu kéo hoặc nén đúng tâm dưới tác dụng lực dọc N được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{A_n \times f_{yd} \times \gamma_c} = \frac{45,45}{7,75 \times 10^{-4} \times 223\,809 \times 0,75} = 0,35 < 1$$

Trong đó:

+ N :là giá trị lực dọc lớn nhất;
+ A_n : diện tích thực của cấu kiện;
+ γ_c: hệ số điều kiện làm việc của thanh chịu nén.

+)Kiểm tra ổn định của thanh chịu nén

Theo mục 7.1.1.1 TCVN 5574: ổn định của thanh chịu nén của cấu kiện thép S235, chịu kéo hoặc nén đúng tâm dưới tác dụng lực dọc N được tính toán theo công thức:

$$\frac{N}{\varphi \times A_n \times f_{yd} \times \gamma_c} < 1$$

Trong đó:

+ N :là giá trị lực nén lớn nhất;
+ A_n : diện tích thực của cấu kiện;
+ γ_c: hệ số điều kiện làm việc của thanh chịu nén;
+ φ : hệ số ổn định khi nén đúng tâm.

Xác định hệ số ổn định khi nén đúng tâm φ:

$$\varphi = \frac{0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \times \bar{\lambda}^2})}{\bar{\lambda}^2}$$

Với δ được xác định theo công thức:

$$\delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \times \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2 = 9,87(1 - 0,04 + 0,14 \times 4,78) + 4,78^2 = 38,92$$

Trong đó:

+ $\bar{\lambda}$: là độ mảnh quy ước của cấu kiện;

+ α và β là các hệ số, lấy theo Bảng 7 phụ thuộc vào loại tiết diện cấu kiện

$$\Rightarrow \varphi = \frac{0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \times \bar{\lambda}^2})}{\bar{\lambda}^2} = \frac{0,5(38,92 - \sqrt{38,92^2 - 39,48 \times 4,78^2})}{4,78^2} = 0,31$$

$$\Rightarrow \frac{N}{\varphi \times A_n \times f_{yd} \times \gamma_c} = \frac{9,74}{0,31 \times 7,75 \times 10^{-4} \times 223\,809 \times 0,75} = 0,24 < 1$$

5.4 THIẾT LIÊN KẾT

Bao gồm các mối nối:
+ Dầm – Cột: Tại vị trí đỉnh cột biên, đỉnh cột giữa,
+ Dầm – Dầm: Do khả năng chuyên chở cho phép là modul 12m nên những dầm dài quá 12m thì sẽ thực hiện mối nối. Ngoài ra để tiết kiệm vật liệu, đảm bảo cấu kiện hoạt động tối ưu thì tiết diện sẽ thay đổi và mối nối sẽ thực hiện đảm bảo điều kiện chuyên chở và điều kiện tính toán mối nối dễ dàng (vị trí nội lực ít nguy hiểm).
(Theo mục 6.5, CVN 5575 – 2024)- Chọn bu lông liên kết: Bu lông cường độ cao, cấp độ bền 8.8 , cấp chính xác A, đường kính M27 có thông số kĩ thuật:

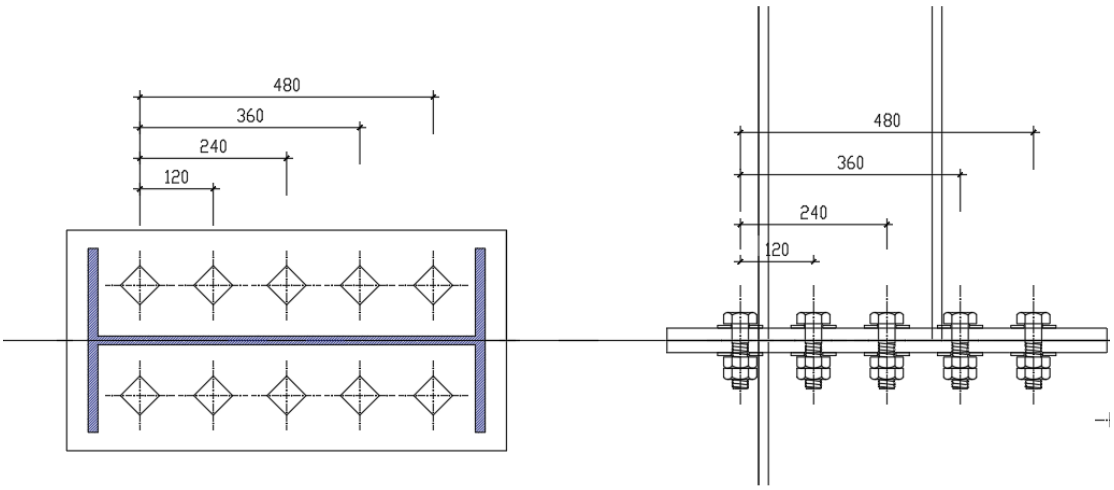
Ký hiệu	Thông số	Đơn vị
f_{ub}	830 000	KN/m^2
f_{yb}	660 000	KN/m^2
f_{vb}	332 000	KN/m^2
f_{tb}	448 000	KN/m^2
f_{cb}	560 000	KN/m^2

5.4.1 Liên kết cột trên với cột dưới

+) Tính toán bu lông liến kết
Cặp nội lực dùng để tính toán liên kết là cặp nội lực gây kéo nhiều nhất cho các con bu lông tại tiết diện đỉnh cột:
M_{max} = 262,04 kNm ; N_{tu} = -567,79 kN ; V= -66,14 kN

Theo mục 14.2.12 TCVN 5575 – 2024, Khi liên kết bu lông chịu tác dụng đồng thời của lực dọc và mô men trong một mặt phẳng và gây trượt các cấu kiện được liên kết thì các bu long được kiểm tra theo hợp lực của các nội lực thành phần.

Lực kéo tác dụng vào dãy bu lông ngoài cùng do mô men phân vào: (dựa theo hình dạng mô men, ta xác định tâm quay ở hàng bu lông ngoài cùng bên trái).



Khả năng chịu kéo của 1 bu lông:

$$[N]_{tb} = f_{tb} \text{ x } A_{bn} \text{ x } \gamma_c = 448\,000 \text{ x } 4{,}59 \text{ x } 10^{-4} \text{ x } 0{,}9 = 185{,}07 \text{ (kN)}$$

Khả năng chịu kéo của 1 bu lông:

$$[N]_{vb} = f_{vb} \text{ x } A_b \text{ x } \gamma_c = 332\,000 \text{ x } 4{,}59 \text{ x } 10^{-4} \text{ x } 0{,}9 = 137{,}15 \text{ (kN)}$$

Trong đó;

+f_{tb} : cường độ chịu kéo tính toán của liên kết bu lông;

+f_{vb} : cường độ chịu kéo tính toán của liên kết bu lông;

+A_{bn} : diện tích thực của bu lông;

+A_b : diện tích nguyên của bu lông.

Kiểm tra khả năng chịu kéo của bu lông:

$$N_t = \frac{M \text{ x } h}{2\sum h \text{ x } i^2} + \frac{N}{n} = \frac{262{,}04 \text{ x } 0{,}48}{2(0{,}12^2 + 0{,}24^2 + 0{,}36^2 + 0{,}48^2)} + \frac{-567{,}79}{10} = 88{,}79 \text{ (kN)}$$

$< [N]_{vb}$

Kiểm tra khả năng chịu cắt của bu lông:

$$N_v = \frac{V}{n} = \frac{66{,}14}{10} = 6{,}614 \text{ (kN)} < [N]_{vb}$$

=> Bu lông đủ khả năng chịu trượt

+) Tính toán mặt bích

Để thuận tiện cho việc gia công tất cả bản bích lấy t = 20 mm

Khả năng chịu ép mặt của bu lông:

$$[N]_{vb} = f_{cb} \text{ x } d_b \text{ x } \Sigma \text{ t x } \gamma_c = 560\,000 \text{ x } 0{,}027 \text{ x } 2 \text{ x } 0{,}9 = 27216 \text{ (kN)} > N_v$$

=> Bu lông đủ khả năng chịu ép mặt

+)Tính toán đường hàn liên kết

Tổng chiều dài tính toán của đường hàn cánh phía bên ngoài:

$$\Sigma l_w = 2 \text{ x } b_f + 2(b_f - t_w) = 2 \text{ x } 300 + 2(300\text{-}14) = 1172 \text{ mm}$$

Lực kéo trong bản cánh ngoài do lực dọc và momen tác dụng:

$$N_k = \frac{N}{2} + \frac{M}{h} = \frac{-567,79}{2} + \frac{262,04}{0,65} = 119,27 \text{ (kN)}$$

Chiều cao đường hàn cần thiết

$$h_f = \frac{N_k}{l_w x (\beta x f_w)_{min} x \gamma_c} = \frac{119,27}{1,172 x(0,7 x 162\,000) x 0,9} = 0,0009 \text{ (m)}$$

=> chọn đường hàn cấu tạo $h_f = 6$ mm

Tổng chiều dài tính toán của đường bụng

$$\Sigma l_w = 2 x b_f + 2(b_f - t_f) = 2 x 300 + 2(300-16) = 1168 \text{ mm}$$

Chiều cao đường hàn cần thiết

$$h_f = \frac{N_k}{l_w x (\beta x f_w)_{min} x \gamma_c} = \frac{119,27}{1,168 x(0,7 x 162\,000) x 0,9} = 0,0009 \text{ (mm)}$$

=> chọn đường hàn cấu tạo $h_f = 6$ mm

5.4.2 Liên kết cột giữa với giàn thép

Theo TCVN 5575:2024 chiều cao đường hàn khi chiề dày cấu kiện ≥11 và ≤16 :

$h_f = 6$mm

Chiều dài đường hàn không được nhỏ hơn $4h_f$ và 40 mm

=> $l_{min} = 4 x 6 = 24$ => l_{min} =40 mm

Chiều dài đường hàn cần thiết cho thanh chịu lực lớn nhất là:

$$l_w = \frac{N_{max}}{h_f x (\beta x f_w)_{min} x \gamma_c} = \frac{263}{0,006 x(0,7 x 162\,000) x 0,9} = 429 \text{ (mm)}$$

Chiều dài đường hàn mỗi cạnh là

$l_{w,n} = 429/4 = 107$ (mm)

Tương tự các thanh còn lại

Tên thanh	N_{max}	Chiều dài đường hàn tính toán	Chiều dài đường hàn
53	120.18	49.06	50
54	120.18	49.06	50
55	238.52	97.37	97.37
56	238.52	97.37	97.37
57	254.82	104.03	104.03
63	84.43	34.46	50
64	202.25	82.56	82.56
65	202.25	82.56	82.56

66	263.44	107.55	107.55
67	263.44	107.55	107.55
73	174.36	71.18	71.18
75	0.48	0.19	50
76	18.49	7.54	50
77	0.48	0.19	50
78	33.05	13.49	50
79	0.48	0.19	50
85	18.43	7.52	50
86	14.53	5.93	50
90	45.58	18.60	50
91	45.45	18.555	50
92	25.52	10.41	50

5.4.3 Liên kết cột trục A

Ta dùng nội lực để tính toán cho bản mã cho chân cột ngàm trục A như sau:
M_{max} = -552,38 kNm; N= -542,77 kN; V = -112,26 kN.
Kích thước bản đế chọn trước theo cấu tạo cột:

$$B_{bd} = b + 2c_1 = 300 + 2 \text{ x } 100 = 500 \text{ mm}$$

Trong đó: c_1 = (5÷10) cm ta chọn c_1 = 10 (cm)

$$L_{bd} = h + 2c_2 + 2t_{dd} = 650 + 120 \text{ x } 2 + 250 \text{ x } 2 = 1390 \text{ mm}$$

Trong đó: c_2 = 120 mm ; t_{dd} = 250 mm

- Kiểm tra điều kiện ép cục bộ bê tông móng:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{b_{bd} \text{ x } l_{bd}} + \frac{6M}{b_{bd} \text{ x } l_{bd}^2} \quad \frac{542,77}{0,5 \text{ x } 1,390} + \frac{6x552,38}{0,5 \text{ x } 1,39^2} = 4211,71 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\sigma_{min} = \frac{N}{b_{bd} \text{ x } l_{bd}} - \frac{6M}{b_{bd} \text{ x } l_{bd}^2} \quad \frac{542,77}{0,5 \text{ x } 1,390} - \frac{6x552,38}{0,5 \text{ x } 1,39^2} = -2649,85 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$=> \sigma_{max}; \sigma_{min} \leq \psi \text{ x } R_{b,loc} = 0,75 \text{ x } 17052 = 12789 \text{ kN/m}^2$$

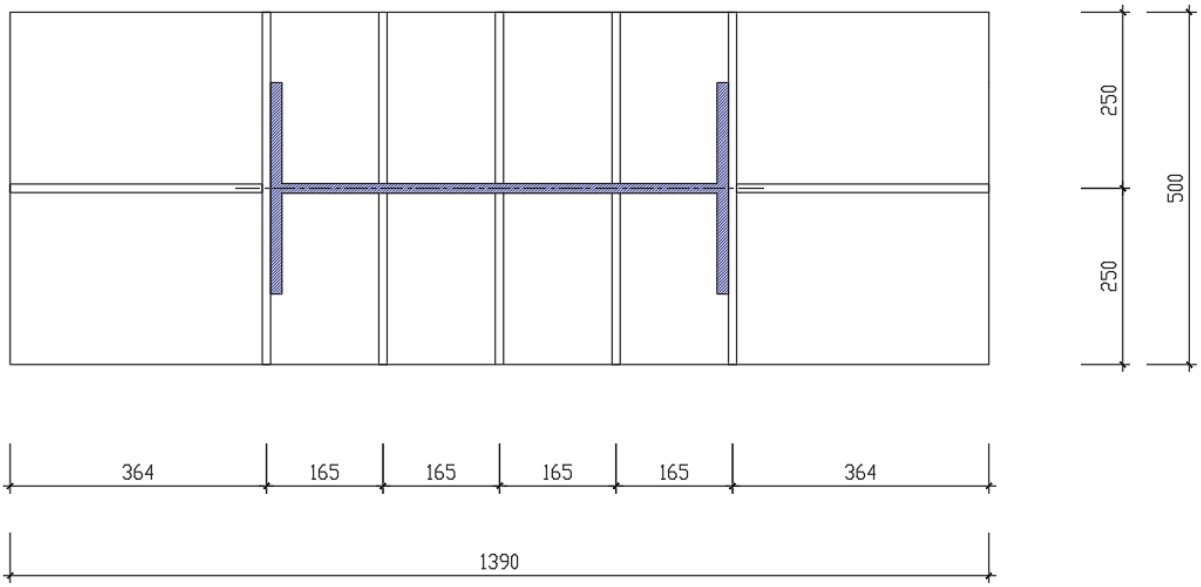
Trong đó:

+ψ : Hệ số bằng 0,75 khi ứng suất trong móng phân bố không đều.

+$R_{b,loc}$ = αxφ$_b$xR_b = 0,98 x 1,2 x 145000 = 17052 kN/m^2

Với $+\alpha=\frac{13,5\times R_{bt}}{R_b}=\frac{13,5\times 1,05}{14,5}=0,98$

$+\varphi_b=\min\left(\sqrt[3]{\frac{A_m}{A_{bd}}};1,5\right)$ Sơ bộ ta lấy φ_b=1,2



+ Xác định bề dày bản đế chân cột:

Bề dày bản đế được xác định điều kiện chịu uốn của bản đế do ứng suất phản lực của bê tông móng:

- Xét các ô bản đế:

+ Ô 3 (ô bản kê 3 cạnh):

a_2 = 165 (mm); b_2 = 250(cm); b_2/a_2 = 1,51

Tra bảng nội suy ta được a_b = 0,130 (Bảng 2.4, trang 36, Thiết kế nhà công nghiệp một tầng một nhịp – TS. Phạm Minh Hà)

$$M=\alpha_b x\sigma_1 x d_1^2=0,130x4211x0,25^2=34,21(kNm)$$

+ Ô 2 (ô bản kê 2 cạnh):

a_2 = 207 (mm); b_2 = 447 (mm); b_2/a_2 = 0,46

Tra bảng nội suy ta được a_b = 0,06

$$M=\alpha_b x\sigma_1 x d_1^2=0.06\times4211\times0,25^2=15,79\ (kNcm)$$

Vậy bề dày của bản đế:

$$t_{bd}=\sqrt{\frac{6\times M_{max}}{f\gamma_c}}=\sqrt{\frac{6\times34,21}{235000\times0,9}}=0,031=31cm$$

Chọn $t_{bd}=40(mm)$

+Tính toán dầm đế:

- Kích thước dầm đế

+ Bề dày : t_{dd} = 12 mm

+ Bề rộng : $b_{dd} = B_{bd}$ = 500 mm

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

- Lực truyền vào một dầm đế như sàn một phương

$$N_{dd}=(0,364+0,83)\times0,500\times2414=1441,16\ (kN)$$

- Theo cấu tạo chọn chiều cao đường hàn liên kết $h_f=10mm$

+ Chiều dài đường hàn:

$$l_w=\frac{N_{dd}}{2\times h_f\times(\beta f_w)_{min}}=\frac{1441,16}{2\times0,01\times0,7x162000x0,9}=0,7(m)=700(mm)$$

→ Chọn chiều cao dầm đế: h_{dd} = 350 (mm)

*** Tính toán sườn A:**

- Sơ đồ tính sườn là dầm công xôn ngàm vào bản bụng cột bằng 2 đường hàn liên kết:

$$q_s = 2\,000 \times (0{,}82x2) = 3\,280\ (kN/m)$$

$$M_s = \frac{q_s \times l_s^2}{2} = \frac{32\,800 \times 0{,}25^2}{2} = 102{,}5(kNm)$$

$$V_s = q_s \times l_s = 32\,800 \times 0{,}25 = 820(kN)$$

- Chọn bề dày sườn $t_s = 12(mm)$. Chiều cao sườn xác định sơ bộ từ điều kiện chịu uốn

$$h_s \geq \sqrt{\frac{6 \times M_s}{t_s \times f \times \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \times 102{,}5}{0{,}012 \times 235000 \times 0{,}9}} = 0{,}492\ (m)$$

Chọn h_s = 500 mm

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

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = \sqrt{\left(\frac{6 \times 102{,}5}{0{,}165 \times 0{,}25^2}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{820}{0{,}165 \times 0{,}25}\right)^2}$$

$$= 68862{,}14(kN/m^2)$$

$$\leq 1{,}15 f\gamma_c = 1{,}15 \times 235\,000 \times 0{,}9 = 243\,255\ (kN/m^2)$$

- Chọn chiều cao đường hàn liên kết sườn A vào bảng bụng cột h_f = 1 (cm)

- Diện tích và mô men chống uốn của đường hàn:

$$A_w = 2h_f(h_s - 0{,}1) = 2 \times 0{,}65 \times (0{,}5 - 0{,}1) = 0{,}52(m^2)$$

$$W_w = 2 \times 0{,}65 \times \frac{(0{,}5 - 0{,}1)^2}{6} = 0{,}034(m^3)$$

- Khả năng chịu lực của đường hàn:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\left(\frac{M_s}{W_w}\right)^2 + \left(\frac{V_s}{A_w}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{102{,}5}{0{,}034}\right)^2 + \left(\frac{820}{0{,}52}\right)^2} = 3402{,}23(kN/m^2)$$

$$< (\beta f_w)_{min}\gamma_c = 0{,}7\ x162\ 000 \times 0{,}9 = 102\ 060\ (kN/m^2)$$

*** Tính toán sườn B:**

- Tương tự như sườn A với bề rộng truyền tải

$$a_s = 1{,}5 \times l_s = 1{,}5 \times 0{,}364 = 0{,}546(cm)$$

$$q_s = 0{,}546 \times 2\ 000 = 1092\ (kN/m)$$

$$M_s = \frac{q_s \times l_s^2}{2} = \frac{1092 \times 0{,}364^2}{2} = 72{,}34(kNcm)$$

$$V_s = q_s \times l_s = 1092\ x\ 0{,}364 = 397{,}48\ (kN)$$

- Chọn bề dày sườn $t_s = 12(mm)$. Chiều cao sườn xác định sơ bộ từ điều kiện chịu uốn

$$h_s \geq \sqrt{\frac{6 \times M_s}{t_s \times f \times \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \times 72{,}34}{0{,}012 \times 235\ 000 \times 0{,}9}} = 0{,}414(m)$$

Chọn h_s = 420 (mm)

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

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = \sqrt{\left(\frac{6 \times 72{,}34}{0{,}012 \times 0{,}42}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{397{,}48}{0{,}012 \times 0{,}42}\right)^2}$$

$$= 242\ 388\ (kN/m^2)$$

$$\leq 1{,}15 f\gamma_c = 1{,}15 \times 235\,000 \times 0{,}9 = 243\,255(kN/cm^2)$$

- Chọn chiều cao đường hàn liên kết sườn B vào bảng bụng cột h_f = 1(cm)

- Diện tích và mô men chống uốn của đường hàn:

$$A_w = 2h_f(h_s - 0{,}1) = 2 \times 0{,}65 \times (0{,}5 - 0{,}1) = 0{,}52(m^2)$$

$$W_w = 2 \times 0{,}65 \times \frac{(0{,}5 - 0{,}1)^2}{6} = 0{,}034(m^3)$$

- Khả năng chịu lực của đường hàn:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\left(\frac{M_s}{W_w}\right)^2 + \left(\frac{V_s}{A_w}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{72{,}34}{0{,}52}\right)^2 + \left(\frac{397{,}48}{0{,}034}\right)^2} = 20\,250(kNm^2)$$

$$< (\beta f_w)_{min}\gamma_c = 0{,}7\ x162\,000 \times 0{,}9 = 102\,060\ (kN/m^2)$$

*** 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 :

M_{max} = -552,38 kNm; N= -542,77 kN; V = -112,26 kN.

- Xác định tâm quay : - Ứng suất cục bộ bê tông móng:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{B_{bd} \times L_{bd}} + \frac{6M}{B_{bd} \times L_{bd}^2} = \frac{542{,}77}{0{,}5 \times 1{,}39} + \frac{6 \times 552{,}38}{0{,}4 \times 1{,}39^2}$$
$$= 5\,069{,}57\ (kN/m^2)$$

$$\sigma_{max} = \frac{N}{B_{bd} \times L_{bd}} - \frac{6M}{B_{bd} \times L_{bd}^2} = \frac{542{,}77}{0{,}5 \times 1{,}39} - \frac{6 \times 552{,}38}{0{,}4 \times 1{,}39^2}$$
$$= -3\,507{,}55\ (kN/m^2)$$

- Chiều dài vùng bê tông chịu nén của bản đế c = 700 (mm)

- Để an toàn ta chọn khoảng cách từ mép bản đế chân cột đến tâm bu lông neo bên trong là 10 (cm), xác định được:

$$a = \frac{L_{bd}}{2} - \frac{c}{3} = \frac{1{,}39}{2} - \frac{0{,}7}{3} = 0{,}461\ (m)$$

$$y = L_{bd} - \frac{c}{3} - 0{,}06 = 1{,}39 - \frac{0{,}7}{3} - 0{,}06 = 1{,}09\ (m)$$

- Tổng lực kéo trong thân các bu lông neo ở một phía chân cột:

$$T_1 = \frac{M - N \times a}{y} = \frac{552{,}38 - 542{,}77 \times 0{,}461}{1{,}09} = 277{,}21\ (kN)$$

- Chọn bu lông neo mác thép 5,6 có $f_{ba} = 210\,000\ (kN/m^2)$

- Diện tích cần thiết của 1 bu lông neo:

$$A_{ba}^{yc} = \frac{T_1}{n_1 f_{ba}} = \frac{277{,}21}{12 \times 210\,000} = 1{,}1\ (m^2) = 110{,}00\ mm^2$$

- Chọn bu lông neo M16 có diện tích 1 bulông là $A_{bn} = 1577{,}00\ mm^2$

- Kiểm tra khả năng chịu cắt của bu lông

Ta sử dụng V_{max} trong trường hợp này để kiểm tra khả năng chịu cắt của bu lông

$$N_{vb} = \frac{V}{4} = \frac{112{,}26}{4} = 28{,}065\ (kN)$$

- Khả năng chịu cắt của một bu lông:

$$[N]_{vb} = f_{vb} \times \gamma_b \times A \times = 210\,000 \text{ x } 0{,}9 \text{ x} 1{,}577 \text{ x } 10^{-3} = 298{,}053\ (kN/m^2)$$

- Khả năng chịu ép mặt của một bu lông

$$[N]_{cb} = f_{vb} \times \gamma_b \times d \times \sum t = 670\,000 \times 1 \times 1 \times 1{,}577\,x10^{-3} \times 0{,}04$$
$$= 42263{,}6(kN)$$

$\rightarrow N_{vb} =\leq min([N]_{vb}, [N]_{cb}) =\rightarrow$ Thỏa

*** 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 mômen 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.

- Chiều cao đường hàn liên kết ở bản bụng cột:

$$h_f^{yc} = \frac{V}{\sum^{\Sigma} l_w (\beta f_w)_{min} \gamma_c} = \frac{635.7}{191.2 \times 17.82} = 0.18\ cm$$

→ Chọn chiều cao đường hàn liên kết cột vào bản đế h_f = 0,6 (cm)

5.4.4 Liên kết cột dưới với dầm vai

+) Tính toán bu lông liến kết

Cặp nội lực dùng để tính toán liên kết là cặp nội lực gây kéo nhiều nhất cho các con bu lông tại tiết diện đỉnh cột:

M_{max} = -315,63, V_{max} = -457,27

Theo mục 14.2.12 TCVN 5575 – 2024, Khi liên kết bu lông chịu tác dụng đồng thời của lực dọc và mô men trong một mặt phẳng và gây trượt các cấu kiện được liên kết thì các bu long được kiểm tra theo hợp lực của các nội lực thành phần.

Lực kéo tác dụng vào dãy bu lông ngoài cùng do mô men phân vào: (dựa theo hình dạng mô men, ta xác định tâm quay ở hàng bu lông ngoài cùng bên trái).

Khả năng chịu kéo của 1 bu lông:

$[N]_{tb} = f_{tb} \times A_{bn} \times \gamma_c = 448\,000 \times 4{,}59 \times 10^{-4} \times 0{,}9 = 185{,}07$ (kN)

Khả năng chịu kéo của 1 bu lông:

$[N]_{vb} = f_{vb} \times A_b \times \gamma_c = 332\,000 \times 4{,}59 \times 10^{-4} \times 0{,}9 = 137{,}15$ (kN)

Trong đó;

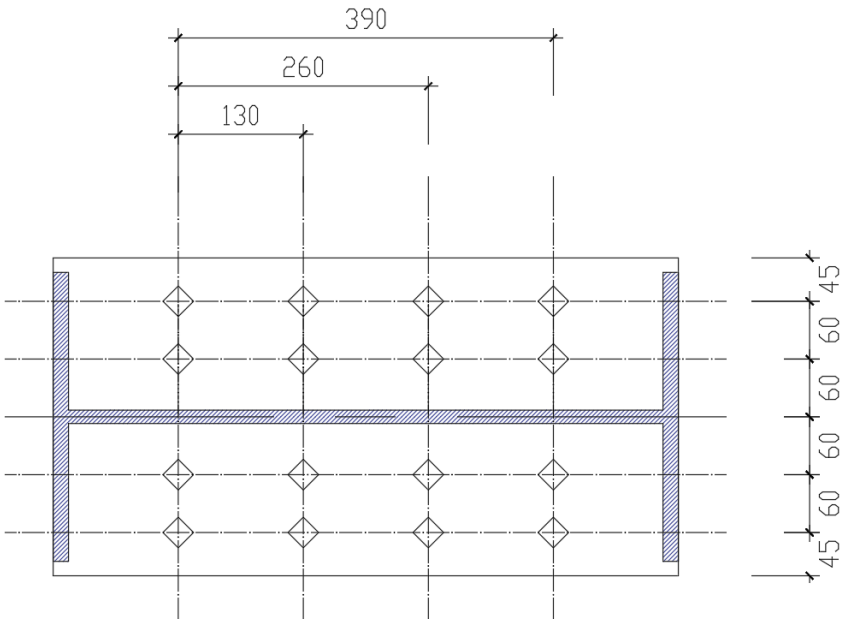
+f_{tb} : cường độ chịu kéo tính toán của liên kết bu lông;

+f_{vb} : cường độ chịu kéo tính toán của liên kết bu lông;

+A_{bn} : diện tích thực của bu lông;

+A_b : diện tích nguyên của bu lông.

Kiểm tra khả năng chịu kéo của bu lông:



$$N_t = \frac{M \text{ x } h}{2\sum h \text{ x } i^2} + \frac{N}{n} = \frac{315{,}63 \text{ x } 0{,}39}{4(0{,}13^2 + 0{,}26^2 + 0{,}39^2)} = 124{,}6(kN) < [N]_{vb}$$

Kiểm tra khả năng chịu cắt của bu lông:

$$N_v = \frac{V}{n} = \frac{457{,}27}{16} = 28{,}57 \text{ (kN)} < [N]_{vb}$$

=> Bu lông đủ khả năng chịu trượt

+) Tính toán mặt bích

Để thuận tiện cho việc gia công tất cả bản bích lấy t = 20 mm

Khả năng chịu ép mặt của bu lông:

$$[N]_{vb} = f_{cb} \text{ x } d_b \text{ x } \Sigma t \text{ x } \gamma_c = 560\,000 \text{ x } 0{,}027 \text{ x } 2 \text{ x } 0{,}9 = 27216 \text{ (kN)} > N_v$$

=> Bu lông đủ khả năng chịu ép mặt

+)Tính toán đường hàn liên kết

Tổng chiều dài tính toán của đường hàn cánh phía bên ngoài:

$$\Sigma l_w = 2 \text{ x } b_f + 2(b_f - t_w) = 2 \text{ x } 300 + 2(300\text{-}14) = 1172 \text{ mm}$$

Lực kéo trong bản cánh ngoài do lực dọc và momen tác dụng:

$$N_k = \frac{N}{2} + \frac{M}{h} = \frac{315{,}63}{0{,}65} = 485{,}6 \text{ (kN)}$$

Chiều cao đường hàn cần thiết

$$h_f = \frac{N_k}{l_w x (\beta x f_w)_{min} x \gamma_c} = \frac{485,6}{1,172 x(0,7 x 162\,000) x 0,9} = 0,004 \text{ (m)}$$

=> chọn đường hàn cấu tạo $h_f = 6$ mm

Tổng chiều dài tính toán của đường bụng

$$\Sigma l_w = 2 x b_f + 2(b_f - t_f) = 2 x 300 + 2(300-16) = 1168 \text{ mm}$$

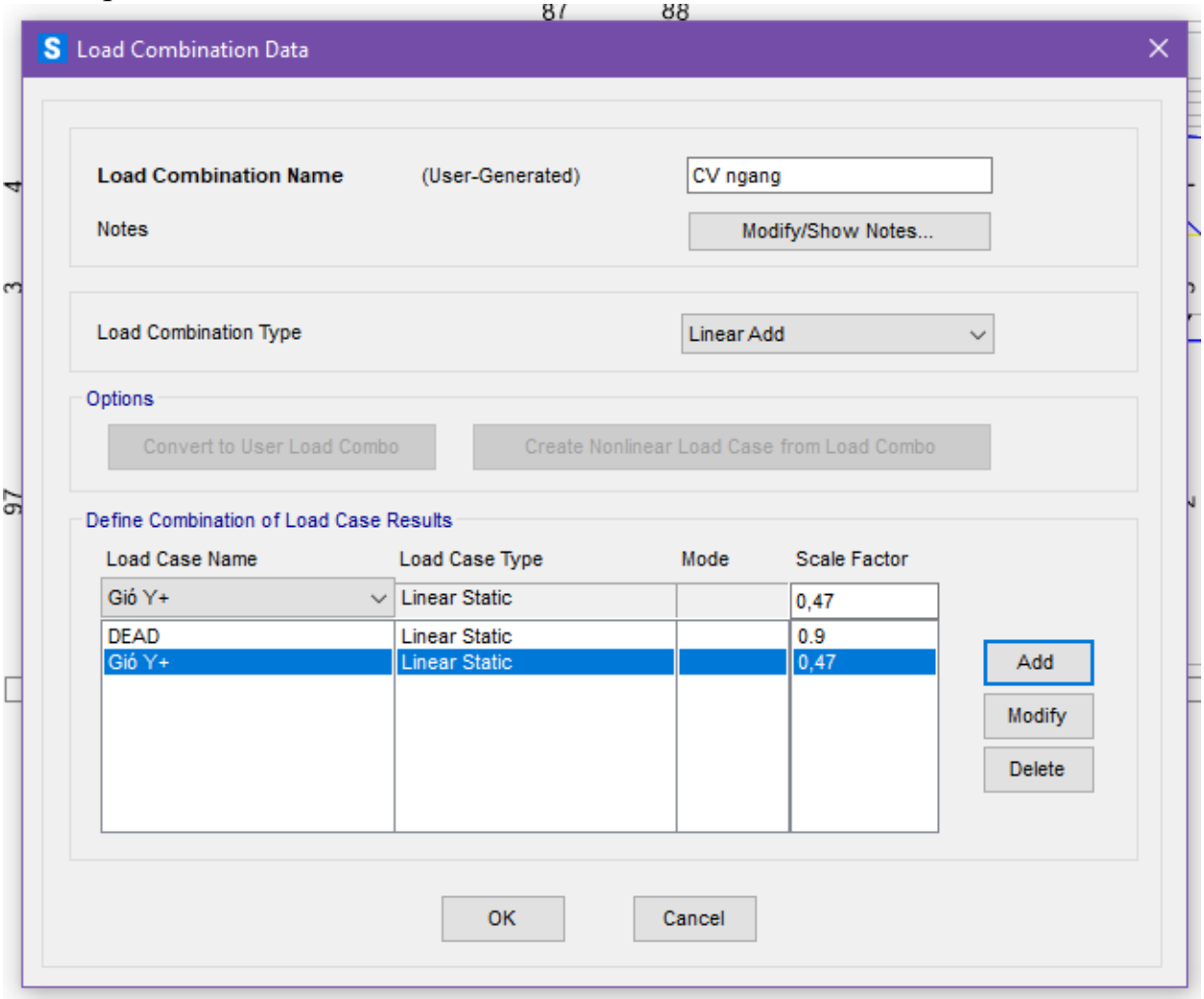
Chiều cao đường hàn cần thiết

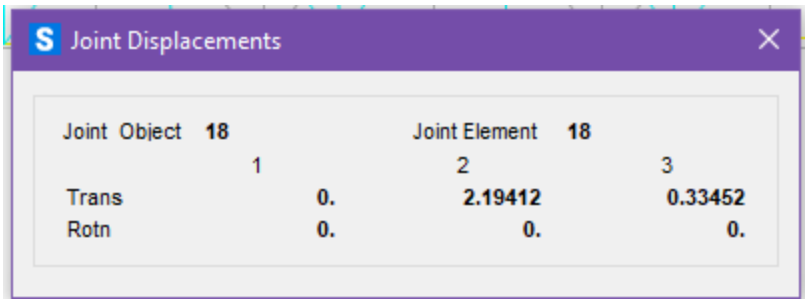
$$h_f = \frac{N_k}{l_w x (\beta x f_w)_{min} x \gamma_c} = \frac{485,6}{1,168 x(0,7 x 162\,000) x 0,9} = 0,004 \text{ (m)}$$

=> chọn đường hàn cấu tạo $h_f = 6$ mm

5.6 KIỂM TRA CHUYỂN VỊ ĐỈNH

Kiểm tra chuyển vị đỉnh bằng tổ hợp tỉnh tải và hoạt tải gió tiêu chuẩn bằng phần mền sap2000



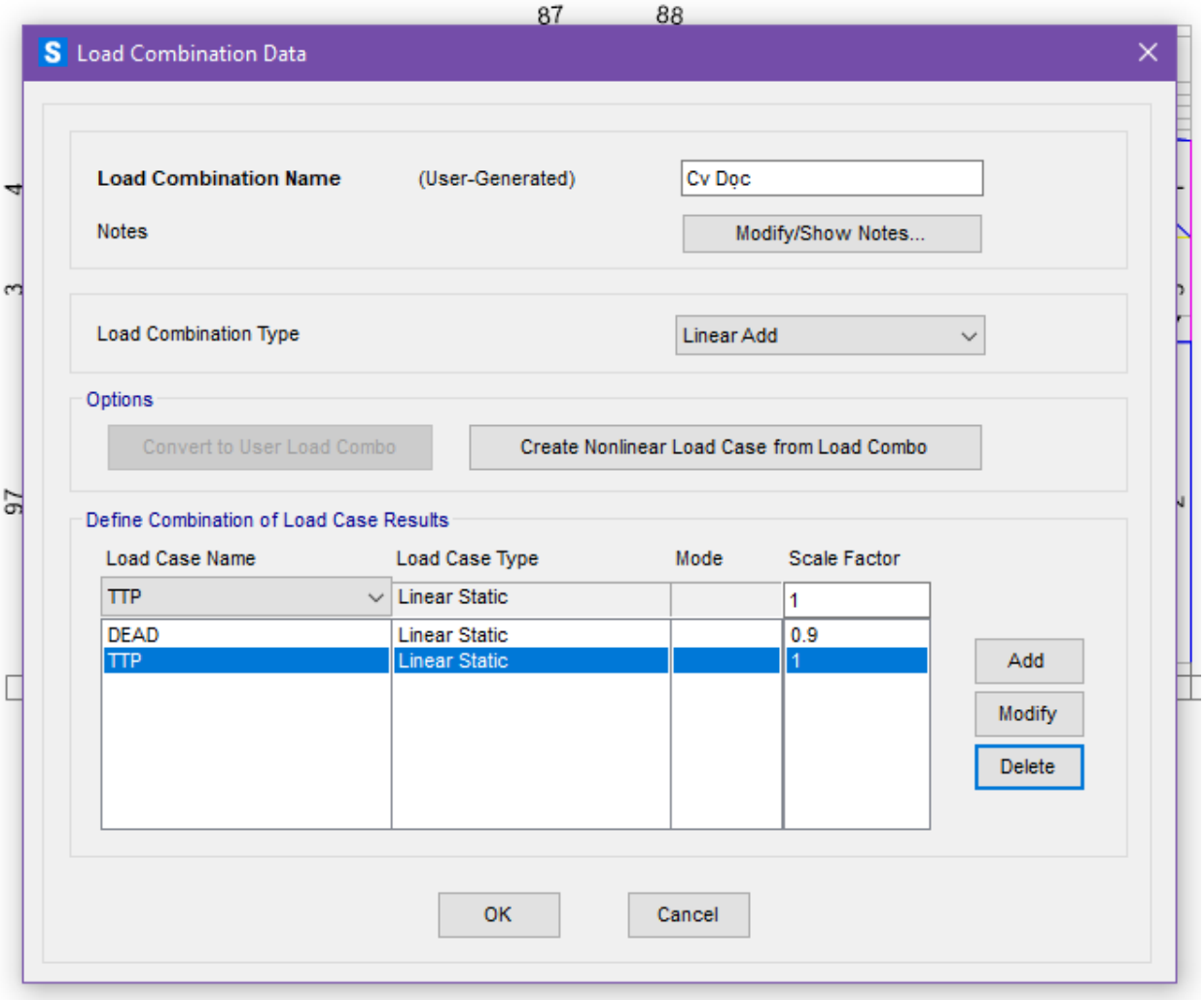


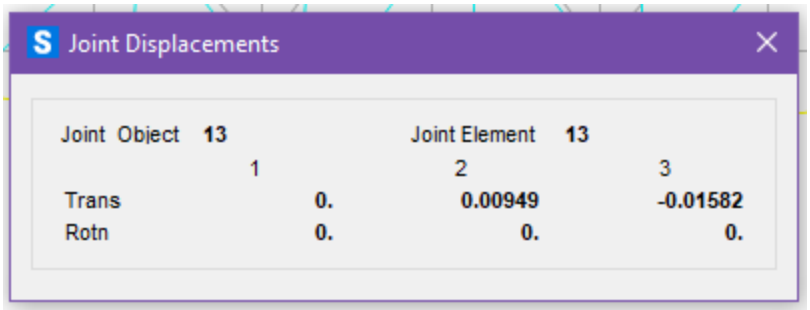
U_1	U_2	U_3
0	2,194	0,334

-Kiểm tra chuyển vị ngang $\Delta = 2{,}19\text{mm} < \frac{H}{100} = \frac{16500}{100} = 165$ mm

5.7 KIỂM TRA ĐỘ VÕNG

Kiểm tra chuyển vị đỉnh bằng tổ hợp tỉnh tải và hoạt tải tiêu chuẩn tiêu chuẩn bằng phần mền sap2000





U_1	U_2	U_3
0	0,00949	-0,01582

-Kiểm độ võng của dầm $\Delta = 0{,}0009\text{mm} < \frac{L}{250} = \frac{30000}{250} = 120$ mm