

VÍ DỤ 1 : THIẾT KẾ TRỤ CẦU

1. SỐ LIỆU THIẾT KẾ

Thiết kế trụ thân cột đỡ kết cấu nhịp dầm BTCT DƯỠNG giản đơn $L=33,35\text{m}$. Tải trọng thiết kế HL – 93, cầu 3 làn xe, chiều rộng toàn cầu $W = 12,2\text{m}$,

Chiều rộng phần xe chạy 11m

Vận tốc gió $V=180\text{ km/h}$.

Vận tốc dòng chảy $V= 1,5\text{ m/s}$

Móng trên đất sỏi sạn chặt. Trọng lượng riêng đất $\gamma=1900\text{ KG/m}^3$, góc ma sát trong $\varphi = 32^\circ$.

Sông không thông thuyền. Cầu không tính với tải trọng động đất .

Kích thước trụ xem hình 1.

2. TẢI TRỌNG

2.1 Tĩnh tải (DC)

a/ Do kết cấu nhịp

	Nhịp trái	Nhịp phải	Đơn vị
Chiều dài nhịp toàn bộ $L=$	33.35	33.35	m
Chiều dài nhịp tính toán $L_{tt}=$	32.50	32.5	m
Khoảng cách từ tim gối đến tim trụ	0.425	0.425	m
Trọng lượng của 5 dầm I đúc sẵn	1509.5	1509.5	KN
Ván khuôn để đúc bản	209.4	209.4	KN
Bản mặt cầu	981.5	981.5	KN
Dầm ngang đầu	87.9	87.9	KN
Dầm ngang giữa	65.9	65.9	KN
Lan can (0.4 KN/ m 1 bên)	13.3	13.3	KN
Gờ chắn (8.22KN/m 1 bên)	274.1	274.1	KN
Tổng cộng	3141.7	3141.7	KN
Tổng tải trọng thẳng đứng	$P_{\text{tổng}} = 6283 \text{ KN}$		
Mômen dọc cầu	$M = 0$		

b/ Trọng lượng trụ

Tấm kê gối	62.8	KN
Khối chặn dầm	34.3	KN
Mũ trụ	672.1	KN
Phần thân cột		
Đường kính cột	1.5	m
Diện tích 2 cột, A	3.533	m ²
Chiều cao cột, h	8.000	m
Khối lượng cột, A, h	28.260	m ³
Trọng lượng cột = $28.26 \times 2.5 \times 9.81 = 693.1 \text{ KN}$		
Phần thân đặc		
Chiều rộng	2.000	m
Chiều dài	7.500	m
Diện tích thân, A	14.140	m
Chiều cao thân trụ, h	5.258	m
Khối lượng A, h	74.348	m ³
Trọng lượng thân = 1823.4 KN		
Móng		
Chiều rộng móng	5.000	m
Chiều dài móng (ngang cầu)	9.000	m
Chiều cao móng	2.000	m
Khối lượng giảm do độ vát	- 6.75	m ³
Khối lượng móng	83.25	m ³
Trọng lượng móng	2042	KN
Tổng trọng lượng trụ	5327 KN	

2.2/ Trọng lượng đất trên trụ:

$\gamma = 1800 \text{ Kg/ m}^3$	
Chiều cao khối đất trên móng	4.00 m
Chiều dài	9.00 m
Chiều rộng	5.00 m
Diện tích thân trụ	$2 \times 14.14 \text{ m}^2$
Khối lượng đất	$68.47 \text{ m}^3 = 68.5 \text{ m}^3$
Trọng lượng đất	$68.5 \times 1.8 \times 9.81 = 1210 \text{ KN}$

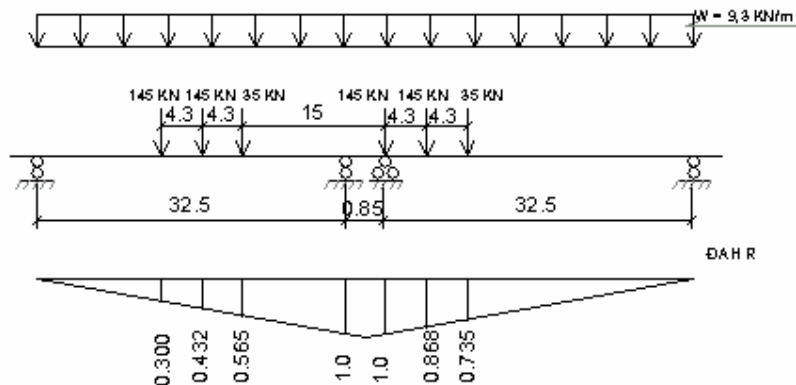
2.3/ Tính tải do lớp phủ mặt cầu

Chiều dày lớp phủ	0.074
Trọng lượng lớp phủ	
Nhịp trái	306.3 KN
Nhịp phải	306.3 K
Cộng	612.6 KN = 613 KN

2.4/ Hoạt tải

a/ Xe tải kết hợp với tải trọng làn LL_1 (A.3.6.1.3.1)

Với 1 làn, xếp mỗi nhịp 1 xe tải, khoảng cách tối thiểu giữa 2 xe là 15 m. kết hợp với tải trọng làn $W = 9.3 \text{ KN/m}$ (hình ...2)



Hình 2 : Xe tải và tải trọng làn trên nhịp

Phản lực gối trên một làn	nhịp trái	nhịp phải
Do xe tải	126 KN	297 KN
Do tải trọng làn	155.1 KN	155.1 KN

❖ Lấy 90% phản lực gối lớn nhất do xếp tải trên cả hai nhịp (A3.6.1.3)

❖ Hệ số triết giảm làn xe: đối với 3 làn là 0.85 (A.3.6.1.1.2)

Phản lực gối nhịp trái

$$P_{\text{trái}} = 0.9 \times (126 + 155.1) \times 0.85 \times 3 = 645.12 \text{ KN}$$

Phản lực gối nhịp phải

$$P_{\text{phải}} = 0.9 \times (297 + 155.1) \times 0.85 \times 3 = 1037.57 \text{ KN}$$

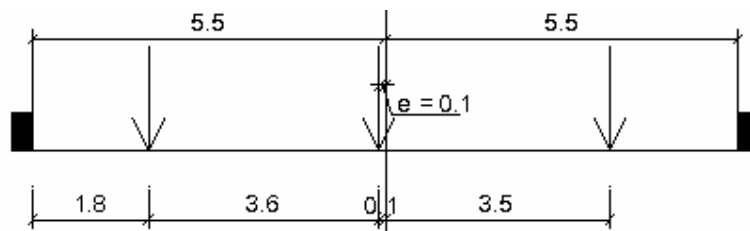
Tổng lực thẳng đứng do hoạt tải

$$P = 645.12 + 1037.57 = 1683 \text{ KN}$$

Mômen theo phương dọc cầu về phía nhịp phải

$$M_d = (1037.57 \times 0.425) - (645.12 \times 0.425) = 168 \text{ KNm}$$

Chiều rộng phân xe chạy $B=11\text{m}$, chiều rộng thiết kế một làn xe 3.6 m. Theo phương ngang cầu, các xe có thể xếp lệch tâm như sau (hình 3)

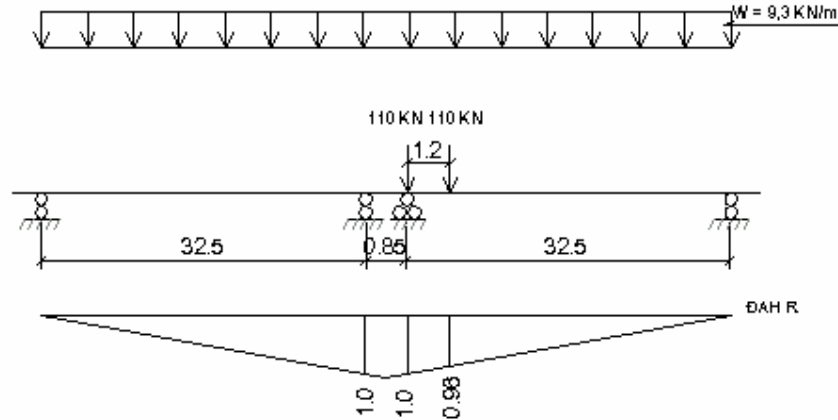


Hình 3

Độ lệch tâm e theo phương ngang cầu
 $e = 0.1 \text{ m}$

Mômen theo phương ngang
 $M_n = 168.3 \text{ KN.m}$

b/ Xe đặc biệt kết hợp với tải trọng làn LL_2 (Hình 4)



Hình4 : Xe đặc biệt và tải trọng làn trên nhịp

Phản lực gối bên phải do một làn xe

$$P = (1 + 0.96) \times 110 = 215.6 \text{ KN}$$

Phản lực gối do tải trọng làn (1 làn)

Bên trái 155 KN

Bên phải 155 KN

Phản lực gối do xe đặc biệt, kết hợp với tải trọng làn (3 làn xe, hệ số triết giảm 0.85)

Bên trái $155 \times 3 \times 0.85 = 395.25 \text{ KN}$

Bên phải $(155 \times 3 \times 0.85) + (215.6 \times 3 \times 0.85) = 945 \text{ KN}$

Phản lực thẳng đứng do hoạt tải

$$P = 395.25 + 945 = 1340 \text{ KN}$$

Mô men theo phương dọc cầu

$$M_d = 549.78 \times 0.425 = 234 \text{ KNm}$$

Độ lệch tâm e theo ngang cầu 0.1 m

Mô men theo phương ngang cầu

$$M_n = 1340 \times 0.1 = 134 \text{ KN.m}$$

2.5/ Lực hãm (BR)

Cầu được thiết kế với 3 làn xe, lực hãm tính cho 2 làn chạy cùng một chiều. Lực hãm tính bằng 25% trọng lượng xe thiết kế, có tính hệ số làn xe bằng 1. Gối cố định chịu 100% lực hãm

$$BR = 0.25 \times 2 \times (145 \times 2 + 35) = 162.5 \text{ KN}$$

Tác dụng tại cao độ gối cầu (khi tính trụ) $e = 17.17 \text{ m}$

2.6/ Tải trọng gió trên kết cấu (W.S) Điều 3.8

2.6.1/ Tải trọng gió theo phương ngang cầu (hình5)

$$h_1 = 2.8 \text{ m}$$

$$h_2 = 0.5 \text{ m}$$

$$h_3 = 1.4 \text{ m}$$

$$h_4 = 8.0 \text{ m}$$

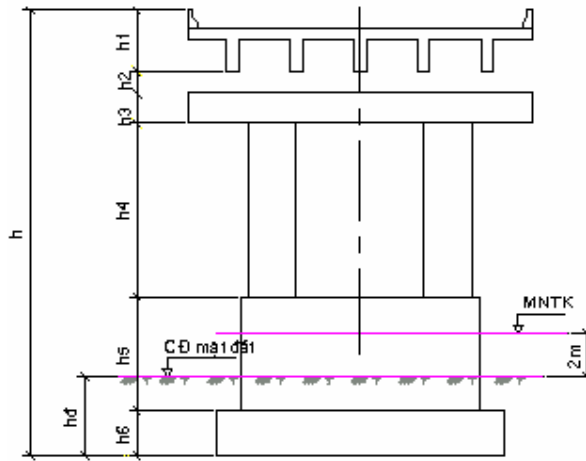
$$h_5 = 5.26 \text{ m}$$

$$h_6 = 2.0 \text{ m}$$

$$h = 19.97 \text{ m (tính đến đáy móng)}$$

Chiều cao trụ dưới mặt đất $h_d = 4 \text{ m}$

Chiều cao từ đáy móng đến mực nước thiết kế (MNTK) là 6m



Hình 5

2.6.1.1/ Tải trọng gió tác dụng lên kết cấu nhịp WS_1

Vận tốc gió 180 Km/h tại cao độ cách mặt đất 10m

$$V_{10} = 180 \text{ Km/h}$$

$$V_b = 160 \text{ Km/h (điều 3.8)}$$

$$Z = 19.97 - 6 = 13.97 \text{ m} = 13970 \text{ mm}$$

$$V_0 = 13.2 \text{ Km/h (tra bảng A.3.8.1.1 với địa hình trống trải)}$$

$$Z_0 = 70 \text{ mm (tra bảng A.3.8.1.1)}$$

Nếu $Z > 10000 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} V_{dz} &= 2.5 \times V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_b} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \\ &= 2.5 \times 13.2 \left(\frac{180}{160} \right) \ln \left(\frac{13970}{70} \right) = 197.6 \text{ Km/h} \end{aligned}$$

áp lực gió tác dụng lên kết cấu nhịp (A.3.8.1.2)

$$P_d = P_b \left(\frac{V_{dz}}{V_b} \right)^2$$

P_b : áp lực gió cơ bản, đối với dầm, tra bảng A.3.8.1.2.2-1

$$P_b = 0.0024 \text{ MPa} = 2.4 \text{ KPa}$$

$$P_d = 2.4 \times \left(\frac{197.6}{160} \right)^2 = 3.69 \text{ KPa} = 3.69 \text{ KN/m}^2$$

Lực gió tác dụng lên dầm (cao 2.8m, dài 33.25m)

$$WS_1 = 3.69 \times 2.8 \times 33.25 = 343.5 \text{ KN}$$

Lực đặt cách đáy móng hs_1

$$hs_1 = 19.97 - 1.4 = 18.57 \approx 18.6 \text{ m}$$

2.6.1.2/ Lực gió WS tác dụng lên trụ

a/ Lực gió tác dụng lên mu trụ WS_2

Khoảng cách từ mũ trụ đến mực nước z

$$Z = 13.97 - (2.8 + 0.51) = 10.66 \text{ m} = 10660 \text{ mm}$$

$$V_0 = 13.2 \text{ Km/h}$$

$$Z_0 = 70 \text{ mm}$$

$$V_{dz} = 2.5xV_0 \left(\frac{V_{10}}{V_b} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) = 2.5x13.2x \left(\frac{180}{160} \right) \ln \left(\frac{10660}{70} \right) = 187.6 \text{ Km/h}$$

áp lực gió tác dụng lên trụ

$$P_d = P_b \left(\frac{V_{dz}}{V_b} \right)^2$$

Trong đó: $P_b = 0.0019 \text{ MPa} = 1.9 \text{ KPa}$ (bảng A. 3.8.1.2.2-1)

$$P_d = 1.9 \left(\frac{187.6}{160} \right)^2 = 2.6 \text{ KPa}$$

Lực gió trên mũ trụ (cao 1.4m, rộng 2m)

$$WS_2 = 2.6x1.4x2 = 7.3 \text{ KN}$$

Lực đặt cách đáy móng hs_2

$$hs_2 = 19.97 - (2.8 + 0.51 + 0.7) = 15.96 \text{ m}$$

b/ Lực gió tác dụng lên cột trụ

$$Z = 13.67 - (2.8 + 0.51 + 1.4) = 9.26 \text{ m} = 9260 \text{ mm}$$

Khi $Z < 10000 \text{ mm}$ lấy $V_{dz} = 180 \text{ Km/h}$

❖ áp lực gió lên trụ $P_b = 1.9 \text{ KPa}$ (tra bảng A.3.8.1.2.2-1)

$$P_d = P_b \left(\frac{V_{dz}}{V_b} \right)^2 = 1.9 \left(\frac{180}{160} \right)^2 = 2.43 \text{ KPa}$$

Lực gió trên cột (cao 8m, rộng 1.5m)

$$WS_3 = 2.43x8x1.5 = 29 \text{ KN}$$

tác dụng tại trọng tâm cột, cách đáy móng hs_3

$$hs_3 = 19.97 - (2.8 + 0.51 + 1.4 + 4) = 11.26 \text{ m}$$

c/ Lực gió tác dụng lên phần thân trụ (trên MNTK)

$$Z = 1.26 \text{ m}$$

$$P_d = 2.43 \text{ KPa (xem (b))}$$

Lực gió trên thân trụ (cao 1.26m, rộng 2m)

$$WS_4 = 2.43x1.26x2 = 6 \text{ KN}$$

tác dụng cách đáy móng hs_4

$$hs_4 = \frac{1.26}{2} + 6 = 6.63 \text{ m}$$

2.7/ Tải trọng gió tác dụng lên xe cộ WL

❖ Tải trọng gió theo phương ngang cầu có cường độ $1.46 \text{ N/mm} = 1.46 \text{ KN/m}$, chiều dài nhịp 33.35 m

$$\text{Lực gió} \quad WL = 1.46x33.35 = 48.6 \approx 49 \text{ KN}$$

Điểm tác dụng cách mặt cầu 1.8 m , cách đáy móng $19.03 + 1.8 = 20.83 \text{ m}$

2.8/ Lực gió thẳng đứng V

$$V = 9.6x10^{-4} x W x L$$

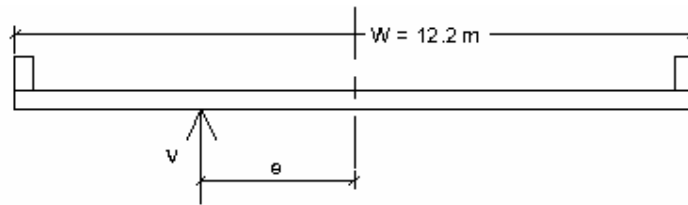
$$= 9.6x10^{-4} x 10^3 x 12.2x33.35 = -391 \text{ KN}$$

Trong đó : $9.6x10^{-4}x10^3 \text{ KPa}$ (điều A.3.8.2)

$W = 12.2 \text{ m}$ (chiều rộng cầu)

$L = 33.35 \text{ m}$ (chiều dài nhịp)

$$\text{Độ lệch tâm } e = \frac{W}{4} = 3.05 \text{ M (Xem hình 6)}$$



Hình 6

Bảng 1 : Lực gió theo phương ngang cầu

Bảng 1

Tải trọng	Ngang (KN)	Tay đòn (m)	Mô men (KNm)
1. Gió trên kết cấu WS			
- Trên nhịp WS ₁	343.5	18.6	6389
- Mũ trụ WS ₂	7.3	15.96	116.5
- Cột trụ WS ₃	29	11.26	326.3
v - Thân trụ WS ₄	6	6.63	40
Cộng	380		6872
2. Gió trên xe WL	49	20.8	1019

2.9/ Lực do nước WA (điều 3.7)

a./ Lực đẩy nổi

Chiều cao cột nước tính đến đỉnh móng $h = 4\text{m}$

Diện tích thân trụ 14.14 m^2

Khối lượng thân trụ $14.14 \times 4 = 56.56\text{ m}^3$

Khối lượng móng 83.25 m^3

Tổng khối lượng $83.25 + 56.56 = 139.81\text{ m}^3$

Lực đẩy nổi :

$$WA_1 = 139.81 \times 9.81 = -1372\text{ KN}$$

b./ Lực do dòng chảy

$$v = 1.5\text{ m/s}$$

áp lực dòng chảy tác dụng theo phương dọc trụ

$$P = 5.14 \times 10^{-4} \times C_0 v^2,$$

$$= 5.14 \times 10^{-4} \times 0.7 \times 1.5^2 = 8 \times 10^{-4}\text{ MPa}$$

Diện tích phần trụ chịu áp lực dòng chảy

$$A = 2 \times 2 = 4\text{ m}^2$$

Lực do dòng chảy

$$WS_2 = 8 \times 10^{-4} \times 4 \times 10^6 = 32 \times 10^2\text{ N} = 3.2\text{ KN}$$

tác dụng cách đáy móng 6m.

2.10/ Lực ngang do nhiệt độ thay đổi UT(theo phương dọc cầu)

❖ Biến thiên nhiệt độ $\Delta T = \pm 20^\circ\text{C}$

❖ Hệ số co giãn bê tông $\alpha = 1.08 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$

❖ Lực ngang tính theo (A.14.6.3.1)

$$H_u = GA \frac{\Delta U}{h_r}$$

Trong đó : G : Mô đun đàn hồi chịu cắt của cao su G=1000 KPa

A: Diện tích gối ; A = 0.12 m²

h_r : Chiều cao gối = 0.078 m

ΔU: Chuyển vị ngang do nhiệt độ

$$\Delta U = \alpha \Delta T L = 1.08 \times 10^{-5} \times 20 \times 33.35 = 7.2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

❖ Số gối cầu phía nhịp phải (gối cố định) 5 cái

Thay vào ta có:

$$H_u = \frac{1000 \times 0.12 \times 7.2 \times 10^{-3}}{7.8 \times 10^{-2}} \times 5 = 55 \text{ KN} , \text{ tác dụng cách đáy móng } 17.17 \text{ m}$$

Bảng 2 : Tải trọng đối với trọng tâm mặt cắt đáy móng

Bảng 2

Số TT	Tải trọng	Ký Hiệu	Thẳng đứng		Nằm ngang					
			F _v (KN)	Tay đòn (m)	Dọc cầu			Ngang cầu		
					H _x KN	X m	M _y KNm	H _y KN	Y m	M _x KNm
1	Tĩnh tải trụ	DC	5327	0						
2	Tĩnh tải kết cấu nhịp	DC	6283	0						
3	Lớp phủ	DW	613	0						
4	Đất trên móng	EV	1210	0						
5	Xe tải + làn trên nhịp	LL	1683				168			
6	Lực hãm	BR			163	17.17	2790			
7	Lực do nước	WA	1372	0				3.2	6	19
8	Gió trên kết cấu	WS						380		6872
9	Gió trên xe	WL						49		1019
10	Gió thẳng đứng	WV	-391	3.05						+1192
11	Lực do nhiệt độ	UT			55	17.17	944			

3./ CÁC TỔ HỢP TẢI TRỌNG VÀ HỆ SỐ TẢI TRỌNG TÍNH TẠI MẶT CẮT ĐÁY MÓNG

❖ Các tổ hợp tải trọng và hệ số tải trọng được lấy theo điều 3.4.1 và bảng A.3.4.1-1:

❖ Móng chôn trong đất nên hoạt tải không tính hệ số xung kích

❖ Lực do nhiệt độ để tính ứng suất đáy móng có hệ số tải trọng γ_{UT} = 0.5 (A.3.4.1)

❖ Lực do nước có 2 hệ số tải trọng :

Về mùa nước lấy γ_{WA} = 1

Mùa cạn do trụ không có nước lấy γ_{WA} = 0

Bảng 3 : Các trạng thái giới hạn cường độ và hệ số tải trọng

Bảng 3

S T T	Tổ hợp tải trọng	Hệ số tải trọng		V (KN)		Dọc cầu				Ngang cầu			
		Max	Min	Max	Min	H _x (KN)		M _y (KNm)		H _y (KN)		M _x (KNm)	
						Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
I	<u>TTGH cường độ I</u>												
1	Tĩnh tải trụ DC	1.25	0.9	6659	4794								
2	Tĩnh tải nhịp DC	1.25	0.9	7854	5655								
3	Lớp phủ DW	1.5	0.65	920	398								
4	Đất trên móng(EV)	1.35	0	1634	0								
5	Hoạt tải nhịp LL	1.75	1.75	2945	2945			294	294				
6	Lực hãm BR	1.75	1.75			284	284	4883	4883				
7	Lực do nước WA	0	1	0	-1372					3.2			19
8	Lực do nhiệt độ(UT)	0.5	0.5			27	27	472	472				

	Cộng			20012	12402	311	311	5649	5649	0	3.2	0	19
II	TTGH CỘ III												
1	Tính tải trụ DC	1.25	0.9	6659	4794								
2	Tính tải nhịp DC	1.25	0.9	7854	5655								
3	Lớp phủ DW	1.5	0.65	920	398								
4	Đất trên móng(EV)	1.35	0	1634	0								
5	Lực do nước WA	0	1	0	-1372						3.2		19
6	Lực do nhiệt độ(UT)	0.5	0.5			27	27	472	472				
7	Gió trên KC WS	1.4	1.4							532	532	9621	9621
8	Gió từ dưới V	1.4	1.4	-547	-547							-1669	-1669
	Cộng			16520	8928	27	27	472	472	532	535	7971	7990
III	TTGH CỘ V												
1	Tính tải trụ DC	1.25	0.9	6659	4794								
2	Tính tải nhịp DC	1.25	0.9	7854	5655								
3	Lớp phủ DW	1.5	0.65	920	398								
4	Đất trên móng(EV)	1.35	0	1634	0								
5	Lực do nước WA	0	1	0	-1372						3.2		19
6	Hoạt tải LL	1.35	1.35	2272	2272			227	227				
7	Lực hãm BR	1.35	1.35			219	219	3767	3767				
8	Gió trên KC WS	0.4	0.4							152	152	2749	2749
9	Gió trên xe WL	1	1							49	49	1669	1669
10	Lực do nhiệt độ(UT)	0.5	0.5			27	27	472	472				
	Cộng			19339	11747	246	246	4466	4466	201	204	11290	11309

Bảng 4: Tổ hợp tải trọng tại mặt cách đáy móng tại TTGH sử dụng

Bảng 4

Số TT	Tổ hợp tải trọng	Hệ số Tải trọng	V (KN)	Dọc cầu		Ngang cầu	
				H _x (KN)	M _y (KNm)	H _y (KN)	M _x (KNm)
I	TTGH sử dụng I						
1	Tính tải trụ DC	1	5327				
2	Tính tải nhịp DC	1	6283				
3	Lớp phủ DW	1	613				
4	Đất trên móng EV	1	1210				
5	Hoạt tải trên nhịp LL	1	1683		168		
6	Lực hãm BR	1		163	2790		
7	Lực do nước WA	0					
8	Gió trên kết cấu WS	0.3				144	2062
9	Gió trên xe WL	1				49	1019
10	Do nhiệt độ UT	1		55	944		
	Cộng		15116	218	3902	163	3081
II	TTGH sử dụng II						
1	Tính tải trụ DC	1	5327				
2	Tính tải nhịp DC	1	6283				
3	Lớp phủ DW	1	613				
4	Đất trên móng EV	1	1210				
5	Hoạt tải trên nhịp LL	1.3	2188		218		
6	Lực hãm BR	1.3		212	3627		
7	Lực do nước WA	0					
8	Do nhiệt độ UT	1		55	944		
	Cộng		15621	267	4789		

Bảng 5 : kết quả tổ hợp tải trọng tại mặt cắt đáy móng tại TTGH cường độ

Bảng 5

Tổ hợp tải trọng	V (KN)	Dọc cầu		Ngang cầu	
		H _x (KN)	M _y (KNm)	H _y (KN)	M _x (KNm)
TTGH cường độ I A	20012	311	5649	0	0
I B	12420	311	5649	3.2	19
TTGH cường độ III A	16520	27	472	532	11290
III B	8928	27	472	535	11309
TTGH cường độ V A	19339	246	4466	201	3768
V B	11747	246	4466	204	3787

Bảng 6: Kết quả tổ hợp tải trọng tại mặt cắt đáy móng tại TTGH sử dụng

Bảng 6

Tổ hợp tải trọng	V (KN)	Dọc cầu		Ngang cầu	
		H _x (KN)	M _y (KNm)	H _y (KN)	M _x (KNm)
TTGH sử dụng I	15116	218	3902	163	3081
TTGH sử dụng II	15621	267	4789	0	0

4./ TÍNH DUYỆT THEO TTGH CƯỜNG ĐỘ**❖ Nội dung tính toán móng nông theo TTGH cường độ bao gồm:**

1. Kiểm tra cường độ đáy móng

$$\sigma \leq q_R$$

Trong đó :

σ : ứng suất đáy móng

q_R : khả năng chịu tải của đất nền

2. Kiểm tra trượt

$$H \leq Q_R$$

Trong đó :

H: Tổng các lực ngang

Q_R : Sức kháng trượt

3. Kiểm tra độ lệch tâm đáy móng (móng trên nền đất)

$$e_{\max} \leq \frac{1}{4}B' \text{ (hoặc } 1/4L' \text{)}$$

4. Tính kết cấu móng

- Tính theo mômen

- Tính theo lực cắt

4.1/ Kiểm tra cường độ đáy móng*a./ Tính ứng suất đáy móng σ*

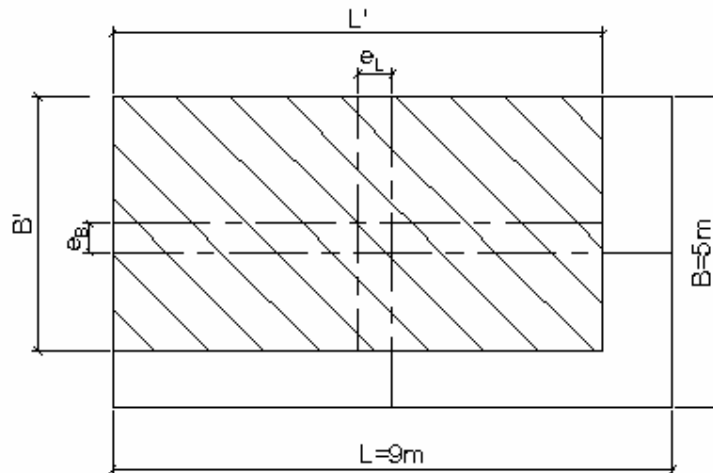
Đối với tải trọng đặt lệch tâm, **điều 10.6.3.1.5**, đề nghị dùng diện tích có hiệu $A' = B' \times L'$. Tải trọng coi như đặt đúng tâm diện tích A' , ứng suất đáy móng trên diện tích A' coi như phân bố đều (Hình 7)

$$B' = B - 2e_B$$

$$L' = L - 2e_L$$

$$e_B : \text{độ lệch tâm song song với cạnh B, } e_B = \frac{M_y}{V}$$

e_L : độ lệch tâm song song với cạnh L, $e_L = \frac{M_x}{V}$



Hình 7:

Bảng 7: Cường độ đáy móng trong TTGH cường độ

Bảng 7									
TTGH Cường độ	V (KN)	M_y (KNm)	M_x (KNm)	e_B (m)	e_L (m)	B' (m)	L' (m)	A' (m ²)	$\sigma = \frac{N}{A'} (\text{KPa})$
IA	20012	5649	0	0.28	0	4.44	9	39.96	500.8
IB	12420	5649	11290	0.45	0	4.1	9	36.9	337
IIIA	16520	472	11309	0.03	0.68	4.94	7.64	37.74	438
IIIB	8928	472	3768	0.05	1.27	4.90	6.46	31.65	282
VA	19339	4466	3768	0.23	0.19	4.54	8.62	39.13	494
VB	11747	4466		0.38	0.32	4.28	8.36	35.78	328

Trong đó : B = 5m ; L=9 m

b./ *Tính khả năng chịu tải của đất nền trong TTGH cường độ đối với móng nông*

Đối với đất sỏi sạn chặt, **điều 10.6.3.1.2c**

Khả năng chịu tải danh định (MPa)

$$q_{ue} = 0.5 \gamma B C_{w1} N_{pm} \times 10^{-9} + \gamma C_{w2} D_f N_{qm} \times 10^{-9}$$

Trong đó:

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$, gia tốc trọng trường

γ : Trọng lượng riêng của đất nền $\gamma = 1.9 \text{ Kg/m}^3$

$B = B'$: Chiều rộng móng có hiệu $B'_{\min} = 4.1 \text{ m}$

C_{w1} ; C_{w2} : Hệ số tra bảng, phụ thuộc chiều sâu nước D_w

D_w : Chiều sâu nước tính từ mặt đất, $D_w = 2 \text{ m}$

N_{pm} ; N_{qm} : Thông số địa kỹ thuật

$$N_{pm} = N_r S_r C_r i_r$$

$$N_{qm} = N_q S_q C_q i_q d_q$$

Với $\varphi = 32^\circ$, tra bảng 2 có $N_r = 30$; $N_q = 23$

S_q ; S_r : Hệ số hình dạng, tra bảng

$$\text{Với } \varphi = 32^\circ, \frac{L'}{B'} = \frac{9}{4.1} = 2.2$$

$$\text{có } S_q = 1.31$$

$$S_r = 0.8$$

$$C_r = 1; C_q = 1$$

i_r, i_q : Hệ số phụ thuộc độ nghiêng tải trọng:

$$i_r = i_q = 0.97$$

$$N_{qm} = 30 \times 1.3 \times 0.97 = 38.12$$

$$N_{pm} = 23 \times 0.8 \times 0.97 = 17.85$$

$$\begin{aligned} q_{ue} &= 0.5 \times 9.81 \times 1.9 \times 10^3 \times 4.1 \times 10^3 \times 0.5 \times 17.8 \times 10^{-9} + 9.81 \times 1.9 \times 10^3 \times 1 \times 4 \times 10^3 \times 38.12 = 3183 \times 10^{-3} \\ &= 3.183 \text{ MPa} \\ &= 3183 \text{ KPa} \end{aligned}$$

$$\phi = 0.45 \text{ (bảng ..)}$$

$$q_R = \phi q_{ue} = 0.45 \times 3183 = 1432 \text{ KPa}$$

❖ Từ bảng 7 thấy rằng $\sigma_{\max} = 500,8 \text{ KPa} < q_R = 1432 \text{ KPa}$ **Đạt**

4.2/ Kiểm tra trượt của nền móng (điều 10.6.3.3)

$$\text{Sức kháng trượt } Q_R = \phi Q_n$$

ϕ : Hệ số kháng đối với cường độ chịu cắt giữa đất và móng, theo bảng 10.5.5.1; $\phi = 0.9$

$$Q_n = V \tan \delta$$

V: Tổng lực thẳng đứng (Tổ hợp IIIB)

$$V_{\min} = 8928 \text{ KN}$$

$\tan \delta = 0.5$ với đất sỏi sạn

$$Q_R = \phi Q_n = 0.9 \times 8928 \times 0.5 = 4018 \text{ KN}$$

$$H = 535 \text{ KN (Tổ hợp III B)}$$

$$Q_R = 4018 \text{ (KN)} > H = 535 \text{ (KN)}. \quad \textbf{Đạt}$$

4.3/ Kiểm tra độ lệch tâm

$$\text{Độ lệch tâm giới hạn } [e] = \frac{1}{4} B' \text{ hoặc } \frac{1}{4} L'$$

$$e_{B\max} = 0.45 \text{ m (Tổ hợp tải trọng I B)}$$

$$[e] = \frac{1}{4} B' = \frac{4.1}{4} = 1.03 \text{ m}$$

❖ Vậy $e_B = 0.45 \text{ m} < [e] = 1.03 \text{ m}$ **Đạt**

$$e_{L\max} = 0.89 \text{ m (tổ hợp III B)}$$

$$[e] = \frac{7.22}{4} = 1.81 \text{ m}$$

❖ Vậy $e_L = 0.89 < [e]$ **Đạt**

4.4/ Tính kết cấu móng

Móng bằng BTCT, bê tông có cường độ $f'_c = 28 \text{ MPa}$, thép có cường độ 420 MPa. Cốt thép bố trí phía trên và dưới móng. Cốt thép phía dưới theo phương dọc cầu có đường kính $d = 28 \text{ mm}$, cách nhau $a = 140 \text{ mm}$. Móng được tính như 1 công son, ngàm tại mặt cắt sát thân trụ (mặt cắt I - I) chịu tải trọng do phản lực đất nền và trọng lượng bản thân móng (Hình 8)

4.4.1 Tính theo chịu mô men

a./ Mô men kháng

Theo phương ngang cầu có 64 thanh $d28$

Diện tích cốt thép

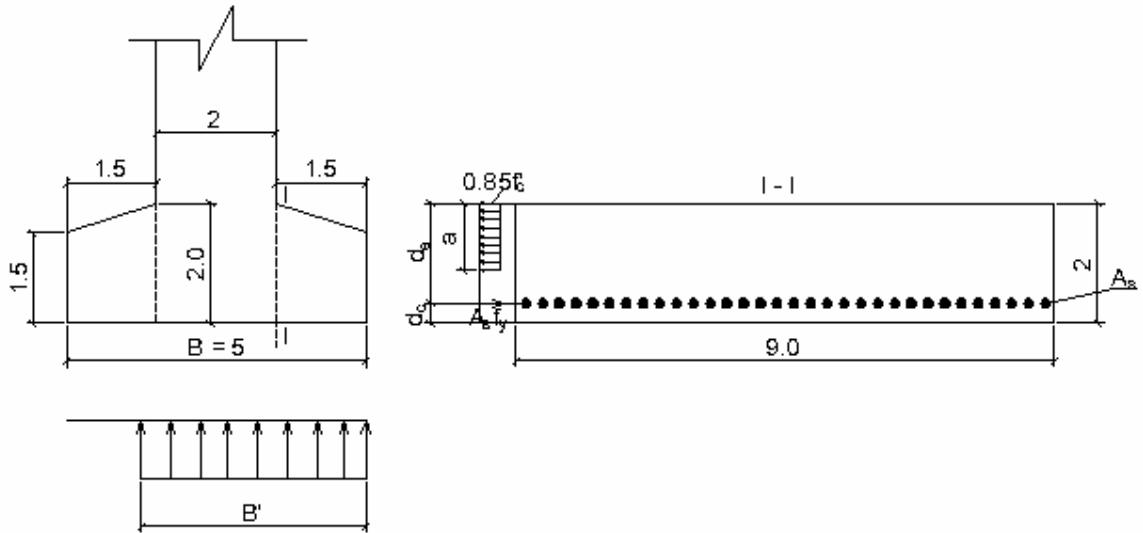
$$A_s = 64 \times 6.15 = 393.6 \text{ cm}^2 = 3.936 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

Chiều cao mặt cắt $d = 2 \text{ m}$

$$d_c = 0.075 + \frac{0.028}{2} = 0.089m$$

Chiều cao có hiệu của mặt cắt

$$d_c = 2 - 0.089 = 1.911 m$$



Hình 8

Chiều cao khu vực chịu nén

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{3.936 \times 10^{-2} \times 420 \times 10}{0.85 \times 28 \times 10^3 \times 9} = 7.72 \times 10^{-2} m$$

Mô men danh định của mặt cắt :

$$M_n = A_s f_y \left(d_c - \frac{a}{2} \right) = 3.936 \times 10^{-2} \times 420 \times 10^3 \times \left(1.911 - \frac{7.72 \times 10^{-2}}{2} \right) = 30910 KNm$$

Mô men kháng

$$M_R = \phi M_n = 0.9 \times 30910 = 27822 KNm$$

Mô men cực hạn của mặt cắt, tại TTGH cường độ 1, coi ứng suất đáy móng phân bố đều có $q = \sigma = 500 KPa$.

$$M_u = \frac{ql^2}{2} b - 0.9 M_{bt}$$

$$\frac{ql^2}{2} b = \frac{500 \times 1.5^2}{2} \times 9 = 5063 KNm$$

Mômen do trọng lượng bản thân

$$\begin{aligned} M_{bt} &= \left(1.5 \times 1.5 \times 2.5 \times 9.81 \times \frac{1.5}{2} \times 9 \right) + \left(0.5 \times 1.5 \times 0.5 \times 2.5 \times 9.81 \times \frac{1.5}{3} \times 9 \right) \\ &= 372.5 + 41.4 = 413.9 \approx 414 KNm. \end{aligned}$$

Mô men cực hạn của mặt cắt

$$M_u = 5063 - 0.9 \times 414 = 4690.4 \text{ KNm}$$

❖ Vậy $M_u = 4690.4 < M_R = 27882 \text{ KNm}$ **Đạt.**

b./ Kiểm tra hàm lượng cốt thép tối thiểu (A.5.7.3.3.2)

Công thức kiểm tra

$$\zeta_{\min} \geq 0.03 \frac{f'_c}{f_y}$$

Diện tích thép $A_s = 3.936 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

Diện tích mặt cắt $A = 2 \times 9 = 18 \text{ m}^2$

$$\zeta_{\min} = \frac{3.936 \times 10^{-2}}{18} = 2.2 \times 10^{-3}$$

$$[\zeta] = 0.03 \times \frac{f'_c}{f_y} = 0.03 \times \frac{28}{420} = 3 \times 10^{-2} \times 7 \times 10^{-2} = 2.1 \times 10^{-3}$$

❖ Vậy $\zeta_{\min} = 2.2 \times 10^{-3} > [\zeta] = 2.1 \times 10^{-3}$ **Đạt**

c./ Kiểm tra hàm lượng cốt thép tối đa (A.5.7.3.3.1)

Điều kiện : $\frac{c}{d_e} \leq 0.42$

Trong đó c: khoảng cách từ trục trung hoà mặt cắt đến thớ chịu nén xa nhất.

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7.72 \times 10^{-2}}{0.85} = 9.08 \times 10^{-2} \text{ m}$$

d_e : Chiều cao có hiệu của mặt cắt, $d_e = 1.91 \text{ m}$

$$\frac{c}{d_e} = \frac{9.08 \times 10^{-2}}{1.91} = 4.75 \times 10^{-2} \text{ m} \approx 0.05 < 0.42 \text{ Đạt.}$$

❖ **Kiểm tra nứt (A.5.7.3.4)**

ứng suất trong cốt thép chịu kéo tại TTGH sử dụng f_{sa} không được vượt quá $0.6f_y$.

$$f_{sa} = \frac{z}{(d_c A)^{\frac{1}{3}}} \leq 0.6 f_y$$

d_c : Khoảng cách từ thớ chịu kéo xa nhất đến trọng tâm thanh cốt thép, $d_c = 89 \text{ mm}$.

A: Diện tích phần bê tông có cùng trọng tâm với cốt thép chịu kéo .

$$A = 178 \times 9 \times 10^3 = 1602 \times 10^3 = 1.6 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

Z = 17500 N/mm, đối với kết cấu bị chôn lấp.

$$f_{sa} = \frac{17500}{(89 \times 1.6 \times 10^6)^{\frac{1}{3}}} = 33.5 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 252 \text{ MPa} \text{ Đạt.}$$

4.4.2/ Kiểm tra lực cắt (tại mặt cắt I- I)

Công thức kiểm tra $V_u \leq V_R$

Trong đó : V_u : Lực cắt cực hạn của mặt cắt theo TTGH cường độ

V_R : Sức kháng cắt của mặt cắt tính toán

$$V_R = \phi V_n = \phi (V_c + V_s)$$

Trong đó :

$$\theta = 0.9$$

V_c : Sức kháng cắt của bê tông

$$V_c = 0.083 \beta \sqrt{f'_c} b_v d_v$$

$$\beta = 2; f'_c = 28 \text{ MPa}$$

$$b_v = 9 \times 10^3 \text{ mm}; d_v = 1.91 \times 10^3 \text{ m (Chiều cao có hiệu của móng)}$$

$$V_c = 0.083 \times 2 \sqrt{2.8 \times 9 \times 10^3} \times 1.91 \times 10^3 = 15100 \text{ KN}$$

V_s : Sức kháng cắt của cốt thép chịu cắt

$$V_s = 0$$

+Sức kháng cắt của mặt cắt tính toán :

$$V_R = 0.9 \times 15100 = 13590 \text{ KN}$$

+ Lực cắt cực hạn của mặt cắt tại TTGH cường độ I

$$V_u = q l b - 0.9 V_{bt}$$

$$= (500 \times 1.9 \times 9) - 0.9 \left(\frac{1.5 + 2}{2} \right) \times 1.5 \times 2.5 \times 9.81 \times 9 = 6229 \text{ KN}$$

❖ Vậy $V_u = 6229 \text{ KN} < V_R = 13590 \text{ KN}$ **Đạt**

5/ TẢI TRỌNG TÍNH THÂN TRỤ (MẶT CẮT A – A)

Thân trụ chịu hoạt tải có tính hệ số xung kích (A.3.6.2) $IM = 1.33$ (chỉ tính với xe tải, không tính IM với tải trọng làn).

Bảng 8 : Bảng tải trọng đối với trọng tâm mặt cắt thân trụ

Bảng 8

Số TT	Tải trọng	Ký Hiệu	Thẳng đứng		Nằm ngang					
			F_v (KN)	Tay đòn (m)	Dọc cầu			Ngang cầu		
					H_x KN	X m	M_y KNm	H_y KN	Y m	M_x KNm
1	Tĩnh tải trụ	DC	3285	0						
2	Tĩnh tải kết cấu nhịp	DC	6283	0						
3	Lớp phủ	DW	613	0						
4	Xe tải + làn trên nhịp	LL+IM	2003				224			
5	Lực hãm(không tính XK)	BR			163	15.17	2473			
6	Lực do nước	WA	1372	0				3.2	4	13
7	Gió trên kết cấu	WS						380		6100,3
8	Gió trên xe	WL						49		923
9	Gió thẳng đứng	WV	-391	3.05						+1192
10	Lực do nhiệt độ	UT			55	15.17	834			

6/ CÁC TỔ HỢP TẢI TRỌNG VÀ HỆ SỐ TẢI TRỌNG TẠI MẶT CẮT THÂN TRỤ (A-A)

Bảng 9 : Các trạng thái giới hạn cường độ và hệ số tải trọng

Bảng 9

S T T	Tổ hợp tải trọng	Hệ số tải trọng		V (KN)		Dọc cầu				Ngang cầu			
		Max	Min	Max	Min	H_x (KN)		M_y (KNm)		H_y (KN)		M_x (KNm)	
						Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
I	<u>TTGH cường độ I</u>												
1	Tĩnh tải trụ DC	1.25	0.9	4106	2957								
2	Tĩnh tải nhịp DC	1.25	0.9	7854	5655								
3	Lớp phủ DW	1.5	0.65	920	398								
4	Hoạt tải nhịp LL	1.75	1.75	3505	3505			392	392				

5	Lực hãm BR	1.75	1.75			285	285	4328	4328				
6	Lực do nước WA	0	1	0	-1372						3.2		13
7	Lực do nhiệt độ(UT)	0.5	0.5			27.5	27.5	417	417				
	Cộng			16385	11143	312.5	312.5	5137	5137	0	3.2	0	13
II	TTGH CỘ III												
1	Tĩnh tải trụ DC	1.25	0.9	4106	2957								
2	Tĩnh tải nhịp DC	1.25	0.9	7854	5655								
3	Lớp phủ DW	1.5	0.65	920	398								
4	Lực do nước WA	0	1	0	-1372						3.2		13
5	Lực do nhiệt độ(UT)	0.5	0.5			27.5	27.5	417	417				
6	Gió trên KC WS	1.4	1.4							532	532	8540	8540
7	Gió từ dưới V	1.4	1.4	-547	-547							1669	1669
	Cộng			12333	7091	27.5	27.5	417	417	532	535.2	10290	10222
III	TTGH CỘ V												
1	Tĩnh tải trụ DC	1.25	0.9	4106	2957								
2	Tĩnh tải nhịp DC	1.25	0.9	7854	5655								
3	Lớp phủ DW	1.5	0.65	920	398								
4	Lực do nước WA	0	1	0	-1372						3.2		13
5	Hoạt tải LL	1.35	1.35	2704	2704			302	302				
6	Lực hãm BR	1.35	1.35			220	220	3339	3339				
7	Gió trên KC WS	0.4	0.4							152	152	2440	2440
8	Gió trên xe WL	1	1							49	49	923	923
9	Lực do nhiệt độ(UT)	0.5	0.5			27.5	27.5	417	417				
	Cộng			15584	10342	247.5	247.5	4058	4058	201	204	3363	3376

Bảng 10: Tổ hợp tải trọng tại mặt cắt thân trụ tại TTGH sử dụng

Bảng 10

Số TT	Tổ hợp tải trọng	Hệ số Tải trọng	V (KN)	Dọc cầu		Ngang cầu	
				H _x (KN)	M _y (KNm)	H _y (KN)	M _x (KNm)
I	TTGH sử dụng I						
1	Tĩnh tải trụ DC	1	3285				
2	Tĩnh tải nhịp DC	1	6283				
3	Lớp phủ DW	1	613				
4	Hoạt tải trên nhịp LL	1	2003		224		
5	Lực hãm BR	1		163	2473		
6	Lực do nước WA	0					
7	Gió trên kết cấu WS	0.3				144	1830
8	Gió trên xe WL	1				49	923
9	Do nhiệt độ UT	1		55	834		
	Cộng		12184	218	3531	193	2753
II	TTGH sử dụng II						
1	Tĩnh tải trụ DC	1	3285				
2	Tĩnh tải nhịp DC	1	6283				
3	Lớp phủ DW	1	613				
4	Hoạt tải trên nhịp LL	1.3	2604		291		
5	Lực hãm BR	1.3		212	3315		
6	Lực do nước WA	0					
7	Do nhiệt độ UT ‘	1		55	834		
	Cộng		12785	267	4440		

Bảng 11 : kết quả tổ hợp tải trọng tại mặt cắt thân trụ tại TTGH cường độ

Bảng 11

Tổ hợp tải trọng	V (KN)	Dọc cầu		Ngang cầu	
		H _x (KN)	M _y (KNm)	H _y (KN)	M _x (KNm)
TTGH cường độ I A	16385	312.5	5137	0	0
I B	11143	312.5	5137	3.2	13
TTGH cường độ III A	12333	27.5	417	532	10209
III B	7091	27.5	417	535.2	10222
TTGH cường độ V A	15584	247.5	4058	201	3363
V B	10342	247.5	4058	204	3376

Bảng 12: Kết quả tổ hợp tải trọng tại mặt cắt thân trụ tại TTGH sử dụng

Bảng 12

Tổ hợp tải trọng	V (KN)	Dọc cầu		Ngang cầu	
		H _x (KN)	M _y (KNm)	H _y (KN)	M _x (KNm)
TTGH sử dụng I	12184	218	3531	193	2753
TTGH sử dụng II	12785	267	4440	0	0

6.1/ Tính duyệt mặt cắt thân trụ

❖ Diện tích mặt cắt thân trụ $A_g = 14.14 \text{ m}^2$

❖ Trụ 2 đầu tròn, chuyển thành tiết diện chữ nhật tương đương có chiều dài $b = \frac{14.14}{2} = 7.07m$

❖ Coi trụ là thanh 1 đầu ngàm, một đầu tự do có

l_u : Chiều dài trụ

$$l_u = 5.26 + 8 + 1.4 + 0.51 = 15.17m$$

K : Hệ số chiều dài có hiệu , K=2 (**A.4.6.2.5**)

$$Kx l_u = 2 \times 15.17 = 30.34m$$

+Theo phương ngang cầu (**A. 5.7.4.3**)

$$\text{Có } r_x = 0.3xb = 0.3 \times 7.07 = 2.12m$$

$$Kx l_u = 30.34$$

$$\text{Tính tỉ số độ mảnh } \frac{Kx l_u}{r_x} = \frac{30.34}{2.12} = 14.3 < 22 \quad \text{Không phải xét đến độ mảnh}$$

+Theo phương dọc cầu

$$r_y = 0.3xh = 0.3 \times 2 = 0.6$$

$$\text{Tính tỉ số độ mảnh } \frac{Kx l_u}{r_y} = \frac{30.34}{0.6} = 50.6 > 22$$

$$22 < 50.6 < 100 \quad \text{Phải xét đến độ mảnh của trụ.}$$

+Hàm lượng cốt thép tối thiểu

$$\zeta_{\min} > 0.03 \frac{f'_c}{f_y} = 0.03 \frac{28}{420} = 21 \times 10^{-4}$$

$$\zeta_{\min} = 21 \times 10^{-4}$$

$$\zeta_{\min} = \frac{A_s}{A_g}$$

$$A_s \min = \zeta_{\min} A_g = 21 \times 10^{-4} \times 14.14 = 297 \times 10^{-4} m^2$$

Tính $0.1 \phi f'_c A_g$ (A.5.7.4.5)

ϕ : Hệ số sức kháng theo A.5.5.4.2 ; $\phi = 0.75$

$$0.1 \phi f'_c A_g = 0.1 \times 0.75 \times 28 \times 14.14 = 29.7 \times 10^3 KN = 29700 KN$$

+Lựa chọn công thức kiểm toán.

$$P_{\max} = 16385 KN \quad (\text{Xem bảng 11})$$

$$\text{Vậy } P_{\max} < 0.1 \phi f'_c A_g$$

❖ Kiểm toán theo công thức (A.5.7.4.5-3)

$$\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \leq 1$$

+ Kiểm toán tại TTGH cường độ IA

Trong đó :

M_{ux} : Mô men theo trục x ; $M_{ux} = \delta M_x$

$$M_x = 0;$$

M_{uy} : Mô men theo trục y ; $M_{uy} = \delta M_y$

$$M_y = 5137 KNm$$

Tính δ : Hệ số xét đến ảnh hưởng của uốn dọc ($\delta \geq 1$)

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_e}} \quad (\text{A.4.5.3.2b-4})$$

Trong đó : P_u : Lực dọc trục ; $P_u = 16385 KN$

P_e : lực tới hạn Euler

$$P_e = \frac{\pi^2 EI}{(Kl_u)^2} \quad (\text{A.4.5.3.2b-5})$$

Trong đó :

$$Kl_u = 30.34m$$

E : Mô men đàn hồi (MPa)

I : Mô men quán tính

EI tính theo công thức :

$$EI = \frac{E_c I_g}{1 + \beta} \quad (\text{A.5.7.4.3-2})$$

Trong đó :

E_c : Mô đun đàn hồi của bê tông (MPa) (A.5.4.2.4)

$$E_c = 0.043 \gamma_c^{1.5} \sqrt{f'_c} (MPa)$$

Trong đó :

γ_c : Trọng lượng riêng của bê tông (Kg/m³) $\gamma_c = 2500 \text{ Kg/m}^3$

$$f'_c = 28 MPa$$

$$E_c = 28,44 \times 10^6 \text{ KPa}$$

I_g : Mô men quán tính của mặt cắt

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{7.07 \times 2^3}{12} = 4.71 m^4$$

β : Tỷ số giữa mô men do tải trọng thường xuyên (có nhân hệ số) và momen do tổng các tải trọng (có nhân hệ số).

$$\beta = \frac{392}{5137} = 0.08$$

$$EI = \frac{\frac{28.44 \times 10^{-6} \times 4.71}{2.5}}{1 + 0.08} = \frac{53.58 \times 10^6}{1.08} = 49.61 \times 10^6 \text{ KNm}^2$$

$$P_e = \frac{3.14^2 \times 49.61 \times 10^6}{30.34^2} = 0.53 \times 10^6 \text{ KN}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{1}{0.75 \times 0.53 \times 10^6}} \approx 1$$

+Vậy $M_{uy} = M_y = 5137 \text{ KNm}$.

$$M_{ry} = \phi M_{ny}$$

❖ M_{ny} : Mô men kháng của mặt cắt theo phương dọc cầu
Cốt thép trụ dùng $d=25\text{mm}$ có diện tích $4,19 \times 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)}$.

$$\text{Số thanh cốt thép tối thiểu là: } \frac{2.97 \times 10^{-2}}{4.91 \times 10^{-4}} \approx 61 \text{ thanh}$$

Chọn 63 thanh $d25$ mỗi bên (theo phương dọc cầu); $a = 110\text{mm}$

$$A_s = 63 \times 4.91 \times 10^{-4} = 309.33 \times 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_s f_y = 309.33 \times 10^{-4} \times 420 \times 10^3 = 12991.8 \text{ KN}$$

Chiều cao khu vực chịu nén:

$$C = \frac{A_s f_y}{0.85 x f'_c \beta_1 b} = \frac{12991.8}{0.85 \times 28 \times 0.85 \times 7.07 \times 10^3} = 90.84 \times 10^{-3} = 0.096 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 c = 0.85 \times 0.091 = 0.08 \text{ m}.$$

d_s : Chiều cao có hiệu của mặt cắt, $d_s = 1.91 \text{ m}$.

$$M_{ny} = A_s f_y \left(d_s - \frac{a}{2} \right) = 12991.8 \left(1.91 - \frac{0.08}{2} \right) = 24295 \text{ KN}$$

$$\phi = 0.9; M_{ry} = \phi M_{ny} = 0.9 \times 24295 = 21865 \text{ KNm}$$

Kiểm tra

$$\frac{M_{uy}}{M_{ry}} = \frac{5137}{21065} = 0.23 < 1 \quad \text{Đạt}$$

Kiểm tra tại TTGH cường độ VA

$$\delta = 1$$

$$M_{ux} = M_x = 3363 \text{ KNm}$$

$$M_{uy} = M_y = 4058 \text{ KNm}$$

$$M_{ry} = 21865 \text{ KNm}$$

❖ Tính M_{rx} : Mômen kháng theo phương ngang cầu:

Chọn 17 thanh $d15$, $@=110$

Diện tích

$$A_s = 4.19 \times 17 = 83.47 \times 10^{-4}$$

$$A_s f_y = 83.47 \times 10^{-4} \times 420 \times 10^3 = 3505.7 \text{ KN}$$

$$c = \frac{A_s f_y}{0.85 x f'_c \beta_1 b} = \frac{3505.7}{0.85 \times 28 \times 0.85 \times 2 \times 10^3} = 0.0866 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 c = 0.85 \times 0.0866 = 0.07m$$

$$d_s = 7.07 - 0.075 - \frac{0.025}{2} = 6.98m.$$

$$M_{nx} = A_s f_y \left(d_s - \frac{a}{2} \right) = 3505.7 \left(6.98 - \frac{0.07}{2} \right) = 24365 KN$$

$$M_{rx} = \phi M_{nx} = 0.9 \times 24365 = 21928 KN.$$

Kiểm tra

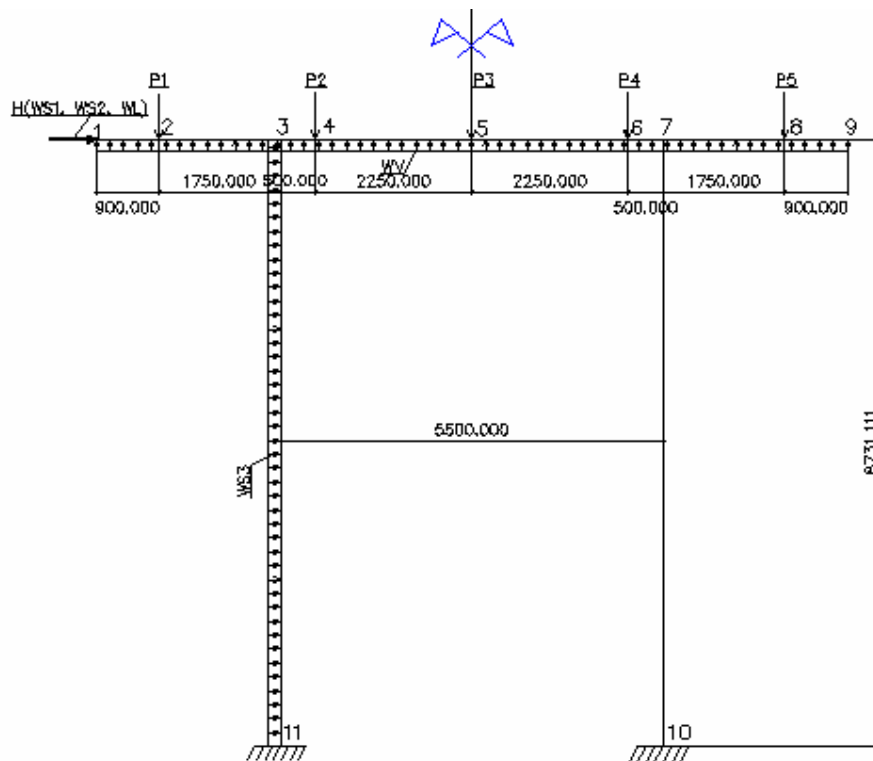
$$\frac{M_{uy}}{M_{ry}} + \frac{M_{ux}}{M_{rx}} = \frac{4058}{21865} + \frac{3363}{21928} = 0.19 + 0.15 = 0.34 < 1 \quad \text{Đạt.}$$

❖ Các TTGH khác kiểm tra tương tự và đều đạt.

7/ TÍNH TOÁN THÂN TRỤ CỘT TRÒN VÀ XÀ MŨ

Theo phương ngang cầu, coi thân trụ cột và xà mũ là một khung phía dưới liên kết ngàm.

Sơ đồ tính:



Hình số:

7.1/ Tính toán phản lực gối từ các dầm P₁....P₅.

a./ Tĩnh tải nhịp coi như chia đều cho các dầm: (DC)

$$V_{DC} = \frac{6283}{5} = 1256,6 KN$$

b./ Hoạt tải có xét đến hệ phân bố (A.4.6.2.2.3) : (LL)

❖ Dầm I, bản BTCT đúc tại chỗ:

+ Đối với dầm trong (loại K, tra bảng A.4.6.2.2.3a-1) dầm 2,3,4

Hệ số phân bố g_t :

$$g_t = 0.2 + \frac{S}{3600} - \left(\frac{S}{10700} \right)^2$$

S: Khoảng cách giữa các dầm $S=2250\text{mm}$.

$$g_t = 0.2 + \frac{2250}{3600} - \left(\frac{2250}{10700} \right)^2 = 0.2 + 0.63 - 0.04 = 0.79$$

$$g_t = 0.79$$

+ Đối với dầm ngoài, (bảng A 4.6.2.2.3b-1), dầm 1,5

$$g_n = e g_t$$

$$e: \text{hệ số điều chỉnh : } e = 0.6 + \frac{d_e}{3600}$$

d_e : khoảng cách từ dầm ngoài đến mép ngoài cùng, $d_e = 900$

$$e = 0.6 + \frac{900}{3600} = 0.6 + 0.25 = 0.85$$

$$g_n = 0.85 \times 0.79 = 0.67$$

$$g_n = 0.67$$

+ Với các dầm biên, phản lực gối do hoạt tải (dầm 1,5)

$$V_{LL+IM} = g_n (V_{xetai} \times 1.33 + V_{lan})$$

$$V_{xetai} = 423 \times 0.9 \times 1.33 = 506 \text{ KN}$$

$$V_{lan} = 310.2 \times 0.9 = 279 \text{ KN}$$

❖ $g_n = 0.67$ (hệ số phân bố đối với dầm ngoài)

$$V_{LL+TM} = 0.67(506 + 279) = 526 \text{ KN}$$

+ Với các dầm trong, phản lực gối do hoạt tải (dầm 2,3,4)

$$V_{LL+IM} = g_n (V_{xetai} \times 1.33 + V_{lan})$$

$$= 0.79 \times (506 + 279) = 620 \text{ KN}$$

❖ Trong đó $g_t = 0.79$ - Hệ số phân bố đối với dầm trong.

7.2/ Phản lực gối trên các dầm do lớp phủ (DW)

(Coi như các dầm chịu bằng nhau)

$$V_{DW} = \frac{612.6}{5} = 122.5 \text{ KN}$$

7.3/ Tải trọng tính trụ khung

Bảng 13: Bảng các tải trọng tác dụng lên khung

Bảng 13

STT	Hạng mục	Đơn vị	Giá trị		
			Bên trái	Bên phải	Tổng
1	Tĩnh tải bản thân (DC):				
1-1	Cửa các bộ phận trụ: Khai báo trong chương trình.	KN/m			
1-2	Tĩnh tải KCN chia đều cho mỗi dầm	KN			1256.60
2	Tĩnh tải lớp phủ (DW) chia đều cho mỗi dầm	KN			122.5
3	Xe tải kết hợp với tải trọng làn (LL_1)				
3-1	Xe tải (với hệ số xung kích 1,33)	KN	167.58	395.01	562.59
3-2	Tải trọng làn (không tính xung kích)	KN	155.10	155.10	310.20
	Phản lực gối do hoạt tải	KN	290.41	495.10	785.51

4	Xe đặc biệt kết hợp với tải trọng làn (LL_1)				
4-1	Xe đặc biệt (với hệ số xung kích 1,33)	KN	0.00	286.75	286.75
4-2	Tải trọng làn	KN	155.10	155.10	310.20
	Phản lực gối do hoạt tải	KN	139.59	397.66	537.25
5	Lực hãm (2 làn cùng chiều) (BR)	KN			162.5
6	Tải trọng gió theo phương ngang cầu (WS)				
6-1	Tải trọng gió lên KCN (WS_1)	KN			337.00
6-2	Tải trọng gió lên xà mũ (WS_2)	KN			7.30
6-3	Tải trọng gió lên cột (WS_3)	KN/m			3.33
7	Tải trọng gió lên xe (WL)	KN			48.70
8	Tải trọng gió thẳng đứng (WV)	KN/m			-32.02
9	Lực ngang do nhiệt độ thay đổi (VT)	KN			55

7.4/ Các tổ hợp tải trọng và hệ số tải trọng tác dụng lên khung

Bảng 14 : Các trạng thái giới hạn cường độ và hệ số tải trọng

Bảng 14

STT	Hạng mục	Đơn vị	Hệ số		Giá trị	
			Max	Min	Max	Min
<u>I TTGH cường độ I</u>						
1	Tĩnh tải bản thân (DC) và lớp phủ (DW):		1.25	0.9		
1-1	Cửa các bộ phận trụ: Khai báo trong chương trình.	KN/m				
1-2	Tĩnh tải KCN cho từng dầm	KN			1,570.75	1,130.94
2	Tĩnh tải lớp phủ (DW) cho từng dầm	KN	1.5	0.65	183.75	79.63
3	Hoạt tải nhịp (LL + IM)	KN	1.75	1.75		
3-1	Dầm 1, 5	KN			912.30	912.30
3-2	Dầm 2, 3, 4	KN			1,073.30	1,073.30
4	Lực hãm (BR) - dọc cầu	KN	1.75	1.75	284.38	284.38
5	Lực ngang do nhiệt độ thay đổi (VT) - dọc cầu	KN	0.5	0.5	27.50	27.50
<u>II TTGH cường độ III</u>						
1	Tĩnh tải bản thân (DC) và lớp phủ (DW):		1.25	0.9		
1-1	Cửa các bộ phận trụ: Khai báo trong chương trình .	KN/m				
1-2	Tĩnh tải KCN cho từng dầm	KN			1,570.75	1,130.94
2	Tĩnh tải lớp phủ (DW) cho từng dầm		1.5	0.65	183.75	79.63
3	Tải trọng gió theo phương ngang cầu (WS)		1.4	1.4		
3-1	Tải trọng gió lên KCN (WS ₁)	KN			471.80	471.80
3-2	Tải trọng gió lên xà mũ (WS ₂)	KN			10.22	10.22
3-3	Tải trọng gió lên cột (WS ₃)	KN/m			4.67	4.67
4	Tải trọng gió thẳng đứng (WV)	KN/m	1.4	1.4	-44.82	-44.82
5	Lực ngang do nhiệt độ thay đổi (VT) - dọc cầu	KN	0.5	0.5	27.50	27.50
<u>III TTGH cường độ V</u>						
1	Tĩnh tải bản thân (DC) và lớp phủ (DW):		1.25	0.9		
1-1	Cửa các bộ phận trụ: Khai báo trong chương trình.	KN/m				
1-2	Tĩnh tải KCN cho từng dầm	KN			1,570.75	1,130.94
1-3	Tĩnh tải lớp phủ (DW) cho từng dầm	KN	1.5	0.65	183.75	79.63

2	Hoạt tải nhịp (LL + IM)	KN	1.75	1.75		
2-1	Dầm 1, 5	KN			912.30	912.30
2-2	Dầm 2, 3, 4	KN			1,073.30	1,073.30
3	Lực hãm (BR) - dọc cầu	KN	1.75	1.75	284.38	284.38
4	Tải trọng gió theo phương ngang cầu (WS)		0.4	0.4		
4-1	Tải trọng gió lên KCN (WS ₁)	KN			134.8	134.8
4-2	Tải trọng gió lên xà mũ (WS ₂)	KN			2.92	2.92
4-3	Tải trọng gió lên cột (WS ₃)	KN/m			1.33303	1.33303
5	Tải trọng gió lên xe (WL)	KN	1	1	48.7	48.7
6	Tải trọng gió thẳng đứng (WV)	KN/m	1.4	1.4	-44.8224	-44.822

Bảng 15: Tổ hợp tải trọng tác dụng lên khung tại TTGH sử dụng

Bảng 15

STT	Hạng mục	Đơn vị	Hệ số	Giá trị
<u>I</u>	<u>TTGH sử dụng I</u>			
1	Tĩnh tải bản thân (DC) :		1	
1-1	Của các bộ phận trụ: Khai báo trong chương trình.	KN/m		
1-2	Tĩnh tải KCN cho từng dầm	KN		1,256.60
2	Tĩnh tải lớp phủ (DW) cho từng dầm	KN	1	122.50
3	Hoạt tải nhịp (LL + IM)	KN	1	785.51
3-1	Dầm 1, 5	KN		521.32
3-2	Dầm 2, 3, 4	KN		613.31
4	Lực hãm (BR) - dọc cầu	KN	1	162.50
5	Tải trọng gió theo phương ngang cầu (WS)		0.3	
5-1	Tải trọng gió lên KCN (WS ₁)	KN		101.10
5-2	Tải trọng gió lên xà mũ (WS ₂)	KN		2.19
5-3	Tải trọng gió lên cột (WS ₃)	KN/m		1.00
6	Tải trọng gió lên xe (WL)	KN	1	48.7
7	Lực ngang do nhiệt độ thay đổi (VT) - dọc cầu	KN	1	55.00
<u>II</u>	<u>TTGH sử dụng II</u>			
1	Tĩnh tải bản thân (DC):		1	
1-1	Của các bộ phận trụ: Khai báo trong chương trình.	KN/m		
1-2	Tĩnh tải KCN cho từng dầm	KN		1,256.60
2	Tĩnh tải lớp phủ (DW) cho từng dầm	KN	1	122.50
3	Hoạt tải nhịp (LL + IM)	KN	1.3	
3-1	Dầm 1, 5	KN		677.71
3-2	Dầm 2, 3, 4	KN		797.31
4	Lực hãm (BR) - dọc cầu	KN	1.3	211.25
5	Lực ngang do nhiệt độ thay đổi (VT) - dọc cầu	KN	1	55.00

Bảng 16 : kết quả tổ hợp tải trọng tác dụng lên khung tại TTGH cường độ

Bảng 16

TT	Hạng mục	Đơn vị	Giá trị	
			Max	Min
I	<u>TTGH cường độ I</u>			
1	Tĩnh tải của các bộ phận trụ: Khai báo trong chương trình.	KN/m		
2	Dầm 1, 5 (tĩnh tải KCN, lớp phủ, hoạt tải - DC, DW, LL + IM)	KN	2,666.80	2,122.87
3	Dầm 2, 3, 4 (tĩnh tải KCN, lớp phủ, hoạt tải - DC, DW, LL + IM)	KN	2,827.80	2,283.86
4	Lực hãm (BR) & lực do nhiệt độ thay đổi (VT) - dọc cầu	KN	311.88	311.88
II	<u>TTGH cường độ III</u>			
1	Tĩnh tải của các bộ phận trụ: Khai báo trong chương trình.	KN/m		
2	Dầm 1, 5 (tĩnh tải KCN, lớp phủ - DC, DW)	KN	1,754.50	1,210.57
3	Dầm 2, 3, 4 (tĩnh tải KCN, lớp phủ - DC, DW)	KN	1,754.50	1,210.57
4	Tải trọng gió lên KCN (WS ₁), lên xà mũ (WS ₂)	KN	482.02	482.02
5	Tải trọng gió lên cột (WS ₃)	KN/m	4.67	4.67
6	Tải trọng gió thẳng đứng (WV)	KN/m	-44.82	-44.82
7	Lực ngang do nhiệt độ thay đổi (VT) - dọc cầu	KN	27.50	27.50
III	<u>TTGH cường độ V</u>			
1	Tĩnh tải của các bộ phận trụ: Khai báo trong chương trình.	KN/m		
2	Dầm 1, 5 (tĩnh tải KCN, lớp phủ, hoạt tải - DC, DW, LL + IM)	KN	2,666.80	2,122.87
3	Dầm 2, 3, 4 (tĩnh tải KCN, lớp phủ, hoạt tải - DC, DW, LL + IM)	KN	2,827.80	2,283.86
4	Tải trọng gió (WS ₁ , WS ₂ & WL)	KN	186.42	186.42
5	Tải trọng gió lên cột (WS ₃)	KN/m	1.33	1.33
6	Tải trọng gió thẳng đứng (WV)	KN/m	-44.82	-44.82
7	Lực hãm (BR) - dọc cầu	KN	284.38	284.38

❖ Tải trọng dọc cầu không xét khi tính toán khung theo phương ngang cầu

Bảng 17 : kết quả tổ hợp tải trọng tác dụng lên khung tại TTGH cường độ

Bảng 17

STT	Hạng mục	Đơn vị	Giá trị
I	<u>TTGH sử dụng I</u>		
1	Của các bộ phận trụ: Khai báo trong chương trình.	KN/m	
2	Dầm 1, 5 (tĩnh tải KCN, lớp phủ, hoạt tải - DC, DW, LL + IM)	KN	1,900.42
3	Dầm 2, 3, 4 (tĩnh tải KCN, lớp phủ, hoạt tải - DC, DW, LL + IM)	KN	1,992.41
4	Tải trọng gió (WS ₁ , WS ₂ & WL)	KN	151.99
5	Tải trọng gió lên cột (WS ₃)	KN/m	1.00
6	Lực hãm (BR) & lực ngang do nhiệt độ thay đổi (VT) - dọc cầu	KN	217.50
II	<u>TTGH sử dụng II</u>		
1	Của các bộ phận trụ: Khai báo trong chương trình.	KN/m	
2	Dầm 1, 5 (tĩnh tải KCN, lớp phủ, hoạt tải - DC, DW, LL + IM)	KN	2,056.81
3	Dầm 2, 3, 4 (tĩnh tải KCN, lớp phủ, hoạt tải - DC, DW, LL + IM)	KN	2,176.41
6	Lực hãm (BR) & lực ngang do nhiệt độ thay đổi (VT) - dọc cầu	KN	266.25

❖ Tải trọng dọc cầu không xét khi tính toán khung theo phương ngang cầu

7.5/ Kết quả tính toán trụ khung theo phương ngang cầu:

FRAME ELEMENT FORCES (lực ở các phần tử thanh)							
LOAD1: TTGH cường độ I, MAX							
LOAD2: TTGH cường độ I, MIN							
LOAD3: TTGH cường độ III, MAX							
LOAD4: TTGH cường độ III, MIN							
LOAD5: TTGH cường độ V, MAX							
LOAD6: TTGH cường độ V, MIN							
LOAD7: TTGH sử dụng I							
LOAD8: TTGH sử dụng II							
Chiều dương của lực thuận chiều dương của trục tương ứng							
Chiều dương của mômen quanh trục ngược chiều kim đồng hồ khi nhìn từ đầu trục							
LOAD LOC (LOAD LOCATION): Vị trí mặt cắt tính nội lực so với nút đầu của thanh							
P: Lực dọc trục (trục 1 -1) (thuộc hệ toạ độ riêng của thanh)							
V2: Lực cắt theo trục 2 -2 (thuộc hệ toạ độ riêng của thanh)							
V3: Lực cắt theo trục 3 - 3 (thuộc hệ toạ độ riêng của thanh)							
T: Mômen xoắn (quanh trục 1 - 1)							
M2: Mômen quanh trục 2 - 2							
M3: Mômen quanh trục 3 - 3							
FRAME	LOAD LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
9 Nút: 1 - 2	LOAD1						
	0	0	0	0	0	0	0
	2.20E-01	0	11.06	0	0	0	-1.11
	4.50E-01	0	29.4	0	0	0	-5.52
	6.70E-01	0	55.01	0	0	0	-14.88
	9.00E-01	0	87.9	0	0	0	-30.82
	LOAD2						
	0	0	0	0	0	0	0
	2.20E-01	0	11.06	0	0	0	-1.11
	4.50E-01	0	29.4	0	0	0	-5.52
	6.70E-01	0	55.01	0	0	0	-14.88
	9.00E-01	0	87.9	0	0	0	-30.82
	LOAD3						
	0	-482.02	0	0	0	0	0
	2.20E-01	-482.02	0.0759	0	0	0	0.02666
	4.50E-01	-482.02	9.23	0	0	0.00 -	0.9849
	6.70E-01	-482.02	24.76	0	0	0	-4.67
	9.00E-01	-482.02	47.57	0	0	0	-12.67
	LOAD4						
	0	-482.02	0	0	0	0	0
	2.20E-01	-482.02	0.0759	0	0	0	0.02666
	4.50E-01	-482.02	9.23	0	0	0.00 -	0.9849
	6.70E-01	-482.02	24.76	0	0	0	-4.67
	9.00E-01	-482.02	47.57	0	0	0	-12.67

LOAD5						
0	-186.42	0	0	0	0	0
2.20E-01	-186.42	0.0759	0	0	0	0.02666
4.50E-01	-186.42	9.23	0	0	0.00 -	0.9849
6.70E-01	-186.42	24.76	0	0	0	-4.67
9.00E-01	-186.42	47.57	0	0	0	-12.67
LOAD6						
0	-186.42	0	0	0	0	0
2.20E-01	-186.42	0.0759	0	0	0	0.02666
4.50E-01	-186.42	9.23	0	0	0.00 -	0.9849
6.70E-01	-186.42	24.76	0	0	0	-4.67
9.00E-01	-186.42	47.57	0	0	0	-12.67
LOAD7						
0	-151.99	0	0	0	0	0
2.20E-01	-151.99	11.06	0	0	0	-1.11
4.50E-01	-151.99	29.4	0	0	0	-5.52
6.70E-01	-151.99	55.01	0	0	0	-14.88
9.00E-01	-151.99	87.9	0	0	0	-30.82
LOAD8						
0	0	0	0	0	0	0
2.20E-01	0	11.06	0	0	0	-1.11
4.50E-01	0	29.4	0	0	0	-5.52
6.70E-01	0	55.01	0	0	0	-14.88
9.00E-01	0	87.9	0	0	0	-30.82
MAX	0	87.9	0	0	0	0.9849
MIN	-482.02	0	0	0	0	-30.82
10 Nút: 2 - 3	LOAD1					
	0	0	2754.7	0	0	-30.82
	4.40E-01	0	2825.73	0	0	-1251.54
	8.80E-01	0	2896.76	0	0	-2503.34
	1.31E+00	0	2967.79	0	0	-3786.21
	1.75E+00	0	3038.82	0	0	-5100.16
	LOAD2					
	0	0	2210.77	0	0	-30.82
	4.40E-01	0	2281.8	0	0	-1013.58
	8.80E-01	0	2352.83	0	0	-2027.4
	1.31E+00	0	2423.86	0	0	-3072.3
	1.75E+00	0	2494.89	0	0	-4148.28
	LOAD3					
	0	-482.02	1802.07	0	0	-12.67
	4.40E-01	-482.02	1853.49	0	0	-812.32
	8.80E-01	-482.02	1904.91	0	0	-1634.47
	1.31E+00	-482.02	1956.33	0	0	-2479.12
	1.75E+00	-482.02	2007.75	0	0	-3346.26

	LOAD4						
	0	-482.02	1258.14	0	0	0	-12.67
	4.40E-01	-482.02	1309.56	0	0	0	-574.35
	8.80E-01	-482.02	1360.98	0	0	0	-1158.53
	1.31E+00	-482.02	1412.4	0	0	0	-1765.21
	1.75E+00	-482.02	1463.82	0	0	0	-2394.38
	LOAD5						
	0	-186.42	2714.37	0	0	0	-12.67
	4.40E-01	-186.42	2765.79	0	0	0	-1211.46
	8.80E-01	-186.42	2817.21	0	0	0	-2432.74
	1.31E+00	-186.42	2868.63	0	0	0	-3676.51
	1.75E+00	-186.42	2920.05	0	0	0	-4942.79
	LOAD6						
	0	-186.42	2170.44	0	0	0	-12.67
	4.40E-01	-186.42	2221.86	0	0	0	-973.49
	8.80E-01	-186.42	2273.28	0	0	0	-1956.8
	1.31E+00	-186.42	2324.7	0	0	0	-2962.6
	1.75E+00	-186.42	2376.12	0	0	0	-3990.91
	LOAD7						
	0	-151.99	1988.32	0	0	0	-30.82
	4.40E-01	-151.99	2059.35	0	0	0	-916.25
	8.80E-01	-151.99	2130.38	0	0	0	-1832.76
	1.31E+00	-151.99	2201.41	0	0	0	-2780.34
	1.75E+00	-151.99	2272.44	0	0	0	-3758.99
	LOAD8						
	0	0	2144.71	0	0	0	-30.82
	4.40E-01	0	2215.74	0	0	0	-984.67
	8.80E-01	0	2286.77	0	0	0	-1969.6
	1.31E+00	0	2357.8	0	0	0	-2985.6
	1.75E+00	0	2428.83	0	0	0	-4032.68
	MAX	0	3038.82	0	0	0	-12.67
	MIN	-482.02	1258.14	0	0	0	-5100.16
11 Nút: 3 - 4 Mặt cắt: S3	LOAD1						
	0	39.07	-4688.17	0	0	0	-4871.39
	1.30E-01	39.07	-4667.88	0	0	0	-4286.64
	0.25	39.07	-4647.59	0	0	0	-3704.42
	0.38	39.07	-4627.29	0	0	0	-3124.74
	0.5	39.07	-4607	0	0	0	-2547.6
	LOAD2						
	0	30.23	-3872.26	0	0	0	-3971.28
	1.30E-01	30.23	-3851.97	0	0	0	-3488.51
	0.25	30.23	-3831.68	0	0	0	-3008.29
	0.38	30.23	-3811.38	0	0	0	-2530.59
	0.5	30.23	-3791.09	0	0	0	-2055.44

	LOAD3						
	0	-222.74	-2571.63	0	0	0	-2140.41
	1.30E-01	-222.74	-2556.94	0	0	0	-1819.88
	0.25	-222.74	-2542.25	0	0	0	-1501.18
	0.38	-222.74	-2527.56	0	0	0	-1184.32
	0.5	-222.74	-2512.86	0	0	0	-869.29
	LOAD4						
	0	-231.58	-1755.74	0	0	0	-1240.3
	1.30E-01	-231.58	-1741.04	0	0	0	-1021.75
	0.25	-231.58	-1726.35	0	0	0	-805.04
	0.38	-231.58	-1711.66	0	0	0	-590.16
	0.5	-231.58	-1696.97	0	0	0	-377.12
	LOAD5						
	0	-58.08	-4417.74	0	0	0	-4319.62
	1.30E-01	-58.08	-4403.04	0	0	0	-3768.32
	0.25	-58.08	-4388.35	0	0	0	-3218.86
	0.38	-58.08	-4373.66	0	0	0	-2671.24
	0.5	-58.08	-4358.97	0	0	0	-2125.45
	LOAD6						
	0	-66.92	-3601.83	0	0	0	-3419.51
	1.30E-01	-66.92	-3587.13	0	0	0	-2970.2
	0.25	-66.92	-3572.44	0	0	0	-2522.73
	0.38	-66.92	-3557.75	0	0	0	-2077.09
	0.5	-66.92	-3543.06	0	0	0	-1633.29
	LOAD7						
	0	-49.34	-3315.28	0	0	0	-3263.9
	1.30E-01	-49.34	-3294.98	0	0	0	-2850.76
	0.25	-49.34	-3274.69	0	0	0	-2440.16
	0.38	-49.34	-3254.4	0	0	0	-2032.09
	0.5	-49.34	-3234.1	0	0	0	-1626.56
	LOAD8						
	0	30.42	-3711.09	0	0	0	-3854.56
	1.30E-01	30.42	-3690.79	0	0	0	-3391.94
	0.25	30.42	-3670.5	0	0	0	-2931.86
	0.38	30.42	-3650.21	0	0	0	-2474.32
	0.5	30.42	-3629.91	0	0	0	-2019.31
	MAX	39.07	-1696.97	0	0	0	-377.12
	MIN	-231.58	-4688.17	0	0	0	-4871.39
12 Nút: 4 - 5	LOAD1						
	0	39.07	-1779.2	0	0	0	-2547.6
	5.60E-01	39.07	-1687.87	0	0	0	-1572.49
	1.13	39.07	-1596.55	0	0	0	-648.74
	1.69	39.07	-1505.22	0	0	0	223.63
	2.25	39.07	-1413.9	0	0	0	1044.63

LOAD2						
0	30.23	-1507.23	0	0	0	-2055.44
5.60E-01	30.23	-1415.9	0	0	0	-1233.31
1.13	30.23	-1324.58	0	0	0	-462.55
1.69	30.23	-1233.25	0	0	0	256.84
2.25	30.23	-1141.93	0	0	0	924.86
LOAD3						
0	-222.74	-758.36	0	0	0	-869.29
5.60E-01	-222.74	-692.25	0	0	0	-461.3
1.13	-222.74	-626.14	0	0	0	-90.51
1.69	-222.74	-560.03	0	0	0	243.1
2.25	-222.74	-493.91	0	0	0	539.52
LOAD4						
0	-231.58	-486.4	0	0	0	-377.12
5.60E-01	-231.58	-420.29	0	0	0	-122.12
1.13	-231.58	-354.17	0	0	0	95.7
1.69	-231.58	-288.06	0	0	0	276.33
2.25	-231.58	-221.95	0	0	0	419.77
LOAD5						
0	-58.08	-1531.17	0	0	0	-2125.45
5.60E-01	-58.08	-1465.06	0	0	0	-1282.76
1.13	-58.08	-1398.94	0	0	0	-477.26
1.69	-58.08	-1332.83	0	0	0	291.05
2.25	-58.08	-1266.72	0	0	0	1022.17
LOAD6						
0	-66.92	-1259.2	0	0	0	-1633.29
5.60E-01	-66.92	-1193.09	0	0	0	-943.58
1.13	-66.92	-1126.97	0	0	0	-291.07
1.69	-66.92	-1060.86	0	0	0	324.26
2.25	-66.92	-994.75	0	0	0	902.4
LOAD7						
0	-49.34	-1241.69	0	0	0	-1626.56
5.60E-01	-49.34	-1150.37	0	0	0	-953.79
1.13	-49.34	-1059.04	0	0	0	-332.39
1.69	-49.34	-967.72	0	0	0	237.63
2.25	-49.34	-876.4	0	0	0	756.29
LOAD8						
0	30.42	-1453.5	0	0	0	-2019.31
5.60E-01	30.42	-1362.18	0	0	0	-1227.4
1.13	30.42	-1270.85	0	0	0	-486.86
1.69	30.42	-1179.53	0	0	0	202.31
2.25	30.42	-1088.2	0	0	0	840.11
MAX	39.07	-221.95	0	0	0	1044.63
MIN	-231.58	-1779.2	0	0	0	-2547.6

13
Nút:
5 -6

LOAD1						
0	39.07	1413.9	0	0	0	1044.63
5.60E-01	39.07	1505.22	0	0	0	223.63
1.13E+00	39.07	1596.55	0	0	0	-648.74
1.69E+00	39.07	1687.87	0	0	0	-1572.49
2.25E+00	39.07	1779.2	0	0	0	-2547.6
LOAD2						
0	30.23	1141.93	0	0	0	924.86
5.60E-01	30.23	1233.25	0	0	0	256.84
1.13E+00	30.23	1324.58	0	0	0	-462.55
1.69E+00	30.23	1415.9	0	0	0	-1233.31
2.25E+00	30.23	1507.23	0	0	0	-2055.44
LOAD3						
0	-222.74	1260.59	0	0	0	539.52
5.60E-01	-222.74	1326.7	0	0	0	-188.15
1.13E+00	-222.74	1392.81	0	0	0	-953.02
1.69E+00	-222.74	1458.93	0	0	0	-1755.07
2.25E+00	-222.74	1525.04	0	0	0	-2594.31
LOAD4						
0	-231.58	988.62	0	0	0	419.77
5.60E-01	-231.58	1054.74	0	0	0	-154.93
1.13E+00	-231.58	1120.85	0	0	0	-766.81
1.69E+00	-231.58	1186.96	0	0	0	-1415.88
2.25E+00	-231.58	1253.07	0	0	0	-2102.14
LOAD5						
0	-58.08	1561.08	0	0	0	1022.17
5.60E-01	-58.08	1627.2	0	0	0	125.47
1.13E+00	-58.08	1693.31	0	0	0	-808.42
1.69E+00	-58.08	1759.42	0	0	0	-1779.5
2.25E+00	-58.08	1825.53	0	0	0	-2787.77
LOAD6						
0	-66.92	1289.11	0	0	0	902.4
5.60E-01	-66.92	1355.23	0	0	0	158.68
1.13E+00	-66.92	1421.34	0	0	0	-622.23
1.69E+00	-66.92	1487.45	0	0	0	-1440.33
2.25E+00	-66.92	1553.56	0	0	0	-2295.61
LOAD7						
0	-49.34	1116.01	0	0	0	756.29
5.60E-01	-49.34	1207.34	0	0	0	102.85
1.13E+00	-49.34	1298.66	0	0	0	-601.97
1.69E+00	-49.34	1389.99	0	0	0	-1358.15
2.25E+00	-49.34	1481.31	0	0	0	-2165.7
LOAD8						
0	30.42	1088.2	0	0	0	840.11

	5.60E-01	30.42	1179.53	0	0	0	202.31
	1.13E+00	30.42	1270.85	0	0	0	-486.86
	1.69E+00	30.42	1362.18	0	0	0	-1227.4
	2.25E+00	30.42	1453.5	0	0	0	-2019.31
	MAX	39.07	1825.53	0	0	0	1044.63
	MIN	-231.58	988.62	0	0	0	-2787.77
14 Nút: 6 - 7	LOAD1						
	0	39.07	4607	0	0	0	-2547.6
	1.20E-01	39.07	4627.29	0	0	0	-3124.74
	2.50E-01	39.07	4647.59	0	0	0	-3704.42
	0.37	39.07	4667.88	0	0	0	-4286.64
	0.5	39.07	4688.17	0	0	0	-4871.39
	LOAD2						
	0	30.23	3791.09	0	0	0	-2055.44
	1.20E-01	30.23	3811.38	0	0	0	-2530.59
	2.50E-01	30.23	3831.68	0	0	0	-3008.29
	0.37	30.23	3851.97	0	0	0	-3488.51
	0.5	30.23	3872.26	0	0	0	-3971.28
	LOAD3						
	0	-222.74	3279.54	0	0	0	-2594.31
	1.20E-01	-222.74	3294.23	0	0	0	-3005.17
	2.50E-01	-222.74	3308.92	0	0	0	-3417.87
	0.37	-222.74	3323.61	0	0	0	-3832.4
	0.5	-222.74	3338.31	0	0	0	-4248.77
	LOAD4						
	0	-231.58	2463.64	0	0	0	-2102.14
	1.20E-01	-231.58	2478.34	0	0	0	-2411.02
	2.50E-01	-231.58	2493.03	0	0	0	-2721.73
	0.37	-231.58	2507.72	0	0	0	-3034.27
	0.5	-231.58	2522.41	0	0	0	-3348.66
	LOAD5						
	0	-58.08	4653.33	0	0	0	-2787.77
	1.20E-01	-58.08	4668.03	0	0	0	-3370.36
	2.50E-01	-58.08	4682.72	0	0	0	-3954.78
	0.37	-58.08	4697.41	0	0	0	-4541.04
	0.5	-58.08	4712.1	0	0	0	-5129.13
	LOAD6						
	0	-66.92	3837.43	0	0	0	-2295.61
	1.20E-01	-66.92	3852.12	0	0	0	-2776.21
	2.50E-01	-66.92	3866.81	0	0	0	-3258.64
	0.37	-66.92	3881.5	0	0	0	-3742.91
	0.5	-66.92	3896.19	0	0	0	-4229.02
	LOAD7						
	0	-49.34	3473.72	0	0	0	-2165.7

15 Nút: 7 - 8	1.20E-01	-49.34	3494.02	0	0	0	-2601.19
	2.50E-01	-49.34	3514.31	0	0	0	-3039.21
	0.37	-49.34	3534.6	0	0	0	-3479.76
	0.5	-49.34	3554.9	0	0	0	-3922.86
	LOAD8						
	0	30.42	3629.91	0	0	0	-2019.31
	1.20E-01	30.42	3650.21	0	0	0	-2474.32
	2.50E-01	30.42	3670.5	0	0	0	-2931.86
	0.37	30.42	3690.79	0	0	0	-3391.94
	0.5	30.42	3711.09	0	0	0	-3854.56
	MAX	39.07	4712.1	0	0	0	-2019.31
	MIN	-231.58	2463.64	0	0	0	-5129.13
	LOAD1						
	0	0	-3038.82	0	0	0	-5100.16
	4.40E-01	0	-2967.79	0	0	0	-3786.21
	8.80E-01	0	-2896.76	0	0	0	-2503.34
	1.31E+00	0	-2825.73	0	0	0	-1251.54
	1.75E+00	0	-2754.7	0	0	0	-30.82
	LOAD2						
	0	0	-2494.89	0	0	0	-4148.28
	4.40E-01	0	-2423.86	0	0	0	-3072.3
	8.80E-01	0	-2352.83	0	0	0	-2027.4
	1.31E+00	0	-2281.8	0	0	0	-1013.58
	1.75E+00	0	-2210.77	0	0	0	-30.82
	LOAD3						
	0	0	-2007.75	0	0	0	-3346.26
	4.40E-01	0	-1956.33	0	0	0	-2479.12
	8.80E-01	0	-1904.91	0	0	0	-1634.47
	1.31E+00	0	-1853.49	0	0	0	-812.32
	1.75E+00	0	-1802.07	0	0	0	-12.67
	LOAD4						
	0	0	-1463.82	0	0	0	-2394.38
	4.40E-01	0	-1412.4	0	0	0	-1765.21
	8.80E-01	0	-1360.98	0	0	0	-1158.53
	1.31E+00	0	-1309.56	0	0	0	-574.35
	1.75E+00	0	-1258.14	0	0	0	-12.67
	LOAD5						
	0	0	-2920.05	0	0	0	-4942.79
	4.40E-01	0	-2868.63	0	0	0	-3676.51
	8.80E-01	0	-2817.21	0	0	0	-2432.74
	1.31E+00	0	-2765.79	0	0	0	-1211.46
	1.75E+00	0	-2714.37	0	0	0	-12.67
	LOAD6						
	0	0	-2376.12	0	0	0	-3990.91

	4.40E-01	0	-2324.7	0	0	0	-2962.6
	8.80E-01	0	-2273.28	0	0	0	-1956.8
	1.31E+00	0	-2221.86	0	0	0	-973.49
	1.75E+00	0	-2170.44	0	0	0	-12.67
	LOAD7						
	0	0	-2272.44	0	0	0	-3758.99
	4.40E-01	0	-2201.41	0	0	0	-2780.34
	8.80E-01	0	-2130.38	0	0	0	-1832.76
	1.31E+00	0	-2059.35	0	0	0	-916.25
	1.75E+00	0	-1988.32	0	0	0	-30.82
	LOAD8						
	0	0	-2428.83	0	0	0	-4032.68
	4.40E-01	0	-2357.8	0	0	0	-2985.6
	8.80E-01	0	-2286.77	0	0	0	-1969.6
	1.31E+00	0	-2215.74	0	0	0	-984.67
	1.75E+00	0	-2144.71	0	0	0	-30.82
	MAX	0	-1258.14	0	0	0	-12.67
	MIN	0	-3038.82	0	0	0	-5100.16
	LOAD1						
	0	0	-87.9	0	0	0	-30.82
	2.30E-01	0	-55.01	0	0	0	-14.88
	4.50E-01	0	-29.4	0	0	0	-5.52
	6.80E-01	0	-11.06	0	0	0	-1.11E+00
	9.00E-01	0	0	0	0	0	0.00E+00
	LOAD2						
	0	0	-87.9	0	0	0	-30.82
	2.30E-01	0	-55.01	0	0	0	-14.88
	4.50E-01	0	-29.4	0	0	0	-5.52
	6.80E-01	0	-11.06	0	0	0	-1.11E+00
	9.00E-01	0	0	0	0	0	0.00E+00
	LOAD3						
	0	0	-47.57	0	0	0	-12.67
	2.30E-01	0	-24.76	0	0	0	-4.67
	4.50E-01	0	-9.23	0	0	0.00 -	0.9849
	6.80E-01	0	0.0759	0	0	0	2.67E-02
	9.00E-01	0	0	0	0	0	0.00E+00
	LOAD4						
	0	0	-47.57	0	0	0	-12.67
	2.30E-01	0	-24.76	0	0	0	-4.67
	4.50E-01	0	-9.23	0	0	0.00 -	0.9849
	6.80E-01	0	0.0759	0	0	0	2.67E-02
	9.00E-01	0	0	0	0	0	0.00E+00
	LOAD5						
	0	0	-47.57	0	0	0	-12.67

16
Nút:
8 - 9

2.30E-01	0	-24.76	0	0	0	-4.67
4.50E-01	0	-9.23	0	0	0.00 -	0.9849
6.80E-01	0	0.0759	0	0	0	2.67E-02
9.00E-01	0	0	0	0	0	0.00E+00
LOAD6						
0	0	-47.57	0	0	0	-12.67
2.30E-01	0	-24.76	0	0	0	-4.67
4.50E-01	0	-9.23	0	0	0.00 -	0.9849
6.80E-01	0	0.0759	0	0	0	2.67E-02
9.00E-01	0	0	0	0	0	0.00E+00
LOAD7						
0	0	-87.9	0	0	0	-30.82
2.30E-01	0	-55.01	0	0	0	-14.88
4.50E-01	0	-29.4	0	0	0	-5.52
6.80E-01	0	-11.06	0	0	0	-1.11E+00
9.00E-01	0	0	0	0	0	0.00E+00
LOAD8						
0	0	-87.9	0	0	0	-30.82
2.30E-01	0	-55.01	0	0	0	-14.88
4.50E-01	0	-29.4	0	0	0	-5.52
6.80E-01	0	-11.06	0	0	0	-1.11E+00
9.00E-01	0	0	0	0	0	0.00E+00
MAX	0	0.0759	0	0	0	0.9849
MIN	0	-87.9	0	0	0	-30.82
LOAD1						
0	-7727	39.07	0	0	0	228.77
4.37	-8048.19	39.07	0	0	0	58.21
8.73	-8369.38	39.07	0	0	0	-112.36
LOAD2						
0	-6367.16	30.23	0	0	0	177
4.37	-6688.35	30.23	0	0	0	45.04
8.73	-7009.54	30.23	0	0	0	-86.93
LOAD3						
0	-5346.06	-222.74	0	0	0	-902.51
4.37	-5667.25	-222.74	0	0	0	69.87
8.73	-5988.44	-222.74	0	0	0	1042.26
LOAD4						
0	-3986.23	-231.58	0	0	0	-954.27
4.37	-4307.42	-231.58	0	0	0	56.7
8.73	-4628.62	-231.58	0	0	0	1067.68
LOAD5						
0	-7632.15	-58.08	0	0	0	-186.35
4.37	-7953.35	-58.08	0	0	0	67.21
8.73	-8274.54	-58.08	0	0	0	320.76

17
Nút:
7 - 10

18 Nút: 3 - 11	LOAD6						
	0	-6272.31	-66.92	0	0	0	-238.11
	4.37	-6593.51	-66.92	0	0	0	54.04
	8.73	-6914.7	-66.92	0	0	0	346.18
	LOAD7						
	0	-5827.34	-49.34	0	0	0	-163.86
	4.37	-6148.54	-49.34	0	0	0	51.54
	8.73	-6469.73	-49.34	0	0	0	266.95
	LOAD8						
	0	-6139.92	30.42	0	0	0	178.12
	4.37	-6461.12	30.42	0	0	0	45.32
	8.73	-6782.31	30.42	0	0	0	-87.48
	MAX	-3986.23	39.07	0	0	0	1067.68
	MIN	-8369.38	-231.58	0	0	0	-954.27
	LOAD1						
	0	-7727	-39.07	0	0	0	-228.77
	4.37	-8048.19	-39.07	0	0	0	-58.21
	8.73	-8369.38	-39.07	0	0	0	112.36
	LOAD2						
	0	-6367.16	-30.23	0	0	0	-177
	4.37	-6688.35	-30.23	0	0	0	-45.04
	8.73	-7009.54	-30.23	0	0	0	86.93
	LOAD3						
	0	-4579.38	-259.28	0	0	0	-1205.85
	4.37	-4900.57	-279.67	0	0	0	-29.44
	8.73	-5221.77	-300.05	0	0	0	1235.96
	LOAD4						
	0	-3219.56	-250.44	0	0	0	-1154.08
	4.37	-3540.75	-270.83	0	0	0	-16.27
	8.73	-3861.94	-291.21	0	0	0	1210.54
	LOAD5						
	0	-7337.79	-128.34	0	0	0	-623.16
	4.37	-7658.98	-134.15	0	0	0	-50.21
	8.73	-7980.17	-139.95	0	0	0	548.08
	LOAD6						
	0	-5977.95	-119.5	0	0	0	-571.4
	4.37	-6299.14	-125.31	0	0	0	-37.04
	8.73	-6620.33	-131.11	0	0	0	522.66
	LOAD7						
	0	-5587.72	-102.65	0	0	0	-495.09
	4.37	-5908.92	-107.01	0	0	0	-37.45
	8.73	-6230.11	-111.38	0	0	0	439.25
	LOAD8						
	0	-6139.92	-30.42	0	0	0	-178.12
	4.37	-6461.12	-30.42	0	0	0	-45.32

	8.73	-6782.31	-30.42	0	0	0	87.48
MAX		-3219.56	-30.23	0	0	0	1235.96
MIN		-8369.38	-300.05	0	0	0	-1205.85

8/ DUYỆT CHO MẶT C - C (MẶT CẮT XÀ MŨ)

Theo phương ngang cầu, duyệt cho các tổ hợp bất lợi nhất sau:

TTGH CĐ I A (LOAD1) : $P_{kéo} = 39.07 \text{ KN}$

$V_{uốn} = 1413.9 \text{ KN}$ (Lực cắt Max)

$M_{uốn} = 1044.63 \text{ KNm}$ (M_u max)

TTGH CĐ IV A (LOAD5) : $P_{nén} = 58.08 \text{ KN}$

$V_{uốn} = 1266.72 \text{ KN}$

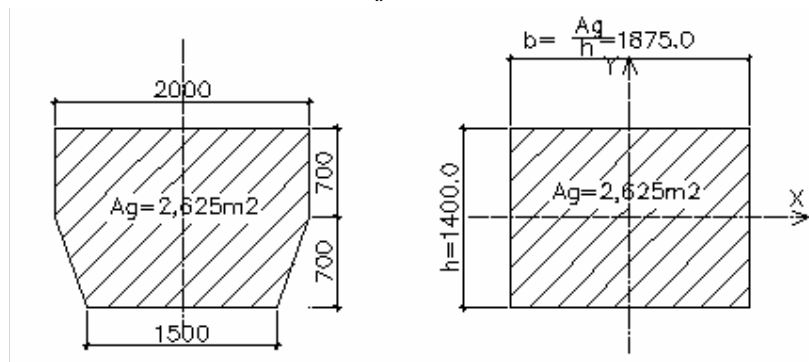
$M_{uốn} = 1022.17 \text{ KNm}$

❖ Diện tích mặt cắt xà mũ $A_g = 2.625 \text{ m}^2$

❖ Trụ 2 đầu tròn, chuyển thành tiết diện chữ nhật tương đương có chiều dài $b = \frac{2.625}{1.4} = 1.875 \text{ m}$

❖ Xà mũ tựa trên 2 cột có:

Chiều dài chịu nén $l_u = 5.5 \text{ m}$



Hình

K : Hệ số chiều dài có hiệu , $K=1$ (A.4.6.2.5-1, sơ đồ d)

$$Kx l_u = 1 \times 5.5 = 5.5 \text{ m}$$

+Theo phương ngang cầu (A. 5.7.4.3)

$$\text{Có } r_x = 0.3xb = 0.3 \times 1.4 = 0.42 \text{ m}$$

$$Kx l_u = 5.5 \text{ m}$$

$$\text{Tính tỉ số độ mảnh } \frac{Kx l_u}{r_x} = \frac{5.5}{0.42} = 13.095 < 22 \quad \text{Không phải xét đến độ mảnh}$$

+Theo phương dọc cầu

$$r_y = 0.3xh = 0.3 \times 1.875 = 0.5625 \text{ m}$$

$$\text{Tính tỉ số độ mảnh } \frac{Kx l_u}{r_y} = \frac{5.5}{0.5625} = 9.778 < 22 \quad \text{Không phải xét đến độ mảnh.}$$

+Hàm lượng cốt thép tối thiểu

$$\zeta_{\min} > 0.03 \frac{f'_c}{f_y} = 0.03 \frac{28}{420} = 21 \times 10^{-4}$$

$$\zeta_{\min} = 21 \times 10^{-4}$$

$$\zeta_{\min} = \frac{A_s}{A_g}$$

$$A_s \min = \zeta_{\min} A_g = 21 \times 10^{-4} \times 2.625 = 55.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Tính $0.1 \phi_c' A_g$ (A.5.7.4.5)

ϕ : Hệ số sức kháng theo A.5.5.4.2 ; $\phi = 0.75$

$$0.1 \phi_c' A_g = 0.1 \times 0.75 \times 28 \times 2.625 = 5.5125 \times 10^3 \text{ KN} = 5512.5 \text{ KN}$$

+Lựa chọn công thức kiểm toán.

$$P_{\max} = 39.07 \text{ KN} \quad (\text{Xem bảng 11})$$

$$\text{Vậy } P_{\max} < 0.1 \phi_c' A_g$$

❖ Kiểm toán theo công thức (A.5.7.4.5-3)

$$\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \leq 1$$

+ Kiểm toán tại TTGH cường độ IA

Trong đó :

M_{ux} : Mô men theo trục x ; $M_{ux} = \delta M_x$

$$M_x = 1044.63 \text{ KNm};$$

M_{uy} : Mô men theo trục y ; $M_{uy} = \delta M_y$

$$M_y = 0 \text{ KNm}$$

+Tính δ : Hệ số xét đến ảnh hưởng của uốn dọc ($\delta \geq 1$)

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_e}} \quad (\text{A.4.5.3.2b-4})$$

Trong đó : P_u : Lực dọc trục ; $P_u = 39.07 \text{ KN}$
 P_e : lực tối hạn ole

$$P_e = \frac{\pi^2 EI}{(Kl_u)^2} \quad (\text{A.4.5.3.2b-5})$$

Trong đó :

$$Kl_u = 5.5 \text{ m}$$

E : Mô men đàn hồi (MPa)

I : Mô men quán tính

EI tính theo công thức :

$$EI = \frac{\frac{E_c I_g}{1 + \beta}}{2.5} \quad (\text{A.5.7.4.3-2})$$

Trong đó :

E_c : Mô đun đàn hồi của bê tông (MPa) (A.5.4.2.4)

$$E_c = 0.043 \gamma_c^{1.5} \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$$

Trong đó :

γ_c : Trọng lượng riêng của bê tông (Kg/m³) $\gamma_c = 2500 \text{ Kg/m}^3$

$$f_c' = 28 \text{ MPa}$$

$$E_c = 28,44 \times 10^6 \text{ KPa}$$

I_g : Mô men quán tính của mặt cắt

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.875 \times 1.4^3}{12} = 0.429 \text{ m}^4$$

β : Tỷ số giữa mô men do tải trọng thường xuyên (có nhân hệ số) và momen do tổng các tải trọng (có nhân hệ số).

$$\beta = \frac{196}{1044.63} = 0.19$$

$$EI = \frac{28.44 \times 10^6 \times 0.429}{2.5} = \frac{4.88 \times 10^6}{1 + 0.19} = \frac{4.88 \times 10^6}{1.19} = 4.10 \times 10^6 \text{ KNm}^2$$

$$P_e = \frac{3.14^2 \times 4.10 \times 10^6}{5.5^2} = 1.338 \times 10^6 \text{ KN}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{39.07}{0.75 \times 1.338 \times 10^6}} \approx 1$$

+Vậy $M_{uy} = M_y = 1044.63 \text{ KNm}$.

$$M_{ry} = \phi M_{ny}$$

❖ M_{ny} : Mô men kháng của mặt cắt theo phương dọc cầu
Cốt thép trụ dùng $d=25\text{mm}$ có diện tích $4,91 \times 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)}$.

Số thanh cốt thép tối thiểu là: $\frac{55.2 \times 10^{-4}}{4.91 \times 10^{-4}} \approx 13$ thanh

Chọn 13 thanh $d25$ (theo phương dọc cầu) ; $a = 150\text{mm}$

$$A_s = 13 \times 4.91 \times 10^{-4} = 63.83 \times 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_s f_y = 63.83 \times 10^{-4} \times 420 \times 10^3 = 2680.86 \text{ KN}$$

Chiều cao khu vực chịu nén: (**A.5.7.3.1.2-3**)

$$C = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' \beta_1 b} = \frac{2680.86}{0.85 \times 28 \times 0.85 \times 1.875 \times 10^3} = 70.0 \times 10^{-3} = 0.07 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 c = 0.85 \times 0.07 = 0.06 \text{ m}.$$

d_s : Chiều cao có hiệu của mặt cắt, $d_s = 1.2 \text{ m}$.

$$M_{ny} = A_s f_y \left(d_s - \frac{a}{2} \right) = 2680.86 \left(1.2 - \frac{0.06}{2} \right) = 3136.61 \text{ KNm}$$

$$\phi = 0.9; M_{ry} = \phi M_{ny} = 0.9 \times 3136.61 = 2822.95 \text{ KNm}$$

Kiểm tra

$$\frac{M_{ux}}{M_{rx}} = \frac{1044.63}{2822.95} = 0.37 < 1 \quad \text{Đạt}$$

Kiểm tra tại TTGH cường độ VA

$$0.1 \phi_c' A_g = 0.1 \times 0.75 \times 28 \times 2.625 = 5.5125 \times 10^3 \text{ KN} = 5512.5 \text{ KN} > P_{\max} = 58.08 \text{ KN}$$

$$\text{kiểm toán theo công thức: } \frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \leq 1$$

$$\delta = 1$$

$$M_{ux} = M_x = 1022.17 \text{ KNm}$$

$$M_{uy} = M_y = 0 \text{ KNm}$$

$$M_{rx} = 2822.95 \text{ KNm}$$

$$\frac{M_{ux}}{M_{rx}} = \frac{1022.17}{2822.95} = 0.36 < 1 \quad \text{Đạt.}$$

❖ Các TTGH khác kiểm tra tương tự và đều đạt.

❖ Duyệt cắt:

Công thức kiểm tra $V_u \leq V_R$

Trong đó: V_u : Lực cắt cực hạn của mặt cắt theo TTGH cường độ

V_R : Sức kháng cắt của mặt cắt tính toán (**A5.8.3.3-1** và **A.5.8.3.3-2**)

$$V_R = \phi V_n = \phi (V_c + V_s)$$

Trong đó :

$$\theta = 0.9$$

V_c : Sức kháng cắt của bê tông

$$V_c = 0.083\beta\sqrt{f'_c}b_vd_v$$

V_s : Sức kháng cắt của cốt thép chịu cắt

$$V_s = \frac{A_v f_y d_v \cot \theta}{S}$$

Trong đó:

$$f'_c = 28MPa$$

b_v : Bề rộng bụng có hiệu, lấy bằng bề rộng bụng min trong chiều cao d_v

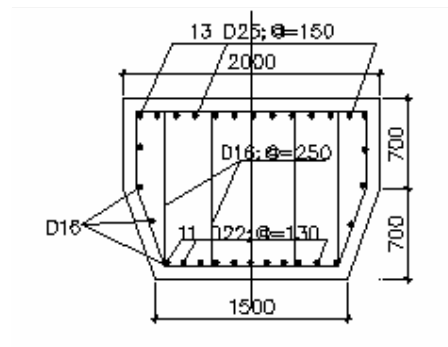
$$b_v = 1.5m$$

d_v : Chiều cao chịu cắt có hiệu $d_v = 1.2 \times 10^3 mm$

S : cự ly giữa các cốt đai

Bố trí cốt thép đai 6 D16; @ = 250 ($n=6$; $f_{16} = 201mm^2$; $S=250mm$)

Diện tích cốt thép chịu cắt trong cự ly S .



Hình số:

$$A_v = n f_{16} = 6 \times 201 = 1206 mm^2$$

$$f_y = 420 MPa = 420 \times 10^3 KN / m^2$$

β : Hệ số chỉ khả năng của BT bị nứt chéo truyền lực kéo.

θ : Góc nghiêng của ứng suất nén chéo.

+ Diện tích cốt thép ngang min:

$$A_{min} = 0.083 \sqrt{f'_c} \frac{b_v S}{f_y} = 0.083 \sqrt{28} \frac{1500 \times 250}{420} = 392 mm^2$$

$$A_v > A_{min}$$

+Xác định β và θ : theo **A8.5.3.4.1** với tổ hợp không chịu kéo, lấy $\beta=2$; $\theta = 45^\circ$. ở đây xác định β và θ theo phương pháp chung (**A.5.8.3.4.2**)

❖ TTGH cường độ IA:

$$N_{uon} = - 39.07 KN \text{ (lấy dấu “-” vì là lực kéo)}$$

$$V_{uon} = 1413.9 KN \text{ (Lực cắt Max)}$$

$$M_{uon} = 1044.63 KNm \text{ (} M_u \text{ max)}$$

ứng suất cắt trong BT :

$$v = \frac{V_u}{\phi_v d_v} = \frac{1413.9}{0.9 \times 1.5 \times 1.2} = 872.78 KN / m^2$$

$$\frac{v}{f'_c} = \frac{872.78}{28 \times 10^3} = 0.031 < 0.05 ; \text{ Xem hình 5.8.3.4.2-1 để lấy } \beta \text{ và } \theta ;$$

ứng biến trong cốt thép phía chịu kéo do uốn:

$$\epsilon_x = \frac{\frac{M_u}{d_v} + 0.5(N_u + V_u \cot g\theta)}{E_s A_s} \quad (N_u \text{ lấy dấu âm vì là lực kéo})$$

Trong đó:

A_s : Diện tích cốt thép thường phía chịu kéo uốn

$$A_s = 11f_{22} + 2f_{16} = 4584 \text{ mm}^2 = 45.84 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

E_s : modun đàn hồi của cốt thép thường $E_s = 200.000 \text{ MPa} = 2 \times 10^8 \text{ KN/m}^2$ (A.5.4.3.2)

$$\text{Vậy } \epsilon_x = 1.79 \times 10^{-3}$$

❖ Với $\epsilon_x = 1.79 \times 10^{-3}$ và $\frac{v}{f_c} = 0.031 < 0.05$; tra bảng có $\theta = 42^\circ$; $\beta = 1.7$

Vậy $\theta = 42^\circ$; $\beta = 1.7$;

$$V_c = 0.083 \times 1.7 \sqrt{28} \times 1.5 \times 10^3 \times 1.2 = 1343.9 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{1206 \times 10^{-6} \times 420 \times 10^3 \times 1.2 \times \cot g 42^\circ}{250 \times 10^{-3}} = 2700.23 \text{ KN.}$$

+Sức kháng cắt của mặt cắt tính toán :

$$V_R = 0.9(1343.9 + 2700.23) = 3639.72 \text{ KN}$$

$$V_R > V_u = 1413.9 \text{ KN} \quad \text{Đạt.}$$

❖ TTGH cường độ IVA (LOAD5) : $N_{u\text{uốn}} = 58.08 \text{ KN}$
 $V_{u\text{uốn}} = 1266.72 \text{ KN}$
 $M_{u\text{uốn}} = 1022.17 \text{ KNm}$

Theo(A.5.8.3.4.1) có $\beta = 2$; $\theta = 45^\circ$

$$V_s = 2431.3 \text{ KN}$$

$$V_c = 1581.1 \text{ KN}$$

$$V_n = 4012.4 \text{ KN.}$$

$$V_R = 3611.$$

❖ Vậy $V_u = 1266.72 \text{ KN} < V_R = 3611 \text{ KN}$ **Đạt**

❖ Duyệt cốt thép dọc: Theo (A.5.8.3.5-1)

$$A_s f_y \geq \left(\frac{M_u}{d_v \phi} + 0.5 \frac{N_u}{\phi} \right) + \left(\frac{V_n}{\phi} - 0.5 V_s \right) \cot g \phi$$

$$\text{Với TTGH CĐ IA : } VP = 1190.86 \text{ KN}$$

$$\text{TTGH CĐ VA: } VP = 1170.54 \text{ KN}$$

$$A_s f_y = 2680.86 \text{ KN.}$$

$$VP > VT \quad \text{Đạt.}$$

VÍ DỤ 2 : THIẾT KẾ GỐI CAO SU

1/ SỐ LIỆU THIẾT KẾ

- ❖ Thiết kế gối cao su theo AASHTO – LRFD, điều A.14.7.5.
- ❖ Gối của cầu dầm BTCT liên tục, mặt cắt chữ T, sơ đồ nhịp 10.67 + 12.80 + 10.67 (m).
Tải trọng HL – 93.
- ❖ Tính tải rải đều do trọng lượng bản thân dầm và lớp phủ $W = 27.25 \text{ N/mm}$.
- ❖ Tải trọng thẳng đứng truyền xuống gối:
Do tĩnh tải $V_{LD} = 109.9 \text{ KN}$ (Dầm biên) ; $V_{LD} = 90 \text{ KN}$ (Dầm trong)
Do hoạt tải (có tính hệ số phân bố, không tính xung kích)
 $V_{LL} = 228.7 \text{ KN}$ (Dầm biên) ; $V_{LL} = 247.8 \text{ KN}$ (Dầm trong)
- ❖ Tải trọng thẳng đứng trên 1 gối :
Với dầm biên $V = 109.9 + 228.7 = 339 \text{ Kn}$
Với dầm trong $V = 90 + 247.8 = 337.8 \text{ KN}$

2/ CHUYỂN VỊ THEO PHƯƠNG DỌC CẦU LỚN NHẤT TẠI MỔ Δ_s (Do nhiệt độ và co ngót của bê tông)

Cầu được xây dựng trong vùng có biên độ nhiệt 0^0 đến 40^0 , vùng khí hậu ẩm. Giả sử cầu xây dựng trong mùa có nhiệt độ là 20^0C , sự thay đổi nhiệt độ ΔT là:

$$\Delta T = 20^0 - 0^0 = 20^0\text{C}$$

+hệ số giãn nở do nhiệt độ của bê tông (A.5.4.2.2)

$$\alpha = 10.8 \times 10^{-6} \text{ mm/}^0\text{C}$$

+Biến dạng do nhiệt độ ϵ_t

$$\epsilon_t = \alpha \Delta T = 10.8 \times 10^{-6} \times 20 = 0.000216$$

+Biến dạng do co ngót ϵ_s

$$\epsilon_s = 0.0002 \text{ đối với 28 ngày}$$

$$\epsilon_s = 0.0005 \text{ đối với 1 năm}$$

Nếu dầm được nâng và lắp đặt sau 28 ngày

$$\epsilon_s = 0.0005 - 0.0002 = 0.0003$$

Chuyển vị theo phương dọc cầu lớn nhất $\max \Delta_s$

$$\max \Delta_s = \gamma_{TU} L_c (\epsilon_t - \epsilon_s)$$

Trong đó :

γ_{TU} : Hệ số tải trọng đối với nhiệt độ phân bố đều bằng 1.2.

L_c : Tổng chiều dài nhịp co giãn (tính từ gối cố định đến gối di động xa nhất)

$$L_c = 12800 + 10670 = 23470 \text{ (mm)}$$

Hình :

- ❖ Vậy $\max \Delta_s = 1.2 \times 23470 (0.000216 + 0.0003) = 14.5 \text{ mm}$

3/ SƠ BỘ CHỌN KÍCH THƯỚC GỐI

a/ Chọn chiều cao gối

Tổng chiều dày phần cao su của gối h_{π} không được nhỏ hơn 2 lần biến dạng cắt lớn nhất ($\max \Delta_s$) để gối không bị lún qua các móng và giảm chiều dày do mỏi (**A. 14.7.5.3.4**)

$$h_{\pi} \geq 2\Delta_s = 2 \times 14.5 = 29 \text{ mm}$$

Chọn tổng chiều dày phần cao su của gối $h_{\pi} = 40 \text{ mm}$, và chiều dày của 1 lớp cao su $h_{\pi i} = 10 \text{ mm}$ (hình ...2)

Hình: Gối cao su

b/ Chọn diện tích gối $L \times W$

L: Chiều dài của gối chữ nhật (mm)

W: Chiều rộng của gối theo phương ngang cầu (mm)

Cuống dầm T có chiều rộng 350 mm, chọn $W = 300 \text{ mm}$.

Hệ số hình dạng của 1 lớp cao su tính theo công thức :

$$S_i = \frac{L \times W}{2h_{\pi i}(L + W)} ; \quad (\text{A.14.7.5.1-1})$$

$$S_i = \frac{300 \times L}{2 \times 10(L + 300)}$$

ứng suất nén của một lớp cao su chịu biến dạng cắt (**A. 14.7.5.3.2**)

$$\sigma_s \leq 1.66GS \leq 11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_L \leq 0.66GS$$

Trong đó:

σ_s : ứng suất nén trung bình do tổng tải trọng (MPa).

σ_L : ứng suất nén trung bình do hoạt tải (MPa)

G: Môđun đàn hồi chịu cắt MPa (Bảng A.14.7.5.2-1)

G_L : Môđun cắt thấp nhất

G_H : Môđun cắt cao nhất

S: Hệ số hình dạng của lớp cao su mỏng nhất của gối .

Giả sử môđun cắt trong khoảng 0.95 và 1.2 MPa đối với cao độ cứng 60. Giả sử σ_L đạt đến giới hạn $\sigma_L = 0.66 GS$, giải để tìm L.

$$\sigma_L = \frac{V_{LL}}{LW} = \frac{247800}{L \times 300}$$

Trong đó :

$$V_{LL} = 247.8 \text{ KN (phản lực gối do hoạt tải)}$$

$$\text{Mặt khác } \sigma_L = 0.66G_L S = 0.66 \times 0.95 \times \frac{300L}{2 \times 10(L + 300)}$$

$$\frac{247800}{L \times 300} = 0.66 \times 0.95 \times \frac{300L}{2 \times 10(220 + 300)}$$

❖ Giải phương trình trên, ta được $L = 212 \text{ mm}$, chọn $L = 220 \text{ mm}$

Kích thước gối chọn như sau $W = 300 \text{ mm}$; $L = 220 \text{ mm}$; $h_{\pi i} = 10 \text{ mm}$

Với kích thước này, kiểm tra ứng suất nén của lớp cao su:

+Tính hệ số hình dạng

$$S = \frac{LW}{2h_{ri}(L+W)} = \frac{220 \times 300}{2 \times 10 \times (220 + 300)} = 6.35$$

+ứng suất nén trung bình do tổng tải trọng(tĩnh và hoạt tải)

$$\sigma_s = \frac{V}{LW} = \frac{33900}{220 \times 300} = 5.14 MPa < 11 MPa \quad \text{Đạt}$$

$$\sigma_s = 5.14 MPa < 1.66 G_L S = 1.66 \times 0.95 \times 6.35 = 10 MPa$$

+ứng suất nén trung bình do hoạt tải

$$\sigma_L = \frac{V_{LL}}{LW} = \frac{247800}{220 \times 300} = 3.75 MPa < 0.66 G_L S = 3.98 MPa \quad \text{Đạt}$$

4/ CHUYỂN VỊ THẲNG ĐÚNG TỨC THỜI DO NÉN (δ)

❖ Chuyển vị thẳng đứng tức thời do nén tính theo công thức

$$\delta = \sum \varepsilon_i h_{ri} \quad (\text{A.14.7.5.3.3-1})$$

Trong đó:

ε_i : Biến dạng nén tức thời trong lớp cao su thứ i

h_{ri} : Chiều dày của lớp cao su thứ i (mm)

tra bảng (14.7.5.3.3-1 AASHTO , với $\sigma_s = 5.14$ MPa, $S = 6.35$ được $\varepsilon_i = 0.033$ đối với cao su độ cứng thấp 60

Chuyển vị do nén:

$$\delta = 4 \times 0.033 \times 10 = 1.32 \text{ mm.}$$

5/ GÓC XOAY LỚN NHẤT CHO PHÉP CỦA GỐI

❖ Góc xoay lớn nhất cho phép của gối tính như sau

Hình : Góc xoay lớn nhất θ

$$\begin{aligned} \tan \theta = \theta_{\max} &= \frac{2\delta}{L} = \frac{2 \times 1.32}{220} = 0.012 \text{ rad} \\ \theta_{\max} &= 0.012 \text{ rad} \end{aligned}$$

6/ GÓC XOAY TÍNH TOÁN θ_s TẠI TTGH SỬ DỤNG DO TĨNH TẢI CÓ XÉT ĐẾN TỪ BIẾN, HOẠT TẢI VÀ SAI SỐ CHO PHÉP

$$\theta_s = \theta_{DC} + \theta_L + \theta_{un}$$

Trong đó:

θ_{DC} : Góc xoay do độ võng (phản ánh độ võng do tĩnh tải) dầm liên tục, dấu âm, có xét đến từ biến.

θ_L : Góc xoay do độ võng hoạt tải

θ_{un} : Sai số cho phép, $\theta_{un} = \pm 0.005$

a/ Góc xoay tức thời do độ võng tĩnh tải θ_{Di} có thể tính toán (Hình ...)

$$\theta_{Di} = \theta_{D1} - \theta_{D2}$$

Trong đó :

θ_{D1} : Góc xoay tại gối trên mố do tĩnh tải

$$\theta_{D1} = \frac{Wl_s^3}{24EI} = \frac{27.25 \times 10670^3}{24 \times 610 \times 10^{12}} = 0.0023 \text{ rad}$$

θ_{D2} : Góc xoay tại gối trên mố do mô men gối do tĩnh tải

$$\theta_{D2} = \frac{M_D l_s}{6EI} = \frac{-378 \times 10^6 \times 10670}{6 \times 610 \times 10^{12}} = -0.0011 \text{ rad}$$

Trong đó :

l_s : Chiều dài nhịp biên , $l = 10670$ (mm)

$EI = 610 \times 10^{12}$ Nmm² ; (EI : độ cứng dầm chủ)

$W = 27.25$ N/mm

$M_D = 378 \times 10^6$ Nmm.

$$\theta_{Di} = \theta_{D1} - \theta_{D2} = 0.0023 - 0.0011 = 0.0012 \text{ rad}$$

Hình : Góc xoay do tĩnh tải

b/ Góc xoay do tĩnh tải có xét đến từ biến

Cùng với góc xoay tức thời do tĩnh tải, θ_{Di} , còn có góc xoay lâu dài do hiệu ứng từ biến, góc xoay này cần quan tâm khi tính độ võng .

❖ Góc xoay do từ biến, θ_{DC} bằng .

$$\theta_{DC} = -(\theta_{Di} + \lambda \theta_{Di}) = -(1 + \lambda) \theta_{Di}$$

Trong đó : λ : Hệ số từ biến (xem bản tính kết cấu nhịp) $\lambda = 2.47$

$$\theta_{DC} = -(1 + 2.47) \times 0.0012 = -0.0042 \text{ rad}$$

c/ Góc xoay do hoạt tải tại gối trên mố

$$\theta_L = \theta_{L1} + \theta_{L2} + \theta_{L3}$$

hình : Góc xoay do hoạt tải

Trong đó : θ_{L1} : Góc xoay do độ võng hoạt tải P_1

θ_{L2} : Góc xoay do độ võng hoạt tải P_2

θ_{L3} : Góc xoay do độ võng mômen hoạt tải M_L

$$\theta_{L1} = \frac{P_1 a_1 b_1}{6EI l_s} (a_1 + 2b_1) = \frac{145 \times 10^3 \times 8568 \times 2102}{6 \times 610 \times 10^{12} \times 10670} (8568 + 2 \times 2102) = 0.85 \times 10^{-3}$$

$$\theta_{L2} = \frac{P_2 a_2 b_2}{6EI l_s} (a_2 + 2b_2) = \frac{145 \times 10^3 \times 4268 \times 6402}{6 \times 610 \times 10^{12} \times 10670} (4268 + 2 \times 6402) = 1.73 \times 10^{-3}$$

$$\theta_{L3} = \frac{M_L l_s}{6EI} = \frac{-236 \times 10^6 \times 10670}{6 \times 610 \times 10^{12}} = -0.69 \times 10^{-3}$$

Tổng góc xoay do hoạt tải

$$\theta_L = m_g \sum \theta_{Li} = 0.772(0.85 + 1.73 - 0.69) \times 10^{-3} = 0.0014 \text{ rad}$$

Trong đó :

$m_g = 0.772$: Hệ số phân bố hoạt tải đối với dầm biên (Bản tính kết cấu nhịp)

d/ Góc xoay thiết kế tại TTGH sử dụng là:

$$\theta_s = \theta_{DC} + \theta_L - \theta_U = -0.0042 + 0.0014 \pm 0.005$$

$$= \begin{cases} 0.002 \text{ rad} \\ 0.0078 \text{ rad} \end{cases}$$

$$\theta_s = 0.0078 \text{ rad} \quad (\text{Khống chế})$$

$$\theta_s = 0.0078 \text{ rad} < \theta_{\max} = 0.012 \text{ rad}$$

7/ TÍNH GỐI CHỊU LỰC NÉN VÀ GÓC XOAY

- ❖ Gối được giả thiết để tránh lực nâng tại bất kỳ điểm nào trên gối và ứng suất nén tại mép gối không được vượt quá trị số giới hạn dưới bất kỳ tổ hợp tải trọng và góc xoay nào.

a/ Lực nâng

- ❖ Yêu cầu về lực nâng đối với gối cao su chữ nhật được kiểm tra theo điều kiện sau:

$$\sigma_s > \sigma_{\text{up min}} = 1GS \left(\frac{\theta_1}{n} \right) \left(\frac{B}{h_{ri}} \right)^2 \quad (\text{A. 4.7.5.3.5.1})$$

Trong đó:

θ_s : Góc xoay thiết kế ; $\theta_1 = 0.0078 \text{ rad}$.

n : Số lớp cao su bên trong, $n=3$

B : Chiều dài lớp cao su theo phương xoay $B=220 \text{ mm}$.

G : Môđun cắt

$= G_H$: khi tính lực nhỏ $= 1.2 \text{ MPa}$

$= G_L$: khi tính lực cắt $= 0.95 \text{ MPa}$

$$\sigma_{\text{up min}} = 1.2 \times 6.35 \times \frac{0.0078}{3} \times \left(\frac{220}{10} \right)^2 = 9.59 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{up min}} = 9.59 \text{ MPa} > \sigma_s = 5.14 \text{ MPa} \quad \text{Không đạt}$$

Do tiêu chuẩn lực nâng không đạt, kích thước gối cần phải thiết kế lại.

8/ CHỌN LẠI

- +L = 240mm; W = 350 mm
- +Số lớp cao su bên trong n=3
- +Chiều dày 1 lớp cao su $h_{ri} = 15\text{mm}$.
- +Tổng chiều dày các lớp cao su $h_{rt} = 60\text{mm}$.
- +Hệ số hình dạng S = 4.75

Tiếp tục tính như trên có

$$\sigma_s = \frac{V}{LW} = \frac{339000}{240 \times 350} = 4.04 \text{MPa} < 11 \text{MPa} \quad \text{Đạt}$$

$$\sigma_{s \max} = 1.66 \times 0.95 \times 4.75 = 7.49 \text{MPa}$$

$$\sigma_s < \sigma_{s \max} \quad \text{Đạt}$$

ứng suất nén do hoạt tải $\sigma_L = 2.95 \text{MPa}$

$$\sigma_{L \max} = 0.66 G_L S = 0.66 \times 0.95 \times 4.75 = 2.98 \text{MPa}$$

$$\sigma_L < \sigma_{L \max} \quad \text{Đạt}$$

Chuyển vị tức thời do nén

$$\delta = \sum \varepsilon_i h_{ri} = 1.98 \text{mm}$$

Góc xoay lớn nhất cho phép $\theta_{\max} = 0.0165 \text{rad} > \text{Góc xoay thiết kế } \theta_s = 0.0078 \text{ rad} \quad \text{Đạt.}$

Lực nâng :

$$\sigma_{up \min} = 1GS \left(\frac{\theta_1}{n} \right) \left(\frac{B}{h_{ri}} \right)^2 = 1.2 \times 4.75 \left(\frac{0.0078}{3} \right) \left(\frac{240}{15} \right)^2 = 3.79 \text{MPa}$$

$$\sigma_{up \min} < \sigma_s = 4.04 \text{MPa} \quad \text{Đạt.}$$

b/ Yêu cầu ứng suất nén đối với gối chữ nhật phải thỏa mãn điều kiện

$$\sigma_s < \sigma_{c \max} = 1.875GS \left[1 - 0.2 \left(\frac{\theta_3}{n} \right) \left(\frac{B}{h_{ri}} \right)^2 \right] \quad (\text{A. 14.7.5.3.5-2}).$$

$$\sigma_{c \max} = 1.875 \times 0.95 \times 4.75 \left[1 - 0.2 \left(\frac{0.0078}{3} \right) \left(\frac{240}{15} \right)^2 \right] = 7.33 \text{MPa}$$

9/ ĐỘ ỔN ĐỊNH CỦA GỐI CAO SU (A.14.7.5.3.6)

❖ Đối với gối di động

$$\sigma_s \leq \sigma_{cr} = \frac{G}{2AB}$$

Trong đó:

$$A = \frac{\frac{1.92 \times h_{rt}}{L}}{S \sqrt{1 + \frac{2L}{W}}} = \frac{\frac{192 \times 60}{240}}{4.75 \sqrt{1 + \frac{2 \times 240}{350}}} = 0.056$$

$$B = \frac{2.67}{S(S+2) \left(1 + \frac{L}{4W} \right)} = \frac{2.67}{4.75(4.75+2) \left(1 + \frac{240}{4 \times 350} \right)} = 0.0711 \quad (\text{A.14.7.5.3.6-3})$$

$$\sigma_{cr} = \frac{0.95}{2 \times 0.0656 - 0.0711} = 15.81 \text{MPa} > \sigma_s = 4.04 \text{MPa} \quad \text{Đạt.}$$

10/ CỐT THÉP

Cốt thép để chịu ứng suất kéo do gối bị nén, chiều dày bản thép h_s được chọn theo điều **A.14.7.5.3.7**

-Tại TTGH sử dụng

$$h_s \geq \frac{3h_{\max}\sigma_s}{F_y} = \frac{2 \times 15 \times 2.95}{165} = 0.54mm$$

-Tại TTGH mỏi

$$h_s \geq \frac{2h_{\max}\sigma_L}{\Delta F_{TH}} = \frac{2 \times 15 \times 2.95}{165} = 0.54mm$$

Trong đó :

h_{\max} : Giá trị lớn nhất của chiều dày lớp cao su, $h_{\max} = 15mm$.

F_y : Giới hạn chảy của cốt thép, $F_y = 345 MPa$

ΔF_{TH} : Giới hạn mỏi (tra bảng 6.6 AASHTO)

$$\Delta F_{TH} = 165 MPa$$

❖ Do đó chọn $h_s = 0.6mm$.

11/ KẾT LUẬN

❖ Chiều cao gối cao su là:

$$3 \text{ lớp trong } \times 15mm = 45mm.$$

$$2 \text{ lớp ngoài } \times 7.5mm = 15mm$$

$$4 \text{ lớp cốt thép } \times 0.6 mm = 2.4mm.$$

$$\text{Cộng} = 62.4mm$$

Kích thước gối L = 240, W= 350 , h=62.4 mm.