

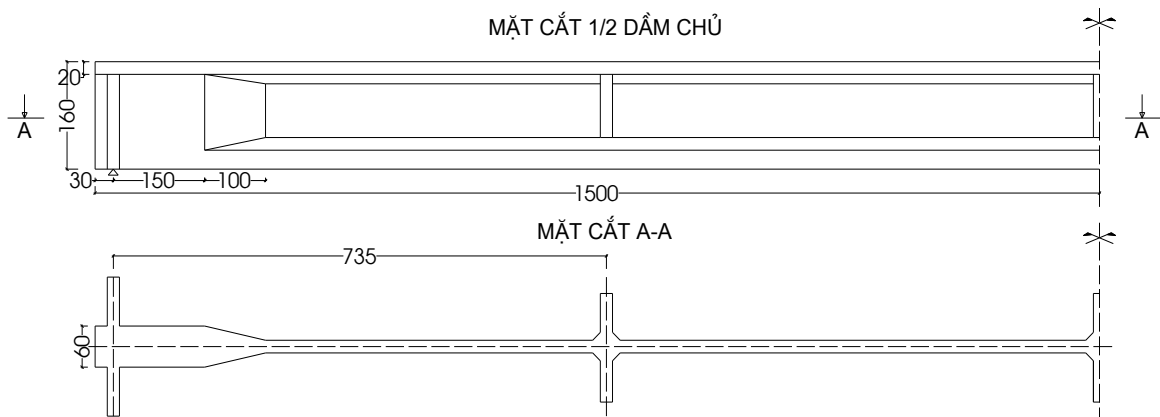
Phần II : Thiết Kế Kỹ Thuật

- +Chiều dài dầm: 30 m
- +Khổ cầu: $B = 9 + 2 \times 0.5$ m
- +Tải trọng: đoàn xe HL93, ng- òi đi bộ: 300kg/m²
- +Quy trình thiết kế BGTVT 22 TCN 272-05.
- +Tiêu chuẩn thiết kế đ- òng ô tô TCVN4054-05.

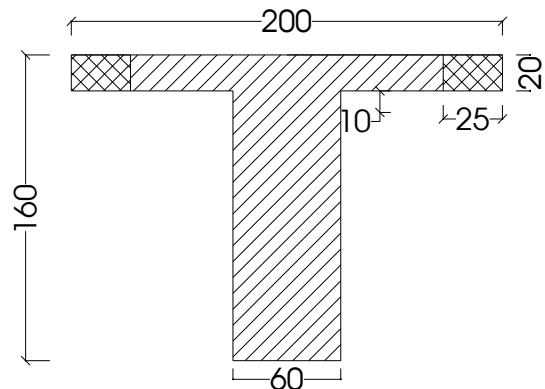
+C-ờng độ bê tông 28 ngày tuổi $f'_c = 50MPa$.

MẶT CẮT NGANG CẦU

1/2 Mặt cắt gối



Mặt cắt gối dầm chủ



I. Phương pháp tính toán nội lực bản mặt cầu.

-áp dụng phương pháp tính toán gần đúng theo TCN 4.6.2(điều 4.6.2 của 22TCN272-05) .
Mặt cầu có thể phân tích nh- một dầm liên tục trên các gối là các dầm.

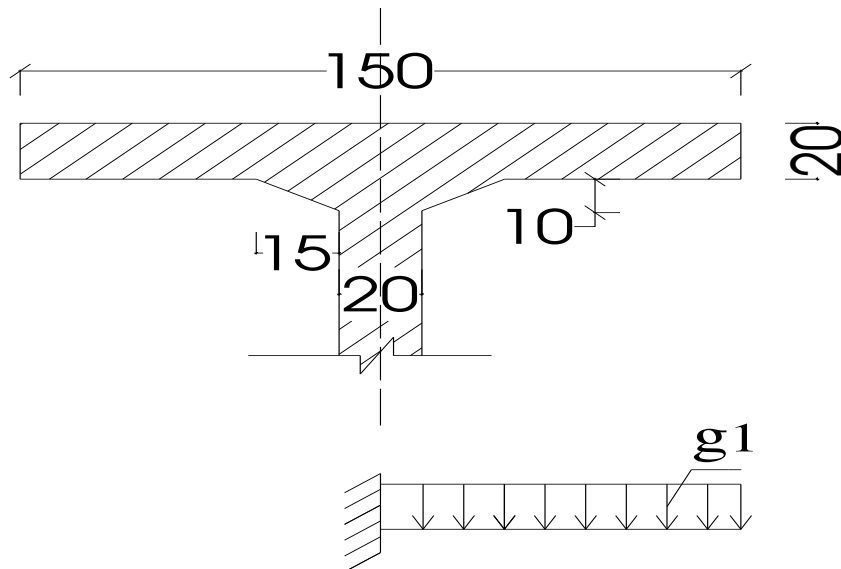
II. Xác định nội lực bản mặt cầu.

• **Sơ đồ tính và vị trí tính nội lực:**

Bản mặt cầu làm việc theo hai giai đoạn.

* **Giai đoạn một** : Khi ch- a nối bản , bản làm việc nh- một dầm công son ngàm ở s- ờn dầm

-. Sơ đồ tính: Là sơ đồ mút thừa, chịu tải trọng phân bố đều : g_1



+Trọng lượng bản thân bản:

$$DC = W_s = g_1 = h_{\text{bản}} \cdot \gamma_{\text{BTCT}} = 0.2 \times 24 = 4.8 \text{ KN/m}^2 = 4.8 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2.$$

$$+ \text{ Momen tại gối: } Mo = g_1 \cdot \frac{\left(\frac{s}{2}\right)^2}{2} = 4,8 \times 10^{-3} \cdot \frac{\left(\frac{2000}{2}\right)^2}{2} = 2400 (N.mm)$$

* **Giai đoạn hai** : Sau khi nối bản, bản đ- ợc nối bằng mối nối - ốt, đổ trực tiếp với dầm ngang.

Để tính nội lực ở giai đoạn này, phải tính tải trọng tác dụng lên bản:

1.Xác định chiều rộng bản cánh hữu hiệu:

* Tổng chiều dài một dầm là 30m , để hai đầu dầm mỗi bên 0.3m để kê lên gối. Nh- vậy chiều dài tính toán của nhịp cầu là: 29.4 m.

* **Đối với dầm giữa** :

- Bề rộng bản cánh hữu hiệu có thể lấy giá trị nhỏ nhất của :

$$+ 1/4 \text{ chiều dài nhịp } = 29400/4 = 7350 \text{ mm}$$

+ 12 lần độ dày trung bình của bản cộng với số lớn nhất của bề dày bản bụng dầm hoặc 1/2 bề rộng bản cánh trên của dầm chính:

$$= 12 \times 200 + \max \frac{1500/2}{200} = 3150 \text{ mm}$$

+ Khoảng cách giữa các dầm kề nhau = 2000 mm.

* **Đối với dầm biên** :

- Bề rộng cánh dầm hữu hiệu có thể lấy được bằng bề rộng hữu hiệu của dầm kê trong
(=2000/2 = 1000) cộng trị số nhỏ nhất của :

$$+ 1/8 \text{ chiều dài nhịp hữu hiệu} = 29400/8 = 3675 \text{ mm}$$

+ 6 lần trung bình chiều dày của bản cộng số lớn hơn giữa 1/2 độ dày bản bụng hoặc 1/4 bề rộng bản cánh trên của dầm chính :

$$= 6 \times 200 + \max \left(\frac{200}{2}, \frac{1500}{4} \right) = 1575 \text{ mm}$$

$$+ \text{Bề rộng phần hẫng} = 1000 \text{ mm} \rightarrow b_e = 1000 + 1000 = 2000 \text{ mm.}$$

Kết luận bề rộng cánh hữu hiệu:

Dầm giữa (b_i)	2000 mm
Dầm biên (b_e)	2000 mm

2-Xác định tải cho 1 mm chiều rộng của bản.

1-Trong l- ượng bản mặt cầu :

$$W_s = H_b \times \gamma_c = 200 \times 2.4 \times 10^{-5} = 480 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^2$$

2- Trong l- ượng bản mút thừa: $W_0 = W_s$

3- Trong l- ượng lớp phủ:

-Lớp phủ mặt cầu :

+ Bê tông Asphalt dày 5cm trọng l- ượng riêng là 22,5 KN/m³.

+ Bê tông bảo vệ dày 3cm trọng l- ượng riêng là 24 KN/m³.

+ Lớp phòng n- ớc Raccon#7(không tính)

+ Lớp tạo phẳng dày 3 cm, trọng l- ượng riêng là 24 KN/m³.

Tên lớp	Bề dày (m)	TL riêng (KN/m ³)	Khối l- ượng (KN/m ²)
BT Asphalt	0,05	22,5	1,12
BT bảo vệ	0,03	24	0,72
Lớp tạo phẳng	0,03	24	0,72

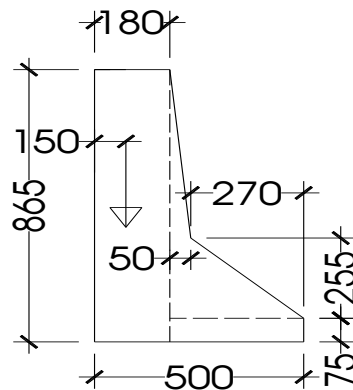
⇒ Tải rải đều của lớp phủ tính cho 1mm cầu là:

$$W_{DW} = 1,12 + 0,72 + 0,72 = 2,56 \text{ KN/m}^2$$

4- Trong l- ượng lan can :

$$P_b = ((865 \times 180 + (500 - 180) \times 75 + 50 \times 255 + 535 \times 50/2 + (500 - 230) \times 255/2)) \times 2.4 \times 10^{-5}$$

$$= 240250 \times 2.4 \times 10^{-5} = 576600 \times 10^{-5} = 5.766 \text{ N/mm}$$



Cấu tạo lan can

3- Tính nội lực bản mặt cầu :

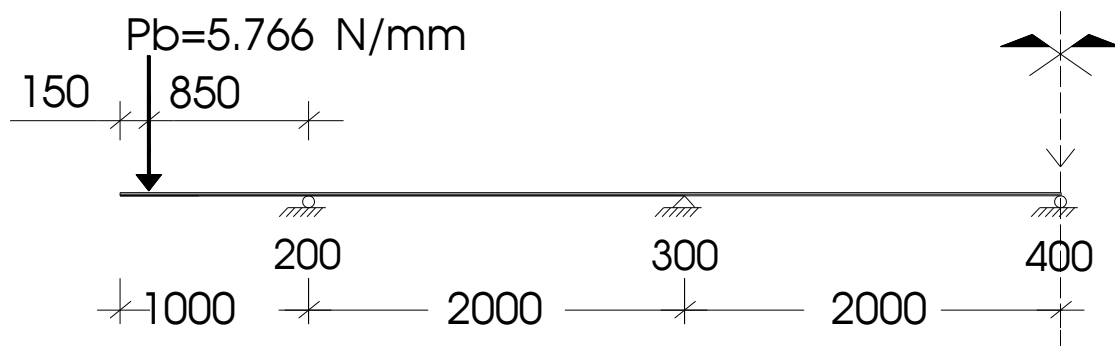
1- Nội lực do tĩnh tải:

(Nội lực tính cho dải bản ngang có chiều rộng là 1 mm)

1.1. Nội lực do lan can:

- Tải trọng lan can coi nh- một lực tập trung có giá trị $P_b = 5.766 N/mm$ đặt tại trọng tâm của lan can .
- Xếp tải lên đanh để tìm tung độ đanh t- ong ứng .
- Tra bảng với:

$$L_1 = 1000 - 150 = 850 mm$$



$$\begin{aligned} R_{200} &= P_b \times (\text{tung độ đanh}) = P_b(1 + 1.27L_1/S) \\ &= 5.766 \times (1 + 1.27 \times 850/2000) \\ &= 8.88 N/mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{200} &= P_b \times (\text{tung độ đanh}) \times L_1 \\ &= P_b(-1 \times L_1) \\ &= 5.766 \times (-1 \times 850) \\ &= - 4901.1 N.mm/mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{204} &= P_b \times (\text{tung độ đanh}) \times L_1 \\ &= P_b(-0.4920 \times L_1) \\ &= 5.766 \times (-0.492 \times 850) \\ &= - 2411.34 N.mm/mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{300} &= P_b \times (\text{tung độ đah}) \times L_1 \\&= P_b(0.27 \times L_1) \\&= 5.766 \times (0.27 \times 850) \\&= 1323.297 \text{ N.mm/mm}\end{aligned}$$

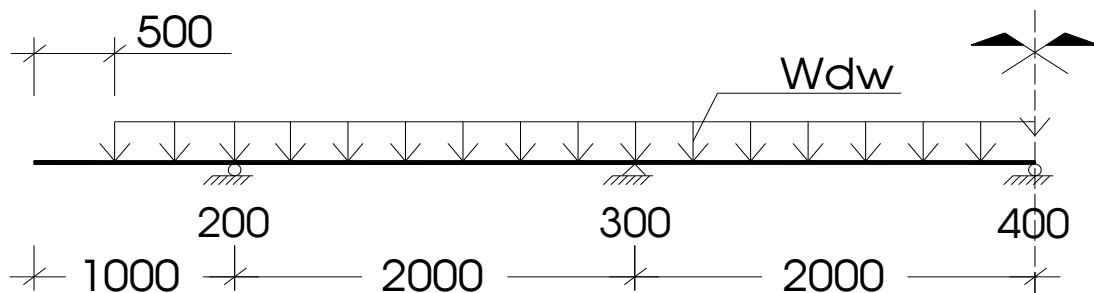
1.2. Nội lực do lớp phủ: W_{DW}

Sơ đồ :

$$W_{DW} = 256 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^2$$

Dùng bảng tra với :

$$L_2 = 1000 - 500 = 500 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}R_{200} &= W_{DW} \left[\left(1 + 0.635 \times \frac{L_2}{S}\right) \times L_2 + 0.3928 \times S \right] \\&= 256 \times 10^{-5} \times \left[(1 + 0.635 \times 500/2000) \times 500 + 0.3928 \times 2000 \right] \\&= 3.49 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{200} &= W_{DW} \times (-0.5) \times L_2^2 \\&= 256 \times 10^{-5} \times (-0.5) \times 500^2 \\&= -320 \text{ N.mm/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{204} &= W_{DW} \left[(-0.246) \times L_2^2 + (0.0772) \times S^2 \right] \\&= 256 \times 10^{-5} \times \left[(-0.246) \times 500^2 + (0.0772) \times 2000^2 \right] \\&= 633.088 \text{ N.mm/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{300} &= W_{DW} \left[(0.135) \times L_2^2 + (-0.1071) \times S^2 \right] \\&= 256 \times 10^{-5} \times \left[(0.135) \times 500^2 + (-0.1071) \times 2000^2 \right] \\&= -1010.304 \text{ N mm/mm}\end{aligned}$$

2- Nội lực do hoạt tải :

Nội lực tính cho dải bản trong(nằm giữa 2 s- ồn dầm)

2.1 Mômen d- ơng lớn nhất do hoạt tải bánh xe:

+ Với các nhịp bằng nhau ($S = 2000$) mômen d- ơng lớn nhất gần đúng tại điểm 204 ($0.4 \times S$ của nhịp b-c)

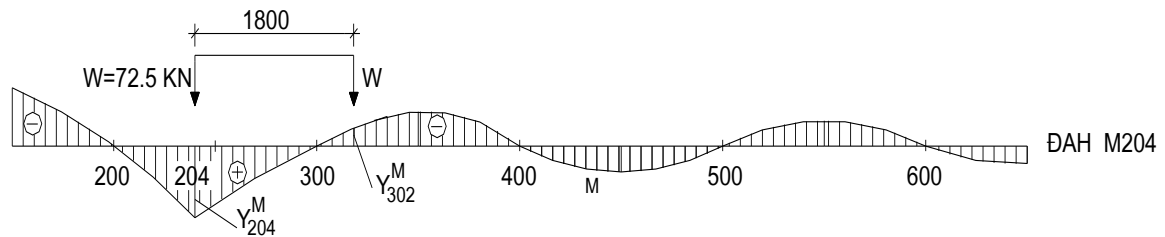
+ Chiều rộng của dải bản khi tính M^+ là:

$$\begin{aligned}S_w^+ &= 660 + 0.55S \\&= 660 + 0.55 \times 2000 \\&= 1760 \text{ mm}\end{aligned}$$

+ Chất tải một làn xe

$\Rightarrow$ hệ số làn xe : $m=1.2$

2.1.1 Tr-ờng hợp khi xếp 1 làn xe :



$$* R_{200} = m * (y_1^V + y_2^V) * W / S_w^+ = 1.2 * (0.51 - 0.0634) * 72.5 * 10^3 / 1760 = 22.076 \text{ N.mm}$$

Trong đó: y_1^V, y_2^V là tung độ đ.á.h R_{200} d-ới lực thứ nhất và l-c thứ 2

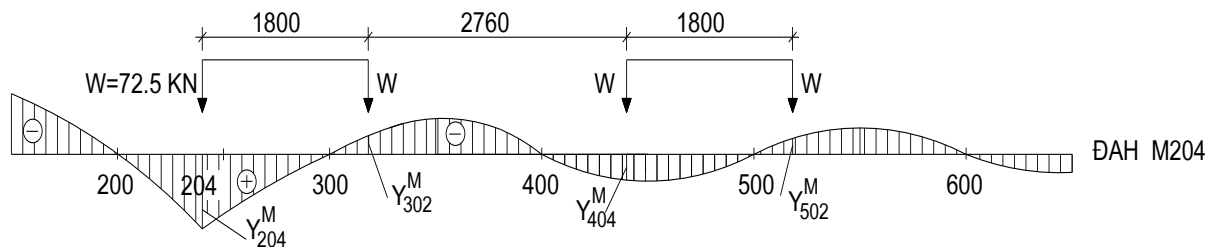
Tra đáh R200 có : $y_{204}^V = 0.51$, $y_{302}^V = -0.0634$

Tra đáh M204 có : $y_{204} = 0.204$, $y_{302} = -0.0254$

$$* M_{204} = m * (y_1^V + y_2^V) * S * W / S_w^+$$

$$= 1.2 * (0.204 - 0.0254) * 2000 * 72.5 * 10^3 / 1760 = 17657.045 \text{ N.mm/mm}$$

2.1.2 Tr-ờng hợp khi xếp 2 làn xe: Chất tải 2 làn xe $\Rightarrow$ hệ số làn xe $m=1$



Tra đáh R200 có : $y_{204} = 0.51$, $y_{302} = -0.0634$, $y_{404} = -0.0476$, $y_{502} = 0.0201$

Tra đáh M204 có : $y_{204} = 0.204$, $y_{302} = -0.0254$, $y_{404} = 0.0086$, $y_{502} = -0.0012$

$$* R_{200} = m * (y_{204} + y_{302} + y_{307} + y_{405}) * W / S_w^+ \\ = 1 * (0.51 - 0.0634 - 0.0476 + 0.0201) * 72.5 * 10^3 / 1760 = 17.26 \text{ N.mm}$$

$$* M_{204} = m * (y_{204} + y_{302} + y_{307} + y_{405}) * S * W / S_w^+ \\ = 1 * (0.204 - 0.0254 + 0.0086 - 0.0012) * 2000 * 72.5 * 10^3 / 1760 = 15323.86 \text{ N.mm/mm}$$

So sánh 2 tr-ờng hợp: $M_{204-LL} = \max(M_{204-LL-1}, M_{204-LL-2}) \Rightarrow M_{204-LL} = 17657.045 \text{ Nmm / mm}$

$\Rightarrow$ Vậy kết quả lấy 1 làn xe.

2.2 Mômen âm lớn nhất do hoạt tải bánh xe.

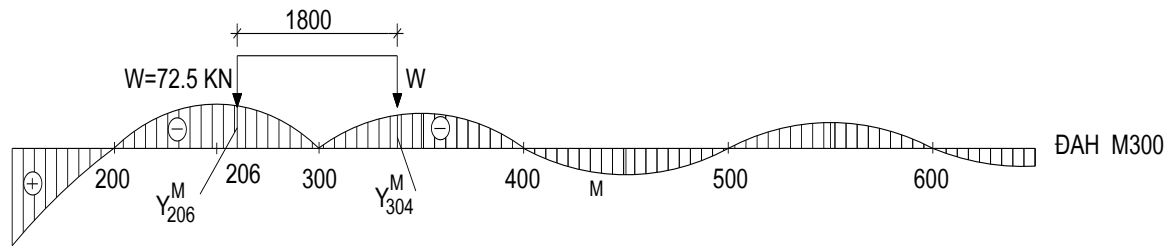
+ Thông-ờng mômen âm lớn nhất đạt tại gối C (điểm 300)

+ Chiều rộng dải bản khi tính mômen âm là S_w

$$S_w = 1220 + 0.25S = 1220 + 0.25 * 2000 = 1720 \text{ mm}$$

+ Chất tải một làn xe bất lợi hơn $\Rightarrow$ hệ số làn xe $m=1.2$

2.2.1 Tr-ờng hợp khi xếp 1 làn xe (đáh M300 có tung độ lớn nhất tại 206)



Tra đanh M200 có : $y_{206} = 0.2971$, $y_{304} = - 0.0789$

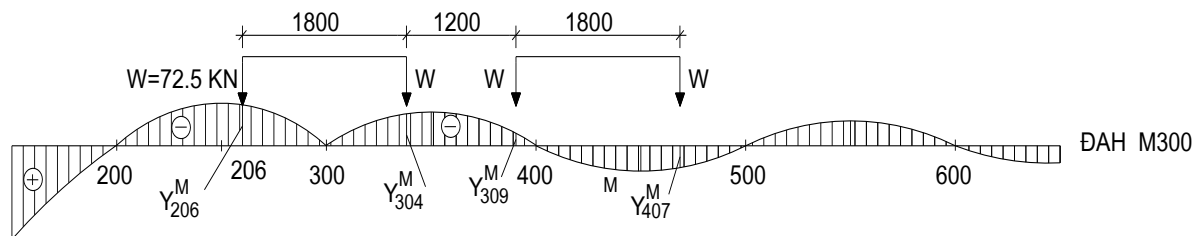
Tra đanh M300 có : $y_{206} = - 0.1029$, $y_{304} = - 0.0789$

$$* R_{200} = m * (y_{206} + y_{304}) * W / S_w^- = 1.2 * (0.2971 - 0.0789) * 72.5 * 10^3 / 1720 = 11.037 \text{ N}$$

$$* M_{300} = m (y_{206} + y_{304}) . S . W / S_w^- = -1.2 * (0.1029 + 0.0789) * 2000 * 72.5 * 10^3 / 1720 = -18391.4 \text{ N.mm}$$

2.2.2 Tr-ờng hợp khi xếp 2 làn xe (đanh M300 có tung độ lớn nhất tại 206)

Chất tải 2 làn xe $\Rightarrow$ hệ số làn xe $m=1$



Tra đanh R200 có : $y_{206} = 0.2971$, $y_{304} = - 0.0789$, $y_{309} = - 0.0143$, $y_{407} = 0.0131$

Tra đanh M300 có : $y_{206} = - 0.1029$, $y_{304} = - 0.0789$, $y_{309} = - 0.0143$, $y_{407} = 0.0131$

$$* R_{200} = m * (y_{206} + y_{304} + y_{309} + y_{407}) * W / S_w^+ = 1 * (0.2971 - 0.0789 - 0.0143 + 0.0131) * 72.5 * 10^3 / 1760 = 8.94 \text{ N.mm}$$

$$* M_{300} = m * (y_{206} + y_{304} + y_{309} + y_{407}) * S * W / S_w^+ = 1 * (- 0.1029 - 0.0789 - 0.0143 + 0.0131) * 2000 * 72.5 * 10^3 / 1760 = -15076.7$$

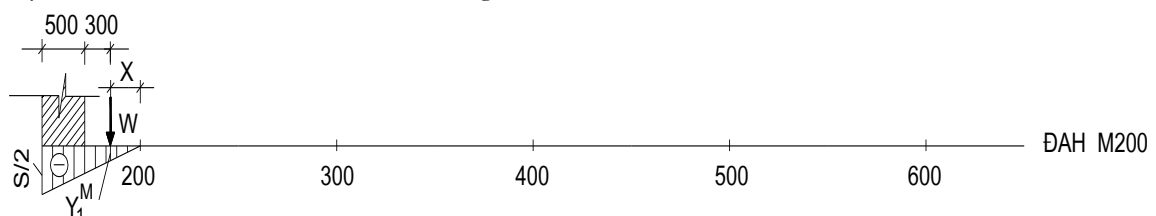
N.mm/mm

So sánh 2 tr-ờng hợp: $M_{300-LL} = \max(M_{300-LL-1}, M_{300-LL-2}) \Rightarrow M_{300-LL} = -18391.4 \text{ Nmm} / \text{mm}$

$\Rightarrow$ Vậy kết quả lấy 1 làn xe

2.3 Mômen bản hẫng tại tiết diện 200:

*Momen ố do hoạt tải tròn bản hẫng: Sơ đồ



- *Tải trọng:* Tải trọng lấy như đối với tính dải bản phía trong, vị trí bánh xe ngoài đặt cách mép gờ chắn bánh 300mm hay 310mm tính từ tim dầm chủ.

Chiều rộng làm việc của dải bản :

$$S_w^0 = 1140 + 0.833 * X$$

Chỉ tính mômen âm của bản hẫng nếu: $X = (L - Bc - 300) > 0$

Thay số: $X = (1000 - 500 - 300) = 200 \text{ mm}$

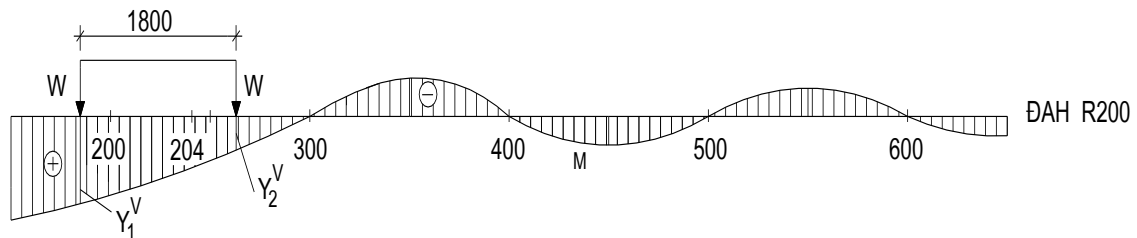
$$\Rightarrow S_w^0 = 1140 + 0.833 \cdot 200 = 1306.6 \text{ mm}$$

Do đó phải tính mômen âm do hoạt tải:

$$M_{200} = -m \cdot y_1 \cdot W \cdot (L - B_c - 300) / S_w^0$$

$$= -1.2 \cdot 0.2 \cdot 72.5 \cdot 10^3 \cdot 200 / 1306.6 = -2663.4 \text{ Nmm}$$

* Phản lực do hoạt tải trên bản hằng: Sơ đồ



$$R_{200} = m \cdot (y_{1v} + y_{2v}) \cdot (W / S_w^0)$$

$$= 1.2 \cdot (1.413 + 0.2971) \cdot 72.5 \cdot 10^3 / 1306.6 = 113.867 \text{ N}$$

3- Tổ hợp tải trọng :

Công thức tổng quát do hiệu ứng tải trọng gây ra :

$$R_U = \eta \cdot \sum \gamma_i \cdot Q_i$$

3.1 Theo TTGHCD1:

$$M_u = 0.95 \cdot [\gamma_{p1} \cdot (M_{ws} + M_{wo} + M_{wpb}) + \gamma_{p2} \cdot M_{wdw} + 1.75 \cdot (1+IM) \cdot M_w]$$

$$Q_u = 0.95 \cdot [\gamma_{p1} \cdot (Q_{ws} + Q_{wo} + Q_{wpb}) + \gamma_{p2} \cdot Q_{wdw} + 1.75 \cdot (1+IM) \cdot Q_w]$$

Trong đó:

M_{ws} , Q_{ws} là mômen và lực cắt do trọng lượng bản mặt cầu

M_{wo} , Q_{wo} là mômen và lực cắt do trọng lượng bản hằng

M_{pb} , Q_{pb} là mômen và lực cắt do trọng lượng lan can

M_{wdw} , Q_{wdw} là mômen và lực cắt do trọng lượng lớp phủ

M_w , Q_w là mômen và lực cắt do hoạt tải bánh xe

$(1+IM)$ là hệ số xung kích = 1.25

γ_{p1} là hệ số vượt tải cho nội lực do tĩnh tải không kể lớp phủ

γ_{p2} là hệ số vượt tải cho nội lực do tĩnh tải do lớp phủ

Chú ý:

+ Nếu nội lực do tĩnh tải và hoạt tải cùng dấu thì : $\gamma_{p1} = 1.25$, $\gamma_{p2} = 1.5$

+ Nếu nội lực do tĩnh tải và hoạt tải trái dấu thì : $\gamma_{p1} = 0.9$, $\gamma_{p2} = 0.65$

Thay số:

$$* Q_{200} = 0.95 \cdot (1.25 \cdot (4.3 + 7.27 + 8.88) + 1.5 \cdot 3.49 + 1.75 \cdot 1.25 \cdot 113.867) = 265.887 \text{ N/mm}$$

* Mômen âm tại gối 200:

$$M_{200}=0.95*(1.25*(-2400-4901.1)+1.5*(-320)+1.75*1.25*(-2663.4)) = - 14660.9 \text{ N.mm/mm}$$

* Mômen d- ứng tại vị trí 204:

Do trọng l- ợng bản thân của bản hẫng và trọng l- ợng lan can gây ra mômen âm làm giảm hiệu ứng bất lợi của mômen d- ứng tại vị trí 204 nên lấy với hệ số 0.9

$$M_{204}=0.95*(1.25*1960.2+0.9*(-1561.6-2411.34)+1.5*633.088+1.75*1.25*17657.045) \\ = 36526.57 \text{ N.mm/mm}$$

* Mômen âm tại vị trí 300:

Do trọng l- ợng của bản hẫng, lan can gây ra mômen d- ứng làm giảm hiệu ứng bất lợi của mômen âm tại vị trí 300 nên lấy với hệ số 0.9

$$M_{300}=0.95(1.25*(-2719.4)+0.9*(856.98+1323.297)+1.5*(-1010.304)+1.75*1.25*(-18391.4)) \\ = - 41024.46 \text{ N.mm/mm}$$

3.2 Theo TTGHSD1:

$$\eta = 1, \gamma_i = 1 \text{ (cả tĩnh tải và hoạt tải)}, IM = 25\%.$$

$$M_{200}=-2400-4901.1-320+1.25x(- 2663.4) = -10950.39 \text{ Nmm/mm}.$$

$$M_{204} = -1960.2-1561.6-2411.34+633.088+1.25x17657.045 = 16771.25 \text{ N mm/mm}$$

$$M_{300} = -2719.4+856.98+1323.297-1010.304-1.25x18391.4 = - 24538.677 \text{ N mm/mm}$$

Bảng tổng hợp nội lực

Tiết diện	TTGH CĐ1	TTGH SD1
	M(KN.m/m)	M(KN.m/m)
200	- 14.66	-10.95
204	36.5	16.77
300	-41	-24.5

4- Tính cốt thép và kiểm tra:

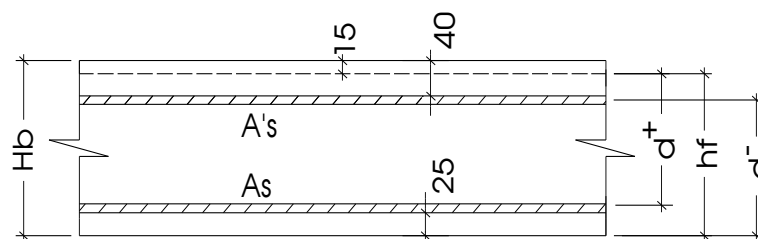
* Nội lực đưa về tính cho 1mm:

- Cường độ vật liệu: - Bê tông: $f'_c = 50\text{Mpa}$

- Cốt thép: $f'_y = 400\text{Mpa}$

- Dùng cốt thép phủ epucxy cho bản mặt cầu và lan can.

Chiều cao có hiệu quả của bản bê tông khi uốn dương và âm khác nhau vì các lớp bảo vệ trên và dưới khác nhau.



Chiều dày bản $H_b = 200 \text{ mm}$, lớp bảo vệ $15 \text{ mm} \Rightarrow h_f = 200-15 = 185 \text{ mm}$

Giả thiết dùng : $D_b = 16\text{mm}$, $A_b = 200\text{mm}^2$

Sơ bộ chọn :

$$d_{\text{dương}} = 200 - 15 - 25 - 16/2 = 152 \text{ mm}$$

$$d_{\text{âm}} = 200 - 40 - 16/2 = 152 \text{ mm}$$

4.1 Sơ bộ chọn diện tích cốt thép:

$A_s \approx \frac{Mu}{330d}$ với Mu là mômen theo TTGHCD 1, d là chiều cao có hiệu ($d_{\text{dương}}$ hoặc $d_{\text{âm}}$)

+ Kiểm tra đ. kiện hàm lượng cốt thép tối đa (yêu cầu độ dẻo $c \leq 0.42d$ hoặc $a \leq 0.42d$)

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \geq 0.03 \frac{f'_c}{f_y} \text{ với } b = 1 \text{ mm}$$

Theo Điều 5.7.2.2, $a = 0.85 - 0.05 \cdot (2/7) = 0.836 \Rightarrow a \leq 0.35d$

$$\text{Vậy, } a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \leq 0.35d$$

+ Lượng cốt thép tối thiểu:

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \geq 0.03 \frac{f'_c}{f_y}$$

Với các tính chất của vật liệu đã chọn, diện tích cốt thép nhỏ nhất của thép trên 1 đơn vị chiều

$$\text{rộng bản: } \min A_s = \frac{0.03 \cdot f'_c \cdot b \cdot d}{f_y} = \frac{0.03 \cdot 50 \cdot 1 \cdot d}{400} = 0.00375 \cdot d \text{ (mm}^2/\text{m)}$$

+ Khoảng cách lớn nhất của cốt thép chủ của bản bằng 1.5 lần chiều dày bản hoặc 450mm.

Với chiều dày bản 200mm: $s_{\max} = 1.5 \cdot 200 = 300 \text{ mm}$.

4.1.2. Cốt thép chịu mômen dương:

Mu = 36.5 KN.m/m; $d_+ = 152 \text{ mm}$

$$\text{Thử chọn: } A_s \approx \frac{Mu}{330d} = 36500 / (330 \cdot 152) = 0.728 \text{ mm}^2/\text{mm} = 7.28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\min A_s = 0.00375 \cdot d = 0.00375 \cdot 152 = 0.57 \text{ mm}^2/\text{mm} \Rightarrow \text{Đạt yêu cầu.}$$

Theo phụ lục B, Bảng 4, thử chọn 5 $\theta 16$; $a = 200$ cho $A_s = 1 \text{ mm}^2/\text{mm} = 10 \text{ cm}^2/\text{m}$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{1 \cdot 400}{0.85 \cdot 50 \cdot 1} = 9.4 \text{ mm}$$

*Kiểm tra độ dẻo dai:

$$a \leq 0.35d_+ = 0.35 \cdot (152) = 53.2 \text{ mm} \Rightarrow \text{Đạt yêu cầu.}$$

* Kiểm tra cường độ mômen:

Mô men uốn danh định:

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2) = 1 \cdot 400 \cdot (152 - 9.4/2) = 58920 \text{ Nmm/mm} \\ &= 58.92 \text{ KN.m/m} > 36.5 \text{ KN.m/m} \Rightarrow \text{Đạt yêu cầu.} \end{aligned}$$

Mô men kháng uốn:

$$M_r = \Phi M_n = 0.9 * 58.92 = 53.028 \text{ KNm/m}$$

Vậy: đối với cốt thép ngang phía dưới chịu mômen dương, dựng 5 Ø 16; $a = 200 \text{ mm}$

4.1.3 Cốt thép chịu momen âm:

$$M_u = 41 \text{ KNm/m}; d = 152 \text{ mm}.$$

$$\text{Thử chọn } A_s = A_s \approx \frac{M_u}{330d} = 41000 / (330 * 152) = 0.817 \text{ mm}^2/\text{mm} = 8.17 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Min } A_s = 0.00375 * d = 0.00375 * 152 = 0.57 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Theo bảng B4, thử dựng 5 Ø 16; $a = 200 \text{ mm}$, cho $A_s = 10 \text{ cm}^2/\text{m}$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{1 * 400}{0.85 * 50 * 1} = 9.4 \text{ mm} < 0.35 * 152 = 53.2 \text{ mm} \Rightarrow \text{Đạt yêu cầu}$$

* Kiểm tra cường độ mômen:

$$\begin{aligned} M_n &= A_s * f_y * (d - a/2) = 1 * 400 * (152 - 9.4/2) = 58920 \text{ N.mm/mm} \\ &= 58.92 \text{ KN.m/m} > 41 \text{ KNm/m} \Rightarrow \text{Thoả mãn yêu cầu.} \end{aligned}$$

Vậy: đối với cốt thép ngang phía trên chịu mômen âm, dựng 5 Ø 16; $a = 200 \text{ mm}$

4.1.4 Cốt thép phân bố:

Cốt thép phụ theo chiều dọc được đặt dưới đáy bản để phân bố tải trọng bánh xe dọc cầu đến cốt thép chịu lực theo phương ngang. Diện tích yêu cầu tính theo phần trăm cốt thép chính chịu mômen dương. Đối với cốt thép chính đặt vuông góc với hướng xe chạy (Điều 9.7.3.2):

$$\text{Số phần trăm} = \frac{3840}{\sqrt{S_c}} \leq 67\%$$

Trong đó, S_c là chiều dài có hiệu của nhịp. Đối với dầm T toàn khối, S_c là khoảng cách giữa 2 mặt vách, tức là $S_c = 2000 - 200 = 1800 \text{ mm}$, và:

$$\text{Số phần trăm} = \frac{3840}{\sqrt{1800}} = 90.51\%, \text{ ta lấy } 67\%.$$

$$\text{Bố trí } A_s = 0.67 * (\text{dương } A_s) = 0.67 * 1 = 0.67 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\text{Đối với cốt thép dọc bên dưới, dựng 6 Ø 12; } a = 150 \text{ mm}, A_s = 0.67 \text{ mm}^2/\text{mm} = 6.7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

4.1.5 Cốt thép chống co ngót và nhiệt độ:

Lượng cốt thép tối thiểu cho mỗi phương (5.10.8.2):

$$A_s \geq 0.75 \frac{A_g}{f_y}$$

Trong đó, A_s là diện tích tiết diện nguyên. Trên chiều dày toàn phần 200mm:

$$A_s \geq 0.75 \frac{A_g}{f_y} = 0.75 \cdot 200 / 400 = 0.375 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Cốt thép chính và phụ đều được chọn lớn hơn giá trị này, tuy nhiên đối với bản dày > 150mm cốt thép chống co ngót và nhiệt độ phải được bố trí đều nhau trên cả 2 mặt. Khoảng cách lớn nhất của cốt thép này là 3 lần chiều dày bản hoặc 450mm.

Đối với cốt thép dọc bên trên dùng 6 Ø 12; $a=140\text{mm}$, $A_s = 0.67 \text{ mm}^2/\text{mm} = 6.7 \text{ cm}^2/\text{m}$.

4.3 Kiểm tra c- ông d- ơng theo mômen:

+ Theo mômen d- ơng :

$$M_n = \Phi A_s \cdot f_y (d + a/2) = 0.9 \times 1 \times 400 \times (152 - 9.4/2) \\ = 53028 \text{ Nmm/mm}$$

$$\Rightarrow M_n \geq M_u = 36500 \text{ Nmm/mm (đạt)}$$

+ Theo mômen âm:

$$M_n = 0.9 \times 1 \times 400 \times (152 - 9.4/2) = 53028 \text{ N mm/mm}$$

$$\Rightarrow M_n \geq M_u = 41000 \text{ Nmm/mm (đạt)}$$

4.4. Kiểm tra nứt – Tổng quát:

Theo điều (5.7.3.4):

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

Trong đó: f_s là tải trọng sử dụng

f_{sa} là ứng suất kéo cho phép

Mật độ đàn hồi E_s của cốt thép là 200000MPa

Mật độ đàn hồi của bê tông E_c được cho:

$$E_c = 0.043 \gamma_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \quad \text{Trong đó:}$$

γ_c là tỷ trọng của bê tông, $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$

$$f'_c = 50 \text{ MPa}$$

$$\text{Thay số: } E_c = 0.043 \cdot 2400^{1.5} \sqrt{50} = 35749.5 \text{ Mpa}$$

$$\text{Và } n = E_s / E_c = 200000 / 35749.5 = 5.59, \text{ Chọn : } n = 6$$

Trong đó

+Z: thông số bảo vệ nứt = 23000 N/mm

+ d_c khoảng cách từ thớ chịu kéo xa nhất đến tim thanh gần nhất $\leq 50 \text{ mm}$

+A : Diện tích có hiệu của bê tông chịu kéo có trọng tâm trùng trọng tâm cốt thép

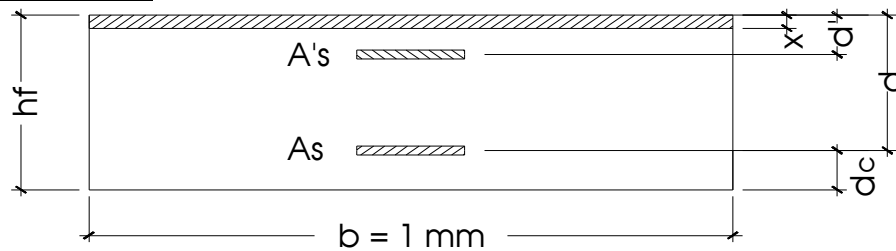
$$A = y_s \cdot S, \text{ Với } S : \text{b- ớc thép}$$

+ Để tính - s kéo f_s trong cốt thép ta tính mômen trong trạng thái GHSD là M với $\eta = 1$

$$\Rightarrow M = M_{DC} + M_{DW} + 1.25 M_{LL} + M_{PL} \text{ (theo TTSD1)}$$

-Các hệ số $\gamma_1, \gamma_2 = 1$

a. Theo mômen d-ơng :



Ta giả thiết $x \leq d'$, $d_c = 33 \text{ mm}$, $d' = 48 \text{ mm}$, $d = 152 \text{ mm}$, $h_f = 185$

Ta có :

$$\begin{aligned} 0,5bx^2 &= n A'_s(d' - x) + n A_s(d - x) \\ \Rightarrow 0,5 bx^2 &= 6 \cdot 1 \cdot (48 - x) + 6 \cdot 1 \cdot (152 - x) \\ \Rightarrow 0,5 bx^2 &= 288 - 6x + 912 - 6x \\ \Leftrightarrow 0,5 x^2 &= 1200 - 12x \end{aligned}$$

Giải ph-ơng trình ta có : $x = 38.44 < d' = 48$

Ta có :

$$\begin{aligned} I_{CT} &= bx^3/3 + nA'_s(d' - x)^2 + nA_s(d - x)^2 \\ I_{CT} &= 38.44^3/3 + 6 \cdot 1 \cdot (48 - 38.44)^2 + 6 \cdot 1 \cdot (152 - 38.44)^2 \\ I_{CT} &= 96857 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Vậy ta có : ứng suất kéo

$$f_s = n \cdot \frac{M}{I} \cdot y = 6x \frac{16770}{96857} x(152 - 38.44) = 117.97 \text{ N/mm}^2$$

$\Rightarrow$ ứng Suất kéo cho phép:

$$f_{s_a} = 23000/[33 \cdot (2 \cdot 33 \cdot 200)]^{1/3} = 303.4 \text{ N/mm}^2$$

Kết luận: $f_s < f_{s_a} = 0.6 f_y = 240 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$ đạt

b. Theo mômen âm :

Do số hiệu của A_s và A'_s sau khi tính toán và chọn cốt thép có số hiệu là nh- nhau :

$A_s = A'_s = 1 \text{ mm}^2/\text{mm}$, 5 θ 16; $a = 200 \text{ mm}$

Nên ta có : $I_{CT} = 96857 \text{ mm}^4$

$$f_s = 117.97 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{s_a} = 303.4 \text{ N/mm}^2$$

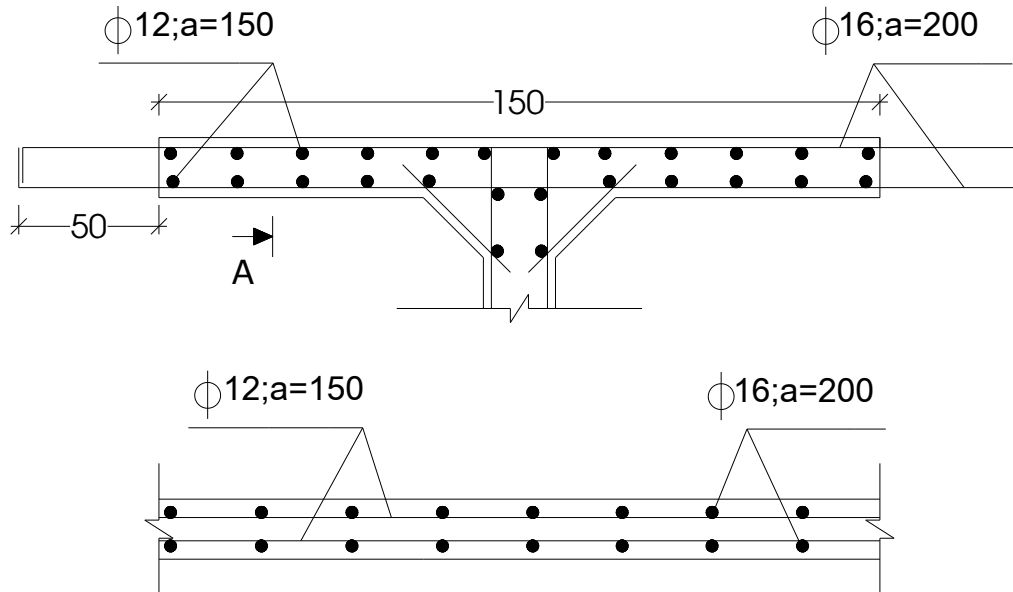
4.5. Bố trí cốt thép bản:

+ Cốt thép chịu mômen + là : $1.0 \text{ mm}^2/\text{mm} = 10 \text{ cm}^2/\text{1m}$

chọn cốt thép 5 Φ 16, $a = 200$

+ Cốt thép chịu mômen - là : $1.0 \text{ mm}^2/\text{mm} = 10 \text{ cm}^2/\text{1m}$

chọn cốt thép 5 Φ 16, $a = 200$



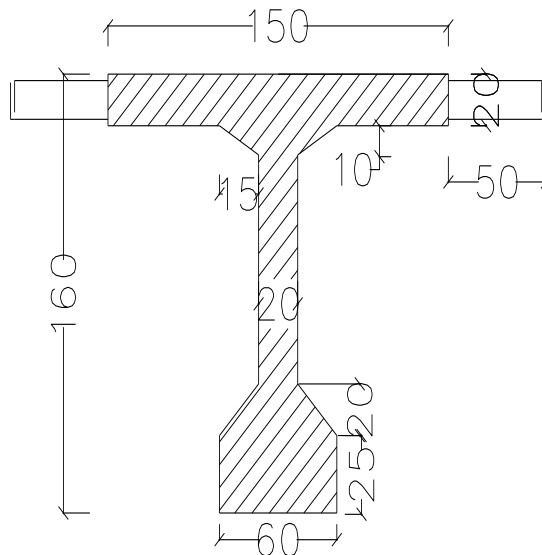
Bố trí cốt thép bản mặt cầu

Chương II : Tính toán dầm chủ

I – Tính Nội Lực :

1. Tính tải cho 1 dầm:

1.1 Tính tải giai đoạn I (g_I)



Mặt cắt MC105 (Ch- a nổi bản)

Diện tích dầm chủ đ- ợc xác định nh- sau:

+ MC105:

$$A_{105} = 1500 \times 200 + (1600 - 200) \times 200 + 100 \times 150 + (600 - 200) \times 250 + 200 \times 200$$

$$\Rightarrow A_{105} = 735000 \text{ mm}^2 = 0.735 \text{ m}^2$$

+ MC100:

$$A_{100} = (2000-500)*200+(1600-200)*600$$

$$\Rightarrow A_{100} = 1140000\text{mm}^2 = 1.14 \text{ m}^2$$

$$+ g_1 = [A_{105}*(30-2*(1.5+1))+ A_{100}*2*1.5+1/2*(A_{105}+A_{100})*2*1]*\gamma_c/30$$

$$g_1 = [0.735*(30-2*(1.5+1))+1.14*2*1.5+1/2*(0.735+1.14)*2*1]*24/30$$

$$\Rightarrow g_1=18.94 \text{ KN/m}$$

1. 2. Tính tải giai đoạn 2 (g₂)

1. Trong l- ợng mỗi nối bản :

$$g_{mn} = b_{mn} \times h_b \times \gamma_c = 0.5 \times 0.2 \times 24 = 2.4 \text{ KN/m.}$$

2. Do dầm ngang :

$$g_{dn} = (S - b_n) \times (h - h_b - h_l) \times b_n \times \gamma_c \times 1 / l_1$$

$$= (2 - 0.2) \times (1.6 - 0.2 - 0.25) \times 0.2 \times 24 / 7.35 = 1.35 \text{ KN/m}$$

$$\text{Với } b_n = 200\text{mm}, l = L - 2 \Delta l = 30000 - 2 \times 300 = 29400\text{mm}$$

l_1 : khoảng cách các dầm ngang : chọn 5 dầm ngang / nhịp $\Rightarrow l_1 = l/4 = 7350\text{mm}$

3. Do cột lan can :

$$g_{lc} = p_{lc} \times 2 / n = 5.766 \times 2 / 5 = 2.31 \text{ KN/m}$$

4. Do lớp phủ :

-lớp phủ mặt cầu:

+ Bê tông Asphalt dày 5cm trọng, l- ợng riêng là 22,5 KN/m³.

+ Bê tông bảo vệ dày 3cm trọng, l- ợng riêng là 24 KN/m³.

+ Lớp phòng n- ớc Raccon#7(không tính)

+ Lớp tạo phẳng dày 3 cm, trọng l- ợng riêng là 24 KN/m³.

Tên lớp	Bề dày (m)	TL riêng (KN/m ³)	Khối l- ợng (KN/m ²)
BT Asphalt	0,05	22,5	1,12
BT bảo vệ	0,03	24	0,72
Lớp tạo phẳng	0,03	24	0,72

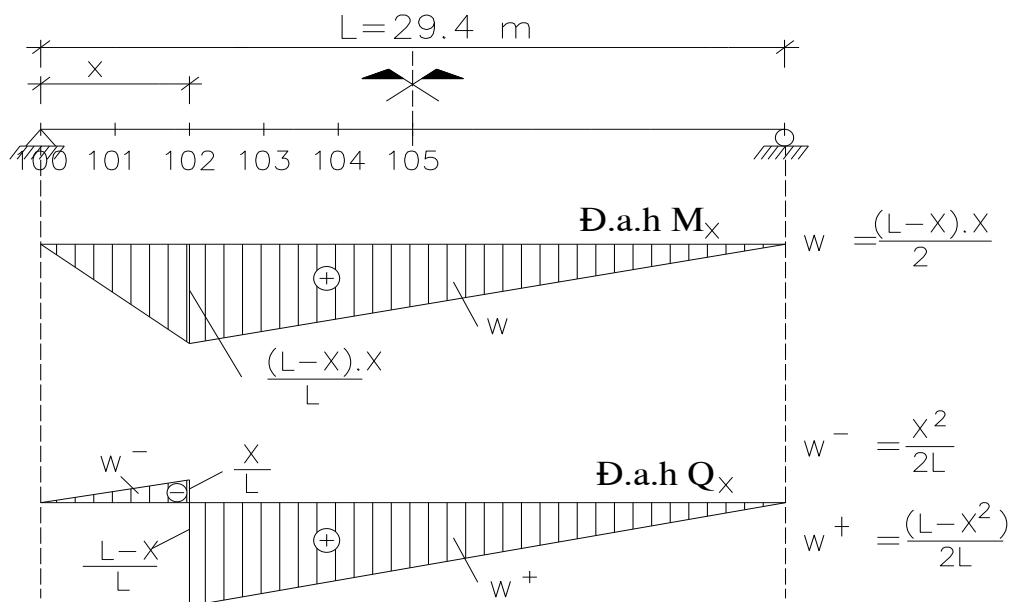
$$\Rightarrow \text{Tính tải rải đều của lớp phủ tính cho 1mm cầu là: } g_{lp} = 1,12 + 0,72 + 0,72 = 2,56(\text{KN/m})$$

$$\text{kí hiệu : } g_{2a} = g_{mn} + g_{dn} + g_{lc} = 2.4 + 1.35 + 2.31 = 6.06 \text{ KN/m}$$

$$g_{2b} = g_{lp} = 2.56 \text{ KN/m}$$

$$\Rightarrow \text{Tính tải giai đoạn 2: } g_2 = g_{2a} + g_{2b} = 8.62 \text{ KN/m}$$

2. Vẽ đồ thị mômen và lực cắt :



3. Nội lực do tĩnh tải (không hệ số):

Công thức : Nội Lực = $g \cdot w$, với g là tĩnh tải phân bố đều, w là tổng diện tích đ.a.h

Lập bảng nội lực tĩnh tải (không hệ số)

Mặt cắt	tĩnh tải			Mômen				Lực cắt					
	G1	G2a	Glp	Wm	M1	M2a	Mlp	w^-	w^+	w	v1	v2a	vlp
100	18.94	6.06	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.20	15.20	313.73	95.76	38.91
101	18.94	6.06	2.56	51.59	1064.82	325.02	132.07	0.15	12.31	12.16	250.98	76.61	31.13
102	18.94	6.06	2.56	73.93	1525.92	465.76	189.26	0.61	9.73	9.12	188.24	57.46	23.35
103	18.94	6.06	2.56	97.04	2002.91	611.35	248.42	1.37	7.45	6.08	125.49	38.30	15.56
104	18.94	6.06	2.56	110.90	2288.98	698.67	283.90	2.43	5.47	3.04	62.75	19.15	7.78
105	18.94	6.06	2.56	115.52	2384.33	727.78	295.73	3.80	3.80	0.00	0.00	0.00	0.00

II. Tính hệ số phân phối mômen và lực cắt :

1. Tính đặc trưng hình học tiết diện dầm chủ :

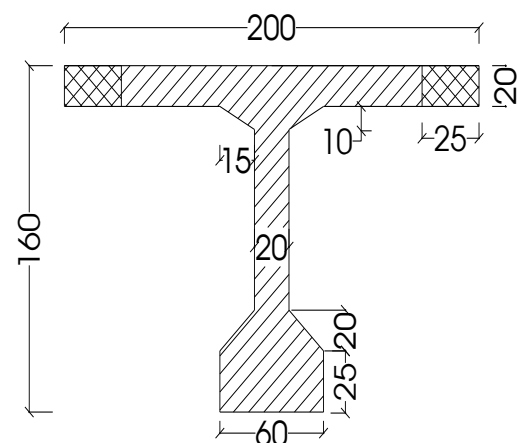
Tiết diện tính toán (hình bên)

$$b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{4} * l = 29400 / 4 = 7350mm \\ 2 * t_s + b_w = 12 * (200 - 15) + 200 = 2420mm \\ s = 2000mm \end{array} \right.$$

⇒ Chọn $b = 2000$ mm

$h = H_d - 15 = 1600 - 15 = 1585$ mm

$$h_f = \frac{(b - b_w) * t_s + b_w * h_v}{(b - b_w)} = \frac{(2000 - 200) * 185 + 200 * 100}{(2000 - 200)} = 196mm$$



$$h_d = \frac{(b_1 - b_w) * h_1 + (b_1 - b_w) * h_2 \frac{1}{2}}{(b_1 - b_w)} = \frac{(600 - 200) * 250 + (600 - 200) * \frac{200}{2}}{(600 - 200)} = 350 \text{ mm}$$

$$A_g = (b - b_w) * h_f + h * b_w + (b_1 - b_w) * h_d$$

$$= (2000 - 200) * 196 + 1585 * 200 + (600 - 200) * 350 = 809800 \text{ mm}^2$$

$$S_d = (b - b_w) * h_f * (h - \frac{h_f}{2}) + b_w * \frac{h^2}{2} + (b_1 - b_w) * \frac{(h_d)^2}{2}$$

$$= (2000 - 200) * 196 * (1585 - 196/2) + 200 * \frac{1585^2}{2} + (600 - 200) * \frac{350^2}{2} = 800336100 \text{ mm}^3$$

$$Y_d = \frac{S_d}{A_g} = 988 \text{ mm}, Y_{tr} = h - Y_d = 597 \text{ mm}, e_g = Y_{tr} - \frac{t_s}{2} = 597 - \frac{(200 - 15)}{2} = 504.5 \text{ mm}$$

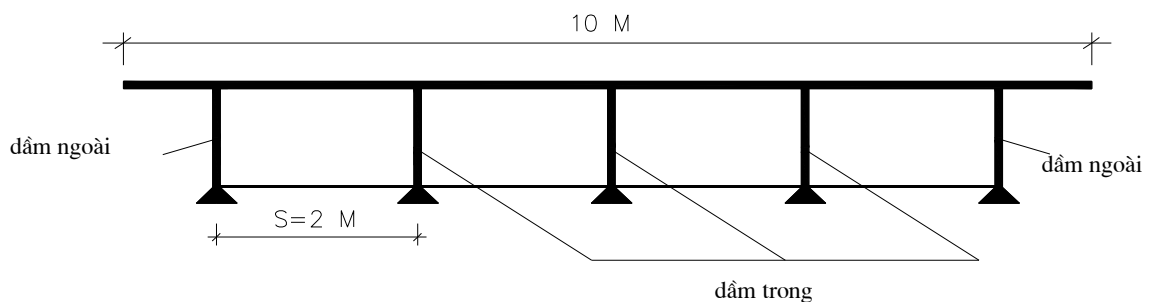
$$I_g = (b - b_w) * \frac{(h_f)^3}{12} + (b - b_w) h_f (y_{tr} - \frac{h_f}{2})^2 + b_w \frac{h^3}{12} + b_w h (y_d - \frac{h}{2})^2 + (b_1 - b_w) \frac{(h_d)^3}{12} + (b_1 - b_w) (y_d - \frac{h_d}{2})^2$$

$$= (2000 - 200) * \frac{196^3}{12} + (2000 - 200) * 196 * (597 - 196/2)^2 + 200 * \frac{1585^3}{12} +$$

$$+ 200 * 1585 * (988 - \frac{1585}{2})^2 + (600 - 200) * \frac{350^3}{12} + (600 - 200) * (988 - \frac{350}{2})^2$$

$$= 1.6915 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

2. Tính hệ số phân phối mômen :



2.1. Tính hệ số phân phối mômen cho dầm trong :

a. Trờng hợp 1 làn xe :

$$mg_M^{SI} = 0.06 + (\frac{S}{4300})^{0.4} (\frac{S}{L})^{0.3} (\frac{K_g}{Lt_s^3})^{0.1}$$

Trong đó: - S : khoảng cách giữa 2 dầm chủ = 2000 mm

- L : chiều dài tính toán của nhịp = 29400 mm

- t_s : chiều dày tính toán của bản mặt cầu = 185 mm.

$$K_g = n(I_g + A_g e_g^2), \quad n = \frac{E_b}{E_d} = 1$$

- E_b : Môđun đàn hồi của vật liệu làm dầm.

- E_d : Môđun đàn hồi của vật liệu làm bản mặt cầu.

- I_g : Mômen quán tính của dầm không liên hợp
- e_g : khoảng cách giữa trọng tâm dầm và trọng tâm bản mặt cầu.
- A_g : Diện tích dầm chủ.

Thay vào :

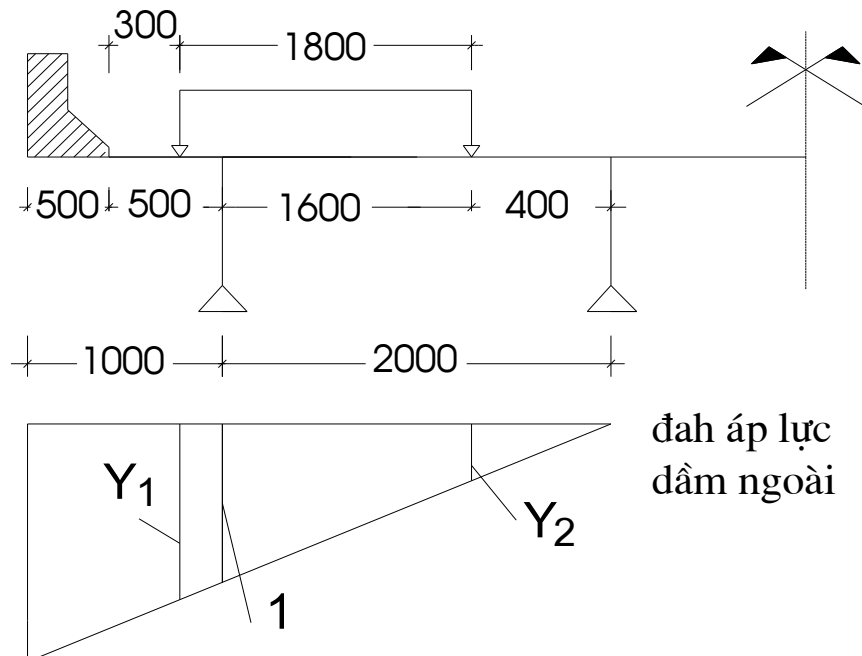
$$K_g = 1 \times (1.6915 \times 10^{11} + 504.5^2 \times 809800) = 3.7526 \times 10^{11}$$

$$\Rightarrow mg_M^{SI} = 0.413$$

b.Tr- ờng hợp ≥ 2 làn xe :

$$mg_M^{MI} = 0.075 + \left(\frac{S}{2900}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} \left(\frac{Kg}{Lt_s^3}\right)^{0.1} = 0.576$$

2.2.Tính hệ số phân phối mômen cho dầm ngoài:



a.Tr- ờng hợp xếp 1 làn xe:

(tính theo ph- ơng pháp đòn bẩy)

Ta tính đ- ợc : $y_1 = 1.1$, $y_2 = 0.2$

$$* mg_M^{SE} = m_L * (y_1 + y_2) / 2 = 1.2 * (1.1 + 0.2) / 2$$

$$= 0.78 \text{ , Với } m_L = 1.2$$

b.Tr- ờng hợp xếp ≥ 2 làn xe :

$$* mg_M^{ME} = e * mg_M^{MI} \text{ . Với } e = 0.77 + \frac{d_c}{2800} \geq 1$$

$$\text{Với } d_c = 500 \text{ , suy ra : } e = 0.77 + \frac{500}{2800} = 0.95$$

$$* mg_M^{ME} = 1 \times 0.576 = 0.576$$

Ta có bảng tổng hợp nh- sau :

Xếp tải	Dầm trong	Dầm ngoài
1 làn xe	0.413	0.78
2 làn xe	0.576	0.576

Kết luận : Hệ số phân phối mômen khống chế lấy : $mg_M^{SE} = 0.78$

3. Hệ số phân phối lực cắt :

3.1. Tính hệ số phân phối lực cắt cho dầm trong :

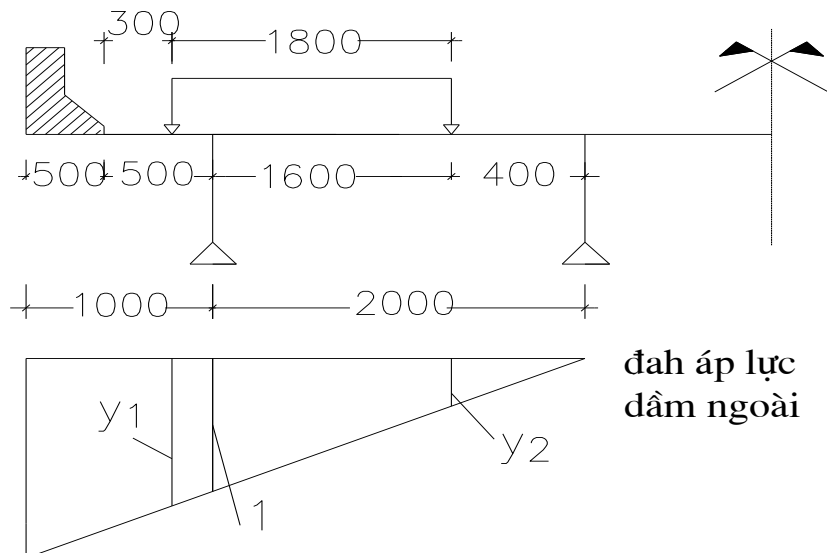
a.Tr- ờng hợp xếp 1 làn xe :

$$* mg_V^{SI} = 0.36 + \frac{S}{7600} = 0.36 + \frac{2000}{7600} = 0.623$$

b.Tr- ờng hợp xếp 2 làn xe :

$$* mg_V^{MI} = 0.2 + \frac{S}{3600} - \left(\frac{S}{10700}\right)^2 = 0.2 + \frac{2000}{3600} - \left(\frac{2000}{10700}\right)^2 = 0.72$$

3.2. Tính hệ số phân phối lực cắt cho dầm ngoài :



a.Tr- ờng hợp xếp 1 làn xe (theo ph- ơng pháp đòn bẩy) :

$$* mg_V^{SE} = 0.18$$

b.Tr- ờng hợp xếp ≥ 2 làn xe :

$$* mg_V^{ME} = e * mg_V^{MI},$$

$$\text{với } e = 0.6 + \frac{500}{3000} = 0.77$$

$$* mg_V^{ME} = 0.77 * 0.72 = 0.55$$

Ta có bảng tổng hợp nh- sau :

Xếp tải	Dầm trong	Dầm ngoài
1 làn xe	0.623	0.18
2 làn xe	0.72	0.55

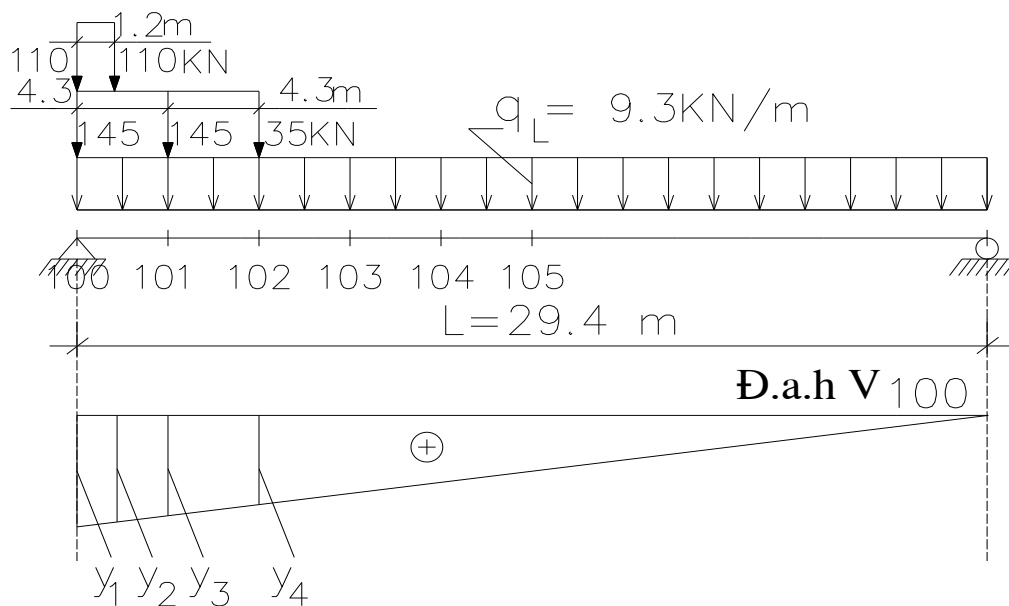
Kết luận : Hệ số phân phối lực cắt không chế lấy : $mg_V^{MI} = 0.72$

So sánh : chọn hệ số phân phối mômen và lực cắt nh- sau :

mg_M^{MI}	0.78
mg_V^{MI}	0.72

4. Nội lực do hoạt tải (không có hệ số):

4.1. Tại MC Gối:100 ($x_0 = 0.00$ m)



a. Nội lực do mômen : $M_{gối} = 0$.

b. Nội lực do lực cắt : $V_{gối}$

Tính đ-ợc:

$$y_1 = 1$$

$$y_2 = \frac{29.4 - 1.2}{29.4} = 0.96$$

$$y_3 = \frac{29.4 - 4.3}{29.4} = 0.854$$

$$y_4 = \frac{29.4 - 8.6}{29.4} = 0.707$$

$$W_M = 1/2 * 29.4 = 14.7 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow V_{TR} = 145 * (y_1 + y_3) + 35 * y_4 = 145 * (1 + 0.854) + 35 * 0.707 = 293.58 \text{ KN}$$

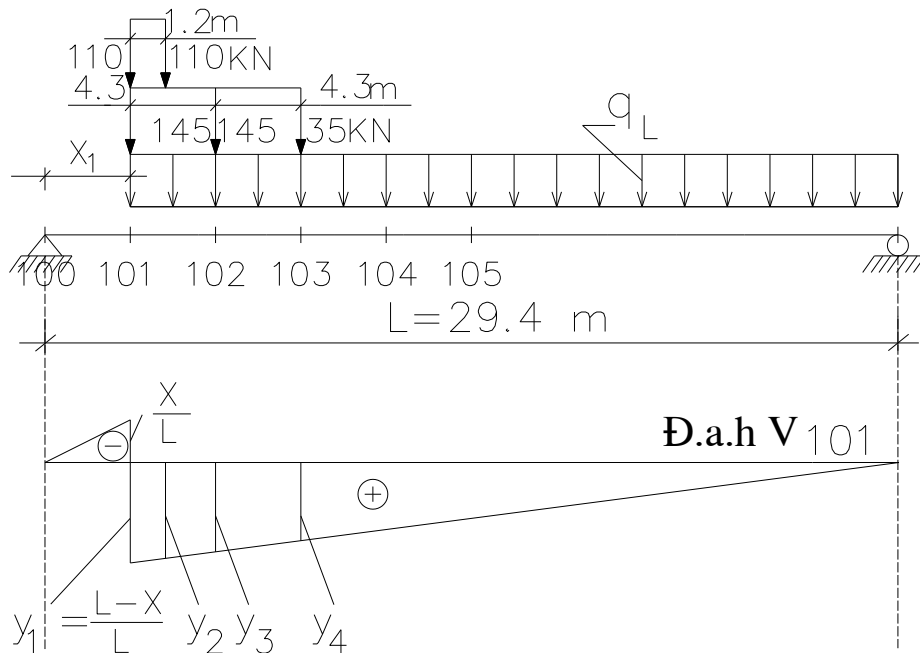
$$V_{Tad} = 110 * (y_1 + y_2) = 110 * (1 + 0.96) = 215.6 \text{ KN}$$

$$V_{LN} = 9.3 * W = 9.3 * 14.7 = 136.7 \text{ KN}$$

Suy ra : $V_{gối} = V_{TR} + V_{LN} = 293.58 + 136.7 = 430.28 \text{ KN}$

4.2. Tại mặt cắt: 101 ($x_1 = 2.94 \text{ m}$)

a. Nội lực do Lực cắt V_{101} :



Tính đ-ợc:

$$y_1 = \frac{29.4 - 2.94}{29.4} = 0.9 \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{29.4 - 2.94 - 1.2}{29.4} = 0.86 \text{ m}$$

$$y_3 = \frac{29.4 - 2.94 - 4.3}{29.4} = 0.754 \text{ m}$$

$$y_4 = \frac{29.4 - 2.94 - 8.6}{29.4} = 0.607 \text{ m}$$

$$W_V = 1/2 * (29.4 - 2.94) * 0.9 = 11.907 \text{ m}$$

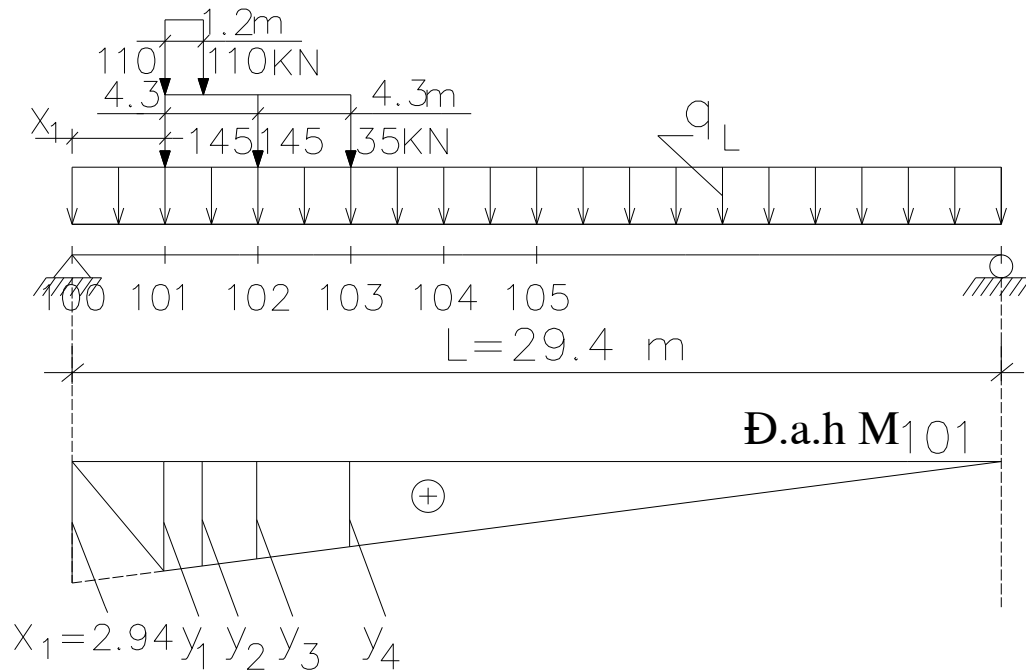
$$\Rightarrow V_{TR} = 145 * (y_1 + y_3) + 35 * y_4 = 261.075 \text{ KN}$$

$$V_{Tad} = 110 * (y_2 + y_1) = 193.6 \text{ KN}$$

$$V_{LN} = 9.3 * W = 9.3 * 11.907 = 110.735 \text{ KN}$$

Suy ra : $V_{101} = V_{TR} + V_{LN} = 261.075 + 110.735 = 371.8 \text{ KN}$

b. Nội lực do Mômen : M_{101}



Tính đ-ợc:

$$Y_1 = \frac{(29.4 - 2.94) \times 2.94}{29.4} = 2.646 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{(29.4 - 1.2 - 2.94) \times 2.94}{29.4} = 2.526 \text{ m}$$

$$Y_3 = \frac{(29.4 - 4.3 - 2.94) \times 2.94}{29.4} = 2.216 \text{ m}$$

$$Y_4 = \frac{(29.4 - 8.6 - 2.94) \times 2.94}{29.4} = 1.786 \text{ m}$$

$$W_M = 1/2 \times 29.4 \times 2.646 = 38.896 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow M_{TR} = 145(y_1 + y_3) + 35 y_4 = 767.5 \text{ KN.m}$$

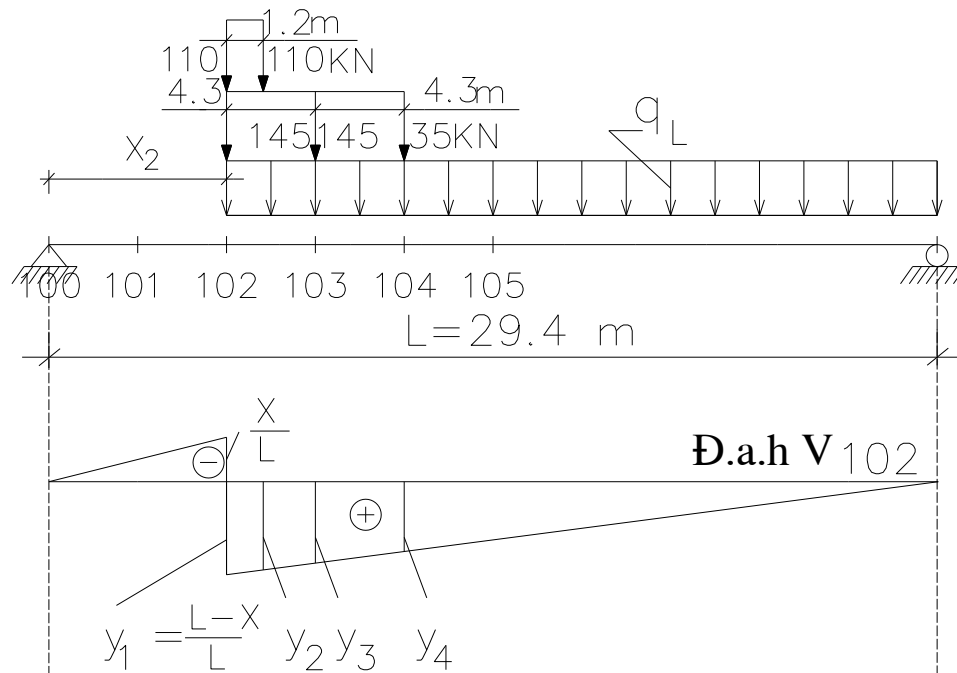
$$M_{Tad} = 110(y_2 + y_1) = 568.9 \text{ KN.m}$$

$$M_{LN} = 9.3 \times W = 361.7 \text{ KN.m}$$

$$\text{Suy ra : } M_{101} = M_{TR} + M_{LN} = 767.5 + 361.7 = 1129.2 \text{ KN.m}$$

4.3. Tại mắt cắt: M102 ($x_2 = 5.88 \text{ m}$)

a. Nội lực do lực cắt :



Tính đ-ợc:

$$Y_1 = \frac{29.4 - 5.88}{29.4} = 0.8 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{29.4 - 5.88 - 1.2}{29.4} = 0.76 \text{ m}$$

$$Y_3 = \frac{29.4 - 5.88 - 4.3}{29.4} = 0.654 \text{ m}$$

$$Y_4 = \frac{29.4 - 5.88 - 8.6}{29.4} = 0.507 \text{ m}$$

$$W = 1/2 * (29.4 - 5.88) * 0.8 = 9.408 \text{ m}^2$$

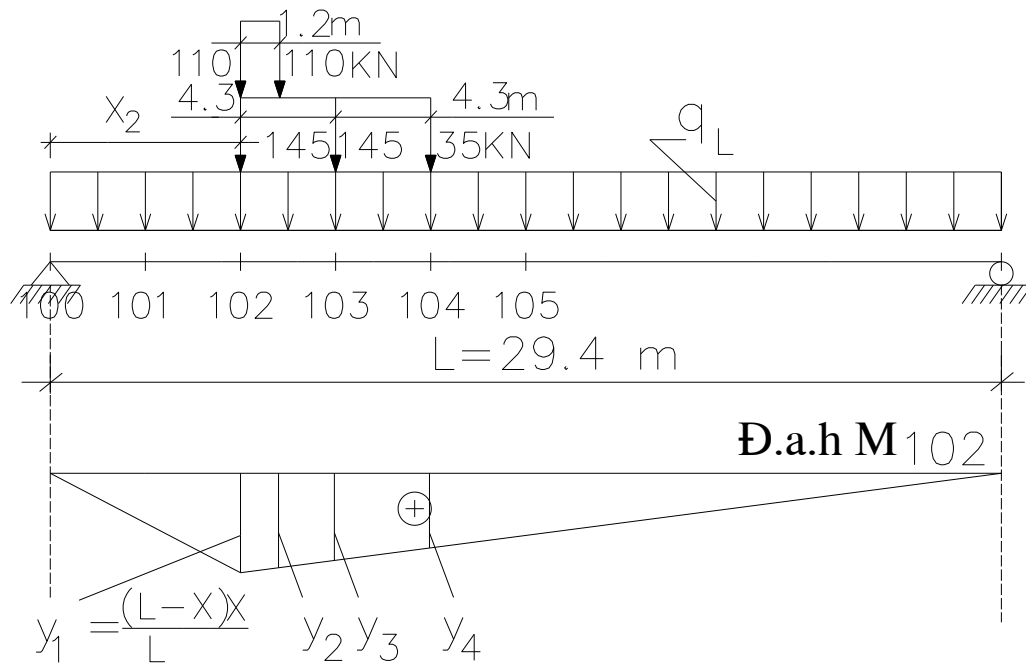
$$\Rightarrow V_{TR} = 145(y_1 + y_3) + 35y_4 = 228.58 \text{ KN}$$

$$V_{Tad} = 110(y_1 + y_2) = 171.6 \text{ KN}$$

$$V_{LN} = 9.3 * W = 87.49 \text{ KN}$$

$$\underline{\text{Suy ra}} : V_{102} = V_{TR} + V_{LN} = 228.58 + 87.49 = 316.07 \text{ KN}$$

b. Nội lực do Mômen :



Tính được:

$$y_1 = \frac{(29.4 - 5.88) \times 5.88}{29.4} = 4.704 \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{(29.4 - 1.2 - 5.88) \times 5.88}{29.4} = 4.464 \text{ m}$$

$$y_3 = \frac{(29.4 - 4.3 - 5.88) \times 5.88}{29.4} = 3.844 \text{ m}$$

$$y_4 = \frac{(29.4 - 8.6 - 5.88) \times 5.88}{29.4} = 2.984 \text{ m}$$

$$W = 1/2 \times 29.4 \times 4.704 = 69.15 \text{ m}$$

$$\Rightarrow M_{TR} = 145(y_1 + y_3) + 35 y_4 = 1343.9 \text{ KN.m}$$

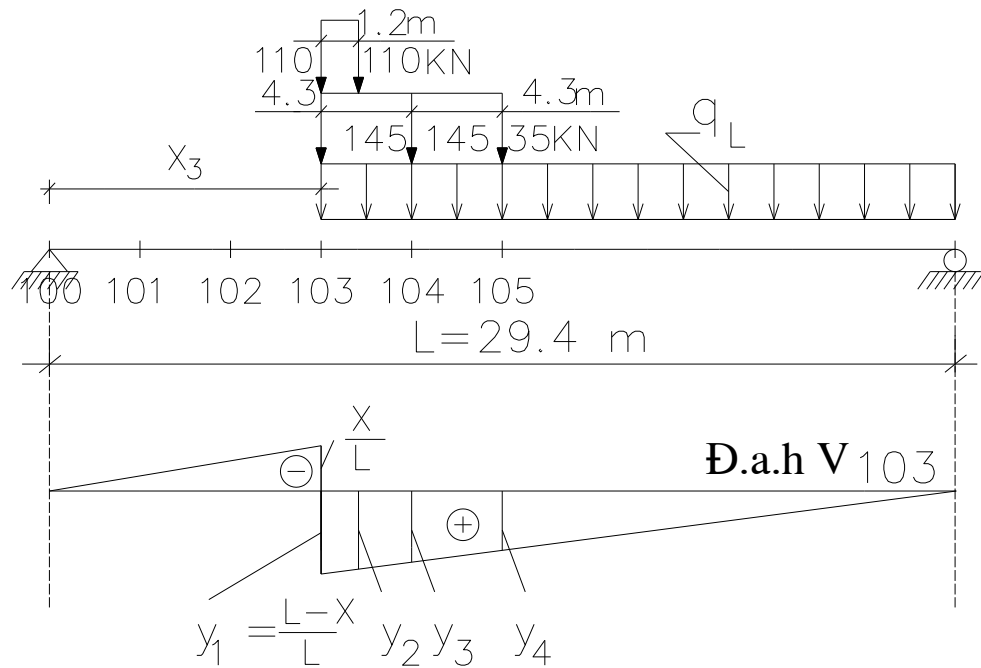
$$M_{Tad} = 110(y_1 + y_2) = 1008.48 \text{ KN.m}$$

$$M_{LN} = 9.3 \times W = 643.095 \text{ KN.m}$$

$$\text{Suy ra : } M_{101} = M_{TR} + M_{LN} = 1343.9 + 643.095 = 1986.995 \text{ KN.m}$$

4.4. Tại mặt cắt : M103 ($x_3 = 8.82 \text{ m}$)

a. Nội lực do lực cắt :



Tính đ-ợc:

$$Y_1 = \frac{29.4 - 8.82}{29.4} = 0.7 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{29.4 - 1.2 - 8.82}{29.4} = 0.66 \text{ m}$$

$$Y_3 = \frac{29.4 - 4.3 - 8.82}{29.4} = 0.554 \text{ m}$$

$$Y_4 = \frac{29.4 - 8.6 - 8.82}{29.4} = 0.407 \text{ m}$$

$$W = 1/2 * (29.4 - 8.82) * 0.7 = 7.203 \text{ m}$$

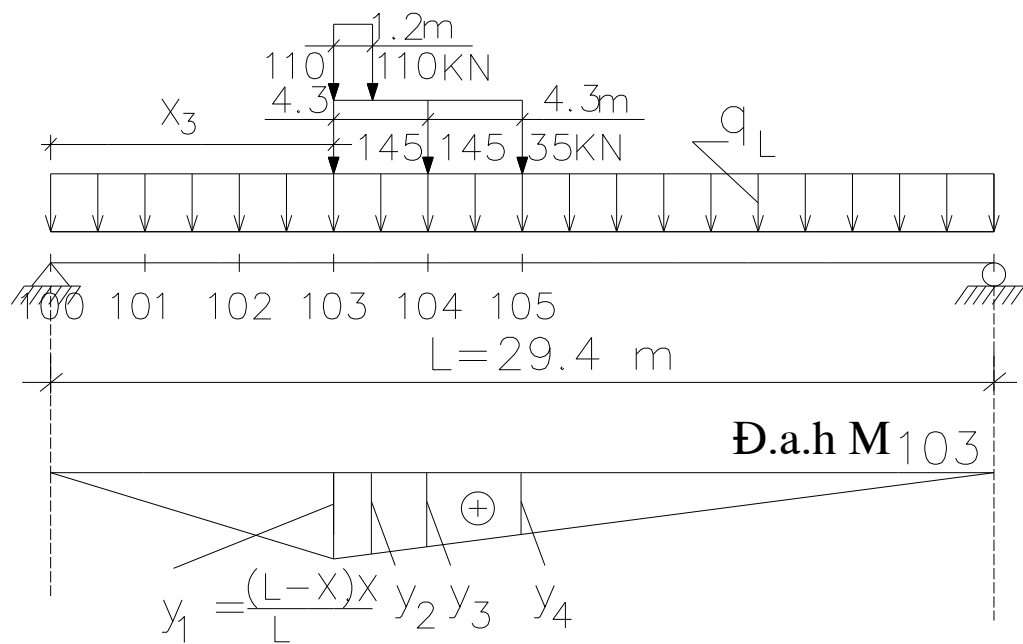
$$\Rightarrow V_{TR} = 145(y_1 + y_3) + 35y_4 = 196.075 \text{ KN}$$

$$V_{Tad} = 110(y_1 + y_2) = 149.6 \text{ KN}$$

$$V_{LN} = 9.3 * W = 67 \text{ KN}$$

$$\underline{\text{Suy ra}} : V_{103} = V_{TR} + V_{LN} = 196.075 + 67 = 263.075 \text{ KN}$$

b.Nội lực do Mômen :



Tính đ-ợc:

$$Y_1 = \frac{(29.4 - 8.82) \times 8.82}{29.4} = 6.174 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{(29.4 - 1.2 - 8.82) \times 8.82}{29.4} = 5.814 \text{ m}$$

$$Y_3 = \frac{(29.4 - 4.3 - 8.82) \times 8.82}{29.4} = 4.884 \text{ m}$$

$$Y_4 = \frac{(29.4 - 8.6 - 8.82) \times 8.82}{29.4} = 3.594 \text{ m}$$

$$W = 1/2 \times 29.4 \times 6.174 = 90.76 \text{ m}$$

$$\Rightarrow M_{TR} = 145(y_1 + y_3) + 35 y_4 = 1729 \text{ KN.m}$$

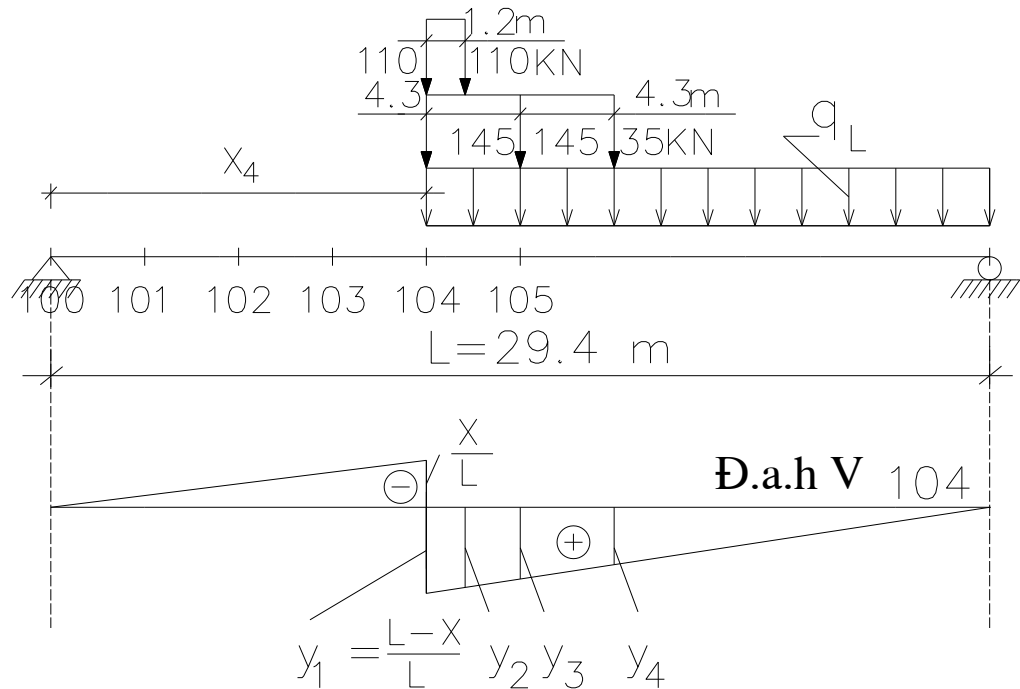
$$M_{Tad} = 110(y_1 + y_2) = 1318.68 \text{ KN.m}$$

$$M_{LN} = 9.3 \times W = 844.068 \text{ KN.m}$$

$$\underline{\text{Suy ra}} : M_{103} = M_{TR} + M_{LN} = 1729 + 844.068 = 2573.068 \text{ KN.m}$$

4.4.Tại mắt cắt : M104 ($x_4=11.76 \text{ m}$)

a. Nội lực do lực cắt :



Tính đ-ợc:

$$y_1 = \frac{29.4 - 11.76}{29.4} = 0.6 \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{29.4 - 1.2 - 11.76}{29.4} = 0.56 \text{ m}$$

$$y_3 = \frac{29.4 - 4.3 - 11.76}{29.4} = 0.454 \text{ m}$$

$$y_4 = \frac{29.4 - 8.6 - 11.76}{29.4} = 0.307 \text{ m}$$

$$W = 1/2 * (29.4 - 11.76) * 0.6 = 5.292 \text{ m}$$

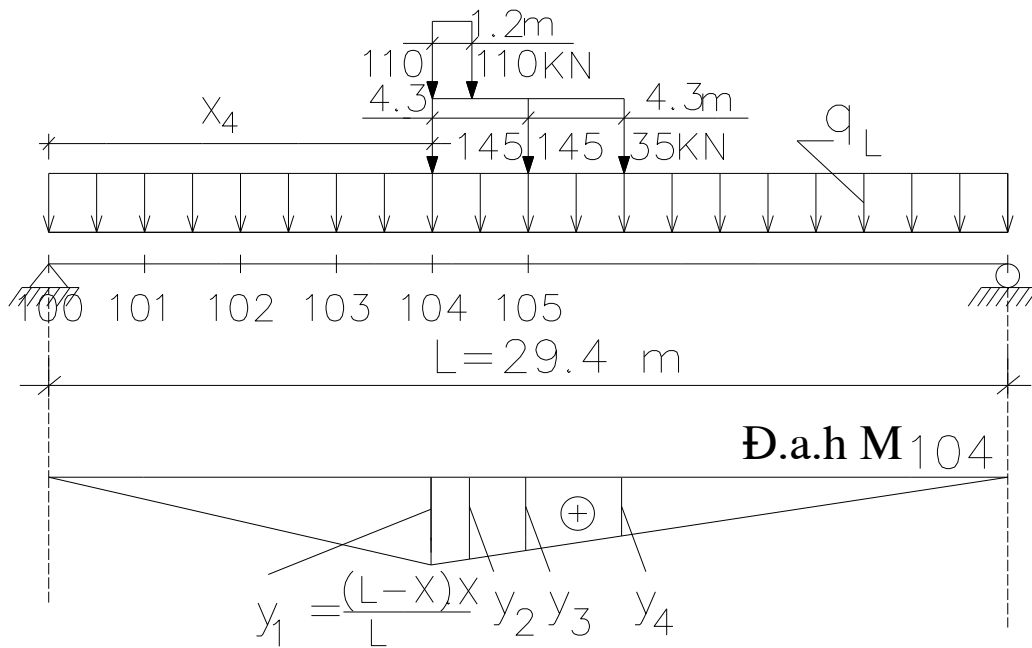
$$\Rightarrow V_{TR} = 145(y_1 + y_3) + 35y_4 = 163.575 \text{ KN}$$

$$V_{Tad} = 110(y_1 + y_2) = 127.6 \text{ KN}$$

$$V_{LN} = 9.3 * W = 49 \text{ KN}$$

Suy ra : $V_{104} = V_{TR} + V_{LN} = 163.575 + 49 = 212.575 \text{ KN}$

b. Nội lực do Mômen :



Tính đ-ợc:

$$y_1 = \frac{(29.4 - 11.76) \times 11.76}{29.4} = 7.056 \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{(29.4 - 1.2 - 11.76) \times 11.76}{29.4} = 6.576 \text{ m}$$

$$y_3 = \frac{(29.4 - 4.3 - 11.76) \times 11.76}{29.4} = 5.336 \text{ m}$$

$$y_4 = \frac{(29.4 - 8.6 - 11.76) \times 11.76}{29.4} = 3.616 \text{ m}$$

$$W = 1/2 \times 29.4 \times 7.056 = 103.7 \text{ m}$$

$$\Rightarrow M_{TR} = 145(y_1 + y_3) + 35 y_4 = 1923 \text{ KN.m}$$

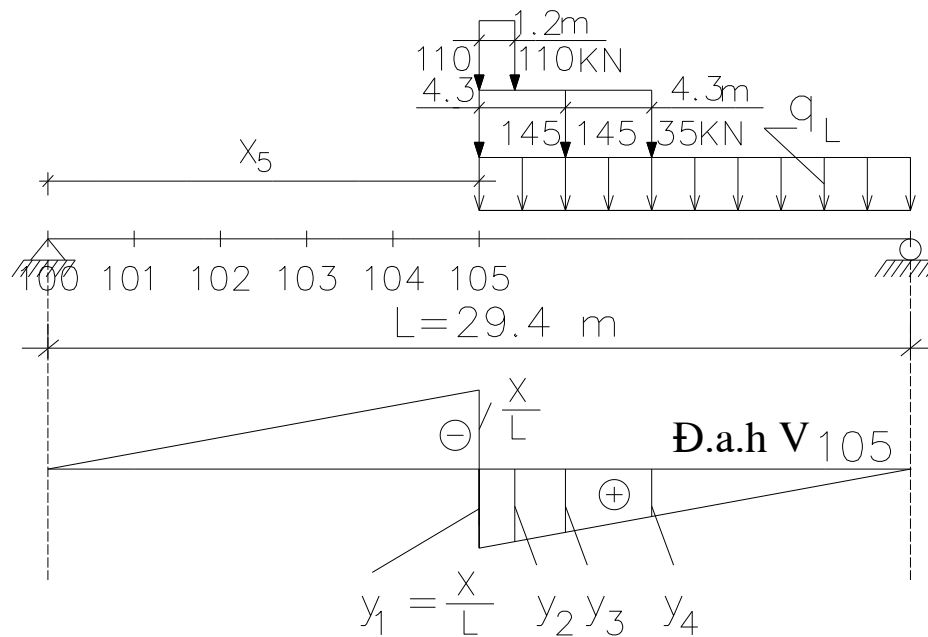
$$M_{Tad} = 110(y_1 + y_2) = 1500 \text{ KN.m}$$

$$M_{LN} = 9.3 \times W = 964 \text{ KN.m}$$

$$\text{Suy ra : } M_{104} = M_{TR} + M_{LN} = 1923.4 + 964 = 2887 \text{ KN.m}$$

4.4.Tại mắt cắt : M105 ($x_5 = 14.7 \text{ m}$)

a. Nội lực do lực cắt :



Tính đ-ợc:

$$y_1 = \frac{29.4 - 14.7}{29.4} = 0.5 \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{29.4 - 1.2 - 14.7}{29.4} = 0.46 \text{ m}$$

$$y_3 = \frac{29.4 - 4.3 - 14.7}{29.4} = 0.354 \text{ m}$$

$$y_4 = \frac{29.4 - 8.6 - 14.7}{29.4} = 0.207 \text{ m}$$

$$W = 1/2 * (29.4 - 14.7) * 0.5 = 3.675 \text{ m}$$

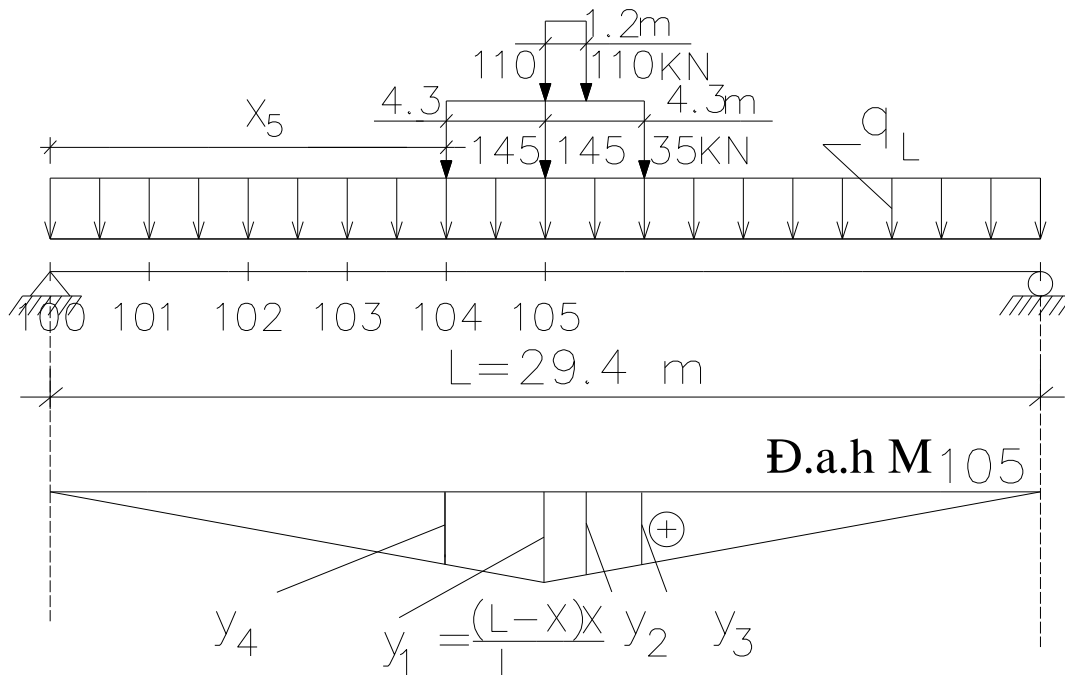
$$\Rightarrow V_{TR} = 145(y_1 + y_3) + 35y_4 = 131.075 \text{ KN}$$

$$V_{Tad} = 110(y_1 + y_2) = 105.6 \text{ KN}$$

$$V_{LN} = 9.3 * W = 34.18 \text{ KN}$$

Suy ra : $V_{105} = V_{TR} + V_{LN} = 131.075 + 34.18 = 165.26 \text{ KN}$

b. Nội lực do Mômen :



Tính đ-ợc:

$$y_1 = \frac{(29.4 - 14.7) \times 14.7}{29.4} = 7.35 \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{(29.4 - 1.2 - 14.7) \times 14.7}{29.4} = 6.75 \text{ m}$$

$$y_3 = \frac{(29.4 - 4.3 - 14.7) \times 14.7}{29.4} = 5.2 \text{ m}$$

$$y_4 = \frac{(29.4 - 8.6 - 14.7) \times 14.7}{29.4} = 3.05 \text{ m}$$

$$W = 1/2 \times 29.4 \times 7.35 = 108.045 \text{ m}$$

$$\Rightarrow M_{TR} = 145(y_1 + y_3) + 35 y_4 = 1926.5 \text{ KN.m}$$

$$M_{Tad} = 110(y_1 + y_2) = 1551 \text{ KN.m}$$

$$M_{LN} = 9.3 \times W = 1004.8 \text{ KN.m}$$

$$\text{Suy ra : } M_{105} = M_{TR} + M_{LN} = 1926.5 + 1004.8 = 2931 \text{ KN.m}$$

* **Bảng tổng hợp nội lực do hoạt tải:**

$$M_u = m g_M^{SE} \times (1.75 \times M^{LN} + 1.75 \times 1.25 \times M^{TR})$$

$$V_u = m g_V^{MI} \times (1.75 \times V^{LN} + 1.75 \times 1.25 \times V^{TR})$$

$$\text{Với : } m g_M^{SE} = 0.78$$

$$m g_V^{MI} = 0.72$$

Nội lực	Tải trọng	Các tiết diện					
		100	101	102	103	104	105
M(KN.m)	Xe tải HL-93	0	767.5	1343.9	1729	1923	1926.5
	xe Taden	0	568.9	1008.48	1318.68	1500	1551
	tải trọng làn	0	361.7	643.095	844.068	964	1004.8
Q(KN)	Xe tải HL-93	293.58	261.075	228.58	196.075	163.575	131.075
	xe Taden	215.6	193.6	171.6	149.6	127.6	105.6
	tải trọng làn	136.7	110.735	87.49	67	49	34.18
Mu(KN.m)		0	1803.267	3170.854	4102.259	4596.979	4658.643
Qu(KN)		634.631	550.719	470.251	393.238	319.371	249.51

5. Tổ hợp nội lực theo các TTGH:

5.1. TTGH c- ởng đô 1 :

+Tổ hợp nội lực do mômen :

$$\begin{aligned}
 NL &= \eta * \sum \gamma_{pi} * M_i \\
 &= \eta * [\gamma_{p1} * (M_1 + M_{2a}) + \gamma_{p1} * M_{LP} + (1.75 * 1.25 * M_{TR} + 1.75 M_{LN}) * mg_M] \\
 &= \eta * [\gamma_{p1} * (M_1 + M_{2a}) + \gamma_{p1} * M_{LP} + M_U]
 \end{aligned}$$

+Tổ hợp nội lực do lực cắt :

$$\begin{aligned}
 NL &= \eta * \sum \gamma_{pi} * V_i \\
 &= \eta * [\gamma_{p1} * (V_1 + V_{2a}) + \gamma_{p1} * V_{LP} + (1.75 * 1.25 * V_{TR} + 1.75 V_{LN}) * mg_M] \\
 &= \eta * [\gamma_{p1} * (V_1 + V_{2a}) + \gamma_{p1} * V_{LP} + V_U]
 \end{aligned}$$

Trong đó : $\eta = \eta_D \eta_R \eta_I = 1$

γ_{P1} : hệ số tĩnh tải không kể lớp phủ = 1.25

γ_{P2} : hệ số tĩnh tải do lớp phủ = 1.5

mg: hệ số phân phối ngang .

a. Tại mặt cắt L/2 (105):

$$M_{105} = 1.25 * (2384.333 + 727.776) + 1.5 * 295.731 + 4658.643 = 10727.356 \text{ (KN.m)}$$

$$V_{105} = 1.25 * 0 + 1.5 * 0 + 249.51 = 249.51 \text{ (KN)}$$

T- ơng tự cho các tiết diện khác $\Rightarrow$ Ta có bảng sau.

Bảng tổng hợp nội lực theo TTGHCD1:

Mặt cắt	Các tiết diện					
	100	101	102	103	104	105
Mômen(KN.m)	0.000	3738.666	5944.338	7742.715	8757.393	10727.356
Lực cắt(KN)	1204.859	1006.902	812.388	621.329	433.417	249.51

5.2. TTGH sử dụng :

+Tổ hợp nội lực do mômen :

$$\begin{aligned}
 NL &= \eta * \sum \gamma_{pi} * M_i \\
 &= \eta * [M_1 + M_{2a} + M_{LP} + (1.25 * M_{TR} + M_{LN}) * mg_M]
 \end{aligned}$$

+Tổ hợp nội lực do lực cắt :

$$NL = \eta * \sum \gamma_{pi} * V_i$$

$$= \eta * [V_1 + V_{2a} + V_{LP} + (1.25 * V_{TR} + V_{LN}) * mg_M]$$

a. Tại mặt cắt L/2(105):

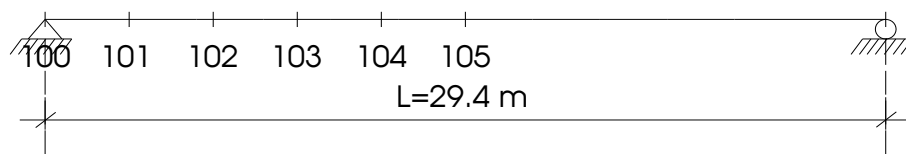
$$M_{105} = 2384.333 + 727.776 + 295.731 + (1.25 * 1926.5 + 1004.8) * 0.78 = 6069.92 \text{ (KN.m)}$$

$$V_{105} = 0 + (1.25 * 131.075 + 34.18) * 0.72 = 142.577 \text{ (KN)}$$

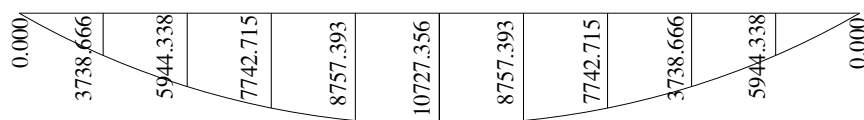
T-ơng tự cho các tiết diện khác $\Rightarrow$ Ta có bảng sau.

Bảng tổng hợp nội lực theo TTGHSD:

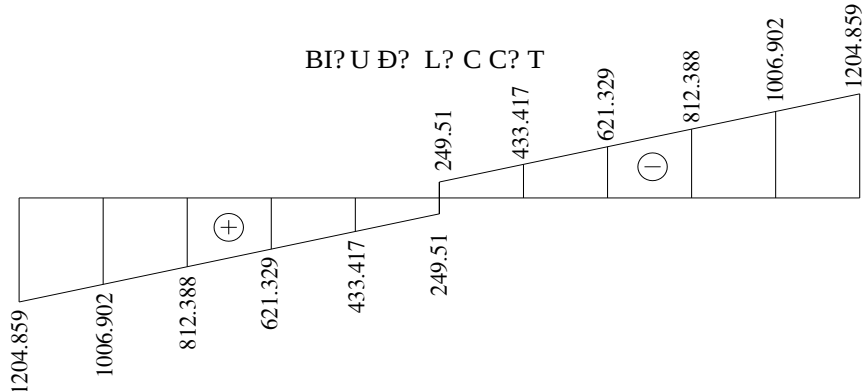
Mặt cắt	Các tiết diện					
	100	101	102	103	104	105
Mômen(KN.m)	0.000	2480.375	3867.350	5056.387	5789.596	6069.92
Lực cắt(KN)	890.134	730.282	553.361	443.509	298.728	142.577



BIỂU ĐỒ MÔMEN



BIỂU ĐỒ LỰC CẮT



III. Tính và bố trí cốt thép DƯỠ:

1. Tính cốt thép :

- Sử dụng thép 7 sợi 12.7mm, $A=98.71 \text{ mm}^2$.

+ Cường độ kéo quy định của thép UST: $f_{pu} = 1860 \text{ MPa}$.

+ Giới hạn chảy của thép ứng suất tr-ớc: $f_{py} = 0.9 f_{pu} = 1674 \text{ MPa}$.

+ Môđun đàn hồi của thép ứng suất tr-ớc: $E_p = 197000 \text{ MPa}$.

+ ứng suất sau mất mát: $f_T = 0.8 f_y = 0.8 \times 1674 = 1339.2 \text{ MPa}$.

+ Giới hạn ứng suất cho bê tông: $f'_c = 50 \text{ (Mpa)}$ cường độ chịu nén 28 ngày.

Sơ bộ chọn cốt thép:

$$A_{ps} = \frac{M}{f_T * Z}$$

Trong đó : $Z = d_p - \frac{h_f}{2} = 0.9h - \frac{h_f}{2} = 0.9 \times 1600 - \frac{196}{2} = 1342 \text{ mm}$

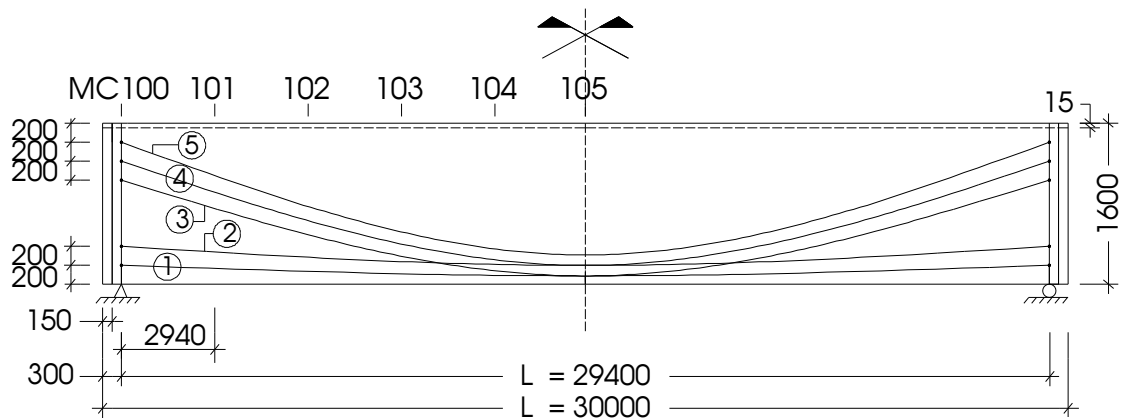
M : mômen lớn nhất tại mặt cắt L/2 (105) – TTGH c- ờng độ.

$$\rightarrow M = M_{L/2} = 10727.356 \times 10^6 \text{ N.mm.}$$

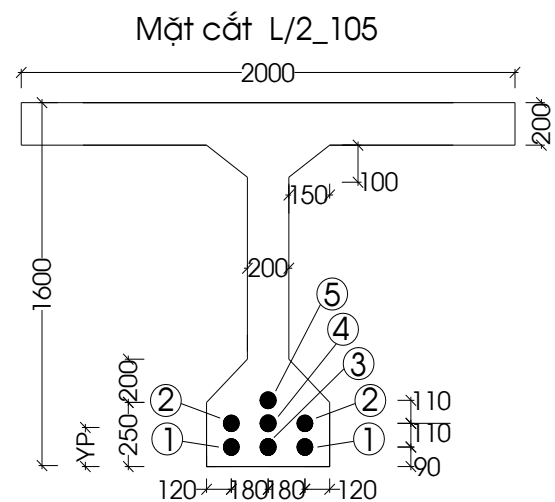
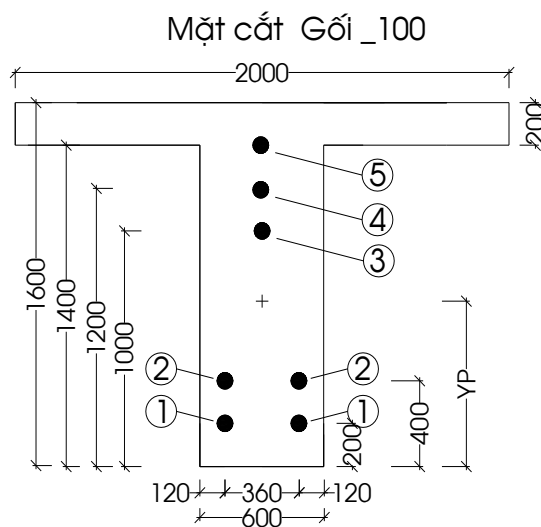
$$\Rightarrow A_{ps} = \frac{M}{f_T * Z} = \frac{10727.356 \times 10^6}{1339.2 \times 1342} = 4968.906 \text{ mm}^2$$

$$\text{Số bó} = \frac{4968.906}{98.71 \times 7} = 7 \text{ bó (7 tao 12.7) } = 7 \text{ (bó)}$$

2. Bố trí và uốn cốt chủ :



Bố trí 7 bó nh- hình vẽ :



Ta có:

-Tại mặt cắt Gối:

$$y_p = \frac{f(200 \times 2 + 400 \times 2 + 1000 + 1200 + 1400)}{7f} = 685.7 \text{ mm}$$

-Tại mặt cắt giữa nhịp (L/2):

$$y_p = \frac{f(90 \times 3 + 200 \times 3 + 310)}{7f} = 168.57 \text{ mm}$$

2.1. Đặc trưng hình học tiết diện:

a. Tại MC L/2 (giữa nhịp):

*Giai đoạn 1: (không có mối nối, trừ lỗ rỗng):

Ta có:

$$b_0 = s - b_{mn} = 2000 - 500 = 1500 \text{ mm}$$

$$h_f = 196 \text{ mm}, b_w = 200 \text{ mm}, h_d = 350 \text{ mm}$$

$$h = 1600 - 15 = 1585 \text{ mm}$$

$$b_1 = 600 \text{ mm}, \Delta F_0 = n \frac{\pi d_r^2}{4}, n: \text{số bó}=7$$

$$\rightarrow \Delta F_0 = 19782 \text{ mm}^2$$

$$d_r = 60 \text{ mm} : \text{đ-ờng kính lỗ rỗng.}$$

$$y_p = 168 \text{ mm.}$$

Diện tích:

$$A_g = (b_0 - b_w)h_f + b_w h + (b_1 - b_w)h_d - \Delta F_0.$$

$$= (1500 - 200) \times 196 + 200 \times 1585 + (600 - 200) \times 350 - 19782 = 689418 \text{ mm}^2.$$

Mômen tĩnh với đáy S_d .

$$S_d = (b_0 - b_w)h_f \left(h - \frac{h_f}{2}\right) + b_w \frac{h^2}{2} + (b_1 - b_w) \frac{h_d^2}{2} - \Delta F_0 y_p = 641937876 \text{ mm}^3.$$

$$y_{d_1} = \frac{S_d}{A_g} = 847 \text{ mm} \rightarrow y_{tr_1} = 1635 - y_{d_1} = 788 \text{ mm}, e_g = y_{d_1} - y_p = 847 - 168 = 679 \text{ mm}.$$

$$I_g = (b_0 - b_w) \frac{h_f^3}{12} + (b_0 - b_w) h_f \left(y_{tr} - \frac{h_f}{2}\right)^2 + b_w \frac{h^3}{12} + b_w h \left(y_d - \frac{h}{2}\right)^2 + (b_1 - b_w) \frac{h_d^3}{12} + (b_1 - b_w) h_d \left(y_d - \frac{h_d}{2}\right)^2 - \Delta F_0 \left(y_d - \frac{h_d}{2}\right)^2$$

$$= 2.78031 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$\text{Vậy mômen quán tính với trục 1-1: } I_g = 2.78031 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

* giai đoạn 2: (trục 2-2) có kể đến mối nối và cốt thép DUL:

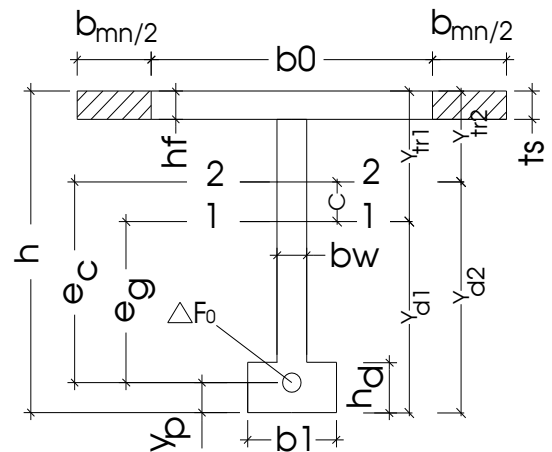
+Diện tích t-ong đ-ơng:

$$A_c = A_g + \frac{E_p}{E_c} \times A_{ps} + b_{mn} t_s = 689418 + (197000 \times 4968.906) / 30358 + 500 \times 185 = 881500 \text{ mm}^2$$

+Mômen tĩnh với trục 1-1:

$$S_{1-1} = 500 \times 185 \times \left(y_{tr} - \frac{t_s}{2}\right) - \frac{E_p}{E_c} \times A_{ps} \times e_g = 500 \times 185 \times \left(788 - \frac{185}{2}\right) - \frac{197000}{30358} \times 4968.906 \times 679$$

$$= 38726112 \text{ mm}^3$$



$$C = \frac{S_{1-1}}{A_c} = 44mm, y_2^{tr} = y_1^{tr} - c = 788 - 44 = 744mm, y_2^d = y_1^d + c = 847 + 44 = 891mm.$$

$$e_c = e_g + c = 679 + 44 = 723mm.$$

+Mômen quán tính t-ơng đ-ơng (GD 2):

$$I_c = I_g + A_g x c^2 + b_{mn} \frac{t_s^3}{12} + b_{mn} t_s (y_2^{tr} - \frac{t_s}{2})^2 + \frac{E_p}{E_c} x A_{ps} x (y_2^d - y_p)^2$$

$$= 2.78031 \times 10^{11} + 689418 \times 44^2 + 500 \times \frac{185^3}{12} + 500 \times 185 \times (744 - \frac{185}{2})^2 + \frac{197000}{30358} \times 4970 \times (891 - 168)^2$$

$$= 3.20615 \times 10^{11} (mm^4)$$

b.Tại mặt cắt gối:

- giai đoạn 1:

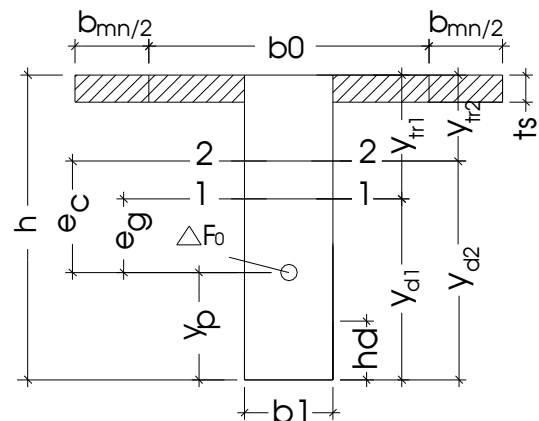
Ta có:

$$b_0 = s - b_{mn} = 2000 - 500 = 1500mm$$

$$\Delta F_0 = n \frac{\Pi d_r^2}{4}, n: \text{số bó} = 7 \rightarrow \Delta F_0 = 19782 mm^2$$

$$h = 1600 - 15 = 1585mm, b_1 = 600mm,$$

$$y_p = 685.7mm.$$



Diện tích:

$$A_g = b_0 - b_1 t_s + b_1 h - \Delta F_0 = (1500 - 600) \times 185 + 600 \times 1585 - 19782 = 1097718 mm^2$$

Mômen tính với đáy S_d .

$$S_d = (b_0 - b_1) t_s (h - \frac{t_s}{2}) + b_1 \frac{h^2}{2} - \Delta F_0 y_p = 1130416626 mm^3$$

$$y_1^d = \frac{S_d}{A_g} = 955mm \rightarrow y_1^{tr} = 1635 - 955 = 680mm, e_g = 955 - 707 = 248mm.$$

$$I_g = (b_0 - b_1) \frac{t_s^3}{12} + (b_0 - b_1) t_s (y_1^{tr} - \frac{t_s}{2})^2 + b_1 \frac{h^3}{12} + b_1 h (y_1^d - \frac{h}{2})^2 - \Delta F_0 e_g^2 = 3.13124 \times 10^{11} (mm^4)$$

- giai đoạn 2:

$$A_c = A_g + b_{mn} t_s + \frac{E_p}{E_c} x A_{ps} = 1307100 mm^2.$$

$$S_{1-1} = b_{mn} t_s (y_1^{tr} - \frac{t_s}{2}) - \frac{E_p}{E_c} x A_{ps} x e_g$$

$$= 500 \times 185 \times (680 - \frac{185}{2}) - \frac{197000}{30358} \times 4968.906 \times 248 = 46561036 mm^3.$$

$$C = \frac{S_{1-1}}{A_c} = 36mm \rightarrow y_2^{tr} = y_1^{tr} - c = 680 - 36 = 644mm.$$

$$y_2^d = y_1^d + c = 991mm, e_c = e_g + c = 284mm.$$

$$I_c = I_g + A_g c^2 + b_{mn} \frac{t_s^3}{12} + b_{mn} t_s (y_2^{tr} - \frac{t_s}{2})^2 + \frac{E_p}{E_c} A_{ps} e_c^2$$

$$= 3.13124 \times 10^{11} + 1183218 \times 36^2 + 500 \times \frac{185^3}{12} + 500 \times 185 \times (644 - \frac{185}{2})^2 +$$

$$+ \frac{197000}{30358} \times 4968.906 \times 248^2 = 3.44985^{11} \text{ mm}^4.$$

2.2. Tính toán chiều dài bó cáp (Tất cả các bó đều uốn cong dạng parabol bậc 2) :

+ Tính chiều dài và toa độ của các bó cốt thép :

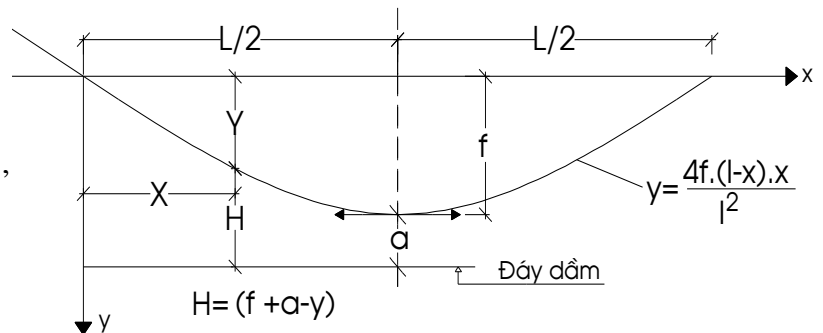
Chiều dài 1 bó :

$$L = l + \frac{8f^2}{3l}$$

- Bó 1: $l = 29400$, $f_1 = 200 - 90 = 110$,

$$L_1 = 29400 + \frac{8 \times 110^2}{3 \times 29400} = 29401 \text{ mm}$$

T-ơng tự ta có bảng :



Tên bó	Số bó	L(mm)	f_i (mm)	L_i (mm)
Bó 1	2	29400	110	29401
Bó 2	2	29400	200	29404
Bó 3	1	29400	960	29481
Bó 4	1	29400	1050	29497
Bó 5	1	29400	1140	29514

Chiều dài trung bình :

$$L_{tb} = \frac{29401 \times 2 + 29404 \times 2 + 29481 + 29497 + 29514}{7} = 29443 \text{ mm}$$

+ Toa độ y và H: $H = f + a - y$, với $y = \frac{4f(l-x) \cdot x}{l^2}$.

- Tại mặt cắt gối có: $x_0 = 0$ mm.

Tên bó	a(mm)	f_i (mm)	x(mm)	y(mm)	H(mm)
1	90	110	0	0	200
2	200	200	0	0	400
3	90	960	0	0	1000
4	200	1050	0	0	1200
5	310	1140	0	0	1400

- Tại mắt cắt 1 có : $x_1=2940$ mm.

Tên bó	a(mm)	f_i (mm)	x(mm)	y(mm)	H(mm)
1	90	110	2940	40	160
2	200	200	2940	72	328
3	90	960	2940	346	704
4	200	1050	2940	378	872
5	310	1140	2940	410	1040

- Tại mắt cắt 2 có : $x_2=5880$ mm.

Tên bó	a(mm)	f_i (mm)	x(mm)	y(mm)	H(mm)
1	90	110	5880	70	130
2	200	200	5880	128	272
3	90	960	5880	614	436
4	200	1050	5880	672	578
5	310	1140	5880	730	720

- Tại mắt cắt 3 có : $x_3=8820$ mm:

Tên bó	a(mm)	f_i (mm)	x(mm)	y(mm)	H(mm)
1	90	110	8820	92	108
2	200	200	8820	168	232
3	90	960	8820	806	244
4	200	1050	8820	882	368
5	310	1140	8820	958	492

- Tại mắt cắt 4 có : $x_4=11760$ mm.

Tên bó	a(mm)	f_i (mm)	x(mm)	y(mm)	H(mm)
1	90	110	11760	106	94
2	200	200	11760	192	208
3	90	960	11760	922	128
4	200	1050	11760	1008	242
5	310	1140	11760	1094	356

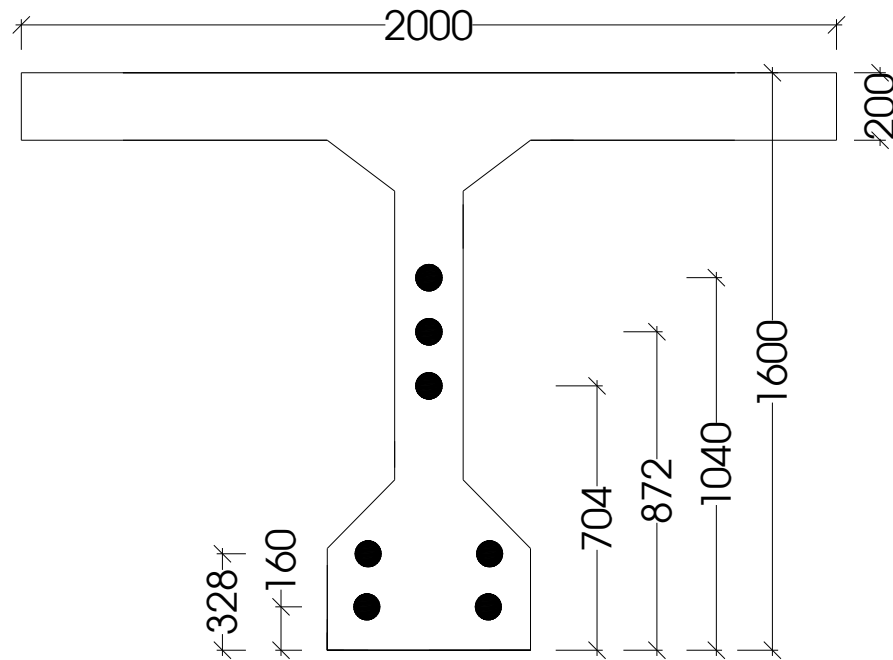
- Tại mắt cắt 5 (L/2) có : $x_5=14700$ mm.

Tên bó	a(mm)	f_i (mm)	x(mm)	y(mm)	H(mm)
1	90	110	14700	110	90
2	200	200	14700	200	200
3	90	960	14700	960	90
4	200	1050	14700	1050	200
5	310	1140	14700	1140	310

⇒ Bảng tổng hợp tọa độ y và H trong các mặt cắt:

Mặt cắt	Tọa độ các mặt cắt (y) mm					
Tên bó	100	101	102	103	104	105
1	0	40	70	92	106	110
2	0	72	128	168	192	200
3	0	346	614	806	922	960
4	0	378	672	882	128	1050
5	0	410	730	958	1094	1140

Mặt cắt	Tọa độ các mặt cắt (H) mm					
Tên bó	100	101	102	1003	104	105
1	200	160	130	108	94	90
2	400	328	272	232	208	200
3	1050	704	436	244	128	90
4	1250	872	578	368	242	200
5	1450	1040	720	492	356	310



IV. Tính ứng suất mất mát:

1. Mất do ma sát :

$$\Delta f_{PF} = f_{PI}(1 - e^{-(kx + \mu\alpha)})$$

Trong đó :

- f_{PI} : ứng suất khi căng kéo

$$f_{PI} = 0.8 f_{PU} = 0.8 \times 1860 = 1488 \text{ MP}_a$$

- $K = 6.6 \times 10^{-7} / \text{mm}$

- $\mu = 0.23$.

- x : là chiều dài bó cáp tính từ đầu kích neo đến mặt cắt đang tính - s mất mát .

Tính khi kích 2 đầu :

+ vậy X của tất cả các bó tại MC100 đều bằng không .

+ X của bó tại mặt cắt 105 bằng 1 nửa chiều dài toàn bộ L_I của nó.

+ Tính X của 1 bó tại mặt cắt bất kì đ- ọc tính gần đúng nh- sau :

* Tại MC 101:

$$\overline{X}_1 = \sqrt{(0.1l)^2 + (y_1^2)} \rightarrow X_1 = \overline{X}_1$$

* Tại MC 102:

$$X_2 = \overline{X}_1 + \sqrt{(0.1l)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

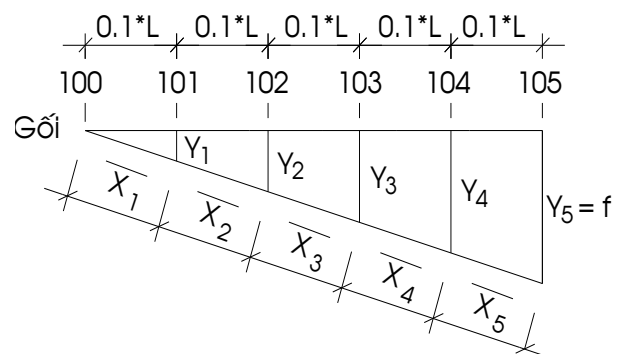
* Tại MC 103:

$$X_3 = \overline{X}_2 + \sqrt{(0.1l)^2 + (y_3 - y_2)^2}$$

* Tại MC 104:

$$X_4 = \overline{X}_3 + \sqrt{(0.1l)^2 + (y_4 - y_3)^2}$$

a. Tính cho bó 1:



$$\overline{X}_1 = \sqrt{2940^2 + 40^2} = 2940 \text{ mm}$$

$$\overline{X}_2 = \sqrt{2940^2 + (70 - 40)^2} = 2940 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_3 = \sqrt{2940^2 + (92 - 70)^2} = 2940 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_4 = \sqrt{2940^2 + (106 - 92)^2} = 2940 \text{ mm.}$$

b. Tính cho bó 2 :

$$\overline{X}_1 = \sqrt{2940^2 + 72^2} = 2941 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_2 = \sqrt{2940^2 + (128 - 72)^2} = 2940 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_3 = \sqrt{2940^2 + (168 - 128)^2} = 2940 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_4 = \sqrt{2940^2 + (192 - 168)^2} = 2940 \text{ mm.}$$

c. Tính cho bó 3 :

$$\overline{X}_1 = \sqrt{2940^2 + 346^2} = 2960 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_2 = \sqrt{2940^2 + (614 - 346)^2} = 2952 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_3 = \sqrt{2940^2 + (806 - 614)^2} = 2946 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_4 = \sqrt{2940^2 + (922 - 806)^2} = 2942 \text{ mm.}$$

d. Tính cho bó 4 :

$$\overline{X}_1 = \sqrt{2940^2 + 378^2} = 2963 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_2 = \sqrt{2940^2 + (674 - 378)^2} = 2954 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_3 = \sqrt{2940^2 + (882 - 674)^2} = 2947 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_4 = \sqrt{2940^2 + (1008 - 882)^2} = 2943 \text{ mm.}$$

e. Tính cho bó 5 :

$$\overline{X}_1 = \sqrt{2940^2 + 410^2} = 2968 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_2 = \sqrt{2940^2 + (730 - 410)^2} = 2957 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_3 = \sqrt{2940^2 + (958 - 730)^2} = 2949 \text{ mm.}$$

$$\overline{X}_4 = \sqrt{2940^2 + (1094 - 958)^2} = 2943 \text{ mm.}$$

$+\alpha$: là tổng giá trị tuyệt đối các góc uốn của bó ct tính từ vị trí kích đến mặt cắt :

$$\alpha = \alpha_0 - \alpha_x.$$

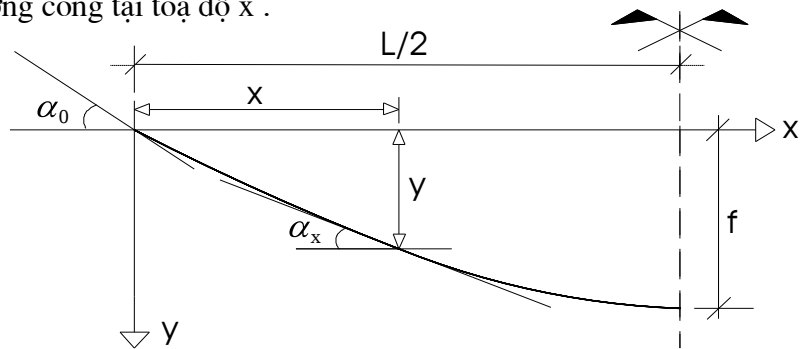
Với α_0 : là góc tiếp tuyến với đ-ờng cong tại gốc toạ độ .

α_x : là góc giữa tiếp tuyến với đ-ờng cong tại toạ độ x.

- Đ-ờng cong bó c t :

$$y = \frac{4f(l-x) \cdot x}{l^2}$$

$$\rightarrow \operatorname{tg} \alpha_x = \frac{4f}{l} \left(1 - \frac{2x}{l}\right).$$



Tính $\alpha_0, \alpha_x, \alpha$ cho các bó cáp

tại các mặt cắt cần tính - s mất mát:

+) Tính α_0 cho các bó ($x=0$):

-bó 1 : $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{4f}{l} \left(1 - \frac{2x}{l}\right) = \frac{4 \times 110}{29400} (1 - 0) = 0.014474 \rightarrow \alpha_0 = 0.83^\circ = 0.014473 \text{ radian}$

-bó 2: $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{4f}{l} \left(1 - \frac{2x}{l}\right) = \frac{4 \times 200}{29400} (1 - 0) = 0.026316 \rightarrow \alpha_0 = 1.51^\circ = 0.026310 \text{ radian}$

-bó 3: $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{4 \times 960}{29400} = 0.126316 \rightarrow \alpha_0 = 7.20^\circ = 0.125651 \text{ radian}$

-bó 4 : $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{4 \times 1050}{29400} = 0.138158 \rightarrow \alpha_0 = 7.87^\circ = 0.137289 \text{ radian}$

-bó 5 : $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{4 \times 1140}{29400} = 0.15 \rightarrow \alpha_0 = 8.53^\circ = 0.148890 \text{ radian}$

Lập bảng :

Tên bó	x(mm)	L(mm)	f_i (mm)	α_0 (độ)
Bó 1	0	29400	110	0.83
Bó 2	0	29400	200	1.51
Bó 3	0	29400	960	7.20
Bó 4	0	29400	1050	7.87
Bó 5	0	29400	1140	8.53

+) Tính α_x tại các mặt cắt cho các bó :

* Tại mặt cắt 101 có : $x_1 = 2940 \text{ mm}$.

-bó 1 : $\rightarrow \operatorname{tg} \alpha_x = \frac{4f}{l} \left(1 - \frac{2x}{l}\right) = \frac{4 \times 110}{29400} \left(1 - \frac{2 \times 2940}{29400}\right) = 0.011579 \rightarrow \alpha_x = 0.66^\circ$

T-ơng tự ta có bảng sau :

Tên bó	x(mm)	L(mm)	f_i (mm)	α_x (độ)
Bó 1	2940	29400	110	0.66
Bó 2	2940	29400	200	1.20
Bó 3	2940	29400	960	5.77
Bó 4	2940	29400	1050	6.30
Bó 5	2940	29400	1140	6.84

* Tại mặt cắt 102 có : $x_2=5880$ mm.

Tên bó	x(mm)	L(mm)	f_i (mm)	α_x (độ)
Bó 1	5880	29400	110	0.50
Bó 2	5880	29400	200	0.90
Bó 3	5880	29400	960	4.33
Bó 4	5880	29400	1050	4.74
Bó 5	5880	29400	1140	5.14

* Tại mặt cắt 103 có : $x_3=8820$ mm.

Tên bó	x(mm)	L(mm)	f_i (mm)	α_x (độ)
Bó 1	8820	29400	110	0.33
Bó 2	8820	29400	200	0.60
Bó 3	8820	29400	960	2.89
Bó 4	8820	29400	1050	3.16
Bó 5	8820	29400	1140	3.13

- Tại mặt cắt 104 có : $x_4=11760$ mm.

Tên bó	x(mm)	L(mm)	f_i (mm)	α_x (độ)
Bó 1	11760	29400	110	0.17
Bó 2	11760	29400	200	0.30
Bó 3	11760	29400	960	1.45
Bó 4	11760	29400	1050	1.58
Bó 5	11760	29400	1140	1.72

* Tại mặt cắt 105 (L/2) : thì tất cả các bó có $\alpha_x = 0 \Rightarrow \alpha = \alpha_0$.

+) Tính α cho các bó tại các mặt cắt :

Công thức: $\alpha = \alpha_0 - \alpha_x$

- Tại mặt cắt 101:

Tên bó	α_0 (độ)	α_x (độ)	α (độ)	α (radian)
Bó 1	0.83	0.66	0.17	0.002967
Bó 2	1.51	1.20	0.31	0.005411
Bó 3	7.20	5.77	1.43	0.024958
Bó 4	7.87	6.30	1.57	0.027402
Bó 5	8.53	6.84	1.69	0.029496

- Tại mắt cắt 102:

Tên bó	α_0 (độ)	α_x (độ)	α (độ)	α (radian)
Bó 1	0.83	0.50	0.33	0.005760
Bó 2	1.51	0.90	0.61	0.010647
Bó 3	7.20	4.33	2.87	0.050091
Bó 4	7.87	4.74	3.13	0.054629
Bó 5	8.53	5.14	3.39	0.059167

- Tại mắt cắt 103:

Tên bó	α_0 (độ)	α_x (độ)	α (độ)	α (radian)
Bó 1	0.83	0.33	0.50	0.008727
Bó 2	1.51	0.60	0.91	0.015882
Bó 3	7.20	2.89	4.31	0.075224
Bó 4	7.87	3.16	4.71	0.082205
Bó 5	8.53	3.13	5.40	0.094248

- Tại mắt cắt 104:

Tên bó	α_0 (độ)	α_x (độ)	α (độ)	α (radian)
Bó 1	0.83	0.17	0.66	0.011519
Bó 2	1.51	0.30	1.21	0.021118
Bó 3	7.20	1.45	5.75	0.100356
Bó 4	7.87	1.58	6.29	0.109781
Bó 5	8.53	1.72	6.81	0.118857

- Tại mắt cắt 105(L/2):

Tên bó	α_0 (độ)	α_x (độ)	α (độ)	α (radian)
Bó 1	0.83	0	0.83	0.014486
Bó 2	1.51	0	1.51	0.026354
Bó 3	7.20	0	7.20	0.125664
Bó 4	7.87	0	7.87	0.137357
Bó 5	8.53	0	8.53	0.148877

Bảng tổng hợp α cho các bó cáp tại các mặt cắt :

Bó thép	MC 100	MC101	MC102	MC103	MC104	MC105
	α (Rad)	α (Rad)	α (Rad)	α (Rad)	α (Rad)	α (Rad)
1	0	0.002967	0.005760	0.008727	0.011519	0.014486
2	0	0.005411	0.010647	0.015882	0.021118	0.026354
3	0	0.024958	0.050091	0.075224	0.100356	0.125664
4	0	0.027402	0.054629	0.082205	0.109781	0.137357
5	0	0.029496	0.059167	0.094248	0.118857	0.148877

- Tính ứng suất mất mát do ma sát tại các mặt cắt lập thành bảng:

a. Mặt cắt 101:

Bó	L_i	f_{pi}	k	x ($L_i/2$)	μ	α (Rad)	$1 - e^{-\alpha + \mu\alpha}$	Δf_{PF} (MPa)
1	29401	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14701	0.23	0.002967	0.0107631	16.02
2	29404	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14702	0.23	0.005411	0.0113197	16.84
3	29481	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14741	0.23	0.024958	0.0157802	23.48
4	29497	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14749	0.23	0.027402	0.0163386	24.31
5	29514	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14757	0.23	0.029496	0.0168175	25.02

$$\Rightarrow \Delta f_{PF}^{tb} = (16.02 \cdot 2 + 16.84 \cdot 2 + 23.48 + 24.31 + 25.02) / 7 = 19.79 \text{ MPa}$$

b. Mặt cắt 102:

Bó	L_i	f_{pi}	k	x ($L_i/2$)	μ	α (Rad)	$1 - e^{-\alpha + \mu\alpha}$	Δf_{PF} (MPa)
1	29401	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14701	0.23	0.005760	0.0113984	16.96
2	29404	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14702	0.23	0.010647	0.0125096	18.61
3	29481	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14741	0.23	0.050091	0.0214532	31.92
4	29497	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14749	0.23	0.054629	0.0224792	33.45
5	29514	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14757	0.23	0.059167	0.0235042	34.97

$$\Rightarrow \Delta f_{PF}^{tb} = (16.96 \cdot 2 + 18.61 \cdot 2 + 31.92 + 33.45 + 34.97) / 7 = 24.5 \text{ MPa}$$

c. Mặt cắt 103:

Bó	L_i	f_{pi}	k	x ($L_i/2$)	μ	α (Rad)	$1 - e^{-\alpha + \mu\alpha}$	Δf_{PF} (MPa)
1	29401	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14701	0.23	0.008727	0.0120728	17.96
2	29404	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14702	0.23	0.015882	0.0136979	20.38
3	29481	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14741	0.23	0.075224	0.0270935	40.32
4	29497	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14749	0.23	0.082205	0.0286595	42.65
5	29514	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14757	0.23	0.094248	0.0313515	46.65

$$\Rightarrow \Delta f_{PF}^{tb} = (17.96 \cdot 2 + 20.38 \cdot 2 + 40.32 + 42.65 + 46.65) / 7 = 29.47 \text{ Mpa}$$

c. Mắt cắt 104:

Bó	L_i	f_{pi}	k	x ($L_i/2$)	μ	α (Rad)	$1 - e^{-(\alpha + \mu\alpha)}$	Δf_{PF} (MPa)
1	29401	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14701	0.23	0.011519	0.0127070	18.91
2	29404	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14702	0.23	0.021118	0.0148850	22.15
3	29481	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14741	0.23	0.100356	0.0327010	48.66
4	29497	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14749	0.23	0.109781	0.0348007	51.78
5	29514	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14757	0.23	0.118857	0.0368186	54.79

$$\Rightarrow \Delta f_{PF}^{tb} = (18.91 \cdot 2 + 22.15 \cdot 2 + 48.66 + 51.78 + 54.79) / 7 = 33.91 \text{ Mpa}$$

d. Mắt cắt L/2:

Bó	L_i	f_{pi}	k	x ($L_i/2$)	μ	α (Rad)	$1 - e^{-(\alpha + \mu\alpha)}$	Δf_{PF} (MPa)
1	29401	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14701	0.23	0.014486	0.0133805	19.91
2	29404	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14702	0.23	0.026354	0.0160706	23.91
3	29481	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14741	0.23	0.125664	0.0383151	57.01
4	29497	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14749	0.23	0.137357	0.0409031	60.86
5	29514	1488	$6.67 \cdot 10^{-7}$	14757	0.23	0.148877	0.0434461	64.65

$$\Rightarrow \Delta f_{PF}^{tb} = (19.91 \cdot 2 + 23.91 \cdot 2 + 57.01 + 60.86 + 64.65) / 7 = 38.59 \text{ Mpa}$$

2. Mất do tr-ợt neo :

$$\Delta f_{PA} = \frac{\Delta L}{l_{tb}} \cdot E_p$$

Trong đó : lấy $\Delta L = 6mm / 1neo \Rightarrow 2neo, \Delta L = 2 \times 6 = 12mm$.

$$E_p = 197000 MP_a$$

$$l_{tb} = 29443mm$$

$$\text{Suy ra : } \Delta f_{PA} = \frac{6 \times 2}{29443} \cdot 197000 = 77.6 MP_a$$

3. Mất do nén đàn hồi bê tông (mỗi lần căng 1 bó):

$$\Delta f_{PES} = \frac{(N-1)}{2N} \times \frac{E_p}{E_{CI}} \times f_{cgp}$$

Trong đó : N=7 bó.

$$E_{ci} = 4800 \sqrt{f'_{ci}}, \text{ với } f'_{ci} = 80\% f'_c = 0.8 \times 50 = 40 MP_a.$$

f'_{ci} : cường độ bê tông lúc căng.

$$E_{ci} = 27153 MP_a$$

$$f_{PI} = 0.8 f_{PU} = 0.8 \times 1860 = 1488.$$

f_{cgp} : ứng suất tại trọng tâm ct do lực căng đã kể đến mất us do ma sát + tụt neo và do trọng l- ọng bản thân g_1 :

$$\text{-lực căng : } P_i = [f_{pi} - \Delta f_{PF} + \Delta f_{PA}] A_{PS} \cos \alpha_x^{tb}.$$

Trong đó :

α_x^{tb} : là góc trung bình của tiếp tuyến với các bó tại mặt cắt tính toán

3.1. Lực căng p_i tại các mặt cắt là :

a. MC Gối :

$$P_i = [488 - 77.6] \times 0.998 \times 4836 = 6807053 \text{ N}$$

Với $\alpha_x^{tb} = (0.86 \times 2 + 1.51 \times 2 + 7.2 + 7.87 + 8.53) / 7 = 3.834 \Rightarrow \cos \alpha_x^{tb} = 0.998$.

b. MC 101 :

$$P_i = (1488 - (77.6 + 19.79)) \times 0.998 \times 4836 = 6711540 \text{ N}$$

c. MC 102 :

$$P_i = (1488 - (77.6 + 29.47)) \times 0.998 \times 4836 = 6688808 \text{ N}$$

d. MC 103 :

$$P_i = (1488 - (77.6 + 24.5)) \times 0.998 \times 4836 = 6664821 \text{ N}$$

e. MC 104 :

$$P_i = (1488 - (77.6 + 33.91)) \times 0.998 \times 4836 = 6643392 \text{ N}$$

f. MC 105(L/2) :

$$P_i = (1488 - (77.6 + 38.59)) \times 0.998 \times 4836 = 6620805 \text{ N}$$

3.2. Tính f_{cgp} cho các mặt cắt : $$f_{cgp} = -\frac{P_i}{A_g} - \frac{P_i}{I_g} x e_g^2 + \frac{M_1}{I_g} x e_g$$

Với M_1 : mômen do trọng l- ọng bản thân g_1 tính theo TTGHSD.

- Tại MC Gối : ($M_1 = 0$).

$$f_{cgp} = -\frac{6807053}{1183218} - \frac{6807053 \times 248^2}{3.13124 \times 10^{11}} = -7.08 \text{ MPa}$$

- Tại MC L/2(105) :

$$f_{cgp} = -\frac{6620805}{757816} - \frac{6620805 \times 769^2}{2.78031 \times 10^{11}} + \frac{2384.33 \times 10^6 \times 769}{2.78031 \times 10^{11}} = -16.22 \text{ MPa}$$

Vậy mất do nén đàn hồi bê tông (Δf_{PES}) là:

- MC Gối :

$$\Delta f_{PES} = \frac{(7-1) \times 197000 \times |-7.09|}{2 \times 7 \times 27153} = 22.01 \text{ MPa}.$$

- MC L/2 :

$$\Delta f_{PES} = \frac{(7-1) \times 197000 \times |-16.22|}{2 \times 7 \times 27153} = 50.43 \text{ MPa}.$$

4. Mất us do co ngót bê tông (kéo sau):

- Tại tất cả các mặt cắt nh- nhau :

$$\Delta f_{PSR} = 93 - 0.85H, \text{ với } H \text{ độ ẩm } = 80\%.$$

$$\Delta f_{PSR} = 93 - 0.85 \times 0.8 = 25 \text{ MPa}.$$

5. Mất us do từ biến bê tông.

$$\Delta f_{PCR} = 12.0 f_{cgp} - 7.0 \Delta f_{cdp} \geq 0.$$

Trong đó :

- f_{cgp} : là - s tại trọng tâm ct do lực nén P_i (đã kể đến mất do ma sát ,tụ neo và nén đàn hồi) ,và do trọng l- ọng bản thân.

- Tính lực P_i cho các mặt cắt :

$$P_i = \bar{f}_{pi} - (\Delta f_{PF} + \Delta f_{PA} + \Delta f_{PES} - \bar{x} A_{PS} x \cos \alpha_x^{tb}.$$

- MC Gối :

$$P_i = [1488 - (77.6 + 22.05)] \times 4836 \times 0.998 = 670082553 \text{ N}.$$

$$\Delta f_{cdp} = 0, \text{ vì mômen } = 0.$$

$$f_{cgp} = - \frac{6700633}{1183218} - \frac{6700633 \times 248^2}{3.13124 \times 10^{11}} = - 6.97 \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow \Delta f_{PCR} = 12.0 \times 6.97 + 0 = 83.64 \text{ MPa}$$

- MC (105)L/2 :

$$P_i = [1488 - (38.56 + 77.6 + 50.43)] \times 4836 \times 1 = 637741329 \text{ N}$$

$$\text{Suy ra MC L/2: } \rightarrow f_{cgp} = - \frac{6390339}{757618} - \frac{6390339 \times 769^2}{2.78031 \times 10^{11}} + \frac{2384.33 \times 10^6 \times 769}{2.78031 \times 10^{11}} = -15.39 \text{ MPa}$$

Δf_{cdp} :- s do tĩnh tải 2 gây ra .

$$\Delta f_{cdp} = \frac{(M_{2a} + M_{lp})}{I_c} x e_c = \frac{(682.81 + 276.58) \times 10^6}{3.20615 \times 10^{11}} \times 723 = 2.31 \text{ MPa}.$$

$$\Delta f_{PCR} = 12.0 \times 15.39 - 7 \times 2.31 = 168.51 \text{ MPa}.$$

6. Mất ứng suất do chùng cốt thép :

$$\Delta f_{PR} = \Delta f_{PR_1} + \Delta f_{PR_2}. \text{ Căng sau gần đúng : } \Delta f_{PR_1} = 0.$$

$$\text{- Tính : } \Delta f_{PR_2} = 0.3[138 - 0.3\Delta f_{PF} - 0.4\Delta f_{PES} - 0.2(\Delta f_{PSR} + \Delta f_{PCR})].$$

$$\text{* MC Gối : } \Delta f_{PR_2} = 0.3[138 - 0.3 \times 0 - 0.4 \times 22.05 - 0.2(25 + 83.64)] = 32.24 \text{ MPa}.$$

$$\text{* MC L/2 : } \Delta f_{PR_2} = 0.3[138 - 0.3 \times 38.59 - 0.4 \times 50.43 - 0.2(25 + 168.51)] = 20.26 \text{ MPa}$$

7. Tổng hợp các ứng suất mất mát :

$$\bullet \text{ Mất mát tức thời : } \Delta f_{PT1} = \Delta f_{PF} + \Delta f_{PA} + \Delta f_{PES}$$

Mặt cắt	Δf_{PF} (MPa)	Δf_{PA} (MPa)	Δf_{PES} (MPa)	Δf_{PT1} (MPa)
Gối	0	77.6	22.01	99.61
(L/2)105	38.59	77.6	50.43	166.62

$$\bullet \text{ Mất mát theo thời gian : } \Delta f_{PT2} = \Delta f_{PSR} + \Delta f_{PCR} + \Delta f_{PR}$$

Mặt cắt	Δf_{PSR} (MPa)	Δf_{PCR} (MPa)	Δf_{PR} (MPa)	Δf_{PT2} (MPa)
Gối	25	83.64	32.24	140.88
(L/2)105	25	168.51	20.26	213.77

- Tổng mất mát : $\Delta f_{PT} = \Delta f_{PT1} + \Delta f_{PT2}$

Tiết diện	Δf_{PT1} (MPa)	Δf_{PT2} (MPa)	Δf_{PT} (MPa)
gối	99.61	140.88	240.49
(L/2)105	166.62	213.77	380.39

V. kiểm toán theo ttgh c- ờng d- 1 :

1. Kiểm tra sức kháng uốn :

* kiểm tra MC L/2 (bỏ qua cốt thép th- ờng):

-Phần trên đã có : $b = S = 2000 \text{ mm}$.

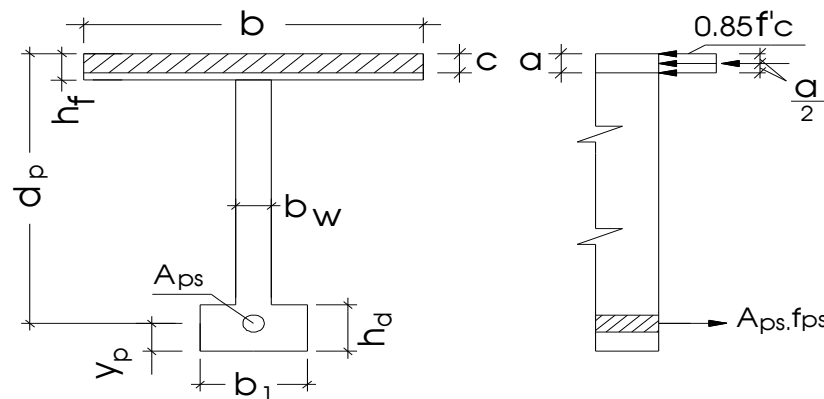
$$-h_f = \frac{(500 \times 185 + 1600 \times 194)}{2000 - 200} = 196 \text{ mm}$$

$$-y_p = 168 \text{ mm}, d_p = 1585 - 168 = 1417 \text{ mm}.$$

$$-A_{PS} = 4836 \text{ mm}^2, \beta = 0.85, f'_c = 50.$$

$$k = 2(1.04 - \frac{f_{py}}{f_{pu}}) = 0.28.$$

+giả thiết trục trung hoà qua cánh :



$$C = \frac{A_{PS} f_{pu}}{0.85 f'_c \beta_1 b + k A_{PS} \frac{f_{pu}}{d_p}} = \frac{4836 \times 1860}{0.85 \times 50 \times 0.85 \times 2000 + 0.28 \times 4836 \times \frac{1860}{1467}} = 106 \text{ mm} < h_f = 196 \text{ mm}$$

+Sức kháng danh định của tiết diện :

$$M_n = A_{PS} f_{PS} (d_p - \frac{a}{2}), a = \beta_1 x_c = 0.85 \times 106 = 90 \text{ mm}.$$

$$f_{PS} = f_{pu} (1 - k \frac{c}{d_p}) = 1860 \times (1 - 0.28 \times \frac{106}{1467}) = 1822 \text{ MPa}.$$

$$M_n = 4836 \times 1822 \times (1467 - \frac{90}{2}) = 12530 \text{ KN.m}$$

+Kiểm tra : $M_u \leq \phi M_n, \phi = 1, M_u = M_{L/2} = 9000.013 \text{ KN.m} < M_n = 12530 \text{ KN.m} \Rightarrow \text{đạt}$.

2. Kiểm tra hàm l-ơng cốt thép tối đa :

$$\frac{C}{d_c} \leq 0.42.$$

$$d_c = \frac{A_{PS} f_{PS} d_p}{A_{PS} f_{PS}} = \frac{4836 \times 1822 \times 1467}{4836 \times 1822} = 1467 \text{ mm}.$$

$$C = 106 \text{ mm} < 0.42 d_c = 0.42 \times 1467 = 616 \text{ mm} \Rightarrow \text{đạt}.$$

3. Kiểm tra hàm l-ơng cốt thép tối thiểu :

$$\phi M_n \geq \min \{ 2M_{cr}, 1.33M_u \}$$

Trong đó :

- M_{cr} : mômen bắt đầu gây nứt dầm BTĐƯL tức là khi đó ứng biến d-ới đạt trị số ứng kéo khi

$$\text{uốn là : } f_r = 0.63 \sqrt{f'_c} = 0.63 \sqrt{50} = 4.45 \text{ MP}_a.$$

- Ph-ơng trình M_{cr} với tiết diện nguyên căng sau (2 giai đoạn):

$$f_r = -\frac{P_i}{A_g} - \frac{P_i e_g}{I_g} y_1^d + \frac{M_1}{I_g} y_1^d + \frac{(M_{2a} + M_{lp}) + M_{ht}}{I_c} y_2^d + \frac{\Delta M}{I_c} y_2^d = 4.45$$

$$+ P_i = (0.8 f_{py} - \Delta f_{PT}) A_{PS}, \Delta f_{PT} = \Delta f_{PT1} + \Delta f_{PT2} = 166.62 + 213.77 = 380.39 \text{ MP}_a.$$

+ M_1 : mômen MC L/2 do tĩnh tải 1 = 2384 KN.m (TTGHSD).

+ M_{2a} : mômen MC L/2 do tĩnh tải 2 (không có lớp phủ) = 728 KN.m.

+ M_{lp} : mômen MC L/2 do lớp phủ = 296 KN.m

$$\begin{aligned} + M_{ht} &= (1.25 M_{TR} + M_{LN}) * m_{gM} + M_{Ng} * m_{Ng} \\ &= (1.25 * 2007.75 + 1074.336) * 0.641 + 346.56 * 1.065 \\ &= 2666.45 \text{ (KN.m)} \end{aligned}$$

+ ΔM : là phần mômen thêm vào để tiết diện bắt đầu nứt.

* Thay các số liệu MC (105) L/2 vào ph-ơng trình để tính ΔM :

$$P_i = (0.8 \times 0.9 \times 1860 - 380.39) \times 4836 = 4636805 \text{ N}.$$

$$\begin{aligned} \Delta M &= \frac{P_i}{A_g} \times \frac{I_c}{y_2^d} + \frac{(P_i e_g + M_1) y_1^d}{I_g} \times \frac{I_c}{y_2^d} - \frac{(M_{2a} + M_{lp} + M_{ht}) y_2^d}{I_c} \times \frac{I_c}{y_2^d} + \frac{3.45}{y_2^d} \times I_c \\ &= \frac{4636805 \times 3.206 \times 10^{11}}{757618 \times 918} + \frac{(4636805 \times 679 + 2384 \times 10^6) \times 874 \times 3.206 \times 10^{11}}{2.78031 \times 10^{11} \times 918} \\ &\quad - (728 + 296 + 2666.45) \times 10^6 + \frac{4.45 \times 3.206 \times 10^{11}}{918} = 7.099 \times 10^9 \text{ KN.m} = 7.099 \times 10^3 \text{ KN.m} \end{aligned}$$

$$\rightarrow M_{cr} = \Delta M + M_1 + M_{2a} + M_{lp} + M_{ht} = 13173.45 \text{ KN.m}$$

$$M_u = M_{L/2} = 9000.013 \text{ KN.m}$$

+Kiểm tra : $\phi M_n = 12530 \text{KN.m} > \min \{ 1.2 M_{cr}; 1.33 M_u \}$
 $> \min \{ 15808.14 ; 11700 \text{KN.m} \}$

$\rightarrow \phi M_n = 12530 > 11700 \text{KN.m} \rightarrow \text{đạt.}$

4. Kiểm tra sức kháng cắt của tiết diện :

- Tính cho tiết diện ở gần gối :

Sức kháng cắt tiết diện $= \phi V_n$, với $\phi = 0.9$

V_n :sức kháng cắt danh định .

$$V_n = \min \left\{ \begin{array}{l} V_c + V_s + V_p \\ 0.25 f'_c b_v d_v + V_p \end{array} \right\}$$

V_c :sức kháng cắt do bê tông.

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

V_s :sức kháng cắt do cốt đai .

$$V_s = \frac{A_v f_v d_v (\cot g \Phi + \cot g \alpha) \sin \alpha}{S_v}, \text{ với } \alpha = 90^\circ (\text{góc cốt đai})$$

$$\rightarrow V_s = \frac{A_v f_v d_v \cot g \Phi}{S_v}.$$

V_p :sức kháng cắt do cốt thép DUL (xiên):

$$V_p = f_{pi} A_{ps} \sin \alpha, \text{ với } f_{pi}: \text{c-ờng độ tính toán CTDUL}, \alpha: \text{góc trung bình}.$$

Trong các công thức trên :

b_v : chiều dày nhỏ nhất của sườn dầm -đầu dầm $b_v = b_1 = 600 \text{mm}$.

d_v : chiều cao chịu cắt có hiệu của tiết diện –khoảng cách hợp lực trong miền chịu nén và kéo của tiết diện .

* Đầu dầm:

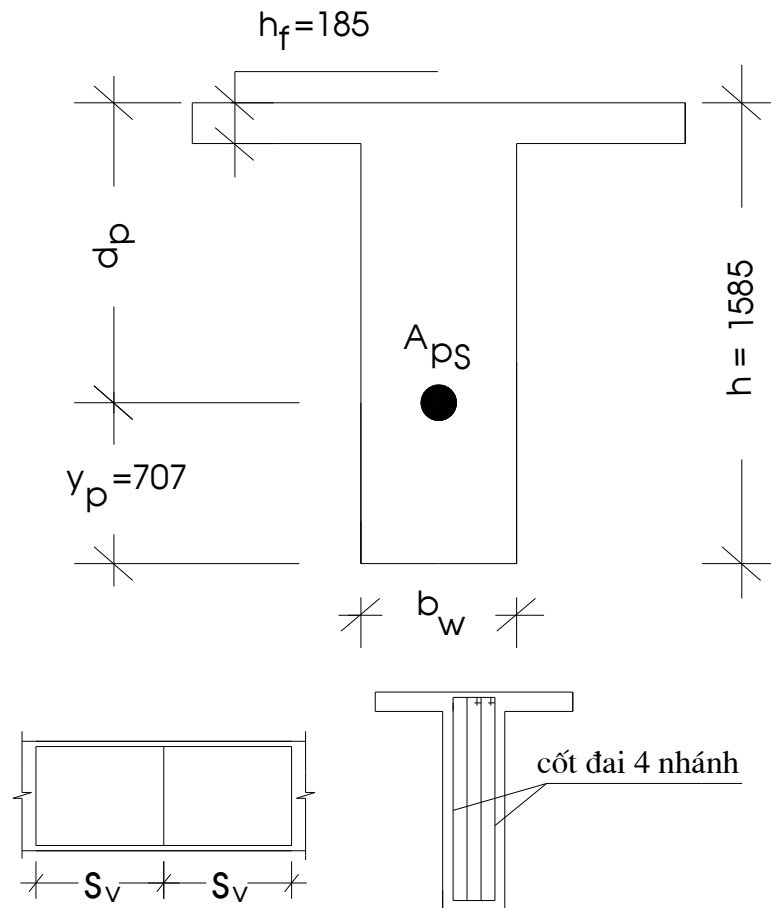
+gần đúng chiều cao miền chịu nén ,

lấy bằng chiều cao miền chịu nén $MC L/2$.

$$C=126 \rightarrow d_v = d_p - \frac{c}{2} = 1585 - 707 - \frac{106}{2} = 825 \text{mm}.$$

$$\text{Mặt khác } d_v = \max \left\{ \begin{array}{l} d_p - \frac{c}{2} = 825 \\ 0.9 d_p = 788 \\ 0.72 h = 1152 \end{array} \right\} \rightarrow d_v = 1152 \text{mm}.$$

A_v :diện tích tiết diện cốt đai trong phạm vi 1 b-óc đai :



Trong đó với $L=29\text{m} \rightarrow$ đầu dầm $b_1 = 600 \rightarrow$ cốt đai $\phi = 14 - 4$ nhánh .1 nhánh

$$\rightarrow f_d = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times 14^2}{4} = 153.8 \text{ mm}^2 \rightarrow A_v = 4 \times 153.8 = 615.$$

+ f_v : cường độ cốt đai $= 400 \text{ MPa}$.

+ S_v : bước cốt đai (khoảng cách các cốt đai)

+ β : là hệ số tra theo bảng lập sẵn.

+ Φ : là góc của ứng suất xiên tra bảng.

*Để tra bảng tìm β và Φ phải tính 2 thông số là: $\frac{V}{f_c}$ và ε_x .

-với V là ứng suất cắt:

$$V = \frac{V_u}{\phi x b_v x d_v}$$

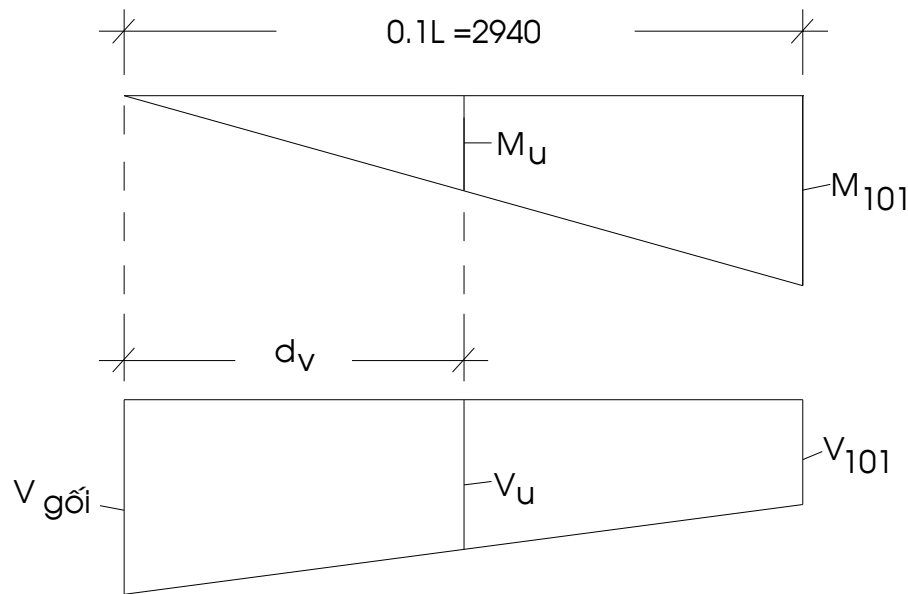
V_u : là lực cắt tính toán theo TTGHCD 1, $\phi = 0.9$.

$$\varepsilon_x = \frac{M_u / d_v + 0.5 V_u \cot g \Phi}{E_p A_{ps}}.$$

M_u : là mômen uốn tính theo TTGHCD 1.

Nh- vậy để tra bảng tìm Φ phải tính $\varepsilon_x \rightarrow$ để tính ε_x phải biết Φ . Vậy phải thử dần theo trình tự sau:

a. Từ biểu đồ bao mômen và lực cắt :



- M_u và V_u lấy cách tim gối 1 đoạn d_v .

Với : $M_{101} = 3792.97 \text{ KN.m}$

$V_{100} = 1362.51 \text{ KN.m}$

$V_{101} = 1137.92 \text{ KN.m}$

$d_v = 1152 \text{ mm}$.

$$M_u = \frac{M_{101}}{0.1L} x d_v = \frac{3792.97}{2940} x 1152 = 1461 \text{ KN.m}$$

$$V_u = V_{101} + \frac{V_{100} - V_{101}}{0.1L} x d_v = 1137.92 + \frac{1362.51 - 1137.92}{2940} x 1152 = 1224 \text{ KN}$$

b. Tính ứng suất cắt :

$$V = \frac{V_u}{\phi x b_v x d_v} = \frac{1224 x 10^3}{0.9 x 600 x 1152} = 1.94 \text{ MPa}$$

$$\frac{V}{f_c} = \frac{1.94}{50} = 0.0387$$

c. Giả thiết : $\Phi_0 = 40^\circ$, $\cot g \Phi_0 = 1.192 \rightarrow$ tính ε_{x_1} .

$$\varepsilon_{x_1} = \frac{3792.97 x 10^6 / 1152 + 0.5 x 1137.92 x 10^3 x 1.192}{197000 x 4836} = 4.11 x 10^{-3}$$

Theo $\left\{ \begin{array}{l} \frac{V}{f_c} = 0.0387 \\ \varepsilon_{x_1} = 4.11 x 10^{-3} \end{array} \right\} \rightarrow \Phi_1 = 42.7^\circ, \beta_1 = 0.8$.

+so sánh Φ_1 và Φ_0 khác nhiều $\rightarrow$ làm lần thứ 2 : $\cot g 42.7^\circ = 1.085$.

$$\varepsilon_{x_2} = \frac{3792.97 \times 10^6 / 1152 + 0.5 \times 1137.92 \times 10^3 \times 1.085}{197000 \times 4836} = 4.04 \times 10^{-3}.$$

Theo $\frac{V}{f_c}$ và $\varepsilon_{x_2} \rightarrow$ tra bảng $\rightarrow \Phi_2 = 42^\circ, 40'$ và $\beta_2 = 0.8$.

Vậy số liệu để tính : $\Phi = 42^\circ 40'$ và $\beta = 0.8$.

d. Bố trí cốt đai tr- ớc rồi kiểm tra :

B- ớc đai :

$$S_v \leq \frac{A_v f_y}{0.083 \sqrt{f'_c} b_v} = \frac{615 \times 400}{0.083 \times \sqrt{50} \times 600} = 699 \text{ mm}.$$

$$V_u = 1224 \text{ KN} < 0.1 f'_c b_v d_v = 0.1 \times 50 \times 600 \times 1152 = 3513 \text{ KN} \text{ nên } \rightarrow$$

$$S_v \leq 0.8 d_v = 937 < 600 \text{ mm}.$$

Vậy $S_v \leq 600 \text{ mm} \rightarrow$ chọn cốt đai $\phi 14 - 4$ nhánh $S_v = 300 \text{ mm} \rightarrow$ kiểm tra .

$$V_n = \min V_k + V_s + V_p \text{ và } 0.25 f'_c b_v d_v = 8782 \text{ KN}.$$

$$+ V_c = 0.083 \beta \sqrt{f'_c} b_v d_v = 0.083 \times 0.8 \times \sqrt{50} \times 600 \times 1152 = 330 \text{ KN}.$$

$$+ V_s = \frac{A_v f_y d_v \cot g \Phi}{S_v} = \frac{615 \times 400 \times 1152 \times 1.085}{300} = 1041 \text{ KN}.$$

$$+ V_p = f_{pi} A_{ps} \sin \alpha_{tb}.$$

- Tính góc α_{tb} của các bó cáp tại $x = d_v = 1152 \text{ mm}$.

$$+ \text{bó 1: } \tan \alpha = \frac{4f}{L} \left(1 - \frac{2x}{L}\right) = \frac{4 \times 110}{29400} \left(1 - \frac{2 \times 1152}{29400}\right) = 0.013359 \rightarrow \alpha_1 = 0.76^\circ.$$

T- ơng tự cho các bó khác :

Lập bảng :

Bó	L_i (mm)	f_i (mm)	x(mm)	α_i (độ)
1	29400	110	1152	0.78
2	29400	200	1152	1.39
3	29400	960	1152	6.65
4	29400	1050	1152	7.27
5	29400	1140	1152	7.88

$$\rightarrow \alpha_{tb} = \frac{1}{7}(0.78 + 1.39 + 6.65 + 7.27 + 7.88) = 3.88^\circ \rightarrow \sin \alpha_{tb} = 0.06767.$$

$$V_p = (0.8 f_{py} - \Delta f_{PT}) A_{ps} \sin \alpha_{tb} = (0.8 \times 0.9 \times 1860 - 380.39) \times 4836 \times 0.06767 = 313.7 \text{ KN}.$$

* Cuối cùng kiểm tra sức kháng cắt :

$$V_u = 1224 \text{ KN} \leq 0.9(V_c + V_s + V_p) = 0.9(330 + 1041 + 313.7) = 1516 \text{ KN} \rightarrow \text{đạt}.$$

VI. KIỂM TOÁN THEO TTGH SỬ DỤNG :

1. Kiểm tra ứng suất MC L/2 (giữa nhịp) :

1.1. Giai đoạn căng kéo cốt thép (ngay sau khi đóng neo):

+c- ứng độ bê tông: $f_{ci}' = 0.8 f_c' = 40MP_a$.

+c- ứng độ ct dư: $f_{pi} = 0.74 f_{pu} = 0.74 \times 1860 = 1376.4MP_a$.

+ $A_g = 757618mm^2$

+ $I_g = 2.78031 \times 10^{11} mm^4$, $e_g = 679mm$, $y_1^d = 874mm$, $y_1^{tr} = 788mm$, $M_1 = 2384.33KN$

a. Kiểm tra ứng suất biên d-ới (-s nén):

$$f_{bd} = \left| -\frac{P_i}{A_g} - \frac{P_i e_g}{I_g} x y_1^d + \frac{M_1}{I_g} x y_1^d \right| \leq 0.6 f_{ci}' = 24MP_a.$$

$$P_i = (f_{pi} - \Delta f_{PT1}) A_{PS} = (1376.4 - 166.62) \times 4836 = 5850496N$$

$$\Rightarrow f_{bd} = \left| -\frac{5850496}{757618} - \frac{5850496 \times 679}{2.78031 \times 10^{11}} \times 874 + \frac{2384.33 \times 10^6}{2.78031 \times 10^{11}} \times 874 \right| = |-12.32| \leq 0.6 f_{ci}' = 24MP_a$$

b. Kiểm tra ứng suất biên trên :

$$f_{btr} = -\frac{P_i}{A_g} + \frac{P_i e_g}{I_g} y_1^{tr} - \frac{M_1}{I_g} y_1^{tr} \left\{ \begin{array}{l} < 1.38MP_a \\ < 0.25 \sqrt{f_{ci}'} = 1.58 \end{array} \right.$$

Thay số :

$$f_{btr} = -\frac{5850496}{757618} + \frac{5850496 \times 788 \times 679}{2.78031 \times 10^{11}} - \frac{2384.33 \times 10^6 \times 788}{2.78031 \times 10^{11}} = -1.32MP_a < 1.38 \rightarrow \text{đạt}$$

1.2. Giai đoạn khai thác (sau mất mát toàn bộ):

a. Kiểm tra ứng suất biên d-ới :

$$f_{pi} = 0.8 f_{py} = 0.8 \times 0.9 \times 1860 = 1339.2MP_a.$$

-Lực nén : $P_i = (f_{pi} - \Delta f_{PT}) A_{PS} = (1339.2 - 380.39) \times 4836 = 4636805N$.

$$f_{bd} = -\frac{P_i}{A_g} - \frac{P_i e_g}{I_g} y_1^d + \frac{M_1}{I_g} y_1^d + \frac{(M_{2a} + M_{lp} + M_{ht})}{I_c} y_2^d \leq 0.5 \sqrt{f_c'} = 3.54.$$

$$f_{bd} = -\frac{4636805}{757618} - \frac{4636805 \times 679}{2.78031 \times 10^{11}} \times 874 + \frac{2384.33 \times 10^6}{2.78031 \times 10^{11}} \times 874 + \frac{(728 + 296 + 2666.45) \times 10^6}{3.206 \times 10^{11}} \times 918 = 2.04MP_a \leq 0.5 \sqrt{f_c'} = 3.54$$

$\rightarrow$ đạt.

b. Kiểm tra ứng suất biên trên : $y_1^{tr} = 788mm$, $y_2^{tr} = 744mm$

$$f_{btr} = \left| -\frac{P_i}{A_g} + \frac{P_i e_g}{I_g} y_1^{tr} - \frac{M_1}{I_g} y_1^{tr} - \frac{M_2}{I_c} y_2^{tr} \right| \leq 0.45 f_c' = 0.45 \times 50 = 22.5MP_a.$$

$$f_{btr} = \left| -\frac{4636805}{757618} + \frac{4636805 \times 679}{2.78 \times 10^{11}} \times 788 - \frac{2384 \times 10^6 \times 788}{2.78 \times 10^{11}} - \frac{3690 \times 10^6}{3.2 \times 10^{11}} \times 744 \right| \leq 0.45 f_c' = 0.45 \times 50 = 22.5MP_a$$

$$= |-7.02MP_a| \leq 22.5MP_a \rightarrow \text{đạt.}$$

2. Kiểm tra ứng suất mặt cắt gối (MC100):

2.1. Giai đoạn căng kéo :

$$P_i = (f_{pi} - \Delta f_{PT1}) A_{PS} \cos \alpha_0^{tb}$$

- Trong đó :

$$+ \alpha_0^{tb} = (0.86 \times 2 + 1.51 \times 2 + 7.2 + 7.87 + 8.53) / 7 = 4.05^\circ$$

$$\rightarrow \cos \alpha_0^{tb} = 0.997.$$

$$+ P_i = (f_{pi} - \Delta f_{PT1}) A_{PS} \cos \alpha_0^{tb} = (1376.4 - 99.61) \times 4836 \times 0.997 = 61560328N$$

$$+ A_g = 1183218mm^2, I_g = 3.13124 \times 10^{11} mm^4, e_g = 248mm, y_1^{tr} = 680mm, y_1^d = 955mm, M = 0$$

a. Kiểm tra ứng suất biên d-ới :

$$f_{bd} = -\frac{61560328}{1183218} - \frac{61560328 \times 248}{3.13124 \times 10^{11}} \times 955 = |-9.86MP_a| < 24MP_a \rightarrow \text{đạt.}$$

b. Kiểm tra thớ trên :

$$f_{btr} = -\frac{P_i}{A_g} + \frac{P_i e_g}{I_g} y_1^{tr} = -\frac{61560328}{1183218} + \frac{61560328 \times 248}{3.13124 \times 10^{11}} \times 680 = -1.89MP_a \text{ (nén)} < f_{kéo}$$

$\rightarrow$ đạt.

2.2. Giai đoạn khai thác:

$$P_i = [1339.2 - (99.61 + 144.88)] \times 4836 \times 0.997 = 5278135N.$$

$$I_c = 3.45 \times 10^{11} mm^4, y_2^{tr} = 644mm, y_2^d = 991mm.$$

a. Kiểm tra ứng suất biên d-ới :

$$f_{bd} = -\frac{P_i}{A_g} - \frac{P_i e_g}{I_g} y_2^d = -\frac{5278135}{1183218} - \frac{5278135 \times 284}{3.13 \times 10^{11}} \times 991 = -9.2MP_a \rightarrow \text{đạt (nén).}$$

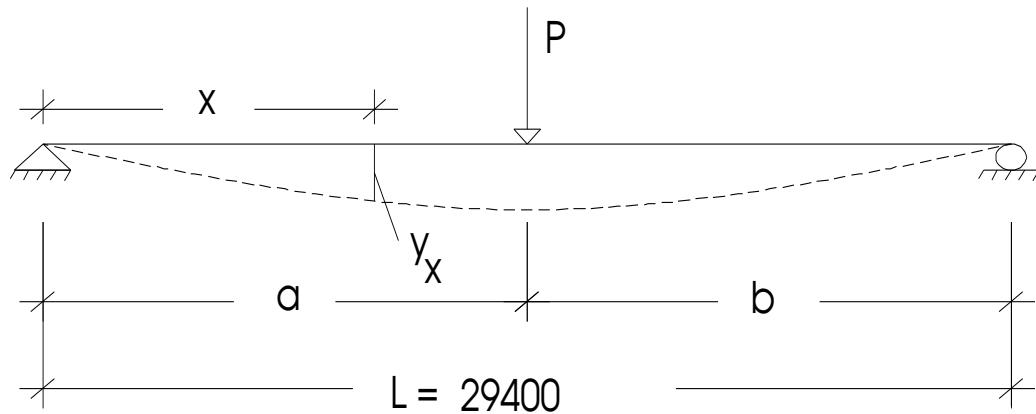
b. Kiểm tra ứng suất biên trên :

$$f_{btr} = -\frac{P_i}{A_g} + \frac{P_i e_g}{I_g} y_2^{tr} = -\frac{5278135}{1183218} + \frac{5278135 \times 284}{3.13 \times 10^{11}} \times 644 = -1.38MP_a \rightarrow \text{đạt (nén).}$$

VII. TÍNH ĐỘ VỒNG KẾT CẤU NHỊP :

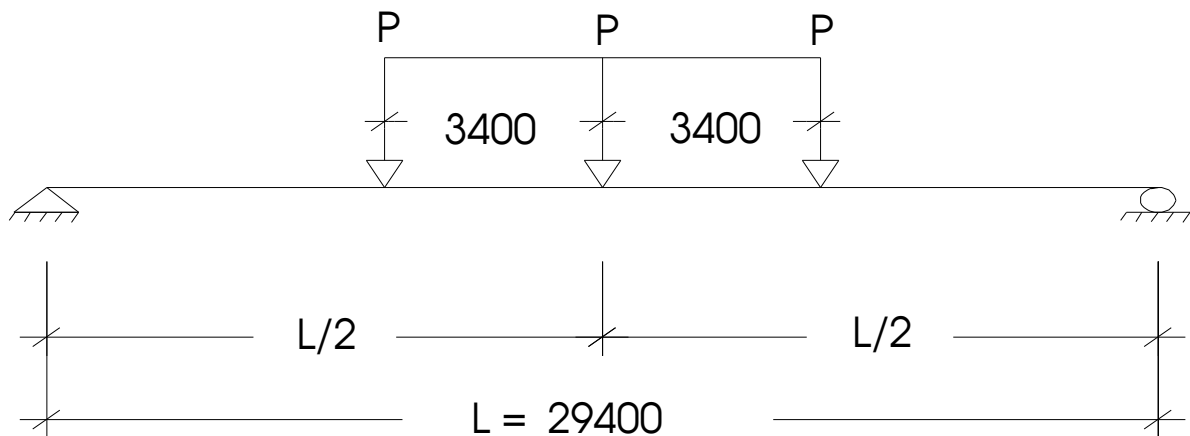
1. Kiểm tra độ võng do hoạt tải :

+ Tính độ võng mặt cắt có tọa độ x do lực có tọa độ a, b nh- : (hình vẽ)



$$y_x = \frac{p \cdot b \cdot x}{6 \cdot E_c \cdot I_c \cdot l} (l^2 - b^2 - x^2)$$

+ Sơ đồ chất tải tính độ võng do xe tải 3 trục: (Hình vẽ)



$P_1 = P_2 = 145 \cdot 10^3 \text{ N}$; $P_3 = 35 \cdot 10^3 \text{ N}$. Tính độ võng không có hệ số:

+ Độ võng MC giữa nhịp $L/2$ do các lực: $p_1 \rightarrow b = 14700 + 4300 = 19000 \text{ mm}$, $x = 14700 \text{ mm}$.

$$y_x^{p_1} = \frac{145 \cdot 10^3 \cdot 19000 \cdot 14700 \cdot (29400^2 - 19000^2 - 14700^2)}{6 \cdot 29358 \cdot 3.20615 \cdot 10^{11} \cdot 29400} = 7.57 \text{ mm}.$$

+ Độ võng MC $L/2$ do: p_2

$$y_x^{p_2} = \frac{p_2 \cdot L^3}{48 \cdot E_c \cdot I_c} = \frac{145 \cdot 10^3 \cdot 29400^3}{48 \cdot 29358 \cdot 3.20615 \cdot 10^{11}} = 8.72 \text{ mm}.$$

+ Độ võng MC $L/2$ do: $p_3 \rightarrow b = 10900 \text{ mm}$, $x = 14700 \text{ mm}$.

$$y_x^{p_3} = \frac{35 \cdot 10^3 \cdot 10900 \cdot 14700 \cdot (29400^2 - 10900^2 - 14700^2)}{6 \cdot 29358 \cdot 3.20615 \cdot 10^{11} \cdot 29400} = 1.88 \text{ mm}$$

+ Độ võng các dầm chủ coi nh- chịu lực giống nhau khi chất tất cả các làn xe:

$$\text{-số làn xe: } n_L = \frac{B_x}{3500} = \frac{10000 - 2 \cdot 500}{3500} = 2 \text{ làn}.$$

-hệ số xung kích: $(1 + IM) = 1.25$.

+ Độ võng 1 dầm chủ tại MC $L/2$ (105):

$$y = \frac{(y^{p_1} + y^{p_2} + y^{p_3})n_L}{n} \times 1.25, \text{ với } n = \text{số dầm} = 5.$$

$$y = \frac{(7.57 + 8.72 + 1.88) \times 3}{5} \times 1.25 = 13.6 \text{ mm}.$$

+Kiểm tra : $y \leq \frac{1}{800} \times l \rightarrow 13.6 < \frac{29400}{800} = 36.75 \text{ mm} \rightarrow \text{đạt}.$

2. Tính độ võng do tĩnh tải –lực căng tr- ốc và độ võng tại MC L/2(105):

2.1. Độ võng do lực căng CT DUL:

$$\Delta_{DUL} = -\frac{5w.l^4}{384E_c I_g}.$$

Trong đó: $w = \frac{8pe}{L^2}$, $e = e_g = 679 \text{ mm}$, $I_g = 2.78 \times 10^{11} \text{ mm}^4$.

$$p = (0.8 f_{pu} - \Delta f_{PT}) A_{PS} = (0.8 \times 1860 - 380.39) \times 4836 = 5356402 \text{ N}.$$

$$\rightarrow w = \frac{8 \times 5356402 \times 679}{29400^2} = 31.5$$

$$\rightarrow \Delta_{DUL} = -\frac{5 \times 31.5 \times 29400^4}{384 \times 30358 \times 2.78 \times 10^{11}} = -41.5 \text{ mm}.$$

2.2. Độ võng do trọng lượng bản thân dầm(giai đoạn 1): do $g_1 = 20.64 \text{ N / mm}$

$$\Delta g_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_1.l^4}{E.I_g} = \frac{5 \times 20.64 \times 29400^4}{384 \times 30358 \times 2.78 \times 10^{11}} = 27 \text{ mm}.$$

2.3. Độ võng do tĩnh tải 2 : $g_2 = 6.3 + 2.56 = 8.86 \text{ N / mm}$.

$$\Delta g_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_2.l^4}{E.I_c} = \frac{5 \times 8.86 \times 29400^4}{384 \times 30358 \times 3.206 \times 10^{11}} = 10 \text{ mm}.$$

* **Độ võng do lực căng +tĩnh tải** : gọi là độ võng tính y_T .

$$y_T = -41.5 + 27 + 10 = -4.5 \text{ mm}$$

Vậy dầm có độ võng khi khai thác là : 4.5 mm.