

I.\ Đề bài

Thiết kế một dầm chính trên cầu đường ô tô nhịp giản đơn bằng bê tông cốt thép, dạng mặt cắt chữ T hoặc mặt cắt hình hộp.

II.\ Số liệu cho trước

- ❖ Tiêu chuẩn thiết kế : Tiêu chuẩn thiết kế cầu
22 TCN 272 - 05
- ❖ Chiều dài nhịp : $l=15\text{m}$
- ❖ Khoảng cách giữa các dầm (tim đến tim) : $S=2\text{m}$
- ❖ Điều kiện môi trường : Thông thường
- ❖ Vật liệu :
 - _Cốt thép dọc chịu lực : $f_y=420\text{MPa}$
 - _Cốt thép đai : $f_y=420\text{MPa}$
 - _Bê tông : $f_c=41\text{MPa}$
- ❖ Hệ số phân bố ngang của hoạt tải khi tính toán mô men và lực cắt :
 - _Mô men : $m_{gM}=0.60$
 - _Lực cắt : $m_{gQ}=0.57$
- ❖ Tải trọng lớp phủ mặt cầu : $W_{Dw}=5.10$

III.\ Yêu cầu về nội dung

- ❖ Thuyết minh
 - Xác định kích thước hình học của mặt cắt ngang dầm;
 - Tính và vẽ biểu đồ bao mô men và lực cắt do tải trọng gây ra;
 - Thiết kế chịu uốn và bố trí thép dọc chủ tại mặt cắt giữa nhịp;
 - Triển khai cốt thép chịu uốn và biểu đồ bao vật liệu;
 - Thiết kế chịu cắt và bố trí thép đai trên toàn chiều dài nhịp;
 - Thiết kế theo trạng thái giới hạn sử dụng (TTGHSD);
- ❖ Bản vẽ
 - Vẽ mặt chính dầm, các mặt cắt ngang;
 - Vẽ biểu đồ bao mô men và biểu đồ bao vật liệu;
 - Chi tiết cấu tạo cốt thép của dầm;
 - Thống kê vật liệu

Bài làm**1.\ Xác định sơ bộ kích thước mặt cắt ngang dầm****1.1\ Chiều cao dầm h**

Chiều cao dầm h được chọn theo điều kiện cường độ và điều kiện độ võng, thông thường với dầm bê tông cốt thép khi chiều cao đã thỏa mãn yêu cầu về cường độ thì cũng đã đạt yêu cầu về độ võng.

Chiều cao của dầm được chọn không thay đổi theo suốt chiều dài của nhịp chọn theo công thức kinh nghiệm.

$$h = \left(\frac{1}{20} \div \frac{1}{10} \right) l$$

$$h = 0,75m \div 1.50m$$

Chiều cao nhỏ nhất theo quy trình quy định: $h_{\min} = 0.07 \times 15 = 1.05m$

Trên cơ sở đó ta chọn sơ bộ chiều cao mặt cắt dầm: $h = 1200mm$

1.2\ Bề rộng sườn dầm b_w

Tại mặt cắt trên gối của dầm, chiều rộng của sườn dầm được định ra theo tính toán và ứng suất kéo chủ, tuy nhiên ở đây ta chọn chiều rộng sườn dầm không thay đổi trên suốt chiều dài của dầm. chiều rộng b_w này được chọn chủ yếu theo yêu cầu thi công sao cho dễ đổ bê tông với chất lượng tốt

Theo yêu cầu đó ta chọn chiều rộng sườn dầm : $b_w = 200mm$

1.3.\ Chiều dày bản cánh h_f

Chiều dày bản cánh được chọn chủ yếu phụ thuộc vào điều kiện chịu lực cục bộ của vị trí xe và sự tham gia chịu lực tổng thể với các bộ phận khác. theo kinh nghiệm ta chọn: $h_f = 180mm$

1.4\ Bề rộng có hiệu của bản cánh b_{eff}

Theo điều kiện đầu bài ta có : $b_{eff} = 1800mm$

1.5\ Kích thước bầu dầm b_1, h_1

Kích thước bầu dầm phải căn cứ vào việc bố trí cốt thép chủ trên mặt cắt dầm quy định (số lượng thanh và khoảng cách giữa các thanh). Tuy nhiên khi chọn sơ bộ ban đầu ta chưa biết cốt thép chủ là bao nhiêu nên phải tham khảo các thiết kế điển hình và nên đảm bảo kích thước sao cho bề rộng bầu phải bố trí được bốn cột cốt thép và chiều cao dầm phải bố trí được tối thiểu hai hàng cốt thép.

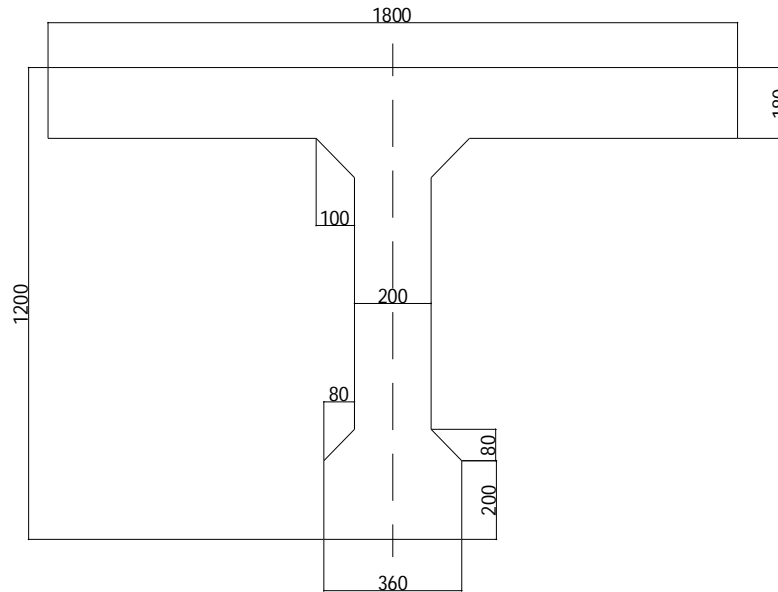
Đối với dầm đúc tại chỗ thì chiều cao phần bầu dầm không được nhỏ hơn:

- 140mm
- 1/16 khoảng cách trống giữa hai đường gờ hoặc sườn của các dầm

Đối với dầm đúc sẵn thì chiều cao phần bầu dầm không được nhỏ hơn 125 mm

Ta chọn : $b_1 = 360 \text{ mm}$, $h_1 = 200 \text{ mm}$

TA CÓ MẶT CẮT NGANG DẦM NHƯ SAU



1.6.\ Tiết diện tính toán quy đổi.

Quy đổi tiết diện tính toán :

_Diện tích tam giác tại chỗ vát bản cánh :

$$S_1 = \frac{1}{2} \times 100 \times 100 = 5000 \text{ mm}^2$$

_Chiều dày cánh quy đổi :

$$h_f^{qd} = h_f + \frac{2S_1}{b_{\text{eff}} - b_w} = 180 + \frac{2 \times 5000}{1800 - 200} = 186.25 \text{ mm}$$

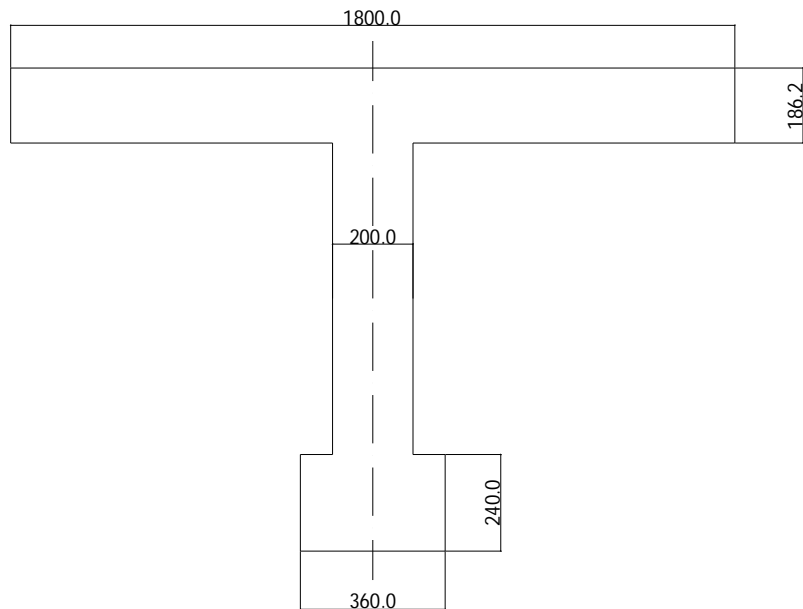
_Diện tích tam giác tại chỗ vát bầu dầm :

$$S_2 = \frac{1}{2} \times 80 \times 80 = 3200 \text{ mm}^2$$

_Chiều cao bầu dầm mới :

$$h_1^{qd} = h_1 + \frac{2S_2}{b_1 - b_w} = 200 + \frac{2 \times 3200}{360 - 200} = 240 \text{ mm}$$

MẶT CẮT NGANG TÍNH TOÁN

**2. \Tính và vẽ biểu đồ bao nội lực.****2.1. Hệ số phân bố ngang**

- Hệ số phân bố ngang tính cho men : $m_{gM}=0.60$
- Hệ số phân bố ngang tính cho lực cắt : $m_{gQ}=0.57$

2.2. Xác định nội lực tại các mặt cắt ngang đặc trưng**2.2.1. Tĩnh tải**

- Tải trọng dải đều trên một mét chiều dài dầm do trọng lượng bản thân DC (kN/m)

$$DC = \gamma S^{qd} = 24.0 \cdot 0.5764 = 13.8336 \text{ kN/m}$$

-Tải trọng rải đều trên một mét chiều dài dầm do lớp phủ mặt cầu DW (kN/m)

DW=5,1 kN/m

2.2.2 .Hoạt tải

-Xe tải thiết kế và tải trọng làn thiết kế

-Lực xung kích

2.2.3.Tính nội lực của dầm

-Chia dầm thành 10 đoạn

-Tính toán nội lực lớn nhất tại các mặt cắt tương ứng với các điểm chia.

để tính toán nội lực tại các mặt cắt, trước tiên, vẽ đường ảnh hưởng mô men và lực cắt sau đó xếp tải trọng lên đường ảnh hưởng. Tính tải được xếp trên toàn bộ chiều dài đường ảnh hưởng còn hoạt tải được xếp trên đường ảnh hưởng tại vị trí bất lợi nhất.

-Công thức tính mô men và lực cắt tại các mặt cắt :

+ Đối với TTGHCD :

$$M_i = \eta \{ (1,25.w_{dc} + 1,5.w_{dw}) + m g_M [1,75.LL_L + 1,75.LL_M (1 + IM).k] \} . \omega_M$$

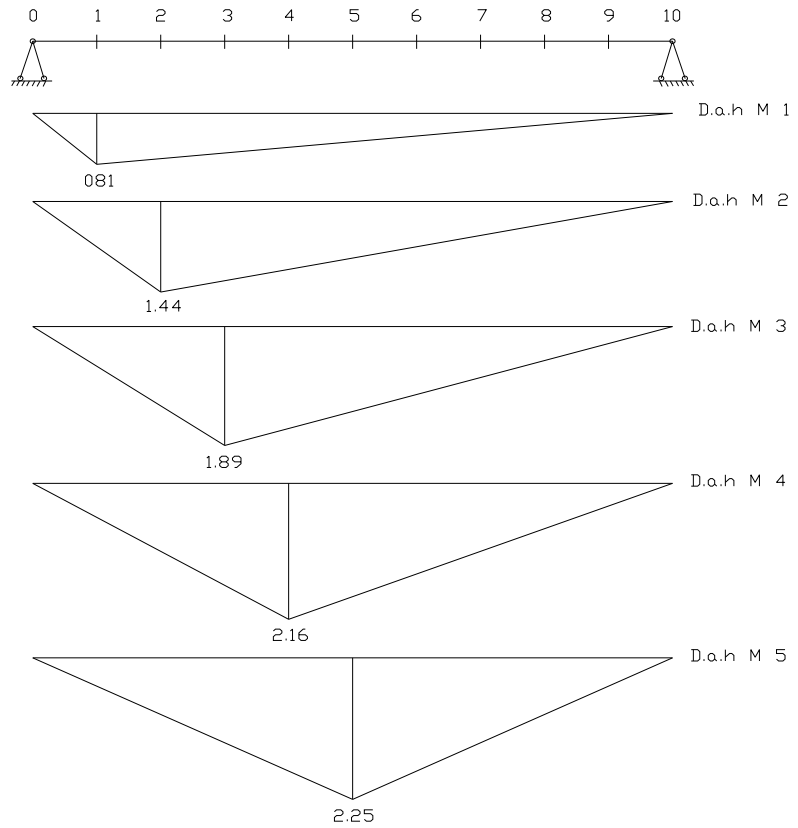
$$Q_i = \eta \{ (1,25.w_{dc} + 1,5.w_{dw}).\omega_Q + m g_Q [1,75.LL_L + 1,75.LL_Q (1 + IM)m_{cd}] \omega_{1Q} \} .$$

$$M_i = 1,0 \{ (1,0.w_{dc} + 1,0.w_{dw}) + m g_M [1,0.LL_L + 1,0.LL_M (1 + IM)m_{cd}] \} . \omega_M$$

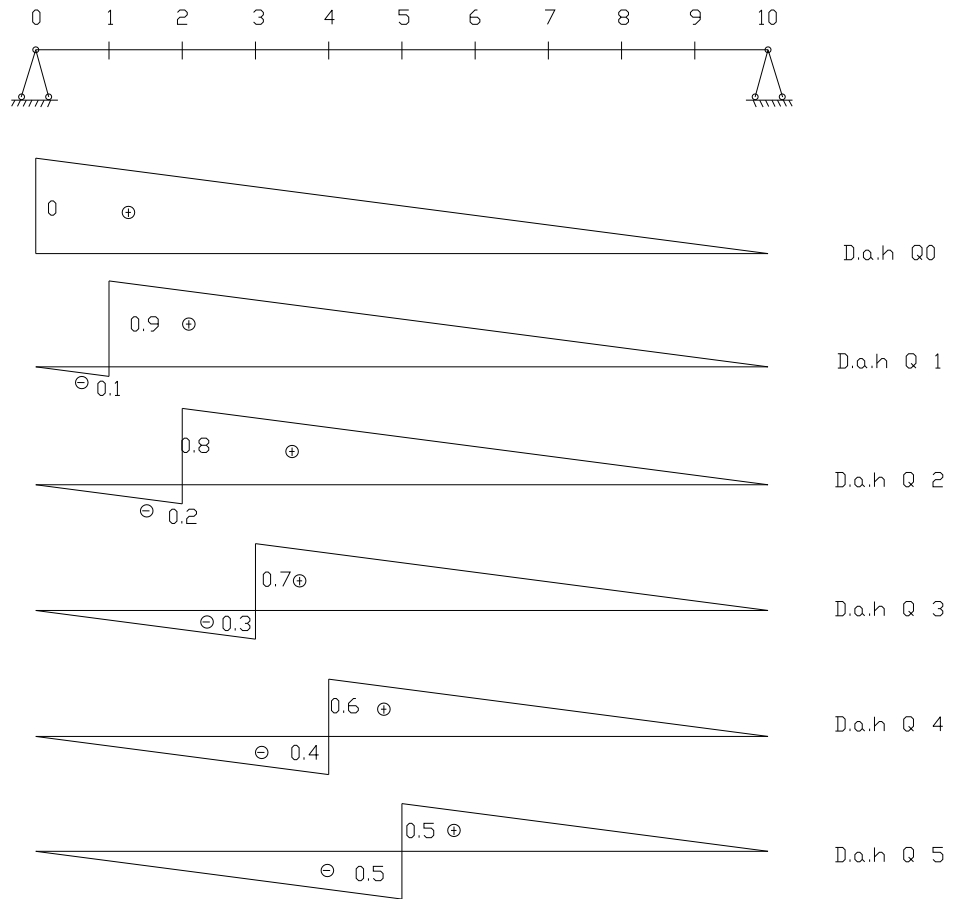
$$Q_i = 1,0$$

$$\{ (1,0.w_{dc} + 1,0.w_{dw}).\omega_Q + m g_Q [1,0.LL_L + 1,0.LL_Q (1 + IM)m_{cd}] \omega_{1Q} \}$$

Đường ảnh hưởng mô men tại các tiết diện:



Đường ảnh hưởng lực cắt tại mặt các tiết diện



Các công thức tính toán mômen, lực cắt ứng với trạng thái giới hạn cường độ, trạng thái sử dụng tại mặt cắt thứ i giữa nhịp:

Trạng thái giới hạn cường độ:

$$M_i = \eta[(1.25 \times w_{dc} + 1.5w_{dw}) + mg_M(1.75 \times LL_L + 1.75 \times k \times LL_M(1 + IM))] \times w_M$$

$$Q_i = \eta[(1.25 \times w_{dc} + 1.5w_{dw}) \times w_Q + mg_Q(1.75 \times LL_L + 1.75 \times k \times LL_Q(1 + IM))] \times w_{lQ}$$

Trạng thái giới hạn sử dụng:

$$M_i = 1.0 \times [(w_{dc} + w_{dw}) + mg_M(LL_L + LL_M \times (1 + IM))] \times w_M$$

$$Q_i = 1.0 \times [(w_{dc} + w_{dw}) \times w_Q + mg_Q(LL_L + LL_Q \times (1 + IM))] \times w_{lQ}$$

Trong đó :

LL_L :tải trọng làn dải đều (9.3 KN/m)

LL_M :Hoạt tải tương ứng với đường ảnh hưởng mô men tại mặt cắt thứ i

LL_Q :Hoạt tải tương ứng với đường ảnh hưởng lực cắt tại mặt cắt thứ i

$LL_L^{\tan dem}$:Hoạt tải tương đương của xe hai trục thiết kế ứng với đ.ã.h M tại mặt cắt i .(KN/m)

LL_M^{truck} :Hoạt tải tương đương của xe tải thiết kế ứng với đ.ả.h M tại mặt cắt i (KN/m)

$M_{gm}=0.61$:Hệ số phân bố ngang tính cho mômen (đã tính cả hệ số làn xe

m)

$mg_Q=0.62$:Hệ số phân bố ngang tính cho lực cắt

$w_{dc} = 11.052 KN / m$:Trọng lượng đầm trên một đơn vị chiều dài (KN/m)

$w_{dw}=5.5 KN/m$:Trọng lượng các lớp mặt cầu và các tiện ích công cộng trên một đơn vị chiều dài (tính cho một đầm KN/m)

$1+IM$:Hệ số xung kích

w_M :Diện tích đường ảnh hưởng mômen tại mặt cắt thứ i .

w_Q :Tổng đại số diện tích đường ảnh hưởng lực cắt tại mặt. cắt thứ i

w_{IQ} :Diện tích phần lớn hơn trên đường ảnh hưởng lực cắt tại mặt cắt thứ i.

$\eta = \eta_d \times \eta_R \times \eta_I \geq 0.95$:Hệ số điều chỉnh tải trọng

Với đường quốc lộ và trạng thái giới hạn cường độ I : $\eta_d = 0.95$

$\eta_R = 1.05$

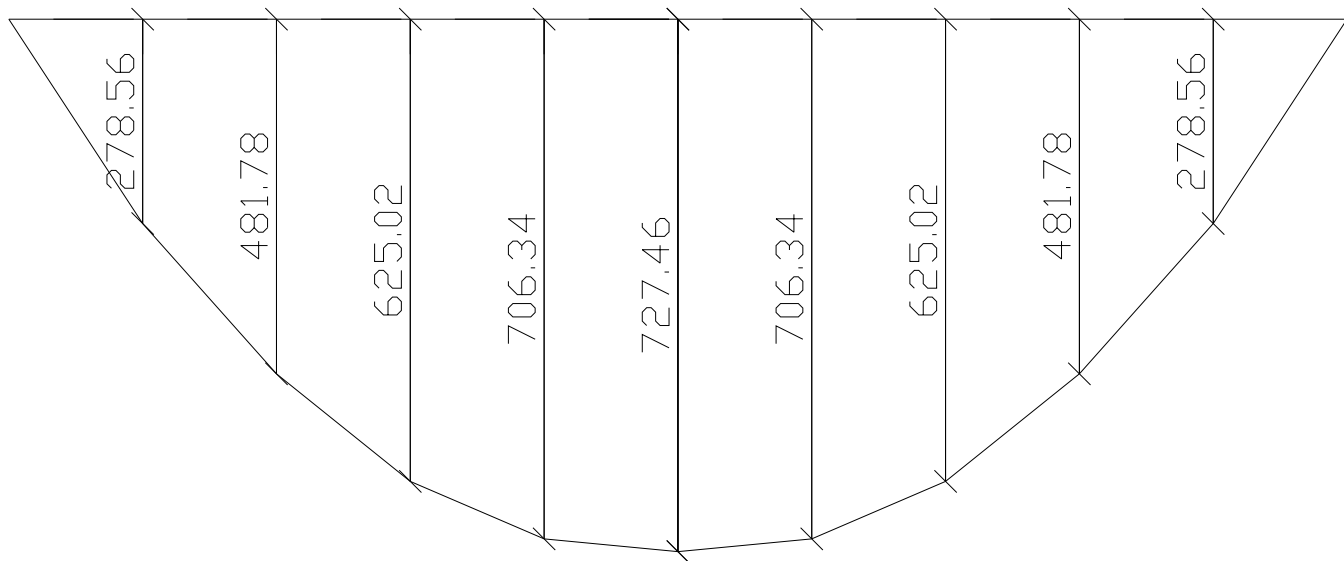
$\eta_I = 0.95$

Với trạng thái giới hạn sử dụng: $\eta = 1.00$

Bảng giá trị mô men

$x_i(m)$	α	$w_{Mi}(m^2)$	$LL_{Mi}^{truck}(KN/m)$	$LL_{Mi}^{tan\ dem}(KN/m)$	$M_i^{cd}(KNm)$	$M_i^{sd}(KNm)$
0.9	0.1	3.645	47.208	45.194	278.558	234.625
1.8	0.2	6.48	45.016	44.758	481.784	404.683
2.7	0.3	8.505	41.936	44.106	625.023	524.374
3.6	0.4	9.72	37.968	43.238	706.335	591.902
4.5	0.5	10.125	34	42.37	727.456	608.875

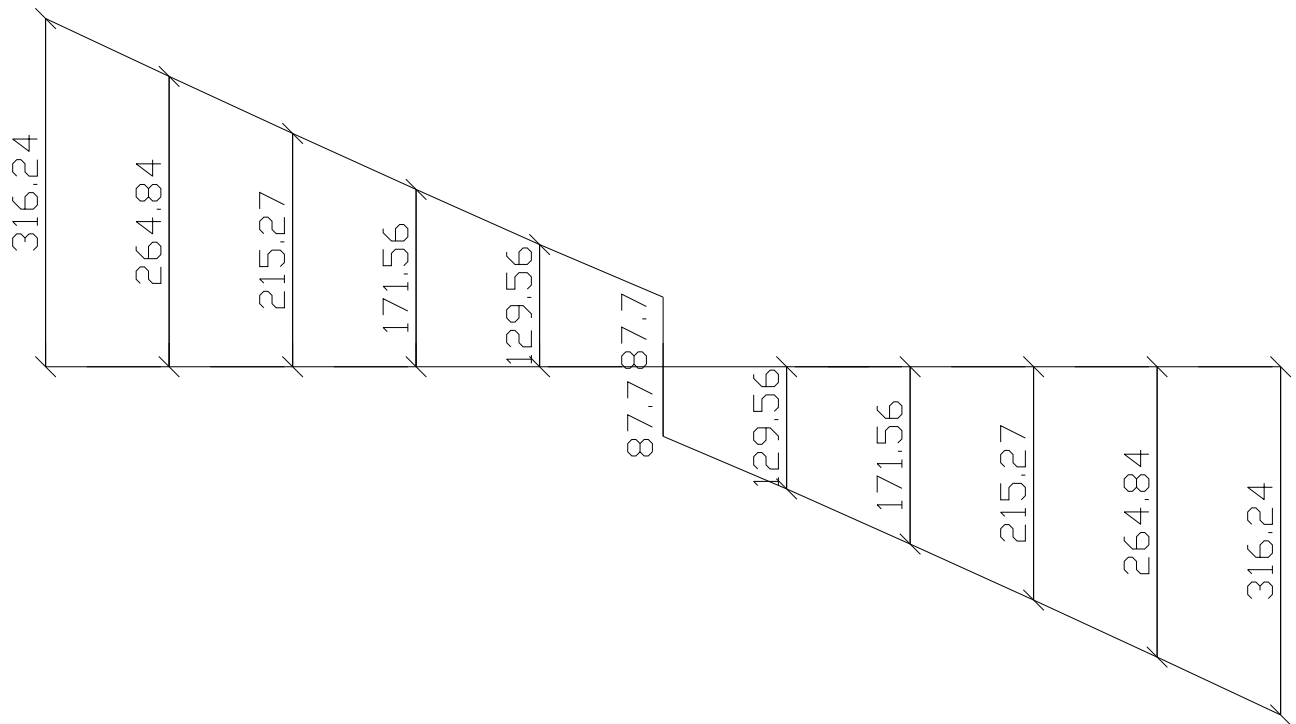
Biểu đồ bao mô men đầm ở trạng thái giới hạn cường độ



Bảng giá trị lực cắt

$x_i(m)$	$l_i(m)$	$w_{Ql}(m^2)$	$w_Q(m^2)$	$LL_{Qi}^{truck}(KN / m)$	$LL_{Qi}^{tan dem}$	$Q_i^{cd}(KN)$	Q_i^{yd}
0	9	4.5	4.5	49.4	45.63	316.2405	266.319
0.9	8.1	3.645	3.6	52.658	50.355	264.8361	223.8801
1.8	7.2	2.88	2.7	56.532	56.152	215.2679	182.8699
2.7	6.3	2.205	1.8	60.644	63.441	171.5608	147.0131
3.6	5.4	1.62	0.9	64.484	72.864	129.5614	112.4662
4.5	4.5	1.125	0	67.31	84.74	87.7004	77.7769

Biểu đồ bao lực cắt của dầm ở trạng thái giới hạn cường độ



3.\ Tính toán diện tích bố trí cốt thép tại mặt cắt giữa dầm

Tính mômen tính toán ứng với trạng thái giới hạn cường độ ,tính tại mặt cắt giữa dầm.

$$M = \eta \{ (1.25w_{dc} + 1.5w_{dw}) + mg_M \times [1.75 \times LL_L + 1.75 \times LL_M \times k \times (1 + IM)] \} \times w_M$$

Trong đó:

$LL_M^{truck} = 34 \text{ KN} / \text{m}$:Hoạt tải tương đương của xe tải thiết kế ứng với đường ảnh hưởng Mômen tại mặt cắt giữa nhịp.

$LL_M^{\tan dem} = 42.37 \text{ KN} / \text{m}$:Hoạt tải tương đương của xe hai trục thiết kế ứng với đường ảnh hưởng mômen tại mặt cắt giữa nhịp.

$LL_L = 9.3 \text{ KN} / \text{m}$: Tải trọng làn dải đều .

$mg_M = 0.61$:Hệ số phân bố ngang tính cho mô men.

Thay các giá trị vào ta có:

$$M = 0.95 \times \{ (1.25 \times 11.052 + 1.5 \times 5.5) + 0.61 \times [1.75 \times 9.3 + 1.75 \times 42.37 \times 0.65 \times 1.25] \} \times 10.125 = 727.4554 \text{ KNm}$$

Giả sử chiều cao hữu hiệu (chiều cao làm việc) của dầm:

$$d = (0.8 \div 0.9)h \quad \text{chọn} \quad d = 0.9 \times h = 0.9 \times 80 = 72 \text{ cm}$$

Giả sử trục trung hoà đi qua sườn ta có:

$$M_n = 0.85 \times a \times b_w \times f'_c \times (d - a / 2) + 0.85 \times \beta_1 \times (b - b_w) \times h_f \times f'_c \times (d - h_f / 2)$$

$$M_u = \phi \times M_n$$

Trong đó :

M_n : Là mô men kháng danh định

$$M_u = 727.4554 \text{ KNm}$$

ϕ ; Là hệ số kháng

$f_c' = 32 \text{ MPa}$: Cường độ chịu nén của bê tông tuổi 28 ngày

β_1 : Hệ số quy đổi chiều cao vùng nén , được xác định bằng công thức:

$$= 0.85 \text{ khi } f_c' \leq 28 \text{ MPa}$$

$$= 0.85 - 0.05 \times (f_c' - 28) / 7 \text{ khi } 56 \text{ MPa} \geq f_c' \geq 28 \text{ MPa}$$

$$= 0.65 \text{ khi } f_c' \geq 56 \text{ MPa}$$

Vậy theo điều kiện đề bài $f_c' = 32 \text{ MPa}$ nên $\beta_1 = 0.8$

$h_f = 0.1867 \text{ m}$: chiều dày bản cánh sau quy đổi :

$a = \beta_1 \times c$: chiều cao khối ứng suất chữ nhật tương đương

Ta có :

$$a = d \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \frac{\frac{M_u}{\phi} - M_f}{0.85 \times f_c' \times b_w \times d^2}} \right)$$

$$\text{Với } M_f = 0.85 \times \beta_1 \times (b - b_w) \times h_f \times f_c' \times (d - h_f / 2)$$

Thay các số liệu ta có :

$$M_f = 0.85 \times 0.8 \times (1.7 - 0.2) \times 0.1867 \times 35000 \times (0.72 - 0.1867 / 2) = 4176.74 \text{ KNm}$$

Ta có $M_u / \phi = 727.4554 / 0.9 = 808.28 < M_f$ vậy $a < 0$

Vậy trực trung hoà đi qua bản cánh ta chuyển sang tính toán như mặt cắt chữ nhật.

Xác định a từ điều kiện :

$$M_u = M_r = \phi M_n = \phi \times 0.85 \times f_c' \times b \times a \times (d - a / 2)$$

$$a = d \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \frac{M_u}{\phi \times 0.85 \times f_c' \times b \times d^2}} \right)$$

Thay số vào ta được :

$$a = 0.0226 \text{ m} = 2.26 \text{ cm} < \beta_1 \times h_f = 0.8 \times 18.67 = 14.936 \text{ cm}$$

Diện tích cốt thép cần thiết A_s là:

$$A_s = \frac{0.85 \times a \times b \times f_c'}{f_y}$$

$$A_s = \frac{0.85 \times 22.6 \times 1700 \times 35}{420} = 2857.49 \text{ mm}^2 = 28.5749 \text{ cm}^2$$

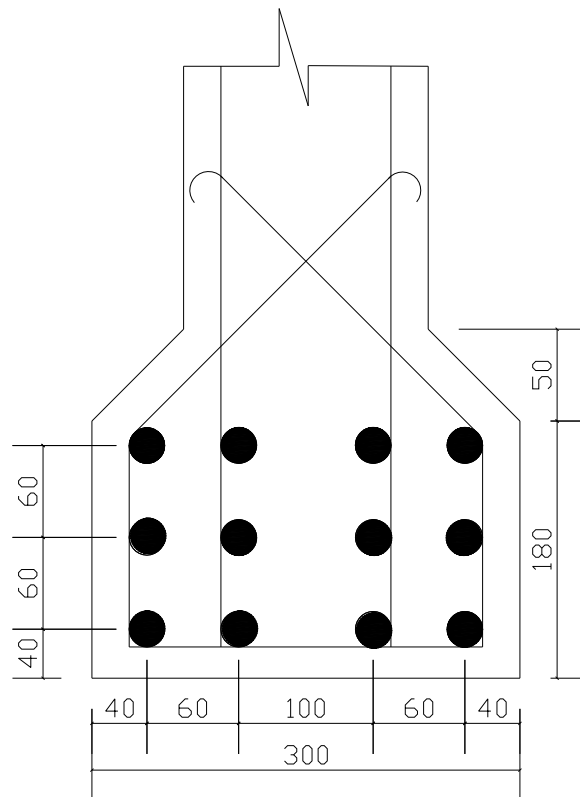
Sơ đồ chọn thép và bố trí thép :

Phương án	ϕ	$Ft(\text{cm}^2)$	Số thanh	$\sum Ft(\text{cm}^2)$
1	19	2.84	12	34.08
2	19	2.84	14	39.76
3	22	3.87	10	38.7

Từ bảng trên ta chọn phương án 1:

- số thanh bố trí :12
- số hiệu thanh : $\phi 19$
- tổng diện tích cốt thép thực tế: 34.08cm^2

Bố trí thành 3 hàng và 4 cột như sau:



Kiểm tra lại tiết diện:

$$A_s = 34.08\text{cm}^2$$

Khoảng cách từ thớ ngoài cùng tới trọng tâm cốt thép :

$$d_1 = \frac{F_i \times d_i}{F_i} = \frac{4 \times 40 + 4 \times 100 + 4 \times 160}{12} = 100\text{mm} = 10\text{cm}$$

Khoảng cách hữu hiệu tương ứng từ thớ chịu nén ngoài cùng đến trọng tâm cốt thép chịu kéo là:

$$d = h - d_1 = 80 - 10 = 70\text{cm}$$

Giả sử trục trung hoà đi qua cánh .

Tính chiều cao vùng nén quy đổi :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{34.08 \times 420}{0.85 \times 32 \times 170} = 2.7\text{cm} < \beta_1 \times h_f = 14.936\text{cm}$$

Vậy điều giả sử là đúng.

Mô men kháng tính toán:

$$M_r = \Phi \times M_n = 0.9 \times 0.85 \times a \times b \times f'_c \times (d - a/2)$$

$$M_r = 0.9 \times 0.85 \times 27 \times 1700 \times 32 \times (700 - 27/2) = 843689621.3 \text{ Nmm}$$

$$M_r = 844 \text{ KNm}$$

$$M_r > M_u = 727.454 \text{ KNm} \quad \text{Vậy đảm đủ khả năng chịu mô men.}$$

Kiểm tra chất lượng cốt thép tối đa:

$$\frac{c}{d} = \frac{a}{\beta_1 \times d} = \frac{2.7}{0.8 \times 70} = 0.048 < 0.42 \quad \text{Vậy cốt thép tối đa thỏa mãn.}$$

Kiểm tra lượng cốt thép tối thiểu :

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} = \frac{28.4}{4605} = 0.62\%$$

$$\rho = 0.62\% > 0.03 \times \frac{f'_c}{f_y} = 0.03 \times \frac{32}{420} = 0.26\%$$

Trong đó : A_g diện tích của tiết diện nguyên mặt cắt.

Vậy thỏa mãn.

4.\ Vẽ biểu đồ bao vật liệu.

Tính toán mômen kháng tính toán của dầm khi bị cắt hoặc uốn cốt thép :
kết quả tính toán được thể hiện trong bảng sau

số lần cắt	số thanh còn lại	Diện tích A_s còn lại(mm^2)	d_1 (cm)	a (cm)	Vị trí trục trung hoà	M_r (KNm)
0	12	34.08	10	2.7	qua cánh	844
1	10	28.4	8.8	2.25	qua cánh	718
2	8	22.72	8.5	1.797	qua cánh	578
3	6	17.04	8	1.34	qua cánh	435

Hiệu chỉnh biểu đồ bao mô men :

Do điều kiện về lượng cốt thép tối thiểu : $M_r \geq \min \{1.2M_{cr}; 1.33M_u\}$ nên khi $M_u \leq 0.9M_{cr}$ thì điều kiện lượng cốt thép tối thiểu sẽ là $M_r \geq 1.33M_u$. Điều này có nghĩa là khả năng chịu lực của dầm phải bao ngoài đường $\frac{4}{3}M_u$ khi $M_u \leq 0.9M_{cr}$

$$M_{cr} = 156.05 \text{ KNm}$$

Khi vẽ biểu đồ bao mô men ta phải hiệu chỉnh như sau:

+. Tìm vị trí mà $M_u = 1.2M_{cr}$ và $M_u = 0.9M_{cr}$. Để xác định vị trí này ta xác định các khoảng cánh

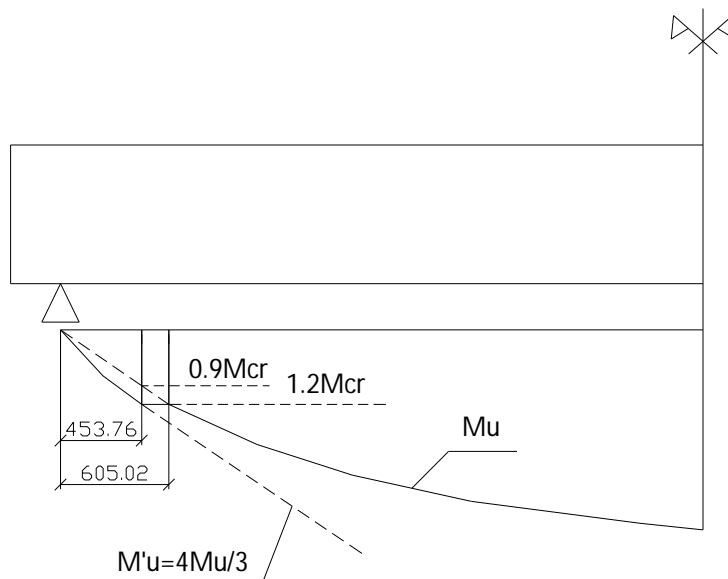
$x_1; x_2$ bằng cách nội suy tung độ của biểu đồ bao mô men ban đầu.

$$M_u = 0.9M_{cr} = 0.9 \times 156.05 = 140.445 \quad \text{ta có : } x_1 = 453.764 \text{ mm}$$

$$M_u = 1.2M_{cr} = 1.2 \times 156.05 = 187.26 \quad \text{ta có : } x_2 = 605.019 \text{ mm}$$

+. Tại đoạn $M_u \geq 1.2M_{cr}$ ta giữ nguyên biểu đồ M_u

- + Trong đoạn $0.9M_{cr} \leq M_u \leq 1.2M_{cr}$ vẽ đường nằm ngang với giá trị $1.2M_c$
- + Tại đoạn $M_u \leq 0.9M_{cr}$ vẽ đường $M'_u = \frac{4}{3}M_u$



Biểu đồ bao mô men sau khi đã hiệu chỉnh

Xác định điểm cắt lý thuyết:

Điểm cắt lý thuyết là điểm mà tại đó yêu cầu về uốn không cần cốt thép dài hơn. Để xác định điểm cắt lý thuyết ta chỉ cần vẽ biểu đồ mô men tính toán M_u và xác định giao điểm biểu đồ ΦM_u

Xác định điểm cắt thực tế:

Từ điểm cắt lý thuyết này cần kéo dài về phía mô men nhỏ hơn một đoạn là l_1 lấy bằng trị số lớn nhất trong các trị số sau :

- + chiều cao hữu hiệu của tiết diện : $d=700\text{mm}$
- + 15 lần đường kính danh định : $15 \times 19 = 285\text{mm}$
- + 1/20 lần nhịp tính : $1/20 \times 9000 = 450\text{mm}$

chọn $l_1 = 700\text{mm}$

Đồng thời chiều dài này cũng không nhỏ hơn chiều dài phát triển lực l_d . Chiều dài l_d gọi là chiều dài khai triển hay chiều dài phát triển lực, là điểm mà cốt thép dính bám với bê tông để nó đạt được cường độ tính toán.

Chiều dài l_d của thanh kéo được lấy như sau:

+ Chiều dài triển khai cốt thép của thanh kéo l_d , phải không được lấy nhỏ hơn tích số chiều dài triển khai cốt thép kéo cơ bản l_{db} được quy định ở đây, nhân với các hệ số điều chỉnh hoặc hệ số được quy định như trong quy trình. Chiều dài triển khai cốt thép kéo không được nhỏ hơn 300mm.

+ Chiều dài triển khai cốt thép cơ bản l_{db} được sử dụng với cốt thép dọc sử dụng trong bài là thép số 19

$$l_{db} = \frac{0.02A_b f_y}{\sqrt{f'_c}} = \frac{0.02 \times 284 \times 420}{\sqrt{32}} = 384.04 \text{mm}$$

đồng thời $l_{db} \geq 0.06d_b f_y = 0.06 \times 19.1 \times 400 = 458.4 \text{mm}$

trong đó: +. $A_b = 284 \text{mm}^2$ là diện tích thanh số 19

+ $f_y = 420 \text{MPa}$ là cường độ chảy được quy định của các thanh cốt thép.

+ $f'_c = 32 \text{MPa}$ là cường độ của bê tông ở tuổi 28 ngày.

+ $d_b = 19.1 \text{mm}$ đường kính của thanh số 19

+ Hệ số điều chỉnh làm tăng l_d :

Cốt thép nằm ngang ở đỉnh hoặc gần nằm ngang được đặt sao cho có trên 300mm bê tông tươi được đổ bên dưới cốt thép :1.4

Với các thanh có lớp bảo vệ d_b hoặc nhỏ hơn ,hoặc với khoảng cách tịnh $2d_b$ hoặc nhỏ hơn: 2.0

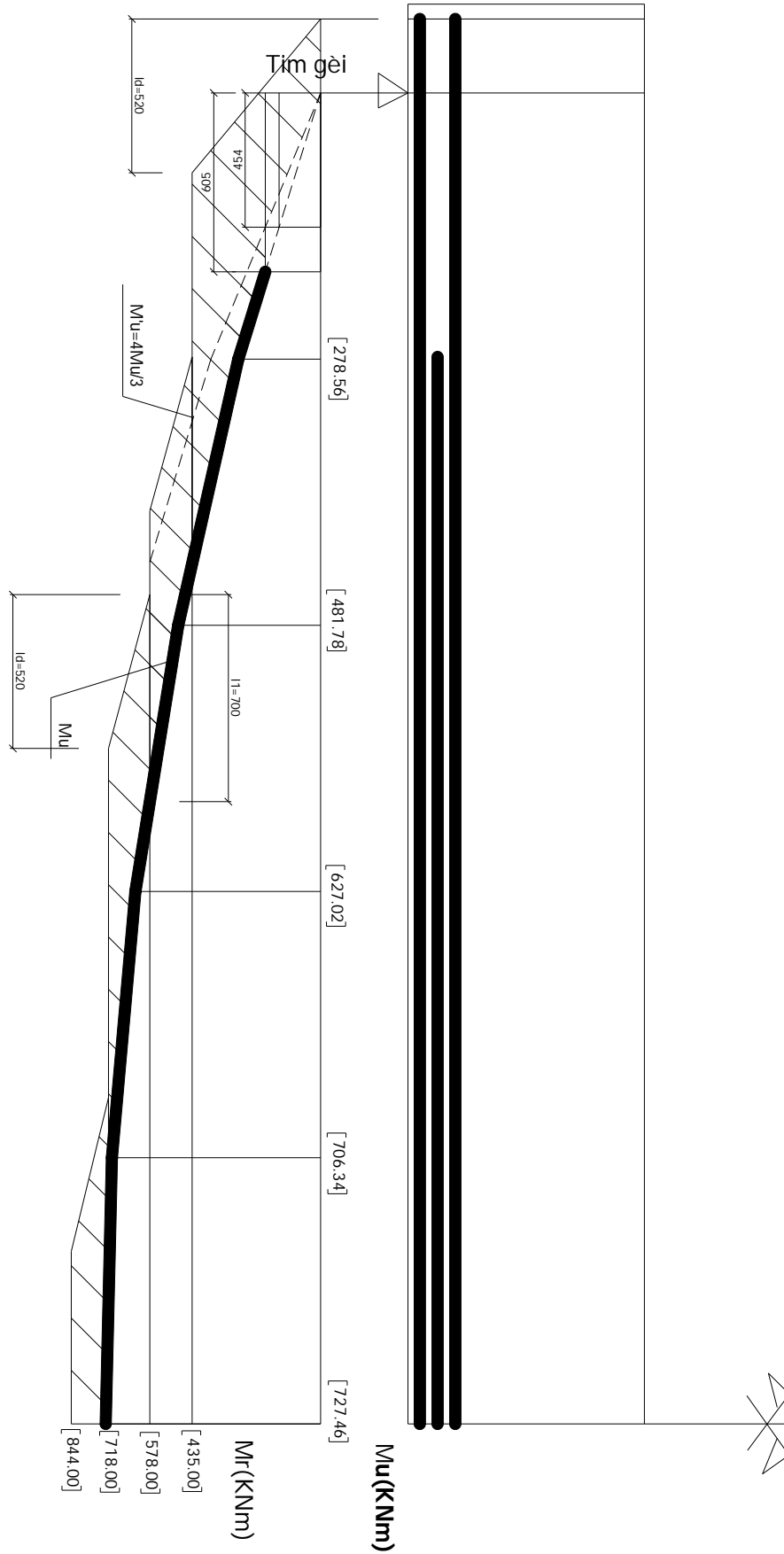
+ Hệ số làm giảm l_d :

Cốt thép được phát triển chiều dài đang xem xét được đặt ngang cách nhau không nhỏ hơn 150mm từ tim tới tim với lớp bảo vệ không nhỏ hơn 75mm đo theo hướng đặt thép :0.8

Vậy: $l_d = 1.4 \times 0.8 \times 458.4 = 513.408$

Chọn $l_d = 520 \text{mm}$

Biểu đồ bao vật liệu



5.\ Tính toán chống cắt.

Xét mặt cắt gần gối:

Biểu thức kiểm toán: $\phi V_n > V_u$

V_n :Sức kháng danh định được lấy bằng giá trị nhỏ hơn của

$$V_n = V_c + V_s \quad (\text{N})$$

$$\text{Hoặc } V_n = 0.25 f'_c b_v d_v \quad (\text{N})$$

$$V_c = 0.83 \beta \sqrt{f'_c} b_v d_v \quad (\text{N})$$

$$V_s = \frac{A_v f_v d_v (\cot g \theta + \cot g \alpha) \sin \alpha}{s} \quad (\text{N})$$

Trong đó:

Chiều cao chịu cắt hữu hiệu d_v , xác định bằng khoảng cách cánh tay đòn của nội ngẫu lực.

Trường hợp tính theo tiết diện chữ nhật cốt thép đơn thì .

$$+ d_v = d - a/2 \quad \text{đồng thời} \quad d_v = \max\{0.9d; 0.72h;\}$$

$$\text{Vậy} \quad d_v = \max\{0.9d; 0.72h; d - a/2\}$$

$$0.9d = 0.9 \times 700 = 630 \text{mm}$$

$$0.72h = 0.72 \times 800 = 576 \text{mm}$$

$$d - a/2 = 700 - 27/2 = 686.5 \text{mm}$$

+ b_v :Bề rộng bản bụng hữu hiệu ,lấy bằng bề rộng bản bụng nhỏ nhất trong

chiều cao, vậy $b_v = b_w = 20 \text{cm}$

từ trên ta thấy : $d_v = 686.5 \text{mm}$

+ s (mm) :bước cốt thép đai .

+ β :hệ số chỉ khả năng của bê tông khi bị nứt chéo

truyền lực kéo .

+ θ :góc nghiêng của ứng suất nén chéo.

+ β, θ : xác định bằng cách tra đồ thị và bảng.

+ α :góc nghiêng của cốt thép ngang với trục dọc, bố trí

cốt thép đai

vuông góc với trục dầm nên $\alpha = 90^\circ$

+ ϕ :hệ số sức kháng cắt ,với bê tông thường $\phi = 0.9$

+ A_v :diện tích cốt thép bị cắt trong cự li s (mm)

+ V_s :khả năng chịu lực cắt của cốt thép (N)

+ V_c :khả năng chịu lực cắt của bê tông

+ V_u :lực cắt tính toán (N)

Kiểm tra điều kiện chịu lực cắt theo khả năng chịu lực của bê tông vùng nén.

+Xét mặt cắt cách gối một khoảng $d_v = 686.5 \text{mm}$.Xác định nội lực trên đường bao bằng phương pháp nội suy .

$$V_u = 277 \text{ KN}$$

$$M_u = 212.48 \text{ KNm}$$

$$\phi V_n = \phi(0.25 f'_c b_v d_v) = 0.9 \times 0.25 \times 32 \times 200 \times 686.5$$

$$= 1081237.5 \text{ N}$$

$$= 1081.24 \text{ KN}$$

$$V_u = 277 \text{ KN} < \phi V_n = 1081.24 \text{ KN} \quad \Rightarrow \text{Đạt}$$

Tính góc θ và hệ số β :

+Tính toán ứng suất cắt :

$$v = \frac{V_u}{\phi b_v d_v} = \frac{277 \times 10^3}{0.9 \times 200 \times 686.5} = 2.242 \text{ N/mm}^2$$

+Tính tỉ số ứng suất :

$$\frac{v}{f'_c} = \frac{2.242}{32} = 0.064 < 0.25$$

+Giả sử trị số góc $\theta = 45^\circ$ tính biến dạng cốt thép chịu

kéo theo công thức

$$\epsilon_x = \frac{\frac{M_u}{d_v} + 0.5 \times V_u \times \cot g \theta}{E_s \times A_s}$$

$$d_v = 686.5 \text{ mm}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s = 1704 \text{ mm}^2 \quad (\text{tại mặt cắt gần gối còn 6 thanh})$$

$$\epsilon_x = \frac{\frac{212.48 \times 10^6}{686.5} + 0.5 \times 277000 \times \cot g 45^\circ}{2 \times 10^5 \times 1704} = 1.31 \times 10^{-3}$$

Tra bảng ta được: $\theta = 38.75^\circ$

Tính lại : $\epsilon_x = 1.41 \times 10^{-3}$ tra bảng ta được : $\theta = 39.64^\circ$

Tính lại : $\epsilon_x = 1.4 \times 10^{-3}$ tra bảng ta được : $\theta = 39.55^\circ$

Tính lại : $\epsilon_x = 1.4 \times 10^{-3}$

Giá trị của ϵ_x và θ hội tụ vậy ta chọn

$$\theta = 39.55^\circ$$

Tra bảng ta được $\beta = 1.976$

Khả năng chịu lực cắt của bê tông

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

$$= 0.083 \times 1.976 \times \sqrt{32} \times 200 \times 686.5 = 133.22 \times 10^3 \text{ (N)}$$

Yêu cầu về khả năng chịu lực cắt cần thiết của cốt thép

$$V_s = V_n - V_c = \frac{277 \times 10^3}{0.9} - 133.22 \times 10^3 = 174.56 \times 10^3 \text{ (N)}$$

Khoảng cách bố trí cốt thép đai lớn nhất :

$$s_{\max} = \frac{A_v f_y d_v \cot g \theta}{V_s}$$

$f_y = 420 \text{ MPa}$: giới hạn chảy quy định với cốt thép đai

$\theta = 39.55^\circ$: góc nghiêng với ứng suất nén chéo

$d_v = 686.5 \text{ mm}$

$V_s = 174558 \text{ N}$

A_v : diện tích cốt thép đai (mm^2)

Chọn cốt thép đai là thanh số 10 diện tích danh định là $71 (\text{mm}^2)$

. Diện tích mặt cắt ngang một thanh là : $A_v = 2 \times 71 = 142 \text{ mm}^2$

Vậy ta tính được là :

$$s_{\max} = \frac{142 \times 420 \times 686.5 \times \cot g 39.55^\circ}{174558} = 270.503 (\text{mm})$$

Chọn : $s = 27 \text{ cm}$

Kiểm tra lượng cốt đai tối thiểu:

Lượng cốt thép đai tối thiểu:

$$A_v \geq 0,083 \sqrt{f_c'} \frac{b_v s}{f_y} = 0,083 \sqrt{32} \frac{200 \times 270}{420} = 66.29 \text{ mm}^2$$

Ta có $A_v = 142 \text{ mm}^2 > A_v^{\min} = 66.29 \text{ mm}^2 \rightarrow$ (thỏa mãn)

Kiểm tra khoảng cách tối đa của thép đai:

Ta có :

$$0,1 f_c' \times d_v \times b_v = 0,1 \times 32 \times 686.5 \times 200 = 480550 (\text{N}) > V_u = 277 \times 10^3 (\text{N}).$$

Nên ta kiểm tra theo điều kiện sau:

$$s = 270 \text{ mm} \leq 0.8 d_v = 0,8 \times 686.5 = 549.2 \text{ mm} \quad (\text{Thoả mãn})$$

$$s \leq 600 \text{ mm} \quad (\text{Thoả mãn})$$

Kiểm tra điều kiện đảm bảo cho cốt thép dọc không bị chảy dưới tác dụng tổ hợp của mômen , lực dọc trục và lực cắt:

Khả năng chịu cắt của cốt thép đai:

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d_v \times \cot g \theta}{s} = \frac{142 \times 420 \times 686.5 \times \cot g (39.55^\circ)}{270} = 174.88 \times 10^3 (\text{N})$$

$$A_s f_y = 1704 \times 420 = 681.6 \times 10^3 (\text{N})$$

$$\frac{M_u}{d_v \times \Phi} + \left(\frac{V_u}{\Phi} - 0,5 V_s \right) \cot g \theta$$

$$= \frac{212.48 \times 10^6}{686.5 \times 0.9} + \left(\frac{277 \times 10^3}{0.9} - 0,5 \times 174.88 \times 10^3 \right) \cot g (39.55^\circ) = 610.719 \text{ N}$$

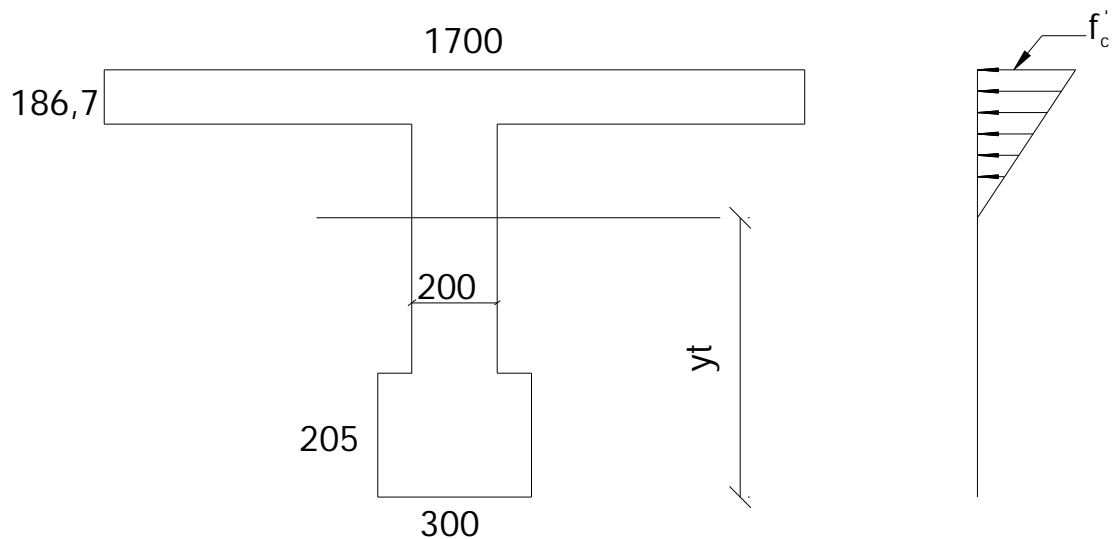
$$A_s f_y > \frac{M_u}{d_v \phi} + \left(\frac{V_u}{\phi} - 0.5V_s \right) \cot g\theta \quad (\text{Đạt})$$

6. \ Kiểm soát nứt

Tại một mặt cắt bất kỳ thì tùy thuộc vào giá trị nội lực bê tông có thể bị nứt hay không. Vì thế để tính toán kiểm soát nứt ta phải kiểm tra xem mặt cắt có bị nứt hay không.

Để tính toán xem mặt cắt có bị nứt hay không người ta coi phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang là tuyến tính và tính ứng suất kéo f_c của bê tông.

Mặt cắt ngang tính toán



Diện tích của mặt cắt ngang dầm :

$$A_g = 18.67 \times 170 + 20 \times (80 - 18.67 - 20.5) + 30 \times 20.5 = 4605.5 \text{ cm}^2$$

Xác định vị trí trục trung hoà:

$$y_t = \frac{18.67 \times 170 \times 70.665 + 20 \times (80 - 18.67 - 20.5) \times 40.915 + 20.5 \times 30 \times 10.25}{4605.5} = 57.19 \text{ cm}$$

Mô men quán tính của tiết diện nguyên:

$$I_g = \frac{170 \times 18.67^3}{12} + \frac{20 \times (80 - 18.67 - 20.5)^3}{12} + \frac{30 \times 20.5^3}{12} + (70.665 - 57.19)^2 \times 170 \times 18.67$$

$$+ (40.915 - 57.19)^2 \times (80 - 18.67 - 20.5) \times 20 + (57.19 - 10.25)^2 \times 30 \times 20.5$$

$$= 2394406.87 \text{ cm}^4$$

Tính ứng suất kéo của bê tông :

$$f_c = \frac{M_a}{I_g} y_t = \frac{608.875 \times 10^{-3}}{2394406.87 \times 10^{-8}} 57.19 \times 10^{-2} = 14.54 \text{ MPa}$$

Trong đó: $M_a = 608.875$ Mô men kéo lớn nhất trong giai đoạn tính biến dạng (lấy theo trạng thái giới hạn sử dụng) .

Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông :

$$f_r = 0.63 \sqrt{f_c'} = 0.63 \times \sqrt{32} = 3.727 \text{ MPa}$$

$$\text{Ta có } f_c = 14.54 \text{ MPa} > 0.8 f_r = 0.8 \times 3.727 \text{ MPa} = 2.9816 \text{ MPa}$$

Vậy mặt cắt bị nứt.

Xác định khả năng chịu kéo lớn nhất trong cốt thép ở trạng thái giới hạn sử dụng:

$$f_{sa} = \min \left\{ \frac{Z}{(d_c \times A)^{1/3}}; 0.6 f_y \right\}$$

+ d_c : Chiều cao phần bê tông tính từ thớ chịu kéo ngoài cùng cho tới tâm thanh gần nhất, theo bố trí cốt thép dọc ta có: $d_c = 40 \text{ mm}$

+ A : Diện tích phần bê tông có trọng tâm với cốt thép chủ chịu kéo và được bao bởi các mặt cắt ngang và đường thẳng song song với trục trung hoà chia số lượng thanh.

Để xác định A ta giả sử đường giới hạn trên của miền tại sườn dầm . Trọng tâm của miền A tính như sau:

$$y_a = \frac{18 \times 30 \times 18 / 2 + 20 \times (5 + \xi)(18 + (5 + \xi) / 2) + 5 \times 5 \times (18 + 5 / 3)}{18 \times 30 + 5 \times 5 + 20 \times (5 + \xi)}$$

$$y_a = y = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Ta tìm được: } \xi = -3.36 \text{ cm} < 0$$

Vậy đường giới hạn miền A nằm ở bầu dầm , mặt khác $d_1 = 10 \text{ cm} > h_1 = 9 \text{ cm}$ nên đường giới hạn miền A nằm ở phần vát của bầu dầm. Ta có:

Giả sử chiều cao của đường giới hạn so với đáy dầm là $\xi + 18$ thì

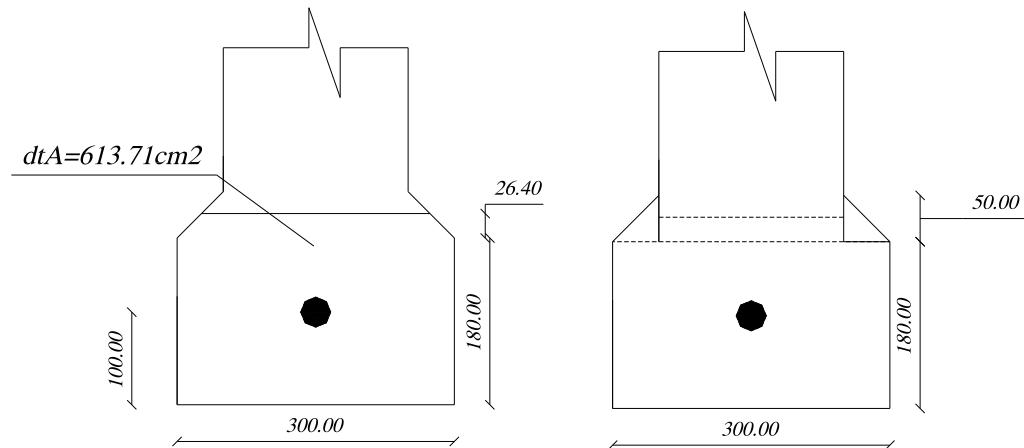
$$y_a = \frac{18 \times 30 \times 18 / 2 + (20 + 2\xi) \times \xi \times (18 + \xi / 2) + \xi^2 \times \xi / 3}{18 \times 30 + \xi^2 + \xi \times (20 + 2\xi)} = 10$$

$$\text{Ta tìm được: } \xi = 2.64 \text{ cm}$$

Khi đó diện tích phần bê tông cốt thép cần tìm là:

$$dt_A = 18 \times 30 + 2.64 \times 2.64 + 2.64 \times (20 + 2 \times 2.64) = 613.71 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{dt_A}{12} = 51.14 \text{ cm}^2$$



Z : Thông số bề rộng vết nứt, xét trong điều kiện bình thường $Z=30000 \text{ N/mm}$

$$\Rightarrow \frac{Z}{(d_c \times A)^{1/3}} = \frac{30000}{(40 \times 5114)^{1/3}} = 509.15 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow 0,6 f_y = 0,6 \times 420 = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{vậy} \Rightarrow f_{sa} = 240 \text{ MPa}$$

Tính toán ứng suất sử dụng trong cốt thép

Tính diện tích tương đương của tiết diện khi bị nứt:

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

$$E_c = 0.043 \times \gamma_c^{1.5} \times \sqrt{f_c} = 0.043 \times 2400^{1.5} \times \sqrt{32} = 29910.20 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{2 \times 10^5}{29910.2} = 6.69$$

Chọn : $n=6$

Xác định vị trí trục trung hoà dựa vào phương trình mô men tĩnh với trục trung hoà bằng 0

$$S = h_f \times (b - b_w) \times \left(h - y - \frac{h_f}{2} \right) + b_w \times \frac{(h - y)^2}{2} - n \times A_s \times (y - d_l)$$

$$S = 18,67 \times (170 - 20) \times \left(80 - y - \frac{18,67}{2} \right) + 20 \times \frac{(80 - y)^2}{2} - 6 \times 34,08 \times (y - 10) = 0$$

Giải ra ta được $y = 67.1 \text{ cm}$

$$\text{Tính ứng suất trong cốt thép : } f_s = n \frac{M_a}{I_{cr}} (y - d_l)$$

Tính mômen quán tính của tiết diện khi đã nứt :

$$I_{cr} = \frac{170 \times 18.67^3}{12} + 170 \times 18.67 \times \left(80 - 67.1 - \frac{18.67}{2}\right)^2 + \frac{20 \times (80 - 67.1 - 18.67)^3}{12}$$

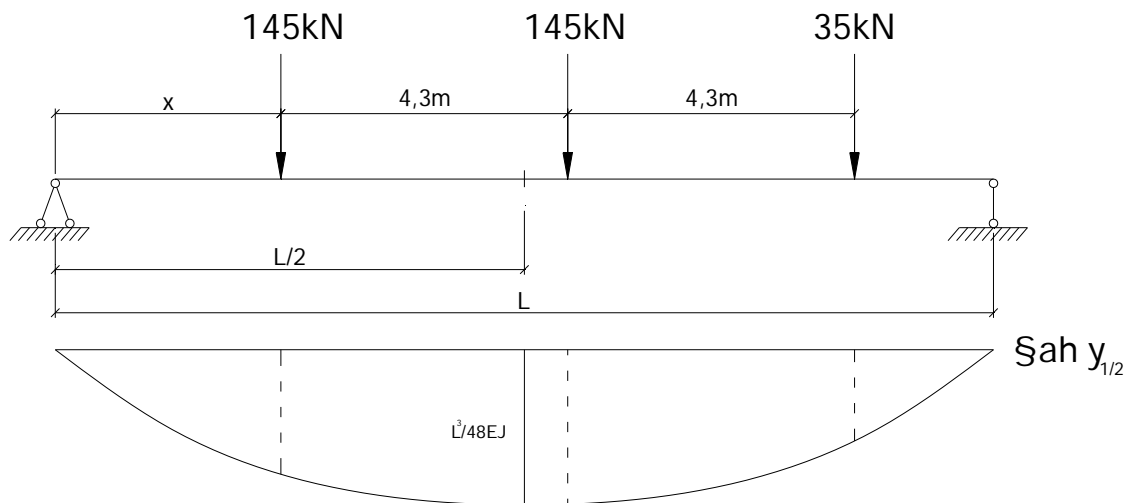
$$+ \frac{20 \times (80 - 67.1 - 18.67)^2}{2} + 6 \times 34.08 \times (67.1 - 10)^2 = 880169.45 \text{ cm}^4$$

$$\Rightarrow f_s = 6 \times \frac{608.875 \times 10^6}{880169.45 \times 10^4} (671 - 100) = 237.00 \text{ N/mm}^2 = 237 \text{ MPa}$$

ta có $f_s = 237 < f_{sa} = 240 \Rightarrow$ Đạt

7.\ Tính độ võng.

Xác định vị trí bất lợi nhất của xe tải thiết kế:



Xét trường hợp cả ba trục đều ở trong nhịp .Vị trí bất lợi nhất của xe được xác định theo công thức:

$$x = \frac{36L - 184.9}{7} - \frac{\sqrt{1056.25L^2 - 10724.2L + 26810.5}}{7}$$

$$x = \frac{36 \times 9 - 184.9}{7} - \frac{\sqrt{1056.25 \times 9^2 - 10724.2 \times 9 + 26810.5}}{7} = 1.478 \text{ m}$$

Kiểm tra điều kiện các trục xe đều ở trong nhịp:

$$x = 1.478 \text{ m} < L/2 = 4.5 \text{ m}$$

$$L - x - 8.6 = -1.078 \text{ m} < 0$$

Điều kiện này không thoả mãn

Xét trường hợp có hai trục trong nhịp

Độ võng do xe tải thiết kế gây ra xác định theo công thức:

$$y = \frac{P_1(3L^2x - 4x^3)}{48EI} + \frac{P_1(3L^2(L - x - 4.3) - 4(L - x - 4.3)^3)}{48EI} (*)$$

Tính đạo hàm và cho đạo hàm bằng không để tìm ra vị trí bất lợi nhất:

$$X_1 = X_2 = (L - 4.3)/2$$

Ta thấy $L < 12.9$ nên ta lấy $X_1 = X_2 = (L - 4.3)/2 = (9 - 4.3)/2 = 2.35$

$$P_1 = 0.145 \text{ MN}$$

$$L - x - 4.3 = 9 - 2.35 - 4.3 = 2.35 \text{ m}$$

$$E = E_c = 29910.20 \text{ MPa}$$

Xác định mômen quán tính hữu hiệu:

$$I = \min(I_g; I_e)$$

$$I_g = 2394407 \text{ cm}^4 : \text{Mômen quán tính của tiết diện nguyên} :$$

Mô men nứt:

$$M_{cr} = f_r \frac{I_g}{y_t} = 0.63 \sqrt{32} \frac{2394407 \times 10^4}{571.9} = 156.05 \times 10^6 \text{ Nmm} = 156.05 \text{ KNm}$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 = \left(\frac{156.05}{608.875} \right)^3 = 0.0168$$

$I_e (\text{cm}^4)$: mômen hữu hiệu tính theo công thức:

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr}$$

$$I_e = 0.0168 \times 2394407 + [1 - 0.0168] \times 1297962 = 1316382 \text{ cm}^4$$

ss

Thay các giá trị vào(*) ta tính được : $y = 7.966 \times 10^{-3} \text{ m}$

Tính toán độ võng do hoạt tải gây ra :

Độ võng ta vừa tính ở trên chưa tính đến hệ số phân bố ngang ,hệ số cấp đường ,hệ số xung kích khi tính võng .Bây giờ ta phải xét đến các hệ số này:

Kết quả tính toán chỉ do mình xe tải thiết kế:

$$f_1 = k m_g (1+IM)y = 0.65 \times 0.65 \times 1.25 \times 7.966 = 4.2 \text{ mm}$$

Độ võng do tải trọng làn :

$$y_1 = \frac{5qL^4}{384E_c I} = \frac{5 \times (0.65 \times 0.0093) \times 9^4}{384 \times 29910.20 \times 1316382 \times 10^{-8}} = 1.31 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Kết quả tính toán cho 25% xe tải thiết kế cùng với tải trọng làn thiết kế:

$$f_2 = 0.25k m_g(1+IM)y + y_1 = 0.25 \times f_1 + y_L = 0.25 \times 4.2 + 1.31 = 2.36 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = \max(f_1; f_2) = 2.36 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = 2.36 \text{ mm} < L \times 1/800 = 9000 \times 1/800 = 11.25 \text{ mm}$$

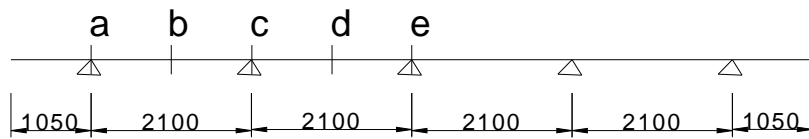
\Rightarrow Đạt

VIII-TÍNH TOÁN BẢN MẶT CẦU.

1. Các giả thiết tính toán.

- Bản mặt cầu được coi là dầm liên tục đặt trên các gối là các dầm chủ được giả thiết là cứng vô cùng.
- Khi tính toán lấy momen dương cực trị đặt tải cho tất cả các vùng có momen dương , tương tự cho phần momen âm. Trong đó, cực trị của momen dương nằm tại giữa nhịp ,cực trị momen âm nằm tại gối.

Do tính chất đối xứng của kết cấu các mặt cắt tính toán như hình vẽ sau:



2. Xác định nội lực do tĩnh tải.

Tĩnh tải tác dụng lên bản mặt cầu gồm có tĩnh tải rải đều do TTBT của bản mặt cầu, TTBT của lớp phủ, và lực tập trung do lan can tác dụng lên phần hẫng.

Đối với tĩnh tải ta tính cho 1m dài bản mặt cầu.

- Bản mặt cầu dày 180mm do đó : $DC(bmc) = 0.18 \times 1 \times 24 = 4,32 \text{ kN/m}$.
- Thiết kế lớp phủ dày 74mm, do đó: $DW = 0.074 \times 22,5 = 1,665 \text{ kN/m}$.
- Tải trọng do lan can tác dụng lên phần hẫng : Thực chất lực tập trung qui đổi của lan can không đặt ở mép bản mặt cầu nhưng để đơn giản trong tính toán và thiên về an toàn ta coi đặt ở mép. Chọn loại lan can có $DC(lc) = 4,564 \text{ kN/m}$.

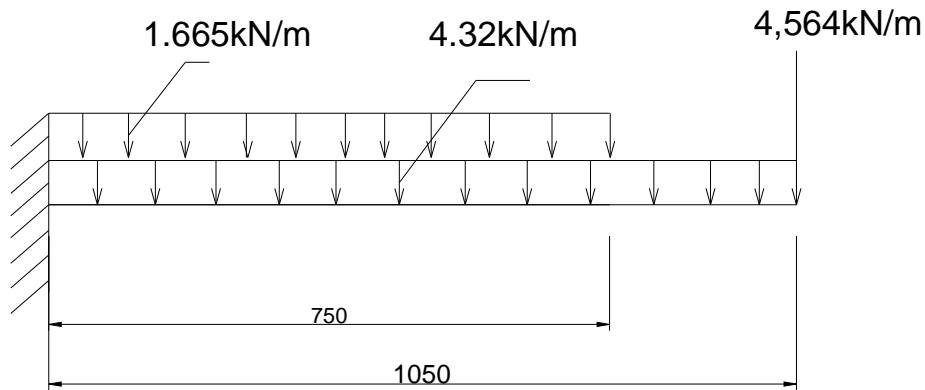
Để tính nội lực cho các mặt cắt a,b,c,d,e ta vẽ đường ảnh hưởng của các mặt cắt rồi xếp tải lên đường ảnh hưởng. Do kết cấu siêu tĩnh ta dùng Midas để tính.

Bảng hệ số tĩnh tải:

Loại tải trọng	TTGH cường độ 1	TTGH sử dụng
DC	1.25/0.9	1
DW	1.5/0.65	1

*Nội lực tại mặt cắt a:

Momen tại mặt cắt a là momen phần hẫng. Sơ đồ tính dạng công xon chịu uốn.



Ta có :
$$Ma = \eta \left[\gamma_p \frac{DC(bmc) \times 1.05 \times 1.05}{2} + \gamma_p \frac{DW \times 0.9 \times 0.9}{2} + \gamma_p DC(lc) \times 1.05 \right]$$

Thay số :

- Trong TTGH cường độ 1: $Ma = -9.186 \text{ kNm}$

- Trong TTGH sử dụng : $Ma = -7.260 \text{ kNm}$

*Tại các mặt cắt còn lại, để tạo ra ứng lực tĩnh tải lớn nhất, trên phần Đah dương ta xếp tĩnh tải với hệ số >1 , và phần âm là <1 . (cụ thể xem ở bảng trên).

Kết quả ta được bảng sau:

Mặt cắt	Phần Đah	TTGH cường độ 1		TTGH sử dụng	
		Bản mc	Lớp phủ	Bản mc	Lớp phủ
B	+	3.031	1.395	2.425	0.930
	-	-1.359	-0.249	-1.510	-0.383
C	+	1.286	0.367	1.029	0.245
	-	-0.464	-0.515	-2.056	-0.792
D	+	2.963	1.292	2.370	0.861
	-	-0.753	-0.257	-0.837	-0.396
E	+	0.743	0.347	0.594	0.231
	-	-2.004	-0.509	-2.226	-0.783

3. Xác định nội lực do hoạt tải

* Tải trọng thiết kế dùng cho bản mặt cầu và qui tắc xếp tải:

Do nhịp của bản $S=2100<4600$ mm phải được thiết kế theo các bánh xe của trục 145kN.

Với dầm mút thừa thì xe tải thiết kế hoặc xe hai bánh thiết kế phải bố trí trên chiều ngang sao cho tim của bất kì tải trọng bánh xe nào cũng không gần hơn 300 mm tính từ mép lan can.

Khi xếp xe lên đường ảnh hưởng sao cho gây ra hiệu ứng lực cực hạn cả âm và dương.

* Bề rộng dải tương đương :

- Momen dương: $SW=660+0.55S=660+0.55 \times 2100=1815$ mm.

- Momen âm : $SW=1220+0.25 \times S=1220+0.25 \times 2100=1745$ mm.

- Phần hằng : $SW=1140+0.833X=1140+0.833 \times 300=1390$ mm.

* Nội lực do xe tải HL-93:

Công thức xác định momen trong TTGH cường độ 1 cho 1m dài bản mặt cầu:

$$M^+ = \eta \frac{\gamma.P.(1+IM).\sum y_i}{SW^+} = 0.95 \frac{1,75.72,5.1,25.\sum y_i}{SW^+}$$

$$M^- = \eta \frac{\gamma.P.(1+IM).\sum y_i}{SW^-} = 0.95 \frac{1,75.72,5.1,25.\sum y_i}{SW^-}$$

$$M^{hang} = \eta \frac{\gamma.P.(1+IM).x}{2.SW^{hang}} = 0.95 \frac{1,75.72,5.1,25.x}{2.SW^{hang}}$$

Công thức xác định momen trong TTGH sử dụng cho 1m dài bản mặt cầu:

Hoàn toàn tương tự như các công thức của TTGH cường độ 1 nhưng trong đó lấy

$\gamma=1$

Chú ý : Trong các công thức trên:

- x: là khoảng cách từ mặt cắt a đến một mặt cắt thuộc phần hằng.

- y_i : là tung độ đường ảnh hưởng tại các vị trí bất lợi khi di chuyển hai trục bánh xe.

Sau khi tính toán trên Midas ta được kết quả như sau:

Mặt cắt	Trạng thái giới hạn cường độ 1				
	A	b	c	d	e
Giá trị (kNm)	-15.609	29.087	-26.524	24.624	-23.871
Giá trị(kNm)	Trạng thái giới hạn sử dụng				
	-8.919706	16.621074	-15.15645	14.070992	-13.6408

4. Tổ hợp nội lực do các tải trọng

Bảng nội lực:

TTGH	Mặt cắt				
	A	b	c	d	e
Cường độ 1	-24.795	33.512	-27.502	28.879	-26.384
Sử dụng	-16.179	19.975	-18.005	17.302	-16.650

Vậy nội lực để thiết kế bản mặt cầu:

Momen	Dương	Âm	Hằng
Cường độ 1	33.512	-27.502	-24.795
Sử dụng	19.975	-18.005	-16.179

5. Vật liệu thiết kế cho bản mặt cầu.

* Bê tông bản mặt cầu:

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 29910.2 \text{ Mpa}$$

* Cốt thép:

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

6. Tính toán cốt thép chịu lực.

* Lớp bảo vệ :

Theo bảng 5.12.3-1 của tiêu chuẩn 22TCN 272-05:

+ Mép trên bản : 60mm vì bản chịu mài mòn do vầu lớp xe.

+ Mép dưới bản: 35mm.

* Sức kháng uốn của bản:

$$+ M_r = \phi M_n$$

$$+ \text{Trong đó : } M_n = A_s f_y \left(d_s - \frac{a}{2} \right) \text{ (lấy momen đối với trọng tâm của khối u/s}$$

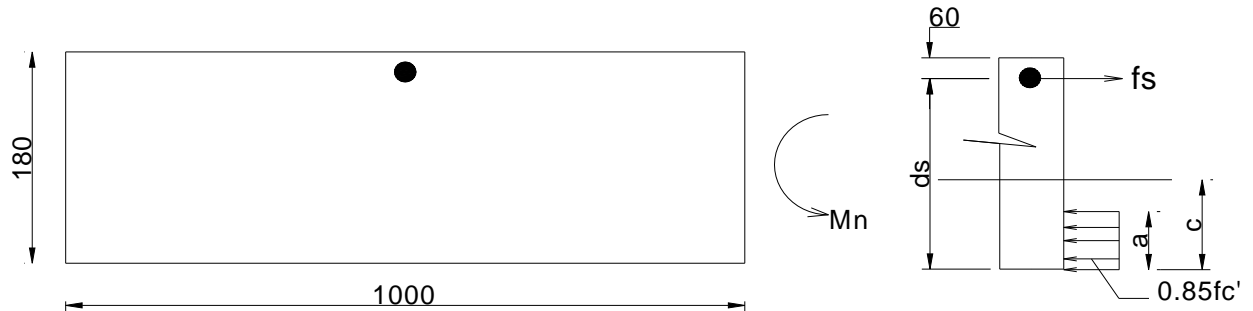
tương đương)

a/Bố trí cốt thép chịu momen âm của bản mặt cầu (xét cho 1m bản mặt cầu) và kiểm toán theo TTGH cường độ 1.

+ Không xét tới cốt thép chịu nén (sẽ bố trí cho momen dương của bản mặt cầu)

+ Momen tính toán cho momen âm của bản mặt cầu $M_u = 27.502 \text{ kNm}$.

Xét tại một mặt cắt ta có:



Ta có:

+ Chiều cao khối ứng suất tương đương : $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$

+ Kết hợp với biểu thức xác định M_n ta được phương trình xác định A_s như sau:

$$A_s^2 \cdot \frac{f_s^2}{2 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b} - A_s \cdot f_s \cdot d_s + M_n = 0$$

+ Giả sử khai thác hết khả năng chịu lực của tiết diện, suy ra :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = 30,558 \text{ kNm}$$

+ Hệ số quy đổi $\beta = 0,85 - 0,05 \cdot \frac{35 - 28}{7} = 0,8$

+ Giả sử chọn thanh 13 có $d=12,7\text{mm}$ và diện tích mặt cắt $s=129\text{mm}^2$

Khi đó: $A_s=785(\text{mm}^2)$. Vậy chọn 7 thanh 13 có $A_s=903(\text{mm}^2)$.

+ Kiểm tra lượng cốt thép tối đa:

Điều kiện kiểm tra : $\frac{c}{d_s} < 0,42$.

$$\text{Ta có : } c = \frac{A_s \cdot f_s}{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot b} = 11,382(\text{mm})$$

Suy ra $\frac{c}{d_s} = 0,085 < 0,42$ Thỏa mãn.

+ Kiểm tra lượng cốt thép tối thiểu:

Điều kiện kiểm tra: $\rho_{\min} \geq 0,03 \frac{f'_c}{f_y}$.

Trong đó: $\rho_{\min} = \frac{A_s}{A_g} = \frac{903}{180 \times 1000} = 0,005$

$$0,03 \frac{f'_c}{f_y} = 0,03 \frac{32}{420} = 0,0025$$

Vậy lượng cốt thép tối thiểu thỏa mãn.

+ Cự li tối đa giữa các thanh cốt thép:

Cự li này không được vượt quá 1,5 chiều dài cầu kiện hoặc 450 mm

$S_{\max} < 1,5 \times 180 = 270(\text{mm})$.

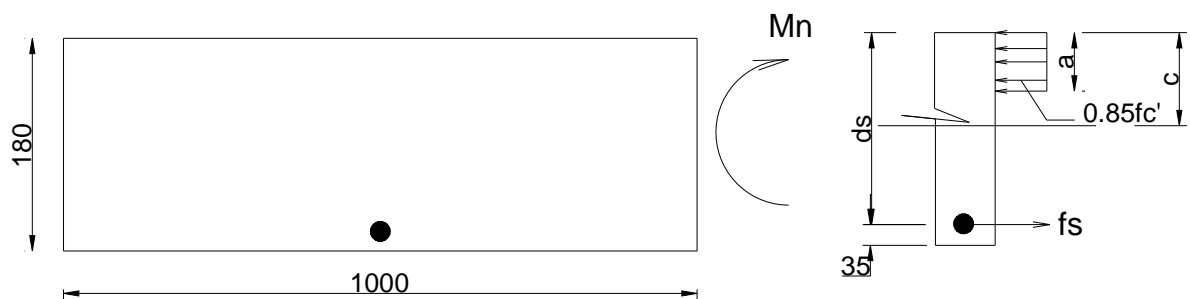
b/Bố trí cốt thép chịu momen dương của bản mặt cầu(xét cho 1m) và kiểm duyệt theo TTGH cường độ I.

+ Không xét đến cốt thép chịu nén (bố trí cho momen âm của bản mặt cầu).

+ Momen tính toán cho momen dương của bản mặt cầu: $M_u = 33,512 \text{ kNm}$.

+ Giả sử khai thác hết khả năng chịu lực của tiết diện:

Khi đó momen kháng danh định $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{32,512}{0,9} = 37,236(\text{kNm})$.



+ Giả sử chọn thanh 16 có đường kính $d=15,9(\text{mm})$ và diện tích mặt cắt là $s=199(\text{mm}^2)$.

Khi đó thay các số liệu vào phương trình xác định A_s ở trên ta được $A_s=938(\text{mm}^2)$.

Vậy chọn 5 thanh 16 có diện tích $A_s=995(\text{mm}^2)$.

+ Kiểm tra lượng cốt thép tối đa:

Điều kiện kiểm tra: $\frac{c}{d_s} \leq 0,42$

Ta có : $c = \frac{A_s \cdot f_s}{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta \cdot b} = 12,54(\text{mm})$

Do đó : $c/d_s=0,09 < 0,42$ vậy điều kiện được thỏa mãn.

+ Kiểm tra lượng cốt thép tối thiểu:

Điều kiện kiểm tra : $\rho_{\min} \geq 0,03 \frac{f'_c}{f_y}$

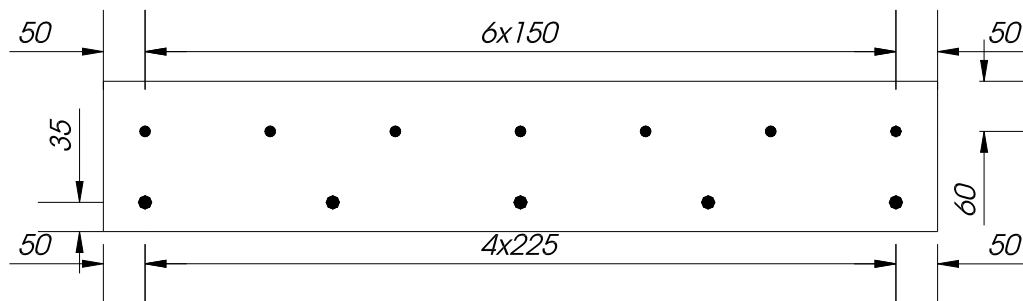
Trong đó : $\rho_{\min} = \frac{A_s}{A_g} = \frac{995}{180 \times 1000} = 0,0055$

$$0,03 \frac{f'_c}{f_y} = 0,03 \frac{32}{420} = 0,0025$$

Vậy điều kiện này đã được thỏa mãn.

+ Cự li tối đa giữa các thanh thép không quá 270(mm).

Ta có : Sơ đồ bố trí cốt thép bản cánh.



7. Kiểm tra bản mặt cầu theo trạng thái giới hạn sử dụng(kiểm soát nứt).

Điều kiện kiểm tra : $f_s \leq f_{sa} = \min \left\{ \frac{Z}{(d_c - A)^{\frac{1}{3}}}; 0,6f_y \right\}$

Trong đó Z-là thông số bề rộng vết nứt. Lấy $Z=23000\text{N/mm}$ đối với các cầu kiện trong môi trường khắc nghiệt và khi thiết kế theo phương ngang.

a/Kiểm tra nứt đối với momen dương.

+ Momen dương lớn nhất ở TTGH sử dụng $M_a=19,975\text{kNm}$.

+ Tính f_s :

- Xác định vị trí TTH:

Lấy momen tĩnh với trục qua cạnh dưới của mặt cắt:

Ta có: $S_z=[b.h+(n-1)As'+(n-1)As].(h-x)=b.h.h/2+(n-1)As'(h-ds')+(n-1)As(h-ds)$

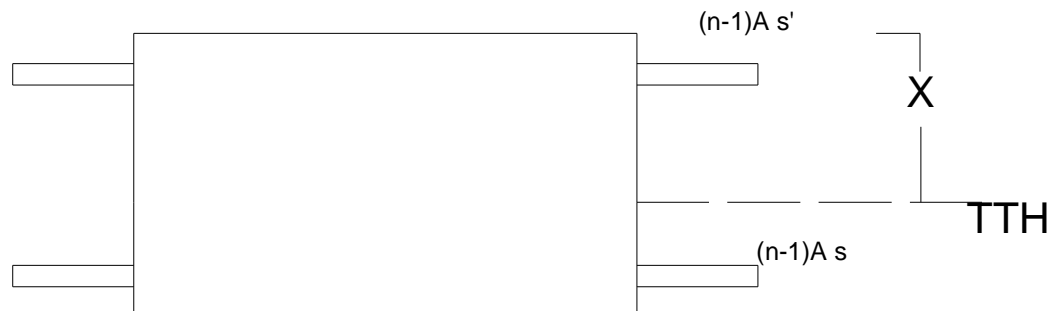
Thay số : $x=90,76(\text{mm})$.

- Tính mmqt của tiết diện đối với TTH: $I_g=501287984(\text{mm}^4)$.

- ứng suất trong bê tông ở mép bản dưới : $f_{ct}=M_a.(h-x)/I_g=3.56\text{Mpa}$.

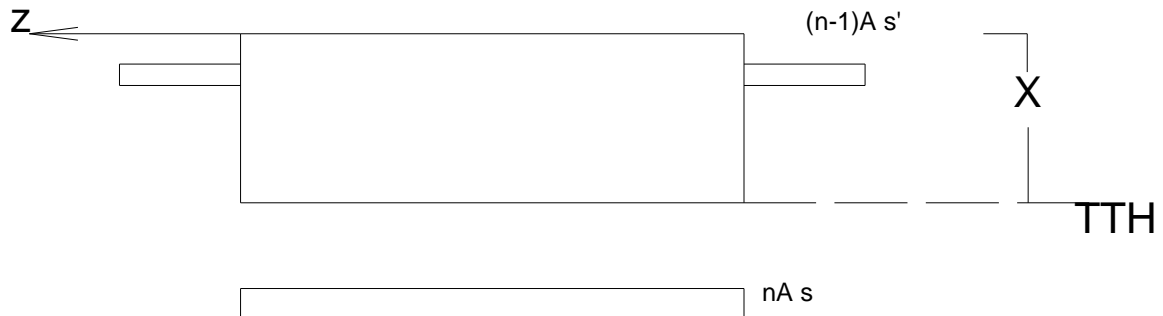
- Mặt khác $0.8f_r=0,8.0,63.\sqrt{32}=2,98\text{Mpa}$.

Vậy mép dưới của bản mặt cầu bị nứt.



Kiểm tra bề rộng vết nứt:

- Xác định lại TTH sau khi tiết diện bị nứt:



Từ hình vẽ ta có:

$$x = \frac{b \cdot x^2 / 2 + (n-1)A_s' \cdot d_s' + nA_s \cdot d_s}{b \cdot x + (n-1)A_s' + n \cdot A_s}$$

Thay số: $x=39,6(\text{mm})$.

- MMQT của tiết diện bị nứt: $I_{cr} = \frac{b \cdot x^3}{3} + (n-1)A_s'(x-d_s')^2 + nA_s(ds-x)^2$

Thay số : $I_{cr}=84116271,95(\text{mm}^4)$.

- ứng suất trong cốt thép ở mép bản dưới: $f_s = n \frac{Ma(d_s - x)}{I_{cr}} = 154,7 \text{ Mpa}$

- $d_c=42,95(\text{mm})$.

- $A = \frac{2 \cdot d_c \cdot 1000}{5} = 17180$

- Vậy : $\frac{Z}{(d_c - A)^{\frac{1}{3}}} = 236,28 \text{ Mpa}$.

- $0.6f_y = 180 \text{ Mpa}$.

Vậy $f_{sa}=180 \text{ Mpa}$.

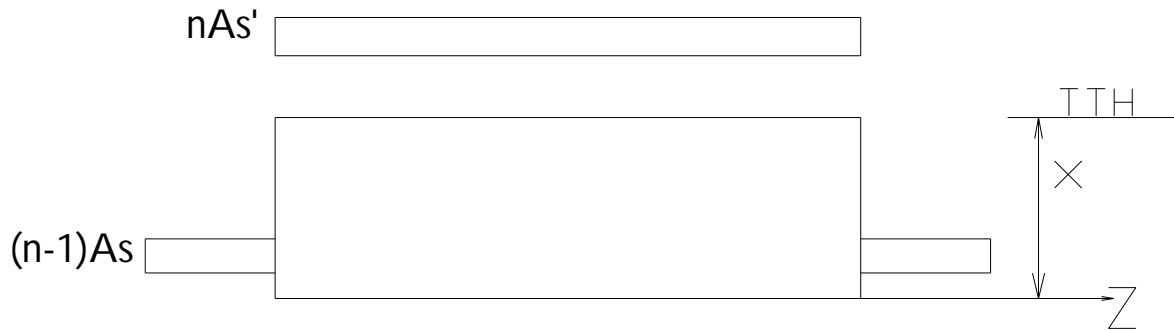
Ta thấy $f_s < f_{sa}$ nên điều kiện về vết nứt đã thỏa mãn.

b/Kiểm tra nứt đối với momen âm.

Tính toán hoàn toàn tương tự như trên, ta có:

- Momen âm lớn nhất ở TTGH sử dụng $Ma=-18,005 \text{ kNm}$.

- ứng suất trong bê tông ở mép bản trên $f_{cc}=3,27 \text{ Mpa} > 0,8 f_{ct}$ nên tiết diện đã bị nứt.



Ta có:

$$x = \frac{b.x^2 / 2 + (n-1)A_s.(h-d_s) + nA'_s.(h-d'_s)}{b.x + (n-1)A_s + n.A'_s}$$

Thay số: TTH của tiết diện sau khi bị nứt cách mép dưới một đoạn $x=33 \text{ mm}$, do đó momen quán tính của tiết diện sau khi bị nứt $I_{cr}=79992233,05 \text{ mm}^4$.

Vậy ứng suất trong cốt thép ở mép bản trên $f_s = n \frac{Ma(d_s - x)}{I_{cr}} = 152 \text{ Mpa}$.

Khoảng cách từ trọng tâm cốt thép đến mép bản trên $d_c = 60 + 12.7/2 = 66,35 (\text{mm}) > 50 \text{ mm}$ nên lấy $d_c = 50 \text{ mm}$

$$A = \frac{2.d_c.1000}{7} = 18957$$

$$\text{Suy ra: } \frac{Z}{(d_c - A)^{\frac{1}{3}}} = 234 \text{ Mpa}$$

Từ đó tính được $f_{sa} = \min \{234; 180\} = 180 (\text{Mpa})$.

Ta thấy $f_s = 152 < f_{sa} = 180 (\text{Mpa})$.

Vậy điều kiện vết nứt đã thỏa mãn.