
MỤC LỤC

PHẦN I: NHIỆM VỤ THIẾT KẾ.....	2
PHẦN II: THUYẾT MINH TÍNH TOÁN.....	3
1. Sơ bộ tính toán, chọn kích thước mặt cắt ngang dầm.....	3
1.1. Chiều cao dầm h	3
1.2. Bề rộng sườn dầm b_w	3
1.3. Chiều dày bản cánh h_f	3
1.4. Chiều rộng bản cánh b_f	3
1.5. Kích thước bầu dầm b_1, h_1	3
1.6. Kích thước vút $b_{v1}, h_{h1}, b_{v2}, h_{h2}$	4
1.7. Trọng lượng bản thân dầm.....	4
1.8. Xác định mặt cắt ngang tính toán.....	4
2. Tính và vẽ biểu đồ bao nội lực.....	6
2.1. Công thức tổng quát.....	6
2.2. Tính mômen M	6
2.3. Tính lực cắt V	8
3. Tính và bố trí cốt thép dọc chủ tại mặt cắt giữa dầm.....	10
4. Xác định vị trí cắt cốt thép, vẽ biểu đồ bao vật liệu.....	13
4.1. Lý do và nguyên tắc cắt cốt thép.....	13
4.2. Lập các phương án cắt cốt thép.....	13
4.3. Xác định vị trí cắt cốt thép dọc chủ, vẽ biểu đồ bao vật liệu.....	13
5. Tính toán và bố trí cốt thép đai.....	17
5.1. Xác định mặt cắt tính toán.....	17
5.2. Tính toán bố trí cốt thép đai.....	17
6. Tính toán kiểm soát nứt.....	20
6.1. Kiểm tra xem mặt cắt có bị nứt hay không.....	20
6.2. Kiểm tra điều kiện hạn chế bề rộng vết nứt.....	20
7. Tính toán kiểm soát độ võng do hoạt tải.....	22
PHẦN III: BẢN VẼ.....	23

PHẦN I

NHIỆM VỤ THIẾT KẾ MÔN HỌC

I. ĐỀ BÀI: Thiết kế một dầm tiết diện chữ T (dầm giữa) cho cầu trên đường ô tô nhịp giản đơn, bằng BTCT, thi công bằng phương pháp đúc riêng từng dầm tại công trường, sau đó lao và nối các cánh dầm lại bằng đổ bê tông mối nối ướt.

II. CÁC SỐ LIỆU GIẢ ĐỊNH

Chiều dài nhịp tính toán	: $L = 12$ (m)
Hoạt tải	: HL- 93
Hệ số cấp đường	: $k = 0,65$
Khoảng cách tim hai dầm liền kề	: $S = 1,7$ (m)
Bề rộng chế tạo cánh	: $b_f = 1,4$ (m)
Tính tải rải đều của các lớp trên mặt cầu	: $w_{DW} = 5$ kN/m
Tính tải bản thân dầm	: $w_{DC} =$ kN/m
Hệ số phân bố ngang tính cho mô men	: $mg_M = 0,59$
Hệ số phân bố ngang tính cho lực cắt	: $mg_V = 0,68$
Hệ số phân bố ngang tính cho độ võng	: $mg = 0,50$
Độ võng cho phép của hoạt tải	: $1/800$
Vật liệu:	
Cốt thép dọc, cốt thép đai ASTM 615M	: $f_y = 420$ MPa : $f_c' = 28$ MPa

Bê tông

Tiêu chuẩn thiết kế : 22TCN272 - 05

III. YÊU CẦU NỘI DUNG

A - Thuyết minh tính toán

- 1- Chọn mặt cắt ngang.
- 2- Tính và vẽ biểu đồ bao mômen, lực cắt và tải trọng gây ra.
- 3- Tính và bố trí cốt thép dọc chủ tại mặt cắt ngang.
- 4- Xác định vị trí cốt thép chủ và vẽ biểu đồ bao vật liệu.
- 5- Tính toán và bố trí cốt thép đai.
- 6- Tính toán và kiểm soát nứt.
- 7- Tính toán độ võng do hoạt tải gây ra.

B - Bản vẽ

Thể hiện bản vẽ trên khổ giấy A1. Vẽ mặt cắt chính dầm, các mặt cắt ngang (Tỷ lệ :1/10; 1/20; 1/25).

PHẦN II THUYẾT MINH TÍNH TOÁN

1. SƠ BỘ TÍNH TOÁN, CHỌN KÍCH THƯỚC MẶT CẮT NGANG DẦM

1.1. Chiều cao dầm h

- Chiều cao của dầm chủ có ảnh hưởng rất lớn đến giá thành công trình, do đó phải cân nhắc kỹ khi lựa chọn giá trị này. Ở đây, chiều cao dầm được chọn không thay đổi trên suốt chiều dài nhịp. Đối với cầu đường ô tô, nhịp giản đơn, ta có thể chọn sơ bộ theo kinh nghiệm sau:

$$h = \frac{1}{20} \frac{1}{8} \cdot L = \frac{1}{20} \frac{1}{8} \cdot 12 = (0,6 \quad 12,5)m$$

$$h_{\min} = 0,07 \cdot 12 = 0,84m$$

Vậy ta chọn $h = 1000mm$.

1.2. Bề rộng của sườn dầm b_w

- Tại mặt cắt gối trên của dầm, chiều rộng của sườn dầm được định ra theo tính toán và ứng suất kéo chủ, tuy nhiên ở đây ta chọn bề rộng sườn không đổi trên suốt chiều dài dầm. Chiều rộng b_w được 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 $b_w = 200 \text{ mm}$.

1.3. Chiều dày bản cánh h_f

- Chiều dày bản cánh chọn phụ thuộc vào điều kiện chịu lực cục bộ của vị trí xe và tham gia chịu lực tổng thể với các bộ phận khác.

- Tiêu chuẩn quy định $h_f \geq 175mm$, ta chọn $h_f = 180 \text{ mm}$.

1.4. Chiều rộng bản cánh b_f

- Chiều rộng bản cánh là phần bản cánh được chia đều cho các dầm chủ. Theo đề bài cho, ta có: $b_f = 1,4m = 1400mm$.

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 (quyết định số lượng thanh, khoảng cách giữa các thanh, bề dày lớp bê tông bảo vệ). Tuy vậy ở đây ta chưa biết số lượng cốt thép dọc chủ là bao nhiêu, nên ta chọn theo kinh nghiệm:

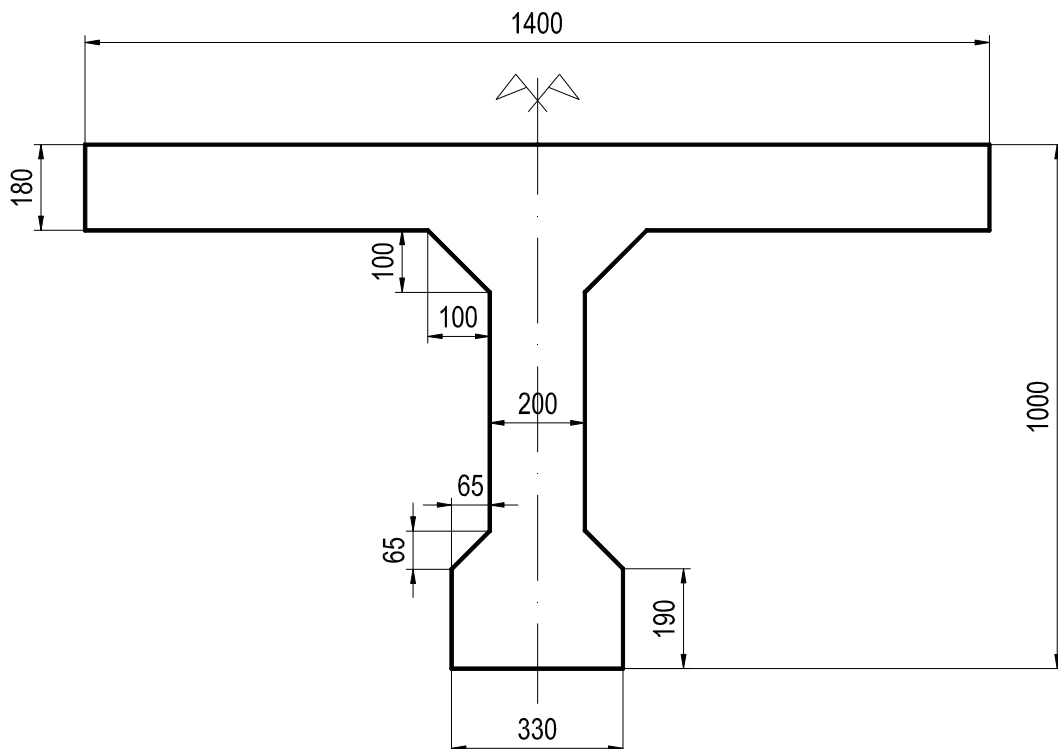
$$b_1 = 330\text{mm}, h_1 = 190\text{mm}$$

1.6. Kích thước các vút $b_{v1}, h_{v1}, b_{v2}, h_{v2}$

- Theo kinh nghiệm ta chọn: $b_{v1} = h_{v1} = 65 \text{ mm}$

$$b_{v2} = h_{v2} = 100 \text{ mm}$$

Vậy mặt cắt ngang của dầm đã chọn như sau:



HÌNH 1: MẶT CẮT NGANG DẦM

1.7. Tính trọng lượng bản thân của dầm

Diện tích mặt cắt ngang dầm:

$$\begin{aligned} A &= 1400 \cdot 180 + 330 \cdot 190 + 100 \cdot 100 + 65 \cdot 65 + (1000 - 190 - 180) \cdot 200 \\ &= 454925 \text{mm}^2 = 0,454925 \text{m}^2. \end{aligned}$$

Trọng lượng bản thân 1m chiều dài dầm:

$$w_{DC} = A \cdot \gamma_c = 0,454925 \cdot 11.15 \text{ kN/m}$$

Trong đó: $\gamma_c = 24,5 \text{ kN/m}^3$: Trọng lượng riêng của bê tông.

1.8. Xác định mặt cắt ngang tính toán

1.8.1. Xác định bề rộng cánh hữu hiệu b_e

- Bề rộng cánh tính toán đối với dầm trong không lấy quá trị số nhỏ nhất trong ba giá trị sau:

$$+ \frac{L}{4} = \frac{12}{4} = 3\text{m.}$$

+ Khoảng cách giữa hai tim dầm $S = 1.7\text{m.}$

+ 12 lần bề dày cánh và bề rộng sườn $= 12 \cdot 0,18 + 0,2 = 2,36\text{m.}$

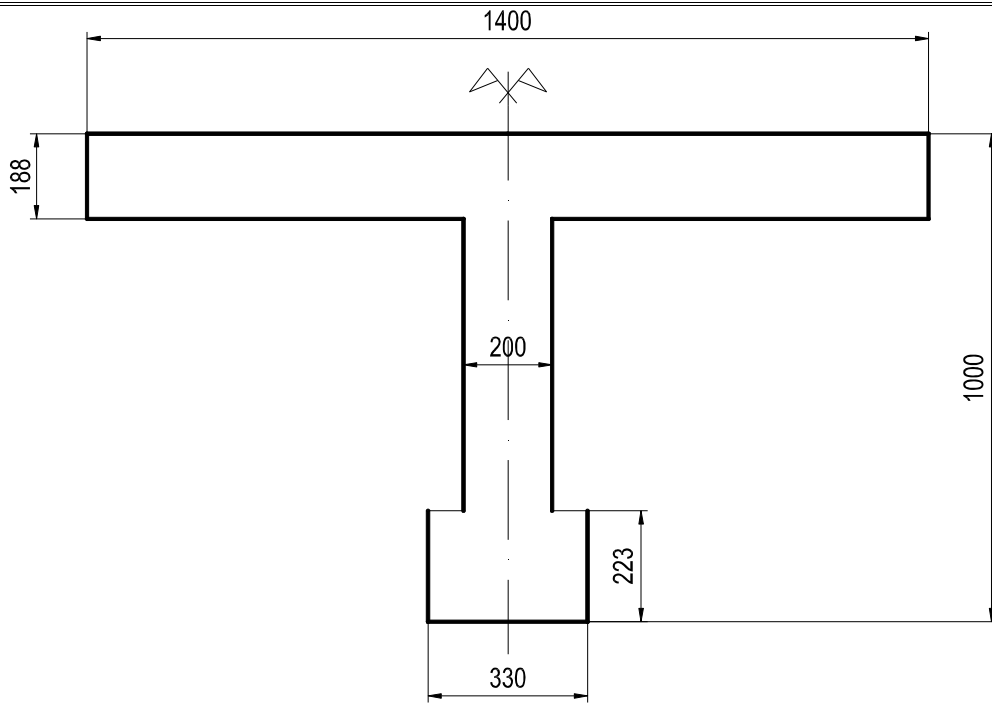
Vậy bề rộng cánh hữu hiệu $b_e = 1.4\text{m}$

1.8.2. Quy đổi mặt cắt tính toán

- Để đơn giản cho tính toán thiết kế ta quy đổi tiết diện dầm về tiết diện có kích thước đơn giản theo nguyên tắc sau: Giữ nguyên chiều cao h , chiều rộng b_e , b_1 , chiều dày b_w . Do đó ta có chiều dày bầu dầm và chiều dày bản cánh quy đổi như sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} h_1 \quad h_1 \quad \frac{b_{v1} \cdot h_{v1}}{b_1 \cdot b_w} = 190 \cdot \frac{65.65}{330 \cdot 200} = 223\text{mm} \\ h_f \quad h_f \quad \frac{b_{v2} \cdot h_{v2}}{b_e \cdot b_w} = 180 + \frac{100.100}{1400 - 200} = 188\text{mm} \end{array} \right.$$

Vậy mặt cắt dầm sau khi quy đổi là:



HÌNH 2: MẶT CẮT QUY ĐỔI

2. TÍNH VÀ VẼ BIỂU ĐỒ BAO NỘI LỰC

2.1. Công thức tổng quát

Mômen và lực cắt tại tiết diện i bất kì được tính theo công thức sau:

+ Đối với TTGHCCI:

$$M_i = W_{DC} + 1,5.W_{DW} + mg_M[1,75.LL_L + 1,75.k.LL_{M_i}(1+IM)] \quad M_i$$

$$V_i = W_{DC} + 1,5.W_{DW} \cdot v_i + mg_V[1,75.LL_L + 1,75.k.LL_{V_i}(1+IM)] \quad V_i$$

+ Đối với TTGHSD:

$$M_i = W_{DC} + 1,0.W_{DW} + mg_M[1,0.LL_L + 1,0.k.LL_{M_i}(1+IM)] \quad M_i$$

$$V_i = W_{DC} + 1,0.W_{DW} \cdot v_i + mg_V[1,0.LL_L + 1,0.k.LL_{V_i}(1+IM)] \quad V_i$$

Trong đó:

LL_L : Tải trọng làn rải đều (9,3 kN/m).

LL_{M_i} : Hoạt tải tương đương ứng với đ.ả.h M tại mặt cắt i .

LL_{V_i} : Hoạt tải tương đương ứng với đ.ả.h V tại mặt cắt i .

mg_M : Hệ số phân bố ngang tính cho mômen (đã tính cả hệ số làn xe m).

mg_V : Hệ số phân bố ngang tính cho lực cắt (đã tính cả hệ số làn xe m).

W_{DW} : Trạng lỏng c,c lép mÆt cÇu vµ c,c tiÕn Ých c«ng céng trªn mét ®-n vP chiÒu dµi (tÝnh cho mét dÇm). kN/m

W_{DC} : Trạng lỏng dÇm trªn mét ®-n vP chiÒu dµi. kN/m

(1+IM) : HÖ sè xung kých (IM = 25%)

M_i : DiÖn tÝch ®êng ¶nh häng M_i m²

V_i : Tæng ®i sè diÖn tÝch ®.a.h V_i m²

$1V_i$: DiÖn tÝch ®.a.h V_i (phÇn diÖn tÝch lín) m²

k : HÖ sè cÊp ®êng

: HÖ sè ®iÒu chØnh t¶i träng

$$d \quad R \quad l \geq 0,95$$

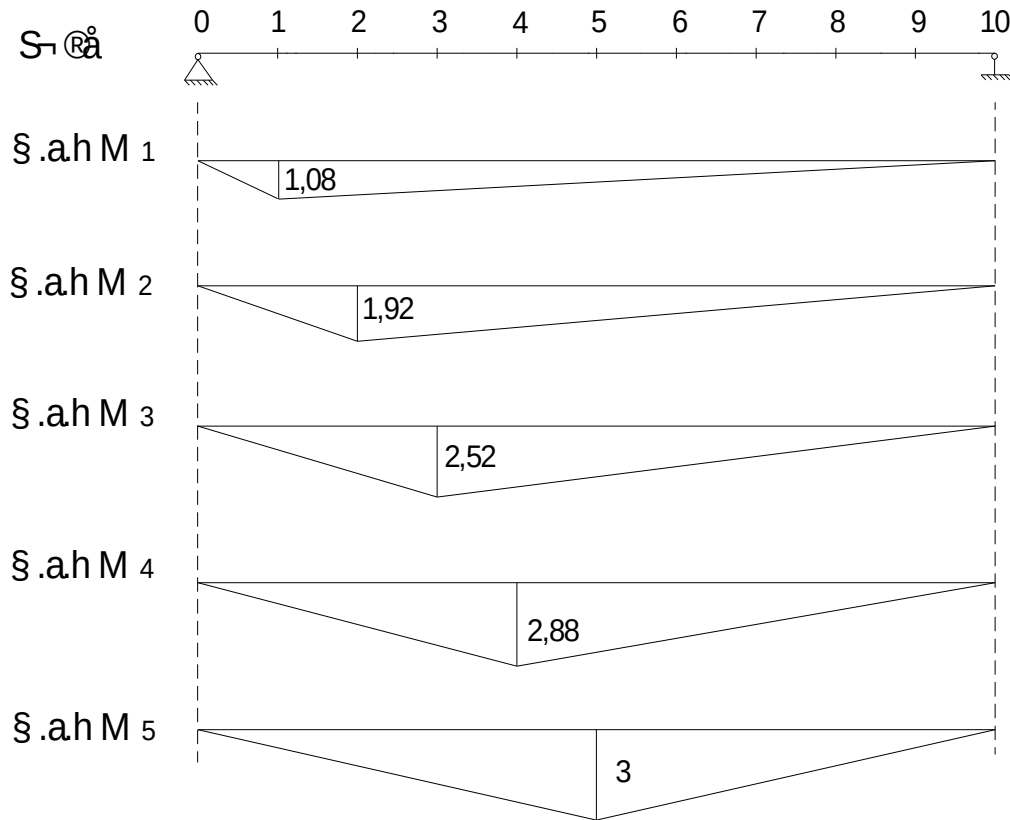
Với đường quốc lộ và trạng thái giới hạn cường độ I: $d = 0,95$; $R = 1,05$; $d = 0,95$

Với trạng thái giới hạn sử dụng:

2.2. Tính mô men M

Chia dầm thành 10 đoạn bằng nhau, nên mỗi đoạn có chiều dài = 1,2m

Đánh số thứ tự các mặt cắt và vẽ đường ảnh hưởng M_i tại các mặt cắt như sau:

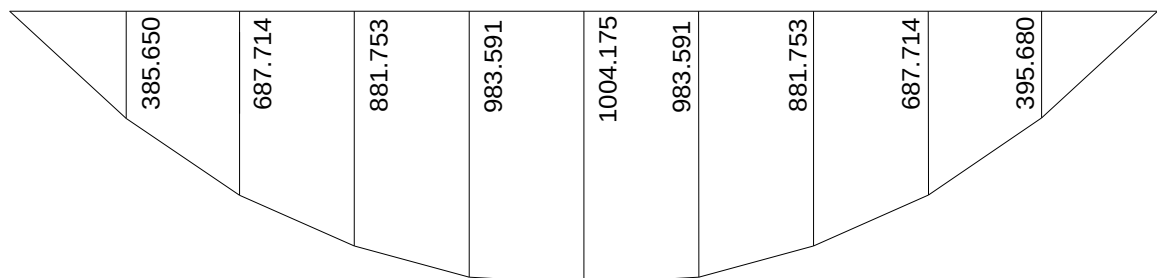


HÌNH 3: ĐẠH MÔMEN TẠI CÁC MẶT CẮT

Bảng giá trị M_i :

Mặt cắt	x_i (m)		M_i (m^2)	$LL_{M_i}^{truck}$ (kN/m)	$LL_{M_i}^{tandem}$ (kN/m)	M_i^{CD} (kN.m)	M_i^{SD} (kN.m)
1	1,20	0,10	6,480	39,618	34,586	395,680	263,275
2	2,40	0,20	11,520	37,906	34,342	687,714	458,590
3	3,60	0,30	15,120	36,174	33,976	881,753	589,346
4	4,80	0,40	17,280	34,422	33,488	983,591	659,025
5	6,00	0,50	18,000	32,670	33,000	1004,175	674,215

Biểu đồ bao mô men ở TTGHCD:

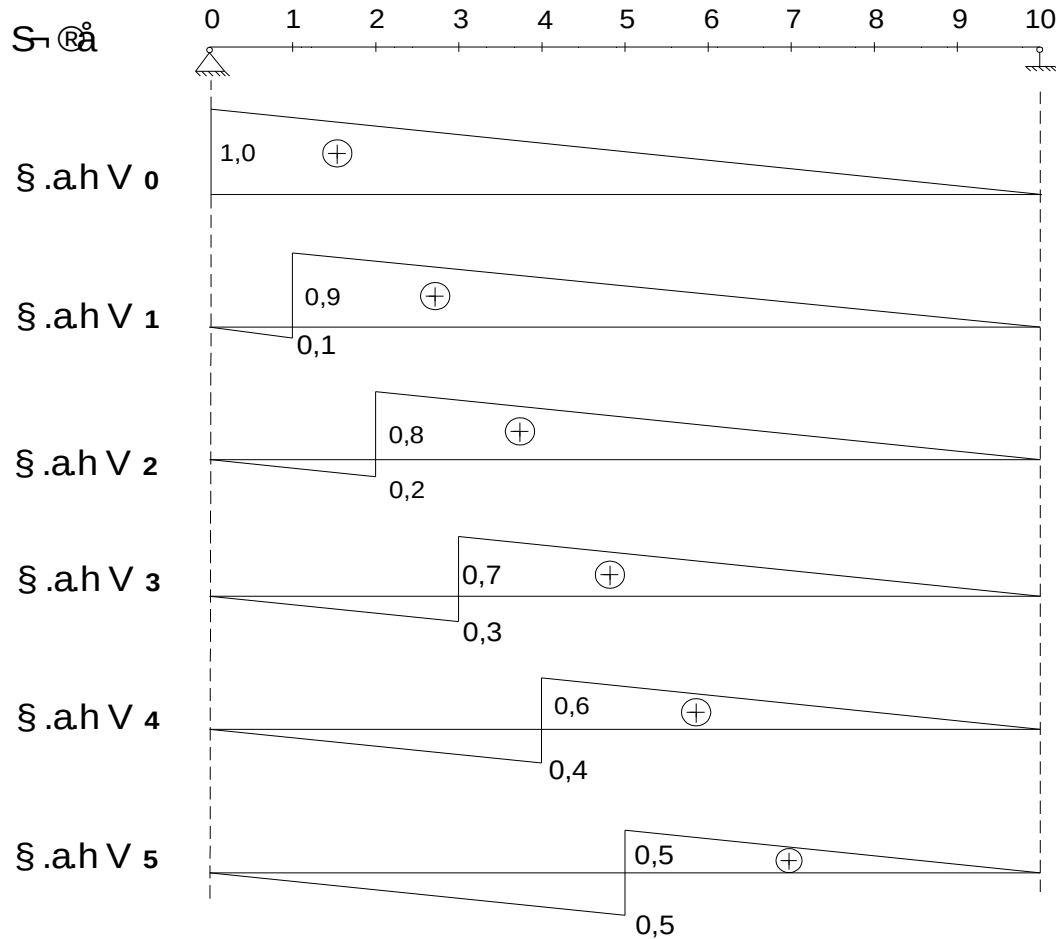


HÌNH 4: BIỂU ĐỒ BAO M (kN.M)

2.3. Tính lực cắt V

Chia dầm thành 10 đoạn bằng nhau, nên mỗi đoạn có chiều dài = 1,2m.

Đánh số thứ tự các mặt cắt và vẽ đường ảnh hưởng V_i tại các mặt cắt như sau:



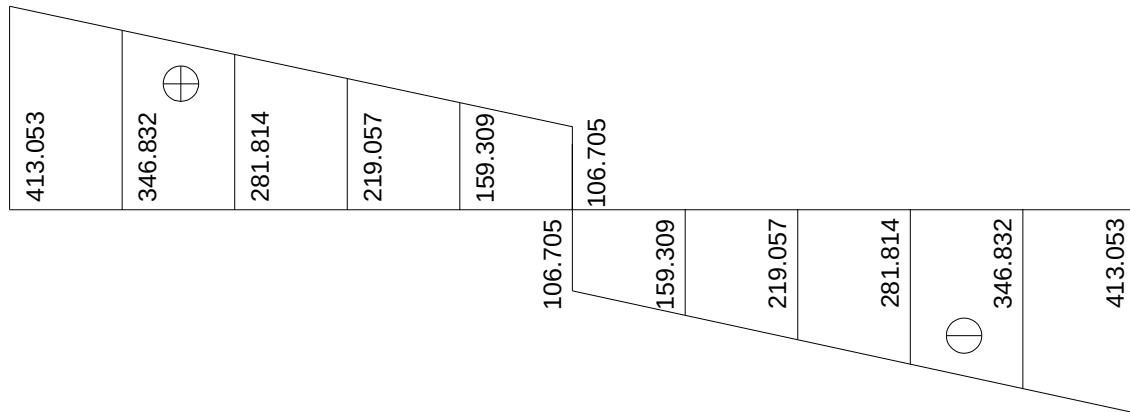
HÌNH 5: ĐẠH LỰC CẮT TẠI CÁC MẶT CẮT

Bảng giá trị V_i :

Mặt cắt	x_i (m)	l_i (m)	v_i (m ²)	lv_i (m ²)	$LL_{v_i}^{truck}$ (kN/m)	$LL_{v_i}^{tandem}$ (kN/m)	V_i^{CD} (kN)	V_i^{SD} (kN)
0	0,00	12,00	6,000	6,000	41,330	34,830	413,053	271,853
1	1,20	10,80	4,860	4,800	44,350	38,528	346,832	227,341
2	2,40	9,60	3,840	3,600	47,666	43,068	281,814	183,552
3	3,60	8,40	2,940	2,400	51,572	48,780	219,057	141,124

4	4,80	7,20	2,160	1,200	56,532	56,152	159,309	100,505
5	6,00	6,00	1,500	0,000	62,030	66,000	106,705	64,184

Biểu đồ bao lực cắt ở TTGHCD:



HÌNH 6: BIỂU ĐỒ BAO V (kN)

3. TÍNH VÀ BỐ TRÍ CỐT THÉP DỌC CHỦ TẠI MẶT CẮT GIỮA DẦM

Đây là bài toán tính A_s và bố trí của dầm tiết diện chữ T đặt cốt thép đơn.

Biết: $h = 1000\text{mm}$, $b = 1400\text{mm}$, $b_w = 200\text{mm}$, $h_f = 188\text{mm}$, $f_y = 420\text{ MPa}$

$f'_c = 28\text{ MPa}$ và $M_u = M_{u\max} = 1004,175\text{kN.m}$

- Giả sử chiều cao có hiệu của d_s : Chiều cao có hiệu phụ thuộc vào lượng cốt thép dọc chủ và cách bố trí.

Ta lấy sơ bộ: $d_s = 0,8 \quad 0,9 \quad h = 0,8 \quad 0,9 \cdot 1000 = 800 \quad 900\text{ mm}$.

Chọn $d_s = 900\text{mm}$.

- Giả sử trục trung hoà (TTH) đi qua cánh, tính như tiết diện hình chữ nhật có kích thước $b \times h = 1400 \times 1000\text{mm}^2$.

Ta có:

$$M_r = \frac{M_u}{\gamma} = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot d_s \cdot \frac{a}{2}$$

$$\text{Suy ra: } a = d_s \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d_s^2}} \right]$$

Trong đó:

M_r : Mô men kháng danh định (kN.m).

M_u : Mômen do ngoại lực tác dụng (kN.m).

γ : Hệ số kháng ($\gamma = 0,9$).

f'_c : Cường độ chịu nén của bê tông (MPa).

$a_1 c$: Chiều cao khối ứng suất chữ nhật tương đương (mm).

c : Chiều cao vùng nén (mm).

a_1 : Hệ số quy đổi chiều cao vùng nén, được xác định:

$$= 0,85 \text{ khi } 28\text{MPa} \leq f'_c < 56\text{MPa}$$

$$= 0,85 + 0,05 \cdot \frac{f'_c - 28}{7} \text{ khi } 56\text{MPa} \leq f'_c < 80\text{MPa}$$

$$= 0,65 \text{ khi } f'_c \geq 80\text{MPa}$$

$$\text{Thay số: } a = 900 \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1004,175 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 0,85 \cdot 28 \cdot 1400 \cdot 900^2}} \right] = 38,01\text{mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{38,01}{0,85} = 44,72 \quad h_f = 188\text{mm}$$

Vậy, giả sử TTH đi qua cánh là đúng.

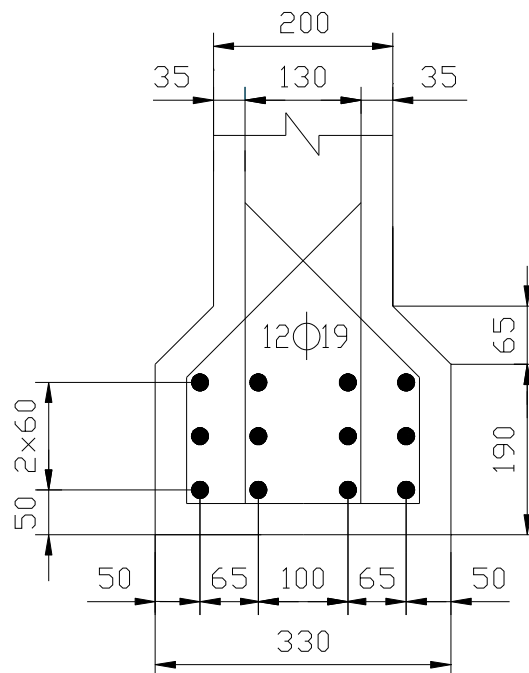
- Diện tích cốt thép chịu kéo: A_s

$$A_s = \frac{0,85.f'_c.b.a}{f_y} = \frac{0,85.28.1400.38.01}{420} = 3015,39\text{mm}^2$$

Sơ bộ một số phương án chọn cốt thép như sau:

Phương án	Đường kính (mm)	Diện tích 1 thanh (mm ²)	Số thanh	A_s (mm ²)
1	16	199	16	3184
2	19	284	12	3408
3	22	387	10	3870

Từ bảng trên, ta chọn phương án 2 và bố trí mặt cắt như sau:



HÌNH 7: SƠ ĐỒ BỐ TRÍ CỐT THÉP

- Kiểm tra lại tiết diện đã chọn:

Mặt cắt sau khi chọn có: $d_s = 1000 - (50 + 60) = 890\text{mm}$

Giả sử TTH qua cánh:

+ Tính toán chiều cao vùng nén quy đổi:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{3408 \cdot 420}{0,85 \cdot 28 \cdot 1400} = 42,9 \text{ mm} < \lambda \cdot h_f = 0,85 \cdot 188 = 159,8 \text{ mm}$$

Vậy điều giả sử là đúng.

+ Mômen kháng tính toán:

$$M_r = \gamma \cdot M_n = 0,9 \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot d_s \cdot \frac{a}{2}$$

$$M_r = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 28 \cdot 1400 \cdot 42,9 \cdot 890 \cdot \frac{42,9}{2}$$

$$= 1118,85 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 1118,85 \text{ kN.m} > M_u = 1004,175 \text{ KNm}$$

=> **Dảm đủ khả năng chịu mômen.**

+ Kiểm tra lượng cốt thép tối đa:

$$\frac{c}{d_s} = \frac{a}{\beta_1 \cdot d_s} = \frac{42,9}{0,85 \cdot 890} = 0,06 < 0,42$$

=> Lượng cốt thép tối đa thỏa mãn.

+ Kiểm tra lượng cốt thép tối thiểu :

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d_s} = \frac{3408}{200 \cdot 890} = 0,02 > \rho_{\min} = 0,03 \cdot \frac{f'_c}{f_y} = 0,03 \cdot \frac{28}{420} = 0,002$$

=> Lượng cốt thép tối thiểu thỏa mãn.

Kết luận: A_s chọn và bố trí như hình vẽ là thỏa mãn.

4. XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ CẮT CỐT THÉP, VẼ BIỂU ĐỒ BAO VẬT LIỆU

4.1. Lý do cắt và nguyên tắc cắt cốt thép

Để tiết kiệm thép, số lượng cốt thép chọn khi tính với mặt cắt có mô men lớn nhất (mặt cắt giữa dầm) sẽ lần lượt bớt đi cho phù hợp hình bao mô men. Công việc này được tiến hành trên cơ sở các nguyên tắc sau đây:

- Các cốt thép được cắt bớt cũng như các cốt thép còn lại trên mặt cắt phải đối xứng qua mặt phẳng uốn của dầm (tức là mặt phẳng đi qua trục đối xứng của tất cả các mặt cắt của dầm).
- Đối với dầm đơn giản ít nhất phải có một phần ba số thanh trong số thanh cốt thép cần thiết ở mặt cắt giữa nhịp được kéo về neo ở giữa dầm.
- Số lượng thanh cốt thép cắt đi cho mỗi lần nên chọn là ít nhất (thường là 1 đến 2 thanh).
- Không được cắt, uốn các cốt thép tại góc của cốt đai.
- Tại một mặt cắt không được cắt 2 thanh cạnh nhau.

4.2. Lập các phương án cắt cốt thép

Từ sơ đồ bố trí cốt dọc chủ tải mặt cắt giữa dầm, ta lập được các phương án cắt cốt thép như sau:

Số lần cắt	Số thanh còn lại (thanh)	A _s còn lại (mm)	c (mm)	Vị trí TTH	d _s (mm)	M _n (kN.m)	M _r (kN.m)
0	12	3408	50,5 4	Qua cánh	890	1243,17	1118,85
1	10	2840	42,1 2	Qua cánh	902	1054,56	949,10
2	8	2272	33,6 9	Qua cánh	905	849,92	764,93

4.3. Xác định vị trí cắt cốt thép dọc chủ, vẽ biểu đồ bao vật liệu

4.3.1. Hiệu chỉnh biểu đồ bao mô men

- Diện tích mặt cắt ngang tính toán:

$$A_g = 1400.188 + (1000-290-188).200 + 330.190 = 454590\text{mm}^2$$

- Khoảng cách ngoài cùng từ TTH tới thớ chịu kéo ngoài cùng của tiết

diện quy đổi:

$$y_{cr} = \frac{188.1400.(1000 - \frac{188}{2}) + 200.590.(\frac{590}{2} + 223) + 330.223. \frac{223}{2}}{454590} = 676,7 \text{ mm}$$

- Mômen quán tính của tiết diện quy đổi với TTH:

$$I_g = \frac{1400.188^3}{12} + 1400.188.(906 - 693,9)^2 + 200.590.(223 + \frac{590}{2} - 676,7)^2 + \frac{200.590^3}{12} + \frac{330.223^3}{12} + 330.223.(693,9 - 111,5)^2 = 44818441783 \text{ mm}^4$$

- Mômen nứt của tiết diện:

$$M_{cr} = f_r \frac{I_g}{y_{ct}} = 0,63 \sqrt{f_c'} \cdot \frac{I_g}{y_{ct}} = 0,63 \cdot \sqrt{28} \cdot \frac{44818441783}{676,7} = 220,55 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$$

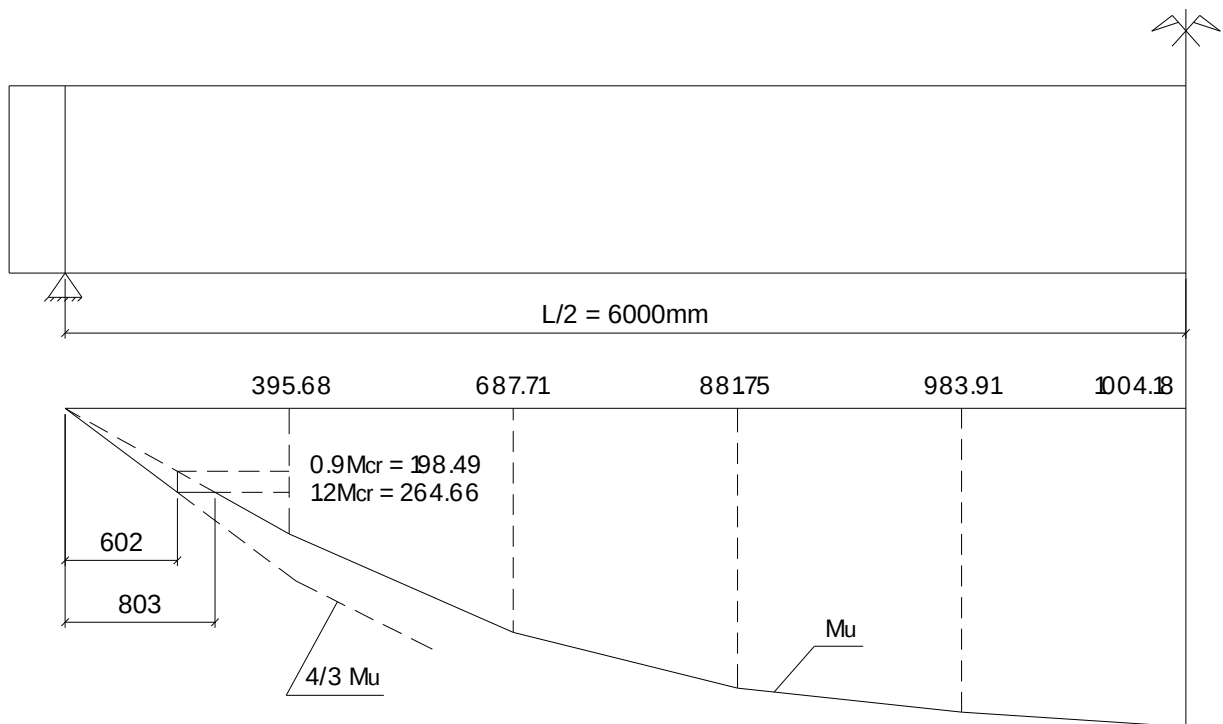
$$= 220,55 \text{ kN.m}$$

Do đó: $1,2M_{cr} = 264,66 \text{ kN.m}$ và $M_{cr} = 198,49 \text{ kN.m}$

- Do điều kiện về lượng cốt thép tối thiểu : $M_r \geq \min 1,2M_{cr}; 1,33M_u$ nên khi $M_u \geq 0,9.M_{cr}$ 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 $4/3 M_u$ khi $M_u \geq 0,9.M_{cr}$.

- Nội suy tung độ biểu đồ bao mô men ban đầu xác định vị trí $M_u \geq 0,9M_{cr}$ và $M_u = 1,2M_{cr}$. Ta có: $x_1 = 803 \text{ mm}$ và $x_2 = 602 \text{ mm}$

- Do vậy biểu đồ mômen sau khi đã hiệu chỉnh như sau:



HÌNH 8: BIỂU ĐỒ BAO MÔMEN ĐÃ HIỆU CHỈNH (KN.M)

4.3.2. *Xác định vị trí cắt cốt thép dọc chủ, vẽ biểu đồ bao vật liệu*

- *Xác định điểm cắt lý thuyết:* Điểm cắt lý thuyết là điểm mà tại đó theo yêu cầu về uốn không cần cốt thép dài hơn. Để xác định điểm cắt lý thuyết ta chỉ cần vẽ biểu đồ mômen tính toán M_u và xác định điểm giao biểu đồ ϕM_n

- Xác định điểm cắt thực tế:

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

- + Chiều cao hữu hiệu của tiết diện: $d = 890\text{mm}$
- + 15 lần đường kính danh định: $15 \times 19 = 285\text{mm}$
- + 1/20 lần nhịp tịnh: $1/20 \times 12000 = 600\text{mm}$

=> Chọn $l_1 = 1000\text{mm}$

- 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, đó là đoạn mà cốt thép dính bám với bê tông để nó đạt được cường độ như tính toán.

+ Chiều dài khai triển l_d của thanh kéo được lấy như sau:

+ Chiều dài triển khai cốt thép kéo l_{db} , phải không được 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 như được quy định của quy trình. Chiều dài triển khai cốt thép kéo không được nhỏ hơn 300 mm.

+ Chiều dài triển khai cốt thép cơ bản $l_{db}(\text{mm})$ được sử dụng với cốt thép dọc sử dụng trong bài là thép số 19.

$$\Rightarrow l_{db} = \frac{0,02 \cdot A_b \cdot f_y}{\sqrt{f_c}} = \frac{0,02 \cdot 387 \cdot 420}{\sqrt{28}} = 614,34\text{mm}$$

Đồng thời: $l_{db} = 0,06 \cdot d_b \cdot f_y = 0,06 \cdot 19 \cdot 420 = 478,8\text{mm}$

Trong đó :

$A_b = 387\text{mm}^2$: Diện tích của thanh số 19

$f_y = 420\text{MPa}$: Cường độ chảy được quy định của các thanh cốt thép

$f_c = 28\text{MPa}$: Cường độ chịu nén quy định của bê tông ở tuổi 28 ngày

$d_b = 19\text{mm}$: Đường kính thanh

Hệ số điều chỉnh làm tăng $\ell_d : 1,0$

Hệ số điều chỉnh làm giảm $\ell_d : \frac{A_{ct}}{A_{tt}} = \frac{3015.39}{3408} = 0,88$

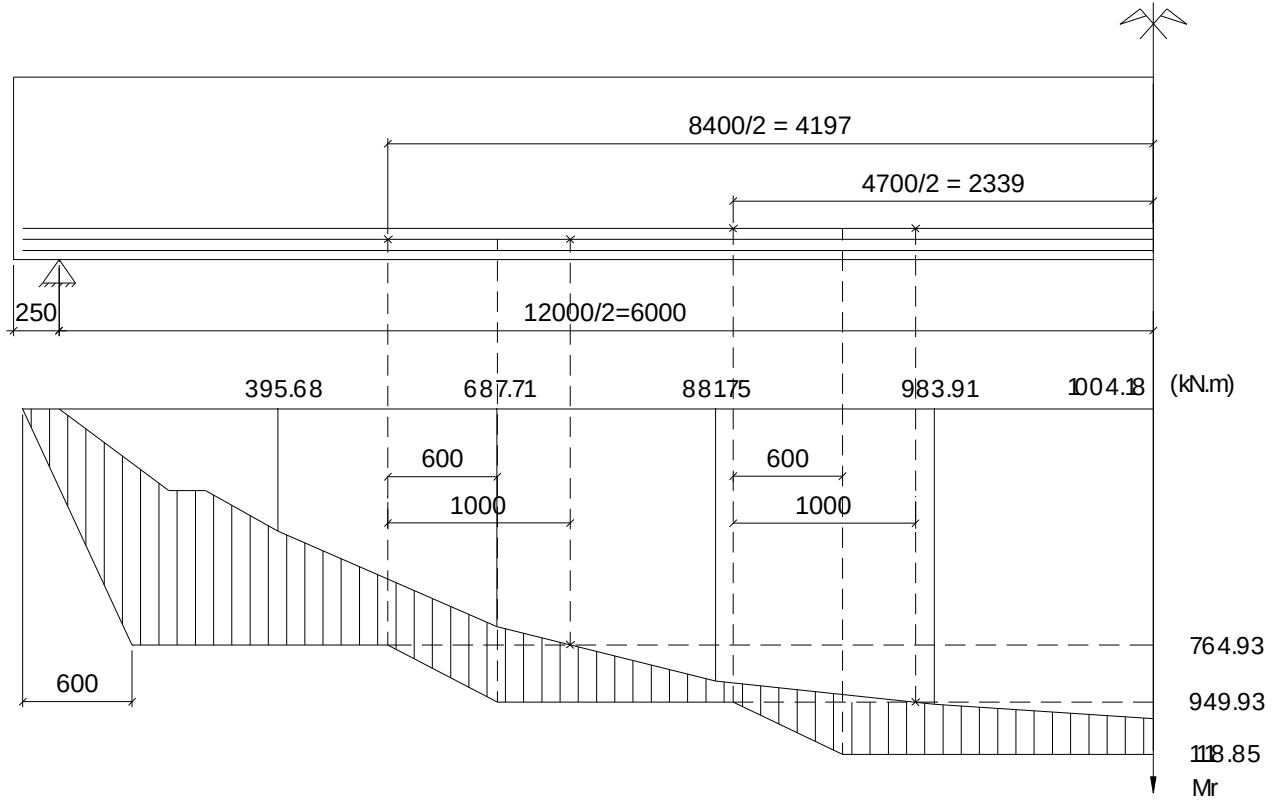
=> $l_d = 614,34 \cdot 1,0 \cdot 0,88 = 540,62\text{mm}$. Chọn $l_d = 600\text{mm} > 300\text{mm}$

Với :

$A_{ct} = 3015.39\text{mm}^2$: Diện tích cần thiết theo tính toán

$A_{tt} = 3408\text{mm}^2$: Diện tích thực tế bố trí

- Cốt thép chịu kéo có thể kéo dài bằng cách uốn cong qua thân dầm và kết thúc trong vùng bê tông chịu nén với chiều dài triển khai l_d tới mặt cắt thiết kế hoặc có thể kéo dài liên tục lên mặt đối diện cốt thép



HÌNH 9: VỊ TRÍ CẮT CỐT THÉP VÀ BIỂU ĐỒ BAO VẬT LIỆU

5. TÍNH TOÁN VÀ BỐ TRÍ CỐT THÉP ĐAI

5.1. Xác định mặt cắt tính toán

- Ta chỉ cần tính toán cốt thép đai ở mặt cắt được coi là bất lợi nhất là mặt cắt cách gối một đoạn bằng chiều cao hữu hiệu chịu cắt d_v :

- Chiều cao chịu cắt hữu hiệu d_v là trị số lớn nhất trong các trị số sau :

$$+ \text{Cánh tay đòn của đôi ngẫu lực: } d_s - \frac{a}{2} = 905 - \frac{33,69 \cdot 0,85}{2} = 891 \text{mm}$$

$$+ 0,9d_s \quad 0,9 \cdot 905 \quad 814,5 \text{mm}$$

$$+ 0,72h \quad 0,72 \cdot 1000 \quad 720 \text{mm}$$

=> Vậy $d_v = 891 \text{mm}$

- Nội suy tuyến tính ta có nội lực tính toán tại mặt cắt cách gối một đoạn là d_v là: $M_u = 293,79 \text{kN.m}$; $V_u = 363,88 \text{KN}$

5.2. Tính toán bố trí thép đai

➤ **Biểu thức kiểm toán tính chống cắt :** $V_n \leq V_u$

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

$$V_n = V_c + V_s \text{ (N) hoặc } V_n = 0,25f'_c b_v d_v \text{ (N)}$$

$$V_c = 0,083\beta\sqrt{f'_c} d_v b_v \text{ (N)}$$

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

Trong đó:

+ b_v : Bề rộng bản bụng hữu hiệu, lấy bằng bề rộng bản bụng nhỏ nhất trong chiều cao d_v , vậy $b_v = b_w = 20 \text{cm}$

+ S : bước cốt thép đai.

+ β : Hệ số chỉ khả năng của bê tông bị nứt chéo truyền lực kéo.

+ α : Góc nghiêng của ứng suất nén chéo.

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

+ α : Góc nghiêng của cốt thép ngang với trục dọc, bố trí cốt thép đai vuông góc với trục dầm nên $\alpha = 90^\circ$

+ β : Hệ số sức kháng cắt, với bê tông thường $\beta = 0,9$

+ A_v : Diện tích cốt thép bị cắt trong cự ly S mm.

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

+ V_c : Khả năng chịu lực cắt của bê tông (N).

+ V_u : Lực cắt tính toán (N).

➤ **Kiểm tra điều kiện chịu lực cắt theo khả năng chịu lực của bê tông vùng nén :**

$$\phi V_n = \phi(0,25.f'_c.b_v.d_v) = 0,9.0,25.28.200.891 = 1122,66.10^3 \text{ N} = 1122,66\text{kN}$$

$$V_u = 363,88\text{kN} < \phi.V_n = 1130,22\text{kN} \quad \text{Đạt}$$

- Tính góc θ và hệ số β :

+ Tính toán ứng suất cắt

$$v = \frac{V_u}{\phi b_v d_v} = \frac{363,88.10^3}{0,9.200.891} = 2,269\text{MPa}$$

+ Tính tỷ số ứng suất :

$$\frac{v}{f'_c} = \frac{2,269}{28} = 0,081 < 0,25$$

+ Giả sử trị số góc $\theta = 45^\circ$, tính biến dạng cốt thép chịu kéo theo công thức:

$$\epsilon_x = \frac{\frac{M_u}{d_v} + 0,5.V_u.\cot g\theta}{E_s.A_s} = \frac{\frac{223,79.10^6}{891} + 0,5.363,88.10^3.\cot g45^\circ}{2.10^5.2272} = 1,126.10^{-3}$$

- Tra bảng ta được : $\theta = 36,886^\circ$. Tính lại $\epsilon_x = 1,259.10^{-3}$

Tra bảng được : $\theta = 37,823^\circ$. Tính lại $\epsilon_x = 1,241.10^{-3}$

Tra bảng được : $\theta = 37,698^\circ$. Tính lại $\epsilon_x = 1,244.10^{-3}$

Tra bảng được : $\theta = 37,713^\circ$. Tính lại $\epsilon_x = 1,244.10^{-3}$

=> Vậy ta lấy $\theta = 37,713^\circ$. Tra bảng được $\beta = 2,004$

➤ **Khả năng chịu lực cắt của bê tông:**

$$V_c = 0,083.\beta.\sqrt{f'_c}.b_v.d_v = 0,083.2,004.\sqrt{28}.200.891 = 156,84.10^3 \text{ N}$$

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

$$V_s = V_n - V_c = \frac{363,88.10^3}{0,9} - 156,84.10^3 = 247,47.10^3 \text{ KN}$$

➤ **Khoảng cách bố trí cốt thép đai lớn nhất:**

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_v \cdot \cot \theta}{V_s}$$

Trong đó:

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

$\theta = 37,173^\circ$: Góc nghiêng với ứng suất nén chéo.

$d_v = 891 \text{mm}$.

$V_s = 247,47 \cdot 10^3 \text{KN}$

A_v : Diện tích cốt thép đai (mm^2)

Chọn cốt thép đai là thanh số 10, đường kính danh định $d = 9,5 \text{mm}$, diện tích mặt cắt ngang cốt thép đai là: $A_v = 2 \cdot 71 = 142 \text{mm}^2$

$$S_{\max} = \frac{142 \cdot 420 \cdot 891 \cdot \cot 37,173^\circ}{247,47 \cdot 10^3} = 277,7 \text{mm}$$

=> Ta chọn khoảng cách bố trí cốt đai: $S = 200 \text{mm}$

➤ **Kiểm tra lượng cốt thép đai tối thiểu:**

Lượng cốt thép đai tối thiểu:

$$A_v \geq A_{v\min} = 0,083 \sqrt{f_c'} \cdot \frac{b_v \cdot S}{f_y} = 0,083 \sqrt{28} \cdot \frac{200 \cdot 200}{420} = 41,83 \text{mm}^2$$

Mà $A_v = 142 \text{mm}^2 > A_{v\min} = 41,83 \text{mm}^2 \Rightarrow$ Thỏa mãn

➤ **Kiểm tra khoảng cách tối đa của cốt thép đai:**

Ta có: $0,1 \cdot f_c' \cdot b_v \cdot d_v = 0,1 \cdot 28 \cdot 200 \cdot 891 = 498,96 \cdot 10^3 \text{N} > V_u = 363,88 \cdot 10^3 \text{N}$

Nên khoảng cách cốt thép đai phải thỏa mãn điều kiện sau :

$S \leq 0,8 \cdot d_v = 0,8 \cdot 891 = 712,8 \text{mm} \Rightarrow$ Thỏa mãn.

$S = 200 \text{mm} \Rightarrow$ Thỏa mãn.

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

Ta có: $V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_v}{S} \cdot \cot \theta = \frac{142 \cdot 420 \cdot 891}{200} \cot 37,173^\circ = 343615,6 \text{N}$

$$\frac{M_u}{\phi_f \cdot d_v} + \left(\frac{V_u}{\phi_v} - 0,5 \cdot V_s \right) \cot \theta =$$

$$= \frac{293,79 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 891} + \left(\frac{363,88 \cdot 10^3}{0,9} - 0,5 \cdot 343615,6 \right) \cot 37,173^\circ = 667070 \text{N}$$

Mặt khác: $A_s f_y = 2272.420 = 954270\text{N}$

Vậy: $A_s f_y > \frac{M_u}{d_v \phi} + \frac{V_u}{\phi} - 0,5V_s \cot \theta \Rightarrow \text{Đạt}$

6. TÍNH TOÁN KIỂM SOÁT NỨT

6.1. Kiểm tra xem mặt cắt có bị nứt hay không

- Theo phần IV, ta có: $I_g = 44818441783 \text{mm}^4$; $y_{ct} = 676,7 \text{mm}$

- Ứng suất kéo trong bê tông :

$$f_{ct} = \frac{M_a}{I_g} \cdot y_{ct} = \frac{674,21 \cdot 10^6}{44818441783} \cdot 676,7 = 10,18 \text{MPa}$$

$M_a = 674,21 \text{kN.m}$: Mômen lớn nhất của dầm ở trạng thái giới hạn sử dụng.

- Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông:

$$f_r = 0,63 \cdot \sqrt{f_c} = 0,63 \cdot \sqrt{28} = 3,33 \text{MPa}$$

Do đó: $0,8 \cdot f_r = 0,8 \cdot 3,33 = 2,66 \text{MPa} < f_{ct} = 10,18 \text{MPa}$. **Vậy mặt cắt có nứt.**

6.2. Kiểm tra điều kiện hạn chế bề rộng vết nứt

Công thức kiểm tra: $f_{sa} = \min \left\{ \frac{Z}{d_c \cdot A} \right\}^{1/3}; 0,6 \cdot f_y$

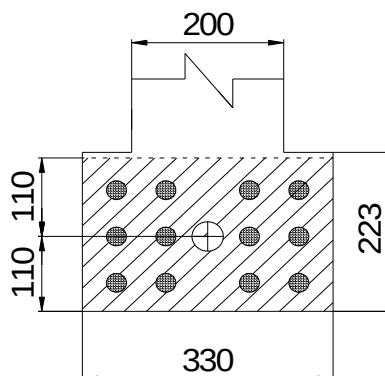
6.2.1. Xác định giới hạn ứng suất trong cốt thép chịu kéo ở trạng thái giới hạn sử dụng f_{sa} :

$$f_{sa} = \min \left\{ \frac{Z}{d_c \cdot A} \right\}^{1/3}; 0,6 \cdot f_y$$

Ta có: $Z = 30000 \text{N/mm}$ (dầm làm việc trong điều kiện bình thường)

$d_c = 50 \text{mm}$.

A: Diện tích vùng bê tông chịu kéo có cùng trọng tâm với đám cốt thép chủ chịu kéo và được bao bởi các mặt cắt ngang và đường thẳng song song với trục trung hòa, chia cho số lượng các thanh chịu kéo:



HÌNH 10: SƠ ĐỒ XÁC ĐỊNH TRỊ SỐ A

Theo hình vẽ, ta có: $A = 330 \cdot \frac{(110 + 110)}{12} \cdot 6050 \text{mm}^2$

Do đó: $f_{sa} \geq \min \frac{30000}{50.6050^{1/3}}; 0,6.420 \geq \min 446,90; 252 \text{MPa}$.

6.2.2. Xác định ứng suất trong cốt thép chịu kéo ở trạng thái giới hạn sử dụng f_s

- Tỷ lệ môđun đàn hồi của thép và bê tông: $n = \frac{E_s}{E_c}$

Trong đó:

$E_s = 2.10^5 \text{MPa}$: Môđun đàn hồi của thép

$E_c = 0,043 y_c^{1,5} \cdot \sqrt{f_c}$: Môđun đàn hồi của bê tông

y_c : tỷ trọng của bê tông (kg/m^3).

Suy ra: $\frac{E_s}{E_c} = \frac{2.10^5}{0,043 \cdot 2500^{1,5} \cdot \sqrt{28}} = 7,25$. Vậy chọn $n = 7$.

- Xác định vị trí TTH:

Giả sử TTH qua cánh: $b \cdot x \cdot \frac{x}{2} = n \cdot A_s \cdot (d_s - x) \Rightarrow 0$

$$\Leftrightarrow 1400 \cdot x \cdot \frac{x}{2} - 3408 \cdot (905 - x) = 0$$

$$\Leftrightarrow x = 173,9 \text{mm}$$

Vậy: $x = 173,99 \text{mm} < h_f = 188 \text{mm} \Rightarrow$ Giả sử TTH qua cánh là đúng.

Mômen quán tính của tiết diện khi nứt với trục trung hoà:

$$I_{cr} = \frac{b \cdot x^3}{3} + n \cdot A_s \cdot (x - d_s)^2 = \frac{1400 \cdot 173,99^3}{3} + 7 \cdot 3408 \cdot (905 - 173,99)^2$$

$$= 1688250517 \text{mm}^4$$

- Ứng suất trong cốt thép ở trạng thái sử dụng: $f_s = n \cdot \frac{M_a}{I_{cr}} \cdot d_s - x$

$$f_s = 7 \cdot \frac{674,21 \cdot 10^6}{1688250517 \cdot 10^4} \cdot (905 - 173,99) = 230,06 \text{MPa} < f_{sa} = 252 \text{MPa}$$

\Rightarrow Điều kiện hạn chế bề rộng vết nứt được thỏa mãn.

7. TÍNH TOÁN KIỂM SOÁT ĐỘ VÔNG DO HOẠT TẢI

- Công thức kiểm tra: $c_p \frac{L}{800}$

- Xác định mômen quán tính tính toán:

Ta có: $I_g = 44818441783 \text{ mm}^4$; $M_{cr} = 220,55 \text{ kN.m}$

$I_{cr} = 14688250517 \text{ mm}^4$; $M_a = 674,21 \text{ kN.m}$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \cdot I_g + \frac{M_{cr}^3}{M_a^3} I_{cr} = 14174257503 \text{ mm}^4$$

$\Rightarrow I = \min(I_g, I_e) = \min(44818441783; 14174257503) = 14174257503 \text{ mm}^4$

- Xác định môđun đàn hồi của bê tông:

$$E_c = 0,043 \cdot \gamma_c^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,043 \cdot 2500^{1,5} \cdot \sqrt{28} = 27592,85 \text{ MPa}$$

- Xác định độ võng do hoạt tải của làn:

$$w_{\text{lane}} = mg \cdot LL_L = 0,5 \cdot 9,3 = 4,65 \text{ N/mm}$$

$$\Delta_{\text{lane}} = \frac{5 \cdot w_{\text{lane}} \cdot L^4}{384 \cdot E_c \cdot I} = \frac{5 \cdot 4,65 \cdot 12000^4}{384 \cdot 27592,85 \cdot 14174257503 \cdot 10^4} = 3,2 \text{ mm}$$

- Xác định độ võng do xe tải thiết kế:

$$w_{\text{truck}} = mg \cdot m \cdot (1+IM) \cdot LL_{M_{\text{max}}}^{\text{truck}} = 0,5 \cdot 0,65 \cdot 1,25 \cdot 32,67 = 13,3 \text{ N/mm}$$

$$\Delta_{\text{truck}} = \frac{5 \cdot w_{\text{truck}} \cdot L^4}{384 \cdot E_c \cdot I} = \frac{5 \cdot 13,3 \cdot 12000^4}{384 \cdot 27592,85 \cdot 14174257503} = 9,2 \text{ mm}$$

- Độ võng do hoạt tải gây ra ở mắt cắt giữa nhịp sẽ là:

$$\Delta = \max(\Delta_{\text{truck}}; 0,25 \cdot \Delta_{\text{truck}} + \Delta_{\text{lane}}) = \max(9,2; 0,25 \cdot 9,2 + 3,2) \\ = \max(9,2; 5,5) = 9,2 \text{ mm}$$

- Độ võng không bắt buộc của hoạt tải:

$$\Delta_{cp} = \frac{L}{800} = \frac{12000}{800} = 15 \text{ mm} > \Delta = 9,2 \text{ mm}$$

\Rightarrow Điều kiện hạn chế độ võng của dầm là thỏa mãn.

PHẦN III

BẢN VẼ

- Thể hiện trên khổ giấy A1, gồm có:
 - + Mặt cắt chính dầm: Tỷ lệ 1/20.
 - + Mặt cắt ngang dầm: Tỷ lệ 1/15
 - + Triển khai cốt thép: Tỷ lệ 1/10
 - + Biểu đồ bao vật liệu.
 - + Bảng thống kê vật liệu
- Đơn vị bản vẽ: mm