

LÊU MỘC LAN – NGUYỄN VŨ VIỆT NGÀ

ĐỀ BÀI VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

BÀI TẬP LỚN

SỨC BỀN VẬT LIỆU - CƠ HỌC KẾT CẤU

NXB-...

LỜI GIỚI THIỆU

Tài liệu tham khảo “**Đề bài và hướng dẫn giải bài tập lớn Sức bền vật liệu - Cơ học kết cấu**” được biên soạn theo đúng đề cương “Chương trình giảng dạy môn SBVL và CHKC” do tiểu ban môn học của bộ giáo dục và đào tạo soạn thảo .

SBVL và CHKC cung cấp một phần kiến thức cơ sở cho các kỹ sư theo học trong các trường đại học kỹ thuật như : thủy lợi , xây dựng , giao thông

Hai môn học này trang bị cho các sinh viên và các kỹ sư những kiến thức cần thiết để giải quyết các bài toán thực tế từ công việc thiết kế , thẩm định . đến thi công và là cơ sở cho việc nghiên cứu các môn kỹ thuật thuộc các chuyên ngành khác.

Trong chương trình đào tạo hai môn học này , ngoài các bài tập nhỏ bố trí sau mỗi chương của giáo trình , các sinh viên còn buộc phải hoàn thành một số **bài tập lớn** , có tính chất tổng hợp các kiến thức cơ bản nhất , và được bố trí theo từng học phần của môn học .

Để giúp các sinh viên củng cố các kiến thức của môn học và nắm vững từng bước giải quyết các yêu cầu của các bài tập lớn trong chương trình đào tạo của hai môn học, chúng tôi biên soạn tài liệu tham khảo này với đầy đủ các bài tập lớn của hai môn SBVL và CHKC . Tài liệu này bao gồm hai phần , tương ứng với hai môn học . Phân công biên soạn như sau :

❶ Phần I do cô giáo Nguyễn Vũ Việt Nga biên soạn , bao gồm 4 bài tập lớn SBVL.

❷ Phần II do cô giáo Lều Mộc Lan biên soạn , bao gồm 3 bài tập lớn CHKC.

Các bài tập lớn này yêu cầu các sinh viên phải hoàn thành theo đúng yêu cầu của giáo viên phụ trách môn học , phù hợp với từng giai đoạn .

Trong mỗi phần của tài liệu này , đều bao gồm : **phần đề bài và phần bài giải mẫu.**

Trong phần bài giải mẫu , tài liệu này sẽ giới thiệu cho các bạn đọc các bước giải cũng như cách trình bày một bài tập lớn , nhằm củng cố các kiến thức cơ bản trước khi thi hết môn học .

Tuy đã có nhiều cố gắng trong quá trình biên soạn , nhưng do trình độ và thời gian có hạn nên không tránh khỏi những sai sót . Chúng tôi mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của các bạn đồng nghiệp , các bạn sinh viên và các bạn đọc , để tài liệu này ngày càng được hoàn thiện hơn .

Xin chân thành cảm ơn sự quan tâm và những ý kiến đóng góp quý báu của tất cả các đồng nghiệp đã giúp đỡ chúng tôi rất nhiều trong quá trình biên soạn tài liệu này .

CÁC TÁC GIẢ

CÁC YÊU CẦU CHUNG

I –YÊU CẦU VỀ TRÌNH BÀY

- ☞ Trang bìa trình bày theo mẫu qui định (xem phần Phụ lục của tài liệu này);
- ☞ Bài làm trình bày trên khổ giấy A4;
- ☞ Các hình vẽ trong bài làm phải rõ ràng, phải ghi đầy đủ các kích thước và tải trọng đã cho bằng số lên sơ đồ tính;
- ☞ Các bước tính toán, các kết quả tính toán, các biểu đồ nội lực v.v... cần phải được trình bày rõ ràng, sạch sẽ và theo bài mẫu (xem phần ví dụ tham khảo của tài liệu này).

II –YÊU CẦU VỀ NỘI DUNG

- ☞ Môn Sức bền vật liệu có 4 bài tập lớn sau :
 1. Tính đặc trưng hình học của hình phẳng
 2. Tính dầm thép
 3. Tính cột chịu lực phức tạp
 4. Tính dầm trên nền đàn hồi.
- ☞ Môn Cơ học kết cấu có 3 bài tập lớn sau :
 1. Tính hệ tĩnh định
 2. Tính khung siêu tĩnh theo phương pháp lực
 3. Tính khung siêu tĩnh theo phương pháp chuyển vị và phương pháp phân phối mômen

PHẦN I

ĐỀ VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

BÀI TẬP LỚN SỨC BỀN VẬT LIỆU

BÀI TẬP LỚN SỐ 1

TÍNH ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA HÌNH PHẪNG

BẢNG SỐ LIỆU BÀI TẬP LỚN SỐ 1

STT	a(cm)	h(cm)	R(cm)	c(cm)	D(cm)	Bxbxd (mm)	N ⁰ I	N ⁰ [
1	15	15	15	12	24	180x110x10	27a	27
2	18	27	18	14	26	250x160x20	20	20a
3	10	18	20	16	24	125x80x7	30	30
4	14	24	26	20	25	125x80x10	33	33
5	20	18	16	14	26	140x90x8	40	40
6	19	21	18	14	22	140x90x10	45	24a
7	18	24	20	22	26	160x100x9	24	24
8	15	18	24	20	25	160x100x12	24a	24
9	20	21	22	18	24	180x110x12	27	27
10	22	18	25	18	22	200x125x16	22	22a
11	20	24	26	24	25	250x160x18	22a	22
12	22	24	24	20	20	250x160x20	22a	22

Ghi chú: Sinh viên chọn những số liệu trong bảng số liệu phù hợp với hình vẽ của mình.

YÊU CẦU VÀ THỨ TỰ THỰC HIỆN

Yêu cầu:

Xác định các mô men quán tính chính trung tâm và phương của các trục quán tính chính trung tâm của hình phẳng đã cho. Giải bằng hai phương pháp: *giải tích và đồ giải*.

Các bước giải:

1. Xác định tọa độ trọng tâm của hình phẳng:

- ☛ Chọn hệ trục ban đầu x_0y_0 tùy ý
- ☛ Xác định tọa độ trọng tâm và tính các diện tích, các mô men tĩnh của từng hình thành phần với hệ trục ban đầu đã chọn,
- ☛ Dùng công thức xác định trọng tâm $C(x_C, y_C)$:

$$x_C = \frac{\sum S_{y_0}}{\sum F}; \quad y_C = \frac{\sum S_{x_0}}{\sum F}$$

2. Tính các mô men quán tính chính trung tâm:

☛ Chọn hệ trục trung tâm XCY (đi qua trọng tâm C và song song với hệ trục ban đầu). Xác định tọa độ trọng tâm của từng hình thành phần đối với hệ trục trung tâm XCY.

☛ Tính các mô men quán tính trung tâm của từng hình thành phần (J_X^i , J_Y^i và J_{XY}^i) lấy với hệ trục XCY bằng cách dùng công thức chuyển trục song song. Từ đó tính các mô men quán tính trung tâm của toàn hình (J_X , J_Y , J_{XY}).

☛ Tính mô men quán tính chính trung tâm $J_{\max, \min}$ bằng hai phương pháp:

a) Phương pháp giải tích:

Dùng công thức xoay trục để xác định mô men quán tính chính trung tâm và vị trí của hệ trục quán tính chính trung tâm ($J_{\max}$, $J_{\min}$ và $\alpha_{\max}$)

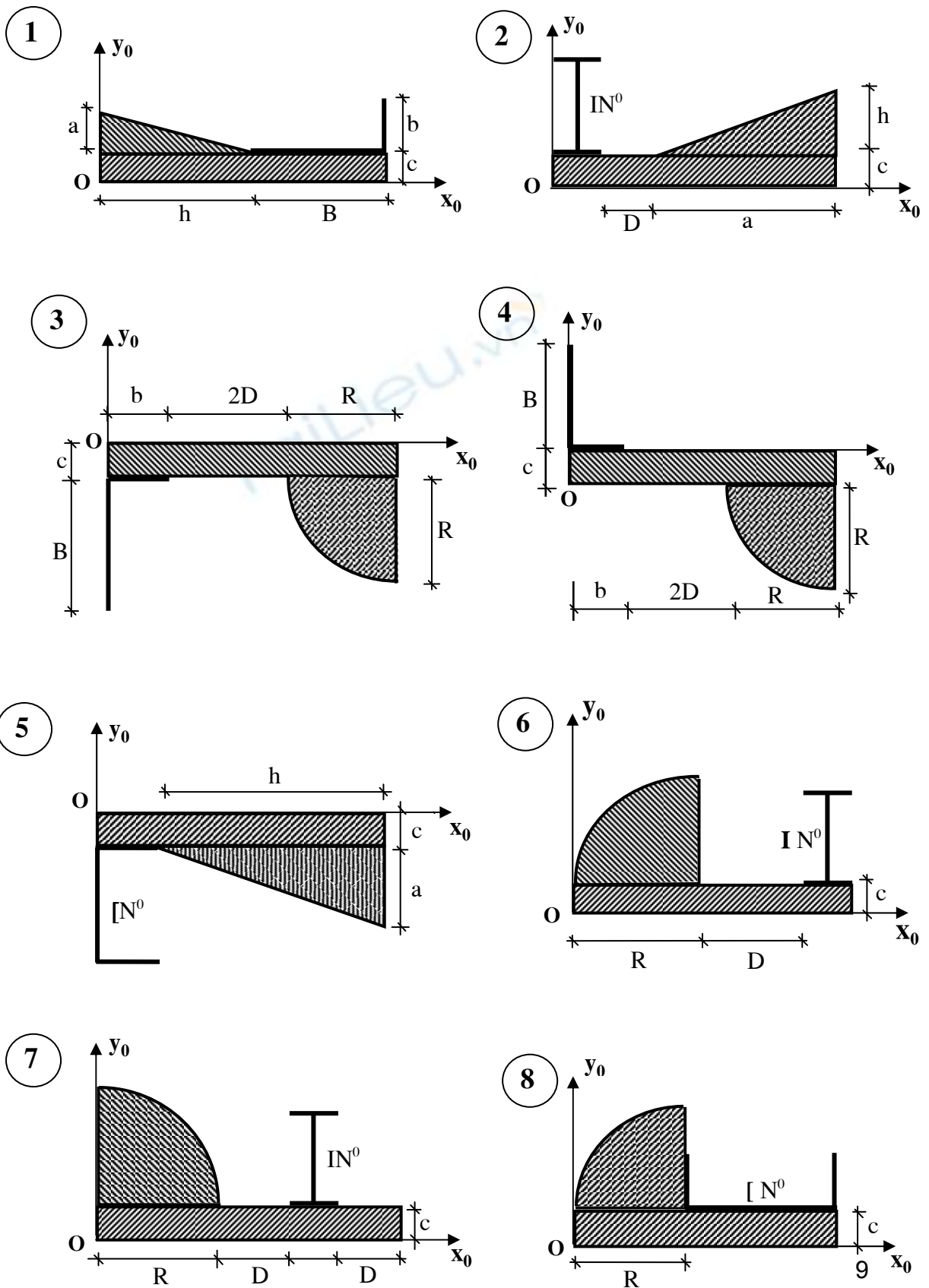
$$J_{\max, \min} = \frac{J_X + J_Y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{J_X - J_Y}{2}\right)^2 + J_{XY}^2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = -\frac{J_{XY}}{J_{\max} - J_Y} = -\frac{J_{XY}}{J_X - J_{\min}}$$

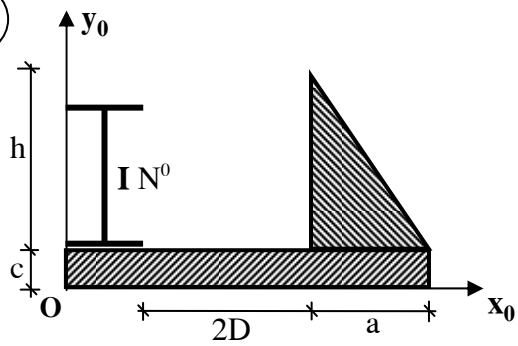
b) Phương pháp đồ giải:

Dựa vào các giá trị J_X , J_Y , J_{XY} đã tính được ở trên, vẽ và sử dụng vòng tròn Mo quán tính để xác định mô men quán tính chính trung tâm và vị trí của hệ trục quán tính chính trung tâm ($J_{\max}$, $J_{\min}$ và $\alpha_{\max}$).

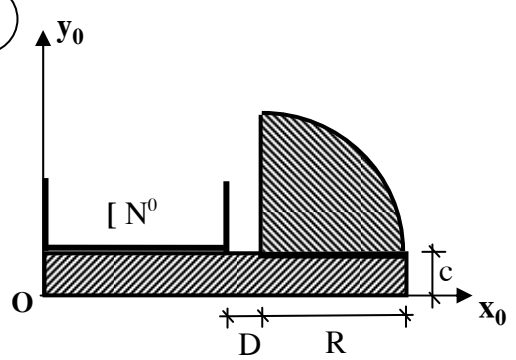
HÌNH DẠNG MẶT CẮT NGANG



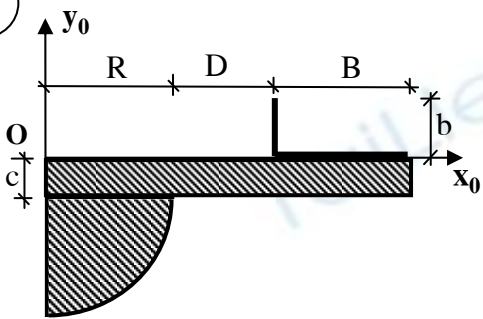
9



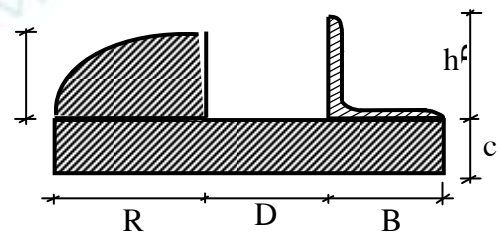
10



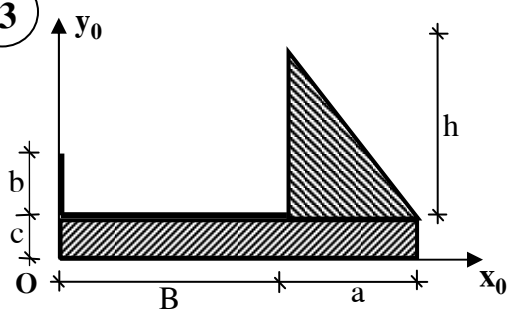
11



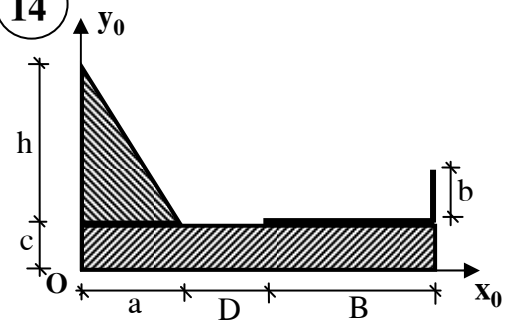
12



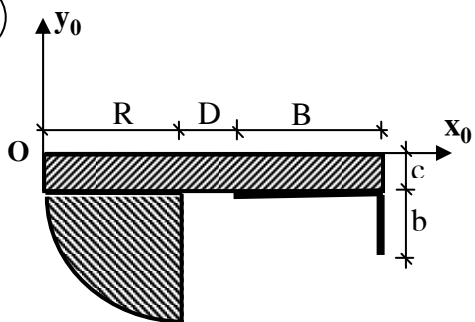
13



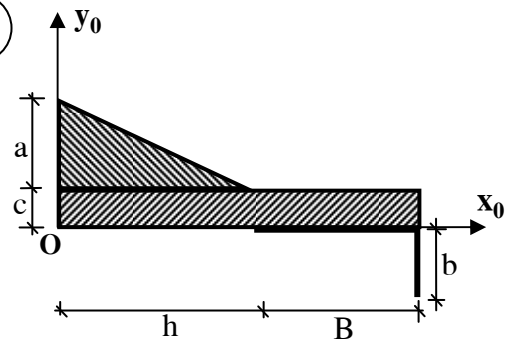
14



15



16

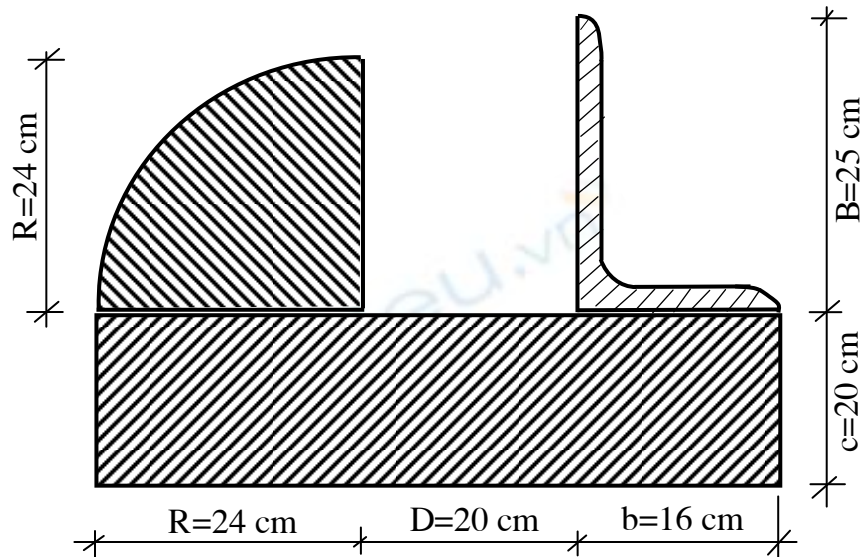


VÍ DỤ THAM KHẢO

Đề bài:

Xác định các mô men quán tính chính trung tâm và vị trí hệ trục quán tính chính trung tâm của hình phẳng cho trên *hình 1.1*, biết:

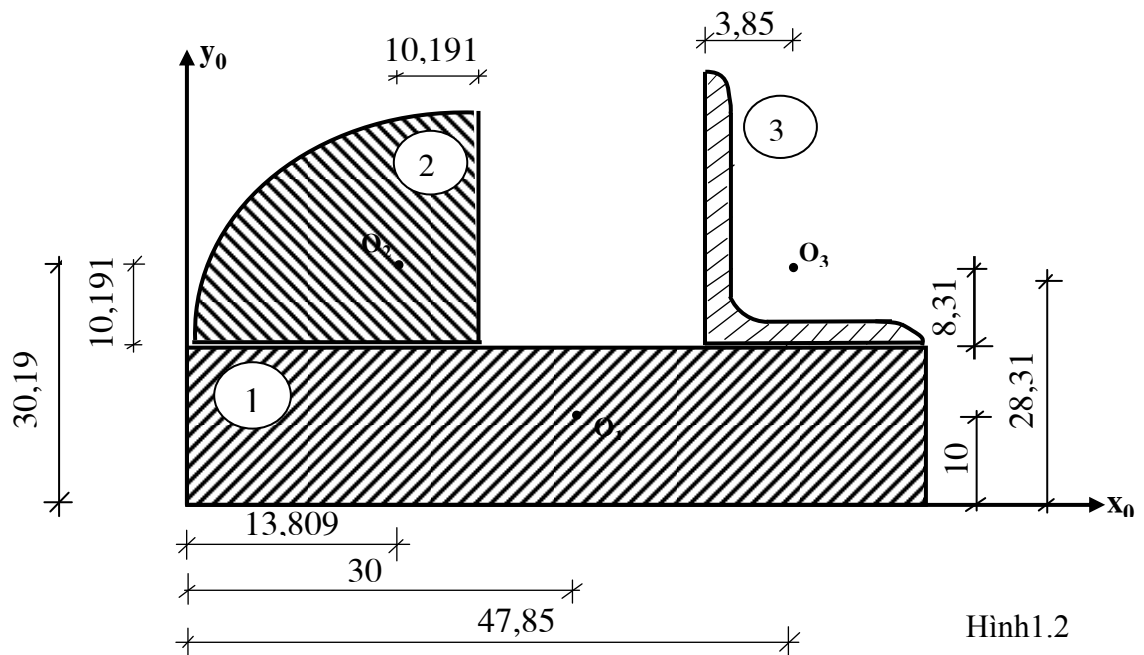
Thép góc Bxbxd: 250x160x20(mm); D = 20 cm; c = 20 cm; R = 24cm.



Hình 1.1

Tra bảng thép góc có:

B = 250 mm	F = 78,5 cm ²	x ₀ = 3,85 cm	J _U = 949 cm ⁴
b = 160 mm	J _x = 4987 cm ⁴	y ₀ = 8,31 cm	tg α = 0,405
d = 20 mm	J _y = 1613 cm ⁴		



Hình 1.2

Bài làm:

1. Xác định trọng tâm:

Chọn hệ trục ban đầu x_0y_0 như hình vẽ: xem *hình 1.2*.

Chia hình phẳng đã cho thành 3 hình (xem *hình 1.2*), kích thước và tọa độ trọng tâm của từng hình thành phần lấy với hệ trục ban đầu là:

- Hình 1 (chữ nhật):

$$b_1 = b + D + R = 16 + 20 + 24 = 60 \text{ cm};$$

$$h_1 = 20 \text{ cm};$$

$$x_1 = 30 \text{ cm};$$

$$y_1 = 10 \text{ cm};$$

$$O_1 (30, 10); \quad F_1 = b_1 \cdot h_1 = 1200 \text{ cm}^2;$$

$$S_x^{(1)} = F_1 \cdot y_1 = 1200 \cdot 10 = 12000 \text{ cm}^3$$

$$S_y^{(1)} = F_1 \cdot x_1 = 1200 \cdot 30 = 36000 \text{ cm}^3$$

- Hình 2 (1/4 tròn): $R = 24 \text{ cm};$

Tọa độ trọng tâm của 1/4 tròn với hệ trục đi qua trọng tâm hình tròn là:

$$x_2^* = y_2^* = \frac{4R}{3\pi} = \frac{4 \cdot 24}{3 \cdot 3,14} = 10,191 \text{ cm}$$

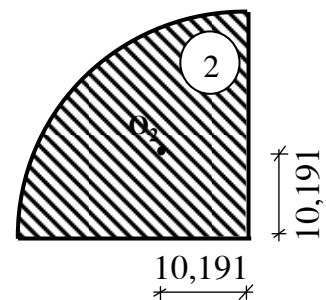
$$\rightarrow x_2 = R - x_2^* = 24 - 10,191 = 13,809 \text{ cm}$$

$$\rightarrow y_2 = c + y_2^* = 20 + 10,191 = 30,191 \text{ cm}$$

$$O_2 (13,809; 30,191); F_2 = \pi \cdot R^2 / 4 = 452,16 \text{ cm}^2;$$

$$S_x^{(2)} = F_2 \cdot y_2 = 452,16 \cdot 30,191 = 13651,162 \text{ cm}^3$$

$$S_y^{(2)} = F_2 \cdot x_2 = 452,16 \cdot 13,809 = 6243,877 \text{ cm}^3$$



Hình 1.2a

- Hình 3 (thép góc): sử dụng các giá trị tra bảng thép ở trên, ta có

$$x_3^* = 3,85 \text{ cm}$$

$$y_3^* = 8,31 \text{ cm}$$

$$x_3 = R + D + x_3^* = 24 + 20 + 3,85 \text{ cm} = 47,85 \text{ cm}$$

$$y_3 = c + y_3^* = 20 + 8,31 = 28,31 \text{ cm}$$

$$O_3 (47,85; 28,31); F_3 = 78,5 \text{ cm}^2.$$

$$S_x^{(3)} = F_3 \cdot y_3 = 78,5 \cdot 28,31 = 2222,335 \text{ cm}^3$$

$$S_y^{(3)} = F_3 \cdot x_3 = 78,5 \cdot 47,85 = 3756,225 \text{ cm}^3$$

Bảng kết quả tính toán

i	x_i (cm)	y_i (cm)	F_i (cm ²)	$S_{x_0}^i$ (cm ³)	$S_{y_0}^i$ (cm ³)
1	30,000	10,000	1200,00	12 000,000	36 000,000
2	13,809	30,191	452,16	13 651,162	6 243,877
3	47,850	28,310	78,50	2 222,335	3 756,225

Tổng 1730,66 27 873,497 46 000,102

Toạ độ trọng tâm:

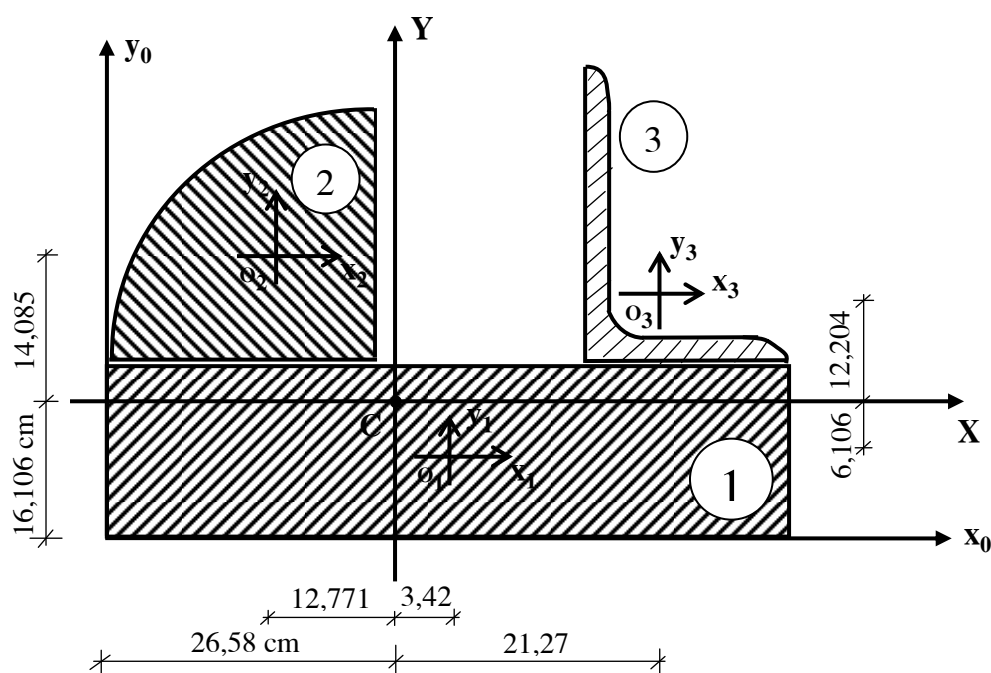
$$X_C = \frac{\sum S_{y_0}^i}{\sum F_i} = \frac{36000 + 6243,877 + 3756,225}{1200 + 452,16 + 78,5} = \frac{46000,102}{1730,66} \rightarrow X_C = + 26,58 \text{ cm}$$

$$Y_C = \frac{\sum S_{x_0}^i}{\sum F_i} = \frac{12000 + 13651,162 + 2222,335}{1200 + 452,16 + 78,5} = \frac{27873,497}{1730,66} \rightarrow Y_C = + 16,106 \text{ cm}$$

Toạ độ trọng tâm trong hệ trục ban đầu x_0y_0 là: **C(+26,58; +16,106)**

2. Tính các mô men quán tính trung tâm:

Chọn hệ trục trung tâm XCY như hình vẽ: Xem hình 1.3.



Hình 1.3

a. Toạ độ trọng tâm của từng hình thành phần đối với hệ trục trung tâm XCY là:

Hình	a_i (cm)	b_i (cm)
1	3,420	- 6,106
2	-12,771	14,085
3	21,270	12,204

b. Tính mô men quán tính của từng hình thành phần đối với hệ trục trung tâm XCY: Dùng công thức chuyển trục song song.

- Hình 1: chữ nhật

$$J_X^{(1)} = J_X^{(1)} + b_1^2 F_1 = \frac{60 \cdot 20^3}{12} + (-6,106)^2 \cdot 1200 = 40\,000 + 44\,739,883$$

$$\rightarrow J_X^{(1)} = 84\,739,883 \text{ cm}^4$$

$$J_Y^{(1)} = J_Y^{(1)} + a_1^2 F_1 = \frac{20 \cdot 60^3}{12} + (3,42)^2 \cdot 1200 = 360\,000 + 14\,035,68$$

$$\rightarrow J_Y^{(1)} = 374\,035,68 \text{ cm}^4$$

$$J_{XY}^{(1)} = a_1 b_1 F_1 = (3,42)(-6,106) \cdot 1200 = -25\,059,024 \text{ cm}^4$$

$$\rightarrow J_{XY}^{(1)} = -25\,059,024 \text{ cm}^4$$

- Hình 2: 1/4 tròn

Tính mô men quán tính $J_X^{(2)}$ và $J_Y^{(2)}$ lấy với hệ trục trung tâm của hình 1.2

$$J_X^{(2)} = J_Y^{(2)} = \left[\frac{\pi R^4}{16} - \left(\frac{4R}{3\pi} \right)^2 \frac{\pi R^2}{4} \right]$$

$$\rightarrow J_X^{(2)} = J_Y^{(2)} = 0,19625R^4 - 0,14154R^4 = 0,05471R^4$$

$$\text{Vậy: } J_X^{(2)} = J_X^{(2)} + b_2^2 F_2 = 0,05471R^4 + b_2^2 F_2$$

$$J_X^{(2)} = 0,05471 \cdot 24^4 + (14,085)^2 \cdot 452,16 = 18\,151,464 + 89\,702,765$$

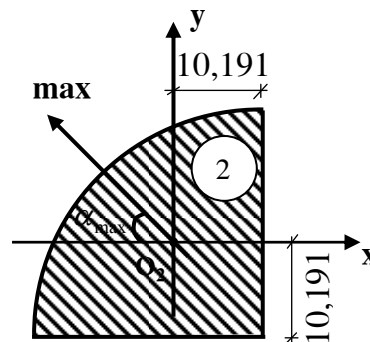
$$\rightarrow J_X^{(2)} = 107\,854,23 \text{ cm}^4$$

$$\text{Tương tự: } J_Y^{(2)} = J_Y^{(2)} + a_2^2 F_2$$

$$J_Y^{(2)} = 0,05471 \cdot 24^4 + (-12,771)^2 \cdot 452,16 = 18\,151,464 + 73\,746,59$$

$$\rightarrow J_Y^{(2)} = 91\,898,054 \text{ cm}^4$$

$$\text{Áp dụng công thức: } J_{XY}^{(2)} = J_{x_2 y_2}^{(2)} + a_2 b_2 F_2$$



Hình 1.3a

Ta có:
$$J_{x_2y_2}^{(2)} = \pm \left[\frac{R^4}{8} - \left(\frac{4.R}{3.\pi} \cdot \frac{4.R}{3.\pi} \cdot \frac{\pi.R^2}{4} \right) \right]$$

$$J_{x_2y_2}^{(2)} = \pm (0,125R^4 - 0,14154R^4) = \mp 0,01654R^4$$

Trường hợp này $\tan \alpha_{\max} < 0$ nên $J_{x_2y_2}^{(2)} = 0,01654R^4$, lấy dấu > 0 :

$$J_{XY}^{(2)} = 0,01654R^4 + a_2b_2F_2 = 0,01654.24^4 + (14,085).(-12,771).452,16$$

$$J_{XY}^{(2)} = 5\,487,575 - 81\,334,328 = -75\,846,753 \text{ cm}^4$$

- Hình 3: thép góc

$$J_X^{(3)} = 4987 + b_3^2.F_3 = 4987 + (12,204)^2.78,5 = 4987 + 11\,691,606$$

$$\rightarrow J_X^{(3)} = 16\,678,602 \text{ cm}^4$$

$$J_Y^{(3)} = 1613 + a_3^2.F_3 = 1\,613 + (21,27)^2.78,5 = 1\,613 + 35\,514,412$$

$$\rightarrow J_Y^{(3)} = 37\,127,412 \text{ cm}^4$$

$$J_{XY}^{(3)} = J_{x_3y_3}^{(3)} + a_3b_3F_3$$

Áp dụng công thức:

$$\tan \alpha_{\max} = \frac{J_{xy}}{J_{\min} - J_x} \rightarrow J_{xy} = (J_{\min} - J_x) \tan \alpha_{\max}$$

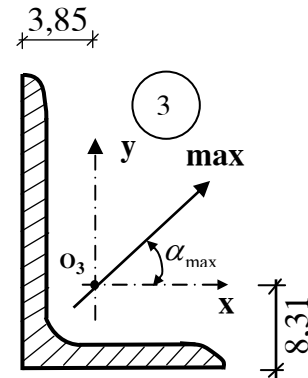
Vì $\tan \alpha_{\max} > 0$ nên $J_{x_3y_3}^{(3)} < 0$, do đó $J_{x_3y_3}^{(3)}$ của

thép góc là:

$$J_{x_3y_3}^{(3)} = (949 - 4987). 0,405 = -1\,635,39 \text{ cm}^4$$

$$J_{XY}^{(3)} = J_{x_3y_3}^{(3)} + a_3b_3F_3 = -1\,635,39 + (21,27).(12,204).78,5$$

$$\rightarrow J_{XY}^{(3)} = -1\,635,39 + 20\,376,957 = 18\,741,567 \text{ cm}^4$$



Hình 1.3b

Bảng kết quả tính toán

Hình	$J_x^i \text{ (cm}^4\text{)}$	$J_y^i \text{ (cm}^4\text{)}$	$J_{xy}^i \text{ (cm}^4\text{)}$	$a_i \text{ (cm)}$	$b_i \text{ (cm)}$
1	40 000	360 000	0	3,42	- 6,106
2	18 151,464	18 151,464	5 487,575	-12,771	14,085
3	4 987	1 613	1635,39	21,27	12,204

$J_x^i \text{ (cm}^4\text{)}$	$J_y^i \text{ (cm}^4\text{)}$	$J_{xy}^i \text{ (cm}^4\text{)}$
84 739,883	374 035,68	- 25 059,024
107 854,23	91 898,054	-75 846,753
16 678,602	37 127,412	18 741,567

c. Tính mô men quán tính trung tâm của toàn hình:

$$\begin{aligned}
 J_X &= \sum J_X^i = 84\,739,883 + 107\,854,23 + 16\,678,602 \\
 \rightarrow J_X &= 209\,272,715 \text{ cm}^4 \\
 J_Y &= \sum J_Y^i = 374\,035,68 + 91\,898,054 + 37\,127,412 \\
 \rightarrow J_Y &= 583\,328,384 \text{ cm}^4 \\
 J_{XY} &= \sum J_{XY}^i = -25\,059,204 - 75\,846,753 + 18\,741,567 \\
 \rightarrow J_{XY} &= -82\,164,210 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

3. Tính các mô men quán tính chính trung tâm:

$$\begin{aligned}
 J_{\max, \min} &= \frac{J_X + J_Y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{J_X - J_Y}{2}\right)^2 + J_{XY}^2} \\
 J_{\max, \min} &= \frac{209272,715 + 583328,384}{2} \\
 &\quad \pm \sqrt{\left(\frac{209272,715 - 583328,384}{2}\right)^2 + (-82164,210)^2} \\
 J_{\max, \min} &= \frac{792601,099}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{-374055,669}{2}\right)^2 + (-82164,210)^2} \\
 J_{\max} &= 396300,55 + 204280,12 = 600580,67 \\
 J_{\min} &= 396300,55 - 204280,12 = 192020,43 \\
 \text{tg} \alpha_{\max} &= -\frac{J_{XY}}{J_{\max} - J_Y} = -\frac{-82164,210}{600580,67 - 583328,384} = -\frac{-82164,210}{17252,29} = 4,7625
 \end{aligned}$$

4. Kết quả tính toán:

$$\begin{aligned}
 J_{\max} &= 600580,67 \text{ cm}^4 \\
 J_{\min} &= 192020,43 \text{ cm}^4 \\
 \alpha_{\max} &\cong 78^{\circ}08'5''
 \end{aligned}$$

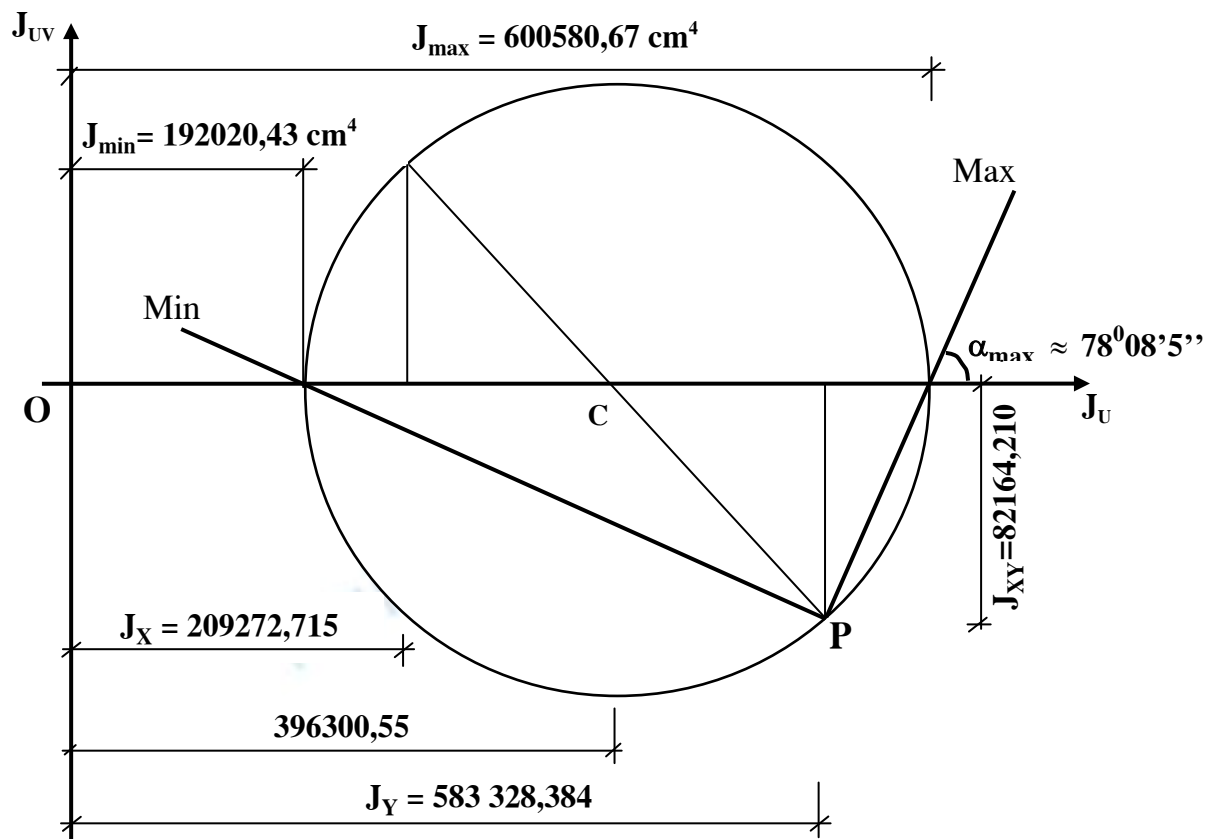
Vòng Mo trên hình 1.4 được vẽ với:

- Tâm: $C \left(\frac{209272,715 + 583328,384}{2}; 0 \right) \rightarrow C (396300,55; 0)$

- Bán kính: $R = \sqrt{\left(\frac{209272,715 - 583328,384}{2}\right)^2 + (-82164,210)^2}$

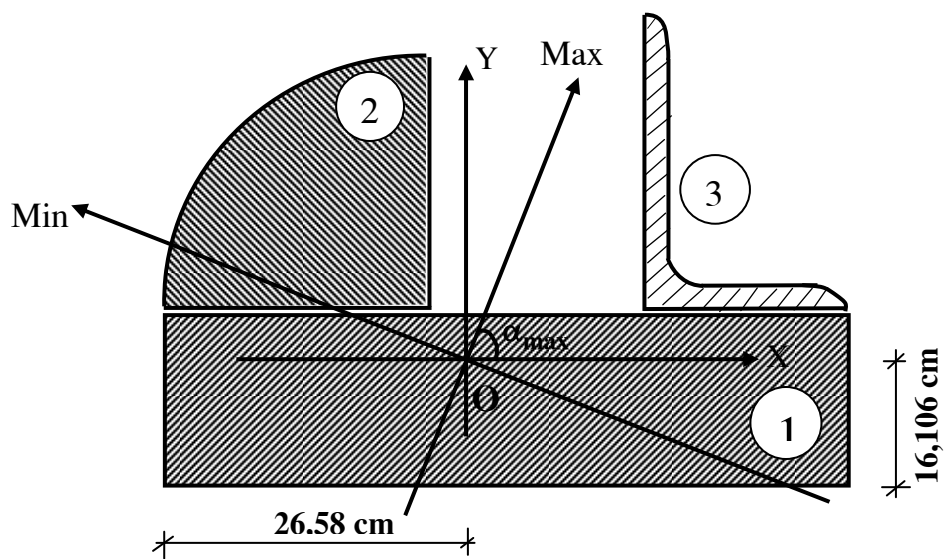
$\rightarrow R = 204280,12$

- Cực: $P (J_Y, J_{XY}) \rightarrow P (583\,328,384; -82164,210)$



Hình 1.4

Vị trí hệ trục quán tính chính trung tâm được biểu diễn trên hình 1.5



Hình 1.5

BÀI TẬP LỚN SỐ 2

TÍNH DÀM THÉP

BẢNG SỐ LIỆU BÀI TẬP LỚN SỐ 2

STT	P (KN)	M (KNm)	q (KN/m)	a (m)	b (m)	c (m)
1	24	40	18	0,8	1,8	0,9
2	20	52	16	0,7	1,4	0,8
3	36	54	12	1,0	1,2	0,8
4	22	50	14	1,1	1,4	1,4
5	40	44	10	0,8	1,6	1,1
6	30	42	22	0,7	1,4	0,7
7	32	56	15	0,5	1,2	0,9
8	28	46	20	0,6	1,2	1,2
9	26	38	24	0,9	1,8	1,2
10	20	62	16	0,5	1,5	1,0

Ghi chú: Sinh viên chọn những số liệu trong bảng số liệu phù hợp với hình vẽ của mình.

YÊU CẦU VÀ THỨ TỰ THỰC HIỆN

Yêu cầu:

Hãy chọn số hiệu mặt cắt cho dầm làm bằng thép chữ I (I_{N0}) để thỏa mãn điều kiện bền của dầm, biết $[\sigma] = 210 \text{ MN/m}^2$.

Tính chuyển vị tại mặt cắt D.

Các bước giải:

1. Chọn sơ bộ mặt cắt:

- Vẽ biểu đồ nội lực của sơ đồ tính với tải trọng đã cho (M_X , Q_Y)
- Từ biểu đồ M_X vẽ được, chọn mặt cắt nguy hiểm có $|M_X|_{\max}$
- Chọn kích thước mặt cắt theo điều kiện bền của ứng suất pháp:

$$W_X \geq \frac{|M_X|_{\max}}{[\sigma]}$$

Từ đó tra bảng thép để được số hiệu thép (N^0 I) cần tìm.

2. Kiểm tra lại điều kiện bền khi có kể đến trọng lượng bản thân:

- ☛ Vẽ biểu đồ nội lực trong trường hợp có kể đến trọng lượng bản thân dầm.
- ☛ Chọn các mặt cắt nguy hiểm: từ biểu đồ M_X và Q_Y chọn ra 3 loại mặt cắt sau:

- * Mặt cắt có $|M_X|_{\max}$

- * Mặt cắt có $|Q_Y|_{\max}$

- * Mặt cắt có M_X và Q_Y cùng lớn

(đôi khi 3 loại mặt cắt này trùng nhau).

- ☛ Kiểm tra bền cho dầm tại các điểm sau:

- * Điểm có ứng suất pháp lớn nhất (tại các điểm trên biên của mặt cắt có $|M_X|_{\max}$)

$$\sigma_{\max} = \frac{|M_X|_{\max}}{W_X} \leq [\sigma]$$

- * Điểm có ứng suất tiếp lớn nhất (tại các điểm trên đường trung hoà của mặt cắt có $|Q_Y|_{\max}$):

$$\tau_{\max} = \frac{|Q_Y|_{\max} |S_X^C|}{J_X b^C} \leq [\tau]$$

Theo thuyết bền ứng suất tiếp cực đại thì: $[\tau] = \frac{[\sigma]}{2}$

Theo thuyết bền thế năng biến đổi hình dáng thì: $[\tau] = \frac{[\sigma]}{\sqrt{3}}$

- * Điểm có ứng suất pháp và ứng suất tiếp đều khá lớn (điểm tiếp giáp giữa thân và cánh trên mặt cắt có M_X và Q_Y cùng lớn):

Theo thuyết bền ứng suất tiếp cực đại thì:

$$\sigma_{tt} = \sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau_{ZY}^2} \leq [\sigma]$$

Theo thuyết bền thế năng biến đổi hình dáng thì:

$$\sigma_{tt} = \sqrt{\sigma_z^2 + 3\tau_{ZY}^2} \leq [\sigma]$$

- ☛ Nếu một trong các điều kiện bền trên không thoả mãn thì phải chọn lại số hiệu thép, và kiểm tra bền lại cho dầm.

3. Xác định ứng suất chính:

- ☛ Tính ứng suất chính và phương chính tại 5 điểm đặc biệt trên mặt cắt có M_x và Q_y cùng lớn (điểm trên 2 biên, điểm trên đường trung hoà, điểm tiếp giáp giữa thân và cánh) bằng phương pháp giải tích
- ☛ Xác định ứng suất chính và phương chính tại 5 điểm đó bằng phương pháp vẽ vòng Mo.

4. Tính chuyển vị:

- ☛ Viết phương trình độ võng và góc xoay cho toàn dầm bằng phương pháp thông số ban đầu.
- ☛ Tính chuyển vị đứng và góc xoay tại mặt cắt D.