

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

KHOA MỎ

BÁO CÁO KẾT QUẢ XÊMINA

Năm học 2019-2020

Tên chuyên đề:

**ỨNG DỤNG PHẦN MỀM MD SOLIDS TÍNH ĐẶC
TRUNG HÌNH HỌC MẶT CẮT NGANG**

Người thực hiện: Ths. Đinh Thị Thu Hà

Hà Nội, 12/2019

1. Đặt vấn đề

Môn học Sức bền vật liệu với nhiều nội dung: Thanh chịu kéo nén đúng tâm, Thanh chịu xoắn thuần túy, Thanh chịu uốn, Thanh chịu lực phức tạp, Đặc trưng hình học mặt cắt ngang,... Sự phong phú trong các dạng bài toán của mỗi nội dung làm cho sức bền vật liệu trở thành hấp dẫn, tuy nhiên cũng là vấn đề khó khăn cho người học đặc biệt những người có chút hạn chế về khả năng tưởng tượng. Xác định nội lực đối với những bài toán tĩnh định thì thật dễ dàng, nhưng khi hệ là siêu tĩnh thì xác định nội lực khó và tốn nhiều công sức. Đây là nội dung quan trọng nhất của các môn học này. Một vấn đề quan trọng thứ hai đó là tính các đặc trưng hình học của mặt cắt ngang- đại lượng này quyết định lớn đến ứng suất trong lòng vật thể.

Trong quá trình học và dạy môn học Sức bền vật liệu, tôi nhận thấy sự cần thiết phải áp dụng tin học cũng như sử dụng các phần mềm tính toán. Điều đó sẽ giúp môn học trở nên sinh động, trực quan và dễ tiếp cận hơn.

Phần mềm MD SOLIDS là một phần mềm được thiết kế hỗ trợ việc dạy và học môn học sức bền vật liệu và là công cụ rất hữu hiệu để giải các dạng bài tập trong sức bền vật liệu. Trong chuyên đề này tác giả sử dụng phần mềm để tính toán cho một số bài toán đặc trưng hình học mặt cắt ngang.

Vì những nhận định trên tác giả thực hiện chuyên đề: ***”Ứng dụng phần mềm MD SOLIDS tính đặc trưng hình học mặt cắt ngang.”***

2. Mục tiêu:

Tính toán một số bài toán đặc trưng hình học mặt cắt ngang bằng phần mềm MD SOLIDS nhằm giúp sinh viên dễ dàng hơn trong việc tiếp cận môn học Sức bền vật liệu.

3. Nội dung:

- 3.1. Tổng quan về đặc trưng hình học mặt cắt ngang.
- 3.2. Giới thiệu phần mềm MD SOLIDS

3.3. Giải một số bài toán thanh chịu xoắn thuần túy và uốn ngang phẳng bằng phần mềm MD SOLIDS.

4. Phương pháp:

- Phương pháp lý thuyết

CHƯƠNG 1:

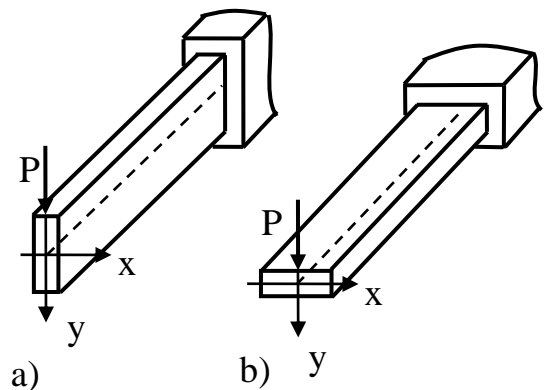
TỔNG QUAN VỀ ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC MẶT CẮT NGANG

1.1. Tổng quan

Thí nghiệm kéo (nén): khả năng chịu tải của thanh phụ thuộc vào diện tích mặt cắt ngang (MCN).

Thí nghiệm uốn, xoắn,... khả năng chịu lực của thanh không những phụ thuộc vào diện tích MCN, mà còn hình dạng và sự bố trí MCN.

Ví dụ thanh tròn rỗng chịu được M_z gấp 2 lần thanh tròn đặc cùng diện tích MCN. Thanh hình chữ nhật đặt đứng (hình 1.1a) ứng suất nhỏ hơn 4 lần khi đặt ngang (hình 1.1b) với cùng diện tích MCN.



Hình 1.1: Ví dụ về khả năng chịu lực của mặt cắt ngang

Do đó, ngoài diện tích MCN, ta cần xét đến những đại lượng khác đặc trưng cho hình dạng MCN về mặt hình học, đó là *mômen tĩnh* và *mômen quán tính*.

Các đặc trưng quán tính của hình phẳng

• 2.1. Mômen tĩnh của mặt cắt ngang

Hình phẳng F nằm trong mặt phẳng tọa độ Oxy (hình 1.2).

Mô men tĩnh của hình diện tích F đối với trục x được tính bằng tích phân có dạng:

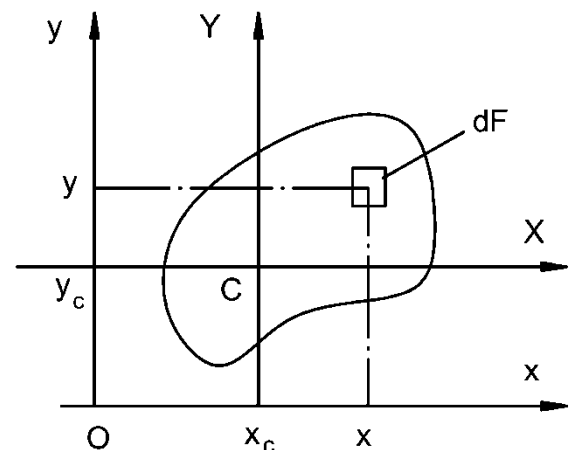
$$S_x = \int_F y dF \quad (\text{m}^3) \quad (1.1)$$

Tương tự ta có S_y :

$$S_y = \int_F x dF \quad (\text{m}^3) \quad (1.2)$$

Khi $S_x = S_y = 0$ thì trục X, Y được gọi là *trục trung tâm*. Giao điểm của hai trục trung tâm là *trọng tâm* của hình phẳng. (hình 1.2).

Công thức xác định tọa độ của trọng tâm C cũng tương tự như công thức xác định tọa độ



Hình 1.2

của khối tâm:

$$X_C = \frac{S_y}{F}; Y_C = \frac{S_x}{F} \quad (1.3)$$

Nếu diện tích F bao gồm nhiều diện tích đơn giản F_i :

$$X_C = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ci} F_i}{\sum_{i=1}^n F_i}; Y_C = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ci} F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \quad (1.4)$$

Trong đó x_i, y_i là tọa độ trọng tâm của diện tích F_i .

➤ Mômen quán tính

Mômen quán tính của hình phẳng F đối với trục x hoặc trục y.

$$J_x = \int_F y^2 dF \quad \text{và} \quad J_y = \int_F x^2 dF \quad (1.5)$$

Mômen quán tính li tâm của hình phẳng đối với hệ trục Oxy.

$$J_{xy} = \int_F xy dF \quad (1.6)$$

J_{xy} có thể dương hoặc âm, còn các J_x, J_y luôn luôn dương.

Gọi ρ là khoảng cách từ O đến điểm đang xét (hình 1.2)

$$J_\rho = \int_F \rho^2 dF \quad (1.7)$$

$$\text{Ta có: } J_\rho = J_x + J_y \quad (1.8)$$

được gọi là *mômen quán tính độc cực* đối với gốc tọa độ O.

Nếu $J_{xy} = 0$ thì hệ trục được gọi là *hệ trục quán tính chính*. Nếu $J_{xy}=0, S_x=S_y=0$ thì ta có *hệ trục quán tính chính trung tâm*.

➤ Công thức chuyển trục song song của mômen quán tính

Công thức chuyển trục song song mômen quán tính của hệ trục OXY với hệ trục trung tâm oxy (hình 1.3):

$$\begin{aligned} J_X &= J_x + b^2 F \\ J_Y &= J_y + a^2 F \\ J_{XY} &= J_{xy} + abF \end{aligned} \quad (1.9)$$

Chứng minh các công thức (1.9) như sau:

Ta có: $X = x + a; Y = y + b$ (a)

Thay (a) vào (1.9) ta có:

$$J_X = J_x + 2bS_x + b^2 F;$$

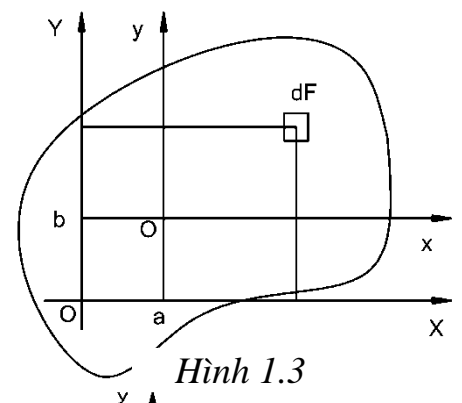
$$J_Y = J_y + 2aS_y + a^2 F;$$

$$J_{XY} = J_{xy} + aS_x + bS_y + abF$$

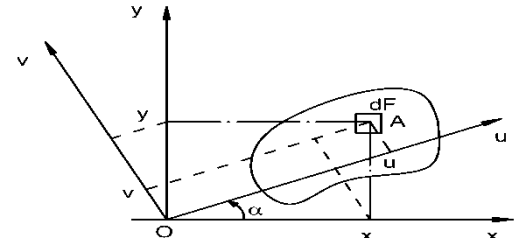
Khi x và y là các trục trung tâm thì $S_x = S_y = 0$

➤ Công thức xoay trục của mômen quán tính

Cho biết J_x, J_y, J_{xy} của hình phẳng F đối với hệ trục Oxy. Hãy tính J_u, J_v, J_{uv} của hình phẳng F đối với hệ trục Ouv (hình 1.4).



Hình 1.3



Hình 1.4

Ta có:

$$u = x \cos \alpha + y \sin \alpha$$

$$v = y \cos \alpha - x \sin \alpha$$

Thay biểu thức liên hệ vào biểu thức tính mô men quán tính đối với trục u.

$$\begin{aligned} J_u &= \int_F v^2 dF = \int_F (y \cos \alpha - x \sin \alpha)^2 dF \\ &= \cos^2 \alpha J_x - 2 \sin \alpha \cos \alpha J_{xy} + \sin^2 \alpha J_y \end{aligned}$$

Tương tự tính cho J_v và J_{uv} ta được:

$$\begin{aligned} J_v &= \int_F u^2 dF = \int_F (x \cos \alpha + y \sin \alpha)^2 dF \\ &= \sin^2 \alpha J_x + 2 \sin \alpha \cos \alpha J_{xy} + \cos^2 \alpha J_y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{uv} &= \int_F uv dF = \int_F (x \cos \alpha + y \sin \alpha)(y \cos \alpha - x \sin \alpha) dF \\ &= \sin \alpha \cos \alpha (J_x - J_y) + (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) J_{xy} \end{aligned}$$

Sử dụng các công thức biến đổi lượng giác, ta được các công thức xoay trục của mô men quán tính như sau:

$$\begin{cases} J_u = \frac{J_x + J_y}{2} + \frac{J_x - J_y}{2} \cos 2\alpha - J_{xy} \sin 2\alpha \\ J_v = \frac{J_x + J_y}{2} - \frac{J_x - J_y}{2} \cos 2\alpha + J_{xy} \sin 2\alpha \\ J_{uv} = \frac{J_x - J_y}{2} \sin 2\alpha + J_{xy} \cos 2\alpha \end{cases} \quad (1.10)$$

Hệ trục quán tính chính và các mô men quán tính chính

Hệ trục O_{uv} là hệ trục quán tính chính khi $J_{uv} = 0$, điều kiện này hoàn toàn giống điều kiện xác định mặt chính trong TTUS.

$$\operatorname{tg} 2\alpha = -\frac{2J_{xy}}{J_x - J_y} \quad (1.11)$$

$$J_{\max/\min} = \frac{J_x + J_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{J_x - J_y}{2}\right)^2 + J_{xy}^2} \quad (1.12)$$

Mômen quán tính của một số mặt cắt ngang

- **Mặt cắt hình chữ nhật**

Hệ trục đối xứng Oxy là hệ trục quán tính chính trung tâm.

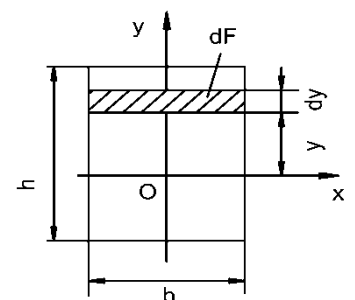
Chọn vi phân dF như hình 1.5: $dF = bdy$

$$J_x = \int_F y^2 dF = \int_{-h/2}^{h/2} y^2 \cdot bdy = \frac{bh^3}{12} \quad (1.12a)$$

$$\text{Tương tự: } J_y = \frac{hb^3}{12} \quad (1.12b)$$

- **Mặt cắt hình tròn**

Chọn vi phân diện tích dF là hình vành khăn bán kính ρ , chiều dày $d\rho$ như hình 5.6. Khi đó ta có:



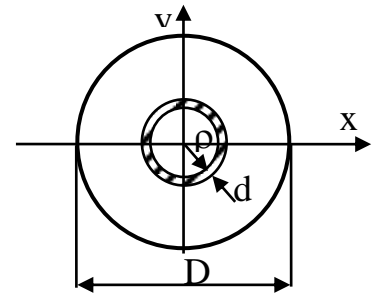
Hình 1.5

$$dF = 2\pi\rho d\rho.$$

$$J_\rho = \int_F \rho^2 dF = \int_0^R \rho^2 \cdot 2\pi\rho d\rho = \frac{\pi R^4}{4} = \frac{\pi D^2}{32} \quad (1.13a)$$

Đối với hệ trục trung tâm Oxy:

$$J_x = J_y = \frac{J_\rho}{2} = \frac{\pi D^4}{64} \quad (1.13b)$$



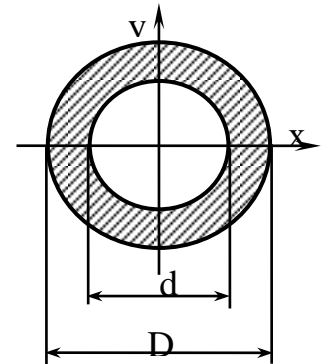
Hình 1.6

- **Mặt cắt hình vành khăn (hình tròn rỗng)**

Đối với hình vành khăn có đường kính ngoài D và đường kính trong d:

$$J_\rho = \frac{\pi D^4}{4} - \frac{\pi d^4}{4} = \frac{\pi D^4}{4} (1 - \alpha^4) \quad \text{với } \alpha = \frac{d}{D} \quad (1.14a)$$

$$J_x = J_y = \frac{\pi D^4}{64} (1 - \alpha^4) \quad (1.14b)$$



Hình 1.7

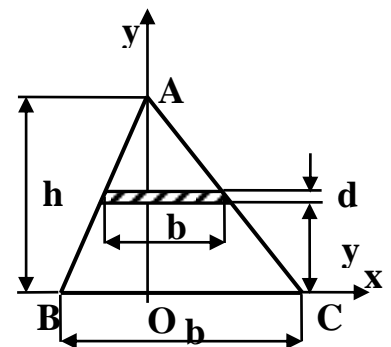
- **Mặt cắt hình tam giác**

Chọn vi phân diện tích ($b_y dy$) như hình 1.8

$$\frac{b_y}{b} = \frac{h-y}{h} \Rightarrow b_y = \frac{h-y}{h} b$$

$$\text{Và } dF = b_y dy = \frac{h-y}{h} b dy$$

$$J_x = \int_F y^2 dF = \int_0^h y^2 \frac{h-y}{h} b dy = \frac{bh^3}{12} \quad (1.15)$$



Ví dụ áp dụng

Ví dụ 1.1: Xác định trọng tâm C và các mômen quán tính J_x, J_y của mặt cắt cho trên hình 1.9.

Giải

Ta chia mặt cắt thành 3 hình:

Hình 1: Hình chữ nhật kích thước 18cm x 20cm

Hình 2: Hình tròn đường kính 6cm

Hình 3: Hình vuông kích thước 6cm x 6cm.

Gắn hệ trục tọa độ xOy để xác định tọa độ trọng tâm của hình (phần

gạch chéo).

$$\text{Ta có: } F_1 = \frac{\pi 6^2}{4} = 28,26 \text{ cm}^2$$

$$F_2 = 6 \times 6 = 36 \text{ cm}^2$$

$$F = 18 \times 20 = 360 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma F = F - F_1 - F_2 = 295,74 \text{ cm}^2.$$

$$y_C = \frac{\Sigma y_{Ci} F_i}{\Sigma F} = \frac{0.360 - (-5).28,26 - 5.36}{295,74} = -0,13 \text{ cm}$$

Như vậy $C(0, -0,13)$.

Tính J_X, J_Y đối với hệ trục tọa độ quán tính chính trung tâm XC_Y .

$$J_X = J_x^X - J_{x_1}^X - J_{x_2}^X$$

$$J_x^X = \frac{bh^3}{12} = \frac{18.20^3}{12} = 12000 (\text{cm}^4)$$

$$J_{x_1}^X = \frac{\pi.d^4}{64} + (5 - 0,13)^2 . F_1 = \frac{3,14.6^4}{64} + (4,87)^2 . 28,26 = 733,825 (\text{cm}^4)$$

$$J_{x_2}^X = \frac{a^4}{12} + (5 + 0,13)^2 . F_2 = \frac{6^4}{12} + (5,13)^2 . 36 = 1055,41 (\text{cm}^4)$$

$$\text{Vậy: } J_X = 12000 - 733,825 - 1055,41 = 10210,765 (\text{cm}^4)$$

Ví dụ 1.2: Xác định mô men quán tính chính trung tâm của tiết diện cho trên hình 1.10. Hình tam giác vuông cân cạnh a và có mô men quán tính đối với cạnh góc vuông là $\frac{a^4}{12}$.

Giải:

Gắn hệ trục tọa độ như trên hình 1.10. Hệ trục xCy là hệ trục quán tính chính trung tâm:

$$J_X = J_Y = \frac{a^4}{12}$$

$$J_X = J_{x_0} + \left(\frac{a}{3}\right)^2 \frac{1}{2} a^2 \Rightarrow J_{x_0} = \frac{a^4}{36}$$

Tương tự: $J_{y_0} = \frac{a^4}{36}$

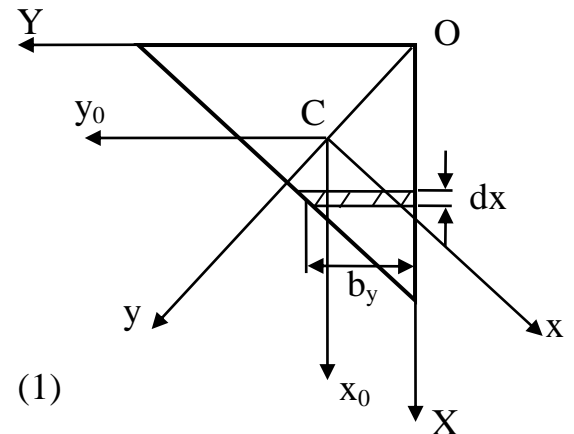
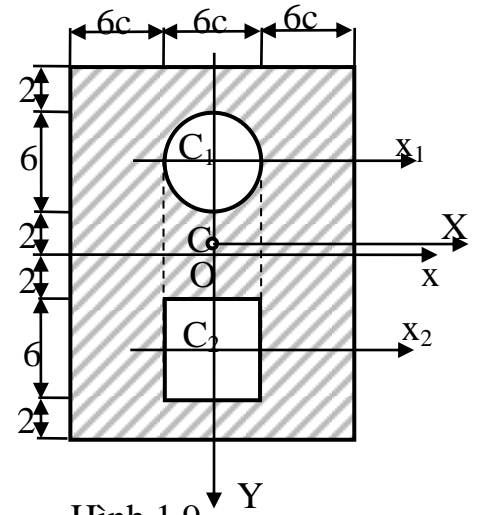
Tính $J_{x_0 y_0} = \int_F x_0 y_0 dF$

Trong đó: $dF = b_y . dx$

$$\frac{b_y}{a} = \frac{a - (\frac{a}{3} + x_0)}{a} \Rightarrow b_y = \left(\frac{2}{3} - \frac{x_0}{a}\right) a$$

Trong hệ trục $x_0 Cy_0$: $b_{y_0} = b_y - \frac{a}{3} = \left(\frac{a}{3} - x_0\right)$ (3)

Thay (2) và (3) vào (1)



Hình 1.10

$$J_{x_0y_0} = \int_{-\frac{a}{3}}^{\frac{2a}{3}} dx \int_{-\frac{a}{3}}^{\left(\frac{a}{3}-x_0\right)} x_0 y_0 dy = -\frac{a^4}{72}$$

Sử dụng công thức xoay trục của mô men quán tính để xác định mô men quán tính chính trung tâm:

$$J_{\min}^{\max} = \frac{J_{x_0} + J_{y_0}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{J_{x_0} - J_{y_0}}{2}\right)^2 + J_{x_0y_0}^2}$$

$$J_y = J_{\max} = \frac{a^4}{24}$$

$$J_x = J_{\min} = \frac{a^4}{72}$$

CHƯƠNG 2

GIỚI THIỆU PHẦN MỀM MD SOLIDS

MD Solids là phần mềm của Timothy A. Philpot, Ph.D, P.E, giảng viên trường Đại học Missouri – Rolla (Mỹ). Đây là phần mềm đạt giải thưởng phần mềm dạy học xuất sắc nhất trong cuộc thi phần mềm giáo dục năm 1998, với giao diện thân thiện, tính năng phong phú. Phần mềm được xây dựng dựa trên các giáo trình về sức bền vật liệu chuẩn của các tác giả có uy tín lớn trên thế giới như : Mechanics of Materials của Roy R. Craig; Mechanics of Materials của Beer Johnston và Dewolf, Mechanics of Materials của Gere, Mechanics of Materials của Hibbeler... MDSolids đã được sử dụng nhiều ở các trường đại học của Mỹ như: University of Texas, The Pennsylvania State University, Stanford University... và nhiều trường đại học ở nhiều nước khác trên thế giới.

2.1. Khả năng của MD Solids

MD Solids là phần mềm được thiết kế nhằm hỗ trợ cho việc dạy và học môn Sức bền vật liệu (SBVL). Phần mềm này có thể hỗ trợ chúng ta trong các vấn đề sau :

1. Giải các bài toán SBVL. Phần mềm này có thể giúp giải quyết hầu hết các dạng bài tập cơ bản của môn học SBVL.
2. Giúp sinh viên kiểm tra lại kết quả đã tính toán bằng tay, giúp kiểm tra lỗi trong quá trình tính toán.
3. MD Solids cung cấp cách giải gọn nhẹ. Những giải thích rõ ràng trong các bước giải sẽ giúp sinh viên nâng cao khả năng hiểu và giải quyết các bài tập. Đồng thời qua đó giúp sinh viên hiểu và nắm luôn các khái niệm cơ bản của SBVL.
4. Cung cấp hình ảnh minh họa nội lực và ứng suất trong mặt cắt ngang khi thanh chịu kéo (nén), uốn, xoắn,... rất trực quan và sinh động.

5. Phần mềm này giúp sinh viên có một cái nhìn trực giác về kết quả tính toán. Bằng trực giác sẽ giúp sinh viên nắm kỹ hơn về nguyên lý cộng độc lập tác dụng, đây là vấn đề khó mà phần lớn sinh viên thường vấp phải.

6. Nếu muốn tìm hiểu môn học SBVL, phần trợ giúp (help) của chương trình bao gồm nhiều tham khảo bổ ích.

7. MD Solids có phần trợ giúp rất chi tiết, trong đó có các ví dụ kèm theo hướng dẫn giải rất rõ ràng, giúp cho chúng ta tự nghiên cứu.

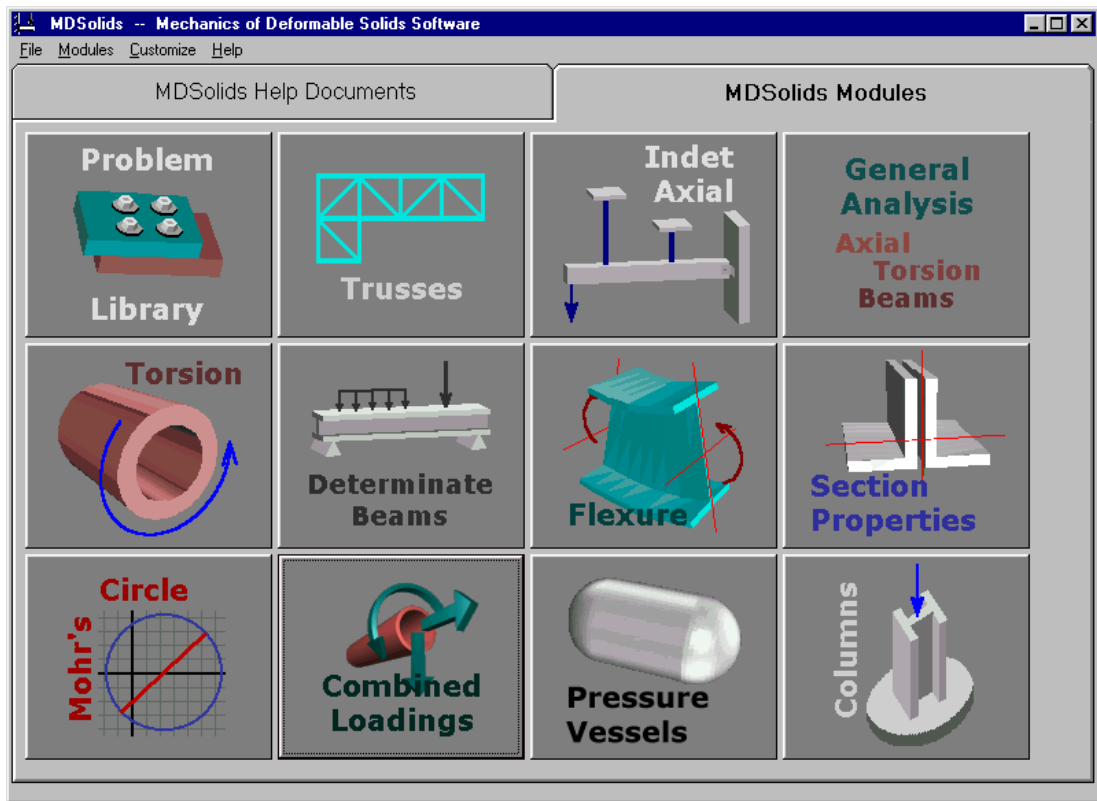
8. Cung cấp những tùy chọn cho những đơn vị thường sử dụng nhất, đồng thời các ký hiệu quy ước được dùng bằng chữ (không dùng các ký hiệu) nên rất thuận lợi cho người học tiếp cận phần mềm này.

2.2. Nội dung của phần mềm

MD Solids gồm có 12 môđun, mỗi môđun đề cập đến từng vấn đề tiêu biểu trong môn học SBVL, bao gồm :

- Thanh chịu lực dọc trục.
- Hệ thanh siêu tĩnh chịu lực dọc trục.
- Thanh chịu xoắn.
- Dầm tĩnh định chịu uốn.
- Phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang của dầm chịu uốn.
- Đặc trưng hình học tiết diện của mặt cắt.
- Ổn định.
- Vòng tròn Mohr.
- Thanh chịu lực tổng quát.
- Tính bình chịu áp lực.
- Thư viện các bài tập
- Phân tích tổng quát của bài toán SBVL cơ bản.

Giao diện chính của phần mềm MD Solids



Hình 2.1: Giao diện chính phần mềm MD Solids

CHƯƠNG 3

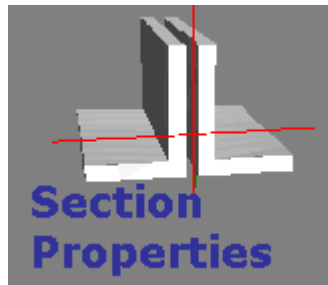
GIẢI MỘT SỐ BÀI TOÁN ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC MẶT CẮT NGANG BẰNG PHẦN MỀM MD SOLIDS

Trong chương này sử dụng phần mềm MD Solids để tính toán cho một số mặt cắt ngang thường dùng trong cuộc sống.

3.1. Bài toán 1

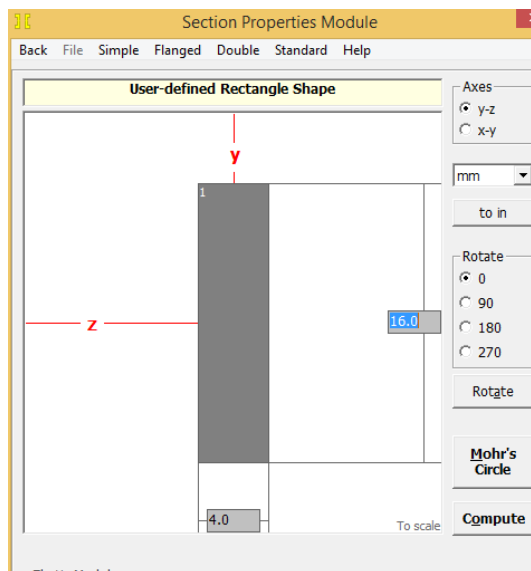
Tính các đại lượng đặc trưng hình học của các hình đơn giản.

Từ giao diện chính của phần mềm chọn biểu tượng Section Properties như hình vẽ dưới.



1) Mặt cắt ngang hình chữ nhật

-Từ giao diện của Section Properties chọn Simple/Rectangle:

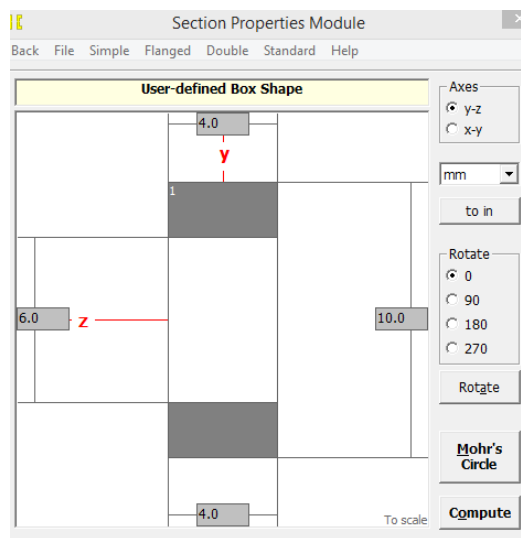


Sau khi chọn kích thước mặt cắt, chọn đơn vị tính toán, click chuột vào biểu tượng Compute. Kết quả tính toán thể hiện ở bảng sau:

| Z Axis Properties | | | |
|--------------------------------|----------|------------------|-----------------|
| Elastic Modulus | E | 1.0000 | GPa |
| From bottom to centroid | y (bot) | 8.0000 | mm |
| From centroid to top | y (top) | 8.0000 | mm |
| Area of shape | A | 64.0000 | mm ² |
| Moment of Inertia | Iz | 1,365.3333 | mm ⁴ |
| Section Modulus | Sz | 170.6667 | mm ³ |
| Section Modulus (bottom) | S (bot) | 170.6667 | mm ³ |
| Section Modulus (top) | S (top) | 170.6667 | mm ³ |
| Radius of Gyration | rz | 4.6188 | mm |
| Plastic Modulus | Zz | 256.0000 | mm ³ |
| Shape Factor | | 1.5000 | |
| From bottom to plastic n.a. | yp (bot) | 8.0000 | mm |
| From plastic n.a. to top | yp (top) | 8.0000 | mm |
| Polar Moment of Inertia | J | 1,450.6667 | mm ⁴ |
| Product of Inertia | Iyz | 0.0000 | mm ⁴ |
| Maximum Moment of Inertia | Imax | 1,365.3333 | mm ⁴ |
| Minimum Moment of Inertia | Imin | 85.3333 | mm ⁴ |
| Angle from z axis to Imax axis | β | 0.0000 | degrees |
| | | Counterclockwise | |

2) Mặt cắt ngang hình chữ nhật rỗng.

-Từ giao diện của Section Properties chọn Simple/Box Shape:

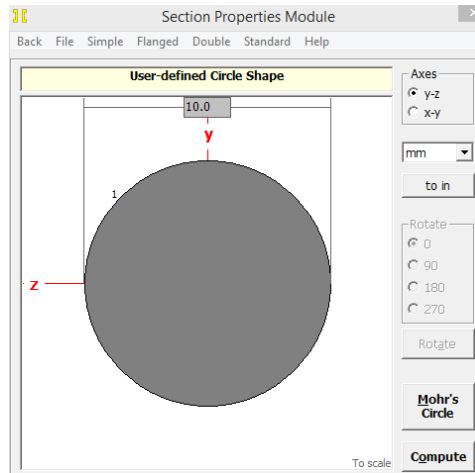


Kết quả tính toán cho mặt cắt thể hiện trên hình dưới:

| Z Axis Properties | | | |
|--------------------------------|----------|------------------|-----------------|
| Elastic Modulus | E | 1.0000 | GPa |
| From bottom to centroid | y (bot) | 5.0000 | mm |
| From centroid to top | y (top) | 5.0000 | mm |
| Area of shape | A | 16.0000 | mm ² |
| Moment of Inertia | Iz | 261.3333 | mm ⁴ |
| Section Modulus | Sz | 52.2667 | mm ³ |
| Section Modulus (bottom) | S (bot) | 52.2667 | mm ³ |
| Section Modulus (top) | S (top) | 52.2667 | mm ³ |
| Radius of Gyration | rz | 4.0415 | mm |
| Plastic Modulus | Zz | 64.0000 | mm ³ |
| Shape Factor | | 1.2245 | |
| From bottom to plastic n.a. | yp (bot) | 5.0000 | mm |
| From plastic n.a. to top | yp (top) | 5.0000 | mm |
| Polar Moment of Inertia | J | 282.6667 | mm ⁴ |
| Product of Inertia | Iyz | 0.0000 | mm ⁴ |
| Maximum Moment of Inertia | Imax | 261.3333 | mm ⁴ |
| Minimum Moment of Inertia | Imin | 21.3333 | mm ⁴ |
| Angle from z axis to Imax axis | β | 0.0000 | degrees |
| | | Counterclockwise | |

3) Mặt cắt ngang hình tròn

Từ giao diện của Section Properties chọn Simple/Circle Shape:



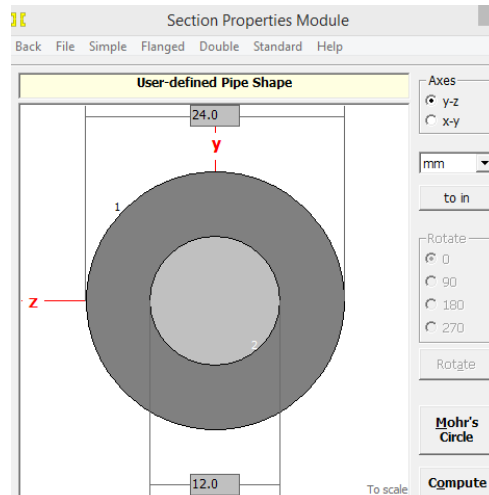
Kết quả tính toán cho mặt cắt thể hiện trên hình dưới:

The screenshot shows the 'Cross Section Properties' window with a table of properties for the 'Z Axis Properties'. The table includes values for Elastic Modulus, Section Modulus, Moment of Inertia, and other geometric properties.

| Z Axis Properties | | | |
|--------------------------------|----------|----------|-----------------|
| Elastic Modulus | E | 1.0000 | GPa |
| From bottom to centroid | y (bot) | 5.0000 | mm |
| From centroid to top | y (top) | 5.0000 | mm |
| Area of shape | A | 78.5398 | mm ² |
| Moment of Inertia | Iz | 490.8739 | mm ⁴ |
| Section Modulus | Sz | 98.1748 | mm ³ |
| Section Modulus (bottom) | S (bot) | 98.1748 | mm ³ |
| Section Modulus (top) | S (top) | 98.1748 | mm ³ |
| Radius of Gyration | rz | 2.5000 | mm |
| Plastic Modulus | Zz | 166.6667 | mm ³ |
| Shape Factor | | 1.6977 | |
| From bottom to plastic n.a. | yp (bot) | 5.0000 | mm |
| From plastic n.a. to top | yp (top) | 5.0000 | mm |
| Polar Moment of Inertia | J | 981.7477 | mm ⁴ |
| Product of Inertia | Iyz | 0.0000 | mm ⁴ |
| Maximum Moment of Inertia | Imax | 490.8739 | mm ⁴ |
| Minimum Moment of Inertia | Imin | 490.8739 | mm ⁴ |
| Angle from z axis to Imax axis | β | 0.0000 | degrees |
| | | | Clockwise |

4) Mặt cắt ngang hình vành khăn

Từ giao diện của Section Properties chọn Simple/Pipe Shape:



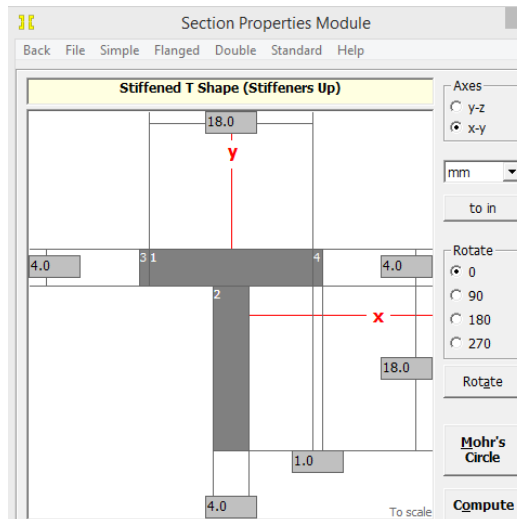
Kết quả tính toán cho mặt cắt thể hiện trên hình dưới:

| Z Axis Properties | | | |
|--------------------------------|----------|-------------|-----------------|
| Elastic Modulus | E | 1.0000 | GPa |
| From bottom to centroid | y (bot) | 12.0000 | mm |
| From centroid to top | y (top) | 12.0000 | mm |
| Area of shape | A | 339.2920 | mm ² |
| Moment of Inertia | Iz | 15,268.1403 | mm ⁴ |
| Section Modulus | Sz | 1,272.3450 | mm ³ |
| Section Modulus (bottom) | S (bot) | 1,272.3450 | mm ³ |
| Section Modulus (top) | S (top) | 1,272.3450 | mm ³ |
| Radius of Gyration | rz | 6.7082 | mm |
| Plastic Modulus | Zz | 2,016.0000 | mm ³ |
| Shape Factor | | 1.5845 | |
| From bottom to plastic n.a. | yp (bot) | 12.0000 | mm |
| From plastic n.a. to top | yp (top) | 12.0000 | mm |
| Polar Moment of Inertia | J | 30,536.2806 | mm ⁴ |
| Product of Inertia | Iyz | 0.0000 | mm ⁴ |
| Maximum Moment of Inertia | Imax | 15,268.1403 | mm ⁴ |
| Minimum Moment of Inertia | Imin | 15,268.1403 | mm ⁴ |
| Angle from z axis to Imax axis | β | 0.0000 | degrees |
| | | | Clockwise |

3.2. Bài toán 2: Tính toán đặc trưng hình học cho các mặt cắt ghép.

1) Mặt cắt ngang hình chữ T

Từ giao diện của Section Properties chọn Flanged/T Shape:

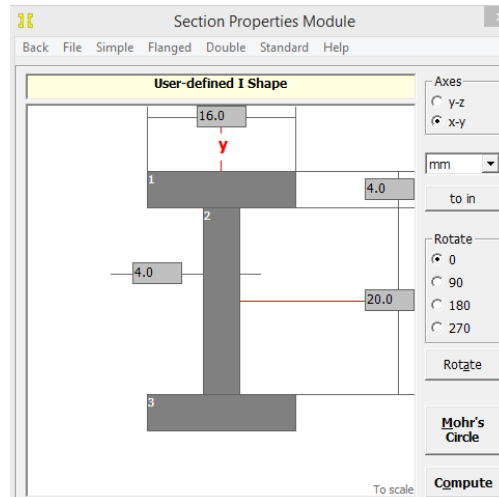


Kết quả tính toán cho mặt cắt thể hiện trên hình dưới:

| X Axis Properties | | | |
|--------------------------------|----------|------------|------------------|
| Elastic Modulus | E | 1.0000 | GPa |
| From bottom to centroid | y (bot) | 14.7895 | mm |
| From centroid to top | y (top) | 7.2105 | mm |
| Area of shape | A | 152.0000 | mm ² |
| Moment of Inertia | Ix | 6,635.9298 | mm ⁴ |
| Section Modulus | Sx | 448.6928 | mm ³ |
| Section Modulus (bottom) | S (bot) | 448.6928 | mm ³ |
| Section Modulus (top) | S (top) | 920.3114 | mm ³ |
| Radius of Gyration | rx | 6.6074 | mm |
| Plastic Modulus | Zx | 807.2000 | mm ³ |
| Shape Factor | | 1.7990 | |
| From bottom to plastic n.a. | yp (bot) | 18.2000 | mm |
| From plastic n.a. to top | yp (top) | 3.8000 | mm |
| Polar Moment of Inertia | J | 9,398.5965 | mm ⁴ |
| Product of Inertia | Ixy | 0.0000 | mm ⁴ |
| Maximum Moment of Inertia | Imax | 6,635.9298 | mm ⁴ |
| Minimum Moment of Inertia | Imin | 2,762.6667 | mm ⁴ |
| Angle from x axis to Imax axis | β | 0.0000 | degrees |
| | | | Counterclockwise |

2) Mặt cắt ngang hình chữ T

Từ giao diện của Section Properties chọn Flanged/I Shape:



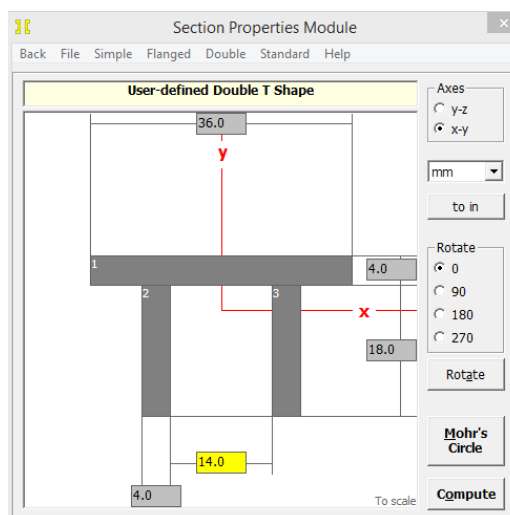
Kết quả tính toán cho mặt cắt thể hiện trên hình dưới:

| X Axis Properties | | | | Y Axis Properties | | | |
|--------------------------------|----------|-------------|-----------------|--------------------------------|------------|-------------|------------------|
| Elastic Modulus | E | 1.0000 | GPa | Elastic Modulus | E | 1.0000 | GPa |
| From bottom to centroid | y (bot) | 14.0000 | mm | From left to centroid | x (left) | 8.0000 | mm |
| From centroid to top | y (top) | 14.0000 | mm | From centroid to right | x (right) | 8.0000 | mm |
| Area of shape | A | 208.0000 | mm ² | Area of shape | A | 208.0000 | mm ² |
| Moment of Inertia | Ix | 21,269.3333 | mm ⁴ | Moment of Inertia | Iy | 2,837.3333 | mm ⁴ |
| Section Modulus | Sx | 1,519.2381 | mm ³ | Section Modulus | Sy | 354.6667 | mm ³ |
| Section Modulus (bottom) | S (bot) | 1,519.2381 | mm ³ | Section Modulus (left) | S (left) | 354.6667 | mm ³ |
| Section Modulus (top) | S (top) | 1,519.2381 | mm ³ | Section Modulus (right) | S (right) | 354.6667 | mm ³ |
| Radius of Gyration | rx | 10.1122 | mm | Radius of Gyration | ry | 3.6934 | mm |
| Plastic Modulus | Zx | 1,936.0000 | mm ³ | Plastic Modulus | Zy | 592.0000 | mm ³ |
| Shape Factor | | 1.2743 | | Shape Factor | | 1.6692 | |
| From bottom to plastic n.a. | yp (bot) | 14.0000 | mm | From left to plastic n.a. | xp (left) | 8.0000 | mm |
| From plastic n.a. to top | yp (top) | 14.0000 | mm | From plastic n.a. to right | xp (right) | 8.0000 | mm |
| Polar Moment of Inertia | J | 24,106.6667 | mm ⁴ | Polar Moment of Inertia | J | 24,106.6667 | mm ⁴ |
| Product of Inertia | Ixy | 0.0000 | mm ⁴ | Product of Inertia | Ixy | 0.0000 | mm ⁴ |
| Maximum Moment of Inertia | Imax | 21,269.3333 | mm ⁴ | Maximum Moment of Inertia | Imax | 21,269.3333 | mm ⁴ |
| Minimum Moment of Inertia | Imin | 2,837.3333 | mm ⁴ | Minimum Moment of Inertia | Imin | 2,837.3333 | mm ⁴ |
| Angle from x axis to Imax axis | β | 0.0000 | degrees | Angle from y axis to Imax axis | β | 90.0000 | degrees |
| | | | | | | | Counterclockwise |

3.3. Bài toán 3: Tính toán đặc trưng hình học cho các mặt cắt ghép đôi

1) Mặt cắt chữ T ghép đôi

Từ giao diện của Section Properties chọn Double/T Shape:

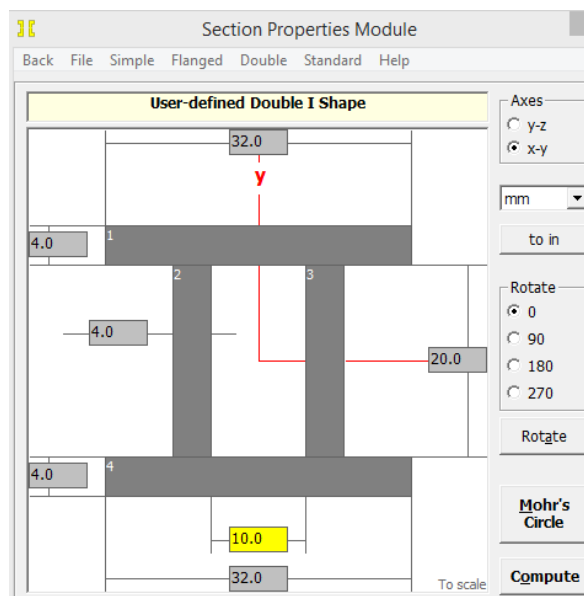


Kết quả tính toán cho mặt cắt thể hiện trên hình dưới:

| Cross Section Properties - X Axis Properties | | | | Cross Section Properties - Y Axis Properties | | | |
|--|----------|-------------|-----------------|--|------------|-------------|------------------|
| Elastic Modulus | E | 1.0000 | GPa | Elastic Modulus | E | 1.0000 | GPa |
| From bottom to centroid | y (bot) | 14.5000 | mm | From left to centroid | x (left) | 18.0000 | mm |
| From centroid to top | y (top) | 7.5000 | mm | From centroid to right | x (right) | 18.0000 | mm |
| Area of shape | A | 288.0000 | mm ² | Area of shape | A | 288.0000 | mm ² |
| Moment of Inertia | Ix | 12,792.0000 | mm ⁴ | Moment of Inertia | Iy | 27,408.0000 | mm ⁴ |
| Section Modulus | Sx | 882.2069 | mm ³ | Section Modulus | Sy | 1,522.6667 | mm ³ |
| Section Modulus (bottom) | S (bot) | 882.2069 | mm ³ | Section Modulus (left) | S (left) | 1,522.6667 | mm ³ |
| Section Modulus (top) | S (top) | 1,705.6000 | mm ³ | Section Modulus (right) | S (right) | 1,522.6667 | mm ³ |
| Radius of Gyration | rx | 6.6646 | mm | Radius of Gyration | ry | 9.7553 | mm |
| Plastic Modulus | Zx | 1,584.0000 | mm ³ | Plastic Modulus | Zy | 2,592.0000 | mm ³ |
| Shape Factor | | 1.7955 | | Shape Factor | | 1.7023 | |
| From bottom to plastic n.a. | yp (bot) | 18.0000 | mm | From left to plastic n.a. | xp (left) | 18.0000 | mm |
| From plastic n.a. to top | yp (top) | 4.0000 | mm | From plastic n.a. to right | xp (right) | 18.0000 | mm |
| Polar Moment of Inertia | J | 40,200.0000 | mm ⁴ | Polar Moment of Inertia | J | 40,200.0000 | mm ⁴ |
| Product of Inertia | Ixy | 0.0000 | mm ⁴ | Product of Inertia | Ixy | 0.0000 | mm ⁴ |
| Maximum Moment of Inertia | Imax | 27,408.0000 | mm ⁴ | Maximum Moment of Inertia | Imax | 27,408.0000 | mm ⁴ |
| Minimum Moment of Inertia | Imin | 12,792.0000 | mm ⁴ | Minimum Moment of Inertia | Imin | 12,792.0000 | mm ⁴ |
| Angle from x axis to Imax axis | β | 0.0000 | degrees | Angle from y axis to Imax axis | β | 90.0000 | degrees |
| | | | Clockwise | | | | Counterclockwise |

2) Mặt cắt ngang chữ I ghép đôi

Từ giao diện của Section Properties chọn Double/I Shape:



Kết quả tính toán cho mặt cắt thể hiện trên hình dưới:

| Cross Section Properties - X Axis Properties | | | | Cross Section Properties - Y Axis Properties | | | |
|--|----------|-------------|-----------------|--|------------|-------------|------------------|
| Elastic Modulus | E | 1.0000 | GPa | Elastic Modulus | E | 1.0000 | GPa |
| From bottom to centroid | y (bot) | 14.0000 | mm | From left to centroid | x (left) | 16.0000 | mm |
| From centroid to top | y (top) | 14.0000 | mm | From centroid to right | x (right) | 16.0000 | mm |
| Area of shape | A | 416.0000 | mm ² | Area of shape | A | 416.0000 | mm ² |
| Moment of Inertia | Ix | 42,538.6667 | mm ⁴ | Moment of Inertia | Iy | 29,898.6667 | mm ⁴ |
| Section Modulus | Sx | 3,038.4762 | mm ³ | Section Modulus | Sy | 1,868.6667 | mm ³ |
| Section Modulus (bottom) | S (bot) | 3,038.4762 | mm ³ | Section Modulus (left) | S (left) | 1,868.6667 | mm ³ |
| Section Modulus (top) | S (top) | 3,038.4762 | mm ³ | Section Modulus (right) | S (right) | 1,868.6667 | mm ³ |
| Radius of Gyration | rx | 10.1122 | mm | Radius of Gyration | ry | 8.4777 | mm |
| Plastic Modulus | Zx | 3,872.0000 | mm ³ | Plastic Modulus | Zy | 3,168.0000 | mm ³ |
| Shape Factor | | 1.2743 | | Shape Factor | | 1.6953 | |
| From bottom to plastic n.a. | yp (bot) | 14.0000 | mm | From left to plastic n.a. | xp (left) | 16.0000 | mm |
| From plastic n.a. to top | yp (top) | 14.0000 | mm | From plastic n.a. to right | xp (right) | 16.0000 | mm |
| Polar Moment of Inertia | J | 72,437.3333 | mm ⁴ | Polar Moment of Inertia | J | 72,437.3333 | mm ⁴ |
| Product of Inertia | Ixy | 0.0000 | mm ⁴ | Product of Inertia | Ixy | 0.0000 | mm ⁴ |
| Maximum Moment of Inertia | Imax | 42,538.6667 | mm ⁴ | Maximum Moment of Inertia | Imax | 42,538.6667 | mm ⁴ |
| Minimum Moment of Inertia | Imin | 29,898.6667 | mm ⁴ | Minimum Moment of Inertia | Imin | 29,898.6667 | mm ⁴ |
| Angle from x axis to Imax axis | β | 0.0000 | degrees | Angle from y axis to Imax axis | β | 90.0000 | degrees |
| | | | Clockwise | | | | Counterclockwise |

KẾT LUẬN

Việc sử dụng các phần mềm trong nghiên cứu và giảng dạy các môn cơ học là vấn đề nên được giảng viên quan tâm. Các bài toán cơ học nói chung và các bài toán của môn học sức bền vật liệu nói riêng thường trừu tượng và kém hấp dẫn người học. Nếu đưa vào giảng dạy phần mềm MD Solids trong chương trình môn học sức bền vật liệu sẽ làm tăng sự hứng thú với môn học hơn.

Chuyên đề đã giải các dạng bài toán điển hình của các mặt cắt ngang hay gặp trong cuộc sống. Sử dụng phần mềm để giải bài toán sẽ cho kết quả nhanh hơn, trực quan hơn và đạt độ chính xác cao.

Chuyên đề bước đầu tiếp cận phần mềm MD Solids trong giải một số bài toán của đặc trưng hình học mặt cắt ngang. Trong các chuyên đề sau tác giả tiếp tục khai thác cho các dạng chịu lực khác: Tính toán ổn định, trạng thái ứng suất....