

## 第 10 回・H形鋼曲げ

### 1. 実験の目的

本実験の目的は以下のとおりである。

- ・ 曲げを受ける H 形鋼の履歴性状や終局状態に関する理解を深める。
- ・ 曲げを受ける H 形鋼の荷重 - 変形関係を誘導し，構造力学の基礎を復習する。
- ・ 鋼構造における梁の許容応力度設計および限界状態設計に関して理解を深める。

### 2. 実験の概要

#### 2.1 試験体

試験体は，図 1 に示す(a)H-100×100×6×8 の断面を有する広幅系 H 形鋼と，(b)H-150×75×5×7 の断面を有する細幅系 H 形鋼の 2 種類で，鋼種はいずれも SS400 である。試験体(a)は鋼構造建物の柱や筋違として一般的に使用される鋼材を代表した断面形状，試験体(b)は鋼構造建物の梁として一般的に使用される鋼材を代表した断面形状であると考えればよい。表 1 に，使用する試験体について，日本工業規格 (JIS) に規定されている標準諸量を示す。

表 2 に，ノギス等で測定した各 H 形鋼試験体の断面寸法を記入すること。

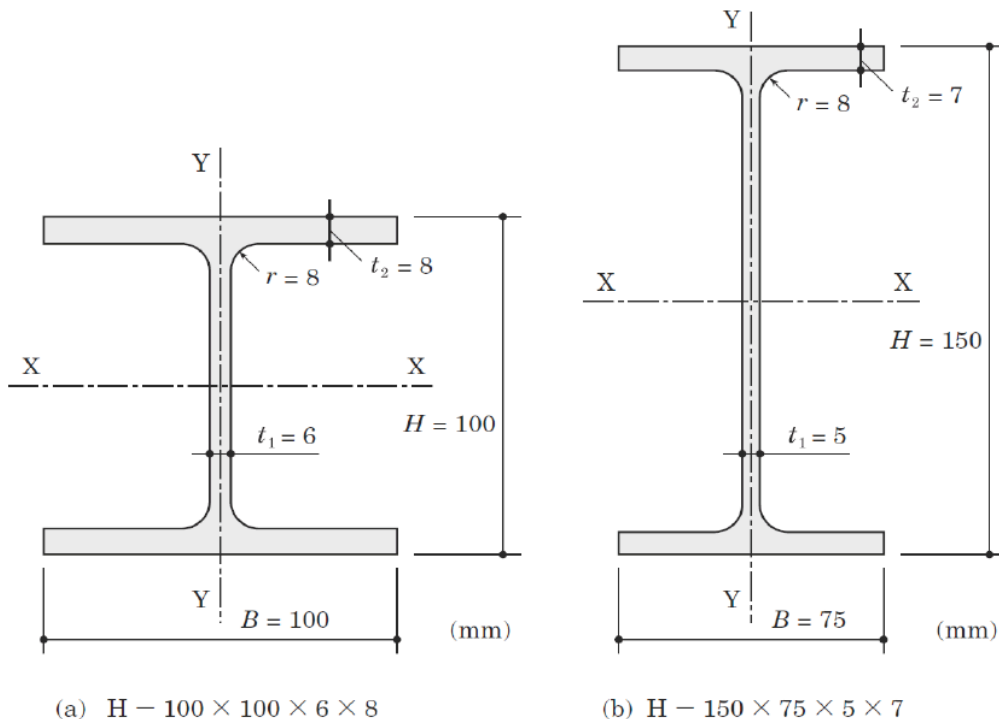


図 1 試験体の断面形状 (寸法は公称値)

表 1 H 形鋼の標準諸量(鋼構造設計規準・付録 2)

断面 2 次モーメント  $I = ai^2$   
 断面 2 次半径  $i = \sqrt{I/a}$   
 断面係数  $Z = I/e$   
 サンプナンのねじり定数  $J = \frac{1}{3}(2Bt_2^3 + ht_1^3)$   
 曲げねじり定数  $I_w = \frac{I_y \cdot h^2}{4}$   
 (a=断面積)

標準断面寸法 (mm)				断面積 (cm <sup>2</sup> )	単位 質量 (kg/m)	参 考								
						断面 2 次モーメント (cm <sup>4</sup> )		断面 2 次半径 (cm)		断面係数 (cm <sup>3</sup> )		曲げ応力のため の断面性能		
呼称寸法 高さ×辺	H×B	h	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>	J	I <sub>w</sub>		
100×50	100×50	93.0	5	7	11.9	9.30	187	14.8	3.98	1.12	37.5	5.91	1.53	320
100×100	100×100	92.0	6	8	21.6	16.9	378	134	4.18	2.49	75.6	26.7	4.08	2840
125×60	125×60	117	6	8	16.7	13.1	409	29.1	4.95	1.32	65.5	9.71	2.89	996
125×125	125×125	116	6.5	9	30.0	23.6	839	293	5.29	3.13	134	46.9	7.14	9860
150×75	150×75	143	5	7	17.9	14.0	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2	2.31	2530

表 2 H 形鋼試験体の断面寸法実測値 (単位:mm)

H 断面部材	100×100		150×75	
梁せい, H	1		1	
	2		2	
	3		3	
	平均		平均	
梁幅, B	1		1	
	2		2	
	3		3	
	平均		平均	
フランジ板厚, t <sub>f</sub>	1		1	
	2		2	
	3		3	
	平均		平均	
ウェブ板厚, t <sub>w</sub>	1		1	
	2		2	
	3		3	
	平均		平均	

## 2.2 荷重方法

まず、試験体(a)を図 2 に示すように単純梁形式に支持し、アムスラー型荷重試験機（容量 2MN=2000kN）で対称 2 点荷重する。弾性範囲以内（降伏荷重の計算値の 1/2 程度まで）の荷重ののち、いったん除荷する。その後、再び荷重し、断面の一部を降伏させる。次に、降伏変形（断面の一部が降伏を開始する変形）の 2 倍程度まで荷重したのち、再度除荷する。塑性化の

状態を確認したのち、再び負荷する。最後は、降伏変形の 5 倍程度まで載荷したのち、除荷して実験を終了する。

次に、試験体(b)を同様に設置し、試験機で対称 2 点載荷する。試験体(a)と同じ変形に至るまで、除荷せずに連続的に載荷する。

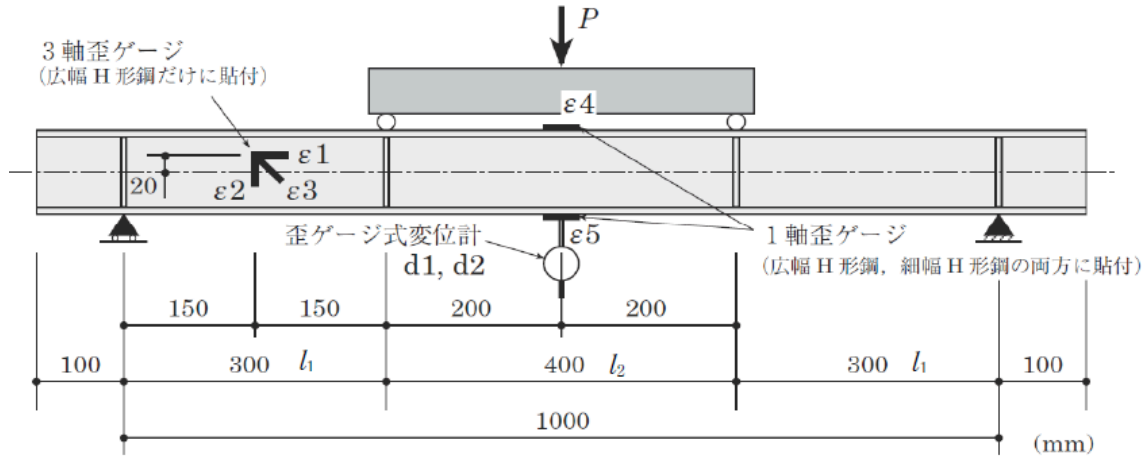


図 2 載荷・計測状況

### 2.3 計測方法

[1]荷重：載荷荷重  $P$  を、試験機内蔵のロードセルで計測する。

[2]変位：ひずみゲージ式変位計により、材中央のたわみ  $d1$ ,  $d2$  を計測する。2 台の変位計により計測した値の平均値を、材中央のたわみ  $d$  とする。

[3]ひずみ：2 種類の抵抗線ひずみゲージ（1 軸ひずみゲージ、3 軸ロゼットゲージ）を用いる。 $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_3$  は 3 軸ロゼットゲージで計測したひずみであり、ひずみゲージを貼付した点の近傍における、ひずみゲージと同一面内の任意方向のひずみの大きさを知ることができる。すなわち、3 軸ロゼットゲージによるひずみの計測値  $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_3$  を用いると、ひずみの計測点近傍における最大主ひずみ  $\varepsilon_{\max}$ 、最小主ひずみ  $\varepsilon_{\min}$ 、最大せん断ひずみ  $\gamma_{\max}$ 、主ひずみの方向  $\theta$  は、モールのひずみ円（図 3 参照）に基づいて次式で算出することができる。

$$\varepsilon_{\max} = \frac{1}{2} \left[ \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \sqrt{2 \{ (\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 \}} \right] = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} + \frac{\gamma_{\max}}{2} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{\min} = \frac{1}{2} \left[ \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \sqrt{2 \{ (\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 \}} \right] = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} - \frac{\gamma_{\max}}{2} \quad (2)$$

$$\gamma_{\max} = \sqrt{2 \{ (\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 \}} \quad (3)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \frac{2\varepsilon_3 - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \quad (4)$$

$\varepsilon_4$  と  $\varepsilon_5$  は 1 軸ひずみゲージで計測したひずみであり、フランジ表面の材軸方向のひずみを知ることができる。

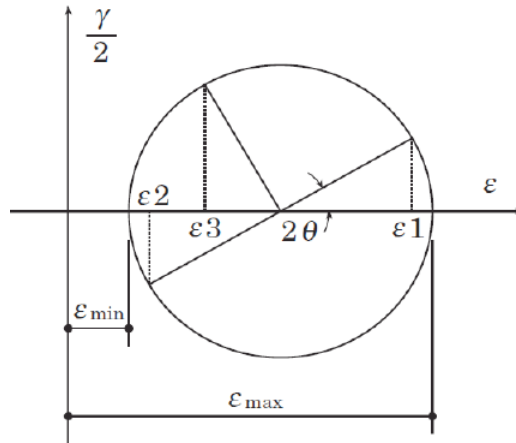


図 3 モールのひずみ円

### 3. レポート課題

#### (1)試験体の剛性と耐力

2種類の試験体について、以下に示す値をそれぞれ求めよ。

- ・ 弾性剛性：材が弾性範囲以内にある場合について、載荷荷重  $P$  と材中央たわみ  $d$  の関係を  $P=K\delta$  と表わしたときの係数  $K$  の値
- ・ 降伏耐力：最大曲げモーメント発生断面の縁応力度が、ちょうど降伏応力度  $\sigma_y$  に達したときの載荷荷重  $P=P_y$
- ・ 全塑性耐力：最大曲げモーメント発生断面全体が、降伏応力度  $\sigma_y$  に達したときの載荷荷重  $P=P_p$

ただし、試験体の断面諸量は、図 1 に示された公称値ではなく、表 2 に記入した実測値に基づいて算出し、ヤング係数は  $E=205 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ 、降伏応力度  $\sigma_y$  は、試験体(a)が  $\sigma_y=314 \text{N/mm}^2$ 、試験体(b)が  $\sigma_y=321 \text{N/mm}^2$  として計算せよ。

#### (2)実験結果の整理

2種類の試験体について、下記の(A)、(B)の関係をそれぞれ図示せよ。

(A)載荷荷重  $P$  と材中央たわみ  $\delta$  の関係

(B)材中央の曲げモーメント  $M$  と曲率  $\phi$  の関係

ただし、曲げモーメント  $M$  は載荷荷重  $P$  から、曲率  $\phi$  は 1 軸ひずみゲージで計測したひずみ  $\epsilon_4$  と  $\epsilon_5$  を用いて算出すること。また図の縦軸と横軸には単位を記入すること。

さらに、(1)で求めた 3 つの値  $K$ 、 $P_y$ 、 $P_p$  を図(A)中に直線で記入し (図 4 参照)、弾性剛性  $K$  に関して実験値と計算値を比較して両者に差が生じた理由について考察せよ。

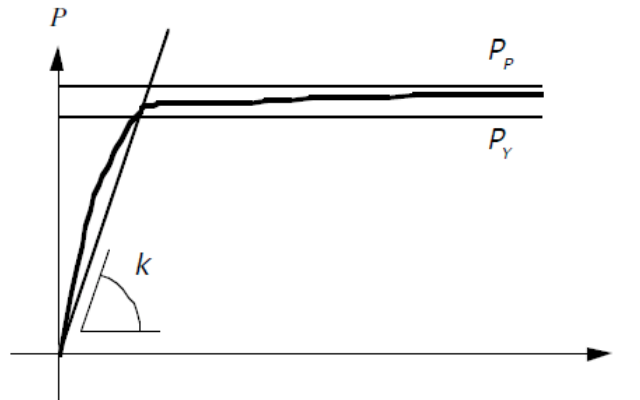


図 4 K,  $P_y$ ,  $P_p$  の記入方法 (この図には単位はわざと記入していない)

### (3) 梁の応力度分布

試験体(a)について、3 軸ロゼットゲージによる計測値を用いて、最大曲げモーメント発生断面が(1)で算出した降伏耐力に到達したときの、3 軸ロゼットゲージによるひずみ計測位置での主応力の大きさとその方向を図示せよ (図 5 参照)。なお、応力とひずみには以下の関係式が成り立つことと、主応力の方向と主ひずみの方向は一致することを利用せよ。

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\nu & 0 \\ -\nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & E/G \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}$$

ただし、せん断弾性係数： $E=79 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比： $\nu=0.3$  を用いること。

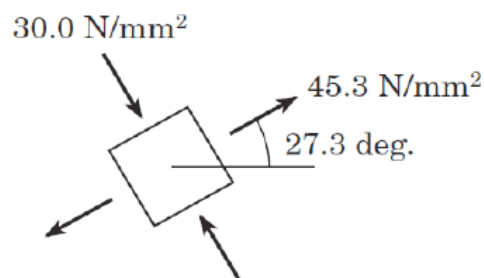


図 5 主応力の表示方法

### (4) H 形鋼の設計耐力 (時間に余裕がある人は進めてください)

2 種類の試験体について、以下に示す設計耐力をそれぞれ求めよ。

- ・短期許容曲げ応力度から算出される載荷荷重  $P$  (参考資料 1)
- ・横座屈限界耐力から算出される載荷荷重  $P$  (参考資料 2)

ただし、上記の計算に使用する断面諸量および降伏応力度 (降伏強さ) は、公称値 (表 1 および表 5.1 参照) とする。

#### 4. 注意事項

- ・ グラフ，表などの数値については必ず SI 単位系を用い，かつ，単位を必ず記載すること．
- ・ 有効数字は 3 桁数とする．
- ・ 計算についてはもととなった式を示し，これにどのような数値を代入して結果を算出したのかがわかるようにする