

固定長方形鋼板のせん断耐力に関する 実験的研究

福山大学 工学部 正 員 上野谷 実

福山大学 工学部 正 員 中村 雅樹

福山大学 大学院 学生員 ○宮崎 稔

1. まえがき せん断を受ける板は座屈後も耐力があり、終局強度までいわゆる後座屈強度を期待できる。終局強度を設計荷重とする限界状態設計法では終局強度の正確な把握が重要である。終局強度が座屈後の面外たわみの影響を受けることは解析などによって明らかにされつつある。

今回は周辺で固定支持されるアスペクト比 1.5 の長方形鋼板が純せん断を受ける場合の載荷実験を行い、座屈が終局強度に及ぼす影響を実験的に検討する。

2. 実験方法 載荷装置は図 1 に示すように、試験機の引張荷重 P と圧縮荷重 P が連結装置から載荷フレームを経て、鋼板が純せん断になるように載荷した。供試体は図 2 に示す

ように四隅を切り取った辺長 $a=300\text{mm}$, $b=200\text{mm}$ の長方形鋼板であり、板厚 $t=1.2, 1.8\text{mm}$ 及び 2.8mm の 3 種類である。鋼板は構造用軟鋼 SS41 であり表 1 に材料特性及び最大初期たわみを示す。ひずみゲージは図 3 に示す位置へ接着した。板の初期たわみ、面外たわみ及び面内変位は最小目盛り $1/100\text{mm}$ のダイヤルゲージで測定した。

3. 実験結果及び考察 図 3 に鋼板全体の応力分布を示す。理論値及び実験値は次式で定義される平均せん断応力 τ_0 により各応力成分を除き無次元応力として表わす。

$$Q_1 = 4P / \sqrt{1.3} \dots\dots (1)$$

$$\tau_0 = Q_1 / b t \dots\dots (2)$$

ここに、 Q_1 : 短辺のせん断力、 P : 対角線方向荷重
純せん断では $\tau_{xy}/\tau_0 = 1$, $\sigma_x/\tau_0 = \sigma_y/\tau_0 = 0$ である。全測点のうち載荷点に近い四隅を除いた測定点におけるせん断応力の平均は $t=1.2\text{mm}$ の鋼板では $\tau_{xy}/\tau_0 = 0.69$, $t=$

1.8mm , 2.8mm の鋼板の場合 $\tau_{xy}/\tau_0 = 0.85$ となり、純せ

ん断状態よりも低い値である。せん断変形における周辺の回転中心は鋼板の四隅になる。ところが本載荷装置では構造上回転中心が型枠の中心にせざるおえない。このためせん断応力が低下したと思われる。また板厚

表 1 材料特性及び最大初期たわみ

板厚(mm) t	幅厚比 b/t	引張降伏応力 (kgf/cm^2)	引張強度 (kgf/cm^2)	最大初期たわみ $\delta_{0\text{max}}$ (mm)	$\delta_{0\text{max}}/t$
1.2	167	2779	3663	-0.11	-0.09
1.8	111	3313	4657	-0.13	-0.07
2.8	71	2921	4280	-0.08	-0.03

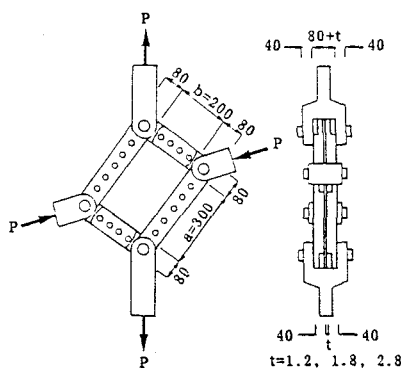
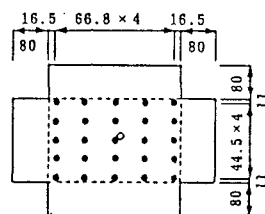


図 1 載荷方法 (mm)



三軸ひずみゲージ (両面) ●
単軸ひずみゲージ (両面) □
単位: mm

図 2 ひずみゲージ接着位置

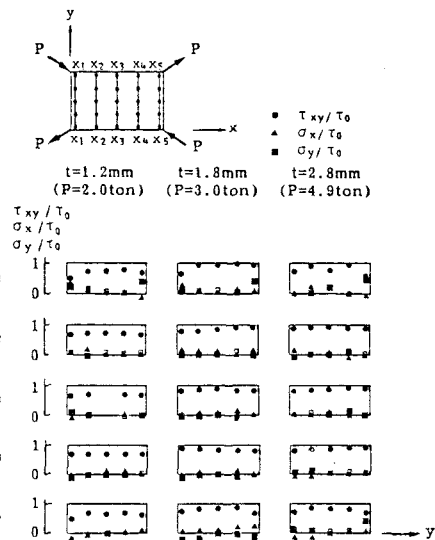


図 3 応力分布

が薄いと回転中心の偏心の影響が大きく、板厚が厚いと影響が小さい傾向を示している。

図4に荷重一面外たわみ曲線を示す。 $t=1.2\text{mm}$ の鋼板は弾性座屈を起こしている。座屈荷重は変曲点付近の実験値を3次曲線に最小2乗近似し、その変曲点の荷重とした。 $t=1.8\text{mm}$ の鋼板は急激にたわみが増加した直後座屈して、変曲点が現れない弾塑性座屈を起こしている。座屈荷重は図5の荷重一面外たわみ2乗曲線の傾きが最小となる接

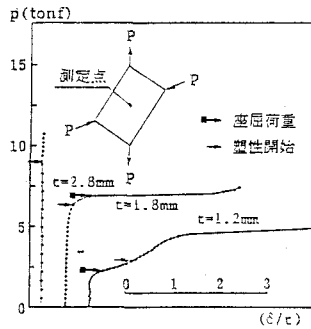


図4 荷重一面外たわみ曲線

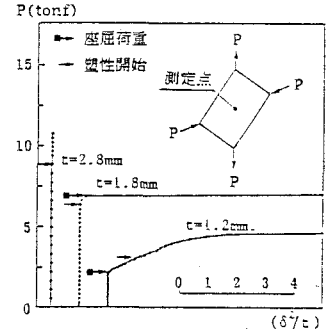


図5 荷重一面外たわみ2乗曲線

線と荷重軸の交点とした。また $t=2.8\text{mm}$ の鋼板では終局荷重まで座屈は起きず塑性崩壊した。図6に終局荷重を決定した荷重一面内変位曲線を示す。どの曲線も塑性域に達すると急激に傾きが小さくなり塑性流れを起こす。この時の荷重を終局荷重とした。また板全体の平均せん断ひずみ γ は式(3)によって表すことができる。

$$\gamma = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4}{2} \left(\frac{\cos \theta}{b} + \frac{\sin \theta}{a} \right) \quad \text{.....(3)}$$

ここで $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$: 隅角部の対角線方向面内変位

a : 長辺の長さ($a=300\text{mm}$) b : 短辺の長さ($b=200\text{mm}$)

θ : 対角線と長辺のなす角($\theta=33.69^\circ$)

図7に座屈強度及び終局強度の関係を示す。塑性せん断力 Q_p は、ひずみ硬化を考えない場合次式によって定義される。

$$Q_p = \sigma_y b t / \sqrt{3} \quad \text{.....(4)}$$

実験による座屈強度は理論値と比較すると $t=1.2\text{mm}$ の鋼板では40%大きく、また、 $t=1.8\text{mm}$ の鋼板では10%大きい。これは型枠の回転の中心が鋼板の四隅にないため荷重全てが鋼板に伝達していないためと思われる。せん断応力の低下の割合だけ強度が増加したと仮定して実験結果を理論値と比較する。座屈強度に関する実験結果は理論値と比較して $t=1.2\text{mm}$ の鋼板の場合7.2%小さく、 $t=1.8\text{mm}$ の鋼板の場合1.5%大きい。終局強度に関する実験結果は塑性せん断力と比較して、 $t=1.2\text{mm}$ の鋼板の場合7.5%小さく、 $t=1.8\text{mm}$ の鋼板の場合6.2%小さく、また $t=2.8\text{mm}$ の鋼板の場合4.4%大きい。

4. あとがき アスペクト比1.5幅厚比 $b/t=167, 111, 71$ の長方形鋼板の載荷実験において次の様なことが明らかになった。

- (1) せん断変形における周辺の回転中心が偏心しているため、せん断応力は $t=1.2\text{mm}$ の鋼板で約31%、 $t=1.8\text{mm}$ 及び 2.8mm の鋼板で約15%小さい。
- (2) 幅厚比 $b/t=167$ 、 $t=1.2\text{mm}$ の鋼板の場合、後座屈強度は約2倍であった。幅厚比 $b/t=111$ 、 $t=1.8\text{mm}$ の鋼板の場合、後座屈強度はほとんどなかった。
- (3) せん断応力の低下を考慮した座屈強度は幅厚比が大きくなるほど弾性座屈の理論値に比較してやや小さくなる。
- (4) せん断応力の低下を考慮した終局強度は幅厚比が大きくなるほどたわみの影響を受け塑性せん断力より小さくなる。

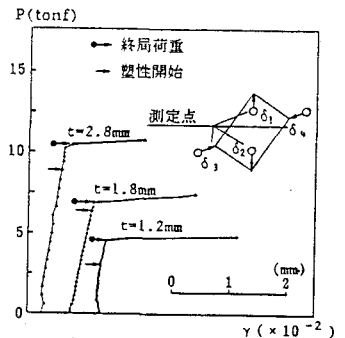


図6 荷重一面内変位曲線

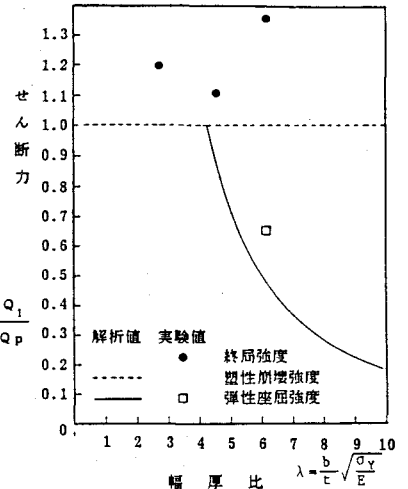


図7 座屈強度及び終局強度