

名古屋大学工学部 正 員 島田静雄

名古屋大学大学院 学生員 ○水野一男

名古屋大学大学院 学生員 山本邦夫

1. まえびき

鋼構造物の部材を構成する薄板は、部材が外力に対して耐えうる極限の耐荷力に達する前に、局部座屈を起さないように板幅について制限を加えねばならず、このことは、高張力鋼ほど厳しく考える必要がある。板厚に比較して、板幅を広くとりうる断面構成の中でも閉じた矩形断面は種々の点で性能が良く、しばしば使用されているが、この断面形を採用することにより、そのねじり剛性も著極的に利用するようになってきた。この閉じた矩形断面のねじれに関する問題は種々あるが、ここでは、以下の諸点にしばって、実験を検討することにした。第一に、板幅と板厚の比と剪断座屈の関係について、その限界値を求め、さらに、矩形断面の耐荷トルクとねじれ剛度も求めた。第二に、各種鋼材の差異について、三種類とし、その剪断弾性係数差にあらわれる性質について解析した。

2. 供試体および実験方法

供試体は、平均板厚 $t = 6.0 \text{ mm}$ 、外形寸法 $210 \text{ mm} \times 210 \sim 660 \text{ mm}$ の矩形断面で、長さ 1.25 m あり、両端に取っつけ用プレートが溶接してある。(図1) フジコルテン、FNB 36 B, FTW 60 の鋼材からなる供試体は、各材質に 4~16 種類あり計 46 本である。実験は、図2に示す、載荷フレームで行ったが、これは、固定側と、回転側とに分かれ、固定側は、実験室の床板にボルトで固定され、回転側は、固定軸まわりに回転できるようにになっている。ねじりモーメントは、回転側の 1.5 m のアームを、ジャッキで押し下げて与えた。

板の応力は、電気抵抗線いずみ計を、供試体中央に6枚はって求め、ねじれ角は、ダイヤルゲージと端板に對しとりつけることにより測定した。

3. 実験結果

とられた耐荷トルクを、表1に一括して示した。ここでいう耐荷トルクは、それ以上トルクを増大しようとしても、ねじれ変形が増加するだけで、トルクがとらなくなった状態をもってした。

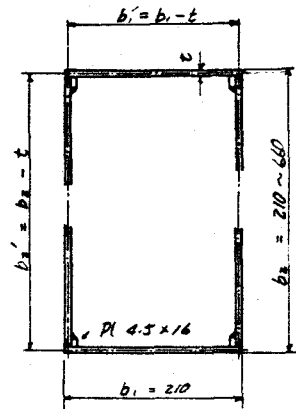


図 1. 供試体断面

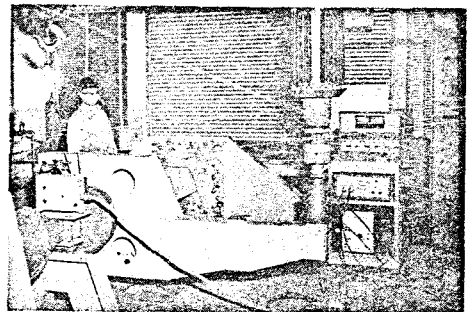


図 2. 載荷用フレーム

短形断面を形
づく鋼板の板
厚も、板幅も
とすると、その
比が小さく、
い間は、耐荷
ルクは、鋼板の
剪断能力で、
降伏点で定まる
が、 b/t が大き
くなると鋼板の
剪断座屈によ
て定まる。この
限界は、フジ
ルテンで 70、

表 1. 最終ねじりモーメントと剪断力

CORTEEN			FNB 36 B			FTW 60		
供試体番号	M (t-m)	T (kg/cm ²)	供試体番号	M (t-m)	T (kg/cm ²)	供試体番号	M (t-m)	T (kg/cm ²)
1-C	10.6	2120	1-N	12.5	2500	1-T	15.4	3080
2-C	12.2	2130	2-N	14.0	2450	2-T	18.4	3210
3-C	12.8	1980	3-N	15.5	2400	3-T	20.1	3110
4-C	15.1	2100	4-N	24.0	3300	4-T	24.0	3330
5-C	19.1	2220	5-N	26.7	3370	5-T	23.4	2950
6-C	17.5	2020	6-N	24.1	2770	6-T	24.1	2550
7-C	19.1	2030	7-N	23.9	2540	7-T	25.6	2720
8-C	20.3	2000	8-N	22.4	2210	8-T	27.9	2670
9-C	25.6	2350	9-N	23.2	2130	9-T	25.3	2330
10-C	20.5	1770	10-N	20.7	1700	10-T	25.6	2200
11-C	26.5	2150	11-N	21.3	1730	11-T	24.4	1970
12-C	23.3	1780	12-N	24.1	1940	12-T	24.1	1840
13-C	21.8	1510	13-N	21.1	1530	13-T	25.6	1850
14-C	19.9	1370	14-N	23.2	1600	14-T	25.0	1720
			15-N	21.8	1430	15-T	25.6	1680
			16-N	21.7	1360	16-T	25.7	1600

FNB 36 B で 60, FTW 60 で 50 附近である。

次に、供試体の両端で測定したねじり角から、供試体の長さ 1750 mm の平均ねじり角 θ を計算し、これと作用させたトルク M との関係プロットした M/θ 曲線の勾配を求め、平均のねじり剛度を得た。この勾配を与える α に、平均の剪断弾性係数 G_2 と、 $G_2 = 1/k \cdot \Delta M / \Delta \theta$ で計算した結果で判断することにして、表 2 に示した。 G_2 にかがりのばらつきがあるが、平均値は三種とも 850 程度である。

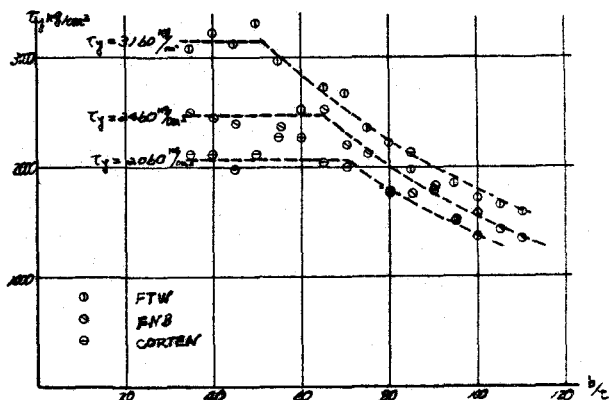


図 3. 鋼板の剪断座屈強度

板が局部変形を起さない限り、短形断面の供試体のトルクによる破壊は、鋼板の剪断能力で、降伏点に達したときに生ずる。フジルテン、FNB 36-B, FTW 60 の剪断能力の降伏点は、表 1 および、図 3 から分る通りそれぞれ $T_g = 2060 \text{ kg/cm}^2$, $T_g = 2060 \text{ kg/cm}^2$, $T_g = 3160 \text{ kg/cm}^2$ の平均値となる。この強度は、鋼板に純粋剪断能力を作用したときの値である。他方、供試体製作に使用した鋼材の、一号試験片による降伏能力は、それぞれ $\sigma_g = 3730 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_g = 4130 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_g = 5310 \text{ kg/cm}^2$ である。 σ_g と T_g との関連については、種々の説があるが、必ずエネルギー最大説によれば、 $T_g = 1/\sqrt{3} \cdot \sigma_g$, 最大剪断能力説によれば、 $T_g = 1/2 \sigma_g$ になるといわれるが、今回の実験では、フジルテンでは、 $T_g = 1/1.01 \sigma_g$, FNB 36 B では、 $T_g = 1/1.91 \sigma_g$, FTW 60 では、 $T_g = 1/1.68 \sigma_g$ となった。

板厚と板中との比が大きくなると、供試体の破壊は、鋼板の局部座圧で定まるが、耐荷トルクが矩形断面の大小にかかわらず、ほぼ一定値となって、フジコルテンでは、 $MT=20\text{ tcm}$ 、FNB-36Bで $MT=21.5\text{ tcm}$ 、FTW 60 では、 $MT=25.5\text{ tcm}$ になった。

鋼板の応力を測

表2. 剪断弾性係数 ($\times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)

定するために、供試体には、単軸のストレインゲージと供試体軸に45°方向にはったが、これはちやうど、鋼板の主引張方向にむけられていて、このひずみとは、剪断応力度と、

$$\epsilon = \frac{1}{E} \tau$$

の関係になるから計算で求めたてと測定されたひずみとから $G_1 = \tau/2\epsilon$

の関係で剪断弾性定数を求め、これを、 G_2 とともに、表2に示した。

ストレインゲージのひずみから計算した剪断弾性係数 G_1 と、おじれ剛性から求めた剪断弾性係数 G_2 とを比較すると、一般に $G_1 < G_2$ である。おじれ角は、板の曲げの影響や、軸応力度の影響が入ってくるので、見かけの G_2 が大きいのは想像がつく。したがって鋼材の剪断弾性係数を判断するのは、 G_1 が適当であると思われる。使用された板厚に、幾分誤差があることを考えても、剪断弾性係数はフジコルテンに対して、 $G = 8.3 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、FNB 36Bに対して $G = 8.4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、FTW 60 に対して、 $G = 8.3 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ が得られた。この値を用い、 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ として、ポアソン比と逆算すると、 $\nu = 0.27, 0.29, 0.27$ となった。

4. 結び

以上46本の供試体について、実験を行ったが、 b/t の座圧限界値および、矩形断面のおじれに対する特徴に検討を加えたが、今後さらに、詳細な検討を用いる問題が多い。