

1. まえがき

現在プレートガーダーの腹板の設計規定は腹板の座屈強度により定められている。しかし最近の多くの研究はプレートガーダーの耐荷力は腹板の座屈強度とは直接関係なく、座屈後の強度は存在する力を指摘している。従ってこの後座屈強度を考慮してプレートガーダーを設計することが有利となる。特に構造物が長大化してくるとこのメリットは顕著になる。この後座屈強度に注目し、特にせん断パネルについて端部場の概念を導入し、Bisler, 藤井等の理論の不完全さを補う理論を誘導したので、計算結果と併せて発表する。

2. 解析

せん断パネルに対し、Fig. 1 に示す如き4種の崩壊形式を考える。フランジ剛度の小さいものから順に1-st, 2-nd, 3-rd, 4-thとする。Fig. 2 はせん断パネルの変形機構を示す。まずパネルスパンABにわたって鉛直方向に均しく分布力 q_u の作用で崩壊するフランジABを仮想変位の原理を適用すると

$$\frac{12a}{c(a-c)} M_p = c q_{u1} + (3a-c) q_{u2} \quad (1)$$

$$\therefore \text{②} \quad q_{u1} = Et \gamma \sin^3 \theta \cos \theta \cdot t_w \quad (2)$$

$$q_{u2} = Et \left(\gamma - \frac{A}{a-c} \right) \sin^3 \theta \cos \theta \cdot t_w \quad (3)$$

M_p : フランジ全塑性モーメント t_w : 腹板厚

Et : 弾性係数

A : C梁のたわみ

式(2), (3)を式(1)に代入して

$$\bar{\gamma} = Et \Delta \sin^3 \theta \cos \theta t_w / a = \{ q_{u1}(a-c) - M_p/c \} / (a-c/3) \quad (4)$$

次に断面ABで鉛直方向の釣合を考えると、せん断力 Q は

$$Q = \int_a^b p_{su}(x) dy(x) + \int_{a \tan \theta}^b p_{sm}(y) dy + T_{cr} b t_w \quad (5)$$

$$\therefore \text{②} \quad p_{su} = \sigma_{tu} \sin \theta \cos \theta \cdot t_w, \quad p_{sm} = T_{cr} \sin \theta \cos \theta \cdot t_w \quad (6)$$

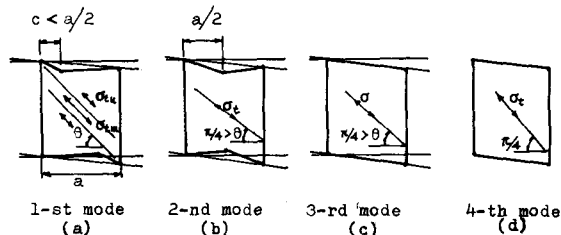


Fig. 1 Mode of failure

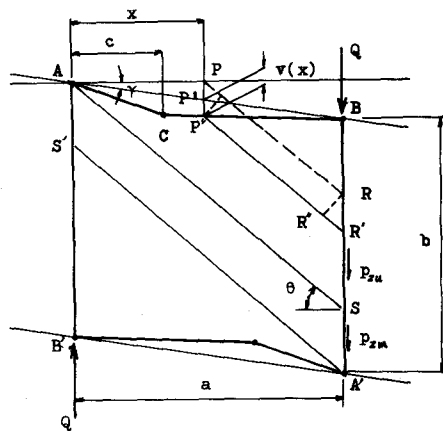


Fig. 2 Deformation of shear panel

$$Q = g_{uib} \cot \theta - \left[\left(1 + \frac{c}{2(a-c)} \right) a + T_{cr} \cdot b \cdot t_w \right] \quad (7)$$

トレスカの降伏条件を用いると、斜引張応力は次の値まで増加し得る。

$$\sigma_{tm} = \sigma_{wy} - 2 T_{cr} \sin 2\theta \quad (8)$$

ここで、 σ_{wy} , T_{cr} はそれぞれ腹板の降伏応力度、せん断座屈応力度である。以上により、極限せん断力は

$$Q = \frac{1}{2} (\sigma_{wy} - 2 T_{cr} \sin 2\theta) \left\{ b \sin 2\theta - \alpha (1 - \cos 2\theta) \right\} t_w + \frac{4 M_b \alpha}{c(a-c)} + T_{cr} b t_w \quad (9)$$

$$\therefore \alpha = a \cdot (a - c/2) / (a - c/3) \quad (10)$$

張力端の傾き θ は、せん断力極大条件 $\partial Q / \partial \theta = 0$ より求める。(以上 1st-Mode)

フランジが剛で、腹板降伏後も g_{ui} に対し弾性的に抵抗するなら 3rd-, 4th-Mode が生ずる。

二つの場合張力端の引張応力はパネル全面にわたって一様に分布する。

$$P_e = P_{su} + P_{sm} = \sigma_t \sin \theta \cos \theta t_w = \frac{1}{2} (\sigma_{wy} - 2 T_{cr} \sin 2\theta) \sin 2\theta \cdot t_w \quad (11)$$

$$\text{極限せん断力 } Q = \left\{ \frac{1}{2} \sigma_{wy} \sin 2\theta + T_{cr} (1 - \sin^2 2\theta) \right\} b t_w \quad (12)$$

$$\text{傾き } \theta \text{ は } \partial Q / \partial \theta = 0 \text{ より } \cos 2\theta (\sigma_{wy} - 4 T_{cr} \sin 2\theta) = 0 \quad (13)$$

$$\text{腹板が非常に薄く、せん断座屈応力度が非常に小さく、且つ } \sigma_{wy} - 4 T_{cr} \geq 0 \quad (14)$$

が成立すると 4th-Mode が生じ $\theta = \pi/4$ 。式(14)が成立しない場合は 3rd-Mode となる。

$$\theta (-\theta_0) = \frac{1}{2} \sin^{-1} \frac{\sigma_{wy}}{4 T_{cr}} \quad (15)$$

1st- と 3rd- の中間の形式として腹板降伏とフランジ中間点の塑性ヒンジが同時に生ずると 2nd Mode が生ずる。

$$M_p = \frac{a^2}{16} (\sigma_{wy} - 2 T_{cr} \sin 2\theta) \sin^2 \theta \cdot t_w \quad (16)$$

極限せん断力 Q は式(16)を満足する θ を式(12)に代入して求める。

$$\text{但し、} c/a = (0.33 + 1.782 \times M_p / \sigma_{wy} b t_w) / 2 (1 + 1.782 \times M_p / \sigma_{wy} b t_w) \text{ と仮定する。}$$

3. 実験値との比較

上の方法で求めた理論値 Q_{th} と実験値 Q_{ex} を大阪大学に行った実験者 A と M. Skalous^{*} の T/G 研について比較したところ Table 1 の様になり、良好な一致をみた。

Specimen	Web		Flange				a	c	Mode	Longitudinal stiffener	$Q_{ex} \times 10^3$	$Q_{th} \times 10^3$	Q_{ex}/Q_{th}
	$b(b_f)$	t_w	σ_{wy}	b_f	t_f	σ_{fy}							
A-1	67(32)	0.333	4,534	12.5	1.0	3,783	32	None	3rd	1	56.5	55.5	1.02
A-2	75(36)	0.333	4,233	12.5	1.0	3,784	36	None	3rd	1	57.5	56.8	1.01
A-3	75(24)	0.333	4,235	12.5	1.0	3,756	36	None	3rd	2	59.0	61.2	0.96
A-4	83(40)	0.333	4,395	12.5	1.0	3,738	40	20.0	2nd	1	63.0	63.0	1.00
A-5	83(27)	0.333	4,238	12.5	1.0	3,738	40	None	3rd	2	63.5	66.4	0.96
TG 1	100	0.25	2,037	16	0.506	2,862	100	19	1st	0	15.54	14.09	1.10
TG 1	100	0.25	2,037	16	0.526	2,862	100	19	1st	0	11.85	14.15	0.84
TG 2	100	0.25	2,037	20	1.008	2,862	100	19.2	1st	0	16.3	16.98	0.96
TG 2	100	0.25	2,037	20	1.012	2,862	100	19.2	1st	0	14.15	17.01	0.83
TG 3	100	0.25	2,037	20	1.643	2,862	100	50	2nd	0	19.4	19.32	1.00
TG 3	100	0.25	2,037	20	1.642	2,862	100	50	2nd	0	19.35	19.32	1.00
TG 4	100	0.25	2,037	20	2.016	2,862	100	50	2nd	0	22.3	21.86	1.02
TG 4	100	0.25	2,037	20	2.013	2,862	100	50	2nd	0	21.1	21.86	0.97
TG 5	100	0.25	2,037	25	2.975	2,862	100	None	4th	0	31.47	25.46	1.24
TG 5	100	0.25	2,037	25	2.972	2,862	100	None	4th	0	30.5	25.46	1.20

Table 1

単位 kg·cm b_f : 腹板のサポールド高

*

M. Skalous:
Ultimate load and failure mechanism of webs of large width-to-thickness ratios, subjected to shear and m attached to flanges of various flexural rigidities,