

舞鶴工業高等専門学校 正会員 ○武田 八郎
大阪大学 工学部 正会員 小松 定夫

1. まえがき プレートガーダーのせん断強度特性を、幾何学的および材料非線形性を考慮して、弾塑性有限変位解析により求めることが行われてきている。^{1)~3)} 一方で、従来から提案されている塑性解析法は、崩壊荷重を推定する簡便な方法として有用性がある。また、実験的研究も多数行われてきており、崩壊に至るまでの過程もかなり明らかになってきた。

本研究では、有限要素法を用いた弾塑性有限変位解析により、上下フランジおよび垂直補剛材で囲まれた腹板パネルを対象として、周囲の境界条件、腹板縦横比、腹板幅厚比等がせん断強度特性に及ぼす影響を調べた。併せて、その結果と各塑性解析法による値との比較を行ない若干の考察を得たので報告する。

2. 解析法 腹板には平面シエル要素を、フランジおよび垂直補剛材には梁一柱要素を適用した有限要素法により解析を行った。材料非線形に関する仮定として、材料は完全弾塑性体で、von Mises の降伏条件および Prandtl-Reuss の塑性流れ理論に従うものとする。また、幾何学的非線形性に関連して移動座標を用いる方法やその他の解析手法については文献⁴⁾によった。

3. 解析モデル プレートガーダーの連続するパネルから、図-1に示すように一枚の腹板パネルを取出す。図-2のように変位増分を与えるが、補剛材が材料張力場のアンカーとして働くように、補剛材の水平変位を拘束した場合について考える。図-1の腹板パネルの4隅において、フランジのたわみ角を拘束した。腹板の面外変形に関する境界条件としては、補剛材接合部で単純支持、フランジ接合部で単純支持および固定支持の場合を考えた。腹板の縦横比 $\alpha (=a/b)$ としては1.0 ($a=b=75\text{ cm}$)、1.6 ($a=120\text{ cm}$, $b=75\text{ cm}$) の場合を考え、腹板およびフランジの降伏応力は $\sigma_y = \sigma_t = 2400\text{ kg/cm}^2$ 、ヤング係数 $E = 2.1 \times 10^6\text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ とした。また、せん断強度算定の際の初期たわみは、図-2に示すように、X、Y方向ともに半波の正弦波とし、最大初期たわみは腹板厚の10%とした。残留応力は今回与えていない。要素分割は特に断らない場合、 $\alpha=1.0$ のとき 6×6 メッシュ、1.6のとき 10×6 メッシュとし、フランジと補剛材もこれに対応させた。板厚方向の層割りは、腹板、フランジおよび補剛材ともに8分割とした。

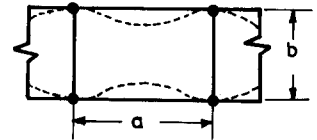


Fig. 1

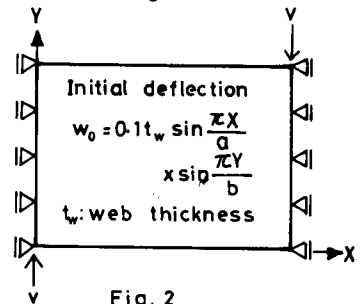


Fig. 2

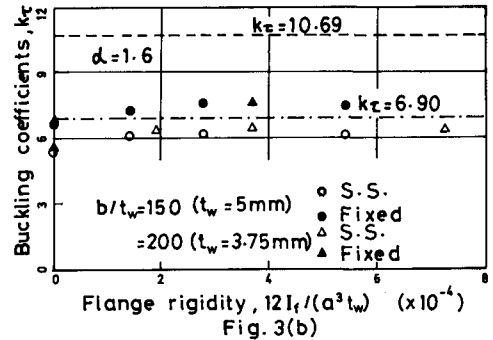
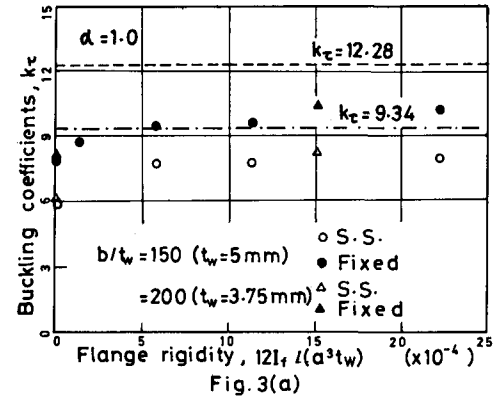
4. 数値計算結果

1) せん断圧縮強度 塑性解析法によってせん断強度 Q_{uet} を推定する時、 Q_{cr} を腹板のせん断圧縮強度、 Q_t を張力場作用によるせん断強度とすると、ほとんどの理論において、 $Q_{uet} = Q_{cr} + Q_t$ ----- (1)

のように、これらの線形的な和として表わされている。あるいは、さらに式(1)に荷作用によるせん断強度 Q_f が加えられる。このうち Q_{cr} を求める際の境界条件に対して、単純支持、固定支持の評価の違いがあり、必ずしも統一的な結論が得られていないと思われる。

そこで、 $\alpha=1.0$ と1.6の場合について、小土が初期たわみを与え、上下フランジ接合部で単純支持および固定支持(垂直補剛材接合部では単純支持)として、有限変形を考慮した計算を行ない、 $Q-w^2$ 曲線(w は面外付加たわみ)により圧縮荷重を推定した。その結果を圧縮係数 λ_c に換算して、フランジ剛度との関係で示した

のが図-3(a) および(b)である。ただし、 I_y はフランジの図心軸に関する断面二次モーメントである。初期たわみを与えた事で面外曲がり力が発生し、一部が塑性化した事の影響もあり、弾性座屈係数値よりも全体的に低い値になった。しかし、これらの図から、 $d=1.0, 1.6$ の場合ともに、フランジ剛度があまり小さくなければ k_c はフランジ剛度の増大と共に漸増し、一定値に近づく様子が見られる。よって固定としたときの種別座屈係数 k_c 、実験から得られる値に近いとの報告がしばしばなされているが、周囲の剛度を考慮することはもちろん、非弾性範囲において、腹板横比、腹板幅厚比を勘案した、簡単に適切な座屈係数の低減表示が必要である。



ロ) セン断強度 弾塑性有限変位解析により、フランジ接合部で単純支持(Iとある)および固定支持(IIとある)の場合のセン断強度 Q_{ult} を求め、これと各種性解析法により計算した Q_{ult} との比較を、 $d=1$ の場合について示したのが表-1である。I, IIを比較すると、腹板幅厚比が小さいとき支持条件の違いが直接セン断座屈荷重に影響を及ぼし、 Q_{ult} が明らかに異なってくるが、腹板幅厚比が大きくなると差程の違いは見られなくなるようである。CASE 6はフランジ剛度が小さく、 Q_{ult}

が座屈荷重の評価によって影響を受けているものと推定される。IIの場合の計算結果と、塑性解析法のうちで、Baslerの厳密な降伏条件式を用いたもの、Chern-Ostapenko、小松の算定値が比較的良く合っているように思われる。ただし、各種塑性解析法の結果で、 Q_t が含まれているものとそうでないものがある。

$d=1.6$ の場合についての比較、および詳しい数値計算結果の内容については、講演会当日述べたい。

【参考文献】

- 1) 飯原、富田：セン断を受けるウェブハネルの弾塑性解析，土木学会38周年誌，概要集I-97。
- 2) 武田、小松：ポルトランド腹板ハネルのセン断強度，土木学会関西支部年誌，昭和59年，概要集I-54。
- 3) 中沢、富田、松熊：フランジを有するウェブハネルのセン断強度について，土木学会39周年誌，概要集I-63。
- 4) 小松、武田：土木学会論文報告集，第270号，1978。

Table - 1

a/b=1

C A S E			1	2	3	4	5	6
Web thickness, t_w (mm)			5	7.5	3.75	5	7.5	5
Web slenderness ratio, b/t_w			150	100	200	150	100	150
Flange thickness, t_f (mm)			20	20	20	10	10	5
Flange width, C (cm)			30	30	30	30	30	15
Thickness of a stiffener, t_s (mm)			25	25	25	13	13	7
Width of a stiffener, C_s (cm)			25	25	25	25	25	20
present	I	Quit (t)	46.29	72.65	31.78	45.02	73.13	40.06
		Tult/Ty	0.891	0.932	0.815	0.866	0.938	0.771
	II	Quit (t)	46.29	75.60	32.69	45.08	76.09	44.96
		Tult/Ty	0.891	0.970	0.839	0.868	0.976	0.869
Basler	approx.	Quit (t)	43.27	78.30	28.70	43.27	78.30	43.27
		Tult/Ty	0.833	1.00	0.736	0.833	1.00	0.833
	exact	Quit (t)	46.89	77.93	30.88	46.89	77.93	46.89
		Tult/Ty	0.902	1.00	0.792	0.902	1.00	0.902
Chern-Ostapenko		Quit (t)	50.26	80.53	33.98	47.38	77.65	46.66
		Tult/Ty	0.967	1.03	0.872	0.912	0.996	0.898
Komatsu		Quit (t)	47.80	78.18	33.74	46.42	76.64	44.23
		Tult/Ty	0.920	1.00	0.866	0.893	0.983	0.851
Rockey-Skaloud		Quit (t)	**	**	**	39.89	76.11	34.31
		Tult/Ty	**	**	**	0.768	0.976	0.660
Porter-Rockey-Evans		Quit (t)	50.10	**	35.79	3.53	77.15	37.33
		Tult/Ty	0.964	**	0.918	0.838	0.990	0.718

*: 8x8 mesh ** : inapplicable b: web depth