

大阪大学工学部 正員 北田 俊行
大阪大学工学部 正員 小松 定夫

1. まえがき

本文では、自由突出圧縮板要素（プレートガーダーの自由突出圧縮フランジと水平補剛材、箱桁の圧縮フランジの縦補剛材、トラスの圧縮部材、吊橋・斜張橋のタワーあるいは橋梁のピアなどを構成している板パネルの縦補剛材など）の強度特性について取り扱っている。これらの組立て溶接部材の自由突出板要素では、溶接による初期たわみや残留応力などの初期不整が顕著に現われ、それらが自由突出板要素の圧縮耐荷力をかなり低下させるものと思われる。本研究では、この点を定量的に明確にするために、初期不整の影響を十分に考慮できる弾塑性有限変位理論¹⁾の立場から種々のパラメトリック解析を行ない、2・3の結論を得たのでここに報告する。

2. モデル化

図-1に示すように、自由突出圧縮板要素を3辺が単純支持で1辺が自由の圧縮板にモデル化する。その際、載荷辺には剛棒を取り付け直線のまま変位できるようにした。また、面内圧縮力の導入方法については、図-2に示す4つのケースを考えた。ケースⅠは一樣相対圧縮変位を与える場合であり、プレートガーダーの自由突出圧縮フランジなどはこのような形で圧縮ひずみを受けているものと思われる。ケースⅡ～Ⅳは一樣相対圧縮力（ケースⅢ）およびそれと面内曲げを同時に受ける場合であり、初期たわみや荷重の偏心のために面外変位を生じる圧縮補剛板の縦補剛材などはこのケースに相当する。ケースⅡは補剛板の補剛材の取り付けられている側に変位した場合を想定したものであり、ケースⅣはその反対側に変位した場合を想定したものである。

3. 解析法

文献1)に示す有限要素法による弾塑性有限変位解析法を用いた。解析モデルの材料はMisesの降伏条件およびPrandtl-Reussの塑性流れ則に従うものを対象とした。

4. 解析に用いた初期不整

(1) 残留応力：残留応力分布には図-3に示すような3つのパターンを仮定した。残留応力による軸方向力を N_{rr} 、同じく自由突出板の付け根0点まわりのモーメントを M_{ro} とすると、図-3(a)は $N_{rr}=0$ のタイプで、(b)と(c)は $M_{ro}=0$ のタイプである。(b)は補剛材の先端を機械仕上げした場合を想定したものであり、(c)は先端をガス切断した場合を想定した最も一般的な分布形であり、先端部の引張り残留応力

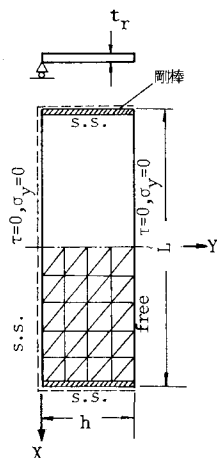


図-1 モデル化

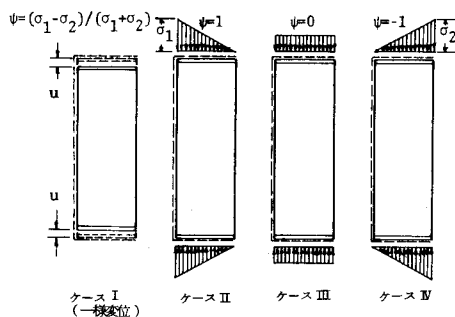


図-2 載荷方法

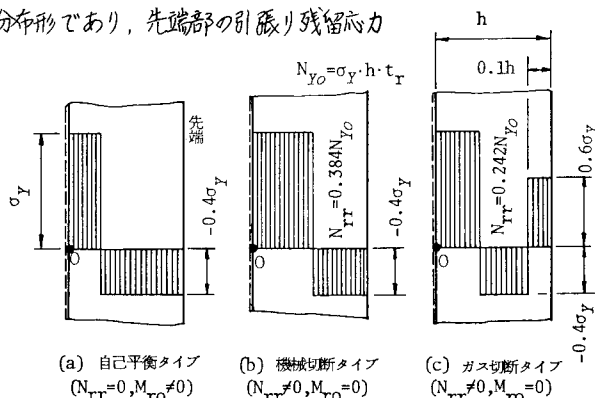


図-3 残留応力分布のパターン

度の大きさとその分布幅は実測値²⁾を参考にして定めた。また、すべての場合について圧縮残留応力度の大きさは $-0.4\sigma_y$ とした。

(2)初期たわみ：初期たわみには次式で示す波形を用いた

$$w_0 = \bar{w}_0/h \cdot Y \cdot \cos(\pi X/Y) \quad \text{---(1)}$$

$\bar{w}_0/h$ としては、道路橋示方書で定められている直角度の規定を準用して0.01を用いた。

5. 解析結果

縦横比 $\alpha (=L/h)$ と無次元極限平均応力度 $\bar{\sigma}_m/\sigma_y$ の関係を図-4に示す。図中の R は無次元幅厚比であり

$$R = h/t_r \cdot \sqrt{2(1+\nu) \cdot \sigma_y/E} \quad \text{---(2)}$$

ケースII以外、 $R=0.7$ の場合には、 $\alpha=1.0$ で $\bar{\sigma}_m$ が最小になり、 $R=1.3$ の場合には α を大きくするほど $\bar{\sigma}_m$ が小さくなるが $\alpha=3\sim5$ でほぼ一定値に収束することがわかる。ケースIIでは、 $R=0.7, 1.3$ の両方とも $\alpha=1\sim2$ で $\bar{\sigma}_m$ が最小になることがわかる。しかし、すべての場合について $\alpha=3$ の時の $\bar{\sigma}_m$ と最も小さい $\bar{\sigma}_m$ との誤差はほぼ3%以下であるため、以後の解析はすべて $\alpha=3$ として行なった。表-1と図-5に解析結果の一部を示す。表-1より、道路橋示方書の限界値である $R=0.7$ の板は、すべてのケースとも理想的な全断面降伏時(図-6)の平均圧縮応力度 $\bar{\sigma}_y^*$ までほぼ耐えうる事ができるものと思われる。なお、ケースIの場合は、全断面がすべて圧縮の降伏点に達した状態を全断面降伏状態とした。図-5には、ケースIIIの場合の $\bar{\sigma}_m/\sigma_y$ と R の関係を示している。ガス切断により補剛材の先端部に引張り残留応力が生じることに起因する有利な効果が表われていることがわかる。解析結果の詳しい説明および他の解析結果についても講演当日申し上げる予定である。

謝辞 本研究にあたり当時本学部4年生(現在、前田建設工業)の山岡寛臣君の協力を得たことを付記し、ここに深謝の意を表します。

参考文献 1)小松・北田・宮崎：残留応力および初期たわみを有する圧縮板の弾塑性解析，土木学会論文報告集，第244号，昭和50年12月。 2)小松・牛尾・北田：補剛板の溶接残留応力及び初期たわみに関する実験的研究，土木学会論文報告集(投稿中)。

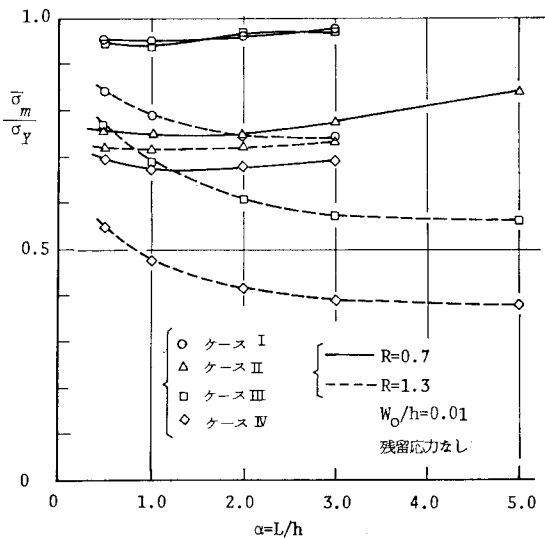


図-4 縦横比 α と無次元極限平均応力度 $\bar{\sigma}_m/\sigma_y$

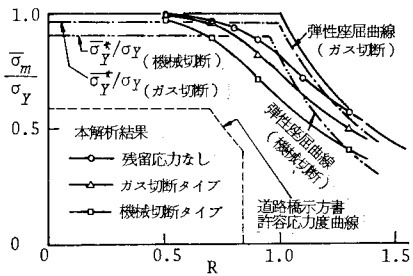


図-5 無次元幅厚比 R と無次元極限平均応力度 $\bar{\sigma}_m/\sigma_y$ (ケースIII)

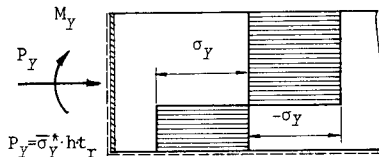


図-6 理想全断面降伏状態

表-1 無次元極限平均圧縮応力度

ケース	ケ ー ス I				ケ ー ス II			ケ ー ス III			ケ ー ス IV			
	残留応力	なし	自己平衡	機械切断	ガス切断	なし	機械切断	ガス切断	なし	機械切断	ガス切断	なし	機械切断	ガス切断
R=0.7	$\bar{\sigma}_m/\sigma_y$	0.975	0.956	1.315	1.199	0.713	1.278	1.116	0.973	0.894	0.967	0.694	0.544	0.647
	$\bar{\sigma}_m/\sigma_y^*$	0.975	0.956	0.975	0.965	0.990	1.006	1.009	0.973	0.995	1.007	0.963	1.231	1.095
R=1.3	$\bar{\sigma}_m/\sigma_y$	0.738	0.701	1.041	0.936	0.737	0.775	0.820	0.574	0.416	0.501	0.393	0.261	0.338
	$\bar{\sigma}_m/\sigma_y^*$	0.738	0.701	0.772	0.754	1.022	0.610	0.741	0.574	0.462	0.522	0.546	0.590	0.573