

大阪市立大学 大学院 学生員 酒造 敏廣
 大阪市立大学 工学部 正員 中井 博
 大阪市立大学 工学部 正員 北田 俊行

1. まえがき 圧縮補剛板の縦方向補剛材のうち、バルブアレート及びL型・T型リブなどの先端が補剛された突出圧縮板要素に着目し、その不安定崩壊現象について解析を行ない、その極限強度について考察することを本研究の目的とする。

この種の問題に関しては、Bleich 及び前野・長谷川らは弾性座屈理論の立場から、Klöpper²⁾ は弾性有限変位理論の立場から既に取り扱っている。

本文では、突出板の挙動を弾塑性有限変位問題³⁾として扱うと共に、その先端の補剛リブの偏心の影響と曲げ剛度の変化による縦補剛材の極限強度特性を正確に評価するために、突出部先端の補剛リブの偏心を忠実に考慮する。ここでは、矩形、L型、T型、バルブの4種類の縦補剛材の強度特性について取り扱う。

2. 突出板要素(縦補剛材)のモデル化 図1(a)のように縦補剛材が連続波形の座屈モードを生じると仮定して、その一部の半波長区間を取り出し、図1(b)に示すように先端の補剛リブの部分は梁要素、突出圧縮板の部分は板要素の集合体としてモデル化する。圧縮補剛板の板パネルと縦補剛材の達成効果はないものと考え、その接合辺では、単純支持であるとする。今回は、図1(b)に示すような粗いメッシュ分割を用いたため、極限強度に関しては、定性的な考察に留めることにする。又、先端の補剛リブのねじり剛性が無視できる程度に小さい縦補剛材を対象とする。本解析には、載荷辺に一律な相対圧縮変位を漸増していく圧縮変位増分法を用い、非線形解析にはニュートンラプソン法を用いた。

3. 解析例 本研究の目的は、先端の補剛リブの (i) 曲げ剛性の変化と (ii) 偏心の影響による強度特性を調べることに目的なので、縦補剛材は実橋によく用いられている寸法をとり、高さ $h_1 = 200\text{mm}$ 、板厚 $t_1 = 10\text{mm}$ とした。

使用剛材はSMA50材($\sigma_y = 3600\text{N/mm}^2$)とする。初期たわみ波形は

$$\begin{aligned} w_{01} &= w_1 \frac{Y}{R_1} \cdot \cos \frac{\pi X}{a} \\ w_{02} &= w_2 \cdot \sin \frac{\pi Y}{R_1} \cdot \cos \frac{\pi X}{a} \end{aligned} \quad (1)$$

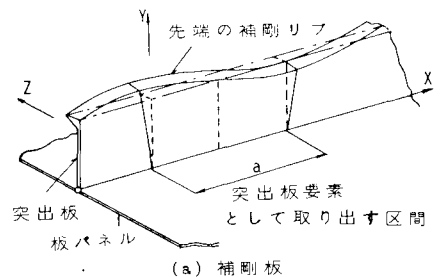
の2つのモードを導入した。ここで、 $w_1 = 1/100$ 、 $w_2 = 1/50$ を用いた。残留応力は、図2に示すように入れ、それ自身で自己平衡を満足するようにした。

弾性座屈問題として取り扱った場合、突出板の座屈波形が先端で節となるような限界の先端リブの断面2次モーメント I^* は、次の2式の大きい方で与えられる。¹⁾

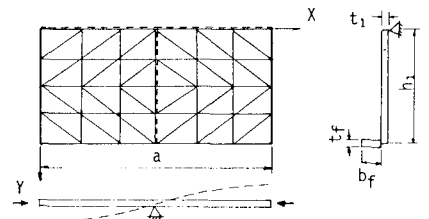
$$\begin{aligned} I^*/R_1 t_1^3 &\geq 1.85 + 2.73 A^*/R_1 t_1 \\ I^*/R_1 t_1^3 &\geq 0.118 (\alpha - 0.41)^2 + 0.47 + 0.43 A^*/R_1 t_1 \cdot \alpha^2 \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $\alpha = g/h_1$ 、 A^* は先端の補剛リブの断面面積である。

先端の補剛リブの剛性 I^* は、この I^* を無次元化した I^*/I^* によって評価することにした。ただし、L型リブの剛性は $b^3 t/3$ として評価した。



(a) 補剛板



(b) 突出板要素

図-1 突出板要素のモデル化

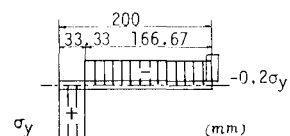


図-2 残留応力分布

4. 解析結果と考察

i) 曲げ剛度の変化による挙動 先端の補剛リブの寸法が表-1に示すような9つのタイプの縦補剛材について解析を行なった。その結果を図3, 4に示す。

図3はType 1～9の縦リブの I'/I^* による極限強度の変化を示したものである。これによると、実橋のバルブプレートは実橋の矩形、L型、T型リブに比して、その極限強度が低いということがわかる。

また、図4は、初期不整合がバルブプレート(Type 2)の極限強度に及ぼす影響を示している。この図から、バルブプレートの極限強度は、初期たわみおよび残留応力に大きく影響されることがわかる。

iii) 先端の補剛リブの偏心の影響 表2に示すように、先端の補剛リブの I'/I^* が0.5と1.0の場合のT型、L型の補剛材について解析を行ない、先端の補剛リブの偏心の影響を調べた。

図5は、平均圧縮応力度と先端の補剛リブの取り付け位置におけるたわみとの関係を示したものである。この図により、先端の補剛リブの剛性(偏心も考慮する)が同じであれば、T型リブでも、L型リブでもその極限強度は、ほとんど変わらないことがわかる。

5. あとがき 解析の結果、実橋のバルブプレートは、矩形、L型、T型リブに比して極限強度が低く、初期不整合に大きく影響を受けることがわかった。又、先端の補剛リブに偏心がある場合には、その曲げ剛性を取り付け位置回りに評価すればよいことがわかった。

最後に、本研究にあたって、いろいろと御協力いただいた、当時、大阪市立大学4回生の塚狭泰司君(久保田鉄工所勤務)に心から感謝の意を表します。

参考文献 1) F. Bleich; Buckling Strength of Metal Structures, McGraw Hill, 1952 2) Klöppel, K., B. Unger; Der Stahlbau, 10/1969, pp 289~299 3) 小松・北田・岡田; 土木学会第37回年次学術講演梗概集 I-142 4) 前野・長谷川; 第33回年次学術講演梗概集 I-315

表-2

No	Type	t_f (cm)	b_f (cm)	I'/I^*
1	T	1.5	8.395	1.0
2	L	1.5	5.289	1.0
3	T	1.5	6.663	0.5
4	L	1.5	4.198	0.5

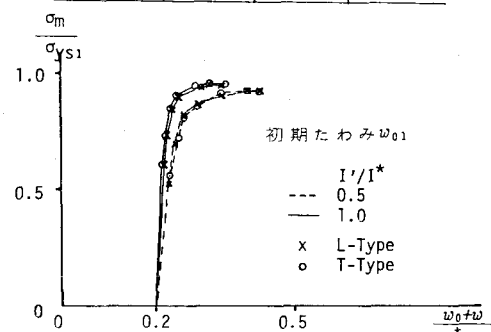


図-5 L, T型リブの平均圧縮応力度とたわみ

表-1

Type	t_f (cm)	b_f (cm)	I' (cm ⁴)	I'/I^*
1(L)	1.5	1.32	1.15	0.016
2(B)(実橋)	1.5	2.65	9.30	0.126
3(L)	1.5	3.80	27.44	0.371
4(L)	1.5	4.20	36.98	0.500
5(L)	1.5	5.00	62.50	0.845
6(L)(実橋)	1.5	6.20	119.16	1.611
7(T)(実橋)	1.5	10.00	125.00	1.690
8(L)	1.5	8.00	256.00	3.461
9(L)	1.5	10.00	500.00	6.760

(注) $I^*=73.966$ (cm⁴), L; L型リブ, T; T型リブ, B; バルブプレート

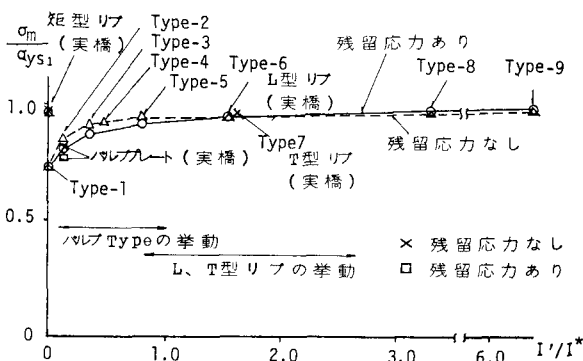


図-3 平均圧縮応力度と各種断面形状

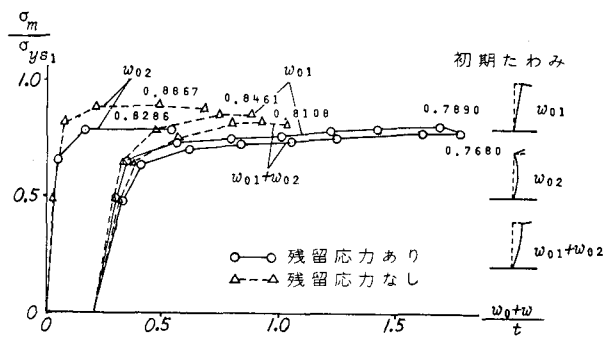


図-4 バルブプレートの平均圧縮応力度とたわみ