

圧縮を受けりブ付き鋼板の弾塑性座屈

大阪工業大学

正員 岡村宏一

東洋技研コンサルタント

正員 ○吉田公憲

1. まえがき: 本文は、圧縮を受けりブ付き鋼板の弾塑性座屈に関する研究の1成果を報告するものである。

筆者は、すでに、圧縮を受ける長方形鋼板の終局強度¹⁾ならびに、リブ付き鋼板の弾塑性曲げ座屈²⁾に関する研究成果を報告し、数多くのデータを提示した。ところで、今回は、これらの研究と一連に進めている、補剛材を有する鋼板の弾塑性圧縮座屈について報告する。

この研究の主要目的は、各種板厚に対する、補剛材の必要本数と必要剛度を調べることであるが、補剛材の剛度の不足によって生じる全体座屈、あるいは、本数の不足によって生じる局部座屈の後座屈解析を同時に行ない、さらに、必要に応じ、弾塑性状態から崩壊に至る挙動の追跡をおこなうことにより、補剛材の異なる板の耐荷力を、広範囲にわたって調べるのである。

現在、4本の補剛材を有する板について、補剛材の必要剛比を調べている段階であり、今回は、比較的厚い板についての解析結果を報告する。

2. 境界条件と解析例:

本文で、扱った板は、図-1に示すように、x方向対称に圧縮力(P_x)を受け、つぎの境界条件を有するものである。

$x = 0, a$ 辺

$$W = V = M_x = 0$$

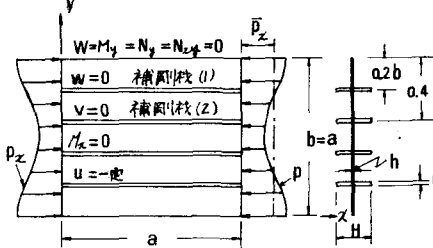
$$u = \text{一定}$$

$y = 0, b$ 辺

$$W = M_y = N_y = N_{xy} = 0$$

解析例を表-1, 2に示す。

まず、最初に、補剛材4本を有



p : 圧縮力の強度 u, v : x, y 方向変位

$\bar{p}_x$: p_x の平均値

h : 板厚

初期たわみ

$$W_0 = W_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \quad \text{図-1}$$

2. 弾塑性解析

	γ	δ	b/h	σ_p	B	H	W_0	λ
2-1	29.33	0.08	200	32.00	$b/250$	20 h	0.5 h	1.0

表-2

する、板について、高さ(H)のみを広範囲に変化させた、数多くの弾性後座屈解析をおこない、各補剛材の効果を調べ、種々の板厚における補剛材の必要剛度を調べた。つぎに、全体座屈による後座屈現象が、比較的よく表われている、剛度の弱い補剛材を有する板について、弾塑性解析を行い、弾性後座屈状態から、弾塑性状態を経て、崩壊に至る挙動

1. 弾性後座屈解析

	剛比 ($\gamma = E I_y / p_x a^2$)	断面剛比 ($\delta = I_y / A$)	補剛材 高さ(H)
1-1	12.37	0.06	15 h
1-2	19.65	0.07	17.5
1-3	29.33	0.08	20.0
1-4	41.76	0.09	22.5
1-5	57.29	0.10	25.0
1-6	99.00	1.20	30.0
1-7	157.20	1.40	35.0
1-8	234.65	1.60	40.0

* $B = b/250, \bar{W}_0 = 0.5 h, \lambda = 1.0$

表-1

1) 岡村, 吉田: 圧縮を受ける長方形鋼板の終局強度.

土木学会論文報告集 No 206 1972

2) 岡村, 吉田: リブ付き鋼板の弾塑性曲げ座屈

土木学会第28回年次学術講演会

を追跡した。

3. 弾性後座屈の解析デー9: 図-2は, (1-1, 1-3, 1-5, 1-6) について, 圧縮力と, 板中央点, および補剛材(2)の中央点のためめの関係を無次元化して示したものである。直交異方性板として求めた弾性座屈応力(σ_{cr})が局部座屈応力(σ_{cr})より大きくなる(1-5)(1-6)の板では, 圧縮力 $\bar{P}_x$ が σ_{cr} に達しても, たわみの急激な増加は生じないが, γ の小さい(1-1), (1-3)の板では, 圧縮力が σ_{cr} に近くなると, 板, 補剛材とも, たわみが急増し, いわゆる, 後座屈状態になる。なお, 弾性局部座屈応力 σ_{cr} , および直交異方性板とみなした, 板全体の弾性座屈応力, σ_{cr} , は, つぎの式で与えている。(σ_{cr} , σ_{cr} , はデー9の基準値)

$$\sigma_{cr} = 4 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{5h}{b} \right)^2$$

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{1+56} (4+5\gamma) \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{h}{b} \right)^2$$

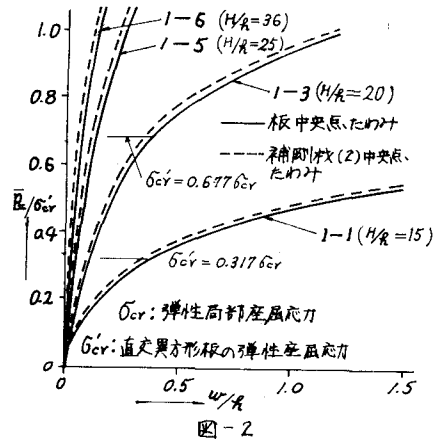


図-2

本解析は, $\sigma_{cr} > 0.9 \sigma_p$ になる範囲内の比較的厚い板についておこなったものであって, 局部変形によって, 座屈を生じることのない状態で, 補剛材の必要剛度を検討したものである。したがって, すべての解析結果とも全体変形による, 曲げの影響を最も大きく受ける補剛材(2)の中央部が, 最初に弾性限界に達する。

図-3は, 図-2と同じ(1-1, 1-3, 1-5, 1-6)について, 補剛材(2)の中央部における弾性限界応力(P_e)と, 無次元化した, 曲げモーメント(M_x), および, 軸力(N_x)の関係を示したものであり, P_e は, 次の降伏条件式から定められる。

$$m_x + n_x^2 = 1$$

γ の小さい(1-1)(1-2)の板では, たわみの急増に伴い, m_x が非常に大きくなる。このため, 他の板より低い荷重状態で弾性限界に達することがよく表われている。

図の中で, 1点斜線で表わしている値は, $\sigma_{cr} = \sigma_p$ になる

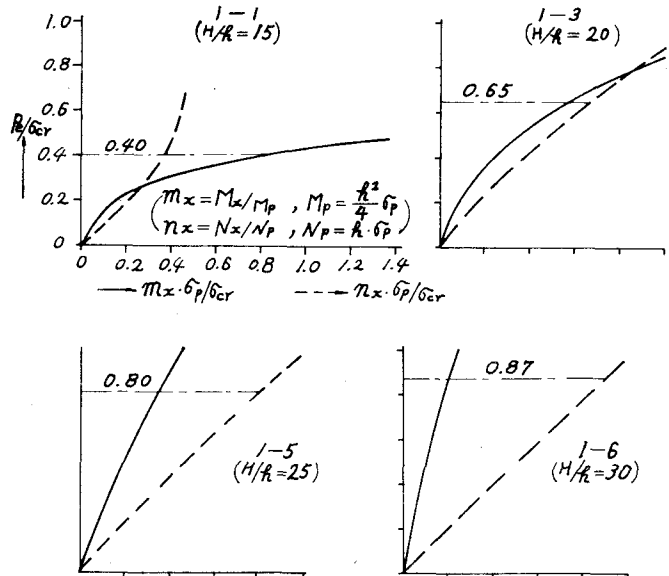


図-3

板の P_E/σ_p を示したものである。

図-4は、表-1に示したすべての解析結果について弾性限界応力(P_E)と、降伏応力(σ_p)の比率(α)の値を示したものである。

すべてのデータとも、 h/l の小さい領域では、 α は h/l に伴い、直線的な変化をするが、(1-1~1-6)までの解析例($H/h \leq 30$)の場合は、それぞれ、黒印で示した所で、 α に急激な変化がみられる。これに対し、 $H/h > 30$ になる(1-7)、(1-8)の場合は、このような現象は表われない。

今回の解析は、初期条件の影響を調べるため、比較的大きな値($W_0 = 0.5h$)を与えたものであるが、この影響は、かなり大きく、 α の値は、 γ の非常に大きな、(1-7)(1-8)においても10%程度低下している。

したがって、補剛材の必要剛度を正確に論ずるには、初期条件の異なる多くの解析をおこなう必要があるが、今回の解析の範囲内で論ずれば、補剛材の必要高さ(中: $B = b/250$ の場合)は、図に挿入した点線で表わされる。

図-5は、図-4の値を用いて、 $\sigma_p = 3200 \text{ kg/cm}^2$ の場合の補剛材の必要高さ B と必要剛比 γ を示したものである。

図-6は、道路橋示方書による必要剛比と、異方性板と考へた板の弾性座屈値 σ_{cr} が、降伏応力 σ_p より大きくなる条件より求めた剛比を、補剛材の高さで示したものである。

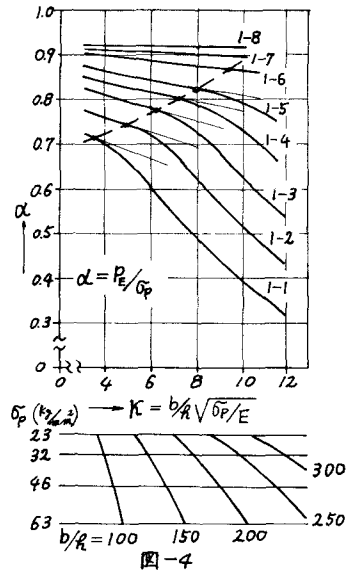


図-4

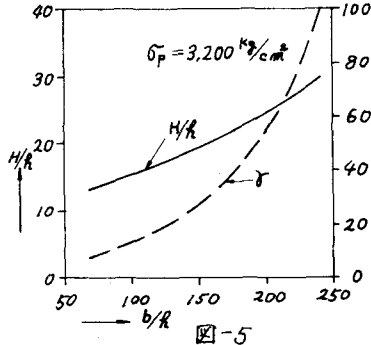


図-5

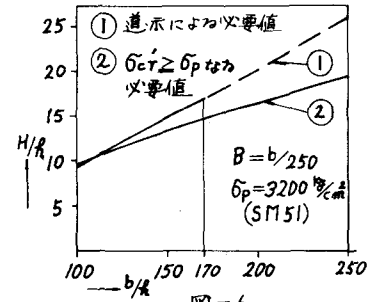


図-6

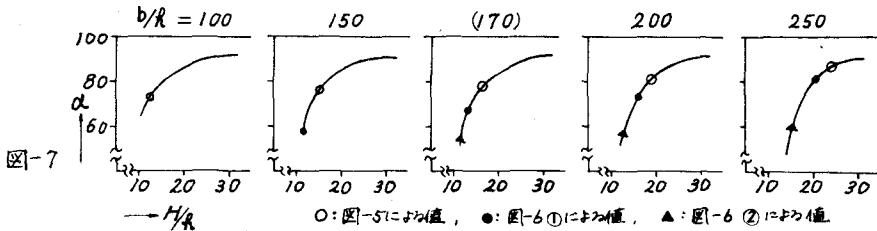


図-7

○: 図-5による値, ●: 図-6①による値, ▲: 図-6②による値

図-7は、各種板厚比($\sigma_p = 3200 \text{ kg/cm}^2$)について、 α と H/h の関係を示し、図-5、図-6の値を印したものである。

この図によると、図-6に示した必要高さは不足しており、特に、 h の大きい所で、そ

の傾向が著るしい。ただし、本解析は、初期たわみを δ の0.5倍で与えてあり、 δ の大きい所ほど大きな初期変形を与えることになりこの条件の異いが、上述の傾向を示していることも考えられる。

図-8, 9, は、本解析の範囲内でみられた板の局部変形とモーメントの1例 ($\sigma_p: 3200 \text{ kg/cm}^2$, $b/\delta: 270$, $W_0 = 0.5\delta$, $H = 30\delta$, $B = b/250$) を示すものである。

図-8 は、 $x=0.1a$ 断面におけるたわみ (W) と y 方向モーメント (M_y) を各荷重段階において示したものであり、局部変形は、弾性限界応力近くになって、急激に生じ始めていることがわかる。しかしながらまだその値は小さく、この板では、局部変形を生じた所が、補剛材(2)の中央部より先に弾性限界に達する現象は生じていない。

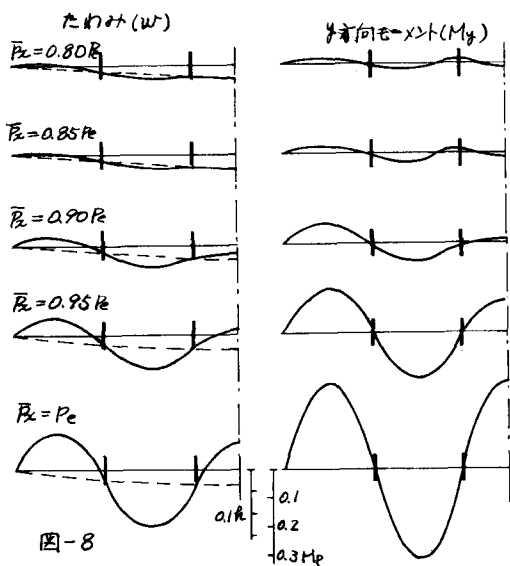


図-8

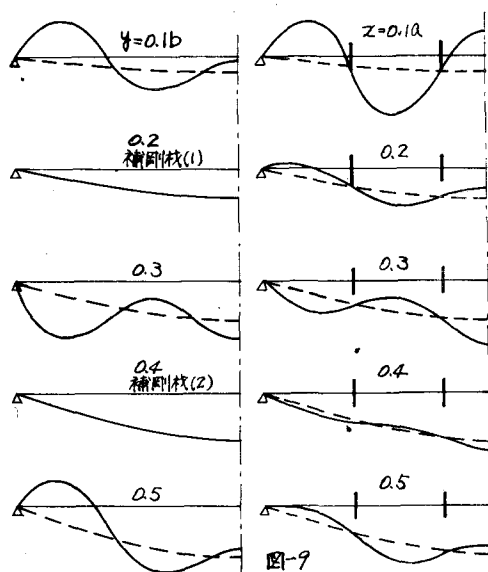


図-9

図-9 は、弾性限界時における板全面にわたるたわみを示したものであり、局部変形モードがよく示されている。

4. 弾塑性解析のデータ:

図-10 は、表-2 に示す解析例について、圧縮力 (P_z) と塑性点 (補剛材(2)の中央) のたわみ状態を示したものである。

補剛材中央に塑性点が生じると、たわみは急激に増加し、わずかの荷重増加で、崩壊状態に達する。この間の現象は、文献^{1), 2)} で取り扱った板とほぼ同様の傾向を示している。

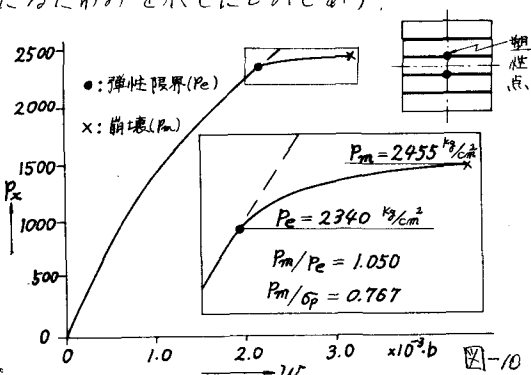


図-10

5. むすび: 本文は、補剛材を有する長方形鋼板の弾性後座屈解析による補剛材の必要剛度の検討、ならびに弾塑性圧縮座屈に関するデータの1部を示したものである。

現在、初期たわみの変えた広範囲のデータを作成中であり、後日、報告する予定である。