

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

東洋技研コンサルタント

正員 ○石川一美

1. まえがき: 本文は、面圧と圧縮を同時に受ける、長方形鋼板の終局強度に関する研究の成果を報告するものである。

近年、土木の分野においても、構造物の大型化にともない、薄肉鋼板の耐荷力の研究が、重要視される傾向にあり、特に水中構造物などでは、軸荷重と同時に横荷重を受ける、鋼板の耐荷力についての知見が必要と思われる。筆者は、すでに、大たわみと考慮した、横荷重を受ける長方形板の弾塑性解析⁽¹⁾、ならびに、圧縮を受ける長方形板の終局強度⁽²⁾に関する研究成果を報告し、数多くのデータと提示した。

本研究は、この2つの手法を併用して、先行荷重として面圧(横荷重)を受け、同時に、圧縮を受ける長方形板の終局強度の解析をおこない、横荷重が板の終局強度におよぼす影響を、広範囲にわたって調べるものである。

解式の記述は紙面の都合で省略するが、上述の2つの文献⁽¹⁾⁽²⁾を参照されたい。

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、等分布横荷重(q)と、 x 方向対辺に圧縮力(P_x)を受け、次の境界条件を有するものである。

$$(x=0, a \text{ 辺})$$

$$W=V=M_x=0$$

$$u=-\delta$$

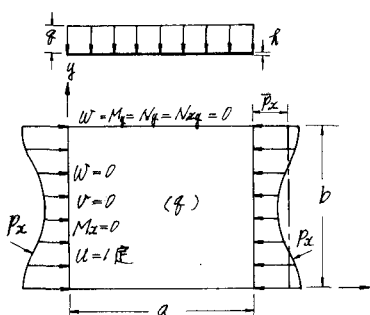
$$(y=0, b \text{ 辺})$$

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

解析例を表-1、2に示す。まず最初に、初期にわみ(W_0)が、板厚の $1/10$ と与えられる正方形板について、横荷重を变化させた多くの弾性後座屈解析をおこない、横荷重が板の弾性限界応力(R)におよぼす影響を、広範囲にわたって調べた。

すでに、前論文⁽²⁾において、圧縮を受ける板(先行荷重 $q=0$)については、弾性限界から崩壊に至るまでの荷重の増加率は、僅少であり、工学的な終局強度として、弾性限界応力(R)を代用できることを立証したが、本文で扱う、先行荷重として横荷重を受ける板については、広範囲の調査の結果、次の事実がわかった。

横荷重が比較的小さい場合は、上記と同様のことがいえるが、横荷重によって、板の隅角がすでに弾性限界に近い状態にある場合は、板の崩壊荷重は、この隅の弾性限界荷重よりかなり大きい。



q : 等分布荷重

P_x : 圧縮力の強度

$\bar{P}_x$: P_x の平均値

t : 板厚

初期にわみ

$$W_0 = W_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$$

図-1

[1] 弾性後座屈解析

	$\bar{q}$		$\bar{q}$
1-1	0	1-8	27.38
1-2	0.95	1-9	26.91
1-3	2.86	1-10	46.43
1-4	3.57	1-11	55.95
1-5	6.67	1-12	75.00
1-6	8.33	1-13	113.10
1-7	17.86	1-14	159.43
$\bar{q} = (b/t)^2 \cdot q/E, W_0/t = 0.1$			
$\lambda = 1.0$			

表-1

[2] 弾塑性解析

	R	q/R	W_0/t
2-1	0.616	0.5	1.0
2-2	1.026	0.5	1.0
2-3	1.026	0.7	1.0
2-4	2.052	0	1.0
2-5	2.052	0.2	1.0
2-6	1.525	0.8	1.0
$R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{E \cdot (20-P)}{4E}}$			
q/E : 横荷重のみによる弾性限界荷重			

表-2

(1) 岡村、吉田：大たわみ、および、47°の補剛を考慮した長方形鋼板の弾塑性解析

土木学会論文報告集 No. 496, 1971

(2) 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

この現象を詳細に調べるに、弾性後座屈解析の結果をもとにして、横荷重率 (β/β_E)、および板厚比等の異なる、6つの例題 (表-2) を選んで弾塑性解析をおこない、弾性限界応力と終局強度 (P_m) との関係と明らかにした。以下、解析結果について述べる。

3. 弾性後座屈解析のデータ:

図-2は、解析例の1部について圧縮力と板中央奥のたわみの関係を示したもので、図中の点線は、異った R に対する弾性限界応力を与える。

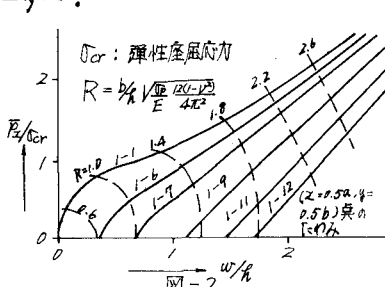


図-2

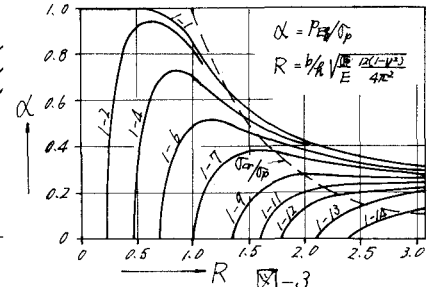


図-3

図-3は、同じく解析

例の1部について、弾性限界応力 (P_E) と降伏応力 (P_0) の比率 (α) を示したものである。解析例1-6についてみると、 $R \leq 0.702$ の板は、与えられた横荷重によって、すでに弾性性状を失っていることがわかる。

なお、図中の点線は、 β/β_E の値を表わし、横荷重が大きい場合でも、比較的薄い板の弾性限界応力は、弾性座屈応力以上になることがわかる。

図-4は、横荷重 β/β_E のみによる場合の弾性限界荷重 (β_E) と与え、 R が大きい板では、膜力の

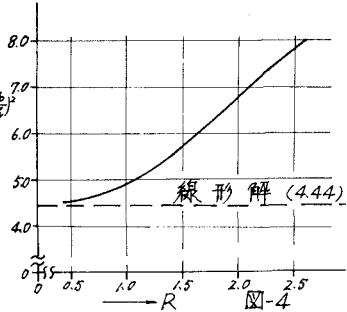


図-4

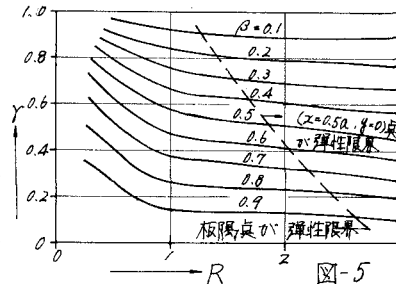


図-5

効果により、線形解よりも非常に大きくなる。図-5は、図-3、4を用いて、横荷重 (β) と、板の弾性限界応力の関係を記号 β 、 β_E で無次元化したものである。

4. 弾塑性解析のデータ:

図-6、7、および表-3は、弾塑性解析の結果であり、図-6は、板中央奥のたわみ、図-7は、荷重と作用軸方向の変位 (u) の関係を表わす。解析例2-4、5、は、奥 ($x=0.5a$, $y=0$) が最初に弾性限界に達する例であって、他の例題は、すべて、隅奥が最初に弾性限界に達する場合である。

解析結果によると、奥 ($x=0.5a$, $y=0$) が塑性化するまでは、変形の急増は見られず、この奥が塑性化 (β_d)

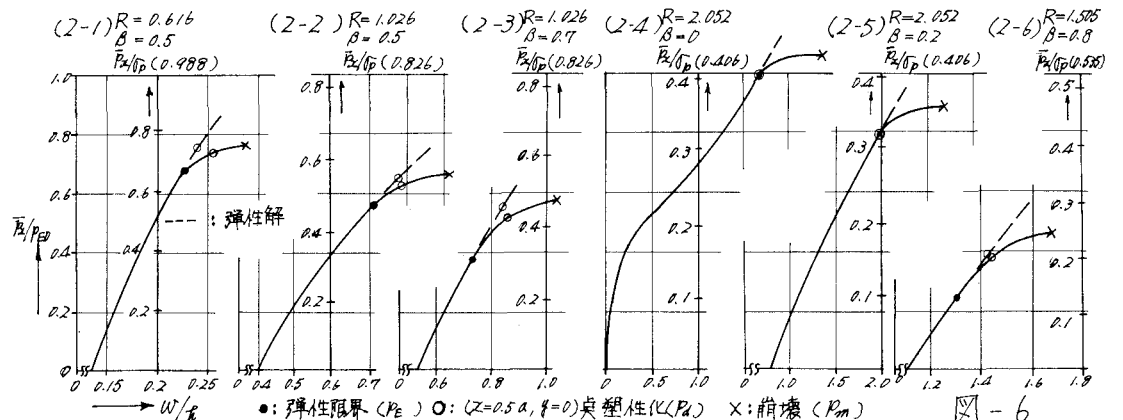
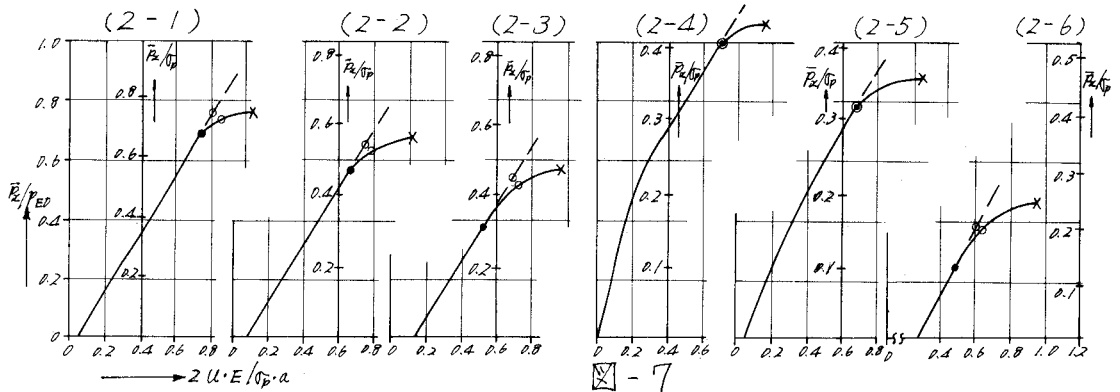
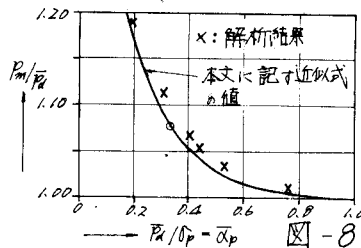


図-6



すると、変形は急増し、崩壊 (P_m) に至る。したがって、 $\bar{\sigma}_d$ は、他の部分の塑性の影響を無視した値 (弾性解: $\bar{\sigma}_d$) とほぼ等しくなる。

図-8には、 P_d/σ_p と $P_m/\bar{\sigma}_d$ の関係を示した。 $\bar{\alpha}_p$ の比較的大きな場合は、 $P_m \approx P_d$ と見なすことができるが、 $\bar{\alpha}_p$ が小さくなると、 P_m と P_d は異なってくる。なお、解析例は、 R 、 β の値、かなり異なったものであるが、図のように、 $P_m/\bar{\sigma}_d$



	P_E/σ_p	P_d/σ_p	P_m/σ_p	$P_d/\bar{\sigma}_d$
2-1	0.672	0.750	0.781	0.980
2-2	0.465	0.513	0.553	0.989
2-3	0.307	0.422	0.469	0.951
2-4	0.406	0.406	0.434	1.000
2-5	0.322	0.322	0.359	1.000
2-6	0.131	0.189	0.242	0.985

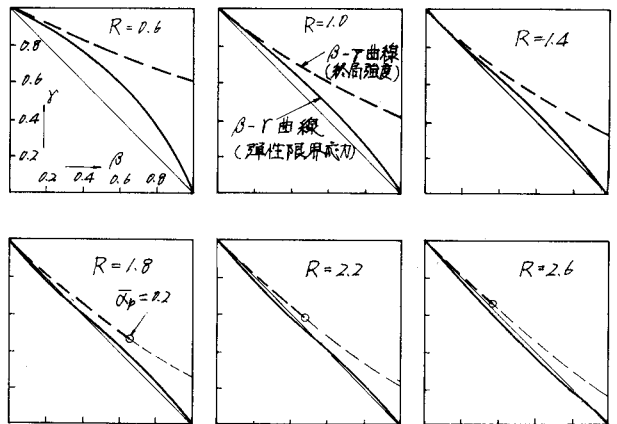
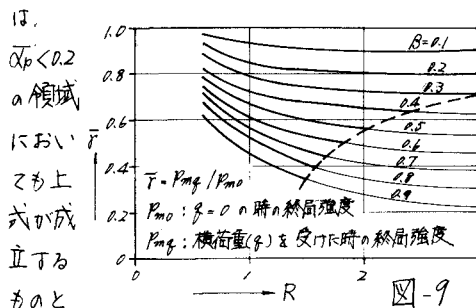
表-3

には、 $\bar{\alpha}_p$ の影響が支配的であり、 R 、 β の差異によるバラツキはほとんど見られない。本解析の範囲から正方形板について P_m と $\bar{\sigma}_d$ の関係を表す近似式を作ると、次のようになる。

$$P_m = \bar{\sigma}_p \left(0.99 + \frac{0.01}{\bar{\alpha}_p} \right) \sigma_p \quad \cdots \cdots \bar{\alpha}_p \geq 1/3$$

$$P_m = \bar{\sigma}_p \left(0.93 + \frac{0.05}{\bar{\alpha}_p} \right) \sigma_p \quad \cdots \cdots 0.2 \leq \bar{\alpha}_p < 1/3$$

図-9は、この式を用いて、横荷重と板の終局強度の関係を与えたものである。図中、細線は、



仮定して求めた参考値である。図-10は、種々の R の値に対して、横荷重と板の弾性限界荷重、ならびに終局強度の関係を示したものであり、 β - r 曲線について見ると、 $R > 1$ の領域では、 $\beta + r = 1$ に近い、関数である。また、 β - $\bar{r}$ 曲線も R が大きい所では、 $\beta + \bar{r} = 1$ に近いことがわかる。

5. むすび：本文は、横荷重と圧縮を受ける長方形鋼板の終局強度について論じたもので、終局強度を弾性後座屈解析の結果から推定する近似式を与えた。ただし、この近似式は、数例の弾塑性解析の結果から定められたものであり、特に、 $\bar{\alpha}_p$ が小さい場合については、解析の補完が必要である。今後、さらにデータを増やし、この式の妥当性を検討すると同時に、辺長比の影響についても調べる予定である。