

大阪工業大学

正員 岡村宏一

東洋技研コンサルタント K.K.

正員 ○ 吉田公憲

1. まえがき; 周辺を支持され、かつ、一對の相對辺に圧縮力を受ける長方形薄板は、変形の増大に伴って、板内応力が側辺部に集中する傾向を現れし、弾性座屈後もなお耐荷力を保有することが、いわゆる後座屈現象として知られている。最近発表された、J. B. Dwight の総括的なレポートには、この種の問題に関する最近の研究成果を含んでいるが、理論解析の面から言えば、なお、資料不足の感があり、特に、後座屈領域における弾塑性解析については、解析手法上、検討すべき点があるように思える。たとえば、A. T. Ractliffe, K. E. Moxham らの解析結果^{1), 2)}も、後座屈挙動の効果が大きくなるに従って実験値とかなり合わなくなっており、精度上の問題点を残しているようである。一方、実験的研究は現在までにかなり行はれている。ただ、板厚比について言えば、各実験によって扱われている範囲がまちまちであり、前述のような理論的データの不足もあって、これらの実験値に対する広般、かつ詳細な吟味はまだまだ十分に行はれていない感があり、構造物の断面の大型化、薄肉化、あるいは高張力鋼を使用する傾向の著るしい昨今にあって、この種の板に関する基本的資料の充実が望まれるところである。

さて、筆者はすでに、大たわみを伴う長方形鋼板、およびリブ付き板の横荷重による弾塑性曲げ問題の1解法を発表した。³⁾ 本文は、この解法を板の弾塑性座屈の問題にも一貫して応用することを目的に行なっている研究の1つの基本的な成果を提示するもので、一對辺に圧縮を受ける長方形板について、すでにその結果の一部を報告したが、さらに、板厚比、辺長比、降伏応力、側辺の拘束条件などをさまざまに変化させて、広範囲のデータを作成した。特に、弾塑性域から崩壊に至る過程を詳細に追跡し、崩壊機構を明らかにすると同時に、最終荷重の判定に関して理論的な根拠を与えた。また、このようにして定めた最終荷重の値を、広範囲にわたって既往の実験値と比較し、両者の間に良好な一致を見た。なお、この事実にもとづき、研究成果を具体化するために、従来、部分的な実験データによって提唱されている最終荷重の諸公式を統合整理することを試みた。

2. 境界条件; 次の2通りの場合を扱った。

曲げに対して単純支持、シヤイベ作用に関して

Case 1;

$$(N_{xy})_{x=0,a}, y=0,b = 0,$$

$$(N_y)_{y=0,b} = 0$$

$$(u)_{x=0,a} = \text{一定}$$

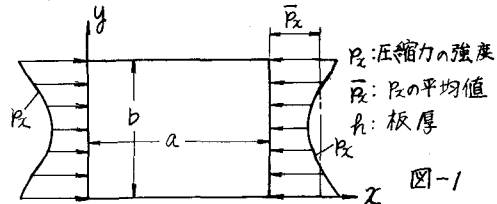
Case 2;

$$(N_{xy})_{x=0,a}, y=0,b = 0$$

$$(v)_{y=0,b} = 0$$

$$(u)_{x=0,a} = \text{一定}$$

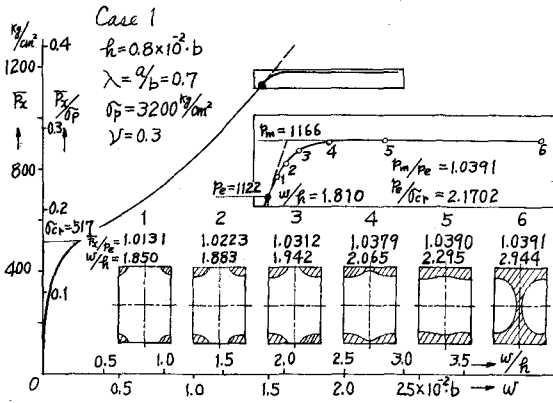
u, v ; x, y 各方向の水平変位



P_x : 圧縮力の強度
 $\bar{P}_x$: P_x の平均値
 t : 板厚

図-1

- 1) Dwight J. B.; Collapse of steel compression panels, Development Bridge Design and Construction, 1971.
- 2) Dwight J. B., K. E. Moxham; Welded steel panels in compression, Str. Eng. Vol. 47, No. 2, 1969.
- 3) 岡村, 吉田; 大たわみ, およびリブの補剛を考慮した長方形鋼板の弾塑性解析, 論文報告集 No. 196, 1971



P_m : 最大荷重強度, P_e : 弾性限界強度, σ_{cr} : 弾性座屈値

σ_p : 降伏応力, w : 最大たわみ, ν : ポアソン比 図-2

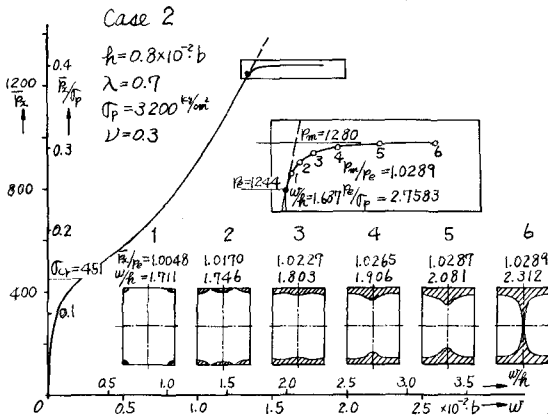
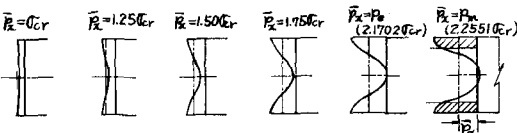
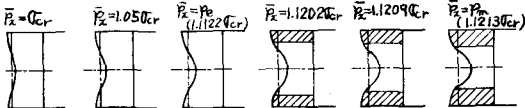


図-4

Case 1 $h = 0.8 \times 10^{-2} b$



Case 1 $h = 1.6 \times 10^{-2} b$



Case 2 $h = 0.8 \times 10^{-2} b$

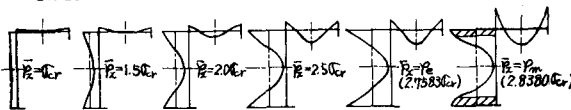


図-6

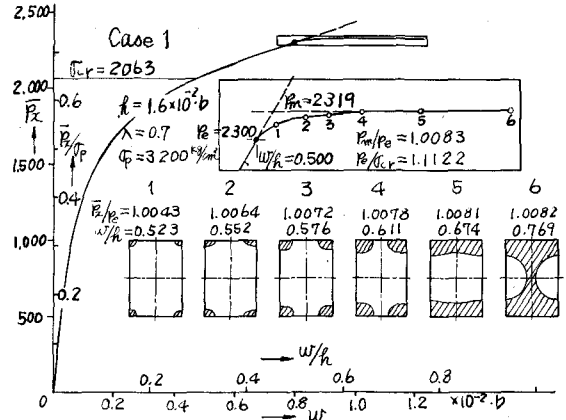


図-3

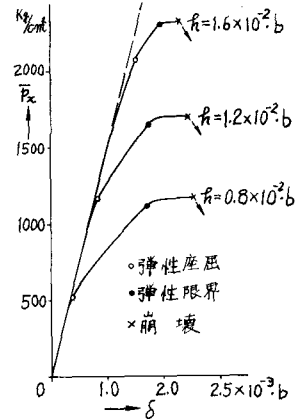


図-5

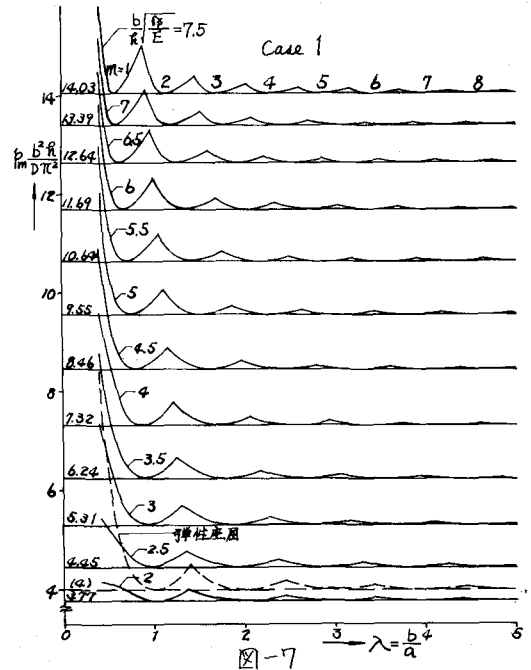


図-7

3. 解析データ; 図-2~4は、板の塑性化開始(弾性限界)から崩壊、すなわち、snap action を生ずるに至る過程を追跡した例であるが、板厚が比較的に厚い場合には、弾性限界から崩壊に至る迄の荷重増加率は1%以下、薄い場合でも3~4%である。この事実は降伏応力を変えた他の解析例でも同様であり、この板の場合、最大荷重として弾性限界時の荷重を代用できる理論的な根拠を与えている。

図-5は、 x 方向の縮み量(δ)と、荷重との関係を示すものである。実験において、崩壊と同時に荷重の降下(矢印)を生ずる場合、図の板厚比の範囲では、板厚が大きい程、鋭いピークを生ずることになり、Ractliffe らの行った実験²⁾と類似の傾向を持つ。

図-6は、これらの板の圧縮縁における応力分布を画いたもので、板厚比により板幅中央部分の荷重負担の度合いに大差がある。これより見れば、von Karman らの導入した、板の崩壊時における板幅中央部分の荷重負担を無視する仮定も一般性に乏しいきらいのあることがわかる。

また、図-7は、辺長比、板厚比、降伏応力の変化に対応された最大荷重(圧縮応力の平均

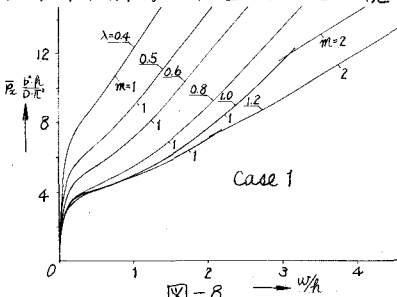


図-8

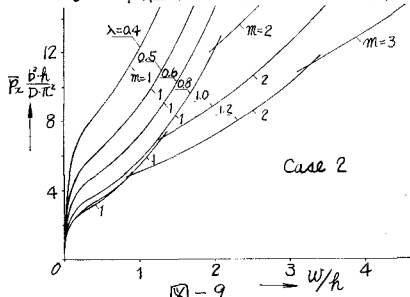


図-9

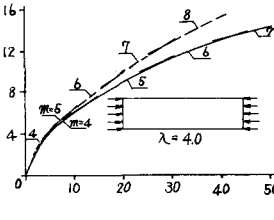
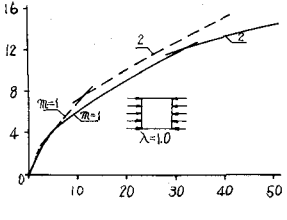
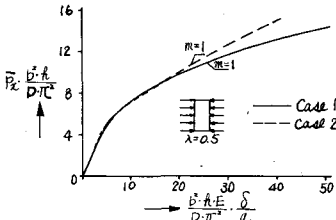


図-10

値; P_m)と、座屈のモードの相対性を与えるもので、Case 1 について示した。

さらに、図-8~10は、圧縮荷重(平均値)と変位(たわみ: w , 圧縮縁の縮み量; δ)との関係を与えたものである。

ところで、図-11は、最大荷重について、既往の実験値と本解析の結果を比較したものである。実験は非溶接板について行はれたもので、以下、 $\frac{b}{h} \sqrt{\frac{\sigma_F}{E}}$ の値を K と呼ぶ。 K が比較的小さい値のものは Harrison, Moxham, Ractliffe らの実験値であり、この領域では理論的にも初期たわみ(w_0)の影響を受ける。これらの実験の w_0 のデータは不明であるが、本解析では図示の範囲で実験値を包絡している。また、 K の値が

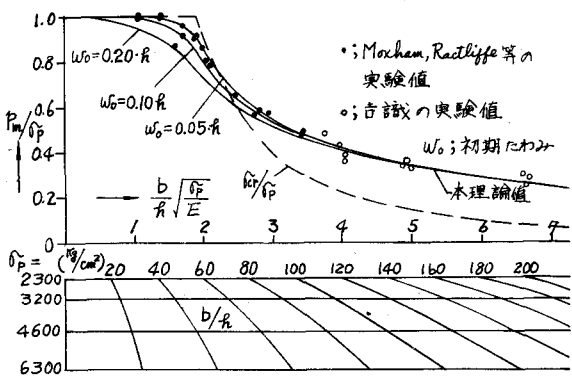
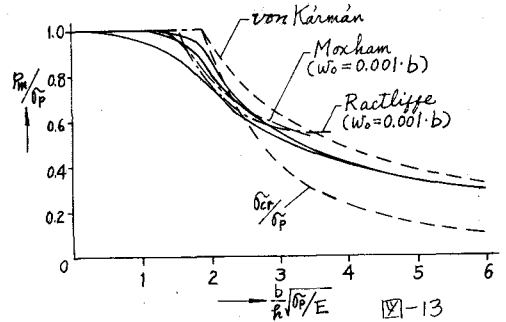
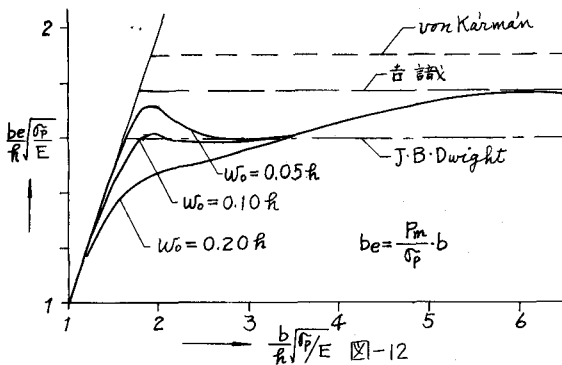


図-11



比較的大きくなると後座屈の影響が顕著になるが、この範囲の実験値は吉識⁽⁴⁾のものである。なおこの部分で、 w_0 の影響は非溶接板では殆んど無視できる。図より見れば、本解析の結果は広範囲にわたって既往の実験結果とよく一致すると見なしてよいと思はれる。

次に、図-12は、それぞれの範囲の実験値をもとに Dwight, 吉識らが提唱している実験公式と本解析の結果を比較したものであるが、これらの公式は、それぞれの範囲を越えたと近似度が低下する。Dwight の式は、 w_0 が小さければ、 $K < 3.4$ の範囲でよい近似を持つ。すなわち、

$$\frac{P_m}{\sigma_p} = \frac{1.6}{K} \quad (1.6 \leq K \leq 3.4) \quad [\text{Dwight}]$$

また、吉識の式は正方形板の場合の荷重を最低値としているので、 $K = 6.0$ 附近でよい近似をもつ。ここで本解析の結果より

$$\frac{P_m}{\sigma_p} = \frac{1.76}{K} \left\{ 1 - \frac{1.16}{100} (K - 6.2)^2 \right\} \quad (3.4 \leq K \leq 7.5)$$

を与える。

図-13, 14は Moxham, Ractliffe らの計算値を吟味したものである。図より明らかなように、これらは後座屈現象が大きくなるに従い実験値と離れており、精度に問題がある。さらに、図-15は、側辺の拘束度が異なる場合の辺長比による最大荷重の変化を表わすが両者の最低値はあまり差異がなく、Ractliffe の細長い板の実験結果と同傾向を持つ。

本文の所論においては、溶接による残留応力が最大荷重に及ぼす影響を含んでいないが、これらの影響を論ずる場合にも、本解析の結果は基本的な成果として利用できよう。

(4) 吉識雅夫；圧縮を受ける船体構造部材の座屈ならびに圧壊強度の研究，造船協会々報 N0.75 1953

