

1. まえがき

補剛板の経済的、かつ安全な設計を考えるとき、補剛材の適切な断面、配置、そして強度を決定することは重要なことである。本研究は補剛板の極限耐荷力に与えるリブのねじり剛性の影響を明らかにしようというものである。このねじり剛性がリブ付板の座屈荷重に与える影響についてはT. Wah¹⁾が1966年ごろ研究して、特に縦横比の小さな(≤ 1)場合にはこの影響が大きいことなどを述べている。しかし、極限耐荷力に対する影響はどうかということは非常に興味のある問題であり、ここに理論・実験の両面から考察を行った。

なお、筆者はこれまで単純曲げを受ける鋼箱桁の極限耐荷性状を明らかにする目的で、理論・実験の両面から研究を行ってきたが、圧縮を受けるリブ付きフランジ板(閉断面リブを有する)の耐荷力を補剛材の本数、降伏強度、断面積比、曲げ剛度比と板部の中厚比によって陽な形で表現できることが判った。

2. 研究の概要と結果

実験のモデルとしては、図-1に示されているようなリブ付板を考え、リブが一本および二本の場合につき縦方向に等間隔・対称に配置されている。リブの形状は図-2に示されているように矩形の閉断面であり、ネジで板に取り付けてある。全部で7体の供試体のうち、無補剛板1、補剛材が1本の場合(Case 1~3)、および2本の場合(Case 4~6)についてねじり剛性の大きさを3段階に変化させた。また、補剛材の曲げ剛性は1本および2本の各々について一定とし、その大きさはDIN 4114の最小剛比を与えている。補剛材の断面定数は表-1に示されているとおりである。これらの試験体をアムスラー型50 tonパイプ試験機で破壊実験した。

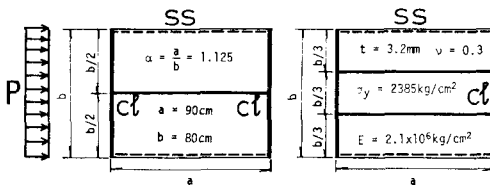


図-1 リブ付板の諸元(リブ板とも同材料)

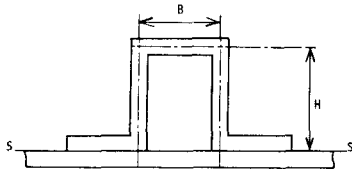


図-2 閉断面リブ

表-1 リブの断面定数

	Stiffener	H(cm)	B(cm)	$A_g(\text{cm}^2)$	$J(\text{cm}^4)$	$I_{ss}(\text{cm}^4)$	$I_p(\text{cm}^4)$
Case 0	0	—	—	—	—	—	—
Case 1	1	2.00	1.1	2.592	0.999	3.1504	5.810
Case 2	1	1.75	2.0	2.721	2.091	3.1374	8.172
Case 3	1	1.30	4.9	3.361	4.168	3.1533	22.345
Case 4	2	2.60	1.0	2.944	1.202	5.961	8.502
Case 5	2	2.35	1.6	2.970	2.291	5.639	9.714
Case 6	2	2.00	3.0	3.200	4.608	5.588	14.971

他方、理論的研究ではFEMによってリブ付板の座屈荷重の計算・後座屈挙動の解析を行った。また、筆者らの考え出したSEM(板・バネ系のモデル…簡易要素法と称す)によっても座屈荷重の計算を行った。実験による耐荷力とこれらの座屈荷重は表-2に示されているとおりである。この表の欄外には、計算の根拠となった分割と自由度を示す。

補剛材のねじり剛性と曲げ剛性の比(GJ/EI)をねじり-曲げ剛比と呼び、座屈係数 K とねじり-曲げ剛比の関係を求めた結果を図-3、4に示す。補剛材が1本の場合 $\gamma = EI/bD > 3$ であれば、補剛材軸が節

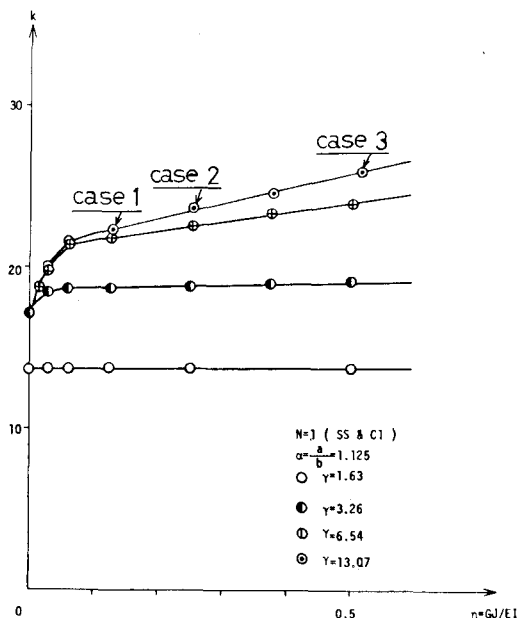


図-3 座屈係数とねじり-曲げ剛比の関係

1) リブが一本の場合

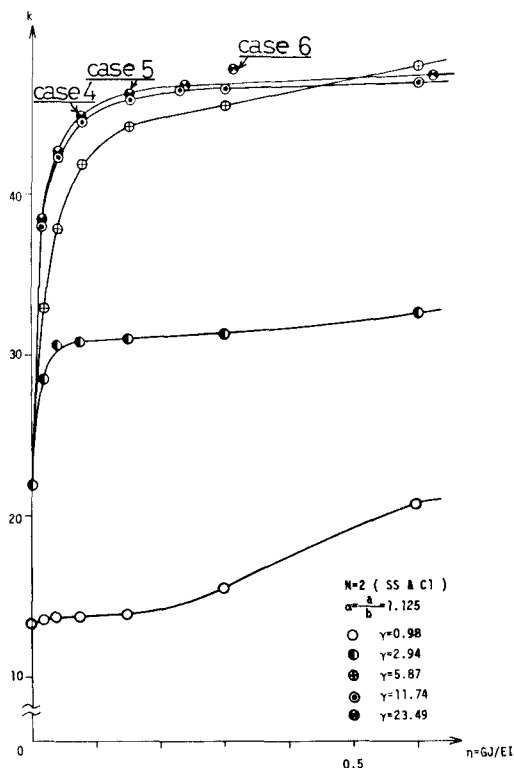


図-4 座屈係数とねじり-曲げ剛比の関係。リブが2本の場合

線となる座屈波形を示し、ねじり-曲げ剛比を大きくすると座屈係数も増加するが、この増加率はねじり剛性のみでなく、曲げ剛性の大きさにも依存することが判る。例えば、 $\gamma < 3$ であれば、補剛材もたわみ、幾何学的にも補剛材のねじりが起らないので、ねじり剛性は座屈係数にほとんど影響しない。補剛材が2本の場合、ねじり剛比の増加による k の初期上昇は1本の場合より顕著であるが、ねじり-曲げ剛比が 0.1 以上になればその影響はわずかであるに過ぎない。(表-2 の分割 a, b による計算結果より)

つぎにリブ付き板の後座屈挙動であるが、表-2 のようにほとんど期待できないことが判る。特にリブが2本の場合は皆目である。しかも、V. Tvergaard²⁾ が述べているように、座屈荷重を限界まで上昇させたような場合は *imperfection-sensitivity* に充分注意をする必要があると思われる。事実、実験でも耐力力はリブが2本の場合 P_{cr} を下回っていて、*imperfection* の影響が少くないことを物語っている。発表時には初期た

わみの影響についても報告する。

表-2 各補剛板の線形座屈荷重と極限耐力

	P_{cr} (ton)			p_u^{ex}
	Finite Element	Simplified Elm.	(ton)	
Case 0	3.43 ^a	4.07 ^c	3.76 ^c	8.5
Case 1	15.18 ^a	16.56 ^c	13.49 ^c	16.9
Case 2	16.13 ^a	17.17 ^c	13.55 ^c	16.0
Case 3	17.73 ^a	18.11 ^c	13.88 ^c	16.5
Case 4	30.69 ^b	39.36 ^c	30.95 ^c	34.4
Case 5	31.69 ^b	42.11 ^c	31.00 ^c	30.6
Case 6	32.56 ^b	47.59 ^c	31.45 ^c	26.4

(注) 分割と総自由度

- a 4×4 (80)
- b 3×5 (77)
- c 6×6 (180)
- d 6×6 (25)
- e 10×10 (81)
- f 10×9 (72)

3. 文献

- 1) Wah, T. Buckling of Longitudinally Stiffened Plates, *Aeronautical Quarterly* Vol. 18, 1967, pp 85~99.
- 2) Tvergaard, V. Imperfection-sensitivity of a Wide Integrally Stiffened Panel under Compression, *Int. J. Solids Structures*, 1973, Vol. 9, pp 197~192.