

リブ付板の圧縮強度に関する研究

名古屋大学 正員 福本 秀士
 岐阜大学 正員 宇佐美 勉
 名古屋大学 学生員 岡本 良夫

1. まえがき この報文は、縦方向リブ付板の純圧縮強度に関する理論的、実験的研究について述べたものである。

2. 解析方法および結果 解析の対象とするものは Fig.1 に示すような一方向の圧縮力を受けるリブ付板である。解析には有限帯板法を用い、つぎのような条件の場合について数値計算を行なった。i) 純圧縮, ii) 板の四辺単純支持, iii) リブは矩形断面で(片側リブ), その断面寸法はすべて等しい, iv) リブは板を等分割している。また解析に用いる仮定・条件を列挙すると, a) 板およびリブの材質は等しく, ガフ完全弾塑性体とする, b) 初期変位を無視する, c) 板およびリブに存在する残留応力は Fig.2 に示すようなものとする, d) 塑性域では Bijaard の塑性変形理論を用いる, e) リブのねじり剛性 (St. Venant およびりねじり剛性) を考慮する, f) 座屈時のリブの曲げ変形の中立軸は Fig.3 の A 点を通り板面に平行な軸に一致する, g) リブのねじり変形の中心は A 点に拘束されているものとする, である。Fig.2 の残留応力分布は板およびリブ単独で自己つり合条件を保つように定めたものである。

さて, 上記の仮定・条件のもとで固有値問題として座屈荷重を求めることになるが, その Formulation は通常の有限帯板法の^{2), 3)}それと何ら異なる所がなく, 最終的にはつぎに示すような同次の連立一次方程式が得られる。

$$([S] - \lambda^2 [S_0])\{W\} = 0 \quad (1)$$

ここに, $[S]$ は剛性行列, $[S_0]$ は安定係数行列, $\{W\}$ は節線変位ベクトルで λ は次式で定義される板の幅厚比である。

$$\lambda = (b/t) \sqrt{\sigma_r / E} \quad , \quad \sigma_r: \text{降伏応力} \quad (2)$$

式(1)の $[S]$, $[S_0]$ は, ①外力による軸ひずみ, ②Aspect ratio $\alpha = a/b$, ③リブの本数, ④残留応力, ⑤リブの特性を表すパラメータの関数となるから, これらをまますと式(1)より固有値を求めることになる。ただし, リブのねじり剛性を考慮するときには材質に関して無次元化した式を得ることができないので, さらに⑥降伏応力を与える必要がある。Fig.4 は解析結果の一例を示したものである。ここで, σ_r は座屈時の平均圧縮応力, R は修正した板の幅厚比, n はサフパネルの数(この場合 $n=3$) , δ はリブと板の面積比, $\sigma_{rc}, \sigma_{res}$ はそれぞれ板, リブの最大圧縮残留応力, m はリブの曲げ剛比 δ と最適剛比 δ^* との比である。ただし, δ^* は $R \geq 0.7$ のときは DIN 4114 で定める最適剛比で, $R \leq 0.7$ のときは鋼道示で定める最小必要剛比を用いる。曲線①, ②は無補剛板の座屈曲線で, それぞれ非載荷辺の両端単純支持, 一端固定, 他端単純支持の場合に対応する。この図よりつぎのことが言えるであろう。①弾性域および非弾性域の一部で計算より求めた座屈曲線が曲線②より右にあるのはリブのねじり剛性による座屈強度の上昇を表す。②弾性域では m を増大させても座屈強度は必ずしも上昇せず, この場合には $m=1$ すなわち $\delta = \delta^*$ のときに座屈に対して最強になる。③非弾性域の一部で $m > 1$ の効

果が表われるが、座屈強度の上昇は余り望めない。④ $\sigma_{cr}/\sigma_T = 0.9$ 近辺で R は急変し、 $\sigma_{cr} = \sigma_T$ のときの R すなわち R_0 はほぼ 0.21 である。これは、 $\sigma_{cr}/\sigma_T = 0.9$ 近辺で R の塑性化によりその曲げ剛性が極端に低下し、無補剛板と同じ状態になってしまうからである（曲線④は $m=1$ としてプロットしてあることに注意。横軸にたとえば式(2)の入まれば $\sigma_{cr}/\sigma_T \geq 0.9$ の部分の座屈曲線は曲線④にはほぼ一致する。）。⑤したがって、 R_0 の値は鋼道示、鋼鉄示で期待している 0.7 とは大きな差が生ずる。

3. 実験内容 上記の解析と平行してリブ付板の耐荷力実験を現在行なっている。この種の実験は過去に2,3行なわれているが、柱材の設計にとって重要な板の幅厚比が小さい ($R \leq 0.7$) 場合の実験はほとんどないので、この領域での実験を集中的に行なっている。試験体はいずれも四辺単純支持の単一板で、Aspect ratio は 1.2 および 2.0、リブの本数は 3, 4, 5、幅厚比は $R = 0.77 \sim 0.5$ 、リブの剛比は $m = 1, 2, 4$ と変化させ合計 28 体の実験を計画している。Fig. 5 は試験体の支持装置の概略図を示したものである。非載荷辺は板の面外変位のみ拘束で他の変形は自由という条件を満たすために、図のように両端に Universal Joint を持つ Steel Pipe で長さ方向に断続的に試験体を支持している。載荷辺は剛性の高い板を2板図のように重ね、荷重が試験体全体の重心軸面に線荷重として作用するように設計してある。なお、試験体に接触している方の板は、載荷辺での試験体のためみ角を拘束しないように、試験体の幅方向に切断したものをを用いている。実験は現在進行中であるので、結果は講演当日に述べることにする。

4. あとがき 純圧縮を受けるリブ付板の座屈強度に関する解析結果および現在計画中の耐荷力実験の装置について説明した。なお、この研究は48年度文部省科学研究費および本四連絡橋公団の補助を受けた。参考文献：1) Nishino, F et al., Proc. of JSCE, No. 172, Dec. 1969, 2) 吉田宏一郎ら, JSSC 第5回マトリックス構造解析法論文集, 1971, 3) 長谷川彰夫ら, 第28回土木学会年次講演会, 1973.

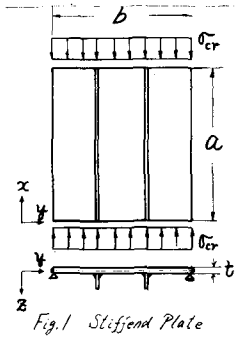


Fig. 1 Stiffened Plate

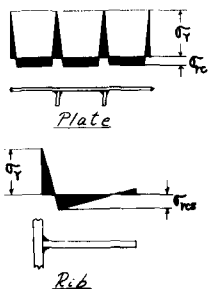


Fig. 2 Residual Stress

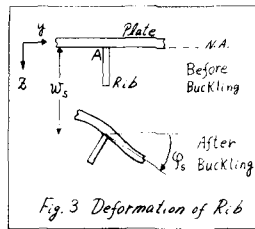


Fig. 3 Deformation of Rib

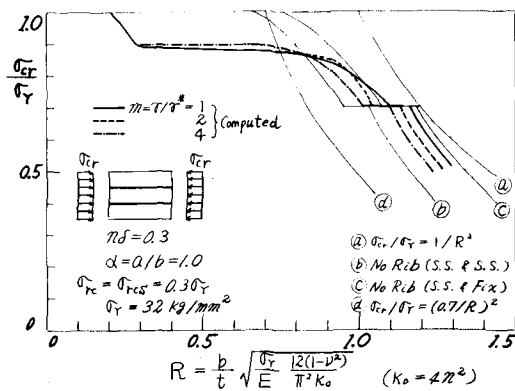
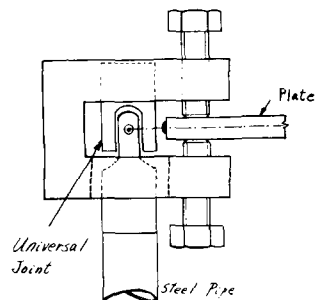
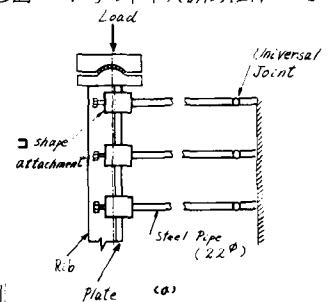


Fig. 4 Computed Buckling Curves



(b) Detail of \square Shape Attachment
Fig. 5 Test Rig