

I-55

縦横に補剛された圧縮板の耐力評価法に関する研究

岐阜大学大学院 学生員 森田 浩隆
 岐阜大学工学部 正 員 奈良 敬
 岐阜大学工学部 正 員 森脇 良一

1. まえがき

圧縮補剛板を縦補剛材1本と板パネルよりなるT型断面補剛板モデル（以下、「多リブモデル¹⁾」と呼ぶ）の集合と見なしてその耐力を評価する方法がよく用いられている。奈良ら²⁾はその多リブモデルの細長比パラメータに、鋼種および板パネルの局部座屈の影響の考慮できるパラメータを導入し、道路橋示方書³⁾（以下、「道示」と呼ぶ）の柱の耐力曲線を用いて精度良く耐力を評価している。この評価法は、そのモデル長を横補剛材間隔としているため十分剛な横補剛材をもつ補剛板を対象として、縦補剛材剛比の強度への影響が考慮されている。実際の構造物における補剛板は縦補剛材と横補剛材の両方で補剛されているのが一般的であり、その後、横補剛材の剛比をパラメータとした数値計算の結果、剛でない横補剛材の極限強度に対する効果⁴⁾⁵⁾が明らかとされてきた。したがって、この種の補剛板の合理的設計を行うには、縦補剛材剛比だけでなく横補剛材剛比も考慮したより一般的な補剛板の極限強度の評価法に拡張する必要があると思われる。

ところで弾塑性有限変位解析において、図-1に示すように、横補剛材の代わりに横補剛材位置で横補剛材と等価な曲げ剛性により弾性支持されるような、バネ支持多リブモデル⁴⁾を用いて圧縮補剛板の極限強度を精度良く求めている。そこで今回は、このモデルを用いてそのバネ定数と有効座屈長係数の関係を明らかにし、縦横の補剛材剛比を考慮した細長比パラメータを用いて縦横に補剛された圧縮板（以下、「縦横補剛板」と呼ぶ）の耐力を評価することを試みたので報告をする。

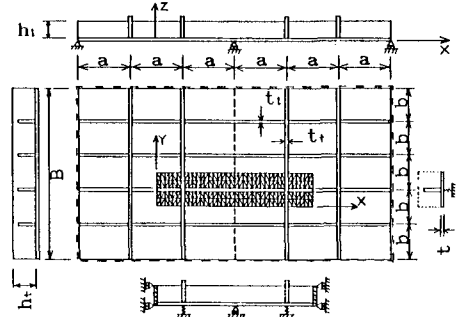


図-1 バネ支持多リブモデル

2. 有効座屈長係数 β とバネ定数Cの関係

縦補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータR、縦補剛材本数 n_r 、縦横の補剛材の剛比パラメータなどのパラメータを変化させて縦横補剛板の極限強度を弾塑性有限変位解析法を用いて求め、その結果を有効座屈長係数の概念を用いて整理する。ここで無次元化されたバネ定数Cおよび有効座屈長係数 β はそれぞれ式(1)および式(2)を用いて計算する。

$$C = (a/B)^3 (I_t/I_r) \quad (1)$$

$$\beta = \bar{\lambda}^* / \bar{\lambda}_t^* \quad (2)$$

ここで、 a ：横補剛材間隔、 B ：補剛板の全幅

$$I_r = (h_r^3 t_r - b t^3) / 3 - e^2 A_r, A_r = b t + h_r t_r$$

$$e = (h_r^3 t_r - b t^3) / 2 A_r, I_t = h_t^3 t_t / 3$$

また、 $\bar{\lambda}^*$ は解析結果の極限強度を道示の柱の耐力曲線式(6)に代入して求められた値で、 $\bar{\lambda}_t^*$ は解析モデルの諸元より式(3)を用いて計算された値である。なお、式(4)は文献6)に基づく圧縮板の耐力曲線である。

$$\bar{\lambda}_t^* = (2400 / \sigma_Y)^{1.2} \cdot 1 / \sqrt{(N_u / N_Y)_{plate}} \cdot 1 / \pi \cdot \sqrt{\sigma_Y / E} \cdot a / r \quad (3)$$

$$(N_u / N_Y)_{plate} = \begin{cases} 1.0 & (R \leq 0.453) \\ (0.453 / R)^{0.495} & (R > 0.453) \end{cases} \quad (4)$$

r ：断面2次半径 ($\sqrt{I_r / A_r}$)
 σ_Y ：鋼材の降伏点、 E ：ヤング係数

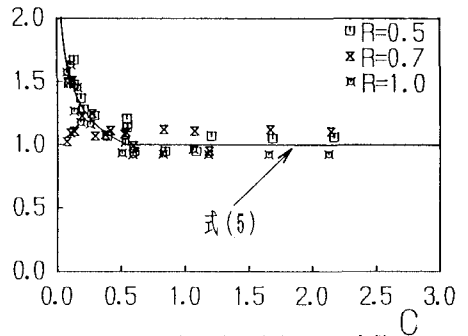


図-2 有効座屈長係数とバネ定数

求められた C と β の関係を幅厚比パラメータ R 別に図-2に示す。この図より $C > 0.5$ では R によって多少変わるが、ほぼ $\beta = 1.0$ 付近で一定となっている。また $C \leq 0.5$ では R に関係なくほぼ一定の曲線上に乗ることがわかる。この関係を最小2乗法を用いて近似式で表すと式(5)のようになる。

$$\beta = \begin{cases} 1 / (1.164 C^{0.251}) & (0 < C \leq 0.54) \\ 1.0 & (0.54 < C) \end{cases} \quad (5) \quad \frac{N_u}{N_Y}$$

3. 耐力力の簡易計算法

$n_r \geq 3$ の解析結果を、式(5)で表される有効座屈長係数 β を導入した細長比パラメータ $\bar{\lambda}^*$ ($= \beta \bar{\lambda}_r^*$) で整理する。図-3に極限強度 N_u / N_Y と細長比パラメータ $\bar{\lambda}^*$ の関係を示す。図-3より、 $R = 0.7$ の3つの解析結果（横補剛材剛比が必要剛比の1/16の補剛板）に対してはかなり安全側に評価しているが、全体的に見て幅厚比パラメータ

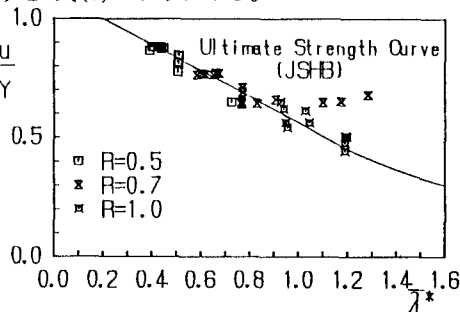


図-3 細長比パラメータと極限強度

R に関係なく各種パラメータを変化させた解析結果は同一曲線上に乗っており、図中に示した道示の柱の耐力力曲線は解析結果をよく表していることがわかる。 $n_r \geq 3$ の圧縮補剛板の極限強度は多リブモデルの極限強度 σ_u / σ_Y で表されことから、 σ_u / σ_Y を式(6)のように道示の柱の耐力力曲線と与える。これより縦横の補剛材剛比を考慮した細長比パラメータ $\bar{\lambda}^*$ を式(6)に適用すれば、式(7)から縦横補剛板の極限強度 $\tilde{N}_u$ を簡単に推定できるものと思われる。

$$\sigma_u / \sigma_Y = \begin{cases} 1.0 & (\bar{\lambda}^* \leq 0.2) \\ 1.109 - 0.545 \bar{\lambda}^* & (0.2 < \bar{\lambda}^* \leq 1.0) \\ 1.0 / (0.773 + \bar{\lambda}^{*2}) & (1.0 < \bar{\lambda}^*) \end{cases} \quad (6)$$

$$\tilde{N}_u = \{ (\sigma_u / \sigma_Y) A_r n_r + b t (N_u / N_Y)_{plate} \} \sigma_Y \quad (7)$$

4. 実験値との比較

純圧縮を受ける縦横補剛板についての実験例はあまり多くはないが、ここでは文献7)、文献8)よりそれぞれ9例、文献9)より3例、文献10)より5例を選んだ。縦補剛材本数は2～5本で、横補剛材本数は1本あるいは2本である。これらの実験結果と式(7)で求められる極限強度の推定値との比較を行った結果を図-4に示す。この図より、文献8)以外の実験結果に対して、本法はかなりの精度で強度を評価していると思われる。文献8)の結果に対して危険側に評価しているのは、この実験が縦補剛材本数の多い補剛板を対象としていること、および板パネルの中央面に載荷したことより極限状態において全体的なたわみ波形が顕著となる例が多いなどの理由が重なった結果によるものと思われる。偏心載荷の影響については文献11)を参照して頂きたい。

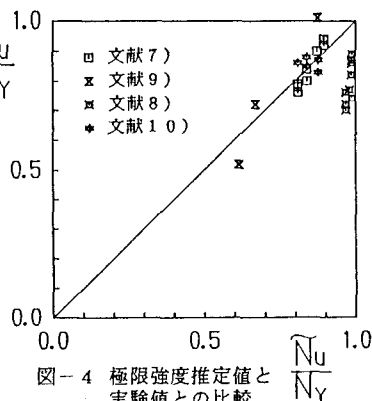


図-4 極限強度推定値と実験値との比較

の図より、文献8)以外の実験結果に対して、本法はかなりの精度で強度を評価していると思われる。文献8)の結果に対して危険側に評価しているのは、この実験が縦補剛材本数の多い補剛板を対象としていること、および板パネルの中央面に載荷したことより極限状態において全体的なたわみ波形が顕著となる例が多いなどの理由が重なった結果によるものと思われる。偏心載荷の影響については文献11)を参照して頂きたい。

5. 結論

本解析において、縦横の補剛材剛比を考慮したバネ支持多リブモデルの細長比パラメータ $\bar{\lambda}^*$ を用いて縦横補剛板の極限強度の評価を行った結果、かなりよい精度で極限強度を評価していることが明かとなった。今後は、本評価法の適用範囲について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 奈良・小松・北田：土木学会論文報告集, No. 392/I-9, 1988年4月.
- 2) 松永・奈良・福本：第43回年講, 1-120, 1988年10月.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説, 1980年2月.
- 4) 阪部・奈良・福本：第42回年講, 1-64, 1987年.
- 5) 森脇・奈良・森田：中部支部研究発表会講演概要集, 1-17, 1988年.
- 6) 奈良・津田・福本：土木学会論文報告集, No. 392/I-9, 1988年. 4月.
- 7) 前田・日笠：第32回年講, 1-284, pp. 546~547.
- 8) 吉浪：広島大学学位論文, pp. 123~151, 1988年.
- 9) 金井・佐伯：第34回年講, 1-114, pp. 226~227.
- 10) 小松・牛尾・北田・奈良：土木学会論文報告集, 第288号, pp. 13~28, 1979年8月.
- 11) 奈良・北田・遠藤：第44回年講, 1989年10月.