

I-32

2 方向面内力を受ける補剛板の実験的研究

東京電機大学 学生員 小牧 理
 東京電機大学 正会員 井浦雅司
 三菱重工業(株) 正会員 熊谷洋司

1. はじめに

近年、2方向より面内力を受ける補剛板が用いられつつあり、その終局強度に関する研究やその補剛方法に関する研究も報告されている。しかしながら、それら理論的成果の妥当性を検討するための実験的研究は北田らによる2,3の報告があるにすぎない。そこで、本報告においては、2方向面内圧縮力を受ける補剛板の耐荷力実験を行い、実験結果を蓄積すると共に、文献2)で提案した方法を基に、2つのパラメータを用いて補剛板の終局強度を推定する方法を提案する。そして、本実験結果ならびに既往の実験結果や計算結果を用いて、本パラメータの妥当性を検討する。

2. 実験方法と供試体

本実験で使用した実験装置の概略を図-1に示す。これは文献2)に示されている実験装置に一部改良を加えたもので、主な改良点は境界支持材である。周辺単純支持を満たすため、端部R加工を施した供試体の4辺を、V字型の溝を有する境界支持材により支持した。また機械加工を施した補剛材と境界支持材の間にシムプレートを挿入し、シムプレートの厚さ、量を調整してほぼ均一の応力が補剛材と補剛板に同時に作用するようにしている。荷重比は $(P_x/P_y)=(1:0), (5:1), (2:1), (1:1), (1:2), (1:5), (0:1)$ で、常に荷重比が一定となる様に載荷した。

実験供試体は、1シリーズが公称板厚4.5mmで補剛材本数3枚、2シリーズのそれは4.5mmと2枚、3シリーズのそれは3.2mmと3枚、4シリーズのそれは3.2mmと2枚である。補剛材は母材と同一鋼材を用い、高さを変化させて剛比 (γ) の違う38種類の供試体を作製し、種々の応力比を作用させた。実験供試体には残留応力導入のため周辺に溶接ビートを盛っている。残留応力の算出は、機械的切断法を用いて、供試体の表裏に貼付けた2軸歪みゲージより得られた結果を、平面応力問題として処理した。いずれの供試体でも補剛材間のパネルで圧縮残留応力が最大になり、最大値は約 $0.6\sigma_y$ であった。また補剛材直角方向の最大値は引張りで約 $0.2\sigma_y$ であった。補剛材の圧縮残留応力の最大値は約 $0.15\sigma_y$ であり、それほど大きな値ではなかった。なお、 σ_y は鋼材の降伏

応力である。初期たわみについては、単一パネルの道示の製作基準 $(B/(150S))$ は1,3シリーズが0.667mm、2,4シリーズが0.889mmであり、補剛材の準用値 $(A/1000)$ は0.4mmである。本供試体に存在する初期たわみと道示の基準の比をとると、公称板厚3.2mmの3,4シリーズが大きく、その最大値は単一パネルで1.17、補剛材で2.24となり、若干今回の供試体は基準値を上回っていた。ここに、A、B、Sはそれぞれ補剛板の縦、横方向長さ、単一パネル数である。

3. 実験装置の妥当性

実験装置の妥当性を検証するために、既往の1方向圧縮の実験結果と本実験結果を比較する。補剛材方向に圧縮を加えた実験結果は道示³⁾に示されているので本実験結果との比較を図-2に示す。これから本実験結果と道示は類似した傾向を示していることがわかり、本実験で使用した実験装置の妥当性が認められる。

4. 既往の終局強度推定方法

本実験で得られた結果を文献1)の手法を用いて整理する。ここで、単一パネルの座屈係数と補剛板の座屈係数を等しくする剛比を弾性所要剛比 γ^* とする。採用した実験結果は1シリーズの4体と、3シリーズの6体である。1シリーズの γ/γ^* は1.427-1.973、3シリーズのそれは0.377-0.642であり、それぞれの γ/γ^* は一定ではないが、相関曲線の傾向を調べる上で問題は少ないものと思われる。図-3に結果を示す。

5. 新しい終局強度の推定方法

文献2)において、無補剛板の終局強度を提案する新たな手法が提案された。そこでは、従来の相関曲線とは異なり、2つのパラメータだけで終局強度を推定した。本報告では補剛板の終局強度を推定するため、 σ^*, R^* を以下のように定義する。

$$\sigma^* = \frac{\sigma_{eq}^{cul}}{\sigma_y} \beta, \quad R^* = \text{Max}(R_1^*, R_2^*) \quad (1)$$

ここに σ_{eq}^{cul}, β は以下の様に表わされる。

$$\sigma_{eq}^{cul} = \sqrt{(\sigma_x^{cul})^2 - \sigma_x^{cul} \sigma_y^{cul} + (\sigma_y^{cul})^2} \quad (2)$$

$$\beta = \begin{cases} \frac{2(\Lambda^2 - \Lambda\rho + \rho^2)}{\sqrt{1-\rho+\rho^2}(2\Lambda-\rho)(\Lambda-1) + \sqrt{4\Lambda^2 - 4\rho\Lambda + \rho^2}\{4-3(1-\Lambda)^2\}} & (0 \leq \rho \leq 1) \\ 1 & (\text{上記以外の } \rho \text{ の時}) \end{cases} \quad (3)$$

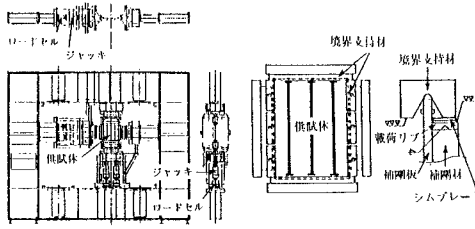


図-1 実験装置及び境界支持材

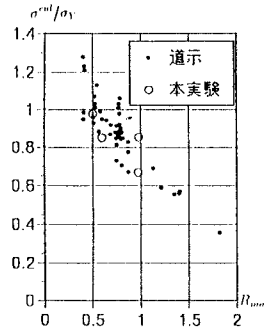


図-2 1方向圧縮結果の比較

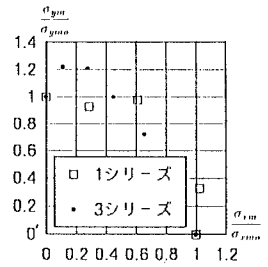


図-3 補剛板の相関曲線

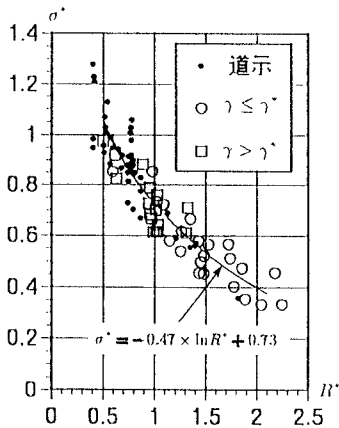


図-4 補剛板の終局強度

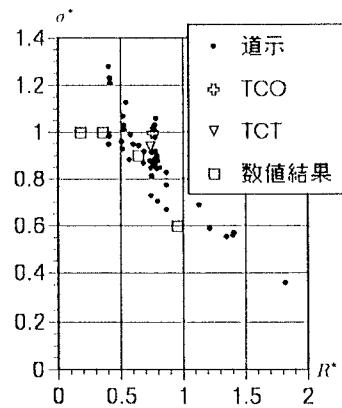


図-5 1方向が引張りの場合の終局強度

ここに $\rho = \sigma_x^{cul}/\sigma_y^{cul}$, $\Lambda = 1 + (s-1)\delta$ であり、 $\sigma_x^{cul}, \sigma_y^{cul}$ はそれぞれ補剛板の見かけ上のx方向とy方向の応力、 δ は補剛板の断面積比である。

さらに R_1^* は単一パネルの修正等価幅厚比であり、 R_2^* は補剛板の修正等価幅厚比で、補剛板の座屈係数 K_x, K_y を用いて以下のように表わされる。

$$R_2^* = \frac{R_1}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y^* 12(1-\nu^2)}{E\pi^2 K^*}} \quad (4)$$

ここにEはヤング率、 ν はポアソン比であり、 σ_y^*, K^* は以下のように表わされる。

$$\begin{cases} \sigma_x > 0 \text{ の時} \\ \sigma_y^* = \sigma_y / \sqrt{1 - \rho + \rho^2} , & K^* = K_x \\ \sigma_x \leq 0 \text{ の時} \\ \sigma_y^* = \sigma_y / \sqrt{1 - \frac{1}{\rho} + \frac{1}{\rho^2}} , & K^* = K_y \end{cases} \quad (5)$$

本実験結果を σ^*, R^* により整理した結果を図-4に示す。1方向からのみ圧縮力を受ける道示の実験結果も同図に示してある。図より、本実験結果と道示の実験結果は同様な傾向を示すことがわかり、本パラメーターの有効性が確認された。

次に $\rho \leq 0$ の場合について考える。このような条件下における実験結果として、文献4)の表-5に示されている、 $\sigma_x < 0, \sigma_y > 0$ における2個の実験結果(TCO, TCT)を用いた。数値結果としては、文献1)の図-14に示されている第2象限の2個と第4象限の2個の結果を用いた。これら6個の結果を σ^*, R^* により整理したものを図-5に示す。図-5において、それら6個の結果と道示³⁾の実験結果とは同様な傾向を示すことがわかる。これより、どちらか1方向が引張りの場合においても、本報告で提案したパラメータ σ^*, R^* の妥当性が認められる。

6. おわりに

2方向面内圧縮力を受ける補剛板の実験を行った。得られたデータを基に、新たに提案した終局強度推定方法の妥当性を確認した。また、いずれかの方向が引張りの場合にも本手法が有効であることを、既往の実験結果と計算結果を用いて確認した。

7. 参考文献

- 1) Kitada, Nakai, and Furuta, Proc. of JSCE, No. 437/I-17pp. 113-123, 1991.
- 2) 熊谷, 井浦, 渡辺, 土木学会論文報告集, 土木学会, No. 507/I-30, pp. 89-97, 1995.
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・解説, 鋼橋編, 丸善, 1994.
- 4) 北田, 中井, 宮坂, 古田, 栗野, 土木学会論集, Vol. 36A, 土木学会, pp. 77-105, 1990.