

I-91

横方向圧縮力を受ける補剛板の設計法について

日本道路公団 正員 和田義弘

大阪市立大学工学部 正員 中井 博

大阪市立大学工学部 正員 北田俊行

1. まえがき

近年、構造物の長大化や部材の有効利用などにより、長大斜張橋の鋼床板やラーメン橋脚フランジ部と主桁フランジ部の共通部分で、二方向の面内力を受ける補剛板が用いられる機会が多くなってきた。

ところで、各国の設計示方書では、縦方向に圧縮応力を受ける補剛板の設計法についてはすでに確立されている。しかし、二軸方向の圧縮応力を受ける補剛板については、十分な解析や実験が行なわれておらず、その設計法がまだ確立されていないのが現状で、経済面あるいは安全面から考えても、二軸応力状態における補剛板の設計法の確立が望まれる。

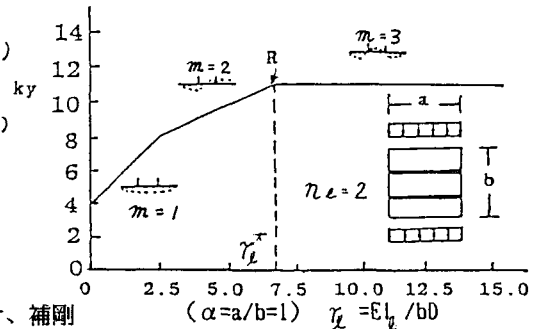
本研究では、二軸応力下の補剛板の設計法を検討するための基礎的研究として、横方向圧縮応力を受ける補剛板の補剛材の設計法について考察する。まず、補剛材の必要最小剛比を弾性座屈理論により導き、その妥当性を破壊実験および有限要素法を用いた弾塑性有限変位解析を通じて検討する。

2. 弾性座屈理論による補剛材の必要最小剛比

横方向圧縮応力を受ける補剛板の弾性座屈応力度、および補剛材の必要剛比を求めるために、エネルギー法を用いて補剛板の弾性座屈解析を行った。その結果、補剛板の座屈応力度 σ_{ycr} は次式であたえられる。²⁾

$$\sigma_{ycr} = k_y \cdot \frac{E \pi^2}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^3 \quad \dots (1)$$

$$k_y = \left(\frac{1}{m\alpha^2} + m^2\right) + \left(\frac{1}{m\alpha^2}\right)(n_l + 1)\gamma_l \quad \dots (2)$$

ここに、 n_l : 補剛材本数 γ_l : 補剛材剛比 ($= E I_l / b D$) m : 座屈波数

式(1)~(2)を用いて、補剛板が横方向圧縮力を受け、補剛板全体の座屈を起こす前に補剛材間の板パネルが局部座屈を起こすための補剛材の必要最小剛比($\gamma_l^* = E I_l^* / b D$)を求めると、アスペクト比 $\alpha = 1$ で、補剛材2本の補剛板に対しては、図-1中に示したR点に対応する γ_l^* で与えられる。

3. 破壊実験

(1) 実験の目的

補剛材方向と直角方向の圧縮力を受ける補剛板の破壊実験を実施し、弾性座屈理論により求めた補剛材剛比の妥当性を調べる。

(2) 荷重装置と供試体

図-2に示すような両端単純支持された箱形断面の荷重桁を製作し、その中央部分に圧縮フランジとして補剛板供試体を取り付ける。荷重桁に二点集中荷重を載荷することにより、桁の中央部に純曲げ状態を発生させ供試体に一様圧縮応力を導入して破壊に至らしめた。供試体以外の部分の荷重桁はH T 80材で製作し、供試体が破壊しても荷重桁は弾性範囲内に留り、荷重桁に貼り付けたひずみゲージの読みから補剛板供試体に導入される圧縮力が求まる。また、供試体には、補剛材の剛比が

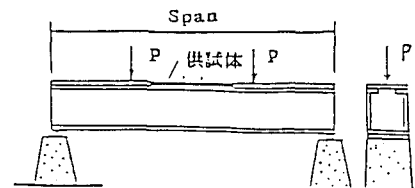


図-2 荷重装置

先に求めた弾性座屈理論値 γ_L^* 、および現行の道路橋示方書が定める必要最小剛比 γ_{LN} に一致する2体の補剛板供試体を用いた。ここに、 $\gamma_{LN} > \gamma_L^*$ である。

(3) 実験結果と考察

a. 圧縮方向のひずみ分布

図-3は、縦軸に平均圧縮応力 $\bar{\sigma}$ を降伏点 σ_Y で無次元化した値、横軸には供試体のひずみ ϵ をとり、 $\bar{\sigma}/\sigma_Y$ と ϵ との関係を γ_L^* の供試体について示したものである。この図より、以下のことが明らかとなった。すなわち、 $\bar{\sigma}/\sigma_Y = 0.6$ 付近でそれぞれの補剛板パネルは完全に極限状態となっているが、補剛材のひずみは極めて小さく、補剛材は常に弾性域に留っている。

b. 極限強度

図-4は、縦軸に補剛板に作用する

圧縮応力を降伏点 σ_Y で無次元化した値 $\bar{\sigma}/\sigma_Y$ 、横軸にジャッキの載荷荷重 P をとり、 $\bar{\sigma}/\sigma_Y$ と P との

関係を図示したものである。それぞれの実験供試体は、 $\bar{\sigma}/\sigma_Y = 0.66$ 、 0.67 (図中A点) を最高にして、

その後はともに応力が下がっている。

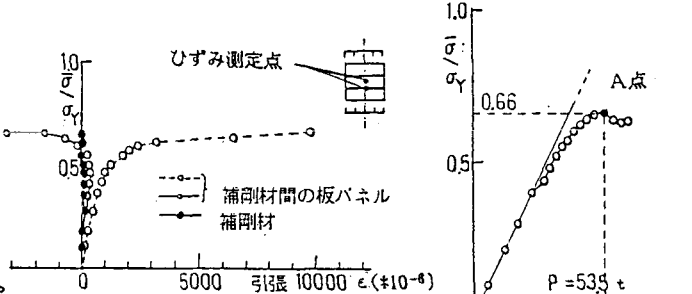


図-3 補剛材間の板パネルと補剛材のひずみ分布

4. 弾塑性有限変位解析

図-5は、縦軸に平均圧縮応力 $\bar{\sigma}$ を降伏点 σ_Y で無次元化した値、横軸には平均圧縮ひずみ ϵ をとり、弾塑性有限変位理論による補剛材間の板パネルの解析結果を示している。極限強度の解析値は $\bar{\sigma}/\sigma_Y = 0.67$ となり実験値と一致しており、実験の補剛板は全体座屈を起こしていないことがわかる。

5. まとめ

現行の道路橋示方書で定めている必要最小剛比 γ_{LN} は、弾性座屈理論より求めた横方向圧縮力を受ける補剛板の必要最小剛比 γ_L^* よりも大きい。それぞれの剛比を有する補剛板の極限強度の実験結果はほぼ一致している。つまり、弾性座屈理論より求めた必要最小剛比 γ_L^* は、補剛板全体の極限強度を補剛材間の板パネルの極限強度に等しくする必要最小剛比として、妥当なものであることがわかった。また、簡便のため、横方向圧縮力を受ける補剛板の補剛材の剛比を γ_{LN} となるように設計すれば、補剛板の耐荷力は補剛材間の板パネルの極限強度で評価できる。

参考文献

- (1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、Ⅱ．鋼橋編，昭和55年10月，
- (2) S.P.Timoshenko & J.M.Gere, Theory of Elastic Stability, McGraw-Hill(1961)，
- (3) Y.Taido, H.Hayasi, H.Nakai, T.Kitada; A Design Method of Wide Stiffened Plate Subjected to Uniaxial and Biaxial Compression, Der Stahlbau, 5/1985.

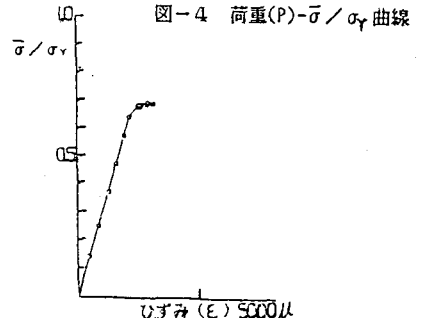


図-4 荷重(P)- $\bar{\sigma}/\sigma_Y$ 曲線

図-5 $\bar{\sigma}/\sigma_Y - \epsilon$ 曲線