

PS I - 4

2方向面内力を受ける補剛板の極限強度の簡易計算法について

大阪市立大学 正員 北田俊行
 大阪市立大学 正員 中井 博
 大阪市 正員 鈴木宏昌

1. まえがき

近年、橋梁構造物の長大化に伴い、2方向面内力を受ける補剛板として座屈照査することが必要な構造要素がよく用いられるようになってきた。ところが、現行のわが国の道路橋示方書においては、2方向面内力を受ける補剛板の基準が設けられておらず、その必要性が生じた時にはケース・バイ・ケースに対応されているのが現状である。そこで、本研究では、2方向面内力を受ける補剛板の極限強度を有限要素法による弾塑性有限変位解析により求め、その極限強度特性¹⁾を明かにすると共に、極限強度の簡易計算法の提案を行うものである。

2. 解析モデルと初期不整

本解析に用いた解析モデルを図-1に示す。解析モデルは連続偏心補剛板を考え、縦補剛材方向に沿った補剛板のたわみの逆対称性を利用し、軸方向には中間支持線を中央に有する一パネル、さらに、縦補剛材直角方向に沿ったたわみ波形の対称性を利用し補剛板幅の半分を取り出し解析モデルとした。補剛材本数は、2本と4本の2種類、板パネルの幅厚比は、30, 40, 60の3種類、補剛材の剛比は、必要最小剛比 γ_1^* を基準に3種類、応力比 $\rho = \sigma_y / \sigma_x$ は9種類とし、合計144ケースについてパラメトリック解析を行った。初期たわみは、補剛板全体の初期たわみ波形と補剛材間の板パネルの局所的な初期たわみ波形の和として与えた。また、残留応力については、通常の縦方向のもののみならず、横方向のものも導入した。

3. 極限強度特性

図-2には、縦軸に $\bar{\sigma}_{ym} / \bar{\sigma}_{ymo}$ 、横軸に $\bar{\sigma}_{xm} / \bar{\sigma}_{xmo}$ をとり、幅厚比 $b_1 / t = 40$ 、補剛材剛比 γ_1^* の2本の縦補剛材を有する連続偏心縦補剛板の極限強度にフィットする相関曲線（以下、極限強度相関曲線という）を Von Mises の降伏曲線と共に示す。ここに、 $\bar{\sigma}_{xmo}$ 、 $\bar{\sigma}_{ymo}$ は、それぞれ、縦・横方向圧縮力のみを受けた場合の極限強度である。この図から、2方向面内力を受ける補剛板の極限強度は縦方向圧縮強度 $\bar{\sigma}_{xmo}$ と横方向圧縮強度 $\bar{\sigma}_{ymo}$ の関数として与えられるシンプルな極限強度相関曲線で良好に近似できることがわかる。したがって、2方向面内力を受ける補剛板の極限強度を求めるには、 $\bar{\sigma}_{xmo}$ および $\bar{\sigma}_{ymo}$ が簡単に求まる簡易計算法を確立することが重要となる。図-3には、補剛板と板パネルの極限強度相関曲線を比較して示す。補剛板の横方向圧縮強度は、板パネルのそれよりも大きくなっている。これは、用いた初期たわみ波形の相違に起因している。安全側の見地より、縦補剛板の極限強度相関曲線には、補剛板と板パネルの相関曲線のどちらか安全側の曲線を用いるものとする。

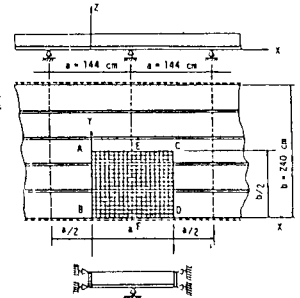


図-1 解析モデル

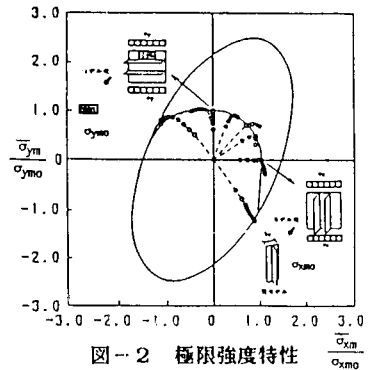


図-2 極限強度特性

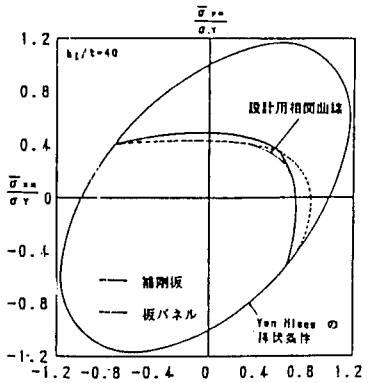


図-3 補剛板と板パネルの極限強度相関曲線

4. 簡易計算法

4.1 極限強度の近似相関曲線

近似相関曲線を図-4に示すが、これを以下のように取り扱う。

1) 縦方向が引張で横方向が圧縮の面内力を受ける場合には、以下の4次曲線で近似する。

$$Y = 2(X_0^4 - X_0^3)X^4 + (3X_0^3 - 2X_0^2)X^3 + 1 \cdots (1)$$

ここに、 $X = \bar{\sigma}_{xm} / \bar{\sigma}_{xmo}$, $Y = \bar{\sigma}_{ym} / \bar{\sigma}_{ymo}$, $X_0 = \bar{\sigma}_{xmo} / \bar{\sigma}_Y$, $\bar{\sigma}_Y$: 鋼の降伏点

2) 縦方向が圧縮で横方向が引張あるいは圧縮の面内力を受ける場合、2軸圧縮領域は楕円で近似する。

$$X^2 + Y^2 = 1 \cdots (2)$$

横方向引張領域では、直線 $Y = -X \cdot \tan 55^\circ$ と Von Mises の降伏条件式との交点を求め、交点より楕円 $X^2 + Y^2 = 1$ に接線を引き、その接線を極限強度相関曲線の一部とする。

4.2 縦方向圧縮強度の簡易計算法

縦方向圧縮強度は、文献 2) の柱モデルアプローチを用いて精度よく求めることができる。

4.3 横方向圧縮強度の簡易計算法

縦補剛板の横方向圧縮強度は補剛材剛比が τ_t^* の 1/2 より大きければ、縦補剛材間の板パネルの横方向圧縮強度 $\bar{\sigma}_{ymo}$ で決定できる。そこで、縦補剛材間の板パネルを取り出した解析モデルを考え、幅厚比、アスペクト比を変化させたパラメトリック解析によって横方向圧縮強度に関する耐荷力曲線を作成した。図-5は、縦軸に横方向圧縮強度、また横軸に鋼の降伏点を考慮できる式(4)の換算幅厚比 λ を選び、解析結果をプロットしたものである。図中の耐荷力曲線は、最小自乗法により求めたもので、次式で与えられる。

$$\bar{\sigma}_{ymo} / \bar{\sigma}_Y = a + b\lambda + c\lambda^2 + d\lambda^3 \cdots (3)$$

ここに、係数 a , b , c および d を表-1に示す。

$$\lambda = b_t / t \sqrt{\sigma_Y / \sigma_{24}} \cdots (4)$$

ここで、 σ_{24} はSS41の降伏点で $2,400 \text{ kgf/cm}^2$ 。

5. まとめ

① 縦方向圧縮強度と横方向圧縮強度をパラメーターとする2方向面内力を受ける縦補剛板の近似相関曲線を提案した。そして、② 横方向圧縮強度の計算曲線も提案した。また、③ 縦方向圧縮強度は、柱モデルアプローチにより計算できることを示した。その他、詳細については発表時に申し上げる予定である。

参考文献

1) 中井 博・北田俊行・鈴木宏昌：2方向面内力を受ける補剛板の極限強度特性について、昭和62年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集，I-24，昭和62年4月 2) Nakai, H., Taido, Y., Kitada, T., and Hayashi, H.: A Design Method for Orthogonally Stiffened Plates with or without Stringers Subjected to Uniaxial Compression, Proc. of JSCE, Structural Eng./Earthquake Eng., Vol.2, No.2, October 1985, pp. 301s-310s.

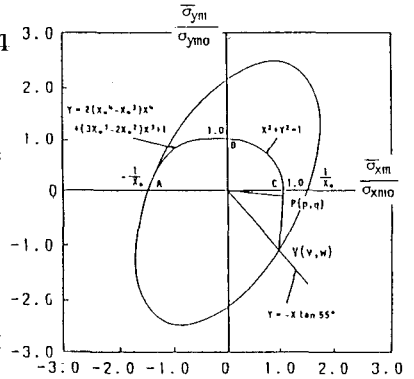


図-4 二方向面内力を受ける補剛板の極限強度の近似相関曲線

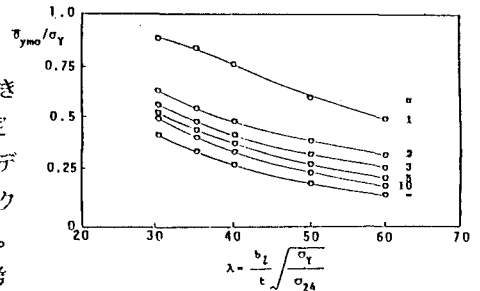


図-5 横方向圧縮強度に対する幅厚比の影響

表-1 係数 a , b , c および d

係数	a	b	c	d
1	1.372	-1.005×10^{-2}	4.080×10^{-4}	0
2	1.081	-5.503×10^{-2}	8.370×10^{-4}	-4.757×10^{-4}
3	1.534	-4.940×10^{-2}	9.800×10^{-4}	-3.607×10^{-4}
5	1.427	-4.380×10^{-2}	5.478×10^{-4}	-2.490×10^{-4}
10	1.502	-5.528×10^{-2}	7.632×10^{-4}	-3.800×10^{-4}
∞	1.301	-4.774×10^{-2}	8.408×10^{-4}	-3.177×10^{-4}