

I-50

鋼材特性を考慮した圧縮補剛板の極限強度ならびに変形能に関する研究

岐阜大学大学院 学生員○服部 松利
 岐阜大学工学部 正員 森脇 良一
 岐阜大学工学部 正員 奈良 敬
 JR 東海 正員 梅村 哲男

1. まえがき 鋼橋の薄肉軽量化や長大化により、鋼板構造物の設計規準を許容応力度設計法から限界状態設計法へと移行し、より合理的で経済的な設計規準を確立しようとするときに、その構成要素となる圧縮補剛板について、極限強度に有利となる鋼材特性や断面寸法を考えていくことは、非常に重要なことと思われる。本研究では、軟鋼(SM400)と60キロ級高張力鋼(SM570)について、幅厚比パラメータRと、補剛材剛比パラメータ γ/γ_n が、圧縮補剛板の極限強度に与える影響について考察を行う。

2. 解析法 弾塑性有限変位解析法¹⁾を補剛板についても、ひずみ硬化まで考慮できるように拡張したものを用いる。はり柱要素の応力-ひずみ定数 E_1 については、次式のように示した。

$$E_1 = \alpha \cdot E + (\beta - \alpha) \cdot E_T + (1.0 - \beta) \cdot E_H \quad (1)$$

ここで、 $\alpha = \frac{\text{降伏に至るまでのひずみ増分}}{\text{全ひずみ増分}}$, $\beta = \frac{\epsilon_H \text{に至るまでのひずみ増分}}{\text{全ひずみ増分}}$ (2)

ここで、次の場合は、 α と β を以下のようにする。

- ①弾性→弾性 $\alpha=1.0, \beta=1.0$
- ②弾性→塑性だな $\beta=1.0$
- ④弾性→ひずみ硬化領域 $\beta=\alpha$
- ⑤塑性だな→塑性だな $\alpha=0.0, \beta=1.0$
- ⑥塑性だな→ひずみ硬化領域 $\alpha=0.0$
- ⑦ひずみ硬化領域→ひずみ硬化領域 $\alpha=0.0, \beta=0.0$

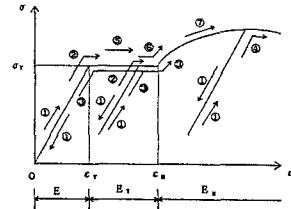


図-1 応力-ひずみ経路

3. 解析モデル 圧縮補剛板モデルとして多リブモデルを考える。縦補剛材が3本以上の場合は、図-2の網目部分のみを取り出して解析すれば十分な精度で全体の挙動が解析できる²⁾。要素分割は、板がX軸方向に12分割、Y軸方向に4分割、層方向に5分割とし、補剛材については、X軸方向に12分割、層方向に6分割とする。また、板パネルの縦横比は $a/b=3$ とし幅厚比パラメータ(以下"R"と呼ぶ)は、0.3, 0.5及び0.7とした。初期たわみの最大値については、道路橋示方書の許容値である $b/150$ および $a/1000$ とした。

鋼材特性のモデルは、一般に、縦軸に σ/σ_y 、横軸に ϵ/ϵ_y をとった真応力ひずみモデルでは、ひずみ硬化領域における応力-ひずみ関係は曲線で表され、それをさらに両対数目盛りのグラフに示すと直線で表される¹⁾ので、次式のように仮定する。

$$0 \leq \epsilon \leq \epsilon_y \text{ の時 } \sigma/\sigma_y = \epsilon/\epsilon_y \quad (3)$$

$$\epsilon_y \leq \epsilon \leq \epsilon_H \text{ の時 } \sigma/\sigma_y = 1.0 \quad (4)$$

$$\epsilon_H \leq \epsilon \text{ の時 } \sigma/\sigma_y = B(C + \epsilon/\epsilon_y)^n \quad (5)$$

ここで σ_y 、 ϵ_y 、 ϵ_H は、それぞれ降伏応力度、降伏ひずみ、ひずみ硬化開始ひずみである。

本研究で用いたSM400びSM570の機械的性質は、次のように与えた。

$$\text{SM400 } \sigma_y = 24 \text{ kgf/mm}^2, \epsilon_u = 1.9 \times 10^{-1}, \epsilon_H = 2.0 \times 10^{-2}$$

$$\text{SM570 } \sigma_y = 46 \text{ kgf/mm}^2, \epsilon_u = 8.68 \times 10^{-2}, \epsilon_H = 1.23 \times 10^{-2}$$

ここで ϵ_u は、一様伸びである。

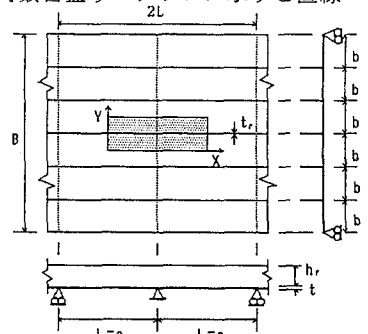


図-2 多リブモデル

4. 数値計算結果とその考察 剛比と極限強度の関係を図-3と図-4に示す。図中、Nuは極限圧縮荷重、 N_y

は降伏荷重、 γ は縦補剛材剛比、 γ_n は道路橋示方書に規定される必要剛比である。 R が小さくなるに連れて極限強度が増すのは、板の場合と同じである³⁾が、補剛板の場合は、従来の研究⁴⁾でも指摘されているように γ/γ_n を変化させることにより等しい R でも極限強度が変化することがわかる。この挙動が顕著に現れるSM400, $R=0.7$ の場合で、道路橋示方書に与えられている $\gamma/\gamma_n=1$ を基準にして $\gamma/\gamma_n=5$ で約25.5%、 $\gamma/\gamma_n=10$ で約35.5%の極限強度の向上がみられた。すなわち、補剛材剛比を上げることによって補剛板の極限強度を上昇させることができる。また、SM400とSM570を比較してみると、剛比による極限強度の上昇率はSM400の方が大きい。これは、SM400の降伏比が小さいからである。すなわち、剛比が大きくなるほどひずみ硬化による影響が大きくなっていくことがわかる。これより、圧縮板の場合において、 R が大きい領域ではひずみ効果による影響がほとんどないとされているが、補剛板の場合は、 R が大きな場合についても、剛比を大きくすることでひずみ硬化の影響を利用できると言うことになる。

つぎに、圧縮荷重-圧縮変位曲線を R ごとに図-5から図-10に示す。これらの図より、タフネス(ここでは、圧縮荷重-圧縮変位曲線の最大荷重点までの面積とする)や、ダクティリティについても、剛比を上げることによりその性能が向上することがわかる。これらの性能の向上率についても、 R が0.7の場合に顕著である。降下曲線の勾配も非常に緩やかになり、ひずみ硬化の影響がより有利に利用できることがわかる。

5. 結論 本研究で得られた結果をまとめると、次のことが言える。①道路橋示方書に示されている必要剛比 $\gamma/\gamma_n=1$ では、鋼材のひずみ硬化特性をうまく利用できない。②縦補剛材剛比を上げることにより極限強度が上昇し、 R が0.7の場合にその効果が大きい。また、降伏比の小さいSM400の方がその上昇率が大きく、SM570の方が極限強度が高い。③タフネス、ダクティリティについても、鋼種に関わらず縦補剛材の剛比を上げること、すなわち、ひずみ効果の影響を利用することによって向上が期待できる。④SM570の場合も十分な変形能を有する。

参考文献 1) 奈良 敬・出口恭司・小松定夫：ひずみ硬化を考慮した圧縮板の極限強度に関する研究，構造工学論文集，Vol. 33A, pp. 141-150, 1987年3月。 2) 奈良 敬・小松定夫・北田俊行：連続補剛板の極限圧縮強度特性に関する研究，土木学会論文集，第392号/1-9 1988年4月。 3) 梅村哲男：鋼材特性を考慮した鋼板の極限強度に関する研究，岐阜大学修士論文，1992年2月。 4) 奈良 敬・小松定夫・安松敏雄・池田博之：圧縮補剛板の縦補剛材剛比に関する研究，構造工学論文集，Vol. 34A, pp. 215-220, 1988年3月。

