

十字型補剛鋼製橋脚の変形性能に及ぼす幅厚比パラメータの影響

熊本大学 学生員〇 王 占飛 熊本大学 学生員 森 守正
熊本大学 正員 山尾 敏孝 熊本大学 学生員 松村 新也

1.はじめに

鋼製橋脚の耐震性能を向上させるには、基部の局部変形の発生防止、または局部変形の進展の遅延が効果的である。発表者ら¹⁾²⁾は、鋼製橋脚の耐震性能を向上させる一方法として基部に鋼板を十字型に組んだ補剛壁を持つ橋脚を提案している。既往の研究¹⁾では、十字型補剛された鋼製橋脚母材の補剛材間幅厚比パラメータ R_F と耐震性能の関係に触れているが、十字型補剛された鋼製橋脚の母材の全体幅厚比パラメータ R_F との関係については明らかではない。そこで母材の R_F を一定にし、補剛材本数を変化させ、十字型補剛された鋼製橋脚の変形性能に及ぼす R_F の影響について解析的に検討したものである。

2.全体解析モデルと概要

解析モデルの断面形状を図1に示す。図1の上段は従来型補剛断面、下段は十字型補剛断面を示している。母材幅を2400mm、母材の幅厚比パラメータ $R_F=0.53$ と固定し、縦リブ補剛材本数を変化させた。モデルの高さ h は9000mm、モデルの補剛材厚と十字型補剛壁厚は同じとした。 R_F は式(1)で与え、十字型補剛壁の最適な高さ h_0 は式(2)で求めた。使用した解析モデル名、板厚等の諸元をまとめて、表1に示す。ここでモデル名の右側の数字0は十字補剛なし、1は十字補剛ありを示す。解析では基部と十字型補剛壁の無い部分で母材の局部屈曲を生じる恐れがあるため、図2に示すように細かいメッシュ分割とした。使用鋼材はSM490、降伏応力 $\sigma_y=355\text{N/mm}^2$ 、ヤング率 $E=208\text{kN/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ とした。鋼材の応力-ひずみ関係は式(3)で定義し、その曲線を図3に示す。境界条件は橋脚基部を完全固定とし、橋脚頂部に全断面降伏荷重の15%となる一定軸力を与えた後、水平方向正負交番の強制変位を静的に与えた。初期たわみについては、解析を円滑に進めるために半波長の $\sin$ 波形で与えた、なお残留応力については繰返し载荷であるため考慮していない。解析プログラムは汎用プログラム MARC³⁾を用いた。

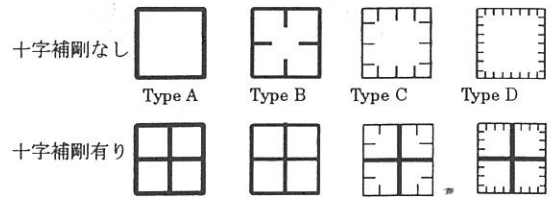


図1 断面形状

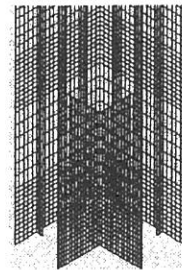


図2 メッシュ分割例

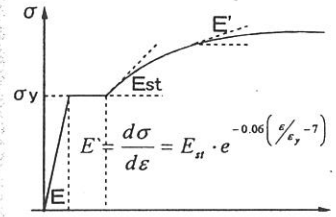


図3 応力-ひずみ曲線

$$R_F = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y \cdot 12(1-\nu^2)}{E\pi^2 k_F}} \quad (1)$$

b : 補剛板の全幅, t : 補剛材の厚さ, σ_y : 鋼材の降伏応力, E : ヤング係数, ν : ポアソン比, k_F : 座屈係数。

$$\frac{h_0}{h} = 1 - \frac{\sigma_y I_B}{\sigma_A I_A} \quad (2)$$

I_A : 補剛壁を含む断面の断面2次モーメント, I_B : 補剛壁の無い断面の断面2次モーメント, σ_A : 十字壁を含む補剛板の終局応力, σ_B : 十字壁を含まない補剛板の終局応力。

$$\frac{\sigma}{\sigma_y} = \frac{1}{0.0630} \left\{ 1 - \exp \left[-0.06 \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_y} - 7 \right) \right] \right\} + 1 (\varepsilon_{st} \leq \varepsilon) \quad (3)$$

表1 解析モデルの諸元

モデル名	十字型補剛壁高さ/橋脚高さ	母材厚さ (mm)	補剛材高 (mm)	母材幅厚比パラメータ R_F
A0	0.00	100	0	—
A1	0.36	100	0	
B0	0.00	50	400	
B1	0.22	50	400	
C0	0.00	20	250	0.281
C1	0.36	20	250	
D0	0.00	13	200	0.432
D1	0.22	13	200	

3.解析結果及び考察

図4は全モデルの荷重－変位履歴曲線の包絡線である。水平荷重と水平変位は、それぞれ降伏荷重と降伏変位で除して無次元化した。図4の(a)は十字型補剛壁が無い場合で、(b)はある場合である。十字型補剛壁がないモデルについては、母材厚が大きく、 R_F が小さいA0、B0($R_F=0.281$)は、ある程度の変形性能が得られたが、C0($R_F=0.432$)、D0($R_F=0.485$)については最大強度以降、劣化勾配が著しく進んで早期に崩壊し変形性能が乏しい。一方、図4(b)に示すように十字型補剛壁があるモデルA1とB1($R_F=0.281$)は最大強度に至った後、劣化勾配が緩やかになり大きな変形性能が得られたが、モデルC1($R_F=0.432$)、とD1($R_F=0.485$)では十字型補剛壁を加えても変形性能に改良は見られなかった。

解析したモデルの包絡線結果から式(4)で塑性率を求め、 R_F と変形性能との関係について検討した。

$$\mu_{0.95} = \frac{\delta_{0.95}}{\delta_y} \quad \begin{array}{l} \mu_{0.95}: 95\% \text{劣化点における塑性率} \\ \delta_{0.95}: 95\% \text{劣化点の水平変位} \\ \delta_y: \text{降伏水平変位} \end{array} \quad (4)$$

母材の幅厚比パラメータ R_F と十字型補剛壁を有する橋脚の塑性率 $\mu_{0.95}$ の関係を図5に示す。なおモデルA0、A1の R_F を参考値として図中に示した。十字型補剛の有無に関わらず R_F が小さくなると塑性率が大きくなっている。特に、十字型補剛壁が無いモデルの場合に比べて、十字型補剛壁がある場合の方が R_F が小さいとき塑性率に大きくなる結果が確認された。今回の解析したモデル結果より $R_F=0.28$ 以下となるモデルに十字型補剛を施せば、十分な変形性能が得られることが分かった。

図6はモデルB1の $7\delta_y$ 時、C1の $5\delta_y$ 時の変形図を示す。十字型補剛壁があるモデルの母材の幅厚比パラメータ $R_F=0.281$ であるB1は母材の変形も小さい、最大強度を過ぎた後、強度劣化が緩慢であり、 $R_F=0.432$ のC1は基部変形が大きく生じ、最大強度以降の劣化が激しくなった。

4.まとめ

母材幅厚比パラメータ $R_F=0.53$ と一定にした上で R_F を変化させ R_F と十字型補剛壁鋼製橋脚の変形性能との関係を検討した。その結果、 R_F が 0.28 より小さい場合に、十字型補剛の効果が顕著となり、変形性能の向上に大きく影響することが確認された。鋼製橋脚の補剛に十字型補剛壁を用いる場合に R_F の大きさを検討する必要があることがわかった。

参考文献：1)松村 新也他:比較的な幅厚比の大きい補剛断面形状からなる十字型補剛壁を有する鋼製橋脚の変形性能特性、構造材 料論文集、2002.12。2)森 守正:十字型補剛壁を有する鋼製橋脚の非線形動的解析に関する研究、熊本大学修士論文(2003年)。
3)日本 MARC 株式会社: MARC Manual Volume A-F

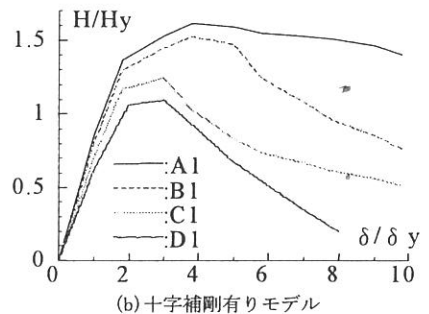
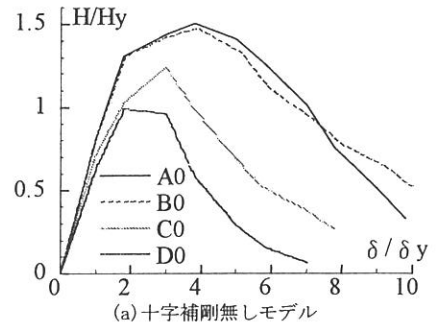


図4 全体モデルの包絡線

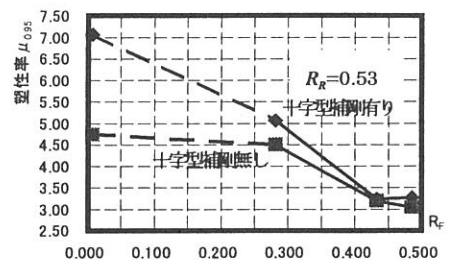
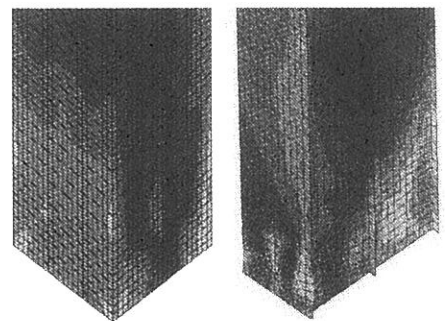


図5 塑性率に対する R_F の影響



(a) B1 モデル($7\delta_y$ 時) (b) C1 モデル($5\delta_y$ 時)

図6 十字型補剛モデル(最大荷重後変形図)