

十字型補剛箱形鋼製橋脚の断面部材における終局ひずみに関する検討

熊本大学 学生員 ○ 山本 健次郎

熊本大学 学生員 王 占飛

熊本大学 学生員 石井 善太

熊本大学 正会員 山尾 敏孝

1.はじめに

著者らは、橋脚の耐震性能を向上させる方法として、図1のような所定の高さまで十字型の鋼製板を組み込む補剛（十字型補剛）を橋脚基部に導入した十字型補剛橋脚を提案してきた¹⁾。しかし現段階では、十字型補剛を有する箱形鋼製橋脚を対象にした耐震性能照査法についての検討が十分に行われていない。そこで本研究では、耐震性能照査法の中で橋脚において実用性が高く簡便である静的/動的解析併用法を提案し、十字型補剛箱形断面に適用する場合の検討を試みた。この手法を適用するには、断面の終局ひずみが必要となるので、鋼製橋脚では基部断面で局部座屈が生じて、崩壊する挙動と考え、十字型補剛を有する基部付近の短柱部材のパラメトリック解析により、終局ひずみの定式化を試みた。

2.解析モデルと解析概要

図2に示すような十字型を含む短柱解析モデルに、上下に一定軸力 N と漸増曲げモーメント M を作用させ、汎用プログラム MARC2005²⁾を用いて FEM 解析を行った。なお、解析では対象条件により、実線で表された高さ方向の半分のモデルで考慮して行った。断面形状は図3に示すように、補剛材の有無について検討した。高さ L と母材幅 B の縦横比は L/B は短柱の最小強度となる長さの 0.7 を用いた。使用鋼材は SM490 で 降伏応力 $\sigma_y=315\text{N/mm}^2$ 、ヤング率 $E=206\text{kN/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ とした。初期不整として、残留応力を、溶接部分の要素に引張残留応力として $0.9\sigma_y$ を与え、その他の要素に圧縮残留応力 $0.3\sigma_y$ を与えた。初期たわみは、最大初期たわみを板幅の $1/150$ として考慮した。解析モデルの母材の幅厚比パラメータ R_R を $R_R=0.2, 0.3, 0.4, 0.52, 0.6, 0.7, 0.8$ の 7 ケースの間で変化させ、式(1)で求めた。補剛材有り断面においては、補剛材の細長比パラメータ λ_s を $0.2 \sim 0.4$ の範囲内にし、補剛材剛比 γ と必要剛比 γ^* の比 γ/γ^* を 3.0 の場合を考慮した。決定した各モデルの寸法の一列を表1に示している。载荷は、一定軸力 N を降伏時の軸力 N_y で除した値を軸力比として、 $N/N_y=0.0 \sim 1.0$ の範囲をとり、一定軸力 N と、曲げモーメント M に対応する回転角 θ を決定した。

3.解析結果及び考察

終局ひずみの算出方法については、既往の研究³⁾を参考に、 N による軸ひずみと、 M による中立軸の移動によって生じた軸ひずみを考慮して、圧縮側最外縁のひずみを終局ひずみ ε_u として算出した。解析により、得られた $M-\theta$ 関係の一例として、 $R_R=0.7$ モデルを補剛材の有無の場合について図4に示した。ここでは、これらの図に関して、最大強度から 5% 強度が低下した点を終局強度と定義し、この時の回転角 θ より終局ひずみを求めた。また、 $R_R=0.7$ 、 $N/N_y=0.4$ モデルの応力分

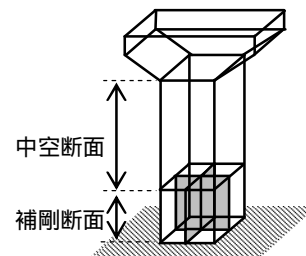


図1 十字型補剛箱形鋼製橋脚

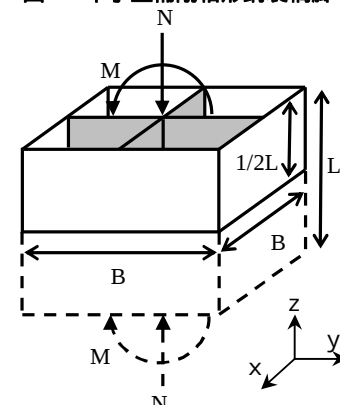
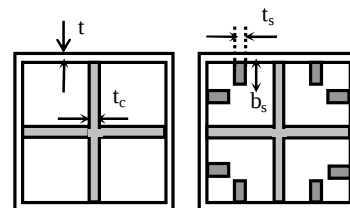


図2 短柱解析モデル



(a) 補剛材無し (b) 補剛材有り

図3 断面形状

$$R_R = \frac{B}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}} \quad (1)$$

k : 座屈係数

表1 解析モデルの諸元の一列

幅厚比パラメータ R_R	母材幅 B (mm)	母材板厚 t (mm)	十字型補剛厚 t_c (mm)	補剛材幅 b_s (mm)	補剛材厚 t_s (mm)	降伏軸力 N_y (kN)	細長比パラメータ λ_s
0.52	2000	40	40	—	—	149688	—
0.70	2000	30	30	—	—	112550	—
0.52	4000	40	40	350	55	336168	0.288
0.70	4000	30	30	350	19	252410	0.395

布と変形状況について、補剛材の有無の場合の結果を図 5 に示した。同じ R_R と N/N_y において、補剛材の有無により、強度と変形挙動が異なっていることが分かる。

以上の結果より、終局ひずみ ε_u を降伏ひずみ ε_y で除した $\varepsilon_u/\varepsilon_y$ と、 R_R の各軸力比 N/N_y における関係を、補剛材有無の場合について各終局点をプロットして図 8, 図 9 で示した。図中の曲線は、葛らの式⁴⁾を参考にして求めた終局ひずみを算定する近似曲線で、式(2)が補剛材無しの場合で、式(3)が補剛材有りの場合である。なお、精度の面から $\varepsilon_u/\varepsilon_y$ は 20 以下になるように設定した。

図から分かるように、 R_R が小さくなるにつれ、終局ひずみの影響が大きくなり、軸力比が漸増するにつれ、終局ひずみの値が減少していることが分かる。また、補剛材有りの場合は、式に λ_s が考慮されるようになっており、無しの時よりも $\varepsilon_u/\varepsilon_y$ の値が小さくなった。

補剛材無しのひずみ算定式

$$\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} = \frac{0.9}{(R_R - 0.2)^{2.0} \times (1 + N/N_y)^{2.4}} + \frac{3.2}{(1 + N/N_y)^{0.6}} \quad 20.0 \quad (2)$$

(0.3 ≤ R_R ≤ 0.8 0.0 ≤ N/N_y ≤ 1.0)

補剛材有りのひずみ算定式

$$\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} = \frac{0.7}{(R_R \lambda_s^{0.18} - 0.18)^{1.6} \times (1 + N/N_y)^{1.2}} + \frac{3.2}{(1 + N/N_y)} \quad 20.0 \quad (3)$$

(0.2 ≤ λ_s ≤ 0.4 0.3 ≤ R_R ≤ 0.5 0.0 ≤ N/N_y ≤ 0.7)

今回求めた十字型補剛箱形鋼製橋脚によるひずみ算定式(2)、(3)は、静的/動的解析併用法に用いて動的解析ができると考えられる。今後の課題として、橋脚をファイバー要素にモデル化し、動的解析を行い、上式を静的/動的解析併用法に用いた場合の検討をする予定である。

参考文献：

- 1) 松村新也：十字型補剛を有する鋼製橋脚の耐震性能に関する研究，構造工学論文集，vol.47A，pp.809-818，2001
- 2) 日本 MARC 株式会社：MARC Manual Volume A-F
- 3) 王占飛：終局ひずみを有した十字型補剛円形鋼製橋脚の耐震照査法の検討構造工学論文集，vol.51A，pp.781-790，2004
- 4) 葛漢彬：圧縮曲げを受ける鋼部材セグメントの終局ひずみと鋼アーチ橋の動的耐震照査への応用，構造工学論文集，vol.50A，pp.1479-1488，2004

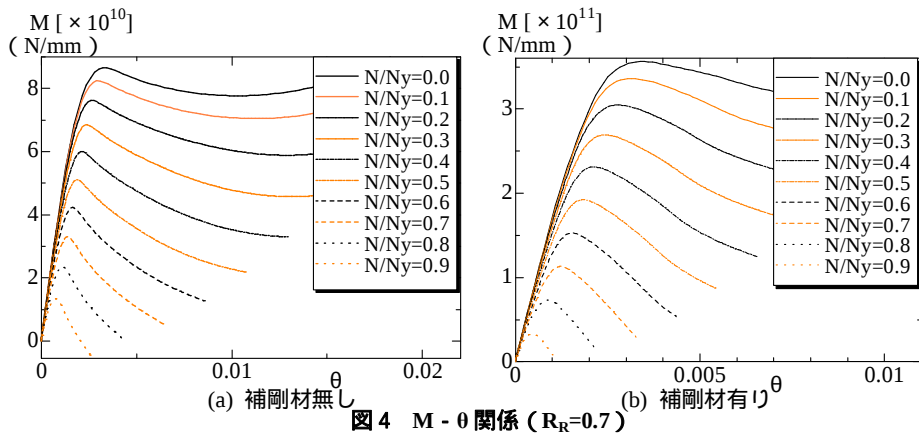
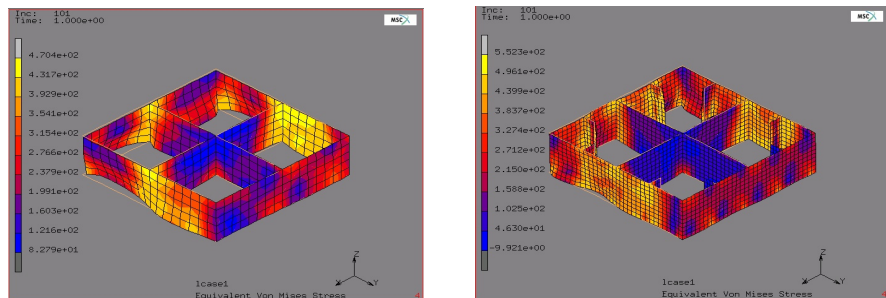


図 4 M-θ 関係 ($R_R=0.7$)



(a) 補剛材無し

(b) 補剛材有り

図 5 変形・応力分布 ($R_R=0.7$, $N/N_y=0.4$)

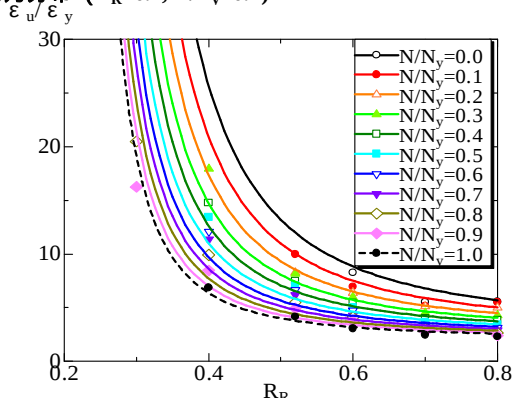


図 8 補剛材無し断面 $\varepsilon_u/\varepsilon_y$ と R_R の関係

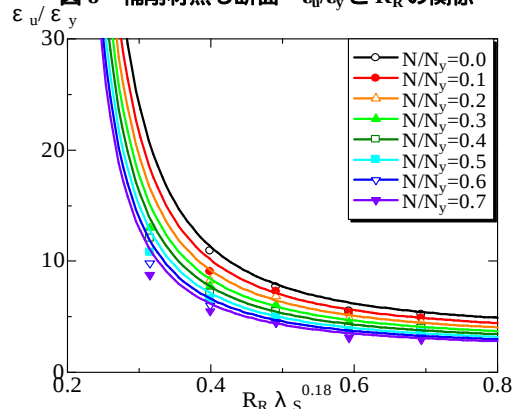


図 9 補剛材有り断面 $\varepsilon_u/\varepsilon_y$ と $R_R \lambda_s^{0.18}$ の関係