

## 鋼製円形橋脚における十字型補剛壁の挙動と補剛高さの関係

熊本大学 学生員○津曲 志郎 熊本大学 学生員 松村 新也  
 熊本大学 学生員 平八重 真嗣 熊本大学 正 員 山尾 敏孝

## 1. まえがき

矩形断面、円形断面の鋼製橋脚において、十字型補剛壁を適度な高さまで組み込んだ橋脚は、強度や変形能の点でコンクリート部分充填橋脚と同等またはそれ以上の耐震性能があることが既往の研究<sup>1)2)</sup>により確認されている。しかし、その補剛高さを決定するうえで最適な補剛高さの検討が必要とされる。そこで、本研究では、円形断面の鋼製橋脚を対象に、弾塑性有限変位解析法を用いて、十字型補剛壁を有する橋脚と中空断面橋脚の耐荷力解析を行った。解析結果をもとに十字型補剛壁の最適高さを決定する方法を提案し、提案式の妥当性、補剛壁の挙動ならびに補剛効果について検討するものである。なお、解析には汎用解析プログラム MARC<sup>3)</sup>を使用した。

## 2. 十字補剛壁高さの設計方法

図1に示す十字型補剛壁を高さ $h_0$ まで組み込んだ円形鋼製橋脚を考える。水平荷重を受ける場合の十字型補剛橋脚の最大強度は基部の最大曲げモーメント $M_{uA}$ と十字型補剛壁が無くなる部分の最大曲げモーメント $M_{uB}$ がほぼ同時に達する時生じると考える。つまり十字型補剛壁の高さは $M_{uA}$ と $M_{uB}$ の比を求ることにより次式から補剛高さ $h_0$ を求める式が得られる。

$$\frac{h_0}{L} = 1 - \frac{M_{uB}}{M_{uA}} \quad (1)$$

しかしながら十字型補剛壁の最大曲げモーメント $M_{uA}$ は補剛壁の板厚や橋脚の径厚比によっても変化するので解析で求める必要がある。又、無補剛断面橋脚の最大曲げモーメント $M_{uB}$ についても併せて計算を行った。

## 3. 十字型補剛及び無補剛断面橋脚の耐荷力解析

鋼製円形橋脚に頭頂部まで十字型補剛壁を組み込んだ場合の変形挙動や最大強度の解析を行った。解析時間を短縮する為、図2のように基部から40%の部分シェル要素で構成し、その上部に剛なる棒要素を配置した解析モデルを用いた。頂部に軸力比が15%となる一定軸力 $P$ を与え、水平荷重 $H$ を変位制御による単調載荷で行った。なお、この解析方法の妥当性については全体解析モデルとの比較により確認している。解析パラメータとしては式(2)で求まる径厚比パラメータ $R_t$ と補剛壁の板厚 $t_c$ を変化させた。用いた母材板厚 $t$ を8mmと固定し、半径 $R$ を変化させ、 $Rt=0.04\sim0.20$ の範囲で調べた。また、十字型補剛壁の板厚については、母材板厚との比 $t_c/t$ が1、1.5、2の3通りに変化させ、補剛壁の板厚の変化と補剛効果を調べた。なお、モデルの高さ $L$ は(3)で求められる細長比パラメータが $\lambda=0.2$ とした。使用した鋼材はSM490であり、応力-ひずみ関係はバイリニア型でモデル化した。初期不整は十字壁の初期たわみのみ考慮し、半径で半波長のsin波形とした。無補剛断面橋脚の耐荷力解析については、基部の境界条件は通常固定であるが、十字型補剛壁を組み込んだ橋脚の無補剛断面部では固定条件にはならないと考えられる。そこで、基部を変位のみ拘束し回転可能な自由端とした境界条件でも解析を行った。

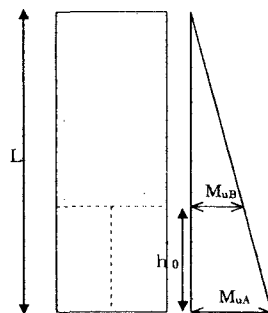


図1 十字補剛壁橋脚と曲げモーメントの分布

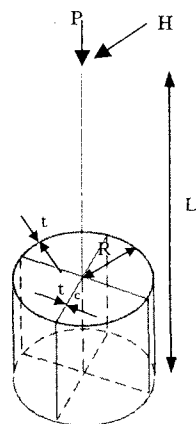


図2 十字型補剛壁橋脚

$$R_t = \frac{R}{t} \frac{\sigma_y}{E} \sqrt{3(1-\nu^2)} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{2L}{r}} \quad (3)$$

ここに、 $E$ :ヤング率  $\sigma_y$ :降伏応力  
 $\nu$ :ポアソン比  $r$ :断面二次半径

#### 4. 解析結果及び考察

橋脚基部に生じる最大曲げモーメント  $M_u$  は、最大水平荷重  $H_u$  と軸力  $P$  により  $M_u = H_u L + P \delta$  ( $\delta$  : 頂端の最大荷重時の水平変位) となる。降伏モーメント  $M_y$  で無次元化した  $M/M_y$  と対応する変位  $\theta (= \delta/L)$  を  $\theta_y (= \delta_y/L)$  で除した  $\theta/\theta_y$  の関係を図 3(a)(b) に示す。図から分かるように、同じ径厚比では  $t_c/t$  が大きいほど耐力力が優れていることが分かる。また、図 3 から得られる最大曲げモーメント  $M_u$  を降伏曲げモーメント  $M_y$  で無次元化した  $M_u/M_y$  と  $R_t$  との関係を示したのが図 4 である。これにより、十字型補剛壁を組み込んだ橋脚の最大耐力力が推定できる。以上の解析結果を先に述べた式(1)に代入して補剛高さ  $h_0$  を計算すると表 1 に示す結果が得られた。

#### 5. 解析結果を元にした十字型補剛壁橋脚の全体解析

表 1 十字型補剛壁の高さ

|                             | $R_t$       | 0.04  | 0.08  | 0.12  | 0.16  | 0.20  |
|-----------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $h_0/L$<br>( $\times 100$ ) | $t_c/t=1$   | 26.6% | 28.4% | 31.9% | 32.2% | 33.9% |
|                             | $t_c/t=1.5$ | 33.9% | 35.3% | 38.5% | 40.5% | 41.5% |
|                             | $t_c/t=2$   | 39.9% | 40.9% | 43.9% | 46.1% | 47.8% |

表 1 の  $h_0/L=0.322$  を用いて  $\lambda=0.2$ 、 $R_t=0.16$ 、 $t_c=t$ 、として繰り返し载荷による十字型補剛壁橋脚の全体解析を行った。図 5 は基部の変形状況と応力分布の状況を示し、図 6 は荷重履歴曲線が無補剛橋脚と比較したものである。十字型補剛壁橋脚は無補剛断面橋脚に比べ最大耐力力、変形能ともに優れており、十字型補剛壁高さの提案式の妥当性が示された。他の径厚比パラメータや板厚比に対しても同様の解析を行っているが、詳細については発表当日に報告する予定である。

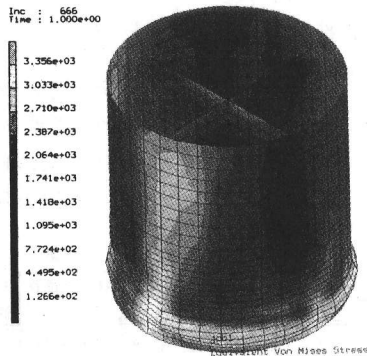


図 5 終局時(10  $\delta_y$ )の変形と応力分布

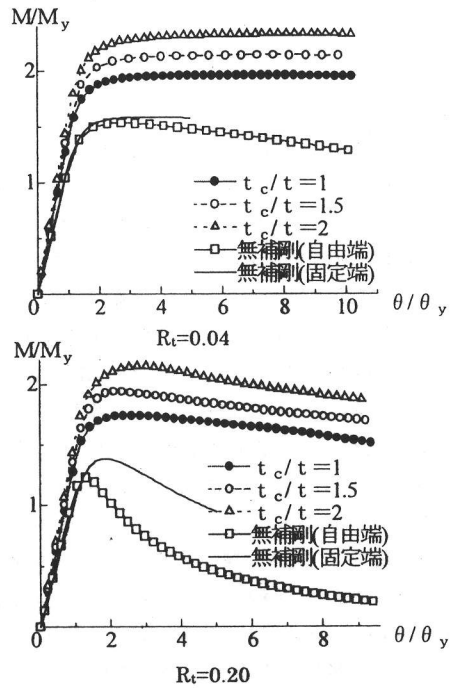


図 3  $M/M_y$  と  $\theta/\theta_y$  の関係

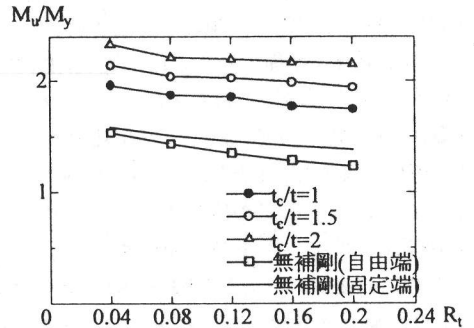


図 4  $M_u/M_y$  との関係

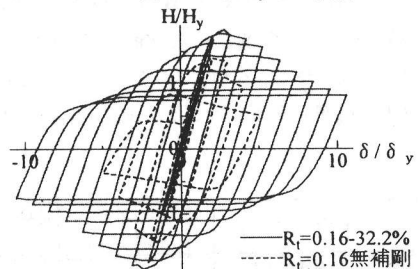


図 6 荷重履歴曲線

#### 参考文献

- 1)伊東宗昭:円形鋼製橋脚の強度と変形…熊本大学修士論文、2000
- 2)伊藤正吉:十字型補剛壁を有する鋼製円形…熊本大学卒業論文、2000
- 3)日本マーク株式会社: MARC Users Manual Vol.A・E、1997