

鋼製円形橋脚における十字型壁の補剛効果に関する研究

熊本大学 ○ 学生員 松村 新也 熊本大学 正 員 山尾 敏孝
中央技術 C 正員 伊東 宗昭 間組 正員 伊藤 正吉 八代高専 正員 岩坪 要

1. まえがき：

橋脚の強度と変形能を高める一方法として、箱型断面橋脚に十字型壁の補剛効果が既往の研究¹⁾より判明したので、円形鋼製橋脚を対象に基部に十字型の補剛壁を入れた場合についても提案してきた²⁾。しかし、円形橋脚に十字型形式の補剛壁を適用する場合に必要な高さや壁板の厚さが問題となった。本研究では、円形鋼製橋脚における十字型補剛による補剛効果を繰り返し水平荷重を作用させて強度や変形性能等を検討することにより評価を行った。また、並行して行った実験モデル供試体を用いて解析し、コンクリートの部分充填した円形鋼製橋脚の実験結果との比較検討も試みた。

2. 解析の概要： 十字型補剛壁を導入した解析モデルの例を図1,2に示す。図1はモデル断面図で、十字に対する荷重方向の相違も調べた。図2は解析モデルの分割例で、水平荷重と直交する断面で左右対称であるとして1/2解析とした。載荷方法は、解析モデルの頂部に橋梁の上部構造重量を想定した鉛直荷重 P を、全断面降伏応力度の15%で一定載荷し、降伏水平変位 δ_y を基準とした漸増繰り返し変位を与え、水平荷重 H をその反力として求めた。なお、径厚比パラメータ R_t 等は以下の式で定義した。

$$R_t = \frac{R}{t} \frac{\sigma_y}{E} \sqrt{3(1-\nu^2)} \quad (1), \quad \delta_{y1} = \frac{H_y L^3}{3EI_1} \quad (2)$$

$$\delta_{y2} = \frac{H_y}{3EI_2} \left\{ L^3 + (L - h_0)^3 \left(\frac{I_2}{I_1} - 1 \right) \right\} \quad (3)$$

$$H_y = \left(\sigma_y - \frac{P}{A_1} \right) \frac{I_1}{RL} \quad (4)$$

ここに、 R ：半径、 σ_y ：降伏応力、 E ：ヤング係数、 L ：柱長、 h_0 ：十字補剛壁高さ、 A_1 ：無補剛部分の断面積、 I_1 ：無補剛

部分の断面2次モーメント、 I_2 ：十字補剛部分の断面2次モーメント、 P ：軸力、 δ_{y1} 、 δ_{y2} ：無補剛及び十字補剛橋脚の降伏水平変位、 H_y ：降伏水平荷重。なお、次の解析結果の降伏変位 δ_y は上の式から橋脚ごとに求めた。

3. 解析結果および考察：

実験および解析から得られた水平荷重 - 水平変位履歴曲線を図3に示す。荷重、変位とも式(2)～(4)で定義される値で除して無次元化してある。実験では、無補剛供試体(a)においては比較的早期に最大耐力に達し、以後繰返し載荷による強度劣化が大きい。それに対し、同じ R_t の鋼管に十字型補剛壁を配置した供試体(b)、(c)においては最大強度が無補剛よりも大きな変位のときに確認され、それ以降の劣化勾配も緩やかになっている。十字型補剛供試体(b)、(c)とコンクリート充填無補剛供試体(d)を比較しても、最大水平耐力、変形性能ともに十字型補剛供試体の方が大きい。また解析では、実験と同様、(a)無補剛モデルは最大水平耐力に比較的早く達し、その後の繰返し載荷による劣化勾配は大きい。十字型補剛モデル(b)、(c)においては、無補剛モデルと比べて、最大水平耐力も上昇し、その後繰返し載荷による強度劣化が大きく抑制されている。さらに十字型補剛壁モデルに対する水平荷重の載荷方向の違いで比較すると板幅方向載荷モデル(b)では十字型補剛壁が変形しなかったことに対して、45度載荷モデル(c)の十字型補剛壁が変形を生じたため、45度載荷モデルの最大強度後の劣化勾配は板幅方向載荷モデル

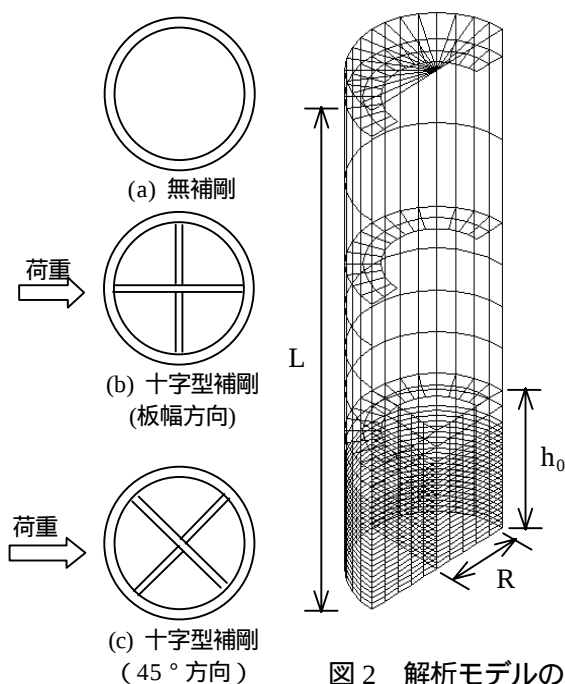


図1 断面形状

図2 解析モデルのメッシュ分割

キーワード：十字型壁、円形鋼製橋脚、変形能、繰返し載荷、包絡線

連絡先：〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学工学部環境システム工学科・電話 096-342-3533・FAX 096-342-3507

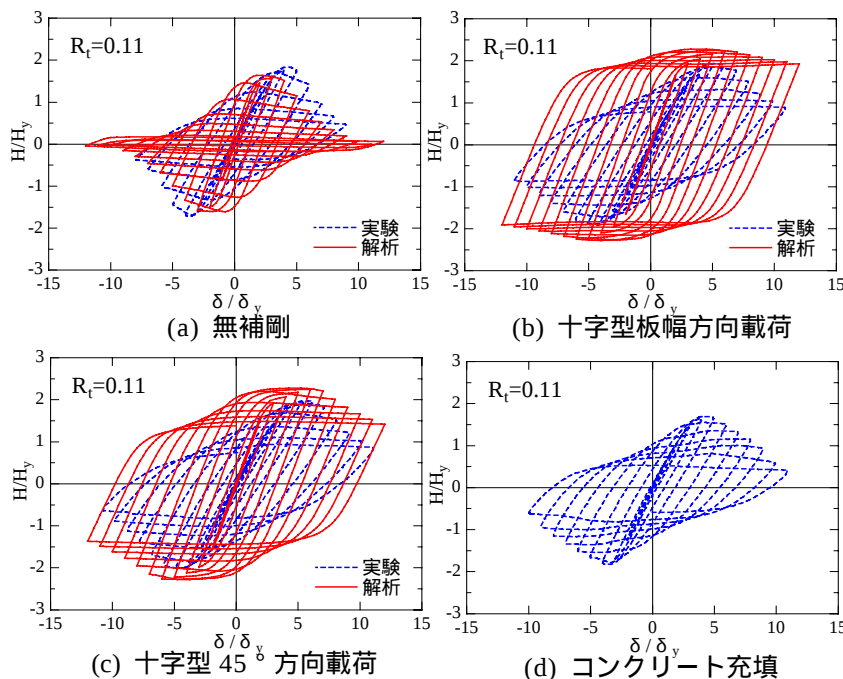
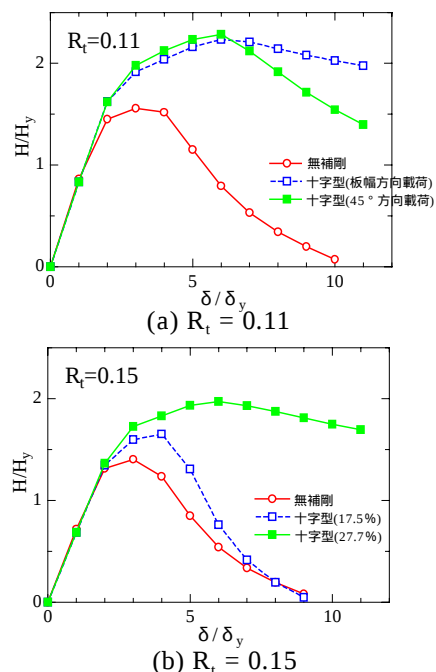
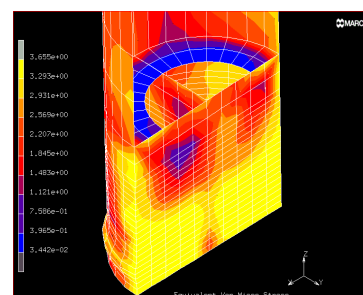
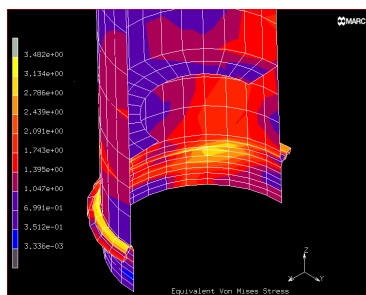
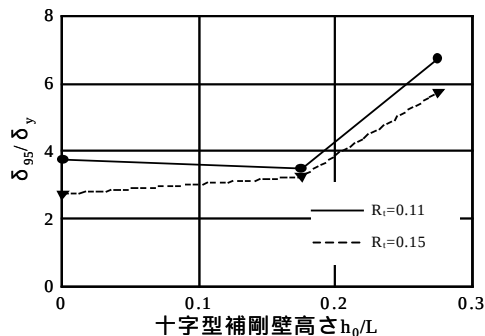
図3 水平荷重-水平変位履歴曲線 ($R_t = 0.11$)

図4 包絡線

図6 変形モード図と応力分布図($12\delta_y$)

の劣化勾配よりも若干大きくなっている。(b)，(c)では，解析・実験の両結果に差異が見られるものの十字型補剛橋脚は大きな変形性能を有する構造であるといえる。

図4は解析による履歴曲線から得られた包絡線を示した。図4(a)は水平荷重の載荷方向の違いを検討したもので，十字型補剛で45°方向載荷と板幅方向載荷の挙動は類似しており，両者とも最強度，変形能力ともに無補剛モデルより大幅に向上している。図4(b)は十字型補剛壁の高さの影響を調べたもので，十字補剛高さが柱長の17.5%ではじん性に乏しいのに対して，27.7%では高い最大強度を示し，その後の劣化勾配も緩やかで，エネルギーを吸収しつつ変形していることがわかる。つまり，十字型補剛壁の高さが橋脚全体の变形性能を左右することがわかる。図5は，最大水平強度の95%時の強度に対する水平変位 δ_{95} と降伏水平変位 δ_y の比を塑性率と定義し，十字型補剛壁高さとの関係を示したものである。十字補剛高さが高くなると塑性率も上昇し，十字型補剛壁の高さが変形性能に対して与える影響は大きいといえる。図6は $\delta = 12\delta_y$ 時の変形モードと応力分布図を示した。無補剛モデルでは基部付近に大きな座屈変形が生じているのに対し，十字型補剛モデルでの座屈変形は小さい。また，同程度の応力が基部から十字型補剛壁が無くなる部分に広く分布しており，柱全体で外力に抵抗し，基部の局所変形の進行を抑制していると考えられる。

以上の結果より，十字型壁の導入により鋼製円形橋脚の变形性能が大きく向上するが，それは十字補剛壁の高さに大きく依存していることが判明した。また，水平荷重の方向にはそれほど影響されないことがわかった。

参考文献：

- 1)原岡雅史:十字型補剛材を有する鋼製橋脚の設計方法と補剛効果に関する研究,熊本大学卒業論文,1999
- 2)伊東宗昭他:円形鋼製橋脚の变形性能の向上化に関する一提案,土木学会第55回年次学術講演会, -B212,2000