

円形鋼製橋脚の変形性能の向上化に関する一提案

熊本大学 学生員 伊東 宗昭 松村 新也
 熊本大学 正会員 山尾 敏孝

1. はじめに

既往の研究¹⁾により、鋼製橋脚の変形性能を高める補剛形式として十字型補剛材が提案され、矩形断面においてその効果が認められている。本研究では、円形断面の基部に十字型補剛材を適用し、十字型補剛材の高さを变化させた場合の変形性能を調べることを目的として、弾塑性有限変位解析を行い、コンクリートを充填した円形鋼製橋脚との比較検討を行った。なお、解析には汎用解析プログラム MARC²⁾を使用した。

2. 解析概要

鋼製橋脚の基部に十字型補剛材を入れた場合の変形性能特性を調べるため、解析対象は、文献3)のコンクリート充填の実験供試体とした。つまり、この供試体のコンクリート部分を十字型補剛材に置き換えた場合について解析し、十字型補剛材をつけた解析モデルの一例を図-1に示す。十字型補剛材の高さを d とし、コンクリート充填の高さと同様に、 L の 0、15、20、30%とした。モデルの要素分割については、文献5)を参考に行い、対称性を利用して全体の 1/2 モデルを用いた。境界条件としては、橋脚基部を完全固定、上端を自由とし、対称面には対称条件を設定した。十字型補剛材の板厚は母材のそれと同一である。なお、解析では初期たわみ及び残留応力は考慮していない。

載荷方法は、橋梁の上部工重量を想定した一定鉛直荷重 N の状態に、地震力を想定した水平横力 H を繰り返し荷重として与えた。この場合、鉛直荷重は全断面降伏荷重の 15% を軸圧縮力として作用させた。横力は降伏水平変位を基準とした正負交番 1 回漸増繰り返し載荷とし、水平荷重の大きさはその反力として求めた。応力-ひずみ関係は、文献3)の値を参考にトリリニアとした。解析モデルの諸元を表-1に示すが、文献3)との比較のため同じ材料定数を使用した。

表-1 解析モデルの諸元

モデル名	板厚 $t(\text{cm})$	ヤング率 $E(\text{tf/cm}^2)$	降伏応力 $y(\text{tf/cm}^2)$	ポアソン比	幅厚比 R/t	補剛材高さ $d(\%)$
CS-0	0.435	2100	2.940	0.277	57.5	0
CS-15	0.437	2100	3.086	0.283	57.2	15
CS-20	0.441	2000	3.095	0.279	56.7	20
CS-30	0.441	2000	3.095	0.279	56.7	30

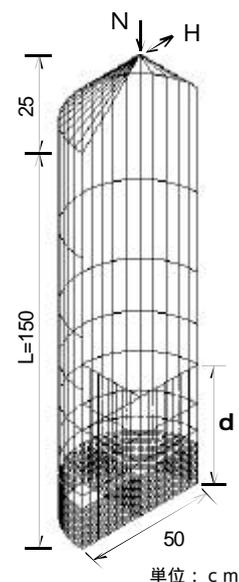


図-1 解析モデル

3. 解析結果及び考察

水平荷重 H と載荷点水平変位 の関係を図-2に示す。いずれも、中空鋼管及び十字型補剛材を有する鋼管の基部が降伏する時の降伏水平荷重 H_y 、降伏水平変位 y で除して無次元化したものである。図-2より、CS-0、15 は共に最大強度後の劣化が著しく、特に CS-15 は、CS-0 の無補剛よりも最大強度が低く、劣化勾配も急である。CS-20 は、最大強度こそ無補剛より低いものの、その後の劣化勾配は緩やかである。また、CS-30 においては、最大強度も上昇し、劣化勾配もより緩やかである。

各モデルにおいて、+6 y 、+4 y 、+9 y 載荷時の変形モードと応力分布を図-3に示す。なお、図中の色が暗い部分から明るくなるほど応力が大きいことを示している。CS-0 の場合、基部に局部座屈が生じ、応

キーワード：円形鋼製橋脚、変形能、繰り返し載荷、十字型補剛材

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

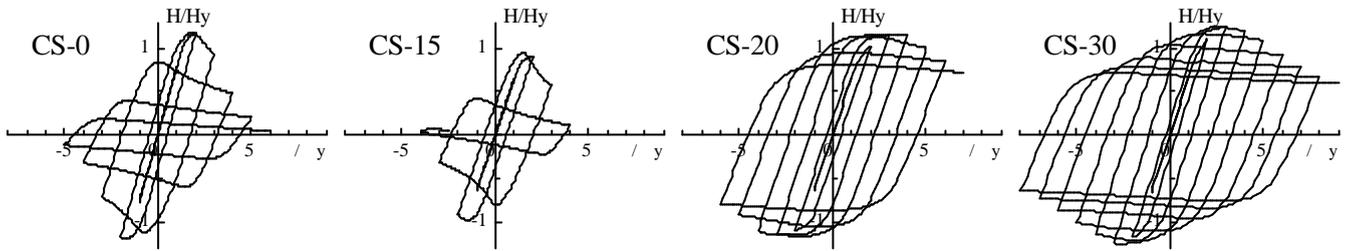
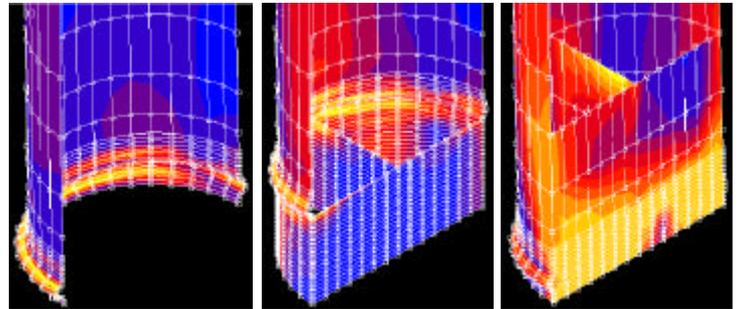


図-2 荷重-変位履歴曲線

力が集中していることがわかる。CS-15 においては、補剛材上部の無補剛部分で局部座屈が生じており、補剛効果が見られなかった。これは、コンクリート充填の実験でもコンクリートが無くなる付近で同様に局部座屈の現象が見られており、よく似ていることがわかった。ここで、CS-0、15 の座屈部分の最大変位部（CS-0 では基部付近、CS-15 では補剛材上部の無補剛部分）における応力と変位の関係を図-4 に示す。



CS-0(+6 y) CS-15(+4 y) CS-30(+9 y)

図-3 変形モード・応力分布

CS-15 は最初から降伏応力に近い応力が作用し、CS-0 は徐々に降伏応力に近づくことが分かった。これらの原因は、十字型補剛材の高さ不足にあると考えられるが、十字型補剛材で区切られた扇形部分の応力分布の確認などについて検討が必要であると思われる。一方、CS-30 では、基部のパネルに局部座屈が生じ、補剛材の広範囲にわたって大きな応力が作用していることがわかる。これは、矩形断面と同様に補剛材による基部の局部変形の進行抑制効果であると考えられる。また、CS-20 においても同様な変形モード及び応力分布が見られた。これにより、円形断面においても十字型補剛材の高さが橋脚全体の变形性能を左右することがわかる。

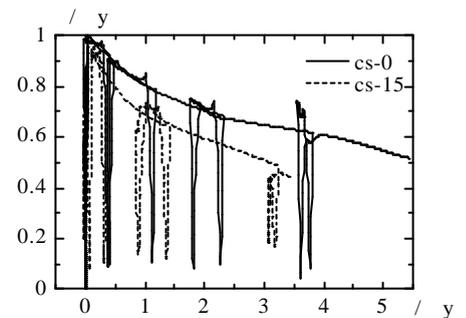
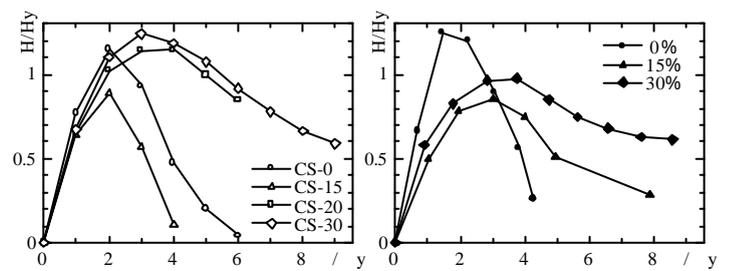


図-4 応力-変位履歴曲線

図-5 は、履歴曲線から得られた各モデルの包絡線であり、文献3)のコンクリートを充填した実験の結果と比較している。図からわかるように、十字型補剛材の高さが 15% ではじん性に乏しいのに対して、20% 以上では、コンクリートの充填高さが 30% の結果と比較して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。これらより、十字型補剛材の高さによっては、橋脚基部に局部座屈が生じる場合に十字型補剛材の効果が見られ、コンクリート充填より変形性能に優れていることが分かる。以上の結果、円形鋼製橋脚の変形性能の向上に十字型補剛材を基部に用いることの有効性が示された。今後、十字型補剛材の必要な高さの決定方法について検討を行う予定である。



十字型補剛材(解析) コンクリート充填(実験)

図-5 包絡線

参考文献

- 1) 小串正明：十字型補剛材を有する鋼製橋脚の変形能特性とその評価法に関する研究、熊本大学修士論、1998
- 2) 日本マーク株式会社：MENTAT コースノート ver.213
- 3) 石澤、折野、井浦：コンクリート充填円形鋼製橋脚の実験、土木学会第54回年次学術講演会、-B183、pp.364-365、1999
- 4) 折野明宏、井浦雅司：部分的にコンクリートを充填した円形鋼製橋脚の挙動、第3回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集、pp.83-88、1999
- 5) 日本橋梁建設協会：鋼製橋脚の弾塑性有限変位 FEM 解析マニュアル