

円形鋼製橋脚の強度と変形性能の向上について

熊本大学 学生員 伊東 宗昭 桐野 三郎

熊本大学 正会員 山尾 敏孝

1. はじめに

橋脚のような柱構造物が地震などの水平荷重を受ける場合、問題となるのが基部に生じる局部座屈によって強度が失われることである。地震などの水平荷重を受ける円形鋼製橋脚を対象にした強度や変形性能についての解析や実験も数多く行われている。本研究では、既往の研究¹⁾において提案され、補剛材としての効果が認められた十字型補剛材を円形断面の基部に適用し、十字型補剛材の高さを变化させた場合の強度と変形性能について解析を行い、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

コンクリートを充填した橋脚を十字型補剛材とした場合の変形性能特性を調べることを考え、解析対象は、文献3)の実験供試体とした。十字型補剛材をつけた解析モデルの一例を図-1に示す。供試体の高さ L は 150cm、直径 R は 50cm、板厚 t 、十字型補剛材の高さを d とした。解析モデルは、対称性を利用して全体の 1/2 モデルを用いた。要素分割については、文献4)より、局部座屈の影響と弾性座屈長を考慮しながら、上にいくほど徐々に粗くした。また、要素の形状比を考慮し、周方向の分割数は 20 とした。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り、鋼種は全て SS400 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。

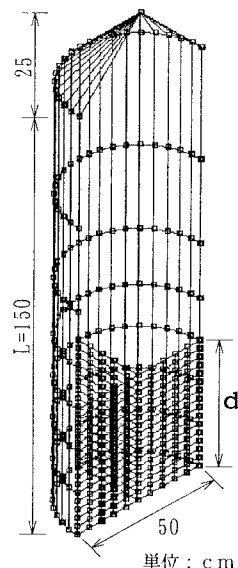


図-1 解析モデル

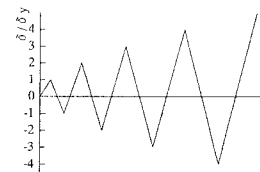


図-2 載荷方法

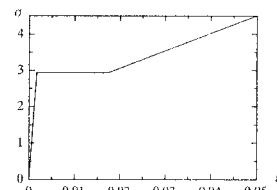


図-3 応力-ひずみ曲線

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 $\sigma_y(\text{tf/cm}^2)$	ポアソン比 ν	幅厚比 R/t	補剛材高さ d/L
CS-0	0.435	2100	2.940	0.277	57.5	0.0
CS-15	0.437	2100	3.086	0.283	57.2	0.15
CS-20	0.441	2000	3.095	0.279	56.7	0.20
CS-30	0.441	2000	3.095	0.279	56.7	0.30

3. 解析結果及び考察

水平荷重 H と載荷点水平変位 δ の関係を図-4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 δ_y で除して無次元化したものである。図-4より、CS-0、15 は共に最大強度後の強度劣化が著しく、特に CS-15 の補剛材高さ $d=0.15L$ 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 の補剛材高さ $0.20L$ は、最大強度こそ無補剛より低いものの、最大強度後の劣化勾配は緩やかである。また、CS-30 の補剛材高さ $0.30L$ 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。これらの履歴曲線は、強度と変形性能の向上を表しており、円形鋼製橋脚においても十字型補剛材の有効性が伺える。

各モデルにおいて $+6\delta_y$ 、 $+4\delta_y$ 、 $+9\delta_y$ 載荷時の変形モード図を図-5に示す。モデル CS-15 の補剛材高さ $0.15L$ において、補剛材上部の無補剛部分で局部座屈が生じた。これは、供試体高さに対して十字型補剛材の高さが十分でなかったことが原因であると考えられる。一方、モデル CS-0、30 では、補剛材下部で局部座屈が生じた後強度を失っていると考えられる。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変形モードを左右することがわかる。

図-6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も併せて示す。図からわかるように、補剛材高さが $0.20L$ のモデル CS-20 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高強度を示し、劣化勾配も緩やかである。また、CS-30 の補剛材高さ $0.30L$ では、それ以上の効果が得られた。CS-0、15 が脆性的な破壊であるのに対し、CS-20、30 は最大強度後もエネルギーを吸収しつつ変形している。これらより、コンクリート充填に比べて十字型補剛材の方が強度と変形性能に優れていることが見てとれる。以上の結果、円形鋼製橋脚の強度と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。

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 II 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、I-B183、pp.364-365、1999
- 4) 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

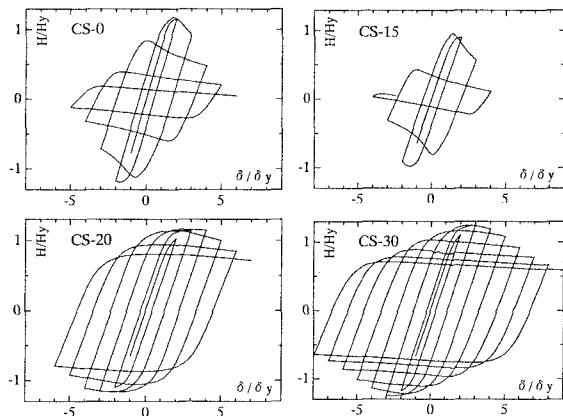


図-4 荷重-変位履歴曲線

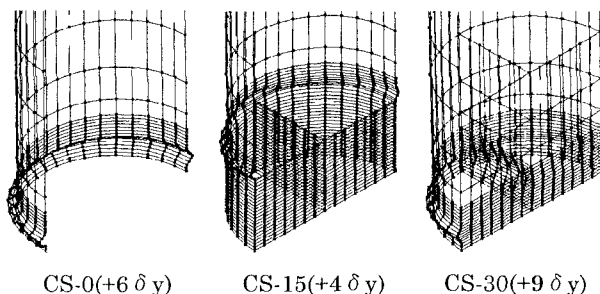


図-5 変形モード図

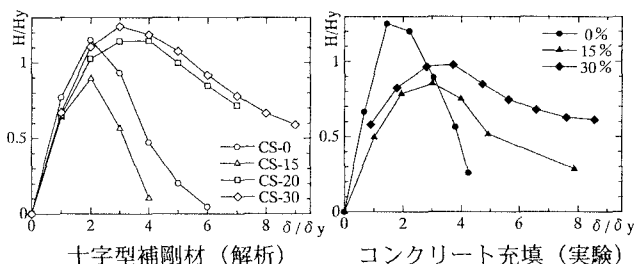


図-6 包絡線