

道路橋示方書に基づく外面リブ付鋼管・コンクリート合成構造橋脚の耐震性能に関する考察

三井住友建設（株）土木設計部 正会員 ○村尾 光則，廣船 啓介
三井住友建設（株）技術開発センター 正会員 篠崎 裕生，フェロー会員 三上 浩

1. はじめに

外面リブ付鋼管・コンクリート合成構造橋脚（以降，ML橋脚と呼ぶ）は，主鉄筋，帯鉄筋および中間帯鉄筋に加え，主鋼材とせん断補強の機能を兼ねた外面リブ鋼管を断面内に配置した合成構造である。これまでの研究により，鉄筋コンクリート橋脚（以降，RC橋脚と呼ぶ）と同等以上の耐力と変形性能を有していることを正負交番繰返し載荷試験により確認している。

平成24年3月，橋脚設計の基本指針である道路橋示方書¹⁾（以降，H24道示と呼ぶ）が改訂され，求められる耐震性能の評価方法が限界状態に相当する変位を直接的に算出する方法に変更されている。これを受け，本報告では，H24道示に準拠した手法で計算されたML橋脚試験体の限界変位と損傷の関係を把握するとともに，同一振幅の載荷における水平力の低下率が十分な安全率を有していることを確認することで，H24道示で要求される耐震性能（損傷度合）を満足している点について考察している。

2. 実験の概要

載荷方法を図-1に示す。実験した試験体は図-2に示す2体であり，いずれも実物の約1/6の縮尺である。Case-1はML橋脚試験体，Case-2はRC橋脚試験体である。帯鉄筋はD6を用い，帯鉄筋比が2つの試験体で同等になるように高さ方向の配置間隔をそれぞれ調整して配置した。軸方向鉄筋はD10，鋼管は直径500mm，肉厚2mmとし，使用材料の力学特性試験値を用いて計算した曲げ耐力が2つの試験体で同等になるように設計した。使用したコンクリートの強度は，ML試験体が 34.4N/mm^2 ，RC試験体が 31.4N/mm^2 である。鉄筋はSD345を用い，降伏強度は主鉄筋D10が 382N/mm^2 ，D6は 355N/mm^2 である。鋼管の降伏強度は， 195N/mm^2 であり，ビード溶接によりリブを模擬した。軸力は 500kN （ 1.0N/mm^2 ）とした。降伏変位の設定および載荷パターンはガイドライン（案）²⁾に従って行った。載荷パターンは，各変位振幅で正負3回ずつの繰返しを終局時まで行った。

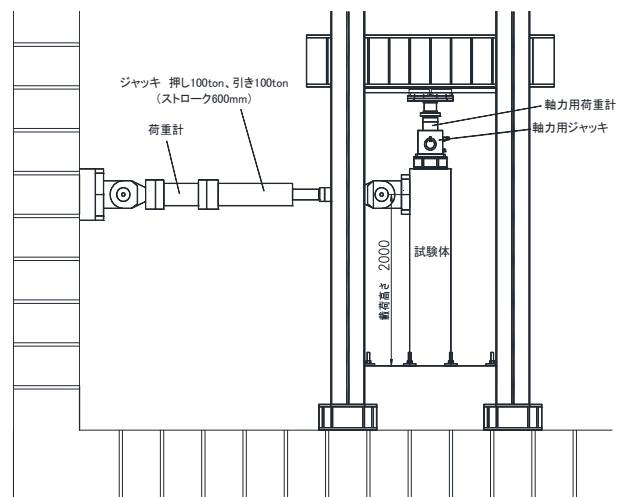


図-1 載荷装置

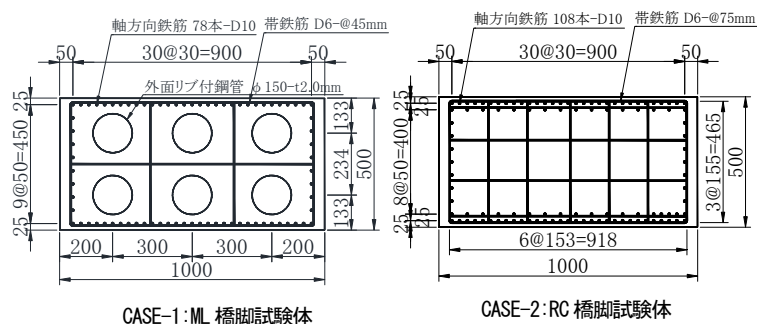


図-2 実験供試体断面図

3. 実験結果

(1) 荷重と変位の関係

ML橋脚試験体の荷重と水平変位の関係を図-3に示す。

ML試験体は， $1\delta_y$ で曲げひび割れが進展し，正載荷側では $3\delta_y$ ，負載荷側では $6\delta_y$ で最大荷重を示した。 $5\delta_y$ でかぶりコンクリートの剥離が初めて発生した後，荷重の低下が少し早くなり， $8\delta_y$ において軸方向鉄筋の破断が発生し， $9\delta_y$ において荷重が大きく低下した。

図には，鋼管を分割して鉄筋に置き換えH24道示に基づき算出した耐震性能2および耐震性能3の限界変位 δ_{ls2} ， δ_{ls3} を示した。これより，載荷水平力は耐震性能3の限界変位 δ_{ls3} を超えてもほとんど低下せずに安定している。具体的には， δ_{ls2} におけるML橋脚試験体の損傷は曲げひび

割れが進展途中であり、H24 道示の制限の目安である「曲げひび割れが残留する程度」の損傷に収まっている。また、 δ_{ls3} における ML 橋脚試験体の損傷はかぶりコンクリートの剥離開始直後の状態であり、H24 道示の制限の目標である「コンクリートが剥落し、軸方向鉄筋のはらみ出しが顕著になる前」の状態にある。写真-1 は、ML 橋脚試験体の限界変位である δ_{ls3} 相当 ($5\delta_y$) の損傷状況の写真を示した。写真より、かぶりコンクリートが剥落することなく、終局状態に対し十分安全側の損傷状態であると言える。



写真-1 限界変位時 δ_{ls3} の損傷 ($5\delta_y$: ML 橋脚試験体)

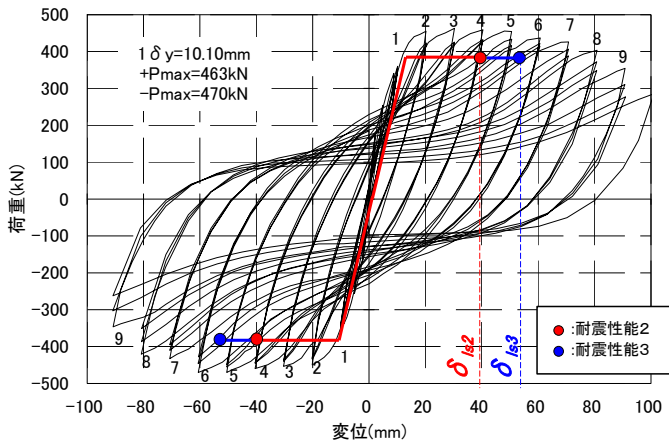


図-3 荷重-変位関係 (ML 橋脚試験体)

図-4 は、2 体の荷重-変位関係の包絡線であり、横軸は変位塑性率 (δ/δ_y)、縦軸は水平荷重を計算最大荷重で除した比で示した。これより、大きな荷重低下時点が RC 橋脚試験体のほうが $1\sim 2\delta_y$ 程度早い。全体としてはほぼ同等の挙動を示している。なお、これまでの比較実験では、RC 橋脚より ML 橋脚のほうがより明らかにじん性が高い傾向にあったが、本比較実験では明確な差は得られなかった。この要因として、使用した鋼管の降伏点強度がこれまでの半分程度と小さいこと、RC 橋脚の主筋が 2 段配筋であること等が考えられる。

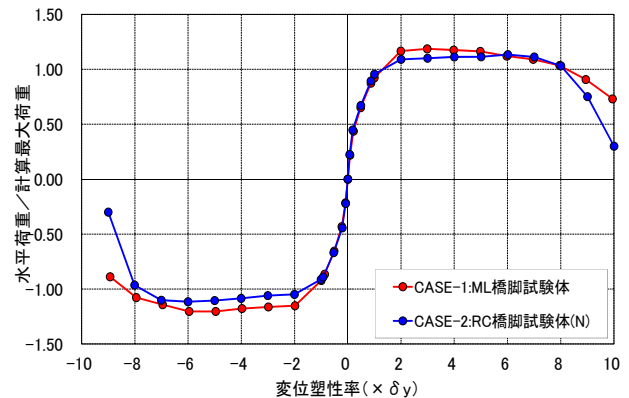


図-4 荷重-変位関係の包絡線

(2) 繰返し载荷の影響

図-5 は、同一振幅の 1 回目、2 回目、3 回目の载荷時の正荷重と変位関係の包絡線を示す。図では、H24 道示で新たに追記された限界状態設定の目安となる 1 回目の 85% の限界線も示した。図より、ML 橋脚試験体は、同一振幅の 2 回目の水平力低下が比較的大きいものの、2 回目から 3 回目にかけての水平力低下は比較的小さく、85% 限界線を上回っている。

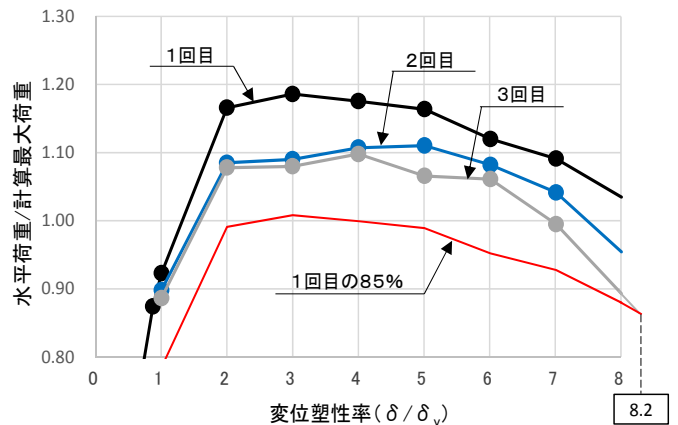


図-5 繰返しによる荷重低下

以上のことから、H24 道示に準拠した手法で設計された ML 橋脚は、耐震性能 (損傷度合) を満足するに必要な限界状態を満足していると言える。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書 V 耐震設計編，2012.3
- 2) 土木研究所資料：橋の耐震性能の評価に活用する実験に関するガイドライン，2006.8