

円形 RC 橋脚縮小試験体の履歴特性に及ぼす軸方向鉄筋径の影響

岐阜大学 学生会員 ○山本翔吾

岐阜大学 正会員 木下幸治

1. はじめに

これまでに実大規模の試験体を用いた実験データが蓄積され¹⁾²⁾, 縮小試験体により実大 RC 橋脚の曲げ復元力特性がどの程度評価可能か検討が進められている³⁾⁴⁾. 著者らも既往の実大円形 RC 橋脚²⁾と, 使用材料の相似則に着目して製作した縮小試験体との実験的検討を行ってきている⁵⁾(表-1). その結果, 相似則に従う D6 異形鉄筋を使用した 1/5 縮小試験体で実大橋脚の履歴曲線の再現性が低かった. これは D6 異形鉄筋の節形状が実大橋脚と異なることに起因しており, 異形鉄筋の節形状の重要性を示した. 一方, 実大橋脚と同じ節形状を有する市販入手最小径は D10 異形鉄筋であり, これを用いる場合は 1/3 縮小試験体が必要となり, 重量は 3 ton を超えるため, 我が国の大学の実験施設では実験実施が困難な場合が多い. このため, 実験の実施が可能な 1/5 縮小試験体において実大橋脚と同じ節形状とする特注 D6 異形鉄筋を製作する, または再現性は落ちるが相似則に鉄筋径は従わないが節形状と鉄筋比は一致する太径の異形鉄筋をしようすることが考えられる.

本研究では実大と同じ節形状を有した, 相似則には従わない太径の D10, D13 異形鉄筋により同じ鉄筋比とした 1/5 縮小試験体の載荷実験により, 縮小体の履歴特性や損傷状況に及ぼす軸方向鉄筋径の影響について検討した.

2. 試験体と載荷システム

図-1 に本研究で製作した 1/5 縮小試験体 (Type 5, Type 6) の形状と寸法を示す. 縮小試験体は円形断面であり, 実大試験体の相似則に従い, 直径 400 mm, 高さ 1350 mm とした. 軸方向鉄筋径は相似則に従わない D10 異形鉄筋を 16 本 (Type 5), D13 異形鉄筋を 10 本 (Type 6) 使用し, 鉄筋比 (1%) に合わせた試験体を製作した. 太径の軸方向鉄筋を使用することで鉄筋間隔が異なる. 鉄筋間隔は Type 5, Type 6 それぞれ 71.5 mm, 114.4 mm とした. 帯鉄筋として

φ 3.2 の亜鉛めっき鉄線を 65 mm 間隔で使用した. フーチングは載荷方向に 1000 mm, 載荷直角方向に 600 mm, 高さは 400 mm とした. コンクリートは粗骨材最大寸法 15 mm とし, 圧縮強度は Type 5, Type 6 それぞれ 35.0 N/mm², 37.3 N/mm² である. D10 異形鉄筋の降伏強度と引張強度は 351 N/mm² と 485 N/mm², D13 異形鉄筋は 320 N/mm² と 456 N/mm² である.

図-2 に実験システムを示す. 軸力は実大橋脚に載

表-1 試験体一覧 (本研究は Type 5, 6 を実施)

試験体	1/10 縮小試験体		1/5 縮小試験体			
	Type 1 ⁵⁾	Type 2 ⁵⁾	Type 3 ⁵⁾	Type 4 ⁵⁾	Type 5	Type 6
						
材料	モルタル			コンクリート		
主鉄筋	D3	D6		D10		D13

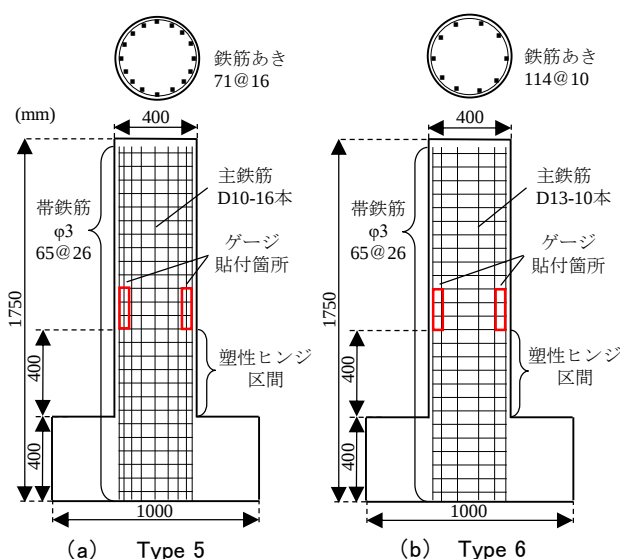


図-1 試験体の形状と寸法

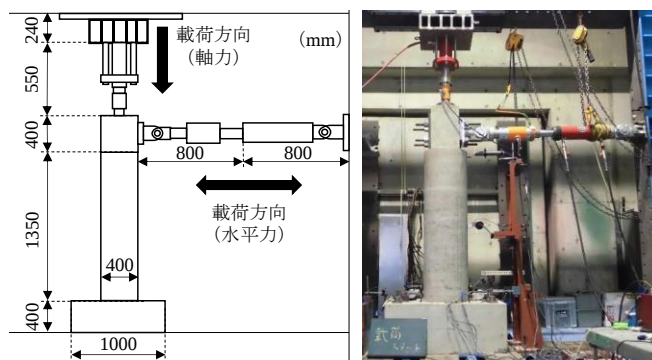


図-2 載荷システム

荷された軸力 (1565 kN)²⁾から相似比に従い、60 kN とした。繰り返し载荷は、試験体が降伏する時の変位量を δ_y とし、 $\pm 1.0 \delta_y$ から始めて $\pm 0.5 \delta_y$ ずつ増加させ、各 1 サイクル载荷した。本研究では塑性ヒンジ区間の引張最外縁の軸方向鉄筋が降伏応力に達した時の橋脚天端での水平変位を降伏変位 δ_y とし、その時の载荷位置での荷重を降伏荷重 P_y とした。貼付したひずみゲージにより塑性ヒンジ区間の軸方向鉄筋の降伏を判断した。

3. 実験結果

図-3、図-4 に 1/5 縮小試験体 (Type 4, Type 5, Type 6) の $\pm 4.0 \delta_y$, $\pm 8.0 \delta_y$ サイクル時の履歴曲線を示す。ここでは軸方向鉄筋の降伏強度、コンクリート材料の圧縮強度が異なることから、荷重-変位曲線の両軸を実験での降伏変位 δ_y , 降伏荷重 P_y にてそれぞれ除した履歴曲線の内、 $\pm 4.0 \delta_y$, $\pm 8.0 \delta_y$ サイクルを抜きだした。なお、Type 5 は、実験中の軸力の調整が不足していた。橋脚の変形が大きくなった $\pm 4.0 \delta_y$ 以降に顕著な軸力の上昇が確認された。このため、解析と実験結果が一致していることを確認した上で、 $\pm 4.0 \delta_y$, $\pm 8.0 \delta_y$ サイクルごとの最大軸力時と 60 kN 時の解析より、算出した差分を実験値から差し引くことで補正を行った。図-3 より、 $\pm 4.0 \delta_y$ サイクルは Type 4 の最大耐力時であるため、Type 5, Type 6 と比べ耐力が大きい。図-4 より、 $\pm 8.0 \delta_y$ サイクルは Type 5, Type 6 の最大耐力時であり、履歴曲線は概ね一致している。Type 4 は Type 5, Type 6 に比べて耐力低下が早いといえる。図-5 に载荷終了時の Type 4, Type 5, Type 6 の損傷状況を示す。Type 4, Type 5 は損傷範囲が同程度で、帯鉄筋の 2 段目の高さまでかぶりコンクリートの剥離が確認できた (図-5 (a))。一方、Type 6 は帯鉄筋の 3 段目の高さまでかぶりコンクリートの剥離が確認できた (図-5 (b))。太径の軸方向鉄筋により、軸方向鉄筋の座屈長が長くなることで

損傷が縦に広範囲となった。

4. 結論

実大と同じ節形状を有した、D10, D13 異形鉄筋により同じ鉄筋比とした 1/5 縮小試験体の履歴曲線は、最大耐力までは一致した。ただし、使用する鉄筋が太径になるほど損傷範囲が高くなることを確認した。

参考文献

- 1) 川島一彦, 佐々木智大, 右近大道, 桐原浩一, 運付茂樹, 堀孝一, 幸左賢二, 高橋良知, 矢部正明, 松崎裕: 現在の技術基準で設計した RC 橋脚の耐震性能に関する実大震動台実験及びその解析, 土木学会論文集 A, Vol.66, No.2, pp.324-343, 2010. 2) 岩田秀治, 関根樹, 上月隆史, 阿部波彦: 載荷実験による RC 円形橋脚の実大モデルと 1/2 縮小モデルの損傷度比較, 土木学会第 66 会年次学術講演要集, 第 I 部門, pp.765-766, 2011. 3) 独立行政法人土木研究所: 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(案), 土木研究所資料, 第 4023 号, 2006. 4) 川島一彦, 太田啓介, 大矢智之, 佐々木智大, 松崎裕: RC 橋脚の曲げ塑性変形に及ぼす粗骨材寸法及び鉄筋断面積の評価法の影響, 土木学会論文集 A(構造・地震工学), Vol.68, No.4, pp.543-555, 2012. 5) 山本邦彦, 杉森克成, 木下智治, 内田裕市: 円形 RC 橋脚の曲げ復元力特性における寸法効果の実験的検討, 日本コンクリート工学会, 2015.

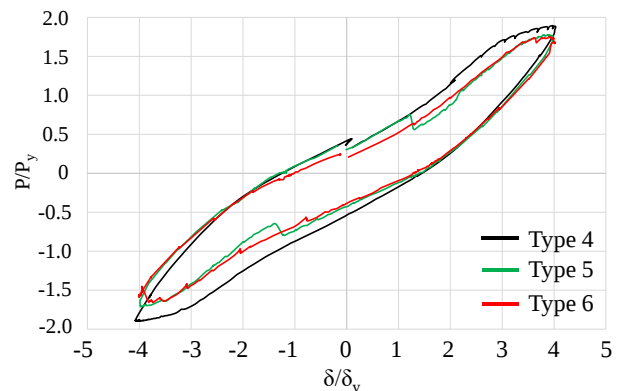


図-3 $\pm 4.0 \delta_y$ サイクル

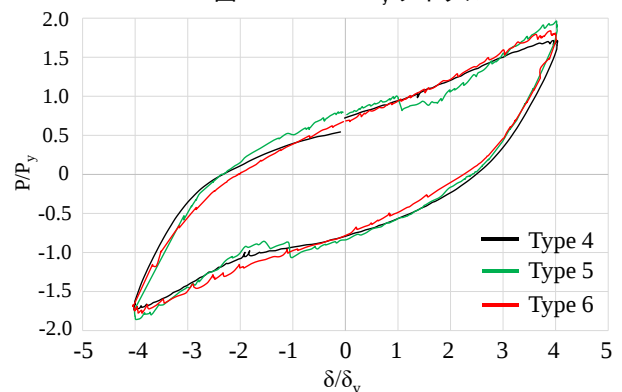


図-4 $\pm 8.0 \delta_y$ サイクル



(a) Type 4



(b) Type 5
図-5 損傷状況



(c) Type 6