

1/5 縮小模型試験体を用いた実大円形 RC 橋脚の再現性の検討

岐阜大学大学院 学生会員 ○山本 翔吾
岐阜大学 正会員 木下 幸治

1. はじめに

実橋脚と縮小試験体の地震時の曲げ復元力特性、並びに破壊特性との間に寸法効果が生じることが知られている。これまでに実橋脚を用いた実験データが蓄積され、縮小模型試験体により実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¹⁾²⁾³⁾。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模型試験体(表-1)との実験的検討を行ってきている⁴⁾。その結果、相似則に従う D6 異形鉄筋を軸方向鉄筋に使用した Type 1⁴⁾は実橋脚を概ね再現可能であった。D6 異形鉄筋の節形状は実橋脚と異なり、Type 1 の最大荷重は実橋脚よりも小さいが実橋脚の更なる再現性の向上には、節形状も実橋脚を再現する必要がある。しかし、実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、1/5 縮小模型試験体では相似則に従う軸方向鉄筋は入手困難である。

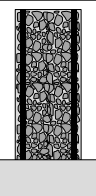
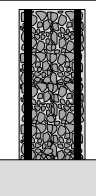
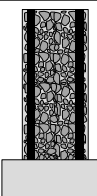
本研究では、1/5 縮小模型試験体により実橋脚の更なる再現性向上を目的とし、実橋脚と同じ節形状を有した、相似則に従わない太径の D10、D13 異形鉄筋により同じ鉄筋比とした 1/5 縮小模型試験体を製作し、それらの載荷実験により、実橋脚と 1/5 縮小模型試験体の履歴特性や損傷状況の比較より実橋脚の再現性を検討した。

2. 試験体と載荷システム

図-1 に本研究で製作した 1/5 縮小模型試験体(Type 2, Type 3) の形状と寸法を示す。試験体は円形断面であり、実橋脚の相似則に従い、直径 400 mm、高さ 1350 mm とした。軸方向鉄筋には相似則に従わない D10 を 16 本(Type 2)、D13 を 10 本(Type 3) 使用し、鉄筋比(1%)に合わせた試験体を製作した。軸方向鉄筋間隔は Type 2, Type 3 それぞれ 71.5 mm, 114.4 mm とした。また、軸方向鉄筋はフーチング上面から 390 mm の深さまで真っすぐに伸ばし、その端部を 90 度フックにより定着させた。帯鉄筋は $\phi 3.2$ の鉄線を巻き、帯鉄筋間隔は実橋脚の相似則に合わせて 65 mm とした。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 2, Type 3 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。実橋脚は円形断面であり、直径 2000 mm、高さ 6900 mm、軸方向鉄筋は D29 が 42

表-1 試験体一覧(本研究は Type 2, 3 を実施)

	Type 1 ⁴⁾	Type 2	Type 3
1/5縮小試験体			
材料	コンクリート		
主鉄筋	D6	D10	D13

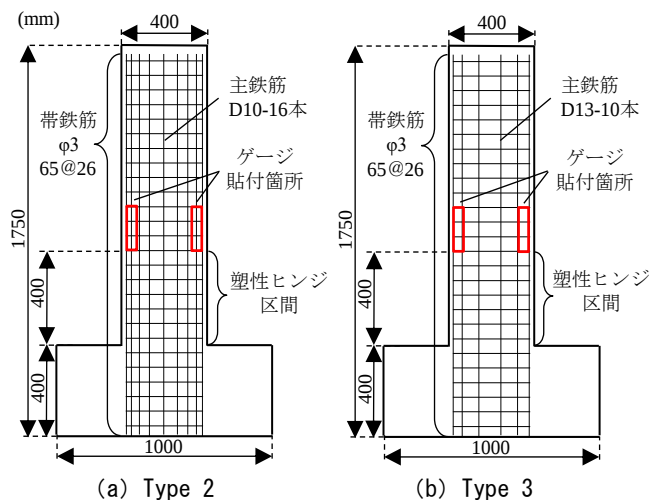


図-1 試験体の形状と寸法

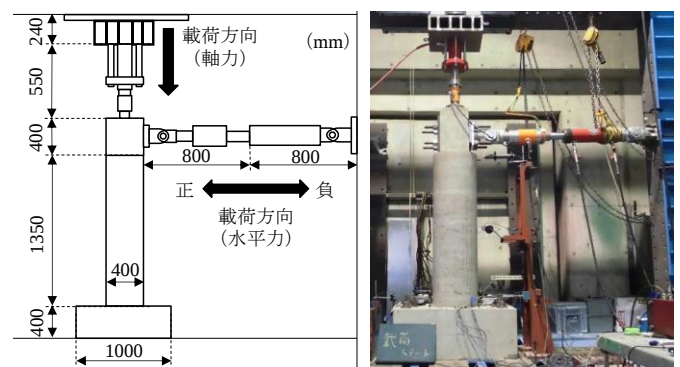


図-2 載荷システム

キーワード：円形 RC 橋脚縮小模型試験体、繰返し載荷実験、寸法効果

連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部 社会基盤工学科 TEL：058-293-2424

本, 帯鉄筋は $\phi 13$ 鉄筋が 300mm 間隔で配置されている。

図-2 に载荷システムを示す。载荷した軸力は実橋脚に载荷された軸力 (1565 kN) から相似則に従い, 60 kN とした。本研究の繰り返し载荷は, 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。実橋脚²⁾では軸方向鉄筋が降伏する変位量 δ_y を軸方向鉄筋に貼付したひずみゲージを計測し, 降伏ひずみに達した時の水平変位としている。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. 実橋脚と 1/5 縮小模型試験体の比較

図-3, 図-4 に実橋脚と Type 1, Type 3 の $\pm 8.0 \delta_y$, $\pm 11.0 \delta_y$ の履歴曲線を示す。ここでは軸方向鉄筋の降伏強度, コンクリートの圧縮強度が異なることから, 荷重-変位曲線の両軸を降伏変位 δ_y , 降伏荷重 P_y にてそれぞれ除した履歴曲線の内, $\pm 8.0 \delta_y$, $\pm 11.0 \delta_y$ を抜きだした。なお, Type 2 では, 繰り返し载荷実験の変位の増加に伴う軸力の増加を確認し, 最大荷重時 ($6.0 \delta_y$) では, 軸力は 120 kN であった。このため, 実橋脚と Type 1, Type 3 で履歴曲線を比較した。図-3 より, $\pm 8.0 \delta_y$ は実橋脚の最大荷重時であり, 実橋脚と同じ節形状とした Type 3 の最大荷重は Type 1 よりも実橋脚を再現できた。また, 履歴曲線の形状はどの試験体もエネルギー吸収の大きい紡錘型であった。しかし, 実橋脚の最大荷重付近での履歴曲線が縮小模型試験体よりも膨らんでいる点については, 更なる考察が必要である。図-4 より, $\pm 11.0 \delta_y$ はどの試験体も最大荷重以降であり, 実橋脚と Type 1 の履歴曲線の形状は概ね一致し, 逆 S 字のスリップ型であった。一方, Type 3 は $\pm 11.0 \delta_y$ であっても履歴曲線の形状は紡錘型であり, Type 2 についても同様であった。図-5 に Type 1, Type 2, Type 3 の損傷状況を示す。Type 1 はフーチング上面から高さ 130 mm, 直径方向で幅 350 mm, Type 2 はフーチング上面から高さ 130 mm, 直径方向で幅 300 mm, Type 3 はフーチング上面から高

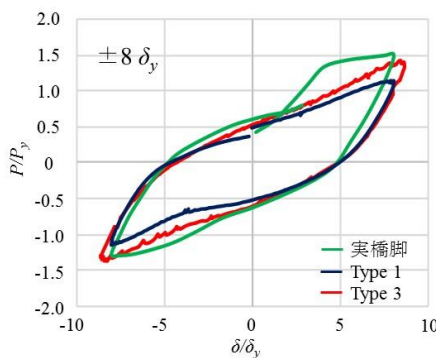


図-3 $\pm 8.0 \delta_y$

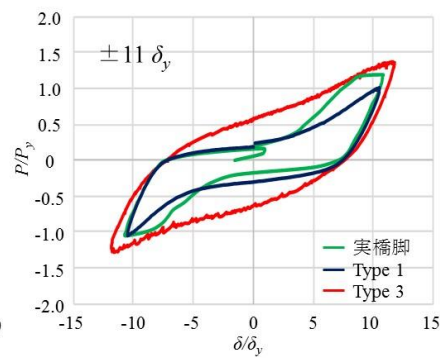


図-4 $\pm 11.0 \delta_y$



(a) Type 1⁴⁾



(b) Type 2



(c) Type 3

図-5 損傷状況

さ 200 mm, 直径方向で幅 250 mm の範囲でかぶりコンクリートが剥離した。Type 1 と Type 2 は帯鉄筋 1 段目に, Type 3 は帯鉄筋の 1 段目と 2 段目の中央に鉄筋の腹が位置していた。これは, Type 3 が帯鉄筋の 3 段目までのかぶりコンクリートの剥離により部材長が長くなっており, 軸方向鉄筋の座屈位置が高い位置となった。実橋脚²⁾の損傷状況はフーチング上面から 800~1000 mm, 直径方向に 1500 mm の範囲でかぶりコンクリートが剥離しており, 軸方向鉄筋の座屈の腹の位置は帯鉄筋の 1 段目と 2 段目の中央であった。よって, かぶりコンクリートの剥離範囲について直径方向は Type 1 と Type 2, 高さ方向, 座屈の腹の位置については Type 3 が実大の損傷状況と良く似ていた。

以上より, 実橋脚と同じ節形状を有した, 相似則に従わない太径の D13 異形鉄筋により同じ鉄筋比とした Type 3 は, 最大荷重までは実橋脚の再現性を高めた。一方, 最大荷重以降では実橋脚を再現できず, 実橋脚の変形性能を高く評価する可能性が示された。

参考文献

- 1) 川島ら: 現在の技術基準で設計した RC 橋脚の耐震性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)
- 2) 岩田ら: 载荷実験による 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 回年次学術講演概要集, 第 I 部門, pp.765-766, 2011.3)
- 3) 川島一彦ら: 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 AI(構造・地震工学), Vol.68, No.4, pp.543-pp.555, 2012.4)
- 4) 山本ら: 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, コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No. 2, pp.655-pp.660, 2015.7.