

円形 RC 橋脚の耐震性における寸法効果に関する実験的検討

大成建設 ○杉森克成, 岐阜大学 木下幸治, 内田裕司

1. はじめに

従来、実大模型に関する実験データがほとんど存在しなかった為、縮小模型実験により実大 RC 橋脚の地震時の破壊特性や曲げ復元力をどの程度正確に評価できるかはほとんど検討されてこなかった¹⁾。しかし、近年、実大の構造物を用いた震動台実験²⁾や載荷実験³⁾が可能となり寸法効果が明らかになりつつある。

文献 1)では、縮小模型実験における寸法効果の要因として、粗骨材寸法と軸方向鉄筋断面積の評価法が挙げられ、それらの影響に関する検討が進められた。その結果、実大モデルと 6/35 縮小モデルとの比較より、コアコンクリートの圧壊が進む、または軸方向鉄筋の座屈や破断が顕著に生じるまでは粗骨材寸法が曲げ復元力に及ぼす影響は顕著ではないこと、また、軸方向鉄筋の呼び径でなく最小断面積に基づいて曲げ復元力を評価するのが良いことが示された。しかし、6/35 縮小モデルよりも縮尺率が大きく、かつ縮尺率に合った軸方向鉄筋、並びに粗骨材の使用が困難なモデルによる検討には至っていない。

本研究では、円形 RC 橋脚の曲げ復元力特性における寸法効果を検討することを目的として、文献 3)で行われた円形 RC 橋脚の実大モデルと 1/2 縮小モデルとの損傷度比較で使用された載荷実験を参考に、新たに 1/5 縮小モデルと 1/10 縮小モデルを製作した。本稿では 1/10 縮小モデルの載荷実験結果を示す。

2. 載荷試験方法及び試験体

図-1 に 1/10 縮小モデルの試験システム及び外観図を示す。軸力は実大モデルに作用された軸力(1565kN)から縮尺率に従い 15kN とした。載荷試験では主鉄筋が降伏する時の変位を 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 サイクル載荷した。なお、

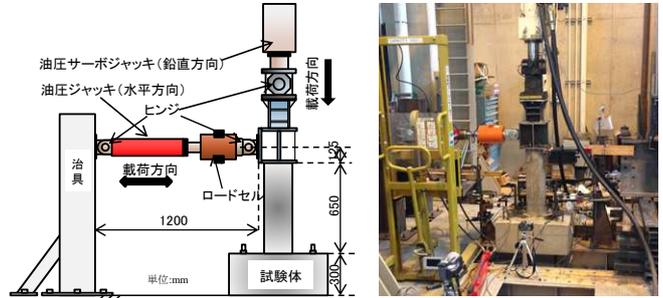


図-1 1/10 縮小モデルの試験システム及び外観図

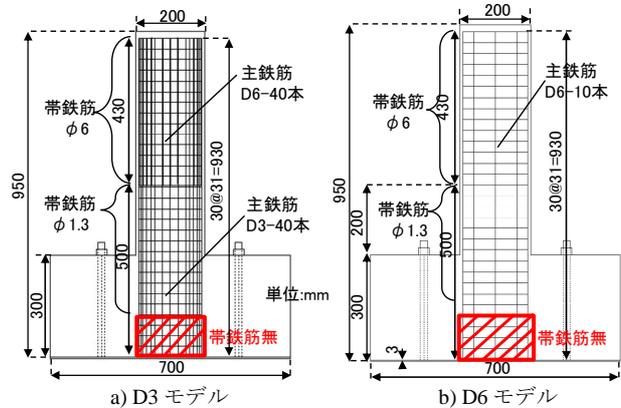


図-2 1/10 縮小モデルの形状

表-1 文献 3)と本研究のモデルの比較

試験体	実大モデル	1/2縮小モデル	1/5縮小モデル	1/10縮小モデル
円形橋脚の直径 (mm)	2000	1000	400	200
円形橋脚の高さ (mm)	6900	3380	1350	650
主筋種 (試験筋種)	D29 SD295	D16 SD295	D6 SD295	D6 SD295 D3 SD295
帯鉄筋 (試験筋種)	Φ13 SR235	Φ6 SR235	Φ3.2 鉄線	Φ1.2 鉄線
作用軸力 (kN)	1565	359	60	15
鉄筋比 (%)	1297	333	51	13

表-2 本研究のモデルの比較

試験体	1/5縮小モデル		1/10縮小モデル	
	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
材料	粗骨材の最大寸法15mm コンクリート	モルタル	モルタル	モルタル
鉄筋	縮尺率に合わせる	縮尺率に合わせる	縮尺率に合わせる	鉄筋比を合わせる

このモデルの降伏変位は縮小鉄筋のひずみ計測が困難であったためファイバー要素解析より求めた。

図-2 に 1/10 縮小モデルの形状、表-1 に文献 3)と本研究のモデルの比較、表-2 に本研究のモデルの比較を示す。縮尺率に合った軸方向鉄筋の入手が困難な 1/10 縮小モデルは直径 200mm、高さ 950mm の円形橋脚とし、縮尺率に合わせ軸方向鉄筋として特注製作された D3 の異形鉄筋 40 本を使用したモデル(以後、D3 モデル)と、市販で入手可能な最小径を有する異形鉄筋として D6 の異形鉄筋を使用し、かつ実大モデルの鉄筋比に合わせたモデル(以後、D6 モデル)

キーワード : 寸法効果, 載荷実験, 縮小模型実験, 損傷度比較, RC 橋脚

連絡先 : 岐阜大学 工学部 〒501 - 1193 岐阜県岐阜市柳戸 1 番地 1 tel: 058-293-2414

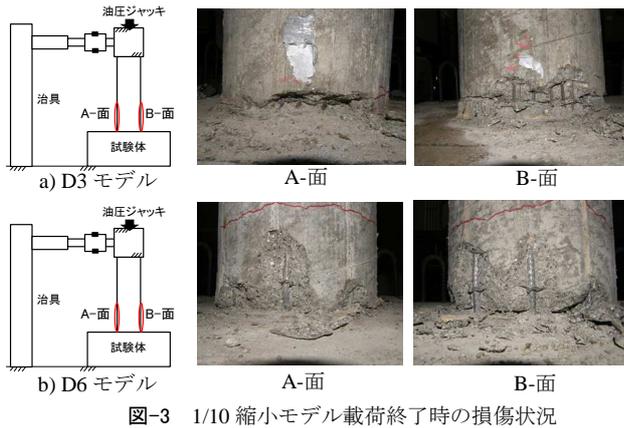


図-3 1/10 縮小モデル載荷終了時の損傷状況

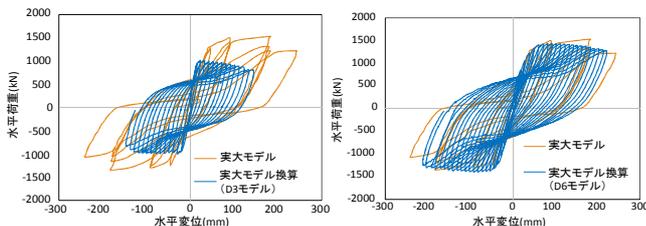


図-4 実大モデルと 1/10 縮小モデルの比較

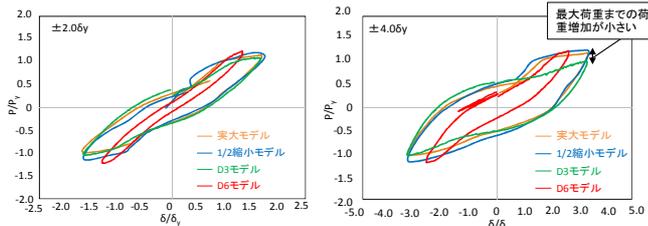


図-5 実大モデル換算した載荷履歴

を製作した。1/10 縮小モデルでは軸方向鉄筋の縮小率に着目することとしてモルタルを用いた。粗骨材寸法の影響は 1/5 縮小モデルにおいて検討することとしている。

3. 載荷試験結果

D3 モデルでは 1.5 δ_y 時に最大荷重 10.15kN となり、その後、載荷に伴い荷重は徐々に減少し、7.0 δ_y で大きく荷重が減少した。D6 モデルでは 4.5 δ_y 時に最大荷重 14.30kN となり、D3 モデルよりも最大荷重が高い結果となった。その後、荷重は徐々に減少し、11.0 δ_y 時に大きく荷重が減少した。図-3 に 1/10 縮小モデルの載荷終了時の損傷状況を示す。D6 モデルは D3 モデルに比べ、フーチング部から高さ 100mm 程度の比較的高い位置に円形橋脚部を 1 周取り巻くようなひび割れの発生が確認できた。また、A-面では高さ 60mm 程度までの範囲で主鉄筋周りを中心にかぶり

コンクリートの剥落が確認できた。B-面でも A-面と同様の損傷状況が確認でき、D3 モデルよりも広範囲にかぶりコンクリートの剥落が確認できた。

図-4 に実大モデル換算した荷重-変位曲線を示す。図-4 より、D3 モデルの最大荷重は実大モデルの最大荷重に比べ低い結果となり、また、実大モデルに比べ、D3 モデルの最大荷重発生後の荷重低下も大きくなった。一方、D6 モデルと実大モデルの最大荷重は概ね一致し、また、実大モデルでは 4 δ_y 、D6 モデルでは 4.5 δ_y のときに最大荷重が得られており、両者の最大荷重が生じる変位量も良く一致した。

一方、軸方向鉄筋の降伏強度が各モデルで異なることから、軸方向鉄筋の降伏強度補正後の比較を目的に、図-5 に荷重-変位曲線の両軸を降伏変位 δ_y 、降伏荷重 P_y にて除した履歴曲線の内、 $\pm 2\delta_y$ 、 $\pm 4\delta_y$ サイクル時の曲線を抜き出して示した。図より、D3 モデルは降伏荷重から最大荷重までの荷重増加は実大、並びに 1/2 縮小モデルに比べて小さいが、履歴曲線はそれらと概ね同様の形状となった。一方、D6 モデルの履歴曲線は膨らみが小さくなった。これは、D6 モデルの主鉄筋径が縮尺率に従わず太いために座屈開始が遅延したことが原因と考えられる。以上より、履歴曲線の比較から、縮小モデルにおいて主鉄筋の縮尺率を満足することは重要といえる。

5. 結論

縮尺率に従って制作した D3 モデルと、縮尺率に従わず鉄筋比のみ合わせた D6 モデルの結果より、D3 モデルは実大モデルと 1/2 縮小モデルの履歴挙動の良い再現が得られた。これより、縮小モデルにおいて主鉄筋の縮尺率を満足することは重要といえる。一方、D3 モデルにおける降伏荷重から最大荷重までの荷重増加が小さかった点は今後の課題となった。

参考文献

- 1) 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 I (構造・地震工学), Vol.68, No.4, pp.543-pp.555, 2012.
- 2) 川島一彦, 佐々木智大, 右近大道, 梶原浩一, 運上茂樹, 塚淳一, 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.
- 3) 岩田秀治, 関雅樹, 上月隆史, 阿知波彦彦: 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 回年次学術講演概要集, 第 1 部門, pp.765-766, 2011.