

載荷実験による RC 円形橋脚の実大モデルと 1/2 縮小モデルの損傷比較

J R 東海 正会員 上月 隆史

1. 目的

東海道新幹線・在来線には多数の RC 橋脚がある。安全安定輸送確保のためには、必要な箇所に適切な耐震補強を行うことが重要である。

一般的に、縮小モデルでは鉄筋径や骨材の最大寸法など全てを正確な比率で縮小することは困難である場合が多い。本検討では、縮小モデルとしては大きな縮尺率である 1/2 縮小モデルで、段落としを有する円形 RC 橋脚の交番載荷実験を行った。さらに、より正確な耐震性能の把握、数値解析結果の比較を行ううえでの重要なデータを得るために、実大サイズのモデルでの実験も行った。本稿では、両モデルの損傷比較について報告する。

2. 試験体概要

実大モデルの配筋図を図 1 に、1/2 縮小モデルの配筋図を図 2 に示す。また、材料特性のデータを表 1 に示した。表 1 より、主鉄筋に用いた鉄筋の規格が両者で異なっているが、鉄筋の本数、鉄筋比を調整することにより、主鉄筋全体の耐力比が同じになるようにしている。

表 1 試験体の材料特性

	実大モデル	1/2縮小モデル
コンクリート	24-12-25H $f_c=29.7(\text{N/mm}^2)$	24-12-20H $f_c=33.7(\text{N/mm}^2)$
主鉄筋	D29 SD345 $\sigma_y=395, f_y=565(\text{N/mm}^2)$ 鉄筋比0.859% (1-1断面)	D16 SD295 $\sigma_y=352, f_y=407(\text{N/mm}^2)$ 鉄筋比1.011% (A-A断面)
帯鉄筋	$\phi 13$ SR235 $\sigma_y=334, f_y=478(\text{N/mm}^2)$ 鉄筋比0.044%	$\phi 6$ SR235 $\sigma_y=266, f_y=343(\text{N/mm}^2)$ 鉄筋比0.043%

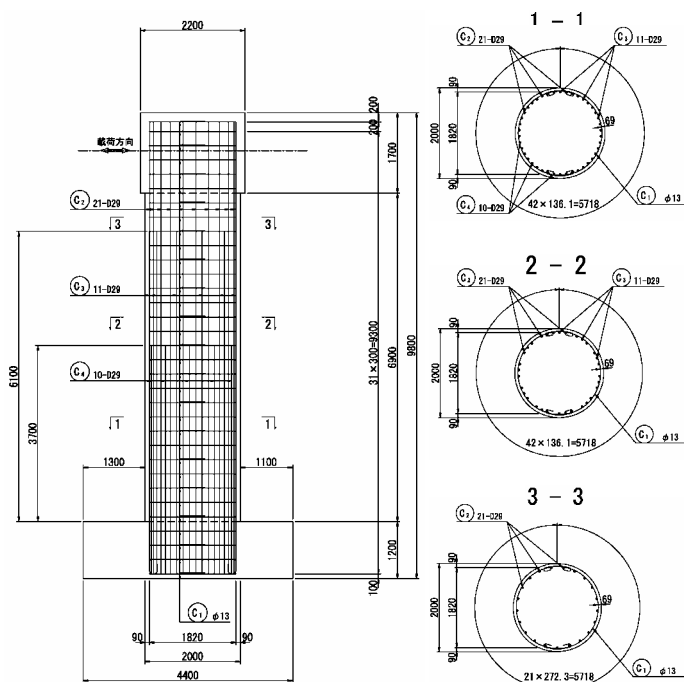


図 1 実大モデルの配筋図

3. 実験概要

実橋脚に作用する上部工荷重を模擬するため、軸力（実大モデルは 1565kN、1/2 縮小モデルは 359kN）を載荷させた状態で、橋脚上面のスタブに設置したアクチュエーターを用いて正負交番載荷を行った。主鉄筋が降伏に達したときの変位量を δy とし、 $\pm 1 \delta y$, $\pm 2 \delta y$, $\pm 4 \delta y$ の載荷を各 3 サイクル行った。1/2 縮小モデルはその後、 $\pm 8 \delta y$ 載荷を 3 サイクル、 $\pm 12 \delta y$, $\pm 16 \delta y$, $\pm 20 \delta y$ 載荷を 1 サイクルずつ行った。実大モデルは、上記の $\pm 4 \delta y$ までの載荷の後 $\pm 240\text{mm}$ の載荷を 1 サイクル行った。実大モデルは、アクチュエーターの盛替を行わない範囲での載荷を行ったため、このような載荷ステップとした。

4. 実験結果

両モデルの載荷ステップごとの損傷の様子を図 3, 図 4 に示す。また、荷重-変位曲線を図 5, 図 6 に示す。

両モデルの破壊形式は基部の曲げ破壊モードであった。実大モデルは、 $\pm 4 \delta y$ の 2 サイクル目の載荷時にコンクリートが大きく剥離し主鉄筋の座屈が確認された。一方、1/2 縮小モデルは $\pm 8 \delta y$ の 2 サイクル目で確認された。図 5, 図 6 より、実大モデルは $\pm 4 \delta y$ の 2 サイクル目から、1/2 縮小モデルは $\pm 8 \delta y$ の 2 サイクル目から最大荷重が大きく低下し始めている。これは軸方向鉄筋の座屈が顕著になった時と一致しており、軸方向鉄筋の座屈により耐力が低下することが分かる。ここで、実大モデルは $\delta y = \pm 44.7\text{mm}$, 1/2 縮小モデルは $\delta y = \pm 17.3\text{mm}$ であり、実大モデルの方が δy は相対的に大きかった。これは、ゲージ貼付箇所のひずみが降伏に達した時の変位を δy としているため、純粋な降

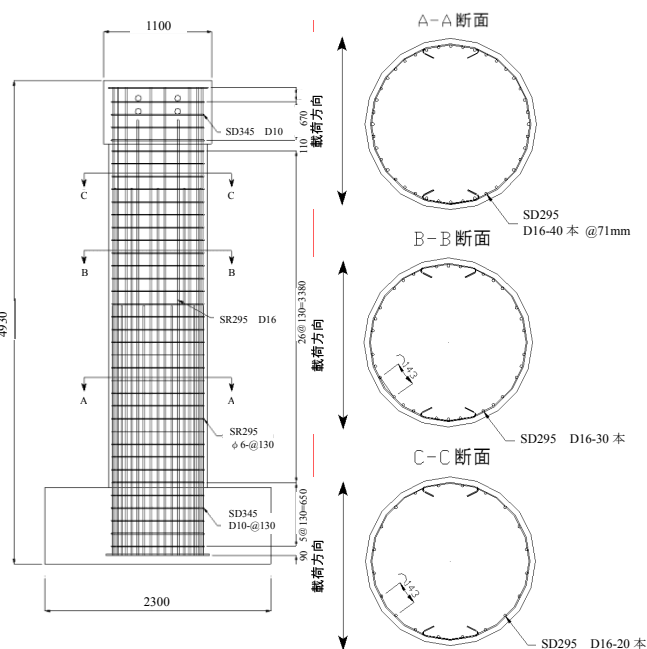


図 2 1/2 縮小モデルの配筋図

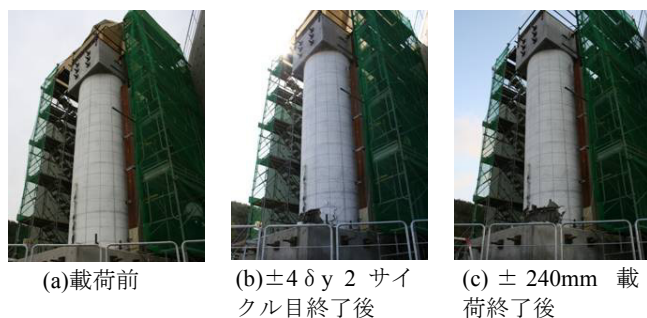


図3 実大モデルの損傷状況

伏変位とは若干誤差があると考えられることと、1/2 縮小モデルの方がコンクリートの圧縮強度が高かったことが原因と考えられる。

また、載荷変位 $\pm 250\text{mm}$ までの実大モデルと 1/2 縮小モデルの荷重－変位曲線の包絡線を図7に示す。ここで、1/2 縮小モデルの結果は、実大モデルの結果と比較するために、変位値を2倍、荷重値を4倍にしてある。

5. 損傷の比較検討

実大モデル、1/2 縮小モデルともに主鉄筋の腹の位置は基部から高さ 500～600mm の位置であり、コンクリートの剥落が生じているのは基部から高さ 800～1000mm までの範囲であった。よって、相対的に 1/2 縮小モデルの方が座屈の生じた長さ（座屈長）と塑性ヒンジの範囲が大きくなった。表1より、1/2 縮小モデルの方が鉄筋径が相対的に大きくなっているが、鉄筋径の大きい方が座屈長と塑性ヒンジ長が長くなるという既往の実験データがある^{1),2)}。座屈長が長いと、座屈に抵抗する帯鉄筋の数量、かぶりコンクリートの量が多くなり、主鉄筋の座屈に抵抗する拘束力が高まる。このため、1/2 縮小モデルの方が座屈の発生が遅くなったと考えられる。また、モデルの寸法効果の影響として、1/2 縮小モデルの方が実大モデルよりも帯鉄筋の曲率が大きいため帯鉄筋による内部のコンクリートの拘束圧が高くなると考えられ、このことも座屈の発生が遅くなったことの要因の一つではないかと考えられる。

しかし、図7より、両モデルは載荷変位 $\pm 180\text{mm}$ 程度の範囲までの荷重－変位曲線の包絡線がよく一致しており、実大、1/2 縮小による違いは見られなかった。 $\pm 180\text{mm}$ より絶対値の大きな変位において 1/2 縮小モデルの方が荷重値の大きくなったことの原因としては、前述のように座屈発生が遅かったことが考えられる。

6. まとめ

(1) 両モデルともに破壊形式は基部の曲げ破壊モードとなり、荷重－変位曲線の包絡線は実大モデル換算で $\pm 180\text{mm}$ 程度の範囲まではほぼ同様になった。

(2) 本検討で行った実験においては、主鉄筋の座屈発生は 1/2 縮小モデルの方が遅く、耐力の低下し始める変位が相対的に大きくなった。1/2 縮小モデルの方が主鉄筋径が相対的に太かったことが原因と考えられるが、帯鉄筋の寸法効果の影響もあった可能性があり、今後も検討が必要であると考えられる。

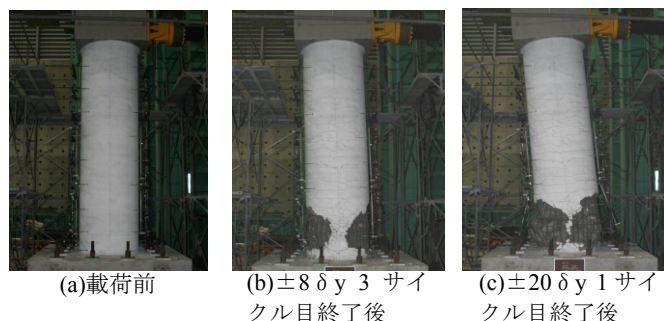


図4 1/2 縮小モデルの損傷状況

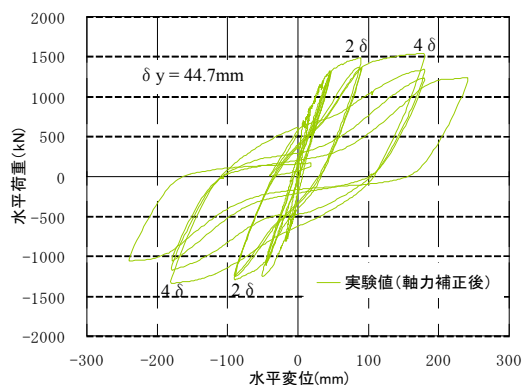


図5 実大モデルの荷重－変位曲線

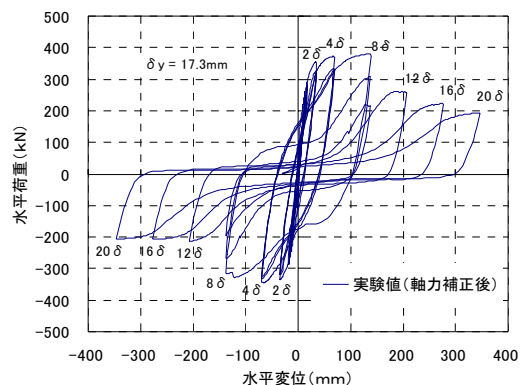


図6 1/2 縮小モデルの荷重－変位曲線

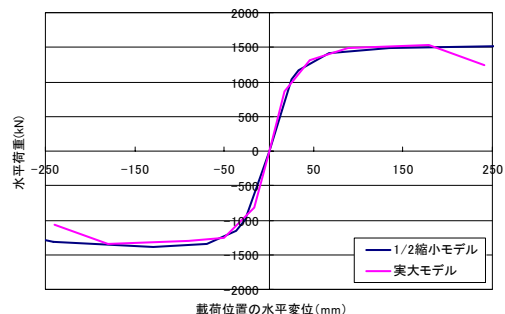


図7 荷重－変位曲線の包絡線(実大モデル換算)

参考文献

- 1) 星隈順一, 運上茂樹, 長屋和宏: 鉄筋コンクリート橋脚の変形性能に及ぼす断面寸法の影響に関する研究, 土木学会論文集 No.669/V-50, 215-232, 2001.2
- 2) 浅津直樹, 運上茂樹, 星隈順一, 近藤益央: 軸方向鉄筋の座屈長が RC 橋脚の塑性ヒンジ長に与える影響, 第3回保耐法に基づく耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 1999.12