

## 修復性を向上させた鉄筋コンクリート橋脚とその動的特性

国土交通省土木研究所 正会員 塩島亮彦  
 国土交通省土木研究所 正会員 運上茂樹  
 国土交通省土木研究所 正会員 星隈順一  
 国土交通省土木研究所 正会員 長屋和宏

### 1. はじめに

鉄筋コンクリート橋脚の部材としての耐震性能を高めるために、塑性変形性能の向上を目的とした研究が多いが、地震後に修復することを予め想定し、仮に修復が必要となるような損傷が生じて、その修復が容易に行えるように配慮することにより耐震性能を高めるという視点からの検討は非常に少ない。そこで、本研究では、構造的な見地から、修復性に優れた鉄筋コンクリート橋脚構造の考案を行い、その橋脚構造の修復前後における橋脚の耐力および変形性能について、正負交番載荷実験により検討を行った。

### 2. 修復性を向上させた鉄筋コンクリート橋脚構造

修復性を向上させるために、本研究で考案した橋脚構造の特徴は次の通りである。まず、橋脚基部の塑性ヒンジとなる区間で、軸方向鉄筋の直径をその上下の断面よりも敢えて細くし、軸方向鉄筋の塑性化がその径を細くした範囲にしか生じないようにした。さらに、残留変位をもどす際に必要な復元力を小さくするために、ここでは、塑性ヒンジの部位にある軸方向鉄筋を切断することを想定している。ただし、仮設支保工の規模を最小限に抑える目的から、軸方向鉄筋を切断し、かつ内部コンクリートの一部までに損傷が進展したような状況下<sup>1)</sup>においても、上部構造の死荷重反力を橋脚断面で確実に支持する必要があることから、本構造では、塑性ヒンジの中心位置に芯棒をコアに配した積層ゴムから構成される軸力保持材を配置している。

### 3. 実験の概要

(1) **模型供試体** 図-1は、実験に用いた模型供試体の諸元を示したものである。軸方向鉄筋にはD16を48本用いているが、橋脚基部からの高さが100mmの断面から600mmの断面までの区間では、鉄筋径を細くしD10を使用している。

軸力保持材は、全高が644mmで、10mmの積層ゴムと38mmの鋼板を交互に積み重ねた構造となっており、軸方向鉄筋の径を細くした領域の断面中心位置に設置した。また、芯棒としては直径38mmの丸鋼を用い、橋脚躯体の中心位置とフーチングの中心位置がずれないように、軸力保持材の上下に十分な定着長を確保した。

#### (2) 載荷の手順と損傷部の補修

a) 与損傷載荷 実験では、まず供試体に軸方向鉄筋の座屈やかぶりコンクリートの剥離が生じる程度の損傷を与えるために、降伏変位 $\delta_y$ の整数倍毎に正負交番載荷を行った。この結果、 $5\delta_y$ の2サイクル目の載荷中に軸方向鉄筋の座屈に伴いかぶりコンクリートの剥離が生じた。本実験では、損傷の状況を観察しながら、 $6\delta_y$ の変形を1サイクルだけ与えた段階で載荷を終了した。計測された水平力-水平変位の履歴曲線を図-2に示す。

b) 残留変位の除去  $6\delta_y$ の変形を1サイクルの載荷を終えた段階で、軸力は載荷したままで、水平加振機に作用している水平反力のみを除荷し、残留変位を生じさせた。その結果、約13mm程度の残留変位が生じた。そして、その状態で、フランジ面の軸方向鉄筋を、座屈の腹となっている位置付近で全て切断した。その後、軸力を作用

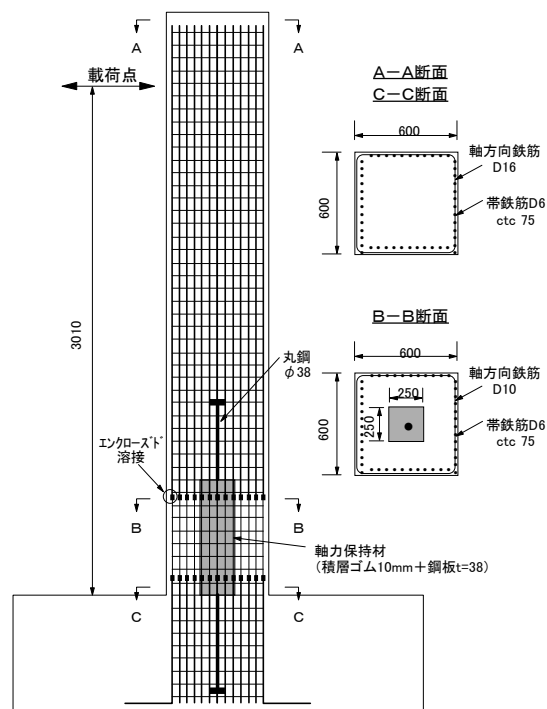


図-1 模型供試体の諸元

キーワード：鉄筋コンクリート橋脚、耐震性能、修復性、正負交番載荷実験

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 Tel0298-64-4966 Fax0298-64-4424

させた状態のまま、残留変位を 0 に戻すための载荷を行い、それに必要な復元力の計測を行った。

c) 損傷部位の補修 補修は、まず軸方向鉄筋の径を細くした区間のかぶりコンクリートをはつり、帯鉄筋を取り外した後、D10 の軸方向鉄筋を切断して撤去した。この時、内部コンクリートもおよそ 30mm 程度だけはつた。次に新しい D10 の鉄筋を、既存の D16 の鉄筋とエンクロード溶接により接合した。帯鉄筋は、両端に 135 度フックをつけて L 型に加工した鉄筋を 2 本組み合わせることにより設置した。その後、型枠を取り付け、はつった部分に無収縮モルタルを打設して補修作業を終えた。

d) 補修した供試体に対する再载荷実験 補修した供試体を再度試験装置にセットアップし、与損傷载荷と同様に正負交番载荷実験を行った。ただし、再载荷実験では、水平力が大きく低下するまで载荷を続けた。

#### 4. 残留変位の除去とそれに必要な復元力

図-3 は、残留変位を除去する際に計測された水平力 - 水平変位の関係である。図-2 より、この橋脚に  $6\delta_y$  の水平変位に相当する最大応答の後に残留変位が生じた場合に、その残留変位を戻すための復元力が少なくとも約 35kN (最大水平耐力の約 19%) は必要であることが分かる。しかしながら、図-3 からわかるように、残留変位を 0 とするために要した水平力は約 20kN (最大水平耐力の約 11%) であった。これは、当然のことではあるが、フランジ面に配置された軸方向鉄筋を切断したことによる効果である。

#### 5. 補修後の橋脚の耐力と変形特性

補修後の供試体にする正負交番载荷実験により得られた水平力 - 水平変位関係の履歴曲線を図-4 に示す。これより、弾性域での挙動に着目して図-2 の与損傷载荷の結果と比較すると、曲げ剛性はほぼ等しいことがわかる。これは、塑性化した区間の軸方向鉄筋が適切に取り替えられていることを示している。一方、塑性域での挙動に関しては、補修後の供試体では、降伏後の 2 次剛比が 0 に近く、与損傷载荷時よりも最大耐力が 10% 程度小さくなっている。これは、 $6\delta_y$  の変形に及ぶ与損傷载荷により、芯棒が部分的に降伏したり、端部の定着が若干緩んだりした影響があるのではないかと推察される。また、損傷が一方のフランジ面で先行して進むとともに、軸方向鉄筋の座屈が与損傷载荷時よりも約  $1\delta_y$  の変位相当分だけ早く生じ、その結果、水平力が低下し始める時の水平変位も小さくなっている。これは、コンクリートの補修に無収縮モルタルを用いたことが原因のひとつではないかと考えられる。

#### 6. まとめ

軸方向鉄筋が塑性化する範囲を限定させるとともに、死荷重による軸力が作用する状況下でも、小さな復元力で残留変位が除去できるようにするために、軸力保持材を配置した橋脚構造を考案した。そして、補修後も補修前と同じ曲げ剛性を有する耐荷特性があることを確認した。ただし、はつり落としたかぶりコンクリート部の補修に無収縮モルタルを用いたこと等の影響により、塑性域における水平力 - 水平変位の履歴曲線には若干の変化が見られた。

#### 参考文献

- 1) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の震災復旧・耐震補強技術と事例

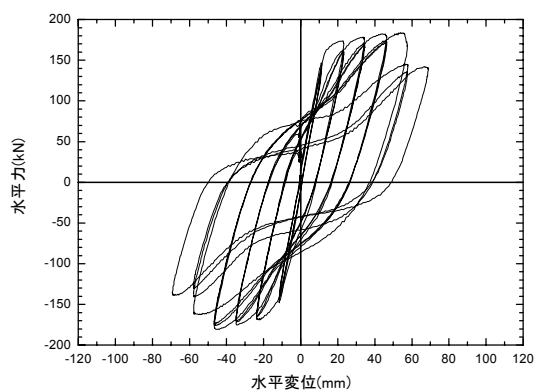


図-2 与損傷载荷時の水平力-水平変位曲線

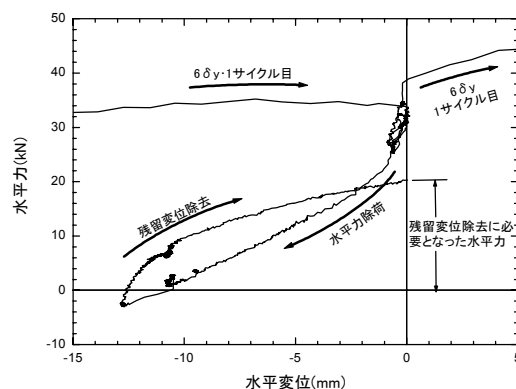


図-3 残留変位除去時の水平力-水平変位曲線

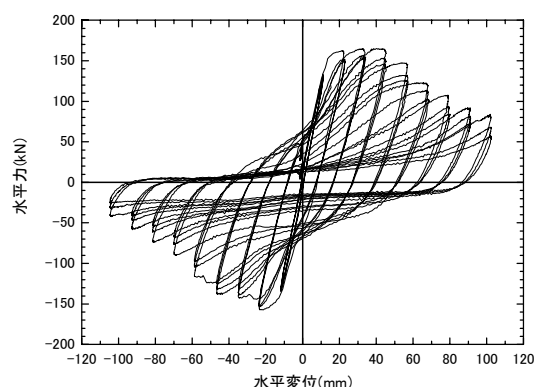


図-4 修復後载荷時の水平力-水平変位曲線