

### 耐震補強された RC 橋脚における杭基礎の地震応答性状に関する研究

埼玉大学 学生会員 ○竹本 雄一郎  
 埼玉大学 フェロー会員 睦好 宏史  
 埼玉大学 正会員 牧 剛史  
 埼玉大学 学生会員 阿部 正和

#### 1. 研究背景・目的

既設RC橋脚にRC巻立て補強を施した後に大地震を受けた場合、橋脚の耐力の増加に伴い基礎に損傷が移行する可能性が考えられる。本研究では杭の損傷量を詳細に検討するとともに、杭基礎と橋脚の耐力比が変化した場合に、杭基礎の塑性応答がどのように変化したかを検討した。

#### 2. 補強した RC 橋脚の地震応答解析

対象とした構造物を図-1に示す。杭基礎は実地盤に杭長13m、杭径30cmのPHC杭2本を0.9m間隔で打設し、高さ1.45mのフーチングに杭を0.5m埋め込むことにより作製した。この構造物を橋脚バネ、地盤バネ、2次元梁要素から成る骨組みモデル(図-2)でモデル化した。ここで橋脚および地盤バネの復元力特性を最大点指向Bi-Linearモデルで定義し、地盤バネの初期剛性、折れ点については道路橋示方書同解説に基づいて設定している<sup>1)</sup>。また、杭体のモーメント-曲率関係を原点指向型のトリリニアモデル(図-3)で仮定した。解析パラメータは橋脚と基礎の降伏耐力比(=杭基礎の降伏耐力/橋脚の降伏耐力)とし、基礎の耐力を一定のまま橋脚の耐力を変化させた。この際、橋脚にRC巻立て補強を施すことを想定し、橋脚の降伏変位を一定のまま降伏荷重を変化させた。杭基礎の降伏は全ての杭列において杭が降伏する時と定義する。入力地震波は神戸海洋気象台で観測された兵庫県南部地震の地表面波NS成分の主要動部分4秒間を取り出し、時間軸を0.5倍、振幅を1.44倍に調整して地盤バネに入力した。

#### 3. 地震応答解析結果

図-4に杭基礎と橋脚の降伏耐力比と橋脚バネ、スウェイ、ロッキングの塑性率の関係を示す。ここでスウェイ、ロッキングとはフーチング重心位置の水平および回転運動を表す。また、塑性率は最大応答変位を降伏

変位で除した値とし、1.0以下の場合には未降伏であることを示す。解析結果を見ると橋脚と基礎の耐力比が小さくなるに従い、杭基礎の塑性率が大きくなる傾向が見られた。本研究で対象とした橋梁の場合、特に基礎の水平変位が大きくなっており、耐力比が1.5以下にな

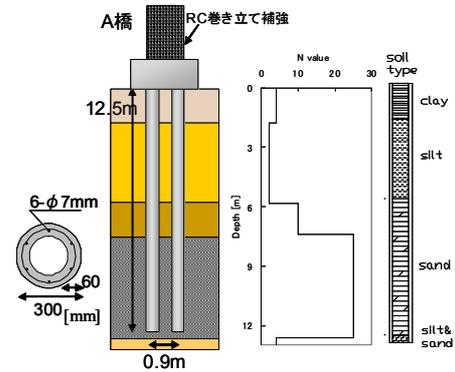


図-1 対象構造物

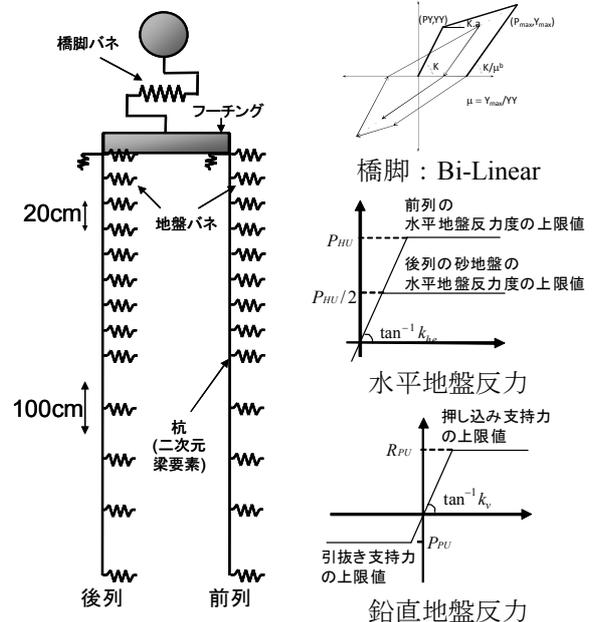


図-2 解析モデル

ると基礎が降伏している。それに伴い、橋脚の塑性応答が減少し、橋脚の塑性率が1.0を下回ると基礎の塑性率は横ばいの傾向を示している。これは構造物を全体系で考えた場合に、橋脚の耐力が過度に増大すると、

キーワード 橋脚と杭基礎の動的相互作用 構造物全体系 耐震補強 地震被害

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学建設材料研究室 TEL 048-858-3427

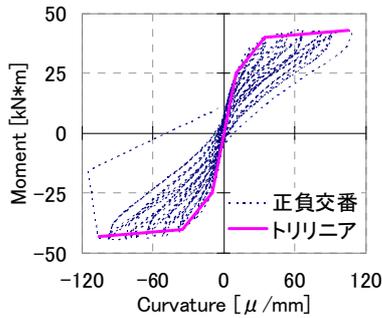


図-3 モーメント曲率関係

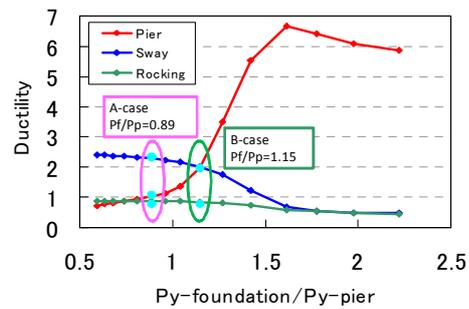


図-4 杭基礎と橋脚の降伏耐力比と各塑性率の関係

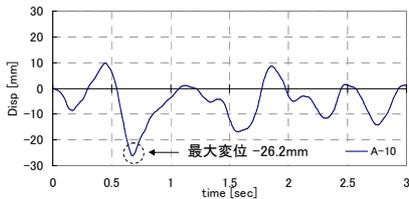


図-5 入力変位 (A-case)



写真-1 損傷状況 (A-case)

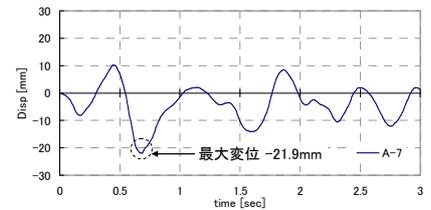


図-6 入力変位 (B-case)

杭基礎に損傷が集中する現象を表している。橋脚に耐震補強を施す際、全体系でのエネルギー吸収、応力分担を把握し、意図的に補修・補強が容易な橋脚基部に損傷を誘発することが重要である。今回のケースでは杭基礎の降伏を抑制するためには、耐力比を1.5以上とすることが必要である。この時橋脚の損傷を所定のレベルに抑えるためには、橋脚の靱性率が6.7以上必要である。

#### 4. 杭の載荷実験

##### (1) 実験概要

杭体がどのような損傷をするのかを視覚的な実験により検証するために、最も大きな曲率が生じる杭頭部分を上下逆に模擬した供試体を作製し、地震時の杭の応答を再現する載荷試験を行った。載荷の対象範囲は杭頭からモーメント分布が0に近づく点までとし、フーチングから1.0mとした。フーチング表面から1.0mの位置に変位制御で載荷し、地震時の杭の変形を再現している。地震応答解析結果から得られた変位から、杭軸直角方向の変位分を算出したものを入力変位とした。実験対象としたのは、降伏耐力比=0.89 (A-case) と、降伏耐力比=1.15 (B-case) の2ケースとした。

##### (2) 実験結果 A-case (降伏耐力比=0.89)

図-5にA-caseの入力変位を示す。0.44秒で載荷点の入力変位が-8.5mmに達し、杭体基部に大きなひび割れが生じた。0.68秒で最大変位の-26.2mmに達し、杭体基部から約28cmの位置にひび割れが生じた。しかし、その後載荷終了まで、杭体基部のひび割れ幅が増大するのみで他の部位にひび割れは発生しなかった(写真-1)。こ

れは杭体基部のひび割れにひずみが集中してしまい、基部で回転するように変形したためと考えられる。実験終了後に単調載荷試験を行った結果、26mmまで載荷した時点でPC鋼棒が破断した。PC鋼棒の破断を終局と定義すれば、杭体はほぼ終局まで達していたと言える。

##### (3) 実験結果 B-case (降伏耐力比=1.15)

図-6にB-caseの入力変位を示す。A-case同様に杭体基部に塑性ヒンジが形成され、基部のひび割れが大きく開く局所的な損傷を示した。実験終了後に単調載荷試験を行うと変位が35mmでPC鋼棒の破断に至った。橋脚と基礎の耐力比が同程度であれば杭体は損傷するものの、終局に至るまでに高い靱性能を持つと言える。

#### 5. 結論

1) RC橋脚を耐震補強し、橋脚の耐力が過度に増大した場合には基礎に損傷が移行する現象が見られた。地震時に基礎の降伏を抑え、橋脚の損傷を所定のレベルに抑えるためには、本研究の場合、橋脚と基礎の耐力比を1.5以上、橋脚の靱性率を6.7以上にすることが必要である。

2) 杭基礎が損傷する場合、杭体基部において局所的に損傷し終局近くまで損傷するが、橋脚と基礎の耐力比が同程度であれば杭体は比較的高い靱性能を有する。

#### あとがき

本研究は科学研究費補助金(基盤研究(B))で行ったものである。

#### 参考文献

1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 下部構造編, 日本道路協会, 2002.3