既設道路橋フーチングに対するあと施工 PC 鋼材によるせん断補強効果の確認載荷実験

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○楊 勇 坂下 学 河野 哲也 七澤 利明 (非会員)

1. **はじめに** 既設道路橋の耐震補強において橋脚の耐震補強を行った場合,構造系全体の中で最も耐震性能が低い部 位に損傷の発生が移行し基礎が先に破壊する恐れがある。既設道路橋全体の耐震性能を向上させるため,橋脚と同様に 基礎の耐震補強を行う必要も生じる場合が考えられる。また,過去の地震において,フーチングに大きな損傷が生じた 例は確認されている。そこで,本研究では,杭基礎におけるフーチング部分を対象とし,あと施工鉛直 PC 鋼材による せん断補強効果を確認するために載荷実験を実施した。

2. 供試体の概要¹⁾ 載荷実験におけるフーチング供試体として,昭和40年~50年に設計された場所打ち杭基礎を想定 し,せん断補強の有無をパラメータとして計 2 体のせん断破壊先行型供試体(CB1:補強なし;CB2:補強あり)を設 計・作製した。供試体の寸法は,実物の約 1/3 のスケールとなるように決めた。また,配筋は当時の実橋の配筋図や標 準設計集を参考に決定した。両供試体の寸法・配筋詳細はCB1とCB2で同様である(図1)。平成14年版道路橋示方書 Ⅲ², IV³に基づいて,物性値に規格値を用いて算定した場合のフーチングの降伏曲げモーメントは856kN.m となり(両 供試体の上面・下面引張共通),降伏曲げモーメントに達する時の水平荷重は2684 kN となる。また,供試体CB1及び CB2において,下面引張の場合のフーチングのせん断耐力を算定するとそれぞれ1800及び1992kN となり,せん断耐力 に達する時の水平荷重はそれぞれ1532及び1706 kN となる。

供試体 CB2 において, せん断補強鋼材として, 1 本あたり 100kN のプレストレスを導入した PC 鋼材を使用し計 18 本の鉛直方向に配置した(図1)。また, 現実の補強工事を想定し, フーチングの上面から下面にかけて鉛直の掘削孔を 設け, そこに PC 鋼材を設置してプレストレスを導入する方法で施工した。PC 鋼材の下端はフーチング下面軸鉄筋の上 側で定着させている。また, コンクリート内部の応力計測のため, D13 のスターラップ筋を10 本配置した(図1)。

3. 載荷実験の概要¹⁾ 図2に示すように,PC 鋼棒を用いて供試体に上部構造及び下部構造躯体分の死荷重(600kN) を作用させた状態で柱部に単調水平荷重を作用させた。なお、杭先端はボルトで床に固定した。また、水平荷重の作用 位置は、両供試体においてせん断破壊が生じるように設定し、フーチング上面から1m上の位置とした。

4.載荷実験の結果

4.1 **ひび割れ分布** 載荷終了時の供試体のひび割れ分布を図3に示す。供試体CB1において、フーチング上面のひび割 れ及び側面のひび割れは、それぞれ柱引抜側端部のフーチング曲げ照査断面付近及びフーチング押込み側に集中した。供 試体CB2において、フーチング上面のひび割れは、柱引抜側端部付近の掘削孔の周辺に発生し、フーチング側面のひび割 れは、ほぼ全側面に発生した。また、両供試体のフーチング側面に生じたひび割れの傾向を比較すると、供試体CB1では 斜めのせん断ひび割れが支配的であったことに対して、供試体CB2では曲げひび割れが支配的であったことが分かる。

4.2 荷重—変位の関係 両供試体の載荷位置における載荷荷重—水平変位の関係を図4に示す。供試体 CB1 及び CB2 において,最大荷重はそれぞれ 2026,2005kN となり,算定したせん断耐力に達する時の水平荷重との比率は



キーワード 既設フーチング, せん断補強, 鉛直プレストレス

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

それぞれ 1.32, 1.18 となる。 柱の引抜側端部付近のフー チング上面鉄筋が降伏し始 める前の各損傷イベント発 生時の変位は両供試体にお いてほぼ同様である。それ に対して,各損傷イベント 発生時の載荷荷重は,供試 体 CB2 の方がやや小さか った。その原因の一つとし て,PC 鋼材設置用の掘削孔 の影響によりフーチングの 曲げ剛性や耐力が低下した ことが考えられる。

柱の引抜側端部付近のフ ーチング上面鉄筋が降伏し 始めた時の載荷点位置での 変位を δy とすると,供試体 CB1 及び CB2 において最 大荷重時に生じる変位は,



それぞれ 1.54δy 及び 3.04δy となる。あと施工鉛直 PC 鋼材によりせん断補強した供試体 CB2 が CB1 より大きな変形能 を有することが分かる。また、計測した供試体 CB2 の軸方向鉄筋のひずみから、荷重が最大値になるまでにフーチング 上面鉄筋(柱の引抜側端部付近)と下面鉄筋(押込み側端部付近)は降伏したことが確認できた。さらに、曲げひび割 れの進展状況や最大荷重時に生じた柱の引抜側端部付近のコンクリート剥離(図3)を考慮すると、あと施工 PC 鋼材の 導入により供試体の破壊パターンがせん断破壊から引張曲げ破壊に移行したものと考えられる。

4.3 荷重---ひずみの関係(スターラップ筋) フーチングの押込み側における鉄筋 F7-①-18 及び F7-②-18 の中央部(図 1 参照)を代表として、載荷荷重--スターラップ筋ひずみの関係を図 5 に示す。供試体 CB1 では、せん断ひび割れが観察される直前にスターラップ筋のひずみが急増している。それに対して、供試体 CB2 では、せん断ひび割れが観察される直前からひずみの増加傾向が見られるが、供試体 CB1 と比べて増加の程度が小さい。このことから、あと施工 PC 鋼材がせん断力に対してある程度効果を発揮していたものと考えられる。

4. 4 荷重--ひずみの関係(鉛直 PC 鋼材) フーチングの押込み側における PC 鋼材 N6-1~4 の中央部(図1参照) を代表として、載荷荷重--鉛直 PC 鋼材ひずみの関係を図6に示す。水平方向の載荷を開始する時、鉛直 PC 鋼材のひず みをゼロとした。せん断ひび割れが観察された時に、鉛直方向に配置された PC 鋼材に圧縮ひずみが生じた。また、除 荷時に PC 鋼材に生じた最大圧縮ひずみがほぼそのまま残った。その原因としては、載荷過程において PC 鋼材の付着が 徐々に喪失し、導入したプレストレスが失われていったことが考えられる。4.2、4.3 の結果と合わせると、プレストレ スの導入によるせん断補強効果は確認されなかったものの、せん断補強鋼材としてのせん断補強効果がある程度発揮さ れたものと考えられる。

5. まとめ 杭基礎フーチングに対してあと施工の鉛直 PC 鋼材導入によるせん断補強効果を載荷実験より確認・検 証した。その結果, PC 鋼材がせん断補強鋼材として補強効果がある程度発揮されたものの, 掘削孔の影響によるフーチ ングの曲げ剛性や耐力の低下などの課題も挙げられる。今後, これらの知見に基づいて既設フーチングのせん断補強方 法について引き続き検討する予定である。

参考文献 1) (独) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター:アルカリシリカ反応による損傷を受けたフーチングに対する 損傷度評価及び補修・補強方法に関する研究,土木研究所資料第 4304 号, 2015.3. 2)(社) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説Ⅲ コンクリート橋編,丸善, 2002.3)(社) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編,丸善, 2002.