

Ⅲ-B41 杭とフーチングとの結合方法に関する一考察

建設省土木研究所 正会員 大越盛幸 正会員 木村嘉富
同 上 正会員 阪野 彰 正会員 福井次郎

1. まえがき

杭とフーチングの結合方法として、道路橋示方書ではフーチングへの埋め込み長により、方法Aと方法Bとを示している。従来、結合方法Bを用いた場合のフーチング内への鉄筋の定着長としては、震度法レベルの地震を対象に許容付着応力度により鉄筋の許容引張り応力度を伝達できる長さ L_o とし、一般的な部材では 35ϕ （ ϕ ：軸方向鉄筋の直径）が用いられてきたが、平成8年に改訂された道路橋示方書では、コンクリート標準示方書（土木学会）の考え方を導入し、 $L_o + d/2$ （ d ：部材の有効高さ）に改めた。しかし、地震時保有水平耐力法による設計を行う場合、結合鉄筋のフーチング内への必要定着長については実験的には明らかとされていない。

筆者らは杭頭結合部における耐力・変形性能の評価法を確立するために、各種構造の結合部について載荷試験を行っている¹⁾。その中で、同一杭体を用いて結合鉄筋の定着長のみを変化させた場合についても試験しており、ここでは、その結果を基に結合鉄筋の定着長について考察する。

2. 杭頭結合部の載荷試験

検討対象とした載荷試験の概要を図-1に示す。直径600mmの杭を用い、変位制御による正負交番載荷試験を行った。杭体に極力損傷を生じさせず結合部のみで主たる非線形性が生じるよう、杭体としてSC杭を用いた。フーチング内への杭の埋め込み長は道路橋示方書にしたがって100mmである。結合筋としてはSD295D25の鉄筋を13本用いており、杭先端からフーチング内への定着長を変化させた2ケースについて試験を行った。ケース1の定着長は鉄筋径の35倍である875mmとし、ケース2はこれに杭の外径の1/2を加えた1,175mmとしている。なお、材料試験の結果、結合筋として用いた鉄筋の降伏点は平均で $3,921\text{kgf/cm}^2$ 、フーチングコンクリートの圧縮強度は平均で 310kgf/cm^2 であった。載荷方法や計測項目など載荷試験の詳細は、文献1)を参照されたい。

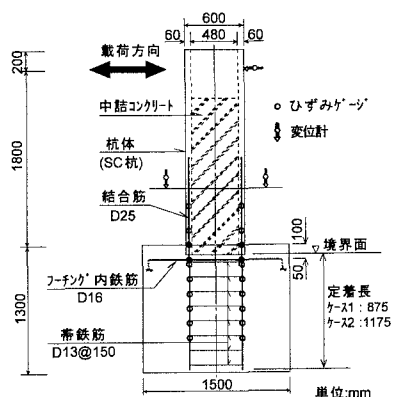


図-1 載荷試験の概要

3. 定着長に関する考察

(1) 水平荷重～水平変位の関係

ケース2の載荷試験における水平荷重～水平変位の履歴曲線を図-2に示す。図中には定着長を 35ϕ としたケース1の包絡線も破線で示している。両ケースの包絡線を比較すると、結合鉄筋が破断した水平変位35mm以降は異なっているものの最大荷重、初期勾配とも同程度であり、定着長の違いが結合部の剛性および耐力に及ぼす影響は認められない。

(2) 結合筋のひずみ分布

各水平変位における結合筋のひずみ分布を図-3に示す。鉄筋のひずみが降伏ひずみに達した区間は、降伏水平変位

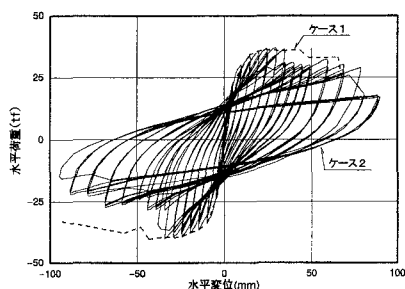


図-2 水平荷重～水平変位履歴曲線

キーワード：既製杭、杭とフーチングとの結合、鉄筋の定着
連絡先（茨城県つくば市旭1番地・Tel 0298-64-4916・Fax 0298-64-0565）

1 δ_y においては杭端部の境界面付近のみであるが、水平変位の増加に伴ってその区間がフーチング内に拡大しており、鉄筋とコンクリートの付着が切れていると考えられる。このことは、既往の橋脚の載荷試験においても軸方向鉄筋は定着したフーチング内のある程度の範囲にわたり降伏していることが確認されていることから類推される。鉄筋の破断はケース1では10 δ_y で、ケース2では7 δ_y でそれぞれ生じているが、このときには結合筋が降伏した範囲は、杭とフーチングとの境界面から30～35cm程度となっている。

ケース1とケース2の鉄筋のひずみ分布を比較すると同様な形状となっており、定着長が35 ϕ であっても十分結合筋の引張り力をフーチングコンクリートに伝達しているといえる。

(3) コンクリートの付着強度

結合筋のひずみより鉄筋の引張り力を求め、引張り力の軸方向の変化からコンクリートの平均付着応力度を算定した。鉄筋が降伏していない区間である境界面から400mm～550mmの区間における平均付着応力度の最大値は、ケース1で58kgf/cm²、ケース2で47kgf/cm²であった。これらの値は、道路橋示方書で規定されている許容付着応力度16kgf/cm² ($\sigma_{sk}=300\text{kgf/cm}^2$) の約3倍の大きさである。

コンクリートの付着強度としてケース1で測定された58kgf/cm²を用いると、結合鉄筋の降伏点3,921kgf/cm²を確保するための定着長は422mmとなる。ここで、ケース1の定着長は875mmであるが、境界面から350mmの位置まで付着が切れたとしても、それ以深の定着長525mmにより鉄筋の引張り力をフーチングコンクリートに伝達できることとなる。

(4) 杭の伸び出し

載荷試験においては杭頭部の平均曲率を求めるために、杭の両側に鉛直方向の変位計を4つ取付けている（図-1参照）。この鉛直方向の変位計の平均値として求めた杭の伸び出し量と、載荷位置での杭の水平変位との関係を整理すると図-4となる。水平変位の増加に伴い杭全体が上方に伸び出しているが、これは主として境界面付近の結合筋の伸びによるものであり、定着長の相違による差は認められない。

4. あとがき

杭頭結合方法Bにおいて、結合筋の定着長を変化させた載荷試験結果を整理した。その結果、フーチング内のある範囲まで鉄筋とコンクリートの付着が切れ、鉄筋の定着長としてはこの深さから、付着により必要となる定着長を確保する必要がある。ただし、今回の試験では、定着部のフーチングは鉄筋により十分拘束されているため、微小な亀裂が生じている程度であり、付着強度は従来の許容付着応力度とくらべてかなり大きい値となった。今回の試験においては、許容応力度法レベルで定めた定着長で地震時保有水平耐力法としての定着も十分であったが、設計で用いるコンクリートの付着強度についてはさらに検討が必要と考えられる。

参考文献 1) 阪野彰, 大越盛幸, 木村嘉富, 福井次郎: 杭とフーチングの結合部の耐力・変形性能に関する載荷試験, 第1回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演会論文集, 土木学会, 1998年1月。

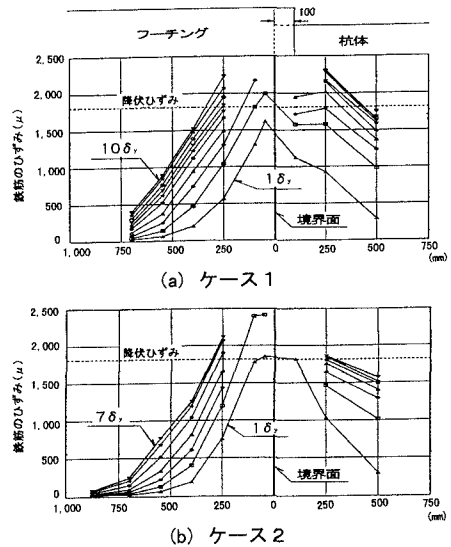


図-3 結合鉄筋のひずみ分布

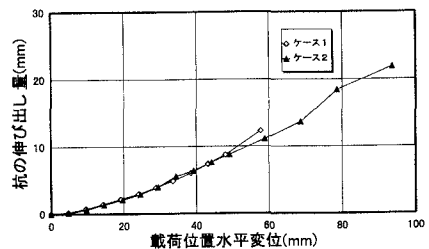


図-4 杭の伸び出し量の比較