

## 杭の損傷形態の違いがフーチング縁端部の損傷に及ぼす影響

(株)長大 正会員 ○佐藤 崇 九州工業大学 正会員 幸左 賢二  
 独立行政法人土木研究所 正会員 白戸 真大 熊本県 正会員 木下 和香

### 1. はじめに

一般的な橋梁において図-1 に示す様に、縁端距離を道示規定値(杭径の0.5倍)から首都高基準(25cm)へと小さくすることができれば、フーチング1基あたり10~20%程度コンクリートの体積を削減することができる。しかし縁端距離を小さくすることで水平方向の押し抜きせん断破壊の発生が懸念される。しかし、L2地震時に組杭のような水平力・軸力・曲げモーメントが杭とフーチングの接合部に作用する際の、フーチング部の損傷評価に関する研究は少ない。本検討では、L2地震時のフーチング縁端部の損傷形状に着目し、杭の損傷が、フーチング縁端部における水平押し抜きせん断損傷の形態に及ぼす影響を把握することを目的に、土木研究所で行われた場所打ち杭の組杭供試体実験を基に、実験と同様の杭の損傷(図-2においてB杭側のコンクリートの圧壊)を模擬したCase1と、杭に損傷が生じない場合を想定したCase2の2種類の解析モデルを用いてFEM解析を実施した。

### 2. 実験概要及び解析概要

実験供試体は実際の道路橋橋脚の場所打ち杭基礎(2x2本群杭)の橋脚から杭体までを模擬したものである。本検討対象実験ではコンクリート実圧縮強度は杭体が42.0N/mm<sup>2</sup>、フーチングが23.7N/mm<sup>2</sup>である。支持条件は杭先端をヒンジ固定とし、供試体を横に寝かせた状態で載荷し、実験は橋脚部に鉛直方向の軸力1800kNを裁荷した上で水平方向に変位制御の正負交番載荷としている。図-2に解析モデル形状を示す。モデル形状、配筋は実験供試体と同様とし、支持条件は杭先端を全方向固定、フーチングの一面をY方向固定としている。解析は橋脚部に鉛直方向に1800kN相当の等分布荷重を載荷した状態で、水平力を変位制御の一方載荷としている。要素はコンクリートで8節点ソリッド要素を使用し、鉄筋は埋め込み鉄筋要素を用い、コンクリートとは完全付着としている。

### 3. 実験結果及び解析結果 (Case1)

ここではまず、実験を模擬したCase1の解析結果から、フーチング縁端部の損傷状態の再現性について検討した。図-3に実験と解析の載荷点位置における荷重-変位関係を示す。実験結果には正方向載荷の包絡線を用いている。杭主鉄筋降伏時に着目すると、荷重、変位共にほぼ一致した。実験では杭主鉄筋降伏後も変位が進展し、1.6δ<sub>y</sub>になると荷重はピークを迎え、B杭の圧縮縁かぶりコンクリートが剥離し抵抗力が減少したため、その後荷重は低下し、4δ<sub>y</sub>時に降伏

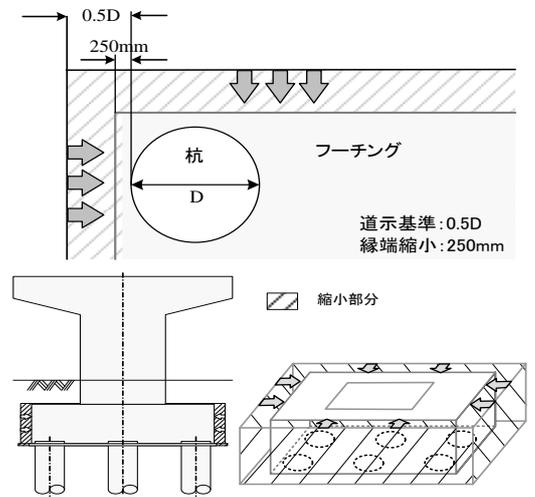


図-1 縁端距離の縮小

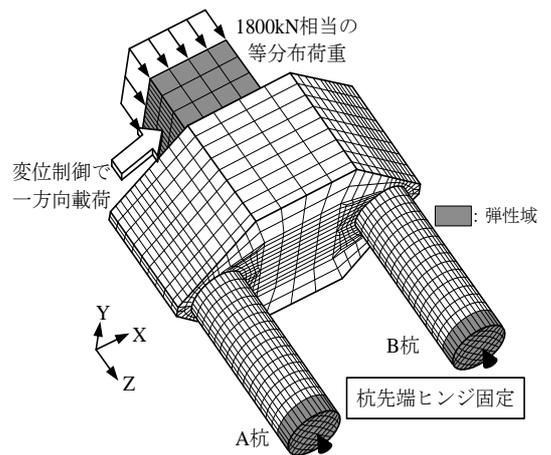


図-2 解析モデル図

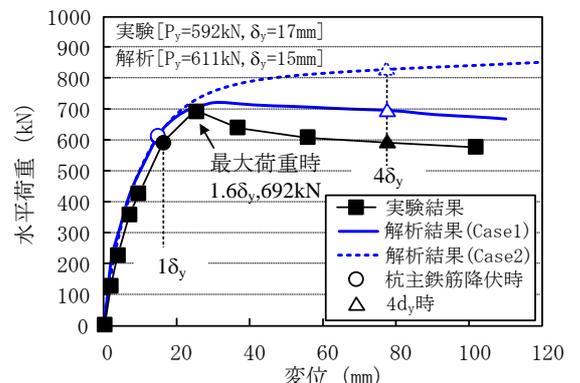


図-3 載荷点位置での荷重-変位関係

キーワード フーチング, 場所打ち杭, 縁端距離, 水平押し抜きせん断耐力

連絡先 〒810-0004 福岡県福岡市中央区渡辺通 1-1-1 サンセルコビル 6F TEL.092-737-8362

荷重まで低下した。一方、解析では、 $1.6\delta_y$  に B 杭側圧縮縁コンクリートが圧壊レベルの  $3500\mu$  を超え、かつ圧縮鉄筋も座屈開始ひずみ  $8000\mu$  に達したため、荷重ピークを迎え、変位の進展とともに荷重が微減した。

図-4 に  $4\delta_y$  時のひび割れ図と鉄筋ひずみ分布を示す。図に示すフーチングは、A 杭側のフーチングである。解析では、ひび割れ幅が  $0.05\text{mm}$  以上の範囲をひび割れ発生範囲と仮定した。図より、後面部のひび割れは解析では確認できなかったが、前面部と中央部の範囲では、実験でフーチング側面から上面まで進展したひび割れと、解析のひび割れ発生範囲が拡大した位置は類似している。また、A-A' 断面の鉄筋ひずみは、実験で  $700 \sim 1600\mu$ 、解析で  $400 \sim 1900\mu$  となり、杭中央断面のフーチング下面鉄筋のひずみ分布の進展傾向は実験結果と類似している。以上の結果より、今回の解析では実験と同様のフーチング損傷状況を概ね再現できたと考えられる。

4. 杭の損傷がフーチング縁端部に及ぼす影響

ここでは、コンクリートと鉄筋のひずみに着目し、杭の損傷がフーチング縁端部における水平押し抜きせん断損傷の形態に及ぼす影響について検討を行う。なお、実験結果のフーチング縁端部の損傷状況から、水平押し抜きせん断による想定破壊面をフーチング縁端部から  $45^\circ$  方向で生じるとした。図-5 に  $4\delta_y$  時のフーチング側面とフーチング中央部のコンクリートの最大主ひずみ分布図を示す。図より両ケースともに想定破壊面に沿ってコンクリートの引張側材料モデルにおける、引張応力を負担しなくなる  $2730\mu$  以上の最大主ひずみ分布が形成されており、2つの想定ケースにおいてフーチング縁端部の損傷形態に大きな変化は見られない。一方、図-6 に示す、想定破壊面近隣のフーチング下面の鉄筋ひずみは、両ケースともに水平変位の増大により鉄筋ひずみも増大し、想定破壊面に沿って破壊面が形成され则认为される。

以上より、Case1 と Case2 では、フーチング縁端部における水平押し抜きせん断損傷の損傷形態に対する傾向は大きく変わらないと考えられる。

5. まとめ

(1) FEM解析の結果より、荷重-変位関係およびフーチング側面のひび割れ状況、フーチング下面鉄筋のひずみ分布は概ね一致しており、実験で見られた損傷状況を再現することができた。  
 (2) 杭の損傷の有無に関わらず、変位の増大に伴いフーチング下面鉄筋が増大し、かつ、フーチング内部および側面のコンクリートのひび割れが進展することにより、推定破壊面である  $45^\circ$  破壊面で水平押し抜きせん断損傷が進行していくと考えられる。

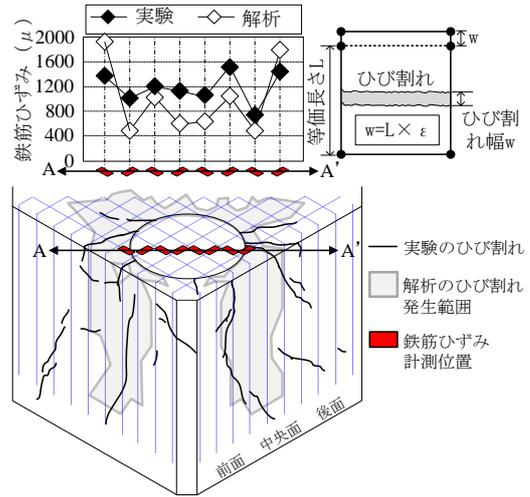


図-4 フーチング損傷と鉄筋ひずみ分布図 (Case1)

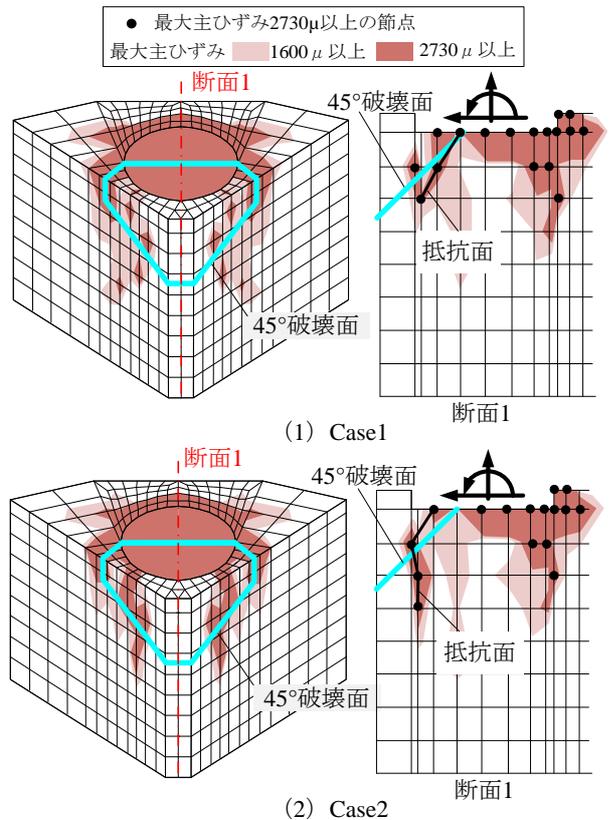


図-5 破壊面とコンクリートの最大主ひずみの比較

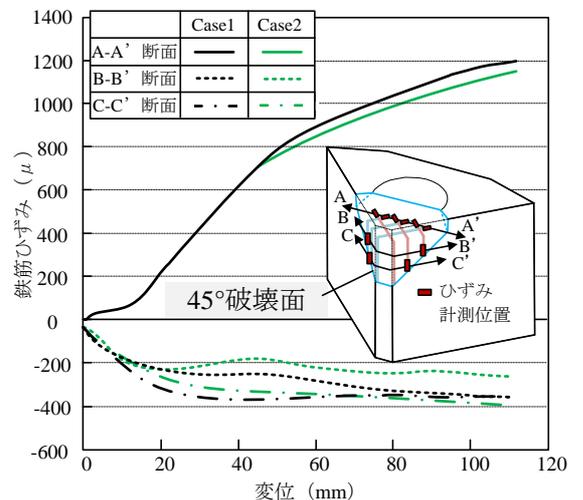


図-6 破壊面と鉄筋ひずみの進展傾向