

縁端部を縮小した組杭の正負交番載荷実験の評価

九州工業大学

学生会員 ○木下 和香

九州工業大学

正会員 幸左 賢二

大日本コンサルタント(株)

正会員 清水 英樹

独立行政法人土木研究所

正会員 白戸 真大

1. はじめに

近年、フーチング寸法の縮小や土留め、掘削量の低減を目的として、フーチングの縁端距離を縮小して施工される場合がある。一般的な橋梁において縁端距離を道路橋示方書規定値(0.5D)から首都高基準(25cm)へと縮小させることができれば、1フーチングあたり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、縁端距離を縮小させ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。そこで、本研究では土木研究所が実施した実験を基に、FEM解析を実施し、押し抜きせん断破壊に寄与する作用力の検討を行った。

2. 実験概要及び解析概要

図-1に供試体載荷状況を示す。供試体は実際の道路橋橋脚の場所打ち杭基礎(2×2本群杭)の橋脚から杭体までを模擬したものである。本実験ではコンクリート実圧縮強度は杭体が42.0N/mm²、フーチングが23.7N/mm²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、フーチングの一侧面を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

図-3に最終の供試体のひび割れ状況図を示す。杭体では斜線部分に示すように押し込み杭(B杭)の圧縮縁でコンクリートの圧壊、剥落が発生した。フーチングでは太線で示すように引抜き杭(A杭)の結合部で1 δ_y 時に発生したひび割れが側面、さらに上面へと進展しており、水平押し抜きせん断ひび割れが確認された。

図-4に実験と解析の荷重-変位関係を示す。実験結果は正方向載荷の包絡線を示している。杭主鉄筋降伏時の実験結果(図中□)は変位21mm、荷重592kNとなり、解析結果(図中○)は変位13mm、荷重585kNとなり概ね一致した。しかし、主鉄筋降伏



図-1 供試体載荷状況

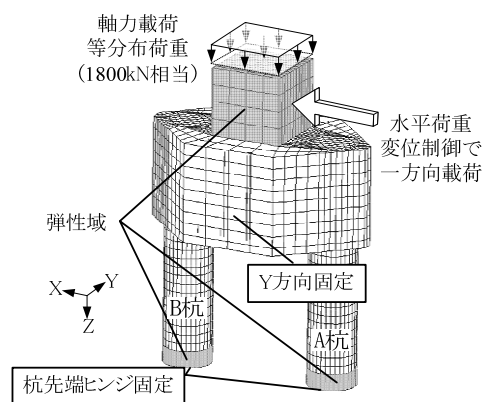


図-2 モデル形状

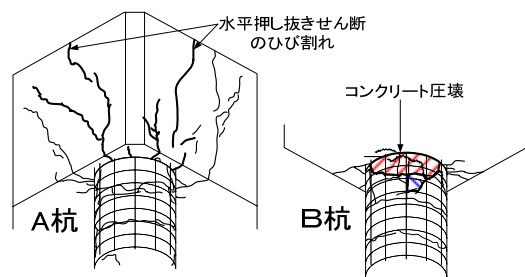


図-3 ひび割れ損傷状況図

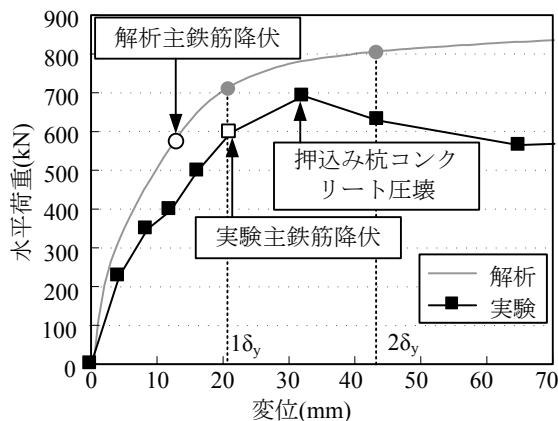


図-4 荷重-変位関係

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 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学 建設社会工学科 TEL 093-884-3123

($1\delta_y$)以降、実験では $1.6\delta_y$ 時に押込み杭の圧縮縁コンクリートの表面が圧壊したため、荷重のピークを迎え、その後550kNで一定になった。解析のコンクリートの応力-ひずみモデルでは、最大応力以降も応力一定としているため、実験の圧壊現象を再現できず $1\delta_y$ 以降の荷重傾向に差異が生じたと考えられる。

杭とフーチングの損傷状況について、杭結合部に作用する軸力及び水平力に着目し検討を行った。図-5に杭に作用する軸力を示す。水平押し抜きせん断が懸念されるA杭において、軸力は実験と解析で概ね一致しており、同様に評価できると考えられる。 $1\delta_y$ 以降圧縮軸力が一定となったのは、杭主鉄筋が降伏したため、水平荷重が増加せず、変位が進展したためであると考えられる。実験は高軸力下で行われているが、水平押し抜きせん断が懸念されるA杭では20mm以降引抜き軸力が作用するようになる。

図-6に杭結合部に作用する水平力を示す。引抜き杭であるA杭では、実験、解析とも $1\delta_y$ では200kN、 $2\delta_y$ で300kN程度の水平力が作用している。また、B杭において、 $1\delta_y$ 時で水平力は実験363kN、解析487kNとなり、 $2\delta_y$ 時では実験373kN、解析545kNと実験と解析で大きな差異が生じている。これは実験における圧壊を解析では再現できず、その分、水平作用力が解析のB杭で大きくなったためと考えられる。また、A杭とB杭で水平力に差が生じたのは、実験結果、解析結果双方でA杭に引張軸力、B杭に圧縮軸力が作用しており、各杭の剛性が異なるためと考えられる。

4. 水平押し抜きせん断に対する作用力の影響

ここで、終局時において水平押し抜きせん断に対する軸力の影響を検討する。水平押し抜きせん断耐力を式(1)を用いて照査した。

$$P_h = \beta_n \tau_c A_c + n A_s \tau_{xy} \quad (1)$$

抵抗面は図-7に示すように平面方向では中心より 45° 、鉛直方向では 45° とした。抵抗面積 A_c は 370988mm^2 で、コンクリートの平均せん断応力度 τ_c をフーチングコンクリート強度 23.77N/mm^2 より 0.34N/mm^2 とした。田村等の研究¹⁾を参考に引抜き軸力の影響を考慮すると、 β_n は今回の引抜き軸力280kNを用いた軸力有ケースで0.937、軸力無ケースで1.001となり、コンクリートの抵抗分 $\tau_c A_c$ は軸力有ケースで116kN、軸力無ケースで126kNとなった。鉄筋の抵抗分 $n A_s \tau_{xy}$ は双方246kNとなり、せん断耐力 P_h は軸力有ケースで362kN、軸力無ケースで372kNとなった。以上の結果より、軸力の有無による耐力の差は小さく、水平押し抜きせん断耐力に対して軸力の影響は小さいと考えられる。また、A杭の水平荷重(実験値)は水平押し抜きせん断耐力の8割程度であることから、水平押し抜きせん断破壊の終局に至っていると考えられる。

5. まとめ

- (1) 実験結果より押込み杭の圧縮縁でコンクリート圧壊、フーチングで水平押し抜きせん断ひび割れが確認された。
- (2) 今回の実験では引抜き軸力が280kN作用した。しかしながら、水平押し抜きせん断耐力において軸力の影響は小さいと考えられる。

参考文献

- 1) 田村隆弘他；軸方向引張力を受けるRC梁のせん断耐力に関する実験的研究，コンクリート工学論文集，pp.153～160，Vol.2，No.2，1991

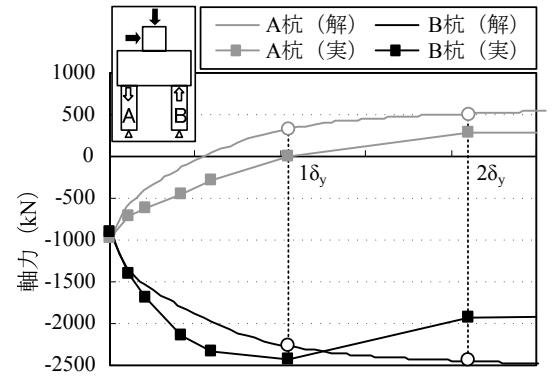


図-5 10 杭結合部に作用する軸力 50
変位 (mm)

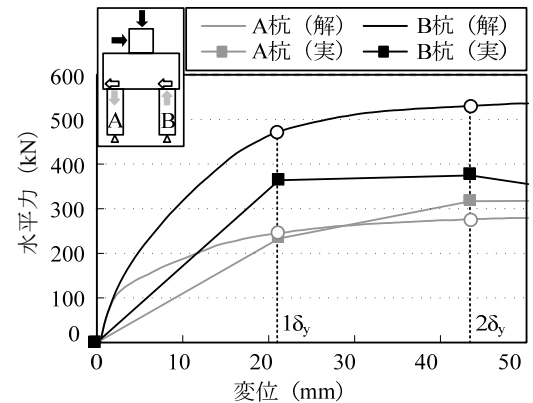


図-6 杭結合部に作用する水平力

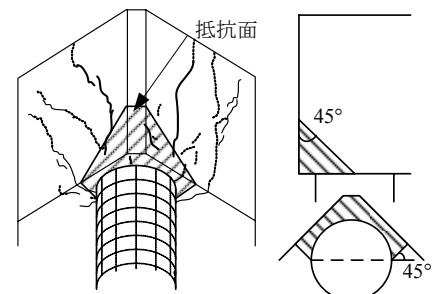


図-7 照査式コンクリート抵抗面積