

III-426

根固め杭の先端部の破壊形態

宇都宮大学 学生員 倉知 禎直
宇都宮大学 正会員 上野 勝利
足利銀行 正会員 稲葉 繁

広島大学 正会員 日下部 治
竹中工務店 正会員 加倉井 正昭
宇都宮大学 正会員 横山 幸満

1. はじめに 地盤を削孔し、削孔内にソイルメントを充填させて既製杭を挿入し、支持地盤に定着させる、いわゆる根固め杭の破壊メカニズムは、まだ明らかにされていない。筆者らは、根固め杭を石膏と鋼棒でモデル化し、破壊メカニズムの解明を目的として一連の研究を行っている¹⁾。本研究では、模型地盤内での載荷試験とX線撮影より得られた根固め部の破壊形態と、それに伴う地盤内変位の測定結果を報告する。

2. 実験概要 根固め部供試体の形状・寸法を図-1と表-1に示す。図-1の記号は、 L :根固め長さ、 l_p :根固め部内の鋼杭長さ、 D :根固め部杭径、 d :鋼杭杭径、根固め杭底長比 $(L-l_p)/d$:鋼杭杭径 d に対する根固め杭底長 $(L-l_p)$ の比である。実験に用いた土槽は、高さ550mm、幅600mm、奥行き300mmである。模型地盤用の砂試料は気乾状態の稲城砂を用いた。模型地盤の作成は、X線撮影のために縦横1cm間隔に鉛玉(直径2mm)を20層設置し、鉛粉を塗布した根固め杭を地盤作成時に埋め込んだ。地盤の相対密度は70%に調節した。根固め杭の載荷試験は、

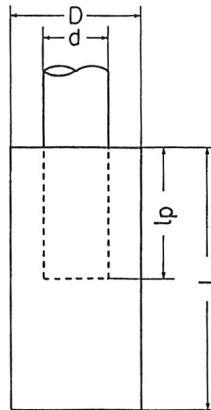
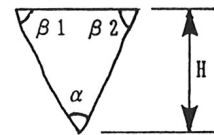


図-1 供試体形状

表-1 根固め杭の寸法とコーン形状

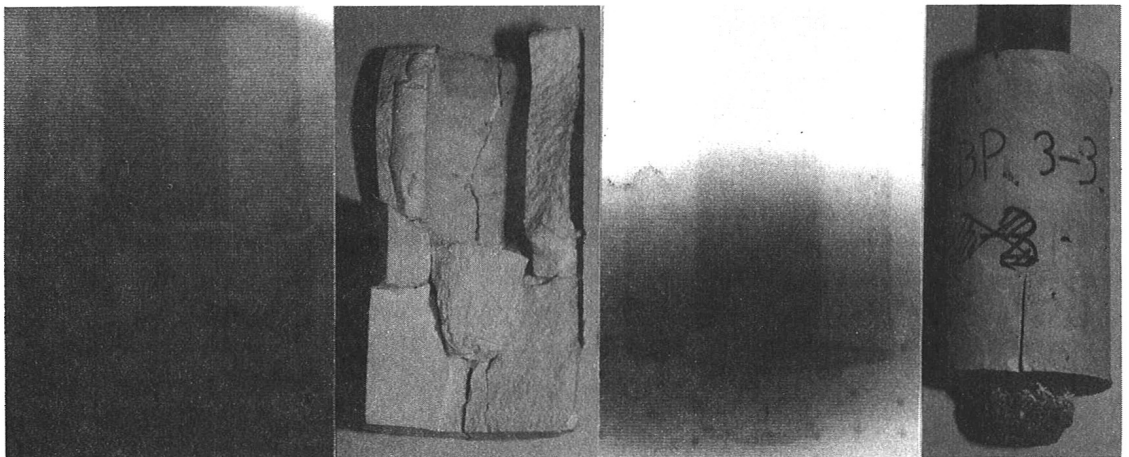
 $L=120\text{mm}, d=30\text{mm}, D=60\text{mm}$

	パンチ破壊	割裂破壊
根固め杭底長比 ($L-l_p$)/ d	0.5 1.0	1.5, 2.0 3.0, 3.5
α	0°	$55^\circ \sim 60^\circ$
β_1	90°	$75^\circ \sim 80^\circ$
β_2	90°	$75^\circ \sim 80^\circ$
コーン高さ H	1.5cm~3.0cm	3.5cm



サーチャージパッキンを用いて地盤全体に 2kgf/cm^2 を与え、約1時間経過後に載荷装置によって載荷を行った。載荷速度は 1mm/min とした。X線撮影は、初期、杭破壊前、杭破壊直後、終局状態の4段階で行った。供試体作成法及び実験装置の詳細は、前報¹⁾を参照されたい。

3. 結果及び考察 【根固め部の破壊形態】根固め部の破壊形態は2通りに大きく分類される。写真-1(a)はX線写真であり、割裂破壊を示している。割裂破壊は写真-1(b)に示すように、鋼杭鉛直下に円錐型の



(a) 地盤内の様子(X線写真) (b) 試験後の様子 (a) 地盤内の様子(X線写真)(b) 試験後の様子
写真-1 (a, b) 割裂破壊 写真-2 (a, b) パンチ破壊

U-ツが形成され、沈下が進むにつれて縦横に細かく砕けていた。写真-2(a)はX線写真によるパンチ破壊を示している。パンチ破壊は底面部から上部にクラックが発生し、鋼杭鉛直下のU-ツが写真-2(b)に示すように円筒型で根固め底面部から突き抜けて発達した。

【U-ツ形状】 破壊時に形成されるU-ツの形状を表-1に示す。割裂破壊とパンチ破壊の境界は、根固め杭底長比 $(L-l_p)/d=1\sim 1.5$ の間である。

【地盤の支持力と破壊形態】 図-2は根固めなしの鋼杭($d=30\text{mm}$, 60mm)と破壊形態の異なる根固め杭($(L-l_p)/d=1, 2$)の支持力と、正規化した沈下量の関係を示している。周面摩擦力に違いが認められるものの、剛な杭の模型試験²⁾と同様に、根固め杭の破壊までは杭径によらずほぼ同一の荷重-沈下挙動を示す。そして根固め杭底長比に応じた強度限界で根固め部が破壊する。根固め杭の強度は、割裂破壊がパンチ破壊より大きくなることが分かる。

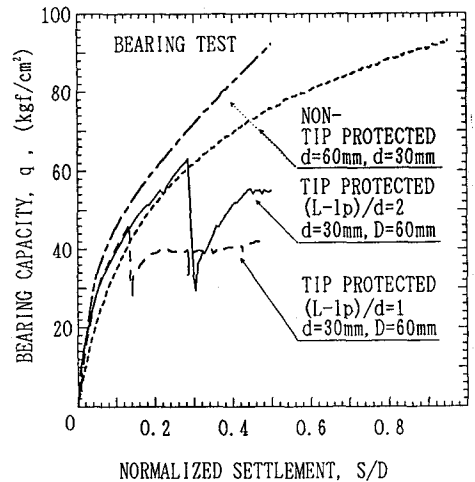
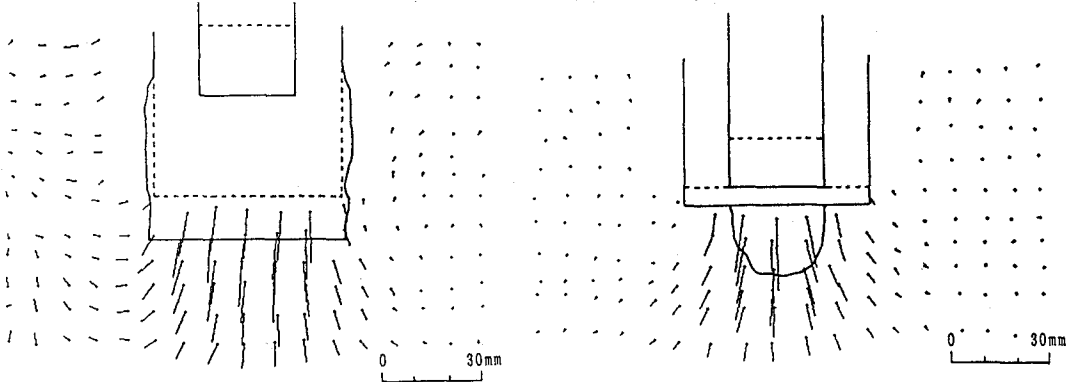


図-2 支持力と沈下量の関係

【地盤内変位】 図-3(a), (b)は、根固め杭の割裂破壊とパンチ破壊による地盤内変位パターンを示している。点線が載荷前であり、実線が載荷終了時である。図-3(a)の割裂破壊は、根固め杭鉛直下に大きく変位しているが沈下が進むにつれて根固め杭の側方方向への変位がみられる。これは鋼杭鉛直下のU-ツの発達につれて根固め杭が側方方向に拡大するためである。それに対して、図-3(b)のパンチ破壊は、底面鉛直下全体に変位するのではなく、鋼杭鉛直下U-ツの発達と共に局所的に変位しており、側方への変位はみられない。割裂破壊の場合、受働土圧の効果によって残留状態では、パンチ破壊の1.4倍の支持力が動員されている。



(a) 割裂破壊 図-3 (a, b) 地盤内変位 (b) パンチ破壊

4. まとめ 根固め杭をモデル化して載荷試験を行い、X線で観察して根固め部の破壊を中心に検討した。その結果、根固め部の破壊形態は、根固め杭底長比によって割裂破壊とパンチ破壊の二種類に分類されることが分かった。割裂破壊の極限支持力と残留強度は、パンチ破壊の例の1.4倍であった。破壊形態の違いは、根固め杭底長比 $(L-l_p)/d=1\sim 1.5$ によって決定される。この値は割裂破壊のU-ツ高さと同程度であることは興味深い。今後は、 D/d などの形状を変えた実験と、数値解析による有限要素法解析を行う予定である。

最後に本報告は、NSP協会との共同研究の一部であり、NSP協会の福島善清氏、川崎孝人氏をはじめ関係者の方々に本研究の進行において助言を頂きました。記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 倉知, 日下部, 上野, 加倉井, 横山(1992): 根固め杭の先端支持力に及ぼす形状の影響, 第27回土質工学研究会, 掲載予定
- 2) 高野 昭信(1981): 砂地盤に設置されたNONDISPLACEMENT PILEの先端支持力, 東京工業大学学位論文, pp. 53~pp. 87