

杭基礎の大変形挙動後における支持力特性に関する研究-その 1
研究概要

(社)コンクリートパイル建設技術協会 正会員 ○鳥畑 淳 正会員 寺川 洋平
正会員 津田 和義 村上 浩
(独)土木研究所 中谷 昌一
本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 竹口 昌弘
鋼管杭協会 昇 健次

1. はじめに

これまでの新しい杭工法、基礎工法が導入されるときに議論になった内容を鑑み、道路橋示方書¹⁾には、基礎または杭の新工法に必要な要件が解説されており、杭基礎設計・施工便覧²⁾に示される工法はこれを満足しているものである。しかし、耐震設計上重要な橋はレベル2地震後にも橋としての機能を速やかに回復することが要求されており、基礎も地震後に特に点検・修復作業を行うことがなくとも橋の支持に必要な抵抗特性が残存するように設計されている。したがって、地震中だけでなく地震後の基礎の要求性能についても明確にすべきである。すなわち、地震前と同様の鉛直・水平支持特性を保持できる性能が問われる。近年、地盤改良体と構造体の複合構造が多く提案されており、そのうち杭工法の系統として提案されたプレボーリング杭、鋼管ソイルセメント杭が新しい杭基礎施工便覧に示されている。しかし、道路橋基礎として使用された歴史が浅いことから、地盤改良体との複合体がレベル2地震時の荷重を受けた場合、鉛直・水平支持機構が変化し、橋の再供用に影響を及ぼすような事態になるのかはこれまでの経験からは判断できない。そこで、土木研究所、COPITA、JASPPは、地盤改良体と構造体の複合構造の例としてプレボーリング杭工法を取り上げ、大地震後の状態を想定した杭の鉛直・水平載荷試験を計画し、実施しているところである。

2. プレボーリング杭工法

図1にプレボーリング杭工法の施工手順を示す。本工法はセメントミルクを噴出する掘削ビットを用い、あらかじめ地盤を掘削・泥土化した地盤に、根固め液、杭周固定液を注入し攪拌混合してソイルセメント状にした後、既製杭を沈設する工法である。

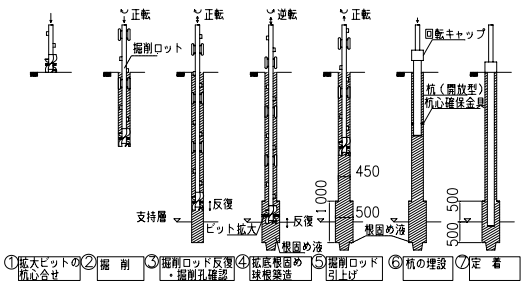


図1 プレボーリング杭工法施工手順

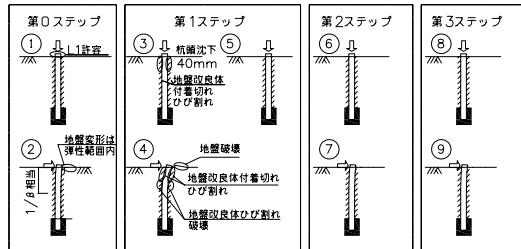


図2 載荷試験計画

3. 載荷試験概要

載荷試験計画を図2及び表1に示す。載荷試験方法は基準³⁾⁴⁾に準拠した。プレボーリング杭工法にて施工した杭に対し、表1に示す段階にて荷重をかけ、それぞれ鉛直・水平載荷試験データを得る。第0ステップにて常時許容相当の鉛直・水平支持力を確認(表内①・②)した後、第1ステップにて極限支持力(③)及び、地盤の降伏時変位を1δとした時の4δまで水平荷重をかける(④)。この状態でレベル2地震時相当の荷重をかけたことになる。その直後、杭頭沈下量が0.1Dになるまで鉛直載荷し、レベル2地震直後の鉛直支持力を確認する(⑤)。その後は、

表1 荷重段階一覧

載荷試験段階	載荷パターン	荷重状態
第0ステップ	①鉛直載荷(0-1ステップ)	常時許容鉛直支持力
	②正負交番水平載荷(0-2ステップ)	杭頭変位 10mm 以内かつ地盤が降伏しない荷重
第1ステップ	③鉛直載荷(1-1ステップ)	杭頭沈下 0.1D=40mm 以上
	④正負交番水平載荷(1-2ステップ)	4δ に達する荷重 (1δ : 荷重変位曲線の折れ点にあたる変位)
	⑤鉛直載荷(1-3ステップ)	杭頭沈下 0.1D=40mm 以上
1ヶ月程度待機(地盤の回復を調査)		
第2ステップ	⑥鉛直載荷(2-1ステップ)	杭頭沈下 0.1D=40mm 以上
	⑦正負交番水平載荷(2-2ステップ)	④の最大変位に達する荷重
6ヶ月以上待機(地盤の回復を調査)		
第3ステップ	⑧鉛直載荷(3-1ステップ)	杭頭沈下 0.1D=40mm 以上
	⑨正負交番水平載荷(3-2ステップ)	④の最大変位量に達する荷重

キーワード プレボーリング杭工法,鉛直載荷試験,地盤改良体

〒105-0013 東京都港区浜松町 2-7-15 日本工築 2 号館 3F (社)コンクリートパイル建設技術協会 TEL.03-5733-5811

地盤の乱れの影響が低下していくことを期待し、1ヶ月間養生し、第2ステップにて鉛直支持力(⑥)、水平支持力(⑦)を確認、再度6ヶ月以上の養生期間の後、鉛直支持力(⑧)、水平支持力(⑨)を確認する。図3に試験体の設計形状を示す。杭本体構造としてSC杭φ400-板厚6mm(SKK400)-15mを用い、地盤改良体(ソイルセメント)のパラメータとして厚みを2種類と管理強度を2種類の計4条件を設定した。ここで、地盤改良体の設計圧縮強度は、プレボーリング杭では $0.5\text{N/mm}^2 \sim 1.0\text{N/mm}^2$ 程度以上と規定しているが、この下限値である 0.5N/mm^2 と、実務上発現しているであろう強度を想定した 2.0N/mm^2 を用いる。根固め部の設計基準強度は全て 20N/mm^2 である。表2に試験体断面諸元を示す。なお、各諸元はコンクリートの弾性係数を $3.5 \times 10^4\text{N/mm}^2$ 、鋼材の弾性係数を $2.0 \times 10^5\text{N/mm}^2$ 、鋼管の腐食代を0mmとして算出している。また、地盤改良体強度確認用として、試験体と配合・注入量の同じソイルセメント柱S-1,S-2を施工し、サンプル供試体を採取し圧縮強度試験を行う。

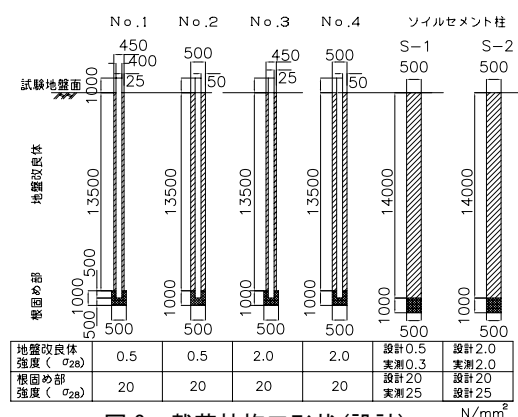


図3 载荷杭施工形状(設計)

表2 载荷杭断面諸元

杭種	杭径 D (mm)	厚さ T (mm)	鋼管厚 ts (mm)	換算断面二次 モーメント I _e (cm ⁴)	換算断面積 A _e (cm ²)
SC	400	65	6	167530.8	1034.2

4. 地盤条件

図4,図5に試験現場の土質柱状図を示す。GL-4~5m付近はN値1~4程度のローム・粘性土主体で、GL~-15m付近にN値20~30程度の砂質土があり、これを载荷試験上の支持層とする。なお、原位置試験は標準貫入試験に加えPS検層およびLLTを実施している。

5. 载荷試験方法

鉛直载荷試験は段階载荷で行い、荷重ピッチは200kN、初期荷重段階は30分保持をして杭頭沈下が杭径の10%(=40mm)に達した時点を超えとする。正負交番水平载荷試験は現場にてNo.1の荷重-変位関係グラフより折れ点を判定し他の試験体にも適用する基準降伏点変位δを得る。この結果、降伏点変位δは15mmとなり、変位制御にて最大4δまで段階载荷を続けることとした。計測項目は杭体表面ひずみ(GL-0.5m~GL-14.0m)・地盤改良体部ひずみ(GL-1.0m~GL-3.5m)・杭頭沈下量・杭先端沈下量・地盤改良体沈下量・杭頭部傾斜(GL-0.5m~3.5m)・杭頭変位量の計測を行う。

6. 施工管理

試験体の施工に際し、ソイルセメントの混合を確実にを行う為に掘削ビットを先端根固め部GL-15.0m~-14.0m範囲で上下2往復、GL-14.0m~-1.5m範囲を2.5m間隔で5区間に区切り、各深度で2往復させた。セメントミルクの注入は各攪拌工程のはじめに各区分あたりの規定量を注入することで深度方向のばらつきを少なくするよう配慮した。地盤改良体部強度確認用のソイルセメント柱についても同様の管理を行った。コアサンプル圧縮強度試験結果を図3内の下表に示す。根固め部、地盤改良体部共に設計強度に近い実測値を得られた。試験体と同様の施工管理を実施していることから、試験体の地盤改良体部および根固め部は計画と同等といえる。

7. まとめ

本報告では共同研究の概要を述べるに留め、その2,3にて水平载荷試験、鉛直载荷試験の詳細報告を行う。

- 参考文献 1)道路橋示方書・同解説 (社)日本道路協会 H14.3 2)杭基礎設計便覧・施工便覧 (社)日本道路協会 H19.1
3)杭の鉛直载荷試験方法・同解説 (社)地盤工学会 2002.5 4)杭の水平载荷試験方法・同解説 (社)地盤工学会 1983.10

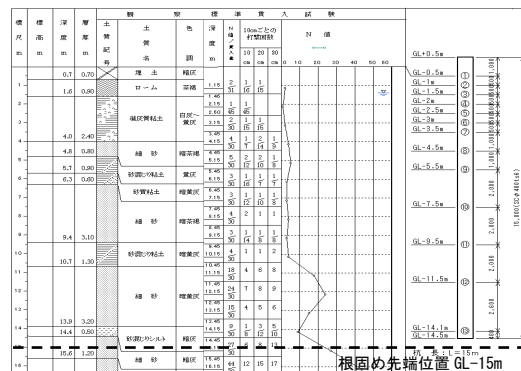


図4 土質柱状図 No. 2

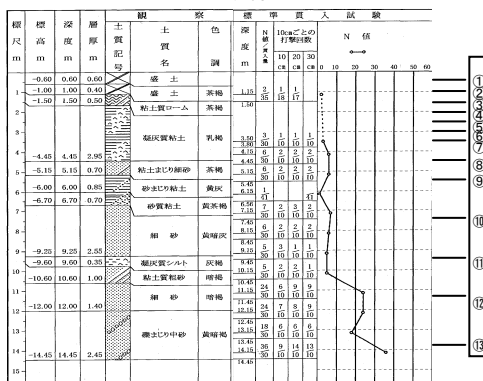


図5 土質柱状図 No. 3