ソイルセメント山留め壁の鉛直支持力に関する研究

ーその1 実験手法の検討ー

日大生産工(学部)	○緒方 智之
日大生産工	下村 修一
日大生産工(院)	目時 龍之介

1 まえがき

都市部の狭隘地などの周辺環境への配慮が 必要な敷地での根切り工事では逆打ち工法が 採用される場合がある。逆打ち工法では、地下 の掘削と同時に上部躯体を構築するため、躯体 を主に構真柱で支持するが外周部では構真柱 の代わりに山留め壁で支持することが多い。山 留め壁にはソイルセメント壁を用いることが 多いが、ソイルセメント壁はソイルセメント内 にH形鋼を挿入し土圧に対する抵抗と止水性 を目的としている。そのため一般的な杭と異な り、ソイルセメント強度は低く、ソイルセメン ト先端深度とH形鋼先端深度は地盤条件、施工 条件により異なる。

山留め設計施工指針¹⁾では、本設杭を対象に した鉛直支持力評価式が示されているが、ソイ ルセメント壁は上述のようにH形鋼とソイル セメントの複合体であり、ソイルセメント強度 やH形鋼の先端深度の違いなどにより、杭体の 破壊状況が複雑であることが想定される。

ソイルセメント壁の鉛直載荷試験を行った 例は数例見られるが^(例えば2)、ソイルセメント部 の破壊機構は明らかとは言い難い。一方、根固 め杭を対象として、加圧土槽実験で鉛直支持機 構を検討した例^{3),4)}もあるが、芯材が鋼管であ ること、根固めの強度が高いことなどから、ソ イルセメント壁の鉛直支持機構を検証するに は不十分である。

そこで本研究ではソイルセメント壁の鉛直 支持力機構を加圧土槽実験で検討する。本論文 ではその第一段階として実験手法について検 討するため、ソイルセメントの配合試験、模型 地盤の密度試験を行い、その結果に基づき行っ たソイルセメント杭の鉛直載荷試験の一例に ついて報告する。

2 ソイルセメントの配合試験

本研究では、まず、ソイルセメントの配合試 験を行った。表1 に配合条件を示す。本試験で はソイルセメント壁に用いられる低強度のソ ルセメントを対象としているため、目標の強度 を1N/mm²と2N/mm²とした。試料土には砂質 土(珪砂6号)を用いた。配合条件の設定にあた っては、試料土とセメントスラリーの分離を極 力防ぐため、ソイルセメントへの芯材の挿入が 可能な範囲で、最小の水セメント比とした。

以下に配合試験の手順を示す。

- ①乾燥状態の珪砂6号に水道水を加えホバート型ミキサーで1分間撹拌混合し、試料土を作製する。
- ②セメント系固化材にベントナイトと水道 水を加えハンドミキサーで撹拌混合しセ メントスラリーを作製する。
- ③上記の2項目をホバート型ミキサーで2分 半撹拌混合し、手で混合の偏りをなくすようにかき混ぜた後、さらに2分半撹拌混合してソイルセメントスラリーを作製する。
- ④供試体はモールド(直径50mm、高さ100mm)に詰め、20℃60%の恒温恒湿下で7日間 養生し、一軸圧縮試験を行う。

ー軸圧縮強さは、表1 に示す通りであり、概 ね目標強度程度の結果が得られた。

表1 ソイルセメント配合

	試料土		セメントスラリー				
目標 強度	珪砂6号	水 (含水比)	セメント (kg/m ³)	水 (含水比)	ベント ナイト (kg/m ³⁾	平均 qu値	
1N/mm ²	1000g	180g (18%)	216g (225kg/m ³)	173g (80%)	5.18g (30kg/m ³)	1.2 N/mm²	
2N/mm ²	1000g	180g (18%)	294g (300kg/m ³)	235g (80%)	7.06g (30kg/m ³)	1.7 N/mm ²	

3 模型地盤の密度試験

加圧土槽実験に先立ち、模型地盤の密度試験 を行った。模型地盤の作製はサンドレイナーを 使用し、豊浦砂を用いて目標の相対密度を80% とした。

図1 にサンドレイナーの概要を示す。サンド レイナーは蛇腹のホースの先端に、塩ビ管内に

Study on Vertical Bearing Capacity of Soil Cement Wall -Part1 Examination of Experimental Technique-

Tomoyuki OGATA, Shuichi SHIMOMURA and Ryunosuke METOKI

表2 に密度試験の条件及び結果を示す。試験 は土槽内の砂の表面からサンドレイナー先端 までの落下高さ、金網の枚数をパラメータとし て行った。塩ビ土槽を対象とした予備試験は落 下高さ60cmとして行った。金網を増やすほど、 砂が拡散し、高い密度が得られると予想される が、金網を3枚にすると、金網がない場合に比 べて相対密度の低下が認められた。これはノズ ルの径が小さく金網間隔が狭いため、金網が多 いと砂がノズル内で詰まりやすく、砂の降らせ 方に偏りが出た影響と考えられる。

予備試験の結果では金網1枚とすることで目 標相対密度80%が得られた。そこで本試験とし て加圧土槽を対象に密度試験を行った。本試験 では装置の都合上、落下高さを80cmに変更し たが、予備試験と同様の相対密度が得られた。 以上よりこの方法で模型地盤を作製すること とした。

4 加圧土槽を用いた鉛直載荷試験

4.1 模型杭

図2 に模型杭概要を示す。芯材は杭先端側が H形鋼(20×20×3×3)、杭頭側が密実の角型で あり、SUS304の無垢の材料を削り出して製作 した。ソイルセメント部は直径40mm、長さ2 20mmで、ソイルセメント下部から芯材先端部 までの距離HをH形鋼幅Bに対し4B(80mm)と した。目標のソイルセメント強度は2N/mm² である。ソイルセメント頭部にはウレタン製の キャップを被せ、ソイルセメント上部に上載圧 がかからないようにした。

以下に模型杭の作製方法を示す。なお、ソイ ルセメントの作製方法は2章と同様である。

- ①ブリージングによる芯材先端とソイルセメント間の間隙を生じさせないように芯材の頭部を下にし、φ40mm、h=220mmの2つ割りの鋼製モールド(図3)を固定しソイルセメントスラリーを芯材先端側から流し込む(写真1)。
- ②模型杭は20℃、60%の恒温恒湿下で7日間 養生する。

ソイルセメント杭の作製時と同じ試料で作 製した供試体の一軸圧縮強さは、1.6N/mm²で あった。

4.2 実験手順

図4 に加圧土槽実験装置の概要を示す。加圧 土槽は内径798.4mm、高さ890mmでエアバッ クにより上載圧を載荷できる。土槽内側にテフ ロンシート、グリース、ゴムメンブレンを貼り、 土槽側面の摩擦を極力除去した。

以下に実験手順を示す。

①加圧土槽内部に高さ620mmまでサンドレイナーを使用し豊浦砂(図5)を入れる(相対密度約80%)

②土槽の中心に模型杭を鉛直に設置する。



表2密度試験の条件と結果

	土槽	落下高さ	金網の枚数	相対密度
予備 試験	塩ビ土槽		3枚	68%
	ϕ 348mm	60cm	0枚	75%
	高さ398mm		1 #	79%
本試験	加圧土槽	80cm	112	80%



③再び加圧土槽内部に上記と同じ方法で砂 を降らせる。

- ④所定の深さまで砂を降らせた後、地表面を整地する。
- ⑤加圧部を載せ、空気投入口から空気を入れ 上載圧100kPaをかけ、地盤の沈下が収束 するのを確認する。
- ⑥杭頭部にロードセル、電動ジャッキ、変位 計をセットし、電動ジャッキで0.9mm/分 の載荷速度で鉛直載荷試験を行う。
- ⑦杭頭変位10mmに到達後、0.9mm/分の速 度で除荷する。
- ⑧除荷終了後、模型杭を模型地盤中から採掘し、その破壊性状の観察及び杭体形状の計測を行う。





4.3 実験結果

図6、図7 に杭頭荷重と杭頭変位の時刻歴を 示す。模型杭頭部に設置したターゲットの両端 から計測した2つの杭頭変位は重なるように直 線で増加しており、杭は傾斜せずに鉛直下方に 載荷できていることが確認できる。また、電動 ジャッキによる載荷速度は一定であったこと が確認できる。 図8 に杭頭荷重と杭頭変位の関係を示す。杭 頭変位は2ヶ所の平均値で示した。杭頭変位が 2mmまでは徐々に非線形化が進んでいる。そ の後、杭頭荷重が4.5kNのまま杭頭変位だけが 増えており、杭体の破壊が進行したと予想され る。さらに杭頭変位が3mmを越えたところで、 再び杭頭変位と杭頭荷重は比例して増えてい く様子が確認できた。



図9 に試験終了後の模型杭の性状を示す。芯 材付近のソイルセメントが膨らむように変形 している。その上部と下部にはそれぞれ斜めに 横切るひび割れも入っていた。ソイルセメント 先端部では水平方向の膨らみは少なく、底面部 では変化が見られなかった。

図10 に試験終了後の杭直径の増加量を示 す。杭は芯材先端から上下20mm程度の範囲で 杭が最大4mm程度増加した。



図9 実験後の模型杭の性状



5 おわりに

本実験では、ソイルセメントの配合試験、模型地盤の密度試験を行い、その結果に基づき行ったソイルセメント杭の鉛直載荷試験の一例 を示した。

次報その2⁵)ではこの実験方法で模型杭のソ イルセメント強度、H/Bをパラメータとしたソ イルセメント杭の鉛直載荷試験結果を報告す る。

謝辞

本研究の実施にあたり、貴重なご意見を頂き ました鹿島技術研究所の實松俊明氏、太田宏氏 に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会:山留め設計施工指針、pp 117-178、2002.2
- 渡辺ら:ソイルセメント壁の杭利用に関する研究(その1砂質土地盤での鉛直載荷試験結果)、日本建築学会大会学術講演 梗概集、構造 I、pp.667-668、2009.7
- 3)加倉井ら:埋め込み杭(H形鋼杭)の先端根 固め部の支持力性状に関する研究、日本 建築学会技術報告集、第6号、pp.39-42、 1998.10
- 4) 石川一真:埋め込み杭における拡大根固 め部の支持力機構に関する研究、関西大 学博士論文、2013.3
- 5) 目時ら:ソイルセメント山留め壁の鉛直 支持力に関する研究(その2 単杭を用い た鉛直載荷試験結果)、第50回日本大学生 産工学部学術講演会講演概要、2017.12 (投稿中)