

ソイルセメント山留め壁の既往の鉛直載荷試験に基づく 先端支持力係数についての一考察

日大生産工(院) ○目時龍之介
日大生産工 下村修一

1. はじめに

逆打ち工法では根切りと共に地上部・地下部の躯体を構築するため、躯体の荷重を負担する構心柱杭が必要となる。建屋外周部には仮設の山留め壁があり、構心柱杭に代わり山留め壁に躯体荷重を負担させている。

一般に大規模工事では山留め壁としてソイルセメント壁(以下,SMW)が採用されることが多い。SMWに躯体の荷重を負担させる場合、躯体とH形鋼をつなぎ、H形鋼からソイルセメントを介して地盤に荷重が伝達される。SMWは、プレボーリングタイプの埋込み杭や深層混合処理工法による柱状改良体と鉛直支持機構は近いと考えられるが、ソイルセメントが低強度のため、破壊のメカニズムは複雑でその支持力機構を正確に把握しているとは言い難く、既往の載荷試験データも限られている¹⁾⁵⁾。また、山留め設計施工指針⁶⁾ではソイルセメント壁の先端支持力係数として埋込み杭等の値が示されているが、断面積の取り方等を含め十分な知見が無く設計者の判断にゆだねられている。

そこで本論文では、研究の第一段階として既往の鉛直載荷試験データを収集し、先端支持力係数について検討した結果を報告する。

2. 鉛直力に対するSMWの支持メカニズム

SMWの鉛直支持力は、地盤の強度から決まる杭周面摩擦力と杭先端支持力だけではなく、H形鋼とソイルセメント間の付着抵抗およびH形鋼先端でのソイルセメントの支圧抵抗にも依存する。

図1に示すように、H形鋼とソイルセメント間では、H形鋼周面での付着破壊またはH形鋼を包絡する断面でのソイルセメントのせん断破壊が生じる恐れがある。それぞれの抵抗にH形鋼先端部でのソイルセメントの支圧抵抗

力を加えた値が鉛直力を上回ることを確認も必要となる。

既往の研究では、地盤種別だけではなく、H形鋼とソイルセメント間の付着破壊を防ぐために、ソイルセメント強度やスタッドの有無をパラメータとした実験が行われている。

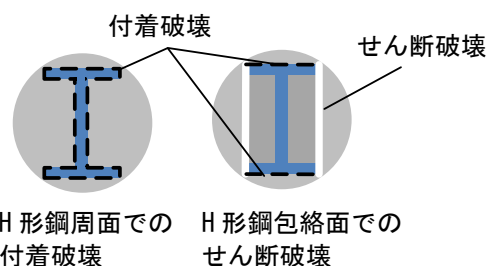


図1 ソイルセメントとH形鋼間の破壊性状

3. 既往の載荷試験データ

表1に検討に用いた試験データを示す。検討に使用したデータは、地盤構成、N値、SMWの仕様、ソイルセメント強度、先端支持力、先端変位が明らかなものとした。また、本検討では先端荷重－先端変位関係に非線形性が確認出来ないデータは除外した。SMW先端地盤は7データが砂質土、3データが粘性土である。多くの試験はH形鋼先端にスタッドが打設されている。また、単杭だけではなく、3本の杭をラップ配置した連杭も検討対象とした。

表1 試験データ概要

case	ソイル径 × 杭本数	ソイルセメント長 (芯材長) (m)	芯材寸法、ピッチ	先端地盤種別	スタッド	参考文献
1-1	φ 600 × 単杭	11 (10.5)	H-400 × 200 × 8 × 13	シルト混じり細砂	無	1
1-2	φ 600 × 単杭	11 (10.5)	H-400 × 200 × 8 × 13	シルト混じり細砂	有	
2	φ 850 × 3連	12 (11)	H-588 × 300, @600	細砂	有	2
3	φ 650 × 3連	15 (14)	H-500 × 200 × 10 × 16, @450	シルト質粘土	有	3
4-1	φ 650 × 単杭	34.5 (32.9)	BH-300 × 300 × 22 × 32	細砂	有	4
4-2	φ 650 × 3連	34.5 (32.9)	BH-300 × 300 × 12 × 25, @450	細砂	有	
4-3	φ 650 × 単杭	19.8 (18)	H-400 × 400 × 13 × 21	シルト	有	
4-4	φ 650 × 3連	19.8 (18)	H-390 × 300 × 10 × 16, @450	シルト	有	
5-1	φ 600 × 単杭	14 (記載なし)	H-300 × 300 × 10 × 15	微砂	無	5
5-2	φ 600 × 単杭	14 (記載なし)	H-300 × 300 × 10 × 15	微砂	無	

A consideration of end bearing capacity coefficient of
SMW based on vertical load test data

Ryunosuke METOKI and Shuichi SHIMOMURA

図2に土質柱状図及びSMWの姿図を示す。H形鋼の先端はソイルセメント先端から1~2m上方にあり、この位置で先端荷重及び先端変位が計測されている。このため、以後の検討における先端支持力はソイルセメント下端の先端面支持力ではなく、これにH形鋼下端までのソイルセメントの周面摩擦力も含まれている。

極限先端支持力は先端荷重－先端変位関係を宇都から7による(1)式からワイブル分布曲線

を用いて非線形最小二乗法により近似しその値を評価した。

$$P = P_{\max} \{1 - e^{-(S / \delta_s)}\} \quad (1)$$

$P_{\max}$: 極限荷重

S : 変位量

δ_s : 降伏荷重に対応する変位量

e : 自然対数の底

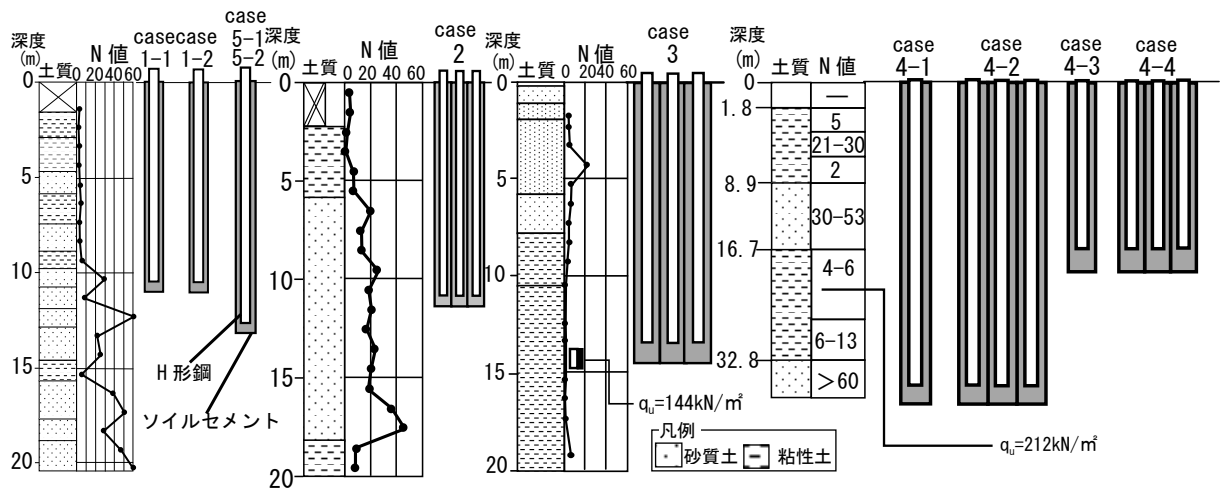


図2 土質柱状図及び試験杭姿図

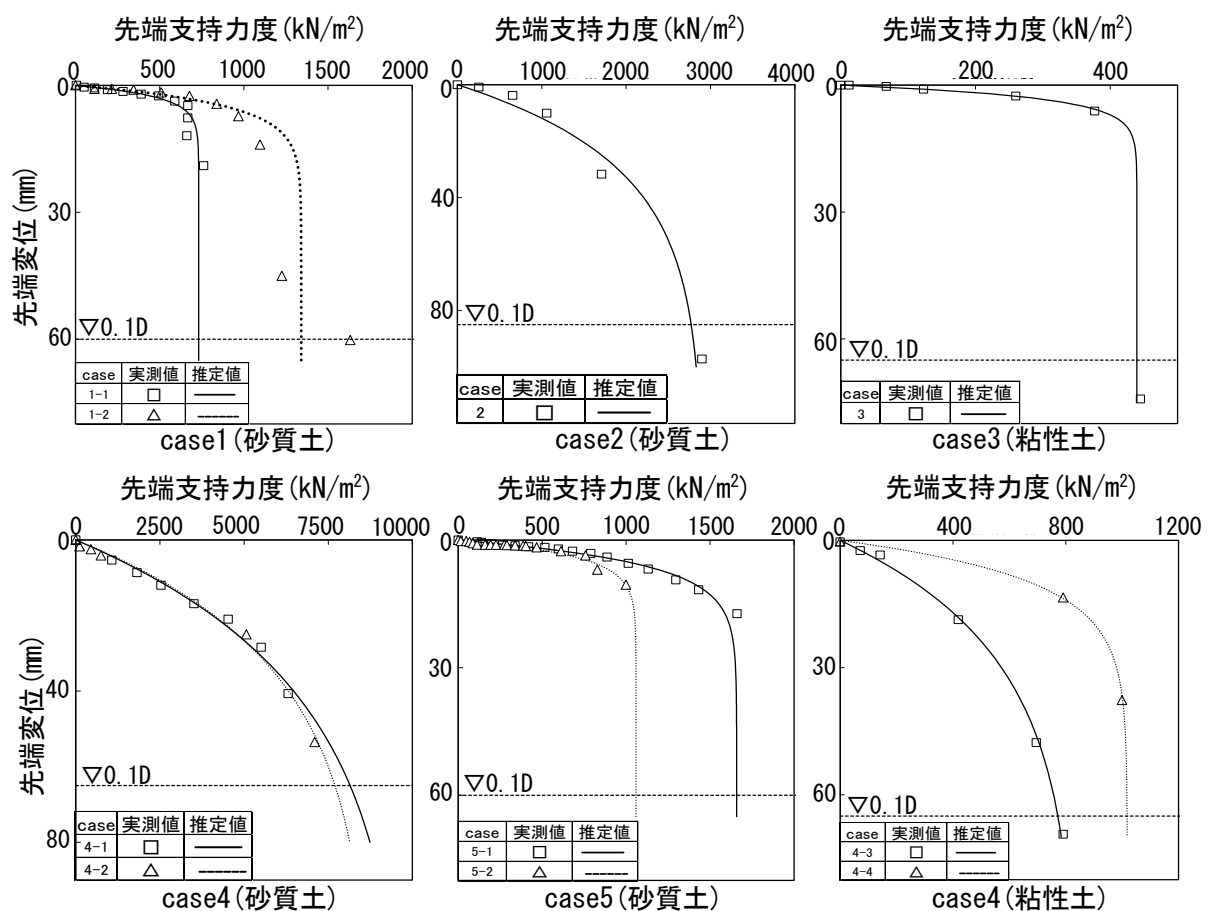


図3 先端支持力度－先端変位関係

4. 既往データに基づくSMWの先端支持力度 q_p

図4に図3より得られるソイルセメント径の10%の変位時の先端支持力度と平均N値または平均 q_u 値との関係を、断面積をソイルセメント径及びH形鋼の包絡形状として先端支持力度を求めて、分けて示す。砂質土は平均N値、粘性土は平均 q_u 値で整理した。平均N値及び平均 q_u 値はソイルセメント下端より上1D下1D(D:ソイルセメント1本の径)の範囲の平均とした。比較として図中には建築基礎構造設計指針⁸⁾に極限先端支持力度 q_p として示されている場所打ち杭工法の $q_p=100N$ と埋込み杭工法の $q_p=200N$ 、粘性土では $q_p=6c_u$ ($c_u=q_u/2$)として算出)の関係を併記した。また図4にはソイルセメントの一軸圧縮強さをプロットしたデータ付近に併記した。括弧内は目標強度である。

砂質土地盤において、先端支持力をH形鋼の包絡面積で除した場合、先端支持力度 q_p は

139.3~457.8Nとなった。これは場所打ち杭の先端支持力度 $q_p=100N$ を上回り、case5-2を除き告示⁹⁾に示される場所打ち杭工法の $q_p=150N$ を上回っている。またcase1-1、5-2を除き、埋込み杭相当以上の先端支持力度が得られている。ソイルセメント径で除した場合は、先端支持力度 q_p は43.6~128.1Nとなった。またcase2、4-1、4-2のみが $q_p=100N$ を上回った。下回ったデータはソイルセメント強度が小さく、地盤ではなく、ソイルセメントとH形鋼間の付着破壊または、H形鋼先端の支圧破壊が生じている可能性がある。

粘性土では、先端支持力度 q_p は、断面積にH形鋼包絡形状で用いた場合は $8.6\sim11.9q_u$ 、ソイルセメント径で用いた場合は $3.1\sim4.8q_u$ となった。断面積にどちらの値を採用した場合でも、先端支持力度は指針に示されている値を上回る結果となった。

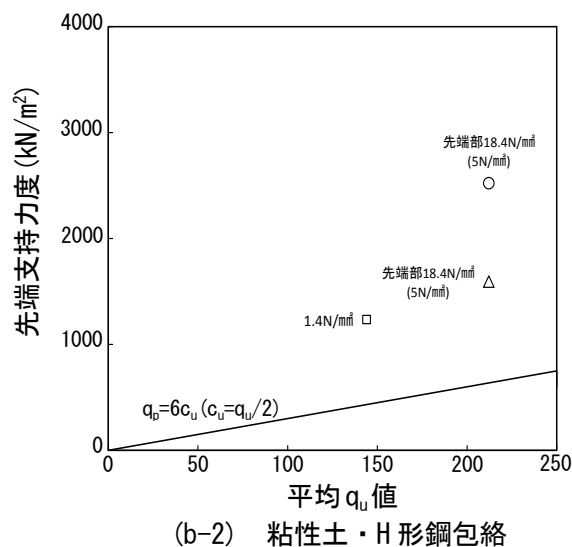
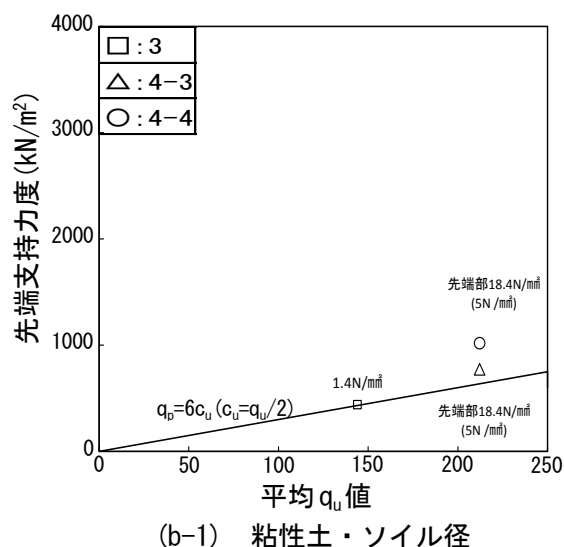
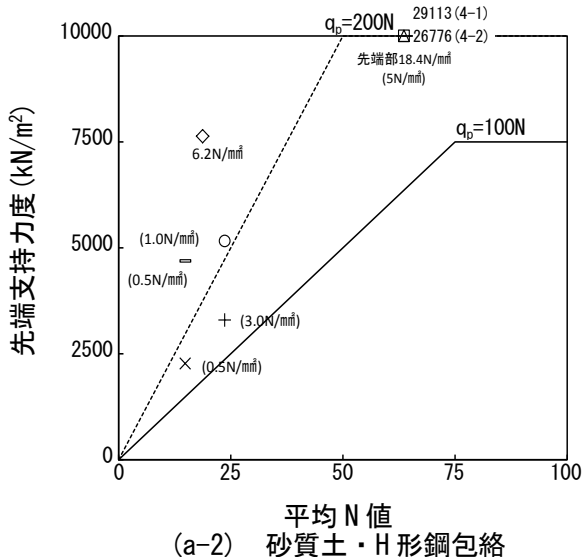
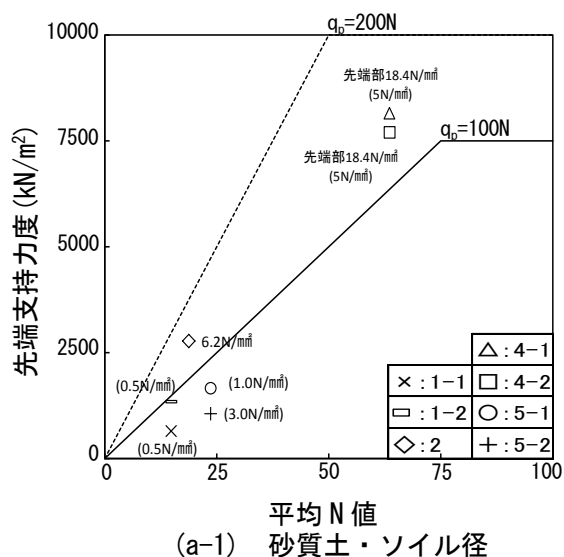


図4 先端支持力度—平均N値または q_u 値関係

5. おわりに

本論文では既往の鉛直載荷試験データを収集し先端支持力度について検討した。限られたデータ数であるが、以下の知見が得られた。

- 1) 砂質土地盤では、先端支持力度をH形鋼の包絡形状で求めると場所打ち杭工法相当以上であった。ソイル径で求めると、ソイルセメント強度が高いデータは同様に場所打ち杭工法相当以上であった。
- 2) 粘性土地盤では、先端支持力度はH形鋼の包絡形状、ソイル径のどちらで求めても場所打ち杭工法相当以上であった。ただし、データ数は限られており、ソイルセメント強度の影響については砂質土地盤と同様となる可能性がある。

謝辞

データの分析にあたり貴重なご意見を頂きました鹿島建設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) 渡邊康司, 石井雄輔, 榎本浩之, 佐藤眞弘 : ソイルセメント柱列壁の実大載荷試験(その1: 静的載荷試験結果), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp.487-488, 2013
- 2) 田屋祐司, 佐藤英二, 青木雅路, 土屋富男 : 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
- 3) 吉岡典哉, 田屋祐司, 佐藤英二, 山下清 : ソイルセメント壁の杭利用に関する研究(その2 粘性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.669-670, 2009
- 4) 尻無濱昭三, 根本恒, 竹内博幸, 森本敏幸 : H形鋼を芯材とするソイルセメント杭に関する研究(その3), 土木学会第58回年次学術講演会講演概要集, 第3部, 第58巻, pp.607-608, 2003
- 5) 古賀翔平, 渡邊康司, 山本忠久, 北出啓一郎 : ソイルセメントH形鋼杭の支持力・沈下特性に関する検討, 第50回地盤工学研究発表会講演集, pp.1397-1398, 2004
- 6) 日本建築学会 : 山留め設計施工指針, pp.177-178, 2002
- 7) 宇都一馬, 冬木衛, 桜井学 : 杭の載荷試験結果の整理方法, 基礎工, Vol.10, No.9, pp.21-30, 1982
- 8) 日本建築学会 : 建築基礎構造設計指針,

pp.207-211, 2001

9) 平成13年7月2日国土交通省告示第1113号