

製鋼スラグを利用した埋込み節杭の支持力性能
(その3:砂地盤における現場実験)

製鋼スラグ 杭 支持力 (株)ジオトップ 正会員 平尾幸太郎 国際会員 藪内貞男 西脇醇
同上 正会員 吉川那穂 正会員 須見光二
同上 国際会員 小椋仁志

1. はじめに

節杭の周囲に製鋼スラグを充填する埋込み工法の支持力性能を検討している。同名報文(その1)では用いたスラグの基本的な特性と施工法について、(その2)では実大杭を用いた大型土槽実験について報告した。続いて本報では、堆積2次シルスを主体とする砂地盤に試験杭を施工し、1年間の養生期間中に4回の押込み試験を行った現場実験の結果について報告する。

2. 実験概要

2-1. 地盤概要

実験地盤は南九州に広く分布するシルスのうち、河川等によって運搬・堆積された2次シルスが主体の地盤である。図1のように、地表からG.L.-7.3mまでは火山灰質砂に分類されるゆるい砂質土で、それ以深は砂質シルトとなっている。地下水位はG.L.-5.6mである。

2-2. 実験条件

試験杭は 440mm(節部径)-300mm(軸部径)、長さ11mの節杭を、同名報文(その1)で述べた方法によって施工したものである。杭先端はG.L.-11.3mのシルト層に位置している。ひずみゲージを図1に示す5断面に取り付けた。

杭周に充填したスラグには、SSは膨張性が卓越する製鋼スラグ(以下、SS)と、固結性が卓越する混合スラグ(以下、MS)を用いた。MSは、製鋼スラグと水砕スラグとを容積比が7:3になるように混合したものである。また、比較のために、ソイルセメント(以下、GM)を充填した杭も加えている。

各試験杭の施工が終了後、スラグの膨張・固結に伴う支持力性能の経時変化を調べるために、1年間の養生期間中に表1に示す4回の押込み試験を実施した。表中の試験杭記号のH-SSは製鋼スラグ充填杭、H-MSは混合スラグ充填杭、H-GMはソイルセメント充填杭を示している。なお、全ての押込み試験が終わった後、各杭を掘り起こして杭周の状態を観察している。

3. 施工の結果

H-SSとH-MSは、同名報文(その1)で述べた方法で施工したスラグ充填杭である。スラグの充填量は、SSが約6.3m³、MSが約5.0m³であった。掘削空隙体積(=掘削体積-杭体積)は公称オーガー径700mmによると3.42m³になるが、施工時にオーガースクリューや締固めケーシングが少し振れて掘削径は約800mm(地表面での値)になっていたため、実際は4.75m³程度であったと判断される。前述のスラグの充填量は地表に置いた状態で測った値であるため最小密度(SS:1.752t/m³、MS:1.592t/m³)¹⁾に近い状態であったと仮定すると、充填したスラグの質量はSSが11.0t、MSが8.0tとなる。これから相対密度を計算すると、SSは110%となって密に詰まっている状態と思われるのに対し、MSは20%と非常にゆるい状態であると推測される。

H-GMは、節杭の代表的な埋込み工法であるソイルセメント工法により施工された杭である。この工法は、500のオーガースクリューで地盤を掘削した後、掘削土砂とセメントミルクとを混合攪拌したソイルセメントの中に杭を建て込むものである。セメントミルクの充填量は、この工法の施工指針のとおり0.55m³であった。

4. 杭頭荷重・周面抵抗・先端支持力～沈下量関係

図2は、押込み試験の結果得られた杭頭荷重Po・先端抵抗Rp(最下端節部位置での抵抗)・周面抵抗Rf(=Po-Rp)～杭頭沈下量So曲線を、各充填材の種類別に描いたものである。図中の記号は”試験杭記号-養生期間”を示す。3ヶ月養生

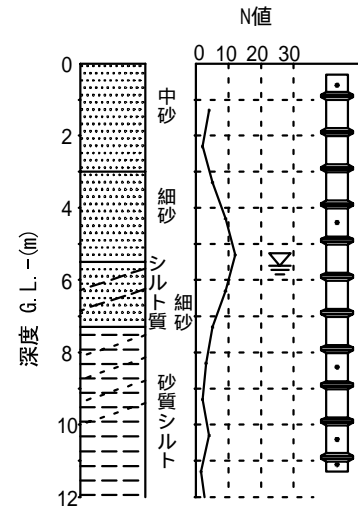


図1. 土質柱状図

表1. 実験種類

試験杭記号	杭種	充填材	押込み試験			
			養生期間(月)			
			1	3	6	12
H-SS	440-300 L=4m	製鋼スラグ				
H-MS		混合スラグ				
H-GM		ソイルセメント				

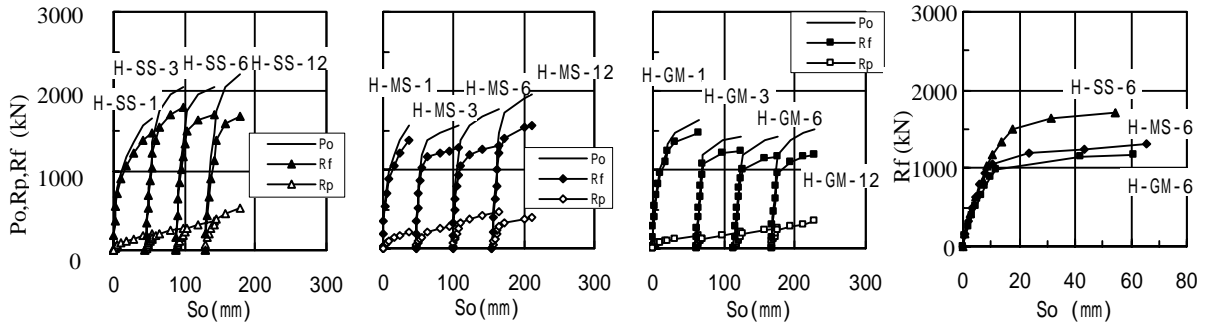


図2. 杭頭荷重 Po・先端抵抗 Rp・周面抵抗 Rf ~ 杭頭沈下量 So 曲線

生以降の試験での So には、それまでの最終沈下量を加えてある。また、図3は、6ヶ月養生での試験による Rf ~ So 曲線で、載荷前の沈下量を 0としたものである。表2は、図2において So が節部径 Do の 10%(44mm)、20%(88mm)、30%(132mm)および 40%(176mm)に達した時の Rf の値を示したものである。これらの So は、養生期間がそれぞれ 1,3,6,12 ヶ月の押し込み試験時に生じている。表には、H-GM の So=0.1Do 時の Rf を 1 としたときの各 Rf との比の値を () 内に示している。これらの図や表から以下のことが分かる。

図2の Po ~ So 曲線において、スラグを充填した H-SS, H-MS の Po は減少することなく、養生期間が長い試験ほど大きくなっていく。これに対して、H-GM の Po は養生期間 1 ヶ月の最終値がピーク値になっており、3 ヶ月以降は低下している。

いずれの杭でも Rp ~ So 曲線はほぼ直線状になっている。これは、載荷履歴による Rp の増加によるもので、スラグの膨張や固結は影響していないと思われる。また、Rp は極限值には達しておらず、同じ沈下量時の Rp の値は H-MS > H-SS > H-GM の順に大きい、それらの差は小さい。

Rf ~ So 曲線では、述べた Po ~ So 曲線と同様、いずれの杭でも Rf のピークが見られる。ただし、スラグを充填した H-SS と H-MS はピークになった後の Rf の減少程度が H-GM よりも小さいこと、H-SS ではピークになるのが So=100mm(3 ヶ月養生時)と他の杭よりも遅いこと、H-MS はピークの後、増加に転じていることなどの違いがある。

各沈下量での H-GM に対する H-SS と H-MS の Rf の比の値は、沈下量が大きくなる(養生期間が長くなる)につれて大きくなっており、So=0.4Do(12 ヶ月養生)では H-SS は 1.8 倍、H-MS は 1.6 倍になっている。したがって、スラグ充填杭は養生期間が長くなると通常の埋込み杭よりも大きな周面抵抗力になるとと思われる。詳しくは文献 1) で検討する。

同名報文(その2)で述べた土槽実験では混合スラグを充填した杭の方が製鋼スラグを充填した杭より大きい Rf を示していたのに対し、この現場実験では製鋼スラグを充填した杭の方が大きくなっている。これは、2. で述べたように本実験で充填したスラグの密度が、製鋼スラグの方が混合スラグよりもかなり大きかったためと推測される。

表2. 各沈下量時の周面抵抗力

試験杭 記号	各沈下量時の周面抵抗 Rf (kN)			
	So = 0.1Do	So = 0.2Do	So = 0.3Do	So = 0.4Do
H-SS	1400(1.0)	1748(1.3)	1679(1.2)	1600(1.1)
H-MS	1363(1.0)	1230(0.9)	1218(0.9)	1402(1.0)
H-GM	1398(1)	1154(0.8)	1021(0.7)	887(0.6)

5. 軸力分布

図4に、各試験杭の So が 0.1Do ~ 0.4Do 時の軸力分布図を示す。So=0.1Do ではどの杭も GL-8m 以浅の周面抵抗が少し大きい傾向が見られるが、全体的にみるとほぼ一般的な周面抵抗になっていることが分かる。

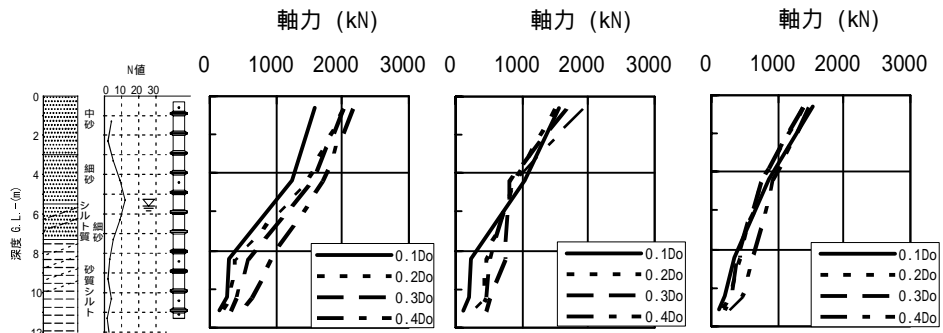


図4. 軸力分布図

6. おわりに

本報では、実際の砂地盤に施工した 2 種類のスラグとソイルセメントを充填した節杭に対する押し込み試験の結果を述べた。本実験で得られた周面抵抗力については同名報文(その2)の結果と合わせて、文献 1) で考察を加える。

最後に、本実験結果の検討に際して貴重なご意見をいただきました(社)建築研究振興協会「鉄鋼スラグの杭基礎への活用委員会」(委員長: 岸田英明 東京工大名誉教授)の委員各位に謝意を表します。

参考文献 1) 小椋・吉川・平尾・桑原: 製鋼スラグを利用した埋込み節杭の周面抵抗機構の検討, 第 39 回地盤工学研究発表会, 2004.7