

鋼管杭打設工事に使用する充填用グラウト材の充填性および付着強度の確認（その1）
- 大型模型を用いたグラウト充填実験 -

五洋建設株式会社 正会員 〇岡田 弘毅 正会員 上野 一彦
五洋建設株式会社 正会員 江守 辰哉 正会員 宮崎 敏弘
東亜建設工業株式会社 非会員 山本 倫也

1．はじめに

海上栈橋設置工事に伴う鋼管杭打設作業において、先行掘削時のドリル径が鋼管杭径よりも大きいため、鋼管杭と原地盤との間に隙間が生じる。そのため、鋼管杭の引抜き抵抗力を確保するために、隙間をグラウト材で充填する。しかし、この隙間が対象工事の施工条件として 25～75mm と非常に狭く、さらに鋼管杭の根入れ長が 10m と長いため、グラウト材の充填不良が懸念された。そこで、本検討では、グラウト材の充填性や強度特性の確認を目的として、大型模型を用いたグラウト充填実験を実施した。本稿では、実験により得られた各種グラウト材の充填時間や圧縮強度などについて報告する。

2．大型模型を用いたグラウト充填実験

(1) 使用材料及び実験ケース

本実験で使用した材料の物理特性および配合を、それぞれ表-1、表-2 に示す。Case1 は一般的なグラウト材であり、Case2 は水中不分離性型のグラウト材である。なお、グラウト材の目標強度は 20N/mm² 以上とした¹⁾。

(2) 実験概要

グラウト充填実験で使用した実験模型を図-1 に示す。前述の隙間を、実施工時と同等の 30mm とするため、内管には透明塩ビ管(VP125)を、外管にはアクリルパイプ(φ 200mm)をそれぞれ使用した。実験では、内管内側にトレミー管を模擬したサクションホースを模型下端まで挿入し、モノポンプから圧送されたグラウト材を模型上端に達するまで充填した。この時の注入速度は約 7.1L/min であり、1m 区間を充填するのに 252 秒かかる想定であった。実験時は、隙間を流動するグラウト材の充填性について、目視や充填時間を計測して確認した。充填時間の計測では、グラウト材が模型下端より 0.5m～1.5m、2.5m～3.5m、4.5m～5.5m の各 1m 区間を充填するのに要した時間をストップウォッチで計測した。

表-1 材料諸元

材料名	記号	摘要
セメント	C	普通ポルトランドセメント
水	W	海水(濃度=1.03%)
分散剤	A D1	密度=1.00Mg/m ³
海水用湿和剤	A D2	密度=1.02Mg/m ³
水中不分離性湿和剤	A D3	主成分：水溶性セルロースエーテル 密度=1.30Mg/m ³
高性能減水剤	S P	主成分：ポリカルボン酸系 密度=1.02～1.08Mg/m ³
消泡剤	D F	主成分：ノニオン系界面活性剤 密度=0.98Mg/m ³

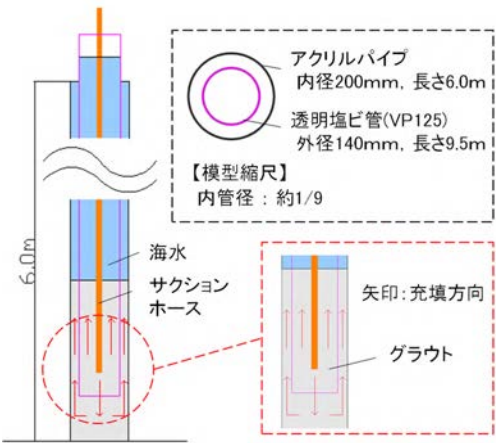


図-1 実験模型図

表-2 グラウト材配合

配合名	備考	W / C (%)	単位量(kg / m ³)							圧縮強度 ¹ qu ₂₈ (N / mm ²)	密度 (Mg / cm ³)	流下時間 ² (秒)	フロー値 ³ (cm)
			C	W	AD1	AD2	AD3	SP	DF				
Case1	一般グラウト	50	1248	603	15.0	6.00	-	-	-	43.7	1.85	3.42	34.9
Case2	水中不分離性グラウト	60	1113	656	-	-	7.50	11.1	0.188	26.4	1.76	32.0	28.6

1 PCグラウトの圧縮強度試験方法(JSCE-G 531-2012)
2 PCグラウトの流動性試験方法(案)(JSCE-F 531-2018)
3 エアモルタル及びエアミルクの試験方法(NEXCO試験法 313-1999)

キーワード 港湾構造物，模型実験，グラウト材，充填性，水中不分離性，材料分離

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設株式会社 技術研究所 TEL:0287-39-2116

また、充填したグラウト材を 28 日間養生した後、模型を解体し、充填不良部を確認した。さらに、上記区間においてコア供試体を採取し、圧縮強度試験を実施した。

3. 試験結果及び考察

(1) 充填性について

Case1 の充填状況と模型解体後の表面状況について、それぞれ図-2、図-3 に示す。Case1 と Case 2 共に模型天端までグラウト材を充填できた。しかし、Case1 は材料分離が生じ、充填中のグラウト材上部に濁りが発生した。また、各 1m 区間の充填時間、密度、圧縮強度を表-3 に示す。充填時間は Case1 と Case2 共に各層で一定であり、時間変化は見られなかった。硬化後の Case1 では、天端面が最大 282mm 沈下した。これはグラウト材の粘性が低いため、材料分離によって沈降が発生したものと考えられる。また表面には空隙・アバタが 25 か所、ひび割れが 3 か所確認された。全体的に空隙は横に広く楕円形で、ひび割れは水平方向に伸びている傾向にあった。このことから、材料分離の発生に伴う下向きの引張力によって、空隙・ひび割れ（沈降ひび割れ）が発生したものと推測される。一方で、硬化後の Case2 では、天端面の沈下量は約 9mm と少なく、材料分離はほとんど発生しなかった。また、表面に空隙・アバタは存在せず、密に充填されていた。なお、表面上に数本のひび割れを確認したが、いずれも 0.1mm 以下の微細なものであり、鋼管杭とグラウト材の付着強度には影響がないものと考えられる。

(2) 強度特性について

表-3 より、平均圧縮強度は Case1 が 43.2N/mm^2 と、Case2 の 33.4N/mm^2 より 10N/mm^2 程度大きな値を示した。これらは表-2 で示した圧縮強度（配合試験時）と同様の値であった。しかし、Case1 の上段と下段の強度差は 20.3N/mm^2 と、Case2 の強度差である 5.8N/mm^2 に対して非常に大きい値を示した。これは、前述のように、材料分離によってセメント分などの比重の大きい粒子が下方向に沈降することで、深度によって強度にばらつきが生じているのだと考えられる。また Case1 の上段と下段の密度差が Case2 に比べて大きいことから、材料分離が生じていることがわかる。

4. まとめ

大型模型を用いたグラウト充填実験により、各種グラウト材の充填性や強度特性を確認した。どちらのケースも、水中打設をした場合でも目標強度を満足する結果が得られた。ただし、一般的なグラウト材を使用した Case1 は充填後に材料分離が生じ、充填不良部も多く見受けられることから、鋼管杭とグラウト材の付着強度低下が懸念される。

参考文献

- 1)公益社団法人日本道路協会：杭基礎施工便覧，pp.140~156，2020。



図-2 Case1 充填状況



図-3 Case1 充填不良部

表-3 各層の充填時間、密度、圧縮強度

配合名	区間 (m)	充填時間 (秒)	密度 (Mg/m^3)	圧縮強度 $qu_{28}(\text{N/mm}^2)$	平均圧縮強度 $qu_{28}(\text{N/mm}^2)$
Case1	上段	4.5 ~ 5.5	200	1.895	34.8
	中段	2.5 ~ 3.5	194	1.912	39.8
	下段	0.5 ~ 1.5	203	1.952	55.1
Case2	上段	4.5 ~ 5.5	208	1.762	31.2
	中段	2.5 ~ 3.5	201	1.771	32.1
	下段	0.5 ~ 1.5	211	1.788	37.0