

ソイルセメント杭施工試験での
オーガ削孔一時停止に伴うジャーミング現象の確認

(株)安藤・間 建設本部土木技術第二部 正会員 ○河村 杏那、松本 勝
(株)安藤・間 北陸支店 坂本 佳則、諏訪 勝彦、越智 太一郎
株式会社テクノックス 安田 貴則

1. はじめに

粒子が細かく、粒径が均一な特徴を示す沖積層の緩い砂質地盤では、ソイルセメント杭の施工時に削孔不能となるジャーミング現象が発生しやすいことが一般的に知られている。特に杭体の溶接接合や精度確認の計測といった作業を一時中断しなければならぬ際に、土粒子の沈降による締め付けが発生し、ジャーミングが発生しやすくなると考えられる。これらを実証するため試験施工を行った。

2. 地盤条件

試験地盤の柱状図を図-1に示す。深度-37m付近まで砂質土層が分布しているが、その特徴は一様でなく、地上より深度-7m付近までの砂丘砂層 Asd、深度-14m 付近までの河川堆積物層 As1、および深度-37m 付近までの海成堆積物の海成砂層 As1(m)で構成されている。いずれの層も均等係数が小さく、孔壁のゆるみが誘発しやすいことが想定される。

また、地下水位は深度-0.4m と非常に高く、砂質土

▽0.0m	N 値	透水係数	均等係数	記事
▽-1.0m 盛土層 B		-	-	-
砂丘砂層 Asd	N= 9.7	$k=10^{-2}\sim10^{-4}$ (m/s)	2.00 ~ 2.14	細砂～中砂からなり、細砂優勢である。含水中位～非常に多い。緩い状態にあり、孔壁は崩壊する。掘削水は逸水する。
▽-7.3m 砂質土層 As1	N= 11.4	$k=10^{-2}\sim10^{-4}$ (m/s)	2.00 ~ 2.79	微細～中砂からなり中砂主体である。含水中位～多く、緩い状態にあり、孔壁崩壊する。掘削水は逸水する。
▽-13.7m 海成砂層 As1(m)	N= 19.9	$k=10^{-3}\sim10^{-5}$ (m/s)	2.00 ~ 9.50	微細砂主体であり、一部シルトを混入する。含水中位～少なく、やや締まっている。孔壁は自立し、崩壊は見られない。掘削水の逸水量は少ない。
▽-36.9m 海成砂質土・粘性土の互層 2Aa12	N= 15.6	-	-	含水の変化大きく、やや軟らかい。掘削水の逸水量はなく、孔壁は自立する。やや締まっている。概ね砂 4 に対しシルト 6 の割合の互層状態を示す。
▽-47.3m 海成シルト 2 Ac2(m)	N= 10.5	-	-	シルト主体であり、不規則に一部粘土質となる。含水中位～少なく、硬い。粘性は中位であるまた掘削水の逸水量はなく、孔壁は自立する。

図-1 柱状図

層は透水性が大きい。特に Asd 層と As1 層は透水係数 $k=10^{-2}\sim10^{-4}$ m/s と極めて大きいことが特徴として挙げられる。

3. 試験概要

削孔中にオーガを一定時間停止させると、透水性が高い砂質地盤ではソイルセメント中のセメントミルク分が逸脱し、流動性が低下する。それによる土粒子の沈降が抵抗（トルク）の増加として表れるため、限界トルク値によってジャーミング発生の予測が可能であると考えた。また、削孔時のトルク値と電流値は相関関係にあることから、電流値を計測し、オーガの電流-トルク曲線よりトルク値を推定することとした。

(1) 試験方法

ジャーミング発生を確認することを目的に、深度-10m～-50m で 5m 毎に電流値を測定する計画とした。電流値はオーガを 30 分間停止し、再稼働させたときの値を測定した。削孔速度は 0.5m/分、セメントミルク吐出量は 150L/分で一定とした。

実際にジャーミングが発生することを避けるため、トルク値の大きい機体を用意し、試験を行った。その最大トルク値約 107kN・m から推定した電流値約 320A の半分である 160A を超過すると、試験を終了することとした。これらの試験フローを図-2に示す。

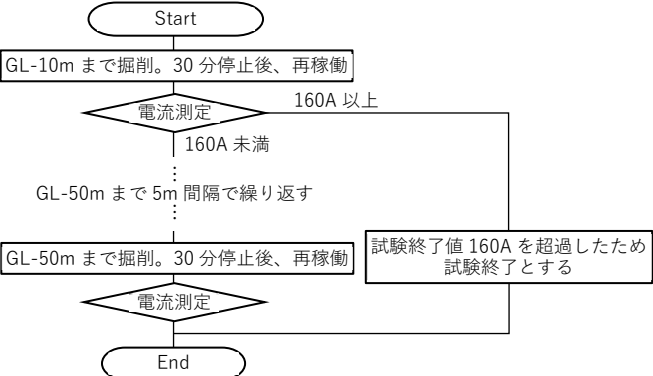


図-2 試験フロー図

キーワード ジャーミング、ソイルセメント杭、オーガ削孔一時停止、砂質地盤
連絡先 〒105-7360 東京都港区東新橋一丁目 9 番 1 号 (株)安藤・間 建設本部土木技術第二部 TEL03-3575-6001

(2) 試験機材

試験に使用した削孔機の仕様を表-1、オーガモーターの仕様を表-2、セメントミルク配合を表-3に示す。砂質地盤でのソイルセメント杭の施工に多く用いられる配合を参考に、セメントは水密性に優れる高炉セメント B 種、ベントナイトは膨張性の高いクニゲル MB を使用した。

表-1 削孔機仕様	
削孔攪拌機	DH658-135M
オーガモーター	SA-D-240H-B2Hi
掘削攪拌ヘッド	改良径Φ900mm 用
掘削攪拌ロッド	SP6-120M

表-2 オーガモーター仕様	
モータ	90kW-6P×2 台(400/440V 仕様)
周波数	60Hz
回転速度 (全負荷回転時)	19.3 r/min
掘削トルク限界値	106.75 kN・m (電流値約 320A)

表-3 セメントミルク配合				
セメント	ベントナイト	水	W/C	練上り量
202 kg	15 kg	404 kg	200%	476 ℓ

5. 試験結果

各深度における電流値と柱状図を図-3に示す。オーガ駆動直後の不安定な電流値ではなく、駆動が安定した 20～30 秒の電流値を平均し評価した。

試験は深度-25m で電流値 160A 超過し、終了することとなった。As1 層と As1(m) 層での結果であったが、どちらも砂質地盤であるためか、地層の違いによる試験結果の変化はあまり見られず、深度が支配的に電流値を増大させる傾向が見られた。

また、試験結果より近似値を算出すると、As1(m) 層下端の深度-37m 付近では 250A 以上の電流値となることが予測された。地質は変わるが、深度-46m 付近では 320A 以上の電流値が発生することが予測され、トルク値に換算すると限界トルク値である 107kN・m を超過する可能性が見受けられた。

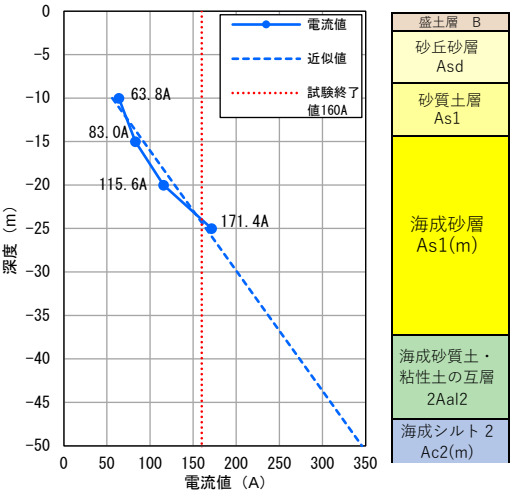


図-3 各深度における電流値と柱状図

この結果より、試験地盤でのソイルセメント杭施工においては、相当の抵抗値の増大が見込まれ、より大きい削孔深度ではジャーミング発生が考えられた。

また、試験時はセメントミルクを吐出し続けたが、液面は上昇しなかった。このことから、セメントミルク分が逸泥されていたことが確認できた。

6. オーガ引き上げ時の電流値計測

過去のジャーミング事例では、掘削時だけでなくオーガ引き上げ時においても大きな抵抗が働く旨が述べられていた。そのため、試験を終了した地点から、引き上げ時の電流値計測を行った。

その結果を図-4に示す。開始時には電流値が 120A 程度であったが、引上げに伴い、電流値が徐々に増大し、深度-19m 付近で 160A を超過した。また、As1 層と Asd 層で電流値が更に大きくなる傾向を示した。これらの層は、As1(m) 層より透水係数が高く、粒径の揃った地層であるため、削孔時と同様にセメントミルク分が逸泥されたと考えられる。また、削孔から時間が経過したことで、逸泥が進行し、オーガに発生する抵抗がより大きくなったことが想定される。

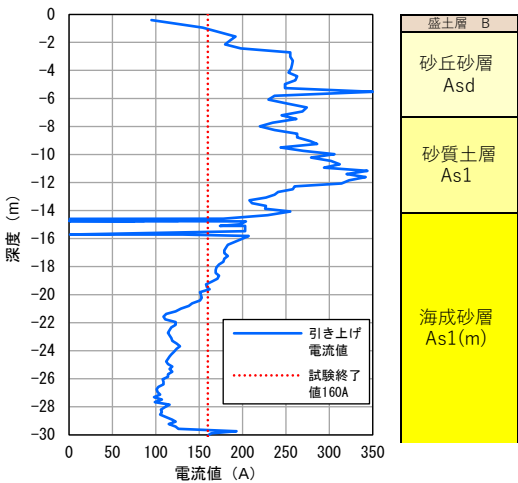


図-4 オーガ引き上げ時電流値と柱状図

7. まとめ

試験により、削孔中にオーガを一時停止し再稼働させると、オーガに発生する抵抗が増大することが定量的に確認でき、ジャーミングが発生する可能性が高いことが考えられた。

ジャーミング発生防止における配合や施工方法等の工夫について述べられた文献はあるが、ジャーミング発生を実証し、定量的に評価した文献は少ない。本稿が類似地盤での同種工事の一助となることがあれば幸いである。