

長尺地盤改良杭の施工に向けた遅延剤添加に関する配合検討

大成建設株式会社 正会員 ○富永 直輝 大塚 徳之 石井 裕泰
三愛石油株式会社 小島 圭介

1. はじめに

東京国際空港においては、2020 年の東京オリンピック開催に向けて国際線年間離発着回数が 9 万回から 13 万回へ増便することが決定された。これに伴い、航空機給油施設の運営・管理及び給油業務を行っている三愛石油株式会社では、航空需要の安定供給に対応するため、貯油基地を拡張し航空燃料用貯油タンク 2 基を増設する。

当該計画においては、軟弱層からなる基礎地盤を鉛直に貫通する地盤改良杭を、機械攪拌系の深層混合処理工法により造成する。軟弱層は埋土、盛砂、原地盤軟弱粘土層で構成され、その改良杭長さ是一般的水準を上回る 43m におよぶ。そのため、セメントミルクを吐出させながら攪拌装置を下降させ、引き上げる過程では 2 時間程度の時間を要し、この間に相当のセメント硬化反応を伴う。この結果、施工性、強度品質確保に懸念が生じることから、検討を依頼され遅延剤の併用について施工過程を踏まえた室内配合検討業務にあたった。本報にて、攪拌性の確保と固化強度への影響抑制の観点による、遅延剤の必要添加量を実験結果に基づき考察する。

2. 試験概要

試験用の土質試料は、現地からボーリングや掘削により採取した 2 箇所 (TK351, 352)、埋め土部分 2 深度 (Bs, Bs'-u) の 4 試料と、支障物撤去の埋め戻しでの利用が見込まれる再生砂、山砂を加えた合計 6 試料である。別途試験において必要強度が得られることを確認した上で、W/C=1.0 のセメントミルクを添加し対象土 1m³あたりのセメント量を 120kg としたものを検討配合とした。

セメントの反応を遅延剤で抑制する場合、遅延剤が過剰、過小かに応じて、表-1 のような懸念が生じる。検討に際しての目標仕様として、「固化進展の抑制」はセメント混合後 2 時間にわたり改良対象土が過度に硬化することなく施工上問題ないこと、「一軸圧縮強さの確保」は遅延剤を用いない場合と 28 日材齢で同水準の強度を確保することとした。

施工条件を念頭に定めた各土質試料に対する配合パターンを表-2 にまとめる。配合パターン A は、一般的な施工を想定し練りあがり後 1 時間で攪拌を加える。B~D は、練り上がり後 2 時間で攪拌を加え、遅延剤の添加量をパラメータとする。これらについて、

3 時間までの固化過程における貫入抵抗 (コンクリートの凝結時間試験方法, JIS A 1147 を引用, 図-3 参照) と、養



図-1 試験試料 (TK351_Bs)

表-1 遅延剤量が過少・過剰な場合の影響

遅延剤量が過少な場合	遅延剤量が過剰な場合
- 引き上げ時の攪拌に際して抵抗が過大になり施工性が低下する。 - 同時に、固化反応の過程でかく乱されることにより、一軸圧縮強さの低下を招く恐れがある。	- 翌日に十分な強度が得られず、重機が乗れないなどの支障を来す。 28 日材齢でも強度発現の遅れが生じ、それ以上の材齢を待たなければ強度の適正管理が行えなくなる。 - 余分なコストを費やすことになる。

表-2 配合パターン (各土質試料あたり)

配合 パターン	試験条件		備考
	遅延剤 添加量*	再攪拌の タイミング	
A	0%	1h 後	試料の残存量に応 じて一部パターン は省略
B	1%	2h 後	
C	2%		
D	3%		
A'	0%		強度試験のみ実施



図-2 混練り状況 (Bs)

キーワード 羽田空港, 貯油タンク, 地盤改良工, 遅延剤

連絡先 〒144-0041 東京都大田区羽田空港 2 丁目 6 番 3 号 航空燃料貯油基地拡張工事「地盤改良工事」

大成建設株式会社 羽田土木作業所 TEL : 03-5708-7916



図-3 貫入抵抗の経時変化(遅延剤なし-再攪拌 1h)

生後の 7 日, 28 日材齢での一軸圧縮強さを測定した。

3. 試験結果

貫入抵抗に関して, 図-4 には遅延剤なし-再攪拌 1h に対する測定結果を示す。コンクリートの試験において硬化始発時間の目安である 3.5N/mm^2 に対して, いずれの測定でも 1 時間経過時点では下回る値となっている。その後, 攪拌直後の貫入抵抗は低下するが, 引き続き硬化が継続する。紙面の都合, このうち貫入抵抗が大きな Bs, Bs'-u についてのみ, 遅延剤を加えた場合の測定結果を図-5 に示す。遅延剤の添加により貫入抵抗の増加は抑制されるが, 2h 後の攪拌時点では上記目安 3.5N/mm^2 を超過する結果も見られる。一連の試験での目視管理の範囲では, 遅延剤 1% 添加でも実施工の攪拌負荷としては支障がないと判断できた。一方で, 上記目安 3.5N/mm^2 以下に抑制することを判断指標とする場合は, 2h 後の貫入抵抗と遅延剤添加量の関係をまとめた図-6 に基づき, 必要添加量目安として 2% を得る。

一軸圧縮試験結果として, 貫入抵抗により硬化進展の影響がもっとも大きい Bs について, 図-7 に材齢変化を示す。遅延剤なしの 2 条件 (A, A') の比較では, 1h 攪拌に対して 2h 攪拌は 28 日材齢で 12% 程度の強度低下が生じている。一方, 遅延剤を添加した 3 試料の材齢変化は上記 2 条件の間に位置し, 7~28 日材齢にかけての強度の進展は, 遅延剤 1% が最も大きい (同図(b)参照)。ともに 2h 攪拌の遅延剤 2% (C) と 0% (A') ではほぼ傾向が重なるが, 前者は遅延剤添加による強度発現の遅れ, 後者は攪拌影響による強度影響, のように異なる要因による結果と考えられ, 28 日材齢以降の強度の進展には相違が生じることが見込まれる。本結果に基づき, 28 日材齢で遅延剤なし-1h 後攪拌と同水準の強度を確保することを判断指標とした場合, 推奨添加量としては 1% を得る。

4. まとめ

本報では, 「固化進展の抑制」ならびに「一軸圧縮強さの確保」の見地による検討方法を例示し, 混和剤添加量として 1~2% を選択する根拠を示した。添加量の妥当性については, 試験施工や実施工時のチェックボーリング等で確認することが推奨される。

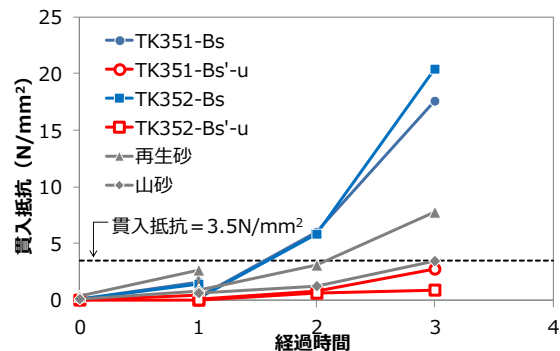


図-4 貫入抵抗の経時変化(遅延剤なし-再攪拌 1h)

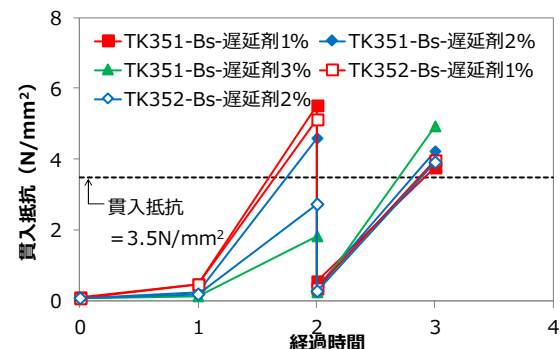


図-5 貫入抵抗の経時変化(遅延剤あり-再攪拌 2h)

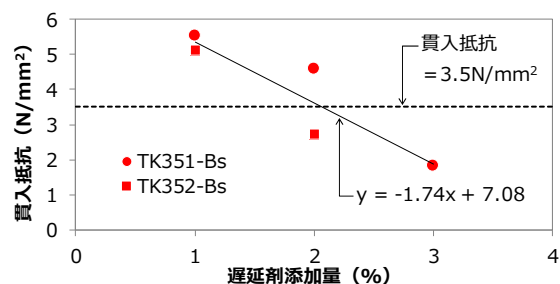
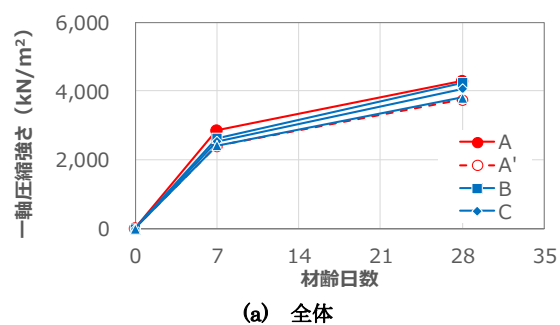
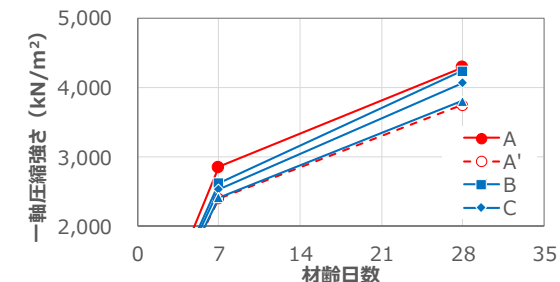


図-6 遅延剤添加量と 2h 後貫入抵抗の関係



(a) 全体



(b) 縦軸を拡大表示

図-7 一軸圧縮強さの材齢変化(Bs)