

浅い土被り条件における高圧噴射攪拌工法の施工方法の改善

中部電力(株) 正会員 河村精一 ○市橋豊隆 遠藤大輔

(株)シーテック 正会員 渋谷旬

鹿島建設(株) 正会員 藤崎勝利 浜村憲

1. はじめに

岩盤上に直接支持された既設地中構造物の耐震性を向上するには、構造物の周辺地盤の固化が有効¹⁾であり、目標とするせん断剛性を支持岩盤である軟岩相当としている。既設地中構造物の周囲に移設の困難な埋設物等が存在する場合、構造物の周辺地盤を掘削することなく、比較的、強度や剛性の高い地盤改良が可能とされる高圧噴射攪拌工法の適用が考えられるが、仮設として底版改良や防護工として採用されることが多く、土被りを有した地中部に施工することが一般的である。そこで、浅い土被り条件における高圧噴射攪拌工法の試験施工を行い、土被りの有無や施工方法を改善することにより、十分な連続性および剛性を満足する高品質の地盤改良体(以下「改良体」)を造成することができた。本稿では、その結果について報告する。

2. 工法の概要および施工条件

設計改良径最大 5m のスーパージェット工法(以下「SJ 工法」)、設計改良径最大 3.5m のスーパージェットミディ工法(以下「SJM 工法」)を採用した。各工法の概要を表-1 に示す。改良対象地盤は、砂地盤および砂礫地盤である。各地盤の物理的性質を表-2 に示す。改良深度は 3.5~4m 程度、GL-70cm まで改良体を造成することから、改良体径と比較して表層土層が薄く、土被りが浅い条件である。

3. 試験施工

(1) 施工方法

事前検討の結果、技術資料²⁾に示される標準的な施工仕様では、目標とするせん断剛性を得ることが難しいと判断し、高い剛性を有する改良体を造成するため、同一箇所を対象に 2 段階(1 次改良, 2 次改良)の改良を行う「2 度施工」と称する施工方法を基本とし、各々、固化材ミルクの水固化材比(以下「W/C」)W/C=135%, W/C=85%, 固化材噴射圧力 30MPa, 18MPa, 圧縮空気圧力を 1 次改良, 2 次改良とも 0.7MPa に設定し、岩盤下 50cm から噴射を開始した。

また浅い土被りへの対応として、砂地盤では、表層土の崩落を許容し、土被りのない条件で施工した。一方、砂礫地盤では、表層盛土(セメント改良)を行い、土被りのある条件で試験施工を行った。施工ステップを図-1 に示す。

(2) 改良体の調査結果

ボーリングでコアを採取し目視観察を行った。採取位置は、改良体の平面的かつ深度方向の固化状況を把握するため、改良体あたり 1~3 箇所(bor.1~3)とした。コア採取ボーリング位置を図-2 に示す。

その結果、砂層では、改良体下端部のほぼ全面に、砂礫層では、改良体下端部の外周付近に固化していない部分が確認された。また改良体の連続性の指標として、指針³⁾を参照し、コア採取率の平均値を算定して判定を行った。95%以上を判

表-1 工法の概要

工法名称	スーパージェット工法 (SJ 工法)	スーパージェットミディ工法 (SJM 工法)
改良径	設計改良径 最大 5.0m	設計改良径 最大 3.5m
工法分類	エア-グラウト噴射系	
切削方式	固化材ミルク切削(2系統)	
置換方式	切削時の固化材ミルクで置換	
概要	高圧の固化材ミルクを圧縮空気とともに地盤中で噴射して、地盤を切削するとともに、地盤と固化材ミルクの混合攪拌を行う。	

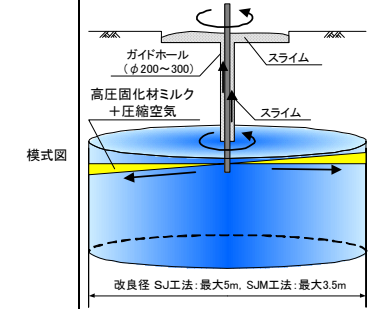


表-2 改良対象地盤の物理的性質

改良対象地盤	砂	砂礫
一般		
含水比 w_{60} (%)	11.2	80.1
土粒子の密度 ρ_s (Mg/m ³)	2.675	2.661
最大粒径 D_{max} (mm)	37.5	75.0
粒径		
粒径(2mm以上)含有率 (%)	11.2	80.1
細粒分含有率 F_c (%)	1.7	8.6
分類	工学的分類名・分類記号	標準じり細粒分質砂 (SF-G)

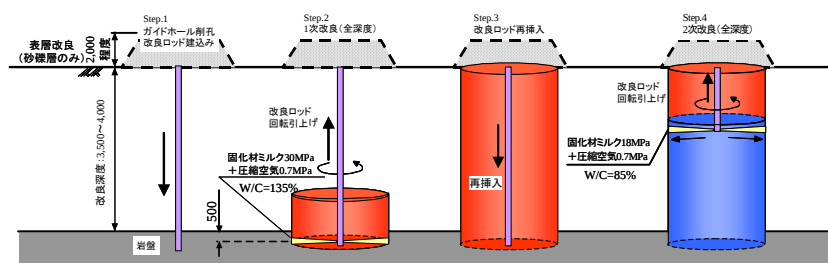


図-1 施工ステップ

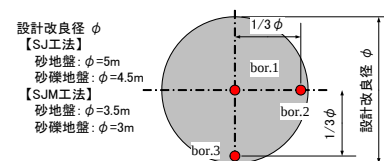


図-2 コア採取ボーリング位置

キーワード：高圧噴射攪拌工法、浅い土被り、耐震補強、地中構造物、コア採取率

連絡先：中部電力(株) (〒461-8680 名古屋市中区東新町 1 番地 TEL052-951-8211 E-mail:Ichihashi.Toyotaka@chuden.co.jp)

定の見安とすると、コアの連続性は不十分となった。コア観察によって推定される改良体の出来形を図-3に示す。

(3) 固化不良部の発生要因と施工方法の改善

施工状況と改良体の調査結果から、固化不良が発生した要因を推定するとともに各々、施工方法の改善を行った。

第1に、改良層中の礫が沈降し(図-4中①)、改良体の固化前に下端付近に堆積したことが考えられるため1次改良後に下端1m部分を再改良する「下端改良」と称するステップ(図-5中step.4)を追加した。

第2に、コア観察の結果、切削された軟岩片が下端部に堆積(図-4中②)していることから、噴射位置を土砂と岩盤の境界部(図-5中step.2,4,6)に変更した。

第3に、2次改良時、固化材ミルクの切削距離を延ばすために使用している圧縮空気の使用により孔壁が乱れ(図-4中③)、崩落した土砂が未固化のまま残ったことが推定された。そこで2次改良時は、圧縮空気を用いず固化材ミルクのみの噴射(図-5中step.6)とした。

第4に、圧縮空気が地表面に逃げていく際のリフト効果(以下「エアリフト効果」)によって、切削土砂が攪拌され、ガイドホールを通りスライムとして排出(図-4中④左図)されるが、土被りのない場合には、自由面が広く空気はそのまま上部に逃げ、エアリフト効果が失われる(図-4中④右図)。そこで、エアリフト効果を確保するため、砂層においても表層盛土(セメント改良)を行った(図-5中step.0)。以上の改善策を踏まえ、再度試験施工を実施した。

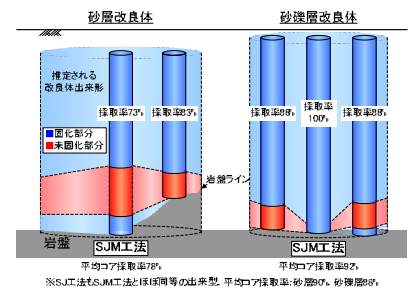


図-3 改良体の出来形

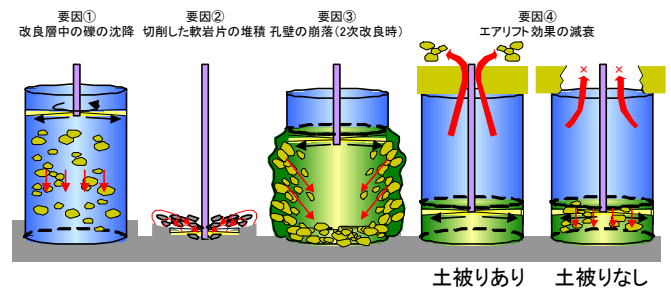


図-4 改良体固化不良部の発生要因

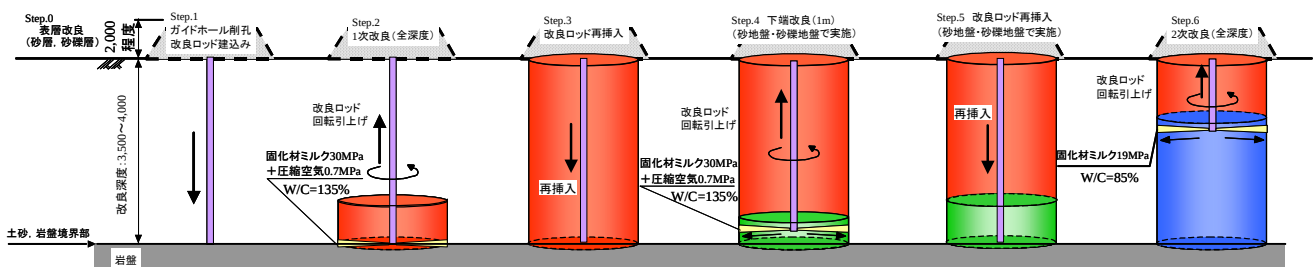


図-5 施工ステップ(改善後)

(4) 改良体の再調査結果

前回と同様、ボーリングでコアを採取し目視観察を行った。その結果、改良体下端部の未固化が改善され、改良体中心部、外周部ともほぼ全長にわたって固化したコアを得ることができた。また、コア採取率の平均値は、すべて 95% 以上となり、十分な連続性を有する改良体であることが確認できた。

さらに原位置において PS 検層を実施し、改良体の剛性が軟岩相当のせん断剛性を有していることを確認⁴⁾した。

4. まとめ

浅い土被り条件において、高圧噴射攪拌工法により、既設地中構造物の耐震性を向上するために必要な高品質の改良体を造成するための施工方法を確認した。以下に得られた知見を示す。

- 1) 改良層中の礫の沈降、切削した軟岩片の堆積等により、改良体の下端部は未固化となる傾向にあり、下端改良ステップの追加は有効な対策となる。
- 2) 土被りのない場合には、エアリフト効果が失われ、攪拌、排泥能力が低減する。浅い土被り条件では、表層盛土を行い、エアリフト効果を確保することが重要である。

【参考文献】

1) 山崎, 鍋谷, 児玉, 橘(2002): 地中構造物の周辺地盤置換工法による耐震補強効果の検討, 土木学会第 58 回年次学術講演会 2) Superjet 研究会: Superjet 工法技術資料, 平成 16 年 12 月 3) 建築物のための改良地盤の設計および品質管理指針, 平成 9 年 7 月, 日本建築センター 4) 河村, 市橋, 遠藤ら: 地中構造物の耐震性向上を目的とした高圧噴射攪拌工法の試験施工, 第 41 回地盤工学研究発表会, 平成 19 年 7 月 (投稿中)