

切削効率を高めた高圧噴射攪拌工法の開発 —フィールド試験施工による排泥減量化の検証—

戸田建設(株) 正会員 ○利根 誠 正会員 下坂 賢二
 太洋基礎工業(株) 正会員 大野 康年 伊藤 孝芳
 早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一

1. はじめに

高圧噴射攪拌工法で発生する排泥は、セメント系柱状改良体を地中で造成する際に、副次的に地上排出される泥土状の混合物であり、その内容を大別すると、①投入した切削水と土粒子が混合して地上排出したもの、②投入した硬化材のうち改良体の結合材として寄与せずに浮遊土粒子と混合した状態で地上排出されたもの、である。すなわち、排泥は工法として投入した水や固化材が由来となっている。

ここに、①の切削水は地盤性状や硬軟に応じて所要量が決定されるため、切削力が向上すれば切削水量を減量することができる。同様に、②の硬化材についても、空隙部で生成するセメント水和物が原土の骨格構造を速やかに密にし改良体の設計強度を遅延なく発現させるという「目的を為せば、所要の流動性を確保する範囲で、単位水量を減じることができる。

ここで、切削水の量を合理的に低減させる手法として、下坂らは既報^{1)~4)}における気中噴射試験や現場試験施工を通じて、切削材に高吸水性ポリマー水溶液を用いる手法を提案し、その減量効果を実証している。

本稿では、切削材に高吸水性ポリマー水溶液を用いて、単位造成時間の違いによる改良体の造成径を確認し、その結果を踏まえて、排泥総量と投入材量（切削材、硬化材）の相関について考察する。

2. 試験フィールドの概要

試験フィールドは愛知県海部郡蟹江町内で、地盤区分は、表層が砂礫で、その下部にN値が3の砂質シルト（Fc=80.0%）、ならびにN値が6~19の細粒分混じり砂（砂分83~85%）である。地下水位は高く、地表面付近に存在する。改良対象の地層は、図1に示すように、砂質シルトと細粒分混じり砂とし、改良体長を3.5mとした。

3. 検証内容

切削材については、既報^{1)~4)}の実証に基づき、切削能力が大きい高吸水性ポリマー水溶液を用いることとした。本フィールド試験では、切削材と硬化材の仕様を一定とし、単位造成時間の違いによる造成径と排泥量を検証した。検討した3つのケースの諸元を表1に示す。

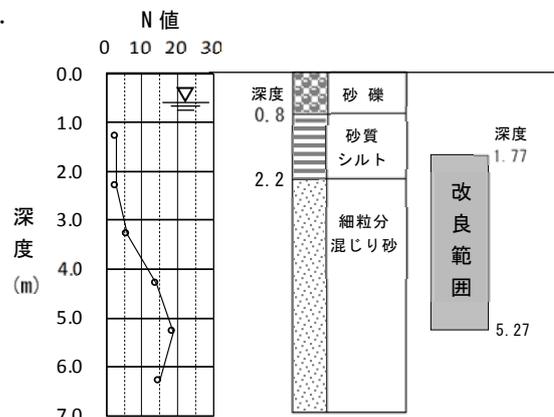


図1 対象地盤構成と改良範囲

表1 検討3ケースの諸元

項目	CASE-1	CASE-2	CASE-3	
切削材	材 料	高吸水性ポリマー水溶液		
	噴射圧力(MPa)	35.0		
	噴射流量(m ³ /分)	0.10		
	圧縮空気	なし		
硬化材	材 料	水 + セメント系特殊固化材 (W/C=90%)		
	噴射圧力(MPa)	35.0		
	噴射流量(m ³ /分)	0.19		
	吐出口内径(mm)	3.15		
	圧 縮 空 気	圧力(MPa)	1.0	
	流量(m ³ /分)	3.0~6.0		
モニター仕様	外径(mm)	140		
	回転数(rpm)	1.6		
	揺動角度(度)	90		
	単位造成時間(分/m)	3.0	5.0	20.0
	引き上げ間隔(cm)	2.5, ステップ式		

キーワード 高圧噴射攪拌工法 高吸水性ポリマー 排泥減量化

連絡先 東京都中央区八丁堀2-8-5 戸田建設(株) 本社土木技術部 TEL 03-3535-1675 FAX 03-3551-8912

4. 試験結果

(1) 改良体造成径

養生後に採掘し、露出させた改良体上面（対象地盤：砂質シルト）の施工結果を写真1に示す。

青色のペイントは直径 ϕ 3.5mの外縁線である。CASE-1は中心軸からの偏心と部分的な未固結箇所がみられ、不完全な仕上がりととなった。結果として、改良体の造成径はCASE-2が ϕ 3.7m、CASE-3が ϕ 5.0mとなった。



写真1 改良体の露出状況（90° 揺動，写真上面は砂質シルト）

(2) 排泥量

工法として投入した切削材と硬化材の量，ならびに総排泥量の結果を表-2に示す。

表中のC/Aは工法として地盤に投入した液量に対する排泥量の比率を示す。例えば，CASE-2はC/A=0.74であり，これは投入した量のうち26%は改良体造成に使用され，74%が余剰として地上排出したことを示している。一方，改良径との関係でC/Bに着目すると，改良径 ϕ 3.7mを造成したCASE-2の排泥量は，計画値の67%（33%低減）に抑えられ，改良径 ϕ 5.0mを造成したCASE-3の場合は，同一比60%（40%低減）に抑えられた。これは，切削力向上による減量効果は，改良体の造成径が大きいほど顕著になることを示している。ただし，CASE-3は，改良体発現強度が大きい結果（5 N/mm²超）となっており，改良体の発現強度も排泥量を規定する要素となる。

表2 排泥量の比較

地盤条件	施工の実投入量 (m ³) 【 A 】			排泥量 (m ³)						
				在来計算法による計画値【 B 】			実測値【 C 】			
	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-1 不完全	CASE-2 ϕ 3.7m	CASE-3 ϕ 5.0m	
切削材	砂質シルト	0.14	0.23	0.91	粘性土 0.41	粘性土 0.69	粘性土 2.74	-	-	-
	細粒分混じり砂	0.82	1.36	5.45						
	小計	0.96	1.59	6.36						
硬化材	砂質シルト	0.26	0.44	1.73	砂質土 2.68	砂質土 4.47	砂質土 17.89	-	-	-
	細粒分混じり砂	1.55	2.60	10.35						
	小計	1.81	3.04	12.08						
合計	2.77	4.63	18.44	3.09	5.16	20.63	3.60	3.44	12.39	
C / A : 対投入量比	-	-	-	-	-	-	1.30	0.74	0.67	
C / B : 対計画値比	-	-	-	-	-	-	1.17	0.67	0.60	

5. おわりに

本試験は，切削材料と硬化材料を共通とした条件のもと，単位造成時間を変数とした改良径と排泥効果の関係を検証した。結果を以下に示す。

- ① 高吸水性ポリマー水溶液がもたらす切削力向上による排泥減量効果は，造成する改良径が大きいほど，大きくなる。本実証では，改良径が ϕ 3.7m程度以上でその効果を確認した。
- ② 本実証で造成できた改良径の最大値は5.0mであった。その時の排泥量低減効果は在来工法比で60%（40%低減）となった。改良径 ϕ 3.7mのケースでは同一比67%（33%低減）となった。
- ③ 切削力向上がもたらす改良体の大径化については，改良体強度との相関を検証する必要がある。

参考文献

- 1) 下坂賢二他：切削効率を高めた高圧噴射攪拌工法の開発(1)，土木学会第74回年次学術講演会 VI-678, 2019
- 2) 大野康年他：切削効率を高めた高圧噴射攪拌工法の開発(2)，土木学会第74回年次学術講演会 VI-679, 2019
- 3) 下坂賢二他：切削効率を高めた高圧噴射攪拌工法の開発(1)－気中噴射試験およびPIV計測による切削効果検証－，土木学会第75回年次学術講演会 VI-144, 2020
- 4) 大野康年他：切削効率を高めた高圧噴射攪拌工法の開発(2)－現場施工試験による切削効果検証－，土木学会第75回年次学術講演会 VI-145, 2020