

III-321

超微粒子セメントを用いた細砂地盤での現場注入実験

大阪セメント 中央研究所 正会員 後藤年芳

○正会員 清水和也

湯子卓子

建設省建築研究所

正会員 田村昌仁

1. はじめに

薬液注入工法は、地上部や坑内から施工できるため大深度地下空間の掘削や都市部でのトンネル掘削等においては非常に有用な工法と考えられるが、このような用途には、高強度・高耐久性の得られる材料が必要となる。超微粒子シリカなどの耐久性のある注入材料も開発されているが強度面で充分とは言えない面もある。一方、超微粒子セメントは浸透性では問題が残っているものの高強度・高耐久性の面では優れた材料である。そこで、超微粒子セメントの地盤注入への適用性を検討するために、千葉県山武郡において超微粒子セメントの現場注入実験を行ない、固結後に掘り出して注入形状、固化強度、注入範囲等を測定した。

2. 注入条件

注入地盤の概要を表-1に示した。地盤は比較的均質な微細砂の成田層からなり、透水係数は 1.0×10^{-3} cm/sec程度であった。

表-1 注入地盤の概要

土質	成田層砂
細粒分含有率 (%)	1.57
透水係数 K_{15} (cm/sec)	1.63
土粒子比重 G_s	2.698
含水比 w (%)	16

注入の条件を表-2に示し、図-1に注入に使用した超微粒子セメント（メルビックUF）およびコロイドセメント、普通セメントの粒度分布を示した。注入はダブルパッカ方式の1点注入で行ない、注入深度は6 m、7 m、8 mの3深度とし2本のボーリング孔を使用した。

表-2 注入条件

No.	孔No.	深度 (m)	注入材料		注入速度 (l/min)	注入量 (t)
			A液	B液		
1	15	6	超微粒子セメント W/C=400%	—	6	100
2	15	7	超微粒子セメント W/C=800%	—	6	100
3	17	6	コロイドセメント W/C=800%	—	6	100
4	19	8	普通セメント W/C=800%	—	10	100
5	17	7	超微粒子セメント W/C=400%	S1号水ガラス 75%溶液	5+5	100
6	17	8	超微粒子セメント W/C=800%	S1号水ガラス 75%溶液	5+5	100

3. 注入結果

注入結果の一覧表を表-3に示し、W/C=800% LWの固結体の形状を写真-1に示した。ミルクの注入による固結体は、直径20 cm程度しかなくほとんど注入されていない状態であった。S1号水ガラスを使用したLWによる注入ではW/C=400%の固結体で径40×60 cmとなっており注入量から計算された注入体積の1/4程度であり、中心付近を水平に削って断面を観察したところ割裂脈が認められそこから浸透注入していた。W/C=800%の固結体では写真-1に示した通りやや片側に膨らんでいるが直径約80 cmとなっており、注入量から計算される注入体積と同程度の大きさが得られた。掘削時に片側の地盤が非常に固く手で掘削できない状況であり、地盤に片寄があったためややいびつになったと考えられる。比較用の普通セメントおよびコロイドセメントミルクによる注入では、注入されておらず固結体が確認されなかった。

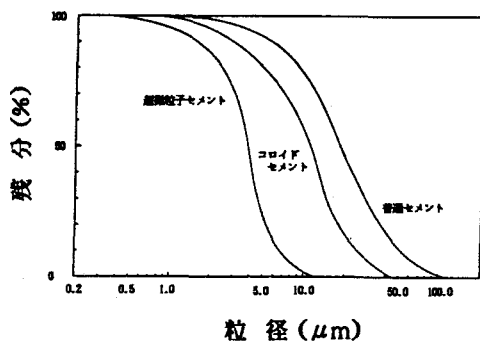


図-1 注入材の粒度分布

表-3 注入結果一覧表

No.	注入材	W/C	注入圧力	中心部断面形状
1	超微粒子ミルク	400	4~6	直径20 cm
2	超微粒子ミルク	800	6~6.5	"
3	コロイドミルク	800	6	—
4	普通セメントミルク	800	1.2	—
5	超微粒子LW	400	9~7	40×60 cm
6	超微粒子LW	800	1.1	直径80 cm

4. 顕微鏡による観察

W/C = 400% LWの注入固結体を、数センチ角に切り出してエポキシ樹脂を含浸させた後に薄片を作製し砂粒子間へのセメント粒子の浸透状況を観察した。顕微鏡写真の一例を写真-2に示した。割裂脈近傍（1mm程度以内）ではセメント粒子が密に詰まっているのが観察され、割裂脈より離れるとセメント粒子が砂粒子間の隙間や砂粒子の表面を中心に存在しているのが観察された。割裂脈からの距離の異なる試料の顕微鏡写真を用い砂粒子間の空隙中のセメント分の充填面積の比率を表-4に示した。割裂脈より1mmの位置では79.9%と高いが、やや離れた5mm～7cmの位置では20.2～29.2%とほぼ一定であった。

表-4 顕微鏡観察結果

割裂脈よりの距離	セメント粒子の充填面積比
1mm	79.9%
5mm	22.7%
2cm	20.2%
7cm	29.2%

5. 固結体の強度

コア中のCa量と一軸圧縮強さの関係を図-2に示した。固結体の異なった位置から採取したコアの一軸圧縮強さは7.8～40kgf/cm²程度となっており、コアの採取位置との関係は明確でなかった。一方、固結体の強度とCa量の間には正の相関関係が認められた。

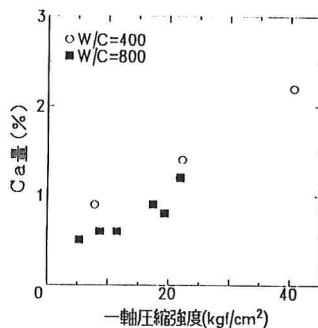


図-2 コア中のCa量と一軸圧縮強さの関係

6. まとめ

- 1) 今回の砂地盤においては、普通セメントやコロイドセメントでは注入不可能であったが超微粒子セメントミルクでは、若干注入でき径20cm程度の固結体が得られた。
- 2) W/C = 800%の超微粒子セメントミルクとS1号水ガラスの75%溶液のLW注入ではほぼ計画通りの大きさの浸透注入となった。
- 3) W/C = 400%のLWでは割裂注入となり、割裂脈の部分から浸透したややいびつな固結体となった。
- 4) 顕微鏡による観察においては、割裂脈の近傍（1mm程度）では粒子間に密にセメント粒子が充填されていたが、やや離れた部分では砂粒子間の隙間や砂粒子のまわりにセメント粒子が存在し、セメント粒子の充填面積比は割裂脈からの距離とあまり関係がなかった。
- 5) 固結体の強度とCa量の間には正の相関関係が認められた。

謝辞 本研究の遂行に当たり、早稲田大学の森麟教授に御指導、御協力を頂き、佐藤工業（株）、ライト工業（株）に多大な御協力を頂いたことをここに記し、深く謝意を表します。

参考文献 1) 森 他：実地盤での薬液注入・掘り出し実験による適切な注入速度の調査、研究、土木学会第47回年次学術講演概要集、Vol3, pp1102-1103, 1992. 4

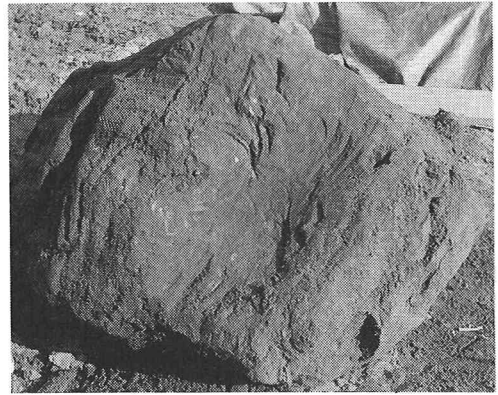
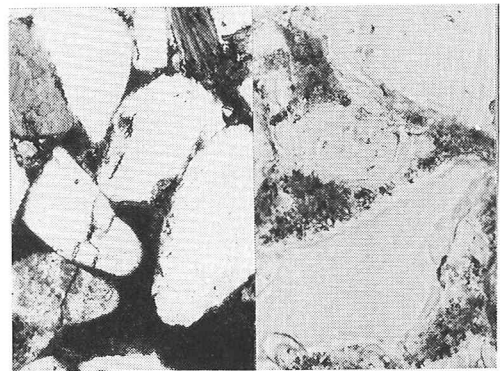


写真-1 固結体の形状（W/C = 800% LW）



割裂脈より1mm 割裂脈より7cm

写真-2 注入部の顕微鏡写真