

III-753

超微粒子セメント注入材による土槽注入実験

小野田ケミコ(株) 正 藤井壮一 正 有間一浩
新越寿郎
建設省土木研究所 正 松尾 修 正 古関潤一

1. はじめに

既設の地中構造物や基礎構造物を対象にした恒久的な液状化対策として、超微粒子セメント注入材を用いたグラウト工法が考えられる。本実験は、超微粒子セメント注入材の三次元的浸透特性(浸透範囲、固結形状)を大型土槽注入試験により把握し、液状化対策としての適応性を検討するものである。

2. 地盤の性状

屋内土槽(4.00×3.55×4.20m)に、山形産珪砂6号を用い相対密度 $Dr=50\%$ を目標に、飽和地盤を作成した。使用砂の物性を表-1に、図-1に実験土槽の断面図を、図-2に平面図を示す。地盤の性状は乾燥密度 1.514 g/cm^3 ($Dr=44\%$)、透水係数 $k=3.26\times 10^{-2}\text{ cm/sec}$ である。また標準貫入試験結果を表-2に示す。

表-1 試料砂の物性

最大乾燥密度(g/cm^3)	1.689
最小乾燥密度(g/cm^3)	1.408
比重 G_s	2.63
最大粒径 $D_{\max}(\text{mm})$	0.49
50%粒径 $D_{50}(\text{mm})$	0.23
細粒分含有率 $FC(\%)$	1.7

表-2 標準貫入試験結果

注入孔から1.0m		注入孔から1.5m	
深度(mm)	N値	深度(mm)	N値
0.45 ~ 0.77	2.8	0.45 ~ 0.91	2.0
1.20 ~ 1.55	2.6	1.20 ~ 1.54	0.9
1.95 ~ 2.25	3.0	1.95 ~ 2.27	2.8
2.70 ~ 3.01	2.9	2.70 ~ 3.00	3.0

3. 注入量の設定と注入方法

注入は二重管ダブルパッカー方式により、超微粒子セメント注入材(平均粒径 $4\mu\text{m}$ 、最大粒径 $10\mu\text{m}$ 、残分3%以下、ブレン比表面積 $9000\text{ cm}^2/\text{g}$ の無機組成物)を限界注入量まで行うものとした。注入材の配合は、一次元モールドによる実験を行い、水・セメント比(W/C)=750%で、浸透が最長となり、

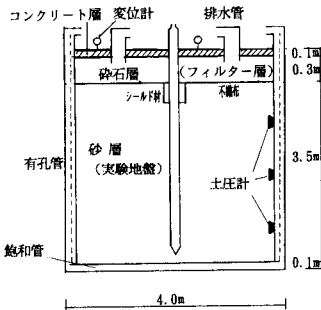


図-1 実験土槽断面図

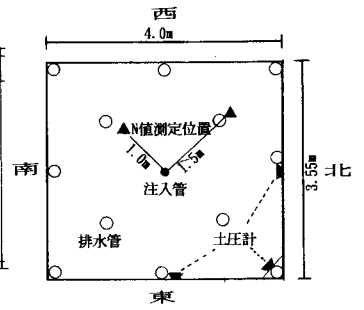


図-2 実験土槽平面図

注入時間も早く効率的な注入結果が得られたので $W/C=750\%$ に設定した。また、均一な懸濁液にするため、ナフタリン系分散剤を注入材重量に対して1%添加した。改良目標は土槽形状最大の直径 $D=3.5\text{ m}$ の球形とし、計画注入量は(1)式を用い22600ℓに設定した。ただし、地盤の間隙率 $n=0.42$ 、填充率は懸濁液の砂粒子による濾過現象¹⁾を考慮し $\alpha=2.4$ とした。

$$Q = \frac{1}{6} \alpha \cdot n \cdot \pi \cdot D^3 \quad (1)$$

4. 注入圧力と流量の経時変化および注入結果

土槽中央の第一注入孔より注入を開始し、排水口から懸濁液の流出を確認したため注入を終了したが、計画注入量に達しなかったため、注入終了より10時間後に第一注入孔より99cm下げた位置を第二注入孔として再注入を行った。表-3に注入結果を示す。注入時の注入時間と注入圧力、注入流量との関係を図-3および4に示す。

表-3 注入結果

	第一注入	第二注入
注入孔位置	土槽中央	槽より99cm下部
注入時間(h-m)	9-58	18-50
注入量(ℓ)	7047	10964
終了理由	排水管からの注入材漏出	排水管からの注入材漏出

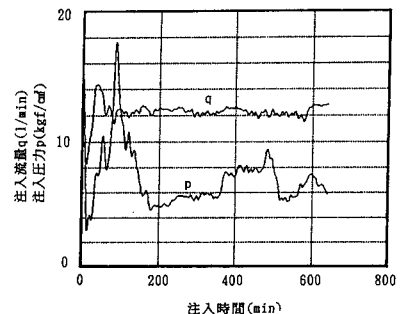


図-3 第一注入流量および圧力の経時変化

圧力の小さな変動が多く見られるのは、小さな割裂が生じているか、懸濁液が局部的に緩い地盤に浸透しているためと考えられる。図-3で500分経過後、図-4の600分経過後の圧力低下は、地盤上面に懸濁液がブローしたことによると考えられる。これを考慮すると、実際の地盤内への総注入量は約11400ℓとなる。なお、地盤上部の変位および地盤内の土圧はほとんど変化がなかった。

5. 固結形状の確認

固結体の解体時に上部から深さ30cm毎に測定した平面積に基づいた固結体積は12.2m³であった。この体積と前述した注入量Q=11400ℓより填充率を求めると2.23となり、固結体積に対する填充率は計画の填充率 $\alpha=2.4$ に近い値となった。

図-5に固結体の東西方向、図-6に南北方向の鉛直面形状を示す。図-5, 6より、固結形状は球形ではなく円柱に近く、注入材の多くは水平に浸透するよりは、むしろ地盤上部方向に浸透している傾向にある。これは、土槽側面の排水管が目詰まりしており、排水機能を効率的に果たしていなかったためと思われる。なお、第一注入と第二注入のラップ状況は外見からは判断できなかった。第二

注入孔の上部は第一注入による注入材が充填されており、第二注入はそれを覆うように浸透したため、水平方向の改良範囲を広げたと考えられる。

6. 注入材の充填状況

固結体の間隙率を固結体飽和重量と乾燥重量の差より測定した結果を表-3に示す。注入孔からの距離と間隙率の間には、明確な相関関係は見られなかった。

7. まとめ

- ① 本実験により、今回の試料砂については、最大径3.5m、平均径2.0mの円柱と同等の固結体を形成することができた。
- ② 上部よりステップダウン方式で注入を行えば、上部にふたをすることとなり、それより下の注入時には、水平方向への浸透距離が延びる可能性があると考えられる。
- ③ 注入材の浸透距離と、固結体の間隙率(注入充填量)の間には、明確な相関関係は見られなかった。

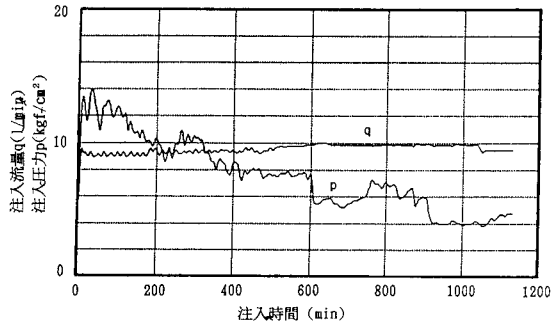


図-4 第二注入流量および圧力の経時変化

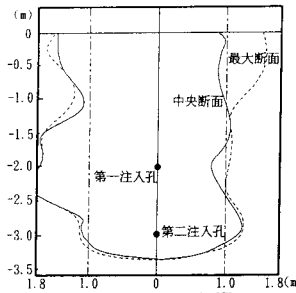


図-5 東西方向断面形状

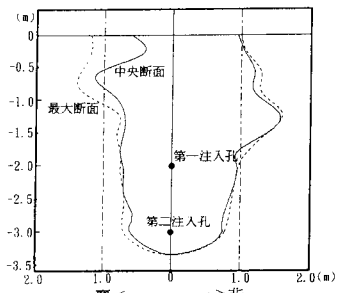


図-6 南北方向断面形状

表-3 固結体の間隙率

固結体上面からの距離 (cm)	注入外周からの距離 (cm)	固結体の間隙率 (%)
50	50	20.9
	100	23.7
	150	25.4
100	50	23.6
	100	22.4
150	50	27.6
	100	16.4
	150	25.0
200	100	26.6
	180	23.0
250	50	19.6
	180	23.8
300	50	21.9
	150	26.8
350	50	26.8
	100	22.9

参考文献 1) 有間ら、：液状化対策を目的とした超微粒子セメント懸濁液注入による浸透性について、土木学会第48回年次学術講演会，第三部門，pp. 692~693, 1993.