

III-351

懸濁型薬液の均一地盤における注入状況

早稲田大学 正会員 森 麟
建設省建築研究所 正会員 田村 昌仁
早稲田大学 学正員 青木 康司

1. はじめに

薬液注入における注入材は環境保全、強度、耐久性からみるとセメント系薬液が優れている。しかし、通常のポルトランドセメントを使用した場合、その粒径が大きいために浸透性が悪く、適用範囲が限られてしまうという欠点も持っている。このため、超微粒子セメントを用いた注入材が開発されている。本研究では第1ステップとして、透水性の異なる数種の砂試料（市販ケイ砂）に対して、普通ポルトランドセメント、ベントナイトと水ガラスによる懸濁薬液（以下LW薬液と称する）及び超微粒子セメントと水ガラスによる懸濁薬液（以下薬液bと称する）を用いた注入実験を行ない、注入形態、注入圧、注入時間と薬液の種類、溶液型薬液との比較も行った。また、固結状況に及ぼす懸濁粒子の粒径と試料の粒径との関係を調べてみた。

2. 実験方法及び試料、懸濁薬液

使用した砂、その粒度分布曲線を表. 1、図. 1に、また使用した懸濁薬液、及びその粘性度、粒度分布曲線を表. 2、3に示す。注入実験装置の概要は図. 3に示す。実験方法はまず砂試料を鋼製孔あき内円筒の中に自由落下させ水締めし、アクリル製外円筒に水を満たして飽和させる。そしてゴム風船により試料に上載圧 $1.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ を与え、薬液を注入速度 10.0 (L/min) 、注入時間5分で注入し、注入圧を測定する。なお、注入圧は注入管下端で実測される値から管内抵抗を減じたものとし、孔あき内円筒は試料の保持と排水の自由化のため 0.1 mm の金属メッシュを全周に張りつけてある。

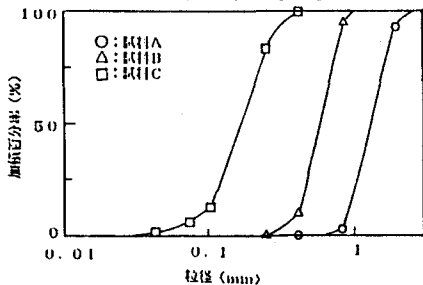


図. 1 試料の粒度分布曲線

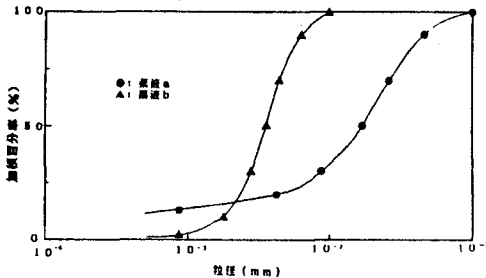
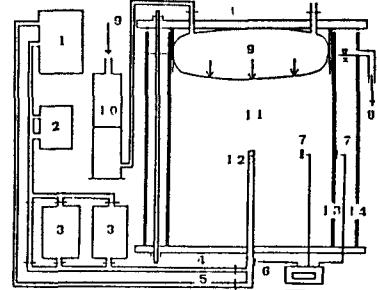


図. 2 懸濁薬液中粒子の粒度分布曲線

表. 1 砂 試 料

試 料	摘 要	間隙比	透水係数 k (cm/sec)	摩擦角 ϕ ($^{\circ}$)
A	市販ケイ砂3号	1.09	1.1×10^{-6}	34.7
B	市販ケイ砂5号	0.88	6.2×10^{-2}	36.0
C	市販ケイ砂7号	1.00	6.3×10^{-3}	38.1



1: 空気ポンプ 2: 電圧計 3: 青色B用タンク
4: 8号 5: A道 6: 注入圧 7: 主圧 8: 循環用
9: 上圧 10: 水タンク 11: 針目付 12: 注入管
13: 縦断内筒 (φ100mm) 14: 外筒 (φ100mm)

図. 3 実験装置

表. 2 懸 濁 薬 液

種 類	配 合		ゲル化時間 Gt (s)
	A液 500cc	B液 500cc	
薬液a	3号水ガラス 250cc	セメント200g ベントナイト31.25g 水425cc	300
薬液b	3号水ガラス 250cc	超微粒子セメント114g 水462cc	390

表. 3 各 薬 液 の 粘 性 度

摘 要	粘性度 (CP)
溶液型薬液（緩結型）	2.33
薬液a (LW)	27.00
薬液b	2.45

3. 実験結果及び考察

3-1) 注入圧と注入時間の関係

図. 4、5、6に各懸濁液の試料別の注入圧と注入時間の関係を示す。また、図. 6においては、同時に溶液型薬液（緩結性、ゲルタイム20分）の注入圧も示す。いずれもLWが薬液bより注入圧が高くなっている。これは、表. 2、3からわかるようにLWは、粒径が大きく粘性も高いため、注入材が地盤に浸透、あるいは地盤を押し広げて注入されるのに高い圧力を必要とするためであろう。また図. 6において、薬液bと溶液型薬液の注入圧がほぼ等しくなっている。これは両者の粘性がほぼ等しく、薬液bが非常に粒子が細かいためである。したがって、注入圧から見ると薬液bは溶液型薬液にかなり近い懸濁型薬液ということがわかる。

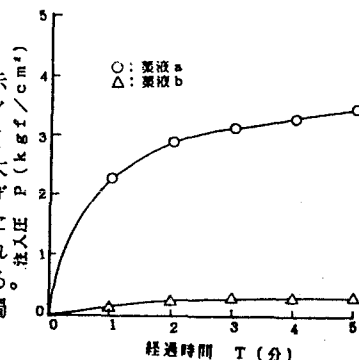


図. 4 3号砂の注入圧Pと経過時間Tの関係

3-2) グラウタビリティー比からみた固結状況

地盤土の粒度と注入材の懸濁液の性質との間の相関関係を示すものの1つにグラウタビリティー比がある。

$$GR = \frac{D_{15}}{D_{85}}$$

ここに、 D_{85} ：懸濁液の85%粒径

D_{15} ：地盤度の15%粒径

従来上式において $GR > 2.4$ なら注入可能だが、 $GR < 1.1$ なら注入不可能と判断されている。表. 4に今回の実験で用いた試料の懸濁液に対するGRと固結形状を示す。A、E、Fは $GR > 2.4$ で良好に固結し球状で固結率も100%程度になっている。Dに対しては $GR = 1.67$ で浸透性が良過ぎて通過してしまい固結体としてはほとんど残存していない。これは溶液型薬液と同じ結果¹⁾になった。また、Bでは $GR = 1.2$ 、5で2.4と1.1の間にあり十分に浸透可能な範囲に入らないが、固結形状も球状で固結率も100%程度になり十分な浸透性が持たれた。Cでは、 $GR = 2.5$ で浸透不可能な $GR = 1.1$ よりかなり小さいためか、実験結果も浸透せず脈状注入になっている。CとFは同一の7号砂に対する注入であるが、Cは割裂注入で、Fは浸透注入となり注入材のGRの差が大きく結果に表れている。

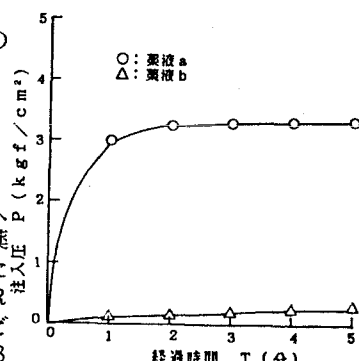


図. 5 5号砂の注入圧Pと経過時間Tの関係

4. まとめ

懸濁薬液の粒子の粒径が大きく、粘性が高いほど、注入圧が高くなる。また、超微粒子セメントの薬液bの注入圧は、溶液型薬液の緩結性薬液に大変近い。また浸透状況、固結形状、固結率なども緩結性溶液型薬液の実験結果¹⁾にほぼ同一で、この結果からは、薬液bは懸濁型と言えども緩結性溶液型薬液に近い適用地盤の範囲になるように思われる。この場合には、懸濁型は強度、耐久性などに大きな利点があるのでその持つ意義は小さくはない。

今後さらに、懸濁型薬液の濃度を変えたり、地盤土の粒度分布を変えたりして、薬液と地盤土の、粒径と浸透限界の関係をもっと詳しく調べる必要がある。そのうえでグラウタビリティー比の適用性を検討していく必要がある。

参考文献 1) 森他：第23回土質工学研究発表会
p2097~2100 1988

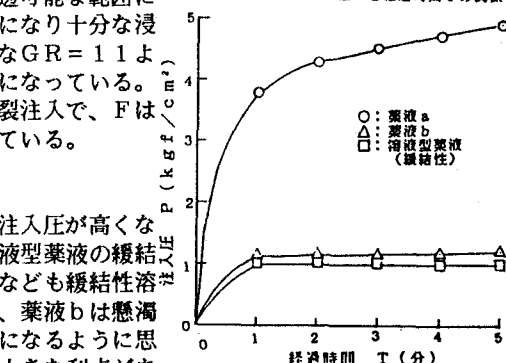


図. 6 7号砂の注入圧Pと経過時間Tの関係

表. 4 GRと固結形状

薬液	3号砂	5号砂	7号砂
薬液 a	A 2.5. 0 均等に浸透 ほぼ球状に固結	B 1.2. 5 均等に浸透 ほぼ球状に固結	C 2. 5 脈状に浸透 板状に固結
薬液 b	D 1.67. 0 浸透通過して 残存せず	E 83. 3 均等に浸透 ほぼ球状に固結	F 27. 5 均等に浸透 ほぼ球状に固結