

III-371 ゲル化時間の短い薬液注入による砂質地盤の固結形態について

早稲田大学 正員 森 麟
同 上 正員 田村 昌仁
同大学院 学生員 ○平野 学

1. まえがき 砂質地盤で浸透注入を目指す場合は、注入時間よりゲル化時間が長い薬液の使用が基本的である。しかし、ゲル化時間が長いと、薬液の希釈や移動が生じてゲル化が確実に期待できない場合もあり、ゲル化時間が短い薬液を使用することも少なくない。これまでの研究では、ゲル化時間の短い薬液を用いた場合、先行の薬液が注入管周囲でまず固結し、後続の薬液が固結部分を割裂して外周に浸透と固結を繰り返すと考えられているが、固結形態に及ぼす砂の透水性や拘束圧の影響及び固結部の強度特性についてはまだ明らかではない。特に、大型土槽等による従来の注入実験では、拘束圧が十分与えられないので、割裂の発生状況は拘束圧が作用している状態とかなり異なると考えられ、固結形態の把握も困難となる。本研究は、上記の点を考慮し、大型三軸装置を用いた注入実験を行ない固結形態を調べたものである。

2. 実験方法及び試料 図. 1には、実験装置の概要を示す。供試体の直径、高さはそれぞれ 470, 500 (mm) であり、外周には間隙水及び注入薬液の排水が可能なようにドレーン材（相馬砂、粒径 1.00~2.00 mm）を巻き付けた。表. 1には試料の透水係数を示す。薬液の配合は、表. 2に示すが、注入管の手前に設置したミキシングパイプ内でA液、B液を等量混合して注入する。ゲル化時間は、注入口通過後の経過時間とし、30(s)を基準とし 10 (s)の薬液でも実験した。標準注入速度 q (l/min) は、A, B液それぞれ 1 (l/min) づつの 2 (l/min) とし、6分間計 12リットルだけ注入した。この他 6 (l/min) で2分間の場合も行った。注入速度の影響を調べる場合においても試料の大きさを考慮して、総注入量は全て合計 12リットルとした。

3. 固結形態に及ぼす砂の透水性、拘束圧、注入速度、及びゲル化時間の影響 所定量の注入が終了して30分程度経過した後、三軸セルより固結部分に水道水をホースでかけて、残留する部分を固結体積 V とし、間隙を100(%)、12(l)の薬液で填充すると想定したときの理論固結体積に対する V の割合を有効固結率 R (%) として、実験結果を表3に示す。背圧は、全て 0.5kgf/cm² とした。No.1~No.6は、実験条件を同じにして試料を変えて行った結果である。これより、多少のバラつきはあるものの、透水係数が高いほど高い固結率になり、ゲル化時間の短い薬液でも透水係数が大きい試料ほど有効な注入になった。

拘束圧を3(kgf/cm²)にして、他の条件は変えずに拘束圧の影響を調べたものが、No.7~No.10である。拘束圧が大きいと割裂が発生しにくいいため、いずれの試料でも有効固結率 R は拘束圧が小さい場合に比べ高くなるが、特に透水係数が小さい試料Fでは R は40(%)増加し、拘束圧が高いと

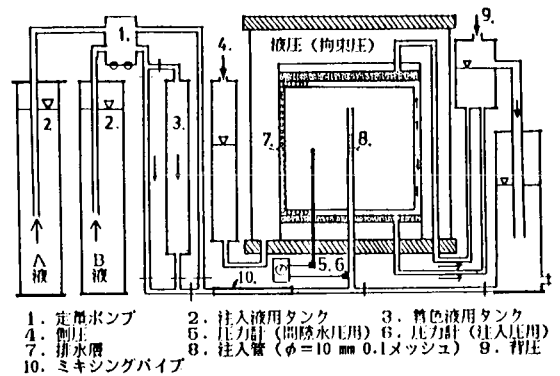


図1 実験装置

表1 試料の透水係数

試 料	密度 (gf/cm ³)	透水係数 k_t (cm/sec)	透水係数 k_{ca} (cm/sec)
A (相馬砂;粗)	1.65	8×10^{-2}	5×10^{-1}
B (相馬砂;細)	1.61	5×10^{-2}	2×10^{-1}
C (珪砂6号)	1.50	2×10^{-3}	1×10^{-2}
D (珪砂7号)	1.51	9×10^{-4}	5×10^{-3}
E (珪砂8号)	1.45	6×10^{-4}	8×10^{-4}
F (混合砂)	1.53	3×10^{-4}	5×10^{-4}

透水係数 k_t , k_{ca} はそれぞれ三軸透水試験、変水位透水試験による値である。試料Fは珪砂7号と木節粘土を3:1で混ぜたものである。

表2 薬液の配合 (10000 cc当り)

	A液 (cc)	B液 (cc)
ケイ酸ソーダ	2500	グリオキザール
水	2500	リオン酸
		水
		280
		190
		4530

透水係数が小さくても有効な注入結果となった。

No.11～No.14は注入量をA, B液それぞれ3(l/min), 合計6(l/min)に増やした実験結果であるが, 試料Fを除き有効固結率は90(%)以上になりかなり高い固結率になった。これは, 注入速度が大きくなると薬液がゲル化するまでに注入される量が多くなり, 大部分が浸透注入されるためと考えられ, 試料Fでは, 注入直後から割裂注入になるために固結率Rは小さく, 固結形態も割裂脈にそって厚さ5～10(cm)の板状になり, かなり不規則な形状になった。

ゲル化時間を短くした結果がNo.15とNo.16である。No.12とNo.15を比較すると, 透水係数が中程度の試料Dではゲル化時間が短くなると割裂注入の割合が高くなるため, 固結率は小さくなるが, 透水係数が小さな試料Fでは, 注入直後より割裂注入になるため, ゲル化時間が短いほど割裂脈中の薬液のゲル化が早く, 割裂が進展しにくくなり, 固結率が高くなった。従って, 透水係数が小さな地盤では, 割裂が進みにくいゲル化時間の短い薬液の方が有効であると考えられる。

4. 固結部の強度特性 前章では, 固結部の形態について調べたが, 固結の状況を正しく把握する上では強度特性も重要となる。ここでは, 固結部を切り出して, 注入管からの距離により3つの区間に分け, 一軸強度との関係を調べた。3つの区間は, 注入孔より8(cm)程度までをa, 8～15(cm)程度をb, 15～20(cm)をc区間とした。実験No.1～No.6について, 透水係数と一軸強度の関係を図2に示す。

透水係数が小さな試料ほどバラ付が大きくなり, モールド作製より高強度になる部分もあったが, 透水係数が大きい試料A, Bではあまりバラ付かず, 強度もほとんど大きくならなかった。

実験No.7～No.10についても一軸強度を調べたが, 拘束圧が高いので強度が大きくなる傾向が認められた。

5. まとめ 本研究は, ゲル化時間が短い薬液を用いて, 固結形態に及ぼす砂の透水性や拘束圧の影響及び固結部の強度特性について調べたものである。その結果, 1) 固結率は, 砂では一般に透水性がよくゲル化時間が長いほど大きくなったが, 拘束圧が高い場合, 透水係数が小さくてもかなり有効な注入が得られた。2) 透水係数が小さな地盤では, 割裂が進展しにくいゲル化時間の特に短い薬液の注入が有効であることがわかった。今回は, 均質地盤を対象とした第一段階の研究であるが, 注入現場では不均質地盤も多く, 今後はこの点も考慮しながらゲル化時間が短い薬液による固結状況のメカニズムを解明して行きたい。

1) 三木, 佐藤他, 第15回土質工学研究発表会, pp.1657～1660, 1980

2) Karol, R.H.: Chemical Grouting, Marcel Dekker, 1983

表3 固結体積Vと有効固結率R

No	試料	拘束圧 (kgf/cm ²)	注入速度 (l/min)	注入時間 (min)	固結体積 (10 ⁻³ cm ³)	固結率 (%)
1	A	1	2	6	23.6	74
2	B	1	2	6	22.1	72
3	C	1	2	6	18.2	66
4	D	1	2	6	22.8	82
5	E	1	2	6	15.9	60
6	F	1	2	6	14.4	50
7	B	3	2	6	22.1	72
8	D	3	2	6	24.1	87
9	E	3	2	6	21.7	82
10	F	3	2	6	26.4	91
11	C	1	6	2	26.3	95
12	D	1	6	2	27.0	98
13	E	1	6	2	24.6	93
14	F	1	6	2	15.8	55
15	D	1	6	2	23.0	83
16	F	1	6	2	20.0	70

※No.1～No.14はゲル化時間が30(s), No.15,16は10(s)程度で行った実験結果である。

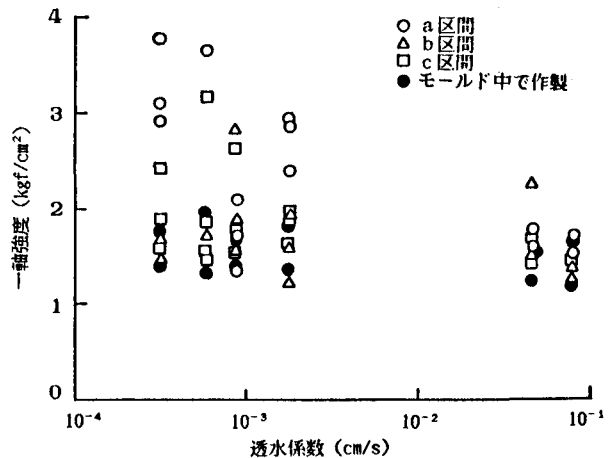


図2 透水係数と一軸強度