

III-353

強制噴射注入による薬液注入状態に関する基礎研究

早稲田大学 正 森 麟

建設省建築研究所 正 田村 昌仁

早稲田大学（現・橋大林組）学○野田 純矢

1. まえがき

砂地盤を薬液注入で改良するには実質的な浸透注入によらなければ目的は達成されない。実際地盤に多い透水係数のかなり異なる砂層が混在している場合には、通常の注入では透水性の大きい砂層に薬液の大部分が浸透し、透水性の小さい地盤には浸透しにくい現象が生じ改良効果が上がらない。また粘性土地盤ではすべて割裂注入になるので、注入による改良効果を上げるには割裂脈の土中における分布密度を高くしなければならない。しかし通常注入では1つの注入箇所から左右に1本ずつしか発生せず、割裂脈の分布密度は高くない。以上のような通常注入のマイナス部分を補うものとして強制噴射注入法を取り上げてみた。本研究はこの強制噴射注入法による砂質地盤の浸透状況と粘性土地盤における割裂脈発生状況を調査したものである。

2. 実験方法

今回は室内三軸実験装置と大型注入土槽を用いて実験を行った。以下の実験は特に断わりのない限り室内三軸実験装置で行なったものとする。装置の詳細については文献1), 2)を参照されたい。用いた試料の性状を表. 1, 表. 2に、薬液の配合等を表. 3に示す。室内三軸実験装置では緩結性薬液の代わりに水を用いて実験を行なった。地盤中での浸透状況を知るため最後の4 Lはローダミンで着色した液を注入した。注入管は実際の現場で用いられている二重管を用い、その吐出部分は90°ずつずらしてφ1.3 mmの孔を4点設けた（同一平面上と、高さを少しずらしたもの）。そしてこれらと、従来の多孔型の注入管とを比較した。これらの詳細を表. 4に示す。注入圧は手持ち装置の関係上15~20 (Kgf/cm²)程度でさらに高圧なものについては今回は実施できなかった。また、供試体は均一なもの、透水性の異なる試料からなる不均一なもの2つを対象とした。不均一地盤は、注入管を境に透水性の異なる試料を垂直に半分ずつ詰めたものであり、その組合せを表. 5に示す。

3. 実験結果

砂の透水性が比較的大きな試料Bに強制噴射注入を行っても割裂は発生せず、また固結形状は注入管先端を中心とした球形状のものとなり、通常の注入の場合との浸透状況の違いは見られない。また、このことは大型注入土槽で試料Cに実際の緩結性薬液を注入した実験で確かめられた。

透水性が小さい砂地盤に通常注入を行うと割裂は大概1方向に発生するが、どこに起こるかはわからない。しかし強制噴射注入の場合、薬液に指向性を持たせることができるので、噴射孔から噴射方向（4方向）に割裂させることができた。また、混合土試料Eに実際の緩結性薬液をCタイプの注入管を用いて注入した場合、それぞれの噴射孔から強制圧のかかる方向に割裂が発生し固結した。

また、表. 5のような不均一地盤についても同様の実験を行った。タイプ1の地盤の場合、どちらの試料も透水性が良いので通常注入、強制噴射注入のどちらも注入孔を中心とした球形状に浸透しており違いは見られない。タイプ2の地盤の場合、ケイ砂7号側へは通常注入、強制噴射注入どちらも球形状に浸透しており違いが見られない。一方、混合土側について見てみると、通常注入の場合ほとんどの薬液が透水性の良いケイ砂7号側へ浸透してしまうので、均一地盤の時のように割裂は発生せず、注入管の周囲にわずかししか浸透していない。しかし強制噴射注入を行った場合、薬液に指向性を持たすことができるので混合土側へは脈状に割裂している。

また、粘土試料F, GにCタイプの注入管で注入した場合、それぞれ注入管の中部から上部にかけ

て螺旋状に割裂が発生した。強度の大きな粘土試料Gでは上部孔では強制噴射の作用する方向に鉛直割裂が発生したが、下部孔付近では鉛直割裂は発生せず単に噴射切削されるだけであった。これは下部孔の噴射量が少な目になったためと考えられる。また、強度の小さな試料Fの場合、どの噴射孔付近でも割裂は発生せず単に噴射切削されるだけで、割裂に対する効果はなかった。

瞬結性薬液を用いた場合については、大型注入土槽で実際の薬液を用いて行った。透水性の大きな砂試料Aに通常注入した場合、注入管を中心とした球形に固結した。一方強制噴射注入を行った場合、固結形状は強制圧の作用する方向（4方向）へ凸状となり、強制噴射による影響が見られる。次に、試料Aより透水性のやや小さい試料Cの場合、通常注入を行うと鉛直板状の固結形状となるが²⁾強制噴射注入を行った場合、注入孔から脈しか発生せず、固結部分が認められなかった。

4. まとめ

① 緩結性薬液の場合、地盤の状態を問わず、砂の透水性が比較的大きいと強制噴射注入を行っても固結形状は球形状のものとなり通常注入と変わらない。

② 緩結性薬液の場合、透水性の低い砂地盤に強制噴射を行うと薬液に指向性を持たせることができるので、所定方向へ割裂を発生させ薬液を送り込むことができる。このため、従来の通常注入では不十分であった不均一地盤に対してもかなり有効であることがわかった。

③ 瞬結性薬液の場合は強制噴射注入を用いると砂の透水性がかなり大きい場合、固結形状に指向性の影響が出てくる。また砂の透水性が小さくなると通常注入と著しく異なり割裂脈のみとなる。

④ 粘性土地盤に強制噴射注入を行った場合、本実験の結果では多数割裂を発生させるのに効果はあまり見られない。これは噴射圧力や噴射孔の位置にも関係があるものと思われる。

（参考文献）1）森・田村・平野：土木学会論文集，NO.388，III-8，pp.131-140，1987

2）森・田村・原口・佐藤：第23回土質工学研究発表会，pp.2093-2100，1988

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	1.00	1.00×10^{-0}	34.7
B	市販ケイ砂5号	0.88	1.30×10^{-0}	34.3
C	市販ケイ砂7号	1.00	5.12×10^{-3}	38.1
D	C：木節粘土＝4：1	1.00	3.00×10^{-3}	42.0
E	C：木節粘土＝3：1	1.00	7.83×10^{-4}	37.6

試料D，Eは試料Cと木節粘土を4：1，3：1の重量比で混合したもの

表. 2 粘土試料の配合表

試 料	カオリン (kg)	ケイ砂7号 (kg)	水 (kg)	石膏 (kg)	一軸強度 (kgf/cm ²)
F	30	30	30	5.5	0.3～0.5
G	30	30	30	8.0	0.7～0.9

表. 4 注入管の形状

	直径 (mm)	高さ (mm)	吐出孔の大きさ ϕ (mm)	孔数	吐出孔の配列
Aタイプ	40	50	2.5	112	縦(32mm幅に)7個×16列
Bタイプ	40	30	1.3	4	同じ面で90° づつ角度を変えている
Cタイプ	40	270	1.3	4	角度を90° づつ、高さ60mm づつを変えている

表. 3 薬 液 の 種 類

種 類	配 合		ゲル化時間 G t
	A液 500cc	B液 500cc	
瞬結性 溶液型	3号水ガラス 250cc 水 250cc	グリオキザール50cc リン酸 25cc 水 425cc	5～10 (秒)
緩結性 溶液型	3号水ガラス 250cc 水 250cc	グリオキザール50cc リン酸 14cc 水 436cc	20～30 (分)

3号水ガラス： $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot a\text{q}$ ，リン酸： H_3PO_4 (75%)

グリオキザール：[$(\text{CH}_3)_2$ 35%]と[酢酸 CH_3COOH 5%]

表. 5 不均一地盤の構成

タイプ 1	ケイ砂7号(試料C)／ケイ砂5号(試料B)
タイプ 2	ケイ砂7号(試料C)／混合土(試料D)