

電電公社 建設技術開発室
地盤局

正員 〇山川祐志
境 賢治

1. まえがき

都市土木工事では薬液注入工法が地盤改良のため広く用いられているが、先年の注入薬液による地下水汚染事故を契機として建設省から「薬液注入工法の施工に関する暫定指針」が通達され、施工に関して厳しい制約を受けている。このため安全で効果的な薬液注入工法として「強制排水式グラウト注入工法」を開発してまた。本工法の概要及び実験結果について報告する。

2. 強制排水式グラウト注入工法の概要

本工法は図-1に示すように二重管構造の強制排水式グラウト注入管を用いるもので、①内管に割孔水を送り所定深度まで掘り下げ注入管を設置する。②外管を通して地盤内の間隙水を一時的に強制排除し、間隙水不飽和部分を形成する。③形成した間隙水不飽和部分に、グラウトを外管を通して注入する。これを下降ステージ方式で繰り返し、所定の地盤改良を行うものである。

本工法の主な利点は次のとおりである。

- (1) 間隙水不飽和部分にグラウトを注入するので、グラウトの浸透がよく効果的な固結が得られる。
- (2) 間隙水飽和部分がグラウトの浸透を抑制する効果があり、目的外へのグラウトの流出が少ない。

3. 実験概要

実験における注入方法は、1.5ショット、下降ステージ方式をとり、強制排水式ウエルボイントラントを、薬液は濃液型水ガラス系を使用した。

3.1. 注入効果に関する実験概要

(その1) 図-2に示すセールドで強制排水式注入とロッド式注入による固結体積を求めた。注入量 60 l, 吐出量 14 l/min, ゲルタイム 4分である。なお注入地盤は川砂 ($k=2\sim3 \times 10^{-2} \text{ sec}$) である。

(その2) 図-3に示す地盤 ($k=2.8 \times 10^{-3} \text{ sec}$) で強制排水式注入とロッド式注入による固結状況を比較した。注入量 206 l/ショット, 吐出量 30 l/min, ゲルタイム 4.5分である。

3.2. 安全性に関する実験概要

図-4に示す地盤 ($k=4.1 \times 10^{-2} \text{ sec}$) で強制排水式注入とロッド式注入の各注入ブローから 10m 地奥に地下水の採水孔を設け、注入による地下水の水質変化を PH 値, COD, BOD により求めた。各注入ブローの総注入量は 6180 l, 1本当り 1030 l で、206 l/ショット, 吐出量 30 l/min, ゲルタイム 4.5分, 排水時間約 20 分/ショットである。

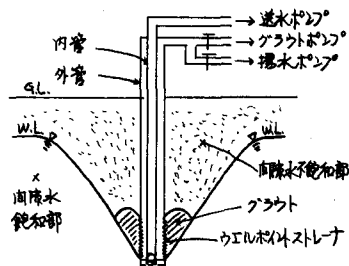


図-1 強制排水式グラウト注入工法

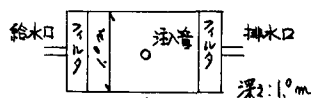


図-2 実験装置

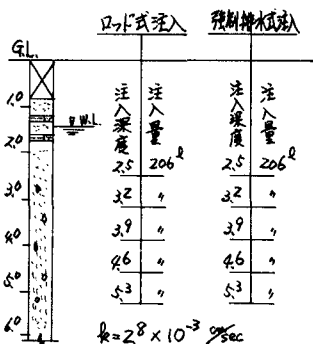


図-3 注入効果に関する実験(その2)

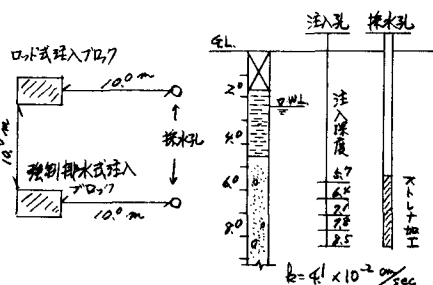


図-4 安全性に関する実験

4. 実験結果概要及び考察

4.1. 注入効果に関する実験

(その1) 注入後一層底を透過後、固結試料を掘り出し、その固結体積及び固結率(固結体積/改良予定体積 $\times 100\%$)を表-1に示す。この表から明らかなように強制排水式注入はロッド式注入の7.5倍近い固結体積がある。これは排水による効果とストレーナによる効果と考えられるが、排水時と非排水時の比較においても排水時のほうが5倍近い固結があり、したがってストレーナによる注入効果の増大よりも、排水による注入効果の増大のほうがはるかに大きいと考えられる。

(その2) 実際の地盤で強制排水式注入の注入効果を確認したところ図-5に示すような結果を得た。この結果においても強制排水式注入がロッド式注入の約4.5倍の固結を得た。また排水時のほうが非排水時に比較して均一な浸透固結を示し、その固結が約2倍であることがわかった。一応図-6に示すP-Q管理図から、排水にともない注入開始圧力が極めて低下し、注入圧力がグラウトの浸透圧にしもない値々程度上昇しており、これは理想的な浸透注入が行われていることを示すものと考えられる。

4.2. 安全性に関する実験

注入地質から10m地質を地下水を採水し、pH値、COD、BOD値を測定した。測定結果を図-7、8に示す。これらの図から強制排水式注入とロッド式注入には明確な差があり、このことは汚染の原因と考えられる未反応薬液の流出が少なく、すなわち、地盤内の間隙水を排除した飽和部分に注入するため間隙水(地下水)による薬液の希釈が少ないためと考えられる。また、1スラップ毎に強制排水を行うため希釈された未反応薬液が地上に排出され、地盤内に残留する未反応薬液が減少することにも一因と考えられる。したがって「薬液注入工法の施工に関する暫定指針」に定める水質基準(pH=8.6以下、COD、BODが10ppm以下)を満足する安全な工法であると考えられる。

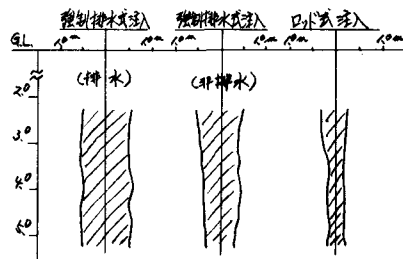
5. おわりに

今回の実験から、強制排水式グラウト注入工法は、透水係数が $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ cm/sec}$ オーダーの砂質地盤では従来の工法に比較して、安全かつ注入効果が増大していることが明らかになった。今後現地地盤における施工により本実験結果の確認、更には適用等の検討を続けたい。

なお、本実験にあたり、ご協力いただいた関係者の方々に深く感謝の意を表します。

表-1 固結体積及び固結率

注入方式	地盤条件			固結体積	固結率
	透水係数	間隙率	比重		
ロッド式注入	3.6×10^{-2}	42.5%	2.68	26.1 ^l	23.1%
強制排水式注入(非排水)	3.0×10^{-2}	41.8%	2.69	60.6	35.9%
強制排水式注入(排水)	2.1×10^{-2}	41.2%	2.68	194.1	171.8%



注入方式	固結体積	固結率
ロッド式注入	0.61 m ³	26.9%
強制排水式注入(非排水)	1.57	66.5%
強制排水式注入(排水)	2.70	119.4%

図-5 薬液固結状況の比較

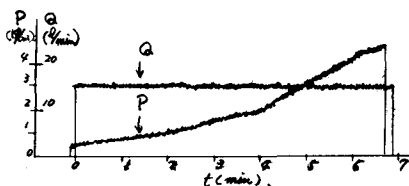


図-6 P-Q管理図例

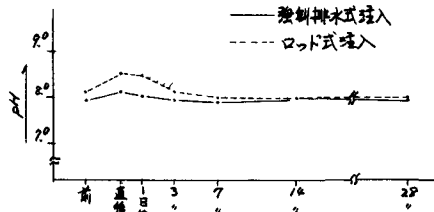


図-7 pH値

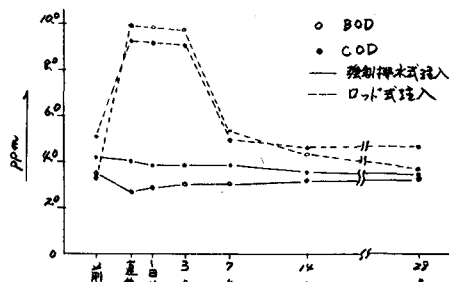


図-8 COD, BOD値