

1. 研究の目的

薬液注入工法は当初Jossanの方法で代表されるゲルタイムの短いものであった。これでは施工に問題点があったため、ゲルタイムの長いものが要求され、研究もその方向に向けられてきた。ところが、最近になって、ゲルタイムの長い薬液の注入は、地盤によっては入り易いとみるへのみ入って、所要の範囲を確実に固めるということについては不十分であることも指摘されていた。このため、かねてより薬液注入をより確実にしたいという要望が強く、いろいろと改良する試みもなされてきた。なお、所要の範囲外への逸出を防ぐためには、ゲルタイムの短いものが適当であることはわかってはいたが、このような薬液は一般の注入工法では安定して使用できないのが現状であった。ところが、ゲルタイムの短い薬液の使用が、二重管の利用によって可能となり、希望の場所に確実に注入することができるようになった。本研究は、ゲルタイムの短い薬液の利用効果を目的として、確実に所定の範囲を固めることのできる二重管方式について検討したものである。

2. 二重管による注入工法の特徴

2.1 新しい二重管方式の特徴

ゲルタイムの短い薬液を使用して、所定域外に逸出しない注入と可能とするため、特殊な二重管方式を考案した。この方式は二重管にノズルを設けた特殊な先端装置を付けたもので、A液とB液をそれぞれ内管と外管を通しておのふのノズルより吐出させ、管外で合流させる新しいタイプの二重管システムである。これによって、希望の範囲を確実に固結させることが可能となった。この二重管方式によって、限定域注入工法と二重処理工法の二つの工法を開発し、すでに現地に適用し、好結果が得られている。

2.2 限定域注入工法と二重処理工法

限定域注入工法は、ゲルタイムの短い薬液を低圧低吐出で注入し所定の範囲を改良する工法で、定圧注入(圧力管理)と定量注入(注入圧管理)の二つの方法がある。二重処理工法は、前処理として高圧のA液を用い、あらかじめ地盤をくずし、つづいてB液を別のノズルから、くずされた地盤に低圧で注入して固めるという工法である。両工法の一般的な諸元を表1に示す。

表1 限定域注入工法と二重処理工法の一般的な諸元

工 法	ロッド 外径 (mm)	ノズル径 (mm)		注入圧 (kg/cm ²)		吐出量 (L/min)		主な機械器具
		内管	外管	内管	外管	内管	外管	
限定域 注入工法	40.5	2.6	6.0	7 ~10	4 ~7	6 ~10	6 ~10	ポリマポン 先端装置 グラブホフ 二重管ノズル 二重管ロッド
二重処理 工 法	50	1.8	6.0	50 ~200	1 ~10	10 ~15	10 ~15	高圧ポンプ 二重管ノズル ポリマポン 二重管ロッド グラブホフ 先端装置 外注サ

(注) ゆるい砂質土を対象とした例

表2 限定域注入工法による注入試験 (例)

注入 方式	注入 順序	注入 深さ (m)	薬 液		注入圧 (kg/cm ²)		薬液 吐出量 (L/min)	ロッド 引上 速度 (cm/min)	注入 合計 (L)
			種類	ゲル タイム (sec)	温度 (°C)	内管	外管		
定圧 注入	1	4~2.5	MI-特	28.6	27	5.0~6.8	2.0~4.5	11.8	—
	2	4~3.1	〃	3.8	24	4.3~7.7	2.3~3.8	〃	64.0
	3	4~2.0	〃	4.0	23	5.0~7.0	5.0~6.0	〃	34.0
	4	4~2.9	〃	4.0	23	6.0~7.2	2.5~4.0	〃	32.0
定量 注入	1	4~2.7	MI-特	18.0	28	5.5~6.0	1.5~2.2	〃	6.2
	2	4~2.1	〃	29.0	29	6.0~7.0	2.2~3.0	〃	43.0
	3	4~2.7	〃	20.2	27	5.5~7.0	1.6~3.0	〃	24.0

(注) ノズル 内管 $\phi=3\%$, $\phi=2.6\%$
外管 $\phi=3\%$, $\phi=6.0\%$

3. 実験概要

3.1 限定域注入工法の試験

ゲルタイムの短い薬液については、特殊な混和剤を用いて10秒以下のものが安定して得られる水ガラス系の薬液を見出した。また、ノズルの形状について検討した結果、内管用が径2.6%、外管用が径6.0%で長さはいずれも3%でよいことを確かめた。

シルト交り細砂質(N=6~12)の現地盤でM-特を用い注入試験を行った状況の一例を表2に示す。定圧注入では、ゲルタイムが、4秒のものと29.6秒のものとを用いたが、いずれも安定した状態で注入ができた。ゲルタイム4秒のものは写真1のように所定の場所に固結体を形成していたが、29.6秒のものはいくらか遡走した傾向があった。定量注入では、ゲルタイムが、20秒前後のもので連続的に注入したが、ロッドを中心に約40cmの固結体と膨状に2m程遡走した部分がみられた。枚令/ヶ月の固結体の透水係数は 10^{-5} cm/sec 、一軸圧縮強度は $3 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ であった。

32 二重処理工法の試験

安価で高強度の得られる薬液について検討した結果、水ガラス系のMS-特を開発した。注入試験に先立ち、高压側のノズルについて径と長さおよびシングルとダブルのタイプが切削効果におよぼす影響をみるため、特に硬い模型砂地盤(N=25)で検討したところ、シングルでは径1.6mm、ダブ



図1 ノズルの径と切削効果の関係 (例)

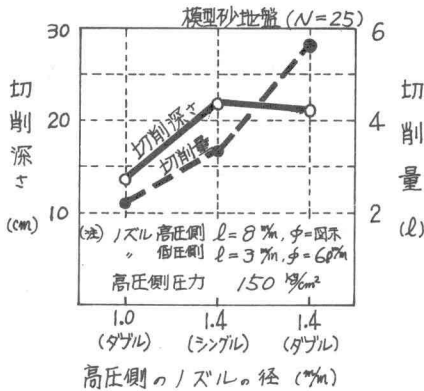
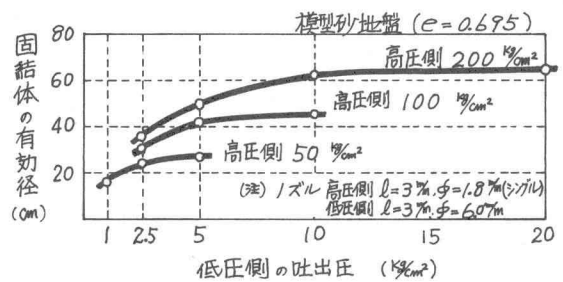


図2 圧力と固結体の有効径の関係



ルでは径1.4mmが、長さでは、3mmより8mmの方が有用であることがわかった。実験の一例を図1に示す。図2はゆるい砂質土の場合での圧力と固結体の有効径の関係を示したものである。高压側のノズルに径1.8mm(シングル)を用いて、シルト交り細砂質の現地盤で注入試験を行った状況の一例を表3に示す。ゲルタイムはほぼ50秒のものであったが、注入は順調に行われ所要の固結体が得られた。内管圧が 100 kg/cm^2 の場合の固結体の枚令50日における透水係数は 10^{-7} cm/sec 、一軸圧縮強度は 130 kg/cm^2 であった。

4 結論

新しい二重管による注入工法は、ゲルタイムの短い薬液が安定して使用できること、薬液の遡走もなく所定の範囲に確実に固結体を造成できること、安価で高強度の得られるけん濁型薬液の使用が可能であること、取扱いが容易で安全性が高いこと、などの特徴をもった実用的な工法である。

このように、ゲルタイムの短い薬液と二重管に特殊な先端装置を取付けた一連の注入システムは、薬液注入に新しい考え方を導入したものであり、施工精度を高め、その応用範囲を広げることができたといえる。

表3 二重処理工法による注入試験 (例)

番号	注入深さ (m)	薬液			注入圧 (kg/cm^2)		薬液吐出量 (内+外) (kg/min)	ロッド上遡走量 (cm/min)	流量合計 (L)
		種別	ゲルタイム (sec)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	内管	外管			
1	4.2~2.1	MS特	47	27	50	45~25	27.8	22	184
2	4.3~1.1	〃	55	27	100	23~30	36.0	32	370

(注) ノズル 内径 $\phi=3 \text{ mm}$ 、 $\phi=1.8 \text{ mm}$ (シングル)
外径 $\phi=3 \text{ mm}$ 、 $\phi=6.0 \text{ mm}$