

III-350 二重管ロッド懸濁液・溶液複合注入による下水道深礎立坑の薬液注入工事

日 特 建 設 株 式 会 社 正 会 員 ○江 藤 政 継
 強化土エンジニアリング(株) 正 会 員 島 田 俊 介
 富 士 化 学 株 式 会 社 奥 田 庚 二

1. まえがき

薬液注入工法に使用する薬液の性状によって懸濁液型薬液、溶液型薬液に分けられる。大きな空隙への填充や粘性土を対象とした地盤強度の増加を図る注入には懸濁液型薬液が、砂質土や礫層など土粒子の大きな土の間隙への浸透注入による止水性を目的とする注入には溶液型薬液が適するとされている。最も効果的な注入はこの両者を併用する方法であるが、従来、懸濁・溶液複合注入工法は、二重管ダブルパッカ法によるか、単管ロッド注入によって懸濁液型薬液を注入後その間に再穿孔して溶液型薬液を注入する方法しかなかった。ここに報告する二重管ロッドを用いた懸濁・溶液複合注入工法(従来のLWが持っていたゲル強度をいかしながら溶液型薬液で浸透性も確保できるためmLWの名称を使用している)は、複合注入を簡便に行うことを目指して開発されたもので、懸濁液型薬液は、注入管のまわりの填充によるパッカ効果と地盤の弱い部分への脈状注入による圧密強化を、溶液型薬液は土粒子間浸透により懸濁液型薬液の浸透できない細かい部分への浸透強化を受け持ち、一本の二重管注入ロッドから懸濁型・溶液型薬液を切り換えながら注入を行い、上記複合注入を一工程で行うものである。従来の複合注入工法は溶液・溶液型薬液による瞬結・緩結の切替えによって施工しているため、使用薬液がともに強度が小さく大きな空隙、軟弱な粘性土への注入には問題があった。最近、懸濁・溶液複合注入工法の注入システムについて数回の実験工事を行い実用のメドが得られたので、以下に実施工の報告を行うものである。

2. 土質および改良範囲

(1)土質

土質は右記の柱状図に示すような構成になっている。現地盤(GL)よりGL-2.0m付近までは、粘性土でN値1~2と非常に軟弱である。GL-2.0mより以下は砂礫層より構成されている。この砂礫層は砂礫層としてはN値が低く、N値の高い部分でも27程度で、平均的に15前後と考えるのが妥当である。地下水位はGL-2.0mにあり比較的高い。また、この部分の透水係数は 1×10^{-2} cm/sec程度であった。このような土質で深礎立坑を掘削するとなると、湧水が多く湧水とともに坑壁が崩壊する危険性が高い。また、地下水位の高い地盤であるから、底盤からも多くの湧水が見られるものと考えられた。よって、事前の地盤改良が設計されていた。ただし、当初の計画においては注入工法は単管ロッドによるLW注入であった。

(2)改良範囲

地盤改良範囲は、図に示すように、深礎の周囲厚さ1.0m、深さは地下水位から底盤より1.0m下位までの約5.2m区間で、底盤の改良厚さも1.0mである。底盤での被圧水圧(約0.4 kg/cm²)を考えるとやや少ないようにも考えられるが、注入工法の優位性を考えると十分な効果が得られるものと考え採用した。

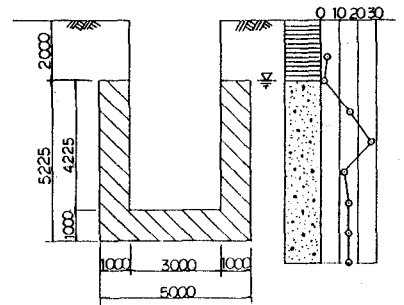


図-1. 柱状図・施工断面図

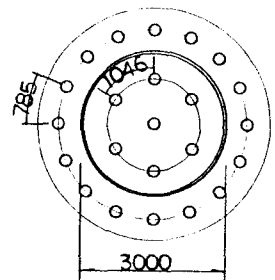


図-2. 施工平面図

3. 注入方法

既述のように設計は単管ロッドによる注入であったが、土質上問題があると考えられたので瞬結・緩結二重管ロッド複合注入工法であるユニパック工法に変更した。使用注入材は、懸濁・溶液の複合グラウト「mLW」を用いた。

(1)注入工法

mLWを、ユニパック工法に適用すると懸濁液（瞬結）と溶液（緩結）の複合効果により固結強度と浸透性ともに優れた注入効果を得ることができる。当現場のように砂礫で間隙が大きく、しかも止水性も求められる場合には非常に有効である。施工方法の概略を図に示した。

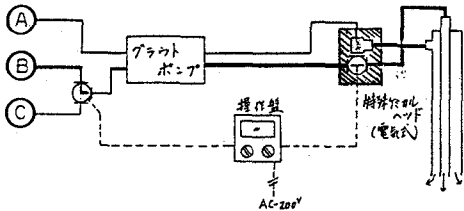


図-3. 懸濁（瞬結）注入

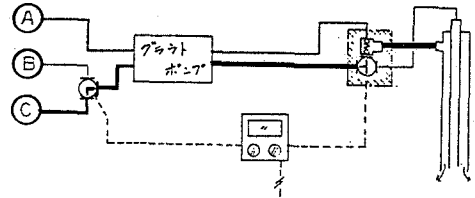


図-4. 溶液（緩結）注入

(2)施工仕様

mLWの注入仕様は次の通りである。

- ① 注 入 目 的：立坑周囲の止水、坑壁の自立
底盤の止水・強度増加
- ② 注 入 材：下記（mLW-1, mLW-2）
- ③ ゲルタイム：懸濁 — 十数秒、溶液 — 数分
- ④ 注 入 率：40%
- ⑤ 複 合 比 率：懸濁：溶液＝1：2
- ⑥ 注 入 量：懸濁、溶液 合計 29,736 ℓ
- ⑦ 注入ステップ：25 cm
- ⑧ 注 入 速 度：20 ℓ/min

表-1. mLW-1 標準配合

A液 (200 ℓ)			B液 (200 ℓ)		
mLW	珪酸ソーダ	100 ℓ	セメント	90 kg	
	水	100 ℓ	mLW T剤	40 kg	
			残	量	
合 計			4 0 0 ℓ		

表-2. mLW-2 標準配合

A液 (200 ℓ)			B液 (200 ℓ)		
mLW	珪酸ソーダ	100 ℓ	mLW T剤	15 kg	
	水	100 ℓ	残	量	
合 計			4 0 0 ℓ		

(3)注入薬液

当工事に使用した薬液は、mLW-1およびmLW-2である。各々の標準配合は表-2, 3に示した通りである。mLW-1は瞬結性の懸濁型で、セメントを使用し固結強度にすぐれるとともに、ロット周囲のグラウトパッカ効果を発揮し、後から注入する緩結性のグラウトの逸失を防ぎながら、地中の大きな空隙を填充する役目を果たす。mLW-2は緩結性で浸透性に優れ地下水の湧水を防ぐ。

この懸濁・溶液の併用によって地盤の強度増加と止水（湧水防止）の複合効果を発揮する。

4. 注入結果

本注入結果を判断するために、注入箇所での効果確認のための調査を実施した。その結果は透水係数で $k = 3.5 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ で3オーダー改良された。

また、実際の掘削の結果も湧水も坑壁の崩壊もなく無事掘削が完了した。注入効果は十分あったものと判断される。なお、当工法は既述のように強度・止水性ともに優れた工法であるため今後も湧水が多く、固結強度を必要とする場面には多くの需要があるものと考えられる。