

大林組技術研究所 正員 青藤二郎

正員 内藤和章

正員 岡田純二

1. まえがき

地中構造物を建造する場合、付近の構造物に変状を与えないための防護工はきわめて重要なことであるが、その防護工の一つとして地盤注入工法が採用されることが多い。特に、軟弱な粘性土地盤においては、地盤強化を主目的として注入するグラウトは普通、脈状注入による圧密効果をねらったものである。ところで、グラウトとして、発泡性の優れたものを使用すると発泡圧力の作用により、従来の無発泡グラウトに比して、圧密促進が倍加されると考えられる。本報告は、東京都下水道局西尾有幹線工事のうち、シールド推進に伴う、橋脚などの防護にこの発泡性グラウトを使用した場合の注入効果について述べ、さらに、そのグラウトによる圧密効果を確認するための模型実験結果について述べたものである。

2. 防護注入工事概要

図-1に示すごとく、注入区域はN値5~9の軟弱な地盤であり、シールド推進に伴う付近の橋脚、水道管などの構造物の変状を防ぐ目的で、発泡グラウトが採用された。このグラウトは水溶性ポリウレタン樹脂を主成分とし、水と重合反応して固結するもの（以下、OH液と呼ぶ）で、強度が高いことの他に、発泡性がきわめて優れている。このOH液の特性の一部を図-2に示す。なお、本注入におけるOH液は兼液濃度を75%とした（ゲルタイム約5分）。注入位置は図-1に示すごとくであり、1本当り5ステップとし、注入量は170ℓ/ステップである。

3. 注入効果確認結果

シールド推進は注入効果を十分確認した後に、

行なうという方針のもとに、橋下部の実際の注

入範囲と注入の影響を受けていない原地盤の物理的、力学的性質を比較して、注入効果を判定することとした。本地盤における注入は浸透注入ではなく、脈状注入を期待しているので、原位試験を中心にした。なお、測定深度はGL-3.0m~GL-6.0mの間である。試験結果を図-1、表-1に示す。これによると、採取土の含水比は10~25%程度低下しており、また、電気抵抗層では地盤の比抵抗が、1.5~6倍に増大している。これらの結果から、OH液が発泡膨脹して周囲地盤を圧密脱水したと考えられる。標準貫入試験によるN値の増加比率は約2~4.5となっており、また、採取土の剪断試験から軸圧縮強度を求めると、1.38~1.78 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ が得られ、未注入区域では試料採取できない程、軟弱であったことから地盤の強度が著しく改良されたといえる。現場透水試験では、地盤の透

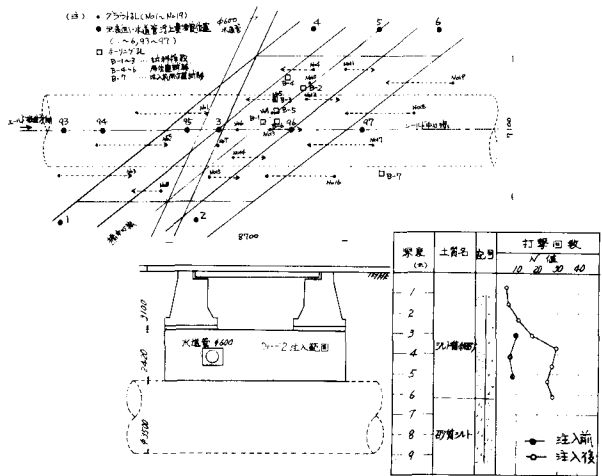


図-1 注入孔位置およびボーリング孔位置

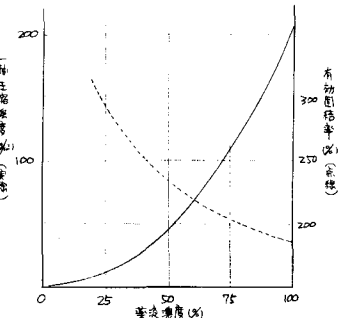


図-2 OH液の特性

水係数が1オーダー低下しており、止水効果も著しく向上したといえる。以上の結果から注入効果の確信を得たので、シールド掘進を開始した。図-3は注入作業中、および作業後のシールド進入・通過時における地表面・水道管の浮上量の測定結果である。これによると、シールド掘進中、注入区域内の橋脚・地表面の沈下は少なく、十分許容範囲内に収まっている。なお、水道管の沈下のみがかなり多いため、これは注入作業時、OH液膨脹による浮き上がりが懸念され、計画注入量を約半分に減らしたためと考えられる。

シールド切羽からはOH液が鉛直方向に厚さ60~150mmの脈状に懸濁、板状固結していたことが確認された。

4. 室内予備実験概要

脈状に注入されたOH液による圧密効果を確認するため、室内予備実験を行なった。実験装置は図-4に示すごとく、内のり寸法で、長さ1m、高さ30cm、中30cmの上蓋付鉄製箱である。中央部に、OH液を脈状に注入させるため、中1.4cmの隙間を設けた。その両側には所定含水比に調整された朝霞粘土をそれぞれ均一に詰め、薬液濃度50%のOH液を隙間に充填してから24時間経過後、粘土の平均含水比・平均ベーン剪断強さなどの変化を調べた。

5. 実験結果と考察

試験前後の粘土の特性の変化および膨張固結体の容量を表-2に示す。これによると、粘土の含水比は注入前と比較し、約6~20%程度減少し、注入前の含水比が高い程、その減少量は大きくなる傾向が見られるようである。ベーン剪断強さは注入前に比して、2.7~3倍に増大している。使用したOH液は1.26ℓであり、OH液の固結値は3.4~4.1ℓに増大していた。この値は予想より少ない。これはOH液の発泡(最大発泡圧6.2 $\times 10^5$ Pa)により生じた間ギャキ水圧が残存しているにも拘らず、多孔板に接して厚さ1cm程度の非常に固い粘土固結層が形成されて脱水を防ぐためであると考えられる。

以上の現場施工例、模型実験からOH液は軟弱な粘性土地盤を圧密促進させる効果があることがわかった。

6. あとがき

発泡性グラウトを用いると、軟弱地盤中の間ギャキ水圧を上昇させ、圧密を促進させる効果があることが一応確かめられたが、まだ、多くの問題点が残されている。なお、本実験は目下実験中であり、その結果を次回報告したい。最後にこの実験は、当所の板谷幸吉君の協力に負う所が大きい。

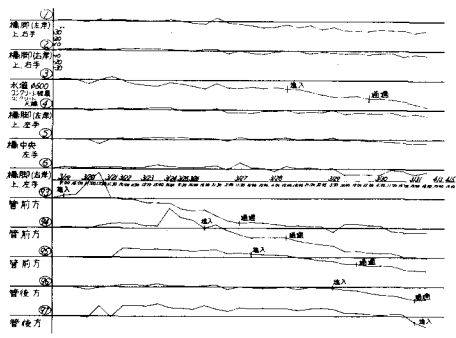


図-3 橋脚・水道管の浮上量測定

	注入前	注入後
含水比	45.7~58.9%	30.4~38.9%
一軸圧縮強度	試料上採取不能	1.38~1.76 kg/cm^2
標準貫入試験	N値 5~9	N値 17~27
電気抵抗層	10~30 $\Omega\cdot\text{m}$	40~60 $\Omega\cdot\text{m}$
現場透水試験	$1.029 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$	$1.391 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$

表-1 注入前後の注入効果試験結果

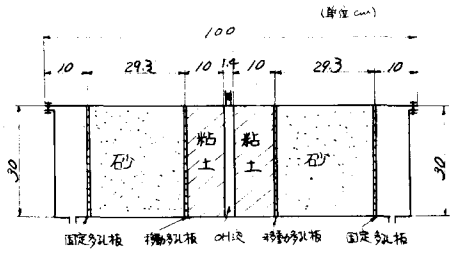


図-4 圧密効果確認のための実験装置

		含水比	ベーン剪断強さ	固結体容量
1	注入前	49.0%	0.0269 kg/cm^2	1.26 ℓ
	注入後	33.0~43.1%	0.0810 kg/cm^2	3.4 ℓ
2	注入前	72.2%	0.0216 kg/cm^2	1.26 ℓ
	注入後	53.2~64.8%	0.0595 kg/cm^2	4.10 ℓ

表-2 試験前後の粘土の特性変化