

1. はじめに

薬液注入工法の設計、施工および施工管理を適切に行なううえで、注入地盤における薬液の浸透固結状況を定量的に把握することが重要と考え、注入地盤のてん充率の測定法を開発するとともに現場におけるてん充率の分布を調査してきた。今回、最新の注入工法といわれる複合注入工法を含め4種の工法を採用したシールド工事現場において、てん充率の分布を調査するとともに注入効果との関連を検討する機会があったので、調査結果を以下に紹介する。なお、本注入に先立って行った試験注入時の調査結果は別に紹介している³⁾。

2. 調査の概要

2.1. 調査現場 土質および施

工条件が複雑に変化するシールド工事の現場であり、掘削は半機械式で行なわれた。土質は粗砂層、砂礫層を主体とし、区間によっては沖積シルト層、細砂層を主体とする。

2.2. 注入工法 あらかじめ行った試験注入によって区間を4分割し、二重管瞬結工法(LAG工法)、ソレタンシュ工法、交互注入工法、複合注入工法の

表-1 各注入区の掘削切羽の状況

工区	注入工法	注入断面	土 質	注入効果と注入材の浸透状況
A	二重管瞬結工法		シルト 砂 土 丹	シルト、砂層では割裂脈状注入、層境に太い脈、湧水、土砂崩落見られる。
B	ソレタンシュ工法		砂質シルト 砂 礫	砂質シルト層では細脈が高密度に入る。砂礫層では脈状注入と粒子間浸透が並行。切羽からの湧水、土砂崩落は全く見られない。
C-1	交互注入工法		シルト 砂から砂礫	シルト層では細脈中心の脈状注入。砂、砂礫層では粒子間浸透。切羽からの湧水、土砂崩落は見られない。
C-2 D E	複合注入工法		粗 砂 後半砂礫	同一切羽内で固結状況に変化。固結部と非固結部が見られ、固結部は高強度であるが、非固結部から最大120 ℓ/minの湧水。

4種を採用した。特に被圧水を有する粗砂、砂礫を主体とする区間では複合注入工法を主に採用した。各工法の注入断面は表-1に示している。また、注入率は38%としている。

2.3. 調査方法 掘削中の切羽の固結性、湧水量を調査するとともに薬液の浸透状況を観察した。同時に切羽の土を採取し、化学的手法¹⁾によるてん充率を測定するとともに、複合注入工法では瞬結性薬液(S)と緩結性薬液(L)の比率を求めた。一方、切羽から採取した土のブロックについて圧縮強度、透水係数を求めた。

3. 調査結果

3.1. 切羽の状況 表-1に各注入区の掘削切羽の状況を示す。二重管瞬結工法の区では完全な脈状注入となっている。ソレタンシュ工法の区で細い脈が沢山走り、切羽の全面がフェノールフタレインに反応する。交互注入工法では瞬結(S)と緩結(L)の薬液を交互に注入するが、この区ではSとLの比は1:1とした。

切羽は砂層、砂礫層ともよく固結し、粒子間浸透を主体としている。複合注入工法でもSとLは1:1としており、河川横断区間を中心に湧水と土砂流出が発生した。切羽には所々に未固結部が見られ、ここで土砂が流出する。この部分の湧水量を示したのが図-1である。湧水量は最大120 ℓ/minにも及ぶ。図中に切羽のスケッチを入れているが、斜線部が未固結で土砂流出の見られる所である。

3.2. てん充率の分布 二重管瞬結工法の区では脈状注入のためてん充率は測定していないが、ソレタンシュ工法の区ではシルト質細砂の層でも50%前後の安定した値となる。交互注入工法の区では30~60%の値が得られ、バラツキは見られるものの平均的には高いレベルにある。ところが、複合注入工法の区間では図-1に示しているように、同一切羽内でのてん充率のバラツキが大きく、てん充率が20%以下の部分も見られる。この傾向は切羽の土質が一様な場合にも見られる。

3.3. 注入効果とてん

ん充率の関係

表-2 に複合注入区の粗砂層から採取した土塊について、土の物性とてん充率を示した。強度はてん充率 50% 以上で 1kgf/cm^2 以上の値となるが、20% 以下では自立しない。透水係数は $10^{-6} \sim 10^{-7}\text{cm/sec}$ のオーダーにある。しかし、注入地盤で行った現場透水試験では 10^{-5}cm/sec の値が大半である。

3.4. 複合注入工法

区の S と L の分布

複合注入工法では S と L の比を任意に変化させるが、今回は等量とした。しかし、図-2 に示すように S の多い所と L の多い所とがありこの比によっててん充率が異なる。てん充率が最大となるのは S が 3 割前後の所のようにあり、この現場では S と L の比の設定が適切でなかったといえるかも知れない。

4. おわりに

4 種の注入工法を採用したシールド工事における各工法の注入効果とてん充率分布状況を紹介した。特に最近普及している複合注入工法の区間について詳細に調査し、今回の対象地盤で安定した注入効果を得るためにはてん充率は 50% 前後必要とすること、瞬結薬液と緩結薬液の比率の設定は慎重に行なう必要のあることなどが判明した。今後の注入設計、施工の参考にれば幸いである。

引用文献

- 1) 川地・喜田：注入地盤における注入材分布の測定、土木学会第 37 回年講Ⅲ-307(1982)
- 2) 野・川地他：滞水性砂礫地盤における薬液注入の効果と注入材の分布、第 39 回年講Ⅲ-279(1984)
- 3) 川地・喜田：注入材分布から見た各種注入工法の比較、第 20 回土質工学研究発表会講演集(1985)

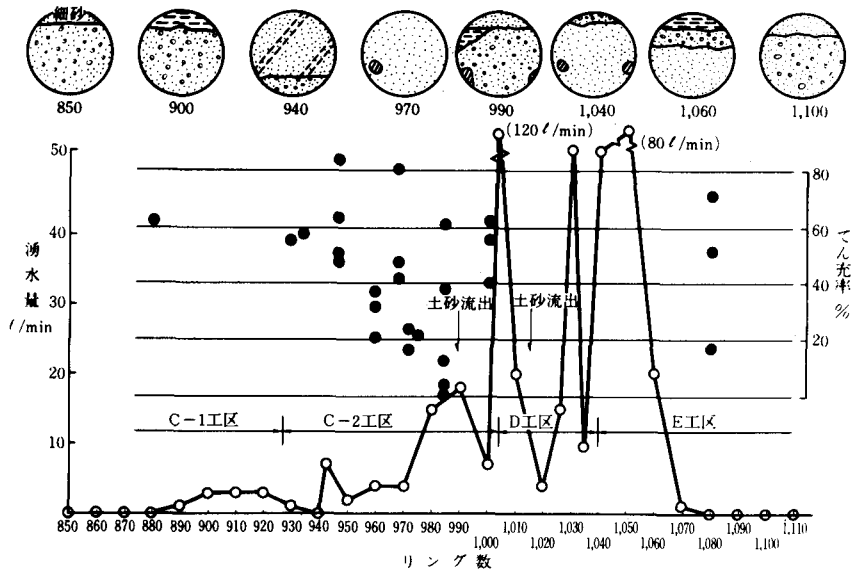


図-1 湧水量と切羽の土質およびてん充率

表-2 切羽の砂の物性とてん充率

リング数	軸圧縮強度 kgf/cm ²	透水係数 cm/sec	てん充率 %
947	1.02	4.6×10^{-7}	64.4
947	1.76	—	52.6
957	0.83	—	32.4
965	1.15	—	80.9
975	自立せず	—	20.9
985	#	—	16.2
988	1.14	8.6×10^{-7}	58.7
1,000	0.57	6.3×10^{-7}	38.7
1,080	4.41	1.4×10^{-6}	67.2

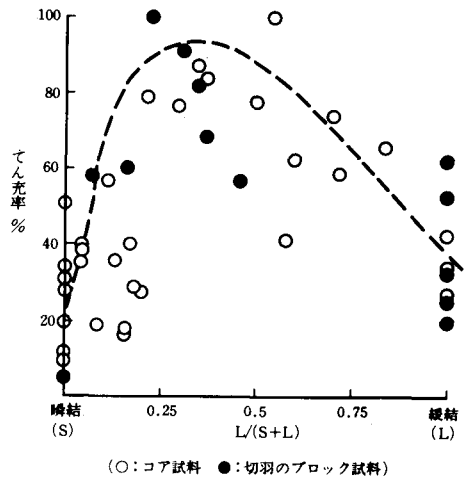


図-2 注入土のてん充率と S, L 比の関係