

三信建設工業株式会社 正会員 〇横田弘臣 田中良一
強化土エンジニアリング株式会社 栢原健二

1. まえがき

トンネルを掘進するには連続地中壁を解体し鏡を開かねばならないが、トンネル切羽になる部分の地質は地下水頭2.0 m以上に被圧された地下水を有する砂層であり、切羽からの出水および土砂の崩壊は必至と予想される。この事態を事前に防止する目的で、補助工法として薬液注入工法と地下水位低下工法を併用して工事の安全を期する。このうち前者の薬液注入工法について報告する。

2. 改良範囲

(1) 改良深度(h)

発進立坑付近における地質柱状図は図-1、立坑の平面図及びコアボーリングの位置は図-2の如くである。これより改良深度の上限は土丹中のサンドシーム層と地中連続壁背面の間隙から流出してくる地下水の止水を考慮してトンネル天端より2.0 m、下限はトンネル下限の土丹層までとする。従って改良深度(h)は

$$h = 2.0 + 7.65 + 2.65 = 12.30 \text{ m}$$
 となる。

図-1 地質柱状図

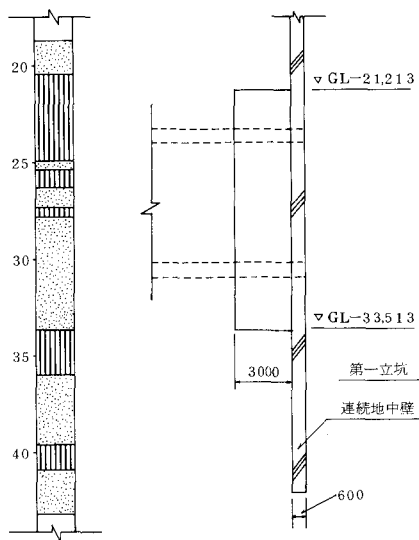
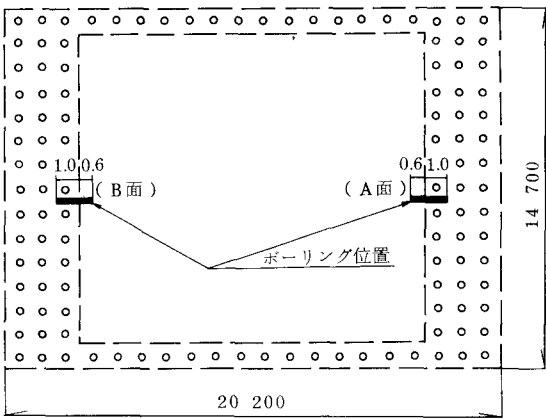


図-2 立坑の平面図及び
コアボーリングの位置



(2) 改良厚 (B)

イ) トンネルの発進、到達部

切羽地山の止水と自立が必要となるので $B = 3.0 \text{ m}$ とする。

ロ) 立坑側部

連続地中壁施工時に生じていると考えられる地山のゆるみ、および連壁と地山との空洞を改良する目的から $B = 1.0 \text{ m}$ とする。

3. 注入工法

注入工法は現場における次の施工条件を考慮して、二重管ロッド複合注入であるユニバック工法を選定した。

イ) N値50以上の締まった細粒層で $2.0\text{kg}/\text{cm}^3$ 以上の被圧帯水層に浸透注入を行わねばならない。

ロ) 地質は土丹と砂層の境界であり、どの場所で互層状態になっているか不明な土層に注入しなければならないため異種薬液の交互注入が必要である。

ハ) 刷孔長が30m以上の長尺になる。

ニ) 限られた施工場所に対して施工性が良好なるものが望ましい。

3-1 注入方式(図-3)

瞬結性薬液の場合はボーリングロッド先端のグラウトモニター内で二液を混合し注入する二液系統方式(2ショット)とし、緩結性薬液の場合はボーリングロッドに入る手前で混合し注入する二液一系統方式(1.5ショット)とする。

3-2 施工の仕様

表-1 施工仕様概要

項目	仕様
注入孔配置	1.0m正方形配置
1ステップ長	50cm
深度的注入順序	上昇式注入法
注入速度	ポンプ吐出量: $q=12\sim16(\text{L}/\text{min})$
注入薬液名	瞬結性 CW-1D 緩結性 CW-2A
注入圧力 (kg/cm^2)	5~15 5~10
注入率	細砂層 25% 土丹層 5%

施工の仕様概要を表-1に示す。

3-3 注入薬液

注入対象土層、注入目的、注入工等の諸条件を充分に考慮して、瞬結注入用は無機系の溶液水ガラス系薬液で良くCW-1Dを選定し、浸透注入用は無機系の薬液ではゲル化時間の調整が困難な事と、地下水の希釈を受けるとゲル強度が低下して品質がバラック傾向があるので、長期にわたってゲル化物が安定しており地中において溶脱、劣化などの変化が少ない有機系の溶液水ガラス系薬液であるCW-2Aを選定した。これらの薬液の標準配合はそれぞれ表-2、表-3の如くである。

4. コア(固結土)の採取方法とその状況

(1) 採取方法

連続地中壁に切削機を取付け固定し、先端にダイヤモンドビットを装着した $\phi 115\text{mm}$ のコアチューブ(1本25cm)を順次継足しながら切削していく。切削長は注入巾が3.0mであるので

$$l = 0.6(\text{コンクリート}) + 1.0(\text{砂層}) = 1.6\text{m} \quad \text{とした。}$$

全長を切削後コアチューブを引き抜きコアを採取した。

(2) コアの採取状況

採取できたコアの状態はほぼ均一な浸透固結状態を呈しており、止水性強さは良好であったが、砂層と土丹層との境界は脈状化して薬液のホメゲルが観察された。

5. サンプリングコアの室内配合試験結果

(1) 一軸圧縮試験結果(表-4)

(2) 三軸圧縮試験結果

粘着力: $C = 0.97\text{kg}/\text{cm}^2$

せん断抵抗角: $\phi = 43.3^\circ$

以上コアの採取状況からわかるように、採取された固結土は薬液が充分浸透しており、固結土としては良好であり、ボーリング孔からの出水もなく注入の効果は充分認められた。

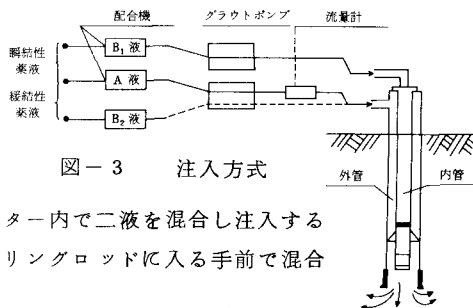


図-3 注入方式

表-2 瞬結注入材CW-1D(400ℓ当り)

A 液	B 液
水ガラス 100ℓ	CW-1Dヘットサー 12.8ℓ
水 100ℓ	水 187.2ℓ
計 200ℓ	計 200ℓ
ゲル化時間(20℃) 6秒	

表-3 瞬結注入材CW-2A(400ℓ当り)

A 液	B 液
水ガラス 100ℓ	D 剤 7ℓ
水 100ℓ	E 剤 10kg
	水 18.4ℓ
計 200ℓ	計 200ℓ
ゲル化時間(20℃) 7分	

表-4 一軸圧縮強度試験結果

試料番号	№1	№2
土粒子の比重 Gs	2.700	2.700
湿潤密度 ρ_{tg}/cm^3	1.933	1.954
含水比 W%	20.9	20.8
間隙比 e	0.688	0.670
間隙率 m%	$\frac{e}{1+e} \times 100$ 40.8	40.1
飽和度 Sr%	81.8	84.1
一軸圧縮強さ q_{ukg}/cm^2	2.473	3.025
破壊ひずみ $\epsilon\%$	0.67	0.67
変形係数 E50kg/cm ²	412.2	630.2