

## 吸水ポリマーを用いた透水性を有する裏込め注入材の開発

(株)大林組 生産技術本部 正会員 ○屋代 勉  
 (株)大林組 技術研究所 正会員 田島 孝敏  
 (株)大林組 生産技術本部 正会員 新村 亮  
 (株)大林組 生産技術本部 正会員 山元 寛哲

### 1. はじめに

近年のシールドトンネルの大断面化に伴い、トンネルが帯水層を遮断し、地下水流を阻害することが懸念される。その防止対策として、裏込め注入材に透水性を持たせることにより、注入材を通じてトンネル外周に水流を迂回させ、水流を分断させない方法が考えられてきている<sup>1)</sup>。今回、筆者らは新たにアルカリに反応して水を排出する吸水ポリマーに着目した透水性を有する裏込め注入材（以下、「透水性裏込材」と呼称）を開発した。本報文では透水性裏込材の概要とその打設試験について報告する。



写真-1 吸水ポリマー (吸水前) 写真-2 吸水ポリマー (吸水後) 写真-3 空隙状況

表-1 目標物性値

項目	目標値 (材齢 28 日)	備考
透水係数	10 <sup>-4</sup> cm/s 以上	粗粒シルト ～極微粒砂
変形係数	40 N/mm <sup>2</sup> 以上	地山等級 D II 相当 (拘束圧考慮)

### 2. 透水性裏込材の概要

主材のモルタル液（A 材）に、あらかじめ吸水・膨張させた吸水ポリマー（C 材）と水ガラス（B 材）を混合してゲル化させると、吸水ポリマーがアルカリ刺激を受けて排水・収縮し、裏込め注入材内部に数 mm の空隙が形成される。しかし、形成された空隙はそれぞれ独立して存在するため、そのままでは透水係数の増加は少ない。そこで、さらにアルミニウム微粉末膨張剤を添加することにより、空隙間にひび割れが誘発されて連通し、透水係数が増大する。

表-2 気泡モルタルの拘束圧下での変形係数

		変形係数 (MPa)		無拘束に 対する比率
拘束圧(MPa)		0	0.4	0.4
配合	①	131	502	3.82
	②	39	169	4.32
平均		—	—	4.07

今回使用した吸水ポリマーの反応は温度に依存することなく、またアルカリとの反応に敏感なため、時間の経過を待たずに空隙が得られることに特徴がある。吸水ポリマーおよび空隙の形成状況を写真-1～写真-3 に示す。

しい。そこで、地山の緩みと沈下を防ぐことに主眼を置き、変形係数で評価することとした。

### 3. 目標物性値

透水性裏込材の目標物性値を表-1 に示す。透水係数は、Creager の推定<sup>2)</sup>をもとに、粗粒シルト～極微粒砂を想定し、10<sup>-4</sup>cm/s 以上とした。裏込注入材の硬化後の品質は、一般に一軸圧縮強度により管理するが、透水性裏込材は透水性を得るために硬化体にひび割れを発生させるため、同様に評価することは難

変形係数の目標値は、地山等級 D II 相当 (150MPa) に設定した。ここで、実施工では打設された裏込め注入材は土水圧が作用した拘束条件下に存在することから、無拘束条件下に比べて変形係数は大きくなるものと考えられる。そこで、2 種類の気泡モルタルに対して拘束条件の異なる三軸試験 (CD 法) を実施し、拘束条件下での変形係数を確認した。試験結果を表-2 に示す。その結果、トンネルに作用する地山の土水圧を 0.4MPa 程度と想定した場合、変形係数は無拘束条件時の約 4 倍となると考えられることから、無拘束条件下での一軸圧縮強度試験による変形係数の目標値を 150MPa/4 ≒ 40MPa 以上とした。

キーワード 裏込め注入材, 透水性, 吸水ポリマー, 打設試験, シールドトンネル

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 生産技術本部 シールド技術部 TEL03-5769-1318

#### 4. 打設試験

透水性裏込材の実施工での圧送性や充填性、および物性値を確認する目的で打設試験を実施した。

##### (1) 配合

室内配合試験を実施し、目標物性値を満足し、かつ A 材, B 材, C 材それぞれの圧送性に優れる配合を決定した。吸水ポリマーの混合量は  $4.5\text{kg/m}^3$  である。

##### (2) 打設試験

通常の裏込注入機材を用いて、写真-4 に示す型枠（幅  $1\text{m} \times$  高さ  $1\text{m} \times$  厚さ  $0.2\text{m}$ ）に A 材, B 材および C 材の 3 液混合方式により注入した。型枠内部にはあらかじめ水を張っておき、 $0.2\text{MPa}$  の圧力下で注入した。注入時は型枠に設置したアクリル板から充填状況を確認した。圧送性、充填性ともに良好であった。

##### (3) 透水試験（打設試験体）

打設後、材齢 7 日および 33 日に透水試験を実施した。水頭が一定になるように水を供給しながら、写真-4 に示す型枠の上部 3 ヶ所から通水し、下部 3 ヶ所から透過水を採取して透水係数を求めた。通水は、打設方向および打設直角方向（ $90^\circ$  回転）の 2 回行った。透水試験の結果を表-3 に示す。さらに、透水試験後、水みちを目視観察するため、色素（ローダミン B）で着色した水を通水した。

透水係数は 2 回の試験ともに  $10^{-4}\text{cm/s}$  のオーダーであり、打設直角方向は打設方向に比べて 2 倍程度大きかった。型枠を解体すると、試験体上部の着色が顕著であり、空隙やひび割れの発生が多かったものと考えられる。打設直角方向の透水では、透水係数の高い打設上部側からの透水量が多くなり、全体の透水量が増加したものと考えられる。

##### (4) 透水試験および力学試験（コア試料）

透水試験後、写真-5 に示すように打設試験体を 9 つのブロックに分割し、各ブロックからコア試料を採取し、透水係数および変形係数を求めた。各部位ごとの透水係数および変形係数を図-1、図-2 に示す。

奥行き方向に切り出したコア試料の透水係数は、部位によるばらつきはあるが、平均で  $10^{-4}\text{cm/s}$  以上となった。試験体上部の透水係数が高い傾向を示しているが、下部においても高い部位が見られる。各ブロックの側面に当てた不織布が着色したことから、試験体内部の通水が確認できた。変形係数は平均  $108\text{N/mm}^2$  であり、試験体下部が上部に比べて大きな



写真-4 打設試験用型枠



写真-5 試験体ブロック切断

表-3 透水試験結果

材齢	7 日 (cm/sec)	33 日 (cm/sec)
打設方向	$3.4\text{E-}4$	$2.2\text{E-}4$
打設直角方向 ( $90^\circ$ 左回転)	$7.7\text{E-}4$	$8.4\text{E-}4$

※透水係数:  $k = Q/(A \cdot H/L \cdot t)$

Q: 透水量 ( $\text{cm}^3$ )  
A: 供試体の断面積  
H: 水頭差 (cm)  
L: 試験体の長さ  
t: 試験時間 (sec)

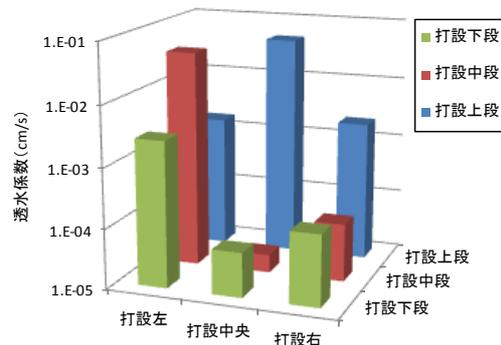


図-1 コア試料の透水係数

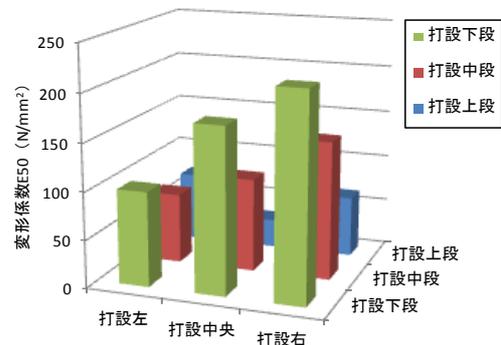


図-2 コア試料の変形係数

傾向が見られた。これは、試験体下部ほど裏込め注入材自重の影響が大きく、膨張材によるひび割れ発生が抑制され、密度が高くなったためと考えられる。

#### 5. おわりに

今回、実施工を想定した打設試験を行い、施工性に問題のないこと、目標の材料物性値を有することが確認できた。今後は、部位ごとのばらつきを小さくするとともに、実施工への展開を図る予定である。

#### 参考文献

- 1)安井,白上ほか: 地下水流動保全を対象とした透水性回復型の裏込注入材料の開発,土木学会第 59 回年次学術講演会,2004
- 2)建築基礎構造設計指針, 日本建築学会,1988 改定