

可塑性裏込め注入材料の開発

DEVELOPMENT OF THE PLASTIC GROUTING MATERIAL WHICH IS FILLED INTO BACK SPACE OF THE TUNNEL LINING

木戸 素子¹⁾・清水 満¹⁾・松田 芳範¹⁾・面高 安志²⁾

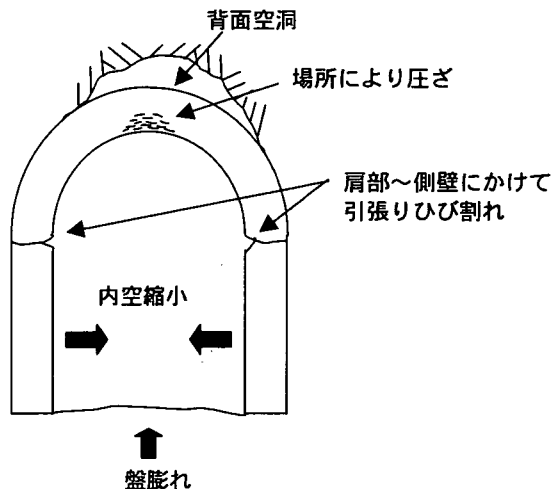
Motoko KIDO, Mitsuru SHIMIZU and Yoshinori MATSUDA and Yasusi OMODAKA

This report explains about development of the plastic grouting material which is filled into back space of the tunnel lining. In comparison with former materials, the material which is newly developed has realized some special features through mixture of cement and plastic additional materials; (1) separation and dilution by water is decreased, (2) limited grouting is made possible, (3) weight of the material is reduced, (4) handling of the material is simplified.

Key Words : tunnel, plastic, grouting materials

1. はじめに

トンネルの覆工背面と地山との間には、空隙が存在する場合があり、トンネル構造安定上、問題になることがある。(図一1)このような場合の代表的な補強対策工として、裏込め注入で覆工背面の空隙を充填し、覆工と周辺地山との一体化を図るものがある。一般的な注入材料には、エアミルク、エアモルタル、水ガラス系の材料等があげられるが、これらの材料は流動性が大きいので、地山中の微小な亀裂や覆工面のクラックなどへの逸脱が多く、また、水中での材料分離などから所定の空隙への充填が確実にできない場合があった。これらの課題を解消するために、新しい裏込め注入材料の開発に取り組んできたので報告する。



図一1 トンネルの変状概要

1) 正会員 土木学会 JR 東日本 建設工事事部 構造技術センター

2) 正会員 土木学会 住友大阪セメント株式会社 セメントコンクリート研究所

2. 可塑性裏込め注入材料

裏込め注入材料の開発にあたり、必要な条件を以下の4点と考えられる。

- ①水による分離や希釈が極めて少ないこと。自立性や充填性能を有しながらも適度な流動性を兼ね備えていること。
- ②覆工に負担がかからないように比重の軽い材料であること。
- ③現場で取扱い易いこと。
- ④安価であること

これらに着目して開発をすすめてきた結果、注入材として自立性や充填性能を有し、さらに適度な流動性も兼ね備えている可塑性の裏込め注入材料を見い出すことができた。

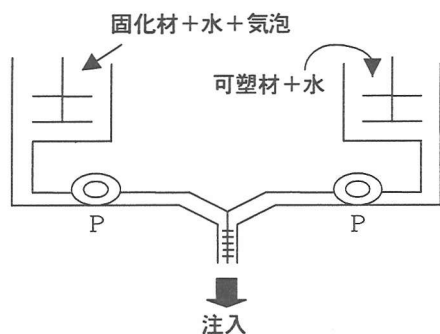
開発した材料は、セメント系固化材と可塑化補助材を混合したものである。セメント系固化材は、セメントを主成分とした一般的な地盤改良用固化材の一種で、今回の裏込め材用に粒度・成分を調整し製造したものであり、可塑化補助材は、天然の粘土鉱物を加工したもので、特殊な薬剤などは使用しない無機系の材料である。

これらは、図一2に示すように事前に各々を別々のミキサーで練り混ぜて液状にしておき、その後両液を特殊管で混合させてから注入する。

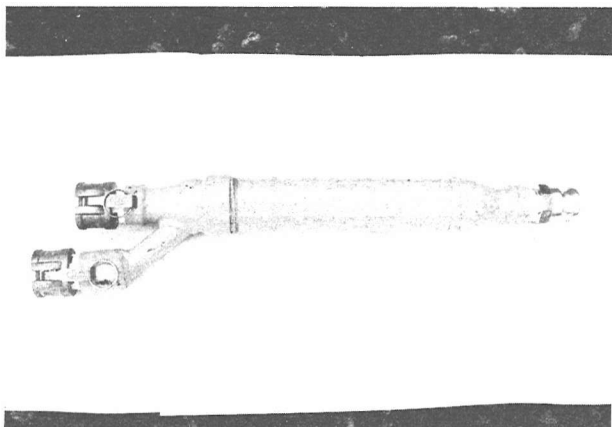
ここで述べている特殊管(写真一1)の構造は、動力を使わず、邪魔板などで2液を混合するミキサーとなっており、混合が良好に行えるように1mものを2本連結して用いる。

(ミキサーA)

(ミキサーB)



図一2 製作工程



写真一1 特殊管

3. 試験結果

材料の比重は、既設覆工への負荷を軽減させるために可能な限り軽量化を目指しており、現段階において1.1まで実用可能となった。一般的にエアミルクの比重は0.6、エアモルタルの比重は1.2程度であるから、この値は、エアミルクとエアモルタルの中間値となる。

各試験に用いた材料の配合とフロー値、強度の一例を以下に示す。(表一1、表一2、表一3)

フレッシュ性状の測定は、 $\phi 8 \times H 8 \text{cm}$ のシリンダーに試料を詰め、引抜いてフロー値をとる方法を用いた。フロー値としては、各種試験時において80mm～120mmの間にほぼおさまっている。

硬化後の物性として圧縮強度は、覆工コンクリートと同等の強さは不要であると考え、本研究では0.5N/mm²程度以上が期待できる配合とした。また、この裏込め注入材料は長期に強度発現があるので91日強度も考えている。

(1) 充填性確認試験

直径 $\phi=0.2\text{m}$ 、高さ $H=1.0$ 、 1.5 、 2.0m の透明塩ビパイプに、あらかじめ下から 0.5m の高さまで粒径 $\phi 70\text{mm}$ 程度の碎石を堆積させておき、上から裏込め注入材料を流し込んだ。(写真—2) 碎石部分の空隙率は 50% 程度とした。この碎石部分は、地山中の微小な亀裂や岩すいおよび覆工のクラックなどをモデル化しており、この部分に浸透する様子により逸脱の有無を確認することとした。結果は、写真3に示すように碎石より上の部分の充填性は良好であり、碎石部分への浸透度は、打設高さに関係なく $5\text{cm}\sim 15\text{cm}$ 程度であった。

(2) 吐出試験

① 気中での吐出試験は、 $1.8\text{m}\times 1.8\text{m}$ の平板中央部に吐出用の長さ 0.3m のパイプを立て、裏込め注入材料を吐出させ、流動勾配を測定した。(写真—3)

流動勾配は、約 $1:4$ であり、適度な流動性をもっていることが確認できた。

② 水中打設試験は、幅 $0.5\text{m}\times$ 高さ $0.5\text{m}\times$ 長さ 2m の水槽に裏込め注入材料を底部より吐出させて状況の確認を行った。

裏込め注入材料の吐出中は、水にわずかに濁りが見られたが、顕著な分離や希釈といった現象は見られず、しばらく経つと水が透明に戻った。

また、水中における裏込め注入材料は吐出後しばらくの間はパイプより吐出した筒状を保ち続け、ある程度の長さごとに切れた。その後、材料の自重により堆積していくが、筒状となっていた材料は、一体化し固まった。(写真—4)

表—1 配合

(1m^3 あたり)

A 液 (kg/m^3)			B 液 (kg/m^3)		比重 (g/cm^3)
固化材	水	気泡 (%)	可塑化補助材	水	
300	150	155	80	565	1.10

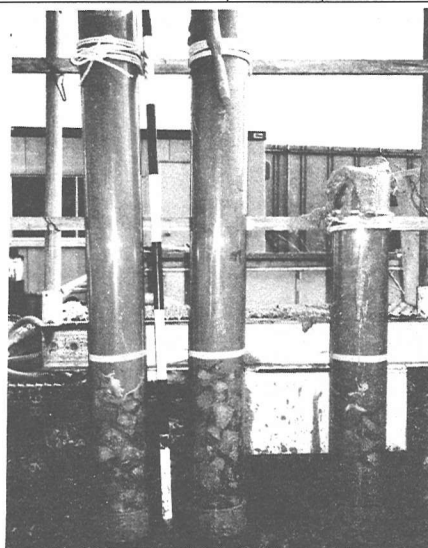
表—2 フロー値

	打設開始時	打設終了時
JHS A 313-1992 $\phi 8\times H8\text{cm}$	114 mm	104 mm

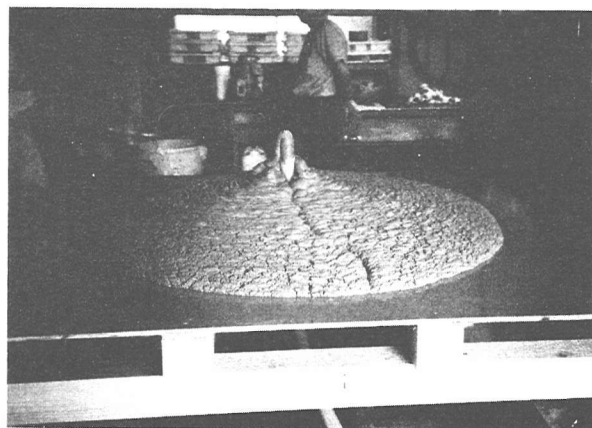
表—3 一軸圧縮強度

(N/mm^2)

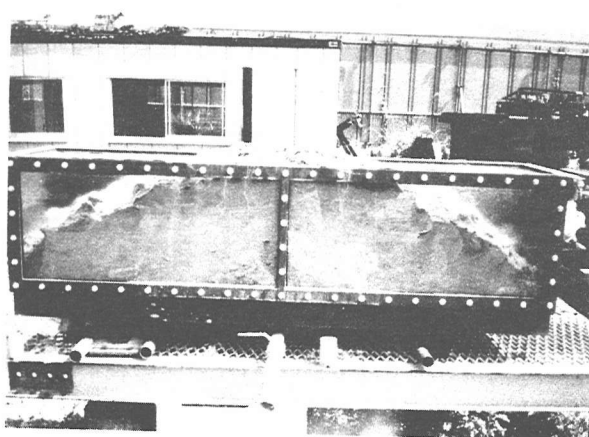
	7 日	28 日
①標準養生	0.425	1.047
②水中養生	0.282	0.651
③3 日まで現場養生、その後標準養生	0.255	0.556



写真—2 充填性確認試験状況



写真—3 気中での吐出試験状況

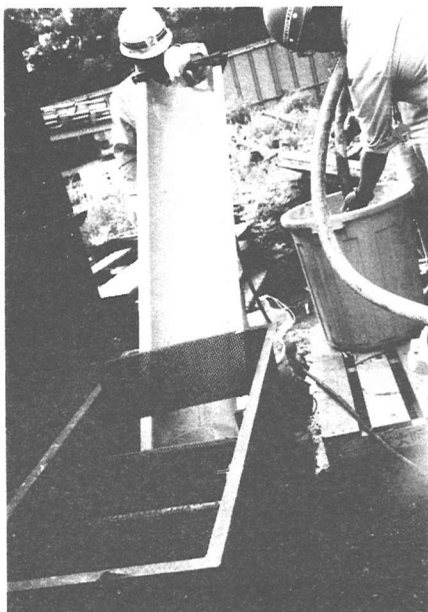


写真—4 水中打設試験状況

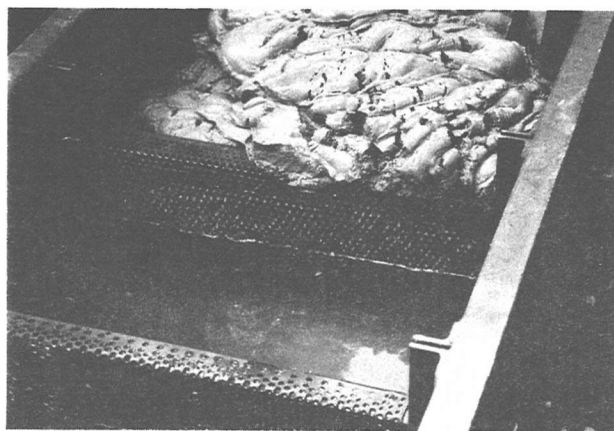
(3)流水試験

勾配をもたせた樋に $300\text{ cm}^3/\text{min}$ の水を流しながら、裏込め注入材料を上側から流した。さらに、樋の下側に網目の遮断壁を設けたボックスを置き、流れてきた材料が遮断壁を通過する状況を確認した。(写真—5、写真—6)

裏込め注入材料は、水に対して分離することなく、網目部分を通過せずに網目の遮断壁を越えた。このことより、裏込め材料が従来のエアミルクやエアモルタルとは異なり、トンネルの空隙内で地山中の微小な亀裂や覆工面のクラックなどへ逸脱していかないことが確かめられた。



写真—5 流水試験装置



写真—6 流水試験状況

4.考察

各試験の結果から、今回開発した可塑性の裏込め注入材料は、地下水が豊富なところや流水中においても水による分離や希釈が極めて少なく、目的とする空隙への充填性が良好であることが確認できた。さらに、材料のコストが安く、施工設備も従来とほぼ同様であり、材料の取扱いも比較的容易であった。またその他の利点として、この材料は薬剤等をほとんど含有せず、無機系材料が主成分であり、環境に対して悪影響を及ぼしにくいという点もあげられる。

5.おわりに

今回の試験では、良好な結果をえることができた。現在、田沢湖線仙岩トンネルにおいて実施工を行いながら、各種データの収集を行っているところである。

今後は、さらに軽量化をすすめ、品質管理手法の確立等も行っていくことにしている。

「参考文献」

- 1) 注入の設計施工指針 東日本旅客鉄道株式会社