

## 使用済み切符を混入したトンネル裏込め注入材の特性

財団法人 鉄道総合技術研究所 正会員 佐藤 豊  
電気化学工業株式会社 入内島克明

## 1. まえがき

トンネルの裏込め注入材や地盤の空洞充填材などは非常に大きな水セメント比で配合されており、その値は200%～300%を越える場合もある。このため、このような材料は弱材齢時に荷重を受けると容易に圧密し体積減少を生ずる。この体積減少は地盤の沈下の要因となるのもであり、できるだけ小さいことが望まれている。

一方、鉄道事業においては毎日多くの使用済み切符が発生し、古紙として多額の費用をかけて再生しているのが現状である。本研究はこの使用済み切符を前述の注入材に混入した場合の特性について報告する。

## 2. 使用済み切符の特徴

図1にJRで使用される鉄道切符とこれを事務用のシュレッダーで細片化したものを示す。使用済み切符は、金券として回収され他の古紙など不純物が混入することがない、裏面の磁気膜があるため再生にコストがかかる、磁気膜があるため水中では水より重い比重となる、などの特徴を有している。



図1 鉄道の使用済み切符と細片化されたもの

## 3. シールドトンネルの裏込め注入材

図2にシールドトンネルのテール部を拡大した概念図を示す。シールドトンネルはテール部で組み立てられるセグメントとシールド機テールの空隙に裏込め材を注入しながら掘進していく。この時用いられる裏込め注入材には以下のような性質が求められる。

- 流動性が良く充填性に優れること。
- テールボイド外への逸走がないこと。
- 無公害であること。
- 材料分離が少ないこと。
- 透水性が小さいこと。
- ブリージングが少ないこと。
- 早期に地山相当の強度を発現すること。
- 硬化後の体積変化が少ないこと。

これらの条件を満たすために、現在では表1に示すような2液性の可塑性裏込め注入材が広く用いられている。

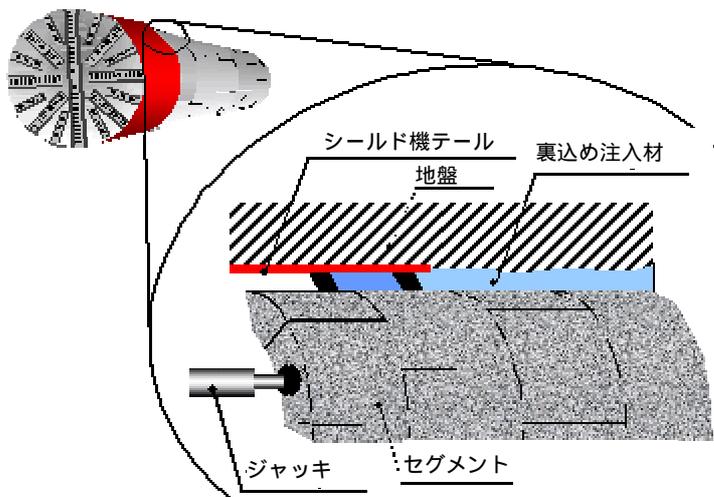


図2 シールドトンネルの裏込め注入

表1 裏込め注入材の配合例（1m<sup>3</sup>あたり）

A液			B液	
セメント	ベンチケイ	混和剤	水	水ガラス
245 kg	37 kg	4.5 kg	812 kg	91 リットル

キーワード：裏込め注入，使用済み切符，リサイクル

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所トンネル研究室 TEL:042-573-7266 FAX:042-573-7248

#### 4. 実験結果と考察

表1に示す配合を用いて、図3に示すような脱水圧密による裏込め注入材の体積減少試験を行った。直径50mm、高さ100mmの円筒型圧力容器の上下端にはろ紙を敷いて圧密に伴う間隙水が自由に排出されるようにした。上部からの載荷圧力は0.2MPaに固定し30分後までの脱水圧密による体積減少を測定した。細片化された使用済み切符の長さを10mm、20mm、30mmに変化させ、また切符の混入量を0から15%まで5%刻みで変化させて比較した。

結果として、図4～図6に示すように、いずれの長さでも使用済み切符を混入した場合のほうが未混入に比べて小さな体積減少となり、混入率の増加に伴い体積減少がより抑制される結果となった。

ここで示した脱水圧密による体積減少試験のほか一軸圧縮強度も測定しており、未混入のものと同程度強度が発現していることを確認した。また、使用済み切符を混入した硬化後の試験体は乾燥収縮に対する抵抗性も改善されていた。

このように使用済み切符の混入により裏込め注入材の性質が改善される理由として、使用済み切符が、粗骨材として硬化体の構造形成に寄与する、水和反応に不必要な遊離水を吸収する、一度吸収した水分を養生水として内部から供給する、などの役割を担っているためと考えられる。

#### 5. あとがき

ここで示したシールドトンネルの裏込め注入材のほか、山岳トンネルの裏込め注入材や地盤の空洞充填材など、使用済み切符の混入による改善効果は、粗骨材のない水セメント比の大きいセメント系材料であれば同様に期待することができると考えられる。今後材料や実験条件を変化させ使用済みチップの有効利用を推進していきたい。

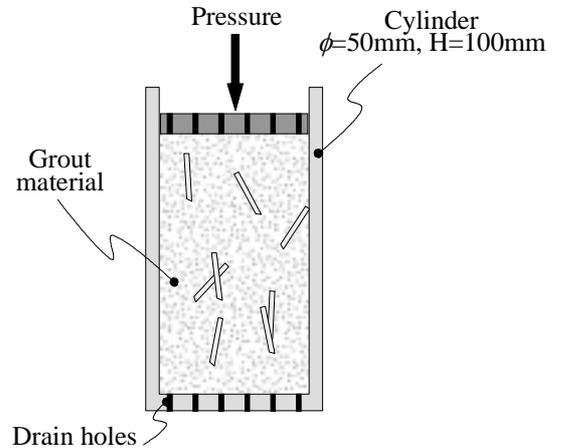


図3 裏込め注入材の圧密試験

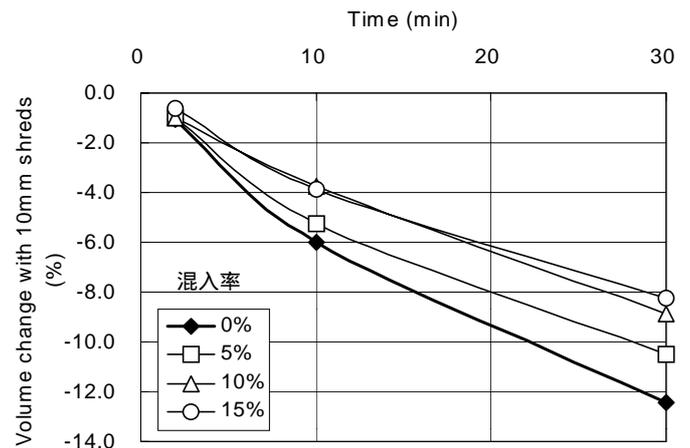


図4 体積減少率と経時の変化（10mm 細片）

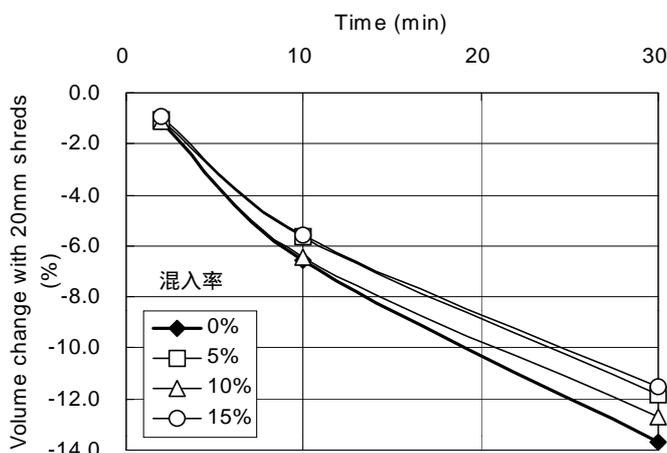


図5 体積減少率と経時の変化（20mm 細片）

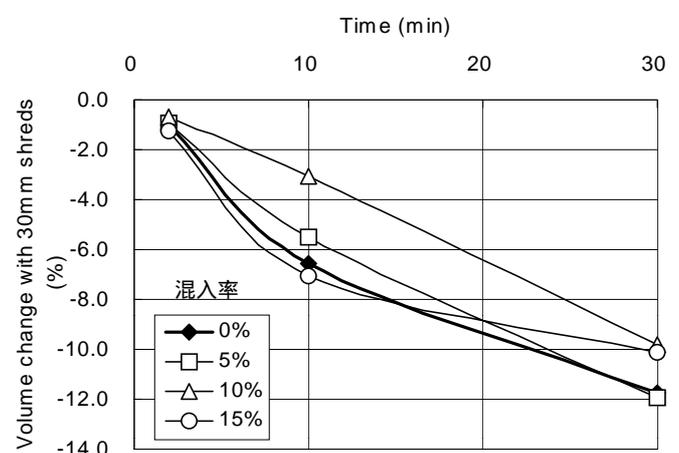


図6 体積減少率と経時の変化（30mm 細片）