

トンネル裏込め注入材への使用済み切符の混入

REUSE OF TRAIN TICKETS WITH BACKFILL MATERIAL FOR TUNNELING

佐藤 豊¹⁾・入内島克明²⁾

Yutaka SATO and Katsuaki IRIUCHIJIMA

Current backfill materials for shield tunneling are mixed with very high water cement ratio, often exceeding 200 % to 300 %. Those high water containing materials are easily consolidated and decrease its volume, which may cause ground loss. In the meantime, railway industry disposes huge amount of used paper tickets in daily basis and considerable cost is required for its recycling. This paper presents reuse of the train tickets for the backfill material. It is achieved both improving material properties and decreasing undesirable emission with the mixture containing the shredded tickets.

Key Words: recycle, reuse, backfill, shield tunneling & train tickets

1. まえがき

昨今世界的なレベルで地球環境問題に関心が高まる中、わが国でもあらゆる分野で二酸化炭素や廃棄物の削減に積極的な取り組みがなされている。鉄道事業においても駅におけるゴミの分別収集や古紙の再利用など、鉄道事業から発生する廃棄物の削減に力を入れている。このような状況の中、鉄道事業から毎日発生する廃棄物のひとつに乗車券があり、現状では再生紙や外壁材の材料として多額の費用をかけて処理されているのが現状である。

一方、トンネルの裏込め注入材や地盤の空洞充填材などは良好な流動性を維持するため比較的高い水セメント比で配合されることが多く、その値は200%~300%を越える場合も少なくない。そして、このような高含水の材料は弱材齢時に圧縮荷重を受けると容易に圧密し体積減少を生ずるという特性を有している。地中に注入される材料のこのような体積減少は地表面沈下の原因となるものであり、可能な限り小さく抑えることが望まれる。本報告ではこの使用済み切符の有効な利用方法のひとつとしてシールドトンネルの裏込め注入材にこれを混入した場合の材料の特性について述べる。

2. 使用済み鉄道乗車券（切符）の特徴

図-1にJRで使用される鉄道切符とこれを一般の事務用シュレッダーで4mm幅程度に細片化したものを示す。使用済みの切符は以下のような特徴を有する材料である。

- ① 一種の金券として駅で回収・管理されるため、一般の古紙など切符以外の不純物が混入することがなく、厚さや形状、材質、比重などがほぼ一定の材料として集積される。

1) 正会員 財団法人鉄道総合技術研究所 トンネル研究室

2) 電気化学工業株式会社 セメント・特殊混和材研究所

② 再生紙の原料として取り扱うためには裏面の磁気膜を剥離しなければならない。このため、再生紙の原料としてはコストの高いものとなり、鉄道会社ではトイレトペーパーなどの原料として費用をかけて処分している。それ以外には脱臭剤の原料となる炭に、あるいは建築物の外壁材料などとして再利用されている。

③ 水で飽和した切符には磁気膜があるため水より若干重い比重(1.02程度)となる。これは比重1.1~1.3程度のトンネルの裏込め注入材に近いものであり、混入した場合に浮き上がったり沈降したりすることなく、混合体全体に分散させることが可能である。

④ 重金属等の有害物質は含有されておらず、地下水汚染や土壌汚染の心配がない。

3. シールドトンネルの裏込め注入材に要求される性能

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要求されると言われている。

①流動性が良く充填性に優れること。

②テールボイド外への逸走がないこと。

③無公害であること。

④材料分離が少ないこと。

⑤透水性が小さいこと。

⑥ブリージングが少ないこと。

⑦早期に地山相当の強度を発現すること。

⑧硬化後の体積変化が少ないこと。

上記のうち有害な地表面沈下の抑制といった観点からは、⑥と⑧の性質が重要になってくる。現在ではこれらの条件を満たすよう、二液性の可塑性裏込め注入材が一般に広く用いられており、ほとんどブリージングの生じない注入材料が開発されシールドトンネルの裏込め注入材として広く用いられている。ただしセメント-非エア-系の注入材の一般的な配合は表-1に示すように300%を超えるような高い水セメント比であり、このような材料は弱材齢時に排水条件で加圧されると未反応の遊離水が脱水し体積減少を生ずる。これはシールドの掘進に伴い剛体に近いシールド機のテール部が遠ざかるにしたがって、注入材に作用する土圧が増加し結果的に注入材中の過剰間隙

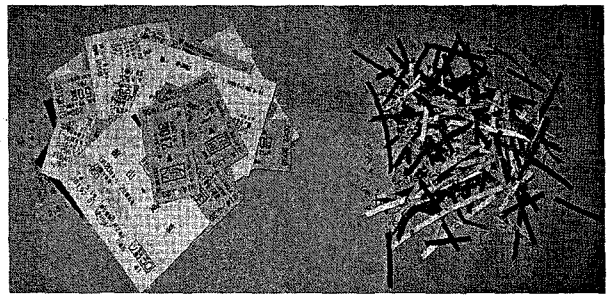


図-1 鉄道の使用済み切符

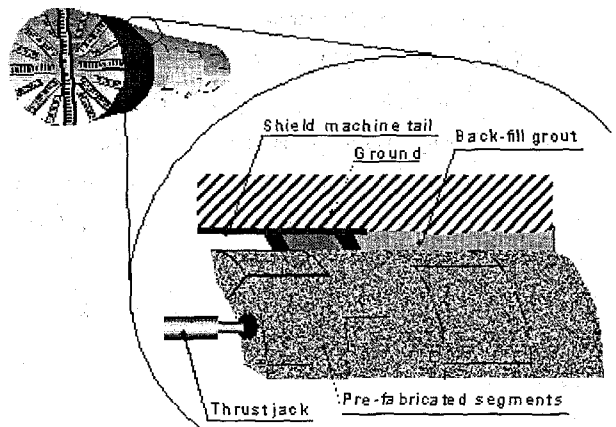


図-2 シールドトンネルの裏込め注入

表-1 裏込め注入材の配合 (1m³あたり)

A 液				B 液
セメント系材料	ベントナイト系材料	混和剤	水	水ガラス系材料
245 kg	37 kg	4.5 kg	812 kg	91 リットル

水圧が増加することによってさらに促進されるものと考えられる。

4. 室内試験

表-1 に示した材料を基本配合として、これに細片化した使用済み切符を体積百分率で 5%~15%混入し、一軸圧縮強度、圧密による体積減少、乾燥収縮による変化の 3 点について室内試験を実施した。以下に各試験の結果と考察を示す。

(1) 一軸圧縮強度

24 時間経過後の一軸圧縮強度の違いを図-3 に示す。試験では未混入のもの、添加率 5% と 10% のものについて測定したが、いずれも同程度の強度が発現しており、明確な強度増加や強度減少は見られなかった。

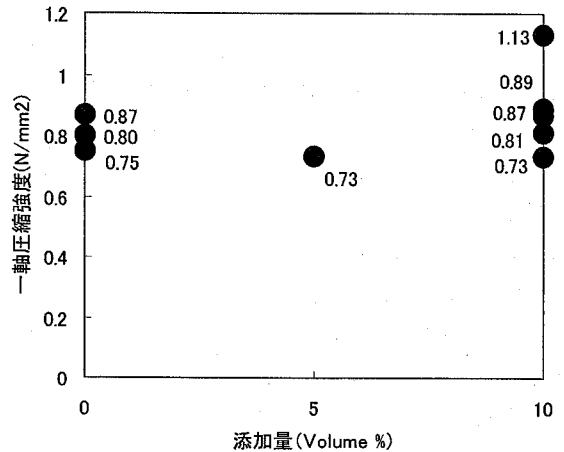


図-3 一軸圧縮強度の分布

(2) 圧密脱水試験

シールドトンネルの裏込め注入材は注入直後の弱材齢時に排水条件で外力を受けると脱水圧密して体積減少することが知られている¹⁾。図-4 に示すような両面排水の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排水孔を設け圧密に伴う間隙水が自由に排出されるようにした。表-1 に示した材料をこのモールドに投入し、直ぐに上部から 0.2Mpa の圧力で荷重し、30 分後までの脱水圧密による体積減少を測定した。ここでは細片化された使用済み切符の長さを 10mm、20mm、30mm に切り揃えて変化させ、また切符

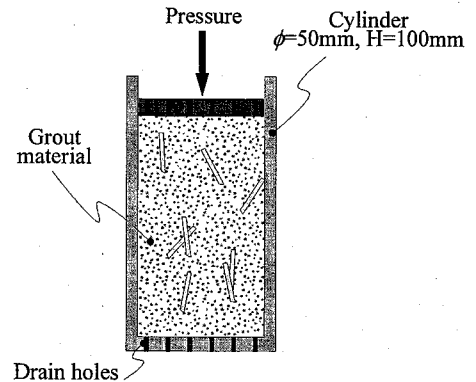


図-4 裏込め注入材の圧密試験

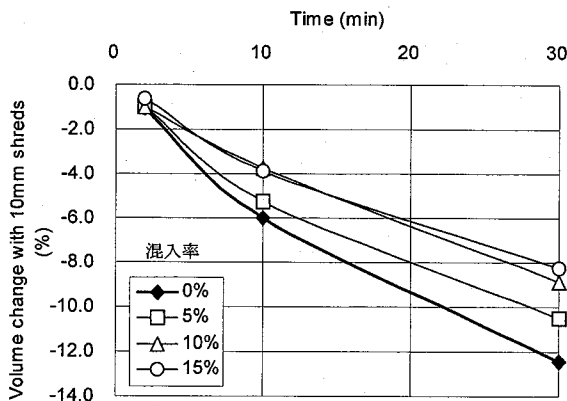


図-5 体積減少率の経時的変化 (10mm 細片)

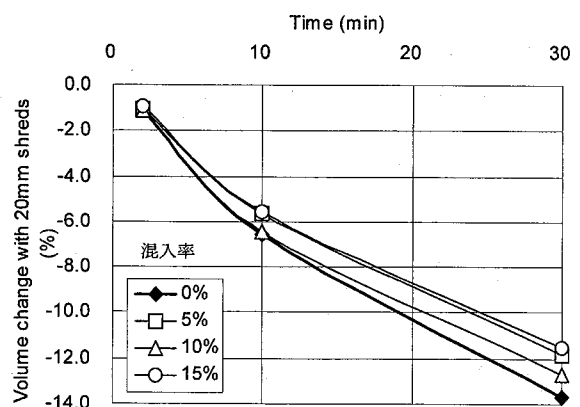


図-6 体積減少率の経時的変化 (20mm 細片)

の混入量を体積百分率で0から15%まで5%刻みで混入し未混入のものと比較した。

結果として図-5～図-7に示すように、いずれの長さの細片を混入した場合においても未混入に比べて小さな体積減少率となり、さらに混入率の増加にしたがって脱水圧密による体積減少がより抑制される結果が得られた。

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、

- ①粗骨材として硬化体の構造形成に寄与する、
 - ②水と反応に不必要な余分な遊離水を吸収する、
 - ③一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。

(3) 乾燥収縮による変化

図-8にゲル化後24時間経過した供試体をモールドから取り出し1ヶ月間室内に放置して乾燥収縮させた場合の状況を示す。使用済み切符を混入した硬化後の試験体は乾燥収縮により大きく体積が減少し、直径5cm、高さ10cmの供試体で直径・高さ共に15～20%の長さの減少となった。ただし図に示すとおり、使用済み切符を混入した場合には乾燥収縮後も元の形状を保っていることがわかる。なお、切符混入の有無による重量の変化に大きな差はなく、双方とも乾燥後は元の重量の1/3程度となった。

5. おわりに

使用済み切符の混入による脱水圧密による体積減少の抑制効果は、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、粗骨材の含まれていない高い水セメント比を有する材料に対して同様の効果を期待することができると考えられる。ここで示したように、使用済み切符の細片化は事務用の一般的なシュレッダーで行えるため、処理に特別な設備や化学薬品等を必要としない。このため、この方法は裏面に磁気膜を有するような紙片であれば鉄道切符以外にも適用できると考えられる。また、自らの事業から排出される廃棄物を同じ事業の中で再利用する必要性は地球環境に対する企業の責任として今後とも高まっていくと考えられ、このような廃棄物の有効利用は処理費や材料費の節減ばかりでなく、環境報告書等への記載により事業者の環境への取り組みをアピールできる。このようなニーズを踏まえ今後は使用材料や実験条件を変化させ、本技術の実現場への適用性を検証できるようデーターを蓄積していきたい。

参考文献

- 1) 三木五三郎, 斎藤孝夫, 下田一雄, 木村昌義: 裏込め注入工法の設計と施工, p95, 山海堂

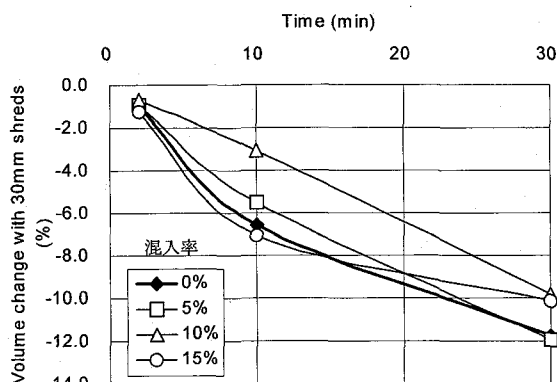


図-7 体積減少率の経時的変化 (30mm 細片)

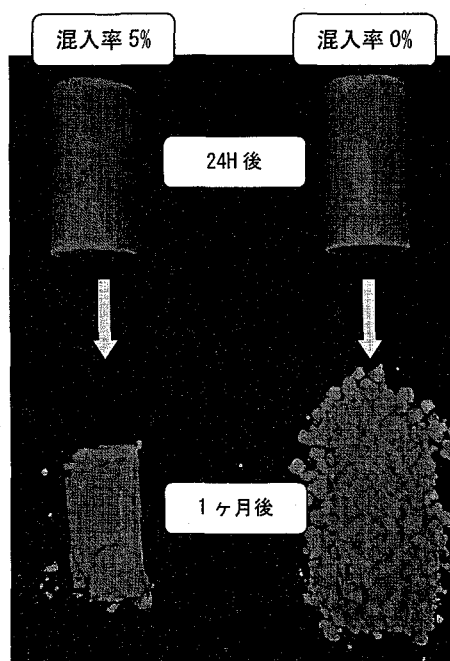


図-8 裏込め注入材の乾燥収縮