

浸潤状態にあるレンガトンネル覆工からのレンガ抜け落ち防止材料の有効性の検証（その1）

○ 東鉄工業株式会社 正会員 高木勇馬、雨宮 悟、杉山竜哉、羽矢 洋
甲州市役所 坂本豊、市川太一
東亜グラウト工業株式会社 松田 道弘 ALLONE 株式会社 榎本宗一郎

1. はじめに

明治 36 年に開通した「大日影トンネル」は、ワインやブドウ等の農産物の輸送線路としての役を担うことから始まり、その後、中央線として山梨、長野等の地方都市と東京を結ぶ貨物・旅客の重要路線としての役を担ってきた。その後、平成 9 年になって新しくトンネルが開通したことでその役割を終えたが、平成 19 年には甲州市の管轄の元、遊歩道として利用されるようになった。このように長年供用されてきた当該トンネルであったが、平成 28 年に老朽化を理由に遊歩道としての利用を中止されることとなった。しかし、甲州市としては、トンネルの安全性を確保したうえで、再度、遊歩道として再供用したいという希望を有している。

筆者らは、このような老朽化したトンネル覆工からのレンガの抜け落ち防止を目的に材料試験を実施し、その有効性を確認したので報告する。

2. 検討の目的

覆工裏から山の水が覆工内に流出するような箇所や、常時染み出してくるような箇所では、レンガの目地痩せが進み、その結果、レンガの抜け落ちが生じる場合がある。目地痩せ補修として一般的なポインティングは、現状において乾いた覆工表面に生じた目地痩せの補修法として一般的に採用されているが、常時、地山の水が沁み出し、覆工表面が浸潤状態にある箇所ではポインティング施工は避けられている。

今回の試験施工は、こうした浸潤面を対象に抜け落ち防止を図り、レンガトンネルの長寿命化を図ることを目的として実施した。なお、著しく出水してくるような箇所では抜本的な対策として覆工裏の注入による止水工が施工されるのが一般的であり、今回の目的の対象から除外する。

3. 使用材料および施工概要

レンガの抜け落ち防止材料としてはエポキシ系およびアクリル系の 2 種類の樹脂を用い、これにより樹脂注入による試験施工を行った。注入方法としては、コンクリート構造物が損傷し、躯体に亀裂が発生した場合などの補修工法として既に確立した工法である「IPH 工法」¹⁾によることとした。この工法は、開発当初より発足された工法協会の運営により実績を伸ばしてきている注入工法であるが、今回の目的である浸潤状態にある箇所からのレンガの抜け落ち対策としての実績はない。

試験施工では、①止水を行った後、抜け落ち対策材料を施工するケースと、②止水を行わず対策を行うケースの 2 通りで行い、各々の結果について検証した。

止水工法は採用実績の高い 2 液性の親水性アクリル樹脂系止水工法を採用した。この止水工法の特徴を以下に示す。

- a) 漏水状況・構造物に合わせて薬液の硬化時間をコントロール可能。
- b) 硬化物は伸縮性のあるゲルとなり構造物の動きに追従可能で、耐久性・長期的安定的に止水効果がある。

止水工は、初めに覆工表面を温水高圧洗浄により洗浄を行い、次に概ね 45 度の角度で覆工厚の約 1/2 程度を目安に削孔（図 1、 $\phi 20\text{mm}$ 、削孔間隔は 150～400 mm）した後、止水材を注入（図 2）した。

抜け落ち防止材料（IPH 工法材料）の施工は以下に示す 3 ケースで実施した。

- ケース A：エポキシ系材料 止水あり
- ケース B：アクリル系材料 止水あり
- ケース C：エポキシ系材料 止水なし

抜け落ち防止材料の試験施工は 3 ケースいずれも $5\text{m} \times 1\text{m} = 5\text{m}^2$ の施工面積を確保し行った（図 4）。

IPH 工法の特徴を示す。

- ① 注入開始時に躯体内部に存在する空気を抜き取り、注入樹脂と置換することで細部までの充填が可能



図 1 穿孔（ $\phi 20\text{mm}$ ）

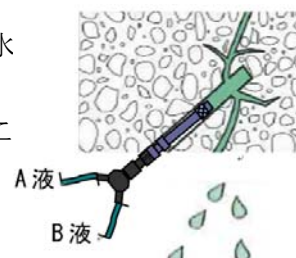


図 2 止水材注入

キーワード：レンガ、トンネル、覆工、補修、樹脂注入、止水、脱落防止

連絡先 〒160-8589 東京都新宿区信濃町 34 番地 JR 信濃町ビル 4 階 東鉄工業(株)新幹線大規模改修部

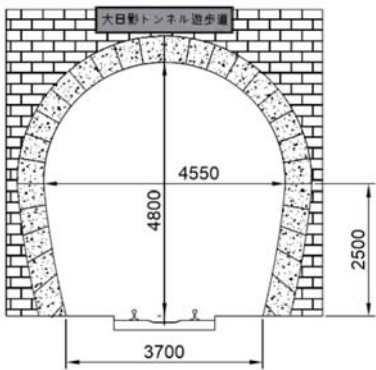


図3 トンネル断面概要

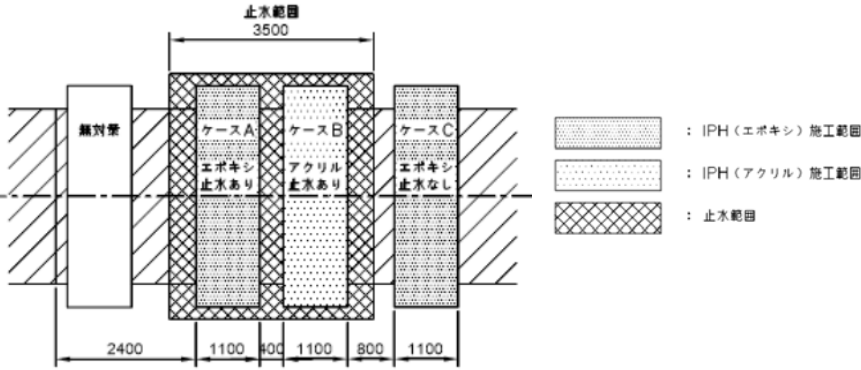


図4 試験施工範囲（クラウンを中心とする見上げ図）

- ②注入圧力を $0.06 \pm 0.01 \sim 0.02 \text{ N/mm}^2$ の超低圧に抑えることで毛細管現象を活用し、注入樹脂を高密度・高深度に微細なひび割れまで充填が可能（水の浸透幅 0.05 mm よりも微細部まで充填可能）。
- ③高密度に微細なひび割れまで充填されることから圧縮強度を改善し、構造物の長寿命化を実現
- IPH 工法による材料注入の状況を図5に示す。

4. コア供試体採取

注入による効果の確認のためクラウン部近辺で直径 75 mm 、長さ 250 mm の寸法でコア抜きを行った。なお、本数としては各ケース5本ずつとし、さらに比較のため同範囲で浸潤しているエリアを無対策エリアとして同様に5本ずつコア採取を行った。

5. 注入材の注入状況の確認

- 各々の材料の充填状況を目視により確認した。
- ①エポキシ材料に関してはブラックライトに対し蛍光反応を示すことからどこまで浸透しているか目視することが可能である。図8はケースA（止水あり）の例で、目地モルタルの隙間やポーラスな箇所比較的良好にエポキシ樹脂が浸透していることが確認できる。
- ②アクリル材料に関してはブラックライトに対し蛍光反応を示すことがないが、樹脂が硬化した状態では焦げ茶色を呈することから目視することは容易に可能である。目視の結果、この材料に関しても目地モルタルの隙間やポーラスな箇所に良好に浸透していることが確認できる。

6. 採取時のコアの折損

コアドリルにより長さ 250 mm 程度のコアで採取すべくコアリングはゆっくり静かに実施したが、結果としては表1に示すとおりコアの軸線に直行する目地で折損する供試体が20本中12本あった。一方、軸線に並行するモルタル目地が割裂する形で割れたものはなかった。目視によっても軸線に直行する目地モルタルの状況は密実さに欠けていることが確認でき、レンガの抜け落ちに対する抵抗性は低いとおもわれる。

<参考文献> 荒木秀夫：軽量コンクリート柱の耐震性能評価とその補強効果、日本コンクリート工学年次論文集、2016.7



図5 IPH 工法実施状況



図6 コア供試体採取状況

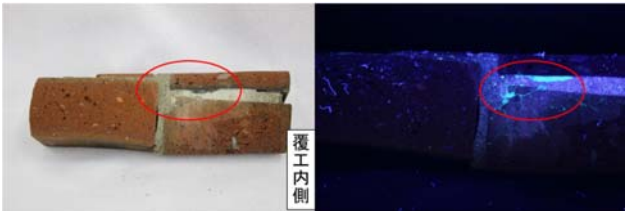


図7 エポキシ樹脂の充填状況の確認

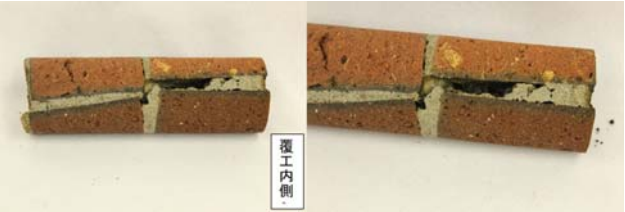


図8 アクリル樹脂の充填状況の確認

表1 採取コアの損傷等の本数

ケース名	折損なし	折損	割裂
ケースA エポキシ注入・止水あり	1	4	0
ケースB アクリル注入・止水あり	3	2	0
ケースC エポキシ注入・止水なし	2	3	0
ケースD 無対策	2	3	0
合計	8	12	0