

## 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2）

○ 東鉄工業株式会社 正会員 杉山竜哉, 雨宮 悟, 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

ここでは「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）」に引き続き、性能確認を目的に実施した室内試験結果および考察について報告するものとする。

### 2. 性能の確認試験概要

レンガ構造物に関する耐力、耐震性に関わる既往の研究は多く<sup>1)2)3)</sup>、それらは採取した供試体を基にレンガ単体、目地モルタル、あるいはこれらのハイブリッド構造物としての力学特性を試験室レベルで評価しているものである。今回、筆者らの試験施工の目的をあらためて述べると、目地痩せの進行によってレンガ単体の拘束性が欠落した結果、レンガが抜け落ちてしまうことを防止する材料としての有効性の検証にある。こうした目的に鑑みると、レンガならびに目地モルタルの力学特性として「圧縮強度」の特性をみることより、「せん断強度」もしくは「引張強度」をもって評価するのが妥当と考えられるが、更にせん断強度特性として捉えるとすると、それは拘束圧に依存することとなり、単純な抜け落ち現象を考えるのにこの拘束圧は不確定要素として大きく影響してくることとなる。このような背景を踏まえ、今回の力学特性の把握においては「引張強度試験」によることとした。

この試験は公的機関である「一般財団法人建材試験センター（以下建材センター）」に委託し、引張試験はユニバーサルジョイントを介しての一軸引張試験機による単純引張試験を実施した。供試体はコンクリートカッターを使用し採取コアを整形したのち、供試体両側面にエポキシ樹脂系接着剤を用いて引張試験用治具を接着し試験に供した。供試体整形後および治具接着後の状況を図1と図2に示し、一軸引張試験状況を図3に示す。



図1 整形後の供試体

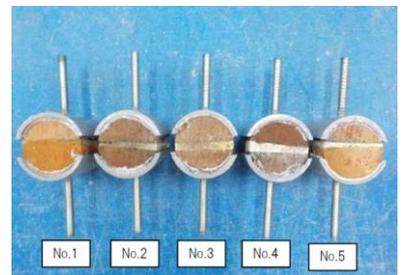


図2 引張治具設置後の供試体

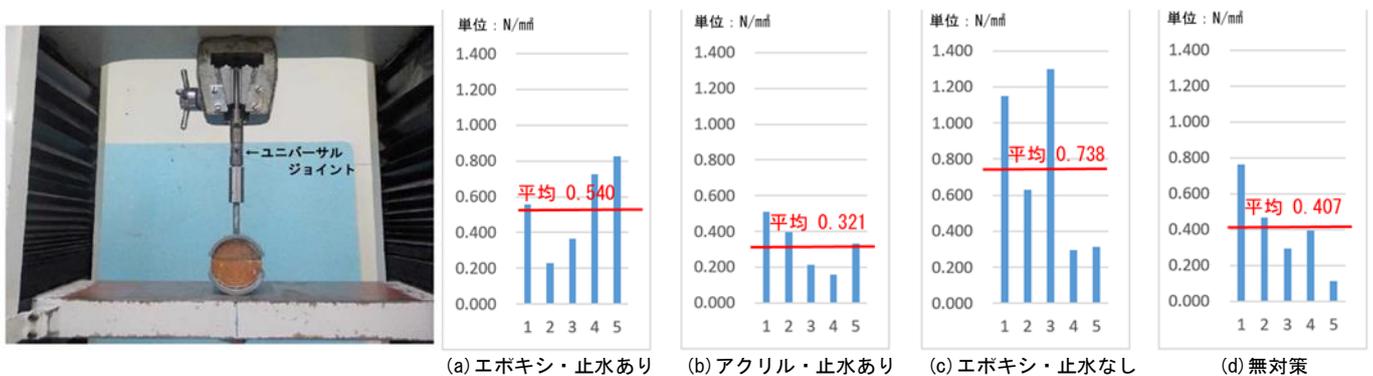


図3 一軸引張試験機に設置した状況

図4 引張試験結果

### 3. 試験結果

この引張試験結果を図4に示す。なお引張強度は、建材センターの方で供試体の破壊面を観察し、モルタルが目地材として存在（充填）している面積（破壊面積）を計測し、下に示す①式により算定している。

$$\text{引張強度 (N/mm}^2\text{)} = \frac{\text{最大荷重 (N)}}{\text{破壊面積 (mm}^2\text{)}} \cdots \text{①}$$

表1 破壊面の破壊モードと割合

供試体	記号	番号	破壊面の分類 (%)			目地モルタル 充填率 (%)
			目地モルタルとレンガの 界面破壊	目地モルタルの 凝集破壊	レンガの 凝集破壊	
アクリル 止水あり	No. 1	5	95	0	100	
	No. 2	90	10	0	100	
	No. 3	25	75	0	100	
	No. 4	75	25	0	100	
	No. 5	90	10	0	100	
エポキシ 止水なし	No. 1	35	60	0	95	
	No. 2	70	25	5	100	
	No. 3	40	60	0	100	
	No. 4	40	5	55	100	
	No. 5	15	0	70	85	

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

#### 4. 引張試験結果の評価

ここでは平均値が最も低い結果となった「アクリル・止水あり」と、平均値が最も高い「エポキシ・止水なし」のケースについて述べることにする。建材センターの評価による破壊面の破壊形態と面積割合を表1に示す。また、各ケースにおける破壊面の状況を図5と図6に示す。

この結果より

①「アクリル・止水あり」のケースの中で、最も低い値となったNo.4の供試体は目地モルタルとレンガの界面破壊が主たる破壊形態で、次に低いNo.3は目地モルタルの凝集破壊となった。前者は、写真では判読しづらいが、止水工法の親水性アクリル樹脂がゲル化したものが破壊面に付着していることが触診により判明し、これにより抜け落ち防止材のアクリル樹脂の浸透・固化を阻害していることが判明した。

(この状況はエポキシ・止水ありのケースのNo.2供試体：界面破壊率60%も同様であった)一方、後者は目地モルタルの凝集破壊でありモルタル自体の強度が低い値として現れたことが原因と考える。

②引張強度が最も高い結果となった「エポキシ・止水なし」のケースについては、無対策のケースの平均値の概ね2倍近い強度を発現した。なお、このケースの中で低いケースとなったNo.4, No.5の破壊はレンガ自体の凝集破壊が主たる破壊形態で、レンガ自体の強度が低い値として現れたことが原因と考える。従って、エポキシ樹脂の発揮し得る強度としては、このNo.4とNo.5を除く2本の平均値(=1.03N/mm<sup>2</sup>)程度と考えると、無対策の場合(=0.407N/mm<sup>2</sup>)の概ね2倍強の改善効果が図られたと判断できる。

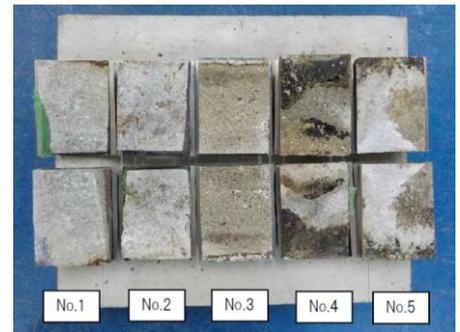


図5 引張破壊面の状況  
(アクリル・止水あり)

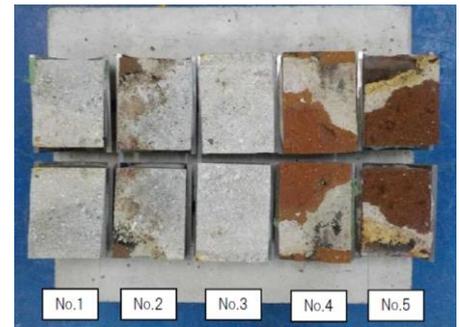


図6 引張破壊面の状況  
(エポキシ・止水なし)

#### 5. 無対策供試体の評価

本試験施工では比較のために止水工法なし、抜け落ち防止材なしのケースでコア採取を行い、同様の引張試験を実施した。この結果を見ると、引張強度の平均値が0.407N/mm<sup>2</sup>と比較的高い値を示した。ここでは5供試体の中で最小値を呈したNo.5の0.114N/mm<sup>2</sup>の引張力を用い、便宜的にレンガ引張抵抗力を算定してみた。

古レンガの一般的寸法	: 長手 210 mm, 短手 100 mm, 高さ 60 mm
長手積み目地モルタル接面積	: 平面 210 mm × 100 mm × 2 面 + 小口面 100 mm × 60 mm × 2 面 = 54,000 m <sup>2</sup>
目地モルタル最小充填率 (65%) を考慮した面積	: 54,000 m <sup>2</sup> × 0.65 = 35,100 m <sup>2</sup>
引張抵抗力	: 35,100 m <sup>2</sup> × 0.114N/mm <sup>2</sup> = 4,001.4N ≈ 408kgf

となり、レンガ1個あたりの重量と対比させると十分に余裕があることがわかる。無論、目地モルタル接地面4面が各々の面の法線方向で発揮し得る引張力の合算値と、抜け落ちようとするレンガの挙動を同じ土俵の上で推し量ることは平等ではないが、定性的に考えて過大な余裕を持っていると考える。

#### 6. まとめ

今回の試験施工によって抜け落ち防止工法の有効性が確かめられたこと、更に目地痩せの進行が甚だしくはない覆工レンガにおいては、予想していた以上に目地はしっかりしていることが分かったことは大きな成果と考える。

最後に、対策のイメージとして

- ①年間を通じて乾燥状態にあるレンガ覆工面で著しい目地痩せが進んでいる箇所では、「ポインティング」による目地の補修を行うことは、トンネルの長寿命化という観点から有効と考える。
- ②常時状態において、山の水が浸潤した状態にあって目地痩せが進んでいる箇所では、提案した「抜け落ち防止工法 (IPH 工法)」によるレンガの抜け落ち防止を図ることは有効と考える。
- ③浸潤状態を逸脱した漏水、出水の場合は目地痩せの状況を勘案し「止水工+ネット掛け工」か、漏水の程度によっては「抜け落ち防止工法 (IPH 工法)」によるレンガ抜け落ち防止を検討することは有効と考える。

参考文献

- 1) 松田芳範、岩田道敏、他：既設レンガ部材の力学的性状について、コンクリート工学年次論文報告集、1997.6
- 2) 水野進正、羽矢洋、他：旧式橋梁下部工の耐震診断、歴史的構造物の診断・修復に関するシンポジウム、2006.6
- 3) 中浜貴生：煉瓦および煉瓦壁の強度特性に関する基礎的研究、三重大学博士論文、2011.3