

# トンネル用吹付け耐火被覆材の押し抜き試験によるはく落防止性能の実験的検証

太平洋マテリアル(株) 正会員 ○谷辺 徹  
同 鎌田 亮太

## 1. はじめに

トンネル用吹付け耐火被覆材には、はく落防止性能が要求性能の一つとして強く求められ、車両通行時に発生する動風圧に対する抵抗性の検証が行われている。吹付け耐火被覆材は、**図-1**に示すとおり、はく落防止用の金属製メッシュなどを内在させることや表層部に繊維製メッシュを設置することで、はく落防止性能が付与されている。筆者らは、吹付け耐火被覆材の付着が全くない状態で200万回の動風圧試験を実施し、はく落防止用のステンレスメッシュのみで十分なはく落防止性能を有していることを報告<sup>1)</sup>している。しかし、2012年の笹子トンネル事故以降、耐火被覆材にはさらなるはく落防止性能の検証が求められている。このため、覆工体が損傷を受けた際の耐火被覆材のはく落性状について、押し抜き試験にて実験的に検証を行った結果を報告する。

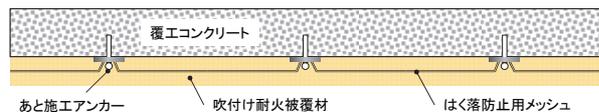


図-1 はく落防止工法の概要

## 2. 試験概要

### 2.1 押し抜き供試体の概要

JIS A 5372 (プレキャスト鉄筋コンクリート製品) 付属書5に規定されるU形ふた(呼び名1種 300, 400×600×60mm)に厚さ35mmの吹付け耐火被覆材を設置して供試体とした。供試体種類は、**表-1**に示すとおり、吹付け耐火被覆材に内在させるはく落防止用メッシュ(ステンレス製、格子間隔:50mm、線径1.6mm)や表層部に伏せ込むガラス繊維メッシュの効果ならびにガラス繊維メッシュを伏せ込む深さの影響を確認することを目的に4種類とした。供試体の概要を**写真-1**に、ガラス繊維メッシュの仕様を**表-2**に示す。なお、吹付け耐火被覆材にはバーミキュライト配合軽量モルタルを用いた。吹付け耐火被覆材の一般特性を**表-3**に示す。

表-1 供試体種類

種類	メッシュ	断面位置	供試体数
N	なし	—	3
ST	ST	中央	3
ST-G1	ST	中央	2
	G	表層 1mm	
ST-G5	ST	中央	1
	G	表層 5mm	

注) ST: ステンレスメッシュ, G: ガラス繊維メッシュ

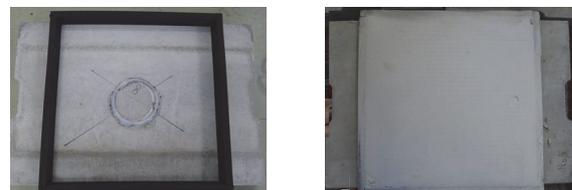


写真-1 供試体概要写真

表-2 ガラス繊維メッシュの仕様

質量 (g/m <sup>2</sup> )	厚さ (mm)	引張強度 (N/25mm)	目間隔 (mm)
150	0.35	400以上	10×10

表-3 吹付け耐火被覆材の一般特性

単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )
700~800	2.3	1.2	2,200

### 2.2 試験方法

押し抜き試験は、NEXCO 試験法 734-2011「トンネルはく落防止用繊維シート接着工の押し抜き試験方法」<sup>2)</sup>に準じた。押し抜き試験は、スパンを500mmとしてコア中央部を変位2mmまで0.2mm/分、2mmから50mmまで1.0mm/分の速度で載荷した。本試験の最大変位を50mmとし、変位50mmで試験終了とした。

## 3. 試験結果

### 3.1 荷重-変位の関係

荷重と変位の関係を**表-4**に示す。何れの供試体も5000から6000Nの荷重でシーリング材によるコアの固定が切れることが確認された。N供試体は、コアの固定が切れると同時に吹付け耐火被覆材に貫通ひび割れがキーワード 耐火被覆材, 吹付け, トンネル, はく落, 押し抜き試験

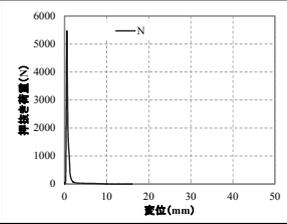
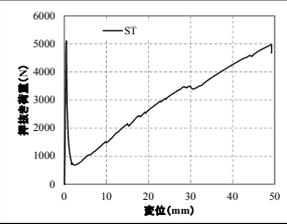
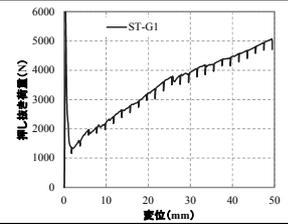
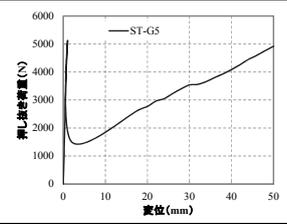
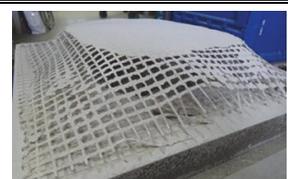
連絡先 〒285-0802 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋マテリアル(株) 開発研究所 TEL043-498-3921

発生して耐力を失った。その他の供試体は、ステンレスメッシュによるはく落抑制効果が認められ、コアの固定が切れた後も変位 50mm まで押し抜き耐力を保持していた。ここで、変位 50mm 時点の荷重を最大押し抜き耐力とした。各供試体の最大押し抜き耐力を表-4 に示す。N 供試体以外は、同様な荷重-変位曲線と最大押し抜き耐力(約 5000N)を示し、ガラス繊維メッシュの効果は認められなかった。これは、ガラス繊維メッシュの押し抜き耐力への影響は、ステンレスメッシュに比べてはるかに小さいためと考えられる。

3. 2 はく落重量

はく落重量の測定結果および試験後の供試体状況を表-4 に示す。はく落防止対策を実施しない場合、吹付け耐火被覆材は覆工コンクリートの落下に対するはく落防止性能を殆ど有していないことが確認された。しかし、ステンレスメッシュを設置することで押し抜き耐力が変位 50mm まで保持され、覆工コンクリートの落下に対するはく落防止性能が付与されていることが確認された。ガラス繊維メッシュを吹付け耐火被覆材の表層部に伏せ込む対策では、深さ 5mm に伏せ込んだ場合にひび割れ発生変位を遅らせる傾向は認められたが、押し抜き耐力の向上に効果は認められなかった。また、伏せ込む深さを深くすると、引っ張られたガラス繊維メッシュにより表面側の被覆材がはく離し、かえって表層部のはく落を誘発する可能性があることが確認された。

表-4 押し抜き耐力、はく落重量および試験後状況

種類	N	ST	ST-G1	ST-G5
最大時変位	—	50mm	50mm	50mm
最大耐力	—	4878N	5085N	4920N
はく落重量	2g	6g	6g	173g
荷重と変位の関係				
試験後状況				

4. まとめ

ステンレスメッシュを設置することで押し抜き耐力が変位 50mm まで保持され、覆工コンクリートの落下に対するはく落防止性能が付与されていることが確認された。また、ステンレスメッシュの効果により、最大押し抜き耐力も 5000N 程度の高い値を示し、東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株)編著のトンネル施工管理要領(平成 25 年 7 月)の基準試験に示される繊維接着系工法によるはく落対策の規定値<sup>3)</sup>(荷重 0.7kN, 変位 50mm 以下)と比較しても十分な性能を有していることが確認された。なお、ガラス繊維メッシュの設置は、深さ 5mm に伏せ込んだ場合にひび割れ発生変位を若干遅らせる効果は認められたが、押し抜き耐力の向上に効果は認められなかった。また、伏せ込む深さを深く(5mm)すると、引っ張られたガラス繊維メッシュにより表面側の被覆材がはく離し、かえって表層部のはく落を誘発する可能性があることが確認された。

参考文献

- 1) 菊地弘悦, 谷辺徹, 清宮理: トンネル用吹付け軽量モルタル耐火被覆材の動風圧に対するはく落防止設計法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.1859-1864, 2010.
- 2) 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株): トンネルはく落防止用繊維シート接着工の押し抜き試験方法, NEXCO 試験法 734, 第7編トンネル関係試験方法, pp.47-48, 2011.
- 3) 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株): トンネル施工管理要領(本体工編), p.14, 平成 25 年 7 月.