

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の構築

太平洋マテリアル(株) 正会員 ○谷辺 徹
 太平洋マテリアル(株) 正会員 菊地 弘悦
 早稲田大学 正会員 清宮 理

1. はじめに

トンネル用耐火被覆材のはく落に対して影響を及ぼす要因の一つに、列車や車両が通行した際に発生する動風圧が考えられるが、その発生回数について実際の設計仕様から計算すると、数千万回に及ぶことが予測される。そのため、はく落防止性能を検討する上で、動風圧想定発生回数分を試験体に与えるような疲労試験は、時間的制約上困難であると考えられる。そこで、著者らはこれまで、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性能の検討を行い、材料の疲労限度の考え方をを用いたはく落防止設計法を構築した^{1), 2), 3)}。昨年の報告^{2), 3)}では、はく落防止設計法の考えを述べると共に、その妥当性検証を目的に実施した動風圧疲労試験結果として、20万サイクルまでの疲労試験後においても試験体に劣化傾向がないことを確認している。本報では、その後、さらに疲労試験を継続し、200万サイクル終了結果および、試験後における試験体の健全性を評価し、はく落防止設計法の妥当性について最終的な結論を述べている。また、次報では、耐火被覆材工法の仕様条件が変更された場合の動風圧による影響について検討している。

2. はく落防止設計法の概要

2. 1 動風圧による耐火被覆材への想定被災現象

本研究の耐火被覆材は、はく落防止用メッシュを下地にアンカーピンで固定し、耐火被覆材を吹付け施工する工法である。そのため、耐火被覆材と下地との接着が得られない場合には、動風圧が発生した際に、図-1に示すような挙動が生じると考えられる。よって、本研究では、動風圧によって耐火被覆材に対しては曲げ応力が、アンカーピンに対してはメッシュを介して引抜き荷重が作用すると想定した。これらが繰返し作用した場合、耐火被覆材の曲げ応力によるひび割れやアンカーピンの引抜けなどが発生し、その結果、耐火被覆材の部分的なはく落などが発生することを想定被災現象とした。

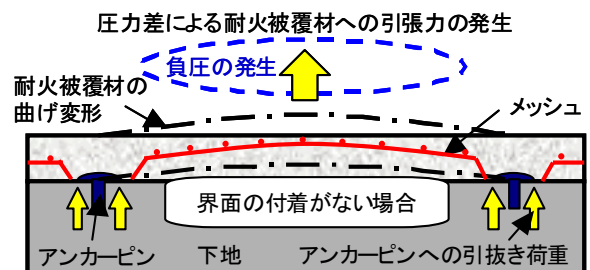


図-1 動風圧による耐火被覆材の変形模式図

表-1 疲労限度の設定

材料名	物性	疲労限度係数	疲労限度応力または荷重	疲労限度相当ひずみ
耐火被覆材	曲げ応力 1.2N/mm ²	1/6	0.2N/mm ²	90 μ (ϵ brd)
アンカーピン	引抜き荷重 2880N		480N	300 μ (ϵ prd)

2. 2 はく落防止性能評価方法

動風圧は、大型車両が通行する度に発生する疲労負荷と考えられる。そこで、表-1に示すような疲労限度を設定した。なお、疲労限度の考え方の詳細については、昨年の報告²⁾にて述べている。本研究では、動風圧負荷によって発生する耐火被覆材およびアンカーピンのひずみが、疲労限度相当ひずみに対して小さければ優れたはく落防止性能を有すると判断した。

3. はく落防止設計法の妥当性検証試験

本研究で構築したはく落防止設計法は、疲労試験を実施せずに、初期状態における動風圧負荷中のひずみ挙動からはく落防止性能を評価する方法である。そのため、初期状態での動風圧負荷による影響が、疲労試験実施後も増大しないことを確認するため、200万サイクルの動風圧疲労試験を実施した。さらに、疲労試験後の試験体の健全性を、耐火被覆材の推定圧縮強さおよびアンカーピンの引抜き荷重によって評価した。

キーワード 耐火被覆材, はく落防止性能, 動風圧, ひずみ, 疲労限度

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 TEL 043-498-3921

3. 1 試験方法

(1) 試験体概要

試験体は図-2 に示す通りとし、写真の様に、アクリルケース設置後、真空ポンプを用いて-10kPa の動風圧負荷を最大 200 万サイクルまで繰返し発生させ、動風圧疲労試験を実施した。なお、-10kPa は、ドイツにおける動風圧基準値-0.8kPa (ZTV TUNNEL) の 10 倍以上に相当する。

(2) 測定項目

測定項目としては、表-3 に示すものとした。なお、動風圧負荷中のひずみについては、耐火被覆材の自重による影響を確認するため、下向きに向けた状態（逆向き状態）についてもひずみを測定した。

3. 2 試験結果

(1) ひずみ測定結果

図-3 および 4 より、耐火被覆材およびアンカーピン共に、動風圧サイクル数の増加によってひずみが増大する傾向はなく、疲労限度相当ひずみに対して十分に小さいことが認められる。

(2) 耐火被覆材およびアンカーピンの健全性

表-4 より、耐火被覆材の推定圧縮強さおよびアンカーピンの引抜き荷重が動風圧疲労試験の実施によって低下している傾向はない。これは、図-3 および 4 に示したように、動風圧負荷による耐火被覆材およびアンカーピンへの影響が小さいために、200 万サイクル後も劣化などが発生しなかったためと考えられる。

以上のことから、200 万サイクル以上に動風圧サイクル数が増加しても、耐火被覆材が劣化しないことが示唆される。よって、本研究で構築したはく落防止設計法のように、想定動風圧発生回数に相当する疲労試験を実施せずとも、動風圧負荷中の初期のひずみ挙動を測定することで耐火被覆材およびアンカーピンへの影響を把握でき、はく落防止性能を評価できると考えられる。

4. まとめ

本報で用いた耐火被覆材に関して、疲労限度の考え方をを用いたはく落防止設計法に一定の妥当性が確認された。このことより、想定動風圧発生回数に相当する疲労試験を実施しなくとも、初期における動風圧負荷中の耐火被覆材およびアンカーピンのひずみ挙動を把握すれば、はく落防止性能を評価できる可能性が示された。

参考文献

1) 谷辺 徹, 竹下永造: 吹付けモルタル耐火被覆材のはく落防止性能に関する実験的研究, 土木学会第 63 回年次学術講演会, pp.557-558, 2008.9

2) 谷辺 徹, 菊地弘悦, 清宮 理: 吹付けモルタル耐火被覆材のはく落防止性能の評価に関する検討, 土木学会第 64 回年次学術講演会, pp.787-788, 2009.9

3) 菊地弘悦, 谷辺 徹, 清宮 理: 吹付けモルタル耐火被覆材の動風圧試験によるはく落防止性能の評価, 土木学会第 64 回年次学術講演会, pp.789-790, 2009.9

4) 谷辺 徹: 軽量モルタルの強度推定方法に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, 材料施工, pp.741-742, 2003.9

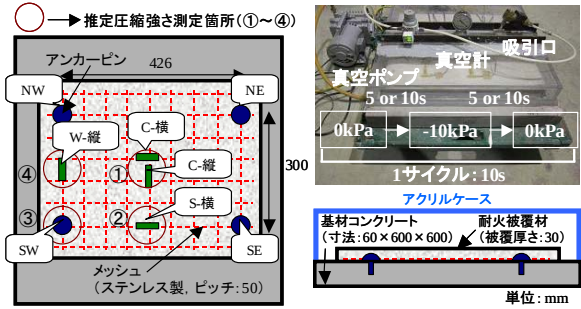


図-2 試験体概要

表-3 測定項目

項目	試験方法概要
動風圧負荷中のひずみ	耐火被覆材=C-横, C-縦, S-横, W-縦, アンカーピン=SW, SE, NW, NE のひずみを測定した。
耐火被覆材の推定圧縮強さ	貫入抵抗値と圧縮強さの相関関係 ⁴⁾ より, 圧縮強さの推定値を求めた。
アンカーピンの引抜き荷重	アンカーピン SW, SE, NW, NE の引抜き試験を実施した。

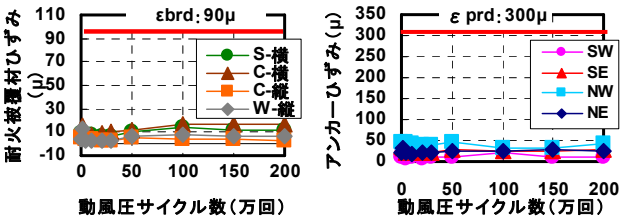


図-3 ひずみと動風圧サイクル数の関係

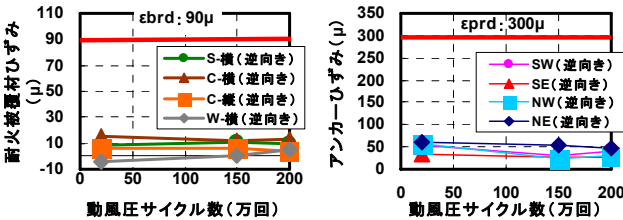


図-4 ひずみと動風圧サイクル数の関係（逆向き）

表-4 推定圧縮強さと引抜き荷重の比較

項目	疲労試験	試験結果					
推定圧縮強さ (N/mm ²)	—	①	②	③	④	平均	
	有	1.89	2.32	1.82	1.83	1.97	
	無	1.88	1.83	2.01	2.06	1.95	
引抜き荷重 (N)	—	SW	SE	NE	NW	平均	
	有	4702	4636	4595	5770	4926	
	無	5437	4446	5362	5437	5171	