

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

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には要求性能の1つとしてはく落に対する耐久性が求められており、我が国ではこれまで、大型車両通行時に発生する圧力を -0.8kPa とした欧州の検討結果を参考に、動風圧を模擬した200万回程度の疲労試験によりその耐久性を評価する方法がその検証方法の1つとして実施、報告¹⁾されている。しかし、臨港道路トンネルの設計仕様およびその耐火被覆材の耐用年数を参考に供用中に発生する動風圧繰返し数を計算した結果、約1500万回となった(参考とした臨港トンネル設計仕様例は、設計交通量が15,200台/日、大型車混入率が35%、耐火被覆材の耐用年数は30年)。このような回数の疲労試験を実施することは時間的制約上困難であるため、疲労限度により設計する考え方の適用を試みた。しかし、コンクリートなどの疲労限度と考えられている静的破壊強度の50~60%は、繰返し回数が 10^6 程度を想定したものであり、 10^7 を超える場合には更に安全率を考慮して疲労限度を設定する必要がある。そこで筆者らは、道路橋示方書等を参考に新たに疲労限度を設定し、耐火被覆材のはく落防止性能評価の考え方を整理すると共に、動風圧試験時の耐火被覆材変形挙動の把握ならびにはく落防止性能の評価を実施した。本報では、はく落防止性能の評価に関する考え方を報告し、次報では耐火被覆材の動風圧試験によるはく落防止性能の評価方法の妥当性を検証した結果を報告する。なお、今回は安全側の評価とするため、耐火被覆材の接着力を期待しない、メッシュ(材質ステンレス、線径1.6mm、ピッチ50mm)補強のみで覆工面に固定されているケースにて検討を実施した。

2. 動風圧負荷による想定被災現象

耐火被覆材と覆工面の接着が得られない場合には
 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

動風圧負荷によって図-1に示すような挙動が生じていると考えられる。そのため、本研究では、図-2のフロー図に示すように、動風圧負荷により、耐火被覆材に対する曲げ応力と耐火被覆材に内在させたメッシュを介して生じるアンカーピンへの引抜き荷重が作用するものと想定した。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または欠け落ちなどが発生することを想定被災現象とした。

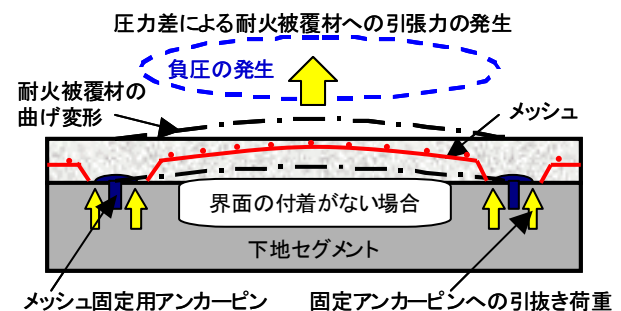


図-1 動風圧負荷による耐火被覆材の変形模式図

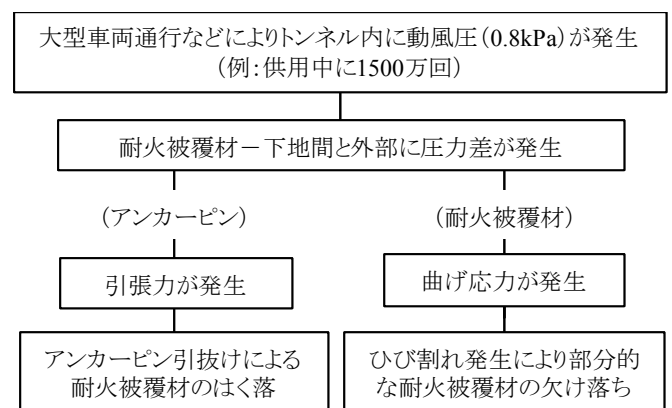


図-2 想定被災現象

3. 使用材料の物性

本研究で使用する主な材料の物性を表-1に示す。
 耐火被覆材としては、結合材にセメントを、骨材に

軽量骨材を配合したプレミックスタイプの軽量モルタルを使用した。また、メッシュを固定するアンカーピンはφ4mmのものを使用した。なお、本研究では、次報においても同一の材料を使用した。

表－1 使用材料の物性

材料名	物性
耐火被覆材	単位容積質量 : 700～800kg/m ³
	圧縮強さ : 2.3N/mm ²
	曲げ強さ (f_b) : 1.2N/mm ²
	弾性係数 : 2200N/mm ²
アンカーピン	材質 : ステンレス
	引抜き荷重 (P) : 2880N
	引張荷重 (P') : 6000N

4. 要求性能（疲労限度）の設定

動風圧負荷は大型車両が通行する度に発生する疲労負荷と捉えることができる。そこで、本研究では耐火被覆材やアンカーピンに生じる負荷が疲労破壊しない領域（疲労限度以下）であることを要求性能として、①耐火被覆材の曲げ疲労限度応力、②アンカーピンの引抜き疲労限度荷重を表－2のように、より安全率を考慮した値を設定した。なお、動風圧試験においては、アンカーピンおよび耐火被覆材に加わる荷重を直接測定できないため、疲労限度応力ならびに疲労限度荷重から疲労限度相当ひずみを算出した。算出した疲労限度相当ひずみと実測可能な耐火被覆材およびアンカーピンのひずみを比較して、はく落防止性能の評価を行った。

表－2 疲労限度の設定条件

対象	疲労限度	疲労限度応力, 荷重
耐火被覆材	1/2×1/3	$f_{brd}=f_b\times1/6$
アンカーピン	=1/6	$P_{rd}=P\times1/6$

ここに、 f_{brd} ：曲げ疲労限度応力 (N/mm²)
 f_b ：耐火被覆材の曲げ応力 (N/mm²)
 P_{rd} ：引抜き疲労限度荷重 (N)
 P ：アンカーピンの引抜き荷重 (N)

4. 1 曲げ疲労限度応力相当ひずみの設定

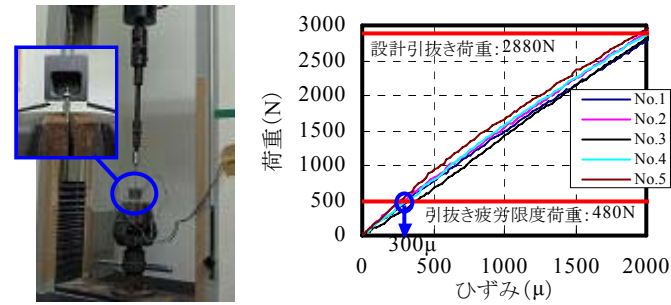
耐火被覆材の曲げ強さから、曲げ疲労限度応力を0.20N/mm²と設定した。更に、フックの法則から、曲げ疲労限度応力を耐火被覆材の弾性係数で除した値を、曲げ疲労限度応力相当ひずみ (ϵ_{brd}) として90μと設定した。

4. 2 引抜き疲労限度荷重相当ひずみの設定

写真－1に示すようにアンカーピンの引張試験を行った。その結果、図－3に示す荷重－ひずみ関係からアンカーピンの引抜き疲労限度荷重相当ひずみ (ϵ_{prd}) を300μと設定した。

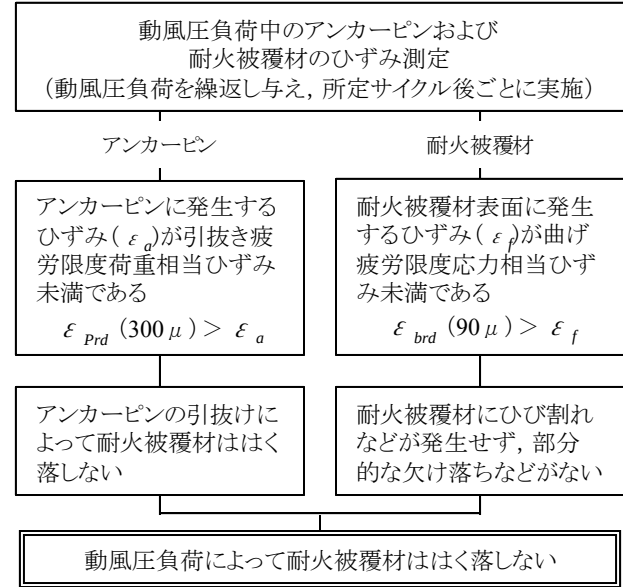
5. 動風圧試験によるはく落防止性能評価の手順

以上のことをまとめ、本研究における動風圧試験による耐火被覆材のはく落防止性能評価の手順を図－4に示す。動風圧負荷を繰返し与えた後に動風圧負荷中におけるアンカーピンおよび耐火被覆材のひずみを測定する。測定したひずみが、いずれの動風圧サイクル後においても設定した疲労限度に対して小さい値であることを確認することで、はく落防止性能評価を行う。



写真－1 アンカーピンの引張試験

図－3 アンカーピンの荷重－ひずみ関係



図－4 はく落防止性能評価の手順

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