

湿式吹付け耐火被覆材を適用したコンクリート充填鋼殻構造の耐火試験

太平洋マテリアル（株） 正会員 〇菊地 弘悦，鎌田 亮太，谷辺 徹
早稲田大学 フェロー会員 清宮 理

1. はじめに

近年，トンネルの構造としてコンクリート充填鋼殻構造が適用される例が増加しており，火災時の対策として，表面被覆などによる耐火対策が行われる．既往の報告¹⁾では，フルサンドイッチ型鋼殻沈埋構造の場合，加熱による鋼板とコンクリートの熱膨張の差により，付着が切れると共に鋼板が変形し，鋼板とコンクリートの間に空気層が生じることが報告されている．この空気層は断熱層となって鋼板の著しい温度上昇を引き起こし，部材に大きな損傷を与える可能性がある．このような研究成果を踏まえると，コンクリート充填鋼殻構造の耐火設計を行うには，空気層による温度への影響を把握し，許容温度の設定および耐火対策の選定を行うのが望ましいと考えられる．しかしながら，空気層による温度への影響について実験的に検証した例は少ないのが現状であり，上述した検討を行うには更なる検証データの蓄積が必要である．

そこで，本研究では，コンクリート充填鋼殻構造において，鋼材とコンクリート間に生じる空気層が及ぼす温度への影響を実験的に確認することと湿式吹付け耐火被覆材を適用した場合の耐火性能を把握することを目的としている．そのため，本報では，コンクリート充填鋼殻構造に耐火被覆材を適用した試験体を作製し，加熱中の試験体温度および空気層厚さの測定，ならびに加熱後における耐火被覆材のはく落の有無について確認している．また，次報では，補強材配置条件が異なる試験体の耐火試験結果について報告する．

2. 試験概要

2. 1 試験体

試験体の概要は，既設の鋼殻沈埋トンネルを参考に図-1に示すものとした．耐火被覆材としては，湿式吹付け耐火被覆材を用い，鋼材下地に対して写真-1に示すように，タッピンビスによりはく落防止用メッシュを取付け後，厚さ25mmとして吹付け施工した．吹付け後は25d 気中+5d 乾燥(40℃)養生後に加熱試験に供した．

2. 2 測定項目および加熱条件

測定項目は表-1に示す内容とした．加熱中に生じる鋼板とコンクリート間の空気層については，図-2および3に示すように，底板鋼板たわみ量 δ_s から試験体全体の曲げ変形によるたわみ量 δ_c を差し引いた値とした．また，底板鋼板の一部および側板は断熱状態とし，耐火被覆材面(900×900mm)のみを加熱面とした．加熱条件としては，RABT 曲線に準じ，最高温度(1200℃)保持時間を25minに設定したRABT 曲線30分として実施した．

3. 試験結果および考察

図-4には，温度，たわみ量および空気層厚さと時間の関係を測定エリア別に示す．空気層厚さと時間の関係は，Aおよ

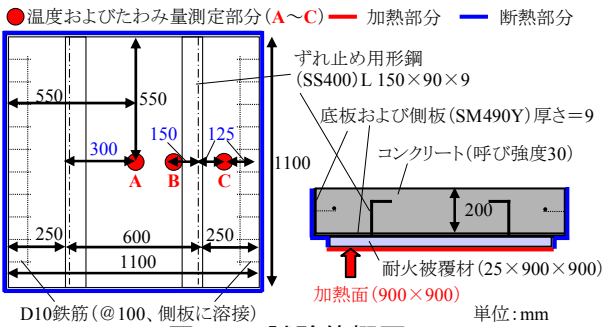


図-1 試験体概要

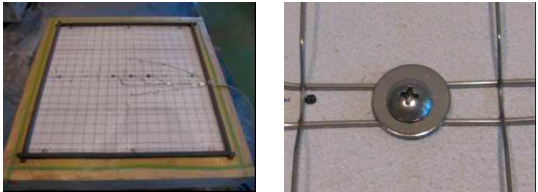


写真-1 メッシュ取付け状況

表-1 測定項目

測定項目	内容
温度 (図-1 中 A~C)	鋼板表面およびコンクリート 深さ 20mm 位置
空気層厚さ (図-1 中 A~C)	鋼板とコンクリート間の空気 層厚さ測定
耐火被覆材の状態	加熱後の目視観察から，はく落 の有無を確認
含水率 (耐火被覆材およ びコンクリート)	別試験体にて，加熱試験時の含 水率を測定

キーワード 耐火被覆材，コンクリート充填鋼殻構造，熱膨張，拘束，空気層

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

びBエリアにおいて、鋼板表面の温度変化と同様な挙動を示し、鋼板表面温度が最大(Aエリア: 218°C, Bエリア: 198°C)となった時とほぼ同時に空気層厚さも最大値を示した。鋼板表面温度については、鋼殻沈埋トンネルの許容温度の一例である 250°C²⁾ よりも低いことが確

認された。なお、耐火試験時における含水率測定結果は、耐火被覆材 5.3%およびコンクリート 5.8%であった。空気層厚さ最大値については、Aエリア(加熱面中心部)が最も大きく、2.13mm, Bエリア 1.33mm, Cエリア 0.04mmとなった。これは、コンクリート内部の形鋼の位置により、熱膨張が拘束されることによる鋼板たわみが中央部において最も大きくなりやすく、空気層厚さが最大になったと考えられる。また、Cエリアにおいて空気層がほとんど発生しなかったのは、形鋼ならびに鉄筋による補強(拘束)効果が他のエリアに比べて高いためと推察される。

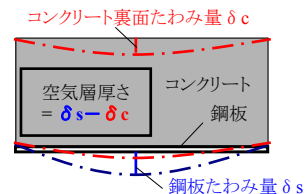
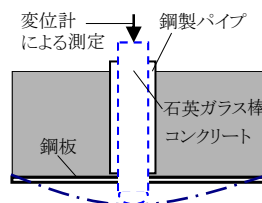


図-2 たわみ量測定方法 図-3 空気層厚さ算出方法

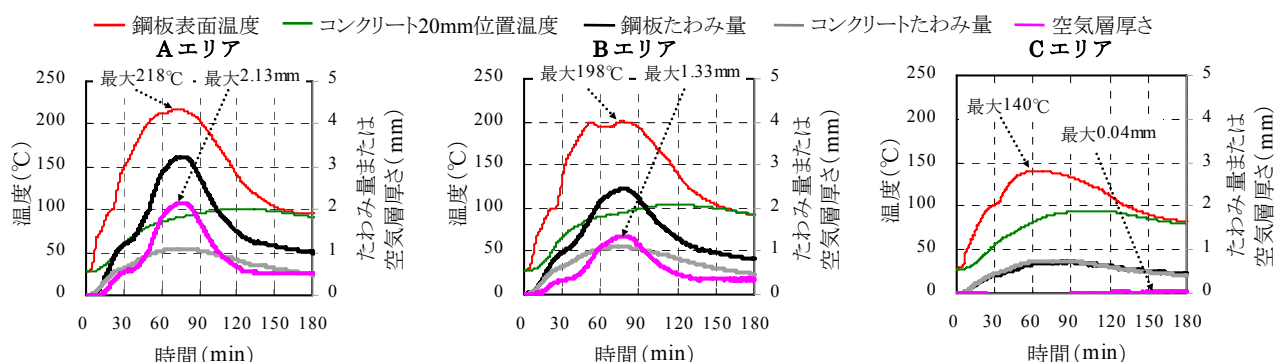


図-4 温度、たわみ量および空気層厚さと時間の関係

図-5 には、Aエリア鋼板表面温度が最大値を示した時間(加熱後 73min)における鋼板表面およびコンクリート 20mm 位置温度と 73min 平均空気層厚さの関係を示す。空気層厚さについては、時間と共に値が変動しているため、73min までの平均値を用いている。平均空気層厚さの増加に伴って鋼板表面温度は増大する傾向が確認できる。一方、コンクリート 20mm 位置の温度は、鋼板表面温度が増大しているにもかかわらず、平均空気層厚さが増加してもほとんど同等の値を示す。これは、空気層厚さが増加し、コンクリートへの熱伝達量が減少したため、鋼板の温度のみが上昇する傾向になっていると考えられる。

また、写真-2 には、加熱後における耐火被覆材の状態を示す。耐火被覆材にひび割れは生じているが、はく落などは認められなかった。

4. 結論

本研究で得られた試験結果をまとめると、以下の通りである。

- (1) 鋼板表面温度が 218°C であり、鋼殻沈埋トンネルにおける許容温度の 250°C 以内であること、ならびに加熱後も耐火被覆材がはく落しないことから、本試験の条件ではコンクリート充填鋼殻構造に耐火被覆材を適用することで、十分な耐火性能を有することを確認した。
- (2) 加熱中における鋼板とコンクリート間の空気層厚さを実測し、本試験の条件では最大 2.13mm の空気層厚さが測定された。
- (3) 鋼板とコンクリート間に発生した空気層の厚さが増加するほど鋼板表面温度が増大する傾向にある。

参考文献

- 1) 古川佑介ほか: 車両火災による合成構造の損傷に関する実験, 土木学会第 64 回年次学術講演会, pp.791-792, 2009.9
- 2) 松本典人ほか: 夢咲トンネルの耐火被覆の施工, Vol.48, No.2, pp.45-49, 2010.2

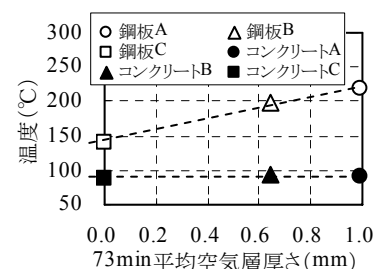


図-5 温度と空気層厚さの関係



写真-2 加熱後の耐火被覆材