

フルサンドイッチ型合成セグメントの耐火性能確認実験

首都高速道路株式会社 正会員 齋藤 亮

鹿島建設株式会社 正会員 ○盛田 行彦 新井 崇裕 梶川初太郎

新日本製鐵株式会社 正会員 齋藤 正嗣

1. はじめに

道路シールドトンネルの覆工は、火災後においても健全性を確保するための耐火機能を設ける必要がある。中央環状品川線シールドトンネル（北行）工事に適用されるフルサンドイッチ型合成セグメント（以下、合成セグメント）では、湿式耐火被覆材吹付け工法による耐火工を施工する計画となっている（図-1）。

本報では、この耐火工を施した合成セグメントの耐火性能を確認することを目的として実施した、加熱実験および加熱後残存曲げ耐力確認実験の結果について報告する。

2. 加熱実験

2.1 実験概要

加熱は、試験体を加熱実験炉の天井部に設置し、トンネル火災を想定した RABT 加熱曲線（1200℃・60 分）により行った。実験ケースを表-1 に示す。覆工部材の許容温度は、コンクリートが 350℃、鋼材が 300℃を満足する耐火被覆材の仕様を選定することでトンネル覆工の健全性を確保できると規定されている。この設定をもとに合成セグメントの耐火工の仕様を選定し、本体部と継手部を模擬した試験体を用いて耐火被覆厚や覆工軸力等をパラメータとした加熱実験を実施した。試験体の形状は、幅 0.8m×高さ 0.4m×長さ 3.3m の平板状とした。加熱実験における計測位置を図-2 に示す。加熱時の計測項目は、炉内温度、鋼材や鋼殻内部コンクリートの温度および鋼材表面のひずみとした。なお、覆工軸力を作用させたケースではロードセルによる軸力も計測した。

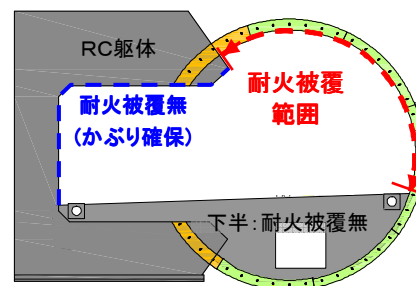


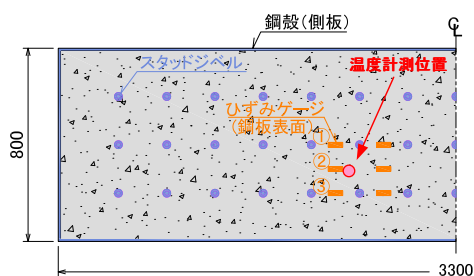
図-1 耐火被覆範囲

表-1 実験ケース

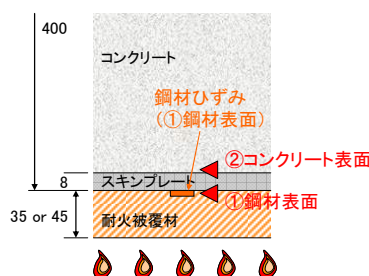
	試験体 種別	耐火 被覆厚	加熱 実験	覆工 軸力	曲げ 実験	最高温度[℃]	
						①鋼材 表面	②コン 表面
case1	本体部	35mm	○	○	○	176	135
case2	本体部	45mm	○	○	○	154	95
case3	本体部	35mm	○	—	○	264	110
case4	継手部	35mm	○	—	—	181	120
case5	継手部	45mm	○	—	—	166	90
case6	本体部	—	—	—	○	—	—

2.2 耐火工の仕様

合成セグメントの耐火工は、内面側鋼板に予め設置したアンカー孔を用いて、ステンレスメッシュをあと施工アンカーで固定し、湿式耐火被覆材を吹付け工法で施工する（図-3）。被覆厚は、事前に行った熱伝導解析結果より、鋼板受熱温度が 300℃以下となる 35mm と、厚さによる受熱温度低減の効果を確保するために 45mm を設定した。なお、RC セグメントへの



(1) 平面図



(2) 断面図

図-2 加熱実験における計測位置

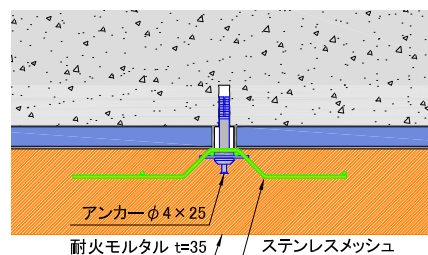


図-3 耐火吹付け構造

キーワード 道路トンネル, 合成セグメント, 耐火, RABT, 加熱実験

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設技術研究所 TEL : 042-489-7076

吹付けと付着面状況が異なるため、耐火被覆材と鋼板面の付着強度確認実験も別途実施し、実験結果から付着強度は平均 0.4 N/mm^2 (設計では 0.1 N/mm^2) であることを確認している。

2.3 実験結果

加熱実験結果の一例として、図-4 に加熱開始から 9 時間までの case1 の鋼材表面、コンクリート表面の受熱温度ならびに鋼材表面における鋼材ひずみの履歴を示す。

加熱実験の結果、合成セグメントの受熱温度を 300°C 以下に抑制できること、鋼材ひずみは降伏ひずみを超えるような残留を示していないこと、また加熱終了後の目視観察において各部位に変状が生じていなかったことを確認した。このことから、本検討に用いた耐火被覆材の被覆厚を 35mm とすることによって、火災後においても本セグメントの健全性を検証できた。

2.4 熱伝導解析との比較

ここでは、事前に行った熱伝導解析結果と加熱実験結果の比較を行った(図-5)。熱伝導解析の結果、耐火被覆厚 35mm で鋼板の受熱温度は 192°C となり、case1 の最大温度 176°C と近い値となった。一方、case3 の最大温度 264°C については、既往の研究¹⁾に基づいて、熱伝導解析のモデルにおいて鋼板とコンクリート境界に空気層(ここでは 1mm と設定)を設けた解析値とほぼ一致する結果であった。なお、熱伝導解析結果では受熱温度が 100°C で横這いとなる現象やその直後の急激な温度上昇を再現できていないため、今後の検討課題である。

3. 加熱後残存曲げ耐力確認実験

3.1 実験概要

加熱後の合成セグメントの残存曲げ耐力を確認するため、加熱実験後の試験体と未加熱の試験体を用いた曲げ載荷実験を実施した。曲げ載荷実験概要を図-6 に示す。実験は、試験体を負曲げ載荷(載荷面がトンネル内面側)となるように設置し、一方向の 2 点静的単調載荷として行った。また、試験体は耐火被覆材を除去し、加熱実験時に覆工軸力を作用させたケースは軸力を解放した状態とした。計測項目は、荷重、変位および鋼材ひずみとした。

3.2 実験結果

荷重と変位の関係を図-7 に示す。実験の結果から、いずれの加熱実験後の試験体も、設計範囲内(短期許容荷重レベル)において弾性挙動を示していること、また設計終局荷重を十分満足し、かつ最大荷重値も未加熱試験体とほぼ同等であり、加熱による曲げ剛性や耐力の低下は認められなかった。

4. まとめ

フルサンドイッチ型合成セグメントの耐火被覆仕様としては、耐火被覆材吹付け $t=35\text{mm}$ で許容温度 300°C 以下を確保でき、加熱後の変状や耐力低下がないことを確認し、本セグメントの適用性を検証した。

参考文献 1)松尾幸久他：耐火板で保護された鋼・コンクリート合成構造部材の耐火性評価，土木学会論文集 No.802/V-69, 97-108, 2005.11

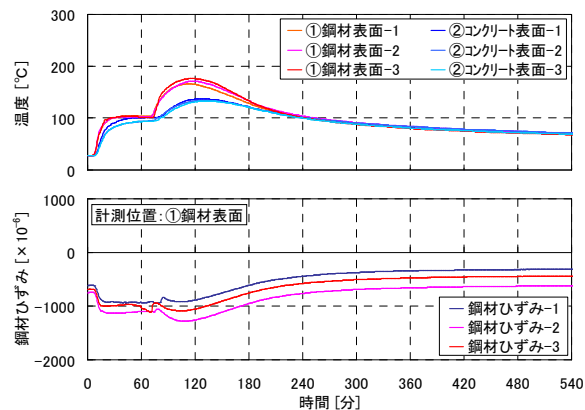


図-4 case1 加熱実験結果

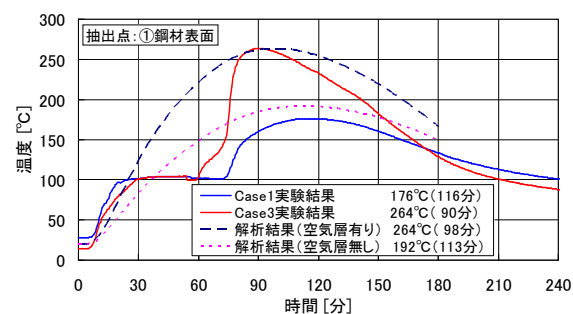


図-5 実験結果と熱伝導解析結果の比較

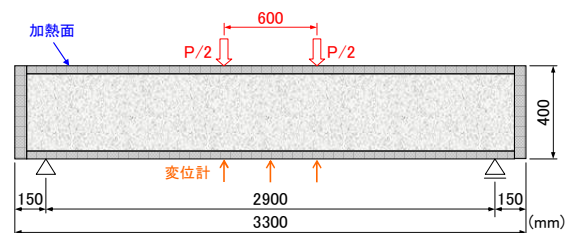


図-6 曲げ載荷実験概要

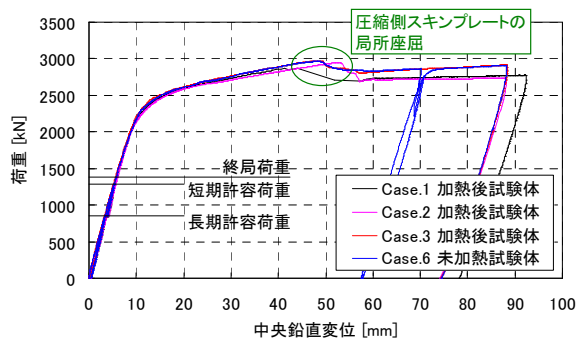


図-7 曲げ耐力確認実験結果(荷重-変位関係)