

耐火被覆材を施したセグメントの耐火実験

阪神高速道路公団	正会員	安田	扶律
阪神高速道路公団	正会員	仲	義史
阪神高速道路公団	正会員	○河本	一郎

1. はじめに

京都市道高速道路 1 号線(新十条通)の伏見シールドトンネル(約 850m)は、二次覆工を省略する計画であり、セグメントに耐火工を施す計画としている。トンネルの耐火工については、沈埋トンネルでの実績や RC セグメントを用いたシールドトンネルでの検討はなされているものの、今回、本トンネルで採用したコンクリート中詰め鋼製セグメント(合成セグメント)に対するものはない。そこで、本トンネルで実際に使用する実物大のセグメントを用い、各種の耐火工を施し、実際の使用状態に近い状態を再現し、セグメントと耐火被覆材の複合体としての耐火性能を総合的に確認することを目的とした実験を実施した。本稿では、実験概要及び結果について報告する。

2. 実験概要

実験は、独立行政法人建築研究所の大型水平炉を使用し実施した。

2-1. 想定火災時間-温度曲線

伏見シールドトンネルで想定する火災時間-温度曲線は、日本におけるタンクローリーの最大積載量から想定される火災規模や日本における他トンネルの検討実績を踏まえ、ドイツの基準である RABT 曲線を採用し、燃焼時間は図-1 に示すように 60 分とした。

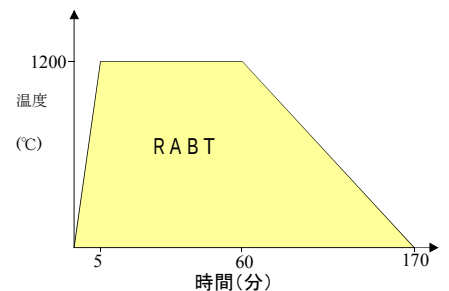


図-1 火災時間-温度曲線

2-2. 試験体

本実験においては、無被覆の試験体及びボード系、ブランケット系、吹付け系の各耐火被覆材を施した試験体の合せて 4 体の試験体を用いた。試験体は図-2 に示すように桁高、リング幅、曲率を実セグメントに合わせたものとし、セグメント継手を含む形状とする。試験体断面図を図-3 に示す。また、試験体の長さは、耐火炉の制約から 2.4m のピースを 2 個組み合わせ合わせたものとした。

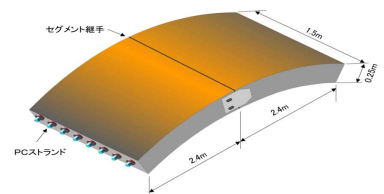


図-2 試験体概要

トンネル完成時セグメントには軸力が卓越して作用すること、またコンクリートは圧縮応力が作用している場合の方が爆裂が生じやすいことから試験体に以下の設計断面力を導入した。トンネル縦断方向で火災時に最も高温となるクラウン部の軸力が最大となる断面に着目し、クラウンに最も近接したセグメント継手部の断面力を導入断面力(設計軸力: -4400.29kN, 設計曲げモーメント 195.78kN・m/リング)とした。試験体には、アンボンド PC スtrand 8 本を中立軸に対し偏心配置して設計断面力を導入した。

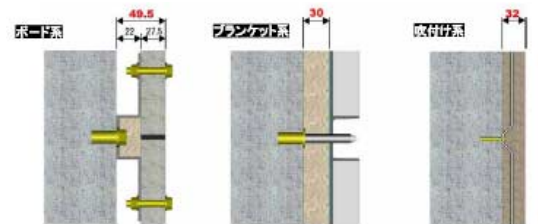


図-3 試験体断面図

2-3. 測定項目

試験体内部温度は図-4 に示すとおり、6 断面で測定を行い、各断面においてコンクリート表面、表面から 50mm, 100mm, 150mm, 200mm, 試験体背面の 6 点の測定を行う。またシール材、鋼材についても測定を行う。

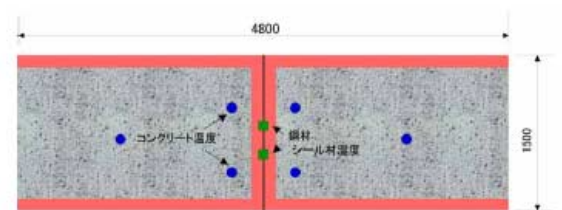


図-4 温度測定点

2-4. 実験における耐火被覆材性能の確認事項

本耐火実験において、各耐火被覆材について下記の事項を確認することとした。

キーワード 耐火被覆材, 耐火実験, セグメント, シールド, RABT 曲線

連絡先 〒604-8152 京都市中京区烏丸通錦小路上ル 阪神高速道路公団京都建設部設計課 TEL 075-223-1841

・火災時

- ① コンクリートの最高温度が 350℃(暫定値)を超えないこと。
- ② コンクリートの耐力に影響を及ぼす爆裂を生じないこと。
- ③ 鋼材の最高温度が 300℃を超えないこと。
- ④ 地山側のシール材の機能を損なわないこと。
- ⑤ 耐火被覆材や取付部材が落下しないこと。
- ⑥ 有害な煙やガスを発生させないこと。
- ⑦ 取付け部材は耐火被覆材と同等以上の耐火性能を有すること。
- ⑧ 耐火材の目地部についても、上記の最高温度を超えないこと。

・火災後

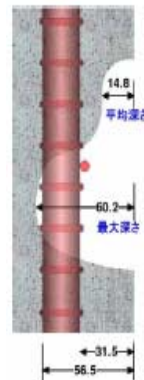
- ① 覆工構造に機能上支障となるような変形・損傷が生じないこと。
- ② 覆工構造に所要の長期的な耐力が残存していること。

2-5. 実験結果

無被覆の試験体では、炉内温度が800℃を超えるあたりから写真－1に示すように全面にわたり激しい爆裂を生じた。爆裂の進行は概ね鉄筋位置で止まり、爆裂深さは図－5に示すように、最大約6cm、平均約1.5cmであった。また鋼材温度も、800～1100℃まで上昇し、鋼材の強度を期待することはできないものと考えられる。



写真－1 無被覆試験体の実験後試験体



図－5 爆裂深さ

えられる。無被覆の試験体からは温度の上昇とともに水蒸気と水が噴出した。これは、コンクリート内部の水蒸気圧の上昇に伴って未水和の間隙水が押し出される現象と考えられる。各耐火被覆材

を施した3体については加熱時

及び除冷時ともにほとんど変化は見られなかった。

図－6に各試験体の各測点における温度変化を示す。耐火工を施した

いずれの試験体もコンクリート表面温度は約250℃以下と、

上記の設定温度以下であった。

またセグメント表面に損傷も認められなかった。次に図－7

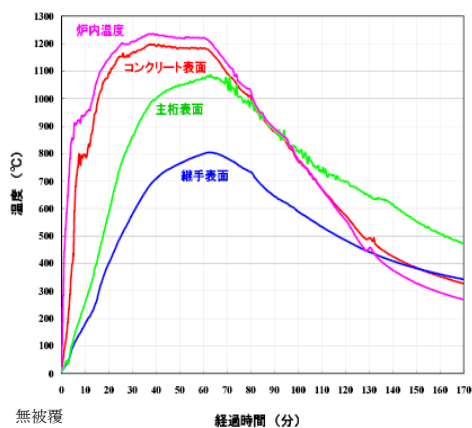
にセグメント断面内における温度分布を示す。このグラフより

継手部の方がコンクリートより熱が伝わりやすいことが

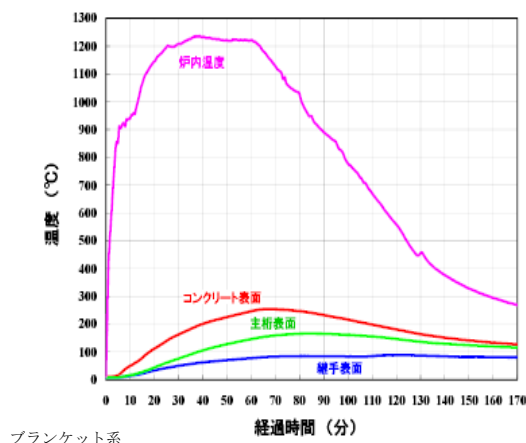
分かるが、背面側(地山側)ではほぼ100℃以下となっている。

またシール材の温度についても100℃以下となっており、

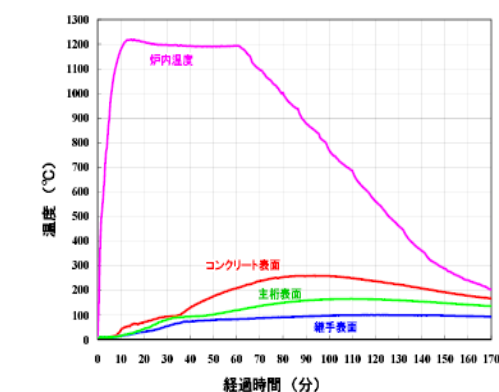
シール材は良好な止水性を保つものと考えられる。



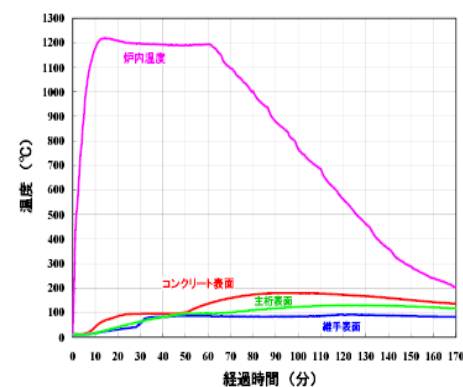
無被覆



ブランケット系



ボード系



吹付け系

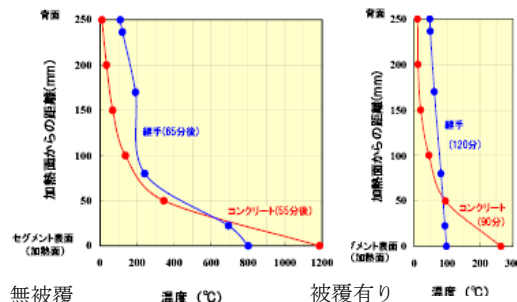
3. まとめ

耐火工を施さないコンクリート中詰め鋼製セグメントでは、

RABT 曲線相当の火災には耐えられないこと、また同セグメントに対して各タイプの耐火工を設置することによってトンネル構造物の耐火安全性が確保されることが確認された。

今後は、継手曲げ試験・単体曲げ試験、鋼材の強度測定、コンクリートの強度、シール材についての物性試験等により耐火実験後のセグメントの物性値について検討する予定である。

図－6 各試験体の表面温度の履歴



無被覆

被覆有り

図－7 断面内温度分布