

耐火型合成セグメントの開発 (その 2) ——— 実大加熱試験結果 ———

新日本製鐵株式会社 正会員 川村 彰誉
 新日本製鐵株式会社 正会員 中津 賢一
 新日本製鐵株式会社 正会員○佐野 陽一

1. はじめに

道路用シールドトンネルにおいてはトンネル覆工体（以下、セグメント）を車両火災から守るための耐火工の設置が必須となっている。トンネル耐火工の現状は、セグメント組立て後に耐火工を設置する後施工タイプが主流であるが、建設コストの縮減や工期短縮の観点などからセグメント自体に耐火機能を付与した耐火型セグメントの開発が求められている。新日鐵では、鋼とコンクリートの合成セグメントにおいて、セグメント組立てと同時に耐火工が完成する合成セグメント（以下、耐火型合成セグメント）の開発を完了した。本稿では、当該セグメントの耐火性能を確認するために実施した実大加熱試験の結果について報告する。

2. 試験概要

写真-1、写真-2 に供試体を示す。供試体は図-1、図-2 に示すように鋼材露出部に対する耐火方法の異なる 2 種類を用意し、独立行政法人建築研究所において実大加熱試験を実施した。コンクリートには、ポリプロピレン繊維(以下、PP)を混入した耐火コンクリートを、不定形耐火材にはトンネル耐火工として既に実績のある材料を適用した。

セグメント幅は近年の広幅化の流れを考慮し 2000mm とした。桁高は 300mm (+耐火被覆)、長さは 1900mm の供試体を中央で連結させピース間継手を再現した。供試体形状は、軸力導入および曲げ載荷がしやすいこと、ならびに曲率の影響が小さい大口径のトンネルを対象としていることを考慮して平板型とした。

試験は図-3 に示すような装置で軸力と曲げを同時に作用させ、爆裂に対してより厳しい条件となる内面圧縮状態で加熱した。具体的には、負曲げモーメント：350kN・m、軸圧縮力：7000kN を載荷した状態で、RABT60 分加熱での鋼材およびコンクリートの断面内温度分布・シール材温度およびコンクリートの爆裂発生状況を確認した。尚、加熱中、ジャッキ荷重は変動しないよう一定に保持した。

今回、耐火型合成セグメントの耐火性能を評価するために用いた目標値を以下に記す。

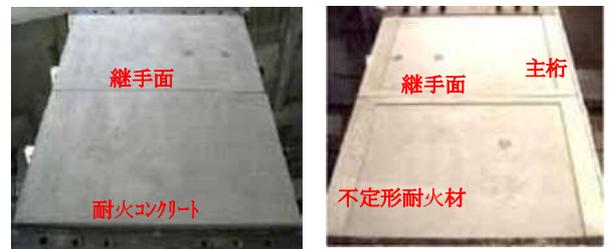


写真-1 ケース1 供試体

写真-2 ケース2 供試体

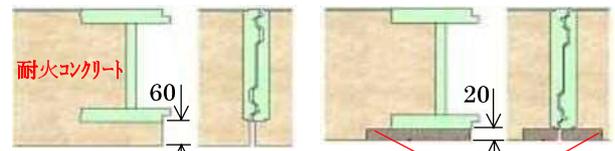


図-1 ケース1 供試体

図-2 ケース2 供試体

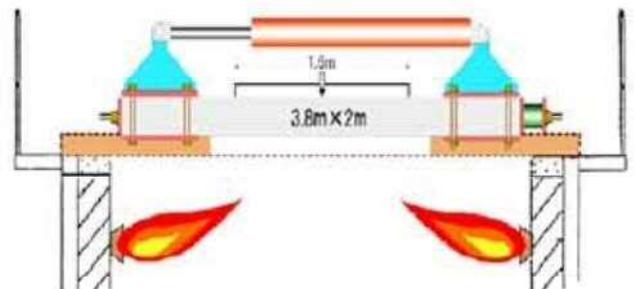


図-3 試験概要図

部位	主桁部	セグメント継手部		コンクリート部
評価点	主桁内面	継手鋼材内面	地山側シール材位置	コンクリート内面
目標値	300℃以下	300℃以下	120℃以下	—
その他	被覆材が落下しないこと	同左	同左	爆裂を生じないこと

キーワード トンネル耐火、合成セグメント、耐火コンクリート、不定形耐火材

連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 TEL0439-80-3086

3. 試験結果

3-1 実大加熱試験結果

図-4 に各ケースの温度履歴を、表 1 に主要測定点での最高温度を示す。鋼材（主桁内面および継手鋼材内面）において最高温度の差異が見られるものの、いずれも 300℃以下であった。地山側シール材の温度は 120℃以下、コンクリートの温度は図-5 に示すようにいずれのケースも加熱面から深さ 60mm 以深で 350℃以下であった。

写真-3 は、ケース 1 の加熱終了後の試験体内面側の状況を示したものである。耐火型合成セグメントの耐力に影響を及ぼすコンクリートの爆裂や表面剥落による断面欠損は一切発生しなかった。また、ケース 2 もケース 1 同様、セグメントの耐力に影響を及ぼす爆裂等は確認されなかった。

3-2 加熱後の材料劣化試験結果

実大加熱試験後の供試体を用いてコンクリート強度・中性化・PP 焼失範囲・シール材劣化度の試験を行った。

図-6 はシュミットハンマー法によって測定したコンクリート深さ方向の反発度を非加熱面の反発度を 1.0 とした場合の比で示している。加熱面からの深さが深くなるにつれ反発度比はほぼ直線的に増加し、加熱面から 40mm 以深で常温と同等の強度が残存している。

写真-4 は、加熱後供試体からコア抜きした試験体を用いてコンクリートの中性化範囲を示したもので、概ね 50mm 程度の深さまで中性化が進んでいる。この中性化範囲は同様にコア抜き試験体を用いて行った水浸試験の PP 消失範囲とほぼ一致していた。

シール材についても加熱後供試体から採取したシール材の劣化試験の結果、健全性が損なわれていないことを確認した。

4. まとめ

耐火型合成セグメントの耐火性能を確認するため、本耐火型合成セグメントは、RABT 曲線（1200℃、60 分）相当のトンネル火災を受けても、コンクリートの爆裂等セグメントの耐力に影響を及ぼす爆裂は発生することなく十分な耐火安全性を確保していることが確認された。

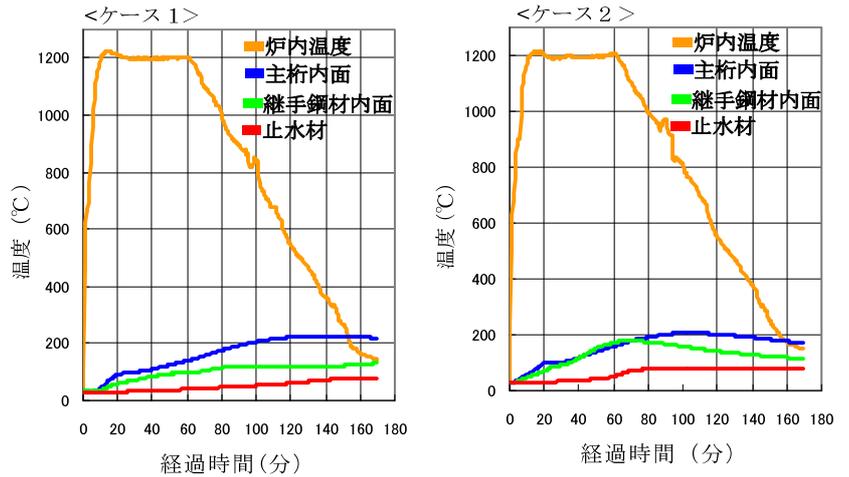


図-4 経過時間—温度関係

表 1 最高温度測定結果と目標値

部位	ケース 1	ケース 2	目標値
地山側止水材	76℃	82℃	< 120℃
鋼材（主桁内面）	226℃	206℃	< 300℃
鋼材（継手鋼材内面）	130℃	178℃	< 300℃

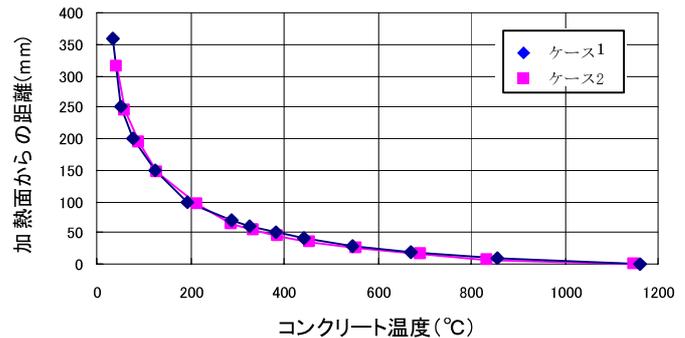


図-5 コンクリート温度分布

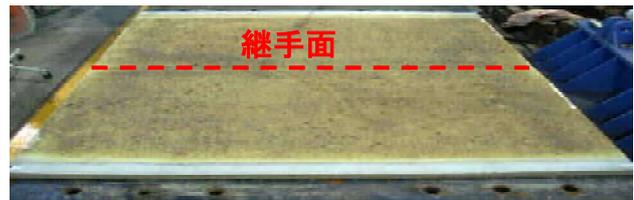


写真-3 加熱後供試体(ケース 1)

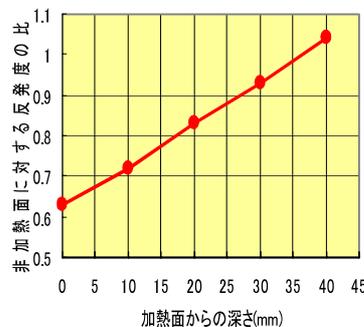


図-6 加熱後コンクリート強度

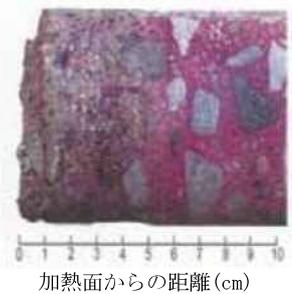


写真-4 中性化深さ