

耐火型合成セグメントの開発 (その1) — 要素加熱試験結果 —

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
 株式会社日鉄テクノロジー リサーチ 山田 淳二

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。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、セグメント自体に耐火機能を付与した合成セグメント（以下、耐火型合成セグメント）の開発を完了した。本稿では、当該セグメントの開発において実施した溶射バーナーによる要素加熱試験結果について報告する。

2. 耐火型合成セグメントの仕様

図-1 に示すように近年のトンネル耐火工は、①セグメントコンクリート部の爆裂防止 ②鋼材・コンクリート内鉄筋・継手部シーラ材等の温度上昇の抑止を目的に、セグメント組立後にトンネル内面へ耐火工（ボード材・吹付け材・ブランケット材など）を設置する構造が主流である。それに対し耐火型合成セグメントは、中詰めコンクリートへポリプロピレン繊維（以下、PP）を混入することで耐火性を確保すると同時に鋼材部も被覆する「コンクリートタイプ」と鋼材部のみ不定形耐火材で被覆する「不定形耐火材タイプ」の2種類の構造を考案した。

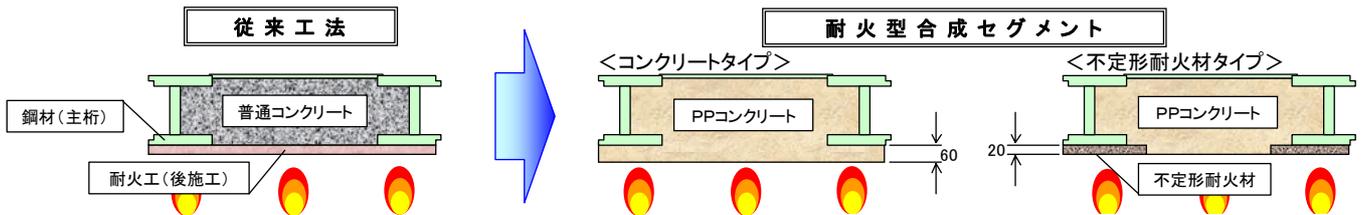


図-1 合成セグメントの耐火仕様

3. 耐火型合成セグメントの試験モデル

耐火型合成セグメントの基本性能を確認するための試験モデルは図-2 に示す3種類とした。

- (1) 「中詰めコンクリート」部をモデル化し、PP 繊維混入量の差によるコンクリート爆裂の有無および深度方向の温度分布を測定するためのプレーンモデル
- (2) 「ピース間継手」部をモデル化し、鋼材およびシーラ材温度を検証するためのピース間継手モデル
- (3) 「リング間継手」部をモデル化し、鋼材温度および被覆材の剥離を検証するためのリング間継手モデル

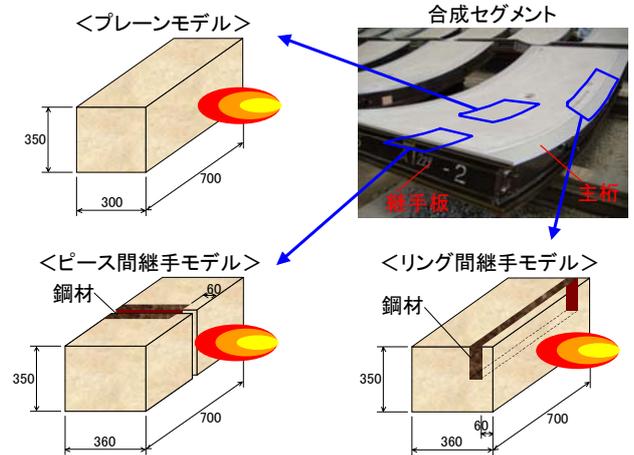


図-2 耐火型合成セグメントの試験モデル

4. 要素加熱試験

4-1 試験概要

図-3 に示すような新日鐵保有の溶射バーナーによりRABT (1200°C、60 分) 加熱曲線を近似する要素加熱試験を行い、コンクリートの爆裂発生状況およびコンクリート・鋼材・シーラ材温度を確認した。

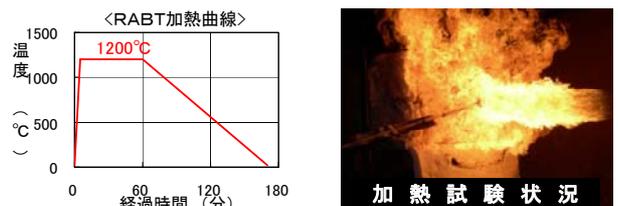


図-3 要素加熱試験概要

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 〒100-8071 東京都千代田区大手町 2-6-3 新日本製鐵株式会社 TEL 03-3275-7408

4-2 試験ケース

試験ケースを表1に示す。試験体1~3は繊維混入量の差を比較、試験体4~5はPPコンクリートによる鋼材被覆厚60mmでの温度状況、試験体6~9は不定形耐火材による鋼材被覆厚20mmでの温度状況および不定形耐火材の比較を行なった。なお、不定形耐火材はトンネル耐火工として実績のある2品種を適用した。

4-3 試験結果

①コンクリートの爆裂を防止するPP繊維混入量の選定

PP繊維を混入しなかった試験体1を除き、他の試験体では爆裂・剥離が起こらなかったことからPPの混入量は0.1Vol% (0.91kg/m³) で十分な爆裂防止効果を発揮することがわかった。加熱前後の試験体状況を写真-1に示す。

②コンクリート・鋼材・シール材の温度履歴

試験体2~3におけるコンクリート深さ60mm位置での温度履歴を図-4に示す。最高到達温度は約340℃(PP繊維0.1Vol% : 339℃、PP繊維0.2Vol% : 341℃)となり、60mm以深のコンクリート部材に対する火災時熱影響は少ないと推定される。また、PP繊維混入量による温度の差は見られなかった。リング間継手モデル(試験体4,6,8)における鋼材表面の温度履歴を図-5に示す。最高温度到達時間(PPコンクリート: 166分後、耐火材A,B: 107~108分後)に若干の差があるものの、鋼材表面の最高到達温度は約220℃(PP繊維: 220℃、耐火材A,B: 217~220℃)となり、今回設定したPPコンクリート60mm被覆・不定形耐火材20mm被覆にて、鋼材に対する断熱性能は十分なものであった。また、ピース間継手モデル(試験体5,7,9)における地山側シール材の温度履歴を図-6に示す。シール材の最高到達温度は約96℃(PP繊維: 96℃、耐火材A,B: 91~93℃)となり、継手部シール材に対する断熱性能も十分なものであった。

表1 要素加熱試験 試験ケース

試験体No.	試験モデル(再現部位)	PP繊維混入量(Vol%)	鋼材の被覆仕様	
			耐火材	被覆厚(mm)
1	中詰めコンクリート	繊維なし	—	—
2	中詰めコンクリート	0.1(0.91kg/m ³)	—	—
3	中詰めコンクリート	0.2(1.82kg/m ³)	—	—
4	リング間継手	0.2(1.82kg/m ³)	PPコンクリート	60
5	ピース間継手	0.2(1.82kg/m ³)	PPコンクリート	60
6	リング間継手	0.2(1.82kg/m ³)	不定形耐火材 A	20
7	ピース間継手	0.2(1.82kg/m ³)	不定形耐火材 A	20
8	リング間継手	0.2(1.82kg/m ³)	不定形耐火材 B	20
9	ピース間継手	0.2(1.82kg/m ³)	不定形耐火材 B	20



写真-1 加熱前後の供試体状況

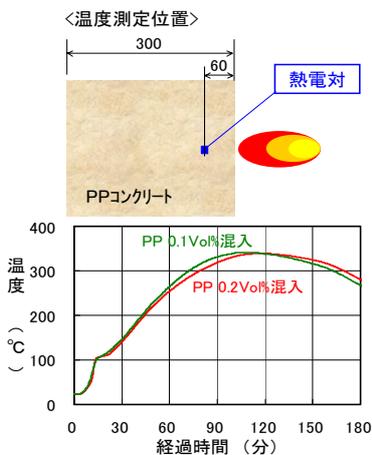


図-4 コンクリートの温度履歴

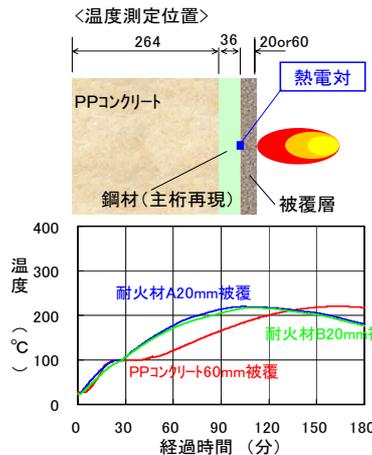


図-5 鋼材の温度履歴

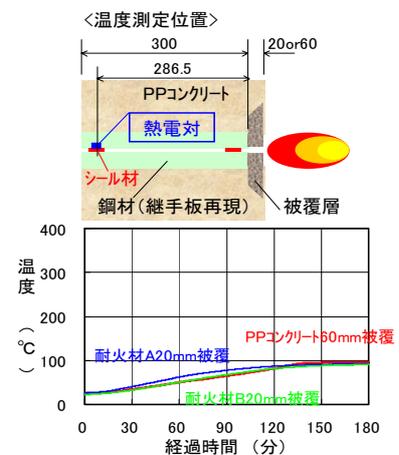


図-6 シール材の温度履歴

5. まとめ

要素加熱試験より以下の知見が得られた。①コンクリート部の爆裂防止はPP繊維0.1Vol%以上の混入で満足できる。②PPコンクリート60mmまたは不定形耐火材20mmの耐火被覆を行なえば合成セグメントに耐火機能を付与することは十分可能である。尚、本仕様による実大加熱試験結果については、別稿にて報告する。