

トンネル内車両火災によるコンクリート板の損傷に関する耐火実験

(株)エーアンドエーマテリアル 正会員 ○安本 辰也
早稲田大学 フェロー 清宮 理
(株)エーアンドエーマテリアル 正会員 丸山 諭
(株)エーアンドエーマテリアル 正会員 三宅 雅之

1. はじめに

道路用トンネル等においては、車両火災に対する安全性の配慮に注意する必要があり、海底トンネルなど重要なトンネルでは耐火対策として、主にパネル系耐火材や吹付け系耐火材が使用されている。また、近年、施工期間の短縮やコスト削減の観点から、コンクリートにポリプロピレン繊維（以下、PP 繊維）を混入させた爆裂抑制型セグメントが提案されている。そこで、3 種類の車両火災規模を想定した耐火試験を行い、コンクリートの種類、PP 繊維混入の有無、耐火被覆板の有無の要因に関して、コンクリート板が受ける爆裂などの損傷程度について検討した。

表 1 試験体仕様

試験体 記号	コンクリート の種類	PP繊維 の有無	耐火被覆板 の有無
a-1	高強度 コンクリート	有	無
a-2		無	
a-3			有
b-1	普通 コンクリート	有	無
b-2		無	
b-3			有

2. 試験方法

表 2 コンクリートの配合

2.1 試験体仕様

試験体仕様を表 1 に、コンクリートの配合を表 2 に示す。コンクリートの種類、PP 繊維および耐火被覆板の有無の違いによる耐火性能への影響を確認するため、6 種類の試験体で耐火試験を行った。コンクリ

種類	粗骨材 最大寸法 (mm)	スラン (cm)	単位量 (kg/m ³)					
			セメント	水	細骨材	粗骨材	混和材	PP繊維
高強度 コンクリート	20	8±2.5	423	150	789	1052	4.2	0
								2.0
普通 コンクリート	20	8±2.5	310	153	805	1071	1.6	0
								2.0

ート板の寸法は幅 600mm×長さ 1300mm×厚さ 200mm とし、設計基準強度は、高強度コンクリートで 48N/mm²、普通コンクリートで 20N/mm² とした。細骨材および粗骨材は共に硬質砂岩碎石を、PP 繊維は繊維度 17dtex、長さ 20mm のものを用いた。また、耐火被覆板はけい酸カルシウム系で厚さ 28mm、密度 0.99g/cm³ のものを用い、ボルトにてコンクリート板の表面に直ばりで取り付けた。

2.2 耐火試験概要

耐火試験の状況を写真 1 に示す。耐火試験は、高強度コンクリート板および普通コンクリート板を耐火炉の上部に 2 体並べて配置し、荷重を載荷しない状態で加熱した。加熱曲線は、ドイツの基準である RABT 曲線を用いた。この曲線は、加熱開始後 5 分で 1200℃に到達し、最高温度が加熱開始 60 分まで継続するが、本試験では、1200℃加熱の大規模火災（タンクローリー車など危険物積載車両）、800℃加熱の中規模火災（バスなど）および 400℃加熱の小規模火災（乗用車など）の 3 種類で実施した。試験体中央部において、コンクリート板の表面から 20, 50, 100mm の位置に熱電対を埋設し、加熱時のコンクリート板の内部温度を、さらに、耐火被覆板を取り付けた試験体についてはコンクリート板の表面温度を測定した。耐火試験後は、試験体の爆裂状況を観察し、ノギスを用いて爆裂深さを測定した。



写真 1 耐火試験の状況

3. 試験結果および考察

1200℃加熱時の温度測定結果を図 1 に、各加熱規模におけるコンクリート表面からの距離と最高温度の関係を図 2 に、1200℃加熱および 800℃加熱における a-2 試験体の爆裂状況を写真 2 に示す。

キーワード 耐火試験, ポリプロピレン繊維, 耐火被覆板, RABT 曲線, 爆裂

連絡先 〒300-4507 茨城県筑西市内淀 263-1 (株)エーアンドエーマテリアル 技術開発研究所 TEL 0296-52-6521

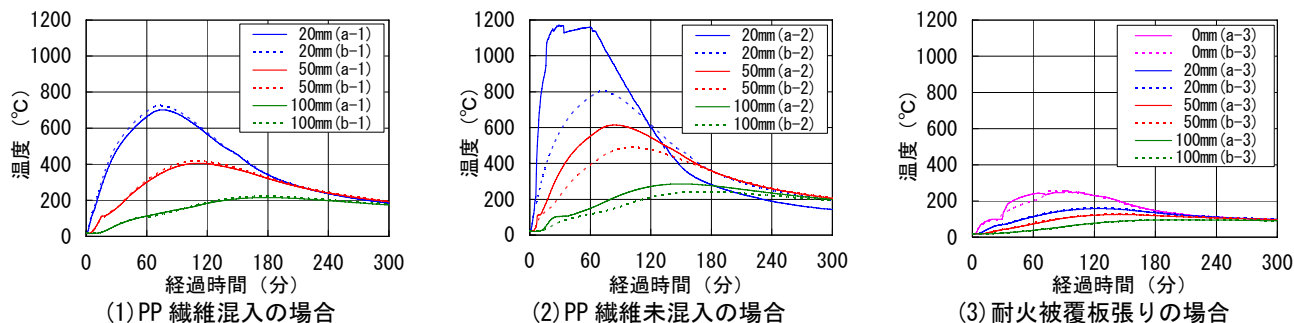


図1 1200℃加熱時の温度測定結果

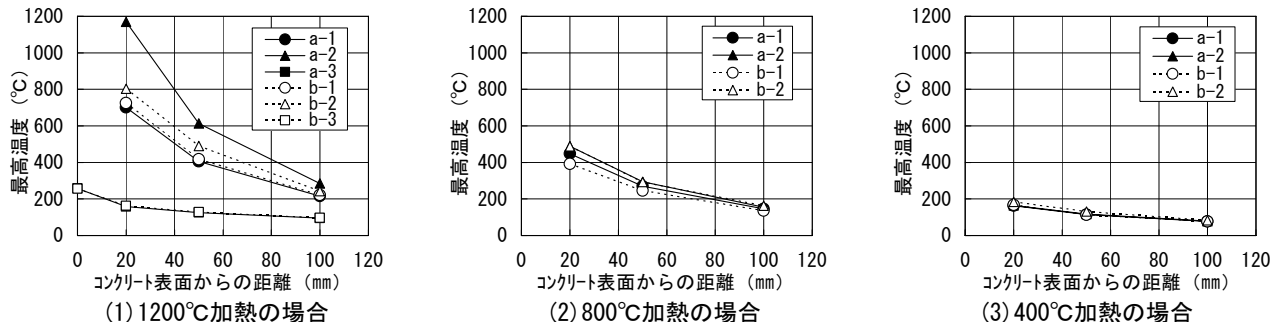


図2 コンクリート表面からの距離と最高温度の関係

1200℃加熱の場合、PP 繊維混入試験体は、コンクリートの種類による温度への影響は殆ど認められず、コンクリート表面から 20mm の位置での最高温度は約 700℃、50mm の位置での最高温度は約 400℃であった。また、加熱後の状況は、共にコンクリート表面の爆裂は認められず、PP 繊維混入の効果が確認された。一方、PP 繊維未混入高強度コンクリート板において、加熱開始後 1～10 分までに加熱面全体にわたり激しい爆裂が生じ、爆裂深さは最大で 30mm であった。その影響によりコンクリート表面から 20mm の位置における最高温度は約 1200℃となった。PP 繊維未混入普通コンクリート板においても、最大深さ 4mm



(1) 1200℃加熱後



(2) 800℃加熱後

写真2 a-2 試験体の爆裂状況

程度の小範囲の爆裂が発生し、コンクリート内部の最高温度は、コンクリート表面から 20mm の位置で約 800℃、50mm の位置で約 500℃であった。耐火被覆板を取付けた試験体は、コンクリートの種類に関わらず、コンクリート表面の最高温度は約 260℃、コンクリート内部温度も 200℃以下であった。加熱後の耐火被覆板を除いたコンクリート表面には、爆裂やひび割れ、色相の変化などの外観変化は認められなかった。

800℃加熱の場合、PP 繊維混入高強度コンクリート板内部の最高温度は、コンクリート表面から 20mm の位置で約 450℃、50mm の位置で約 270℃であった。また、コンクリートの種類に関わらず爆裂は生じなかった。しかし、PP 繊維未混入高強度コンクリート板において、加熱開始後 4～9 分で加熱面に爆裂が生じた。爆裂深さは最大で 18mm であったが爆裂が小規模であったため、コンクリート内部温度は普通コンクリート板とほぼ同様であり、その最高温度は 20mm の位置で約 490℃、50mm の位置で約 300℃であった。

400℃加熱の場合、PP 繊維混入の有無、コンクリートの種類に関わらず、いずれもコンクリート内部の最高温度はコンクリート表面から 20mm の位置で約 180℃、50mm の位置で約 130℃であった。また、いずれの試験体においても爆裂は生じず、コンクリート表面における加熱後の外観上の変化は認められなかった。

4. まとめ

今回の試験結果から、PP 繊維混入による高強度コンクリートでの爆裂抑制効果が認められた。また、耐火被覆板の取付けは、大規模火災においても有効な耐火対策であることを確認した。トンネル内車両火災では、修復に長期間・高額のコストを要するため、重要なトンネルでは対策について設計時に留意する必要があると考える。