

トンネル内車両火災によるコンクリートの火害と劣化診断

(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

1. はじめに

道路用トンネル等においては、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おり、また、近年では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。一方、トンネル火災後の復旧を想定すると、それら構造物の性能を把握する必要がある。そこで、耐火試験を実施した試験体を対象に、加熱後 1 箇月および 13 箇月経過時の強度に関する各種実験を実施し、劣化診断方法の検討を行った。

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
高-PP-12	高強度 コンクリート	有	無
高-NP-12		無	有
高-NP-12-B			
普-PP-12	普通 コンクリート	有	無
普-NP-12		無	有
普-NP-12-B			

表 2 コンクリートの配合

種類	粗骨材 最大寸法 (mm)	スランプ (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
普通 コンクリート			310	153	805	1071	1.6	2.0

2. 実験概要

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砕石を、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

耐火試験は、試験体を耐火炉の上部に 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 1200℃の RABT 曲線を用いた。耐火試験の結果¹⁾、高-NP-12 は加熱面に最大深さ 30mm の爆裂が発生し、普-NP-12 も深さ 4mm 程度の小範囲の爆裂が認められた。PP 繊維を混入した試験体は、いずれも加熱後の表面に爆裂は認められなかった。また、耐火被覆板を取り付けた試験体は、深さ 20mm でも最高温度が 200℃以下と、コンクリート板の火害はほとんど認められなかった。その後、試験体を約 13 箇月屋内で保管した。

2.3 試験項目

耐火試験後の試験体を用いて、以下の項目について測定を行った。

(1) 反発度

反発度は、JIS A 1155「コンクリート反発度の測定方法」に準拠してリバウンドハンマーを用いて 49 箇所測定した。測定位置は、加熱時に炉の中央部となった試験体側面部とした。

(2) 弾性波速度

弾性波速度は、加熱後 1 箇月および 13 箇月経過した試験体からコアを採取し、超音波法(ASTM C 597)を適用して実施した。測定は、コア供試体に対して互いに直行する 2 方向について行い、その平均値を弾性波速度とした。

(3) 孔内載荷試験

孔内載荷試験²⁾は、加熱後 13 箇月経過した試験体のコア孔に写真 1 に示す試験装置を挿入した後、加圧して載荷先端を貫入した。測定は 1 深度当たり 4 点以上行い、貫入抵抗値は、図 1 に示す貫入量と荷重の曲線の傾きとした。



写真 1 孔内載荷試験装置

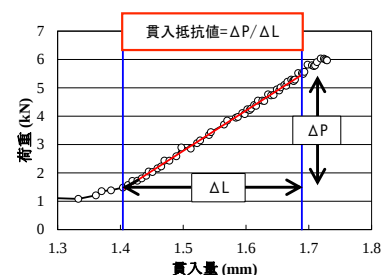


図 1 貫入抵抗値の求め方

キーワード 耐火試験, ポリプロピレン繊維, RABT 加熱曲線, 弾性波速度, 孔内載荷試験

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

3. 試験結果および考察

反発度の測定結果を図2に、弾性波速度の測定結果を図3に、孔内載荷試験による貫入抵抗値の算出結果を図4に示す。

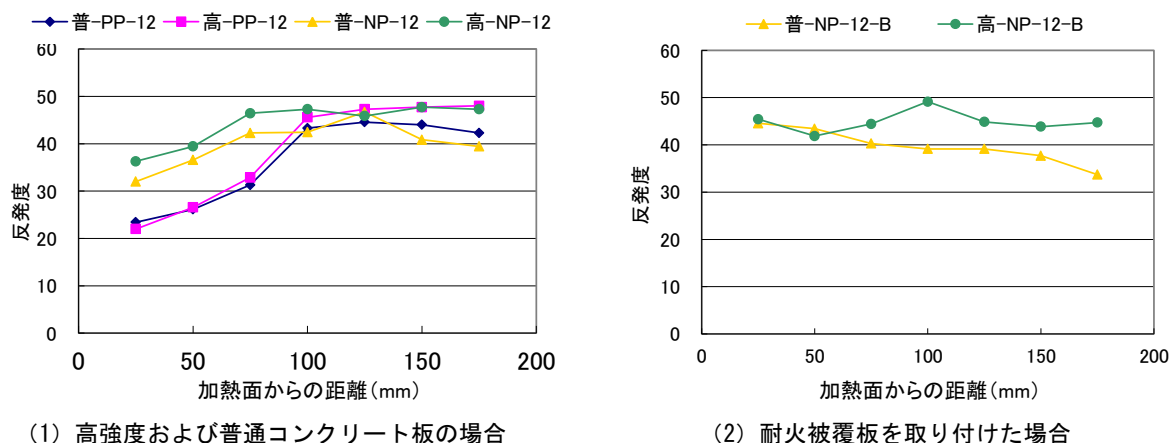


図2 反発度の測定結果

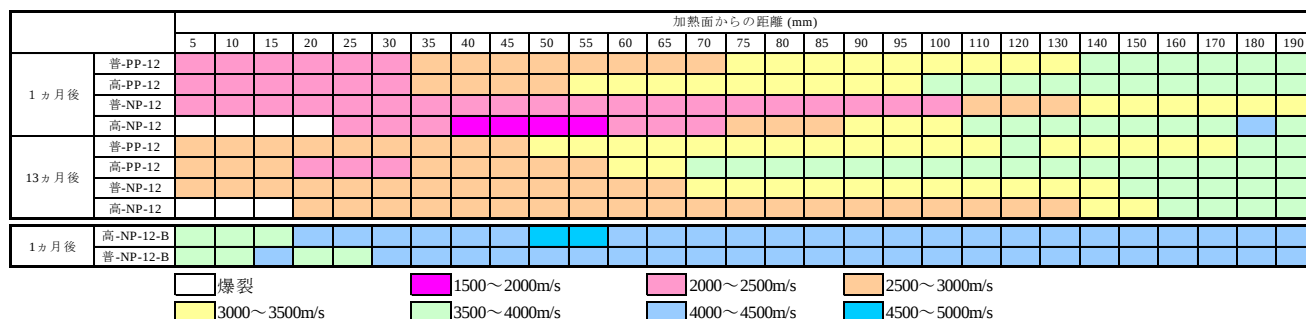


図3 弾性波速度の測定結果

反発度は、コンクリートの種類、PP 繊維混入の有無に関わらず、コンクリート表面から 100mm 以内で小さくなる傾向が認められた。また、PP 繊維を混入した試験体の方が、反発度の低下が大きい傾向にあるが、これは、PP 繊維の融解により空隙が生じたためと推察される。耐火被覆板を取り付けた試験体は、加熱面付近での反発度の低下はほとんど認められなかった。

加熱後 1 箇月の弾性波速度は、加熱面から離れるに従い増加する傾向にあり、PP 繊維未混入の試験体については、その内部まで弾性波速度が低下する傾向が認められた。また、耐火被覆板を取り付けた試験体は、加熱面から 20~30mm 以上で弾性波速度の変化は認められなかった。加熱後 13 箇月経過した試験体については、1 箇月後と比較すると、弾性波速度は若干大きくなる傾向が認められた。

孔内載荷試験による貫入抵抗値は、コンクリートの種類、PP 繊維混入の有無に関わらず、コンクリート表面から 70mm 以内で小さくなる傾向が認められた。この傾向は、反発度や弾性波速度試験とほぼ同様である。

4. まとめ

本実験の結果から、火害を受けたコンクリートの診断方法として、反発度、弾性波速度および孔内載荷試験による貫入抵抗値はいずれも同様の傾向を示し、診断方法として概ね評価できることが分かった。

【謝辞】日本コンクリート技術(株)の本田陵二博士、篠田佳男博士に多大なるご協力を頂きました。ここに、深く感謝の意を表します。

【参考文献】1) 清宮ら：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，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，pp.1150-1155,2012

2) 阪口ら：火害を受けたコンクリート構造物の劣化診断手法の検討，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.233-238，2012.9

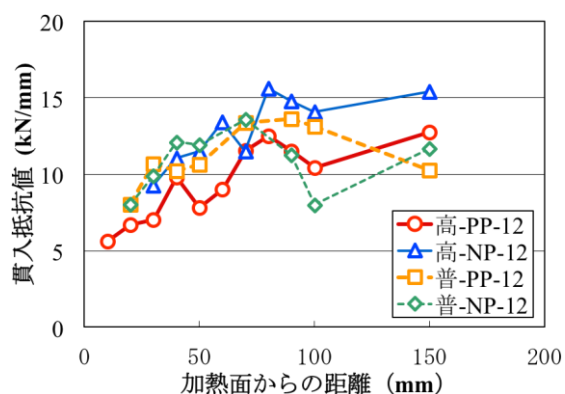


図4 貫入抵抗値の算出結果