

耐火セグメントの加熱実験報告

清水建設株式会社 正会員 後藤 徹
清水建設株式会社 正会員 林 裕悟

1. はじめに

現在、高速道路や鉄道などのシールドトンネル内において火災が発生すると、火災の高熱により覆工セグメントが爆裂し、トンネル構造物に損傷が生じることが懸念されている。耐火構造としては、一次覆工後に耐火パネルを貼るか、耐火材を吹付ける構造が考えられているが、耐火パネルは経済的に、吹付け工法は施工時の作業環境面と施工後の剥落について難がある。そこで、セグメント本体に耐火性能を持たせるべく、短繊維樹脂を混入したセグメントを作成し、加熱実験を行った。加熱実験では、短繊維樹脂(ポリアセタール：以下、PA)混入の有無による爆裂の差異、加熱時の試験体内部温度の分布、補修後の再加熱状況を確認した。本論文はその加熱実験結果について報告するものである。

2. 実験目的

本実験の目的は、実際のセグメント工場プラントでの製作確認および、PA 混入セグメントの爆裂抑制効果と加熱時の試験体内部温度分布の確認とした。

3. 実験方法

(1) 試験体

図-1 に示すような幅 600×長さ 900×高さ 550mm の試験体を PA 無混入は 2 体と PA 混入は 4 体作成した。熱電対は各試験体の図-2 に示す位置に設置した。試験体中央部の 2 箇所に加熱面と直行する方向に 8 点ずつ、さらに、鉄筋位置に 2 枚ずつと合計 20 枚とした。また、試験体には PC 鋼棒により 13N/mm² 相当の圧縮応力を導入している。導入後は加熱時も応力の制御は行っていない。

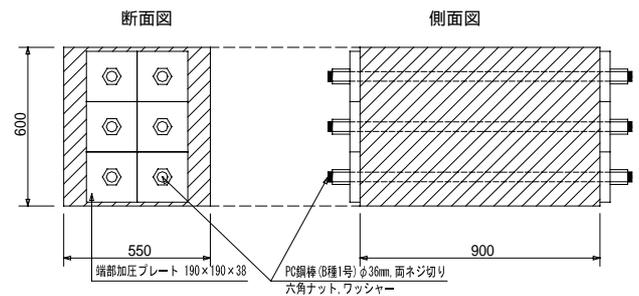


図-1. 試験体寸法

(2) 使用材料

コンクリートはセグメントの設計基準強度 48N/mm² を想定し、普通ポルトランドセメントと骨材に硬質砂岩を使用した。セグメント工場のプラントにある 1.5m³ 練りミキサーで、PA 繊維(0.1vol%)を他の材料と混入し 2 分間の練り混ぜを行った。PA セグメント製造時に空気量測定を行い、通常と遜色がないことを確認した。養生条件は、脱型後すぐに水中養生を行った。配合は表-1 に表す。加熱実験時のコンクリート強度は 66.3～71.4N/mm² であった。

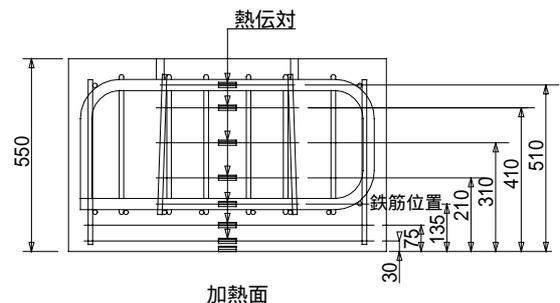


図-2. 熱電対設置位置

	G max (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単体量 (kg/m ³)					
						W	C	S	G	混和剤	PA
無混入	20	3.0±1.5	1.5	36.4	43.5	142	390	843	1102	8.81	0
PA 混入	20	3.0±1.5	1.5	36.4	43.5	142	390	843	1102	8.81	1.41

表-1. 配合表

キーワード：耐火性能, 繊維混入コンクリートセグメント, 爆裂, 加熱実験

連絡先：清水建設(株)土木事業本部 東京都港区芝浦 1-2-3 TEL03-5441-0555 FAX03-5441-0510

（3）時間温度曲線

時間温度曲線は、トンネル火災試験用 RABT 曲線を採用するものとした。加熱は清水建設技術研究所耐火棟内の水平炉を使用し、最高温度の保持時間は 25 分とした。図-3 に実験で採用した RABT 曲線を示す。加熱範囲は、試験体の長辺方向の両端部 10cm は耐火材で被覆されるため、60cm × 70cm となる。耐火実験における測定項目は、炉内温度および試験体内部温度とした。また、爆裂深さは耐火実験後にノギスを使い測定した。

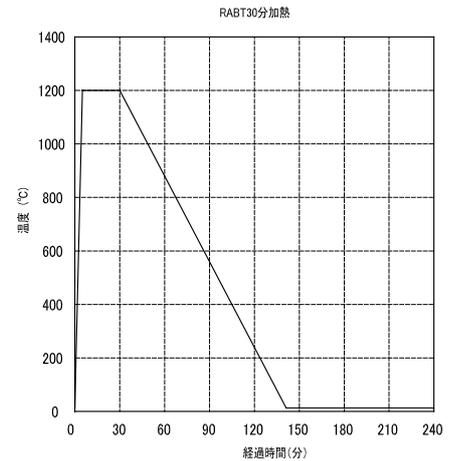


図-3. RABT 曲線

4．実験結果

（1）爆裂状況の確認

図-4・5 が、無混入および PA 混入試験体の代表の 1 試験体の爆裂状況である。爆裂有無という意味では無混入および PA 混入とも爆裂した。しかし、無混入試験体は加熱面中心から同心円上に大きく爆裂して最大爆裂深さ 109mm であり、PA 混入試験体は、表面剥離程度で最大深さは 21mm で有意差が認められる。

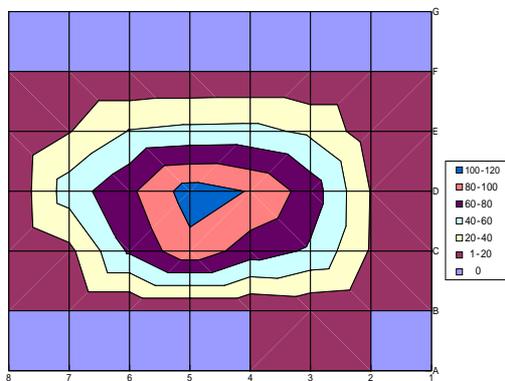


図-4 無混入試験体（最大 109mm）

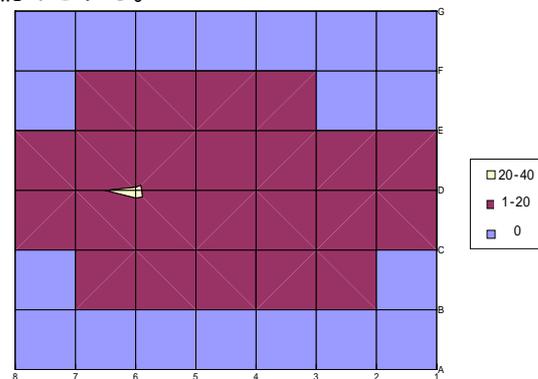


図-5 PA 混入試験体（最大 21mm）

（2）試験体内部温度分布

無混入試験体は爆裂も大きいいため鉄筋位置（加熱面より 135mm）の温度で 400 を越える。一方、PA 混入の方は同じ位置では 150 以下、被り 75mm で 270 程度という事が確認できた。この意味で、無混入では構造面に支障が生じる恐れが多く、PA 混入によりこれを防止できる可能性が示された。一般的に示される許容温度は、コンクリートが 350 、鋼材が 250 とする場合が多い。

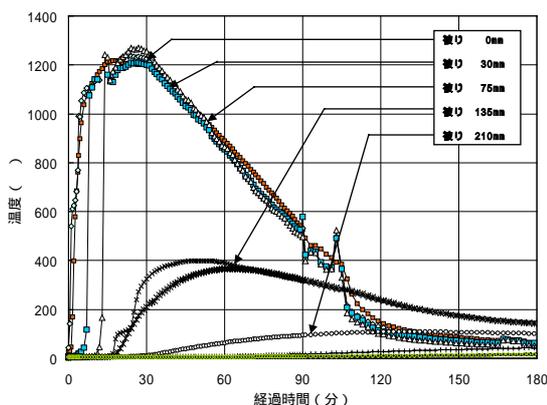


図-6 無混入試験体

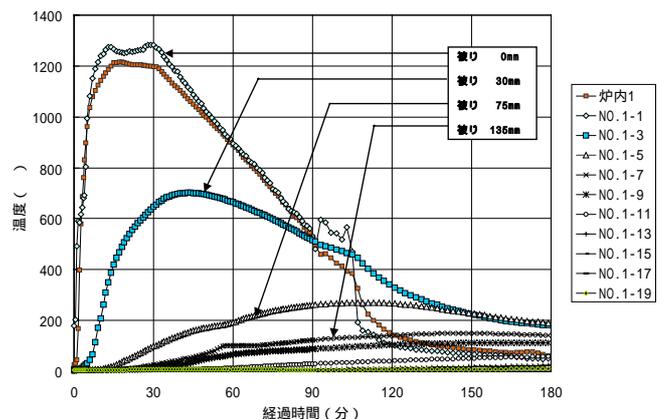


図-7 PA 混入試験体

5．おわりに

本実験で、セグメント工場のプラントで PA を混入して製作した試験体でも爆裂抑制できることを確認できた。また、加熱時の試験体内部温度の測定において、PA 混入試験体は鉄筋および躯体コンクリートへの影響を抑制可能であることも確認された。今後は、今回の試験体を補修し再加熱して耐火性能を確認する予定である。講演当日には、その模様もあわせて報告の予定である。