

## 耐火セグメントの加熱実験報告 その2

清水建設株式会社 正会員 関 伸司 正会員 森田 武  
 正会員 林 裕悟 正会員 中川 拓也

## 1. はじめに

本論文は、昨年の全国大会以降に行った実験を中心に報告するものである。昨年の報告では、セラミックパネルを貼る従来の耐火構造ではなく、セグメント自体に耐火性能を持たせるため、短繊維樹脂を混入させた試験体で各種実験を行った結果報告であった。その報告内容は、短繊維樹脂混入による爆裂抑制効果の確認、試験体内部温度の確認、最適混入率の想定等であった。今回の実験は、加熱面をはつり、補修した試験体と無補修試験体の2体を再加熱するものである。報告内容は、再加熱時の爆裂確認、試験体内温度分布、中性化試験と促進中性化試験、強度確認試験（圧縮・付着）についてである。

## 2. 実験目的

本実験の目的は、補修および無補修試験体を再加熱したときの耐火性能の確認を行う。確認する耐火性能は、再加熱時の爆裂状況、試験体内部温度分布、補修材料の加熱前後の圧縮・付着強度、加熱前後の中性化深さおよび促進中性化試験による中性化深さである。

## 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4体作成した。繊維混入率は、PA0.1・0.2・0.3%・PP0.1%の4種類とした。熱電対は各試験体の図-2に示す位置に設置し、合計20枚とした。最初の加熱時、試験体にはPC鋼棒により13N/mm<sup>2</sup>相当の圧縮応力を導入した。加熱後はコア抜き作業の安全性よりPC鋼棒を撤去した状態で再加熱を行った。

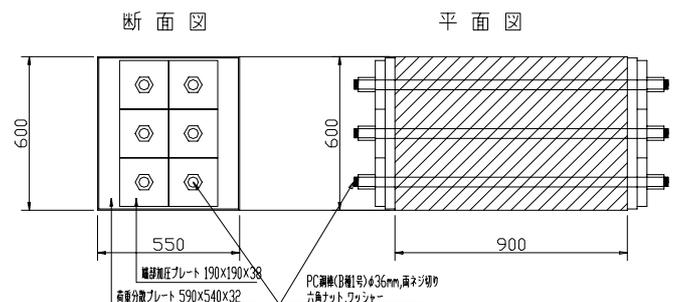


図-1. 試験体寸法

## (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/mm<sup>2</sup>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。加熱実験時のコンクリート強度は66.3～71.4N/mm<sup>2</sup>であった。

## (3) 加熱実験

時間温度曲線は、トンネル火災試験用RABT曲線を採用した。加熱および再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。加熱範囲は、50cm×50cm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。

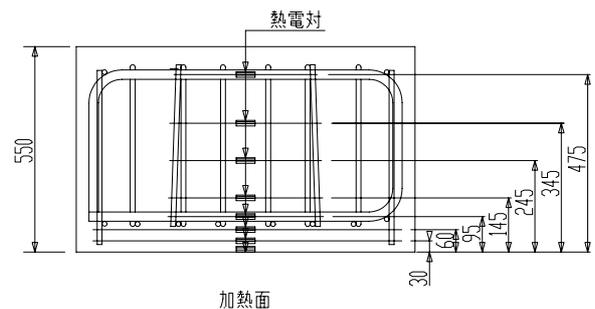


図-2. 熱電対設置位置

## (4) 補修工

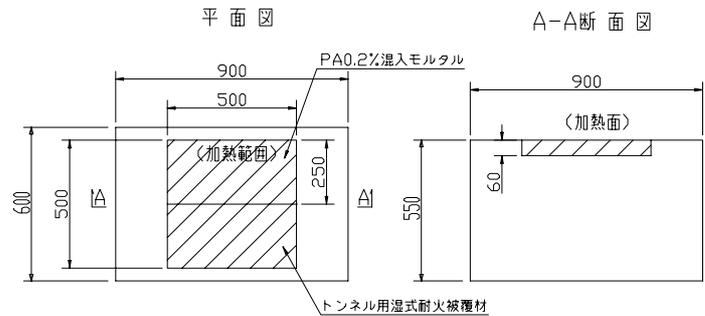
図-3に示す通り、加熱範囲を6cmはつり、補修を二つに分けて行った。片側はPA繊維を0.2%混入したモルタルのコテ塗り、反対側は市販のトンネル用湿式耐火被覆材を吹き付けた。はつり深さの6cmはRABT1時間加熱により350℃に達すると想定される範囲として仮決定した。補修工のフローとしては、加熱面のはつり 剥離防止用のメッシュ貼り付け 材料塗布 麻袋およびビニールラップによる湿潤養生となる。

キーワード：耐火性能確認, 繊維混入コンクリートセグメント, 爆裂, 加熱実験, 再加熱

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

### （5）再加熱実験

再加熱実験は、補修後1ヶ月半の養生を行い、爆裂無しの無補修試験体（PA0.2%混入試験体）と補修試験体の2体で行った。加熱範囲・温度曲線・計測項目等は最初の加熱と同様とした。ただし、補修試験体は加熱面をはつたため、表面から60mmまでの熱電対は撤去されている。



## 4．実験結果

### （1）再加熱後の耐火性能

	PA0.2%混入試験体 (無補修)	PA0.2%モルタル 補修試験体	備 考
爆 裂	無 し	無 し	
試験体内温度 ( )	250	150	かぶり 80mm 位置
コンクリート平均強度 (N/mm <sup>2</sup> )	60.8	61.4	加熱実験前 (28日)
	56.6	59.5	加熱実験後 (28日)
	56.8	補修材料参照	再加熱実験後 (28日)
中性化深さ (mm)	10	10	加熱実験後
	15		促進中性化試験 (3ヶ月)
	32		促進中性化試験 (6ヶ月)
	15		再加熱実験後

再加熱実験では、補修の有無に関係なく爆裂は発生していない。

試験体内温度：無補修の場合、最初の加熱で繊維が溶けて、表面付近はポーラスな状態になっているので、鉄筋位置での温度上昇率が早くなっている。最高温度は加熱実験では200だったが再加熱実験では260まで上昇した。一方、補修試験体は両補修材（PA0.2%モルタル・湿式耐火被覆材）により鉄筋位置で150程度に断熱される。

コンクリート強度：無補修の場合、加熱による強度低下はほぼ無く、設計強度48N/mm<sup>2</sup>を満足する。ただし、実際、加熱面付近は脆弱になっており、強度試験のために25mm程度研磨している。

中性化深さ：無補修の場合、再加熱で5mm、中性化が進む。促進中性化試験は3ヶ月15mm・6ヶ月で32mmとなり、最初の3ヶ月より次の3ヶ月の方が中性化速度の速い事が判った。

### （4）補修材料圧縮・付着強度

	PA0.2%混入モルタル	湿式耐火被覆材	備 考
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	49.6	2.31	28日
	45.7	2.55	49日(再加熱実験日)
	29.9	2.29	62日(再加熱実験後)
付着強度(N/mm <sup>2</sup> )	0.40	0.22	62日(再加熱実験後)

温度抑制効果は二つの材料とも問題ない。しかし、PA0.2%モルタルの方が湿式耐火被覆材より、圧縮強度で加熱前後も含め約10~20倍、付着強度は約2倍大きい。これをふまえ、さらに材料入手の簡便性から0.2%混入モルタルの方がより汎用性に富むことが考えられる。

## 5．おわりに

今回の再加熱実験では、無補修の試験体は爆裂せず、コンクリート強度は、加熱面より25mm以深であるならば、加熱をしても、強度低下しない事も判った。一方、加熱により表面がポーラスになっており、温度上昇率が早く最高温度も高くなる事も判った。補修した試験体は、両補修材料とも爆裂しなかった。試験体内部温度は、鉄筋位置で150程度しか上昇せず、補修材の断熱性も確認できた。補修材については、PA0.2%混入モルタルの方が圧縮・付着強度が大きいことが判った。以上より、セグメント実用化の目処がたつたと考え、展開を図っていくつもりである。最後に現在、促進中性化試験を継続中である。講演時には1年目の結果を発表する予定である。