

鋼繊維補強高流動コンクリートセグメントの耐火試験

(株)大林組 正会員 ○林 成卓  
首都高速道路公団 正会員 小西 由人  
首都高速道路公団 正会員 遠道 康裕  
(株)大林組 正会員 近藤 由也  
石川島建材工業（株） 正会員 小林 一博

1. はじめに

首都高速中央環状新宿線は二次覆工省略型の道路トンネルであるため、二次覆工に要求されていた性能が一次覆工に付加されることとなる。その中でもトンネル防災の観点から耐火性能の確保が重要視されている。そこで、セグメントの更なる品質向上と将来的コスト縮減のために開発している鋼繊維補強高流動コンクリートセグメントと、従来品であるスランプタイプのコンクリートセグメントについて耐火試験を実施した。本稿では、両者の耐火性能と耐火被覆を施した場合の温度履歴についての実験結果を報告する。

2. 実験概要

従来品と鋼繊維補強高流動の各セグメントを模擬した、1400×1000×300 の平板供試体を用いて耐火試験を実施した。加熱条件として、図-1に示す RABT 曲線を採用した。表-1に試験ケース、表-2に各ケースのコンクリート配合を示す。

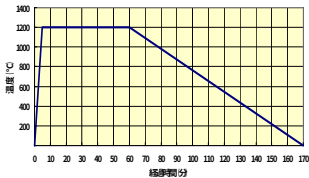


表-1 試験ケース

図-1 RABT 曲線

| 試験ケース       | コンクリートタイプ | 耐火被覆               | 測定項目                                                                                             | 備考                                 |
|-------------|-----------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 耐火被覆なしの供試体  |           |                    |                                                                                                  |                                    |
| 1-1         | 従来品       | なし                 | 爆裂深さ、圧縮強度、曲げ強度、<br>シュミットハンマー反撥度*、超音波速度*                                                          | *セグメント被災時の非破壊による強度推定のための基礎データとして収集 |
| 1-2         | 鋼繊維補強高流動  | なし                 |                                                                                                  |                                    |
| 耐火被覆を施した供試体 |           |                    |                                                                                                  |                                    |
| 2-1         | 従来品       | 耐火被覆材 A (t=27.5mm) | ＝構造部材温度＝<br>コンクリート表面（耐火材背面部・耐火材目地部）<br>鉄筋（鉄筋かぶり 50mm）<br>セラミックインサート（トンネル内施設取付ボルト用）<br>耐火材取付用アンカー | 1 供試体に 2 種類の耐火被覆材を半分ずつ設置           |
| 2-2         | 従来品       | 耐火被覆材 B (t=30mm)   |                                                                                                  |                                    |
| 2-3         | 鋼繊維補強高流動  | 耐火被覆材 A (t=27.5mm) |                                                                                                  | 1 供試体に 2 種類の耐火被覆材を半分ずつ設置           |
| 2-4         | 鋼繊維補強高流動  | 耐火被覆材 B (t=30mm)   |                                                                                                  |                                    |

試験ケース 1-1 および 1-2 では、耐火被覆のない無筋供試体を用い、加熱により発生した爆裂の深さを計測した。また、加熱後の供試体からテストピースを採取して、未加熱のテストピースに対する強度の残存率を確認した。

表-2 コンクリート配合

| 試験ケース             | 粗骨材最大径 (mm) | スランプ (フロー) (cm) | 空気量 (%) | W/P (%) | s/a (%) | 単位量(kg/m³) |     |      |       |      |
|-------------------|-------------|-----------------|---------|---------|---------|------------|-----|------|-------|------|
|                   |             |                 |         |         |         | 鋼繊維        | 水   | セメント | 高炉スラグ | 細骨材  |
| 1-1<br>2-1<br>2-2 | 20          | 3.0±1.5         | 2.0±1.0 | 29.0    | 41.0    | 0          | 125 | 215  | 215   | 765  |
| 1-2<br>2-3<br>2-4 |             | 67.5±5.0        | 3.0±1.5 | 29.0    | 67.7    | 63         | 180 | 310  | 310   | 1037 |

試験ケース 2-1～2-4 では、供試体表面に 2 種類の耐火被覆を施した。耐火被覆材の設置にあたり、実施工条件を考慮して、耐火被覆材に目地(t=3mm)を設けるとともに、トンネル内施設取付ボルト (M16)が耐火被覆材から加熱面側に突出した状態などをそれぞれ再現した。ボルトの固定にはセラミックインサートを用いた。写真-1に耐火被覆材の設置状況および温度測点を示す。

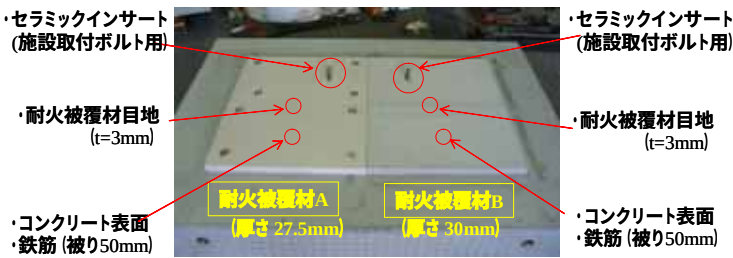


写真-1 耐火被覆材の設置状況および温度測点

キーワード シールド、セグメント、耐火、爆裂、鋼繊維

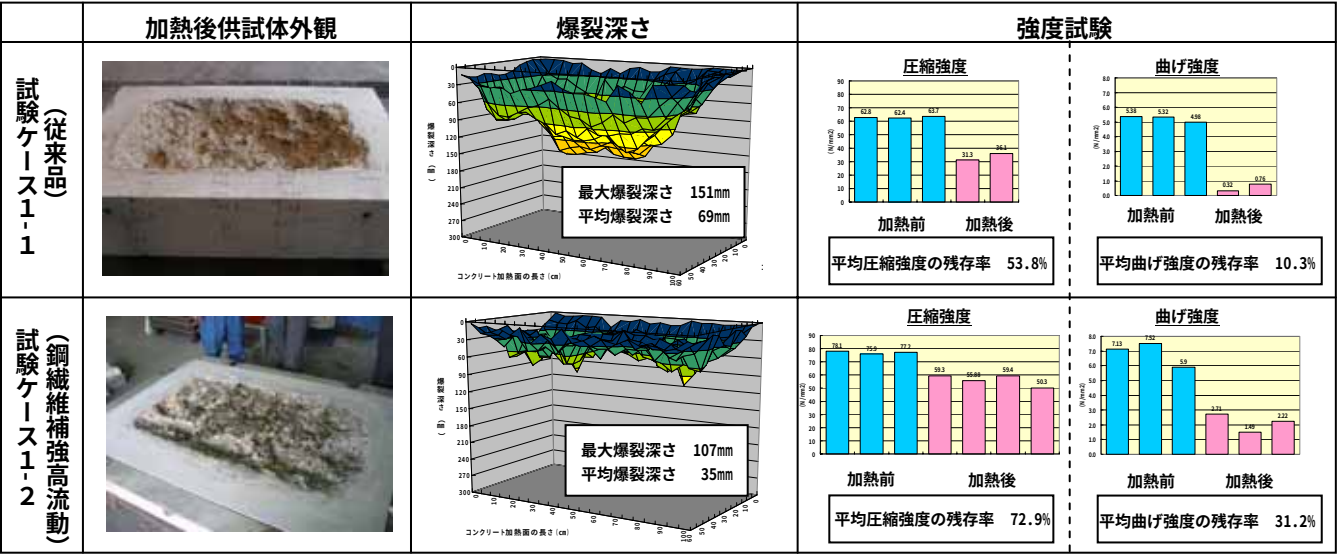
連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 土木技術本部 技術第二部 TEL03-5769-1318

3．試験結果

3-1.耐火被覆なしの供試体の試験結果

耐火被覆なしの供試体の試験結果を図－3に示す．いずれの試験でも加熱直後より爆裂が発生した．しかし、爆裂深さの平均値でみると、従来品は69mmであるのに対して、鋼繊維補強高流動コンクリートでは35mmと半減しており、鋼繊維補強高流動コンクリートの高い爆裂抵抗性を示す結果となった．爆裂の一因として、コンクリート中の水分が気化することで内部に発生する膨張圧が、表層コンクリートを剥離させていることが考えられている．今回の試験結果は、鋼繊維混入によりコンクリートの剥離に対する抵抗性が強化されたことや、鋼繊維の界面から水蒸気を供試体外部に逸散させる効果が反映されたものと考えられる．

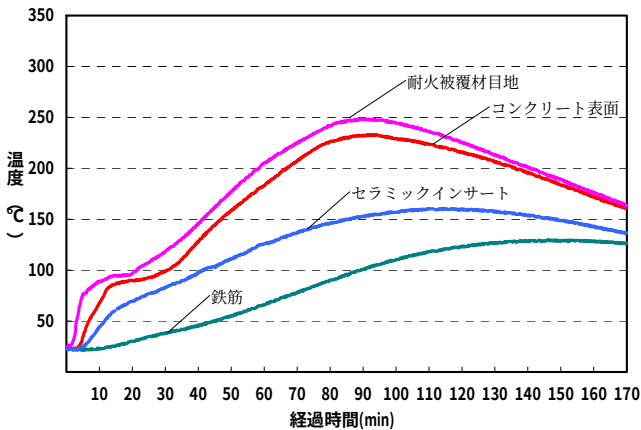
また強度特性について、加熱後の圧縮強度および曲げ強度の残存率が従来品よりも高いことから、鋼繊維補強高流動コンクリートは、熱履歴を受けても強度が低下しにくいことが分かった．



図－3 耐火試験結果（耐火被覆なし）

3-2.耐火被覆を施した供試体の試験結果

耐火被覆を施した供試体の試験結果の例として試験ケース 2-1 の部材温度測定結果を図－4に示す．また、それぞれの試験ケースの各測点における最高温度を表－3に示す．いずれの耐火被覆を施したケースでも、全ての測点において構造部材温度は許容温度（コンクリート表面温度：350℃、鉄筋表面温度：300℃）以下であり、耐火被覆を施せば施工条件を考慮した上でも耐火性能が確保できることを確認した．



図－4 部材温度測定結果（試験ケース 2-1）

4．おわりに

道路トンネルにおいて耐火性能の確保は重要な検討項目となっている．今回の試験により、セグメントに鋼繊維補強高流動コンクリートを使用することは、耐火性能を考慮した上でも有効であることが分かった．現段階では、耐火被覆を施すことで施工条件を考慮しても耐火性能が確保できることを確認しているが、今後は、鋼繊維補強高流動コンクリートの耐火性能に着目し、耐火被覆を軽減しコストダウンを実現できるセグメントの開発を進めたい．

表－3 各測点における最高温度

| 耐火被覆材種類            | 試験ケース |          | コンクリート表面 | 鉄筋  | 耐火被覆材目地 | セラミックインサート |
|--------------------|-------|----------|----------|-----|---------|------------|
| 耐火被覆材 A (t=27.5mm) | 2-1   | 従来品      | 233      | 130 | 249     | 161        |
|                    | 2-3   | 鋼繊維補強高流動 | 238      | 115 | 239     | 156        |
| 耐火被覆材 B (t=30mm)   | 2-2   | 従来品      | 180      | 111 | 183     | 137        |
|                    | 2-4   | 鋼繊維補強高流動 | 169      | 93  | 172     | 134        |