

圧縮力を受けるコンクリートの耐火性能に関する実験検討

阪神高速道路公団 正会員 ○中井 勉 志村 敦
清水建設株式会社 森田 武

1. はじめに 開削トンネル内で火災が発生した場合、トンネル構造体に変形が生じ、上部にある鉄道・道路等の重要インフラ施設に影響を及ぼす可能性がある。それらに対する影響を極力小さくするためには、開削トンネル構造体自体が耐火性能を有していることが望ましい。そこで、耐火対策として有機繊維混入コンクリートに着目し、爆裂を生じやすいとされている圧縮を受ける部材（負曲げ載荷状態）の加熱実験を実施した。

2. 加熱実験 使用したコンクリートは、加熱実験時の圧縮強度が 42N/mm^2 になるように、水セメント比を 38% とし、試験体寸法は高さ 500mm×幅 870mm×長さ 9,400mm、主筋の純被り量は 80mm とした。ポリプロピレン(PP) 繊維混入によるコンクリートの耐火性能の差を見るため、PP 繊維を 1kg/m^3 混入した試験体と無混入の試験体について実験を行った。加熱実験は(独)建築研究所の水平部材耐火試験炉で行い、**図 1** に示すように試験体を単純支持し、試験体底面（加熱面）に圧縮応力が作用するように負曲げ状態での加熱を実施した。載荷荷重は試験体下面のコンクリートに作用する圧縮応力度が 10N/mm^2 （許容応力度）となるよう、1 載荷点あたり 185kN とした。載荷・加熱条件は**図 2** のとおりである。

実験の結果、繊維無混入試験体では加熱開始後 3 分から 25 分の間に爆裂が発生した。爆裂深さは最大 120mm に達し、圧縮鉄筋が露出するなど、爆裂により大きな断面欠損が生じた(**図 3**)。繊維を混入した試験体では爆裂は認められず、有機繊維混入による爆裂抑制効果が確認された。なお、同様の試験体を用いて正曲げ状態（引張力作用状態）で行った加熱実験¹⁾では、繊維無混入での最大爆裂深さは 70mm、繊維混入では爆裂の発生はなかったことから、圧縮を受ける部分が加熱される場合は、爆裂の程度が激しいこと、および繊維混入により爆裂抑制効果が得られることが確認できた。**図 4** に試験体内部温度の時間変化を示す。繊維無混入試験体では爆裂による断面欠損のため、加熱面から約 100mm の鉄筋部まで、急激に温度が上昇し 1000°C を超える高温に達したが、繊維混入試験体では爆裂が生じなかったため、急激な温度上昇は見られず、鉄筋部の温度も 200°C 程度に抑えられた。**図 5** は加熱実験時

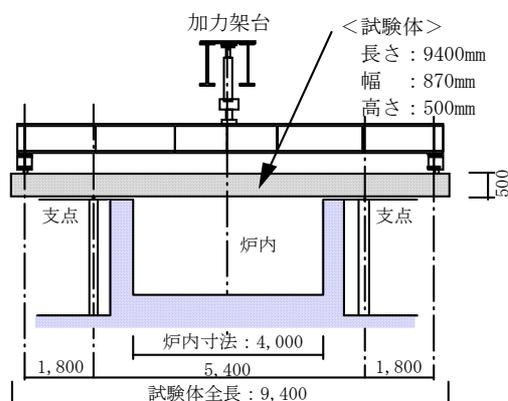


図 1 加熱実験の模式図

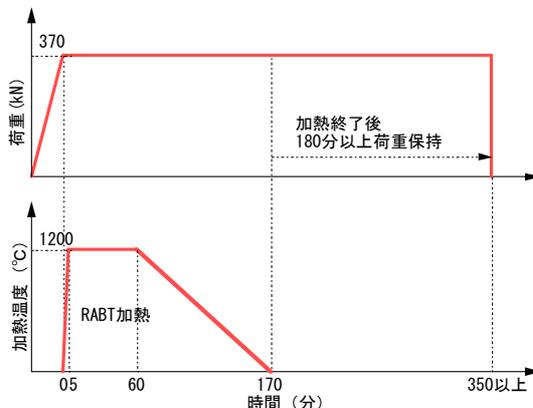


図 2 載荷条件及び加熱条件

の試験体たわみ量の時間変化である。試験体は負曲げ載荷を受けているため、加熱開始時点では 10mm 程度上に凸の変形となっている。加熱開始から 480 分後の変位量は、繊維無混入試験体で

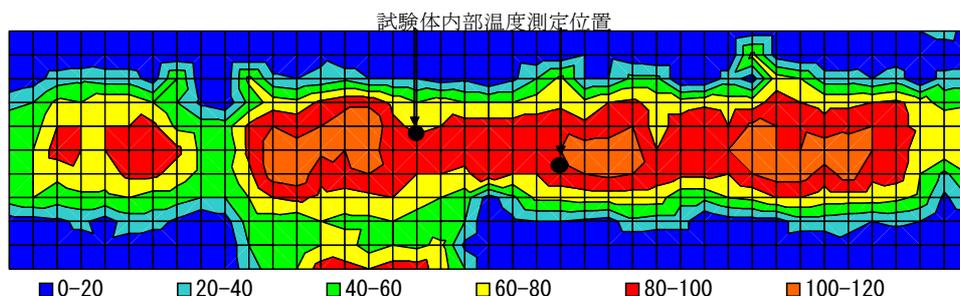


図 3 加熱範囲 (870mm×4,000mm) の爆裂深さコンター図 (単位: mm)

キーワード 有機繊維, 開削トンネル, 耐火対策, 加熱実験, 加力実験, 爆裂

連絡先 〒559-0034 大阪市住之江区南港北 1-14-16 阪神高速道路公団大阪建設局建設企画部調査第一課 Tel.06-6615-7449

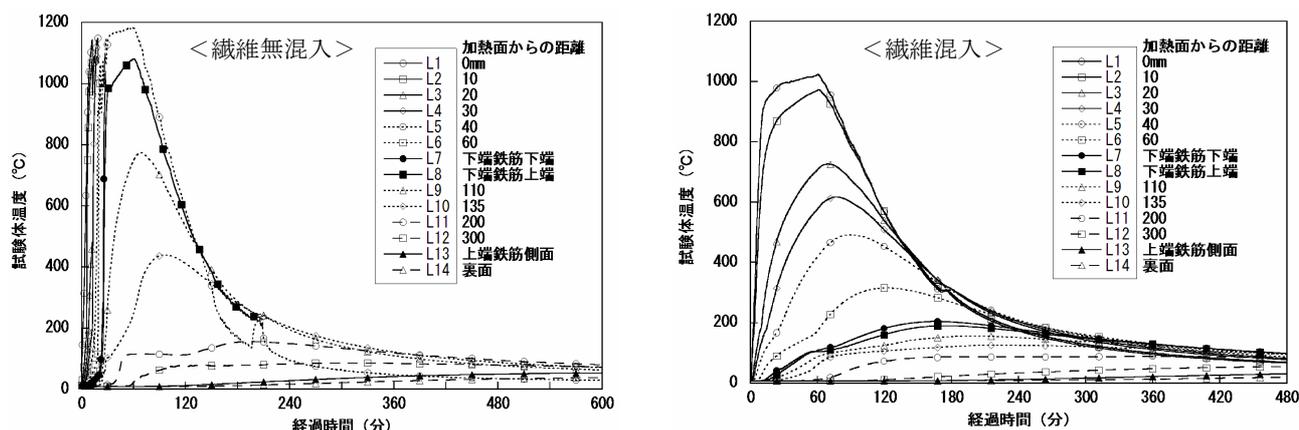


図4 試験体内部温度の時間変化

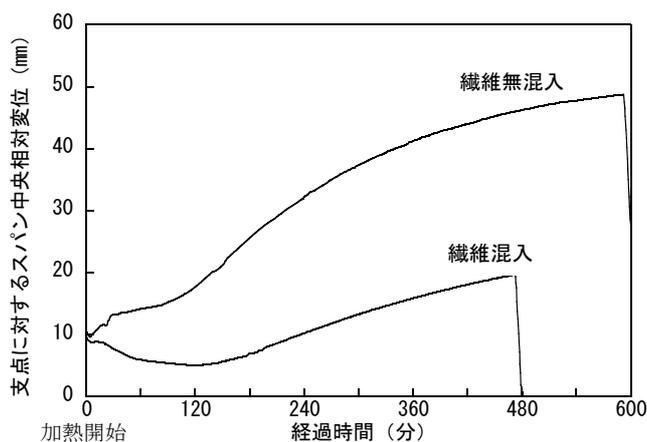


図5 試験体たわみ量の時間変化

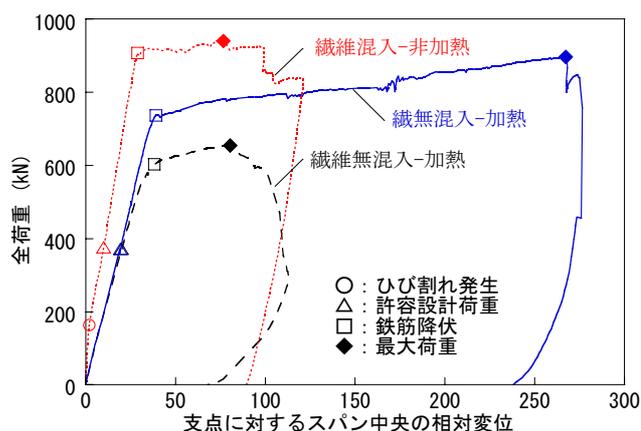


図6 荷重-変位関係

46mm となったが、繊維混入試験体では 20mm 程度に抑えられた。繊維無混入試験体では、爆裂による断面欠損および高温を受けた部材の強度低下によって中立軸が上方に移動したため、変形量が増加したものと考えられる。なお、繊維混入試験体において加熱開始から 120 分までの下方変位は、加熱面側のコンクリートおよび鉄筋の熱膨張に起因するバイメタル効果によるものと考えられる。

3. 加力実験 火災後の部材の力学特性を検討するため、加熱試験体と非加熱試験体に対して加力実験を行った。試験体支持点、載荷点は加熱実験と同様である。加力は、ひび割れ発生、曲げ圧縮側コンクリートの圧縮縁応力度 10N/mm^2 、引張鉄筋降伏、最大荷重の各荷重レベルを目標に荷重を漸増し、主筋降伏後は変位制御によって行った。図6に荷重-変位関係を示す。加熱試験体は加熱時に生じたひび割れや材料劣化のために初期剛性の低下が見られた。引張鉄筋降伏荷重を比較すると、圧縮側コンクリートが健全な非加熱繊維混入試験体が最も大きく、爆裂による断面欠損の大きい加熱繊維無混入試験体が最も小さくなった。最大耐力についても同様に非加熱繊維混入試験体が最も大きく、次いで加熱繊維混入試験体、加熱繊維無混入試験体となった。ただし、加熱繊維混入試験体の鉄筋降伏後の変形性能が大きいので、非加熱繊維混入試験体との差はごくわずかであった。

4. まとめ 開削トンネルの耐火性能について検討するため、加熱面に圧縮応力が作用する負曲げ状態にある試験体に対して加熱実験を行った。その結果、繊維無混入の場合では激しい爆裂が生じたが、繊維混入により爆裂が防止され、試験体内部の鉄筋温度及び試験体の変形量が抑制されることから、繊維混入によって火災時における開削トンネル構造の性能低下を抑制できることが分かった。また、加力実験から、試験体の最大耐力は加熱により低下するが、繊維混入試験体の場合には加熱の有無による差はごくわずかであることが分かった。

謝辞： 本実験の実施にあたり、ご指導頂きました(独)建築研究所増田主任研究員、(財)ベターリビング遊佐部長に厚く感謝申し上げます。

参考文献 1) 中井, 藤井, 伊藤, 森田: 開削トンネルの耐火対策に関する実験検討, 土木学会第 59 回年次学術講演会, pp961-962,