

開削トンネルの耐火対策に関する実験検討

阪神高速道路公団 正会員 中井 勉 藤井 康男 伊藤 学
 清水建設技術研究所 正会員 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、開削トンネルの頂版部材を想定した試験体に対して、供用状態（曲げ状態）を模擬した加熱実験及び加力実験を行い、耐火性能を検討した。

2. 加熱実験 試験体に使用するコンクリートは水セメント比 38%、加熱実験時（材齢 28 日）の圧縮強度 42N/mm² とし、寸法は高さ 500mm×幅 1,160mm×長さ 6,000mm、主筋の純被り量は 80mm とした。有機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、普通の試験体とポリプロピレン（PP）繊維を 1kg/m³ 混入した試験体について、それぞれに加熱実験・加力実験及び加力実験のみに供するものを用意した。載荷荷重は実際の開削トンネルの頂版下側主筋に作用する引張応力度レベル（180N/mm²）となるよう、1 載荷点当り 80kN、計 160kN とした。加熱実験の模式図（図 1）と載荷・加熱条件（図 2）に示すように、実験は単純支持状態で所定の鉛直荷重を載荷した後、RABT（60 分）加熱曲線による一面加熱を行った。

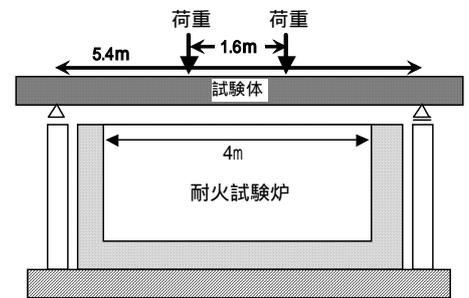


図 1 加熱実験の模式図

実験の結果、繊維無混入の試験体では加熱開始後 2 分から 30 分まで爆裂が発生した。等曲げ区間における爆裂深さを図 3 に示す。最大爆裂深さは約 70mm であった。なお繊維を混入した試験体では爆裂は発生しなかった。図 4 は試験体内部温度の時間変化である。繊維無混入試験体では加熱開始 20 分

前後において、加熱面から 30～40mm での温度が爆裂により急激に上昇していることが分かる。また、鉄筋の最高温度については、繊維無混入試験

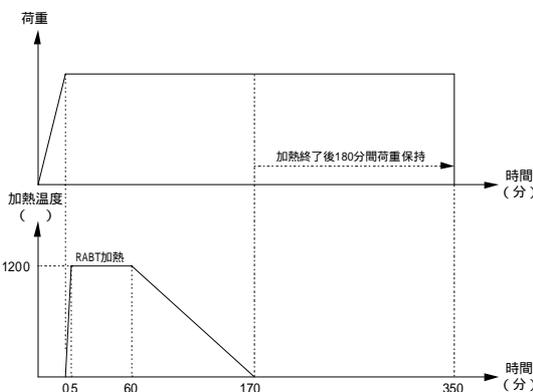


図 2 載荷条件及び加熱条件

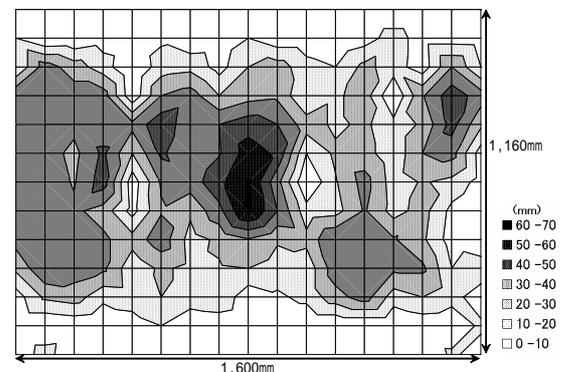


図 3 爆裂深さコンター図

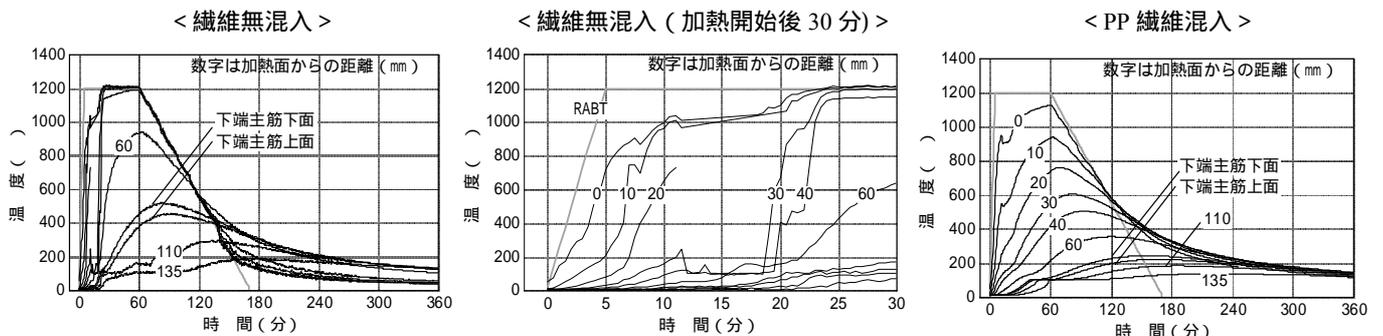


図 4 試験体内部温度の時間変化

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 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3 阪神高速道路公団工務部設計課 Tel.06-6252-8121

体では 500 ，PP 繊維混入試験体では 250 となっており，爆裂の有無による鉄筋温度の差が顕著に現れている．試験体たわみ量の時間変化を図 5 に示す．最大たわみ量は繊維無混入試験体で 60mm，PP 繊維混入試験体で 33mm であり，繊維混入により爆裂が抑制されたことで，部材変位も抑制されたことが分かる．

3. 加力実験 開削トンネル頂版部材の火災後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．荷重支点間距離は 5.4m，純曲げ区間距離は 1.6m で，加熱実験の荷重条件と同様である．加力に際しては，ひび割れ発生，主筋引張応力度 180N/mm^2 （設計引張応力度），主筋降伏，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り行った．図 6，図 7 に荷重-変位関係を示す．試験体の最大荷重について，加熱・非加熱の差を比較すると，加熱の影響は小さいことが分かる．これは，鉄筋の受熱温度が最大で 500 程度であり，加熱冷却後の引張強度・降伏点が低下する温度である 600 程度¹⁾に達しなかったこと，及び加熱面の反対側である圧縮側コンクリートの温度上昇が小さく，圧縮強度が低下しなかったことなどが原因と考えられる．また，試験体の剛性についてみると，主筋降伏までの領域では，加熱によるひび割れや材料劣化のために加熱試験体は非加熱試験体よりも低下しているが，主筋降伏荷重レベル以上ではほぼ等しくなっている．主筋降伏荷重は有機繊維無混入の加熱試験体を除き 330kN 前後でほぼ等しくなっているが，これは，上述のように鉄筋温度が 600 程度に達さず強度低下が生じなかったためと考えられる．なお，最大荷重以後では繊維混入による副次的な効果として，試験体のじん性が向上していることが分かった．

4. おわりに 開削トンネル頂版部材を模擬した試験体に対して荷重加熱実験を行った結果，有機繊維の混入により爆裂が抑制されること，さらに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，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，加力実験により，試験体の最大荷重については加熱による影響は小さいこと，加熱した試験体は降伏までの曲げ剛性が低下すること，降伏以降は非加熱の場合とほぼ等しい曲げ剛性となることなどが分かった．

参考文献 1) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリートの火災安全性研究委員会報告書，2002.6

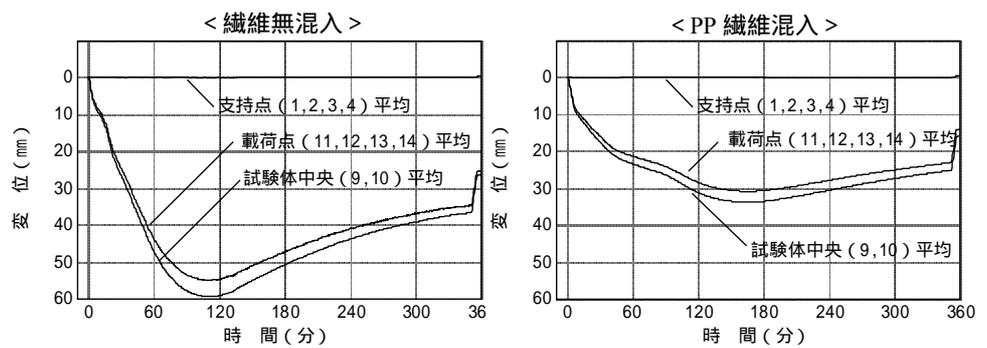


図 5 試験体たわみ量の時間変化

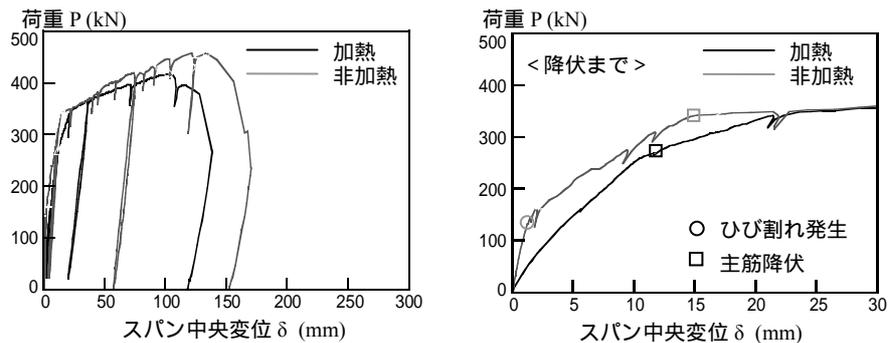


図 6 荷重-変位関係（有機繊維無混入）

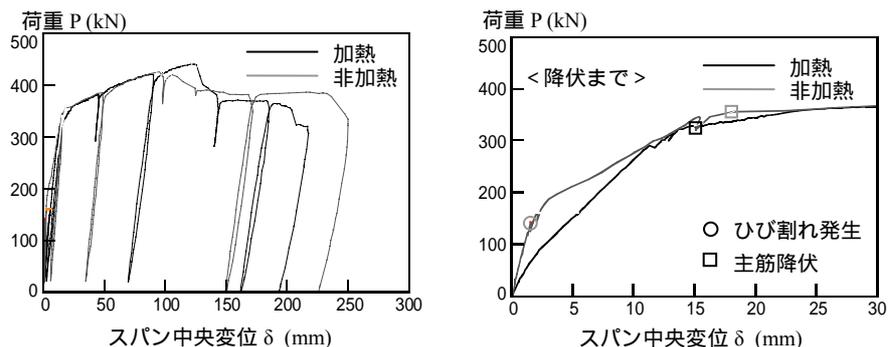


図 7 荷重-変位関係（PP 繊維混入）