

二次覆工コンクリートの耐火性能確認実験

日本シビックコンサルタント 正会員 ○神田 亨
 日本シビックコンサルタント 正会員 大塚孝義
 三 星 建 設 李 承馥
 三 星 建 設 朴 海均

はじめに

韓国におけるシールドトンネルの二次覆工を想定した耐火実験を行った。このトンネルは河川下を横断することもあるため高い水密性を要求されており、図.1 に示すように二次覆工背面に遮水シートを挟んだ構造となっている。トンネル火災時においても水密性を担保するには、二次覆工コンクリートが爆裂を生じることなく、遮水シートを熱から守る必要がある。二次覆工コンクリートの強度は、 24N/mm^2 程度であり、セグメントのような高強度コンクリートに比して爆裂を生じにくいものと思われる。しかしながら、このトンネルの二次覆工には水圧が作用する可能性があるため、圧縮応力作用時の爆裂発生の危険性について確認しておく必要があると考えられた。

実験概要

時間温度曲線には図.2 に示す RABT 曲線を用いた。試験体の諸元を図.3 に示す。3 本の P C 鋼棒により水圧相当の 6.5N/mm^2 の圧縮応力を導入している。図.5 に示すように水平炉にセラミックファイバーを介し 2 体の試験体を同時にセットして加熱を行っている。試験体は図.4 に示す 4 体である。配合を表.1, 2 に示す。二次覆工の配合では、爆裂を防止する目的でポリプロピレンファイバー（以下 P P）を 1kg/m^3 および 3kg/m^3 添加した配合を用意している。一次覆工の配合には高炉スラグが含まれている。試験体 1 は、水結合材比の爆裂に与える影響を見るために一次覆工の配合で作製したものである。試験体 2 ～ 4 は二次覆工を想定したものであり、背面に遮水シートと一次覆工に相当するダミー試験体を載せて加熱している。

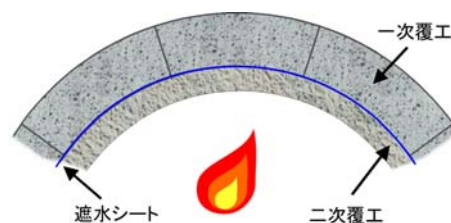


図 1. 覆工の構造

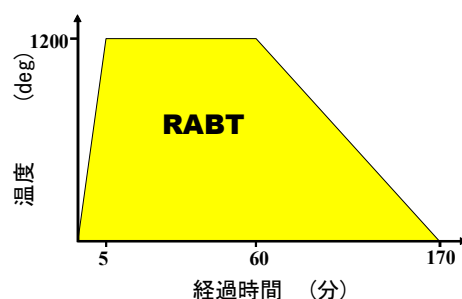


図 2. 時間温度曲線

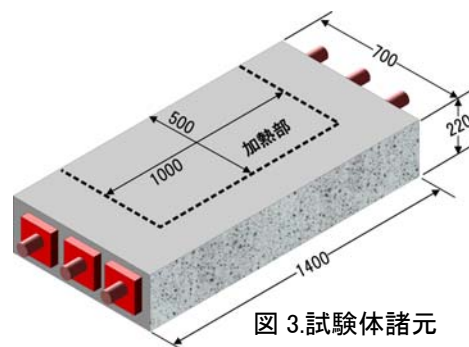


図 3. 試験体諸元

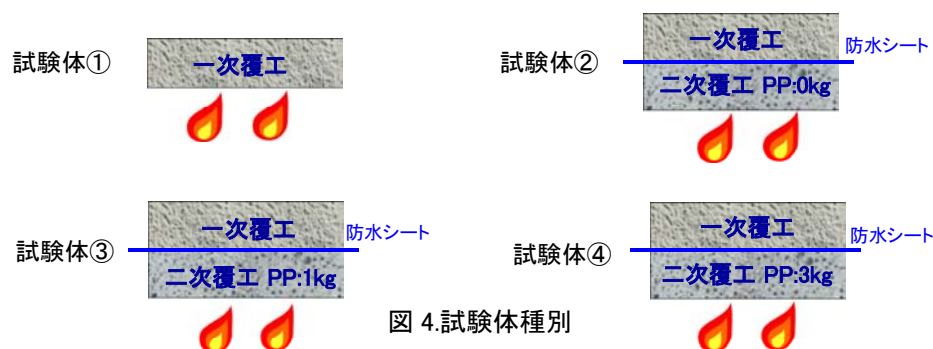


図 4. 試験体種別

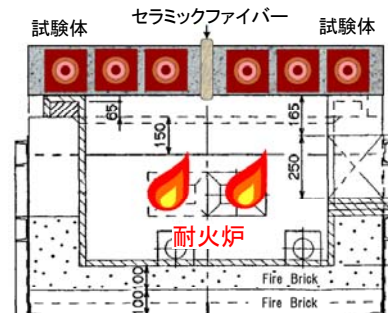


図 5. 試験体設置状況

表. 1 一次覆工の配合

Air %	W/P %	s/a %	W kg	C kg	高炉スラグ kg	S kg	G kg	減水剤 kg
2	37.1	42.5	154	353	62	779	1055	4.57
スランブ 8cm 最大寸法: 20mm $\sigma_{28} = 45 \text{ kN/mm}^2$								

表. 2 二次覆工の配合

Air %	W/C %	s/a %	W kg	C kg	S kg	G kg	減水剤 kg	PP繊維添加量 kg
2	47.4	39.2	180	380	703	1095	3.8	0, 1, 3
スランブ 8cm 最大寸法: 20mm $\sigma_{28} = 24 \text{ kN/mm}^2$								

キーワード 耐火, 二次覆工, 水密性, ポリプロピレンファイバー, 爆裂

連絡先 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 2-26-2 日本シビックコンサルタント（株）Tel.03-5604-7551

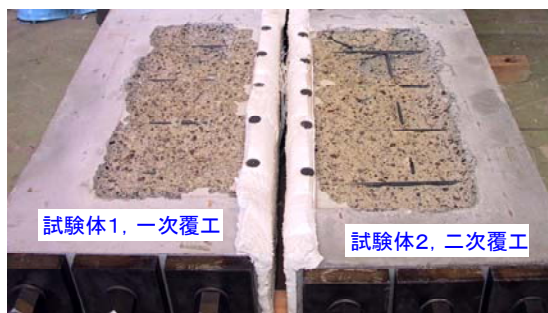


写真1 試験体1, 2 損傷状況

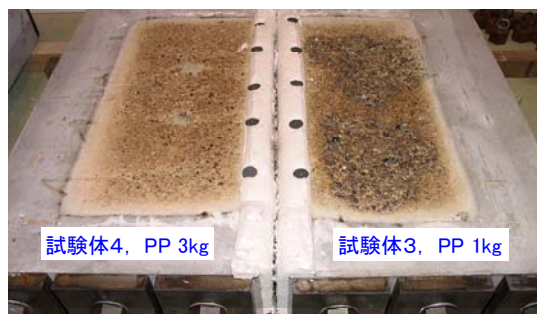


写真2 試験体3, 4 損傷状況

はじめに試験体1と2を同時に加熱した。これらの試験体はPPを含んでおらず、加熱直後からは減しい爆裂を生じた。耐火炉の観測窓を介して炉内のビデオ撮影を行ったが、爆裂の進行過程に大きな差異は見られなかった。この実験の範囲では、強度や水結合材比によって爆裂性状に違いは確認できなかった。爆裂片が激しく飛散し耐火炉の観測窓が破損する危険がでてきたため、17分で加熱を中止したが、この間は絶え間なく激しい爆裂が継続した。

写真1は加熱面の損傷状況である。一次覆工を想定した水結合材比の小さい試験体1の方が爆裂深さは小さくなっている。これは高炉スラグが添加されているためと推察される。

一方PPを含む試験体3と4では、大きな爆裂はほとんど発生せず、遮水シートの温度は100℃以下に保持されていた。加熱面から50mm程度の深さでは最高温度は400℃程度に抑えられている。このため50～60mm程度のかぶりを確保すれば、火災時にもRC構造物としての耐力は維持できるものと考えられる。PPを3kg添加した試験体4のほうが若干ではあるが温度上昇は緩やかであり、ファイバーの添加量による差はわずかではあるが存在する。今回の実験ではベースの配合は変えずに外割でPPを添加したため、3kg添加した場合は、スランプが4cm程度まで低下した。二次覆工コンクリートとしてのワーカビリティを考えれば、PPの添加量は1kg程度に抑えたほうが望ましいと考えられる。

おわりに

水圧相当の圧縮応力を作用させた二次覆工の爆裂性状を確認した。一般には爆裂はほとんど発生しないと考えられている比較的低強度の二次覆工コンクリートにおいても、圧縮応力の作用下では激しい爆裂を生じる場合もあることが明らかとなった。またこのような条件下においても、ポリプロピレンファイバーを1kg/m³程度添加することにより、爆裂を効果的に防止し二次覆工の機能を担保できることが確認された。

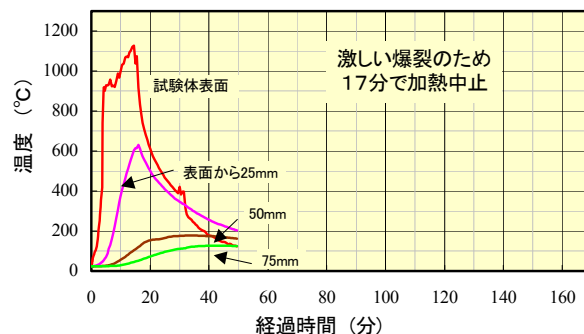


図6 試験体1 温度履歴

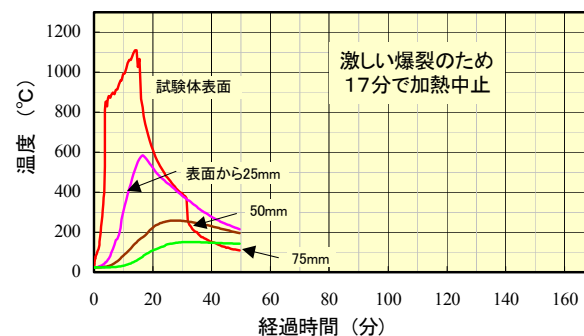


図7 試験体2 温度履歴

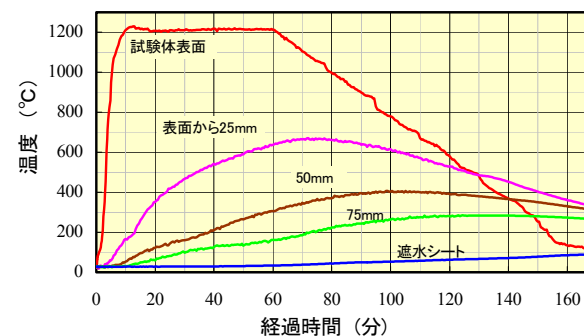


図8 試験体3 温度履歴

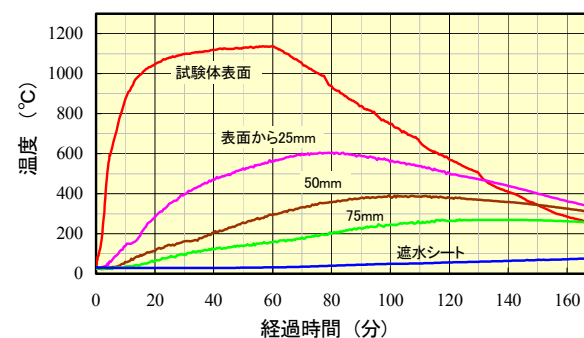


図9 試験体4 温度履歴