加熱条件がコンクリートの爆裂性に及ぼす影響

大成建設（株）正会員　○西田 与志雄　　フェロー会員　丸屋 剛
正会員　堀口 賢一　　水野 敬三

１．はじめに

近年，道路トンネルに使用するRCセグメントや耐火被覆材の耐火性を検証するための加熱曲線として， RABT曲線(図1)が用いられるケースが多くなっている[1)]。RABT曲線では加熱開始から5分で1200℃まで加熱温度を上昇させることが規定されており，建築部材の耐火性能検証に用いられるISO834標準加熱温度曲線に比べて加熱初期の温度上昇速度が大きいため，現在，国内でRABT曲線に対応できる耐火試験施設は限定されている。今回，同一バッチのコンクリートで製作した試験体を用いて，RABT曲線の加熱初期の温度上昇速度が異なる加熱実験を行い，加熱初期の温度上昇速度がコンクリートの爆裂性に及ぼす影響を検討した。

２．試験体

写真1に試験体設置作業の状況を示す。試験体に用いたコンクリートはW/B=26.5%，スランプ22.5cmで，爆裂防止用として有機繊維(径18μm，長さ10mm)を1.5kg/m^{3}混入した。試験体寸法はW800mm×D800mm×H250mmで，試験体の高さ方向中央には軸力導入用のPC鋼棒（C-1，Φ40mm）を設置するための穴Φ48mmを4個設けた。加熱時のコンクリートの圧縮強度は89.4N/mm^2，含水率は4.49wt%であった。

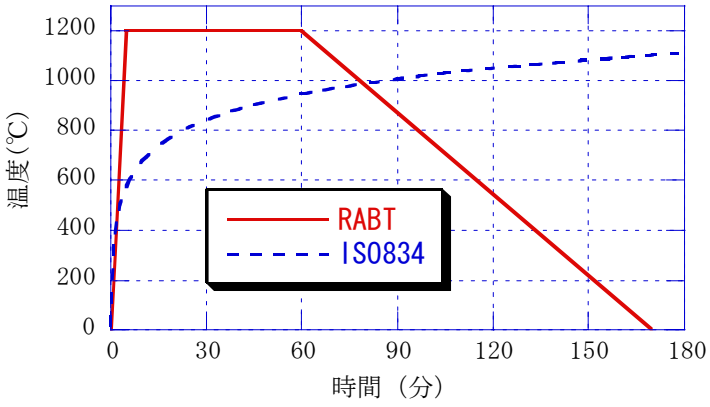

図１　RABT曲線

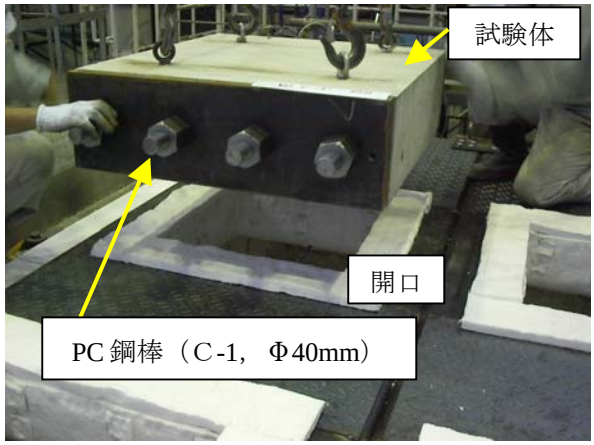

写真１　試験体設置作業の状況

３．実験方法

加熱前の試験体には，内部に配置した4本のPC鋼棒に軸力を導入して，プレキャスト製品の許容応力度σba(＝σck/2.8+1)に相当する圧縮応力をかけた。試験体は耐火炉上の治具の開口を塞ぐように設置し、加熱範囲を550mm×550mmとした。加熱条件はRABT曲線に準拠したケース(Case A)と昇温速度をRABT曲線寄りも緩やかにしたケース(Case B)の2種類とした。

４．実験結果

図2に加熱温度と時間の関係，図3にRABT曲線に準拠して加熱した試験体の欠損深さの観察結果，写真2，3に加熱後の試験体加熱面の状況を示す。炉内温度と時間の関係を比較すると，加熱開始から2分50秒までは何れのケースも180℃/分程度で昇温した。その後の30秒間ではCase Aでは314℃/分とRABT曲線の規定である240℃/分よりも大きくなった。一方，Case Bでは142℃/分で昇温した。炉内温度が1200℃に到達したのはCase Aで加熱開始後6分30秒，Case Bでは22分であった。Case Aでは加熱開始4分～11分で爆裂が発生し，欠損深さは最高34mm，加熱範囲平均15.6mmであった。一方，Case Bでは顕著な爆裂は発生せず，加熱面は軽微な剥離程度の損傷に抑えられていた。

キーワード　RCセグメント，道路トンネル，火災，爆裂，RABT曲線，耐火性
〒163-0606　東京都新宿区西新宿1-25-1　TEL03-5381-5284

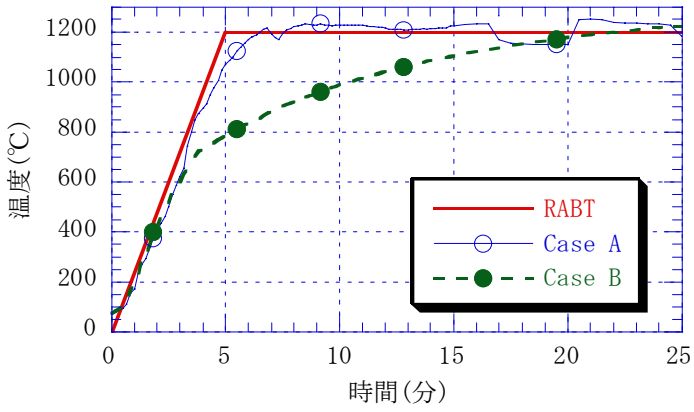

図 2　加熱温度と時間の関係(加熱開始～25 分)

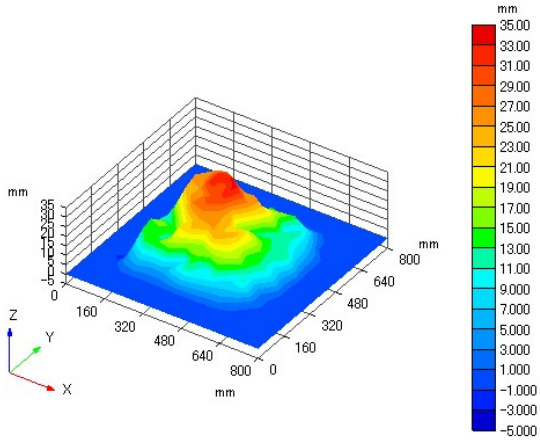

図 3　試験体の欠損深さ(Case A)

写真 2　加熱後の試験体加熱面の状況（Case A）

写真 3　加熱後の試験体加熱面の状況（Case B）

５．考察

加熱温度が 650℃となる加熱開始後 2 分 50 秒までは Case A, B で昇温速度はほぼ同じであったが，その後の昇温速度の違いによってコンクリートの爆裂性には大きな差が表れた。コンクリートが直接火炎に曝される無被覆の試験体の加熱試験では，コンクリートの爆裂は加熱開始から数分で発生するのが一般的である。これは加熱初期における加熱温度の昇温速度が大きい程，試験体加熱面近傍の温度勾配が大きくなり，熱応力による爆裂が生じ易くなる。一方，有機繊維が溶融することによってコンクリート中の水分や蒸気の移動経路が形成されることで蒸気圧による爆裂を抑止する効果にとっては，炉内温度の昇温速度が緩やかな程，その効果は大きくなると考えられる。今回の RABT 曲線における加熱条件の違いによるコンクリートの爆裂性の差は，熱応力と蒸気圧による爆裂のメカニズムおよび有機繊維による爆裂抑止効果の発現に対して，加熱初期の昇温速度が大きく影響して生じたものと考えられる。

６．まとめ

実験結果より RABT 曲線における規定よりも緩やかな加熱条件となった場合は，耐火性能を検証する上で，以下のことを考慮する必要があることが明らかになった。

①規定に準拠した加熱実験の場合に比べてコンクリートは爆裂しにくいため，爆裂性を正確に把握できない。

②試験体内部の温度分布が緩やかになるため，加熱試験時の構造体の熱変形が小さくなる。

③試験体を加熱する熱量が減じられるため，加熱試験後の熱劣化深さが浅くなる。

以上のことから，RC セグメント等の構造部材や耐火被覆材の耐火性能を検証するためには，加熱初期の加熱温度は規定に沿った昇温速度を確保しなければならないことが分かった。

参考文献

1) 例えば，相川智彦 他：MMＳＴ工法への適用を考慮した有機繊維混入コンクリートの耐火性検討（その 1～その 3），土木学会 第 61 回年次学術講演会講演概要集，平成 18 年 9 月，pp. 799-804.