

コンクリートの耐火性評価技術に関する研究

黒崎播磨(株)新事業開発部 正会員 ○松尾幸久 黒崎播磨(株)新事業開発部 非会員 山口一成
黒崎播磨(株)新事業開発部 非会員 深井清輝 九州産業大学工学部 正会員 豊福俊泰

1. はじめに

トンネルなどの火災が想定されるコンクリート構造物に対しては、「耐火性の照査は、所要の性能を満足することを、供試体を用いた耐火試験で確認することにより、これを行わなければならない」と規定されている¹⁾。しかしながら、我が国では耐火試験方法に関する明確な基準がなく、また高温試験が可能な耐火試験設備もない。そこで本研究は、トンネル火災を想定した耐火試験に加え、熱間観察が可能な高精度の耐火試験装置を開発し、さらに、実際にコンクリートの耐火性に関する評価試験を行うことで試験装置の効果を確認したものである。

2. 耐火試験方法の検討

(1)耐火試験装置

耐火試験装置を開発するに当たり、以下の2点を考慮した。第一に、トンネル火災を想定した加熱温度時間曲線を図-1に示す。トンネルは閉所空間的要素を持つため、建築の耐火曲線として知られるISO曲線に比べ、木製家具の火災を想定したRABT曲線やトンネルでの炭化水素火災を想定したRWS曲線は、加熱初期の温度上昇が著しく、また1200℃以上の高温火災になることが想定されている。第二に、耐火構造の設計上、保護材(耐火板等)は著しく変形することなく耐火構造として確実に機能することが前提として考えられている。

そこで、試験炉の要求性能として、最高温度はRWS曲線以上の試験ができるように1500℃とし、RWS曲線、RABT曲線、炭化水素曲線等の耐火試験ができること(急昇温含む)、比較的大形状の試験ができること、背面構造体の測温誤差をできるだけ小さくできるように均一な加熱ができること、熱間観察が可能なこと、炉本体を反転し側面を想定した耐火試験ができることとした。炉内を均一に加熱するには、熱伝導解析結果から、約±20℃以内にすることが望ましいと分かった。

耐火試験炉の概要を、図-2に示す。加熱面積は1×0.6mとした。本炉は、急昇温や精度が要求されたため、バーナー部は特殊な設計を施した。熱間観察が常時行えるよう、カメラは炉外に設置した。

その他の条件は、JIS A 1304(建築構造部分の耐火試験方法)に準じて設計した。なお、炉内温度は、JIS C 1602に規定されるB型熱電対を用いて、5カ所測定するとした。

(2)耐火試験装置の性能検証結果

RWS曲線を用いて、本試験炉の検証を行った。その結果、炉内温度は、予定通り上昇することが確認された。その時に測定した炉内温度の最高温度と最小温度の差異を、図-3に示す。

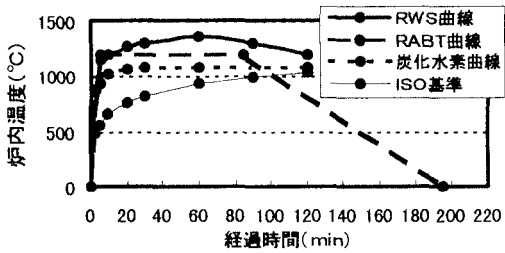


図-1 加熱温度時間曲線

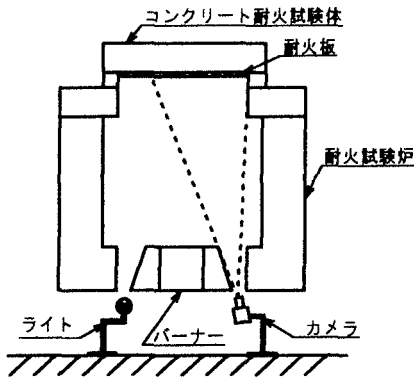


図-2 耐火試験炉の概要

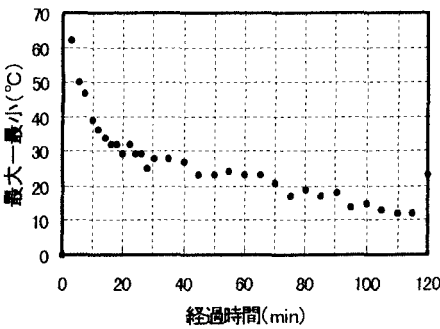


図-3 炉内の温度差

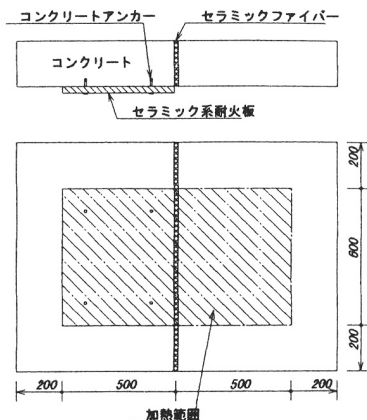
急昇温が終了する加熱 10 分後以降で、設定した許容温度を満足することが確認された。

3. コンクリートの耐火試験結果の一例

開発した試験炉の運用効果を確認するため、耐火保護無し、有りの場合について、コンクリートの耐火試験を実施した。

(1)耐火試験方法

図-4 に示す様に、一面が「耐火保護なし」、他面が「耐火保護あり」のコンクリート耐火試験体を製作した。コンクリートは、W/C=35.5%、スランプ 3cm の標準的なセグメント配合とした。耐火板は、熱伝導率が 0.17W/mk のセラミック系耐火板を用いた。耐火板の取り付けには、SUS316 のコンクリートアンカーを使用した。



加熱温度時間曲線は、図-1 に示す RABT 曲線を元に最高温度での継続時間を60分耐火試験体温度試験中におけるコンクリート表面から 30、60、90mm 深さのコンクリート温度を、JIS C 1602 で規定される 0.75 級の K 型熱電対で測定した。

(2)耐火試験結果

「保護なし」については、爆裂が加熱開始直後の 1 分後から 16 分後までほぼ連続的に発生した。写真-1 に、加熱開始 13 分後における爆裂中のコンクリートの表面状況を示す。爆裂は、φ10cm 程度の大きさの爆裂片もあったが、殆どはφ2cm 程度の大きさの小片が弾けて飛び出す様な状況であり、その後に窪みが認められた。

図-5 に、コンクリートの測温結果を示す。「保護なし」のコンクリート表面側の温度が急速に上昇したのは、熱間観察の結果から、爆裂により熱電対が露出したためと考えられる。同図から、爆裂深さ 30mm に到達する時間は 7 分、同 90mm までは 12 分と、かなり早い時期に爆裂が進むことが分かった。図-6 に示す試験後のコンクリート損傷深さの測定結果から、爆裂は最大 130mm にまで達していることが分かった。

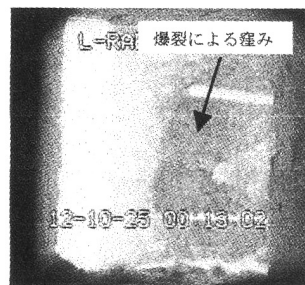
耐火板による「保護あり」の場合は、爆裂は発生しなかった。また、試験終了時 60 分後のコンクリート温度は、図-5 に示すように、30mm 深さで 82℃と、耐火板によるコンクリートの温度上昇抑制効果が優れていることが分かった。試験後のコンクリート表面の亀裂は最大 0.15mm であった。

4. まとめ

開発した耐火試験装置は、この炉が備えた熱間観察装置を使うことで、加熱時のコンクリート構造物や耐火板の熱間挙動等を効果的に把握でき、コンクリートの耐火性を評価できる。

参考文献

- 1) 平成 11 年版コンクリート標準示方書〔施工編〕—耐久性
照査型— 社団法人 土木学会



保護あり←保護なし

写真-1 耐火試験中の表面状況
(19 分後)

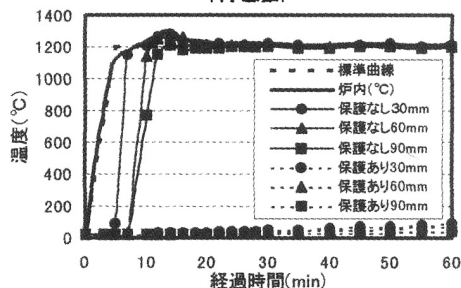


図-5 コンクリート温度

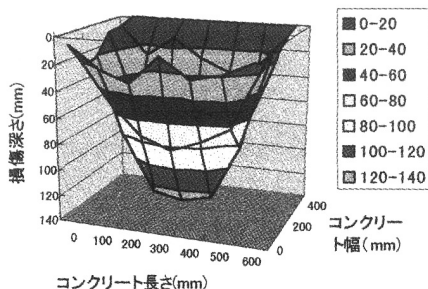


図-6 コンクリート損傷深さ