

# 有孔鋼板の爆裂防止効果に与える空気層の影響

東京都市大学 学生会員 ○千葉 俊二  
東京都市大学 正会員 栗原 哲彦

## 1. 目的

2008 年 9 月にユーロトンネルの火災事故が発生し、コンクリートが爆裂した。このようにコンクリート構造物が火災を受け爆裂が発生した事例が近年でも報告されている<sup>1)</sup>。そこで、既存のコンクリート構造物に適用する爆裂防止策の研究は数多くされている<sup>2)</sup>が、吹き付けや一般的な耐火板を設置する工法は、母材コンクリート表面を常時目視不可能という欠点がある。そこで本研究は、有孔鋼板を用いることで欠点を補い、熱を分散することで爆裂防止効果が期待できるか確認することを目的として行う。

また、著者らが行った研究<sup>3)</sup>で、鋼板に開ける穴の形状によっては、爆裂防止効果があることを確認している。そこで本報告では、新たに、爆裂防止できた有孔鋼板の設置位置を変化させ、コンクリートと鋼板の間の空気層が爆裂防止効果に与える影響を実験から得られたデータをもとに比較、検討する。

## 2. 実験概要

### 2. 1 試験体概要

作製するコンクリート試験体の示方配合を表-1 に、試験体諸元を表-2 に示す。試験体の下面側に鋼板設置用にナットをあらかじめ 8 箇所埋め込んでおき、ボルトによって鋼板を固定する。また、図-1 の様に K 型

熱電対を埋め込み、コンクリート内部温度を測定した。本報告では、最高温度となる試験体長手方向の中央地点 (D0, D1, D3) の温度の比較を行った。

鋼板は、写真-1 の様に、φ3mm の穴を開けたものと、無垢のものを使用する。鋼板の諸元を表-2 に示す。また、鋼板は、試験体下面 10mm に設置する空気層有りのパターンと、試験体下面に隙間なしで設置する空気層無しのパターンとで設置した。

なお、各シリーズ 2 本ずつ試験体用い、実験を行ったが、本報告は各シリーズ 1 本ずつの比較を行った。

### 2. 2 トンネル加熱実験概要

本実験では、著者らの研究<sup>3)</sup>で報告した、模擬トンネル加熱システムを用い加熱実験を行った。はり試験体下部の中央部が最高温度になるよう加熱を行い、加熱時間は 1 時間とした。トンネル内部の昇温勾配は加熱開始 5 分で 700℃程度である。なお、爆裂の判定は、爆裂音で判断し、発生した時間を記録した。また、トンネル内部に図-1 の様にシース熱電対を設置し、トンネル内部温度を測定した。本報告では、最高温度となる中央地点 (b 地点) に着目し、加熱が良好に行えたかを確認する。

表-1 示方配合

| W/(C+SF)<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |     |     |      |
|-----------------|-------------------------|-----|------|-----|-----|------|
|                 | W                       | C   | SF   | S   | G   | Ad   |
| 20              | 108                     | 533 | 97.6 | 767 | 855 | 21.8 |

W:練混ぜ水 C:セメント SF:シリカフューム  
S:細骨材 G:粗骨材 Ad:高性能AE減水剤

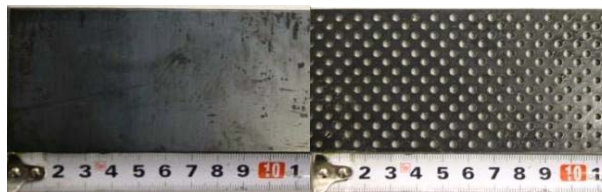


写真-1 鋼板形状

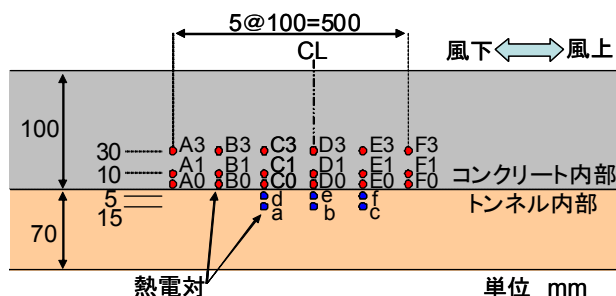


図-1 熱電対設置位置

表-2 試験体諸元

| 試験体名   | 試験体寸法<br>(mm) | 圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) | 含水率<br>(%) | 鋼板    |             |         | 空気層の有無  |
|--------|---------------|------------------------------|--------------------------------|------------|-------|-------------|---------|---------|
|        |               |                              |                                |            | 材質    | 寸法(mm)      | 穴の径(mm) |         |
| S00-10 | 100×100×1200  | 111                          | 42.9                           | 4.05       | SS400 | 60×2.2×1200 | 0       | 有(10mm) |
| S03-10 |               | 95.8                         | 41.6                           | 3.50       |       |             | 3       | 有(10mm) |
| S00-00 |               | 125                          | 41.3                           | 3.61       |       |             | 0       | 無       |
| S03-00 |               | 122                          | 42.3                           | 3.72       |       |             | 3       | 無       |

キーワード 有孔鋼板, 高温加熱, 爆裂, 内部温度

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 工学部 都市工学科 栗原研究室 E-mail:nkuri@tcu.ac.jp

3. 実験結果および考察

爆裂状況を表-3に示す。空気層無しの試験体は2パターンとも爆裂が発生した。初期爆裂発生後、2回程度爆裂は発生したが、加熱中頻繁に爆裂が発生することには無かった。これは、爆裂が発生したことで、鋼板とコンクリートの間に空気層ができたためだと考えられる。また、初期爆裂発生時間には時間差があるが最大爆裂深さは共に17mmとなった。

図-2にトンネル内部温度(b地点)とコンクリート内部温度(D0地点)の温度-時間曲線を示す。なお、S03-00のD0地点は、爆裂が発生し、熱電対が故障したため、測定が12分以降不可能となった。b地点の温度は、多少ばらつきはあるが加熱開始5分で700℃に達し、良好な実験が行えたことを確認した。D0地点を比較すると、空気層の有無で加熱初期の昇温勾配に差があり、加熱開始10分以降の昇温勾配は空気層の有無で変化がないことがわかる。また、表-3に加熱開始5分までの昇温勾配を示す。S00-00とS03-00は、20℃/min以上となり、S00-10とS03-10は10℃/min程度になっている。これらのことより、初期の昇温勾配を抑えることが爆裂防止に繋がるのではないかと考えられる。

D0, D1, D3地点の加熱開始30分までの時間別コンクリート内部温度-試験体高さ分布を図-3(無垢)、図-4(φ3mm)に示す。加熱開始10分でD0とD3地点の温度差が、S00-00, S03-00は100℃以上になり、S00-10, S03-10は50℃以下になっている。つまり、昇温勾配が急であると、当然ながら、コンクリート表面と内部の温度差が大きくなる。このことが、爆裂に繋がったため、本実験の範囲内においては、50℃程度以下になるように熱の伝達を抑える必要があると考えられる。

4. まとめ

- 本研究で得られた結果を、以下に示す。
- (1) 鋼板を用いる場合、空気層をもたせることで爆裂防止可能となり、空気層なしでも持続的な爆裂の発生を防ぐことができ爆裂を軽減する効果はある。
  - (2) 加熱10分後のコンクリート内部の昇温勾配は、空気層の有無であまり変化が無いため、いかに初期の昇温勾配を抑えるかが、爆裂防止に繋がるのではないかと考えられる。
  - (3) 爆裂を防止するには、コンクリート内部の高さ方向の温度差を50℃程度以下に抑えることが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 日経BP社：英仏海峡トンネル火災で深刻な構造被害，日経コンストラクション，pp.20-21，2008.12.12
- 2) 土木学会：コンクリート構造物の耐火技術研究小委員会報告ならびにシンポジウム論文集，pp.付49-付58，2004.10
- 3) 千葉俊二：金属板設置によるコンクリートの爆裂防止策の有効性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，2010（投稿中）

表-3 爆裂状況および昇温勾配

| 試験体名   | 爆裂判定 | 爆裂発生時間<br>(min) | 最大爆裂深さ<br>(mm) | 昇温勾配<br>(℃/min) |
|--------|------|-----------------|----------------|-----------------|
| S00-10 | ○    | -               | -              | -               |
| S03-10 | ○    | -               | -              | 9.3             |
| S00-00 | ×    | 26              | 17             | 21.1            |
| S03-00 | ×    | 12              | 17             | 23.9            |

※ ○:爆裂なし，×:爆裂発生

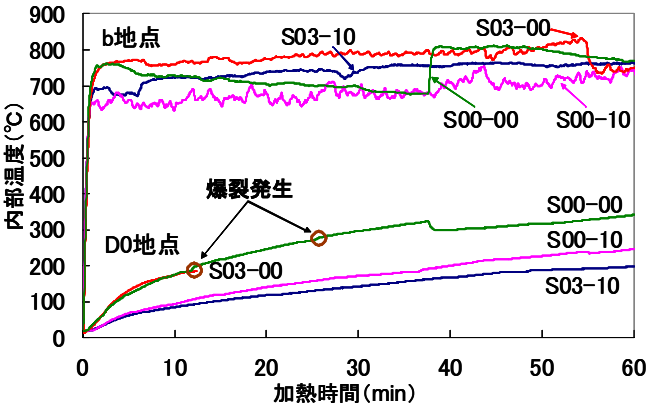


図-2 内部温度-時間曲線

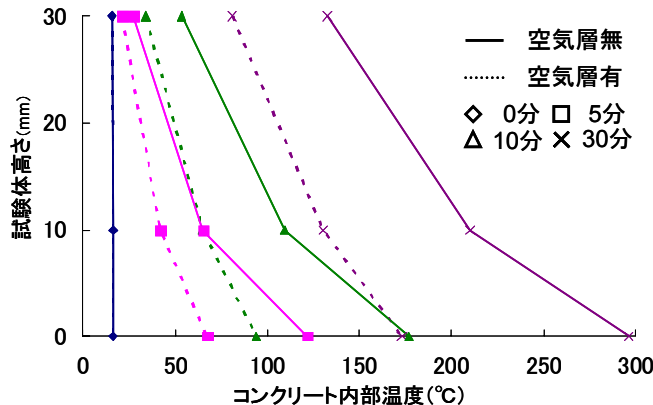


図-3 時間別コンクリート内部温度 (S00)

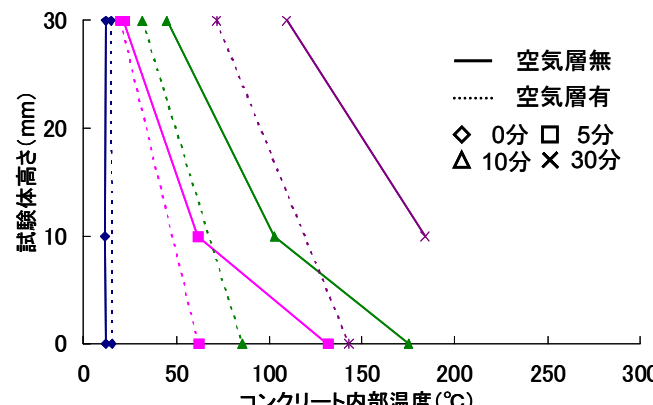


図-4 時間別コンクリート内部温度 (S03)