

## 横浜環状北西線シールドトンネル（港北行）のセグメントの実大耐火試験（その2） 〔合成セグメント〕

|           |     |        |
|-----------|-----|--------|
| 首都高速道路（株） | 正会員 | 内海 和仁  |
| 首都高速道路（株） |     | 上村 健太  |
| 大成建設（株）   | 正会員 | ○佐藤 充弘 |
| 大成建設（株）   | 正会員 | 麻 泰宏   |

### 1. はじめに

横浜環状北西線シールドトンネル（港北行）では、RC セグメントに加えて、トンネルの特殊構造区間には鋼製セグメントと鋼・コンクリート一体構造の合成セグメント（大成建設（株）開発のハイブリッドセグメント）を使用している。このうち、鋼製セグメントには耐火板による被覆を計画しているが、合成セグメントはRC セグメントと同様に、セグメント自体に耐火機能を持たせる構造として耐火工の省略、維持管理性の向上を図っている。前報（その1）に続き、本報では、合成セグメント（図1参照）の耐火性能を確認する目的で実施した実大耐火性能確認試験の結果を報告する。

### 2. 耐火要求性能と確認方法

耐火要求性能は、RABT60 分火災温度時間曲線を想定した火災時に、セグメントの耐力に影響を及ぼすコンクリートの爆裂を生じないことである。実大耐火性能確認試験では、加熱後試験体の表面を目視観察により爆裂を生じていないことを確認する。また、部分的な爆裂を生じても構造部分のコンクリート（被り部の耐火代 70mm を除く）、鋼殻鋼材、鋼製継手の温度が 350℃以下、地山側シール材が 100℃以下であることを、温度計測により確認する。

### 3. 試験概要と試験体

実大セグメントに近い寸法の本体部及び継手部を模擬した試験体を製作し、設計断面力を作用させた状態で大型加熱炉（加熱範囲幅 1.5m×長さ 3.0m）に設置し、RABT60 分火災曲線による加熱試験を実施した（写真1参照）。本体部試験体（幅 1.5m×長さ 4.0m×厚さ 0.45m）は、コンクリートの内縁側圧縮応力度が最大となる負曲げ状態を再現し、継手部試験体（幅 1.5m×長さ 2.0m×厚さ 0.45m の2体を継手金物で嵌合）は、継手部の内面側目開きが最大となる正曲げ状態を再現した。設計断面力は、PC 鋼棒を用いて軸力及びその偏心による曲げモーメントを導入した。本体部には把持金物、薬液注入孔、セラミックインサートを設置し、継手部にセグメント間継手とシール材を設置した。

### 4. 合成セグメントの仕様

合成セグメントは、鋼殻にコンクリートを充填したコンクリート一体型鋼製セグメントである。本工事では適用区間の荷重条件に合わせて、鋼材仕様の異なる3タイプの設計を行った。耐火試験においては、最も鋼材量が大きく加熱時の温度伝達がされやすい仕様を選定し、総合的に安全側の判断が行えるようにした。合成セグメント試験体の断面諸元を図2に示す。

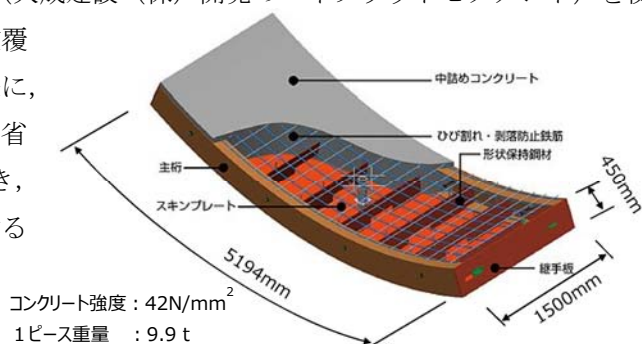


図1 合成セグメント1ピースの姿図

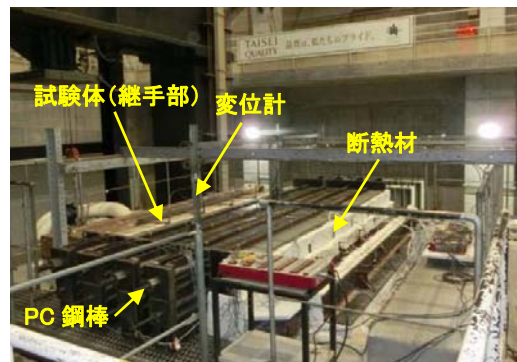


写真1 耐火試験実施状況

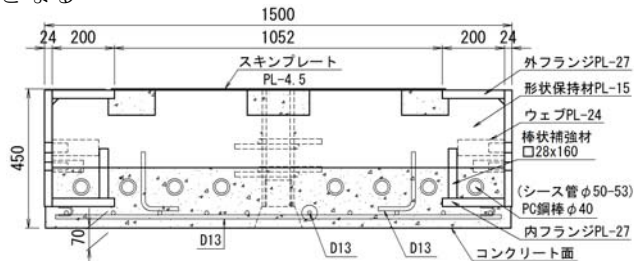


図2 合成セグメント試験体断面図

キーワード シールドトンネル, 合成セグメント, ハイブリッドセグメント, 耐火, 爆裂, ポリプロピレン繊維  
連絡先 〒231-8616 神奈川県横浜市中区長者町 6-96-2 TEL045-232-5812

## 5. コンクリート配合

コンクリートの設計基準強度は  $42\text{N/mm}^2$  とした。RC セグメントと同様に、火災時のコンクリート爆裂防止対策と常時のひび割れ抑制、剥落防止の両立を図り、ポリプロピレン繊維 ( $\phi 64.8\mu\text{m} \times \text{L}12\text{mm}$ ) を  $2.73\text{kg/m}^3$  混入した。耐火試験実施時の実強度は、本体部： $\sigma_{64}=65\text{N/mm}^2$ 、継手部： $\sigma_{68}=67\text{N/mm}^2$  であった。

## 6. 計測内容

試験体の内部及び外部に取付けた熱電対により、コンクリート、鋼材、セグメント間継手金物、把持金物、薬液注入孔、シール材の温度を計測した。火災時に内部の鋼材を保護するコンクリート耐火代  $70\text{mm}$  の有効性を確認するため、コンクリートの内部温度計測は加熱面付近を密に計測した (図 3 参照)。参考として、コンクリートと PC 鋼棒のひずみ、試験体の変形量も計測した。

## 7. 試験結果

本体部と継手部の試験体における主な試験結果を以下に示す ([ ] 内は継手部の計測値)。(1) **コンクリート温度**：コンクリート表面から内部に深くなるにつれて温度は急激に低下し、最高温度は加熱面から  $35\text{mm}$  位置で約  $480$  [487]  $^{\circ}\text{C}$ 、加熱面から  $100\text{mm}$  位置で約  $200$  [182]  $^{\circ}\text{C}$ 、セグメント高さの半分 (表面から  $225\text{mm}$  位置) で約  $85$  [86]  $^{\circ}\text{C}$ 、セグメント背面位置で約  $55$  [53]  $^{\circ}\text{C}$  であった。最も重要なセグメント内面側の耐火代  $70\text{mm}$  位置で、最高温度は約  $285$  [298]  $^{\circ}\text{C}$  (加熱開始から約  $138$  分) であった。図 4 にコンクリート最高温度の断面分布を示す。(2) **鋼材温度**：加熱面に最も近い鋼殻主桁のフランジ表面での最高温度は約  $210$  [168]  $^{\circ}\text{C}$  (加熱開始から約  $141$  分) であった。(3) **継手温度**：セグメント間継手の最高温度は  $97^{\circ}\text{C}$  であり、金物の耐力低下は認められず健全性が確認された。(4) **把持金物温度**：加熱面に近い把持金物の最高温度は約  $809^{\circ}\text{C}$ 、内部天端の最高温度は約  $64^{\circ}\text{C}$  であった。(5) **薬液注入孔温度**：加熱面に近い把持金物の最高温度は約  $883^{\circ}\text{C}$ 、内部天端の最高温度は約  $58^{\circ}\text{C}$  であった。(6) **シール材温度**：シール材 2 段のうち背面地山側の最高温度は約  $71^{\circ}\text{C}$  であった。継手位置に熱気が直に侵入する程の目開きはなく、高い断熱性を有することが確認できた。(7) **試験体の変位**：加熱時の変位量は、本体部で最大  $3\text{mm}$  程度、継手部の支間中央で最大  $7\text{mm}$  程度であった。(8) **加熱後試験体の目視観察**：コンクリート表面には一般的に見られる骨材等の溶解した形跡だけが見られ、コンクリートのひび割れ、剥離、剥落の発生はほとんど認められなかった (写真 2~4 参照)。

## 8. おわりに

合成セグメントの実大耐火性能確認試験では、セグメントの耐力に影響を及ぼすコンクリートの爆裂は発生せず、各部材の最高温度も許容温度以内であり、要求性能を十分に満足した。また、本工事における合成セグメントの耐火性能は、RC セグメントと比較して同等以上であることが確認できた。

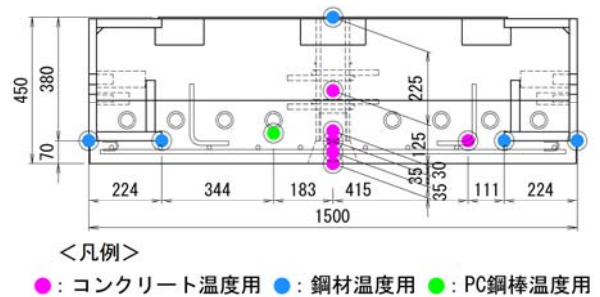


図 3 内部温度計測位置

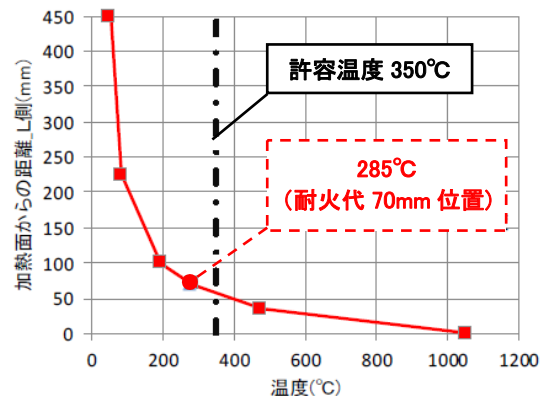


図 4 コンクリート最高温度断面分布 (本体部)

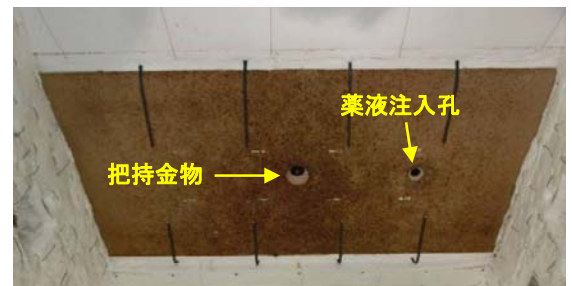


写真 2 加熱後の本体部試験体

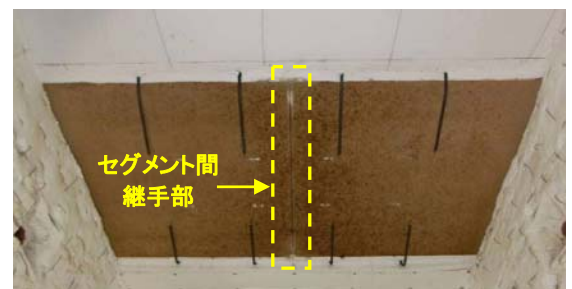


写真 3 加熱後の継手部試験体



写真 4 加熱面拡大 (本体部試験体)