

RCセグメント耐火性能確認 (その2：設計への反映)

西松建設 土木設計部	正会員 ○山本 達也
西松建設 土木設計部	正会員 村上 初央
西松・戸田・奥村特定建設工事共同企業体	正会員 坪井 広美

1. はじめに

近年、特に都市部において、シールド工法による道路トンネルの構築が急増している。道路トンネルは、高速道路などで車両事故等によりトンネル内で火災が発生すると、火災の高熱により覆工コンクリート (RCセグメント) は、爆裂や強度低下が発生することが知られている。しかし、現状では、火災時のRC断面欠損量の設定方法がオーソライズされておらず、施工者が受注後に耐火実験を行い、その結果を考慮したセグメント設計を行っているのが通例となっている。今回、大断面道路トンネル工事におけるRCセグメントを対象に、爆裂を起こさないコンクリート配合を決める基礎実験と、実物大のRCセグメントを模擬した供試体による耐火実験を行い、火災時の断面欠損量を把握し、セグメントの実設計に反映した。本報文は、耐火性能確認試験検証結果を踏まえたRCセグメントの設計内容について報告するものである。

2. 要求性能

トンネル構造物のコンクリートに対する耐火工設計施工指針(案)では、耐火要求性能およびセグメント構造内部・鉄筋・継手金物・シールド材などについての許容温度があげられている (表 1)。これら各部材の受熱温度が許容温度を下回り、要求性能を満足するセグメント設計を行うために、実物大の供試体により耐火実験を行い、各部材の受熱温度を計測し、許容温度を超過する範囲を把握することとした。

2.2 耐火工の要求性能

- 耐火工は、火災時において、トンネル構造が常時に必要とされる安全性および使用性を維持できる性能を有する必要がある。
 - 耐火工は常時および地震時において、想定される外力に対して、耐火工そのものの安全性を有する必要がある。
- トンネル構造物のコンクリートに対する耐火工設計施工指針(案)より抜粋

表 1 許容温度

コンクリート 継手金物	鉄筋	止水材 (地山側)
350℃以下	300℃以下	100℃以下

3. 耐火実験概要

実物大耐火実験にさきがけて、コンクリート加熱時の爆裂防止に効果のあるポリプロピレン繊維の混入率を違えた基礎実験を行い、加熱後に爆裂を起こさないポリプロピレン量(2.0kg/m³)を確認し、実物大供試体の配合とした。実物大耐火実験は、地山側シールド材、内面側耐火代と把持金物周り、継手金物の許容温度超過範囲を確認するためのもので、該当箇所熱電対を配した(図 1, 図 2)。なお、供用中の覆工状態を模擬するために、供試体にPC鋼棒を用いて設計軸力分の圧縮応力を発生させた状態で加熱を行った。

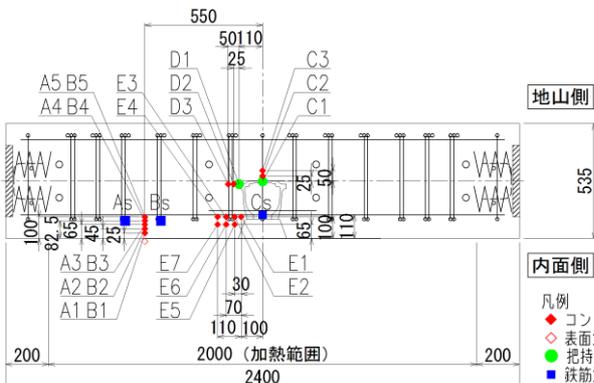


図 1 一般部セグメント

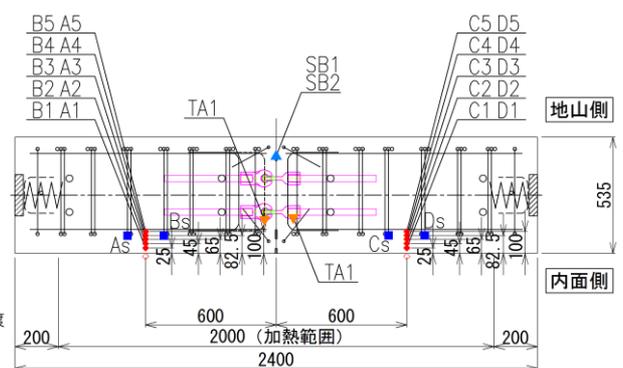


図 2 継手部セグメント

キーワード 大断面, シールドトンネル, 道路トンネル, RCセグメント, 耐火実験

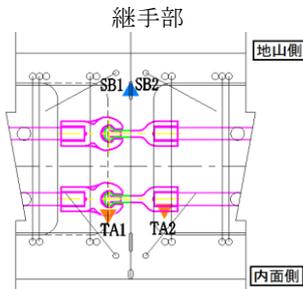
連絡先 〒105-6310 東京都港区虎ノ門 1-23-1 虎ノ門ビルズ 10階 土木設計部 設計二課 TEL:03-3502-7560

4. 耐火実験結果より設定した耐火代

実物大耐火実験を行った結果、鉄筋・シール材・継手金物に関しては、それぞれの位置において許容温度以下となった(表 2)。コンクリートに関しては、加熱面近傍である内面側の全般と把持金物周囲に許容温度 350℃を越える部分が確認された(図 3)。実験結果の温度分布より、セグメント内面側と把持金物周りでコンクリート受熱温度が 350℃以上となった範囲の RC 断面を控除し、応力度照査を行った。

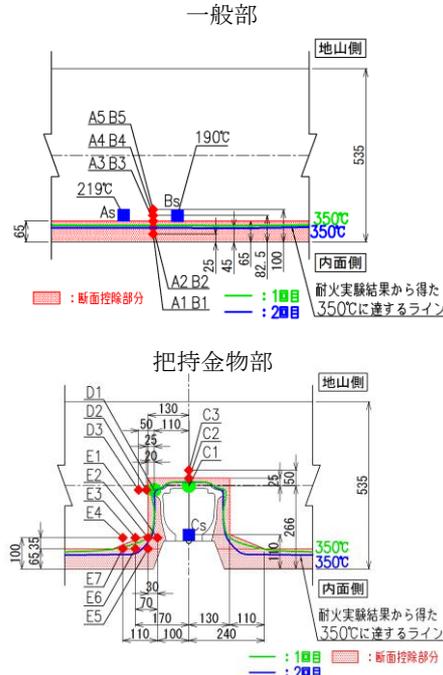
表 2 耐火実験結果表

項目	最高温度 ℃	規格値 ℃	判定
コンクリート 深さ 65mm 位置	322	350	OK
鉄筋 深さ 82.5mm 位置	219	300	OK
継手金物 (内面側)	107	350	OK
シール材 (地山側)	27	100	OK



温度計測結果
(継手部)

継手部	
計測箇所	最高温度(℃)
TA1	107
TA2	91
SB1	27
SB2	27



1 回目温度計測結果
(一般部・把持金物部)

一般部	
計測箇所	最高温度(℃)
A1	547
A2	392
A3	322
A4	258
A5	157
B1	573
B2	378
B3	246
B4	203
B5	158
As	219
Bs	190
Cs	287

把持金物部	
計測箇所	最高温度(℃)
C1	457
C2	263
C3	173
D1	384
D2	188
D3	132
E1	546
E2	357
E3	292
E4	272
E5	526
E6	401
E7	363

図 3 実験結果温度分布

5. 応力度照査結果

応力度照査は、セグメント設計計算書(原設計)の断面力を用い、断面欠損を考慮した検討断面(図 4)を用いて行った。なお、実験結果から得られた断面欠損を考慮したセグメント断面において、把持金物に最も近接する 2 本の主鉄筋位置でのコンクリート温度は、鉄筋の許容温度 300℃を超えていることが確認されたため、断面照査時には考慮しないものとした。検討の結果、許容応力度を超過する場合においては、補強鉄筋を設置することで、断面欠損後も構造の安全性を確保できることが分かった。補強鉄筋の配置は、実績も考慮し、鉄筋のあき等に配慮した配筋とした。鉄筋配置の一例を図 5 に示す。

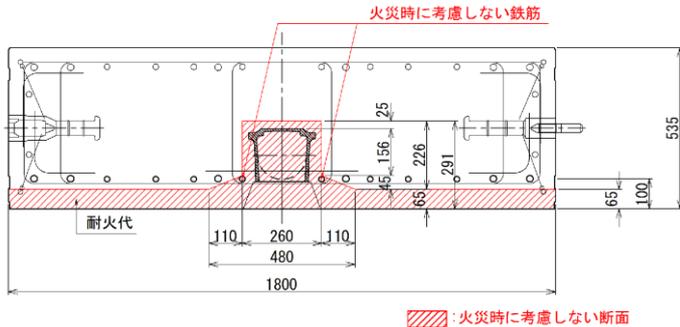


図 4 断面欠損部を考慮した検討断面

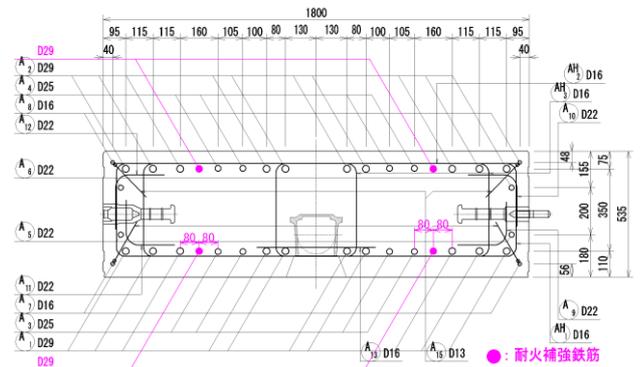


図 5 補強鉄筋配筋図

6. おわりに

道路用シールドトンネル工事の増加など、耐火機能を有したセグメントの需要は今後ますます増えるものと思われる。工事都度に耐火実験を行うことは不経済であり、今後の耐火セグメント設計方法の確立が望まれる。今回の報文が耐火セグメントの設計方法確立のための一助となれば幸いである。