

道路シールドトンネルにおける可とうセグメントの耐火工

－ 秋田中央道路整備工事（SA20-10）－

大成建設(株) 正会員 ○小原 伸高

大成建設(株) 正会員 西岡 巖

大成建設(株) 岡谷 利之

1. はじめに

秋田中央道路はJ R秋田駅の東西間を結ぶ都市計画道路である。その大部分がシールド工法により施工されるトンネル構造であり、覆工は二次覆工省略型のRCセグメントが主体となっている（図-1）。トンネルが通過する深度にはN値=0~1の軟弱粘性土からN値 ≥ 50 の洪積砂室土層、砂礫層、軟岩と非常に幅広い性状の土層が分布しており、耐震対策として立坑取付部や地盤急変部に可とうセグメントを3箇所設置する設計としている。本稿では可とうセグメント部の耐火工の設計および性能確認試験について報告する。なお、本工事は設計・施工一括発注方式により発注されている。

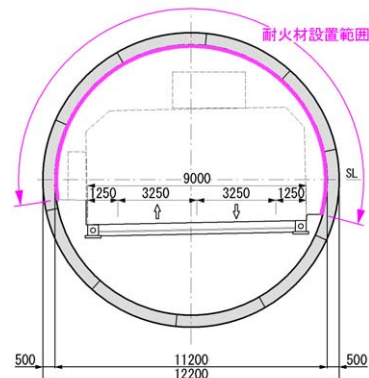


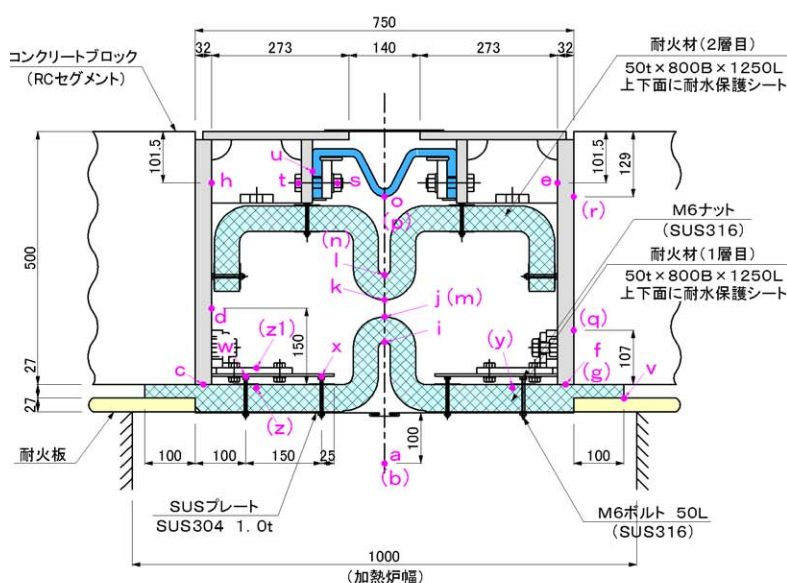
図-1 標準断面図

2. 耐火工の要求性能

可とうセグメントの耐火工の主要要求性能は、火災想定曲線をRABT曲線（60分加熱+110分除冷）とし、①セグメント本体部（スチール）の最高温度は350℃以下とすること、②トンネル使用上で復旧できない漏水ならびに不都合な変形・損傷が覆工構造体（セグメント本体、継手部、シール材など）に残留しないこと、③耐火工が落下しないこと、である。また、耐火工の性能は実物大試験により確認することと規定されている。

3. 耐火工の概要

可とうセグメントの耐火工は、セグメント本体部、止水ゴムおよびシール材位置の火災時温度を許容値以下に抑えると同時に可とう性を有する構造とする必要がある。止水ゴムとシール材の許容温度は、それぞれの材質から120℃および100℃と設定した。耐火工の概要および加熱試験における温度測定位置を図-2に示す。耐火材はセラミックファイバースランケットとし、必要な断熱性を確保するため2層構造とした。耐火材の設置方法は、1層目（地山側）は可とうセグメントの内面カバープレートに溶接したナットにボルトにより固定し、2層目は可とうセグメントの主桁と副桁（止水ゴム取付鋼板）にナットを溶接してボルトにより固定する。



熱電対の設置目的	数量	熱電対設置位置の記号
炉内の温度測定用	2	a, b
可撓セグメント本体部の温度測定用	6	c, d, e, f, g, h
耐火材の温度測定用	6	i, j, k, l, m, n
止水ゴムの温度測定用	3	o, p, u
シール材の温度測定用	2	q, r
止水ゴムの熱履歴温度測定用	2	s, t
一般部との取り合い部の温度測定用	1	v
耐火材取付ボルトの温度測定用	2	w, x
表面側耐火材の界面温度測定用	3	y, z, z1
合 計	27	

●印：熱電対設置位置 断面1：熱電対17箇所
断面2：熱電対10箇所…（ ）内

図-2 可とうセグメント耐火工概要図および温度計測項目

キーワード：シールド、耐火、可とうセグメント、加熱試験、道路トンネル

連絡先：〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 大成建設（株）土木設計部 TEL 03-5381-5417

ナットやボルトの材質は耐久性より SUS316 とした。また、洗浄等により耐火工に水が浸入することが想定されるが、セラミックファイバブランケットは水を吸収するため、吸水状態にて火災が発生した場合、水蒸気爆発により耐火性能を発揮できない可能性もある。従って耐火材に耐水を目的とした保護シートを1層目、2層目に被覆して性能維持を図った。これはガラスクロスにシリコンコーティング処理をした不燃性で有毒ガスの発生がない保護シートで耐水性を有する材料である。また、耐火材のブランケットは火災時の燃焼ガスのガス圧を透過させて断熱性能を阻害させる可能性があるため、これを避けるためにトンネル内面側にステンレス板を設置した。

4. 加熱試験

耐火工の性能は実物大のセグメント部分試験体（セグメント幅 750mm×セグメント厚さ 500mm×周方向長さ 800mm）を RABT 曲線に従った加熱が可能なガス炉による加熱試験により確認した。実験結果の概要を図-3～図-6 に示す。

可撓セグメント本体部への温度移行は、①熱電対の c→d→h が 148℃→108℃→54℃、②熱電対の f→e が 208℃→55℃、③熱電対の g が 193℃（いずれも最高温度）と3つの経路での温度測定結果により、いずれも 350℃を超えないことを確認できた。

止水ゴムへの温度移行は、①熱電対 o が 50℃、②熱電対 p が 48℃と2つの経路での温度測定結果により、いずれも 120℃を超えないことを確認できた。

シール材への温度移行は、①熱電対 r が 54℃（地山側：シール材位置）、②熱電対 q が 92℃（内空側：緩衝材位置）と 100℃を超えないことを確認できた。

また、加熱後の試験の健全性を目視により確認した。耐火材の落下等は認められず、セグメント本体部、継手部、シール材などの覆工構造体に変形、損傷なども認めらなかったため（写真-1）、火災後においても覆工構造体の性能劣化がないことが確認できた。

6. まとめ

現在は平成 19 年 4 月の竣工に向けて工事が順調に進捗している。写真-2 は可とうセグメントへの耐火工が完了した状況であり、この後で隣接 R C セグメントへ耐火板を設置する。可とうセグメントに RABT 曲線に対応した耐火工を行なうのは本工事が国内初めての事例となるが、本報告が今後の類似計画の参考になれば幸いである。



写真-1 加熱後試験体



写真-2 耐火工設置状況

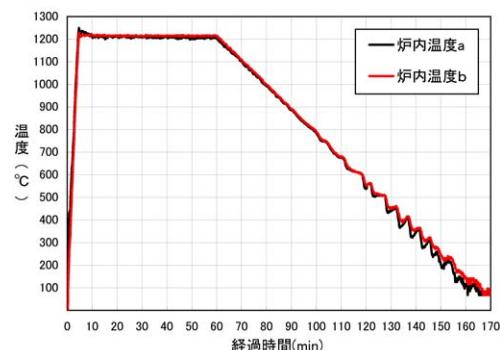


図-3 炉内の温度 (RABT 曲線)

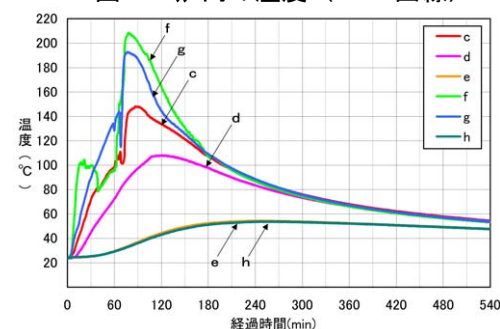


図-4 可とうセグメント本体の温度

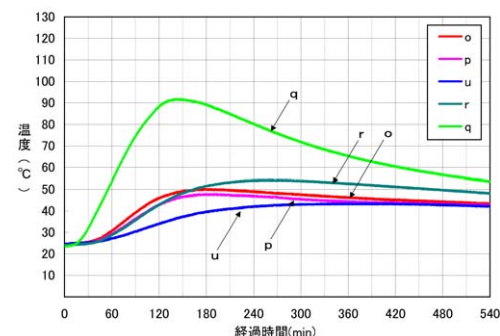


図-5 止水ゴム・シール材の温度

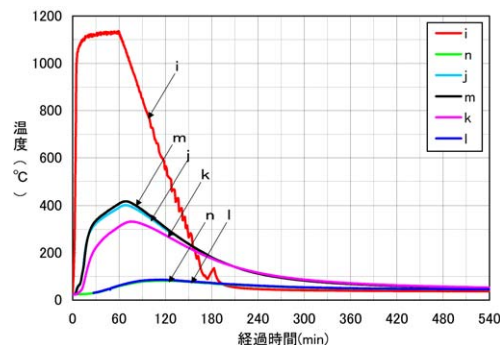


図-6 耐火材の温度