

ダクタイトイルセグメントの耐火性能確認試験

クボタ 正会員 今野勉 野村智之 浜田要
 同上 入谷孝
 黒崎播磨 正会員 松尾幸久

1. はじめに

近年、都市部で高速道路を建設する場合、用地取得が困難なことや周辺環境への影響を少なくするために、シールド工法を用いて地下にトンネルを建設する事例が増加してきている。シールドトンネルは覆工材のセグメントが周囲の土圧や水圧を支持する構造物であるため、道路トンネルにおいては特に車両等による火災時におけるセグメントの健全性確保が重要である。このような状況の中で、主に重荷重部を対象として用いられているダクタイトイルセグメントに関して、耐火材として耐火パネルを用いた場合の耐火性について、解析と試験で性能確認を行ったのでその結果を以下に報告する。

2. セグメントの構造及び耐火材

2-1 セグメント構造

今回検討したダクタイトイルセグメントの構造を下表に示す。セグメントの内径側に耐火パネルをブラケットあるいはアンカーで取り付け、それによって耐火性能を持たせる。コルゲート型と4主桁型は地盤条件により、内面コンクリート有無については耐食性・耐火性の要求度によって使い分けをする。

コルゲート型 〔 H400 W1200		
4主桁型 〔 H400 W1200		
内面コンクリート	無し	あり(コンクリート被り110mm)
耐火材取付け	ブラケット金具を介して取り付け	アンカーを内面コンクリートに打ち込み

2-2 耐火材

試験に使用した耐火パネルの性質を表2に示す。アルミナセメントと焼成骨材などの無機素材を主原料としたセラミック系耐火板である。厚さは内面コンクリート無し25mm、あり20mmとした。また、耐火パネル間の目地の隙間は2mmに設定した。

種類	セラミック系
材質	アルミナシリカ質
密度	1000 kg/m ³
熱伝導率	0.17 W/(m・K)
比熱	840 J/(kg・K)

3. 加熱条件と測定方法

3-1 試験目的及び試験方法

耐火試験での実際の温度分布の確認、伝熱解析結果との比較、セグメント本体及び付属部品（ボルト、シール材など）の健全性の確認を目的として、耐火試験を実施した。耐火試験は、図1に示す耐火試験炉（加熱範囲60×100cm）を使用した。

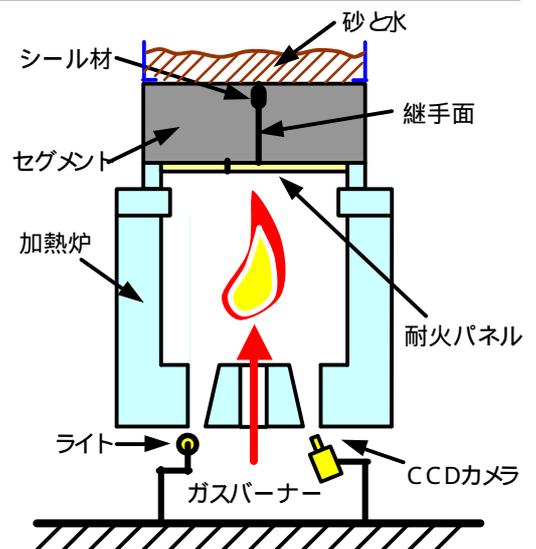


図1 加熱炉

キーワード；道路トンネル、ダクタイトイルセグメント、耐火パネル、伝熱解析、耐火試験

連絡先；大阪市大正区南恩加島 7-1-22 TEL 06-6552-1180 FAX 06-6552-9040

3-2 試験条件及び評価項目

火災性状を想定した加熱時間温度曲線は、「ドイツにおける道路トンネルの設備と運用に関する指針」で制定された RABT 曲線（図2参照）とした。試験供試体は継手の目地を考慮した形状とし、図3に示すような合計12箇所を温度測定した。

試験での評価項目は各部の温度、コンクリート爆裂の有無、シール材及び外観の劣化度合とした。また、セグメント各材料の許容温度は要素試験の結果及び文献より、表3に示す通りの数値とした。

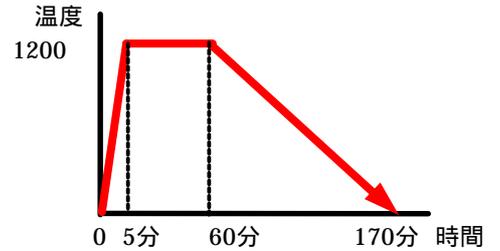


図2 RABT曲線

表3 セグメント材料の耐火許容温度

部材	耐火温度	設定根拠
ダクティル鉄	400	急激な強度低下前
アクリル樹脂塗料	250	試験結果より
内面コンクリート	350	爆裂限界
ボルト	400	メーカー資料より
ダクロ処理	250	メーカー資料より
4フッ化樹脂	180	メーカー資料より
シール材	150	試験結果より

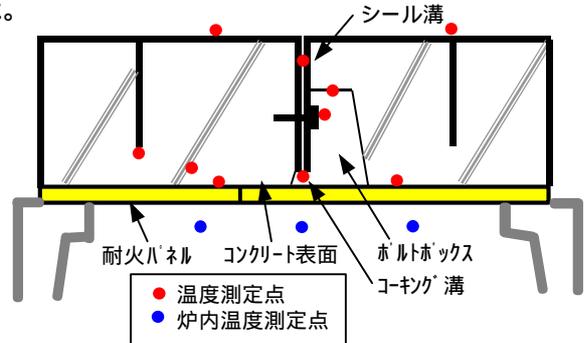


図3 温度計測箇所

4. 伝熱解析

耐火試験と同時に2次元非定常熱伝導解析を実施した。解析モデルは試験条件とほぼ同一となるよう設定した。コルゲート型内面コンクリート無しの場合の解析例を図4に示す。

5. 耐火試験の結果とまとめ

コルゲート型、四主桁型とも同様の結果となった。四主桁型（内面コンクリート無し及びあり）の伝熱解析と耐火試験での最高温度一覧を表5に示し、時間 - 温度関係を図5に示す。

- 1) 各部の温度計測値はいずれも許容温度以下であった。
- 2) 計測値と解析値は概ね±20%の比率で近似した。
- 3) セグメント、シール材等に外観的な異常は認められなかった。

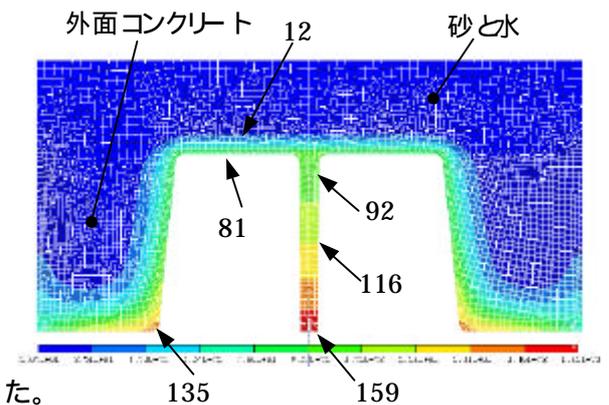


図4 伝熱解析例（コルゲート型）

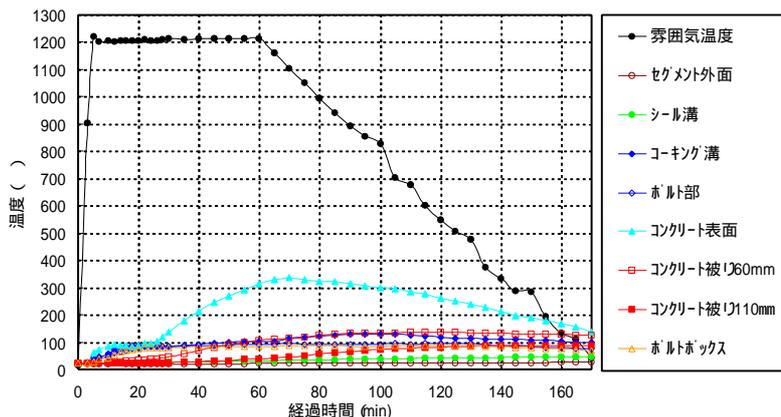


図5 時間 - 温度関係図（四主桁型コンクリートあり、砂あり）

表5 最高温度一覧（四主桁型、砂あり）

位置	コンクリート無し			コンクリートあり		
	計測値	解析値	比率	計測値	解析値	比率
セグメント外面	80	130	-38%	40	45	-11%
シール溝	106	130	-18%	50	55	-9%
コーキング溝	151	160	-6%	127	105	21%
ボルト部	120	130	-8%	93	75	24%
内主桁内縁	189	180	5%	88	80	10%
縦リブ内縁	197	180	9%	-	-	-
コンクリート表面	-	-	-	337	350	-4%
コンクリート被り60mm	-	-	-	135	140	-4%
ボルトボックス	-	-	-	88	65	35%

注 コンクリートありの内主桁内縁は、コンクリート被り110mmの位置である。

6. おわりに

耐火試験の実施により目地や耐火材取り付け方法も含めた総合的な性能確認ができた。その結果、今回のパネル厚でコンクリート、シール材、塗料も含めて損傷が無いことを確認したが施工時のバラツキを考慮すると内面コンクリートありも厚さ25mm程度が望ましいと考える。今後は実施工に向けて、耐火パネルの取り付けや目地部の処理方法等について具体的な検討を実施していく必要がある。

参考文献

1) 松尾、黒田他、道路トンネル用耐火材に関する研究 ;トンネルと地下、第32巻第5号、pp39-47、2001.5