

RC セグメントの耐火実験

磯 陽夫*
Akio Isoi

1. はじめに

二次覆工を省略したシールドトンネルの耐火性能を検証するため、大深度道路トンネルを対象に加熱実験を実施した。加熱実験では、コンクリートに添加するポリプロピレン繊維（以下PP）の仕様（長さ、添加量）の違いによる爆裂抑止効果の程度、内部温度分布の差異、セグメント一般部と継手部での温度分布の差異を確認した。本報告は、その加熱実験結果について報告するものである。

2. 実験概要

(1) 試験体

試験体は、一体のものと継手部を模擬したものの2種類とした（写真-1参照）。また、試験体の厚さおよび鉄筋径・ピッチは想定するセグメントとほぼ等しくし、幅500×長さ1,100×厚さ300mmとした。継手部用はコーキング溝を模擬して10×10mmの面取りを施したが、継手部材は設けなかった。試験体には、トンネルに作用する最大圧縮応力15.5 N/mm²相当をPC鋼棒により導入したが、実験中は導入力を制御しなかった。

PPは直径48μm、長さは20mmと10mm、添加量は1 kg/m³と2 kg/m³とした。コンクリートの配合は、セグメントの設計基準強度48 N/mm²の配合をベースとして設定した。骨材には硬質砂岩を使用している。試験体の種別とコンクリート配合を表-1, 2に示す。試験体製作では、セグメント工場のプラントにある1.75 m³練りミキサーで、PPを添加して練り混ぜを行った。加熱試験時の圧縮強度は60~70 N/mm²であった。

(2) 熱電対

K型シース熱電対を図-1に示す位置に設置した。内部温度測定用として、一般部では試験体中央部の2箇所に加熱面に直交する方向に5点ずつ、主筋位置に1点ずつと計12点とした。継手部では、継手面から20mm離れた2箇所とした。なお、試験体上部には熱電対1点を設置した。

(3) 加熱試験方法

火災時のトンネル内で想定される時間温度曲線は、ド



写真-1 試験体（左：一般部，右：継手部）

表-1 試験体種別

試験体名	対象部位	PP長さ (mm)	PP添加量 (kg/m ³)	圧縮応力導入
PP0-(1)	一般部	—	0	無導入
PP0-(2)		—	0	
PP10-1		10	1	
PP10-2			2	
PP20-1		20	1	
PP20-2			2	
TP10-1	継手部	10	1	導入
TP20-1		20	1	

表-2 コンクリート配合

	スランプ	水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤	PP
無添加	3 ± 1.5	140	390	846	1050	3.90	0
添加	2.5 ± 1.5	145	404	829	1029	4.04	1
		150	418	817	1014	4.18	2

水・セメント比=35.9%，粗骨材の最大寸法=20mm

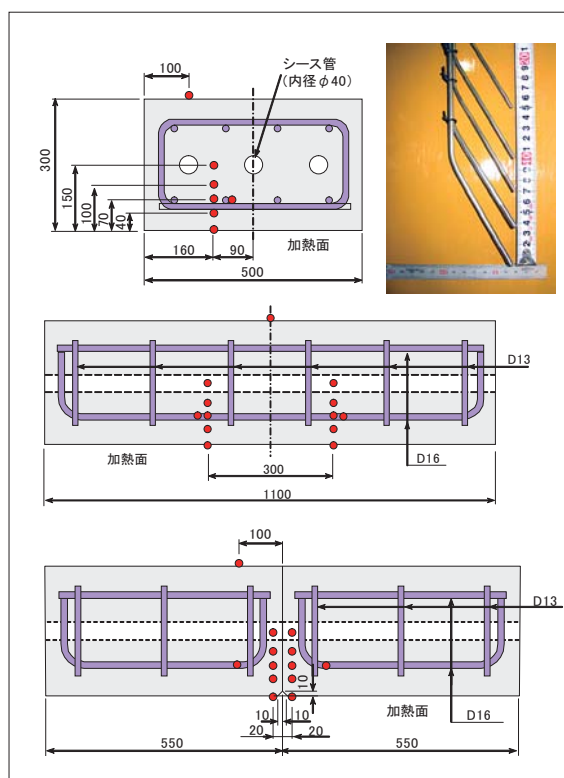


図-1 熱電対設置位置

イツの基準であるRABT曲線（5分で1,200℃まで昇温、その後60分まで継続）を採用した。

加熱実験は、材齢28日から実施した。加熱炉には2対ずつ、一般部試験体はPP長さ別にセットした（写真-

*技術研究所土木技術研究課

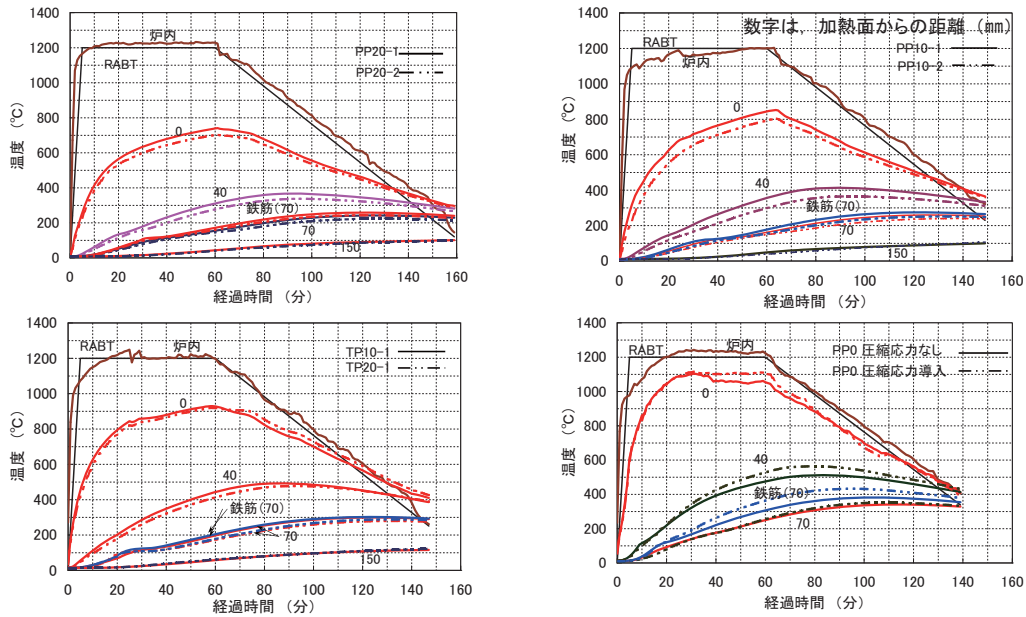


図-2 温度測定結果

2). 加熱炉はLPGバーナーの火力を手動操作するタイプであり、バーナー停止後は炉内の温度制御ができないことから、その時点で測温を終了している。

加熱実験後は、一般部試験体では中央部で、継手部では継手面でコア(φ100)採取し、中性化を測定した。

3. 加熱実験結果

温度測定結果を図-2に示す。PP20-1とPP0-(2)の加熱面の状況を写真-3に示す。

PP無添加の試験体では爆裂が発生したが、PP添加の試験体では発生しなかった。爆裂状況は、圧縮応力導入では爆裂面積が加熱面の約80%、平均爆裂深さ19mm、最大値は46mmであった(図-3参照)。圧縮応力なしでは爆裂面積約50%、平均爆裂深さ11mm、最大値28mmであり、圧縮応力が爆裂深さ等に影響した。なお、PP添加一般部の加熱面状況は、PPの仕様による差異は見られなかった。また、PP無添加の試験体は、鉄筋位置の温度で380℃を超えており、構造面に支障が生じる恐れが多い。

PPを添加した一般部試験体では、主筋温度はいずれも300℃に達しなかった。継手部の継手面は、今回木製枠で製作したため、実セグメントに比べ平面性、垂直精度が劣っており、軸力導入後に0.5mm程度の隙間が一部にあった。継手面からの熱伝達により、各側点の温度は一般部に比べ高いが、主筋位置でTP20-1では300℃に達せず、TP10-1では300℃程度であった。今回のかぶりおよびPP添加により、鉄筋への悪影響がないことが確認された。

温度上昇は、添加量1kg/m³に比べ2kg/m³の方が、また長さ10mmに比べ20mmの方が、緩やかであった。

中性化範囲は、各試験体で1~2mmと微少であった。



写真-2 加熱実験状況



写真-3 加熱面状況 (左: PP20-1, 右: PP0-(2))

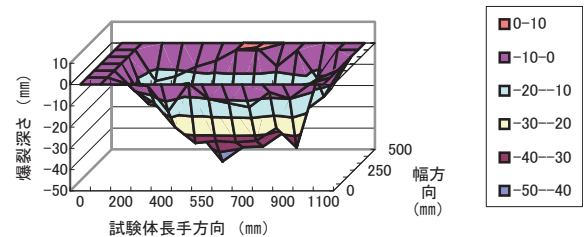


図-3 PP無添加(軸力導入)爆裂状況

4. まとめ

シールドトンネルRCセグメントを対象に、PPを添加したコンクリートを使用したセグメントの耐火性能を確認できた。また、PPの仕様(長さ、量)による内部温度上昇の差異の傾向等を確認した。今後は、この実験結果を基に実施工へ展開する予定である。