

耐火塗料を適用したコンクリート充填鋼管柱の耐火性能に関する実験的検証その1 耐火性能の検証

太平洋マテリアル 正会員 橋本 英二 正会員 山本 盛男
太平洋セメント 正会員 谷辺 徹 鶴田 昌宏

1. 目的

近年，土木分野においても耐火設計が重要視され，トンネル構造物に対して，耐火被覆を施したものが多数計画，竣工されている．これらのトンネル構造物に適用されている耐火被覆材料は，建築分野と同様に湿式吹付けタイプ，乾式ボードタイプ，ブランクettタイプ等があり，その耐火性能に関する研究報告は増えてきている．しかし，建築分野において意匠性，薄膜性等の特徴から次世代型の耐火被覆材として市場が急成長している発泡耐火塗料（以後耐火塗料と記す）は，加熱発泡型の耐火被覆材料であるため土木分野での急速加熱条件への適用は困難であると一般的に考えられている．そのため，土木分野に耐火塗料を適用した研究報告事例¹⁾は殆ど見られない．そこで，筆者らが土木分野への耐火塗料適用の可能性を実験的に検証することを目的に実施したコンクリート充填鋼管柱（以後 CFT と記す）の耐火性能試験の結果について以下に報告する．

2. 試験体

角型鋼管柱にコンクリートを充填して CFT とした．この CFT に所定の下地処理を施した後，エアレスブローを用いて耐火塗料を塗布し，CFT 試験体とした．また，CFT 試験体には温度変化を測定するため，鋼材表面及びコンクリート内部にクラス 2 のガラス被覆 K 型熱電対を設置した．

(1) 充填コンクリート:表1参照

充填コンクリートの配合は，「コンクリート充填鋼管構造設計施工指針」（日本建築学会 1997）を基に設定した．なお，鋼管とコンクリートの剥離防止のため，膨張材を添加することとした．

表1 充填コンクリートの示方配合

スラブ 厚 (cm)	空気量 (%)	水 結合材 比(%) W/B	細骨材 率(%) s/a	単位量(kg/m ³)					
				水 W	結合材		細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 SP
					セメント OPC	膨張材 EX			
65±5	2.0±1.5	33.0	50	165	470	30	854	867	調整

注) 使用材料

セメント：普通セメント OPC 密度：3.14

膨張材：石灰系膨張材 EX 密度：3.14

細骨材：静岡県小笠産陸砂 S 表乾密度 2.60

粗骨材：茨城県岩瀬産砕石 G 表乾密度 2.64

混和剤：高性能 AE 減水剤 SP ポリカルボン酸系

(2) 耐火塗料:海外製水系発泡耐火塗料を使用した．

(3) 熱電対設置位置:図1参照

(4) 試験体水準

CFT を 2 種類 (Type-A, Type-B)，耐火塗料の膜厚 3 種類，ひび割れ抑制ガラス繊維メッシュの有無等，合計 5 水準の CFT 試験体を耐火試験に供した (表 2 参照)．

3. 耐火試験方法

加熱条件：RABT60 分加熱曲線（5 分で 1200 に昇温，60 分まで 1200 保持，170 分まで徐冷）

耐火炉：太平洋セメント(株)中央研究所の高性能耐火炉を使用

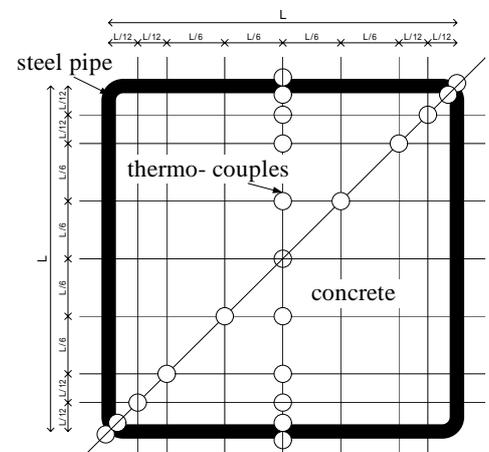


図1 熱電対設置位置

キ・ワード：耐火塗料，RABT 加熱曲線，熱容量，コンクリート，CFT，鋼管柱，ひび割れ
〒103-0023 東京都中央区日本橋 4-8-15 TEL 03-3278-5327 FAX 03-3278-5367

表2 試験水準および試験結果一覧

水準 No.	CFT Type ***	単位熱容量** (kJ/m ² ·K)			ひび割れ抑制がガラス繊維メッシュ	耐火塗料膜厚 (mm)		発泡倍率* (倍)	鋼材各部の最高温度 ()			ひび割れ	
		鋼材	コンクリート	合計		試験前	試験後		Max	Min	平均	深さ	幅
1	A	34	64	98	無	2	32	16	663	462	524	貫通	太
4						40	10	369(508)	322	336	貫通	太	
6						51	8	346	290	316	表層	細	
4	B	62	139	201	有	6	51	8	220	201	212	表層	細
5						4	44	11	324	289	308	表層	細

*)発泡倍率：試験後耐火塗料厚さ / 試験前耐火塗料厚さ
 **)単位熱容量：CFT 試験体単位長さ当りの合計熱容量
 ***)CFT Type：A 200×12t×h800mm
 B 300×19t×h800mm

4. 目標設定

本試験では鋼材の一般的な設計耐火温度として、350 以下を目標値として設定した。

5. 実験結果

鋼材およびコンクリート温度並びに発泡層観察測定結果を纏めたものを表2 および図2，図3 に示した。

RABT 加熱条件に於いても、本耐火塗料は断熱層を形成し、耐火性能を発揮した。

膜厚が 2, 4mm の場合は貫通ひび割れが発生し、2mm の場合には鋼材温度が局所的に 663 まで上昇した。

4mm の場合は、ひび割れ部付近に熱電対が設置されていなかったため局所的な温度上昇は認められなかったが、熱伝導解析の結果、510 程度まで上昇したと推察される。膜厚を 6mm とすることで貫通ひび割れは抑制され、鋼材の最高温度が目標値の 350 以下となった。

CFT の単位熱容量が増加すると鋼材の温度上昇は抑制され、乾燥膜厚 6mm で単位熱容量を 100 から 200kJ/(m²·K) に増大させると鋼材最高温度が約 100 低減された。

ガラス繊維メッシュを塗膜内に埋め込む事で貫通ひび割れが抑制され、膜厚 4mm でも鋼材最高温度が 350 以下となった。

6. まとめ

RABT 加熱条件でも、本耐火塗料は耐火性能を発揮することが確認された。

構造体熱容量の活用により、本耐火塗料は十分に土木分野へ適用できることが確認された。

本報告の範囲では、膜厚を 6mm とすることで目標値の 350 を満足することが確認された。

更には、ガラス繊維メッシュ補強をすることで膜厚 4mm でも目標値の 350 を満足することが確認された。

参考文献 1) 谷辺 他, 発泡性耐火塗料が急速加熱を受けた場合の耐火性に関する実験的検討, 日本建築学会学術講演梗概集, 2004 年, pp163-164

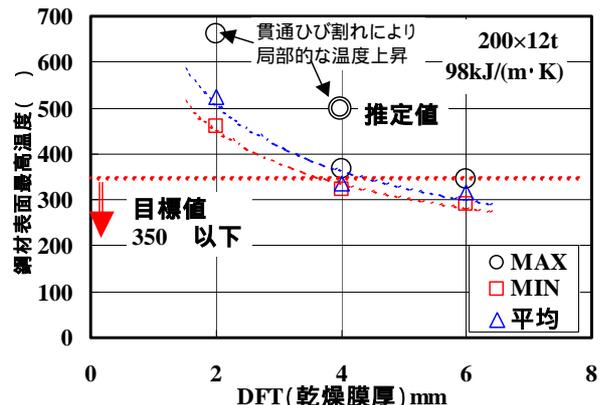


図2 DFTと鋼材最高温度(200mm)

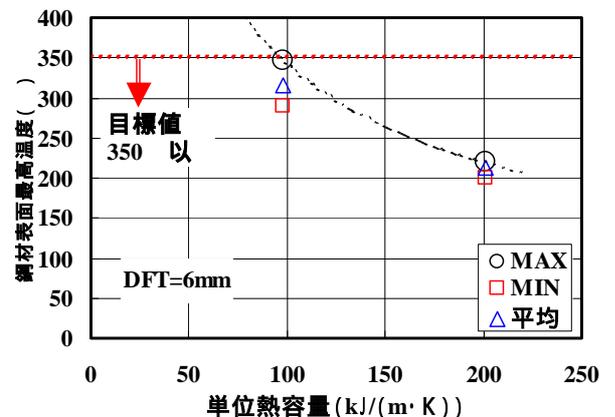


図3 単位熱容量と鋼材最高温度(DFT6mm)

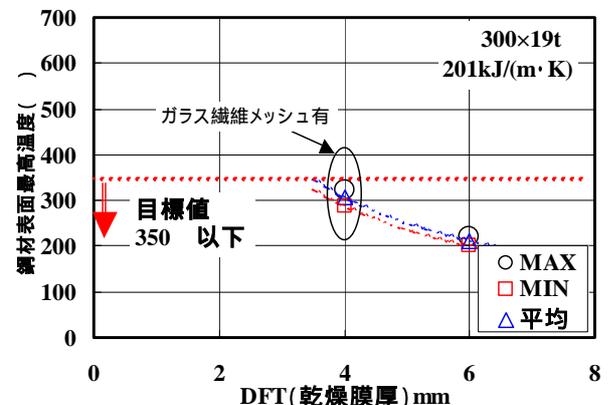


図4 DFTと鋼材最高温度(300mm)