

耐火塗料の一般構造用炭素鋼鋼管柱及び角形鋼管柱への適用性に関する実験的検討

耐火塗料 載荷加熱試験 構造用鋼管
角形鋼管 崩壊温度 乾燥膜厚

正会員 ○遊佐秀逸*1 同 金城 仁*1 同 水上点晴*1
同 吉川利文*1 同 田坂茂樹*2 同 田中義昭*2
同 関 正明*3 同 山本将貴*4

1. はじめに

建築基準法が1998年に改正され、従前の「耐火構造の構成材料が不燃材料又は準不燃材料でなければならない」が、性能を満足すれば材料の防火性能は問われないこととなった。これにより、旧38条での一般認定の移行、及びその後の改正法に於ける大臣認定取得において燃焼発熱する耐火塗料が耐火構造の被覆材対象と成り得ることとなった。以上の経緯において、耐火塗料を施工する角形鋼管と構造用鋼管(丸鋼)の柱関係では、取扱上前者で載荷加熱試験を実施すれば一定の条件で後者も認められている。本報は両者の関係を載荷加熱試験及び非載荷の熱容量試験で実験的に検討したものである。

2. 試験方法

用いた試験方法は、移行認定時に実施した角鋼柱の載荷加熱試験及び非載荷の熱容量試験、並びに新たに構造用鋼管(丸形)柱の載荷加熱試験及び角形、丸形の非載荷同時加熱試験である。

a. 試験体

載荷加熱試験に供した鋼管等を表1に示す。

表1 載荷加熱試験体

形状	断面寸法(mm)	Hp/A	乾燥膜厚(mm)
角鋼	□300×300×9	116.8	1.96
丸鋼	φ318.5×7.9	129.8	1.96

角形、丸形の非載荷同時加熱試験に供した試験体を表2に示す。

表2 非載荷同時加熱試験体(乾燥膜厚 mm)

形状	A社	B社	C社	D社
角鋼	2.5	2.5	2.67(2.75)	2.5(2.5)
丸鋼	2.75	2.5	3.03(3.0)	2.74(2.5)

b. 加熱方法

角鋼柱の載荷加熱試験(旧38条の一般認定時)はISO 834に準拠して日本建築総合試験所旧柱炉(円形状)にて許容圧縮応力が生ずるように載荷して崩壊まで実施した。非載荷の熱容量試験は建築研究所の旧水平炉で長さ1.8mの各種鋼材断面寸法に乾燥膜厚を最大、最小の間で数水準施工し、鋼材温度が概ね600℃を超えるまで加熱した。これらの詳細は参考文献[1]~[2]を参照されたい。

構造用鋼管(丸形鋼管)柱の載荷加熱試験は日本建築総合試験所柱炉で許容圧縮応力が生ずるように載荷して崩壊まで実施した。これは主に許容圧縮応力度の下で、上述の角形鋼管の崩壊温度と丸形とのそれを比較して崩壊温度上から見て形状上の優位性が有るか否かを見るデータを得るためである。

また、断面寸法を載荷加熱試験に供した角鋼及び丸鋼と同一とし、長さ1.8mの柱に表2に示すA、B、C、及びDの4社の耐火1時間相当の申請乾燥膜厚を施工して(財)ベターリビングの水平炉にて非載荷で加熱した。これは主に角形鋼管柱と丸形のそれに対して、各社の塗料の付着性、亀裂発生性に角形と丸形で差異が有るか否かを検証するためのものである。

3. 試験結果と考察

a. 載荷加熱試験

当初鋼管の選定にあたり、Hp/Aが角鋼のそれと同程度の候補として肉厚=9.0mm(Hp/A=114.3)を検討したが、認定書に記載されている一般構造用炭素鋼鋼管JIS G3444に限定した結果、肉厚9.0mmが市場に存在せず、肉厚=10.3mm(Hp/A=100.3)と肉厚=7.9mm(Hp/A=129.8)が汎用しており、今回は断面寸法としてΦ318.5×7.9mmを採用した。これは乾燥膜厚を同一とした場合、Hp/Aが□300×300×9mmは114.3、Φ318.5×7.9mmは129.8となるため、耐火塗料の付着性状等に差異がなければ後者の方が温度上昇速度は速くなる。

以前に実施した角鋼柱の載荷加熱試験では、柱用加熱

炉が今回のものとは異なるため厳密な比較は出来ないが、試験体に対する加熱力はほぼ同一であると仮定した。両者の結果を表3及び図1に示す。

表3 荷重加熱試験結果

鋼材形状	Hp/A [m ⁻¹]	乾燥膜厚 [mm]	荷重加熱時間 [min]	鋼材温度[°C]	
				荷重加熱終了時(崩壊)	
				最高	平均
角鋼	116.8	1.96	71.0	644	549
丸鋼	129.8	1.96	61.0	675	590

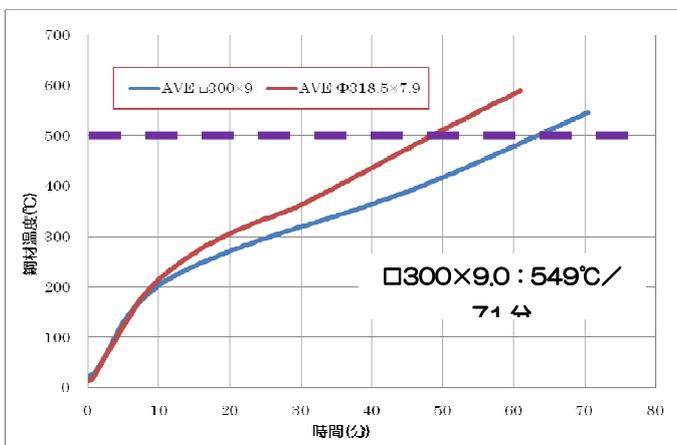


図-1 荷重加熱試験結果

角鋼柱及び丸鋼柱の崩壊時の鋼材温度は、前者は平均549°C、最高644°Cであるのに対し、後者は平均590°C、最高675であった。この結果から許容応力下では、特に丸鋼の柱が不利になるとは言えないことが解る。崩壊到達時間＝加熱時間の比較では、丸鋼の方が約10分速くなっておりこれはHp/Aが大きいためとも考えら得るが今後の検討課題であろう。

b. 非荷重加熱試験

A、B、C、及びDの4社の角鋼と丸鋼の同時加熱試験の結果から両者の付着性状等の差異を見るためこれまでの結果を含めて整理した一例を図2に示す。

角鋼と丸鋼の付着性状等の比較方法は、参考文献で紹介したように、崩壊温度の値から基準温度を500°Cと設定してその温度の到達する時間を計算値と実験値で見ることとした。一般に、図に示した直線の上側が安全度が低く、下側が高くなると想定して、各社の耐火塗料の適用性を調べた訳である。その上で図には角鋼柱と丸鋼柱の結果を示している。

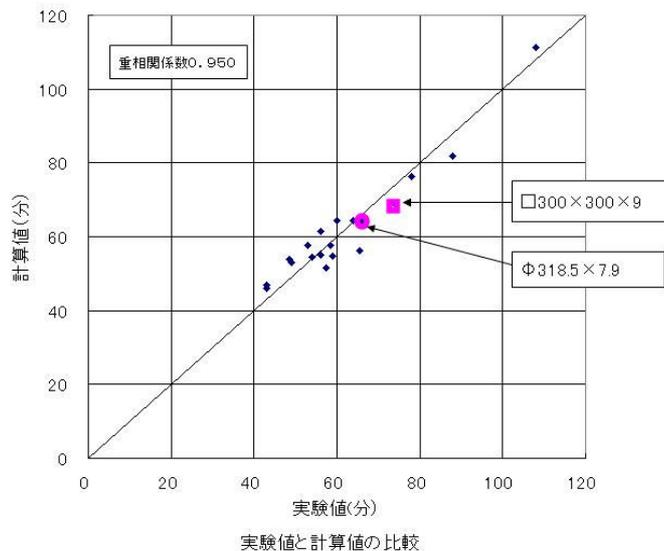


図-2 角鋼と丸鋼の比較(B社)

図2から今回の結果が角鋼、丸鋼とも直線の下側にあるので少なくとも両者とも安全側であるといえよう。また、Hp/A等を基にした500°C到達時間の計算値と実験値がよく相関していることが見て取れる。

なお、他社の耐火塗料もほぼ同様の結果であった。

4. まとめ

耐火塗料の角形柱に対する適用性は丸形柱に準用しても大きな問題はないといえる。

【参考文献】

- [1] 植原秀郎, 遊佐秀逸他: 耐火塗料の性能評価(その1)既往の文献調査, 建築学会学術講演梗概集 A-2, 2008
- [2] 近藤英之, 遊佐秀逸他: 耐火塗料の性能評価(その2)鋼材断面寸法に応じた膜厚算定のための計算方法, 日本建築学会学術講演梗概集 A-2, 2008(中国)
- [3] 関 正明, 遊佐秀逸他: 耐火塗料の性能評価(その3)各種耐火塗料に適用した場合の計算値と実験値の比較, 日本建築学会学術講演梗概集 A-2, 2008(中国)

【付記】

本研究は(財)ベターリビングの防災評定において実施されたものの一部であり、委員長の早稲田大学教授長谷雄二先生他の各委員、及び実験実施に協力頂いた日本ペイント(株)の植原秀郎氏、化工機商事(株)の 故岡 義則氏、稲生尚弘氏、岩城浩志氏、エスケー化研(株)の藤原武士氏その他にこの場を借りて深くお礼申し上げます。

*1 (財) ベターリビング
 *2 (財) 日本建築総合試験所
 *3 菊水化学工業株式会社
 *4 エスケー化研株式会社

*1 Center for Better Living
 *2 General Building Research Corporation of Japan
 *3 Kikusui Chemical Industries CO.,LTD.
 *4 SK-Kaken CO.,LTD.