

CFT 造柱耐火被覆低減工法の仕様拡大に関する実験的研究

高井 茂光*
Shigemitsu Takai

1. はじめに

平成 21 年度に耐火被覆厚さを低減するために耐火性能を検証し、「吹付ロックウール被覆／コンクリート充てん鋼管柱」の耐火構造の大臣認定を取得した。ただし、工場ごとに仕様異なる 37 条大臣認定の高強度コンクリートについては、その耐火性能を個別に検証することが求められたため、適用できる高強度コンクリートが JIS 認証品に限られた。

そこで本研究では、CFT 造の充填コンクリートとして関東圏 5 工場を対象とし、37 条大臣認定の高強度コンクリートを加えた耐火構造大臣認定を取得するため、既耐火認定の JIS 認証高強度コンクリートとの耐火性能に差がないことを確認した検証実験について報告する。

2. 実験概要

実験では、高温加熱した高強度コンクリート（設計基準強度 60 N/mm² クラス）を対象に加熱冷却後の強度性状を検証する計画とした。実験の要因と水準を表-1 に、コンクリートの使用材料、調合を表-2、表-3 に示す。コンクリートは目標スランプフローを 60 cm、目標空気量を 3.0% とし、各工場の調合名 1 は呼び強度 60 の JIS 認証品、調合名 2 は JIS 品の W/C と近い大臣認定品とした。供試体は各生コン工場内の試験室において、JIS A 1132 に準拠して作製した。打設翌日に脱型し材齢 28 日程度まで標準養生後、5 ヶ月以上 20℃ 60% RH で気中養生を経てから、加熱を行った。乾燥期間を 5 ヶ月以上としたのは、実験が長期に渡ることから、材齢の違いによる供試体間の強度差を小さくするためである。

供試体の加熱は 100℃ では乾燥炉、200～800℃ では電気炉を用いた。加熱スケジュールおよび温度測定結果の一例（A 工場の加熱温度 600℃）を図-1 に示す。加熱スケジュールは、文献¹⁾を参考に昇温速度を 1℃/分、100℃ 毎の停滞時間を 100、200℃ で 5 時間、300、400℃ で 3 時間、500℃ 以上で 1 時間とし、炉内温度が目標温度に到達してからは上記プラス 2 時間停滞させた。また、降温は自然冷却とした。

圧縮強度試験は加熱後 28～43 日間 20℃ 60% RH で気中

養生した後、JIS A 1108 に準じて実施した。荷重およびひずみの値により応力-ひずみ曲線を求めて、その曲線からヤング係数（圧縮強度の 1/3 割線係数）を算出した。

3. 実験結果

(1) コンクリート試験

コンクリート試験結果を表-4 に示す。スランプフロ

表-1 実験の要因と水準

要因	水準
生コン工場	A 工場, B 工場, C 工場, D 工場, E 工場
コンクリート	JIS 認証品, 大臣認定品
加熱温度	A, B, C 工場: 常温, 100~800℃ D, E 工場: 常温, 300~500℃ (100℃ 間隔)

表-2 コンクリートの使用材料

工場	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
A	中庸熱ポルトランドセメント	万田野産山砂 70%, 戸高産石灰石砂 30%	峯朗産石灰碎石 100%	ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤
B	低熱ポルトランドセメント	佐野市産石灰石砕砂 60%, 行方市産石 40%	佐野市産石灰碎石 100%	同上
C	普通ポルトランドセメント	千葉県君津市産山砂 100%	西多摩郡産砂岩砕石 50%, 美祢市産石灰碎石 50%	同上
D	同上	富津市産山砂 70%, 八戸市産石灰石砕砂 30%	八戸市産石灰碎石 100%	同上
E	同上	栃木市産石灰石砕砂 80%, 成田市産山砂 20%	秩父郡産石灰碎石 50%, 栃木市産石灰碎石 50%	同上

表-3 コンクリートの調合

工場	調合名	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (C×%)
			水	セメント	細骨材	粗骨材	
A	A-1	31.3	170	543	809	867	1.4
	A-2	33.0	170	515	833	867	1.4
B	B-1	30.0	165	550	810	891	1.85
	B-2	32.0	165	516	848	883	1.85
C	C-1	33.1	170	514	829	850	1.65
	C-2	32.6	170	521	824	850	1.65
D	D-1	33.7	170	505	834	869	1.45
	D-2	33.2	170	512	828	869	1.45
E	E-1	34.0	170	500	802	915	1.4
	E-2	33.0	170	516	788	915	1.4

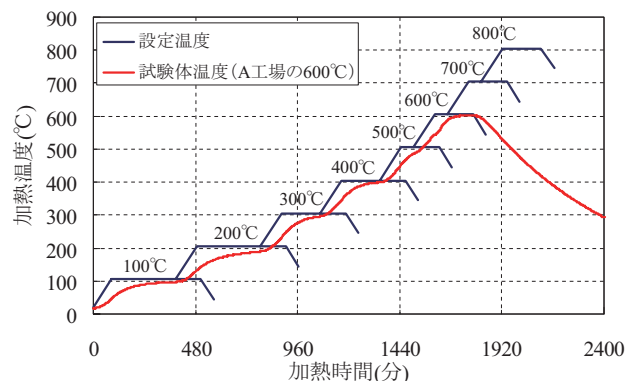


図-1 加熱スケジュールおよび温度測定結果の一例

* 技術研究所建築技術グループ

表一 フレッシュ試験と圧縮強度試験結果

調合名	スランプフロー (cm)		50 cm フロー 到達時間 (s)	空気量 (%)	標準養生 圧縮強度 (N/mm ²)
		Ave.			
A-1	59.5×58.5	59.0	5.4	2.7	86.6
A-2	63.0×62.5	62.8	4.8	2.6	84.9
B-1	64.0×63.0	63.5	4.4	2.7	78.0
B-2	56.0×56.0	56.0	5.5	2.8	78.6
C-1	60.5×58.0	59.3	5.2	2.6	78.5
C-2	58.5×58.0	58.3	5.3	2.7	79.2
D-1	58.0×57.0	57.5	5.7	3.2	72.2
D-2	57.0×56.5	56.8	6.5	3.0	72.9
E-1	62.0×61.0	61.5	5.8	2.0	81.3
E-2	60.0×58.0	59.0	6.1	2.0	84.7

一、空気量ともにすべての調合において品質基準（スランプフロー±10 cm，空気量±1.5%）を満足した。

(2) 加熱温度

図一に示す通り、試験体温度は設定温度より遅れて上昇しているが、炉内温度が目標温度に到達してから所定時間停滞させることにより、すべての温度においてほぼ目標温度に達した。

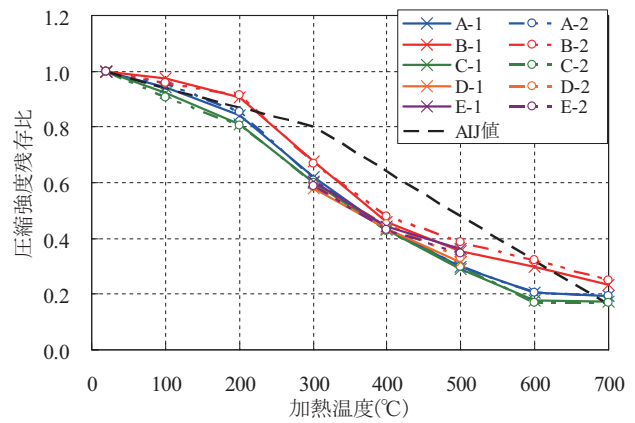
(3) 圧縮強度

加熱温度と圧縮強度残存比（常温時の圧縮強度に対する各加熱温度における圧縮強度の比）の関係を図二に示す。図には日本建築学会「構造材料の耐火性ガイドブック 2009」²⁾ から提案されている加熱冷却後の圧縮強度残存比の値（以下、AIJ 値と略記）を併せて示す。なお、加熱温度 800℃の供試体は、養生期間中に徐々に崩れたため、圧縮強度試験を実施できなかった。

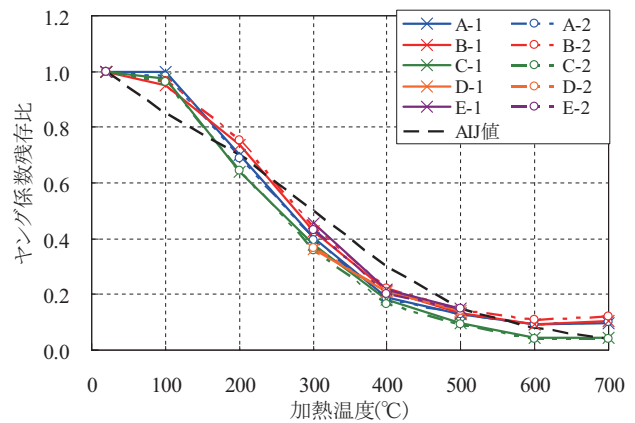
加熱温度が高くなるとすべての調合において圧縮強度残存比は低下した。工場別に比較すると、ほぼ同じだが B 工場がやや高い値となった。これは、B 工場が低熱ポルトランドセメントを使用していることによる²⁾ と考えられる。また、AIJ 値と比較すると、すべての調合において 300~500℃で低い値を示している。これは、粗骨材に石灰石を使用していることによる²⁾ と考えられる。なお、同一工場の場合、W/C が若干異なってもほぼ同程度の値となった。

(4) ヤング係数

加熱温度とヤング係数残存比（常温時のヤング係数に対する各加熱温度におけるヤング係数の比）の関係を図三に示す。圧縮強度と同様に、図にはヤング係数残存比の AIJ 値を合わせて示す。加熱温度が高くなるとすべての調合においてヤング係数残存比は低下した。また、工場が異なる場合でもほぼ同程度の値となった。AIJ 値と比較すると、100℃でやや高い値を、300、400℃でやや低い値を示している。300、400℃でやや低い値を示しているのは、粗骨材に石灰石を使用していることによる²⁾ と考えられる。なお、同一工場の場合、W/C が若干異なってもほぼ同程度の値となった。



図二 加熱温度と圧縮強度残存比



図三 加熱温度とヤング係数残存比

4. まとめ

本実験では、設計基準強度 60 N/mm² クラスの高強度コンクリートについて、加熱冷却後の強度試験を行った。その結果、同一工場の場合 W/C が若干異なる JIS 認証と 37 条大臣認定の高強度コンクリートの圧縮強度残存比およびヤング係数残存比は、ほぼ同程度の値となり耐火性能に差がないことを確認し、CFT 造の充填コンクリートとして 37 条大臣認定の高強度コンクリートを加えた耐火構造大臣認定を取得することができた。

謝辞：本研究は、前田建設工業、フジタ、戸田建設およびハザマとの共同研究にて実施され、本論作成にあたり、多大なご協力を頂いた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 松戸正士他：高温加熱後の超高強度コンクリートの力学的性質に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文集，No. 603, pp. 171-177, 2006. 5.
- 2) 日本建築学会：構造材料の耐火性ガイドブック，2009. 3.