

Super HRC システム - 超々高層 RC 住宅の開発 超高強度コンクリート柱部材の爆裂対策に関する研究



梅本 宗宏^{*1}

菊田 繁美^{*1}
千葉 脩^{*1}

概 要

近年、設計基準強度 100N/mm² の超高強度コンクリートを採用した超高層 RC 造集合住宅が建設されるようになった。しかしながら、コンクリートが高強度になれば火災時に爆裂しやすくなることから、耐火性能の低下を防ぐ各種の爆裂対策が必要となり、いくつかの研究が報告されている。本報告では、設計基準強度 100N/mm² 級の超高強度コンクリート柱表面に巻いた鋼板および被覆材としての打込み型枠の爆裂に対する効果を確認するために行った加熱実験結果から、鋼板巻きおよび打込み型枠の PCa 板は超高強度コンクリートの爆裂対策に有効であり、コンクリートの劣化深さもかぶりコンクリート内で収まることがわかった。

DEVELOPMENT OF “*Super HRC SYSTEM*” STUDY ON SPALLING CONTROL OF HIGH STRENGTH CONCRETE COLUMN

Munehiro UMEMOTO^{*1}
Shigemi KIKUTA^{*1}
Osamu CHIBA^{*1}

Recently, super high-rise reinforced concrete apartment buildings required for specified design strength 100N/mm², which called super high strength concrete, have been constructed. However, spalling of high strength concrete in fire is significantly spoils the properties of structure, several spalling controls were reported. In this paper, covering steel plate and precast panel form on concrete surface were effective methods of spalling control of super high strength concrete column, specified design strength 100N/mm² by fire tests, and showed degradation depth of concrete after fire test was under thickness of cover concrete.

*1 技術研究所

*1 Technical Research Institute

Super HRCシステム-超々高層RC住宅の開発

超高強度コンクリート柱部材の爆裂対策に関する研究

梅本 宗宏*1

菊田 繁美*1

千葉 脩*1

1. はじめに

近年、設計基準強度 100N/mm² の超高強度コンクリートを採用した超高層RC造集合住宅が建設されるようになった[1]。しかしながら、コンクリートが高強度になれば火災時に爆裂しやすくなることから、耐火性能の低下を防ぐ各種の爆裂対策が必要となり、いくつかの研究が報告されている[2~4]。

本研究では、設計基準強度 100N/mm² 級の超高強度コンクリート構造物を実用化するにあたり、せん断補強のために柱表面に巻いた鋼板および被覆材としての打込み型枠の爆裂に対する抑制効果を確認するために行った実大柱モデル試験体の加熱実験結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体形状を図-1に示す。試験体は超高層建築物の下層部を想定した実大柱モデル(900×900×H1300mm)を用い、爆裂対策として鋼板巻きおよび打込み型枠の2種類とした。主筋は12-D38 (Pg=1.69%)、せん断補強筋はD13@100 (Pw=0.28%)を用い、鋼板巻き試験体は4面とも厚さ9mmの鋼板とし、打込み型枠は2面がワイヤメッシュで補強された厚さ30mmのPCa板[5]とセメント系のリブ部つき最大厚20mm(最小厚8mm)の押出成形板とした。試験体は、断面内の温度分布を測定するため、図-1に示すように21本の熱電対を配置した。

2.2 使用材料および割合

表-1にコンクリートの使用材料を、表-2にコンクリートの割合を示す。試験体は鋼板および打込み型枠をセットした後、コンクリートを打設し、試験時まで室内で気中養生(約4ヶ月)した。圧縮強度試験用および含水率測定用の円柱供試体は、材齢5日まで簡易断熱養生とし、以後は試験材齢まで封かん養生とした。

2.3 実験方法

加熱試験は公的機関の梁加熱炉を用いて2体同時に加熱した。加熱はIS0834の標準加熱曲線を用いて

表-1 使用材料

セメント	中庸熟ポルトランドセメント (高ビーライト系): 密度 3.20g/cm ³ 、 比表面積 4170cm ² /g、C ₂ S 量=46%
細骨材	万田野産山砂: 表乾密度 2.59g/cm ³ 、 FM2.63
粗骨材	住田産碎石: 表乾密度 2.70g/cm ³ 、 FM6.62、実績率=60%
混和材	シリカフューム: 密度 2.2g/cm ³ 、 比表面積=200000cm ² /g
混和剤	超高強度用高性能 AE 減水剤 (ポリカルボン酸系)

表-2 コンクリートの割合

W/B (%)	S/a (%)	W (kg)	C (kg)	Si (kg)	S (kg)	G (kg)	Ad.
20	46.2	155	697	78	671	836	1.4

[NOTE] W/B:水結合材比 = W/(C+SF), s/a:細骨材率, Si:シリカフューム, Ad:混和剤, 添加量は C × %

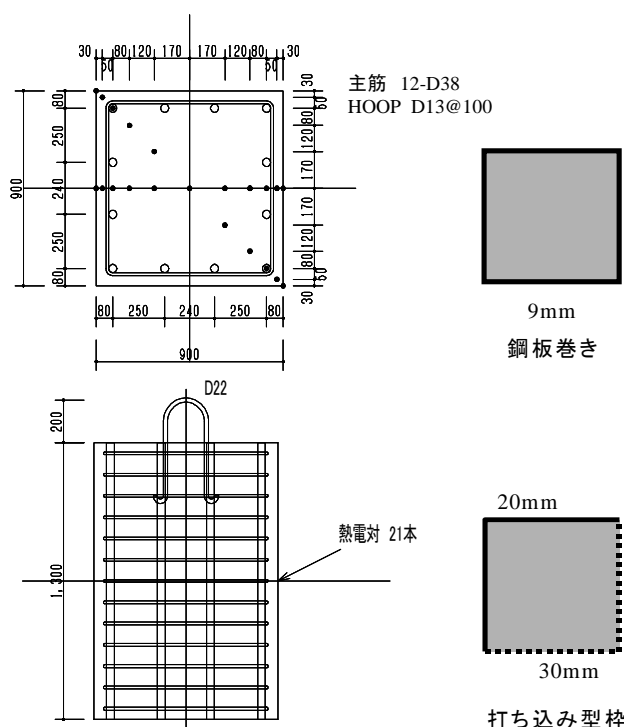


図-1 試験体形状

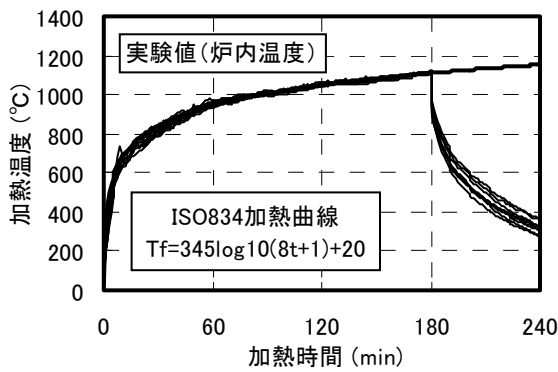


図 - 2 標準加熱曲線および試験時の炉内温度測定結果



写真 - 1 加熱試験前後の試験体状況 (鋼板)

3時間まで加熱を行った。図 - 2に、標準加熱曲線および試験時の炉内温度測定結果を示す。

3. 実験結果

加熱試験時の圧縮強度試験結果は 140.2N/mm² で、重量含水率(105℃で3ヶ月乾燥)は 6.0%であった。

加熱試験前後の試験体劣化状況を写真 - 1～3に示す。鋼板巻き試験体は、鋼板は若干膨らんだ程度で外観上の損傷は見られなかったが、鋼板内部のコンクリートは表面から 1.5cm の範囲で破砕が生じていた。打込み型枠試験体は、PCa 板を用いた 2面は損傷が見られなかったが、押出成形板を用いた 2面は爆裂が発生し、最も激しい中央部では、爆裂がせん断補強筋位置まで達していた。図 - 3に鋼板巻き、図 - 4に打込み型枠の加熱後1・2・3時間の温度分布をそれぞれ示す。鋼板巻きは、加熱開始3時間後において、コンクリート表面から 10cm 内側で約 200℃ 以下であった。打込み型枠試験体は、爆裂した押出成形板側において、表面から 15cm 内側で約 200℃ であり、PCa 板側では、コンクリート表面で約 400℃、コンクリート表面から 5cm 内側で約 200℃ であった。

改正された建築基準法における耐火検証法では、火災時におけるコンクリートの劣化深さを表面から 500℃ の位置としている。本実験結果におけるコンクリートの劣化深さは、鋼板巻きでは 3cm 程度、打込み型枠の PCa 板では 0cm、爆裂した押出成形板で 10cm 程度であった。



写真 - 2 加熱試験前後の試験体状況 (押出成形板)



写真 - 3 加熱試験前後の試験体状況 (PCa 板)

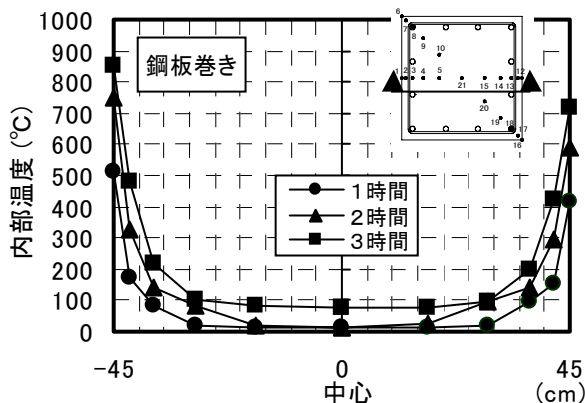


図 - 3 内部温度分布 (鋼板巻き)

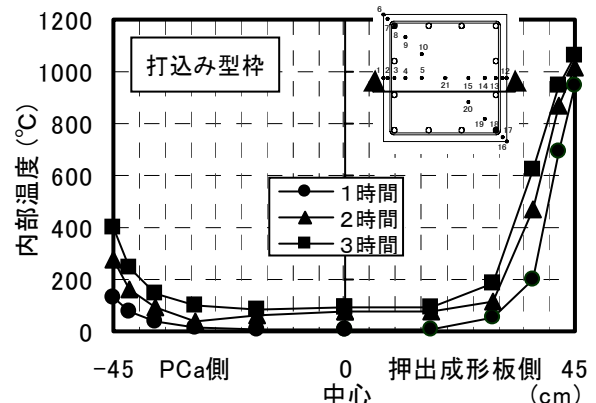


図 - 4 内部温度分布 (打込み型枠)

含水率 6%、対流熱伝達係数 $0.002\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})$
 輻射率 0.6 形態係数 1.0

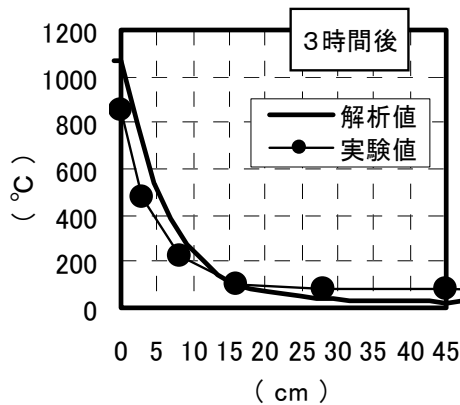


図-5 熱伝導解析結果(鋼板巻き)

コンクリートの熱定数		
温度 °C	熱伝導率 $\text{J}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})$	体積比熱 $\text{J}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$
<100	0.0236	1.91
100	0.0236	1.91
200	0.0200	2.21
300	0.0169	2.41
400	0.0142	2.61
500	0.0120	2.71
600	0.0102	2.81
>600	0.0102	2.81
鋼材の熱定数		
温度 °C	熱伝導率 $\text{J}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})$	体積比熱 $\text{J}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$
<100	0.511	3.82
100	0.511	3.82
200	0.490	4.08
300	0.460	4.38
400	0.427	4.70
500	0.393	5.20
600	0.356	5.90
>600	0.356	5.90

4. 温度解析結果

実験結果を検証するため、鋼板巻き試験体について2次元有限要素法による熱伝導解析をおこなった。図-5に解析結果の一例を示す。図に示した解析結果と今回の実験結果は良く一致しており、表面コンクリートは破碎しても熱定数が大きく変化しないものと考えられる。

5. まとめ

設計基準強度 $100\text{N}/\text{mm}^2$ 級の超高強度コンクリート柱表面に巻いた鋼板および被覆材としての打込み型枠の爆裂に対する効果を確認するために加熱実験を行った。

実験結果から、鋼板巻きおよび打込み型枠のPCa板は超高強度コンクリートの爆裂対策に有効であり、コンクリートの劣化深さもかぶりコンクリート内で収まることがわかった。

【引用文献】

- [1] 陣内他:設計基準強度 $100\text{N}/\text{mm}^2$ の高強度コンクリートを用いた超高層建物の施工、日本建築学会技術報告集、第9号、pp.7-12、1999.12
- [2] 西垣他:超高強度コンクリート($F_c100\text{N}/\text{mm}^2$ クラス)を用いたRC構造の耐火性、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、A-2、pp.209-212、1997.9
- [3] 長尾他:火災時における高強度コンクリートの爆裂防止に関する研究、大林組技術研究所報、No.59、pp.51-56、1999
- [4] 大田他:耐爆裂性能を有する高強度コンクリートに関する研究(その1~3)、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)、A-1、pp.939-944、2000.9
- [5] 佐々木他:溶融亜鉛めっき溶接金網を用いた打込み型枠に関する研究 その1-力学的性質について、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、A、pp.959-960、1994.9