

地震火災に対する鉄筋コンクリート柱の保有耐火性能及び残存構造的性状 (その2) 残存曲げせん断性状

214-049 小西 貴之

1. 序

本報は、前報(その1)に引き続き、加力後に加熱を受けるRC柱を想定し、その残存曲げせん断性状について実験的に検討する。

2. 実験計画

実験変数は加熱時間であり、計4体の試験体が計画された。2-1-0'試験体は、加熱を実施しない標準試験体である。加熱を実施する試験体は、標準加熱曲線(ISO834)に基づいた30分(2-1-05'試験体)、1時間(2-1-1'試験体)及び2時間(2-1-2'試験体)加熱を実施する。想定する被災時の最大部材変位角(以下、被災想定部材変位角という) R_{ad} は、前報(その1)で設定された $R_{ad} = \pm 1/200 \text{ rad.}$ を採用する。また、試験体に負荷する軸力 cN についても、前報(その1)と同様に、軸力比 $n = 0.2$ とする。

図2に実験方法を示す。加熱を実施する実験方法の概要は、以下の通りである。

- (1) 所定の一定軸力 cN を負荷した後、正負漸増繰返し載荷を行う(図1(A)参照、除荷後の残留部材変位角 $-AR$)。
- (2) 標準加熱曲線に応じた30分、60分、120分耐火試験を行う(図1(B)参照)。
- (3) 部材中央位置の主筋の表面温度が平衡状態になるまで放冷する。
- (4) 所定の一定軸力 cN を負荷した後、部材変位角 R_{ad} の最大振幅 $R_{ad} = \pm 1/25 \text{ rad.}$ とする正負漸増繰返し載荷を行う(図1(C)参照)。

試験体の詳細及び水平加力実験の方法は、前報(その1)と同じである。表1に使用材料の力学的特性を示す。

3. 実験結果及びその考察

3.1 加熱前加力の曲げせん断性状

図2は、2-1-1'試験体を代表して、加熱前の $\pm R_{ad} = 1/200 \text{ rad.}$ までの正負漸増繰返し載荷実験の結果を示したものである。縦軸は柱せん断力 cQ 、横軸は部材変位角 R である。 $\pm R_{ad} = 1/200 \text{ rad.}$ 時は、柱頭・柱脚に曲げひび割れが生じたが、その破壊状況は軽微である。

表1 使用材料の力学的特性

材料		N/mm ²	ヤング係数 E_s	降伏強度 σ_y	引張強度 σ_u
主筋	D13 (SD295A)		1.87×10^5	353	504
帯筋	D6 (SD295A)		1.82×10^5	352	531
材料		N/mm ²	ヤング係数 E_c	圧縮強度 σ_{B0}	割裂強度 F_t
コンクリート			1.86×10^4	25.5	2.23

3.2 加力及び加熱後の力学性状

図3に加熱冷却後におけるテストピースの圧縮強度の推移を示す。縦軸は加熱冷却後の圧縮強度 σ_{BF} 、横軸は放冷期間 t_{co} である。 $t_{co} = 7$ 日後までは、各加熱時間におけるテストピースの圧縮強度は放冷期間に伴って低下するが、 $t_{co} = 7$ 日以降はほぼ平衡状態の様相を呈する。加熱を実施しないテストピースの圧縮強度に対して、平衡状態における加熱試験による圧縮強度は30分加熱試験の場合では約30%、1時間及び2時間加熱試験の場合では約1~4%程度まで大きく低下する。

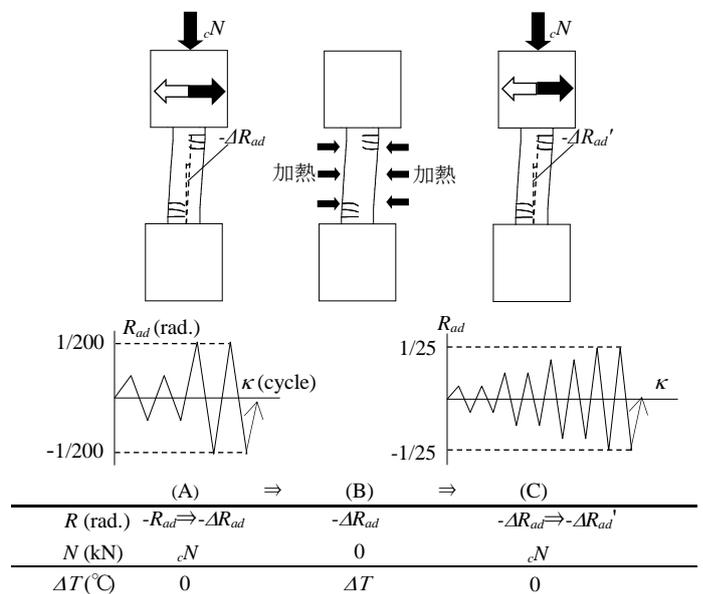


図1 実験方法

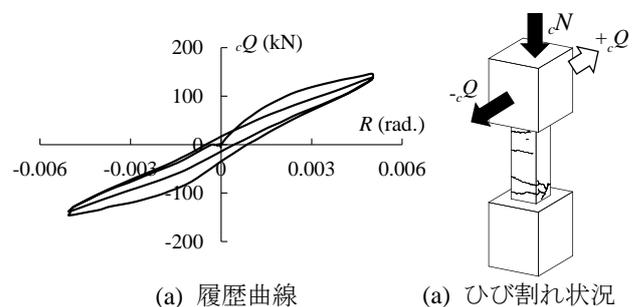


図2 加熱前加力における実験結果(2-1-1'試験体)

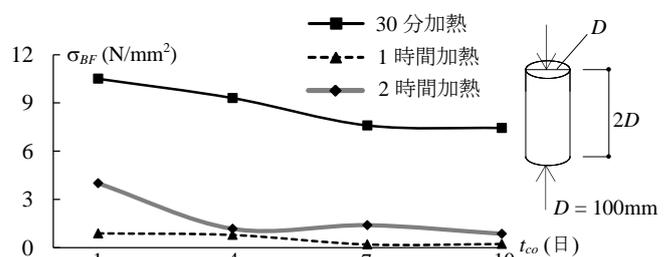


図3 テストピースの圧縮強度の推移

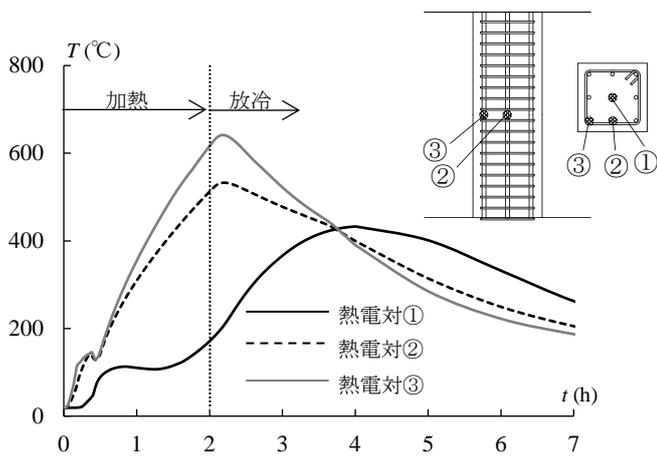


図4 試験体内部温度分布 (2-1-2試験体)

図4に2時間加熱を受ける2-1-2試験体における試験体内部の温度分布を示す。縦軸は、図中に示す熱電対より得られた試験体内部の温度 T 、横軸は時間 t である。 $0 < t \leq 2$ hの加熱中において、試験体表面近傍の温度は上昇しているのに対して、試験体中央部の温度は、 100°C 前後でほぼ平衡状態を保持している。しかしながら、加熱終了後の $t > 2$ hの放冷中において、試験体表面近傍の温度は放冷に伴って低下しているのに対して、試験体中央部の温度は上昇し、放冷時間中に最大温度に達する性状を示した。

図5は、加熱後加力における各試験体の最終破壊状況及び履歴曲線を示す。縦軸は柱せん断力 Q 、横軸は部材変位角 R である。加熱を実施しない2-1-0試験体は、曲げ及びせん断ひび割れが卓越した破壊性状を示すが、加熱を実施した試験体はせん断面に生じた縦ひび割れが顕著であり、そのひび割れ状況は大きく異なっている。また、加熱時間(温度)が大きい程、著しい破壊性状を示す。一方、履歴曲線は、加熱の有無にかかわらず、すべり性状が卓越する履歴性状を示している。

図6に図5に基づく各試験体の履歴曲線における正荷重時の包絡線を示す。縦軸及び横軸は、図5と同じである。加熱を実施しない標準試験体である2-1-0試験体は、 $R = 1/100\text{rad}$ で最大荷重を發揮し、その後、緩やかに荷重が低下する性状を示す。一方、加熱を実施した試験体は、加熱時間に伴って、初期剛性及び最大荷重が低下しているが、2時間加熱を受けた試験体は、1時間加熱の試験体の履歴性状の傾向に大きな差は認められない。図中の一点鎖線は、RC柱の曲げ終局耐力の算定値を示す。 Q_{cal1} は、無加熱試験体の算定値を示す。ただし、加熱を実施した試験体の計算値 Q_{cal2} は、かぶりコンクリートの寄与を無視し、コア部の曲げ耐力を算出した値である。算定値 Q_{cal2} は、30分及び1時間加熱を受けた試験体の最大荷重をおおよそ表現しているが、2時間加熱を受けた試験体の最大荷重は過大評価していることから、加熱後の残存曲げ耐力を評価するためには、加熱後のかぶりコンクリート、コア部コンクリート及び鉄筋の構成則を正しく評価する必要がある。

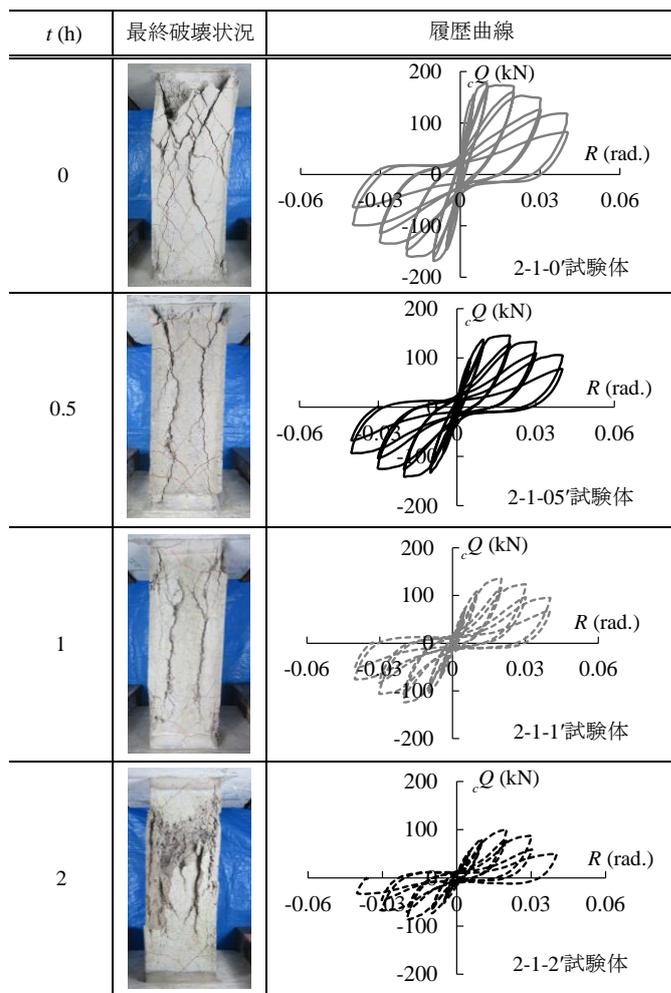


図5 加熱後加力における最終破壊状況及び履歴曲線

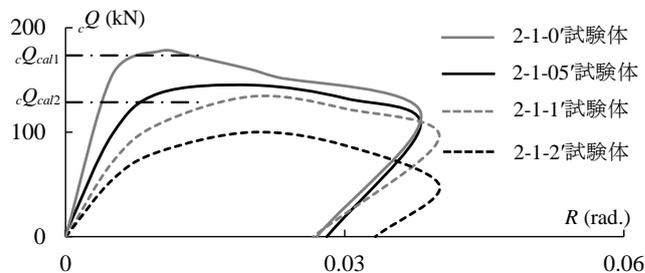


図6 加熱後加力における履歴曲線の包絡線

4. 結語

本研究の結果、以下の知見が得られた。

- 1) 加熱を受けないテストピースの圧縮強度に対して、標準加熱曲線 (ISO834) に基づいたテストピースの圧縮強度は、30分加熱の場合では約30%、1時間及び2時間加熱の場合では1~4%まで大きく低下する。
- 2) 試験体表面近傍の温度は加熱に伴って上昇し、放冷に伴って低下するが、試験体中央部の加熱中の温度は平衡し、放冷中に上昇して最大温度に達する性状を示す。
- 3) 加熱時間に伴って、初期剛性及び最大荷重は低下するが、1時間加熱を受けた試験体に対して、2時間加熱を受けた試験体の履歴性状の傾向は類似する。

(馬場研究室)