

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性能 (その1) 残存軸耐力

214-132 美濃 徹

1. 序

近年の比較的大きな地震の際に見られる地震直後に発生する地震複合火災に対して、現行の耐火設計は地震による損傷を有している建物を対象としていないことから、地震複合火災に対する建物の構造安全性を確認する手法は構築されておらず、被災建物の再利用の可能性について検討することができない。

本研究は、既存建物に多く存在する普通強度コンクリートを用いた鉄筋コンクリート（以下、RC という）柱を対象とし、地震被災後の火災（加熱）に対する保有耐火時間を検討すること、及び、当該 RC 柱の残存耐力に関するデータをを得ることを目的とする。

2. 実験計画

2.1 実験変数及び加熱曲線

表 1 に実験変数を示す。実験変数は、実験方法及び加熱時間であり、3 体の試験体が計画された。1-0-0 試験体は、加熱を実施しない標準試験体である。一方、加熱を実施する 2-1-2 及び 1-2-2 試験体は、標準加熱曲線 (ISO843) に応じた 2 時間耐火 (加熱温度 $T=1,049^{\circ}\text{C}$) を実施する。また、2-1-2 試験体は、地震被災後の火災を想定し、地震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）を $R_{ad}=1/200 \text{ rad.}$ とする。なお、各試験体軸力 cN は、一定の軸力比 $n=cN/cN_u=0.2$ である。ここに、 cN_u は RC 柱断面の圧縮耐力である。

2.2 実験計画

図 1 に実験方法の概要を示す。実験方法は、以下の通りである。

(a) 実験方法①

単調軸圧縮荷重を行う。(図 1 (C))。

(b) 実験方法①

1) 所定の一定軸力 cN を荷重した後、荷重プログラムに基づいた正負漸増繰返し荷重を行う (図 1 (A), 除荷後の残留部材変位角 $-\Delta R_{ad}$)。

2) 図 1 に示す標準加熱曲線に応じた 2 時間耐火試験を行う (図 1 (B))。

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) 単調軸圧縮荷重を行う (図 1 (C))。

(c) 実験方法②

上記 (b) 実験方法①の 2)~4) を実施する。

図 2 に試験体詳細を示す。試験体は RC 柱を想定し、その断面を $250 \times 250 \text{ mm}$ 、高さ 750 mm を試験区間とするスタブ付き I 型形状である。主筋は 8-D13 (SD295A)、帯筋は 2-D6@40 (SD295A、帯筋比 $p_w=0.64\%$) とする。

加熱試験における試験体内部の温度の計測は、図中に示す主筋位置に配置された熱電対①~④によって行う。表 2 に使用材料の力学的特性を示す。

3. 実験結果とその考察

3.1 加熱前加力試験の概要及びその結果

図 3 に加熱前加力を実施する 2-1-2 試験体の実験計画及び、その結果を示す。実験は、図 3 (a) に示す建研式載

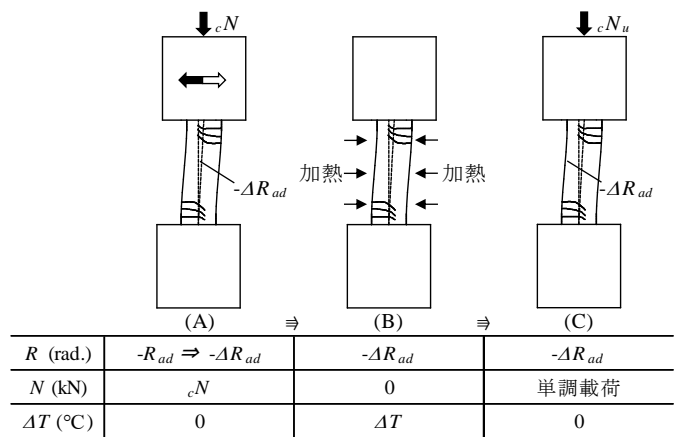
表 1 実験変数

| 試験体 | 被災想定部材変位角 R_{ad} (rad.) | 実験方法 | 加熱時間 t (分) |
|-------|---------------------------|------|--------------|
| 1-0-0 | — | ① | 0 |
| 2-1-2 | 1/200 | ① | 120 |
| 1-2-2 | — | ② | 120 |

2-1-2-0: 加熱なし, 2: 2 時間加熱

0: 実験方法①, 1: 実験方法①, 2: 実験方法②

1: なし, 2: $R_{ad}=1/200 \text{ rad.}$



ΔR_{ad} : 除荷後の残留部材変位角, ΔT : 加熱温度

図 1 実験方法

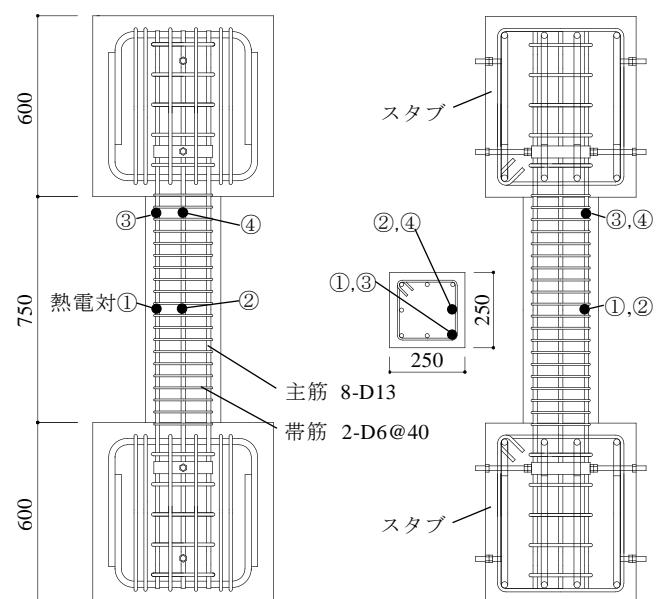


図 2 試験体詳細

表 2 使用材料の力学的特性

| 材料 | | N/mm ² | ヤング係数 | 降伏強度 | 引張強度 |
|--------|--------------|-------------------|--------------------|---------------|------------|
| 材料 | | | E_s | σ_y | 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 | 圧縮強度 | 割裂強度 |
| 材料 | | | E_c | σ_{B0} | F_t |
| コンクリート | | | 1.88×10^4 | 28.6 | 2.61 |

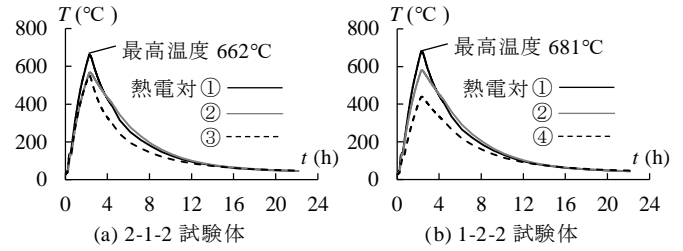
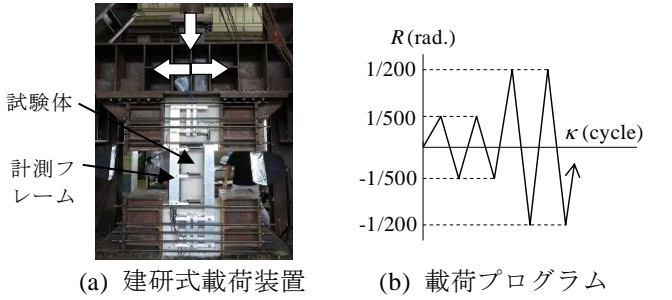


図 4 加熱試験の結果



(a) 建研式荷重装置 (b) 荷重プログラム

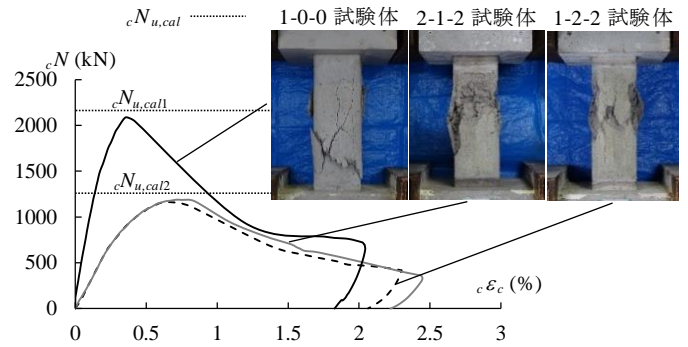


図 5 単調圧縮荷重の結果 ($cN - c\epsilon_c$ 関係及び破壊状況)

荷装置により、所定の一定軸力 cN を加えた後、図 3(b) に示す荷重プログラムに基づいて、最大振幅を $\pm R = 1/200$ rad. とする正負漸増繰返し荷重を行う。図 3 (c) に履歴曲線及びひび割れ状況を示す。縦軸は試験体に付加された水平力 cQ 、横軸は部材変位角 R である。 $R = 1/200$ rad. サイクルまでに、柱頭及び柱脚部に曲げひび割れが生じたが、その破壊状況は軽微であり、除荷後の残留変位は 0.3 mm 程度である。

3.2 加熱試験の概要及びその結果

図 4 は、標準加熱曲線に基づいて 2 時間加熱試験を実施した 2-1-2 及び 1-2-2 試験体の内部温度の推移状況を示したものである。縦軸は、図 2 に示す熱電対より得られた試験体の内部温度 T 、横軸は時間 t である。なお、加熱試験の際、試験区間外のスタブには耐火被覆が施されている。両試験体とも、柱中央部の主筋位置に配置した熱電対①の温度上昇が最も顕著であり、加熱後の放冷により急激にコンクリート内部の温度は減少し、加熱後 24 時間の放冷期間を経て、ほぼ平衡状態に至った。また、加熱後のひび割れ状況は、加熱前加力の有無に大きな相違は見られなかった。

3.3 軸圧縮試験

図 5 に単調軸圧縮荷重の結果を示す。縦軸は試験体に

付加された軸力 cN 、横軸は軸ひずみ度 $c\epsilon_c$ である。加熱を受けた試験体の軸圧縮試験は、加熱後から 10 日間の放冷を経て実施されており、加熱を受けたシリンダーの実験時の圧縮強度 $\sigma_{BF} = 1.40 \text{ N/mm}^2$ である。なお、各試験体の最終破壊状況をあわせて示す。加熱を受けた 2-1-2 及び 1-2-2 試験体の最大荷重及び初期剛性は、加熱を受けない 1-0-0 試験体に比べて 6 割程度まで低下している。一方、加熱を受けた 2-1-2 及び 1-2-2 試験体の軸力-軸ひずみ度関係に大きな相違は見られないことから、 $R_{ad} = 1/200$ rad. 程度の地震被災度は、加熱後の RC 柱の軸性状に及ぼす影響は小さいことが示唆される。図中に示す点線は、RC 柱の軸圧縮耐力の算定値 $cN_{u,cal}$ を示したものである。なお、 $cN_{u,cal1}$ は加熱を行っていない試験体、 $cN_{u,cal2}$ は加熱を行った試験体の軸耐力の計算値を示す。ここで、加熱を受けた試験体の軸圧縮耐力の算定式は、かぶり部及びコア部のコンクリート圧縮強度を σ_{BF} とし、コア部コンクリートの圧縮強度 σ_{B0} 及び、主筋の降伏強度 σ_y は、表 2 に示す材料強度としたが、算定値は実験値を精度良く評価していることがわかる。

4. 結語

本研究の結果、以下の知見が得られた。

- 1) 部材変位角 $R = 1/200$ rad. 程度の被災度であれば、加熱後の軸圧縮耐力に及ぼす影響は小さい。
- 2) 加熱を受ける RC 柱の軸圧縮耐力は、かぶりコンクリート部の圧縮強度の低下の影響を大きく受ける。次報 (その 2) では、RC 柱の曲げせん断性状に及ぼす加熱温度の影響について実験的に検討する。