

鉄筋コンクリート柱梁接合部を有する不静定ラーメン架構の耐火実験  
(その1 実験概要)

接合部      耐火性能      载荷加熱試験  
火災          骨組          不静定

正会員      林 成俊\*<sup>1</sup>    同      ○大田 周平\*<sup>2</sup>  
同          阪口 明弘\*<sup>3</sup>    同      田中 義昭\*<sup>3</sup>  
同          田坂 茂樹\*<sup>3</sup>    同      谷 昌典\*<sup>4</sup>  
同          原田 和典\*<sup>5</sup>    同      西山 峰広\*<sup>5</sup>

## 1. はじめに

建築部材間の接合部は、耐火性能上の弱点となる可能性があるものの、接合部または各部材に応力が存在する状態で耐火試験を行うことが難しく、実験的検証はあまりなされていない<sup>1)</sup>。安全かつ合理的な試験方法の開発が待たれている。本研究では、柱梁接合部を有する不静定ラーメン架構の耐火構造性能を把握するために行った载荷加熱試験について報告する。

## 2. 実験概要

本研究では、以下の項目について実験データを得ることを目的とした。

- ① 梁・柱部材および柱梁接合部の内部温度分布
- ② 長期荷重下での梁のたわみ
- ③ 長期荷重下での柱・梁の伸びおよび回転
- ④ 柱梁接合部における梁主筋定着方法による挙動の違い
- ⑤ 梁・柱部材および柱梁接合部の破壊性状

## 2.1 試験体

本研究では、図1に示すような柱梁接合部を有する不静定骨組を対象としている。試験体は、実大の1/2~1/3スケールで同一のものを2体製作した。実験パラメータは加熱時間である。柱・梁断面を図2、配筋詳細を図3に示す。日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」<sup>2)</sup>(以下RC規準)を参照し、鉛直荷重が増加した際に梁曲げ降伏が先行するように設計を行った。梁断面は、200×250mm、柱断面は250×250mmである。軸力がない時の梁および柱部材の降伏モーメントは、それぞれ38kNm、40kNmである。また、柱上下端が降伏したと仮定した時の梁軸力40kNを考慮した梁の曲げ耐力は67.6kNmである。

表1に载荷加熱試験時におけるコンクリート、主筋、せん断補強筋の常温時力学的性状を示す。梁および柱の主筋には、それぞれD19,16を、せん断補強筋にはD10を用いた。なお、梁および柱部材のせん断補強筋ピッチは、それぞれ80,70mmである。コンクリート目標強度は30MPaである。载荷加熱試験時の材令はRCF-1が86日、RCF-2が89日で、試験時におけるコンクリートの含水率は、5.9%である。鉄筋折り曲げ定着の必要定着長さは、

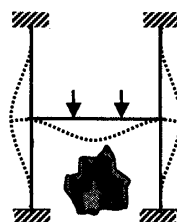


図1 対象骨組

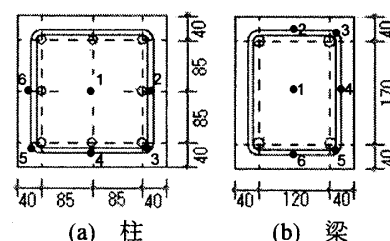
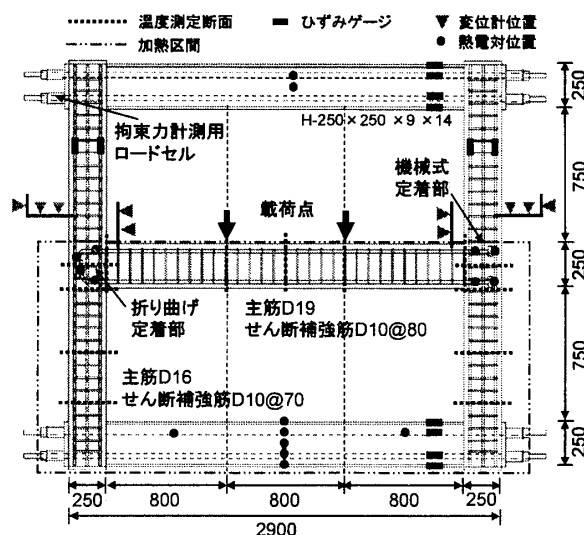


図2 断面形状



Unit: mm

図3 配筋図

表1 材料の常温時力学的性状

|             | 圧縮/降伏強度(MPa) | 弾性係数(GPa) |
|-------------|--------------|-----------|
| コンクリート      | 31.3         | 25.7*     |
| 梁主筋(D19)    | 408.0        | 188.0     |
| 柱主筋(D16)    | 351.0        | 191.0     |
| せん断補強筋(D10) | 377.0        | 200.0     |

\*RC規準の計算値

RC規準により引張側187mm、圧縮側175mmとした。一方、機械式定着長は、日本建築総合試験所「機械式鉄筋定着工法 設計指針(2010年改定)」<sup>3)</sup>において柱せいの2/3以上にすることが記されている。本実験では、施工性を考慮し160mmとした。

骨組に対する荷重加熱試験は、境界条件を設定し常時荷重を加えながら加熱を行う必要があるため実施が難しい。そこで、本研究では上下柱端部を鉄骨梁(H250×250×9×14)でつなぎ、プレストレス力で圧着することで不静定骨組を模擬する方法を考案した。鉄筋コンクリート部材である両側柱と中間梁を一体打設した後、上下の鉄骨梁と圧着した。PC 鋼棒の緊張力による端部拘束方法とその妥当性については、その2で述べる。

## 2.2 荷重と加熱

図4に荷重加熱方法を示す。梁部材への常時荷重 $P$ は、コンクリート( $F_c/3$ )および鉄筋(215MPa)の長期許容応力度に対応する曲げモーメントのうち、最も小さい値を長期荷重時モーメントとし、1載荷点あたり30.9kN( $P/2$ )とした。加熱前に所定の荷重を加え、RCF-1について加熱終了と同時に、RCF-2については加熱終了から60分後に除荷した。

加熱には直火式の床・梁用加熱炉を用いた。加熱区間は1層目の柱4面と梁の側面と下面の3面である。加熱炉内部温度がISO834に定められた標準加熱曲線に従うように調整した。また、下側の鉄骨梁、PC鋼棒、ロードセルには温度上昇を防ぐために耐火充填材(ロックウール混入セメント・せっこう粉体と水を混ぜたもの)を塗布した。

## 2.3 試験条件および測定項目

加熱時間の設定は、設計した部材に予想される耐火性能をもとに行った。試験体 RCF-1 は、梁が崩壊するまで加熱することとし、ISO834 に規定された梁のたわみ速度に対する限界値  $L^2/9000d=3.12\text{mm/min}$  (174.5 分) に達するまで追跡した。ここで、 $L$  は支点間距離、 $d$  は梁全せいである。試験体 RCF-2 は再使用可能性を探るため、加熱時間を60分と設定した。試験体 RCF-1 の結果から加熱時間60分での梁中央引張側主筋の温度が500℃であった。これは、主筋の降伏強度が常温時に対して約1/2に低下する温度<sup>4)</sup>であることから再使用可能性があると予想された。また、鉄筋の定着方法が接合部の耐火性能に及ぼす影響を調べるために柱梁接合部のひとつでは折り曲げ定着、他方を機械式定着とした。

荷重加熱時には、試験体内部温度、梁相対たわみ、柱・梁の伸びおよび回転、PC 鋼棒の緊張力(端部拘束力)、炉内温度、荷重の変化について測定を行った。また、直接加熱されない2層目柱主筋と上下鉄骨梁にはひずみゲージを貼ってひずみ測定を行った。表2にその詳細を示す。なお、図2に各柱および梁断面における温度測定

表2 計測項目

| 計測項目         | 計測器    | 計測点数                  |
|--------------|--------|-----------------------|
| 梁柱部材の内部温度    | 熱電対    | 1断面につき6ヶ所×9断面         |
| 接合部の内部温度     | 熱電対    | 1接合部につき4ヶ所            |
| 鉄骨梁・PC 鋼棒の温度 | 熱電対    | 上下8ヶ所                 |
| 梁相対たわみ       | 変位計    | 1断面につき2ヶ所×5断面         |
| 柱・梁の伸びおよび回転  | 変位計    | 1断面につき2ヶ所×2断面         |
| 部材内ひずみ分布     | ひずみゲージ | 2層目柱主筋+上下鉄骨梁<br>=16ヶ所 |
| PC 鋼棒張力      | ロードセル  | 1柱固定端につき2×4ヶ所         |
| 荷重           | ロードセル  | 3ヶ所(載荷用+制御用)          |

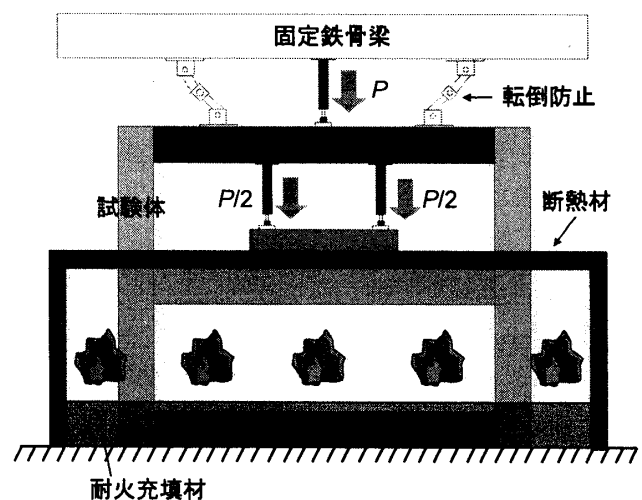


図4 荷重加熱方法

点を、図3に温度測定断面、変位測定点を併せて示している。図中の破線は内部温度測定断面を、黒丸は熱電対の位置を、三角形は変位計の位置を表している。温度測定断面は柱部材8ヶ所(両側柱の柱脚、中央、柱頭、接合部断面)と梁部材5ヶ所(梁中央部と梁端部、載荷点断面)である。加熱時には加熱炉の観察窓から炉内の試験体を観察した。また、加熱前および加熱終了後には、試験体のひび割れを記録した。

試験体 RCF-2 の再使用可能性については、今後行う残存耐力試験結果に基づいて検討する予定である。

### 【参考文献】

- 1) 調査委員会(委員長原田和典):平成20年度「建築部材の接合部耐火性能評価の技術的問題点についての調査」,日本建築総合試験所,2009
- 2) 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説,1999
- 3) 日本建築総合試験所:機械式鉄筋定着工法設計指針(2010年改定),2010
- 4) 日本建築学会:構造材料の耐火性ガイドブック,2004

\*1 京都大学大学院 大学院生・修士(工学)

\*2 京都大学大学院 大学院生

\*3 日本建築総合試験所 耐火防火試験室

\*4 建築研究所・博士(工学)

\*5 京都大学大学院 建築学専攻 教授・博士(工学)

\*1 Graduate Student, Kyoto University. M. Eng.

\*2 Graduate Student, Kyoto University.

\*3 General Building Research Corporation of Japan.

\*4 Building Research Institute. Dr. Eng.

\*5 Professor, Kyoto University. Dr. Eng.