

# デジタル画像処理を用いた鉄筋コンクリート部材のひび割れ計測 E-Defense を用いたコンクリート系建物実験 2010 / その 6

RC 柱                      ひび割れ抽出      損傷評価  
デジタル画像

正会員    ○杉田   ようこ\*1      会員外    天野   勲\*4  
同           西山   峰広\*2      正会員    長江   拓也\*5  
同           河野   進\*3      同           松森   泰造\*5

## 1. はじめに

近年の構造設計において、地震に対する損傷程度や経済的損失の評価が求められている。しかし、現在 RC 造建物に用いられる損傷評価は基本的に縮小模型の試験体を用いた静的実験の情報に基づいており、寸法効果と動的効果の影響は未だ明らかになっていない。

前報(その 1)で示された動的载荷中に撮影されたデジタル画像を用い、ひび割れの定量化を試みた。本報では、そのひび割れ計測の手法および結果について述べる。

## 2. 計測手法の概要

計測対象部材位置は図 1 に示す RC 試験体 1 階 C2 通りの外柱柱脚部(a)、および B2 通りの柱梁接合部(b)である。

撮影条件を表 1 に示す。(a)に使用したカメラは本実験で RC 試験体と同時加振を実施した PC 試験体基礎梁に、

(b)に使用したカメラは RC 試験体 2 階床に固定した。

画像は、レンズにより生じた歪曲収差の補正後、ソフトを用い自動的に全画像データについてひび割れを抽出した。抽出したひび割れは、ベクトルデータとして、幅、長さ、角度の情報を有す。

## 3. 柱脚部におけるひび割れ幅計測結果

JMA-Kobe 波の 50%加振終了時および 100%加振終了時のひび割れ図を図 3 に、100%加振時の柱脚部におけるひび割れ幅の時刻歴を図 4(a) に示す。尚、図 4 で示すひび割れの位置は、図 3 中に示す。

外柱の柱脚部において、100%加振中で曲げひび割れが進展し、圧壊が生じた。図 3 における損傷 1 では最大ひび割れ幅が約 1.50mm であった。損傷 2 では、最大ひび割れ幅約 1.38mm を示した後、ほぼ 0.5mm 以下となった。

表 1 撮影条件

|        | (a)柱脚部                    | (b)柱梁接合部              |
|--------|---------------------------|-----------------------|
| 使用カメラ  | CANON EOS 7D              | Point Grey FL2G-50S5M |
| 画素数    | 約 1790 万画素                | 約 500 万画素             |
| 使用レンズ  | EF-S17-85mm F4-5.6 IS USM | DF6HA-1B              |
| 撮影距離   | 3.5m                      | 0.5m                  |
| ISO 速度 | ISO 1600                  | —                     |
| 焦点距離   | 70 mm                     | 6mm                   |
| 露出時間   | 1/1000 秒                  | 1/500 秒               |
| 絞り値    | F5.0                      | F1.2                  |
| 撮影速度   | 0.33s (3FPS)              | 0.2s (5FPS)           |

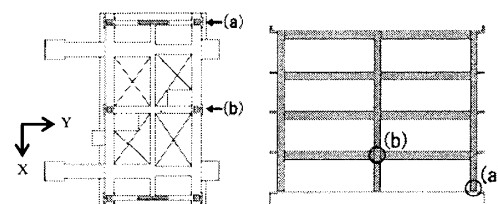


図 1 計測対象部材位置(RC 試験体)

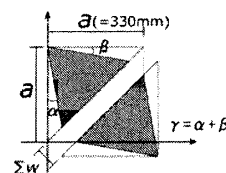


図 2 せん断変形の模式図<sup>2)</sup>

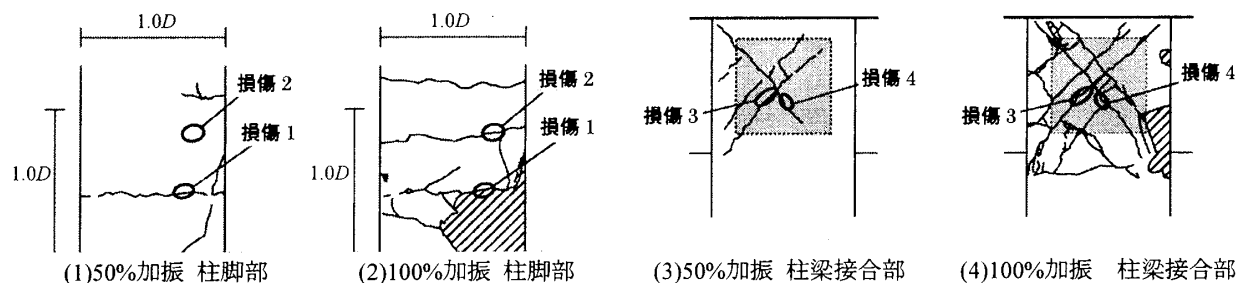


図 3 ひび割れ図

Crack measurement using digital image processing

The 2010 E-Defense test on concrete buildings / Part. 6

SUGITA Yoko, NISHIYAMA Minehiro, KONO Susumu,  
AMANO Isao, NAGAE Takuya, MATSUMORI Taizo,

図 4(a)の計算値とは、平均曲げひび割れ幅計算値を示す。柱が剛体回転して変形が柱脚に集中したと仮定すると、柱引張縁から  $e$  だけ内側に入った位置における軸方向伸び  $\Delta\ell_m$  は、式 (1) で求められる<sup>1)</sup>。伸び  $\Delta\ell_m$  が、柱脚部における柱せいと等しい高さ(1.0D)に存在するひび割れ  $n_i$ (本)に均等に分散した場合、1 本当たりの平均曲げひび割れ幅  $w$  は、式(2)で与えられる。

$$\Delta\ell_m = (D - x - c) \cdot R \quad (1)$$

$$w = \Delta\ell_m / n_i \quad (2)$$

ここで  $D$ :柱せい(mm),  $x$ :中立軸深さ(=  $N/(0.85b\sigma_B)$ )(mm),  $N$ :軸力(変動軸力を考慮),  $b$ :柱幅,  $\sigma_B$ :コンクリート圧縮強度,  $n_i$ :ひび割れ本数(ここでは 3 本),  $c$ :ひび割れ幅を求める位置と柱引張縁の距離(ここでは 115mm)とする。

ひび割れ幅の推移について、実験値と計算値を比較すると、0-0.5mm 程度のひび割れでは概ね同じ値を示し、0.5mm 以上のひび割れ幅発生時では実験値は計算値の約 60%の値である。

#### 4. 柱梁接合部におけるひび割れ計測結果

100%加振時の柱梁接合部におけるひび割れ幅の時刻歴を図 4(b)(c)に、せん断変形の模式図を図 2<sup>2)</sup>に示す。

本報の柱梁接合部は、十字型接合部となっており、斜めひび割れおよび曲げひび割れの発生が見られた。損傷 3 は最大ひび割れ幅 3.36mm を示した後、1.6-3.0mm の範囲で、損傷 4 は最大ひび割れ幅 2.09mm を示した後、1.0-1.5mm の範囲で増減した。

図 4 の計算値とは、図 3 中点線で示された接合部パネ

ルに取り付けられた変位計の実験結果から計算により求めたせん断ひび割れ幅の合計値  $\Sigma w$  をひび割れ本数  $n_2$  で除した値である。 $\Sigma w$  は、式(2)により求めた。尚、せん断変形によるパネルゾーン対角線の長さの増分がせん断ひび割れ幅の総計であると仮定し、その他の変形については無視した。 $a$  は 330mm,  $n_2$  は実験結果より 3 とした。

$$\Sigma w = \sqrt{2}ay \quad (2)$$

ひび割れ幅の推移について、計算値の正側最大時に於いて計算値と実験値を比較する。損傷 3 は 15.135s において実験値が計算値の約 50%程度の値を、損傷 4 は 15.74s において約 30%程度の値を示す。

#### 5. まとめ

本研究では、実大 RC 造建物の大型振動台実験において、デジタル画像を用いたひび割れ計測を試みた。

- ・柱脚部における曲げひび割れ幅実験値は、計算値の 60%程度であった。
- ・柱梁接合部におけるせん断ひび割れ幅実験値は計算値の約 50-30%を示した。

#### 謝辞

本報の執筆にあたり、吉岡亨君には大変お世話になりました。ここで深く感謝致します。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(集)・同解説，1990
- 2) 嶋晃平ら：RC 実大柱・梁接合部の耐震性能に関する実験的研究(その 1, その 2, その 3)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.189-194, 2001.9

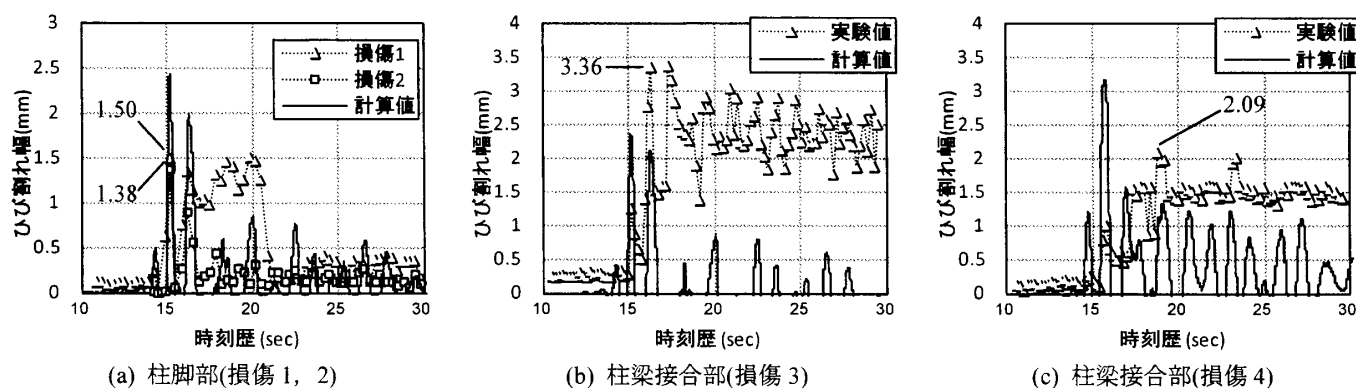


図 4 ひび割れ幅の時刻歴 (JMA-Kobe 波 100%加振)

\*1 京都大学大学院工学研究科建築学専攻・修士課程

\*2 京都大学大学院工学研究科建築学専攻・教授 博士(工学)

\*3 京都大学大学院工学研究科建築学専攻・准教授 Ph.D.

\*4 株式会社保全工学研究所 代表

\*5 独立行政法人防災科学技術研究所 主任研究員・博士(工学)

\*1 Graduate Student, Dept. of Architecture, Kyoto University

\*2 Prof. Dept., of Architecture, Kyoto University, Dr. Eng.

\*3 Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Kyoto University, Ph. D.

\*4 Hozen Maintenance & Management Engineering Co., Ltd.

\*5 Senior Researcher, NIED, Dr. Eng.