



RC柱のひび割れ幅と部材角の関係に関する一考察

藤永, 隆
孫, 玉平

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 16:109-113

(Issue Date)

2012-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81011379>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81011379>



RC 柱のひび割れ幅と部材角の関係に関する一考察

A Study on Relationship between Crack Width of RC Column and Rotation Angle of Column

藤永 隆¹⁾
Takashi Fujinaga
孫 玉平²⁾
Yuping Sun

概要：性能設計において，設計者は，種々の限界を設定しそのレベルを性能が上回っている事を確認するが，その種々の限界状態と損傷度および損傷の関係により，限界部材角が概念として定義されている．しかし，定義に用いられている残留ひび割れ幅と変形の関係についてはあまり詳しく研究されていない．また，地震後の被災度判定において，残留ひび割れ幅は損傷の指標として非常に重要であり，ひび割れ幅と部材角の関係を調査することは非常に有用である．以上より本報告では，繰り返す荷重を受ける鉄筋コンクリート柱の曲げひび割れ幅の推移を観察し，ひび割れ幅と部材角の関係を検討するものである．

キーワード：RC 柱，ひび割れ幅，残留変形，補修，修復限界

1. はじめに

建築物の設計法は性能規定型の設計法に移行しつつあり，2000年にはある一定の性能限界を提示できる限界耐力計算法が施行されている．性能設計においては，種々の性能を定義する必要があり，限界状態として使用限界，修復限界状態や安全限界状態が定義されており，そこには概念ではあるがひび割れ幅も提示可能な性能の情報の一部となっている．また，地震発生直後には被災度の応急判定が行われるが，その判断基準の一つにひび割れ幅があり，損傷度と残留ひび割れ幅が関係付けられている¹⁾．しかし，既往の研究においてひび割れ幅を精度良く計測し，経験部材角との関係性を提示した研究はあまりない²⁾．ひび割れ幅と部材角の関係を調査することは非常に有用であり，性能設計において提示される性能の精度の向上や，被災度判定時の判断材料の情報の強化にもつながる．本報告では，鉄筋コンクリート（以下RC）柱の複曲率曲げ実験において柱頭・柱脚部のひび割れ幅を精度よく計測し，部材角との関係を検討するものである．

2. 複曲率曲げを受ける RC 柱のひび割れ測定

(1) RC 柱の複曲率曲げせん断実験

一定軸力 N と繰り返す水平力 Q を受けるRC 柱の複曲率曲げ実験を行った．図-1に示す載荷装置により，軸力比 $n'=0.2$ に相当する軸力を導入し（軸力比の算出の際には主筋は無視している），一定に保持した後に水平力を繰り返す載荷した．試験体の形状および寸法を図-2に示す．断面せい・幅が250mm，材長 $L=1000\text{mm}$ （せん断スパン比 $L/D=2$ ）で，試験体両端部には載荷治具に固定するためのスタブを設けている．柱主筋はD13を主筋間距離190mmで8本，帯筋はD6を150mm間隔で設置した．表-1に鉄筋の引張試験結果を示す．コンクリートの設計基準強度 F_c は18 N/mm²，粗骨材の最大粒径は15mm，スランプは18cm（実測値20cm）である．

試験体の上下スタブ間の相対水平変位を測定した．また柱頭・柱脚部 1D(D : 断面せい)位置の鉛直変位を測定し，柱

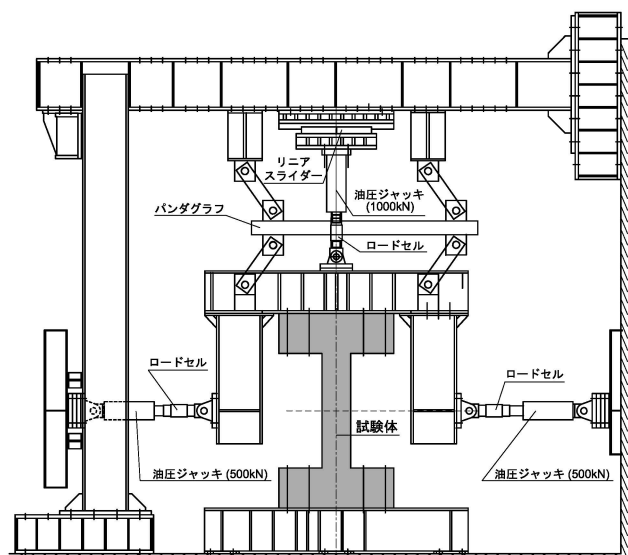


図-1 荷装置置図

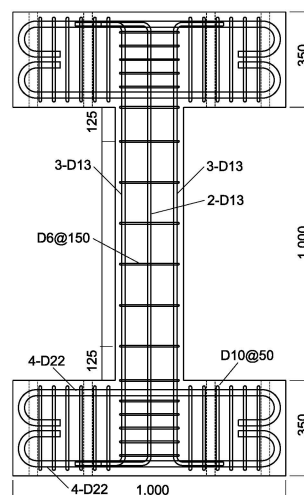


図-2 試験体図

表-1 鉄筋引張試験結果

	降伏点応力 σ_y (N/mm ²)	引張強さ σ_u (N/mm ²)	ヤング係数 sE ($\times 10^3$ N/mm ²)	降伏ひずみ	降伏比 σ_y/σ_u	破断伸び (%)
D13	385	537	183	0.00211	0.717	19.4
D6	434	536	187	0.00232	0.809	24.9

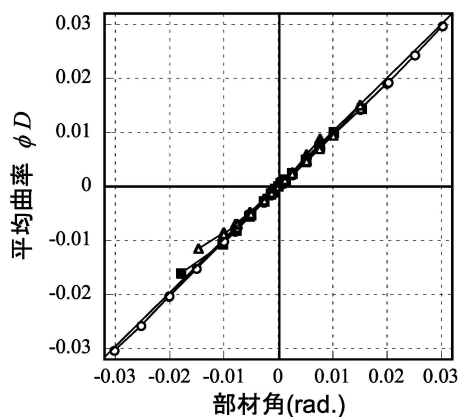


図-3 柱頭・柱脚平均曲率一部材角関係

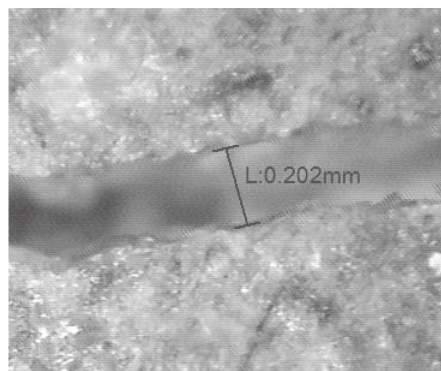


写真-1 デジタル顕微鏡による
ひび割れ幅の測定

端部の曲率を追跡している。図-3は各試験体の変位振幅反転点における、柱頭・柱脚部1D間の平均曲率と部材角の関係である。平均曲率と部材角の関係はほぼ線形であり、スタブ間の相対変位のほとんどは柱頭と柱脚の1D部の曲げ変形から説明できることが分かる。

(2) ひび割れ幅の測定

載荷各サイクルの最大変位振幅時（以下ピーク時とする）とその荷重除荷時に、柱頭および柱脚より1Dの長さの間での曲げひび割れを目視で確認し、ひびわれ幅を倍率200倍のデジタル顕微鏡で測定した（写真-1参照）。柱頭および柱脚部の危険断面においては、大変形時にひび割れ幅がデジタル顕微鏡の測定範囲を超える時があり、その場合は倍率を100倍として計測した。

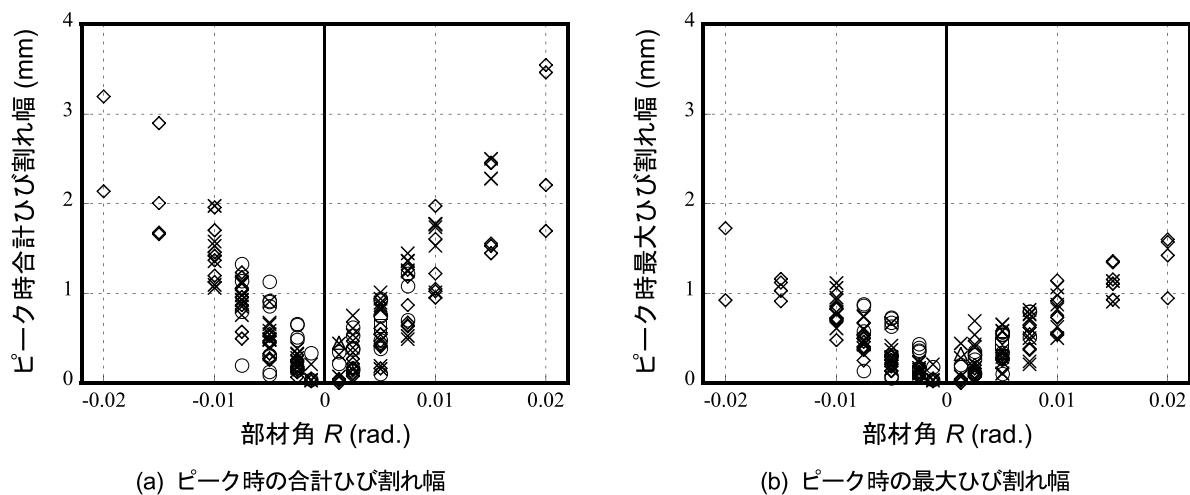


図-4 ピーク時各変位振幅のひび割れ幅の推移

3. ひび割れ幅の推移と部材角の関係

(1) ピーク時ひび割れ幅と部材角との関係

図-4 に各変位振幅ピーク時のひび割れ幅と部材角の関係を示す。図よりピーク時の1D間合計ひび割れ幅と部材角の関係が線形に近いことが分かる。ピーク時の最大ひび割れ幅とも線形関係に近く、これよりピーク時のひび割れ幅から経験部材角の予測が概ね可能であることが分かる。部材角0.015rad.を超えて合計ひび割れ幅が2～3mm（最大ひび割れ幅が1～2mm）を超える領域では若干非線形になる傾向を示す。部材角0.015rad.は、せん断破壊をした試験体では、最大耐力を迎え水平耐力が劣化しはじめる領域であり、修復限界Ⅱの境界を超え損傷度Ⅳの範囲である¹⁾。ピーク時のひび割れ幅と部材角の関係が、部材角0.015rad.より小さい範囲では概ね線形ではあるが、実際に被災した構造物においてピーク時のひび割れ幅を測定することは当然できず、被災度判定に用いられるひび割れ幅も除荷時のひび割れ幅に相当するものである。よって次節において除荷時のひび割れ幅の検討を行う。

また、1D間合計ひび割れ幅と最大ひび割れ幅ともに部材角と線形関係の傾向がみられるが、これより最大ひび割れ幅を用いてピーク時の1D間合計ひび割れ幅を予測することが可能であることを示唆している。ここで、柱の材長方向の曲率分布を一定、最大のひび割れは柱脚部に発生し、ひび割れの間隔を帯筋間隔と同じと仮定すると、1D間に発生するひび割れ位置が決定される。さらに、ひび割れ幅は曲率に比例すると仮定すると、1D間の合計のひび割れ幅は次式で表すことができる。

$$\sum w = w_{\max} + \sum_{i=1}^n \left(w_{\max} \frac{L-i \cdot s}{L} \right) \quad (1)$$

ここで、 $w_{\max}$ ：最大ひび割れ幅、 L ：せん断スパン、 s ：帯筋間隔、 n ：1D間の帯筋本数

(1)式によりピーク時の最大ひび割れ幅より予測した1D間の合計ひび割れ幅と実合計ひび割れ幅の関係を図-5に示す。若干ばらつきはあるものの、(1)式により概ね10%の範囲で予測可能である。

(2) 除荷時ひび割れ幅と部材角との関係

図-6 に除荷時のひび割れ幅と部材角の関係を示す。図より、除荷時においてはピーク時と比較して、1D間合計ひび割れ幅、最大ひび割れ幅ともに、ばらつきが大きくなることが分かる。除荷時のひび割れ幅は残留部材角の大きさに影響をうけるため、ばらつきが大きくなる可能性がある。ピーク時と同様に(1)式により、除荷時最大ひび割れ幅より1D間の合

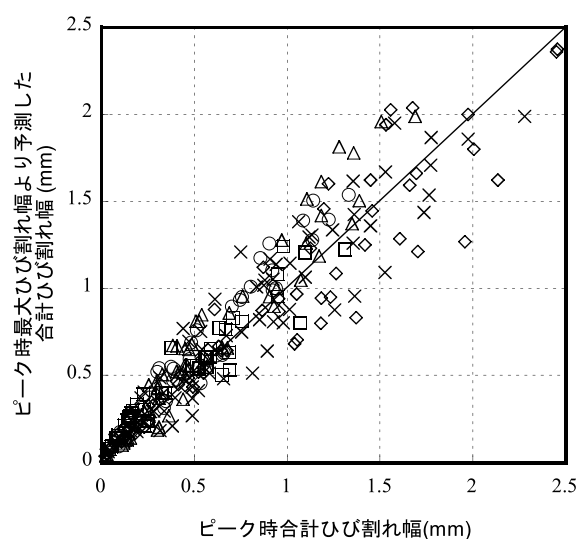
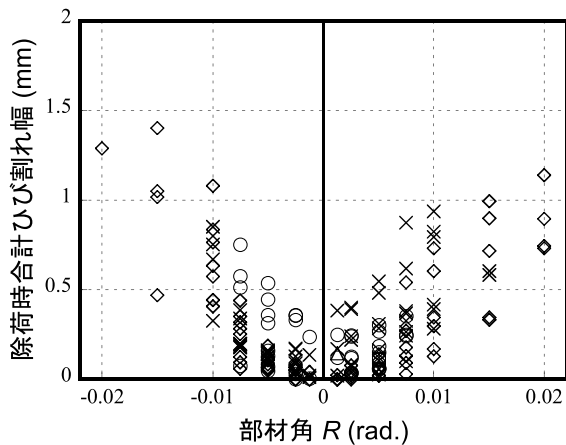
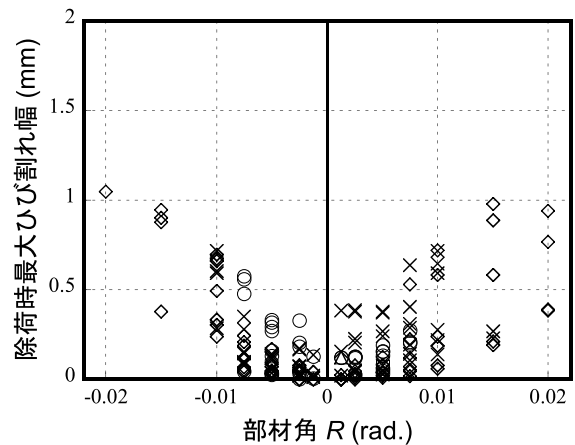


図-5 ピーク時最大ひび割れ幅から
ピーク時合計ひび割れ幅の予測値



(c) 除荷時の合計ひび割れ幅



(d) 除荷時の最大ひび割れ幅

図-6 除荷時各変位振幅のひび割れ幅の推移

計ひび割れ幅を予測した。予測合計ひび割れ幅と実合計ひび割れ幅の関係を図-7 に示す。除荷時においては、最大ひび割れに先んじて第 2, 3 番目のひび割れが閉じる傾向にあり、最大ひび割れ幅のみから 1D 間合計ひび割れ幅を予測すると実測値を大きく評価してしまう。

4. まとめ

鉄筋コンクリート柱の複曲率曲げ実験を行い、柱頭と柱脚での曲げひび割れ幅と、部材角の関係について検討を行った。以下に得られた知見を示す。

- 1) 各変位振幅ピーク時のひび割れ幅と部材角の関係は概ね線形関係であった。ひび割れ発生位置を仮定した予測式により、最大ひび割れ幅から 1D 間の合計ひび割れ幅が推定可能である。
- 2) 除荷時のひび割れ幅と部材角の関係はピーク時程の線形関係はなく、ばらつきが大きかった。

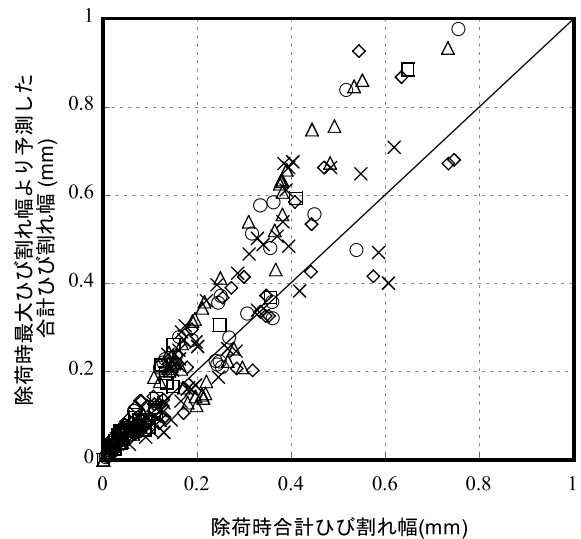


図-7 除荷時最大ひび割れ幅から
除荷時合計ひび割れ幅の予測値

謝辞：実験に際しては、神谷悠貴氏（当時神戸大学大学院生）、北村研士氏（当時神戸大学学生）より多大なご協力を得ました。ここに記して感謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) 佐々木潤一郎，加藤大介：RC 造柱のひび割れ幅，圧壊領域長さおよび軸力負担性能の評価法，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.2，2002 年
- 2) 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・同解説（案），2004 年 1 月

筆者：1) 藤永 隆：都市安全研究センター，准教授； 2) 孫 玉平：工学研究科建築学専攻，教授

A STUDY ON RELATHIONSHIP BETWEEN CRACK WIDTH OF RC COLUMN AND ROTATION ANGLE OF COLUMN

Takashi Fujinaga
Yuping Sun

Abstract

In the performance based design method, structural designers set up various limits and confirm whether the designed structural performance has exceeded the limit level. The limit rotation angles; serviceability limit, reparability limit and safety limit, are defined by using the relationship between limit state and damage level. And width of residual crack is used as an index which shows damage level. However, the relationship between width of residual crack and deformation capacity was not discussed in detail ever.

In this paper, Five RC beam-columns specimens ($L/D=2$) were tested. A constant axial load and cyclic lateral load were applied. Width of crack were observed in detail at the set maximum rotation angle and that after unloaded. And the relationship between the width of residual crack and rotation angle was discussed.