

内部損傷を有するRC柱部材の静的挙動に関する実験的研究

— 一方向および正負交番繰返し載荷の場合 —

平澤 征夫*, 岡本 恒和**, 池田 亮祐***, 中島 定一***, 永瀬 亮輔***

Experimental Study on Static Behavior for Reinforced Concrete Column Members with Internal Lacks of Tied Bars — Case for Repeated Loading —

Ikuro HIRASAWA*, Tsunekazu OKAMOTO**, Ryoussuke IKEDA***,
Sadakazu NAKASHIMA*** and Ryoussuke NAGASE***

(Received August 31, 2006)

The object of this study is to clarify the effects on the static behavior of small models with internal lacks of tied bars. Eight reinforced concrete column members were tested under two static loading methods. Four specimens were loaded under monotonical loading and four specimens were loaded under repeated loading. Experimental factors were the numbers of lacks of internal tied bars at column base.

Experimental results show that the effects of repeated loading appear as the differences of yield behavior of column base in the case with one cut-tied bar near footing.

Keywords: Reinforced concrete, Column model, Repeated loading, Monotonical loading

1. 目 的

本研究は、長期劣化によるRC構造の内部鉄筋の腐食、アルカリ骨材反応によりRC柱部材の内部鉄筋、特に柱部材の帯鉄筋が破断されるなどの内部損傷を受けた場合を想定して、その内部損傷が柱の降伏耐力、終局耐力および変形性能にどのような影響を及ぼすかを実験的に検討することを目的とする。実験は油圧アクチュエータ試験装置による一軸単調漸増載荷試験(プッシュオーバー)と正負交番繰返し載荷とする。

2. 研究 方 法

2.1 供試体の形状及び寸法

供試体の形状寸法を図1に示す。柱部の断面は100×100 mm, 頭部は錘をはめ込むため、鋼製ブロックを取り付け、220 mm×100 mm×225 mm, 基部は、柱はめ込み式のため、250 mm×100 mm×400 mmとした。フーチング部570 mm×570 mm×400 mmの中央に鉄棒(内径275 mm×125 mm×400 mm, 厚さ12 mm)を入れた。フーチング部からの高さは577 mm(載荷点または錘の重

*都市建設工学科 (Department of Civil Engineering)

**建設工学専攻大学院生 (Graduate Student, Constructional Engineering)

***学部学生 (Undergraduate Student, Civil Engineering)

心位置まで 703 mm), 軸方向鉄筋には D6 mm (降伏応力度 $f_{sy}=443.8\text{ N/mm}^2$) $\times 8$ 本を, 帯鉄筋には $\phi 4$ mm (降伏応力度 $f_{sy}=521.2\text{ N/mm}^2$) $\times 27$ 本を使用し, 帯鉄筋間隔はすべて 45 mm とした。^{1~3)}

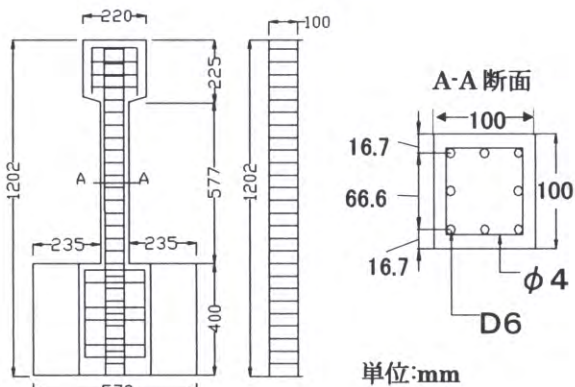


図 1 供試体の形状寸法

2.2 供試体要因と実験計画

2.2.1 供試体要因と実験の種類

表 1 に帯鉄筋の切断本数, 実験の種類, 供試体名称を示す. 図 2 に帯鉄筋切断状況を示す.

表 1 実験計画

切断本数	静的実験	
	一軸単調漸増载荷	正負交番繰返し载荷
0	SP05-0	SR05-0
1	SP05-1	SR05-1
2	SP05-2	SR05-2
3	SP05-3	SR05-3

*各供試体 1 体ずつ作製



図 2 帯鉄筋切断状況

2.2.2 実験方法および測定方法

図 3 に示すように供試体に変位計を設置して静的実験を油圧アクチュエータ試験装置を用いて行った. 軸力は 16.3 kN 加え, この錘の質量の軸方向耐力に対する比は 5.5% であった. また, 軸応力度は 1.63 N/mm^2 であった. 供試体は, 反力床に固定し, 供試体の頂部に水平アクチュエータを取り付けた. 取り付け位置はフーチング上面から 702 mm である. 载荷試験は変位制御で行い, 変位 15 mm までは, 0.5 mm ず

つ増加していき, 15 mm 以降は 1 mm ずつ増加で一軸単調漸増载荷を行った. 大変位計による水平変位, 小変位計による柱基部の鉄筋の抜け出し量を含む変形(伸び, 縮み)量, コンクリートのひずみの測定は TDS-301 を用いて行った. また荷重測定用にロードセル(容量 49 kN)を用いた. 正負交番繰返し载荷は, $\pm 15\text{ mm}$, $\pm 30\text{ mm}$, $\pm 45\text{ mm}$, $\pm 60\text{ mm}$ でそれぞれ押し引きを 3 回繰返す. 正負交番繰返し载荷の各測定には, TDS-602 を用いて行った.

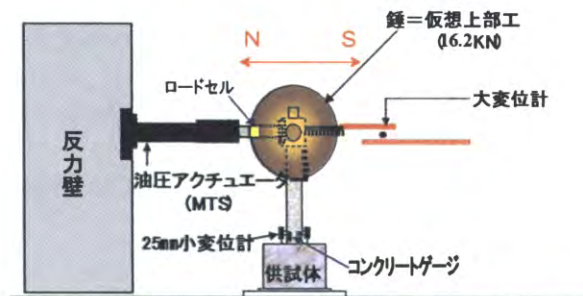


図 3 油圧アクチュエータ試験装置

3. 一軸単調漸増载荷試験結果

3.1 荷重～変位曲線

図 4 は载荷試験の結果得られた各供試体における荷重～変位曲線を示す. 図 4 より, 最大荷重を比較してみると $\text{SP05-1} < \text{SP05-2} < \text{SP05-3} < \text{SP05-0}$ の順番になっているのが見てとれる. また, 前年度の実験結果と比較しても, SP05-1 が最も最大荷重の低い供試体となっている.

これらの結果より, 帯鉄筋を一本切断した場合, 切断場所が塑性ヒンジに近い場所になり, 切断箇所がヒンジとなりひび割れが局部的に集中し最大荷重が最も低い値を示したと考えられる.

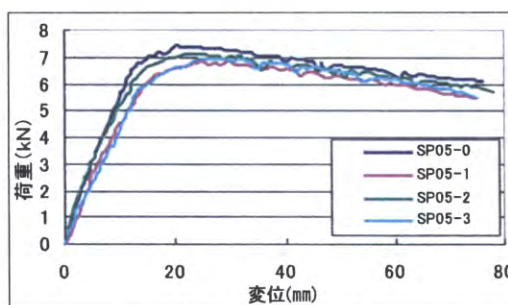


図 4 荷重～変位曲線

図 5 は荷重～変位曲線を無次元化したものである. この図の終局変位から靱性率を算定する.

図 5 より終局変位に違いが見られた. このことから SP05-0 に比べ帯鉄筋切断した供試体は靱性率が低下することが明らかになった.

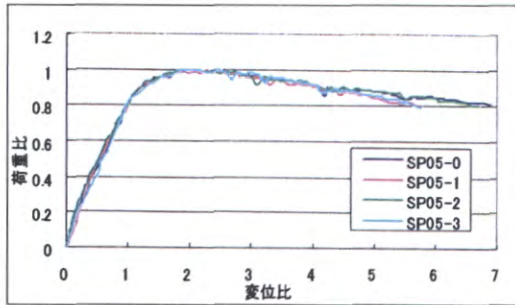


図5 荷重比～変位比曲線(靱性率)

3.2 モーメント～曲率曲線

図6は各供試体のモーメント～曲率曲線を示す。ここでモーメントは(水平荷重)×(载荷位置までの距離)で求め、曲率は柱基部のN面とS面で測定した小変位計から求めたひずみ ϵ_N , ϵ_S を用いて次式で求めたものである。 $\phi = (\epsilon_N + \epsilon_S) / h$ 。図6より、健全供試体、帯鉄筋2本切断の供試体には最大モーメント到達以降それほど大きな変化がなく、帯鉄筋1本、3本切断した供試体は最大モーメント到達以降緩やかに低下し、傾きに違いが見える。また、モーメント～曲率曲線の主鉄筋が降伏するまでの上りの傾きから求められる曲げ剛性には影響が見られないことがわかる。

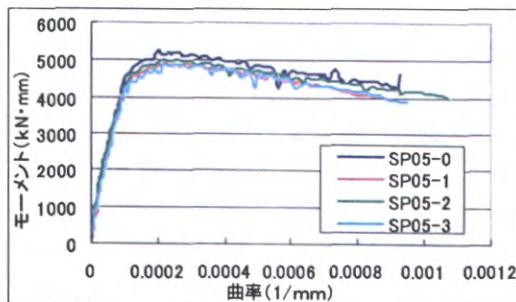


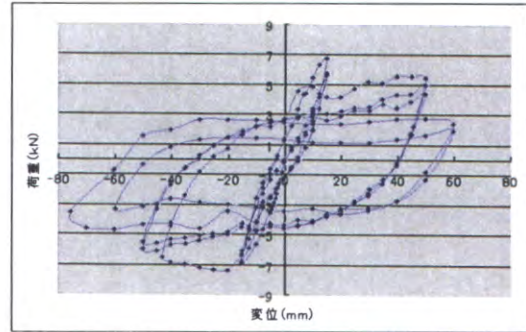
図6 曲げモーメント～曲率曲線

4. 正負交番繰返し载荷試験

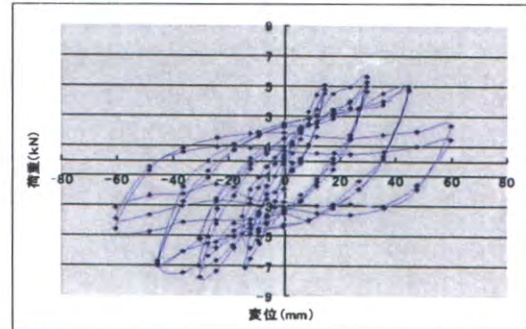
4.1 荷重～変位曲線の結果及び考察

図7に、正負交番繰返し载荷により得られた各供試体の荷重～変位曲線を示す。

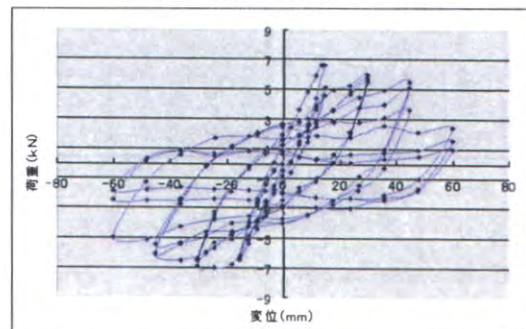
これらの図を比較すると、SR05-0が最も大きな荷重～変位履歴曲線を示している。これより、SR05-0が帯鉄筋切断した供試体と比べエネルギー吸収能が大きいと考えられる。また、SR05-1及びSR05-2は同じ様な荷重～変位履歴曲線を示している。SR05-3についてはSR05-0よりも最大荷重が大きな値を示しているが変位45mmから60mmにかけての荷重低下割合が最も大きくなっている。また変位60mmで最も小さい荷重の値を示している。



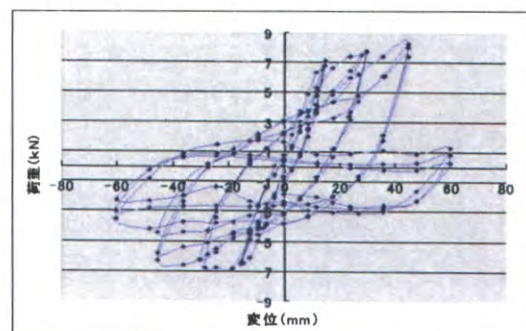
(a) SR05-0



(b) SR05-1



(c) SR05-2



(d) SR05-3

図7 荷重～変位曲線

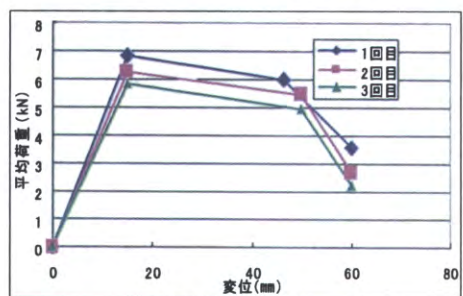
4.2 各供試体の最大平均荷重～変位曲線

図8に、最大平均荷重～変位曲線を示す。実験は変位制御により行なっているため、変位15mm, 30mm, 45mm, 60mmの各変位段階において3回繰返し、それにおける各変位の1回目, 2回目, 3回目での最大荷

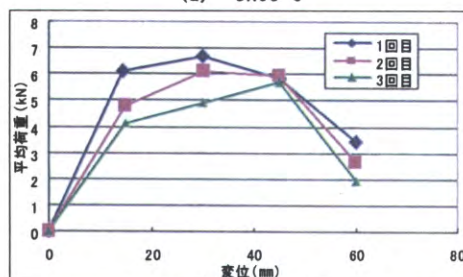
重のプラス方向とマイナス方向の絶対値を平均した値をとって図の縦軸に示した。

これらの結果より, SR05-0 では平均最大荷重が一回目>二回目>三回目と繰返し回数が増えるに従って相対的に小さくなっているが, SR05-1 では, 変位 15mm の段階から荷重低下割合が大きくなっている。また, SR05-2 及び SR05-3 では変位 30mm の段階までほぼ同様の曲線を示しているが, 変位 45mm の段階で最大平均荷重にばらつきがみられる。

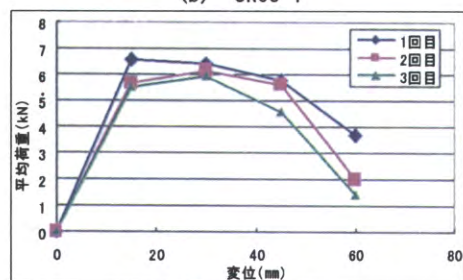
これは, SR05-1 では柱基部で破壊が集中し, 早い変位段階(変位 15mm)で影響が現れたものと考えられる。また, SR05-2 及び SR05-3 では, 帯鉄筋を切断することにより塑性領域が広がり切断による影響が早い変位段階では現れないためと考えられる。



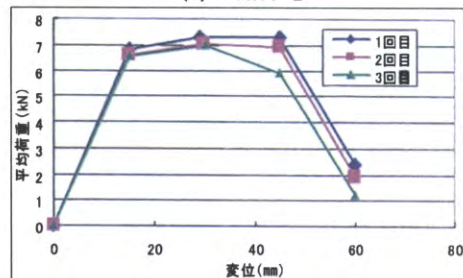
(a) SR05-0



(b) SR05-1



(c) SR05-2



(d) SR05-3

図 8 最大平均荷重～変位曲線

5. 柱基部損傷状況

図 9 に柱基部のひび割れ状況を示す。

ひび割れの入り方の違いを比較すると, 健全供試体では曲げひび割れのみが入ったのに対し, 帯鉄筋を切断した場合は, 切断本数が多くなるにしたがってせん断力による斜めひび割れの傾斜角度が大きくなっていること, 柱上部におよぶ帯鉄筋位置へのひび割れが多く見られることが分かった。また帯鉄筋を 3 本切断した場合のみ, 最上部の切断された帯鉄筋位置から斜めひび割れが入らず, 帯鉄筋 2 本目に近い位置からせん断ひび割れが入った。これは主鉄筋とコンクリートの付着強度が関係しているものと考えられる。

正負交番繰返し载荷を行った 4 本の供試体では全体的に, 全方向の面に多くひび割れが生じており, E, W 面に貫通ひび割れが確認できた。さらに N, S 面が圧壊しており軸方向鉄筋の座屈, 破断が貫通ひび割れ開口部から見られた。



SP05-0



SP05-1



SP05-2



SP05-3



SR05-0



SR05-1



SR05-2



SR05-3

図 9 柱基部のひび割れ状況

6. まとめ

本研究により得られた結論は以下のようである。

- (1) 荷重～変位曲線より帯鉄筋を一本切断した場合、一軸単調漸増載荷試験では、最大荷重が最も低い値を示した。また、正負交番繰返し載荷試験では、早い変位段階(変位 15mm)で荷重にばらつきがみられる。これらの結果より、帯鉄筋を一本切断した場合、切断箇所が塑性ヒンジに近い場所になり、ひび割れが集中し柱基部に破壊が集中したと考えられる。
- (2) 基部損傷状況より、帯鉄筋切断本数が多くなるに従ってせん断による斜めひび割れの傾斜角度が大きくなることが明らかとなった。また、帯鉄筋3本切断した場合のみ、最上部の切断された帯鉄筋

位置から斜めひび割れが入らず、帯鉄筋2本目に近い位置からせん断ひび割れが入った。三本目切断位置にひび割れが入らなかった理由は、切断された区間の長さが、塑性ヒンジ長より大きいためである。

参 考 文 献

- 1) 土木学会編：「コンクリート標準示方書（耐震性能照査編）」平成14年土木学会
- 2) 岡田・伊藤・不破・平澤「鉄筋コンクリート工学」鹿島出版会，2003年
- 3) 社団法人 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説（V耐震設計編）」平成14年度改訂
- 4) 土木学会編：「コンクリート標準示方書（設計編）」平成8年土木学会