

内部損傷を有するRC柱部材の動的挙動に関する実験的研究

— 水平一軸および水平・鉛直二軸同時加振の場合 —

中野 瞬介*, 秋山 芳幸**, 平澤 征夫***, 植田 匡****, 稲垣 知晃*****

Experimental Study on Dynamic Behavior for Reinforced Concrete

Column Members with Internal Lacks of Tied Bars

—— Case for Shaking Table Test ——

Shunsuke NAKANO*, Yoshiyuki AKIYAMA**, Ikuo HIRASAWA***,

Tadashi UETA**** and Tomoaki INAGAKI*****

(Received August 31, 2006)

The object of this study is to clarify the effects on the dynamic behavior of small models with internal lacks of tied bars. Eight reinforced concrete column members were tested under two kind of dynamic loading methods. Four specimens were loaded under horizontal dynamic loading and other four specimens were loaded under horizontal and vertical dynamic loading.

Experimental factors were the numbers of lacks of internal tied bars at column base.

Experimental results show that the effects of two kind of dynamic loading appear as the differences of yielding loads between horizontal loading to horizontal and vertical loading. The yield loads of horizontal loading are more than that of others.

Keywords: Reinforced concrete, Column model, Shaking table test, Monotonically loading

1. はじめに

中性化や塩害による長期劣化(経年劣化)でコンクリートにひびが入り、鉄筋に錆が生じ、アルカリ骨材反応により帯鉄筋が破断したと仮定して、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およぼすかを、振動台を用いた動的実験により検討することを目的とする。

2. 研究方法

2.1 供試体形状および寸法

細長比 40 の RC 橋脚モデルの柱部断面(図 1 参照)100×100 mm, D6(降伏応力度: $f_{sy}=443.8\text{N/mm}^2$)を 8 本にし、軸方向鉄筋比は 2.53% となり、帯鉄筋比は 1.47% となるため、帯鉄筋 $\phi 4$ (降伏応力度: $f_{sy}=521.2\text{N/mm}^2$)を 45 mm 間隔で 27 本とした。そのため、

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

**千代田コンサルタント(株) (Tiyoda Consultant Co. Ltd.)

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

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

軸方向耐力比は5.6%となった。RC橋脚頭部は錘をはめ込むため、220×100×225 mmの鉄板を取り付け、柱のはめ込み部寸法を、250×100×400 mmとした。フーチング部 570×570×400 mmの中央に鉄箱(内径寸法 275×125×400 mm, 厚さ 12 mm)を入れた。^{1)~3)}

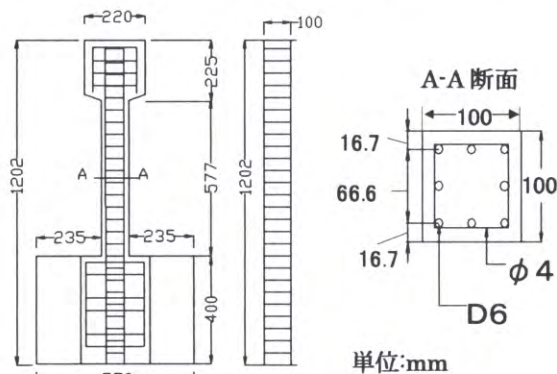


図1 供試体全体の寸法および断面形状

2.2 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。図3に実験に用いた兵庫県南部地震入力波形を示す。

表1 実験計画

切断数	供試体名称	
	水平一軸加振	水平・鉛直二軸同時加振
0	DH05-0	DHV05-0
1	DH05-1	DHV05-1
2	DH05-2	DHV05-2
3	DH05-3	DHV05-3

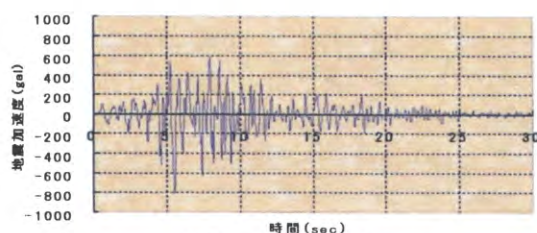


1 本切断

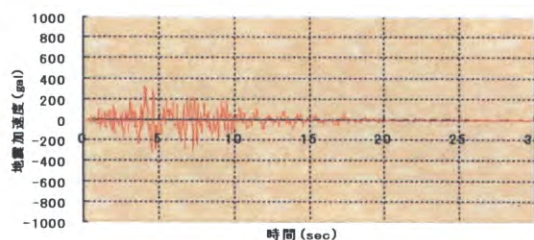
2 本切断

3 本切断

図2 帯鉄筋の切断状況



(a) N-S方向



(b) U-D方向

図3 兵庫県南部地震波形

2.3 载荷方法および測定方法

図4に、水平・鉛直振動台装置に供試体および計測器の配置図を示す。载荷方法は水平一軸および水平・鉛直二軸同時加振とし、兵庫県南部地震入力波形(神戸海洋気象台観測 M7.2)の最大地震加速度(818gal)を0.05, 0.10, 0.15, ...倍と徐々に上げていき供試体が破壊するまで行った。供試体と振動台の挙動は、それぞれに取り付けた加速度計, レーザー変位計で、さらにコンクリートひずみをひずみゲージ, 柱基部の変位を小変位計(検長 25mm)にて測定した。

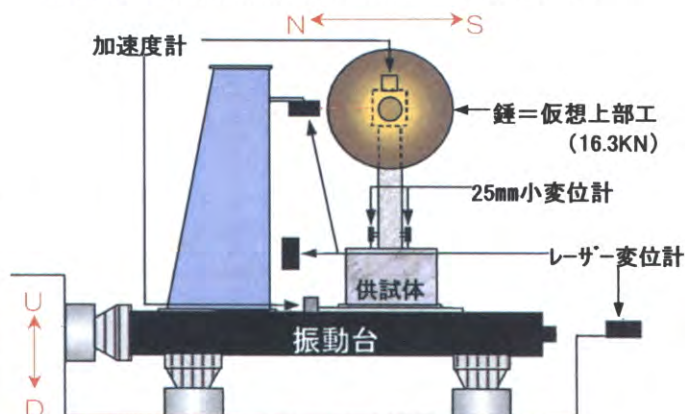


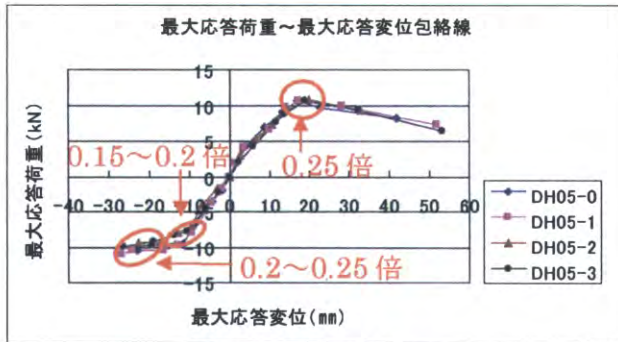
図4 水平・鉛直震動台装置

3. 実験結果

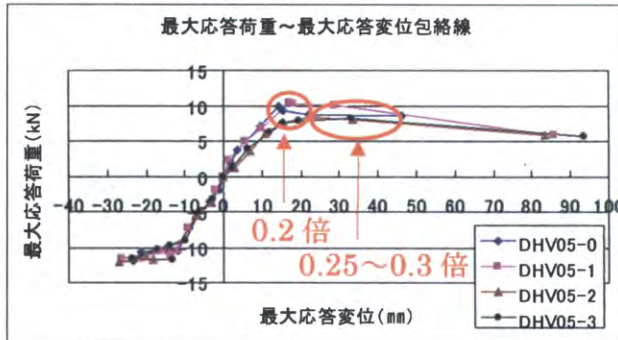
3.1 最大応答荷重～最大応答変位包絡線

図5(a), (b)に、それぞれ水平一軸加振および水平・鉛直二軸同時加振の各供試体ごとの最大応答荷重～最大応答変位包絡線(4本)を示す。横軸のプラス方向はS側の値、マイナス方向はN側の値を示す。

図5(a)より、水平一軸加振での各供試体ともにS側では応答変位が約18 mm, 加振倍率0.25倍時に、最大荷重を示している。また図5(b)より、水平・鉛直二軸同時加振でのS側では、DHV05-0, 1の応答変位は約16 mm, 加振倍率0.2倍時, DHV05-2, 3の応答変位は約16 mm, 0.25~0.3倍時に最大荷重を示している。



(a) 水平一軸加振



(b) 水平・鉛直二軸同時加振

図5 最大応答荷重～最大応答変位包絡線

3.2 平均応答荷重～平均応答変位包絡線

図6(a), (b)に、それぞれ水平一軸加振と水平・鉛直二軸同時加振の供試体ごとの平均応答荷重～平均応答変位包絡線(4本)を示す。

図6(a), (b)より、全ての供試体は加振倍率0.15～0.20倍のときに主鉄筋が降伏していると考えられる。水平一軸加振、水平・鉛直二軸同時加振、共に帯鉄筋切断本数の増加に伴い主鉄筋の塑性域 ϕ が広がっていき、変位も徐々に大きくなっていると考えられる。

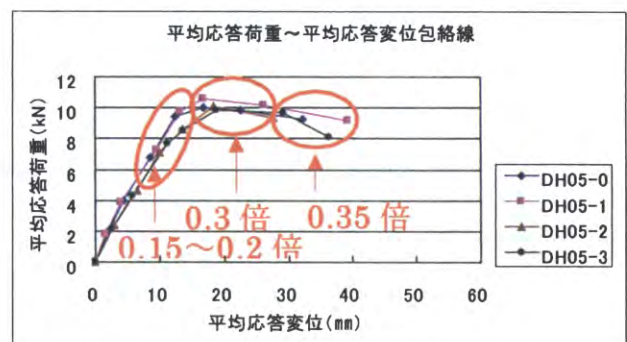
図6(a), (b)より、水平一軸加振では、加振倍率0.3倍時に平均応答変位がDH05-0<1<2<3の順に帯鉄筋切断本数が多くなるにしたがって大きくなっている。しかし、水平・鉛直二軸同時加振では平均応答変位がDHV05-0<1<3<2の順となり帯鉄筋2本切断した供試体と帯鉄筋3本切断した供試体が逆になり、切断本数の順にはならなかった。さらに、終局時変位(破壊直前の変位)を比較してみると、水平一軸加振では35～40mmの値を示しているのに対し、水平・鉛直二軸同時加振では50mm程度の値が出ている。

この結果の理由として、水平一軸加振では基部にひび割れが集中したのに対し、水平・鉛直二軸同時加振では、鉛直加振が加わったことにより、ひび割れが基部に集中せず、ひび割れが分散して広範囲に入り、ひび割れ形状の影響があらわれたと考えられる。

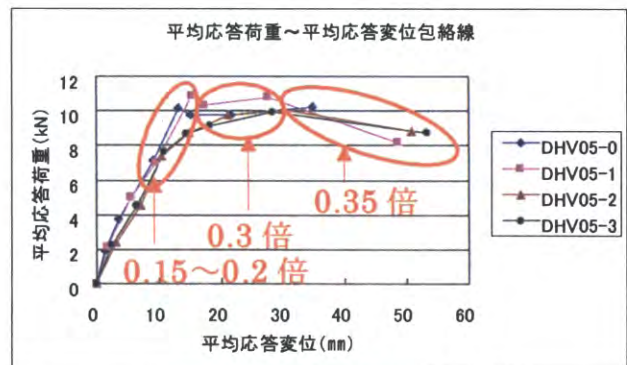
また、両加振共に切断なし、1本切断の供試体は、ほぼ同じ包絡線を示しているの、1本切断の供試体

ではあまり影響が出ていないことが分かる。2本切断の供試体は、切断なし、1本切断の供試体と違った包絡線を示している。しかし、3本切断の供試体は2本切断の供試体とほぼ同じ包絡線を示しているため、1本切断の供試体と2本切断の供試体の間で破壊形式に違いがあると考えられる。

その破壊形式の違いは、2本切断の供試体が1本切断の供試体よりも、包絡線の傾きが小さくなったことより2本切断の供試体の塑性ヒンジ長が、破壊しやすい長さになったためと考えられる。また、3本切断の供試体の包絡線が、2本切断の供試体の包絡線と似た値を示しているのは、塑性ヒンジ長が拡大していないためであると考えられる。



(a) 水平一軸加振



(b) 水平・鉛直二軸同時加振

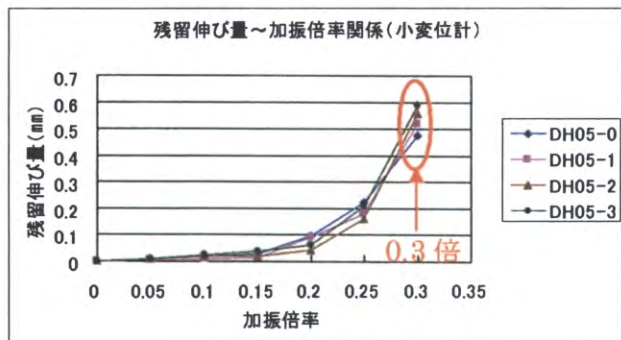
図6 平均応答荷重～平均応答変位包絡線

3.3 柱基部中心の残留伸び量～加振倍率関係

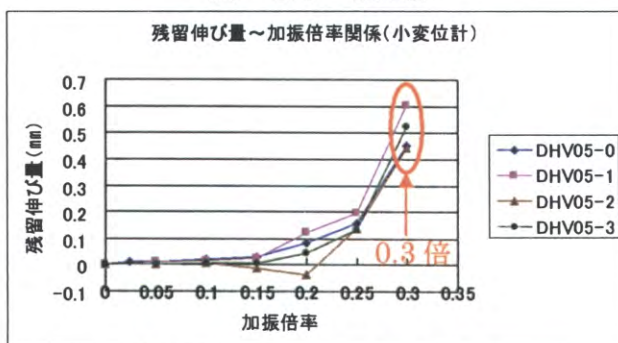
図7(a), (b)に、それぞれ水平一軸加振と水平・鉛直二軸同時加振の柱基部中心の残留伸び量～加振倍率(4本)を示す。

加振倍率0.15倍まで水平一軸加振、水平・鉛直二軸同時加振、共にほとんど残留伸び量に変化は見られなかったが、0.3倍で比較すると、水平一軸加振ではDH05-0<1<2<3の順に帯鉄筋切断本数が多くなるにしたがって残留伸び量が大きくなっている。また、水平・鉛直二軸同時加振ではDHV05-2<0<3<1の順に残留伸び量が大きくなっている。このように加振

方法の違いにより, 異なった残留伸び量が現れた理由は, 前節 3.2 と同様にひび割れ形状の影響と考えられる。



(a) 水平一軸加振



(b) 水平・鉛直二軸同時加振

図7 柱基部中心の残留伸び量～加振倍率関係

4. 柱基部ひび割れ損傷状況

図8に, 柱基部損傷状況を示す。

図8より DH シリーズでは, 基部にひび割れが集中しているのに対し DHV シリーズでは, 基部にひび

割れが集中せず広範囲にひび割れがはいっているのがみてとれる。

5. まとめ

実験により得られた結論は以下のようである。

(1) 水平一軸加振では基部にひび割れが集中したのに対し, 水平・鉛直二軸同時加振ではひび割れが基部に集中せず, ひび割れが分散し広範囲に入り, 鉛直加振が加わったことによるひび割れ形状の影響があらわれたと考えられる。

(2) 帯鉄筋切断本数の増加に伴い主鉄筋の塑性域が広がっていき, 平均応答変位も徐々に大きくなると考えられる。

(3) 2本切断の供試体と1本切断の供試体で包絡線の傾きに差が生じたのは, 2本切断の供試体の塑性ヒンジ長が, 破壊しやすい長さになったことが原因であると考えられる。また, 3本切断の供試体の包絡線が, 2本切断の供試体の包絡線と似た値を示しているのは, 塑性ヒンジ長が拡大していないためであると考えられる。

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) 岡田清, 伊藤和幸, 不破昭, 平澤征夫：「[新版]鉄筋コンクリート工学」, 2003年
- 3) 社団法人日本道路協会：「道路示方書・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

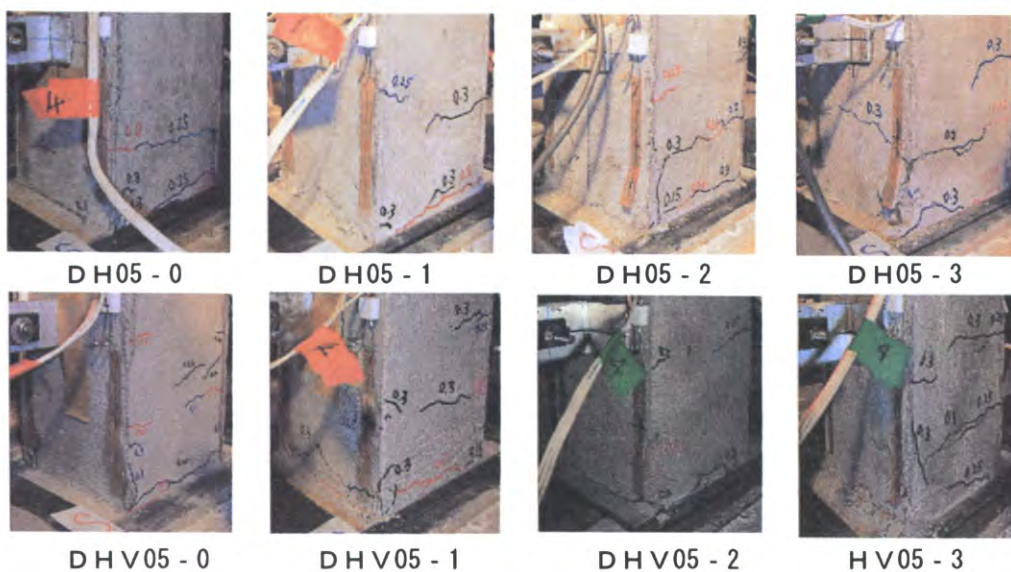


図8 柱基部損傷状