

水平および上下動地震波形を用いた RC 橋脚モデルの動的降伏・破壊実験

中部大学大学院 学生会員○河井 康孝
中部大学工学部 7人-会員 平澤 征夫

1. 目的

兵庫県南部地震(1995年)では、非常に大きな上下動が観測されており、これがRC橋脚の破壊に至るまでの損傷と耐力低下の一要因とも考えられるが、現在のところ定量的に明らかにされた研究は少ない¹⁾²⁾。

本研究は、神戸海洋気象台で観測された地震加速度波形を用いて、RC橋脚モデルの振動台による、水平一軸加振、水平・鉛直二軸同時加振実験を行った。その結果から、加振方法の違いによる軸力の変動の影響を比較し、RC橋脚モデルの動的降伏と破壊挙動を明らかにすることを目的とする。特に加振中の鉄筋ひずみを計測し、部材降伏時の上下動の影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

2.1 実験計画 表-1 に実験計画を示す。実験は水平一軸方向加振 KHT と水平・鉛直二軸同時加振 KVHT の 2 種類の加振方法で、それぞれにつき 2 体の供試体を使用して行った。

2.2 実験供試体 実験供試体の形状・寸法を図-1 に示す。柱部の断面は 150×150 mm、高さは 1110 mm、載荷位置までは 985 mm で、軸方向鉄筋に D10 ($f_{sy}=380\text{N/mm}^2$, $\epsilon_{sy}=2020\mu$) を 8 本 (軸方向鉄筋比 2.54%)、帯鉄筋に $\phi 6$ ($f_{sy}=298\text{N/mm}^2$) を 100 mm ピッチ (拘束鉄筋比 0.86%) で用いた。また、コンクリートの試験時圧縮強度は $f_c'=(33.4\sim 42.5)\text{N/mm}^2$ であった。

2.3 実験方法 実験は図-2 に示す水平・鉛直二軸同時加振振動台試験装置を用いて行った。供試体はフーチング部に通した $\phi 32$ mm の鋼棒 8 本によって振動台に固定した。地震力の載荷は同一供試体に対し、入力地震加速度を最大地震加速度(818gal)の 0.5/10 倍とした入力レベルからはじめて 1/10 倍、1.5/10 倍…と段階的に増加させる方法で 10/10 倍まで行った。供試体頂部の応答加速度、応答変位および振動台の加速度、変位は図-2 中に示した加速度計やレーザー変位計によって計測した。また、柱基部の伸び量を LVDT により計測し、内部の鉄筋に添付したゲージにより加振中の鉄筋ひずみを計測した。

3. 実験結果と考察

以下で示した荷重は、 $F=m \times a$ (m : 錘と供試体柱部の質量, a : 応答加速度) により求めた慣性力である。

部材降伏は、加振中に柱基部軸方向鉄筋(鉄筋 No. ①~③, ⑤~⑦) がすべて降伏ひずみに達した加振段階と定義する。

図-3 は KHT00-N.2 と KVHT00-N.2 の最大応答荷重~最大応答変位包絡線図である。図中の丸印で示した点は部材降伏点であり、部材降伏点は、加振中に計測した柱基部軸方向鉄筋ひずみのうち、引張ひずみの最大値を各加振段階ごとに示した図-4(a), (b) より判断した。図-3 より部材降伏点に着目すると、応答荷重、応答変位はほぼ同じ値であるが、部材降伏に要する加振回数に違いが見られ、KHT00-N.2 は 6/10 回目の加振(491gal),

表-1 供試体名と加振方法

供試体名	加振方法	供試体数(本)
KHT00-N.1	水平一軸加振	1
KHT00-N.2		1
KVHT00-N.1	水平・鉛直二軸加振	1
KVHT00-N.2		1

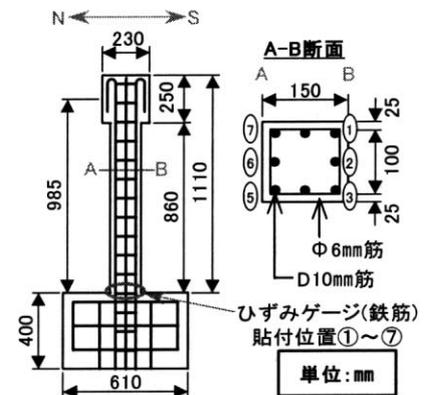
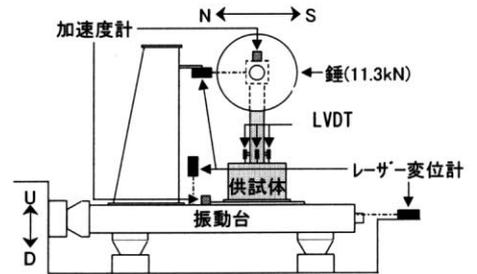


図-1 供試体形状寸法図



最大変位: [水平] 300 mm p-p [鉛直] 200 mm p-p
最大加速度: [水平] 3G [鉛直] 1G

図-2 水平・鉛直二軸同時加振振動台試験装置

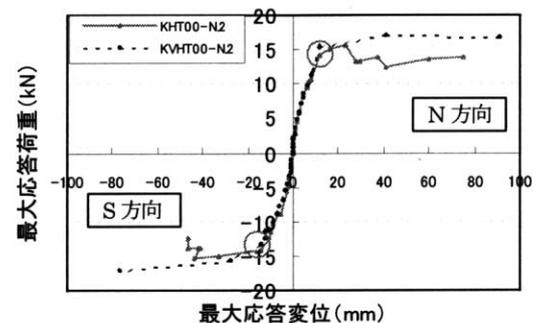


図-3 最大応答荷重~最大応答変位包絡線

KVHT00-N.2では8/10回目の加振時(654gal)に部材が降伏している。このことから部材降伏は上下動が作用する供試体よりも水平動のみが作用する供試体の方が早い加振段階で生じることが明らかとなった。

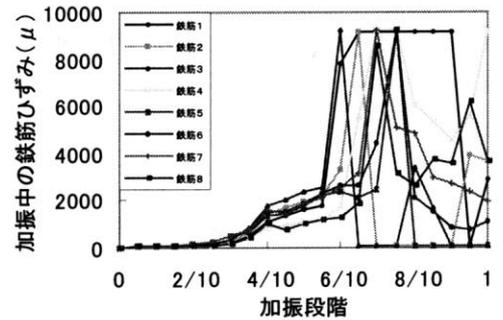
図-5に載荷方向(N-S)と直角方向(E-W)の、E面、W面の柱基部に設置した小変位計で計測した柱基部の伸び量を各加振段階ごとに示す。この図より、KHT00-N.2、KVHT00-N.2は部材降伏まではほとんど柱基部の伸び量は生じていない。しかし、部材降伏後から変化が見られ、KHT00-N.2では加振段階6/10から伸び量が徐々に増加するが、KVHT00-N.2では加振段階8/10から急激に増加していることがわかる。また、実験中の観察から部材降伏後のKHT00-N.2の損傷は、柱基部でひび割れが横に貫通後、ひび割れ周囲のコンクリートの圧壊が徐々に進行し、10/10加振後の圧壊の範囲は基部10cm以内に止まった。これに対してKVHT00-N.2の損傷は、8.5/10(入力加速度695gal)の加振段階までは基部に貫通したひび割れが見られた程度でそれほど進行していなかったが、最後の9/10加振段階(入力加速度736gal)で突然に鉄筋が座屈し、コンクリートの剥離が起これ、その範囲も図-6に示すようにKHT00-N.2よりも大きくなることを確認できた。これは、図-7に示すように、水平一軸方向加振に比べ、水平・鉛直二軸同時加振では、鉛直応答加速度が大きいため、柱基部に水平動による曲げ引張・圧縮力に、上下動による引張・圧縮力が加わった力が降伏した鉄筋に作用することになり、より鉄筋が座屈しやすい状態になったと考えられる。

4. まとめ

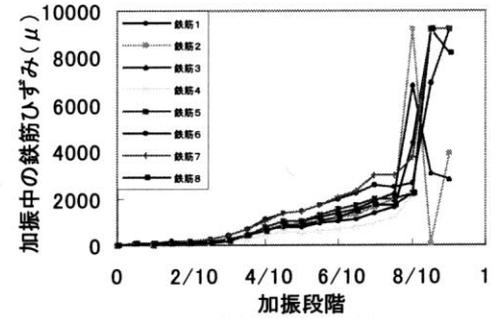
部材降伏までの比較的軽微な損傷は、水平動のみの方が、上下動が作用するものよりも早い段階で生ずること、また、部材降伏後の破壊につながる損傷は、水平動のみの作用では柱端面から徐々に進行するのに対し、上下動が作用するものでは、それほど顕著ではないが、終局時の座屈破壊は突然生じ、その破壊範囲も大きくなることを明らかとなった。

本研究は、ハイテクリサーチセンター事業に基づく中部大学先端技術研究センターの平成12年度研究費補助の一部、および中部大学平成12年度特別研究費によって行ったものである。

参考文献:1)秋山・平澤・河井:地震波形入力によるRC橋脚モデルの動的損傷に関する実験的研究,JCI,コンクリート工学年次論文集第22巻,2000.6. 2)池端・坪井・山口・池田:上下動と水平動を受けるL字型コンクリート橋脚の地震応答特性に関する研究,JCI,コンクリート工学年次論文集第22巻,2000.6.



(a) KHT00-N.2



(b) KVHT00-N.2

図-4 加振中の鉄筋ひずみ(引張ひずみの最大値)

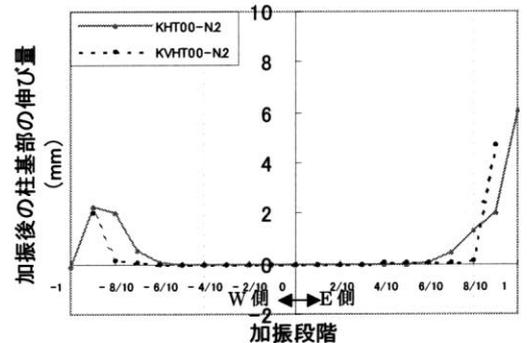


図-5 柱基部の伸び量～加振倍率関係図(E-W方向)

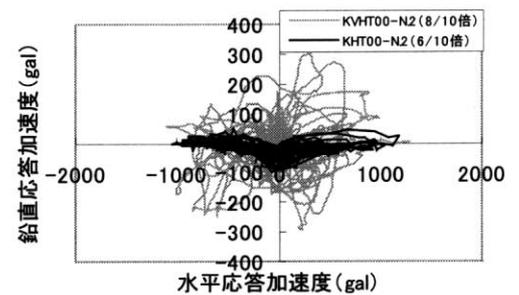
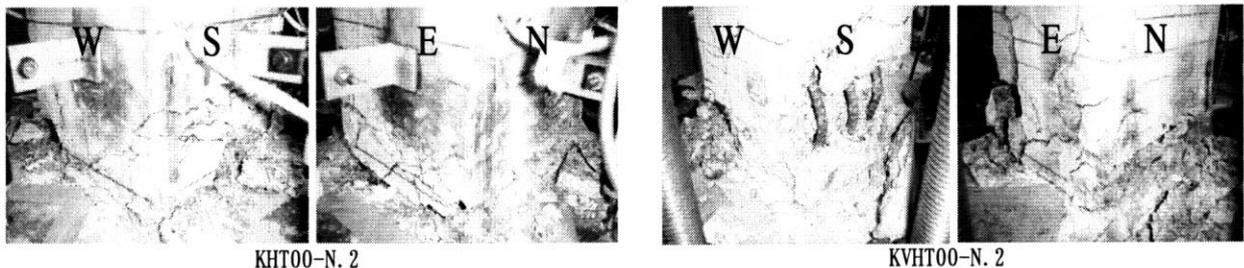


図-7 部材降伏点における応答加速度の比較



KHT00-N.2

KVHT00-N.2

図-6 実験終了時の供試体柱基部の損傷状況