

水平・上下同時加振による鉄筋コンクリート橋脚モデルの損傷・破壊メカニズム解明に関する実験的研究

中部大学工学部 フェロー会員 平澤 征夫
中部大学大学院 学生会員 河井 康孝

1. はじめに

本研究では、RC 橋脚モデルを作成し、神戸海洋気象台観測の兵庫県南部地震加速度波形を入力波形として用いた振動台実験を行い、水平地震動と上下動地震動の相乗効果および軸方向圧縮応力度の違いが RC 橋脚モデルの損傷・破壊メカニズムに及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

2.1 入力地震波 入力地震波は図-1 に示す 2 種類の波形を用いた。(a)は 1995 年の兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台において観測された南北(NS)方向の加速度波形、(b)は鉛直(UD)方向の加速度波形である。

2.2 実験供試体 供試体形状・寸法を図-2 に示す。柱部の断面は 150×150mm、高さは 1110mm、載荷位置までは 985mm で、軸方向鉄筋に D10(SD345)を 8 本(軸方向鉄筋比 2.54%)、帯鉄筋に φ6(SR295)を 100mm ピッチ(帯鉄筋比 0.86%)で用いた。実験計画と供試体に使用した材料の力学的特性を表-1 に示す。

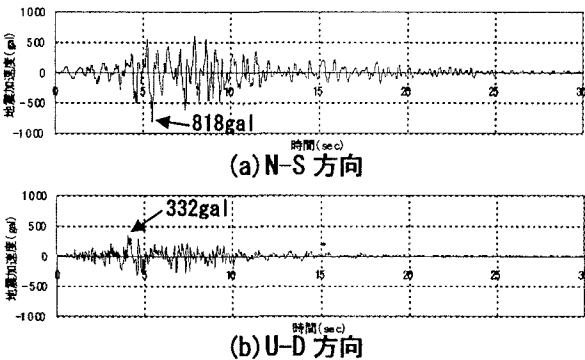


図-1 兵庫県南部地震加速度波形 (神戸海洋気象台観測)

表-1 実験計画と供試体使用材料の力学的特性							
加振方法	入力地震波形	軸方向圧縮応力度 (N/mm ²)	実験シリーズ名	コンクリート		軸方向鉄筋(D10)	
				圧縮強度	弾性係数	降伏強度	弾性係数
				f _c (N/mm ²)	E _c (N/mm ²)	f _{sy} (N/mm ²)	E _s (N/mm ²)
水平一軸方向加振	図-1(a)	0.52	KHT00-52-1	39.6	3.16 × 10 ⁴	384	1.91 × 10 ⁵
			KHT00-52-2	44.3	3.29 × 10 ⁴		
		0.72	KHT01-72-1	*****	*****	368	2.39 × 10 ⁵
			KHT01-72-2	49.7	2.01 × 10 ⁴		
水平・鉛直方向二軸同時加振	図-1(a)と図-1(d)	0.52	KVHT00-52-1	38.4	2.99 × 10 ⁴	384	1.91 × 10 ⁵
			KVHT00-52-2	40.2	3.10 × 10 ⁴		
		0.72	KVHT01-72-1	45.8	3.96 × 10 ⁴	368	2.39 × 10 ⁵
			KVHT01-72-2	41.7	1.49 × 10 ⁴		
			KVHT01-72-3	44.8	1.49 × 10 ⁴		

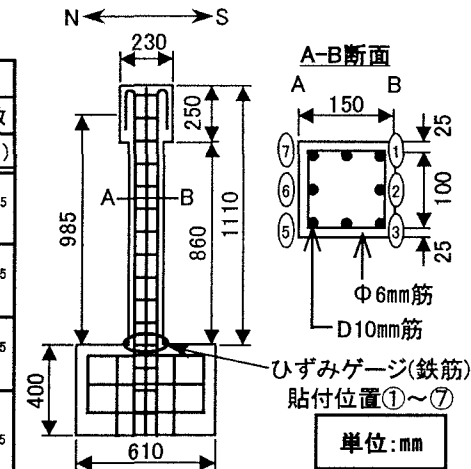
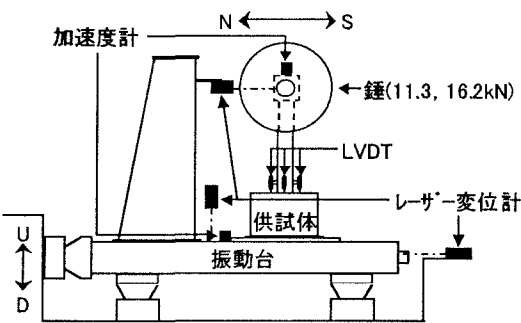


図-2 供試体形状寸法図

2.3 実験および計測方法 実験は図-3 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 φ32mm の鋼棒 8 本によって振動台に固定した。また、供試体頂部に実験目的に応じた錘(11.3、16.2kN)を取り付けて、上部工仮想重量(軸方向圧縮応力度 0.52、0.72N/mm²)とした。地震力の載荷は同一供試体に対し、入力地震波形の最大地震加速度(818gal)を 0.5/10 倍(40.9gal)の入力レベルから開始し 1.0/10 倍(81.8gal)、1.5/10 倍(122.7gal)…と段階的に増加させる(以下加振段階と称す)方法で、実験装置の許容変位近く、あるいは計測器の計測範囲限界近くまで行った。



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-3 水平・鉛直二軸同時加振振動台試験装置

3. 実験結果および考察

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

3.1 加振中の軸方向鉄筋ひずみ 図-4 に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す。この図から、部材降伏到達までに要する加振段階は、軸方向圧縮応力度 0.52N/mm^2 に関しては、KHT00-52-2 は 6/10 加振段階、KVHT00-52-2 は 8/10 加振段階であり、部材降伏に要する加振段階は水平・鉛直二軸同時加振の方が、水平一軸方向加振に比べ大きくなるのがわかる。これは、水平一軸方向加振実験では、水平地震動のみの作用によって、供試体頂部に水平方向の慣性力が生じるため、柱基部に曲げモーメントが集中するが、水平鉛直二軸同時加振実験では、地震動の相乗効果による作用で、供試体頂部に慣性力が斜め方向に生じるため、柱基部に生じる曲げモーメントが一部分に集中しにくいと考えられる。また、軸方向圧縮応力度 0.72N/mm^2 に関しては、KHT01-72-2 は 4.5/10 加振段階、KVHT01-72-3 は 5/10 加振段階とほぼ同じ加振段階で部材が降伏していることから、軸方向圧縮応力度を増加させることにより地震動の相乗効果が部材降伏に要する加振段階の違いにおよぼす影響は小さいと考えられる。

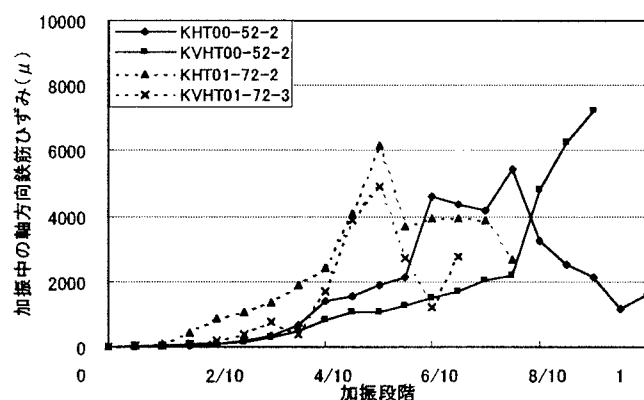


図-4 加振中の鉄筋ひずみ（引張ひずみの最大値）

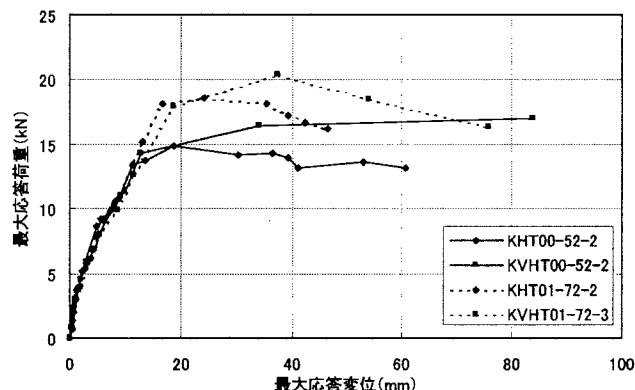


図-5 最大応答荷重～最大応答変位包絡線

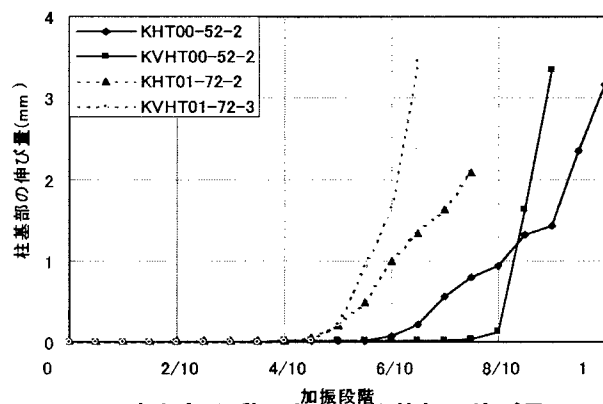


図-6 各加振段階における柱基部の伸び量

3.2 最大応答荷重～最大応答変位包絡線 図-5 に各実験より得られた最大応答荷重～最大応答変位包絡線図を示す。この図より、部材降伏点までは、上下動地震動による相乗効果や軸方向圧縮応力度の違いが、包絡線の剛性の変化におよぼす影響は見られない。しかし、部材降伏後から変化が見られ、水平動のみが作用する KHT00-52-2 および KHT01-72-2 は徐々に応答変位が増加するが、上下動の作用する KVHT00-52-2 および KVHT01-72-3 は急激に応答変位が増加するという違いが見られる。このような応答変位の増加傾向の違いは観察による損傷状況から、水平一軸加振実験では曲げひび割れの発生後、その周囲のコンクリートの圧壊が徐々に進行するのに対し、水平・鉛直二軸同時加振実験では座屈破壊が突然生じるといった損傷過程の違いによる影響であると考えられる。

3.3 柱基部の伸び量 図-6 に各加振段階後ごとに N、S、E、W の 4 面に設置したストローク 25mm 小変位計 (LVDT) で計測した柱基部の伸び量を平均した結果を示す。この図から、全ての供試体において、部材降伏後から柱基部の伸び量が増加していることが分かり、その増加傾向は、水平一軸方向加振実験では徐々に増加するが、水平・鉛直二軸同時加振実験では急激に増加する違いが見られた。

4. まとめ 本研究では、兵庫県南部地震の水平地震動と上下動地震動の相乗効果が、RC 橋脚の損傷メカニズムに及ぼす影響を明らかにするため RC 橋脚モデルを作製し、軸方向圧縮応力度を変化させた動的載荷実験を行った結果、以下の結論を得た。(1) 軸方向圧縮応力度 0.52N/mm^2 の場合、部材降伏に要する加振段階は、上下動が加わる方が遅くなることが明らかとなった。(2) 部材降伏後の応答変位は上下動が加わる方が大きく増加し、また、最終的な破壊範囲は大きくなることが明らかとなった。

参考文献 秋山芳幸, 平澤征夫, 河井康孝: 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, 日本コンクリート工学協会, コンクリート工学年次論文集, 第 22 巻, No. 3, pp. 1321-1326, 2000. 6.