

RC 橋脚モデルの水平一軸および水平・鉛直二軸同時加振による動的損傷実験

中部大学工学部 フェロー会員 平澤 征夫
中部大学工学部 学生○奥山 昌和
中部大学工学部 学生 金井 裕隆

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、水平一軸加振と水平・鉛直二軸同時加振の加振方法の違いが RC 橋脚モデルの動的損傷・破壊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 D6(SD295)を 50mm ピッチ(帯鉄筋比 1.35%)で用いた。実験計画と供試体を使用した材料の力学的特性を表-1 に示す。

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
				$f_c(N/mm^2)$	$E_c(N/mm^2)$	$f_{sy}(N/mm^2)$	$E_s(N/mm^2)$
水平一軸加振	図-1(a)	0.72	KHT02-72-01	39.6	2.57×10^4	385	1.98×10^5
			KHT02-72-02	35.5	2.40×10^4	385	1.98×10^5
水平・鉛直二軸同時加振	図-1(a) 図-1(b)	0.72	KVHT02-72-01	40.7	2.73×10^4	385	1.98×10^5
			KVHT02-72-02	36.0	2.61×10^4	385	1.98×10^5
			KVHT02-72-03	39.5	2.69×10^4	385	1.98×10^5

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 $\phi 32$ mm 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 16.2kN の錘を取り付けて、上部工仮想重量(軸方向圧縮応力度 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。

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。

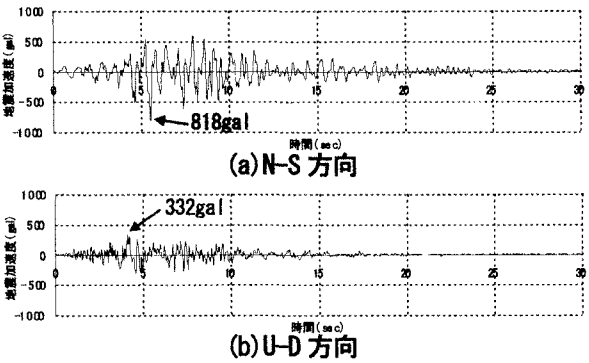


図-1 兵庫県南部地震加速度波形
(神戸海洋気象台観測)

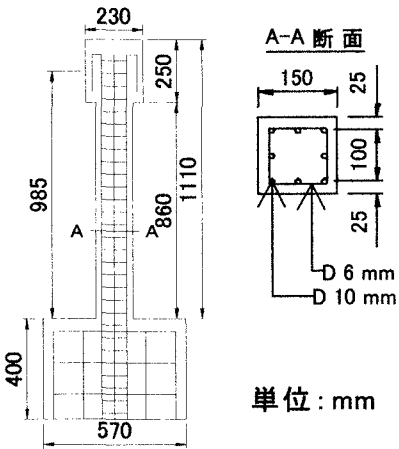


図-2 供試体形状寸法図

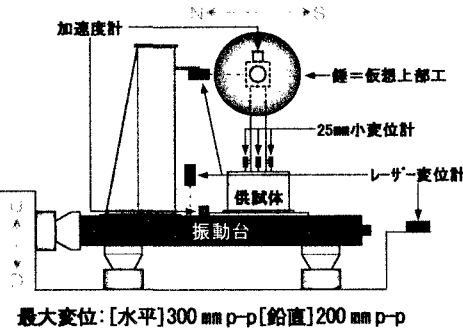


図-3 水平・鉛直二軸同時加振振動台装置

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 0.72N/mm^2 の場合、KHT02-72-02 は 3.0/10 加振段階、KVHT02-72-03 においても 3.0/10 加振段階と同じ加振段階で部材が降伏していることから、横拘束鉄筋間隔 50 mm (横拘束鉄筋比 1.35%) であれば軸方向鉄筋の降伏までに要する加振段階は同じであると考えてよいことがわかる。すなわち、鉛直振動の影響はほとんど現われないといえる。

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。また表-2 に応答荷重と応答変位の結果を示す。図-5 より、部材降伏点までは、上下地震動の有無による違いが、包絡線の剛性におよぼす影響は見られない。また、表-2 より部材降伏後に到達する加振段階も同じであることがわかる。しかし、部材降伏後から多少の違いが見られ、水平動のみが作用する KHT02-72-01 および KHT02-72-02 は徐々に応答変位が増加し、変位 30mm 付近で荷重が最大になり、以後変位 70 mm まで緩やかな減少傾向を示した。これに対し上下動の作用する KVHT02-72-02 および KVHT02-72-03 からは最大荷重到達点の変位は平均で 30mm となり上下動の作用しない場合と同程度であるが、それ以後は荷重が 10% 程度低下するもののその後は変位 70 mm までは荷重を保持することがわかる。このように横拘束鉄筋を十分に配置すれば最大荷重到達後の荷重～変位包絡線の形状の違いに与える上下動の影響もそれ程大きくないことがわかる。ただし、実験結果のうち KVHT02-72-01 は、最大荷重とその時の変位が小さかったことからこの考察からは除いている (以下の考察も同様)。

表-2 応答荷重～応答変位結果表

シリーズ名		ひび割れ点	部材降伏点	最大荷重点	終局点
KHT02-72-02	応答荷重 (KN)	3.12 (1.5/10)	17.87 (4.0/10)	21.17 (5.0/10)	16.54 (6.5/10)
	応答変位 (mm)	1.78 (1.5/10)	18.70 (4.0/10)	31.82 (5.0/10)	62.75 (6.5/10)
KVHT02-72-03	応答荷重 (KN)	7.91 (2.5/10)	16.91 (4.0/10)	21.06 (5.5/10)	19.06 (7.0/10)
	応答変位 (mm)	3.67 (2.5/10)	14.57 (4.0/10)	38.64 (5.5/10)	71.30 (7.0/10)

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と水平・鉛直二軸同時加振実験では大きな違いは見られない。

4. まとめ 本研究では、RC 橋脚の損傷に及ぼす上下地震動の影響を明らかにするため RC 橋脚モデルを作製し、振動台による動的載荷実験を行った結果、横拘束鉄筋間隔 50 mm (横拘束鉄筋比 1.35%) の場合は、最大応答荷重～最大応答変位包絡線に及ぼす上下動の影響はほとんど見られない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.

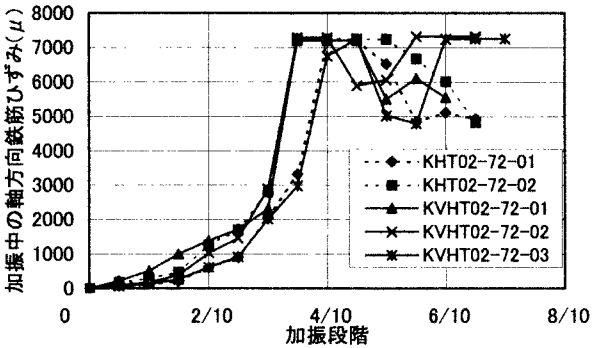


図-4 加振中の鉄筋ひずみ(引張ひずみの最大値)

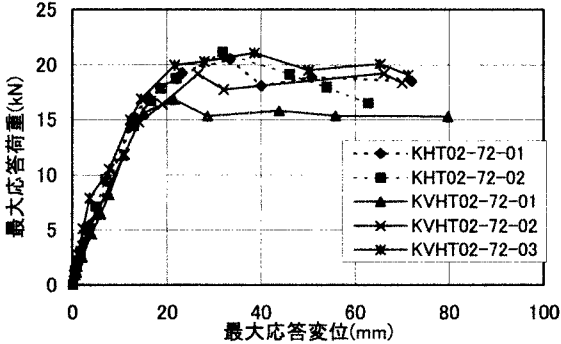


図-5 最大応答荷重～最大応答変位包絡線

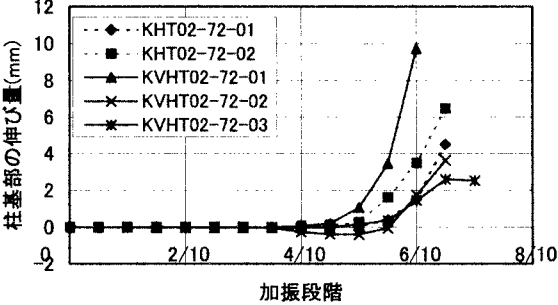


図-6 各加振段階における柱基部の伸び量