

(87) RC橋脚の振動台加振実験と変位制御による動的載荷実験

建設省土木研究所 正会員 川島 一彦

建設省土木研究所 正会員○長谷川金二

建設省土木研究所 正会員 小山 達彦

建設省土木研究所 正会員 吉田 武史

1. まえがき

鉄筋コンクリート橋脚の地震時特性を明らかにするため、加振機を橋脚の頭部に取り付けて変位制御による強制載荷実験が現在までに数多く行なわれている。この場合、ある変位振幅の正弦波を数回繰り返して、変位振幅を漸増させて行くことが多い。一方、実際の地震では地盤の振動の応答として鉄筋コンクリート橋脚が振動するので、その振動波形は必ずしも正弦波とはならず、変位振幅も単調増加しない。ここでは、振動台を用いた実際の地震波による鉄筋コンクリート橋脚の加振実験、およびその応答変位を変位制御により加振機を用いて載荷した動的載荷実験を行ったので、その結果を簡単に紹介する。

2. 実験内容

2.1 供試体

図1および図2はそれぞれ振動台実験および動的載荷実験に用いた供試体を示している。橋脚軀体部の断面寸法は同じであるが、両者の橋脚高さが異なっているのは、振動台実験における上部構造の慣性力作用位置である支承のピン中心位置と動的載荷実験における加振機による載荷中心位置を同じ高さにしたためである。供試体の軸方向鉄筋比および帯鉄筋比は、それぞれ、0.87%および0.08%であり、せん断支間比は6.9である。また、鉄筋の降伏点は、軸方向鉄筋(SD30)が3500kgf/cm²、帯鉄筋(SR24)が3200kgf/cm²であり、コンクリートの平均圧縮強度は振動台実験に用いた供試体では300kgf/cm²、動的載荷実験に用いた供試体では370kgf/cm²であった。供試体の降伏変位は12mm、降伏耐力は7.3tonであり、この供試体が支持する上部構造重量は40tonであるので、降伏剛性を用いた固有振動数は1.9Hzとなる。また、現行の道路橋示方書に従って、この供試体を設計したとすれば、設計水平震度は0.15である。

2.2 振動台実験

振動台実験では図3に示すように、供試体を振動台の上に据え付け、また、振動台の外の床に2基の鋼製の橋脚を据え付けて、それらの間に各径間に20tonの重りを載せた2径間単純桁より成る上部構造を架設した。振動方向は橋軸方向である。振動台上の供試体の支承はピン支承(固定)であり、振動台の外の鋼製橋脚の支承はローラー支承(可動)であるため、上部構造の慣性力はすべて供試体に作用することになる。入力地震動は1983年日本海中部地震において八郎潟干拓堤防上で観測された記録である。実験では、供試体の固有周期、耐力等を考慮して時間軸を1/2に縮め、加速度の値は原波形の値を2倍(Test A)、3倍(Test B)および4倍(Test C)に増幅して用いた。

2.3 動的載荷実験

動的載荷実験では、図4に示すように反力床に据え付けた供試体の頭部に加振機を取り付けて載荷を行った。ただし、載荷装置の制約から死荷重反力に相当する軸力を載荷することができず、この点が振動台実験との相違の一つである。実験では振動台実験のTest AおよびTest Bから求められた桁位置の相対変位を加振機により供試体頭部に与えた。

3. 実験結果

3. 1 振動台実験

図5はフーチング上で計測した加速度記録の応答スペクトルを示したものである。スペクトルの形状は各試験ともほぼ同じ形をしており、入力地震動の周波数成分に大きな相違はなく、載荷が正常に行われたことがわかる。

最も破壊の著しかったTest Cでは、図6に示すようにかぶりコンクリートの剝離は生じたが、軸方向鉄筋の破断は生じなかった。Test AおよびTest Bでは実験途中でひび割れが入ったのが確認されたが、載荷終了後には閉じていた。図7は振動台実験から得られた荷重～変位の履歴曲線を示したものである。また、図8、9および10はTest A、Test BおよびTest Cで計測したフーチング上の加速度波形および桁と振動台との相対変位波形を示したものである。これらの図からTest BおよびTest Cでは、最初の大きな衝撃的な入力地震動で供試体の降伏が生じ、それ以降では片方に偏った振動となっていることが分かるが、その偏りが累積する傾向はみられない。表1は各供試体の降伏耐力、降伏変位、最大荷重および最大応答塑性率をまとめたものである。また、表2はフーチング上および桁の加速度および桁の相対変位の最大値を一覧表にまとめたものである。桁の相対変位はフーチング上の入力加速度が大きくなれば、これにつれて大きくなっているが、桁の加速度は供試体の降伏による固有周期の長周期化および履歴による減衰等で入力加速度が大きくなっても、大きくなる傾向はみられない。

図11は加振機により同一変位振幅での繰り返し回数を10回として変位振幅を降伏変位の整数倍で単調増加させた実験から得られた荷重～変位関係の包絡線とTest Cから得られた包絡線を比較したものである。加振機を用いた繰り返し載荷実験では最大耐力を経た後、軸方向鉄筋の破断とともに耐力が落ち、終局状態に達しているのに比べて、振動台載荷実験では軸方向鉄筋が破断せず、耐力の低下も遅く、終局変位も大きくなっている。これは降伏変位以上の変位の繰り返し回数が両者の実験で大きく異なっており、これが終局状態に大きく影響を与えているためと考えられる。

3. 2 動的載荷実験

図12は動的載荷実験から得られた荷重～変位履歴曲線の包絡線と振動台実験から得られた包絡線とを比較したものである。わずかな違いは見られるが、ほとんど両者の包絡線は一致しており、載荷方法の相違は鉄筋コンクリート橋脚の動的特性に大きな影響を与えず、加振機によって与える応答変位を正確に求めさえすれば、強制載荷実験からでも鉄筋コンクリート橋脚の地震時挙動の検討が可能であることがわかる。

4. あとがき

今回はせん断支間が大きく、曲げ破壊タイプの鉄筋コンクリート橋脚の振動台実験の結果を簡単に紹介したが、今後はせん断支間が小さく、せん断破壊タイプの実験を行う予定である。

【参考文献】

1) 長谷川、川島、小山、吉田：「鉄筋コンクリート橋脚の耐震性に及ぼす載荷速度の影響」、土木学会第41回年次学術講演会、昭和61年11月

表1 耐震性能一覧表

	Test A	Test B	Test C
降伏耐力	7.0ton	7.6ton	7.4ton
降伏変位	11mm	13mm	12mm
最大荷重	9.3ton	10.2ton	11.2ton
最大応答塑性率	4.1	8.8	13.6

表2 最大応答値

	加速度		桁相対変位
	フーチング	桁	
Test A	275gal	217gal	45mm
Test B	360gal	220gal	114mm
Test C	402gal	238gal	163mm

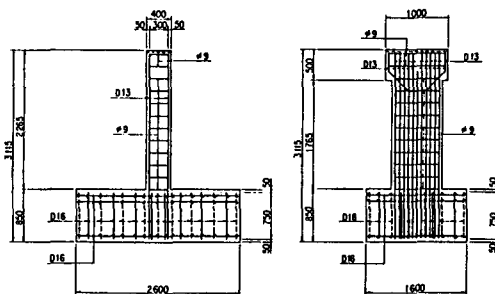


図1 振動台実験用供試体

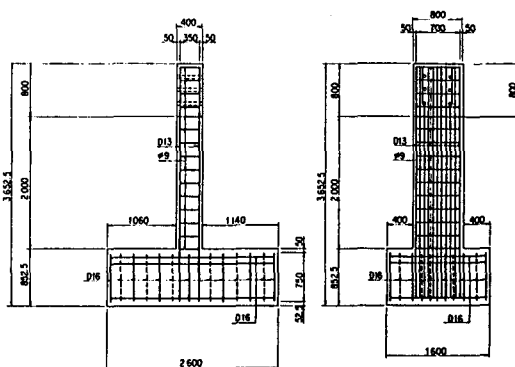


図2 動的載荷実験用供試体

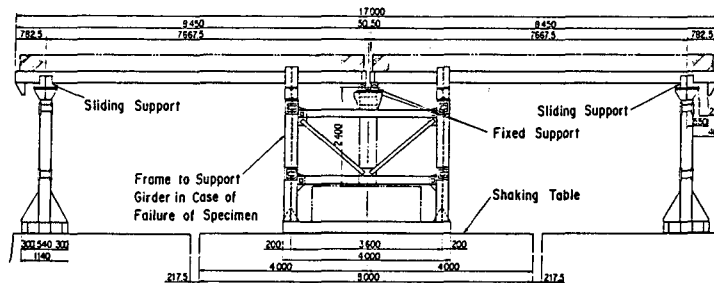


図3 振動台実験

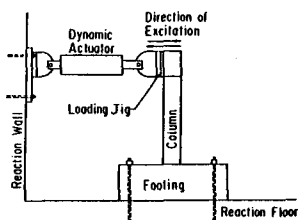


図4 動的載荷実験

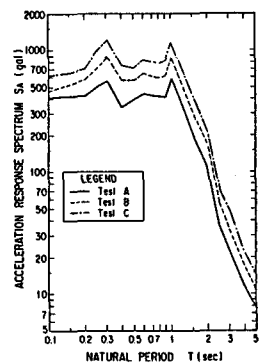


図5 加速度応答スペクトル

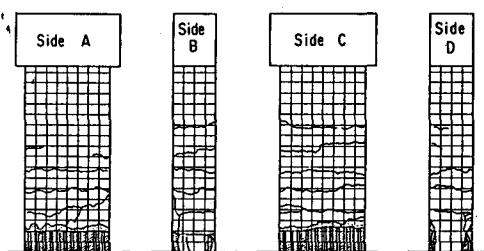
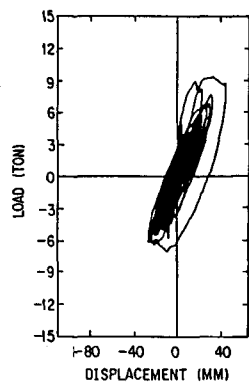
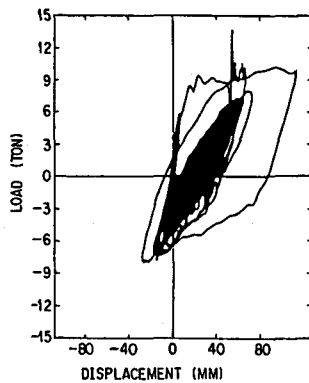


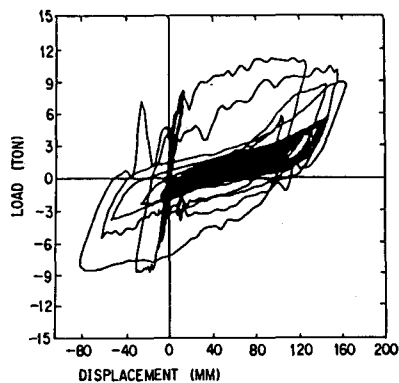
図6 載荷終了後の破壊状況(Test C)



(a) Test A

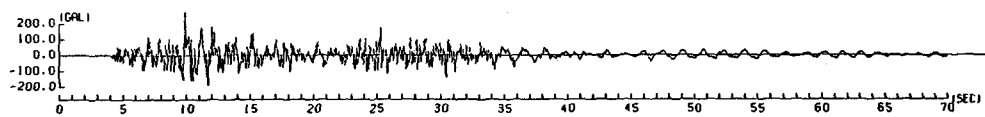


(b) Test B

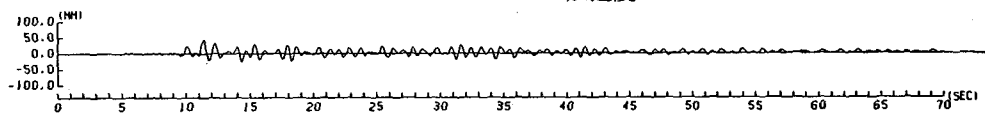


(c) Test C

図7 荷重～変位履歴曲線

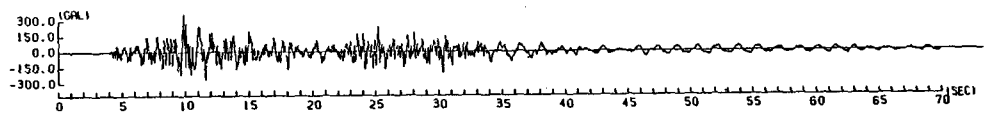


(a)フーチング上の加速度

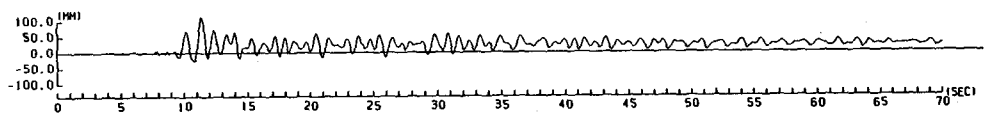


(b)桁の相対変位

図8 Test Aの記録波形

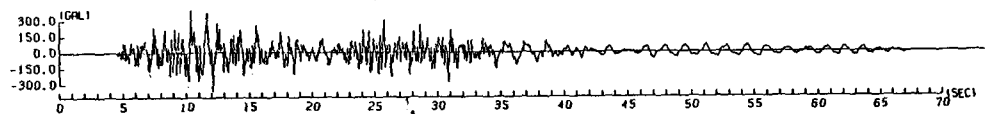


(a)フーチング上の加速度

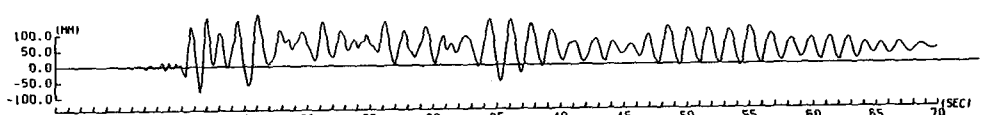


(b)桁の相対変位

図9 Test Bの記録波形



(a)フーチング上の加速度



(b)桁の相対変位

図10 Test Cの記録波形

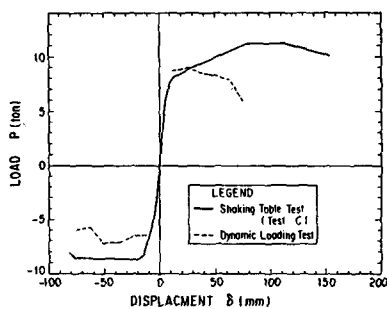
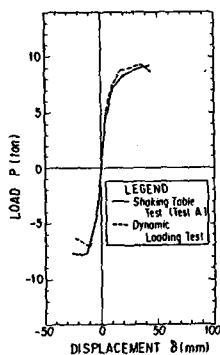
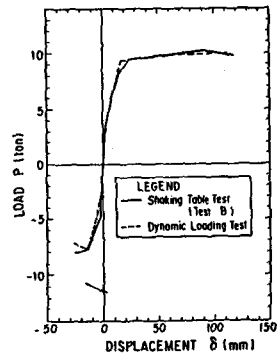


図11 荷重～変位包絡線の比較



(a)Test A



(b)Test B

図12 荷重～変位包絡線の比較