

(88) R C 橋脚の動的特性に及ぼす 載荷速度の影響

建設省土木研究所 川島 一彦 長谷川金二
小山 達彦 ○吉田 武史

1. まえがき

実地震時に橋脚に作用する地震力は、もちろん動的であるが、既往の多くの実験では主として実験施設上の制約から静的に荷重を加えている。したがって、動的に載荷した場合には、静的載荷した場合と比較して、R C 橋脚の動的特性にどのような違いが生じるかを十分検討しておくことが重要である。本検討は、大型の R C 橋脚模型を用いて、載荷速度を変化させた動的載荷実験を行い、これが R C 橋脚の動的耐力及びエネルギー吸収性能に及ぼす影響を検討した結果について報告するものである。

2. 実験に用いた供試体

実験に用いた R C 橋脚は、図-1に示すような同一断面緒元を有する 3体の R C 橋脚模型である。これらの供試体は、断面寸法が80cm×40cm、有効高さ（橋脚基部から荷重載荷点までの高さ）2.4mの矩形状であり、せん断支間比は6.8 である。主鉄筋は、荷重載荷面及びこれに相対する位置に、D13 (SD30)を各11本 1段配筋（主鉄筋比0.87%）している。側方筋は配置していない。帯鉄筋としては、SR24、 $\phi 9$ mmを20cm間隔（帯鉄筋比0.08%）で配置した。セメントとしては、早強ボルトランドセメントを用い、最大粒径10mmの骨材を用いた。載荷実験当日のコンクリートの平均圧縮強度は、311～385kg/cm²の範囲に入っている。

3. 載荷方法

実験では、図-2に示すように供試体をフーチング位置で反力床にアンカーボルトで固定し、反力壁に設置した最大加振力±125t、最大ストローク±125mm、最大載荷速度1m/secの動的加振機を供試体頭部に取り付けて水平に荷重を加えた。一般に、R C 橋脚には上部構造の死荷重により 5～20kg/cm²程度の軸力が作用しているが、本実験では実験装置の制約から軸力は加えていない。

載荷方法は模型橋脚基部における引張側最外縁の軸方向鉄筋のひずみを計測し、これが降伏（降伏ひずみは、鉄筋の引張試験より1800 μ とした）するまでは、荷重制御により正負交番で静的（2.4t/sec程度）に10段階程度で段階的に荷重を増加させた。軸方向鉄筋の降伏後は、降伏時に模型橋脚頭部（加振機位置）に生じる変位（以下、これを降伏変位 δy と呼ぶ）を基準とし、 $N \delta y$ ($N=1, 2, 3, 4, \dots$) の変位振幅で正負交番載荷を行った。載荷くり返し回数は10回とし、載荷速度は10cm/sec(供試体番号P-37)及び100cm/sec(同、P-38及びP-39)とした。なお、動的載荷実験では、加振機ヘッド及び供試体の質量にともなう慣性力が生じるため、加振機のロードセルによって計測された荷重は、実際に供試体に作用した力以外にこうした慣性力を合わせたものとなっている。このため、慣性力の分布を橋脚基部を 0とする逆三角形形状のモードによって近似し、慣性力の補正を加えて実際に供試体に作用した荷重 P を求めた。

4. 実験結果

4. 1 破壊性状

各載荷段階の終了時における破壊状況を示すと、図- 3 ～図- 5 のようになる。載荷変位振幅の増加による損傷の進行状況は、いずれの供試体についても橋脚基部に入った曲げクラックがかぶりコンクリートの剝離、軸方向鉄筋の座屈、破断へと進行していく。しかしながら、載荷速度が10cm/secの場合と

100cm/sec の場合の損傷状況を比較すると、載荷速度が10cm/secの場合には、かぶりコンクリートの剝離は 4δy から生じ始めているのに対して、載荷速度が100 cm/secの場合には5δy(P-38)もしくは6δy (P-39)から生じ始めている。また、主鉄筋の破断も載荷速度が10cm/secの場合には、6δyから生じているのに対して、載荷速度が100cm/sec の場合には7δyから生じている。表-1は、以上に示したかぶりコンクリートの剝離及び主鉄筋の破断の生じる載荷変位振幅を示したものである。これによれば、載荷速度が100cm/sec の場合を基本とすれば、載荷速度が10cm/sec の場合には、供試体の損傷がほぼ1δy相当分だけ早く進展していることがわかる。

4. 2 耐力及び変形特性の比較

図- 6 は、橋脚天端（加振機位置）における水平力Pと水平変位δの履歴曲線を、また、図- 7 は、この中から各載荷変位振幅ごとに最初の第 1回目の履歴曲線だけを取り出して比較したものである。これによれば、1～4δy 載荷までは、載荷速度により履歴ループには顕著な違いは認められないが、5δy 載荷になると、載荷速度が100 cm/secの場合に比較して載荷速度が10cm/secの場合には荷重がかなり低下し、またループの形状も細くなっているのがわかる。このような載荷速度の違いによる荷重の低下及び履歴曲線の形状の変化は、前述した供試体の損傷状況の違いを反映したものと考えることができる。図- 8 は、載荷速度の違いによる荷重－変位関係の違いを履歴曲線の包絡線によって表した結果を示したものである。これによれば、載荷速度が10cm/secの場合には、最大荷重は、+側に載荷した場合には2δy、-側に載荷した場合には4δyで生じるのに対し、載荷速度が100cm/sec の場合には、それぞれ、4δy及び4～5δy で生じている。このことは、載荷速度の早い方が最大荷重の生じる変位振幅が大きいこと、すなわち、荷重－変位の履歴関係が大きな載荷変位振幅に至るまで安定していることを示している。

4. 3 エネルギー吸収能

図- 9 及び図-10 は、それぞれ、各載荷段階におけるエネルギー吸収量及び等価履歴減衰定数 h_e を示したものである。これによれば、前述の耐力及び変形性能の場合とおおむね同様に、載荷変位振幅が4δy以下では、エネルギー吸収量及び等価履歴減衰定数 h_e に及ぼす載荷速度の影響は顕著ではないが、これを越えた載荷変位振幅では、載荷速度が100cm/sec の場合の方が載荷速度が10cm/secの場合よりもエネルギー吸収量及び等価履歴減衰定数 h_e は、ともに大きくなる。ここで、4δyという変位振幅は、載荷変位振幅の増大に伴って供試体が最大耐力をとった後に、再び荷重が減少し始める変位振幅に相当することに注意しなければならない。

5. 結論

本実験から得られた結論をまとめると、以下のようになる。

- i) 載荷速度を100cm/sec とした場合には、載荷速度を10cm/secとした場合に比較して、かぶりコンクリートの剝離及び最大耐力の生じる変位振幅が、ともにおおむね1δy相当分だけ遅くなり、この分だけ、耐力の安定した領域が大きくなることを示している。
- ii) 耐力が最大耐力近くの値からはっきり減少し始める4δy程度の変位振幅までは、吸収エネルギー及び等価履歴減衰定数 h_e によって表したエネルギー吸収性能に対する載荷速度の影響は、顕著なものではない。しかしながら、これ以後の変位振幅になると、載荷速度が100cm/sec の場合の方が、載荷速度が10cm/secの場合よりも吸収エネルギー及び等価履歴減衰定数 h_e はともに大きくなる。

【参考文献】

小谷俊介：鉄筋コンクリートにおける載荷速度の影響、コンクリート工学、Vol.21,no.11,1983

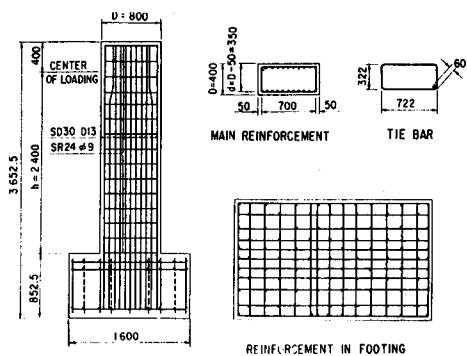


図-1 実験供試体

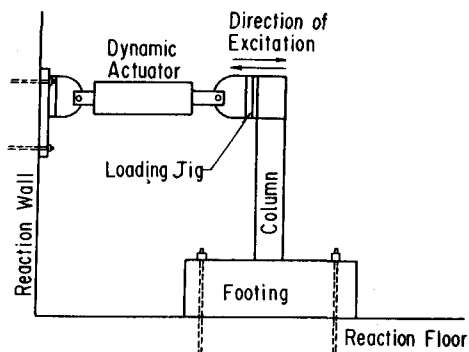


図-2 実験状況

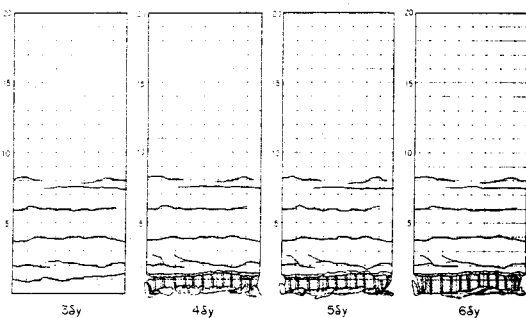
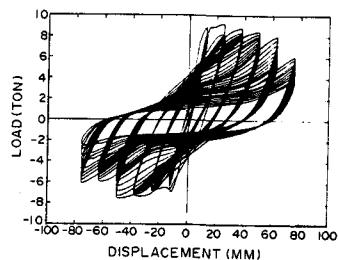


図-3 破壊状況 V=10cm/sec (P-37)



(a) V=10cm/sec (P-37)

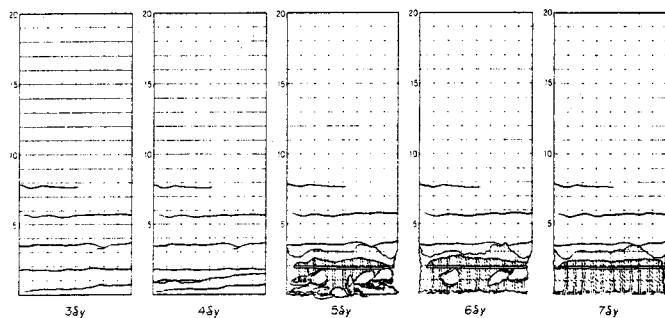
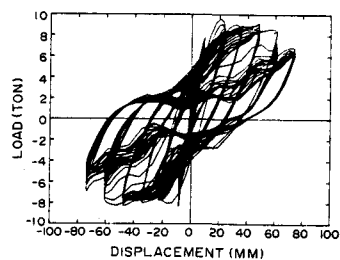


図-4 破壊状況 V=100cm/sec (P-38)



(b) V=100cm/sec (P-38)

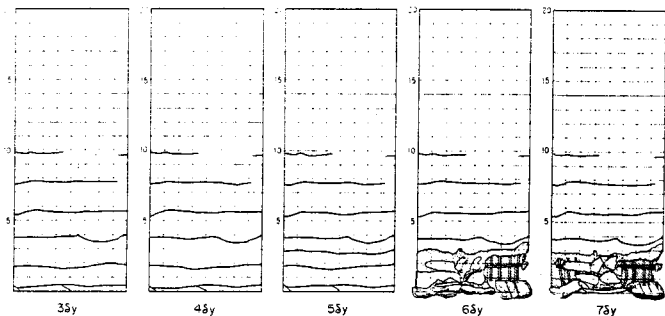
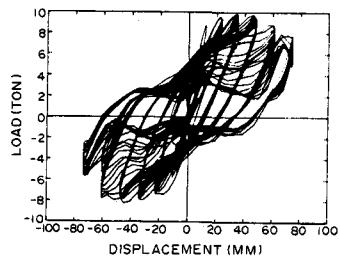


図-5 破壊状況 V=100cm/sec (P-39)



(c) V=100cm/sec (P-39)

図-6 荷重～変位履歴曲線

表-1 破壊進行状況の比較

Loading Velocity V		10cm/sec	100 cm/sec	
Specimen		P-37	P-38	P-39
Initiation of Spalling-off of Cover Concrete	+ side	4 δy	6 δy	6 δy
	- side	5 δy	5 δy	5 δy
Number of Main Reinforcement Cut during Loading	1 ~ 5 δy	0	0	0
	6 δy	4	0	0
	7 δy	—	11	11

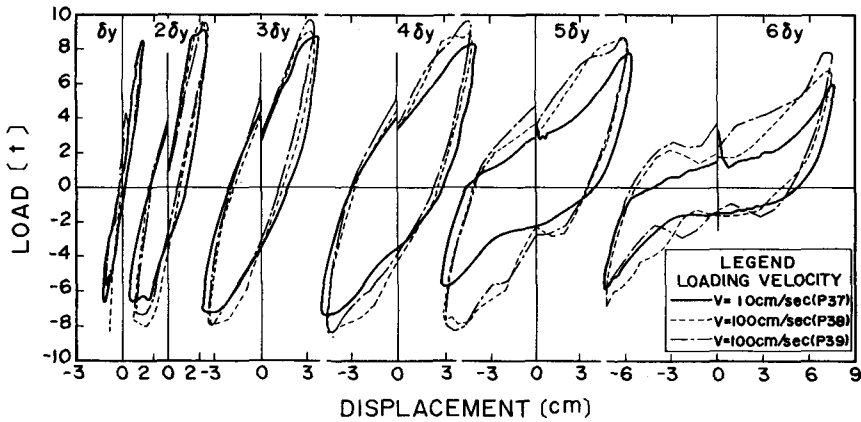


図-7 各载荷段階におけるくり返し回数1回目の荷重～変位履歴曲線の比較

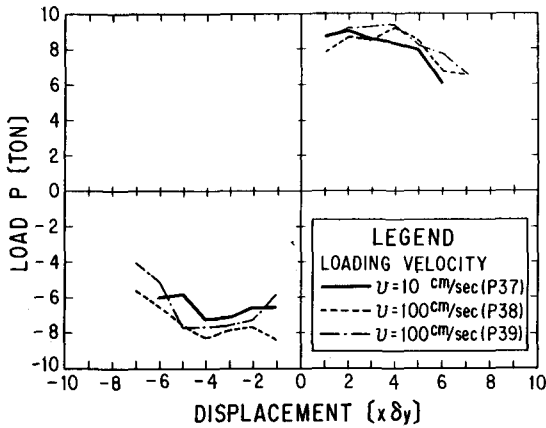


図-8 荷重～変位履歴曲線の包絡線の比較

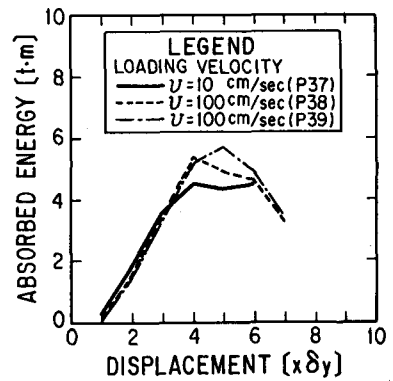


図-9 エネルギー吸収量

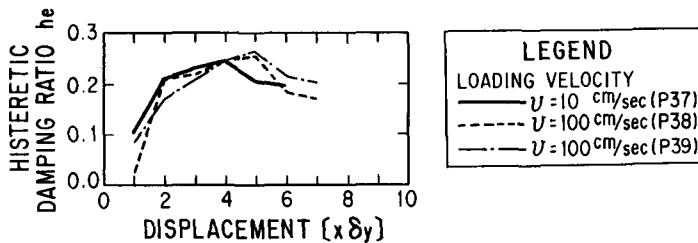


図-10 等価履歴減衰定数