

I-102

動的載荷による偏心曲げを受けるRC橋脚の非線形応答

首都高速道路公団○正 員 木暮 深
建設省土木研究所 正 員 川島 一彦
正 員 運上 茂樹
建設省横浜国道工事事務所 正 員 飯田 寛之
正 員 向 秀毅

1. まえがき

張り出しが一方に長い逆L字形の橋脚では、桁及び橋脚張り出し部の自重による偏心曲げが常時作用しており、このような状態を原点として橋脚は振動することになる。橋脚の振動が大きくなり、降伏点を越えた非線形振動をするようになると偏心曲げが作用している方向にばかり残留変位が累積していくことが心配される。本文は、RC橋脚模型を用いた動的載荷実験により偏心曲げを受けるRC橋脚の動的耐力、変形性能を検討した結果をまとめたものである。

2. 実験対象橋脚及び実験方法

偏心曲げの大きさの程度を表すために、曲げモーメント比 r_M を次式のように定義した。

$$r_M = \frac{M_E}{M_E + M_0} \quad (1)$$

ここで、 M_E ：地震力により橋脚基部に生じる曲げモーメント、 M_0 ：橋脚が逆L字形のため、桁ならび橋脚に自重により橋脚基部に生じる偏心曲げモーメントである。 r_M は一般に0.3～0.7にあり、0.45程度のもが多い。

実験供試体の諸元は、橋脚高さ10.2m、桁高1.5mの逆L字形の橋脚(橋脚直角方向に張り出しがある場合)を基本にして定めた。長さのスケールを1/4.6とし、図-1及び表-1に示す3体の模型橋脚を製作した。3体の供試体の相違は、式(1)による曲げモーメント比の大きさであり、 $r_M=0.69$ (張り出しが小さい場合、P-60)、 $r_M=0.55$ (張り出しが中程度の場合、P-62)、 $r_M=0.51$ (張り出しが大きい場合、P-64)とした。ここで、供試体番号は土木研究所における一連の番号を示す。

実験では、写真-1に示すように模型橋脚のフーチングを反力壁に固定し、偏心曲げモーメントが働くように軸力を作用させた状態で動的加振機により正負交番で水平地震力を加えた。水平力は変位制御により、偏心曲げによる常時の変位点 δ_i を原点として、ここから計算により求めた降伏変位 δ_y までの変位 δ ($=\delta_y - \delta_i$)を基準にその整数倍で10回ずつ順次作用させた。

3. 実験結果

載荷に伴う損傷の進展状況の一例として、供試体P-62($r_M=0.55$)の損傷状況を示すと図-2のようになる。ここでは、載荷方向に平行する面の損傷状況を示している。これによれば、供試体P-62の場合には、1～2 δ_y 載荷の段階では、正側(偏心曲げが作用する方向)の載荷により引張側となる面(以下A面とよぶ)のコンクリート表面にクラックが生じるだけで、負側載荷により引張側となる面(以下B面とよぶ)にはクラックも生じない。3 δ_y 載荷になるとB面側にもひびわれが生じ始め、4 δ_y 載荷ではA面の基部からB面に向けてくさび状の斜めのひびわれが生じる。その後載荷の進展とともに、基部のB面においてかぶりコンクリートの顕著なクラック、剝離が生じる。6 δ_y 載荷になると基部においてB面のコンクリートが圧壊して三角形に塑性化するとともに、B面側の主鉄筋が2本破断した。7 δ_y 載荷では、くさび状に塑性化した部分でA面側にずれるように変形し、最終状態となる。ここで、斜めのひびわれが大きく生じるのは、変位制御により負側にも強制的に載荷したためであり、別途検討した振動台実験によれば、実際の地震時には一方にのみ変形が進展し、このような斜めのひびわれは生じないことに注意しなければならない。

これに対して、偏心曲げがより小さい供試体P-60($r_M=0.69$)の場合には、1 δ_y 載荷からB面側にもひびわれが生じ、その後A面、B面双方でひびわれが進展する。6 δ_y 載荷ではA面、B面双方でかぶりコンクリートが剝離し、7 δ_y 載荷でB面側の主鉄筋が3本破断し最終状態となる。供試体P-62の損傷状況とは、A面、B面両方で損傷が生じる点が異なるとともに、損傷の進展がより遅くなる。一方、偏心曲げがより大きい供試体P-64($r_M=0.51$)では、3 δ_y 載荷で斜めのひびわれが生じ、4 δ_y 載荷でB面側でかぶりコンクリートが剝離し始める。5 δ_y 載荷になると基部でB面側のコンクリート部分が圧壊するとともに、主鉄筋が1本破断して最終状態となる。供試体P-62よりも早い載荷段階で損傷が進展する。

(2) 動的耐力及び変形性能

図-4及び表-1は、それぞれ、上記3供試体の荷重～変位の履歴曲線の包絡線及び耐力・変形性能を示したものである。これによれば、偏心曲げが増加する方向に対しては、 r_M が小さいほど、荷重が最大荷重に達し安定して変位が増加する範囲が短くなる。じん性率は、 r_M が0.69と0.55の場合にはほとんど同じ

であるが、 r_M が0.51の場合には前者の約半分に小さくなる。また、降伏耐力と最大耐力の比は r_M が0.51の場合には、 r_M が0.69及び0.55の場合に比較して約10%程度小さくなる。

4. 結論

本検討結果をまとめると以下になる。

- 1) 曲げモーメント比 r_M が0.55よりも小さい場合には、破壊性状は正側載荷に伴う圧縮側コンクリートの圧壊により三角形のくさび形に塑性域が生じて最終状態を迎える。
- 2) 曲げモーメント比 r_M が小さくなるほど、荷重が最大値付近で安定して変位が増加する範囲が短くなり、じん性率が減少する。

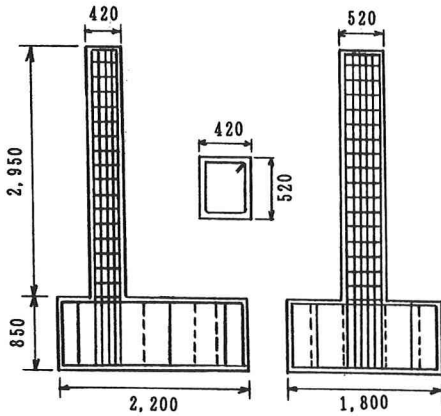


図-1 実験供試体

表-1 実験供試体

供試体番号	P-60	P-62	P-64
偏心曲げ	小	中	大
r_M	0.69	0.55	0.51
載荷高さ(m)	2.55		
断面寸法	52(橋軸方向幅)×42(橋軸直角方向幅)		
主鉄筋の配筋			
帯鉄筋	D10@17.3		

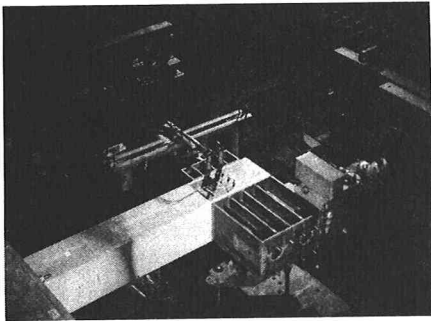


写真-1 動的載荷実験

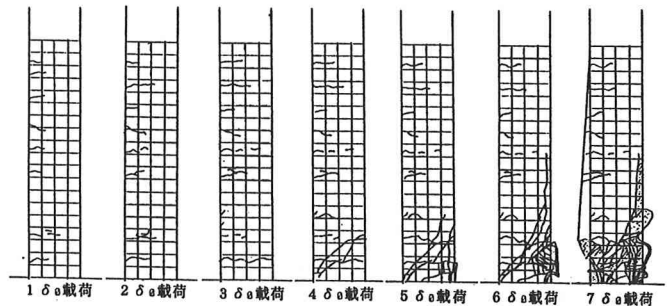


図-2 供試体P-60の損傷の進展状況

表-2 変形性能及び動的耐力

(a) 偏心曲げモーメントが増加する方向

曲げモーメント比 r_M	変形性能			動的耐力		
	δ_y (mm)	δ_u (mm)	じん性率	P_y (tf)	P_{max} (tf)	P_{max}/P_y
小($r_M=0.69$)	16.0	88.1	5.51	12.7	14.8	1.17
中($r_M=0.55$)	12.7	73.2	5.76	15.0	18.3	1.22
大($r_M=0.51$)	19.7	53.9	2.73	22.8	24.3	1.07

(b) 偏心曲げモーメントが減少する方向

曲げモーメント比 r_M	変形性能			動的耐力		
	δ_y (mm)	δ_u (mm)	じん性率	P_y (tf)	P_{max} (tf)	P_{max}/P_y
小($r_M=0.69$)	16.5	67.0	4.06	15.1	16.1	1.07
中($r_M=0.55$)	16.7	43.5	2.60	17.5	18.4	1.05
大($r_M=0.51$)	15.1	77.5	5.13	17.5	19.8	1.13

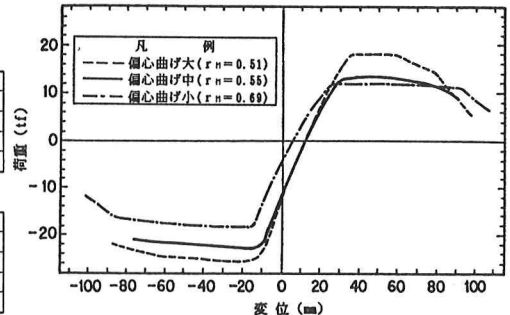


図-3 荷重～変位の履歴曲線の包絡線