

ハイブリッド載荷実験に基づく2方向水平地震力を受ける逆L字型RC橋脚の耐震性

東京工業大学 学生会員 ○永田 聖二
 東京工業大学 フェロー 川島 一彦
 東京工業大学 正会員 渡邊 学歩

1. はじめに

RC 逆 L 字橋脚の耐震性に関しては、振動台実験、繰り返し載荷実験により検討されてきた¹⁾。これらの結果のうち重要な点は、偏心直角方向に載荷した場合に、偏心曲げモーメントによって圧縮を受ける面（以下、偏心圧縮面と呼ぶ）において、コンクリートの圧壊が早期に生じると同時に、鉛直軸まわりのねじりが生じる結果、偏心圧縮側に大きな残留変位が生じることである。しかしながら、水平2方向地震力を同時に作用させた場合の RC 逆 L 字橋脚の地震応答はまだ明らかにされていない。このため本研究では、水平1方向（偏心直角方向）および水平2方向のハイブリッド載荷実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験供試体および実験方法

ここでは、水平1方向（偏心直角方向）および水平2方向の実験を行うため、同一特性を有する模型橋脚を2体作製した。模型橋脚は、図-1に示すように、有効高さが1350mmで、400mm x 400mmの正方形断面を有している。また、橋脚の軸線から鉛直軸力および偏心直角方向の水平力の載荷位置までの偏心距離を400mmとした。橋脚が支持する上部構造質量を16t、帯鉄筋はD6を50mm間隔で配筋するという条件で、地震時保有耐力法の照査²⁾を満足するように軸方向鉄筋の配置を決定した。この結果、偏心引張側、偏心圧縮側ともに軸方向鉄筋が2段必要となるため、軸方向鉄筋比は1.9%、帯鉄筋比は1.19%となった。いずれの模型橋脚にも普通ポルトランドセメントを用い、載荷当日に一軸圧縮試験を実施した。この結果、水平1方向、水平2方向の実験に用いた模型橋脚のコンクリート圧縮強度は、それぞれ31.3MPa、28.6MPaであった。

実験は、東京工業大学の耐震実験施設を用いて行なった。ハイブリッド載荷実験では、解析上で模型橋脚を水平2方向にそれぞれ1自由度系と仮定して、鉛直アクチュエータによる160kN（橋脚基部における圧縮応力1MPaに相当する）の一定鉛直荷重の作用下で、2台の水平アクチュエータをハイブリッド制御する。ここでは、水平2方向に作用する上部構造の質量を50tとした。入力地震動としては、兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台で観測されたNS成分およびEW成分の加速度振幅をオリジナルの30%に縮小して用いた。偏心方向にはNS成分を、偏心直角方向にはEW成分をそれぞれ用いた。

3. ハイブリッド載荷実験による地震応答

水平1方向（偏心直角方向）に加振した場合の実験終了後の模型橋脚の損傷状況を図-2に示す。ここには、比較のため、水平2方向の場合の損傷状況も示す。これによると、特に偏心圧縮側であるC面の基部において損傷が著しくなっている。なお、軸方向鉄筋には損傷は生じなかった。偏心曲げを受けるRC橋脚では、偏心直角方向に1方向載荷した場合、偏心圧縮側の損傷に伴って、この方向に残留変位が生じる¹⁾。図-3、図-4は、水平力載荷位置における橋脚の応答変位、偏心直角方向の載荷に伴う偏心圧縮側への残留変位の進展をそれぞれ示している。図-3には比較のため、水平2方向に加振した場合の応答変位も示している。これによると、最大応答変位は、+側（D面側）には2.9%ドリフト、-側（B面側）には2.8%ドリフトとなる。残留変位はほとんど生じていない。一方、図-4によると、偏心圧縮側の残留変位は最終的に2.7%ドリフトとなる。

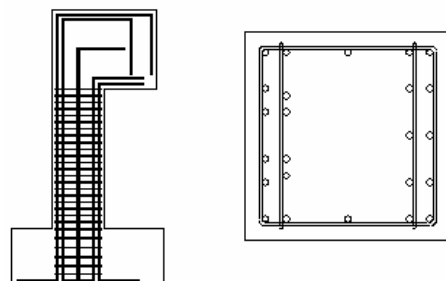
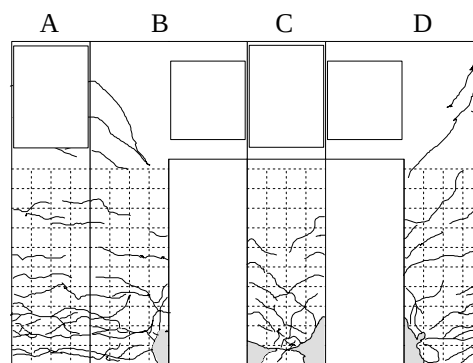
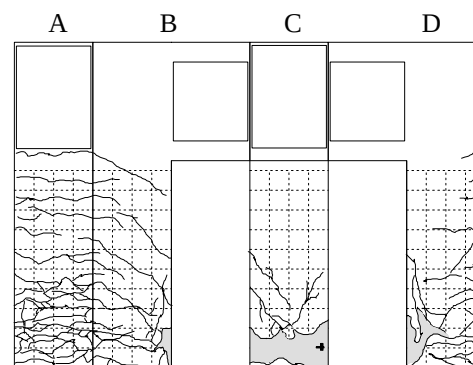


図-1 実験供試体



(1) 偏心直角方向に加振した場合



(2) 偏心+偏心直角方向に加振した場合

図-2 ハイブリッド載荷実験終了後の橋脚の損傷

キーワード ハイブリッド載荷実験, RC 逆 L 字橋脚, 水平2方向地震力, 耐震設計, 残留変位

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学 川島研究室 TEL 03-5734-2922

図-5 は、水平力載荷位置における水平力～水平変位の履歴曲線を示している。これによると、+側、-側の最大耐力はそれぞれ 152.5kN, 145.0kN である。著しい耐力低下は見られない。

水平 2 方向（偏心+偏心直角方向）に加振した場合には、基部から高さ 1.1m までの区間で、多数の曲げ引張クラックが生じる。C 面では基部から 0.2m の高さまで、かぶりコンクリートが剥落している。曲げ水平引張クラックと C 面のコンクリートの損傷は、1 方向に加振した場合よりもさらに激しくなっている。

最大応答変位は、偏心直角方向の+側(C 面側)で 3.9% ドリフト、-側 (A 面側)で 1.9%ドリフトとなり、これは 1 方向加振した場合の、+側では 1.34 倍、-側では 0.68 倍に相当している。これに対して、偏心方向 (EW 成分) では、6.5 秒に一度最大 0.4%ドリフトに達した後は-側にドリフトし、そのまま-側だけで振動している。-側の応答変位は 4.6%ドリフトであり、最終的に 4.1%ドリフトの残留変位が生じる。これは 1 方向に加振した場合の 1.5 倍に相当する。

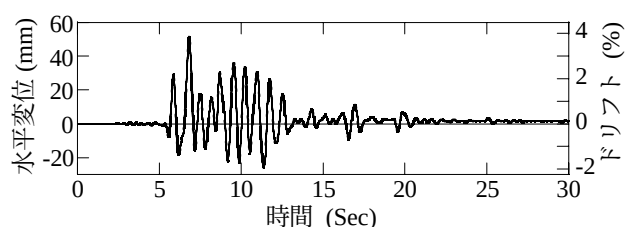
水平力～水平変位の履歴曲線によると、偏心直角方向 (NS 成分) では、最大耐力は+133.6kN となり、これは偏心直角方向だけに加振した場合の 0.88 倍となる。また、偏心方向 (EW 成分) の-側では、1.8%ドリフト付近で最大耐力 109.2kN となった後、3.4%、4.2%、4.6%ドリフト付近で、耐力がそれぞれ、86.6kN、80.9kN、82.8kN となっている。

4. 結論

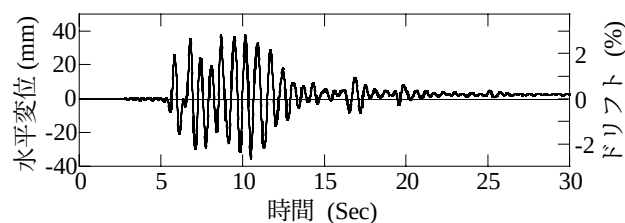
本研究では、水平 2 方向地震力を受ける RC 逆 L 字橋脚の地震応答特性を明らかにするため、ハイブリッド載荷実験を行った。本研究から得られる結論は、以下の通りである。

(1) 偏心曲げを受ける RC 橋脚では、偏心直角方向に載荷した場合、偏心+偏心直角方向に載荷した場合のいずれにおいても、偏心圧縮側に損傷が卓越する。この結果、橋脚は偏心圧縮側に残留変位を生じる。

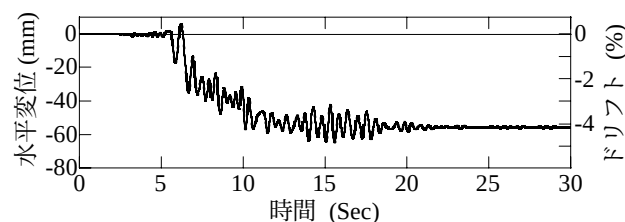
(2) 上記の損傷の度合いと残留変位は、偏心直角方向に載荷した場合よりも偏心+偏心直角方向に載荷した場合の方がともに大きい。



(1) 偏心直角方向に加振した場合



(a) 偏心直角方向 (NS 成分)



(b) 偏心方向 (EW 成分)

(2) 偏心+偏心直角方向に加振した場合

図-3 水平力載荷位置における応答変位

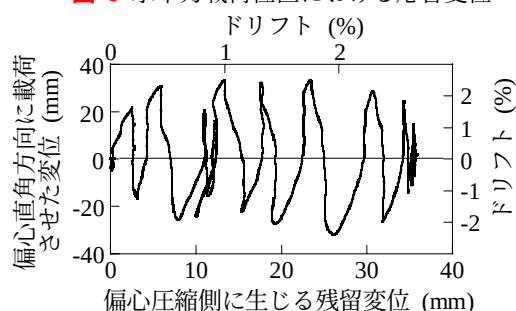


図-4 偏心直角方向に加振した場合の偏心圧縮側への残留変位の進展

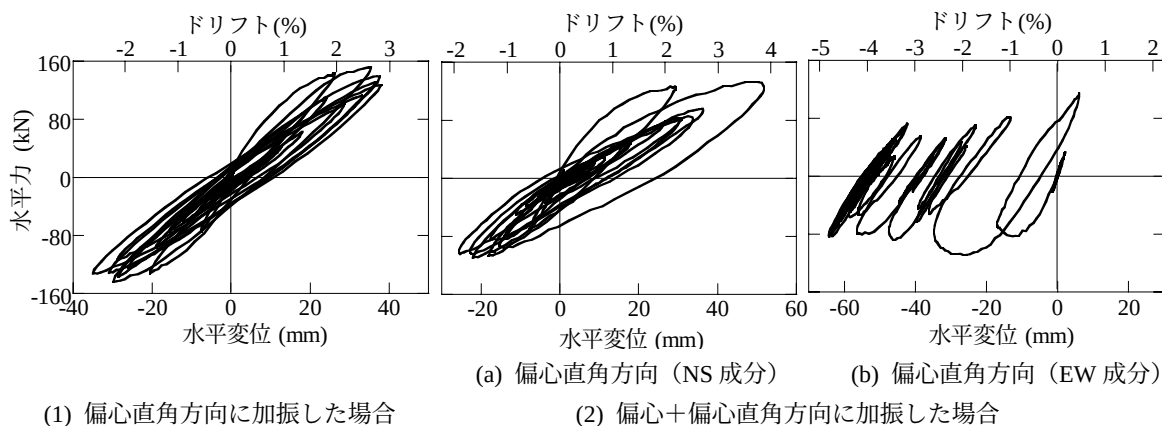


図-5 水平力載荷位置における水平力～水平変位の履歴曲線

参考文献

- 例えば、川島一彦，渡邊学歩，畑田俊輔，早川涼二：逆 L 字形鉄筋コンクリート橋脚の耐震性に関する実験的研究，土木学会論文集，No.745/I-65, 171-189, 2003
- 日本道路協会：道路橋示方書・第 V 編 耐震設計編，1996