

ハイブリッド載荷実験に基づく2方向地震力の同時作用がRC単柱式橋脚の耐震性に及ぼす影響

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

1. はじめに

現在の橋脚の耐震設計では、橋軸方向、橋軸直角方向それぞれに独立して耐震性を評価しており、2方向地震力の同時作用による影響が見込まれていない。2方向地震力を同時に受けるRC橋脚の耐震性に関しては、繰り返し載荷実験やハイブリッド載荷実験、振動台実験等により検討されてきているが、入力地震動の相違が橋脚の耐震性に及ぼす影響は明らかにされていない。そこで本研究では、水平2方向の地震力を同時に受ける正方形断面RC単柱式橋脚の耐震性を検討するため、ハイブリッド載荷実験を行った。その結果を示すと同時に、ファイバー要素解析によるハイブリッド載荷実験の数値シミュレーション結果についても報告する。

2. 実験供試体および実験方法

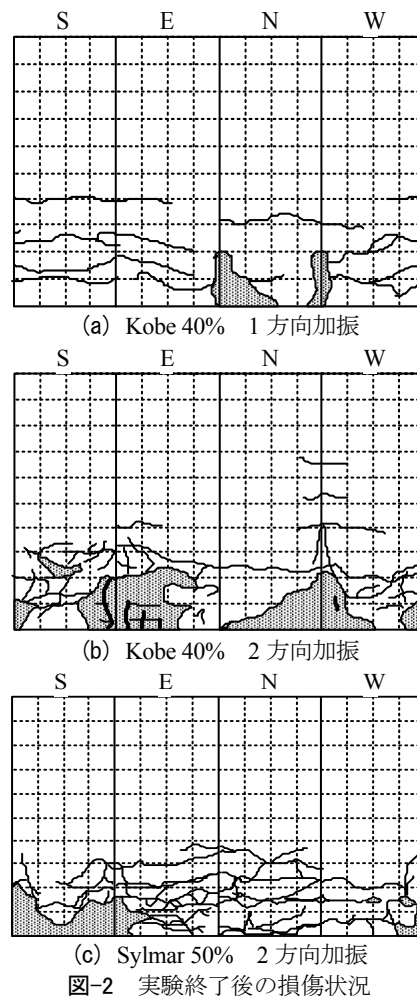
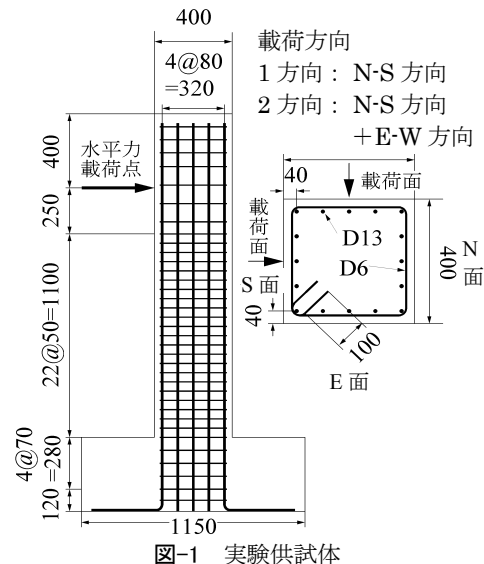
本研究で用いた実験供試体は、図-1に示すように、400mm×400mmの正方形断面を有するRC単柱式橋脚である。橋脚の有効高さは1350mm、かぶりコンクリート厚は40mmで、せん断支間比は3.75である。軸方向鉄筋にはD13(SD295A)を16本、帯鉄筋にはD6(SD295A)を50mm間隔に配置している。

実験では、鉛直方向のアクチュエータにより160kNの一定軸力を与えて、2台の水平アクチュエータにより水平力を与えた。入力地震動としては、兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測された記録の加速度振幅を30%、40%に縮小した地震動(Kobe 30%、Kobe 40%)と、Northridge地震においてSylmar Parking Lotで観測された記録の加速度振幅を50%に縮小した地震動(Sylmar 50%)のNS成分およびEW成分を用いた。なお、1方向の実験ではNS成分を用いた。

3. 2方向地震力の同時作用による影響

図-2は、Kobe 40%を1方向に入力した場合、2方向同時に入力した場合の実験終了後の損傷を比較した結果である。ここには、比較のため後述するSylmar 50%を2方向同時に入力した場合についても示している。1方向加振ではN面側のコーナーで圧縮によるかぶりコンクリートの剥離が生じた。一方、2方向加振ではかぶりコンクリートの剥離がコーナーから側面へ広く進展し、S面およびE面に配置された軸方向鉄筋は8本が局部座屈した。図-3および図-4は、応答変位および水平力～水平変位の履歴曲線をそれぞれ示している。最大変位は1方向加振した場合、5.4%ドリフトであるのに対して、2方向加振した場合では最大変位が6.3%ドリフトと大きくなっている。最大耐力は、1方向加振では135.0kNであるのに対して、2方向加振では118.6kNと小さくなっている。

図-2(c)に示したように、Sylmar 50%を用いて2方向加振した場合損傷は、



キーワード ハイブリッド載荷実験, 2方向地震力の同時作用, RC単柱式橋脚, 耐震性, ファイバー要素解析
 連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻 TEL03-5734-2922

上述した Kobe 40%の2方向加振に比較してひび割れが密に多数生じたが、かぶりコンクリートの剥離はS面のみに集中していた。また、軸方向鉄筋の座屈は生じなかった。図-3の応答変位によると、Sylmar 50%の最大変位は負側に5.5%ドリフトとKobe 40%で2方向加振した場合の6.3%ドリフトに比べて小さい。図-4(b)および(c)の履歴曲線では、応答が卓越する側での最大耐力はKobe 40%, Sylmar 50%の場合それぞれ118.6kN, 123.7kNと大差はない。しかし、Sylmar 50%では、残留変位が負側に2.1%ドリフト生じており、Kobe 40%の残留変位に比較して約5倍と大きくなっている。

4. ファイバー要素解析

ハイブリッド載荷実験の地震応答を再現するためにファイバー要素解析を行った。図-5は、Kobe 40%で2方向加振した場合を対象にして、変位応答の解析値を実験値と比較した結果である。NS方向では、主要動付近の応答、残留変位ともよく実験値と一致しているが、7.2秒以降、解析値の振幅が小さい。EW方向にも、解析値は実験値の特徴を全体的に与えているが、振幅は実験値に比較して小さくなる。

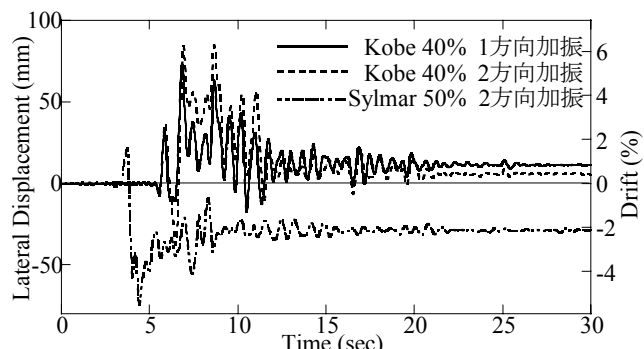


図-3 応答変位(NS方向)

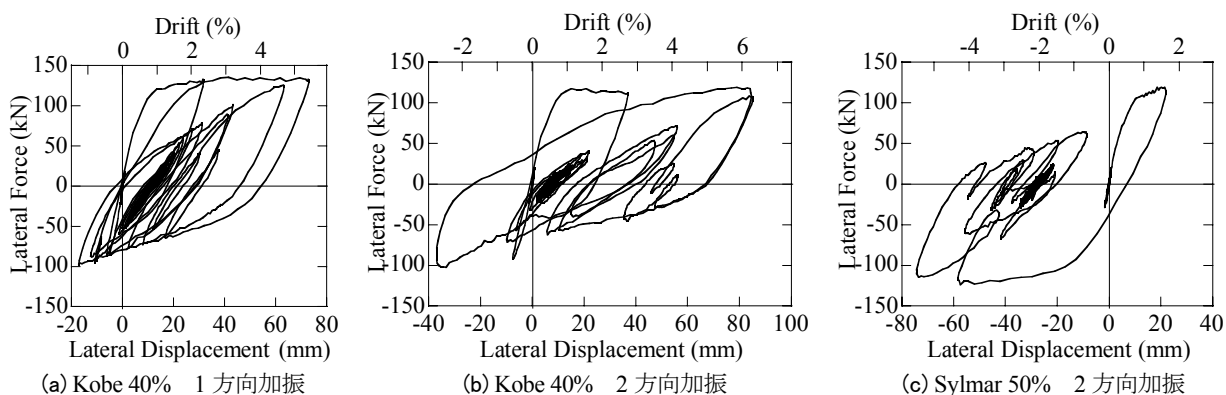


図-4 水平力～水平変位関係(NS方向)

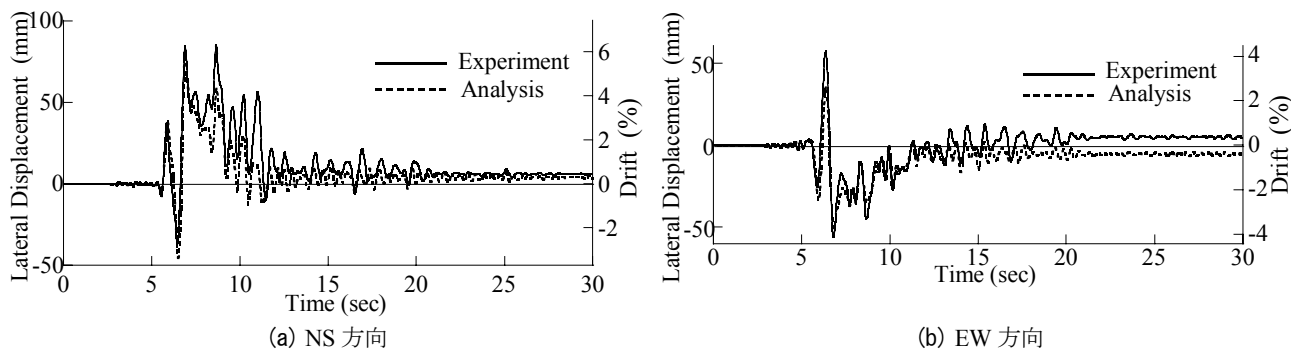


図-5 ファイバー要素解析による実験の再現（Kobe 40% 2方向加振）

5. 結論

- (1) 1方向加振では、損傷は載荷方向に直交する面に最初に発生し、載荷方向に平行な面へと進展する。一方、2方向加振では、損傷は2方向曲げの合力が最大となる隅角部から始まり全面へと進展する。
- (2) 2方向加振した場合には、1方向加振した場合に比較して損傷が著しい。このため、最大耐力は2方向加振を行った場合には1方向加振を行った場合に比較して小さくなり、この結果として、橋脚の最大応答変位は1方向加振した場合より2方向加振した場合の方が大きくなる
- (3) 残留変位は入力地震動によって大きく異なる。
- (4) ファイバー要素解析の結果、主要動付近の応答はNS, EW方向ともに解析値は実験値とよく一致するが、振幅が小さくなった箇所では、全体的に解析値の振幅は実験値よりも小さくなっている。

参考文献

- 1) 例えば、早川涼二，川島一彦，渡邊学歩：2方向地震力を受けるRC橋脚の耐震性に関する研究，土木学会論文集，2004.4