

水平 2 方向地震動を受けるコンクリート充填鋼製橋脚の耐震性能に関する実験的研究

愛知工業大学 学生会員 ○木下 光 愛知工業大学 正会員 党 紀
 愛知工業大学 学生会員 小澤拓也 愛知工業大学 正会員 青木徹彦

1. はじめに

現在の高速道路高架橋の耐震設計では水平 2 方向からの慣性力が同時に最大値をとる可能性が低いことから、橋脚への水平 2 方向からの慣性力を橋軸方向、橋軸直角方向それぞれ独立に作用させて耐震設計を行うとしている¹⁾。

しかし、実際の地震波は 3 方向成分を持ち、橋脚に対して、鉛直方向力の影響は少ないとしても、水平 2 方向の地震力が同時に作用する影響を明らかにしておく必要がある。コンクリートを充填していない鋼製橋脚に対して、今までいくつかの研究機関で、水平 2 方向地震動を受ける時の耐震性能に関する実験及び解析的な研究^{2),3)}が行われており、1 方向載荷時の場合とかなり異なる結果が得られているが、コンクリートを充填した鋼製橋脚を対象とした研究はまだほとんど行われていない。

本研究では、水平 2 方向地震動を受けるコンクリート充填鋼製橋脚の耐震安全性を 1 方向と 2 方向ハイブリッド実験で調べる。

2. 実験計画及び方法

実験に用いる供試体は、図-1 に示す材質 SM490、板幅 450mm、板厚 6mm の正方形補剛箱型断面で、断面を構成する各面は 2 本のリブ (6×55mm) と高さ方向に基部から 900mm までは 225mm 間隔、その上は 450mm 間隔のダイアフラムで補剛されている。橋脚鋼断面の幅厚比パラメータは $R_f=0.17$ 、細長比パラメータ λ は約 0.34 である。

道路橋示方書¹⁾ではコンクリートの充填高さ h_c について、下記の式により計算することとしている。

$$h_c = h(1 - M_{ys}/M_c) \quad (1)$$

ただし、 M_{ys} と M_c はそれぞれ鋼断面のみおよびコンクリートを充填した断面の曲げ耐力である。同式はコンクリート充填断面と鋼断面が同時に曲げ耐力に達するようにコンクリート高さを定めたものである。本研究では、曲げ耐力の上昇をやや過大に $M_c/M_{ys}=1.5$ と想定し、最適充填率は $h_c/h=33.3\%$ と算出した。実験ではコンクリートをダイアフラムまで充填し、充填率は 40% ($h_c=900\text{mm}$) となる。よってコンクリート充填断面での破壊を想定している。

ハイブリッド実験は、非線形挙動を示す橋脚については載荷実験を行って、反力(抵抗力)を求め、これをオンラインで計算機に送り込み、橋梁システム全体を地震応答解析によって得ようとするものである。すなわち、実験と地震

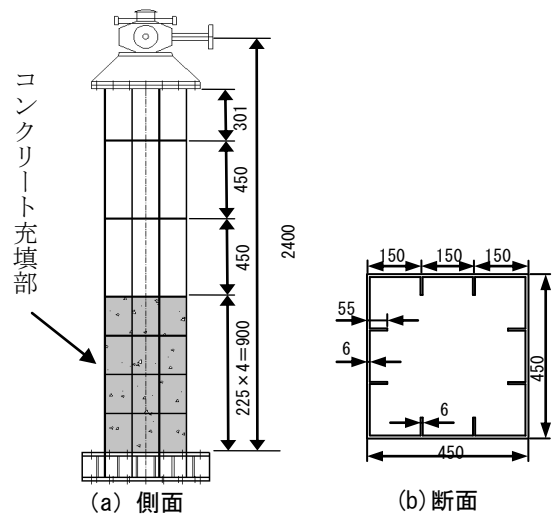


図-1 実験供試体図

応答解析を混合して同時に進めるものである。

ハイブリッド実験の入力地震波として、1995 年兵庫県南部地震で観測された神戸海洋気象台地盤上(I 種地盤)の地震波(以下、JMA と呼ぶ)、JR 西日本鷹取駅構内地盤上(II 種地盤)の地震波(以下、JRT と呼ぶ)、およびポートアイランド内地盤上(III 種地盤)の地震波(以下、PKB と呼ぶ)を用いる。

実験計画を表-1 にまとめる。同表の入力地震波は、地震波名のあとに、NS、EW 方向成分の記号を示したものである。記号 2D は、NS 方向成分と EW 方向成分を 2 方向同時に入力するものである。

3. 実験結果

1 方向と 2 方向ハイブリッド実験で得られた NS あるいは EW 方向の最大荷重 ($H_{\max,1D}$, $H_{\max,2D}$)、最大応答変位 ($\delta_{\max,1D}$, $\delta_{\max,2D}$)、残留変位 ($\delta_{r,1D}$, $\delta_{r,2D}$) を地震波(JMA, JRT, PKB)および橋脚の方向(NS, EW 方向)ごとに図-2~4 で比較する。ただし、応答変位 δ と水平力 H は、1 本の静的繰り返し実験で得られた供試体の降伏変位 δ_0 と降伏水平力 H_0 で無次元化している。図中では、1 方向載荷時の結果を左側の浅色の棒とその上の数値で、2 方向載荷時の結果を右側の濃色の棒とその上の数値で示している。

(1) 最大荷重の比較

図-2 に示すように、NS, EW 方向成分の比較では、ほぼすべての 2 方向載荷実験の結果 $H_{\max,2D}$ は、1 方向載荷実験の値 $H_{\max,1D}$ より下回っている。すなわち、地震波の水平 2 方向成分を橋脚に同時に入力する時の最大荷重が

キーワード 鋼製橋脚、コンクリート充填、水平 2 方向地震動、ハイブリッド実験

連絡先：〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 TEL：0565-48-8121, FAX：0565-48-0030

小さくなっている。2方向载荷実験時の最大荷重は、1方向载荷実験時に比べ、1方向载荷実験時の結果の平均値の85%となった。ただし、入力地震波によって橋脚の荷重の低下の度合いは異なり、特に地震波 PKB を入力した場合、荷重の低下が著しく、1方向载荷より33%低くなっている。

(2) 最大応答変位の比較

図-3 に示すように、橋脚の最大応答変位 $\delta_{\max,2D}$ は、1方向载荷時の結果 $\delta_{\max,1D}$ より小さい場合があるが(図中 JMA の NS, EW および JRT の NS における結果)、大きい結果も得られている。すべての結果の平均をみると、2方向载荷された橋脚は1方向载荷された橋脚に比べ16%大きくなっている。

なお、地震波ごとのバラツキもあり、特に地震波 PKB を用いた実験結果は著しく、2方向载荷した橋脚の応答変位が45%と大きくなった。このように、ある地震波に対して、2方向载荷実験による橋脚の応答変位が大きくなる場合があるため、1方向载荷実験に基づいた結果のみによる耐震照査では過小の評価となる可能性があることに注意が必要である。

(3) 残留変位の比較

1方向载荷と2方向载荷ハイブリッド実験で得られた橋脚の残留変位 δ_r を図-4に比較する。図に示すように、本研究で得られた橋脚の残留変位は、最も大きい値でも、 $1.2\delta_0$ 程度であり、橋脚高さ h の1/100を超えてはいない。1方向と2方向载荷時の残留変位の相違は、特にどちらの値が大きいという傾向はなく、両者の差は約 $0.5\delta_0$ 程度($=h/300$)であった。

4. 結論

本研究では、コンクリートを部分的に充填した正方形断面鋼製橋脚に対して、3種類の地震動の水平2方向波形を用い、1方向及び2方向载荷するハイブリッド実験を実施し、水平2方向地震動を受ける鋼製橋脚の耐震性能を検討した。以下の結論を得た。

- (1) 水平2方向地震動を受けるコンクリート充填鋼製橋脚の最大耐力は、1方向载荷時より小さく、本研究の実験結果によると、入力地震波によって異なるが、最大で33%、平均で15%小さくなっている。
- (2) 1方向および2方向载荷時、橋脚の最大応答変位は、地震動の違いによって変化するが、2方向载荷では、1方向载荷の最大応答変位はに比べ、最大で45%(PKB)、平均16%大きくなっている。
- (3) 1方向と2方向载荷ともに、橋脚の残留変位は小さく、最も大きい値でも、橋脚高さの1/100以下になった。これはコンクリート充填の効果が現れたものと思われる。

参考文献:

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，丸

表-1 ハイブリッド実験計画 (入力地震波)

実験名	入力地震波	入力方向	最大加速度 (gal)
JMA-NS	JMA	NS	-812
JMA-EW		EW	766
JMA-2D		NS+EW	870
JRT-NS	JRT	NS	687
JRT-EW		EW	-673
JRT-2D		NS+EW	711
PKB-NS	PKB	NS	-557
PKB-EW		EW	619
PKB-2D		NS+EW	775

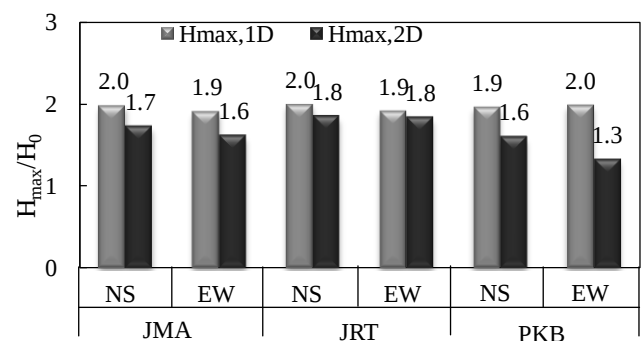


図-2 最大荷重の比較

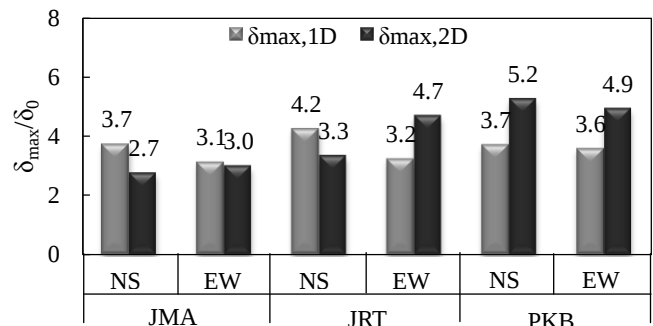


図-3 最大応答変位の比較

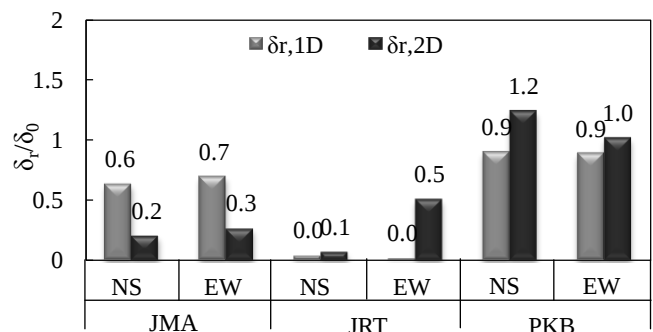


図-4 残留変位の比較

善，2002

- 2) 党紀，中村太郎，青木徹彦，鈴木森晶：正方形断面鋼製橋脚の水平2方向载荷ハイブリッド実験，構造工学論文集，土木学会，Vol.56，pp.367-380，2010
- 3) 後藤芳顕，小山亮介，藤井雄介，小畑誠：2方向地震動を受ける矩形断面鋼製橋脚の動特性と耐震照査法における限界値，土木学会論文集，Vol.65，No.1，pp.61-80，2009