

2 方向載荷実験における箱型鋼製橋脚の耐震性能に関する研究

愛知工業大学 学生会員 ○渡邊剛士 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

1995 年兵庫県南部地震以来，今日まで，鋼製橋脚の耐震性能を明らかにするために，多くの研究機関で静的繰り返し実験^{1),2)}やハイブリッド実験等が行われ，耐震設計法が見直された．しかし，これらのほとんどは 1 方向載荷に対するものであり，実地震により近い水平 2 方向載荷に対する橋脚の耐震性能はまだ十分に明らかにされていない．本研究では，水平 1 方向および水平 2 方向地震動を受ける正方形断面鋼製橋脚の地震波応答および履歴挙動をハイブリッド実験を行って調べ，両者の比較を行う．

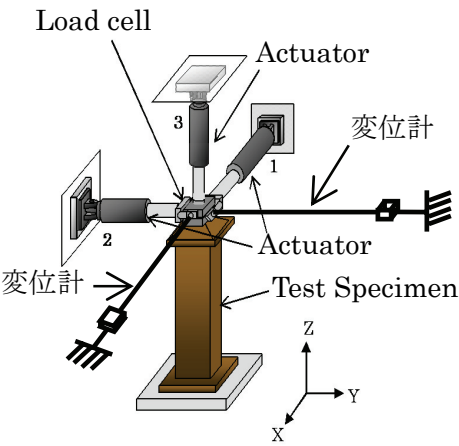


図-1 実験装置図

2. 実験計画及び方法

実験に用いる供試体は材質 SM490，板幅 450mm，板厚 6mm の正方形断面鋼製橋脚である．各板パネルに 2 本の縦リブ（6×55mm）を有し，高さ方向に 225mm 間隔のダイアフラムで補剛されている．供試体寸法および各パラメータを表-1 に示す．実験装置は，上部工重量を想定した鉛直荷重を載荷するための 1000kN アクチュエータ 1 基，水平方向の載荷用の 1000kN アクチュエータ 2 基を用いる．実験概要を図-1 に示す．上部構造の重心に当たる載荷点に，本学で開発された 3 軸回転できる伝力装置をセットする^{4),5)}．ハイブリッド実験に使用する入力地震波としては，道路橋示方書に採用されているレベル2，タイプⅡ・Ⅰ種地盤の神戸海洋気象台の N-S 成分，E-W 成分の地震動波形を用いる．

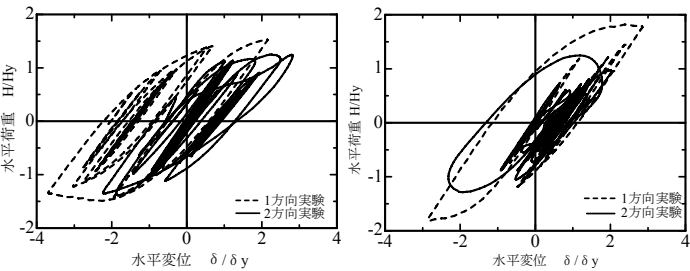
表-1 供試体諸元

鋼種	SM490	
板幅 b	(mm)	450
板厚 T	(mm)	6
ダイアフラム間隔 D	(mm)	225
供試体有効高さ h	(mm)	2400
断面 2 次モーメント I	(cm ⁴)	4.06×10 ⁴
幅厚比パラメータ R _R	0.517	
細長比パラメータ λ	0.397	

3. 実験結果

3.1 水平荷重-変位履歴曲線

N-S，E-W 方向にそれぞれ 1 体ずつ載荷した水平 1 方向と N-S，E-W 成分を同時入力した水平 2 方向 1 体のハイブリッド実験により得られた水平荷重-変位履歴曲線を図-2(a)，(b)に示す．比較のため 2 方向載荷実験の結果を実線で，1 方向載荷実験を破線で表す．また，縦軸を降伏荷重 $H_y(=238\text{kN})$ ，横軸を降伏変位 $\delta_y(=15\text{mm})$ で無次元化している．図-2(a)より，N-S 成分の水平荷重の最大値は，1 方向実験では， $1.49H_y$ に達したが，2 方向実験では， $1.39H_y$ であった．また，E-W 成分の水平最大荷重は，1 方向実験では $1.83H_y$ で，2 方向実験では， $1.27H_y$ であった．水平 2 方向載荷では，水平分力の最大値は，N-S 方向で 7%，E-W 方向で 32%低下した．



(a) N-S 成分 (b) E-W 成分

図-2 水平荷重-変位履歴曲線

3.2 応答変位履歴曲線

2方向载荷実験で求めた上部载荷点の水平2方向運動変位軌跡を図-3に実線で示す。N-S, E-W方向の1方向ハイブリッド実験結果を合成したものを同図の破線で示す。1方向载荷実験の合成変位は、試験体の損傷が他方向载荷の影響を受けていない仮想の橋脚の挙動を示しているもので、現設計法の基礎となっている考えに相当する。

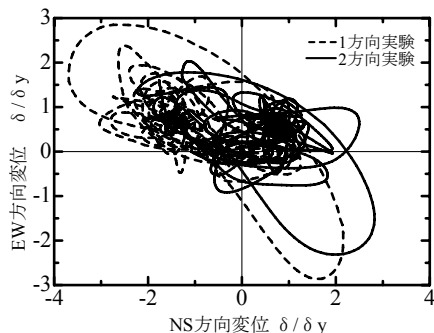


図-3 水平変位軌跡

3.3 最大応答変位および残留変位

図-3に示すように、現行設計法に相当する1方向実験の結果は、実際の地震応答に近い2方向の実験結果と比べ、最大応答変位はN-S方向で約40%, E-W方向で約30%過大に予測しており、また、残留変位においても、N-S方向で約50%, E-W方向で約5%, 1方向実験のほうが過大に予測されている。

3.4 エネルギー吸収量

水平2方向および1方向ハイブリッド実験で得られたエネルギー吸収量を図-4に示す。地震波の水平2方向成分を同時に入力する場合のエネルギー吸収量は1方向独立入力N-S, E-Wの各値の和とほぼ等しくなった。

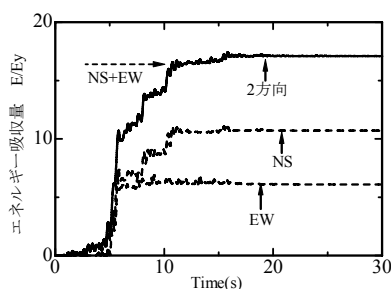


図-4 累積エネルギー吸収時刻歴曲線

3.5 残留剛性

残留剛性は地震後の橋脚の損傷や復旧性を表す重要な指標であり、本研究では、ハイブリッド実験の終了

後に、微小の変位振幅を与えて、供試体の残留剛性を計測した。2方向実験後の残留剛性は、1方向に比べて、N-S方向で2%, E-W方向で4%の低下がみられた。このことから、2方向実験のほうが供試体の損傷がやや大きいといえる。

4. 結論

本研究では、正方形補剛断面の単柱式鋼製橋脚に対して、水平1方向のみ2体(N-S, E-W), および水平2方向地震波を同時入力するハイブリッド载荷実験1体を実施し、実験結果の比較とその検討を行った。得られた結論を以下にまとめる。

(1) 橋脚が水平2方向の地震波を同時に受けた場合は、水平1方向地震波を入力した場合と比べ、橋脚の最大荷重がN-S方向で7%, E-W方向で32%程度の低下が見られた。

(2) 2方向実験で得られた最大応答変位は、1方向実験と比べ、N-S方向で40%, E-W方向で30%下回る結果が得られた。また、残留変位は1方向実験に比べて2方向実験のほうがN-S方向で50%, E-W方向で約5%下回る結果が得られた。

(3) 2方向実験の残留剛性は、1方向実験に比べ、ほぼ同程度で、N-S方向で約2%, E-W方向で約4%低下がみられ、2方向载荷の場合に、橋脚が受ける損傷が若干大きいといえる。

参考文献

- 1) 鈴木森晶, 宇佐美勉, 竹本潔史: 鋼製橋脚モデルの静的および準静的挙動に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.507, I-30, pp99-108, 1995
- 2) 鈴木森晶, 宇佐美勉: 繰り返し荷重下における鋼製橋脚モデルの強度と変形能の推定式に関する研究, 土木学会論文集, No.519, I-32, pp115-125, 1995
- 3) 社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, v 耐震設計編, 1996年12月
- 4) 青木徹彦, 大西哲広, 鈴木森晶: 水平2方向荷重を受ける正方形断面鋼製橋脚の耐震性能に関する実験的研究, 土木学会論文集 A, Vol.63, No.4, pp716-726, 2007年10月
- 5) 中村太郎, 青木徹彦, 鈴木森晶: 鋼製橋脚の水平2方向ハイブリッド実験手法の開発, 愛知工業大学研究報告, 第44号, 平成21年