

水平 2 方向地震動を受けるコンクリート充填円形断面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 ○木下 光 愛知工業大学 学生会員 袁 輝輝
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。

今までいくつかの研究機関で、コンクリート無充填及び充填した矩形断面鋼製橋脚に対して、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⁾が行われており、1 方向載荷時の場合と大きく異なる結果が得られている。しかし円形断面鋼製橋脚を対象とした水平 2 方向地震動が作用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円形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により明らかにする。

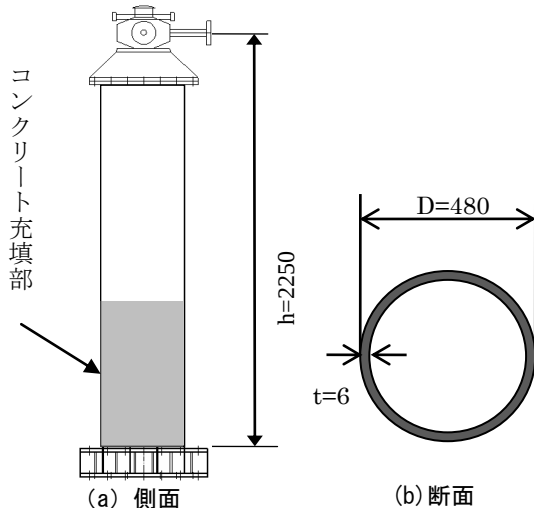


図-1 実験供試体図 (mm)

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SS400、外径480mm、板厚6mmの円形断面鋼製橋脚で、載荷点高さは2250mm、橋脚鋼断面の径厚比パラメータは $R_t=0.073$ 、細長比パラメータ $\lambda=0.286$ である。今回無充填供試体の他に基部からコンクリートを載荷点高さの25%まで充填した供試体と、50%まで充填した供試体を用意し、計3種の充填率について実験を行った。充填コンクリートは早強コ

ンクリートを用い、圧縮強度は約22N/mm²である。

ハイブリッド実験は、非線形挙動を示す橋脚について載荷実験を行い、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 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)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})、最大応答変位 (δ_{max})、残留変位 (δ_r) を充填率(無充填、25%、50%)および入力方向(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、コンクリート無充填供試体の静的繰返し実験で得られた降伏変位 $\delta_y=8.5\text{mm}$ と降伏水平力 $H_y=86\text{kN}$ で無次元化している。図中では、1 方向載荷時の結果を白および灰色で示し、2 方向載荷時の結果を黒で示す。またグラフ上に数値を示す。なお、無充填供試体での 2 方向同時載荷では、実験開始約 6 秒で応答変位が著しく増大し、倒壊したと判断したため実験を中止した。

(1) 最大荷重の比較

図-2 に示すように、最大荷重の比較では、2 方向載荷実験の結果と 1 方向載荷実験の値にほとんど違いが見られない(差 2.5%以内)。すなわち、2 方向載荷時の荷重の最大値は 1 方向載荷の NS、EW 方向のどちらかの最大値から推測できると言える。

またコンクリートを充填すると無充填橋脚に対して最大荷重が上昇したが、充填率に比例せず、25%充填では内部のコンクリートが鋼板との間のせん断力にほとんど抵抗できず浮き上がってしまったため、1 割程度しか上昇しなかった。一方、50%充填ではコンクリートと鋼板の接する面積が大きく、せん断抵抗力が大きいためコンクリートが受けもつ荷重が増加したため約 4 割荷重が上昇した。

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

(2) 最大応答変位の比較

図-3に示すように、2方向载荷された橋脚の最大応答変位は、1方向载荷時の結果より大きい。すべての結果の平均値をみると、2方向载荷された橋脚は1方向载荷された橋脚に比べ約4割大きくなっている。

このように、2方向载荷実験による橋脚の応答変位が大きくなる傾向があるため、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、最大応答変位を過小評価する可能性があることに注意が必要である。

またコンクリートを充填すると鋼材の変形をコンクリートが有効に抑制するため、無充填橋脚に対し、25%充填では平均2割程度最大応答変位が低減され、50%充填では平均4割程度低減された。

(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、2方向载荷された橋脚は1方向载荷された橋脚に比べ、少なくとも約3倍ほど大きくなっている。地震後の残留変位の許容値である $h/100$ (h :橋脚高さ)を図中破線で示す。この値は、本研究の供試体では $2.7\delta_y$ となる。25%充填の結果に関して、1方向载荷では許容値を収まっているが、2方向载荷では許容値を超えてしまっている。

またコンクリートを充填すると最大応答変位と同様、充填率が上がるにつれ、橋脚の損傷が小さくなり残留変位が低減された。無充填橋脚に対し、25%充填では平均約7割低減され、50%充填では平均約8割も低減された。

4. 結論

本研究では、コンクリートを部分的に充填した円形断面鋼製橋脚に対して、1方向及び2方向载荷によ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。得られた結論を以下に示す。

- (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荷重は、1方向载荷のNS、EW方向の値から推測できると言える。
- (2) 2方向载荷時の橋脚の最大応答変位および残留変位は、1方向载荷時に比べ、それぞれ約4割および3倍以上大きくなってしまったため、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評価となる可能性がある。
- (3) コンクリートの充填率を増加させると、最大荷重は増加したが、その変化の程度は充填率に対して比例せず、25%充填では無充填とほぼ同程度となり、50%充填した場合、コンクリートが担う荷重が増加し、最大荷重も増加した。
- (4) 部分的にコンクリートを充填することにより、基部鋼板の座屈が抑制され、最大応答変位及び残留変位は低減され、1方向と2方向载荷実験の差も小さくなった。

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)
JRT-NS	JRT	NS	687
JRT-EW		EW	-673
JRT-2D		NS+EW	711

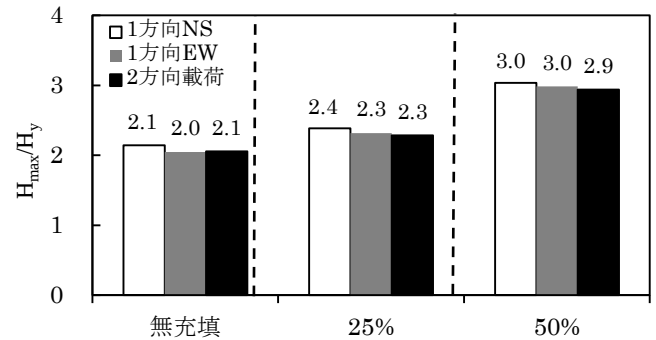


図-2 最大荷重の比較

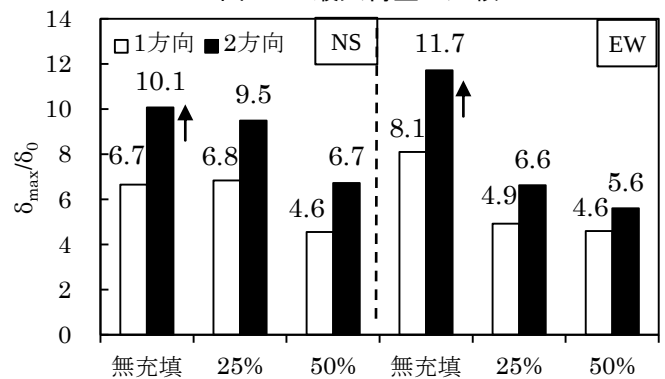


図-3 最大応答変位の比較

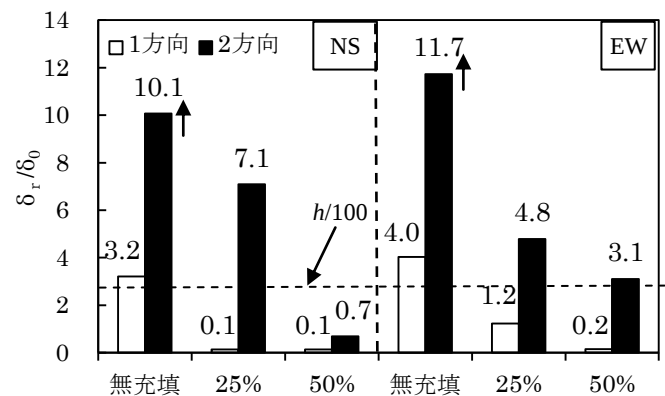


図-4 残留変位の比較

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，丸善，2002，3.
- 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.
- 3) 袁輝輝，党紀，青木徹彦：水平2方向地震力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，第32回土木学会工学研究発表会，3-221，2012.10.