

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ハイブリッド実験

愛知工業大学 学生会員 ○袁 輝輝 愛知工業大学 正 会員 鈴木 森晶  
 JR 東海 正 会員 木下 光 愛知工業大学 正 会員 青木 徹彦

1. はじめに

過去のコンクリート充填鋼製橋脚の耐震性能に関する研究は、水平1方向独立载荷に基づく実験結果や解析によるものがほとんどである。これらの研究によると、コンクリート充填橋脚は無充填のものに比べ、強度およびじん性が上昇することが確認されている<sup>[1]</sup>。しかしながら、コンクリート充填鋼製橋脚に対して、水平2方向地震動が作用する場合の耐震性能や応答特性は今日まで十分に明らかにされていない。そこで本研究では、コンクリートの充填率を変えた円形断面鋼製橋脚の水平2方向ハイブリッド実験を行い、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応答挙動と耐震性能、充填率の違いによる影響についての検討を行う。

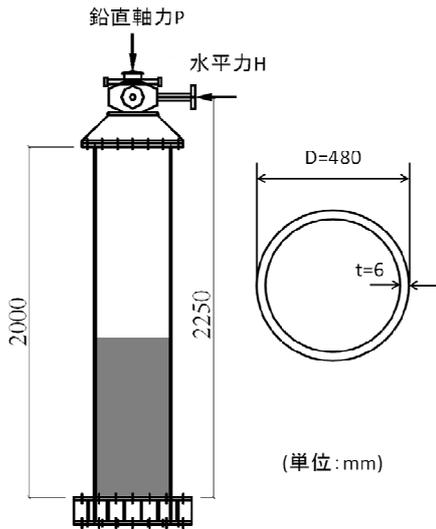
本研究に用いられた断面形状に対して、供試体に当てはめると  $M_{ys}/M_a \approx 0.53$  が得られる。この場合のコンクリートの充填長さに対して、供試体基部から  $h_c = 0.50h$  (1125mm)となる。また、既存の鋼製橋脚において、コンクリートの充填高さが鋼管外径の0.5~1.5倍とするものが多い。このような橋脚の耐震性能を調べるために、コンクリートの充填長さを  $0.25h$  (563mm  $\approx 1.2D$ )とした。

ハイブリッド実験では、相似率  $S = 4$  を用いる。すなわち、想定実橋脚が供試体の4倍の大きさとする。想定橋脚の上部工質量  $m$  は、鉛直荷重比  $P/P_y = 0.144$  から算出した。また、実橋脚の初期剛性  $k_0$ 、固有周期  $T$  および減衰係数  $c$  を表-1に示す。橋脚に入力する地震波は、道示で与えられているレベル2タイプIIの設計用地震動、兵庫県南部地震 JR 鷹取駅 (JRT) のものである。地震波の NS および EW 方向成分の時刻歴を図-2に示す。

ハイブリッド実験システムは<sup>[3]</sup>、解析部と実験部で構成される。はじめに初期剛性による予測変位を算出し、供試体の微小ステップ区間内の载荷による橋脚復元力をフィードバックし、収束計算を行う予測-修正法を用いる。解析の時間間隔は  $\Delta t = 0.01$  秒とする。

表-1 実橋脚のパラメータ

$h_c/h$	$m(t)$	$k_0(kN/mm)$	$c(kN \cdot s/mm)$	$T(s)$
0.00	514	44.3	0.477	0.677
0.25	514	46.2	0.487	0.663
0.50	514	61.3	0.562	0.576



(a) 側面図 (b) 断面図  
 図-1 実験供試体概要図

2. 実験計画

実験で使用した供試体は、図-1に示す鋼種 SS400、外径 480 mm、板厚 6 mm の円形断面橋脚である。载荷点の有効高さは  $h = 2250$  mm である。橋脚鋼断面の径厚比パラメータは  $R_t = 0.076$ 、細長比パラメータは  $\lambda = 0.292$  である。

道路橋示方書<sup>[2]</sup>によると、コンクリートの充填長さを合理的に確定するには、橋脚上部の中空断面の降伏モーメントと下部の合成断面の許容モーメントとの関係を求める必要がある。すなわち、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。

$$h_c > h(1 - M_{ys}/M_a) \tag{1}$$

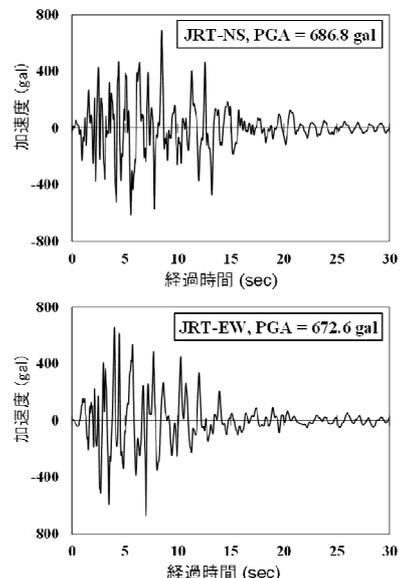


図-2 入力地震波時刻歴 (JRT)

キーワード： 円形鋼製橋脚、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

### 3. 実験結果

1方向载荷ハイブリッド実験では、JRT地震動の1方向地震波に対して、各1体の供試体を用いる。水平2方向载荷するハイブリッド実験では、地震波の水平2方向加速度のNS、EW方向成分を橋軸方向と橋軸直交方向に同時に入力する。1方向と2方向ハイブリッド実験で得られた最大応答変位( $\delta_{max}$ )、残留変位( $\delta_r$ )および最大荷重( $H_{max}$ )をコンクリート充填率ごとに図-3~5で比較する。ただし、図中の変位と荷重は、コンクリート無充填橋脚の静的繰り返し実験で得られた降伏変位( $\delta_{y0} = 8.5\text{mm}$ )と降伏水平力( $H_{y0} = 86\text{kN}$ )で無次元化している。

図-3の黒棒で示すように、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。例えば、コンクリートを十分に充填する場合、2方向载荷の結果は1方向载荷より約1.9倍大きくなった。また、コンクリート無充填に比べコンクリートを充填することにより最大応答変位を低減させる効果が見られた。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評価となる可能性があることに注意が必要である。

道路橋示方書では地震後の残留変位の許容値は橋脚高さの1/100としている。本供試体に対して、この値は約 $2.66\delta_{y0}$ となる。これを図-4に破線で示す。同図から、コンクリートを充填することにより最大応答変位と同様に残留変位も低減する効果が見られ、1方向载荷と2方向载荷の差も小さくなる。また、コンクリートを25%および50%充填した場合、1方向载荷では許容値に収まっているが、2方向载荷では限界値を超えている。

図-5より、1方向载荷と2方向载荷ではほぼ同じ値を示すが、コンクリートの充填率が増加すると、無充填時に比べ、コンクリート25%充填では最大荷重が約12%、また50%充填では約43%大きくなった。これは、コンクリートと鋼板の接触面積が大きくなると、両者の間のせん断抵抗力が大きくなり、コンクリートも鋼板と共に荷重を受けもったためと思われる。

### 4. 結論

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方向载荷時に比べ著しく大きくなった。よって、1方向载荷実験結果のみによる耐震照査ではこれらの値に対して過小評価となる可能性があることに注意が必要である。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

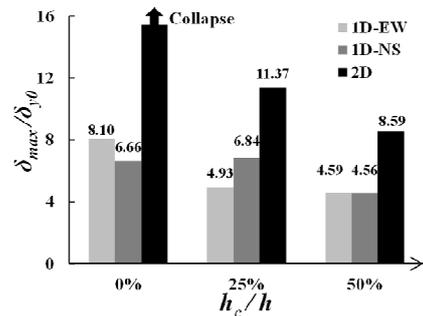


図-3 最大応答変位の比較

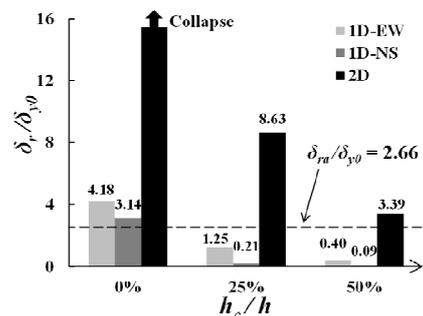


図-4 残留変位の比較

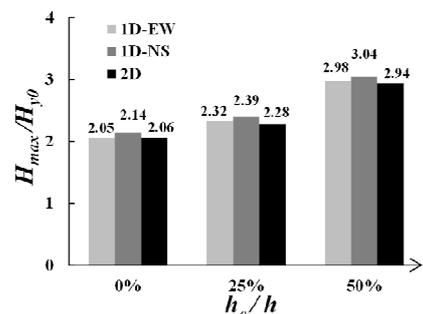


図-5 最大荷重の比較

くなった。特に50%充填においてはその効果が顕著に表れた。

最大荷重はコンクリートを部分的に充填しても、1方向载荷および2方向载荷で大きな違いが見られない、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方向载荷の値から推測できると言える。

### 参考文献

- [1] 宇佐美勉,葛漢彬,水谷慎吾:コンクリートを部分的に充填した無補剛箱形鋼柱の繰り返し弾塑性挙動,構造工学論文集,土木学会,Vol.(39A),pp.249-262,1993
- [2] 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] 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,Vol.(56A),pp.367-380,2010