

水平2方向地震動を受けるコンクリートの充填率を変えた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 ○袁 輝輝 愛知工業大学 学生会員 木下 光
中日本建設コンサルタント 正 会員 小澤拓也 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^[1]。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方向から地震動が作用する場合の耐震性能や応答特性は今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鋼製橋脚と無充填の鋼製橋脚の水平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。

2. 実験計画

実験で使用した供試体は、鋼種 SM490、板幅 450 mm、板厚 6 mm の正方形補剛箱型断面橋脚である。各板パネルに縦方向リブを2本ずつ配置し、基部から鉛直方向に 900 mm までは 225 mm 間隔、それ以降は 450 mm 間隔でダイアフラムを設置する。供試体基部から载荷点までの有効高さは $h = 2400$ mm である。無充填供試体の側面図、および断面図を図-1に示す。橋脚の構成断面の幅厚比パラメータは $R_f = 0.13$ 、細長比パラメータは $\lambda = 0.35$ である。

文献[1]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全塑性モーメントと下部の合成断面の全塑性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^[2]により計算することとしている。

$$h_c = h(1 - M_{ps} / M_{pc}) \quad (1)$$

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 $M_{ps}/M_{pc} = 0.80$ となり、 $h_c = 0.2h$ が得られる。本研究では、コンクリートの充填長さを $0.2h$ と $0.4h$ とした。 $h_c = 0.2h$ の場合、コンクリート充填部のすぐ上で先に全塑性状態に達し、 $h_c = 0.4h$ の場合、柱基部で先に全塑性状態に達することが分かる。

ハイブリッド実験では、相似率 $S = 4$ を用いる^[3]。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 $P_0/P = 0.15$ から、 $m = 1048$ t と算出した。また、実橋脚の剛性 $k_0 = 64$ kN/mm と固有周期 $T = 0.8$ s および減衰係数 $c = 0.843$ kN・s/mm とする。橋脚に入力する地震波は、道示で与えられているⅠ、ⅡおよびⅢ種地盤上の設計用地震動、兵庫県南部地震神戸海洋気象台(JMA)、JR 鷹取駅(JRT)およびポートアイランド(PKB)の3つである。各地震波のNSおよびEW方向成分の最大加速度(PGA)および水平2方向成分を合成した最大加速度(合成値)を表-1に示す。

ハイブリッド実験システムは、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。1方向载荷ハイブリッド実験では、上記3つの地震動の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(X軸)と橋軸直交方向(Y軸)に同時に入力する。

3. 実験結果

図-2は1方向独立载荷ハイブリッド実験におけるNS、EW方向の最大応答変位の平均値(白棒)と2方向同時载荷における最大応答変位(黒棒)を棒グラフに示したものである。同図に示すように、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。特に2方向载荷では無充填時に比べ、最大応答変位が20%充填では約14%、40%充填では約38%小さくなった。また1方向载荷と2方向载荷の差も小さくなり、無充填に比べ20%充填では約15%、40%充填では55%小さくなった。

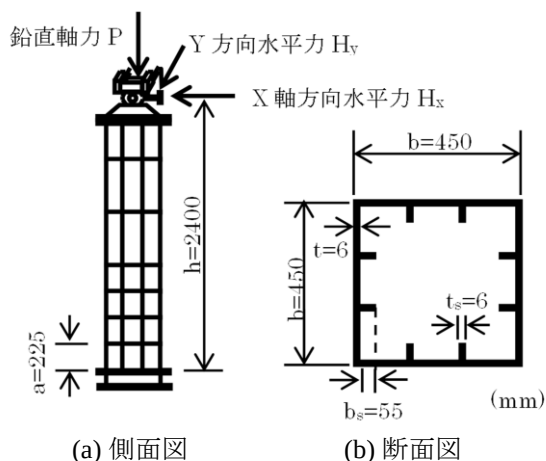


図-1 実験供試体概要図

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

表 - 1 入力地震波

地盤種別	入力地震波	PGA(gal)
I	JMA-NS	-812
	JMA-EW	766
	JMA-2D	870
II	JRT-NS	687
	JRT-EW	-673
	JRT-2D	711
III	PKB-NS	-557
	PKB-EW	619
	PKB-2D	775

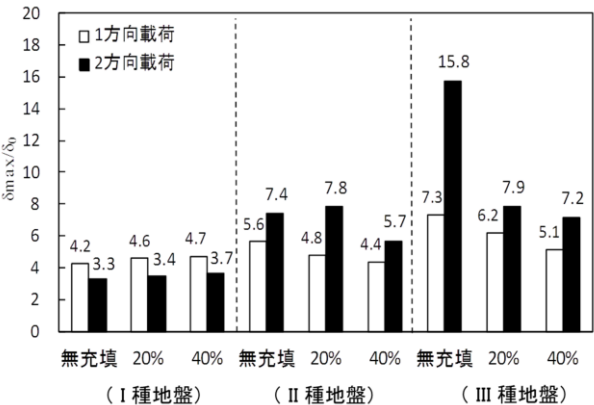


図 - 2 最大応答変位の比較

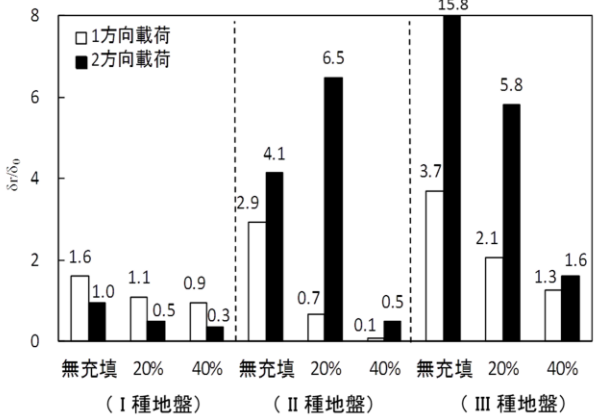


図 - 3 残留変位の比較

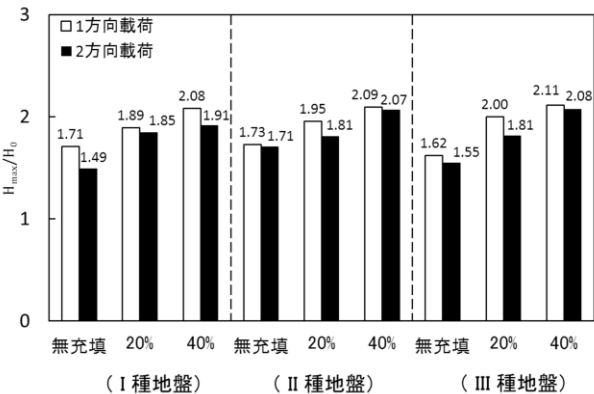


図 - 4 最大荷重の比較

図 - 3 より、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方向載荷ではコンクリート無充填に対して

20%充填では約 53%，40%充填では約 72%小さくなった．また，2方向載荷ではコンクリート無充填に対して 20%充填では約 42%，40%充填では約 88%小さくなった．1方向載荷と2方向載荷の差も小さくなり，無充填に対して 20%充填では 27%，40%充填では，その差はほとんどなくなった．

図 - 4 は 1 方向独立載荷ハイブリッド実験における NS，EW 方向の最大荷重の平均値（白棒）と 2 方向同時載荷における最大荷重（黒棒）を棒グラフに示したものである．同図より，1 方向載荷と 2 方向載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，1 方向載荷では無充填時に比べ，コンクリート 20%充填では最大荷重が約 16%，40%充填では約 24%大きくなった．また，2 方向載荷ではコンクリート無充填に対して 20%充填では約 15%，40%充填では約 28%大きくなった．コンクリート充填により最大荷重が約 30%増大しているため橋脚下部の基礎の耐力を向上を必要とするかも知れない．

コンクリート 20%充填ではコンクリートを充填したことによって，基部鋼板の座屈が抑制されたが，コンクリート充填部直上の鋼断面で座屈が発生した．コンクリート 40%充填では，基部鋼板の座屈を有効に抑制できた．

4. 結論

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方向載荷実験の差も小さくなった．特に 40%充填においてはその効果が顕著に表れた．しかし，20%充填では，コンクリート充填部直上の鋼断面で座屈を生じたため，コンクリート充填部で確実に破壊が生じるように充填高さを設定することが望ましい．

最大荷重はコンクリートを部分的に充填しても，1方向載荷か2方向載荷で大きな違いが見られなかったが，最大応答変位は II，III 種地盤では 2 方向載荷の方が 1 方向載荷より平均約 2 倍，残留変位は平均約 5 倍大きくなった．

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 方向載荷ハイブリッド実験,構造工学論文集,Vol.(56A),pp.367-380,2010