

ハイブリッド地震応答実験による
比較的スレンダーなコンクリート充填橋脚の激震時挙動に関する研究

名古屋大学 学生員○豊島 径 三菱重工業 正 員 鈴木 俊光
名古屋大学 正 員 宇佐美 勉 名古屋大学 正 員 伊藤 義人

1. 緒言 本研究は比較的細長比の大きなコンクリート充填鋼製橋脚の地震時挙動を、ハイブリッド地震応答実験により調べたものである。

2. 実験の概要 今回扱った供試体はコンクリート充填鋼製橋脚モデル4体の補剛箱形断面柱である。これらの供試体に建設省土木研究所によって提案された1種地盤用Level 2地震波(最大加速度360gal)を複数回入力し弾塑性応答を求めた。実験供試体はすべて板厚4.5mmのSS400材で製作され、柱両端部には端部治具に取り付けるための厚さ28mm(上部)、40mm(下部)の鋼板が溶接されている。またの供試体も橋脚基部に三角リブ(板厚12mm)を有し、フランジには1本(Type S1)、2本(Type S2)、ウェブには1本の縦方向補剛材を入れ、剛比は必要補剛材剛比の3倍とした。構成板の溶接方法はレ形溶接と脚長4mmの片面すみ肉溶接を

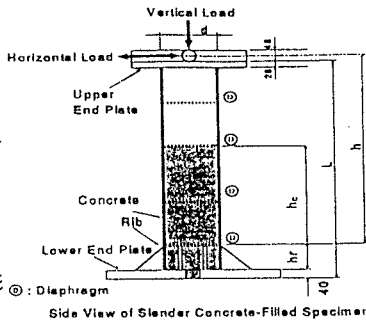


Fig.1 Test Specimens

Table 1 Parameters of Test Specimens

Specimen	R_f	λ	h_c/h	Time(sec)	Type
SC45-50-3H	0.45	0.5	0.3	0.143	S2
SC45-70-3H	0.45	0.7	0.3	0.219	S1
SC45-70-5H	0.45	0.7	0.5	0.194	S1
SC45-60-3H[A]	0.45	0.6	0.3	0.165	S1

$$\text{Note, } R_f = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k}}, \bar{\lambda} = \frac{K h}{r} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$$

併用した。柱高さ h とは三角リブの上端部から載荷点までの高さで、コンクリートは下ベースプレートに設けられた穴から充填され、充填高さ h_c は柱高さの30%もしくは50%とした。各供試体のパラメータをTable 1に、供試体の概要図をFig. 1に示す。細長比パラメータの値は0.5から0.7でこれまで建設されたものに比べるとスレンダーな橋脚である。供試体名の中のSCはコンクリート充填柱に続く数字は幅厚比パラメータ(R_f)、細長比パラメータ(λ)、Hの前の3はコンクリート充填率30%を、Hはハイブリッド実験を行ったことを表す。

3. 実験結果と考察 Table 2, Fig. 2に実験結果を示す。ここでは以下の項目に関して考察する。

(a) 細長比パラメータの違いによる挙動比較: 幅厚比およびコンクリート充填率が一定で細長比パラメータ(λ)が0.6, 0.7であるSC45-60-3H[A]、SC45-70-3H供試体の1種地盤用Level 2地震波、処女載荷時の挙動を比較した。最も細長比が大きく剛性が低いSC45-70-3H供試体は残留変位 δ_R が大きくなると考えられたが、残留変位を降伏変位 δ_{y0} で無次元化した値はSC45-60-3H[A]供試体の方が大きい。また履歴吸収エネルギー E_i を弾性エネルギー E_e で無次元化した値はSC45-70-3Hの方が大きく、最大応答変位 δ_{max} を降伏変位 δ_{y0} で無次元化した値はSC45-60-3H[A]供試体の方が大きい。1種地盤用Level 2地震波を受けると振動初期の大きな加速度の地震波によりFig. 2(a)のように最大応答変位を生じ、以後それ以上の大きな変位は生じない。SC45-60-3H[A]供試体はこの波によって大きく一方に傾きその後振動の中心がその方向にずれ小さな振幅で振動する。このため履歴吸収エネルギーは小さいが、最大応答変位は大きくなっている。一方、SC45-70-3H供試体は最初の大きな波でSC45-60-3H[A]供試体ほど一方に傾かないが、その後の揺れ返しによる応答変位が大きくそれ以降、振動の中心はSC45-60-3H[A]供試体ほどずれることなく大きな振幅で振動する。そのため履歴吸収エネルギーは大きくなっている。そして残留変位は最大応答変位を生じる点とその後の揺れ返しのピークの点で決まると考えら

Table 2 Results of Hybrid Tests

Specimen	δ_R/δ_{y0}	E_i/E_e	δ_{max}/δ_{y0}
SC45-50-3H(1st)	0.771	18.6	2.82
SC45-70-3H(1st)	0.822	25.5	2.63
SC45-70-5H(1st)	0.801	18.5	2.76
SC45-60-3H[A](1st)	1.193	21.1	3.04

Note, δ_R =Residual Displacement, δ_{y0} =Yield Displacement, $E_e=(H_y \cdot \delta_y)/2$, E_i =Energy Absorption per Cycle, δ_{max} =Maximum Displacement

れるため、SC45-60-3H[A]供試体の方が残留変位が大きくなったと思われる。このことより、単に細長比が大きくなるにつれ、最大応答変位、残留変位が一方的に大きくなるとは限らないことが分かる。これは入力した地震波が単一的でまた時刻歴応答は供試体の固有周期特性と入力地震波の周期特性にも大きく依存しこれらの関連なども考えられるため、すべての橋脚について断言はできないが、細長比パラメータの大きな柱が必ずしも残留変位が大きくなるとは限らないことが分かった。

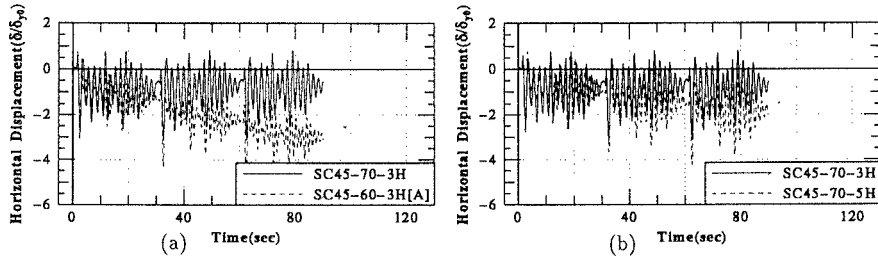


Fig.2 Time-History of Accumulation Displacement(Level 2,G.Type I)

(b)充填率の違いによる挙動比較：幅厚比、細長比が等しくコンクリート充填率が30%、50%と異なるSC45-70-3H、SC45-70-5H供試体の挙動を比較した。Fig. 2(b)を見ると、処女地震動載荷後では、SC45-70-5H供試体の方が履歴吸収エネルギーがかなり小さく、降伏変位で無次元化した最大応答変位、残留変位はほぼ等しい。これはコンクリートを多く充填すると剛性が上がり、小さな振幅で振動するため履歴吸収エネルギーが小さくなったためと思われる。また時刻歴累積応答曲線では1回目の地震では、両供試体の応答に大きな違いはないが、SC45-70-5H供試体は2回目以降、回を追って応答変位が一方向に移行する。これは50%充填柱は一度大きく傾いても剛性が30%充填柱より高いためその後の揺れ返しが小さく次第に応答変位が一方向にずれたためと考えられる。

4. 解析結果との比較 文献2)の修正3パラメータモデルをコンクリート充填柱の復元力特性に適用し弾塑性地震応答解析を行った。Fig. 3に各パラメータごとの地震動処女載荷時における実験、解析両結果の残留変位を

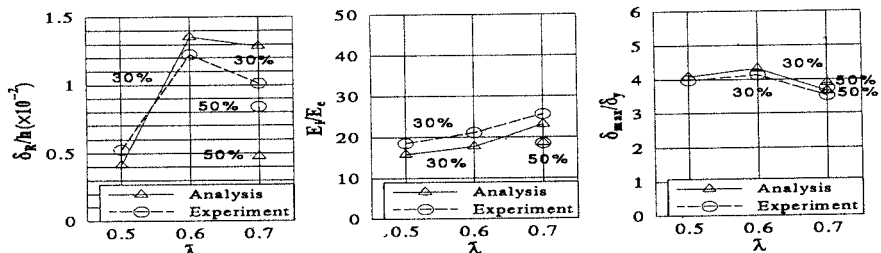


Fig.3 Experiment and Simulation Results(Level 2,G.Type I,1st)

柱長さで除した値、履歴吸収エネルギーを弾性エネルギーで除した値、最大応答変位を降伏変位で除した値を記す。細長比パラメータが0.5、0.6、0.7のうちでは真ん中の0.6であるSC45-60-3H供試体が最も残留変位が大きくなることは解析でも同じで、実験が正しいことを裏付けている。このため単に細長比が大きくなると残留変位も大きく生じるとは言えないことが改めて確認された。また解析ではコンクリート充填率の違いによる残留変位の差が実験値よりも大きく、その充填効果が顕著に現れているが、実験、解析両傾向に大きな違いはないことが分かる。

5. 結言 1) 細長比が大きな橋脚が残留変位が一方向的に大きくなるとは限らないが最大応答変位は比較的大きいため、橋脚設計の際はこのことを考慮しておいた方がよい。2) 今回扱ったパラメータの範囲内では、コンクリートの充填率が高いと、履歴吸収エネルギーは小さくなるものの、充填率の違いによる影響は処女地震動載荷時の残留変位、最大応答変位に関してはそれほど顕著には見られなかった。

参考文献 1) 才塚ら、土木学会論文集, No. 400/I-22, 1994. 9; 2) 寺田ら、第48回年次学術講演会講演概要集, 1993. 9; 3) 宇佐美ら、構造工学論文集, Vol. 40A, 1994. 3