

I-B 342

実鋼製橋脚を想定したハイブリッド地震応答実験

新日本製鐵 正会員 寺田昌弘  
 同上 正会員 安波博道  
 横河ブリッジ 正会員 名取 暢  
 同上 正会員 寺尾圭史  
 建設省土木研究所 正会員 西川和廣

1. はじめに

実地震時の構造物の応答を再現する実験手法として、Pseudo-Dynamic Test（以下、ハイブリッド実験）が盛んに行われるようになってきている。この実験手法の利点は、振動台実験装置よりも設備が安価であることや、実験中の挙動の観察が容易であることなど多数挙げられるが、実大での実験が困難である構造物を対象にしたときには、複雑な相似則を扱わなくてすむという利点の恩恵をもっとも受ける。そのため、載荷装置の能力に合わせた供試体での実験が可能であるが、他の構造形式（例えばRC）との同一条件での結果の比較を行う場合や、補強した橋脚の実験を行う場合は、スケール効果やディテールの再現などを実物に近いものにするために、可能な限り大きなサイズでの実験が望ましいことには変わらない。

本研究は、このような考えに基づき、実橋脚の試設計に基づいた大型供試体を製作してハイブリッド実験を行うことで、ディテールに着目した研究等に基礎データを提供するものである。

2. 対象構造物と供試体

Fig.1 に示すような上部構造と高さを有する橋脚を I 種地盤及び III 種地盤に対して道路橋示方書[1]に従い試設計した後、実験装置の制約内での最大値である、1/4.21 にスケールダウンした供試体をそれぞれ製作した（Fig.2,3）。特に本研究では、実験後にエネルギー一定則に基づく保有水平耐力の照査法と動的応答との関係の明確化と、復元力モデルの構築が可能になるように、準静的繰り返し載荷実験とハイブリッド実験（レベル2、以後L2、兵庫県南部地震、以後HN）二種用に、A1R・A3Rともに、まったく同一の供試体を3体ずつ製作した。補剛板と補剛材の鋼種はすべてSM490である。設計時の供試体のパラメータは、A1Rが  $R_f=0.42$ ,  $\lambda=0.35$ , A3Rが  $R_f=0.39$ ,  $\lambda=0.30$  である。

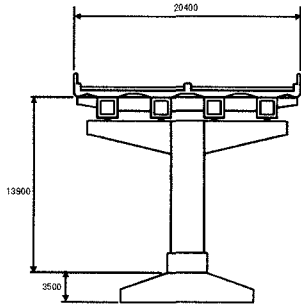


Fig.1 Real Pier

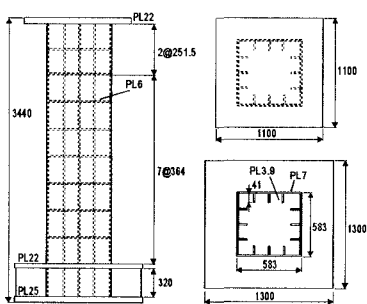


Fig.2 Specimen for Type I Ground(A1R)

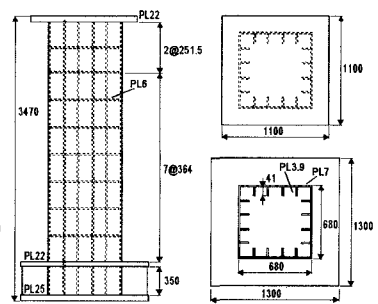


Fig.3 Specimen for Type III Ground(A3R)

3. 実験概要

A1R・A3Rともに、はじめに準静的繰り返し載荷実験を行い、続いてL2・HN地震波を用いたハイブリッド実験を行った。準静的繰り返し載荷実験での載荷パターンは、各変位の繰り返し数を1回[2]とした。載荷軸力は、実橋脚の軸力をスケールダウンした値をすべての供試体に対して等しく載荷した。ハイブリッド実験に先立っては、道路橋示方書レベル1[3]弾性波を入力し、弾性応答解析結果と位相が等しくかつ最大応答変位差が3%程度に収まるよう、摩擦力等の誤差要因を排除して精度チェックを行った。HN地震波は、I種として神戸海洋気象台記録、III種として東神戸大橋記録をそのまま用いた。

4. 実験結果

まず、I種・III種供試体とも、準静的繰り返し載荷実験の結果（Fig.4, 7）を見ると、繰り返しによる強度劣化は比較的大きく、一見、変形性能があるとは言いがたい様相を呈している。実験中・後の変形形状をみると、ベースと、その上のダイヤフラムに挟まれたフランジ・ウェブとも、パネル全体の座屈を起こしている。しかしハイブリッド実験の結果（Fig.5, 6, 8, 9：実橋脚スケールで表示）は、いずれの場合も最大荷重点を応答が越えることはなく、大きな変形や損傷は起こらなかった。これは、鋼材の降伏点にある程度の余裕があったため、供試体の最大荷重が公称値よりも高めであったことも一つの要因と考えられるが、いず

れにしても、準静的繰り返し载荷実験の包絡線が最大荷重点以降大きな下り勾配を持っているからといって一概に地震時に危険であるとは言えないことを示している。

また、実験後の供試体の変形状態をみると、いずれのハイブリッド実験供試体と比較しても繰り返し载荷実験供試体の変形が極端に大きかったが、それでも角部や補剛板とベースプレートとの接合部の溶接が割れたりすることは一切なかった。

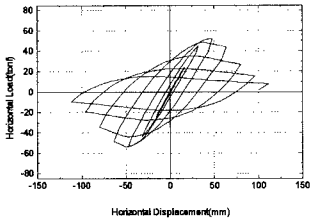


Fig.4 Hysteresis Loop for A1R

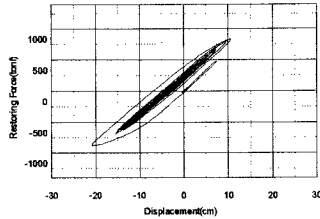


Fig.5 Hybrid Test for A1R(L2)

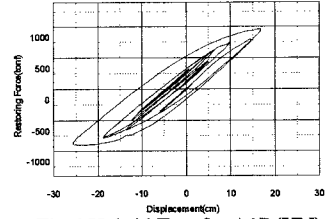


Fig.6 Hybrid Test for A1R(HN)

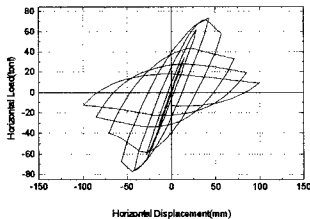


Fig.7 Hysteresis Loop for A3R

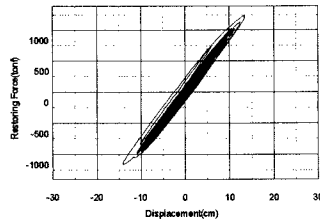


Fig.8 Hybrid Test for A3R(L2)

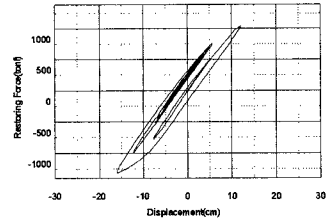


Fig.9 Hybrid Test for A3R(HN)

### 5. 等価な水平震度の評価

準静的繰り返し载荷実験結果から、等価な弾性応答水平震度を計算した。ヒステリシスループの包絡線を Fig.10 のように使い、 $\delta_u$  までの包絡線の作る五角形と面積が等しく、初期弾性勾配を包絡線と等しくする三角形の高さを  $H_E$  とすると、 $k_h \times H_E / H_y$  が等価な水平震度となる。ここで  $k_h$  は I 種 III 種地盤のそれぞれに対し、0.2 および 0.3 を用いる。また、ここでは  $H_y$  の取り方で等価水平震度は変わってくるが、 $H_y$  はハイブリッド実験の設計値と合わせるため、公称降伏点  $\sigma_y = 32 \text{ kgf/mm}^2$  を以下の式に用いて計算した。 $H_y = (\sigma_y \cdot P/A)z/h$ 、ここで、 $P$  は载荷軸力、 $A$  は供試体断面積、 $z$  は断面係数、 $h$  は供試体の水平荷重載荷点までの高さである。この結果、等価な水平震度は A1R で 0.71、A3R で 1.0 であり、最大荷重を越えた  $\delta_u$  までの値を用いて、いわゆる 1G 弾性応答をようやく満たす評価となり、静的な評価とハイブリッド実験による動的な評価の結果が大きく異なっていることがわかる。

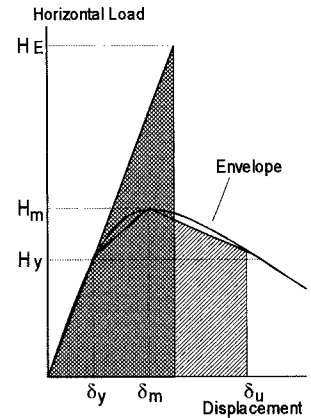


Fig.10 Relationship of Energy

### 6. 結論

同一供試体で静的および動的な耐震性能評価を I 種・III 種地盤を対象に設計された供試体について行ったが、その結果は大きく異なり、鋼製橋脚については保有水平耐力の照査法は過小評価となる可能性を示した。ただし、ハイブリッド実験では鋼材の公称降伏点を使用しており、阪神地区の実構造物に対する地震応答とは異なることを付記しておく。

なお、本実験は、建設省土木研究所、首都高速道路公団、阪神高速道路公団、(社)日本橋梁建設協会および(社)鋼材倶楽部の 5 機関による「鋼製橋脚の耐震設計法に関する共同研究」の一環として実施したものである。

### 【参考文献】

- [1] 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編
- [2] 西川，山本，名取，寺尾，安波，寺田：既設鋼製橋脚の耐震性能改善方法に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol. 42A，1996. 3
- [3] 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編