

広島県土木建築部

高本 一裕

(株)大林組

正員 後藤 洋三

1. まえがき 広島県の能美島と倉橋島を結ぶ早瀬大橋の橋脚の中で比較的背の高いP₆橋脚について広島県早瀬大橋架橋事業所により振動実験が行なわれた。本研究はその実験報告書をもとに二三の計算モデルを設定し地盤と橋脚の連成振動に注目して実験結果をシュミレーション解析したものである。

2. 振動実験の概要 早瀬大橋の一般図を図-1に示す。同橋の主要諸元は次の通りである。

橋長 623.5^m (20×28.7+111.0+222.0
+111.0+30×39.0)

上部形式 3径間連続トラス+2径間連続桁
+合成桁

下部工 ケーソン基礎橋脚 P₁, P₄
直接基礎橋脚 P₂
クイ基礎橋脚 P₃, P₅, P₆
クイ基礎橋台 A₁, A₂

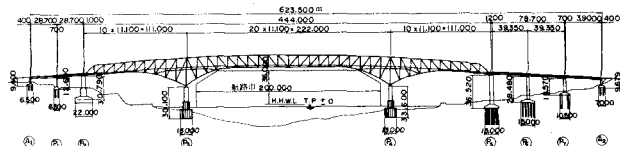
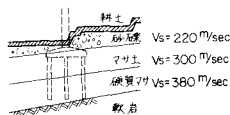
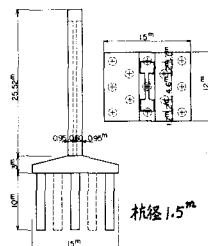


図-1 早瀬大橋一般図

図-2 P₆地層図図-3 P₆構造図

振動実験の対象としては、高橋脚のため動的な耐震設計が比較的重要とされ、かつ起振機のパワーに見合う規模のものとしてP₆橋脚が選ばれた。図-2はP₆付近の地質構成を示したものである。各地層は傾斜しており、表層1mは耕土でその下に厚さ3~5m位の砂礫層が分布する。砂礫層以下は15~20m位のマサ土層でそれ以下は軟岩である。マサ土層は締り具合によってマサ土(N<50)および硬質マサ(N>50)と称され、これら二層の厚さはほぼ等しい。なお、同図には弾性波試験によって得られた各層のセン断波速度を示している。図-3はP₆橋脚の構造寸法を示したもので、基礎杭はリバース工法による場所打ちコンクリート杭である。実験にともなう調査工事として弾性波試験ならびに常時微動測定による動的な地盤調査が行なわれている。

振動実験はP₆の施工段階に従って三段階に分けて行われた。すなわち、(i)リバース杭(単杭)の水平載荷実験と自由振動実験、(ii)基礎(フーチング)上の強制振動実験、(iii)橋脚上(上部工なし)の自由&強制振動実験である。

3. 実験結果とその検討 図-4は基礎(フーチング)上の強制振動実験から得られた共振曲線の一例を示したものである。同図から、8Hzに一次共振点があり減衰定数は約10%とみなせることがわかる。また、図-5は8Hz時の振動モードを示したもので、抗基礎全体が剛体とみなせるロッキング振動を行っていることが明らかにされる。図-4の10Hz付近には地盤の影響が大と考えられる二次共振点が見られ、その減衰定数は約8%である。図-6は橋脚上の強制振動実験から得られた共振曲線の代表例を示したものである。同図の2Hz以下は起振機の性能上求められていないが、別に行なわれた自由振動実験から1次共振振動数は1.64Hz、減衰定数は1%と求められている。図-6の橋脚天端の共振曲線からみると二次共振点は10.1Hzにあり、減衰定数は7%と算定される。しかし、フーチング下端の共振曲線では7.5Hz

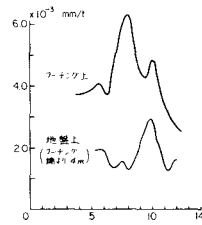


図-4

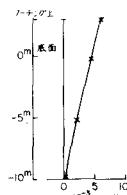


図-5

付近に小さなピークがみられ、これが基礎のみの強制振動実験における1次共振点に対応していると考えられる。

4. シミュレーション解析 二種の計算モデルによって解析した結果を述べる。図-7はモデル1の計算モデルである。杭基礎部分は実験結果にしたがいロッキング振動をする剛体と考えた。基礎部の回転慣性(付加質量を含む)、地盤バネ、および減衰係数は図-4の8Hz近辺の共振曲線にもとづいて定め、さらに表層の埋戻しの効果を考慮して若干の修正を行っている。フーチング上橋脚部の質量と断面二次モーメントはプロポーションから算出し、コンクリートの弾性係数は一次固有周期が実験値のそれと一致するようトライアル計算で決定した。減衰は履歴減衰形とし、橋脚部を0.5%地盤と基礎部を10%とした。このような減衰分布はいわゆる非比例減衰系としての取扱を必要とし、定常振動解を求めるためには複素固有値解析を行なわねばならない。図-7のモデルの橋脚天端に実験における起振力に相当する正弦波外力を作用させ定常振動解を求めた。図-8がその結果で、図-6の実験結果と比較すると全体的な傾向はシミュレートされ基礎部の共振点の影響も現れている。しかし、各曲線には部分的な乱れが現れ、橋脚部の2次共振振動数は11.5Hzとなって実験結果より大きい。

図-9はモデル2の計算モデルである。モデル1と異なる点は、基礎部の質量を付加質量部分と基礎自体の質量部分に分割しバネで結んだ点である。各バネ係数は地盤部分の固有周期が基礎部の共振点7.5Hzに対応するように定めている。図-10が計算結果で、図-8と比較するとシミュレーションの精度が向上していることが明らかにされる。

5. 結論 地盤との連成を有する高橋脚の動的性質を解析しようとする場合、地盤の効果を非比例減衰とバネを介した付加質量で取り入れた計算モデルが有効と考えられる。今後は地盤の各バネ係数と付加質量についてさらに検討を加えるとともに、有限要素法によるシミュレーション解析を行う予定である。

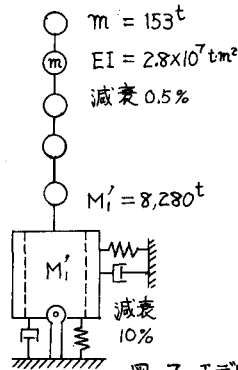


図-7 モデル-1

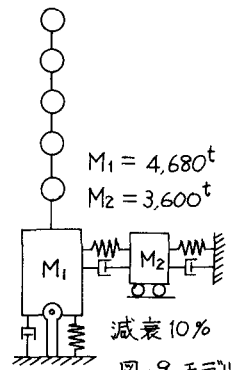


図-9 モデル-2

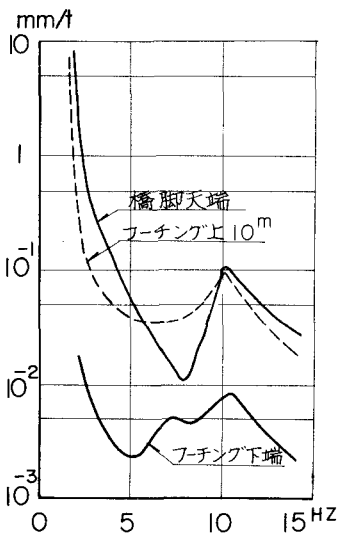


図-6 実験結果

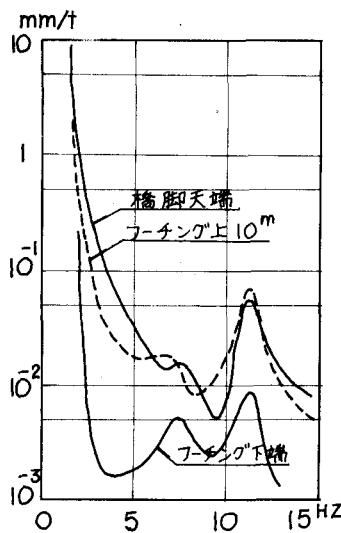


図-8 モデル-1

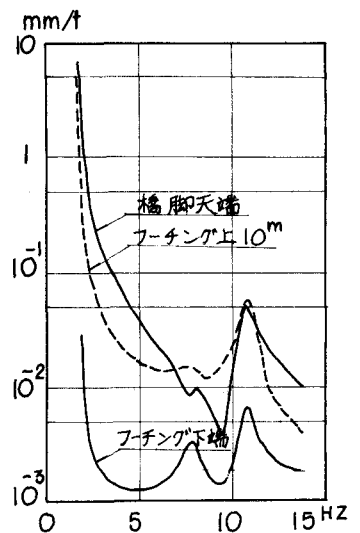


図-10 モデル-2

1) 広島県, 東洋技研コンサルタント; 早瀬大橋下部工振動実験報告書

2) 山田善一, 後藤洋三; 長大つり橋主塔橋脚の振動特性と地震応答解析に関する諸考察, 土木学会論文報告集207