

九州大学 学生員 〇浅沼 勝
 " 正会員 園田 敏矢
 " " 烏野 清
 " " 小坪 清真

1. まえがき

我が国は世界有数の地震国であり、長大スパン橋に対する耐震性の検討を行なうことは重要な問題である。本研究は、国鉄呼子線松浦川に架設された7径間連続PC箱桁橋の常時微動測定を行ない、上下方向、橋軸直角水平方向の振動特性をスペクトル解析から求め、一方、有限要素法を用いて理論解析を行ない、実験値との比較、検討を行なったものである。更に、実験、理論値をもとに応答計算を行なった。

2. 橋梁および地質の概要

図-1に本橋の概要図を示す。

本橋は幅員5.6m、桁高3.8~5.5m、側径間60.1m、中央径

図-1 橋梁概要図

間8.0m、橋長535.2mの7径間単線鉄道橋で、主桁断面は1箱桁、1室の箱型である。松浦川は佐賀県の唐津湾に注ぐ1級河川で、架設地点の地質構成は上層より沖積層、洪積層、基盤層の3層でP4橋脚とP5橋脚の間に堆積層に違いがある。この地盤は沖積層の厚さが25m未満で軟弱層の厚さが5m未満で、新耐震設計法(案)でいう第3種地盤に当たる。表層がN値ゼロであるために深さ14~18mのケーソン基礎として、図-2にP4橋脚地点のN値を示す。本橋の特徴としては、コンクリート橋としては珍しい7径間連続橋であるとともに、単線鉄道橋であるために桁高に対して桁幅の狭い構造となっているので、橋軸直角水平方向に対しては剛性が小さい。また、P4橋脚を固定とし各橋脚上には、地震時の橋軸水平方向振動に対してダンパーが設けられている。

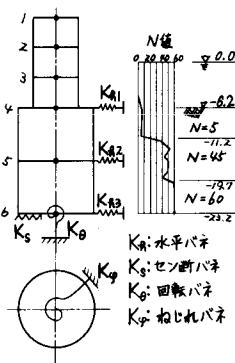


図-2

3. 常時微動測定およびその解析方法

各スパンを6等分して計測点を設け、上下方向、橋軸直角水平方向の測定を行なった。各測点には振動のピックアップとして、固有振動数0.3Hz、周波数特性0.5Hz以上平坦、感度200μV/gの速度型電磁式地震計を用いた。サンプリング間隔 $\Delta t = 0.02$ 秒、データ個数 $N = 2048$ 個で求めたパワースペクトルを10回平均してパワースペクトル図を描き、そのピークから各固有振動数を求めた。ここで、パワースペクトルの計算法としてはFFTを用いた。本解析において、パワースペクトルの最小刻み間隔($\Delta f = 1/(N \times \Delta t)$)は0.0244Hzである。

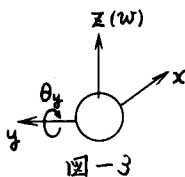


図-3

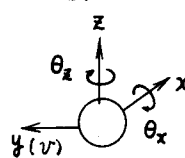


図-4

4. 理論解析

桁において、側径間を3分割、中央径間を5分割してその断面の図心位置に質点を設け、全断面有効として断面の諸元を求めた。また、プレストレスコンクリートの単位体積重量を $\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$ として質点の質量を求めた。なお、P1、P8橋脚にはスパン35.88mのRC単純桁が架かっているため、この点の質量にはその半分の質量を加えた。次に桁のモデル化について、上下方向に対しては図-3に示すように各質点に対して、Z軸方向の変位 w 、Y軸回りの回転 θ_y の2自由度をもたし、橋軸直角水平方向に対しては、図-4に示すようにX軸回りの回転 θ_x 、

Y軸方向の変位(v)、Z軸回りの回転(θ_z)の3自由度をもたしている。また、橋軸直角水平方向については、橋脚は桁の水平振動に対して質量のあるバネとして取り扱った。バネ定数の算定は、図-5に示すようにケーソン部(4、5、6)に地盤の水平バネ、6にねじりバネ、せん断バネおよび回転バネをとりつけ、図-5に示すように橋脚天端に橋軸直角水平方向に外力P、X軸回りのモーメント M_y 、Z軸回りのモーメント M_z を加え、このときの橋脚天端の変位から求めた。また、このときの橋脚の変形曲線から橋脚の有効質量を求めた。

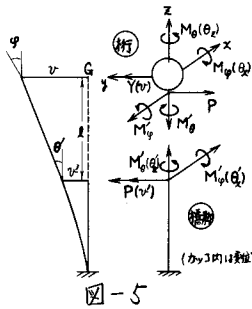


図-5

次に、振動方程式はマトリックスを用いて次式で表わされる。

$$[M]\{\ddot{y}\} + [K]\{y\} = \{0\}$$

ただし、[M]: 質量マトリックス [K]: 剛性マトリックスである。

得られた理論値と実験値から、各固有振動数と変位モード図を図-6(上下方向)、図-7(橋軸直角水平方向)に示す。応答計算には、本橋架設地点付近で1600~1773年間に発生した地震のマグニチュードと震央距離より、図-8に示す加速度応答スペクトル曲線を用いることができる。図-8では減衰定数が0.05であるが実際には0.02とするため補正係数1.32を掛けた応答加速度 S_A を用いた。最大応答変位 $y_{i,max}$ (iは質点番号)を次式より求め、図-9(橋軸直角水平方向)に示す。

$$y_{i,max} = \sqrt{\sum_{s=1}^n \left\{ \beta_s Y_{is} S_{A,max} / n_s^2 \right\}^2} \leq \sum_{s=1}^n \left| \beta_s Y_{is} S_{A,max} / n_s^2 \right|$$

$$\beta_s = \sum_{i=1}^N \frac{W_i}{g} Y_{is} / \sum_{i=1}^N \frac{W_i}{g} Y_{is}^2$$

ただし、 W_i : 各質点重量 n_s : 第S次の固有円振動数 g : 重力加速度

Y_{is} : 振動形 $S_{A,max}$: 第S次の最大加速度応答

5. 考察

上下方向(図-6)において、固有振動数および変位モード図は実験値と橋脚固定として求めた理論値とが良く一致した。これは、実際の橋梁において上下振動の場合、橋脚はほとんど動かないためと考えられる。橋軸直角水平方向(図-7)においては、橋脚のバネ定数が橋梁全体に大きな影響を及ぼすと考えられる。実際に実験からは、一部の径間のみが共振するようなモードが得られた。各橋脚ごとの地盤定数を用いて解析を行なったところ、1.669Hz、1.672Hzとあまりに近接した固有振動数が得られ、このために実験では両振動を分離できなかったものと思われる。

以上のように、橋軸直角水平方向振動に関しては、橋脚地点の地盤性状の違いで振動特性が異なり、応答量も大きく変わることから、地盤定数をいかに見積もるかということが、今後の震設計上、重要な問題であると考えられる。

〈参考文献〉

新耐震設計法(案) 建設省土木研究所(土研資料1185号)

昭和52年3月

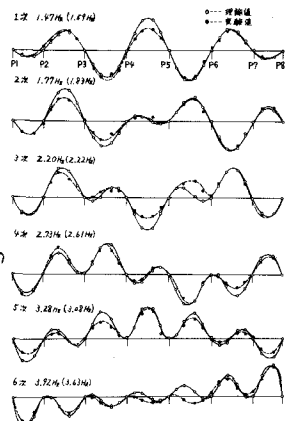


図-6

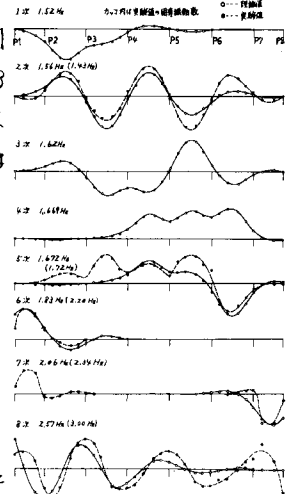


図-7

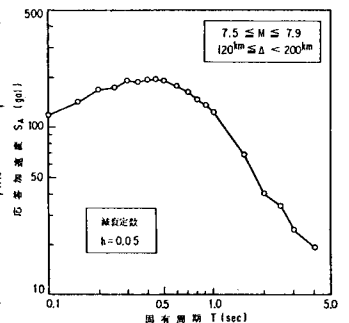


図-8

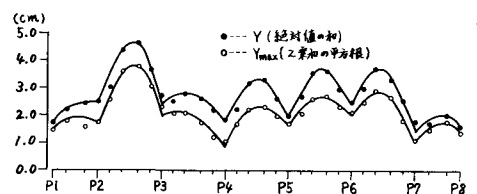


図-9 最大応答変位