

## くい基礎橋脚の振動実験とその検討

宮崎大学工学部 学生員 〇明刺若久 栗山一孝  
 宮崎大学工学部 正員 堤 一 原田隆典  
 宮崎県土木部 正員 甲斐重隆 野中和弘

### 1. まえがき

本研究の対象は、図-1に示されるPC型箱桁を支えるくい基礎橋脚である。表層は、平均N値5という軟弱地盤であり、基岩が深度45m以深にあるため、直径1.2m、長さ40mの21本からなる鋼管群くい基礎が採用されている。本実験は、橋脚のみ完成時と、桁張り出し完成時(T型1スパン)の2段階について行なった。本報告は、その実験結果と、くいの効用について検討したものである。

### 2. 実験結果

#### 2-1 橋脚

(a) 橋軸方向 橋脚完成時に、図-1(P1)の①と②で計測を行った。この時の応答曲線からは、顕著なピークは得られなかったが、3つのピークが確認された。これらは、後の河川方向、T型1スパンの結果と対比し、表-1に示す固有値に対応している。

(b) 河川方向 この場合も顕著なピークを得ることはできず、ピークの確認が困難であったが、橋軸方向、その他を参照し、表-1に示す結果が得られる。

#### 2-2 T型1スパン

(a) 橋軸方向 桁完成時に、図-1(P3)に示すような計測を行った。図-2の実線に示されるように、1.2 Hz に顕著なピークが現れるが、それより高次については、表-1に示されるような固有値が得られる。この固有値に対するモードを図-3に示す。

(b) 河川方向 図-2の点線で示されるように、非常に接近した2つのピークが認められる。それより高次のピークは、この実験の範囲である5 Hz 以内では認められない。この結果を表-1, モードを図4に示す。

### 3. 地盤バネ定数の考察

本橋脚の支持機構を明らかにすることを目的とし、以下に述べるような検討を行った。

#### 3-1 2自由度系による検討

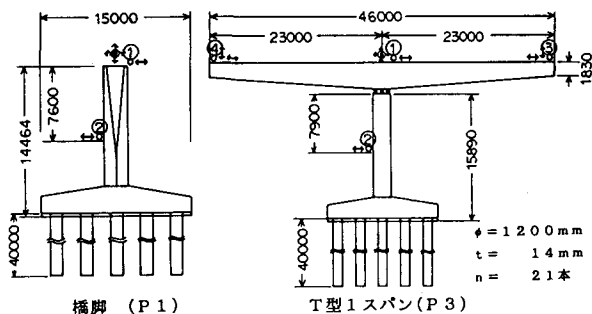


図-1 全体図

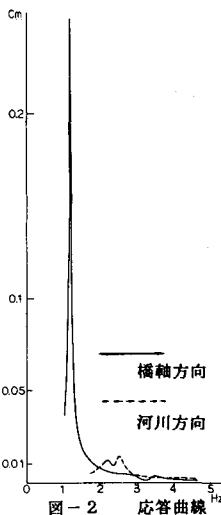


図-2 応答曲線

|             | 加振 | 次数 | 振動数 $H_z$ | 備考      |
|-------------|----|----|-----------|---------|
| 橋軸のみ (P1)   | 橋軸 | 1  | 2.7       | 橋脚の1次   |
|             |    | 2  | 3.9       | ロッキング   |
|             |    | 3  | 5.1       |         |
|             |    | 4  | 5.2       | 減衰 2.1% |
| T型1スパン (P3) | 橋軸 | 1  | 1.2       | 橋脚と桁の連成 |
|             |    | 2  | 2.6       | ロッキング   |
|             |    | 3  | 3.4       | 桁の1次    |
|             | 河川 | 1  | 2.2       | 橋脚と桁の連成 |
|             |    | 2  | 2.5       | ロッキング   |
|             |    | 3  | 3.4       | 桁の1次    |

表-1 実験結果

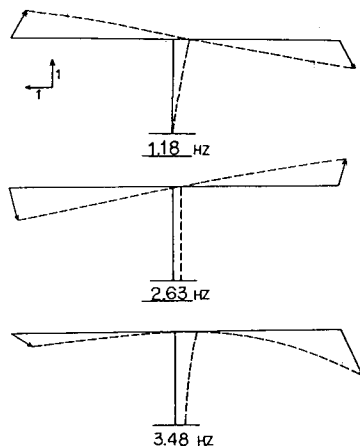


図-3 橋軸方向モード図

前述の2つの状態について、橋脚と桁を剛体とし、くいと地盤の効果を総合したバネを仮定して、ロッキング振動の検討を行った。回転バネ定数( $K_r$ )をパラメータとし、水平バネ定数( $K_s$ )を変数として振動数を求め、表-1の固有値との対比を行い、その結果(P1)と(P3)で多少のずれはあるが、

$2.0 \times 10^7 < K_r < 3.25 \times 10^7 (\text{t}\cdot\text{m})$ ,  $2.0 \times 10^5 < K_s < 2.26 \times 10^5 (\text{t}/\text{m})$  のように  $K_r$  と  $K_s$  が定まった。

### 3-2 9自由度系による検討

図-3,4から判断して、実際にロッキング振動であるかどうか明らかでない場合もあるため、図-5に示すような、質点を9つに割けた数値モデルで  $K_r$  と  $K_s$  の詳細な検討を行った。まず、基礎を固定した場合の結果を図-6の①③④に示す。次に、地盤弾性を考慮し、3-7で得た値を用いたところ、図-3に比べて回転による変位のかかなり大きいモードが現れた。そこで、 $K_r$  を大きく、 $K_s$  を小さくしながら、モードと振動数が図-3に近づくように計算した。その結果、図-6の②に示すモードが2次振動として現れた。この時の  $K_r$  と  $K_s$  は、

$5.0 \times 10^7 < K_r < 7.0 \times 10^7 (\text{t}\cdot\text{m})$ ,  $1.2 \times 10^5 < K_s < 1.5 \times 10^5 (\text{t}/\text{m})$  のように定まった。

### 3-3 くいの効用の検討

3-2の結果から、その代表値を  $K_r = 6.0 \times 10^7 (\text{t}\cdot\text{m})$ ,  $K_s = 1.4 \times 10^5 (\text{t}/\text{m})$  とし、 $N$  値と弾性波速度から上下、水平の地盤係数を求め、その値からフーチング底面のバネ定数を出すと、表2のようになる。総合的なバネからそれらの値をひいたものをくいのみによるバネ定数と考えると、回転バネについては、くいによるものが大部分を示めるが、水平バネについては、くいはほとんど効いていないことがわかる。

## 4. 結論

- ① T型1スパン構造(P3)では、図-2に示すように橋脚の曲げによる桁の回転モード(1次, 1.18Hz)が他のものに比べてかなり大きく、地震時にはこの固有振動数が卓越するものと考えられるため、この振動に関する定量的な検討が必要である。
- ② 図-3,6等に見られるように、本橋脚では2~3Hzの間にロッキング振動が卓越しているが、地盤もこれに近い固有振動数を持っており、地盤と橋脚は共振しやすい状態にあるため、地震時にはくいと地盤の検討が欠かせない。
- ③ 表-2からわかるように、軟弱地盤中のくい基礎橋脚の設計に際しては、概略的には、くいが回転抵抗を持ち、地盤が水平抵抗を持つと考えることができる。

## 5. あとがき

数値モデルの計算に際しては、新井組・鎌田光夫(57年)、ハナ代エンジニアリング・山崎木志(57年)の卒業論文を参照させていただいた。

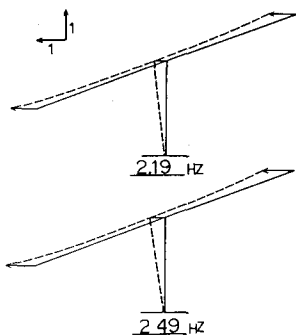


図-4 河川方向モード図

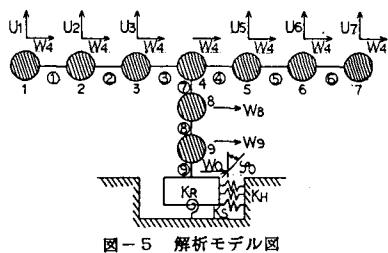


図-5 解析モデル図

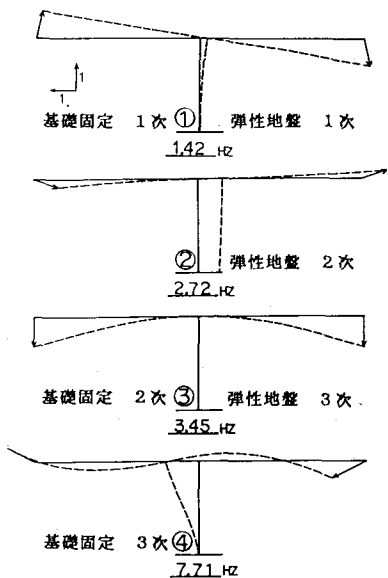


図-6 解析モード図

| バネ    | 回 転                                 |                                     | 水 平                             |                                     |
|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
|       | バネ定数<br>( $\text{t}\cdot\text{m}$ ) | 地盤係数<br>( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) | バネ定数<br>( $\text{t}/\text{m}$ ) | 地盤係数<br>( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) |
| 総合    | $(\times 10^7)$<br>6.0              | 14.2                                | $(\times 10^5)$<br>1.4          | 0.62                                |
| フーチング | 0.21-<br>0.41                       | 0.5-1.0                             | 1.1-1.3                         | 0.50-<br>0.59                       |
| くい    | 5.8-5.6                             | 13.2-<br>13.7                       | 0.1-0.3                         | 0.03-<br>0.12                       |

表-2 バネの比較