

国鉄構造物設計事務所

正員 大橋勝弘

同上

正員 ○西村昭彦

1. まえがき；構造物の耐震設計において，その構造物の固有周期および固有振動モードを知ることは重要な事項である。一般に，構造物の固有周期を知るためには，起振機による振動実験，常時微動の測定などが行われる。また未完成のものでは，構造物をモデル化して，固有値解析などを行なっている。しかしいずれの方法も簡単に行い得るものではない。そこであまり年数をかけずに構造物の固有周期を求める方法を考案した。通常の設計計算で行なっているように，構造物に静的に震度を作用させて構造物の天端の変位を算出し，その値から固有振動数を求める方法である。

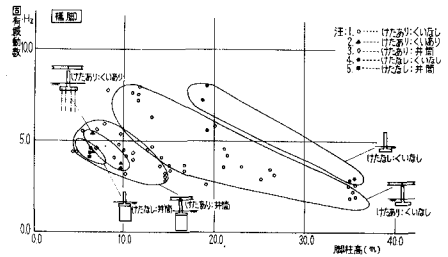


図-1 固有振動数-脚柱高

2. 固有振動数の目安式および図表の作成

まず，過去に実施された振動実験例をしょう集した。実験例は主として，鉄道橋を対象として過去10数年に行なわれたものを集めた。実験例は90余でそのうち70例が橋脚に関する実験であった。また構造物の高さは15m以下のものが多かった。この実験例から，構造物の固有振動数を求めるための目安式を作成するにあたっては，振動数のパラメーターとして構造物の振動性状をもっともよくあらわせる性質のものを選ぶ必要がある。パラメーターとして構造物の高さを選んで固有振動数との関係を示したものが図-1である。これを見ると固有振動数と構造物の高さとの間にはある程度の相関関係があるがかなりのばらつきがあり，これから目安式を作成することはかなり無理がある。そこで構造物に静的に震度0.1を作用させて得られる天端の変位量をパラメータとして選んだ。この理由としては，構造物の振動性状にもっとも影響の大きい質量と剛性(復元力)の関係がよくあらわれると考えたからである。その結果は図-11, 12, 13 に示すようにばらつきの小さいものとなった。

3. 構造物の変位量の計算；構造物の天端の変位量の計算には次の式を使用した。

1) 直接基礎をもつ橋脚；モデルは図-2に示すものとした。このときの変位量は次の式で与えられる。

$$\delta = \frac{S}{k_h + k_s} + \frac{M \cdot H}{k_h} + \frac{w H^4}{8 E I} + \frac{P L^3}{3 E I} \quad \cdots (1)$$

ここに， $S = w H + P$ ， $M = w H^2 / 2 + P H$ ， $w = 0.1 g$ ， k_h ：水平ばね， k_s ：せん断ばね， k_r ：回転ばねであり， k_h はフーチング前面の面積に水平地盤係数(k)を， k_s はフーチングの底面積にせん断地盤係数(k_s)を， k_r はフーチング底面の断面二次モーメントに鉛直地盤係数(k_r)をそれぞれ乗じたものである。

2) くい基礎をもつ橋脚；モデルは図-3に示すものとした。このときの変位量は

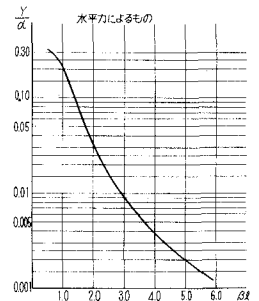


図-4 くいの変位量

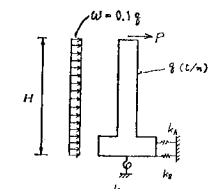


図-2 橋脚モデル

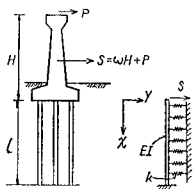


図-3 くいモデル

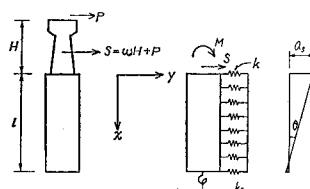


図-5 ケーソンモデル

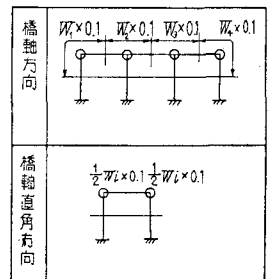


図-6 ラーメン構造物

$$\delta = \delta_0 + \frac{M \cdot H}{k_b} + \frac{w H^4}{8 E I} + \frac{P H^3}{3 E I} \quad \cdots \cdots (2)$$

$$\text{で算出した。ここに、} k_b = \frac{I k}{\frac{l}{E A} + \frac{1}{k_v A}}$$

E: 鋼のヤング率, A: 鋼の断面積, k_v : 下端の鉛直地盤係数, $I k$: 鋼の抵抗中心における二次モーメントである。また δ_0 は図-4のグラフより次のようにして求める。

(i) 鋼の βl ($\beta = \sqrt{\frac{k D}{4 E I}}$), $\alpha = \frac{S l^2}{E I}$ を計算

(ii) 図-4より Y/α の値を求める。

(iii) $\delta_0 = (Y/\alpha) \times \alpha \times l$

3) ケーソン基礎をもつ橋脚; モデルは図-5に示すものとした。このときの変位量は次のようにして算出した。

$$\delta = \delta_s + \delta_M + (\theta_s + \theta_M) H + \frac{w H^4}{8 E I} + \frac{P H^3}{3 E I} \quad \cdots (3)$$

δ_s , δ_M , θ_s , θ_M は図-7, 8, 9, 10より次のようにして求めた。

(i) 橋脚体の荷重から $r = S/(k_b D l^2)$, $m = M/(k_b D l^3)$ を求める。

(ii) ケーソンの入 D/l , $H = k_v l/k$ を求める。

(iii) 図-7, 8, 9, 10より $\frac{A}{f}$, $\frac{A}{m}$, $\frac{\theta}{f}$, $\frac{\theta}{m}$ を求める。

(iv) $\delta_s = \frac{A}{f} \times r \times l$, $\delta_M = \frac{A}{m} \times m \times l$, $\theta_s = \frac{\theta}{f} \times r$

$$\theta_M = \frac{\theta}{m} \times m$$

4) ラーメン高架橋; ラーメン高架橋の場合は、通常の設計計算が行われている方法で求めた。すなわち、図-6のように荷重を考慮、電子計算機によりく体の変位量を求める。基礎がくいの場合は、図-4を利用して δ_0 を求め、く体の変形量に加えた。

5) 上部工の荷重; 単純げたの場合はけたの重量を考慮する。固定シューはシューにかかる重量とし、可動シューの場合はシューのまさつ係数分をみる。

4. あとがき; 固有振動数の目安式は図-11, 12, 13に示すようにかなり精度のよいものができた。しかし実験例には地質の状態の明白でないものもあるので、今後さらに実験等をつみかさねて精度のよいものにしてゆきたい。おわりにデータを提供された鉄道技術研究所構造物研究室川俣研究員、計算を実行された仙台新幹線工務局技術管理課の皆様へ御礼申し上げます。

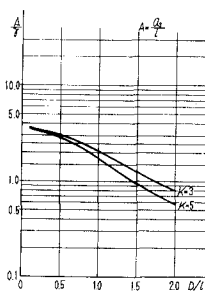


図-7 ケーソンの変位量

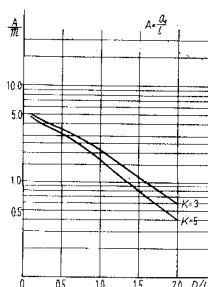


図-8 ケーソンの変位量

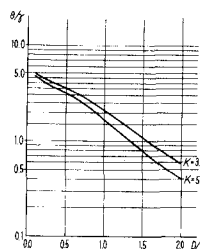


図-9 ケーソンの回転角

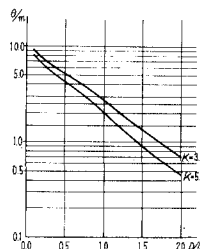


図-10 ケーソンの回転角

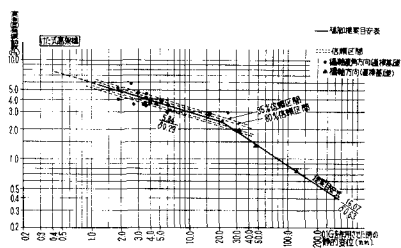


図-11 くいおよび直接基礎

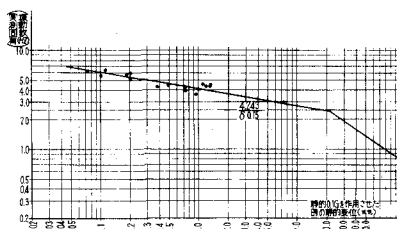


図-12 井筒基礎

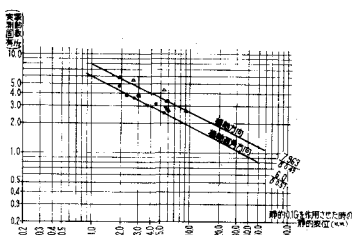


図-13 ラーメン高架橋