

九州大学 正員 小坪清真
九州大学 正員 園田敏夫
九州大学 学生員 〇柳川憲治

I. まえがき

従来、構造物の下部構造としてケーソン基礎及び杭基礎が地盤からの反力を構造物に伝える役割を果たしてきた。地盤からの反力を受けるという意味では、どちらも同じ構造物であり、より有効かつ合理的に構造物を支える地盤からの反力を受ける機構として、この両者を結合させた構造物も考え得る。しかしながらケーソンは剛体であり、杭は曲げ剛性をもつ。またその振動特性は著しい違いをもちあつてゐる。従つて、それらと結合させた構造物（脚付きケーソンと呼ぶ）がいかなる振動特性をもちあつてゐることは興味深くかつ複雑な様相を呈すると考えられる。ここでは地盤の変形を考慮し（地盤は独立に動くものとしてその応答を求め）構造物は基礎の加速度に比例する慣性力のほか、地盤と構造物との相対変位に比例する反力を受けるものとして、又、構造物の全体の高さを一定としてケーソン部と杭部の高さの比率をへたて応答計算を行ない、ケーソン部のみの場合と比較してその特性を調べた。

II. ケーソンと脚付きケーソンの振動性状

図-1a, 図-1b のように表層地盤中の埋め込まれたケーソン及び脚付きケーソンの運動方程式をたて、固有円振動数と振動型を求め、このときケーソンの高さ H を 20 m, 30 m, 40 m の3段階に分け、それぞれについて解く。脚付きケーソンはケーソン部と杭部の運動方程式を別々にたて、それを境界条件によつて連立させて求める。

i) ケーソンの運動方程式

$$\begin{cases} m\ddot{x} + \alpha l(a k_s + b k_h)x + k_s ab(x - \frac{1}{2}\theta) = 0 \\ J\ddot{\theta} + \frac{1}{6}l^3(a k_s + b k_h)\theta + k_h \theta \frac{ab}{12} - k_s ab(x - \frac{1}{2}\theta)\frac{l}{2} = 0 \end{cases}$$

ii) 脚付きケーソンの運動方程式

○ケーソン部

$$\begin{cases} m\ddot{x} + \alpha l(a k_s + b k_h)x + nS = 0 \\ J\ddot{\theta} + \frac{1}{6}l^3(a k_s + b k_h)\theta + n(-M - \frac{l}{2}S) + \sum N_i e_i = 0 \end{cases}$$

n : 杭数(9本)

○杭部

$$\frac{w_c A}{9} \frac{\partial^4 y}{\partial z^4} + EI \frac{\partial^4 y}{\partial z^4} + \alpha k_h y = 0$$

境界条件としては、杭の下端固定、杭とケーソンの連続条件及びケーソン底部と杭上端の内力が等しいという3つの条件を用いてゐる。

図-2はケーソン高30mにおけるケーソンと脚付きケーソンのモードの比較である。表-1は両者のモードと固有値の表である。

表-1

ケーソン高		20 m		30 m		40 m	
		1次	2次	1次	2次	1次	2次
脚付きケーソン	固有円振動数(1/sec)	31.71	51.52	32.69	48.77	33.61	47.16
	振動型(γ/θ)	8.66	-12.54	11.95	-12.56	15.96	-13.06
ケーソン	固有円振動数(1/sec)	33.59	42.59	33.01	40.87	33.49	40.02
	振動型(γ/θ)	7.18	-15.09	8.49	-17.66	10.93	-19.06

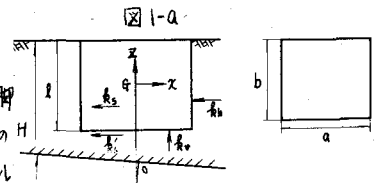


図-1-b

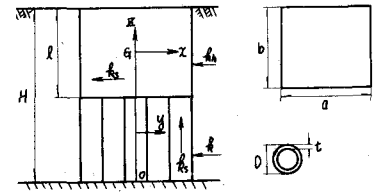
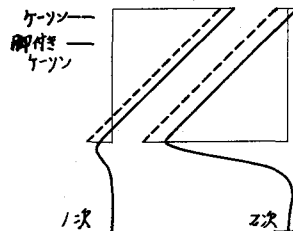


図-2



Ⅲ. ケーソンと脚付きケーソンの応答計算

Ⅱで調べたケーソンと脚付きケーソンの応答を求めるのであるが、解析方法としては振動型解析法を用いる。本論では地盤の変形を考慮しているの、構造物の動的応答はそれと(ⅰ)構造物が基礎からの入力とうけ表層地盤中で自由振動を行なうときの応答、(ⅱ)構造物が表層地盤の変位による強制力とうけ振動するときの応答の二つの場合に分けて考え、両者の結果を重ね合わせることに、構造物の動的応答を求める。従って構造物の振動型としては(ⅰ)構造物が静止表層地盤中で自由振動を行なうときの振動型 Y_r と(ⅱ)表層地盤がその規準振動型に相似な静変位をうけるときの、それによる強制される構造物の静変位型 Y_p との二種類の振動型を基本の振動型として採用すると、構造物の応答変位 y は、

$$y = \sum_{r=1}^n \alpha_r Y_r + \sum_{p=1}^n b_p Y_p$$

となる。

α_r : 構造物の r 次振動の規準座標

b_p : 表層地盤の p 次振動の規準座標

本節では、まず定常入力に対する応答を

検討する。基礎が正弦波運動を行なうときは、入力加速度を ϕ とすると $\phi = -\alpha \omega e^{i\omega t}$ とすればよく、また構造物の最上端の応答変位を y_{top} とすれば、その真の絶対加速度応答倍率(L)は

$$L = \left| \frac{\ddot{y}_{top} + \phi}{\phi} \right|$$

となる。

なお、数値計算をするにあたり、地盤の減衰定数は0.07、ケーソンの減衰定数は0.05、脚付きケーソンの減衰定数は0と0.05の二種を採用する。また、構造物の静変位型は高次の影響が小さいので5次まで考え、($P=5$) $R=8$ とする。図-3はケーソン、図-4は脚付きケーソン(減衰定数=0)の応答である。横軸には ω/ω_n とっている。 ω_n は構造物の1次の固有円振動数、脚付きケーソンの減衰定数=0.05は計算中である。

図-3

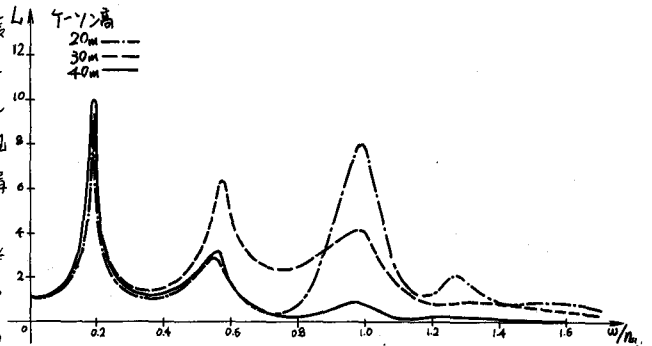
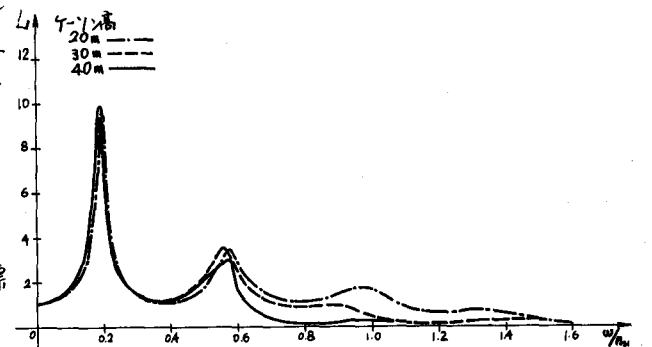


図-4



参考文献

- ・小坪清真「土木振動学」
- ・小坪・高西「鋼管橋脚の耐震性に及ぼす基礎地盤変形の影響」
- ・小坪・高西「鋼管橋脚の地震応答計算法」