

V-10 弾性質量基礎にある構造物の振動解析について

京都大学工学部

正員

後藤 尚男

基礎地盤のいわゆる振動質量を考慮に入れた構造物の振動解析は、従来から十分に行われていない。そこで工学的な立場から、構造物の基礎に等価的な土の柱状体: soil prism を仮想することによって、本問題の解析を進め、2, 3 の実構造物への適用を計った。

1. 剛構造物の振動

1954年ラトビア国立大学の B.П. Bukche 技師が考案した等価的な soil prism の考え方を引用する。すなわち図-1(a)のように剛構造物 W の直下に未定深さ d_v の prism を仮定し、構造物と prism との接触面において、 Z'_0 を静分布荷重 q_0 による沈下量、 Z''_0 を同じく q_0 によるこの prism の圧縮量とすると、

$$Z'_0 = q_0 / K_v, \quad Z''_0 = q_0 d_v / E$$

しかるに $Z'_0 = Z''_0$ であるので、

$$d_v = E / K_v \quad \text{----- (1)}$$

ここに E , K_v は土のヤング率と地盤係数である。式(1)で d_v が決まったので、結局図-1(b)のように頂部に W を載荷したこの prism の縦振動を解くことになり、つぎの振動数方程式がえられる。

$$\frac{W}{g} n^2 \sin \alpha d_v = E \alpha \cos \alpha d_v \quad \text{----- (2)}$$

α も n を含むので、試算法によって n が求められる。

つぎに水平振動の場合には図-2(b)の静変位 z'_0 と同図(c)の静変位 z''_0 とが相等しかるべきであるとの条件から、soil prism の等価深さ d_h が次式で与えられる。

$$d_h = \sqrt{\frac{k' a G}{b k_h}} \tanh^{-1} \left(\sqrt{\frac{k' b G}{a k_h}} \right) \quad \text{----- (3)}$$

かくして頂部に W を載荷したこの prism のせん断振動を解析して、つぎの振動数方程式をうる。

図-1 剛構造物の上下振動

(a) soil prism の等価深さ d_v の決定 (b) W を載荷した soil prism の上下振動

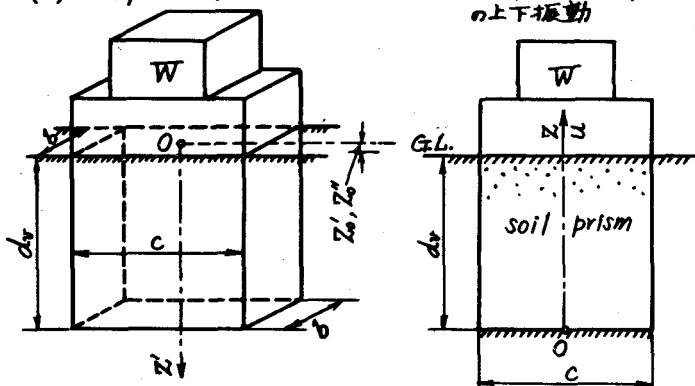
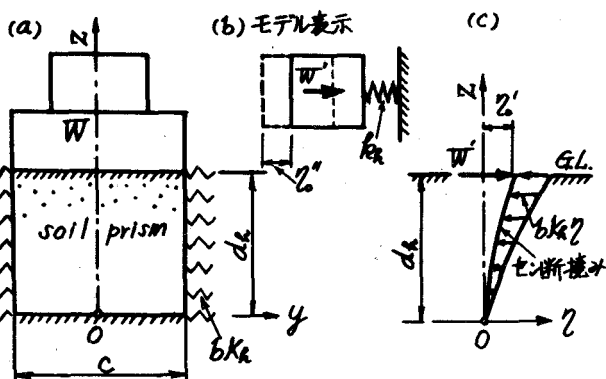


図-2 剛構造物の水平振動



$$\beta^2 > 0: \frac{W}{g} n^2 \tanh \beta d_k = k' a G \beta, \quad \beta^2 < 0: \frac{W}{g} n^2 \tan \beta' d_k = k' a G \beta' \quad \text{----- (4)}$$

このときも β, β' は n を含んでいるので、試算法によって n を算定する。なお動揺振動や連成振動はこれ等を応用して同様に解析したが、ここでは省略しておく。

2. 弾性構造物の振動

図-3 の d_k は式(3)で与えられているので、結局構造物と prism との2層間のせん断振動となるので、

$$\left. \begin{aligned} k' a G \frac{\partial^2 y}{\partial z^2} - b k_s y - \frac{w a}{g} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} &= 0 \\ k' a_1 G_1 \frac{\partial^2 y_1}{\partial z_1^2} - \frac{w a_1}{g} \frac{\partial^2 y_1}{\partial t^2} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{----- (5)}$$

を解けばよい。曲げ振動の場合も全く同様である。

3. 杭打基礎を有する場合

たとえば図-4 (c) の杭のみによるバネ係数 $k_k(p)$ は

$$k_k(p) = \frac{1}{\delta_H} = 1 / \sum \frac{4 B^3}{a^3 E'} \quad \text{----- (6)}$$

で与えられ、土のバネ係数 $k_k(m)$ は1, 2 からただちに求まるので、図-4 (b) の振動モデルを解けばよい。

4. 数値計算適用例

compressor 基礎と2階建の建築物について計算した結果を表-1, 2 に示した。重量比 $\bar{w}/W$ は土の全換算振動質量 $\bar{w}/g$ の構造物の全実質量 W/g (基礎 base を含む) に対する比であり、振動数比 $n(m)/n(0)$ は土の振動質量を考えた値 $n(m)$ とこれを考えない値 $n(0)$ との比である。これらの例では $\bar{w}/W \cong 20 \sim 40 \%$ であり、固有振動数の低下率は $1 - n(m)/n(0) \cong 7 \sim 15 \%$ 程度となっている。いずれにしても $n(m)$ は $n(0)$ より小さく、しかも $n(m)$ は $n(0)$

より突如に近いということをおうむね確認することができた。

表-1 compressor 基礎の計算結果

	水平振動	上下振動	動揺振動
重量比 $\bar{w}/W(\%)$	27.7	40.0	$\frac{\bar{w}}{W} = 32.8$
振動数比 $\frac{n(m)}{n(0)}(\%)$	88.3	84.5	86.9

表-2 2階建の建築物の計算結果

	水平振動	せん断振動*	動揺振動
重量比 $\bar{w}/W(\%)$	19.6	40.3	$\frac{\bar{w}}{W} = 14.1$
振動数比 $\frac{n(m)}{n(0)}(\%)$	91.4	84.6	93.5

*近似計算