

I-48

地中円筒基礎の上下とねじれ振動の解析

宮崎大学工学部 学生員 〇成松 昭彦, 学生員 三角 孝成
宮崎大学工学部 正員 堤 一, 正員 原田 隆典

1. まえがき 図-1に示すような地中円筒剛体基礎の動的ばね係数と減衰係数の評価式を開発し、起振機を用いた実験結果と比較検討したのでその概要を報告する。この評価式は、上下とねじれ振動を対象として、図-1に示すような表層地盤の途中に基礎底面が設置される場合を基本モデルとする。半無限地盤の場合や基礎が表層地盤を貫き基礎底面が基盤に設置される場合は基本モデルのパラメータを変えて処理することができる。なお実験結果との比較は上下振動のみ行なった。また、水平、回転のものに関しては、すでに前回、徳永らが報告している。

2. 動的復元力の評価式の概説 図-1の基礎の動的ばね係数

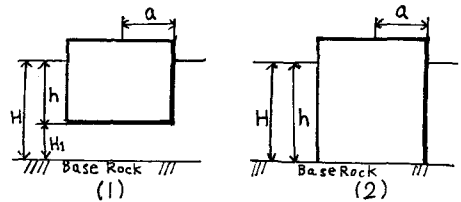
と減衰係数は、近似的に次式で与えられる[1]。

$$\text{上下 } K_v = \kappa \times G_b \cdot a \left[C_{w1} + \frac{G_s}{G_b} \frac{h}{a} S_{w1} \right] \quad (1)$$

$$C_v = \kappa \times \frac{G_b \cdot a}{\omega} \left[C_{w2} + \frac{G_s}{G_b} \frac{h}{a} S_{w2} \right] \quad (2)$$

$$\text{ねじれ } K_\theta = \kappa \times G_b \cdot a^3 \left[C_{\theta 1} + \frac{G_s}{G_b} \frac{h}{a} S_{\theta 1} \right] \quad (3)$$

$$C_\theta = \kappa \times \frac{G_b \cdot a^3}{\omega} \left[C_{\theta 2} + \frac{G_s}{G_b} \frac{h}{a} S_{\theta 2} \right] \quad (4)$$



H: 表層地盤厚 h: 埋め込み深さ a: 半径
H₁: 基礎底面から基盤までの深さ
v_{sb}, v_{ss}: 基礎底面及び基礎側面地盤のせん断波速度
v_{fb}, v_{fs}: " " " " の群波速度
ν_b, ν_s: " " " " のポアソン比
G_b, G_s: " " " " のせん断剛性
ω_{sb}, ω_{ss}: " " " " の基本せん断固有振動数
ω_{fb}, ω_{fs}: " " " " の縦波固有振動数

図-1 数理モデルとその記号

ここにκは、基礎と周辺地盤の不完全付着などの現象を近似的にモデルにとり込むための低減係数で実験値の比較から決めるものとする。水平と回転の連成振動の場合では、この低減係数κは、基礎側壁の地盤反力のみを考慮したが、上下やねじれの場合では、振動変位の大きさが側壁と底面と同じであるため、側壁と底面の地盤反力に同じ低減係数を考慮している。なお、κ=1.0は基礎と周辺地盤の完全付着を仮定した

ものとなる。(1)~(4)式中のC_{j1,2}は、基礎底面の無次元複素ばね係数で(5)~(6)で与えている。また、S_{j1,2}は、基礎側壁に関する無次元複素ばね係数で、式(7)~(10)で与えている[2]。

D_b, D_sは、基盤と表層の土質の材料減衰である。数理モデルは、基本的には、図-1の(1)を対象とするが、図-1の(2)に示す場合は、(1)の特別な場合(H₁=0)として処理する。式(3)と

$$C_{w1} = \frac{4}{1-\nu_b} \left(1 + \frac{a}{H_1} \right) \quad C_{w2} = \frac{4}{1-\nu_b} \left(1 + \frac{a}{H_1} \right) \frac{0.85(\omega/\omega_{fb})^{(7-21D_b)}}{1.7 + (\omega/\omega_{fb})^{(7-21D_b)}} \frac{\omega \cdot a}{v_{sb}} \quad (5)$$

$$C_{\theta 1} = \frac{16}{3} \left(1 + \frac{a}{9H_1} \right) \quad C_{\theta 2} = \frac{16}{3} \left(1 + \frac{a}{9H_1} \right) \frac{0.3(\omega \cdot a/v_{sb})^2}{2 + (\omega \cdot a/v_{sb})^2} \frac{\omega \cdot a}{v_{sb}} \quad (6)$$

$$S_{j1,2} = ST_j \times SD_{j1,2} \quad (7)$$

ここに ω_{fb} = π v_{fb} / 2H₁
ST_j: 静的無次元ばね係数, SD_{j1,2}: 振動数特性

$$ST_w = \left(\frac{-1.12}{\nu_b - 0.57} + 13.0 \right) \left(\frac{a}{H} + \frac{0.01}{\nu_b - 0.58} + 0.15 \right) \quad ST_\theta = 7 \left(\frac{a}{H} \right) + 12 \quad (8)$$

$$SD_{j1} = 1 - b_1 \left(\frac{a}{H} \right)^{b_2} \left(\frac{\omega}{\omega_b} \right)^{b_3} \quad (9)$$

$$SD_{j2} = \left(C_1 + C_2 \left(\frac{a}{H} \right)^{C_3} \right) \left(\frac{\omega}{\omega_b} - 1 \right) + C_4 D_b C_s \left(\frac{\omega}{\omega_b} \right)^{C_5} \quad (10)$$

SD _{j1,2}	ω/ω _b	b ₁	b ₂	b ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
上下	0 ≤ ω/ω _b ≤ 1	0.9	0.4	3	0	0	0	0.56	0.5	6
SD _w	1 ≤ ω/ω _b ≤ 5	0.9	0.4	0	0.3	1.1	0.5	0.56	0.5	0
ねじれ	0 ≤ ω/ω _b ≤ 1	0.4	1	2	0	0	0	0.31	0.5	6
SD _θ	1 ≤ ω/ω _b ≤ 5	0.4	1	0	0.01	0.74	1.1	0.31	0.5	0

ここに
ω_{fb} = π v_{fb} / 2H
ω_{ss} = π v_{ss} / 2H

(4)の動的ばね係数、減衰係数をFEMの結果と比較すると図-2, 3のように両者がよく一致しており、また静的ばねに関してもFEMとよく一致が確かめられている[2]。

3. 加振実験結果との比較検討

図4~6は埋設基礎の上下加振実験値(%)と式(1)と(2)から計算された値とを比較したものである。なお計算に必要なパラメータは、現地の弾性波探査から得られたものを直接使用している。低減係数 λ については図4~6の3ケースの λ の影響を検討した結果、振動変位 $10^{-2} \sim 10^{-5}$ cm程度では $\lambda = 1/2 \sim 1/4$ が適当と思われる。以上のように実験値との比較検討の結果

式(1)と(2)で与えられる動的ばね係数及び減衰係数の簡易式は、3次元FEMの結果ともよく一致することが確かめられ、更に現地の弾性波探査から得られた定数をそのまま使用して、低減係数 $\lambda = 1/2 \sim 1/4$ を使用すると、実験値もよく説明できるなど工学的には、十分な簡易式であるといえよう。最後に、実験結果はそれぞれ土岐恵三教授(京都大学)および川島一彦博士(建設省土木研究所)らの御好意により提供いただいたものでここに記して感謝の意を表わす次第である。

参考文献 [1]Kausel.E.and Roesset.J.M: Dynamic Stiffness of Circular Foundations,Proc. of ASCE,Vol.101,No.EM6, 1975 Dec.
[2]原田,久保,片山: Dynamic Soil-Structure Interaction Analysis by CFM, 東京大学生産技術研究所報告 Vol.29.No.5, 1981.
Kausel.E. and Ushijima.R.: Vertical and Torsional Stiffnesses of Cylindrical Footings, 1979. Feb.

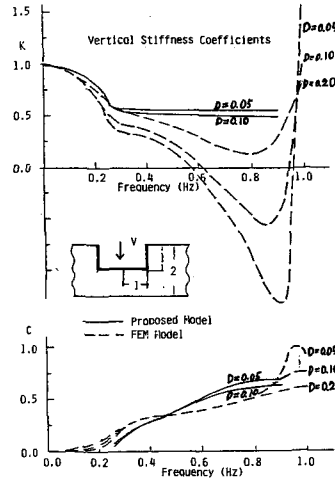


図-2 FEMとの比較(上下)

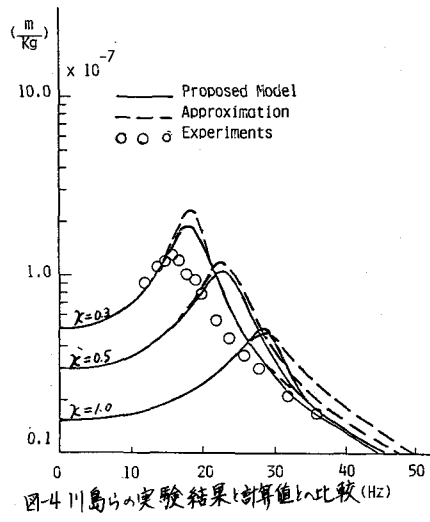


図-4 川島らの実験結果と計算値の比較(Hz)

Torsional Stiffness Coefficients

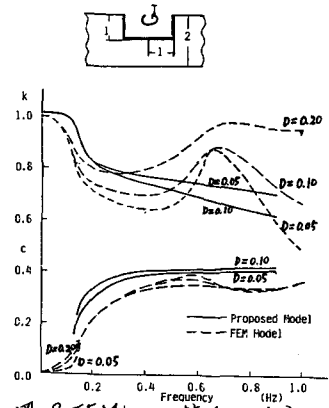


図-3 FEMとの比較(ねじり)

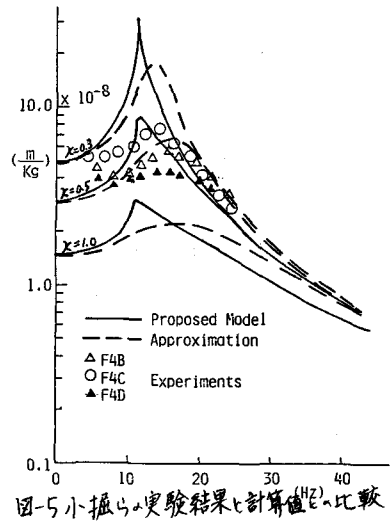


図-5 小振りの実験結果と計算値との比較

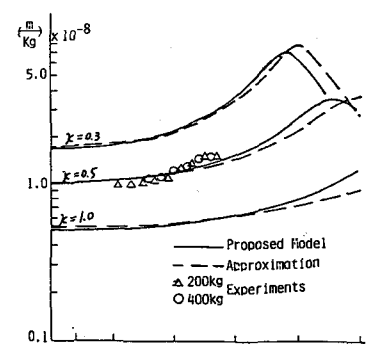


図-6 土岐らの実験結果と計算値との比較

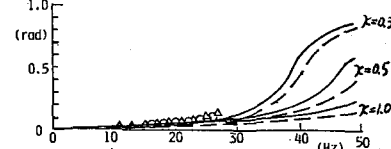


図-6 土岐らの実験結果と計算値との比較