

建物—基礎構造体—表層地盤連成系の振動解析に関する研究 (その2)

—相互作用ばねと震動土圧の性質について—

安井 讓

Study on Interaction Problems of Superstructure-Substructure-Soil Surface Layer System (Part 2)

—Survey of Properties of Dynamic Interaction Spring Coefficients
and Seismic Earth Pressures at Side Wall of Substructure—

Yuzuru Yasui

Abstract

In the preceding work¹⁾ the author derived discrete representations of dynamic interaction spring coefficients and seismic earth pressures at a side wall of a substructure, and showed some numerical examples. Since then, more detailed calculations have been made and the results of these calculations are described in this report. Results deserving special mention are: (1) chart graph of static spring constants and active earth pressure, (2) presumption regarding effective mass value, (3) proposal of approximate calculation method for maximum seismic earth pressure, and (4) chart graph of resonance frequencies of soil surrounded by an embedded wall. Moreover, dynamic characteristics of stiffness functions and radiation damping are shown.

概 要

前報¹⁾(同題その1)では基礎構造体側面での動的相互作用ばねと震動土圧の離散化表示式を求め、その表示式についての若干の数値計算例を示した。本報では、その後に引き続いて行なった、より詳細な数値計算結果について述べる。計算モデルとして基礎構造体を深さ方向に5等分割して五つの質点にモデル化する場合を想定した。今回の数値計算により得られた主な成果は次の様である；(1) 静的相互作用ばねの計算図表を作成したこと、(2) 付加質量の値を推定したこと、(3) 静的な震動土圧の計算図表を作成したこと、(4) 地震時の最大震動土圧の略算法を提案したこと、(5) 地中壁に囲まれた内部地盤の共振振動数の計算図表を作成したこと。これら主要な成果のほかに、ばね係数および逸散減衰係数の動的性質についても述べる。

1. まえがき

軟弱な地盤に建設される構造物の耐震安全性を検討するための解析モデルは基礎構造体と表層地盤との相互作用の効果が適確に取り入れられたものでなければならない。前報¹⁾では、構造物を集中質点系でモデル化することを考えた場合に必要な基礎構造体側壁での動的相互作用ばねと震動(能動)土圧の離散化表示式を誘導し、その表示式についての若干の数値計算例を示した。本報では、引き続いて行なった数値計算結果について述べることにする。

2. 計算モデル

計算モデルを図-1に示した。即ち、地盤は層厚Hの

単一の弾性表層と基盤とからなるとし、想定する基礎構造体の半径はaとする。地震動を考える場合、その入力には基盤において水平方向正弦波 $U_g = U_g \cdot e^{i\omega t}$ が与えられるものとする。また、基礎構造体は深さ方向に5等分割して五つの質点にモデル化するものとする。その際、地表面に最も近い質点の番号を1とする。

さて、相互作用ばねと震動土圧についての表示式は次の様な諸パラメータを含んでいる。即ち、 ω/ω_g , H/a , ν , h_g^s , h_T , h_L の関数として表わされた。ここに、 ω : 円振動数, ω_g : 表層地盤の1次の固有円振動数, ν : 表層地盤のポアソン比, h_g^s : 表層地盤と下層の硬質地盤との波動インピーダンス比に基づく外部粘性減衰²⁾, h_T (h_L): 表層地盤の材料減衰, である。以後の計算において、特に断わりがない場合、これらのパラメータの値は次の

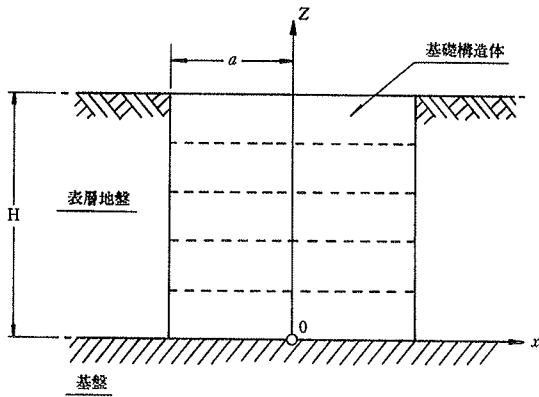


図-1 計算モデル

様に設定している。即ち、 $H/a=2$, $\nu=1/3$, $h_g^s=0.1$, $h_T=h_L=0.05$ としている。

3. 相互作用ばね

計算結果について述べる前に、記号の定義を説明しておく。静的な相互作用ばねと言う場合は、 $\omega=0$ のときの相互作用ばね $K_{ij}^{(s)}$ の実数部を指すことにし、 ${}_0K_{ij}^{(s)}$ で表わす。また、相互作用ばねの動的性質を論じるときは次式で定義される動的ばね係数 $k_{ij}^{(s)}$ および逸散減衰係数 $c_{ij}^{(s)}$ について行なう。

$$K_{ij}^{(s)} = {}_0K_{ij}^{(s)} (1 + i2h_T) \left(k_{ij}^{(s)} + i \left(\frac{\omega}{\omega_g} \right) c_{ij} \right) \dots\dots(1)$$

(1)式の様定義したのは、 k_{ij} , c_{ij} の符号および大きさが、対角要素との関連で考えられてわかり易いと考えることである。

3.1. 静的な相互作用ばね

前報¹⁾ の計算において、静的ばねについて次の様なことがわかっている。即ち、静的ばねのマトリクスは、近似的には3重対角行列となること、その非対角要素は互いにほぼ等しいこと、また、対角要素 ${}_0K_{22}^{(s)}$, ${}_0K_{33}^{(s)}$ お

よび ${}_0K_{44}^{(s)}$ の値は互いに等しいと考えることができると等がわかっている。従って、 ${}_0K_{11}^{(s)}$, ${}_0K_{22}^{(s)}$, ${}_0K_{55}^{(s)}$ および ${}_0K_{12}^{(s)}$ の値を知れば静的なばねマトリクスを作成できることになる。図-2.a~図-2.d はこれらの静的ばねについての計算結果を示したものである。いずれの図も深さ比 H/a を横軸に、ポアソン比 ν をパラメータとして表わしてある。なお、縦軸の倍率 $\mu\pi a$ の μ は表層地盤のせん断剛性である。これらの図を用いれば、与えられた H/a , ν に対して静的なばねマトリクスの各要素を概算することができる。

3.2. 相互作用ばねの動的な性質

次に、相互作用ばねの動的な性質、即ち、動的ばね係数 $k_{ij}^{(s)}$ および逸散減衰係数 $c_{ij}^{(s)}$ の動的性質について述べる。

図-3. a~図-3. c に $k_{ij}^{(s)}$ を振動数比 ω/ω_g に対してプロットしたものを示した。図-3. a, b, c は、それぞれ、ばねマトリクスの対角要素 ($k_{11}^{(s)}$), 対角要素

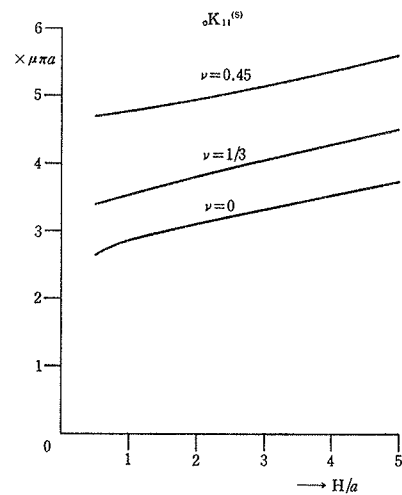


図-2. a 静的ばね ${}_0K_{11}^{(s)}$

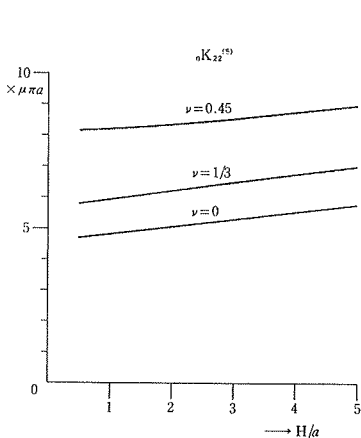


図-2. b 静的ばね ${}_0K_{22}^{(s)}$

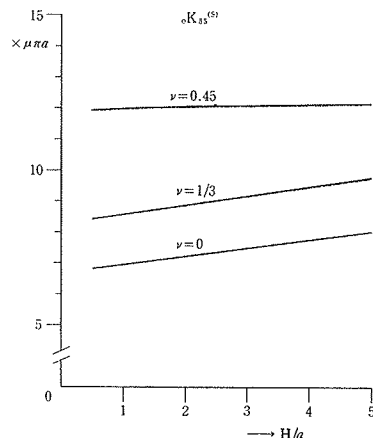


図-2. c 静的ばね ${}_0K_{55}^{(s)}$

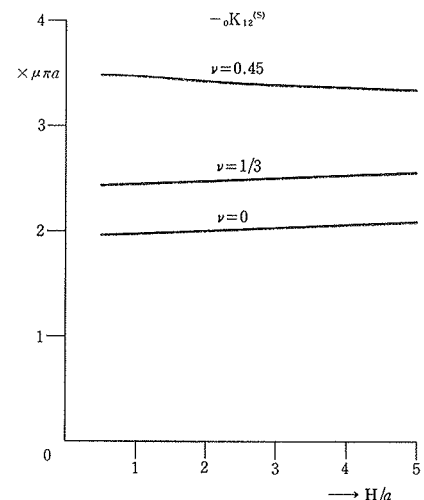
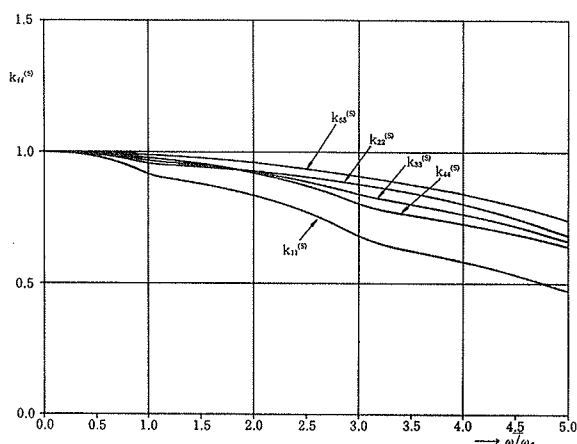


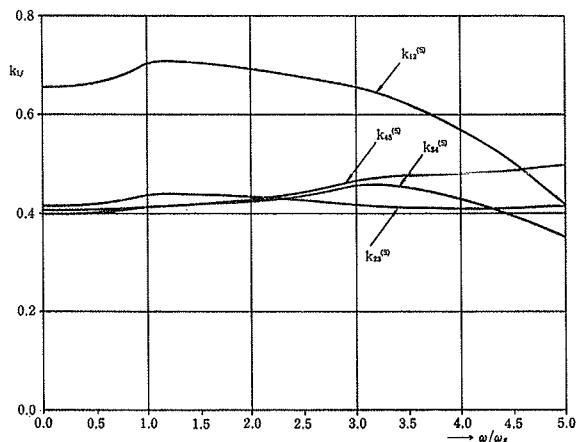
図-2. d 静的ばね $-{}_0K_{12}^{(s)}$

の直上あるいは直下の要素 ($k_{ij}^{(s)}$, $j=i+1$) および 3 重対角要素以外の要素 ($k_{ij}^{(s)}$, $j \geq i+2$) について示したものである。ここで, 説明の便宜上, $k_{ii}^{(s)}$ を対角要素, $k_{ij}^{(s)}$ ($j=i+1$) を 3 重非対角要素, $k_{ij}^{(s)}$ ($j \geq i+2$) を非帯域要素と, それぞれ呼ぶことにする。

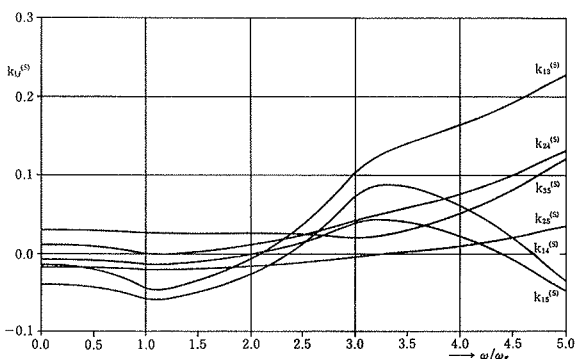
図—3 から次の様なことが言えよう。対角要素 (図—3. a) のばね係数は振動数の増加とともにその値が漸減している。即ち, 表層地盤の付加質量的な影響を受けていることがわかる。3 重非対角要素 (図—3. b) のばね



図—3. a 動的ばね係数 $k_{ii}^{(s)}$



図—3. b 動的ばね係数 $k_{ij}^{(s)}$ ($j=i+1$)



図—3. c 動的ばね係数 $k_{ij}^{(s)}$, ($j \geq i+2$)

係数は振動数が低い範囲 ($\omega/\omega_g \leq 3$) では振動数に対して変化しないと考える良さそうである。 ω/ω_g が 3 を越えて大きくなると特に $k_{12}^{(s)}$ が大きく変化する。非帯域要素 (図—3. c) のばね係数は振動数が低い範囲 ($\omega/\omega_g \leq 3$) では, その値が対角要素および 3 重非対角要素に比べて小さく, 無視して良さそうであるが, 振動数が高くなると ($\omega/\omega_g \geq 3$) その値は無視し得ない程大きくなる。

さて, ここで, 参考のために付加質量の大きさはどの程度のものか検討しておくことにする。 $k_{ii}^{(s)}$ に対応する付加質量を $m_i^{(a)}$ とすると, $m_i^{(a)}$ は次式であたえられる。

$$m_i^{(a)} = \frac{4}{\pi^2} \cdot \gamma_i \left(\frac{H}{a} \right) \left(\frac{{}_0K_{ii}}{\mu\pi a} \right) m_s^{(s)} \quad \dots\dots(2)$$

ここに,

$$k_{ii}^{(s)} \doteq 1 - \gamma_i \left(\frac{\omega}{\omega_g} \right)^2 \quad \dots\dots(3)$$

$$m_s^{(s)} = \rho\pi a^2 H \quad \dots\dots(4)$$

であって, ρ は表層地盤の単位体積あたりの質量をしめす。また $m_s^{(s)}$ は基礎構造体の排土質量である。いま, $\omega/\omega_g=3$ として図—3. a から γ_i を定め, 更に図—2. a, b, c を用いて ${}_0K_{ii}/\mu\pi a$ の値を求め, これらの値を(2)式に代入して $m_i^{(a)}/m_s^{(s)}$ ($i=1, 2, \dots, 5$) を計算すると次の様な値となる。即ち, 0.257, 0.0668, 0.0894, 0.112, 0.0308 となり, その和は 0.555 となる。これらの数値から, 付加質量は最上層に対するものが最も大きいこと, 付加質量の総和は基礎構造体の排土質量の約 6 割に相当すること等がわかる。この結果は $H/a=2$, $\nu=1/3$ の場合に対するものである。 H/a , ν の値を変えても付加質量は基礎構造体の排土質量を大きく越えることはなさそうである。従って付加質量としての効果を持つ地盤の範囲は半径 a と半径 $1.25a \sim 1.4a$ の同心円に囲まれた部分に相当することになる。

次に, 逸散減衰係数 $c_{ij}^{(s)}$ の性質について述べる。図—4. a ~ 図—4. c にその計算結果を示した。それぞれ対角要素 ($c_{ii}^{(s)}$), 3 重非対角要素 ($c_{ij}^{(s)}$, $j=i+1$) および非帯域要素 ($c_{ij}^{(s)}$, $j > i+2$) の逸散減衰係数についての計算結果である。横軸は振動数比 ω/ω_g である。いずれの要素の逸散減衰係数も振動数が表層の固有振動数より小さい範囲では小さく, 固有振動数を越えると大きくなる傾向を示している。また, 表層地盤の地表面に近い要素ほどその値は大きいようである。動的ばね係数の場合と異なって, 非帯域要素の係数 (図—4. c) は, その値が他の要素の係数 (図—4. a, b) の値と同程度であることから, 無視できそうにない。従って, 逸散減衰係数のマトリクスはフル・マトリクスになることにな

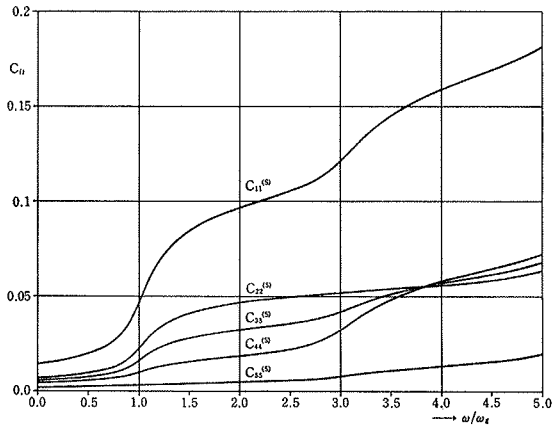


図-4. a 逸散減衰係数 $c_{1i}^{(s)}$

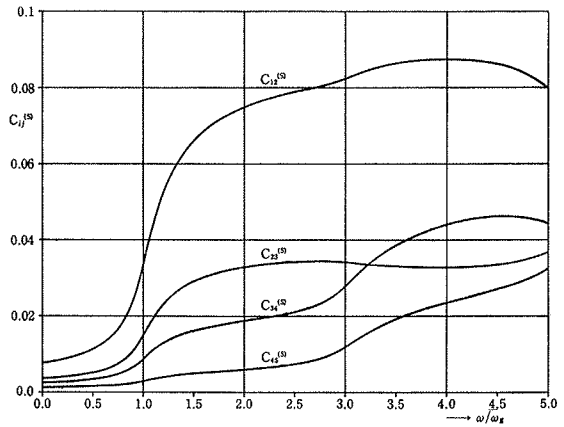


図-4. b 逸散減衰係数 $c_{ij}^{(s)}$, ($j=i+1$)

る。ところで、 $\omega/\omega_g < 3$ の範囲では、対角要素、3重非対角要素、非帯域要素の各逸散減衰係数の符号はすべて正である。このことは、逸散減衰による減衰力は、質点間の相対速度に比例するのではなくて、質点の基盤に対する相対速度に比例することを示していると言える。いずれにしても、逸散減衰係数の振動数に対する変化の割合は大きくその値を一定値で代表させることは難しいようである。

4. 震動土圧

計算結果を示す前に次の様な記号を定義しておく。

$$E_i = -\tilde{E}_i \cdot \ddot{u}_g \quad \dots\dots\dots (5. a)$$

$$E_s = -\tilde{E}_s \cdot \ddot{u}_g \equiv -{}_0E_s \cdot dE_s \cdot \ddot{u}_g \quad \dots\dots\dots (5. b)$$

ここに、 E_i は*i*質点に作用する離散化された震動土圧であり、 E_s は E_i の合力である。また、 \tilde{E}_i 、 \tilde{E}_s は単位入力加速度あたりの土圧量である。更に、 ${}_0E_s$ は静的な単位加速度あたりの土圧を示し、 dE_s は土圧の動的な応答倍率を示す。以後、 \tilde{E}_i 、 \tilde{E}_s を土圧係数、 ${}_0E_s$ を静的な土圧係数、 dE_s を動的な土圧係数とそれぞれ呼ぶことにする。なお、震動土圧とは能動土圧に対応し、運動方程式中では外力の役割を果す¹⁾。

4.1. 静的な震動土圧

前報¹⁾で、静的な震動土圧に関して次の様なことがわかっている。即ち、静的な土圧分布は、層厚*H*を $1/4$ 周期として表層地盤の地表面から始まる余弦曲線の形を示した。従って、 E_s の値がわかれば、 E_i の分布を定めることができる。図-5は ${}_0E_s$ を深さ比*H/a*を横軸に、ポアソン比 ν をパラメーターとして示したものである。この ${}_0E_s$ に基盤での地震加速度振幅を乗ずれば静的な震動土圧を求めることができる。

4.2. 動的な震動土圧の性質

図-6に離散化された動的な震動土圧の係数 \tilde{E}_i を振

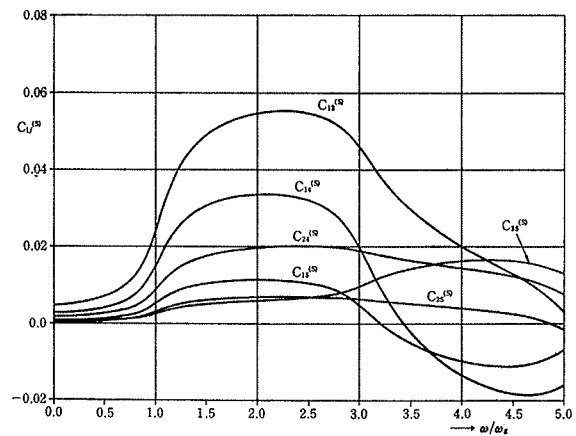


図-4. c 逸散減衰係数 $c_{ij}^{(s)}$, ($j \geq i+2$)

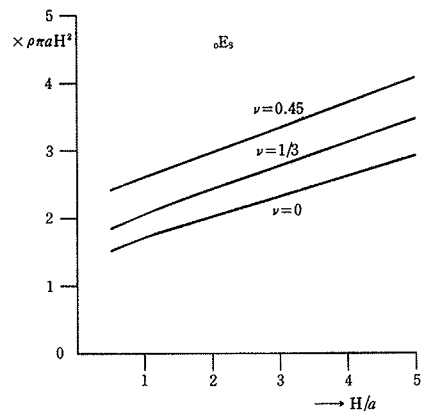
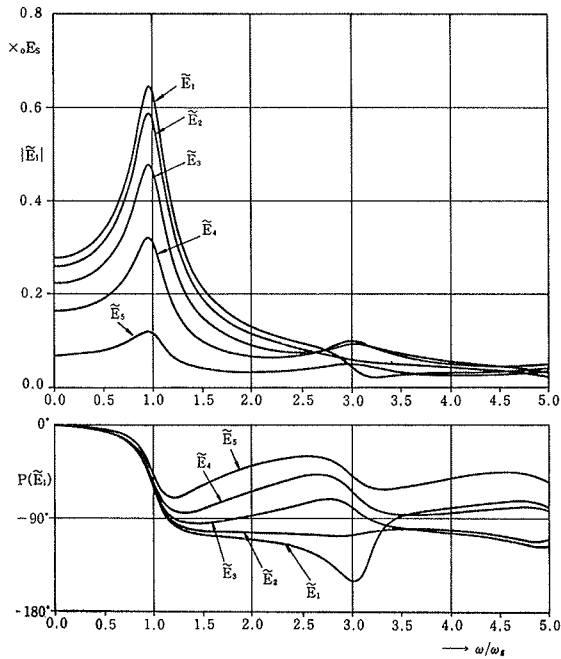


図-5 静的な土圧係数 ${}_0E_s$

動数比 ω/ω_g を横軸にして示しておいた。図-6の上段は \tilde{E}_i の絶対値であり、下段は \tilde{E}_i の入力加速度 \ddot{u}_g に対する位相差に関する図である。表層地盤の一次の固有振動数(ω/ω_g)の近傍で大きなピークを示すが、2次($\omega/\omega_g=3$)、3次($\omega/\omega_g=5$)では顕著なピークを示さない様である。さて、この一次のピークでの震動土圧の深さ方向の分布は、前報¹⁾で示した様に、逆三角形分布を



図—6 動的な土圧係数 \tilde{E}_1

している。従って、一次のピークでの合震動土圧 E_s の値がわかれば E_1 を定めることができよう。図—7に E_s の動的な土圧係数 dE_s についての計算結果の一例を示しておいた。外部粘性減衰 h_g^s をパラメータとして用いている。図—7の上段は dE_s の絶対値であり、下段は dE_s の入力加速度 \ddot{u}_g に対する位相差である。当然のことながら、 $\omega/\omega_g=1$ の近傍でピークを示している。

4.3. 動的な震動土圧の略算法

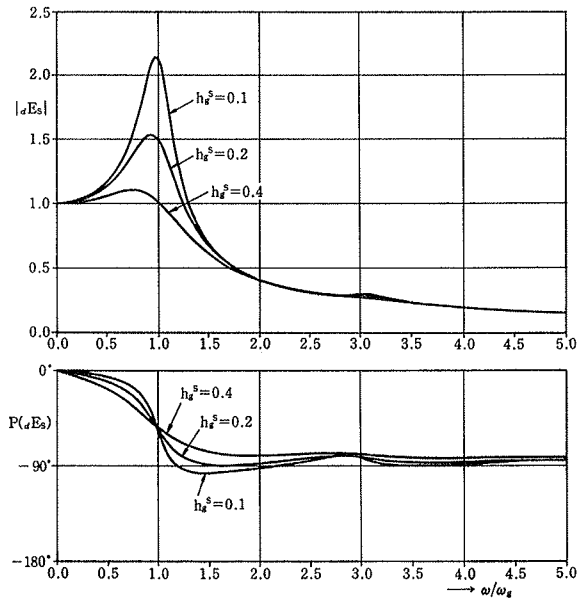
基礎構造体の深さ比 H/a 、表層地盤の諸元の値および基盤（下方硬質地盤）での入力波の加速度スペクトラム $S_A(\omega, h)$ が与えられた場合に、基礎構造体側壁に加わる最大震動（能動）土圧を概算する方法を示そう。ここに h は減衰定数である。

まず、図—7に示される様な動的な土圧係数 dE_s を固有円振動数 ω_g 減衰定数 h_{eq} の一質点系の地震応答倍率曲線で模擬することを考える。この場合、 h_{eq} は次式で定めれば良い。

$$h_{eq} = \frac{1}{2 \cdot dE_{s,p}} \quad \dots\dots(6)$$

上式中の $dE_{s,p}$ は dE_s のピーク値である。

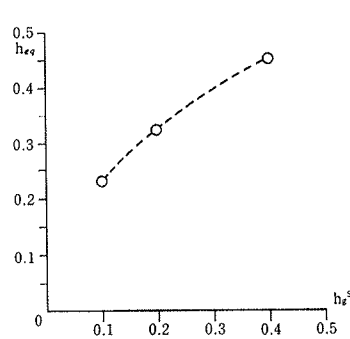
図—8に(6)式を用いて求めた h_{eq} と各パラメータとの関係を示しておいた。図—8. dにみられるように h_{eq} はポアソン比の影響を殆んど受けない様である。そこで、図—8. a,



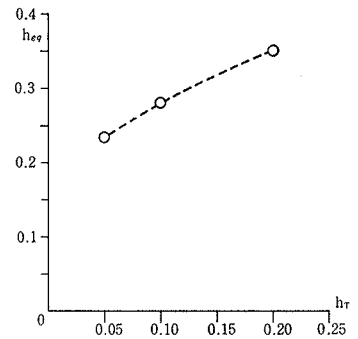
図—7 動的な土圧係数 dE_s

b, c の値をもとに、最小自乗法により h_{eq} を算定するための近似公式を求めてみた。結果は次式の様に得られた。

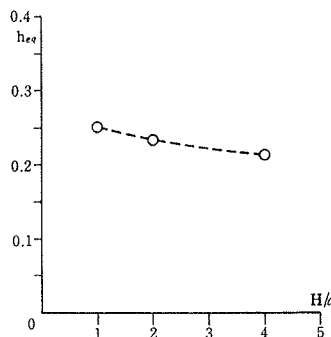
$$h_{eq} = 1.82 \frac{(h_g^s)^{0.476} (h_r)^{0.296}}{\left(\frac{H}{a}\right)^{0.112}} \quad \dots\dots(7)$$



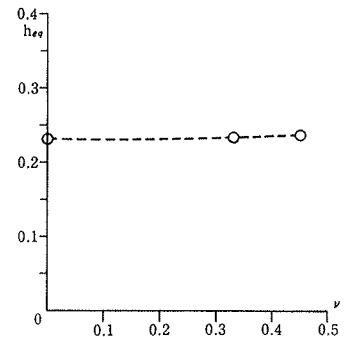
図—8. a $h_{eq} \sim h_g^s$



図—8. b $h_{eq} \sim h_r$



図—8. c $h_{eq} \sim H/a$



図—8. d $h_{eq} \sim \nu$

ここで、 $h_g^s = 2\alpha/\pi$ であって¹⁾、 α は表層地盤の下層硬質地盤に対するS波のインピーダンス比である。

こうして h_{eq} が定まれば、地震時の最大震動土圧値 $E_{s, \max}$ は次式により求めることができる。

$$E_{s, \max} = {}_0E_s \cdot S_A(\omega_g, h_{eq}) \quad \dots\dots(8)$$

ここに、 ${}_0E_s$ は図-5により定められる。 $E_{s, \max}$ が定まると、これを深さ方向に逆三角形となるように分布させれば、基礎構造体各部に加わる震動土圧を得ることができる。

なお、本略算法を用いる場合次の様な点に注意すべきである。即ち、地盤は弾性体と仮定されていること、従って地盤の引張りも考慮されていることである。

5. 内部地盤による相互作用ばねと震動土圧

本章では、地中壁に取り囲まれた内部地盤による相互作用ばねと震動土圧の性質について述べる。

5.1. 計算モデル

計算モデルを図-9に示した。即ち、内部地盤の厚厚は $H^{(w)}$ とし、内径 $a^{(w)}$ の地中壁により取り囲まれているものとする。その内部地盤の底面は剛な基盤に支持されているものとする。地震動を考える場合その入力基盤において水平方向正弦波 $u_g = U_g \cdot e^{i\omega t}$ が与えられるものとする。また、地中壁は深さ方向に5等分割して五つの質点にモデル化するものとする。次節以降に上述のモデルに関する計算結果について述べるが、その際特に断わりがない場合、次の様なパラメーターの値を用いている。即ち $H^{(w)}/a^{(w)} = 2$ 、 $\nu = 1/3$ 、 $h_g^s = 0.1$ 、 $h_T = h_L = 0.05$ としている。

5.2. 相互作用ばね

表層地盤の場合と同様にして、静的な相互作用ばね ${}_0K_{ij}^{(SD)}$ および動的ばね係数 $k_{ij}^{(SD)}$ 、逸散減衰係数 $c_{ij}^{(SD)}$

を定義する。

図-10に静的なばね定数の計算結果を示した。図-10以外のばねについては、前報¹⁾の結果を参考にして次の様に定めれば良い。まず、静的ばねマトリクス³⁾の3重対角要素以外は零とする。更に、 ${}_0K_{ij} = {}_0K_{ji}$ ($j=i+1$) = ${}_0K_{12}$ 、 ${}_0K_{22} = {}_0K_{33} = {}_0K_{44} = -2 \cdot {}_0K_{12}$ とすれば良い。なお、図-10. a には参考のため内部地盤をせん断棒と考えた場合の静的ばねを示しておいた。

図-11、図-12に、それぞれ、動的ばね係数と逸散減衰係数の計算例を示した。横軸は振動数比 $\omega/\omega_g^{(w)}$ である。ここに、 $\omega_g^{(w)}$ は内部地盤のせん断棒の1次の固有円振動数である。 $k_{ij}^{(SD)}$ 、 $c_{ij}^{(SD)}$ と $\omega/\omega_g^{(w)}$ が増すにつれて緩やかに変化し、ある特定の振動数(図-11、図-12の場合 $\omega/\omega_g^{(w)} \approx 4.8$) を越えると、振動数に対して複雑に変化する様である。この特定の振動数については後で説明を行なう。

次に震動土圧についての計算結果を示す。震動土圧の記号を表層地盤の場合と同様にして定義する事とする。図-13は、内部地盤の静的な土圧係数 ${}_0E_s^{(w)}$ の計算結果を示したものである。前報によれば、離散化された静的

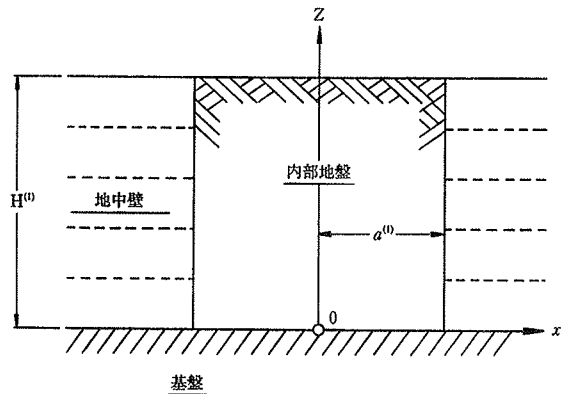


図-9 内部地盤の計算モデル

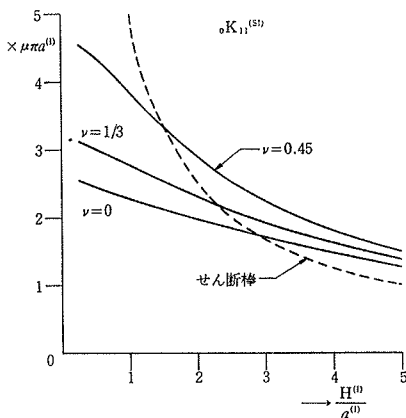


図-10. a 内部地盤の静的ばね ${}_0K_{11}^{(SD)}$

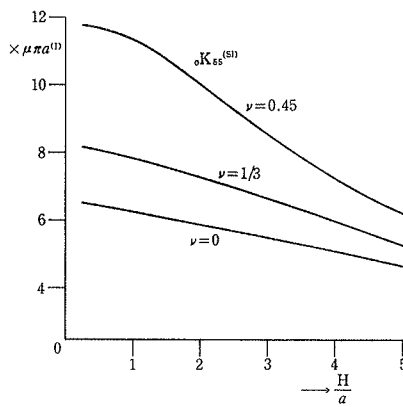


図-10. b 内部地盤の静的ばね ${}_0K_{55}^{(SD)}$

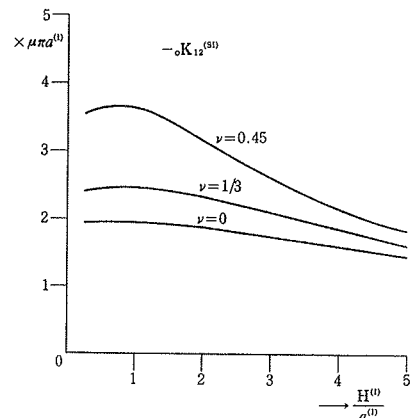
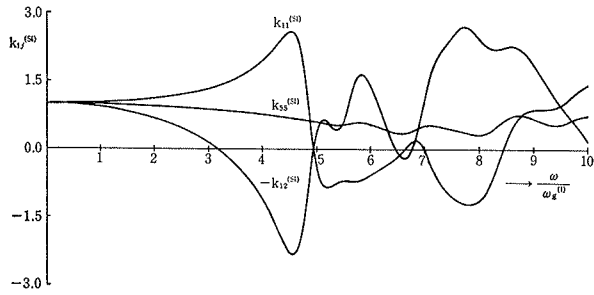


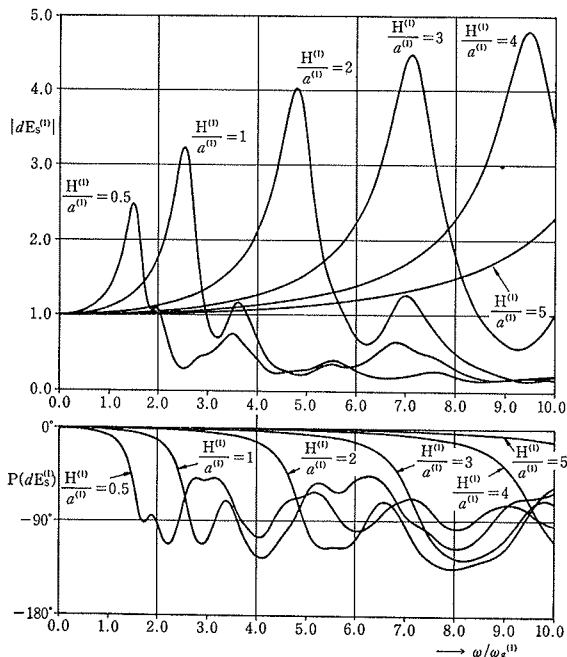
図-10. c 内部地盤の静的ばね $-{}_0K_{12}^{(SD)}$



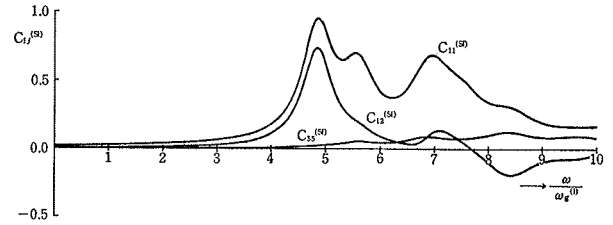
図—11 内部地盤の動的ばね係数 $k_{ij}^{(SD)}$

な土圧は深さ方向に次の様に分布していると考えて良さそうである。即ち、 $E_1 \sim E_4$ はほぼ等しく E_5 は $E_1 \sim E_4$ の値の約 6 割と考えると良いようである。従って ${}_0E_s^{(D)}$ を上述の分布形に従って分配すれば離散化された静的な土圧 $\tilde{E}_1^{(D)}$ を求めることができる。

図—14に動的な土圧係数 $dE_s^{(D)}$ についての計算結果を示した。合震動土圧の係数である。 $\omega/\omega_g^{(D)}$ を横軸に、 $H^{(D)}/a^{(D)}$ をパラメーターとして示してある。図—14の上段は $dE_s^{(D)}$ の絶対値であり、下段は入力加速度 \ddot{u}_g に対する位相差である。 $H^{(D)}/a^{(D)}$ が増すにつれて $dE_s^{(D)}$ がピークを示す振動数は大きくなる様である。逆に $H^{(D)}/a^{(D)}$ が小さくなるとピークを示す位置は $\omega/\omega_g^{(D)} = 1$ に近づく。さて $H^{(D)}/a^{(D)} = 2$ の場合に注目すると $dE_s^{(D)}$ がピークを示す振動数比 $\omega/\omega_g^{(D)} (\approx 4, 8)$ は $k_{ij}^{(SD)}$, $c_{ij}^{(SD)}$ の考察のところで述べた特定の振動数と一致していることがわかる。この特定の振動数を内部地盤の共振振動数と呼ぶことにし、 $\omega_{res}^{(D)}$ で表わすことにする。図—11,



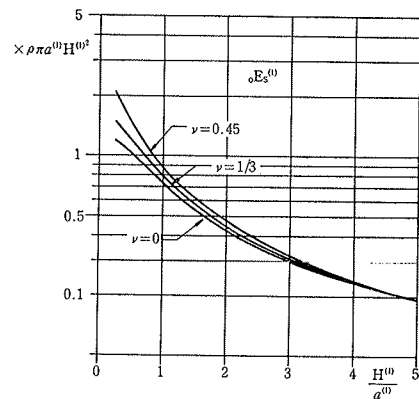
図—14 内部地盤の動的な土圧係数 $dE_s^{(D)}$



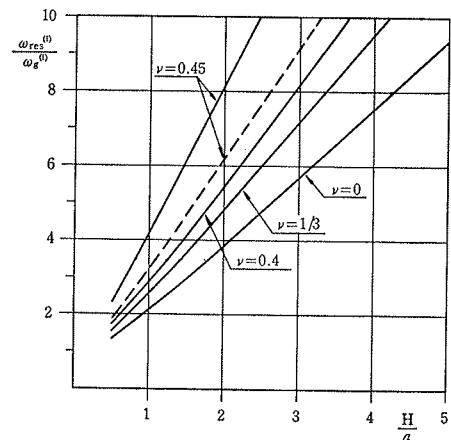
図—12 内部地盤の逸散減衰係数 $c_{ij}^{(SD)}$

12および図—14の計算結果からみて、 $\omega_{res}^{(D)}$ が充分大きい場合には $k_{ij}^{(SD)} = 1$, $c_{ij}^{(SD)} = 0$, $dE_s^{(D)} = 1$ と考えて良さそうである。即ち、 $\omega_{res}^{(D)}$ が充分大きい場合には、各係数とも静的な値を用いれば良い事になる。従って、 $\omega_{res}^{(D)}$ の値によっては、内部地盤のモデル化を簡単にすませることができる。

図—15は、内部地盤の共振振動数 $\omega_{res}^{(D)}/\omega_g^{(D)}$ と深さ比 $H^{(D)}/a^{(D)}$ およびポアソン比 ν との関係を示したものである。この図から、 $\omega_{res}^{(D)}$ を概算する事ができる。なお、内部地盤のP波の速度 (C_P) のS波の速度 (C_T) に



図—13 内部地盤の静的な土圧係数 ${}_0E_s^{(D)}$



図—15 内部地盤の共振振動数 $\omega_{res}^{(D)}/\omega_g^{(D)}$

対する比 C_L/C_T が2より大きくなると主要なピークを示す共振振動数より低い振動数で小さなピークが生じる。 $\nu=0.45$ の破線はこの小さなピークに対応する共振振動数である。

6. まとめ

基礎構造体あるいは内部地盤を取り囲む地中壁を深さ方向に5等分割してモデル化する場合を例にとって相互作用ばねおよび震動土圧について数値計算を行なった。その結果をまとめると次の様である。

(1) 表層地盤あるいは内部地盤の静的相互作用ばねの計算図表を示した。これらの静的相互作用ばねのマトリクスは3重対角行列で表わされる。

(2) 表層地盤の動的ばね係数のうち、対角要素の係数は振動数の増加とともに漸減する。この係数の低減を付加質量の概念で理由づけた場合、その付加質量の大きさは、ほぼ、基礎の排土質量に匹敵した量となる。

(3) 表層地盤の3重非対角要素の動的ばね係数は、振動数が低い範囲では一定値とみなせる。また非帯域要素の動的ばね係数は殆んど零と考えて良い。但し、振動数が大きくなるとその値は大きくなる。

(4) 表層地盤の逸散減衰係数は表層地盤の固有振動数より低い振動数では小さく、固有振動数を越えると大きくなる。

(5) 表層地盤の逸散減衰係数からなるマトリクスはフ

ル・マトリクスとなる。また、振動数の低い範囲では、すべての係数の符号は正であった。従って、逸散減衰による減衰力は基盤に対する相対速度に比例する。

(6) 表層地盤あるいは内部地盤による静的な震動土圧の計算図表を示した。

(7) 表層地盤による震動土圧は表層の一次の固有振動数で最大になる。

(8) 表層地盤の一次の固有振動数での震動土圧の倍率を決定する等価減衰定数の近似公式を導いた。その等価減衰定数を用いた地震時の最大震動土圧の略算法を示した。

(9) 内部地盤の動的ばね係数および逸散減衰係数は内部地盤の共振振動数に近づくにつれて変化し、その振動数を越えると複雑に変化する。共振振動数が充分大きい場合には、震動土圧を含めた各係数とも静的な値を用いて良い。また、内部地盤の共振振動数の計算図表を示した。

参考文献

- 1) 安井：建物—基礎構造体—表層地盤連成系の振動解析に関する研究（その1），大林組技術研究所報，No. 20，（1980）
- 2) 安井：建物—基礎—表層地盤連成系の振動解析に関する研究（その1），日本建築学会大会 学術講演梗概集（関東），（昭和54. 9）