

地震観測に基づく地盤-構造物系の
振動特性の推定に関する基礎的研究

平成2年度入学 藤原研究室
中治 弘行

目次

| | | |
|-----|-------------------------|----|
| 1 | 序 | 3 |
| 2 | 大阪府村野階層浄水場地震観測結果について | 3 |
| 2.1 | 観測加速度波形 | 4 |
| 2.2 | スペクトル特性 | 4 |
| 3 | SH 波鉛直入射時の多層弾性地盤の波動伝達特性 | 4 |
| 3.1 | 多層弾性地盤モデル | 4 |
| 3.2 | モデル地盤の波動伝達特性 | 4 |
| 4 | 半無限弾性地盤上の構造物の振動特性 | 10 |
| 5 | モデルによる解析と観測波形との比較による考察 | 11 |
| 5.1 | 数値解析 | 11 |
| 5.2 | 観測波形との比較及び考察 | 14 |
| 6 | むすび | 15 |
| 7 | 謝辞 | 18 |

図目次

| | | |
|---|---------------------------|----|
| 1 | 観測加速度波形 | 5 |
| 2 | 加速度スペクトル | 6 |
| 3 | 多層弾性地盤モデル | 7 |
| 4 | 1 質点系モデル | 13 |
| 5 | 1 自由度地盤-構造物系モデル | 14 |
| 6 | 自由地表面の応答倍率 | 15 |

| | | |
|---|----------------------|----|
| 7 | 解析波形 | 16 |
| 8 | 解析波形のスペクトル | 17 |

表目次

| | | |
|---|-------------------|----|
| 1 | 地盤の諸定数 | 13 |
| 2 | 構造物の諸定数 | 13 |

1 序

地震を受けたときの構造物の挙動及び耐震安全性を論ずるのに、地盤の影響を無視することはできないが、立地地盤の巨視的な把握も地盤を構成する媒質の本質的な構造解明も、その理論や解析方法が確立しているとはいえない現状にある。このような状況の中にあって、地震動の作用を受ける地盤上の構造物の振動現象を (1) 地震基盤の存在とここでの基盤地震動の想定, (2) 地表層付近の地層 (波動媒体地盤) による地震動の増幅作用, (3) 構造物と基礎周辺地盤との動的相互作用, の 3 つの構成要因に分離して解析しようとする立場は 1 つの有力な考え方である。

本研究はこの前提に立ち、地震基盤からの入射地震動に対する波動媒体地盤–基礎周辺地盤–構造物という連成系のモデルをつくりその振動特性を推定し、実存の建物で得られた地震観測との比較を行う目的を持つものである。

本論の構成は次のとおりである。まず第 2 章では、大阪府村野階層浄水場 (大阪府枚方市) で得られた地震観測の概観を行う。第 3 章の前半では、波動媒体地盤としての地盤モデルを浄水場のボーリングデータに基づき想定した。また後半では、基盤層から調和平面波が鉛直入射するときの地盤モデルの振動特性を示した。第 4 章では、半無限弾性地盤上の剛体長方形基礎を持つ 1 自由度構造物の rocking 振動について振動特性の表現を示した。第 5 章では、第 3,4 章の式を用いて、地下 1m, 自由な地表面、長方形剛体基礎及び質点の加速度応答を求め第 2 章に示した観測波形との比較を行った。

2 大阪府村野階層浄水場地震観測結果について

村野階層浄水場は 1977 年に 1 号棟、1980 年に 2 号棟が完成し、地震観測が開始された。観測点は、1 号棟の 7 階に 5 点、4 階に 2 点、地下 2 階に 4 点、地中 GL-30m に 3 点、GL-15m に 2 点、GL-1m に 3 点の計 19 点、2 号棟の 7 階に 2 点、地下 2 階に 3 点、地中 GL-15m に 3 点、周辺の GL-15m に 2 点の計 10 点と処理館に 3 点、平面浄水場に 3 点の合計 35 成分である。以下では、1990 年 9 月 24 日 6 時 13 分 59 秒に起こった東海道はるか沖地震 (大阪の震度 III) の地震記録を用いた考察を行う。

2.1 観測加速度波形

GL30(地下 30m) N-S, GL1(地下 1m) N-S, 7F N-S の地震記録波形を図 1 に示す。観測波形には 20Hz 及び 40Hz 付近にノイズが含まれているため、ローパスフィルターを通過させた [1]。以下において加速度及び加速度スペクトルについては“GL30 N-S”の最大振幅が 1 となるような normalize を行っている。

2.2 スペクトル特性

GL30(地下 30m) N-S, GL1(地下 1m) N-S, 7F N-S の波形のフーリエスペクトルを図 2 に示す [2]。GL30 N-S は 0.5~1.5 秒に多くのピークがあり、次いで 0.2 秒付近のパワーが大きい。7F N-S は 0.3~0.5 秒付近の振動成分が卓越し、0.2 秒付近の成分は減少している。これは振動実験 [3] による 1 次の共振周期が約 0.4 秒であるので、観測波形の傾向と符合する。GL1 N-S は 0.6 秒付近の周期が卓越しており、次いで 0.2 秒付近のパワーが大きい。GL30 と比較すると、この 2 ヶ所の周期において応答倍率が大きくなっていると思われる。

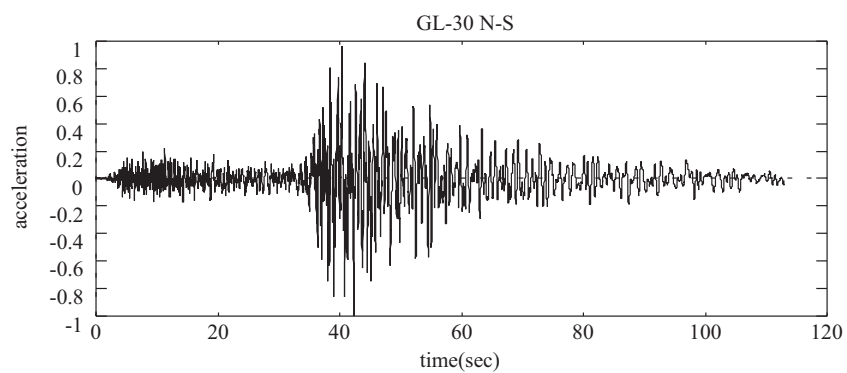
3 SH 波鉛直入射時の多層弾性地盤の波動伝達特性

3.1 多層弾性地盤モデル

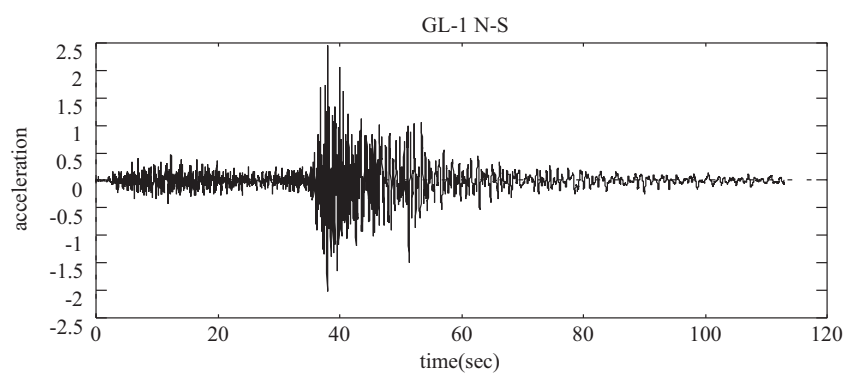
村野階層浄水場 1 号棟及び 2 号棟周辺の地盤として、ボーリングデータ [4] に基づき図 3 のような水平な境界面を持つ 7 層から成り、最下層を半無限体とする波動媒体地盤としての多層弾性地盤を想定する。図中、 $z_i, H_i, (i = 1, 2, \dots, 7)$ は各層の局所座標及び層厚を、 $Z_i, d_i, (i = 1, 2, \dots, 7)$ はそれぞれ 3.2 節で用いられる無次元量を表す。

3.2 モデル地盤の波動伝達特性

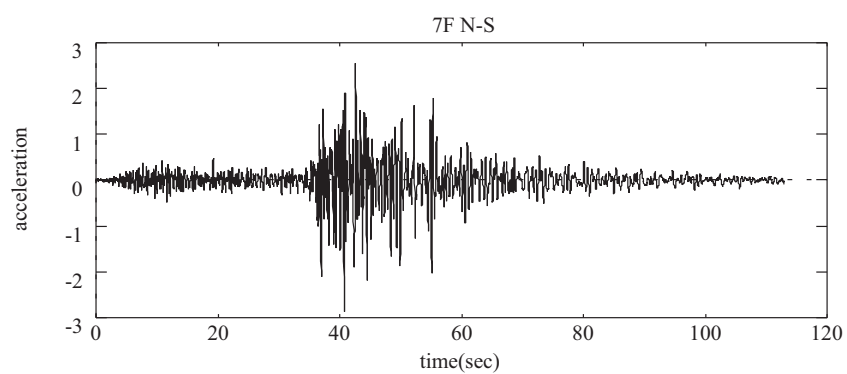
弾性地盤の波動伝達特性を考える [5]。



(a)



(b)



(c)

図1 観測加速度波形 (a)GL30 N-S,(b)GL1 N-S,(c)7F N-S

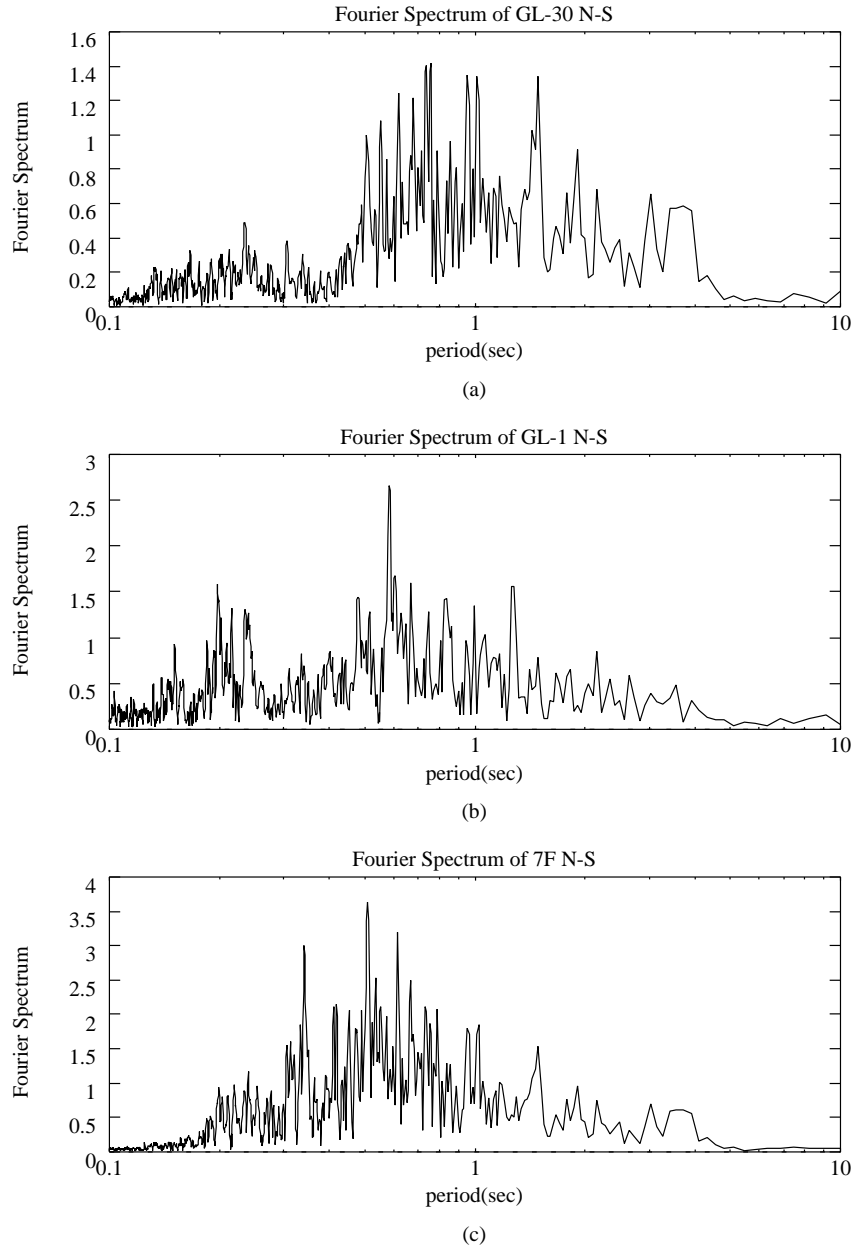
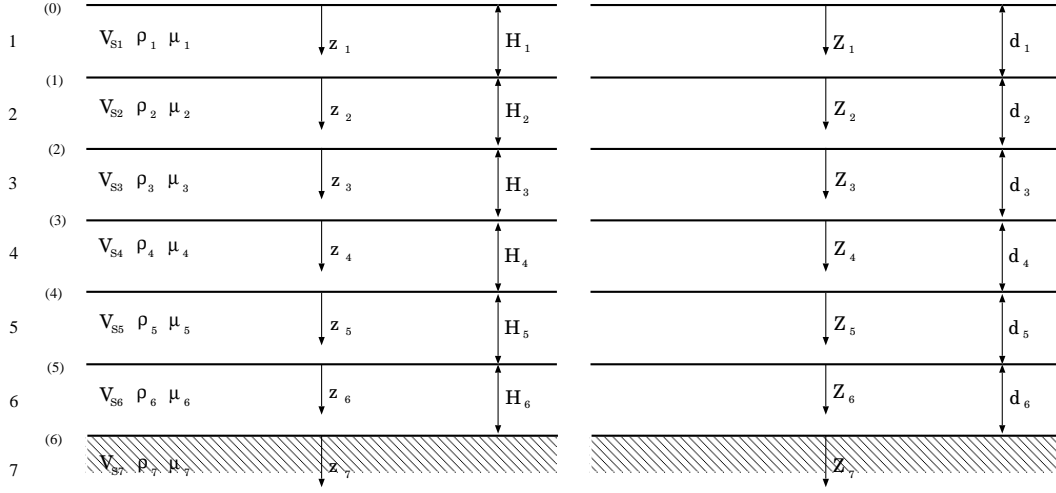


図2 加速度スペクトル (a)GL30 N-S,(b)GL1 N-S,(c)7F N-S

3.2.1 基本解の誘導

媒体の各点の運動が y 軸に平行な SH 平面波が鉛直入射する場合の弾性媒体 (密度 ρ , Lamé の常数 $\mu(\omega)$) の基礎方程式は, 媒体の変位を v として次式で表される。

$$[\nabla^2 + \kappa^2(\omega)] v = 0 \quad (1)$$



(a) expressed in the dimensional form

(b) expressed in the non-dimensional form

図3 多層弾性地盤モデル

ここに,

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}, \quad \kappa(\omega) = \frac{\omega}{c_s(\omega)}, \quad c_s(\omega) = \sqrt{\frac{\mu(\omega)}{\rho}} \quad (2)$$

である。

解 v として,

$$v = e(z)e^{i\omega t} \quad (3)$$

のように仮定できるから, これを (1) 式に代入すれば次式が得られる。

$$\left[\frac{d^2}{dz^2} + \kappa^2(\omega) \right] e(z) = 0 \quad (4)$$

ここで基礎方程式とその解の無次元化を行う。まず, 波動の振動数, 時間及び座標の各無次元量

$$a_0 = \bar{\kappa} \bar{H} = \frac{\omega \bar{H}}{\bar{c}_s}, \quad T = \frac{\bar{c}_s}{\bar{H}} t, \quad Z = \frac{z}{\bar{H}} \quad (5)$$

と媒体の物理量に関する無次元量

$$\mu = \frac{\mu(\omega)}{\bar{\mu}}, \quad \beta = \frac{\kappa(\omega)}{\bar{\kappa}} = \frac{\bar{c}_s}{c_s(\omega)} \quad (6)$$

を導入する。ここに,

$$\bar{c}_s = \sqrt{\frac{\bar{\mu}}{\bar{\rho}}}, \quad \bar{\kappa} = \frac{\omega}{\bar{c}_s} \quad (7)$$

また, $\bar{\mu}, \bar{\rho}, \bar{c}_s, \bar{\kappa}$, 及び \bar{H} は, それぞれ剪断弾性係数, 密度, S 波速度, (2) 式中の $\kappa(\omega)$, 及び層厚の基準量である。これらの無次元量を用いると, 基礎方程式とその解は次式のように無次元化される。

$$\left[\frac{d^2}{dZ^2} + a_0^2 \beta^2 \right] e(Z) = 0, \quad \frac{v}{\bar{v}} = e(Z) e^{ia_0 T} \quad (8)$$

ここに, \bar{v} は基準振幅, $e(Z) = \frac{e(z)}{\bar{v}}$ である。(8) 式の解は次式で与えられる。

$$e(Z) = e_I e^{ia_0 \beta Z} + e_R e^{-ia_0 \beta Z} \quad (9)$$

ここに, e_I, e_R は境界条件より定まる未定常数で, e_I は入射波, e_R は反射波を表す項をそれぞれ意味する。変位・応力成分を,

$$\{v, \tau\}^T = \{\tilde{v}, \tilde{\tau}\}^T e^{ia_0 T} \quad (10)$$

で表すと, 基本解が次式の matrix 形式で得られる。

$$\mathbf{W} = \mathbf{Q} \mathbf{B} \quad (11)$$

ここに,

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{W} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\tilde{v}}{\bar{v}} \\ \frac{\tilde{\tau}}{\bar{\tau}} \end{array} \right\} \\ \mathbf{B} = \left\{ \begin{array}{l} e_I \\ e_R \end{array} \right\} \end{array} \right. \quad \mathbf{Q} = \begin{bmatrix} e^{ia_0 \beta Z} & e^{-ia_0 \beta Z} \\ i\beta' e^{ia_0 \beta Z} & -i\beta' e^{-ia_0 \beta Z} \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\beta' = \mu a_0 \beta \frac{\bar{v}}{\bar{H}}$$

3.2.2 波動伝達特性の誘導

図 3 の多層地盤において, 第 m 層の媒体に関する基本解を

$$\mathbf{W}_m = \mathbf{Q}_m \mathbf{B}_m \quad (m = 1, 2, \dots, 7) \quad (13)$$

で表し, 変位・応力 vector に関する記号を図 3 を参照して,

$$\mathbf{W}_{m,m-1} = \mathbf{W}_m|_{Z_m=0}, \quad \mathbf{W}_{m,m} = \mathbf{W}_m|_{Z_m=d_m} \quad (14)$$

ここに,

$$d_m = \frac{H_m}{\bar{H}} \quad (15)$$

のように定める。左辺の vector で前の suffix は層を, 後の suffix は境界面を示す。また suffix が 1 つのときは層内の任意位置の vector であることを意味する。(13) 式の関係を用いると,

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{W}_{m,m-1} = \mathbf{C}_m \mathbf{B}_m, \quad \mathbf{C}_m = \mathbf{Q}_m|_{Z_m=0} \\ \mathbf{W}_{m,m} = \mathbf{D}_m \mathbf{B}_m, \quad \mathbf{D}_m = \mathbf{Q}_m|_{Z_m=d_m} \end{array} \right. \quad (16)$$

上式より B_m を消去すると,

$$W_{m,m} = D_m C_m^{-1} W_{m,m-1} \quad (17)$$

今 $(m-1)$ 境界面すなわち $Z_m = 0$ において上下2層が完全に密着しているとすれば,

$$W_{m-1,m-1} = W_{m,m-1} \quad (18)$$

が成り立つから,(17) 式は

$$W_{m,m} = E_m W_{m-1,m-1} \quad (19)$$

ここに,

$$E_m = D_m C_m^{-1} \quad (20)$$

(19) 式を各境界面において繰り返し適用すると,

$$W_{6,6} = F_6 W_{1,0}, \quad F_6 = E_6 E_5 \dots E_1 \quad (21)$$

最下層 (第7層) から,SH 波が鉛直入射するという条件を導入するため, この層の未定常数 matrix

B_7 を求めておく。(16) 式を参照して,

$$B_7 = J_6 W_{1,0}, \quad J_6 = C_7^{-1} F_6 \quad (22)$$

■最下層の境界面への入射波が既知の場合 既知な入射波変位を

$$\Phi_{SH} = A_{SH} e^{ia_0(T+\beta_7 Z_7)} \quad (23)$$

で表し, $\bar{v} = A_{SH}$ とする。地表面は自由表面という条件, $\tilde{\tau}_{1,0} = 0$ 及び (23) 式は最下層の入射波変

位という条件, $e_{I,7}$ を (22) 式に代入し, 未知な成分の解を求めると,

$$\begin{cases} \frac{\tilde{v}_{1,0}}{A_{SH}} = j_{11}^{-1} \\ e_{R,7} = j_{21} \frac{\tilde{v}_{1,0}}{A_{SH}} = j_{21} j_{11}^{-1} \end{cases} \quad (24)$$

ここに, $j_{11} \sim j_{22}$ は無次元 matrix J_6 の element である。

3.2.3 波動伝達特性の解析的表現

以上をまとめると,SH 波鉛直入射で入射波変位が既知の場合, 地層内の任意点における波動伝達特性は次式で表すことが出来る。

$$W_m = Q_m T_{m-1} T_{m-2} \dots T_1 C_1^{-1} W_{1,0} \quad (m = 1, 2, \dots, 7) \quad (25)$$

ここに,

$$\begin{cases} \mathbf{T}_m = \mathbf{C}_{m+1}^{-1} \mathbf{D}_m = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (1+\gamma)e^{ia_0\beta d} & (1-\gamma)e^{-ia_0\beta d} \\ (1-\gamma)e^{ia_0\beta d} & (1+\gamma)e^{-ia_0\beta d} \end{bmatrix}_m, & \gamma_m = \frac{\beta'_m}{\beta'_{m+1}} \\ \mathbf{W}_m = \begin{Bmatrix} \frac{\tilde{v}}{B_{SH}} \\ \tilde{\tau} \\ \tilde{\mu} \end{Bmatrix}_m, & \mathbf{W}_{1,0} = \begin{Bmatrix} j_{11}^{-1} \\ 0 \end{Bmatrix} \end{cases} \quad (26)$$

ここで,

$$\begin{bmatrix} S_{1,m} \\ S_{2,m} \end{bmatrix} = \mathbf{T}_{m-1} \mathbf{T}_{m-2} \dots \mathbf{T}_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (m = 1, 2, \dots, 7) \quad (27)$$

を定義すれば,(22) の第 2 式,(25) 式から次式が導かれる。

$$\begin{bmatrix} j_{1,1} \\ j_{2,1} \end{bmatrix} = \mathbf{T}_6 \mathbf{T}_5 \dots \mathbf{T}_1 \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} S_{1,7} \\ S_{2,7} \end{bmatrix} \quad (28)$$

これより,

$$j_{11} = \frac{1}{2} S_{1,7} \quad (29)$$

4 半無限弾性地盤上の構造物の振動特性

村野階層浄水場 1 号棟を, 剛体長方形基礎にのった 1 質点系においた図 4 のようなモデルとし,

この系に SH 波が鉛直入射する場合の rocking 振動について考える [6]。

$$\begin{cases} u_G = U_G e^{i\omega t} & : \text{地動変位} \\ u_T = U_T e^{i\omega t} & : \text{1 層の絶対変位} \\ \phi = \Phi e^{i\omega t} & : \text{基礎の回転角} \\ u_B = U_B e^{i\omega t} & : \text{基礎の絶対変位} \\ u = U e^{i\omega t} = (U_G - U_B) e^{i\omega t} & : \text{基礎中心の地動に対する相対変位} \end{cases} \quad (30)$$

上のように定義すると運動方程式は,

$$\begin{cases} m \frac{d^2 u_T}{dt^2} + k (u_T + h\phi - u_B) = 0 \\ m \frac{d^2 u_B}{dt^2} + m \frac{d^2 u_T}{dt^2} + K_H (u_G - u_B) = 0 \\ 2mk_0^2 \frac{d^2 \phi}{dt^2} - hm \frac{d^2 u_T}{dt^2} = -K_R \phi \end{cases} \quad (31)$$

(30) 式を代入して式全体の無次元化を行い, この連立方程式を解けば, 1 質点系の振動特性は次式

で与えられる。

$$\frac{U_B}{U_G} = \frac{A}{D} \left[\left(\frac{m}{m_0} \right)^2 \lambda^2 - \frac{m}{m_0} (\lambda^2 - a_0^2) (B - 2\alpha^2) \right] \quad (32)$$

$$\frac{U_T}{U_G} = \frac{A}{D} \frac{m}{m_0} \lambda^2 (2\alpha^2 - B) \quad (33)$$

$$\frac{h\Phi}{U_G} = \frac{A}{D} \left(\frac{m}{m_0} \right)^2 \lambda^2 \quad (34)$$

ここに,

$$\left\{ \begin{array}{l} A = \frac{K_H}{m_0 \omega^2} \quad B = \frac{K_R}{m_0 \omega^2 h^2} \\ \alpha^2 = \frac{b^2}{3h^2} \quad \lambda = \sqrt{\frac{k}{m}} \sqrt{\frac{\rho}{\mu}} b \\ a_0 = \omega \sqrt{\frac{\rho}{\mu}} b \\ D = \left(\frac{m}{m_0} \right)^2 \lambda^2 (A - 1) + \frac{m}{m_0} (B - 2\alpha^2) [\lambda^2 - (A - 1) (\lambda^2 - a_0^2)] \\ K_H : \text{地盤の水平インピーダンス} \\ K_R : \text{地盤の回転インピーダンス} \\ \rho : \text{地盤の密度} \\ \mu : \text{地盤の剪断剛性} \end{array} \right. \quad (35)$$

5 モデルによる解析と観測波形との比較による考察

5.1 数値解析

図 5 に示すような 1 自由度の地盤-構造物系モデルに対し, 第 6 境界面に図 1(a) の”GL30 N-S”が入射した場合の自由地表面, 剛体基礎及び質点の加速度応答を以下のようにして求めた [2, 7]。すなわち, 加速度を

$$\ddot{\Phi}_{SH}(t) = \sum C_k e^{i\omega_k t} \quad (36)$$

のようにフーリエ級数で表し,

$$\frac{d^2}{dt^2} (a e^{i\omega t}) = -\omega^2 a e^{i\omega t} \quad (37)$$

の関係から変位を

$$\Phi_{SH}(t) = \sum \frac{C_k}{-\omega_k^2} e^{i\omega_k t} \quad (38)$$

のように表し, 変位のフーリエ係数について 3 章で導かれた伝達特性を用いて, 自由地表面及び地下 1m の変位のフーリエ係数を, (入射波のフーリエ係数) \times (伝達関数 (図 6)) により求めそれを上式の関係を用いて加速度のフーリエ係数に変換し, ローパスフィルターを通過させたのちフーリエ逆変換を施して自由地表面及び地下 1m の加速度応答とした。

次に構造物について、上で求めた地表面の加速度が鉛直入射すると考え、上式により変位に変換し、4章の式を用いて剛基礎及び質点の変位のフーリエ係数を求め、再び加速度のフーリエ係数に戻し、フィルター、フーリエ逆変換により各々の加速度応答とした。

5.1.1 解析に用いた諸量

図 5 中の諸量を表 1, 2 に示す [4, 8, 9]。

■多層弾性地盤 ポーリングデータに基づいて、各層の密度 ρ を土質から推定し、各層の S 波速度 V_s を N 値と S 波速度の関係式

$$V_s = aN^b \quad (a, b: \text{土質による定数}) \quad (39)$$

を用いて推定した。これらから各層の剪断弾性係数 μ を

$$\mu = \rho V_s^2 \quad (40)$$

により求めた。地盤のインピーダンス $K_H(\text{ton/m}), K_R(\text{ton}\cdot\text{m})$ は次式の複素形式で与える。地盤-構造物系としての減衰はここにのみ考える。

$$\begin{cases} K_H = 1.321 \times 10^7 - 0.171 \times 10^5 \omega^2 + 0.085 \times 10^7 i\omega \\ K_R = 3.238 \times 10^{10} - 0.312 \times 10^8 \omega^2 + 0.062 \times 10^{10} i\omega \\ \omega: \text{角振動数} \end{cases} \quad (41)$$

■構造物 剛基礎の質量 $m_0(\text{ton}\cdot\text{sec}^2/\text{m})$ 及び質点の質量 $m(\text{ton}\cdot\text{sec}^2/\text{m})$ は、振動実験 [3] で得られた値を用い、剪断剛性 $k(\text{ton/m})$ は、固有周期が振動実験で得られた 1 次固有周期 T_0 と等しくなるように次式により定めた。rocking 振動を考慮するため階高 h として 1 号棟の重心高さをを用いた。減衰は考慮しない。

$$k = m \left(\frac{2\pi}{T_0} \right)^2 \quad (42)$$

5.1.2 解析結果

5.1.1 節の諸量を用いた解析によって得られた伝達関数、加速度及びそのフーリエスペクトルを図 7, 8 に示す [2]。

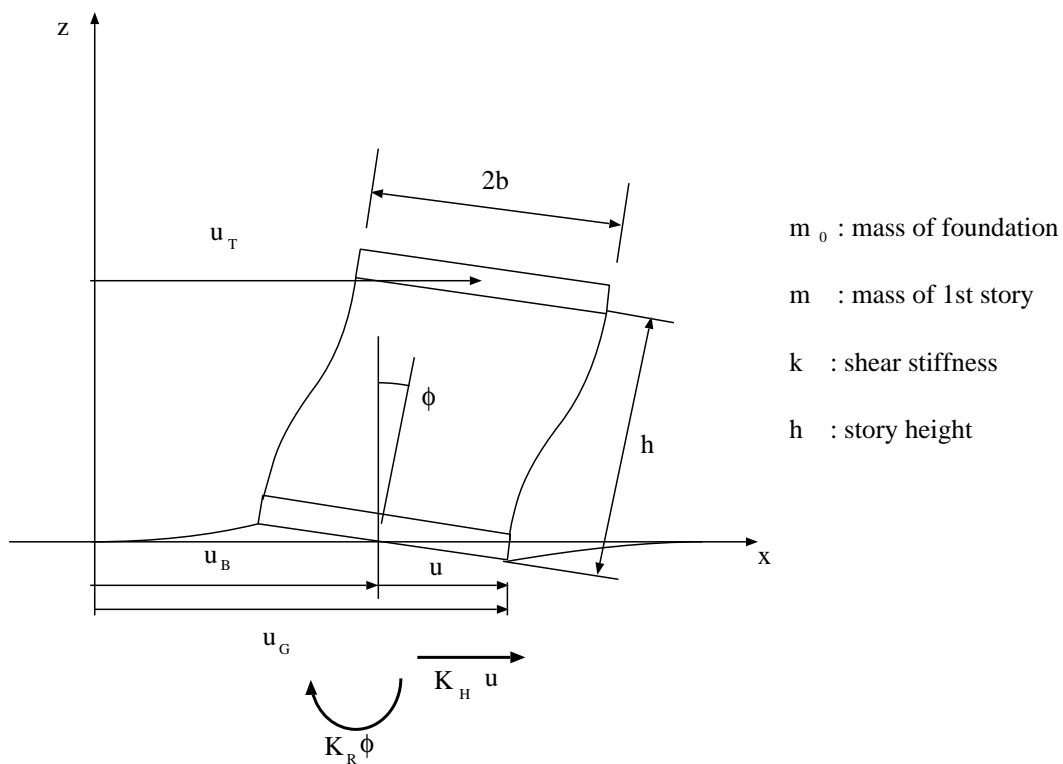


図4 1 質点系モデル

表1 地盤の諸定数

| 層番号 | 密度 $\rho(\text{t/m}^3)$ | S 波速度 $V_s(\text{m/sec})$ | 剪断剛性 $\mu(\text{t/m})$ | 層厚 $H(\text{m})$ |
|-----|-------------------------|---------------------------|------------------------|------------------|
| 1 | 1.80 | 137.31 | 33937.26 | 6.52 |
| 2 | 1.90 | 244.63 | 113703.29 | 3.55 |
| 3 | 1.90 | 299.50 | 170430.48 | 2.36 |
| 4 | 1.95 | 259.86 | 131678.08 | 3.23 |
| 5 | 1.80 | 252.74 | 114979.51 | 6.88 |
| 6 | 1.90 | 397.52 | 300212.09 | 7.46 |
| 7 | 1.90 | 397.52 | 300212.09 | ∞ |

表2 構造物の諸定数

| $m_0(\text{t}\cdot\text{sec}^2/\text{m})$ | $m(\text{t}\cdot\text{sec}^2/\text{m})$ | $k(\text{t/m})$ | $h(\text{m})$ |
|---|---|---------------------|---------------|
| 1.607×10^4 | 1.355×10^4 | 2.829×10^6 | 23.11 |

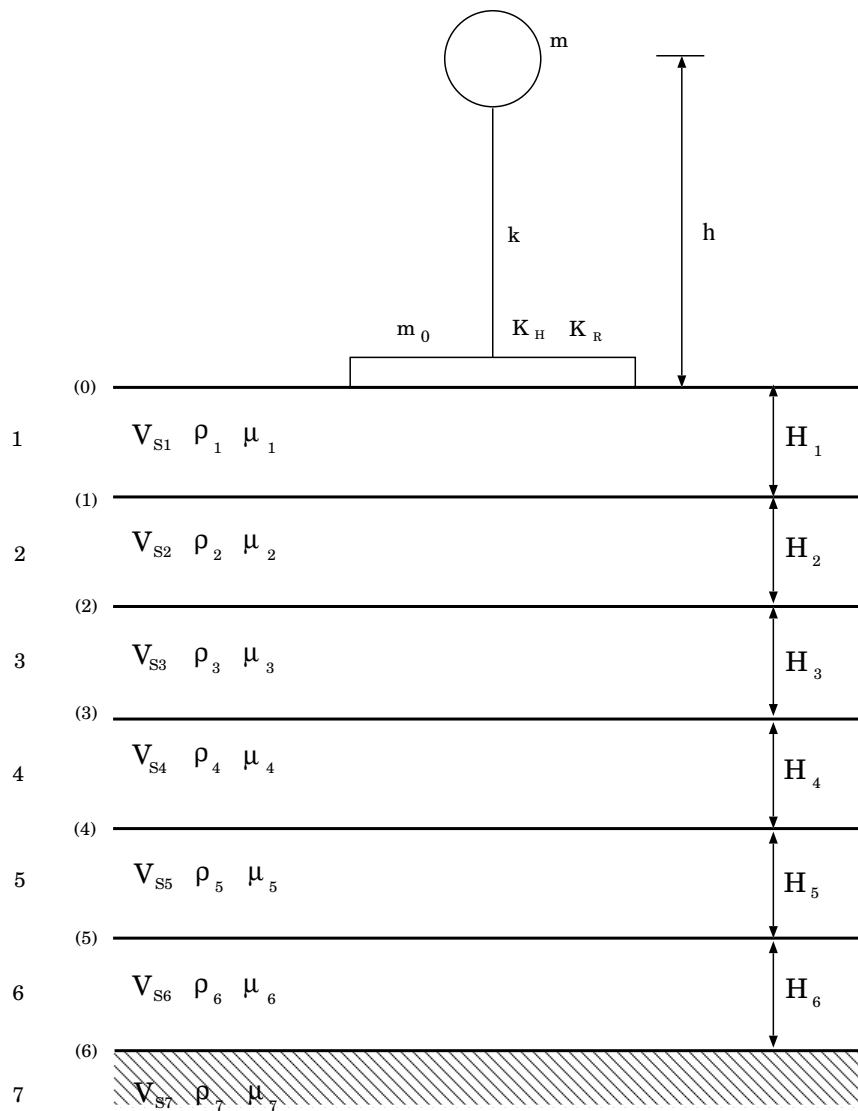


図5 1 自由度地盤-構造物系モデル

5.2 観測波形との比較及び考察

5.2.1 加速度波形

図1と図7において、階層浄水場7階部分(図1(c))と1自由度モデルの質点(図7(d))を比較すると、35～60秒の範囲で観測波形に見られる突出したピーク(例えば40秒付近)が解析波形において見られないほかは概ねよく似た波形となっており、階層浄水場の建物はこの地震時には1次のモードが卓越していたかあるいは剛体的な振る舞いであったと考えられる。

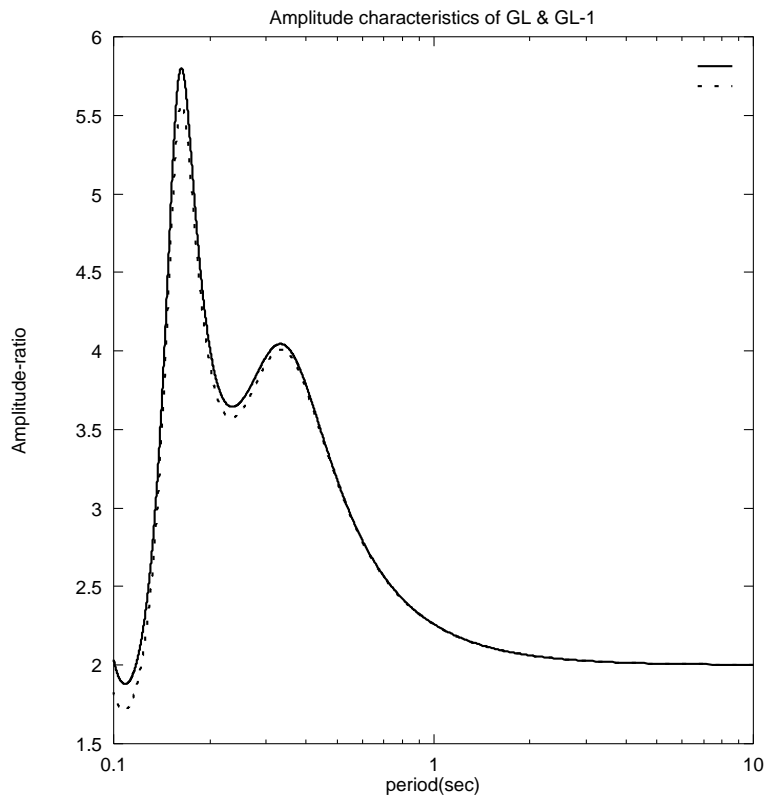


図 6 自由地表面の応答倍率

また地下 1m での観測波形と解析波形 (図 1(b) と図 7(a)) も同様によく似た傾向を示している。

5.2.2 加速度スペクトル

図 2 と図 8 において前節と同様の比較を行うと、質点のスペクトル (図 8(d)) では当然ではあるが 7 階のスペクトル (図 2(c)) にも見られる 0.5 秒付近の 1 次固有周期がはっきりと出ており、それより長周期側にも、1 次周期の影響で値は大きくなっているが類似のピークが見られる。

地下 1m のスペクトルでは全体的にモデルの方 (図 8(a)) が 2 割ほど大きな値を示している。また、モデルの方では 0.6~1.5 秒の卓越周期が見られるが、観測波形の方 (図 2(b)) では 0.6 秒付近が卓越している。しかしそのほかの部分はよく似た傾向を示していると思われる。

6 むすび

本研究は、地震動の作用を受ける地盤と構造物の連成振動現象が

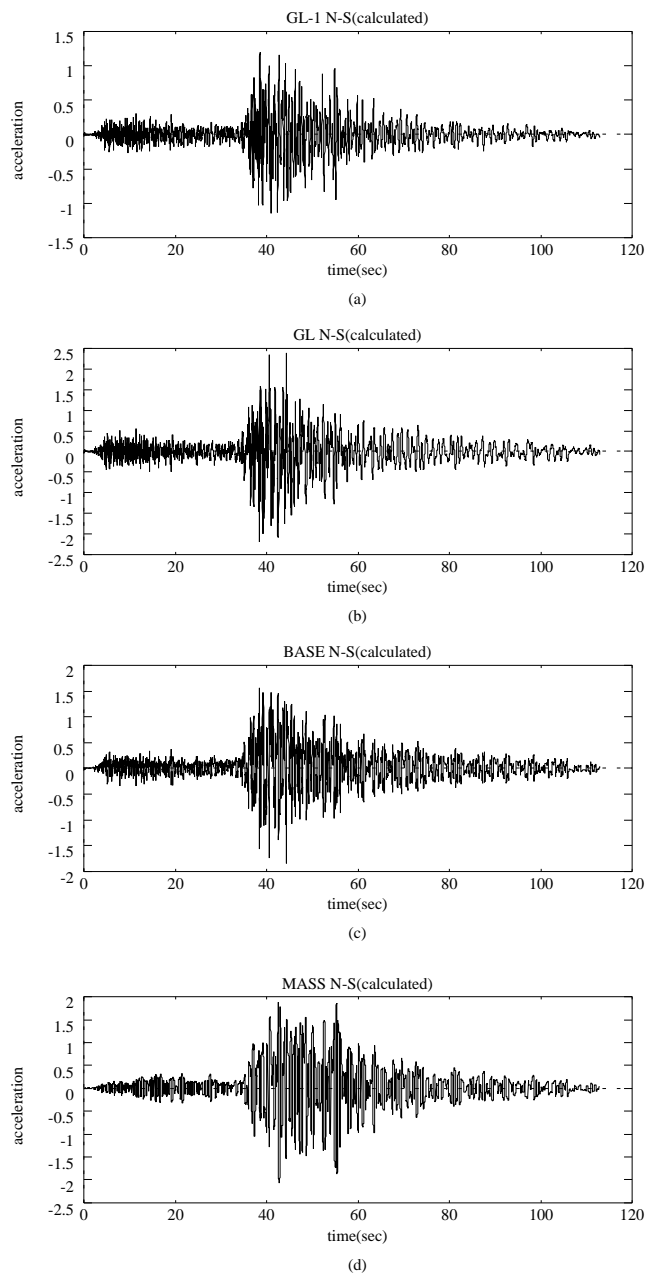


図 7 振動特性から求めた自由地表面及び構造物の加速度 (a) 地下 1m,(b) 自由地表面,(c) 長方形剛体基礎,(d) 質点

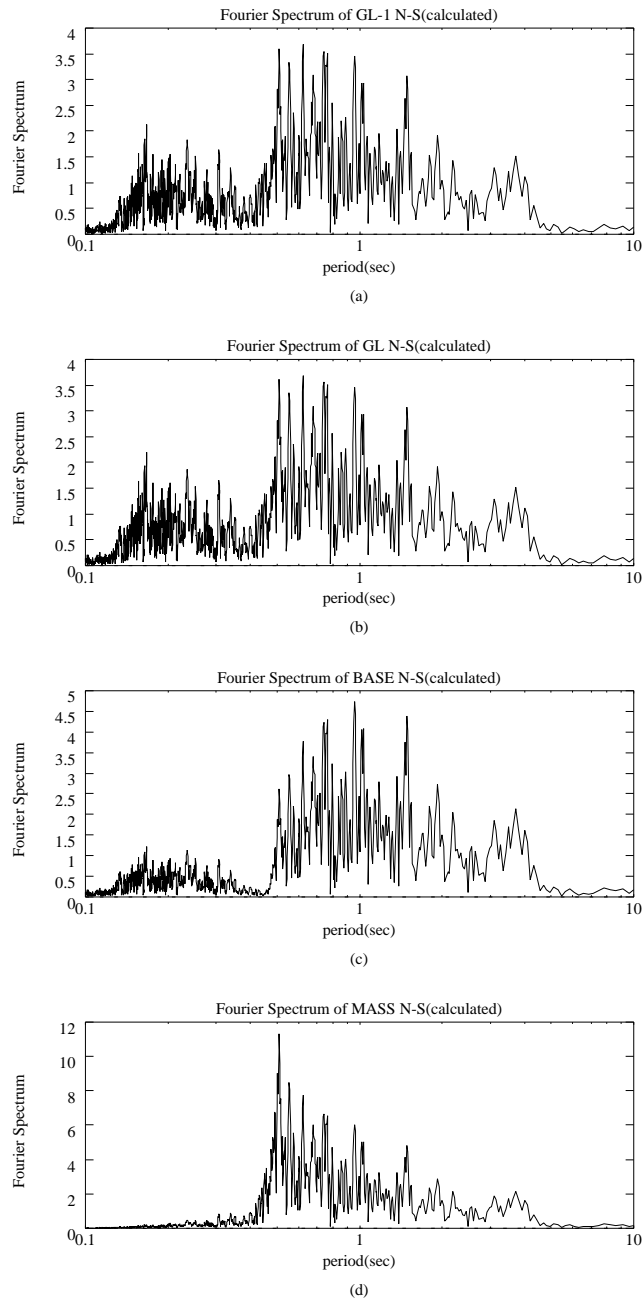


図8 振動特性から求めた自由値表面及び構造物の加速度スペクトル (a) 地下 1m,(b) 自由地表面,(c) 長方形剛体基礎,(d) 質点

- (1) 地震基盤の存在
- (2) ここから入射する基盤地震動が地表層付近の地層によって受ける増幅作用
- (3) 構造物と基礎周辺地盤との動的相互作用

の3つの構成要因により説明され得るとの前提に立ち、実際にある建物で得られている地震観測をもとにして、

- (1) 地震基盤の想定
- (2) 波動媒体地盤としての多層弾性地盤モデルの想定及びその伝達関数の算出
- (3) これを使った自由地表面及び地下1mの地盤応答解析
- (4) 観測で得られた地盤の水平・回転インピーダンスを使った地盤-1自由度構造物系の応答解析

を行ったものである。得られた結論を要約すると次のようになる。

- (1) 地盤を完全弾性、構造物も1自由度の弾性運動をするものとし、インピーダンスにおいてのみ減衰を考慮したきわめて単純なモデルでありながら加速度波形については、比較しやすい地下1mと地上7階しか比較しなかったが、非常によく似た波形を得ることができた。
- (2) スペクトルに関しては、地盤の減衰を考慮しなかったことや構造物の高次の項を無視したことなどにより、特に地盤内のスペクトルにおいて異なるピークが見られたが、概ねよく似た傾向のスペクトルを得ることができた。

7 謝辞

本論文を閉じるにあたり終始懇切丁寧にご指導頂いた藤原悌三教授、鈴木祥之助教授に厚く御礼申し上げます。また、温かい励ましのお言葉を賜りました当脆性構造耐震部門の諸先輩に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 日本物理学会（編）．計算機による物理実験データ処理．サイエンスライブラリ情報電算機 15．サイエンス社, 1978.1.
- [2] 大崎順彦．地震動のスペクトル解析入門．鹿島出版会, 1979.
- [3] 京都大学小堀研究室．村野階層浄水場 1 号棟振動実験報告書, 1979.3.
- [4] 大阪府水道部．村野階層浄水場 2 号棟工事記録, 1980.11.
- [5] 小堀鐸二・南井良一郎・鈴木有．地盤—構造物系の総合振動特性の表現について．京都大学防災研究所年報第 15 号 B, 1972.4.
- [6] 小堀鐸二・南井良一郎・鈴木有．弾性地盤上の構造物の動特性について．京都大学防災研究所年報第 9 号, pp. 193-224, 1966.3.
- [7] 柴田明徳．最新耐震構造解析．森北出版会, 1982.
- [8] 大阪地盤編集委員会（編）．大阪地盤—特に洪積層の研究とその応用—．社団法人土質工学会, 1982.12.
- [9] 土質工学ハンドブック改訂編集委員会（編）．土質工学ハンドブック (1982 年版)．社団法人土質工学会, 1983.7.