

# 豊橋市表層地盤の地震動特性に関する基礎的検討

豊橋技術科学大学 西出義明

豊橋技術科学大学 学生会員 細貝浩士

豊橋技術科学大学 正会員 河邑 眞

## 1. はじめに

豊橋市および周辺地域は平成 14 年に「東海地震対策強化地域」に加えられ、同地区において正確な地震危険度予測図の作成が望まれている。本研究では、豊橋市および周辺地域における地盤情報データを用いた地震動解析を行い、地震動特性の検討を行う。

## 2. 解析手法

本研究では解析に 1 次元地震応答解析プログラム<sup>[1]</sup>を用いた。このプログラムは水平地盤を集中質点系に離散化して地震応答解析を行い、これより計算されたせん断ひずみを用いて地盤内に発生する過剰間隙水圧上昇量を算定するものである。地盤のせん断定数と減衰定数は Hardin-Drnevich モデルを用いて算定している。

本研究では地盤のモデル化、非線形性の影響を調べることを目的として、応答解析を行った。この研究では間隙水圧の上昇による影響は考慮していない。

### 2.1 地震応答解析

まず、多層地盤を多質点系にモデル化し、下記の運動方程式を時刻歴解析することで、応答解析を行った。

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = -\ddot{y}_0[M]\{1\} \quad (1)$$

ここで、 $x$  は水平方向の相対変位、 $[M]$ 、 $[C]$ 、 $[K]$  はそれぞれ質量マトリクス、減衰マトリクス、剛性マトリクスである。 $[K]$ 、 $[C]$  の値はひずみに依存した、非線形性を考慮している。 $\ddot{y}_0$  は地震動入力である。

一方、(1) 式における相対変位ベクトル  $\{x\}$  を

$$\{x\} = [\varphi]\{q(t)\} \quad (2)$$

と表し、 $\{q(t)\} = e^{i\omega t}$  と仮定すると、次のような 1 自由度系の方程式を得ることができる。

$${}_j\ddot{q} + 2{}_jh_j\omega_j\dot{q} + ({}_j\omega)^2{}_jq = -{}_j\beta\ddot{y}_0 \quad (3)$$

応答値はこれら 1 自由度系の応答の重ね合わせにより求められる。応答加速度、速度、変位を逐次時間積分する方法として、線形加速度法を用いた。

### 2.2 地盤のモデル化

地盤モデルの作成には地盤情報データとしてボーリングデータ、標高、地形区等の地図情報、また、河邑ら<sup>[2]</sup>が作成した 500m メッシュの地盤推定断面図を

用いた。まず、対象地域のボーリングデータと推定断面図を比較し、メッシュ内の最も深いボーリングデータをメッシュの代表ボーリングデータに決定した。この代表ボーリングデータより、地質分類を沖積層・洪積層、土質分類を礫・砂・粘土として地盤モデルを作成した。

## 3. 事例解析

豊橋技術科学大学においては観測波を、豊橋臨海部低地、豊川低地および豊川左岸段丘(豊橋市街地)において模擬地震波を入力波として用いて解析を行った。

### 3.1 入力地震波

観測波は 1997 年 5 月 24 日に豊橋技術科学大学の GL-60m に設置された地震計で観測されたもの、模擬地震波は大崎<sup>[3]</sup>による地震波を用いた。その概要を Table 1 に示す。

### 3.2 解析地盤モデル

豊橋技術科学大学、豊橋臨海部低地における解析地盤モデルの概要を Table 2, 3 に示す。解析では N 値が 50 となる GL-20m 付近でモデルを分け入力基盤面深さの違いによる地震動特性の違いを検討した。また、豊橋技術科学大学において GL-20m 以下の地盤状態の設定を変化させて実際の状態を推定した。

### 3.3 解析結果

豊橋技術科学大学地盤モデル(TUT1, 2)に観測波(TUS E-W)を用いた解析結果を Fig. 1 に、その解析結果と観測波のフーリエスペクトルを比較したものを Fig. 2 に示す。また、豊橋臨海部低地(TCL1, 2)と豊橋市街地(TUA1, 2)地盤モデルに模擬地震波を用いた解析結果を Fig. 3, Fig. 4 に示す。

## 4. まとめ

本研究では地盤情報データを用いて地盤モデルを作成し、地震応答解析を行った。豊橋技術科学大学における事例解析では、今回作成したモデルの深部の地盤状態の設定を変化させ、観測波と比較することで、より実際に近い地盤状態を推定した。また、模擬地震波を用いた解析では、表層地盤、入力基盤面深さの違いによる応答の変化を比較した。その結果、表層地盤に沖積層を含む場合と含まない場合の応答の変化をみる事ができた。

Table 1 入力地震波概要

|               |                                 |         |        |
|---------------|---------------------------------|---------|--------|
| 観測波<br>GL-60m | 1997/5/24, 遠州灘海底 M5.6, 深さ約 30km |         |        |
|               | E-W                             | N-S     | U-D    |
|               | 17.6Gal                         | 36.4Gal | 7.5Gal |
| 模擬<br>地震波     | M7.3, 震央距離 25.0km               |         |        |
|               | MaxACC=159.0Gal                 |         |        |

Table 2 豊橋技術科学大学解析地盤モデル TUT1,2

| 層厚<br>[m] | 地質・土質 | N 値 | Vs<br>[m/sec] | $\gamma$<br>[gf/cm <sup>3</sup> ] |
|-----------|-------|-----|---------------|-----------------------------------|
| 7.50      | 洪積層・砂 | 10  | 196           | 1.9                               |
| 8.00      | 砂     | 15  | 224           | 1.9                               |
| 6.00      | 礫     | 50  | 334           | 2.1                               |
| 8.50      | 礫     | -   | 400           | 2.1                               |
| 8.00      | 礫     | -   | 500           | 2.1                               |
| 7.00      | 砂     | -   | 600           | 2.0                               |
| 7.00      | 砂     | -   | 700           | 2.0                               |
| 8.00      | 砂     | -   | 800           | 2.0                               |

Table 3 豊橋臨海部低地解析地盤モデル TCL1,2

| 層厚<br>[m] | 地質・土質 | N 値 | Vs<br>[m/sec] | $\gamma$<br>[gf/cm <sup>3</sup> ] |
|-----------|-------|-----|---------------|-----------------------------------|
| 7.20      | 沖積層・砂 | 7   | 175           | 1.8                               |
| 5.10      | 粘土    | 4   | 145           | 1.6                               |
| 4.90      | 洪積層・砂 | 13  | 214           | 1.9                               |
| 5.40      | 礫     | 26  | 269           | 2.0                               |
| 3.70      | 礫     | 50  | 334           | 2.1                               |
| 7.80      | 礫     | -   | 450           | 2.1                               |
| 7.90      | 砂     | -   | 650           | 2.0                               |
| 8.00      | 粘土    | -   | 800           | 1.9                               |

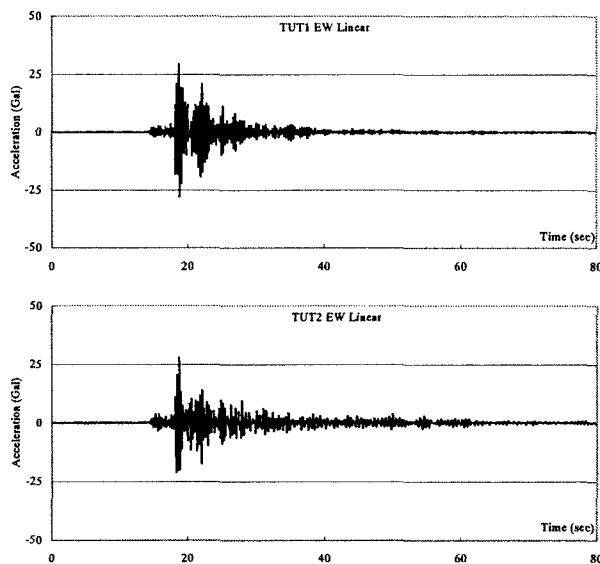


Fig.1 豊橋技術科学大学 TUT1,2 (観測波)

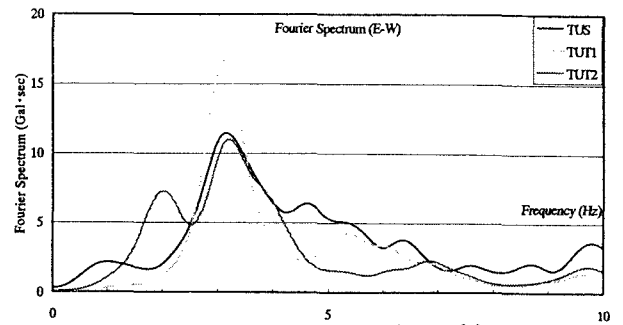


Fig.2 TUTS, TUT1,2 フーリエスペクトル

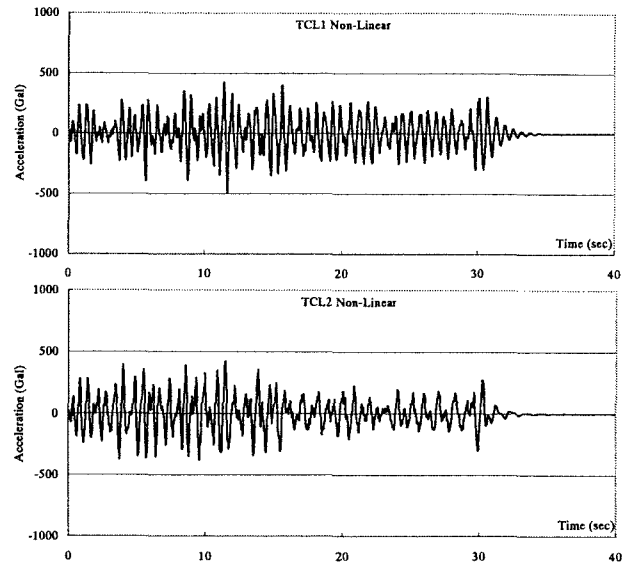


Fig.3 豊橋臨海部低地 TCL1,2 (模擬地震波)

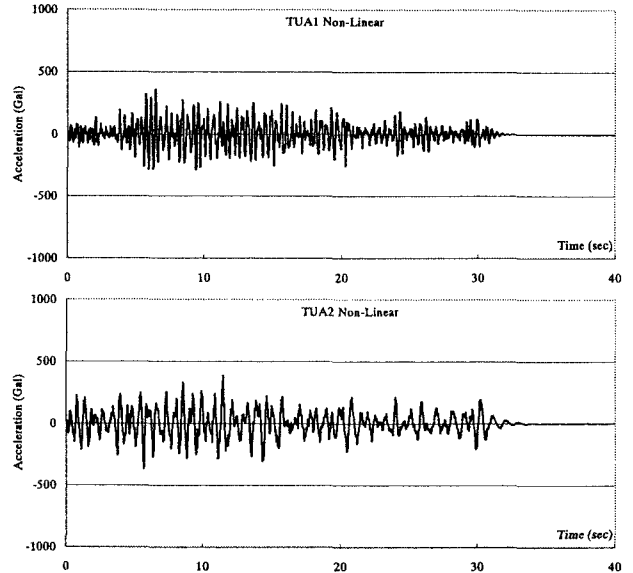


Fig.4 豊橋市街地 TUA1,2 (模擬地震波)

## 参考文献

- [1] Kawamura, M., Arai, T. and Ozawa, T. (1992): Estimation of Distribution of Subsurface Soil Layers in the Mexico City Earthquake Area based on the Database, Geographic Information Systems and Mapping, ASTM, pp. 172-182
- [2] Kawamura, M., Segawa, S. and Arai, T. (1991): Three dimensional color computer graphics for the subsurface ground layer around Toyohashi, Computer Methods and Advances in Geomechanics, Balkema, pp. 69-74
- [3] 大崎順彦: 新・地震動のスペクトル入門, 鹿島出版会, 1994