

不整形な地盤・地形の特徴が地震動特性に与える影響に関する研究

正会員 ○葛野 雅俊\*1  
同 山本 俊雄\*2  
同 荻本 孝久\*2

有限要素法 不整形な地盤 不整形な地形  
地震動特性 増幅特性

1. はじめに

地震による被害予測を行なう上で微地形構造など不整形な表層地盤構造や地形に起因する地盤震動特性の把握が重要である。これまでも、表層地盤の傾斜基盤構造や丘陵地、山間地の不規則な地形が、地表面の地震動に大きな影響を及ぼすことが知られている。本研究では、これらの不整形な境界条件を有する地盤・地形を対象として2次元有限要素解析を行い、微地形構造など不整形な表層地盤構造や地形が地震動の周期特性ならびに増幅特性に及ぼす影響を評価することを目的とする。

2. 2次元解析概要

本研究では、2次元有限要素プログラム(SuperFLUSH/2D)を使用する。本プログラムは地震時の動的解析に広く用いられており、地盤-構造物連成系の相互作用解析や不整形な地盤・地形の解析に適している。

作成したモデルに対して、モデル底面から水平方向に地震波を入力し地表面の出力点の応答値を計算し、時刻歴波形から最大加速度(A)・速度(V)・相対変位(D)を求めた。また地震波を入力した点の最大加速度(Ao)・速度(Vo)・相対変位(Do)を求め、地表面の最大値を除いた応答倍率値から評価する。

3. 不整形な境界条件を有する地盤の解析

(1) 対称性を有する解析モデル

図1に設定した谷底地盤の軸対称2次元モデルを示す。モデルは基盤の傾斜角 $\alpha$ 、谷の長さLとした。図中のb点は水平部分と傾斜部分の境界点を示し、a点は岩盤上の接点を示す。また、V字型は地表面の長さをLとした。図中のe点は地震波の入力点であり、e点を基準点(Ao・Vo・Do)とする。

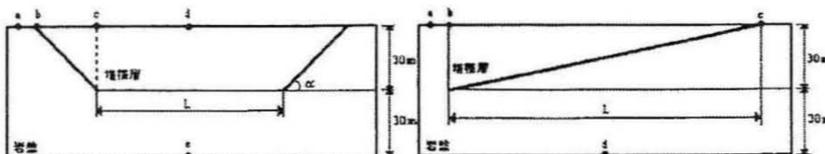


図1 モデル(対称)

図2 モデル(非対称)

(2) 非軸対称性を有する解析モデル

図2に非対称2次元モデルを示す。モデルは地表面の長さをLとし、非対称のV字型を設定した。

(3) 解析モデル一覧及び物性値

表1に解析モデルの一覧、また表2に地盤の物性値を示す。

表1 解析モデル一覧

	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	V字型	斜面
L=100m	CASE A1	CASE B1	CASE C1	CASE D1	CASE E1
L=200m	CASE A2	CASE B2	CASE C2	CASE D2	CASE E2
L=300m	CASE A3	CASE B3	CASE C3	CASE D3	CASE E3

表2 物性値

	P波速度	S波速度(m/s)
堆積層	490(m/s)	200(m/s)
岩盤	690(m/s)	400(m/s)
	単位体積重量	減衰定数
堆積層	17(kN/m <sup>3</sup> )	8(%)
岩盤	22(kN/m <sup>3</sup> )	1(%)

(4) 入力地震波

入力地震波はElcentro、Taft、八戸、神戸の4つを入力した。

(5) 解析結果

図3にCASE A1の結果を示す。解析結果は各地表面の最大値を基準点(Ao・Vo・Do)で除した応答倍率値をY軸、計算地点をX軸にとった。

水平方向は傾斜部分で増幅し、b点から中央に向かって平坦な基盤面で、より増幅したことが加速度をみてわかる。鉛直方向では、傾斜部分からb点までの間に応答倍率の最大値を示し、軸対称点に向けて減少する。これは傾斜部分で地震波の反射の影響と考えられる。いずれのケースも、傾斜をもつ基盤構造の斜面部分は増幅が大きい。

4つの地震波で比較すると、八戸、神戸は(水平・鉛直)速度においてElcentro、Taftのように大きな変化を示さないのに対し、変位では同等の変化を示す。入力した地震波によって異なる応答倍率図を得たことから、地震の特性が深く関係している。

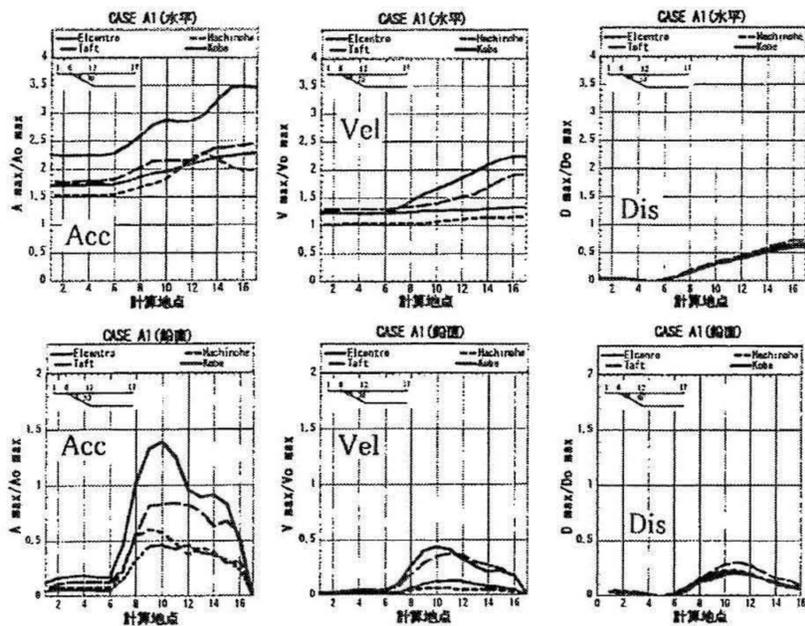


図3 CASE A1 解析結果

(左：加速度、中：速度、右：変位)

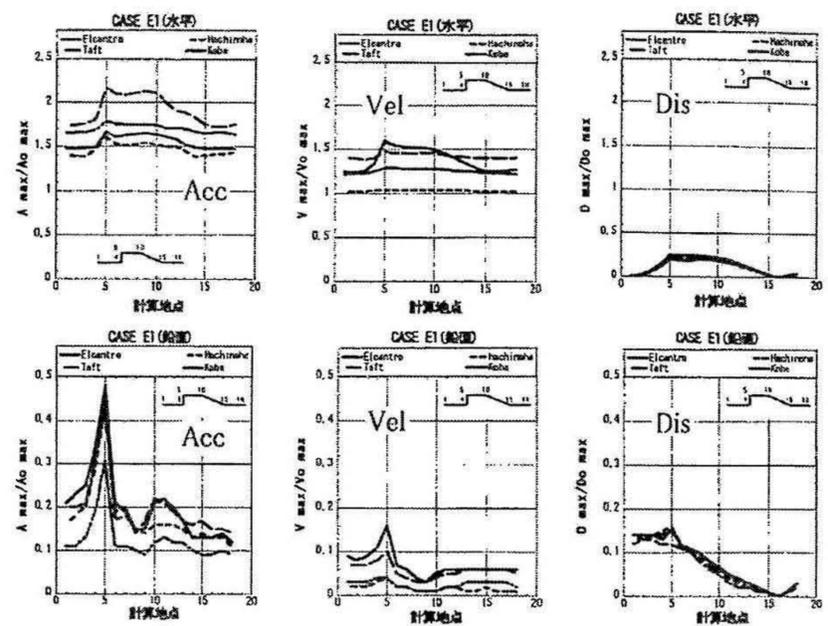


図5 CASE F1 解析結果

(左：加速度、中：速度、右：変位)

#### 4. 不整形な境界条件をもつ地形の解析

##### (1) 解析モデルおよび境界条件

解析モデルを図4に示す。地表面より上の部分の長さをL、地表面からの高さをHとした。表4にモデルの一覧を示す。境界条件は前章と同じである。物性値は、表2の基盤の値を使用した。

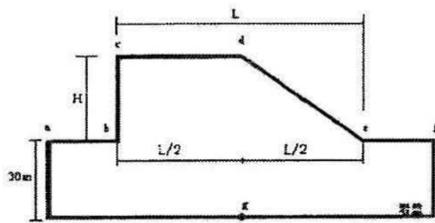


図4 モデル(地形)

表4 地形モデル一覧

	H=10m	H=30m	H=50m
L=100m	CASE F1	CASE G1	CASE H1
L=200m	CASE F2	CASE G2	CASE H2
L=300m	CASE F3	CASE G3	CASE H3

##### (2) 解析結果

図5にCASE F1の結果を示す。地形を解析した結果、図5の地点5が一番影響を受けていることがわかる。地点5に注目し、H=10m、30m、50mの結果を比較すると垂直方向では、加速度と速度の応答倍率が大きく変化している。また水平方向は、Hが高くなれば若干倍率も増幅していることがわかる。5地点から右方向へ行くと応答倍率は下がるが、傾斜部分になるとまた鉛直方向の加速度、速度の応答倍率が増幅してくることがわかる。

地震波別では水平方向ではあまり変化のなかった八戸、神戸が、鉛直方向においては、他の2つよりも影響を受けて変化している。このように入射するのは地震動特性が大きく関係しているものと考えられる。

#### 5. 結論

本研究では入力波は水平方向のみ入力した。しかし、全体的にみて斜面部分では、おおきな上下動が認められる。これは、傾斜基盤での地震波の屈折・反射により、上下成分が生成されたためと思われる。また基盤傾斜部分において反射した地震波が地表面の応答に影響を与えているためと思われる。

不整形な境界条件を有する地盤・地形が地震動に与える影響を把握するために2次元有限要素解析を行い、入力地震波、地盤、地形、規模及び、傾斜角度で地表面での応答に大きな影響を与えることを明らかにした。

#### 参考文献

- 1) 喜多村 学：傾斜基盤を有する地盤の地震動特性に関する研究(その1)地震観測と1次元モデルによる検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1996
- 2) 栗山 利男：傾斜基盤を有する地盤の地震動特性に関する研究(その2)二次元FEMモデルによる基礎的検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1996
- 3) 今井 五郎：わかりやすい土の力学, 1983.4
- 4) A. Ghali・A. M. Neville・川上 洵：構造解析の基礎と応用—線形・非線形解析および有限要素法, 2001.2
- 5) 守屋 喜久夫：建築現場技術選書 地震と地盤, 1985.5

#### 【謝辞】

本研究は、神奈川県における文部科学省学術フロンティア研究プロジェクト「災害リスク軽減を目的としたソフト・ハード融合型リスクマネジメントシステムの構築に関する研究(研究代表者：荏本孝久)」の一環として実施したものであり、記して感謝いたします。

\*1 神奈川県立大学工学部工学研究科

\*2 神奈川県立大学工学部建築学科

\*1 Graduate School of Engineering, Kanagawa University

\*2 Department of Architecture and Building Engineering, Kanagawa University