

不整形な地盤・地形の2次元解析による地震動特性と増幅特性の検討

Evaluation of amplification and ground shaking characteristic by 2-D analysis considering irregular topography and underground geometry

○ 葛野 雅俊¹, 山本 俊雄², 荏本 孝久²

Masatoshi TSUTANO¹, Toshio YAMAMOTO², Takahisa ENOMOTO²

¹ 神奈川大学大学院工学研究科

Graduate Course of Engineering, Kanagawa University

² 神奈川大学工学部

Faculty of Engineering, Kanagawa University

In general, it is pointed out that the irregularity of topographical feature and of underground geometry is contributed to the ground shaking characteristics and also influence to structural damages. It is important to consider such kind of irregularities to earthquake damage assessment. In this paper, it is reported on the results of amplification and ground shaking characteristics by using 2-D analysis concerning to irregular topography and irregular underground geometry. As a result of simulation, a lot of movements at the top corner were admitted from the overall view point in a slope zone, even though the incident earthquake wave input only horizontal direction. It was recognized that it had a big influence on the response of ground shaking depend on the characteristics of incident earthquake wave, the underground geometry, topographical features, the scale of irregularity and the angle of gradient.

Key Words : Irregular Topography and Geometry, Ground Shaking characteristic, Amplification characteristic, 2-D Finite element method

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各接点の応答値を計算する。時刻歴の最大加速度 (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値 (A₀・V₀・D₀) をもとめ、地表面の最大値を除いた応答倍率値から評価を行う。

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、2 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 α 、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、図 2 の軸対称 V 字型モデルは地表面の長さを L とした。

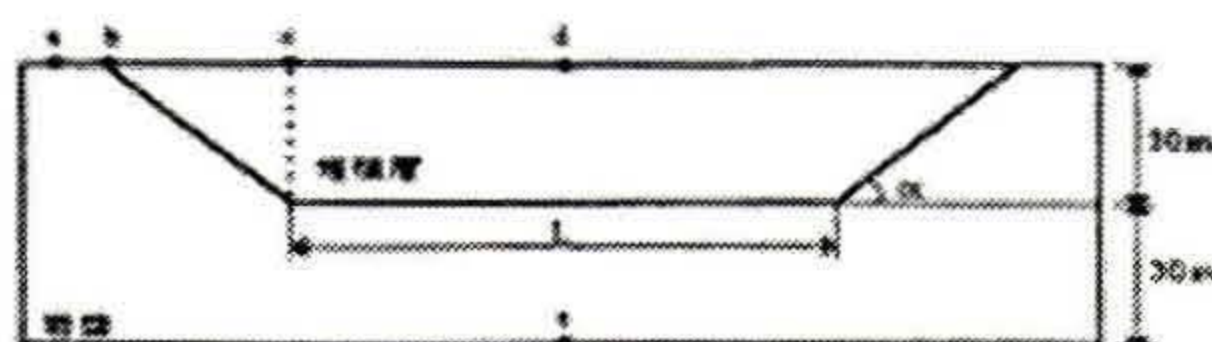


図 1 モデル(対称性)

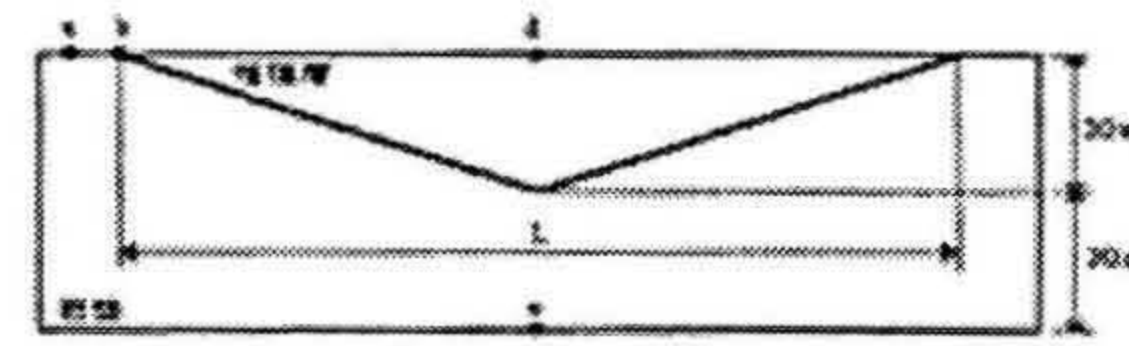


図 2 モデル(対称性-V字型)

(2) 非軸対称性を有する解析モデル

図 3 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。

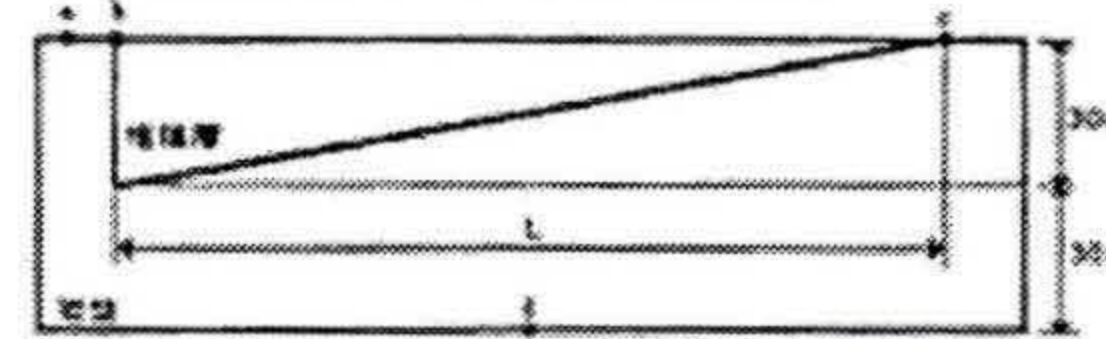


図 3 モデル(非対称性)

(3) 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 に地盤構造の物性値を示す。

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 ³)	8(%)
岩盤	22(kN/m ³)	1(%)

(4) 解析方法

入力地震波は Elcentro、Taft、八戸、神戸の 4 つを入力した。図中の e 点は地震動の入力地点であり、e 点を最大値の基準点 (A₀・V₀・D₀) とする。

応答計算は地表面上の節点に対して行ない、時刻歴加速度、時刻歴速度及び、時刻歴相対変位を算出した。

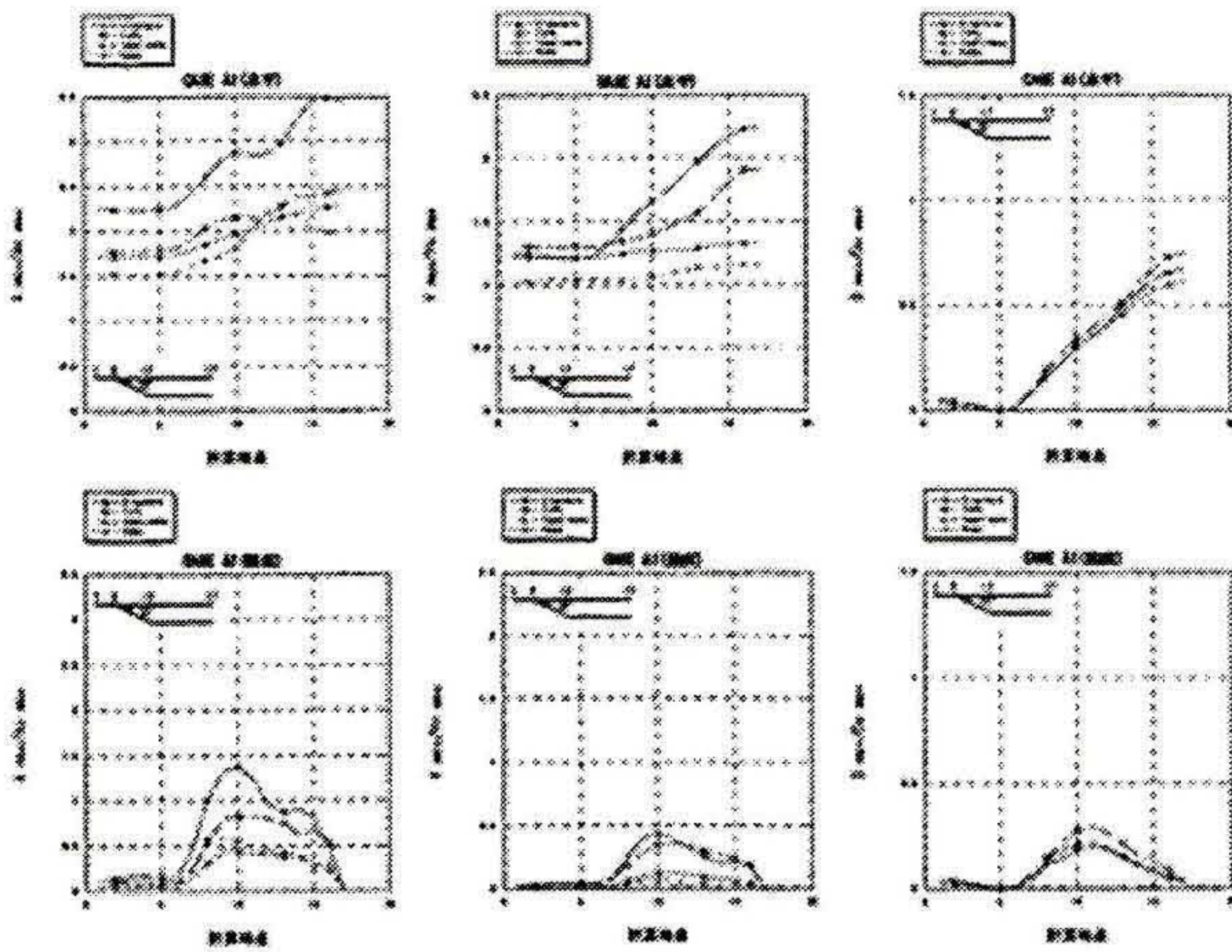


図4 CASE A1 解析結果
(左：加速度、中：速度、右：変位)

(5)解析結果

図4にCASE A1の結果を示す。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。入射した地震波によって異なる応答倍率図を得たことから、地震動特性が深く関係している。

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5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。

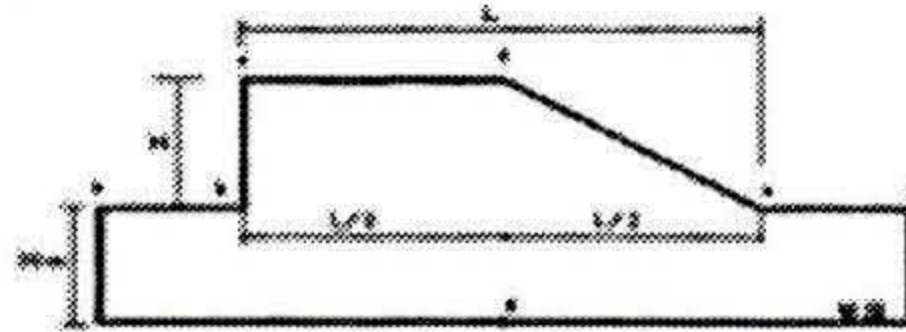


図5 モデル(地形)

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6にCASE F1の結果を示す。地形を解析した結果、図6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た。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。

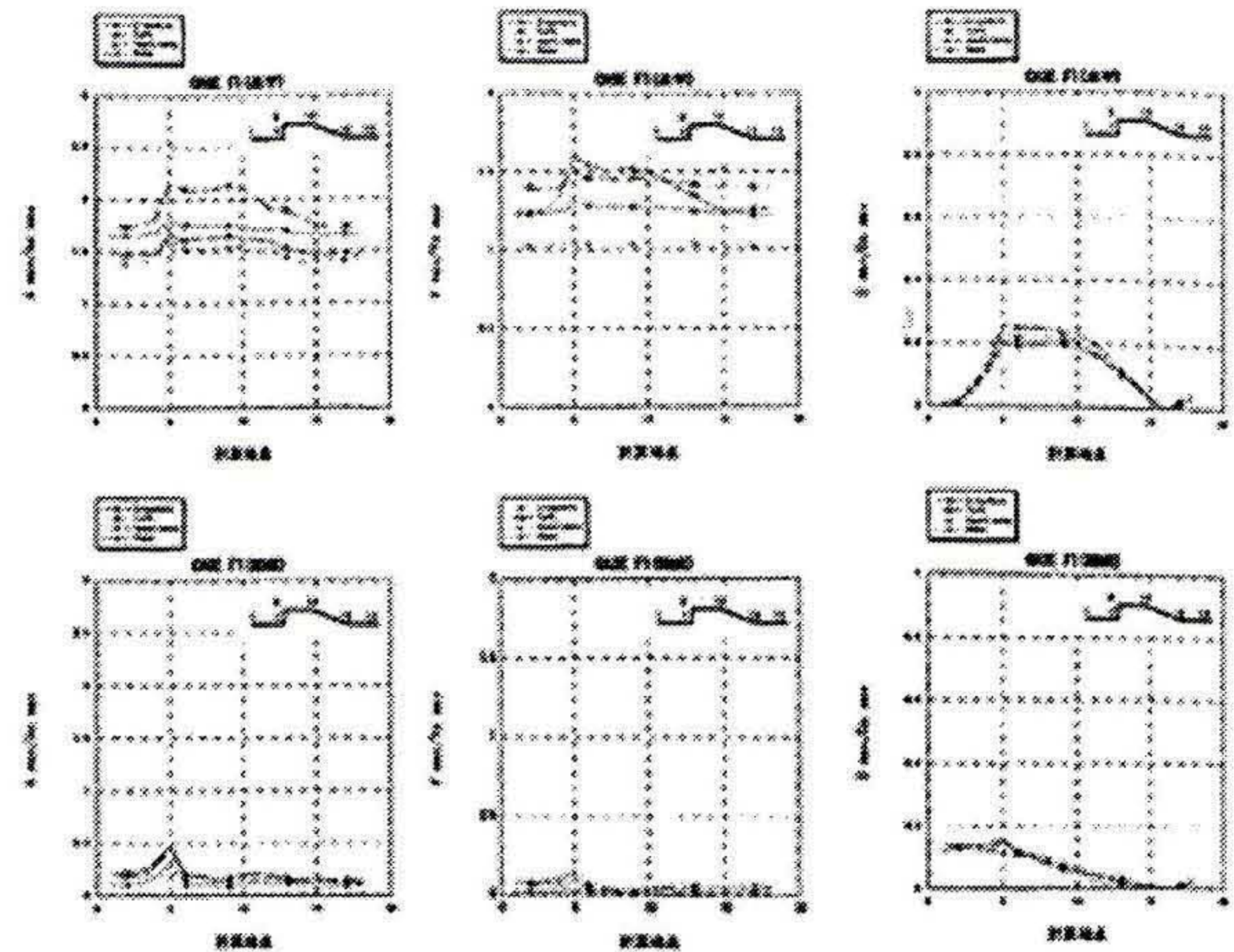


図6 CASE F1 解析結果
(左：加速度、中：速度、右：変位)

5. 結論

(1) 不整形な境界条件を有する地盤での解析結果では入力地震波は水平方向のみ入力したのに対し、斜面部分では、おおきな上下動が認められた。これは、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ことが確認された。また、同じ解析条件、モデルであるに対し、Elcentro、Taftの短周期地震波は大きな影響を与え、八戸、神戸の長周期地震波では短周期よりも小さい影響を与えるものもあることから地震波の特性によって地表面が受ける影響は異なることも確認された。規模による地表面での応答は確認できなかった。

非対称のモデルの地表面に与える影響の大きい所は、鉛直方向では堆積層の最も深いところが、水平方向では堆積層の最も深いところから1/5~1/6のあたりが大きくなることが確認された。よって、斜面部分の浅い付近では深いところよりも影響は少ないことがわかった。

(2) 不整形な境界条件を有する地形での解析結果は斜面部分よりも垂直に高くなっている地点（崖等）が、地表面に大きな影響を与えることが確認できた。また、高さが高いほど、応答倍率は増幅していることがわかった。距離による規則性は確認できなかった。地形でも Elcentro、Taftの短周期地震波と、八戸、神戸の長周期地震波で応答倍率が異なるところがあることより、地震動の特性が与える影響も確認できた。

(3) 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次元有限要素法によりシミュレーションを行い、入射地震波、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が明らかとなった。

【参考文献】

- 1) 喜多村学：傾斜基盤構造を有する地盤の地震動特性に関する研究 平成8年度修士論文
- 2) 今井五郎：わかりやすい土の力学, 1983.4
- 3) 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

【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。