

○ 千葉工業大学 学生員 川口 友之
 東京大学 正員 堀井 秀之, 吉田 秀典

1. はじめに

兵庫県南部地震の際には、震度7の甚大な帯が神戸市須磨区から宝塚市にかけて、幅1~2 km、長さ約20数 kmにわたって帯状に広がった。このような被害の集中が起こった原因として、神戸市の複雑な地盤構造・地形によるフォーカシング現象(地震波が断層で反射・屈折され、その近傍に波が集中する現象)の存在が考えられている。神戸周辺の地層を大別すると、山側(六甲山)の洪積層(硬い地盤)と浜側の風化まき土(軟らかい地盤)に分けることができる。こうした地盤特性の違いが、上述のような被害の局所化を引き起こした原因の1つと考えられている。そこで本研究では、硬い地盤に挟まれた軟らかい地盤がくさび上に存在するような硬軟複合地盤を想定し、地盤特性・地盤構造と表層地盤における増幅の関係を、解析を通して明らかにすることを目的とする。

2. 解析概要

本解析では、図に示すような横幅600 m、高さ10 mの2次元平面ひずみ長方形地盤を想定し、底部に変位波形を入力することで地盤震動の解析を行う。問題を明確にするために、入力変位波形は単純な余弦波形(図2参照、振幅1 m、周期0.2 sec、振動数5 Hz)とする。境界条件としては底部節点の鉛直方向の変位を拘束し、その他の節点は自由とした。

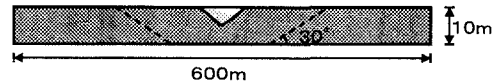


図1 硬軟複合地盤

はじめに、できるだけ簡単な条件を設定することを主眼におき、硬質地盤が一定の勾配を有して軟質地盤の下へもぐり込んでいる問題を考えた。本稿では紙面の都合上、もぐり込みの角度を30度とした場合についてのみ報告を行う。工学的基盤を深さ10mという浅い所に設定しているが、その基盤上に直接軟質地盤がのっている問題(case1, 図1中の点線が地質境界の硬質, 軟質, 硬質の順に分布し、その面積比が1:1:1)、軟質地盤が硬質地盤上についており、墨状になっている問題(case2, 図1中の淡い部分が軟質地盤、濃い部分が硬質地盤)を考え、さらにcase2の地質境界部に不連続面を入れた問題(case3)について地盤震動解析を行った。尚、case3の不連続面には、接触すべり要素(インターフェイス要素)を採用した。この要素については文献¹⁾を参照されたい。全ての解析において、地盤材料の特性としては、硬軟両地盤ともに単位体積質量を $1.8t/m^3$ 、ポアソン比を0.2、レーリー減衰定数を $\alpha = 0.00056$ 、 $\beta = 0$ (地盤の固有周期が1Hz程度)と仮定し、弾性係数に関しては、軟質地盤(図1の中央)を $72,000tf/m^2$ 、硬質地盤(図1の両脇)を $720,000tf/m^2$ とした。有限要素の節点数を965、要素数を768とし、動的解析にNewmark- β 法を用いて、2次元平面ひずみの条件下で解析を行った。

3. 解析結果・考察

本解析では、図1の軟質地盤中央の水平方向、硬軟複合地盤の境界上の鉛直方向の2点で変位をピックアップし、変位波形の比較を行う。

まず、工学的基盤と軟質地盤が接触しているケース(case1)、硬質地盤上に墨をなして軟質地盤があるケース(case2)、およびcase2の解析の地質境界の不連続面の存在を考慮に入れたケース(case3)において、軟質地盤の中央部表層で変位をピックアップし、その水平方向の波形を図3、図4、図5にプロットした。このとき、入力波の振幅(1 m)に対してcase1, case2, case3の軟質地盤の水平方向においての変位のそれぞれの最大でそれぞれ3.0, 4.8, 8.0倍の増幅がみられた。case1とcase2を比較すると、case2では周期の短い波が卓越し、変位の増幅率も大きい。これは、case2では軟質地盤領域と硬質地盤領域の比がcase1のそれと比べて小さいことに起因して、case2においては硬質部からの軟質部

キーワード：兵庫県南部地震、震災の帯、表層増幅

〒113 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL:03-3812-2111 FAX:03-3812-4977

への反射波などの割合が、case1 に比べて相対的に頻度が高かったものと思われる。本解析では、徐々に軟質地盤領域を狭くし、それを囲んでいる外側の硬質地盤領域を広くしていくと、軟質地盤の水平方向の変位は増幅し、周期が短くなる傾向があった。また、不連続面が入っていない case2 と不連続面が入っている case3 の比較を行うと、不連続面を考慮に入れた解析の方が考慮を入れない解析に比べて、最大 2 倍近く変位が増幅していた。これは不連続面を入れない解析では、地質境界において軟質および硬質の両地盤が、それぞれの運動に制的を受けてるのに対し、不連続面を導入することでその制的が減少していることに起因するものと思われる。

次に、先程と同様に case1 から case3 のそれぞれの解析において、硬質および軟質地盤の地質境界で変位をピックアップし、その鉛直方向の波形を 図 6, 図 7, 図 8 にプロットした。case1 と case2 を比較した時、軟質地盤の水平方向の変位の傾向と同様、case2 では周期の短い波が卓越している。この理由は先程と同様であると思われる。しかしながら、変位応答の最大値は先程と異なり case2 の方が増幅は小さく減衰も早い。そして、不連続面の入っていない case2 と不連続面が入っている case3 の比較すると、周期が極端に短くなり最大変位も 2 倍近く大きくなっている。この応答は不連続面のある地点でとっているため、極めて激しい運動をしたことが原因と思われる。

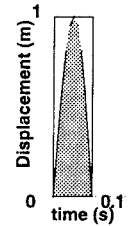


図 2 入力波形

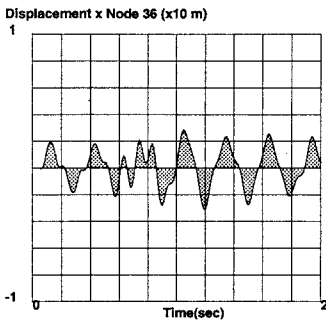


図 3 変位波形 (case1, 水平方向)

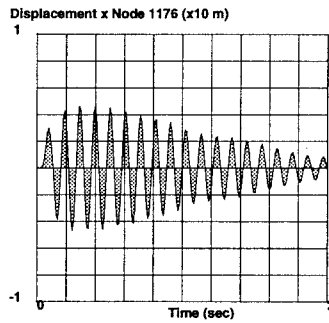


図 4 変位波形 (case2, 水平方向)

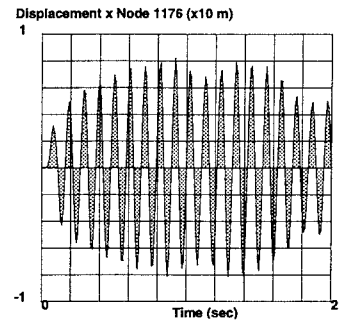


図 5 変位波形 (case3, 水平方向)

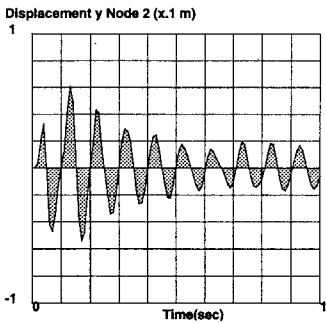


図 6 変位波形 (case1, 鉛直方向)

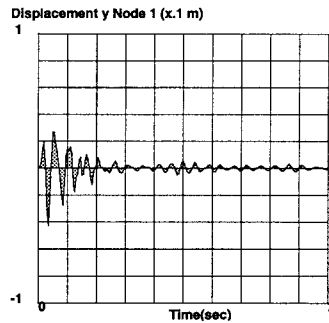


図 7 変位波形 (case2, 鉛直方向)

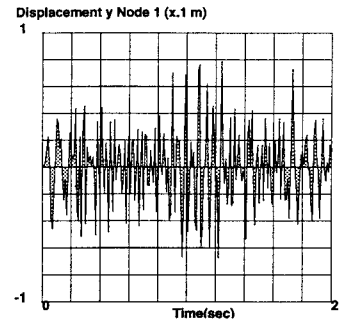


図 8 変位波形 (case3, 鉛直方向)

4. まとめ

本解析では、地盤の硬軟といった地盤の力学的特性や、不整形地盤に代表されるような地盤構造と表層地盤の増幅の関係を明らかにする目的で、地盤震動解析を行った。それより、地盤の構造に違い (ここでは case1 と case2) によって、地盤中の振動伝播や、表層における波形特性や増幅に違いが生ずることが判明した。さらに、地質境界における不連続性を考慮に入れ、考慮を入れない場合と比較することで、不連続性の影響について検討を行った。その結果、その影響がかなり大きいことが判明した。今後は、地盤特性や地盤構造の違いに加えて、不連続面の影響などについて、さらに詳しく検討を加えていく必要があるものと思われる。

参考文献

- 1) 齋藤麻里子・堀井秀之・吉田秀典・カベレ ベテル：“不連続面の変形を考慮した地盤材料の力学的挙動に関する研究” 第 5 回関東支部技術研究発表会講演概要集 (掲載予定), 1998