

I-B226 不整形地盤に対する一次元および二次元の時刻歴非線形地震応答解析

清水建設 正会員 藤川 智*, 福武毅芳*

中部電力 正会員 上田 稔**, 熊崎幾太郎**

1 はじめに 表層や深部において幾何学的な不整形性を有する地盤では, 局所的な地震動の増幅現象が生じることや, それによる大きな被害の発生が, 地震観測¹⁾ や地震被害調査²⁾ により報告されている。このような地盤の不整形性が応答に与える影響を検討する方法としては, 数値解析による方法が有効であり, これまでにも弾性論に基づいた解析³⁾ や等価線形解析⁴⁾ により実施されている。本研究では, 地盤の非線形性をより詳細に追求することが可能な時刻歴非線形解析による検討を行う。不整形性を取り入れた二次元解析と特定の断面に着目した一次元解析の比較から, 不整形性の影響を検討する。なお, 地盤の非線形性は二次元に拡張したR-Oモデル⁵⁾ を用いる。

2 解析条件 解析の対象とした地盤は2地点(地点Gと地点M)とした。図1には各地点の二次元解析モデルと地盤のS波速度を示す。また, それぞれの地点で図1中に示す3断面に対する一次元解析も行った。表1に盛土部分のR-Oモデルのパラメータ($\gamma_{0.5}$, h_{max})を示す。これらは, 地点Gでは既往の実験データを参考にし, 地点Mでは振動三軸試験結果に基づいて, それぞれにR-Oモデルの曲線がフィッティングするように設定した。岩盤部は線形弾性体とし, 減衰定数は $h=5\%$ を設定値としたレイリー減衰を与えた。このとき, 入力波の主要振動数(2~6Hz付近)で設定値に擦り寄るようにパラメータ(α, β)を設定した。入力地震波は表2に示す3波とする。表1に示す入力レベルは各地点における歴史地震75年期待値であり, 図1の右側方に示すように, 仮定した解放基盤での値とした。この位置から一次元波動論に基づいて解析モデル底面での入力波を定義した。図2に入力波のフーリエスペクトルを示す。境界条件は, 底面は粘性境界とし, 二次元解析の側方も粘性境界とした。

3 解析結果 図3に一次元解析(以下, 一次元)と二次元解析(以下, 二次元)による地表面最大水平加速度の分布を示す。二次元では盛土部分で加速度が大きく増幅しており, 入力波の違いにより分布特性の違いが見られる。

表1 解析地点と解析条件			
地点	盛土のR-Oパラメータ $\gamma_{0.5}$	h_{max}	入力レベル Gal(2E)
G	2.37×10^{-4}	0.20	180
M	2.50×10^{-4}	0.22	200

表2 入力地震波	
入力波	
エルセントロ(NS)	
開北橋記録(1978宮城県沖地震)	
七峰橋記録(1983日本海中部地震)	

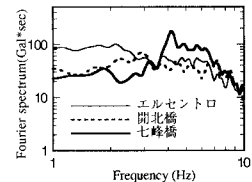


図2 入力加速度のスペクトル

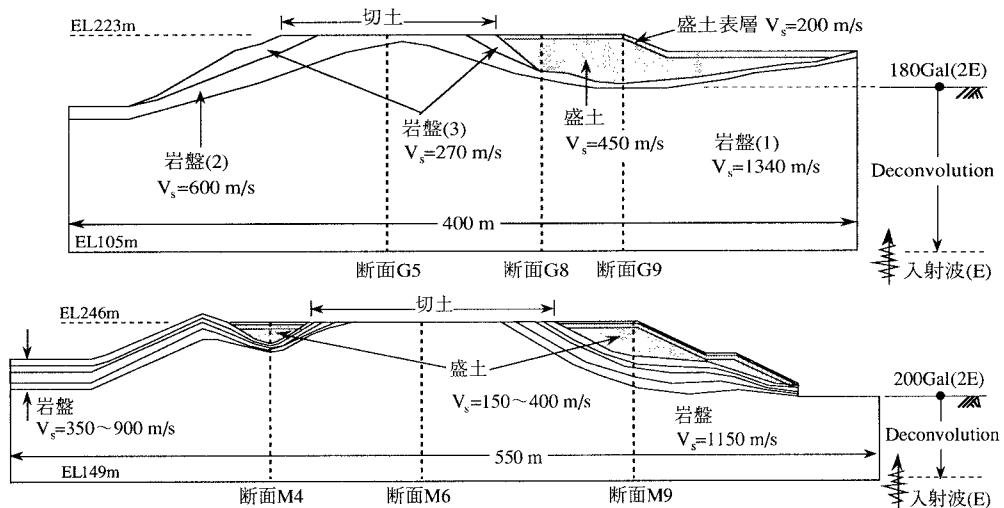


図1 解析モデルとS波速度(上:地点G, 下:地点M)

Key Word : 不整形, 非線形, 解析, 一次元, 二次元

連絡先 : **〒100-0011 千代田区内幸町2-2-2富国生命ビル27F, Tel:03-3508-8101, Fax:03-3508-2196

: **〒459-8001 名古屋市緑区大高町字北関山20-1, Tel:052-624-9184, Fax:052-623-5117

これは、入力波の振動数特性と地盤の固有振動数との関係による増幅効果、および地盤の不整形性の影響と考えられる。これに対し、切土した岩盤部分では加速度応答が小さく、入力波による差異もあまりない。一次元と二次元を比較すると、岩盤部分では応答値にあまり差は見られないが、盛土部分では大きな差異があり、一次元は二次元に比べ過小評価の傾向がある。ただし、断面M4の七峰橋波入力では二次元の方が一次元より小さい。図4には、地点Mの断面M9の最大水平加速度の深度分布を示す。地表面に近い盛土部分で大きく増幅している。地表付近では二次元の方が一次元より大きい傾向が見られる。特に、断面M9は盛土層が厚く斜面に近いため、不整形性の影響が顕著であるためと考えられる。図5には、地点Mの断面M4、M6、M9の地表面における加速度波形と入力波(2E)のフーリエスペクトル比を示す。岩盤部の断面M6ではフラットなスペクトル比であり、次元の差は見られない。盛土部の断面M4とM9では一次元と二次元で伝達特性が異なり、二次元は一次元に比べ、ピークが高振動数側にシフトし値も大きくなっている。上述のように断面M4の七峰橋波入力では二次元の方が一次元より地表面最大加速度が小さくなっているが、これはスペクトル比と入力波のスペクトル特性から考察できる。つまり、図2に示すように七峰橋波の卓越振動数は4～6Hzにあり、断面M4の一次元解析のスペクトル比、つまり伝達特性のピークはこの振動数範囲と一致している。これに対し二次元解析のピークはより高振動数側の位置にあるため、増幅が抑えられたものと考えられる。このように不整形地盤のスペクトル特性は成層地盤と大きく異なり、応答結果に大きな影響を及ぼすことがわかる。

4 まとめ 本研究では、不整形な構造を有する地盤に対して、非線形解析により一次元解析と二次元解析を実施した。これらの結果から、両解析の応答に大きな違いが見られた。従って、不整形性のある地盤の地震応答を精度よく算定するためには一次元解析では限界があり、その不整形性を考慮できる二次元以上の解析を行う必要があると言える。

参考文献 1)田蔵他(1983):基盤深さが大きく変化する地盤の振動特性について、第18回土質工学研究発表会, pp.657-660. 2)土木学会東北支部(1982):'78年宮城県沖地震調査報告書. 3)例えば、福和(1985):不整形性を有する沖積地盤の地震観測シミュレーション、構造工学論文集, Vol.31B, pp.1-10. 4)例えば、後藤他(1994):ノースリッジ地震Tarzana強震観測点における地盤の増幅特性、軟弱地盤における地震動増幅シンポジウム発表論文集、土質工学会, pp.194-201. 5)K.Fukutake, A.Ohtsuki, M.Sato and Y.Shamoto(1990):'Analysis of saturated dense sand-structure system and comparison with results from shaking table test', Earthquake eng. struct. dyn. 19, 977-992.

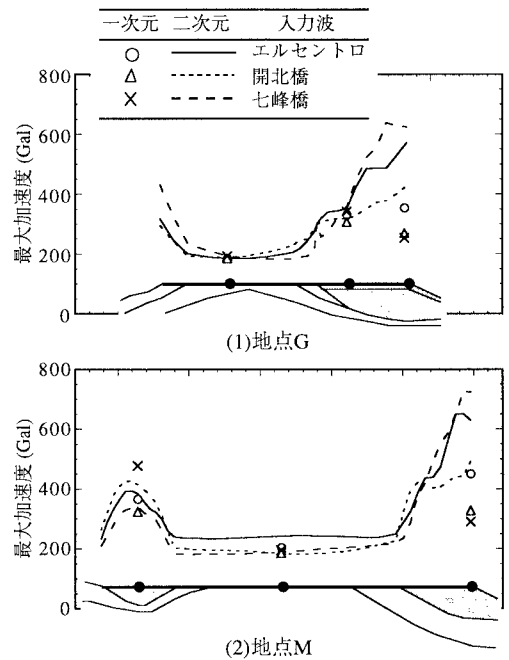


図3 地表面の最大水平加速度

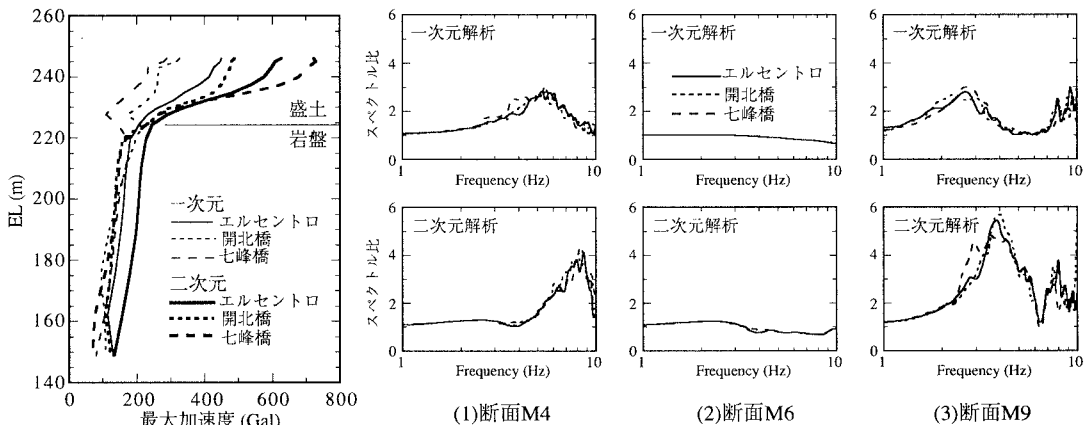


図4 最大水平加速度の深度分布（断面M9）

図5 地表面水平加速度と入力波のスペクトル比（地点M）