

I - B 109 中間軟弱層のある地盤への一次元地震応答解析の適用性に関するケーススタディ

佐藤工業 正会員 吉田 望 東京電力 正会員 安部 秀範
東京電機大学 正会員 安田 進 学生員 樋口 佳意

1 はじめに

一次元の地震応答解析では、中間に軟弱層があるとその層でひずみが非常に大きくなり、せん断強度に近い応力となる現象がよく見られる。このようなことが起こると、この層より上では、加速度が頭打ちになり、従って、せん断応力も頭打ちになる。しかし、実地盤では中間に軟弱層がある場合に、その層が水平方向に広範囲に広がっているとは限らない。むしろ、レンズ状になっていたり、傾斜していることも多い。このような場合に、一次元解析で見られるような加速度やせん断応力の頭打ちが実際に見られるかということは、例えば全応力解析に基づく液状化判定を行う際には重要な問題である。

広域な地盤の不整形を扱った研究はいくつかあるが、(例えば文献1)、ここで問題としているような表層地盤の局所的な不整形で、かつ、非線形現象が問題となるようなケースに対する検討はほとんど行われていない。そこで、本報告では、二次元と一次元の地震応答解析と比較することによって、このような不整形地盤に関する一次元地震応答解析の適用性について検討する。

2 解析モデル

図-1に解析に使用した FEM モデルを示す。いずれも、深さ22m までの表層地盤で幅210m の範囲を扱っている。(a)では中央にレンズ状の、(b)では中央部に傾斜した軟弱層を設けた。各モデルの材料特性は後に解析結果と共に示している。また、各層の材料非

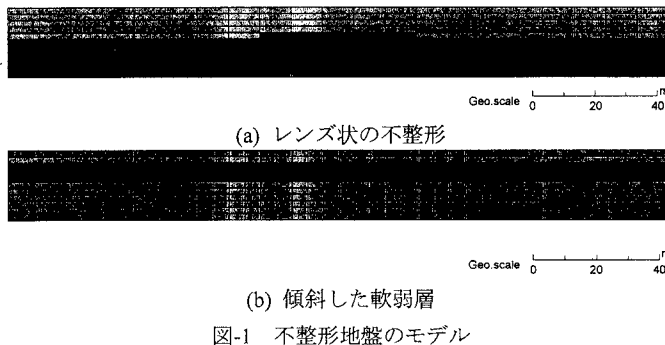


図-1 不整形地盤のモデル

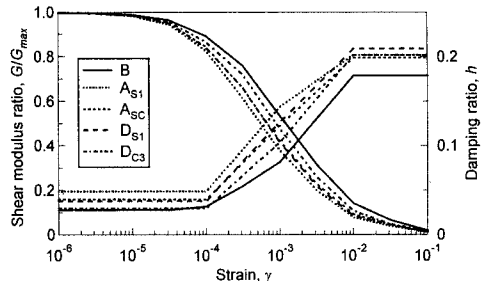


図-2 動的変形特性

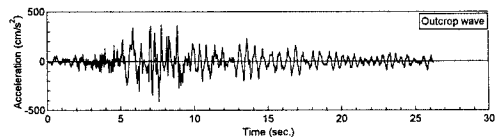


図-3 解放基盤の複合波形

線形は、安田・山口の提案式²⁾を基に、図-2の様に設定した。ここで、1%よりひずみが大きい領域では、減衰定数は一定とし、せん断定数は応力-ひずみ関係がなめらかに増加するよう、ひずみと共に低下させている。地震動は、図-3に示す模擬地震動を解放基盤複合波として作用させた。

解析は全応力非線形解析で、地盤に関する汎用解析コード STADAS³⁾を用いた。非線形モデルには設定した動的変形特性 ($G-\gamma, h-\gamma$ 関係) が完全に満たされるモデル⁴⁾を用いたので図-3に示した動的変形特性以上のモデル化は不要である。

3 解析結果と考察

図-4にレンズ状軟弱層のケース、図-5に傾斜軟弱層のケースについて最大応答値を示す。図には、対応する一次元解析の結果も示されている。

図-4には、軟弱層部分および、軟弱層が無い部分の一次元解析の結果も示されている。一次元解析の結果を見ると、軟弱層がある場合(実線)には軟弱層部分のひずみは3%のオーダーであり、非常な非線形域に入っている。このた

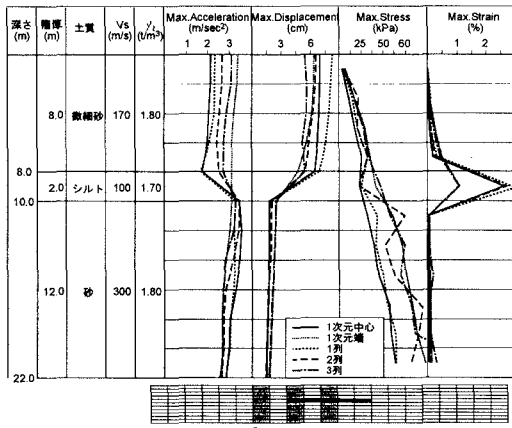


図-4 最大応答値の比較（レンズ状軟弱層）

め、最大加速度はこの層を境として 1m/s^2 以上低下し、加速度の頭打ち現象が明瞭である。一方、軟弱層の無い場合（点線）にはこのような極端な加速度の低下は起こらない。しかし、上下の層の剛性の変化が極端であるためか、上の地盤の下層では最大ひずみが1%と相当な非線形挙動をしている。両者の違いは最大せん断応力でも明瞭で、軟弱層のあるときは全体に小さく、無いときには全体に大きい。

次に二次元の結果を見ると、対称軸上の要素（1列）では応答は軟弱層のある一次元解析とほぼ同じである。また、軟弱層から離れた3列の応答は軟弱層のない一次元解析とほぼ同じである。これに対し、レンズ状軟弱層の端部にある要素では、軟弱層の下の最大せん断応力は軟弱層のない一次元解析と近いものの、軟弱層よりも上の層では軟弱層のある一次元解析と同じ程度の応答となっている。すなわち、側方の軟弱層のない部分の応答を大きく受けているといえる。しかし、軟弱層より上の部分では軟弱層のある一次元解析とほぼ同じせん断応力となっていることから、液状化判定のために地震応答解析を行うのであれば一次元解析でも十分といえる。

図-5では、二次元解析は、両端部及び中央の応答を示している。両端部では、軟弱層の位置が異なること、その上下の地盤が異なることもあり、応答は全く異なっているといえる。軟弱層の剛性と強度は両方で同じであるので、左端のモデルの方が軟弱層が深い分、表層の慣性力が大きいので、軟弱層の最大加速度は小さくなっている。また、最大ひずみは2

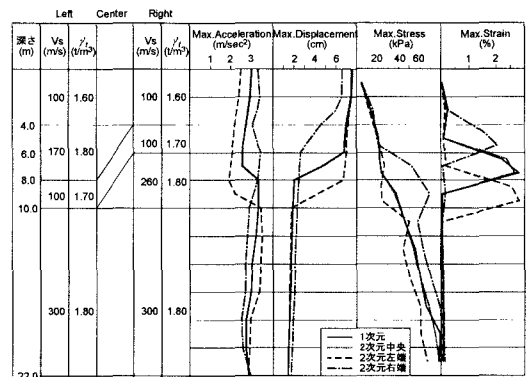


図-5 最大応答値の比較（傾斜軟弱層）

～3%で、それほど大きな差はない。しかし、軟弱層より下の最大せん断応力にはかなりの差がある。

次に、二次元解析の中央部の応答を見ると、ちょうど両端の応答の中間の応答となっている。また、中央に対応した一次元モデルの結果と比較すると、図では区別できないくらい両解析の応答が一致しており、ここで想定した傾斜（約2.5度）の場合には、一次元解析は十分な精度を持っているといえる。

4 まとめ

表層の不整形性の応答に与える影響と一次元解析の有効性について検討した。二つのモデル地盤についての検討を行っただけなので、一般的な結論を出すことは困難であるが、おおむね、不整形性の影響は各地点の一次元解析で表現できる結果となった。今後、ケースを増やし、また、実地盤に対して適用性を更に検討していきたい。

参考文献

- 1) 建設省建築研究所（1997）：建設省総合技術開発プロジェクト「大都市地域における地震防災技術の開発」地震動増幅危険度評価（建築）分科会報告書
- 2) 安田進，山口勇（1985）：種々の不攪乱土における動的変形特性，第20回土質工学研究発表会講演集，pp. 539-542
- 3) Yoshida, N., STADAS, A computer program for static and dynamic analysis of ground and soil-structure interaction problems, Report, Soil Dynamics Group, The University of British Columbia, Vancouver, Canada, 1993
- 4) 吉田望，辻野修一：多次元解析に用いる簡易な構成則，第28回土質工学研究発表会平成5年度発表講演集，pp. 1221-1224，1993