

表層地盤増幅評価手法の違いが地震動強さに与える影響

名古屋大学工学部社会環境工学科
建築学コース護研究室 小田佑生

1 研究の背景と目的

近年、南海トラフ巨大地震の発生が懸念され、地震調査研究推進本部によると M8~9 クラスの地震が今後 30 年間に発生する確率は 60~70% と非常に高い。そこで、内閣府を始めとした数多くの自治体が防災・減災への活用のため被害予測やハザードマップの作成を実施している。その際に必要となるのが地表面の地震動強さの予測であり、そのためには、表層地盤増幅を適切に評価をすることが重要である。しかし、各自治体で用いられている表層地盤増幅評価には複数の手法があるため、地表の地震動強さの予測結果が異なってしまう。そこで本研究では表層地盤増幅評価手法の違いが地震動強さに与える影響の検討を行う。

2 表層地盤増幅の評価手法

表層地盤増幅評価をする手法は、大きく 2 つに分けると地盤の地震応答解析による詳細な手法と、簡便な手法があり、詳細法において、等価線形解析法は、地盤の動的変形特性を等価な線形の関係に近似し解く方法で比較的簡便である。また、逐次非線形解析法は、地盤の動的変形特性を、時々刻々追跡しながら行う解析手法である。解析に用いる地盤モデルおよび動的変形特性が正確にモデル化されていれば、もっとも厳密な解析手法であるが、より多くの地盤情報が必要となる。簡便法は、地盤の増幅特性に大きく影響するとされている地表から深さ 30 m までの平均 S 波速度(以下、AVS30)を用いて表層地盤増幅評価をする手法であり、地盤の動的変形特性を考慮していない。また、本検討では液状化の影響については考慮していない。図 1 に表層地盤増幅評価流れ図を示す。本検討では、詳細法として、逐次非線形解析法と等価線形解析法を用い、簡便法として、AVS30 を用いた松岡・翠川(1994)¹⁾と横田他(2005)²⁾による地盤増幅度の算出手法を用いる。ここで AVS30 の算出・推定手法としては、内閣府(2005)³⁾において用いられている(以下、内閣府(2005)) PS 検層結果やボーリングデータから算出する方法を使用し、微地形区分から推定する手法としては、松岡・翠川(1994)¹⁾、藤本・翠川(2003)⁴⁾、中央防災会議(2003)⁵⁾ で用いられている方法(以下、中防 2003)を使用する。また、中央防災会議(2012)³⁾や横田他(2005)では震度増分で表層地盤増幅を表していることから、本論では震度増分に統一して各手法を検討する。その際に地震動強さを計測震度に変換する手法として童・山崎(1996)⁶⁾を用いる。

3 解析条件

図2に対象地点を示す。対象地点は、地質年代・地形・沖積層基底面標高・地震基盤上面深さの既存基盤資料に基づきグループ分けした、愛知県西部に位置する名古屋市内の9地点を用いた。入力地震動としては、南海トラフ地震と同じく海溝型地震であり、やや長周期成分を多く含む告示

波(八戸位相)を、振幅レベルをごく稀に発生する地震を最大とする5段階に変化させて使用した。図3に入力地震動の擬似相対速度応答スペクトルを示す。

逐次非線形解析における地盤の動的変形特性は修正 R-O モデルを、等価線形解析における地盤の動的変形特性は H-D モデルを用い、各地点の室内土質試験の有無に関わらず、砂質土・粘性土に関しては古山田(2003)⁷⁾によるパラメータ、砂礫に関しては今津・福武⁸⁾によるパラメータを使用してモデル化した。また、等価線形解析に関しては、解析の適用限界とされている最大せん断歪が 1% までの範囲で収束する解析結果のみを採用した。

4 AVS30 の算出手法が地盤増幅評価に与える影響

本章では、簡便法における AVS30 の算出手法の違いが地盤増幅評価に与える影響を検討する。図 4 に算出手法ごとの各地点の AVS30 を示し、図 5 に AVS30 の算出手法ごとの松岡・翠川(1994)の最大速度増幅から算出した震度増分と工学的基盤までの深さの関係を示す。図 4 より、PS 検層結果やボーリングデータから算出するよりも、微地形区分から推定する AVS30 の方が大きく評価されていることが分かる。この原因として地表から工学的基盤までの深さの考慮の有無が考えられる。内閣府(2005)の手法では、工学的基盤までの深さを 30 m に変換し、30 m より深いものは AVS30 を小さく、浅いものは大きくしている。従って、工学的基盤までの深さの増加に伴い AVS30 の減少が見られる。しかし、本研究で用いた内閣府(2005)以外の手法では工学的基盤までの深さは考慮していない。AVS30 が真値よりも大きく評価された場合、表層地盤増幅が過小評価されてしまうので注意が必要である。図 5 より、簡便法において AVS30 の算出手法の違いが震度増分に与える影響は最大で 0.5 程度であり、AVS30 を算出する手法の違いが表層地盤増幅に与える影響は無視できない。

5 地盤の動的変形特性の考慮が地盤増幅評価に与える影響

本検討で行った詳細法と簡便法の結果の違いについて検討する。図 6 に地点 ARM・NST の逐次非線形解析と等価線形解析の結果を示し、図 7 にそれぞれから算出した震度増分を示す。図 6 より、逐次非線形解析法と等価線形解析法では最大せん断歪の増加に伴い、最大加速度の減少が見られる。また、図 7 より、最大加速度よりも最大速度から算出した震度増分の方が大きくなっている。これは、最大せん断歪の増加に伴って、地盤の非線形性により最大加速度の増幅は小さくなるのに対し、最大速度はそれにあまり依存しないためと考えられる。従って、表層地盤の増幅評価において加速度増分を用いる場合、最大せん断歪が大きい地盤では、地盤の非線形性により過小に評価してしまう可能性がある。

さらに図 7 より、簡便法と詳細法の違いに注目すると AVS30 の減少に伴い地盤増幅度の差が増加していること

が分かる。これは、地震の際に被害が大きい軟弱地盤ほど表層地盤増幅の評価に差があるということを示している。

6 まとめ

手法による表層地盤増幅評価の違いについて検討した結果、注意すべき以下の点が見つかった。

簡便法は AVS30 を算出する手法の影響が大きく、微地形区分から推定する AVS30 が特に丘陵地では実際より大きく評価され、地盤増幅が小さく評価される可能性がある。詳細法では、地盤の非線形性により最大加速度の方が最大速度よりも大きく減衰しているため、地盤増幅の評価を行う際に加速度増分を用いると地盤増幅を小さく評価してしまうことがある。簡便法と詳細法では、AVS30 の減少に伴い地盤増幅の差が増加し、地震の際に被害が大きい軟弱地盤ほど表層地盤増幅の評価に差がある。

参考文献

- 1) 松岡昌志・翠川三郎(1994)：国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング 第22回地盤震動シンポジウム 日本建築学会
- 2) 横田崇・稲垣賢亮・増田徹(2005)：数値実験による地盤特性と増幅率の関係 日本地震学会講演予稿集
- 3) 南海トラフ巨大地震モデル検討会 第15回：浅い地盤構造モデルについて
- 4) 藤本一雄・翠川三郎(2003)：日本全国を対象とした国土数値情報に基づく地盤の平均S波速度分布の推定
- 5) 中央防災会議(2003)：東南海、南海地震等に関する専門調査会 第16回
- 6) 童華南・山崎文雄(1996)：地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係
- 7) 日本建築学会：建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計 丸善株式会社
- 8) 今津雅紀・福武毅芳：砂礫材料の動的変形特性

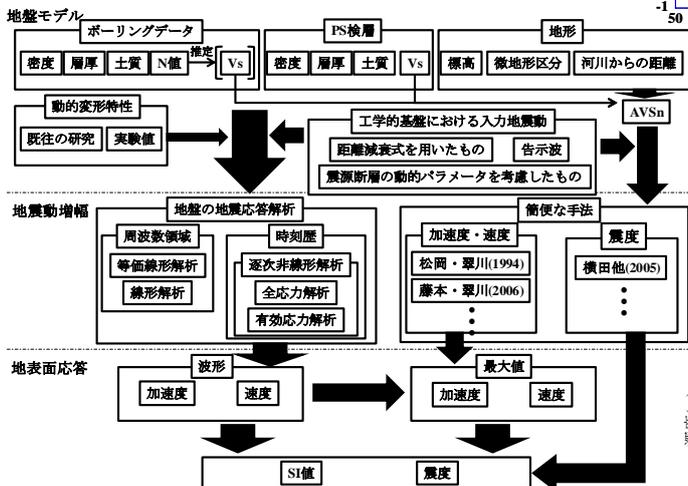


図1 表層地盤増幅評価の流れ図

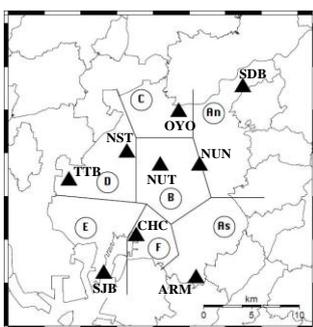


図2 評価対象地点

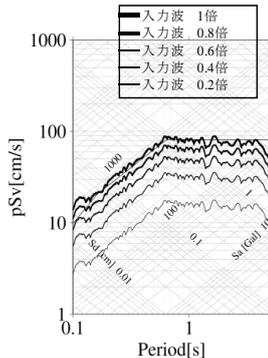


図3 入力地震動の擬似相対速度応答スペクトル

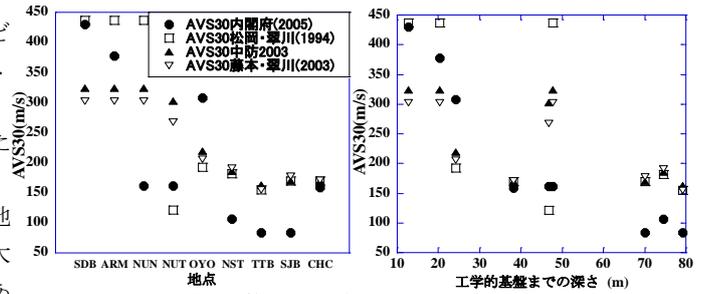


図4 算出手法ごとの各地点の AVS30

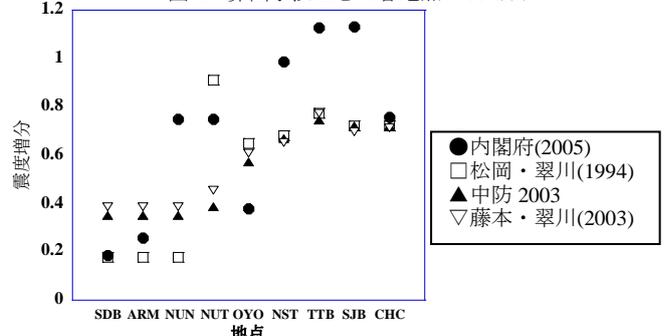


図5 AVS30の算出手法ごとの松岡・翠川(1994)の最大速度増幅から算出した震度増分

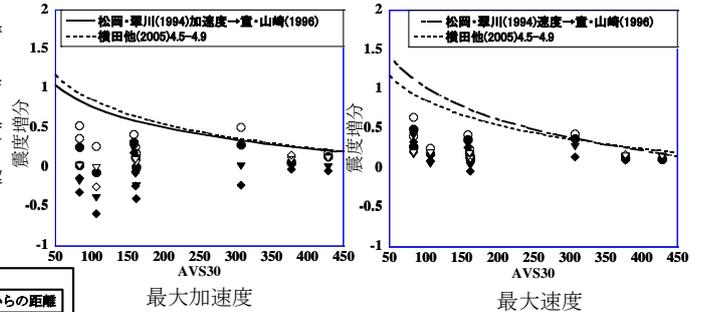


図7 逐次非線形解析結果と等価線形解析結果から算出した震度増分

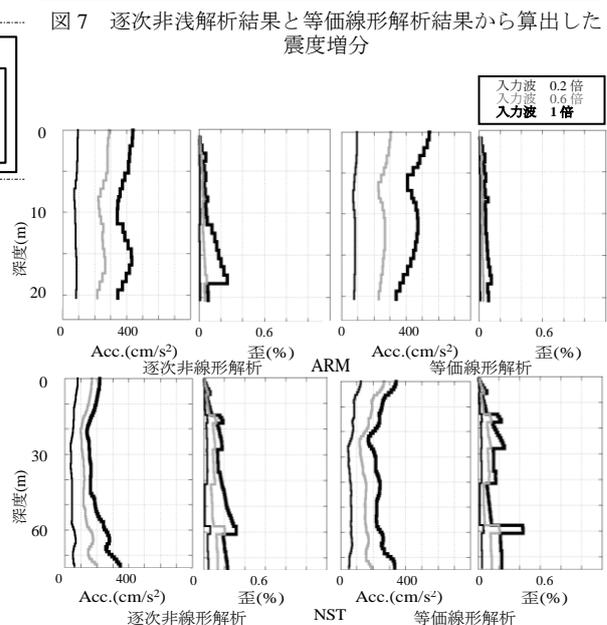


図6 逐次非線形解析結果と等価線形解析結果

図2 評価対象地点

図3 入力地震動の擬似相対速度応答スペクトル