

全応力解析の有効性に関する研究

東北学院大学工学部 学生会員 島田 直輝
東北学院大学工学部 郡 裕太郎
東北学院大学工学部 正会員 吉田 望

1 はじめに

液状化が発生すると、地盤の支持力低下による構造物の沈下、地盤の流動、噴砂などの被害が発生する。したがって、液状化の発生する地盤で構造物の安全性を確かめるためには、有効応力に基づく液状化解析などを行い、その安全性を検証する必要がある。しかし、砂地盤のすべてで液状化が発生するわけではない。また、有効応力に基づく液状化解析を行うには、液状化に関する多くのデータが必要であるし、解析そのものも難しく、技術者の経験も必要である。これに対して、全応力解析はより簡易であり、地震応答解析に要求されるデータも少ない。したがって、過剰間隙水圧は発生する可能性があるが、液状化しないであろうと考えられるような地盤では、過剰間隙水圧の発生を考慮せず、地震前の力学特性が地震中も変化しないとする全応力地震応答解析を行うことも考えられる。この場合、過剰間隙水圧がある程度以上発生すると、その影響を考慮することは必須になるであろうから、その限界を明瞭にしておくことが好ましい。本研究では、全応力解析と地震応答解析を比較することによってその限界を明らかにすることを目的とする。

この目的のために、本研究では地震応答解析プログラム YUSAYUSA-2¹⁾を用いる。このプログラムは、全応力解析と有効応力解析の両方を行うことができるので、このような比較には便利である。

2 入力地震波

ここでは、北海道苫小牧の液状化アレー観測地点²⁾の解析対象とする。このサイトでは、多くの地震波が記録されているが、そのうち、1994年北海道東方沖地震の記録を用いる。図1にこの地震の際の基盤 (GL-35m) の加速度記録 (最大加速度 0.347m/s^2) を示す。この記録の大きさをパラメータとし、全応力解析と有効応力解析を行い、両者を比較することによって適用性を検

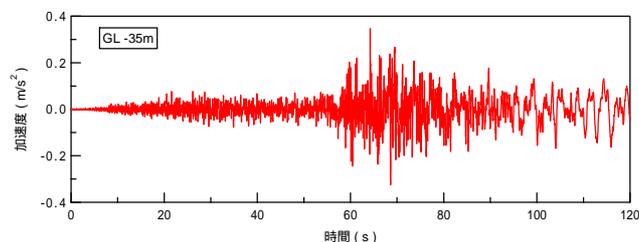


図1 入力地震波

討する。

3 解析方法、解析結果と考察

解析モデルの地盤構造はアレー地点をそのまま用いる。弾性定数、単位体積重量などは N 値より道路橋示方書³⁾を参考にして決めた。内部摩擦角は、畑中の式⁴⁾によった。液状化強度は道路橋示方書に基づいて15回の繰返しに対する液状化強度を決め、これを、Seedらの有効繰返し数とマグニチュードの関係⁵⁾を利用し5回、20回の繰返しに対する液状化強度比を求め、これにフィットするように YUSAYUSA のパラメータ B_p , B_u などの値を求めた。

入力地震動は、観測値を拡大、縮小し、入力した。このうち、観測波形による最大応答値を図2に示す。この入力では過剰間隙水圧の発生は少なく、液状化に至らなかった。さらに、入力加速度を大きくしていったところ、この3倍の入力で、GL-3m 付近の層が液状化した。この際の最大応答値を図3に示す。

図4は全応力解析と有効応力解析の最大加速度を入力地震波の最大加速度の関数として表現したものである。全応力解析ではいずれも地表で地震動は増幅しているが、有効応力解析では入力地震波の最大加速度が 0.6m/s^2 付近からほぼ一定で、入力が大きくなると地表の地震動は減衰している。また、入力地震波最大加速度 0.6m/s^2 付近から全応力解析と有効応力解析の差が広がっている。図5は最大変位について、入力地震動との関係を見たもので、入力地震波の最大加速度が

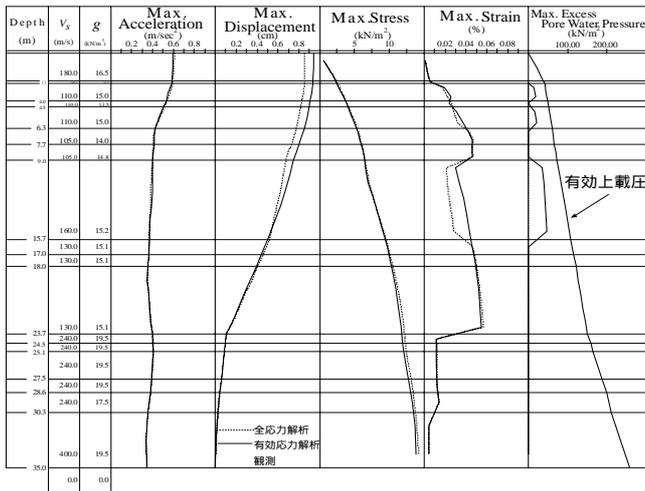


図2 最大応答値

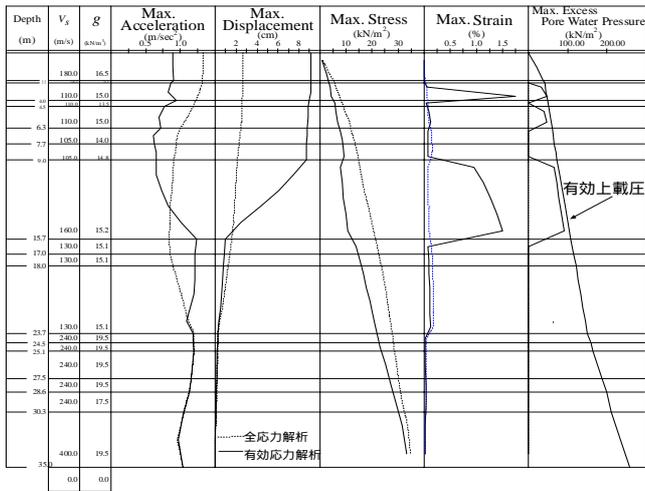


図3 最大応答値

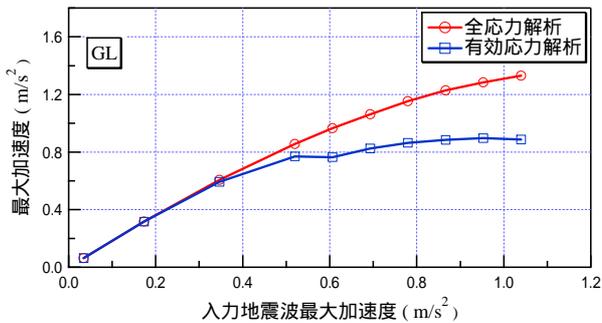


図4 最大加速度比

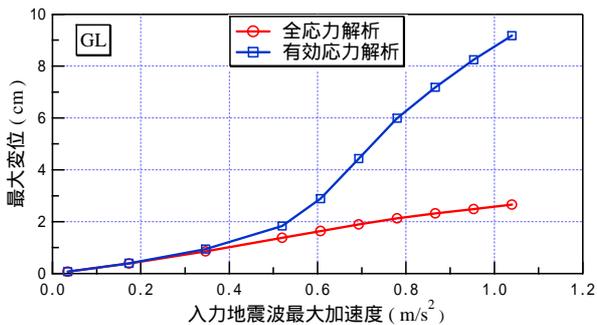


図5 最大変位比

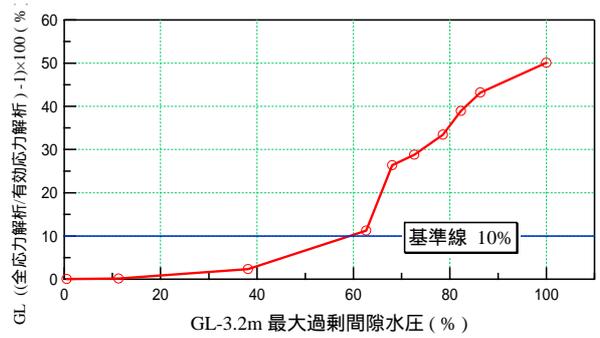


図6 全応力解析の有効性（加速度）

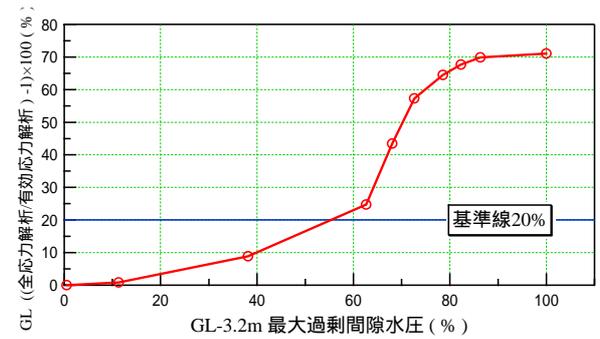


図7 全応力解析の有効性（変位）

0.5m/s² 付近から差が広がっている。

図6, 図7は有効応力解析に対する全応力解析の応答を比較したもので、いずれも全応力解析の結果を有効応力の結果で除したものとなっている。ここで、加速度に関しては10%、変位に関しては20%を許容値とすれば、大凡、一番過剰間隙水圧発生が多い層で、過剰間隙水圧が初期有効上載圧の60%程度が、全応力解析の適用範囲ということになる。

4 まとめ

全応力解析の砂地盤に対する適用性を検証した。その結果、過剰間隙水圧の発生量が初期有効上載圧の60%程度より小さければ、全応力解析は有効応力解析と比べ、最大加速度では約10%、最大変位では約20%の誤差の範囲に収まっているということが分かった。

参考文献

- 1) 吉田望・東畑郁生：YUSAYUSA-2 SIMMDL-2（改訂版 Version2.10），2005.7
- 2) 北海道開発土木研究所
- 3) 日本道路協会（2002）：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編
- 4) Hatanaka, M. and Uchida, A. (1996): Empirical correlation between penetration resistance and internal friction angle of sandy soils, Soils and Foundations, Vol. 36, No. 4, pp. 1-9
- 5) Seed, H. B., Idriss, I. M. and Arango, I (1981): Evaluation of liquefaction potential using field performance data, J, of GT, Vol. 109, No. 3, pp. 458-482