

解析手法の違いによる地震時における地盤沈下量の一考察

九州大学 学生会員 藤田侑子, 正会員 梶田幸秀, 正会員 松田泰治

1.はじめに

盛土による堤防の耐震性能照査では、液状化に伴う土層の物性の変化を考慮し、堤防の変形を静的に算定できる方法を用いて地震後の堤防高が耐震性能の照査において考慮する外水位を下回らないことを照査するものとしている¹⁾。文献1では、液状化に伴う堤防の変形を簡便かつ精度よく静的に算定する方法のひとつとして、液状化の発生による土層の剛性低下を仮定するとともに、土構造物としての自重を作用させ、その変形を有限要素法により算定する方法をあげている。盛土による堤防では、地震後の堤防高、すなわち、地盤の沈下量が重要な物理量となるため、本研究では、2つの解析手法(静的・動的)で解析した場合の地盤の沈下量について考察を行うこととした。

2.解析概要

解析プログラムとしてALID(液状化に伴う残留解析手法)とFLIP(地震時の液状化による構造物被害予測プログラム)との2つを用いた。解析地盤として、益城町の惣領橋付近で行われたボーリングデータを用いた地盤モデルを用意し、FLIPとALIDで基本的には同じ要素サイズで、さらに、せん断剛性GやN値、細粒分含有率F_cなど、その他の液状化パラメータなども同じ値を入力しモデル化を行った(図-1)。表-1に深度と土の区分を表す。

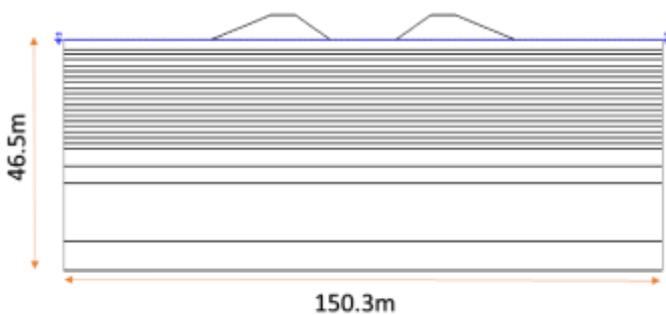


図-1 解析モデル全体図

表-1 深度と土の区分

深度	液状化	区分	深度	液状化	区分
0~1.8		現河床堆積物	12.8~13.8		粘性土
1.8~2.6		砂質土	13.8~14.8		粘性土
2.6~3.6		粘性土	14.8~15.8	○	礫質土
3.6~4.8		粘性土	15.8~16.8	○	礫質土
4.8~5.8		粘性土	16.8~17.8	○	礫質土
5.8~6.8		粘性土	17.8~18.8		礫質土
6.8~7.8		粘性土	18.8~19.8	○	砂質土
7.8~8.8		粘性土	19.8~23		砂質土
8.8~9.8	○	粘性土	23~26.1		礫質土
9.8~10.8	○	粘性土	26.1~36.7		粘性土
10.8~11.8	○	砂質土	36.7~42		砂質土
11.8~12.8		粘性土	盛土		砂質土

なお、深度 8.8~10.8m は粘性土層となっているが、算定された FL 値より、液状化すると判断した。その際、粘性土では液状化を再現できないので、モデルでは砂質土に設定している。

FLIP では、入力地震動として、Kik-net 益城で観測された深さ 225m地点の地震基盤加速度(南北方向)を、解析地盤の最下面に相当する深度 42m の位置まで、Kik-net 益城での地盤条件で引き上げた地震波を解析モデル最下部に入力している。ALID では、地表面での加速度の最大値のみ入力するため、FLIP において、解析地盤最下面に地震動を入力し、その結果として得られた地表面での加速度の最大値を ALID での地表面加速度の値とした。なお、この場合 FLIP において、地震動の繰り返し作用による土層の過剰間隙水圧の上昇を考えない場合で加速度を算出し、地表面地震動の最大加速度は 242.6gal となり、この値を ALIDに入力した。また、図-2 のとおり、N 値の分布はボーリングデータに基づいて設定した。赤枠が液状化層となっている。

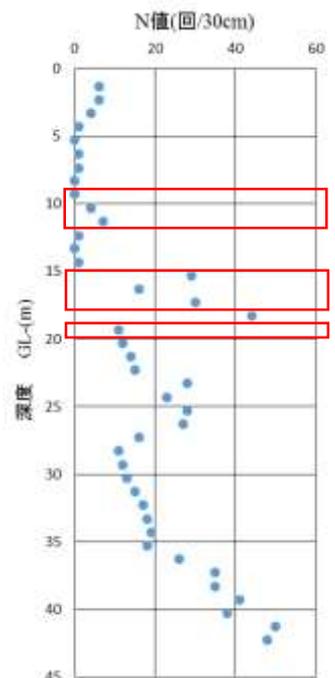


図-2 N 値分布図

3.解析結果

ALID では、振動による繰り返し応力作用によって生じる動的な残留変位と、液状化の発生に伴う土粒子の骨格の構造劣化に起因する自重応力下での流動変位に分けて考える。そのため、沈下前とは繰り返し応力作用による残留変位を表し、沈下後とは剛性低下に起因する自重応力下での変位である。

地盤の沈下前の変形状態を図-3、沈下後の変形状態図-4 とする。また、ALID の沈下前と沈下後の変位と FLIP の変位の結果を図-5 に示す。なお、沈下量は地表面の値を出している。また、FLIP では非排水条件でしているため、地震後の過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量は考慮されていない。

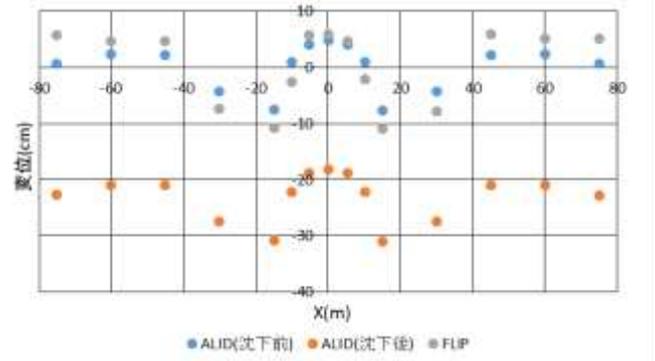


図-5 沈下量の比較

図-3 では、沈下前では盛土の下部で沈下が生じて、中央部分で盛り上がっている。これは、液状化層で側方流動が起こったことによるものであることがメッシュの歪みからわかる。さらに、沈下後と沈下前の変形図を比べると排水が起こることで地盤の間隙が減少し、さらに沈下している。図-5 より、排水前は最大で 8.8cm 沈下し、排水により全体的にさらに 23cm ほど沈下している。モデル中央から 17m ほど離れた盛土の下部で最も沈下し、その値は最大で 32.14cm の沈下量となった。また、FLIP の結果と ALID の沈下前の結果が同程度となった。

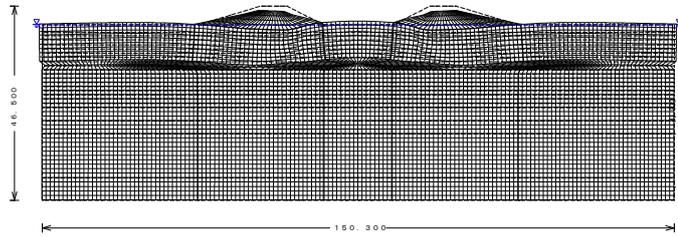


図-3(a) 沈下前の変形図(全体図)

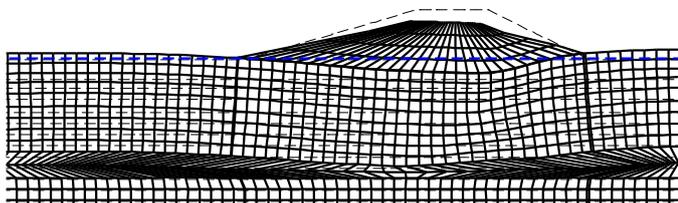


図-3(b) 沈下前の変形図(拡大図)

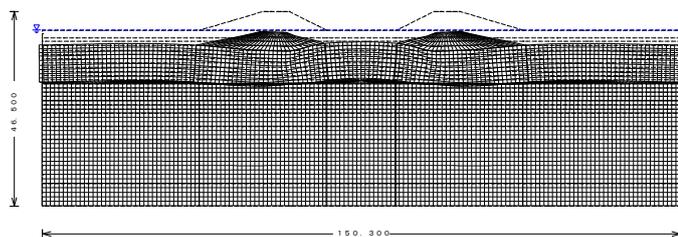


図-4(a) 沈下後の変形図(全体図)

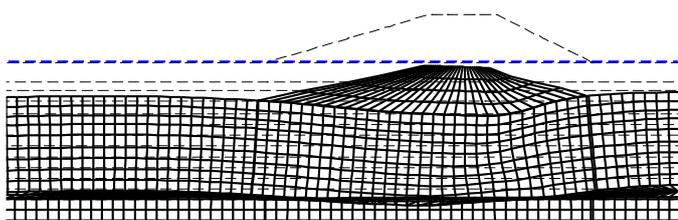


図-4(b) 沈下後の変形図(拡大図)

4. おわりに

本研究では、2 つの解析手法を用いて地盤の沈下量について考察を行った。以下に本解析で得られた知見を記す。今回、解析手法の違いに注目し、ALID の沈下と沈下後の結果、さらに FLIP の結果を比較することで、沈下量における両解析ソフトの違いがどの程度出るのかを検討した。その結果 FLIP の結果は、ALID の沈下前の値と近い値となった。これは、FLIP の解析を非排水で解いているためである。0~5cm ほど差があるが、これは静的解析と動的解析の違いによるものだと考えられる。

謝辞

ボーリングデータは熊本県より提供いただきました。本解析は一般社団法人九州構造・橋梁研究会熊本地震対応特別委員会 WG2(土構造/盛土 WG)の方々の協力の下行いました。ここに記し、感謝の意を表します。

参考文献

1) 国土交通省水管理・国土保全局治水課:河川構造物の耐震性能照査指針・解説 II 堤防編, 2016