

2011 年東北地方太平洋沖地震における浦安市の液状化解析

東北学院大学 学生会員 武田 裕樹, 芳賀 眞吾
東北学院大学 正会員 吉田 望

1 はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震の際、千葉県浦安市では、地盤改良の行っていなかった埋立地のほぼ全域で大規模な液状化が発生した¹⁾。浦安市の K-NET 記録²⁾ (浦安市役所に設置され、非液状化地盤) によると最大加速度は 1.57m/s^2 で、これまでの液状化被害に比べると、大きくはない。それにもかかわらず、大規模な液状化が発生した原因は、地震の継続時間が長かったためと考えられているが、充分に実証されているわけではない。本論では、有効応力に基づく地震応答解析により液状化の発生を議論する。

2 解析手法と地盤モデル

浦安市の K-NET の観測地点近傍では液状化の証拠である噴砂等が見つかっていないことから地震の際には液状化しなかったと考えられている。そこで、この記録 (EW 成分) から工学的基盤への入射波を求め、これを浦安市の液状化地点に作用させる。地盤は、文献3)で用いられるものを用いた。力学特性等も同じ文献によった。解析は DYNEQ⁴⁾を用い、SHAKE と同じ等価線形手法を用いる。図 1 に地盤モデルを示す。

有効応力解析を行うにあたっては、その有効性を確認する必要がある。浦安市では、京葉ガスが SI センサーを設置しており、そこで加速度記録が得られている。また、住宅地では高度な地盤調査は行われないことが一般的であるが、浦安市では液状化した宅地の液状化対応のために、市街地液状化対策検討委員会が開催されており⁵⁾、対策を検討している部分では詳細な地盤調査が行われているところがある。両者が近い地点 (距離約 700m) が一カ所あり、この地点を解析対象とする。図 2 に地盤モデルを示す。解析は YUSAYUSA-2⁶⁾を用いる。

地盤の単位体積重量、せん断波速度は文献5)に示される値を用いる。液状化強度は、道路橋示方書に基

づき 20 回の繰返しに対する液状化強度を求め、文献7)に基づき、5 回の繰返しに対する液状化強度を求め、これを $K_0=0.5$ を仮定し 2/3 倍したものを液状化強度とし、これに合うように過剰間隙水圧発生を制御するパラメータ B_p , B_u を決める。この際、内部摩擦角は道路橋示方書の方法で求めた (ただし、最小内部摩擦角を 30 度に設定)。

3 解析結果と考察

図 1 に K-NET サイトの最大応答値を示す。最大せん断ひずみは約 0.2% で非線形性は著しくない。また、図 3 に一部の層の過剰間隙水圧時刻歴を示す。液状化の発生時間が地震開始後約 118 秒であり、継続時間の長さが液状化の発生要因となっていると考えられる。ただし、詳細に見ると問題もある。例えば、液状化したのは GL-6.1~6.7m の層のみであり、この薄層の液状化が大きな液状化被害の原因となっているとは考えにくい。また、計算による最大加速度は約 1.35m/s^2 であるのに対して観測値の最大加速度は約 2.2m/s^2 で大きく違っている。

この原因として次の様な事を考えた。

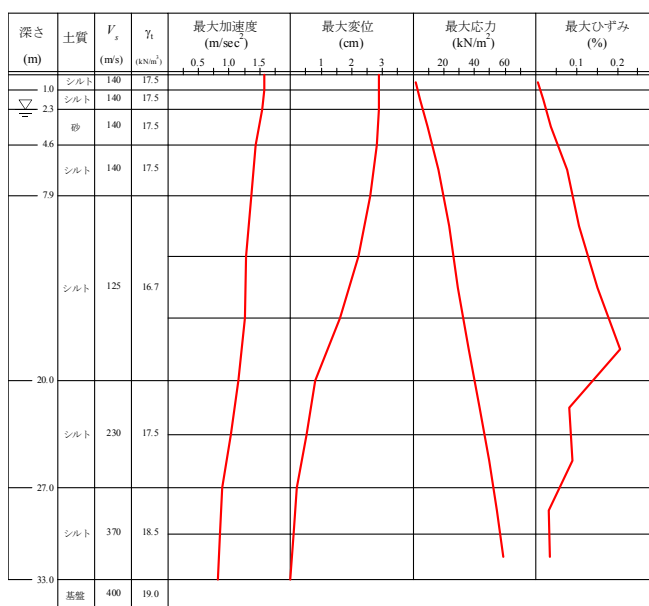


図 1 K-NET サイトの逆増幅解析結果

キーワード 地震応答解析, 液状化

連絡先 〒985-8534 宮城県多賀城市中央 1-13-1

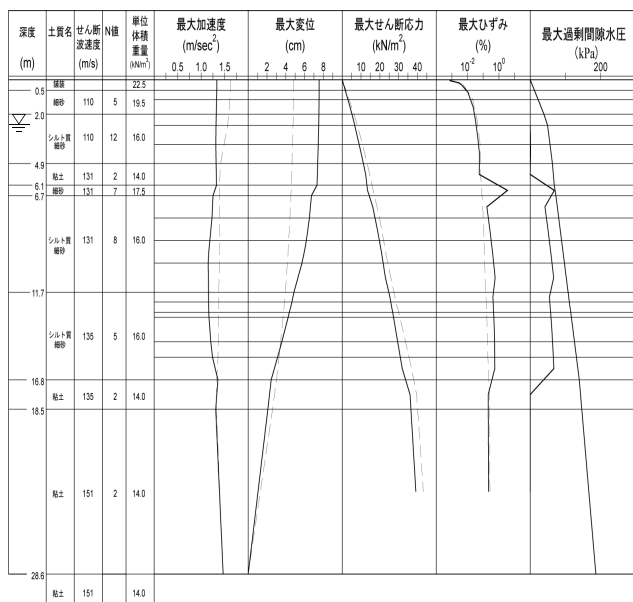


図2 液状化サイトの最大応答値

- 1) 内部摩擦角などを求めた実験式が適切でない
- 2) 弾性定数は N 値より実験式を用いて求めたが、近傍の PS 検層を使う方が適切
- 3) 計算に用いた入射波が小さすぎる

このうち、1)に関しては実験値のばらつきの範囲を想定していくつか計算を行ったが改善は見られなかった。2)も結果にはほとんど影響しなかった。なお、全応力解析も行ったが、やはり大きい最大加速度は再現できなかった。

K-NET サイトは地表に噴砂等の液状化の発生を示唆する証拠が見られなかったことから液状化しなかったとされている。しかし、柱状図を見ると、必ずしもそうとはいえない。そこで、地震計が設置されている浦安市役所の柱状図を用いて道路橋示方書による液状化解析を行ったところ（最大加速度は K-NET の値）、図4に示すように、下部の層では液状化しているという結果となった。図1ではこれを考慮しなかったため、基盤入射波を小さく評価した可能性がある。

4 まとめ

浦安市の液状化発生時期を検討する為に液状化解析を行った。解析による液状化発生時刻は地震後約118秒で長い継続時間が液状化を発生させたといえる。ただし、K-NET サイトの地下では液状化が発生した可能性があり、工学的基盤への入射波を過小評価した可能性があり、さらなる検討が必要である。

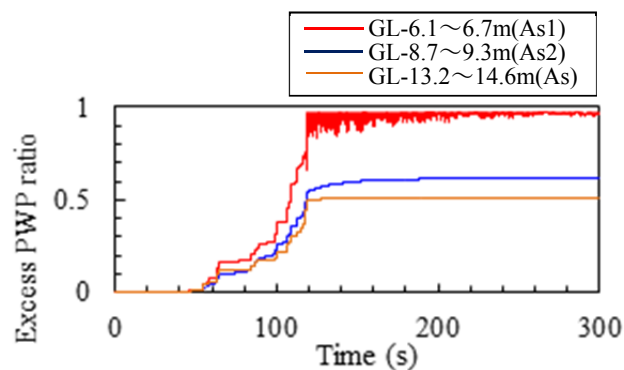


図3 過剰間隙水圧比の時刻歴

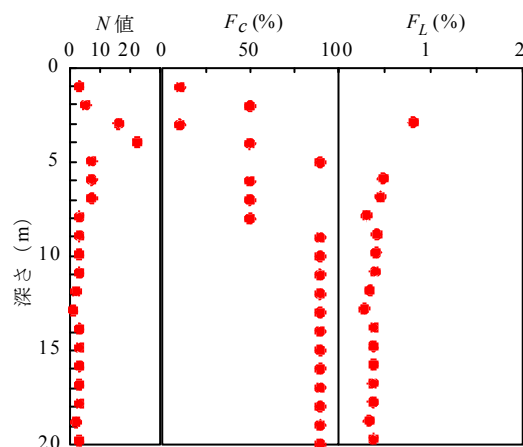


図4 K-NET 浦安の液状化解析結果

参考文献

- 1) 東日本大震災合同調査報告書編集委員会：東日本大震災合同調査報告 共通編3 地盤災害, 地盤工学会, 2013, pp. 470
- 2) 防災科学技術研究所：強震観測網 (K-NET, KiK-net), <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/quake/>
- 3) 原田健二, 吉田望, 安藤滋郎 (2014)：地震応答解析による締固め改良効果の評価事例, 第11回地盤改良シンポジウム, 仙台, pp.207-214
- 4) 吉田望 (2004)：DYNEQ A computer program for DYNAMIC response analysis of level ground by EQUIVALENT linear method, Version 3.25, <http://www.civil.tohoku-gakuin.ac.jp/yoshida-j.html>
- 5) 浦安市：市街地液状化対策検討委員会 資料・議事概要, <http://www.city.urayasu.lg.jp/shisei/johokoukai/shingikai/toshiseibi/1006406/1008302/index.html>
- 6) 吉田望, 東畑郁生 (2005)：YUSAYUSA-2, 理論と使用法 (改訂版 Version 2.10)
- 7) 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