

液状化に伴う地盤揺動に対する地震応答解析の有効性の検証

東京電機大学 正会員 ○石川 敬祐
 東京電機大学 フェロー会員 安田 進

1. 目的

東日本大震災では、東京湾岸の埋立地で液状化による路面の突き上げ被害および上下水道やガス導管といった埋設管路の継手の抜け被害が生じた。著者らは、この被害メカニズムを液状化に伴う地盤揺動現象と仮定し、二次元地震応答解析(FLUSH)を用いて簡易な地盤揺動解析を実施してきた¹⁾。その際の液状化層の地盤剛性は、微小ひずみ時のせん断剛性に対して、1/100~1/200程度低下したと仮定して検証してきたが、この有効性を確かめる必要がある。本研究では、東日本大震災時に液状化し、その地震動波形記録が得られている K-NET 稲毛の観測データ²⁾から求めた液状化後の地盤変位量とこれまで実施してきた簡易な地盤揺動解析による地盤変位量を比較し、この評価手法を用いる際の液状化地盤の地盤剛性や減衰定数を求めることを目的とする。

2. 検討条件

検討地点は、東日本大震災時に液状化した千葉市美浜区稲毛海岸に設置されている K-NET 稲毛(CHB024)である。図1は、この地点で観測された東西方向の加速度波形とその波形を用いてフーリエ積分により速度波形と変位波形を算出した結果である。これより、完全に液状化した状態(215秒以降)での最大値は、加速度で37cm/s²、速度で14cm/s、変位で12cmである。これより、液状化に伴い加速度応答は減衰するが、その後低加速度でも揺すられ続けると液状化地盤の変位の片振幅は5cm~10cm(最大12cm)で揺れ続けていたことがわかる。

地盤モデルは、検討地点の近傍のボーリング柱状図(No.5000)³⁾を用いて設定した。図2に作成した地盤モデルおよび各層の地盤定数の設定値を示す。地層区分は、土質やN値を考慮して全7層とした。また、ボーリング調査時の地下水位はGL-1.9mであり、盛土層と埋土層の境界に位置している。

解析に用いた地震波形は、東京都港湾局夢の島観測所の波形記録(東西方向)⁴⁾とし、同観測所のGL-89.48mの工学的基盤にて観測された地震波形を図3に示す。簡易な地盤揺動解析に用いる入力地震動は、図3の波形を用いて一次元地震応答解析を実施し、地表での加速度応答が K-NET 稲毛の観測値に合うように振幅調整を行った。また、液状化後の地盤変位のみを求めるために、K-NET 稲毛で完全に液状化したと考えられる215秒以降に相当する波形に対し

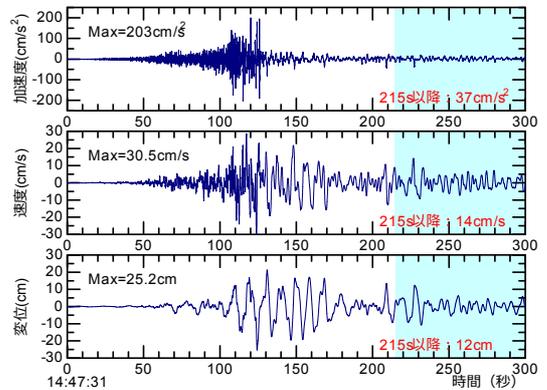


図1 K-NET 稲毛の観測地震波形(EW成分)²⁾

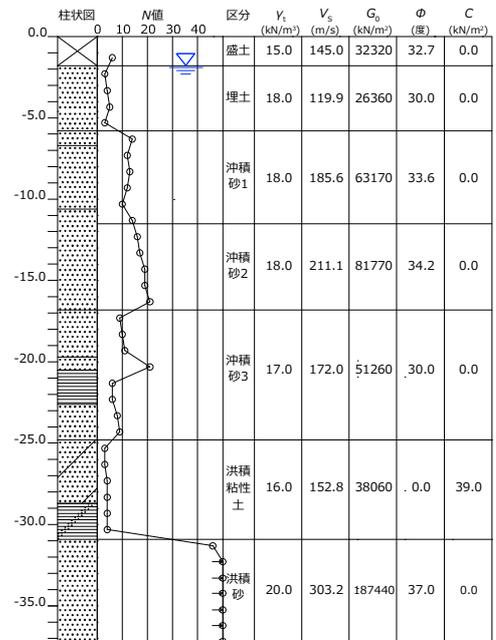


図2 地盤モデルおよび各層の地盤定数

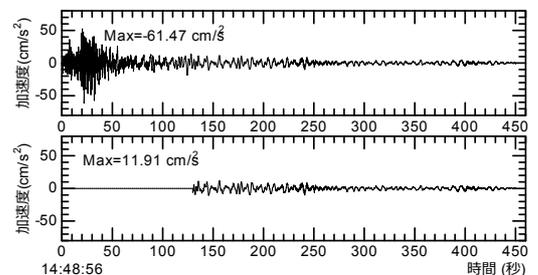


図3 検討に用いた地震波形(夢の島⁴⁾)

キーワード 液状化, 地震応答解析, 地盤揺動, 被害, 東日本大震災

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学理工学部 TEL049-296-3289

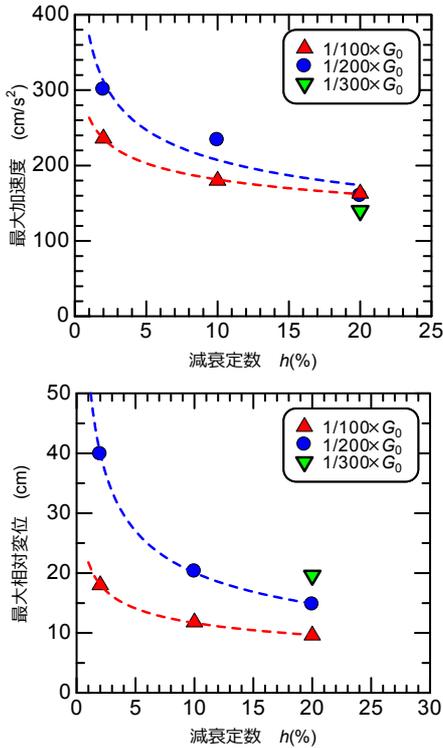


図4 埋立層上面の最大加速度および最大相対変位の関係

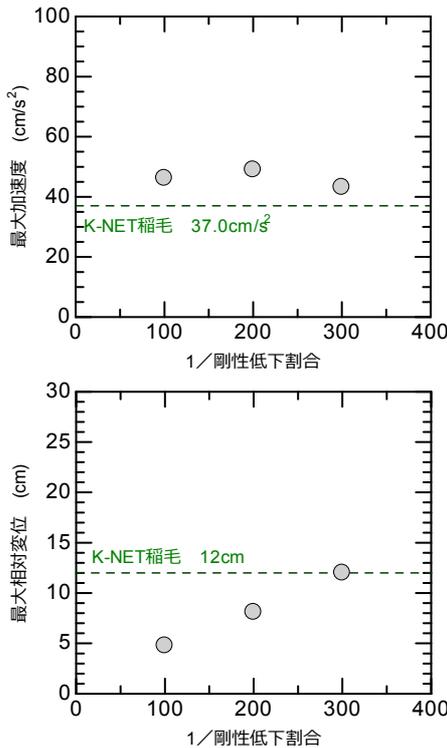


図5 130秒以降の最大加速度および最大相対変位の関係 (h=20%)

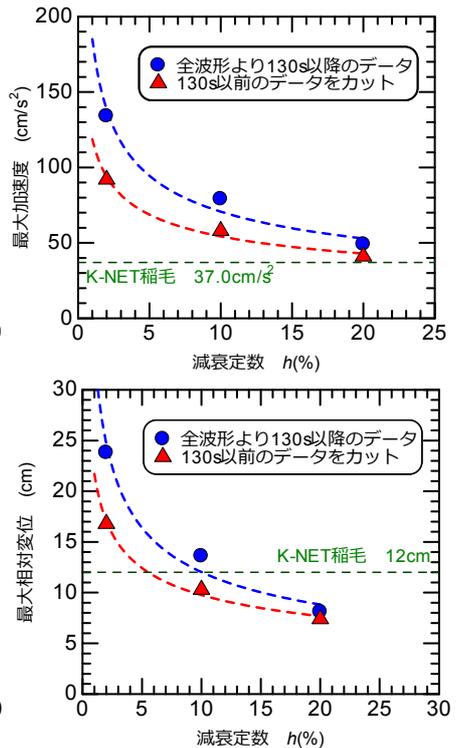


図6 地震波形の違いによる最大加速度および最大相対変位 (1/200 G₀, h=20%)

ても検討を行った。なお、この波形記録は K-NET 稲毛より 85 秒後に計測が行われている。

3. 液状化地盤の地盤剛性や減衰定数の違いによる地表変位量

液状化層（埋土）の変形特性は、線形弾性体として G_0 の低下割合を 1/100～1/300、減衰定数を 2、10、20% の全 7 パターンの検討を行った。なお、埋土層以外の変形特性は HD モデルとし、基準ひずみや最大減衰定数は一般的な値を用いている。埋立層上面の各減衰定数に対する最大加速度、最大相対変位の関係を図 4 に示す。各解析値は減衰定数が増加するほど各応答値は減少する傾向である。また、液状化に伴う地盤剛性の低下割合の影響を受け、相対変位は地盤剛性の違いによって倍半分程度の違いが生じる。液状化層の減衰定数を 20% とし、液状化層の各せん断剛性低下割合に対する 130 秒以降の最大加速度、最大相対変位の関係を図 5 に示す。130 秒以降の最大加速度は、45～50 cm/s^2 で K-NET 稲毛の同時刻以降の最大加速度 37 cm/s^2 と同程度となることがわかった。また、最大相対変位では、 G_0 に対して 1/200～1/300 に剛性が低下したときに 8～12 cm の変位となり、波形記録の違いはあるが K-NET 稲毛の最大変位量である 12 cm と整合する結果を示した。つぎに、入力地震動の違いによる地表変位量を評価するために図 3 のそれぞれの波形を用い、液状化層のせん断剛性を G_0 の 1/200 とし、 h を変化させた結果を図 6 に示す。両結果を比較すると、全波形から 130 秒以降のデータを抽出した方が各応答値は大きくなる結果となった。これは、130 秒以前の地震波が地盤内部に溜まっていることが影響していると考えられる。

4. まとめ

本研究は、東日本大震災時の K-NET 稲毛の観測記録と液状化地盤の地盤剛性や減衰定数を変えた簡易な地盤揺動解析結果との比較を行った。この手法による液状化層の地盤剛性は、 G_0 に対し 1/200～1/300 低下させ、減衰定数を 20% とすると観測値と整合することがわかった。なお、防災科学技術研究所の K-NET および東京都港湾局地震観測所で観測された地震動データを使用させて頂きました。記して御礼申し上げます。

参考文献 1)安田ら：東日本大震災における浦安市の水道管被害メカニズムの解明,日本地震工学会論文集,第 16 巻,第 3 号(特集号),pp.183-200,2016. 2)防災科学技術研究所：強震観測網, <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>, (参照 2016.3) 3)千葉県：千葉県地質環境インフォメーションバンク, <https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/chishitsu.html>, (参照 2016.3) 4)東京都港湾局：港湾局地震観測所で観測した地震動について, <http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/business/keiyaku/kisojoho/jishindou.html>, (参照 2016.3)