

電子地盤モデルを用いた北千住地区の液状化予測時の深度低減係数と微地形の関係

東京電機大学 正会員 石川 敬祐
 東京電機大学 名誉会員 安田 進
 東京電機大学大学院 学生会員 ○小宮 聖子

1. はじめに

研究対象とした北千住地区は、荒川と隅田川に囲まれた約4km×3kmの狭い地区である。図1の治水地形分類図¹⁾からわかるように河川の堆積作用によって形成された沖積低地であり、大地震時に強い揺れが生じ、また一部で液状化する危険性を有した地域的な特徴がある。筆者らは過去に、250mメッシュと50mメッシュの異なるメッシュサイズの電子地盤モデルを用いて東京湾北部地震を想定した一次元地震応答解析を行い、北千住地区の液状化判定を行ってきた²⁾。

これより、電子地盤モデルを50mメッシュに細分化す

ることで、より地盤構造の特徴を考慮した液状化判定を行なえることがわかっている。本研究では、 F_L 法による液状化予測時のせん断応力比 L の算定に用いられている深さ方向の低減係数 γ_d について検討を行った。

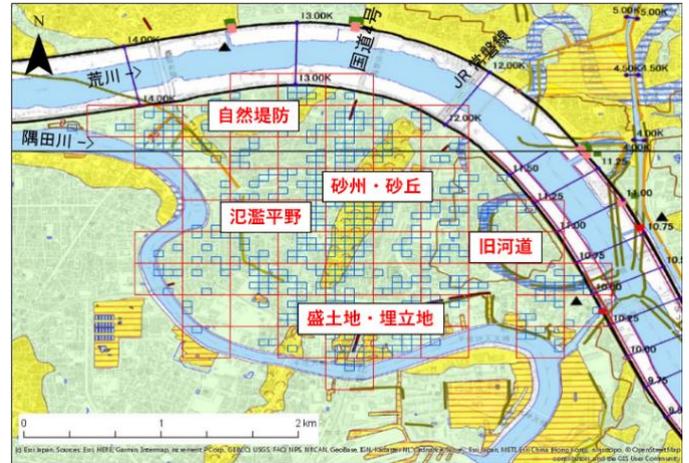


図1 北千住地区の治水地形分類図¹⁾とメッシュ位置

2. 電子地盤モデルを用いた一次元地震応答解析

一次元地震応答解析には、DYNEQ³⁾を用いた。地盤の変形特性は、安田・山口の実験式⁴⁾に基づくものとし、入力物性については、地層区分は N 値と深度および層厚から行い、細粒分含有率 F_C あるいは N 値より単位体積重量や平均粒径の設定を行った。

F_C については、上部有楽町層と判定された地盤では亀井ら⁵⁾に

よる式で N 値から算出し、それ以外の層については東京都の液状化予測時⁶⁾に使用されたものを用いた。基盤入力地震波形は、図2に示す東京湾北部地震想定地震波形⁷⁾を使用した。図3には、この地震波による工学的基盤及び50mメッシュにおける地表の加速度応答スペクトルを示す。50mメッシュの地盤の固有周期 T_G を道路橋示方書⁸⁾による式で算出したところ、旧河道では $T_G=0.868\sim 1.03s$ 、砂州・砂丘では $T_G=0.674\sim 1.29s$ 、氾濫平野では $T_G=0.583\sim 1.40s$ となった。なお、せん断波速度 V_s は道路橋示方書⁸⁾に示される推定式より算出した。

3. 電子地盤モデルによる液状化判定及び低減係数 γ_d の検討

ここでの液状化判定は、液状化に対する安全率 F_L から算出される液状化指数 P_L により各メッシュでの液状化によるリスクを評価することと定義した。その際の液状化強度比 R は亀井ら⁵⁾による細粒分を考慮した補正式を用いる東京低地式より求め、地震時のせん断応力比 L は、一次元地震応答解析の結果より求める式(1)(以下、詳細法)と、地表面最大加速度 α_{max} を用いる式(2)(以下、簡易法)の2通りで求めた。

$$L = \tau_{max} / \sigma'_v \quad \dots (1)$$

$$L = \alpha_{max} / g \cdot \sigma'_v / \sigma'_v \cdot \gamma_d \quad \dots (2)$$

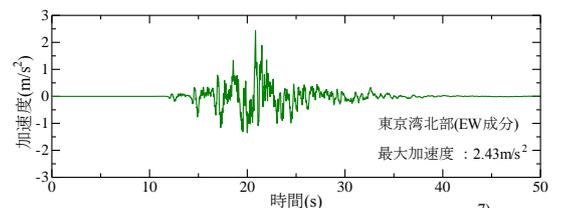


図2 東京湾北部地震想定地震波形⁷⁾

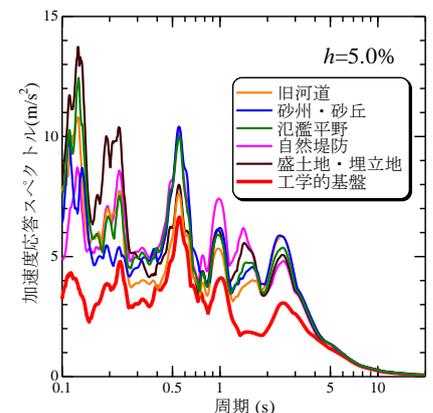


図3 加速度応答スペクトル

キーワード 電子地盤モデル, 液状化判定, 簡易法, 低減係数, 微地形

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学 TEL 049-296-5819

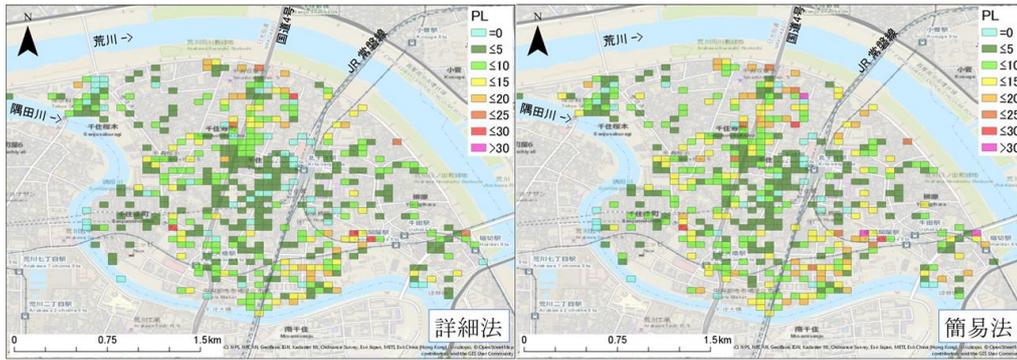


図3 50mメッシュにおける P_L の分布

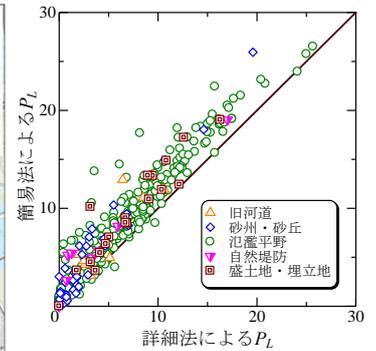


図4 各微地形の P_L の比較

ここに、式(1)における τ_{max} 、 σ_v は各層の中間深度における最大せん断応力、有効上載圧であり、式(2)における a_{max} は各メッシュにおける地表面最大加速度(gal)、 g は重力加速度(981gal)、 σ_v 、 σ'_v は層下端深度の全上載圧、有効上載圧、 γ_d は深さ方向の低減係数である。 γ_d については、岩崎ら⁹⁾によって提案された式(3)を用いて算出した。ただし、 z は深度(m)である。

$$\gamma_d = 1 - 0.015z \quad \dots (3)$$

図3に、50mメッシュ毎の各手法で求めた P_L 分布を、図4に、全50mメッシュに対して、各手法の P_L の結果を微地形毎に比較したものを示す。これより、簡易法の結果の方が全体的に大きくなる傾向が読み取れる。この差異は、 L を求める際の γ_d によるものと考えられる。そこで式(1)及び(2)より、 γ_d を逆算(=詳細法/簡易法)して求め、微地形毎に式(3)の値と比較した。図5に、AVS30(地表から深さ30mまでの平均 V_s)が140~150m/s²である旧河道、砂州・砂丘、氾濫平野に該当するメッシュにおける γ_d を示す。図に示すように、液状化判定に関わる深度20mまでに着目すると、東京湾北部地震想定地震波に対して簡易法はいずれも安全側に評価していることがわかる。 γ_d が既往の提案式から減じる付近の地層構成の特徴は、有楽町層下部と七号地層の境界であった。また、氾濫平野や旧河道部においては表層地盤の固さに応じて増幅傾向が異なることがわかる。一方、砂州や砂丘では、砂層や砂礫層が連続する地層モデルであり、旧河道や氾濫平野のような弓なりの形状と異なることもある。なお、岩崎らによって提案された深さ方向の低減係数は、地盤種別や卓越周期の異なる地震動に対して検討がなされ、その平均的な値として提案された係数であるため、地震動の卓越周期の異なる検討を行う必要があると考えている。

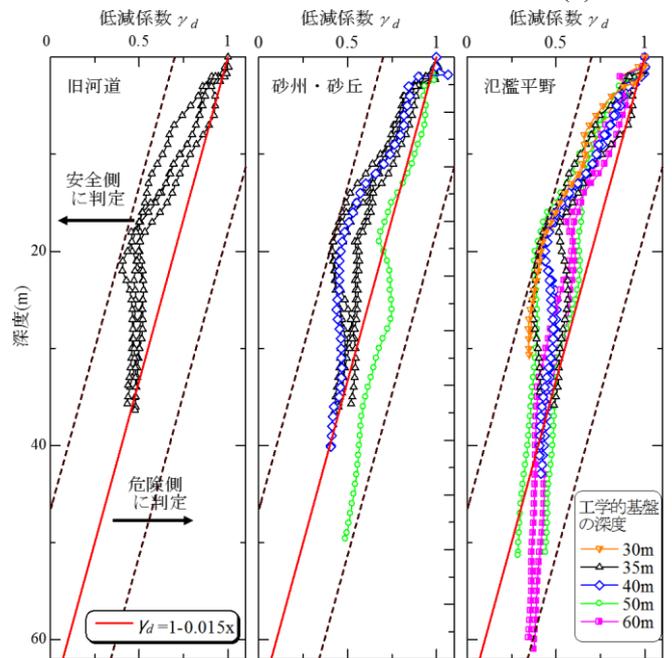


図5 低減係数 γ_d の比較

4. まとめ

北千住地区の液状化判定に及ぼす深さ方向の低減係数 γ_d の影響について検討を行った。深さ方向の低減係数 γ_d を用いた簡易法による液状化判定は、東京湾北部地震想定地震波に対して安全側に評価する傾向にあることがわかった。今後は、海溝型地震等の周期特性の異なる検討が必要と考えている。

【謝辞】本研究は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「レジリエントな防災・減災機能の強化」(管理法人：JST)によって実施した。また使用した地盤情報は、足立区の建築確認申請ボーリングデータと東京都土木技術支援・人材育成センターのボーリングデータであり、SIPにおいて収集されたものを活用させて頂いた。末筆ながら感謝の意を表します。

【参考文献】1) 国土地理院：電子国土 Web, http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/fc_index.html (2019.3.1 閲覧)。2) 石川ら：電子地盤モデルを用いた北千住地区の液状化判定におけるメッシュサイズの影響、第54回地盤工学研究発表会(投稿中)、2019。3) 吉田望：DYNEQ Version 3.36, 2015。4) 安田ら：種々の不攪乱土における動的変形特性、第20回土質工学研究発表会講演集, pp.539-542, 1985。5) 亀井ら：東京低地における沖積砂質土の粒度特性と細粒分が液状化強度に及ぼす影響、地盤工学会論文報告集, Vol.42, No.4, pp.101-110, 2002。6) 東京都建設局：東京都土木技術支援・人材育成センター、東京の液状化予測図 平成24年度改訂版, 2012。7) G空間情報センター：データセット、首都直下地震動(3) 強震動波形_東京湾北部, <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/1512> (2019.3.1 閲覧)。8) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説, V耐震設計編, 2017。9) 岩崎ら：砂質地盤の地震時流動化の簡易測定法と適用例、第5回日本地震工学会シンポジウム講演集, pp.641-648, 1978。