

表層地盤の土層構成を反映した 街区スケールの三次元液状化解析の試み

金井 勇介¹・溜 幸生²

¹正会員 東電設計株式会社 新領域研究開発推進室
(〒135-0062 東京都江東区東雲1-7-12グランスクエア9F)
E-mail: yusuke-kanai@tepsco.co.jp (Corresponding Author)

²正会員 東電設計株式会社 新領域研究開発推進室 (同上)
E-mail: etamari@tepsco.co.jp

近年、地震応答解析の対象を街区や市街地全体といった比較的広域を取り扱う試みがなされている。その際、対象地域の土層を忠実に三次元にモデル化するには多大な労力を必要とすることから、実務的には水平成層を仮定した土柱モデルで代用するのが現状である。しかし土柱モデルの計算では、土層構成が複雑な場合、二次元、あるいは三次元的な土層形状由来の応答の効果は考慮できないこととなる。そこで、本検討では、ある程度広い領域を対象に簡易に三次元解析を実施する方法を模索するため、微動測定結果を用いてモデル構築を行い三次元液状化解析を試みた。その結果、検討地域の震動特性の傾向を面的に捉えることができること、二次元平面ひずみを仮定できる箇所においては三次元解析は二次元解析と概ね同等の加速度応答を得られることが示された。

Key Words : liquefaction, three demension, dynamic analysis, simplified modeling

1. はじめに

従来、液状化を考慮した地震応答解析は、実務的には二次元解析が主体であったが、近年では計算機の発達や並列計算の利用による計算の高速化により、三次元解析も実務適用が可能となりつつある。また、三次元の地震応答解析は、対象領域を街区や市街地全体、あるいは、都市丸ごとといった広域を取り扱う試みがなされている¹⁾。その際、対象地域の三次元的な土層構成を忠実に数値解析モデルにするには多大な労力を要すること、モデルを作成できたとしても規模が大きい三次元解析ではそれなりに解析時間を要することから、実務的には水平成層を仮定した多数の土柱モデルで代用するのが現状である。しかしながら、この方法においては、土層構成が複雑な場合、二次元、あるいは、三次元的な土層形状に由来する応答の効果は考慮できなくなるため、適用にあたっては水平成層の仮定が可能な地点に限られる。そのため、広域で複雑な土層構成においても比較的簡易にモデル化でき、かつ、妥当な解析結果が得られる方法が望まれる。

本検討では、都市丸ごとのような広範囲を対象とした地震応答解析における上記のような問題点を解決するこ

とを目的として、関東地方のある沖積平野に実在する市街地を対象として、比較的簡易な方法で街区スケールの三次元地盤モデル作成と物性設定を行い、三次元液状化解析を試みた。以下に検討方法と検討結果について示す。

2. 三次元地盤モデルの構築

三次元地盤モデルを作成する場合、解析対象領域のボーリングデータを参考にするのが基本である。しかし、市街地における街区や市街地全体など、広域な範囲を対象とする場合、自治体等から公開されているボーリングデータは疎らであり、必ずしも対象領域の三次元地盤モデルを作成するのに十分なボーリングデータが得られるとは限らない。そこで、本検討では、近年開発された常時微動アレイ観測（以下略：微動アレイ観測）²⁾を実施し、これより得られるデータからせん断波速度の深度分布を求め、これを基に地盤モデルを作成するとともに、解析に必要な各土層の基本的な地盤物性を設定することとした。本微動アレイ観測に基づくことにより、多くのボーリング調査結果を必要とせず、広範囲を対象に比較的簡易に、高密度に精度よく地盤の地下構造を把握することができる。

(1) 微動アレイ観測の実施

本検討では、まず、対象の市街地の中心部東西約 2km、南北約 1.5km をモデル化の対象として微動アレイ観測を実施した。図-1 に観測地点を示す。各地点の観測では微動計を、半径 60cm の円の中心に 1 台、円周上に 3 台の計 4 台を配置し、1 箇所について 15 分間の計測を行った²⁾。計測結果から観測地点の位相速度を個別に逆解析する方法（簡易逆解析法）によりせん断波速度の構造を求めた。1 次元の対象範囲において、106 地点の観測を実施した。図-1 には微動アレイ観測から得られた各地点の地盤の固有周期を色別で示している。

(2) 地層構成の分類

観測結果から得られた速度構造をもとに、対象地域の地質を参考に、該当地域の地盤を 6 種類の土層に分類した。それぞれの土層を、表層、砂質土 (Vs 小)、砂質土 (Vs 大)、粘性土、上総層、基盤と称することとする。分類された土層の上面標高を可視化したものを図-2 に示す。図より、この地域では地表面に薄く砂質土が堆積しており、中央で粘性土が堆積したお盆型の地層形状であることが読み取れる。

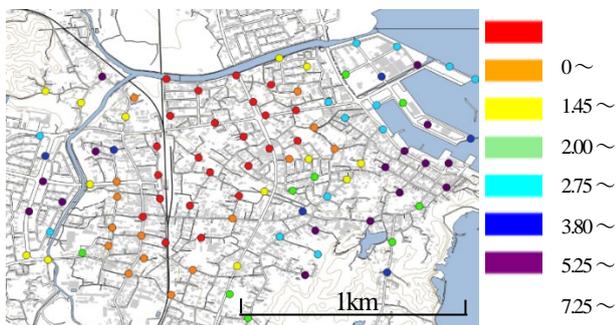


図-1 常時微動アレイ観測地点と固有周期 (Hz)

(3) せん断波速度 Vs の整理

微動アレイにより得られたせん断波速度の深度分布をもとに、各土層に着目してせん断波速度の整理を行った。地震応答解析における解析パラメタとしてのせん断波速度（あるいは、初期せん断弾性係数）は、拘束圧に依存した形で定義される場合があるので、本検討では拘束圧依存を考慮する形で整理した。本検討では、液状化解析に、後述のように解析プログラム FLIP ROSE 3D³⁾を用いることとしたが、このプログラムの土の非線形要素においては、地盤のせん断剛性を拘束圧依存の関係として式 1 のように定義している。そのため、せん断波速度を式 2 によってせん断剛性に変換した形で整理し、累乗の近似曲線を求めた。一つの土層は平面方向にも広がるものであるが、土層内でせん断剛性の特性は同様であると仮定した。

有効上載圧を算出する際の質量密度 ρ は Ludwig et al.⁵⁾ による経験式を使用した。この経験式はせん断波速度と密度の関係式であり、ここでのせん断波速度は各土層で観測した Vs の平均値とした。微動アレイ観測によるせん断波速度は深度 1m 毎に得られているものと考えて、1m で重みづけしたかたちで整理した。図-3 に整理結果を示す。表-1 に整理したせん断波速度の平均値を示す。

$$G_m = G_{ma} \times (\sigma'_m / \sigma'_{ma})^{mG} \quad (1)$$

$$G = \rho \times V_s^2 \quad (2)$$

G_m : 要素のせん断剛性 (kN/m²)

G_{ma} : 基準化拘束圧相当のせん断剛性 (kN/m²)

σ'_m : 要素の平均有効応力 (kN/m²)

σ'_{ma} : 基準化拘束圧 (kN/m²), mG : 拘束圧依存係数

G : せん断剛性 (kN/m²), ρ : 質量密度 (g/cm³)

V_s : せん断波速度 (m/s)

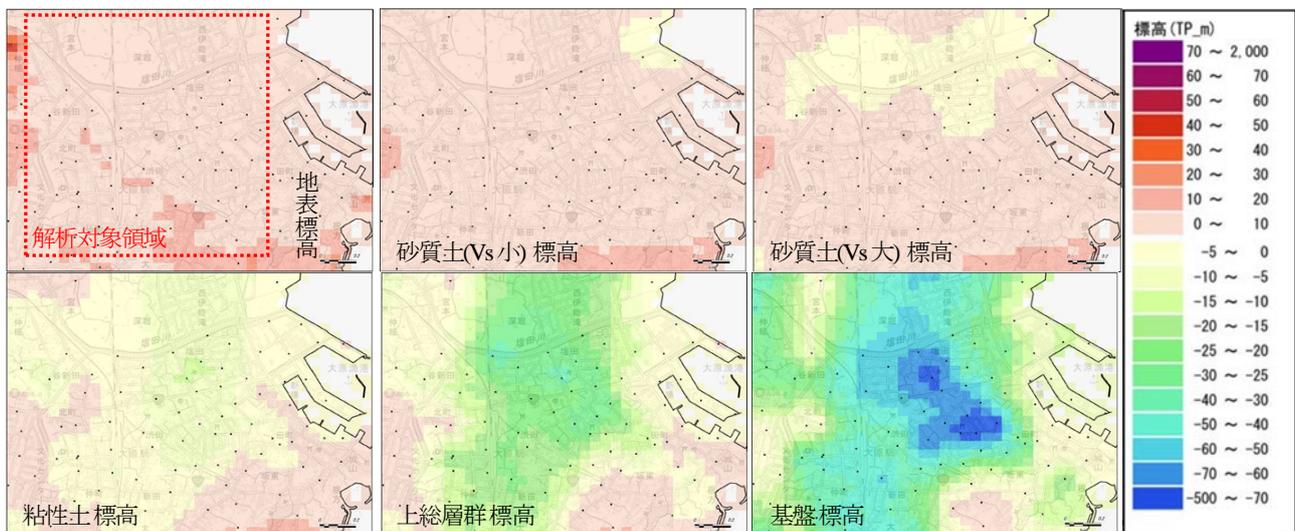


図-2 各地層の上端標高

(4) 解析パラメタの設定

本検討での三次元解析プログラムは、FLIP ROSE 3D⁷⁾ (以下 FLIP 3D) であり、本検討では大規模モデルの計算ができるように並列化により高速化を施した。FLIP3D では、砂の液状化を表現できるマルチスプリング要素や、剛性の高い材料を模擬するためのブリック要素 (線形要素) を使用することができる。表-1 に示す当該地域の土層のせん断波速度より、上総層と基盤は300m/s 以上であり、工学的基盤相当^{たとえ}⁸⁾であることから線形要素でモデル化し、表層、砂質土、粘性土はマルチスプリング要素でモデル化することとした。

マルチスプリング要素のパラメタは、物理特性、動的変形特性、液状化特性から構成される。各土層の質量密度、マルチスプリング要素でモデル化する土層の基準化拘束圧、せん断弾性係数、拘束圧依存係数は前述した整理結果から設定した。基準化拘束圧は平均値を設定し、せん断弾性係数は表-1 に示した平均せん断波速度を用い、式 2 より求めた。拘束圧依存係数 mG は、表層以外はせん断剛性の整理で求めた近似曲線式の次数を設定した。表層は、FLIP の簡易設定法⁸⁾の推奨値 0.5 を設定した。

上記以外のパラメタである内部摩擦角、粘着力、土骨格のポアソン比、最大減衰比については、FLIP SIM パラメタ簡易設定の再改訂⁹⁾より設定した。なおこの簡易

設定法による地盤物性を設定した被災・無被災事例の再現解析が実施されており¹⁰⁾、この設定法の適用性はある程度確認されている。この簡易設定法では、各土層の N 値、有効上載圧 σ'_v 、細粒分含有率 F_c を決定すればパラメタを設定することができる。簡易設定法に使用する値は N 値、細粒分含有率 F_c は道路橋示方書¹¹⁾の経験式を使用し、有効上載圧 σ'_v は図-1 中の平均値を使用した。以上の様に設定した物理特性・動的変形特性パラメタ一覧を表-2に示す。

線形要素については、質量密度、ポアソン比、ヤング係数が解析パラメタとなる。ヤング係数は各土層の平均深度のせん断剛性からポアソン比を用いて算定した。ポアソン比は、土の間隙率と水の体積弾性係数 ($K_w=2.2 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$) より算定した。材料を線形とした場合のパラメタ一覧を表-3に示す。

表-1 せん断波速度の整理結果

土層		せん断波速度
No.	名前	V_{sve} (m/s)
1	表層	170
2	砂質土 (Vs小)	160
3	砂質土 (Vs大)	210
4	粘性土	180
5	上総層	360
6	基盤	640

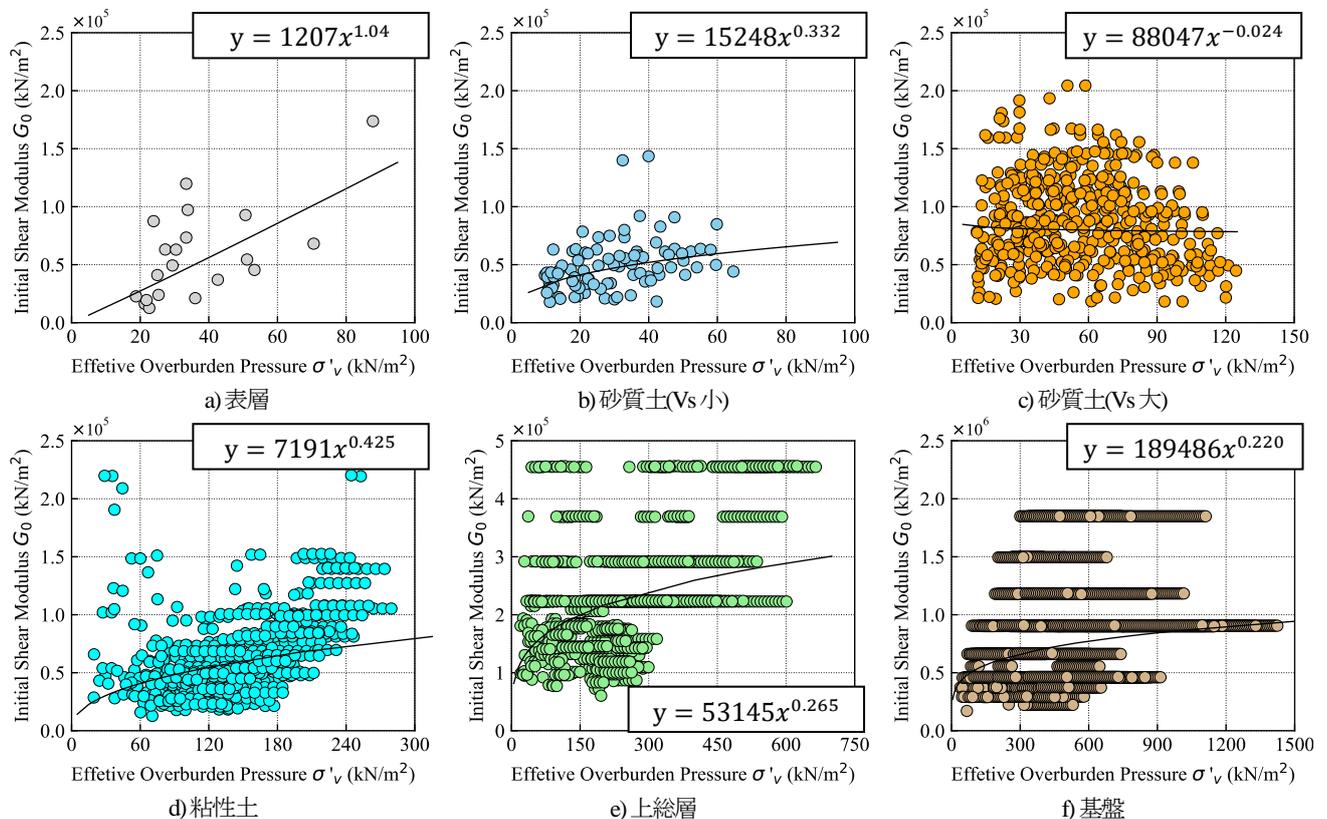


図-3 せん断剛性の拘束圧依存性

(5) 液状化パラメタの設定

マルチスプリング要素の液状化パラメタの設定では、まず簡易設定法⁹⁾による設定が良く用いられるが、本検討では、各土層の目標とする液状化強度を推定し、これをターゲットに要素シミュレーションでパラメトリックスタディを実施し液状化パラメタを設定した。具体的に、液状化強度曲線内の両振幅せん断ひずみが7.5%に至った時の R_{L20} 、 R_{L100} （各繰返し回数におけるせん断応力比）をターゲットにパラスタを行った。 R_{L100} （繰返し回数100回におけるせん断応力比）は簡易設定法で求められる値を使用した。 R_{L20} （繰返し回数20回におけるせん断応力比）は、三上ら¹²⁾の方法により算出した。以上の様に求めた液状化強度の推定値一覧を表-4示す。

図-4に要素シミュレーション結果を示す。図中には液状化強度の推定値も併記している。両結果ともにターゲットとした液状化強度（ R_{L20} 、 R_{L100} ）を良い精度で満たすことを確認した。砂質土(Vs大)の大きい結果では、推定値 R_{L5} よりシミュレーション結果が大きい値となった。

表-2 マルチスプリング要素の物性一覧

土層		質量密度	間隙率	土骨格ポアソン比	基準化拘束圧	拘束圧依存係数	せん断弾性係数	体積弾性係数	内部摩擦角	粘着力	減衰定数上限
No.	名前	(g/cm ³)	-	-	(kN/m ²)	-	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(deg)	(kN/m ²)	-
1	表層	1.76	0.569	0.33	24.6	0.50	5.17E+04	1.35E+05	34.2	0	0.200
2	砂質土(Vs小)	1.77	0.616	0.33	19.9	0.33	4.71E+04	1.23E+05	32.2	0	0.240
3	砂質土(Vs大)	1.80	0.551	0.33	37.1	0.00	8.00E+04	2.08E+05	39.3	0	0.240
4	粘性土	1.79	0.594	0.33	96.9	0.42	5.93E+04	1.55E+05	0.0	55.6	0.200

表-3 線形要素の物性一覧

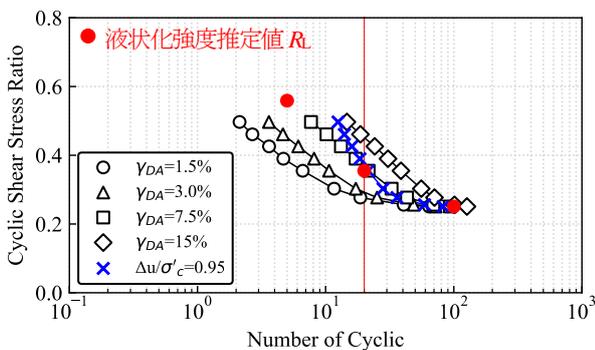
土層	質量密度	ポアソン比	ヤング係数	
No.	名前	(g/cm ³)	-	(kN/m ²)
1	表層	1.76	0.494	1.54E+05
2	砂質土(Vs小)	1.77	0.494	1.41E+05
3	砂質土(Vs大)	1.80	0.491	2.38E+05
4	粘性土	1.79	0.492	1.77E+05
5	上総層	1.82	0.480	7.05E+05
6	基盤	1.85	0.449	2.21E+06

表-4 液状化強度の推定値

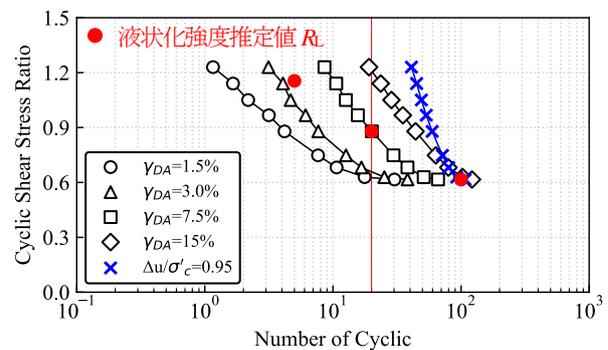
土質	推定液状化強度			
No.	名前	R_{L5}	R_{L20}	R_{L100}
2	砂質土(Vs小)	0.559	0.355	0.251
3	砂質土(Vs大)	1.155	0.879	0.616
※推定法		三上らの経験式 ¹²⁾		簡易設定法 ⁹⁾

表-5 液状化特性パラメタ一覧

土層	変相角	液状化パラメタ					
No.	名前	(deg)	S_1	w_1	p_1	p_2	c_1
2	砂質土(Vs小)	28.0	0.005	32.20	0.60	0.70	3.21
3	砂質土(Vs大)	28.0	0.005	24.70	0.60	0.50	7.06



a) 砂質土(Vs小)



b) 砂質土(Vs大)

図-4 要素シミュレーション結果（三次元解析）

以上のように設定した砂質土の液状化パラメタを表-5に示す。

3. 三次元 FEM モデルの構築

地震応答解析のための三次元 FEM モデルは、対象とした地域の市街地中心部を含む 1400m×1400m の領域にてモデル化した。深さ方向は観測した微動アレイによる速度構造が評価可能な 100m 程度とした。本解析では、液状化対象土層の砂質土 (Vs 小, 大) の二種類とし、表層と粘性土層をマルチスプリング要素、上総層と基盤層を線形要素とした。地下水位は、この地域で公開されているボーリング柱状図¹³⁾の孔内水位を参考に表層の下端標高以深と仮定した。

FEM 解析メッシュは、微動アレイで観測した最低標高を解析モデル底面とし、そこから幅と奥行それぞれ 10m, 高さ 1m の直方体 (ボクセル) をモデル化範囲において一様に積み上げることで作成した。地下水位以深のマルチスプリング要素については、間隙水要素を重ねた。

て定義した。物性値については図-2 の標高データを基に各ボクセルの重心座標が属する土層の物性値を各ボクセルに割当てた。

作成した三次元 FEM モデルを図-5 に示す。三次元モデルの節点数は約 200 万、要素数（間隙水要素を含む）は約 400 万となった。全体の鳥瞰図から見れとれるように、地表面は主に 3 種類の土層から構成されている。ボクセルを用いて作成された FEM 解析モデルの断面図やその直方向の土層構成において、モデル全体から見ると土層形状を滑らかに再現できていることがわかる。また断面の直角方向の地層形状より本検討対象の地盤の土層構成として、モデル中央では断面図の直角方向に砂質土、粘性土がほぼ水平成層状になっていることが確認できる。

4. 微小振動弾性解析によるモデルの妥当性

本検討で作成した三次元 FEM モデルの妥当性を検証するために、微小振動入力による弾性解析を行い、各位置の固有振動数を算定し、観測結果と比較した。弾性解析には表-3 に示すパラメタを考慮した。

解析では、図-6 に示すホワイトノイズを作成して入力した。解析で得られる各位置の地表面加速度波形と入力波形のフーリエスペクトル比から地盤の固有振動数を求めた。

観測および解析で求めた地盤の固有振動数分布を図-7 に示す。観測結果の図-7 a) より、地盤の固有振動数は粘性土などの軟弱層が厚く堆積している領域（図の中央付近）では 1.45Hz 以下（赤）の比較的長周期に分布しており、その周りでは 2.75~3.8Hz とそれよりも短周期に分布している。解析結果の図-7b) でも、観測と同様に軟

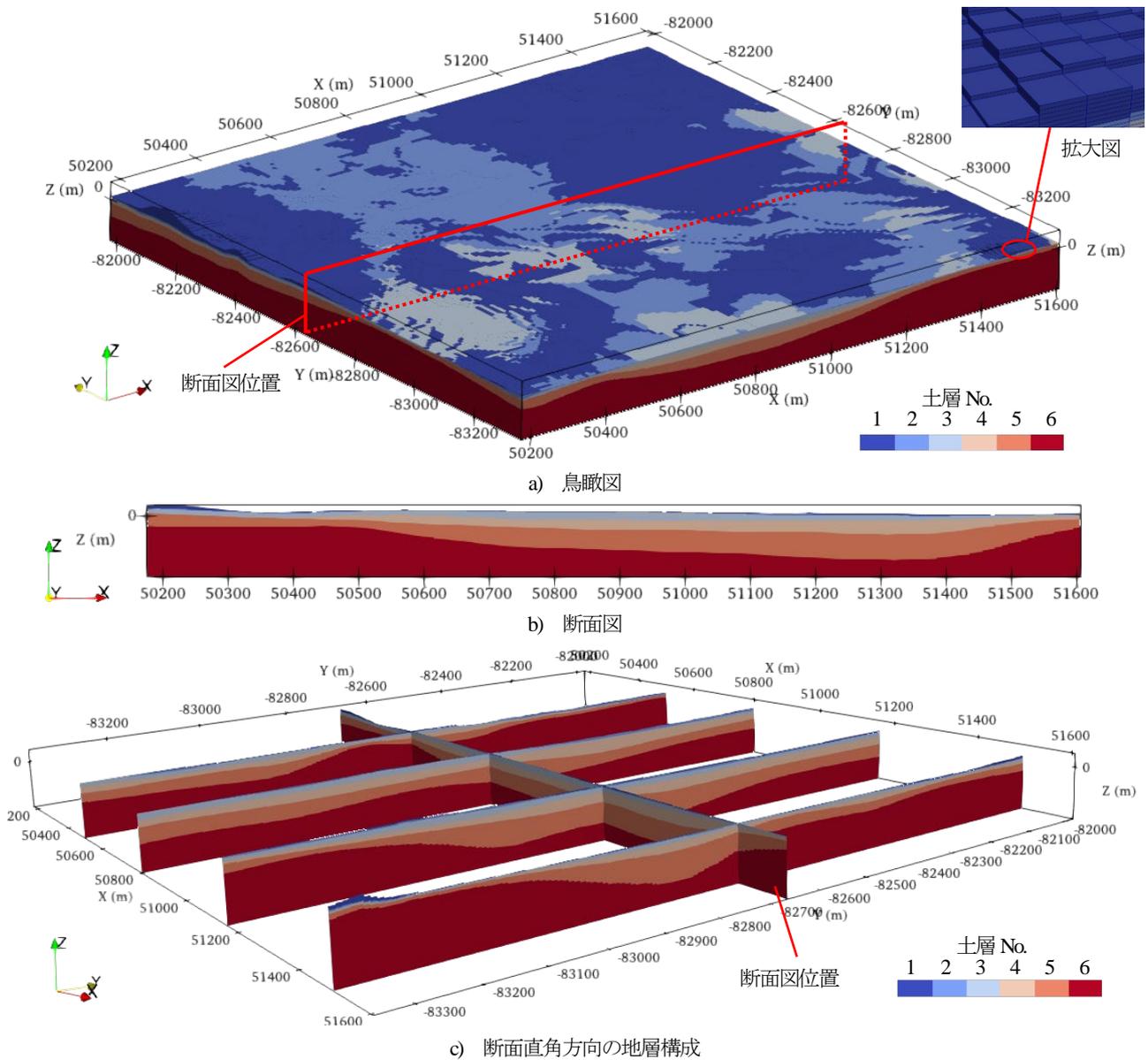


図-5 三次元 FEM モデル

弱層が厚く堆積している長周期の領域では観測と同様に 1.45Hz 以下であり、その周囲では 2.75~3.8Hz となっている。ただし、観測では 5Hz 以上の箇所も見られるが、解析ではそのような短周期の結果が得られていない。大局的には、軟弱層が厚く堆積しているモデル中央地点では長周期となり、比較的浅部まで弾性層が堆積している地点では短周期となるような傾向は、両結果にみられている。このことより本検討で作成したモデルは、原地盤の地質構成や物性を捉え、地盤の震動特性をある程度

再現することができると考えられる。

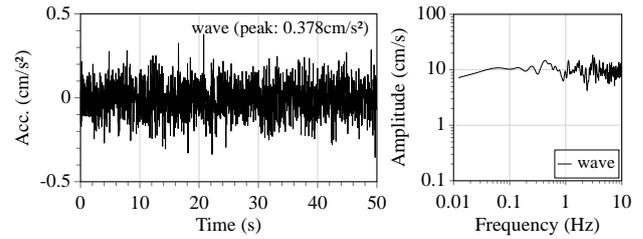
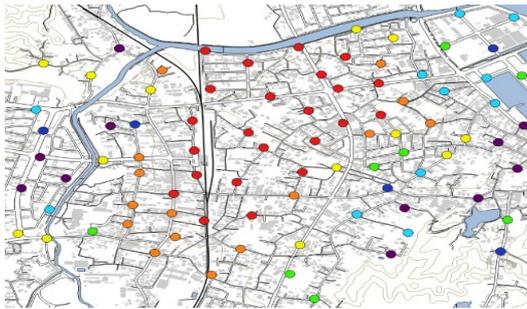
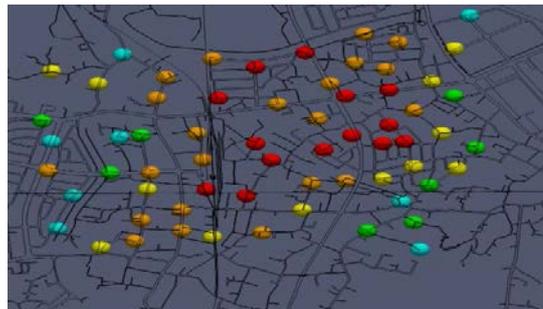


図-6 微小振動



a) 常時微動アレイ観測 (再掲)



b) 微小振動解析

図-7 地盤の固有周期分布

5. 三次元液状化解析

(1) 入力地震動と解析諸条件

作成した三次元 FEM モデルを用いて液状化を考慮した地震応答解析を実施した。図-8 に入力地震動の時刻歴波形を示す。本波形は、元禄型関東地震 (1703 年) の再現波であり、解析では主要動部分の 40-90s のみを考慮し、二方向同時入力した。

モデルの境界は、側面・底面に粘性境界を設定した。時間解法は Newmark β 法、時間間隔 dt を 0.01s で 5000 ステップの計算を行った。1 ノード 32 コアの並列計算機で約 4 日を要した。

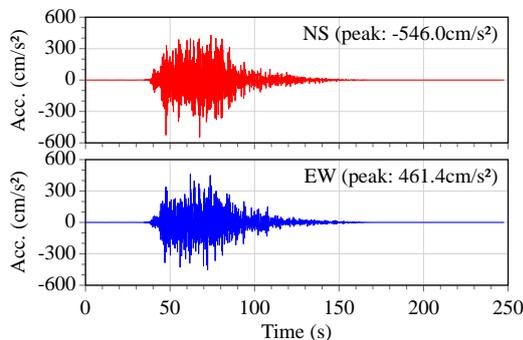


図-8 検討に用いた想定地震波 (元禄型地震)

(2) 二次元解析結果との比較

三次元液状化解析結果の妥当性を二次元解析との対比

において確認するため、検証事例が多く国内の港湾構造物設計をはじめ広く使用実績のある FLIP ROSE 2D³⁾による二次元の解析を行った。二次元モデルは、図-5 b) に示すモデル中央位置において奥行方向に概ね一定の断面形状を有する箇所で作成した。二次元 FEM モデルでは、三次元 FEM モデルと異なりメッシュに粗密をつけ、地層境界も滑らかになるようにメッシュを作成した。解析パラメタは同様のもとを用いたが、二次元モデルと三次元モデルの同じ深度 (有効拘束圧) において同様の初期せん断剛性が発揮されるよう、で基準化拘束圧の値を二次元解析用に変更した。また二次元解析では、図-8 の EW 方向地震動による一方向加振で行った。

図-9 に二次元、三次元の液状化解析の最大応答分布を示す。上から土層構造、加速度、せん断ひずみ、過剰間隙水圧比について対比している。図-9 a) の加速度分布では、軟弱層が堆積しているモデル中央ではせん断ひずみの発生によって加速度が減衰している様子が見取れる。さらに二次元と三次元で最大加速度分布は類似の傾向を示していることがわかる。

図-9 b), c) のせん断ひずみと過剰間隙水圧比の分布図では、両結果にいくらか差異が見られる。三次元解析の地表付近 (砂質土層 (V_s 小)) においては過剰間隙水圧比が 0.8 以上に上昇しているが、二次元解析では、モデル中央部分 ($x \div 50700 \sim 51400m$) では過剰間隙水圧比が 0.8 以上となる範囲が少ないことがわかる。

両解析結果を詳細にみるために、図-10 に二地点の最大応答値の深度分布と、地表面加速度の時刻歴、砂質土

層 (Vs 大) の過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。出力した地点は、図-9 に赤枠で囲った二地点である。一地点目は、両解析結果で液状化したお盆構造の際にあたる地点 (x=50500m) である。二地点目は、両解析結果で液状化の挙動に差があるモデル中央にあたる地点 (x=51160m) である。

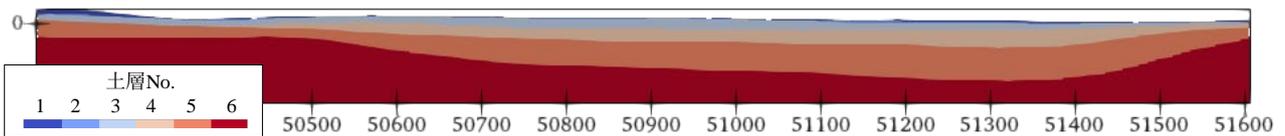
図-10 a) では、最大応答の深度分布 (加速度, せん断ひずみ, 過剰間隙水圧比) の各関係は概ね同等になっているが、粘性土層内における最大加速度分布が多少異なっている。二次元解析では上総層の境界地点から加速度が減少するのに対して、三次元解析では砂質土との境界地点で減少している。次に過剰間隙水圧比の時刻歴をみると、加速度が大きくなる 5~10s にかけて、両解析とも急激に上昇し、そのまま徐々に液状化に至っている点で同様の傾向である。

図-10 b) では、三次元解析では“3 砂質土 (砂質土 (Vs 大))”においては過剰間隙水圧が 0.5~0.9 程度に上昇しているが、二次元解析では、0.1 程度までしか上

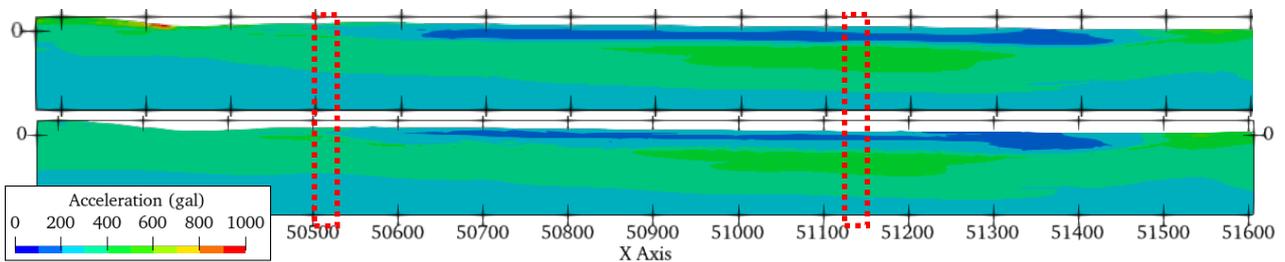
昇していない。それに関連して砂質土 (Vs 大) での二次元解析のせん断ひずみは三次元解析に比べて小さくなっている。

実績のある二次元解析プログラムとの解析結果との比較では、過剰間隙水圧では三次元解析の方が地表面付近で二次元解析に比べて液状化しやすい結果となった。一方加速度分布では、両結果で類似する結果となった。

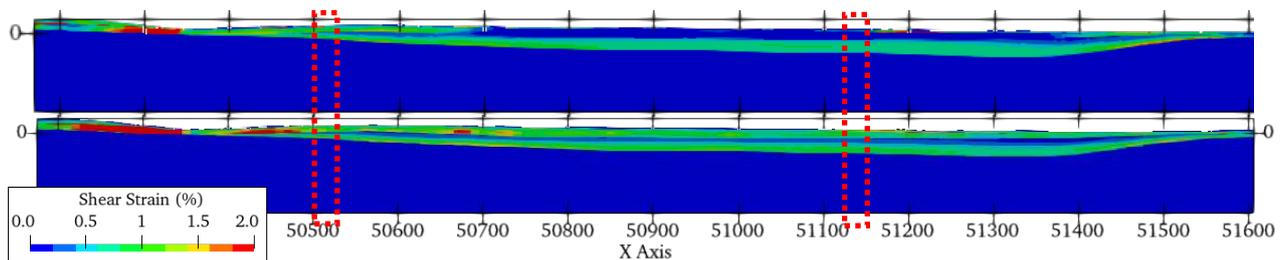
三次元解析と二次元解析では、厳密には液状化を考慮する要素における非線形反復計算の方法が異なっている。また、三次元解析は二方向加振であるのに対し、二次元解析は一方向加振であるという違いもある。本検討において、地表面に近い箇所では、三次元解析の方が二次元解析に比べて過剰間隙水圧程度が著しい原因は明確ではないが、上記の点が一因として考えられる。



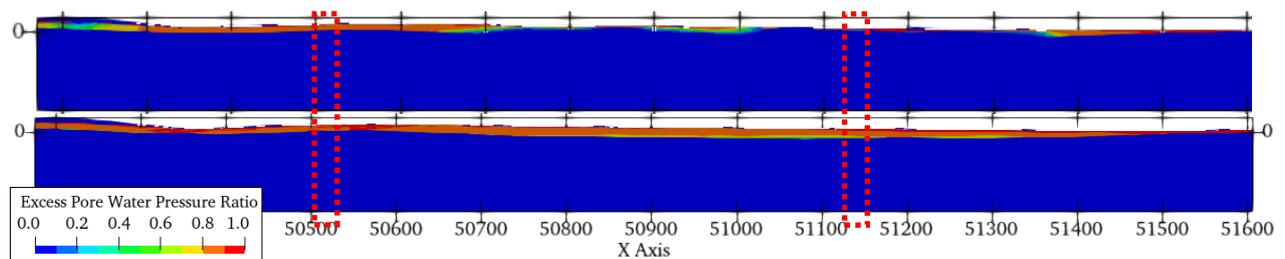
a) 土層構造



b) 加速度 (上: FLIP2D, 下: FLIP3D)

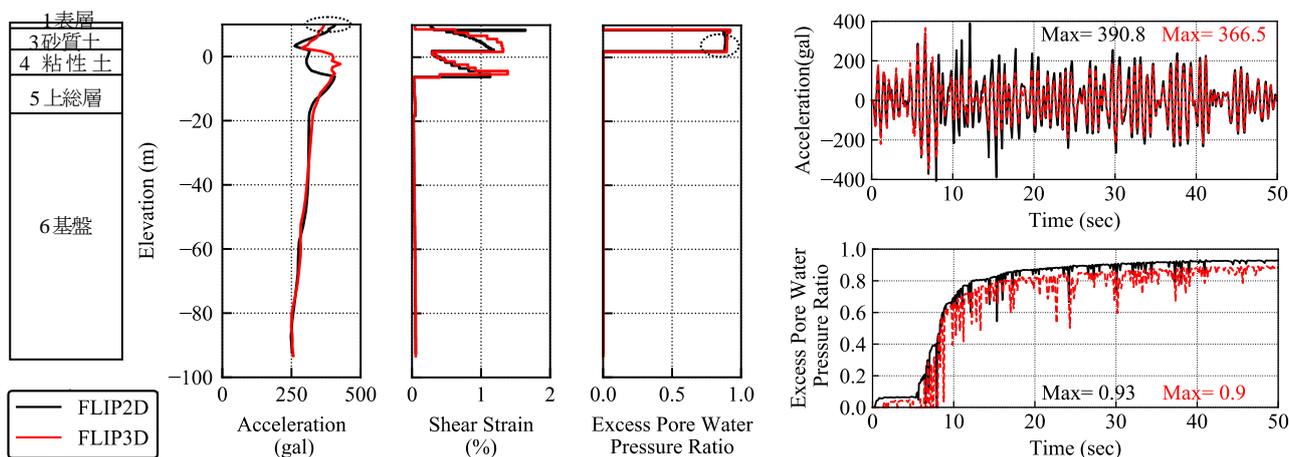


c) せん断ひずみ (上: FLIP2D, 下: FLIP3D)

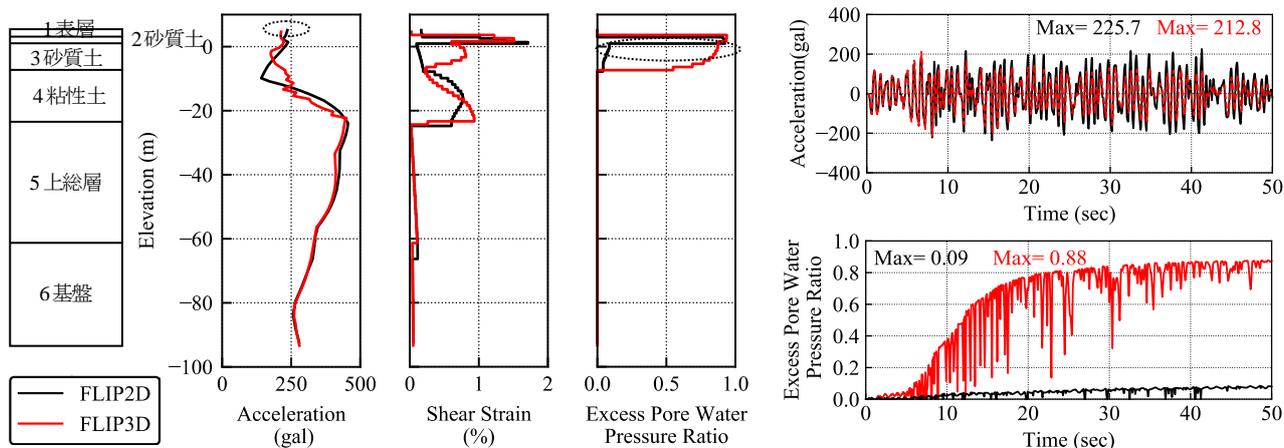


d) 過剰間隙水圧比 (上: FLIP2D, 下: FLIP3D)

図-9 最大応答分布



a) 両解析で液状化した地点 (x=50500m)



b) 解析で液状化挙動に差異がある地点 (x=51160m)

図-10 最大応答値の深度分布と時刻歴挙動

を行い、事例と対比する必要がある。

6. まとめ

関東地方のある沖積平野に位置する市街地を対象として、常時微動アレイ観測データを使用し、簡易的に地盤物性設定と三次元地盤モデルを構築し、液状化解析を実施した。

作成した三次元地盤モデルによる微小振動を入力した弾性解析を行い、常時微動アレイ観測から得られた地盤の固有振動数分布と比較した。その結果、この方法で作成した三次元地盤モデルでも、原地盤の震動特性（固有振動数）をある程度を再現できることがわかった。

またそのモデルによる三次元液状化解析を行い、実務的に実績のある二次元液状化解析と比較した。その結果、液状化挙動は詳細にみると差異があるが、加速度は類似した結果となり、微動アレイ観測によるモデル作成や、ボクセルによる FEM 解析モデルのある程度の妥当性が示されたと言える。

妥当性検証をさらに進めるには、強震記録が得られている液状化被害のある地域を対象に、モデル作成と解析

謝辞：本検討における常時微動アレイ観測は防災科学研究所との共同研究において実施されたものであり、常時微動アレイ観測につきましては防災科学研究所の先名重樹氏よりご指導いただきました。末筆ながら感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 飯塚 敦：受け身の「受注」から課題解決型の「提案」へー都市丸ごとシミュレーション技術の活用ー，土木学会誌 105(1) 36 - 39 2020年1月。
- 2) 長郁夫・先名重樹：極小微動アレイによる浅部構造探査システムー大量データの蓄積と利活用に向けてー，Synthesiology, Vol.9 No.2, pp.86-96, 2016.
- 3) Towhata, I. and Ishihara, K.: Modelling soil behavior under principal stress axes rotation, Proc. 5th International conference on numerical method in geomechanics, Nagoya, pp.523-530, 1985.
- 4) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T.: Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, pp.27-56, 1990.

- 5) Ludwig, W.J., Nafe, J.E. and Drake, C.L. : Seismic Refraction, the Sea. Vol. 4 (Part 1), Wiley-Interscience, New York, 53-84,1970.
- 6) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書（V 耐震設計編）・同解説，2012.3.
- 7) Iai, S.: Three dimensional formulation and objectivity of a strain space multiple mechanism model for sand. *Soils and Foundations*, 33 (1), 192-199, 1993.
- 8) 港湾空港技術研究所：液状化による構造物被害予測プログラム FLIP における必要な各種パラメタの簡易設定法，港湾技研資料 No.869，1997年6月.
- 9) 一般社団法人 FLIP コンソーシアム：液状化パラメタ決定支援環境 FLIP SIM(Ver5.0)取扱説明書，平成 27年8月.
- 10) FLIP コンソーシアム 第4期 FLIP 研究会せん断変形ロック問題作業部会：せん断変形ロック問題 WG 平成 20年度成果報告書，2009年7月29日.
- 11) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書（V 耐震設計編）・同解説，2002.3.
- 12) 三上，吉田，原田：液状化強度曲線の類型化と経験式の提案，日本地震工学会論文集 第16巻 第1号（特集号），2016.
- 13) ちば情報マップ， <https://map.pref.chiba.lg.jp/pref-chiba/Portal?mid=6300>（2021年8月23日閲覧）.

A STUDY ON CITY SCALE THREE-DEMENSIONAL SITE RESPONSE ANALYSIS CONSIDERING SOIL LIQUEFACTION

Yusuke KANAI , Yukio TAMARI

In recent years, some attempts have been made to conduct three dimensional (3D) site response analyses considering relatively wide scale of area such as block scale and city scale. In this study, we conducted city scale 3D soil liquefaction analysis for a city located in an alluvial plain in Kanto area Japan with the aim of the establishment of simplified procedure of a city scale analysis. As a result, it is shown that i) the tendency of the calculated natural frequencies of subsurface in the area seems to be consistent with the measured, ii) the 3D soil liquefaction analysis can obtain similar acceleration response during liquefaction with the 2D soil liquefaction analysis at the place where the 2D plane strain condition can be assumed. A series of results in this study is thought to almost demonstrate the validity of 3D soil liquefaction analysis in terms of acceleration responses and build-up of excess pore water pressures in spite of simplified modeling