

3次元非線形地盤震動解析を用いた 堆積層における地盤ひずみの集中効果の検証

宮本 崇¹・入原 渉²・鈴木 猛康³・藤田 航平⁴・市村 強⁵

¹正会員 山梨大学 地域防災・マネジメント研究センター (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)
E-mail: tmiyamoto@yamanashi.ac.jp

²正会員 山梨大学大学院 医学工学総合教育部 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)
E-mail: g14mh002@yamanashi.ac.jp

³正会員 山梨大学 地域防災・マネジメント研究センター (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)
E-mail: takeyasu@yamanashi.ac.jp

⁴正会員 理化学研究所 計算科学研究機構 (〒650-0047 兵庫県神戸市中央区港島南町7-1-26)
E-mail: kohei.fujita@riken.jp

⁵正会員 東京大学地震研究所 (〒113-0032 東京都文京区弥生1-1-1)
E-mail: ichimura@eri.u-tokyo.ac.jp

複雑な表層地盤構造を呈する甲府盆地では、地震時には局所的な地震エネルギーや地盤ひずみの集中により、ローカルサイト効果に起因する震災の帯の発生が懸念される。このような現象は、通常の被害想定で用いられる1次元解析では評価できないため、高精細なメッシュで表層地盤を3次元的にモデル化した解析が必要である。そこで本稿では、甲府盆地の3次元地震応答解析を試みる。甲府盆地の表層地盤と同様の物性値を有する仮想的な地盤モデルに対する3次元地震応答解析から、不整形表層地盤における地盤ひずみ集中のローカルサイト効果を検討した上で、甲府盆地の地盤モデルに対する3次元地震応答解析を実施し、実地盤における表層での地震時の地盤ひずみ集中効果の定量的評価を行う。

Key Words : seismic ground strain, local site effect, 3D nonlinear ground response analysis

1. はじめに

甲府盆地は周囲を山で囲まれた非常に深い盆地である。かつては駿河湾とつながった入り江であったが、盆地の北にそびえる火山の噴火堆積物や山体崩壊に伴う岩屑流によって埋められ、甲府盆地はかつては湖の時代があった¹⁾。さらに、豪雨による洪水、土石流が繰り返し発生し、砂礫が厚く堆積していった。多くの河川は北から南へと、次第に西に流路を変えながら、最終的にはもともと標高の低い盆地南西部に集まり、富士川となって駿河湾まで流れる。釜無川はかつて甲府盆地の北西から盆地の中央に向かって流れていたが、戦国時代から江戸時代にかけての治水工事によって、盆地西を南北に流れる川となった²⁾。本川や支川の移動に伴って、表層地盤は複雑な様相を呈している。例えば、江戸時代には舞鶴城建設に伴い、河川の流路を変更している。そのため、1854年東海地震時には、かつての後背湿地上に建造された武家屋敷が大破するなど、局所的な被害が生じた³⁾。

甲府盆地の表層地盤構造は、河川の流路の変遷と氾濫堆積物の分布により、変化に富んでいる。このような地盤構造を有した場所では、3次元的なローカルサイト効果によって地震動やひずみの局所的な集中が生じる。一方、山梨県東海地震被害想定⁴⁾では、1次元等価線形化地震応答解析により250mメッシュ毎の震度を計算し、震度に基づいた被害想定を行っているため、ローカルサイト効果に伴って過去の地震で発生した被害の集中を説明できていない。

著者らは、かつての釜無川の流路や河川氾濫に起因して、複雑な3次元不整形表層地盤構造を有する甲府盆地中心部の被害想定を、3次元非線形地盤震動解析によって行うことを目標としている。本稿では、地中構造物の被害に大きな影響を与える地盤ひずみに着目し、(1)甲府盆地の表層地盤と同様な物性値を有する、盆状の軟弱堆積層を理想化した仮想的な地盤モデルの3次元地震応答解析を実施し、表層地盤の不整形性と非線形挙動によるひずみ集中のローカルサイト効果を検討する。つぎに、

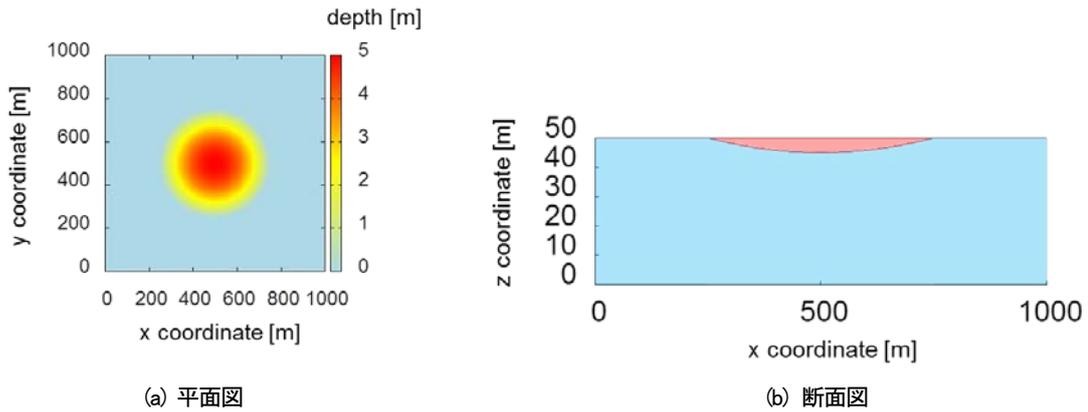


図-1 地盤モデルの3次元形状

表-1 地盤モデルの物性値

	V_p [m/s]	V_s [m/s]	ρ [kg/m ³]	h (線形時)	h_{max} (非線形時)	γ
1層：粘性土	560.89	110	1600	0.01	0.26	0.00145
2層：砂質土	1172.77	230	1900	0.01	0.01	∞

(2)甲府盆地の地盤モデルを対象として非線形3次元地震応答解析を実施し、実地盤における地盤ひずみ集中を定量的に評価する。

2. 既往の研究

これまで、地盤の不整形性に伴う諸現象の発生メカニズムや震動特性に関する研究は数多く行われてきている。いわゆる工学的基盤が盆状の形状をした盆状不整形表層地盤においては、地震動の反射・干渉によって局所的な地震動増幅、ひずみの集中が発生したり、ローカルな表面波の発生によって振幅の比較的大きな長周期の地震動が長時間継続するという継続時間延伸などが生じることが、理論的にも地震観測に基づく実証研究でも明らかにされている。

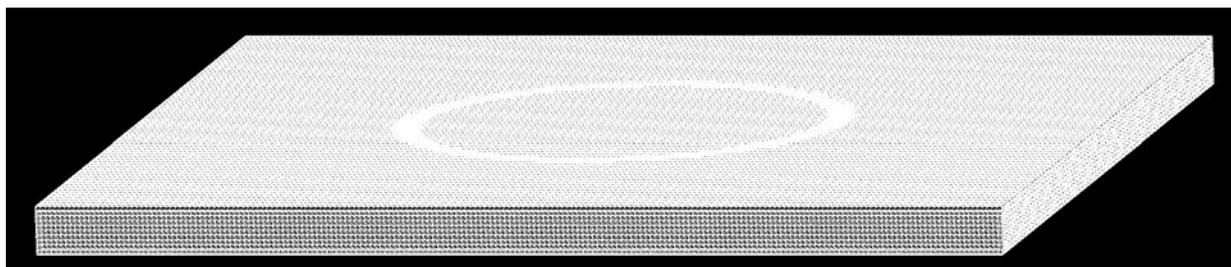
これらの基盤不整形性に起因する地震動の増幅、継続時間の延伸により甚大な被害が発生した例として1985年のメキシコ・ミチョアカン地震が挙げられる。メキシコ市は、火山湖を人工的に埋め立てた盆状の3次元不整形表層地盤構造を成し、超軟弱な粘土層が厚く堆積している。このような盆状の基盤不整形表層地盤で、発生した長周期地震動が数分間継続することにより、メキシコシティでは震央から350km程度離れていたにもかかわらず、多くの中高層建物が倒壊した⁸⁾。

年縄らは甲府盆地を対象として、2次元地下構造モデルの地震応答解析を行い、甲府盆地の不整形地盤構造特有の震動特性を示した⁹⁾。しかし、年縄が取り扱ったのは、 V_s が1000m/sに達する地震基盤の不整形性に基

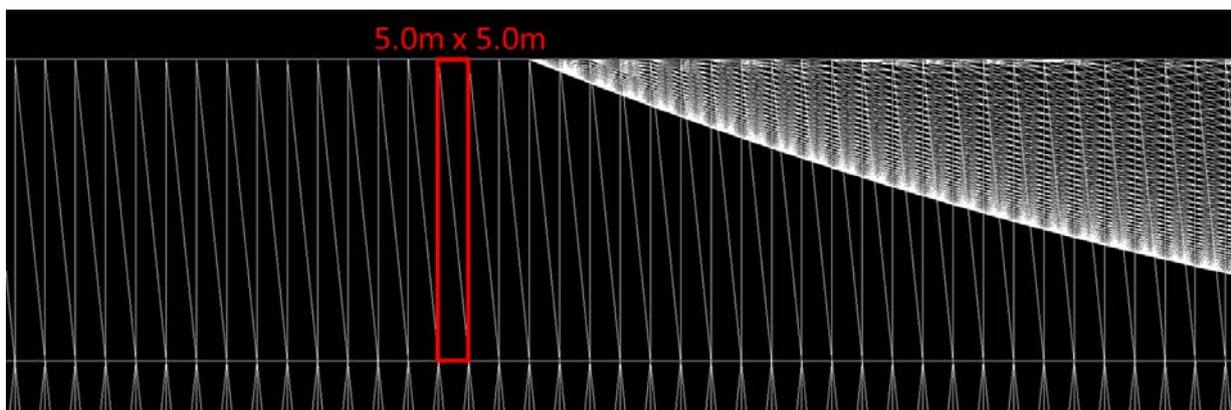
いた表面波に関するローカルサイト効果、ならびに1次元のサイト効果であり、表層地盤の不整形構造については検討していない。

一方、地下埋設管路や都市トンネルにおいては、工学的基盤の不整形に起因する表層地盤の局所的なひずみの集中に着目した耐震設計が行われている。特に、管軸方向の圧縮や引張が管路被害に影響することから、地盤応答解析において軸ひずみに着目することは重要となる。横浜市等の土丹層の溺れ谷に軟弱粘性土が堆積した地盤中の地下構造物は、3次元不整形表層地盤のモデル化が不可欠であることから、鈴木らは擬似3次元地盤モデルを開発し、実務設計に適用した¹⁰⁾。このモデルはバネマス系と平面応力状態のFEMを組み合わせた簡易モデルである。3次元解析ではなく簡易モデルとしたのは、解析に用いるコンピュータの容量制限があったからである。土岐らは3次元不整形地盤のひずみ分布特性や、2次元と3次元解析の違いが周波数応答倍率や応答波形に与える影響を考察している¹¹⁾。しかし、これも比較的深い基盤の不整形の問題を取り扱っており、浅い軟弱な表層地盤の3次元問題を取り扱っていない。

こうした背景に対し、近年の計算機性能の発達や並列計算技術などの計算科学の発展に伴い、大規模な非線形地盤震動解析を可能とするコードの開発が行われている¹²⁾。市村らは、 V_s が100m/s程度の軟弱層を含む表層地盤に対して高精細なメッシュを広い領域で構築し、FEMによる解析を実施している¹³⁾。本研究においても、こうした解析コードを利用し、軟弱層を含む地盤の高精細なモデルに対する解析を実施する。



(a) 全体図



(b) 層境界付近の拡大図

図-2 モデルのメッシュ分割図 (b)は鉛直方向を10倍に拡大して表示) : 不整形に堆積する軟弱層は、整形部に比較して高精細に分割されている

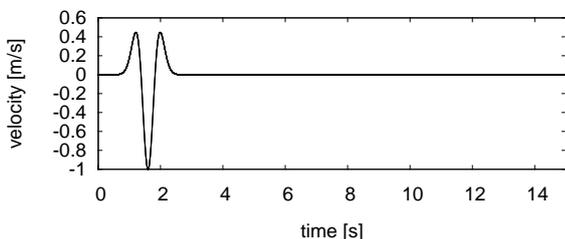


図-3 仮想的な地盤モデルに対する入力波形

3. 仮想的な地盤モデルに対する解析

(1) 解析モデル

甲府盆地に見られる、軟弱な堆積層の3次元的不整形性に起因する地盤ひずみの集中効果を検討するため、甲府盆地の表層地盤と同様な物性値を有する盆状の軟弱堆積層を理想化した、仮想的な地盤モデルを構築した。構築した解析モデルの形状を図-1に示す。モデル寸法は四方1km、深さ50mであり、中央に最大層厚5mの粘性土が盆状に堆積している2層モデルである。各層の物性値を表-1に整理する。同表には、後述する非線形解析における構成則のパラメタを併せて載せている。

既往の解析事例において、同程度の物性値を有する地盤モデルにおいて保証周波数を2.5Hzとした解析により

軸ひずみが収束することが確認されている¹³⁾。このことを参考に、本稿のこのモデルに対し、周波数2.5Hzまでの波長を10節点以上で表現できることが保証されるように要素サイズを設定してメッシュ分割を行い、モデル側面と底面での波動の反射を除去するためにこれらの面に半無限境界条件を適用した。図-2に、モデルのメッシュ分割図を示す。

この地盤モデルに対して、底面から図-3に示す中心周期0.5sのリッカー波をx軸方向に入力し、モデル中心を通る断面における地表面について水平変位を算出し、軸ひずみを求めた。ここでリッカー波の中心周期は、本研究が地震被害想定を目標としていることから、多くの構造物の固有周期帯に一致し工学的に重要と考えられる周期として設定した。

また、3次元的不整形性に起因する震動特性を地震被害想定で広く用いられる1次元解析の結果と比較するため、変位の各算出地点における1次元の地盤モデルを作成してFEMによる地盤震動解析を行い、隣り合う2点間の変位から軸ひずみを算出して3次元解析の比較を行うこととした。実際の解析には、並列化に対応した大規模非線形地盤応答解析コードであるGAMERA¹⁴⁾を用いた。

(2) 線形モデルに対する解析

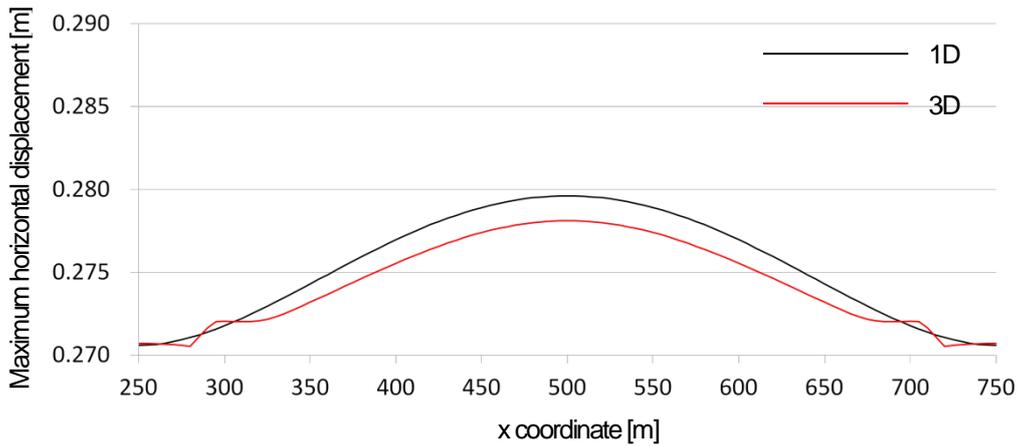


図-4 線形解析における、1次元解析と3次元解析の水平方向絶対変位の最大値の比較

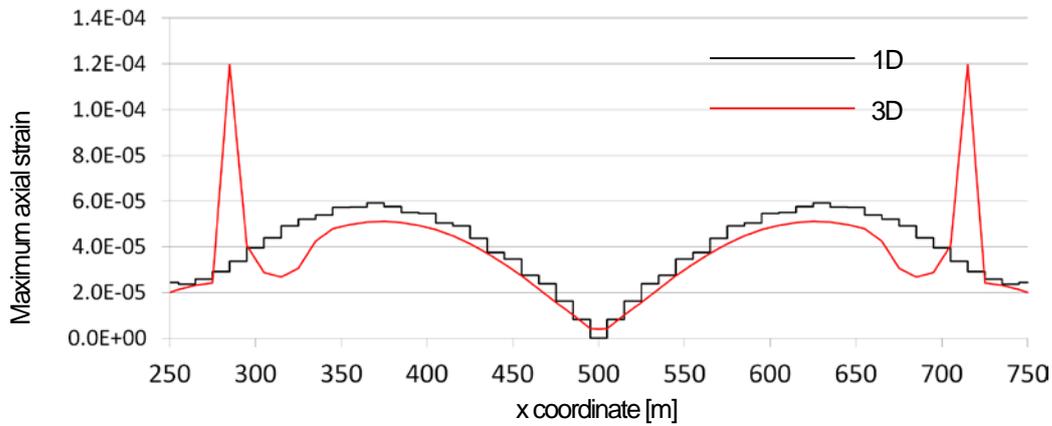


図-5 線形解析における、1次元解析と3次元解析の最大軸ひずみの比較

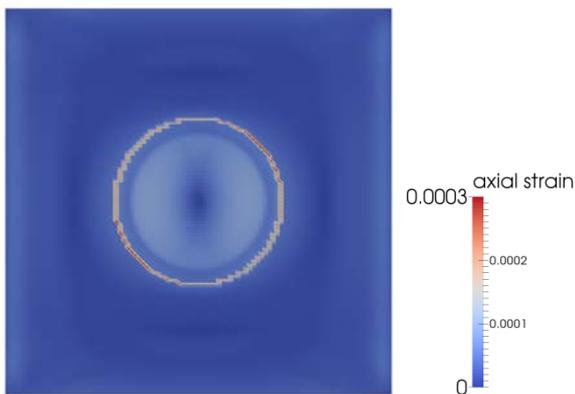


図-6 地盤モデルの最大主ひずみ分布：線形解析

3次元的不整形性に起因する震動特性の把握のため、地盤材料の構成則を線形とした場合の、モデル地盤の解析結果と1次元地盤モデルの解析結果との比較を行った。横軸に地盤モデルのx座標、縦軸に水平方向の絶対変位の最大値をとったグラフを図-4に、縦軸に軸ひずみの最大値をとったグラフを図-5に、地表面における最大主ひずみ分布を図-6に示す。1次元解析と比較したときの3次元解析の水平変位振幅の増幅は顕著なものではない。一

方で、盆状の粘性土層端部より30~40m程度内側の地点で比較的大きな軸ひずみが局所的に集中しており、軸ひずみが最大値をとっている地点では同地点の1次元解析の結果の約2倍を越えていることが分かる。また、図-6に示す最大主ひずみ分布からは、堆積層の境界部付近でひずみの集中が帯状に生じていることが分かる。これらのことから、表層厚の違いによる波動の到達時間の遅れや地盤境界面での波動の屈折で地表面の2点間に大きな変位差が発生したことがひずみの集中に影響を与える、盆地端部効果¹⁴⁾が軸ひずみ分布に生じているものと考えられる。

(3) 非線形性の影響の検証

次に、地盤の非線形挙動による影響を把握するために、非線形化モデルの解析を行った。せん断剛性の構成則として、3方向のせん断変形に対して独立に修正ROモデルとMasing則¹⁵⁾を適用し、減衰は3方向で独立に計算した値の平均値を用いた。構成則のパラメタは、山梨県における地震被害想定調査⁷⁾において用いられた等価線形解析の動的変形曲線を元に、表-1に示す値を設定した。また、非線形化により地盤中の波速が遅くなることを考慮し、

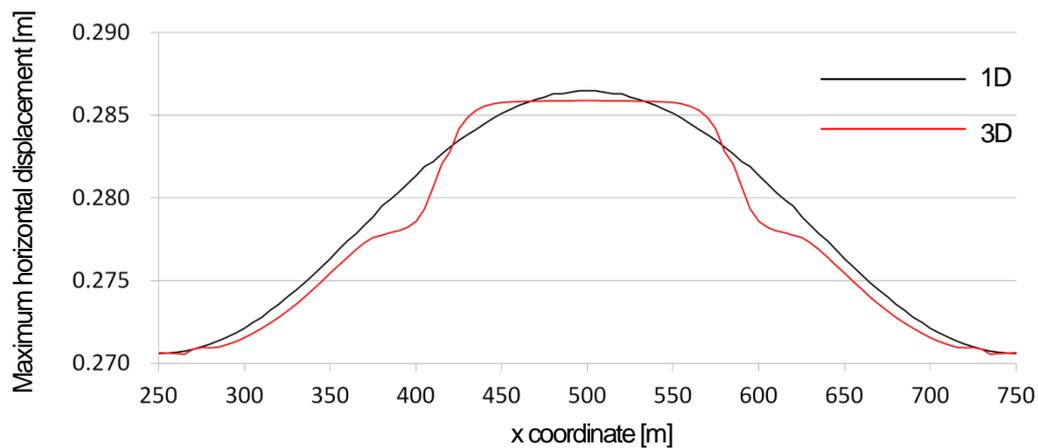


図-7 非線形解析における、1次元解析と3次元解析の水平方向最大変位の最大値の比較

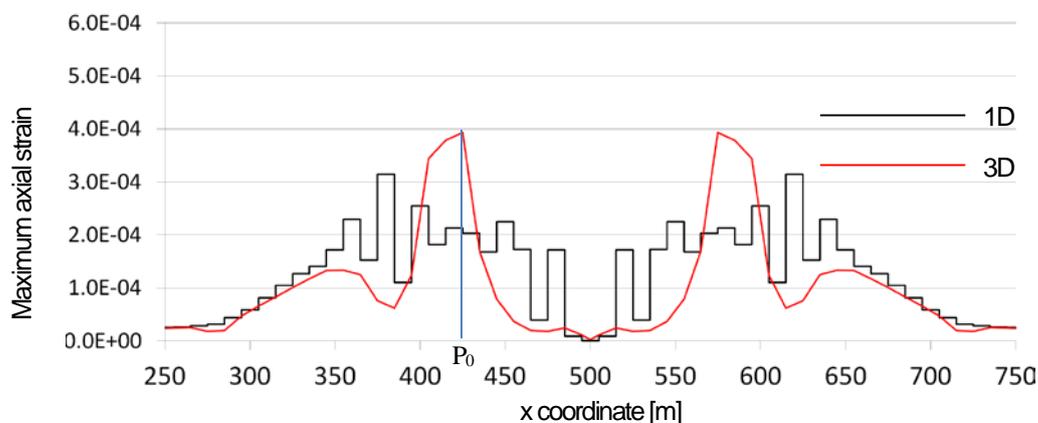


図-8 非線形解析における、1次元解析と3次元解析の最大軸ひずみの比較

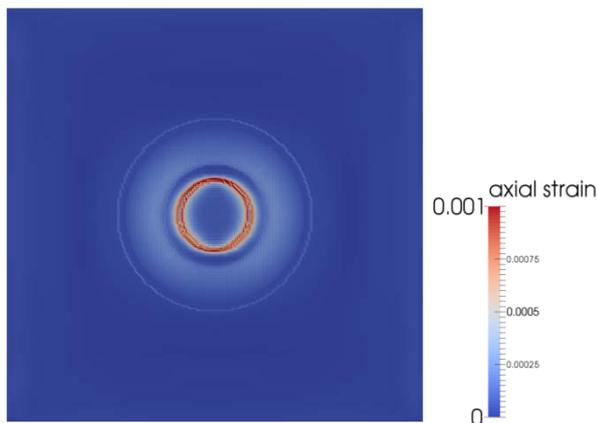


図-9 地盤モデルの最大主ひずみ分布：非線形解析

節点数を増やして線形時に周波数2.5Hzの波の波長を20節点以上で表現できるようにメッシュを構築した。線形解析時と同様に、モデル中心を通る断面上の地表面における最大水平変位と最大軸ひずみを評価し、各評価地点における1次元地盤モデルの非線形FEM解析の結果と比較を行った。

横軸に地盤モデルのx座標、縦軸に水平変位の最大値をとったグラフを図-7に、縦軸に軸ひずみの最大値をと

ったグラフを図-8に示す。これらの図からは、線形解析時と同様に水平変位については顕著な増幅が確認できないが、軸ひずみについては線形時を越える値が生じていることが確認できる。図-9に示す最大主ひずみ分布からは、帯状に軸ひずみの集中が堆積層の厚い中央部寄りに生じていることが分かる。また、特に1次元解析と3次元解析で軸ひずみの差が大きい、図-8中の点P0における、軸ひずみの時刻歴応答をに図-10に示す。なお、1次元解析の軸ひずみは、各地点で独立に計算された1次元地盤モデルの変位応答の差から算出しているため、連続した地盤モデルでのひずみ計算を行っているものではないことを付記する。

このように、地盤の非線形化を考慮した場合、地盤ひずみは線形時を越える値を示すことに加え、その集中箇所が変化することが分かった。

4. 甲府盆地モデルへの適用

(1) 解析モデル

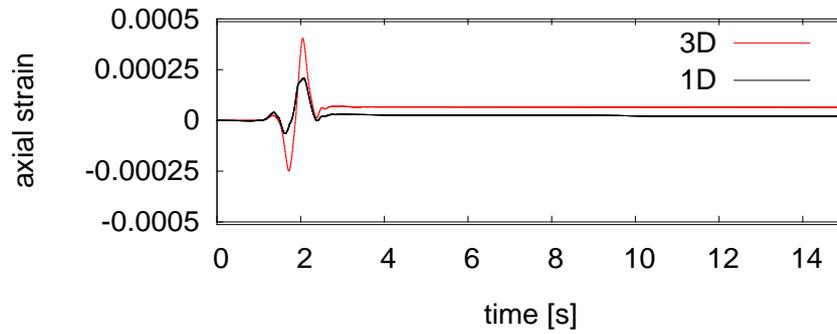
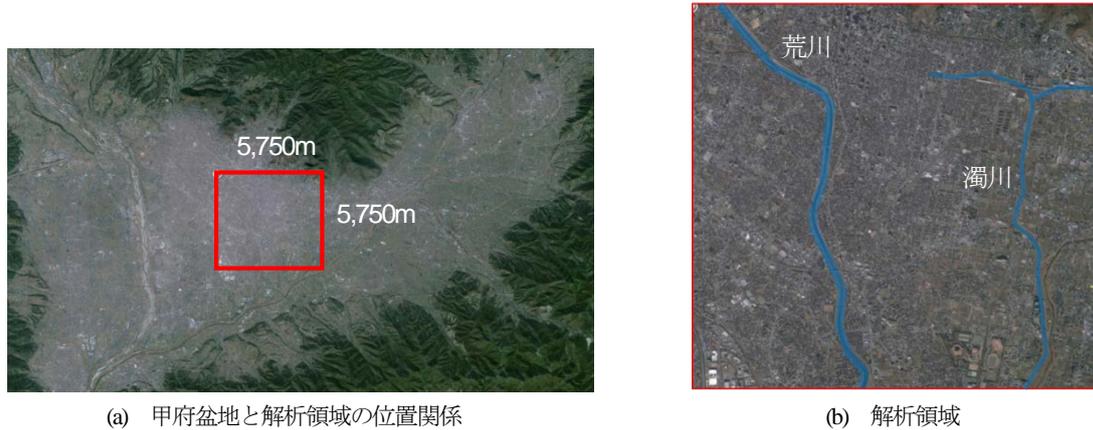


図-10 1次元解析と3次元解析の軸ひずみの時刻歴応答（図-8中のP₀における比較）



(a) 甲府盆地と解析領域の位置関係

(b) 解析領域

図-11 解析対象領域の航空写真：Google Earthによる航空写真（©2015 Google, ZENRIN）に加筆。（b）における青線は、領域中を流下する河川の位置を示している

表-2 甲府盆地モデルの物性値

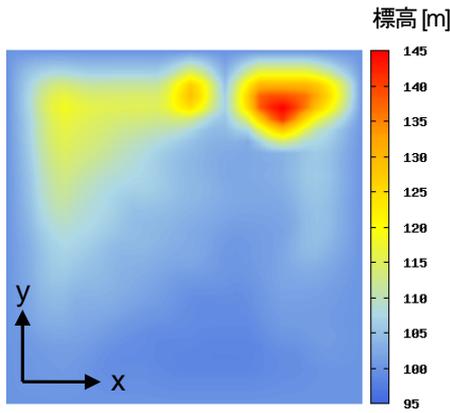
	V_p m/s	V_s m/s	ρ kg/m ³	h (線形時)	h_{max} (非線形時)	γ_t
1層：粘性土	560.89	110	1600	0.01	0.26	0.00145
2層：砂質土	1172.77	230	1900	0.01	0.20	0.0025
3層：礫質土	2141.58	420	2000	0.01	0.01	∞

次に、実地盤におけるひずみ集中の効果を検証するために、山梨県甲府盆地の地盤モデルに対する地盤震動解析を実施した。

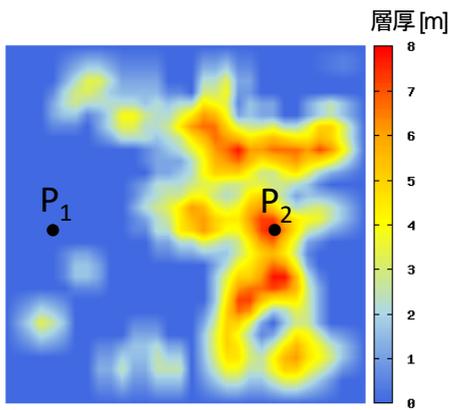
解析の対象として、河川の氾濫原であり軟弱な粘性土層が局所的に堆積しており、甲府市の中心的な市街地でもある5,750m × 5,750mの領域を図-11のように抽出した。次に、抽出した領域に対して、本研究では工学的基盤以浅の地盤を表-2に整理する物性を有する①粘性土層、②砂質土層、③礫質洪積層の3層構造にモデル化し、山梨県東海地震被害想定調査⁷⁾において作成された表層地盤モデルを基に、図-12に示す連続的な地盤モデルを構築した。なお、地盤モデルの構築にあたっては、側方境界上の各ノードに同一の境界条件を適用するために、四方に1kmずつの遷移領域を配置し同一の地盤条件へ遷移さ

せている。図-11と図-12(b)の比較からは、解析領域の西部を流下する荒川の東岸から、領域東部の濁川に沿った地域にかけて粘性土が堆積していることが分かる。このことは、これらの地域が両河川の氾濫原であることを示唆している。また、荒川西岸で粘性土の堆積が見られないことは、荒川の氾濫により標高の低い東岸側が主に浸水すると考えられていることと整合的である¹⁶⁾。

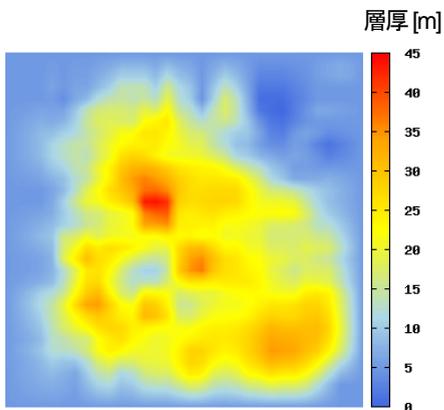
上記の解析モデルに対し、図-13に示す、工学的基盤面における想定東海地震波¹⁷⁾を解析領域底部からの入力波として、GAMERAによる地盤震動解析を実施した。なお、解析では時間間隔0.0025sで24,000ステップの計算を行い、1コア当たり2.5GHzのクロック周波数、総コア数432の並列計算環境で87,780s（約24.4時間）を要した。



(a) 地表面標高



(b) 粘土層厚



(c) 砂層厚

図-12 構築した3次元地盤構造モデル：最下層である礫質洪積層の下端を標高0mとした

(2) 解析結果

まず、地点毎の時刻歴応答特性を確認するために、粘性土の堆積がなく砂質土層が地表に現れている地点と、粘性土が最も厚く堆積する地点を、それぞれ図-12(b)中の P_1 と P_2 として抽出し、これら2地点における変位応答を図-14のように比較した。同図(a), (b)からは、入力波の振幅が卓越する10s前後で両地点とも大きな変位が生

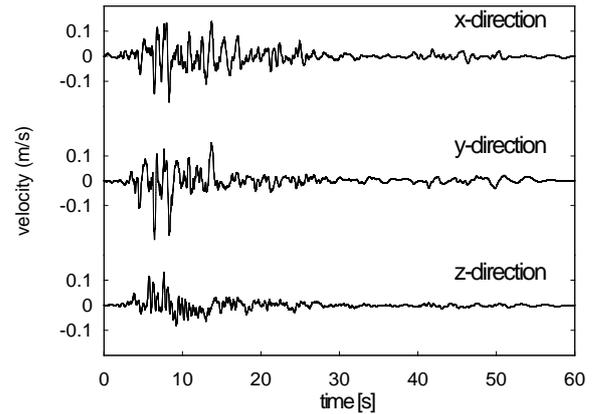


図-13 解析領域底部からの入力波の時刻歴波形

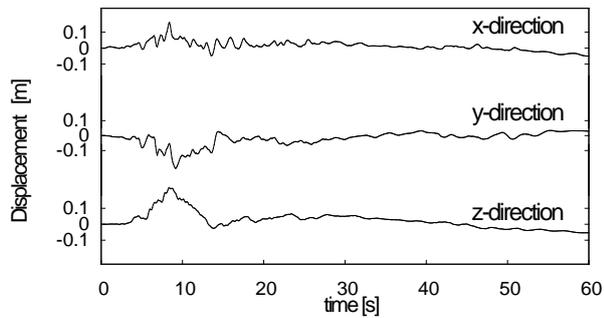
じていることが確認できる。一方、同図(c)からは、両地点の変位差はわずかなものであり、粘土層の堆積に起因する変位応答の増幅は大きなものでないと言える。このことは、前章で行った仮想的な地盤モデルの非線形解析において、軟弱層の堆積による顕著な変位増幅が見られなかったことと整合的である。

一方で、図-15に示す解析モデル地表面における最大主ひずみの分布からは、仮想的な地盤モデルに対する解析結果と同様に、特に大きなひずみの集中領域が帯状に表れていることが確認できる。また、図-12(b)との比較から、このひずみの集中帯は粘土層の堆積部に位置することがわかる。このことを確認するために、図-15中A-A'断面における、x軸方向の最大軸ひずみ分布と地盤モデル形状の関係を図-16に示す。同図からは、最表層として粘土層が厚く堆積している地点において軸ひずみが特に大きく、前節の非線形解析の結果と同様に、ひずみの集中は粘土層の不整形性や非線形挙動に起因しているものと判断できる。また、主ひずみの最大値は 10^3 を越えており、伸縮性の乏しい線状地下構造物の被害が、粘土層の堆積部で集中して発生する可能性が高いことがわかった。

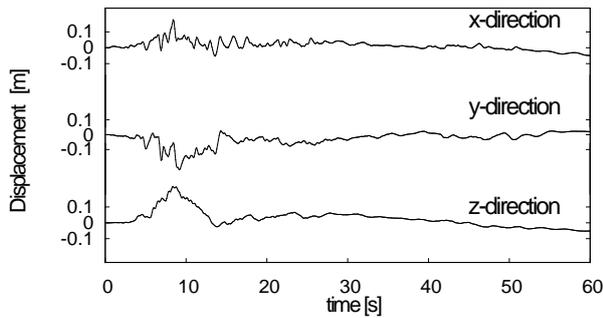
これらの結果より、3次元不整形表層地盤の非線形解析は、大地震時の線状地下構造物の地震被害予測に不可欠であり、地表付近の局所的な沖積層の堆積を表現する高精細な地盤モデルの構築や、モデルに基づく数値地盤震動解析が重要であることを示唆している。

5. おわりに

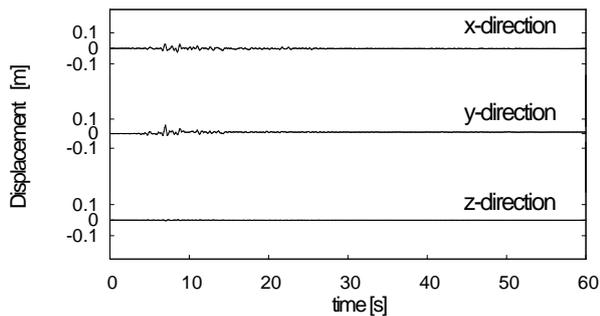
本研究では、地盤表層に不整形に堆積する軟弱層による地震時の地盤ひずみの集中効果を検証することを目的として、仮想的な2層地盤モデルと甲府盆地の実地盤モ



(a) 地点P₁ (粘土層厚が0mである地点)



(b) 地点P₂ (粘土層が最も厚く堆積する地点)



(c) P₁とP₂の変位差

図-14 粘土層厚の異なる2地点での時刻歴変位応答の比較

デルの2種類の地盤モデルに対する3次元地盤震動解析を実施した。解析から得られた知見は以下の通りである。

- (1) 2層モデルに対する線形解析から、不整形な軟弱堆積層によっては地表変位は顕著な増幅を示さないものの、ひずみについては堆積層端部付近に帯状の集中領域を生じさせる盆地端部効果が確認できた。
- (2) 2層モデルに対する非線形解析からは、同様に帯状のひずみ集中領域が生じたが、その値は線形解析時を大きく越えており、また集中箇所は堆積層端部から堆積層中央部寄りに変化することが分かった。
- (3) 甲府盆地の実地盤モデルに対する非線形解析からは、2層モデルと同様に変位の増幅は顕著でない一方で、帯状のひずみ集中領域が軟弱堆積層の厚く堆積する場所に生じることが確認された。
- (4) 主ひずみの最大値は 10^{-3} を越えており、伸縮性の乏しい線状地下構造物の被害が、粘土層の堆積部に集

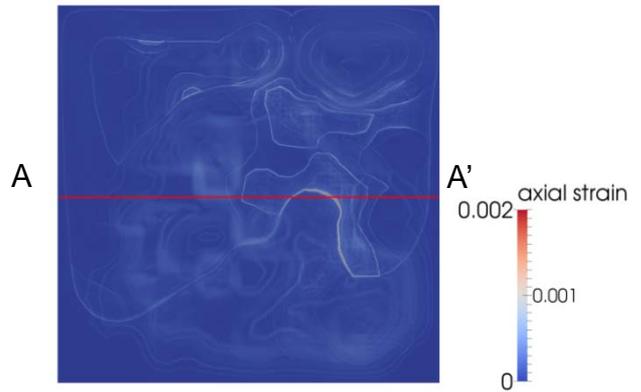


図-15 甲府盆地モデルにおける最大主ひずみ分布

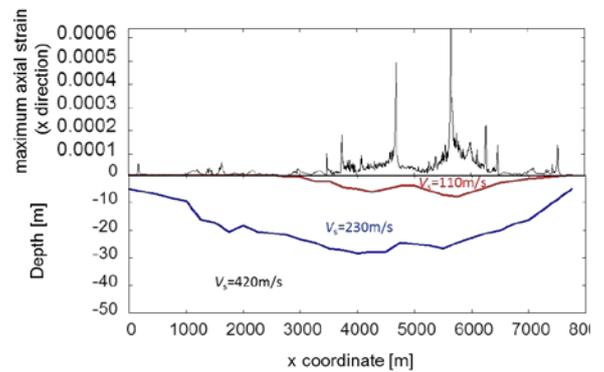


図-16 A-A'断面における地盤形状と最大軸ひずみ分布の比較

中して発生する可能性が高いことがわかった。

今後は、本稿における地盤ひずみの解析結果や、より高精細なモデルに対する解析から得られる地表地震動の加速度の評価結果から構造物の被害結果の予測を行うなど、本解析を地震被害想定的高度化に結び付けたいと考えている。特に甲府盆地における被害想定を行う上では、本稿で着目した表層の不整形性に加え、基盤不整形に伴う地震動の集中も考慮するための広帯域な地盤モデルの解析も必要である。

数値解析結果の検証の観点からは、過去の強震動記録の再現解析などを通して、本稿で構築した甲府盆地の地盤モデルや数値解析結果の検証を今後行っていく必要がある。また、本解析で確認された非線形化を考慮した地盤モデルにおけるひずみ集中のメカニズムを、2次元モデル等のより実務的なモデルと比較しながら分析することにより、本稿の解析結果の妥当性確認やひずみ集中の3次元性の評価を行うことも重要と考えられる。

参考文献

- 1) 竹林征三, 望月正: 河川における土木遺産の評価と伝承法に関する研究, 土木史研究, 第15号, pp.239-246, 1995.

- 2) 田中収：甲府盆地地下水湖の構造，日本地質学会学術大会講演要旨 93, p.498, 1986.
- 3) 川崎剛：武田氏研究第 13 号 釜無川の流路変遷について，pp.41-46, 1994.
- 4) 甲西町：甲西町誌 第二編 第二章 第四節 地震と噴火，pp.82-89, 1973.
- 5) 八田村：八田村誌 第二編 第二章 第六節 八田村の地盤災害，pp.116-117, 2003.
- 6) 榑形町：榑形町誌 第二節 第二章 第四節 気象災害の歴史，pp.89-91, 1966.
- 7) 山梨県：山梨県東海地震被害想定調査業務報告書，2005.
- 8) 鈴木猛康：メキシコ地震震害調査報告，熊谷技報，39 号，pp.99-109, 1986.
- 9) 土木学会地震工学委員会ローカルサイトエフェクト小委員会：甲府盆地の地下構造モデルを用いた地震動解析，地震動のローカルサイト エフェクト：実例・理論そして応用，土木学会，2005.
- 10) Tamura, C. and Suzuki, T.: A Quasi-three-dimensional Ground Model for Earthquake Response Analysis of Underground Structures- Construction of Ground Model -, 生産研究，第 39 巻第 1 号，pp.37-40, 1987.
- 11) 土岐憲三，佐藤忠信，清野純史，福井基史：3 次元不整形地盤の震動特性について，京都大学防災研究所年報 第 35 号 B-2, 1992.
- 12) Tsuyoshi Ichimura, Kohei Fujita, Seizo Tanaka, Muneo Hori, Maddegedara Lalith, Yoshihisa Shizawa, Hiroshi Kobayashi: Physics-based urban earthquake simulation enhanced by 10.7 BlnDOF × 30 K time-step unstructured FE non-linear seismic wave simulation, *Proceedings of SC '14 Proceedings of the International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis*, pp.15-26, 2014.
- 13) Tsuyoshi Ichimura, Kohei Fujita, Muneo Hori, Takashi Sakanoue, Ryo Hamanaka: Three-Dimensional Nonlinear Seismic Ground Response Analysis of Local Site Effects for Estimating Seismic Behavior of Buried Pipelines, *J. Pressure Vessel Technol.*, 136(4), Paper No:PVT-13-1131, 2014.
- 14) 永野正行，山田有孝：3 次元盆地端部構造の境界近傍における地震動増幅特性，日本建築学会構造系論文集，第 560 号，pp.51-58, 2002.
- 15) 地盤工学会：地盤の動的解析-基礎理論から応用まで-，地盤工学会，pp.55-60, 2007.
- 16) 甲府市：甲府市防災情報 WEB <http://kofu.gisweb.jp/hazardmap/> (2015 年 12 月 31 日閲覧) .
- 17) 中央防災会議：東海地震に関する専門調査会 <http://www.bousai.go.jp/jishin/tokai/senmon/> (2015 年 12 月 31 日閲覧) .

(2015. 11. 6受付, 2015. 12. 31修正, 2016. 2. 20受理)

ANALYSIS OF STRAIN CONCENTRATION IN ALLUVIUM USING THREE DIMENSIONAL NONLINEAR SEISMIC GROUND RESPONSE ANALYSIS

Takashi MIYAMOTO, Wataru IRIHARA, Takeyasu SUZUKI,
Kohei FUJITA and Tsuyoshi ICHIMURA

In order for a municipality to formulate disaster management plan on earthquake, damage estimation has to be carried out as the first stage. In the case that a city is formed on soft soil deposits like Kofu city, it is important to evaluate earthquake ground motion and ground strain in consideration of local site effect. Though it is known that local site effect of earthquake motions in alluvial soil deposits irregularly bounded by bedrock brings about local concentration of damage, the damage estimation by three-dimensional numerical analysis have not be conducted due to the restriction of computational resource. However, together with the development of computational science technology, large-scale analysis on three-dimensional nonlinear seismic ground response has become executable at the present time. Thus, local site effects, especially for local concentration of strain in surface soft soil deposits are examined in this paper. Seismic responses of an ideal alluvial soil model and the surface soil model for a part of Kofu basin are evaluated using three-dimensional nonlinear FEM analyses. The results of analyses imply the significance of three-dimensional nonlinear analyses of surface soil deposits in earthquake damage estimation.