

3次元基盤不整形性を有する市街地における地下ライフラインの地震被害想定を試み

山梨大学大学院 学生会員 ○木下 顕吾
山梨大学大学院 フェロー 鈴木 猛康
山梨大学大学院 正会員 宮本 崇

1. はじめに

地震被害想定は、地域で発生しうるある程度切迫性の高い地震に対して、被害の様相を事前に把握することによって、有効な予防・応急・復旧対策に資することを目的として行われる¹⁾。しかし、多くの自治体が現在行っているライフライン施設被害の想定では、1995年兵庫県南部地震による被害データから算出された経験式が用いられている¹⁾。この式は、被害の量である数値を示すことができるが、被害様相を把握することができない。

周辺地盤の変位に追従して変形するという地下構造物の地震時挙動の特性に基づいて、地下構造物の耐震検討では地盤の変位に着目した応答変位法を用いた解析が行われている。応答変位法を用いるには、地下構造物周辺の応答変位を正確に求める必要がある。そのため、地震応答解析では構造物の周囲の地盤の振動を正確にシミュレートできることが重要である。

これまでに山口らによって震災総合シミュレーションシステムの開発が行われた²⁾。しかし、計算手法は境界耐力設計法を用いており、加速度応答スペクトルは水平成層地盤を仮定して求められているため、不整形地盤に埋設される地下ライフラインの地震被害想定には適用できない。

本研究では、不整形地盤中の地下ライフラインの地震被害想定を行うため、河川氾濫の歴史を反映させて複雑な表層地盤構造を有する甲府市の中心市街地を対象として、擬似3次元地盤モデルを用いた不整形表層地盤の地震時ひずみの試算を行う。

2. 甲府盆地の不整形表層地盤

甲府盆地は四方を山地で囲まれた逆三角形の内陸盆地である。釜無川等の河川の流路変遷と河川氾濫によって、地震動の影響を受けやすい粘性土や砂質土は場所ごとに変化に富んでいる。このような地盤構造を有した場所では、3次元的地盤不整形表層地盤構造によって、ローカルサイトエフェクト³⁾と呼ばれる地震動やひずみの局所的な集中が生じる。そのため、甲府盆地の地震応答解析を行うためには、3次元的地盤不整形表層地盤構造を地盤モデルに反映させることが必要である。

山梨県東海地震被害想定⁴⁾では、甲府盆地を250mメッシュごとに1次元表層地盤構造としてモデル化し、等価線形化法に基づいた1次元地震応答解析に基づいて算定し

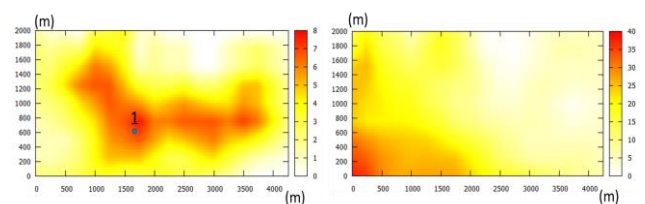
た震度より、被害想定を行っている。したがって、とくに地下ライフラインの被害に直結する3次元的不整形表層地盤中のひずみの局所的集中が考慮されていない。

3. 解析対象地域と解析手法

解析対象は図1に示す中心市街地を含む甲府市の4.24km×2.0kmの領域である。粘土層、砂層の堆積分布を図2に示した。解析には、鈴木⁵⁾が開発したバネマス系とFEM平板要素を連成させた擬似3次元地盤モデルを用いた。本研究では、宮本らによって作成された工学的基盤以浅の表層地盤を3層にモデル化した地盤データ⁶⁾を用いた。なお、最も浅い粘土層による地震動増幅に着目するため、砂層と礫層のVsを実際の物性よりもやや大きくし

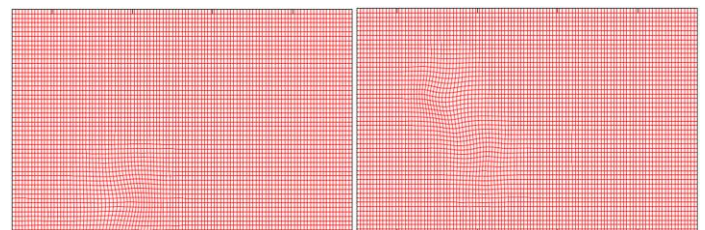


図1 解析領域



(a) 粘土層厚の分布 (b) 砂層厚の分布

図2 表層厚



(a) 4次振動モード(0.35s) (b) 5次振動モード(0.19s)

図3 振動モード

た.

る地震時最大ひずみ分布図である. 左右の固定境界につ

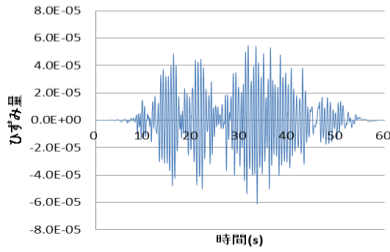


図4 軸ひずみ波形 (1次せん断振動のみ)

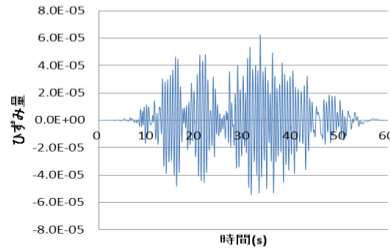


図5 軸ひずみ波形 (1次と2次)

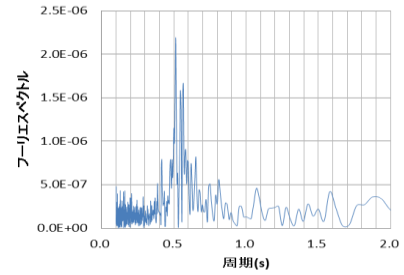


図6 フーリエスペクトル

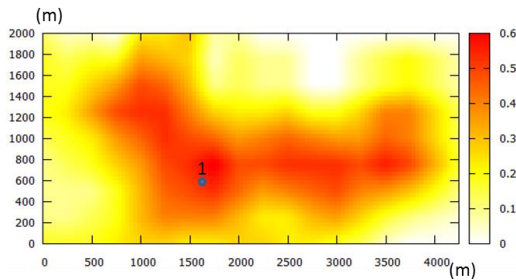


図7 解析領域における卓越周期の分布

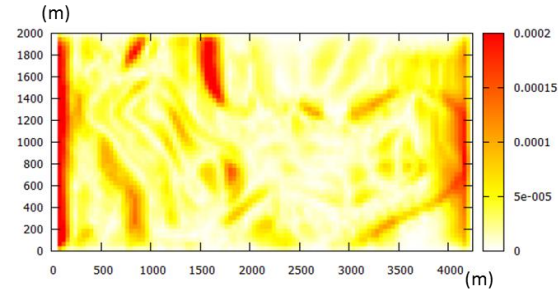


図8 解析領域における最大ひずみ分布

解析境界は全て固定とした. 水平方向は40m×40mでメッシュ分割を行い, 鉛直方向に10層程度に表層地盤を分割し, 各節点に1質点系を配置している.

4. 振動モード

解析には擬似3次元地盤モデルの地震応答解析コード“exq3d”を用いた. 1次元表層地盤の1次のせん断振動モードの1質点系と2次モードの1質点系のモデルについて固有値解析を行った. 図3(a)は1次モードの1質点系モデルで有効質量比が最も高い振動モードで, 図3(b)は2次モードの1質点系モデルで有効質量比が最も高い振動モードである. 図2, 図3より, 粘土層が厚く堆積する箇所では振幅が大きいことがわかる.

5. 表層地盤の不整形性と解析結果

道路橋標準方書標準波のLevel2地震のtype-1を入力として, exq3dにより地震応答解析を行った. なお, 等価線形解析によって地盤の動的物性値を設定している. 固有値解析の結果から粘土層が厚く堆積している図2の点1における1次モードの軸ひずみ波形を図4に, 1次, 2次モードのモデルの解析結果を重ね合わせた軸ひずみ波形を図5に示す.

図4, 5より, ひずみの振幅, 時刻歴波形が近似していることから, 1次せん断振動モードのみを考慮した解析モデルを用いればよいと判断した. 図4の軸ひずみ波形のフーリエスペクトルを図6に示した. また, 解析領域における1次せん断振動の卓越周期の分布を図7に示す. 両図より, 点1の軸ひずみの周期は, 点1における表層地盤の卓越周期とほぼ等しいことが分かる. 図8は解析領域におい

て見直す必要はあるが, 粘土層の堆積分布を反映させた軸ひずみ発生も再現できていることがわかる.

5. まとめ

甲府市市街地の不整形表層地盤を対象として, 擬似3次元地盤モデルを用いたモード解析, 地震応答解析を行った. その結果, 最表層の粘性土地盤の不整形性を反映させた地震時地盤ひずみを算定することができ, 表層地盤の不整形に基づいた局所的な地盤ひずみの発生による地下ライフラインの被害想定が可能となった. 今後は砂層の影響も考慮し, 地下ライフラインの地震被害想定を行いたい.

参考文献

- 1) 田山裕信, 堤一憲ら: 地震被害想定 の総括と今後の方向性 http://www.mri.co.jp/NEWS/magazine/journal/44/_icsFiles/afie1dfile/2009/06/19/jm05013101.pdf (2017. 1. 15 閲覧)
- 2) 山口直也, 末富岩雄ら: 震災総合シミュレーションシステムの開発-建物被害推定手法の精度検証-, 地震工学研究発表会報告集, VOL. 28, p. 105, 2005
- 3) 土木学会: 地震動のローカルサイトエフェクトー実例・理論そして応用一, pp213-220, 2005.
- 4) 山梨県: 山梨県東海地震被害想定調査業務報告書, 2005.
- 5) 鈴木猛康: シールドトンネルの耐震性評価と免震化手法に関する研究, 東京大学工学部博士論文, pp103-107, 1990.
- 6) 宮本崇ら: 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, 土木学会論文集(A1構造・地震工学), VOL.72, NO.4(地震工学論文集第35巻), I_768-I_776, 2016