

東日本大震災における浦安市の教育施設の被害金額に関する調査研究 その 8 地盤条件を考慮した液状化地盤の損失評価法

Study on Damage Cost for Educational Facilities in Urayasu City by the Great East Japan Earthquake -The loss evaluation method liquefied ground considering local soil condition-

○通山開¹, 安達俊夫², 宮村正光³, 太田宏⁴, 田上由理⁵, 八木英樹⁵

Toyama Hiraku¹, Adachi Toshio², Miyamura Masamitsu³, Ota Hiroshi⁴, Tanoue Yuri⁵, Yagi Hideki⁵

Abstract: In this paper, indicated the loss evaluation method considering proposed loss function and local soil condition. As one of examples, the method was verified by the application for elemental school at Katsusika district.

1. はじめに

本報では前報で示した損失関数を用いて、かつ地盤条件を考慮した液状化地盤の損失評価法を提案する。さらに、一例として液状化の可能性が高いと考えられる葛飾区のある小学校を対象に、本報で提案する評価法の適用を試みた。

2. シミュレーション解析条件

本報で提案する損失評価法のフローを Fig.1 に示す。本評価法は、はじめに地震応答解析により地表面最大加速度 α_{\max} (以下、 α_{\max} と略称) を推定し、これを用いて液状化判定を行う。次に、これを外力として液状化判定を行い、地表面動的的水平変位 D_{cy} ¹⁾ (以下、 D_{cy} と略称) を算出する。最後に、得られた D_{cy} と損失関数より損失を算出するものである。

2.1. 対象施設及び地盤条件

対象施設は葛飾区のある小学校である。この小学校の建物外周面積は 4902m² である。また、地盤条件を設定する際に用いた柱状図は葛飾区が公開している柱状図である。なお、単位体積重量及び細粒分含有率は道路橋示方書²⁾を、せん断波速度には後藤・太田³⁾式を用いて設定した。

2.2. 外力の評価

本報では地盤条件を考慮して α_{\max} を決定するため、地震応答解析を行った。地震応答解析には工学的基盤における加速度波形を必要とする。今回用いた地震波は日本建築センターが公開している工学的基盤における模擬地震動である BCJ-L1 波⁴⁾を用いた。なお、最大加速度は 207gal であり、マグニチュード M は 7 である。

一般的に用いられている地震応答解析には、重複反射理論を用いた SHAKE による等価線形解析や時刻歴非線形解析などが挙げられる。一方、等価線形解析を

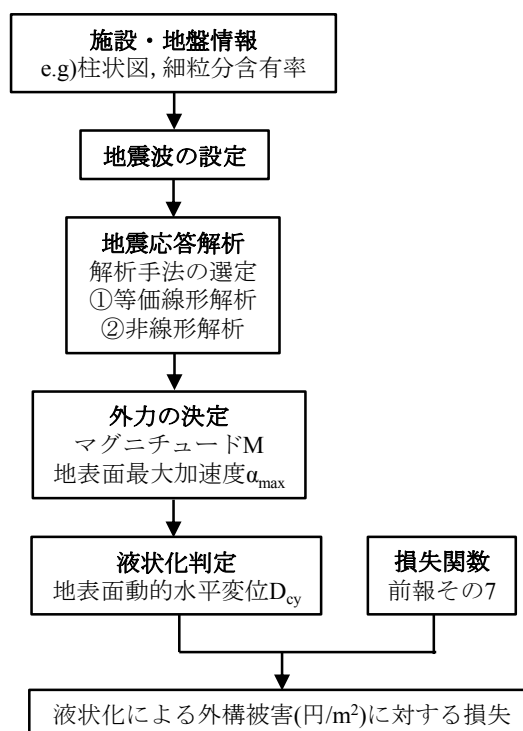


Fig.1 Flow of loss evaluation method

用いて軟弱地盤を対象に地震応答解析を行うと、入力地震動の大きさにもよるが地盤内のせん断ひずみが 1% を越えてしまい、等価線形解析における適用範囲のなみずみレベルを超えてしまうことがある。しかし、時刻歴非線形解析を用いた場合であれば、大きなひずみレベルまで適用できる。このような背景のもとに本報では、基本的には液状化が起きると予想される軟弱地盤を対象としているため、ここでは時刻歴非線形解析を用いた地震応答解析による α_{\max} の決定方法について示す。本研究では k-SHAKE⁵⁾を用いて非線形解析を行い、工学的基盤から地表面における地震波を立ち上げ、 α_{\max} を算出した。

非線形解析の際に用いた応力-ひずみモデルは修正

1: 日大理工・院・建築 2: 日大理工・教員・建築 3: 工学院大学・教授 4: 日本大学・職員 5: 日大理工・学部・建築

R-O モデルである. Fig.2 に修正 R-O モデルの履歴特性図⁵⁾を示す. また, 修正 R-O モデルにおける骨格曲線及び除荷曲線はそれぞれ(1)式, (2)式となる. (1)

$$\gamma = \frac{\tau}{G_{max}} \left[1 + \alpha \left(\frac{\tau}{\tau_y} \right)^{\beta-1} \right]$$

ここに, τ_y : 降伏応力度, $\alpha = 2^{\beta-1}$, $\beta = \frac{2\pi \cdot h_{max}}{2-\pi \cdot h_{max}}$

$$\gamma_c = \frac{\tau_c}{G_{max}} \left[1 + \alpha \left(\frac{\tau_c}{\tau_y} \right)^{\beta-1} \right] \quad (2)$$

ここに, $\tau_c = \frac{1}{2}(\tau - \tau_a)$, $\gamma_c = \frac{1}{2}(\gamma - \gamma_a)$

なお, 規準ひずみ $\gamma_{0.5}$ 及び最大減衰定数 h_{max} は安達らの簡易推定法⁶⁾を基に推定した.

2.3. 液状化判定

液状化判定法は文献 1)における地盤の変形量である D_{cy} を求める方法を用いた.

2.4. 損失の算定

損失の算定には前報その 7 で示した D_{cy} に応じた連続的な損失が評価できる損失関数を用いた. そして, 損失関数より得られる建物外周面積当たりの損失に, 対象施設の建物外周面積を乗じることにより, 液状化による外構被害に対する損失が得られる.

3. 解析結果

Fig.3 に地盤モデルと解析結果として, せん断ひずみ分布, せん断応力分布を示す. また, Fig.4 には工学的基盤及び地表面における加速度時刻歴を示す. なお α_{max} は 244gal であり, これを外力として液状化判定を行った結果, D_{cy} は 2.9cm であった. そして, 前報で示した損失関数を用いて液状化による建物外周面積当たりの損失を算出すると, 966(円/m²)となり, これに建物外周面積を乗じると約 470 万円となる.

4. まとめ

本報では, 前報で示した損失関数と, 地盤条件を考慮した液状化地盤の損失評価法を示した. また, 一例として葛飾区のある小学校を対象に損失評価を試みた.

【謝辞】

本研究を行うにあたり, 葛飾区役所の関係者各位には多大なるご協力を頂きました. また, 日本大学理工学部の神田順特任教授には本研究に関する貴重なご意見を頂きました. 末筆ながら感謝の意を表します.

【参考文献】

- 1)日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, pp.61-68, 2001.10
- 2)日本道路協会: 道路橋示方書V耐震設計編, pp.136-141, 2012.3
- 3)前田他: 地盤のN値からせん断波速度 V_s を推定する試み, 日本建築学会退会学術講演梗概集, pp.447-448, 2007.8
- 4)一般財団法人日本建築センターホームページ: <http://www.bcj.or.jp/download/wave.html>
- 5)株式会社構造計画研究所: k-SHAKE Version3.0, 2000.6e
- 6)安達他: 広いひずみ範囲における土の動的変形特性の簡易推定法, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp.53-56, 1989

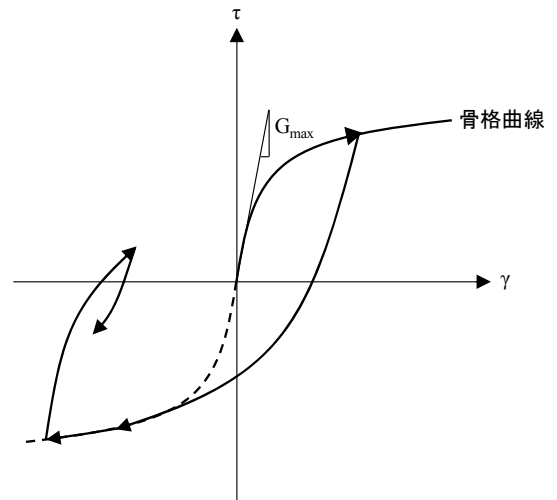


Fig.2 Hysteretic behavior of modified Ramberg-Osgood model

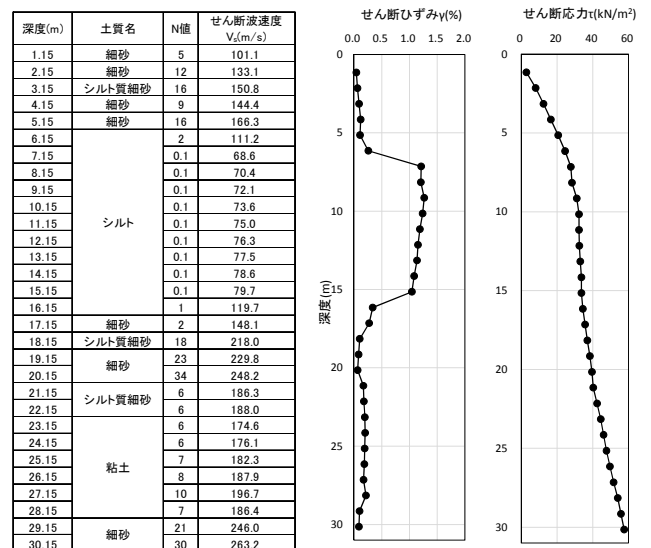


Fig.3 Ground model and analysis result

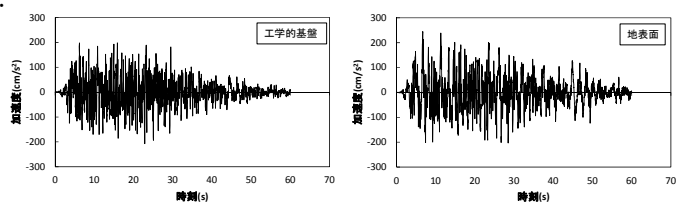


Fig.4 Time history of acceleration