

III-111 液状化による地盤流動量の簡易予測

建設省土木研究所 正会員 東 拓生
 建設省土木研究所 正会員 常田賢一
 建設省土木研究所 正会員 松本秀應
 東京大学工学部 正会員 東畑郁生

1. まえがき

本文は、液状化による地盤流動に関係する代表的な要因として、流動範囲長、液状化層厚、不飽和層厚、地表面の傾斜角を選定し、地盤流動量の推定方法(文献1)を用いてパラメトリックに算定した流動量に対して重回帰分析を行うことにより、流動量の簡易予測の方法を検討したものである。また、既往の地震による地盤の流動量の実測値と比較することにより、簡易予測の適用性及び適用方法を検討している。

2. 解析手法

水平方向の地盤流動量 D の推定方法として、最小ポテンシャルエネルギーの原理に基づいた手法(詳細は文献1参照)を用いた。

図-1にパラメトリック解析で想定した地盤モデルの概要を示す。ここで、地盤流動に関与する主要因として既往の振動台実験¹⁾²⁾³⁾に基づいて流動範囲長 L 、液状化層厚 H 、不飽和層厚 T 、地表面の傾斜角 θ_s の4要因を取り上げたが、地表面、非液状化層下面および液状化層下面是相互に平行とみなし、その傾きは θ_s とした。

また、表-1にはパラメトリック解析において変化した要因毎の数値を示す。ただし、液状化層厚 H_m と非液状化層厚 T_m の和が20mを越え、液状化層が深度20m以深の領域に生じるような組合せについては、液状化層厚 H_m を $H_m = 20 - T_m$ により求め、不飽和層厚についてはそのままの値を用いて設定した。

なお、解析対象地盤の境界条件は斜面上端を自由、斜面下端を固定とし斜面中央と斜面上端の地表面変位を流動量の算定位置とした。

3. 解析結果

流動範囲長 L が10m~1000mまでの全データを用いて回帰した場合には、水平変位の大きな領域で、相関が悪くなる傾向がみられる。そこで、 $L=10m\sim100m$ 、 $100m\sim1000m$ の2種類にデータを分類し、各々について回帰を行った。これにより得られた簡易予測式を表-2に示す。また、 $L=100\sim1000(m)$ の場合について簡易予測式とパラメトリック解析の両者で求めた水平変位の相関を図-2に示す。同図より、地表面勾配が20%と大きく、流動量が大きいデータについては、簡易予測式から求めた水平変位はパラメトリック解析から求めた水平変位よりも小さくなる傾向にある。

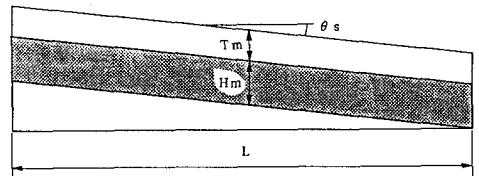


図-1 解析モデル

流動範囲長	L	10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000(m)
液状化層厚	H_m	0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20(m)
不飽和層厚	T_m	1, 2, 5, 10, 19(m)
地表面の傾斜角	θ_s	0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20(%)

表-1 解析において変化した要因ごとの数値

L (m)	流動量の 予測位置	地盤流動量 D の簡易予測式 D, L, H_m, T_m (m), θ_s (%)
10~100	斜面中央	$D = 1.73 \times 10^{-5} L^{1.94} H_m^{0.298} T_m^{-0.275} \theta_s^{0.962}$
	斜面右端	$D = 2.07 \times 10^{-5} L^{1.95} H_m^{0.295} T_m^{-0.276} \theta_s^{0.976}$
100~1000	斜面中央	$D = 1.29 \times 10^{-5} L^{1.99} H_m^{0.288} T_m^{-0.243} \theta_s^{0.995}$
	斜面右端	$D = 1.70 \times 10^{-5} L^{1.99} H_m^{0.278} T_m^{-0.242} \theta_s^{0.995}$

表-2 簡易予測式

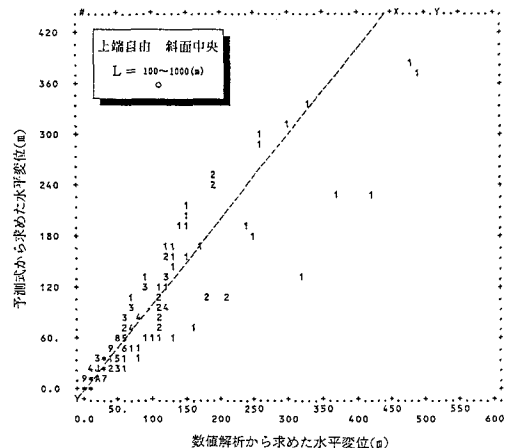


図-2 簡易予測式と数値解析による水平変位の比較
(斜面上端、 $L=100\sim1000m$)

4. 既往地震における事例との対比

本文で検討した簡易予測方法の適用性を検証するために、実測データとの比較を行った。実測データ及び地盤図は、浜田らの報告⁴⁾のうち日本海中部地震と新潟地震についてそれぞれ27地点、12地点を選定した。実地盤での解析モデルの設定方法を図-3に示す。一様でない実地盤での地表面の傾斜角、非液化化層厚および液化化層厚は、地盤断面図において地表面、非液化化層下面、液化化層下面の傾きを θ_s で一定として平均的な値を読み取るようにした。また、流動範囲長 L は基本的には斜面部の液化化層の両端に設定したが、地盤条件が明らかでなくて液化化層の領域が図の範囲を越えていると思われる場合は、得られている地盤図の端部に設定した。

実地盤での地盤断面図の範囲が流動範囲長を決めるのに不十分な場合もあるため、図-4に示すように両端の状況によって地盤状況を4種類に分類し、流動範囲長の設定の分類別に実測値と比較するようにした。

図-5に簡易予測式($L=100\sim1000\text{m}$)と実測値の比較の結果を示す。(a)図は、分類1～3までのデータによる比較で、(b)図は分類4のデータによるものである。また、浜田らの推定式⁵⁾による流動量を併記した。ここで、簡易推定値は斜面上端(最大値)及び斜面中央での流動量であるのに対して浜田らの式及び実測値は範囲 L 内での最大流動量である。同図から、推定値が小さい領域で実測値がかなり大きくなる場合があるが、この傾向は日本海中部地震よりも新潟地震のほうで顕著である。しかしながら、図-5(a)に示すように実地盤での地盤条件が明らかであるほど推定精度がよい傾向があり、原位置での地盤条件(特に流動範囲長)を的確に把握することの必要性が示唆される。

5. あとがき

実測値との比較により簡易推定法の適用性が確認されるとともに、予測精度を上げるための実地盤条件の的確な把握と、モデル化のための各種パラメータの設定法の必要性が示唆された。

なお、本研究に当たっては東京大学生産技術研究所片山教授、東海大学浜田教授の助言を得ている。ここにお礼申し上げる。

(参考文献)

- 1) Towhata, I., Sasaki, S., Tokida, K., Matsumoto, H., and Tamari, Y. (1991): Permanent Displacement of Liquefied Ground Proc. of 9 Asian Regional Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol. 1, pp. 437-440 Dec., 1991.
- 2) 松本、常田、佐谷: 液化化による地盤流動量に関する模型実験、第25回土質工学研究発表会、平成2年6月
- 3) 松本、常田、佐谷: 液化化に伴う流動特性に与える境界条件の影響の検討、第26回土質工学研究発表会、平成2年6月
- 4) Hamada, M.: Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines/1983 Nihonkai-Cyubu Earthquake/1964 Niigata Earthquake, Technical Report NCEER92-001, National Center for Earthquake Engineering Research, USA.
- 5) 浜田、安田、磯山、恵本: 液化化による地盤の永久変位と地震被害に関する研究、土木学会論文集、No.376, III-5, 1986.

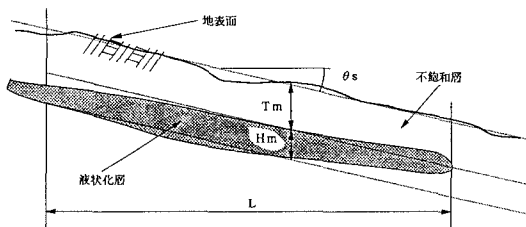


図-3 実地盤での解析モデルの設定方法

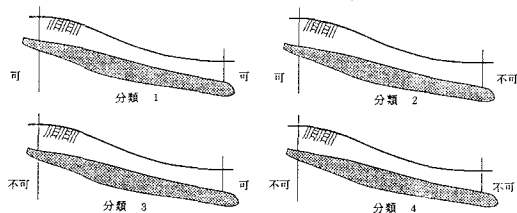
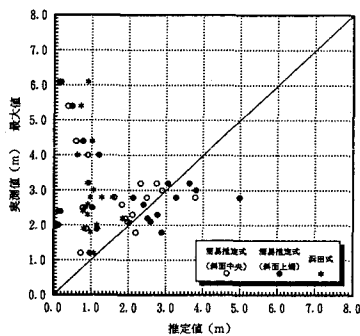
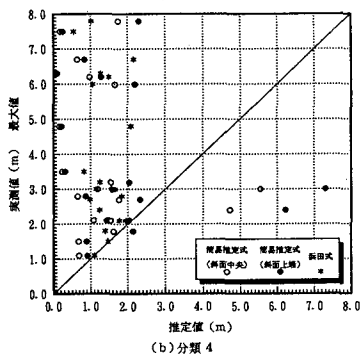


図-4 流動範囲長の設定の可否による地盤の分類



(a) 分類1～3



(b) 分類4

図-5 推定値と実測値の比較($L=100\sim1000$)