

液状化地盤の側方流動予測システムの開発

早稲田大学 学生会員 ○飯田 康史 土木情報サービス 非会員 佐藤 隆道
同 上 フェロー会員 濱田 政則 同 上 正会員 志毛 宏次
鴻池組 非会員 松崎 将司

1 研究概要

兵庫県南部地震をはじめとする既往地震では、液状化による側方流動により各種構造物に甚大な被害が生じた。このため将来発生が予想される地震に対して側方流動量を適切に予測し、対策を講じることが重要である。本研究は、最新の研究成果と関連技術の現状を調査・検討し、これをもとに広領域に亘り地盤変位及び構造物への影響を推定するシステムの構築を目標としている。

2 システムの概略

本システムのフローを図1に示す。本システムは、「システムⅠ：地盤の流動予測」及び「システムⅡ：構造物への影響予測」から構成されるが、本文ではシステムⅠの概要について述べる。予測は50m四方のメッシュを単位として行う。流動予測のフローを図2に示す。ユーザーがパラメータを入力し予測要求を行うと、Webブラウザ・基本サーバプログラムを通じ計算プログラムにパラメータが渡る。計算プログラムはデータベース接続プログラムを通じてデータベースから必要なパラメータを抽出し、予測プログラムに渡す。計算終了後、予測プログラムは計算及び基本サーバプログラムを通じWebブラウザ上に計算終了を通知する。計算結果はデータベースに格納される。地図表示のフローを図3に示す。ユーザーが計算終了通知を受け地図表示要求を行うと、Webブラウザを通じ地図管理プログラムに通知される。地図管理プログラムは計算用・地図の各データベースより計算結果と地図データを抽出して重ね合わせ、予測結果をWebブラウザ上に地図表示する。

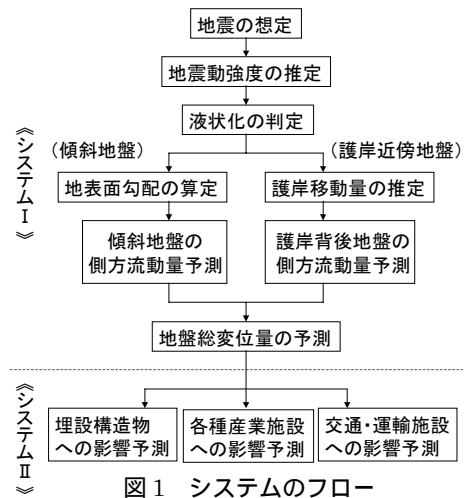


図1 システムのフロー

3 プロトタイプ

広領域に亘る流動予測に先立ちプロトタイプを作成した。プロトタイプは、50mメッシュの地盤データを備えた横浜市の埋立地盤を対象地域とし、南関東地震(1923)を想定地震とした。プロトタイプに使用した要素技術について以下に説明を行う。

(1) 地震動強度の推定

マグニチュード、震央距離をパラメータとし、地表面最大加速度、地震動継続時間を推定した。推定式は以下に示すとおりである。¹⁾

$$\begin{aligned} A_{\max} &= 987.4 \times 10^{0.216M} (\Delta + 30)^{-1.218} && \text{種地盤} \\ A_{\max} &= 232.5 \times 10^{0.313M} (\Delta + 30)^{-1.218} && \text{種地盤} \\ A_{\max} &= 403.8 \times 10^{0.265M} (\Delta + 30)^{-1.218} && \text{種地盤} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} t &= 4.43 \times 10^{-4} \times 10^{0.292M} (\Delta + 30)^{1.041} && \text{種地盤} \\ t &= 6.91 \times 10^{-3} \times 10^{0.301M} (\Delta + 30)^{0.498} && \text{種地盤} \\ t &= 1.49 \times 10^{-2} \times 10^{0.207M} (\Delta + 30)^{0.691} && \text{種地盤} \end{aligned} \quad (2)$$

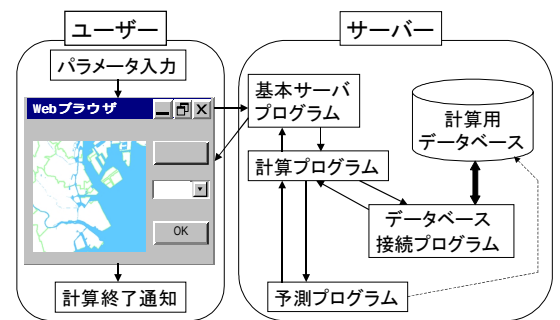


図2 流動予測のフロー

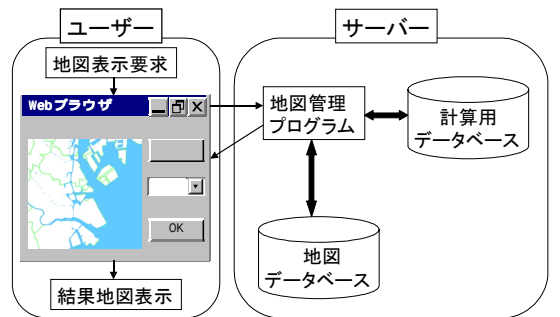


図3 地図表示のフロー

キーワード：液状化、側方流動、予測システム、プロトタイプ、地図表示

連絡先：〒169-0072 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部濱田研究室

03-3208-0349

A_{max} : 地表面最大加速度(gal)

t : 地震動継続時間(s)

M : マグニチュード

Δ : 震央距離(km)

地盤種別は固有周期 T (s)により, 「種: $T < 0.2$, 種: $0.2 < T < 0.6$, 種: $0.6 < T$ 」と分類した.²⁾プロトタイプでは $M=7.9$, $\Delta=30$ (km)を設定している.

(2)液状化の判定

液状化の判定は道路橋示方書によった.²⁾この場合の設計加速度は式(1)により算出された値を用いた.各メッシュにおいて液状化層厚の総計を算定するとともに PL 値を算出した.

(3)傾斜地盤の側方流動量予測

地表面勾配の方向, 大きさの算定方法を図 4 に示す.隣接メッシュを含む 9 メッシュの標高を最小二乗法で平面近似し, 近似平面の最大勾配とその方向を求めた.流動量の予測には濱田らが提案する式(3)を採用した.³⁾

$$D_1 = 0.0528 \sqrt{H} \cdot \theta \cdot A_{max}^{0.48} \frac{t}{\bar{N}^{0.875}} \quad (3)$$

D_1 : 流動量

H : 液状化層厚

θ : 地表面勾配

$\bar{N}$: 有効鉛直応力により補正された N 値

(4)護岸近傍地盤の側方流動量予測

護岸移動量の推定は(4)式, 護岸背後地盤の流動量予測は(5)式による.⁴⁾⁵⁾護岸移動方向は護岸線直角方向とする.プロトタイプでは護岸の影響範囲を護岸から 200m 以内とした.

$$D_q = \alpha \times 10^{-2} \times H_q \quad (4)$$

$$D_2 = \frac{D_q}{2.0 \left(\frac{L}{H_L} \right)^2 \times 10^{-4} + 4.9 \left(\frac{L}{H_L} \right) \times 10^{-2} + 1.0} \quad (5)$$

D_2 : 流動量

D_q : 護岸移動量

α : 表 1 に示す変形率

H_q : 護岸の高さ

L : 護岸からの距離

H_L : 液状化層厚

地盤傾斜による流動量 D_1 [(3)式]と護岸移動による流動量 D_2 [(5)式]のベクトル和を地盤総変位量とする.予測結果の一例を図 5, 図 6 に示す.

4 今後の研究課題

(1)システム の構築

地盤の総変位量の予測結果と各種産業施設, 交通・運輸施設等のデータを重ね合わせ, また総変位量からひずみ分布を計算し埋設構造物のデータを重ね合わせ, 被害予測を行う.

(2)地盤データの補間方法

本システムは 50m メッシュの地盤データを用いているが, 地盤データは離散的に存在していることが多く, 50m メッシュ単位に補間する技術が必要である.

参考文献

- 1) 土木研究所報告「最大地震動及び地震応答スペクトルの距離減衰式」 1985.9
- 2) 道路橋示方書 耐震設計編 1996.12
- 3) 平成 10 年度 早稲田大学理工学部濱田研究室修士論文「傾斜地盤の側方流動量予測に関する実験的研究」 1999.3
- 4) 井合進、一井康二、森田年一、佐藤幸博:「既往の地震時事例に見られる液状化時の護岸変形量について」
第 2 回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集 1997.1
- 5) 濱田政則、若松加寿江: 液状化による地盤の側方流動のメカニズム,
地震時の地盤・土構造物の流動性と永久変形に関するシンポジウム

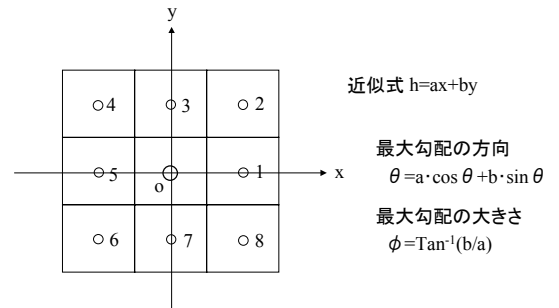


図 4 地表面勾配の算定

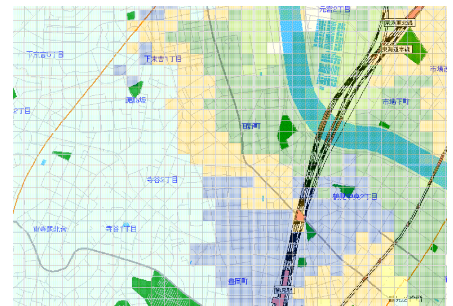


図 5 結果地図表示(液状化判定:抜)

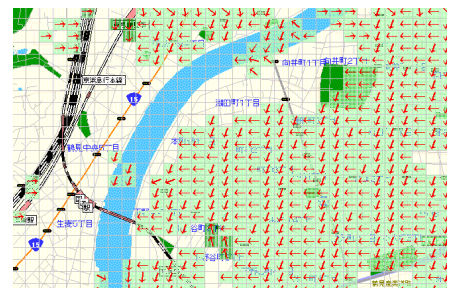


図 6 結果地図表示(総変位量:抜粋)