

徳島大学大学院 学生員○不可三広和 徳島大学大学院 学生員 永野 優子  
 徳島大学工学部 正会員 澤田 勉 ニタコンサルタント(株) 細川 洋二

1. はじめに

砂地盤の液状化を支配する要因は、地下水位、砂の粒度分布、地盤の硬さおよび地震動強度の4つであり、地下水位と砂の粒度分布がある程度既知の場合には、地盤の硬さと地震動強度の相対的な大小関係により液状化の有無が判定される。本研究では、地盤の硬さを表わす指標として地盤卓越周期を導入し、回帰分析を用い、任意地震に対する砂地盤の液状化を簡便に予測するシステムの構築を図る。

2. 本研究の概要

本研究の概要を図1に示す。まず、地盤データを収集・整理するとともに、液状化解析で対象となる想定地震を設定しておく。次に、距離減衰式より得られる最大加速度と地盤データより液状化解析を行い、液状化指数( $P_L$ 値)を求める。最後に、得られた $P_L$ 値と地盤卓越周期、地震マグニチュードおよび断層距離との回帰分析を行うことにより、液状化簡易予測システムの構築を図る。

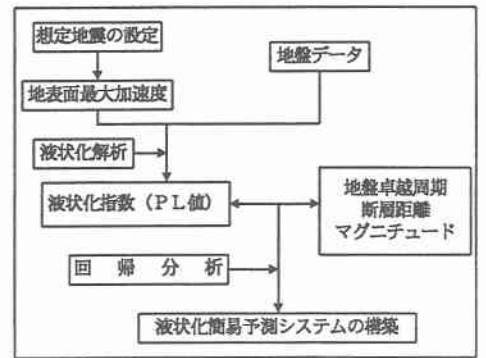


図1 研究の流れ

3. 地盤データの収集と想定地震の設定

(1) 地盤データの収集・整理

本研究では、液状化簡易予測システムを構築するための基礎データとして、実地盤の液状化解析より得られる $P_L$ 値を用いる。したがって、 $P_L$ 値の算定に用いる実地盤のデータ(土質区分、地下水位、砂の粒度分布、N値等)が必要である。文献1)では、徳島県全域の地盤を29種の地盤型に分類している。本研究では、この地盤型を参考にして、吉野川沖積平野における31地点のボーリングデータを収集し、整理した。

(2) 想定地震の設定

砂地盤の液状化解析では、地表地震動の最大加速度が用いられる。地震動の最大加速度は、地震マグニチュードと断層面からの距離により変化するから、種々のマグニチュードと距離に対して液状化解析を行ない、液状化指数( $P_L$ 値)を求めることが必要である。

本研究では、断層面からの距離として、断層距離(断層面と対象地点との最短距離)を用いる。液状化解析で対象とした想定地震のマグニチュードと断層距離を表1に示す。

表1 想定地震の設定

マグニチュード	タイプI	5, 6, 7
	タイプII	8
断層距離(km)	1, 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 150, 160, 170, 180, 190 200	

4. 砂地盤の液状化解析

液状化解析には、道路橋示方書の液状化判定式<sup>2)</sup>をベースにした方法を用いた。上述の31地点の地盤データと表1の想定地震を用いて液状化解析を行ない、液状化簡易予測システムの基礎データとなる $P_L$ 値を求めた。液状化解析に用いる地表地震動の最大加速度の算定では、表1の想定地震の組み合わせに対し距離減衰式を用いて工学的基盤面での最大加速度を求めた後、これに地盤増幅率を乗じて、地表面での最大加速度を算出した。地表面最大加速度を求める具体的な手順は、以下の通りである。

- ① 距離減衰式<sup>3)</sup>を用いて、工学的基盤面での最大加速度を算出する。

$$\log A_{MAX0} = 0.606M + 0.00459H - 2.136 \log(D + 0.334 \exp(0.653M)) + 1.730$$

ここで、Mはマグニチュード、Dは断層距離(km)、Hは震源深さ(km)である。  
震源深さHは、Mの関数として次式より求める<sup>4)</sup>。

$$H = 10^{0.353M - 1.435}$$

② 次式を用いて基盤最大加速度 $A_{MAX0}$ から、地表面での最大加速度 $A_{MAXS}$ を算出する<sup>5)</sup>。

$$A_{MAXS} = 1.662T_G \times A_{MAX0}^{1.042 - 0.068T_G}$$

以上のようにして得られた地表面最大加速度と前述の地盤データを用いて液状化解析を行うことにより、液状化指数( $P_L$ 値)が算出される。

## 5. 重回帰分析による検討

説明変数を、M (マグニチュード)、D (断層距離) および $T_G$  (地盤卓越周期) とし、目的変数を $P_L$ 値とした重回帰分析を行った。 $P_L$ 値として0以上のデータを使用した場合、変動係数は0.632となり、精度的に満足できる結果が得られなかった。そこで、予測精度を低下させる原因について検討した。その結果、原因として考えられるのは、 $P_L$ 値の小さい場合に予測値と計算値の差比が大きく、それが精度を低下させる主な原因であることがわかったので、 $P_L$ 値が5より小さいデータを除去して再度重回帰分析を行った。最終的な回帰式は式(1)のようになった。

$$\log P_L = 0.130 + 0.741 \log M - 2.279 \log(D + 0.334 \exp(0.653M)) + 0.400 \log T_G \quad (1)$$

ここで、Mはマグニチュード、Dは断層距離(km)、 $T_G$ は地盤卓越周期(s)である。この場合の変動係数は0.349になった。図2は、重回帰分析に用いた $P_L$ 値(計算値)と式(1)による予測値の関係を示したものである。図に見られるように式(1)は解析に用いた計算値に対して若干偏りのある予測値を与えるが、本研究ではこれを液状化簡易予測式として採用した。式(1)を用いると、マグニチュード(M)、断層距離(D)および地盤卓越周期( $T_G$ )より液状化指数( $P_L$ 値)が算出できる。図3には、地盤卓越周期( $T_G$ )が、0.2s、0.4sおよび0.8sの各場合について、マグニチュード(M)を横軸、断層距離(D)を縦軸にとって、 $P_L$ 値の変動を示した。図より、M、Dおよび $T_G$ と $P_L$ 値の間の関係が定量的に把握できる。

## 6. 結論

本研究では、地盤の硬さを表わす指標として地盤卓越周期を導入し、回帰分析を用いて、従来の方法よりも簡便な液状化予測式を提案した。本予測式を用いると、対象とする地点での地盤卓越周期 $T_G$ 、マグニチュードMおよび断層距離Dから $P_L$ 値を簡便に予測できる。回帰式の式(1)の妥当性を検討した結果、本予測式がある程度の実用性をもつと結論づけた。今後の課題として、微動観測より得られる地盤卓越周期を用いて予測システムを構築すること、またさらに精度の良い液状化簡易予測システム構築を目指すことなどが挙げられる。

## 参考文献

- 1) 徳島県：徳島県地震防災アセスメント報告書，1998.3. 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，1996.2. 3) 安中・他：気象庁87型強震計記録を用いた最大地震動および応答スペクトル推定式の提案，第24回地震工学研究発表会講演論文集，1998. 4) 大崎順彦：新地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版会，1994. 5) 大江欽二郎・他：GISによる四国地方の地震動予測システムの構築，徳島大学大学院修士論文，1999.

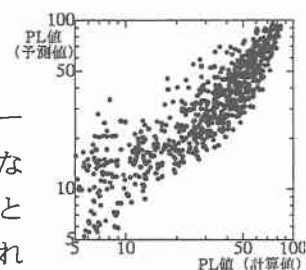
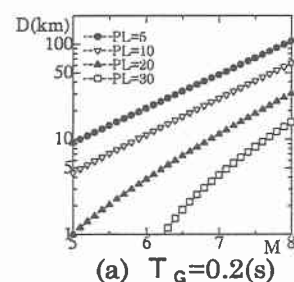
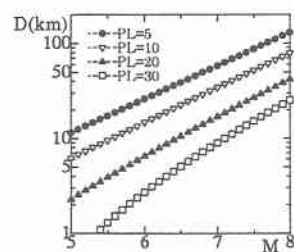


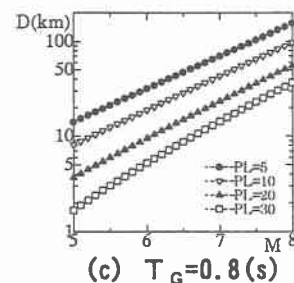
図2  $P_L$ 値の計算値と予測値の関係



(a)  $T_G = 0.2(s)$



(b)  $T_G = 0.4(s)$



(c)  $T_G = 0.8(s)$

図3 MおよびDと $P_L$ 値の関係