

神戸大学工学部 正会員 高田至郎

神戸大学大学院 学生員○尾崎竜三

大阪ガス(株) 正会員 小川安雄

1. はじめに

ライフライン施設の震後復旧を迅速に行うためには地震動強度および液状化発生の有無を早期に把握し、復旧対策に関する情報を得ることは非常に有益と言える。地中管路被害は、地震動そのものによる場合と地盤の液状化に起因する場合が考えられ、地震動については限られた数の観測機器からの実測データを用いて供給地域全体の地震動分布を推測する手法が提案されているが¹⁾、液状化に関するもの²⁾はほとんどない。水位上昇量により間隙水圧を測定できる液状化センサーが開発され実用に供されようとしている。その際には限られた地点に設置されている液状化センサーおよび地震計の実測データを用いて供給地域全体における液状化発生を推定する必要がある。ここでは、点データである液状化センサーおよび地震計の情報より供給地域全域の液状化発生の有無という面データとして拡張する手法を提案する。

2. ニューラルネットワークによる液状化の重み推定

地盤の液状化は、当該地点での地震動強度、

表-1 入力要因

地盤種別、微地形など様々な要因による。種々の要因の多変量解析を行う手段として本研究では、定性的な要因を考慮できること、また過去の経験データを生かすといった点からニューラルネットワークを液状化判定手法として用いる。本研究では供給エリアを300m×400mにメッシュ分割しそのメッシュ毎に液状化発生の重みをニューロで推定する。今回作成したニューラルネットワークは、入力層細胞数13、中間層細胞数6、出力層細胞数2の3層構造とし、入出力要因は表-1のとおりである。入出力要因の得られる新潟地震・日本海中部地震・宮城県沖地震での液状化地域およびその周辺から約600個のデータを学習値として抽出し10万回のバックプロパゲーション法によって学習させた。またそのネットワークにより想定地震(M=8.1, 東経135度50分, 北緯33度10分)を発生させた時の推定結果を図-1に示す。

入力	地盤種別			微地形				震度階				P _L 値*		
	I	II	III	A	B	C		IV	V	VI	VI	1	2	3
出力	液状化			*P _L 値についての区分										
力	有			1:P _L =0, 2:0<P _L ≤5, 3:5<P _L										

【液状化の重みの表示】

【液状化の重み】

- 0.9以上
- 0.8以上
- 0.7以上
- 0.6以上
- 0.5以上
- 0.4以上
- 0.3以上
- それ以外

図-1 液状化の重みの推定値の分布

ン法によって学習させた。またそのネットワークにより想定地震(M=8.1, 東経135度50分, 北緯33度10分)を発生させた時の推定結果を図-1に示す。

3. 液状化センサーを導入した液状化判定手法の提案

ニューラルネットワークを用いて、多変量によるメッシュの液状化の重みは決定できる(図-1)のでその重みのどの値が液状化有無の境界値になるかを決定する。液状化センサーはメッシュの液状化可能性をランク分けしてそのランクに属するメッシュのどこかに設置されているものとする。まずニューラルネットワークから得られる重みとセンサーから得られる間隙水圧比には正の関係があると仮定し、負の関係がある場合にはその関係を補正していく。また境界値の決定のためにも同様の操作を行う。補正にはボーリングデータが豊富で、加速度が的確に得られるメッシュを液状化可能性ごとに選択し、そのメッシュ毎に液状化と関係が深い最大加速度、F_L値およびP_L値を用いる。

Shiro TAKADA, Ryuzo OZAKI and Yasuo OGAWA

3. 1 補正手法

F_L 値を例にとると、①：センサー設置点の F_L 値と間隙水圧比の関係を求める、②：得られた F_L 値～間隙水圧比関係（回帰式）を用いて補正に使うメッシュの F_L 値より間隙水圧比を算定する、③：②より得られた間隙水圧比（補正メッシュ）とニューロの重みおよび間隙水圧比（センサー設置メッシュ）と重みの関係をプロットし、間隙水圧比と重みの回帰式を求める。この操作を最大加速度、 P_L 値を用いて同様に行う。最後に3通りの補正で得られたデータすべてをプロットし回帰式を求める。これらの補正で得られた4つの回帰式（間隙水圧比～重み関係）とセンサー設置点についての回帰式（間隙水圧比～重み関係）の交点を求めることで液状化の有無の境界値の重み w_0 とする。その際に推定値の重みは液状化有に關与するので交点の重みが0.5以下のものについては考慮しないという仮定を設ける。

3. 2 具体例・判定結果

液状化センサー設置6地点、補正に用いるメッシュ9個をボーリングデータが得られる図-1のメッシュの中から選択する。ここで用いるデータについて重みは作成したニューラルネットワークから、補正に用いる A_{max} は、地震動モニタリングシステム¹⁾から、 F_L と P_L 値はボーリングデータをもとに算定した。またセンサー設置点の間隙水圧比は常田らの F_L 値～間隙水圧比関係³⁾を用いて算定した F_L 値より求めた。図-2に示すように仮のセンサー設置点の間隙水圧比～重み関係は負の相関があったため補正を行っている（図-3、図-4、図-5）。結果として重みの境界値は0.688となった。図-1に示す重みの分布に得られた境界値を用いると図-6の結果が得られる。この結果を見ると海岸沿いや河川沿いの液状化しやすいと思われる地域は、液状化有と判定されていることから妥当な結果が得られたと推定できる。

4. まとめ

ニューラルネットワークおよび液状化センサーを導入した液状化判定の一手法を提案した。図-6で示されるような結果が得られたが、ニューラルネットワークの分析要因の選択、境界値の求め方などに対して、今後精度向上を計る必要がある。

【参考文献】

- 1) 福井真二：地震動モニタリングネットワーク構築理論とシステム制御における意志決定に関する基礎的研究，神戸大学修士論文，1993.3.
- 2) 高田至郎，高谷富也，小川安雄，福井真二：地震動モニタリングとライフラインのリアルタイム被害推定，構造工学論文集，1993.6.
- 3) 常田賢一，吉田精一，後藤勝志：流動化地盤と杭基礎の模型振動実験，土木技術資料，23-1，1981.1.

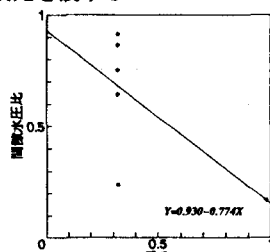


図-2 重み～間隙水圧比関係（仮想実測値）

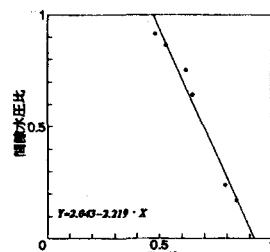


図-3 F_L 値～間隙水圧比関係

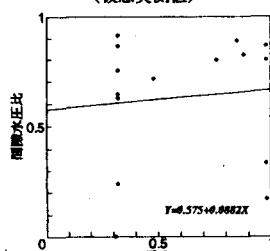


図-4 重み～間隙水圧比関係（ F_L 値補正）

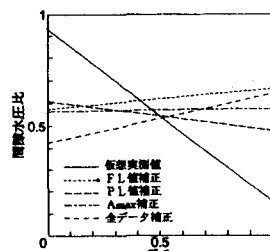


図-5 全ての回帰直線

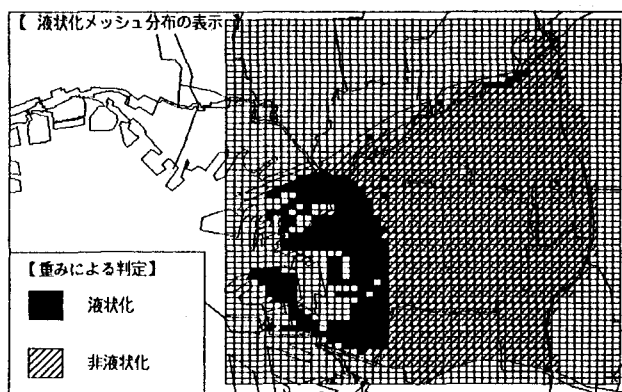


図-6 液状化判定結果