

GISによる鹿児島市沖積地盤の液状化危険度評価

平 瑞樹, 山本健太郎, 高田 誠

Liquefaction Potential by Using GIS for Alluvial Area in Kagoshima

Mizuki HIRA, Kentaro YAMAMOTO and Makoto TAKADA

Abstract: There have been big earthquakes occurred off Tohoku region on March 11th, 2011. Then phenomena of liquefaction could be found around the alluvial area and the reclamation area near the coastline. This paper shows the liquefaction potential by using GIS for alluvial area in Kagoshima City. First, a database based on boring data was prepared. As a result, hazard map would be very useful to investigate the hazardous area of liquefaction potential of each magnitude of earthquake, which was overlaid with other geographical data, that is, paddy fields, rivers, waterfront and some facilities.

Keywords: 液状化 (liquefaction), 沖積地 (Alluvial area) ボーリング (boring), しらす (Shirasu)

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、地震と津波による複合災害により、多くの死者・行方不明者を出す大惨事となった。沿岸部の沖積地や埋立地では、地震発生時に関東も含む広い範囲で地盤の液状化が発生し、復旧に向けた調査が進められている。多くのプレートが相重なる日本では、大地震が起こる可能性は非常に高い。近年まで九州北部での地震による地盤災害は殆ど稀有であった。1898年福岡県西部・前原近辺において規模の大きな地震の記録が残され、過去の液状化の痕跡について報告されている(若松, 1992)。ところが、2005年3月福岡県西方沖を震源とする大きな地震が発生し、その復旧対策やリスクマネジメントについての対応が進められている。一方、南九州においては、

1968年のえびの地震、1995年の鹿児島県北西部地震の際、港湾や干拓地、しらす地盤での液状化現象が観察されている。宮崎県日向灘沖や奄美群島近海における地震の発生は、小規模ながら頻繁に起こっている。沖積平野では水田が減少して宅地化が進み、地震により地盤の状態が脆弱化した直後に集中豪雨や台風が重なると堤防決壊、河川の氾濫などで地盤災害の起こる可能性が非常に高い。

本報告は、地盤情報として、ボーリングデータを収集し、さらに各種データのデータベース化によるN値と地層ごとの物理試験データから地盤液状化指数を算定し、液状化危険度の判定を試みた。さらに、面的な危険度分布をわかりやすく可視化するために、GIS技術を援用したハザードマップを作成し、地形・河川や土地利用との関連性について考察した。

平 瑞樹 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-24

鹿児島大学農学部生物環境学科

Phone: 099-285-8690

E-mail: hira@agri.kagoshima-u.ac.jp

2. 手法の概略

2.1 研究対象地および土質定数

研究対象地については、しらす沖積地盤としての

鹿児島市近郊を対象とする 1,426 本のボーリングデータを収集した。また、土質定数は鹿児島市地盤図（鹿児島市地盤図編集委員会，1995）を参考に、各層より平均的な土質定数を液状化判定に用いた。兵庫県南部地震以後、各自治体で地盤情報データベースの作成が行われているがまだ十分とはいえない。情報の不足や調査年の問題も残されているため、常時更新していくことが必要である。図-1 には本研究の解析フローチャートを示す。点線枠で示す地震応答解析と地震動分布図においては、地質データを加味した今後の詳細な検討が必要であるが、想定される地震加速度をいくつか選定した。また、表-1 は液状化判定に用いた土質定数である。

2.2 液状化安全率と地盤液状化指数

地震による動的荷重を受ける地盤の液状化危険度を判断する場合、微地形分類や簡易的な判定法、また詳細法による判定基準が提案されている。耐震設計における変形・強度を精度よく評価するためには、室内実験により変形特性を再現し、対象となる土や地盤に固有な性状を把握しておくことが重要である。ここでは、液状化判定の方法として、簡易法 3) (岩崎・龍岡の方法)による判定を行った。計算対象となる地層条件から、式（1）に示す液状化安全率（FL）を求め、地盤液状化指数（PL）による危険度予測判定について検討した。

$$F_L = \frac{R}{L} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 R は液状化に対する土要素の強度で平均粒径 D_{50} により式（2），（3）を選択する。 L は地震時作用荷重で式（4）で示される。

(i) $0.04 \leq D_{50} \leq 0.6mm$ の場合、

$$R = 0.0882 \sqrt{\frac{N}{\sigma' + 0.7}} - 0.225 \ln \frac{D_{50}}{0.35} \dots\dots\dots (2)$$

(ii) $0.6 \leq D_{50} \leq 1.5mm$ の場合、

$$R = 0.0882 \sqrt{\frac{N}{\sigma' + 0.7}} - 0.05 \dots\dots\dots (3)$$

$$L = \frac{\alpha_{s \max}}{980} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \gamma_d \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 $\alpha_{s \max}$ ：地表最大加速度（gal）， σ_v ：上載圧， σ'_v ：地震前の有効上載圧， γ_d ：深さ方向の低減係数であり、深さを z とすると $\gamma_d = 1 - 0.015z$ である。式（5）の地盤液状化指数 P_L により危険度判定を行った。

$$P_L = \int_0^{20} F \times \omega(z) dz \dots\dots\dots (5)$$

この時、 $F = 1 - F_L$ ($F_L < 1$ の場合)， $F = 0$ ($F_L \geq 1$ の場合) で深さに関する重み関数は $\omega(z) = 10 - 0.5z$ である。 $P_L \geq 15$ は危険度が極めて高いと判断される。

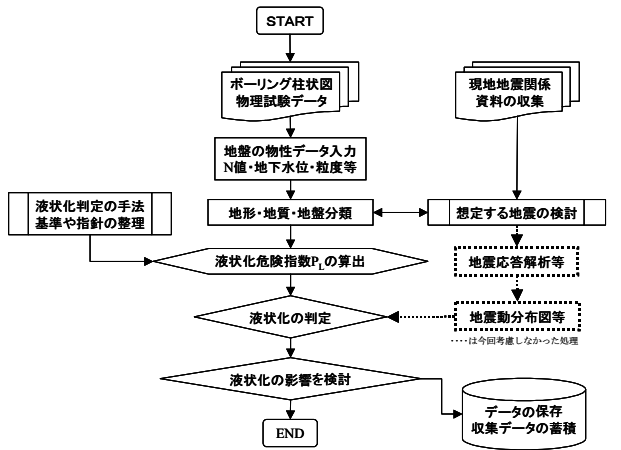


図-1 解析フローチャート

表-2 液状化判定に用いた土質定数

土 質 名	単位体積重量 ρ_t (tf/m ³)	平均粒径 D_{50} (mm)
砂 礫	1.670	2.0
砂質土	1.675	0.3
シルト質砂	1.520	0.061
シルト	1.435	0.0275
しらす	1.190	0.3

3. 結果と考察

3.1 ボーリングデータのデータベース化

図-2 は収集した鹿児島市内のボーリングデータ（1,426 本）のボーリング位置図である。各ボーリ

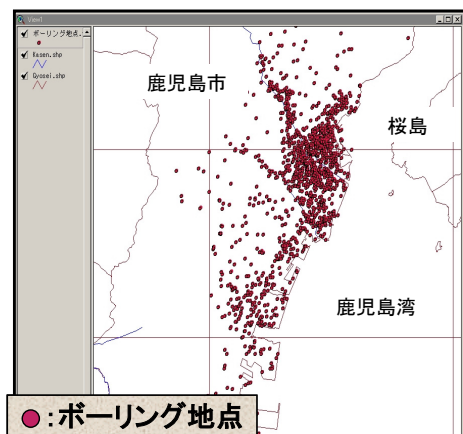


図-2 ボーリングデータ（鹿児島市）

ング柱状図より，地下水位，N 値，地層の厚さや種類等を抽出し，アクセスによる DB 化を行った．さらに，エクセルマクロによる液状化判定の計算プログラムを組み込み，液状化危険度指数を算出することで液状化危険度を求めた．結果は GIS 上に一辺が約 $500 \times 500\text{m}$ のメッシュで表示して，危険度ごとに色分けして示した（図-3～図-5）．その場合，危険側を考慮して， P_L の最大値を採用したメッシュ表現になっている．震度 210gal を想定したもので，危険度が極めて高い赤のメッシュが現れる．色分け表示がされていない場所は，ボーリングデータが不足している部分である．河川上流の水田地帯と鹿児島湾（錦江湾），埋立地等の水涯域の危険度が高いことがわかる．土質区分より，河川護岸や地下水面の高い農地において，地震による土の流動化には注意が必要である．より詳細なメッシュ判定のためには，格子点への按分方法を検討することやメッシュの細分化も考えられ，今後検討が必要である．航空写真や衛星写真と重ねて表示すれば，液状化発生と地形の関係の分析に役立つ．また，避難場所や医療施設，防災施設等との重ね合わせにより，災害時の復旧・復興対策のためのツールとしての利用を特に自治体等は今後も推進していく必要がある．



図-3 液状化危険度の表示（160gal）

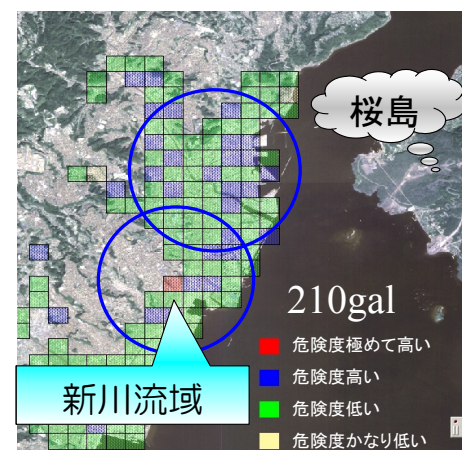


図-4 液状化危険度の表示（210gal）



図-5 液状化危険度の表示（250gal）

3.2 液状化ハザードマップの作成

図-6～図-8 は，液状化対象外となる標高 20m

以上の地形区分，河川や水田との重ね合わせから GIS ハザードマップを作成した．水涯域の危険性や埋立て地，市内の河川奥に多い水田との関連が視覚的に判断できる．自治体の防災・減災対策に GIS を用いたシミュレーションが試みられており，地盤情報の整備は，電子政府・電子自治体における危機管理面での基盤地図としての利用が期待される．

4. おわりに

地盤情報の有効な活用方法を目的に，ボーリングデータを収集し，地盤情報データベースを構築した．さらに，地震が発生した場合を想定した液状化指数の算定により危険地域の判断を，GIS アプリケーション上でマッピングすることにより視覚的に表現した．結果として，沖積地盤の水涯域や埋立て地で液状化危険度が高いことが明らかとなった．また，しらす沖積地盤やしらすを埋立て材料として用いる場合の動的特性の指標も示された．他の利用方法として，地盤の液状化危険箇所を予め地図上で把握し，避難場所の確認等の防災教育にも活用できることから，自治体等でのこれまで以上の利用が望まれる．また，最新データを更新しておくことが重要なことから，データ整備のための規準づくりや各部署を統括する GIS データ情報管理センター，クリアリングハウスの整備も今後の課題である．このようなデータが公開されることで，建築物や構造物の耐震設計や土地利用計画にも利用可能となる．

参考文献

- 若松加寿江（1992）：日本の液状化履歴図，東海大学出版会，1-341．
- 鹿児島市地盤図(1995)，鹿児島市地盤図編集委員会，1-132．
- 岩崎敏男・龍岡文夫他(1980)：地震時地盤液状化の程度の予測について，土と基礎，28-4, 23-29．

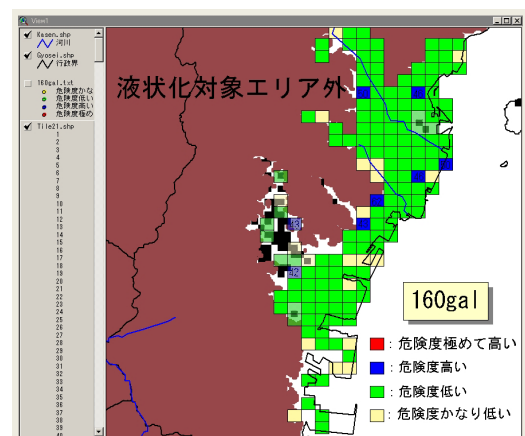


図-6 液状化ハザードマップ (160gal)

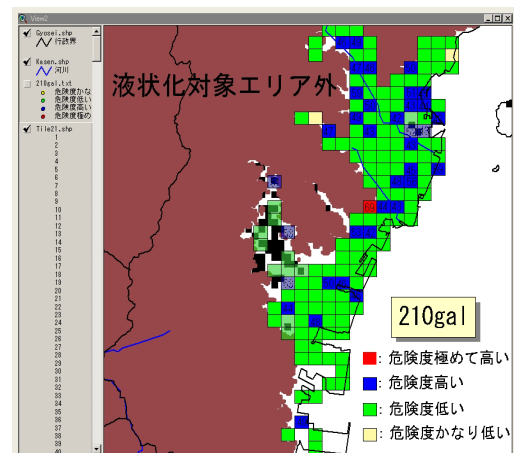


図-7 液状化ハザードマップ (210gal)

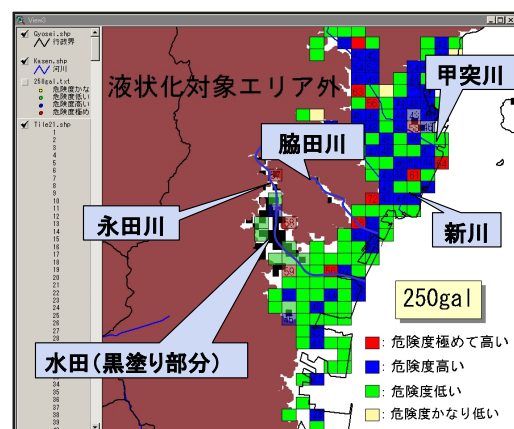


図-8 液状化ハザードマップ(250gal)