

広域液状化予測への人工衛星データと数量化理論 の適用に関する研究

長崎大学工学部 正 後藤恵之輔 中央開発係 正 中村 裕昭
長崎大学大学院 学○荒牧 憲隆

1. はじめに

現在の液状化予測はボーリングデータを中心とした予測であり、“点”での評価が多く利用されている。特定の地点に関する予測はそれでも行なえるが、広域を対象とした道路、鉄道等の線状構造物の液状化予測を行なう場合には、対象地は郊外が多く、またボーリングデータもバランス良く確保することは困難である¹⁾。そこで、面的に同一尺度でカバーする人工衛星データの活用が考えられる。人工衛星データでは都市域の地盤情報が得ることは困難であるが、反対に都市域にはボーリングデータを中心とした地盤情報が充実している。しかし、ボーリングデータは郊外では不足しており、このため人工衛星データの活用が有効となってくる。このような郊外では、ボーリングデータと人工衛星データは互いに補完し合う関係があると考えられる²⁾。

そこで、本研究は、液状化に関与する各種地盤情報と液状化履歴および面的に同一尺度である情報としての人工衛星データを基に、これらのデータに数量化理論を適用することにより、人工衛星データの適用性の確認を行ない、素因情報からの広域液状化予測マップを作成することを目的とする。

2. 解析方法

本研究における全体フローを図-1に示す。ここでは、図-1のなかでB法にあたる解析対象地域を濃尾平野北部とし、数量化理論第Ⅱ類を用いて液状化履歴における危険因子の判定を行なう。数量化理論第Ⅱ類とは、質的データ(アイテム・カテゴリー)の判別・予測分析のための方法論である³⁾。

まず、ボーリングデータおよび、液状化に関与すると判断される要因(アイテムおよびカテゴリー)を抽出する。また、アイテムの一つとして解析対象地域の人工衛星Landsat TMデータ(1988年4月19日観測)のBAND3(赤バンド; $0.63 \sim 0.69 \mu\text{m}$)、BAND4(近赤外バンド; $0.76 \sim 0.90 \mu\text{m}$)を用いて、バンド間演算 $\text{BAND}3 \times \text{BAND}4 / 100$ を行なう。これは、図-2のように液状化検討地盤モデルを想定するとき、この演算値が含水比と逆相関をなすことを利用して、地表面における相対含水比の確認に用いることができると考えられる^{2) 4) 5)}。また、この演算値により、砂層があることを前提に被覆層の地下水の保水性または量等を評価できるのではないかと考えられる。

これらにより、地盤中の第1砂層を対象として、アイテム・カテゴリーを表-1の

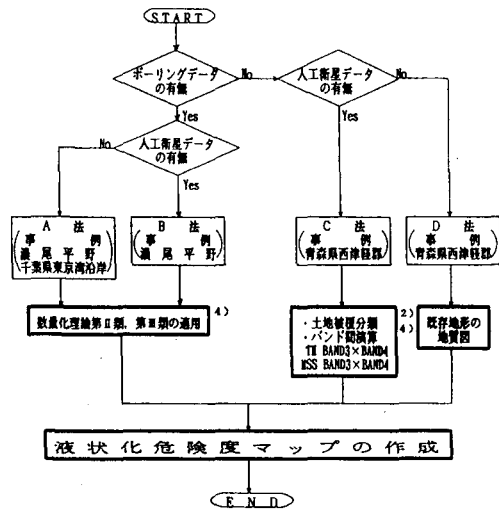


図-1 研究フロー

表-1 アイテム・カテゴリー一覧表

アイ テ ム	カ テ ゴ リー
① 地下水位 S(m)	(1) $S = 0$ (117) (2) $0 < S \leq 3$ (20) (3) $3 < S$ (26)
② 砂 層 厚 Hs(m)	(4) $Hs = 0$ (76) (5) $0 < Hs \leq 2$ (59) (6) $2 < Hs \leq 5$ (22) (7) $Hs \geq 5$ (6)
③ 平均N値(砂層) Ns	(8) $0 \leq Ns \leq 5$ (11) (9) $5 < Ns \leq 10$ (17) (10) $10 < Ns \leq 15$ (25) (11) $Ns > 15$ (33) (12) な し (77)
④ 平均粒径(D ₅₀) Ds	(13) 0.15mm (11) (14) 0.35mm (75) (15) な し (77)
⑤ 被 覆 層 厚 Hc(m)	(16) $Hc = 0$ (5) (17) $0 < Hc \leq 1$ (16) (18) $1 < Hc \leq 3$ (13) (19) $Hc > 3$ (52) (20) な し (77)
⑥ 平均N値(被覆層) Nc	(21) $0 \leq Nc \leq 5$ (42) (22) $5 < Nc \leq 10$ (15) (23) $10 < Nc \leq 15$ (7) (24) $Nc > 15$ (17) (25) な し (82)
⑦ 沖 積 層 厚 As(m)	(26) $0 \leq As \leq 10$ (94) (27) $10 < As \leq 20$ (27) (28) $20 < As$ (76)
⑧ バンド間演算値 (BAND3×BAND4)	(29) $B_1 \leq 21$ (18) (30) $22 \leq B_1 \leq 27$ (32) (31) $28 \leq B_1 \leq 33$ (40) (32) $B_1 \geq 34$ (32) (33) な し (41)

※ () 内は、反応サンプル数を示す。

ように設定した。次に、濃尾地震・江濃地震・東南海地震・三河地震により発生した砂地盤の液状化履歴を、外的基準に設定した。なお、反応したサンプル数は、液状化地点で30、非液状化地点で133である。これらのアイテム・カテゴリーを基に数量化第Ⅱ類に適用し、判別寄与度を意味するレンジならびに偏相関係数を算出し、液状化履歴についての危険要因の評価を行なった。

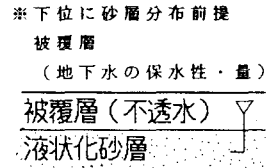


図-2 液状化検討地盤モデルの概念図

3. 解析結果および考察

カテゴリー数量の和として求められるサンプルスコアの度数分布を図-3に示す。外的基準における液状化履歴がある場合には、サンプルスコアは大きくなり、液状化履歴がない場合には、小さくなっていることが分る。サンプルスコアが負の小さい値や正の大きな値を取るサンプルは、液状化地点、非液状化地点の区分をかなりの確率で判別できるが、 $-0.170 \sim 0.475$ の区間では、それらを区分することは困難になってくる。この問題に対しては、一つの目安となる判別区分点(0.177)を設けて、液状化地点か非液状化地点かの分類を行ないやすくしている⁴⁾。また、サンプルの分類項目を誤って判断する確率が最小になるように求めたミニマックス的中率は92.4%となり、かなり良い精度で判別していることが分る。

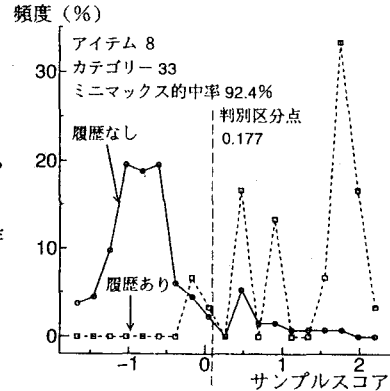


図-3 サンプルスコアの度数分布

また、表-2に示すように偏相関係数、レンジとも、人工衛星データのバンド間演算値が大きな値を示し、液状化履歴の判別に大きく寄与している。同時に、被覆層厚、被覆層の平均N値もバンド間演算値を除く他のアイテムに比べ、液状化履歴の判別に比較的大きく寄与していることが分る。これより、2. で述べたように人工衛星データのバンド間演算値が被覆層の情報を的確に捉えていることが考えられる。

表-2 偏相関係数とレンジ

	偏相関係数	レンジ
地下水位 S	0.10638 (7)	0.43233
砂層厚 Hs	0.17934 (5)	1.12744
N値(砂) Ns	0.11844 (6)	1.23198
D..	0.06335 (8)	0.71633
被覆層厚 Hc	0.22442 (3)	2.72054
N値(被覆層) Nc	0.25396 (4)	2.63800
沖積層厚 Ah	0.35617 (2)	1.04155
バンド間 演算値	0.55653 (1)	2.36103

4. おわりに

本解析結果から、濃尾平野北部地域におけるLandsat TMデータのバンド間演算値が数量化理論第Ⅱ類によって、被覆層の情報を的確に捉え、液状化履歴の判別に大きく寄与していることが確認できた。これより、バンド間演算値が広域液状化予測での地盤情報(素因)の追加情報として有効であることがいえる。今後、この結果を基に、数量化理論第Ⅲ類の適用により危険因子分類を行ない、この地域での液状化予測マップを作成していく。

末筆ながら、本研究を進めるにあたって貴重な御助言を頂いた長崎大学工学部棚橋由彦助教授、同杉山和一助教授および同山中稔助手に対し、深謝の意を表する次第である。

【参考文献】

- 1)中村・他:液状化解析への衛星リモートセンシングデータの活用に関する研究,第28回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 107~108, 1993. 6. / 2)中村・他:液状化解析への衛星リモートセンシングデータの活用に関する研究,地盤工学分野でのリモートセンシングデータの活用シンポジウム発表論文集, pp. 187~192, 1993. 11. / 3)河口:多変量解析入門Ⅱ,森北出版, pp. 28~29, 1978. 4. / 4)後藤・他:液状化解析への数量化理論と衛星リモートセンシングデータの活用に関する研究,平成5年度日本リモートセンシング学会九州支部研究発表会論文集, pp. 10~15, 1993. 12. / 5)後藤・他:液状化地盤のランドサットデータ特性,第21回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 831~832, 1986. 7. / 6)棚橋・他:眉山の安定解析と危険度評価,長崎大学教育特別研究費成果報告書「雲仙火山災害の調査研究」, pp. 62~75, 1992. 6.