

5. 地盤災害の予測

5.1 液状化危険度

5.1.1 手法の概要

液状化判定で広く用いられている液状化指数(P_L 値)により予測する。これは、 F_L 法およびこれを深度方向に積分した P_L 法(浅いところでの重みが多い)を用いて、液状化危険度を表すものである。算出の流れを図5.1.1に示す。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x) dx \quad (5.1.1)$$

ここで、 x は表層からの深さ(m)、 F_L は液状化に対する抵抗率(F_L 値)である。 F_L は下式によって深さ毎に算出される。

$$F_L = \frac{R}{L} \quad \dots \quad \begin{cases} F_L \leq 1.0: \text{液状化すると判定} \\ F_L > 1.0: \text{液状化しないと判定} \end{cases} \quad (5.1.2)$$

R ; 地盤が有する動的せん断強度比

L ; 地震時せん断応力比

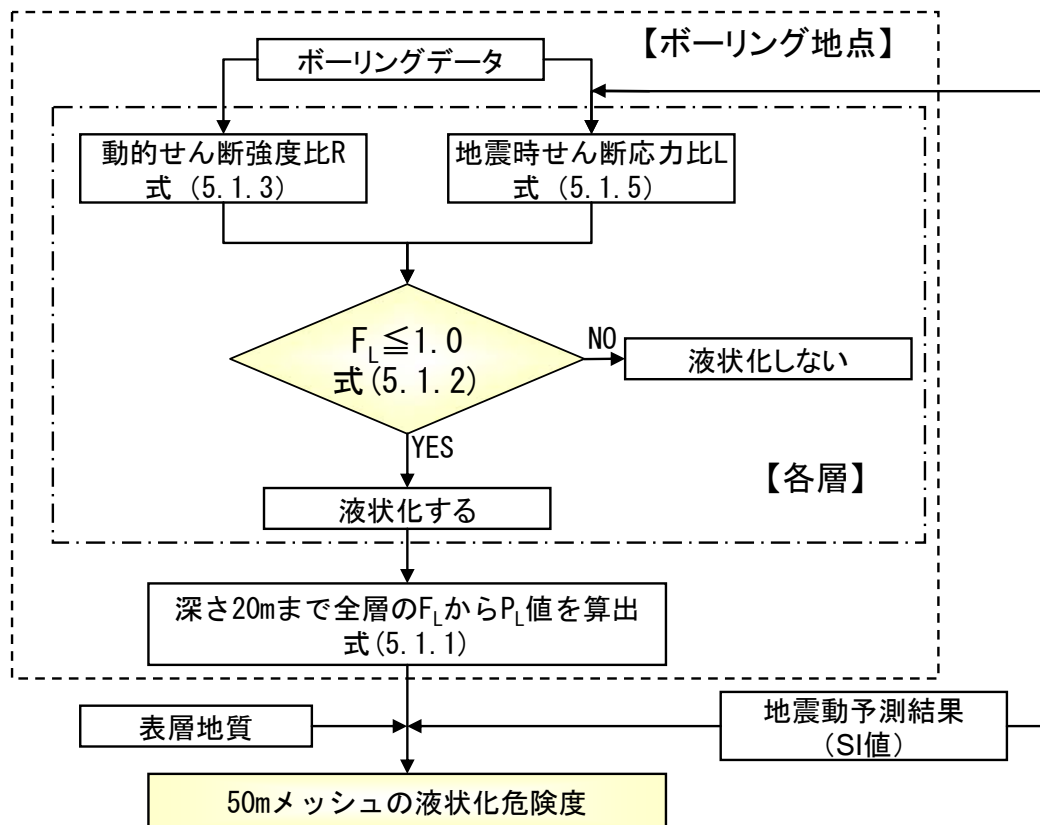


図5.1.1 液状化危険度予測の流れ

以下の点を、前回想定から変更した。

- 判定対象エリアを限定しない
- 継続時間の長さが及ぼす影響を考慮
- 細粒分を多く含む砂の特性を考慮
- 地震動指標としてSI値を採用
- ボーリングデータの孔内水位に基づき、地下水位を設定

前回想定では粘性地盤を判定対象としなかったが、東日本大震災の際、判定対象外としていた港北区で液状化が生じた。ここでは、層厚1~2mの薄い砂層が存在しており、他にも同じような場所が存在する可能性がある。したがって、判定対象を限定せず、約2万点のボーリングデータを用いて、可能な限り見逃しを防ぐこととした。

P_L 値と液状化危険度は、表5.1.1のように関係づけられる。

表5.1.1 液状化判定基準

区 分	液状化の程度と対応
$P_L = 0$	液状化危険度はかなり低い。
$0 < P_L \leq 5$	液状化危険度は低い。
$5 < P_L \leq 15$	液状化する可能性がある。
$15 < P_L$	液状化危険度が高い。

以下に手法の詳細を記す。

(1) 地盤が有する動的せん断強度比 R

R は、地盤の繰返し三軸強度比 R_L を用いて、補正式(5.1.3)により得られる。

$$R = C_w R_L \quad (5.1.3)$$

C_w は地震動の繰返し回数（継続時間）が液状化に大きく影響することを表すための、地震動特性による補正係数である。道路橋示方書に基づきプレート境界型地震で $C_w = 1.0$ とすることが多いが、M9クラスの地震は極めて継続時間が長くなることから、時松・吉見(1983)¹に基づき、式(5.1.4)を用いる。

$$c_w = \frac{0.65}{0.1 \times (M - 1)} \quad (5.1.4)$$

R_L の算定においては、亀井ら²による細粒分を考慮した補正法を沖積砂層に適用した。

¹時松孝次・吉見吉昭：Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT N-value and Fines Content、土質工学会論文報告集、Vol. 23、No. 4、pp. 56-74、1983年

²亀井祐聡ら：東京低地における沖積砂質土の粒度特性と細粒分が液状化強度に及ぼす影響、地盤工学会論文報告集、Vol. 42、No. 4、pp. 101-110、2002年

(2) 地震時せん断応力比L

安田ら¹⁾による式(5.1.5)を用いて、SI値から地震時せん断応力比Lを評価する。

$$L = 0.01 \frac{SI}{(\sigma'_v)^{0.1}} \quad (5.1.5)$$

ここで、

σ'_v : 有効上載圧(kgf/cm²)

この式は解析事例の相関関係から算出された式である。学術的な議論はあるが、この式による推定結果は実際の液状化現象と整合する^{2,3)}ことから、本調査で採用した。

(3) 地下水位の設定

前回想定では、地下水位を一律GL-1mとしているが、今回はボーリングデータの孔内水位を地下水位として扱った。ただし、地下水位には季節変動が生じるため、首都圏の谷底低地での関係(安田ら(2009)の研究成果)と比較し、必要に応じて補正した。

5.1.2 旧ため池等の考慮

本市ではかつてため池が点在した。その後、宅地化されているところがある。そのような箇所は液状化危険度が高いので、以下に示す本市の3時期の地形図を現況と比較し、旧ため池等の所在地を抽出した。

- 1) 明治初期～中期：明治迅速図(歴史的農業環境閲覧システム)
- 2) 昭和初期：横浜市三千分一地形図
- 3) 昭和30年代：横浜市三千分一地形図

旧地形の判読からかつてため池や沼地であった箇所は「液状化危険度は高い」と判定して表示した。また、みなとみらい地区、本牧D突堤と金沢木材埠頭の一部など液状化対策が施された箇所は、「液状化危険度はかなり低い」判定とした。

¹⁾安田進・吉川 洋一・牛島 和子・石川 利明：SI値を用いた液状化予測手法、第28回土質工学研究発表会(神戸)、pp.1325-1326、1993年

²⁾安田進・石田栄介・細川直行：液状化のハザードマップにおける作成方法の現状と問題点、第30回土木学会地震工学研究発表会論文集、2009年

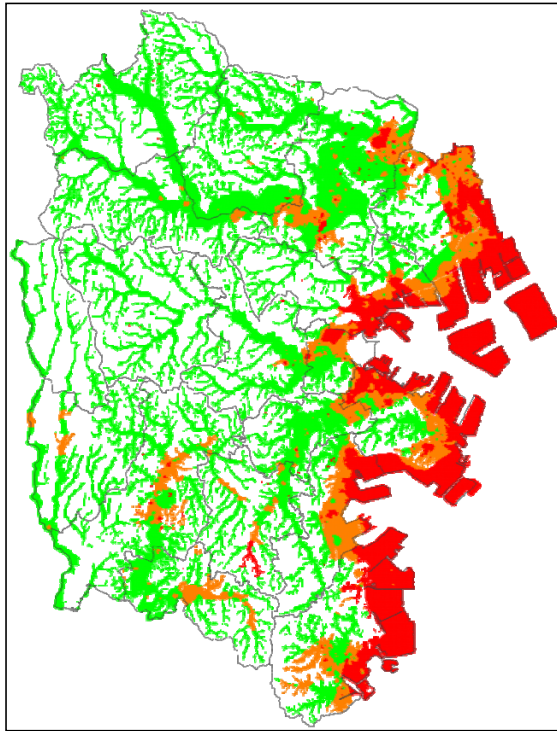
³⁾石田栄介ら：2011年東北地方太平洋沖地震の際に即時推定した液状化危険度分布の検証、土木学会論文集A1、Vol.68、No.4、pp.268-273、2012年

5.1.3 液状化危険度予測結果

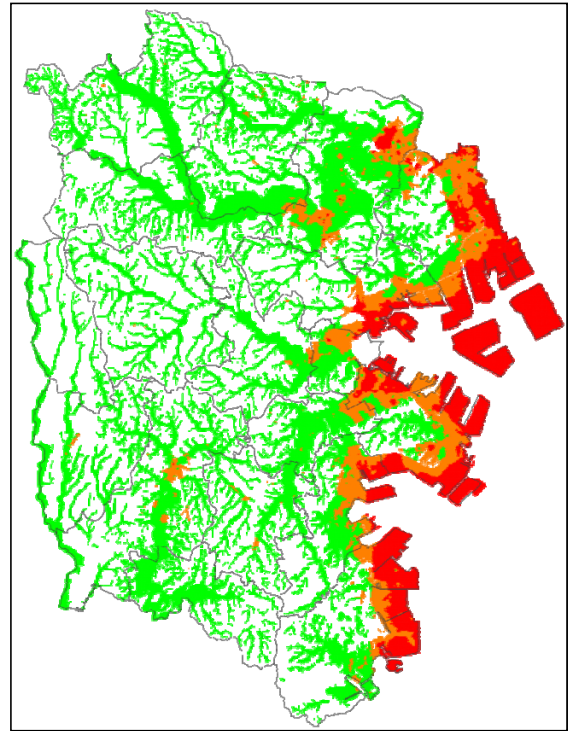
液状化危険度分布の予測結果を図5.1.2に示す。

内陸部にも緑色の「液状化危険度は低い($0 < P_L \leq 5$)」のエリアが広がった点が、前回想定との大きな相違点である。前回想定では、内陸部を「判定対象外」としていたが、ボーリングデータに基づく今回の見直しにより、オレンジまたは赤の判定箇所もあり、精度が向上（見逃し防止）したと考えられる。

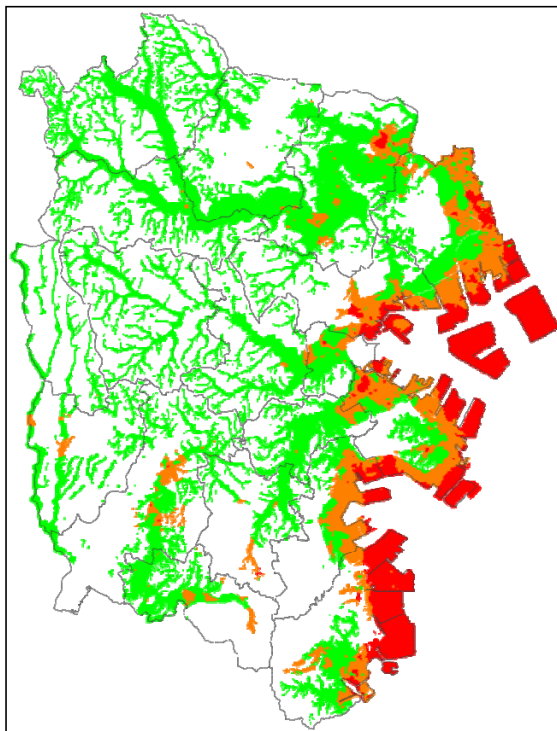
オレンジや赤で示したところは、そのエリアの中のボーリングデータ等での結果ではあるものの、エリア内への拡がりについては推測に過ぎないので、個々の敷地については、必要に応じて地盤調査で確認されたい。また、現地形からは丘陵と見られるにもかかわらず緑色となっている箇所もあるが、それらは谷埋め盛土であることを意味している。日頃、湧水が見られる箇所、降雨時に水が溜まりやすい箇所は、注意を要する。



(a) 元禄型関東地震



(b) 東京湾北部地震



(c) 南海トラフ巨大地震

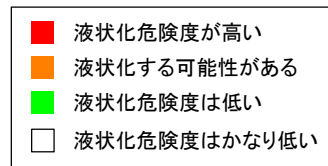


図5.1.2 液状化危険度分布の予測結果

5.2 急傾斜地崩壊危険度

5.2.1 対象とした急傾斜地

神奈川県が整備した急傾斜地崩壊危険箇所（神奈川県(2003)）を対象とした。

5.2.2 予測手法

図5.2.1に、地震による急傾斜地崩壊危険度予測のフローを示す（前回想定と同じ）。

(1) 急傾斜地崩壊危険箇所の潜在的な危険度の判定

(社)日本道路協会「道路震災対策便覧(震前対策編)」(1988)による、法面・斜面耐震判定方法に基づき、神奈川県(2006)の急傾斜地崩壊危険箇所の現地調査表に合わせて作成した。急傾斜地の高さ、傾斜、湧水等の状況により、急傾斜地崩壊危険箇所の潜在危険度を得点化し、危険度ランク別に分類する。

(2) 震度と潜在的な急傾斜地崩壊危険度との関係

急傾斜地震災対策危険度判定基準に基づく評価方法を表5.2.1に示す。この方法は、宮城県や秋田県、愛知県等などでも用いられている。

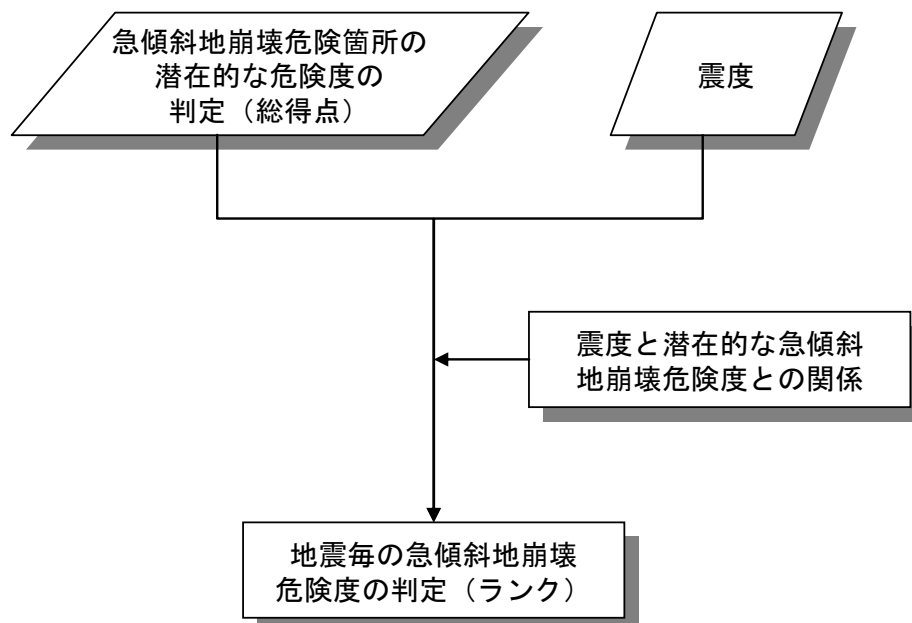


図5.2.1 地震による急傾斜地崩壊危険予測フロー

表5.2.1 急傾斜地崩壊危険箇所における地震時危険度判定ランク

計測震度	要素点ランク	c	b	a
	基準要素点	13点以下	14~23点	24点以上
6.0以上		A	A	A
5.5以上 6.0未満		B	A	A
5.0以上 5.5未満		C	B	A
4.5以上 5.0未満		C	C	B
4.5未満		C	C	C

○判定ランクの説明

- ・ランクA：崩壊の危険度が高い
- ・ランクB：崩壊の危険度がやや高い
- ・ランクC：崩壊の危険度が低い

○対策工の効果

対策工が施され、対策工に異常がない場合には、A、B、Cランクを1ランク下げる

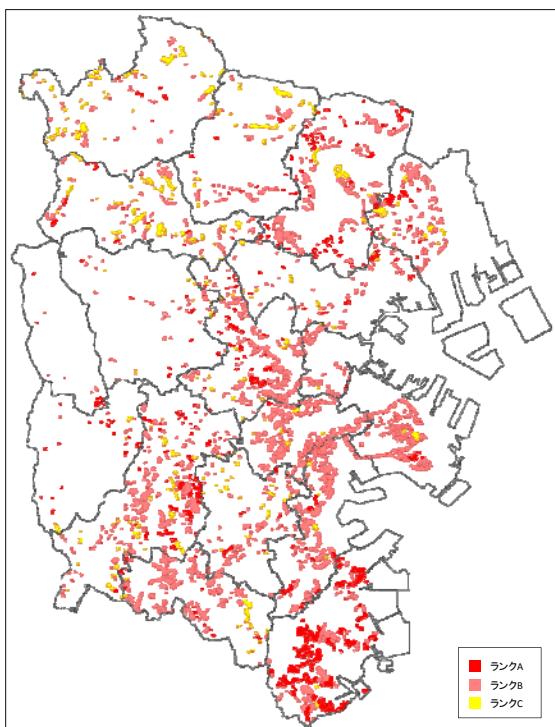
5.2.3 予測結果

急傾斜地崩壊危険箇所の崩壊危険度予測結果として、一覧表（表5.2.2）と予測結果図（図5.2.2）を示す。

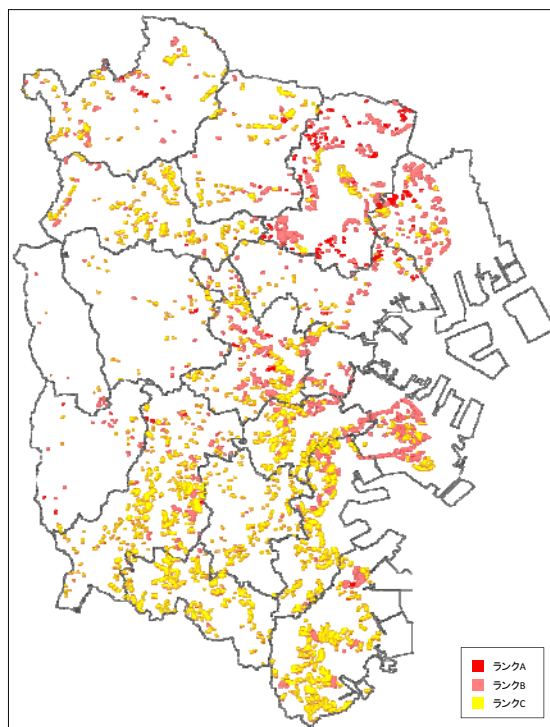
元禄型関東地震では、金沢区における大規模な急傾斜地崩壊危険箇所では危険度ランクAとなった他、港北区、戸塚区、保土ヶ谷区を中心に広範囲で危険度ランクAとなり、計336箇所となった。これは、青葉区、都筑区、栄区の一部を除き、ほぼ市全域で震度6弱以上となっているためである。東京湾北部地震では、危険度ランクAが港北区に集中しており、全体としては、102箇所となっている。南海トラフ巨大地震では、危険度ランクAが23箇所と他の想定地震と比較して少ない。

表5.2.2 急傾斜地崩壊危険箇所の危険度予測結果（箇所数）

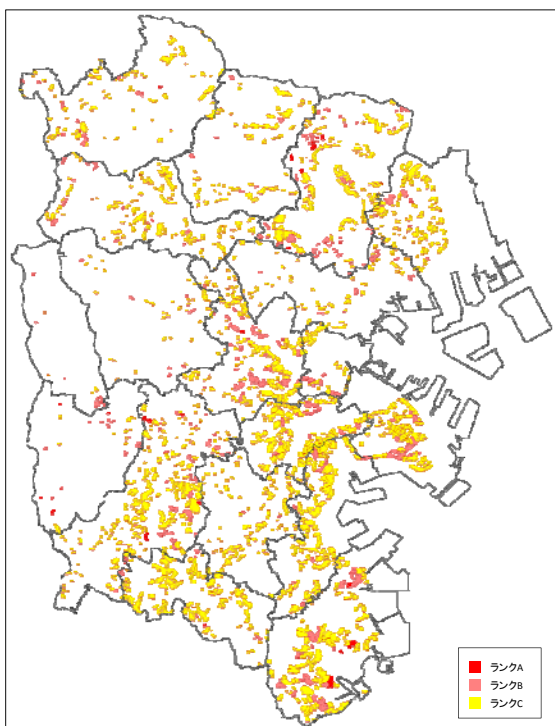
判定ランク	元禄型関東地震	東京湾北部地震	南海トラフ巨大地震
A	336	102	23
B	874	408	248
C	235	935	1,174



(a) 元禄型関東地震



(b) 東京湾北部地震



(c) 南海トラフ巨大地震

図5.2.2 急傾斜地崩壊危険箇所の崩壊危険度予測結果