

リスクコミュニケーションを取るための
液状化ハザードマップ作成の手引き
【補足資料】

～微地形情報および地盤情報を考慮した
「液状化危険度統合マップ」の作成方法～

令和7年3月

国土交通省都市局都市安全課

はじめに

令和6年能登半島地震では、各地で発生した液状化現象により、多くの宅地地盤で甚大な被害が生じた。このような液状化被害を防止・抑制するため、事前の液状化対策の推進が急務となる。宅地における液状化対策を推進するには、住民及び事業者と行政が一体となって地域の液状化発生傾向や液状化による宅地の被害リスクを共有し、その認識を深めるためのリスクコミュニケーションが重要となる。

リスクコミュニケーションを図る上でのツールの一つとして、液状化ハザードマップの活用が有用である。しかしながら、従来の液状化ハザードマップは主に液状化危険箇所の周知を目的としたものであり、「なぜその場所で液状化の発生傾向が強いのか」、「液状化への備えとして何をすればよいか」など、液状化に対する理解を深め、事前対策への行動を促すための情報が不足していた。

そこで、国土交通省では、令和3年2月に「リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き(以降、手引きと称する。)」を公表し、リスクコミュニケーションを図るためのツールとして、液状化ハザードマップの作成とその活用方法を周知してきた。

上記の手引きでは、「地形情報による地域の液状化発生傾向」と「地盤情報による宅地の液状化危険度」それぞれの評価手法及びその表現方法を示すとともに、これらの理解を促すための災害学習情報など、液状化ハザードマップ作成に必要な事項を網羅的に整理している。さらに、住民・事業者と行政との間におけるリスクコミュニケーションツールとしての液状化ハザードマップの活用方法等についても整理している。

本書は、手引きの補足資料として、令和6年能登半島地震による液状化被害の実態を踏まえ、液状化ハザードマップの作成において精度向上を図るための知見や留意点、表現方法について取りまとめたものである。

液状化ハザードマップの作成にあたっては、本書と手引きとを合わせて活用されたい。これにより、より精度の高い液状化ハザードマップの作成が可能となり、より効果的なリスクコミュニケーションの実現につながることを期待される。

－ 目 次 －

1 章	液状化危険度統合マップとは	1
1-1.	本書の位置付け	1
1-2.	液状化危険度統合マップの概要	3
2 章	液状化危険度統合マップの作成手順	4
2-1.	液状化ハザードマップの作成フロー	4
2-2.	液状化発生傾向の概略把握	5
3 章	地域の液状化発生傾向図の作成	7
3-1.	液状化の発表傾向が強い地形	8
3-2.	令和 6 年能登半島地震による液状化被害を踏まえた地形区分における留意点	10
	(1) 標高と非液状化層厚(H ₁)の関係に着目した砂丘内陸側縁辺部の分類	11
	(2) 郷土史を活用した江戸時代以前の人工改変地の抽出	14
	(3) 埋立材料や標高の違いに着目した埋立地のより高度な液状化発生傾向の評価区分の検討	16
4 章	宅地の液状化危険度分布図の作成	20
4-1.	宅地の液状化被害の可能性判定	21
4-2.	宅地の液状化危険度分布図の情報充実に向けた留意点	22
	(1) 簡易地盤調査結果を活用した宅地の液状化被害の可能性判定	23
	(2) 宅地の液状化被害の可能性判定に必要なパラメータの推定	24
4-3.	宅地の液状化被害の可能性判定結果の表示方法	28
5 章	液状化危険度統合マップの作成	29
5-1.	液状化危険度統合マップ作成の留意点	29
6 章	事前の液状化対策推進のためのリスクコミュニケーションの実施に向けて	30
参考	簡易地盤調査結果を活用した液状化危険度の検討・評価事例	32

[付属資料：液状化危険度統合マップの作成事例]

— 用語の定義 —

○地域の液状化発生傾向図

微地形及び人工改変地の種類から、地域の液状化発生傾向の強弱を5段階で評価・区分して示した地図。

○宅地の液状化危険度分布図

ボーリング調査等の地盤情報から、対象地点の液状化指標値（ P_L 値）等を求め、その値から宅地の液状化被害の可能性を3段階で判定し、ポイント情報として示した地図。

○液状化危険度統合マップ

「地域の液状化発生傾向図」と「宅地の液状化危険度分布図」を重ね合わせ、一つの地図情報として表現した地図。

○宅地の液状化被害の可能性判定

ボーリング調査結果や簡易地盤調査結果等の地盤情報から宅地の液状化被害の可能性を5区分3段階で判定するもの。判定方法として、「 H_1 - D_{cy} 判定」と「 H_1 - P_L 判定」の2種類がある。

○非液状化層厚（ H_1 ）

地表面から液状化しない条件を満足する連続した層厚。

○地表変位量（ D_{cy} ）

液状化により生じる地盤の水平変位量と同等。液状化時に発生する地盤の沈下量。

○液状化に対する安全率（ F_L 値）

想定される地震動に対する各層の液状化の発生のしやすさを示す指標。

$F_L \leq 1.0$ で液状化する可能性ありと判断される。通常は、深さ1m毎に判定を行う。

○液状化指標値（ P_L 値）

その地点における地盤の液状化の激しさの程度を表す指標。液状化指数と同意。各深度での F_L 値を算出し、その値を深さ方向に重みをつけて足し合わせ、調査地点での液状化発生の可能性を表す。本書では、判定深度を20mとした場合の液状化指標値を「 P_{L20} 」、判定深度を10mとした場合の液状化指標値を「 P_{L10} 」と称す。

○人工改変地

自然の地形が人工的に変更された土地のこと。埋立地や干拓地、低地上の盛土造成地などの人工改変地では、比較的液状化発生傾向が強い。

○砂丘縁辺部

砂丘地帯において、その頂部付近と内陸側の低地に隣接した箇所のこと。地下水位が比較的浅く、過去の地震では顕著な液状化被害が発生している。

1章 液状化危険度統合マップとは

液状化危険度統合マップとは、地域の液状化発生傾向図と宅地の液状化危険度分布図を重ね合わせ一つの地図情報として表示したものである。本書は、手引きの補足資料として位置付けるものであり、令和6年能登半島地震による液状化被害で見られた新たな知見を反映し、液状化ハザードマップの精度向上と表現方法の改善を図るため、液状化危険度統合マップの作成手順や作成における留意点等を示すものである。

1-1. 本書の位置付け

令和6年能登半島地震では、広範囲にわたって液状化被害が発生し、特に砂丘の内陸側と低地の境界部や人工改変地において顕著な被害が確認された。この被害状況を踏まえ、事前の宅地地盤の液状化対策を進めるためのリスクコミュニケーションツールの一つとして液状化ハザードマップの重要性が再確認された。

令和3年2月に公表した液状化ハザードマップ作成の手引き※は、「本編」及び「詳細資料編」の2編で構成されている(以降、それぞれ「本編」、「詳細資料編」と称する)。この手引きでは、「地形情報による地域の液状化発生傾向」と「地盤情報による宅地の液状化危険度」それぞれの評価手法及びその表現方法を示すとともに、これらの理解を促すための災害学習情報など、液状化ハザードマップ作成に必要な事項を網羅的に整理している。さらに、住民・事業者と行政との間におけるリスクコミュニケーションツールとしての液状化ハザードマップの活用方法等についても整理している。

本書は、手引き※で整理された液状化ハザードマップの作成・活用方法を基本としつつ、令和6年能登半島地震による液状化被害の新たな知見を反映し、液状化ハザードマップ作成の精度向上を図るための留意点及びその表現方法を「手引き※の補足資料」として示したものである。また、本書の付属資料(以降、付属資料と称する)には、本書に記載した液状化ハザードマップの精度向上を図るための留意点等を踏まえた地図情報の作成事例を示す。

本書の位置づけについては図-1.1に示すとおりである。

※ リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き (R3.2)

リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き

令和3年2月公表

【本編】

◇主な記載事項

- 液状化ハザードマップの概要
- 地域の液状化発生傾向図の作成方法
- 宅地の液状化危険度マップの作成方法
- 災害学習情報としての掲載事項
- 液状化ハザードマップの作成方法
- 液状化ハザードマップの周知、活用方法

【詳細資料編】

◇主な記載事項

- 地域の液状化発生傾向図作成のための留意点
- 宅地の液状化危険度マップ作成の留意点
- 液状化ハザードマップの作成事例

本書

【補足資料】

令和6年能登半島地震による液状化被害を踏まえた、液状化ハザードマップの作成における新たな知見や留意点、表現方法などを解説

◇主な記載事項

- 液状化危険度統合マップの概要
- 地域の液状化発生傾向図作成のポイント
- 宅地の液状化危険度分布図作成のポイント
- 液状化危険度統合マップの作成方法
- 液状化危険度統合マップの作成事例
(付属資料として整理)

補足

反映

《 令和6年能登半島地震による液状化被害の特徴 》

- ✓ 砂丘内陸側縁辺部において顕著な液状化被害が発生
- ✓ 江戸時代以前の地形改変場所で液状化被害が発生
- ✓ 過去に液状化被害が発生した箇所でも再液状化が発生



石川県内灘町



富山県高岡市



新潟県新潟市

(出典)国土交通省:令和6年能登半島地震における被害と対応について

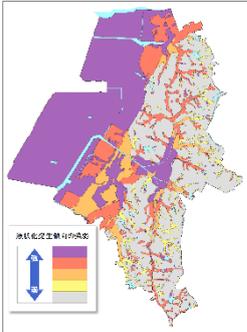
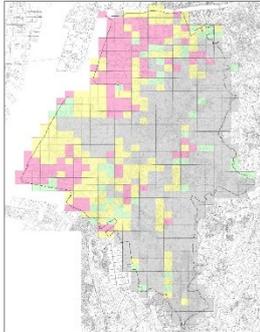
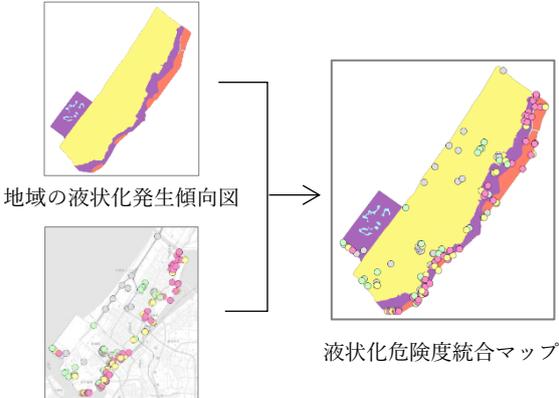
図-1.1 本書の位置付け

1-2. 液状化危険度統合マップの概要

令和6年能登半島地震では、砂丘の内陸側縁辺部や低地部、人工改変地などで顕著な液状化被害が発生した。これらの場所では、同じような地形条件であっても、地盤条件の違いによって被害の程度に差が生じている。すなわち、液状化被害の実態を正確に理解し効果的な対策を講じるためには、地形条件に基づく液状化発生傾向と、宅地の地盤特性に基づく液状化被害の可能性の両者を関連付けて評価することが重要となる。このため、リスクコミュニケーションにより事前の液状化対策を一層進めるためには、これらの知見を踏まえ、「地形情報による液状化発生傾向」と「地盤情報による宅地の液状化被害の可能性判定」の2種類の情報を重ね合わせて1つのマップとして表現する「液状化危険度統合マップ」の作成が有効である。表-1.1に手引き※に基づき2種類の地図情報を作成する場合と、本書に基づき液状化危険度統合マップを作成する場合それぞれの特徴を示す。各自治体においては、両者の特徴を踏まえ、地域の実情を考慮し、どちらの方法で作成するか選択されたい。なお、「地域の液状化発生傾向図」と「地盤情報による宅地の液状化被害の可能性判定結果」は、それぞれ異なるリスク情報を表示したものであるため、それぞれの情報が持つ意味の違いについて、解説文を掲載するなどし、住民の理解を深めることが重要となる。

※ リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き(R3.2)

表-1.1 手引き及び本書により作成する場合の地図情報の特徴

手引きにより作成する場合	本書により作成する場合
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 地域の液状化発生傾向はポリゴン表示を標準とする。 ▶ 宅地の液状化被害の可能性判定結果はメッシュ表示を標準とする。 ▶ 2種のマップを作成するため、液状化発生傾向と宅地の液状化被害の可能性が個別に確認できる。 ▶ マップ利用者が2種のマップそれぞれの危険度を正しく理解し活用できるような説明が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 2種類の情報を1つのマップ上に重ね合わせるため、地域の液状化発生傾向と宅地の液状化危険度が同一の地図上で確認できる。 ▶ 宅地の液状化被害の可能性判定をポイントで示すため、同じ地形内であっても宅地ごとの液状化被害の可能性結果の違いが確認できる。 ▶ 2つの異なる評価手法による液状化危険度情報を重ねて表示するため、マップ利用者がそれぞれの危険度を正しく理解し活用できるような説明が必要となる。
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>地域の液状化発生傾向図</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>宅地の液状化危険度マップ</p> </div> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>地域の液状化発生傾向図</p> <p>宅地の液状化危険度分布図</p> <p>液状化危険度統合マップ</p> </div>

2章 液状化危険度統合マップの作成準備

2-1. 液状化ハザードマップの作成フロー

液状化ハザードマップは、下図に示す手順に従い作成する。液状化ハザードマップの作成は、『作成準備』、『地域の液状化発生傾向図の作成』、『宅地の液状化危険度分布図の作成』、『液状化危険度統合マップの作成』、『液状化ハザードマップの作成』の5段階に分けられる。

【液状化ハザードマップの作成手順】

 : 本書で示す内容

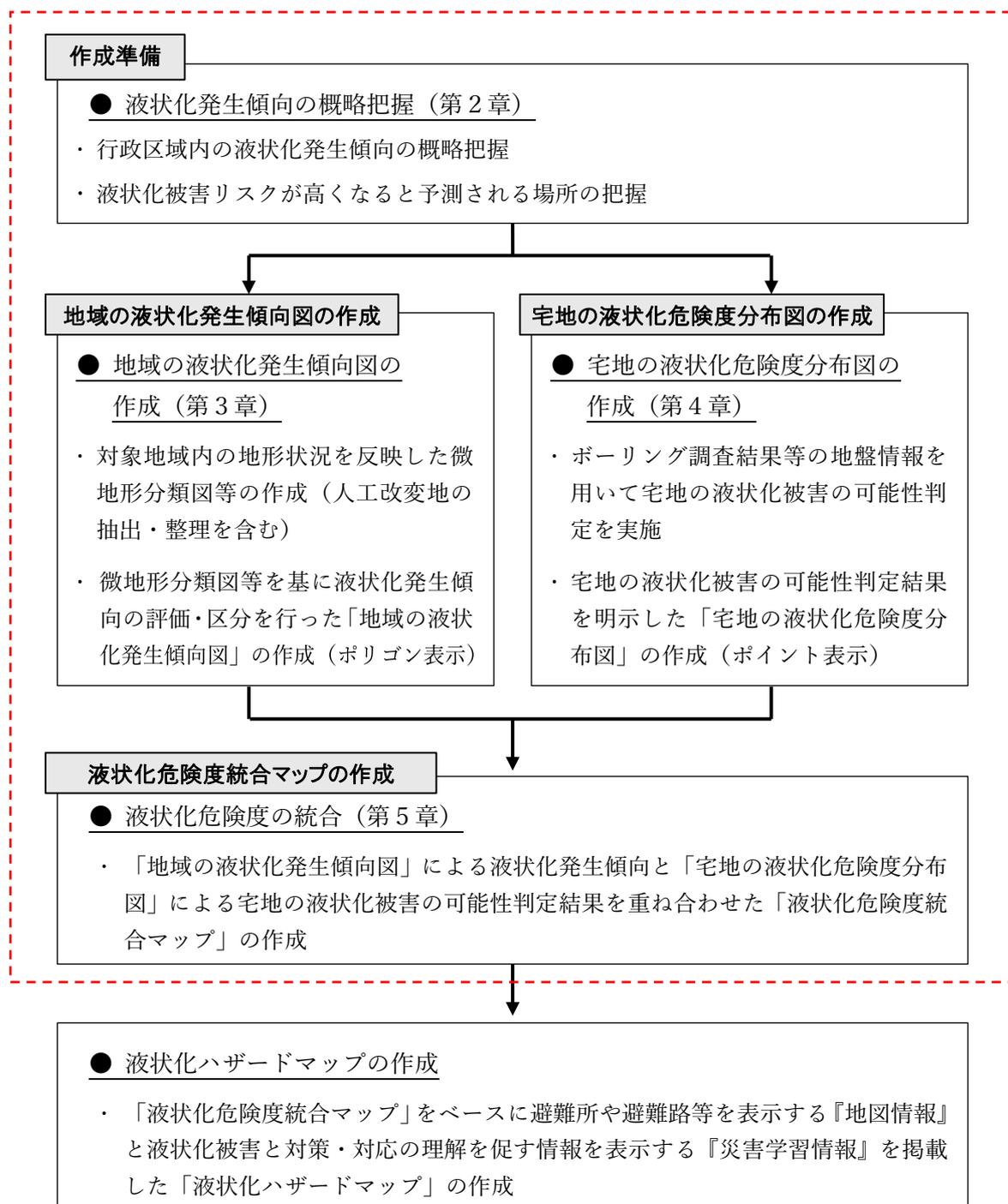


図-2.1 液状化ハザードマップの作成手順

2-2. 液状化発生傾向の概略把握

液状化ハザードマップの作成準備段階では、既往微地形分図などを活用し、作成対象範囲の周辺も含めた広域な自然地形について確認を行い、作成対象範囲の地形的特徴や土地の形成過程等を把握することが重要となる。その上で、国土交通省による「地形区分に基づく液状化の発生傾向図」や都道府県による「液状化危険度分布図」などの既往資料^{※1}を活用し、行政区域内の液状化発生傾向を概略的に把握し、液状化危険度統合マップを作成するための計画を立案する。

なお、「地形区分に基づく液状化の発生傾向図」は、防災科学技術研究所（J-SHIS）で公開されている全国の地形（微地形）分類による 250m メッシュデータを基に、地形が示す一般的な地盤特性に対応した液状化発生傾向の強弱を 5 段階区分で表したものである。ただし、この発生傾向図は 250m メッシュデータに基づいているため、詳細な地形を十分に再現できておらず、また局所的な人工改変地も抽出できていない場合がある。このため、「液状化発生傾向が弱い」と評価される場所であっても、そこに含まれる局所的な人工改変地では、液状化が発生する可能性があるため注意が必要である。なお、手引き^{※2}で作成する地域の液状化発生傾向図は、より詳細な地形情報を反映できるポリゴン表示を標準としている（図-2.4）。

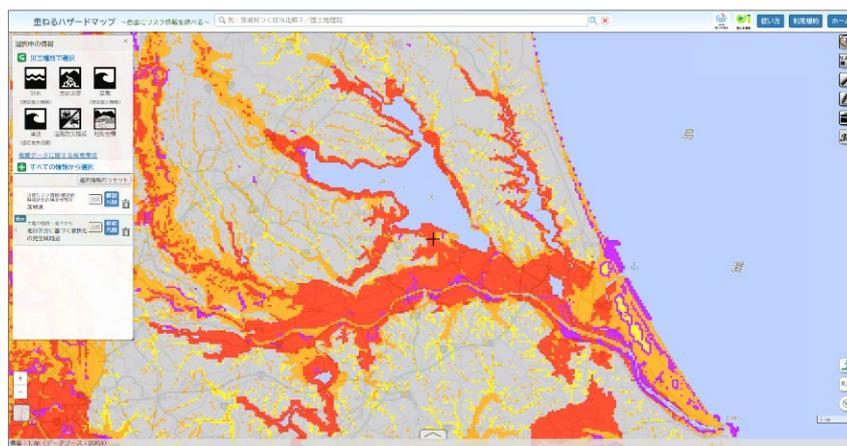


図-2.2 地形区分に基づく液状化の発生傾向図^{※1}

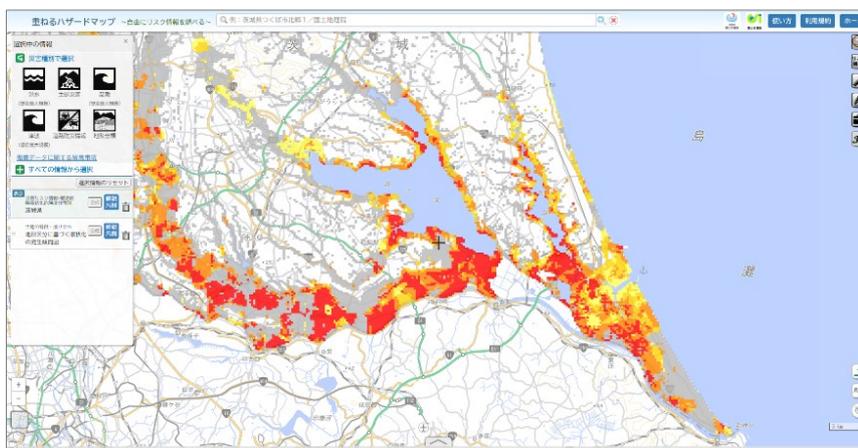
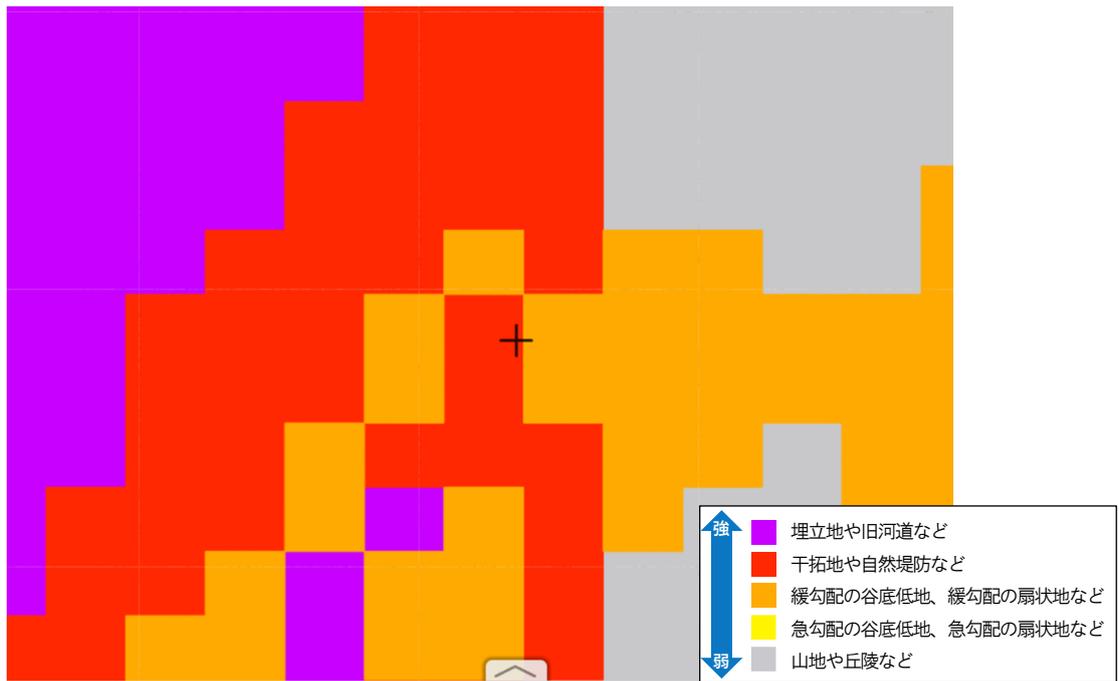


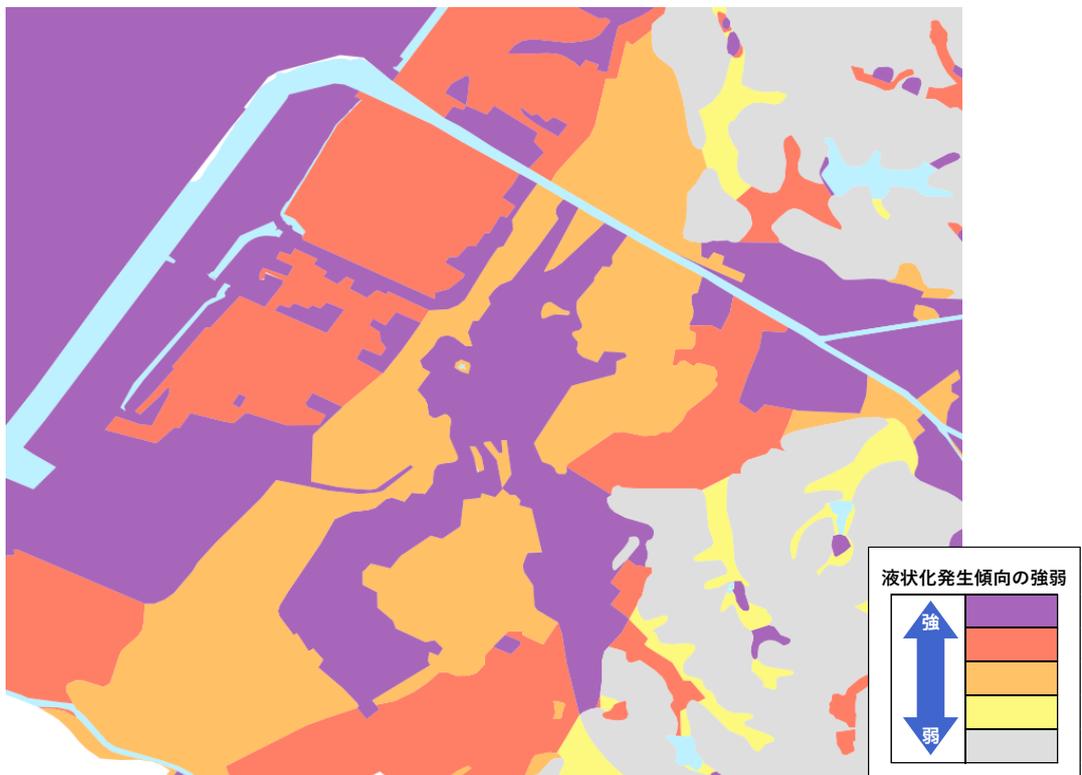
図-2.3 都道府県による液状化危険度分布図^{※1}

※1 「地形区分に基づく液状化発生傾向図」、「都道府県液状化危険度分布図」の公開 URL(<https://disaportal.gsi.go.jp/index.html>)

※2 リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き(R3.2)



(a) 地形区分における液状化発生傾向図※ (250m メッシュ表示) 例
 ※ 「地形区分に基づく液状化発生傾向図」の公開 URL(<https://disaportal.gsi.go.jp/index.html>)



(b) 地域の液状化発生傾向図 (ポリゴン表示) 例

図-2.4 同一エリアにおける「地形区分における液状化発生傾向図 (250m メッシュ表示)」と「地域の液状化発生傾向図 (ポリゴン表示)」の比較イメージ

3-1. 液状化の発生傾向が強い地形

液状化は、砂質土がゆるく堆積し地下水位が高い地盤が、地震で強く揺れた時に発生する現象である。このような地盤は、臨海部や現在の河川沿い、あるいは、以前川が流れていた跡に沿った場所（大河川の沿岸地）や海岸砂丘の裾、砂丘間の低地などに分布する。

特に砂丘地帯においては、その頂部付近では、地下水位が比較的深く液状化発生傾向が比較的弱い。内陸側の低地に隣接した箇所（砂丘縁辺部）、砂丘列の間の低地（砂丘間低地）及び砂丘上の凹地では、地下水位が浅いため、液状化の発生傾向が強く過去の地震の際にも顕著な液状化被害が発生している。このため、本編※では、砂丘、内陸側の砂丘縁辺部、砂丘間低地をそれぞれ異なる微地形として分類することとしている（図-3.1、図-3.2）。

※ リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き(R3.2)【本編】

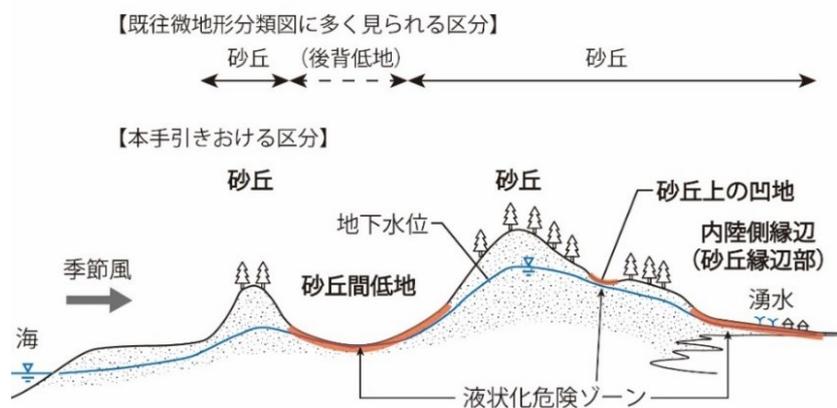


図-3.1 砂丘地帯の模式断面と液状化発生傾向が強い場所（液状化危険ゾーン）

若松加寿江(2018)「そこで液状化が起きる理由」東京大学出版会に一部加筆

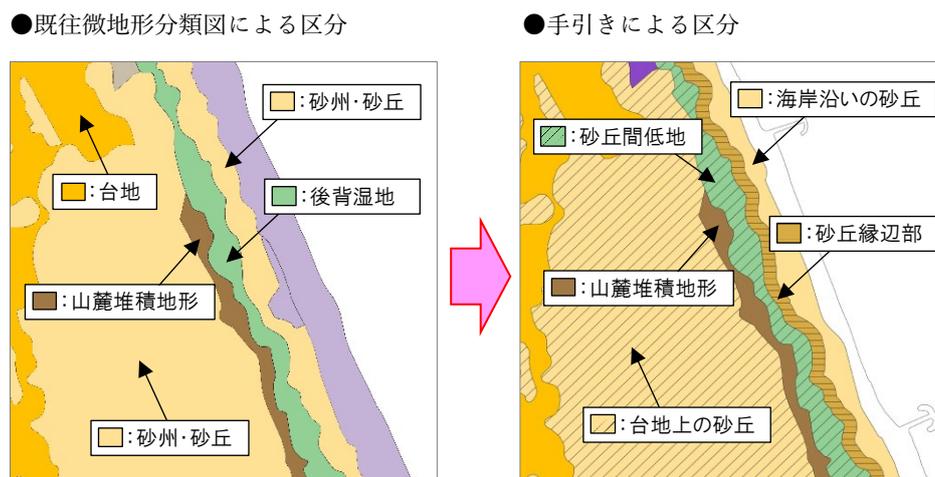


図-3.2 砂丘地帯における砂丘縁辺部及び砂丘間低地の分類例

また、「埋立地」や「低地（湿地）上の盛土造成地」、「砂利（砂鉄）等採取後の埋戻し地」、丘陵地や台地における「谷埋め盛土造成地」のように、人工的に改変された場所においては、過去の地震で液状化被害の発生が顕著であるため、その抽出・整理が重要となる（表-3.1、図-3.3）

表-3.1 抽出すべき人工改変地とその主な分布箇所

抽出すべき人工改変地	特に注意すべき場所				
	デルタ地帯	砂州・砂丘地帯	氾濫低地帯 (自然堤防帯)	扇状地帯	丘陵地・台地
埋立地 ^{※1}	○		○		
干拓地	○		○		
砂利（砂鉄）等採取後の埋戻し地		○	○	○	
低地（湿地）上の盛土造成地 ^{※2}	○		○		
浅い谷や凹地の盛土地				○	○
谷埋め盛土造成地 ^{※3}					○

※1 臨海部の埋立地以外に、押堀（落堀）や後背湿地の池沼、旧河道や河川敷を含む。改変前の自然地形は旧水部。
 ※2 谷底低地を除く、後背低地や氾濫低地、三角州・海岸低地、砂丘間低地・砂州間低地の低地面や干拓地上に盛土した造成地。また、後背低地等の堆積物は、一般に粘性土からなり液状化しにくい、地下水位が浅いため、盛土部分が液状化することがある。
 ※3 丘陵地・台地の切盛造成地では、谷埋め部分に地下水が溜まりやすく地盤が液状化することがある。

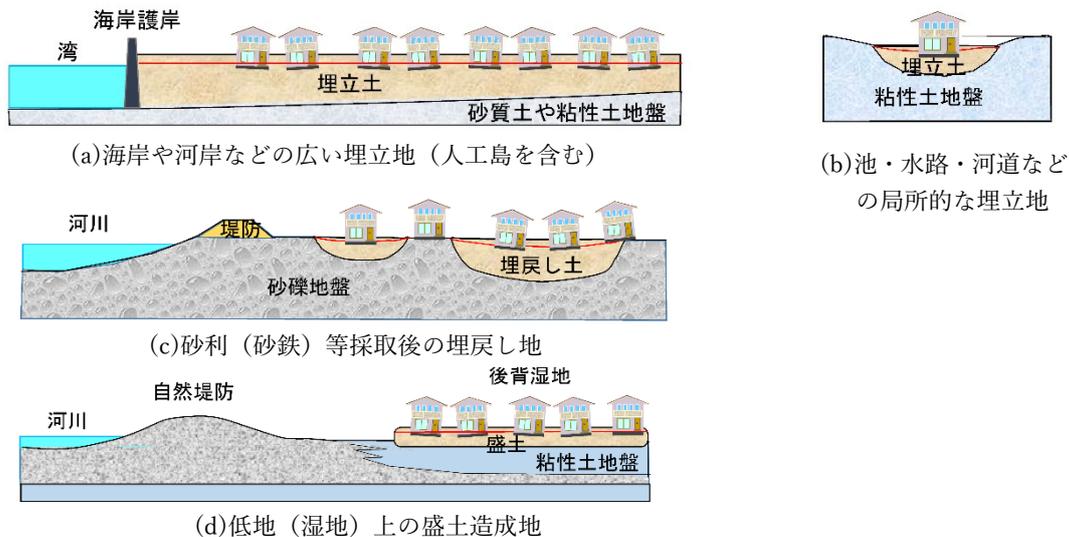


図-3.3 液状化被害が発生した人工改変地の例^{※4}

これらの地形については、[本編^{※5}「3-3.微地形分類図の作成」]、[詳細資料編^{※6}「1 地域の液状化発生傾向図の作成」]にもその考え方や留意点等を記載しているため、参照されたい。

※4 安田進（2023）人工改変地における戸建て住宅の液状化被害に関する留意点、第58回地盤工学研究発表会

※5 リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き（R3.2）【本編】

※6 リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き（R3.2）【詳細資料編】

3-2. 令和6年能登半島地震による液状化被害を踏まえた地形区分における留意点

令和6年能登半島地震では、砂丘内陸側縁辺部や埋立地などの人工改変地において、顕著な液状化被害が発生した。詳細資料編[※]では、「砂丘縁辺部」の適用範囲や「人工改変地」の抽出方法を示しているが、その内容では十分に対応できない範囲にも被害が発生した。特に「人工改変地」については、令和6年能登半島地震や同一の埋立地内において場所により液状化被害の有無に差異が確認された。

このため本書では、上記を踏まえ液状化発生傾向が強い地形の抽出・分類に対し、精度向上を図るための地形分類等の着眼点として(1)～(3)の内容を示す。

なお、(3)は、埋立地の特性等を考慮したより高度な液状化発生傾向の評価を検討するものであり、埋立地の材料や地盤情報、地下水位等多くの情報を基にした高度な技術的判断が必要となる。

※ リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き(R3.2)【詳細資料編】

- (1) 標高と非液状化層厚(H_1)の関係に着目した砂丘内陸側縁辺部の分類
- (2) 郷土史を活用した江戸時代以前の人工改変地の抽出
- (3) 埋立材料や標高の違いに着目した埋立地のより高度な液状化発生傾向の評価区分の検討

(1) 標高と非液状化層厚(H₁)の関係に着目した砂丘内陸側縁辺部の分類

① 課題

令和6年能登半島地震では、砂丘内陸側縁辺部において顕著な液状化被害が発生しており、液状化発生傾向の評価における「砂丘縁辺部」の分類の重要性が再認識された。

砂丘地帯における地形情報は、既往の微地形分類図では、「砂州・砂丘」と単一のカテゴリで分類されていることが多い。詳細資料編[※]では、「砂州・砂丘」から「砂丘縁辺部」を分類するための適用範囲を「内陸側の低地に隣接する部分で、低地との比高が概ね3.0m未満の部分。ただし、砂丘砂が緩い砂質堆積物からなり、地下水位が浅い場合はこの限りではない。」としている(表-3.2)。

一方で、令和6年能登半島地震では、「砂州・砂丘」に分類される地形のうち、内陸側で低地との比高が3m以上の範囲においても液状化被害が発生した。このため、より地域の地形状況等に応じた具体的な「砂丘縁辺部」の分類手法が必要となる。

※ リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き(R3.2)【詳細資料編】

表-3.2 手引きにおける砂丘縁辺部の取得基準

定義	適用範囲	液状化発生傾向及び留意点
土地条件データ作業要領の「砂丘」のうち、内陸側の低地に隣接する部分で、相対的に低い箇所。	内陸側の低地に隣接する部分で、低地との比高が概ね3.0m未満の部分。ただし、砂丘砂が緩い砂質堆積物からなり、地下水位が浅い場合はこの限りではない。	液状化発生傾向が非常に強い 砂丘の内陸側の低地縁辺部は、砂丘砂が緩い砂質堆積物からなり、地下水位が浅いため、液状化発生傾向が非常に強い

リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き(R3.2)【詳細資料編】 pp.14 より一部抜粋

② 検討方法と留意点

〈検討方法〉

砂丘のような高低差がある地形では、標高が高くなるほど地下水位は深くなり、標高が低くなるほど地下水位は浅くなる傾向を示す。このため、砂丘内陸側縁辺部や砂丘間低地では地下水位が浅く、液状化の発生傾向が強くなる(図-3.4)。

このため本項では、地形状況等に応じた砂丘縁辺部の分類手法として、「標高と非液状化層厚(H₁)の関係に着目した砂丘内陸側縁辺部の分類」手法を示す。

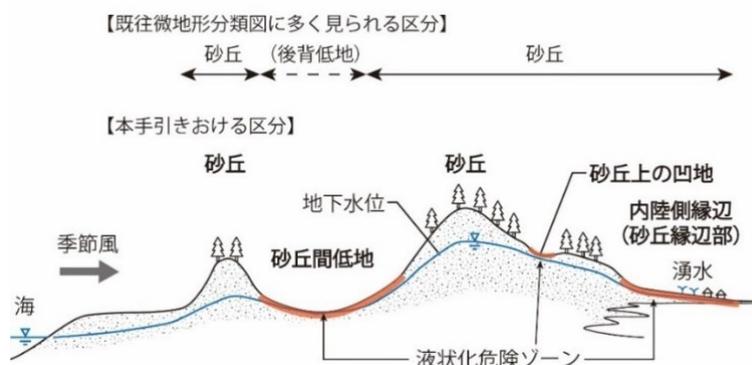


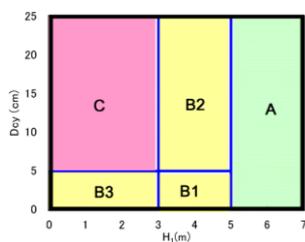
図-3.4 砂丘地帯の模式断面と液状化発生傾向が強い場所(液状化危険ゾーン)

若松加寿江(2018)「そこで液状化が起きる理由」東京大学出版会に一部加筆

砂丘上の地盤情報から、標高と非液状化層厚 (H_1) の関係を整理し、両者に相関関係 (標高が高くなるほど、非液状化層厚 (H_1) の値が大きくなる傾向) が見られた場合、標高と非液状化層厚 (H_1) の関係から砂丘縁辺部の分類の検討が可能となる。

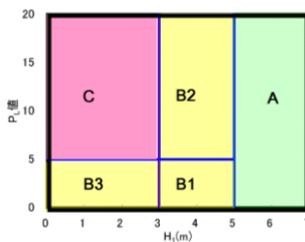
ここに非液状化層厚 (H_1) とは、地表面から液状化しない条件を満足する連続した層厚のことであり、その値が小さいほど宅地地盤の液状化被害の可能性は高くなる。

このため、図-3.5(a)、(b)に示すように、宅地における液状化被害の可能性判定 (H_1 - P_L 判定及び H_1 - D_{cy} 判定) においては、非液状化層厚 (H_1) が 3m、5m を閾値として、液状化被害の可能性を評価している。すなわち、砂丘内陸側の地盤情報から標高値と非液状化層厚 (H_1) 関係を整理することで、 $H_1=3m$ 、 $H_1=5m$ に相当する標高値を「砂丘縁辺部」の分類の目安として活用できる。



判定結果	H_1 の範囲	D_{cy} の範囲	液状化被害の可能性
C	3m 以下	5cm 以上	顕著な被害の可能性が高い
B3		5cm 未満	
B2	3m を超え 5m 以下	5cm 以上	顕著な被害の可能性が 比較的低い
B1		5cm 未満	
A	5m を超える	—	顕著な被害の可能性が低い

図-3.5(a) H_1 - D_{cy} 判定図・数値表



判定結果	H_1 の範囲	P_L の範囲	液状化被害の可能性
C	3m 以下	5 以上	顕著な被害の可能性が高い
B3		5 未満	
B2	3m を超え 5m 以下	5 以上	顕著な被害の可能性が 比較的低い
B1		5 未満	
A	5m を超える	—	顕著な被害の可能性が低い

図-3.5(b) H_1 - P_L 判定図・数値表

「国交省都市局都市安全課：宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説 (案)、平成 25 年 4 月」より

〈留意点〉

砂丘以外の自然地形においても、砂質土の堆積が認められ標高差が存在する場合には、十分な地盤情報が得られていることを前提として、前述の分類方法の適用が可能となる場合がある。ただし、その適用にあたっては、当該地域の地形特性や地盤条件等を十分に考慮する必要があることから、必要に応じて専門家の知見を踏まえた検討を行うことが望ましい。

標高値の取り扱いにおいては、柱状図に記載された孔口標高の基準面(T.P.、A.P.、D.L.等)の確認が必要である。また、ボーリング柱状図等に記載されている孔口標高の値は、調査年代による精度のばらつきがあるため、これらに留意して検討を行う必要がある。

次頁に本手法により「砂丘縁辺部」を分類した参考事例を示す。

【参考事例①】 標高と非液状化層厚(H_1)の関係に着目した砂丘内陸側縁辺部の分類 (A 地区)

本事例では、砂丘の内陸側における地盤情報を用い、標高と非液状化層厚 (H_1) の関係を整理し、非液状化層厚 (H_1) = 3m に相当する標高を推定した(図-3.6)。推定した標高値より、砂丘の内陸側において等高線以下の範囲を「砂丘縁辺部」として分類している (図-3.7)。

なお、砂丘の形状、高さ、形成過程等の地域特性により、標高と非液状化層厚 (H_1) の関係は異なるため、本事例で示す、 $H_1=3m$ に相当する標高値 6.2m ($\approx 6.5m$) を、他地域における「砂丘縁辺部」の分類基準として用いることは適切ではない。「砂丘縁辺部」の分類に際しては、各地域の液状化発生履歴や地盤特性等を総合的に勘案し、地域の実情に即した方法を採用することが重要となる。

本事例の詳細な検討方法を、本書の[付属資料 pp.10~12]に示す。

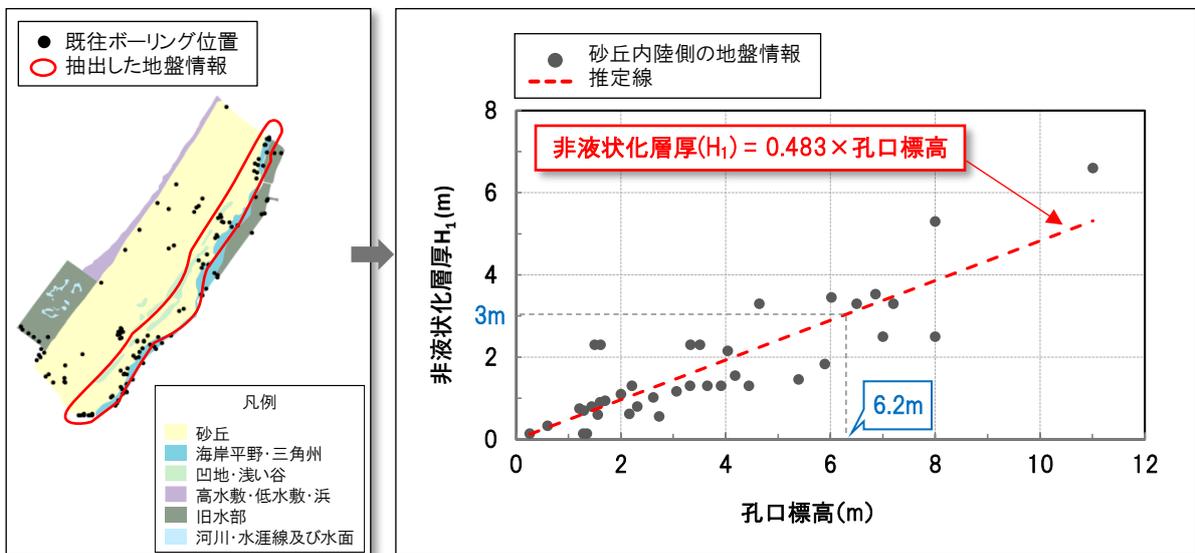


図-3.6 孔口標高と非液状化層厚 (H_1) の関係図 (A 地区)

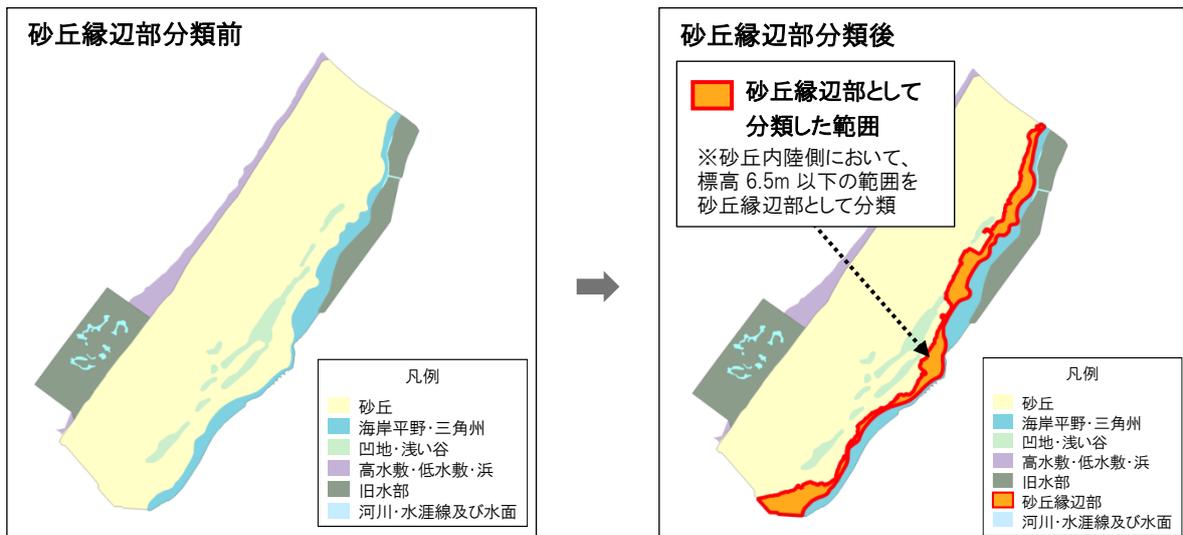


図-3.7 砂丘縁辺部の分類事例 (A 地区)

(2) 郷土史を活用した江戸時代以前の人工改変地の抽出

① 課題

過去の地震において、埋立地や盛土造成地をはじめとする人工改変地で顕著な液状化被害が発生しているため、人工改変地の抽出は、対象地域の液状化発生傾向や液状化による宅地の被害リスクを把握するうえで非常に重要となる。人工改変地は、既往微地形分類図のみでは、適切に抽出できない場合があることから、旧版地図や撮影時期が異なる空中写真を用いて、土地の履歴・変遷を調査する必要があるため、手引きでは、これらの人工改変地の抽出に必要な参考資料を示している（表-3.3）。

表-3.3 『地域の液状化発生傾向図』の作成に必要な参考資料

収集する資料の種類	主な作業			
	地形判読による微地形の区分	人工改変地等の抽出	液状化履歴の把握(再液状化の可能性)	地盤(土質)特性の把握
既往微地形分類図	◎	△		
空中写真	◎	◎	△	
地形図、旧版地図、古地図等	◎	◎		
DEM(数値標高モデル)	○	○		
埋立地・干拓地等の造成資料	○	○		○
砂利(砂鉄)採取や圃場整備、小規模宅地開発等の人工改変に関する資料		◎		○
過去の液状化発生履歴に関する資料			◎	
ボーリング資料等の地盤情報				◎

◎: 該当項目の作業・検討においてあった方がよい、○: あると該当項目の作業・検討に役立つ、△: 該当項目の補助的な参考資料

※ リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き(R3.2)【本編】pp.17より抜粋

一方で、令和6年能登半島地震時は、表-3.3に記載の参考資料のみでは把握が困難な江戸時代以前の埋立地において、顕著な液状化被害が発生した。このため、上記の参考資料に加え、歴史資料等を活用し、江戸時代以前の人工改変地も含めた人工改変地の抽出精度の向上が必要となる。

② 検討方法と留意点

〈検討方法〉

江戸時代以前の土地履歴・変遷を確認するための参考資料としては、市町村史などの郷土史が有効である。郷土史には、江戸時代以前の干拓や埋立などの土地開発の記録が残されていることがあり、これらの記録から当時の地形や土地利用の変遷を確認することができるため、より精度の高い人工改変地の抽出が可能となる。

〈留意点〉

郷土史等の歴史資料は、その文献の目的や整理されている縮尺等により位置精度が異なるため、郷土史等から読み取った人工改変地の範囲や境界線の設定については、当該エリアの地形情報等を踏まえ精査が必要となる。人工改変地の抽出とあわせ、過去の液状化履歴に関する記載を確認することで液状化の危険度が高い箇所の抽出に寄与する。

次頁に郷土史を活用した江戸時代以前の人工改変地を確認した参考事例を示す。

【参考事例①】 郷土史を活用した江戸時代以前の埋立地の確認 (B 地区)

本事例では、郷土史の記録から、図-3.8 に示すよう天正初期には河道であった範囲が江戸時代に埋め立てられたことが確認できる。このような埋立地は、一般的に緩い砂質土で構成され、地下水位も浅いため液状化発生傾向が強くなり、令和 6 年能登半島地震では当該埋立地において液状化被害が発生した。

本事例の詳細な検討方法を、本書の[付属資料 pp.16]に示す。

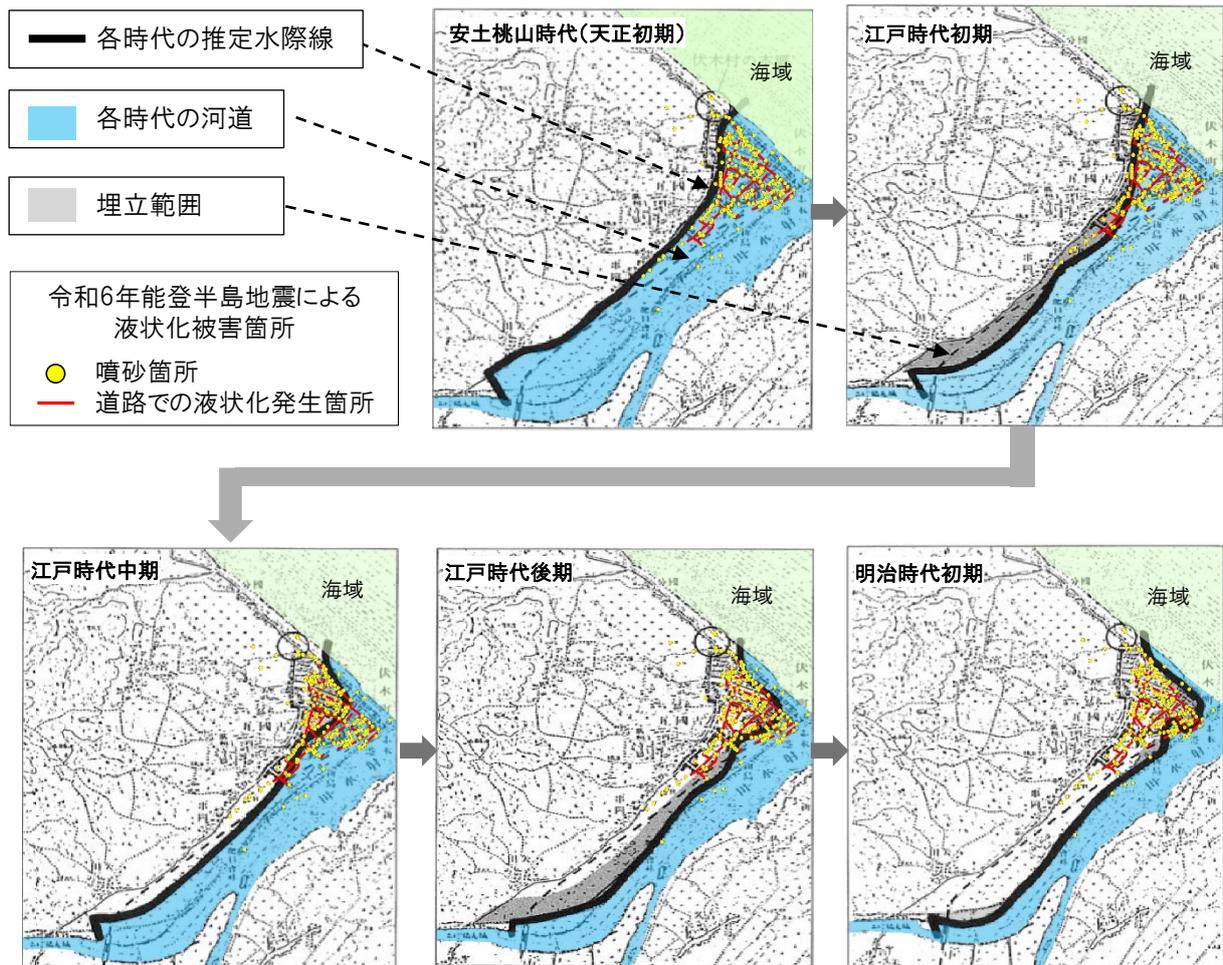


図-3.8 推定水際線の推移 (B 地区)

正和勝之助 (1991)「越中伏木地理志稿」桂書房 一部加筆
 下図はいずれも国土地理院 2.5 万地形図：伏木 (明治 43 年測量)

(3) 埋立材料や標高の違いに着目した埋立地のより高度な液状化発生傾向の評価区分の検討

① 課題

令和6年能登半島地震など過去の地震の際は、埋立地の広範囲にわたって液状化被害が発生したが、同じ埋立地内でも顕著な被害が生じた範囲と被害が生じなかった範囲があることが確認されている。このような被害の差異は、埋立地内の地盤条件等の違いに起因していると考えられる。

② 検討方法と留意点

〈検討方法〉

埋立地の地盤は、砂質土や粘性土などの単一材料で構成されるものから、これらが複雑に互層を形成するものまで多岐にわたり、その地盤特性は埋立地ごとに大きく異なる。埋立地の地下水は、周辺水部からの浸透水によるものと、さらに“雨水”にも起因するため、埋立材料が砂質土主体の場合は、周辺水部の水面より高い位置に凸型で分布し、埋立地の標高が高いほど地下水位が深くなる傾向がある（図-3.9）

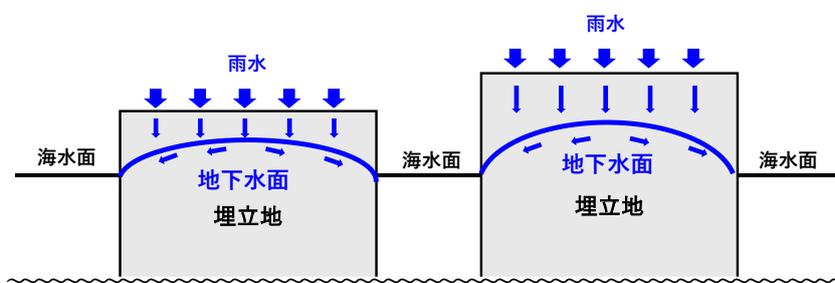


図-3.9 埋立地における地下水位の分布の特徴

上記を踏まえ、「埋立材料の違い」および「標高（地下水位）の違い」に着目し、埋立地の液状化発生傾向の評価区分を検討する。その際には以下の情報が必要となる。

- ・ 埋立方法
- ・ ボーリングデータなどの地盤情報
- ・ 標高と地下水位
- ・ 液状化発生履歴

これらの情報を用い、下記の手順で埋立地内の液状化発生傾向の評価区分を検討する。

- 1) まずは、埋立方法を調査し、埋立地全体の地盤構成（砂質土主体、粘性土主体、互層構成等）の概略を推定する。
- 2) 次に、ボーリングデータ等の地盤情報を用いて、埋立地内の場所による地盤構成の差異の有無を確認する。地盤情報による点情報と埋立方法から推定した面的な地盤構成の両者から、埋立地全体の地盤構成の特徴を推定する。

- 3) 埋立材料が砂質土主体であり、場所による地盤構成の差異が無いと推定される場合、地下水位の上下の土層が砂質土であれば、「地下水位(GL-)」≒「非液状化層厚(H_1)」とみなすことができる (図-3.10)。

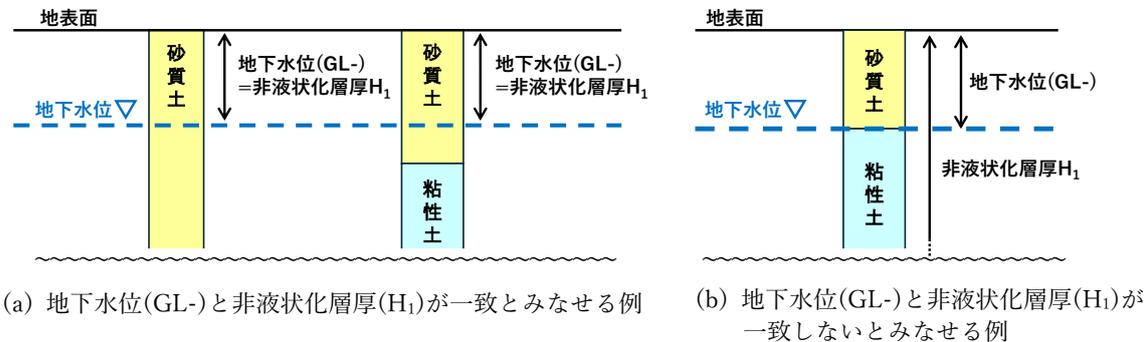


図-3.10 地下水位(GL-)と非液状化層厚 (H_1) の関係

- 4) 地下水位(GL-)≒非液状化層厚(H_1)と見なせる場合、埋立地内のボーリングデータから得られる標高と地下水位(GL-)の関係を整理することで、前述した「(1)標高と非液状化層厚(H_1)」の關係に着目した砂丘内陸側縁辺部の分類」手法と同様の検討が可能となる。つまり、宅地の液状化被害の可能性判定 (H_1 - P_L 判定及び H_1 - D_{cy} 判定) において閾値となる、 $H_1=3\text{m}$ 、 $H_1=5\text{m}$ (≒地下水位 GL-3m、-5m) に相当する標高値を液状化発生傾向の評価区分の目安として活用できる。この際、液状化発生履歴に関する情報は、評価区分の一助となる。

〈留意点〉

大規模な埋立造成する際の埋立方法は、陸上土砂を用いる方法と浚渫土砂を用いる方法の2種類に大別される。陸上土砂による埋立の場合は、埋立土が全層で概ね均質な地盤材料で構成されることが多い。一方で、浚渫土砂による埋立の場合は、採取した材料や投入方法によって、埋立地内で地盤材料のばらつきが生じやすい。このため、埋立材料を確認する際は、埋立方法に関する情報を収集することが重要となる。埋立方法や土砂の採取場所等の情報は、造成史や郷土史等に記載されている場合もあるため、これらの歴史資料の活用が有効である。

なお、埋立地の液状化発生傾向を評価区分する際は、埋立材料や標高、地下水位 (GL-)、埋立工法などの情報から総合的に評価する必要があり、多く情報等を基にした高度な技術的判断が必要となるため、発生傾向の評価区分の見直しにあたっては専門家に意見を求める等、慎重に行うことが望ましい。

上記の検討に関する以下の参考事例を次頁以降に示す。

【参考事例①】 標高 (地下水位) が埋立地における液状化発生傾向に与える影響の確認

【参考事例②】 郷土史を用いた埋立材料の確認

【参考事例①】 標高(地下水位)が埋立地における液状化発生傾向に与える影響の確認 (C 地区)

既往の文献から、C 地区は、海底の浚渫土砂により埋め立てられており、埋立前の海底面が概ね水深 2m~5m 程度であったことが記録されている。埋立地内における代表地点の地盤構成を確認した結果、埋立土と思われる T.P.-5.0m 以浅は、概ね砂質土が主体であり、この砂質土層は地下水位の上下に渡って連続的に堆積しているため、地下水位(GL-)≒非液状化層厚(H₁)と見なすことができると考えられる (図-3.11、図-3.12)。

埋立地内の地盤情報から、孔口標高と孔内水位 (GL-) の関係を整理したところ、標高が高くなるほど地下水位が深くなる傾向が確認された (図-3.13)。このため、図-3.13 より、地下水位 GL-3m (≒非液状化層厚(H₁)=3m) に相当する標高が T.P.+5.8m (≒T.P.+6.0m) であることから、T.P.+6.0m が当該地区における液状化発生傾向の評価区分の目安になり得ると考えられる。

なお、当該地区の液状化被害範囲内の地盤情報 (図-3.13 赤ポイント) の孔口標高は全て T.P.+6.0m 以下であり、上記の結果と整合していると考えられる。

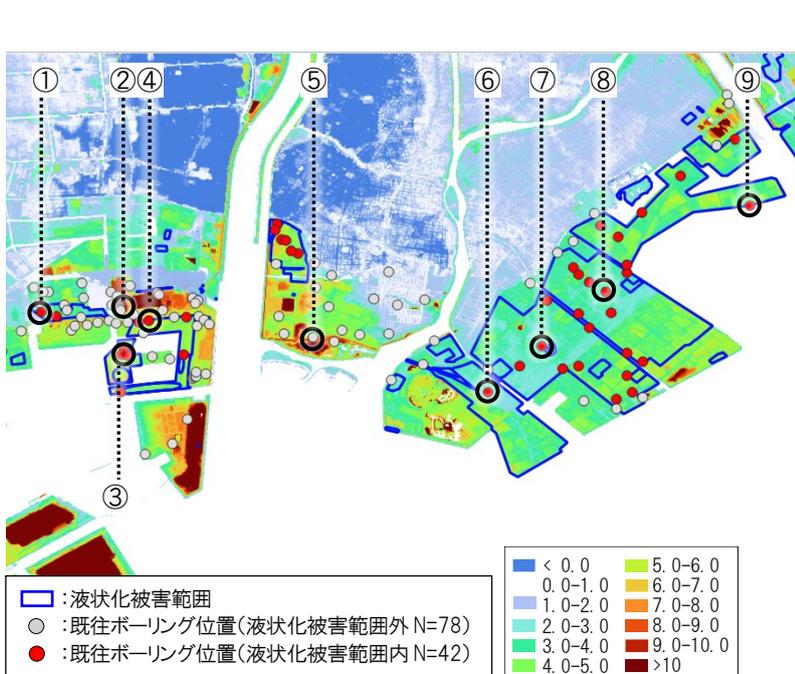


図-3.11 C 地区の標高段彩図と既往ボーリング位置

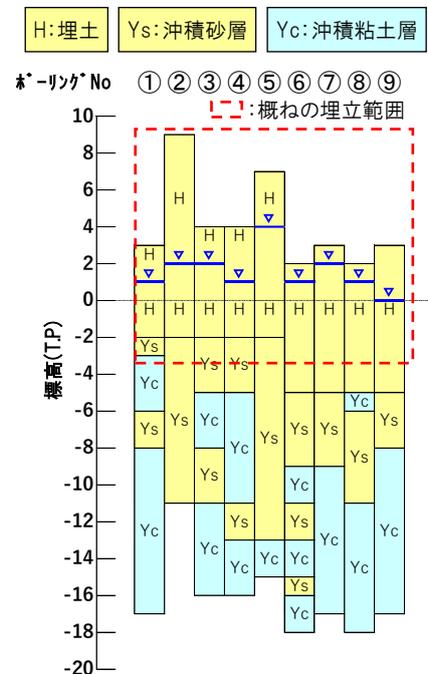


図-3.12 地盤構成の比較

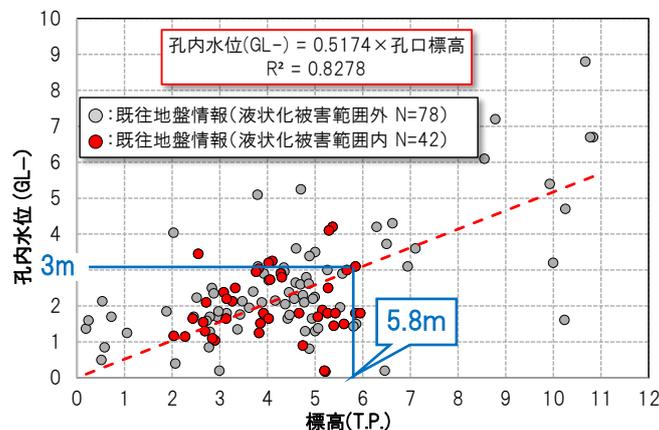


図-3.13 孔口標高と孔内水位 (GL-) の関係図 (C 地区)

【参考事例②】郷土史を用いた埋立材料の確認（D地区）

D地区では、干潟における埋立において、地区により異なる材料が使用されていたことが郷土史*から確認できる。具体的には、干潟の泥土を主たる埋立材料として用いた地区と、集落背後に位置する砂丘崖の砂を主として使用した地区があることが記録されている。図-3.14は、集落背後に位置する砂丘崖の砂を主として使用した地区における干潟の埋立履歴を示しており、図中の赤枠で示された範囲から採取した材料を用いて、青枠で示された区域の埋立が実施されたことが確認できる。

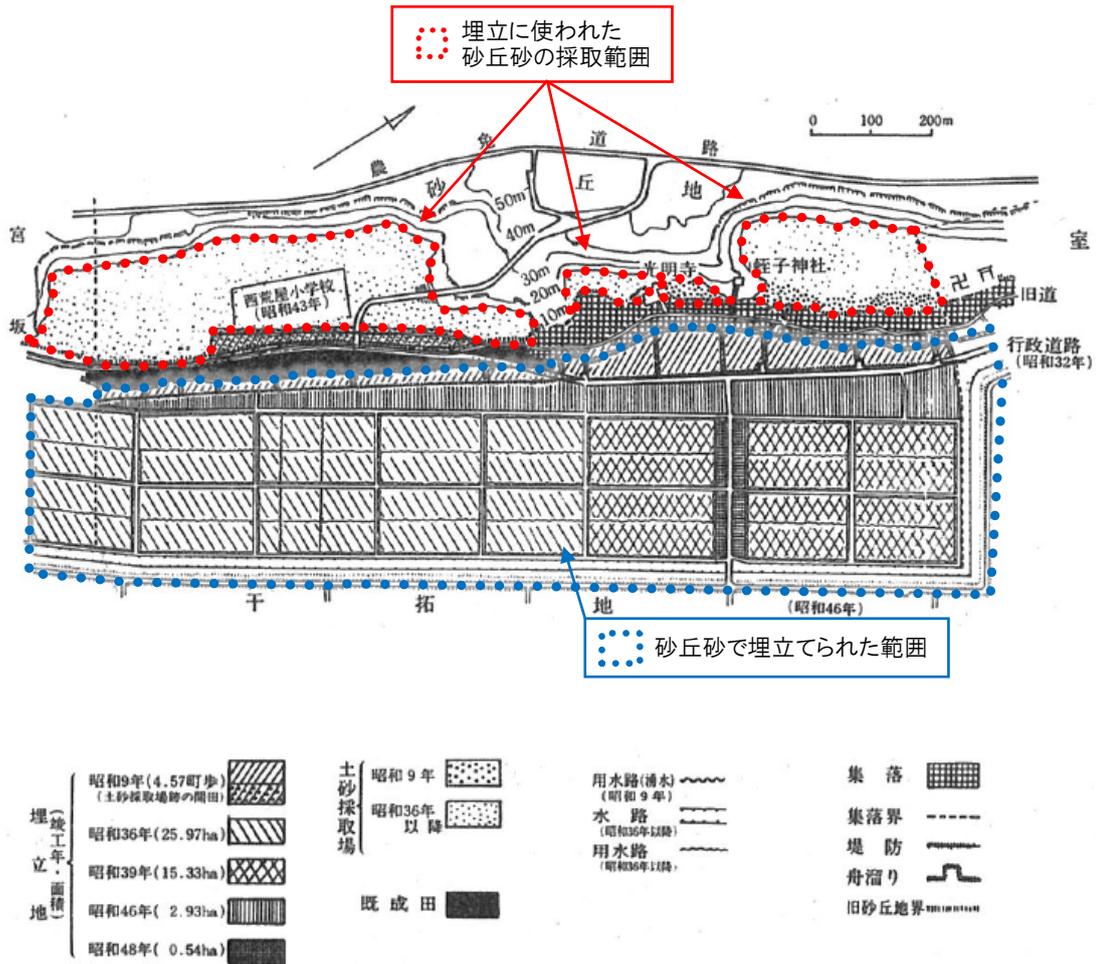


図-3.14 郷土史*を活用した埋立材料の確認

※内灘町史編さん専門委員会 (1982)「内灘町史」より作図

4章 宅地の液状化危険度分布図の作成

宅地の液状化危険度分布図は、“液状化によって宅地地盤が被害を受ける可能性がどの程度あるのか”を示すものである。宅地の液状化被害の可能性判定は、同じ地形内であっても調査地点によって判定結果が異なることから、深度10m程度の地盤情報など多くの地盤情報を収集することが望ましい。また、収集した地盤情報の中には、土質試験結果や孔内水位など、宅地の液状化被害の可能性判定に必要となるパラメータが欠損している場合もある。このため、適切な推定式を作成し、欠損データを補間することも重要となる。

液状化危険度統合マップにおける宅地の液状化危険度分布図は、宅地の液状化被害の可能性判定結果をポイント情報で表示することを標準とする。

【宅地の液状化危険度分布図の作成フロー】

① 対象とする地震動の設定

- ・ 中程度の地震動を標準とする（地表面最大加速度： $\alpha=200\text{gal}$ 、マグニチュード： $M=7.5$ ）

※地域特性に応じて変更可能

② 資料の収集

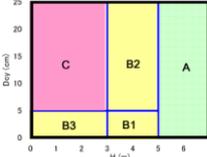
- ・ 国が公表する地盤データの収集
- ・ 都道府県、市区町村が保有する地盤データの収集
- ・ 建物所有者等が保有する地盤データの収集
- ・ 地下水位観測データ




地盤情報の収集先例
(国土地盤情報センター (NGIC))

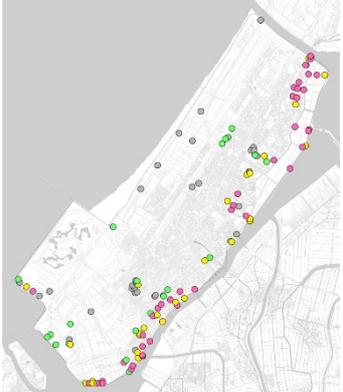
③ 宅地の液状化被害の可能性判定及び宅地の液状化危険度分布図の作成

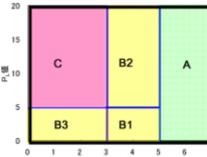
- ・ 地盤情報から宅地の液状化被害の可能性を判定
- ・ 宅地の液状化被害の可能性判定結果より宅地の液状化危険度分布図を作成（ポイント表示）



判定結果	H ₁ の範囲	D _{cy} の範囲	液状化被害の可能性
C	3m 以下	5cm 以上	顕著な被害の可能性が高い
B3		5cm 未満	顕著な被害の可能性が比較的低い
B2	3m を超え 5m 以下	5cm 以上	
B1		5cm 未満	
A	5m を超える	—	顕著な被害の可能性が低い

宅地の液状化被害の可能性判定図・判定表 (H₁-D_{cy})





判定結果	H ₁ の範囲	P ₁ の範囲	液状化被害の可能性
C	3m 以下	5 以上	顕著な被害の可能性が高い
B3		5 未満	顕著な被害の可能性が比較的低い
B2	3m を超え 5m 以下	5 以上	
B1		5 未満	
A	5m を超える	—	顕著な被害の可能性が低い

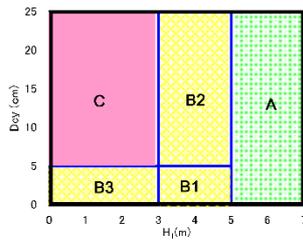
宅地の液状化被害の可能性判定図・判定表 (H₁-P₁)

宅地の液状化危険度分布図の作成

4-1. 宅地の液状化被害の可能性判定

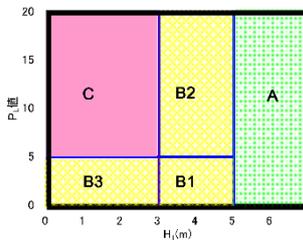
宅地の液状化被害の可能性判定は、各層の液状化に対する安全率 (F_L)、非液状化層厚 (H_1)、地表面変位量 (D_{cy})、液状化指標値 (P_L 値) を算定し、図-4.1(a),(b)に示す判定図・数値表により液状化被害の可能性を5区分3段階で判定するものである。詳細な算定方法等については、[詳細資料編※「2 液状化による宅地の被害リスク評価」]に記載しているため、参照されたい。

※ リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き(R3.2)【詳細資料編】



判定結果	H_1 の範囲	D_{cy} の範囲	液状化被害の可能性
C	3m 以下	5cm 以上	顕著な被害の可能性が高い
B3		5cm 未満	顕著な被害の可能性が比較的低い
B2	3m を超え	5cm 以上	
B1	5m 以下	5cm 未満	
A	5m を超える	—	顕著な被害の可能性が低い

図-4.1(a) H_1 - D_{cy} 判定図・数値表



判定結果	H_1 の範囲	P_L の範囲	液状化被害の可能性
C	3m 以下	5 以上	顕著な被害の可能性が高い
B3		5 未満	顕著な被害の可能性が比較的低い
B2	3m を超え	5 以上	
B1	5m 以下	5 未満	
A	5m を超える	—	顕著な被害の可能性が低い

図-4.1(b) H_1 - P_L 判定図・数値表

「国交省都市局都市安全課：宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説（案）、平成 25 年 4 月」より

液状化に対する安全率 (F_L)、非液状化層厚 (H_1)、地表面変位量 (D_{cy})、液状化指標値 (P_L 値) の算定のためには、ボーリング調査結果等から得られる以下の地盤情報の収集が必要となる。

- ・ 地層構成
- ・ 地下水位
- ・ 標準貫入試験(N 値)
- ・ 粒径加積曲線の 50%通過粒径 (D_{50})、10%通過粒径 (D_{10})
- ・ 細粒分含有率(F_c)
- ・ 塑性指数(IP)
- ・ 土の単位体積重量

4-2. 宅地の液状化危険度分布図の情報充実に向けた留意点

宅地の液状化被害の可能性判定においては、同一地形内であっても標高や地下水位の分布状況、土地の形成過程など様々な要因により判定結果が異なることから、精度の高い判定を行うために多くの地盤情報を収集することが必要である。しかし、液状化判定に必要な地盤情報が十分に入手できない場合や、収集した地盤情報から液状化判定に必要な情報を全て得ることが困難な場合がある。このため、既往の地盤調査データの活用範囲を広げるとともに、不足する情報を補間することで、より多くの地盤情報の活用が可能となる。

これらの課題に対応するため、以下に宅地の液状化被害の可能性判定の情報充実に向けた留意点として(1)～(2)の内容を示す。

- (1) 簡易地盤調査結果を活用した宅地の液状化被害の可能性判定
- (2) 宅地の液状化被害の可能性判定に必要なパラメータの推定

(1) 簡易地盤調査結果を活用した宅地の液状化被害の可能性判定

① 課題

宅地の液状化危険度分布図の情報充実のためには、多くの地盤情報の収集が必要となり、特に地盤情報の密度が低い地域（空白地域）における地盤調査の収集が重要となる。このため、下水道施設等の設計で実施されたボーリング調査結果、スクリーウエイト貫入試験、建築確認申請時の地盤データ等、深度10m程度の地盤情報も収集し、地盤情報の充実を図ることが重要となる。

本編[※]では、簡易地盤調査結果の収集・活用の重要性について記載しているが、簡易地盤調査結果を活用した具体的な液状化危険度の検討手法等については示していない。

このため、スクリーウエイト貫入試験（以降、SWS試験と呼称する。）など簡易地盤調査データを用いた液状化危険度の検討・評価手法を示すことで、より多くの地盤情報の活用を推進していくことが課題である。

※ リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き(R3.2)【本編】

② 検討方法と留意点

〈検討方法〉

本節では、SWS試験結果を用いた液状化危険度の検討・評価手法を示す。SWS試験の測定深度は概ね10m程度あることが多く、深度20m程度の地盤情報は得られない。このため、SWS試験結果を用いた液状化指標値の算定にあたっては、図-4.2に示す判定深度10mの場合の液状化指標値（ P_{L10} ）の算定式を活用する。

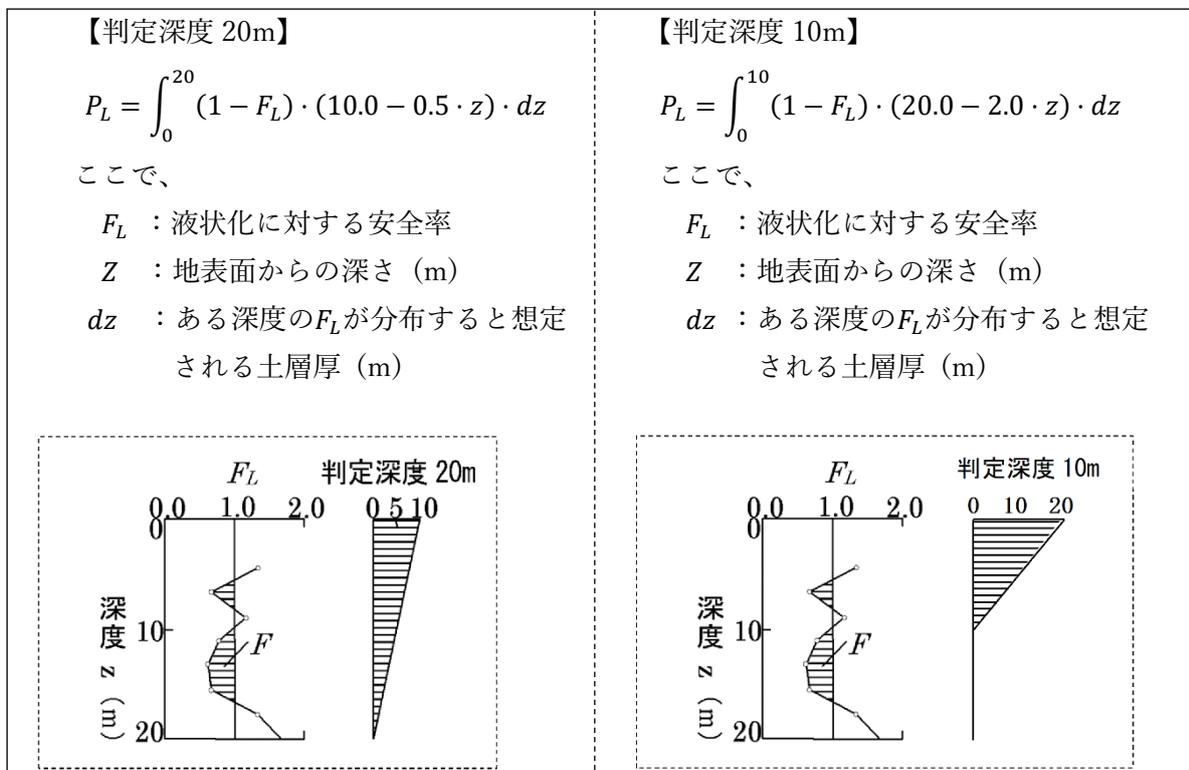


図-4.2 判定深度 20m までの液状化指標値（ P_{L20} ）の算定式及び
判定深度 10m までの液状化指標値（ P_{L10} ）の算定式

〈留意点〉

SWS 試験結果より算出した液状化指標値 (P_{L10}) は、GL-10m～GL-20m の地盤の影響を考慮していないため、SWS 試験周辺における判定深度 20m の液状化指標値 (P_{L20}) と比較するなど、その妥当性の確認が必要となる。

本書「参考 簡易地盤調査結果を活用した液状化危険度の検討・評価事例」では、SWS 試験結果を用いた P_{L10} の具体的な算定手法や算定した P_{L10} の妥当性の確認事例を示しているため、参考にされたい。

(2) 宅地の液状化被害の可能性判定に必要なパラメータの推定

① 課題

宅地の液状化被害の可能性判定には、各地盤データの「地下水位」や「土質試験結果から得られる各種パラメータ」が必要となる。一方で、収集できる地盤情報で、必ずしも孔内水位観測や室内土質試験が実施されておらず、宅地の液状化被害の可能性判定に必要な全ての地盤情報が入手できる可能性は低い。このため、「宅地の液状化危険度分布図」の内容充実に向け、必要な情報が欠損している地盤情報の適切な推定（設定）が重要となる。

② 検討方法と留意点

a) 標高による孔内水位(GL-)の推定

〈検討方法〉

砂質土主体の標高差がある地形では、標高が高いほど地下水位は深く、標高が低いほど地下水位は浅くなる傾向がある。

この関係に着目し、収集した地盤情報のうち孔内水位(GL-)が得られた地盤情報を整理し、孔口標高と孔内水位(GL-)の関係式（孔口標高による孔内水位 (GL-) の推定式）を作成する。孔内水位が得られていない地盤情報については、作成した関係式（推定式）を用い地下水位の推定（設定）を行うことが考えられる。

〈留意点〉

孔内水位は、地盤特性や周辺環境によって異なる分布を示すため、同一地形内での設定が望ましい。ただし、十分に地盤情報が得られない場合などは、地形の成り立ちや土地の形成過程が類似する範囲内であれば、複数の地形に存在する地盤情報から整理することも可能である。このため推定式の作成においては、必要に応じて専門家の意見を求めることが望ましい。

地下水位は地盤調査の季節等により変動があり、また調査年代によっては、地盤情報(柱状図)に記録された孔内水位の精度が低いものも存在する。このため、孔内水位の推定式の作成にあたっては、孔内水位の異常値の確認・精査を行う必要がある。

また、水位観測データ等が有る場合は、地下水位の推定（設定）における参考資料となるため、情報収集することが望ましい。

上記の検討に関する参考事例を次頁に示す。

[推定事例] 標高による孔内水位(GL-)の推定事例 (A 地区)

図-4.3 は、砂丘及び砂丘周辺の低地部における地盤情報を収集・整理し、孔口標高と孔内水位 (GL-) の関係式 (孔口標高による孔内水位 (GL-) の推定式) を作成したものである。図-4.3 を見ると、数地点バラつきがあるものの、標高が高いほど地下水位は深く、標高が低いほど地下水位は浅くなる傾向が確認できる。

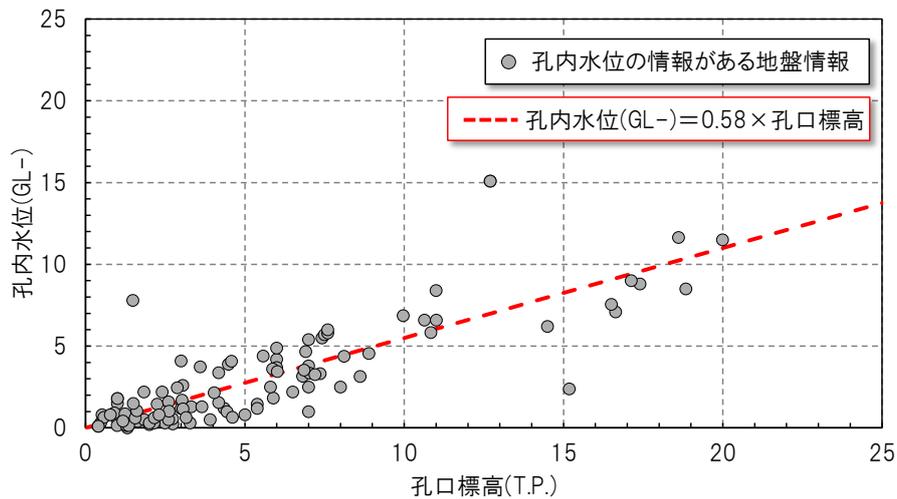


図-4.3 孔内水位の推定式の作成例
(A 地区における砂丘及び砂丘周辺の低地部)

b) N 値による細粒分含有率 (Fc) の推定

〈検討方法〉

砂質土の場合、N 値が大きいほど細粒分含有率 (Fc) が小さくなり、N 値が小さいほど細粒分含有率 (Fc) が大きくなる傾向があることが既往論文等で示唆されている (図-4.4、図-4.5)。

この関係に着目し、収集した地盤情報のうち細粒分含有率 (Fc) が得られた地盤情報を整理し、N 値と細粒分含有率 (Fc) の関係式 (N 値による細粒分含有率 (Fc) の推定式) を作成する。細粒分含有率 (Fc) が得られていない地盤情報については、作成した関係式 (推定式) を用い細粒分含有率 (Fc) の推定 (設定) を行うことが考えられる。

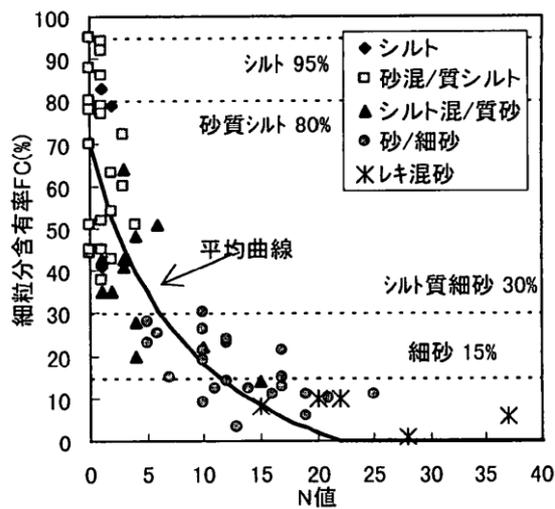


図-4.4 東京低地における細粒分含有率 (Fc) と N 値の関係※1

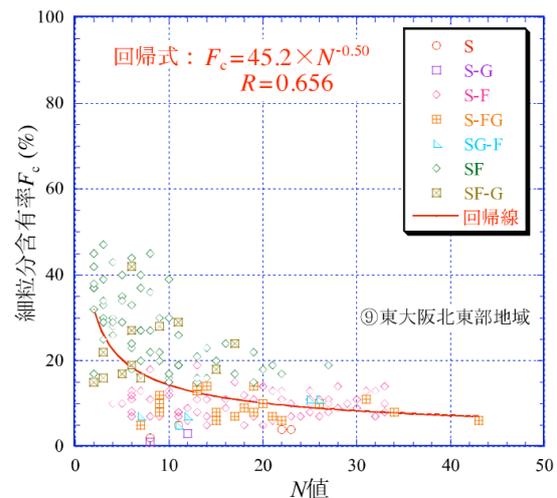


図-4.5 大阪地域における細粒分含有率 (Fc) と N 値の関係※2

※1 亀井、安田ら (2002) : 「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」、地盤工学論文報告集, Vol.42, No.4, 101-110, 2002.8.

※2 春日井、大島ら (2009) : 「地盤情報データベース活用による大阪地域の沖積砂層の土質特性と地域性」、第 44 回地盤工学研究発表会論文集, pp.151-152, 2009.8

〈留意点〉

細粒分含有率 (Fc) と N 値の関係は、地域特性 (堆積環境) によって異なるため、十分なデータ数による検証を行うとともに、広くても流域単位または市町村単位とすることが望ましい。また、推定式の作成においては、必要に応じて専門家の意見を求めることが望ましい。

前述した図-4.4、図-4.5 のように、既往の研究成果や論文で提案されている推定式が存在する場合は、それらの活用を検討してもよい。

上記の検討に関する参考事例を次頁に示す。

[推定事例] N 値による細粒分含有率 (Fc) の推定事例 (A 地区)

図-4.6 は、砂丘及び砂丘周辺の低地部における地盤情報を収集・整理し、N 値と細粒分含有率 (Fc) の関係式 (N 値による細粒分含有率 (Fc) の推定式) を作成したものである。図-4.6 を見ると、N 値が大きくなるほど細粒分含有率 (Fc) が小さくなる傾向があり、前述した既往論文等※1、※2 と同様の傾向を示していることが確認できる。

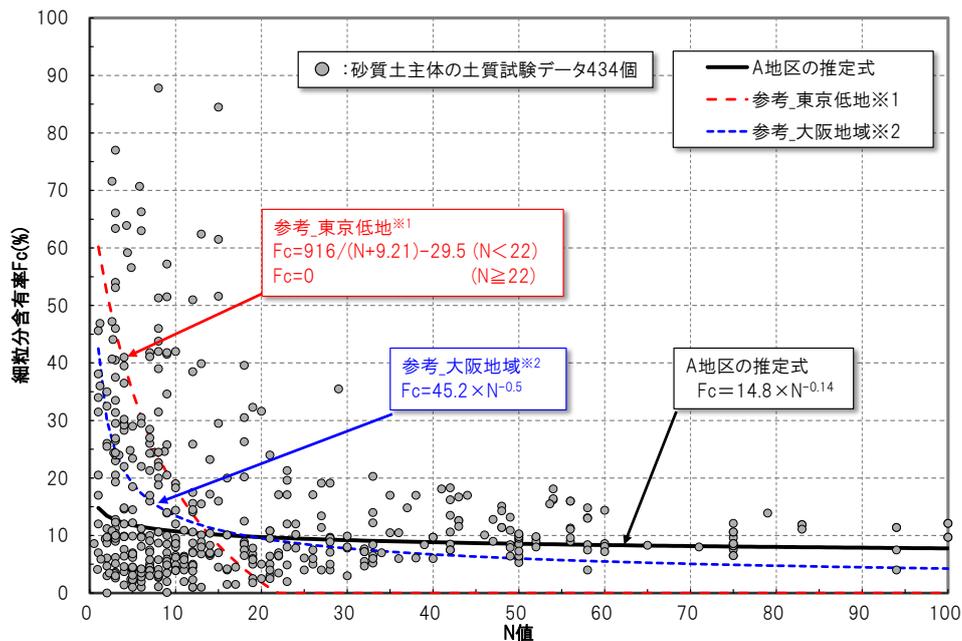


図-4.6 細粒分含有率 (Fc) の推定式の作成例 (A 地区)

※1 亀井、安田ら (2002) : 「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」、地盤工学論文報告集, Vol.42, No.4, 101-110, 2002.8.

※2 春日井、大島ら (2009) : 「地盤情報データベース活用による大阪地域の沖積砂層の土質特性と地域性」、第 44 回地盤工学研究発表会論文集, pp.151-152, 2009.8

4-3. 宅地の液状化被害の可能性判定結果の表示方法

本編※では、宅地の液状化被害の可能性判定結果を「宅地の液状化危険度マップ」として250mメッシュで表示することを標準とし、地盤情報が得られないメッシュは空白表示とすることとしている。250mメッシュで表示する場合、広域的な視点での液状化被害リスクを把握しやすい一方で、住民とのリスクコミュニケーションの際に重要となる地点毎（個別の宅地毎）の情報は表示されない。このため本書では、宅地の液状化被害の可能性判定結果を「宅地の液状化危険度分布図」としてポイントデータで表示することを標準とする。

※リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き(R3.2)【本編】

【作成事例】 宅地の液状化危険度分布図の作成事例（A地区）

以下に示す宅地の液状化危険度分布図の作成事例は、各地盤調査地点の H_1-P_L 判定結果をポイント情報で表示したものである。

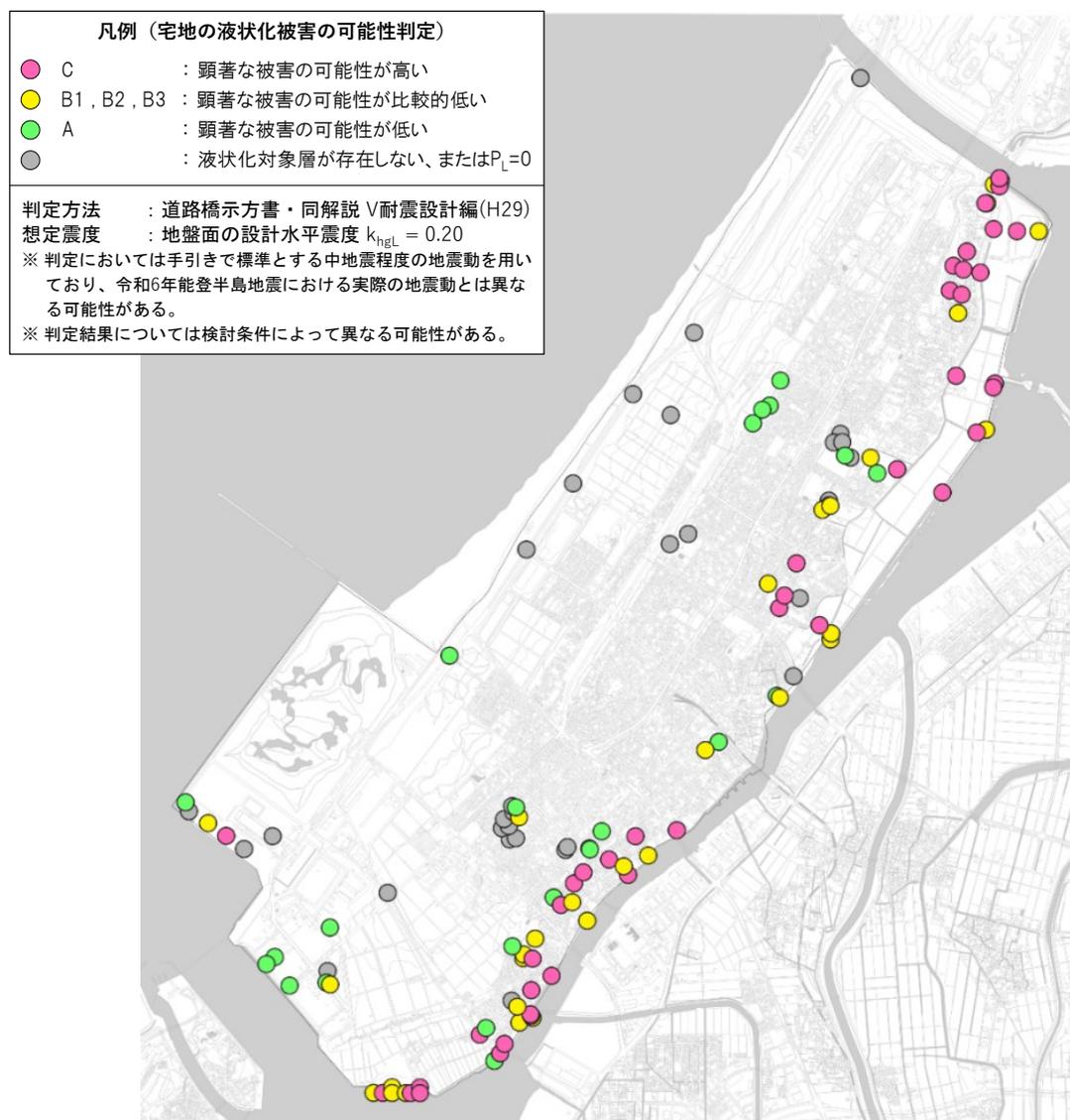


図-4.7 宅地の液状化危険度分布図の作成例（A地区）

5章 液状化危険度統合マップの作成

地域の液状化発生傾向図（ポリゴン表示）と宅地の液状化危険度分布図（ポイント表示）を重ね合わせ、液状化危険度統合マップを作成する。

5-1 液状化危険度統合マップ作成の留意点

地域の液状化発生傾向図（ポリゴン表示）と宅地の液状化危険度分布図（ポイント表示）を重ね合わせ、液状化危険度統合マップを作成する。

なお、液状化危険度分布図（ポイント表示）を表示する際、地盤情報が密集する地域では視覚的に煩雑になる可能性があるため、地盤情報の量や密度に応じて、表示するポイントの大きさや表示縮尺について留意が必要である。例えば、地盤情報が密集し、地域液状化発生傾向図(ポリゴン表示)の視認に支障がある場合には、一定以上の縮尺の拡大図でのみ宅地の液状化危険度分布図（ポイント情報）を表示することや、ウェブサイト上では表示・非表示を切り替える機能を設けるなど、視認性の確保に配慮する必要がある。

【液状化危険度統合マップの作成事例】

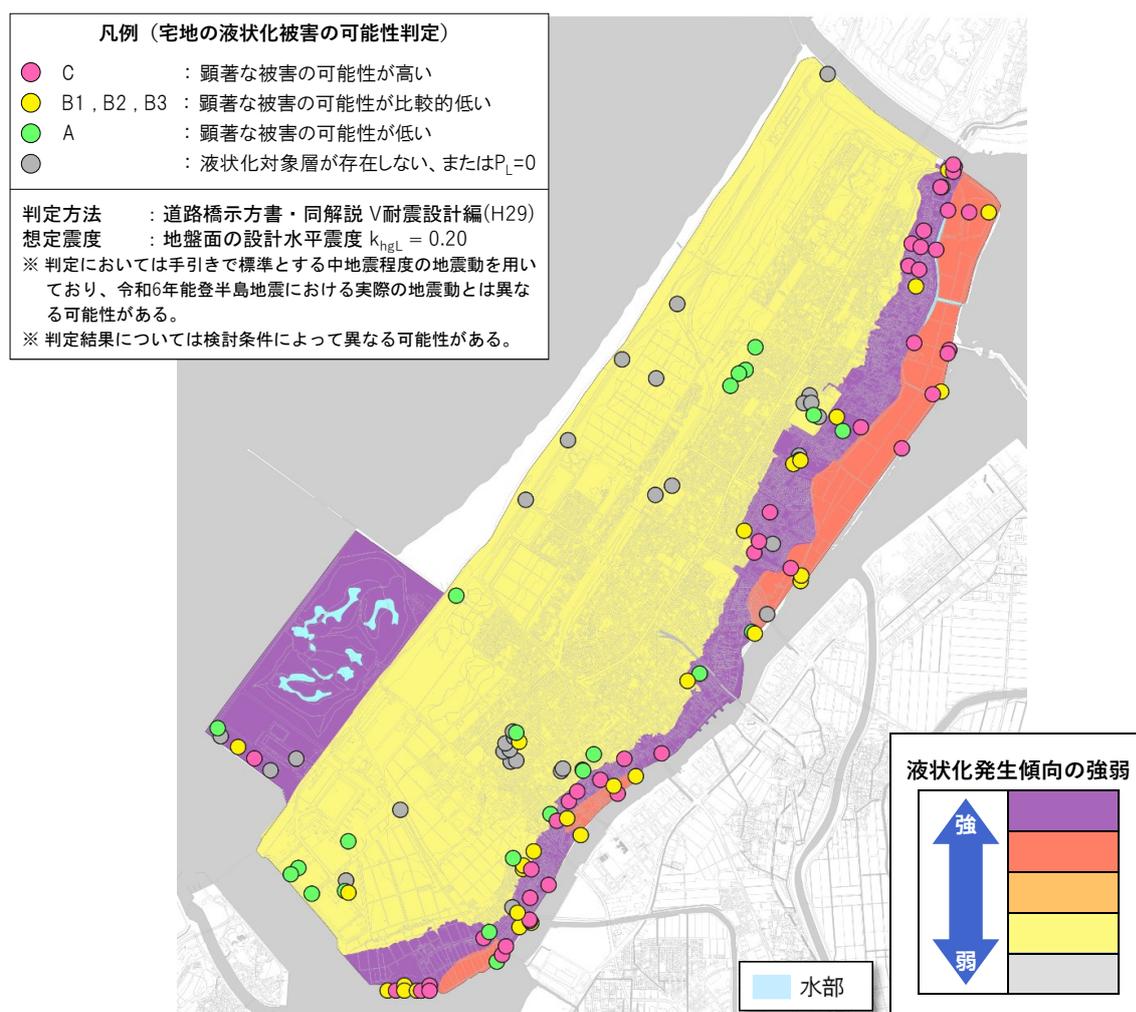


図-5.1 液状化危険度統合マップの作成例（A地区）

液状化危険度統合マップは、「地域の液状化発生傾向図」と「宅地の液状化危険度分布図」を重ね合わせて表示することで、地域全体の液状化の危険性を総合的に把握することを目的としたものである。このマップを効果的に活用するためには、マップ利用者に対し、「マップで表示される情報はどのような意味を持つものなのか」を理解してもらえよう、適切な情報提供を行うことが重要となる。

【リスクコミュニケーションを図るうえでの液状化危険度統合マップ活用のポイント】

① 地域の液状化発生傾向と宅地の液状化危険度の特性・違いの解説

地域の液状化発生傾向図は、“どのような土地条件の場所で液状化発生傾向が強くなるのか”、また“それがどこに分布しているのか”を示すものである。一方、宅地の液状化危険度分布図は、“液状化によって宅地地盤が被害を受ける可能性がどの程度あるのか”を示すものであり、両者が表示する情報は異なる。このため、例えば、地域の液状化発生傾向図では、発生傾向が比較的弱いとされる場所において、宅地の液状化危険度が高い地点が散見されるといった、両者の評価が異なるケースも生じうる。上記のように性質の異なる2つの情報を重ね合わせていることから、利用者の誤解を防ぐため、それぞれの情報について適切な解説を示す必要がある。

② 微地形分類図の活用

微地形分類図は、その土地の成り立ちを示す基礎的な情報であり、液状化発生傾向の根拠を理解する上で重要な役割を果たす。土地の形成過程と液状化発生傾向には密接な関係があり、その土地がどのように形成されてきたかを理解することで、液状化発生傾向を把握することができる。このように、液状化発生傾向の「結果」だけでなく「要因」を示すことが、住民の液状化危険度に対する理解促進に繋がることから、液状化危険度統合マップの活用にあたっては、微地形分類図も併せて提示し、地域の地形特性と液状化発生傾向の関係性について解説することが望ましい。

③ 宅地の液状化被害の可能性判定の特性と留意点の解説

宅地の液状化被害の可能性判定は、地震時における宅地地盤の液状化被害の可能性を示すものである。この判定は一定の条件下での評価であるため、実際の地震時には地震動の大きさや地下水位の状況等により予測と異なる被害が生じる可能性がある。また、同一の微地形内であっても、場所によって地盤特性が異なるため、必ずしも近接地点の評価が一致するとは限らない。このため、住民とのリスクコミュニケーションにあたっては、これらの留意点を解説するとともに実際に宅地地盤の液状化対策を検討する際は、個別宅地の地盤状況に応じた詳細な検討が必要となることを併せて説明することが望ましい。

加えて、宅地との液状化被害の可能性判定のみでは、側方流動による被害程度を示すことができないため、砂丘縁辺部など側方流動の危険性がある箇所については、液状化被害の可能性判定結果に関わらず顕著な被害を生じる可能性があることについて解説する必要がある。

③ 地盤情報の充実化に向けた取り組み

地盤情報は場所によって特性が異なるため、宅地の液状化危険度分布図の内容の充実のためには、地盤情報の密度を高めることが重要となる。このため、建築確認申請時の地盤データ、下水道施設等の設計に際して実施されたボーリング調査結果、また、スクリーウエイト貫入試験結果等、既存の地盤情報を広く収集・活用することが望ましい。特に地盤情報の密度が低い地域（空白地域）における地盤調査の収集または実施の推進が重要である。加えて、住民による簡易地盤調査の実施を推進するとともに、それらの調査データを活用することで、宅地地盤の情報の蓄積を進めることも重要となる。

参考 簡易地盤調査結果を活用した液状化危険度の検討・評価事例

深度 10m 程度までの簡易地盤調査結果を活用した液状化危険度評価の妥当性を検証するため、東京都葛飾区で実施したスクリーウエイト貫入試験（以下、「SWS 試験」と称す。）の適用事例を示す。

1) 調査地点の選定

東京都では、「東京の液状化予測地図 令和 3 年度改訂版[※]」により都全域の液状化危険度の広報・周知を行っている。この予測地図は、ボーリングデータの地盤情報による液状化判定結果と、液状化履歴図や土地条件図等の地図情報による液状化判定結果を総合的に判断し、250m メッシュ単位で液状化の可能性を評価しその結果を示したものとなる。

本事例では、提供された「東京の液状化予測地図 令和 3 年度改訂版」データを基に、地盤情報が存在しない箇所（メッシュ）を特定し、当該箇所を SWS 試験の実施地点として選定した。

※ 「東京の液状化予測地図 令和 3 年度改訂版」の公開 URL

<https://doboku.metro.tokyo.lg.jp/start/03-jyouhou/ekijyouka/top.aspx>

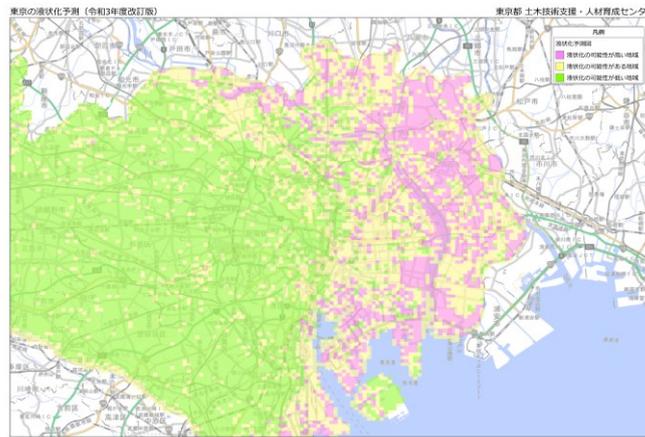


図-参1 東京の液状化予測地図 令和 3 年度改訂版[※]



図-参2 SWS 試験の実施地点

2) 調査地点周辺の地盤状況

① A地点周辺の地盤状況

A地点周辺では、「東京の地盤 (GIS版) ※」によりボーリング柱状図が確認できる (図-参3、図-参4)。図-参4より、GL-10.0m程度までの堆積状況に着目すると、粘土やシルトが一部堆積しているものの砂主体の堆積状況を示す。また、地下水位はGL-1.0m付近となる。

※ 「東京の地盤 (GIS版)」の公開URL

<https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/jigyo/tech/start/03-jyouthou/geo-web/00-index.html>

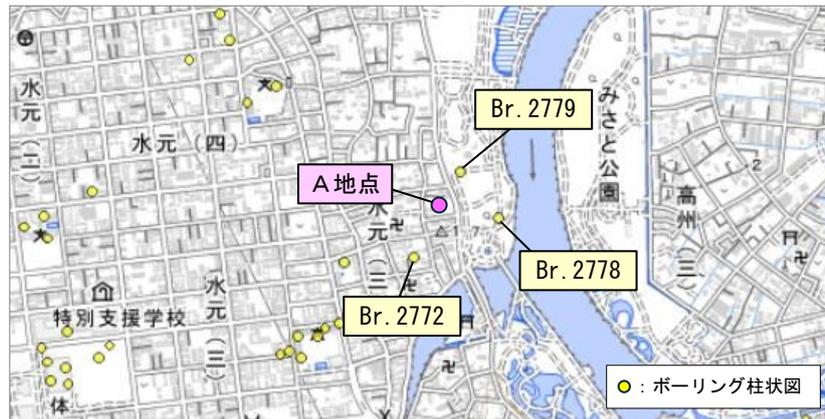
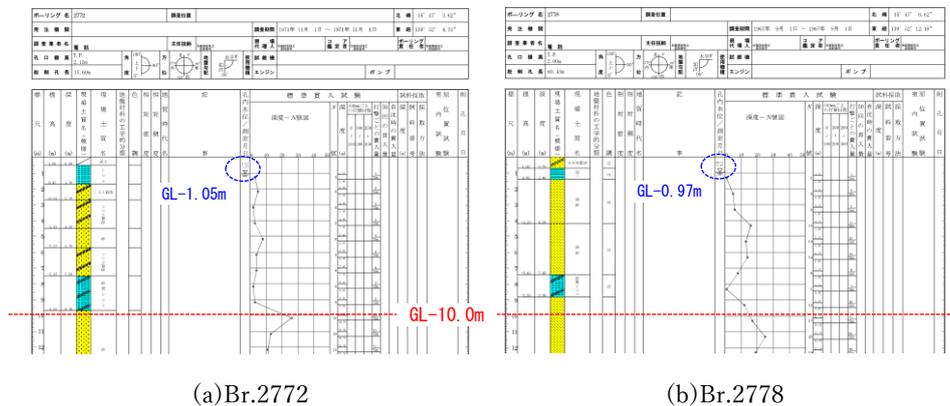
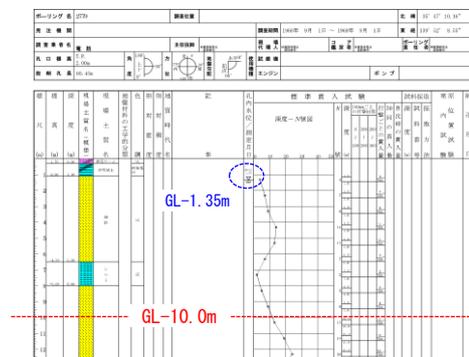


図-参3 「東京の地盤 (GIS版)」による地盤データの確認※



(a)Br.2772

(b)Br.2778



(c)Br.2779

図-参4 A地点周辺のボーリング柱状図

② B地点周辺の地盤状況

B地点周辺においても、「東京の地盤（GIS版）」[※]によりボーリング柱状図が確認できる（図-参5、図-参6）。図-参6より、GL-10.0m程度までの堆積状況に着目すると、砂主体の堆積状況を示す。また、地下水位はGL-0.5～-2.0m付近となる。

※ 「東京の液状化予測地図 令和3年度改訂版」の公開URL

<https://doboku.metro.tokyo.lg.jp/start/03-jyohou/ekijyouka/top.aspx>



図-参5 「東京の地盤（GIS版）」による地盤データの確認[※]

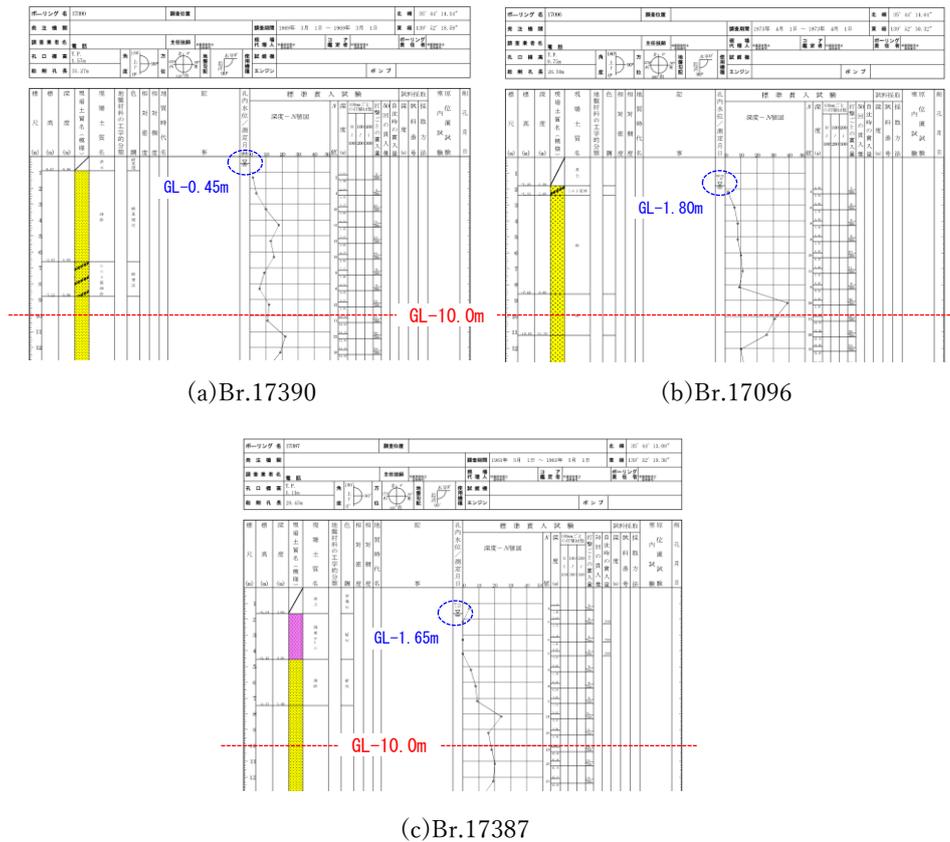


図-参6 B地点周辺のボーリング柱状図

③ A 地点及び B 地点の地形

「東京の液状化予測地図 令和3年度改訂版^{※1}」では、国土地理院が提供する「土地条件図（平成28年度版）」を基に、250mメッシュ単位で都全域の地形を分類し土地条件図を作成している。この土地条件図によると、A地点は自然堤防、B地点は盛土地に分類される。

※1 「東京の液状化予測地図 令和3年度改訂版」の公開 URL

<https://doboku.metro.tokyo.lg.jp/start/03-jyohou/ekijyouka/top.aspx>

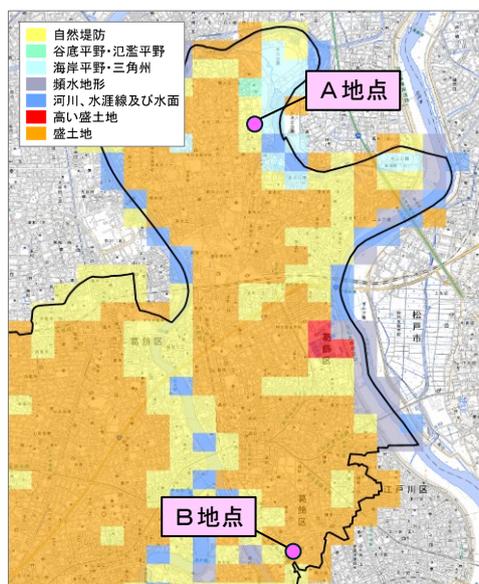


図-参7 「東京の液状化予測地図 令和3年度改訂版^{※1}」による土地条件図

3) SWS 試験の実施

日本産業規格（JIS A 1221）の方法に準じ SWS 試験を実施した。

<N 値への換算>

- ・稲田の換算式^{※2}より N 値を算出した。

<地下水位の測定>

- ・SWS 試験孔に中空有孔塩ビ管を挿入し、通電感知式水位計により地下水位を測定した。

<土の試料採取>

- ・SWS 試験孔を利用し、開閉式サンプラーにより試料採取を行った。なお、試験孔が自立しない箇所・深度においては、簡易打撃ボーリングにより可能な範囲で試料を採取した。

<粒度試験>

- ・採取した試料は、ふるい分け試験（試料の量が十分にある場合は沈降分析まで実施）で粒度特性を把握した。

※2 稲田倍穂（1960）「スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について」、土と基礎：地盤工学会誌

① A地点の試験結果

地下水位：GL-1.25m

スクリーウエイト貫入試験記録表(換算N値)

調査名		令和5年度 液状化対策の推進に向けた簡易的なハザードマップ作成手法開発に係る調査検討業務					調査年月日		2024年2月16日					
地点 No.		したて公園		地盤高		試験者		篠原 直人						
回転装置の種類		自動SWS		最終貫入深度		12.00m		天候		晴れ				
貫入深さ (m)	貫入量 (m)	荷重 W_{sw} (kN)	半回転数 (回)	N_{sw}	換算N値 (回)	推定土質	q_a (kN/m ²)	換算N値				観察記事		
0.00								0	10	20	30		40	50
0.25	0.25	1.00	3	12	4	粘性土	37							
0.50	0.25	1.00	3	12	4	粘性土	37							
0.75	0.25	1.00	3	12	4	粘性土	37							
1.00	0.25	1.00	2	8	3	粘性土	35							
1.25	0.25	1.00	0	0	3	粘性土	30							
1.50	0.25	1.00	0	0	3	粘性土	30							
1.75	0.25	1.00	1	4	3	粘性土	32							
2.00	0.25	1.00	3	12	4	粘性土	37							
2.25	0.25	1.00	2	8	3	粘性土	35							
2.50	0.25	0.75	0	0	2	粘性土	17							
2.75	0.25	1.00	0	0	3	粘性土	30							
3.00	0.25	1.00	8	32	4	砂質土	49							
3.25	0.25	1.00	27	108	9	砂質土	95							
3.50	0.25	1.00	26	104	9	砂質土	92							
3.75	0.25	1.00	10	40	5	砂質土	54							
4.00	0.25	1.00	24	96	8	砂質土	88							
4.25	0.25	1.00	21	84	8	砂質土	80							
4.50	0.25	1.00	9	36	4	砂質土	52							
4.75	0.25	1.00	4	16	3	砂質土	40							
5.00	0.25	1.00	2	8	3	砂質土	35							
5.25	0.25	1.00	16	64	6	砂質土	68							
5.50	0.25	1.00	18	72	7	砂質土	73							
5.75	0.25	1.00	11	44	5	砂質土	56							
6.00	0.25	1.00	39	156	12	砂質土	120							
6.25	0.25	1.00	35	140	11	砂質土	114							
6.50	0.25	1.00	19	76	7	砂質土	76							
6.75	0.25	1.00	11	44	5	砂質土	56							
7.00	0.25	1.00	6	24	4	砂質土	44							
7.25	0.25	1.00	5	20	3	砂質土	42							
7.50	0.25	1.00	2	8	3	粘性土	35							
7.75	0.25	1.00	1	4	3	粘性土	32							
8.00	0.25	1.00	1	4	3	粘性土	32							
8.25	0.25	1.00	3	12	4	粘性土	37							
8.50	0.25	1.00	2	8	3	粘性土	35							
8.75	0.25	1.00	1	4	3	粘性土	32							
9.00	0.25	1.00	1	4	3	粘性土	32							
9.25	0.25	1.00	1	4	3	粘性土	32							
9.50	0.25	1.00	1	4	3	粘性土	32							
9.75	0.25	1.00	2	8	3	粘性土	35							
10.00	0.25	1.00	5	20	3	砂質土	42							
10.25	0.25	1.00	7	28	4	砂質土	47							
10.50	0.25	1.00	18	72	7	砂質土	73							
10.75	0.25	1.00	19	76	7	砂質土	76							
11.00	0.25	1.00	44	176	14	砂質土	120							
11.25	0.25	1.00	68	272	20	砂質土	120							
11.50	0.25	1.00	63	252	19	砂質土	120							
11.75	0.25	1.00	82	328	24	砂質土	120							
12.00	0.25	1.00	82	328	24	砂質土	120							

■ : 開閉式サンプラーで試料採取

■ : 打撃式ボーリングで試料採取

【特記事項】

回転によって貫入した場合 $q_a = 30 + 0.6 N_{sw}$ (kN/m²) $N_{sw} = 150$ を超える場合は150とする。【建築基準法施工令 国土交通省告示第1113号】

W_{sw} が1kN以下の荷重で貫入した場合: $q_a = 30 \times (W_{sw})^2$ 【地盤工学会：地盤調査の方法と解説】

換算N値推定式: $N = 3 \times W_{sw} + 0.05 \times N_{sw}$ (粘性土) , $N = 2 \times W_{sw} - 0.067 \times N_{sw}$ (礫, 砂, 砂質土)

図-参8 A地点におけるSWS試験結果

② B地点の試験結果

地下水位：GL-1.69m

スクリーウエイト貫入試験記録表(換算N値)

調査名		令和5年度 液状化対策の推進に向けた簡易的なハザードマップ作成手法開発に係る調査検討業務					調査年月日		2024年2月14日			
地点 No.		細田一丁目児童遊園-2 地盤高					試験者		篠原 直人			
回転装置の種類		自動SWS		最終貫入深度			10.00m		天候		晴れ	
貫入深さ (m)	貫入量 (m)	荷重 W_{sw} (kN)	半回転数 (回)	N_{sw}	換算N値 (回)	推定土質	q_a (kN/m ²)	観察記事				
0.00												
0.25	0.25	1.00	22	88	8	砂質土	83					
0.50	0.25	1.00	52	208	16	砂質土	120					
0.75	0.25	1.00	15	60	6	砂質土	66					
1.00	0.25	0.25	0	0	1	砂質土	2					
1.25	0.25	0.25	0	0	1	砂質土	2					
1.50	0.25	1.00	1	4	2	砂質土	32					
1.75	0.25	1.00	0	0	3	粘性土	30					
2.00	0.25	0.75	0	0	2	粘性土	17	FC=11%				
2.25	0.25	1.00	4	16	3	砂質土	40	FC=59%				
2.50	0.25	1.00	1	4	2	砂質土	32	FC=32%				
2.75	0.25	0.50	0	0	1	砂質土	8	FC=47%				
3.00	0.25	1.00	3	12	3	砂質土	37					
3.25	0.25	1.00	10	40	5	砂質土	54					
3.50	0.25	1.00	9	36	4	砂質土	52					
3.75	0.25	1.00	13	52	5	砂質土	61					
4.00	0.25	1.00	10	40	5	砂質土	54	FC=31%				
4.25	0.25	1.00	6	24	4	砂質土	44					
4.50	0.25	1.00	12	48	5	砂質土	59					
4.75	0.25	1.00	11	44	5	砂質土	56	FC=17%				
5.00	0.25	1.00	26	104	9	砂質土	92					
5.25	0.25	1.00	44	176	14	砂質土	120					
5.50	0.25	1.00	42	168	13	砂質土	120					
5.75	0.25	1.00	32	128	11	砂質土	107					
6.00	0.25	1.00	31	124	10	砂質土	104					
6.25	0.25	1.00	32	128	11	砂質土	107					
6.50	0.25	1.00	28	112	10	砂質土	97					
6.75	0.25	1.00	31	124	10	砂質土	104					
7.00	0.25	1.00	20	80	7	砂質土	78					
7.25	0.25	1.00	27	108	9	砂質土	95					
7.50	0.25	1.00	48	192	15	砂質土	120					
7.75	0.25	1.00	83	332	24	砂質土	120					
8.00	0.25	1.00	66	264	20	砂質土	120					
8.25	0.25	1.00	74	296	22	砂質土	120					
8.50	0.25	1.00	81	324	24	砂質土	120					
8.75	0.25	1.00	72	288	21	砂質土	120					
9.00	0.25	1.00	62	248	19	砂質土	120					
9.25	0.25	1.00	61	244	18	砂質土	120					
9.50	0.25	1.00	31	124	10	砂質土	104					
9.75	0.25	1.00	39	156	12	砂質土	120					
10.00	0.25	1.00	37	148	12	砂質土	119					

■ : 開閉式サンプラーで試料採取
■ : 打撃式ボーリングで試料採取

【特記事項】

回転によって貫入した場合 $q_a = 30 + 0.6 N_{sw}$ (kN/m²) $N_{sw} = 150$ を超える場合は150とする。【建築基準法施工令 国土交通省告示第1113号】

W_{sw} が1kN以下の荷重で貫入した場合: $q_a = 30 \times (W_{sw})^2$ 【地盤工学会：地盤調査の方法と解説】

換算N値推定式: $N = 3 \times W_{sw} + 0.05 \times N_{sw}$ (粘性土) , $N = 2 \times W_{sw} - 0.067 \times N_{sw}$ (礫, 砂, 砂質土)

図-参9 B地点におけるSWS試験結果

4) SWS 試験結果による液状化指標値(P_L 値)の算定

「東京の液状化予測地図 令和3年度改訂版[※]」では、「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 ((公社) 日本道路協会 : H29.11)」に示される方法で液状化安全率 (F_L) を求め、その値から液状化指標値 (P_L) を算定している。本事例における SWS 試験結果を活用した液状化危険度の検討・評価は、「東京の液状化予測地図」と同様の方法とした。

しかし、SWS 試験では深度 20m 程度の地盤情報は得られない。そこで、液状化指標値 (P_L) の算定にあたっては、液状化安全率 (F_L) に対する深度方向の重みを、判定深度 20m と判定深度 10m で両者の重みの面積が等しくなる関数により算定する手法を用いた (図-参 10)。

※ 「東京の液状化予測地図 令和3年度改訂版」の公開 URL
<https://doboku.metro.tokyo.lg.jp/start/03-jyouhou/ekijyouka/top.aspx>

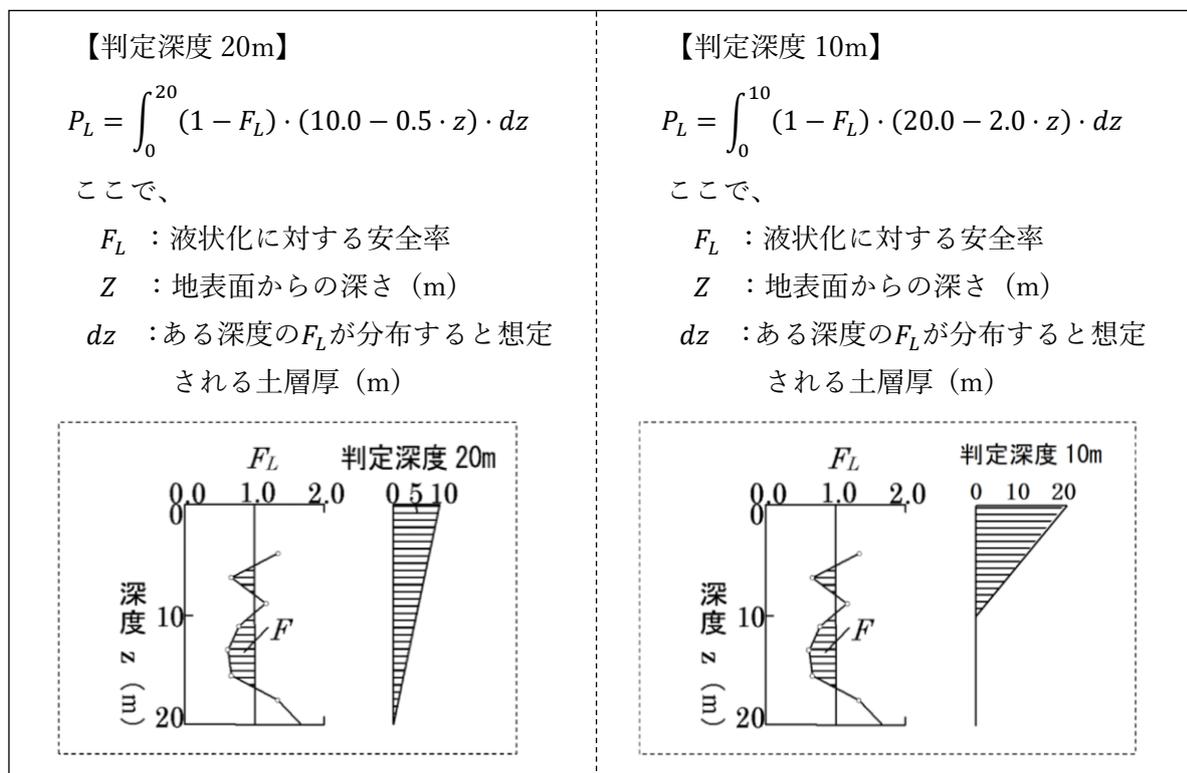


図-参 10 判定深度と重み関数の関係 (左側 : 判定深度 20m、右側 : 判定深度 10m)

① 液状化判定の検討条件

液状化判定に用いる地盤定数や地震外力等は以下の方法で設定した。

<地層構成>

- ・SWS 試験結果から設定した。

<地下水位>

- ・SWS 試験孔を利用した地下水測定結果とした（A 地点：GL-1.25m、B 地点：GL-1.69m）。

<N 値>

- ・稲田の換算式より N 値を算出した。

$$\text{粘性土：} N=0.003W_{sw}+0.050N_{sw}$$

$$\text{砂質土：} N=0.002W_{sw}+0.067N_{sw}$$

ここに、 W_{sw} ：載荷荷重（N）、 N_{sw} ：半回転数（回）

<50%粒径、細粒分含有率、塑性指数>

- ・室内土質試験結果、及び「東京の地盤（GIS 版）※1」で公開されている情報から設定した。

<土の単位体積重量>

- ・砂質土、粘性土それぞれにおいて一般的な値とした。

$$\text{砂質土：} \gamma=18.0\text{kN/m}^3, \gamma_{sat}=20.0\text{kN/m}^3$$

$$\text{粘性土：} \gamma=15.5\text{kN/m}^3, \gamma_{sat}=17.5\text{kN/m}^3$$

<設計水平震度>

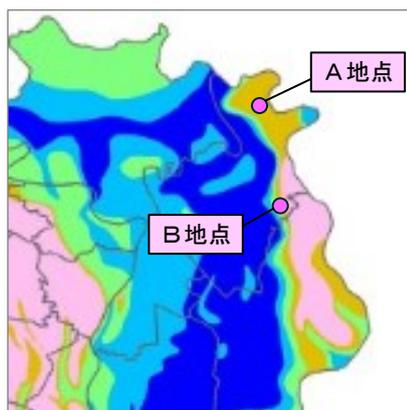
- ・「東京の液状化予測地図 令和3年度改訂版※2」で想定されている地表面の最大加速度を基に設定した。

※1 「東京の地盤（GIS 版）」の公開URL

<https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/jigyo/tech/start/03-jyouhou/geo-web/00-index.html>

※2 「東京の液状化予測地図 令和3年度改訂版」の公開URL

<https://doboku.metro.tokyo.lg.jp/start/03-jyouhou/ekijyouka/top.aspx>



	最大加速度 (Gal)	最大速度 (cm/sec)	計測震度
	314	47.3	5.51(震度6弱)
	280	51.8	5.50(震度6弱)
	255	58.4	5.51(震度6弱)
	243	60.3	5.52(震度6弱)
	232	65.6	5.53(震度6弱)

A 地点： $k_{hgl}=0.280$

B 地点： $k_{hgl}=0.280$

図-参 11 「東京の液状化予測地図 令和3年度改訂版※2」で想定される地表面の最大加速度

② 液状化判定結果

<A地点>

液状化安全率 (FL) から求めた液状化指標値は $P_{L10}=23.32$ となった。

調査地点		A地点		想定震度(khg)		0.280		P_{L10}					
水位 GL-		1.25 m								23.32			
深度 (GL-m)	土質	細粒分 含有率 FC(%)	SWS試験結果		換算 N値 (回)	単位 体積重 量 (kN/m^3)	50%粒径 D50 (mm)	10%粒径 D10 (mm)	塑性指 数 I_p	FL			PL
			荷重 Wsw (kN)	Nsw						地震時 せん断 応力比 L	動的 せん断 強度比 R	液状化に 対する 抵抗率 FL	区間 P_{L10}
0.125	粘性土	95.7	1.00	12	3.6	15.5	0.011	-	28.8				
0.375	粘性土	95.7	1.00	12	3.6	15.5	0.011	-	28.8				
0.625	粘性土	95.7	1.00	12	3.6	15.5	0.011	-	28.8				
0.875	粘性土	95.7	1.00	8	3.4	15.5	0.011	-	28.8				
1.125	粘性土	95.7	1.00	0	3.0	15.5	0.011	-	28.8				
1.250	粘性土					15.5							
1.375	粘性土	95.7	1.00	0	3.0	17.5	0.011	-	28.8	0.291	19.724	67.78	0.00
1.625	粘性土	95.7	1.00	4	3.2	17.5	0.011	-	28.8	0.319	23.951	75.08	0.00
1.875	粘性土	95.7	1.00	12	3.6	17.5	0.011	-	28.8	0.343	36.939	107.69	0.00
2.125	粘性土	95.7	1.00	8	3.4	17.5	0.011	-	28.8	0.363	26.255	72.32	0.00
2.375	粘性土	95.7	0.75	0	2.3	17.5	0.011	-	28.8	0.379	4.482	11.82	0.00
2.625	粘性土	95.7	1.00	0	3.0	17.5	0.011	-	28.8	0.394	12.794	32.47	0.00
2.875	砂質土	17.3	1.00	32	4.1	20.0	0.164	-		0.404	0.213	0.52	1.20
3.125	砂質土	17.3	1.00	108	9.2	20.0	0.164	-		0.412	0.300	0.72	0.96
3.375	砂質土	17.3	1.00	104	9.0	20.0	0.164	-		0.418	0.291	0.69	1.03
3.625	砂質土	17.3	1.00	40	4.7	20.0	0.164	-		0.424	0.217	0.51	1.56
3.875	砂質土	17.3	1.00	96	8.4	20.0	0.164	-		0.429	0.275	0.64	1.10
4.125	砂質土	17.3	1.00	84	7.6	20.0	0.164	-		0.432	0.259	0.59	1.20
4.375	砂質土	17.3	1.00	36	4.4	20.0	0.164	-		0.436	0.207	0.47	1.49
4.625	砂質土	17.3	1.00	16	3.1	20.0	0.164	-		0.438	0.182	0.41	1.59
4.875	砂質土	17.3	1.00	8	2.5	20.0	0.164	-		0.440	0.170	0.38	1.59
5.125	砂質土	17.3	1.00	64	6.3	20.0	0.164	-		0.442	0.231	0.52	1.17
5.375	砂質土	17.3	1.00	72	6.8	20.0	0.164	-		0.444	0.237	0.53	1.09
5.625	砂質土	17.3	1.00	44	4.9	20.0	0.164	-		0.445	0.208	0.46	1.18
5.875	砂質土	17.3	1.00	156	12.5	20.0	0.164	-		0.446	0.314	0.70	0.62
6.125	砂質土	17.3	1.00	140	11.4	20.0	0.164	-		0.446	0.292	0.65	0.68
6.375	砂質土	17.3	1.00	76	7.1	20.0	0.164	-		0.447	0.233	0.52	0.87
6.625	砂質土	17.3	1.00	44	4.9	20.0	0.164	-		0.447	0.203	0.45	0.93
6.875	砂質土	17.3	1.00	24	3.6	20.0	0.164	-		0.447	0.181	0.40	0.94
7.125	砂質土	17.3	1.00	20	3.3	20.0	0.164	-		0.447	0.176	0.39	0.88
7.375	粘性土	47.0	1.00	8	3.4	17.5	0.011	-	12	0.448	0.254	0.56	0.40
7.625	粘性土	47.0	1.00	4	3.2	17.5	0.011	-	12	0.450	0.248	0.55	0.53
7.875	粘性土	47.0	1.00	4	3.2	17.5	0.011	-	12	0.451	0.247	0.54	0.49
8.125	粘性土	47.0	1.00	12	3.6	17.5	0.011	-	12	0.452	0.256	0.56	0.41
8.375	粘性土	47.0	1.00	8	3.4	17.5	0.011	-	12	0.452	0.250	0.55	0.37
8.625	粘性土	47.0	1.00	4	3.2	17.5	0.011	-	12	0.453	0.245	0.54	0.32
8.875	粘性土	47.0	1.00	4	3.2	17.5	0.011	-	12	0.453	0.244	0.53	0.26
9.125	粘性土	47.0	1.00	4	3.2	17.5	0.011	-	12	0.454	0.243	0.53	0.21
9.375	粘性土	47.0	1.00	4	3.2	17.5	0.011	-	12	0.454	0.242	0.53	0.15
9.625	粘性土	47.0	1.00	8	3.4	17.5	0.011	-	12	0.454	0.246	0.54	0.09
9.875	砂質土	17.0	1.00	20	3.3	20.0	0.164	-		0.453	0.168	0.37	0.03
10.000	砂質土	17.0	1.00	28	3.9	20.0	0.164	-		0.453	0.175	0.38	0.00
10.250	砂質土	17.0	1.00	72	6.8	20.0	0.164	-		0.451	0.211	0.46	
10.500	砂質土	17.0	1.00	76	7.1	20.0	0.164	-		0.450	0.213	0.47	
10.750	砂質土	17.0	1.00	176	13.8	20.0	0.164	-		0.448	0.280	0.62	
11.000	砂質土	17.0	1.00	272	20.2	20.0	0.164	-		0.447	0.399	0.89	
11.250	砂質土	17.0	1.00	252	18.9	20.0	0.164	-		0.445	0.348	0.78	
11.500	砂質土	17.0	1.00	328	24.0	20.0	0.164	-		0.444	0.604	1.36	
11.750	砂質土	17.0	1.00	328	24.0	20.0	0.164	-		0.442	0.574	1.29	

図-参 12 A地点における液状化判定結果及び液状化指標値 (P_{L10}) の算定結果

<B地点>

液状化安全率 (FL) から求めた液状化指標値は $P_{L10}=18.74$ となった。

調査地点		B地点		想定震度(khg)		0.280		P _{L10}		18.74			
水位 GL-		1.69 m											
深度 (GL-m)	土質	細粒分 含有率 FC(%)	SWS試験結果		換算 N値 (回)	単位 体積重 量 (kN/m ³)	50%粒径 D50 (mm)	10%粒径 D10 (mm)	塑性指 数 Ip	FL			PL 区間 P _{L10}
			荷重 W _{sw} (kN)	N _{sw}						地震時 せん断 応力比 L	動的 せん断 強度比 R	液状化に 対する 抵抗率 FL	
0.125	砂質土	11.0	1.0	88	7.9	18.0	9.600	-					
0.375	砂質土	11.0	1.0	208	15.9	18.0	9.600	-					
0.625	砂質土	11.0	1.0	60	6.0	18.0	9.600	-					
0.875	砂質土	11.0	0.3	0	0.5	18.0	9.600	-					
1.125	砂質土	11.0	0.3	0	0.5	18.0	9.600	-					
1.375	砂質土	11.0	1.0	4	2.3	18.0	9.600	-					
1.625	粘性土	59.0	1.0	0	3.0	15.5	0.035	-	99				
1.690	粘性土					15.5							
1.875	粘性土	59.0	0.8	0	2.3	15.5	0.035	-	99	0.289	0.311	1.07	0.00
2.125	砂質土	39.5	1.0	16	3.1	20.0	0.118	-		0.307	0.241	0.78	0.78
2.375	砂質土	39.5	1.0	4	2.3	20.0	0.118	-		0.322	0.217	0.67	1.26
2.625	砂質土	39.5	0.5	0	1.0	20.0	0.118	-		0.335	0.177	0.52	1.77
2.875	砂質土		1.0	12	2.8	20.0	0.118	-		0.346	0.162	0.46	1.92
3.125	砂質土	24.0	1.0	40	4.7	20.0	0.161	-		0.356	0.233	0.65	1.08
3.375	砂質土	24.0	1.0	36	4.4	20.0	0.161	-		0.364	0.226	0.62	1.26
3.625	砂質土	24.0	1.0	52	5.5	20.0	0.161	-		0.371	0.243	0.65	1.12
3.875	砂質土	24.0	1.0	40	4.7	20.0	0.161	-		0.378	0.227	0.60	1.23
4.125	砂質土	24.0	1.0	24	3.6	20.0	0.161	-		0.383	0.206	0.53	1.38
4.375	砂質土	24.0	1.0	48	5.2	20.0	0.161	-		0.388	0.233	0.60	1.13
4.625	砂質土	24.0	1.0	44	4.9	20.0	0.161	-		0.392	0.227	0.57	1.16
4.875	砂質土	24.0	1.0	104	9.0	20.0	0.161	-		0.396	0.290	0.73	0.69
5.125	砂質土	24.0	1.0	176	13.8	20.0	0.161	-		0.399	0.516	1.29	0.00
5.375	砂質土	24.0	1.0	168	13.3	20.0	0.161	-		0.402	0.438	1.08	0.00
5.625	砂質土	24.0	1.0	128	10.6	20.0	0.161	-		0.405	0.310	0.76	0.53
5.875	砂質土	24.0	1.0	124	10.3	20.0	0.161	-		0.407	0.301	0.73	0.56
6.125	砂質土	24.0	1.0	128	10.6	20.0	0.161	-		0.409	0.303	0.74	0.50
6.375	砂質土	24.0	1.0	112	9.5	20.0	0.161	-		0.410	0.283	0.69	0.56
6.625	砂質土	24.0	1.0	124	10.3	20.0	0.161	-		0.412	0.292	0.70	0.51
6.875	砂質土	24.0	1.0	80	7.4	20.0	0.161	-		0.413	0.248	0.60	0.63
7.125	砂質土	24.0	1.0	108	9.2	20.0	0.161	-		0.414	0.272	0.65	0.50
7.375	砂質土	24.0	1.0	192	14.9	20.0	0.161	-		0.414	0.415	1.00	0.00
7.625	砂質土	24.0	1.0	332	24.2	20.0	0.161	-		0.415	3.773	9.09	0.00
7.875	砂質土	24.0	1.0	264	19.7	20.0	0.161	-		0.415	1.045	2.51	0.00
8.125	砂質土	24.0	1.0	296	21.8	20.0	0.161	-		0.416	1.685	4.05	0.00
8.375	砂質土	24.0	1.0	324	23.7	20.0	0.161	-		0.416	2.495	5.99	0.00
8.625	砂質土	24.0	1.0	288	21.3	20.0	0.161	-		0.416	1.241	2.98	0.00
8.875	砂質土	24.0	1.0	248	18.6	20.0	0.161	-		0.416	0.618	1.48	0.00
9.125	砂質土	24.0	1.0	244	18.3	20.0	0.161	-		0.416	0.556	1.33	0.00
9.375	砂質土	24.0	1.0	124	10.3	20.0	0.161	-		0.416	0.269	0.64	0.11
9.625	砂質土	24.0	1.0	156	12.5	20.0	0.161	-		0.415	0.293	0.70	0.06
9.875	砂質土	24.0	1.0	148	11.9	20.0	0.161	-		0.415	0.284	0.68	0.02

図-参 13 B地点における液状化判定結果及び液状化指標値 (P_{L10}) の算定結果

5) 「東京の液状化予測地図 令和3年度改訂版」との比較

SWS 試験で取得した深度 10m の地盤情報より求めた液状化指標値 (P_{L10}) の妥当性を判断するため、「東京の予測地図 令和3年度改訂版※」で算定されている液状化指標値 (P_{L20}) との比較を行った。

※「東京の液状化予測地図 令和3年度改訂版」の公開 URL
<https://doboku.metro.tokyo.lg.jp/start/03-jyohou/ekijyouka/top.aspx>

① A 地点

A 地点で算定した液状化指標値 (P_{L10}) と、A 地点と同じ地形となる自然堤防で算定された液状化指標値 (P_{L20}) とを比較すると、どちらも $P_L=20$ 以上の近似値を示すことから、SWS 試験結果を活用した液状化指標値 (P_{L10}) は妥当な値だと判断できる (図-参 14)。

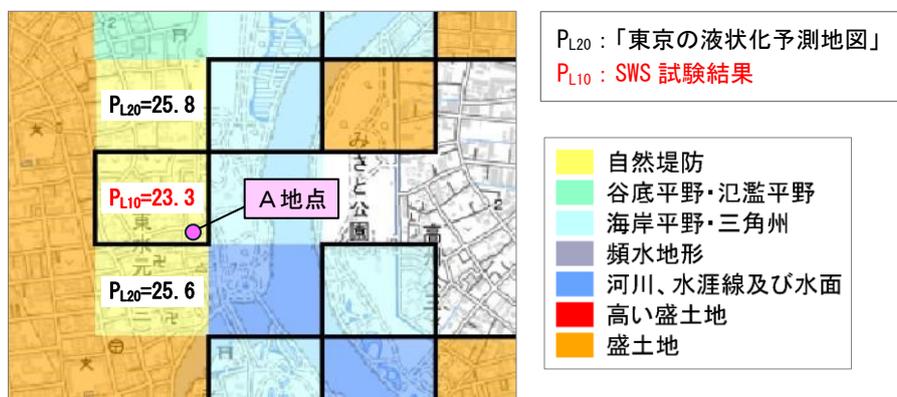


図-参 14 A 地点における液状化指標値 (P_{L10}) の妥当性確認

② B 地点

B 地点で算定した液状化指標値 (P_{L10}) と、B 地点と同じ地形となる盛土地で算定された液状化指標値 (P_{L20}) とを比較すると、1 メッシュを除きどちらも概ね $P_L=20$ 程度の値を示すことから、SWS 試験結果を活用した液状化指標値は妥当な値だと判断できる (図-参 15)。

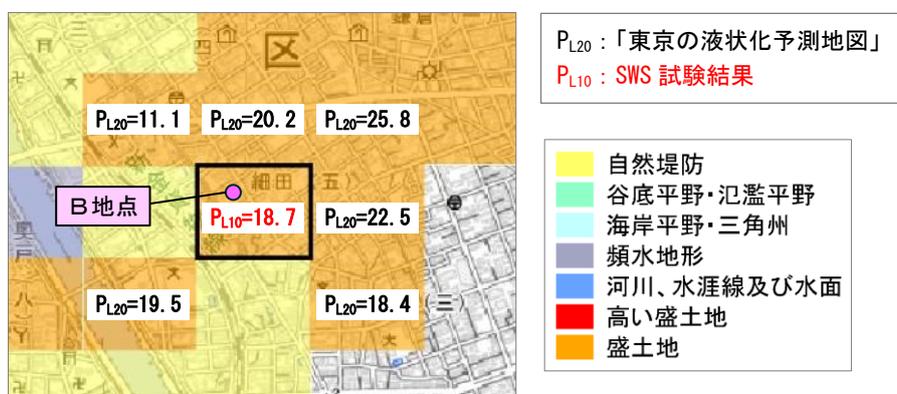


図-参 15 B 地点における液状化指標値 (P_{L10}) の妥当性確認

6) 簡易地盤調査結果の活用にあたっての留意事項

① 調査地点の選定

SWS 試験等の簡易地盤調査はボーリング調査と異なり、地表面付近にコンクリート殻や締まった砂礫層がある場合には貫入自体が出来なくなる。このため、調査地点の選定にあたっては、調査実施前に「候補地の土地の成り立ち（造成履歴等）」や「周辺地盤状況」を確認しておくことが重要となる。また、貫入できない層が地表付近にある場合は試掘による除去等を行うことも考えておく必要がある。

② 試料採取方法の選定

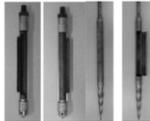
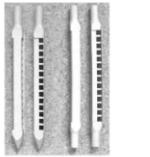
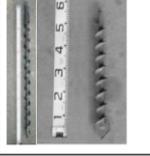
簡易地盤調査の調査孔をそのまま利用し、試料採取ができれば作業性が良い。しかし、液状化の発生が懸念される地点は、地下水が高くかつ緩い砂が堆積しており調査孔が自立しないため試料採取率が小さくことから、別孔で新たに試料採取を行う方が、容易かつ十分に試料採取は行えたという事例^{※1}がある。表-参1に試料採取のための簡易サンプラーの一覧^{※2}を示すが、現地状況を十分に踏まえ、使用するサンプラーを選定することが重要となる。また、簡易サンプラーでの試料採取が難しいと予測される場合は、本事例で実施したように、簡易打撃ボーリング機器等による試料採取方法を考える必要がある。

※1 沖島・小林ら(2023)、松戸市における大規模盛土造成地の安全性評価手法の紹介、第16回日本地震工学シンポジウム

※2 (公社)地盤工学会 関東支部：スクリーウエイト貫入試験(SWS)による宅地の液状化に対する安全性検討方法(案)

表-参1 主な簡易サンプラーの一覧^{※2}

(「(公社)地盤工学会関東支部：スクリーウエイト貫入試験(SWS)による宅地の液状化に対する安全性検討方法(案)」より)

SWS 試験孔を利用して孔壁の土質試料を採取する (掻きとり式)		
名称	写真	特徴
開閉式サンプラー		サンプラーの回転蓋を閉じた状態で任意の深度まで挿入し、ロッドを回転させることで蓋が開き、更に回転させることで周囲の地盤を掻き取り試料を採取する。逆回転により蓋を閉じてから引き抜く。先端にスクリーポイントを付けることで、貫入力を高めているサンプラーもある。
開放型回転掻き取り式サンプラー		採取したい深度部分にサンプラーを複数取付け、無回転にて任意の深度まで挿入する。所定の深度に到達した後、正回転させることで周囲の地盤を掻き取り、サンプラー孔に試料が充填される。深い深度の試料を採取する場合は、サンプラー孔にのりを充填し、挿入時に周辺地盤が混入しないよう配慮している。
ドリル式サンプラー		一度に複数の深度の試料を採取出来る。スパイラルのピッチに合わせてサンプラーを回転貫入させ、所定の深度にサンプラーが貫入したことを確認した後、無回転で引き抜きサンプラーに付着した試料を採取する。全層サンプリングのため、地層境界および層厚を把握しやすい。地下水位以深のゆるい砂地盤では採取量が低下する。
SWS 試験孔を利用して孔底の土質試料を採取する (回転貫入式)		
名称	写真	特徴
回転貫入式サンプラー		スクリーポイントで採取深度まで削孔しロッドを引き上げる。スクリーポイントをサンプラーに付け替え孔底に降ろし、ロッドを回転させることにより内管を突出させ、地盤に突き刺さすことで内管に試料が入る。上下層の試料混入がなく、乱れの少ない試料が採取できる。

③ 液状化危険度評価に必要となる細粒分含有率の推定

地盤情報を基に液状化危険度の評価を行う場合、液状化判定を実施する必要がある、SWS 試験等の簡易地盤調査で採取した試料より細粒分含有率を設定する。ただし、留意事項②で述べたように、調査孔の自立状況によっては試料が採取できないことがある。このため、調査地点周辺で実施されているボーリング調査や土質試験結果をなるべく多く収集し、それらの情報を活用し細粒分含有率を設定することが重要となる。

SWS 試験結果を活用した F_c 値の推定方法や簡易な液状化判定手法について、建築基準整備促進事業（国土交通省住宅局）において検討された事例[※]もあるため、参考にされたい。

※小規模建築物に適用する簡易な液状化判定手法の検討（平成 25 年度 建築基準整備促進事業）

リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成手法検討委員会

(五十音順)

【委員】

委員長 安田 進

(東京電機大学 名誉教授)

委員 古関 潤一

(東京大学 名誉教授)

須貝 俊彦

(東京大学大学院 新領域創成科学研究科 自然環境学専攻 自然環境変動学部門 教授)

先名 重樹

(防災科学技術研究所 巨大地変災害研究領域 地震津波複合災害研究部門 主任専門研究員)

竹内 裕希子

(熊本大学大学院 先端科学研究部 社会基盤計画分野 教授)

田村 修次

(東京科学大学 環境・社会理工学院 建築学系 教授)

三村 衛

(京都大学 名誉教授)

若松 加寿江

(関東学院大学 工学総合研究所 研究員 (理工学部 元教授))

【オブザーバー】

新井 洋

(国立研究開発法人 建築研究所 構造研究グループ 上席研究員)

【事務局】

国土交通省 都市局 都市安全課

復建調査設計株式会社