

# 袋井市 建築物における液状化対策の手引き

平成25年3月

静岡県袋井市

## はじめに

本市は、海岸部と太田川や原野谷川沿いの低地部を中心に、液状化が起りやすいとされる、砂を多く含み、地下水位の高い地盤が広く分布しています。平成24年6月に作成した「袋井市液状化危険度マップ」では、市全体の約52%と広い範囲で液状化の危険性が示されました。

さらに、東日本大震災における大規模な液状化被害の発生状況を踏まえると、今後発生が予想される南海トラフの巨大地震など、大規模な地震による液状化への備えは緊急の課題となっております。

液状化による「住宅などの建築物」の被害を軽減することは、市民の安全・安心の確保を図るうえで最優先すべき課題であります。地盤の液状化による建物被害に備えるためには、建て主や建物所有者が敷地における液状化の可能性について調査し、液状化による建築物への影響や被害について、設計者などの専門家と相談しながら検討していくことが重要と考えています。

この手引き書は、一般住宅などの建物を対象に、市民の皆さまがお住まいの地盤の状況を把握し、建物を建築する際、専門家と相談しながら、液状化による建物被害に対してどのように備えていくか、分かりやすく解説したものです。

なお、この手引き書は、現状における最新の情報を基に作成したものではありませんが、今後、様々な機関において調査、研究が進められ、新たな知見等が明らかになった場合には、適宜改正していく予定です。

## 目次

<b>1</b>	<b>手引き書の目的</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>地盤の液状化</b>	<b>2</b>
2-1	液状化のしくみ（メカニズム）	2
2-2	液状化による被害	3
<b>3</b>	<b>液状化危険度マップ</b>	<b>4</b>
3-1	液状化危険度マップ作成の目的	4
3-2	液状化危険度マップの作成方法	5
3-2-1	微地形分類と過去の液状化履歴	6
3-2-2	ボーリング調査地点図	7
3-2-3	液状化危険度マップ	8
3-3	液状化危険度マップをご覧いただく際の注意事項	9
<b>4</b>	<b>液状化対策の進め方</b>	<b>10</b>
4-1	一般住宅における液状化対策の重要性	10
4-2	液状化対策の進め方	10
<b>5</b>	<b>専門家に相談</b>	<b>13</b>
5-1	専門家への相談の重要性	13
5-2	袋井市液状化被害軽減対策相談員制度の活用	13
<b>6</b>	<b>地盤調査と液状化判定の方法</b>	<b>14</b>
6-1	地盤調査の方法	14
6-1-1	調査項目	14
6-1-2	調査・試験の種類	15
6-2	ボーリング調査の方法	16
6-3	サウンディングの方法	17
6-3-1	標準貫入試験	17
6-3-2	スウェーデン式サウンディング試験（SWS 試験）	18
6-4	土質試験の方法	20
6-4-1	土の湿潤密度試験	20
6-4-2	土の粒度試験	20
6-5	調査結果の見かた	22
6-5-1	ボーリング柱状図の見かた	22
6-5-2	SWS 試験結果の見かた	23

6-6	調査方法の選定	24
6-7	液状化判定のフロー	26
6-8	液状化判定の方法	27
6-9	FL 値による液状化の判定	27
6-10	液状化の影響の判定	28
6-10-1	PL 値による影響の判定	28
6-10-2	非液状化層と液状化層の厚さの比による影響の判定	29
<b>7</b>	<b>液状化対策工法</b>	<b>31</b>
7-1	液状化対策の考え方	31
7-2	被災前の対策工法	32
7-3	被災後の修復工法	40
7-4	付帯設備の液状化対策	45
<b>8</b>	<b>地盤データを活用した情報提供</b>	<b>47</b>
8-1	袋井市のデータベース	47
8-2	県・国などのデータベース	47
<b>9</b>	<b>行政及び関係機関の相談先</b>	<b>48</b>
	<b>用語の解説</b>	<b>49</b>

## 1 手引き書の目的

「袋井市建築物における液状化対策の手引き」は、市民の皆さまが液状化に関する知識を深め、住宅などの建築物を対象に、液状化による建物の被害に備えていくための手引き書として、液状化が発生する仕組みや液状化するかどうかを判断する地盤調査の方法及び、液状化による被害を少しでも少なくする対策について、分かりやすく解説することを目的としています。

## 2 地盤の液状化

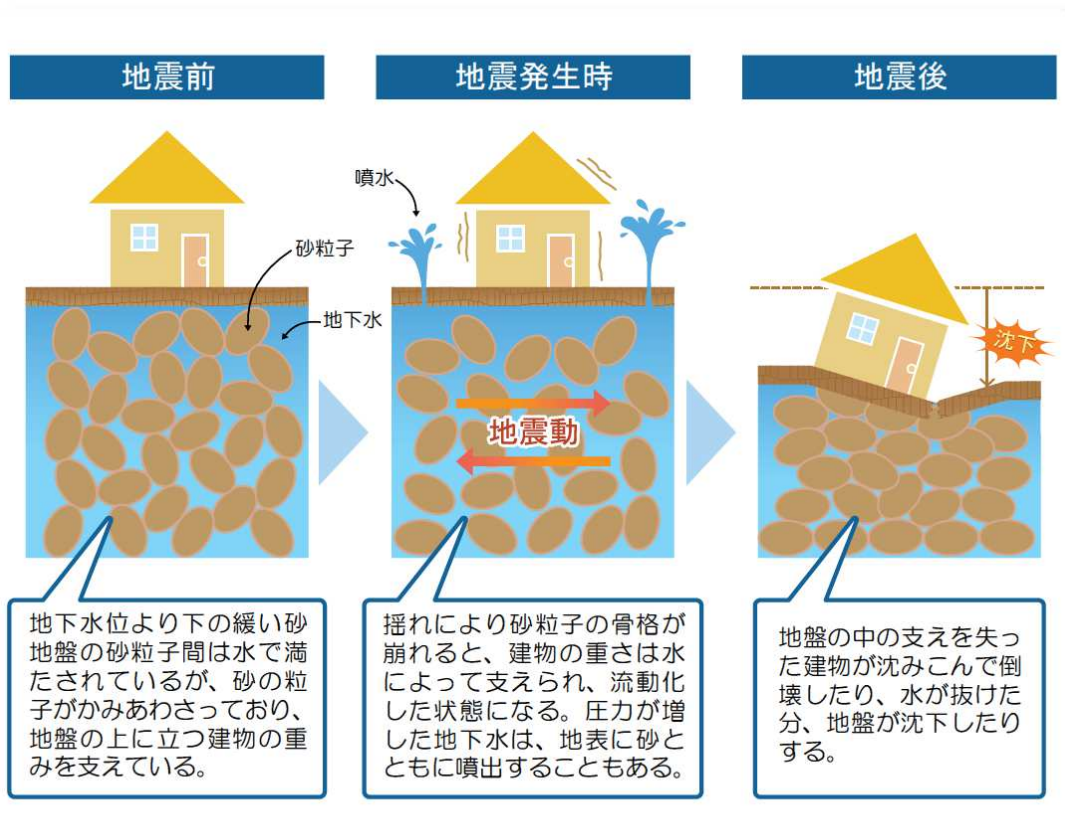
### 2-1 液状化のしくみ（メカニズム）

液状化とは、地震動によって地盤が一時的に液体のようになってしまう現象です。

地盤は土粒子、水、空気構成され、液状化現象が起こりやすいと言われるのは、川の周辺などの砂質土が緩く堆積して、地下水位が高いところです。



このような地盤に、地震による強い揺れが加わると、砂の粒子間のつながりが崩れて液状化し、重い建物などを支えることができなくなることで、建物などの沈下や傾斜が発生したり、地中のマンホールや軽い管路などが浮き上がったりします。このほか、河川の堤防の近くやなだらかな傾斜地において、地盤が数メートルにわたって横方向に流動することもあります。

液状化現象は、昭和39年の新潟地震で初めて注目されました。平成7年の阪神・淡路大震災では、ポートアイランドや六甲アイランドが被害を受けました。また、平成23年3月11日の東日本大震災では、関東1都6県96市区町村で液状化現象が確認され、千葉県では約6万世帯で「全壊」から「一部損壊」の被害が確認されました。



## 2-2 液状化による被害

液状化による被害は次のようなものが考えられます。

現象	被害
<p>① 地中の水圧が高まり 地表に水や砂が 噴出し、地面が沈下・ 陥没する</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 噴き出す砂・沈下・陥没が激しいと通行に支障がでる</li> <li>● 側溝などに砂が流れ込み排水できなくなる</li> <li>● 沈下が大きいと雨による床下・床上浸水が生じる</li> <li>● 敷地と道路の高さが変化し排水の勾配が逆になると排水できなくなる</li> </ul> 
<p>② 地盤の支える力が 低下したり 無くなったりする</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 地盤に支えられていた建物や地面に置かれていた重いものが沈下する。沈下が一様でないことが多く、建物が傾き居住性が損なわれ健康にも影響がでる</li> <li>● 塀や重い設備機器などが傾く</li> <li>● 地中に埋められている水道管は破損して使えなくなる</li> </ul> 
<p>③ 浮力や上昇流が 発生する</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 地中の軽い構造物（中空のマンホールや浄化槽など）が浮き上がり地面から飛び出してくる</li> <li>● 地中に埋められているガス管・下水道管は破損して使えなくなる</li> </ul> 
<p>④ 液状化した地層や その上に載った 表層地盤が水平方向 に動く</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建物などが移動したり壊れたりする</li> <li>● 敷地の境界や道路が元の位置から移動する</li> </ul> 
<p>⑤ 擁壁や護岸に 作用する 土の圧力が 増加する</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 擁壁や護岸の移動や破損に伴い背後の土が沈下したり滑ることで近くの建物が沈下・移動する</li> </ul> 

液状化

### 3 液状化危険度マップ

#### 3-1 液状化危険度マップ作成の目的

本市には、遠州灘沿岸部と太田川や原野谷川沿いの低平地を中心に、液状化が起こりやすいとされる、砂を多く含み、地下水位の高い地盤が広く分布しています。平成13年に静岡県が公表した東海地震による被害想定では、広い範囲で液状化の危険性が示されており、今後発生が予想される東海・東南海・南海の三連動地震などへの備えが緊急の課題となっています。

液状化被害の軽減を図るためには、市民や企業の皆さんが、液状化のしくみや危険性を理解し、地盤の状況や施設の特性に応じた各種対策を行っていただくことが重要となります。

このため、市域における液状化の可能性をお知らせすることで、液状化による被害の軽減につなげることを目的に、平成24年6月に「袋井市液状化危険度マップ」を作成しました。



## 3-2 液状化危険度マップの作成方法

液状化危険度マップは、

- ◆微地形分類（地形の成り立ちや特徴による分類）
- ◆過去の液状化履歴
- ◆地質調査結果

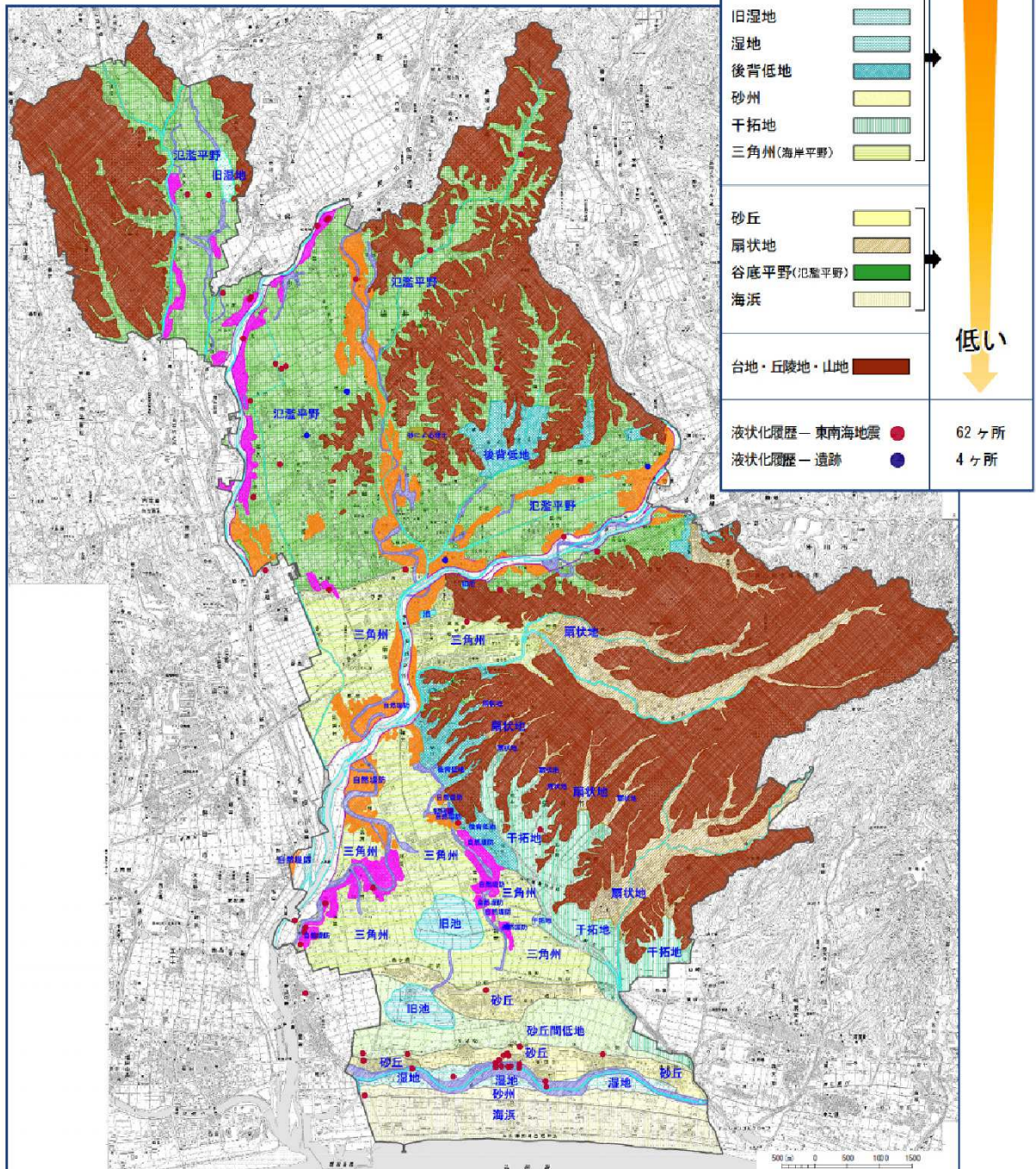
の3つの視点から、液状化の発生する可能性の度合いを総合的に判定した結果を示したものです。3-2-1，3-2-2に視点ごとの評価方法を記載しました。

### 3-2-1 微地形分類と過去の液状化履歴

液状化が発生する条件である「緩い砂地盤」と「高い地下水位」はその土地の成り立ちからある程度想定できます。このため、土地の状況を示す微地形分類図※から、液状化の可能性の程度を評価しました。

また、過去の地震の状況から液状化は繰り返し発生することが明らかになっていますので、昭和19年の東南海地震による液状化の履歴や、市内の遺跡の発掘事例も参考にしました。

※山、川、平野という大きな地形を、さらにその成り立ちや特徴によって細かく区分したもので、地下にある地盤の状況と関連しています。



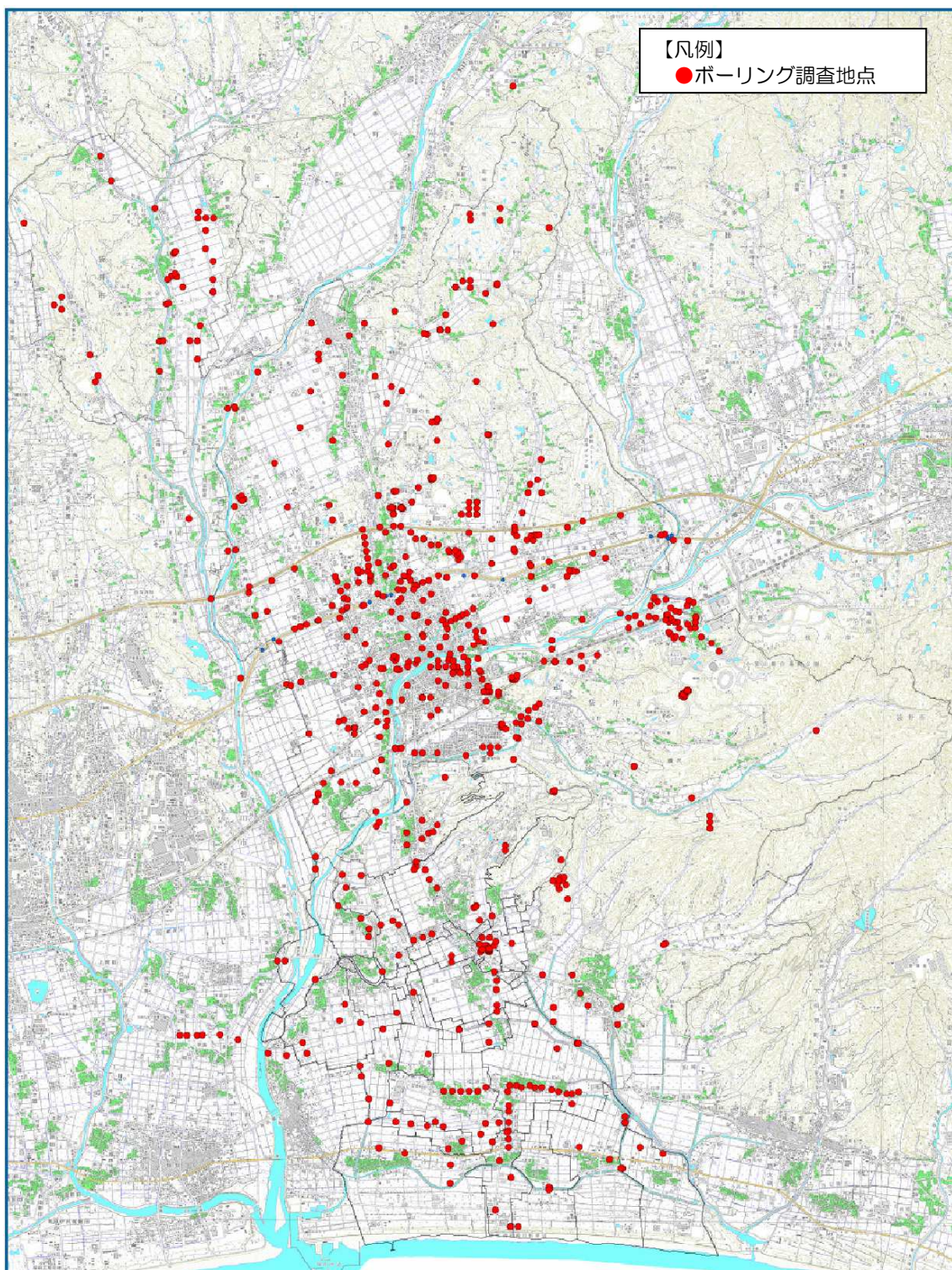
### 3-2-2 ボーリング調査地点図

液状化の可能性は、地盤の地質状況からも評価できます。

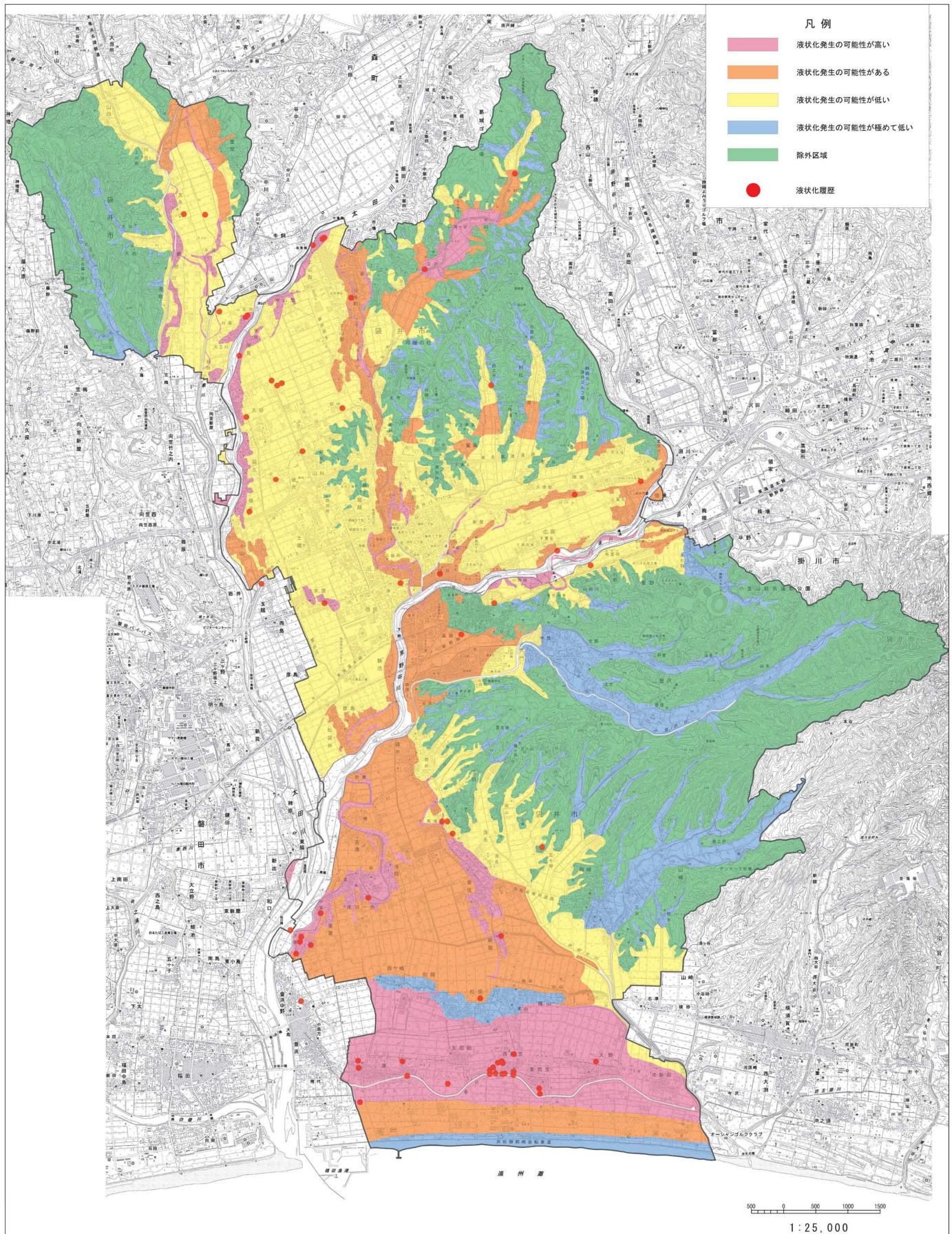
市内でボーリング調査資料がある約680地点（下図にプロット）において液状化の判定を行いました。

判定は、ボーリング調査により確認できる地盤の固さ、土の粒度、地下水位などを参考に、PL値※を用いて行いました。

※PL値は、その地点での液状化の危険度を表す値で、阪神・淡路大震災の教訓から改訂された「道路橋示方書・同解説Ⅶ耐震設計編(平成14年3月)」を参考に求めた値です。



### 3-2-3 液状化危険度マップ



「この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図25000（地図画像）を複製したものである。（承認番号 平24情複、第50号）」

### 3-3 液状化危険度マップをご覧いただく際の注意事項

液状化の危険度マップは、液状化の起こりやすさを示したもので、実際に地震が起きた時に液状化するか・しないかは、地震動の大きさと長さ、地盤の性状や地下水位の状況によって異なります。また液状化の可能性の程度と被害の大きさは、条件によって異なります。液状化の可能性が低い判定の場所で液状化が発生した場合でも、その土地の性状や建物などの構造によっては大きな被害になることがあります。

液状化の可能性が高くても、その区域全体が液状化するわけではありません。過去の事例から液状化の可能性の程度と液状化発生面積率の目安は、下表のとおりです。液状化の可能性の程度が「高い」と判定された区域内でも、液状化の発生面積率はその区域全体の20%程度です。（出典：液状化地域ゾーニングマニュアル（平成10年度版）平成11年1月国土庁防災局震災対策課）

〈液状化発生面積率の目安〉

液状化可能性の程度	液状化発生面積率
「高い」	20%程度以上
「ある」	10%程度
「低い」	2%程度
「極めて低い」	≒0%

## 4 液状化対策の進め方

### 4-1 一般住宅における液状化対策の重要性

一般の住宅は、基礎が堅固な鉄筋コンクリート造りの建築物と比較して建物の重量が軽く、基礎が地表面に近い位置にあるため、地震により地盤が液状化すると建物が傾斜したり沈下するなどの被害を受けるおそれがあります。

液状化により建物の被害が発生すると、日常の生活が困難になるとともに、建築物を元の状態に戻すための工事期間中は建築物が使用なくなることが想定されます。このため、液状化による建物被害を出来るだけ少なくする備えが重要です。

### 4-2 液状化対策の進め方

「液状化危険度マップ」を見て、これから建物を建てようとする土地や、すでに建物が建っている土地が液状化しやすいと判定されている場合には、液状化に対する備えをしておくことが大切です。

液状化対策を進めるには、まず、液状化しやすい土地であるかどうかを詳しく調べる必要があります。最初に、既存の地質調査データなどの資料による調査やボーリング調査などの現地地盤調査を行います。この場合、地盤調査データから液状化の可能性を判断するためには、地盤に関する専門的な知識が必要となりますので、地盤や建築に関する専門家に相談することが大切です。

調査の結果、液状化対策が必要となった場合は、その土地の状況（大型機械の搬入の可否、周辺の障害物の有無など、工事の制約条件）、対策工法の効果（どの程度まで被害を抑えるか）及び資金計画（対策に掛けることができる予算の状況）等を考慮して、建物被害に備える最適な対策を決定します。

具体的にどのような対策を行うかは、次に示すように、大きく3つの考え方があります。

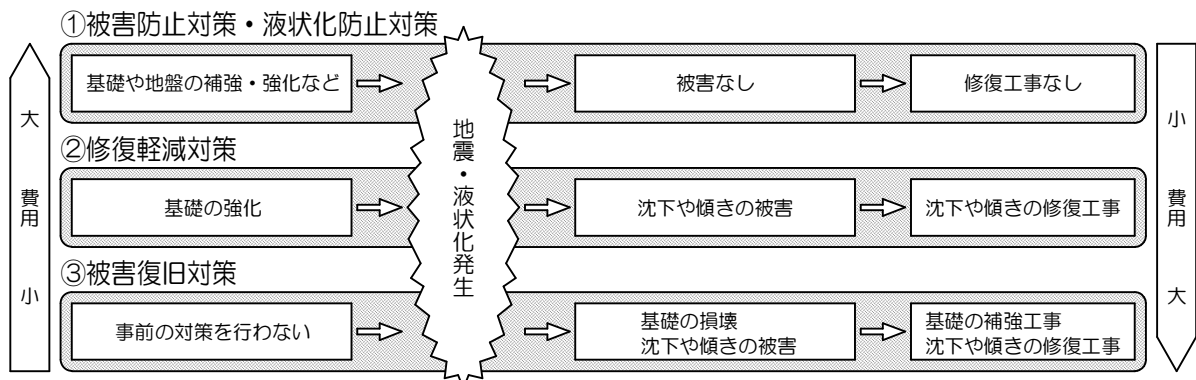
#### 【被災前の対策】

- ①液状化による建物の沈下や傾きなどの被害が発生しないように、あらかじめ基礎や地盤を補強・強化しておく対策（被害防止対策・液状化防止対策）
- ②液状化の発生時には建物の沈下や傾きなどの被害は受け入れるが、その被害を軽減するとともに、建物の沈下や傾きの修復を容易にする対策。修復を容易に

する対策として事前に基礎を強化しておくことで、被災後の復旧を容易にすることができます。（修復軽減対策）

【被災後の対策】

③被災後に建物の沈下や傾きを修復する対策。事前に対策を実施しないため、②と比較して、補修の準備ができていない分、補修期間及び補修費が多く掛かることとなります。（被害復旧対策）



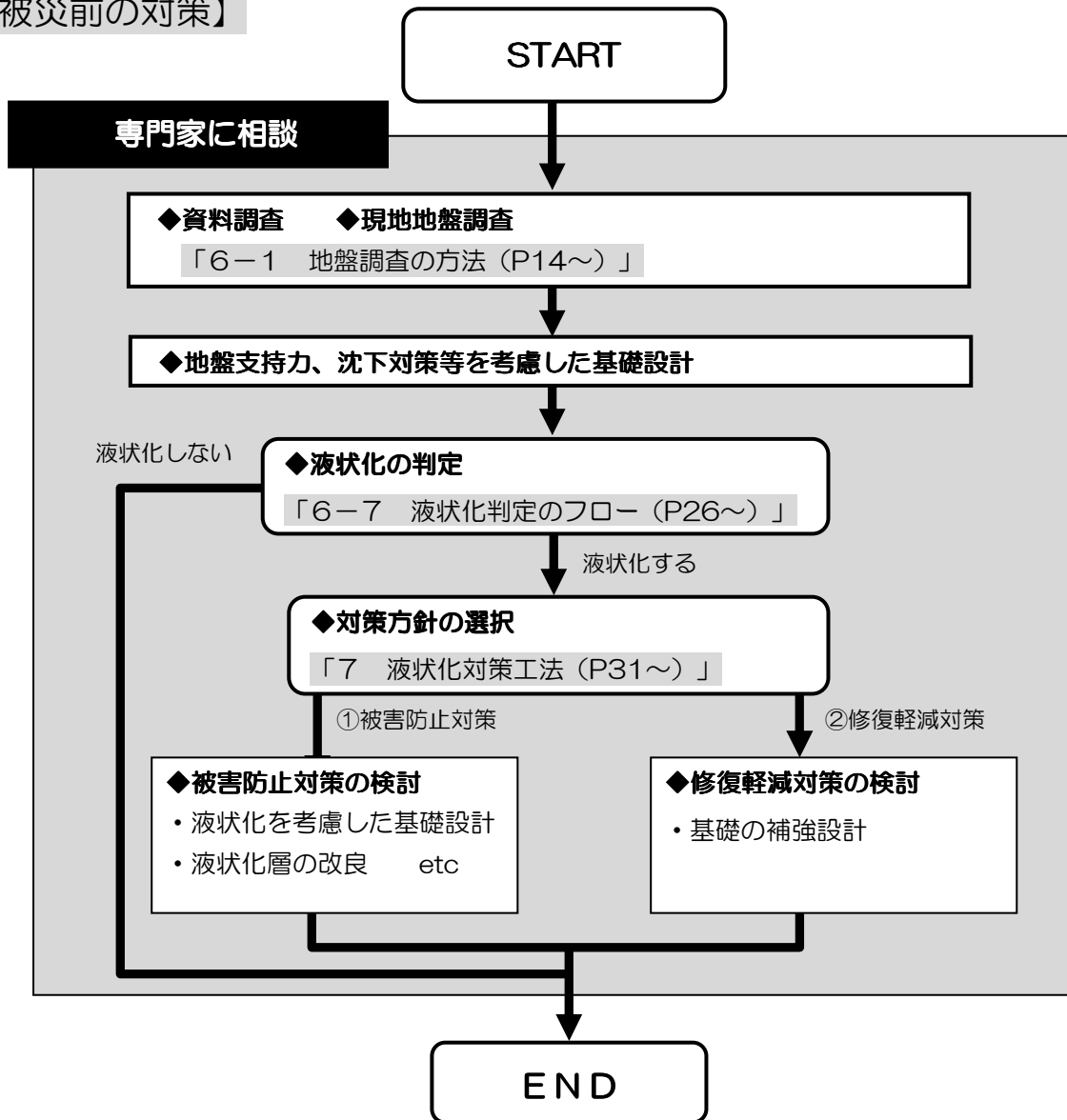
対策区分の概念図

また、既存建物の場合は、施工場所が狭いことや、工事により既存建物へ悪影響を及ぼさない配慮が必要なことから、新築時と同様の工法では施工が出来ない場合が多く、同様の工法が使えたとしても、新築時に比べて高額な費用がかかる傾向にあります。

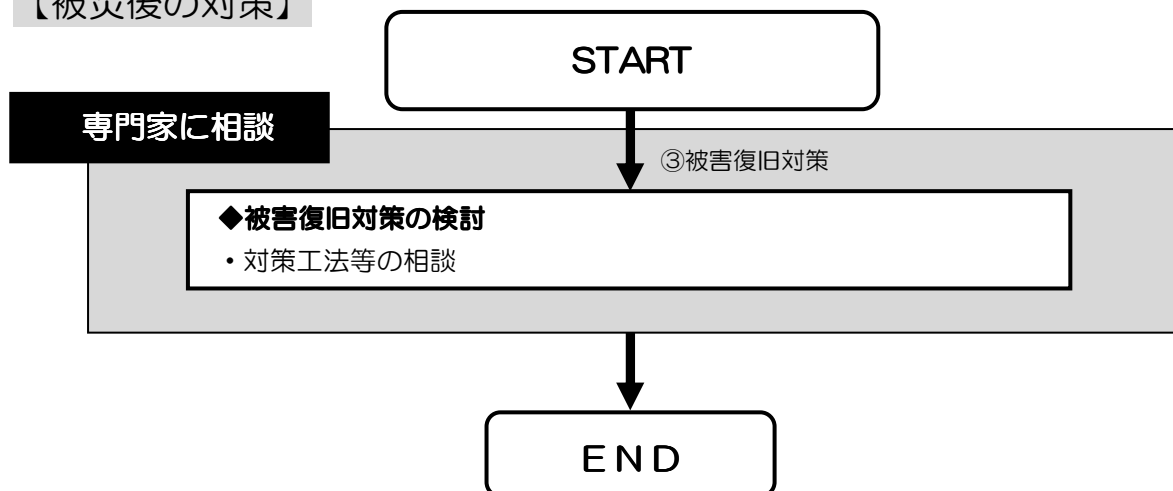
このように、液状化による建物被害に備える方法は複数存在します。液状化による建物被害への備えをどのように考えるかは、建築士などの専門家と相談し、判断することが重要です。

# 液状化対策の進め方

## 【被災前の対策】



## 【被災後の対策】





## 5 専門家に相談

### 5-1 専門家への相談の重要性

液状化による建物被害を防止するためには、関係する土地が液状化するかどうかこれから建物を建てる土地の液状化発生の可能性を知ることが大切です。

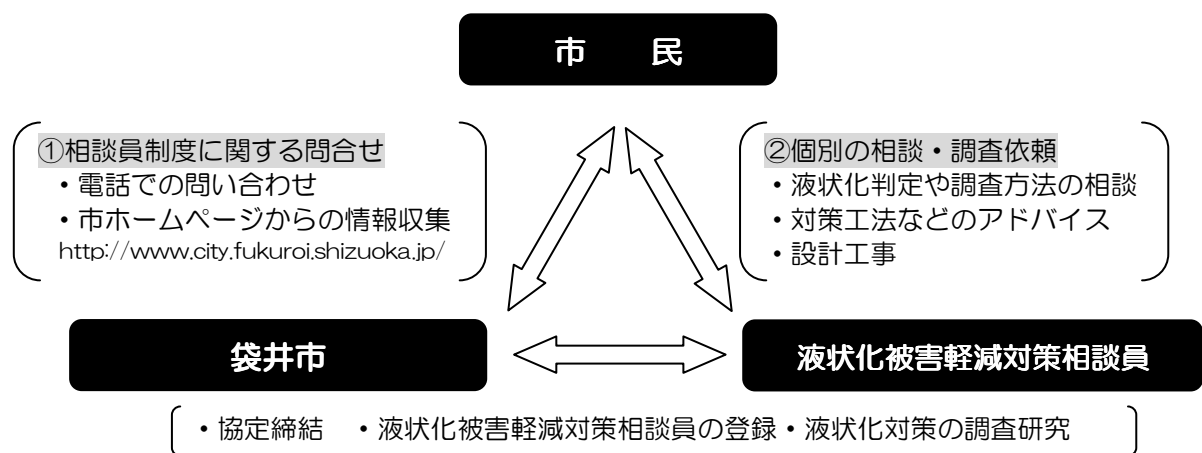
このためには、「袋井市液状化危険度マップ」や既存のボーリングデータ、国土地理院が発行している過去の地形図などの資料を活用し調査することができますが、こうした資料には専門的な内容が多く含まれており、液状化の可能性を正しく理解するためには、地盤や建築物についての専門的な知識を有する専門家に相談することが重要です。

### 5-2 袋井市液状化被害軽減対策相談員制度の活用

袋井市では、市民の皆様が、液状化による建物被害を防止するための検討を行うに当たり、安心して相談できる体制を整備するため、「袋井市液状化被害軽減対策相談員制度」を創設いたしました。

これまでに、平成 24 年 8 月に（公社）静岡県建築士会西部ブロック中遠地区と「液状化被害軽減対策相談に関する協定書」を締結し、市と県建築士会が連携を図り、液状化対策に関する調査・研究を進めるとともに、市民の皆様方が気軽に相談することができる体制づくりを進めています。

平成 25 年 4 月からは、相談員の連絡先を、市のホームページや静岡県建築士会などのホームページに掲載し、市民の皆様からの受付を開始いたします。



図一4-2 袋井市液状化相談員制度の概要

## 6 地盤調査と液状化判定の方法

液状化する要因は「2-1 液状化の仕組み」で記述したとおり、①地下水位が高いこと ②緩く堆積した砂質層があること ③この地盤が地下 20mよりも浅い場所にあることが条件となるため、地質調査ではこの状況を確認する必要があります。

また、液状化の判定は、調査から得られたデータをもとに過去の経験から定められた液状化判定の方法を用いて行います。

### 6-1 地盤調査の方法

#### 6-1-1 調査項目

地盤状況を把握するためには、次のような項目を把握する必要があります。

項目	目的
①地層の形成状況	深さ方向の各地層の状況を把握します。
②地下水の分布状況	地下水位の深さを調べます。
③各地層の強さ	各地層の固さの指標となる「N値」を調べます。
④各地層の土の重さ	各地層の土の単位体積あたりの重さを調べます。
⑤各地層の土粒子の構成	各地層の土の粒子の大きさの分布を調べます。

## 6-1-2 調査・試験の種類

6-1-1の項目を調べるためには次のような調査や試験を組合わせて調査します。

調査・試験の種類と概要

調査の種類	細別	概要	得られる項目
ボーリング調査		専用のパイプを回転させ圧入することにより地盤を掘削し、パイプに詰まった土や掘り屑を観察し、土の状況を確認します。	①② (⑤)
※1 サウンディング ※2 サンプリング	標準貫入試験	サウンディングの代表的な方法で、ボーリング調査とセットで深さ1m毎に実施されます。 専用のサンプラーに接続したボーリングロッドに錘を一定高さから落下させ、30cmの沈下に要する回数(N値)を計測します。試験と同時に地中の土を採取することができます。 JIS規格(JISA1219)	③ (⑤)
	スウェーデン式サウンディング試験(SWS試験)	先端がスクリュウ形式になった鋼製ロッドを錘の重さと回転により圧入させ、沈下量および回転数を記録します。結果は「換算N値」として設計に用いられます。 砂質土など比較的緩い地層を対象とした試験です。 JIS規格(JISA1221)	(①) 《②》 ③ (⑤)
土質試験	土の湿潤密度試験	土の重さを把握します。 JIS規格(JISA1225)	④
	土の粒度試験	土を構成する粒子の大きさを把握します。 JIS規格(JISA1204)	⑤

※1 サウンディングとは、地盤に衝撃や重さによる負荷をかけ、その反応(変化)から地盤の固さを求める試験です。

※2 サンプリングとは、土質試験を行うために地中から土を採取することです。

- ・ ( ) 表示は推定で報告される項目ですが、液状化判定のためには土質試験が必要な項目です。
- ・ 《 》 表示は、正確な値が得られない可能性を含みます。

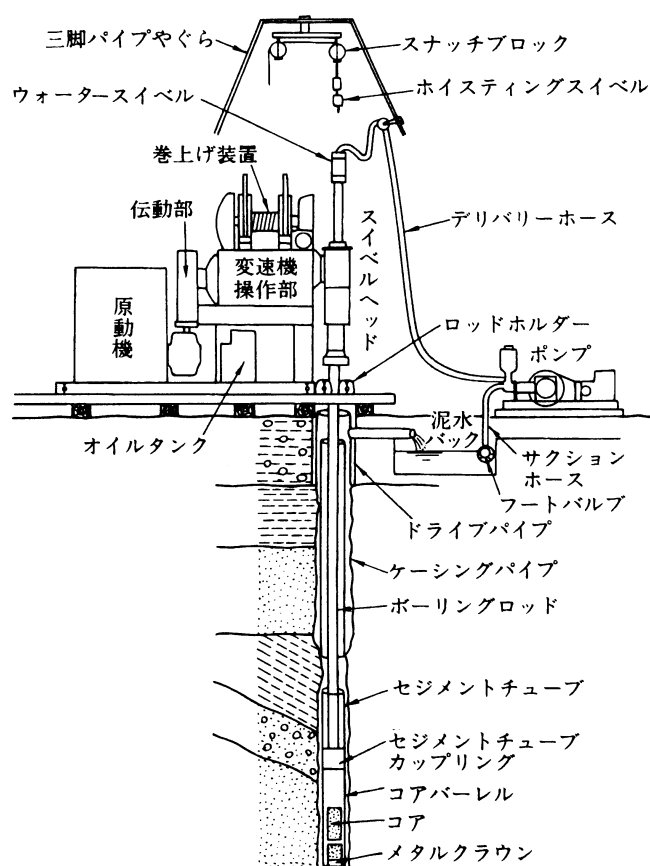
## 6-2 ボーリング調査の方法

### 【調査の目的】

土地の地層の形成状況、地下水の分布状況、各地層の特性を把握します。また、同時に行う標準貫入試験により地盤の固さ（N値）を測り、地中の土を採取します。

### 【調査の方法】

掘削用ビットの付いた鉄パイプ（コアバレル）を回転させ圧入させながら地盤を掘削し、パイプに詰まった土や掘り屑を観察して地層構成を判断します。



ボーリング調査の概念図

### 【費用の目安】

緩い砂質地盤で自動車乗入れが可能な現場での標準価格

（標準貫入試験を含んだ価格） … 調査深度 1 mあたり ¥27,000程度

## 6-3 サウンディングの方法

### 6-3-1 標準貫入試験

#### 【調査の目的】

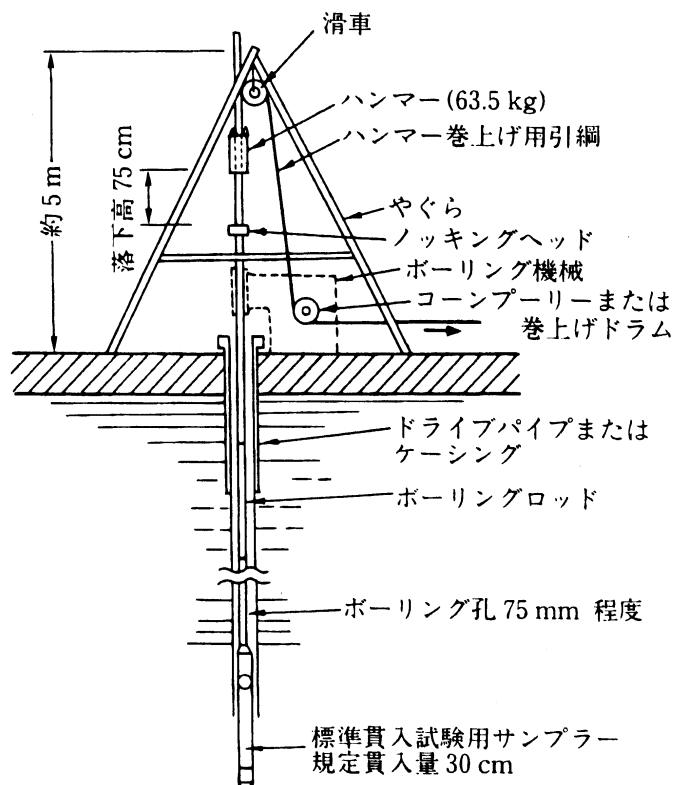
専用の器具を地盤に貫入するときの抵抗を測定し、その硬さ軟らかさ、または締まり具合を判定します。

#### 【調査の方法】

ボーリング調査での掘削孔を利用して専用のサンプラー（鉄パイプ）を孔底まで挿入し、質量 $63.5 \pm 0.5 \text{ kg}$ の錘（ハンマー）を $76 \pm 1 \text{ cm}$ の高さから落下させ、サンプラーを $30 \text{ cm}$ 打ち込むのに要する打撃回数（N値）を求めます。

サウンディングの代表的な試験で、JISA1219で規定されています。

固い地盤の調査も可能です。打撃によりサンプラーの中に地層中の土を採取できるため、この土を土質試験に供することができます。



標準貫入試験装置の概念図

#### 【費用の目安】

緩い砂質地盤で自動車乗入れが可能な現場での標準価格

（ボーリング調査を含んだ価格） … 調査深度 1 mあたり ¥27,000程度

## 6-3-2 スウェーデン式サウンディング試験（SWS試験）

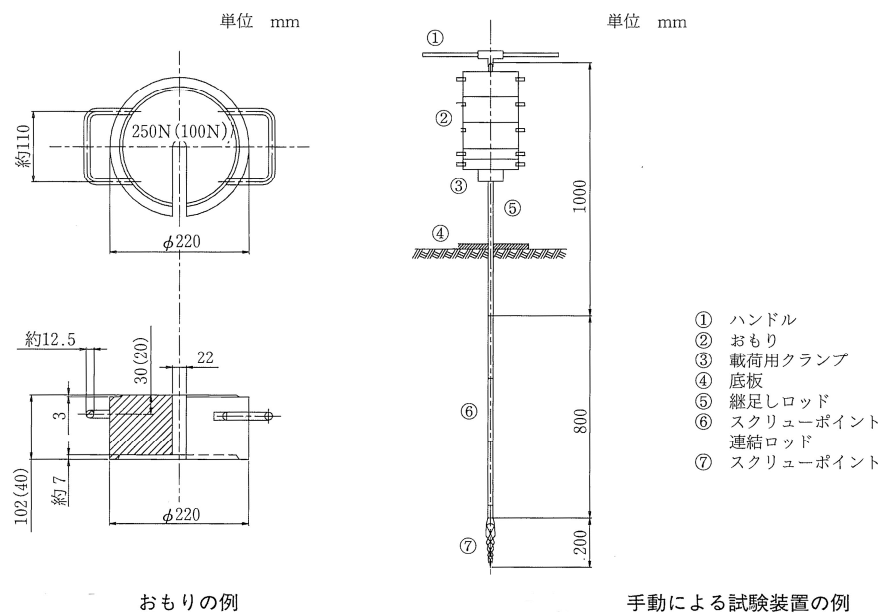
一般住宅のような小規模建築物の基礎を設計する場合には、比較的成本の安いスウェーデン式サウンディング試験（SWS試験）により地盤調査を行うのが一般的です。

### 【調査の目的】

専用の器具を地盤に貫入するときの抵抗を測定し、その硬さ軟らかさ、または締まり具合を判定するとともに、地層の構成を推定、把握することを目的としています。

### 【調査の方法】

使用する機器は次図のとおりです。



### SWS試験装置

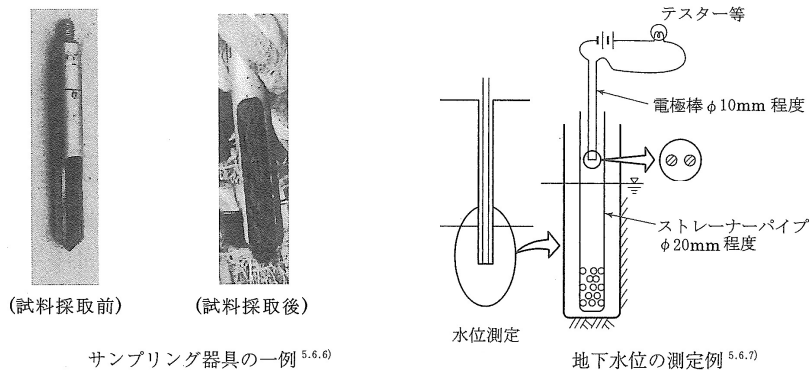
先端がとがったスクリューポイント（上図⑦）を取り付けたスクリューポイント連結ロッド（上図⑥）を鉛直に立て、上部におもり（上図②）を段階的に載せて沈下量を記録します。すべての錘（1000N）を載せても沈下しなくなったら、ハンドル（上図①）を回転させてロッドを沈下させます。このときの回転数と沈下量を記録します。

沈下量に応じてロッドを継ぎ足して回転と記録を繰り返します。



SWS試験の状況

また、液状化を判定するためにSWS試験を行う場合には、別途、専用器具を用いてサンプリングと地下水位の測定を行います。



サンプリング器具の一例<sup>5.6.6)</sup>

地下水位の測定例<sup>5.6.7)</sup>

サンプリング・地下水位測定のための専用器具（出典：小規模建築物基礎設計指針）

### 【費用の目安】

自動車乗入れが可能な現場での標準価格 … 調査深度 1 mあたり ¥7,000程度  
 ただし、サンプリングと地下水位を測定する場合は、別途に費用が必用になりますので、専門業者に問い合わせてください。

## 6-4 土質試験の方法

液状化の判定を行うデータを求めるために、土質試験によって、土の重さ、土粒子の構成の状況を調べます。

### 6-4-1 土の湿潤密度試験

#### 【調査の目的】

土の単位体積あたりの重さを求めるために行います。

#### 【調査の方法】

標準貫入試験により、内径35mmの円筒内に土の試料が採取されます。標準貫入試験の打撃等により多少の乱れはあるものの、ほぼ自然の状態での資料を採取することができます。円筒状の体積を計算し、その土の重さを計測することで、水を含んだ土の密度（湿潤密度）を算出します。

なお、SWS試験によるサンプリングでは、地中の土をこね返して乱した状態の試料を採取することになりますので、湿潤密度を計測することはできません。このため、液状化の判定には土質別に設定された推定値を用いることになり、判定の結果は誤差を含むものになります。

#### 【費用の目安】

¥5,000/1試料

### 6-4-2 土の粒度試験

#### 【調査の目的】

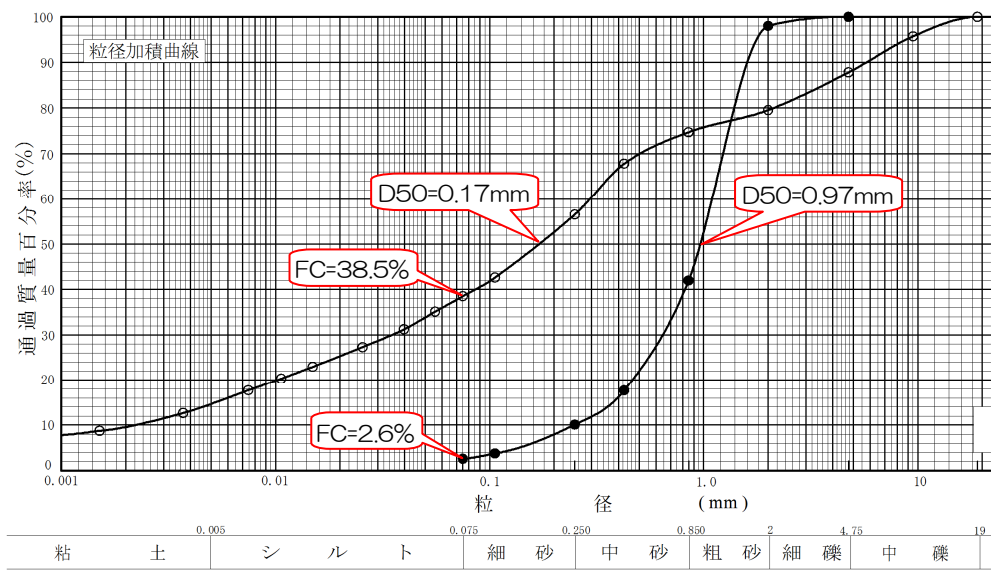
土の粒子の大きさと粒子の大きさ別の構成を百分率で求めます。

#### 【調査の方法】

採取した土を土粒子単位にほぐし乾燥させて、網目の大きさの異なるフルイにかけ、土粒子の粒径の分布状況を調べます。

結果は粒度曲線に表され、この曲線から、細粒分含有率（FC）及び平均粒径（D<sub>50</sub>）を読みとり、液状化の判定に用います。





粒度曲線の例

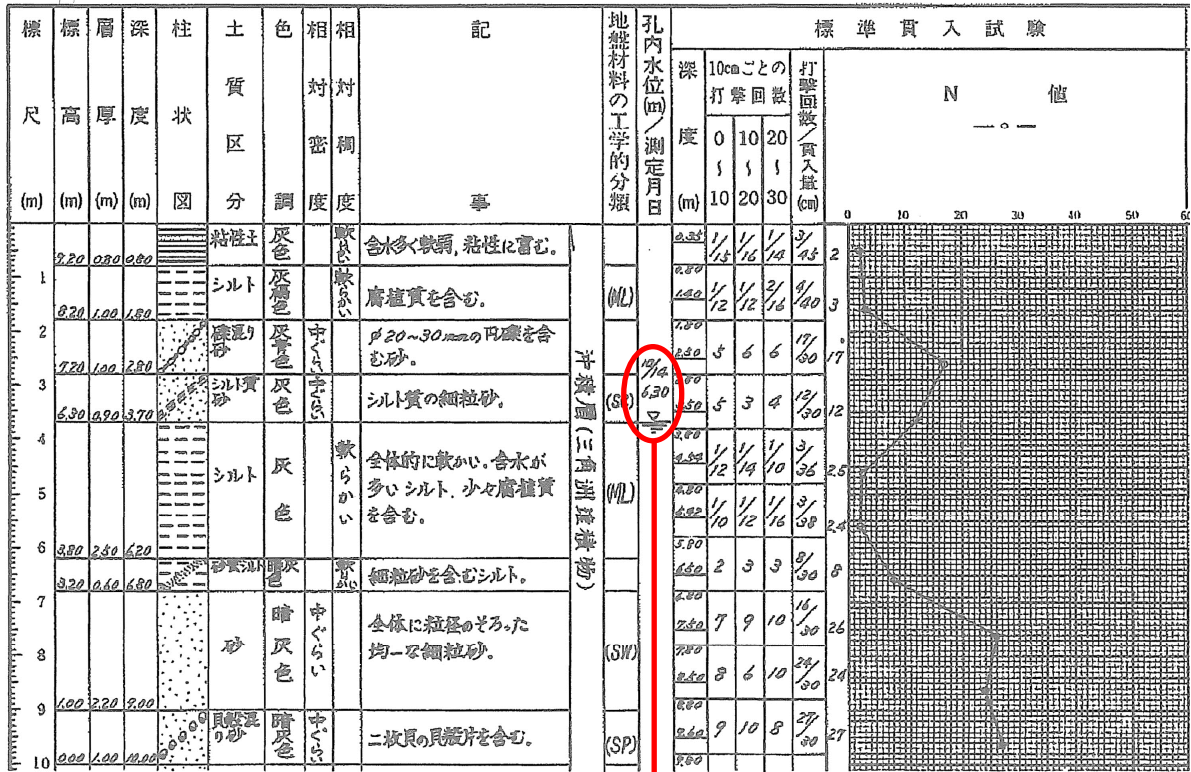
**【費用の目安】**

¥ 1 0,000/1試料

## 6-5 調査結果の見かた

### 6-5-1 ボーリング柱状図の見かた

ボーリング調査及び標準貫入試験の結果は、ボーリング柱状図にとりまとめて報告されます。ボーリング柱状図は、地層の状況を深さ方向に柱状に表してあり、それぞれの深さにおける地層の状況や土の固さなどの情報が記録されています。



深さ方向の目盛

地下水の深さが記されています。

地層の変化の状況や各地層の状況を記録してあります。  
土質区分は採取したサンプルを見たり触ったりして判定します。  
【土質の区分】  
礫：粒径2mm以上  
砂：粒径75 $\mu$ m~2mm  
シルト：粒径5 $\mu$ m~75 $\mu$ m  
粘土：粒径5 $\mu$ m以下  
【複合区分の例】  
シルト質砂：砂が主体でシルトがある程度含まれる。  
シルト混じり砂：砂が主体でシルトが少量含まれる。

N値の数値と、深さ方向にN値をプロットした折れ線です。  
数値の大きい右側にプロットされていれば安定した地盤と考えられます。  
砂地盤の固さは次のように区分されます。  
N= 0~ 4：非常に緩い  
N= 4~10：緩い  
N=10~30：中位  
N=30~50：密に締まっている  
深さ20m以内の砂地盤でN値が20未満だと、液状化の可能性があるとされています。

## 6-5-2 SWS試験結果の見かた

SWS試験結果は次図のようなデータシートに記録、報告されます。ボーリング柱状図に表示されたN値のかわりに $W_{sw}$ 、 $N_{sw}$ といった数値が深さ方向別に記録されており、この値はN値と同様に土の固さや軟らかさの指標となります。

SWS試験では土を採取して、その状況を直接観察することができないため柱状図に土の性状は示されませんが、試験時の音や感触により礫質土・砂質土・粘性土のおおまかな区分を推定することは可能です。



記事欄には貫入試験に伴う感触、貫入の具合、地下水位が推定される場合にはその状況などが記録されます。

試験時の記録項目

深さ方向の目盛

$W_{sw}$  と  $N_{sw}$  の値を深さ方向にプロットした折れ線です。  
 数値の大きい右側にプロットされていれば安定した地盤と考えられます。  
 砂地盤の場合、N値との関係は次のとおりと提案されています。  
 $W_{sw}=1000N$  のとき、  $N=2$   
 $N_{sw}=100$  回/m のとき、  $N=9$   
 $N_{sw}=300$  回/m のとき、  $N=22$

## 6-6 調査方法の選定

調査方法については前述のとおりですが、「標準貫入試験」により液状化判定を行う方法と「SWS試験」により液状化判定をする方法を比較すると、次表のとおりとなります。

調査方法の比較

サウンディング 方法 調査試験項目	(ボーリング調査+) 標準貫入試験	SWS試験
サウンディング 結果	直接N値が得られる。N=50以上の計測も可能である。	$W_{sw}$ と $N_{sw}$ から換算N値を推定する。N値との相関性が確認されているのは換算N値20程度、深度10m程度までである。
試料採取※	打撃によって試験装置のサンプラーのφ35mmの空洞内に地中の土が充填される。	基本的にSWS試験では試料採取はできない。 ただし、SWS試験装置の先端部のスクリュウポイントをサンプリング装置に付替えて貫入孔底部に下ろし、採取することは可能である。 上部の緩い砂層の崩落や軟らかい粘土層のはらみ出しにより、孔底の純粋な試料が採取できない場合がある。
地下水位の計測※	φ70mm程度のボーリング試験孔内で数日間観測し、安定した水位を決定する。	基本的にSWS試験では地下水の計測はできない。 φ30mmのロッド貫入孔が崩れずに残っている場合に水位計を挿入して計測することは可能である。 貫入孔は短時間で閉塞してしまうので、安定した地下水位が計測できない場合がある。
土質試験※ (湿潤密度試験)	標準貫入試験で得られた試料は、ほぼ自然な状態と一致すると考えられ、湿潤密度を計測することができる。	乱した試料であり、正確な測定はできない。このため、「土質別標準値」により推定する。
土質試験※ (粒度試験)	標準貫入試験で得られた試料は、ほぼ自然な状態と一致すると考えられ、ほぼ正確な粒度が確認できる。	上部の孔壁の土が崩落混入したり、地下水で細かい粒子が洗われたりする可能性があり、ある程度の誤差を含む。
費用の目安 (土質試験を除く)	¥27,000/m程度 (ボーリング調査を含む)	¥7,000/m程度 (地下水位計測・サンプリングは別途)

(注) ※印は、サウンディングには本来含まれない項目

調査方法は、各地層の試料を自然に近い状態で採取でき、液状化判定に必要な正確なデータの得られる「標準貫入試験」を基本とします。

「SWS試験」は標準貫入試験と比較して簡易であることから、試験費用が安いという利点があり、一般住宅の地盤調査として広く普及しておりますが、試料採取、地下水位の計測、土質試験、地質の状況により正確な計測できない場合もあり、下記（参考）のとおり計測値に誤差を含む可能性があります。このため、液状化危険度マップの「液状化の可能性が低い」とされる地域において、調査しようとする付近の過去のボーリング調査資料から液状化に対し安全であることを確認する場合や、市南部地域の砂質土のみで形成される地層の地盤で液状化判定をする場合などに限って活用してください。

（参考）液状化判定に「SWS試験」を用いる有用性の検証

液状化判定に「SWS試験」を用いる有用性について検証するため、袋井市内8箇所の既存のボーリング（標準貫入試験）調査箇所において、SWS試験を実施し、得られた数値や試料から液状化判定を行い、両者の結果を比較しました。

その結果、市南部の砂質地盤においては両試験から同様の液状化判定結果が得られたものの、内陸部のシルト質土や粘性土を含む地盤のある箇所では、判定値が液状化に対し安全側となることが判明しました。

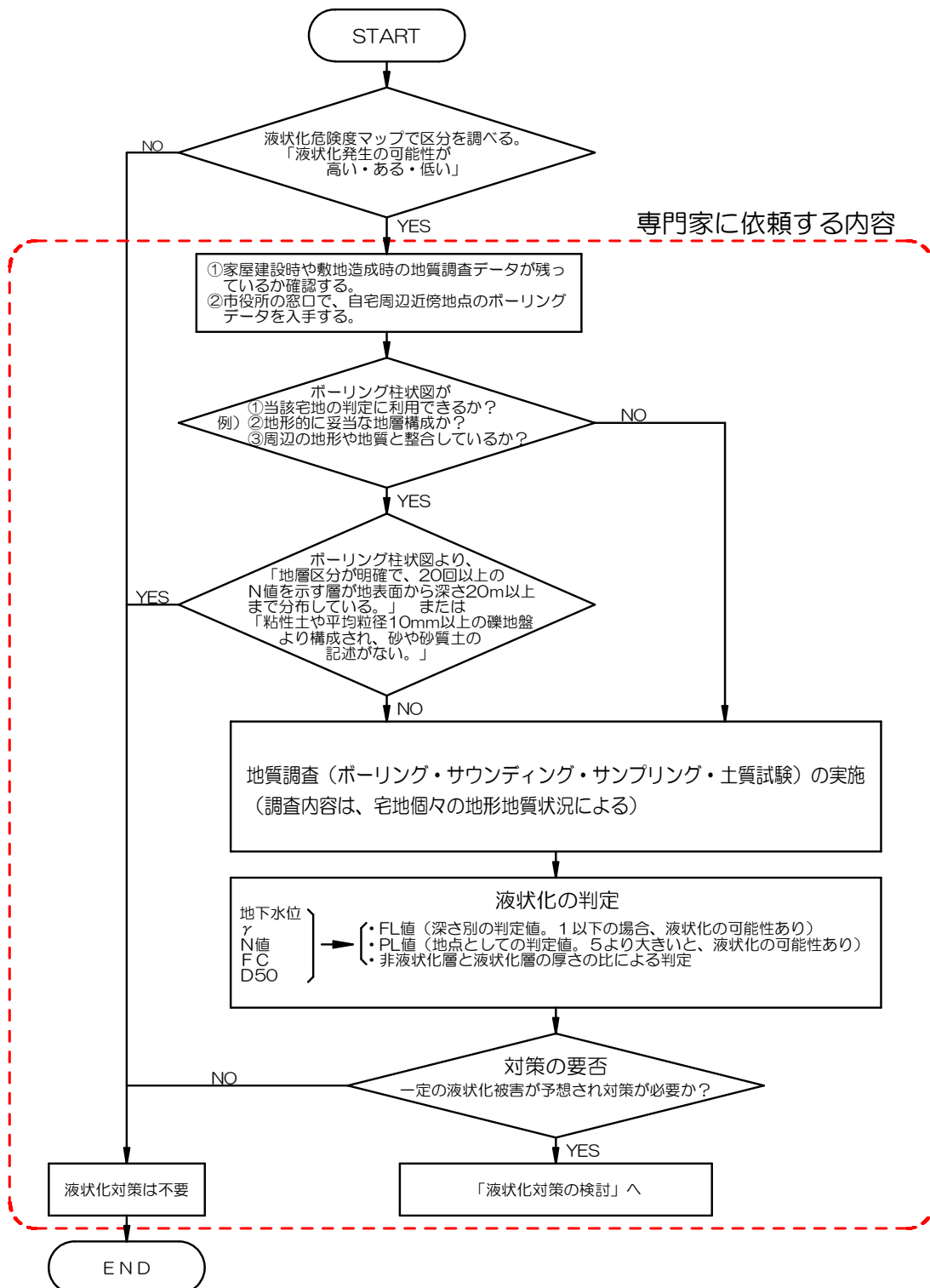
これは、SWS試験から得られる土の試料は標準貫入試験で得られる試料に比べ、採取する土が乱されており各地層に含まれる土の砂質分の採取が難しいためと思われます。

この検証結果からSWS試験が有効な場合は、機械の掘削能力から、地表面付近に障害となる硬い層が存在しない（アスファルト舗装・コンクリートたたき・岩塊や玉石を含む盛土層・コンクリート殻が混じった埋土層 などが存在しない）箇所を前提条件とし、次の2ケースとなります。

- ・液状化危険度マップの「液状化の可能性が低い」地域の砂質土を含まない軟らかい粘性土層で、付近の過去のボーリングデータから液状化しないことが判定され、これに基づき現地の状況を確認する場合。
- ・市南部の砂質土のみで形成された地層の地域で判定する場合。

## 6-7 液状化判定のフロー

液状化判定は次のフローで行います。「液状化危険度マップ」で液状化の可能性が「高い・ある・低い」に区分されている場合は、市役所の窓口などでその土地の付近にこれまでに実施したボーリングデータを調べることもできますが、地盤に関する専門家に相談することをお勧めします。専門家は市役所の窓口でも紹介しています。既存のデータで判定ができない場合は、6-1から6-4で示した調査試験を行い、液状化の判定を行うこととなります。



## 6-8 液状化判定の方法

地中のある位置が液状化するかどうかを判定する方法としては、「FL値」という値を算出して、その値を判断するのが一般的です。

また、地中に発生した液状化現象が地表面やそこに立地する構造物に及ぼす影響を判断するためには、FL値を基に深さ方向に重みをつけて足し合わせた「PL値」によって判断する方法や、地中の液状化層とその上の非液状化層の関係から判断する方法などがあります。

液状化判定において想定する地震動には、中規模地震動と大規模地震動があり、液状化判定で用いられる地表面加速度の大きさは、中規模地震で200gal、大規模地震では350galを想定することが一般的で、次のように定義されています。

地震動の区分（建築分野）

区分	定義	想定震度 (地表面加速度)
中規模地震動	供用期間中に1～2回程度発生する一般的な地震動	5強程度 (200gal)
大規模地震動	直下またはプレート境界で発生する地震を想定した高レベルの地震動	6強～7程度 (350gal)

参考「宅地防災マニュアルの解説」「建築基礎構造設計指針」

どちらの地震動を想定するかは、建て主や設計者の判断によりますが、本書では大規模地震動を想定することを基本とします。

建物被害は、液状化だけでなく建物の揺れなど、複数の要因で被害が発生する可能性があり、総合的な判断が必要となりますことから、専門家に相談し、最も効果的な被害軽減対策について検討を進めることが大切です。

## 6-9 FL値による液状化の判定

ある深さの位置（例えば、深さ1.3m・2.3m・3.3m…）の各地層において、想定した地震動による液状化に対する安全率（FL値）を計算で求めます。

FL値は、6-1で説明したデータ（地層の形成状況＝各地層の厚さ、地下水位、強さ＝N値、土粒子の構成＝FC・D50）を使って算出します。FL値が1より大きければその位置の土は液状化しない、FL値が1以下の場合には液

状化すると判定されます。

複数の地層における FL 値がすべて 1 より大きい場合には想定した地震動による液状化が発生する可能性はありません。

## 6-10 液状化の影響の判定

### 6-10-1 PL 値による影響の判定

PL 値は、深さ方向で異なる位置で求めた複数の FL 値（例えば、深さ 1.3m の FL 値、2.3m の FL 値、3.3m の FL 値、…）を使い、深さ方向の土の重みを足し合わせて算出します。この値で、液状化の影響が地盤表層あるいはそこに位置する構造物に及ぼす度合を判定します。

PL 値による液状化の影響程度の判定区分は次表のとおりです。PL 値が大きいほど液状化による影響が大きくなります。

PL 値による判定の区分

区分	液状化の影響の程度	PL 値	
		(レベル1 地震動)	(レベル2 地震動)
(a)	液状化による影響は小さい	$0 \leq PL \leq 5$	$0 \leq PL \leq 5$
(b)	液状化による影響が大きい	$5 < PL \leq 15$	$5 < PL \leq 20$
(c)	液状化による影響が非常に大きい	$15 < PL$	$20 < PL$

「液状化地域ゾーニングマニュアル平成10年度版」より

地震動の区分（道路分野）

区分	定義
レベル1 地震動	供用期間中に発生する確率が高い（1～2回程度発生する）地震動
レベル2 地震動	供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動 （大規模なプレート境界地震や直下型地震）

「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」「道路土工要綱（平成21年度版）」より

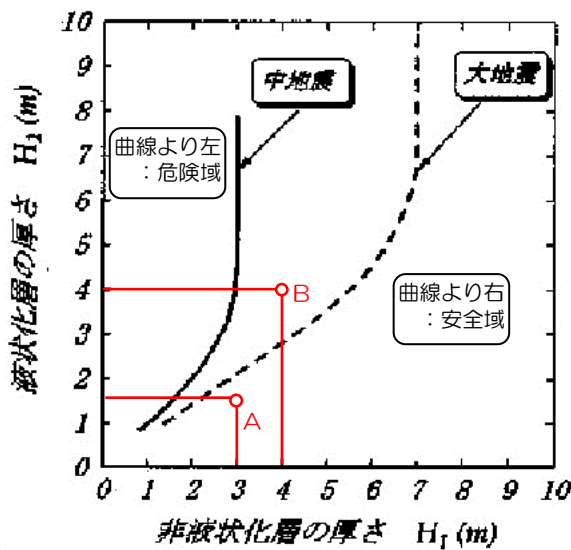
※静岡県が平成25年6月頃の公表を目指して策定している第4次地震被害想定におけるレベル1地震およびレベル2地震と、上表のレベル1地震動およびレベル2地震動は、異なるものです。



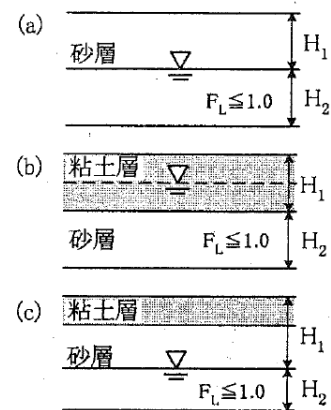
## 6-10-2 非液状化層と液状化層の厚さの比による影響の判定

地層中に液状化が生じても地表面に液状化しない地層がある程度の厚さで存在すれば、液状化の影響が地表面に及ばなかった過去の事実があります。

次図は液状化の発生の傾向をそれぞれの地層の厚さの比で整理されたものであり、非液状化層厚 $H_1$ および液状化層厚 $H_2$ が明確に設定できる場合には有効です。



液状化の影響が地表面に及ぶか否かを定める  
非液状化層厚 $H_1$ と液状化層厚 $H_2$ の関係



非液状化層厚 $H_1$ および  
液状化層厚 $H_2$ の設定方法

「宅地耐震設計マニュアル(案)H15.3月 都市基盤整備公団」より

前図に示す曲線は、中地震及び大地震において、地表面付近に噴水・噴砂、クラック、不同沈下などの影響が生じるか否かの境界を示すものです。

図の見方について説明します。想定地震動に対して、液状化層の厚さと非液状化層の厚さの関係（交点）が曲線の右側に位置する場合、非液状化層の厚さが優位となり地表面にこれらの地盤変状が生じないものと考えます。

逆に曲線の左側に位置する場合、液状化の発生によって地表面には何らかの変状が生じることを示します。

例えば、グラフ内のA点は、地表面の非液状化層が厚さ3m、その下に液状化層が厚さ1.5mで存在しているため、A点到ットされます。この位置は中地震と大地震の曲線の右側に位置することから、いずれの地震に対しても液

状化の影響はないものと判断されます。

B点は、地表面の非液状化層が厚さ4m、その下に液状化層が厚さ4mで存在しているため、B点にプロットされます。中地震の曲線より右側であるため、中地震による液状化に対しては影響がないものと判断されます。しかし、大地震の曲線よりも左側にあるため、大地震による液状化では影響が地表面に及びることとなります。

## 7 液状化対策工法

### 7-1 液状化対策の考え方

液状化対策工法には、液状化しないように地盤を改良する工法や、液状化が発生しても建物に沈下や傾きが発生しないようにする工法など様々な種類があります。どの工法を選択するかは、想定する地震動の規模、地盤の状況、対策に投じることができる費用や、被害抑制に対する考え方などによります。対策を講じるためには相応の費用が必要となるため、専門家と相談しながら検討することが重要です。

住宅地を対象とした液状化対策工法は、液状化が発生する前に対策をしておく「被災前の対策」と液状化の被害が発生した後に復旧する「被災後の対策」に大別されます。

また、住宅の液状化対策をより効果的なものとするためには、揺れによる建物の倒壊や損壊などが発生しないように耐震対策※をしておくことが前提となりますので、併せて専門家にご相談ください。

※ 阪神・淡路大震災（平成7年）では、亡くなられた方の8割以上が建物の倒壊などによる圧死で、昭和56年以前の旧耐震基準で建てられた木造住宅において、特に大きな被害が出ています。

建物の耐震化が地震から命を守る最大の事前対策となることから、県と市が協力して、「プロジェクト TOUKAI（東海・倒壊）-0」を推進しています。詳しくは市のホームページをご覧ください。

#### 【被災前の対策】

住宅を新築する場合と既に建物が建っている場合により適用できる対策が異なり、工法についても、次のように「被害を防止する対策」と「被害が発生した場合に建物の修復を軽減する対策」に分類されます。

(1) 被災後の建物の修復を容易にする。(修復軽減対策)

ベタ基礎、基礎補強

(2) 液状化しても建物の沈下や傾きが発生しないようにする。(被害防止対策)

杭基礎

(3) 地盤が液状化しにくいように地盤を改良する。(液状化防止対策)

安定処理工法（浅層・中層／柱状改良・全面改良）、ドレーン工法、注入工法（薬液・グラウト）

【被災後の対策】

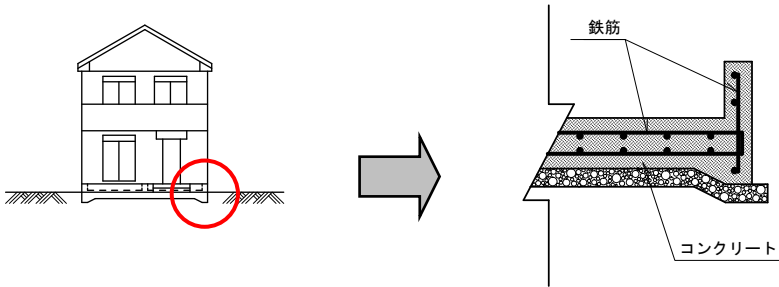
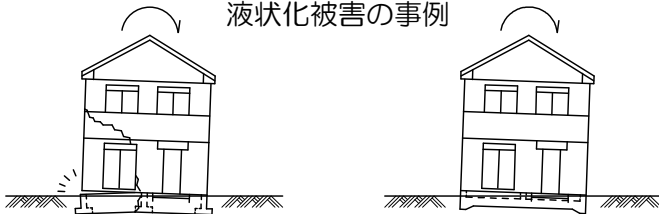
地震によって液状化が発生し、建築物が沈下し又は傾くなどの被害が生じた場合、被災前の状態に戻し使用するための修復工法です。

## 7-2 被災前の対策工法

下表に被災前の液状化対策工法の代表的な個別工法を抽出し、概要を個票にまとめて示します。

被災前の液状化対策工法一覧表

建物の状態	施工対象	対策の分類		工法の分類	
		対策の種類	対策の内容	工法の種類	具体的な工法
新築	建物	修復軽減対策	(1) 被災後の建物の修復を容易にする	基礎	①ベタ基礎
		被害防止対策	(2) 液状化しても建物の沈下や傾きが発生しないようにする		②杭基礎
	地盤	液状化防止対策	(3) 液状化しにくいように地盤を改良する	地盤改良	③安定処理工法（柱状改良・全面改良）
					④ドレーン工法
			その他	⑤注入工法（薬液・グラウト）	
				⑥矢板壁打設工法	
既存建物	建物	修復軽減対策	(1) 被災後の建物の修復を容易にする	基礎	⑦基礎補強
	地盤	液状化防止対策	(3) 液状化しにくいように地盤を改良する	地盤改良	⑤注入工法（薬液・グラウト）
				その他	⑥矢板壁打設工法

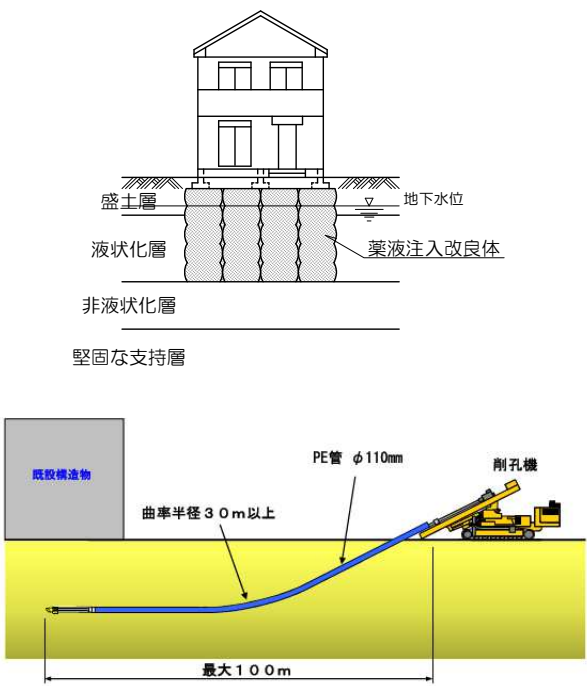
工法・区分		①ベタ基礎
個別工法名		ベタ基礎
工法の概要		  <p style="text-align: center;">液状化被害の事例</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>布基礎の場合</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 建物全体の傾きと沈下</li> <li>• 基礎の損傷</li> <li>• 上部の構造的被害</li> </ul> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>ベタ礎の場合</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 建物全体の傾きと沈下だけ</li> </ul> </div> </div> <p>建物の直下を1枚の鉄筋コンクリート版とする基礎であり布基礎に比べて頑丈で不同沈下防止効果もある。布基礎に比べて地盤反力が低減され地盤の地耐力は少なくともよいが、地盤の深部にまで建物の重さが影響するため沈下に関して注意を要する。 液状化被害防止対策を考える場合には、地盤改良(③④⑤参照)や杭基礎(②参照)を併用する必要がある。</p>
メリット		液状化被害防止対策工法ではないが、他工法に比べて経済的である。被災後の復旧対策を容易にすることができる。 上部の構造的被害を防止することができる。
デメリット		液状化被害防止対策工法ではないため、ベタ基礎だけでは液状化発生時の建物の沈下や傾きが発生することがある。
概算工事費		10m×10mの施工面積で厚さ20cmのスラブコンクリート工事だけで¥700,000(土工事、基礎立上り部コンクリート工事は別途)
新築住宅	施工性	特に支障はない。
	工期	1ヶ月程度
既存住宅	施工性	既存建物の布基礎をベタ基礎化することも場合によっては可能であるが、床板をはがすなど多くの準備工程を必要とし、煩雑であるため、現実的ではない。狭小な施工環境での工事となり新築時に比べかなり割高となる。(⑦参照)
	工期	
備考		液状化により沈下や傾斜が発生した場合、ベタ基礎は布基礎に比べて基礎の損傷の可能性が小さく、上部の構造的被害につながることも少ない。ベタ基礎の剛性と水密性より、ジャッキアップや薬液注入リフトアップの対応性が高い。

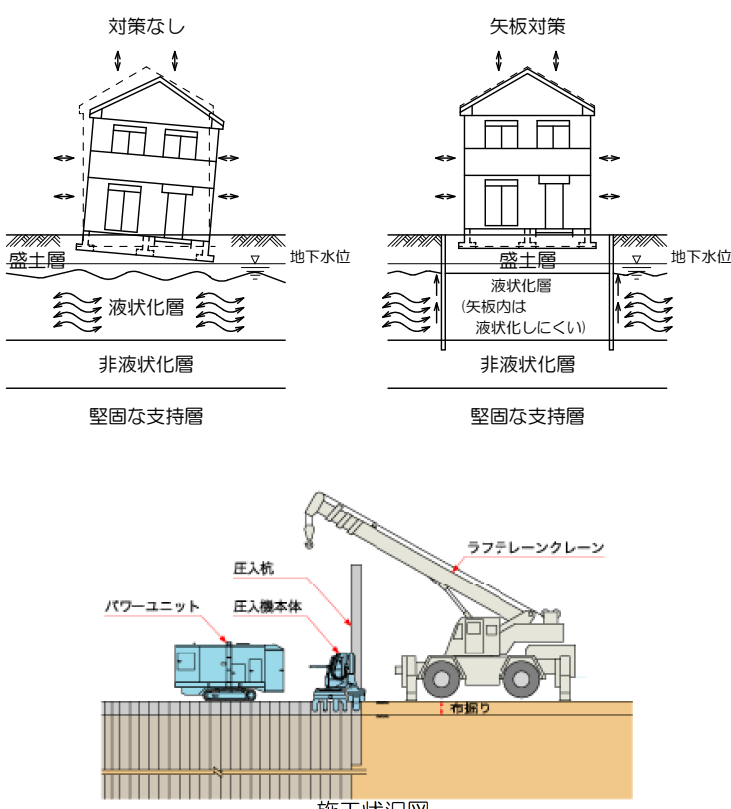
工法・区分		②杭基礎
個別工法名		小口径鋼管杭（イーゼット工法）
工法の概要		<p style="text-align: center;">小口径鋼管杭の先端形状の例</p> <p style="text-align: center;">現場状況</p> <p>建築物の重さを杭基礎を経て堅固な支持層に伝達させることにより安定を図る。多くの種類の住宅用小口径杭工法が開発され施工されている。</p>
メリット		液状化の有無に関わらず建物の安定性はある程度確保できる。
デメリット		液状化の発生は許容するため、建物と周辺地盤との間には段差が生じる場合がある。
概算工事費		小口径鋼管杭 $\phi 267.4 \times L8m$ の場合の事例、 $\yen 500,000$ /本 $10m \times 10m$ の施工面積、9本使用で $\yen 4,500,000$
新築住宅	施工性	小口径杭では回転圧入工法が一般的であり、小型機械（幅2m長さ5m）で施工できる。
	工期	2～3日程度
既存住宅	施工性	㊸杭・アンダーピニング工法参照
	工期	㊸杭・アンダーピニング工法参照
備考		杭頭部が基礎と結合されていない工法では、地震動により建物と杭基礎がずれて変形する可能性がある。この場合には沈下や傾きが発生するので注意が必要である。

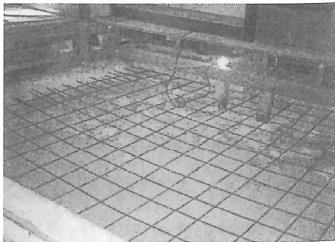
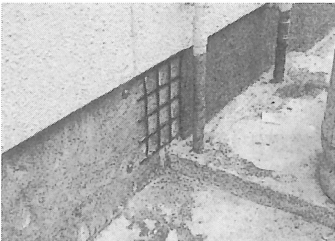
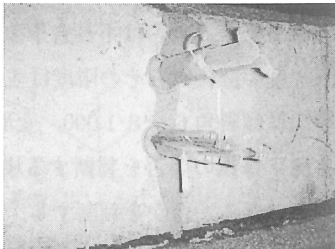
工法・区分		③安定処理工法（表層改良・中層改良）
個別工法名		柱状改良工法
工法の概要		   <p>← ↑ 柱状改良工法の一例</p> <p>軟弱地盤中で原位置土とセメント系の固化材料などの改良材を強制的に混合攪拌し、土と改良材を化学的に反応させて強度を高め、地盤性状を安定化させて、対象地盤を液状化しない地盤に変えてしまう工法である。</p> <p>改良対象の地盤が浅くて施工時の地下水対策が可能であれば、バックホウでかき混ぜる表層改良が適用可能であり、比較的安価に実施することができる。</p> <p>改良対象の地盤が深くなると専用の改良機を使った工法が数多く開発されており、パイプを地盤に差込んでその先端から改良材を噴射混合して柱状の改良体をつくる柱状改良工法は代表的な工法である。</p>
メリット		液状化層を改良した場合には液状化による被害が軽減される。
デメリット		環境悪化対策として六価クロム溶出のない改良材を使用する必要がある。
概算工事費		10m×10mの施工面積、深さ8mの改良範囲で、 ¥4,500,000～¥6,200,000（土質により変動が大きい）
新築住宅	施工性	小型の機械で対応可能である。
	工期	1～2週間程度
既存住宅	施工性	—
	工期	—
備考		液状化層が残る場合には液状化による沈下量の程度に関する検討が必用になる。

工法・区分		④ドレーン工法
個別工法名		グラベルドレーン工法（小型NUPグラベルドレーン工法・ハイスピード工法など）
工法の概要		   <p>砂地盤中に砕石の杭を造成することによって、地震発生時の間隙水圧を消散させ液状化を防止すると同時に、締固めによって地盤強度を増加させる、締固め機能付砕石ドレーン工法である。多くの施工実績を有し設計法も確立されている。小型施工機械（幅2.5m長さ5m）を使う宅地用途専用の工法である。</p> <p>締固めと排水の複合作用による液状化対策工法である。  砕石の締固めと同時に杭周辺地盤を締固める。  無振動・低騒音で施工でき、周辺の地盤への影響がないため、住宅地での施工に適した市街地環境対応型の液状化対策工法である。  使用する材料には単粒砕石を用いるため、地震時の水圧による目詰まりが生じない。また、自然材料なので、土地の売却時にも資産価値が下がる心配はない。</p>
メリット		無振動・低騒音で施工でき、周辺の地盤への影響がないため、住宅地での施工に適した市街地環境対応型の液状化対策工法である。
デメリット		液状化の発生により、建物と周辺地盤との間には段差が生じる場合がある。
概算工事費		10m×10mの施工面積、深さ8mの改良範囲で¥10,000,000 深さ5mの改良範囲で¥5,000,000
新築住宅	施工性	小型機械による無振動・低騒音工法であるため、既存住宅街の狭小な現場でも施工可能である。
	工期	調査期間を含め2週間程度
既存住宅	施工性	—
	工期	—
備考		



工法・区分		⑤注入工法（薬液・グラウト）
個別工法名		薬液注入工法（浸透固化処理工法）
工法の概要		 <p>地盤中に薬液を注入して、従来は水であった土粒子のすき間を薬液に置き換え固結させ、地盤の透水性を減少させたり地盤の強化を図ったりする地盤改良工法である。薬液は、水ガラス系薬液を主体として2～3の「硬化材」と「助剤」を添加するものを使用する。浸透固化処理工法は、改良球体の大きさが大きく、削孔本数を削減できるため類似工法に比べコストが低い。既存の建物周りからは、斜め方向に注入し、建物直下を改良することができる。また、曲線施工が可能であるため、建物直下の浅い位置の改良も可能である。低圧で浸透注入するため、地表面の構造物や家屋等への変位を抑制して施工できる。</p>
メリット		騒音振動がない。
デメリット		高額である。長期間を要する。
概算工事費		¥22,000～¥30,000/m <sup>3</sup> 10m×10mの施工面積、深さ8mの改良範囲で、¥17,600,000～¥24,000,000
新築住宅	施工性	騒音振動がない。
	工期	約6ヶ月
既存住宅	施工性	騒音振動がない。
	工期	約6ヶ月
備考		

工法・区分		⑥矢板壁打設工法
個別工法名		矢板壁圧入工法
工法の概要		 <p>施工状況図</p> <p>対象となる建築物の周囲を鋼矢板で締切ることにより地下水の動きを遮断し、液状化を抑えるとともにせん断変形も抑制する。      施工は、低騒音・低振動の圧入工法で行い、狭小部でも施工可能。      一般的な鋼矢板でも効果が得られるが、排水材がセットされた排水機能付き鋼矢板を用いると、外部の過剰間隙水圧は排水材を伝って地表に発散されるのでより効果的である。      非液状化層まで鋼矢板を打ち込むことを原則とした対策工法であるが、非液状化層に達していない短尺鋼矢板でも液状化抑制効果が確認されている。</p>
メリット		液状化の発生を抑えることができる。
デメリット		比較的高額である。
概算工事費		10m×10mの施工面積、深さ8mの改良範囲で¥10,000,000
新築住宅	施工性	コンパクトな圧入機本体（幅1m長さ2m）とパワーユニットのほか、杭材を圧入機本体に建て込むためのクレーンが1台あれば施工可能。
	工期	1～2週間程度
既存住宅	施工性	発進位置はクレーンが進入するスペースが必要であるが、それ以外では幅1m+αのスペースで施工可能である。
	工期	1～2週間程度
備考		家屋の取壊しや土地の売却時には杭体が地中の異物となるため、撤去が必要となったり土地の評価が低くなったりする。

工法・区分		⑦基礎補強
個別工法名		基礎補強
工法の概要		 <p>布基礎 → ベタ基礎化</p>  <p>炭素繊維材補強</p>  <p>エポキシ樹脂注入</p> <p>液状化による建物の沈下や傾斜を復旧する場合、基礎をジャッキアップすることが一般的である。このとき、既存の基礎にある程度の強度がないと基礎が損傷して所定の対策工事が行えなくなる。基礎補強は予め既存基礎を修復作業に耐えられるように補強しておく工法である。補強方法は、布基礎からベタ基礎への変更、布基礎の剛性を強化するためのコンクリートの増し打ちする方法や炭素繊維材を貼付ける方法など様々な工法がある。</p>
メリット		既存の建物の使用を継続できる。
デメリット		割高で施工性が悪い。あくまでも被災後の復旧工事を施工しやすくする対策であるので、液状化による建物の沈下や傾きは発生する。
概算工事費		既存の基礎形状や基礎の劣化状況に応じて個別に補強の設計が行われるため、工法により様々である。
新築住宅	施工性	—
	工期	—
既存住宅	施工性	床下や狭小空間での作業であり、施工性は悪い。
	工期	工法により様々であるが、準備工程を含め比較的長期間を要する。
備考		

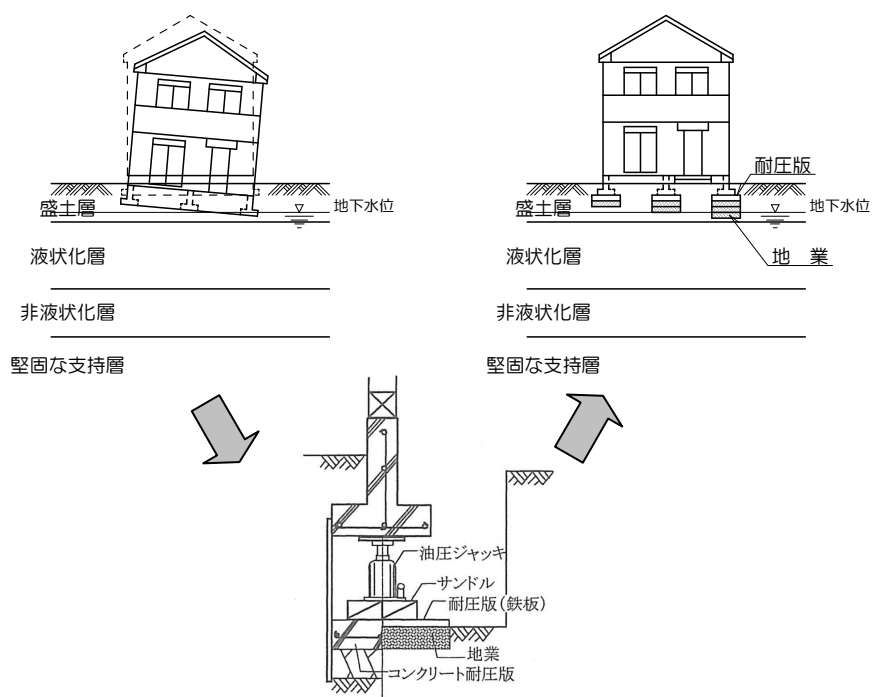
### 7-3 被災後の修復工法

下表に被災後の修復工法の代表的な個別工法を抽出し、概要を個票にまとめて示します。

被災後の修復工法一覧表

対策の分類	工法の分類
液状化による沈下傾斜被害発生後に被災前の状態に修復するための対策	⑧アンダーピニング工法
	⑨耐圧版工法
	⑩ポイントジャッキ工法
	⑪薬液注入リフトアップ工法

工法・区分		⑧アンダーピニング工法
個別工法名		アンダーピニング工法
工法の概要		<p>既存の直接基礎の下を掘削して、既存建物の重さを反力として1m程度の鋼管杭を継ぎ足しながらジャッキで地中に圧入する。支持層まで貫入した後、杭頭部を処理し、既存基礎からの重さを杭に伝達させる。新設の杭に対して既存の布基礎の剛性が不足する場合には、⑦で示した補強が必要となる。</p>
メリット		液状化の有無に関わらず建物の安定性はある程度確保できる。
デメリット		液状化の再発生は許容するため、建物と周辺地盤との間には段差が生じる場合がある。比較的高額である。
概算工事費		10m×10mの施工面積で杭長8mの場合、¥12,000,000～¥20,000,000 ※掘削の難易度や杭の支持層の位置により大きく変動する。
新築住宅	施工性	—
	工期	—
既存住宅	施工性	圧入工法であるため騒音振動はない。 床下や狭小空間での作業であり、施工性は悪い。
	工期	1～3週間程度
備考		杭径は114mm～165mmと細いので、折れ曲がりに対する配慮が必要であり多くの本数が必用になる。

工法・区分		⑨耐圧版工法
個別工法名		耐圧版工法
工法の概要		 <p>既存の直接基礎の下を掘削して、既存建物の重さを反力として仮受けと打設を繰り返して良質な地盤面に一体の耐圧版を構築する。 次に、耐圧版を反力に基礎をジャッキアップするとともに傾斜を修復する。 ジャッキアップの際、既存基礎に過度な変位や応力を発生させて損傷させないような慎重な施工が必要である。既存基礎が脆弱な場合は補強が必要となる。 掘削を伴うため、地下水位が高い場合には施工が不可能である。 反力を確保するための地盤が液状化などにより強度低下している可能性があるため、地盤改良などとの併用が必要になる場合もある。</p>
メリット		建物の沈下修復は比較的簡便に施工できる。再度修復する場合も比較的容易に対応できる。
デメリット		液状化層を改良していないため、再度液状化が発生した場合には同様の沈下や傾斜の被害を受ける可能性がある。比較的高額である。
概算工事費		10m×10mの施工面積の場合、¥10,000,000～¥14,000,000 ※掘削の難易度や支持層の地耐力により変動。
新築住宅	施工性	—
	工期	—
既存住宅	施工性	小型の施工機械で施工可能であるが、床下や狭小空間での作業であり、施工性は悪い。
	工期	3～5週間程度
備考		基礎と耐圧版の空間処理…発砲モルタルなどの注入で基礎と地盤を一体化させる。

工法・区分		⑩ポイントジャッキ工法
個別工法名		ポイントジャッキ工法
工法の概要		<p>既存基礎の一部をはつり、建物本体の土台下に爪付きジャッキを挿入してジャッキアップする。沈下・傾斜している既存基礎を反力にして、上屋をジャッキアップする。補強等を行い既存基礎を再使用する場合が多い。</p> <p>掘削や地盤改良を伴わないので、経費は比較的安く抑えられる。基礎は被災して傾いたり沈下したままの状態である。アンカーボルトを切断する場合もあるので、修復後の上屋と基礎の結合に注意する必要がある。</p>
メリット		建物の沈下修復は比較的簡便に施工できる。再度修復する場合も比較的容易に対応できる。
デメリット		液状化層を改良していないため、再度液状化が発生した場合には同様の沈下や傾斜の被害を受ける可能性がある。
概算工事費		10m×10mの施工面積の場合、¥4,000,000～¥6,000,000 ※床や壁の復旧費用が別途必要。
新築住宅	施工性	—
	工期	—
既存住宅	施工性	小型の施工機械で施工可能であるが、床下や狭小空間での作業であり、施工性は悪い。
	工期	3～5週間程度
備考		基礎自体は沈下傾斜の被害を受けたままであり、上屋荷重が偏って作用することにより不同沈下が助長される可能性がある。

工法・区分		⑪薬液注入リフトアップ工法
個別工法名		薬液注入リフトアップ工法
工法の概要		<p>建物外周から基礎下へ、さらには基礎直下へ、セメント系・水ガラス系薬液等を注入し、基礎地盤を改良するとともに、注入圧により既存基礎をリフトアップすることで、沈下傾斜を修復する。通常、圧力消散の心配が少ないベタ基礎に対してのみ有効であるが、布基礎の場合は圧力消散を防ぐ工程を経て施工する。注入によるリフトアップの際、基礎に過度な変位、応力を作用させて基礎を傷めない慎重な施工が必要である。建物外周から斜めに注入する場合、基礎直下の地盤を均質に改良することは難しい。</p>
メリット		狭小空間での作業が可能である。斜め施工が可能である。
デメリット		薬液注入の施工範囲はリフトアップのために基礎周辺部を対象としているため、下の地層で再度液状化が発生した場合には同様の沈下や傾斜の被害を受ける可能性がある。
概算工事費		10m×10mの施工面積で¥6,000,000～¥12,000,000 ※改良深度やリフトアップ高さにより変動。
新築住宅	施工性	—
	工期	—
既存住宅	施工性	小型の施工機械で施工可能であるが、床下や狭小空間での作業であり、施工性は悪い。
	工期	1～2週間程度
備考		



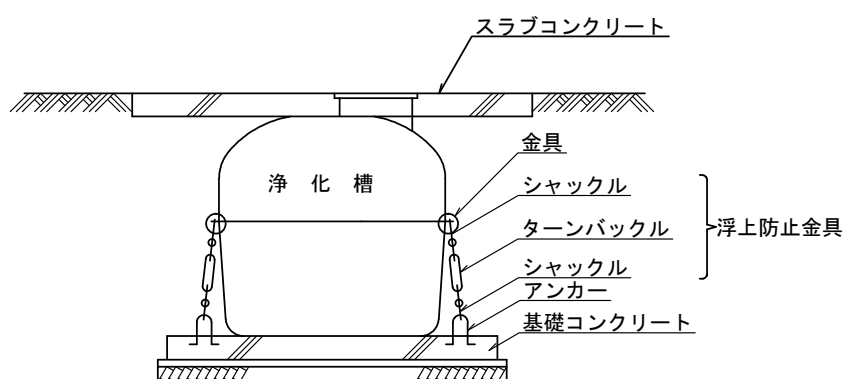
## 7-4 付帯設備の液状化対策

液状化の被害は建物本体にとどまらず浄化槽や屋外給湯ユニット、地中配管などの付帯設備等にも及びます。これらの液状化対策には次のようなものが挙げられます。

### ◆浄化槽の対策例

#### 【浮上防止金具】

基礎コンクリートのベース筋にフックを設ける金具を鉄筋に接続し、浄化槽本体側はフランジ部の吊り金具にシャックル等で金具を接続しターンバックル等で締結します。



浮上防止金具の模式図

### ◆屋外給湯ユニットの対策例

7-2で紹介した対策工法の内、屋外給湯ユニットにも有効な工法があります。液状化層を安定処理工法で固化し、ベタ基礎を給湯ユニット設置部まで拡大しておくことで給湯ユニットの液状化対策となります。

ただし、地震動による転倒防止などの耐震対策は別途必要となります。

### ◆排水管等の対策例

杭基礎や地盤の安定処理などで建物の液状化対策を行なっても未対策の周辺地盤で液状化が発生した場合、建物に接続される生活排水管や水道管などの地中配管は、対策済みの部分と未対策部分の境界部に大きなひずみが発生し、

管が破断したり、破断した管内に液状化した砂が流入して、復旧の大きな妨げになることが予想されます。



下水引込管の破断事例



下水引込管の応急復旧の例

この対策として、建物との接続部の変形に追従可能なフレキシブルジョイントを使用することを推奨します。



排水管用フレキシブルジョイントの例



給水管用フレキシブルジョイントの例

以上、対策例として紹介しましたが、詳細については専門家、設備メーカー、設備業者等に相談してください。

## 8 地盤データを活用した情報提供

袋井市内の既存地盤データを利用する試料調査については「6-7 液状化判定のフロー」で紹介していますが、調べ方について説明します。

### 8-1 袋井市のデータベース

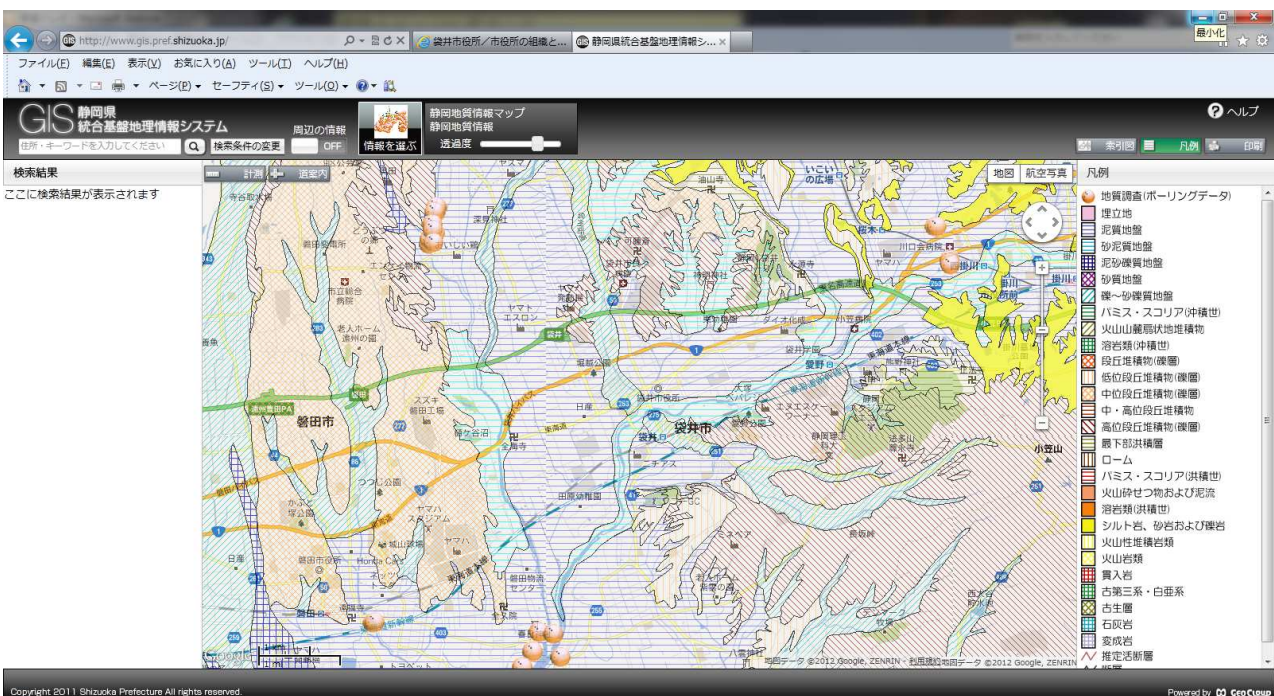
袋井市及び静岡県が過去に実施した公共事業に伴う680箇所の地質調査データがストックされています。地質調査データの閲覧については、下記にお問い合わせください。

袋井市 都市建設部 建築住宅課 TEL：0538-44-3123

### 8-2 県・国などのデータベース

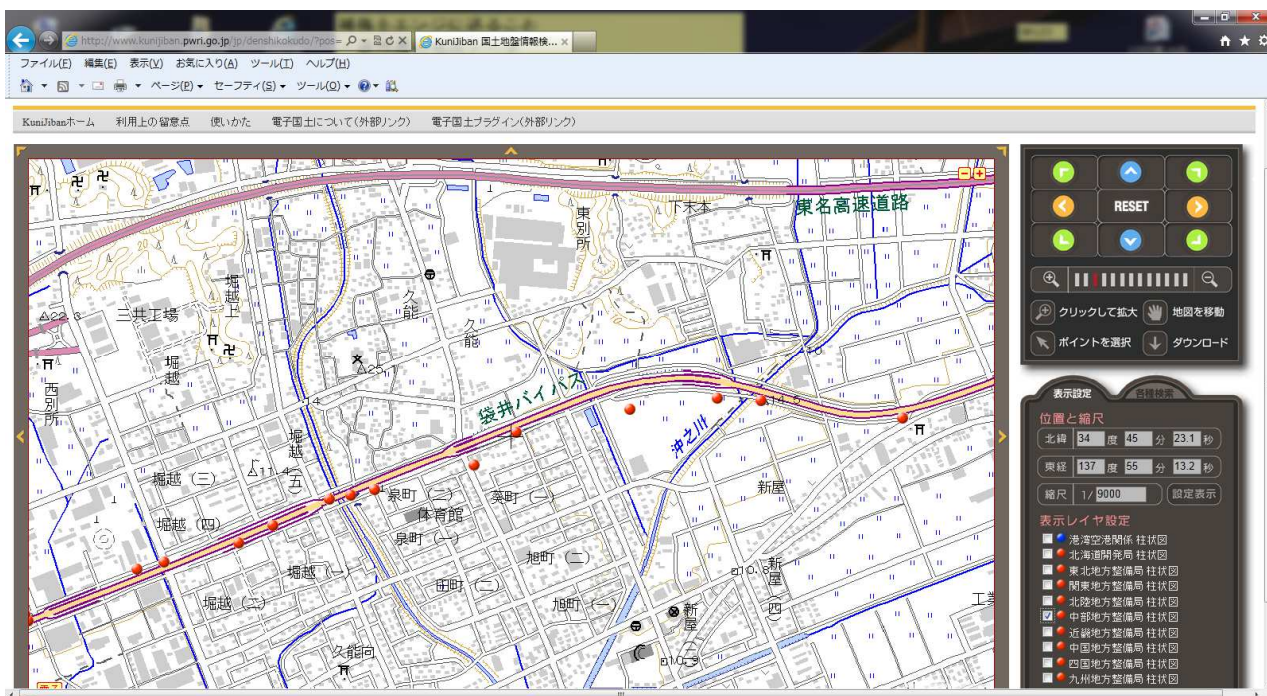
#### ・静岡県

静岡県統合基盤地理情報システム (<http://www.gis.pref.shizuoka.jp/>) で表層地質図とボーリングデータを閲覧することができます。



- 国（国土交通省 中部地方整備局）

国土地盤情報検索サイト K u n i J i b a n (<http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/>) で直轄工事において調査されたボーリングデータを開覧することができます。



## 9 行政及び関係機関の相談先

(1) 行政機関 袋井市都市建設部建築住宅課 0538-44-3123

// 総務部 防災課 0538-44-3360

(2) 関係機関 (公社) 静岡県建築士会西部ブロック

053-451-5166

## 用語の解説

【ア行】

### • 一部損壊（いちぶそんかい）

半壊に至らない程度の住家の破損をいう。

### • 埋立て地・盛土（うめたてち・もりど）

沼、水田、湿地、谷、海岸などに土砂を埋めた土地を「埋め立て地」という。また、低い地盤や斜面に土砂を盛り上げた土地を「盛土」という。いずれも人工的に造られた地盤であり、有楽町層のように数千年以上かけて自然堆積した地盤とは性質が異なる。

### • 液状化（えきじょうか）

#### 液状化現象（えきじょうかげんしょう）

地下水位の高い砂質地盤が、地震の振動により液体状になる現象。このことにより比重の大きい建築物等の構造物が沈下したり傾いたりするとともに、下水道管などの中空で比重の軽い構造物が浮き上がったりする現象。

### • FL値（えふえるち）

耐震設計上その地層が液状化するかどうかを判定する指標。FL $\leq$ 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。

### • N値（えぬち）

ボーリング調査の際、深さ1 m毎に質量63.5 $\pm$ 0.5kgのドライブハンマー（通称、モンケン）を76 $\pm$ 1cm自由落下させて、ボーリングロッド頭部に取り付けたノッキングブロックを打撃し、ボーリングロッド先端に取り付けた標準貫入試験用サンプリャーを地盤に30cm打ち込むのに要する打撃回数（標準貫入試験（JIS A 1219））により求められる地盤の固さ等を表す指標。

## 【力行】

### • 間隙水圧（かんげきすいあつ）

地下水による地盤内の水圧のこと。地下水以下の砂地盤が地震によって振動を受けると間隙水圧が上昇する。間隙水圧が上からかかっている重さによる圧力以上に上昇すると、土粒子の噛み合わせがなくなり土が液体状になる。（液状化）

### • 換算N値（かんさんえぬち）

スウェーデン式サウンディング試験（SWS試験）で得られた結果を用いて次の式により算定したN値のこと。

• 粘性土の場合は、 $N=3W_{sw}+0.050N_{sw}$

• 砂質土の場合は、 $N=2W_{sw}+0.067N_{sw}$

$W_{sw}$ =SWS試験で得られた貫入に必要な最低荷重

$N_{sw}$ =所定の目盛りまで貫入させたときの半回転数から換算した貫入量1mあたりの半回転数

### • 建築士（けんちくし）

建築物の設計及び工事監理を行う者。「建築士法」で定められた国家試験で、あらゆる建築物を扱うことができる1級建築士、建築物の規模や用途が限定された2級建築士、一定範囲の木造建築物のみを扱える木造建築士がある。

### • 剛性（ごうせい）

曲げやねじりの力に対する、変形のしづらさの度合いのこと。力に対して変形が小さい時は剛性が高い（大きい）、変形が大きい時は剛性が低い（小さい）という。

## 【サ行】

### • 細粒分含有率（さいりゅうぶんがんゆうりつ）

土中にある粒子のうち、0.075mmふるいを通過した粒子の含有質量百分率をいい、 $F_c$ で表す（JIS A 1223:2000）。地盤材料の工学的分類方法では、細粒土と粗粒土に分類するのに用いられる。また、N値から液状化の判定を行う場合の対象土

層の条件及び砂質土の繰返し三軸強度比を求める際の係数や、盛土の品質管理を規定するための材料区分にも使われる。

### • サウンディング（さうんでいんぐ）

地盤に衝撃や重さなどの負荷をかけ、その反応から地盤の強さをもとめる試験でロッドに付けた抵抗体を地中に挿入し、これを貫入・回転・引き抜かせ、その抵抗から地盤の性状を調査する方法。

### • 砂質土（さしつど）

粒径が0.075mm～2mmの土粒子を砂粒子と呼び、その砂粒子を主体とした土を指す。

### • 地震動（じしんどう）

地震によって発生する揺れのこと。一般的には地震動を「地震」と呼ぶことが多い。

### • 地盤（じばん）

橋脚、建物等の構築物の基礎を支える地面のことをいう。

### • 地盤改良（じばんかいりょう）

地盤が弱いため、構築物の基礎を支えられるように、あるいは液状化が発生しないように地盤を改良すること。混合処理工法、薬液注入工法、ドレーン工法など様々な工法がある。「7-2 被災前の対策工法」参照。

### • 地盤調査（じばんちょうさ）

構造物などを建てる際に必要な地盤の性質の把握などを目的として、地盤を調査すること。ボーリング調査（標準貫入試験）やスウェーデン式サウンディング試験などがある。

## • 地盤調査データ（じばんちょうさデータ）

地盤調査で得られた各種の地盤状況に関する数値情報

## • 地盤反力（じばんはんりょく）

建物等の重さが地盤に反対する力で、力÷面積（N/m<sup>2</sup>）で表される。布基礎は面積が小さいため地盤反力が大きく、ベタ基礎は面積が大きいため地盤反力が小さくなる。地盤反力が地盤の地耐力を下回っていれば安全と考えられる。

## • 締固め（しめかため）

盛土において、土の密度を上げるために締めて固める行為のこと。締固めには、いろいろな方法があるが、盛土では、ブルドーザー、タイヤローラー、タンパー、ランマーなどの建設機械を使って行うことが一般的である。締固めの程度が大きいほど盛土地盤の強度は大きく安定したものとなる。

## • スウェーデン式サウンディング試験（すうえーでんしきさうんでいんぐしけん） SWS試験（JIS A 1221:2002）

北欧のスウェーデン国有鉄道が1917年頃に路盤の調査を目的として採用し、その後スカンジナビア諸国で広く普及した調査方法。我が国では、1954年頃、建設省（現国土交通省）が堤防の地盤調査として導入したのが始まり。

調査方法は、先端に33mmのスクリーポイント（スクリーポイント）を鉄棒（ロッド）に取り付け、500N、750N、1kNと荷重を掛けた時点で静止状態による沈み込み（自沈）が無ければロッドを回転させ、25cm貫入するのに半回転（180度）で何回、回転したかを測定する。貫入状況（自沈状況、回転量）で地盤の硬軟を判定し、支持力などを評価することに使用する。



### ・全壊（ぜんかい）

内閣府による「災害の被害認定基準について」（平成13年6月28日付府政防第518号内閣府政策統括官（防災担当）通知）に規定される住家の被害認定の一つ。内容は、下表のとおり。

傾斜による判定（基礎と柱が一体的に傾く場合）	1/20以上
住家の基礎などの地盤面下への潜り込み量による判定	潜り込みが床上1メートルまで

### 【夕行】

### ・大規模半壊（だいきぼはんかい）

内閣府による「災害の被害認定基準について」（平成13年6月28日付府政防第518号内閣府政策統括官（防災担当）通知）に規定される住家の被害認定の一つ。内容は、下表のとおり。

傾斜による判定（基礎と柱が一体的に傾く場合）	不同沈下があり、かつ1/60以上 1/20未満
住家の基礎などの地盤面下への潜り込み量による判定	潜り込みが床まで

### ・玉石（たまいし）

粒径7.5cmから30cmまでの大きさの土粒子をいう。

### ・地下水位（ちかすい）

地下水までの深さ

### ・地耐力（ちたいりょく）

地盤がどの程度の荷重に耐えられるか、また、地盤の沈下に対して抵抗力がどのくらいあるかを示す指標。

### ・柱状図（ちゅうじょうず）

ボーリング調査の際に採取される深さ方向の土のサンプルから作られる地層構成及び地質の固さを表した図をいう。複数地点間での柱状図から断面図などを作成し、地質構造の推定を行うことに利用される。

### ・沈下量（ちんかりょう）

地盤の地表が沈みこむ量を指す。地盤の沈下には広域的な地盤沈下や盛土や構造物などの荷重による沈下、振動（地震時の液状化などを含む。）による沈下などがある。

### ・土の湿潤密度（つちのしつじゅんみつど）

土は、土粒子、水、空気の3相で構成されており、土の単位体積あたりの質量を「土の湿潤密度」といい、単位は（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）で表す。

土の湿潤密度は一般的に、粘性土で1.2～1.8（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）、砂質土で1.6～2.0（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）を示し、固い土ほど高い値を示す。

### ・東海・東南海・南海の三連動地震

#### （とうかい・とうなんかい・なんかいのさんれんどうじしん）

東海地震、東南海地震、南海地震という3つの巨大地震のうち2つ以上の地震が同時発生した連動型巨大地震のこと。

【ナ行】

### ・布基礎（ぬのきそ）

Tの字を逆にした断面形状の鉄筋コンクリートが連続して設けられた基礎のこと  
で、良質な地盤での住宅の基礎としては最も一般的であった。

### ・粘性土（ねんせいど）

0.075mm以下の細かい土粒子を主体とする粘着性のある土の通称名をいう。

## 【八行】

### ・半壊（はんかい）

内閣府による「災害の被害認定基準について」（平成13年6月28日付府政防第518号内閣府政策統括官（防災担当）通知）に規定される住家の被害認定の一つ。内容は、下表のとおり。

傾斜による判定（基礎と柱が一体的に傾く場合）	不同沈下があり、かつ1/100以上1/60未満
住家の基礎などの地盤面下への潜り込み量による判定	潜り込みが基礎の天端下25センチメートルまで

### ・PL値（ぴーえるち）

液状化指数ともいう。各深度でのFL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た数値で、調査地点での液状化危険度を表す。

PL値	液状化の危険度
PL=0	極めて低い
PL≤5	低い
5<PL≤15	高い
PL>15	極めて高い

### ・標準貫入試験（ひょうじゅんかんにゅうしけん）

サウンディングのひとつであり、N値をもとめる試験。通常、ボーリング調査と併せて深さ1mごとに実施される。「N値」参照

### ・平均粒径（へいきんりゅうけい）

土の粒度曲線において、通過質量百分率が50%のときの粒径をいう。D50ともいう。「6-4-2 土の粒度試験」参照

### ・ベタ基礎（べたきそ）

建物の直下を1枚の鉄筋コンクリート版とする基礎。布基礎に比べて地盤反力が低減され地盤の耐力は少なくとも対応可能であるが、地盤の深部にまで建物の重さが影響するため、沈下に関して注意を要する。

### • ボーリング柱状図 (ぼーりんぐちゅうじょうず)

ボーリング調査の結果をとりまとめた図表。「6-5-1 ボーリング柱状図の見かた」参照

### • ボーリング調査 (ぼーりんぐちょうさ)

地中に円筒状の穴を掘削し、地層構成や土質状況を調べる目的で行う作業を指す。

## 【マ行】

### • マグニチュード (まぐにちゅーど)

地震そのものの大きさ(規模)を表す。

マグニチュードの小さい地震でも震源からの距離が近いと地面は大きく揺れ、「震度」は大きくなる。マグニチュードの大きい地震でも震源からの距離が遠いと地面はあまり揺れなく、「震度」は小さくなる。マグニチュードが2増えるとエネルギーは1000倍になる。

## 【ラ行】

### • 粒径 (りゅうけい)

土を構成する土の粒子の大きさをいう。

### • 粒径分布 (りゅうけいぶんぷ)

土は土粒子と呼ばれる様々な大きさ(粒径)の鉱物で構成されるが、その土に含まれる土粒子を粒径毎に質量比率を分布として表したものの。

### • 粒度曲線 (りゅうどきょくせん)

土の粒度試験の結果を表す曲線で、横軸を粒径(mm)の対数、縦軸をフルイ目の通過質量百分率としたグラフにプロットされる。「粒径加積曲線(りゅうけいかせききょくせん)」ともいう。「6-4-2 土の粒度試験」参照