

過去の地震被害から学ぶ地盤の変化

～液状化現象のリスクと対策～



ジャパンホームシールド株式会社

2024年9月27日(金)

©JAPAN HOME SHIELD CORPORATION
ALL RIGHTS RESERVED.



Copyright © LIXIL Group Corporation. All rights reserved.

本日のアジェンダ

- 1.能登半島地震と過去に発災した地震概要
- 2.液状化に関する技術指針
- 3.戸建て住宅における液状化対応
- 4.まとめ

本日のアジェンダ

- 1.能登半島地震と過去に発災した地震概要
- 2.液状化に関する技術指針
- 3.戸建て住宅における液状化対応
- 4.まとめ

能登半島地震概要

調査エリアは震度5強の揺れを観測

日時：2024年1月1日 16時10分

震央：能登半島北東部

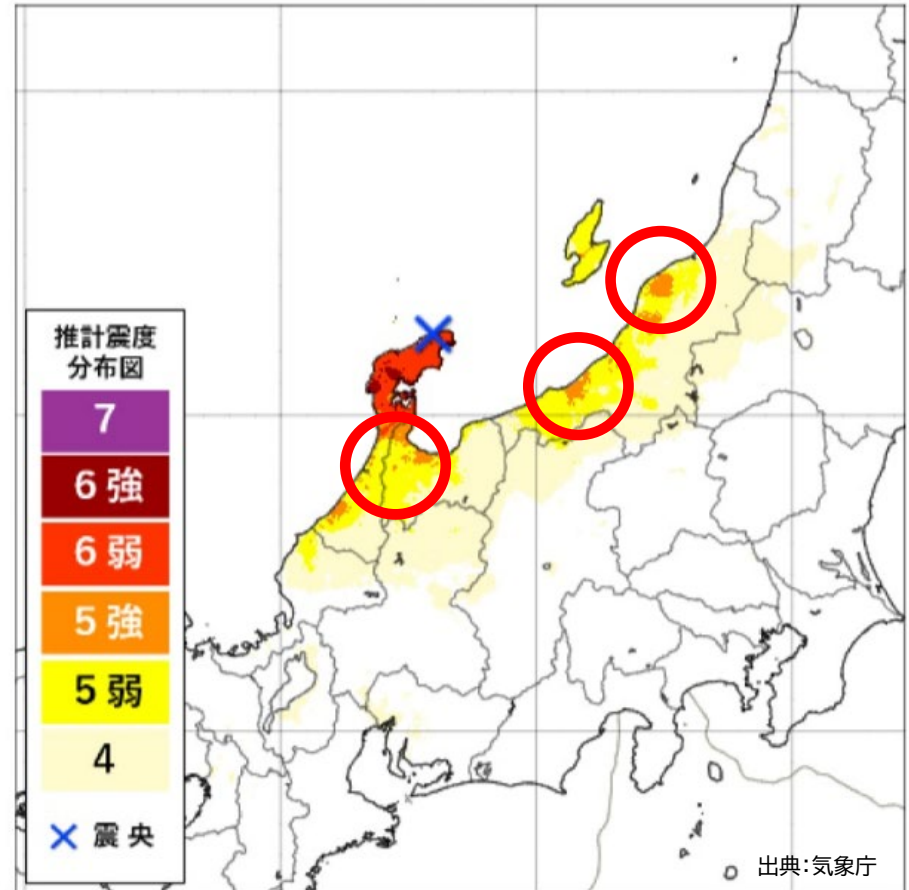
震源深さ：およそ16km

地震規模：マグニチュード 7.6

最大震度：7

発震機構：逆断層型地殻内地震

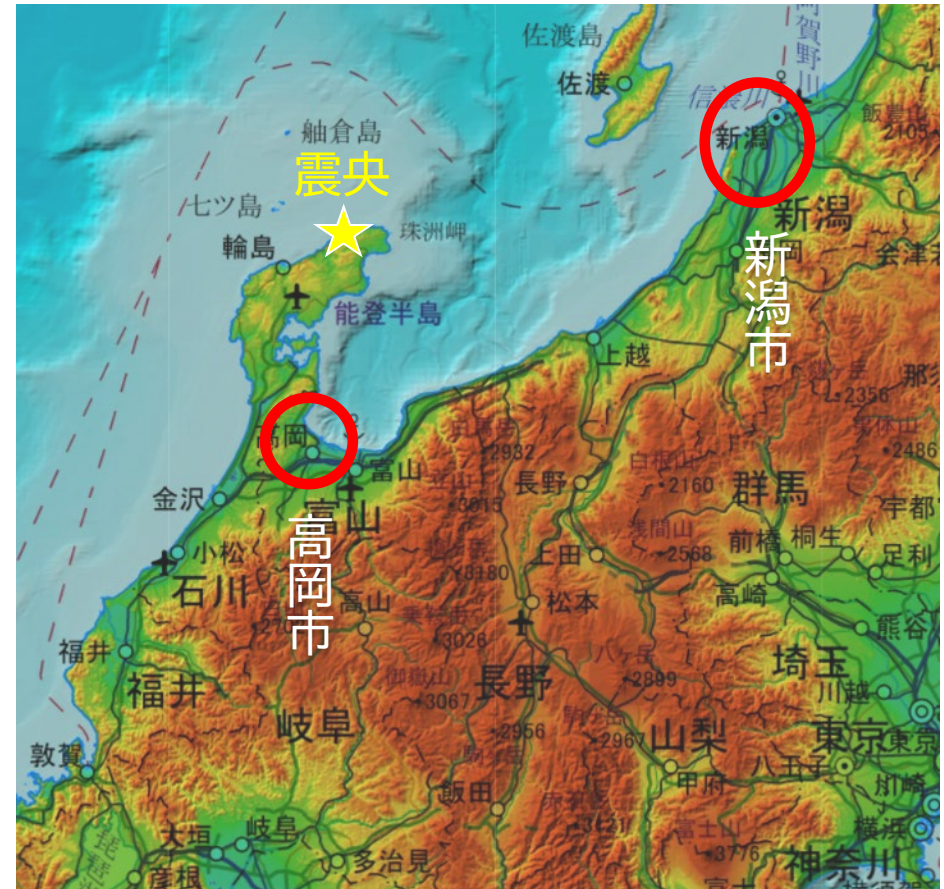
推計震度分布図



現地踏査結果

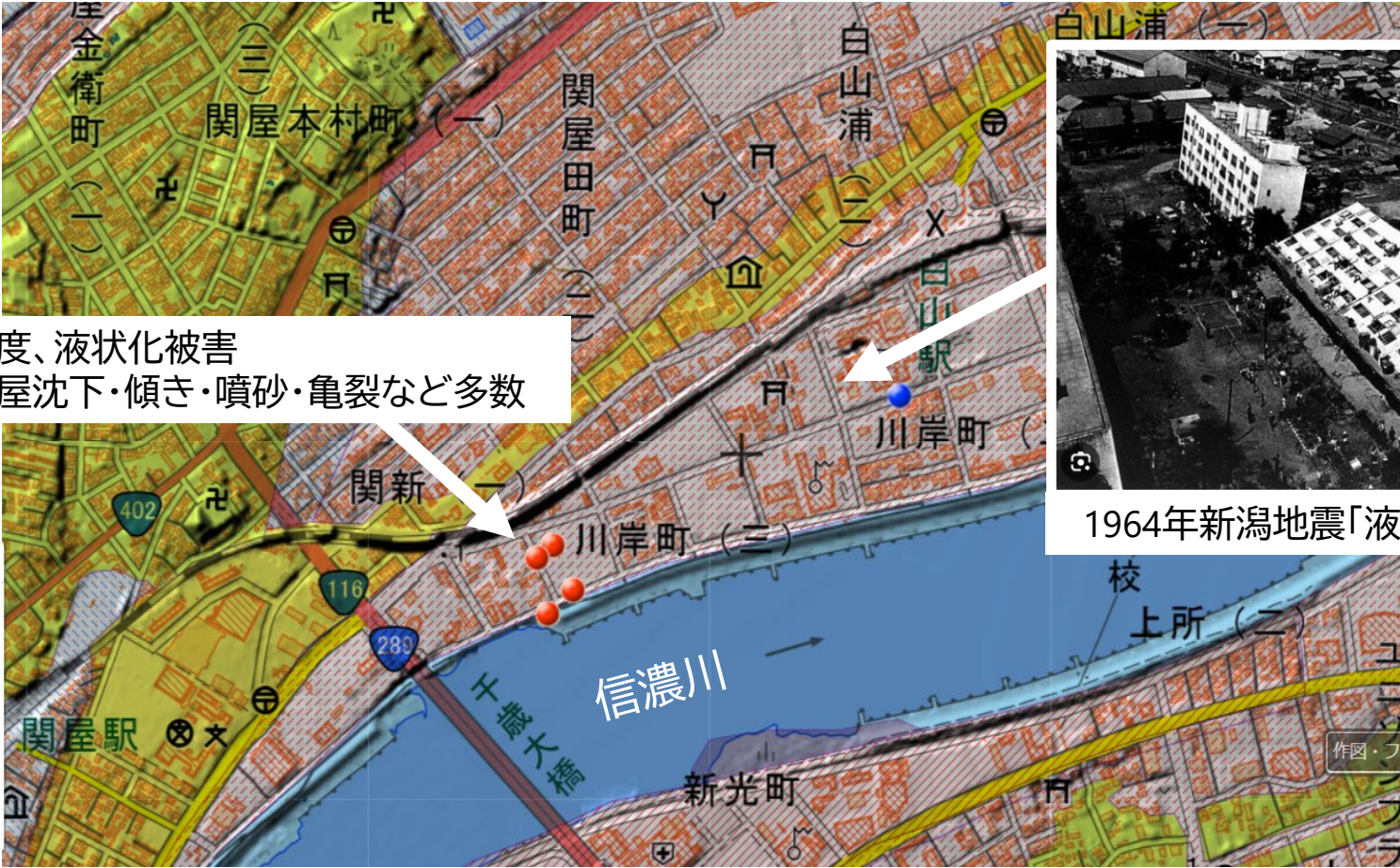
踏査地域の被災状況としては液状化被害が中心

- 目的
被災状況と被災地周辺の地形・地質条件を確認し、地震による地盤変状の原因予測。
戸建住宅における地盤の留意点に関する提案を行うこと。
- 現地調査期間
2024年1月10日(水)～12日(金)
 - ・ 新潟県 新潟市中央区・西区・江南区
旧河道での液状化被害について
 - ・ 富山県 高岡市
堤間の低地での液状化被害について



新潟市中央区川岸町

信濃川の旧河道にて被害多数。過去発生した地域にて再度液状化。



再度、液状化被害
家屋沈下・傾き・噴砂・亀裂など多数



1964年新潟地震「液状化現象」の場所

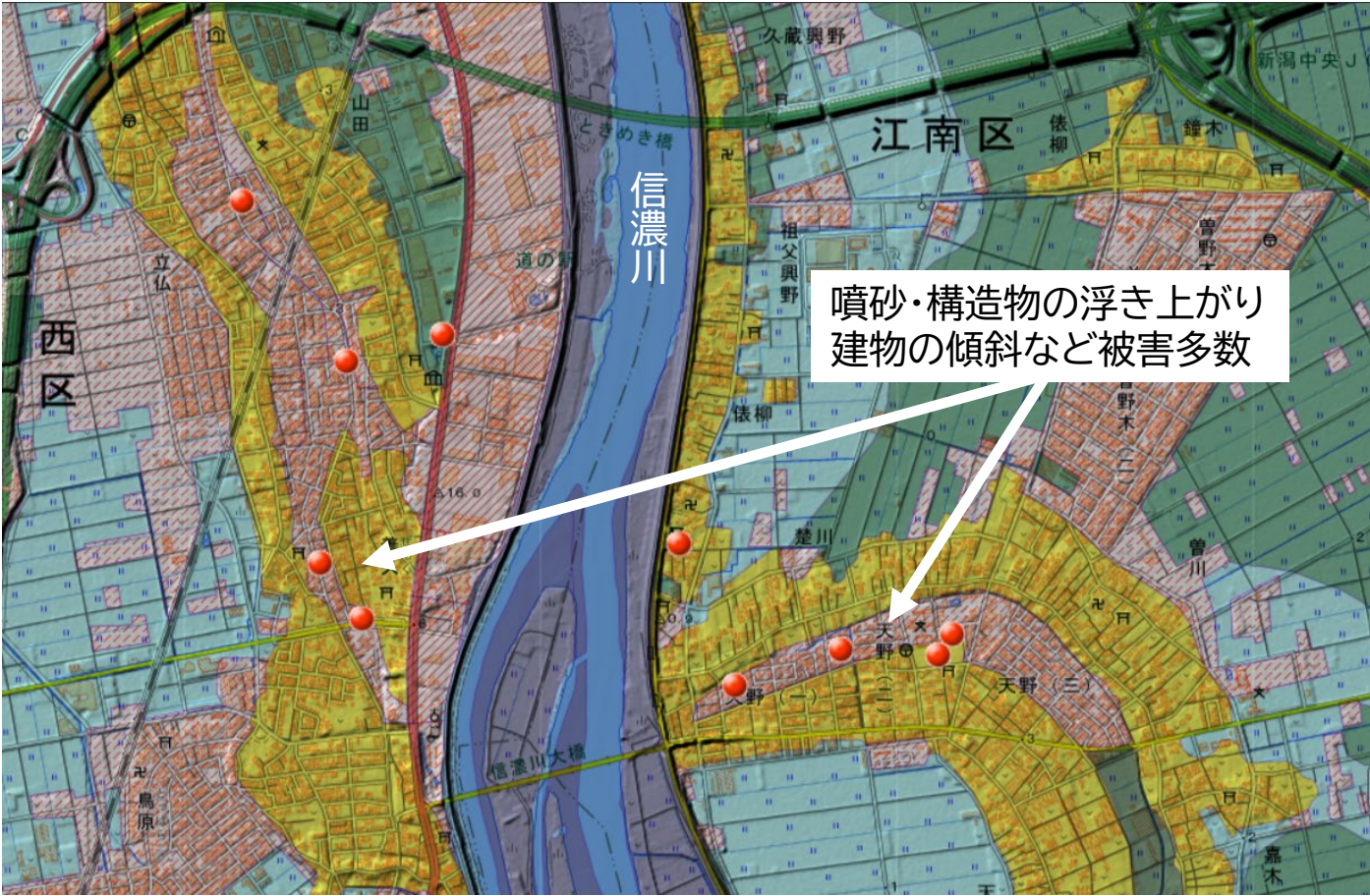
出典: 国立公文書館

- 踏査で確認した液状化被害なし
- 踏査で確認した液状化被害あり

出典: 国土地理院
地理院地図に加筆

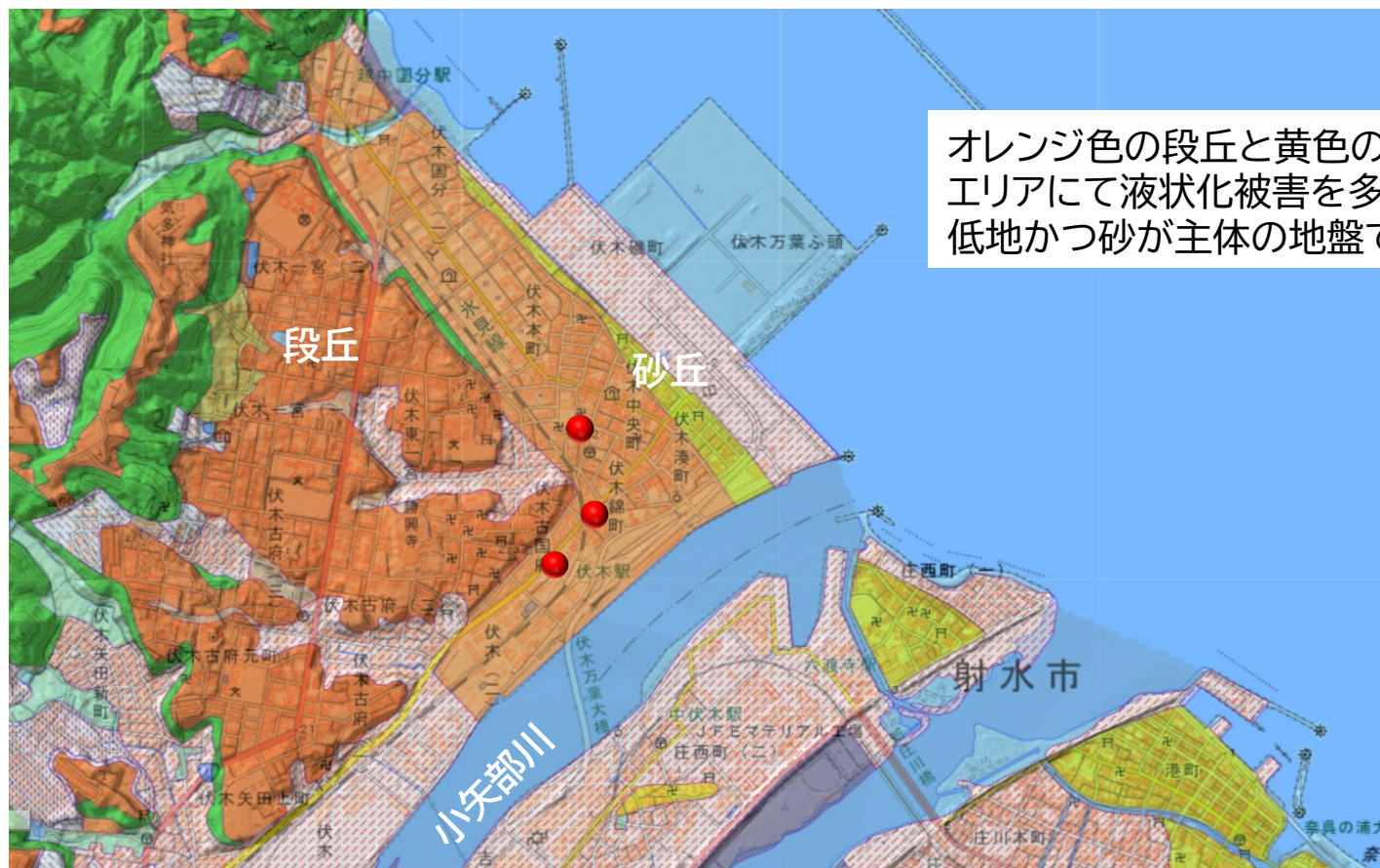
新潟市江南区天野・西区善久地区

信濃川の旧河道にて被害多数。過去発生した地域にて再度液状化。



富山県高岡市伏木地区・・・堤間の低地で被害多数

段丘と砂丘に挟まれた堤間の低地にて多数の被害



オレンジ色の段丘と黄色の砂丘に挟まれたエリアにて液状化被害を多数確認。低地かつ砂が主体の地盤である。

出典:国土地理院
地理院地図に加筆

近年の地震の被害状況(東日本大震災 2011年)

震度5(中地震動相当)程度でも液状化の被害が発生



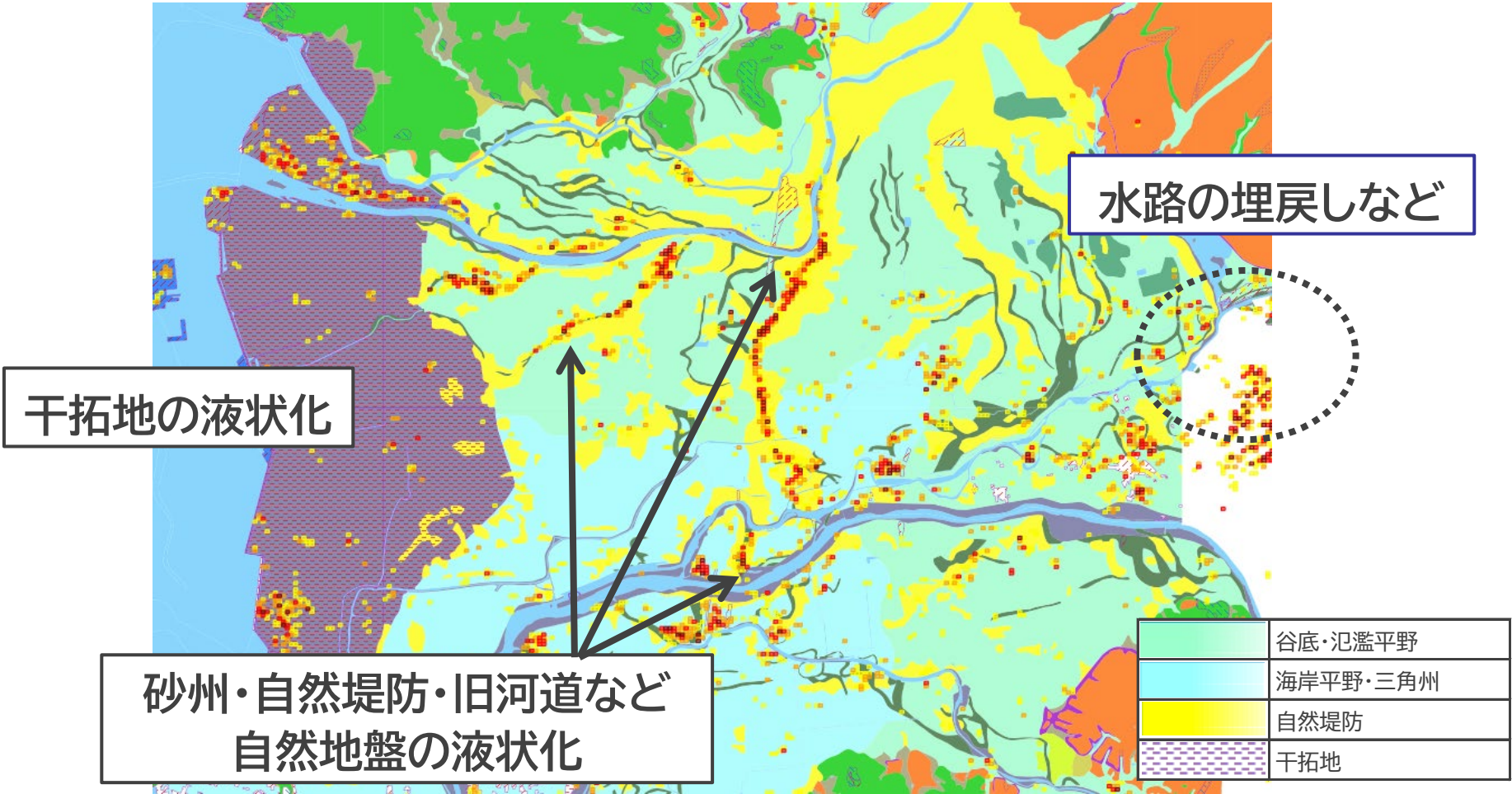
有史以来の液状化履歴(若松氏提供)



東北地方太平洋沖地震による液状化被害の特徴(若松氏)

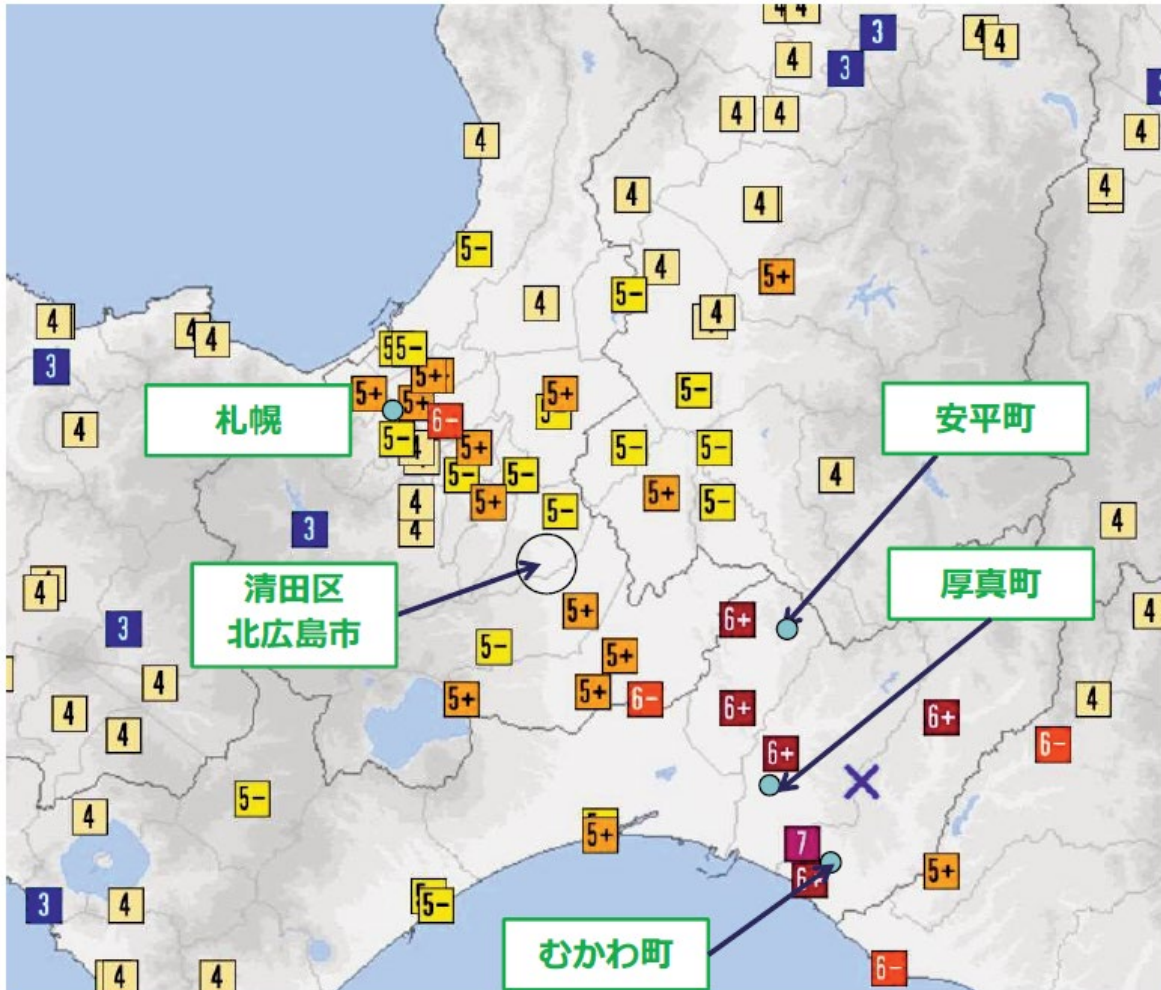
近年の地震の被害状況(熊本地震 2016年)

断層直下型地震のような短時間の揺れでも、液状化が発生
熊本平野で多くの液状化発生の特徴が確認されました



近年の地震の被害状況(北海道胆振東部地震 2018年)

札幌市内でも陥没や液状化の被害が複数発生



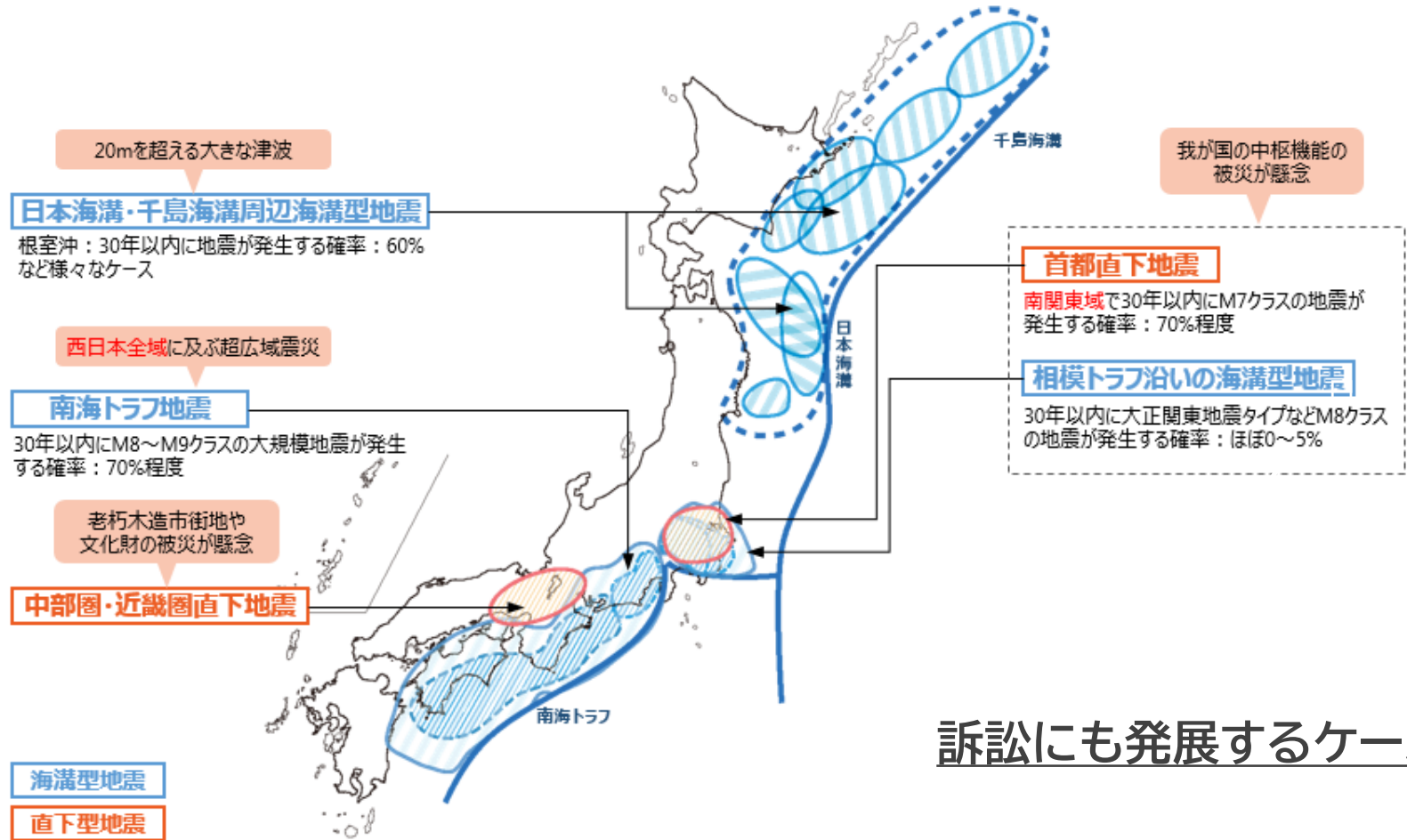
※Googleストリートビューより



※写真:日経コンストラクションより

今後想定される地震

全国どこでも起こりえる地震で、対岸の火事ではすまされない時代に。



訴訟にも発展するケースも

※内閣府HP参照 地震調査研究推進本部による(平成29年1月時点)

過去の地震からいえること

- ▶ 震度5(中地震動相当)程度でも液状化は発生する
- ▶ 過去に液状化被害にあった箇所でも再び液状化する可能性がある
- ▶ 盛土・埋土地盤(旧河道など)や緩い砂地盤(干拓地など)は危険度が高い



建物と一緒に地盤も地震(液状化)に備える時代へ変化

本日のアジェンダ

- 1.能登半島地震と過去に発災した地震概要
- 2.液状化に関する技術指針
- 3.戸建て住宅における液状化対応
- 4.まとめ

液状化被害の訴訟(東日本大震災 浦安の例)

訴訟の争点は、建築当時の技術指針に向けられます

■ 東京地裁 H26.10.8判決

大震災が起きて被害が発生するというのが**予見可能性があった**とは言えないとして、住民側の敗訴が確定した。

設計者や住宅会社・工務店はより高度で慎重な液状化対策を求められる段階に入っている

今後はこれが基準として扱われることになるだろう

これまで予見されていなかったこの震災以降新たな知見となった

判決が特に重視していたのは**予見可能性の有無**だった

争点と判断	現在は？
震度5でも振動時間が長ければ液状化被害が生じることを予測できなかった。	東日本大震災で経験済み
小規模指針でベタ基礎が推奨され、過去の地震(千葉県東方沖地震など)でも問題は無かった。	東日本大震災で大きな被害がでたのは事実
(小規模建築物)液状化対策を定める法令は無い。	法令は無いが解説書が改定
当時の知見に基づいて対策(ベタ基礎)をしていたのだから被害に対する説明義務は無い。	ベタ基礎でも被害は生じることは周知の事実

住民側が敗訴

今後の技術指針は？



出典: 日経ホームビルダー

3.11以降の変化(建築基準法)

構造関係技術基準書(技術指針)改訂。液状化に関して新たに追記されました。

国土交通省告示1113号第二

＜省略＞ただし、**地震時に液状化するおそれのある地盤の場合**＜省略＞建築物の自重による沈下その他の地盤の変形等を考慮して建築物又は建築物の部分に**有害な損傷、変形及び沈下が生じないことを確かめなければならない。**

3.11以降

建築物の構造関係技術基準解説書<2015年版>



＜P77抜粋＞また、近年の震災における特徴的な建築物の被害として、**地震時の液状化に伴う地盤変状による沈下等の障害があり、これを防止することも重要である。**

＜省略＞**液状化の生じる恐れのある層の位置(深さ)や層厚などを把握したうえで、適切な構造方法の基礎を設計する。**

【監修】

国土交通省国土技術政策総合研究所
国立研究開発法人建築研究所

建築士の責任について

住宅購入予定者も簡単にインターネット等で調べることが出来る時代に。

■ 建築学会HP

Q6: 液状化被害は、設計した建築士や建築確認をした機関は、責任を問われないのか？

A6: 設計に重大な過失があれば責任を問うことができます。重大な過失があったかどうかは裁判で争われます。

【解説】ここでいう重大な過失とは、**地盤が液状化することを知っていながら対策を行わなかった場合や、対策はしたけれども、そもそもの調査や設計がずさんであった場合**などが挙げられます。例えば、中地震(中規模の地震動)で液状化被害が発生することが予測できたり(予見可能性と呼ばれます)、対策をとることができた(結果回避可能性と呼ばれます)にもかかわらず何も行わなかったりした場合、責任を問うことができます。

「日本建築学会住まい・まちづくり支援建築会議 情報事業部会」より
作成日 2011年8月19日 改訂日 2015年3月26日

東日本大震災以降の液状化に関する経緯

様々な技術指針が整備され、**液状化は予見できる時代**に。

● 2013年4月 国交省 都市局 宅地の液状化被害判定指針

東日本大震災での被害を踏まえボーリングによる建築H1-Dcy(PL)法が提示

● 2014年4月 国交省 建築基準整備促進事業

SWSを基本に液状化判定する方法が提案

N値の推定法、試料採取は10mで10か所、Fcの補正

● 2015年4月 住宅性能表示にて液状化に関する情報項目追加

液状化に関する情報を評価書に記載、説明

● 2015年5月 住団連 性能表示制度における液状化に関する指針

液状化検討フローや各種調査、判定方法を紹介している。

● 2015年6月 構造関係技術基準解説書

これまでの簡易判定法は実被害と一致しないと明記され、H1-H2法が削除された。

液状化に関する記述が大幅に増えた。

今後の戸建住宅における液状化対応

最新の技術指針に則って、液状化リスクについて説明し合意を得ることが重要

1. お施主様に液状化判定の結果を説明する。

- ・液状化の危険性について検討する。
- ・危険度の大小にかかわらず、検討結果を正確に伝える。

2. お施主様に液状化対策について説明する。

3. 記録を残す

- ・お施主様に伝えた内容について書面で記録を残す。



契約内容確認シート(例)

建築基準法や過去の判例からいえること

- ▶ 液状化のおそれのある地盤かどうかの確認は必要
(国土交通省告示1113号第二)
- ▶ 液状化の生じる恐れのある層の位置(深さ)や層厚などを把握することも重要
(国交省監修 建築物の構造関係技術基準解説書〈2015年版〉)
- ▶ 設計に重大な過失があれば建築士への責任を問われる可能性がある
(建築学会HP)



液状化リスクを適切に確かめることは、企業リスクの回避にも繋がる

本日のアジェンダ

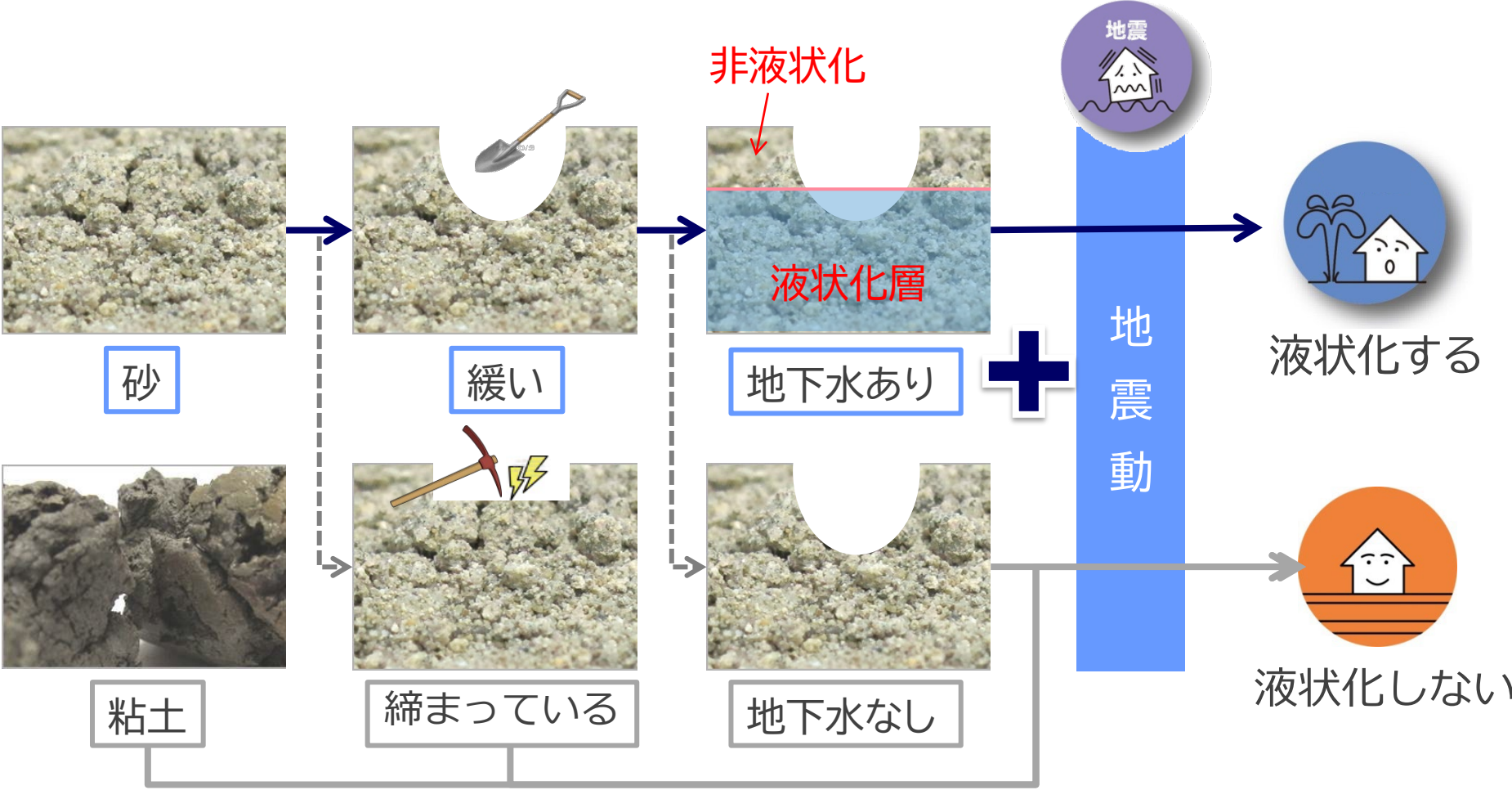
- 1.能登半島地震と過去に発災した地震概要
- 2.液状化に関する技術指針
- 3.戸建て住宅における液状化対応
- 4.まとめ

液状化が起きる3要素

要素① 土質

要素② 締め具合

要素③ 地下水



▶ どれか一つでも要素が不足していたら起きない。

SDS試験による液状化調査方法

液状化の3要素をSWS試験+SDS試験にて調べられます。



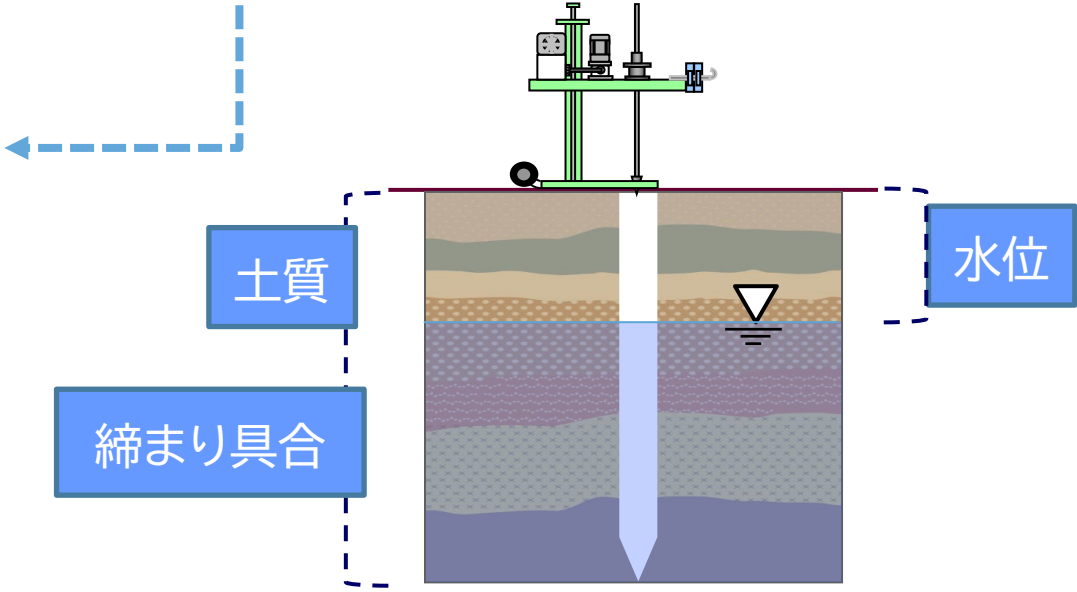
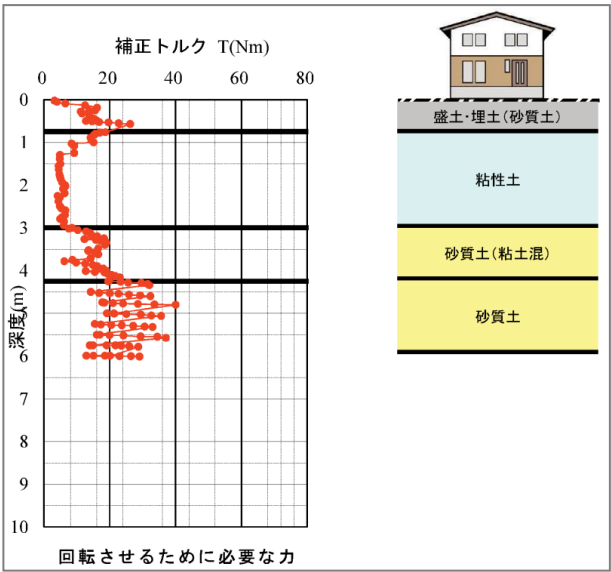
SWS試験
締まり具合を調べます。



SDS試験
土質(砂・粘土)を調べます。



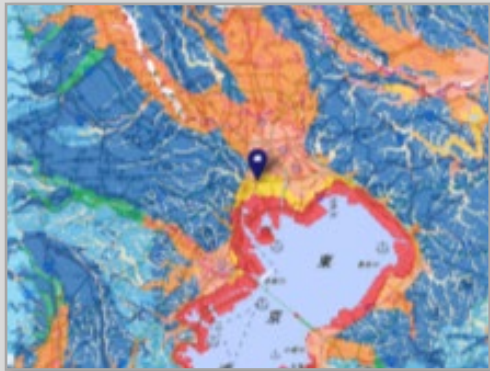
水位測定
地下水位を調べます。



液状化検討方法

SDSによる調査は、安価でBOR並みの液状化判定が可能です。

【概略】液状化マップ



<概要>

判別精度:低
調査費用:◎
判定時間:◎

<補足説明>

地形を元に危険度を判定していることが多く、実際の被害とは異なることが多い。過大評価、過小評価になりやすい。

【簡易】SDS調査法



<概要>

判別精度:中
調査費用:○
判定時間:○

<補足説明>

土質が推定できるSDS試験と水位の測定により、液状化危険度を推定する方法。

【詳細】BOR調査法



<概要>

判別精度:高
調査費用:×
判定時間:×

<補足説明>

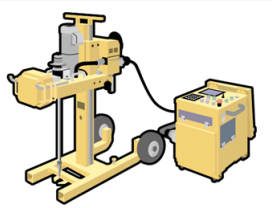
ボーリング調査と土質試験、水位測定から液状化の危険度を判定する方法。

液状化診断における土質判定の要点

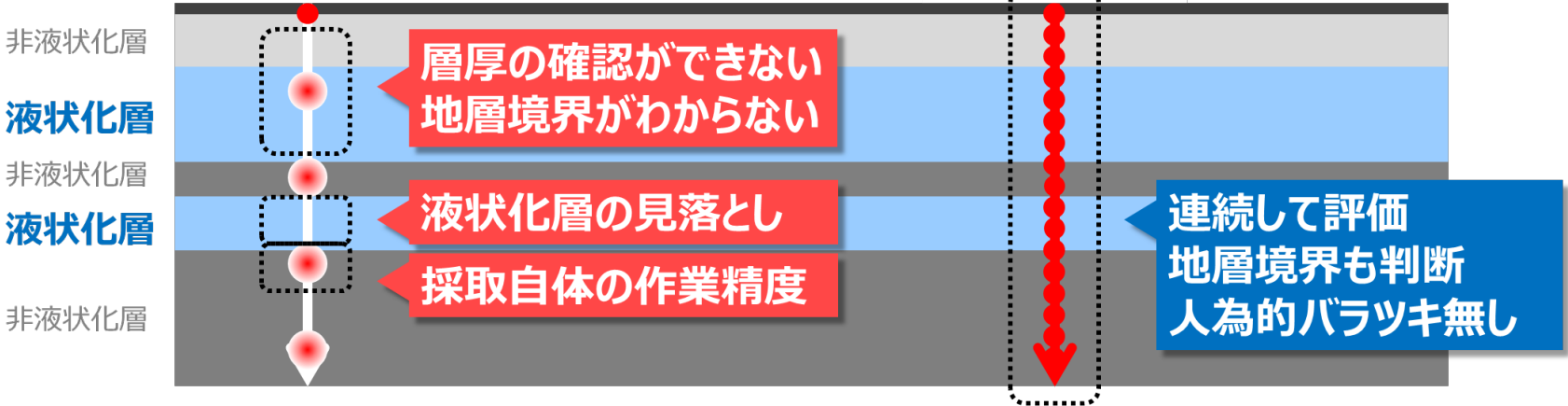
SWS + 土質採取



SDS



● 土質判定箇所

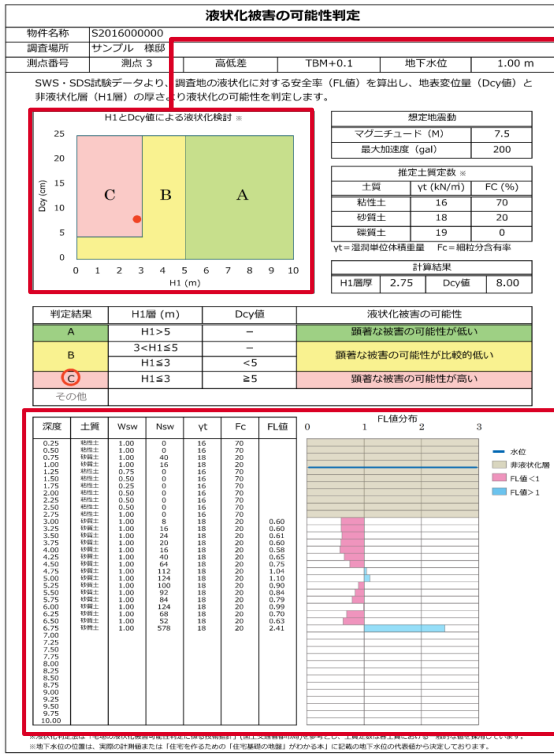


地層を連続して評価できることが液状化層の判定に重要です。

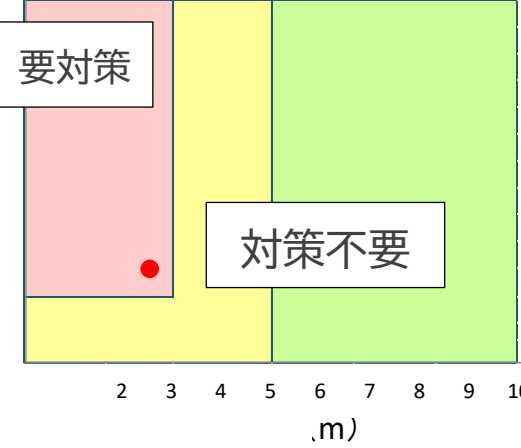
液状化判定法(建築H1-Dcy法)

SDS試験は、最新の技術指針に適用可能です。

平成25年4月2日 国土交通省都市局発表の「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」による建築H1-Dcy法にて判定します。



液状化が地表面に被害を及ぼす程度を3段階で評価



Dcy: 地表変位量 (cm)
H1: 非液状化層厚 (m)

- 【液状化被害の可能性判定結果】
- 可能性が低い ⇒ A
 - 可能性が比較的低い ⇒ B
 - 可能性が高い ⇒ C

液状化の生じるおそれのある層の位置(深さ)や層厚などを詳細把握
※25cm毎のSDS試験による土質、SWS試験による土の締まり具合を考慮

建築H1-Dcy法とは
調査結果から求めた液状化に対する安全率 (FL値) により、液状化による地表変位量 (Dcy値) を求め、この値と非液状化層 (H1層) の厚さより液状化が地表面に被害を及ぼす程度を判定する方法です。

液状化判定の設定地震動

- 想定する地震動によって、液状化危険度の判定結果も異なります。



- 液状化判定(H1-Dcy法)での想定している地震動は、震度5程度の中地震を対象としており、以下の条件で判定をおこないます。

- ① マグニチュード(M):7.5
- ② 最大加速度(gal) :200

国土交通省「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」
https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_tk_000053.html

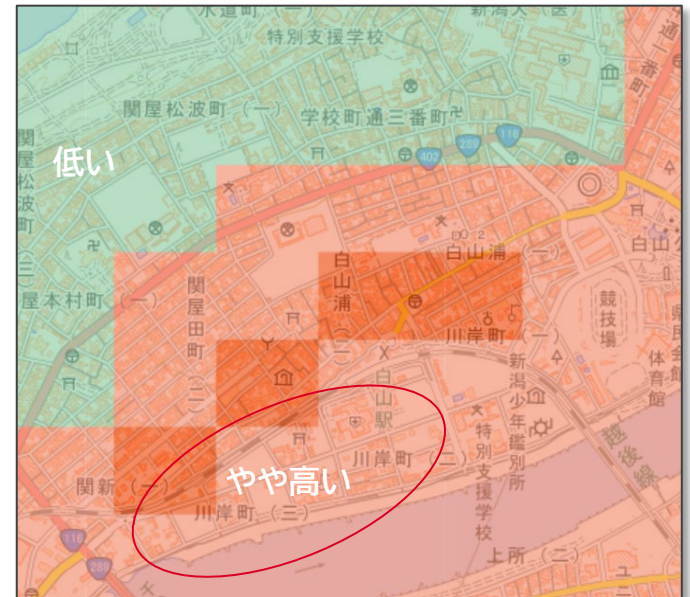
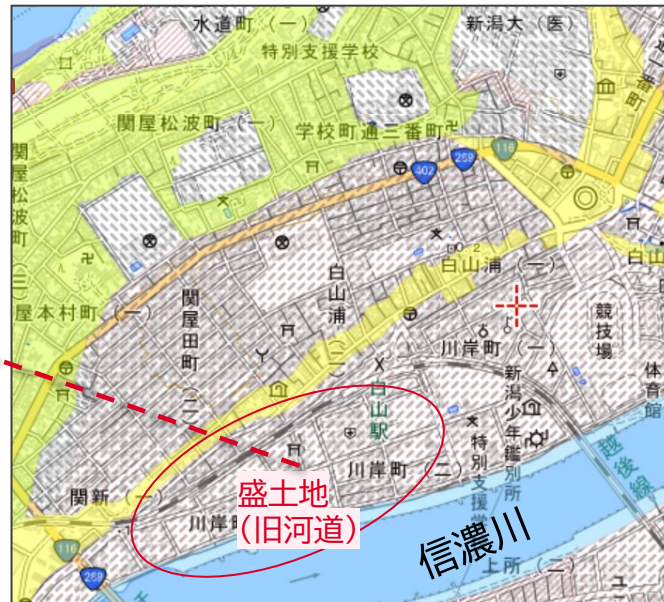
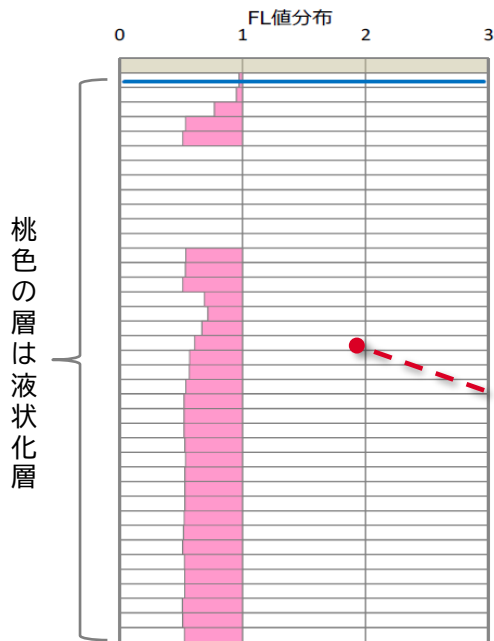
SDSによる液状化判定①：新潟市中央区川岸町周辺(旧河道)

SDS試験による液状化危険度判定は、被災状況と合致

□ 液状化判定:C

□ 土地条件図:盛土地(旧河道)

□ 液状化危険度MAP(防災科学技術研究所)

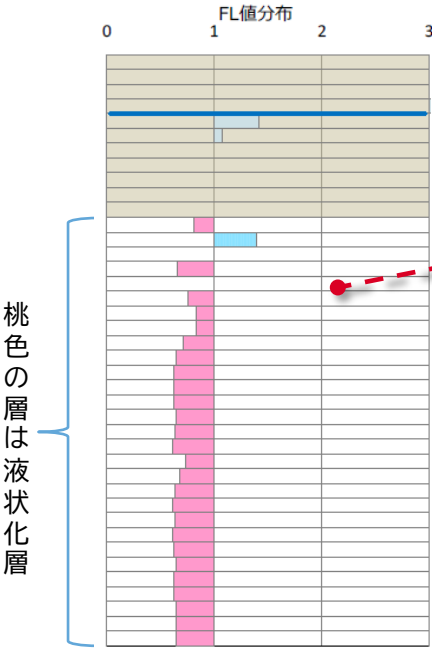


☞ 一度、液状化が起こった地域では、再度液状化が起こる

SDSによる液状化判定②： 江南区天野地区(旧河道と自然堤防)

液状化危険度判定は被災状況有無と合致。液状化危険度MAPとは合致せず。

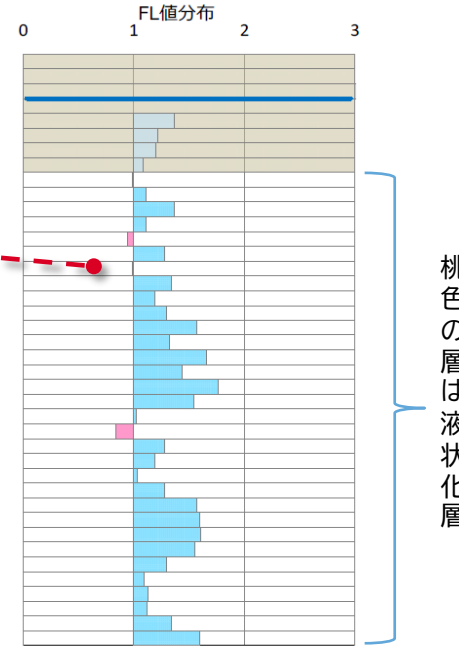
□ SDSによる液状化判定: C



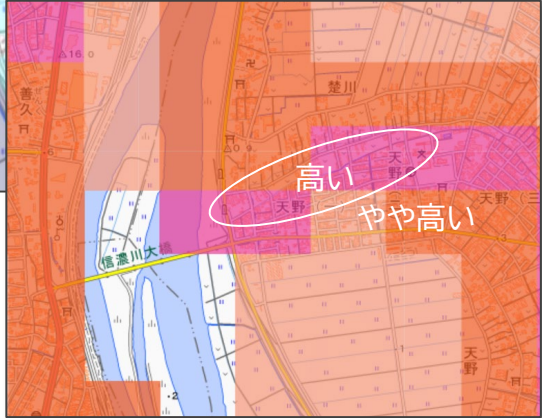
□ 土地条件図



□ SDSによる液状化判定: B3



□ 液状化危険度MAP ⇒ (防災科学技術研究所)



液状化MAPは概略程度に留め、現地での地盤調査で判定精度が向上。

液状化対策工事について

【解説】

1) 液状化対策の選択

戸建て住宅は個人の財産であり、宅地の開発者、所有者あるいは購入者は、液状化対策を講じるか否かも含めて自由に選択することができる。

液状化に対する対策には、一般に次の5つに大別される。

- ① 地盤の液状化そのものを防止・軽減する対策【地震発生前対策、(例) 浅層盤状改良工法】
- ② 液状化の発生は許すが、建屋の被害を防止する対策【地震発生前対策、(例) 杭基礎】
- ③ 事前に沈下・傾斜修復装置を設置し、家屋が被害を受けた場合に修復する対策
【地震発生前対策、(例) ジャッキ受け台等を設置】
- ④ 地震発生後に家屋が被害を受けた場合、沈下・傾斜を修復する対策
【地震発生後対策、(例) ポイントジャッキ工法、根搦(ねがらみ)工法】
- ⑤ 保険に加入するリスク回避対策【地震発生前対策、(例) 地震保険】

上記の各対策は、地震被害に対する受認性、経済性、周辺環境条件、等に基づいて、自由に選択が可能である。しかし、2011年東北太平洋沖地震では、液状化による戸建て住宅は甚大な被害を受けているので、宅地の開発者、所有者あるいは購入者は、宅地の耐液状化性能に関する情報を共有化し、その情報を承知した上で選択する必要がある。

国土交通省「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説(案)」
<https://www.mlit.go.jp/common/000993757.pdf>

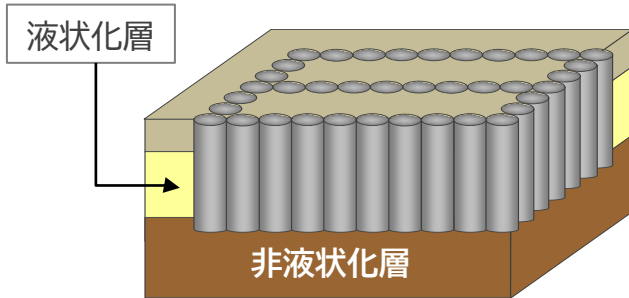
▶ 液状化対策を実施するか否かを含めて、対策の基準は設けられていない

液状化対策工法の例

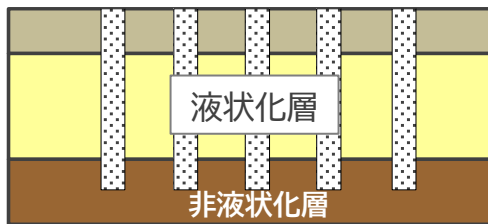
戸建て向け液状化対策工法は大きく分けて3つに分類されます

1. 液状化の発生を防ぐ

格子状地盤対策工事



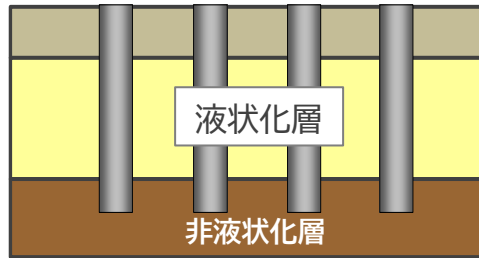
CDP工法・サンドコンパクション



囲い込み締め切る、または地盤の密度を増大させることで、液状化発生そのものを抑制する工法。コスト:高

2. 建物の不同沈下を防ぐ

杭状地盤対策工事

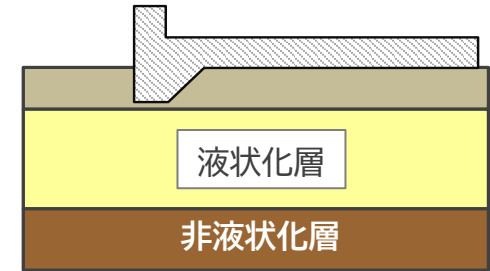


液状化は許容するものの、杭の支持力により家を支え、液状化による建物の傾斜を防止、低減する工法。

コスト:中～高

3. 建物への被害を防ぐ

バタ基礎



建物荷重を分散して地盤に伝えることで建物の変形を防止すると共に、沈下した場合の復旧が比較的容易な基礎です。

コスト:小

地震保険も選択肢の一つ

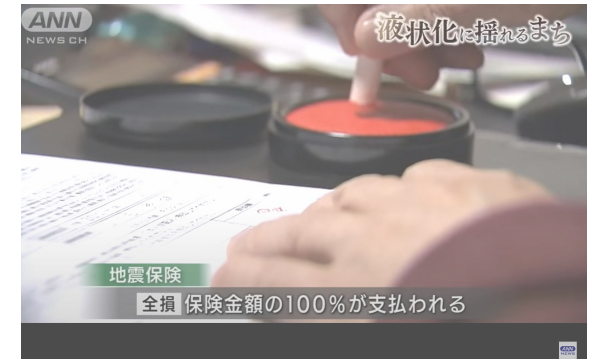
液状化対策工事や抑制工事の他に地震保険も検討材料に

熊本地震時に地震保険を充当し、液状化で傾いた住宅の水平修復工事を実施したケースがあります。

液状化による損害に対する損害調査方法

損害の程度	「地震等」を原因とする地盤液状化による損害	
	傾斜	最大沈下量
全損	1.7/100 (約1°) を超える場合	30cmを超える場合
大半損	1.4/100 (約0.8°) を超え、1.7/100 (約1°) 以下の場合	20cmを超え、30cm以下の場合
小半損	0.9/100 (約0.5°) を超え、1.4/100 (約0.8°) 以下の場合	15cmを超え、20cm以下の場合
一部損	0.4/100 (約0.2°) を超え、0.9/100 (約0.5°) 以下の場合	10cmを超え、15cm以下の場合

【参考】地震保険における地盤の液状化による建物損害の調査方法について（一般社団法人 日本損害保険協会ホームページ）
http://www.sonpo.or.jp/news/release/2011/1106_04.html



 お取り扱いの地震保険(火災保険)の内容も確認しておきましょう

本日のアジェンダ

- 1.能登半島地震と過去に発災した地震概要
- 2.液状化に関する技術指針
- 3.戸建て住宅における液状化対応
- 4.まとめ

まとめ

被災状況からみた提言

- 液状化MAPや液状化履歴等から液状化の可能性を知ることが重要
- 地形や人工改変を確認し液状化被害が拡大する可能性を知ることが重要
- 液状化調査を実施し、当該地の液状化の危険度を知ることが重要

オプション調査のご提案

SDS[®]試験を利用した簡易液状化調査



SDS[®]試験



水位測定

調査方法	SDS+水位測定
費用	SDS調査に+ ¥15,000
判定が分かるまで	調査日から2~3営業日
判定方法	建築H1-Dcy法

建てるを支える。住まうを想う。

