

市街地液状化対策推進ガイドンス

【本編】

平成 26 年 3 月

国土交通省都市局都市安全課

目 次

第1章 総則

1-1	趣旨	1
1-2	適用範囲	4
1-3	液状化に関する基礎知識	6
1-4	関連する事業制度	14

第2章 市街地液状化対策の基本的な流れ

2-1	発災から対策まで	20
(1)	公共施設の復旧と一体的液状化対策	23
(2)	被災住宅の復旧と液状化対策	24
2-2	今後予想される震災の事前対策	26

第3章 対策検討に必要な調査

3-1	危険度判定調査による状況把握	30
3-2	宅地被災状況調査	32
3-3	公共施設被災状況調査	37
3-4	関連情報の収集	41
(1)	造成履歴	41
(2)	地盤地質情報	47
(3)	ボーリング等の既往調査結果	49
(4)	発生地震波	50

第4章 対策工法の検討

4-1	対象となる工法の概要	55
4-2	全体の検討フロー	57
4-3	震災前地盤状況の再現及び液状化発生の確認	59
(1)	震災前の地盤状況の再現	59
(2)	液状化発生の確認	61
(3)	震災前における地盤沈下量の検証	67
4-4	検討組織の設置	75
(1)	専門家を含む委員会の設置	75
(2)	コーディネーター制度の活用	76
4-5	液状化対策の目標値	78

4-6	新規ボーリング等地質調査の実施	82
4-7	再液状化による被害可能性予測	88
4-8	対策工法の選定	93
4-9	地域住民意向調査と合意形成	96

第5章 地下水位低下工法の検討

5-1	地下水位低下工法の考え方	100
5-2	地下水位低下工法に適した地盤条件について	102
5-3	地下水位低下工法の透水試験について	104
5-4	地下水位低下工法の効果や周辺への影響を把握する 揚水試験について	106
5-5	地下水位低下工法のタイプについて	110
5-6	地下水位低下工法の効果・影響の把握	111
5-7	圧密沈下量算定における留意事項	115
5-8	液状化被害軽減策の考え方	119
5-9	自然流下方式による地下水位低下工法の例	125
5-10	汲み上げ井戸方式による地下水位低下工法の例	127
5-11	汲み上げ井戸方式における不飽和化工法との組合せ	129
5-12	地下水位低下工法の効果や周辺への影響を把握する 現場実験	131

第6章 格子状地中壁工法の検討

6-1	格子状地中壁工法の考え方	138
6-2	格子状地中壁工法に適した地盤条件等について	142
6-3	格子状地中壁工法の調査・試験について	143
6-4	格子状地中壁工法の検討について	145
6-5	格子状地中壁工法と他工法との組合せについて	151
6-6	格子状地中壁工法の施工方法	153

第7章 市街地液状化対策事業の実施

7-1	事業損失補償の考え方	159
7-2	事業完了後の維持・管理	161

はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震においては、関東地方を中心とした広い範囲で液状化が発生し、道路や上下水道、電気、ガスなどのライフラインが寸断されたほか、住宅の損壊等、約 27,000 件（平成 23 年 9 月 27 日都市局調べ）もの宅地被害が報告されるなど、各地に深刻な被害をもたらしました。

これ程までに大規模で広範囲にわたる液状化被害は世界的に見てもほとんど例がなく、今後の大地震による再液状化が懸念される中、被災地の安全・安心な暮らしを取り戻すには、単に被災した建物や道路を復旧するだけでなく、液状化現象の発生要因やメカニズムを解明し、再度災害を防ぐ対策を講じることが必要とされています。

国土交通省では、既成市街地において一団の宅地が面的に被害を受けたことを踏まえ、平成 23 年 11 月、東日本大震災復興特別区域法に基づく復興交付金事業の基幹事業として、都市防災推進事業（市街地液状化対策事業）（以下「市街地液状化対策事業」という。）を創設し、液状化被害を受けた既成市街地で講じられる公共施設と隣接宅地等との一体的な液状化対策に国費の支援を行っているところです。また、同時に国土技術総合研究所と共同で、現地調査や各種実験・解析を行い、調査法や対策工法に関するガイダンスを作成・公表するなど、技術的な支援にも努めてきたところです。

本ガイダンスは、これら各種ガイダンスの公表後、被災地で実際に得られた最新の知見を集大成したもので、学識者の意見を伺う中で、被災直後に必要となる調査項目や液状化対策検討過程についてタイムラインを念頭に取りまとめたものです。

その内容は、東日本大震災からの復興はもとより、今後、懸念される大地震による液状化被害からの迅速な復興や予防的な事前対策にも活用していただけるものとなっています。

今後、本ガイダンスを活用し、効率的かつ効果的な液状化対策が各地で講じられることを期待するとともに、関係学会においても精力的に研究が進められ、更なる技術や知見が集積されることを期待するところです。

最後になりましたが、本ガイダンスの取りまとめにあたり、東京電機大学の安田進教授をはじめ、液状化被災市街地復興対策検討会の委員の皆さまにおかれましては、多大なるご協力を賜りましたこと、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

平成 26 年 3 月

国土交通省都市局都市安全課長

液状化被災市街地における復興対策検討会 委員名簿 (順不同)

名 前	所 属
安田 進	東京電機大学 理工学部 建築・都市環境学系 教授
東畑 郁生	東京大学 工学系研究科 社会基盤学専攻 教授
時松 孝次	東京工業大学 大学院理工学研究科 建築学専攻 教授
二木 幹夫	財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター 所長
明石 達生	国土交通省国土技術政策総合研究所都市研究部都市計画研究室 室長
新井 洋	国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部構造基準研究室 主任研究官
大橋 征幹	国土交通省国土技術政策総合研究所都市研究部都市計画研究室 主任研究官
井上 波彦	国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官

第1章 総則

1-1 趣旨

本ガイドンスは、東日本大震災の経験を踏まえ、道路等の公共施設と宅地の一体的な液状化対策（以下「公共施設・宅地一体型液状化対策」という。）を講じる場合に必要の調査・検討項目、対策工法等について取りまとめた技術マニュアルである。

この場合の液状化対策とは、住宅や各公共施設の個別の復旧のみならず、将来、起こり得る地震による液状化被害を抑制又は軽減させることとする。

本ガイドンスは、東日本大震災により被災した市街地の復興を始め、将来起こり得る地震により被災した市街地の迅速な復興に資することとしているが、予防対策を行う上でも本ガイドンスの知見を参考とされたい。

1. 東日本大震災で大きな被災

我が国において液状化による被害が認知されるようになったのは、昭和39年6月に発生した新潟地震以降で、近年では平成7年1月に発生した阪神・淡路大震災や平成16年10月に発生した新潟県中越地震による液状化被害が記憶に新しい。これらの被害は埋立造成地等において局所的に発生したものであったが、これを契機に道路橋示方書や建築基礎構造設計指針等の技術基準が強化され、以降、緊急輸送道路や大規模建築物等、重要な耐震構造物の設計にあたっては液状化対策が考慮されるものの、費用対効果から生活道路のような施設は、被災後に路面の不陸整正といった速やかな復旧のみが適当と考えられてきた。

また、個人資産である宅地の液状化対策については、所有者個人や事業者等により講じられることが原則とされてきた。

しかし、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震においては、東京湾岸や利根川下流域など関東地方を中心に広い範囲で液状化が発生し、各地に甚大な被害をもたらした。これ程までに大規模な液状化による宅地被害は世界的に見ても例がなく、被災地の安全・安心な暮らしを取り戻すためには、単に被災した建物や道路を復旧するだけでなく、液状化の発生要因やメカニズムを解明し、再度災害を防ぐ対策が求められた。（表1-1）

表 1-1 従来の液状化対策と東日本大震災による被災地における液状化対策の比較

	従来の地震による液状化被害		東日本大震災による液状化被害	
	宅地	公共施設	宅地	公共施設
被害状況	点在	局所的	一団	広範囲
施設復旧方針	個人負担による傾斜の個別復旧	災害復旧事業による個別復旧	個人負担による傾斜の個別復旧	災害復旧事業による個別復旧
再液状化対策	個人負担により任意で実施	重要な構造物に対して個別に実施	一団の宅地について道路等の公共施設と一体的な対策を実施	

本ガイドスは、各被災地で実際に得られた最新の知見を集大成し、東日本大震災からの復興はもとより、今後、懸念される大地震により液状化被害を受けた際、迅速な市街地の復興等に役立てられることを目的としているもので、被災直後に必要となる調査項目や液状化対策検討過程をタイムラインに即して解説しており、その内容は予防的な事前対策にも活用していただけるものとなっている。

なお、一般に「液状化対策」と言っても、例えば家屋被害を例にとると、「液状化により被災した家屋の傾きを直して、使用に支障が生じないように元通りにすること」を指す場合と、「将来における地震に対して、再度、地盤の液状化による被害の発生を抑制するために行われる対策」の両者の概念が混同されている場合が少なくない。通常、前者の「傾斜修正」は「復旧対策」、後者の「再液状化被害の抑制対策」は予防的措置・付加的な対策として、狭義の「液状化対策」、「復興対策」に位置づけられ、当ガイドスでも、後者の意味として記述していることに留意されたい。

東日本大震災においては、例えば、家屋の被災者の方のご相談に応じる際にも、被災者の方が『液状化対策』と述べた場合、「家屋の傾斜修正」と「再液状化被害の抑制」の両者を含めて『液状化対策』と述べているかがはっきりしていなかったり、あるいは逆に、行政側で「再液状化被害の抑制」の意味で『液状化対策』と説明しても、被災者の方は「家屋の傾斜修正」まで含めて行政側で対応を検討していると解されてしまったりといったことで相互の液状化対策に対するイメージがすれ違ったままで意思疎通を図ることができないといったケースが見られた。これは、『液状化で被災した〇〇についての早急な対策が必要』という内容を、『〇〇の早急な液状化対策が必要』と略した場合等に見られ、前者は、『〇〇をすぐに復旧して、使えるようにしなければならない』という内容が要点と考えられるが、後者で『液状化対策』という用語を用いてしまった場合、通例は『将来の地震に対する〇〇の再液状化による被害の発生を抑制するため、早急に対策を講じなければならない』と解されることから生じた混同と推測される。

液状化被災市街地の復旧・復興対策を検討し、また、被災者の生活再建を支援する場合には、まずは上記のそれぞれの内容と課題を丁寧に区別して、その理解の促進を図ることがまず必要であり、課題に応じた必要な対応について適切な判断がなされるために本ガイドスを活用されたい。

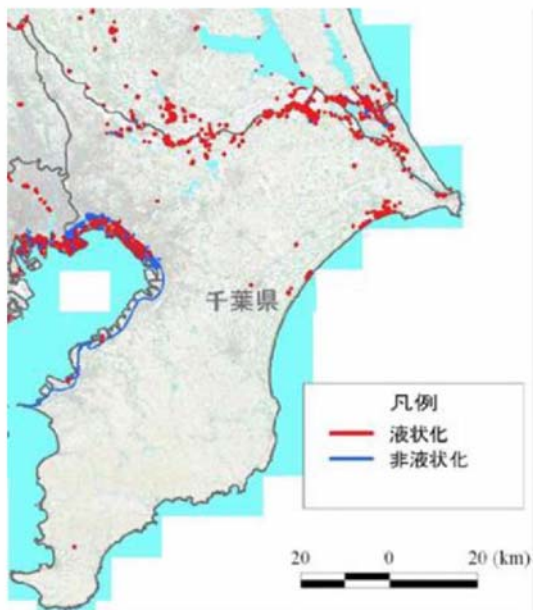


図 1-1 関東地方の液状化発生箇所¹⁾

※白抜きは非液状化箇所

※青ラインは埋立地の範囲を示す

表 1-2 液状化による宅地被災数

液状化による住家被害	
岩手県	3棟
宮城県	140棟
福島県	1,043棟
茨城県	6,751棟
群馬県	1棟
埼玉県	175棟
千葉県	18,674棟
東京都	56棟
神奈川県	71棟
合計	26,914棟 (9都県80市区町村)

※国土交通省都市局調べ（平成 23 年 9 月 27 日）

※上記被害件数には、津波によって家屋が流出した場合等については計上されていない



写真 1-1 住宅地の噴砂の状況



写真 1-2 地下埋設物の浮き上がり



写真 1-3 建物の傾斜被害

1-2 適用範囲

本ガイドンスで取り扱う宅地の液状化対策は、敷地単位で局所的に対策を講じるより地区単位で道路等の公共施設と宅地とを一体的に対策を講じた方が効率的かつ効果的であると考えられる次のようなすべての条件を満足する箇所（以下「要対策地」という。）に適用するものである。

- ①地形条件や土地の造成履歴、液状化マップ等から、中程度以上の地震により宅地地盤の（再）液状化が懸念される。
- ②地震時に道路等の公共施設が液状化被害を受けるだけでなく、宅地からの噴砂等の流出が公共施設に影響を与えることが想定され、一体的な対策を講じなければ、被災後の迅速な復旧を妨げ、住民生活に多大な支障が生じる。
- ③宅地や公共施設が集約された一団の土地であり、一体的な対策を講じた方が効率的である。
- ④住宅の被災状況等から建て替えが生じず、住宅を存置したままの状態に対策を講じる必要がある。

これまで、地震時に液状化現象が発生すると、緩い砂質地盤が締固まる方向に向かうと考えられていたが、東日本大震災の被災地において液状化発生後の地盤を調査した結果、将来の地震によって再び液状化現象が起こる可能性のある地盤が残されており、そのような地盤については復旧のみならず再液状化対策を行わないと同じような被害が発生する懸念が指摘されている。液状化現象の発生については、これまでに言われているとおり、東日本大震災においても震度5程度の中地震から発生しており、地形条件や土地の造成履歴が密接に関係しているところであるが、特に戸建て住宅の液状化被害については、「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」（平成25年4月 国土交通省都市局）を参考とされたい。

また、液状化現象は個々の敷地単位で生じるものでなく、地盤の中の液状化層全体で発生するものである。その被害は、隣接宅地を含め、道路や上下水道、電気、ガス等のライフラインなど広く地区全体に影響を及ぼすものであり、それらと地続きで繋がる宅地は相互に深い関係にあると言える。このため、液状化の恐れがある一団の宅地においては、あらかじめ地区単位で公共施設と一体的な液状化対策を講じておくことが望ましい。

東日本大震災においては、避難路となるべき生活道路が噴砂により埋没し、通行の妨げになったり、下水管の継ぎ目から流入した砂により管渠が埋塞し、下水道の使用に困難を来した被害が生じており、復旧までに相当の時間を要し震災後の住民生活に多大な支障与えた。これらの原因となった液状化した砂は、公共施設の地盤のみならず、隣接宅地の地盤から発生したものも含まれると推測されるため、個別に公共施設を液状化対策した場合、その対策効果が限られる場合も想定される。よって、宅地や公共施設が集約された一団の土地の場合、一体的な対策の方が効率的な場合がある。（図1-2）

さらに、液状化による住宅の被害は主として住宅のめり込み沈下によって生じる傾斜であり、傾斜を復旧させることで住み続けられる場合が多く、地区で一斉に建て替えが発生する場合は少ないと想定される。一斉に建て替えが生じれば、建て替え時に講じることのできる液状化対策は地盤のみならず住宅基礎も含め幅広く工法選択することができるが、住宅が建ったままで地盤に液状化対策を講じる場合、採用できる工法は極めて限られたものしかないのが現状であり、東日本大震災以前には住宅を存置したままの液状化対策には技術的知見も少なく、その施工実績もほとんど無いのが実態であった。

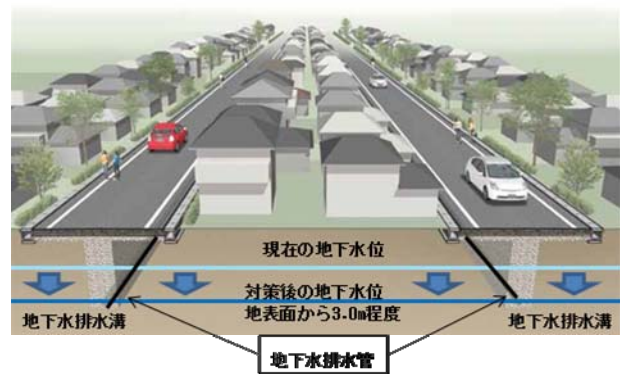


図 1-2 道路と宅地の一体的な液状化対策のイメージ
(道路の地下水位低下の効果が宅地内まで波及する)

このため、本ガイドンスでは、一団の既存宅地において住宅を存置したまま講じられる公共施設と宅地の一体的な液状化対策について解説する。(図1-3)

実際の対策にあたっては、要対策地の社会的・経済的状況や費用対効果、住民の意向等を踏まえ、事業化について総合的に判断されたい。なお、新規造成地等、住宅が建っていない状態で液状化対策をする場合、要対策地であっても本ガイドンスの適用外となる。

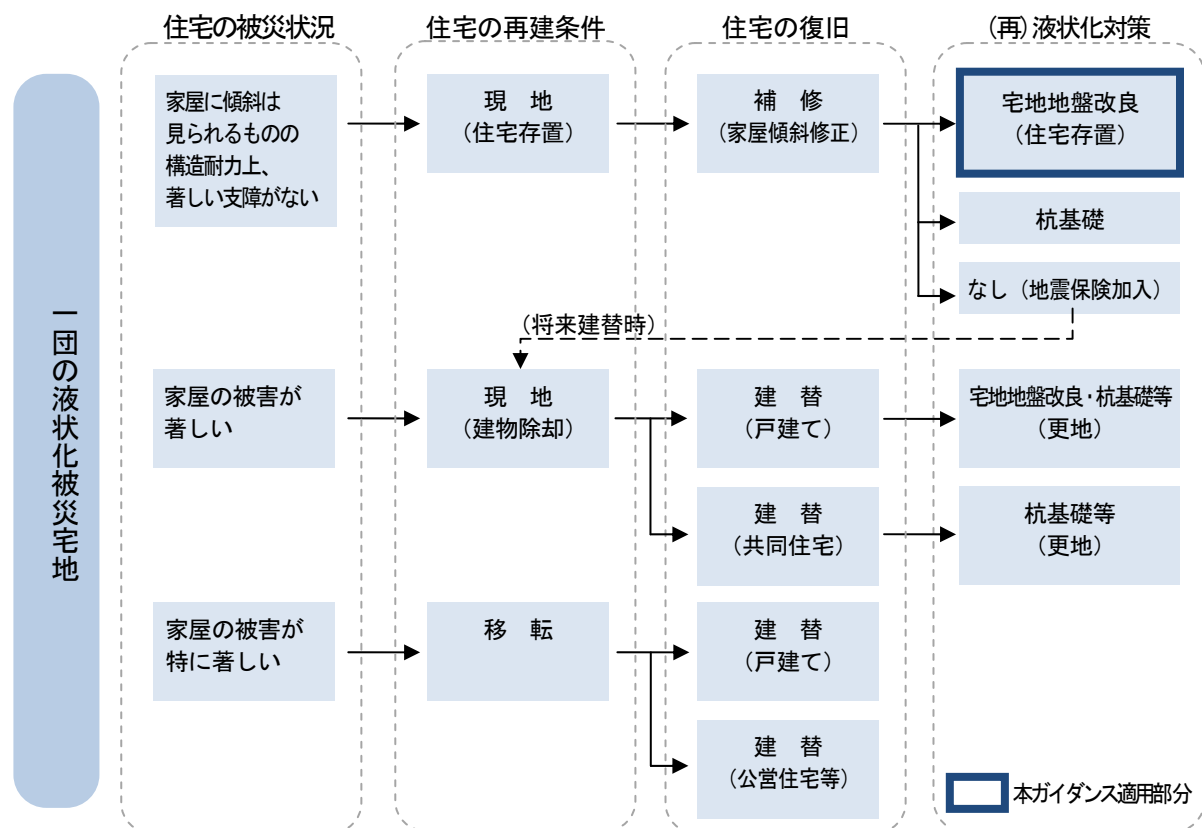


図 1-3 液状化被災宅地の復旧・(再)液状化対策における本ガイドンスの位置付け

1-3 液状化に関する基礎知識

「液状化」とは、緩く堆積し地下水で飽和された砂地盤に対し地震動が加わることにより、砂地盤が液体状の挙動に変化する状態を表わす。

また、「液状化被害」とは、液状化により強度をなくした砂地盤が流動化することにより、噴砂を生じたり、地中の軽い埋設物を浮き上がらせたり、地上の建物を沈下させたり、などの被害が生じることをいう。

液状化を起こす要因としては以下の3つがあり、一般的には①～③をすべて満たさない場合は液状化しないものと考えられている。

- ①緩い砂地盤であること
- ②飽和した（地下水位よりも深い深度にある）土層であること
- ③地震動の強さが大きいことや、継続時間がある程度長いこと

1. 液状化発生のメカニズム

液状化の発生は、地盤内の地下水圧が上昇し噴砂が生じるばかりでなく、図1-4のように建物を支える地盤の力（支持力）が低下することで、建物や電柱のような重い構造物は沈下・傾斜し、写真1-4のような噴砂の他、写真1-5のように軽いマンホールや下水管のような地中構造物は浮き上がる等、様々な被害が生じる。また、噴砂が道路へ流出すると交通障害となり迅速な非難の妨げになったり、下水管に流入すると長期間にわたって使用不能になり都市機能の回復に対し大きな障害となったりすることもある。

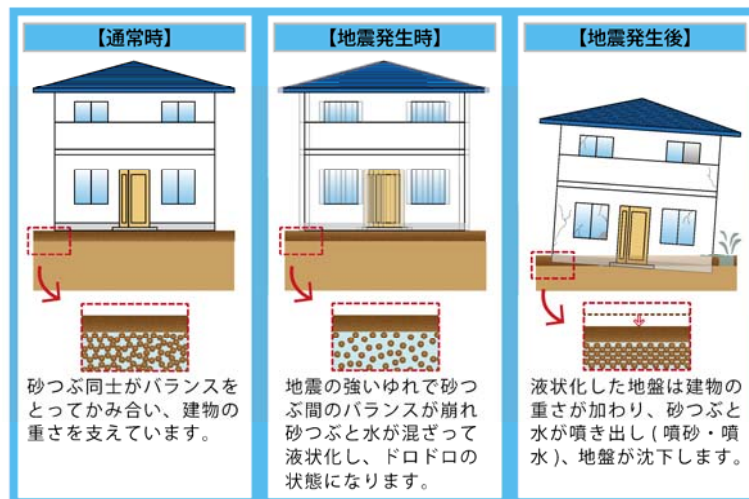


図 1-4 液状化発生の模式図



写真 1-4 地下から噴き出した噴砂



写真 1-5 マンホールの浮き上がり現象

液状化を起こす要因としては、とただし、近年、既往地震の液状化事例により、以下の項目、事項もして考えるようになってきているので注意が必要である。

〈緩い砂質土層〉

液状化対象地盤の定義は、一般的に、「最近の埋立砂質土層」や「沖積砂質土層」と考えられ、洪積砂質土層については続成作用などにより液状化しないと考えられてきた。しかし、洪積砂質土及び礫質土や細粒分(粘土やシルト)を混入した中間的な土砂の地盤でも、地震の振幅や継続時間によっては液状化することが過去の地震によって明らかとなってきた。

〈地下水位〉

地下水位は、常時一定の深さにあるわけではなく、潮の満ち引きによる日変動や雨季・乾季による季節変動農繁期などの水田の水入れ及び降雨後の短期的な水位の上昇など、さまざまな要因によって変動する。そのため、地質調査をしたときには地下水位が深くとも、地震時に水位が上昇して液状化した事例や、本震により見掛けの地下水位が上昇し、余震によって液状化したような特殊な事例もある。調査によって確認された地下水位については、測定した日時を確認し、適切な水位を設定することが重要である。

〈地震動〉

実際に液状化が発生するかどうかは、土質と地下水位の組合せのほかに、地震動の大きさや継続時間によっても左右される。非常に緩い砂でも、地震動が小さければ液状化は発生しないし、少し締まった砂でも巨大地震や地震継続時間が長い場合であれば液状化する。なお、不飽和土でも揺すられて地盤強度が低下することがあり、地すべりや斜面崩壊などの災害が起こることもある。

2. 液状化が発生しやすい土地

液状化は地下水位以下の緩い砂質土層で起こる現象であり、液状化の起こしやすい土地であるかどうかは、地質など詳細な情報を取り入れた地形区分（微地形区分）や古い地図（古地理図）など土地の履歴情報（土地の改変履歴）を調べることにより大まかな判断することができる。

微地形区分に着目すると、以下の条件に該当するところでは液状化の履歴が多い。

- ①埋立年代の浅い埋立地
- ②旧河道（昔の川筋）
- ③大河川の沿岸（特に氾濫原）
- ④海岸砂丘の裾・砂丘間の低地
- ⑤砂鉄や砂礫を採掘した跡地の埋戻し地盤
- ⑥沢・谷埋め盛土の造成地
- ⑦過去に液状化の履歴のある土地

特に、「埋立地、三角州・海岸低地、後背湿地、干拓地、砂州・砂礫州、旧河道、旧池沼」などで生じる場合が多く、東日本大震災では「埋立てや盛土で造成した住宅地」で被害が発生した。すなわち、地盤が人工的に改変された土地、川筋の変動や氾濫によって新しく土地が改変された場所、風で運ばれた砂が堆積している土地（砂丘）のうち、地下水位が浅い場所にある土地が液状化の発生しやすい地盤と言えよう。なお、東日本大震災で液状化した地形・地盤の分類については、＜資料編 1－1＞を参照とされたい。



図 1-5 地形模式図による微地形区分（日本建築学会ホームページより）

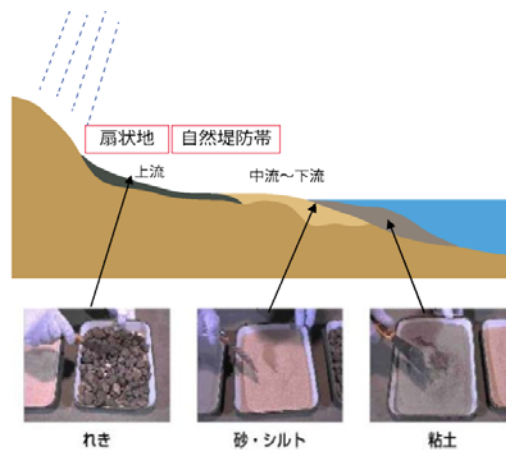


図 1-6 微地形による地盤構成（科学技術振興機構ホームページより）

3. 液状化に対する安全率（ F_L ）

液状化に対する安全率（ F_L ）は、地盤の液状化に対する抵抗比 R を地震によるせん断応力比 L で除した値である。

$$F_L = \frac{\text{液状化抵抗比 } R}{\text{せん断応力比 } L}$$

F_L 値は、 $F_L=1$ を境に $F_L \leq 1$ の場合には液状化の発生する可能性が高く、 $F_L > 1$ では液状化の発生する可能性が低いと判断される。液状化安全率 F_L を得るために必要な液状化抵抗比 R とせん断応力比 L は、さまざまな手法によって求めることができる。

建物の液状化の判定は、「建築基礎構造設計指針」の中で、液状化に対する安全率を示す指標として定義されている「 F_L 値」を用いて判定するのが一般的である。 F_L 値は地表面から深さ方向に1mごとに算出し、「 F_L 値 ≤ 1.0 ：液状化の可能性あり」、「 F_L 値 > 1.0 ：液状化の可能性なし」とそれぞれ判定される。

〈液状化抵抗比 R 〉

地盤の液状化に対する強さであり、標準貫入試験より得られた N 値と粒度試験結果から推定する簡便法や土質試験で実際に土に繰返しせん断力を与えて液状化させる詳細な方法などがあり、目的・精度に応じて選択する。

〈せん断応力比 L 〉

地震によって地盤に伝わる強さを示し、簡便法として地盤の有効土被り圧 σ'_z と加速度から推定する方法や地震応答解析により算出する詳細な方法など、こちらも必要な精度に応じて選択する。

4. 液状化被害の判定

簡便法により F_L 値を算出するためには、標準貫入試験やスウェーデン式サウンディング試験等及び室内土質試験（物理試験）を行う必要がある。 F_L 値算出に必要な項目は以下の通りである。

- ①地質構成
- ②地下水位
- ③標準貫入試験値（ N 値）、または簡略的な方法としてスウェーデン式サウンディング試験からの換算 N 値
- ④粒径加積曲線の50%通過粒径（ D_{50} ）、10%通過粒径（ D_{10} ）
- ⑤細粒分含有率（ F_C ）%
- ⑥塑性指数（ I_p ）
- ⑦土の単位体積重量（力学試験がない場合は一般値を使用）

そして、宅地の液状化被害可能性の判定手法として、「宅地の液状化被害判定指針」では、 F_L 値を基に算定される非液状化層の層厚（ H_L ）と地表変位量（ D_{cy} 値）、又は液状化指標値（ P_L 値）から次のように液状化被害の可能性を判定することができる。

①「建築 H_L - D_{cy} 法」：「建築基礎構造設計指針」を基本とし、非液状化層厚（ H_L ）と地表変位量（ D_{cy} 値）の関係から判定する手法

②「建築 H_L - P_L 法」：「建築基礎構造設計指針」を基本とし、非液状化層厚（ H_L ）と液状化指標値（ P_L 値）の関係から判定する手法

この結果から図 1-7 の判定図及び表 1-3 の判定図の数値表より、「A: 顕著な被害の可能性が低い」、「B: 顕著な被害の可能性が比較的低い」、「C: 顕著な被害の可能性が高い」の 3 ランクで判定する。

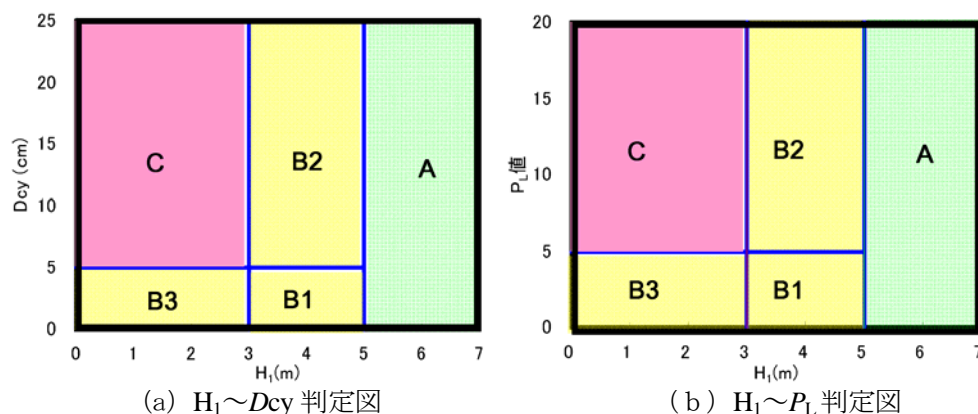


図 1-7 H_1 値、 D_{cy} 値、 P_L 値による判定図

表 1-3 判定図の数値表

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

1) 非液状化層厚 (H_1)

非液状化層厚 (H_1) は、地表面から地下水位面より浅い部分の層厚、または、粘性土層の層厚を示す。液状化層厚 (H_2) は、地下水位より深い部分の液状化する層厚を示している。非液状化層厚 (H_1) と液状化層厚 (H_2) の関係を図1-8に示した。すなわち、 $F_L \leq 1$ となる地層の上端から下端までの厚さである。

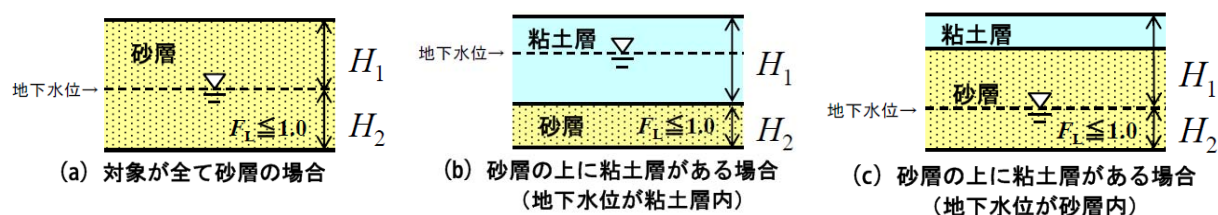


図 1-8 非液状化層厚 (H_1) と液状化層厚 (H_2) の関係

2) 地表変位量 (D_{cy} 値)

地表変位量 (D_{cy} 値) は、「建築基礎構造設計指針」に準拠して算出し、各層の“せん断ひずみ”から“変位量”を算出して積分し、表1-4からその液状化の程度を評価する。

表 1-4 地表変位量 (D_{cy}) と液状化の程度の関係²⁾

$D_{cy}(\text{cm})$	液状化の程度
0	なし
～ 05	軽微
05 ～ 10	小
10 ～ 20	中
20 ～ 40	大
40 ～	甚大

3) 液状化指標値 (P_L 値)

この方法は、浅い部分の液状化が特に構造物に大きな影響を与えることを考慮して、図 1-9 に示すように深さに対する重みを考慮して、 $(1 - F_L)$ の値を 20mの深さまで積分することにより液状化指数 P_L 値を定義したものである。

液状化指標値 (P_L 値) は、下式により算定し、表 1-5 により評価する。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) W(Z) dz$$

ここで、 F_L : 液状化に対する安全率

$W(Z)$: 深さ方向の重み関数 (図 1-9 参照)

判定深度 20m $w(Z) = 10.0 - 0.5 \cdot Z$

Z : 地表面からの深さ (m)

ΔZ : ある深度の F_L が分布すると想定される土層厚

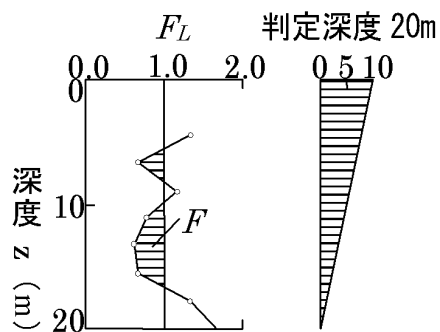


図 1-9 判定深度と重み係数の関係

表1-5 P_L 値と液状化による影響の関係³⁾

$P_L = 0$	液状化発生の可能性はない
$0 < P_L \leq 5$	液状化発生の可能性は低い
$5 < P_L \leq 15$	液状化発生可能性がある
$15 < P_L$	液状化発生の可能性が高い

用語の解説

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。

地表変位量 (D_{cy} 値) : 液状化による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。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危険度を表す。液状化の発生する深さや層厚、非液状化層の厚さを勘案されており、液状化危険度マップの作成に使われることが多い。

非液状化層厚 (H_L 値) : 地表面から液状化しない条件を満足する連続した層厚である。

標準貫入試験値 (M 値) : 質量 $63.5 \pm 0.5\text{kg}$ のドライブハンマー（通称、モンケン）を $76 \pm 1\text{cm}$ 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ラーを地盤に 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強度等を表す指標。

再液状化 : 一度地震で液状化した地盤が、再び発生した地震で再度液状化することをいう。液状化した地盤は密度が増すために強くなり、一般的には液状化しにくくなるという説と、液状化による砂粒子の緩やかな再堆積により液状化強度が弱くなり、再度液状化しやすくなるという説がある

地表面最大加速度 : 地表面最大加速度（PGA と略される）とは、地震での地表での加速度の最大値の測定値であり、地震工学における重要な入力パラメータである。震度と同様、ある場所においてどれだけ強く地面が揺れたかを表すものである。マグニチュードとは異なり、地震全体のエネルギーを示すものではない。通常「地中最大加速度」よりも「地表最大加速度」の方が大きな値となる。その理由は一般的に地中より地表附近の地盤が軟らかく、地中で揺れが生じるとその揺れが地表附近で増幅される事となる為である。

震度とマグニチュードの違い : 震度とは、地震の「場所ごとの揺れ」を表す指標である。マグニチュードとは、「地震そのものの規模」を表す指標である。マグニチュードが大きくても震源から遠ければ震度は小さい。反対にマグニチュードはさほど小さくなくとも震源の真上ならば震度は大きくなる。

震度は計測震度計によって自動的に計られる。震度の階級を「震度階」といい、日本の震度階は国際的な基準とは異なり、身体に感じない震度0から1、2、3と順に大きくなり、震度5と震

度6は弱と強の2段階に分かれ、最大級の震度7までの10段階が設定されている。

一方、マグニチュードは、0.2増すとエネルギーはほぼ2倍になり、マグニチュードが1大きくなると地震の大きさは約32倍になる。つまりマグニチュード9の地震はマグニチュード7の地震の1,000回分に相当することになる。

粒度特性：土質試験法（土質工学会）の粒度試験、液・塑性試験から得られる土粒子の大きさが分布する状態を質量百分率で表したもの。試験結果は、粒径加積曲線、50%粒径 D_{50} 、10%粒径 D_{10} 、細粒分含有率、塑性指数、等で表される。

細粒分含有率：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。

粘土分含有率：土中にある粒子のうち、0.005mmふるいを通過した粒子の含有質量百分率。

塑性指数：ある土が塑性の状態を保つ上限と下限の含水比の幅を示す指数。土の塑性範囲を定量的に示した数値であって、塑性指数の値が大きい土ほど塑性度が高く、より塑性的な土である。

地下水位：地表面を基準として測った地下水までの深さ。

1-4 関連する事業制度

民有地内における液状化被害の復旧・(再)液状化対策については、被災者生活再建支援制度等を活用し、原則として所有者等の責任において行うものとする。

ただし、1-2で示した要対策地においては、下記の事業を活用し、行政と住民とが協力して液状化対策を行うことができる。

- | | |
|-------------------------|----------------|
| ①市街地液状化対策事業（都市防災推進事業） | } 東日本大震災被災地に適用 |
| ②市街地液状化対策事業（都市再生区画整理事業） | |
| ③宅地耐震化推進事業（都市防災推進事業） | |

宅地及び住宅は個人資産であり、液状化被害の復旧・(再)液状化対策については、費用負担や工法の選定は原則として所有者等の責任となる。

ただし、被害の大きな災害が発生した場合には、個人に対しての支援制度が適用される場合もあるため、このような支援制度を活用し、民有地内の復旧や液状化対策を行うことが望ましい。なお、東日本大震災においては、以下のような支援が行われた。

①被災者生活再建支援制度（内閣府）

住宅が自然災害（地震、津波、液状化等の地盤被害等）により全半壊等した世帯に対し、支援金を支給することにより生活の再建を支援

②住宅金融機構による融資制度

災害復興住宅融資の金利引き下げ：当初5年間の金利0%（建設・購入時）等

災害復興宅地融資を新設：敷地被害のみの場合に適用（金利は上記と同じ）

一方、道路等の公共施設と宅地との一体的な液状化対策を行うことについては、一体施工によるスケールメリットが生じ、コストダウンや工期の大幅な短縮が期待できる。

そのような一体的対策については、事業を実施する地方公共団体に対し、以下のような国費による支援制度があり、このような事業を活用し、行政と住民とが協力しながら一体的対策を進めることが望ましい。なお、その他の様々な事業・制度については、＜資料編1-2＞、＜資料編1-3＞を参照とされたい。

＜東日本大震災による液状化被災地を対象とした事業＞

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| ①市街地液状化対策事業（都市防災推進事業） | 【復興交付金・社会資本整備総合交付金】 |
| ②市街地液状化対策事業（都市再生区画整理事業） | 【復興交付金・社会資本整備総合交付金】 |

※東日本大震災復興交付金事業については、地方負担分の50%を追加的に国庫補助するほか、地方負担分についても地方交付税の加算措置により手当されるため、実質的には地方負担はない。

＜全国の液状化被災地・事前対策を対象とした事業＞

- | | |
|----------------------|------------------------|
| ③宅地耐震化推進事業（都市防災推進事業） | 【防災・安全交付金・社会資本整備総合交付金】 |
|----------------------|------------------------|

※宅地耐震化推進事業については、事前予防策として変動予測調査及び宅地液状化マップの作成も可能。

＜東日本大震災による液状化被災地を対象とした事業＞

事業概要

市街地液状化対策事業（都市防災推進事業）

道路・下水道等の公共施設と隣接宅地等との一体的な液状化対策を推進する事業

補助対象：液状化対策に必要な調査、事業計画案作成、コーディネートに対する支援

採択要件：①液状化対策事業計画の区域内で行うもの
②一定規模以上（3,000㎡以上かつ家屋10戸以上）
③宅地所有者等の3分の2以上が同意
④公共施設と宅地との一体的な液状化対策が行われること

事業概要

市街地液状化対策事業（都市再生区画整理事業）

土地区画整理事業で行う道路・下水道等の公共施設と隣接宅地等との一体的な液状化対策を推進する事業

補助対象：敷地境界、基準点等の混乱が著しい地域において、地籍整備と液状化対策を合わせて行う土地区画整理事業に対する支援（被災市街地復興土地区画整理事業の国費算定対象及び交付対象経費（道路、公園等の公共施設整備費等）に液状化対策推進工事費を追加）

採択要件：①液状化対策事業計画の区域内で行うもの
②公共施設と宅地との一体的な液状化対策が行われること

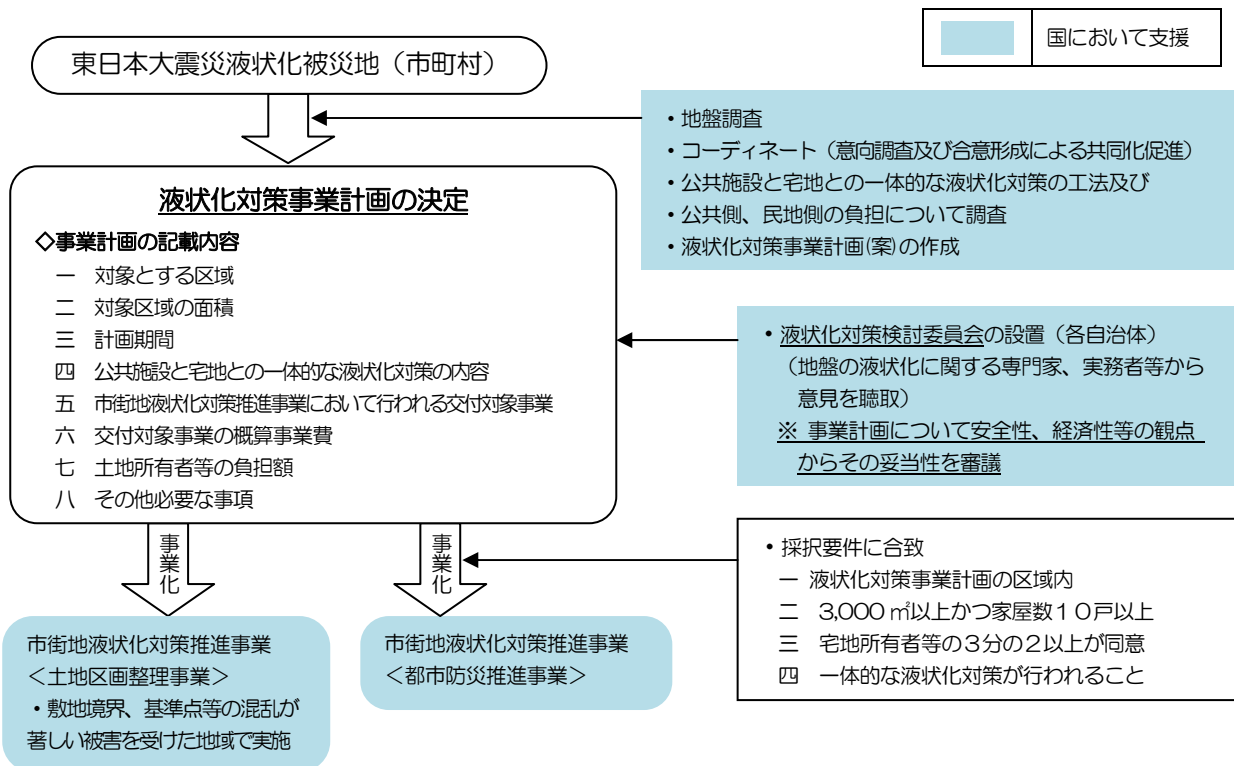


図 1-10 液状化対策事業着手までのフロー

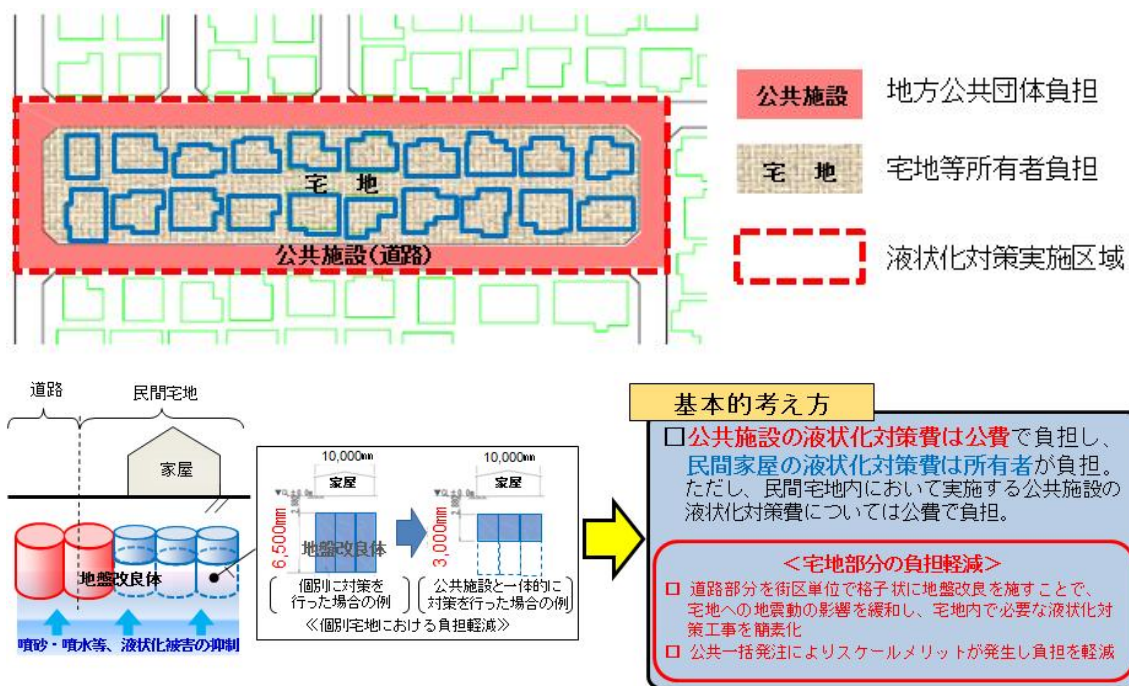
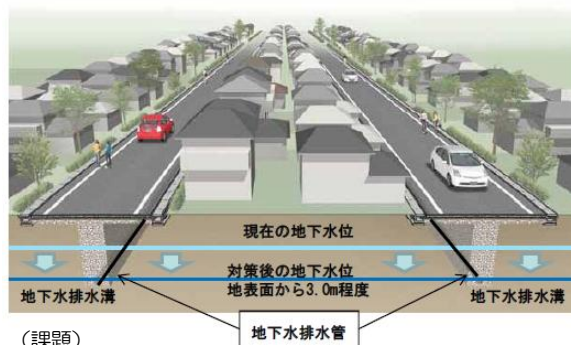


図1-11 公共施設と宅地との一体的な液状化対策の費用負担イメージ¹⁾

(1) 地下水位低下工法

道路と宅地の境界（道路側溝）部分と宅地境界部分に地下排水工（碎石と有孔管）を敷設して、地下水位を下げることで、地盤の液状化強度を増加。



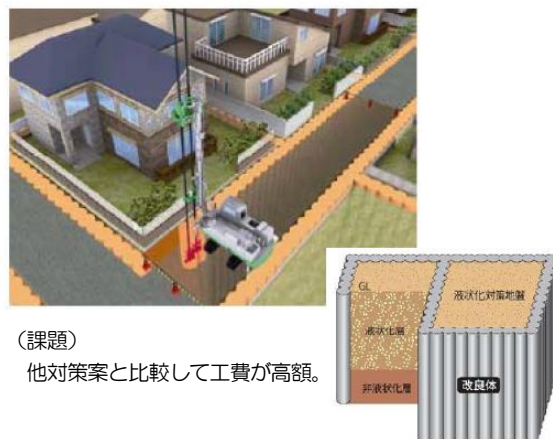
（課題）

地区全体の排水計画の見直しを伴い、一般的には既存の排水施設とは別系統の排水施設（道路内の函渠の設置等）、地下水位を一定に保つためのポンプ施設、及び他地区からの地下水遮断のための止水壁等が必要。

また、粘性土層が厚く堆積している地層においては、長時間に渡る圧密沈下の発生が懸念。

(2) 格子状地中壁工法

道路と宅地の境界付近と宅地の境界部分にセメント系固化剤を混合させ、格子状の連続壁を造成。地盤のせん断変形を抑えて液状化被害を軽減。



（課題）

他対策案と比較して工費が高額。

図1-12 対策工法例

<全国の液状化被災地・事前対策地を対象とした事業>

事業概要

宅地耐震化推進事業（都市防災推進事業）

宅地の液状化による変動予測に関する調査

補助対象：宅地液状化マップの作成や液状化防止工事箇所の特定制につなげる調査

採択要件：大地震時等に液状化現象が発生する可能性のある宅地

公共施設と宅地との一体的な液状化対策を推進する事業

補助対象：液状化防止工事を行うために必要な地盤等調査、設計及び液状化防止工事

採択要件：①液状化による顕著な被害の可能性が高いと判定された一団の土地の区域（3,000m²以上かつ家屋10戸以上）

②当該宅地の液状化により公共施設に被害が発生するおそれがあること

③宅地所有者等の3分の2以上が同意

④公共施設と宅地との一体的な液状化対策が行われること

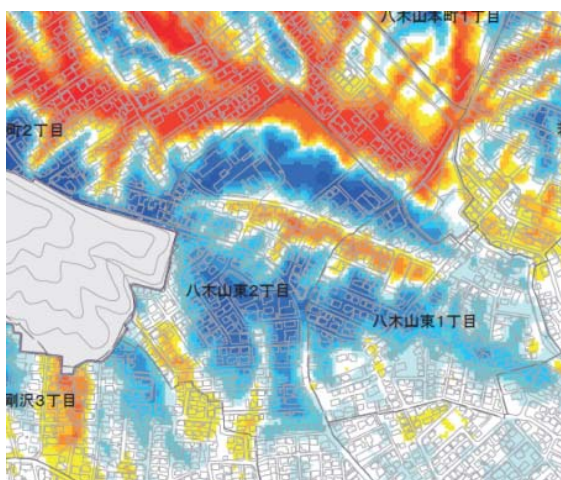


図 1-13 宅地造成履歴等情報マップ（仙台市）

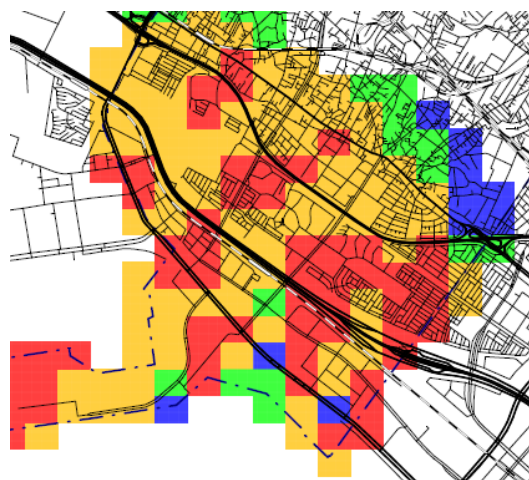


図 1-14 液状化しやすさマップ（千葉県）

<液状化対策に関連する事業>

事業概要

地籍整備型土地区画整理事業

土地区画整理事業を柔軟に運用し、地籍の明確化を主な目的の一つとした事業

補助対象：地籍整備の緊急性が高い地域において、現状に合わせた形で換地処分を行うなど、地籍の明確化を主な目的の一つとして行う区画整理事業に対する支援

採択要件：過去に耕地整理事業等により一定水準の公共施設整備がなされたものの、何らかの原因で地図に準ずる図面又は登記簿に反映されていなかったため土地取引や建築等の土地利用が困難となり、公共施設の更なる改善が求められている等、市民生活に多大な影響が発生している地域

交付団体：都道府県・市町村

事業主体：都道府県・市町村又は土地区画整理組合等

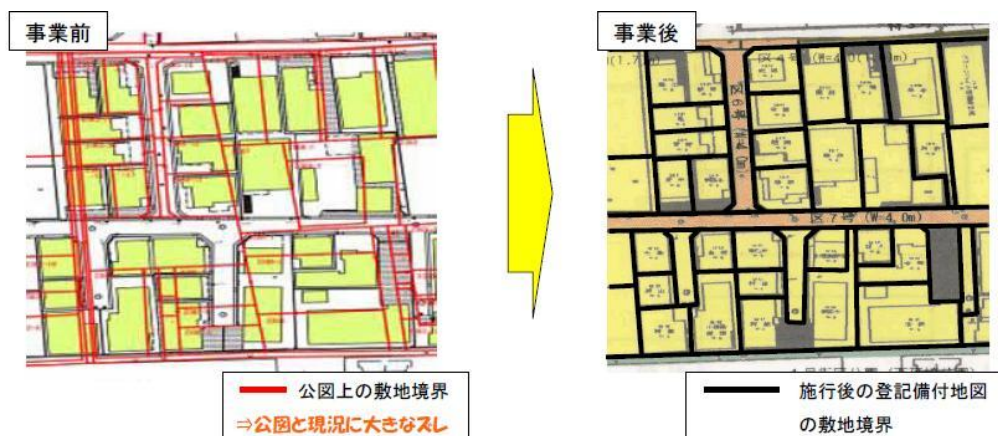


図 1-15 地籍整備型土地区画整理事業のイメージ

事業概要

災害復旧事業

自然災害により被災した公共土木施設を迅速に原形復旧する事業

補助対象：道路、公園、下水道、河川、港湾、海岸、砂防設備等

補助要件：異常な天然現象により生じた災害であり、採択基準を満足していること

：被災した施設が「負担法」「基本方針」で定められた公共土木施設又は都市施設であること

交付団体：都道府県・市町村

事業主体：都道府県・市町村

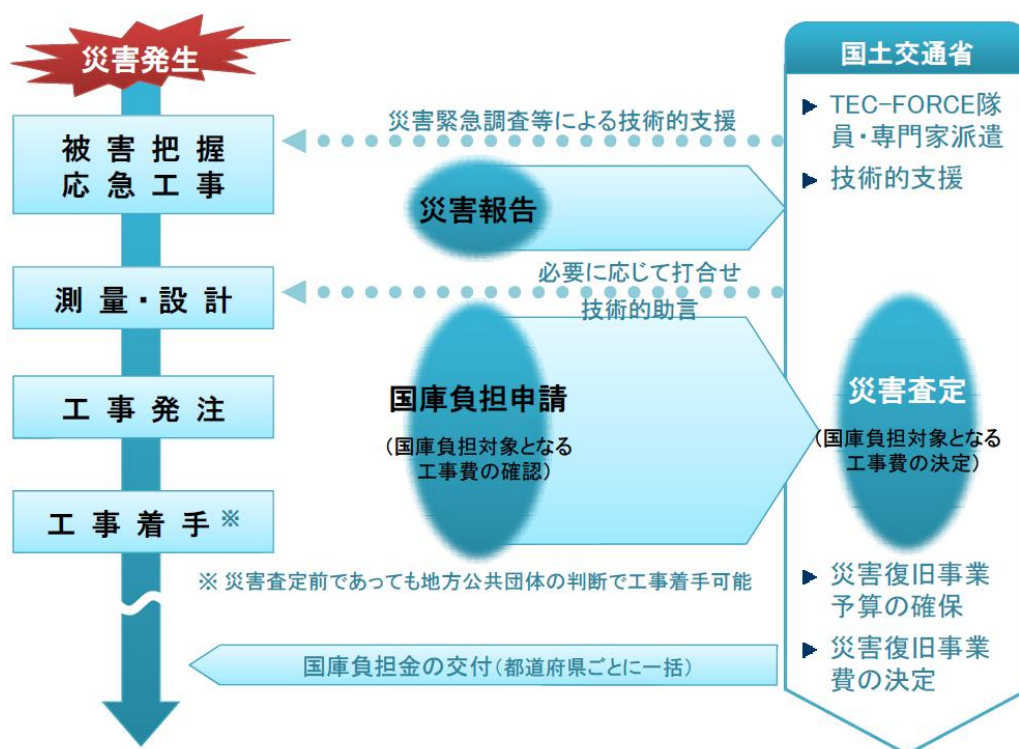


図1-16 災害復旧事業の主な流れ

＜参考文献＞

- 1) 国土交通省関東地方整備局：東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態調査結果について, <http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000061.html>, 2011
- 2) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針, 2001.10
- 3) 国土庁防災局震災対策課：液状化地域ゾーニングマニュアル平成 10 年度版」, 1999.1

第2章 市街地液状化対策の基本的な流れ

2-1 発災から対策まで

地震が発生し、液状化被害を受けた市街地については、応急対策・応急復旧、被災状況の把握・調査、対策の検討・住民合意形成、事業化（設計、工事实施）、液状化対策完了（維持・管理）といった段階を経て、液状化対策が進められるのが一般的であり、各段階で他の復旧・復興の施策と連携することが重要である。

本章では、東日本大震災の経験を踏まえ、将来起こり得る大規模な液状化被害に対し、迅速な復旧、復興が図られるよう、発災から対策を講じるまでの行動計画を時系列でタイムラインとして整理し、各段階で留意すべき事項を解説する。なお、タイムラインの目標期間については、被災状況や他事業の動向等を踏まえ、被災自治体において適切な時期を設定することが望ましい。

1. 被災情報の収集・連絡

地震発生直後には、各施設管理者等により、建築物の応急危険度判定及び宅地擁壁・地盤・斜面の被災宅地危険度判定が行われるため、被災市町村は、これらの結果も活用しつつ、液状化の範囲や被害の程度、応急対策の必要性等を把握することが重要である。

また、この間、液状化による噴砂も除去されるため、液状化の痕跡が分かりにくくなり、住宅の傾斜も個人復旧が進むと計測できなくなるので、時期を逸せずにデータ収集を行うことが望ましい。被災市町村は都道府県及び関係機関と連携し、建築の応急危険度判定及び宅地擁壁・地盤・斜面の被災宅地危険度判定等から宅地液状化被害の迅速な情報の収集を図ることが重要である。

この場合、全体の被害状況を把握した後、「被害状況データ整理シート」（国総研HP）を活用して液状化による宅地・建物被害状況調査を開始することが望ましい。

2. 被災概要の把握

発災後1～2週間から、インフラ等の簡易復旧や罹災証明の調査が行われる。

この時期には、「被害状況データ整理シート」（国総研HP）を活用した液状化による宅地・建物被害状況調査や道路・下水道等の公共施設の被災状況の調査結果等を活用して、液状化被害分布図の作成を行う。さらに、地質形成・造成履歴の調査や地震波の特徴も調査し、宅地の液状化被災概要の把握を行う。

さらに、震災前のボーリング・地質調査結果を入手して、液状化発生の要因を整理することが望ましい。

3. 地区別の対策方針の選別作業

発災後1～2週間から1～2か月間は、個人による一部住宅の傾斜復旧が行われる。

地震前のボーリング・地質調査からでは全体が把握できないため、地区ごとに震災後のボーリング・地質調査を数箇所追加する。そのうち一か所は地震前後の地盤の変化を探る目的で、地震前のボーリング・地質調査が行われた箇所の近傍で行う。その結果を基に、宅地液状化被害可能性判定計算

シート（国総研HP）による再液状化被害の簡易判定を行い、液状化対策工法の方針を決定する。また、地盤及び住宅の密集度等の地区特性を検討し、液状化対策に対する住民の意向も把握する。その結果に基づいて、一体的液状化対策検討地区及びその他の復興方策検討地区の絞り込みを行い、住民説明会で対策方針（一体的液状化対策の適用の可能性について検討を行うこと）のアナウンスを行う。

4. 一体的液状化対策検討地区の選定

一体的液状化対策検討地区に選定された区域において液状化対策推進事業を推進するために、地盤改良や建築物の修繕等に関する知識を有し、まちづくり事業に精通した専門家、実務者等からなるコーディネート制度を活用した委員会を設置する。

5. その他の復興方策検討地区の絞り込み

地区特性の検討及び住民の意向を把握した結果、一体的対策が困難である場合は、住宅地区改良事業等（資料編参照）のその他の復興方策について検討を行う。

6. 再液状化診断の実施

再液状化診断は、地下水低下工法・格子状地中壁工法の効果の簡易計算シート（国総研HP）を用いて実施する。一方、解析結果と実際の地盤での透水性、圧密沈下等の現場実験を行い、その液状化対策工法の妥当性を検証する。

7. 地下水位低下工法の調査・検討

地下水位低下工法には、大別して、①自然流下方式と、②汲み上げ井戸方式の工法があり、地下水位低下に伴う圧密沈下等の影響に配慮するほか、施工性や維持管理コストについても十分に調査・検討を行い、工法を選定する必要がある。ポンプ稼働に必要な電気代等の維持管理コストについて、住民側に費用負担を求める場合には、合意形成を図る際に十分な説明を要する。

8. 格子状地中壁工法の調査・検討

格子状地中壁工法は、セメントなどの改良材を地中に供給し、原地盤の軟弱土と改良材を強制的に混合攪拌することで、地中に柱列状の固化壁を造成し、これらを格子状に配置し液状化地盤を囲い込むことで、地盤のせん断変形を抑止し液状化を抑制する工法で、施工性について十分に調査・検討して工法を選定する必要がある。また、宅地内の格子状改良部分については、住民側に費用負担を求めることとなるため、合意形成を図る際に十分な説明を要する。

9. 主工法の選定

主工法について、住民の同意が得られた場合、具体的な設計や施工計画の立案を行う。

10. 市街地液状化対策事業の実施

液状化対策工事の要因により生じた各種の不利益とか損失或いは損害については、その損害等の発生が事業施行を原因とし、かつ、生活することが通常の社会生活において受忍の範囲を超えると判断

される場合に、事業損失補償が生じる。

そのために、市街地液状化対策事業を始める前に事前家屋調査を行い、その後の地盤変動や損害等が生じた場合には、事後家屋調査による確認により事務処理を行う必要がある。

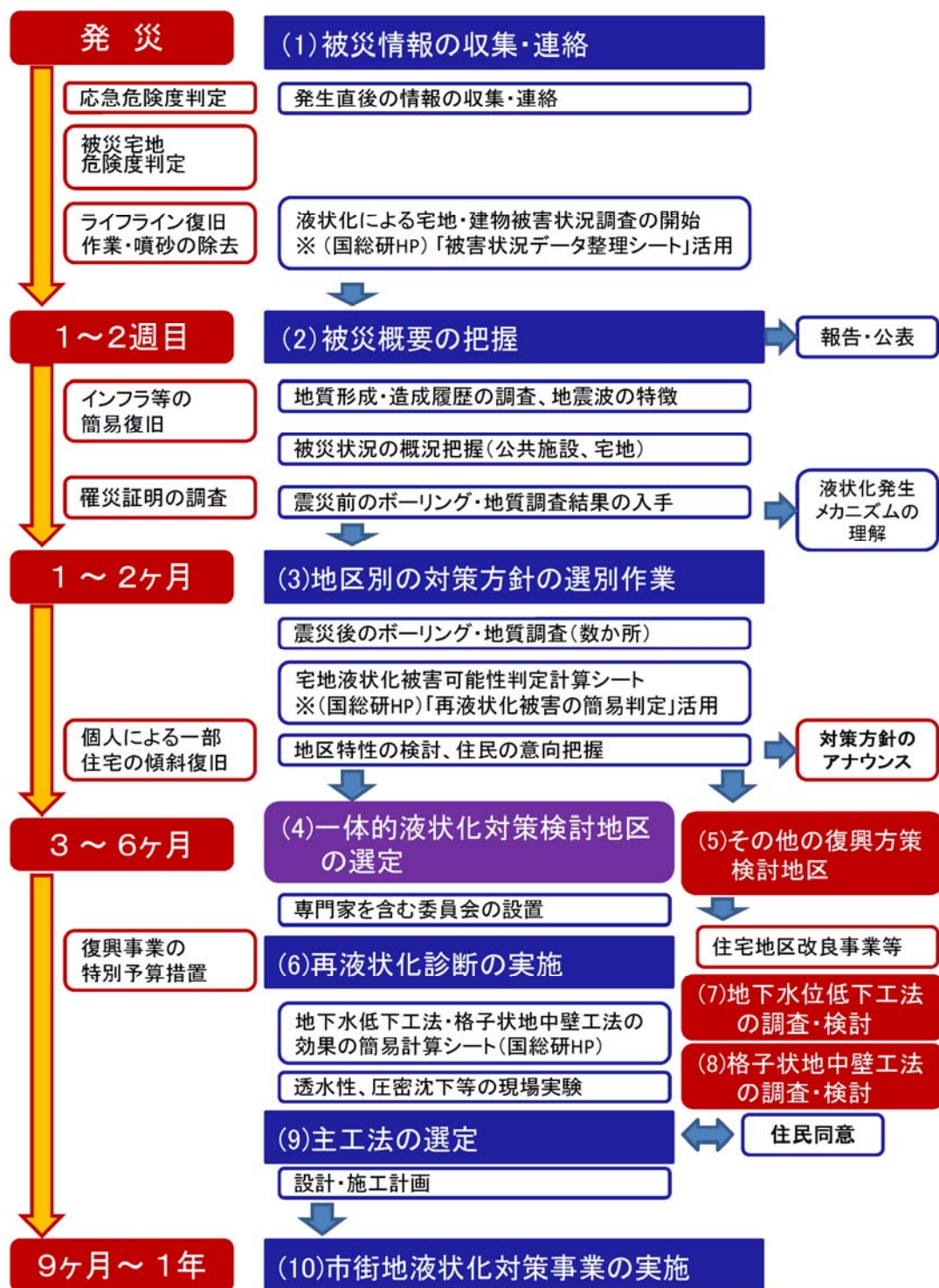


図2-1 市街地液状化対策のタイムラインの一例

※このタイムラインは被災後1年間で事業化することを目標とした場合のタイムラインの一例である。

実際には被災規模等により対応が異なるため、各自治体において柔軟に対応していただきたい。

（１）公共施設の復旧と一体的液状化対策

地震による被害を受けた場合、まずは公共施設であれば管理者により、当面の機能維持のための応急対策や仮に機能を復旧させる応急復旧が行われ、その後、恒久的な対策や復旧工事が行われるのが一般的である。

公共施設・宅地一体型液状化対策については、次に起こるであろう地震に対する（再）液状化対策であるため、各公共施設の本格的な復旧工事に合わせて対策工事を実施することが効率的であり望ましい。

1. 道路、上下水道等の復旧

液状化により被災した道路や上下水道等の都市インフラは、市民生活を支える重要なライフラインであり、早急に機能回復を図る必要があるが、その方法としては、必要に応じ、当面の機能維持や被害拡大を防ぐための応急的な措置が行われ、その後、恒久的な対策や本復旧が行われるのが一般的である。（災害復旧事業の流れについては、「1-4 関連する事業制度」を参照されたい。）

このため、公共施設と宅地との一体的な液状化対策を講じる際には、道路の無用な掘り返し等が生じないように、なるべく本復旧に合わせて行うことが望ましい。液状化対策に先行して復旧事業を行う場合、掘り返しを見越して仮復旧に留めておくなど、事業の効率化を図ることが望ましい。

2. 市街地の一体的な液状化対策

第1章で述べたように、宅地や公共施設が集約された一団の土地において、面的な液状化被害が生じた場合、宅地からの噴砂が道路や下水道を埋没させ、迅速な避難や震災後の生活再建に悪影響を与えることから、このような地区については、一体的な液状化対策を検討することが望ましい。

一体的な液状化対策は、個々の宅地毎に液状化対策を講じるよりもスケールメリットが働き、効率的であると言えるが、液状化対策を民地内で行う場合、住民側に費用負担を求めることとなる。

そうしたケースでは住民の合意形成が重要であることから、住民説明会を開催し、十分に意見交換を行いながら進めていく必要がある。

液状化対策の技術的な内容については、第3章以降で述べる。

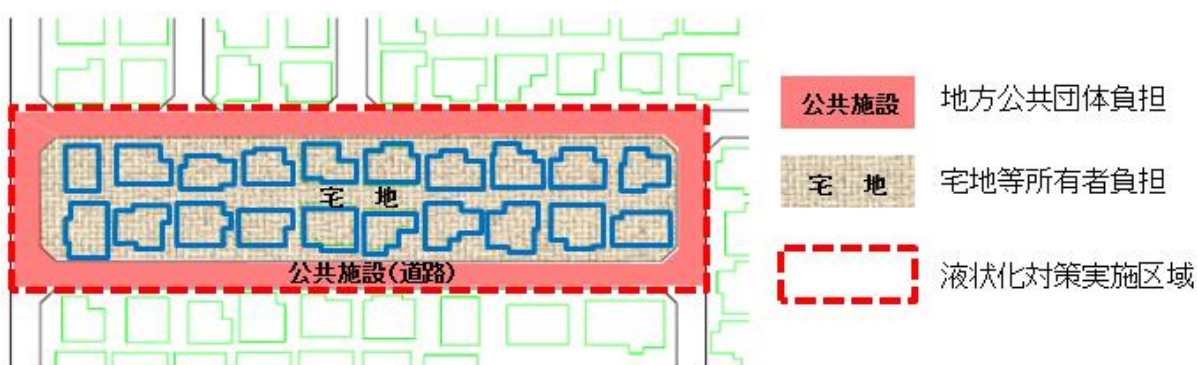


図2-2 公共施設と宅地との一体的な液状化対策の費用負担イメージ

（２）被災住宅の復旧と液状化対策

１）被災住宅の復旧

液状化により被災した住宅の復旧は、所有者個人により行われるものであるが、行政は被災者の生活再建を支援する立場から、各種支援制度の周知に努めるとともに、住宅の沈下や傾斜の復旧に係る代表的な工法について、その特徴や再液状化に対する効果の有無等を情報提供することが望ましい。

被災住宅の個別復旧は、個々の地権者の判断で実施する。

沈下や傾斜の修復を行う場合、修復後に再び液状化が起きた場合に備えて修復とあわせて個別に住宅の液状化対策を行うというケースも考えられる。そこで、住宅の液状化対策の有無も含めた修復工法選定の手順を図2-3のフローに示す。戸建住宅の液状化による沈下や傾斜の修復工法としては、アンダーピニング工法、耐圧版工法、ポイントジャッキ工法、注入工法などがある。工法の選定にあたっては、各工法の特徴や再液状化に対する効果の有無等をよく理解した上で選定しなければならず、工法の適用の可否は地盤調査の結果に依る場合もある。なお、注入工法に関しては、隣地への影響を十分に考慮する必要がある。修復工法の概要は資料編を参照されたい。

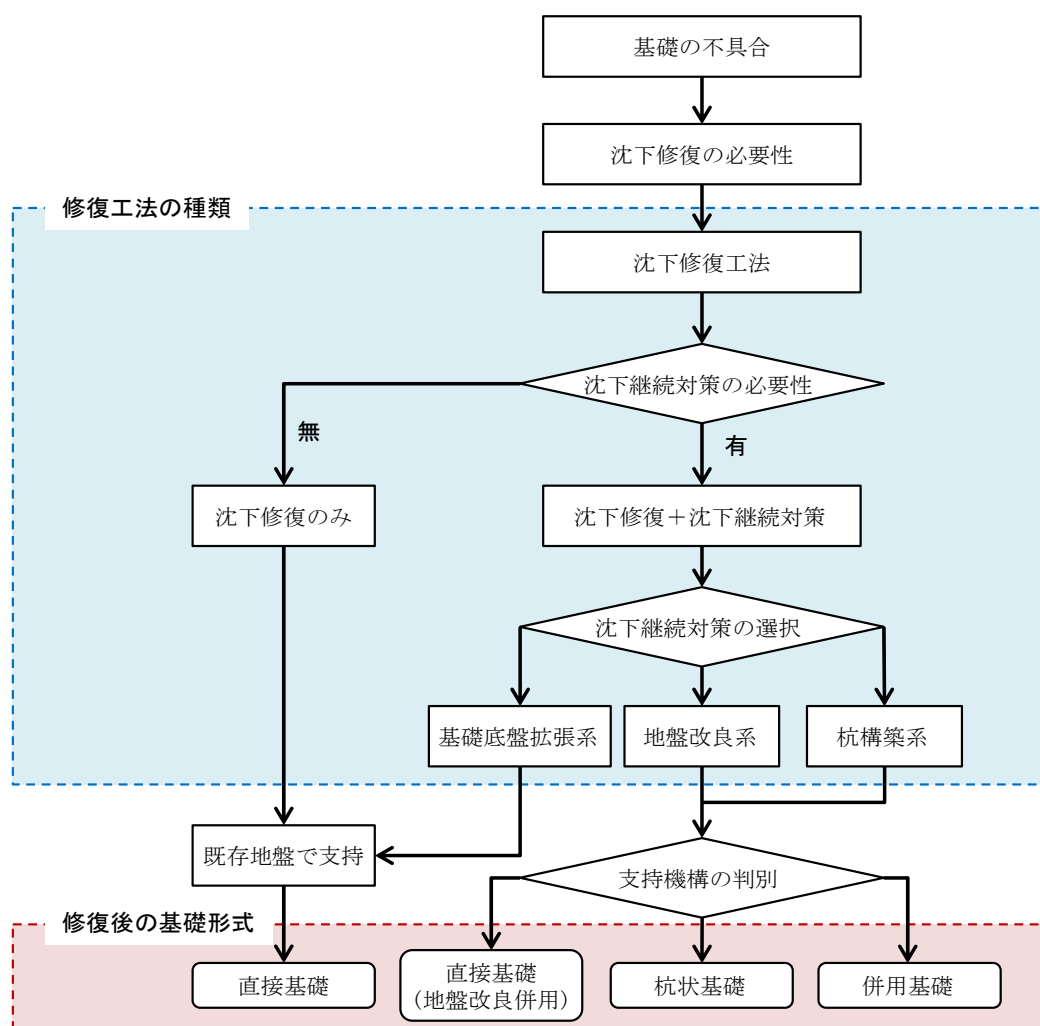


図 2-3 修復工法選定手順¹⁾

2) 個別の宅地の液状化対策

液状化により被災した住宅の修復に関しては、建物の沈下や傾斜の復旧のみが行われる場合が多い。

宅地の(再)液状化対策を行うかについては、所有者の判断に依るところであるが、公共施設・宅地一体型液状化対策の実施を想定している地区については、行政が所有者に対し液状化対策への理解を促し、個人による対策と齟齬が生じないように努めることが望ましい。

「2-1 (4) 市街地の一体的な液状化対策事業」が適用できない場合は、個々の地権者の判断で「個別の宅地液状化対策」を実施する。

個人でできる液状化の被害を低減させる方法は、「建て替え・新築時」と「住宅が建ったままの状態」とでは異なる。このうち、住宅が建ったままの状態でも適用可能な工法は、住宅の建て替え・新築時に適用可能な対策に比べると施工時の制約条件が多いので、費用的に割高になることがある。

個別対策を検討する際のフローを図2-4に示す。まず、個別対策が必要かどうかは、公開されているハザードマップや地盤調査の結果を元に地盤の液状化危険度を判断し、危険度が高いと判断された場合は対策をするかしないかの判断を行う。代表的な個別の宅地液状化対策工法については資料編を参照されたい。施工法が改良されたり、新工法が開発されることがあるので、最新の技術動向を収集することも重要である。

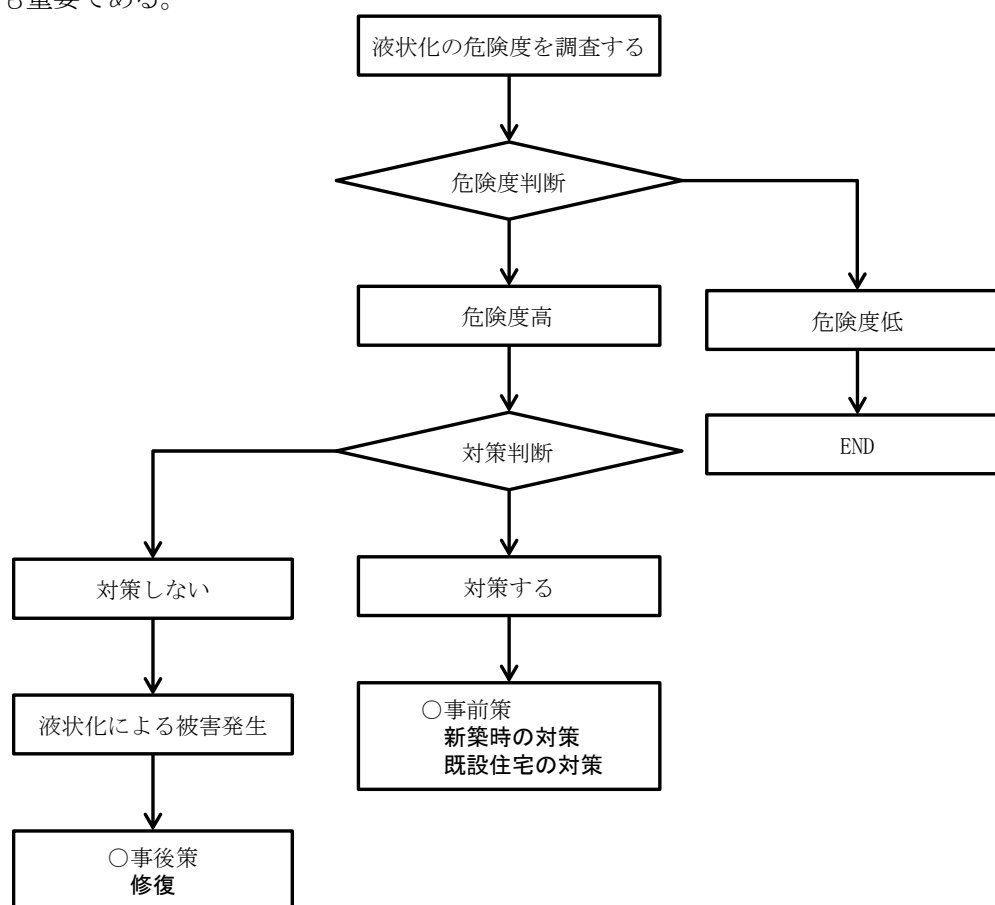


図 2-4 個別対策検討フロー

2-2 今後予想される震災の事前対策

今後予想される地震に対する事前対策は、各公共施設の管理者や住宅所有者等が適切に行うこととなるが、既成市街地において公共施設の液状化対策が急務であったり、住宅が建て替えまでに相当の時間がかかる等の理由により、住宅を存置したままの液状化対策が効率的かつ効果的である場合、公共施設・宅地一体型液状化対策を実施することができる。

液状化現象による被害は都市機能維持の足かせとなったり個人財産が毀損したりはするが、一方で液状化現象は直接的に人命被害につながらないのが実態であり、戸建て住宅を考えた場合、現在の建築基準法における「大地震時に人命を損なわない」といった耐震基準と比較すると、液状化被害を発生させないために規制を強化することは困難と考えられる。また、液状化被害はそれぞれの地盤の状況によって発生の有無や程度が左右され、現在の技術レベルからもあらゆる被害を予測することができないことや、その対策費用も相当程度高額となる場合があることから、一律に調査や対策を義務付けることも困難と考えられる。

このため、地震時の被害抑制には、主に戸建て住宅地における個人・民間等による対策を促進することが重要であり、そのためには、適切な判断のための様々な情報の提供を充実する必要があることから、国土交通省では次のような取り組みを進めている（図2-5）。

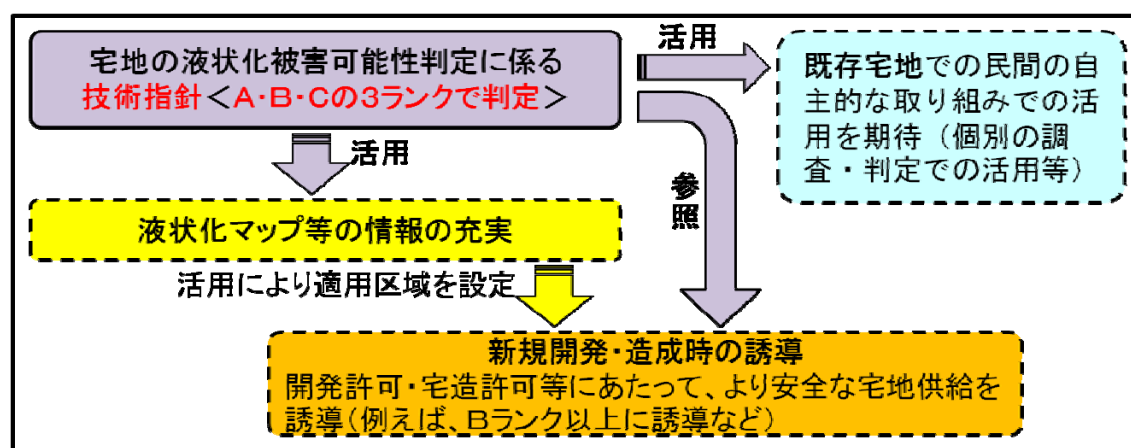


図2-5 宅地の液状化に対する国土交通省の取り組み

1. 液状化被害判定指針

必ずしも明確でなかった戸建て住宅を対象とした判定手法に対し、学識経験者の検討結果から「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」を取りまとめた。この指針は、宅地の液状化に関する調査や対策を義務付けるものではないが、少なくとも今後開発・造成される新たな宅地については、この基準を参考にして、より安全な宅地供給が行われることを期待するとともに、既存の宅地についても、民間の自主的な取り組みにおいて広く活用されることを期待している。

なお、液状化現象は、震度・継続時間等の地震特性、局所的地層変化、建物特性等が複雑に関連しており、被害可能性判定は、現実的なコストを前提にすると技術的に限界がある。このため、この指針は、宅地の液状化被害の可能性を判定する目安であり、個別の宅地毎に被害の有無等を保証するも

のではない。

2. 液状化関連情報の内容の充実

液状化の可能性を判断するために重要なボーリングデータについては、国土交通省の直轄工事に伴う約11万本について、国土交通省のウェブサイトで全て公表している。また、17の都道府県で公共事業に伴うデータを公表しているが、まだ全体の3分の1程度である。さらに、市町村工事のデータは、ほとんど公表されていないので、データの一層の整理・公表が必要である。

地域ごとの液状化の可能性の程度を則地的に示した液状化マップは、40の都道府県で公表されているが、地域ごとの傾向は読み取れるものの、個別の宅地や街区単位まで判別できるものは少ないのが現状である。また、より詳細なマップが282市町村で公表されているが、全国的に見れば未作成団体が多数あるのが現状で、作成を進める必要がある。さらに、地方公共団体によって、液状化の可能性を高低4区分で示すものや、あり・なし2区分で示すものなど、マップの内容が様々であり、今回策定した技術指針を基に、戸建て住宅を想定した統一的な基準でのマップ作りも求められている。

このような公共団体におけるボーリングデータの収集・公表や宅地液状化マップの作成については、平成25年度から国庫助成を行うこととしており、公共団体による様々な調査を促進し、液状化関係の情報の充実を進めている。

また、過去の液状化の被害履歴を地図上に示した被災履歴図と、液状化の可能性の判断に有効な埋立地等を示す地形区分図を、国土交通省において順次作成している。首都圏・中部圏の一部で作成済みで、大阪周辺等で調査中であり、今後も大都市を中心に順次作成する。

3. 一元的な情報提供等

液状化に関連する様々な情報は、国土交通省の各部局、各公共団体などが個別に提供しており、消費者等の利便の観点から一元的な情報提供が望まれている（図2-6）。

このため、液状化マップについては、国土交通省のホームページにあるハザードマップポータルサイトにおいて、建物被害予測などとともに、全国的な作成状況の一覧を示すとともに、各公共団体のマップへのリンクを設定している。また、ボーリングデータについては、独立行政法人防災科学技術研究所のデータベースである「ジオ・ステーション」において、国土交通省の公表データを含め、全国の公表済みデータの相当部分が、ワンストップで、誰でも見ることができる。

さらに、これらの情報を一元的に紹介する液状化関係情報ポータルサイトを、平成25年3月下旬に開設した。（http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_fr_000010.html）

このサイトでは、液状化に関する基礎知識や取り組み状況、技術指針などを紹介するとともに、国土交通省のハザードマップポータルサイト、防災科学技術研究所の「ジオ・ステーション」、各公共団体のボーリングデータベース、液状化被災履歴図や地形区分図を公開している国土交通省のページなどにリンクしている。

その他、（公社）地盤工学会でも地盤情報のデータベースや全国電子地盤図の作成を行っており、利用することができる。



図2-6 ポータルサイトのイメージ

4. 住宅性能表示

液状化の可能性等の地盤情報の重要性を消費者等が十分に認識することは重要であるので、住宅性能表示制度においても液状化に関する情報を記載できるよう検討中である。

＜参考文献＞

- 1) 日本建築学会：住まいづくり支援建築会議の復旧・復興支援 WG「液状化被害の基礎知識」
<http://news-sv.aij.or.jp/shien/s2/ekijouka/>

第3章 対策検討に必要な調査

3-1 危険度判定調査における状況把握

発災直後、地方公共団体は、災害が発生した場合への備えとして作成している「地域防災計画」等に基づいて行動することとなる。

被災市町村は都道府県・関係機関と連携し、「被災建築物応急危険度判定」及び「被災宅地危険度判定」等から宅地液状化被害の迅速な情報の収集を図り、その後の「り災証明」の建物傾斜量、沈下量の噴砂・噴水・湧水等の状況を整理し、液状化被災地区を特定するため、これらの制度も活用した被災状況の把握が重要である。

1. 災害情報等の収集・連絡

発災後1～2週間は、建築の応急危険度判定及び宅地擁壁・地盤・斜面の被災宅地危険度判定が行われる。ただし、巨大地震の場合は、1か月を要することもある。被災市町村は都道府県及び関係機関と連携し、図3-1のように建築の応急危険度判定及び図3-2のように宅地地盤の被災宅地危険度判定等から宅地液状化被害の迅速な情報の収集を図る必要がある。なお、宅地地盤の被災宅地危険度判定例については、＜資料編3-1＞を参照とされたい。

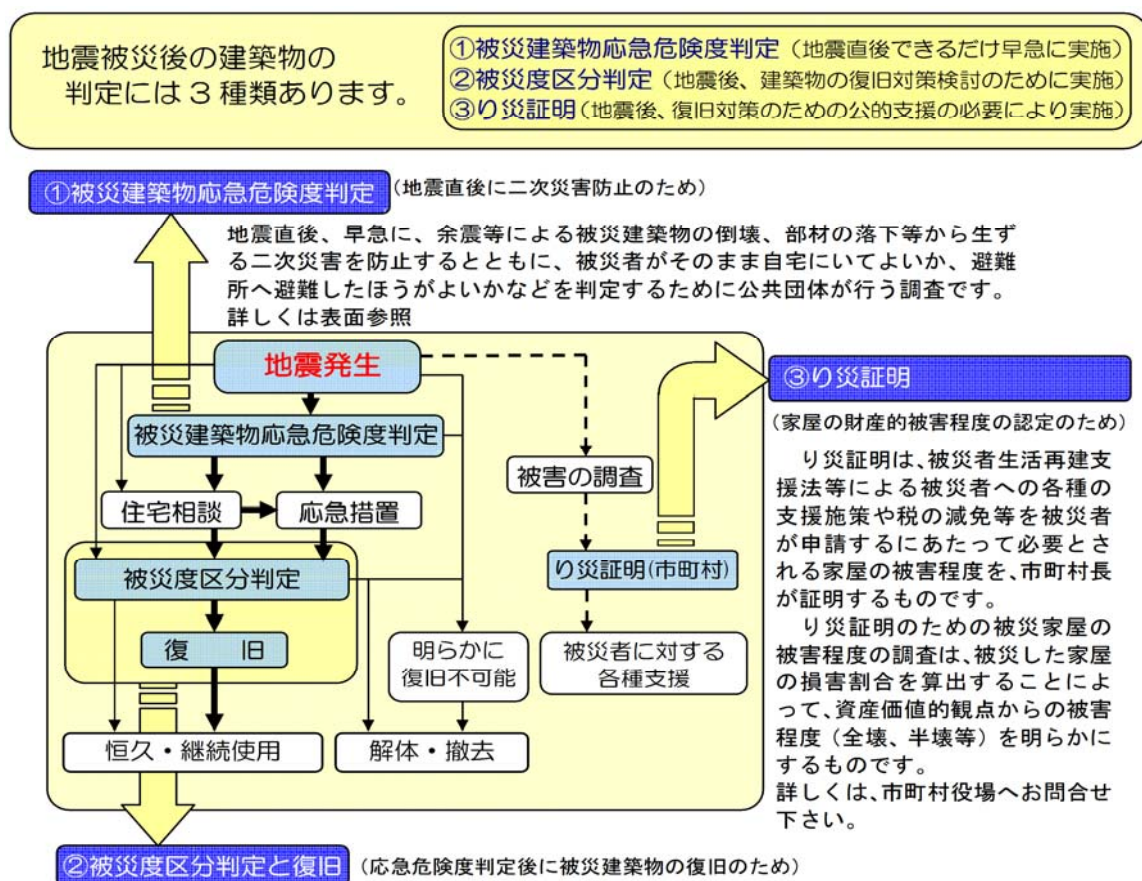


図3-1 地震被災後の建築物の判定²⁾

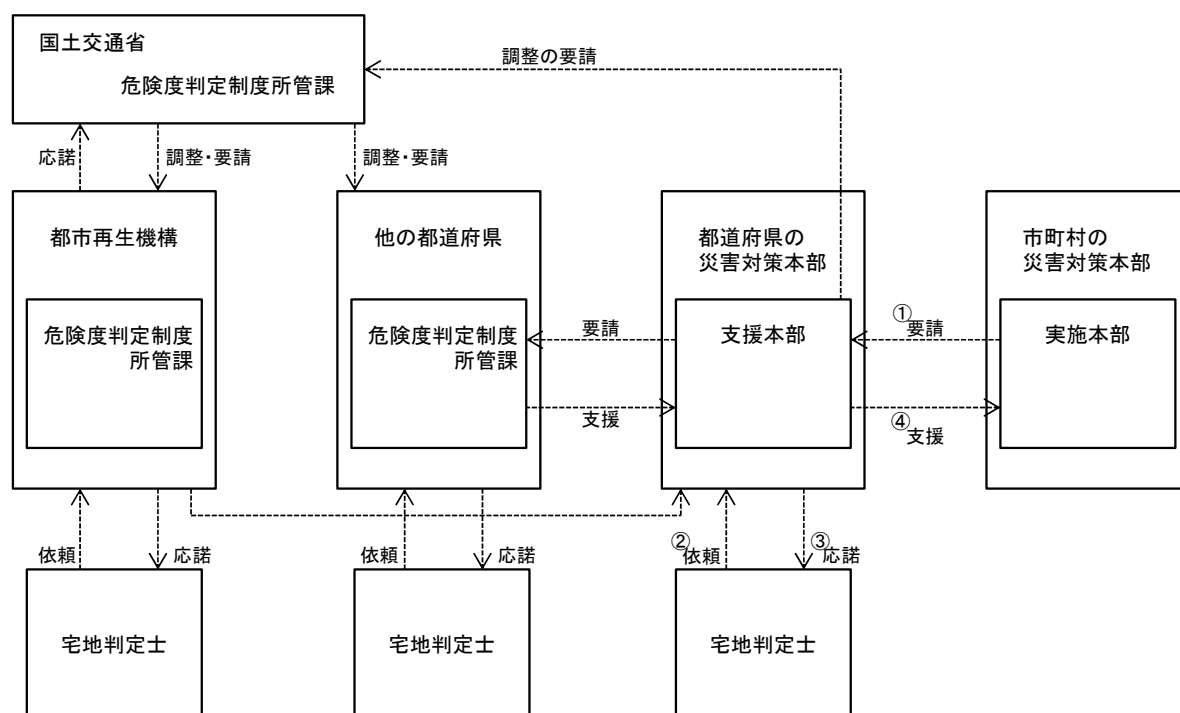


図3-2 危険度判定実施体制²⁾

2. 活動体制の確立

発災後速やかに、職員の非常参集、情報収集連絡体制の確立及び災害対策本部の設置等必要な体制が取られるが、特に、液状化の被害状況は、生活のために必需となる上水道・電気・ガス等のライフライン復旧作業や液状化による宅地・道路の噴砂の除去が行われてしまうために、速やかに液状化被災地区の現状を把握する調査体制を取る必要がある。

発災直後の宅地液状化被害は、住宅地図等を活用して、噴砂等の観察から被災範囲の図示、傾き・潜り込み・基礎の浮き上がり等がみられる建物の特定、道路・水路・マンホール等の変状のある公共施設の特定により、把握する。このうち、被害建物は、低層住宅とその他に分け、棟数ベースで集計することが望ましい。

発災直後から、「被災宅地危険度判定」が動いているものの、液状化地区は対象にならない場合があるので、噴砂等の状況から独自に被災地区を特定する必要がある。なお、宅地地盤の沈下量・建物の傾斜勾配と沈下量データ作成については、＜資料編3－2＞を参照されたい。

＜参照＞「地域防災計画」

地域防災計画は、災害対策基本法第40条に基づき、各地方自治体の長がそれぞれの防災会議に諮り、防災のために処理すべき業務などを具体的に定めた計画である。地理的、気候的条件や都市構造等、地域の実情に応じた防災計画として、地震災害対策や津波災害対策等、それぞれの災害に対する災害予防、災害応急対策、災害復旧・復興の段階における諸施策を具体的に定めている。

3-2 宅地被災状況調査

被災の概要を把握するため、宅地の液状化による各被害状況を調査し、各マップ類を作成することが望ましい。

- ①液状化被害の全体図（液状化の発生範囲）
- ②宅地の被害状況図（被災当時の写真を収集し、位置図とともに整理する）
- ③噴砂状況図（被災当時の状況をもとに作成する）
- ④道路の地盤沈下コンター図（道路の沈下量をもとにコンター図を作成する）

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、図3-3、3-4に示すように関東地方の広い範囲にわたり地盤の液状化現象が発生し、住宅、道路、河川堤防、港湾施設、ライフライン等に多大な被害が発生した。国土交通省関東地方整備局と地盤工学会では、既にこれらの地盤液状化現象の実態を把握、解明するために共同で調査を実施し、その成果を報告書に取りまとめている^{3),4)}。各地域の液状化被害については、大学や建築研究所のホームページ（HP）でも現地調査報告がなされており、過去の地震についても、1987年12月17日に発生した千葉県東方沖地震等において液状化の発生が報告されているところである⁵⁾。

宅地の被災状況を把握する際には、これら既存の資料をもとにこれまでに再液状化被害が発生しているかについても調査しておくことが望ましい。再液状化が発生した箇所については、今後も液状化被害は発生する可能性が高いために、液状化対策に向けて重点的に検討を行うことが望まれる。

被災例を示すと、図3-5のIH地区の宅地液状化被害では、干拓地の部分で埋め立て地盤全体に激しい液状化が発生し、北西側の一部の区画では干拓地であるにもかかわらず液状化していない結果となっている。地震直後の液状化による噴砂の状況は、Google Earthの写真3-1から噴砂量が多く地区全域が住宅被害を受けていることが判る。液状化による住宅地内の噴砂等の変状図は実態調査があればそれを採用する。無い場合は、Google Earthの2011年3月29日撮影の衛星画像を判読推定した図3-6の噴砂が生じた液状化地点マップを作成する。ただし、あくまでも画像による判読のために現地の噴砂等の変状と一致しない場合がある。

IH地区では、主な被害状況として写真3-2の宅地地盤の液状化に伴う大規模な噴砂、写真3-3の道路の側溝の隆起現象、写真3-3の建物の基礎部の割れや段差、写真3-4の中学校の校舎や体育館での建物基礎地盤の沈下、道路の側溝の隆起現象、写真3-5木杭の抜け上がり、写真3-6道路の側溝の隆起現象、写真3-7のライフラインの浮き上がり現象等が生じている。これら液状化被害状況を整理し、特筆すべき箇所・状況がわかるように、図面上に記載し被害概要マップを作成する。

液状化による地域の地盤沈下の状況を把握するため、図3-7に示すように道路の沈下量コンターを示す、道路の地盤沈下コンター図を作成する。

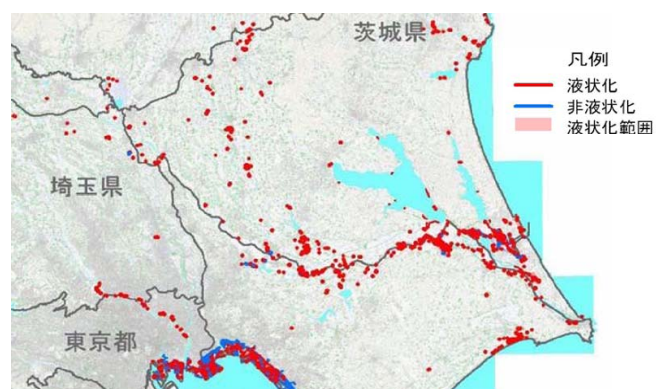


図3-3 関東地方の液状化発生分布³⁾

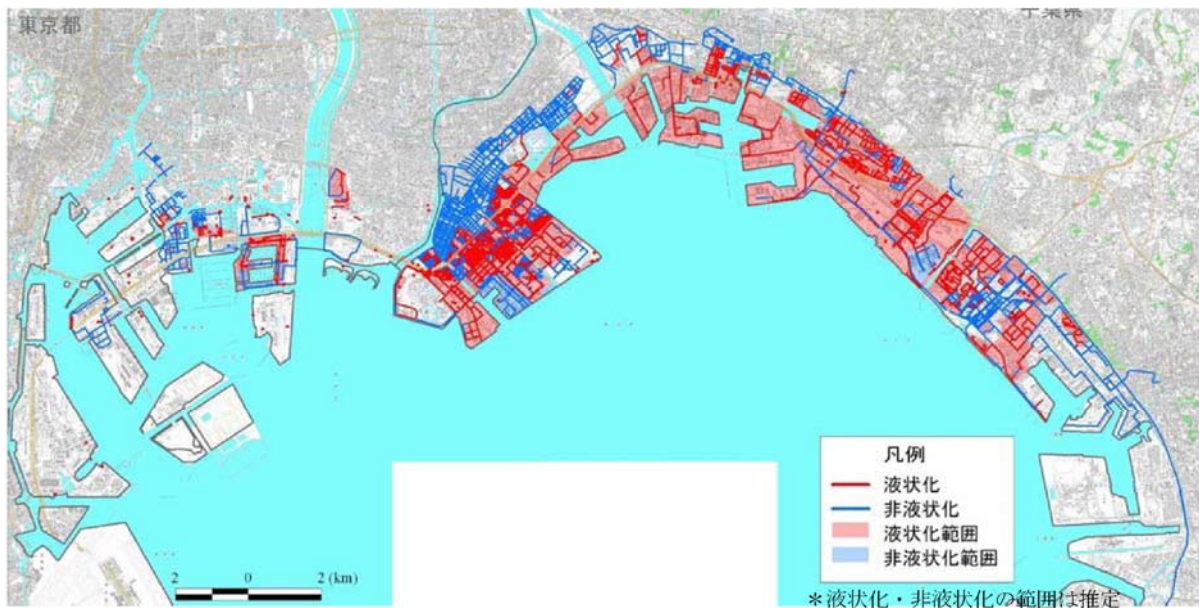


図3-4 東京湾岸の液状化発生分布³⁾

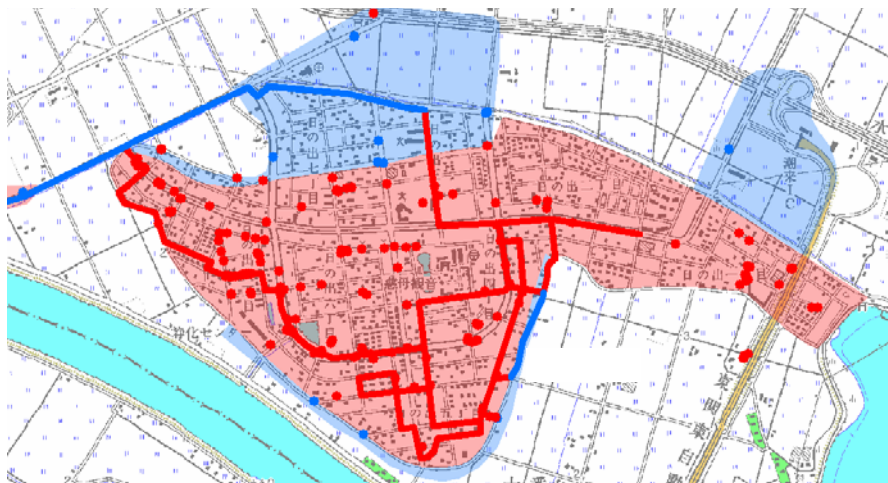


図3-5 IH地区における液状化被害の全体図⁴⁾

赤塗りつぶし：液状化被害の大きい地域（●：噴砂箇所）
 青塗りつぶし：液状化被害の少ない地域（●：噴砂箇所）



写真3-1 敷地での噴砂現象（Google Earthより）



写真3-2 宅地地盤の液状化に伴う大規模な噴砂状況⁶⁾



写真3-3 建物の基礎部の割れや段差⁶⁾



写真3-4 建物の基礎地盤の沈下⁶⁾



写真3-5 木杭の抜け上がり⁶⁾



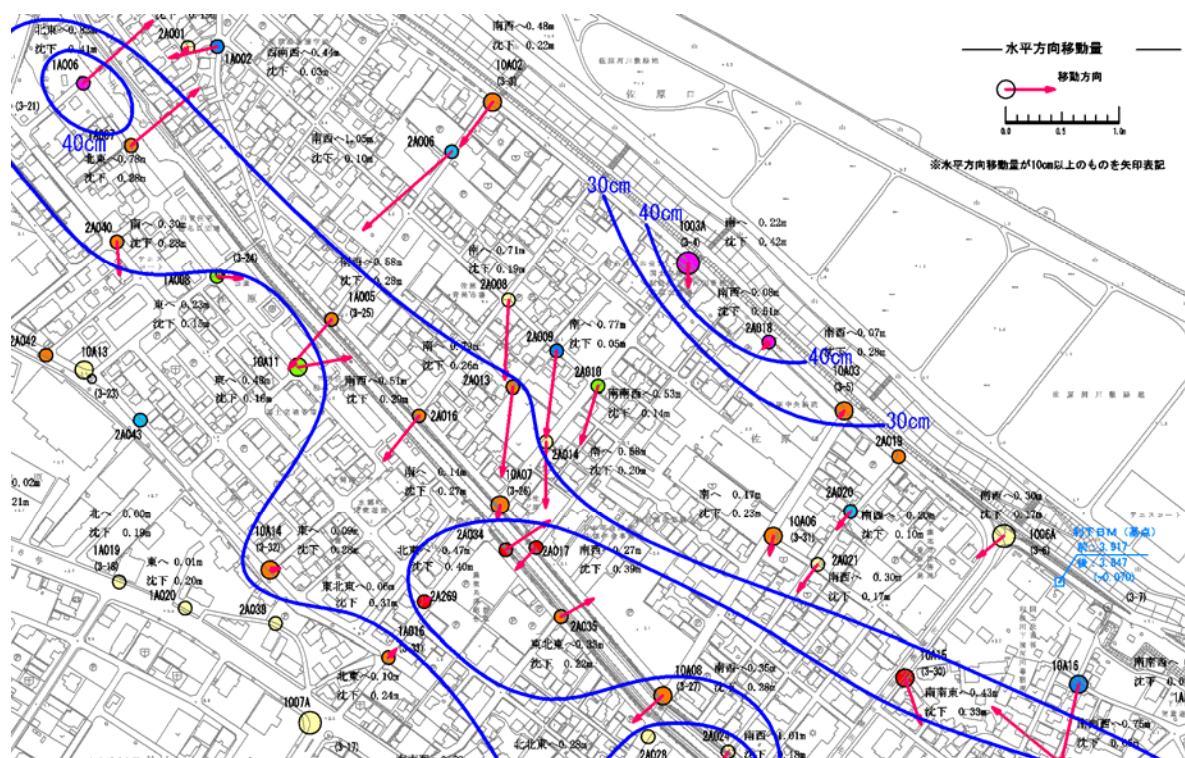
写真-6 道路側溝の隆起現象⁶⁾



写真-7 ライフラインの浮き上がり現象⁶⁾



図3-6 噴砂状況図⁷⁾



—— 上下方向移動量 ——

記 号	上・下変動値
	隆 起
	0～30mm
	31～60mm
	61～100mm
	101～200mm
	201～300mm
	300mm以上

凡 例

—— 標識の種別 ——

- 街区三角点
- 街区多角点
- 節点
- 座標計算における既知点
- 水平方向で不動と仮定した測点

—— 沈下量 (cm) ——

図3-7 道路の地盤沈下コンター図⁸⁾

(液状化による道路の沈下をもとにした地盤沈下コンター図)

3-3 公共施設被災状況調査

公共施設では、液状化により道路の沈下や亀裂、下水道管路の破断、マンホールの隆起が生じやすく、また河川の河床の隆起及び護岸部のはらみ出しにより、住宅地地盤も側方変位することがある。そこで、これら道路・下水道等の公共施設について、災害査定資料等を基に被災状況マップを作成し、建物被災判定マップと重ね合わせて地盤変状総合マップを作成することが望ましい。

1. 道路被災マップの作成

道路被災は、災害復旧の際に調査している道路舗装面の沈下・隆起、路面の段差や側溝の破損や沈下、破損箇所から噴砂現象等の被災の内容を整理し、図3-8に示すように道路被災マップを作成する。一般的に舗装厚が薄いほど噴砂現象を生じることが想定され、車道部に対して歩道部の方が噴砂による地盤沈下が著しい傾向にある。区画道路では局所的な被災が集中している箇所があり、道路端部に設置されていた電柱などの傾斜が大きいところほど地盤沈下が大きい傾向にある。

2. 上下水道被災マップの作成

下水道や上水道は、管路の破断、マンホールの隆起等の被災の内容を整理し、図3-9、-10に示すように上下水道被災マップを作成する。

3. 河川被災マップの作成

住宅の近隣に河川があり、その河床の隆起及び護岸部の側方変位が宅地の側方流動に影響している場合がある。このような河道に変状が生じている箇所では、図3-11に示すように河川被災マップを作成する。

4. 地盤変状総合マップの作成

街区点の測量結果から図3-12に示すように地盤沈下や側方変位を図化した地盤変位マップを作成する。さらに、上記の構造物被災と建物被災判定マップと重ね合わせた図3-13に示すように地盤変状総合マップを作成する。この結果から、地盤変状が大きく、一部での隆起現象や側方流動が生じた可能性を把握することができる。さらに、図3-14は、地盤変状と明治39年の古地形の重ね図で、図3-15は地盤変状と昭和6年古地形の重ね図で、地盤変状と地形図を重ねると、その変状の原因が明らかとなるケースも想定される。



図 3-8 道路被災マップの作成例⁷⁾

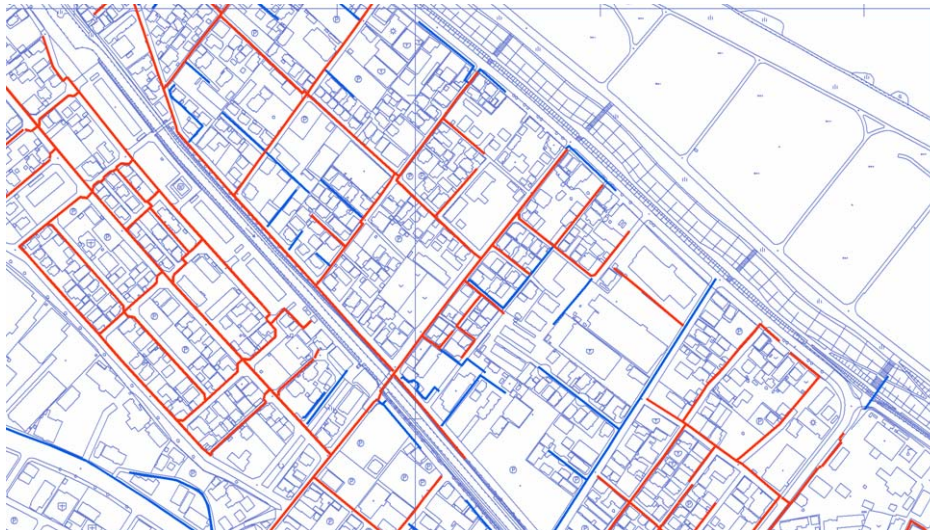


図 3-9 上水道被災マップの作成例⁷⁾



図3-10 下水道被災マップの作成例⁷⁾



図 3-11 河川被災マップの作成例⁷⁾



図 3-12 地盤変位マップの作成例⁷⁾

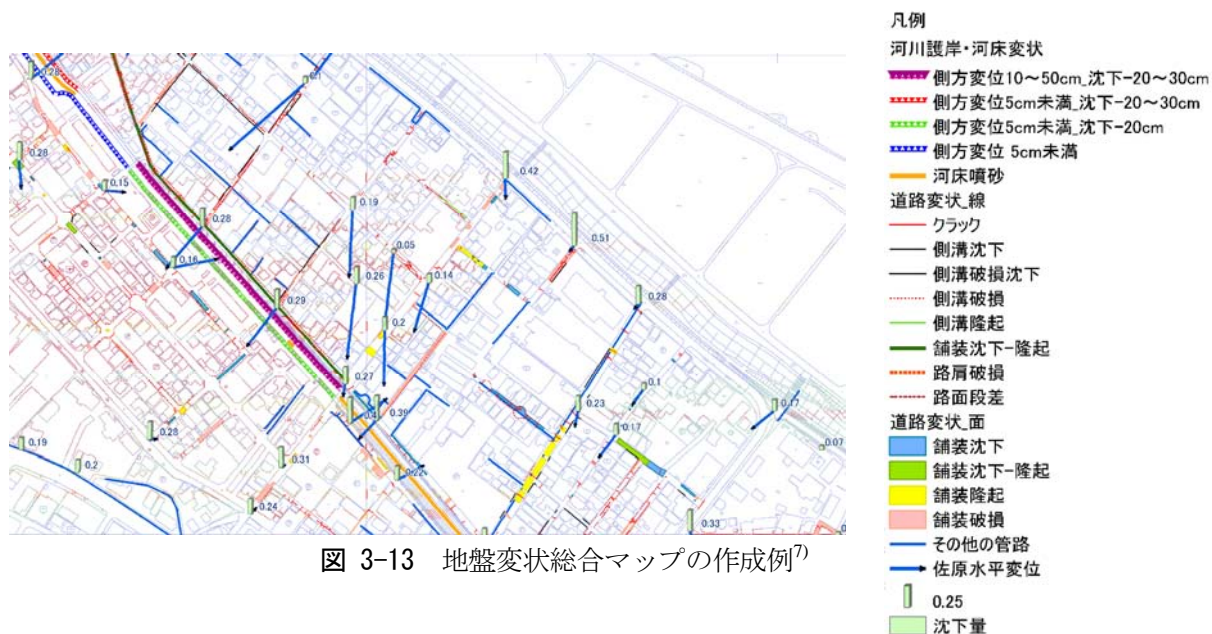


図 3-13 地盤変状総合マップの作成例⁷⁾

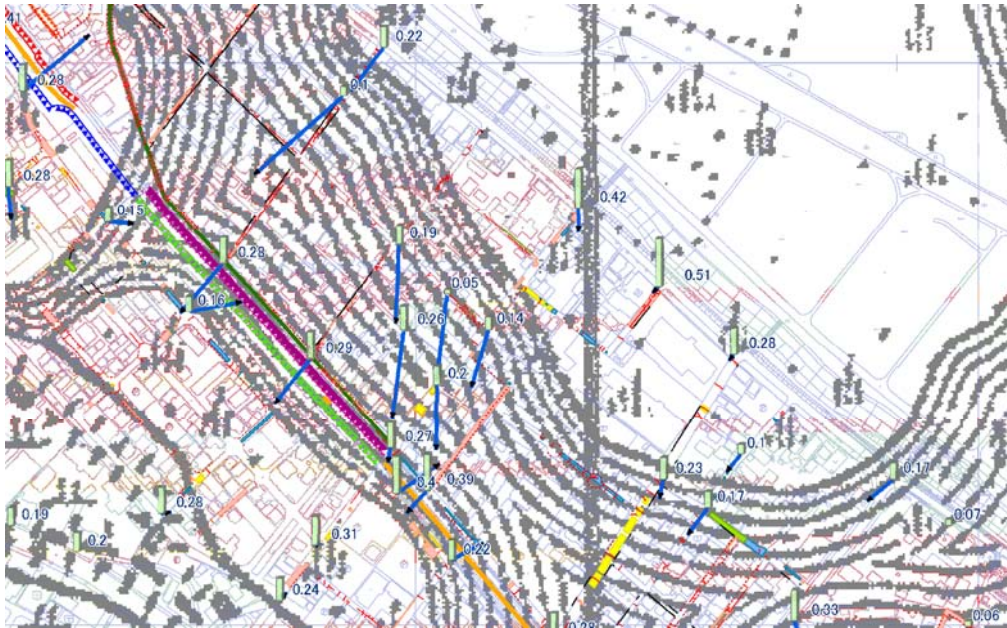


図 3-14 地盤変状と明治 39 年の古地形の重ね図⁷⁾

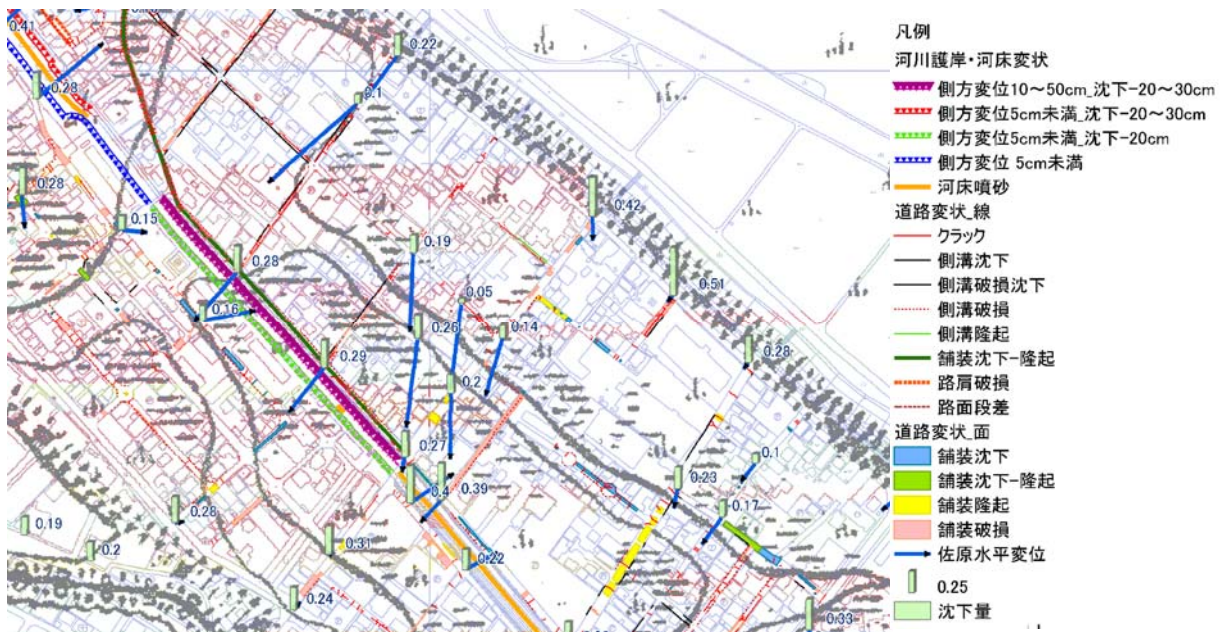


図3-15 地盤変状と昭和 6 年古地形の重ね図⁷⁾

3-4 関連情報の収集

(1) 造成履歴

液状化した地区の造成履歴などの地理的状況を旧地形平面図や航空写真等から整理する。この結果から詳細な造成年代、干拓や埋め立てされた経緯がわかり、罹災証明等の被害状況図面と重ね被害原因の分析に役立てる。内陸部では、旧湖・池、採掘跡地、水田部の盛土等の微地形区分を把握し、臨海部では埋立地の浚渫や埋め立ての造成年代や施工方法についても調査を行う。

液状化履歴の地図については若松が「日本の液状化履歴マップ745-2008」⁸⁾、微地形分類については若松・久保・松岡・長谷川・杉浦らの「日本の地形・地盤デジタルマップ」⁹⁾等のデジタルマップがあるので参照されたい。

造成履歴は、歴史書から江戸時代の人工改変による埋立地と云われているものもあるが、上記報告書の他、一般的に入手可能な国土地理院の明治後期～昭和初期頃にある古地図や米軍の航空写真から土地の変遷を調査する。このことにより、いつ頃まで水域や湿地であり、その後埋め立て干拓や宅地や耕作地として利用され、現在の地形がいつ頃に形成されたかがわかる。この住宅地化の着工と完了時期等の詳細な造成時期と干拓や宅地の経緯を整理する。

ほぼ全域が水域にあたり明治後期～昭和初期頃に掛けて埋め立て干拓された埋立地では、一般に比較的均質な砂を用いる場合が多く、大型の建設機械も無く、転圧による締め固めもほとんど行われずに緩い砂地盤が形成されたものと考えられる。また、地下水位が高く、堆積時期が自然の堆積環境と比較し非常に新しく時間の経過とともに土の強度が増す年代効果も少ないことから、非常に液状化しやすい地盤である可能性が高い。

例えば、潮来日の出地区（以下、IH地区）の内陸部では図3-16及び図3-17の迅速測図※から外浪逆浦の入江である内浪逆浦を干拓した土地で、図3-18の土地条件図で干拓地となっており、その後宅地化されたために液状化による被害が発生したものと考えられる。

一方、習志野市香澄地区（以下、NK地区）では、現在において図3-19の地形平面図及び図3-20、航空写真のように一様な平坦な地形となっているが、図3-21土地条件図及び図3-22明治13年、15年旧地形図（1/20,000迅速図）から臨海部の埋立地であることがわかる。埋立時期の違いが被災程度に影響を与えることも考えられるので十分な調査が必要である。

国土地理院は、1/25,000縮尺の「土地条件図」の「初期整備版」（3大都市圏+政令市等）146面、「人工地形更新版」（関東・中部71面）を作成・公表している。東京東北部の参照事例を図3-23に示す。また、地形から見た判定指針を表-1に示し、微地形分類指針を表-2に示す。微地形分類図は、市販・公開されているものを活用しても良いが、大縮尺のものが多く、図面の尺度により微細な旧河道や人工改変地が表現されていないこともあるため、地形図や航空写真などによる精査が必要である。

※ 迅速測図（じんそくそくず）とは、日本において明治時代初期から中期にかけて作成された簡易地図である。



(a) 明治18年 (1/20,000迅速測図) ¹⁰⁾



(b) 平成14年 (1/25,000数値地図) ¹¹⁾

図 3-16 旧地形と現地形との比較



図3-17 迅速測図に基盤地図情報を重ね合わせ¹²⁾

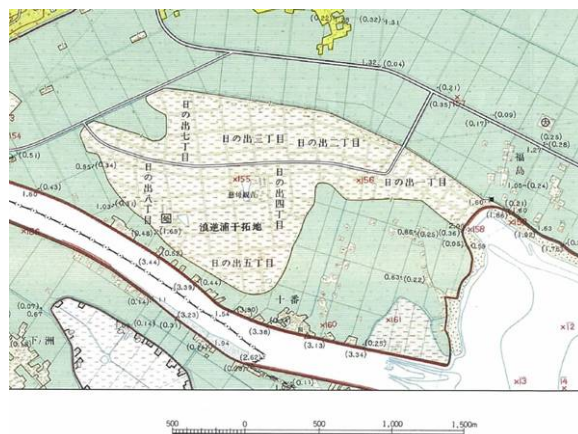


図3-18 土地条件図 (1/25, 000) ¹³⁾

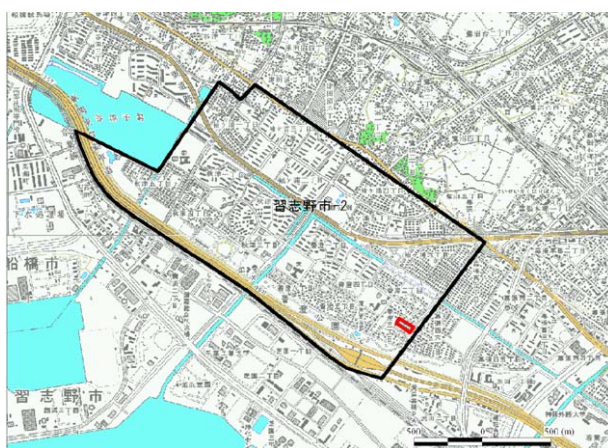


図3-19 地形平面図(1/25,000数値地図)⁴⁾



図3-20 航空写真(2011年3月17日撮影)⁴⁾

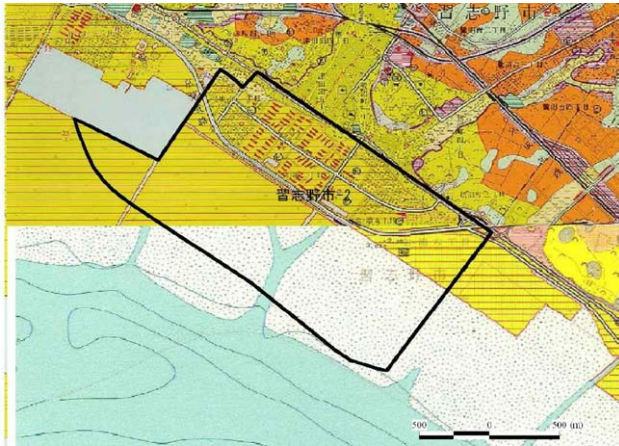


图3-21 土地条件图⁴⁾

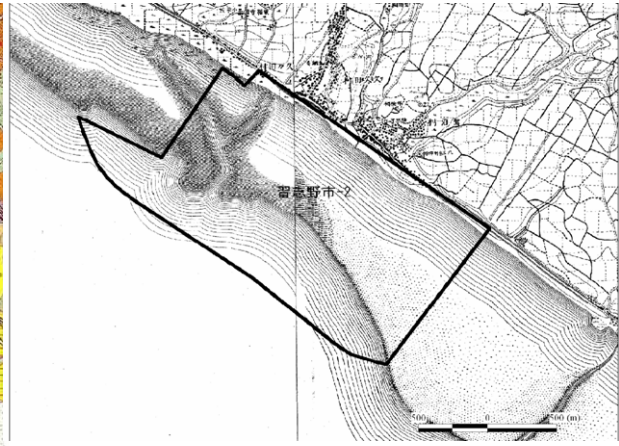


图3-22 明治13年、15年旧地形图（1/20,000迅速测图）⁴⁾

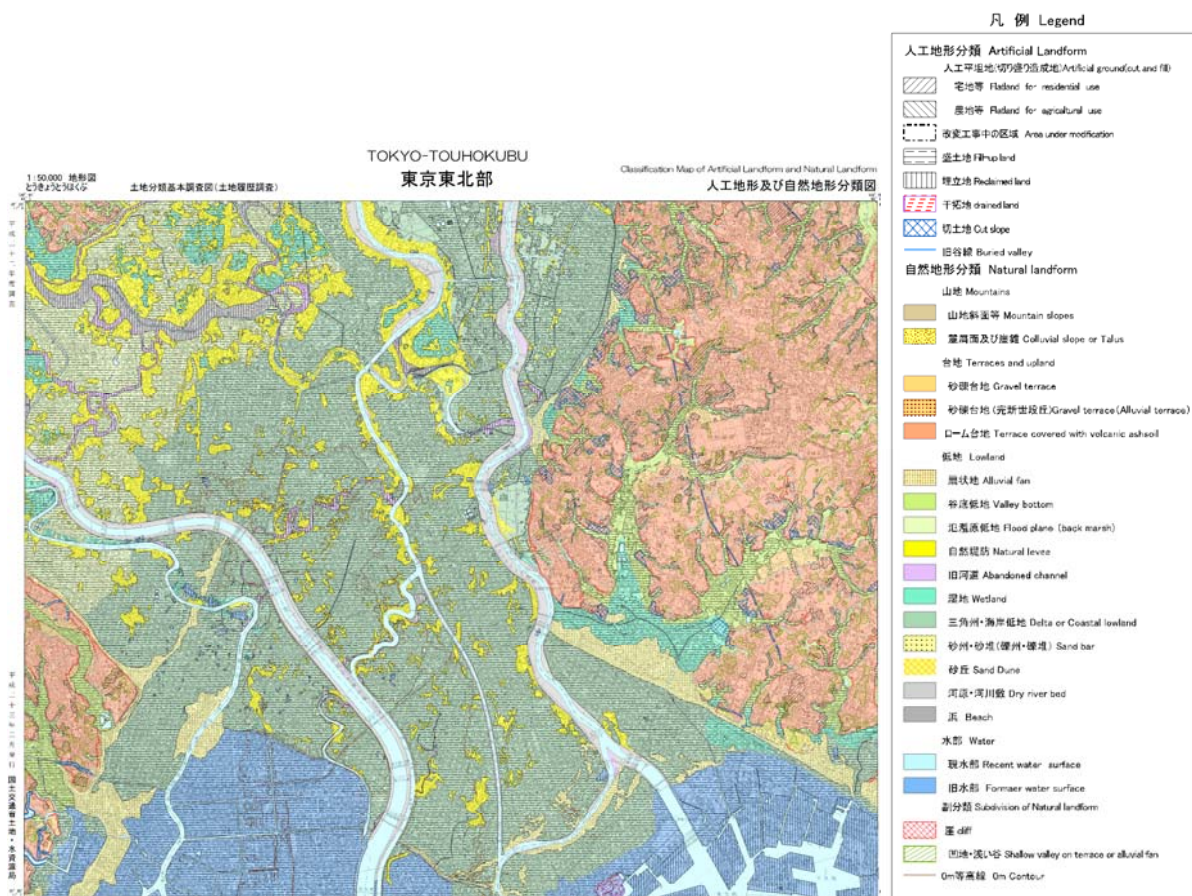


图 3-23 土地区分图（東京東北部）¹⁴⁾

表 3-1 地形から見た判定指針¹⁵⁾

地盤表層の液状化可能性の程度	地形区分
大	自然堤防縁辺部・比高の小さい自然堤防、ポイントバー（蛇行州）、旧河道、旧池沼、砂泥質の河原、砂丘末端緩斜面、人工海浜、砂丘間低地・堤間低地、埋立て地、湧水地点（帯）、盛土地
中	デルタ型谷底平野、緩扇状地、自然堤防、後背湿地、湿地、デルタ（三角州）、砂州、干拓地
小	扇状地型谷底平野、扇状地、砂礫質の河原、砂礫州、砂丘、海浜

表 3-2 微地形分類指針¹⁶⁾

微地形区分		判読の際の分類基準		
分類	細分類	地形的位置、特徴	形 態	主な土地利用
谷底平野	扇状地型谷底平野	古期岩盤の山地、砂礫層の丘陵地	縦断勾配のやや急な谷底	畑、水田
	デルタ型谷底平野	未固結岩石の丘陵地、台地	縦断勾配の緩やかな谷底	水田
扇状地	扇状地（沖積錘を含む）	河川の谷底、山麓部	扇状～円錐状、平均縦断勾配 1/100(0.57°)程度以上	果樹園、桑畑、畑
	緩扇状地	同上、または扇状地の末端部	扇状～円錐状、平均縦断勾配 1/100(0.57°)程度以下	畑、水田
自然堤防	自然堤防	現・旧河川の流路沿い	帯状またはパッチ状の微高地	畑、桑畑、集落
	自然堤防堰堤部	低地一般面と自然堤防の境界部	同上。微高地のうち比高 1 m 以下の部分。	畑
	比高の小さい自然堤防			
	蛇行州（ポイントバー）	蛇行河道の凸岸側にできる堆積地形	河道に沿って湾曲した帯状または半円状の微高地	水田
後背低地		自然堤防・砂州・砂丘の背後	沼沢性起源の低地	水田
旧河道	新しい（明瞭な）旧河道	低地域全般、過去の河川流路の跡	帯状凹地。一般面よりの比高 0.5～1.0m	水田、荒地
	古い（不明瞭な）旧河道	同 上	帯状凹地。比高 0.5m 以内で不明瞭	水田
旧池沼		過去の池沼の跡	凹地または平坦地	水田、荒地
湿 地		低地域のうち排水不良地、湧水地点付近、旧河道	同 上	同上
河原	砂礫質の河原	扇状地型平野・扇状地における現河道の流動沿い	平坦。流水に覆われることのある複地中流部	荒地、果樹園
	砂泥質の河原	デルタ型谷底平野・低地一般面における現河川の流動沿い	同上。下流部	荒地、畑、水田
三角州（デルタ）		河川の河口部	起伏に乏しい	水田
砂州（浜提砂礫含む）	砂州	海岸、湖岸沿い	汀線に平行な微高地	針葉樹林、畑、荒地、集落
	砂礫州	同上	同上	同上
砂丘	砂丘	海岸、河岸	小丘の集合体、一般面との比高 3m～4m 以上	針葉樹林
	砂丘末端緩斜面	同上、砂丘の縁辺部	比高 3m～4m 以下	畑、集落
海浜	海浜	海岸地域の提外地	海岸の波打ち際の砂地	海浜
	人工海浜	同上	同上。人工的なもの	同上
砂丘間低地・堤間低地		砂丘間、砂州間	比較的平坦	畑、水田
干拓地		沿岸地域、湖水地形や水面を干して陸地化した土地	平坦地、規則正しい地割り	水田
埋立地		海城などの水面を一般面と同じ高さまで埋め立てたもの	平坦地	工場地、宅地
湧水地点（帯）		扇状地末端部、砂丘縁辺部、断崖部、旧河道、湿地、天井川に沿った提内地	――	湿地、水田
盛土地		――	低地において 1m 以上の盛土	宅地

砂州、砂礫州：空中写真だけでは判定困難。

盛土地：ここでの盛土地とは、崖・斜面に隣接した盛土地、低湿地・干拓地・谷底平野上の盛土地を指す（すなわち、地下水位が高いと推定されるもの）。これ以上の盛土地は、盛土前の地形の区分と同等に扱う。

段丘：本表は沖積地の微地形分類のため、段丘層は記載していないが、斜面に隣接し地下水位が高いと想定される段丘については液状化の可能性があるため、段丘も分類するものとする。

なお、造成履歴や土地条件図とともに、①液状化マップや②液状化被災履歴を活用することが望ましい。

①液状化マップ

国土交通省のハザードマップポータルサイト (<http://disapotal.gsi.go.jp/>)¹⁷⁾ で、各都道府県、市町村の地盤災害ハザードマップ（液状化）が参照できる。地盤災害ハザードマップ（液状化）の全国版、関東地方版、千葉県版、千葉市版の参照事例を図 3-24～27 に示す。これら既存マップも参照しつつも、本ガイドラインに基づいたボーリング調査結果を用いた液状化判定に活用する。

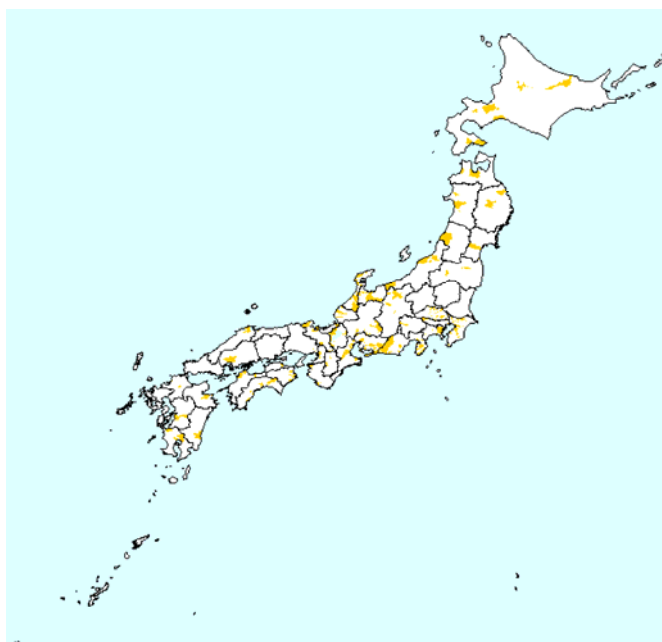


図 3-24 地盤被害（液状化）マップ-全国¹⁷⁾

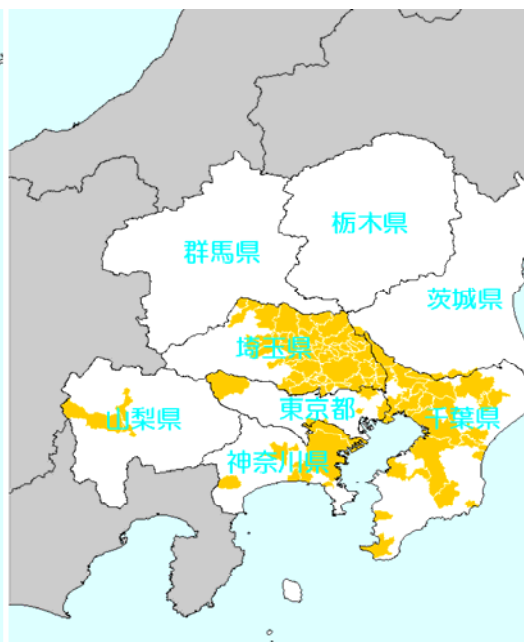


図 3-25 地盤被害（液状化）マップ-関東¹⁷⁾

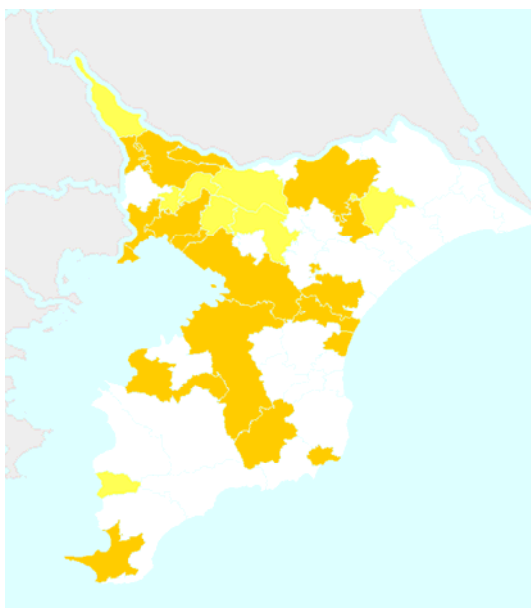


図 3-26 地盤被害（液状化）マップ-千葉県¹⁷⁾

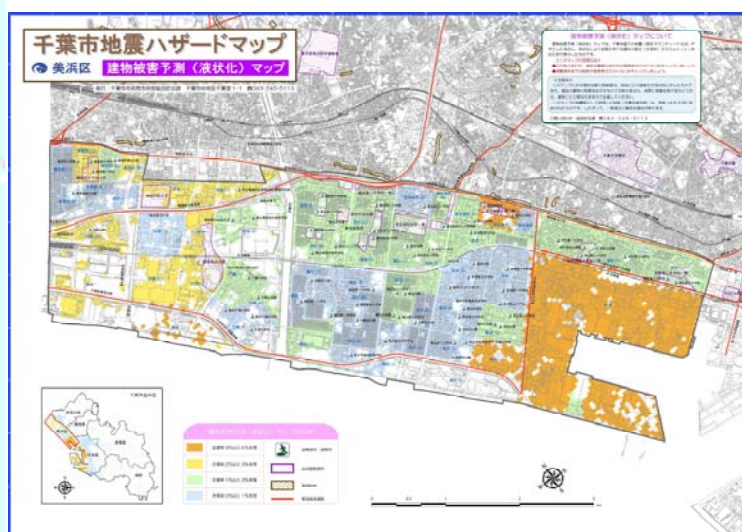


図 3-27 地盤被害（液状化）マップ-千葉市¹⁷⁾

②液状化被災履歴

過去の液状化被害については、国土交通省（国土政策局）が国土調査の一環として、平成 23 年度から 32 年度までの 10 年間で大都市部を中心に全国 1.8 万 km² の災害履歴地（1/50,000 縮尺）を作成しホームページで公表している。現時点で、東京、神奈川、千葉、埼玉、岐阜、愛知については公表しており、三重県、大阪周辺、静岡、浜松については調査中である。

東京東北部の参照事例を図 3-28 に示す。また、若松は、図 3-29 に示す「日本の液状化履歴マップ 745-2008」を整理して発刊しており参考になる。

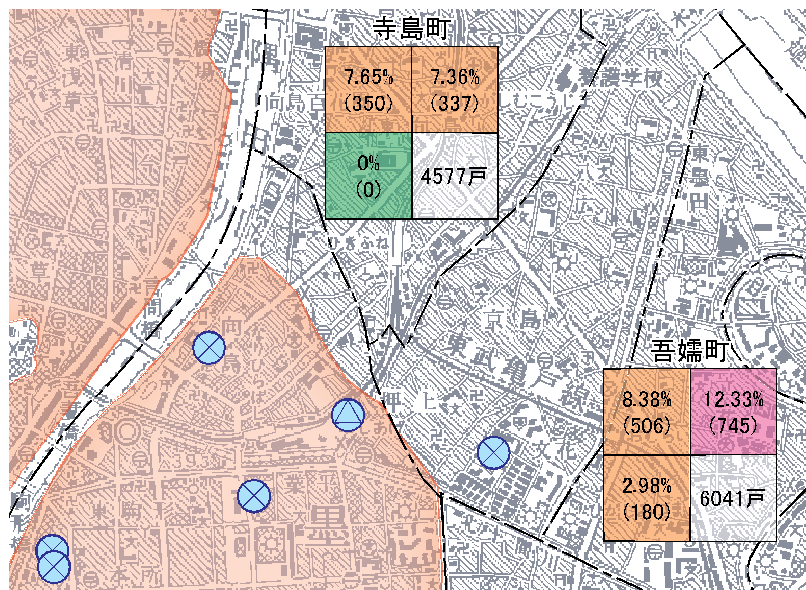


図 3-28 液状化被災履歴図（東京東北部）¹⁸⁾

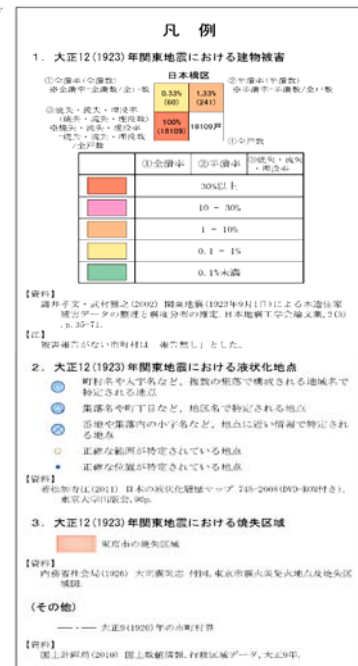


図 3-29 日本の液状化履歴マップ 745-2008⁹⁾

(2) 地盤地質情報

過去のボーリングデータを収集する。

過去のボーリングデータは、防災科学研究所や表-3 に示す地盤情報データベースを活用し入手する。

防災科学技術研究所では、図3-30に示す「統合化地下構造データベース」を構築しているもので、有効に活用できる。また、地方自治体と連携し、ボーリングデータの公開が可能となっている。参考となる地盤データベースを表3-3に示す。これらには調査されたボーリングデータがそのまま利用できるものと、地域をメッシュに分割し、その中で平均的なデータを人為的に作成したものがあるので、利用する際にはこれらの違いに留意する必要がある。本ガイダンスでは、ボーリングデータをそのまま利用できるデータベースを用いることが望ましい。

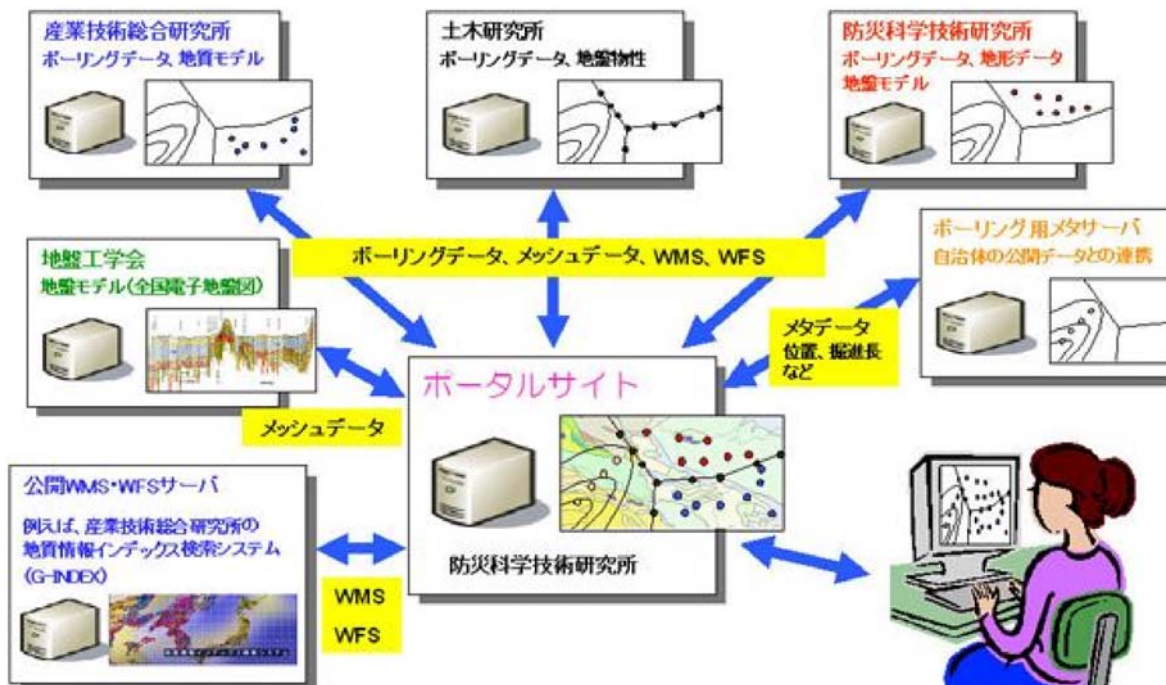


図 3-30 統合化地下構造データベース ¹⁹⁾

表3-3 地盤情報データベース

情報の内容	情報の所在	
全国の統合データベース	(独法)防災科学技術研究所	http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/index.html
国土交通省の直轄工事データ	(独法)土木研究所	http://www.kunijiban.pwri.go.jp
自然地形や変遷履歴等を示す「災害履歴図」	国土交通省国土政策局国土情報課	http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/land_histor
地形分類(山地、人工地形等)を示す「土地条件図」	国土交通省国土地理院	http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/lc_index.html
産業技術総合研究所が公開しているデータ	産業技術総合研究所	http://www.gsi-3dmdb@m.aist.go.jp
東京の地盤(Web版)	東京都土木技術支援・人材育成センター	http://doboku.metro.tokyo.jp/start/U3-iyouhou/geo-web/U0-index.html
かながわ地質情報MAP	(財)神奈川県都市整備技術センター	http://www.toshiseibi-boring.jp/
埼玉県地理環境情報WebGIS「e(エ)～コバトン環境マップ」	埼玉県環境科学国際センター	http://www.pref.saitama.lg.jp/A09/BE00/gisportal/top.html
群馬県ボーリングMAP	(財)群馬県建設技術技術センター	http://b.hatena.ne.jp/entry/www.gunma-kengi.or.jp/bordb/
栃木地図情報公開システム	栃木県県土整備部	http://www.dgis.pref.tochigi.lg.jp/map/login.aspx
茨城県のボーリングデータ	茨城県	http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/index.html
地質環境インフォメーションバンク	千葉県環境研究センター	http://www.pref.chiba.lg.jp/pbgeogis/servlet/infobank.index
横浜市地盤地図情報「地盤View(じばんびゅー)」	横浜市環境科学研究所	http://www.city.yokohama.lg.jp/agreement.asp?dtp=3&npg=%2Findex%2Easp
川崎市地質図集(ボーリングデータ)	川崎市環境局環境対策部	http://kawasaki.geocloud.jp/webgis/?p=0&bt=0&mp=38-2&
茨城県土木部が公開しているデータ	茨城県土木部	※全国の統合データベースより参照可能。
長崎県土木部が公開しているデータ	長崎県土木部	※全国の統合データベースより参照可能。
滋賀県土木交通部が公開しているデータ	滋賀県土木交通部	※全国の統合データベースより参照可能。
水戸市が公開しているデータ	水戸市	※全国の統合データベースより参照可能。
全国電子地盤図	地盤工学会	http://www.denshi-jiban.jp/
北海道地盤情報データベースVer.2003	地盤工学会 北海道支部	
東北地盤情報システム	地盤工学会 東北支部	
「関東の地盤」(付録DVD)	地盤工学会 関東支部	
ほくりく地盤情報システム	地盤工学会 北陸支部	
中部支部50周年記念事業	地盤工学会 中部支部	
関西圏地盤情報データベース	関西圏地盤情報協議会	
中国地盤情報データベース	地盤工学会 中国支部	

(3) 既往土質調査・試験結果の収集

地盤情報データベースは、地質構成や標準貫入試験値（ N 値）等の地盤情報を入手できるが、液状化判定に用いる室内土質試験値が実施されていない場合が多い。

このため、各市町村で実施した地質調査結果を入手して震災前の地盤状況の再現等に活用する。

表3-3に示した地盤情報データベースでは、地質構成（地質区分）や地下水位ならびに標準貫入試験値（ N 値）等の地盤情報は容易に入手可能であるが、室内土質試験値（物理試験値：特に粒度試験）は実施していないか、入手できない可能性がある。

このため、詳細な地盤情報の入手は各市町村で実施した既往の地質調査報告書を収集する。液状化判定に必要な項目は以下の通りである。

- ①地質構成
- ②地下水位
- ③標準貫入試験値（ N 値）、スウェーデン式サウンディング試験からの換算 N 値
- ④粒径加積曲線の50%通過粒径（ D_{50} ）、10%通過粒径（ D_{10} ）
- ⑤細粒分含有率（ F_c ）
- ⑥塑性指数（ I_p ）
- ⑦土の単位体積重量（力学試験がない場合は一般値を使用）

既往土質調査・試験結果の活用例として、入手した詳細な地盤情報から、 N 値と細粒分含有率の関係を整理し、 N 値のみ判明しているボーリング地点の細粒分含有率を想定するなどが考えられる。

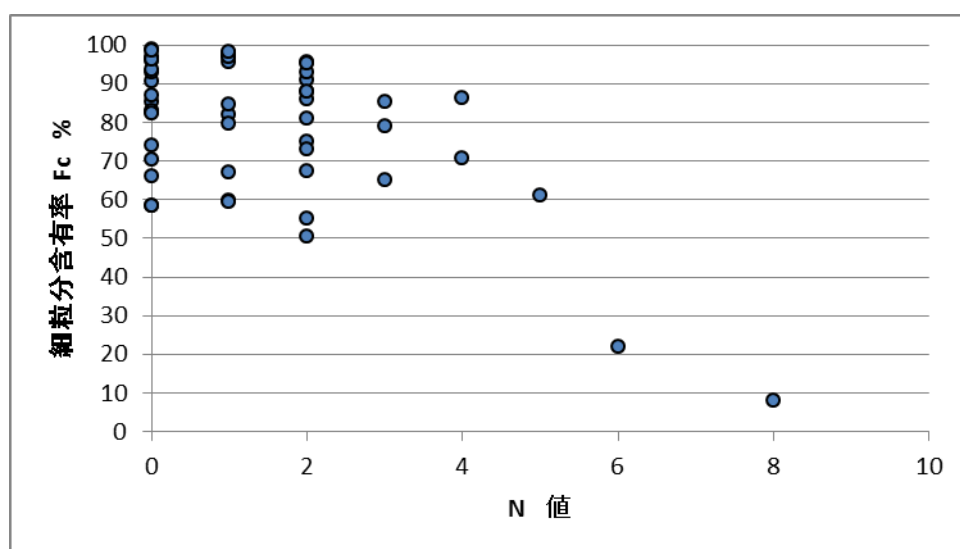


図 3-31 N 値と細粒分含有率の関係の例

(4) 発生地震波

被災地区の震度及び最大加速度（gal）、最大速度（kine）、継続時間（s）の時刻歴のデータを調査する。また、本震後に大きな余震が発生し、その影響も考えられるので、同様に調査する。時刻歴のデータは、この対象地点での入手が望ましいが、無い場合は近傍の観測地点のものを入手する。ただし、観測地点の地形・地盤状況により被災地区と違った波形になることもあるので注意しなければならない。

本震・余震の震度は、上記報告書の他、地方自治体（市町村等）に確認するか、または、気象庁のホームページ等から推計震度分布図から調べる。

最大加速度（gal）、最大速度（kine）、継続時間（s）の時刻歴のデータは、同様に上記報告書の他、地方自治体（市町村等）に確認するか、または、観測点K-NETやKiK-netのホームページ等から調べる。

例えば、IH地区の震度は図3-32からの本震の推計震度分布図で震度6弱であることがわかる。図3-33は、対象地点と7.3km離れた観測点K-NET鹿嶋（IBR018）²⁰⁾での本震の2011年3月11日14時46分に発生したM9.0の加速度時刻歴で、最大加速度が658.4 gal、最大速度が本震で41.4 kine、継続時間（50gal以上）が89.39sを計測した。また、図3-34は同観測地点でその後の30分程度の2011年3月11日15時15分に発生したM7.4の茨城県沖での余震の加速度時刻歴で、最大加速度が408.4 gal、最大速度が本震で46.1 kine、継続時間（50gal以上）が103.99sを計測し、この長時間にわたり液状化した後も大きく揺すぶられ、大きな沈下・傾斜につながった可能性が想定される。

一方、NK地区の震度は図3-35から本震の推計震度分布図から5強であることがわかる。図3-36、-37は、対象地点と7.3km離れた観測点K-NET稲毛（ICHBO2411）²⁰⁾での本震の2011年3月11日14時46分に発生したM9.0の加速度時刻歴で、最大加速度が301.1gal、最大速度が本震で38.9 kine、継続時間（50gal以上）が47.70sを計測した。なお、本震の30分程度後に茨城県沖でM7.4の余震があったが、欠測でデータが得られていない。

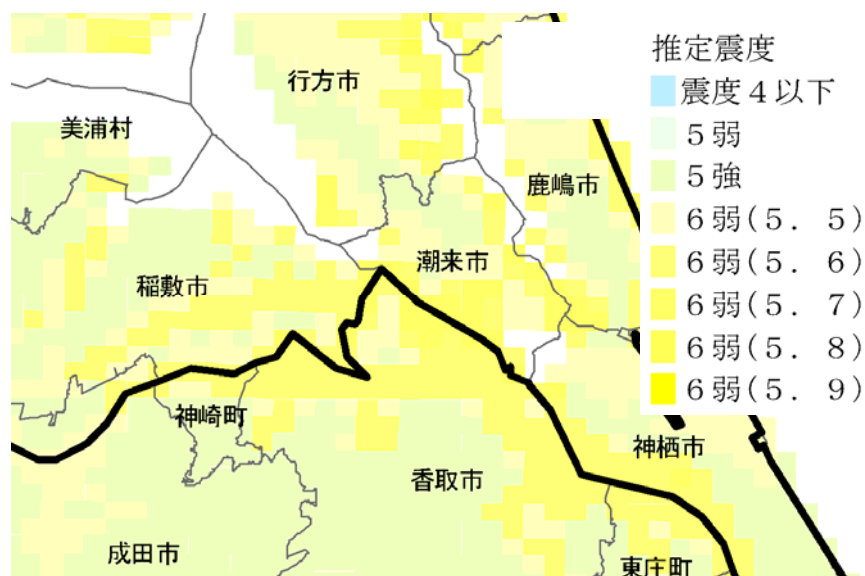


図3-32 本震の推計震度分布図²⁰⁾

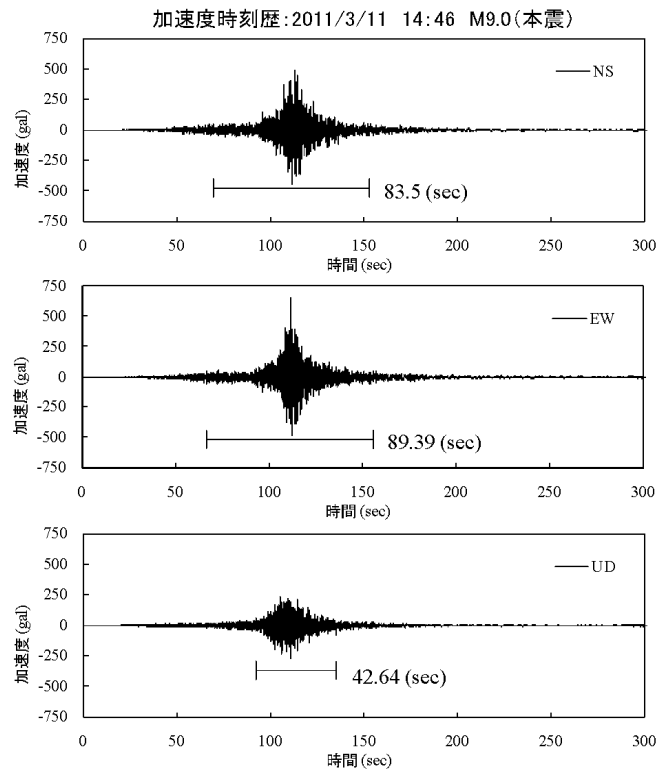


図3-33 本震の加速度時刻歴（2011年3月11日14時46分）⁴⁾

注) 最大加速度，最大速度の値は3成分合成

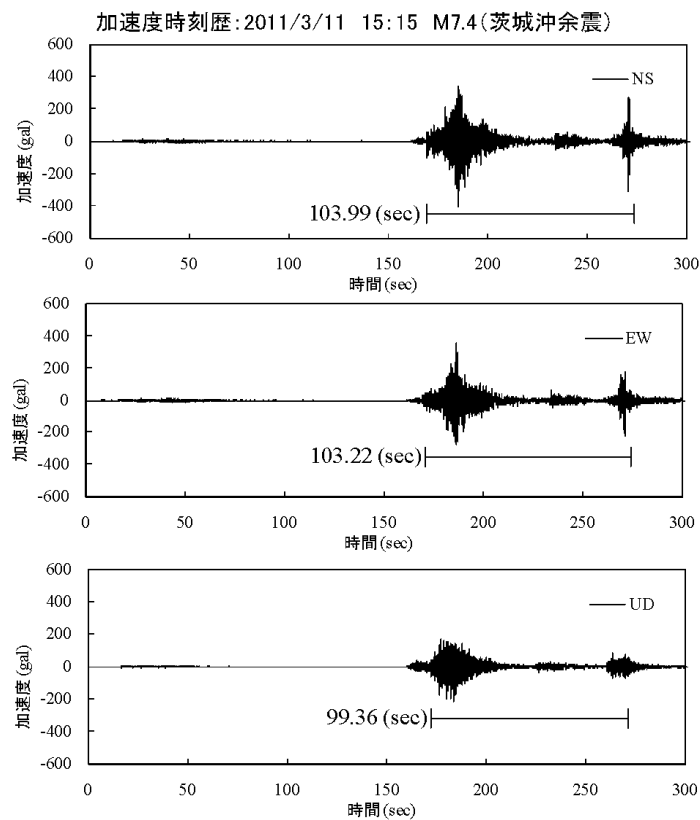


図3-34 茨城沖地震の加速度時刻歴（2011年3月11日15時15分）⁴⁾

注) 最大加速度，最大速度の値は3成分合成

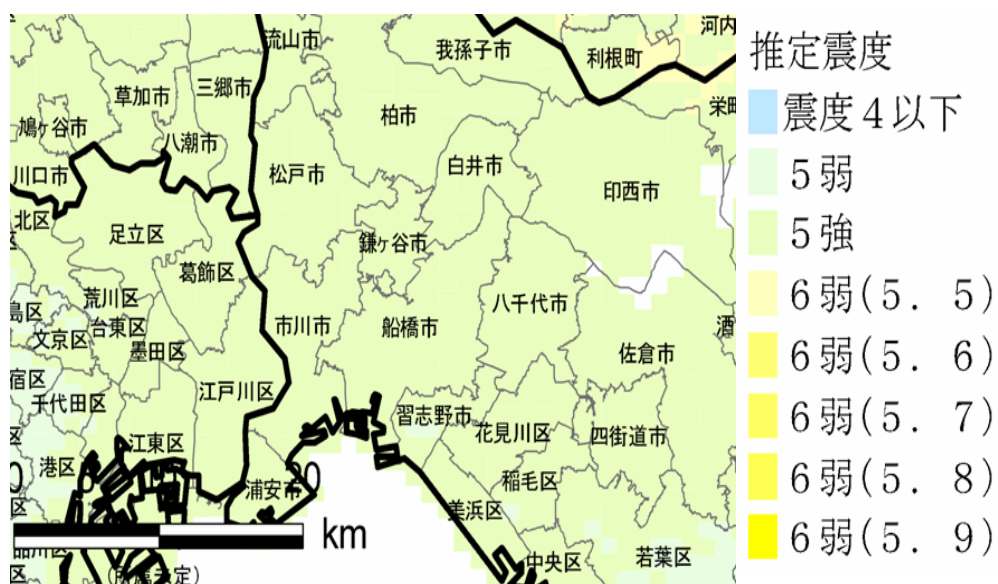


図3-35 本震の推計震度分布図²⁰⁾

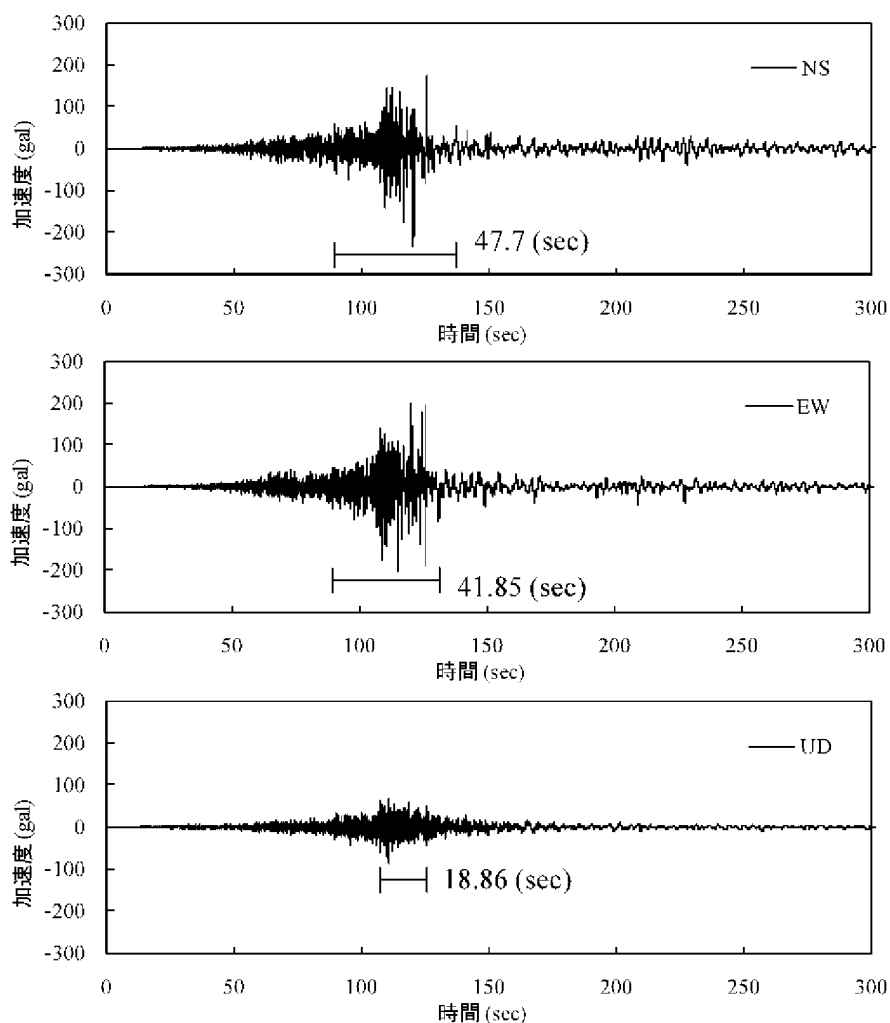


図3-36 本震の加速度時刻歴 (2011年3月11日14時46分)⁴⁾

注) 最大加速度, 最大速度の値は3成分合成

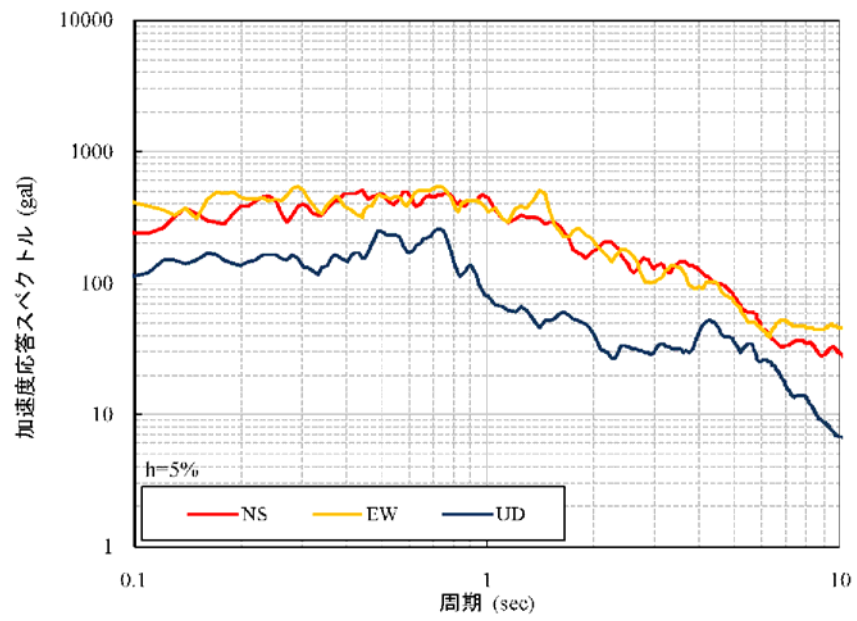


図3-37 本震の加速度応答スペクトル（2011年3月11日14時46分）⁴⁾

注）最大加速度，最大速度の値は3成分合成

<参考文献>

- 1) 全国被災建築物応急危険度判定協議会：地震被災後の建築物の判定，
www.kenchiku-bosai.or.jp/oq/oq_kenchikuhantei.pdf
- 2) 被災宅地危険度判定連絡協議会：被災宅地危険度判定度，
<http://www.hisaitakuti.jp/judgment.html>
- 3) 国土交通省関東地方整備局 地盤工学会：東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明報告書，pp.4, 2011.8
- 4) 国土交通省関東地方整備局，地盤工学会：東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明報告書 別冊資料（調査票No.118） pp.5, 2011.8
http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000043554.pdf
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所・建築研究所：平成23年東北地方太平洋沖地震による建築物被害第一次調査，茨城県・千葉県境周辺における液状化等の被害（速報），2011.4
- 6) 橋本隆雄，安田 進，2011年東北地方太平洋沖地震による潮来市日の出地区の液状化被害分析，土木学会論文集A1（構造・地震工学）Vol. 68 (2012) No.4 p.I_1266-I_1277, 2012.11
- 7) 香取市，地盤液状化対策の方針検討業務委託報告書,2011.8
- 8) 若松加寿江，日本の液状化履歴マップ 745-2008，DVD＋解説書，東京大学出版会，2011.11
- 9) 若松加寿江，久保 純子，松岡昌志，長谷川浩一，杉浦正美：日本の地形・地盤デジタルマップ，東京出版社，2005.11
- 10) 第1軍管地方迅速図：1/20,000，参謀本部陸軍部測量局発行 磯浜及鹿鳴近傍より「潮来市」，「鹿鳴村」
- 11) 国土地理院数値地図（地図画像）：25,000，「潮来市」，「佐原東部」，2002.6.
- 12) 歴史的農業環境閲覧システム：農業土地利用変遷マップ，
http://www.finds.jp/altmap/rapid_kanto.html
- 13) 国土地理院：「1:25,000土地条件図潮来」,<http://www1.gsi.go.jp/geowww/themap/view/mapview.php>
- 14) http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/land_history_2011/pdf_index.php
土地分類基本調査図（土地履歴調査）/人工地形及び自然地形分類図/東京東北部
- 15) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，2008.3 p.89 の表 5.6.1 より引用
- 16) 国土庁防災局震災対策課：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
- 17) ハザードマップポータルサイト (<http://disaportal.gsi.go.jp/>)
- 18) http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/land_history_2011/pdf_flood.php
土地分類基本調査図（土地履歴調査）/災害履歴（地震災害）/東京東北部（部分）
- 19) 防災科学技術研究所HP
- 20) 気象庁：http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/suikai/201103111446_288/201103111446_288_1.html