

Epistula

えびすとら



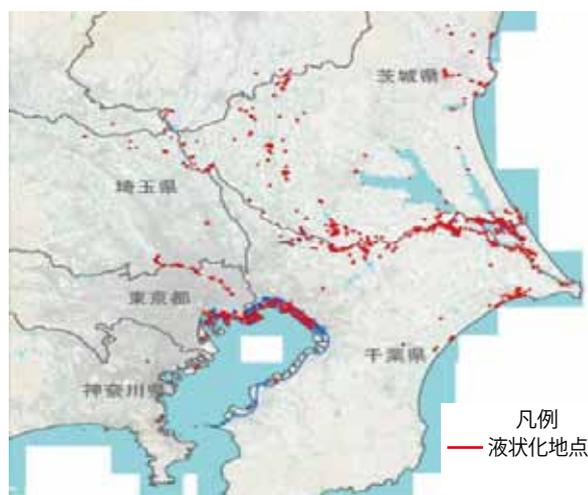
特集 宅地地盤の液状化判定調査

東日本大震災での液状化被害

東日本大震災では、東北地方から関東地方までの広範囲の地域で地盤の液状化が発生しました。図1は、関東地方の調査地点で噴砂等により液状化の発生が確認された地点の分布を示したものです¹⁾。液状化発生地点は、東京湾岸北部および利根川下流域に集中している他、川崎・横浜方面の湾岸、利根川中流及び鬼怒川・小貝川の流域や内陸部にも散在しています。写真1に今回の液状化による被害状況を示しました。特に東京湾岸地域や利根川流域では、戸建て住宅等の小規模な建築物を中心に沈下や傾斜の他、上下水道等ライフラインの被害が大きく、都市生活に支障をきたしました。今回の地震は、地震の規模がマグニチュード9とこれまで経験したことのない規模であったこと、地震の継続時間が長かったこと、本震の約30分後に余震があったことがこれまでの地震と異なっており、少なからずこれらの影響が今回の液状化被害に現れたものと考えられます。

地盤の液状化が世の中の注目を集めることとなったのは、新潟地震(1964年6月)からで、地面から泥水が噴いたり、直接基礎の鉄筋コンクリート造建物が傾き、沈下して、大きな問題となりました。新潟地震以降、液状化に関する研究が鋭意進められ、一般的な地盤調査で用いられる標準貫入試験を用いた簡易液状化判定法や締固め等の液状化対策工法などの研究成果が得られていましたが、これまでは大型構造物を対象としていたため、戸建て住宅などを対象としたものではありませんでした。今回の震災では社会的にも宅地の液状化問題に注目が集まり、宅地を対象とした簡易液状化判定法や液状化対策への関心が高まり、各方面で研究開発が進められています。

本号では、戸建て住宅などの比較的小規模な建築物の宅地地盤を対象とした、簡易な液状化判定調査について紹介します。



■ 図1 関東地方の液状化発生地点の分布¹⁾



地盤の変状



建物の沈下

■ 写真1 液状化による被害例

宅地地盤の低コストな液状化判定調査

これまで、地盤の簡易な液状化判定は、標準貫入試験による N 値（地盤の硬さを表す指標）、採取試料による細粒分含有率、地下水位を用いた日本建築学会「建築基礎構造設計指針」の M 法によって主に行われてきましたが、戸建て住宅の宅地地盤に適用するにはコストの面等で問題となっていました。ここでは、既存資料による調査と戸建て住宅で地盤の支持力確認のために一般に実施されるスウェーデン式サウンディング試験（SWS 試験）を利用した低コストな液状化判定調査の方法を紹介します。

液状化判定調査

一般に、液状化判定調査は既存資料による調査と現地での調査の大きく2つに分けられます。既存資料による調査では、対象となる宅地を含めた広域的な地盤情報を収集し、液状化の危険性を把握します。液状化の危険性が懸念される場合には、現地での調査で、個々の宅地の地盤条件を各種の地盤調査法で直接調査します。これらの調査結果を総合的に検討し、液状化の危険性を判断することになります。

既存資料による調査

液状化に関する既存資料として参照できる代表的なものを表1に示します。

(1) 液状化マップ

液状化マップは、自治体などの公的機関が作成、公開している液状化に関する予測図、分布図、危険度などの資料で、地震によりその土地が揺れた場合の液状化の危険（影響）の度合いを地図上に色づけて示したもので、液状化ハザードマップ、液状化防災マップなどの名称で公表されています。その地域の 50m から 1km 四方の土地を一つのメッシュとして危険度を評価したものが多く、液状化の危険性がどの程度あるかを知ることができます。一例を図2に示します。これらは各自治体の窓口の他、HP などからも閲覧が可能です。なお、液状化マップ作成時の想定地震の規模、地盤情報の評価法や表現方法が様々なので、液状化マップを相互に比較する際には注意が必要です。

(2) 液状化履歴

液状化履歴は、液状化発生事例を記録、整理したもので、わが国で過去に起きた液状化発生の収集事例³⁾、学会や各自治体等の調査報告書等の資料が対応します。過去の地震で一度液状化した地点は、その後の地震によって再び液状化が発生する場合があることが経験的に知られており、過去の震災の調査結果などが入手できれば、液状化発生の可能性についての判断材料となります。なお、液状化の発生の条件は地震の強さによっても変わるため、これまで液状化発生の報告がない地点であっても、将来に渡って液状化が生じないことを保証できるものではありません。

(3) 地形分類・土地利用履歴

図3に示すように、低地や河川の近くにあるなどの情報からも、液状化の発生のおそれを次の①～③などにより推測することが可能です。

① 国土地理院発行の土地条件図を利用する方法⁵⁾

土地条件図の数値データを利用した簡便な災害危険性評価手法が公開されています。これは、土地条件図に示された地形分類に基づいて、それら相互の相対的な液状化危険度の評価基準を、液状化の可能性「なし」～「非常に大きい」までの4つに分類す

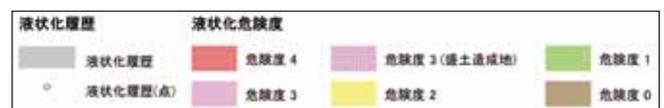
■ 表1 液状化に関する既存参考資料

参考資料	情報入手先	資料内容
液状化マップ	国土交通省HP ^{*1} 地方自治体HPなど	液状化予測図、分布図、危険度マップなどの地図
液状化履歴	市販図書 自治体、学会などの 地震被害調査報告書 ^{*2}	液状化履歴マップ、自治体や学会などの報告書
地形分類	国土地理院	国土地理院発行の土地条件図、地形図、旧版地形図など
土地利用履歴	国土地理院など ^{*3}	国土地理院の旧版地形図、過去の航空写真など

*1 国土交通省ハザードマップポータルサイト <http://disapota.gsi.go.jp/bousaimap/>

*2 国土交通省国土調査災害履歴図のHP http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/land_history_2011/pdf_flood.php

*3 東京都土地履歴マップ <http://tokyo-toshiseibi-ekijoka.jp/chireki/>



■ 図2 液状化マップの例²⁾



■ 図3 微地形からみた液状化可能性大 / 中 / 小⁴⁾

るものです。

② 微地形区分に基づく方法⁶⁾

地形図などから得られる微地形の区分から、地盤表層の液状化の可能性の程度を「大」「中」「小」の3段階で評価するものです。

③ 土地利用履歴に関する資料による方法

旧版地形図や電子国土⁷⁾など、過去の航空写真や古地図が入手できる場合は、過去の地盤条件（水田、池沼、河川、海など）に基づいた液状化の可能性を推測することが出来ます。

SWS 試験による液状化判定調査

地震時に液状化のおそれのある地盤（地層）は、概ね次の条件に該当するような砂質地盤です。

- ・ 地表面から 20m 以内の深さにあること
- ・ 砂質土で粒径が比較的均一な中粒砂等からなること
- ・ 地下水で飽和していること
- ・ N 値が概ね 15 以下であること

これらは地盤調査を実施して確かめられるものです。

地盤調査による簡易液状化判定は、日本建築学会「建築基礎構造設計指針」の F_l 法によって一般に判断されています。図4に F_l 法による液状化判定の概略の流れを示しました。 F_l 法は、標準貫入試験の N 値・粒度（細粒分含有率 F_c ）・地下水位から算定される検討深度の液状化強度 R （液状化抵抗比）と地震の地表面加速度・マグニチュードの設定から算定される検討深度の地震外力 L （繰返しせん断応力比）との比である F_l 値から判定するもので、 $F_l \leq 1$ では、液状化発生の可能性があり、 $F_l > 1$ では、液状化発生の可能性はないと判定されます。

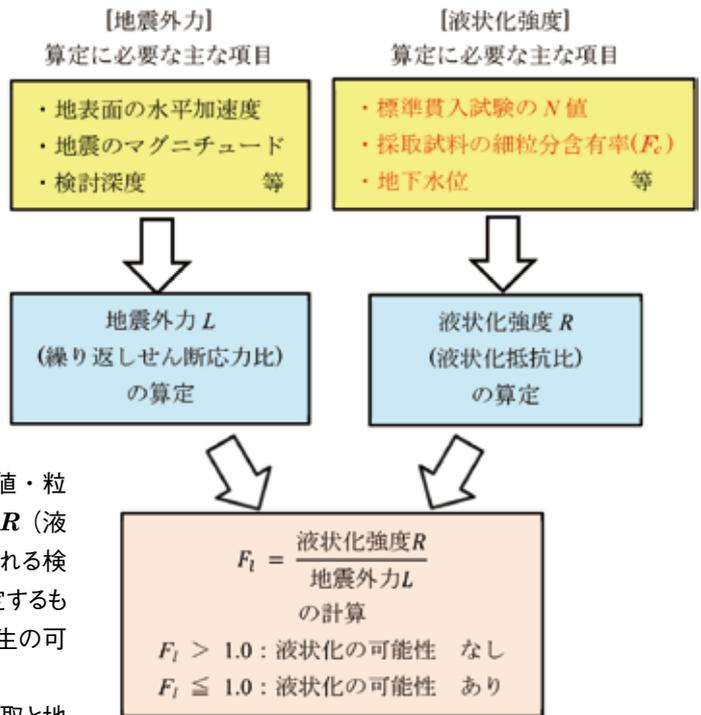
SWS 試験による簡易液状化判定は、SWS 試験に加えて土質試料採取と地下水位計測を実施して、上記の液状化判定手法に適用するものです。

具体的には、SWS 試験の貫入抵抗 N_{sw} (W_{sw}) から算定式により推定 N 値を算出し、SWS 試験用サンプラーで採取した試料の細粒分含有率に補正を施して求めた補正細粒分含有率（補正 F_c ）を用いて検討深度の液状化強度を求める方法です。写真2に SWS 試験の例を、写真3にサンプラーと採取試料の例を示します。

戸建て住宅の場合、液状化判定のために実施する SWS 試験は一敷地当たり 1 箇所とし、次のような調査を行います。

- ① 調査深度は、深度 GL-10m まで
- ② 試料採取は、深度 GL-10m まで 1m 毎に行い
採取した試料から、細粒分含有率を求める
- ③ 試験孔を用いた地下水位測定を実施

地盤条件等にもよりますが、標準貫入試験により深度 10m までの液状化判定を行う場合には、調査費用は約 30 ～ 50 万円と見込まれますが、同深度までを SWS 試験と試料採取、地下水位測定により簡易液状化判定を実施する場合、約 15 ～ 25 万円と比較的低コストで個々の敷地の液状化判定を行うことができます。



■ 図4 液状化判定の概略の流れ



全自動式 SWS 試験

■ 写真2 SWS 試験の例

おわりに

本報告では、戸建て住宅における液状化判定調査について、既存資料による調査と SWS 試験を用いた簡易液状化判定調査の概要を紹介しました。採取試料の細粒分含有率は、現状では補正が必要ですが、新たな採取装置が開発・提案されており、今後改善されていくものと考えられます。なお、平成 27 年度より住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）の住宅性能評価書に、地盤の液状化に関する情報が参考として記載できるようになりました。

〔構造研究グループ 主任研究員 平出 務〕



■ 写真3 SWS 試験用サンプラーと採取試料の例（直径約 22mm、長さ約 260mm）

参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局 公益社団法人地盤工学会：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説明報告書，2011.8
- 2) 国土交通省北陸地方整備局 公益社団法人地盤工学会北陸支部：新潟県内液状化しやすさマップ，2012.7
- 3) 若松加寿江：日本の液状化履歴マップ 745-2008 (DVD-ROM 付)，東京大学出版会，2011.3
- 4) 金 哲鎬 他：スウェーデン式サウンディング試験孔を利用した有孔パイプによる地下水位の測定法，日本建築学会大会（東北）学術講演会ポスターセッション，講演番号 20318，2009.8
- 5) 国土交通省国土地理院：自治体担当者のための防災地理情報利活用マニュアル（案）—土地条件図の数値データを使用した簡便な災害危険性評価手法—，2007.3
- 6) 一般社団法人日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，2008.2
- 7) 電子国土，<http://portal.cyberjapan.jp>

地震後の市街地火災と中高層建築物火災の被害予測

地震後に密集市街地で発生する広域延焼火災は、国や地方自治体の地震被害想定などでも主たる検討対象とされてきているもので、その被害予測手法の開発は、建築研究所の研究課題となってきました（図1）。しかし、地震火災の内訳は様々です。例えば、中高層建築物で地震後に発生する火災は、利用者の多さもあって、被害が大規模化する危険性を抱えています。どのような被害が、どのような確率で発生しうるのかについては、明らかでない部分が多く残されています。このため、建築研究所では、地震後に中高層建築物で発生する火災の被害予測手法の開発を進めています。この手法は、過去に建築研究所で開発された建物内部の煙拡散を予測する

モデルを拡張するもので、災害調査から明らかになった消火・防火設備の被害率を加味することで、火災被害に対する揺れの影響を評価するものです。こうした成果を活用しながら、中高層建築物の地震火災リスクの実態に迫り、被害低減計画等での利用につなげることを目指しています。



図1 ある市街地で複数の火災が発生し延焼計算結果（計算結果の可視化にはGoogle Earthを使用した。赤色の部分が燃焼中の建物、黒色の部分が焼失した建物を示す。）

Q&Aコーナー

Q：構造複合実験棟とは、どのような実験施設ですか？

A：木造建築物などの構造実験、および構造性能と防火性能を併せて検討する複合実験を行うための実験施設です。内部には3階建の実大実験が可能な幅9m、高さ10mの反力壁と幅9m、長さ12mの反力床が設けられています（写真1）。3階建の木造建築物に生じる大変形にも対応できるように容量250kN、ストローク±500mmの油圧アクチュエータ3本をコンピュータを使って制御する加力システムを保有しています（写真2）。また、容量1000kN、ストローク±500mmの油圧ジャッキ1本も用意しており大容量、大変形にも対応可能な施設となっています。



写真1
実験棟内部



写真2 CLTパネルの加力実験

● Q&Aコーナーは、読者の方から頂いたご質問にお答えするコーナーです。ご質問は、epistula@kenken.go.jp までお知らせ下さい。

編集後記

東日本大震災や阪神・淡路大震災における甚大な液状化被害は、私たちの記憶に新しいところです。液状化現象自体は大きな地震に伴って発生する自然現象で、歴史上の大地震においても発生していたことが地盤の発掘調査などによって明らかにされていますが、昔は大きな問題とはなっていませんでした。しかし、現代では海岸や旧河道などの軟弱な土地まで宅地化されたり都市開発されたりして多くの人間が居住するようになった結果、液状化は私たちの生活に大きな影響を及ぼす自然災害となってしまいました。液状化は、社会の発展に伴う都市災害であるといえます。

一番の理想は液状化するような危険な場所に住まないことですが、現代社会ではそういう訳にはいきません。特集で紹介したように液状化に関する研究開発は大きく進展しており、液状化危険度判定法や各種の液状化対策工法が開発されています。自分が住んでいる場所の液状化可能性について理解するとともに、必要であれば事前の対策を講じることが求められています。

(H. K.)

平成27年度科学技術週間に伴う施設一般公開のご案内

建築研究所では、文部科学省が主催する「第56回科学技術週間」（平成27年4月13日～19日）への取り組みの一環として、4月19日（日）に一般の方を対象に実験施設と展示館を公開します。

実験施設の見学は、1コース2～3施設を紹介するツアー形式で、実大火災実験棟や建築材料実験棟などの施設にご案内いたします。各実験棟では、その施設で行っている研究を研究者が分かりやすくご説明いたします。また、展示館では建築研究所が取り組んでいる最新の研究内容をパネルでご紹介いたします。

見学ツアーに参加される場合には、事前の予約が必要となります。予約方法・ツアー内容等の詳細については、建築研究所ホームページ（<http://www.kenken.go.jp/>）に掲載いたしますので、そちらをご覧ください。なお、定員になり次第受付を終了させていただきますので、早めのご予約をお願いいたします。

出版のご案内

建築研究資料164号

住宅・建築物省CO2先導事業全般部門（平成22年度～平成24年度）における採択事例の評価分析



三春の滝桜
Photo by M.Kato

Epistula



第69号 平成27年4月発行

編集：えびすたら編集委員会

発行：国立研究開発法人 建築研究所

〒305-0802 茨城県つくば市立原1

Tel.029-864-2151 Fax.029-879-0627

●えびすたらに関するご意見、ご感想は

epistula@kenken.go.jpまでお願いいたします。

また、バックナンバーは、ホームページでご覧になれます。

(<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/epistula.html>)