




# スクリーウエイト貫入試験（SWS）による 宅地の液状化に対する安全性検討方法（案）

## — 要約版 —

### 1. 目的

地震時の液状化による戸建て住宅の被害は沈下して傾くだけなので一見して深刻な被害と思えない。ところが傾いた家で生活しようとする健康障害を生じるので、水平化する沈下修正工事が必要で、そのために多額の費用がかかるリスクがある。表1に内閣府から出されている被害判定基準<sup>1)</sup>を模式化して示す。

表1 内閣府の被害判定基準<sup>1)</sup>を模式化したもの

分類		全壊	大規模半壊	半壊	一部損壊
判定基準	傾斜角	> 50/1000 	16.7/1000 ~ 50/1000 	10/1000 ~ 16.7/1000 	<10/1000
	沈下量	床上1mまで	床まで	基礎の天端25cmまで	

このような液状化による戸建て住宅の被害に対し、予め簡易地盤調査をして

液状化による被害の予測を行い必要に応じて対策を施しておくこと、このような被害は免れる。

本「安全性検討方法（案）」は、対象とする宅地が液状化に対する調査をする必要があるかの判断から、スクリー式簡易貫入試験による簡易地盤調査方法、それを用いた埋込み沈下量と傾斜角の推定方法、対策方法に関して、手順を追って説明するものである。宅地の液状化被害に特化したハザードマップの作成方法、および家屋の沈下量・傾斜角を推定する方法が、国土交通省で2021年に示された<sup>2)</sup>ので、本安全性検討方法（案）はこれに準拠するようにしてある。

なお、住民、自治体、住宅業者の方々が液状化によるリスクを共有し、コミュニケーションをとりながら検討を進めていかれることが大切である。

### 2. 適用範囲

この安全性検討方法（案）は、①戸建て住宅を新築する場合、②戸建て中古住宅を購入する場合、③戸建て住宅の耐震補強をする場合、④戸建て住宅の建て替えを行う場合に、液状化に対する検討を行う際に適用する。また、液状化の判定を行う簡易地盤調査にはいくつかの方法があるが、そのうち、安価で用地が狭くても実施できるスクリーウエイト貫入試験（以降、SWS試験と呼ぶ。）と、その発展型のスクリーードライバーサウンディング試験（以降、SDS試験と呼ぶ）を対象とする。SWS試験装置には写真1に示すように手動式や自動式、半自動式のものがあり、自動式ではSDS試験も併用できるものがある。これらの他の簡易地盤調査方法を用いた場合も、この手引きに示した方法で液状化に対する検討を行うことができる。



(1) 手動式



(2) 自動式

写真1 SWS試験装置

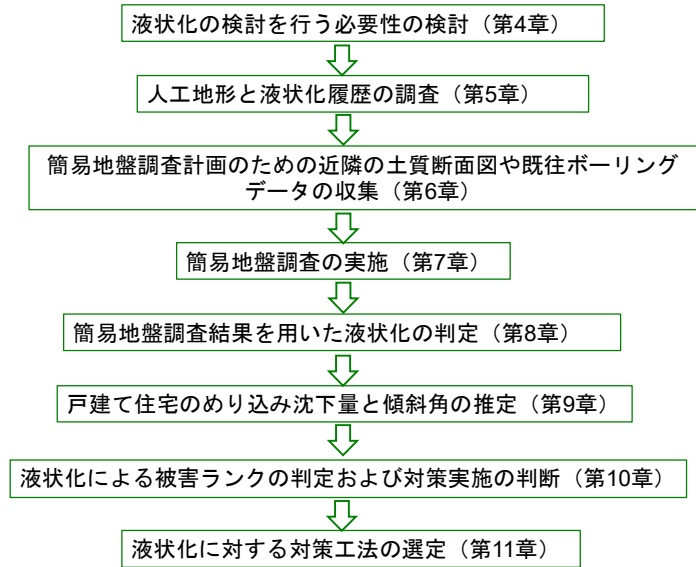
なお、通常の1、2階建ての戸建て住宅では液状化を考慮して建築する具体的な規定がないので、中層建物などで規定されている方法を利用して、液状化リスクを検討する。

### 3. 検討の手順

図2に示す手順で戸建て住宅の液状化による被災度の検討を行う。

#### 4. 液状化の検討を行う必要性の検討

液状化による戸建て住宅の被害は、地下水位が浅い緩い砂地盤で発生する。この条件は微地形に関連しているので、微地形をもとに液状化し易さを大まかに区分けした液状化ハザードマップが国や自治体で作成されている。また、既往の地盤調査データをもとに液状化の発生の有無を計算した液状化ハザードマップも全国の自治体で作成してきている。したがって、まずこれらの液状化ハザードマップを見て、対象宅地で簡易地盤調査を行って液状化の検討を行う必要性の判断を行う。



#### 5. 人工地形と液状化履歴の調査

図3に示すように、海岸や池・沼などの埋立地や田んぼへの盛土した造成地などの人工地形は、一般に液状化し易い。ところが、これらは局所的な狭い所が多く、微地形やボーリングデータを用いた液状化ハザードマップでは考慮されていないことが多い。したがって、対象宅地が造成される前の地形図や航空写真を調べて、液状化が発生し易い人工地形に該当しないか否か検討する。また、過去に液状化した地盤は将来の地震でも液状化（再液状化と呼ぶ）し易いので、対象宅地が過去の地震で液状化していないか、文献をもとに液状化履歴を調べる。

#### 6. 簡易地盤調査計画のための近隣の土質断面図や既往ボーリングデータの収集

自治体などで作成されている土層断面図や、国や自治体などで公開されている近隣のボーリングデータを収集し、対象宅地付近の土層構成を把握する。対象宅地内が同一の微地形であれば、宅地に応じて簡易地盤調査の箇所を選定する。宅地内に複数の微地形が存在する場合には、微地形ごとに簡易地盤調査を行うように調査箇所を選定する。そして、把握した土層構成をもとに各箇所の簡易地盤調査箇所の調査深度を設定する。

#### 7. 簡易地盤調査の実施

SWS試験や、それを改良したSDS試験は宅地の支持力を求める簡易な地盤調査として広く用いられており、液状化の調査においても同様な方法で実施する。ただし、液状化判定のためには地下水位測定と土の試料採取、粒度試験を付け加えて行う必要がある。これらの方法にはいくつかあるが、後述する大洗町の現場で地下水位測定に用いた通電感知式水位計を写真2に示す。このような測定装置をSWS試験の孔の中に入れて、地下水位を測定する。また、写真3に示すように、SWS試験の孔から開閉式サンプラーなどを用いて所定の深度の土を採取する。

図2 本手引きの検討手順

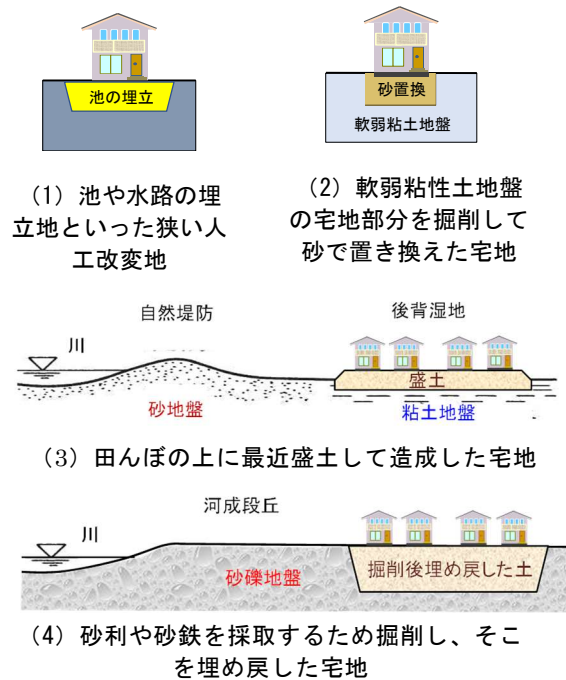


図3 液状化ハザードに記載され難いものの液状化し易い人工改変地

## 8. 簡易地盤調査結果を用いた液状化の判定

簡易地盤調査の結果を用いて、設計基準類で用いられている液状化判定方法により、液状化に対する安全率（抵抗率） $F_L$ の深度分布を求め、そして、液状化指数（液状化指標値） $P_L$ 値と地表変位量  $D_{cy}$  を求め、宅地の液状化被害の判定を行う。これらの検討を行う地震動は中地震動を基本とし、大地震動でも検討を行っておく。

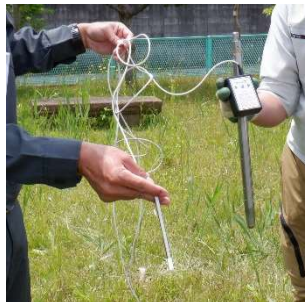


写真2 通電感知式水位計



写真3 開閉式サンプラーで採取した土の試料

## 9. 戸建て住宅のめり込み沈下量と傾斜角の推定

液状化に対する安全率（抵抗率） $F_L$ の深度分布と建物の荷重などを用いて、国土交通省の手引き<sup>2)</sup>に従って、液状化による戸建て住宅のめり込み沈下量および傾斜角を推定する。手引きでは、地盤を弾性体と仮定した場合に建物が地上に載った場合の沈下量を、スタインブレンナーが提案している方法を用いて計算するようになっている。ただし、液状化によりヤング率を低下させるようになっており、その割合として、残留変形解析ALIDで採用されている液状化に対する安全率（抵抗率） $F_L$ とせん断剛性比の関係をを用いる。そして、めり込み沈下量から住宅の密集度に応じて建物の傾斜角  $\theta$  を求める。

## 10. 液状化による被害ランクの判定および対策実施の判断

液状化による戸建て住宅のめり込み沈下量および傾斜角をもとに、内閣府の被害認定フローに従い、①全壊、②大規模半壊、③半壊、④半壊に至らない、のどの被害ランクになるか判定する。また、液状化が避難行動に与える影響や、ライフラインの停止が生活に与える影響などのリスクを、住民と自治体、住宅業者などが共有し、液状化対策を実施するか否かまたどんな対策を施すかを判断する。

## 11. 液状化に対する対策工法の選定

液状化対策工法は、液状化の発生を防止する工法と液状化しても被害を受け難いようにする工法に大別される。両者ともこれまで数多く開発されてきているが市街地の戸建て住宅のように、敷地が狭く、大きな振動や騒音も出さない条件下で適用できる工法は少ないので、種々の対策工法の中から条件に合う工法を選定する必要がある。また、戸建て住宅を新築する場合の対策方法と既設の住宅を対策する場合の方法は異なることも留意が必要である。

## 付録1. 適用方法の例示

以上の手順で SWS や SDS の簡易地盤調査方法で液状化の判定を行う妥当性を検証するため、大洗町にご協力いただき、2011年東日本大震災の際に液状化した箇所（A地点）と、液状化しなかった箇所（B地点）の2箇所で実際に調査を行ってみた。検討結果を以下に示す。

(1) まず、液状化の検討を行う必要性の検討として国土交通省のハザードマップのうち「地形区分に基づく液状化発生傾向図」を見ると、A地点は液状化の発生傾向の強さが中位、B地点は低位となっていた。茨城県の液状化ハザードマップは県内全域が示されているので両地点の可能性は判断できなかった。大洗町では丁度詳細な液状化ハザードマップが作成されたところであり、それを見ると A地点は「顕著な被害の可能性が高い」、B地点は「顕著な被害の可能性が低い」と判断されていた。以上により、A地点は液状化の検討を行う必要性があり、B地点はその必要性があまりないと判断された。

(2) 人工地形の調査に関しては旧地形図を明治時代以降の古い順に見ていくと、A地点では当初は台地縁辺の旧河道跡のように見られ、その後そこが掘り込まれたように見られた。現在の地

形図では陸地になっているため、その間に埋め立てられたのではないかと推察された。一方 B 地点は明治の当初から現在までほとんど変わってなく、自然の砂丘のままであることが見てとれた。

(3) 近隣の土層断面図や既往ボーリングデータの収集してみると、両地点とも近傍に既往ボーリングはなかった。ただし、A 地点の近傍では、図 4 に示すように表土の下に粘性土層、礫層があって、GL-7m 程度以深は N 値が大きい礫層が堆積し、その下部は粘性土になっていた。したがって、A 地点で SWS 試験を行った場合に締まった礫層や下部の粘性土が出てくれば、それ以深は液状化しないと判断されるのではないかと考えられた。また、B 地点近傍の既往ボーリングでは GL-3~4m 以深は締まった砂層となっているので、SWS 試験においてこの程度の深度で硬い層ができれば調査を終了して良いと考えられた。

(4) 次に写真 1~3 に示したように、両地点において SWS と SDS を用いて簡易地盤調査を実施した。その結果、A 地点では SWS 試験からは図 5 に示すように地表から GL-5.8 m 程度の深さまで 1m あたり半回転数が数十前後の層があり、その下部には自沈する層が深く続いていた。したがって GL-5.8 m 以下は液状化しない軟弱粘性土と考えられた。地下水位は GL-0.4 m と大変浅かった。また、試料採取は GL-1 m, -2 m, -3 m, -4 m, -5 m, -6 m, -7.0 m で行い、ふるい分け試験で細粒分含有率を求めたところ、それぞれ 43.2%, 27.4%, 14.0%, 15.3%, 19.8%, 83.7% となり、地下水位以下~GL-5.75 m までが液状化検討対象層と判断された。なお、液状化判定を行うために Wsw と Nsw の値から稲田の式を用いて N 値に換算した。

(5) 以上のデータをもとに中地震動のもとの液状化判定を行い、液状化に対する安全率（抵抗率） $F_L$  を計算した。A 地点の結果を図 6 に示す。GL-1.87 m~GL-5.75 の間が  $F_L < 1$  となり、液状化すると判定された。SDS でもほぼ同様の判定結果となった。また、 $P_L$  値も求め、非液状化層厚との関係で宅地の液状化判定を行ったところ、顕著な被害の可能性が高い C ランクとなった。一方、B 地点では GL-9.47 m まで試験しても地下水は出てこなかったため、液状化は生じないと判断された。

(6) 最後に、液状化判定結果を用いて戸建て住宅のめり込み沈下量および傾斜角を推定した。建物の荷重は一般的な戸建て住宅の荷重とし、各深度の  $F_L$  と液状化強度比  $R_L$  に応じて液状化したせん断剛性を求め、スタインブレンナーの沈下量の近似解を用いて液状化によるめり込み沈下量を求めた。そして住宅の密集度をもとに傾斜角  $\theta$  を推定した。その結果、A 地点における液状化による戸建て住宅のめり込み沈下量は、50.7 cm となり  $\theta = 35/1000$  となって、内閣府の「災害に

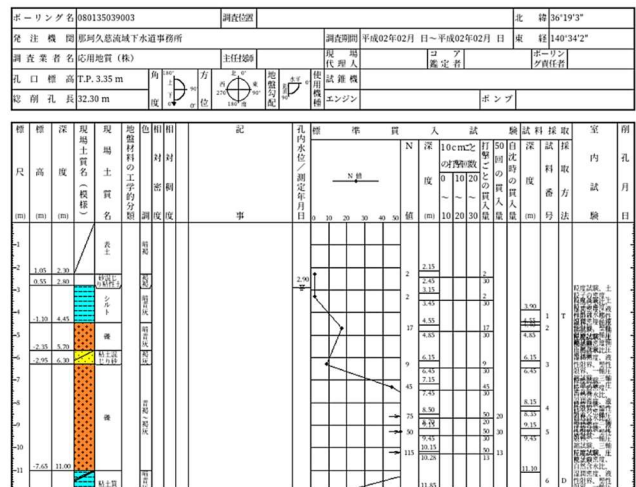


図 4 A 地点近傍の既往ボーリング（国土地盤情報センター<sup>3)</sup>による）

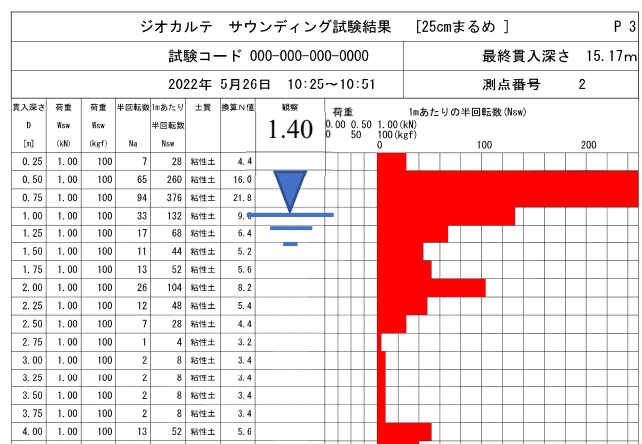


図 5 SWS 試験結果図

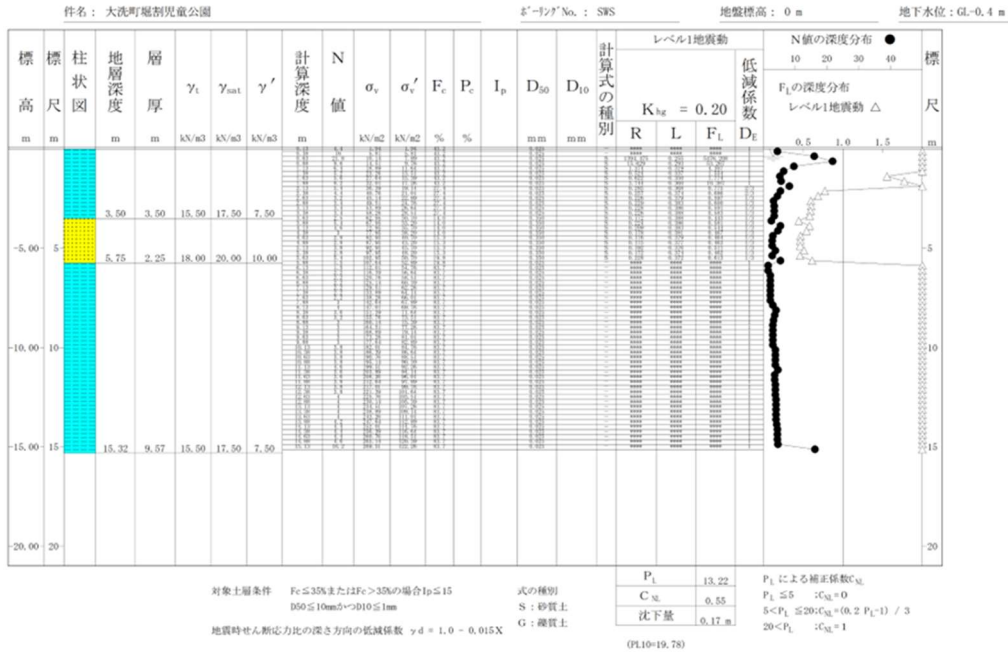


図6 A地点の液状化判定結果

係る住家の被害認定基準運用指針 令和3年3月」<sup>1)</sup>に従うと、「大規模半壊」となると推定された。

参考文献

- 1) 内閣府（防災担当）：災害に係る住家の被害認定基準運用指針，2021.3
- 2) 国土交通省都市局都市安全課：「リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き」. [https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi\\_tobou\\_tk\\_000044.html](https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_tk_000044.html)
- 3) 国土地盤情報センター： <https://ngic.or.jp/>