

平成25年度 建築基準整備促進事業

小規模建築物に適用する  
簡易な液状化判定手法の検討

検討結果報告(S12)

平成26年4月10日

事業者：株式会社 東京ソイルリサーチ  
旭化成ホームズ 株式会社  
三井ホーム 株式会社  
大和ハウス工業 株式会社  
ミサワホーム 株式会社  
共同研究者：独立行政法人 建築研究所

## 本事業の背景

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、広い範囲で地盤の液状化が発生し、戸建住宅等の小規模な建築物に沈下や傾斜の被害が発生した。

復旧に当たっては、道路・ライフラインと住宅の復旧工事および液状化対策を同時に行う必要があることや、戸建住宅を対象とした低コストな液状化判定方法ならびに低コストで確実な液状化対策工法が必要となることなど多くの解決すべき課題が提起された。

## 本事業の目的

- ・戸建住宅を対象とした簡易な液状化判定方法の提案
- ・住宅性能表示における液状化に関する情報提供事項の提案

## 3カ年の事業展開経過

- ・平成23年度 課題43「住宅の液状化に関する情報の表示に係る基準の整備に資する検討」
- ・平成24年度 課題47「小規模建築物に適用する簡易な液状化判定手法の検討」
- ・平成25年度 課題S12「小規模建築物に適用する簡易な液状化判定手法の検討」(旧課題継続)

### ●平成23年度

建築基礎構造設計指針による液状化判定手法が、東北地方太平洋沖地震に対しても適用可能であることを確認。

また、小規模建築物に適用する簡便な液状化判定を予測する手法は、十分な検討がなされていない現状が課題として挙げられた。

### ●平成24年度

簡便な地盤調査方法として、スウェーデン式サウンディング試験(以下「SWS試験」という)を用いることを前提に、建築基礎指針の液状化判定手法を適用する方法について検討した。この結果、ボーリング調査に基づく液状化判定に比べ、安全側の判定結果が得られることを確認した。また、対象地盤の拡大や運用面の改善が課題として挙げられた。

# 平成25年度事業の検討内容

## (1) 埋立地以外の地盤条件となる宅地を含めた検討

SWS試験孔を利用した採取試料の細粒分含有率の適用性

## (2) 標準貫入試験N値の推定式の適用範囲に関する検討

SWS試験結果によるN値の推定方法



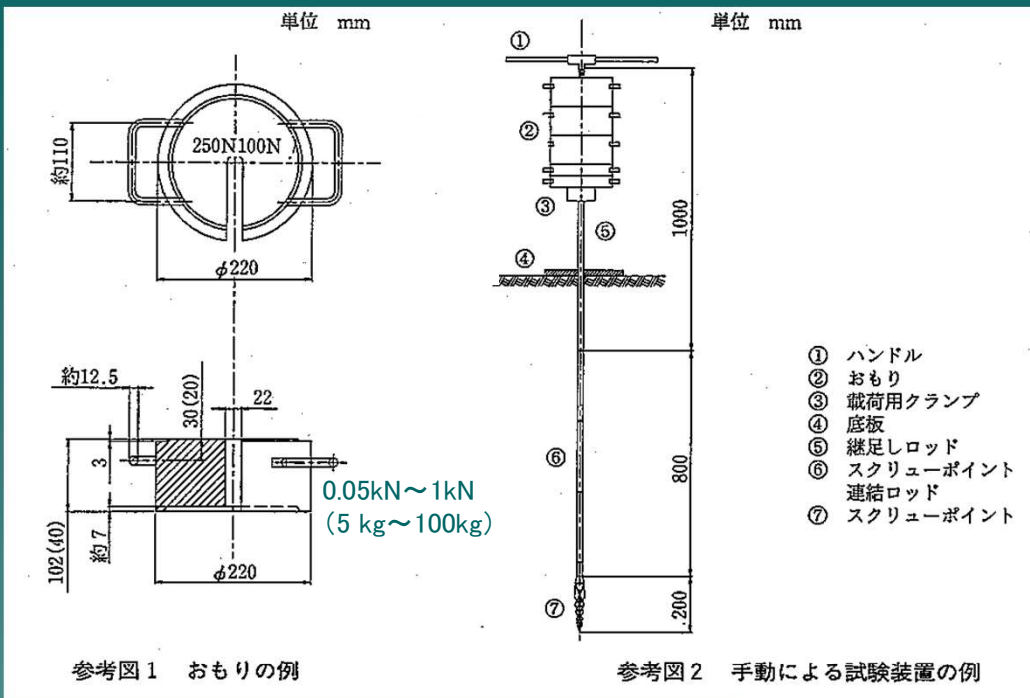
簡易な液状化判定法の提案

## (3) 表示項目の合理化に関する検討

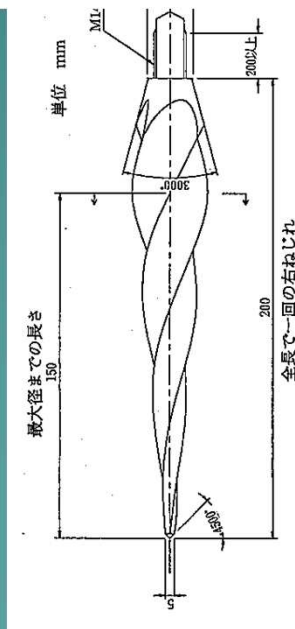
- ・ 住宅性能表示における情報提供に関する検討
- ・ 液状化に関する消費者ニーズの把握
- ・ 戸建住宅における地盤補強対策の整理



合理的な情報提供の提案



# スウェーデン式 サウンディング試験 (JIS A 1211)

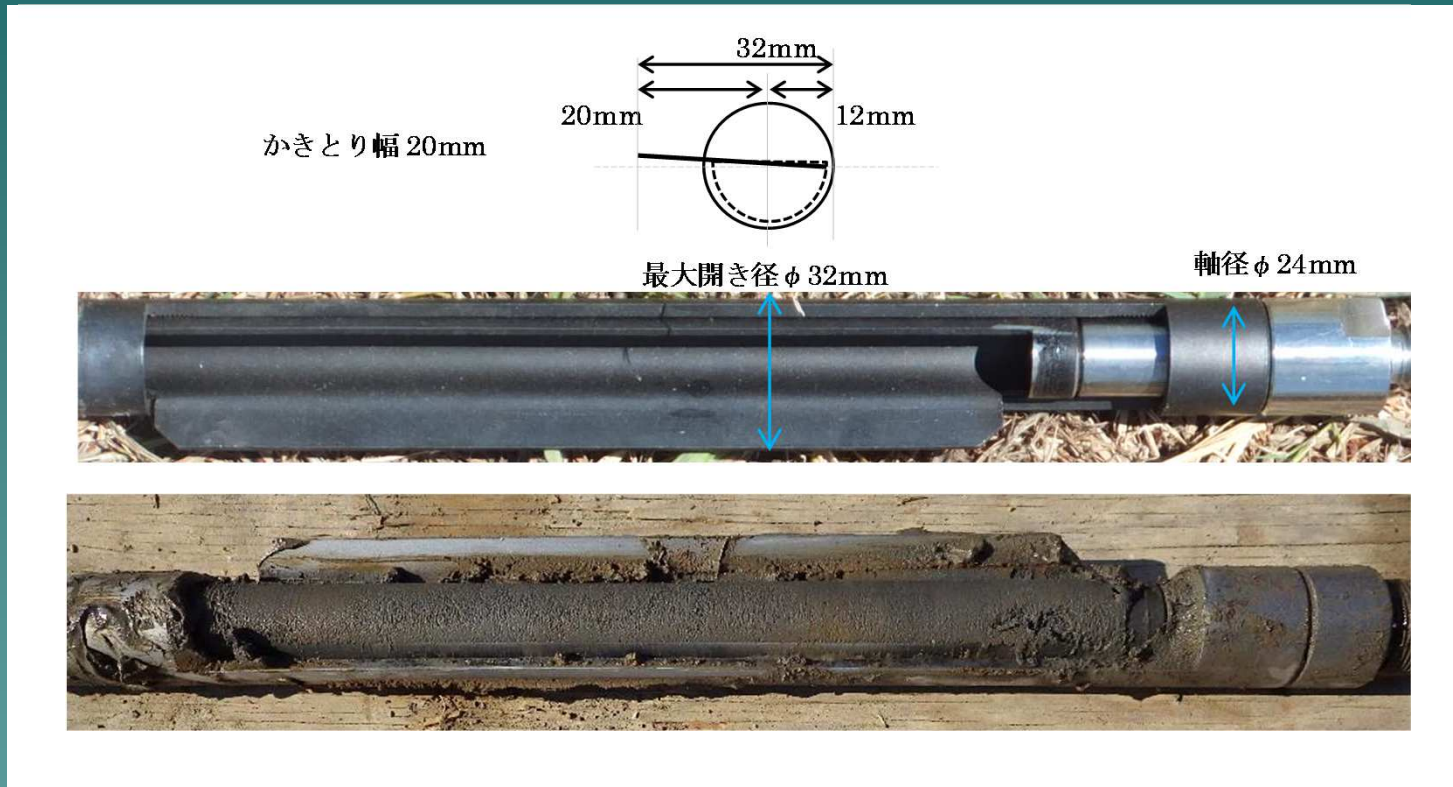


1kN荷重で貫入25cm毎の  
半回転数を測定

↓  
**N<sub>sw</sub>**  
(貫入1mあたりの回転数)

# SWS試験孔を利用した土の試料採取の例

## 孔壁かき取り式(扉開閉型)



細粒分含有率試験

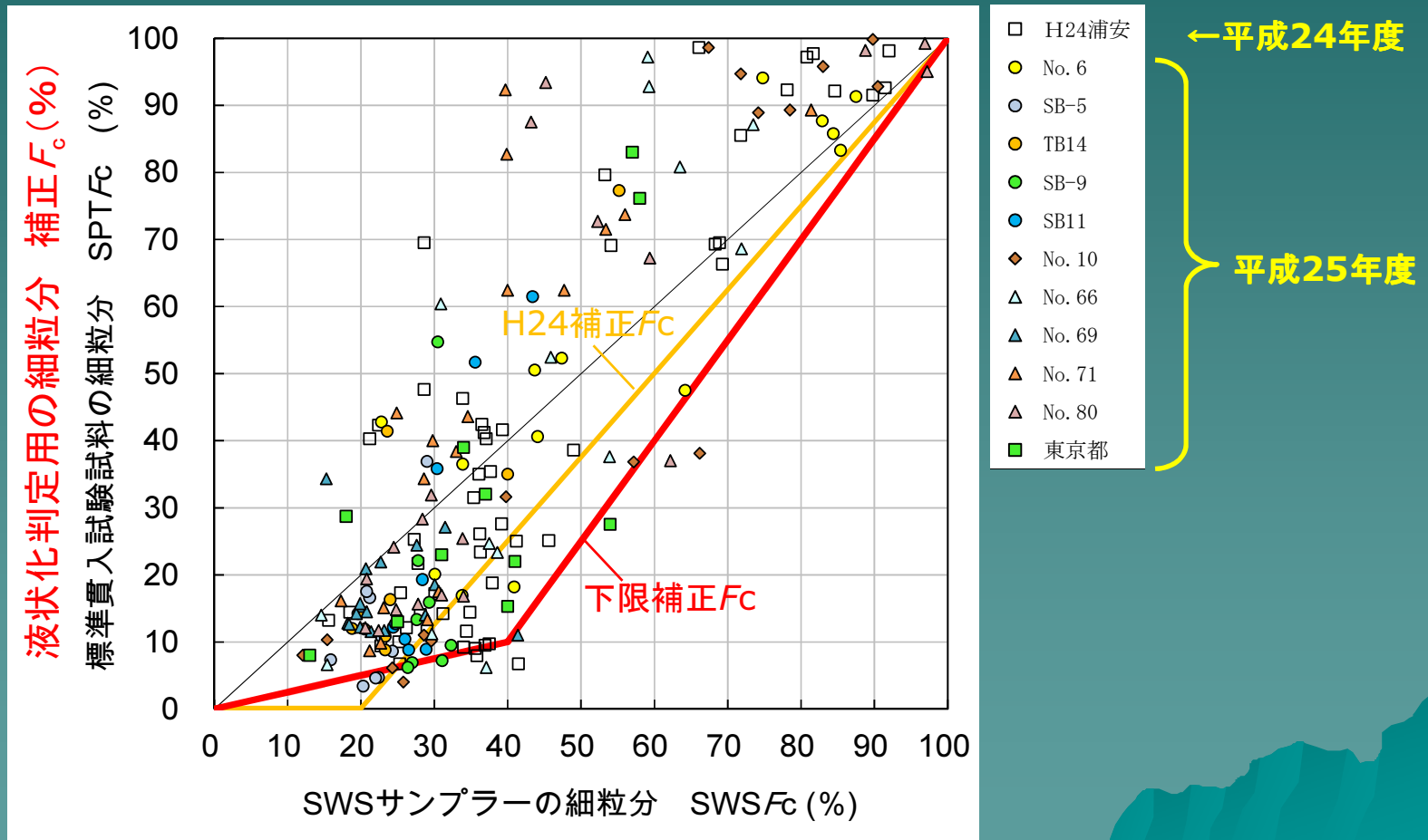


細粒分含有率  $F_c$

# (1) 埋立地以外の地盤条件での検討

平成24年度 埋土砂中心

平成25年度 沖積砂中心



平成24年度と同様の分布傾向

# 「補正 $F_c$ 」の算定方法

## 下限補正 $F_c$

(  $0\% < SWSF_c \leq 40\%$  )

$$\text{補正 } F_c = 0.25 \times SWSF_c \quad (\%)$$

(  $40\% < SWSF_c$  )

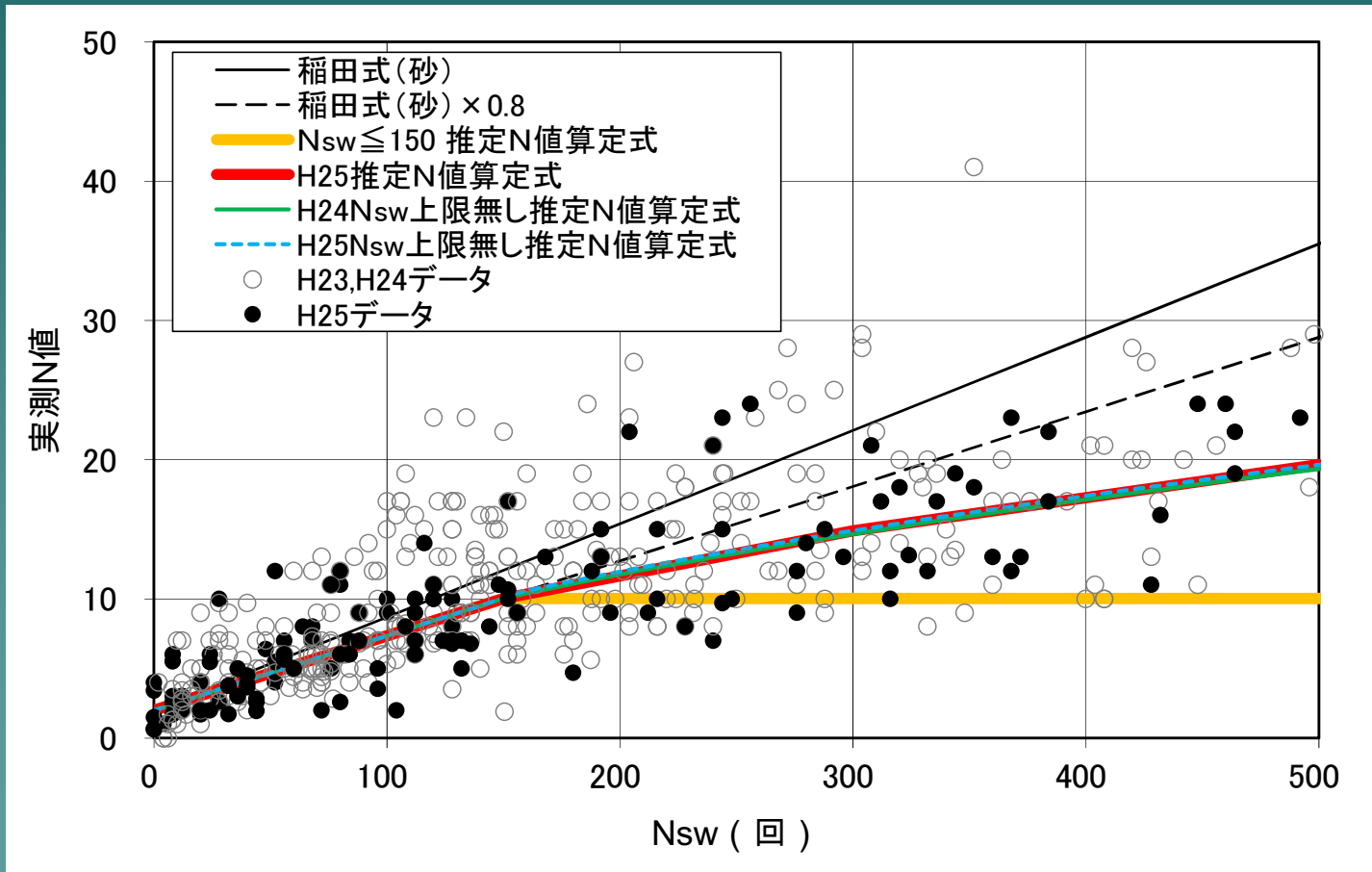
$$\text{補正 } F_c = 1.5 \times SWSF_c - 50 \quad (\%)$$



## (2) 推定N値の適用範囲に関する検討

平成24年度 埋土砂中心

平成25年度 沖積砂中心



平成24年度と同様の分布傾向

# 推定N値の算定方法

Nsw150上限の算定式(推定N値 $\leq 10$ )

$$\text{推定N値} = 2 \times W_{sw} + 0.0536 \times N_{sw}$$

Nsw500上限の算定式(推定N値 $< 20$ )

Nsw(150~300):

$$\text{推定N値} = 10.04 + 0.0324(N_{sw} - 150)$$

Nsw(300~500):

$$\text{推定N値} = 14.89 + 0.0237(N_{sw} - 300)$$

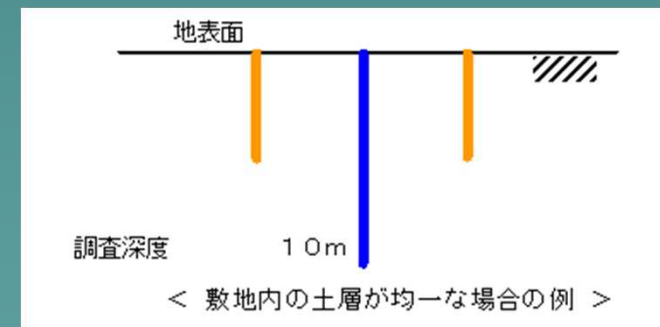
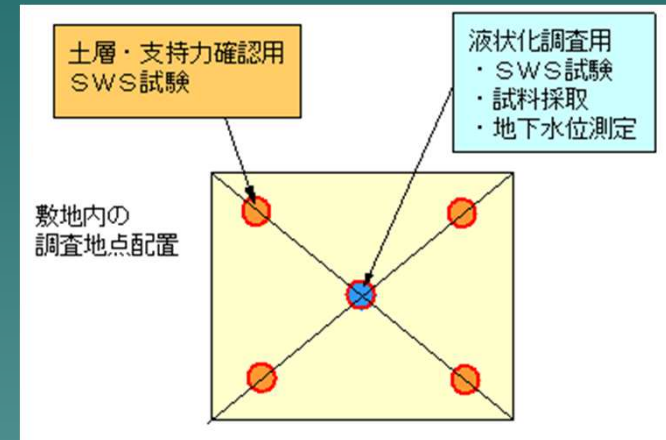
**<前提条件>**

- 回転貫入時に空転が無いことを確認できる
- 推定N値の利用は簡易液状化判定のみに限定

# 簡易な液状化判定手法の提案

## SWS試験による地盤調査の方法(原則として)

- ① SWS試験による液状化判定のための調査深度は、深度GL-10mまでとする。
- ② SWS試験孔を用いた地下水位測定を実施する。
- ③ SWS試験孔を用いた試料採取は、深度GL-10mまで1m毎に行う。
- ④ 採取した試料を用いた細粒分含有率試験から、細粒分含有率を求める。
- ⑤ 戸建住宅一敷地当たりの、液状化判定用のSWS試験箇所数は、1箇所とする。



# 簡易な液状化判定手法の提案

## SWS試験による液状化判定の方法

- ① 液状化判定は建築基礎構造設計指針に準拠した $F_c$ 計算,  
 $D_{cy}$ 計算により行う。
- ② 液状化判定用に用いる細粒分含有率は, SWS試験孔の採取  
試料から求めた細粒分含有率に補正を行って求めた「補正 $F_c$ 」を  
適用する。

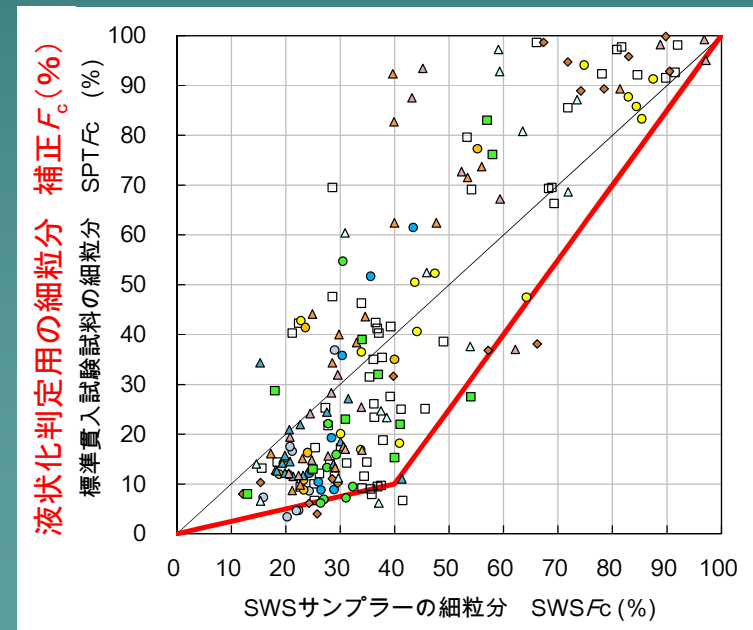
$$(0\% < SWSF_c \leq 40\%)$$

$$\text{補正}F_c = 0.25 \times SWSF_c \quad \%$$

$$(40\% < SWSF_c)$$

$$\text{補正}F_c = 1.5 \times SWSF_c - 50 \quad \%$$

- ③ 土質区分は, 「補正 $F_c$ 」による  
土質判別(砂質土・粘性土の区分)  
を適用する。



# 簡易な液状化判定手法の提案

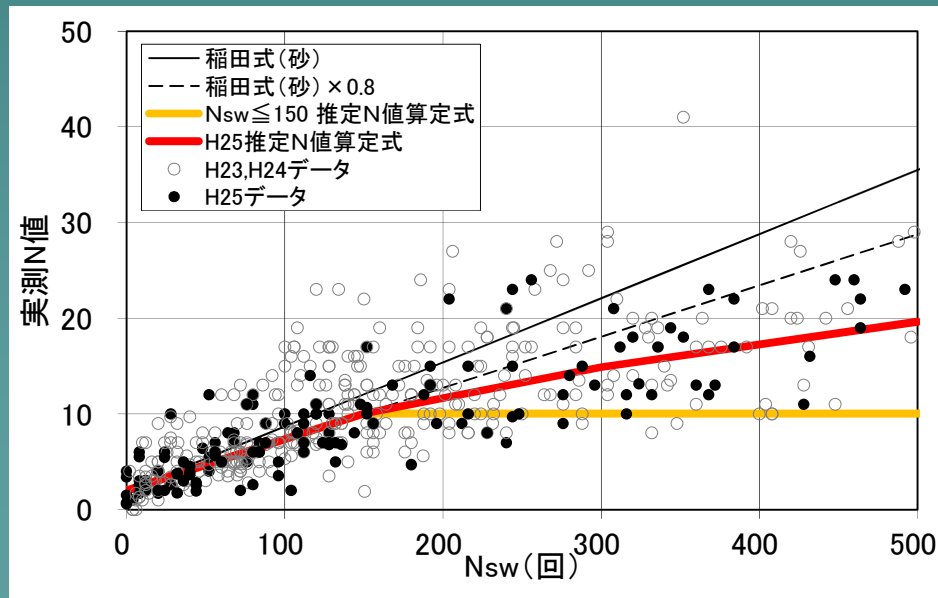
## SWS試験による液状化判定の方法

- ④ 液状化判定に用いる $N$ 値は、SWS試験の $N_{SW}$  ( $W_{SW}$ )から算出した推定 $N$ 値を適用する。ここで、同算定式の利用は、回転貫入における空転が無いことの確認を前提とし、液状化判定における $N$ 値の使用に限定する。

$$N_{SW} (0 \sim 150): \text{推定}N\text{値} = 2 \times W_{SW} + 0.0536 \times N_{SW}$$

$$N_{SW} (150 \sim 300): \text{推定}N\text{値} = 10.04 + 0.0324 (N_{SW} - 150)$$

$$N_{SW} (300 \sim 500): \text{推定}N\text{値} = 14.89 + 0.0237 (N_{SW} - 300)$$



空転等の有無を確認できない場合は  
 $N_{sw}$ の上限を150とする

# 簡易な液状化判定手法の提案

## SWS試験による液状化判定の方法

- ⑤ 土被り圧の算定に用いる湿潤密度は、土質判別に応じて適切に設定する。
- ⑥ 地震外力はL1地震動を想定し、地表面最大加速度  $a_{\max} = 200 \text{ gal}$  とする。また、地震マグニチュードは、原則として  $M=7.5$  を用いる。

### (3) 住宅性能表示における情報提供に関する検討

住宅購入者等への情報提供する仕組みが有効に活用され、その記載内容が誤解を与えず、適切かつ問題なく情報提供されるよう、以下の点に留意しまとめた

- アンケート調査結果を反映し、提供する情報に優先順位を設けること
- 提供する情報は、誤解を与えない表現とすること  
(「わかっていること、わからないこと」を消費者に正確に伝える)
- 提供する情報は、現場の業務の実状に合致した内容とすること
- 「情報」と「性能」が混同されない表現とすること
- 「契約したものとみなされる」表現は、避けること
- 液状化に関する指標、危険度に関する表現は客観的判定によること
- 液状化に関連して行う工事に関する情報は、誤解を与えない適切な記載とすること

# 消費者ニーズ把握のためのアンケートの実施

(47都道府県・有効回答数 756・平成25年10月1日～21日)

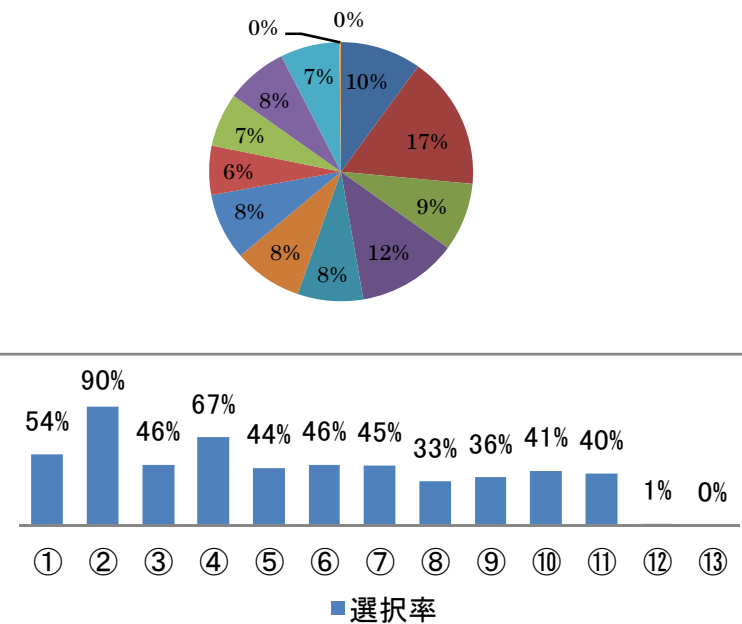
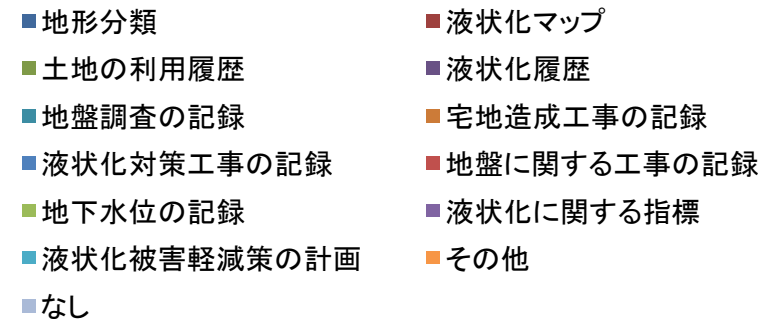
Q1*	地震時、特にどのようなことに不安を感じましたか？
Q2	液状化現象をご存じですか？
Q3	液状化するエリアに居住(業務)していますか？
Q4	液状化する土地の見分け方をご存じですか？
Q5	液状化に関する情報を自治体が提供していることをご存じですか？
Q6*	液状化に関して、どのような情報がほしいですか？
Q7	液状化被害をどこまで許容できますか？
Q8	液状化の可能性の高い土地に住宅を建てるなら、どのような対応をしますか？
Q9	液状化に関して、詳細に調べるための地盤調査費用としてどれくらいまでご負担できますか？
Q10	液状化対策工事費用としてどれくらいまで負担できますか？
Q11	液状化被害を受けた場合、修復費用(自己負担)としてどれくらいまでご負担できますか？

「\*」は複数回答可の設問

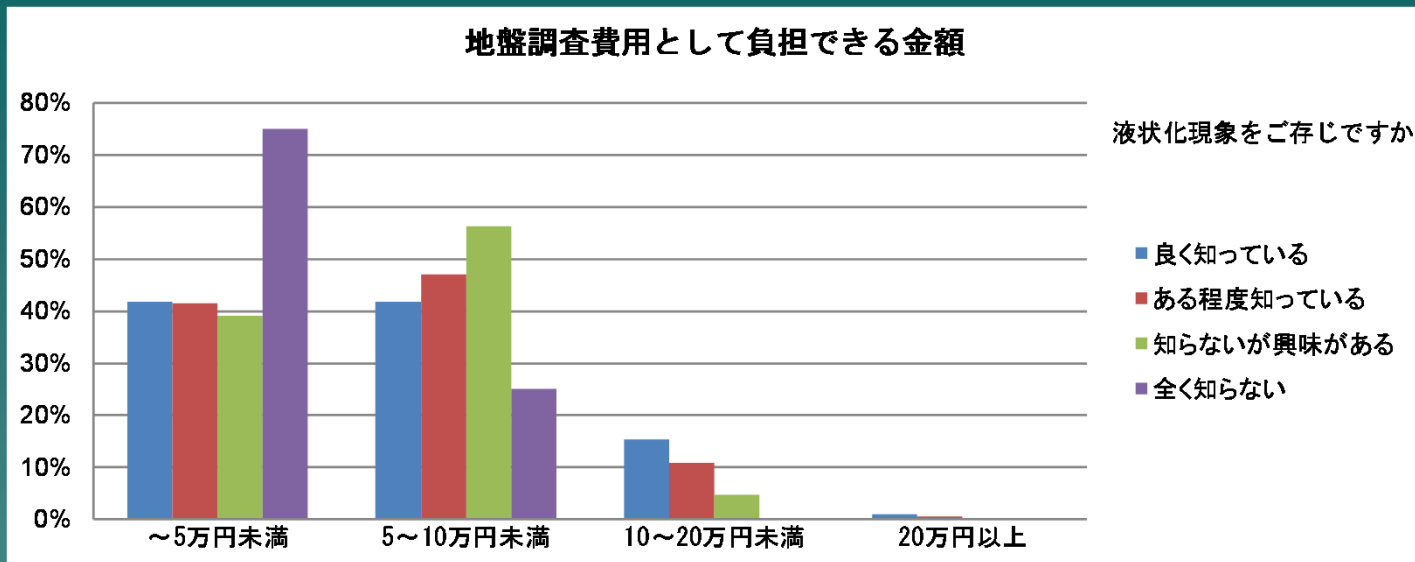


## ➤ 設問6に関する集計結果

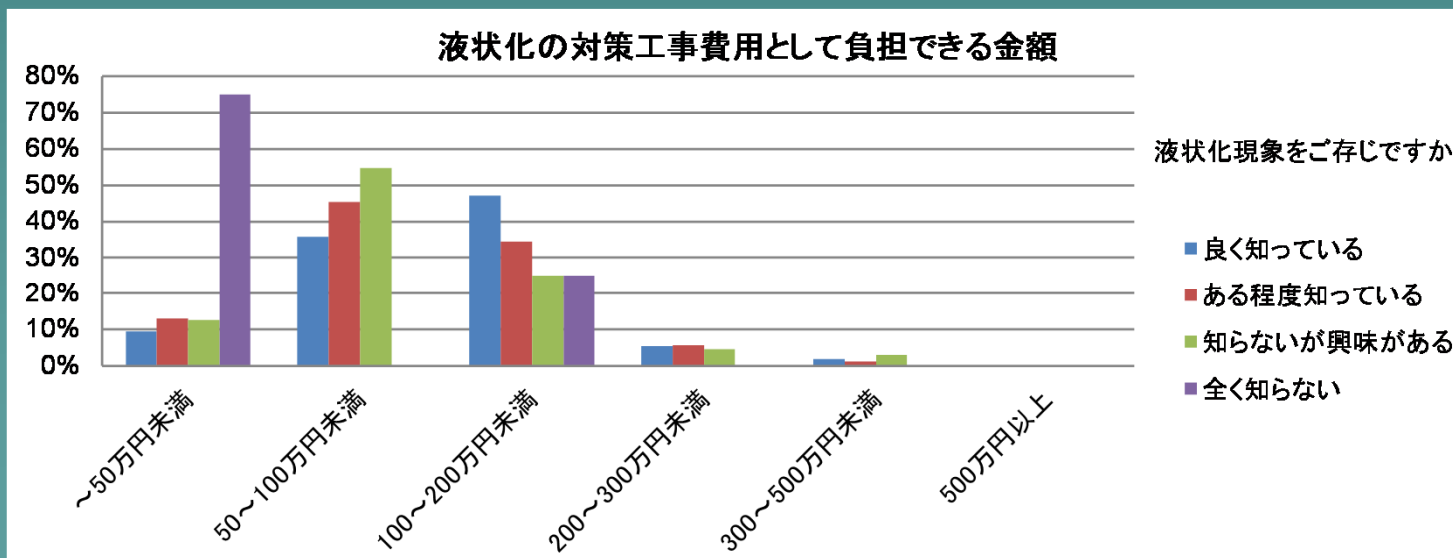
回答	回答数	割合	選択率
① 地形分類	408	10%	54%
② 液状化マップ	680	17%	90%
③ 土地の利用履歴	349	8%	46%
④ 液状化履歴	506	12%	67%
⑤ 地盤調査の記録	329	8%	44%
⑥ 宅地造成工事の記録	348	8%	46%
⑦ 液状化対策工事の記録	342	8%	45%
⑧ 地盤に関する工事の記録	251	6%	33%
⑨ 地下水位の記録	275	7%	36%
⑩ 液状化に関する指標	312	8%	41%
⑪ 液状化被害軽減策の計画	299	7%	40%
⑫ その他	8	0%	1%
⑬ なし	0	0%	0%



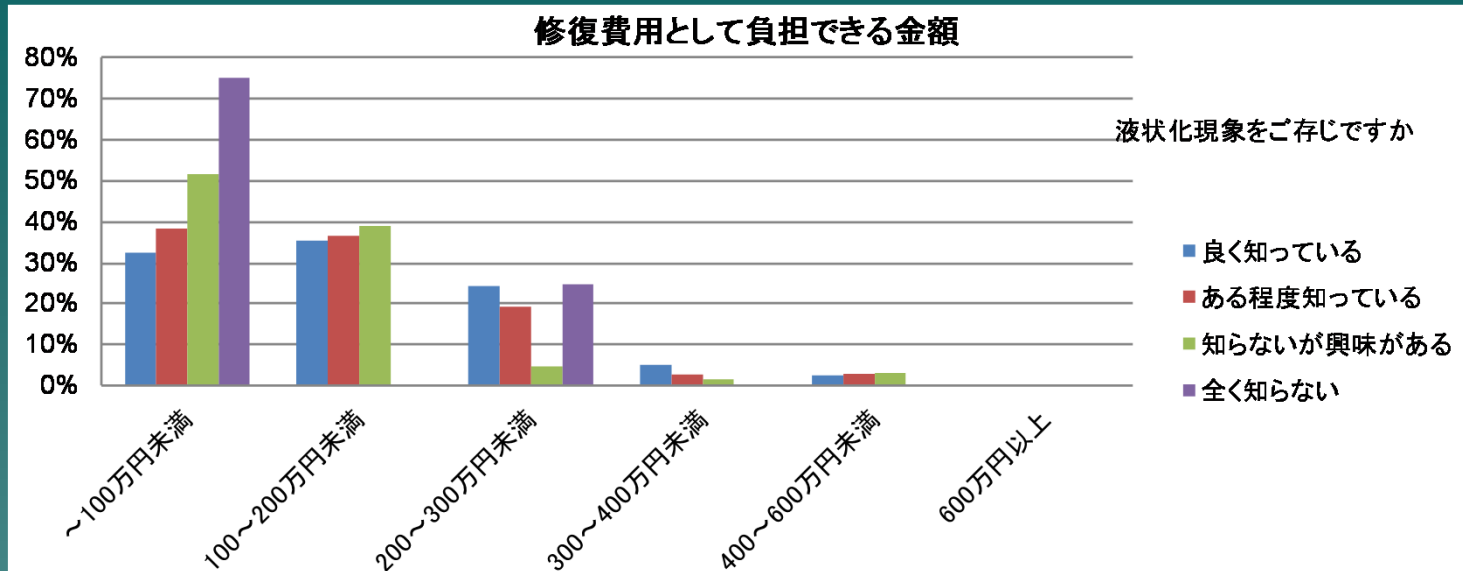
## ➤ 設問9ー設問2のクロスチェック



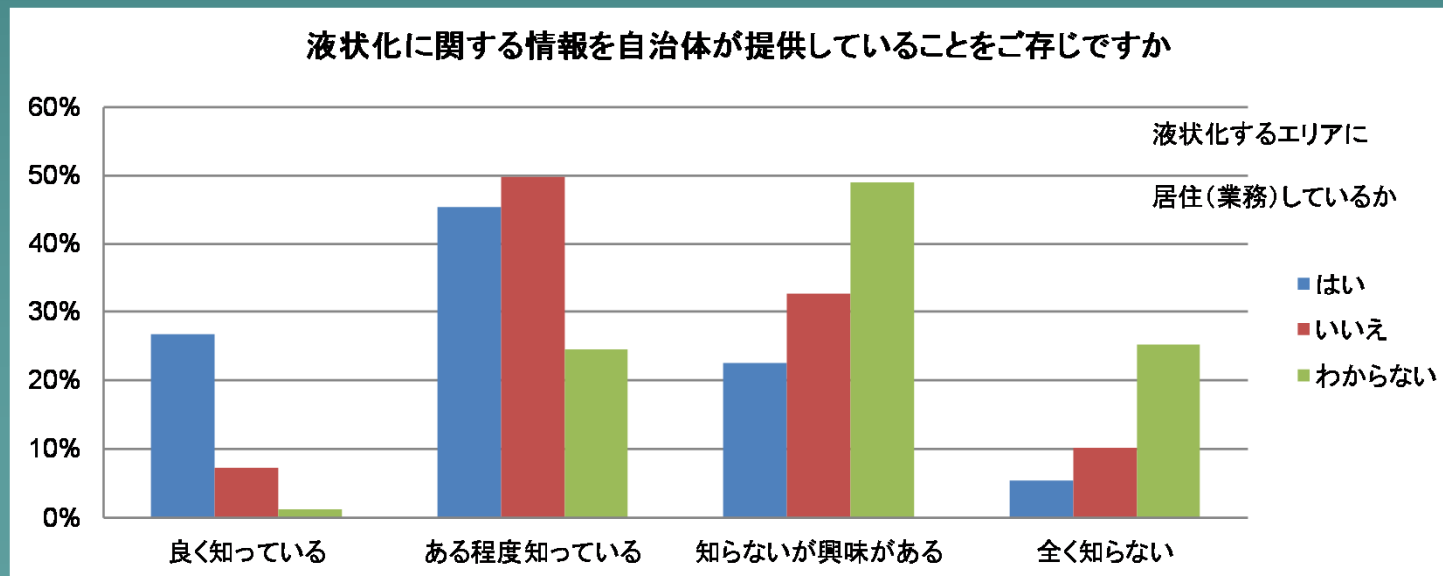
## ➤ 設問10ー設問2のクロスチェック



## ➤ 設問11ー設問2のクロスチェック



## ➤ 設問5ー設問3のクロスチェック



# 液状化に関する情報提供のイメージ(第32回建築分科会資料)

## 【新築住宅・既存住宅】

項目	内容	
液状化に関すること	(イ)液状化発生の可能性に関する広域的情報	
	微地形分類	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【該当する微地形名称】(埋め立て ) 【備考】(国土地理院発行の土地条件図による)
	液状化マップ	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【危険度判定に関する表記】(表記:やや高い) 【備考】(〇〇市液状化マップ)
	その他土地利用履歴に関する資料	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【旧土地利用】(種別:沼地、水田、自然堤防、三角州、その他) 【備考】(明治40年古地図判読による)
	液状化履歴に関する情報	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【記入欄】 1987年2月千葉県東方沖地震において、近隣で液状化発生の記録あり
(ロ)液状化発生の可能性に関する個別の住宅敷地の情報		
敷地の地盤調査の記録	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【地盤調査】 (方法:スウェーデン式サウンディング試験、標準貫入試験、その他( )) (数量:深度5m×4か所、深度10m×1か所 ) 【試料採取】 <input checked="" type="checkbox"/> 試料採取あり <input type="checkbox"/> 試料採取なし 【備考】(スウェーデン式サウンディング試験より砂層の試料採取 )
宅地造成工事	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	<input checked="" type="checkbox"/> 造成図面あり <input type="checkbox"/> 造成図面なし 【備考】(昭和53年〇〇公団による宅地造成・分譲)
液状化対策工事の記録	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【工法種別】(締固め、固化、排水、その他( )) 【工法名称】(〇〇工法 ) 【施工時期】(平成24年8月頃) 【工事内容】(深度5mまで2.5m間隔正方形配置) 【工事報告書】(あり、なし)

項目	内容	
液状化に関すること	その他地盤に関する工事の記録	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【工法分類】(盛土、不同沈下対策、交通振動対策、その他) 【工法名称】(〇〇工法 ) 【施工時期】(平成23年4月頃) 【工事内容】(深度7mまで、柱状改良) 【工事報告書】(あり、なし)
	地下水位の情報	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【地下水位】(地表面から2.0 m付近) 【測定方法】(スウェーデン式サウンディング試験機を使用 ) 【備考】( )
	地盤調査から得た液状化に関する指標	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【記入欄】 例1:スウェーデン式サウンディング試験結果から建築基礎構造設計指針のFL法でDey値=16と算出
	(ハ)液状化発生の可能性に関する当該住宅における対策の情報	
住宅基礎対策の記録・計画	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 未定	<input type="checkbox"/> 【地盤が液状化しても住宅に傾斜等の支障がほとんどないと想定される工法】(杭基礎、〇〇など) (工法名称: ) (杭基礎の支持層への到達:到達、未到達、杭長 m) <input checked="" type="checkbox"/> 【地盤が液状化することで住宅に傾斜等の支障はあるが修復の容易性を予め確保可能な工法】(ジャッキアップ機構、剛性の高い基礎構造、〇〇など) (工法名称:〇〇工法 ) (工事内容:布基礎内部にジャッキアップベースの確保、布基礎の剛性強化)

# 液状化に関する情報提供のイメージ(第33回建築分科会資料)

## 【新築住宅・既存住宅】

項目	内容	
液状化に関すること	<b>(イ) 液状化に関する広域的情報</b>	
	微地形分類	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【該当する微地形名称】(埋め立て ) 【備考】(国土地理院発行の土地条件図による )
	液状化マップ	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【危険度判定に関する表記】(表記: やや高い) 【備考】(〇〇市液状化マップ)
	その他土地利用履歴に関する資料	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【旧土地利用】(種別: 沼地、水田、 <u>自然堤防</u> 、三角州、その他) 【備考】(明治40年古地図閲覧による )
	液状化履歴に関する情報	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【記入欄】 1987年12月千葉県東方沖地震において、近隣で液状化発生の記録あり
<b>(ロ) 液状化に関する個別の住宅敷地の情報</b>		
敷地の地盤調査の記録	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【地盤調査】(方法: 標準貫入試験、 <u>スウェーデン式サウンディング試験</u> その他 ( )) (数量: 深度5m×4か所、深度10m×1か所 ) 【試料採取】 <input checked="" type="checkbox"/> 試料採取あり <input type="checkbox"/> 試料採取なし 【備考】(スウェーデン孔より砂層の試料採取 )	
宅地造成工事の記録	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 <input checked="" type="checkbox"/> 造成図面あり <input type="checkbox"/> 造成図面なし 【備考】(昭和53年〇〇公団による宅地造成・分譲)	
液状化に関連して行う地盤に関する工事の記録・計画	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【工法種別】(締固め、 <u>固化</u> 、 <u>排水</u> 、その他 ( )) 【工法名称】(〇〇工法 ) ※記載できる種別・名称は技術解説書で示す予定 【施工時期】(平成24年8月頃) 【工事内容】(深度5mまで2.5m間隔正方形配置) 【工事報告書】(あり、なし)	

項目	内容	
液状化に関すること	その他の地盤に関する工事の記録・計画	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【工法分類】(盛土、不同沈下対策、 <u>交通振動対策</u> 、その他) 【工法名称】(〇〇工法 ) 【施工時期】(平成23年4月頃) 【工事内容】(深度7mまで、柱状改良) 【工事報告書】(あり、なし)
	地下水位の情報	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【地下水位】(地表面から2.0 m付近) 【測定方法】(スウェーデン孔を使用 ) 【備考】( )
	地盤調査から得た液状化に関する指標	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし 【記入欄】 例1: スウェーデン式サウンディング試験結果から建築基礎構造設計指針のFL法でDcy値=16と算出
	<b>(ハ) 液状化に関する当該住宅における工事の情報</b>	
液状化に関連して行う住宅基礎等に関する工事の記録・計画	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明 【工法分類】(沈下修復システムの先行組込) 【工法名称】(〇〇工法 ) ※記載できる分類・名称は技術解説書で示す予定 【施工時期】(平成25年4月 ) 【工事内容】(ベタ基礎(基礎の剛性強化)、ジャッキアップスペースの確保)	

※緑字は前回からの修正箇所

※表現等については、今後も検討を継続実施

# 液状化に関する情報提供の記載内容と記載例の提案

## (イ) 液状化に関する広域的情報

液状化マップ	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【液状化に関する表記】 (表記：液状化の可能性が高い) 【備考・出典】 (東京都液状化予測図：平成24年度改訂版)
液状化履歴に関する情報	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【住宅敷地周辺の液状化履歴】 <input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし 【備考・出典】 (関東大震災時液状化発生したという情報有り)
地形分類	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【該当する地形名称】 (三角州) 【備考・出典】 (国土交通省発行土地条件図)
その他土地利用履歴に関する資料	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	【旧土地利用】 (種別： <input checked="" type="checkbox"/> 水田 <input type="checkbox"/> 池沼・川 <input type="checkbox"/> 海 <input type="checkbox"/> その他 ( ) ) 【備考・出典】 (旧版地形図 国土地理院：昭和6年6月30日発行)

## (ロ) 液状化に関する個別の住宅敷地の情報

敷地の地盤調査の記録	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	<b>【地盤調査】</b> (方法： <input checked="" type="checkbox"/> スウェーデン式サウンディング試験 <input type="checkbox"/> 標準貫入試験 <input type="checkbox"/> その他 ( ) ) (仕様：数量 4ポイント ・ 深度 9~12m ) <b>【資料採取】</b> <input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <b>【備考】</b> ( スウェーデン調査孔を利用し、かきとり式 (開閉型) にて採取 )
地下水位の情報	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	<b>【地下水位】</b> ( 地表面から2.0m付近 ) <b>【測定方法】</b> ( スウェーデン調査孔を利用し測定 ) <b>【備考】</b> ( 通電比抵抗式水位計使用 )
地盤調査から得た液状化に関する指標	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	<b>【指標・備考】</b> Dcy値=10cm スウェーデン式サウンディング試験結果から、200gal M7.5として 国総研のプログラムにより算出
宅地造成工事の記録	<input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	<b>【造成図面】</b> <input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし <b>【備考】</b> ( )
液状化に関連して行う地盤に関する工事の記録・計画	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	<b>【工法分類】</b> ( 固化工法 ) <b>【工法名称】</b> ( 深層混合処理工法 ) <b>【施工時期】</b> ( 昭和45年7月頃 ) <b>【工事内容】</b> ( 改良径800mm 改良長10m 2mピッチ配置 ) <b>【工事報告書】</b> <input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <b>【備考】</b> ( )
その他地盤に関する工事の記録・計画	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 不明	<b>【工法分類】</b> ( 圧密促進工法 ) <b>【工法名称】</b> ( プレロード工法 ) <b>【施工時期】</b> ( 昭和55年~58年 ) <b>【工事内容】</b> ( 盛土高さ5m 載荷期間2年 ) <b>【工事報告書】</b> <input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし <b>【備考】</b> ( )

## (ハ)液状化に関する当該住宅基礎等における工事の情報

液状化に関連して行う住宅基礎等に関する工事の記録・計画	■あり □なし □不明	【工法分類】 ( 建築物基礎で対応する工法 ) 【工法名称】 ( 杭状地盤補強工法 ) 【施工時期】 ( 平成25年12月12日～16日 ) 【工事内容】 ( 杭径165.2mm 杭長12m 鋼管 ) 【備考】 ( )
-----------------------------	-------------------	--

### 【備考】

上記の記載事項は、日本住宅性能表示基準に従って表示された性能ではなく、液状化に関する情報提供である。



## 今後の課題

(1) 小規模建築物を対象として、SWS試験と凡法を用いた簡易な液状化判定手法を提案した。同手法は、現段階での知見に基づく提案であるため、今後の技術開発等の動向を踏まえた改善も考慮すべきである。

(2) SWS試験孔を用いて採取した試料の細粒分含有率 $F_c$ は、現状においては補正が必要と判断される。今後、より信頼性の高い採取装置が開発される可能性もあり、それらを踏まえた液状化判定手法の見直しも想定される。

(3) 小規模建築物を対象に、常時の地盤支持力の増強や沈下抑制として採用される工法（柱状地盤改良・既成杭工法等）において、液状化被害の軽減効果の検証をする。また、その検証により地震時の液状化を鑑みた設計手法を示すことが課題である。