

# Q1

## 補強

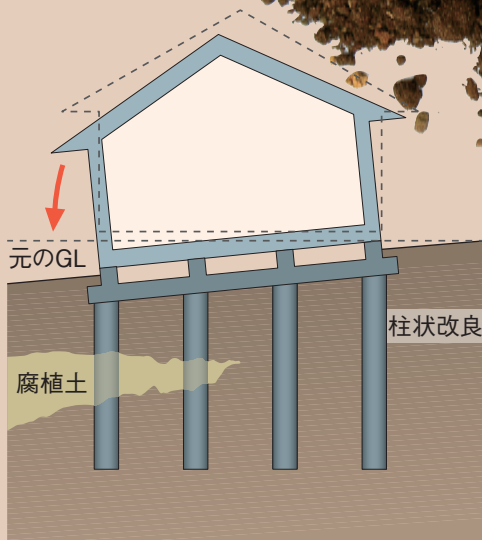
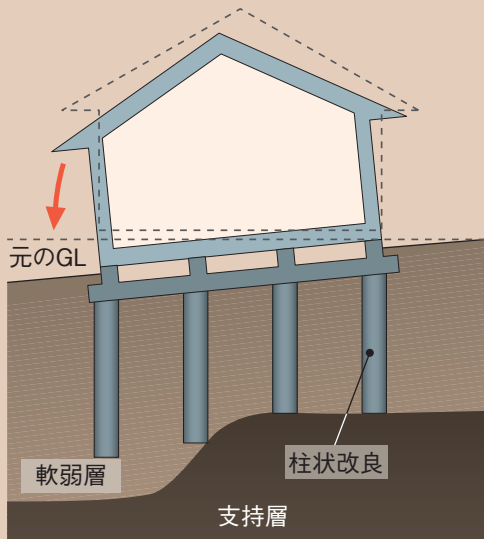
# なぜ地盤補強したのに沈下事故？

## ●補強工事で多い事故パターン

### 柱状改良

支持層に傾斜や凸凹がある地盤で改良体の長さを同一にすると、効く杭と効かない杭が出る

対策：改良体の長さは現場でトルクを確認しながら決定する。支持層に傾斜がある場合は鋼管杭にする



### 柱状改良

地層の途中に腐植土や水脈などがあると、改良体が固まらない

対策：事前に地形図などで土質を推測する。ボーリングなどで土を採取して、配合試験を行う

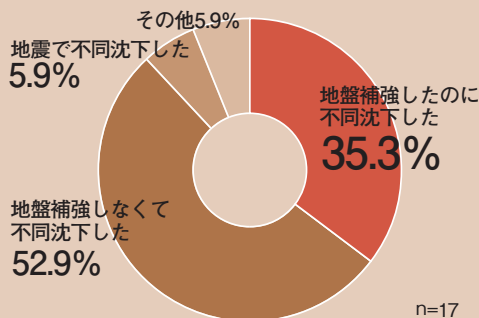
(イラスト：笹沼真人)

住宅地で用いられる主な地盤補強工法は三つある。第一は土砂とセメント系固化材を混ぜ合わせた直径60cm程度の円筒状の改良体をつくり、土との摩擦力によって建物を支える「柱状改良」。第二は、比較的浅い部分の地盤全体をセメント系固化材で固める「表層改良」。第三は、直径120mm〜170mm程度の鋼管を、固い支持地盤まで複数打ち込んで建物を支える「鋼管杭」だ。

地盤補強に詳しい住友林業筑波研究所主任研究員の佐藤隆さんによると、「どの工法も事故はあるが、施工件数が多い分だけ柱状改良の

地盤調査の結果、補強が必要との結果が出て補強工事をしたのに不同沈下を起こした例は少なくない。読者調査でも不同沈下事故の35%が補強工事をしているものだった。なぜ、こうした事態になるのか――。

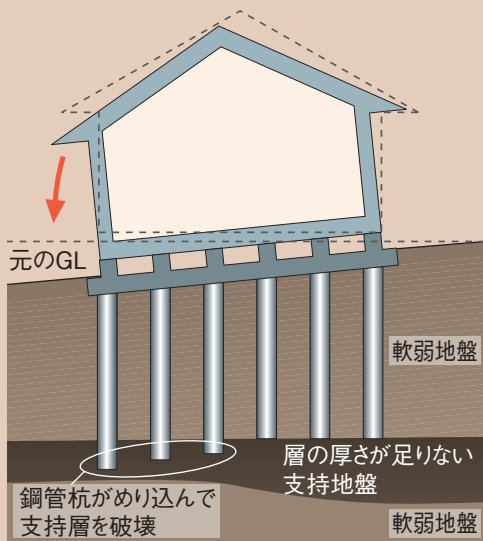
### ●読者調査では「補強したのに不同沈下した」が35%



### SS以外の追加調査を

補強工法の選択や設計ミスによる事故の防止策として、専門家を

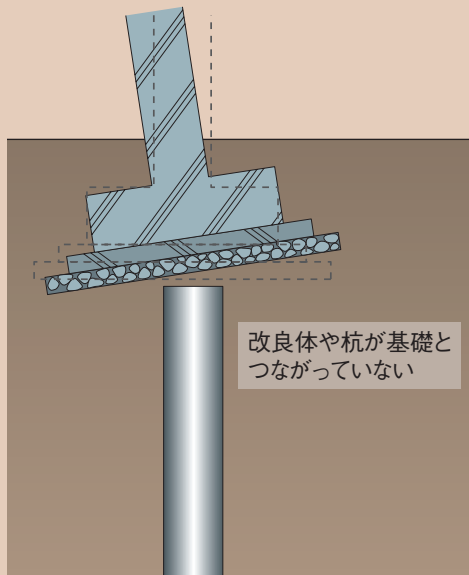
事故が目立つようだ」という。佐藤さんから聞いた、補強工事によく起きる事故パターンを上図に示した。補強工法の選択や設計にミスがあったものと、補強工事会社や住宅会社の施工に問題があったものに大別できる。



### 鋼管杭

支持地盤の厚さが薄いと、杭が地盤を破壊する

対策：事前に付近のボーリングデータや地質図などで層の厚さを推測する。固くても厚さが1.5m～2m未満の場合は支持地盤としない



### 柱状改良・鋼管杭

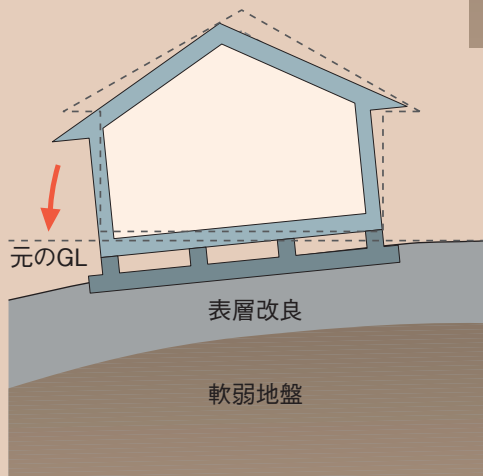
改良体や杭の上に誤って残土を盛ると、残土が圧縮された分、不同沈下を起こす

対策：改良体や杭の頭部と、基礎地盤の間に圧縮破壊する物を残さないよう現場管理を徹底する

### 表層改良

下の地盤が軟弱（支持力が50kN/m<sup>2</sup>未満）か厚さが不ぞろいだと、改良体ごと傾く

対策：事前に付近のボーリングデータや地質図などで土質構成を確認し、鋼管杭か柱状改良を選択する



日本住宅保証検査機構（JIO）が補強工事を実施する住宅で提出を求めている報告書の一部。柱状改良と表層改良では、補強工事会社が改良体の一部を採取して圧縮試験をした結果などを提出する決まりだ

柱状改良検査報告書 ②				
JIO（日本住宅保証検査機構）				
報告書提出日	試験実施日時			
供試体採取日	検査機関名			
登録物件 No.	ビルダー様名	様邸		
	現場名			
1 軸圧縮強度試験結果				
試験方法は JIS A 1216「土の1軸圧縮試験方法」に準ずる。				
材令(日)	試料番号	採取位置	1軸圧縮強度(N/cm <sup>2</sup> )	備考
7日	1			
7日	2			
7日	3			
平均値				
解説 3供試体の1軸圧縮強度の平均値が設計強度(60N/cm <sup>2</sup> )以上であることをもって、改良体が支持地盤として充分安全であると判断する。				

ちが口をそろえるのは、「SS試験だけで調査や設計を済ませず、必要に応じた別の試験方法による追加調査をすること」だ。  
SS試験の限界については50（51ページでも解説している。日本建築学会が出した小規模建築物基礎設計指針（62ページ参照）には、SS試験では1m当たりの半回転数（51ページに説明）が150を超えると、信頼性が低くなるとも書いてある。  
追加試験をするのが理想だが、

費用をそれほどかけずにSS試験の限界を補うことはできる。佐藤さんは「地形図や地質図、近隣のボーリングデータを参照し、支持地盤の位置などを予測して、SS試験の調査結果が妥当かどうかを判断してほしい」と話す。  
施工不良による事故を防止するには、施工管理が重要だ。住宅会社は必ず補強工事に立ち会う。さらに、補強工事会社に対し、試験杭で支持地盤の位置や強度を確認することや、1軸圧縮試験で改良体の固まり具合を調べることなどを要求すべきだ。

また、施工した杭や改良体の上に、基礎工事会社などが誤って残土を載せてしまうことがないように、補強工事後も注意しよう。

## Answer

SS試験の結果だけで補強工事をする、不同沈下のリスクを見逃す  
施工不良や残土の不適切な処理が事故を招くこともある

# Q2

## 調査

# 信用できない 調査報告書がある!?

## ●情報が不足している考察の記入例

●判定に際して考慮したポイント

① 地形・地質条件	氾濫平野・粘性土	X	
② 傾斜条件・敷地境界	平坦地、		地質の履歴、盛り土や
③ 敷地履歴・造成経年	宅地、		擁壁の状態、造成経
④ 造成盛土・擁壁の状態	不明		年を調べていない
⑤ 周辺異常等の状況	なし		
⑥ その他			

●考察

計画建物の配置に沿って5ポイントの調査を行いました。結果を見ると、各点とも表層付近に荷重1.00KN以下自沈の軟弱な層が厚く分布しています。その為、強度不足な地盤となっており、直接基礎の対応では沈下が生じる可能性が高いと考えられます。よって、地盤改良を施して地耐力の強化を図り、沈下抑制に努めるのが良いと思われます。

X SS試験の結果だけで判定している。どのような補強仕様が適するか書いていない

### 報告書に書いてあるか 確認すべきポイント

- 地形・地質の種類・時代区分
- 盛り土の有無・厚さ
- 敷地履歴・造成経年
- 元の地盤の傾斜レベル・方向
- 擁壁の状態
- 調査地周辺での異常の有無
- 土質の安定性
- 軟弱層の分布
- 不同沈下の可能性



住宅地盤品質協会と地盤保証検査協会は、地盤調査員の資格制度を設けている。資格試験があり、数年おきに講習会を受けないと更新できない。公的資格ではないが、資格の有無は信頼できる調査員かどうかを判断する材料の一つになる

「SSの結果が軟弱だから」とい  
報告書は信頼性が低い。  
上の記入例のように、SS試験の結果だけで、考察を書いている

### 添付資料から判断

「SSの結果が軟弱だから」とい  
ことがあ  
「田中さん」  
大規模造成地などは敷地が特定し  
が正しいか。「信じられない話だが、  
調査報告書を見る際の注意点を聞  
いてみた。

そこで、田中さんにSS試験の  
調査報告書を見てきた田中  
英輔さん（住宅地盤品質協会事務  
局長）は「実際、いい加減な判定  
や考察が書かれている報告書をた  
くさん見る」と言う。

読者調査では、地盤調査報告書  
に想定と違う判定が書かれていて、  
疑問や不安を抱いた人が大勢い  
た。地盤保証の審査員として多数  
の地盤調査報告書を見てきた田中  
英輔さん（住宅地盤品質協会事務  
局長）は「実際、いい加減な判定  
や考察が書かれている報告書をた  
くさん見る」と言う。

# ●SS試験の調査測点の注意点

切り盛り造成地では、高台を背にして最大傾斜方向に測点を取ると、最大盛り土厚を把握できる

## 地形図



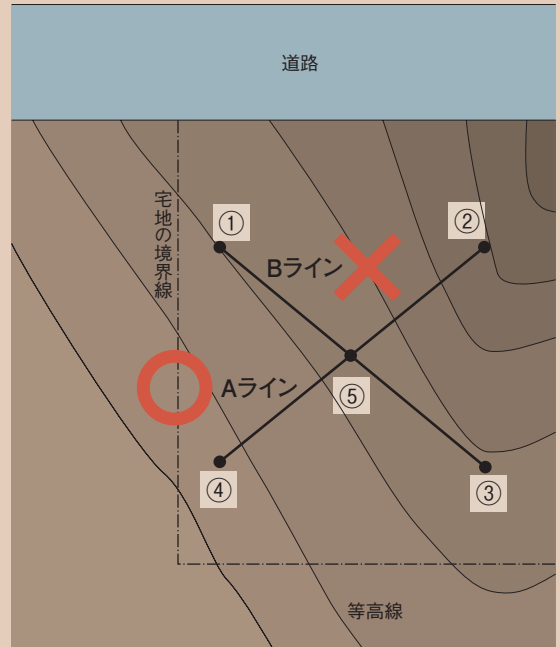
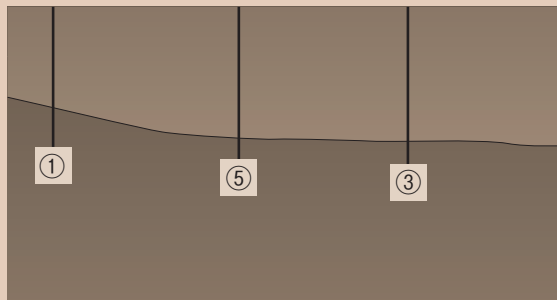
Aライン  
断面図



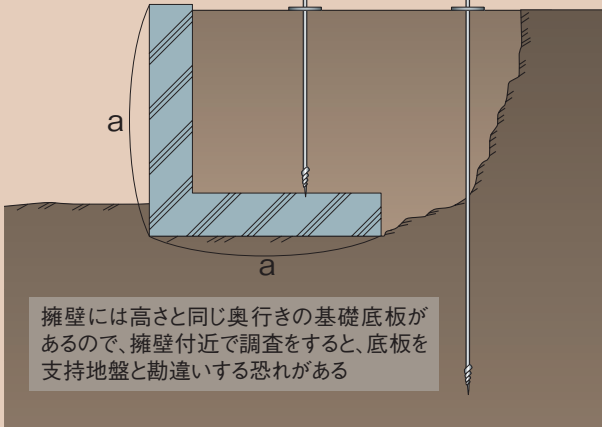
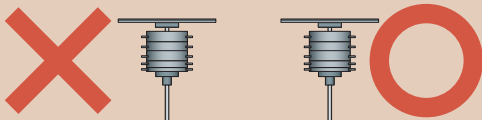
測点を間違えると切り盛り土の厚さを誤認する



Bライン  
断面図



支持地盤が傾斜している宅地や切り盛り造成地は、測点によって支持層までの深さが大きく変わる



擁壁には高さと同じ奥行き基礎底板があるので、擁壁付近で調査をすると、底板を支持地盤と勘違いする恐れがある

って、沈下するとは限らない。例えば関東ローム層のような自然地盤であれば、宅地としては安定している。地質の時代区分や土質などさまざまな情報を加味した上でSSの値を見ないと、判定を誤る」と田中さんは話す。SS試験の結果以外に、報告書に書かれるべき情報として、田中さんに挙げてもらったのが48ページの囲みだ。

SS試験以外の情報を検討したかどうかは、添付書類からも分かる。「地形図は添付書類として必須。地質図や古い地図なども付けていたら信頼できる」(田中さん)

## Answer

SS試験の結果だけで考察している報告書は信頼性が低い

造成地や擁壁がある場合、SS試験の調査測点が適切な位置かどうかもチェックしよう

添付された現場写真も、調査員が周辺を観察したかどうかを示す貴重な証拠になる。「調査員には、測定機械の写真だけでなく、周辺を観察した写真を添付してほしい」と田中さんは話す。

SS試験の記録を見る時の注意点は調査測点だ。建物の四隅と真ん中の5カ所が一般的だが、造成地や擁壁のある敷地では必要なデータが得られない恐れがある。

地盤調査は、専門的な知識に加え、現場で経験を積んでいく中での確な判定が下せるようになるものだ。田中さんは「信用できる調査結果を得るためには、信頼のおける調査員を見つけるのが近道」と助言する。

# Q3 調査

## 同じSSのデータで なぜ判断が違おう？

**補強工事  
が必要**

**と判定した調  
査員の考察**

表層および中間層に連続自沈層が存在する軟弱地盤です。自沈層以深は良好な数値を記録しています。支持層は6.5～6.75mで確認されています。伏流水は測定深度まで確認されていません。以上の点を考慮すると、圧密沈下や不同沈下などの障害が懸念されます。したがって、支持層が確認され、伏流水がないことから、**支持杭または柱状改良工法による基礎補強が望ましい**と思われます。

**補強工事  
が不要**

**と再判定した  
Bさんの考察**

提供されたデータによれば、地表面から深さ6.5m付近以深にれき層が分布し、安定した地盤を形成しています。れき層の上位には貫入抵抗の低い粘性土が分布しています。しかし、当該地が建て替えであることと、各測定点で差異もないことから、大きな沈下の可能性は少ないと判断できます。したがって、計画されている建物の規模より、**ベタ基礎での支持は十分可能と判断**しました。

上の二つの考察は、同じSS試験データでも、人によって読み方が違うことを示す典型例だ。一方は地盤補強を勧め、他方は必要はないとしている。なぜ、異なる考察になったのだろうか。

このケースは、古家の建て替えを計画した住宅会社のAさんが、調査会社に地盤調査を依頼したものだ。SS調査で、重りを載せただけで沈む「自沈層」が続くことが判明したため、地盤調査会社は補強が必要と判断した。しかし、Aさんは古家に不同沈下した形跡などなかったことから考察に疑問を抱き、別の地盤の専門家のBさんに試験データを持ち込んだ。

Bさんは、SS試験データのほか、地形図や周辺状況、現地に長く古家が建っていることなども加味して検討。不同沈下の可能性は小さく、住宅会社が設計していたベタ基礎で十分との結論を出した。

「他社の調査報告書を読んでよく感じるのは、地盤調査会社によって自沈層のとらえ方が違う点だ」とBさんは話す。

### 経験が浅いと安全側に

住宅の基礎設計に必要なのは「地耐力」だ。地耐力は「支持力」と「沈下量」から求めるが、SS試験は支持力しか測定できないなど、測定方法としてさまざま制約を抱えている(51ページ参照)。

さらに、建築基準法告示は地盤補強工事の要・不要の判定基準を明記せず、「沈下を検討をすべき地盤」の条件を示しているに過ぎない。こういった事情から、SS試験による判定は、ばらつきが生じやすくなる。住宅地盤品質協会事務局長の田中英輔さんは、「経験の浅い人ほど、要補強という考察になりがちだ」と指摘する。

調査員の判定に不満な場合の対

# ●SS試験データ

半回転数とは、1kN(100kg)の重りを載せても自沈しなかった場合、ハンドルを半回転ずつ回し、25cm貫入させるのに何回転を行ったかの回数を示す。1m当たりの半回転数は、半回転数を4倍した数値

1kN(100kg)の重りを載せただけで25cm自沈していることを示す

1kN(100kg)の重りを載せても自沈しないので、ロッドが25cm貫入するまで150回半回転させたことを示す

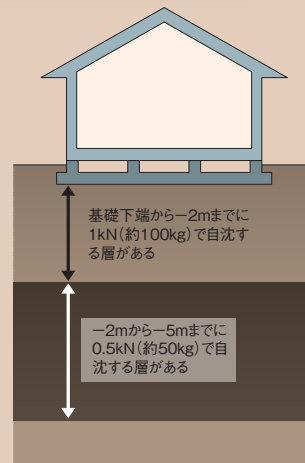
スウェーデン式サウンディング試験														
調査名						測点番号								
神奈川県川崎市多摩区						A								
調査地点						調査年月日								
最終貫入深さ 6.50 m						試験者								
予想地下水位						天候								
無し						曇								
深度 D (m)	貫入 量 (m)	荷重 W(Kg)	半回 転数 N <sub>1/2</sub>	1m当り 半回転数 N <sub>sw</sub>	換算 N値	観察	推定土質	荷重 Wsw(Kgf)						
								25	50	75	100			
											貫入量1m当たりの半回転数 N <sub>sw</sub>			
											100	200	300	400
0.25	0.25	100	0	0	3.0	ストン	盛(粘土)							
0.50	0.25	100	0	0	3.0	ストン	盛(粘土)							
0.75	0.25	100	0	0	3.6		盛(粘土)							
1.00	0.25	100	0	0	3.0	ユックリ	盛(粘土)							
1.25	0.25	100	0	0	3.0	ユックリ	盛(粘土)							
1.50	0.25	100	30	120	9.0		粘性土							
1.75	0.25	100	3	12	3.6		粘性土							
2.00	0.25	100	4	16	3.8		粘性土							
2.25	0.25	100	3	12	3.8		粘性土							
2.50	0.25	100	2	8	3.4		粘性土							
2.75	0.25	100	3	12	3.6		粘性土							
3.00	0.25	100	3	12	3.6		粘性土							
3.25	0.25	100	3	12	3.6		粘性土							
3.50	0.25	100	3	12	3.6		粘性土							
3.75	0.25	100	0	0	3.6		粘性土							
4.00	0.25	100	0	0	3.0	ユックリ	粘性土							
4.25	0.25	100	0	0	3.0	ユックリ	粘性土							
4.50	0.25	100	0	0	3.0	ユックリ	粘性土							
4.75	0.25	100	0	0	3.0	ユックリ	粘性土							
5.00	0.25	100	0	0	3.0	ユックリ	粘性土							
5.25	0.25	100	10	40	5.0		粘性土							
5.50	0.25	100	38	152	10.6		粘性土							
5.75	0.25	100	40	160	11.0		粘性土							
6.00	0.25	100	17	68	6.6	かりかり	礫							
6.25	0.25	100	70	280	20.8	かりかり	礫							
6.50	0.25	100	150	600	42.2	かりかり	礫							

ロッド貫入時の抵抗や振動音の記録。土質を推定するときの参考にする

荷重とロッド回転数を数式に当てはめ、標準貫入試験での「N値」に換算した値。値が大きいほど地盤が固いことを表す

## SS試験による補強工事の要・不要判定にばらつきが出る理由

- ・沈下特性が測定できないので推定になる
- ・土を採取できないので土質が推定になる
- ・大きなレキやガラ、締まった地盤に達すると、スクリーポイントが貫入できず測定不能になる
- ・測定できない項目が多いので調査員の知識や経験に左右されやすい
- ・判定基準が法律で明確に示されていない



### ●告示1113号で定めた「沈下を検討すべき地盤」の条件

応は、Aさんのように別の専門家の意見を求めることだ。住宅保証機構では、地盤調査の考察に疑問を感じたときなどに、「セカンド・オピニオン（第二の意見）」を求める相談先として「登録専門家」を用意している。Aさんはこれを利用していた。

別の地盤調査法で測定して再判定することもお勧めだ。地盤調査を手がける兼松日産農林の水谷羊介さんは、「安価なSS試験では把握できることが限られるため、安全率を高く見込んで要補強という考察に傾く。費用をかけてもつと調査すれば、補強不要という判定が多くなる」と助言する。

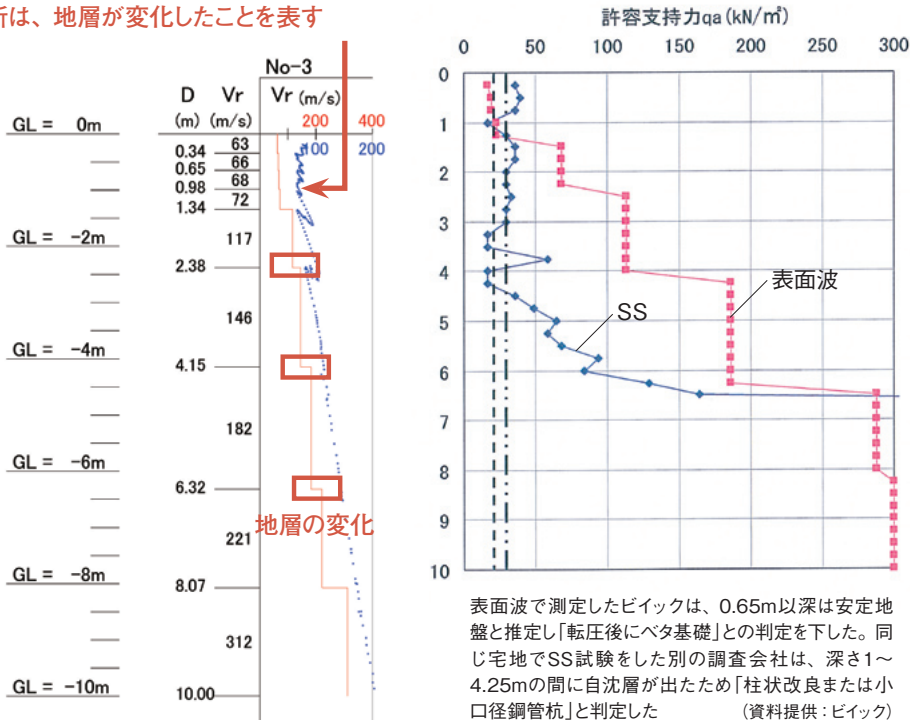
## Answer

SS試験で判定に必要な情報のすべてを得られるわけではないので、安全側に判定しがちな調査員がいる判定に納得できない場合は、経験豊富な別の調査員にセカンドオピニオンを求める

# Q4 調査

## ●表面波探査法で計測した区間速度データ(左)とそれから求めた許容支持力(右)

青線が区間速度(振動が地盤に伝わる速度)。右側に向かうに従って速度が速く、地盤が固いことを表す。「くの字」に大きく変形している所は、地層が変化したことを表す

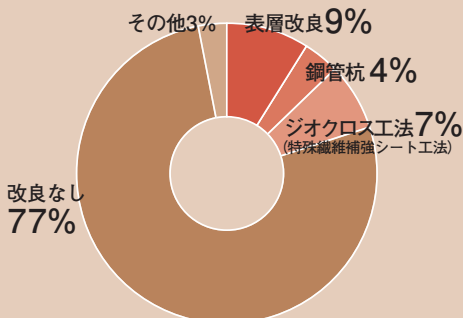


表面波で測定したピークは、0.65m以深は安定地盤と推定し「転圧後にベタ基礎」との判定を下した。同じ宅地でSS試験をした別の調査会社は、深さ1~4.25mの間に自沈層が出たため「柱状改良または小口径鋼管杭」と判定した (資料提供: ビック)

# 「表面波で再調査したら補強判定」が変わったが...

神奈川県のある住宅会社では、SS試験の調査後に、表面波探査法で再調査をした。「SSで、1坪に9本以上の杭が必要との判定が出て疑問を持った。表面波試験では30cm厚の砕石と転圧でいいと判定され、コストは杭の場合の半額以下で済んだ。それ以降、表面波試験を標準にしている」と話す。表面波試験の調査費用は6万円程度と、SS試験よりも数万円高かったが、地盤補強をしなくて済むなら十分見合うと考えている。表面波試験を採用する住宅会社は増えており、読者調査でも14.3%の回答者が利用していた。独自の地盤保証を持つアキュラホームでは、保証を付ける際の地盤調査を表面波試験としている。採用が増えている理由の一つは、SS試験より補強判定が少なくなること売りにしているからだ。表面波試験の大手、ビック社

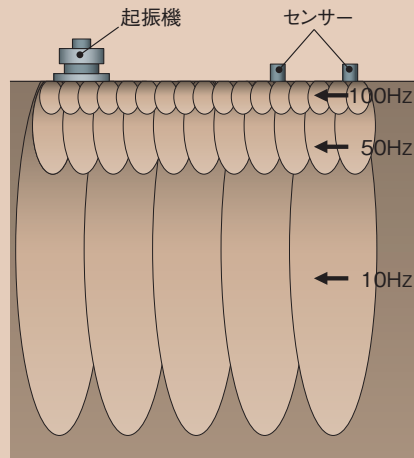
## ●ビックが判定した要補強の割合 (2006年度分の3266件が対象)



長の小島修さんは「SSのデータはロッドの径33mmの『点』がとれたものだ。低い値が出るとそれが部分的であっても、神経質になる調査員が少なくない。これに対して表面波は、直径50cmの面で測定している。家は面で支えられているので、面データで評価するほうが理にかなう」と話す。また、SSは自沈がある場合、建物に変形や沈下が起こらないこ



起振機(中央手前)と2つのセンサー(その奥)を遠隔操作し、車内に積んだパソコンでデータをチェックしている様子。アキュラホーム建築企画部建築開発課課長の細貝憲一さんは、表面波を標準にしている理由について「SSと違い、地中に堅い障害物があっても測定できる点がいい」と話す



起振機によって震度1程度の表面波を地中に流す。その波を2つのセンサーで検出し、地層の構成や硬軟を把握する。周波数の低い波ほど深く到達する

# Answer

- 告示の縛りを受けずに、補強の要・不要判定ができる
- 支持層を正確に見つけにくいので、鋼管杭では追加調査が必要

とを確認するように告示で義務付けられている。「そのため、調査員による判定が安全側に傾きやすい」(小嶋さん)。

**杭の設計には適さない**

ただし、表面波は万能ではない。擁壁や交通量の多い道路に囲まれた狭小地などの場合、波が反射したり干渉を受けたりするため、測定が難しくなるケースがある。値を均して出しているので、正確に支持層の位置を見つけないければならない鋼管杭や柱状改良の設計には適していない。1m程度の誤差が出る上、深い所にある小さな軟弱層を見つけにくい弱点がある。小嶋さんは「杭が必要との判定が出た場合は、SSやボーリングで再調査することを勧める」と話す。

(イラスト: シギハラサトシ)

## 地盤トラブル — case 1

### 保証会社と補強工事会社に補償を断られる

柱状改良による地盤補強を施し、民間の瑕疵保証を付けていたにもかかわらず、保証会社も補強工事会社も補償に一切応じなかったトラブルだ。読者のCさんが約5年前に体験した。開発されたばかりの盛り土造成地で、分譲住宅を建設している最中に台風に見舞われ、施工したての基礎が沈んだ。

保証会社が支払いを拒否した理由は、住宅がまだ工事途中だったことだ。Cさんが契約していた保証は、完成後の瑕疵を保証するものだった。補強工事会社は、「地盤調査結果の指示に従って補強方法を決めているので、施工ではなく地盤調査結果に責任がある」と主張した。最初の地盤調査は柱状改良の摩擦杭(3.5m)を提案していた。

事故後に別の地盤調査方法で再調査したら8mの鋼管杭が必要と判定された。基礎が沈下した原因が地盤調査結果にあるか、補強工事にあるかはわからないままだ。

