

戸建住宅の沈下事故を防止するための地盤調査

(株)設計室ソイル 真島 正人

1. はじめに

住宅の品質確保の促進等に関する法律や住宅瑕疵担保履行法の施行、日本建築学会小規模建築物基礎設計指針の発行に伴い、この10年余りで住宅の沈下事故はかなり減少している。しかし、一般建築物に比べる沈下事故の発生件数は少なくないのが現状である。本書では、住宅の地盤事故の発生要因を挙げ、発生を防止するための方策とSWS試験による地盤調査上の留意点、SWS試験と併用する地盤調査法について紹介する。

2. 地盤・基礎に関わるトラブル要因

地盤・基礎に係わるトラブルの要因

1. 地盤の支持力不足による障害は少ない。

- ⇒木造2~3階建の実荷重は10~20kN/m²と極めて軽い。
- ⇒支持力には長期で3、地震時でも1.5の安全率がある。
- ⇒長期荷重は勿論、短期荷重でも、液状化が発生しない限り、接地圧が極限支持力を上回ることはない。

2. トラブルの多くは(不同)沈下障害

- ⇒沈下量に対する安全率は?
- ⇒支持力・強度に対しては許容応力度設計(安全率の規定がある)
- ⇒沈下に対しては性能設計(許容値に関する明確な規定がない)
- ⇒SWS試験が主体であるため、沈下量の検討が難しい。
- ⇒4号建物では計算書の提出が不要。

3. 基礎に係わるトラブル

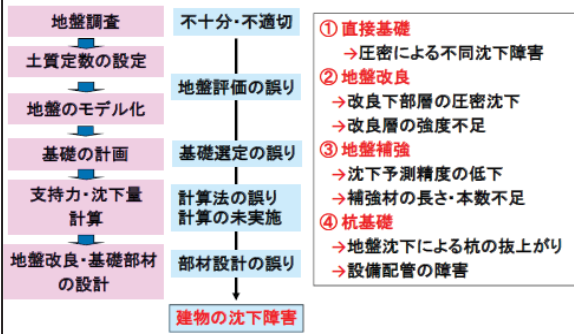
- ⇒基礎のひび割れ(開口部、不同沈下)
- ⇒鉄筋の被り不足

住宅の沈下障害の要因

- ① 地盤の特殊性に起因する場合
- ② 地盤調査方法に起因する場合
- ③ 基礎や改良工事の設計に起因する場合
- ④ 基礎や改良工事の施工に起因する場合
- ⑤ 近接工事に起因する場合

地盤・基礎の計画・設計に起因した沈下障害

● 戸建て住宅の設計フロー



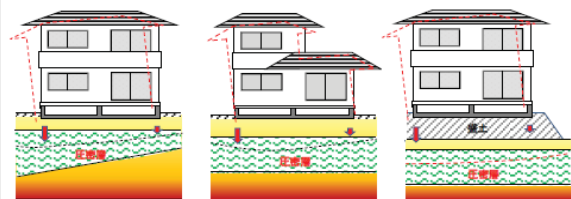
地盤に起因した沈下障害

- 圧密層(軟弱粘性土層)の存在
- 盛土層の存在(盛土して日が浅い)
- 擁壁の存在(擁壁近傍の建物)
- 近隣地盤での掘削・揚水工事
- 土砂災害(豪雨、地震)

1. 住宅の沈下障害の要因

1. 軟弱層(粘性土、腐植土、ごみ)の沈下

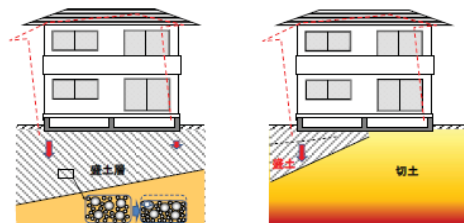
- ① (圧密)沈下層厚の違い
 - ② 建物荷重の偏心
 - ③ 造成盛土による圧密未了
- ⇒ 地盤調査・土質試験不足
土質判断の誤り
沈下検討(計算)未実施



① 圧密層厚の違い ② 建物荷重の偏心 ③ 造成盛土による圧密未了

2. 盛土層の(水浸、圧密)沈下

- ① 盛土層厚の違い
 - ② 切盛地盤
 - ③ 材質、締固めのばらつき
- ⇒ 盛土材料選定の誤り
盛土の施工(転圧)不良
地盤調査・土質試験不足
基礎・地盤の設計ミス

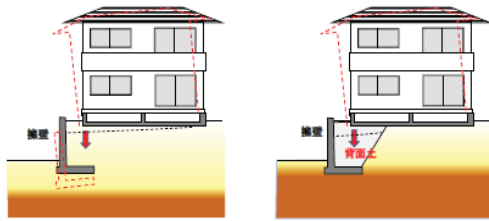


① 盛土層厚の違い ② 切盛地盤

3. 擁壁の存在

- ① 擁壁の沈下・水平移動
- ② 擁壁背面地盤の沈下

→ **擁壁の設計ミス**
背面土の選定ミス・転圧不良
地盤調査・土質試験不足
基礎・地盤補強の設計ミス



① 擁壁の沈下・水平変位

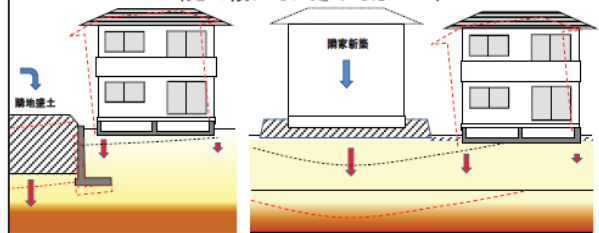
② 擁壁背面土の沈下

4.1 近接工事の影響

- ① 隣地造成(新規盛土)
- ② 隣地住宅建設

→ **周辺への影響を無視した**
設計・施工

隣地工事者の責任大であるが、訴訟になることも少なくない。
 (元々傾いていたのでは……)



① 隣地造成(新規盛土)

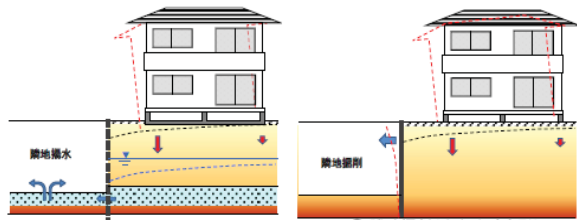
② 隣地住宅建設

4.2 近接工事の影響

- ③ 近隣揚水(地下水位低下)
- ④ 隣地掘削(山留め壁の変形)

→ **周辺への影響を無視した**
設計・施工

隣地工事者の責任大であるが、訴訟になることも少なくない。
 (元々傾いていたのでは……)



① 近隣地盤での揚水

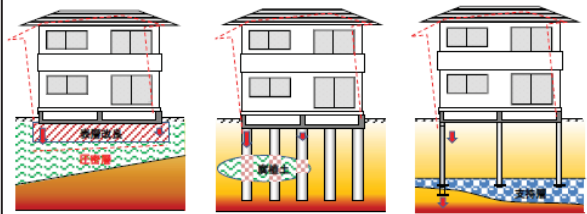
② 隣地掘削(山留め壁変形)

5. 地盤補強(改良)の不良

- ① 改良層下部の沈下
- ② 柱状改良体の固化不良
- ③ 支持層のパンチング破壊

→ **工法選定・設計ミス**
施工不良
地盤調査・土質試験不足

設計責任か施工責任か、はっきりしないことも多い。



① 表層改良下部の沈下

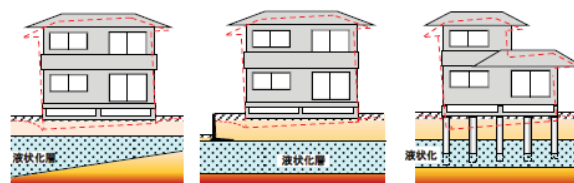
② 柱状改良体の固化不良

③ 鋼管杭支持層のパンチング破壊

6. 砂質土層の液状化

- ① 液状化層厚の違い
- ② 敷地内外の高低差
- ③ 建物荷重の偏心
- ④ 改良体の支持力喪失

→ **設計ミス**
施工不良
地盤調査・土質試験不足



① 液状化層厚の違い

② 敷地内外の高低差

③ 建物荷重の偏心

④ 改良体の支持力喪失

3. 沈下障害を防止するための方策

① 経済性を考慮した適切な地盤調査

● 当該敷地調査結果(マイクロデータ)のみに頼らない。

⇒ 近隣地盤情報(マクロデータ)を有効活用する。

- ・近隣の既存地盤調査データ
 (土質柱状図、N値、SWS、力学試験)
- ・地盤図、微地形図、土地条件図
- ・土地使用履歴図、造成履歴図
 (履歴のわかる航空写真も公開されている)
- ・ハザードマップ、液状化履歴図

● SWS試験結果のみに頼らない。

⇒ 情報不足や不安な地盤では、他の地盤調査・試験を適切に組み合わせる。

- ・サンプリング(目視・触手確認)
- ・ボーリング(標準貫入試験SPT)
- ・静的貫入試験(CPT、SDS)
- ・土質試験(粒度、一軸圧縮、圧密)
- ・その他動的貫入試験(PDC、RAM)
- ・弾性波探査(表面波探査、PS検層)
- ・載荷試験(静的載荷、動的載荷)
- ・地下水位測定、電気比抵抗

② 適切な地盤補強(改良)・基礎の設計・施工

- ・敷地条件や地盤条件に配慮した工法選定
- ・補強目的に配慮した工法選定
(支持力? 沈下? 安息角? 液状化?)
- ・性能証明や認定内容に準拠した設計・施工
- ・基礎から地盤や改良体に作用する荷重の明確化
- ・地盤と基礎の特性を適切に反映した沈下計算
(特に、改良体下部に自沈層が存在する場合)

4. 地盤調査上の留意点

国土省告示1113号 第1項 地盤の許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力を求めるための地盤調査の方法は、次の各号に掲げるものとする。	
1	ボーリング調査
2	標準貫入試験
3	静的貫入試験 (SWS, CPT, SDS)
4	ベーン試験
5	土質試験
6	物理探査(表面波探査)
7	平板載荷試験
8	載荷試験
9	くい打試験
10	引抜き試験

スウェーデン式サウンディング試験

戸建て住宅では100%実施⇒基礎設計に利用

- ⇒ 簡便かつ低コスト
- ⇒ 建築基準法で支持力式が認知。
- ⇒ q_u, N 値の推定式が提案されている。

$$q_u = 30 + 0.6N_{sw} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$N = 2N_{sw} + 0.067N_{sw} \quad (\text{砂質土})$$

$$N = 3N_{sw} + 0.050N_{sw} \quad (\text{粘性土})$$

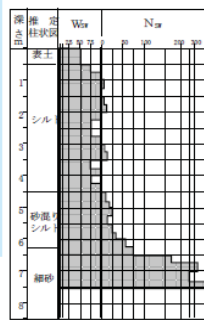
$$q_u = 45N_{sw} + 0.75N_{sw} \quad (\text{kN/m}^2)$$



【測定値】 W_{sw} (荷重)、 N_{sw} (回転数)
【貫入音】無音(粘性土)、ジャリジャリ(砂質土)

SWS試験の課題を認識

1. 礫などにより貫入不可になり易い
⇒ 盛土・埋土地盤では要注意
2. 土質判別が不正確
⇒ 腐植土層では要注意
3. 強度や圧密特性にバラつき大
⇒ 自沈層($W_{sw} \leq 1\text{kN}$)の段階区分
⇒ 土質の違い
⇒ 深くになるとロッド重量の影響大
⇒ 手動式と機械式で結果が異なる

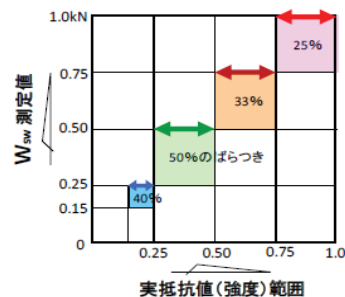


追加調査

- ・土質サンプルの採取
- ・追加調査(SPT, CPT, SDS)
- ・土質試験(強度, 圧密)

SWS試験の課題を認識 自沈層の課題

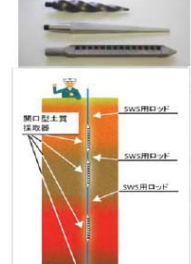
どんなに丁寧に調査しても、強度特性に25~50%のばらつきを含んでいる。



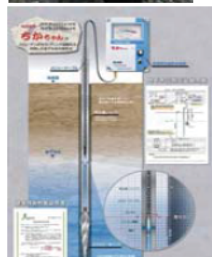
土質判別用サンプリング

SWS試験と併用

- 腐植土の確認 ⇒ 場合によって強熱減量試験
- 液状化の可能性のある砂質土か ⇒ 場合によって粒度試験



地下水位測定 (SWS孔利用)



5. SWS 試験と併用する地盤調査法

ボーリング(標準貫入試験)

戸建て住宅で採用することは少ない。

試験装置

試験風景

試験結果

ボーリング(標準貫入試験)

- 一般の建築物では必ず実施される。
- 深さ方向の土の種類、厚さ、硬軟を1m間隔で調査。得られるデータ: N値、サンプル(土質判別)

■ 長所

- 深い範囲まで調査できる。
- 土の力学特性とN値との関係が数多く提案されている。
- 杭の支持力を算定できる。
- 粒度試験と併用して液状化判定ができる。

■ 短所

- 戸建て住宅の調査としてはコスト高。
- 基礎下1mの地盤特性が不明。
- 礫混じり土では力学特性を過大評価する。
- 軟質な粘性土の力学特性の推定には不向き。

電気式静的コーン貫入試験(CPT)

より精度良く調査

● 宅盤など狭い敷地に対応した調査機

専用機

組立て式

CPT

より精度良く調査

- 海外では広く採用されている。
- 比較的軟らかく、浅い範囲の地層の調査。
- 深さ方向の硬軟を1~2cm間隔で連続的に調査。得られるデータ: q_t , f_s , u

■ 長所

- 薄い地層でも土質判別ができる。
- 粘性土の強度特性・圧密特性の評価ができる。
- 液状化判定ができる。

■ 短所

- 貫入するための反力が必要。
- 硬質層で貫入不可になり易い。
- 建築分野での使用実績が少ない。

CPT

より精度良く調査

● 試験データ(先端抵抗 q_t , 周面摩擦 f_s , 間隙水圧 u)

砂質土: 先端、周面摩擦が大きく、間隙水圧は静水圧に近くなる。
粘性土: 先端、周面摩擦は小さく、間隙水圧は静水圧より大きくなる。

CPT(液状化判定例)

より精度良く調査

ピエゾドライブコーン(PDC)試験

より精度良く調査

1打撃毎に貫入量と間隙水圧よりを測定

この水圧の違いに注目

- 液状化しにくい細かい粒が主体な粘性土の場合
- 液状化しやすい細かい粒の少ないサラサラな砂質土の場合

PDC試験

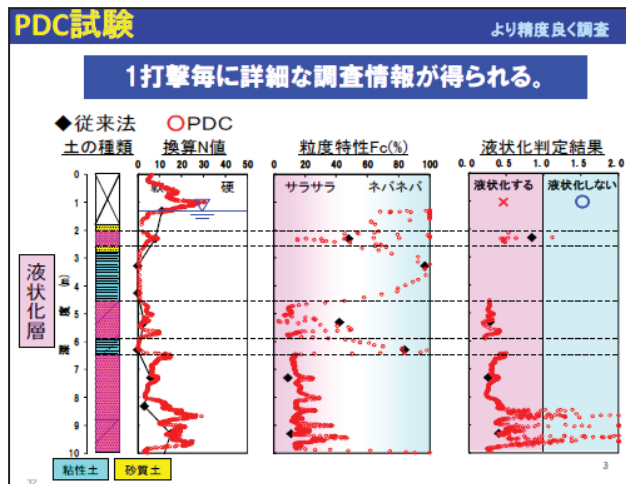
より精度良く調査

測定した間隙水圧より、土の種類・粒度特性を推定

室内土質試験で求めた粒度特性 - 細粒分含有率 F_c (%)

$$F_{C(PDC)} = 18 \times u_R / \sigma'_v$$

($F_{Cmax} = 100\%$)
 $\sigma = 11.2$



スクレイドライバーサウンディング(SDS)試験 より精度良く調査

● 宅盤など狭い敷地に対応した調査機(新SWS試験として開発)

【測定内容】

- 貫入深さ
- 載荷荷重
- 回転トルク
- 沈下速度
- 沈下量

(財)ベターリビング
建設技術審査証明
取得

SWS試験: 強度推定
↓
SDS試験: 土質推定

■ 特徴

- ・土質(粘性土、砂質土、廣植土)を推定可能。
- ・切り替えにより、SWS試験も実施可能。
- ・住宅業界を中心に広まり、土木業界でも採用され始めている

SDS試験 より精度良く調査

塑性論アナロジーモデル
⇒「荷重」とそれに対応する「変位」の関係

押す力 回す力

セット 7セット繰り返す 補正用トルク計測

0cm 25cm

1回転 1回転 1回転

・荷重
・トルク
・沈下量

※100kgで25cm貫入しない場合は回転を継続し回転数を記録

SDS試験 より精度良く調査

● 荷重-トルク値関係、トルク値のばらつきより土質を推定

トルクT(Nm)

砂質土

・上載荷重の増加に伴ってトルクの変化が大きい。

増加

粘性土

・上載荷重の増加に伴ってトルクの変化が小さい。

一定 or 減少

SDS試験(液状化判定) より精度良く調査

N値と液状化対象層をSDS試験で判断

※メリット

液状化対象層の土をサンプリングしFcを算出

FL法で判定

砂質土、粘性土を判別できる。
→ サンプリング個数を低減できる

サンプリング深度		SWS		SDB	
深度(m)	土質	判定	判定	判定	判定
0-0.5	砂質土	○	○		
0.5-1.0	砂質土	○	○		
1.0-1.5	砂質土	○	○		
1.5-2.0	砂質土	○	○		
2.0-2.5	砂質土	○	○		
2.5-3.0	砂質土	○	○		
3.0-3.5	砂質土	○	○		
3.5-4.0	砂質土	○	○		
4.0-4.5	砂質土	○	○		
4.5-5.0	砂質土	○	○		
5.0-5.5	砂質土	○	○		
5.5-6.0	砂質土	○	○		
6.0-6.5	砂質土	○	○		
6.5-7.0	砂質土	○	○		
7.0-7.5	砂質土	○	○		
7.5-8.0	砂質土	○	○		
8.0-8.5	砂質土	○	○		
8.5-9.0	砂質土	○	○		
9.0-9.5	砂質土	○	○		
9.5-10.0	砂質土	○	○		

6. おわりに

戸建住宅を対象とした地盤調査は、経済性、使い勝手の良さ、実績から今後も SWS 試験が中心になると予想される。しかしながら、土質判別や一軸圧縮強さ、圧密特性、液状化強度など力学特性の推定には問題も抱えている。したがって、地盤・基礎に起因した沈下事故を防止するためには SWS 試験のみに頼ることなく、マクロデータを利用することに加え、サンプリングによる土質確認や地下水位調査を併用すると共に、これらのデータでは不十分の場合には、ボーリング(標準貫入試験+土質試験)あるいは本書で紹介した CPT、PDC、SDS など宅地用に開発されたサウンディングを併用するのが望ましい。