

宅地盛土の長期的沈下に対する調査及び施工事例

(株) ウエスコ ○田山 良一, 伊達 裕樹

1. はじめに

対象地は、比較的狭い谷に造成された宅地盛土である。複数の宅地内に不同沈下が発生し、造成完了から約7年の時点で、盛土の厚いところでは約140mmの沈下量を確認した。本調査では、宅地盛土の層厚の違いが、不同沈下を発生させていると判断した。現在は、薬液注入工による対策工が施工され、経過観察中である。本稿では、宅地盛土に生じた不同沈下の原因の特定に至った経緯と、対策工の検討および施工の事例について述べる。

2. 宅地の沈下原因の調査結果

(1) 沈下原因となり得る地層の絞り込み

対象地の盛土高さは約10m、盛土材はマサ土からなる。谷部には、盛土底面より約2mほど上位に位置する地下水位と、砂主体の谷底堆積物が存在している（図-3）。

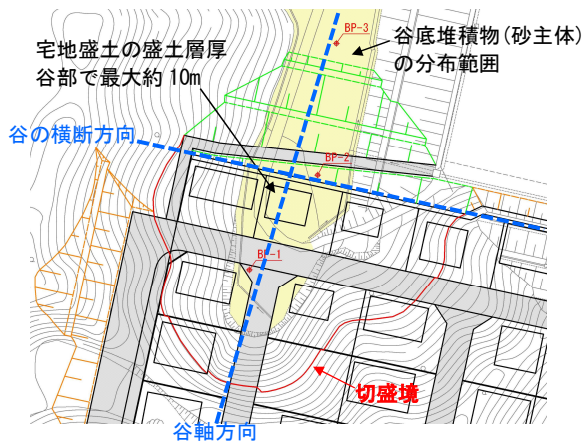


図-1 調査地平面図

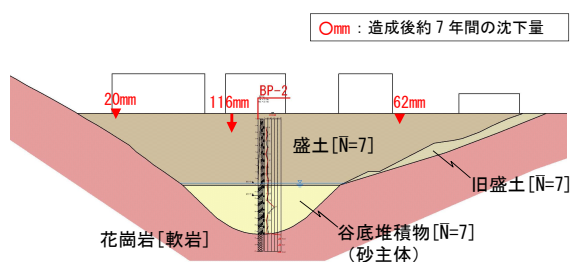


図-2 推定地層断面図(谷の横断方向)

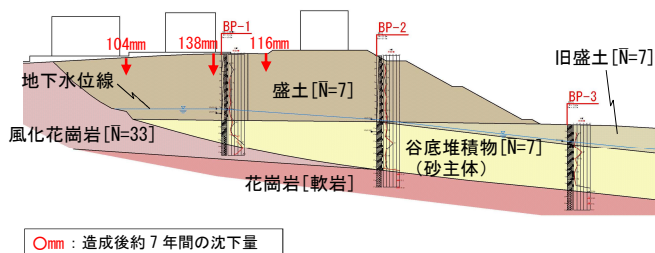


図-3 推定地層断面図(谷軸方向)

ボーリング調査の結果、宅地の変状原因となり得る地層として「盛土」と「谷底堆積物（砂主体）」の2層が確認された。各地層の物性を以下にまとめる。

・盛土: 平均 N 値=7、湿潤密度 $\gamma_t=18.6\text{ kN/m}^3$ 、細粒分含有率 $F_c=24.3\%$ 、締固め度 $D_c=86.2\%$ 、含水比 $w=16.5\%$

・谷底堆積物（砂主体）: 平均 N 値=7、湿潤密度 $\gamma_t=19.1\text{ kN/m}^3$ 、細粒分含有率 $F_c=30.1\%$ 、含水比 $w=20.0\%$

調査計画時においては、沈下が継続している状況から、盛土の基礎地盤である谷底堆積物の圧密沈下が原因と想定した。しかし、調査の結果、谷底堆積物は細粒分含有率約30%の砂主体の地層であること、圧密沈下解析において竣工時の圧密度が約99%であること、間隙水圧測定より間隙水圧も消散していることが確認された。よって、谷底堆積物は沈下の原因では無いと判断した。

地表面高さの測量結果より、谷底堆積物の分布していない箇所でも沈下を確認された（図-2、図-3）。そこで、盛土の体積変化が原因である可能性が高いと考えた。

(2) 盛土層厚の違いによる地表面の不同沈下

地表面の沈下量は、造成完了から約7年経過した時点で、最大138mmであった。沈下量と盛土層厚の相関図より、沈下量は盛土層厚に比例していることを把握した（図-4）。一般的に、締固めた盛土の圧縮沈下率（圧縮沈下量／盛土高）は、盛土完了後に生じる残留沈下量で0.2～1%程度と言われている¹⁾。当該盛土ではそれを超える沈下が複数箇所で見られていた。宅地範囲内における盛土層厚の差が最大で9mとなる宅地もあることから、盛土層厚に比例した盛土の体積変化が不同沈下の原因と判断した。

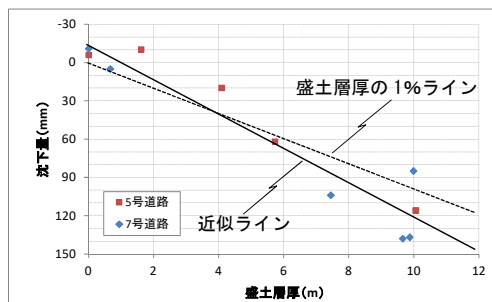


図-4 盛土層厚と沈下量(計画高との差)との関係

3. 水浸沈下の事例と沈下のメカニズム

近年、住宅被害の事例のうち、宅地盛土の水浸沈下に関する研究がなされている。参考文献²⁾によれば、宅地地盤の水浸沈下の原因として、宅地盛土の造成時における締固め度にあると指摘されている。宅地盛土の締固め度は、道路や河川堤防といった土構造物に比べて相対的に低く、平均値管理である。さらに、本文献では水浸に

よる沈下ひずみは、室内水浸沈下試験結果（ $D_c=86\%$ 、上載荷重200kPa の場合）から、3.5%と示されている。また、水浸ひずみは、 $D_c=90\%$ を下回ると急激に大きくなり、 F_c が増加すると大きくなる傾向となっている。

当該地においては、これらを参考とし、盛土内の水位が変動すること、 D_c が約86%で90%を下回ること、 F_c が約24%と比較的多いこと、盛土層厚に比例した沈下量を示していることから、沈下現象のメカニズムを「宅地盛土の水浸沈下によるもの」と判断した。水浸沈下のメカニズムは、水浸で土粒子間のメニスカスが消失することにより、土粒子の移動が容易となるため、載荷重とのバランスが崩れ、体積変化を起こすと考えられている。

4. 対策工の検討

(1) 検討対象となる家屋の条件

検討対象となる家屋は、建物傾斜角を基準に選定した。具体的には、“現在までに生じた建物傾斜角（実測値）”＋“現在から50年後までに予想される沈下によって生じる建物傾斜角（予測値）”が、建築の品確法技術的基準レベル¹³⁾に相当する「3/1,000」を超える家屋とした。

(2) 対策目的と比較検討

対策の目的は水浸沈下を防止することとし、「土粒子間の空隙の充填」とした。以下の3案について比較検討した。

【A案】土地と建物の買収＋地盤改良（深層混合処理工）

【B案】地盤改良（改良層厚大の薬液注入工）

【C案】地盤改良（薬液注入工）＋建物の傾斜修正

比較の結果、最も経済的となるC案を採用した。

(3) 設計・施工上の問題点

① 家屋下の地盤改良の施工方法

改良対象となる宅地には家屋が建っており、鉛直での改良が出来ない条件であった。そのため、盛土法面を利用する工区と空き宅地に設置した立坑を利用する工区に分け、斜めボーリングによる注入計画とした。

② 地下排水工からの薬液の漏出

薬液を注入する際、盛土造成時に設置されている地下排水工に近接する箇所では、薬液の漏出が懸念された。そこで、薬液注入工の施工の前に、地下排水工を閉塞する計画とした。薬液注入工の施工完了後は、盛土内の排水機能を回復させるため、複数本の横ボーリング工を実施する計画とした。

③ 薬液注入工の出来高確認

今回の施工では盛土の強度を指標としないため、通常の強度試験による出来高確認ができない。このことより、土粒子間の充填を確認するため、試薬による薬液の浸透の確認、改良後の盛土の飽和度を指標とした。

5. 施工時における薬液注入工の出来高確認

(1) 試薬による薬液の浸透の確認

オールコアボーリングにて採取した試料に pH 試薬を噴霧し、色の変化により注入材の浸透を確認した。

(2) 土粒子間の空隙充填の確認

施工後のトリプルサンプリング試料を用い、湿潤密度試験を実施した。得られた飽和度を指標として、空気間隙曲線により評価した。改良目標値は、有害な沈下が生じていない隣接盛土の飽和度（ $S_r \geq 81\%$ ）とした。

チェックボーリングの結果、全試料で目標以上の飽和度を確認した（表-1）。今回の改良により、対象盛土の飽和度は、改良前の71%から10%以上増加した（図-5）。

表-1 改良後のサンプリングによる室内土質試験結果

試料番号	TP1-1	TP1-2	TP1-3	TP2-1	TP2-2	TP2-3	TP2-4
湿潤密度 ρ_t g/cm ³	1.949	1.948	1.947	1.909	1.993	2.135	1.992
乾燥密度 ρ_d g/cm ³	1.628	1.628	1.615	1.589	1.675	1.829	1.675
含水比 ω %	19.8	19.6	20.6	20.2	19.1	16.8	19
間隙比 e	0.612	0.610	0.625	0.652	0.567	0.435	0.567
間隙率 n %	38.0	37.9	38.5	39.5	36.2	30.3	36.2
飽和度 S_r %	84.8	84.2	86.5	81.3	88.3	101.3	87.9
判定【 $S_r \geq 81\%$ 】	○	○	○	○	○	○	○

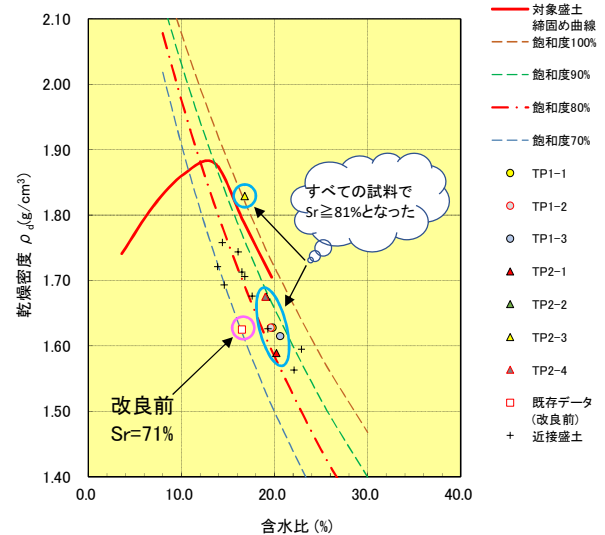


図-5 対象盛土の締固め曲線および飽和度曲線

6. おわりに

本調査を通じて得ることができた宅地盛土の長期的沈下の調査における留意事項を以下に記す。

【盛土の物性・締固め特性の把握】

トリプルサンプリング等により試料を複数採取し、室内試験により盛土の物性値と締固め度を明らかにする。

【層別沈下計や水位計による動態観測】

基礎地盤と盛土の沈下の有無が確認可能な層別沈下計による観測と水位観測が、原因の立証に有効と考える。

【地表面の高さ観測における計測地点の配置】

切盛境、谷底堆積物の分布範囲及び盛土層厚の違いなどを考慮し、条件の異なる計測地点を設け、年2回程度の観測を複数年にかけて行う。

《引用・参考文献》

- 1)道路土工 盛土工指針, (社)日本道路協会, 2010年4月, p.60
- 2)宅地盛土の水浸沈下現場試験方法に関する共同研究, (一財)建設工学研究所, 2016年3月, p.26-29
- 3)小規模建築物基礎設計指針, 日本建築学会, 2008年2月, p.254