■都市の安心・安全な斜面維持の取り組み

Safety urban life due to slope prevention

下河敏彦* Toshihiko SHIMOGAWA／(株)環境地質 Kankyo Chishitsu Co., Ltd

稲垣秀輝 Hideki INAGAKI／(株)環境地質 Kankyo Chishitsu Co., Ltd

大久保拓郎 Takurou OHKUBO／(株)環境地質 Kankyo Chishitsu Co., Ltd

キーワード：ハザードマップ，防災教育，アウトリーチ

Key words：Hazard map, disaster education, outreach

1. はじめに

近年，宅地地盤に甚大な被害を及ぼす地震・豪雨災害が相次いで発生している。なかでも，谷を埋めて造成された盛土地盤に被害が集中しやすいことが，明らかにされている。また，宅地の背後斜面の崩壊に伴う土砂災害も後を絶たない。つまり，都市では自然災害を受けやすい地盤に多くの資産が集中している。

谷埋め盛土の斜面災害に対する危険性は，1978年の宮城県沖地震による災害で指摘され（田村，1978）¹⁾，1995年に発生した阪神・淡路大震災では，盛土の幅／厚さ比が1：10～25と浅い凹地の谷埋め盛土において全体が地すべりの流動しやすいこと，一般に盛土の品質は劣悪でその盛土の底面（盛土以前の地表面）も軟弱な地層で，盛土のすべり面となっていることが多いことなどが明らかにされた（釜井，2002）²⁾。しかし，谷埋め盛土造成地の防災対策としては，平成18年によく「宅地造成等規制法」が改正され，川崎市や東京都，埼玉県，鳥取県など，限られた自治体で盛土造成地の基礎的な調査が始まったに過ぎない。

一方，宅地背後斜面の崩壊に伴う土砂災害は，昭和44年（1969）に「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律」が施行され，同法に基づく対策が行われてきたが，そのほとんどが災害の「事後対策」であった。そして，実際には都市化の進展に防災対策が追いつかず，宅地背後斜面の崩壊や土石流に伴う災害が繰り返されてきた。このため，平成13年には土砂災害に対するソフト対策を念頭においた「土砂災害防止法」が施行され，土砂災害による危険地区を事前に住民に開示する予防措置が取られるようになった。しかし，膨張した都市域における土砂災害危険箇所は膨大な数にもほり，近年の局地的な豪雨，地震の活発化も相俟って，宅地背後斜面の崩壊や土石流に伴う災害が多発している。

これらのことから，都市域における斜面災害の潜在的な危険性は，依然高い状態にあると言える。また，ハード対策には物理的・経済的に限界があり，災害に関わる情報も，単純に公開したという事実だけでは減災にはつ

ながらない（牛山，2008）³⁾。このことは，公的な補助による防災対策を待っていても，来るべき地震・豪雨対策が間に合わない可能性が高いことを示唆している。

このような自然的・社会的背景から，住民自身の防災対策への関心が高まっており，宅地地盤の安全性（または，災害に対する危険性）に関する調査依頼も増加している。筆者らは，このような調査依頼や宅地や斜面災害に関わる裁判案件にも対応してきた（稲垣・大久保，2004⁴⁾，下河・稲垣2008a⁵⁾，b⁶⁾）。

本報告では，谷埋め盛土や住宅背後の崖の安全性に関する住民からの相談事例をもとに，今後の都市斜面防災対応や，地域住民への情報提供（アウトリーチ），安心・安全面からみた斜面の維持管理のあり方についてまとめた。

2. 宅地造成地の地盤調査事例

谷埋め盛土の防災対策は，先述した宅地造成規制法の改正による宅地耐震化推進事業として進められている。しかし，谷埋め盛土は地形的に水を集めやすく，強度の低い未固結層からなるため，降雨によっても地すべりが発生する。本報告では，神奈川県内の谷埋め盛土の造成宅地の変状調査事例をまとめる。

2.1 川崎市内での古い土砂災害跡と谷埋め盛土

川崎市には，更新世に形成された台地が広く発達し，台地には完新世の谷底低地も樹枝状に発達している。台地は，泥岩と砂層・礫層（上総層群とおし沼礫層）を基盤とし，上部をローム層が被覆する。このような土地に，東京や横浜のベッドタウンとして急速に宅地開発が進み，谷埋め盛土や腹付け盛土が造成された。

ここでは，特に大規模な豪雨や地震を経験していないにも関わらず，宅地に変状が発生している事例がある。たとえば，旧谷地形の押し出しや，切盛境界での地表の亀裂，擁壁のクラックなどである。図-1は，谷の中央部から谷頭部にかけて農用地として利用されていたものが，谷埋め盛土となったところで，地形的な集水性，地下水位ともに高い場所である。既往の災害として，1961年には谷頭部に設置されていた法面擁壁の一部が崩壊し，100m下流の谷底低地中に流出するした事例がある

* 連絡著者／corresponding author
〒210-0014 神奈川県川崎市川崎区貝塚1-4-15-203

(写真-1)。この災害は、盛土内部へ浸透していた地下水の湧出に伴う、谷埋め盛土部の部分的なすべりである。最近では、この谷埋め盛土の下流側に、新しく谷を埋めた盛土造成宅地が開発された。これにより、上流側の谷埋め盛土における、湧水の谷への自然湧出が阻害されれば、盛土せずに残された谷頭上部の急斜面の地下水位は上昇しやすくなるため、豪雨によるこの部分の不安定化が予想される(図-2)。

なお、この地点に隣接する台地造成地でも、谷埋め盛土や腹付け盛土部での道路や擁壁の開口クラックや段差等の変状が多く認められた(写真-2)。これらの地域も、ローム層の二次堆積物を主な材料とする崖錐堆積物が盛土基盤面に存在していることがわかっており、N値は3以下の軟弱な地層となっている箇所が多い(図-3)。

2.2 地すべり地に造成された宅地の変状

三浦半島の丘陵地は、相模湾や富士山を望む良好な景観が広がっている。地質は新第三紀の砂岩・泥岩で構成されており、現地踏査を行った地点は逗子泥岩が主体で、地すべり地形を生じている。

この地すべり地形の末端部の切土や地すべり頭部の盛土を伴う宅地が造成され、造成盛土の縦方向に開口クラックや顕著なはらみだしが認められた(写真-3)。これらの変状形態は、兵庫県南部地震によって滑動した宅地の変状と類似していた(写真-4)。対象地域は、大規模な地震を経験していないにもかかわらず、宅地のはらみだし、擁壁の縦開口クラックが認められることは、今後の滑動の危険性が高い状態にあることを示唆している。

写真-1 1961年に発生した盛土擁壁の崩壊

写真-2 現在認められる造成宅地の変状

①引っ張りによる擁壁の段差

②道路の変状及び擁壁からの湧水

③切盛境界部における変状

■ 谷埋め盛土の範囲

地形図は国土地理院の1万分の1地形図(平成12年発行)

図-1 調査対象とした川崎市内の谷埋め盛土造成地

図-2 谷埋め盛土造成地の不安定化要因

3. 宅地のすべり, 斜面崩壊に関わる訴訟と調査事例

ここでは, 谷埋め盛土造成地のすべりおよび背後斜面の危険性に関する調査事例をまとめる。前者は, 崩壊した背後斜面の管理責任に関する訴訟において, 実際は宅地全体のすべりによる押出しが原因であったことが明らかになった事例, 後者は, 宅地背後斜面からの流出土砂に対する訴訟の調査依頼である。このような調査の場合, 公共事業と比べ調査費用が非常に限られていることや, 分かりやすい説明が求められる特徴がある。

3.1 谷埋め盛土のすべりに関わる訴訟と調査

地すべり地末端における擁壁のクラックや崩壊が発生することは, 地すべりの前兆現象としては一般的であるが, これが単なるがけ崩れとして認知され, 裁判に至った事例がある。対象地域は, 神奈川県横須賀市の谷埋め盛土造成宅地で, 凝灰岩, 泥岩主体の葉山層群の分布域であり, 主に含水による強度低下によって, 地すべりの発生しやすい土地となっている。

裁判の背景は, 谷埋め盛土の斜面が崩壊し, 周辺民家に亀裂や変状が認められたため, 崖の所有者に対して, 周辺住民が, 崖の管理責任に対して訴訟を起こしたというものである。

しかし, 文献調査および現地調査の結果から, 宅地を含む地区全体が浅い馬蹄形の集水地形であり, 滑落崖や

末端の押出し地形が認められるなど, 典型的な地すべり地形であった(図-5)。これらのことから, 地すべりは盛土層の基底面をすべり面として発生したものと判断できる。

すなわち, 今回の地すべりは素因・誘因・影響範囲が地域全体に及んでおり, 崖が崩れたという地表で目にすることができるせまい崖の管理だけに留まらない。地すべりの誘因となる表流水や地下水は今回の地すべり範囲の外側などからも供給されており, 周辺住民は特に意識することなく, 自ずと地すべり誘発者の立場になっていたとも言える事ができる。

このような場合, 対策費用については住民全員が平等になるように負担するのが原則で, 地域全体の協力は不可欠といえる。

図-3 谷埋め盛土造成地盤の変状形態の模式図

写真-3 擁壁や基礎部にクラックが認められる逗子市内の住宅

写真-4 兵庫県南部地震時滑動崩落による変状の痕跡の残る造成地

図－5 横須賀市の谷埋め盛土造成宅地の地形・地質構造

3.2 宅地背後斜面における土砂流出の訴訟と調査

宅地背後斜面からの流出土砂処理に関する訴訟において、土砂流出の責任分担の妥当性を、地表地質踏査から明らかにした事例について述べる。対象地域は、千葉県の下総層群砂層からなる台地および台地縁辺の崖である。

訴訟の趣旨は、B氏の宅地裏に降雨のたびに土砂流出が発生するとして、依頼人である被告A氏が所有する台地縁辺部農地における雨水処理について、B氏がA氏に対して損害賠償を請求したというものである。ただし、B氏宅地裏の台地縁辺の崖は、B氏とC氏所有地である。

地表地質踏査の結果、調査地の土砂流出の原因は、B氏とC氏所有地の崖における地下水の湧出に伴う崩壊であることが明らかとなった。C氏所有の崩壊地には最大30cmのパイピングホールも認められるほか、原告のB氏の斜面にも多くの湧水を伴う土砂流出跡が認められた。ただし、被告のA氏所有の農地から崖下部への表流水の流下は認められる。

これらの結果を踏まえ、崩壊－流出土砂の管理責任や今後の対策に関して、以下の意見書を裁判所に提出した。この意見書では、地形・地質や水理構造と土地所有者および管理責任の分担を俯瞰的な表現により、分かりやすい資料になるように工夫した(図－6)。

・管理責任

流出土砂の管理責任は、崩壊地の存在する大半の崖斜面の所有者C氏および敷地内に流出土砂の二次移動が発生しているB氏が大半を担うべきであると判断される(ただし、直下型地震や、台風、局地的豪雨などによる

予想を超える地震動や降水が原因で斜面が崩壊した場合には、通常の斜面管理外の自然災害であり、土地所有者の責任は免れられることが多い)。

・今後の対応策

A氏：畑から崖に向かって流入している地表流を止水する必要がある。対応策は土のう積み工が適する。

B氏：斜面の裾でも湧水が認められるため、これらの排水処理や土砂の流出を防ぐ対策が必要である。

C氏：調査地の主要な土砂生産－流出源となっている。また、砂層が軟質で透水性も高いため、今後の降雨で崩壊地が拡大する可能性もある。したがって、フトンカゴ工や地下水排水工、水路工等により、崩壊地を押さえ、砂層からの地下水の排水を積極的に行うことがよい。

調査の後に行われた裁判では、この意見書に基づき、B氏からA氏に対して、全ての請求を棄却するという和解の申し出があり、一連の問題は解決した。

図ー6 調査地の地質構造・土砂移動状況と土地所有者との関係

4. 宅地地盤の安全性診断の事例

最後に、宅地のすべりによる災害を未然に軽減することを目的として、宅地地盤の安全性を診断した事例について述べる。

対象地域は、東京都内の台地縁辺の斜面に該当する住宅分譲予定地である。分譲地内には、地震時にすべりの発生が懸念される谷埋め盛土の存在が疑われた。このため、まず、文献・資料調査を行い、次に簡易貫入試験および表面波探査を行った。

文献・資料調査では、周辺の災害関連の法指定状況や各種ハザードマップから、盛土部のすべりの危険性があることがわかった。したがって、次のステップである簡易貫入試験の結果からは、宅地の北西部に一部N値3前後の盛土が推定されるほかは、N値が概ね5以上の段丘地盤が存在していることが明らかとなった。(図ー7)。また、表面波探査では、以下に示す結果が得られた。図ー8, 9に表面波の解析結果を示す。

- ・地下1.0m付近までは表面波速度の遅い(S波速度0.08 km/s以下)層が存在し、宅地を整地した際の盛土と判断される。
- ・地下1.0~2.0m付近には、宅地盛土よりもやや硬い程度の地盤(S波速度0.1~0.14km/s程度)以下が存在する。この部分は、簡易貫入試験結果を踏まえ、関東ローム層と判断される。

- ・地下2.0m以深は、表面波速度が速く比較的硬い地盤(S波速度0.14~0.18km/s程度)で、段丘堆積物が存在すると判断される。
- ・谷埋め盛土は、分譲予定地から20m程度斜面下方に存在し(S波速度0.08~0.1km/s程度)、調査対象の宅地への影響はないものと判断された。

このような調査結果から、対象宅地は安定した地盤に立地しており、地震時のすべりの可能性がないことを示した。

図ー 7 簡易貫入試験の結果

図ー 8 表面波探査解析結果 (測線 1)

図ー 9 表面波探査解析結果 (測線 2)

5. まとめと今後の防災対策の考え方

本報告では，都市およびその周辺において，地下水を集めやすい谷埋め盛土などで地震・豪雨時にすべりが発生する可能性のある地盤や，背後斜面からの崩壊により災害が発生する可能性が高い宅地が多く存在することが明らかになった。

最近，国土交通省では宅地耐震化を施策として取り上げ，長期優良住宅の普及の促進に関する法律案が検討されている。つまり，都市における安全・安心できる住環境のニーズが高まっている。しかし，実際の不動産取引や宅地利用の際には宅地耐震化への取り組みだけでなく，斜面災害を含めて宅地の安全に対する一般住民の意識が低く，本報告で扱ったような第三者的な防災対策や意見書の提出は少ない。今後は，住民側への正しい情報を，住民に分かりやすく，そして安価に提供するかがこれからの地盤技術者の重要な課題となってくる。このためには，本報告で示したように，対象地域の地形・地質的背景を十分に反映させた調査と，住環境との因果関係がひとめでわかる資料づくりが不可欠と考える。

参考文献

- 1) 田村俊和・阿部隆・宮城豊彦 (1978)：丘陵地の宅地造成と地震被害，第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集，pp. 321－324
- 2) 釜井俊孝・守随治雄 (2002)：『斜面防災都市－都市における斜面災害の予測と対策－』古今書院，200p.
- 3) 牛山素行 (2008)：『豪雨の災害情報学』古今書院，171p.
- 4) 稲垣秀輝・大久保拓郎 (2004)：呉市街地の斜面崩壊と訴訟対応，日本地すべり学会誌，Vol40，No5，pp. 434－437
- 5) 下河敏彦・稲垣秀輝 (2008a)：宅地造成地盤の変状と地形－川崎市周辺の事例－，第47回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp. 187～190
- 6) 下河敏彦・稲垣秀輝 (2008b)：宅地造成地盤の災害事例と今後の危険度予測，平成20年度応用地質学会研究発表会講演論文集，pp. 39～40

(原稿受付2008年12月25日，原稿受理2009年3月30日)