

# 盛土の崩壊メカニズムについて

株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング ○野口 太一，廣瀬 義純

## 1. はじめに

従来、盛土は経年により安定化に向かうと言われていたが、盛土に作用する外的要因や盛土材料の質的变化により、当初の設計条件が変化して不安定化する場合がある。今回、道路盛土で発生した盛土崩壊の事例より、盛土を不安定化させる外的要因（凍結防止剤の浸透）と質的变化（盛土材のスレーキング率と粒度の変化）に対して、その様相を把握する機会を得たため、ここに紹介する。

## 2. 現場状況

盛土崩壊部は幅 12m 長さ 13m の範囲にわたる（写真-1）。対象盛土全体は、金属製の補強土壁によって補強されているが、崩壊部で露出した補強土壁の壁面材は腐食（錆化）が進行しており（写真-2）、未崩壊部の一部でも同様の腐食が見られた。



写真-1 崩壊箇所の様子 写真-2 補強土壁の腐食

また、本盛土は、新第三紀の砂岩や白亜紀の花崗岩、ペルム紀の泥岩を原岩とするトンネル掘削ズリが盛土材料に使用されているが、施工から20年以上が経過していることから、含有礫のスレーキングによる盛土材の変化が想定された。

そこで本調査では、補強土壁の劣化および盛土材の変化の2点に着目し、盛土崩壊要因の検討を試みた。

## 3. 検討項目

### (1) 補強土壁の劣化

本盛土上を走る道路では、冬季に凍結防止剤（塩化ナトリウム）を多量に散布することがわかっている。この凍結防止剤の盛土中への浸透によって、前述の補強土壁の腐食が進行した恐れがある。これより盛土中の塩化物イオン濃度の分布状況を把握することを目的に、「土の水溶性成分試験（塩化物イオン濃度）」を実施した（試験には各ボーリングの標準貫入試験試料を用いた）。

### (2) 盛土材の変化

盛土施工時は、盛土材の礫を対象にスレーキング試験が実施されており、スレーキング率は、花崗岩で9.60%、

堆積岩（砂岩泥岩互層）で48.24%という結果が得られている。特に堆積岩は50%近い値を示し、盛土中の礫はスレーキングが発生しやすい状態にあったといえる。そこで、現状の盛土中の礫の耐久性と粒度変化を確認するため、「スレーキング試験」と「粒度試験」を実施し、施工当時との比較を行った。

## 4. 調査結果と考察

### (1) 水溶性成分試験＜補強土壁の劣化＞

試験の結果、ボーリング地点ごとに濃度分布に偏りがあることがわかった。図-1に対象盛土における塩化物イオン濃度分布状況を示す。一般的な測定例と比較すると、Bor. 5 では塩化物イオン濃度は非常に高い値（平均141.5mg/kg）を示しており、次いでBor. 1・Bor. 4でも高く（平均12.4～16.7 mg/kg）、その他の地点では低い値（10 mg/kg 未満）を示した。このように、塩化物イオン濃度は図の右下に向かって高い値を示す傾向が見られるが、これは道路の傾斜方向に一致しており、凍結防止剤を含んだ地表水が道路上を流れ、盛土末端の裸地に浸透することを示していると考えられる。

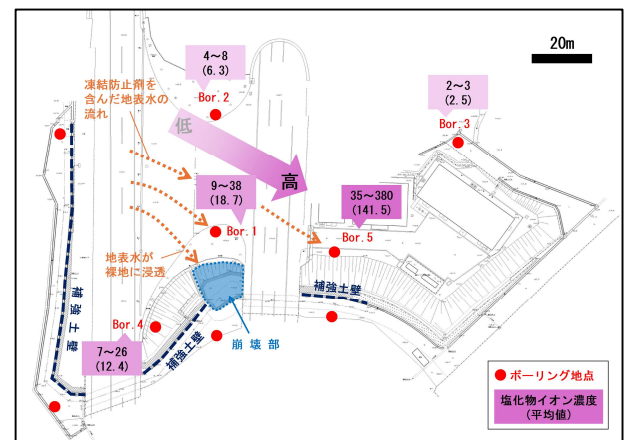


図-1 塩化物イオン濃度分布状況(単位は mg/kg)

ただし、一般的に腐食が生じやすくなる塩化物イオン濃度は「1,000mg/kg より大きい」条件とされる<sup>1)</sup>が、試験結果は金属製の補強土壁を腐食させるにはやや低い値を示している。

ここで、塩化物イオンは土粒子と吸着しにくいいため、地下水や雨水の影響で流入しやすい特徴を持つ。今回の値は、長年の蓄積によるものではなく、昨年度の凍結防止剤の残留を反映した一時的なものと考えられ（冬季で最大となり、春夏秋で徐々に減少、再度冬季に値が上昇する季節変動性）、施工から20年以上にわたって塩化物イオンの流入出が繰り返されていたことが想定される。

## (2) スレーキング試験・粒度試験＜盛土材の変化＞

## ① 含有礫の崩壊程度(スレーキング試験)

表-1に施工当時（2000年）と本調査時（2024年）のスレーキング試験結果を整理する。

表-1 スレーキング試験結果(施工当時と本調査)

|    |     | 施工当時<br>(2000年) | 本調査<br>(2024年) |
|----|-----|-----------------|----------------|
| 岩種 | 花崗岩 | 9.60%           | 4.10%          |
|    | 砂岩  | 48.24%          | 14.80%         |
|    | 泥岩  |                 | 2.90%          |

試験の結果、スレーキング率は各岩種ともに低い値であり、これ以上スレーキング現象が発生しにくいことを示している。これは、施工当時からスレーキングが進行し、残存している礫はスレーキングの耐性が強いもののみで、崩壊現象が一通り収束した状態にあると考えられる。

## ② 盛土の粒度変化(粒度試験)

図-2 に施工当時と本調査結果で得られた粒径加積曲線を示す。

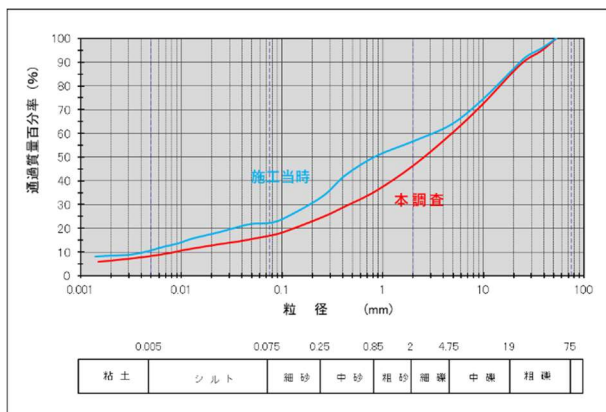


図-2 粒径加積曲線(本調査と施工当時)

結果として、施工当時よりもシルト・粘土が少なく、粗砂・礫の割合が多いことがわかった。

前述のスレーキング結果より、盛土材の細粒分の増加が予想されたが、事象的にはスレーキング（礫の崩壊・細粒化）から次の段階に移行し、発生した細粒分は、雨水や地下水によって徐々に流出したものと考えられる。

実際に崩壊土砂末端には均質なシルトが多量に堆積していることから、盛土内の細粒分は補強土壁背面（地下水位の傾斜方向）に向かって流動していると思われる。

各試験結果の比較から、①盛土内の礫がスレーキングを繰り返すことで盛土の細粒化が進み、②雨水・地下水によって補強土壁背面に向かって細粒分が流動したことが推測できる。

## 5. 崩壊のメカニズム

以上のような盛土の特性から、崩壊の要因は大きく2つが考えられる。

○補強土壁の補強材の劣化

○盛土材の粒度変化（細粒化）による地下水流動・排水への阻害

図-3 に今回の盛土崩壊のメカニズムを示す。

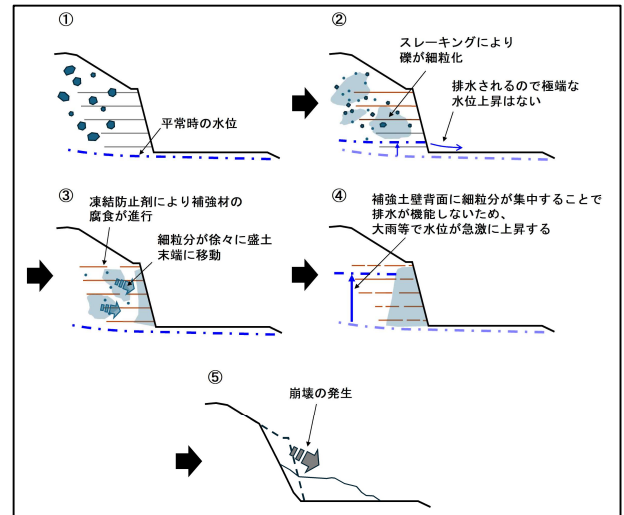


図-3 盛土崩壊のメカニズム

## 【盛土崩壊のメカニズム】

①施工当時の状態。

②スレーキングが進行し、盛土内の礫が崩壊・細粒化。

降雨などで一時的に雨水が盛土内に浸透したとしても補強土壁背面(地下水下流側)の排水機能は保持されているので、極端な水位上昇は発生しない。

③凍結防止剤の浸透により補強土壁の腐食が進行。

細粒分が流動し、徐々に盛土末端部へと移動。

④補強土壁背面に細粒分が集中することで排水機能が低下。大雨時は急激に盛土内の水位が上昇。

⑤盛土内の水位が上昇することで、盛土材の土質強度が低下（+補強土壁の破断の可能性）し、崩壊が発生。

## 6. おわりに

本調査では、盛土崩壊の要因として、凍結防止剤の浸透による補強土壁の劣化、および盛土材のスレーキング進行とそれに伴う粒度変化の2点に着目し、崩壊のメカニズムを考察した。

一般に、盛土の崩壊は、盛土内の地下水排出機能の低下によって発生すると言われているが、今回のように、盛土に作用する外的要因や盛土材の質的变化の観点に遡って崩壊メカニズムを検討できたことは、技術者として非常に有意義であったと考える。

## 《引用・参考文献》

- 1) 地盤工学会編(2020):地盤材料試験の方法と解説(第一回改訂版), p. 337.