

# 投棄残土の流動化メカニズムを推定する

【静岡県交通基盤部河川砂防局 令和3年7月27日資料】

試料採取位置



赤枠内が流動化した泥流  
No.4~No.8  
(No.3は地山の可能性あり)

No. 4源頭部崖面 (右岸側) 黒色



No. 4源頭部崖面 (右岸側) 黒色



【No.4試料】源頭部の崩れ残りの試料：黒色を呈し、水分やや抜け、ぼそぼその状態。流下した残土の流下前の状況。

No. 5中流域堆積部① (下段-1)

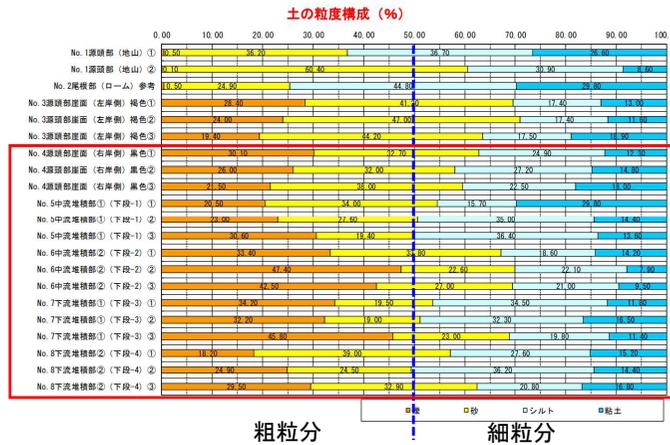


No. 5中流域堆積部① (下段-1)

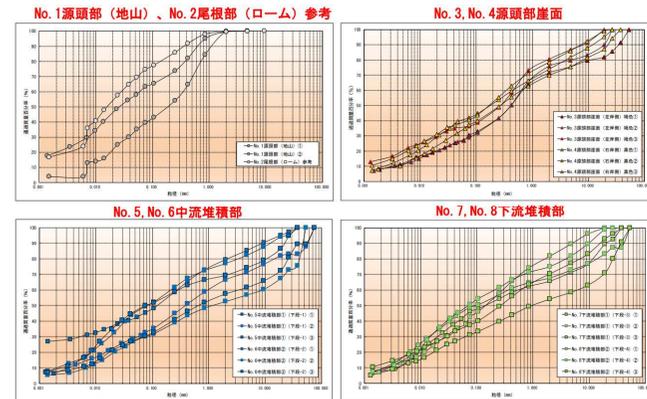


【No.5試料】中流域に堆積した試料：黒色を呈し、水分多く、どろどろの状態。中流域まで流下しているため、流下時に周辺の表土などの混入可能性あり。

# 投棄残土の粒度構成→中間土



# 粒径加積曲線から見た粒度配合



粒径加積曲線はなだらかで、粒度配合が良い(均等係数  $U_c = 82 \sim 1,460$ )

## 投棄残土の飽和化による強度低下？

- ・投棄残土は、平時には不飽和状態にあると考えられる。粒度構成が中間土であるので、不飽和時にはかなり大きなサクシオンが作用し、締固め程度は低いものと考えられるが（強度自体は小さい）、サクシオンが投棄残土の安定性に寄与していたと考えられる。
- ・期間雨量（54時間で449mm）により、投棄残土が徐々に飽和されていき、サクシオンが消滅していったと考えられる。締固め程度が低いと考えられるので、飽和化により顕著な強度低下を生じたものと推定される。
- ・飽和化による強度低下は、現地にて乱れの少ない試料採取を行い、飽和～不飽和条件での三軸圧縮試験などによる確認が必要。

→投棄残土の崩壊！

→何故、崩壊した投棄残土が平均傾斜約17°～10°の斜面を流下したのか？

9

## 粒度配合が良い(中間土)と流動化しやすいのか？

- ・**礫や砂**：粒径が粗粒であるため、崩壊しても遠くまで流下せず、崩壊箇所の直下に留まると考えられる。
- ・**シルトや粘土**：粒径が細かいため粘着力成分を有する。崩壊しても、ばらばらになりにくく、このため塊状となりあまり遠くまで流動化しないと考えられる。
- ・**中間土(緩い状態)**：飽和によりサクシオンが無くなることで**粘着力成分が減少し**、流動化しやすくなる。また、シルト・粘土分も適度に含むため含水比も比較的高く、雨水や周辺からの流入水で**多量の水分を含むことになり**、粒度配合が良いことも要因となり、流動化しやすくなったと考えられる。



- ・N04～N08の平均含水比  $W=48.4\%$
- 流下時（飽和）はより含水比が高かったと考えられる。
- ・下流方向に含水比ほぼ一定。  
→分級は起こっていない。

10

## 熱海の投棄残土は、何故流動化したのか(推定)

1. 今回のような長い期間の降雨で**水分が多量に浸透**

飽和化

2. 飽和化により**強度低下が顕著な土**であった

強度低下

インパクト 法尻部浸食？

今後の調査で、流動化の原因は、明らかになるものと考えられるので注視したい！

3. **流動化しやすい粒度構成、含水比が高い**(中間土、粒度配合が良い)

流動化

11

## 熱海の盛土と宅地盛土との違い

- ・熱海の盛土は宅地盛土ではないので（残土、廃棄物）、締固め管理、排水処理が行われていない。宅地盛土の品質からは大きく劣っているとみられる。
- ・不法投棄は、自治体の条例の違いから、緩い自治体への投棄が繰り返されている。

西日本豪雨

京都・伏見の土砂崩れ 残土投棄、規制外地 業者狙い撃ち

毎日新聞 | 2018/8/23 大阪朝刊 | 有料記事 | 1421文字



建設残土が不法投棄された後、土砂崩れ防止の緊急工事としてさらに土砂が搬入された大岩山山頂付近。樹木が伐採され、むき出しの山頂が広がっている＝京都市伏見区で2018年7月25日、本社ヘリから撮影。二階建

京都市伏見区の大岩山（標高189メートル）に不法投棄された土砂が西日本豪雨で崩れた問題で、山頂付近に昨年6～11月、大型トラック延べ2500台以上が大量の建設残土を集中的に持ち込んでいたことが業者の搬入記録で分かった。市は住民の通報などで昨年11月までに搬入を把握したが、撤去を命じる土砂条例が未制定で、土砂量などの実態調査も行わず対応が後手に回っている。【朝手勇介】

豪雨単独で崩れている！

盛土と呼ばずに投棄残土と呼んだ方がいい！

毎日新聞 2018/8/23より引用

12

## 一方、宅地盛土はどうなっているか？

- ・宅地盛土でも、盛土の災害は過去から発生してきた。
- ・**1961年の集中豪雨**により、神奈川県や兵庫県などで宅地造成地が崩壊。
- ・国は同年、**宅地造成等規制法**を制定し、崖崩れや土砂災害が懸念される区域では、擁壁設置、排水処理などの災害防止策を必要とした。

昭和36年水害



昭和36年6月24～27日に発生した集中豪雨により、死者26名、被災家は約2万戸に及び水害が起きました。

宅地造成現場や傾斜地での被害が大きく、また山階電鉄は約半月間不通になるなど、阪神大水害に次ぐ記録的な被害を受けました。  
宅地造成等規制法制定のきっかけとなりました。

データ

- ・総雨量：472.1mm（6月24日：76.8mm、25日：195.2mm、26日：127.7mm、27日：72.4mm）
- ・1時間当たりの最高雨量：44.7mm（6月27日）

神戸市HPより引用

13

## しかしその後も、宅地盛土は地震のたびに被害を発生させてきた！

### 1978年 宮城県沖地震

白石市寿山団地では、南側の斜面が崩壊。崩壊した斜面及び宅地は、面積16,000m<sup>2</sup>にわたり、崩壊土量は80,000m<sup>3</sup>に及んだ。この崩壊により1名が死亡したが、分譲前であったため、住宅被害は起こらなかった。盛土は火山灰から構成。

仙台市緑が丘3丁目で発生した谷埋め盛土の滑動崩落。活動範囲や滑落崖が明瞭に区別できる。



1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究より引用

宮城県沖地震はM7.4、最大震度5



宅地崩壊 なぜ都市で土砂災害が起こるのか  
釜井俊孝より引用

14

### 1993年 釧路沖地震

高さ約11mの盛土のり面が、幅90mにわたって崩壊し、家屋1棟が崩壊土砂とともに崖下に転落し、もう1棟は敷地の半分が滑落して基礎が露出した。崖下では、家屋2棟が崩壊土砂の下敷きになった。盛土は火山灰質砂で構成。



釧路市緑が丘(撮影:安田進)  
釧路沖地震はM7.5、最大震度6

### 1995年 兵庫県南部地震

阪神水道企業団甲山事業所北斜面の宅地造成盛土が大規模に活動崩落した。この崩落による移動土塊は約10万m<sup>3</sup>に達し、崩壊土砂は二級河川仁川を閉塞するとともに、家屋13戸を流出させ、死者34名の人的被害が生じた。盛土下部で地下水を含んだ部分が液状化したと考えられている。



西宮市仁川の滑動崩落状況(撮影:沖村孝)  
兵庫県南部地震はM7.3、最大震度7

15

### 2004年 新潟県中越地震

長岡市高町団地で宅地造成地が崩壊した。主として団地外周道路沿いの盛土地盤が変形、一部崩壊し、宅地やライフラインが大きな被害を受けた。盛土は、軟岩や未固結の礫、砂、シルトで構成。

### 宅地造成等規制法改正(2006年)の契機となる災害

宅地盛土の事前対策が可能となった！



高町団地の滑動崩落状況(撮影:佐藤慎吾)  
新潟県中越地震はM6.8、最大震度7



新潟県中越地震の斜面複合災害のモニタリングに関する研究  
平成18年3月、土木学会地盤工学委員会より引用

16

## 2011年 東北地方太平洋沖地震

仙台市ホームページに加筆

1978年宮城県沖地震で被災した箇所が再び被災したり、新たに被災した箇所がある。  
**造成年代の古い盛土**(主に昭和30年代後半～40年代前半)が大きな被害を受けている。



青葉区西花苑



青葉区折立



太白区大崎町



太白区緑ヶ丘



東北地方太平洋沖地震はM7.0、最大震度7、仙台市内では最大震度5強～6強

## 熊本地震での熊本市の大規模盛土被害

熊本地震でも、熊本市内の9地区の大規模盛土造成地で、盛土の変形が生じ多くの家屋に被害が生じた。変状は崩壊には至っておらず、変形でとどまっている。ただし、盛土上の家屋は大きな被害を受けている。



盛土は火山灰質粘性土



宅地内の変状状況



街区道路の変状状況



街区道路の変状状況



造成地内の公園の変状状況

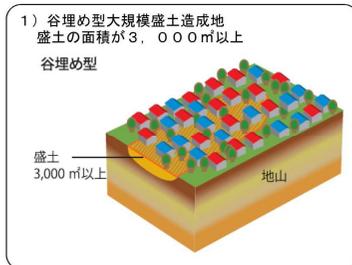
熊本地震はM7.3、最大震度7、熊本市内は6強

第15回日本地震工学シンポジウム発表資料に加筆

## 大規模盛土造成地の滑動崩落対策

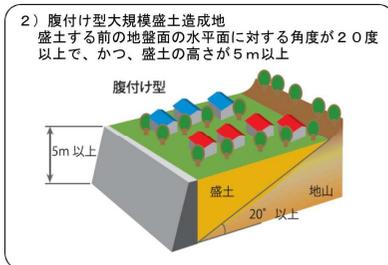
2006年に宅地造成等規制法が改正され、崩落等の危険のある既存の造成宅地を造成宅地防災区域として都道府県知事が指定し、宅地所有者等に必要な勧告・命令が行えるようになった(事前の耐震対策が可能となった)

谷埋め型



1) 谷埋め型大規模盛土造成地  
盛土の面積が3,000㎡以上  
谷埋め型

腹付け型



2) 腹付け型大規模盛土造成地  
盛土する前の地盤面の水平面に対する角度が20度以上で、かつ、盛土の高さが5m以上

大規模盛土造成地とは

出典: 国土交通省ホームページ

## 大規模盛土造成地の安全性把握の実施状況 (R2.9.30時点)

国土交通省

(第1段階) 大規模盛土造成地の抽出 (第一次スクリーニング)	(第2段階) 大規模盛土造成地の安全性把握 (第二次スクリーニング)		(第3段階) 対策(ハード事業)	
 大規模盛土造成地マップを全国で作成、公表 (R2.3) 1,003市区町村に約5万1千か所の大規模盛土が存在 うち100か所以上存在する市区町村が16(約3万2千か所)	<b>①造成年代調査</b> 古い盛土ほど滑動崩落が発生しやすい傾向があるため、まず造成年代を調査 着手済: 100% (1,003市区町村) うち完了: 53.6% (538市区町村) 令和2年度末完了予定	<b>②現地踏査等</b> 現地盛土の形状や地盤・法面の状況、地下水の状況等を調査 盛土造成地が多数ある場合、③安全性把握の優先順位付け 着手済: 50.4% (506市区町村) うち完了: 29.8% (239市区町村) 令和2年度末見込完了済: 61.7% (619市区町村)	<b>③安全性把握</b> 現地でのボーリングによる地盤調査等を実施の上、地震時の盛土に滑りが発生する可能性を計算(安定計算) 着手済: 4.3% (43市区町村) うち完了: 3.6% (36市区町村) 令和2年度末見込着手済: 5.7% (57市区町村)	<b>滑動崩落防止工事</b> 地震時の盛土の地滑り的崩壊・変形を防止するため、地下水の排除、盛土の滑り防止、擁壁の増強等の工事を実施。 事前対策工事実績: 2地区(2市町)
<b>宅地耐震化推進事業により支援</b>				
<b>○震動予測調査等</b> 大規模盛土造成地マップの作成や、大規模盛土造成地の安全性把握のための調査等に要する費用を補助。 事業主体: 地方公共団体、宅地所有者等(間接補助) 交付率: 1/3、1/2 (R2補正で措置、令和2年度まで)		<b>○滑動崩落防止工事</b> 一定の要件を満たす大規模盛土造成地について、滑動崩落防止工事のための設計及び施工に要する費用を補助。 事業主体: 地方公共団体、宅地所有者等(間接補助) 交付率: 1/4、1/3(公益施設等に被害のおそれる等の要件あり)、1/2(交通計画に宅地防災を位置付け等の要件あり)		

## まとめ

1. 熱海の投棄残土が流動化した理由は、残土が緩いがゆえに降雨浸透で飽和したこと、残土の強度が弱いこと、流動化しやすい粒度組成であったこと、水分を多く含む性質があったことがあげられるが、今後の静岡県の実地調査結果を注視したい。
2. 投棄された建設残土の盛土と宅地盛土の品質は明らかに異なる。しかしながら、宅地盛土も地震のたびに被害の大小はあるが被災を繰り返している。宅地造成等規制法制定以前の古い盛土に危険な盛土が多い。ただし、新しい盛土でも現行の締固め基準が土木系の盛土（道路など）よりも低いので、今後の重要な検討課題である。

21

