

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

# 地震の影響を受けた盛土の降雨耐力を把握する

大規模地震が発生した場合には、地震動の影響を受けて盛土にき裂が生じることがあります。このような盛土では降雨耐力が低くなり、少ない降雨量で崩壊することが懸念されます。ここでは、地震動によりき裂が発生した盛土の降雨耐力が低減するメカニズムを明らかにすることを目的として実施した、模型盛土を用いた加振・散水実験の概要と結果について紹介します。



布川 修  
Osamu Nunokawa  
防災技術研究部  
地盤防災研究室  
室長  
【専門分野】斜面防災



太田 直之  
Naoyuki Ota  
防災技術研究部  
部長  
【専門分野】斜面防災

## はじめに

大規模地震が発生した場合には、**図1**に示すように、盛土が大規模に崩壊する、あるいは盛土にき裂（クラック）などの小・中規模の変状が発生することがあります。盛土が大規模に崩壊した場合には、盛土を再構築するなどの抜本的な対策を実施する必要があります。抜本的な対策を実施すると、盛土が崩壊に至るまで耐えられる降雨量の程度（以下、ここでは降雨耐力といいます）は、崩壊前と同程度、あるいは増加します。

一方、盛土に小・中規模の変状が発生した場合には、繁茂した草木によってき裂などの変状の発見が困難であることが多く、詳細な調査によりこうした変状を発見して対策を実施するまでの間、盛土の降雨耐力が低減している状態になっている可能性があります。このため、大規模地震が発生した後は、地震動によって盛土などの土構造

物の降雨耐力が低下している可能性を考慮して、鉄道事業者では降雨時の運転規制（**図2**参照）の雨量規制値を経験的に一時的に低く設定することがあります。より適正な雨量規制値を設定するためには、地震動が作用した土構造物の降雨耐力を解明することが必要となりますが、こうした研究事例は少ないのが現状です。

そこで、地震動によりき裂が発生した盛土の降雨耐力が低減するメカニズムを明らかにすることを目的として、模型盛土を用いた加振・散水実験を行いました。この実験の概要と結果<sup>1)2)3)</sup>について紹介します。

## 実験の概要

実験に用いた模型盛土の外観を**図2**に、概略図を**図3**に示します。模型盛土の寸法はのり面勾配1:1.5（鉛直高さを1としたときに水平距離が1.5となる勾配、約34度）、盛土高さ600mmで、盛土内には加速度計、間隙水圧計、土壤水分計を、盛土のり肩には変位計を設置しました。また、盛土底面の3箇所にマンメーター（圧力（静水圧）を測る装置）を設置して、盛

### 降雨時の運転規制

ある定められた雨量値を超える降雨が観測されたときに、列車の運行を徐行、あるいは停止させる措置のこと。

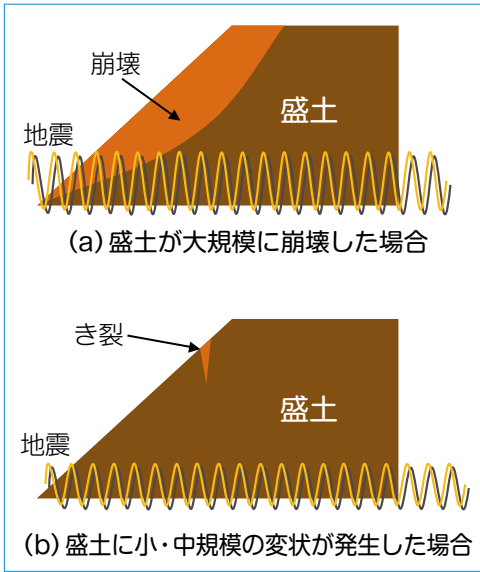


図1 大規模地震が発生した時の盛土の崩壊・変状<sup>2)</sup>

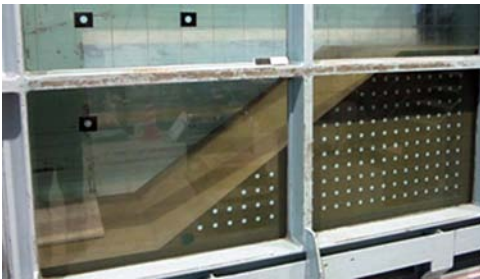


図2 模型盛土の外観<sup>2)</sup>

表1 実験ケース<sup>2)</sup>

Case	加振履歴	のり肩部の鉛直変位 (mm)
1	加振なし	0
2	加振あり	1.66
3	加振あり	12.35

土内の水位を観測しました。実験に用いた地盤材料は稲城砂（三浦層群に属する細砂層で多摩丘陵北部一帯に分布する火山成砂質土）であり、模型盛土の密度は加振時に変状が発生しやすく、かつ散水時に水位上昇しやすい値に設定しました。

表1に実験ケースを示します。

Case1は加振をせずに降雨を模擬して散水したケースで、Case2、Case3は大規模地震発生後の盛土の状態を模擬するために加振を与え、そのあと散水

したケースです。加振の規模は盛土ののり肩の鉛直変位を目安とし、Case2は小規模な変状、Case3は中規模な変状を模擬しました。

加振を与えたCase2とCase3について、加振後に模型盛土の上面で観察されたき裂のスケッチ（模型盛土の上面を上から観察した様子）を図4に示

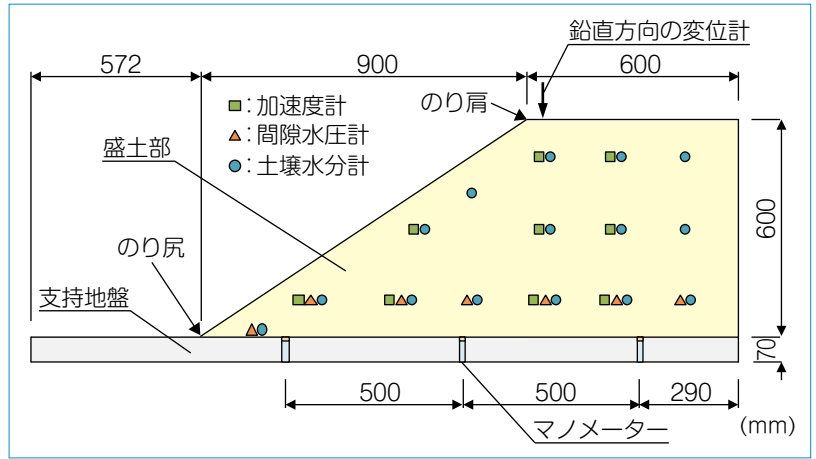


図3 模型盛土の概略図<sup>2)</sup>

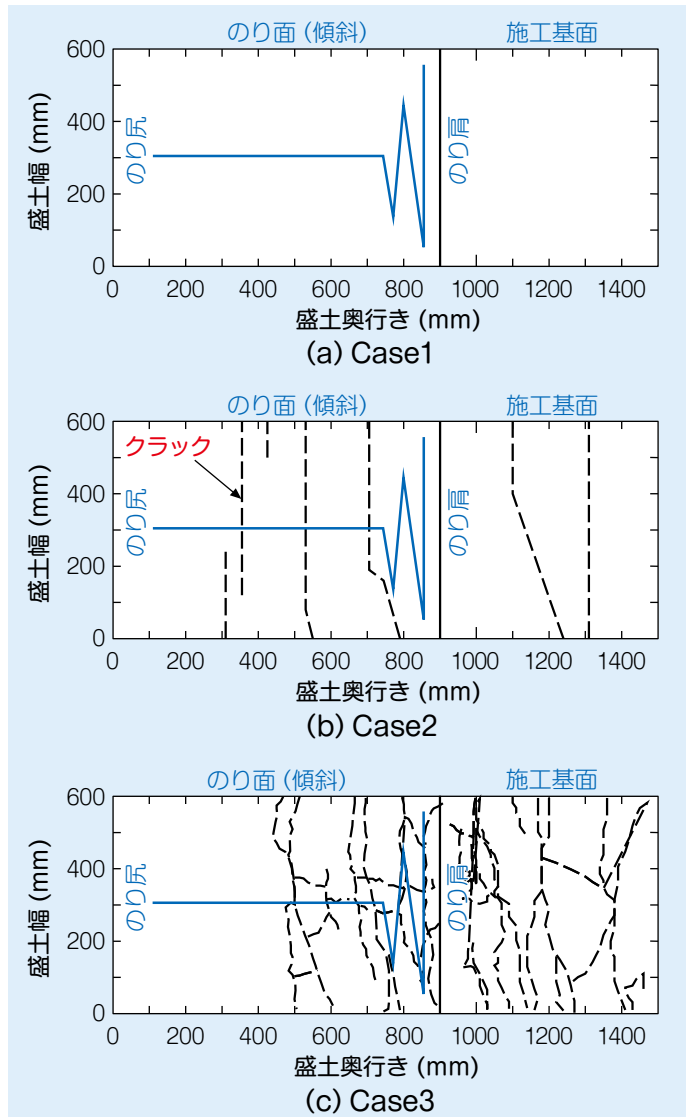


図4 加振後に盛土上面に観察されたき裂のスケッチ<sup>2)</sup>

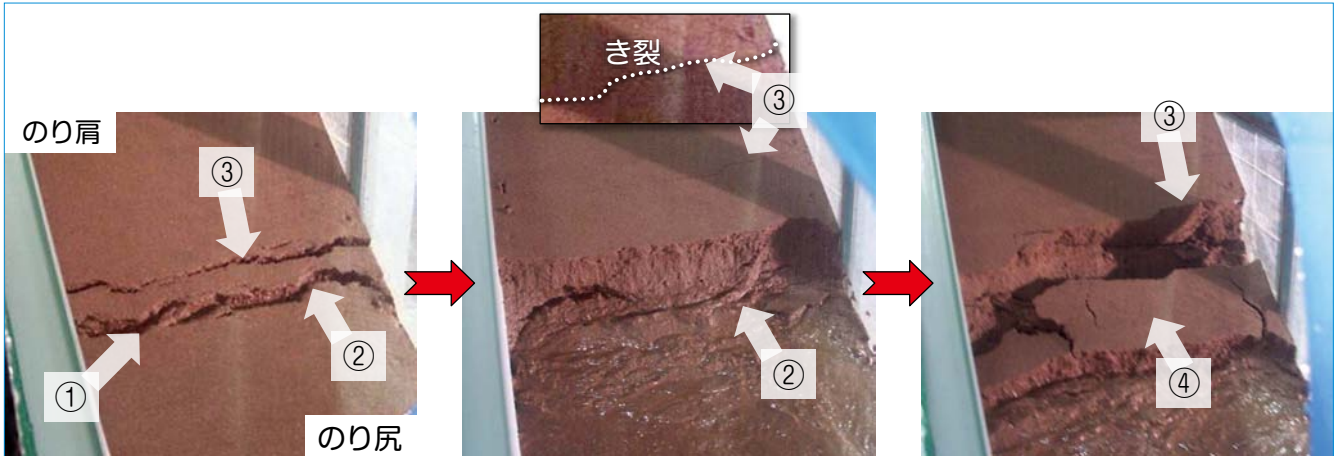


図5 本実験の崩壊進展過程 (図中の番号は文章中の番号に対応)<sup>2)</sup>

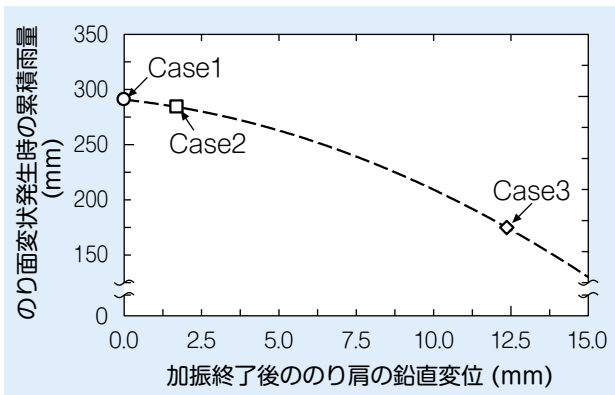


図6 加振によるのり肩部の鉛直変位と散水によるのり面に初期変状が発生するまでの累積雨量との関係<sup>1)</sup>

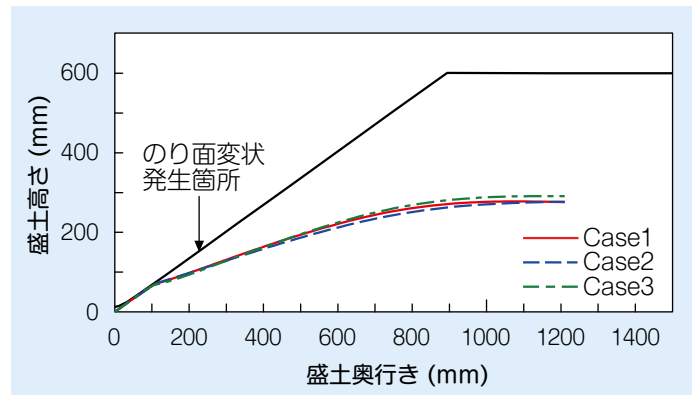


図7 散水によるのり面に初期変状が発生した時の盛土内水位<sup>2)</sup>

します。のり肩の鉛直変位が大きい Case3の方が明らかに多くのき裂が発生していることがわかります。これらのき裂が盛土内の水位形成に与える影響に着目して散水実験の結果を整理しました。

### 実験の結果

図5にCase2を例として、散水により模型盛土のり面に変状が発生してから崩壊に至るまでの過程を示します。なお、どの実験ケースでも同様の過程が観察されました。本実験では、①のり面変状として盛土奥行き200mm程度の箇所にはらみ出しとそれによる新

たなき裂の発生、②き裂発生箇所から地下水が浸出、③ある程度の時間経過後にこの浸出点よりも上方ののり面表面に新たなき裂が発生、④このき裂を境界とした崩壊ブロックがのり尻側に押し出されるような崩壊が発生し、⑤上記②～④が繰り返されることで、最終的に崩壊面は盛土上面まで達しました。

加振によるのり肩部の鉛直変位と散水によるのり面に初期変状(図5の①の状態)が発生するまでに与えた累積雨量との関係を図6に示します。なお、図中の曲線は二次曲線による近似線です。この関係から、加振によるのり

部の鉛直変位が大きいほど散水により初期変状が発生するまでの累積雨量が少なくなる、すなわち加振により降雨耐力が低下することがわかります。

散水によるのり面に初期変状が発生した時の盛土内水位を図7に示します。この図より、のり面に初期変状が発生した時の盛土内水位には差がないことがわかります。図6に示したとおり、初期変状が発生するまでの累積雨量は異なることから、加振によるのり

### ☞ 間隙水圧

土中の間隙に存在する水の圧力。

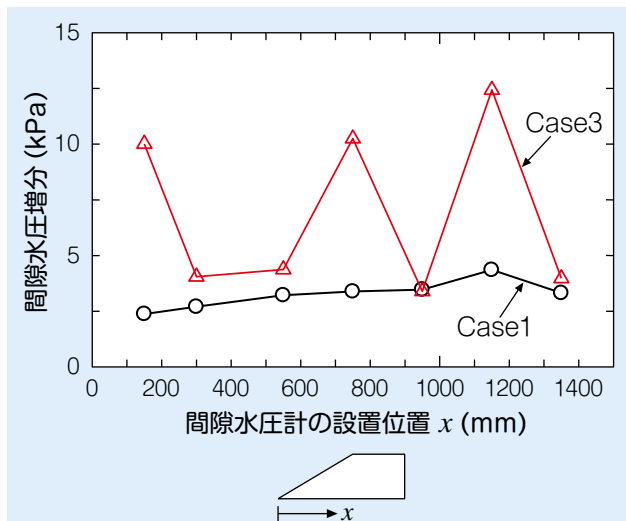


図8 散水によりのり面に初期変状が発生した時の間隙水圧増分 (Case1とCase3)<sup>2)</sup>

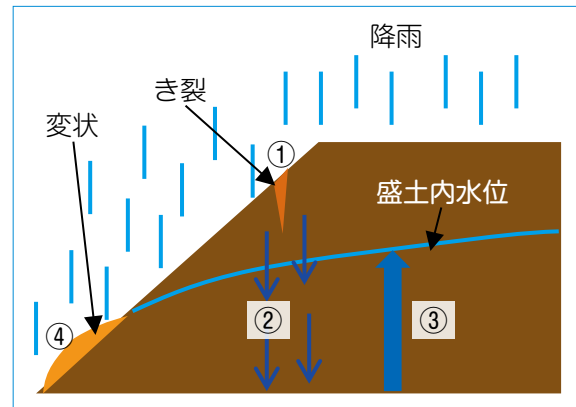


図9 降雨耐力の低減メカニズムのイメージ (図中の番号は文章中の番号に対応)

の鉛直変位が大きい場合には少ない累積雨量で盛土内水位が速く上昇しているといえます。

図8は、散水によりのり面に初期変状が発生した時の間隙水圧(参照)の増分をCase1とCase3で比較したものです。なお、間隙水圧増分は散水開始直後を0とした増分値です。この図より、Case3ではCase1よりも局所的に間隙水圧増分が大きい箇所があることがわかります。この要因は、加振によって発生したき裂が水みちとなり盛土底部への水の移動量が増加したためと推測されます。

### 降雨耐力の低減メカニズム

上記で述べたとおり、本実験では、加振により降雨耐力が低下することを明らかにしました。また、加振の有無は盛土内水位の上昇速度に影響を及ぼし、この要因として加振により発生し

たき裂が水みちとなり盛土底部への水の移動量を増加させていることを示唆しました。

以上の結果から、本実験により推測される地震動が作用した盛土の降雨耐力の低減メカニズムは次のとおりです(図9参照)。

- ①加振によって盛土表層や内部にき裂が発生する
- ②き裂が水みちの役割を果たし盛土底部に雨水が短時間で到達する
- ③盛土内水位が短時間で上昇する
- ④少ない累積雨量で新たな変状が発生する、すなわち盛土の降雨耐力が低減する

### おわりに

ここでは、比較的変状が発生しやすい条件の模型盛土を対象とした加振・散水実験の結果を紹介し、地震動により盛土にき裂が発生した場合における

降雨耐力の低減メカニズムについて考察しました<sup>1)</sup>。今後、この結果をもとに地震動が作用した盛土の降雨耐力の低減程度を定量化する方法や、き裂部分の埋め戻しによる対策の降雨耐力の回復効果などについて検討を進めていく予定です。RRR

### 文献

- 1) 川尻峻三, 布川修, 伊藤賀章, 西田幹嗣, 松丸貴樹, 川口貴之, 太田直之, 杉山友康: 実験的検討による地震後の降雨による盛土崩壊メカニズムについて, 地盤工学ジャーナル, Vol.9, No.2, pp.153-168, 2014
- 2) 布川修: 地震動が作用した盛土の降雨耐力低減メカニズム, 日本鉄道施設協会誌, Vol.52, No.9, pp.46-48, 2014
- 3) 布川修, 太田直之, 川尻峻三: 地震動が作用した盛土の降雨耐力低減メカニズム, 鉄道総研報告, Vol.30, No.3, pp.35-40, 2016