

## 2.8 大規模な土砂災害に対応した新しい災害応急復旧技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：地質・地盤研究グループ（施工）

研究担当者：宮武裕昭，森芳徳，久保哲也

### 【要旨】

近年、豪雨や地震による道路盛土等の道路土工構造物の災害が大規模化し、交通機能が遮断され、復旧までに時間を要することで物流に支障を来すことや集落の孤立等の社会的影響が拡大する場合がある。被災によって遮断された交通機能は早期に回復することが求められ、復旧には被災現場の状況に応じて交通機能を効率よく且つ迅速に回復できる工法の選定が必要とされる。

既往の研究より、道路盛土の崩壊等の災害現場における応急復旧方法として、施工性や資材調達の迅速性の観点から大型土のうを用いた応急復旧が用いられていることが確認されている。そこで、本研究では大型土のうを用いた応急復旧に着目し、本復旧への適用性について検討することとした。大型土のうを用いた応急復旧は、施工性に優れる一方で、大規模な復旧（高盛土）においては構造物の安定性について未解明である。昨年度までの研究では、大型土のうを用いた応急復旧の変形挙動や安定性等について動的遠心載荷模型実験より確認した。また、大型土のうを残置させてそのまま本復旧へ適用可能な構造（大型土のうと補強土を組み合わせた構造）を提案し、その適用性について確認した。今年度は、実際に現場で災害復旧を経験された道路管理者及び復旧作業員（施工業者）を対象にヒアリングを実施し、実現場の施工条件を考慮した動的遠心載荷模型実験を実施した。その結果、排水の有無、大型土のうの配置形態、のり面形状等の違いにより変形挙動の変化が見られたものの、大型土のうによる本復旧の有効性が確認された。

キーワード：土砂災害，災害復旧，大型土のう，遠心模型実験

### 1. はじめに

近年、豪雨や地震による道路盛土等の道路土工構造物の災害が大規模化し、交通機能が遮断され、復旧までに時間を要することで物流に支障を来すことや集落の孤立等の社会的影響が拡大する場合がある。被災によって遮断された交通機能は早期に回復することが求められ、復旧には被災現場の状況に応じて交通機能を効率よく且つ迅速に回復できる工法の選定が必要とされる。

既往の文献調査等<sup>1)</sup>より、道路盛土の崩壊等の災害現場における応急復旧方法として、施工性や資材調達の迅速性の観点から大型土のうを用いた応急復旧が用いられていることが確認されている。大型土のうはバックホウ等の掘削機があれば狭隘な箇所でも一連の復旧作業が可能で施工性に優れること、特殊な技能や機械を必要としないことなどの特徴を有

している。しかし、長期的な耐久性や安定性等については十分に検証されていないため、本復旧の際には撤去しなければならない。そのため、本復旧の際には再度盛土を構築するなどの手戻りが発生し時間を要している。そこで、大型土のうを用いた応急復旧を、そのまま本復旧へ活用することができれば、工期の短縮等に有効であると考えられる。大型土のうを用いた応急復旧を本復旧へ活用するためには、本復旧の際に支障を来さない構造（本復旧）の検討、大規模（高盛土）復旧時の変形挙動や安定性の確認、使用部材の耐久性についての検証が必要である。筆者らは、文献調査等より過去の災害事例を収集し、被災現場の状況、応急復旧や本復旧の実態等を把握し、大規模な土砂災害に対応した復旧技術の検討を行ってきた<sup>2),3),4),5)</sup>。

今年度は、実際に現場で災害復旧を経験された道

路管理者及び復旧作業者を対象にヒアリングを実施し、実現場の施工条件等を考慮した動的遠心載荷模型実験（以下、本実験と称す）を実施した。

## 2. ヒアリング

本実験のケース設定、実験モデルを構築するにあたり、実現場の状況を反映させるためにヒアリングを実施した。ヒアリングは、道路管理者と復旧作業員に対して同様な質問で実施した。ヒアリングの項目を以下に示す。

- ①当該復旧方法の施工上、問題が生じると思われる事項
- ②当該復旧方法の構造上、問題及び懸念が生じると思われる事項
- ③当該復旧方法を現場で活用するために必要と思われる改良点または更に把握しなければいけないと思われる事項
- ④被災現場における土工工事（復旧工事）の実情
- ⑤その他

ヒアリングした主な意見を表-1に示す。道路管理者・復旧作業員ともに、①土のう間に隙間が生じ、水みちや盛土材流出が懸念、②土のう設置箇所の締固め不足による沈下が懸念、との共通の意見があった。また、道路管理者からは、①土のう残置による品質確保が懸念、②土のう設置位置は交通荷重の影響範囲外とすべき、との意見があり、復旧作業員からは、①腹付盛土ののり面勾配は1:0.8程度が限界、②土のう自体の排水機能の付加はしっかり施工出来ていれば問題ない、等の意見があった。これらの意見を踏まえ、実験ケースの設定を行った。

## 3. 動的遠心力載荷模型実験

### (1) 想定した本復旧の構造

本実験では、能登半島地震により崩壊した能登有料道路等で確認した崩壊モード等を参考に<sup>6),7)</sup> 図-1(a)に示す大規模災害の被災現場を想定した。応急復旧の断面形状を図-1(b)に示す。応急復旧は早期復旧を基本とするため、応急復旧を構築する領域にお

表-1 ヒアリング結果

道路管理者（発注者（地方整備局・河川国道事務所））
① 土のう間に隙間が生じ、 <u>水みちや盛土材の流出</u> が懸念。
② 土のう設置箇所の <u>締固め不足</u> による沈下が懸念。
③ 土のうを残置することで <u>本設構造物としての品質確保</u> が懸念。
④ 土のうの設置位置は、 <u>交通荷重の影響を直接受けない範囲</u> にすべき。
⑤ 盛土高さが高い場合、 <u>下層部を3列配置</u> にした方が施工性や安定性が向上。
⑥ のり面勾配を1:0.5にした場合、施工時の安全対策が必要。
⑦ 土のうの品質管理が必要。施工及び品質はオペレータの技量に左右される。
⑧ 本復旧であれば、土のうの長期的耐久性の検証が必要。
⑨ 土のうを擁壁（補強土）として考える場合、設計法および維持管理の手法が必要。
⑩ 上記の懸念事項等が解決できれば有効な復旧方法。
復旧作業員（施工業者）
① 土のう間に隙間が生じ、 <u>水みちや盛土材の流出</u> が懸念。
② 土のう設置箇所の <u>締固め不足</u> 等による沈下が懸念。
③ 土のう自体に排水機能を付加することは、しっかり施工出来ていれば問題ない。
④ <u>腹付盛土</u> ののり面勾配は、施工性等も勘案すると <u>1:0.8</u> 程度が限界。
⑤ 崩壊した土砂を崩壊面から完全に除去することが、その後の作業性や安全性に大きく影響。
⑥ 土のう間の隙間対策として、現場では流動化処理土を充填。
⑦ 鋼製壁面材の使用は <u>施工性</u> や復旧の <u>迅速性</u> を勘案すると現実的でない。
⑧ 復旧するのり面表面は、 <u>植生シート</u> を用いて保護すると効果的。
⑨ 実現場では大量の土のうや矢板等を確保する必要があり、 <u>材料調達・手配が困難</u> 。
⑩ 補強材を敷設する作業はあまり手間だとは思わない。
⑪ 現地発生土を利用する際は、 <u>土質により安定処理</u> が必要な場合もある。
⑫ 基本的に土のうを用いて本復旧することは可能。

ける崩壊土砂の撤去や切土等の土工量をなるべく低減させること、崩壊土砂を一時的に仮置きするためのヤードを設けるなどの理由から壁面勾配は急勾配(1:0.5)とした。また、復旧する土工構造物は高さ17m程度以上の高盛土となるため、盛土の安定性を確保するために、補強材(ジオテキスタイル)を敷設することとした。

本復旧は地山が近接した条件において、応急復旧で構築し大型土のうを残置させた状態で大型土のうの前面に急勾配(1:0.5)で腹付盛土を設置する図-2(a)の「補強土タイプ」と、大型土のうの前面を原形で腹付盛土を設置する図-2(b)の「安定勾配タイプ」を本復旧の基本断面形状として想定した。

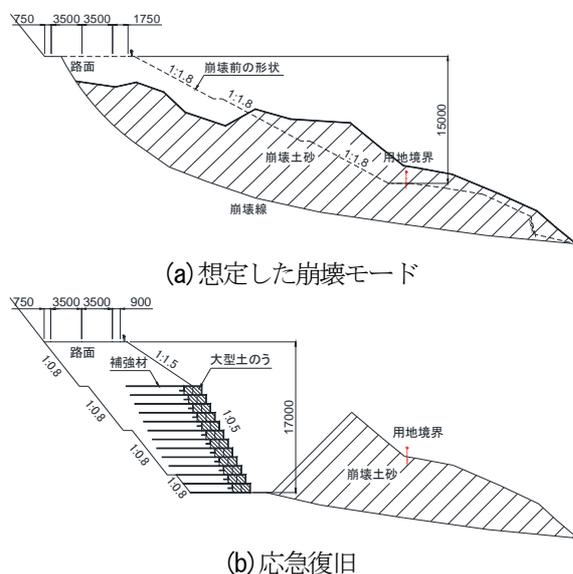


図-1 大規模土砂災害の被災現場

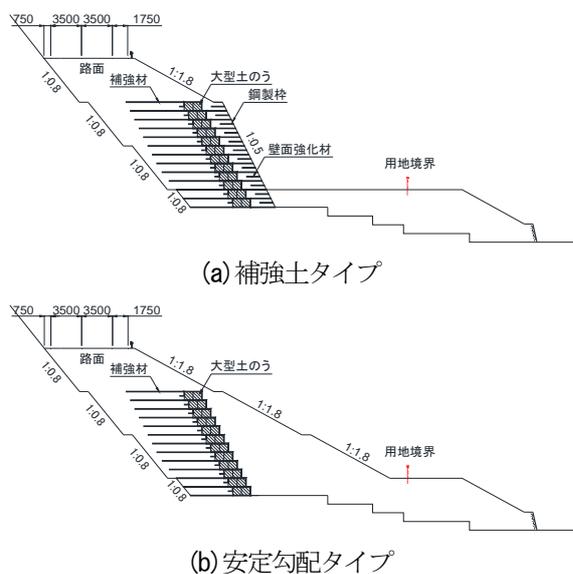


図-2 想定した本復旧

## (2) 実験ケース

本実験は、事前に実施したヒアリング結果を踏まえ、動的遠心载荷模型実験にて復旧構造の適用性を検証するため、応急復旧時の構造体により本設構造物の安定性が損なわれないことを目標とし、想定した復旧方法の変形挙動や安定性能に及ぼす影響について確認することを目的とした。

実験ケースは、腹付盛土の形状、大型土のうの配列、盛土内浸入水に対する排水条件等に着目し、全部で8ケースとした。各ケースの仕様を表-1に、断面形状を図-3に示す。

CASE-1は、本設構造物で多く採用されている補強土壁を模擬したものであり、盛土体に残置した大型土のうが本復旧の構造体に及ぼす影響について比較することを目的とした。CASE-2及びCASE-6は、排水性能を有する大型土のうを適用したケースである。CASE-3及びCASE-7は、各々CASE-2及びCASE-6と同じ形状で、大型土のうの背面にベントナイト層を設けることで、大型土のうの排水性能を低下させたケースである。CASE-4及びCASE-8は、大型土のうの配列を上部(2列)と下部(3列)で変化させたケースである。配列の変化点は、既往の実験結果等を考慮して大型土のう設置高さの1/2とした。CASE-5は一般的な盛土(無補強)を模擬したケースである。

## (3) 模型

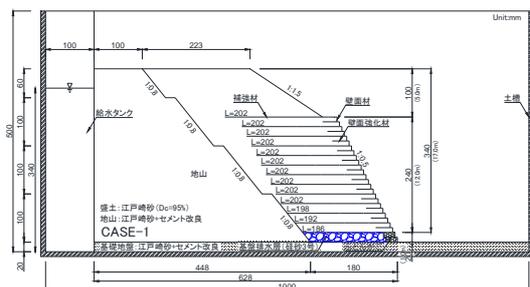
模型は実スケールの1/50とした。模型の寸法は、大型土のうの設置高さ240mm(実際のスケールで12m相当)、笠上げ盛土高さ100mm(実際のスケールで5m相当)、幅200mm、天端の奥行323mmである。模型の寸法を図-3に示す。

大型土のうは不織布(透水係数:  $2.7 \times 10^{-2}$  cm/s)を用い縦20×横20×高20mm(実際のスケールで縦1.0×横1.0×高1.0m相当)の立方体に作成し、中詰材には7号砕石とジリコンサンドを3:1の重量比で混合した材料( $\rho_t=1.80$ g/cm<sup>3</sup>)を用いた(写真-1)。補強材は実際のスケールにおいて必要となる引張剛性  $E \cdot t$  ( $E$ : 弾性係数,  $t$ : 厚さ)が、本実験の相似則に合うようなポリエチレン製のジオテキスタイル( $E \cdot t=36.0$  kN/m)を使用した。補強材の敷設長及び引張剛性は、「ジオテキスタイルを用いた設計・施工マニュアル」<sup>7)</sup>に準じ、応急復旧の構造体で地震時( $k_0=0.15$ )の安全率  $F_s$  が  $F_s=1.0$  程度となるように算出した。各実験ケースの敷設長を図-3に示す。高さ方向の敷設間隔は、各ケースとも20mm(実際のス

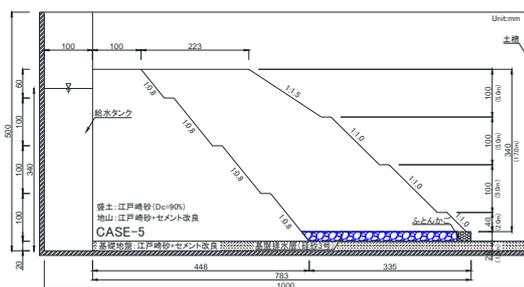
2.8 大規模な土砂災害に対応した新しい災害復旧技術に関する研究

表-2 実験ケース

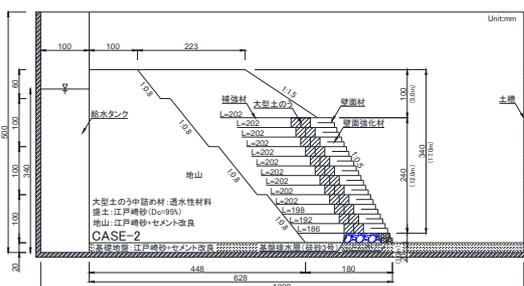
ケース	腹付盛土形状	大型土のう配列	基盤排水領域	大型土のう中詰め材
CASE-1	補強土 タイプ (勾配 1:0.5)	—	全面	—
CASE-2		2列	部分	透水
CASE-3		2列	部分	不透水
CASE-4		2、3列	部分	透水
CASE-5	安定勾配 タイプ (勾配 1:1.0)	—	全面	—
CASE-6		2列	部分	透水
CASE-7		2列	部分	不透水
CASE-8		2、3列	部分	透水



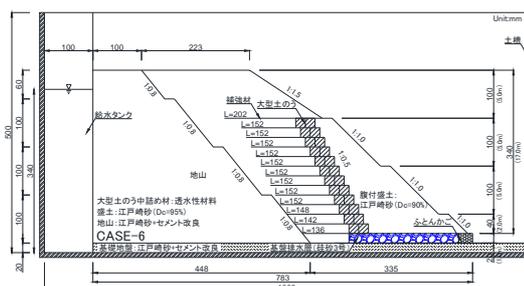
(a) CASE-1 (壁面材+土のう無し)



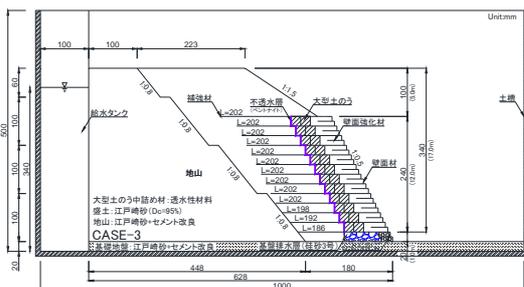
(e) CASE-5 (安定勾配+土のう無し)



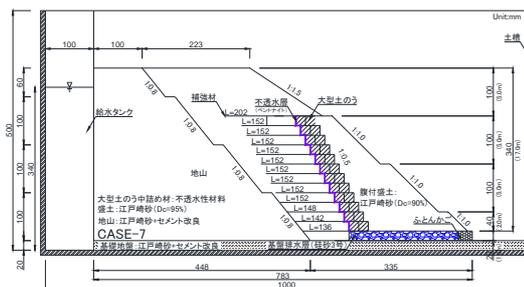
(b) CASE-2 (壁面材+土のう)



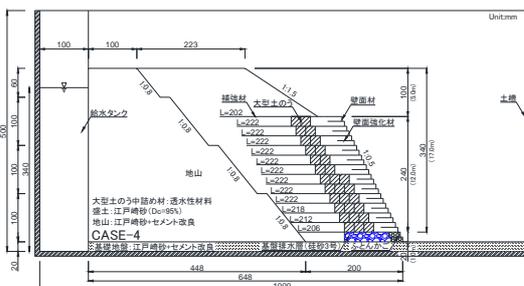
(f) CASE-6 (安定勾配+土のう)



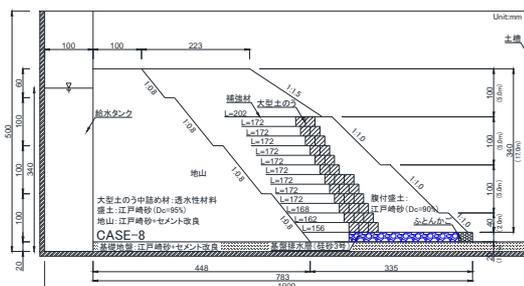
(c) CASE-3 (壁面材+土のう (不透水))



(g) CASE-7 (安定勾配+土のう (不透水))



(d) CASE-4 (壁面材+土のう (2列, 3列))



(h) CASE-8 (安定勾配+土のう (2列, 3列))

図-3 各実験ケースの断面図

ケールで1.0m)として13枚敷設した。

のり面勾配が1:0.5の腹付盛土の土留めには、高さ10mmのステンレス製のL型アングルを使用した。補強材とL型アングルとは接着剤を用いて接続した(写真-2)。

盛土材には江戸崎砂を用いた。盛土の締固めは、実際の現場条件を想定し、補強土箇所は締固め度95%<sup>7)</sup>、腹付盛土箇所(のり面勾配1:1.0)は締固め度90%<sup>7)</sup>の条件とした。本実験で使用した盛土材の物性を表-3に示す。基礎地盤及び盛土の背面の地山は、江戸崎砂とセメントを重量比9:1(江戸崎砂:セメント)の割合で混合したセメント改良土を用いて堅固な地山条件を再現した。



写真-1 大型土のう 写真-2 壁面材と補強材

表-3 盛土材の物性値

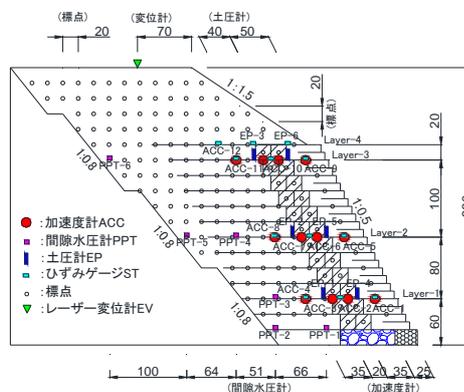
項目	Dc=90%	Dc=95%
土粒子の密度	2.746	
粒度分布	礫分 (%)	—
	砂分 (%)	91.7
	シルト分 (%)	3.7
	粘土分 (%)	4.6
均等係数U	3.09	
透水係数(cm/s)	$1.10 \times 10^{-4}$	$1.02 \times 10^{-3}$
最大乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.761	1.578
最適含水比(%)	18.0	
湿润密度(kN/m <sup>3</sup> )	17.27	18.27
粘着力c(kN/m <sup>2</sup> )	5.15	14.21
せん断抵抗角φ(°)	33.72	35.76

### (3) 実験概要

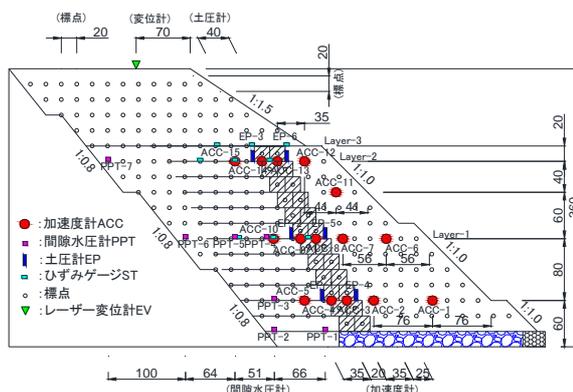
本実験では、最大遠心加速度が100Gまで対応可能なビーム型の動的遠心载荷実験装置を用いた。実験は遠心加速度を50Gまで上昇させ、模型の状態が安定した後に盛土背面の地山からメチルセルロール水を盛土内に供給した。盛土内の間隙水圧が安定した後に入力加速度150gal, 250gal(レベル1相当), 350gal, 500gal(レベル2相当)の正弦波(2.0Hz)

を20波ずつ段階的に加振した。

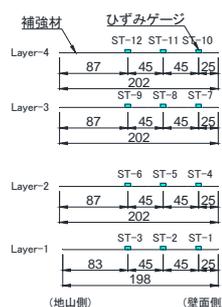
計測項目は、盛土天端の沈下、標点による盛土及び大型土のうの変位、大型土のう背面及び前面の土圧、盛土内の応答加速度、間隙水圧及び補強材のひずみとした。計器の配置を図-4に示す。



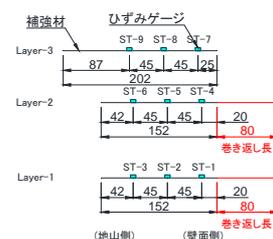
(a) 補強土タイプ



(b) 安定勾配タイプ



(c) ひずみゲージ  
(補強土タイプ)



(d) ひずみゲージ  
(安定勾配タイプ)

図-4 計器配置図

### (4) 実験結果

#### 1) 盛土の挙動

写真-3にCASE-6の実験後の状況を示す。本実験では、入力加速度500galを加振した際に、安定勾配タイプ(CASE-5~8)の腹付盛土にはすべり破壊が生

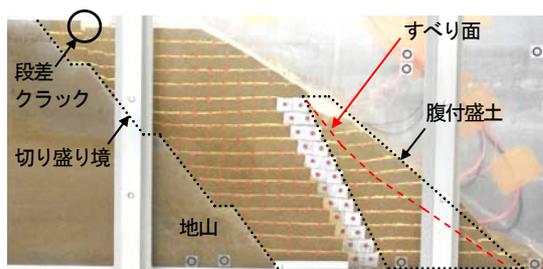
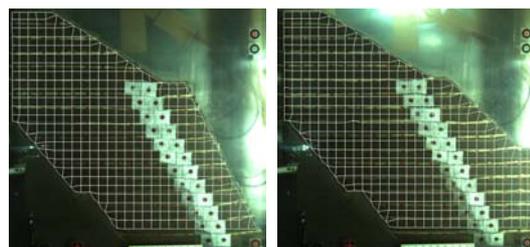


写真-3 加振後の状態 (CASE-6)



(a)補強土タイプ (b)安定勾配タイプ  
図-5 解析範囲 (メッシュ)

じた。CASE-5においては嵩上げ盛土も含めてすべり破壊が生じた。一方、補強土タイプ (CASE-1~4) では変状が生じたものの、すべり破壊までには至らなかった。また、全てのケースにおいて、天端の切り盛り境付近には段差・クラックを確認した。

更に加振後における盛土の挙動を詳細に把握するために画像解析を実施した。補強土タイプ及び安定勾配タイプの解析範囲 (メッシュ) を図-5に示す。

図-6は画像解析より求めた入力加速度 250gal 加振後と 350gal 加振後における盛土の相対変位分布を、図-7は同条件におけるせん断ひずみ分布を示す。何れのケースにおいても、土粒子の変位量は盛土下部では微小であり、盛土上部で多く生じる傾向を示した。安定勾配タイプでは、腹付盛土にも変位が多く生じる傾向を示した。大型土のうは、前列 (腹付盛土側) と後列 (地山側) の大型土のう及び大型土のう設置箇所付近の盛土と同程度の変位を示しており、各々の相関係数を求めると 0.9 程度の強い相関性が認められた (図-8、表-4)。これらの結果より、大型土のうは盛土と一体的に挙動していると考えられる。

補強土タイプでは、CASE-3、CASE-2、CASE-4の順で、安定勾配タイプでは、CASE-7、CASE-8、CASE-6の順で変形が多く生じた。これらの結果より、盛土の変形は盛土の湿潤状態に影響し、排水性を有する大型土のうの適用は、盛土の変形抑制効果に有効であることが確認できた。大型土のうの配列については、補強土タイプでは配列の増加により変形抑制効果が発揮されたが、安定勾配タイプでは明確に得られなかった。これは、CASE-8で計測された過剰間隙水圧がCASE-6よりも高い値を示していたことから、変形が抑制されなかったと考えられる。

せん断ひずみ分布は、何れのケースにおいても補強材が敷設されていない地山付近の盛土箇所や腹付盛土 (安定勾配タイプ) で顕著に見受けられ、無補強領域に応力が集中したと考えられる。

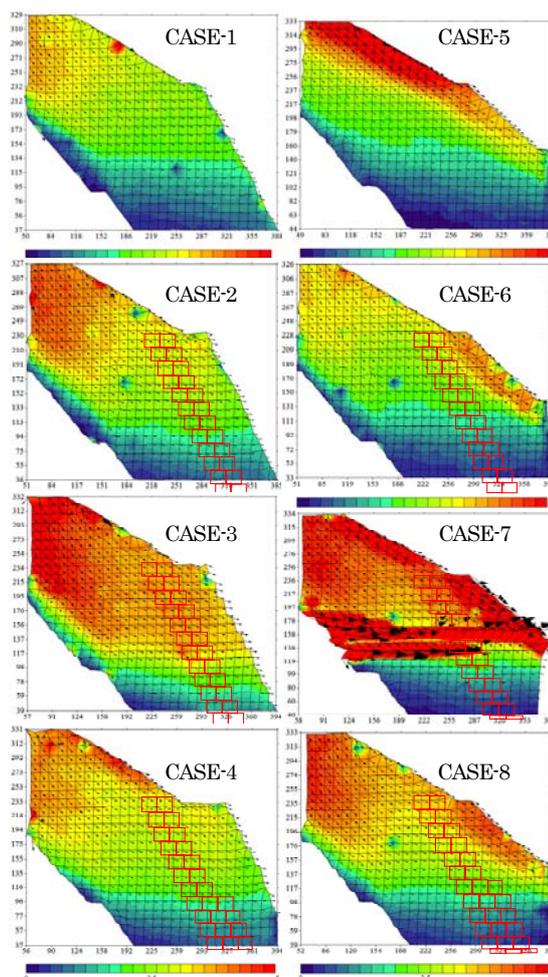


図-6 相対変位分布

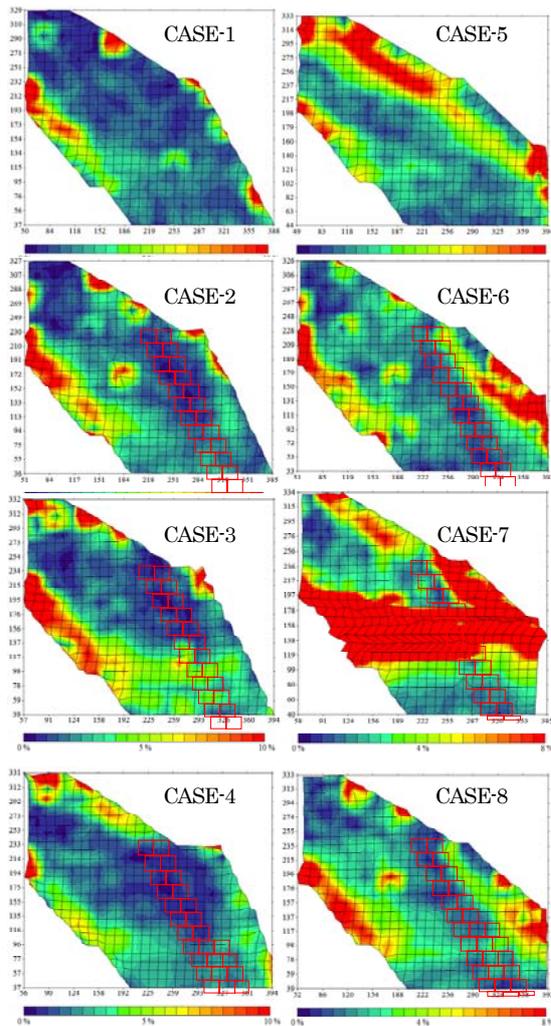


図-7 せん断ひずみ分布

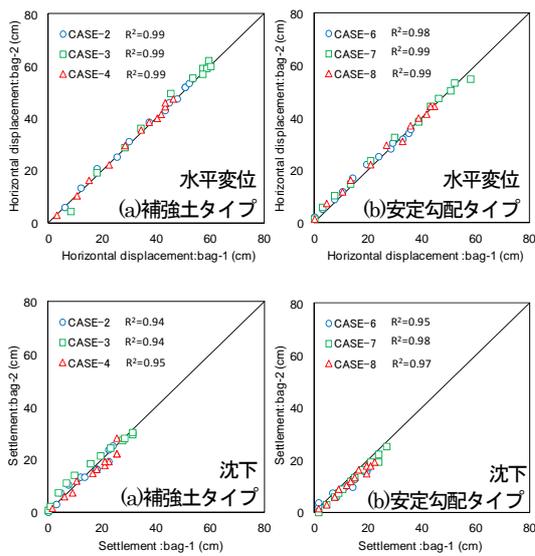


図-8 隣接する大型土のうの挙動

表-4 相関係数 (合変位)

ケース	合変位	
	背面盛土-土のう	土のう-腹付盛土
CASE-2	0.99	0.99
CASE-3	0.99	0.99
CASE-4	0.98	0.99
CASE-6	0.99	0.89
CASE-7	0.99	0.87
CASE-8	0.98	0.91

図-9は、実験終了後に計測した天端の沈下を、写真-4は入力加速度500gal加振後の天端状況を示す。何れのケースも若干のばらつきは生じているが同様な沈下形態を示した。天端の切り盛り境付近で発生した段差・クラックは、全てのケースにおいてほぼ同じ箇所に発生し、沈下量は概ね0.5~1.0m程度であった。段差・クラックが発生した箇所は、図-10に示す地山(切土面)の最下段及び2段目の切土面の延長線上の範囲(せん断領域)であり、段差・クラックの発生は大型土のうや補強材が影響したものではないと考えられる。

嵩上げ盛土ののり面は、補強土タイプにおいてはCASE-4で、安定勾配タイプではCASE-6及びCASE-7においてクラックが多く確認された。一方、CASE-1及び補強材が敷設されていないCASE-5は、のり面にクラックがあまり発生しなかった。これは、盛土の基盤排水層が底盤全面に設置されていることによる排

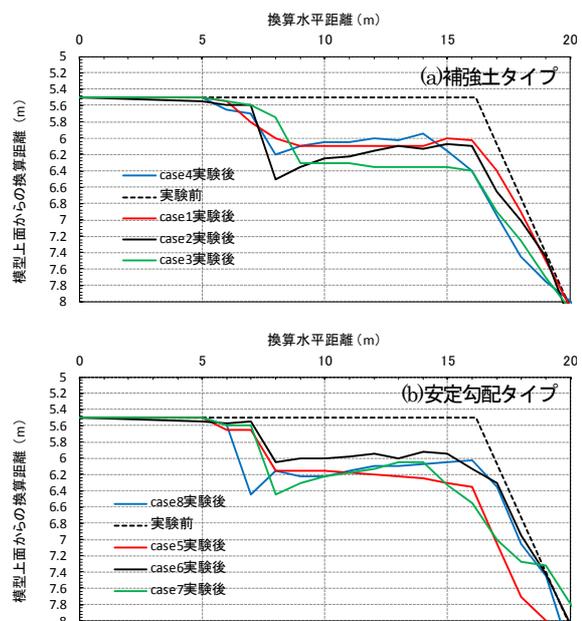


図-9 天端の沈下状況 (断面図)

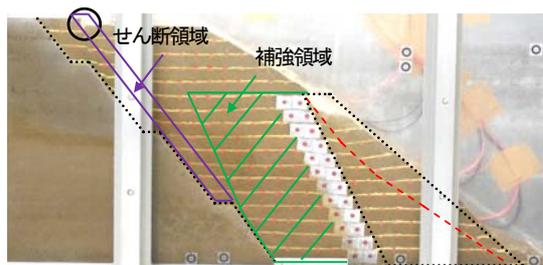


図-10 段差発生箇所

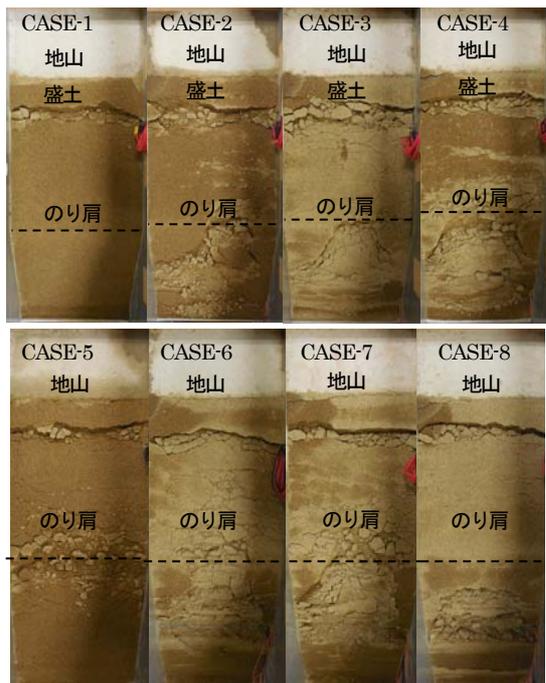


写真-4 天端の状況 (500gal 加振後)

水条件の影響や、表層崩壊の発生により変形がすべり面に集中したことが主な要因であると考えられる。

盛土の天端に発生した沈下は、大型土のうの排水性能や大型土のうの配列といった実験条件の違いによる影響は見受けられなかった。

### 2) 大型土のうの変形

図-11 は、入力加速度 500gal 加振後における後列(地山側)の大型土のうの水平変位を示す。ここで、CASE-1 の水平変位については、CASE-2 で設置した大型土のうの標点と近接した標点の挙動を捉えた。大型土のうの変形は、補強土タイプと安定勾配タイプで異なる挙動を示した。補強土タイプでは盛土下部からはらみ出す変形を、安定勾配タイプでは盛土下部の水平変位は抑制され、中段あたりから水平変位が増加する変形を示した。これは、大型土のう前面に腹付けした盛土の押え効果によるものと考えられる。最も水平変位が生じたケースは CASE-3 及び

CASE-7 であり、盛土全体の挙動と同様に大型土のうの排水性能に影響していると考えられる。補強土タイプにおける大型土のうの配列については、CASE-4 の水平変位が CASE-2 よりも若干程度抑制されており、大型土のうの配列の増加による効果が確認できた。一方、安定勾配タイプにおける大型土のうの配列については、CASE-8 の水平変位が CASE-6 よりも卓越しており、大型土のうの配列の増加による変形抑制効果は明確に得られなかった。これは、盛土の挙動で示した通り、盛土内の過剰間隙水圧の影響によるものと考えられる。補強土タイプの最大水平変位は、34~62cm 程度の範囲で生じており(大型土のうの設置高さで正規化した場合: 0.02~0.05)、CASE-1 と CASE-3 では 1.8 倍程度の差が生じた。安定勾配タイプの最大水平変位は 35~55cm 程度の範囲で生じており(大型土のうの設置高さで正規化した場合: 0.02~0.03)、CASE-6 と CASE-7 の最大水平変位は 1.6 倍程度の差が生じた。

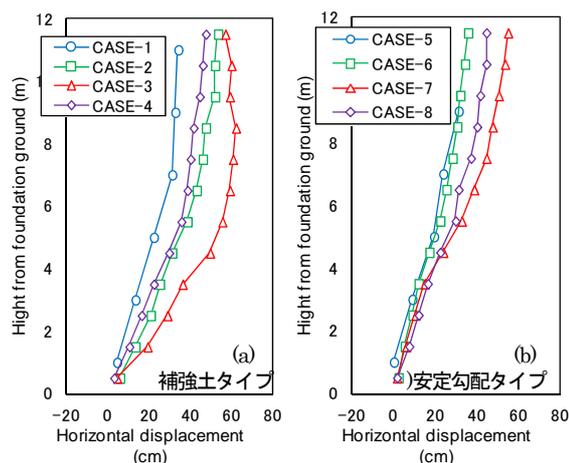


図-11 大型土のうの水平変位 (後列)

### 3) 応答変位

図-12 は、例として入力加速度 500gal 加振時における CASE-2 及び CASE-6 の隣接した大型土のうの応答変位を示す。前列と後列の大型土のうの応答変位は、振幅の大きさが異なるものの、概ね同位相の傾向を示した。補強土タイプでは、CASE-3 を除き、盛土上部と中段の応答変位は概ね同位相の傾向を示した。一方、安定勾配タイプでは、CASE-5 を除き、盛土上部のみ同位相の傾向を示した。大型土のう背面の盛土と大型土のうの応答変位についても、補強土タイプでは、盛土上部と中段で概ね同位相の傾向を示しており、一体的な挙動を示していると考えられる。但し、大型土のう背面の盛土と大型土のうの振幅には差が生じており、大型土のうと盛土間には隙

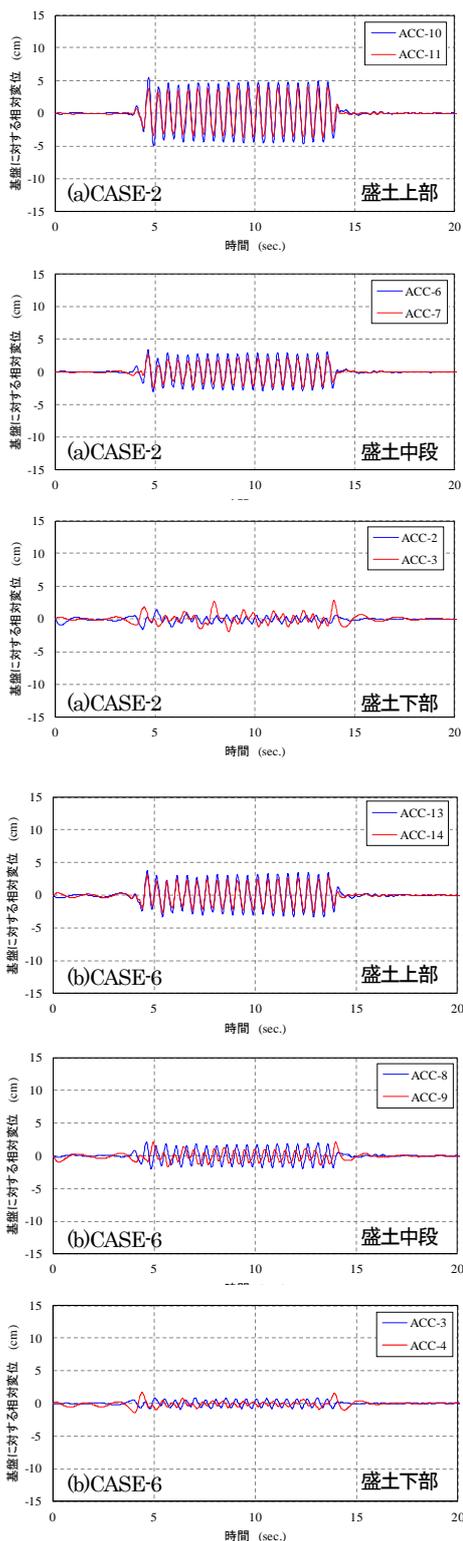


図-13 隣接する大型土のうの応答変位

間が生じている可能性が懸念される。安定勾配タイプでは、前列と後列の大型土のうの挙動と同様に盛土上部のみ同位相の傾向を示した。これらの結果より、前列と後列の大型土のうや、大型土のう背面の盛土と大型土のうとの応答変位は、腹付盛土の影響

を受ける傾向が見受けられた。また、補強土タイプでは、大型土のうの排水性能が不透水となることで位相差が生じる傾向が確認できた。

#### 4) 間隙水圧

図-14は、遠心場50Gを与えた状態を初期値とし、水の供給開始から加振直前に至るまでの各ケースにおける間隙水圧の時刻歴を示す。(a)は盛土底盤付近に設置した間隙水圧計PPT-2で、(b)は盛土中段付近に設置した間隙水圧計PPT-4で計測した結果である。CASE-1及びCASE-5におけるPPT-2の間隙水圧の増加傾向は他ケースと比較して低い値を示し、且つ遅れて生じる傾向を示す。これはCASE-1及びCASE-5の基盤排水層は底盤前面に設けており、基盤排水層の領域の差によるものと考えられる。

CASE-3及びCASE-7の間隙水圧は他ケースと比較すると高い値を示す。この傾向は間隙水圧計PPT-1、PPT-2及びPPT-4で顕著に見受けられた。透水性を有する大型土のうの適用は間隙水圧の低下に有効であると考えられる。大型土のうの配列増加による効果については、本実験において顕著な結果は得られなかった。

図-15は、盛土底盤における地山との境界付近に設置した間隙水圧計PPT-2(実線)及び盛土の中間に位置する間隙水圧計PPT-4(破線)の各加振時における過剰間隙水圧(最大値)の変化を示す。補強土タイプ及び安定勾配タイプとも、CASE-2とCASE-3のPPT-2で計測された過剰間隙水圧を比較すると、CASE-3で計測された過剰間隙水圧は高い値を示した。間隙水圧計PPT-1及びPPT-3においても同様な傾向が得られており、排水機能を有する大型土のうの適用が過剰間隙水圧の抑制に有効であることが確認された。CASE-2とCASE-4を比較した場合、補強土タイプでは、若干ではあるがCASE-4の過剰間隙水圧が低い値を示しており、大型土のうの配列増加による効果が確認された。安定勾配タイプでは、CASE-7及びCASE-8のPPT-2で計測された過剰間隙水圧は同程度の値を示しており、CASE-6で計測された過剰間隙水圧より高い値を示した。CASE-8の過剰間隙水圧が高い値を示した要因については不明確だが、排水性能を有する大型土のうの適用により、過剰間隙水圧は抑制される(CASE-6)傾向が得られていることから計測誤差によるものと考えられる。

#### 5) 土圧

図-16は、入力加速度500gal加振時における大型土のう背面(地山側)と前面(腹付盛土側)に設置

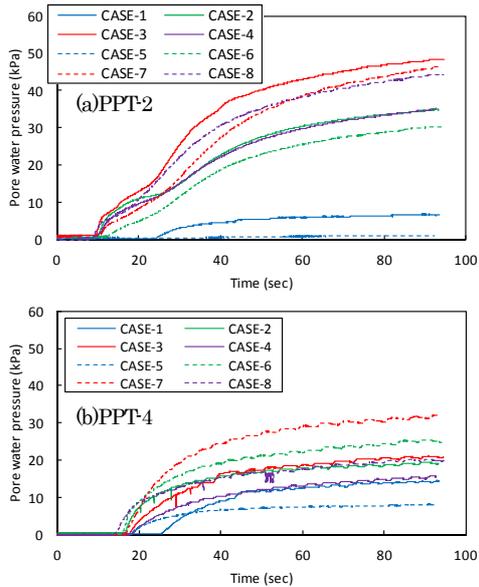


図-14 間隙水圧の時刻歴

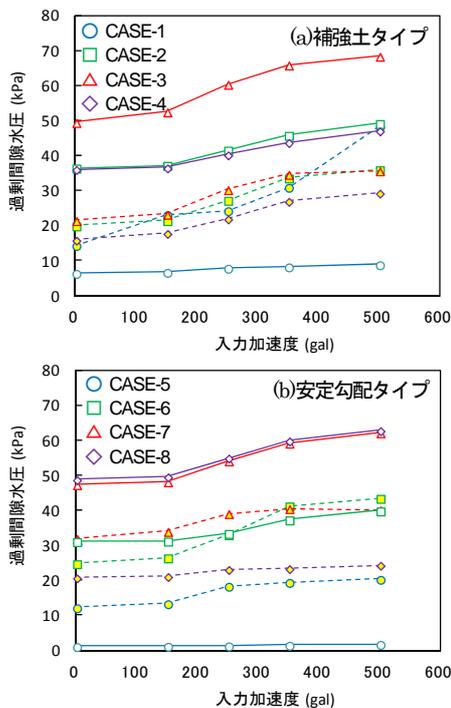


図-15 過剰間隙水圧 (最大値)

した土圧計で計測された最大土圧の分布(高さ方向)を示す。補強土タイプ及び安定勾配タイプとも、地山側で計測された土圧は、大型土のうを設置していないCASE-1及びCASE-5と比較して高い値を示し、大型土のうが抗土圧構造物としての機能を有していることが示唆された。地山側と腹付盛土側の土圧分布については、CASE-1及びCASE-5を除き、何れのケースも概ね対照的な分布を示し、地山側の土圧は盛土中段で最大となる傾向を示した。また、盛土の上部では地山側と腹付盛土側の土圧が同程度の値を

示した。

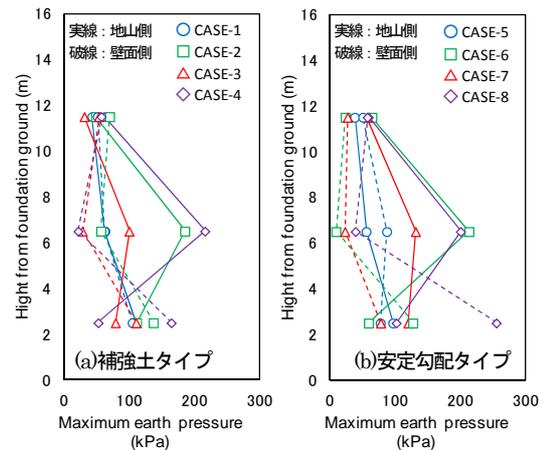


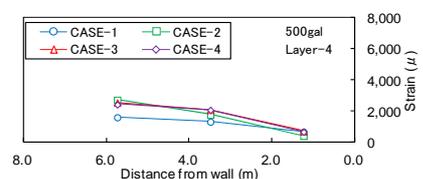
図-16 土圧分布 (高さ方向)

6) 補強材のひずみ

図-17は、入力加速度500gal加振時における各層(高さ方向)の補強材の最大ひずみ分布を示す。何れの腹付盛土形状において、大型土のう間に設置したひずみは低い値を示す傾向にある。特に安定勾配タイプでは顕著である。これは、隣接する大型土のうが一体的に挙動するため、大型土のう間の補強材は拘束された状態となり、ひずみの発生が抑制されたと考えられる。また、補強材のひずみは大型土のうを残置することで大型土のう背面の盛土箇所で高い値を示す傾向にある。

補強土と嵩上げ盛土との境に敷設した補強材のひずみ(補強土タイプ: Layer-4, 安定勾配タイプ: Layer-3)については、何れの腹付盛土形状において同様なひずみ分布を示し、盛土の奥行き方向に向かって増加する傾向を得た。最上層に敷設した補強材は、既往の実験より、嵩上げ盛土のすべり破壊に伴い最上段の大型土のうの水平変位に悪影響を及ぼしたことから本年度では対策工として敷設した補強材であり、補強材のひずみが発生していること、既往の実験で生じた挙動が確認されていないことから、対策工としての効果が得られたものと考えられる。

補強材のひずみは、大型土のうの有無による影響は確認されたものの、大型土のうの排水性能や配列による影響については確認できなかった。



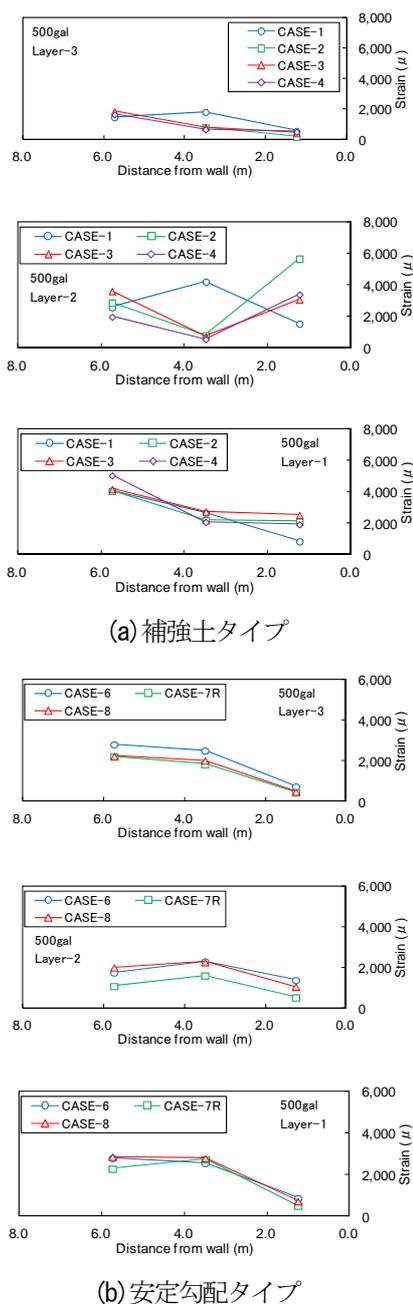


図-17 補強材のひずみ分布 (500gal 加振時)

#### 4. 全体のまとめ

今年度に得られた研究結果を以下に総括する。

##### (1) のり面形状による影響

- ・ 腹付盛土が安定勾配タイプの構造では、入力加速度 500gal 加振時に腹付盛土箇所ですべり破壊が生じる。
- ・ 腹付盛土が補強土タイプの構造では、大型土のうの水平変位ははらみ出す変形を示す。
- ・ 腹付盛土が安定勾配タイプの構造では、大型土のうの水平変位は盛土下部では抑制され、盛土中段から水平変位が増加する変形を示す。

##### (2) 排水条件による影響

- ・ 大型土のうの排水条件が透水性を有する場合、盛土の変形を抑制する効果が得られる。
- ・ 大型土のうの排水条件が透水性を有する場合、盛土内への浸入水による間隙水圧の増加割合は低減できる。
- ・ 加振時における過剰間隙水圧の抑制効果が期待できる。

##### (3) 土のう配列形状による影響

- ・ 腹付盛土が補強土タイプの構造では、大型土のうの配列を増やすことで変形抑制効果が得られる。
- ・ 加振時における過剰間隙水圧の抑制に対する効果は期待できる。

以上より、実現場の施工条件等を考慮し、のり面形状、排水条件、土のう配列形態等による影響を確認した。これらの結果を踏まえて、来年度（最終年度）は以下について検討・実施していく予定である。

- ① 実現場に適用可能な復旧モデルの検討抽出
- ② 実大モデル構築による施工性の検証、交通荷重等による影響確認
- ③ 長期的耐久性を検証するための実大モデルへの計器等の検討・設置

また過年度の成果等を踏まえ、大型土のうを用いた恒久的な災害復旧対策工法マニュアル（案）として取り纏めたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 堤祥一, 小橋秀俊, 藪雅行: 盛土崩壊における文献・災害復旧工事記録の実態調査, 第 29 回日本道路協会, 2011 年 11 月
- 2) 堤祥一, 小橋秀俊, 藪雅行: 二次災害を考慮した大型土のうの遠心模型実験, 第 29 回日本道路会議, 2011 年 11 月
- 3) 小橋秀俊: 道路土工における災害復旧の今後の課題, 地盤工学会誌, Vol. 59 No11, 2011 年 11 月
- 4) 宮川智史, 久保哲也, 森芳徳, 宮武裕昭: 大規模な土砂災害に対応した効率的な復旧方法の検討, 第 28 回ジオシンセティックスシンポジウム, 2013 年
- 5) 久保哲也, 宮川智史, 森芳徳, 宮武裕昭: 土砂災害により被災した高盛土の効率的な復旧方法に関する検討, 第 30 回日本道路会議, 2013 年
- 6) 宮川智史, 久保哲也, 宮武裕昭: 大型土のうを用いた災害時の復旧工法に関する遠心模型実験, 第 68 回土木学会年次学術講演会, 2013
- 7) (一財) 土木研究センター: ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル, 2000 年

## STUDY ON NEW RESTORATION TECHNOLOGY FOR LARGE SCALE SEDIMENT DISASTER

**Budget** : Grants for operating expenses  
General account

**Research Period** : FY2011-2015

**Research Team** : Geology and Geotechnical  
Engineering Research  
Group(Construction  
Technology)

**Author** : MIYATAKE Hiroaki  
MORI Yoshinori  
Kubo Tetsuya

**Abstract** : In recent years, heavy rain and earthquakes have been causing increasingly greater damage to road earth structures such as road embankment. Such damage sometimes disrupts transportation systems, which may lead to more serious social impacts such as interrupted distribution of goods and isolated communities, if restoration cannot be done soon enough. Since disrupted transportation systems are expected to be restored as soon as possible after a disaster, it is important to select a construction method that ensures efficient, quick restoration of damaged transportation systems in consideration of needs and condition of affected areas.

Previous research has confirmed that large sandbags are often selected to restore collapsed road embankment and other damage in emergency restoration at affected sites because they are highly workable and materials for them are easily available.

In this research, focusing on this usability of large sandbags in emergency restoration, we examine their applicability to full-fledged restoration.

Large sandbags demonstrate high workability in emergency restoration, but it has not been proven that they ensure the stability of structures in large-scale restoration such as building a high embankment.

We conducted dynamic centrifuge model tests and confirmed the deformation behavior and stability of structures using large sandbags in emergency restoration through our previous research up to last year.

We also suggested and confirmed the applicability of a structures for full-fledged restoration, in which large sandbags used in emergency restoration are left as they have been placed and used in full restoration with reinforced soil.

In this year, we hold hearings with road administrators and restoration operators who experienced damage restoration in disaster areas. Based on that, we conducted dynamic centrifuge models tests, considering actual construction conditions.

The test results confirmed the applicability of large sandbags for full-fledged restoration, despite changes in deformation behavior depending on the presence or absence of drainage, placement of large sandbags, and surface condition of embankment slopes.

In this year, it experimented dynamic centrifugal model test with field condition of half-bank and half-cut embankment. As a result, it checked restoration embankment deformation value grows large when there is natural ground compared with no natural ground in restoration embankment, deformation mode changes when there is upper embankment.

**Key words** : embankment disaster, disaster restoration, large sand bag, centrifuge model test