

鉄道一般

車両

軌道

構造物

防災

電力

信号通信
情報

材料

環境

人間科学

浮上式鉄道

被災した盛土を 早期に強化・復旧させる

集中豪雨や大地震など、これまであまり経験していないような自然災害が数多く発生しています。これらの自然災害において、鉄道構造物は少なからず被害を受けており、それにより列車の安全性や定常運行などに影響をきたしています。

土を台形状に盛り立てて、その上に列車を走らせる盛土構造は自然材料である土を用いていること、特殊な施工機械が要らないことなどの理由により、古くから鉄道構造物において適用されており、現在でも多くの盛土が存在しています。当然ながら、地震や降雨の影響は盛土にも及ぶことがあり、橋梁やトンネルなど他の構造物と同様にできるだけ早期に、そしてよりよく復旧させることが重要となります。ここでは、自然災害により被災した盛土の新しい早期強化・復旧工法について紹介します。

盛土の被害

鉄道は連続的に連なる線状構造物であるため、たとえ1ヵ所でも不通区間が生じるとシステム全体に大きなダメージを与え、ライフラインとしての機能を喪失してしまいます。そのため、どの構造物においてもできるだけ早く復旧させ、従来の機能を復活させることが要求されます。図1は地震時における盛土の被災状況の例です。軌道を支えているはずの盛土が大きく壊れ(すべり)、軌道がはしご状に宙に浮いている様子がわかります。

盛土は、子供のころに作った砂山と同様に土を締め固めて作る構造物であることから、材料があれば比較的容易に復旧が可能な構造物です。しかし、極めて大きな崩壊であったり、良質な材料(土)が得られなかったり、材料や機械が搬入できなかったりと、被災規模や現場条件によっては復旧に多大な時間を要することになります。本復旧において時間がかかるため、一般的には列車の運転再開を最優先させ、一旦仮の構造物で復旧した後に本復旧を行うことが多いのが現状です。この場



小島 謙一
Kenichi Kojima
構造物技術研究部
基礎・土構造研究室
主任研究員
[専門分野] 地盤工学



図1 盛土の地震による被災状況



図2 大型土のう

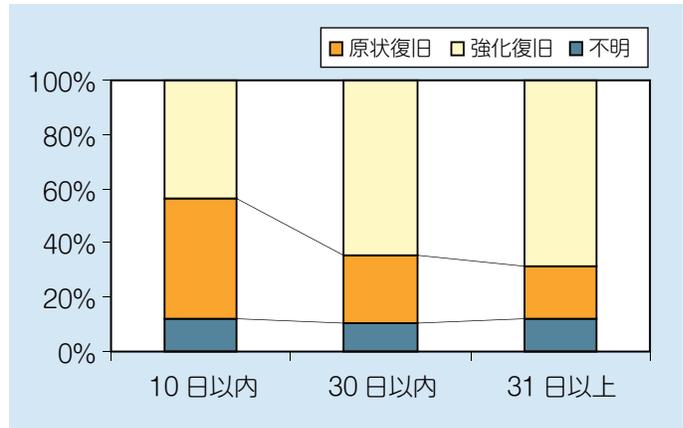


図3 復旧種別と復旧期間の関係

合、仮復旧において1m×1m×1m程度の大型土のう(図2参照)などの仮設材を土の代わりに用いて仮の盛土を作り、本復旧には大型土のうを撤去して新しい盛土を構築することになります。そのため、本復旧が完了するまでに多くの経費や時間がかかることとなります。また、復旧の内容によっても経費や時間は変わります。

図3に過去の被災時における復旧種別と復旧期間の関係を示します。復旧期間が長い場合ほど強化復旧(現状有している機能以上の盛土で復旧する)の占める割合が大きく、31日以上の復旧事例のうち60%は強化復旧が占めています。これは、強化復旧をおこなう場合には比較的、復旧期間が長くなってしまふことを表しています。逆に、復旧期間が短期の場合(10日以内)には原状復旧(被災前の盛土と同等の盛土で復旧)の割合が大きく、時間の要因が復旧方法にも大きく影響しています。今回検討した調査事例においては、全体の7割程度で強化復旧が行われています。これは、復旧にあたり被災により明確になった弱点ポイントの性能向上が重要視されていることを意

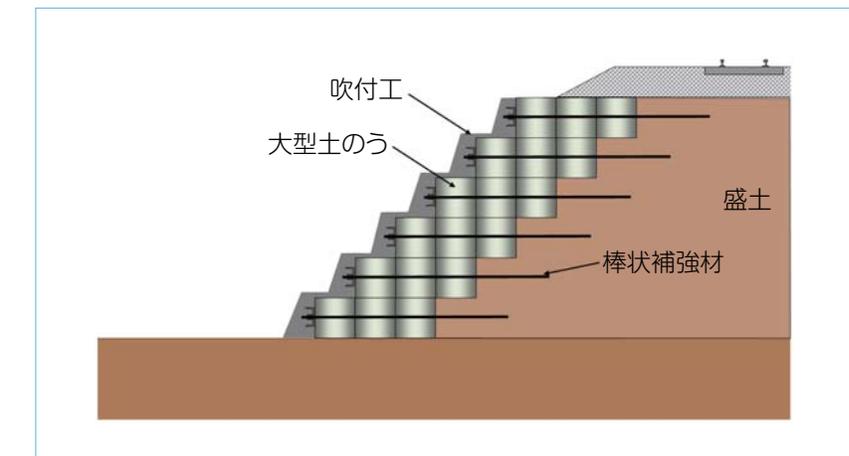


図4 提案工法のイメージ図

味しています。

そこで、早期に復旧することができ、また容易に強化する(被災前の構造物の性能よりも向上させる)ことを目的に、大型土のうと棒状補強材(図4参照)を併用した盛土の強化・復旧工法を提案しました。

新しい盛土の強化・復旧工法

盛土の復旧方法における課題としては、本復旧を実施するにあたり時間がかかってしまうため、仮復旧の必要性が生じてしまい、さらに時間やコストが増加する点や、弱点ポイントを強化する復旧が重要視されているものの、施工条件があまり良くない現場におい

て早期に実施可能な復旧工法がない点が挙げられます。これらの点を考慮すると、被災した盛土の「急速復旧」と「強化復旧」を同時に満足させる工法が必要であることが分かります。

提案した工法は、「急速復旧」として、仮設材の大型土のうを撤去せずそのまま利用し、大型機械や特殊な材料も必要ではない棒状補強材を用いて補強を施すものです。これにより、施工時間の短縮、材料の有効利用にも寄与するため経済的にも優れたものになります。具体的には、仮設材として使用した大型土のうに棒状補強材を用いて串刺し補強することで拘束性を高め、盛土としての安定性の向上を図る工法です。

表1 棒状補強材の種類と適用範囲

種類	有効径	施工機械
小径補強材	42～100mm	レッグハンマードリル、クローラドリルなど
中径補強材	100～300mm	ボーリングマシンなど
大径補強材	300～500mm	アンカー型、アーム型

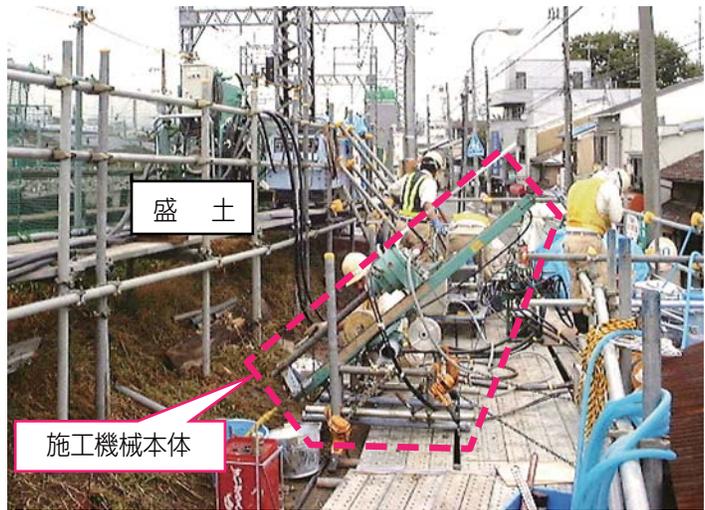


図5 棒状補強材の小型施工機

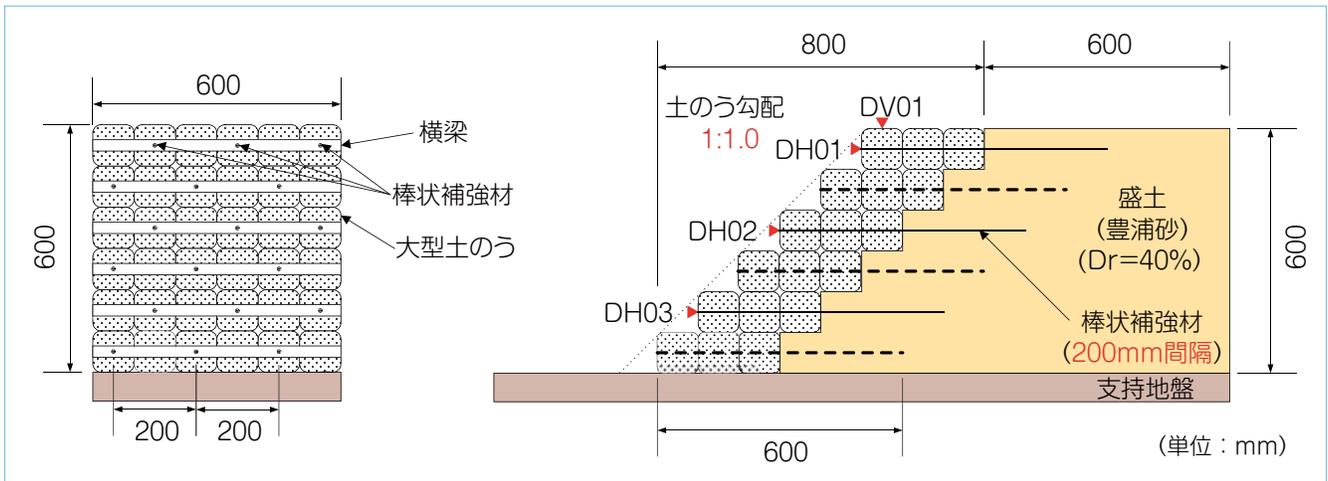


図6 模型盛土(ケース1)

大型土のうは、これまでも被災した盛土の復旧や護岸の応急処置などで広く適用されており、最近では、2009年8月11日の駿河湾の地震で被災した東名高速盛土の仮復旧対策に用いられています。棒状補強材による補強土工法は、既設盛土の耐震対策や切土の安定化対策、擁壁の補強など土構造物における様々な補強対策として適用されています。条件により施工機械や補強材径(表1参照)が選定できることや施工性が優れているなどの特徴を有しています。例えば、図5に示すような小型の機械でも施工可能であり、山間部など施工条件の悪い所でも適用が可能です。

模型振動実験による耐震性評価

模型振動実験による本工法の耐震性について示します。模型振動実験は、実際の盛土の1/10スケール(盛土の高さ:600mm)の模型を用いています。模型盛土は豊浦で採取された標準砂を使用し、地震時に崩壊することを想定した性能の低い盛土を再現しています。大型土のうにはポリエステル製シートを円筒状に加工したものを、棒状補強材にはリン青銅を使用しています。ここでは、棒状補強材による補強効果を定量的に求めるために、提案工法である大型土のうと棒状補強材による工法のケース(ケース1)と、大型土のうのみの「仮復旧」を想定したケース

(ケース2)の振動実験について示します。図6は模型の概要図です。入力波は、正弦波(5Hz, 20波)として、盛土が破壊に至るまで100galごとの段階加振を行っています。

図7にケース1における水平変位量、沈下量と入力加速度の関係を、図8にケース1の加振後の模型の状況(900gal終了時)を示します。ケース1では800galですべり線が確認され、変位が急激に増加しています。すべりが棒状補強材がある所を横切らずに発生していることや、900galという大きな加速度においても大崩壊にまで至っていないことが分かります。図9に大型土のうだけの場合であるケー

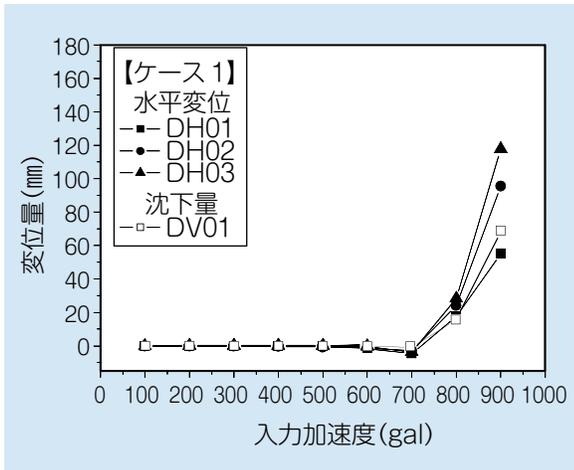


図7 加振に伴う変位(ケース1)

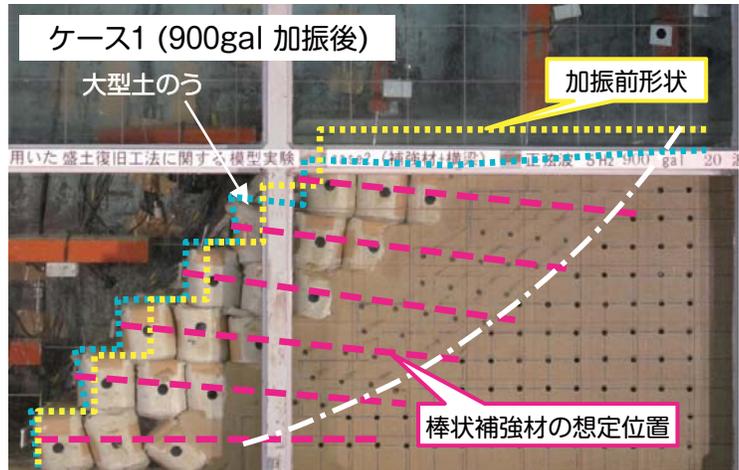


図8 模型振動実験終了後の状況(ケース1)

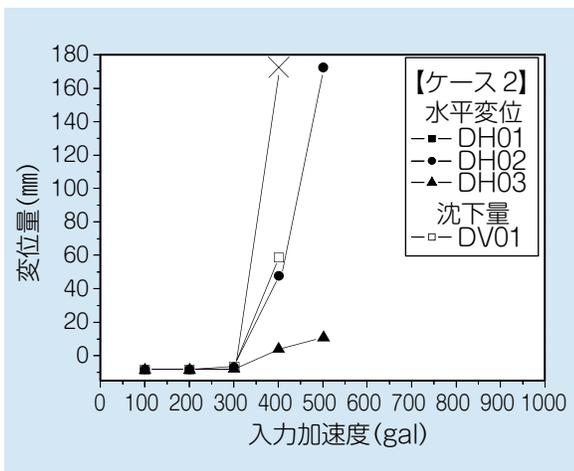


図9 加振に伴う変位(ケース2)

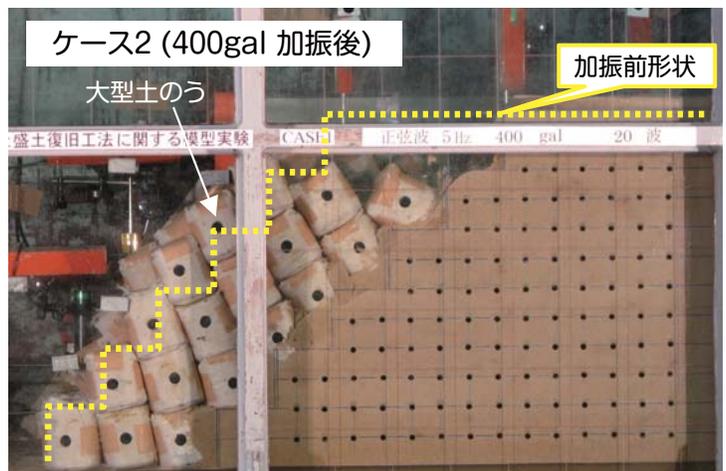


図10 模型振動実験終了後の状況(ケース2)

ス2の水平変位量、沈下量と入力加速度の関係を示す図10に、加振後の模型の状況(400gal終了時)を示します。大型土のうだけの場合には耐震性が低く、300gal加振から変位が発生しはじめ、図10からもわかるように400galでは、大型土のうが崩壊し、肩部の土のうが大きく斜め下方に変位して大変形に至っています。この結果から大型土のうと棒状補強材による提案工法は、非常に高い耐震性を有していることがわかります。

おわりに

地震や降雨などで被災した盛土を「早く」そして「強く」復旧させる工法

として、大型土のうと棒状補強材を併用した新しい復旧工法を紹介しました。本工法はこれまでの仮復旧に用いている大型の土のうをそのまま利用していること、必ずしも大型の機械がなくても施工できることなど、施工性や経済性、工期の面からみて非常に効率的です。また、ここで示したように高い耐震性も有しており、強い盛土という点においても適切な工法です。本工法を用いることにより、今後の災害復旧に少しでも寄与し、鉄道の安定輸送につながればと考えております。RRR

文献

- 1) 舘山勝, 松丸貴樹, 篠田昌弘, 小島謙一, 堀井克己: 新潟県中越地震での降雨の影響を考慮した被災盛土の検証解析, 鉄道総研報告, Vol.22, No.1, 2008
- 2) 小島謙一: 降雨や地震で被災した盛土の強化・復旧方法の開発, JREA, Vol.54, No.12, 2011
- 3) 後藤幸司, 小島謙一, 舘山勝: 被災した盛土の復旧に関する調査, 第44回地盤工学研究発表会, pp.1775~1776, 2009
- 4) 後藤幸司, 小島謙一: 大型土のうと棒状補強材を併用した盛土の復旧する模型振動試験, 第64回土木学会年次学術講演会講演概要集, pp.639~640, 2009