地山補強土工法の補強材打設間隔に関する検討～その１：遠心模型実験～

東京都市大学　学 高橋昌大　正○伊藤和也
東京都市大学大学院　学　渡田洋介
東京都市大学　正　田中剛　正　末政直晃
日鐵住金建材　正 岩佐直人　正　副田尚輝

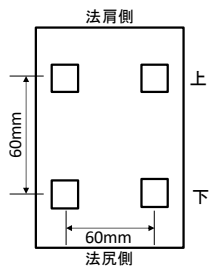
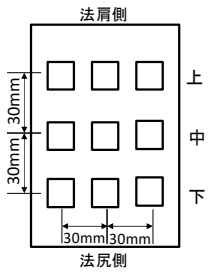
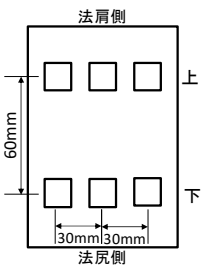
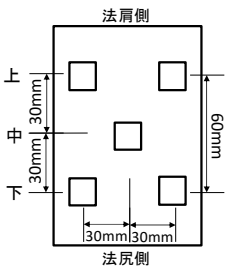
1.　はじめに

地山補強土工法は，自然斜面，切土法面あるいは既設盛土を対象として，ロックボルト等の補強材を複数挿入することで土と補強材の相互作用によって移動土塊を安定化させる工法であり，グラウンドアンカー工法などの抑止工に比べて簡易であり，狭い専有面積に自然環境をなるべく改変しないで経済的に短期間で建設できる特徴がある．一方，地山補強土工法では三次元的な小崩壊によるリスクも勘案して経験的に補強材の最小・最大間隔が示されている[たとえば1)]が，補強材打設間隔に関する検討は未解明な点が多いのが現状である。そこで，本研究は，無補強斜面と補強材を配置した模型斜面を用いた遠心加速度上昇実験を実施し，斜面の変形挙動について法肩・法尻変位の計測とビデオによる観察を行い，その際の補強材の打設間隔や配置が斜面崩壊に与える影響について把握した。なお，遠心模型実験結果を再現した FEM 解析については別報（その 2）に譲る[2)]。

2.　遠心模型実験概要

本実験で使用する遠心模型実験装置は，東京都市大学が所有するカップ式振り上げ遠心載荷装置である。仕様は，回転半径 350mm，回転数 100～510rpm，最大加速度 100G，搭載質量 100kg(全質量)，外径寸法 φ1550×1450mm である．用いた土槽は**図-1** に示すように高さ 200mm，幅 300mm，奥行き 80mm のアルミ製であり，その中に遠心加速度 50G 場で実

表-1 実験ケース及び崩壊時遠心加速度

ケース	1	2	3	4	5
補強材配置箇所	無補強				
崩壊時遠心加速度（G）	21	21	36	36	34

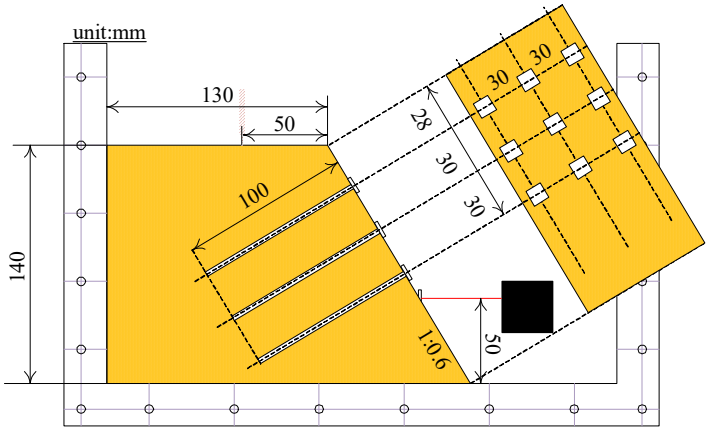


図-1 模型斜面

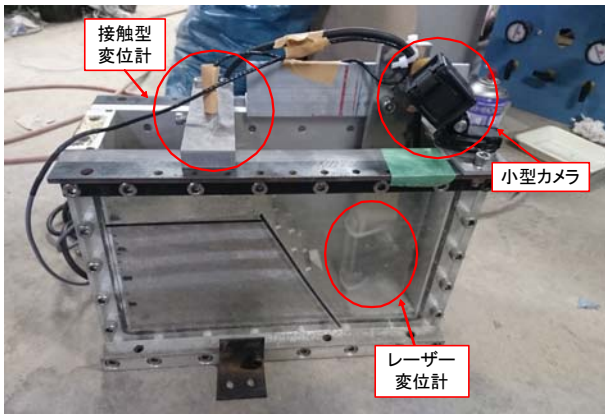


写真-1　計測機器の設置

キーワード　斜面安定，地山補強土工法，遠心模型実験
〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1　TEL:03-5707-0104 (代)　E-mail: itok@tcu.ac.jp

大換算すると 7m の斜面高さとなるように高さ 140mm，法面勾配 1:0.6 の模型斜面を作製した．地山補強土工法は，水平方向に補強材が配置される盛土補強土工法とは異なり，任意角度にて打設されることが多い．このような地山補強土工法の補強材設置をモデル化するために，模型斜面は側方方向からベロフラムシリンダーによって静的に締固めることによって作製した。模型斜面側面には，斜面の挙動を視覚的に観察できるようにするためスプレーで 10mm 幅の線を描いた。土槽と模型斜面の接触面には薄いアクリル板を入れ，潤滑スプレーによって摩擦による斜面への影響を低減した。さらに，土槽底部には模型斜面の滑りによる崩壊が起こらないように珪砂 5 号を塗付したアクリル板を設置した。試料は，青粘土と珪砂 7 号を混合したものであり乾燥重量比=1：3（含水比 18%，湿潤密度 1.45g/cm^3）のものを使用した．本研究にて実施した実験ケースは補強材の打設本数およびその配置に着目して**表-1** に示す 5 ケースである．使用した補強材は，直径 3mm のポリスチレンであり，その周囲に珪砂 7 号を塗付した．支圧板は 10mm×10mm×1mm のポリスチレン板を用いた。計測項目は**図-1** に示す位置の法肩鉛直変位と法尻水平変位である．また，斜面の挙動を観察するために小型カメラを設置した（**写真-1** 参照)。

3. 遠心模型実験結果

全てのケースで遠心加速度上昇中に斜面が崩壊した。崩壊した遠心加速度を**表-1** に記載した。遠心加速度～法尻水平変位関係を**図-2** に示す．法尻部に設置したレーザ変位計は斜面が崩壊した際に計測不能となっている。無補強のケース 1 と上下段に 4 本打設したケース 2 では水平変位と遠心加速度の傾向に違いが見られず，補強効果がほとんどなかった。一方，ケース 2 の中段中列に 1 本追加打設したケース 5 ではケース 2 と比べて水平変位が抑えられ，崩壊遠心加速度も大きくなった．これはケース 5 では補強材間隔が狭くなったことにより，すり抜けを抑制できたため，水平変位も小さくなったものと考えられる. 上下段に 3 本ずつ打設したケース 4 と，最大本数打設したケース 3 では水平変位と遠心加速度の関係にほとんど相違がなく，ほぼ同じ遠心加速度で崩壊に至った．そのため，ケース 3 とケース 4 では同等の補強効果であったと考えられる．

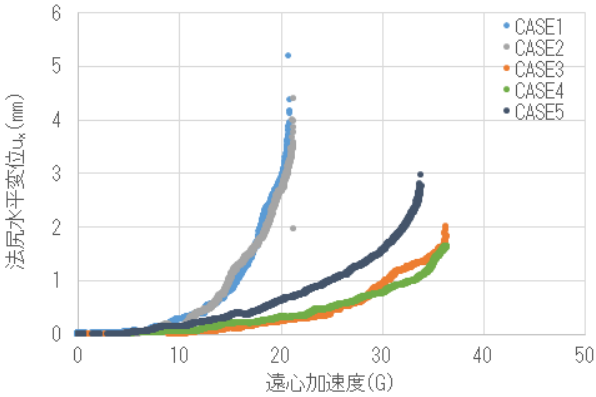


図-2 遠心加速度～法尻水平変位関係

次に，遠心加速度～法肩鉛直変位を**図-3** に示す。全てのケースにおいて，10G 程度から徐々に沈下する傾向を示した．また補強されているケースにおいても，無補強のケースよりも沈下量が大きくなる傾向が見られた．なおケース 2 やケース 3 では急激な沈下が生じているが，これは法肩に発生した亀裂に接触型変位計のロッドが挟み込んだことによるものである．

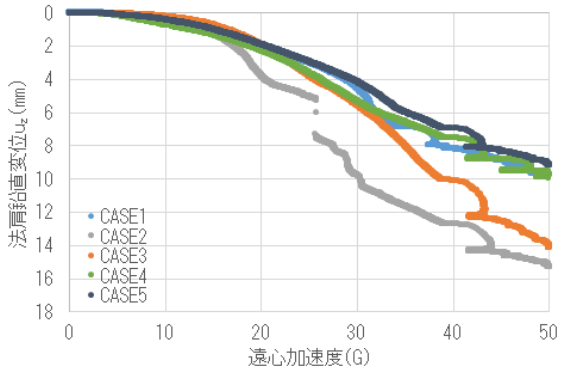


図-3 遠心加速度～法肩鉛直変位関係

最後に，法尻水平変位～法肩鉛直変位を**図-4** に示す。無補強のケース 1 では崩壊直前において鉛直変位より水平変位が大きく孕みだしている様子が見られた。一方，法尻水平変位の傾向がケース 1 と類似していたケース 2 では，ケース 1 より崩壊直前の孕みだしが抑えられており，補強材打設による補強効果がある程度あったことが伺える。また補強材の増加に伴い，法肩鉛直変位に対する法尻水平変位が小さくなる傾向を示しており，法尻水平変位だけでは区別出来なかったケース 3 とケース 4 も補強効果に違いが見られた。

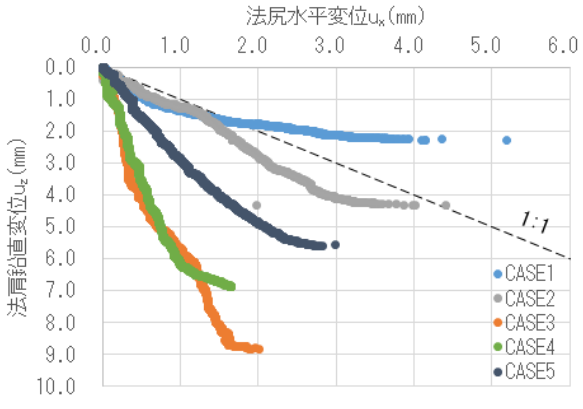


図-4 法尻水平変位～法肩鉛直変位関係

4. まとめ

地山補強土に対して遠心加速度上昇実験を行った結果，斜面変形を拘束可能な適切な配置や間隔があることが分かった。

参考文献

1) 公益社団法人 地盤工学会，地山補強土工法 設計・施工マニュアル，丸善出版， 2011.
2) 渡田洋介ら：地山補強土工法の補強材打設間隔に関する検討～その 2：有限要素解析によるシミュレーション～，土木学会年次学術講演会（投稿中）