転動，流動した岩塊，土砂のリスク評価に向けた検討(1)
-岩塊，土砂の転動，流動衝撃試験の概要-

鉄道総合技術研究所　正会員　○獅子目　修一，阿部　慶太，渡辺　健治，中島　進
東電設計　中瀬　仁
元　原子力安全基盤機構　正会員　中村　英孝，村田　雅明
日本大学　正会員　中村　晋
東京都市大学　正会員　吉田　郁政

１．はじめに

重要構造物である原子力施設へのリスク評価においては，斜面安定性評価に加え，想定を超える地震動が作用した際に斜面が崩壊した後の岩塊，土砂の挙動評価も重要である．そこで，筆者らは斜面が崩壊後の岩塊および土砂の挙動に着目し，連続した角度の異なる 2 種類の大型斜面を構築し，岩塊模型と土砂模型を用いた大型転動・流動実験 [1)]を行った．本報告では，20cm 径の岩塊模型に関する実験結果について述べる．その他の内容については文献 1）を参照のこと．

２．転動実験の概要

２．１　大型斜面および反力壁

図-1 に大型斜面の全体写真を示す．大型斜面は，幅 5.0m，長さ 5.0m の 43 度勾配斜面，長さ 5.7m の 29 度勾配斜面および長さ 7.5m の平坦部からなり，底面構造は，盛土表面にコンクリート吹付け工を行い，その上に PC 板を敷設した構造である．図-2 に反力壁と荷重計の写真を示す．岩塊転動実験の際，反力壁前面に，受け面 0.5m×0.5m，容量 1.0MN の荷重計を 1 個設置した．なお，岩塊用荷重計は衝突方向に加え，衝突直交方向と上下方向も計測できるものとした．また，反力壁背面にはレーザー変位計を 3 個設置し，衝突時に反力壁が変位していないことを確認した．

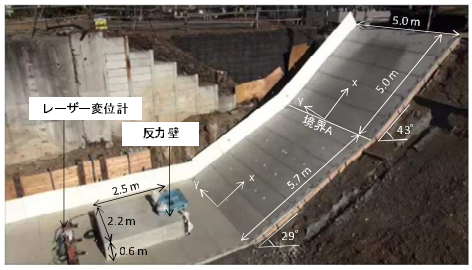


図-1　大型斜面模型全景

図-2　反力壁全景

(a)球形　(b)塊状　(c)板状
図-3　20cm 径岩塊模型

２．２　岩塊模型

20cm 径岩塊模型は，図-3 に示すように，球形，塊状および板状の 3 種類の形状のものを，繊維を混合した高強度グラウト材で製作した．また，後述する画像解析を実施できるように，模型に直径約 5.0cm 標点を複数点描写した．

図-4　画像解析用カメラ設置状況

２．３　画像解析による計測

岩塊転動を三次元的に計測するため，複数台の高速度，高解像度カメラ（サンプリング周波数：150kHz）を用いて撮影を行った（図-4）．そして，撮影した画像を用いた PTV 法による画像解析を実施し，標点を追跡して岩塊模型の挙動を計測した．計測項目としては，岩塊の変位，速度の時刻歴とした．

２．４　岩塊模型の投入方法

20cm 岩塊模型の投入は，斜面より 1.0m の高さから手落としで自由落下させた．

キーワード　岩塊，転動実験，画像解析
連絡先　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所　構造物技術研究部　TEL 042-573-7261

3．実験結果一例

本実験は 20cm 径岩塊模型を用いて，反力壁無 12 ケース，反力壁有 9 ケースの転動実験を実施した．実験結果の一例を以下に示す．

図-5 に反力壁無 20cm 径塊状岩塊模型のケースについて，斜面部側面撮影で得られた，43°，29°斜面での変位と速度の軌跡を示す．この結果，43°，29°斜面の境界部で大きく跳ね返りが生じた後，29°斜面にて，ランダムに跳ね返り挙動が生じていることが分かる．跳ね返りに伴い，x 方向，y 方向とも速度に増減が見られる．これより，岩塊の転動により，速度はランダムに変動することが分かる．

次に，同形状の平坦部における転動および滑動した場合の挙動を図-6 に示す．転動した場合は，速度の x 方向成分は速度低下が遅く，y 方向成分は岩塊上昇に伴い，正方向に増加し，下降に伴い，負方向に増加している．滑動した場合は，速度の x 方向成分は速度低下が早く，y 方向成分は速度変化が見られない．これより，転動と滑動では、岩塊の挙動が異なっており，転動した場合，岩塊の到達距離は相対的に大きくなると推定できる．

図-7 には，各斜面における速度を示す．43°，29°斜面においては滑動，転動ケースに大きな差は見られないが，平坦部では，滑動ケースの方が，速度が小さくなる挙動を示した．これは，岩塊の滑動による摩擦力が生じたためと言える．

図-8 に球形岩塊模型の荷重履歴を，図-9 には塊状岩塊模型の荷重履歴を示す．球形模型では衝突方向の衝突荷重が他方向より卓越する一方，塊状模型では衝突方向以外の方向についても荷重が相対的に大きい．これより，岩塊が構造物に衝突した際は，塊状形状の方が多方向に荷重が作用すると考えられる．なお，板状岩塊の場合では，塊状岩塊と同様な傾向が見られた．

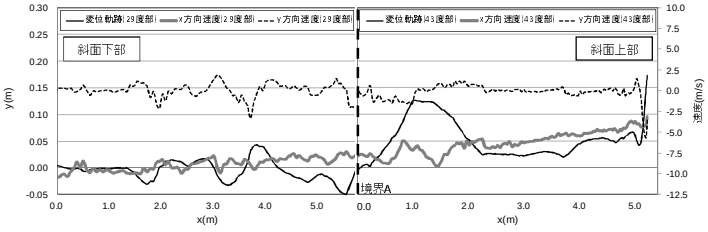
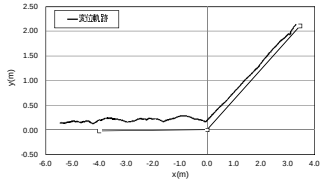
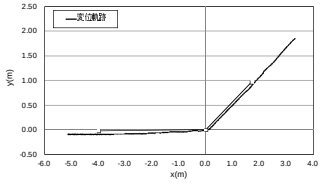


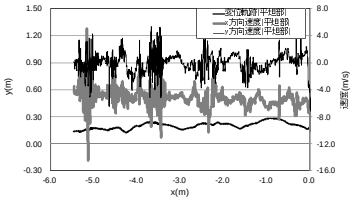
図-5 20cm 径塊状岩塊の変位・速度軌跡

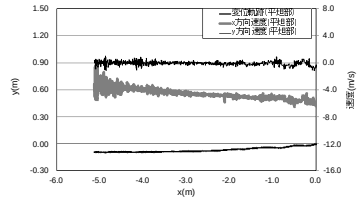


(a) 転動時の変位軌跡



(c) 滑動時の変位軌跡





(b) 転動時の変位・速度軌跡　(d) 滑動時の変位・速度軌跡

図-6 20cm 径塊状岩塊の平坦部における変位，速度

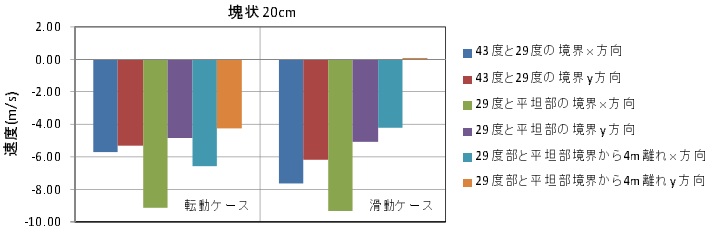
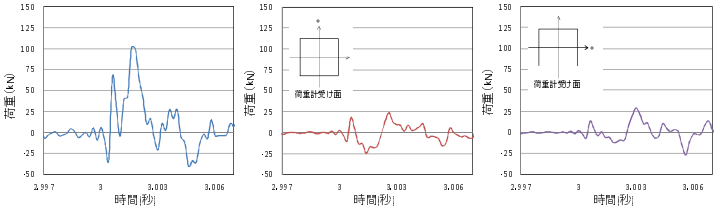
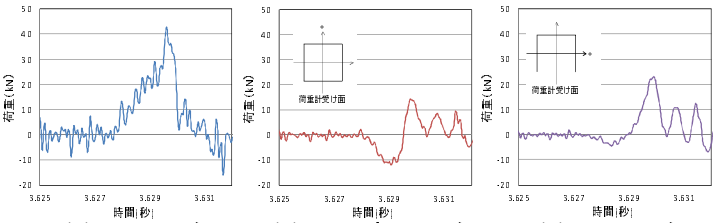


図-7 斜面および平坦部における速度



(a) 衝突方向　(b) 衝突直行方向　(c) 上下方向

図-8 20cm 径球形岩塊の衝突荷重履歴



(a) 衝突方向　(b) 衝突直行方向　(c) 上下方向

図-9 20cm 径塊状岩塊の衝突荷重履歴

4．まとめ

岩塊が構造物に及ぼす影響の評価に向けて実施した大型斜面実験の概要および実験結果の一例を示した．岩塊の挙動が到達距離に与える影響，岩塊形状が衝突荷重に与える影響を確認した．

参考文献

1)阿部他：落石転動が構造物に及ぼす影響の評価(1)-異なる大きさを有する大型岩塊模型と土砂を用いた斜面の転動・流動実験-，第 49 回地盤工学研究発表会（投稿中）