

岩塊群の崩落挙動評価に必要な実験回数に関する一考察

東北大学 正会員 ○河井 正, 水野 康介

東電設計 正会員 中瀬 仁

1. 目的 原子力施設に係る残余のリスク評価に際し、想定以上の地震動により生じる斜面崩壊で落下する岩塊群の挙動を予測することは非常に重要な課題となっている。しかし単体の落石実験ではなく、岩塊群を崩落させる実験に関する報告は少なく、しかも結果が大きくばらつくことが予想されるものの、多数回同じ条件で実験を繰り返した例は見当たらない。本研究では、最大到達距離に影響を与える因子を把握する場合を例に、個々の実験結果のばらつきを踏まえた結論を得るために、同条件下で試行するべき必要とされる回数について考察した。

2. 岩塊群崩落実験の概要 実験装置の概略を図1に示す。本実験では、ばらつきの大きな現象を実験する際は、個々の実験の詳細なデータを取得するよりも試行回数を増やすことが重要であると判断し、最大到達距離にかかわる到達距離の上位10個の石は個々にX, Y座標を計測（V字谷の底の延長が斜面終了部に到達する位置を原点とし、落下方向をX座標、その直交方向をY座標とした）したが、それ以外の石の崩落状況は、床上に30cm×30cmの板を隙間なく敷き詰め、さらにそれに5cm×5cm間隔で線を引き、必要に応じて崩落後の堆積状況を写真撮影で概略把握した。実験には、写真1に示す碎石と丸石（いずれも粒径は4.75-19mm）の2種類の材料を使用した。また、基本的には図1のようにV字に組み合わせた板材の表面を崩落させたが、比較のため、崩落岩塊群が減速するとともに個々の石の移動について加減速やその方向のばらつきを大きくすることを目的とし、板材の表面の一部に波板を貼り付けた状態でも崩落実験を行った。実験ケースを表1に示す。なお本研究は地震動による斜面崩壊で落下する岩塊群の挙動予測の一環で実施したが、本実験の条件では（落下高さ・量、使用材料等）、斜面に加速度を与えてすべり面を発生させて落下した場合と所定量の材料を貯めた状態から仕切り板を外した場合とで、同じ崩落量であれば結果に有意な差が生じなかったため¹⁾、全て後者の方法で実験を実施している。具体的には、それぞれの石について崩落量8kgを仕切り板上部にセットし、表面を水平にならした後、手で仕切り板を外し崩落させた。

3. 実験結果 図2は、各実験条件について、到達距離が大きな10個の頻度分布とその結果から計算された対数正規分布、最大到達距離となる1個を抽出した場合の頻度分布をそれぞれ示している。各実験条件ごとに試行回数は異なるため、各図には全ての結果を載せて、10個取り出した場合の頻度の総和が1.0、最大のもの1個だけを取り出した場合の頻度の総和が0.1となるように正規化している。この図を見ると、試行回数が多い”S1：碎石・波板なし”のケースは対数正規分布と綺麗に整合していることがわかる。本実験の結果では、最大到達距離付近の個々の石は、少なくとも床面に到達した当たりでは粒同士の相互作用は無く、最大到達距離とそれ以外の9個の転動形態にメカニズム的な相違はないものと思われるため、図3では、S1全ケースのデータから上位何個の石を採用するか変えて、それぞれの頻度の総和を試料個数に応じて正規化し、到達距離の大きな低頻度の部分を比較したものである。これを見ると、サンプル数が200個程度あれば、低頻度部分の分布は安定しているようである。さらに、試行回数99回から、乱数により任意の10回または20回を抽出し、試行回数の影響について検討した結果を図4に示す。この図より、最大値となる1個だけを抽出した（サンプル数10個）の分布のばらつきが非常に大きいこと、サンプル数100個または200個だとある程度収束はするが着目点によってばらつきの程度が大きく異なることがわかる。なお、図5は最大値の頻度分布を比較したものであるが、碎石と丸石で大きく到達距離がことなること、碎石の場合は、試行回数が少ない（15回）”波板あり”では400mmを超えるケースが複数回あるのに対して、99回実施した”波板なし”ではそのような石は出現していないことが分かる。図中に示す通り、斜面脱出時の平均速度は”波板あり”の方が遅いにも拘わらず遠くまで到達しており、単なるばらつきではなく、背後には何らかの物理的メカニズムが存在するものと予想される。

キーワード 崩落岩塊群, 到達距離, 試行回数, ばらつき

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06 東北大学 TEL 022-795-7433 tadashi.kawai.b2@tohoku.ac.jp

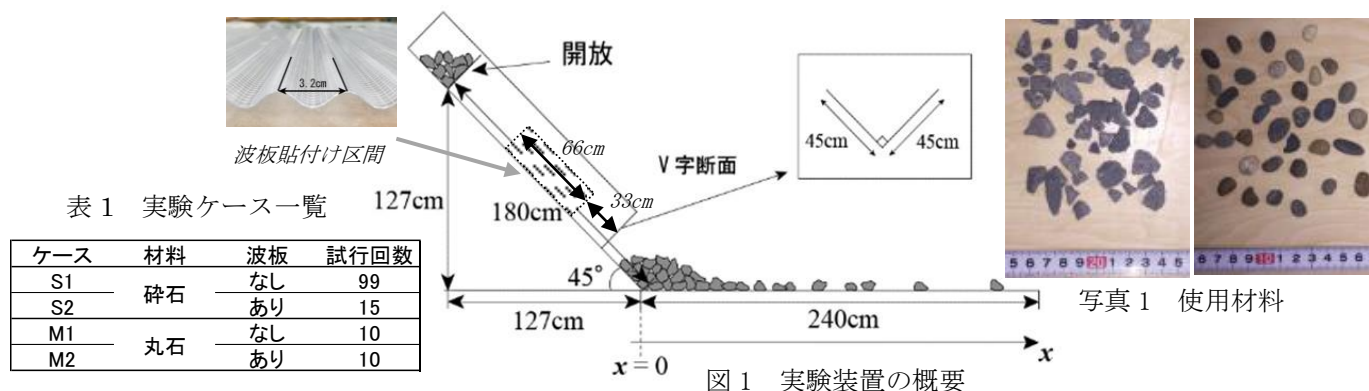
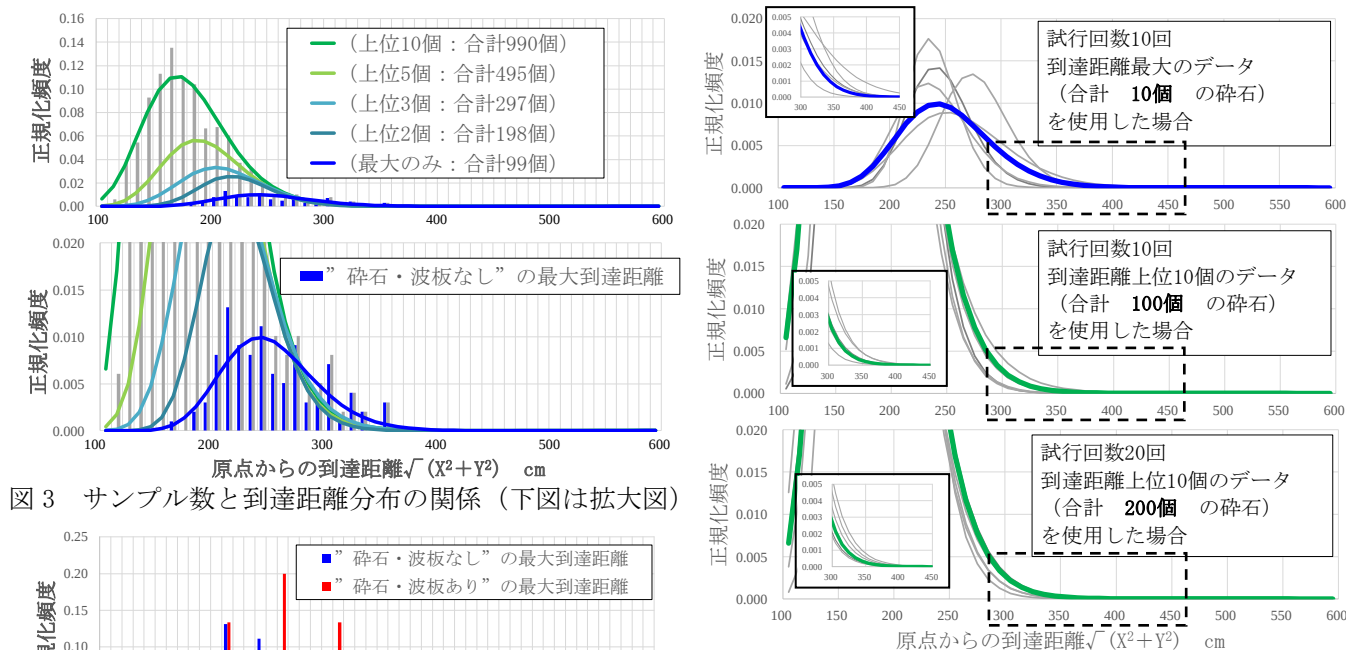
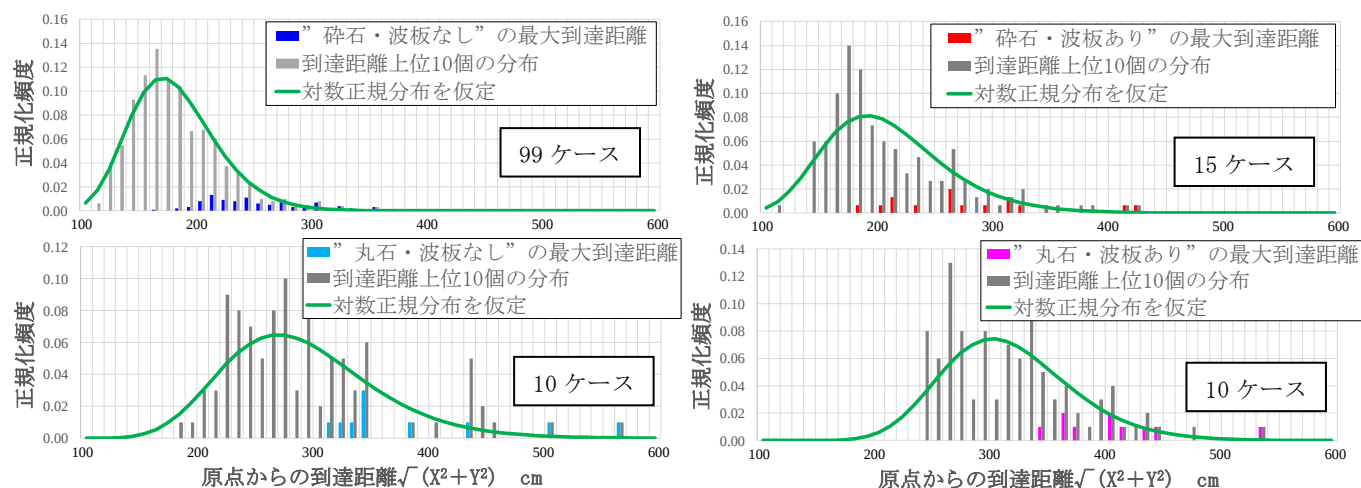


図 1 実験装置の概要



5. まとめ

崩落岩塊群の実験を行い、最大到達距離分布の低頻度部分の精度を向上するためには、今回の条件では、サンプル数が 100~200 個程度必要であることを把握した。但し、これは床面落下後に相互作用が無く対数正規分布に従うと仮定した場合であり、今後より詳細な検討が必要である。

1) T. Kawai, T. Yoshii, J. Kim & M. Kazama The influence of the particle shape of falling rock-mass on the maximum travel distance 16th Asian Regional Conf. 2019(投稿中)。

図 5 材料種類と斜面表面状態が到達距離に与える影響