落石シミュレーションを活用した対策設計事例

パシフィックコンサルタンツ株式会社　正会員　真鍋　毅
パシフィックコンサルタンツ株式会社　松尾　健治

１．はじめに

落石の運動機構は，すべり運動，回転運動，飛跳運動に分けることができる．すべり運動と回転運動は線運動，飛跳運動は放物運動と自由落下に区別され，衝突を経て運動を継続させ，最終的に収束することで落石が静止する．このような運動機構は，岩塊重量，斜面勾配，斜面の土質状況によってさまざまな運動軌跡を示すことになる．本論文は，現地調査にもとづき，落石した経歴のある断面によって落石シミュレーションの同定解析を行い，適切なパラメータを設定するとともに，落石対策工法の検討に活用した事例を報告するものである．

２．現地調査概要

現地調査結果を図-1 に示す．現地は，花崗岩を基盤岩とし，現道沿い斜面は，50°～60°程度の急峻な露頭斜面が連続する．露頭は，鉛直と底版が流れ盤となる 2 系統の節理が卓越する不安定な浮石が存在する．不安定な岩塊の分布は，図-1 の赤く示した岩塊である．現地調査によって，図-1 の a の範囲で落石群を確認おり，落石シミュレーションに必要なパラメータの同定解析断面として位置づけた．一方，対策設計断面は，浮石規模が最大となる b 断面を選定した．

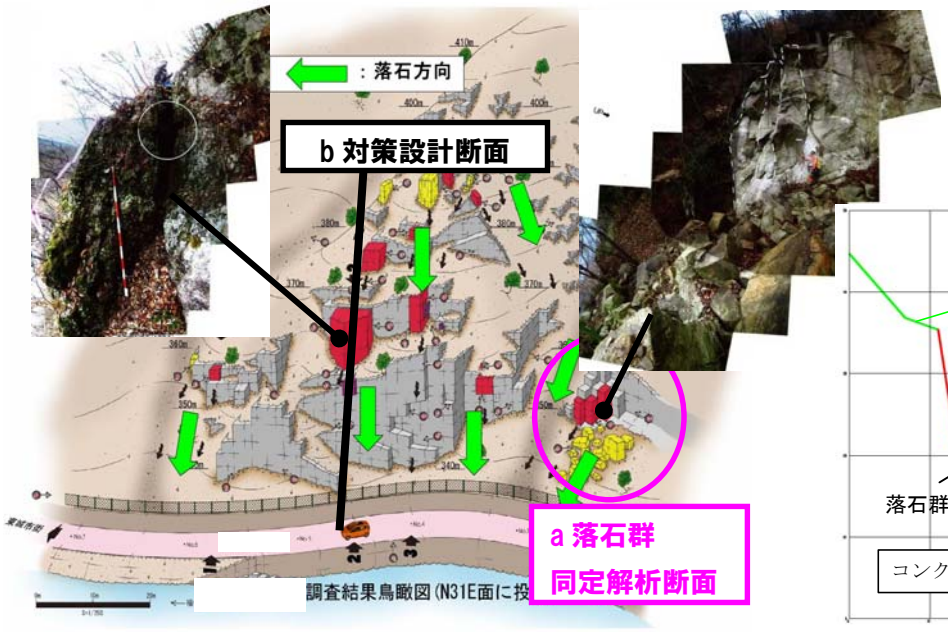

図-1　現地調査結果の概要

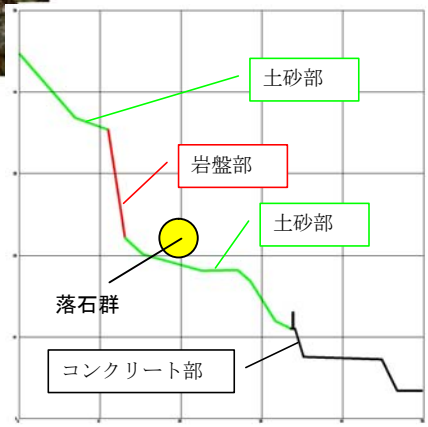

図-2　同定解析断面（図-1 の a 範囲）

３．落石シミュレーション

(1) 速度比の同定解析

既往文献より設定した初期パラメータによる計算結果は，道路まで跳躍する落石が多く，崩壊部直下での落石が少ない（図-3 参照）．実際は崩壊部直下での落石が確認されており，道路へ落石が到達した記録は無い．

シミュレーションのパラメータについては，現地の落石状況を再現する同定解析を実施した．同定解析における着目点は，落石の跳躍箇所である土砂部の速度比である．速度比の同定の結果，最適速度比は 0.35 であった（図-４参照）．

キーワード　落石対策，落石シミュレーション，同定解析
連絡先　〒541-0052 大阪府大阪市中央区安土町二丁目 3 番 13 号 パシフィックコンサルタンツ㈱大阪本社 TEL 06-4964-2274

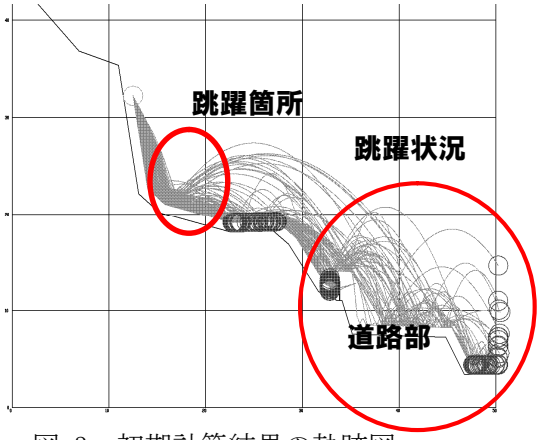

図-3　初期計算結果の軌跡図

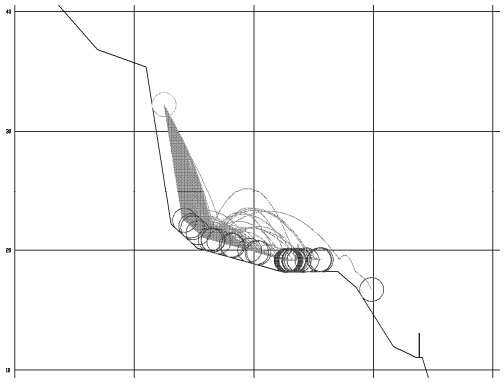

図-4　速度比 0.35

(2) 対策設計断面の計算

対策断面における計算結果は，図-5 に示すとおりであった．

計算結果に基づく照査地点は上段部（No.1），中段部（No.2），下段部（No.3）の 3 地点を選定した．シミュレーション結果のうち，落石エネルギー（E）および落石の跳躍量（H）は，No.1：E=60kJ；H=1m，No.2：E=410kJ；H=3m，No.3：E=780kJ；H=6m であった．

(3) 対策工法の検討

既設の防護柵は，支柱規格 H-200×100，柵高さ 2m，可能吸収エネルギー50ｋJ であり，シミュレーションの結果で得られた落石エネルギーおよび跳躍量を満足できない．したがって，対策工法は，中段の高エネルギー吸収タイプの落石防護工又は，上段での落石予防工が選定される．通行規制等の制約条件や経済性から判断した結果，上段での落石予防工を最適案として選定した．また，斜面部での小規模岩塊の落石については，シミュレーションの結果，既設の防護柵を利用できることが確認できたため，ワイヤー等の補修によって対応する方針とした．

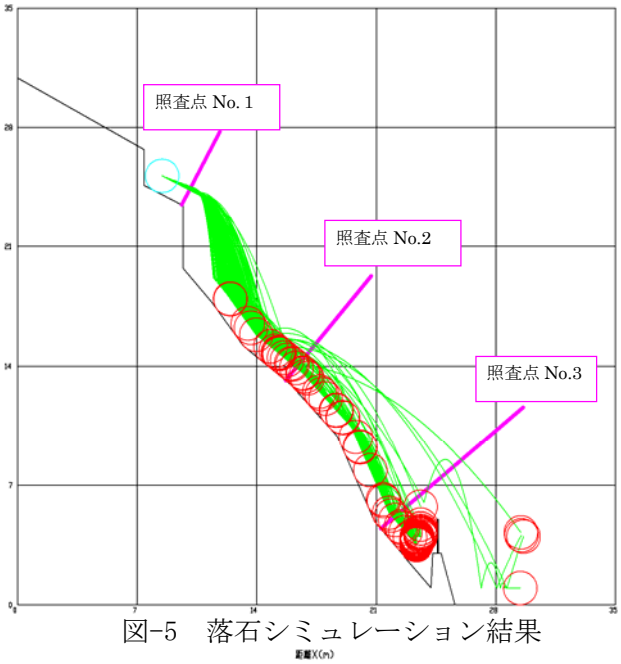

図-5　落石シミュレーション結果

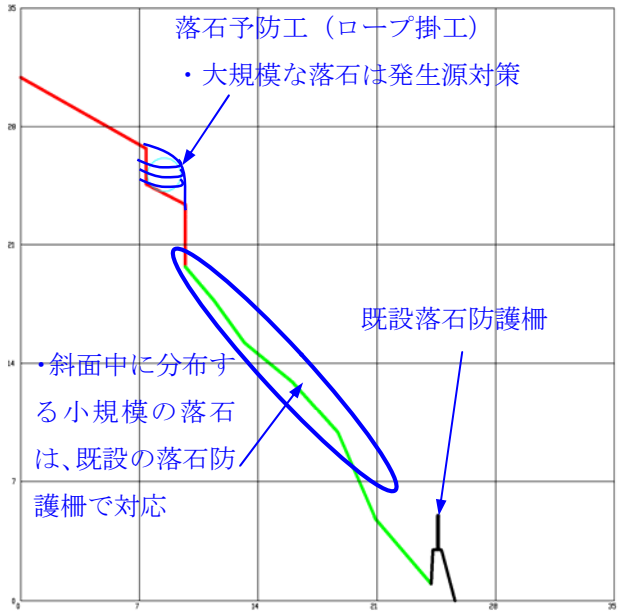

図-6　対策工概略図

4．おわりに

落石シミュレーションは，落石対策の選定において斜面の任意の位置でのエネルギーを算出できるため，落石エネルギーおよび落石の跳躍量に基づいた対策工の判断に有効である．しかし，現地状況に応じた結果を得るためには，適切な入力パラメータの設定が必要である．本論文では，現場状況から斜面部の速度比に着目し，過去の落石状況を同定することで適切なパラメータを設定した．対策工法では，シミュレーションにもとづく予測解析によって，経済的な対策が検討できたものと判断している．

参考文献

・落石対策便覧，社団法人　日本道路協会
・落石対策便覧に関する参考資料―落石シミュレーション手法の調査研究資料―，社団法人　日本道路協会