

落石シミュレーションを用いた不安定巨岩に対する対策工の検討

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○長澤 征耶 正会員 三城 一晃
 正会員 森 泰樹 正会員 佐々木 良
 大鉄工業(株) 角田 順司

1. はじめに

JR 西日本では、列車の安全・安定輸送のため、露岩や転石等の不安定性を確認して、落石に対する様々な防護対策を実施してきた。本稿では、岩盤崩壊が発生し大規模な落石が懸念される箇所に対して、落石シミュレーションを用いた対策工の検討を行ったので、その内容について報告する。

2. 現場概要

(1) 現地の状況

今回対策を行った斜面は、2012年に廃業した、採石場跡地の斜面であり、比高約150mの斜面である(図1)。周辺の地質は、一般的に割れ目を多く含むとされる、変成岩や流紋岩である。また、過去に採石が実施されていたため、垂直に近い急崖である。崩壊前は、急崖の露岩に風化や木の根の侵入、碎石時の振動等によるものと思われる節理が全体的に発達していた。



図1 現地状況(全景)

(2) 岩盤崩壊の状況

2017年1月に、急崖における岩盤崩壊により、オーバーハングしていた露岩およびその周辺の岩盤が落下した。斜面上部に直径3m程度の巨岩とブロック化した岩塊が不安定な状態で多数残っており、降雨時や地震時にそれらの不安定な岩塊等が、滑動する恐れがあった(図2、図3)。



図2 崩壊面の状況

(3) 原因

2016年10月21日に発生した鳥取県中部地震(M6.6)の際に、現地から直線距離で約5kmの位置にある地震計において、最大加速度134ガル、計測震度4.3が記録された。この地震が岩盤崩壊の直接的な誘因になった可能性がある。また、現地では冬季に最低気温が氷点下となることが日常的で、凍結融解により岩盤内にき裂が発達したこと、さらに崩壊前日に50cm程度の降雪量があり、降雪により岩盤の安定が崩れたことも誘因となったと考えられる。



図3 崩壊した岩塊

3. 対策工

斜面上部に直径3m程度の巨岩とブロック化した岩塊が不安定な状態で多数存在していることから、最も落石が発生しやすい沢筋に対し、緊急的に土提を設置した(図4)。その後、抜本的な対策として、以下のとおり検討を行った。

(1) 対策の方法

以下①～④の項目を考慮し、経済性・施工性・耐久性の観点から最適な対策工法を比較検討し、斜面中間地点に補強土壁を設置することとした。なお、地山の節理の状況から想定を越える規模の落石が発生する可能性を無視で

キーワード 落石対策, 巨岩, 落石エネルギー, 落石止擁壁, 補強土壁

連絡先 鳥取県米子市目久美町1番地 西日本旅客鉄道(株) 米子土木技術センター TEL (0859)32-0214

きないことから、補強土壁上部に落石検知装置の設置を併せて行うこととした。

- ①斜面上部には巨岩が残っており地山の摂理からも巨岩の落下が懸念され、発生源対策の場合、施工時に危険が伴う
- ②斜面上部に残っている巨岩から直径 3m の落石の発生が想定でき、線路際対策では落石エネルギーが極めて大きくなる
- ③斜面中間地点において、比較的大きな施工スペースが確保できる (図 4)
- ④現地に良質な発生土が豊富にあり、使用可能である



図 4 斜面中間地点

(2)落石エネルギーの検討

補強土壁の設計にあたり落石エネルギーの算定が必要になるが、高所からの巨岩の落下に対する落石エネルギーの想定が難しく、現地測量を実施し、モデル化した斜面・地盤より落石シミュレーションを実施することとした。

表 1 シミュレーション結果

照査項目		跳躍量 h(m)	線速度 V(m/s)	エネルギー E(KJ)
95%信頼値	信頼値	2.263 ($\bar{X}+1.64\sigma$)	5.593 ($\bar{X}+1.64\sigma$)	502.03 ($\bar{X}+1.64\sigma$)
	ϵ (参考値)	$\epsilon =92.3\%$ (84/91)	$\epsilon =96.7\%$ (88/91)	$\epsilon =96.7\%$ (88/91)

上部斜面の調査結果から、現地に転石として介在している巨岩のうち、直径 3.0m 程度と最も寸法の大きい巨岩を対象とした。モデル化した斜面から、対象とした落石を 200 回落下させ、対策位置まで到達した落石エネルギーを算出した (表 1)。表 1 より、95%信頼値である 503kJ を設計条件とすることとした。

(3)補強土壁の高さの検討

補強土壁の高さは、落石シミュレーションによる衝突高さが約 2.3m となったため、これに対象巨岩の半径 1.5m を加え、さらに余裕高を考慮して、4m とした。

(4)対策工の施工

(1)④に記述した現地発生土の土質試験を実施し、使用可否の検討を行った結果、基準値である単位体積重量 19kN/m³ 以上と内部摩擦角 30° 以上あることが確認できたため、発生土を使用した補強土により擁壁を施工した (図 5、図 6)。

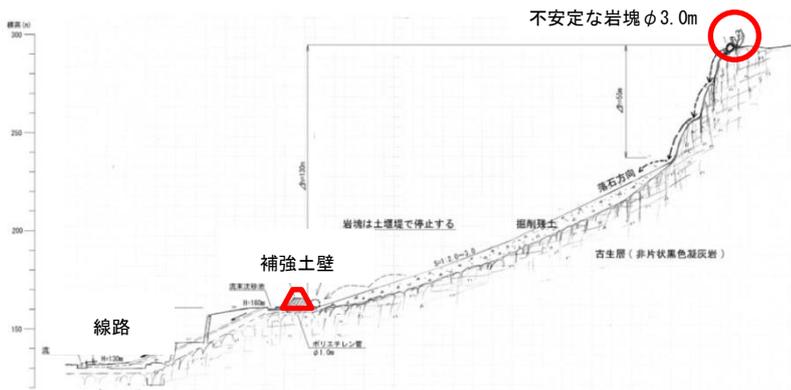


図 5 補強土壁位置(断面図)



図 6 施工完了

4. おわりに

比高 100m を越えるような高い位置にある巨岩に対する落石対策は落石エネルギーが著大となり、工法等の選定に苦慮することが多くある。今回は、シミュレーションによる落石エネルギーの算定および現地状況に応じた対策位置の検討を行い、効果的な対策を行うことができたと考える。

<参考文献>

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，2000 年 6 月
- 2) 鉄道総合技術研究所：落石対策技術マニュアル，1999 年 3 月