

道路防災定期点検結果を踏まえた落石対策工の設計について

(株)日建技術コンサルタント 山本 壮恭

1. はじめに

わが国では、平成8年2月に発生した一般国道229号豊浜トンネル崩落事故の経験を踏まえ、同年8月にすべての道路を対象とした道路防災総点検が実施された。¹⁾その後、各箇所への緊急度に応じて1~5年おきに防災カルテ点検が実施されている。防災カルテ点検にて対策工が必要と判断された箇所については、随時対策工が設計・施工され、大規模な道路災害が未然に防止されている。また、路面上への小規模な落石や斜面上での倒木等が発生した箇所では、発生直後に緊急点検が実施されている。本業務では、過年度の防災カルテ点検及び緊急点検結果を踏まえ、2箇所の落石対策工の設計をとりまとめたものである。

2. 現地状況

(1) 立地状況

当該地は周囲を山脈で囲まれた県と県を結ぶ幹線道路(一般国道)であり、曲線が連続する区間である。設計対象の2箇所はいずれも谷地形となっている。

(2) 現地状況

設計対象の2箇所ともに擁壁上に通常の落石防護柵(設計箇所1: H=2.0m、設計箇所2: H=2.5m)が設置されている。

背面斜面の勾配は30~40°程度であり、斜面上に露岩・転石が点在している。

前後区間では、平成28年度にポケット式落石防護網や吹付法枠等の設計が行われており、現在、対策工が施工済である。



図-1 設計箇所

3. 設計対象の落石源

設計対象の落石源については、現地踏査にて確認された転石・浮石とする。また、平成28年度での前後区間の設計の際に調査された転石・浮石の中から、等高線直交方向に対して両側へ22.5°広がった範囲²⁾を落石経路として想定した際に、本業務の設計範囲に落下する可能性のあるものについても設計の対象とした。

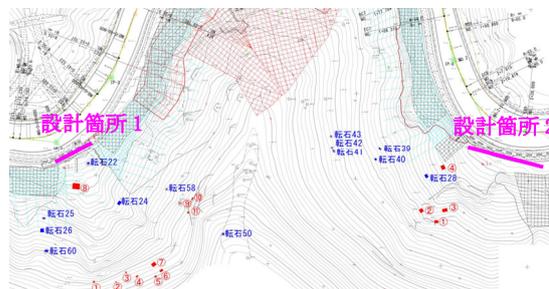


図-2 設計対象の落石源

4. 落石エネルギーの算出

設計対象落石源の落石エネルギー E については、「落石対策便覧」に示されている数式をもとに算出を行った。²⁾結果、設計箇所1では最大927kJ、設計箇所2では最大797kJと非常に大きく、現況に設置されている通常の落石防護柵(可能吸収エネルギー: 50~200kJ程度³⁾)では対応が不可能であることを確認した。

表-1 設計対象落石源の落石エネルギー

設計箇所1		設計箇所2	
転石番号	落石エネルギー E (kJ)	転石番号	落石エネルギー E (kJ)
⑦	927	①	460
⑧	595	②	575
転石26	412	③	797

※落石エネルギー300kJ以下の落石源は省略。



図-3 各設計箇所にて落石エネルギーが最大となる落石源

5. 対策工の選定

地権者に同意を得たうえで民地に落石対策施設を設ける方針とするため、地形の変更を伴う工法は棄却する。

当該地の地形形状や既設構造物への影響を考慮した結果、設計箇所1, 2ともに1つの工法ですべての落石源に対応可能である高エネルギー吸収型落石防護柵(可能吸収エネルギーが927kJ以上の製品)を採用する。

表-2 対策工の選定

対策工	評価	結果
落石予防工 ・ワイヤロープ掛工、伏工 ・粘着工、除去工 等	対象落石源の数が多く、広範囲に分布している。	棄却
高エネルギー吸収型落石防護柵	経済性比較の結果、予防工なしの場合と予防工1箇所の場合において、差異がない。 (予防工2箇所以上の場合は経済的に不利)	採用
高エネルギー吸収型落石防護柵 + 落石予防工1~2箇所		棄却
ポケット式落石防護網	谷地形であるため、落石を捕捉できない恐れがある。	棄却



図-4 高エネルギー吸収型落石防護柵

6. 柵高の検討

落石の跳躍高 hI は斜面の凹凸が大きい場合を除くと一般的に2m以下であるといわれており、必要柵高 h は落石衝突高に対象落石の半径以上かつ、0.5m程度の余裕高を設けるのがよい。²⁾

落石の跳躍高 hI を2mと仮定した場合において、各設計箇所における落石源から体積が最大のものを対象とし、必要柵高の算出を行った。

表-3 必要柵高

	設計箇所1	設計箇所2
転石番号	⑧	③
サイズ	2.0m×2.0m×1.6m	1.4m×1.5m×0.9m
球状換算直径 D	2.30m	1.54m
背面斜面勾配 θ	28° (CAD計測)	34.7° (CAD計測)
必要柵高 h	3.567m → 4.0m	3.369m → 3.5m

※必要柵高は、 $h = (hI + \text{余裕高}) \times \sec \theta$ にて算出

7. 落石シミュレーションの実施

斜面勾配が斜面の途中で変化している場合や斜面の凹凸が大きい場合には落石が落石防護柵を飛び越える可能性があるため、当該箇所における落石の発生実態や落石シミュレーション等の結果を踏まえて落石跳躍高の設定を行うのがよい。²⁾

跳躍高 hI を2mに設定したことにより、設計箇所1では、必要柵高 h が4.0mとなる。そこで、跳躍高 hI の妥当性を検証するため、落石シミュレーションを実施した。

シミュレーションの結果、落石の最大跳躍高は1.853mであったため、跳躍高 $hI = 1.853m$ として必要柵高 h を再計算した。結果、 $h = 3.401m$ となったため、設計箇所2と同様3.5mで設計することとした。

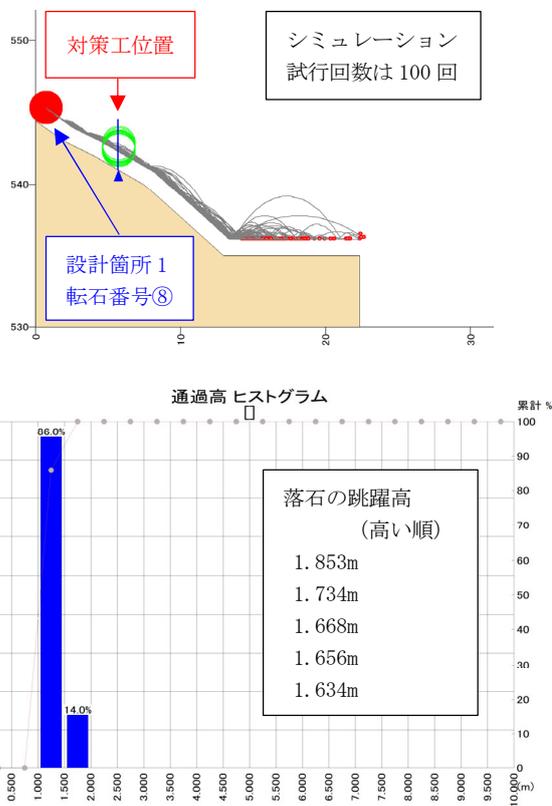


図-5 落石シミュレーションの結果

参考文献

- 1) 道路防災点検の手引き(豪雨・豪雪等) [改訂版]
全国地質調査業協会連合会 R4.3 P3, 4
- 2) 落石対策便覧
日本道路協会 H29.12 P20, 21, 176, 177, 305, 306
- 3) 道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)
日本道路協会 H29.12 P344