【9】

壁面落石調査と新・落石対策便覧に準拠した防護柵設計事例紹介

(株)アサノ大成基礎エンジニアリング　　○佐々木　泰典, 沼田　太樹

1. はじめに

落石対策便覧は、昭和58年に初版が発刊されて以来、平成12年の改定を経ながら道路技術者の実務書として広く活用され、我が国における落石対策技術の指標としてその役割をはたしてきた。便覧は前回改定から10年以上経過しており、この間に道路土工構造物技術基準や維持管理の分野での新たな法令等が制定されている。また調査技術や対策技術の面で様々な技術開発が行われ、新たな法令等への対応や技術水準の向上や新技術の導入への対応が必要となった[1]。このような背景のもと、平成29年12月に落石対策便覧の改訂版が発刊された。以下、改定前の便覧を旧便覧、改訂版を新便覧と呼ぶ。

本論文で紹介する業務は、便覧改定前に落石調査と予備設計を行い、便覧改定後に新便覧に準拠し工法等の見直し・修正詳細設計を行ったものである。

2. 壁面落石調査

業務対象となる法面の概要、壁面落石調査方法および結果について以下に述べる。

(1) 法面概要

対象法面は最大比高330m、勾配は上方斜面で50度、下方斜面で35度と急傾斜をなす。当該地の基盤岩は粘板岩や礫岩などからなる。全域で危険度の高い浮石・転石は244個あり、大半が落石エネルギー50kJ 以上、1割程度が1,000kJ 以上と大きい。対象法面全景を図-1に示す。

図-1 対象法面全景

(2) 壁面落石調査方法

斜面上の落石は過年度に調査済であったが、山頂付近にある急崖地は調査未実施であった。今回調査では、ロッククライミングによる壁面観察と横断測量を実施した(図-2)。

図-2 壁面落石調査状況

(3) 壁面落石調査結果

対象壁面の空撮全景写真（UAV による撮影、スケールは推定）を図-3に、横断図および壁面の状況写真の一例を図-4に示す。急崖部での危険度の高い浮石・転石は25個あり、300kJ 以上のエネルギーをもつものが半数以上と多いことが判明した。さらにそのうち3個が1,000kJ 以上（最大9,000kJ）であった。

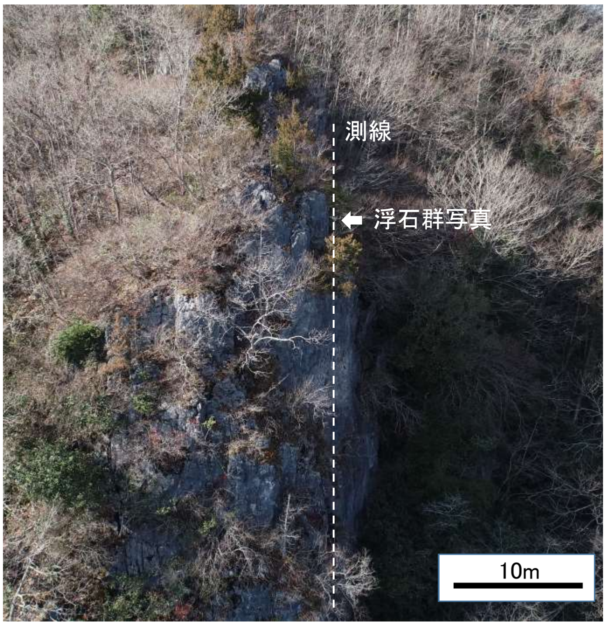

図-3 対象壁面空撮全景写真

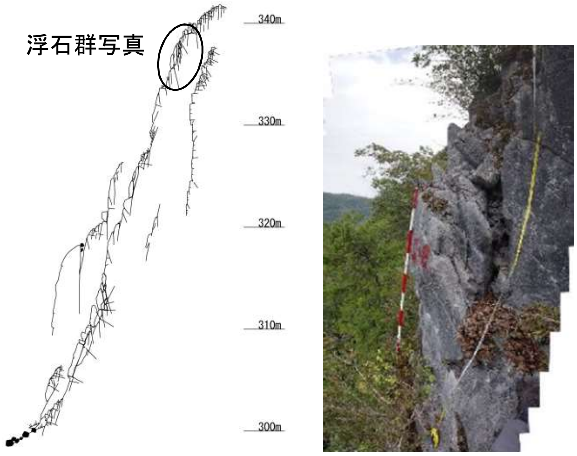

図-4 横断図と不安定な浮石群写真

壁面落石調査の結果に基づき、対策工検討に必要となる設計条件（落石エネルギー、落石形態、崩壊形態など）をとりまとめた。今回壁面落石調査結果と斜面上の落石調査結果とをあわせて、対策工法の予備設計を実施した。しかしこの後、便覧の改定が行われたことから、当時行った予備設計の見直し・修正が必要となった。

3. 落石対策便覧の主な改定点 [1)]

今回事例紹介に関わる主な改定箇所を以下に示す。

(1) 実験による性能検証に関する内容の追加

新便覧では、落石の作用に対する照査法として、実験による性能検証法が追記された。実験方法として供試体の大きさや衝突速度など詳細に規定されている。実験結果は実験報告書としてとりまとめる必要がある。

(2) 落石防護柵高に関する内容の変更

落石防護柵の必要高は、対象とする落石が大きくなっている実態等を踏まえ、落石衝突高に落石半径以上、かつ少なくとも0.5m 程度の余裕高を設けることが明記された。また落石荷重の作用位置は、柵高の2/3から、最大跳躍高に変更された。

(3) 衝突時の防護柵の突出に関する内容の追加

防護柵を路側に設置する場合には、落石衝突時に防護柵の突出が道路空間の安全性を損なわないことを確認する必要がある。

4. 過年度予備設計の見直し箇所

過年度では一部区間で3.000kJ 相当対応の高エネルギー吸収柵（斜面設置タイプ）が提案されていた。しかしこの製品は性能検証実験を行っておらず、新便覧には対応していなかった。新便覧に対応した製品で、同規模程度対応のものがなかったため、2,000kJ の落石防護柵（斜面設置タイプ）で詳細設計を実施した。なお、新便覧では落石調査についての改定はないため、過年度調査結果はそのまま用いることができる。

5. 新便覧に準拠した防護柵設計

新便覧に準拠して行った今回詳細設計の設計方針および検討結果を以下に述べる。

(1) 設計方針

修正設計にあたり、柵の余裕高と網の突出に留意し、柵高および柵の設置位置の検討を行った。以下に柵高の設定および柵の設置位置の設計方針を述べる。

①余裕高を考慮した柵高の設定

新便覧に準拠し、余裕高は落石半径以上とする。一般的に落石調査では落石の形状寸法として高さ、幅、奥行きを計測し落石体積を算出している。ただし、現実の石の形状は球状ではないため、半径を求めることができない。そこで今回は、対象落石を落石調査により求められた体積をもつ球状の石と想定し、その体積から逆算する方法で半径を算出した。表-1に落石の形状寸法と推定半径を示す。柵高は、余裕高1.5m と最大落石跳躍高(2.0m と仮定)をあわせた3.5m 以上とする。

表-1 落石の形状寸法と推定半径

形状寸法(m)			体積	推定半径
高さ	幅	奥行き	(m3)	(m)
1.8	1.3	1.2	2.808	1.411

②網の突出を考慮した柵の設置位置

落石衝突時の網の突出量は、某メーカーの実験に基づく性能照査実験報告書の値を用いる。今回使用する防護柵の最大突出量は6.5m と予測されており、設置時の網の斜面方向の撓み量は最大1.5m である。今回は道路空間の安全性を損なわない位置として8.0m 以上確保することとする。

(2) 検討結果

新便覧に準拠した修正設計結果として、計画横断図を図-6に、展開図を図-7に示す。柵高は、網の撓みが水平方向に最も大きい位置で3.5m となるように支柱高を設定した。また設置位置は、既設擁壁から8.0m 離れとした。

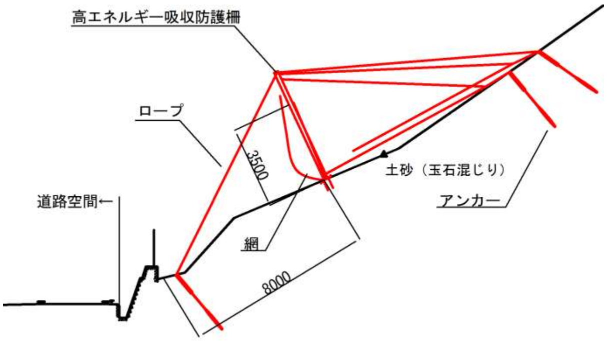

図-6 計画横断図

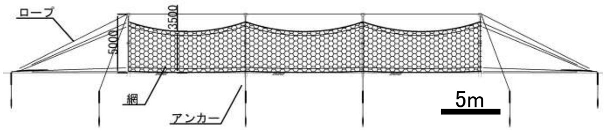

図-7 展開図

6. まとめ

今回業務では、平成29年12月改定の落石対策便覧に準拠した落石防護柵の詳細設計の事例を紹介した。新たな落石対策工の設計業務では、新便覧をよく理解し、新便覧に適合するよう適切に対応する必要がある。なお性能検証実験は各メーカーにより現在も随時実施されている状況である。そのため、設計前には現在利用可能な対策工について、メーカーへの適時確認が必要である。

落石対策便覧が改定されたことで、既設防護工に基準不適合の問題が発生している。例えば、設置済みの防護柵が実験未実施の場合や撓み量を考慮せずに道路脇に防護柵を施工している場合など、旧便覧では基準適合であっても、新便覧の現行基準に不適合な防護柵が存在する。今後、これらの防護柵の対応についても注目していく必要があると考える。加えて新便覧ではライフサイクルコストという観点から、維持管理費を含めた費用の検討が明記された。ただしその具体的手法についての記載がないため、何らかの統一的手法の確立が必要と考える。

《引用・参考文献》

1) 日本道路協会編:落石対策便覧, p.413, 2017.12.