

補強盛土を用いた落石対策

JR 東日本 正会員 ○荻原 郁男
JR 東日本 安藤 聡

1. はじめに

当社では落石によるお客さまの死傷事故を防ぐ目的で、様々な落石対策が行われている。落石対策は、落石発生による輸送への影響やイニシャルコストなどの観点から、落石止擁壁・落石止さくなどのハード対策と落石検知装置などのソフト対策に大別される。鉄道防災の観点から落石の対策としては、ハード対策による恒久的な対策が最も望ましいものと言えるが、ハード対策は大規模な土木工事となることが多く、コストが大きく、全ての対象箇所での実施には困難が伴う。本報告では、JR 東日本長野支社で施工した、吸収エネルギーの高いコストパフォーマンスな補強盛土を用いた落石対策の概要について述べる。

2. 補強盛土壁の特徴

以下に本工法の特徴を示す。

- ① 落石衝撃力を静的荷重に置換え、力に対し照査する設計法(許容応力度法)。
- ② 主材料として土砂と層圧管理材から構成されており、剛性が低い(柔らかい)ほど、衝撃力が小さくなる特性を活かした構造。
- ③ 支持地盤に衝撃を伝えないため支持地盤に基礎等の特別な処理が不必要。
- ④ 主材料が土砂であるため、設計上の土質条件(砂質土、内部摩擦角 30 度、単位体積重量 19kN/m³)を満たせば現場発生土を利用できる。材料費と土砂の搬出入に伴う工費の削減、及び工期の短縮が図れる。
- ⑤ 土構造物であるため、構造物に被害を受けた際の復旧もコンクリート構造物と比較すると容易である。
- ⑥ 壁面の緑化が可能であり周囲の景観に調和する。

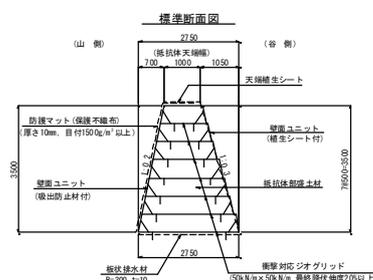


図-1 補強盛土壁 構造図

3. 落石対策事例の紹介

(1) 斜面の特徴

当該斜面は、飯山線足滝・越後田中間に位置しており、信濃川の浸食によって形成された斜面である。平均傾斜 30 度、線路からの高さ約 60m の斜面で、平行斜面に近い谷地形となっている。斜面下部で傾斜が緩く、上部に行くほど傾斜が急であり、転石が点在している。用地界は、線路から約 5m で斜面下部となっている。落石の重点監視箇所は、52k615m 付近線路からの高さ約 20m に存在する 1.2m×1.2m×1.5m の転石である(図-2)。落石に至った場合線路に到達する可能性が高く、到達域には対策工は設置されていない(写真-1)。

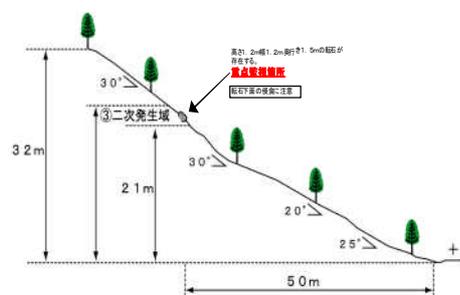


図-2 飯山線 52k 施工箇所断面図

(2) 対策工の選定

以下に、補強盛土壁の特徴や選定に至った経緯を示す。対策工選定にあたって、用地が無く、転石が斜面内に点在していること、降雪線区であり積雪深が 3.0m 以上という条件で、谷地形の全域を防護できる対策工とした。そこで、線路際での対策工を考えた。各工法で、施工性・経済性などを検討し、

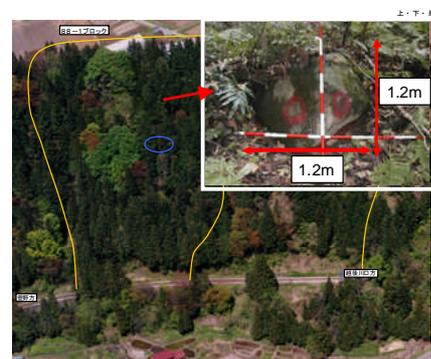


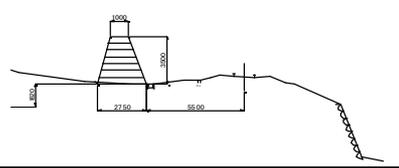
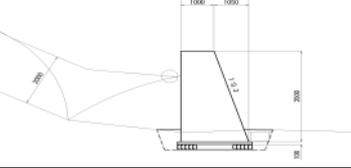
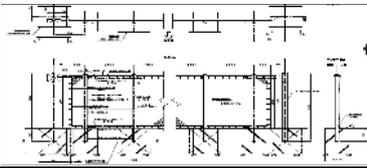
写真-1 飯山線 52k 施工箇所写真

キーワード 補強盛土

連絡先 〒380-0927 長野県長野市栗田源田窪 992-6 JR 東日本 長野支社 設備部 TEL026-224-5317

落石防護補強土壁を対策工として選定した(表-1)。特徴は、土の集成構造物であり、現地で盛土材を調達できる為、工事費が安く工期の短縮が図れる。また、落石エネルギーに対しては、土と面状補強材の変形性能により、衝撃エネルギーに対応する構造である。さらに、土構造物であるため、甚大な被害を受けた場合においても、コンクリート構造物と比較すると容易に修復可能など経済性についても優れている。

表-1 落石対策工比較表

工法	落石防護補強土壁工 52k600	落石止擁壁	落石検知装置
			
構 造 性	・面状補強材を配置した補強土擁壁(集成体)で落石を防護する構造物である。 ・落石エネルギーを補強土の変形で吸収する構造でありエネルギー吸収性能に優れる。 ・土構造物であることから軟弱な地盤にも対応できる。	・コンクリート製の擁壁で落石を防護する構造である。 ・剛性が高いためエネルギー吸収性能が小さい。 ・小～中規模な落石に用いられることが多い。 ・軟弱な地盤に施工する場合は、基礎に留意する必要がある。	・落石等の外力起因する構造物の変位を、ワイヤロープを介した安全スイッチの動作により検知し、警報を発する。 ・積雪深が2mを超える当該箇所については、積雪深2m未満までの標準タイプの適用が無く、別途H鋼造の落石検知柵の設計が必要となる。
施 工 性	・土砂の搬入が可能であれば、問題なく施工が可能である。 ・施工位置が狭い場合でも小型の重機で施工が可能である。 ・土砂運搬、それに伴う土砂運搬処理等が必要となる。 ※現場発生土について、土質試験により条件を満たせば、転用可能である。	・コンクリート打設が必要であり、当該箇所での施工の場合、搬入路が無く、コンクリート打筋のための配管が必要である。	・資機材の搬入やH鋼打設用の重機搬入が必要である。 ・山岳線区であるため、LED設置箇所が多くなる。 ・電源の確保が必要となる。
維持管理性	・構造物のエネルギー吸収機構が内部変形によるものであることから、落石を受けた場合は微小な変形を伴うが、微小な変形は性能劣化とならないことから修復は不要である。 ・不意の落石により大変形が生じる場合は修復の必要があるが、加工が容易な土構造物であることから、修復は比較的容易に行うことができる。	・落石が衝突し、損傷が発生した場合、大規模な損傷となる可能性がある。	・定期点検(毎年実施)のほか、精密保守(2年毎) ・消耗品の交換(交換時期)、電池パック(2年毎) ・その他、LEDや端岡等の保守点検費が必要となる。
景 観 性	・壁面の植生が可能であり、景観性に非常に優れる。	・壁高が高く、圧迫感がある。	・自然には馴染まない。
経 済 性	直接工事費 約28万円/m	直接工事費 22万円/m+α(コンクリート打設の配管費用)	直接工事費 20万円/m+α(電力・通信工事)
評 価	○	△	×

4. 補強盛土壁の施工結果

今回施工を行った飯山線 52k600m 付近の落石対策について施工手順を以下に示す。

①現地測量後②設置位置の整地③設置箇所の位置出し④丁張⑤壁面材・層厚保管理材の設置⑥盛土材の投入⑦層圧管理(1層の仕上り厚さ 25cm として転圧) ⑧2層分の造成。上記の工程で補強盛土壁の1段が完成し、これを設計の壁高まで繰り返して、補強盛土壁の完成となる(写真-2)。今回の施工では現場発生土を利用することができたため、工事費は購入土を使用する場合と比較して2百万円程度コスト削減することができた。また、工期においても軌陸車による土砂の搬出入が不要となったため、2週間程度工期を短縮できた。

5. 補強盛土壁の適用範囲と今後の課題

補強盛土壁の適用範囲を表1に示す。本工法は100KJ程度の落石から5000KJ以上の高エネルギーの落石まで幅広い範囲での適用が可能であることが特徴であり、非常に汎用性の高い工法と言える。

またコンクリート打設や土砂運搬の困難な箇所、土質が適用条件を満たせばコストダウンが期待できるなど有利な工法と言える。

しかし、より高エネルギーの落石が対象になると、通常の補強盛土壁に加え、壁体裏に緩衝材が必要になるため工事費が増大する。

今後の課題として、現在の設計法が落石エネルギーに対して補強盛土壁が壊れない弾性設計となっていることが挙げられる。発生確率の極端に低い落石箇所で高エネルギーの落石を対象とする場合については、構造物の破壊を許容し、線路・線路脇まで石が落下してこなければよい。つまり「構造物が破壊しても落石の線路への到達を防ぐ」という性能設計として検討することで、さらにコスト削減と、適用範囲の拡大が図れると考える。

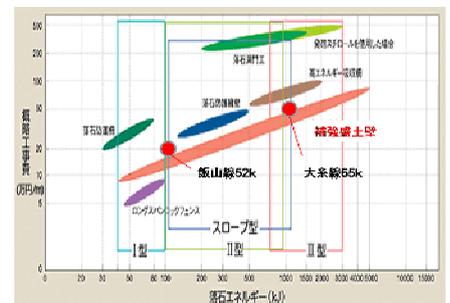


図-3 他工法との工事費の比較



写真-2 飯山線 52k600m 補強盛土壁

6. おわりに

お客さまの安全を第一に考える鉄道事業者として、安全上の弱点を補強し少しでもリスクを低減できるように、可能な限り信頼性の高いハード対策を実施していきたいと考える。

今回、落石対策の施工例として、補強盛土による対策工を紹介した。今後も、落石形態や地形を判断し、様々な視点から対策工の検討を行い効果的な落石対策を実施し、列車の安全安定輸送を確保していきたい。