

第 1 0 章 道路防災

I. 基本コンセプト

- ①防災に係る新たな視点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10- 1
- ②落石防護工選定の考え方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10- 2

II. 中部知見

- ①大規模地震による対応・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10- 3

III. 設計標準

- 10-1 基本事項・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10- 4
 - 10-1-1 設計計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10- 4
 - 10-1-2 道路防災カルテ点検・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10- 4
- 10-2 留意事項・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10- 9
 - 10-2-1 落石防護工(ポケット式落石防護網)の設計・・・・・・ 10- 9
 - 10-2-2 ソフトでの対策工・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10-15

I. 基本コンセプト

① 防災に係る新たな視点

これまでの道路防災は、地震や落石・土砂崩落などの自然災害に対し、施設の構造上の損傷を防ぐことに重点をおいて整備を進めてきた。

東日本大震災においても耐震補強が一定の規模で整備されていた経緯もあり、震度6強という震災ながら、地震そのものによる直轄国道の橋脚の損傷や落橋は免れた。

しかし、地震に伴い東北地整が緊急点検したところ、1504橋の内、約24%の364橋において、これまで想定していなかった橋台背面アプローチ部の段差により、交通に支障が生じ、一部の橋では道路開放まで4日以上も要した事例もあり、道路啓開を行う上でのネックとなった。¹⁾

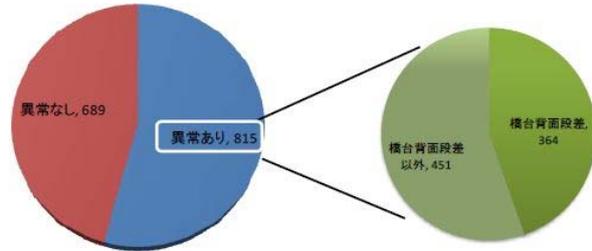


図-10-I-1 橋台背面の段差（東北地整管内）



写真-10-I-1 踏掛板がなく車道部に段差が生じた事例¹⁾

また、支承や写真-10-I-2に示すようにジョイントの損傷が多数の橋梁で発生した。

これらの例で言えば、道路構造から見れば橋台本体が壊れた訳ではないので今までの概念でいけば、耐震補強により『構造上の損傷』は免れたといえるが、僅かの段差でも車両が通行できなければ緊急輸送路としての役割が果たせないので、いわば『機能上の損傷』が発生したと云わざるを得ない。²⁾

この様に損傷には、『構造上の損傷』と『機能上の損傷』の2種類があり、減災を考えた場合、『機能上の損傷』も発生させないことが求められてきているのではないのでしょうか。



写真-10-I-2 ジョイントの損傷事例

『構造上の損傷』は、示方書や指針類に沿って設計していれば防げられると思われるが、『機能上の損傷』は、単に示方書や指針類に沿って設計しているだけでは防ぎきれない可能性もあり、設計時には東日本大震災を教訓とするなど多角的に検討する必要がある。

② 落石防護工選定の考え方

落石対策工には、落石の発生が予想される浮石等の除去や、接着、固定など発生源で対策する「落石予防工」と、発生した落石を斜面途中や道路際で防いで被害を軽減させる「落石防護工」に分類される。

落石対策は、落石予防工によって落石自体を発生させないことが最も効果的である。

しかし、発生源での施工が困難な場合など、落石予防工のみでは対応できない状況も多く、落石防護工と組み合わせて最適な効果を期待する対策を検討しなければならない。

このような状況を踏まえ、落石対策便覧では、図-10-I-2 に示すように約 1,000kJ を超える大きな落石エネルギーに対しては、発生した落石を道路際で防ぐロックシェッド（洞門工）が適用の目安として示されている。

しかし、ロックシェッドは落石防護工として施工規模が最も大きく、コストも非常に高価であり、施工にも制約を伴うことが多い。

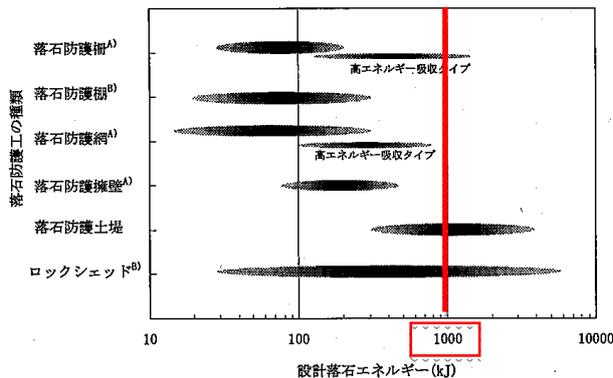


図-10-I-2 落石防護工の適用範囲の目安³⁾



写真-10-I-3 ロックシェッドの設置状況

近年、新素材や新技術を用いた、数千kJの落石エネルギーまで対応可能な高エネルギー吸収型の落石防護網や防護柵等が数多く開発されており、従来はロックシェッドなどの大規模で高価な工法を選定してきたような条件でも、こうした技術を採用することにより施工上の制約条件を回避できるほか、コストも大幅に抑えられる場合もある。

現地条件や対象エネルギー等により大きく異なるが、高エネルギー吸収タイプの落石防護柵はロックシェッドに比べコストを1/5程度に抑えられる試算もある。



写真-10-I-4 高エネルギー吸収落石防護柵設置状況



写真-10-I-5 高エネルギー吸収落石防護網設置状況

上記のように、道路設計で新技術を比較選定する場合、単にメーカーの仕様を鵜呑みにして上辺だけの比較をするのではなく、ここで述べた落石防護柵の例で言えば、『落石予防工によって落石自体を発生させないことが最も効果的である』事を念頭に、新技術により『大きなエネルギーが吸収できれば、従来の概念を覆し大幅なコスト削減ができるのでは?』と考えて比較選定することが重要である。

II. 中部知見

① 大規模地震による対応

東北地方太平洋沖地震発生に際し、津波の襲来を知った宮城県釜石市の釜石東中学校と鶴住居小学校の児童、生徒は、事前に訓練していた避難場所では助からないと判断し、6日前に開通したばかりの三陸縦貫道釜石山田道路の法面を登り、この道路を経由して安全な場所へ避難し、児童、生徒全員が奇跡的に一命をとりとめた。

これらのエピソードはYouTubeで『三陸の奇跡と命の道』として公開されており、東北地方のみならず全国へ知れ渡っている



URL: www.youtube.com/watch?v=6Gph1MM91rQ

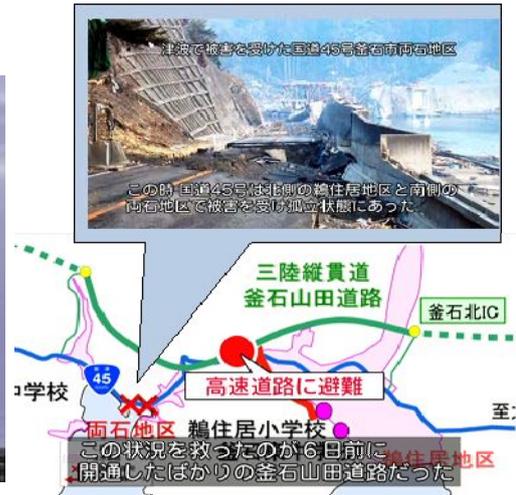


図-10-II-1 YouTube「三陸の奇跡」と「命の道」

東北地方では、これを踏まえて仙台東部道路では、住民約1万5千人の署名による要望等を踏まえて13箇所の非常階段を整備している。

当地方においても南海トラフを震源とする東海東南海地震への関心の高まりから同様の要望が多く寄せられている。

紀勢国道事務所では、上記の要望に応えるべく自動車専用道路である新直轄紀勢線や熊野尾鷲道路において津波非常階段の整備を進めている。

我々が道路整備を行うことは「安全・安心な社会」を作るためであり、橋やトンネルを作るのはあくまで手段である事を充分認識しておく必要がある。

もし道路を作ることが手段でなくて目的化していれば「自動車専用道路に人が入るなんて」と要望を取り入れられない可能性もあるが、「安全・安心社会の構築」を目的としていけば、如何にしたら自分たちが地元の要望に答えられるかを考えられるのではないだろうか？

更に紀勢国道事務所では、普段は自動車専用道路に入らない、非常時には避難場所として人が入れるという難問に対して、マンションなどの間仕切りに用いられる間仕切板を用いるというユニークな設計で対処し、加えてこの方法では、非常時に間仕切板を蹴破って避難しなければならないので、写真-10-II-2に示すように、実際に間仕切板を蹴破る訓練も開催した。

このように、地域のニーズに対し、我々に何ができるかを考え、フォローアップまで含めて如何に設計していくかが重要である。



写真-10-II-1 津波避難階段



写真-10-II-2 蹴破り訓練の様子

Ⅲ. 設計標準

10-1 基本事項

10-1-1 設計計画

1) 設計計画一般

災害はその発生を未然に防止するのが最善の策であるが、自然災害に対しては発生そのものを防止することができないものが多く、被害の軽減を図るため事前調査を実施し施設、設備の整備をはかることが重要である。各種の災害は、複雑で様なものではなく、多方面からの検討が必要でその内容は現地の状況に応じた対策が基本である。

2) 各種対策の計画

防災対策に関しては、事前通行規制区間、防災カルテ点検の要対策箇所を優先的に計画する。

各種対策を計画するにあたっては下記について留意し、必要箇所に有効な工法を選定することが必要である。

- (1) 対策は発生源対策（予防工）及び防護工を考慮する。
- (2) 各工種を単独工種のみでなく、組み合わせによる工種について検討する。
- (3) なお、(1)、(2)での対策工等が不可能と判断される場合等は、路線変更等総合的な検討を行う。

10-1-2 道路防災カルテ点検

1) 防災カルテ点検の目的

道路防災カルテ点検は、平成8年度道路防災総点検以降により抽出された災害危険箇所（要対策、防災カルテ箇所）の防災対策については、次の2つの方針で対応している。

- ・災害危険箇所の対策（防災工事の施工）
- ・災害危険箇所の点検による危険因子の監視（防災カルテを用いた点検）

危険箇所の防災対策は、優先度の高い箇所から実施しており、対策の実施が、数年～10数年先になる箇所もある。

したがって『危険箇所の対策』と『危険因子の監視』は、両者の連携が必要となり、災害危険箇所については、防災カルテを作成し、定期的なカルテ点検により危険因子の推移や新たな変状の有無を監視し、その結果を継続的に記録している。特に、要対策箇所のカルテ点検については、その結果が即対策に結びつく可能性が高いことから、カルテ点検を効率よく確実に行うことが必要である。

現在のカルテ点検は、危険因子を抱えた全箇所が一律の点検方針で行われて、点検の効率及び確実性に課題が生じている。そのため、中部地方整備局の統一的な「道路防災カルテ運用・点検マニュアル（案）」を作成し、危険箇所の早期発見、管理箇所の危険度の評価のため「防災カルテ」や「要対策」箇所についての「管理レベル」の導入による管理を行うものとしている。

2) 防災カルテ運用・点検の流れ

防災カルテ運用・点検は図-10-Ⅲ-1のフロー図で行う。カルテ点検により、対策工の優先度を判定し、対策後に評価して管理レベルを判定する。

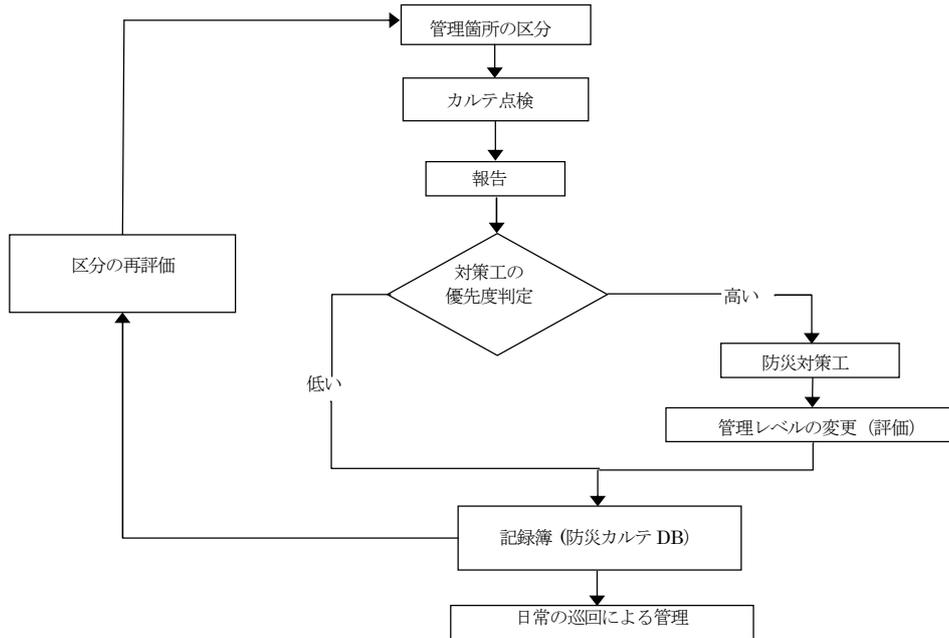


図-10-III-1 防災カルテ運用・点検のフロー図

3) 点検項目

防災カルテ点検の点検項目は、表-10-III-1 に示すとおりである。

表-10-III-1 点検項目一覧

| 平成8年防災カルテ作成・運用要領 《全国版》 | 平成16年度防災カルテ運用 ・点検マニュアル(案)《中部版》 |
|---------------------------|-----------------------------------|
| 落石・崩壊 (A) | 落石 (X) |
| | 崩壊 (Y) |
| | 切土のり面 (Z) |
| 岩石崩壊 (B) | 岩石崩壊 |
| 地すべり (C) | 地すべり |
| 雪崩 (D) | 雪崩 |
| 土石流 (E) | 土石流 |
| 盛土 (F) | 盛土 |
| 擁壁 (G) | 擁壁 |
| 橋梁基礎の洗掘 (H) | 橋梁基礎の洗掘 |

4) 管理レベル

管理レベルは、表-10-III-2 のように、平成8年度防災総点検結果、及びカルテ点検結果（安定性や変位の有無）で区分する。

また、中部地方整備局では、要対策箇所を危険度や対策の緊急度で「優先整備箇所」「逐次整備箇所」に区分して対策を実施している。

表-10-III-2 管理レベル区分 (案)

| 管理箇所 | 管理レベル | 平成8年度防災総点検結果 | 点検・対策優先度の区分 | | カルテ点検結果 |
|-------|---------|-----------------|-----------------------------|--------|------------------|
| A | 該当せず | スクリーニングで点検対象外 | 土砂災害の恐れのない箇所、日常点検で対応 | | 対象外 (日常点検で対応) |
| B | レベル0 | 対策不要 | | | |
| C | レベルI | 防災カルテ | カルテ点検で対応 | | 変化無し |
| | レベルII | | | | 軽微な変状あり |
| | レベルIII | 要対策 | 対策完了までカルテ点検で対応 | 逐次整備箇所 | 有害な変位があれば、レベルIV |
| | | | | 優先整備箇所 | |
| レベルIV | 災害等発生箇所 | 高頻度の点検 自動計測等 | 変状が著しく、災害の可能性あり 災害等の発生箇所 | | |

注) 対策優先区分について

平成8年度防災総点検結果による要対策箇所について、災害に結びつく危険度の高い箇所の区分を行い、優先的に対策を行う。要対策箇所は危険度別に「優先整備箇所（緊急対応箇所、早期対応箇所）」と「逐次整備箇所」に区分している。

5) 点検頻度

防災カルテ点検は、表-10-III-3 に示すとおり、管理レベルに応じた頻度で実施する。

表-10-III-3 カルテ点検の頻度

| 管理箇所 | 管理レベル | カルテ点検頻度 |
|------|--------|-------------|
| A | 該当せず | (道路巡回のみ実施) |
| B | レベル0 | |
| C | レベルI | 2～3年に1回程度 |
| | レベルII | 年1回 |
| | レベルIII | 年1～2回 |
| | レベルIV | 計測を含む高頻度の点検 |

(1) レベルI

原則として年1回の点検が必要である。

危険因子が低く変位が無く、将来も急激な変化のおそれが無いと判断された場合、点検箇所の重要度に応じて点検頻度を2～3年に1回程度にすることが可能である（主に盛土、擁壁等の変位）。

(2) レベルII

危険度が比較的高く、微小な変位・変状（小落石等）もみられる箇所であり、災害に結びつく変状が発生するおそれもあり、点検頻度は年1回以上必要である。

(3) レベルIII

危険度が高く対策が必要な箇所である。点検頻度は原則的に年1～2回である。中部地方整備局では、要対策箇所を、優先度で優先度の低い「逐次整備箇所」と優先度の高い「優先整備箇所」に区分している。「優先整備箇所」や変位の認められる箇所では、必要に応じて年2回の点検や更に高頻度の点検が望ましい。

(4) レベルIV

危険度が極めて高く緊急に対策が必要な箇所である。必要に応じて点検頻度を高めて実施することが必要で、計測器による連続計測が必要な場合もある。

崩壊等に関わりつ可能性が高い場合には、計測ともなう通行規制が必要になる場合もある。

6) 防災カルテ様式

防災カルテ点検の結果は、様式(A) (B) (C) 及び現場記録写真様式に記入して、防災カルテ DB 活用システムにデータ入力・更新を行う。

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-----------------|--------|------------|--------|-----|---------|---------------|--------|-------------|-----|--------------|-------|--------------|------|----------|-----|------|
| 施設管理番号 | K0002000 | 点検対象項目 | 切土のり面 | | 路線名 | 一般国道〇〇号 | | 距離標(自) | 0.00 | (至) | 0.00 | 上(下)他 | 延長 | 0 m | | | |
| 事業区分 | (一) 有料・他 | 道路種別 | 一般国道(指定区間) | 現旧区分 | 現道 | 所在地 | 〇〇県〇〇郡〇〇町大字〇〇 | 位置目印 | 距離標 | 北緯 | 35° 35' 6" | 東経 | 137° 34' 31" | | | | |
| 事前通行規制区間指定 | (有) (通) (特) (無) | 規制基準 | 連続 | 150 mm | 時間 | mm | 交通量 | 平日 | 7,363 台/12h | 休日 | 10,791 台/12h | DID区間 | 該当・(非該当) | バス路線 | 該当・(非該当) | 迂回路 | 有(無) |

〔点検地点位置図〕 ※スケッチと位置を明記する

〔専門技術者のコメント〕
 法面はコンクリート擁壁・落石防護柵及びモルタル吹付により防護されている。
 擁壁自体にヘアークラックが多数みられることから、④⑤コンクリート擁壁のヘアークラックとして着目点を追加した。(H19) 吹付モルタルの所々には剥離が見られ、小段上には岩片に混じって吹付片も見られ、劣化している。従ってモルタル吹付のクラック、剥離、浮き上がり等の監視を継続する必要がある。
 H22: コンクリート擁壁天端の開口クラックと目地部の剥離を着目点(⑥)として追加

| | |
|---|-------|
| 1 | 対策が必要 |
| 2 | 防災カルテ |
| 3 | 対策不要 |

1,2,3のいずれか該当するものに○印

| 着目すべき変状 | 専門 | 点検の時期 | 想定される災害形態 | 変状が出たときの対応 |
|------------------------|----|----------------------------|--------------------|------------|
| ③A: 上部吹付工の老朽化 | 無 | 定期 4月 5月 6月 7月 8月 9月 | ・道路への落石 (φ20~50cm) | (被災ランク 3) |
| ③B: 吹付工小段の落石 | 無 | 定期 10月 11月 12月 1月 2月 3月 | ・道路への落石 (φ20~50cm) | (被災ランク 3) |
| ④: コンクリート擁壁のヘアークラック | 無 | 異常時 地震時 | ・擁壁コンクリートの剥離落下 | (被災ランク) |
| ⑤: コンクリート擁壁のヘアークラック | 無 | 異常時 地震時 | | (被災ランク) |
| ⑥-1: コンクリート擁壁の表面剥離 | 無 | 異常時 地震時 | | (被災ランク) |
| ⑥-2: コンクリート擁壁天端の開口クラック | 無 | 異常時 地震時 | | (被災ランク) |
| ⑥-3: コンクリート擁壁天端の開口クラック | 無 | 異常時 地震時 | | (被災ランク) |

作成年月日: 2011年10月24日 (天候: 晴) 専門技術者名: 〇〇 〇〇 会社名: 〇〇〇〇株式会社 連絡先: 052-000-0000

図-10-III-2 防災カルテ様式 (A) (参考)

| | | | | | |
|--------|----------|--------|-------|-----|---------|
| 施設管理番号 | K0002000 | 点検対象項目 | 切土のり面 | 路線名 | 一般国道〇〇号 |
|--------|----------|--------|-------|-----|---------|

変状 No. ③A

〔詳細スケッチ欄〕

〔写真貼付欄〕

Ph. 10 上部吹付工の老朽化

着目すべき点

- ・上部吹付工法面の老朽化

チェック項目

- ・老朽化の進展性(剥離・剥落)を確認する

図-10-III-3 防災カルテ様式 (B) (参考)

| 施設管理番号 | K0002000 | 点検対象項目 | 切土のり面 | | 路線名 | 一般国道〇〇号 | | 距離標(自) | 0.00 | (至) | 0.00 | 上(下)他 | 延長 | 0 m | | |
|----------------------|--|--------|---|--|--|---------|---|--------|---|-----|--|-------|----|-----|--|--|
| 点検月日 | 2006年11月20日 | | 2007年11月19日 | | 2008年12月12日 | | 2009年10月27日 | | 2010年11月9日 | | 2011年10月24日 | | | | | |
| ③A上部吹付工の老朽化 | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | | | | |
| 前回との差異 | 所々剥離あり 変化なし | | 所々剥離あり 変化なし | | 所々剥離あり 変化なし | | 所々剥離あり 変化なし | | 所々剥離あり 変化なし | | 所々剥離あり 変化なし | | | | | |
| ③B吹付工小段の落石 | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | | | | |
| 前回との差異 | 小落石あり 変化なし | | 小落石あり 変化なし | | 小落石あり 変化なし | | 小落石あり 変化なし | | 小落石あり 変化なし | | 小落石あり 変化なし | | | | | |
| ④コンクリート擁壁のヘアークラック | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | | | | |
| 前回との差異 | ヘアークラック多く開口亀裂もあり その他 | | ヘアークラック多く開口亀裂もあり その他 | | ヘアークラック多く開口亀裂もあり 変化なし | | ヘアークラック多く開口亀裂もあり 変化なし | | ヘアークラック多く開口亀裂もあり 変化なし | | ヘアークラック多く開口亀裂もあり 変化なし | | | | | |
| ⑤コンクリート擁壁のヘアークラック | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | (cm) | | | | | |
| 前回との差異 | ヘアークラック多く開口亀裂もあり その他 | | ヘアークラック多く開口亀裂もあり その他 | | 変化なし | | 変化なし | | 変化なし | | 変化なし | | | | | |
| ⑥-1コンクリート擁壁の表面剥離 | | | | | | | | | 新規設定 | | 変状の進行なし | | | | | |
| 前回との差異 | | | | | | | | | その他 | | 変化なし | | | | | |
| ⑥-2コンクリート擁壁天端の開口クラック | | | | | | | | | -0.4→(cm) | | 0.4→0.4→(cm) | | | | | |
| 前回との差異 | | | | | | | | | 新規設定 | | 変状の進行なし | | | | | |
| 点検時の特記事項 (点検時の対応) | 天候：晴 吹き付けの継ぎ目付近からの吹き付けコンクリートの剥離が見られる。 | | 天候：晴 ・吹付工の剥離箇所は、顕著な伸張はない。コンクリート擁壁にヘアークラックあり(④⑤)。 ・67k610m付近、第③法面の吹付工上に倒木あり。 | | 天候：晴 吹付工の剥離箇所は、顕著な伸張はない。コンクリート擁壁にヘアークラックあり(④⑤)。 ・67k610m付近、第③法面の吹付工上に倒木あり。 | | 天候：晴 吹付工上部の剥離に顕著な進行は見られず、小段の落石も増加は見られない。 ④⑤コンクリート擁壁のヘアークラックに進行は見られない。 | | 天候：曇 ・③～⑥に顕著な進行は見られない。 ・中央部最下段のコンクリート擁壁の目地部に剥離(⑥-1)が認められ、さらに天端に壁面と平行方向の開口クラック(⑥-2、⑥-3)が認められる。剥離とクラックの進行状況を新規着目点として設定した。 | | 天候：晴 ③の小段における小塊や吹き付け片、④、⑤のヘアークラック、⑥-1のコンクリート擁壁の剥離および⑥-2、⑥-3のコンクリート擁壁天端へのクラックについては、進行は見られない。 | | | | | |
| 点検者名 | 〇〇 〇〇 | | 〇〇 〇〇 | | 〇〇 〇〇 | | 〇〇 〇〇 | | 〇〇 〇〇 | | 〇〇 〇〇 | | | | | |
| 点検後の対応 (専門技術者の判定) | ・カルテ点検の継続が必要 | | ・カルテ点検の継続が必要 | | カルテ点検の継続が必要。 ・倒木を除去する。 | | 吹き付けモルタル、擁壁に顕著な変化の進行は認められないが、カルテ点検の継続が必要である。 | | 擁壁天端の開口クラックは、クラックに進入した水の凍結等の作用で拡大し、壁面の剥離につながる可能性があり、クラックの充填等の補修が必要である。 | | ⑥-2、⑥-3のコンクリート擁壁天端へのクラックについては、進行は見られないものの、クラックに進入した水の凍結等の作用で、拡大する可能性もあるため、充填等により補修の必要がある。 | | | | | |
| 点検月日 | 11月20日 | | 11月19日 | | 12月12日 | | 10月27日 | | 11月9日 | | 10月24日 | | | | | |
| 専門技術者名 | 〇〇 〇〇 | | 〇〇 〇〇 | | 〇〇 〇〇 | | 〇〇 〇〇 | | 〇〇 〇〇 | | 〇〇 〇〇 | | | | | |

図-10-III-4 防災カルテ様式 (C) (参考)

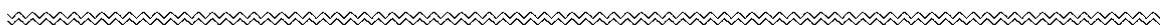
| 施設管理番号 | K0002000 | 点検対象項目 | 切土のり面 | | 路線名 | 一般国道〇〇号 | | 距離標(自) | 0.00 | (至) | 0.00 | 上(下)他 | 延長 | 0 m | |
|--------|----------|---|-------|--------|-----|--|--|--------|------|---|------|--|----|-----|--|
| 全景 | |  | | 全景(起点) | |  | | 全景(終点) | |  | | ③A:上部吹付工の老朽化 ③A(D):第5法面の吹付工の目地沿いに見られる剥離、変化なし。 | | | |

図-10-III-5 防災カルテ様式 現場記録写真様式 (参考)

10-2 留意事項

10-2-1 落石防護工（ポケット式落石防護網）の設計

ポケット式落石防護網の設計においては、「ポケット式落石防護網の設計について」（平成 26 年 3 月 7 日付道路局 国道・防災課 課長補佐、道路保全企画室 課長補佐、道路防災対策室 課長補佐、環境安全課 課長補佐 事務連絡）が以下の通り通知されており、これによるものとする。



1. 設計の考え方

ポケット式落石防護網は、金網、ワイヤーロープ、支柱、吊ロープ等からなり、上部に落石の入り口を設け、金網に落石が衝突することにより、構造全体で落石の持つエネルギーを吸収する機能を持つ。落石エネルギーは、構造部材の弾性および塑性変形によるエネルギー吸収のほか、部材の振動、落石と部材との摩擦等の、部材の変形以外によってもエネルギーが消散される。したがって、ポケット式落石防護網の設計にあたっては、これらの吸収エネルギーの総和が落石エネルギーを上回るように設計を行うこととなる。

2. 設計の適用範囲

ポケット式落石防護網の設計においては、各部材の可能吸収エネルギーの総和が落石エネルギーを上回るよう、各部材の緒元を決定する手法を基本とする。

ただし、従来から施工実績があり、部材及び構造が定型化しているポケット式落石防護網については、部材それぞれの強度等を算出し設計することは非効率となってしまうため、簡易式による設計手法を用いてもよい。（下図および＜参考 1＞参照）

なお、簡易式による設計を行う場合は＜参考 2＞に留意されたい。

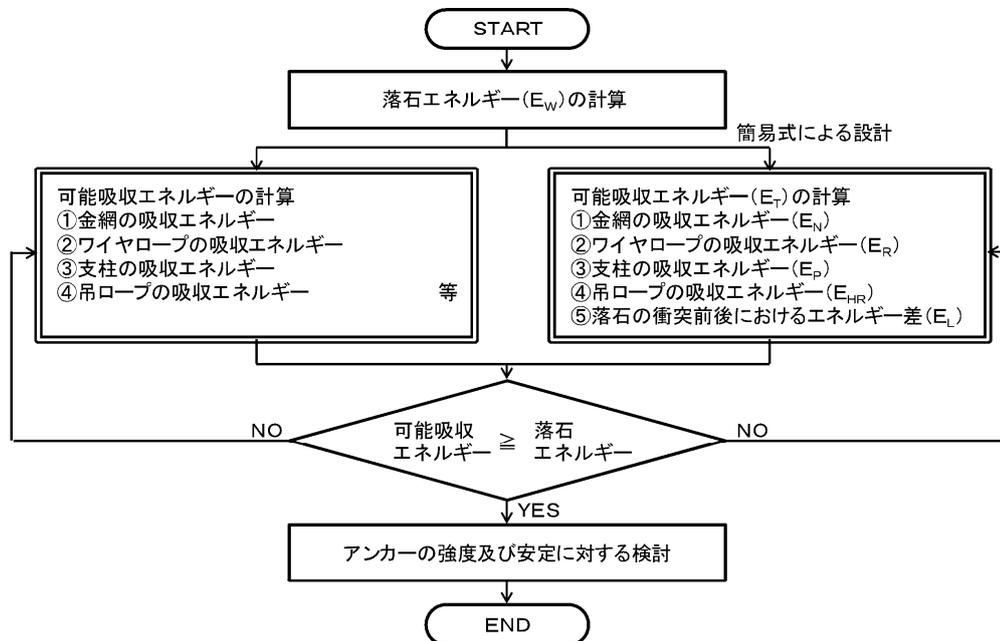


図 ポケット式落石防護網の設計の考え方

<参考 1>ポケット式落石防護網の簡易式について

ポケット式落石防護網の採用にあたり、簡易式による設計を行う場合は、一般的に以下の手法が用いられているが、適用にあたっては、部材の強度及び特性、防護網の構造を十分に踏まえる必要がある。

(1) 落石エネルギーの算出

落石の衝突位置は、上端横ロープと2段目の横ロープの中心かつ支柱間の中心とし、落石防護網に作用する落石エネルギーは、落石防護網の傾斜を考慮して金網に直角方向の分力を求めることにより算出する。

$$E_w = \frac{1}{2} m (V \sin \theta_0)^2$$

ここに、 E_w : 落石エネルギー
 m : 落石質量
 V : 落石速度
 θ_0 : ネットの傾斜角

(2) 可能吸収エネルギーの算出

落石防護網の可能吸収エネルギー (E_T) は次式により算出する。

$$E_T = E_N + E_R + E_P + E_{HR} + E_L$$

ここに、 E_N : 金網の吸収エネルギー
 E_R : 上端横ロープ及び2段目の横ロープの吸収エネルギー
 E_P : 支柱の吸収エネルギー
 E_{HR} : 吊ロープの吸収エネルギー
 E_L : 衝突の前後におけるエネルギー差

(3) エネルギー差の算出

落石の衝突前後におけるエネルギー差 (E_L) は、次式により算出する。

$$E_L = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \cdot E_w$$

ここに、 E_w : 落石の持ち込む運動エネルギー
 m_1 : 落石質量
 m_2 : 落石防護網質量

＜参考2＞簡易式が適用できる可能吸収エネルギーの範囲について

((独) 土木研究所)

1. 可能吸収エネルギーと落石エネルギーの検証のための実規模実験

金網、ワイヤーロープ、支柱、吊ロープからなる従来型のポケット式落石防護網の実験装置を、実際の施工と同様の規模で製作し、落石に見立てたコンクリート製の重錘を網に衝突させ、防護網の性能を確認し、合わせて簡易式による設計の適合性を検証した。

(1) 実験装置

- 防護網全体：幅 15m 高さ 10m
- 横ロープ：φ18.0mm×4本
- 支柱：H=3.5m、ヒンジ式
- 菱形金網：φ5.0mm
- 縦ロープ：φ18.0mm×6本
- 重錘：滑落長 25m 以上、質量 1.0t

(2) 重錘衝突実験

- H=6.0m ($E_w=53kJ$)
- H=12.0m ($E_w=106kJ$)
- H=18.0m ($E_w=159kJ$)
- の3パターン
- 防護網の部材交点等にカメラターゲットを設置し、衝突の状況をハイスピードカメラで撮影



図-1 実験状況

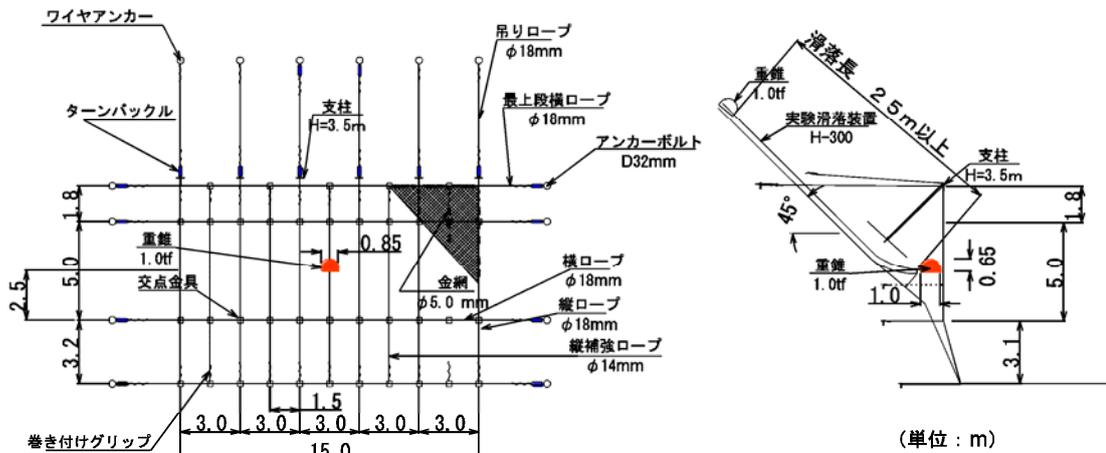


図-2 実験装置の諸元

2. 簡易式の可能吸収エネルギー (E_T) の適用範囲について

緩衝装置類のないポケット式落石防護網の実験結果

実規模実験による落石の補足状況等を勘案すると、簡易式の適用範囲は150kJ程度が望ましい。

重錘衝突実験において、簡易式で求めた設計可能吸収エネルギー E_T と、重錘の持ち込みエネルギー E_w の関係をグラフ化した。結果、 E_w が E_T 以下の場合には重錘をすべて補足したことを確認した。

実験結果から、重錘エネルギー150kJまでは、アンカー等の部材破断はあるものの、落石は補足されることが確認された。(図-3)

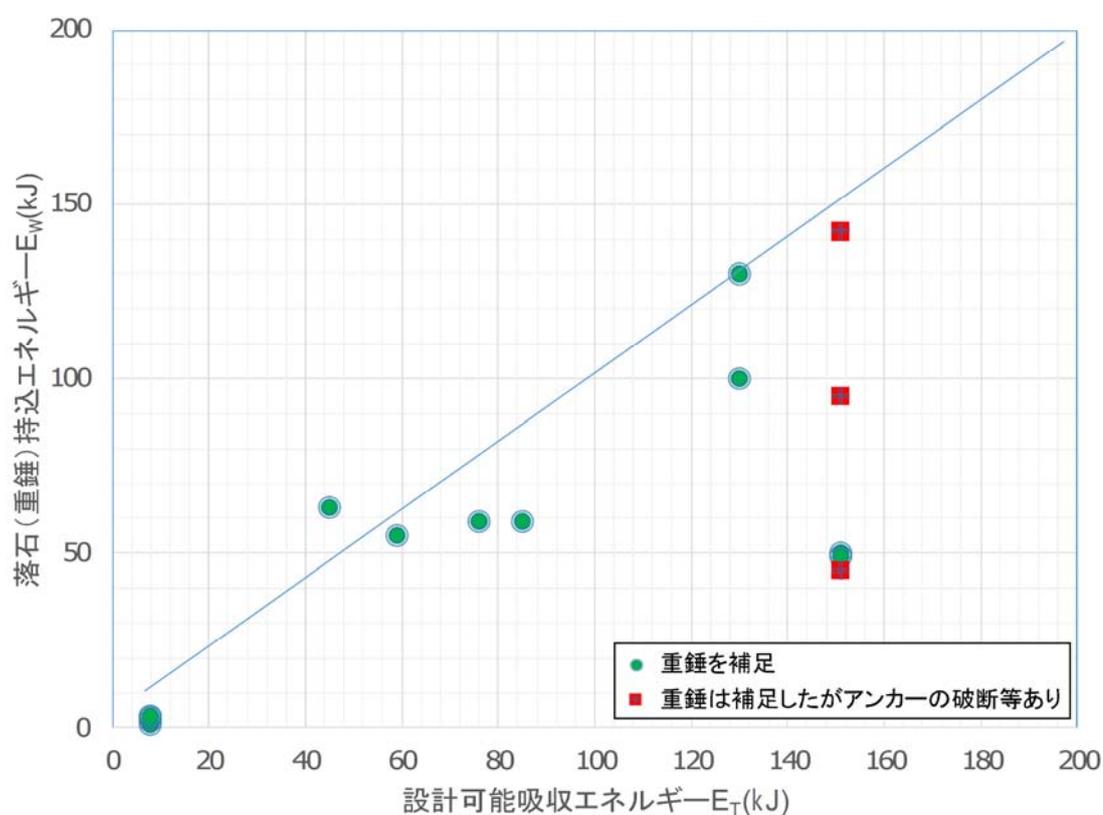


図-3 実規模実験における落石エネルギーと可能吸収エネルギー

3. エネルギー差（ E_L ）の計算に用いる金網の有効範囲について

実規模実験及び数値解析による金網の有効範囲

E_L の計算で考慮する金網の質量の有効範囲の上限は、 150m^2 程度とすることが望ましい。

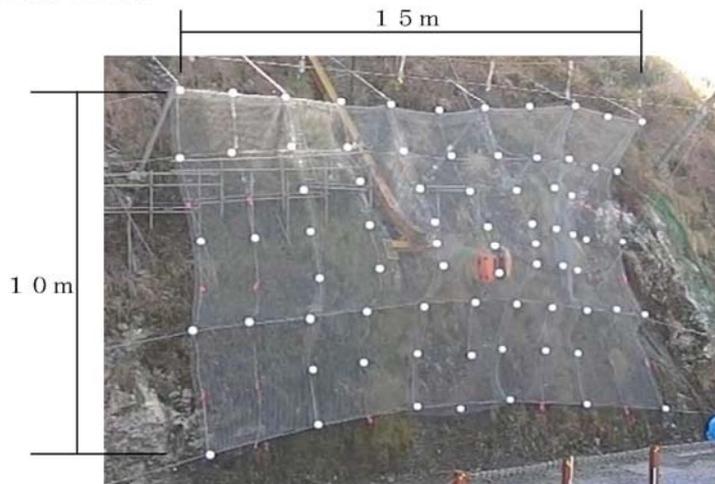
重錘衝突実験の映像を分析した結果、おおよそ $15\text{m} \times 10\text{m}$ の範囲で、防護網が変形・揺動して重錘を補足していることが確認できた。（図－4）

数値解析においても、 $15\text{m} \times 10\text{m}$ の範囲で、防護網が重錘を補足していることが確認できた。（図－5）

これらの結果から、防護網の各部材が損傷しない条件における金網の影響範囲は、 $15\text{m} \times 10\text{m} = 150\text{m}^2$ 程度までの大きさであれば安全であるとみなされ、今後新設を行うポケット式落石防護網の設計においては、 E_L の計算で考慮する金網の有効範囲について、 150m^2 程度を上限とし設計することが望ましい。この面積は、支柱の一般的配置の4スパン分の幅 12m に換算すると、おおよそ $12\text{m} \times 12\text{m} = 144\text{m}^2$ に相当する。

一方で、例えば、横ロープを固定するアンカーが外れる等、防護網に一定の損傷を認めつつ落石を捕捉する条件を仮定すると、数値解析においては $15\text{m} \times 20\text{m} = 300\text{m}^2$ の範囲で防護網が重錘を捕捉していることが確認できた（図－6）。

こうしたことから、金網の影響範囲を 300m^2 程度まで想定し設計することは、特段の問題はないと考えられるが、こうした条件で設計した防護網については横ロープやアンカーの損傷を定期点検等により確認し、必要に応じて補修等を行うことが求められることに留意が必要である。



図－4 実規模実験で重錘衝突により網が揺動した範囲（幅15m×高10m）

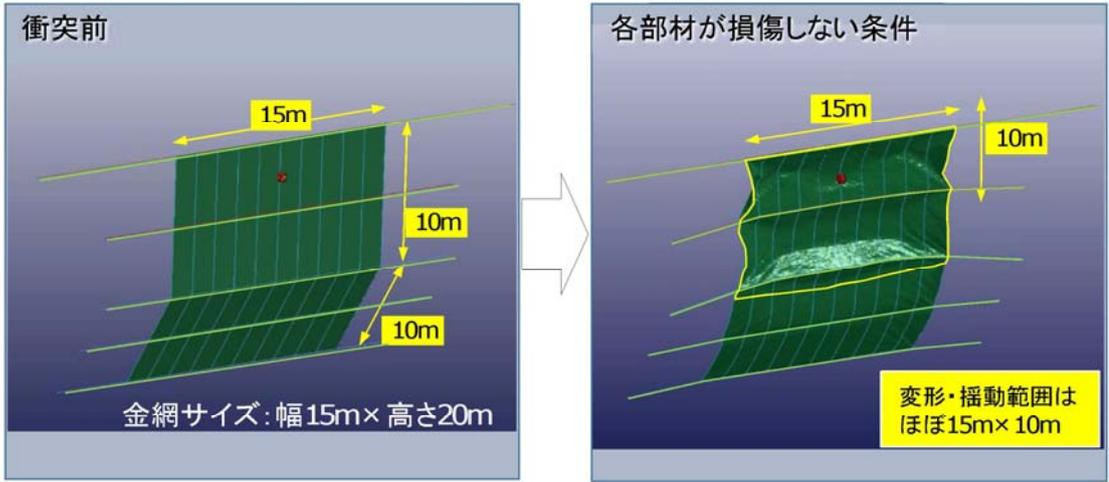


図-5 数値解析結果による金網の揺動範囲
 (横ロープ固定：部材が損傷しないと仮定する条件)

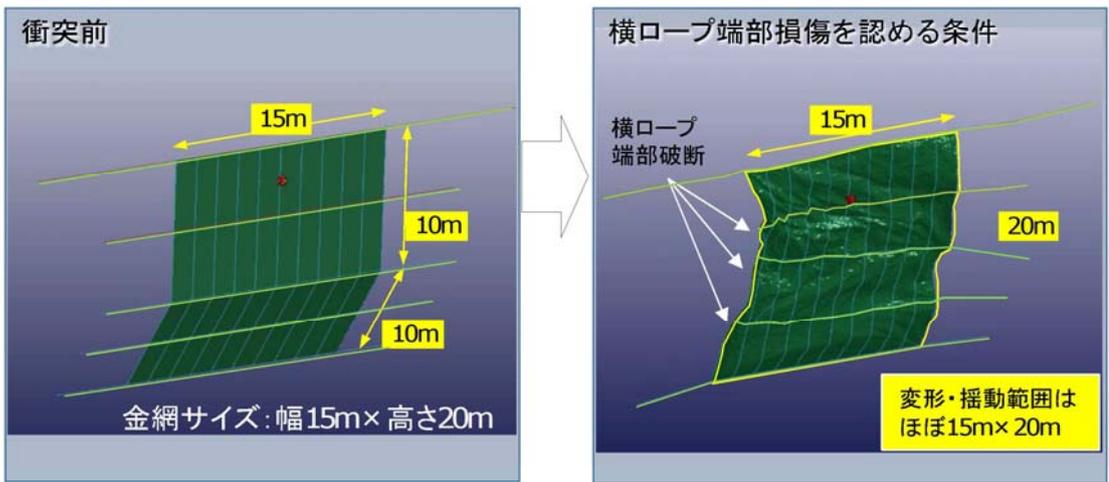


図-6 数値解析結果による金網の揺動範囲
 (横ロープ解放：部材が損傷したと仮定する条件)

—以 上—



10-2-2 ソフトでの対策工

落石及び法面の崩壊危険区間へのハード対策は、その規模が大きいほど素早い施工は困難であり、全ての区間でのハード対策は合理的ではない。従って、ハード対策を実施するまであるいはハード対策を行えない区間ではソフト対策の検討を行う。従来、落石及び法面崩壊等の危険区間では、累積雨量等を用いて通行規制等を行っている。最近では土木研究所や各技術事務所に於いて、斜面崩壊等の監視技術の実用化が進められてきている。

現在開発中又は既開発技術を下記に示す。

- ① 光ファイバーを用いた地盤や構造物の監視システム
- ② 画像処理による変位の監視システム
- ③ 変位により生ずる低周波を利用した監視システム
- ④ その他センサー等

これらの技術を用いて情報の収集を図ると共に、情報の伝達体制を確立し、関連各機関において降雨量情報等と組み合わせ、通行規制及び住民避難等への有効な活用方法を検討する。

【参考文献】

- 1) 玉越隆史, 星隈順一他: 地震時の交通機能確保に配慮した道路構造物の技術基準, 国総研・土研 東日本大震災報告会資料, pp. 7~8, 2012
- 2) 西川和廣, 神田昌幸: 道路橋の支承構造および落橋防止システム, 土木技術資料 39-2, pp. 62~67, 1997
- 3) 日本道路協会: 落石対策便覧, pp. 95, 2000