

既設落石覆道の現況調査について

(独) 土木研究所寒地土木研究所 寒地構造チーム ○山口 悟
西 弘明
今野 久志

本研究では、既設落石覆道の劣化・損傷状況と補修・補強技術を体系的に取りまとめることおよび落石荷重の評価検討における参考資料とすることを目的として、現地における覆道の上に設置されている緩衝材の状況ならびに覆道本体の劣化損傷状況を把握するための調査を実施した。

その結果、既設落石覆道の緩衝材は非常に強固に締固まっていることがわかった。また、覆道の劣化損傷は、柱部に集中して発生していることが明らかとなった。

キーワード：落石覆道、落石荷重、劣化損傷、緩衝材

1. はじめに

日本は国土の約7割が山地・丘陵地であり地形が急峻なうえ、地質・土質が複雑で地震の発生頻度が高く、台風や降雨、降雪など厳しい環境下にある。このような中、自然災害から国民の生命・財産を守ることは最も基礎的な課題となっている。近年、集中豪雨や地震などに伴う、土石流、地すべり、がけ崩れ等の土砂災害が、過去10年間（平成13～22年）の年平均で、約1,000件以上¹⁾発生しており、多大な被害を与えている。また、自然災害による犠牲者のうち、土砂災害によるものが大きな割合を占めている。

北海道の道路は急峻な地形や海岸線等を通過し築造されている場合も少なくなく、大規模な岩盤崩壊や落石を始めとする道路災害（写真-1）が発生している。このため、落石災害を防止するための落石防護構造物が数多く建設されている。

今後、斜面の経年変化や道路防災点検などにより防災対策工の検討が実施されることになる。対策工の検討にあたっては、既設対策工の効果を検証し、適切な補修補強による既存ストックの有効活用によって、効率的・効果的に安全性向上を図ることが重要である。そのためには、現地状況をもとに荷重の作用形態・範囲を含めた落石荷重の評価手法や、既設構造物等の現状における劣化・損傷と補修補強技術を体系的にとりまとめることが必要である。

そこで本研究では、既設落石覆道の劣化・損傷状況と補修・補強技術を体系的に取りまとめることおよび落石荷重の評価検討における参考資料とすることを目的として、現地における覆道の上に設置されている緩衝材の状況ならびに覆道本体の劣化損傷状況を把握するための調査を実施した。



写真-1 落石による道路災害例(2008)

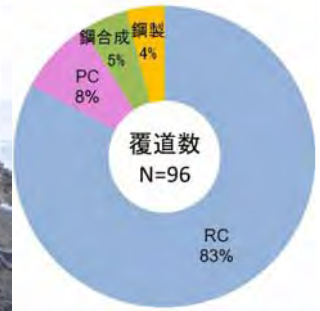


図-1 全道の国道における形式別覆道数

表-1 調査箇所諸元

路線名	市町村名	覆道名	延長(m)	竣工年	経過年
39	上川町	神削覆道	336	S61	25
229	島牧村	木巻覆道	59	S52	34
231	増毛町	湯泊第1覆道	138	S56	30
336	様似町	ルランベツ覆道	436	S54	32
336	広尾町	美幌覆道	324	H8	15

2. 調査概要

(1) 調査箇所の選定

図-1には、2009年度末（平成21年度）時点での北海道の一般国道における形式別落石覆道数を示している²⁾。

図より、全体の83%がRC製であることがわかる。このことから、RC製落石覆道を調査対象形式とした。また、緩衝材の調査箇所は過去の被災箇所³⁾や過去に実験や解析を実施した箇所⁴⁾を中心に、表-1と図-2に示す5箇所を選定した。

覆道本体の劣化損傷状況の調査は、日本海側と太平洋

側での特性を把握するため、日本海側では一般国道 231 号の 18 基、太平洋側では一般国道 336 号の 33 基、計 51 基の覆道を対象とした。調査対象の覆道については、日本海側の覆道は昭和 50 年代に建設されているものが多く、太平洋側は平成に建設されている覆道も多数存在している。

(2) 調査目的

北海道開発局の落石覆道の設計施工については、道路設計要領第 1 集において、道路関係技術基準《北海道版》として、「道路防災工調査設計要領 (案) ⁶⁾」に準拠して実施されている。この中で、覆道上に設置される敷砂緩衝材に関しては、図-3に示すように敷砂緩衝材を $t = 90 \text{ cm}$ 設置し、飛散防止材 (砂利等) $t = 20 \text{ cm}$ を敷き均すこととしている。また、落石対策便覧⁷⁾にも同様の記述がされている。

落石対策便覧の昭和 58 年初版には、緩衝材の砂層厚は 90 cm を標準とすることが多いと記述されている。このことから、昭和 58 年以前に建設された落石防護覆道の緩衝材を主に土質調査の対象とし、併せて、平成 8 年に建設された美幌覆道の敷砂緩衝材の締固め度の確認を緩衝材の調査目的とした。

図-4 には既設覆道毎の経過年数を示している。覆道は建設から 10 ~ 42 年経過しており、既設落石覆道の劣化損傷状況を調査することが重要であることがわかる。

(3) 緩衝材の調査項目

落石覆道上の緩衝材は自然地盤と違い、構造物上に設置されていることから、盛土と同様に現場密度を測定することにより、締固め度の計測を行った。また、礫障害が懸念されたが、簡便な手法として図-5 に示すサウンディングの動的円錐貫入試験 (大型) ⁸⁾ を併用することとした。

調査箇所は、飛散防止材 (表層) と緩衝材 (緩衝層: 地表下 50 cm) とし、標準貫入試験と動的円錐貫入試験は落石覆道の覆土厚さを確認するため、全層とした。

原位置試験 (各覆道で 1 箇所)

- ・標準貫入試験
- ・動的円錐貫入試験 (大型)
- ・現場密度試験 (突砂法) (表層と緩衝層)

室内土質試験 (各覆道の表層と緩衝層)

- ・土の粒度試験
- ・突固めによる土の締固め試験

3. 緩衝材の調査結果

(1) 室内試験結果

原位置よりサンプリングした試料にて、室内土質試験を行った。その結果を表-2 に示す。なお、表には後述

Satoru Yamaguchi, Hiroaki Nishi, Hisashi Konno

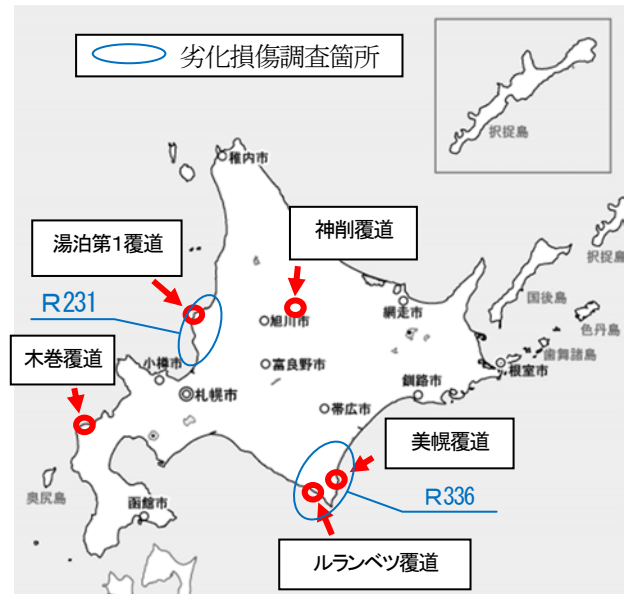


図-2 調査箇所図

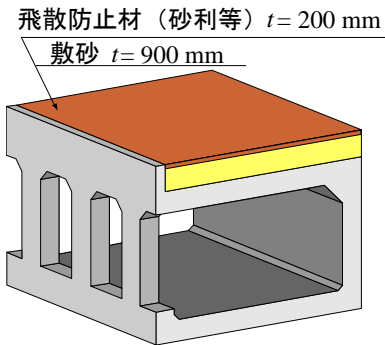


図-3 覆道上の敷砂緩衝材設置方法⁶⁾



図-4 既設覆道毎の経過年数

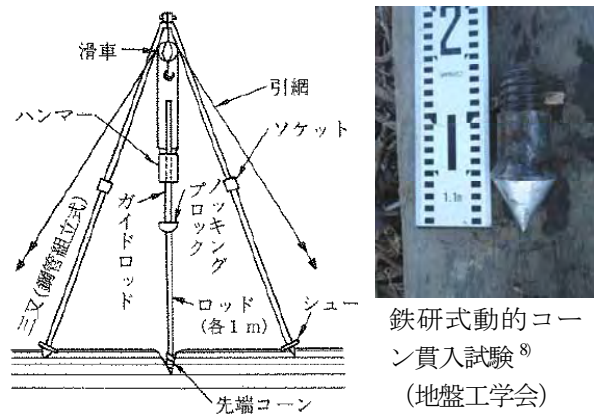


図-5 動的円錐貫入試験の概要と先端コーン形状

鉄研式動的コーン貫入試験⁸⁾
(地盤工学会)

表-2 緩衝材土質試験結果

試料名	神削覆道		木巻覆道		湯泊第1覆道		ルランベツ覆道		美幌覆道		
	再生路盤材	発生土	発生土	発生土	発生土	発生土	発生土	発生土	飛散防止材	敷砂	
試験深度 (m)	0.0 ~ 0.20	0.35 ~ 0.50	0.0 ~ 0.2	0.2 ~ 0.5	0.0 ~ 0.2	0.2 ~ 0.5	0.0 ~ 0.2	0.2 ~ 0.6	0.0 ~ 0.25	0.25 ~ 0.50	
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.722	2.718	2.726	2.727	2.687	2.677	2.75	2.752	2.711	2.662	
粒度	礫分 (2 ~ 75 mm) %	83.8	79.6	84.2	73.3	20.9	49.9	69.7	72.3	72.8	50.1
	砂分 (0.075 ~ 2 mm) %	13.7	15.2	11.7	20.2	43.0	27.9	22.1	20.7	20.1	45.0
	シルト分 (0.005 ~ 0.075 mm) %	1.5	2.8	2.8	3.8	13.7	13.0	6.0	5.0	4.0	3.2
	粘土分 (2 ~ 75 mm) %	1.0	2.4	1.3	2.7	22.4	9.2	2.2	2.0	3.1	1.7
	最大粒径 mm	75	75	75	75	37.5	75	53	75	75	75
	60% 粒径 D_{60} mm	30.35	22.21	29.14	21.15	0.49	8.45	16.71	17.74	22.75	7.515
	均等係数 U_c	38.89	39.99	64.32	87.07	354.93	1320.30	118.4	93.38	138.4	38.82
地盤材料の分類名	粒径幅の広い砂まじり礫	粘性土まじり砂質礫	砂まじり礫	細粒分まじり砂質礫	細粒分質礫質土	細粒分質砂質礫	細粒分まじり砂質礫	細粒分まじり砂質礫	細粒分まじり砂質礫	砂質礫	
分類記号	GW-S	GS-Cs	G-S	GS-F	SPG	GFS	GS-F	GS-F	GS-F	GS	
最大乾燥密度 ρ_{dmax} g/cm ³	1.910	1.979	1.932	1.856	1.774	1.580	2.164	2.221	2.160	1.857	
最適含水比 W_{opt} g/cm ³	12.7	11.8	12.6	13.3	16.0	22.9	8.7	7.8	8.2	9.3	
原位置突砂法 乾燥密度 (kN/m ³)	1.862	1.889	1.698	1.579	1.680	1.447	2.000	2.086	1.981	1.596	
原位置突砂法 含水比 W	9.8	8.2	10.7	10.9	13.2	27.4	5.4	5.0	5.7	9.4	



写真-2 各覆道の全景



写真-3 緩衝材全景

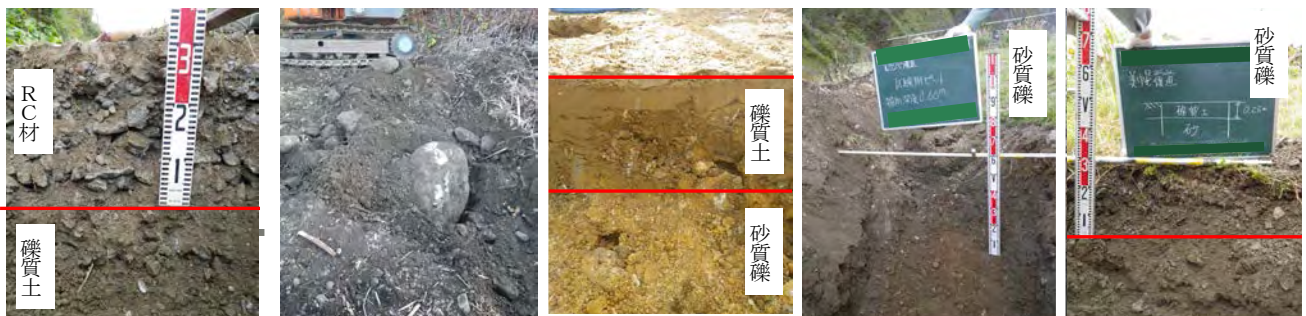


写真-4 緩衝材の内部状況



(a) 神削覆道 (b) 木巻覆道 (c) 湯泊第1覆道 (d) ルランベツ覆道 (e) 美幌覆道

写真-5 地表面から 50cm 下の緩衝材状況

する現場密度試験の突砂法の試験結果も併記した。

室内土質試験の結果、緩衝材は主に礫質土であることがわかった。

(2) 緩衝材の状況

原位置の状況を写真-2~6に示す。

写真-2は、各落石覆道の全景写真である。写真-3は覆道上の緩衝材状況である。写真-4~6は緩衝材の状況写真である。

(a) 神削覆道は地表より35cmが再生骨材(RC材)、以深50cmまでは礫質土から構成されていた。

(b) 木巻覆道は地表より50cmまでは、写真-6に示すように、φ200mm程度の石が多く、また、内部には写真-4に示すように、φ1m程度の礫が混入していた。

(c) 湯泊第1覆道は地表より20cmまでは、細粒分に粘性のある礫質土が主体でありφ50cm程度の礫も混入していた。また、以深50cmまでは細粒分が若干火山灰質の礫質土から構成されていた。

(d) ルランベツ覆道は地表より60cmまでは最大粒径75mm程度で細粒分が砂質の比較的均質な礫質土から構成されていた。

(e) 美幌覆道は地表より25cmまでは最大礫径75mm程度の礫質土が主体であるが、所々に写真-6に示すようなφ200mm程度の礫が混入する。また、以深50cmまでは礫まじり砂が主体となっていた。

(3) 標準貫入試験と動的円錐貫入試験結果

標準貫入試験(N値)と動的円錐貫入試験(Nd値)結果を図-6に示す。ここで標準貫入試験によるN値とは、50cm毎に15cmの予備打ちを行い、本打ちとして30cmの貫入に要する総打撃回数である。N値の計測は10cm毎に記録されていることから、10cm毎に記録されているNd値との比較を行った。

図より、既設落石防護覆道の緩衝材としての厚さは、現行の1.1mに近い箇所が2箇所あり、2mを超える箇所もあることがわかった。

標準貫入試験と動的円錐貫入試験との比較では、地盤調査の方法と解説に記述されている $N \approx Nd$ の関係⁸⁾が本調査箇所においても概ね一致した。両者の相関係数は0.85となった。落石防護覆道のように深度の浅い場合には、動的円錐貫入試験は簡便で有用であることがわかった。しかし、打撃により円錐を貫入させる試験であるため、木巻覆道では礫による障害で覆道の頂版まで調査を実施することは出来なかった。

(4) 密度試験結果

現場密度試験結果の締固め度と含水比の関係を図-7に示す。凡例に記述の数字は、覆道の経過年数である。

図より、各土質とも締固め度が85%以上と道路盛土の路体締固め度の品質管理値⁹⁾と同じ高い値となってい



(b) 木巻覆道

(e) 美幌覆道

写真-6 緩衝材の状況

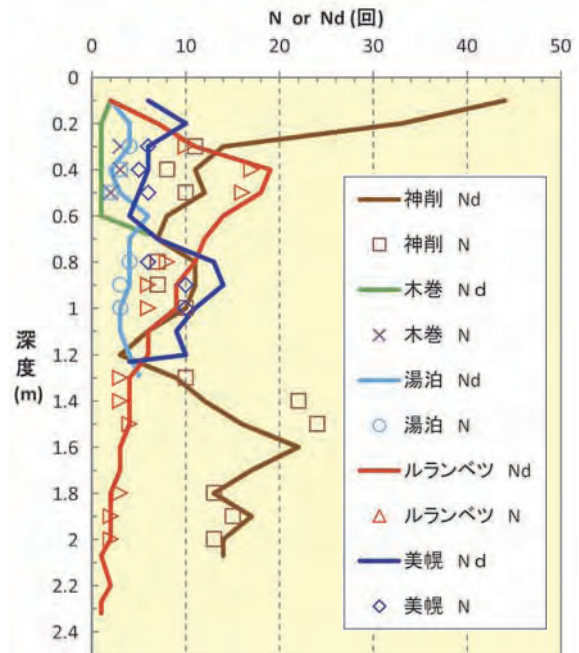


図-6 深度方向のN値とNd値との比較図

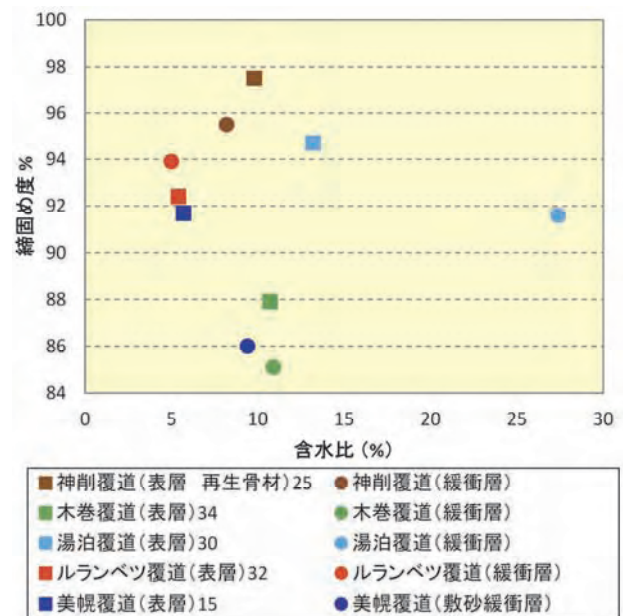


図-7 現地の締固め度と含水比の関係

る。15年経過している美幌覆道の敷砂で締固め度が86%となっており、全体の締固め度の平均は92%と道路の下層路盤の現場密度の規格値93%以上の値⁹⁾に近く、非常に強固に締固まっていることがわかった。

このことは現在、緩衝材に対する管理値がないことにより、施工時に道路・河川工事仕様書⁹⁾による品質管理値を引用したことも想定される。既設落石覆道の耐荷力照査において、落石時に衝撃力を緩和する緩衝材は重要であり、今後も引き続き現地調査を行う必要があることがわかった。

4. 劣化損傷の調査結果

(1) 覆道本体の劣化損傷状況

落石対策便覧⁷⁾を参考に、下記の項目について点検を実施した。

- 1) 頂版上の点検
- 2) 覆道本体の点検
- 3) 排水工点検
- 4) 基礎工および谷側地盤の点検

調査の結果、覆道本体については日本海側、太平洋側とも目地等のずれ、段差、開口や部材の変形、傾斜等、緊急の点検が必要となるような変状はみられなかった。

図-8, 9 は、各覆道において変状が発生している項目を抽出し、各路線の覆道数に対する割合で示したものである。両図より、柱部に変状が多くみられるが、日本海側と太平洋側でその変状発生割合に差異が見受けられる。

図-8 より、日本海側では覆道全体の33～61%において、柱部コンクリートの浮き・剥落・鉄筋露出・錆汁等の変状が生じている。また、覆道全体の28%で補修履歴があることがわかる。これに対し、図-9 より、太平洋側では日本海側と同様に覆道全体の36～70%において、柱部コンクリートの浮き・剥落・鉄筋露出等の変状が発生している。また、頂版・側壁については覆道全体の12～24%において、日本海側では見受けられない錆汁・鉄筋露出等の変状が発生している。

覆道の劣化損傷の事例を写真-7～9に示す。

写真-7 は日本海側の覆道の損傷状況であり、上述のように部位別に変状が多く発生していたのは柱部で、鉄筋露出や錆汁に観られる鋼材の変状も太平洋側の覆道より多かった。また、写真右上のように補修された箇所においても、鉄筋の腐食により剥落している状況が見られた。

写真-8 は、日本海側の柱基部の鉄筋の一部が露出している状況である。上の写真は施工時の施工不良によるものと思われるジャンカ箇所、下の写真は鉄筋かぶり不足の箇所のコンクリートが剥離し、鉄筋が露出している状況である。

写真-9 は太平洋側の覆道の損傷状況である。コンクリートの浮きや剥離のほか、写真右上のように頂版目地部に漏水が発生している状況も見られた。

日本海側の覆道では、築造から年数を経たものが多く、経年劣化が顕著に現れているものと考えられるが、同じ

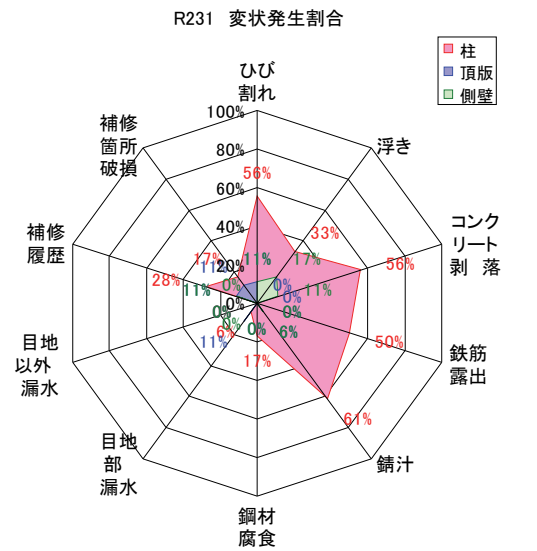


図-8 日本海側変状割合 (18基)

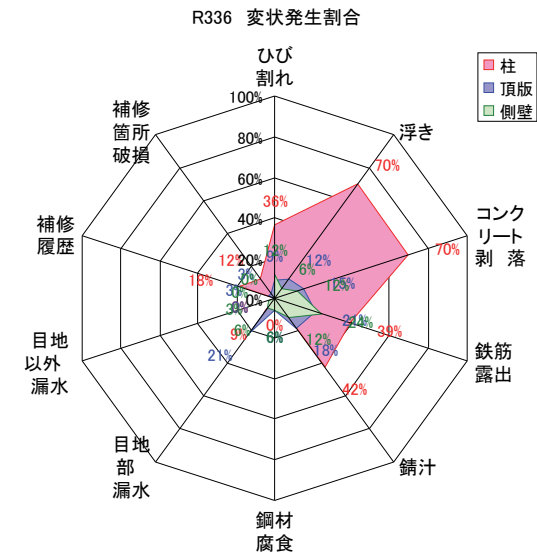


図-9 太平洋側変状割合 (33基)



写真-7 日本海側の覆道の損傷状況



写真-8 覆道柱部の損傷状況（鉄筋露出）

海岸沿いという条件では、太平洋側に比較して日本海側の厳しい自然環境も現れてきているものと考察される。

写真-10 は過去の点検記録に記載されていた写真である。現在、この箇所は補修済みとなっているがどの様に補修をしたのが重要であり、今後このような、補修・補強について調査取り纏めを行う予定である。

5. まとめ

既設落石防護覆道の緩衝材土質調査および劣化損傷を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) 緩衝材の多くは現地発生土であることがわかった。
- 2) 標準貫入試験（N 値）と動的円錐貫入試験（Nd 値）は概ね一致する関係が確認された。
- 3) 緩衝材の締固め度は平均で 92 % と非常に強固に締固まっていることがわかった。
- 4) 落石覆道の劣化損傷は、柱部に集中して発生している。
- 5) 日本海側の構造物の方が、劣化損傷度合いが高く、特に鉄筋のさび汁、露出が顕著な傾向として現れている。
- 6) 太平洋側の覆道では、コンクリートの浮き、剥離が多い状況であった。

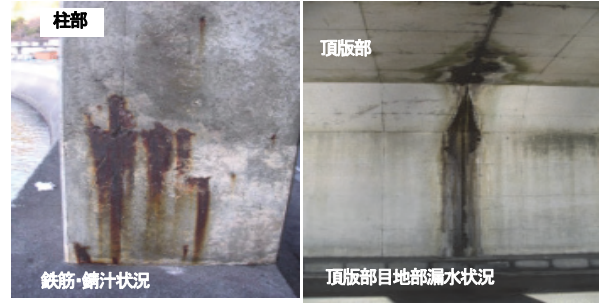


写真-9 太平洋側の覆道の損傷状況



写真-10 過去の点検記録に記載の損傷状況

謝辞：本研究論文を取り纏めるに当たり、北海道開発局の各事務所の担当者には多大なるご協力を頂きました。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通白書，第Ⅱ部国土交通行政の動向，2011
- 2) 西 弘明、今野久志、山口 悟、表 真也：戦略研究 64 落石対策工の設計外力及び補修・補強に関する平成 22 年度研究報告書、土木研究所、pp.1-7、2011.6
- 3) 熊谷守晃：ルランベツ覆道における落石災害に関する報告、第 2 回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集、pp.286-290、1993.6
- 4) 金子 学、中野 修、今野久志、岸 徳光：美幌覆道における敷砂緩衝構造の性能実験、土木学会第 47 回年次学術講演会、pp.1148-1149、1992.9
- 5) 土木学会：構造工学シリーズ 8、ロックシェットの耐衝撃設計、1998.11
- 6) 北海道開発局：道路防災工調査設計要領（案）、2001.3
- 7) 日本道路協会：落石対策便覧、2000.6
- 8) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説、2004.6
- 9) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書、2011