

# 既設落石防護覆道上の緩衝材土質調査結果について

Soil survey results of cushions material on existing rockfall protection gallery

寒地土木研究所 ○正員 山口 悟 (Satoru Yamaguchi)  
 寒地土木研究所 正員 西 弘明 (Hiroaki Nishi)  
 寒地土木研究所 正員 今野 久志 (Hisashi Konno)  
 室蘭工業大学大学院 フェロー 岸 徳光 (Norimitsu Kishi)

## 1. はじめに

我が国の山岳部や海岸線の道路には、落石災害を防止するための落石防護覆道が数多く建設されている。これらの設計は、現在のところ許容応力度法の下に行われている。また、過去の被災事例の検証や数値解析の検討から、許容応力度法により設計された同種の構造物では、耐力的に非常に大きな安全余裕度を有していることが明らかになっている<sup>1)</sup>。

近年、様々な構造物の設計法が許容応力度設計法から限界状態設計法を経て、性能照査型設計法へ移行してきていることから、落石防護覆道等の設計においても性能照査型の耐衝撃設計法の確立が望まれている。

筆者らは、敷砂や砕石、敷砂+RC版+EPS材から構成される三層緩衝構造など落石防護覆道上に設置される緩衝材について衝撃実験を実施し、それらの緩衝材の緩衝性能を把握してきた<sup>2)</sup>。RC製落石防護覆道の性能照査型耐衝撃設計法を確立し有効活用を図るためには、既設落石防護覆道に対する終局までの耐衝撃挙動の把握が必要不可欠である。

そこで、既設落石防護覆道の耐荷力照査のための基礎資料として、緩衝材の現状を把握する目的で、既設落石防護覆道上の緩衝材土質調査を行ったのでその結果について報告する。

## 2. 調査概要

### 2.1 調査箇所を選定

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防護覆道数を示している<sup>3)</sup>。

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、調査対象形式はRC製落石防護覆道を選定した。また、過去の被災箇所<sup>1)</sup>や過去に実験や解析を実施した箇所<sup>2,4)</sup>を中心に、表-1と図-2に示す5箇所を選定した。

### 2.2 調査目的

北海道開発局の落石防護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)<sup>5)</sup>」に準拠して行うものとする記述されている。この中で落石防護覆道上に設置する緩衝材は、図-3に示すように敷砂緩衝材をt=90cm設置し、飛散防止材(砂利等)

t=20cmを敷き均すとしている。

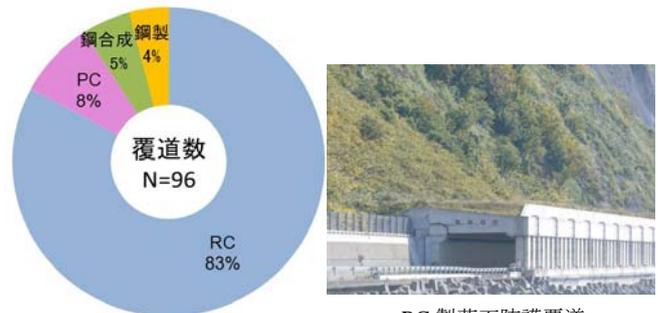


図-1 全道の国道における形式別落石防護覆道数

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



図-2 調査箇所図

また、落石対策便覧<sup>6)</sup>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を確認することを調査目的とした。

### 2.3 調査項目

落石防護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-4 に示すサウンディングの動的円錐貫入試験（大型）<sup>7)</sup>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防護覆道の覆土厚を確認するため、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. 調査結果

### 3.1 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。

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 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	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	SFG	GFS	GS-F	GS-F	GS-F	GS	
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ g/cm <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup> )	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	

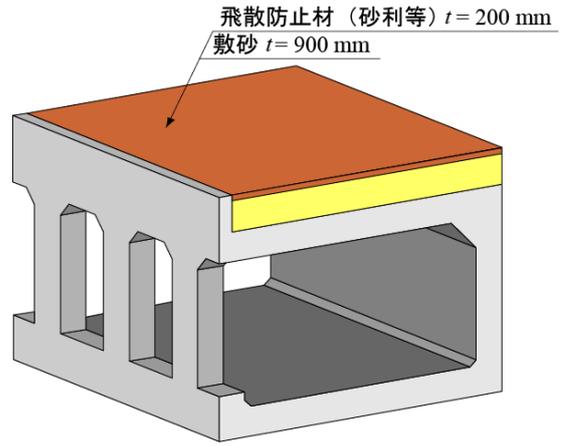


図-3 落石防護覆道上の敷砂緩衝材形状

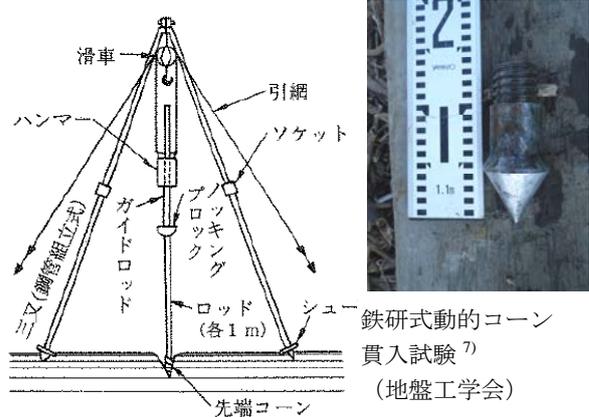


図-4 動的円錐貫入試験の概要と先端コーン形状

なお、表-2 には後述する現場密度試験の突砂法の試験結果も併記した。



写真-1 各覆道の全景



写真-2 緩衝材全景



写真-3 緩衝材の内部状況

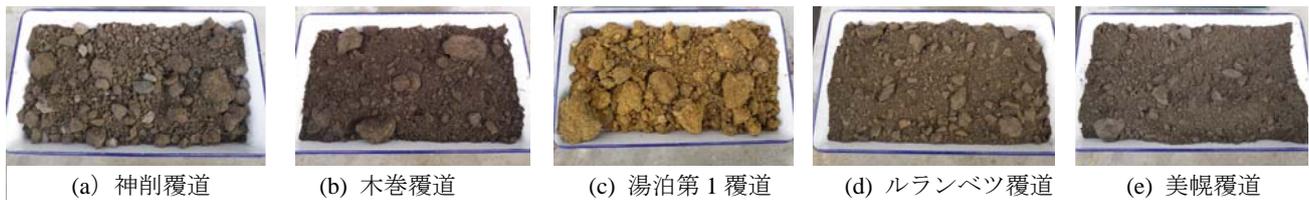


写真-4 地表から50cm下の緩衝材状況



写真-5 緩衝材の状況

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。

### 3.2 緩衝材の状況

原位置の状況を写真-1~5に示す。写真-1は、各落石防護覆道の全景写真である。写真-2は覆道上の緩衝材状況である。写真-3~5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-5に示

すように、 $\phi 200$  mm程度の石が多く、また、内部には写真-3に示すように、 $\phi 1$  m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 $\phi 50$  cm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までは最大礫径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-5に示すよ

うなφ200 mm 程度の礫が混入する。また、以深 50 cm までは礫まじり砂が主体となっていた。

### 3.3 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-5 に示す。ここで標準貫入試験による N 値とは、50 cm 毎に 15 cm の予備打ちを行い、本打ちとして 30 cm の貫入に要する総打撃回数である。N 値の計測は 10 cm 毎に記録されていることから、10 cm 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 1.1 m に近い箇所が 2 箇所有り、2 m 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<sup>9)</sup> 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。

### 3.4 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-6 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<sup>8)</sup>と同じ高い値となっている。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<sup>8)</sup>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、施工時に既往の品質管理値を引用したことも想定される。既設落石防護覆道の耐荷力照査として、落石時に衝撃力を緩和する緩衝材については重要であり、今後も現地調査を行う必要がある。

## 4. まとめ

既設落石防護覆道上の緩衝材土質調査を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) 調査箇所の昭和に施工された既設落石防護覆道の緩衝材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) 緩衝材については今後も現地調査が必要である。

### 参考文献

- 1) 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

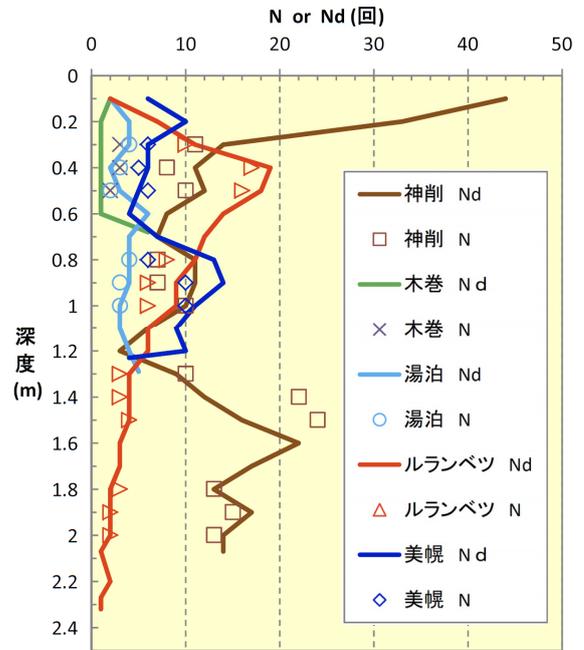


図-5 深度方向の N 値と Nd 値との比較図

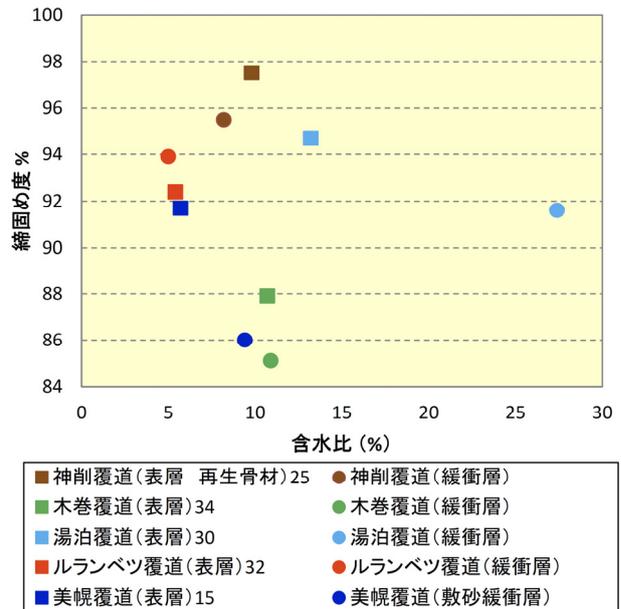


図-6 現地の締固め度と含水比の関係

- 2) 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、pp1148-1149、1992.9
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 北海道開発局：道路防災工調査設計要領 (案)、2001.3
- 6) 日本道路協会：落石対策便覧、p.189、2000.6
- 7) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説、2004.6
- 8) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書、2011