

戦-25 道路斜面の崩落に対する応急緊急対策技術の開発

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 21～平 23

担当チーム：土砂管理研究グループ（地すべり）

研究担当者：藤澤和範，石田孝司

【要旨】

道路斜面が被災を受けた場合や道路法面工事などの際に用いられる仮設防護柵は、斜面からの落石や斜面崩落を考慮して設置されるものではない。しかし、斜面崩落等の災害時や切土工事等で斜面の緩みが進行することにより、結果として想定外の落石や斜面崩落が発生し、仮設防護柵と通行車両等が被災する事例の報告もある。そこで、本研究では、仮設防護柵の適用範囲について検討を行った。また、仮設防護柵が想定していない斜面崩落等の前兆現象である落石や小崩落の発生を的確に検知するためのシステム開発に着手した。その結果、仮設防護柵が耐えうる落石の衝撃力がわかった。また、現地実験等を通して、加速度センサを仮設防護柵に設置した際の落石等による振動波形の特性を把握することができた。

キーワード：仮設防護柵、落石、斜面崩落、検知センサ

1. はじめに

道路斜面が被災を受けた場合や道路法面工事などの際に多く用いられる仮設防護柵は、斜面からの落石や斜面崩落を考慮して設置されるものではない。しかし、降雨や凍結融解、切土工事等で斜面の緩みが進行することにより、結果として想定外の落石や斜面崩落が発生し、仮設防護柵と通行車両が被災する事例の報告¹⁾もある。そのため、仮設防護柵の適用範囲を明確にすると共に、想定外現象の前兆現象である小規模な落石や崩落を精度良く検知し、通行車両が被災を受ける前に規制するなどのフェールセーフの道路管理手法の開発が求められている。

本研究は、仮設防護柵の適用範囲（適用条件）を明確にするとともに、仮設防護柵が想定していない現象の前兆となる落石や小規模崩落を的確に検知するためのシステム開発を行うことを目的として実施するものである。

平成 21 年度には、斜面崩落現象、及び落石検知センサの開発や適用に関連する文献収集と整理を行った。また、仮設防護柵を設置する際にどのような基準が用いられているかを調査するとともに、仮設防護柵の適用範囲について検討した。一方で、仮設防護柵用落石等検知システムの開発に向けて、落石等の振動波形を交通振動等と分離するために、仮設防護柵に加速度センサを取り付けての振動波形把握のための現地実験を行った。

2. 落石・斜面崩落現象と検知センサに関する文献調査

2.1 調査方法

本研究を進めるにあたり、大規模な落石や斜面崩落の前兆としてどのような現象が生じているかを把握するため、落石・斜面崩落や道路施設の被災に関して記載のある文献、また落石等検知センサの研究開発や適用に関して記載のある文献を収集し、その現象や実態の把握を試みた。文献検索にあたっては、土木学会附属土木図書館データベースや、科学技術振興機構の web 検索システム、JDream 等を利用し、主たるキーワードを斜面、道路、法面、落石、また付属語を崩壊、崩落、監視などとして検索を実行した。

2.2 調査結果

2.2.1 落石・斜面崩落現象

斜面崩落の前兆現象または崩落に至る過程について記載された文献の記述を抜粋して以下に示す。

〔東横山地すべり；平成 18 年 5 月 12～13 日発生〕²⁾

- ・地すべり初期の変状として、主に地すべりの縁辺部（頭部～側部・末端）で落石や崩落が発生している。
- ・地すべり滑動に伴う応力が下方の土塊に伝達されることにより、すべり面の位置が下方に拡大することがある。
- ・大規模な滑落に際しては、それに先だって落石や崩壊発生頻度の増加を伴う。

〔山口県鳴滝地区〕³⁾

- ・崖高 60m の花崗岩採石場跡地で、幅 40m にわたり崩壊高さ 35m、崩壊土量約 3,300m³ の岩盤崩落が発生した。この 6 日前に小崩落があり、住民が犬の散歩時に崩落音を聞き通報がなされた。調査の結果、長径 0.7m 程

度の落石があったことを確認した。また、崩落5日前と3日前の写真を比較した結果、この2時期の間に、長径1.0m程度の2個の落石が発生していたことが確認できる。さらに大崩落の前日には測量技術者が岩盤の「きしむ音」を聞いて異常を感じ、現場から避難していた。

〔大塔村国道168号；平成16年8月10日発生〕⁴⁾

・8月10日通行止め区域内の車両・人を退去させるためのパトロール中、午前0時10分に末端部2箇所で大規模な崩壊が発生し、0時15分に延長約120m、高さ約120m、滑落土量約20万m³の本格的な地すべりが生じた。

〔徳島県三好市平上地区；平成10年11月7日発生〕⁵⁾

・斜面崩壊の約4ヶ月前の平成10年7月に住民より斜面崩壊があると連絡があり、現地調査を実施した。当地区は約40年前から崩壊地の頭部付近に亀裂が発生しており、過去に幾度も落石を繰り返した箇所である。

・11月5日には直下の県道に直径30cm程度の落石が確認され、翌6日には県道の全面通行止めを開始するとともに周辺住民も安全な場所への避難を実施している。そして、11月7日の午前2時頃、大音響とともに崩壊が始まり、民家を破壊するなど、午前11時頃まで崩壊が連続した。

・この斜面は過去に何度も落石が発生するなど、長年にわたって歪みを蓄積してきた。また、9月～10月の2ヶ月におよぶ豪雨が、斜面上に点在する不安定な浮き石や脆弱岩盤の脚部を侵食し、岩盤節理の開口を進展させていたと思われる。

〔大豊町国道32号；平成11年7月29日発生〕⁶⁾

・平成11年7月27日からの豪雨により、道路面にクラックが発生し、路面の沈下・山側擁壁の変状・谷側擁壁基礎地盤からの湧水等の現象が生じた後、平成11年7月29日13時45分に道路が崩壊した。

斜面崩落や岩盤崩落の前兆現象に関して記載のある文献は多くはないが、上に挙げた事例からは、斜面崩落や岩盤崩落の前には落石や小規模崩落が発生するケースが多いと判断でき、これらを前兆現象として捉えることは、その後の斜面崩落や岩盤崩落に起因して仮設防護柵の外側を通行する車両や歩行者が受ける被災を未然に防止する上で有効であると考えられる。

2.2.2 落石等検知センサ

収集した文献からは、斜面崩壊、岩盤崩落および地すべりの発生源における変位を検知しようとした事例が大半であった。変位を検知する手法としては、地盤伸縮計や地盤傾斜計、光ファイバセンサ (B-OTDR など)、カメ

ラ画像解析、AE (Acoustic Emission) などである。一方本研究においては、仮設防護柵にセンサを設置し、待ち受けるに落石などの斜面崩落や岩盤崩落の前兆現象を捉えたいと考えている。このように待ち受けるに落石等を検知することを目的とした検知センサの開発や適用に関する文献は2件あった。

ひとつは、落石防護柵工に落石検知センサを配置したものであり、ひとつは衝撃や引張りなどの外力によりケーブルが切断する、もしくはコネクタが外れることで現象を検知するものであった。

上記の文献を手がかりとしてセンサ開発や適用に関する実態を調査した結果、落石等を待ち受けるに検知するセンサとして以下に示す手法があることがわかった。

〔加速度センサ〕

落石防護施設などに設置した加速度センサが落石時の施設への衝撃を検知するものである。独自のフィルタリング処理により落石などの「衝撃的な揺れ」のみに反応させることが可能である。

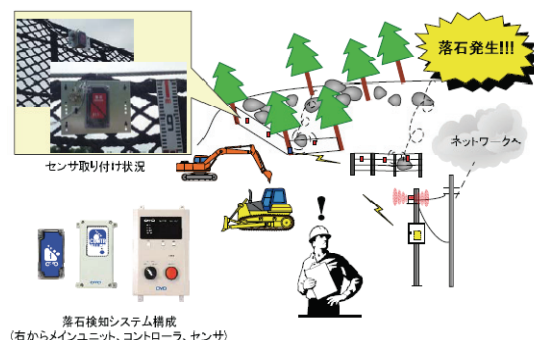


図-1 加速度センサの概要 (応用地質網Pより)

〔ケーブルセンサ〕

単芯のシールド線と同じ構造をしているが、絶縁体に特殊な素材を使用して静電容量を持ったケーブルを用い、ケーブルに振動が伝わると電気信号が発生するものであり、小礫～岩塊の落下衝突時の振動を検知する。

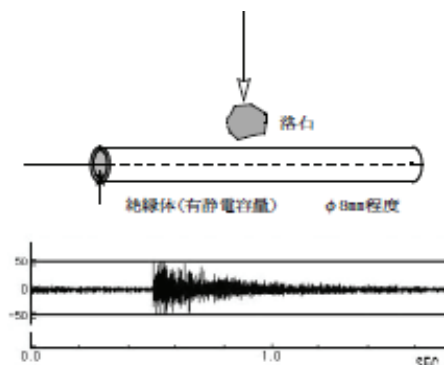


図-2 ケーブルセンサのイメージと落石振動の例⁷⁾

〔計数型落石センサ〕

チューブスイッチを受圧板で挟み込む構造であり、受圧板に落石が衝突した際にチューブスイッチが圧迫されてチューブ内の導線が接触し、電気の導通が生じて検知信号を送出するものである。

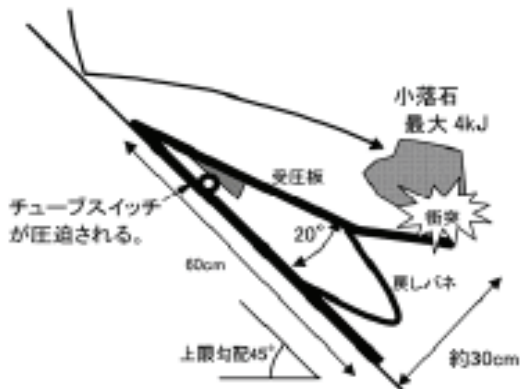


図-3 計数型落石検知センサの概要
(株式会社建設技術コンサルタントIPより)

3. 仮設防護柵の適用条件

3.1 仮設防護柵に関する設計基準書

我が国において仮設防護柵の設計に関する事項が記載されている設計基準書等は表-1に示すとおりである。

表-1の7番においては、仮設防護柵の使用目的によって、飛石の防止のための「発破防護施設」、公衆災害の防止のための「仮囲い」、作業場の区分のための「立入防止柵」に分類することが記されている。このうち、一般的に道路工事で使用されているH鋼を支柱に用いるタイプは、「発破防止施設」の防護柵に該当している。

ただし、仮設防護柵の明確な設計基準書は確認することができず、構造計算についても施工例としてごくわずかな事例が紹介されている程度であった。県が制定している技術基準やマニュアル等では、表-1の1番「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例 急傾斜地崩壊防止技術指

針 参考編」に記載されている仮設防護柵標準タイプ(12例)や、表-1の5番「国土交通省土木工事積算基準書」に記載されている参考図に準拠しているケースが多い他、地方自治体独自の標準図を用いているケースもあった。これらのことから、仮設防護柵に関しては標準図及び参考図等により規格を決定しているケースが多いものと推察される。一方、表-1の8番「落石対策便覧」には、落石の運動エネルギー、衝撃力の算出方法及び永久構造物として落石防護柵の設計計算例が記載されており、具体的な落石を念頭に置いて設計する仮設防護柵の構造計算時には、これに準じているケースが多いと考えられる。

3.2 仮設防護柵の強度特性の検討

3.2.1 検討方法

対象とする現象を落石とし、仮設防護柵の規格毎に構造計算を行い、その適用限界に関する検討を行った。

仮設防護柵の設計に関しては一般的な構造計算手法がないため、ここでは落石対策便覧⁷⁾を参考とし、構造上類似した機能を有する落石防護柵の構造計算手法に準拠して計算を実施した。落石防護柵の構造計算は、対象とする落石が斜面上から落下した場合の落石エネルギーを算出し、このエネルギーを吸収可能な部材の規格を選定するものである。ここでは支柱および横材の吸収可能エネルギーをそれぞれ算出し、部材が許容可能な最大落石径を求めたこととした。

落石の運動エネルギーは、落石の形状や大きさ、落下高さ、斜面勾配及び斜面状況により変化するため、今回の検討に際しては表-2に示す条件とし、(1)式により算出した。なお、対象とする落石の等価摩擦係数は表-3によった。

表-1 仮設防護柵に関する設計基準書等

番号	基準書及び図書名	監修・発刊等	記載内容	構造計算
1	新・斜面崩壊防止工事の設計と実例 急傾斜地崩壊防止技術指針 参考編	国土交通省 河川局砂防部監修 (社)全国治水砂防協会	・仮設防護柵の施工例(2例)の紹介 ・仮設防護柵標準タイプ12例の一覧表	
2	落石対策工設計マニュアル	理工図書	・土留板の可能吸収エネルギー計算例 ・土留板：200×36×2000	・落石エネルギーによる照査 ・落石径φ0.15m、H=15m、θ=45°
3	エクセル・仮設構造物の設計例② 路面覆工・仮設栈橋・防護柵工編	山海堂	・防護柵工設計計算例 ・工事用防護柵工設計計算例(自立式)	・支柱断面応力照査(風時、推力時) ・根入れ長の計算(土圧)
4	設計の要点と安全作業 仮設構造物の設計	山海堂	・工事用防護柵の設計例	・支柱断面応力照査(風時、推力時) ・根入れ長の計算(土圧)
5	国土交通省土木工事積算基準書 平成21年度版	建設物価調査会	・切土及び発破防護柵 施工フロー、参考図及び施工歩掛	
6	写真でみる土木工事の施工手順 土木施工の実際と解説	建設物価調査会	・切土及び発破防護柵 施工手順、施工法及び参考図	
7	土木工事 仮設計画ガイドブック(II)	(社)全日本建設技術協会	・発破防護施設・仮囲い・立入防止柵 参考図	
8	落石対策便覧	(社)日本道路協会	・落石に関する全般 ・落石防護柵の設計事例	・落石運動エネルギーの算出方法 ・落石衝撃力の算出方法
9	落石対策技術マニュアル	(財)鉄道総合技術研究所	・落石止柵の基礎についての計算例	・転倒のみ検討 ・落石作用時の受動土圧による検討

表-2 落石及び斜面条件

項目	採用条件
落石形状	球体 単位堆積重量 26kN/m ³
落石径	5cm単位で変化させる
落下高さ	10m, 20m, 30m
斜面勾配	40度
斜面状況	凹凸中～大, 立木なし 等価摩擦係数 $\mu=0.15$

表-3 斜面の種類と等価摩擦係数

区分	落石および斜面の特性	設計に用いる μ	実験から得られる μ の範囲
A	硬岩・丸状：凹凸小、立木無	0.05	0.00～0.10
B	軟岩、角状～丸状：凹凸中～大、立木無	0.15	0.11～0.20
C	土砂、崖錐、丸状～角：凹凸小～中、立木無	0.25	0.21～0.30
D	崖錐、巨礫混り崖錐、角状：凹凸大～中、立木無～有	0.35	0.31～

※落石対策便覧より

$$E = (1 + \beta)(1 - \mu / \tan \theta) m \cdot g \cdot H \quad \dots (1)$$

E：落石の全運動エネルギー

β ：回転エネルギー係数 (0.1としてよい)

μ ：等価摩擦係数

θ ：斜面勾配

m：落石の質量

g：重力加速度

H：落石の落下高さ

次に、仮設防護柵の規格は以下のとおりとした。支柱の規格は前述の設計基準書及び施工実績を考慮し、設置間隔 2.0m、地上高さ 5.0m、材料は H 型鋼 150×150、および 300×300 の 2 種類として吸収エネルギーを算出した。計算に用いた H 型鋼の断面性能を表-4 に示す。また、横材は軽量鋼矢板 2 種類、U 型鋼矢板 3 種類を対象とした。それぞれの断面性能を表-5 および表-6 に示す。これらに加えて、杉板 (厚板) も検討対象とした。

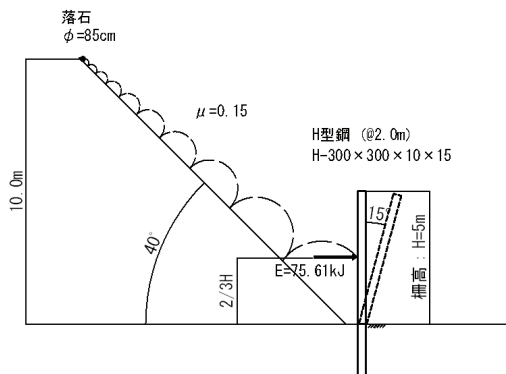


図-4 構造計算検討モデル

表-4 H形鋼の断面性能

	形式	寸法 mm						断面積 cm ²	単位重量 kg/m	断面二次モーメント cm ⁴		断面二次半径 cm		断面係数 cm ³	
		A	B	t ₁	t ₂	r	I _x			I _y	ix	iy	Z _x	Z _y	
広	100×100	100	100	6	8	8	21.59	16.9	378	134	4.18	2.49	75.6	26.7	
	150×150	150	150	7	10	8	39.65	31.1	1620	563	6.40	3.77	216	75.1	
	200×200	200	200	8	12	13	63.53	49.9	4720	1600	8.62	5.02	472	160	
幅	250×250	250	250	9	14	13	91.43	71.8	10700	3650	10.8	6.32	860	292	
	300×300	300	300	10	15	13	118.4	93.0	20200	6750	13.1	7.55	1350	450	
	350×350	350	350	12	19	13	171.9	135	39800	13600	15.2	8.89	2280	776	
系	400×400	400	400	13	21	22	218.7	172	66600	22400	17.5	10.1	3330	1120	

表-5 軽量鋼矢板の断面性能

種類	寸法 (mm)			矢板 1 枚につき					壁幅 1m につき			
	t	w	h	断面積 cm ²	重量 kg/m	断面二次モーメント cm ⁴	断面係数 cm ³	断面二次半径 cm	断面積 cm ² /m	重量 kg/m ²	断面二次モーメント cm ⁴ /m	断面係数 cm ³ /m
LSP-1 型	5.0	250	36	16.47	12.9	20.2	8.33	1.11	65.88	51.6	80.8	33.3
LSP-2 型	5.0	250	36	18.85	14.8	22.9	10.2	1.10	75.40	59.2	107	59.7
LSP-3B 型	5.0	333	74	27.51	21.6	21.2	57	2.77	82.53	64.8	636	171
	6.0	333	75	33.01	25.9	25.4	68.0	2.78	99.03	77.7	762	204
LSP-3C 型	5.0	250	70	20.89	16.4	167	38.8	2.83	83.56	65.6	1060	213
	6.0	250	70	26.50	20.8	180	41.8	2.61	106.0	83.2	1260	252

表-6 U型鋼矢板の断面性能

呼称	寸法			矢板 1 枚につき					壁長 1m につき		
	有効幅	高さ	厚さ	断面積	単重	断面二次モーメント	断面係数	断面二次半径	単重	断面二次モーメント	断面係数
	B mm	h mm	t mm	A cm ²	w kg/m	I _x cm ⁴	Z _x cm ³	ix cm	w kg/m	I _x cm ⁴	Z _x cm ³
SP-II	400	100	10.5	61.18	48.0	1240	152	4.50	120	8740	874
SP-III	400	125	13.0	76.42	60.0	2220	223	5.39	150	16800	1340
SP-IV	400	170	15.5	96.99	76.1	4670	362	6.94	190	38600	2270
SP-VL	500	200	24.3	133.8	105	7960	520	7.71	210	63000	3150

構造計算検討モデルを図-4 に示す。検討モデルでは、衝突角度によるエネルギーの低減は見込まず最大となるようにするため、斜面上を転動してきた落石が防護柵に水平に衝突するものとして計算を行った。また、落石の衝突位置は、落石防護柵の設計に準拠し、柵高の 2/3 の位置とした。落石の衝突による支柱の許容最大変位角についても落石防護柵の設計に準拠し 15 度とした。

3.2.2 検討結果

検討対象とした各規格の支柱及び横材が許容する落石径を落石高さ毎に整理し、表-7 に示す。支柱についてみ

表-7 部材が許容できる落石高さおよび落石径

部材	支柱		横材 (支柱間隔 2.0m)						
	H-150	H-300	杉板 (t=36mm)	軽量鋼矢板 (I型)	軽量鋼矢板 (II型)	鋼矢板 (II型)	鋼矢板 (III型)	鋼矢板 (IV型)	
吸収エネルギー (kJ)	13.60	85.01	-	1.94	2.22	10.83	13.53	17.16	
許容最大落石径 (cm)	落下高 10m	45	85	30	20	25	40	45	50
	落下高 20m	35	70	25	15	20	35	35	40
	落下高 30m	30	60	20	15	15	30	30	35

注) 杉板は降伏点荷重が不明であり、吸収エネルギーを算出できないため、曲げモーメント及びせん断応力を用いた応力照査結果を示した。

ると、H-300 では落下高さ 30m の場合に 60cm 程度の落石に耐えることができる。H-150 の場合には同じ条件で 30cm であった。H-150 と H-300 とを比較すると、許容落石径は高さにかかわらず概ね 1:2 となった。

次に横材についてみると、許容落石径は概ね、軽量鋼矢板、杉板、U 型鋼矢板の順で許容落石径が大きくなった。軽量鋼矢板は落下高 30m の条件において許容落石径は 15cm である。

仮設防護柵の設計にあたっては、表-7 を参考とし、支柱と横材のどちらの部材が小さな吸収エネルギーを有しているかを確認し、安全側となるように想定する落石の衝突位置を決定することが必要である。また、仮設防護柵を設置する際には、斜面からの落石等の現象を想定する必要がある。しかしその想定方法には定まったものがないことから、斜面の点検・調査方法を整理する必要がある。このことについては、次年度以降の検討課題である。

4. 落石・斜面崩落の検知センサシステム開発

4.1 概要

本研究では、斜面崩落や岩盤崩落の前兆現象として発生する落石や小規模崩落を仮設防護柵に設置するセンサによりの確に捉え、その情報を道路管理者や道路ユーザーに伝えるためのシステム開発をひとつの目標としている。2.2.2 項では落石等の検知センサの種類等について調査したが、ここでは仮設防護柵への設置を想定した時に最も適切なセンサと考えられた加速度センサを採用した。加速度センサを仮設防護柵に設置し、落石や斜面崩落が発生したことを検知するためには、これら以外の振動の発生源となる道路交通による振動等、対象現象以外による振動と区別する必要がある。そこで、仮設防護柵に取り付けて利用する崩落検知センサの開発にあたり、実現場における仮設防護柵の振動特性（振幅特性、周波数特性など）の把握を主眼とする現地実験を行った。

4.2 実験内容

落石衝突時あるいは通行車両による仮設防護柵の振動特性を把握するため、横材として木矢板を使用している箇所、鋼矢板を使用している箇所それぞれについて現道に設置してある仮設防護柵を選定し、以下に示す振動計測実験を行った。

①通行車両による振動計測

仮設防護柵脇の通行車両通過時の振動を計測した。

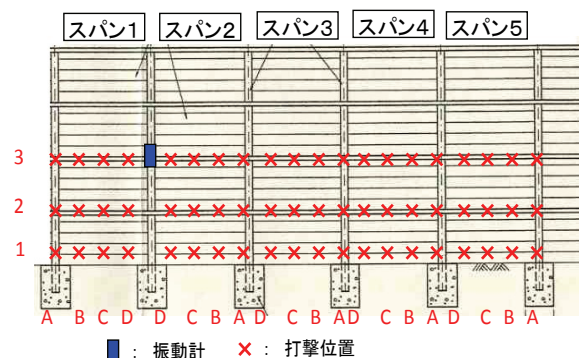
②鉄球による打撃実験

1kg、2kg、4kg の 3 種類の鉄球を 50cm の高さから振り子の原理により仮設防護柵の横材に衝突させた時の振動

を計測した。

表-8 振動計の主な仕様

○速度計(動電式)	
感度	238mV/kine
固有周波数	14Hz
周波数特性	14Hz~1kHz以上
使用したデータレコーダのA/D変換	16bit
// のサンプリング	2kHz
○加速度計(圧電式)	
感度	0.18 pC/(m/s ²)
固有周波数	70Hz
周波数特性	1Hz~25kHz
使用したデータレコーダのA/D変換	16bit
// のサンプリング	10kHz



※すべり台による模擬落石実験の打撃位置。各スパン1-Cのみ

図-5 振動計設置位置および打撃位置

③すべり台を用いた模擬落石実験

約 0.25kg、約 0.5kg、約 1kg、約 2kg の 4 種類の玉石を使用し、斜面長 3m、勾配 30 度のすべり台を用いて転がすことにより仮設防護柵の横材に衝突させた時の振動を計測した。

振動計の仕様を表-8 に示す。また、図-5 には②で実施した実験時の鉄球の衝突位置を示す。いずれの実験においても、振動計（速度型、加速度型の 2 種類）は計測軸が防護柵延長方向に直角となるように支柱である H 鋼に取り付けた。

4.2 主な実験結果

通行車両毎に速度最大振幅と加速度最大振幅を整理し、それぞれ図-6 と図-7 に示す。計測の結果、実験を実施

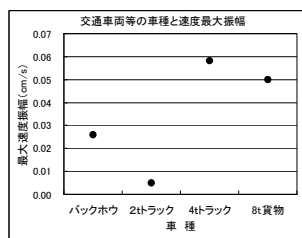


図-6 通行車両による速度最大振幅

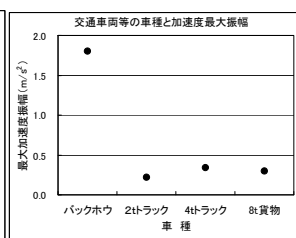


図-7 通行車両による加速度最大振幅

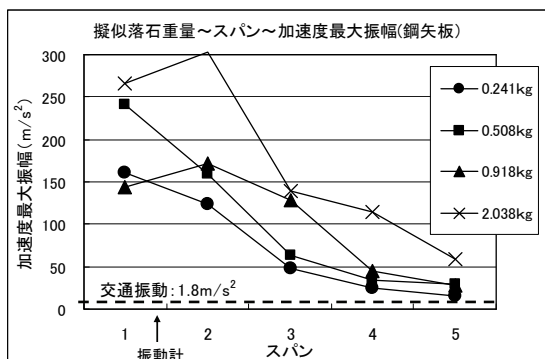


図-8 加速度最大振幅 (鋼矢板)

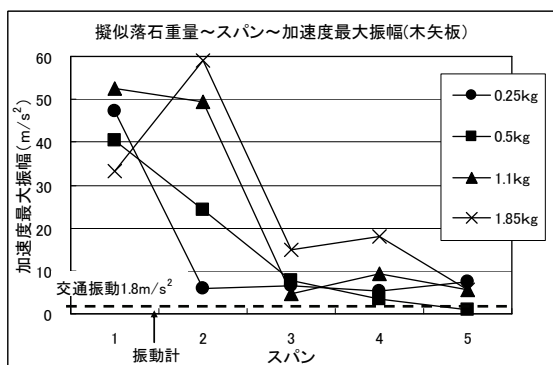


図-9 加速度最大振幅 (木矢板)

した箇所においては、交通振動等による最大振幅は速度値が0.06cm/s以下、加速度値が1.8m/s²以下の値であった。ただし、これらは地盤条件等の測定箇所によると考えられるため、詳細については今後検討を行う。

次に、③の実験結果の一部として、落石衝突位置と加速度最大振幅の関係を整理し、鋼矢板と木矢板に分けてそれぞれ図-8と図-9に示す。これらの結果、以下のことがわかった。

- (1) 鋼矢板は木矢板と比較して加速度最大振幅の絶対値が4~5倍程度大きい。
- (2) 木矢板は鋼矢板と比較してスパン2とスパン3の間における最大振幅の減衰割合が大きい。
- (3) 落石衝突位置が振動計から離れるに従い、最大振幅は低下する傾向がある。
- (4) 検知するスパンを限定し、トリガー値を交通振動によるノイズを考慮した最大振幅として設定することにより、落石による衝撃を他の振動と分離できる可能性がある。

5. まとめ

仮設防護柵の適用範囲から外れる斜面崩落等の前兆現象となる落石や小規模崩落などの現象把握と、検知センサに関する実態を把握するために文献収集と整理を行っ

た。次に、仮設防護柵の設計根拠となる基準の実態を調査するとともに仮設防護柵が耐えうる落石を机上検討により整理した。また、斜面崩落や岩盤崩落の前兆現象となる落石や小規模崩落を仮設防護柵設置位置において検知するためのセンサシステムを開発するための基礎的実験を行った。その結果、以下のことがわかった。

- (1) 落石や小規模崩落斜面崩落や岩盤崩落の前には落石や小規模崩落が発生するケースが多いと判断でき、これらを前兆現象として捉えることは、その後の斜面崩落や岩盤崩落に起因して仮設防護柵の外側を通行する車両や歩行者が受ける被災を未然に防止する上で有効であると考えられた。
- (2) 落石等を検知するための主なセンサとして、加速度センサ、ケーブルセンサ、計数型落石センサが挙げられた。このうち本研究における落石検知システムへの適用性が高いものは、仮設防護柵自体への設置が容易である加速度センサであると判断した。
- (3) 仮設防護柵が耐えられる落石径と落石高さの関係は部材と規格毎に整理した。
- (4) 仮設防護柵に加速度センサを設置しての現地実験により、検知するスパンを限定しトリガー値を交通振動によるノイズを考慮した最大振幅として設定することで、落石による衝撃を他の振動と分離できる可能性がある。

今後の課題を以下に示す。

- (1) 仮設防護柵設置箇所の山側斜面において想定される落石規模を予め想定するために、斜面の点検方法などを検討する必要がある。
- (2) 仮設防護柵に関する現地実験結果として、振動波形の解析と現象との比較を行い、落石や斜面崩落と他の現象との分離方法を検討する必要がある。
- (3) 現地における実証試験により、開発システムの適用性を評価する必要がある。

参考文献

- 1) 藤澤和範、小原嬢子：国道169号(上北山村西原地内)で発生した斜面の土砂崩落災害、土木技術資料49-5、pp4-5、2007年5月
- 2) 藤澤和範、小原嬢子：画像解析からみた東横山地すべりの滑動履歴、地すべり研究第51集、全国地すべりがけ崩れ対策協議会、pp8-17、2007年
- 3) 石田毅、西川直志、北村晴男、田仲正弘、古屋憲二：山口市鳴滝地区岩盤崩落地点における変位とAE測定による不安定岩塊の挙動監視、土木学会論文集 No.722/II-61、

pp345-355、2002年12月

- 4) 辰巳洋二郎、中村孝幸：奈良県大塔村国道168号線における地すべり災害事例、地質と調査、2005年第2号、2005年7月
- 5) 西岡篤：徳島県で発生したトップリングを伴う斜面崩壊についてー徳島県三好市平上地区ー、治山第54号、pp110-113、2009年9月
- 6) 弘田悦得、林龍彦、砂山達朗、田村典世、塩野知巳：一般

国道32号敷岩地区災害復旧工事報告について、第44回国地方整備局技術・業務研究発表会論文集、PP103-106、2001年7月

- 7) 中田文雄：計測技術の現状と将来展望、地質と調査 2003年第3号、2003年10月
- 2) Author : Title, Technical Memorandum of PWRI, No.1234, pp.00-00, 2001

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR EMERGENCY MEASURES OF SLOPE FAILURE AT ROAD SIDE

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2009-2011

Research Team : Erosion and sediment control
research group

(Landslide research team)

Author : Kazunori FUJISAWA, Koji ISHIDA

Abstract : Temporary guard fence which is used in case of after slope failure is not considered falling rocks or slope failures. However, there are cases that temporary guard fence or passing vehicle have suffered from falling rocks or slope failure those are beyond expectation. So we analyzed about the applicable condition of temporary guard fence. And we started to develop the system that could catch the detections of falling rocks that is precursory phenomenon of slope failure. As a result, we have found some functional limit for temporary guard fence, and some characteristics of vibration wave profile about falling rocks.

Key words : temporary guard fence, falling rocks, slope failures, detection sensor