

Ⅱ-11 インターネット技術を利用した落石・土砂災害監視システムの開発

*加治屋 安彦 *広瀬 哲司 **黒澤 伸好 **木下 将

Yasuhiko Kajiya Tetsuji Hirose Nobuyoshi Kurosawa masaru kinosita

【抄録】落石による断線を検知する現状のワイヤセンサでは、大規模落石の予兆を捉えることは困難である。それに対し、振動検知型ケーブルセンサは、予兆規模の落石検知するのに適している。

本報告は、この振動検知型ケーブルセンサを利用し開発した「落石・土砂災害監視システム」に関する現場試験結果について、要点を述べるものである。試験結果として①衝突位置と落下物重量の検知特性②落下物の種類による検知特性③寒冷地対策方法④インターネットに”しきい値”を超えた落石信号の配信等に関し知見が得られ、実用の見通しが得られた。

【キーワード】振動センサ、土砂、落石、検知、インターネット、自動配信

1. はじめに

近年、北海道では「豊浜トンネル崩落事故」や「第二白糸トンネル」など岩盤崩落事故が発生していることから、道路防災に対する危機管理意識が高まっている。しかし、このような大規模事故の予兆現象を捉え、事前に危険を予測する手法は確立されていない。

本報告は、このような災害を予測するために新たに開発した落石・土砂監視システムに関する検証試験に関するものである。試験としては、防御ネット、フェンスによる落石試験、埋設センサ試験、落石信号をインターネットに配信する配信試験を行った。その結果、落石検知特性、本装置の耐寒性能、配信特性について知見が得られた。

2. 落石検知システム概要

試験法及び流れは図1の通りである。

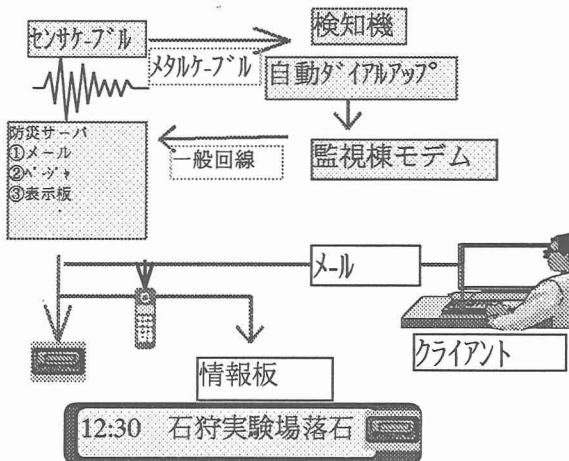


図1 試験全体模式図

3. 落石実験設備概要

防護ネット落石実験装置、フェンス落石実験装置は、図2、写真1に示す通りである。

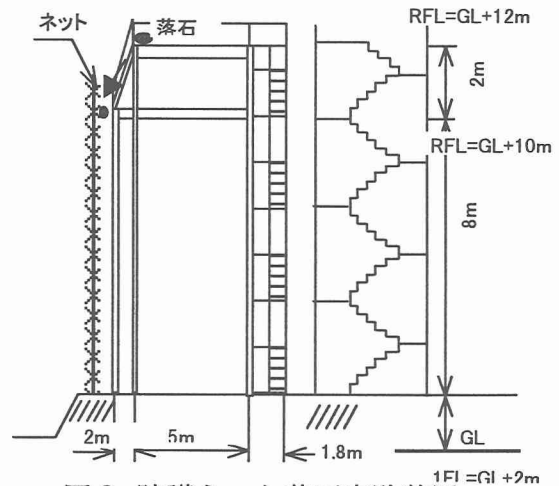


図2 防護ネット落石実験装置



写真1 防護フェンス落石実験装置

*北海道開発局開発土木研究所 **日本工営（株）（連絡先 札幌支店 木下将 011-205-5521）

4. 防護ネット落石実験結果

4-1 センサ敷設

図3は、防護ネットに振動センサを敷設した図である。縦センサは、落石衝撃期待位置からの距離0.5mと1.5mの2本、横センサは1.0mの1本とした。

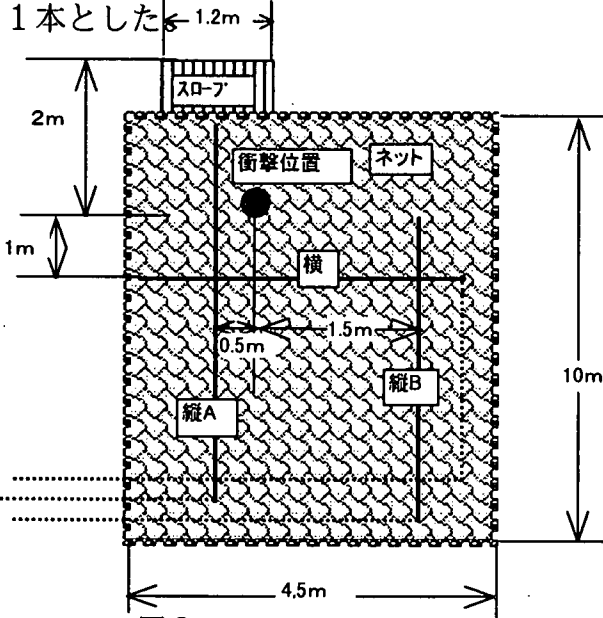


図3 ネットへのセンサ敷設

4-2 実験結果

図4に各センサ別の各種模擬落石の重量と検知した強度（5回の平均）の関係を示す。
注：防護ネットの強度は、防護フェンスの波高値の1/10に相当する

1) 各センサの検知特性

各データとも小石5個の場合が異常に高い値を示している。これは小石がバウンドし、衝撃予定位置を外れて、センサに直近に当たる場合が多かったためである。また雪の9kgの場合は、ネットをすり抜けてしまうため強度が小さく出たと思われる。

2) センサ距離の関係

図4～6に示すように、強度は距離が遠くなると弱くなります。

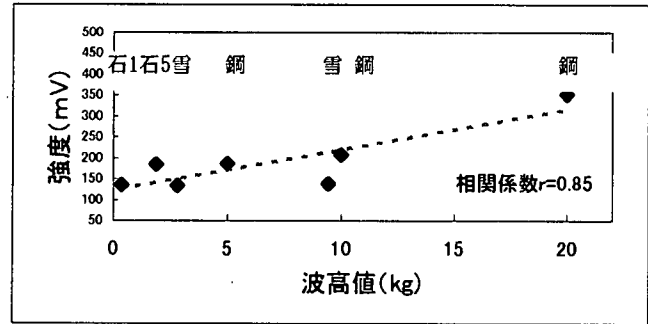


図4 横張り（1.0m）

また、遠いセンサ程検知強度は小さいが、相関は高い傾向に有り、センサを複数敷設することにより、実際の落石の規模、位置を特定できる可能性があると考えられる。

3) 落石位置を特定した場合の重量と波高値の関係

図7は、球形のため衝突位置をほぼ一定にすることが出来る鋼球のデータである。

重量が大きく距離に近い程、波高値が高いことが分かる。

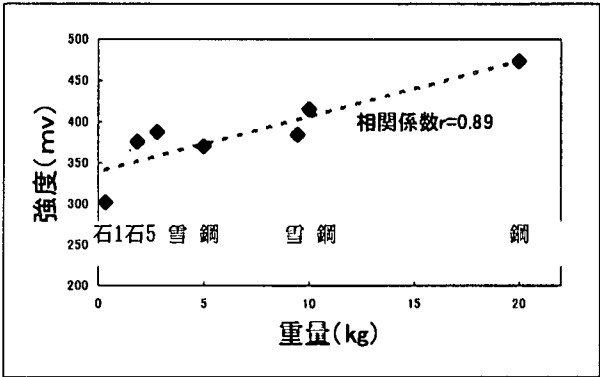


図5 センサ縦A（ササと衝撃間距離0.5m）

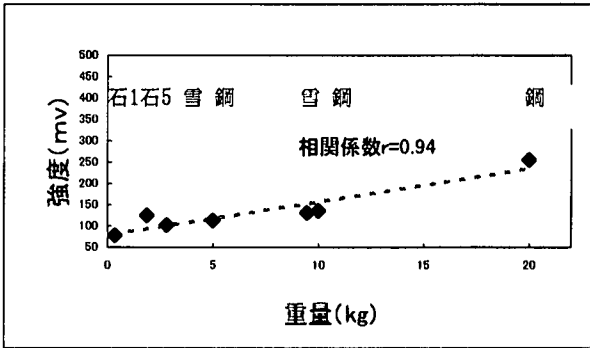


図6 センサB縦（1.5m）

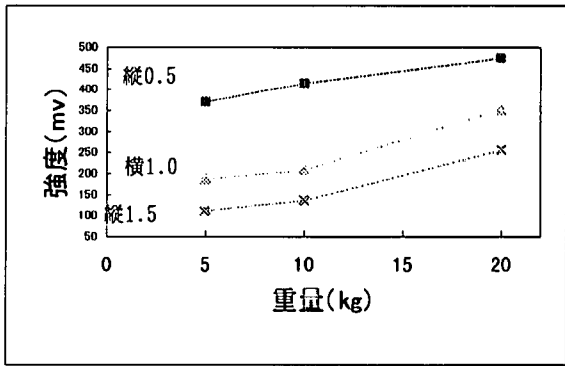


図7 鋼球

5. フェンス落石実験結果

5-1 センサ敷設

図8は、防護フェンスに振動センサを敷設した図で、センサⅠ、Ⅱはフェンス中央に、センサⅢ、Ⅳはフェンス上部に設置した。

またセンサⅠ、Ⅲは保護管として塩ビ管を、Ⅱ、Ⅳはアルミ管を使用した。

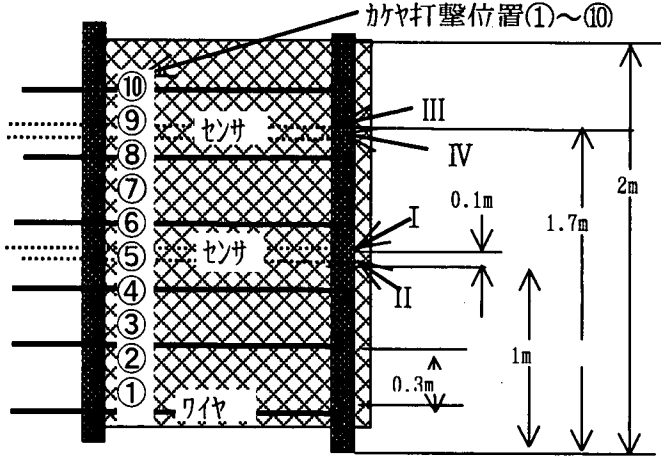


図8 フェンス構造図及びセンサ敷設図

5-2 実験結果

1) カケヤによる襲撃試験

衝撃位置を特定するため、カケヤを用いて、ほぼ一定の力で衝撃を与えた場合のデータを図9に示す。（ⅡとⅣの比較）Ⅱのセンサは、中央部が凸、Ⅳのセンサは上部に行く程波高値が高くなっており、何れもセンサ近くを打撃した時が大きい波高値を示している。

2) 各種模擬落石試験

図10は、木、石、鋼球のデータである。木、石はスロープをバウンドしながら落下するため、衝撃位置が少しばらつき、鋼球のばらつきは少ない。そのため、衝撃期待位置をフェンス下部にしたため、鋼球が一番小さい波高値となっている。

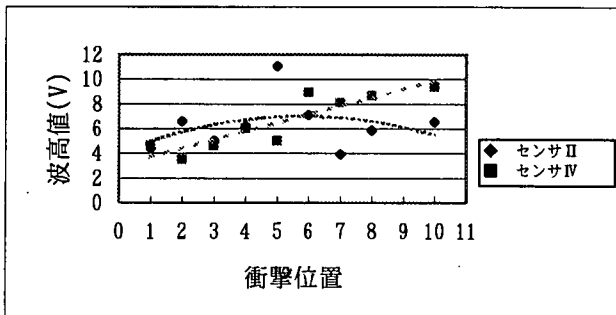


図9 センサ敷設位置感知比較（衝撃カケヤ）

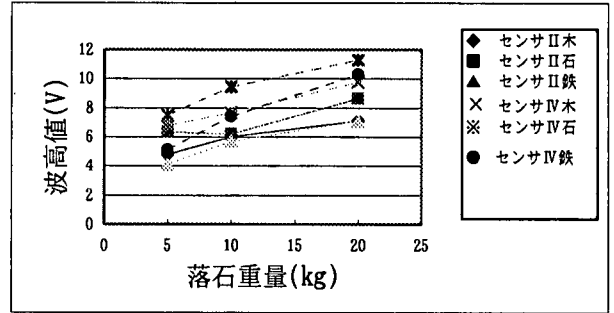


図10 センサ取付け位置による検知強度比較

3) 雪崩試験

図11は雪崩れを想定した試験を行った結果である。木、石、鋼球に比べ小さい波高値となっている。これは、ネットの場合と同様に雪がフェンスを通り抜けてしまうためである。

図12は雪崩と石の振動時間の比較である。雪崩の場合振動時間が非常に長くなっている。

降雪地方の場合、冬季において雪崩が頻繁に発生すると思われ、雪崩を管理対象に入れるなら、落石と違う管理値が必要である。

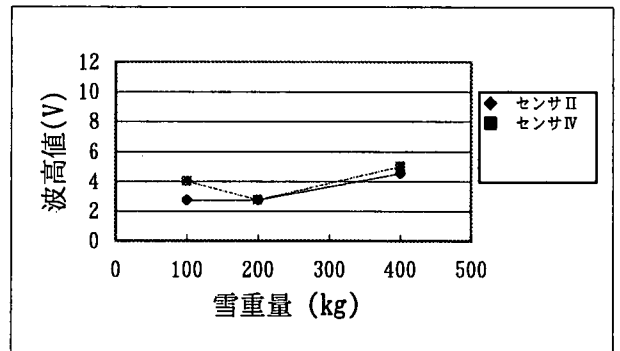


図11 雪崩試験（毎回除雪）

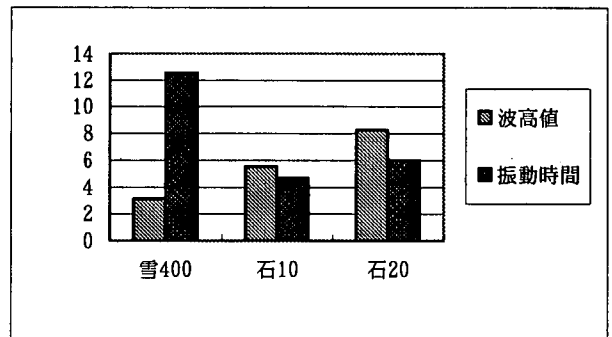


図12 落石と雪崩の振動時間比較

6. 埋設センサ試験結果

一般の道路に設置されているフェンスは、斜面との間にポケット空間を持っている。その場合、落石がフェンスに達しない場合がある。予兆現象や、道路で作業中の危険予知として設置可能かどうか、埋設センサの試験を行った。

6-1 センサ敷設

図13にセンサ敷設状況を示す。

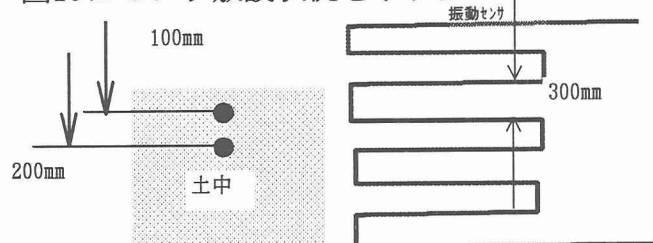


図13 埋設センサ敷設図

6-2 試験結果

図14は埋設センサの検知結果（石、木、鋼球の平均）である。これより、波高値の埋設深さ、重量との関係は認められない。

ただし、検知は可能であり、しきい値や運用のしかたを考えれば、使用可能と考えられる

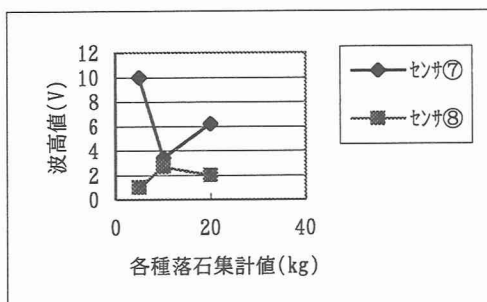


図14 埋設センサ 落石試験

7. 落石検知システムの耐寒性能について

現状の仕様では、 -10°C が保証値である。北海道などでは、 -20°C は必要と思われる。

実験では、内部にヒータ（100W）を設置した。実験時の外気最低温度は -4.0°C であったが、内部温度との相関をとると、外気温度が 20°C でも内部温度は -10°C に保持できると思われる。また塩ビ管は、耐寒性に乏しく、直撃すると破損の危険が高い。従って厳寒地区では、アルミ管等の金属管が望ましいと思われる。

8. インターネットを利用した、落石情報の配信

8-1 落石情報配信試験結果

落石情報を自動で、公衆回線経由で開発土木研究所内の防災サーバに配信し、防災サー

等へ配信試験を行った。その結果、配信に要した時間は、平均で77秒であった。

8-2 道路防災情報システムのアーキテクチャ

今回の配信実験を踏まえると、道路防災情報システムの基本アーキテクチャは図15,16のようになると考えられる。基本は、以下の3段階から構築される。

- ①：災害予報・予兆をリアルタイムで検知できるシステムの構築⇒システム起動のトリガーとして
- ②：災害情報を瞬時に情報伝達可能なシステムの構築⇒メール・ポケベルによる情報伝達
- ③：リアルタイム情報を活用した防災システムの構築⇒道路防災情報システム

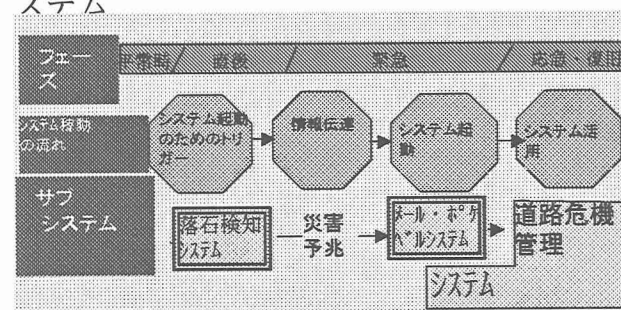


図15 道路防災情報システムのアーキテク

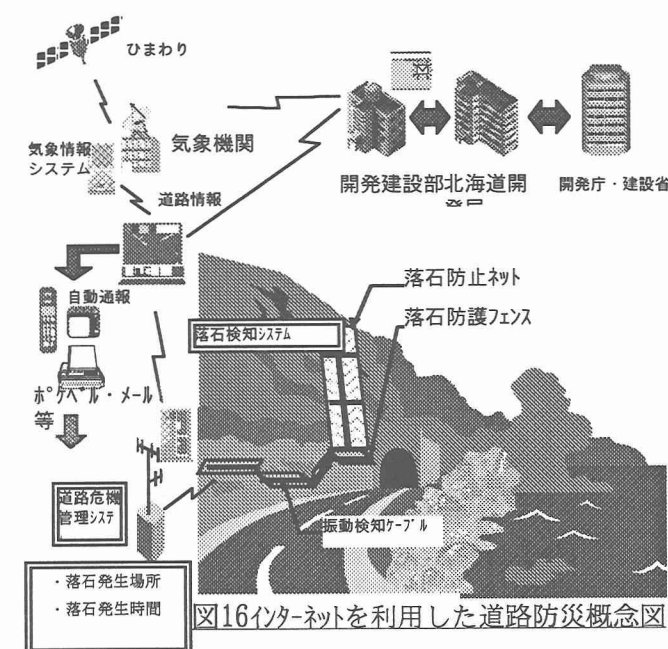


図16インターネットを利用した道路防災概念図

9. おわりに

今回の実験の結果開発された落石・土砂災害監視システムは、予兆現象の把握に有効であることが検証された。また、この情報を配信することにより、道路防災情報システムの構築が可能になった。