

I - B 53 ケーブルセンサを用いた落石感知に関する基礎実験

北海道大学工学研究科	正会員	氏平増之
北海道大学工学研究科	学生会員	川村洋平
北海道大学工学研究科	学生会員	今野慎也
北海道開発局開発土木研究所	正会員	中井健司
北海道開発局開発土木研究所	正会員	佐藤昌志

1. はじめに

表題のケーブルセンサは、岩盤斜面にこれを線状に、あるいは面状に敷設することにより、落石危険箇所における落石頻度や岩盤斜面に対策工を施している最中の落石の状況を監視するのに利用できる可能性がある。ただし、現存のケーブルセンサは、外径が約 5mm の同軸ケーブルと同様のものであり高い機械的強度は期待できない。このため、実用に際しては、強度的な補強を施す必要がある。著者等は機械的強度を高める一つの方法として、原形のケーブルセンサをスチールワイヤの中心部に巻き込む方法を試みている。この場合、ケーブルセンサが本来有している出力感度が低下する恐れがある。このため、スチールワイヤ型ケーブルセンサを用いて、従来のケーブルセンサとの感度の比較を行う必要が生じた。この研究では、ケーブルセンサとスチールワイヤ型ケーブルセンサを近接させて平行に設置し、両者の感度の比較を行った。本発表ではこれらの研究結果を述べ、スチールワイヤ型ケーブルセンサの実用性に関する検討を行う。

2. 実験方法

本研究で試作したスチールワイヤ型ケーブルセンサの断面形状は、素線 24 本で構成されるストランド 6 組をより合わせ、スチールワイヤの心材の代わりにケーブルセンサを巻き込んだ構造を持っている。スチールワイヤの外径は 12mm、素線径は 0.67mm である。また、重要なスチールワイヤの引っ張り強度は $7t_f$ である。したがって、中心部のケーブルセンサは、素線を介して外部からの振動を感知することになる。本実験では、長さ 10m のスチールワイヤ型ケーブルセンサと原形のケーブルセンサを併用し、重錘の落下衝撃を測定した。実験には、コンクリート床を用い、全長 10m のケーブルセンサとスチールワイヤ型ケーブルセンサの中心 1 点だけを接着した。中心以外は厚さ 10cm のスポンジブロックを 50cm おきに床とセンサ間に挿入し浮かせた状態になっている。ケーブルセンサの中心から垂直に 1.0、1.5、2.0、3.0、4.0、5.0m 離れた地点に衝撃を入力した。衝撃力は、7.26kg の鋼球、50kg、100kg の重錘を落下させて与えた。それぞれ落下高さは 30cm とした。また、ケーブルセンサとスチールワイヤ型ケーブルセンサの中心点上に加速度計を取り付け加速度も同時に測定した。ケーブルセンサおよびスチールワイヤ型ケーブルセンサのコンクリート床への取り付けはエポキシ系接着剤で行った。なお、用いた加速度計はひずみゲージ型加速時計であり、定格 200G（共和 AS-200HA）を接着した。両ケーブルセンサの一端には増幅器を取り付け、出力電圧を 5 倍増幅した。

3. 実験結果

3.1 2 種類のケーブルセンサの出力波形と周波数特性

ここでは、ケーブルセンサをスチールワイヤ内に巻き込むことで、どのように出力波形が変化するかを調べた。図 1 がケーブルセンサとスチールワイヤ型ケーブルセンサの出力波形例である。横軸を時間 (msec) とし、縦軸を出力電圧 (mV) で表示している。この波形は、100kg の重錘を落下点 1m の位置に高さ 30cm から落下させた時の波形例で、本実験の中では最も大きな衝撃入力の例である。図によると、ケーブルセンサは最大 2000mV の出力を示しておりかなり大きい出力電圧といえる。これに対し、スチールワイヤ型ケーブルセンサでは 800mV の出力電圧になっている。確かに、スチールワイヤ型ケーブルセンサの出力感度は原形のケーブルセンサの出

力電圧にくらべ約 0.4 倍に低下しているが、出力値 800mV は十分な出力電圧といえる。

次に、図 2 は、図 1 に示された 2 つの出力波形に高速フーリエ変換を施して得られたパワースペクトルである。図 2 上図はケーブルセンサのパワースペクトルであり、卓越周波数は 200Hz 付近にある。図 2 下図はスチールワイヤ型ケーブルセンサのパワースペクトルであり、卓越周波数は 250Hz 付近にある。ケーブルセンサ出力波形は比較的周波数成分のばらつきが小さく、0～500Hz の間にまとまっている。一方、スチールワイヤ型ケーブルセンサのパワースペクトルには 500Hz 以上の周波数成分も多めに含んでいる。

以上のように、スチールワイヤ型ケーブルセンサの出力電圧は、ケーブルセンサをスチールワイヤ内に巻き込み強度補強を行ったことで低下している。ただし、実用上許容範囲内におさまっている。また、スチールワイヤ型ケーブルセンサはケーブルセンサより高い周波数の振動を感知しやすい。

3.2 2 種類のケーブルセンサの感度の比較

様々な衝撃入力に対しての感度の低下を調べるために、ケーブルセンサとスチールワイヤ型ケーブルセンサについて全ての実験ケースの出力電圧を比較することとした。図 3 は横軸にケーブルセンサとスチールワイヤ型ケーブルセンサの出力電圧を、縦軸に加速度をとり最大値をプロットしたものである。ただし両軸とも常用対数をとっている。図中の直線の傾きが小さい方が感度が良いという事を示しており、データは少ないものの、どの落下試験の場合にもスチールワイヤ型ケーブルセンサの出力電圧が低くなっていることがわかる。しかし、いずれの場合にも 170mV 以上の出力は得られており実用上の問題はないと考えられる。

4. まとめ

本文で述べた内容をまとめると次のようである。

- 1) ケーブルセンサをスチールワイヤの中心部に巻き込んだスチールワイヤ型ケーブルセンサの出力感度は原形のケーブルセンサより低下する傾向があるが、実用上十分な出力電圧を示した。
- 2) スペクトル解析によると、スチールワイヤ型ケーブルセンサはケーブルセンサより高い周波数の振動を感知しやすい。

参考文献

- 1) 小川健太・氏平増之・鈴木新吾・細谷昭悟・石井文明・皿田 滋：振動検出用ケーブルセンサの出力特性と応用に関する研究、応用地質、Vol. 39, No. 4, p. 380～390、(1998)

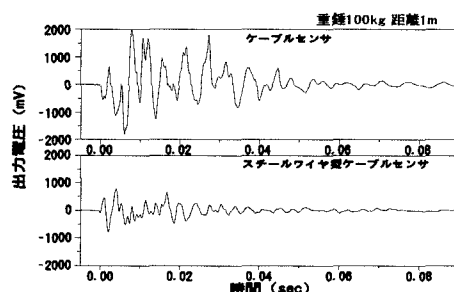


図 1 出力波形例

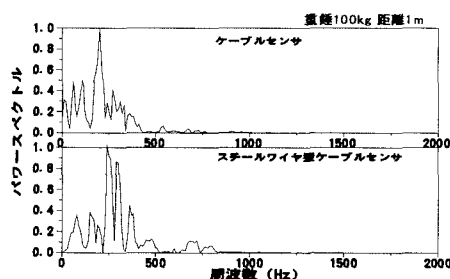


図 2 パワースペクトル例

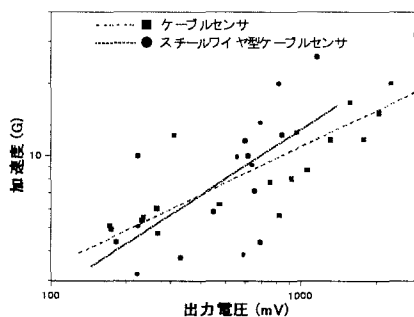


図 3 2 種類のケーブルセンサの出力電圧と加速度の関係