

切羽常時計測を目指したポータブル傾斜計の適用性

清水建設株式会社 正会員○松野遼太郎 福田 毅 安藤 拓
曙ブレーキ工業株式会社 芳賀 博文
神戸大学大学院工学研究科 芥川 真一

1. はじめに

山岳トンネルの施工において、災害が多い箇所はトンネル切羽である。独立行政法人労働安全衛生総合研究所の技術資料¹⁾によればトンネル災害の約80%が切羽で生じていると報告されている。また、厚生労働省はこの技術資料を元に検討を行った結果を踏まえて「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン²⁾」を平成28年12月26日に公布した。このように、近年山岳トンネル工事の切羽における労働災害防止対策の一層の推進が求められている。

肌落ちを把握するには、切羽の挙動を常に計測・評価し、即時的な崩壊予測技術が必要となる。一般には、切羽の変位計測が有効であり、トータルステーションやレーザ距離計を用いて測定器から切羽までの距離を常に測定し、警報器と連動させることで切羽安全監視システムを構築している。しかし、切羽に近接した作業の中で連続的に測定するには困難な場合もある。そこで、本論文ではポータブル傾斜計を用いて鏡面の傾斜量を測定することで切羽の挙動を評価できないか試みた。今回は実施工への適用性を確認するために、基本的な作業性や視認性を現場試験により確認し考察を行ったので報告する。

2. ポータブル傾斜計の適用性の検討

ポータブル傾斜計はLight Emitting Inclination Sensor/Pocket(曙ブレーキ工業(株))を使用した(写真1)。この傾斜計は、OSV研究会³⁾のコンセプト「対象物に変化が生じた瞬間に色が変わるセンサ技術で、安全・安心な労働空間を実現する」により開発された技術である。その特徴は、任意の傾斜量に対して傾斜計の上下端にあるLEDが3色(レベルⅠ：緑、レベルⅡ：黄、レベルⅢ：赤)に点滅し、対象物の状態を逐次監視者に知らせられる点にある(詳細な仕様⁴⁾は表1に示す)。これにより、誰でも視認場所を問わずに切羽の状態を確認することができる。

実施工への適用にあたって、特に次の2点に着目して現場試験を行った。現場試験の概要と結果は次章に述べる。

- ・作業性(設置の簡便性、所要時間、削孔等の振動による影響)
- ・視認性(切羽監視員位置を考慮した視認性)



写真1 ポータブル傾斜計



写真2 取付治具(アンカー+クランプ)

表1 ポータブル傾斜計の仕様

項目	単位	仕様
入力電圧	V	DC6(CR123A 2本)
測定軸数		2軸(合成ベクトル)
測定範囲	deg	±30
測定分解能	deg	1/100
測定精度	deg	1/10
温度特性	deg/℃	5/1000
角度変換方式		熱検知型加速度センサー
閾値設定範囲	deg	0.1~3.0
表示の更新周期	秒	60
データ保存方法		EEPROM
データ保存容量	回	8064(約56日)
データ取得間隔		10分(固定)
定時チェック時刻		毎日10:00(工場出荷時)
閾値1設定範囲	deg	0.1~1.5
閾値2設定範囲	deg	閾値1+0.1~1.5
使用温度	℃	0~50
保管温度範囲	℃	-20~70
防水		IPX5
外形寸法	mm	φ42×238
重量	g	422
計測期間(25℃)	日	約7

キーワード 山岳トンネル、切羽、計測管理、傾斜計

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目16-1 清水建設(株) 地下空間統括部 TEL03-3561-3887

3. 現場試験の概要

現場試験においては、鏡面 3 箇所を傾斜を計測することでおおよその切羽挙動を捉えられると考え、傾斜計は 3 本使用した。

作業性の確認では、マンケージが動き始めてから取付治具、および傾斜計を設置し所定の位置に戻るまでの時間を計測した。

近接作業による影響は、削孔位置付近に傾斜計を設置し、振動などにより傾斜計の測定値が異常値を示さないかの確認を行った。

また、視認性の確認では、傾斜計を設置後、切羽より 10m～30m と距離を変え目視で LED の発光の確認を行った。

なお、近接作業の影響を定量的に確認するために、削孔位置に対する傾斜計の位置を 3 ケースとして、その影響度を考察した。

- ①動作確認を兼ねた計測（切羽中央上部、SL 付近左右）
- ②削孔位置より 1m ピッチで傾斜計設置（図 1）
- ③削孔位置から 0.25m ピッチで傾斜計を設置（図 2）

4. 現場試験結果

作業性について、切羽に 3 箇所取付治具の設置、傾斜計を取り付けるという作業に要する時間は 10 分程度であった。

視認性については、現場の切羽付近の明るさは約 420 ルクス(写真 3) と、ガイドラインに記載のある 150 ルクスと比べ非常に明るいものの、LED の発光を切羽 20m 後方（ドリルジャンボ後方）程度まで確認できた(写真 4)。しかし、切羽の 30m 後方になると視認性が低下し、確認することは難しかった。

近接作業による傾斜計への影響については、ケース①②③ともに LED 発光色の変化がなく、傾斜量データに異常値は見られなかったことから、振動による影響はほとんどないと考える。

5. まとめ

ポータブル傾斜計の実施工への適用を目指して、設置における作業性、および視認性などについて検討した。

設置の作業性においては、更なる時間短縮の余地はあるものの良好な結果が得られたと考える。また、削孔作業など計器に近接した作業時の影響は軽微であることを確認した。

計器の視認性においては、切羽が比較的照度の高い場所であることから、30m 程度切羽から離れた場合には視認性が低下することがわかった。今後は、計器の設置箇所について検討したいと考えている。

また、ポータブル傾斜計はトータルステーションやレーザー距離計に比べて安価なため、比較的健岩で不良地山箇所の少ない現場において気軽に導入できると考えられる。

参考文献

- 1) 吉川直孝, 伊藤和也, 掘智仁, 玉手聡, 豊澤康男: トンネル切羽の肌落ちによる死傷災害の調査分析と安定対策の検討, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol.67, No.2.
- 2) 厚生労働省: 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン, 基発 1226 第 1 号, 2016.12.26.
- 3) On-Site Visualization 研究会 HP
- 4) Light Emitting Inclination Sensor/Pocket マニュアル

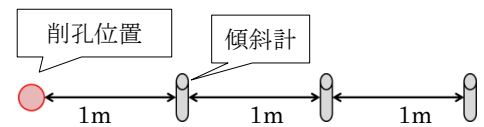


図 1 ケース②傾斜計設置図

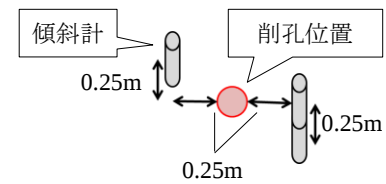


図 2 ケース③傾斜計設置位置図



写真 3 照度計測状況



写真 4 傾斜計発光状況