

Ⅲ - A288

不連続面測定器の開発と現場適用

東急建設 正会員 廣川隆男 東急建設

正会員 藤川富夫

東急建設 正会員 青木俊朗 開発土木コンサルタント

橋本信雄

1. はじめに

岩盤構造物の建設においては、岩盤内に存在する断層や節理の状態を調査・評価し、その結果を構造物の安定解析¹⁾、事前設計、施工時の支保設計・施工管理に的確に反映させることが重要である。不連続面の状態を捉えるための調査・評価項目²⁾としては、方向、位置、粗さ、および連続性など多くの項目が挙げられるが、特に方向は最重要調査・評価項目と考えられる。一般に、方向の調査はクリノメータを用いて行われているが、この計測器は精度的に問題があり、また多くの測定時間を必要とするため、実現場では方向はもちろん位置、粗さなどを含む不連続面調査全体が困難となっている。筆者らは、このような不連続面の調査に関する問題点を踏まえ、高精度かつ迅速に不連続面の方向を測定できる装置（以下、不連続面測定器）を開発した。本論では、不連続面測定器の構成と特徴および実現場での適用例について述べる。

2. 不連続面測定器の構成および特徴

不連続面測定器の構成を図1および写真1に示す。本測定器は、航空機などで実用されている姿勢認識技術を応用した電子機器であり、測定作業の操作性を配慮し、計測部と制御部とに分けられている。計測部には、振動ジャイロセンサと加速度センサが相対座標系（ x ， y ， z ）の3つの軸方向にそれぞれ1つずつ組み込まれている。一方、制御部には、演算装置、記憶装置、バッテリーなどが組み込まれている。不連続面の方向測定は、岩盤切羽に現れた不連続面の表面に計測部測定面を当て、計測部の計測スイッチを押下することにより実行される。この測定結果は制御部の表示部にリアルタイムに表示されるとともに記憶装置にも記憶され、RS232Cケーブルを介して容易にパソコンに取り込むことができる。本測定器の特徴をまとめると以下の通りである。

<特徴>

- ①本測定器は、測定面を不連続面表面に当て計測スイッチを押下するだけでよく、一般土木技術者でも1秒程度で測定できる。
- ②測定結果は記憶装置に記憶されるので、測定毎に結果を記帳する必要がなく、調査時間の短縮が図れる。
- ③60回/秒という高速のサンプリング速度で不連続面の方向データ（傾斜方位・傾斜）を取得できる。
- ④本測定器は磁場の乱れや鋼材の影響を受けないので、支保工などの鋼材や重機などが数多い坑内においても、信頼性の高い測定ができる。

3. 現場適用例

本測定器の現場適用性を確認するために、写真2に示す岩盤壁面に現れた不連続面の中から比較的平滑な6つを選定し、不連続面上の1点で不連続面測定器による傾斜方位・傾斜測定を行った。測定は1つの不連続面につき9回行った。また、比較のためにクリノメータでも同様の測定を行った。測定結果をまとめたのが表1であり、以下のことが分かった。なお、表中

キーワード：不連続面 岩盤 調査 卓越方位

連絡先：〒150 東京都渋谷区渋谷 1-15-21 ポーラ渋谷ビル 8F TEL.03-5466-5275 FAX.03-3406-7309

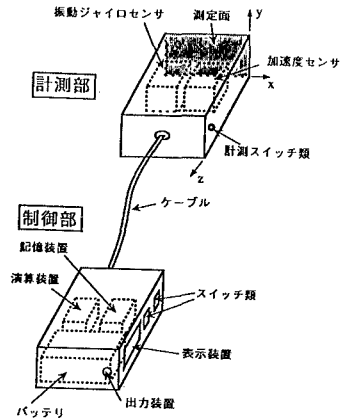


図1 不連続面測定器の構成

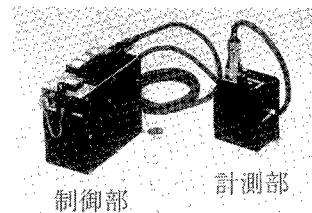


写真1 不連続面測定器



写真2 岩盤掘削面

の測定精度(平均標準偏差値)は、6つの不連続面の測定においてそれぞれ標準偏差値を算出し、それらを算術平均したものである。

- ①不連続面測定器とクリノメータの標準偏差値を比較すると、本測定器の方が 1° 以上小さな値となっている。したがって、本測定器によりクリノメータと同等以上の精度で方向の測定ができることが分った。
- ②所要測定時間を比較すると、本測定器はクリノメータより3倍程度速く測定できることが確認された。なお、今回のクリノメータでの測定では、測定者は測定値を記録していないので、記録時間を考慮すると所要時間の差はさらに大きくなる。

③実在の不連続面に対する不連続面測定器の傾斜方位・傾斜測定の標準偏差値は、平板を用いた測定器性能試験の結果³⁾に比べて、傾斜方位、傾斜とも約 1.5° 程度大きい値となった。これは、実在の不連続面には湾曲や凹凸があり、測定毎に測定器の当て方が異なったためである。前述のように不連続面は湾曲や凹凸があり、図2に示すように全体として波打った状態となっている。したがって、不連続面上の一点での測定では場所ごとに測定値が異なるので、不連続面の方向を評価するとき、図2に示す不連続面の平均的な面の方向を捉えて評価することが適切であると考えられる。そこで、本測定器の特徴③を生かして、図2に示すように測定器を不連続面上で移動させながら連続測定し、そのとき得られる個々の方向データ(傾斜方位 α_i と傾斜 β_i)を次式にしたがって処理して、不連続面の平均的な方向を捉える方法を提案する。

$$V_{ave} = \Sigma V_i$$

ここに、 V_i は移動測定中の個々の α_i と β_i から求められる面の上向き単位法線ベクトルであり、 V_{ave} は不連続面の平均的方向を表す上向き法線ベクトルである。図3は、1つの不連続面上で測定器を移動させながら測定したときの個々の方向データ(点測定データ)をもとに描いた極密度コンターであり、計10回行った連続測定の平均的方向の評価結果も●印ですべてプロットしている。これより以下のことが分かった。

- ①点測定では 10° 以上のばらつきが簡単に出てしまうが、連続測定ではほとんどないことが分かる。よって、後者は極密度コンターのピークがより明確となり、精度の高い卓越方位の評価が可能となる。
- ②連続測定では調査対象の不連続面数を従来の点での測定に比べて少なくしても、信頼性のある卓越方向の評価が可能となり、調査の省力化を図ることができる。

4. おわりに

岩盤掘削面に現れる断層や節理などの岩盤不連続面の三次元的方向(傾斜方位・傾斜)を極めて高精度かつ短時間に測定できる測定器(不連続面測定器)を開発し、その構成と特徴および現場適用例について述べた。本測定器を現場適用した結果、本測定器を用いれば不連続面の方向調査が高精度かつ短時間に行えること、また連続測定することにより、少数の測定データで卓越方向を精度よく評価できることが確認された。よって、本測定器は合理的かつ経済的な岩盤構造物の設計・施工管理の実現に大きく貢献できると考えられる。今後、連続測定時の方向データなどを用いて不連続面の表面形状を捉える方法や、その表面形状から不連続面のせん断強度特性を評価する方法について研究・開発を進めていく予定である。

◆参考文献◆

- 1) 藤川 富夫:「不連続性岩盤における掘削面の安定に関する基礎的研究」, 信州大学博士論文, 1994. 7.
- 2) 金子 勝比古、青木 俊朗、大見 美智人: 岩盤の不連続性評価, 日本鉱業会秋季大会分科研究会資料, N-1, 1986.
- 3) 廣川 隆男、青木 俊朗、藤川 富夫: 不連続面測定器の開発, 第31回地盤工学研究発表会論文, pp497~498 (2分冊の1), 1996. 7.

表1 現場適用結果

測定方法		不連続面測定器	クリノメータ
項目			
平均測定所要時間		15(秒/観)	39(秒/観)
測定精度 (平均標準偏差)	傾斜	1.67°	3.00°
	方位	2.58°	3.70°

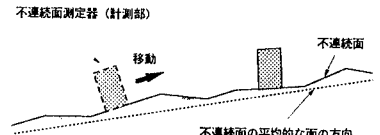


図2 不連続面測定器による連続測定

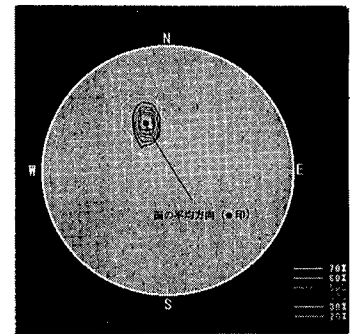


図3 極密度コンター