

# 報告 「八世乃洞門」法面落石の三次元計測

要旨：能登半島地震の発生に伴い、輪島市町野町曾々木地区、八世乃洞門の輪島側坑口付近、急傾斜地が崩壊した。崩壊に伴い、ロックシェッドが破壊され、道路の通行が不能となった。復旧措置等の検討のため、現地の把握が急務であったが、余震による危険をはらむ中、安全に素早く、かつ正確に測量する方法として、三次元レーザースキャナーを用いて計測を行った。三次元レーザースキャナーを使うことにより、緊急に必要な断面図をその場で抽出・作成したり、従来計測できなかったオーバーハング状態、標記できなかった急崖地のコンターを標記することを可能とした。その成果をここに報告する。

## 1. はじめに

平成19年3月25日、能登半島地震が発生し、奥能登を中心に甚大な被害を与えた。この緊急災害時に、三次元レーザースキャナーを利用した計測が役立つこととなった。

三次元レーザースキャナーはここ数年前から、測量業会に取り入れられ始めている。測量業会では、光波測距儀、GPSに次ぐ第三の革命ともいわれる新技術であるが、まだ十分な普及にはいたっていない。

能登半島地震の八世乃洞門における災害に際し、この三次元レーザースキャナーの特性を最大限に活用して、現況の把握を行うことが出来た。この成果をここに報告することにより、三次元レーザースキャナーの普及の一助としたい。



三次元レーザースキャナーはレーザーを対象に照射して往復する時間とその方向から対象の位置座標を計算する。ノンプリズムトータルステーションの原理と同様であるが、トータルステーションが狙った一点を計測するのに対し、三次元レーザースキャナーは、計測者が指定した範囲に指定したピッチで多数のレーザーを規則正しく照射する。これにより対象の位置座標を面的に取得するものである。計測ピッチの例としては100m先の対象の対し10mmピッチを設定するなどとなる。



## 2. 三次元レーザースキャナー

### (1) 三次元レーザースキャナーの概要

今回の3次元計測で使用したレーザースキャナーは、ニコントリプル製のGS200である。

測定距離精度 2.5mm/100m

最大測定距離 200m

### (2) 三次元レーザースキャナーの原理

三次元レーザースキャナーの原理を簡単に説明しておく。

### (3) 三次元レーザースキャナーのメリット

従来の測量に比べ、三次元レーザースキャナーを使った場合の代表的なメリットは、次の3点が上げられる。

大規模で複雑な形状を従来の測量に比べ、短時間で計測可能。

危険な場所へ立ち入らずに、離れたところから全体が計測できる。

計測後作成したモデルから任意の断面等が正確に、簡単に作成できることである。従来の平板測量結果からの断面抽出では得られない、実測データが得られる。

### 3. 業務概要

#### (1) 計測対象地域

輪島市町野町曾々木地内国道249号線八世乃洞門付近

#### (2) 計測内容

地形図作成 6,000m<sup>2</sup>  
断面図作成 7本



#### (3) 計測までの経緯

地震の前より当該地区においては、昨年7月の豪雨による災害が発生しており、復旧工事が行われていた。しかし、危険な急傾斜地であるので、詳細な地形図を得るための測量が出来ない状況であった。このため、三次元レーザースキャナーのメリットを生かした、計測の相談があり、計測の計画を練っていた所であった。



ロックシェッドの上から計測、距離約120m(観測地点1)

### 4. 計測作業

#### (1) 計測時間、方法

八世乃洞門の崩落は、本震で起こったものではなく、地震のあった26日の深夜から27日朝に掛け

ての間であった。

緊急の計測の依頼が27日午後であり、28日朝から計測することとなった。

観測地点は3箇所から、合計4方向の計測を行った。計測データ間隔は50mm、トータルの計測点数は670万点であった。計測器の移動、基準点の測量も含めて1日半を要している。

#### (2) 即日対応業務

29日夜の、県庁での対策検討会に検討資料として提出する作業を優先した。検討のための資料として、崩落の特徴の顕著な断面図を作成した。

崩落の特徴点を把握できるように観測点を選定し、計測。取得したデータから、生の点群データを現場で合成した。この合成点群データから、特徴のよく解る断面を抽出し、点群断面図として提出している。

従来は道路中心線の測点での法線が断面位置として代表される場合が多いが、測点や、法線にこだわらず、最も崩壊の特徴を表している断面を探し出し、代表断面を決めている。特にオーバーハングした状態の断面が特徴点として捉えられている。この間のデータの確認や、抽出する断面の位置の指示などは、金沢市にある事務所とのやりとりであった。データの送信や確認、指示は、インターネットのメールと携帯電話を利用して行っている。幸いにして、現場から約1.5kmの所にある「輪島市ふるさと体験実習館」のインターネット回線が利用できたため大変たすかった。

25日朝 地震発生

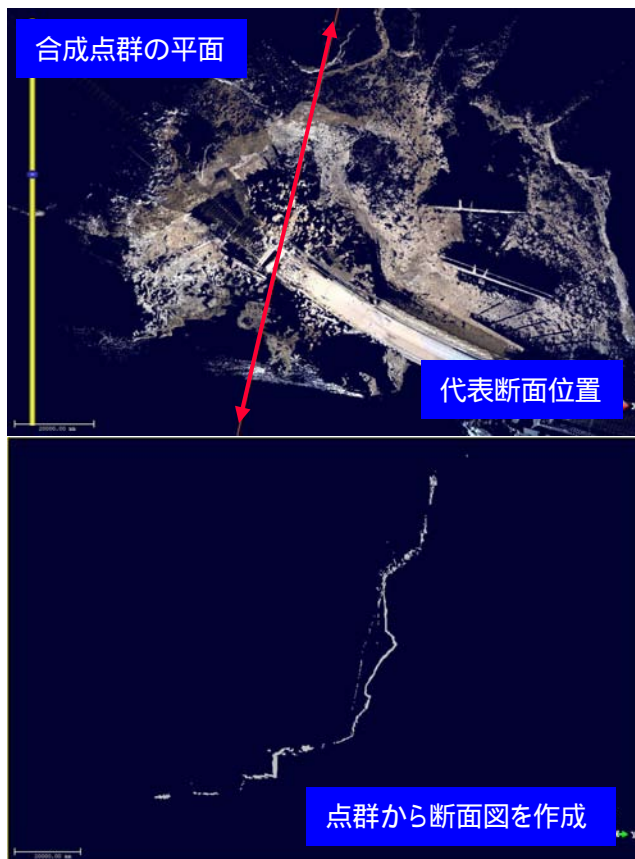
26日深夜 法面崩壊

27日PM 計測指示

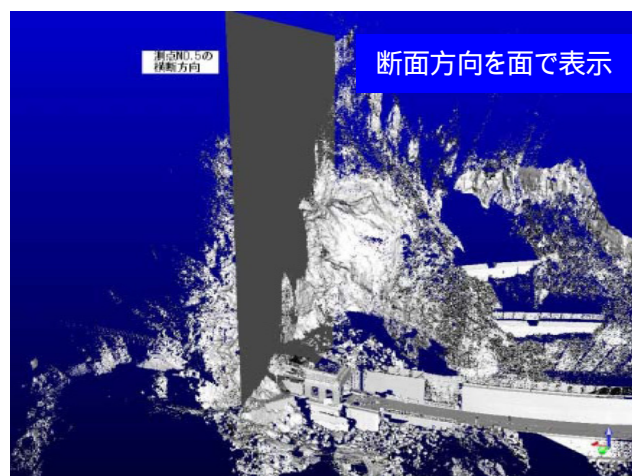
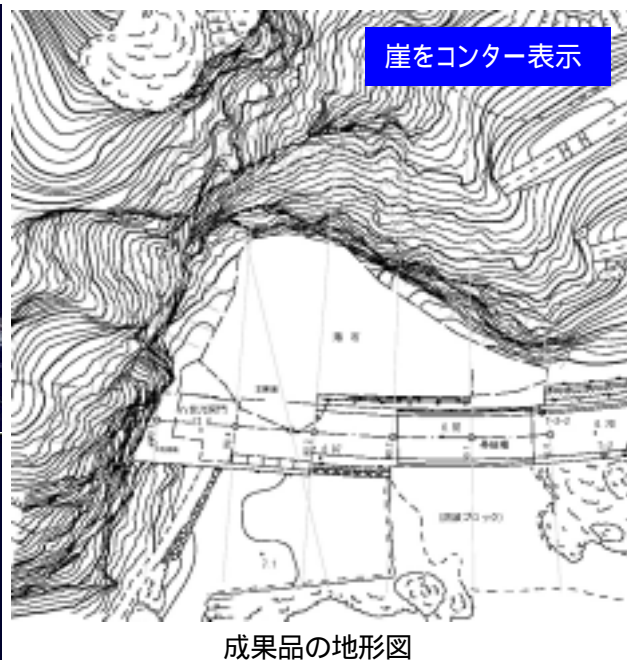
28日AM 計測開始

29日PM代表断面図メール送信

29日夜の対策検討会



現地からメールで送った平面図と代表断面図



サーフェスモデルからの断面抽出

## 5. 成果品

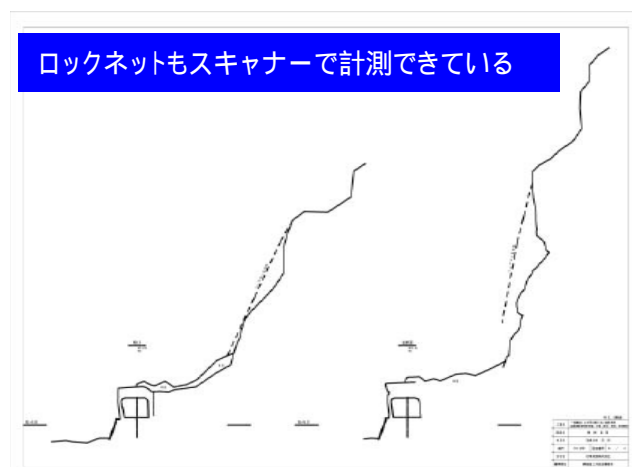
成果品としては、最終的に地形図(1/500 平面図)と断面図であるが、従来の成果品との違いがある。

従来の航空測量などでは、オーバーハングの状態は把握できない。地上測量でも急傾斜面は細かなデータが観測できない。このため、地形図上での標記は、崖の記号でしか表せないのが通常である。三次元レーザースキャナーでの計測では、オーバーハング状態も、急傾斜の細かなデータも特に労なく取得できるので、崖地の記号ですませることなく、全てコンター表示している。

断面図も同様にオーバーハング状態を正確に表示できている。最終成果品としては、即日業務で抽出した断面方向とは異なった、道路中心線からの測点での断面図も作成している。

## 6. 動態観測

現況把握の関連業務として、トータルステーションでの動態観測も行っている。余震のまだ収まらない中、定点観測を行うということで、ロープアクセス業者がターゲットを設置した。



成果品の断面図

3月30日に初期値を取り、4月8日まで毎日、4月9日からは週3回、5月に入って週1回、現在は2週間に1回の継続観測を行っている。あって欲しくないことではあるが、万一、大きく変動したり、再崩落が起これば、三次元レーザースキャナーで再計測することにより、斜面全体の変位の把握が可能である。

## 7. 三次元レーザースキャナーの今後の活用と課題

### (1) 従来の測量と三次元レーザースキャナーの比較

今回の八世乃洞門での適用事例を踏まえ、急峻な崖地計測での比較をする。

|       | 三次元レーザースキャナー          | 従来測量            |
|-------|-----------------------|-----------------|
| 現場対応  | 短時間<br>現場で断面確認<br>出来る | 時間または人手<br>が掛かる |
| 安全性   | 安全(離れて計測)             | 危険(余震の心配)       |
| 断面図変更 | 計測後に自由に<br>断面図作成      | 現場で再測量が<br>必要   |

このように従来測量に比べいくつもの利点がある。これを利用した今後の活用を考える。

現場ですぐにデータの確認がしたい場合としては、やはり災害現場であろうか。

安全面での活用は災害現場の他に、人間の入りにくい危険な場所として交差点内の交通量の多いところや、鉄道線路内を離れて計測することが考えられる。

計測後に断面図等を自由に作成出来る点では、路線計画の変更に伴う再測量の軽減など、活用出来る場面が多いのではないだろうか。

### (2) 動態観測への応用

トータルステーションによる定点観測は、観測結果の整理が容易で、動いているか否かの判定に利用するにはスピーディである。しかしそれぞれの観測点毎の動きはつかむことは出来るが、斜面全体を把握できない。三次元レーザースキャナーであれば斜面全体の動きを把握することができる。

作業の効率を考えた応用として以下のような方法が考えられよう。動態観測の初期に三次元レーザースキャナーでの初期値も取っておく。トータルス

テーションでの観測定点が大きく変位したときに、三次元レーザースキャナーを適用すれば変位の全体像をつかめる。

### (3) 三次元レーザースキャナーの課題

従来の測量に比べ利点となる部分は多いが、課題も残されている。

ひとつは、大量に取得するデータの編集作業に多くの時間が掛かることである。解決方法としては編集ソフトの改善、パソコン能力の向上などが主な対処であるが、計測技術として、目的に応じ精度と計測データの量を考えて計測することも重要である。

二つ目は、影になって計測できない部分のデータ不足をどう補うか。データの不足を補うためにノンプリズムトータルステーションによる補足測量を行っているのが現状である。経験上全てを三次元レーザースキャナーでカバーすることは不可能である。計測の目的に応じ、適宜トータルステーション併用することが効率的となる。

三つ目は計測器メーカーの違いによる計測能力の差もある。現在数社から販売されている三次元レーザースキャナーはいろいろなタイプがある。ここではその一つ一つに言及しないが、現場や目的に合わせ、その特性により計測機種を選択を行うなど、特性を利用するべきと思っている。

## 8. おわりに

三次元レーザースキャナーを使うことにより、危険な災害現場で安全に計測し、緊急に必要な断面図をその場で抽出・作成したり、従来計測できなかったオーバーハング状態、標記できなかった急崖地のコンターを標記することを可能とした。

三次元の利用では、すでに機械設計分野、建築分野では設計の三次元化が進んでいる。特に機械設計は三次元設計があたり前であり、三次元CADの普及もめざましい。建築分野でも住宅分野から三次元が普及し始め、ビル建築にも三次元化が始まっている。土木分野も三次元化に対応すべき時期が迫っているように思う。三次元CADが普及する前提として、三次元の現況把握がなくてはならない。今回地震災害での適用事例を紹介した。三次元レーザースキャナーを使った計測には課題も残っているが、従来の測量方法や他の三次元計測手法によって補完しあいながら、今後、三次元計測の適用分野の拡大をはかっていきたい。

(株)地域みらい 森本 康永

HP-URL <http://www.chiiki.co.jp/>