

(39) 節理性岩盤の調査・解析システムを用いたキーブロック解析

(株)問組 技術研究所 大橋 敏行
西村 毅
草深 守人

1. はじめに

筆者らは画像処理、写真測量技術、ブロック理論等を用いた節理性岩盤の調査・解析システムIRIS (Integrated Rock Image System) を構想し、そのプロトタイプを開発した。^{1), 2)} このシステムを着想し、開発するに至った現状に対する問題認識は次の2つである。1) 詳細な節理調査を行なう場合、多くの労力と時間が必要であり、結果的に多大な費用を要する。2) 調査→解析→設計→施工と至る一連の流れの中で、節理調査が必ずしも次工程での利用方法を意識してなされていない。したがって、調査段階で得られた節理情報が設計、施工段階で十分生かされていない。IRISはこの2つの問題を解決することを大きな目標とした統合化システムであり、従来この分野にはなかった技術形態であると考えている。

本論文では、IRISによるキーブロック解析の処理手順を実施例を通して紹介する。同時に、キーブロック解析をIRISという統合化システムのフレームの中で用いることの利点について筆者らの考え方を述べるものである。

2. IRISの概要

IRISはまえがきで述べた2つの問題を解決するために、ソフト的には、画像処理技術、写真測量技術、ブロック理論を、ハード的には、ビデオカメラ、画像処理装置、イメージモニター、16ビットパソコン、光ディスク装置等を用いている。

おおまかな処理の流れは、次の通りである。岩盤掘削現場で、対象とする岩盤面を写真撮影する。この写真をビデオカメラを通じて画像処理装置に入力する。次に、画像処理、写真測量技術を利用して岩盤節理面の方向性(走向/傾斜)を評価する。さらにこの情報をブロック理論に引き渡して、掘削によって危険な状態にある岩盤ブロック(キーブロック)を抽出し、施工にフィードバックする。また、入力された岩盤写真は岩盤画像情報として光ディスクに記録・保存する。

現時点のIRISは岩盤写真を入力して、キーブロックを最終的な出力情報として提供するという意味で、岩盤掘削施工管理システムとして位置付けられる。それ以外にも、岩盤画像情報の記録・保存・検索に焦点を当てれば岩盤画像データベースとして発展させることも可能となる。

3. IRISとキーブロック解析

Goodman & Shiによってシステム化されたブロック理論³⁾をIRISのなかで用いることにより、次のような利点があると考えている。

- 1) 節理調査、トレース・マップの作成、閉領域の探索、キーブロックの抽出、キーブロックの表示というキーブロック解析の手順が全てシステム化されているため、専門家でなくてもキーブロック解析が可能な利用環境が提供されている。
 - 2) 節理面の情報として、キーブロック解析に必要な走向/傾斜データと節理面周辺の岩盤画像データを用いている。したがって、抽出されたキーブロックに対して、より正確な評価をすることができる。
- 2) に関しては次のように考えている。ブロック理論によって提供される情報は、単にブロックを構成する節理面の幾何学関係のみに基づくものである。したがって、キーブロック解析の結果を施工にフィー

ドバックするには、キーブロック解析の結果に基づく力学的な極限安定解析、地質学的な評価等を経なければならない。その際、キーブロックの周辺岩盤の様子を岩盤画像データで確認できるということは非常に重要である。

4. キーブロック解析

4. 1 岩盤節理調査

I R I Sを用いたキーブロック解析においては、岩盤面のステレオ撮影を行った後に、き裂抽出、キーブロック検出、安定解析等をすべてコンピュータで処理することが最終的な目標であるが、現状ではそこまで期待できない。特に、露頭、掘削面上での節理面の認識には、地質学的判断が要求され、人間の手を介在せざるを得ない。

そこで、今回は掘削面の写真撮影と同時に、節理面の走向傾斜等の計測を行い、I R I Sによるキーブロック解析をおこなった。

図-1は、今回調査を行った掘削面のスケッチ図であり、5x13mの範囲を示したものである。この掘削面はほぼ南北方向の鉛直面であり、岩盤は比較的堅固で、節理の発達が顕著である。

この程度の岩盤面においては、比較的小さな節理面まで詳細に計測するには、多大な労力を必要とし現実的ではない。また、キーブロック抽出という本システムの目的を考えると、小さなブロックは掘削面の覆工によって十分支持されるものであり、ある程度の大きさを持った危険なキーブロックを抽出することが重要である。したがって、節理調査においては、節理トレース長が数m以上の比較的大きな節理については、走向/傾斜、節理幅、充填物、滴水の有無等を調査し、それ以下の長さの節理については現場での節理トレースのスケッチ及び撮影した写真をもとにした節理トレースの抽出により、節理マップを作成した。

写真撮影では、通常の35mmカメラを用い、一枚の撮影範囲を3x2m程度として、この写真を高解像度ビデオカメラを介して画像処理装置に入力した。写真-1は、I R I Sに登録された画像である。

4. 2 キーブロックの抽出及び表示

I R I Sに登録された画像をもとにして、節理トレースマップの作成、閉領域の探索、キーブロックの抽出、キーブロックの表示の順で解析が行われる。このうち、トレースマップの作成に関しては、ユーザーの判断に頼らざるを得ないが、それ以降の処理は総てコンピュータ上で処理される。

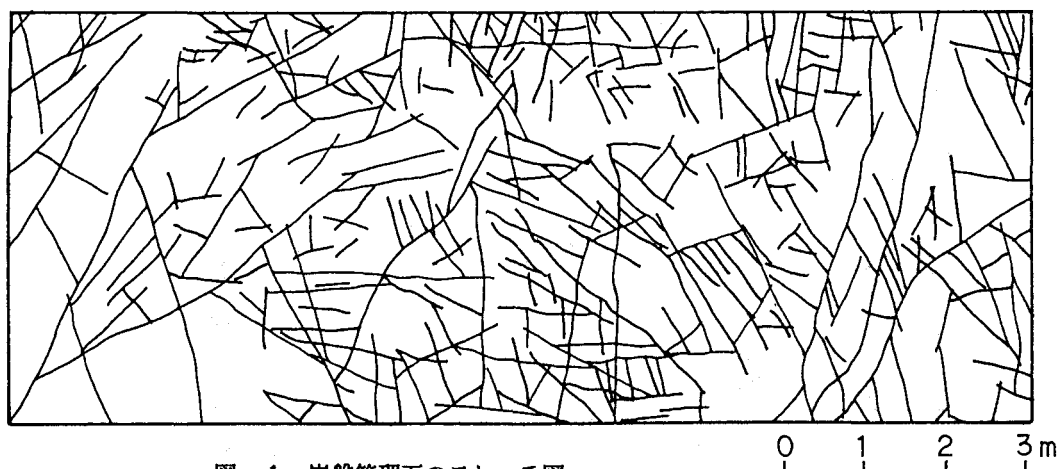


図-1 岩盤節理面のスケッチ図

トレースマップは、デジタイザーを用いて岩盤画像を見ながら節理の両端の点を指定して決定される。写真-2に、画像上での節理トレースマップを示す。

節理トレースマップが作成されると、岩盤面上での閉領域すなわち節理によって囲まれたキープロックとなる可能性のある閉じた領域の探索が行われる。写真-3は、トレースマップより得られた閉領域を示したものであり、4個の閉領域が得られている。このうち閉領域番号2、3、4は一体となってさらに大きな閉領域を構成している。写真-3で示されるように、IRISでは閉領域の細分化を行い、常に最小の閉領域まで探索するようなアルゴリズムを持っている。

閉領域が決定され、各トレースの走向／傾斜が入力されると、各節理面の方程式が計算され、ブロック理論により各ブロックがキープロックであるか否かの判定が行われる。このとき、入力された走向／傾斜とトレースマップ上で作成された節理トレースの方向とは必ずしも一致しない。これは、実際の節理面はアンジュレーションのある曲面であるのに対し、ブロック理論では節理面を平面と仮定しているため、節理面の方向決定の際に誤差が生じるためである。IRISでは、入力された走向／傾斜を持ち、トレースマップ上での節理トレースの中点を通る様に節理面の3次元空間での方程式を計算している。

キープロックであるものについては、そのブロックの体積、すべりのモード、およびすべりの方向が計算される。すべりのモードには、キープロックが鉛直に落下する場合、2つの節理面の交線に沿って滑る場合、および1つの節理面に沿ってすべる場合の3種類がある。

図-1に示した掘削面の全域にわたりキープロックの判定処理を行った結果いくつかのキープロックが抽出された。写真-3



写真-1 IRISに登録された岩盤画像

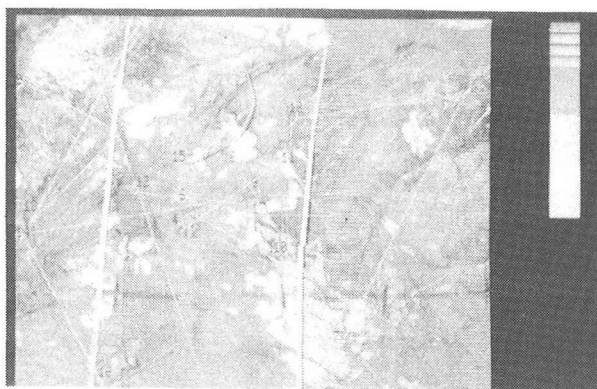


写真-2 岩盤画像上での節理マップ

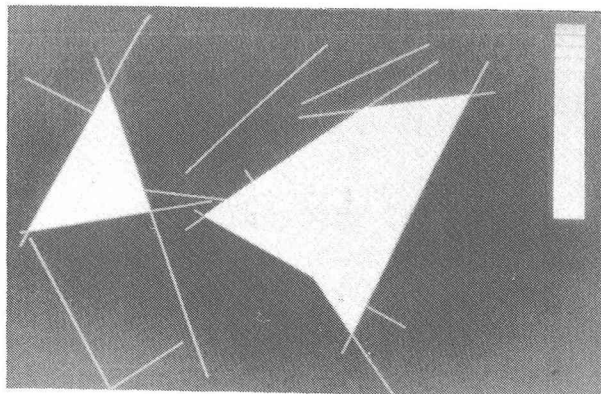


写真-3 節理マップより得られた閉領域

の閉領域のうち閉領域1がキーブロックとして抽出された。写真-4はこのキーブロックの形状を示したものである。写真-4は、キーブロックをある平面に投影したものであるが、投影する方向は視点の位置を入力することにより自由に換えられる。なお、IRISではキーブロックの体積及びすべりの方向も計算され、このブロックの体積は 2.92m^3 であり、plain3 に沿って N60W/35 の方向にすべると判定された。

また、写真-5は、図-1から得られた他のキーブロックでの例であり、このブロックの体積は 6.87m^3 、すべりの方向は plain3 に沿った S70E/30 の方向であると判断された。

5. あとがき

本論文では、統合化システムIRISにより、節理面の走向/傾斜、位置に関する情報と周辺岩盤の画像情報を併せて用いるキーブロック解析例を紹介した。

実際の岩盤掘削問題においては、キーブロックと判定された岩盤ブロックが考えられる荷重条件に対して安定か否かを評価する手順を経て施工へ情報をフィードバックする。したがって、今後はIRISにこの力学的な極限安定解析の機能を追加する必要がある。

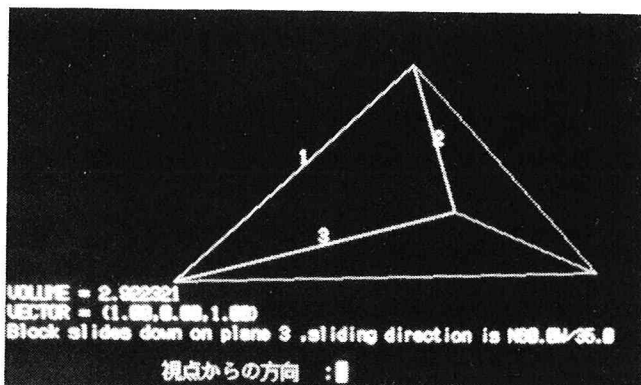


写真-4 キーブロックの形状

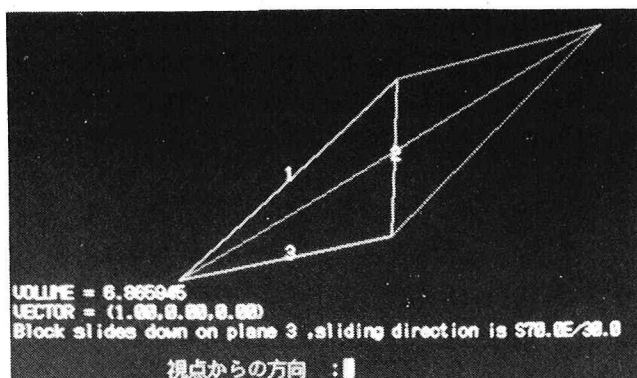


写真-5 キーブロックの形状

参 考 文 献

- 1) 大橋、草深：画像処理による岩盤節理調査・評価システムの開発、第19回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、土木学会、PP.396-400、1987年
- 2) 大橋、草深：デジタル画像処理による節理性岩盤の調査・解析システム、第7回岩の力学国内シンポジウム講演論文集、岩の力学連合会、PP.133-138、1987年
- 3) R.E. Goodman and Gen-hua Shi : Block Theory and its application to Rock Engineering, PRENTICE-HALL, INC., 1985

(39) Key Block Analysis with Integrated Rock Image System

Technical Research Institute, Hazama-Gumi, Ltd.

Toshiyuki OHASHI

Tsuyoshi NISHIMURA

Morito KUSABUKA

ABSTRACT

IRIS(Integrated Rock Image System), is developed for the survey and analysis of jointed rock mass, based on image processing, photogrammetry and block theory.

With the system we try to cope with the following two problems. The first is that the conventional joint survey procedure, mainly based on the direct measurements by geological engineers, often requires large amount of time, eventually a lot of money. The second is that even if the survey is finished successfully, such steps that follow the survey as numerical analysis and design cannot utilize the survey results to the full. IRIS is an integrated system aimed at solving these problems.

In the paper, the procedure and technologies of IRIS are described especially in terms of Key Block Analysis. Then, application examples are also presented to demonstrates the efficient applicability of the system for the rock excavation problem. Block theory is a method for analyzing the geometry of critical blocks, formed by the excavation surface and some joint planes, which potentially move into the free surface. We executed measuring and took photos of the surface of jointed rock mass to characterize the geological quantities such as strike, dip and the position of trace. IRIS specified key blocks and calculated their volumes and orientations to slide down, from these information.

Additionally, we show the advantage that the Block Theory is implemented within the frame work of integrated system, IRIS.