

(84) 岩盤の不連続面調査と解析作業の電算化の試みについて

清水建設（株）土木本部技術部	正会員	○	泉谷 泰志
〃	〃		飯塚 友之助
〃	〃		石井 卓
株式会社コア	〃		松本 好高

1. はじめに

近年、岩盤構造物の建設において、岩盤中の不連続面の存在を考慮することの必要性が重視されてきており、不連続面の評価に関するいくつかの考え方が示されている。

実際に岩盤構造物を建設する場合、設計時、施工時に要求される地質情報は必ずしも同じレベルではなく、得られる地質情報の量も段階によって増加する。概念設計→詳細設計→施工（設計変更）の各段階に従って、より高密度の地質情報が得られ（また得る必要があり）、それを迅速に設計や施工にフィードバックする必要がある。そのため、不連続面の調査・解析においては、データの追加・修正が容易で、その都度、短時間で解析結果が得られるシステムを作成することが望ましい。

不連続面の調査と評価の技術を向上させるためには、次のようなステップが考えられる。

- ① 調査方法の開発 : 機器の開発・改良と調査方法の標準化
- ② データの一次処理 : 調査データのストックとビジュアル化
- ③ データの二次処理 : 調査結果に基づく岩盤のゾーニング
- ④ 評価 : 各ゾーンの物性値の推定・評価

④の不連続面の評価手法については、最近活発な研究が進められている。我々は①～③の部分のシステム化に注目した。

本報告では、調査時に対象とすべき不連続面の分類の考え方を整理し、不連続面調査機器の改善と不連続面データの一次処理の試みについて報告する。

2. 岩盤中の不連続面調査の分類

岩盤中には、節理やクラックのような小さな不連続面から、断層破碎帯のような大きな不連続面まで、大小様々な不連続面が数多く分布している。これらの不連続面を調査し、岩盤構造物の設計・解析に役立てるためには、不連続面を次の二つに分けて考えるのが現実的であろう。

・規模の小さな不連続面

節理やクラックのように、一つ一つの規模は小さいが、岩盤中に数多く分布しており、全体としては岩盤の力学特性や透水特性を大きく左右する不連続面。

・規模の大きな不連続面

断層破碎帯のような規模の大きい岩盤の破壊面で、節理などと比較して、数は少ないが、一つ一つが岩盤の力学特性や透水特性、岩盤構造物の安定に与える影響の大きい不連続面。

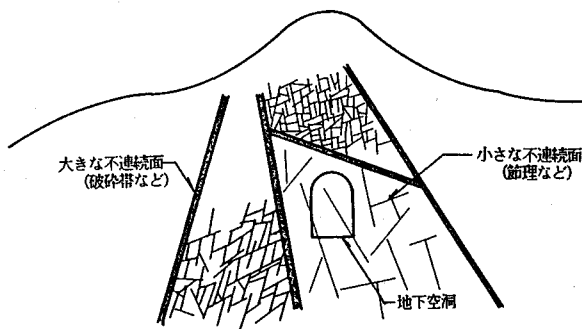


図-1 岩盤の不連続面の概念

上記の不連続面の分類の概念を図-1に示す。規模の小さな不連続面については、数が非常に多いため、

個々の不連続面の位置や性状をそのままモデル化して設計・解析を行うことは不可能であり、均一媒体とみなし、何らかの手法を用いて全体としての性状を評価する必要がある。

一方、規模の大きな不連続面（割れ目ゾーン）については、一つ一つの不連続面の与える影響が大きく、また数も限られているため、実際に近い力学特性・透水特性を想定、もしくは原位置試験により測定して、設計解析を行う必要がある。

設計・解析に当たっての分類に言い換えるならば、

- ・規模の小さな不連続面

不連続面の分布性状を評価した上で、類似の分布特性を持つ部分をゾーニングし、その範囲内については、同一の力学特性・透水特性を持った連続体と考える。各ゾーンの力学特性や透水特性は、不連続面の分布状況や原位置試験の結果をもとに検討する。

- ・規模の大きな不連続面

調査結果をもとに、実際に不連続面（割れ目ゾーン）が存在している位置を推定し、解析モデルにおいても、極力実際に近い不連続面の配置をモデル化する。各不連続面の力学特性や透水特性は、原位置試験結果をもとに検討する。

ということになる。今回の不連続面の調査と解析手法の電算化の試みにおいては、このような考え方に基づいて開発を行っている。

3. 高効率ボアホールTVの開発

ボアホールTVは、ボーリング孔内における地下岩盤の地質や割れ目分布に関して直接的なデータを取得できるので非常に効果的な調査方法であるが、TVカメラの画角が狭く、地上において観測できる画像は孔壁面上の2 cm×3 cm程度（孔径66mmの場合）に限られてしまい、孔壁全周の計測をするためにはオペレーターがテレビカメラをその都度回転させねばならないため観測能率は非常に低いものであった。孔壁をほぼ実寸法の360度展開画像として観測できることが望まれる訳で、展開画像を実現するためには、限られた画角の孔壁画像を連続撮影して画像処理によりつなぎ合わせる方法もしくはTV画像の走査線1本相当分づつ順次スキニングする方法が考えられる。ボアホールスキナーは後者の方法を取り入れた孔壁観測装置である。装置の概要を図-2に示す。

孔壁からの反射光を受けるスキニングヘッドと照明用の光を送る鏡は常に約3000 rpm の速度で回転している。スキニングヘッドから受光した光信号はデジタル電気信号に変換されて地上に送られ、画像表示装置によって孔壁展開画像としてTVモニターに表示される。ボアホールスキナーを使うことによって孔壁の360度展開画像をほぼ実寸法のものとしてTV観測でき

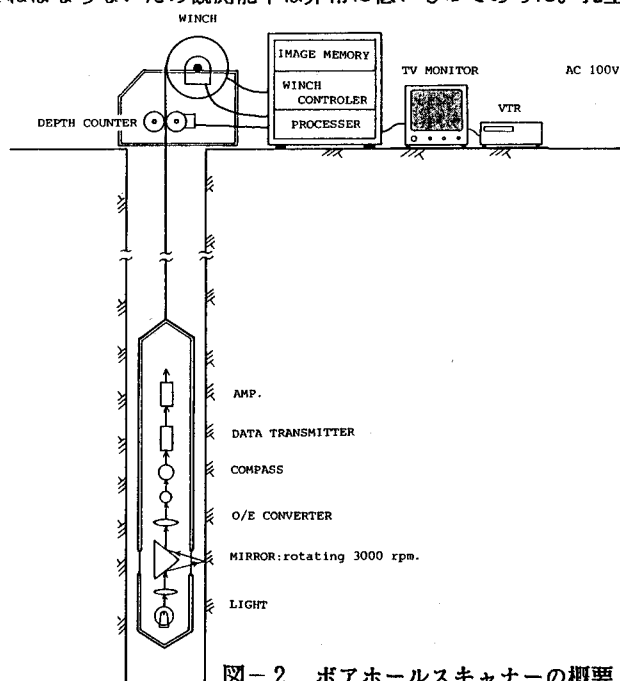


図-2 ボアホールスキナーの概要

るし、プローブを降ろすにつれてその画像はスクロールするので、地表踏査と同程度のスピードで層理面

や割れ目面等の不連続面の観測をすることができる。この装置の開発目標としての仕様は表-1に示すものである。

表-1 ボアボールスキャナーの仕様一覧

適用口径	66~86mmφ
耐水圧	1200m
ケーブル長	200m (1000m まで改造可能)
使用温度	1~60℃
解像度	0.1mm
記録方法	VTR用NTSC信号記録および デジタル信号記録 (カラー画像)
撮影速度	30 m/h以上

画像信号はNTSC信号に変換して市販のVTRに記録出来るだけでなく、デジタル画像情報としての出力もできるので、将来低コストのデジタル画像記録装置が市販されるようになれば画像処理による自動計測へ発展させることができる。

4. 統計処理システム

統計処理システムは、節理など規模は小さいが数が非常に多い不連続面の調査・解析作業に対応するために開発したもので、不連続面の分布性状を表す諸要素を電算機によって迅速に処理し、不連続面の分布特性を把握することができる。統計処理システムで扱うことのできる不連続面の属性は次の通りである。

- a. 位置 (x,y,z 座標) b. 方向 (走向・傾斜) c. 長さ d. 間隔 (頻度)
- e. 幅 f. 粗度 g. 挟在物

各データのフォーマットは、調査方法 (地表踏査・坑内観察・ボーリング) ごとに扱い易い様式に設定されており、データのコーディングから解析までを迅速に行うことができる。また、データはデータベースに収録され、以後は随時、追加や修正が行われる。解析結果は、シュミットネットやヒストグラムなどの分かり易い形で図化出力される。出力図の例を図-3、図-4に示す。

本システムの特徴として、解析作業の選択枝が豊富に設定されており、試行錯誤的な試みに対応し易くなっていることが挙げられる。すなわち、想定したゾーンにおけるデータのみの分析、開口幅や挟在物を規定して、特定の条件に当てはまる不連続面のみの分析などを繰り返し何度も実施することができ、岩盤のゾーニングを試行する作業や不連続面の分布性状を把握する作業に適している。

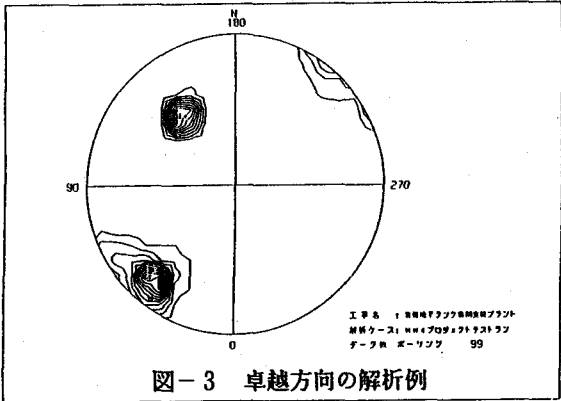


図-3 卓越方向の解析例

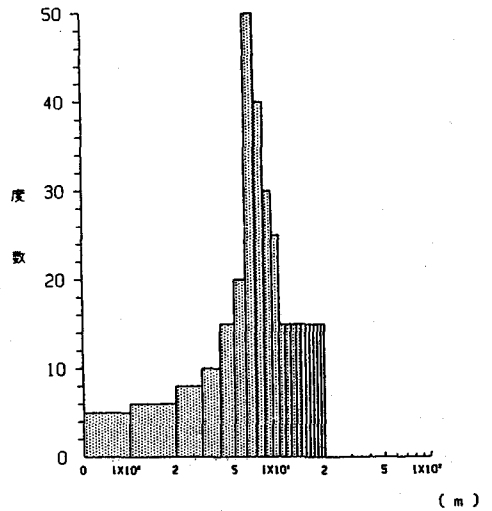


図-4 ヒストグラムの例

5. ジオセックシステム

ジオセックシステム (Geological Section) は、断層破碎帯などの規模の大きな不連続面の調査・解析作業に対応するために開発したシステムで、地下構造物の配置や、地質調査の結果得られた地下構造物周辺岩盤の不連続面の分布を電算機に入力し、以降は任意の断面を指定するだけで、不連続面や地下構造物を表示した地質断面図が出力されるものである。出力図の例を図-5、図-6に示す。

ジオセックシステムで図化することのできる項目は次の通りである。

- a. 地下構造物 b. 破碎帯 c. 地質境界
- d. ボーリング柱状図 (地質・RQD・ルジオン)
- e 地形 f. 凡例・工事名その他

ジオセックシステムで図化することのできる断面図は次の通りである。

- a. 垂直断面 (任意の位置・方向・縮尺)
- b. 水平断面 (任意の範囲・深度・縮尺)

傾斜した断面については、処理が複雑になり、また実際に使用される機会もほとんどないことから、現在は処理できるようになっていない。破碎帯や地質区分はパターンの選択によりトーン付けや線種の選択を行うことができる。

出力図の品質は、設計・解析時の地質構造の把握と解析断面の作成、施工時における水抜き孔やグラウト孔の計画などに充分使用できるレベルである。

ジオセックシステムは電算機により任意の地質断面図が図化出力できるため、従来の地質断面図作成作業が大幅に省力化される。これにより、地下構造物のレイアウトの変更を検討する場合、あるいは設計のための数値解析や施工時に要求される断面図の作成に迅速に対応することができる。

また、調査や本工事の掘削の進展に伴うデータの追加や修正に対しても対応が容易である。

6. 今後の課題

岩盤の不連続面に対する調査・データ処理・評価のシステム化について、その概念を提案し、調査機器の開発の現状と一次データ処理の試みについて報告した。“道具”の開発については、各システムがスムーズに連携できるような改良や自動化を進めて行く必要がある。データ処理の機能を高める上では、ゾーニングのための手法を明らかにしなければならない。

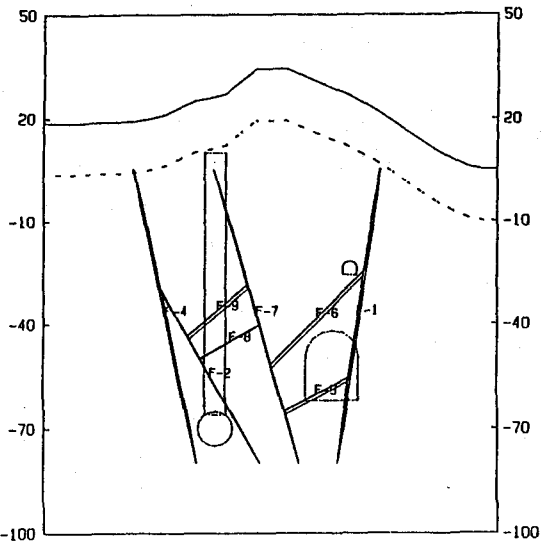


図-5 横断面図の出力例

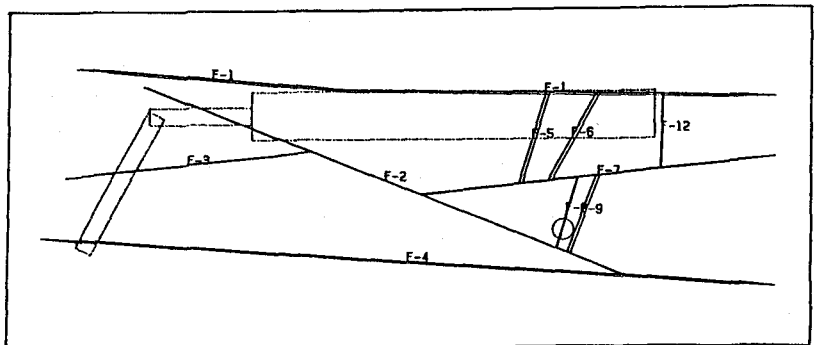


図-6 水平断面図の出力例

(84) New system to investigate, analysis and mapping of rock discontinuities

Yasushi	IZUMIYA	Shimizu Construction Co., Ltd.
Yunosuke	IIZUKA	"
Takashi	ISHII	"
Yoshitaka	MATSUMOTO	CORE Inc.

Abstract

Identification of discontinuities and evaluation of their mechanical/hydrological characters are essential to accurate zoning of fractured rock in order to design of civil works in/on rock. In this paper some ideas and instruments of new system to investigate, analysis and mapping of rock discontinuities are presented.

TV logging is the most effective method for identifying discontinuities of rock in boreholes. But speedy logging is difficult because only a very limited area, i.e. about 2 cm × 3 cm, on the inner wall can be seen in a borehole of a small diameter. The new TV system, i.e. "BOREHOLE SCANNER" has been developed so that the surrounding borehole-wall can be seen immediately as continuously and longitudinally scrolled colour images.

Preliminary data analysis is helpful in try-and-error zoning. A computer program that can sample discontinuity data of limited zone or limited character from data bank and draw statistical graphs e.g. schmidt net plotting was developed.

A computer program "GEOSEC" can draw a geological section on any designated section and schmidt net plottings and drawings of statistics if identified or estimated mapping data of rock's discontinuities e.g. fractured zones are inputted. Some trials of drawing geological sections are presented.