

(40) B I P システムの装置とその能力について

株式会社 亀和田 俊一
" 遠藤 努
" 国分 英彦
基礎地盤コンサルタンツ株式会社 西垣 好彦

The device and features of BIP system

Shunichi KAMEWADA, Tsutomu ENDO,
Hidehiko KOKUBU (Raax Co., Ltd.)
Yoshihiko NISHIGAKI
(Kiso-Jiban Consultants Co., Ltd.)

Abstract

Borehole Image Processing System is a device which observes and records borehole wall image on real-time basis. The system also provides geological structural analysis and 3 dimensional image from the obtained borehole wall image.

The on-site system which consists of sonde with built in conical mirror for projecting complete image of the borehole wall, special winch, image processing unit and double monitor, is capable of displaying both actual and continuous 360 degrees projected images which can be preserved as digital recordings.

The laboratory system allows measurement of bedding planes (the strike and dip) and crack openings from the on-site recordings. Furthermore, the borehole wall condition can be reproduced in form of "core" image.

The system has already been applied to assessment of dam foundation, checking of grout results, slope stability analysis, investigation on conditions under tunnel lining and has proved to be efficient. Further application to wider variety of investigation is promising.

1. まえがき

岩盤調査においては岩盤の構造を直接ボーリング孔内で観察する目的で旧来からボアホールカメラ、ボアホールテレビ、ファイバースコープなどの装置が用いられてきた。しかし、これらの装置には共通して一時に観察される範囲が局所に限られるため、孔壁全体の記録やこれをもとにした岩盤構造の解析には多くの手間と経費を要する欠点があった。このため近年では、2, 3の新しいアイデアに基づき孔壁全体を連続した展開画像として観察記録する試みがなされている。このうち、B I P システム (Borehole Image Processing System) は、孔内においてリアルタイムに変化する湧水などの現象や孔壁の連続展開画像の観察記録を行い、これをもとにした不連続面などの走向傾斜や開口性の解析、孔内状況の立体的表示などを一連の作業として実行するシステムである。以下には本システムの装置と機能および若干の応用例について述べる。

2. 装置の概要と構成

2.1 装置の構成

B I P システムは大きく、現場システムと解析システムからなる。現場システムの構成は図-1 a にみるとおりで、ボーリング孔内を降下するゾンデ部分、深度カウンタを備えた昇降装置、画像展開記録装置、ゾンデコントロール装置、2連モニタなどから構成され、斜孔や上向き孔にはゾンデ部分をロッドで固定した形式のものも用意されている。(図-1 b)

解析システムは、16 bit パソコンを主体とし、磁気テープドライブ、70 MB ハードディスク及び専用の解析ソフトウェアからなっている。

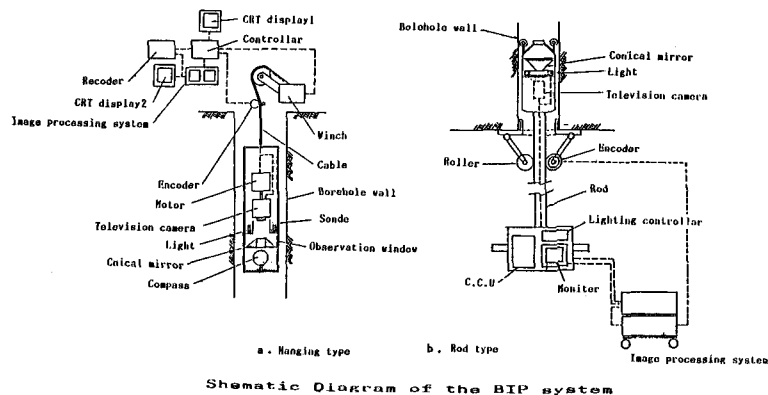


図 - 1 B I P システムの構成図

2. 2 装置の基本的な概念

本システムは回転体鏡を介して簡便に孔壁の定方位全周の映像を取り込み、これをコンピュータによる処理によってリアルタイムに展開画像に変換することを最大の特徴としている。システムのブロック図は図 - 2 (a) に示すとおりで、ゾンデ内の TV カメラから送られるアナログ画像信号を A/D 変換してフレームメモリ上に取り込み、CPU で処理して展開画像を作成し、MT に記録するとともに D/A 変換してモニターに表示する構成である。

展開の考え方は図 - 3 に示すとおりで、撮影画像メモリ上の全周画像を任意の円周に沿って一定の位置から読み出し、これを展開画像メモリ上に横方向の一行として取り込むことを単位作業として行う。ゾンデが深度方向に移動すれば、これに同期して一定間隔で深度カウンタから電気信号を発生させ、これをトリガーとして上記作業を繰り返し、順次行方向に並べることによって連続した展開画像を得ることができる。この方式によるシステムではゾンデそのものは定方位画像を撮影するのみの機能で良いことになり、構造的にシンプルで安価に作成することができるとともに、孔径の大小にも容易に適応することが可能となった。

解析装置のブロック図は図 - 2 (b) に示すとおりで、現場でデジタル記録した展開画像データを読み出して CRT 上に表示し、不連続面の走向傾斜や開口巾などの解析を行ない、逐次この結果をフロッピーディスクに記録し、これをもとにステレオ解析や統計処理を行う。この際、展開画像デー

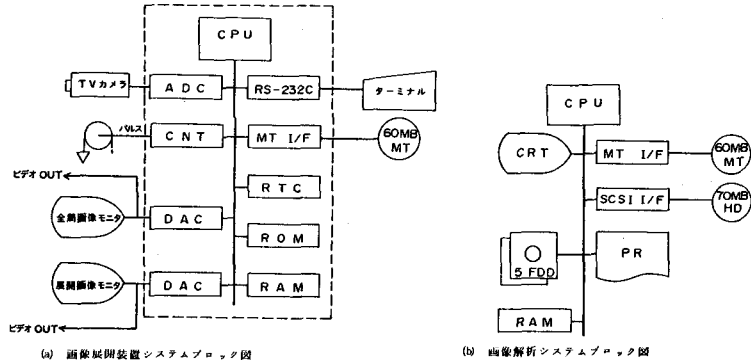


図 - 2 システムブロック図

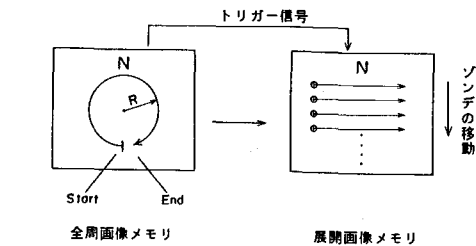


図-3 展開画像作成の基本的な考え方

タを磁気テープからハードディスクにあらかじめ読み換えて目的とする区間の展開画像へのアクセススピードを短縮している。

展開画像上での走向傾斜の測定を行う基本ルーチンは図-4のごとくで、①展開画像上に示された面構造と孔壁面との切合い線の何点かをマウスカーソルによってポインティングすることによって各点の仮想壁面上の空間座標を取り込む、②最小2乗法によって各点の回帰平面とこの法線ベクトルを求める、③孔の方向に対応して絶対座標系への変換ベクトルを求める、④走向及び傾斜を判定する、などの一連の処理を高速に行うことが可能である。

また、亀裂などの開口性についてはポイントした2点間のみかけ巾を求めることによって行う。

これらのデータはCRT上で同一画像面に書き込まれハードコピーされるとともに、填充物や汚染の有無、面の粗さや連続性などの属性データとともにフロッピーディスク上に記録され、別ルーチンによって必要な形式で出力されるシステムとなっている。

3. 装置の能力

3.1 基本仕様

現在の現場システムの基本的な仕様を表-1に示す。

	展開画像	全周画像
色 調	カラー (RGB 各8 bit)	カラー (アナログ)
分 解 能	0.5 % ($\phi 66\%$)	0.15 % ($\phi 66\%$)
記 録 方 式	デジタルMT	V T R
撮影記録速度	0 ~ 54 m/h (max 72 m/h)	長時間静止状態 ~ 54 m/h
最 大 深 度	3 0 0 m	
適 用 口 径	66 ~ 180 % (水中では透明度による)	

表-1 B I Pシステム仕様 (現場システム)
(1988. 9月現在)

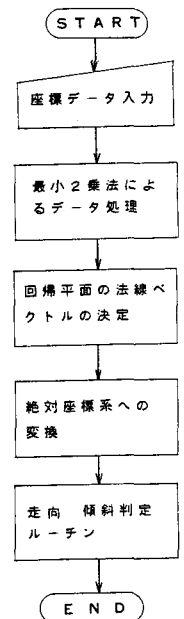


図-4 面構造の走向傾斜判定ルーチン

3.2 BIPシステムによる孔壁画像の表示形式

① 現場システム

現場システムを使用して、孔壁の定方位全周画像、連続展開画像、展開動画像を観察することができる。

a) 定方位全周画像

回転体鏡に定方位に写し出されるある深度の孔壁全周の生画像であり、深度、時間、方位や地区名、孔番などの情報と合成され、モニターに表示される。これにより、亀裂からの水の湧出やガスの噴出状況、水中でのスライムの動きなどを観察することができる。

b) 連続展開画像

Nを中心としSを両端とする360°展開画像で、ゾンデの下降とともにスクロールアップ表示する。一画面上での標準的な表示区間は25cmである。

c) 展開動画像

ある区間の360°展開画像を動画で表示するもので、図-3におけるRを変化させて画像の取り込みを行い、これに対応する範囲の画像書換えを高速で行うことにより実現する。回転体鏡の上下で異なる画像精度は画像処理過程で平均化される。

② 解析システム

解析システムにおいては現場での記録をもとに様々の画像表示が可能である。

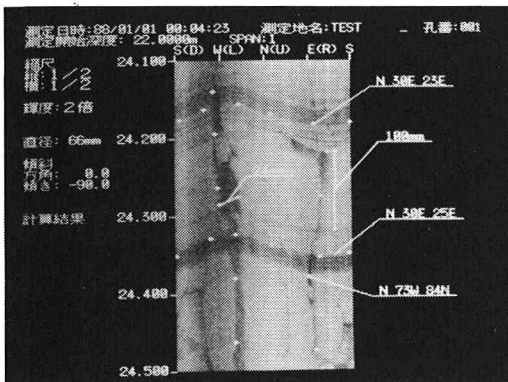
a) 展開画像表示と解析

展開画像は縦横独立して1/1～1/5までの縮尺で表示することができ、孔径の変化に対応してほぼ実寸比での観察が可能である。任意の深度に速かにアクセスでき、連続スクロール表示も可能である。一画面の最大表示可能区間は1.0mで、コア観察との対比が容易にできる。

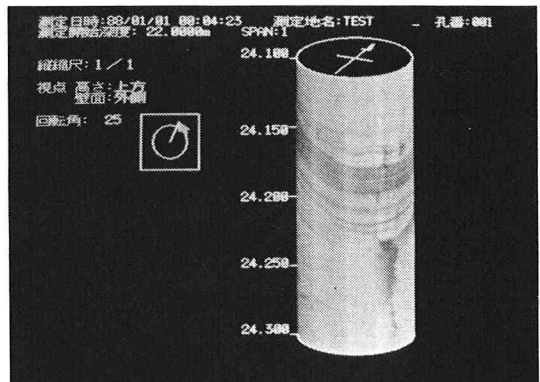
解析時には孔の方向と平均孔径を基本パラメータとして入力する。

b) 三次元表示

これは孔壁の画像情報を仮想孔壁面(円筒)に投影し、これを任意の視点からの透視変換を行って、三次元画像とするものである。壁面のうち視点側の部分を表示することによってコアイメージとなり、視点と反対側の壁面表示により、内視のイメージとなる。画像には標尺とN極の方向および視線の方向が表示され、視線の方向は任意に選択できる。本機能によりコア採取不能な区間でも立体的な構造を視覚的につかむことができる。



a. 展開解析画像(縦横1/2モード)



b. 3次元画像(コアイメージ)

図-5 BIPシステムによる孔壁画像

4. B I Pシステムの適用分野

本システムの適用により、調査ボーリング孔壁から地表露頭観察と同等の原位置情報を迅速に得ることが可能となる。このことは露頭が少なかったり試掘横坑堅坑の掘削が困難（物理的あるいは経済的に）である地点でもボーリング孔の掘削が可能であればかなりの地質情報が得られ、精度の高い解析を行うことが可能になることを意味している。

特にダム等の基礎岩盤の性状調査においては、これまでに、地表部が第四紀テフラに覆われ地表露頭のほとんどないダムサイトで、測定された葉理構造の統計処理結果からダムサイトの地質構造を明らかにするとともに、不連続面の構造が地表からの深度に依存した緩みによる構造と造構造運動による構造の両方を反映し、これがルジオン値やPQパターンと密接に関連していることを明らかにした事例⁴があり、サイトの地形地質条件にかかわらず不連続構造解析にはかなり有効に利用できるものと考えられる。また、グラウチングの効果判定には不連続系の岩盤構造と注入状況やグラウト脈の形態との関連にまで踏み込んだ解析も可能である。

斜面安定解析においてはスベリ面を構成する可能性のある不連続面の性状と方向の評価が可能であることから、解析対象となる岩盤モデルを作ることができ、岩盤構造を直接反映した安定解析が可能である。一方、老朽トンネルなどライニング背面の空洞の発生状況やの緩み領域の判定にも有用であることが確認されつつある。その他、動画観察を併用した”れっか水”の賦存状態の評価や、特殊な用途として変状をきたしたP H C杭の破断状態の確認などにも応用が可能である。

5. あとがき

B I Pシステムは、旧来のポアホールテレビ観察に対応する孔壁の全周生画像（あるいは展開動画像）の観察を包含し、さらに連続展開画像の高速観察記録、これを基にした地質構造解析などを一連の作業として実行することが可能であるように取りまとめたシステムである。システムの適用によって従来のコア観察を基にした記載方法に比べて、現位置情報が飛躍的に増加することが確認されつつあり、従来のこの種の孔内観察手法がその有用性は認められていても現場での作業時間や解析に要する手間、ひいては経済性等によって特殊な検層法として位置付けられていたのに対し、本システムの運用の結果得られる情報量とその質および解析に至るまでの迅速性からみて、岩盤調査においては孔内検層法の主要な役割を担い得る可能性を持っている。今後はさらに本システムによって得られる大量の画像データの簡便な取扱い法の開発を推めシステムの完結をはかりたい。

以上

< 参考文献 >

- (1) 山岸、久世、亀和田、遠藤：安平ダムにおける亀裂性岩盤の透水性について、昭和63年度応用地質学会北海道支部研究発表会要旨集、1988. 5月
- (2) 遠藤、国分、能登、亀和田：岩盤調査におけるB I Pシステムの適用例、昭和63年度応用地質学会北海道支部研究発表会要旨集、1988. 5月
- (3) 亀和田：ポアホール壁面鏡画像からのコア画像の作成、昭和63年度日本鉱業会北海道支部講演要旨集、1988. 5月