

NATM計測システムにおける計測データ・ベースの試み

(株)清水建設 正会員 高橋 英邦

〃 〃 〇日比 一喜

〃 正会員 蔵田 忠広

1. はじめに

NATM (New Austrian Tunneling Method) は、既に数多くの文献でも紹介され、施工例も多くなっている。この工法は、ロックボルト、吹付コンクリート、可縮支保工などの組み合わせにより、薄い覆工によって施工を行ない地山を支保するものと言われ、経済性、施工性などから注目を集めているトンネル工法である。又、不安定な岩盤（膨張性地山など）に対する適用性も高いため、今回のような蛇紋岩地帯での試験施工によりその効果に大きな期待が持たれる。

2. 計測計画

NATMでは従来の工法と異なり地山自体の強度に期待して支保を設計していくものと言え、施工場所の岩盤の定数、条件などにより柔軟な対応を取る必要がある。覆工の方法と時期は岩盤の変位測定により決定し、特にその時間的变化を知ることは重要である。そのためには、簡便な測定方法により、迅速な測定が行なわれることが望ましい。最近の土木工事では、電気式計器を利用した自記記録が多く採用され、さらにミニコンピュータなどを導入し、処理の効率化を図っていることも多く見られるようになった。しかし、トンネル工事においては、その環境条件、空間的制約、自動化の困難な測定項目などから現時点では、完全な自動測定システムを適用するだけのメリットを見いだすには到っていない。従って今回の計測計画においては、計測自体は従来通りの方法とし、計測データの処理効率の向上に計算機の手を貸ることにした。

計測の項目としては下記の通りである。

a. トンネルの断面の変形

コンバージェンスメジャーと呼ばれる巻尺のようなものを使い、トンネル天盤の変位、側面と側面の距離などを測定する。この項目は施工上の面から限られた時間内でのみ測定可能であり、電気式計器による自動化の困難なものである。レーザ測距儀などの利用も考えられるが、一々折角固定的に使用するには高価である。

b. 岩盤内変位

掘削による岩盤のゆるみ、その範囲を測定するもので岩盤内にロッドを入れ一端を固定し、トンネル内空表面とロッド先端の相対変位を測定するものである。切羽進行後、測定予定地点で、いかに迅速に計器を設置するかによって掘削後の初期状態の観察に差が出る問題点はある。

c. ロックボルト軸力

NATMの特徴の一つである岩盤内に打設されたロックボルトの軸力を測定することによってその効果を確認する。

d. 吹付けコンクリート応力測定

岩盤のゆるみを規制するためのロックボルトと併用して打設される吹付けコンクリート応力測定を行なう。

e. 支保工応力

試験施工である折から供養の工法との比較の意味からH鋼にひずみ計を設置し、その応力を測定する。

f. 切羽進行

切羽の進行状況と各測定項目との関連を知るために日付と工事の状態を基準点からの距離で入力する。

以上が主たる計測項目であるが、試験工事であるため測定点数は多くなる。点を数える計測規模となっている。ある程度重複を繰り返した後にトンネルの断面の変形を観測し、ロックボルトの打設、吹付けコンクリートの打設を適当に行なうことは十分可能となる。今後ともNATM工法は計測と施工が一体となって進められていくことが経済的かつ安全な工法となる条件である。

3. 現場計測におけるデータ・ベース

現場計測において多数の異なるデータが発生する。自動計測においてはあらかじめ決まった点数の測定データがある決まった間隔で処理システムに入ってくるのが普通である。今回の計画のように手動による計測で、その測定されるデータもその時点が重要な地点のデータを入力され、しかも計算機コストの制約から小容量の簡易な記憶装置を前提とする場合の多岐にわたるデータの保存方法を考慮する必要がある。又、単にデータの保存のみを考慮すればいい場合、多少単純な検索方法(測定番号の指定など)で簡単なグラフ作成などであれば単純なデータ構造でいい。しかしデータの組み合わせ、計測計画に即したデータの検索、例えば、ある日時のある測定断面の、この測定項目のデータと言った出力を要求する場合、検索方法に若干の考慮をすることによって処理がログラムは大幅に簡単になる。その意味から計測データ・ベースなるものを試みた。実際には世に言われるほどの一般性のあるものではないが、将来的には汎用的なものが必要と考え、その第一歩として試作して適用している。一般的なデータ・ベースと異なる点は、データの追加の考え方である。計測におけるデータの発生は、ほぼ同量の、連続的なものであることで、保存されたデータを消滅、追加することがないことである。むしろ、保存された大量のデータを出力する際の検索の方便論に入る。

4. システム構成

計測データ・ベースの詳細を述べる前に使用機器の説明をしたい。測定機器、コンバージェンスメジャー、エキステンソメーター(岩盤内変位測定用)などの説明は別の専門書にゆずるとして、ここでは計算機システムについて説明したい。使用システムとしては

- CPU LSI/11-02 64kbyte
- フロッピー・ディスク 256kbyte x 2台
- CRT付キーボード
- プリンター・プロッタ

本構成の選取理由としては、フォートラン言語使用可能なマイクロ・コンピュータであることがオースにあげられる。最近一審前に流行しかかったBASIC言語によるパーソナル・コンピュータを適用するところ、却て、特に開発工の生エリの早さ、変更の容易さから非常に多いが、本システムではあえてミニコン指向の機種とのソフトの互換性を重視した。ここで言う互換性とは、今回開発したプログラムをそのまま別の現場へ適用する可能性もあるが、それ以上に複数の人間によるプログラム開発上の機械使用のスケジュール面でのぶつかり合いを避けることの意味もある。又、開発用の同一機種の計算機を保有している場合はよいが、通常はなかなか望めず、初期も遅い場合が多い。従ってある程度のプログラム開発を大型機で先行できるメリットは大きい。

5. 計測データ・ベース・システム

本システムは、図-1のように、データ・ベースを使用するための各種のサブルーチンによって構成され、計測計画に付て変化する演算ルーチン、図にルーチン、直接、ディスク等のデータを保存しているファイルにアクセスすることはない。このデータ・ベースは測定計画により柔軟に対応することが可能である。

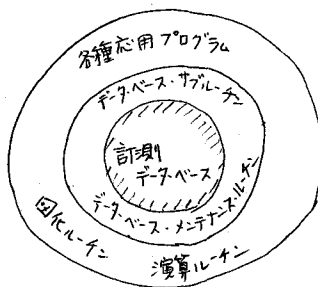


図-1 概念

5-1. データ・ベースの構成

a. VOL-ID

データ・ベースを定義している部分で、名前、各IDの先頭、長さ、未使用部分の先頭の位置などが登録されている。この部分の定義によって別の計画への適応が可能となる。

b. TERM-ID

各測定点の属性を定義しているもので、最大9個の添字によって、ある測定を指定することが可能となる。各添字の意味は、それぞれ別の計画で任意に定義すればよい。

VOL-ID	データ・ベースの定義
TERM-ID	計測点認識項目
FILE-ID	データ・ファイルの認識
LOCATION-ID	計測設置の座標
DATA FILE	データの領域

図-2 データ・ベースの構成

$$Data = F(i_1, i_2, i_3, \dots, i_9)$$

例えば、 i_1 を日付、 i_2 を測定断面、 i_3 をセンサの種類など決めて、それぞれ任意のグループあるいはシーンを、データ・ベースから拾い出すことができる。又、各測定点の初期値、校正係数などの定義を含みながら、参照可能となる。

c. FILE-ID

測定データは、ほぼ定期的には発生し、常に新しいデータである。従って以前に保存されたデータを更新することは本質的には有り得ない。ファイルの構成としては順次処理の形が適している。しかし応用プログラムでの利用上からランダム・アクセスを利用している。又、発生数データの総量は、予断計測であるため、

りの日ごとに違ふ。補助記憶装置の容量に余裕がある場合は、固定長のデータの長さを決めて扱えば、ソフト的には楽であるが、今回は制限があるため、可変長のデータの長さを決めて節約を図っている。そのためにこのFILE-IDでは、データ・ファイルの先頭、長さ、最初の測定からの回数、日時、名前などを定義している。

d. LOCATION-ID

これは、計器設置の物理的位置、例えば支保工に使用するH鋼の歪計設置位置、多点エクステンソメータの設置深度、ロックボルトの歪計取付位置などの座標値を定義する。これは同様の計器であっても測定場所によって設置位置の間隔が異なることがあり、同じ計算ルーチンを使用する場合の便宜を考えたものである。

e. DATA-FILE

文字通り毎日発生する測定データを順次保存して行く領域である。発生するデータ量には大きな変動があり、例えば○○点の計測点がある計画であってもある日は数個のデータしか入力しない場合もあり得る。従って、各測定データに、全体の通し番号を添えて保存し、ディスクの領域の節約を図っている。データの精度は、倍精度整数(32ビット)で保存されている。

5-2. 使用例

a. データの出力

$$X = (DBOUT(i1, i2, i3, \dots, i9) * 0.01 - INITOT(i1, i2, i3, \dots, i8)) * A$$

この例は、ファンクション・サブルーチンDBOUT, INITOTを使ってある測定データの生データから初期値を差し引き、係数をかけて物理量Xを求める手順である。このようにユーザーは、単にi1からi9の添字を考慮するだけで、5-1で説明したデータ・ベースの構造を全く意識することなく使用することが可能である。

6. おわりに

計測計画が作られるかならずデータのファイルが作らる。通常は人手でファイルされるものがあるが、今回は計算機の磁気ファイルが使用された。この時のファイルのしかたはそのつど変りソフト開発上にも問題がある。計測データは一般に非常に大量のデータであり、それが一時に発生する。そのため、航空券予約、在庫管理などとは異なる種類のものがある。そのため今回は特別なものを作成した。今後このようなデータ・ベースを個々の小型計算機の上で制約を意識しながら作成するか、大型計算機のバツフルな能力を利用して汎用的な方向へ持っていくかは議論の別れる所であろう。現在、当社の大型計算機では、山留計測などの大規模工不計測を考慮したもの、橋梁試験データ一般のもの、地震波などの波形処理用のものが稼働しており、それぞれ分野でなく使われている。現在の所これらを総合するような計測用データ・ベースはない。又、非常に困難な仕事である。今回の計測データ・ベースも一つの試みであるが、基本的には山留計測用のデータ・ベースの考え方を参考としている。本システムはまだ稼働して十分時間を経ているので、出力結果、問題点については別の機会に報告したい。今後とも顧客の御教示をいただければ幸いです。