



研究

トンネル支保工選定支援システムの開発

畑 浩二* 吉岡尚也**

1. はじめに

山岳トンネルにおける当初設計段階での支保工設計は、岩種と弾性波探査結果に基づいて地山を分類し、地山条件に応じた標準的な支保パターンを適用することにより行われている。しかし、わが国のように地殻変動に伴い地質構造は複雑化していること、断層、節理、層理などの不連続面が非常に発達していることを勘案すると、トンネル掘削前の段階で地山条件を把握することには限界のあることは明白である。したがって、施工時の観察や計測、場合によっては追加調査から現地の状況を把握し、地山条件に適した支保工へと迅速に修正することが望まれている。この問題に対して経験的・観測的・解析的な側面から地山を定量的に評価し、より迅速に適切な支保工を提案できるシステムの開発を目指した。なお、本システムの開発は2車線道路トンネルを対象としている。このシステムは現場での機動性を考えて、データ整理、推論、結果出力、データベース検索・構築の全処理を現場に常設しているパーソナルコンピュータ上で行うようになっている。

2. エキスパートシステム

トンネル施工時における支保工の選定を行うためのシステムを開発するという事は、施工時の状況判断や意思決定のシステム化をはかることにほかならない。本来、これらの処理は数値解析を原則とする従来のコンピュータには馴染みにくく、実際の作業の不透明さも手伝って人間の手に委ねられていた。

近年、この種の経験的知識を必要とする問題の解決に人工知能 (Artificial Intelligence, 以下 AI と略す)¹⁾ やエキスパートシステム²⁾ の適用が注目を集めている。AIは、人の持つ知能メカニズムを解明し、知的な機械を実現しようとする研究分野である。一方、エキスパー

トシステムは、専門技術者の持っている知識や経験をコンピュータに記憶させ、複雑な専門的問題を解決させるためのソフトウェアである。

トンネル工学は経験工学と呼ばれているように、専門技術者の持っている知識・経験・勘などを総合的にまとめて成り立っている工学である。このような問題の質から考えて、記号処理技術を中心とした AI 技術を活用する利点は大きい。具体的には、ルールベースプログラミングや画像処理技術などの AI 技術と、データベースや数値計算プログラムなどの従来技術を適切に使い分け、あるいは統合することにより柔軟性の高いシステムの開発を目指すものである。コンピュータにこれらの処理をさせるためには、従来型の数値計算言語とは別個の知識処理言語が必要となる。いわゆる、エキスパートシステム構築ツールを用いたプログラム開発を行うことになる。構築ツールは米国インファレンス社の開発した ART-IM (Automated Reasoning Tool for Information Management)³⁾ を利用する。ART-IM は、データ駆動型のパーソナルコンピュータ用エキスパートシステム構築ツールである。エキスパートシステムの基本構造は、知識ベースと推論エンジンから成り立つ。このツールにおける知識ベースは IF…「条件」…THEN…「結論」…形式のプロダクション・ルールで表現される。また、推論エンジンは C 言語で記述されているため、高速推論が可能である。

3. トンネル支保工選定支援システム

筆者らは、トンネル施工時における支保工の選定は、経験的・観測的および解析的な3つの側面から行うべきであると考えている。ここで、経験的方法とは日常管理の中で行われる坑内観察結果を用いて地山を分類するものである。具体的には、切羽における不連続面や湧水の状況を点数化し、評点法によって地山を等級に分類するものである。観測的方法とは、種々ある原位置計測のうち内空変位測定結果を用いて最終変形量や非弾性領域の

* 大林組東京本社 UHS プロジェクト課長代理

** 〃 技術研究所システム技術研究室主任研究員・博(工)

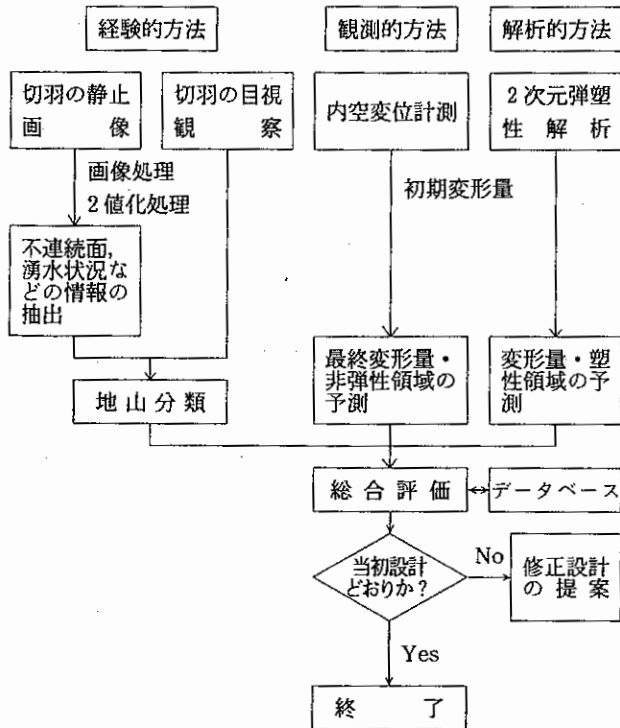


図-1 システムの全体フロー

広がりや予測するものである。一方、岩盤力学の発達と数値解析技術の向上により解析的方法は有効な道具となりつつある。ここで示す解析的方法は、FEMによる2次元弾塑性解析を用いて掘削段階における変形量や主応力分布からトンネルの挙動を予測するものである。これら3つの方法は単独で利用されるべきものではなく、それぞれが有機的につながり支保工選定のための総合的な評価を行うものである。今回開発したシステムの全体フローを図-1に示す。3つの方法に共通していえることは、ユーザとの対話形式で進行するため、システムに問われるまま必要なデータを入力することにより支保工の推論が実施されることにある。

3-1 経験的方法による支保工の選定^{4) 5)}

通常、現場では坑内観察記録が作成され、これを利用して地山の特性が評価されている。記録表は、原位置でのスケッチや観察を参考にしながら切羽の情報をまとめる。切羽の情報には、き裂の間隔や介在物ならびに湧水状況などがあり、これらを総括し、専門技術者の経験と知識を交えながら地山の特性を評価している。

坑内観察を利用した支保工選定の関連業務を分析してみると、切羽の認識方法が統一されていないことや観察者が変わると記録内容に大きな隔たりのあること、さらには観察図と実物が大きく異なることなどが指摘されている。すなわち、非常に細かく切羽情報を記入しているものがあるかと思えば、そうでないものもあり、観察者による記入のバラツキが大きく、不都合の生じることが少なくない。現状の坑内観察記録を利用した地山の特性

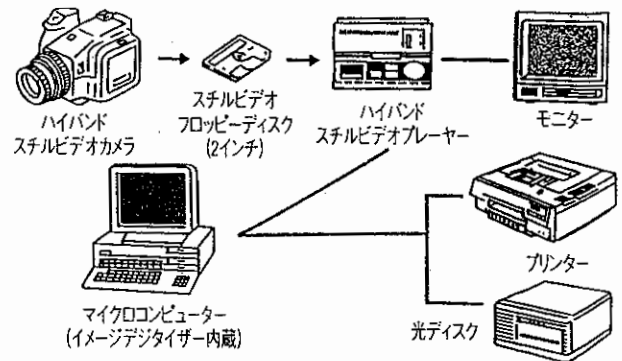


図-2 切羽の撮影システム

評価は名ばかりで、積極的な情報抽出は行われていないのが現実であろう。そこで、経験的方法による支保工の選定では「切羽の認識とその描写」が重要になるという認識から、この点に着目したシステムの開発を行った。システムは切羽の撮影、画像処理、支保工の推論および観察記録作図からなる。

3-1-1 切羽の撮影

地山の特性を評価するためには、切羽状況を適切に把握することが必要となる。観察者の相違による人為的誤差をなくすため、写真撮影された切羽画像を利用することを考えた。ただし、切羽の撮影システムは、機器取り扱いの簡便性と事後処理の高速化を考慮し、図-2に示す一眼レフ方式のステルビデオカメラを用いることとした。このカメラでは、撮影画像が2インチフロッピーディスクに記録され、現像することなく撮影画像を即座にモニ



(a)ステルビデオカメラによる撮影画像



(b)処理画像

図-3 切羽画像

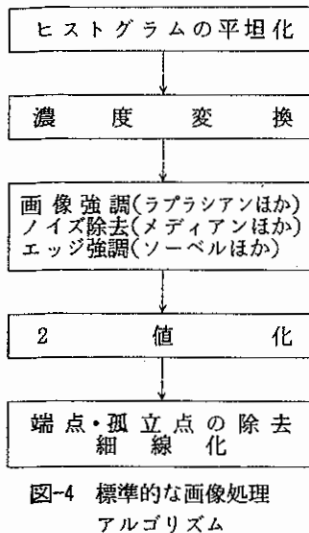


図-4 標準的な画像処理
アルゴリズム

アルゴリズムを図-4に示す。一例として、このアルゴリズムを用いて図-3(a)の撮影画像を処理したものが図-3(b)である。この処理で得られた情報は、次の支保工の推論に引き継がれる。

3-1-3 支保工の推論

地山の特性を示すデータを利用して道路公団方式⁷⁾およびRMR法⁸⁾によって地山分類を行い、支保工の推論を行う。道路公団方式は、北陸自動車道管内で試行された地山分類方法であり、表-1に示すように切羽の状態、岩石強度、風化変質、割れ目の間隔、割れ目の形態、割れ目の状態および湧水の7項目に対して評価点を付け、その平均値で地山を等級に分類しようとするものである。

ターおよびプリンターで再現できる特徴を有している。図-3(a)に撮影した切羽画像の一例を示す。

3-1-2 画像処理⁹⁾

切羽画像のデータは、イメージデジタイザを利用してパーソナルコンピュータに入力され、各種処理を行うことにより節理などの不連続面や湧水などの特徴を抽出する。対象となる岩質によって処理方法を変えているが、標準的な画像処理

この方式では、評価点が大きくなればなるほど悪い地山に分類される。一方、RMR法はBieniawskiによって提案された地山分類方法である。ここでは、表-2に示すようにRQD、岩石コアの一軸圧縮強度、割れ目の状態、割れ目の間隔、地下水の状態および割れ目の方向の6つの項目に対して評価点(各項目の評価点には重みがついている)を付け、各項目評価点の総和によって地山を定量的に分類しようとするものである。この方式では、道路公団方式とは逆に評価点が大きくなればなるほど良い地山に分類される。以上、2つの地山分類法における評価点と地山等級との関係は表-3に示す通りである。ただし、RMR評価点で81~100と0以下は特殊地山とみなし、標準支保パターンを適用する上で除外した。得られた結果は、坑内観察記録および地山判定資料としてプリンター出力される。

3-2 観測的方法による支保工の選定

原位置では、内空変位測定やロックボルト軸力測定を始めとする種々な計測が行われている。わが国では、1976年以来NATMが急速に採用され、現在ではトンネル標準工法として定着している。しかし、各種の計測結果からトンネルの挙動を考える場合、計測結果が有効に利用されていない例が多いようである。そこで、各種原位置計測のうち、もっとも簡易でかつ日常の施工管理のために実施されている内空変位測定に着目した。この計測結果から、支保工に作用する荷重の大きさや、支保部材の建て込み時期などを予測できるようにした。具体的には、

表-1 道路公団方式による地山評価基準

掘削地点の地山の状態(上半部)						
A	切羽の状態	1. 自立している	2. 肌落ちがある	3. 核残しが必要である	4. 大規模な対策工が必要である	
B	鏡面の岩石強度	1. ハンマーが跳ね返る 強く叩けばき裂等で大きく割れる	2. ハンマーで容易に割れる 小片または薄く割れる	3. ハンマーで容易に割れる 岩片はもろく容易に割れる	4. ハンマーがつきささる 指先で岩片も崩せる	5. 土砂状
C	風化変質	1. 未風化、新鮮で堅硬	2. 目に沿って風化が認められる	3. 目以外の岩全体に風化	4. 部分的または全体的に土砂化	
D	割れ目の間隔(cm)	1. 100≤	2. 100~50	3. 50~20	4. 20~5	5. 5≥
E	割れ目の形態	1. 割れ目はほとんど認められない	2. ランダム	3. 方向性(層状、片状、板状あり)	4. 土砂状、細片状、当初より未固結	
F	割れ目の状態	1. 密着	2. 部分的に開口	3. 全体的に開口	4. 開口部に油目が認められる	5. 大規模に粘土を挟む
G	湧水	1. なし	2. 部分的に割れ目または粗粒岩等からにじみ出る	3. 全体的にぬれている	4. 部分的に割れ目または粗粒岩等から噴き出る	5. 特に多い
判定評価(点)		1	2	3	4	5

表-2 RMR法による地山評価基準

A	R Q D (%)	0. 90~100	1. 75~90	2. 50~75	3. 25~50	4. 25以下
	評 価 点	20	17	13	8	3
B	圧 縮 強 度 (kgf / cm ²)	$\sigma_c \geq 2500$ 0. ハンマー打撃で 火花が出る	$2500 > \sigma_c \geq 1000$ 1. ハンマー打撃で 跳ね返る	$1000 > \sigma_c \geq 250$ 2. ハンマー打撃で くだけの (1000~500, 500~250)	$250 > \sigma_c \geq 50$ 3. 軽い打撃でく だけの	$\sigma_c < 50$ 4. ハンマーの刃先 が食い込む (50~10, <10)
	定 義	非常に高い強度	高い強度	中程度の強度	低い強度	非常に低い強度
	評 価 点	15	12	7 4	2	1 0
C	割れ目の状態 (粗さ・変質)	0. 非常に粗く, 未風化	1. 少し粗く, わずかに風化	2. 少し粗く, 強風化	3. Gaugeの厚さ 5mm未満 割れ目幅 1~5mm	4. Gaugeの厚さ 5mm以上 割れ目幅 5mm以上
	定 義	岩盤の安定性が得られる	岩盤の不安定性を生じる可能性がある	拘束圧が不十分な場合ゆるみ荷重を生じる	湧水がある場合強度低下をまねき、支保工荷重が大きくなる可能性がある	十分な拘束圧が与えられない場合押し出しを伴う
	評 価 点	30	25	20	10	0
D	割れ目の感覚	0. 2m以上	1. 2m~60cm	2. 60cm~20cm	3. 20cm~6cm	4. 6cm以下
	定 義	連続性を有す	塊状	ブロック状でシームを有す	割れ目が発達	破碎されている
E	湧 水	0. なし	1. 滲水程度	2. 滴水程度	3. 集中湧水	4. 全面湧水
	トンネル10m あたりの湧水量 (ℓ/min)	0	10以下	10~25	25~125	125以上
	評 価 点	15	10	7	4	0
F	掘 削 作 業 の 影 響 度	0. 非常に好ましい	1. 好ましい	2. 普通	3. 好ましくない	4. 非常に好ましくない
	定 義	非常に安定	安定	時間がたつと肌落ちする	早期に支保を必要とする	自立困難
	評 価 点	0	-2	-5	-10	-12

表-3 評価点と地山等級の関係

道路公団評価点	RMR評価点	定 義	地山等級
25以下	61~80	非常に良い岩盤	B
26~40	41~60	良 い 岩 盤	CI
41~50	31~40	普 通 の 岩 盤	CII
51~65	21~30	悪 い 岩 盤	DI
66以上	0~20	非常に悪い岩盤	DII

谷本ら⁹⁾¹⁰⁾や吉岡¹¹⁾が提案している初期変形量から最終変形量を推定したり、非弾性領域の幅などの推定を行うものである。

3-2-1 最終変形量の予測⁹⁾¹¹⁾

現場での内空変位測定から得られる内空変位曲線は、常に規則的なものであるとは限らない。むしろ、分割掘

削の影響を受け、かなり乱れたものであることが多い。そこで、すべての事例を全断面掘削時と等価なものに置き換えて検討した。上部半断面先進時に得られた内空変位曲線と下部半断面通過時の内空変位曲線の変化を共通の相対距離で再プロットし、下部半断面掘削による影響を上部半断面掘削で得られた内空変位曲線にくわえた。この種の内空変位曲線を回帰するために、いくつかの関数形を適用し検討した。その結果、式(1)に示すワイブル分布曲線⁹⁾¹¹⁾が内空変位データをもっとも適切に回帰し得ることが判明した。

$$y = a \left[1 - e^{\left\{ \frac{-(x-l)}{b} \right\}^m} \right] + \varepsilon \quad (1)$$

ここで、 y はトンネル壁面間の相対変形量、 x は計測断

面とトンネル切羽位置との相対距離, l はトンネル切羽から計測位置までのずれを補正する項, a, b は定数, ε は誤差項を意味している. ついで, 式(1)の導関数は式(2)で与えられる.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{am}{b} \left\{ \frac{-(x-l)}{b} \right\}^{m-1} e^{\left\{ \frac{-(x-l)}{b} \right\}^m} \quad (2)$$

ここで, dy/dx は回帰されたコンバージェンス曲線の接線になる. とくに, トンネル切羽が計測断面から $0.3D$ (ただし, D はトンネルの最大掘削幅) 進行した時点での接線 dy/dx ($x=0.3D$) のことを初期変形量とみなし, この初期変形量から最終変形量の予測を試みた. まず, 過去60例の内空変位曲線を式(1)のワイブル関数で回帰し, それぞれの初期変形量を求めた. この初期変形量と観測された最終変形量との関係をまとめたものが図-5である. 両者の間には明瞭な相関関係が認められるとともに, 5つのグループに分布していることがわかった. 初期変形量から最終変形量を予測する場合, この5つに分類したカテゴリー (I, II, III, IV, V) によって推定される最終変形量に幅を持たせるほうが現実的である. つまり, 初期変形量が $1 \sim 5 \text{ mm}$ の範囲にあれば, 最終変形量は $30 \sim 80 \text{ mm}$ の範囲にあるものと推定されることになる.

3-2-2 非弾性域の幅の予測^{10) 11)}

切羽面からの離間距離を d , 掘削径を D とすると, 地山が弾性的な挙動を示す場合は $d=2D$ なる距離以内で内空変形は一定値に収束する. これは, 数値解析でも, 現場実験でも, 確認されている¹²⁾. ところが, 実際の施工時に計測された多くの内空変位データを解析してみると, $2D$ なる距離で収束した例はほとんどなく, $2D$ をはるかに超えた距離でないと収束しないことが多い. 通常, 全断面掘削ではなく, 上部半断面先進式もしくはベンチ方式の分割掘削が実施されていることが多く, $2D$ 以内で収束しないのは当然でもある. しかしながら, こ

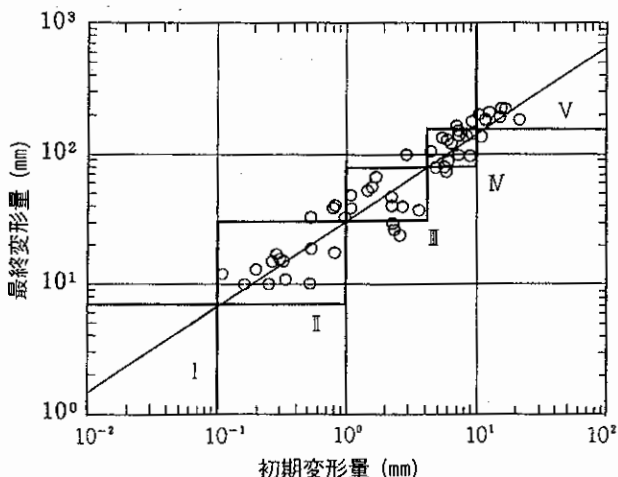


図-5 初期変形量と最終変形量の関係

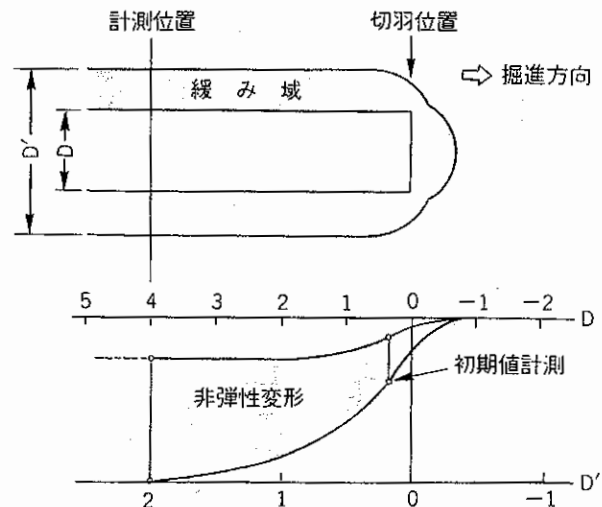


図-6 内空変位曲線と非弾性領域の関係 (模式的)

の分割掘削の影響を補正し全断面掘削の状態に置換しても, $2D$ 以内で収束することではなく $3 \sim 10D$ の範囲で収束する例が多く認められる. この事実, 地山の非弾性的挙動に起因し, トンネル壁面および切羽面に非弾性的領域が発達することにより地山アーチの形成される範囲が拡大したためであると考えられる. そこで, 切羽の進行に伴う非弾性領域の拡大を把握するため, 弾塑性モデルに基づく軸対称 FEM 解析^{11) 13)}を行った. その結果, 図-6に模式的に示した内空変位曲線のように, 非弾性領域全体の直径を D' とすれば, ほぼ $d=2D'$ の位置で内空変位が収束し, あたかも非弾性領域の拡がりを持つトンネル (掘削径 D') を弾性体内で掘削している状態になることが判明した. すなわち, 掘削によってトンネル周辺に非弾性領域が発達する場合, 内空変位曲線の収束状況を明らかにすることにより非弾性領域の幅 W_p が式(3)から推定できることになる.

$$W_p = \frac{1}{2}(D' - D) \quad (3)$$

3-3 解析的方法による支保工の選定

地山条件に対応した適切な支保工を提案するためには, 観察と計測の必要性は言うまでもないが, 解析的方法はトンネルの挙動を予測する上で有効な道具となりつつある. 従来, 数値解析, とくに FEM 解析は主として当初設計の段階で施工方法の検討や標準支保パターンを選定に利用されていた. 近年, パーソナルコンピュータにおいては計算の高速化と記憶容量の大規模化に伴い, ある程度の FEM 解析であれば現場でも十分実施できるようになりつつある. そこで, 解析的方法による支保工の選定では, 数値計算によるケーススタディーを通してトンネルの挙動を予測する作業を現場で簡便に実施できるようにした. 本解析は Drucker-Prager の破壊基準に基づ

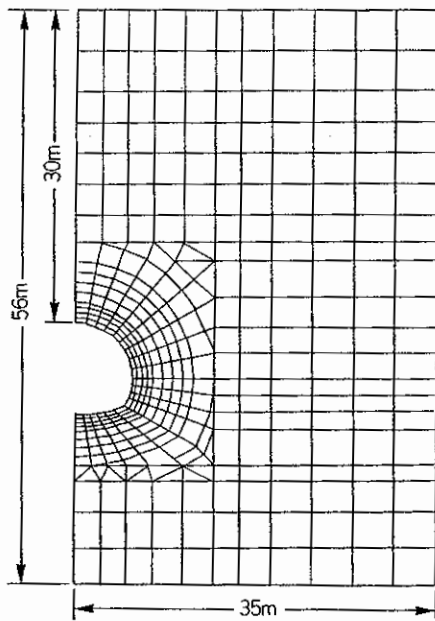


図-7 解析モデル

く2次元弾塑性FEM解析であるが、現場で簡易に実行させるため以下に示す工夫を凝らしている。

- (1) 解析モデル(図-7参照)は、2車線高速道路トンネルを標準に準備している。要素数は370である。
- (2) 地山物性のうち弾性係数 E 、粘着力 c および内部摩擦角 ϕ について未計測の場合、3-1で述べた経験的方

法で求められるRMR値から推定できるようにしている。

- (3) ロックボルトや吹付けコンクリートによる支保効果は、内圧として作用させる。標準支保パターン of 支保工の内圧は予めテーブルで与えている。

- (4) トンネルの掘削は上半断面工法をモデル化しており、自重解析、上半掘削解析、下半掘削解析の順で自動的に解析される。

上述の解析手順の概略を図-8に示す。

本解析はあくまでも現場で簡易に実施でき

るようインストールしているため、特殊なケースについては解析できない。

3-4 データベース

過去の事例をデータベース化し、有効利用することを前提として構築している。このシステムでデータベース化されているデータは以下の通りである。なお、1現場あたり1枚のディスクで管理することを基本としているため、光磁気(MO)ディスクで対処するとともに、100kBを超えるデータについては適宜自動的に圧縮して保存される。

- (1) 経験的方法: 画像データ、特殊変状データ、岩盤推論基本データ、岩盤評価データ
- (2) 観測的方法: カテゴリー分類データ、非弾性領域推論データ、支保圧力データ
- (3) 解析的方法: 入力データ、解析結果データ
- (4) その他: 当初設計データ、実施設計データ

一方、データベース化された種々のデータを効率よくかつ、簡便に検索できることを念頭において検索システムを構築した。とくに、切羽の画像については1画面に最大4切羽まで表示できるようにし、不連続面や湧水状況の推移を確認しやすくしている。検索項目は以下に示す通りである。

- (5) 切羽の画像
- (6) 観察による地山の状態と性状: 9項目
切羽の状態、素掘り面の状態、圧縮強度、風化変質、割れ目の間隔、割れ目の状態、割れ目の形態、湧水、水による劣化
- (7) 道路公団およびRMR評価点
- (8) 初期変形量、最終変形量
- (9) 非弾性領域
- (10) 当初設計、実施設計

4. おわりに

経験的・観測的・解析的な側面から地山の特性を評価し、支保工の選定を支援するためのエキスパートシステムを開発してきた。開発にあたっては、経験者の知識を可能な限り収集しルールベース化した。さらに、部分的ではあるが現場において数度の試行を行い、その効果を確認した⁴⁾⁹⁾。明らかになった事項を以下に示す。

- (1) 割れ目が明瞭に現れている切羽では、画像処理を施すことによって割れ目情報を抽出することが可能であった。しかし、人間の目で見ても判別しづらい切羽では、当然のごとく画像処理から割れ目情報を抽出することは難しい。
- (2) 道路公団方式およびRMR方式から求めた地山等級の間には若干の差異が認められた。

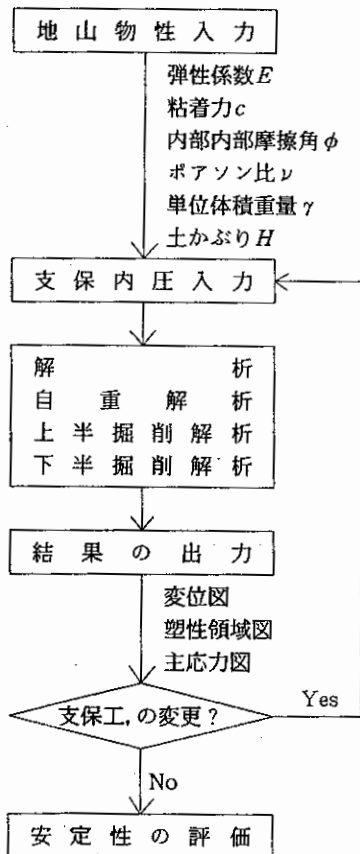


図-8 2次元弾塑性FEM解析の作業手順

(3) 坑内観察記録・地山判定資料作成に要する時間が飛躍的に短縮された。また、数値解析が簡便に実施できるため、プレゼン効果が高まった。

(4) ユーザとのインターアクティブな会話形式で進行するため、取り扱いが簡便である。

現在、このシステムを某トンネルで採用中である。今後は、適用事例を増やすとともに、各種のデータを構築しながらわが国の地山状況に合致した支保工の選定を迅速に支援できるシステムに育てていきたい。具体的には、経験的・観測的・解析的な3つの方法を有機的に結合させ地山を総合的に評価すること、データベースと相まって3次元的情報を活用すること、経験的方法においてわが国の地山状況に即した地山分類方法を提案すること、さらに切羽の最適画像処理方法を開発することなどが挙げられる。

参 考 文 献

- 1) 例えば、AIで描く未来—土木AI進化論—、土木学会、1990。
- 2) 例えば、システムエンジニアのためのエキスパートシステム入門、電波新聞社、1989。
- 3) B. Clayton : ART Programming Primer, Inference Corp.,

- 1985。
- 4) 畑 浩二・木梨秀雄・藤原紀夫・中尾通夫：トンネル支保選定エキスパートシステムの構築（その1）、トンネル工学研究発表会論文・報告集、Vol. 1, pp. 65~70, 1991。
- 5) 畑 浩二・吉岡尚也・藤原紀夫・木梨秀雄：トンネル支保選定エキスパートシステムの開発、第26回土質工学研究発表会講演集、pp. 1825~1826, 1991。
- 6) 例えば、田村秀行：コンピュータ画像処理入門、総研出版、1985。
- 7) 山岳トンネルの施工法に関する調査研究（その3）報告書、日本トンネル技術協会、1990。
- 8) Z. T. Bieniawski : The Geomechanics Classification in Rock Engineering Application, Proceedings of 4th International Congress on Rock Mechanics, pp. 41~48, 1979。
- 9) 谷本親伯・吉岡尚也：山岳トンネルにおけるコンバージェンス計測の意義、材料、第40巻、第452号、pp. 630~636, 1991。
- 10) 谷本親伯・吉岡尚也：変形に基づくトンネル地山分類の提案、材料、第41巻、第463号、pp. 424~429, 1992。
- 11) 吉岡尚也：堆積岩地山における原位置計測に基づくトンネルの安定性評価に関する研究、関西大学学位論文、1994。
- 12) 谷本親伯・畠 昭治郎：切羽周辺での地山挙動を考慮したトンネル支保の基本的概念、土木学会論文報告集、第325号、pp. 93~106, 1982。
- 13) 谷本親伯・吉岡尚也・藤原紀夫・畑 浩二・道廣一利：コンバージェンスの持つ意味について、第42回土木学会学術講演会講演概要集、pp. 498~499, 1989。

「トンネルと地下」バックナンバー在庫状況

(1996年1月1日現在)

	第 一 卷	第 二 卷	第 三 卷	第 四 卷	第 五 卷	第 六 卷	第 七 卷	第 八 卷	第 九 卷	第 十 卷	第 十 一 卷	第 十 二 卷	第 十 三 卷	第 十 四 卷	第 十 五 卷	第 十 六 卷	第 十 七 卷	第 十 八 卷	第 十 九 卷	第 二 十 卷	第 二 十 一 卷	第 二 十 二 卷	第 二 十 三 卷	第 二 十 四 卷	第 二 十 五 卷	第 二 十 六 卷	第 二 十 七 卷	
1 月号		△	○	△	△	△	△	△	○	△	△	○	△	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○
2 月号		○	○	△	○	△	△	○	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	△	○	○	○
3 月号		△	△	○	○	△	△	○	△	△	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○
4 月号		△	△	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○
5 月号		△	△	○	○	△	△	○	△	△	△	△	○	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○
6 月号		○	○	○	○	○	△	○	△	△	○	△	△	○	○	○	○	○	△	○	○	△	△	△	△	○	○	○
7 月号		○	○	○	○	△	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○	△	△	○	○
8 月号		○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9 月号	△	○	△	○	△	△	△	○	○	△	○	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○
10 月号	△	○	○	○	△	○	○	○	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○
11 月号	△	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○
12 月号	△	○	○	△	○	○	○	○	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注) ○印：在庫あり。△印：在庫なしですが、コピーは可能です（実費+送料+消費税）。

なお、本誌の創刊号から300号までの総目次が下記の2冊に掲載されております。

- ・1987年4月号：創刊号（1970年9月）～200号（1987年4月）
- ・1995年8月号：201号（1987年5月）～300号（1995年8月）