

VI-55

トンネルの支保工選定エキスパートシステムの開発例

(株) 鴻池組 正員 ○柚木孝治

同上 正員 大北康治

同上 正員 山本俊夫

1. まえがき

近年、土木工学の分野にもエキスパートシステム(以下ESと記す)を開発あるいは応用しようとする例が増加している。¹⁾²⁾筆者らもトンネルの支保工選定にパソコンを用いたES(プロトタイプ)を開発したのでシステムの概要を紹介し、パソコンを用いたESの特徴とシステム構築時の留意点などについて報告する。

2. システムの構成および特徴

本支保工選定システムは、パソコン上のESとして構築されている。使用機種はPC-9801で、OSはパソコンのOSとして使用実績の高いMS-DOSを使用し、言語には人間の判断を必要とする知識処理の分野に適しているProlog(Prolog-KABA)を採用した。また、Prolog-KABAの機能を補強するためWINGを併用した。ES構築用ツールにはVAX-11のC-Prolog上で作成した基礎工法選定支援システムから基礎工法選定のための知識ベースを抜取ったものを基本として開発した簡易ツールである。システムを構築する際の留意点は、

- ① ユーザーフレンドリーなシステムとする。
- ② パソコンの機能、特徴を最大限に活用したシステムとする。
- ③ 将来の改良(バージョンアップ)可能性をできるだけ大きくしたシステムとする。

このため、オートスタート機能・マウス入力機能・日本語表示・マルチウィンドウ機能・カラーグラフィック機能・マルチプロセス機能を採用した。

3. 選定手法

支保工選定に用いた知識は、バートンらによって提案されているNGIトンネル掘削岩盤指数(Q値)と空洞の等価寸法(De値)から支保形式を選定する手法を図-1に示すように修正して利用した。

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \times \left(\frac{J_w}{SRF} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$De = \frac{\text{スパン, 直径あるいは高さ(m)}}{ESR} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、RQD: 岩盤良好度表示(%)
 J_n : 節理群の数
 J_r : 節理面の粗さ係数
 J_a : 節理交差係数
 J_w : 節理間の水による低減係数
SRF: 応力低減係数
ESR: 空洞支保比

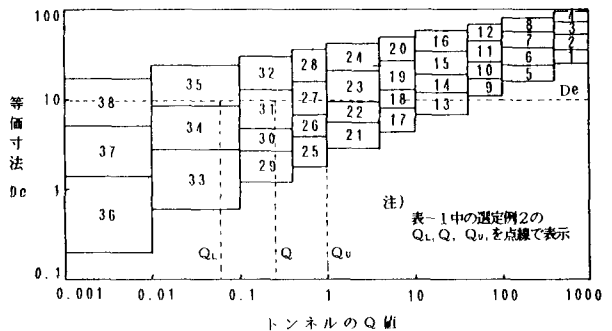


図-1 De値とQ値の関係

Q値は(1)式で示す6つのパラメータによって

表されるが、利用者が各パラメータを選択する場合の判断にあいまい性が生じる可能性がある。このあいまい性を表現するため、それぞれのパラメータに確信度($0 \leq C \leq 1$)を導入した。これらの確信度のうちの最小値をQ値の確信度 C_q として定義した。

$$C_q = \min\{C_{RQD}, C_{J_n}, C_{J_r}, C_{J_a}, C_{J_w}, C_{SRF}\} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 C_q : Q値の確信度

$C_{RQD}, C_{J_n}, C_{J_r}, C_{J_a}, C_{J_w}, C_{SRF}$: 各パラメータの確信度

この C_q を用いてQ値の下限値 Q_l と上限値 Q_u を設定し、支保工選定に幅を持たせている。 Q_l と Q_u は(4)、(5)式で算出する。

$$Q_L = Q \times \frac{1}{(1 - C_a) \times 10} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$Q_U = Q \times (1 - C_a) \times 10 \quad \dots\dots\dots (5)$$

また、図-1のDe値とQ値の関係から図-2に示すように支保工選定樹を作成した。なお図中では省略しているが、Q値を構成するパラメータによって各支保工はさらに細分類され、選定

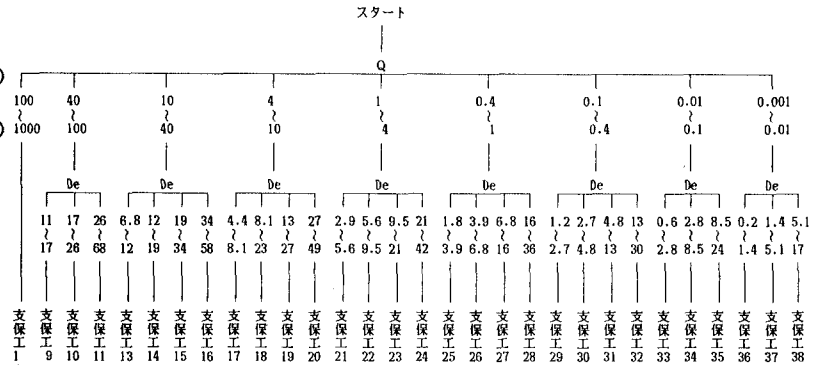


図-2 支保工選定樹

の最終段階では約60種類の中から条件に適した支保工が選定される。また、これを用いて後向きに推論することにより、選定理由を提示するようにした。

4. 支保工選定例と本システムの評価

花こう岩中に施工された某トンネルの支保工実施例を対象として、本システムの選定機能の評価を行った。表-1に主な選定例3種類を示す。本ESによる選定支保工は、実施工された支保工と比較してやや簡単な支保工となっている。これはバートンらが主に北欧の均一な岩盤中のトンネルを対象としているのに対し、日本の岩盤は複雑なことが多く、支保工に対する設計の考え方が異なっているためだと考えられる。しかし、定性的にQ値の大小に対してロックボルトの長さや吹付け厚さには相関があるようであり、知識ベースを日本の実状に応じて逐次変更していけば、実用的なシステムが開発できると考えられた。

5. あとがき

本報告では、パソコンを用いたトンネルの支保工選定エキスパートシステムの開発例を紹介し、その特徴と構築時の留意点を考察し、施工例を対象として評価を行った。本ESはまだプロトタイプ段階ではあるが、支保工選定にESを利用しても、ほぼ妥当な選定結果が得られた。今後は、日本における施工実績をもとにした知識ベースを作成する必要がある。また、節理に関するパラメータの入力には個人差があらわれやすいので、画像解析処理システムを導入し、迅速に個人差のない判定結果が得られるようにしたい。さらに、定性的なデータによる選定結果では第3者に対する説得力が弱いので、有限要素法・境界要素法などの数値解析結果を併用して支保工を選定していく必要がある。

<参考文献>

- 1) 大北康治・小川均・田村進一：土木分野におけるエキスパートシステムの利用について、第9回電算機利用に関するシンポジウム、土木学会、pp. 153, 1984
- 2) 古田均・K.S. Fu・J.T.P. Yao：知識工学（エキスパートシステム）の構造工学への応用、土木学会誌 Vol. 70, No. 9, pp. 28-33, 1985
- 3) N. Barton・R. Lien・J. Lunde：Estimation of Support Requirements for Underground Excavations Design Methods in Rock Mechanics

表-1 本ESと施工例の比較

	選定例1	選定例2	選定例3
実施工された支保の種類	ロックボルト ($l=2.5m, P=1.5m$) 吹付け厚 15cm	ロックボルト ($l=3.0m, P=1.0m$) 吹付け厚 15cm	ロックボルト ($l=2.0m, P=1.5m$) 吹付け厚 13cm
半量区分	B	D	B
入力条件	データ	データ	データ
Q	95	50	100
岩盤良好度表示	RQD	0.7	0.6
節理面の数	Jn	3	0.8
節理面の粗さ係数	Jr	0.9	0.8
節理面の粗さ係数	Jr	1.0	0.8
節理面の粗さ係数	Ja	1.0	0.7
節理面の粗さ係数	Ju	0.5	0.6
応力係数係数	SFR	1.0	0.8
Q値の範囲	$16 \leq Q \leq 144$	$0.06 \leq Q \leq 1.0$	$17 \leq Q \leq 66$
De	9.6m	9.8m	7.3m
変形係数	ESR	1.0	1.0
値	9.6	9.8	7.3
本ESの選定結果	13 sb(utg)	23 B(utg)1-1.5m +S(m)5-10cm 27 B(utg)1m +S(m)5-7.5cm 31 B(utg)1m +S(m)5-12.5cm 35 B(utg)1m +S(m)20-75cm	13 sb(utg)