

切土のり面保護工の選定に関するエキスパート・システム

関西大学工学部 正員 三上 市蔵
 復建調査設計(株) 正員 河野 吉次郎
 復建調査設計(株) 正員 〇広兼 道幸

1. はじめに

人工知能(Artificial Intelligence)に関する著書・論文が数多く発表されている中で、最近特に脚光を浴び実用化への第一歩を踏み出したものに、医療診断・各種故障診断など多分野で応用され始めたエキスパート・システム(以下、ESと略す)がある。土木コンサルタント分野においてもESに対する期待は大きく、コンサルタント本来の『専門知識の提供』という高度な知識を要求される業務はES向きであり、今後ESの実用化は大きな課題である。

今回は、ES構築のためのノウハウまた実用化への手応えを得るために、切土のり面保護工の選定問題に取り組み、プロトタイプを完成したので、その概要について報告する。

2. システムの概要

切土のり面保護工としては、表-1に一部示すように植生によるものと構造物によるものがあり、合計44工法を考慮した。その選定条件としては、安定性・崩壊の程度・気候条件・美観・施工性・経済性などが考えられる。これらの条件について検討を重ね、安定性については切土勾配・切土高さ・地質分類に関する質問を行ない、その回答より日本道路公団¹⁾による標準のり面勾配(表-2)及び土木技術者の専門知識に基づいて判定を行なう。また崩壊の程度については、割れ目の間隔・割れ目の状態・岩片の硬さに関する質問を行ない、その回答より土木学会発刊の著書²⁾及び地質技術者の専門知識に基づいて判定を行なう。

施工性には、施工時期・基盤面の凹凸・作業スペース・施工面積・1日当りの施工面積などの要因が考えられる。その中で施工面積については数値で答え、過去の事例及び専門家の知識に基づく『広さ』を表わす関数(メンバーシップ・関数;図-1)により『広い』か『狭い』かの判定を行なう。以上より、図-2の流れに従って質問及び判定を行なうものとした。

また、選定条件の中
 でも知識に大きく左右
 される美観・施工性・
 経済性に関しては、施
 工場所(国定公園など)

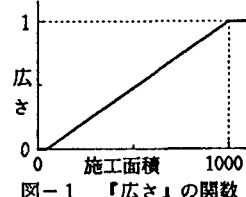


図-1 「広さ」の関数

表-2 標準のり面勾配

地山の土質	切土高	勾配
硬 岩		1:0.3~1:0.8
軟 岩		1:0.5~1:1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの	1:1.5~
砂 質 土	密実なもの	5m以下 1:0.8~1:1.0
		5~10m 1:1.0~1:1.2
	密実でないもの	5m以下 1:1.0~1:1.2
		5~10m 1:1.2~1:1.5
砂利または岩塊まじり砂質土	密実なもの、または粒度分布のよいもの	10m以下 1:0.8~1:1.0
		10~15m 1:1.0~1:1.2
	密実でないもの、または粒度分布の悪いもの	10m以下 1:1.0~1:1.2
		10~15m 1:1.2~1:1.5
粘 性 土	0~10m	1:0.8~1:1.2
岩塊または玉石まじりの粘性土	5m以下	1:1.0~1:1.2
	5~10m	1:1.2~1:1.5

表-1 工法リスト

番号	工 法
1	種散布工
2	種吹付工
3	植生マット工
4	張芝工
5	植生袋工
6	植生穴工
	↓
51	モルタル・コンクリート吹付工
52	コンクリート張工
53	もたれ擁壁工
54	石張・ブロック張工

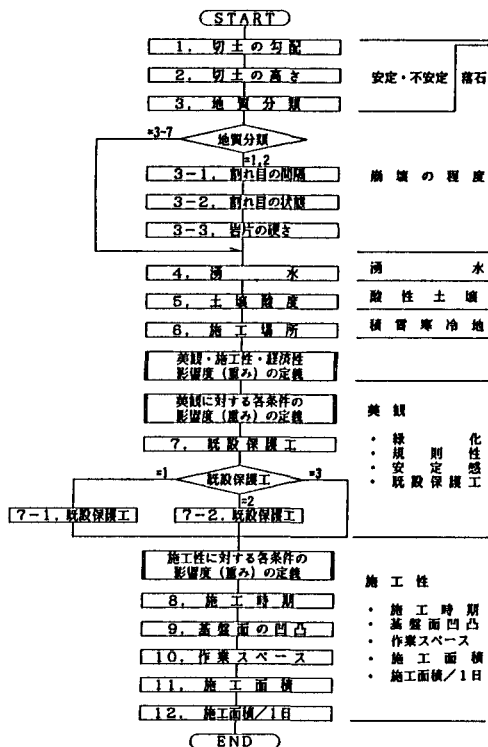


図-2 質問・選定条件の流れ

によって美観を特に重要視しなければいけない場合がある。またそれが工法の選定に与える影響の度合い（重み）は、技術者個人の判断に差が生じて当然である。そこで、これらの3条件については、あらかじめ専門家の意見によって何も制約のない状態における重みを定義し、利用者がその重みを変更できるように配慮した。

『安定勾配が確保できない場合は、植生工のみの施工は危険である』のように絶対に選ばれてはいけない工法については、絶対否定'-1'を与える不適正マトリックス（表-3）を作成し、『植生による工法は植生が焼ける夏場、成長が遅い冬場の施工には適さない』のようにあいまいなものについては、確信度'-1.0'～'+1.0'を与える確信度マトリックス（表-4）を作成した。

条件ごとに与えられた確信度をもとに、最終的に工法に与えられる確信度は、Bayesの確率を用いて計算され、最適工法を選定する。

3. システムの評価

一般国道54号飯石郡掛合地区ののり面保護工の検討業務で現場打コンクリート枠工（栗石詰）が選定された事例をもとに、本ESの評価を行なった。当のり面では小段上方に礫混り粘性土を主体とする崖錐が分布しており、勾配は1:1.5・高さ10m程度である。（小段下方は、勾配1:1.3・高さ7mで現場打コンクリート枠工（栗石詰）が既設してある）こののり面を標準のり面勾配に従い安定となるよう1:1.3で切り直した場合の保護工を検討するものであった。この例についてシステムを実行した結果、美観・施工性・経済性に対する重みを変更しなかった場合、確信度の順序は図-3のようにコンクリート・ブロック枠工（土砂詰）、現場打コンクリート枠工（栗石詰）となった。美観に影響を与える既設保護工の有無を重要視するため重みを'4'から'10'に変更した場合、確信度の順序は図-4のように現場打コンクリート枠工（栗石詰）、コンクリート・ブロック枠工（土砂詰）となった。この推論結果は、実際に施工された工法に適合するものである。

4. あとがき

今回の切土のり面保護工の選定問題は、対象となる工法が44種類と多く、その選定にあたっては土木関係・地質関係の幅広い知識が要求され、実務上および初級技術者の教育上実用的なESが望まれる。

今後、本ESの評価をより詳細に実施するとともに、力学的立場から見た安定性（斜面の安定計算）および、水が斜面に与える影響の知識を導入し、より実用的なシステムに仕上げたい。

参考文献

- 1) 日本道路公団『設計要領-第一集』1981. 4.
- 2) 土木学会『軟岩-調査・設計・施工の基本と事例』1984. 4.
- 3) 日本道路協会『道路土工-のり面・斜面安定工指針』1986. 11.

表-3 不適正マトリックス

条件	工法	1	2	3	4	5	6	11	12	13	14
安定勾配	確保不可能	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
美観	崩壊恐れ有	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
地	崩壊恐れ無	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
軟	土砂化する	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
質	土砂化しない	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
分	砂質土										
砂質土	砂質土										
礫混り砂質土	礫石有	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
礫石無	礫石有										
粘性土	粘性土										
礫混り粘性土	礫石有	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
礫石無	礫石有										
湧水	有	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
土壌酸度	pH4以下	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
施工場所	積雪寒冷地	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

表-4 確信度マトリックス

条件	工法	1	2	3	4	5	6	11	12	13	14
A-1. 緑化	緑化	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
A-2. 規則性	規則性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A-3. 安定感	安定感	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A-4. 植生	植生	1)	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4
	2)	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4
	3)	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4
	4)	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
	5)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	6)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
既設	既設	1)									
	2)										
	3)										
	4)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5)										
	6)										
	7)										
保護	保護	8)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	9)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	10)										
	11)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	12)										
	13)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	14)										
工	なし										

工法の選択に当たって考慮する項目に0から10までの重みを与えて下さい。

1. 美観（緑化）を重んじる
2. 美観（規則性）を重んじる
3. 美観（安定感）を重んじる
4. 美観（既設保護工）を重んじる
5. 施工性（施工時期）を重んじる
6. 施工性（基盤面の凹凸）を重んじる
7. 施工性（作業スペース）を重んじる
8. 施工性（施工面積）を重んじる
9. 施工性（施工面積/1日）を重んじる
10. 経済性を重んじる

入力例 (10 4 2 4 6 6 6 3 9 10) ⇒ (10 4 2 4 6 6 6 3 9 10)

※推論結果は次のとおりです。

- 0.81 コンクリート・ブロック枠工（土砂・植生）（構造58）
- 0.80 現場打コンクリート枠工（栗石・ブロック）（構造62）
- 0.76 コンクリート・ブロック枠工（コンクリート吹付）（構造60）
- 0.73 石積・ブロック積工（構造55）
- 0.72 井桁工（構造57）
- 0.65 コンクリート要工（構造52）

図-3 実行例（1）

工法の選択に当たって考慮する項目に0から10までの重みを与えて下さい。

1. 美観（緑化）を重んじる
2. 美観（規則性）を重んじる
3. 美観（安定感）を重んじる
4. 美観（既設保護工）を重んじる
5. 施工性（施工時期）を重んじる
6. 施工性（基盤面の凹凸）を重んじる
7. 施工性（作業スペース）を重んじる
8. 施工性（施工面積）を重んじる
9. 施工性（施工面積/1日）を重んじる
10. 経済性を重んじる

入力例 (10 4 2 4 6 6 6 3 9 10) ⇒ (10 4 2 10 6 6 6 3 9 10)

※推論結果は次のとおりです。

- 0.85 現場打コンクリート枠工（栗石・ブロック）（構造62）
- 0.84 コンクリート・ブロック枠工（土砂・植生）（構造58）
- 0.80 コンクリート・ブロック枠工（コンクリート吹付）（構造60）
- 0.75 石積・ブロック積工（構造55）
- 0.74 井桁工（構造57）
- 0.65 コンクリート要工（構造52）

図-4 実行例（2）