

トンネル坑口の施工計画支援エキスパートシステム

鹿島建設(株)
同

○ 早田光利
松田元男

北沢孝宗
松本 喬

鍛冶茂仁

1. はじめに

近年トンネル工事は、用地問題や路線重視のために、地形や地質上問題が多い所で計画される例が増加する傾向にある。そのような場所での坑口部は、地形や地質などの地山の条件から見ても一般に不安定であり、施工時に地すべりやトンネルの変状を引き起こすと、安全上問題であるばかりでなく、事後対策のために多大の費用が必要となる。そのため最近では、ほとんどのトンネル工事において、坑口部で何らかの補助工法を採用している。

本システムは、専門家の経験にもとづく高度な判断を必要とする、トンネル坑口部の施工計画を支援するエキスパートシステムである。比較的経験の浅い技術者を対象としたものであり、システムに組み込まれた専門家の知識を用いて、坑口部の施工に関する問題点の把握と、適切な対策工法の選定を支援するために開発したものである。

2. システムの構成と特長

本システムは複数のエキスパートシステムとデータベースや文書作成システム、技術計算システムなどを複合した、総合的なコンサルテーションシステムである。図1に示す中心的な機能と、技術計算などの補助機能から構成されている。以下に本システムの主な機能について述べる。

2.1 坑口部に現れる現象の予測

トンネル坑口部に関する診断には、地形や地質、災害記録、植生、ボーリングデータなど、様々なデータが必要である1),2)。本システムはそれらの入力データにもとづいて、地すべりや斜面崩壊などの坑口部に現れる現象の危険性を判定し、その結果から報告書を自動作成する。図2にデータ入力画面の例を、図3に報告書の例を示す。各現象の判定結果とともに、判定の理由が示めされている。

現象の危険性判定の推論方法を、図4に示す。4つの型の入力メニューによって入力されたデータにもとづいて中間仮説を作成し、それらの中間仮説を総合して各現象の危険性を判定する。

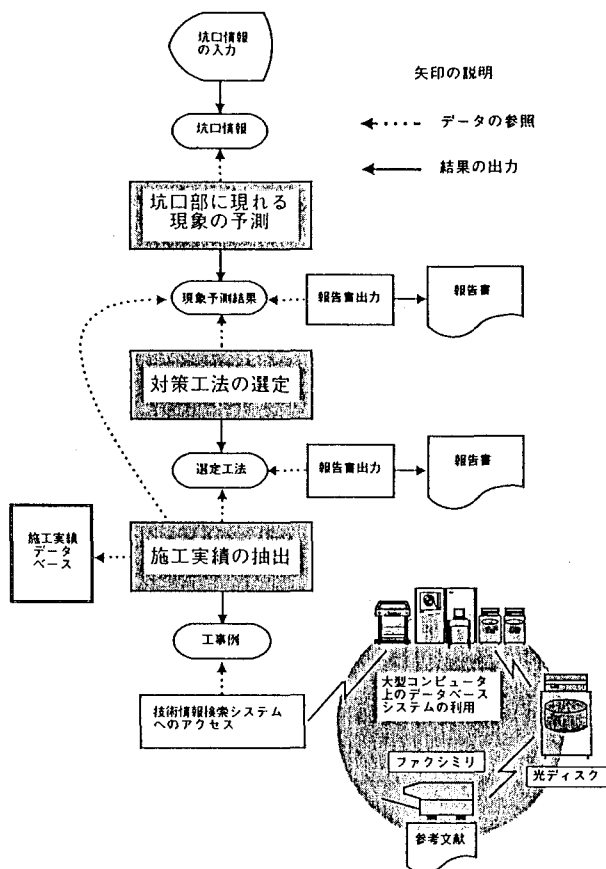


図1 システムの構成

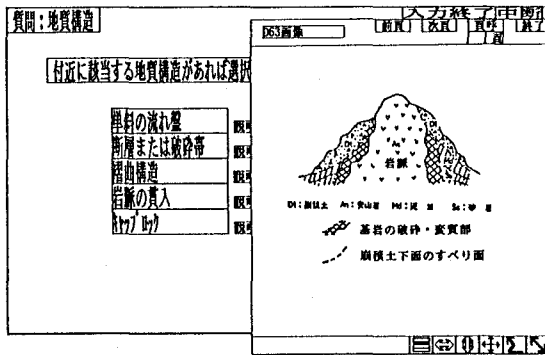


図2 質問画面の例

坑口部に現れる現象の予測結果

トンネル名 OOトンネル (検討日: 1990年9月22日)

現象	判定	理由
地すべり	非常に危険	1. 過去に地すべりの記録がある。 2. 地すべり指定地区である。 3. 斜面に動きがみられる。 4. 崩壊地のような賦生である。
斜面崩壊	危険	1. 表層土層が厚い。

図3 現象の判定結果報告書の例

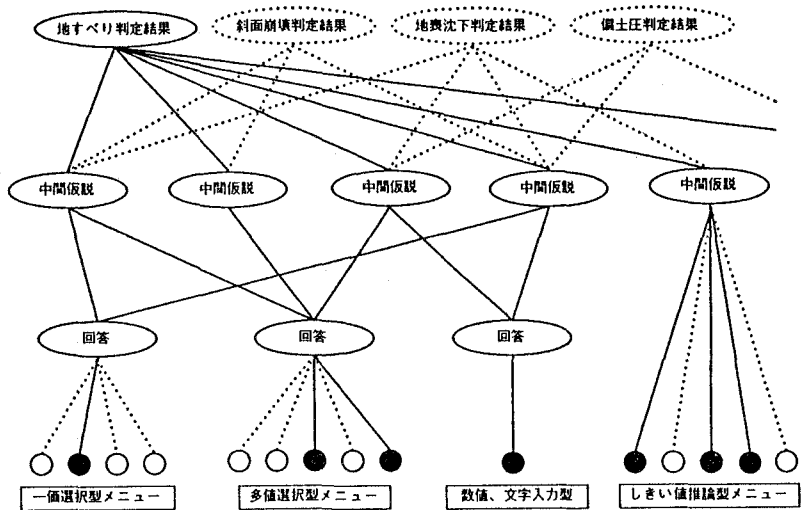


図4 現象の予測の推論方法

2.2 対策工法の選定

システムには、対策工法に関する知識が組み込まれており、危険な現象に対する適切な対策工法の選定を支援する。システムは入力条件にもとづいて各工法の適用可能性を検討し、利用者に複数の工法を提示する。利用者は各対策工法に関する詳細な情報を参照したり、技術計算結果などを参照して、最終的に適用する対策工法を選択する。検討結果は図5に示すような工法の比較検討表の形で出力できる。

掘土工 対策工法の比較検討表
トンネル名：〇〇トンネル

(検討日：1986年10月25日)

工法名	掘土断面図	工法の特徴	長所	留意点	評価	
					工法	総合評価
掘土工		1. 掘土工後の掘削面に土砂を盛って掘削面を安定させる。すべり力に抵抗して掘削面の安定を図る。 2. 掘土工後、掘削面、掘土工などに付する有効な対策である。 3. 小規模な掘土工に適用される。	1. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 2. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 3. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 4. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。	1. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 2. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 3. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 4. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。	○	○
掘土工		1. 掘土工後の掘削面に土砂を盛って掘削面を安定させる。すべり力に抵抗して掘削面の安定を図る。 2. 掘土工後、掘削面、掘土工などに付する有効な対策である。 3. 小規模な掘土工に適用される。	1. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 2. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 3. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 4. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。	1. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 2. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 3. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。 4. 掘土工後の掘削面の増加が期待できるので掘削面が広い。	△	○

図5 対策工法比較検討表の例

2.3 施工実績の抽出

施工計画においては、過去の実績から有用な情報が得られる事が多い。また適切な実績は、計画の妥当性を保証する資料としても活用できる。システムは内蔵された施工実績データベース中から、類似した過去の施工実績を抽出して、図6のように画面に表示する機能を備えている。また、図6に示す画面は、大型コンピュータ上のデータベースシステムへのマンマシンインタフェースも兼ねており、大型コンピュータに推論結果を送り込み、施工実績に関連した文献や資料を検索して、光ディスクから通信回線を経てファクシミリに取り出すことができる。

施工実績表示		過去に、下記のような類似した施工実績があります		再検索
トンネル名	参考文献	工事番号	乳数	対策工法
北北直轄車道第5トンネル	技術文庫21	1281	○○○●	掘削面を安定させるための対策工法
北北直轄車道第13号トンネル	技術文庫21	1188	○ ○ ● ● ● ● ● ● ● ●	掘削面を安定させるための対策工法
北北直轄車道第8トンネル	報告集第2回	1384	○ ○ ● ● ● ● ● ● ● ●	掘削面を安定させるための対策工法
北北直轄車道第21号トンネル	報告集第2回	1384	○ ○ ○ ● ● ● ● ● ● ● ● ●	掘削面を安定させるための対策工法
北北直轄車道第27号山下トンネル	報告集第3回	1188	○ ○ ○ ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	掘削面を安定させるための対策工法

図6 施工実績抽出結果の画面出力例

2.4 システムの特長

本システムの主な特長は次の通りである。

- (1) 操作のほとんどがマウスによるメニュー選択方式でできる対話性の高いシステムであり、コンピュータに不慣れな初心者でも簡単に操作できる。
- (2) 説明図や説明文書などが豊富に参照でき、教育的な目的にも利用できる分かりやすいシステムである。
- (3) 技術計算機能やトンネル概略断面図表示機能(図7参照)、各種基準の参照機能など、システム実用化のための豊富な補助機能が組み込まれている。
- (4) 知識の追加や変更に対応できる、拡張性に富んだシステムである。

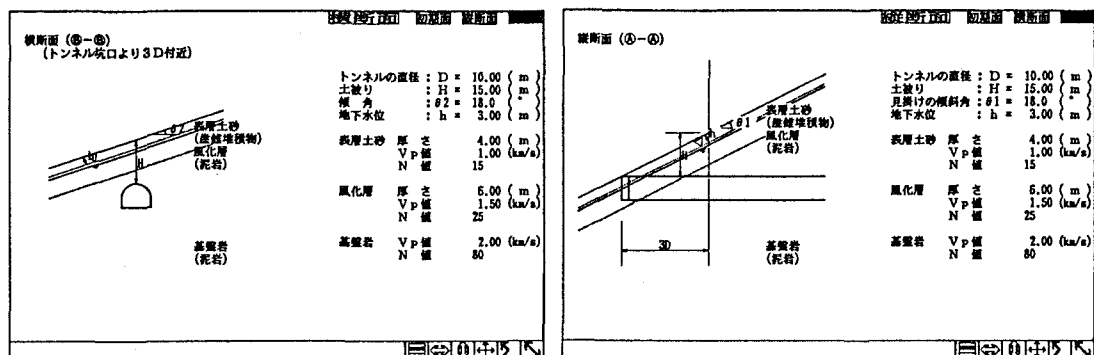


図7 坑口断面図の表示例

3. システムの開発環境およびシステム設計法

本システムは、ワークステーション日立2050/32と、エキスパートシステム構築ツールES/KERNEL/Wを用いて開発した。特にES/KERNEL/Wのユーザインターフェース作成機能を活用して対話画面を作成し、コンピュータに不慣れな技術者にも使いやすいシステムを実現した。

本システムには現象の予測から対策工法の選定、施工実績の抽出に至る、極めて多様な知識が組み込まれており、また多くのサブシステムが統合されている。そのため、それぞれの知識やサブシステムのモジュラリティを高めて、システムの保守性を保証するため、システム設計に当たっては極力オブジェクト指向にもとづく知識表現を採用した。また、システムの全体的な制御にはプロダクションルールを用いて、対話性の良い柔軟な制御を実現した。

4. おわりに

本システムを利用することにより、比較的経験の浅い技術者でも、トンネル坑口部の施工に係わる問題点の把握と対策工法の選定に関する初期検討を、コンピュータとの対話によって容易に実施できる。極めて短時間に各種の検討ができるため、業務効率化の点から有効である。さらにシステムによる検討結果が報告書として入手できるため、客先への説明資料として活用できる。また総合的なコンサルテーションシステムとして、業務の標準化を促進する効果も大きい。

最後に、本システムの構築にあたりご協力いただいた(株)日立製作所の関係者に、お礼申し上げる次第である。

参考文献

- (1) (社)トンネル技術協会:「山岳トンネルの坑口部の設計・施工に関する研究報告書」, 1985.
- (2) 土木学会:「トンネルの地質調査と岩盤計測」, 1985.