

## VI-8

## 都市トンネル工法選定システムの開発

フジタ工業㈱・技術研究所 正 員 ○ 大 倉 吉 雅

同 上 正 員 和 久 昭 正

同 上 正 員 鎌 田 正 孝

## 1. はじめに

土木工事では、工法選定がその施工の成否を決定するといつて過言ではない。しかし、最近の工事は、施工条件・設計条件が複雑化している一方、数多くの工法が開発されており、最適工法を選定することは非常に困難な作業となってきた。換言すれば、最適工法の選定は、経験や専門知識の豊富な技術者でなければできないものとなった。そこで、筆者らは、一般の技術者でも施工条件・設計条件を入力すれば、ある程度最適に近い工法が選定されるエキスパートシステムはできないものかと、その構築を試みた。対象として扱った分野は、都市トンネル築造に関する施工法である。

以下にその詳細を報告する。

## 2. システムの内容

本システムの構築にはパソコン(PC9801)上で稼働する『創玄』を用いた。そして、会話形式で簡単な質問に答えると、瞬時に設定条件を満たす可能性のある工法の概念図とその概要が表示されるものとした。図-1にその表示例を示す。また、このシステムで作成した知識ベースのルール数は約120ルールである。

## 3. システムの特徴

本システムはプロトタイプとしたため、表-1に示す通り、対象工法の数に47工法に限定した。このシステムの特徴は、質問に答えていく途中で、トンネル・シールド・推進・小口径推進・開削の5つのグループに分類された中間仮説の結論が導かれる点にある。このメリットは、将来、知識ベースが増加した場合においても、推論が早く行われるということである。また、知識ベースの追加や変更が中間仮説の結論の各グループの中で処理できる。この中間仮説に関するルールの代表例として、シールドのルールの一部を表-2に示す。また、質問事項に関して、定量的な値が不明の場合には、定性的な判断選択枝を設けた。その例を表-3に示す。

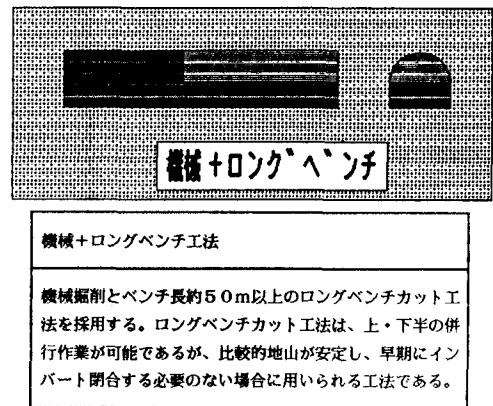


図-1. 画面表示事例

表-1. 工法名選択リスト

| 分 類   | 工 法 名                                                                                                                                                                        |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| トンネル  | 1.機械+ロングベンチ 2.機械+全断面 3.機械+多段ベンチ 4.機械+ミニベンチ<br>5.機械+サイロット 6.機械+中壁式 7.機械+ショートベンチ 8.無発破<br>9.発破+ロングベンチ 10.発破+全断面 11.発破+多段ベンチ 12.発破+ミニベンチ<br>13.発破+サイロット 14.発破+中壁式 15.発破+ショートベンチ |
| シールド  | 1.手掘 2.圧気手掘 3.セミメカニカル 4.圧気セミメカニカル 5.オープンメカニカル<br>6.圧気オープンメカニカル 7.土圧バランス 8.泥水加圧 9.アラインド 10.泥土加圧<br>11.リボンスクリュー式泥漿 12.気溜 13.TBM型シールド（泥水式）<br>14.TBM型シールド（土圧式）                  |
| 推 進   | 1.刃口 2.手掘圧気 3.泥漿 4.セミメカニカル 5.泥水加圧 6.アラインド<br>7.土圧バランス                                                                                                                        |
| 小口径推進 | 1.ミニシールド 2.アイアンモール 3.アースアロー 4.AH 5.テレマウス<br>6.ホリゾンガー 7.オーケーモール 8.アングルモール 9.泥漿                                                                                                |
| 開 削   | 1.ボックスカルバート 2.管敷設                                                                                                                                                            |

場合には、定性的な判断選択枝を設けた。その例を表-3に示す。

表-2. 中間仮説に関するルールの一例（シールド）

| シーロドー 1                             |     |
|-------------------------------------|-----|
| もし 1) 土盛り<=3*トンネル径                  | または |
| 2) 土盛り<=5                           |     |
| かつ 3) 路線障害物がある。 (+0.2<=確信度<=+1.0)   | または |
| 4) 周辺環境として住宅が多い。 (+0.2<=確信度<=+1.0)  | または |
| 5) 交通量が多い。 (+0.2<=確信度<=+1.0)        |     |
| かつ 6) トンネル径>1.20                    |     |
| かつ 7) 切羽は自立していない。 (+0.2<=確信度<=+1.0) |     |
| かつ 8) スパン>200                       |     |
| ならば 最適な工法はシールド工法に分類される。 (確信度=+0.80) |     |

表-3. 定量的な値が不明の場合の処置

|     | 数値変数 (定量的) | 事象変数 (定性的) |
|-----|------------|------------|
|     | N 値        | 「地盤の硬さ」    |
| 砂 層 | N>30       | 密          |
|     | 10<N≤30    | 普通         |
|     | N≤10       | ゆるい        |
| 粘性土 | N>8        | 硬質         |
|     | 4<N≤8      | 普通         |
|     | N≤4        | 軟弱         |

\* N値が不明の場合、地盤の硬さとして定性的な質問が出される。

#### 4. 知識ベース構築について

まず、表-4に示す調査表を用いて、実務経験者を対象にアンケート調査を実施した。そして、その調査結果から、実績に基づいたそれぞれの工法の特徴や問題点を抽出し、知識ベースの構築を行った。表-5にシールドについての知識の獲得の一例を示す。この知識ベースを基に構築した工法選定システムについて事例検証した結果、ほぼエキスパートの判断と一致し、本手法の有効性が認められた。

#### 5. おわりに

本システムの構築に当たり、問題となったのはトンネルとシールドの分野、すなわち、岩盤と土砂の分野で確立されている各々の理論の整合性をとることであった。結論的に言えば、この整合性を完璧にとることは、不可能な作業であった。そこで、各分野の多数の実務経験者から修得した知識を集積し、知識ベースを構築するようにしてこの問題を処理した。したがって、できあがったシステムは、理論的には完全とは言いがたが、設計・現場の技術者が工法選定の作業を行うに当たって、実用上は間違いのない回答が得られるものになったと思われる。

今後の課題としては、

- ①. 知識ベースを拡充し、確信度の精度の向上を図る。
  - ②. 補助工法サブシステム、コストに関するサブシステムを本システムに組み込み、より複雑な施工条件に対応できるようにする。
  - ③. 選定理由、および選定結果が印刷されて出てくる報告書作成システムを構築し、実務に供するようにする。
- などの点が挙げられる。

表-4. 調査表

| 事象変数 |               | 数値変数   |                        |
|------|---------------|--------|------------------------|
| 障害物  | ある ない         | 最大土盛り  | (m)                    |
| 住 宅  | 少ない 多い        | 最小土盛り  | (m)                    |
| 交通量  | 多い 少ない        | トンネル径  | (m)                    |
| 地 質  | 粘性土 砂層 礫層 巨礫層 | 総延長    | (m)                    |
|      | 土丹層 硬岩 中硬岩 軟岩 | 最小曲線半径 | (m)                    |
| 硬 さ  | 普通 硬質 軟弱      | 掘削断面積  | (m <sup>2</sup> )      |
| 水 圧  | 大きい 小さい ない    | 細粒分含有率 | (%)                    |
| 切羽自立 | している していない    | N 値    | (-)                    |
| 吹 付  | 可能 不可能        | 一軸圧縮強度 | (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| 地質構成 | 土砂>岩 土砂<岩     | 単位体積重量 | (gf/cm <sup>3</sup> )  |
| 対象地盤 | 土砂 岩盤         | 内部摩擦角  | (°)                    |
| 分 類  | トンネル シールド 推進  | 粘 着 力  | (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|      | 小口径推進 開 削     | 最大礫径   | (cm)                   |
| 掘 削  |               | 地下水位   | (GL-m)                 |
|      |               | 均等係数   | (-)                    |
|      |               | 弾性波速度  | (km/sec)               |

表-5. 知識獲得例

|                             |             |              |                |
|-----------------------------|-------------|--------------|----------------|
| 細粒分含有率 (%)                  | 20以上        | 15以上         | 15以上           |
| 均等係数                        | 5以上         | 5以上          | 5以上            |
| N 値                         | 30以下        | 30以下         | 50以下           |
| 砂 層                         | 8以下         | 8以下          | 30以下           |
| 粘性土                         | 0.0         | 0.9以下        | 0.9以下          |
| 地下水压 (kgf/cm <sup>2</sup> ) | ○           | ○            | ○              |
| 粘性土                         | ○           | ○            | ○              |
| 砂 層                         | ×           | ×            | ○              |
| 巨 礫 層                       | ×           | ×            | ○              |
| 土 丹 層                       | ×           | ×            | ○              |
| 工 法 名                       | 手 掘<br>シールド | 圧気手掘<br>シールド | 圧気セメント<br>シールド |