

VI-113

水路トンネルのひびわれ診断エキスパートシステムについて

北海道電力 正員 志水 義彦

北電興業 正員 能登谷 勇人

北海道電力 正員 坂本 容

北電興業 正員 渡辺 信行

1. はじめに

水路トンネルの健全性を定量的に評価するためには、生じている劣化の原因を的確に把握する必要がある。なかでも、ひびわれは劣化現象の大部分を占め、またその発生原因も多岐にわたることから、その評価が非常に重要となる。

このような視点から、今回、ひびわれの発生原因を、外観の状態（ひびわれ形状、ひびわれ幅等）および環境条件等の比較的簡易に求められるデータから推定するためのエキスパートシステム（プロトタイプ）の構築を行ったので、その概要について報告する。

2. システムの概要（診断フロー）

エキスパートシステムの診断フローを図-1に示す。

このシステムは、まず現地調査から得られるひびわれ形状を幾何学的な模様でとらえ、予め検討した形状パターンの中から該当するものを選定するとともに、ひびわれの原因追求のための一般的な情報となる事象（レベル1；規則性、ひびわれ幅、発生時期、環境条件等）を与えて推論を行い、ひびわれの上位仮説（曲げ、乾燥収縮等の応力レベルまでの発生原因）を推定する。

次に上位仮説の推定結果が構造ひびわれ（曲げ、せん断、ねじりひびわれ）であれば、更にその直接原因を把握するために、水路トンネル固有の情報となる事象（レベル2；土被り、地山の地質条件、ひびわれ発生位置等）を与え、下位仮説（上位仮説を発生させるような外力の種類、自然現象等の発生原因）を推定していくというものである。

3. ひびわれ形状のパターン化

現地調査、既往文献・資料調査を踏まえ、ひびわれを形状・連続性・方向に着目してインバート部を5つ、

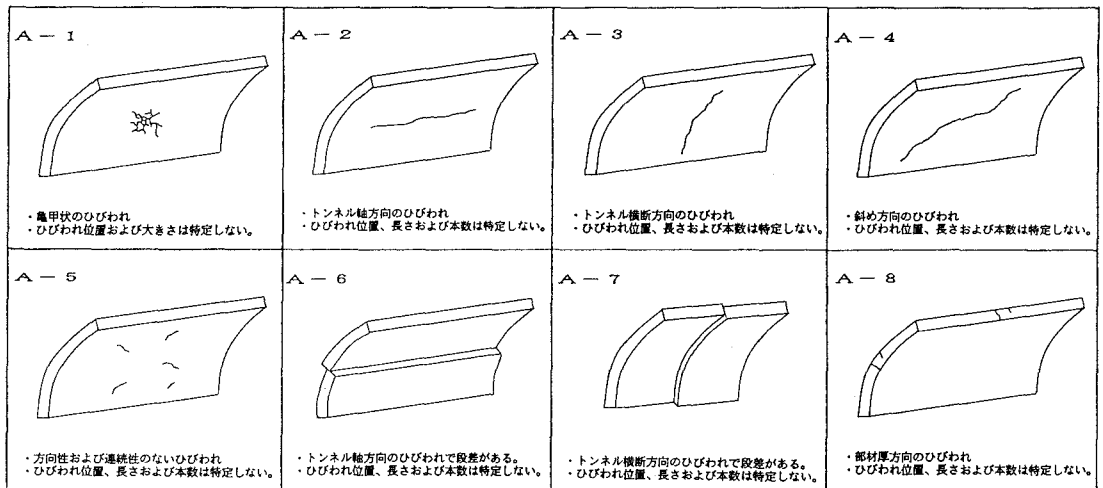


図-2. ひびわれのパターン分類（側壁・アーチ部）

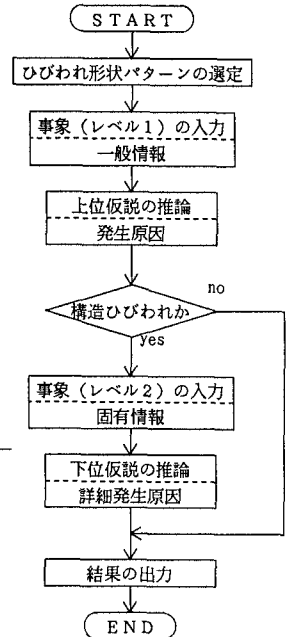


図-1. 診断フロー

側壁・アーチ部を 8 つの形状パターンに分類した。側壁・アーチ部についてのパターンの詳細は図-2 のとおりである。

4. 上位仮説・事象（レベル 1）の選定

本検討では、ひびわれの発生が応力に起因するものであるとの考えに基づき、図-3 のように応力を分類することにより、上位仮説を以下の 12 種類とした。

- ① 曲げひびわれ ② せん断ひびわれ ③ ねじりひびわれ ④ 内部拘束による温度ひびわれ ⑤ 外部拘束による温度ひびわれ ⑥ 乾燥収縮ひびわれ ⑦ アルカリ骨材反応

によるひびわれ ⑧ 鉄筋腐食によるひびわれ ⑨ 凍結融解ひびわれ ⑩ 沈みひびわれ ⑪ セメントの異常凝結によるひびわれ ⑫ 骨材の泥分によるひびわれ

また、ひびわれに関する事象（レベル 1）は以下の 8 種類とした。

- ① 規則性 ② ひびわれ幅 ③ 連続性 ④ ひびわれ深さ ⑤ ひびわれ部分の状態 ⑥ 発生時期 ⑦ 環境条件 ⑧ 部材厚

5. 下位仮説・事象（レベル 2）の選定

上位仮説の原因、すなわち下位仮説は以下に示す 11 種類とした。

- ① 塑性圧 ② 塑性偏圧 ③ 地山の緩み ④ 水圧 ⑤ 水偏圧 ⑥ 凍上現象 ⑦ 地盤沈下 ⑧ 不同沈下 ⑨ 地震 ⑩ 地すべり ⑪ 設計施工

ここでは、上位仮説にあげた 12 種類のうち、構造ひびわれ（曲げ、せん断、ねじりひびわれ）についてのみ着目し選定したが、その理由は構造ひびわれの原因については導水路トンネルという構造・設置条件等の特性から、さらに細かく直接の原因となる外力の種類を推定していくことが可能となり、また、そのことが対策工の検討に極めて重要となるからである。これに対し、例えば乾燥収縮等のひびわれについては下位仮説を推論するまでもなく、ある程度、発生原因の推定が容易と考えられる。

また、ひびわれに関する事象（レベル 2）は以下に示す 9 種類とした。

まず、外観等の簡易な調査データから得られるものとして、

- ① 作用応力（上位仮説推定結果より決定＝曲げ、せん断、ねじり） ② 発生位置 ③ 分布 ④ ひびわれ以外の劣化現象 ⑤ 気象・地象

精密調査や設計図書の調査を要するものとして、

- ⑥ 設計・施工条件 ⑦ 地質 ⑧ 設置条件 ⑨ その他（線形、近接施工の影響等）

6. ケーススタディ結果

実際にトンネルに発生しているひびわれの発生原因について、専門家による意見と本システムによる推定結果を比較したものを表-1 に示す。これをみると両者はほぼ一致している。

7. おわりに

水路トンネルのひびわれ原因を推定するためのエキスパートシステムを構築し、ケーススタディで良好な結果が得られた。今後は、より広範囲な事例検討を行い、確信度の向上を図っていく予定である。

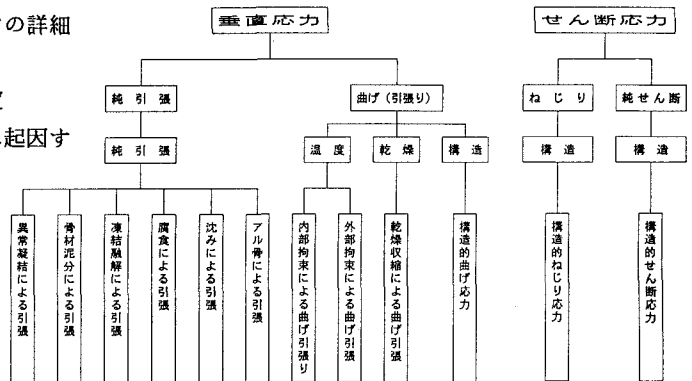


図-3. 応力によるひびわれの分類

表-1. ケーススタディ結果

事例	専門家の意見	推定結果
1	① 塑性圧	① 塑性圧 (0.95)
	② 覆工背面の空洞	② 地山の緩み (0.90)
		③ 塑性偏圧 (0.56)
2	① 地山の緩み	① 塑性圧 (0.96)
	② 支持力不足	② 地山の緩み (0.90)
	③ 不同沈下	③ 不同沈下 (0.87)

括弧内は確信度