

RC 橋梁における劣化要因推定システムの再構築

山口大学大学院 学生員 岩崎 裕二    山口大学工学部 正会員 河村 圭  
(株)長大 川崎 巧    山口大学工学部 正会員 中村秀明・宮本文穂

1. はじめに

現在のコンクリート構造物は著しく劣化し、予定されている供用年数に満たないうちに要求される性能を下回るものも少なくない。そこで、著者らは従来より、橋梁に対する効果的な維持管理対策<sup>1)</sup>を提案することを目的に、橋梁の変状を引き起こす原因である劣化要因を推定するシステム「劣化要因推定システム」<sup>2)</sup>の構築を行ってきた。

本研究の目的は、劣化要因推定システムを実務使用に耐えられるように再構築することである。そこで、実際に行われている橋梁維持管理の調査を行い、既存のシステムがその維持管理作業に適応できるかどうかの検証を行なった。また、検証の結果明らかとなった問題点、専門技術者から得た知識を考慮し、システムをどのように変更すれば良いか、提案を行った。

2. システムの実用化

劣化要因の推定を行う作業は、実際に行われている（橋梁点検要領案<sup>1)</sup>のなかで推奨される）橋梁維持管理フローの中で、どのような位置付けにあるのかを調査した。また、その作業をシステム化した「劣化要因推定システム」にはどのような性能が要求されるのか、詳細な定義を行った。

2.1 システムの位置付け

専門技術者の経験的知識を必要とする判定・選定といった判断を伴う作業は、図1に示すように、維持管理の作業の中にいくつか存在する。この中で劣化要因推定作業は、主に「定期点検」から「詳細点検」の間に行われる、劣化要因特定のための機器による調査が必要か否かを判定する判断作業である。

2.2 システムの要件定義

目的：劣化要因推定作業において、専門技術者が行う意思決定支援を行う。すなわち、遠望目視点検程度で確認可能な変状から、詳細点検で試験を実施し特定しておくべき劣化要因を提案する。

対象橋梁：RC 床版 T 型主桁橋梁

対象：1 径間ごとの主桁、床版

対象ユーザ：専門技術者

入力：専門技術者（維持管理業務を代行する業者）が入手可能なデータ（定期点検データ、山口県庁データベースに格納されている諸元データ、現地の踏査情報）

出力：劣化要因を特定する調査の必要性の有無

3. 劣化要因の決定

既存のシステムでは、橋梁点検要領案<sup>3)</sup>およびコンクリート標準示方書<sup>4)</sup>に記載されている事象は、全て記録・管理されている、または点検で確認可能であるとして扱っている。しかし、実際にはこれらのデータは得られるとは限らない。システムを実用に耐えうるものにするためには、「実際の点検で確認可能な変状」、

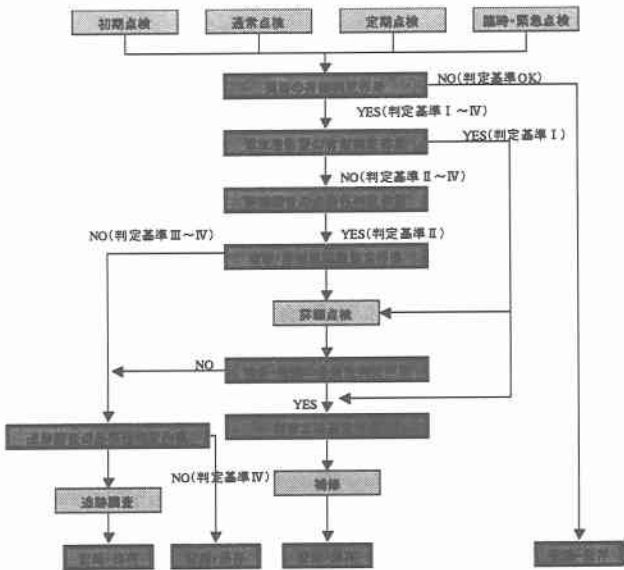


図1 維持管理フローにおける判断作業

および「試験選定さらには工法選定の情報として必要とされる劣化要因」を選定する必要がある。そこで、どのような変状を劣化要因と呼ぶべきかを専門技術者とのミーティングにより決定した。この選定作業の結果、65 項目の変状と、表 1 のような 12 項目の劣化要因が決定した。

表 1 劣化要因 12 項目

| 劣化要因     | 劣化要因推定機能内での定義                                                                                                        |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 使用材料の不良  | コンクリートの材料に多量に水分やアルカリ分、塩分などを含む骨材や不適切な添加物を使用することによって、あるいは不適切な配合等によって後に変状を発生させることを示す。                                   |
| 設計不良     | 主桁の断面の大きさやかぶり厚等の設計が不適切であるために、変状を発生させることを示す。                                                                          |
| アルカリ骨材反応 | アルカリ反応性の骨材を使用していた場合、アルカリシリカ反応によってゲルが生成され、骨材粒子の膨張によってコンクリートの表面にひび割れが生じる現象をいう。                                         |
| 塩害       | 飛来塩分や凍結防止剤の散布、塩分の多い骨材の使用によってコンクリート中に塩化物イオンが拡がり、鉄筋の位置まで到達する現象をいう。この結果、腐食反応によって[鉄筋腐食]が生じる。                             |
| 中性化      | 大気中の炭酸ガスがコンクリート内部に拡散し、pHが下がる現象が鉄筋位置まで到達することをいう。pHが11以下に下がることで[鉄筋腐食]が生じる。                                             |
| 凍害       | ぼろになって粗骨材が露出して[変色・劣化]したり、膨張圧によって[ひび割れ]、[ポップアウト]が生じたりする。                                                              |
| 荷重による損傷  | 橋体に作用する地震等の災害、衝突や設計で想定する以上の交通量や輪荷重あるいはこれらの繰返し荷重によって変状を発生したことを示す。                                                     |
| 構造的欠陥    | 橋体の構成部材あるいはこれらの組合せ構造の配置や接続部が弱点となって、主に荷重載荷で変状をきたしたものを言う。                                                              |
| 材料強度不足   | 初期(設計時)におけるコンクリートや鉄筋の材料設定強度が不適切であることによって変状を発生することを言う。                                                                |
| 化学的要因    | や霧、酸性土壌や硫酸塩土壌の作用など化学的物質の作用によるコンクリートや鉄筋の変状の発生を言う。                                                                     |
| 施工不良     | コンクリートを打設する際に十分に練り混ぜていなかったり、養生していなかったりすることによって、健全なコンクリートに仕上がらないこと、またコンクリートを打設する際の型枠や支保工がずれることによってコンクリートが損傷していることを示す。 |
| その他力学的要因 | 対象とする変状が、それ以外の変状によって誘発される、あるいは複合的な要因によって発生するような場合をしめす。                                                               |

これら劣化要因は以下の手順で導かれたものである。

- 1) 橋梁点検要領案、コンクリート標準示方書および既存のシステムで使用されている事象を全列挙
- 2) 変状の原因(要因)となる事象を選定。
- 3) 目視点検で発見可能な損傷からの劣化要因推定を考えたときに、2)の事象群を推定可能な範囲までグループ化した。なお、「中性化」「塩害」「凍害」「アルカリ骨材反応」「化学的要因」についてはコンクリート標準示方書にとりあげられている劣化要因であるため、そのまま利用した。

#### 4. 推論方法の検証

既存のシステムは、「考える劣化要因を全列挙する」ことを目的としたシステムであるため、未来に引き起こされるであろう事象の推論も行っていた。さらに専門技術者が実際には行わないであろう推論も行っている。(例:「コンクリート表面にコケ」が発見されれば「中性化」の疑いがある。)

専門技術者との話し合いの結果、推論知識を以下のようなことに考慮して組み直す必要があることがわかった。

- ・ 熟練の専門技術者であっても、目視点検結果から今後の劣化予測を行うことは不可能であること。
- ・ 点検から得られる情報にも、劣化要因の発生を疑う主要原因となる事象と、疑われる劣化要因の確信を強める情報となる事象が存在する。つまり、推論は2ステップで行われる。

#### 5. まとめ

本研究の成果は以下のとおりである。

- ① 推論すべき劣化要因を 12 項目に決定した。
- ② 既存システムの推論知識の検証を行った。

#### 参考文献

- 1) 河村圭: Bridge Management System(BMS)の開発および実用化に関する研究, 山口大学大学院博士論文, 2000.3
- 2) 三輪宅弘: 評価型エキスパートシステム構築ツールの開発と PC 橋への適用, 山口大学大学院修士論文, 2000.2
- 3) 建設省土木研究所: 建設省土木研究所資料第 2651 号橋梁点検要領(案), 1988.7
- 4) 土木学会: 2001 年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】制定資料, コンクリートライブラリー104, 2001.1