

埼玉県における橋梁の維持・管理システムの開発

Development of Bridge Management System for RC Bridges in Saitama Prefecture

睦好 宏史 (埼玉大学大学院 教授)

Hiroshi Mutsuyoshi

Professor, Graduate school of science and engineering, Saitama University

1. はじめに

日本で現在供用中の橋梁の多くは、高度経済成長期に建設され、竣工から50年以上を経過している。この為、この時期に建設された多くの橋梁は、急速に老朽化が進み、補修・補強を施さなければならない事が予想されており、近年、維持管理についての認識が高まっている。しかし、これらに費やす財政にも限りがあり、今後予想される補修工事をいかに分散し、また費用を抑えるかが問題となっている。

これらの理由から現在、橋梁を的確に維持管理する為の、橋梁維持管理システムの必要性が認識され始めている。ここで、橋梁維持管理システムとは、橋梁の健全度を評価する健全度診断、診断結果に基づく劣化予測、劣化予測から最適な補修時期や方法を決定する、維持管理計画の立案、これらを含む統括的なシステムを指している。

今年度は、コンピューターに点検結果を入力する事で、橋梁の健全度を定量的に評価する診断システムの開発を行った。対象橋梁はRC橋梁である。また、新たな橋梁点検シートを用いた点検方法を提案し、それに対応した橋梁診断システムの開発、実橋梁点検を行い、診断システムの結果の検討を行なった。

2. 橋梁点検方法

今後、橋梁の多くは老朽化が急速に進み、短い期間での定期的な点検が必要になると考えられる。その為、点検は簡潔で理解が容易である事が望ましい。このような理由から、橋梁点検

表-1 Level 2 点検シート

| 橋梁名 | | 管理番号 | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---------|-------|----|----|----|------------|----|----|----------|----|------|------|----|-------|--------|-----|
| 管轄 | | 路線名 | | | | | | | | | | | | | | |
| 所在地 | | 自: 至: | | | | | | | | | | | | | | |
| 距離 | | 自: 至: | | | | | | | | | | | | | | |
| 点検日 | | 年 月 日 | | | | | | | | | | | | | | |
| 点検者 | | 備考 | | | | | | | | | | | | | | |
| 経路 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 点検箇所 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 主桁 | 横桁 | 縦桁 | 床版 | 左記以外の上部工部材 | 橋台 | 橋脚 | 養護防止システム | 支承 | 伸縮装置 | 排水装置 | 舗装 | 地盤・中分 | 高欄・防護欄 | 添架物 |
| 損傷内容 | ひびわれ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 漏水・遊離石灰 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 錆汁 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 剥離・欠損 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 鉄筋露出 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 機能障害 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ゆるみ・脱落 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 遊間の異常 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 変形・破断 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 腐食 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 変色・劣化 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 異常音・振動 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 異常なたわみ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 沈下・移動・傾斜 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 漏水・湧水 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 路面の異常 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 補強補修の損傷 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 洗掘 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 特記事項 | | | | | | | | | | | | | | | | |

表-2 判断基準 (ひび割れ)

| 判断基準 | 損傷程度 |
|----------|---|
| C | <ul style="list-style-type: none"> ひび割れ発生数は多い (最小ひびわれ間隔が50cm未滿) ひび割れの方向性は、2方向・亀甲状である 構造上問題となる箇所にひび割れが発生している (ひび割れ幅は0.2mm以上が主である) |
| B | <ul style="list-style-type: none"> ひび割れ発生数は少ない ひび割れの方向性は1方向である (ひび割れ幅は0.2mm未滿が主である) |
| A | ひび割れは発生していない |

を点検シートに記入する方法で行なうものとした。

今回用いた橋梁点検シートを表-1に示す。点検方法は、点検箇所に対応する損傷内容の状態を、AからCの三段階で評価し記入するもので

ある。点検箇所、点検内容については、国土交通省が定める橋梁定期点検要領（案）に準ずるものとした。また、点検内容の判断基準も同様とした。点検シート内で灰色に塗られている部分は点検対象外の項目である。遠方目視を基本として点検を行い、評価を記入する。点検結果を記入する箇所は多いが、点検箇所は15箇所であり、比較的容易に点検を行なう事ができる。本点検シートを用いて橋梁点検を行なった際には、一橋あたり30分から40分程度で終了した。

損傷内容の評価記入の際には、作成した損傷の程度の判断基準を参照にする。表-2に損傷内容の一部である「ひび割れ」の判断基準を示す。判断基準は損傷内容全ての項目で設けてあり、それぞれAからCに対応する判断基準を、Aを損傷が無い状態、Cを損傷が一番激しい状態として設定した。これらも、国土交通省が定める橋梁定期点検要領（案）を基本としている。

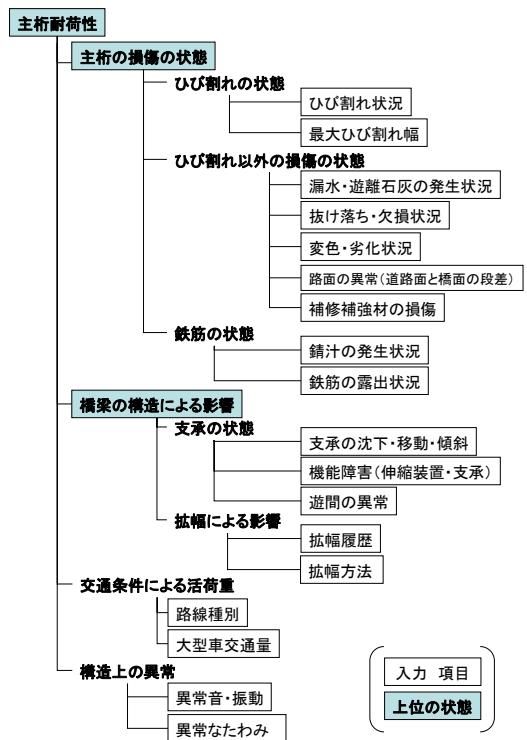


図-1 診断プロセス（主桁耐荷性）

3. 健全度診断システム

3.1 診断プロセス

システム内の診断は図-1に示すような、診断プロセスによって行なわれる。図中の右端にある部分が、診断システムに必要な点検項目であり、入力項目となる。入力項目は点検シートと同一であり、点検シートを用いて橋梁点検を行うと、診断に必要な入力収集ができる。

各項目のデータが入力されると、入力項目を数個まとめ、一つの状態の評価を行なう。例えば、図-1で、入力項目「錆汁の発生状況」と「鉄筋の露出状況」をまとめ、「鉄筋の状態」という状態を評価する。各状態は、0から100点の健全度と呼ぶ点数として評価される。このように設定した健全度を算出していき、最終的に部材全体の健全度とする。対象部材は主桁、床版であり、最終的に評価されるのは、主桁耐荷性、床版耐荷性、主桁耐久性、床版耐久性、また耐荷性を統一した橋梁耐荷性と、耐久性を統一した橋梁耐久性の六つである。なお、耐荷性と耐久性の診断プロセスは異なる形をしている。

表-3 「ひび割れの状態」での if-then ルール

| | ひび割れ状況 | 最大ひび割れ幅 |
|-------|-----------|---------|
| 1 (C) | かなり発生している | 非常に大きい |
| 2 (B) | 少し発生している | 大きい |
| 3 (A) | 発生していない | 発生していない |

| No | if-thenルール | |
|----|---------------|-------------|
| 1 | かなり発生している (1) | 非常に大きい (1) |
| 2 | かなり発生している (1) | 大きい (2) |
| 3 | かなり発生している (1) | 発生していない (3) |
| 4 | 少し発生している (2) | 非常に大きい (1) |
| 5 | 少し発生している (2) | 大きい (2) |
| 6 | 少し発生している (2) | 発生していない (3) |
| 7 | 発生していない (3) | 非常に大きい (1) |
| 8 | 発生していない (3) | 大きい (2) |
| 9 | 発生していない (3) | 発生していない (3) |

3.2 入力項目からの健全度評価方法

複数の入力項目から、一つの状態の健全度を算出する時、本診断システムは if-then ルールを用いている。

例として表-3に、「ひび割れの状態」で使用される if-then ルールを示す。「ひび割れの状態」は「ひび割れ状況」と「最大ひび割れ幅」の点検結果を用いて評価する状態である。表上が、診断システムに点検結果を入力する時の選択の

選択肢であり、これは点検シートの A から C に対応している。この選択肢を用いて if-then ルールを構成する。点検結果の健全度を求める為に、各ルールにはルールの健全度が設定してある。ルールの健全度は、昨年行なった橋梁点検の際の、専門技術者の評価に基づき設定した。このルールの健全度が、入力項目をまとめた状態の健全度となる。

3.3 上位の状態の健全度評価方法

入力項目をまとめた状態の健全度は0から100点の点数として評価される。上位の状態の健全度は、入力項目をまとめた状態の点数に対し、if-then ルールを用いて算出する。

ここでのルールの健全度は、その点数に応じて Safe, Moderate, Unsafe のように分類されている。まず、入力項目をまとめた状態（以下、先の状態）の適合度を、状態関数を用いて算出する。図-2 にその状態関数を示す。次にこの適合度を、上位の状態で設定してある if-then ルールに代入し掛け合わせ、その値のルール全体の割合をルールの適合度とする。表-4 に上位の状態の if-then ルールを示す。ここでもルールに対し、健全度が設定されている。最後にルールの適合度と、if-then ルールの健全度を掛け合わせ、この合計を上位の状態の健全度としている。

最終的な橋梁健全度、橋梁耐久性を求めるまでに、異なった先の状態を統一する為、上位の状態でも、それぞれ異なった if-then ルールを設定しておく必要がある。このようにして橋梁健全度、橋梁耐久性の健全度を算出する。

4. 調査対象橋梁

上述の点検シートを用いて、埼玉県下に架かる実橋梁 12 橋の点検調査を行なった。対象橋梁は RC 橋梁とし、目視点検で行なった。ここではその内、2 橋について述べる事にする。

A 橋は昭和 18 年竣工の RC の T 桁橋である。床版や主桁からは錆びた鉄筋が露出しており、コンクリートの欠落もみられた。また主桁の下面部には亀甲状のひび割れが数箇所確認できた。

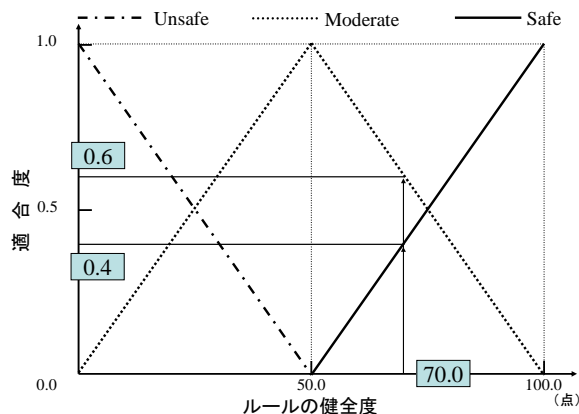


図-2 上位の状態での状態関数の例

表-4 上位の状態の if-then ルール

| No | if-thenルール | |
|----|------------|----------|
| 1 | Unsafe | Unsafe |
| 2 | Unsafe | Moderate |
| 3 | Unsafe | Safe |
| 4 | Moderate | Unsafe |
| 5 | Moderate | Moderate |
| 6 | Moderate | Safe |
| 7 | Safe | Unsafe |
| 8 | Safe | Moderate |
| 9 | Safe | Safe |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |



写真-1 張出し床版と主桁の状態 (A 橋)

A 橋の損傷状態を写真-1 に示す。

B 橋は昭和 8 年竣工の RC の T 桁橋である。写真-2 に B 橋の損傷状態を示す。主桁の橋台上部部分の損傷が激しく、コンクリート剥離と鉄筋露出、さらに鉄筋の腐食が確認できた。また、主桁スパン中央部でも至る箇所でもコンクリートが浮いており、錆びた鉄筋が露出している。

5. 橋梁点検, 健全度診断結果

5.1 点検シートによる点検結果

点検を行なったのは五人であり, 全員が同じ時刻に同じ橋梁の点検を行なった。

点検結果は, A 橋 B 橋共に損傷が激しく, 「ひび割れ」の項目においてはほぼ一致した点検結果を得る事ができた。しかし, 他点検項目では B と C の評価にばらつきがみられた。同様に今回, 12 橋の調査を行なっているが, 全体的に損傷がみられない橋梁では, ばらつきがみられる。これは損傷写真が無く, 文章のみの判断基準であった為であると思われる。個人の判断の違いが大きく, 現場で確認できる損傷の写真集の作成が必要であると考えられる。

5.2 診断システムによる健全度診断

点検結果を用いて, 開発した橋梁診断システムによる健全度診断を行なった。両橋梁の健全度を表-5, 表-6 に示す。A 橋では五人の健全度がほぼ同等の診断結果となった。よって, 30 点前後でほぼ同じ健全度となった事から, A 橋のこの健全度が現在の耐荷性, 耐久性の評価として適当であると考えられる。また, この点数はかなり低い点数と言え, この橋梁の補修が必要である, と判断した橋梁専門技術者の意見と一致した。

B 橋で主桁の評価では, 床版で健全度のばらつきが顕著である。これは, 点検時に張り出し床版を考慮したか否かであり, 考慮した場合, 健全度が低くなっていた。この事を点検シート及び診断システムでも考慮しなければ, 点検が正確に行なわれても, 健全度にばらつきが出てしまう事がわかった。

6. まとめ

新たに作成した点検方法と診断システムを用いて実橋梁の健全度診断を行なった結果, 以下の事が明らかとなった。

(1)点検シートを用いた点検方法は, 効率よく橋梁の状態を記録する事ができる。しかし, 点検結果のばらつきを少なくするためには, 視覚的



写真-2 主桁の鉄筋露出 (B 橋)

表-5 A 橋の健全度

| 点検者 | a | b | c | d | e | 平均値 |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 橋梁耐荷性 | 32.2 | 26.8 | 26.8 | 31.2 | 36.6 | 30.7 |
| 橋梁耐久性 | 25.5 | 18.6 | 17.1 | 22.4 | 33.1 | 23.3 |
| 主桁耐荷性 | 31.5 | 25.5 | 26.5 | 30.5 | 35.5 | 29.9 |
| 主桁耐久性 | 25.0 | 17.2 | 17.2 | 21.9 | 29.7 | 22.2 |
| 床版耐荷性 | 33.0 | 27.2 | 27.2 | 31.9 | 37.7 | 31.4 |
| 床版耐久性 | 26.0 | 20.0 | 17.0 | 23.0 | 36.5 | 24.5 |

表-6 B 橋の健全度

| 点検者 | a | b | c | d | e | 平均値 |
|-------|------|------|---|------|------|------|
| 橋梁耐荷性 | 42.5 | 45.7 | - | 32.8 | 50.1 | 42.8 |
| 橋梁耐久性 | 34.5 | 40.0 | - | 38.5 | 57.3 | 42.6 |
| 主桁耐荷性 | 42.5 | 45.5 | - | 33.5 | 49.5 | 42.8 |
| 主桁耐久性 | 42.5 | 40.0 | - | 22.0 | 44.6 | 37.3 |
| 床版耐荷性 | 32.5 | 46.0 | - | 32.0 | 50.6 | 40.3 |
| 床版耐久性 | 32.5 | 40.0 | - | 54.9 | 70.0 | 49.4 |

**Cは床版点検部に空欄があったため除外

な判断基準が必要である。

(2)診断システムによる健全度診断の結果, 健全度は専門技術者の意見と一致し, 橋梁の状態を表す事ができた。

(3)点検方法, 診断システム双方において, ばらつきが出てしまう為, 張り出し床版を考慮すべきか否かの検討を行う必要がある。