

実橋梁点検データを用いた PC 橋劣化診断エキスパートシステムの診断結果の検証

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○勝島 龍郎
山口大学大学院理工学研究科 学生会員 清水 一史
宇部興産コンサルタント株式会社 非会員 浅野 寛元
山口大学大学院理工学研究科 フェロー会員 宮本 文穂

1. 目的

本研究は「橋梁維持管理支援システム (J-BMS : Japan -Bridge Management System) ¹⁾」のサブシステムのひとつである「橋梁劣化診断エキスパートシステム」(RC /PC BREX : RC/PC Bridge Rating Expert system)による診断結果を検証したものである。BMS とは、橋梁に関わる全ての行為である計画、設計、施工、点検、劣化診断、補修、補強、架替えを、品質、経済性、安全性、機能性などの観点から、橋梁管理者が適切に実行するための支援システムである。本研究では、独自に、コンクリート (RC/PC) 橋を主対象とする J-BMS の開発を行ってきた。J-BMS は、「橋梁維持管理データベースシステム (J-BMS DB : J-BMS Database System)」, 「橋梁劣化診断エキスパートシステム」および「橋梁維持管理計画策定支援システム」の 3 つのサブシステムから構成されるほぼ完成の域に達したシステムである ²⁾。今後は、本システムを十分な数の実橋データに適用し、実用化に向けて更なる検証が必要となる。

ここでは、PC 橋を対象とした性能評価システムである (PC-BREX) について、実際に現地で橋梁の目視点検を行い、それによって得られた点検データを本システムに入力することにより、点検者による差異を明確にし、診断結果の検証を行った。

2. PC-BREX の概要

2.1 PC-BREX の構成と評価プロセス

PC-BREX の構成を図-1 に示す。図-1 に示すように J-BMS DB と PC-BREX の連結は、J-BMS DB からの点検データなどのダウンロードおよび PC-BREX による評価結果の CSV 出力と J-BMS DB へのアップロードを行うことで可能にしている。ダウンロードデータは「点検調書」、「入力用ファイル (brx ファイル)」などのデ

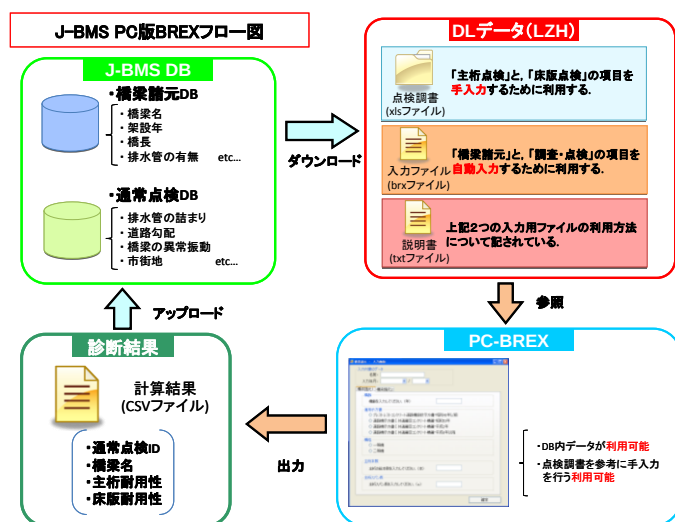


図-1 PC-BREX 構成図

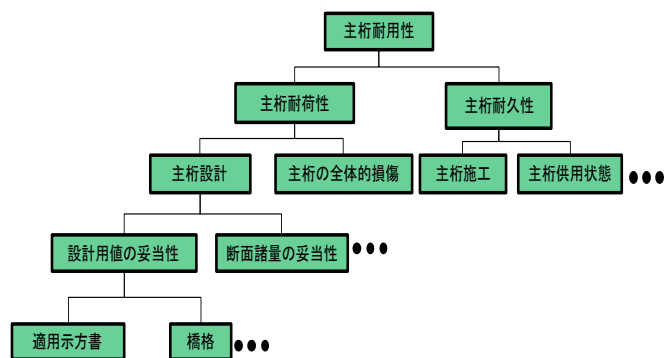


図-2 主桁耐用性の評価プロセスの一部

ータが圧縮されたファイルとなっており、PC-BREX ではこれらのデータを読み込み、損傷区分や損傷写真を確認しながら全てのデータの入力を確認した後、最終評価結果を出力するようになっている。

PC-BREX は主部材 (主桁および床版) の耐用性評価を行うシステムである。ここで耐用性とは、耐荷性と耐久性を総合して評価する部材の全体的性能のことである。PC-BREX による橋梁の主部材を評価する過程で用いられる評価プロセスは階層構造になっている。図-2 に主桁耐用性の評価プロセスの一部を示す。例えば、同図中の「主桁耐荷性」は「主桁設計」および「主桁

の全体的損傷」の点検データを組み合わせて評価するようになっている。

2.2 評価機能

評価機能では、主部材の各種性能評価を行う。PC-BREXの利用者は対象橋梁に関する諸元データや点検データなど必要なデータを入力することで性能評価結果を求めることができる。主桁の点検項目入力画面の一例を図-3に示す。PC-BREXは各部位のひび割れや遊離石灰などの状況により、評価結果を出力する。図-4に、PC-BREXによる主桁の評価結果画面の一例を示す。評価結果画面では、主部材の「耐荷性」、「耐久性」の他に、「設計」、「施工」、「全体的な損傷」など、「耐用性」を求めるために用いられた評価プロセスの点数（100点満点）を視覚的に表示することができる³⁾。

3. PC-BREX の検証

3.1 点検橋梁の選定

本検証では、学生 5 名に加え企業の方 4 名に協力を仰ぎ、計 9 名により目視点検を行った。今回点検対象橋梁としたのは、美祢市にある見晴橋である。この橋梁の選定理由を以下に示す。

- ① BREX が推奨している橋梁条件に比較的合致していること。表-1 に BREX が推奨している橋梁条件を示す。
- ② 桁下高が低いため目視点検を行いやすい。
- ③ 橋梁の下が歩道となっているため目視点検の経験のない学生でも安全に点検を行うことができる。

3.2 検証

9 名による見晴橋の評価結果を表-2、表-3 に示す。表-2 は BREX による主桁の評価結果、表-3 は BREX による床版の評価結果である。ここで表中の専門家とは、橋梁に関して十分な基礎知識、経験を有する土木技術者とする。これを見ると、主桁、床版ともに、「設計」や「供用状態」の項目の点数が低い値を示している。見晴橋は橋齢 42 年の橋で設計時の適用示方書が古く、現在の設計荷重に比べ小さい設計荷重で設計されている点が要因であると考えられる。全体の評価結果をみ

図-3 主桁項目の入力画面の一例

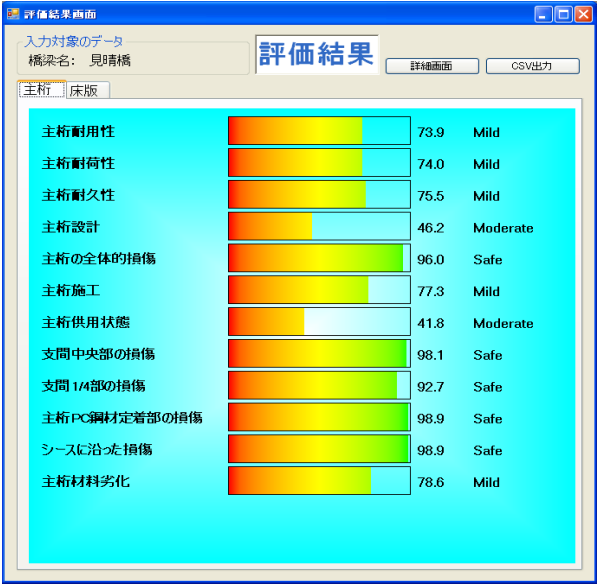


図-4 主桁項目の評価結果画面の一例

表-1 BREX が推奨している条件

構造形式	単純ポステンT桁 PC道路橋
スパン長	20～30 m
全幅員	10～15 m
交通量	10000 台/12h
主桁本数	8～10 本
橋齢	30～50 年
維持管理の有無	無対策

ると、BREX による耐久性、耐用性の評価結果からも 100 点満点中 70 点程度であり見晴橋は緊急に補修が必要な橋梁ではないことがわかる。その一方で、小さな損傷において各点検者の間で損傷の認識の違いや、BREX 評価結果の違いが見受けられた。本研究ではこの BREX 評価結果について様々な観点から検証を行った

表-2 BREX による主桁の評価結果の比較

判定項目 \ 点検者	学生A	学生B	学生C	学生D	学生E	学生F	専門家A	専門家B	専門家C	専門家D	専門家E
主桁耐用性	75.5	69.8	75.5	78.3	70.9	73.9	63.6	63.8	79.7	70.8	71.2
主桁耐荷性	71.1	73.1	71.1	72.8	73.7	74.0	73.2	73.4	73.6	73.9	73.8
主桁耐久性	80.0	72.8	80.0	81.1	73.2	75.5	65.2	65.3	81.6	72.8	73.3
主桁設計	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2
主桁の全体的損傷	85.0	90.2	85.0	89.1	93.4	95.8	91.0	91.7	93.0	95.3	94.5
主桁施工	99.0	74.5	99.0	99.0	74.5	77.3	52.8	52.8	98.3	73.8	74.5
主桁供用状態	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8
支間中央部の損傷	68.1	79.5	68.1	80.1	97.9	98.1	93.2	80.4	82.7	92.6	98.8
支間1/4部の損傷	98.8	90.8	98.8	98.9	95.7	92.7	81.9	98.9	98.9	93.3	96.6
主桁PC鋼材定着部の損傷	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9
シーに沿った損傷	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	82.0	82.6	98.9	98.9
主桁材料劣化	62.6	69.6	62.6	61.3	71.4	78.6	69.4	76.8	78.4	77.3	74.1

表-3 BREX による床版の評価結果の比較

判定項目 \ 点検者	学生A	学生B	学生C	学生D	学生E	学生F	専門家A	専門家B	専門家C	専門家D	専門家E
床版耐用性	74.6	64.7	74.6	77.4	78.0	82.7	64.1	71.1	57.3	79.1	67.0
床版耐荷性	70.0	69.5	70.0	71.8	72.1	71.8	66.6	70.7	58.0	68.4	72.2
床版耐久性	80.1	71.4	80.1	81.3	81.5	93.8	73.0	76.2	69.5	91.5	71.0
床版設計	51.1	47.0	51.1	51.1	51.1	53.4	48.6	52.2	26.7	53.4	51.1
床版の全体的損傷	82.8	82.4	82.8	85.8	86.5	85.5	79.0	83.7	80.7	80.6	86.7
床版施工	99.0	74.5	99.0	99.0	99.0	99.0	73.8	74.5	28.3	99.0	71.7
床版供用状態	58.0	58.0	58.0	58.0	57.7	82.5	70.1	70.2	82.5	82.5	58.0
中央部の損傷	82.1	77.5	82.1	94.3	92.5	85.0	72.3	93.2	75.5	74.3	92.0
間詰め部の損傷	70.8	64.8	70.8	82.7	80.5	73.5	37.2	81.2	60.9	48.0	80.0
間詰め部以外の損傷	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	94.2	98.9	98.9
床版張り出し部の損傷	98.9	98.9	98.9	85.3	98.9	98.9	98.9	79.7	95.6	98.9	98.9
横方向PC鋼材定着部の損傷	83.1	99.0	83.1	98.1	93.5	99.0	98.6	99.0	99.0	99.0	98.6
床版材料劣化	61.3	57.9	61.3	61.3	58.4	58.2	48.8	61.3	49.7	58.1	58.2
路面状態	78.4	78.4	78.4	78.4	77.8	78.4	78.1	78.4	78.4	78.3	78.4

が、次節以降ではその中でも、専門家同士の比較、繰り返し点検による比較について述べていく。

3.2.1 専門家同士の比較

表-2、表-3の専門家A，専門家B，専門家C，専門家Dの評価結果について見ていく。これらを比較すると主桁，床版ともに「施工」の部分に大きな差が生じている事がわかる。図-5に「主桁施工」の階層構造を示す。「床版施工」も同様の階層構造である。図-5からもわかるように施工の項目は「変色，劣化状況」「豆板の発生状況」の2つの項目から評価が行われており，この2つの項目の点数の違いが最終的な評価点数に大きく影響を与えていると推測できる。実際的主桁における「変色，劣化状況」の入力項目を図-6に，「豆板の発生状況」の入力項目を図-7に示す。床版についても同様の入力項目で構成されている。図-6を見ると，「豆板の発生状況」は具体的な数字を入れる項目であるので，多少の個数の入力の違いでは評価結果に影響を与えない。しかし，図-7を見ると，「変色，劣化状況」は

チェックボックスによる入力項目であるので，各点検者による小さな点検時の判断の違いが評価結果に大きな影響を与えてしまったと考えられる。

また，床版の「間詰め部の損傷」の項目にも差が生じていることがわかる。「間詰め部の損傷」を評価する実際の入力項目は間詰め部に関する損傷の個数や大きさなど，具体的な数値をいれるものになっている。しかし専門家同士であっても個数の入力に十数個以上の差が生じている項目もあった。その中で特に，個数の判断に差が生じやすいのは遊離石灰の損傷である。写真-1に遊離石灰の損傷写真の一部を示す。このような損傷を見て遊離石灰の個数を3と判断する人もいれば5と判断する人もいる。遊離石灰は他の損傷と比べ，どの部分を一つの塊として見るのか判断が難しいため，専門家であっても大きく差が生じてしまったと考えられる。

3.2.2 繰り返し点検による比較

本節では，同点検者が同橋梁について再度点検を行

った際の検証結果を述べる．ここでは学生 E と専門家 D の 2 名に初回点検時から 4 カ月ほどの期間をおいて 2 回目の点検を行った．学生 E, 専門家 D とともに初回と 2 回目の点検で主桁の項目に関しては大きな差は見られなかったが，床版の「供用状態」，「耐久性」の項目に共通して差が見られた．これは前節で述べた「施工」の項目と同様に，「床版供用状態」を評価する階層構造の下位層にチェックボックスによる入力項目があるためであると考えられる．その入力項目が図-8 に示す「大型車通行位置」である．図-8 からわかるように，この入力項目だと路面と主桁桁下を見て大型車の車輪がどの部材の上を通行するか想像して判断しなければならないので，同点検者でも初回と 2 回目で異なった箇所にチェックをつけてしまったと考えられる．また，「床版耐久性」に差が生じたのは，「床版耐久性」を評価する階層構造の下位層に「供用状態」の項目が存在するからである．

4. まとめ

本研究室で開発が進められ，ほぼ完成の域に達したと思われる PC-BREX を実用に供していくために，橋梁点検を行い得られた点検データを入力し診断結果の検証を行った．その成果を以下に示す．

- 1) 専門家であっても差が生じる項目があることが明らかになった．差が生じた項目のほとんどは，下位層がチェックボックスによる入力項目で構成されているものであった．この問題の解決策として橋梁の 3 次元 CG モデルを用いて損傷の共通認識を図ることや説明機能を充実させることが有効であると考えられる．
- 2) 同点検者による繰り返し点検では，主観を要する項目に関しては点検結果の小さな差が診断結果に大きな差を生じさせたものの，全体的な診断結果にはほとんど差が見られなかった．このことから，チェックボックスによる入力項目に関してはさらなる改善が必要なものの，その他の入力項目に関しては橋梁の性能評価を行う上で有効である．



写真-1 遊離石灰の損傷写真の一部

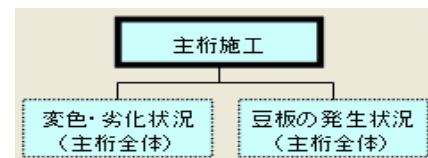


図-5 主桁施工の階層構造

主桁全体 豆板の発生状況

0.1m ² 以上の豆板の発生箇所数	
0.1m ² 未満の豆板の発生箇所数	

図-6 豆板の発生状況の入力項目

主桁全体 変色・劣化状況

- ☒ 主桁全体でコンクリートが変色している
- ☐ 局所的にコンクリートが変色している
- ☐ 変色が見られない

図-7 変色，劣化状況の入力項目

大型車通行位置

- ☒ 両輪が床版の中央を通行する
- ☐ 片輪が主桁の上を通行する
- ☐ 両輪が主桁の上を通行する

図-8 大型車通行位置の入力項目

参考文献

- 1) A.Miyamoto: Development of a Bridge Management System(J-BMS) in Japan, Proc. Of the 1st US-Japan Workshop on Life-Cycle Cost Analysis and Design of Civil Infrastructure Systems(ASCE),pp.179-221,Hawaii 2008.
- 2) 一木秋浩：プレストレストコンクリート橋のためのライフタイムマネジメントシステム（J-BMS PC 版）の開発，山口大学大学院修士論文，2011.2.
- 3) 株式会社オーデックス，山口大学知能情報システム工学科：橋梁劣化診断エキスパートシステム（BREX）の試行および検証—学習によるシステムの再構築とその効果—報告書，山口大学，2003.3