

BMS の構築と維持補修相談プログラムの開発

Development of BMS and Consulting System for Maintenance Rehabilitation

北見工業大学大学院	○学生会員	椎橋亜由美 (Ayumi Shiibashi)
(株) ドーコン	正会員	佐藤誠 (Makoto Sato)
北見工業大学	フェロー	大島俊之 (Toshiyuki Oshima)
北見工業大学	正会員	三上修一 (Syuichi Mikami)
北見工業大学大学院	学生会員	丹波郁恵 (Ikue Tamba)
開発土木研究所	正会員	池田憲二 (Kenji Ikeda)

1. はじめに

現在, 供用年数が数 10 年経つ橋梁が増加し続けており, 2030 年には我国の道路橋の約 50% が橋令 50 年以上になるといわれている. 将来の経済状態を考慮すると限られた予算を有効に活用し最適な維持管理計画を作成するための橋梁維持管理システム BMS (Bridge Management System) が必要であると考えられる¹⁾. しかし橋梁の維持管理の技術や研究開発に関しては多数なされているが健全度評価や維持管理に対しては明確な規定が設定されていないのが現状である. 現在アメリカでは維持, 補修, 改良工事などにおける予算の有効活用を目指した BMS として PONTIS が AASHTO 並びに Caltrans によりシステム開発されている^{2) 3)}. アメリカの橋梁点検システムでは点検手段, 点検調査票など日本とは異なっている部分が多い. 本研究では, 現在まで蓄積されたデータベースを基に橋梁の長期的かつ合理的な維持管理計画を立案できるシステム JAM (Japan Asset Management System) の構築を目的としている.

2. システムの概要

2.1 JAM の構築

使用 OS は MS-WINDOWS2000, 使用ソフトは Microsoft Access2000 を用いる. 現在本システムは大きく分けると次の 6 点からなる.

- ① 構造諸元, 点検データなどデータの入力
- ② 評価診断 (数量化理論, BHI)
- ③ 必要補修経費 (BHI)
- ④ 劣化予測
- ⑤ 補修の概算コストの算出
- ⑥ アセットマネジメント

本研究の目指すシステム JAM の全体の流れを図 1 に示す. 現在は北海道開発局の 1988 年から 2001 年までのデータについて点検結果, 評価診断, 必要補修経費まで解析できておりここまでのシステムを橋梁点検健全度プログラムと呼んでいる⁴⁾. 現在補修提案プログラムについて構築しているところである.

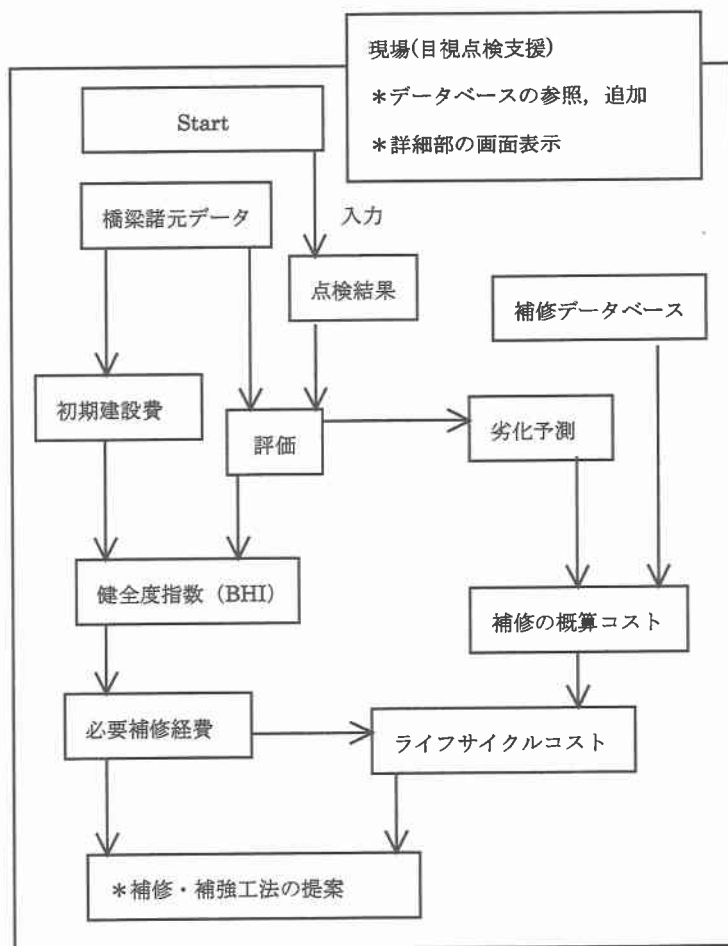


図-1 JAM の流れ

2.2 橋梁点検データの活用

橋梁点検は 1988 年の建設省土木研究所の「橋梁点検要領(案)」⁵⁾を基礎とした北海道開発局のデータベースを基に橋梁部材から総合的に健全度を評価する上で必要となる 14 項目 (上部構造は部材とその損傷内容から 7 項目, 下部構造は躯体と基礎の 2 項目, その他として支承, 高欄など 5 項目) 選定し損傷内容データとした. 点検対象部材, 部材別の点検すべき項目など数多くある項目から 14 項目を抽出することにより複雑な損傷内容データを簡略化し評価することができる. 損傷内容データはこれより各部材毎の損傷度を判定, 更にその橋梁全体に対する総合的な評価を OK, IV, III, II の 4 段階で判定している.

3. 評価方法

3.1 物理的評価

データ抽出を行った 14 項目部材は橋梁維持管理のエキスパートに対するアンケート調査により得られた重みと数量化理論を用いて総合評価を行い 4 段階に評価を区分すると共に損傷度のランク付けを行う^{5), 6), 7), 8)}。

3.2 資産評価

資産評価では橋梁の各部材の損傷度と橋梁の資産価値から総合的に健全度を評価する橋梁健全度指数評価、必要補修経費の算出を行っている^{9), 10)}。橋梁健全度指数 (Bridge Health Index, BHI) の定義は以下に示す通りである。

$$BHI = \frac{\text{現在資産(建設費)}}{\text{初期資産(建設費)}} \times 100$$

ここで、初期資産とは橋梁の全部材が健全な状態の橋梁全体としての資産価値、現在資産は今現在、すなわち供用開始後、劣化損傷により各部材の健全度が低下した状態の橋梁全体の資産価値であり表 1 に示す 9 つの主要部材に対して建設費の算出を行い橋梁建設費を基に表している。初期資産は架設年による物価変動を考慮して現時点に統一した単価を用いている。また、現在資産は径間各部材の初期資産及び橋梁点検データにおける径間各部材の最大損傷度を用いて求める。橋梁点検データから各部材の損傷度により表 2 に示す割合で各部材の資産価値が低下することとした¹⁰⁾。BHI は建設費が高価である部材は重みが大きく、各部材の損傷状況を経済的視点から評価するものと言える。結果は図 2 の健全度指数画面で確認できる。BHI の低い順にランキングされており各部材の初期資産、現在資産が容易に比較でき損傷度が推測できる。

ここで必要補修経費とは BHI を 100 にするために必要な補修経費のことで初期建設費と現在資産との差で表される。図 3 に示す結果表示画面は各径間の資産評価、初期資産と現在資産について 1 橋ごとにグラフ化したものである。数値で表していた資産をグラフ化することにより、より分かりやすいものになっている。棒グラフの差が大きいものほど現在資産が低下し必要補修経費が大きくなっているのが分かる。点検が複数回行われている橋梁は点検年毎のグラフを並べて表示することが可能なので前回の点検と比較して資産がどの程度低下したのか容易に把握することができ、維持管理の目安となる。

4. 補修工法

補修工法提案プログラムでは、各径間の損傷内容から損傷部材の代表的な補修工法 (補修案) を選定し補修費を算出する。本プログラムでは橋梁の点検データを用いて健全度評価を行い、これを利用して管理事務所などが管理する橋梁の補修計画の提案をするものである。優先順位は重要路線度順、ユーザーコストや B/C 順など様々な考えられるが本 BMS では BHI の低い径間順としている。BHI が低いということは、現在資産が初期建設費より大きく低下しているということであり各部材の損傷度が大

表-1 部材項目

上部	(1) 主桁
	(2) 床版
	(3) 支承
	(4) 高欄
	(5) 地覆
	(6) 舗装
	(7) 伸縮装置
下部	(8) 躯体 (橋台・橋脚)
	(9) 基礎

表-2 資産価値の低下率

部材損傷度	損傷係数
II	0.75
III	0.50
IV	0.25
OK	0

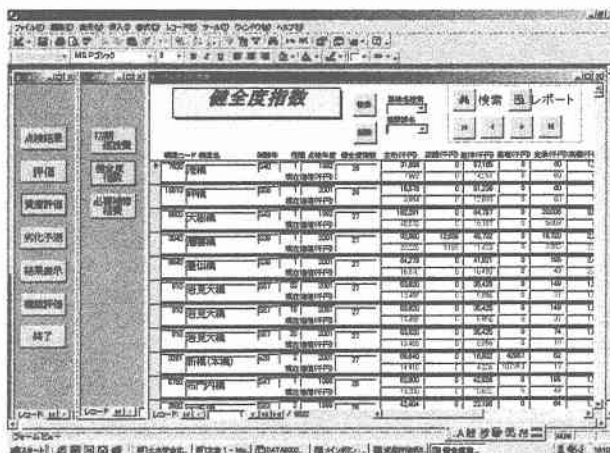


図-2 健全度指数画面

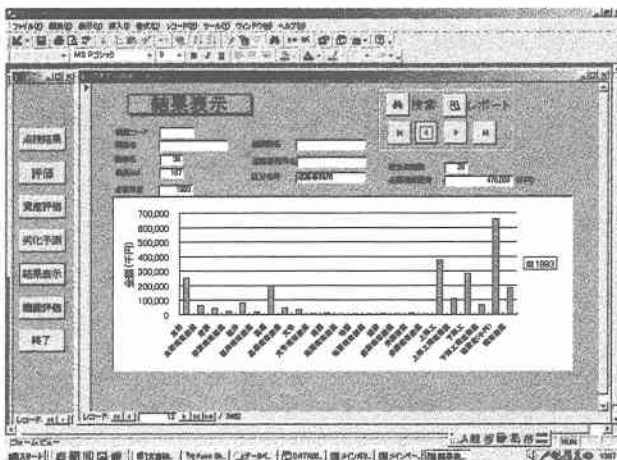


図-3 結果表示画面

きいということになる。補修、補強の選定方法は各管理機関により様々な基準があり、統一された明確な基準があるわけではない。補修工法を選定する基準は各管理機関によって独自のものがあるが本プログラムでは建設省などの資料を参考に補修工法を選定する。例として本プログラムの主桁 (コンクリート、鋼) と床版 (コンクリート、鋼) の損傷状態と補修工法を表 3 から表 6 のようにあげる。実際に工法を選択する段階になると単に損傷の大きさや状態だけでなく交通条件や構造条件、施工条件など多様な観点から判断する必要があるため、与えられた条件からだけでは工法選定を一律に基準化すること

表-3 コンクリート主桁の補修工法

損傷名	R	補修工法	単価
ひびわれ	Ⅲ	樹脂モルタル注入工法	120.0
豆板・空洞	Ⅲ	またはパテ工法	(千円/m ²)
遊離石灰	Ⅲ		
変色劣化	Ⅲ		
ひびわれ	Ⅱ	鋼板接着工法	110.0
豆板・空洞	Ⅱ	(炭素繊維接着工法)	(千円/m ²)
遊離石灰	Ⅱ		
変色劣化	Ⅱ		
剥離・鉄筋露出	Ⅲ	樹脂モルタル注入工法	10.0
			(千円/m ²)
剥離・鉄筋露出	Ⅱ	鋼板接着工法	110.0
欠損	Ⅱ	(炭素繊維接着工法)	(千円/m ²)
漏水・滞水	Ⅱ	伸縮装置取替	580.0
			(千円/m)
異常振動	Ⅱ	断面補強・	150.0
異常たわみ	Ⅱ	アウトケーブル設置	(千円/m ²)
		架け替え	300.0
			(千円/m ²)
鋼板接着部の損傷	Ⅲ	鋼板接着工法	55.0
			(千円/m ²)
鋼板接着部の損傷	Ⅱ	鋼板接着工法	110.0
			(千円/m ²)

はできない。そこで最終的には架橋環境や予算などをユーザーに選択してもらうようにし、条件に合った補修工法を選定できるようにすべきだと考えられる。例として実際の補修提案画面を図4に示す。補修提案画面では橋梁の諸元、BHIなどの資産、各部材の損傷の内容、補修の提案と見ることができ、資産と損傷状況を比較しながら補修の計画を立てることができる。また、複数回点検を行った橋梁については古い点検年度のデータは補修提案をせず点検履歴として用い、新しい点検年度のデータのみを補修提案の対象としている。極めて健全な橋梁、径間については補修対象から除外している。道路管理者の判断により優先的に補修すべきと判断される橋梁については直接補修の検討を行う。

5. 今後の課題

現在の点検データからだけでは塩害、凍害など劣化要因の判定、劣化の進行過程の判断が困難であり劣化要因に応じた補修工法の選定が難しいためより詳細な点検データベースが必要となる。さらに補修の効果、目標レベルといった観点からも補修工法をさらに詳しく選定できるシステムに改良したほうが良いと考える。点検の結果は次年度以降の補修・補強計画の基礎資料となるが補修・補強の長期計画のために構造物の損傷状況の経年変化を把握する必要がある。北海道開発局では1988年の点検結果から橋梁点検データベースを構築し点検結果の管理体制を整えている。1999年からは新たに「道路橋の点検及び補修・補強設計施工要領(案)」を作成し、橋梁点

表-4 鋼主桁の補修工法

損傷名	R	補修工法	単価
塗装劣化	Ⅲ	再塗装	5.0
腐食	Ⅲ		(千円/m ²)
腐食	Ⅱ	部材断面増加・	8.0
		再塗装	(千円/m ²)
亀裂	Ⅱ	ガウジング・断面補強	100.0
破断	Ⅱ	桁の増設	130.0
			(千円/m ²)
ゆるみ	Ⅳ	締め直し	5.0
脱落	Ⅲ	HTB 補充	(千円/m ²)
ゆるみ	Ⅱ	HTB 補充	10.0
脱落	Ⅱ	HTB 交換	(千円/m ²)
変形	Ⅱ	主桁剛性の増設	180.0
異常音	Ⅱ	架け替え	(千円/m ²)
異常振動	Ⅱ		300.0
異常たわみ	Ⅱ		(千円/m ²)

検結果を「橋梁カルテ」として保管するように定めている。この「橋梁カルテ」は維持管理に関する情報が現在のデータベースよりも詳細なため本BMSで活用することによりさらに総合的な維持管理の支援が行えると考える。

補修工法の選定について今後は一般化された工法から新しい工法までをできるだけ選択肢の中に取り入れ期待する補修、補強工法を選べるようにすべきだと考えており、選定方法に最適化手法を用いて検討する必要があると考える。

6. まとめ

本BMSは橋梁の点検結果から総合評価、資産評価など様々な角度から橋梁を診断することができるシステムである。1橋ごとの橋梁データにより諸元や環境要因も知ることができる。すべての結果画面はランク付けを行い表示しているので北海道全体のランキンリストのほかに着目橋梁の全体の順位や建設部ごと、管理事務所ごとの順位が閲覧可能である。それらは画面上で確認でき印刷可能で必要情報が一覧表、単票形式となっているため橋梁維持管理責任者などが欲しい情報をすぐ確認、入手でき維持管理、補修、補強の計画を立てる上での支援が可能となる。またこれら一連の作業はすべてGUI上で行うことにより簡素化している。今後、劣化予測をシステムに取り入れることにより計画性のある保全目的の事業提案ができ、より総合的な橋梁の維持管理支援が可能となる。また経済分析を考慮すれば、より計画性があり低コストでの長期保全計画の提案ができると考えられる。

謝辞

本研究では安江哲氏((株)ドーコン)に研究に対する御理解とご協力を頂きました。記して感謝の意を表します。また、本研究は平成14年度文部科学省科学研究費(代表大島俊之)の補助、および(財)北海道科学技術総合振興センターとの共同研究「情報システムを応用した構造物の診断技術開発」により行われました。ここに感謝申し上げます。

表-5 コンクリート床版の補修工法

損傷名	R	補修工法	単価
床版ひびわれ	Ⅲ	鋼板接着工法	110.0
豆板・空洞	Ⅲ		(千円/㎡)
遊離石灰	Ⅲ		
変色劣化	Ⅲ		
床版ひびわれ	Ⅱ	増し厚工法	110.0
豆板・空洞	Ⅱ		(千円/㎡)
遊離石灰	Ⅱ		
剥離・鉄筋露出	Ⅲ	鋼板接着工法	110.0
			(千円/㎡)
剥離・鉄筋露出	Ⅱ	アンダーデッキ工法	190.0
抜け落ち	Ⅱ	プレキャスト	200.0
		床版打ち替え	450.0
		鋼床版打ち替え	(千円/㎡)
漏水・滞水	Ⅱ	塗装打換	10.0
			(千円/㎡)
鋼板接着部の損傷	Ⅲ	鋼板接着工法	110.0
			(千円/㎡)
鋼板接着部の損傷	Ⅱ	鋼板接着工法	110.0
			(千円/㎡)

〔参考文献〕

- 1) 宮本文穂, 串田守可, 中村秀明, 小野正樹: Bridge Management System(BMS)における維持管理対策選定システムの開発, 土木学会論文集 No. 658/VI-48, 121-139, 2000. 9.
- 2) AASHTO : AASHTO Guide for Commonly Recognized (Co Re) Structural Element, 1997.12.
- 3) Caltrans : Element Level Inspection Manual, Office of Structures Maintenance and Investigations, 1998.6.
- 4) 椎橋亜由美, 佐藤誠, 大島俊之, 三上修一, 池田憲二, 丹波郁恵: 橋梁マネジメントシステムの開発, 土木学会第57回年次学術講演会, I-242, pp483-484, 2002. 9.
- 5) 建設省土木研究所: 橋梁点検要領 (案), 土木研究所資料, 第 2651号, 1988.
- 6) 森弘, 大島俊之, 三上修一, 天野政一, 井上実: コンピュータ・グラフィクスと数量化理論を応用した橋梁の維持点検評価法, 土木学会論文集 No. 501/I-29, pp113-121, 1994. 10.
- 7) 平成晴, 大島俊之, 三上修一, 本間美樹治, 村上昭治, 水元尚也: 橋梁の健全度評価システムの開発, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 54号, pp276-279, 1998. 2.
- 8) 平成晴, 本間美樹治, 村上昭治, 三上修一, 大島俊之, 丹波郁恵: 橋梁点検評価システムとその改良, 土木学会第53回年次学術講演会, I -A, pp530-531, 1998. 9.
- 9) 丹波郁恵, 次村英毅, 池田憲二, 安江哲, 三上修一: 橋梁維持管理のための橋梁健全度指数の検討, 土木学会第56回年次学術講演会, CS, pp298-299, 2001. 10.
- 10) 大島俊之, 三上修一, 丹波郁恵, 佐々木聡, 池田憲二: 橋梁各部材の資産評価と橋梁健全度指数の解析, 土木学会論文集 No. 703/I-59, 53-65, 2002. 4.
- 11) 東北地方建設局: 道路橋樑調査資料 2000. 4.

表-6 鋼床版の補修工法

損傷名	R	補修工法	単価
塗装劣化	Ⅲ	再塗装（廃水化）	4.0
腐食	Ⅲ		(千円/㎡)
腐食	Ⅱ	部材断面増加・再塗装	8.0
			(千円/㎡)
亀裂	Ⅱ	ガウジング・断面補強	100.0
破断	Ⅱ	桁の増設	130.0
			(千円/㎡)
ゆるみ	Ⅳ	締め直し	5.0
脱落	Ⅲ	HTB 補充	(千円/㎡)
ゆるみ	Ⅱ	HTB 補充	10.0
脱落	Ⅱ	HTB 交換	(千円/㎡)
変形	Ⅱ	断面増加・部材交換	300.0
			(千円/㎡)

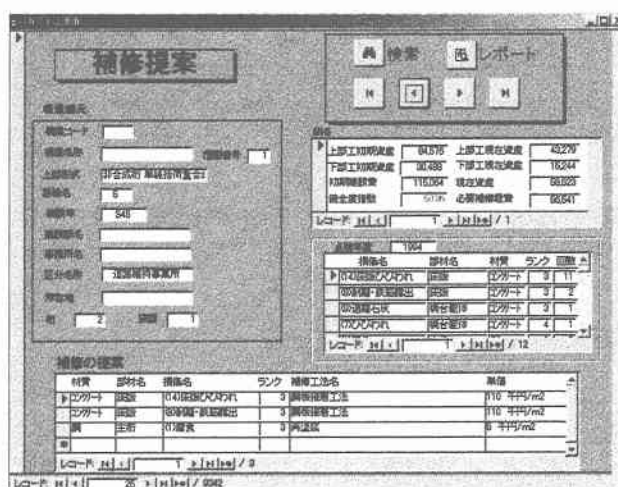


图-4 補修提案画面

- 12) 小松秀樹：コンクリート橋の補修・補強の概要、橋梁と基礎, 94-8, 71-74
- 13) 佐藤栄作：鋼橋の補修・補強の概要、橋梁と基礎, 94-8, 11-16
- 14) 日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術‘02[基礎編] 2002.
- 15) 土木学会：コンクリート構造物の維持管理指針(案), コンクリートライブラリー81, 1995. 10.
- 16) 宮本文穂, 河村圭, 中村秀明：Bridge Management System(BMS)を利用した既存橋梁の最適維持管理計画の策定, 土木学会論文集, No. 588/ VI-38, pp191-208, 1998. 3.
- 17) 宮本文穂, 串田守可, 足立幸郎, 松本正人：Bridge Management System(BMS)の開発, 土木学会論文集, No. 560/VI-34, pp91-106, 1997. 3.