

北海道における Bridge Management System の現状と課題

株式会社ドーコン〇佐藤 誠*1

北見工業大学 大島俊之*3

北見工業大学 三上修一*3

株式会社ドーコン 丹波郁恵*4

我国では高度経済成長期以降、道路、河川、港湾施設等を始めとする社会資本の急速的な整備が進められ、利用者に対して利便性を備えた快適な生活環境を提供してきた。しかしながら、社会資本整備を取り巻く環境は、高度経済成長期から低成長期への移行に伴い大きく変化し、また、今後の高齢化または少子化等の社会情勢を考慮すると、将来の社会資本投資余力は減少の一途をたどると思われる。また、高度成長期に建設された施設は2010年代には老朽化が顕著になり補修を必要とする橋梁が増大する一方で、補修費用の不足、対応の遅れによる交通への影響などが予想され、今後の社会情勢に対応した効率性の高い戦略的な維持管理手法の確立が急務である。本稿では、北海道における橋梁を例とした維持管理の現状を把握し、その課題を整理するとともに、マネジメントシステムの先駆けとして構築を進めている Bridge Management System の概要およびそれに関わる検討について報告するものである。

【キーワード】 Bridge Management System(BMS)、健全度評価、補修計画

1. はじめに

1950年代後半から1970年代前半に渡って急速に社会資本整備が進められた我が国では、近い将来、膨大な量の社会資本が更新時期を迎える。しかし、老朽化した社会資本施設の補修や更新は予算制約により制限されることが予想される。このような状況下の維持管理には効率性、合理性が要求される。本研究では、社会資本施設のマネジメントシステム確立を目指し、その先駆けとして橋梁マネジメントシステム Bridge Management System (以下BMSと記す)の構築を進めてきた。本稿では、北海道における橋梁の維持管理の取組み状況ならびにBMSの現状と課題について報告するものである。

2. 北海道の橋梁維持管理の現状

国土交通省北海道開発局はおよそ3,500橋の国道橋梁を直轄管理している。これらの橋梁について供

用年別の橋梁数を図-1に示す。多くの論文や資料等でも指摘があるように、北海道においても同様、1960-1970年代にかけて建設ピークがあり、2010年代に更新ピークを向かえることが予想される。

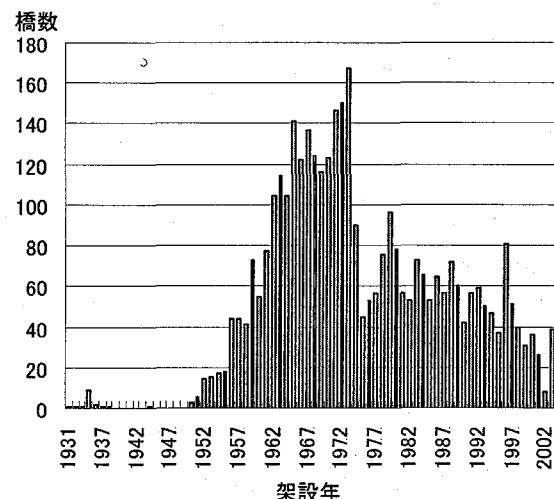


図-1 北海道における国道橋梁の現状

*1 構造部 011-801-1540

*2 工学部 土木開発工学科 0157-26-9476

*3 技術情報部 011-801-1590

表-1 健全度評価のための部材項目

上部工	主桁 主桁 1 (腐食/剥離) 主桁 2 (亀裂/ひびわれ) 主桁 3 (その他) 2 次部材
	床版 床版 1 (剥離・鉄筋露出) 床版 2 (床版ひびわれ) 床版 3 (その他)
下部工	軀 体
	基 礎
その他	支 承
	高 欄
	地 覆
	舗 装
	伸縮装置

表-2 総合評価 (BIE)

OK : 現状維持
Ⅳ : 軽い補修を要する
Ⅲ : 大掛かりな補修を要する
Ⅱ : 補修より架替えをすすめる

表-3 BIE の結果

健全度評価	橋梁数 (%)
Ⅱ	98 (3.8)
Ⅲ	1018 (30.3)
Ⅳ	781 (39.5)
OK	681 (26.4)

た、北海道開発局は要領(案)に基づいて毎年約 300 橋の橋梁点検を行っており、これらのデータをベースとして、現段階では、新設および比較的新しい橋梁等を除いたおよそ2500橋の点検が終了し、これらのデータが本BMS内に入力完備されている。

(2) 健全度評価

本研究における橋梁の健全度評価は、上記の点検データを基に個々の橋梁全体としての健全度を総合的に評価するものである。著者らは、この手法に関して2つの評価法を提案している^{2), 3)}。1つの評価法は、各部材の重み係数を橋梁全体の健全性に対する重要度から決定するもの (Bridge Integrity Evaluation; 以下 BIE と記す) で、2つ目は各部材の建設費を各部材の重み係数とするもの (Bridge Health Index; 以下 BHI と記す) である。ここで、点検データは、5段階の損傷度 (OK~Ⅰ) で評価されており、表-1 に示すよう橋梁の主要部材のデータを抽出し評価することとする。

BIE は、エキスパートにアンケート調査を依頼し、その結果を数量化理論により解析することで各部材の重み係数を決定する。各橋梁の点検データおよび重み係数に基づいて、橋梁全体の健全度が評価でき、総合評価 (表-2) で表される。

一方、BHI は点検データから得られる5段階の損傷ランクと各部材の単価を用いて評価する。BHI は橋梁の各部材の損傷度 (損傷の程度及び規模) という様な物理的状況と各部材の資産価値といった経済的状況を相関して総合的に健全度を評価できる指標である。BHI の定義は以下に示す通りである。

$$BHI = \frac{\text{現有資産 (建設費)}}{\text{初期資産 (建設費)}} \times 100 \quad (1)$$

ここで、初期資産とは橋梁の建設当初、すなわち全部材が健全な状態の橋梁全体としての資産価値、現有資産は供用開始後、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、これらについて橋梁建設費を基に表す。

また、これらの橋梁は、昭和 63 年に旧建設省土木研究所が作成した橋梁点検要領 (案)¹⁾ (以下、要領 (案)) に基づき、公表当時から本格的な橋梁点検が行なわれており、これらの点検データはデータベースとして集積されている。しかしながら、これまで橋梁の維持管理体制は、これらの点検データを基にして劣化損傷の激しい橋から順に補修等が実施される対症療法的なもので、今後の厳しい社会情勢を見据えたデータ活用法とは言い難い。したがって、これらの点検データを活用して長期的視点に立った最適な維持管理計画に基づく維持管理体制へ換えていくとともに、政策立案を支援するツールとしての BMS 構築が急務である。

3. マネジメントシステムの機能

現在、北海道開発土木研究所、北見工業大学の共同研究で BMS の構築を進めている。このマネジメントシステム以下の4つの機能で構成されている。

- 橋梁諸元および点検データ
- 健全度評価
- 劣化予測
- 事業シミュレーション

また、このシステムの一部が実際の維持管理政策の立案に活用されている。

(1) 橋梁諸元および点検データ

本システムにおける橋梁諸元データは、全国的に整備がおこなわれている道路管理データベースシステムであるMICHIシステムから移植されている。ま

表-4 健全度評価例 (BHI)

損傷度	OK	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	小計	全数量	部材単価	建設費	現有資産
Wf	1	0.75	0.5	0.25	0	A	B	C	B×C	A×C
床版	50.0	12.5	18.8	18.7	0.0	73.4	330	50	16,500	12,115
主桁	0.0	25.0	56.2	18.8	0.0	51.5	60	500	30,000	15,461
舗装	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	62.5	300	4	1,200	750
伸縮装置	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	37.5	250	50	1,000	375
支承	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	62.5	8	1000	8,000	5,000
橋脚	-	-	-	-	-	0.0	0	60	0	0
橋台	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	62.5	700	60	42,000	26,250
高欄	0.0	80.0	20.0	0.0	0.0	70.0	60	30	1,800	1,260
合計									100,700	61,411

$$\text{健全度評価 (BHI)} = \frac{100,700}{61,411} \times 100 = 61.0$$

(3) 劣化予測

橋梁部材の劣化に影響を及ぼす要因は種々考えられ、劣化の進行はそれぞれの橋梁の周辺環境、初期施工状況、部材形式等のより異なり極めて複雑である。しかしながら、劣化予測は橋梁全体としての余寿命を推測するとともに、戦略的な維持管理における補修計画をサポートするものである。そこで、本研究においては、第1段階の予測手法としてマルコフの遷移確率理論を用いて予測する手法を提案する。さらに、この予測手法を補うものとして、各部材の劣化要因に着目した劣化予測手法について検討するとともに、実橋梁の点検データを基にして予測の妥当性を検証し、精度向上を図る。

(4) 事業シミュレーション

事業シミュレーション機能としては、たとえば限られた予算条件の下で、ある路線の健全度を平準化するという目的を与えた場合、どの橋梁にいくらの予算を配分して補修すべきか、という最適解をシステムが導き出すという機能が考えられる。管理者はシステムが算出した解に実情に即した補正を加えながら、事業シミュレーションを繰り返すことによって、適切な橋梁維持管理計画の策定が可能になる。

事業シミュレーション機能の確立に向けた検討として補修の必要度を決定する手法について検討を行っている。既存の橋梁において、補修・補強の優先順位が明確に規定されているわけではない。しかしながら、近年は、路線や地域の重要性を考慮する必要や、事業の計画・実施時には定量的な判断基準の下で、アカウンタビリティの必要が迫られている。

そこで社会的に重要な橋梁をいかに優先的に補修・補強の対象とするかを決定するための一手法として補修必要度レベル Maintenance Necessity Level (以下 MNL と記す) を提案する。MNL は次式で表される。

$$MNL = (1 + \alpha)(1 + \beta) \left\{ \frac{Sto - St}{Sto} + a \frac{Fto - Ft}{Fto} \right\} \quad (2)$$

α : 路線の重要度

β : 橋梁の重要度

St : 物理的健全度診断評価 (BIE) ²⁾ または
橋梁健全度指数 (BHI) ³⁾

Ft : 橋梁の機能性評価

a : 補正係数

上式により算出された MNL の数値が高い橋梁から補修・補強の対象とするものである。なお、橋梁の機能性評価 Ft は検討中であるため、現段階では Ft を除いて解析している。

4. 結果

結果例として、北海道における国道橋梁に対して、健全度評価および補修必要度レベルの結果を示す。なお、ここで対象とした橋梁は 2587 橋 (うち鋼橋 1578 橋、コンクリート橋 973 橋) である。

(1) 健全度評価

BIE の評価結果を表-3 に示す。これは表-2 の総合評価ごとの橋梁数を示しており、この結果から北海道の全体的な橋梁維持管理状況を把握することができる。また、表-4 には BHI による評価例を示す。各部材単価および損傷度を用いて BHI として指数を算出する。

表-5 補修必要度レベルの評価結果例

路線名	橋梁名称	点検年度	路線の重要度 α	橋梁の重要度 β	物理的健全度診断 BIE	橋梁健全度指数 BHI	Ln(BIE)	Ln(BHI)
国道a号	A橋	2001	0.80	4.56	II	28.4	7.51	7.16
国道a号	B橋	1994	0.80	4.56	III	27.3	5.00	7.28
国道b号	C橋	1994	0.49	1.31	II	31.5	2.58	2.36
国道c号	D橋	1995	0.65	2.11	III	59.2	2.57	2.09
国道c号	E橋	1998	0.65	2.11	III	75.9	2.57	1.24
国道a号	F橋	1995	0.80	1.55	III	27.1	2.30	3.35
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
国道a号	U橋	1996	0.80	1.20	IV	84.7	0.99	0.61
国道d号	V橋	1995	0.27	0.26	III	51.6	0.80	0.78
国道b号	W橋	2001	0.65	0.17	IV	96.1	0.48	0.08
国道e号	X橋	1996	0.36	0.12	IV	82.7	0.38	0.26
国道a号	Y橋	1999	0.80	4.56	OK	100.0	0.00	0.00
国道e号	Z橋	2000	0.33	0.17	OK	100.0	0.00	0.00

(2) 補修必要度レベル (MNL)

MNL は上記の式 (2) に示すように、路線重要度および橋梁重要度についての係数および健全度評価結果から Ln が算出される。評価結果の一例を表-5 に示す。

5. 結論および課題

本稿では、北海道における橋梁維持管理の現状と現在構築を進めている BMS の概要について報告した。ここで報告した内容は研究段階であり、精度上では問題が残されているものの、BMS 構築が急務であると考えている。実際の維持管理の現場において、BMS をどのように活用していくか、また実用化に向けた場合の問題点等、システム試行を実施して利用

者の立場からの見解と整合を図るとともに、モデル橋梁との比較を実施しながら精度向上および点検手法の改善等についても検討する予定である。

【参考文献】

- 1) 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。
- 2) 大島俊之，三上修一，丹波郁恵，池田憲二：橋梁各部材の資産的評価と橋梁健全度指数の解析，土木学会論文集 No.703/I-59, pp. 53-65, 2002.4.
- 3) 大島俊之，三上修一，山崎智之，丹波郁恵：橋梁健全度評価に用いる評価方法の検討と影響要因の解析，土木学会論文集, No.675/I-55, 201-217, 2001.4.

Development of Bridge Management System in Hokkaido

Makoto SATO, Toshiyuki OSHIMA, Shuichi MIKAMI, Ikue TAMBA

About 3,500 national highway bridges are located in Hokkaido, Japan. The Hokkaido Regional Development Bureau started bridge inspection for the maintenance from 15 years ago, and each bridge is inspected at once every ten years. Currently, there are about 2,500 bridges in bridge inspection database. On the other hand, the bridge maintenance costs (inspection or repair cost, and so on) for the bridges will increase rapidly. Therefore bridge managers required to utilize limited budget effectively and to plan cost-effective long-term strategies. In this paper about 2,500 bridges in Hokkaido, Japan, are analyzed by applying two quantitative integrity diagnostic methods, which are Bridge Integrity Evaluation (BIE) and Bridge Health Index (BHI). The BIE is technique determines the integrity of bridge according to the overall judgment of engineers based upon inspection database, and the BHI is a bridge condition assessment based on the economic worth and physical condition. Also, this paper is proposed the Maintenance Necessity Level (MNL) as one of the determination method. The MNL is evaluated synthetically in consideration of the two bridge evaluations and the social value of bridges and the traffic volume of the route. It expects that it is effectively utilizable by including these results in Bridge Management System.