橋梁機能性評価を考慮した補修必要度レベルの検討

北見工業大学　正会員　○三上修一　北見工業大学　フェロー　大島俊之
(財)北海道道路管理技術センター　正会員　竹田俊明　北見工業大学　正会員　山崎智之
岩田地崎建設㈱　正会員　髙木善之　㈱ズコーシャ　正会員　高田直之

1. はじめに

道路橋は国民の重要なライフラインとして欠かせないものとなっているため，その安全性，使用性は常に確保されなければならない．現在架設されている橋梁の多くは日射や風雨などの気象作用や交通荷重を主とする各種の荷重作用を受けることにより，老朽化や機能低下が始まり定期的な補修工事が必要である．また，近年では通行車両の大型化や大地震の発生などを考慮した示方書の改訂が行われており，架設当初は考慮されていない供用条件下で使用されている場合が多いのが現状である．これらの要求機能に合わせた橋梁の補強工事も急務となっている．そこで，将来の経済状態を考慮すると，限りある予算の中で最適な維持管理業務を遂行するために橋梁維持管理システム BMS(Bridge Management System)の開発が必要であると考えられる．

以上の背景から，本研究では，橋梁の機能性を評価するとともに，それを用いて社会的価値などを考慮した補修の必要度の決定手法の確立を目的としている．

2. 補修必要度レベル

補修・補強の必要度を決定するにあたって，路線の重要度 α，走行費用係数 β，橋梁の重要度係数 γ，物理的健全度指数 St，橋梁機能性評価指数 Ft を決定因子とした補修必要度レベル Ln を検討する[1)]．補修必要度レベル Ln の算出式を式(1)に示す．

$$Ln = (1+\alpha)(1+\beta)(1+\gamma)\left(\frac{St_0 - St}{St_0} + \mathrm{a}\frac{Ft_0 - Ft}{Ft_0}\right) \quad (1)$$

α：路線の重要度　　β：走行費用係数

γ：橋梁の重要度係数　　St：物理的健全度指数

Ft：橋梁機能性評価指数　a：補正係数　St_0，Ft_0=100

3. 橋梁機能性評価

3.1 概要

橋梁機能性評価の階層図を表-1 に示す．レベル 2 階層に「耐久性」「耐震性」「使用性」「維持管理性」「環境適合性」の 5 項目を設けた．重み係数は経験技術者

表-1　橋梁機能性評価階層図

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	重み係数
橋梁機能性評価	耐久性	部材の劣化	主桁	5.7
			床版	4.9
			伸縮装置	1.6
			支承	1.6
			基礎	3.1
			躯体	3.6
		耐荷基準の改訂		9.5
	耐震性	部材の耐震性	上部構造	4.4
			基礎	1.6
			支承	3.2
			躯体	3.5
		落橋防止システム		12.3
	使用性	使用快適性	走行快適性	2.2
			歩行快適性	0.7
		使用安全性	走行安全性	9.2
			歩行安全性	3.1
			第三者安全性	4.8
	維持管理性	点検の容易性		10.1
		モニタリングなどの計測の容易性		4.9
	環境適合性	騒音		4.5
		振動		4.5
		美観		1.0

表-2　評価項目

項目名		評価項目	項目名	評価項目
耐久性		主桁の損傷ランク	使用性	路面の損傷の有無
		床版の損傷ランク		伸縮装置の変形、欠損の有無
		伸縮装置の損傷ランク		照明灯の有無
		支承の損傷ランク		歩道橋または歩道
		基礎の損傷ランク		高欄、防護柵の損傷
		躯体の損傷ランク		橋梁前後の道路との幅員差
		設計荷重		地覆の損傷の有無
		補強の有無		床版下面の剥離
耐震性	上部	損傷ランク	維持管理性	点検が容易な高さの橋梁
		適用示方書		点検路の有無
		補修・補強		橋梁下の障害
	支承	損傷ランク		電源の確保
		適用示方書		携帯電話，PHSの電波
		補修・補強		管理小屋の設置場所の有無
	基礎	損傷ランク	環境適合性	段差・ポットホールの有無
		適用示方書		伸縮装置の損傷の有無
		補修・補強		支承部の損傷
	躯体	損傷ランク		遮音壁の有無
		適用示方書		異常音
		補修・補強		橋梁の周辺に住宅がある
	けたかかり長(SE)を満たしているか			落書きや鳥の糞などの汚れ
	落橋防止装置の有無			塗装劣化，変色劣化

9 名にアンケート調査を行い，AHP によって算出した．表-1 の右端に示す．橋梁機能性評価指数の算出方法は，表-2 に示した評価項目に基づいて点検を行い，1 点満点で評価を行う．例えば耐震性には，橋梁の耐震性に影響が高いと思われる，上部構造，支承などの損傷の評価や，落橋防止のためにどの程度安全措置がとられているかを評価する，落橋防止装置の有無などがある．そして，その評価結果に重み係数を乗じて機能性評価指数を算出する．つまり式(2)によって算出できる．

キーワード　橋梁の維持管理，補修必要度レベル Ln，橋梁機能性評価 Ft
連絡先　〒090-8507　北海道北見市公園町 165 番地　Tel　0157-26-9488　Fax　0157-23-9408

$$Ft = \sum_{i=1}^{22} (Ii \times Wi) \qquad (2)$$

Ii：各項目の点数(1 点満点)　*Wi*：各項目の重み係数

3.2　機能性評価の今後の方針

現段階の評価手法ではすべての橋梁において同様の基準，手順で評価を行っている．そのため，架設直後の橋梁でも満点が与えられない橋梁がある．例えば，使用安全性を評価する際に「歩道の有無」を評価基準に設定しているが，「道路構造令」には第 3 種第 5 級，第 4 種第 4 級では歩道を設ける基準からは除外されているため，歩行者量，交通量が少ない山間部では歩道が設置されていない場合が多い．しかし，現行の評価手法では歩道の設置が義務付けられていない路線の橋梁でも歩道部が確保されていないと減点の対象となってしまう．他の項目においても同じような問題点があるため，評価の中に場合分けを考慮する必要があると考えられる．また，*Ln* を評価する際に *St* と *Ft* の間で部材の劣化を評価する項目が重複評価になっているという問題がある．今後はこの様な問題点を解決し，より最適な橋梁機能性評価手法を確立してゆく必要がある．

4.　補修必要度レベルの算出結果

式(1)に基づいて補修必要度レベル *Ln* を算出し，補修補強実施前後の *Ln* について比較検討を行った．対象橋梁は架設年，橋長，架設環境などを考慮して，網走管内の国道橋 10 橋を選定した．検討方法は 1991～1995 年の損傷点検が実施された時の *Ln* を算出し，その間に行われた補修を対象として前回の損傷点検時の *Ln* と今回算出した *Ln* を比較することとした．なお，補正係数 a の値を 1.0 とした．橋梁諸元と補修，補強の事例を表-3 に *Ln* の算出結果を図-1 に示す．

A 橋と E 橋について着目すると，前回の *Ln* が 2 番目と 3 番目に高かったが今回の *Ln* は低く評価されていることがわかる．これは，部材の損傷の補修・補強や落橋防止装置の設置，床版の補強など橋梁の耐震性に関連がある補強も積極的に行われ，*St* や *Ft* 値が回復し，補修の必要度が低くなったことを表している．耐久性，耐震性に関連がある補修が行われた橋梁では，補修必要度が前回に比べ低くなる傾向が得られた．前回，*Ln* が比較的低く評価されていた F 橋，H 橋では，橋体の塗り替えしか行われておらず，部材の損傷が進行し，*St* や *Ft* の値が低下したため，*Ln* が上がり，補修の必要度が高まってきていることを表している．また，B 橋については補修が数多く行われているが，1990 年代後半に多く行われているために，補修後に新たな劣化部材が発見されるなどして，補修の必要度が高くなっていると考えられる．このことから，前回の *Ln* が低かった橋梁ほど，補修が多く行われているため，*Ln* と実際の補修計画が整合していることがわかる．

5.　まとめ

Ln を算出し，補修実施後の *Ln* を検討した結果，*Ln* と実際の補修計画が整合していることがわかった．今後の課題として，3.2 項で挙げた問題点を解決しより最適な機能性評価手法を確立する必要がある．また，補正係数 a の使用方法を実際に行われている補修事例などを基に検討を行い，より実務的な補修計画案の支援を考える必要がある．

＜参考文献＞

1）　髙木善之，三上修一，大島俊之，山崎智之，竹田俊明：北海道国道橋における補修必要度レベルの検討，土木学会北海道支部論文報告集 第 63 号，A-06，平成 18 年度

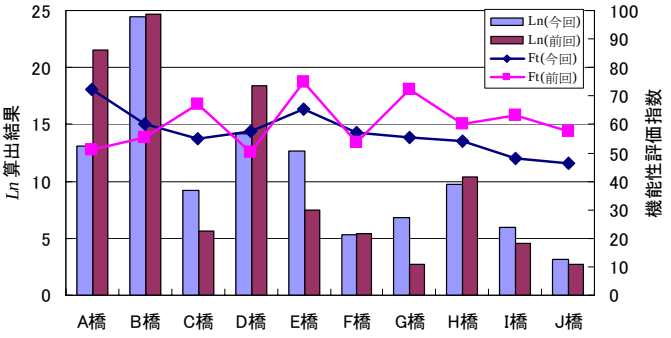

図-1　比較結果

表-3　橋梁諸元，補修・補強事例

橋梁名	路線	架設年	橋長	架設環境	補修･補強事例
A橋	39	S41	239.7	市街地	沓座拡幅，床版補強，舗装打ち換え，支承取替え，伸縮装置取替え，橋体塗替え
B橋	39	S09	100.0	市街地	橋体塗替え，支承取替え，主桁断面補強，落橋防止装置の設置
C橋	238	S43	30.6	海沿い	橋体塗替え
D橋	238	S31	383.6	市街地	床版打ち換え，落橋防止装置の設置，主桁断面補強，ケーソン補修，橋体塗替え
E橋	238	S54	393.0	市街地	橋体塗替え
F橋	244	S28	26.0	田畑	舗装打ち換え
G橋	244	S47	20.0	田畑	橋体塗替え
H橋	244	S46	214.0	市街地	舗装打ち換え
I橋	334	S62	17.0	山間部	橋体塗替え
J橋	334	S49	15.4	海沿い	沓座拡幅