

I-35

橋梁健全度評価の重み係数値に及ぼす影響因子の解析

北見工業大学 学生員○丹波 郁恵
 ㈱中神土木設計事務所 正 員 本間美樹治
 太平洋総合コンサルタント㈱ 正 員 工藤 英雄

北見工業大学 フェロー 大島 俊之
 北見工業大学 正 員 三上 修一
 太平洋総合コンサルタント㈱ 正 員 平 成晴

1. はじめに

道路整備が進むに伴い道路構造物の一環として架設される橋梁数は増加傾向を示してきた。その一方、技術者の関心は架設後の橋梁に対するメンテナンスに注がれてきている。確かな橋梁点検手法と健全度診断評価法の確立は橋梁工学に携わる技術者及び工学者にとって重要な課題となっている。著者らはこれまで数量化理論Ⅱ類による健全度診断評価システムの開発¹⁾を進めてきているが、ここでは評価する際の橋梁各部材の重み係数に着目して架橋地点の地域性を含めた健全度診断評価法を提案することを目的としている。本研究においては部材損傷に影響を与える様々な因子と実際の損傷状況及び補修履歴との関連性を確認すると共にこれらの因子を反映させた部材の重み付けについて検討する。

2. 数量化理論Ⅱ類による健全度診断評価法

エキスパートに対して仮想橋梁のアンケート調査¹⁾を実施し、数量化理論Ⅱ類により解析して得られる各部材の重み係数を基に実際の点検橋梁の健全度を総合的に評価する。

2.1 アイテム及び外的基準

本健全度診断評価システムは建設省土木研究所の「橋梁点検要領(案)」²⁾に基づいて点検された橋梁を対象にしている。この要領で掲げられている点検部材項目のうち健全度に関与する 14 項目を選定し、解析上のアイテムとしている。これについては表 1 に示す。また、外的基準は橋梁の総合的な健全度として表 2 に示すように OK~Ⅱの 4 段階としている。

2.2 アンケート調査の重み

アンケート調査結果を数量化理論Ⅱ類により解析することで定量的な各部材の重みが得られる。図 1 及び図 2 に鋼橋及びコンクリート橋における重みについて 1 軸から 3 軸の値を示す。この重みはエキスパートが健全度診断評価をする際の部材の重要度を示すものでもあり、上部構造形式別に見ても違いがあることが分かる。

表 1 部材項目 (アイテム)

上部構造	主 1 [腐食・剥離]
	主 2 [亀裂・破断]
	主 3 [遊離石灰等]
	補剛材
	床 1 [剥離・鉄筋露出]
	床 2 [床版ひび割れ]
	床 3 [遊離石灰等]
下部構造	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 (外的基準)

OK	現状維持
Ⅳ	軽い補修を要する
Ⅲ	大がかりな補修を要する
Ⅱ	補修より架替えを勧める

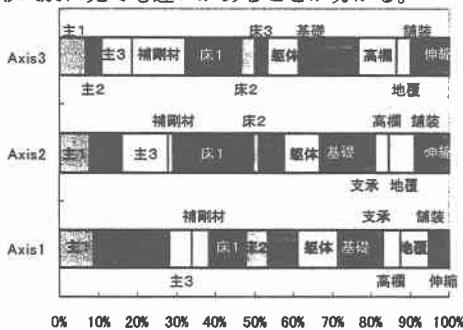


図 1 アンケートの重み (鋼橋 202 橋)

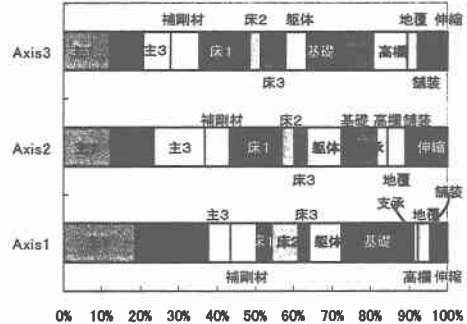


図 2 アンケートの重み (コンクリート橋 199 橋)

Analysis of Effective Constituent Factor of Weight Function for Bridge Integrity Evaluation
 By Ikue Tamba, Toshiyuki Oshima, Syuichi Mikami, Mikiji Honma, Hideo Kudo, Sige haru Taira

3. 北海道における国道橋の部材損傷状況

これまでに収集した北海道の国道橋全 619 橋（うち鋼橋 310 橋、コンクリート橋 309 橋）の点検結果（平成元年から平成 10 年度までに実施）における部材損傷状況を確認する。またそれらの損傷に影響すると考えられる因子（交通量、最低気温等 8 項目）を選定し、部材損傷及び補修履歴との関連性について検討する。

3.1 上部構造形式別の部材損傷状況

図 3 及び図 4 は鋼橋及びコンクリート橋の部材損傷状況を表している。ここに縦軸は割合、グラフ下にそれぞれの評価毎の橋梁数を示す。これから両方に共通して躯体に損傷がある橋梁が多く全体の約 6～7 割を占めている。また支承においても評価Ⅱの割合が大きくなっている。一方、鋼橋では床 1、伸縮装置における損傷が多くなっているのに対し、コンクリート橋では主 2、床 3 の損傷割合が増大している。

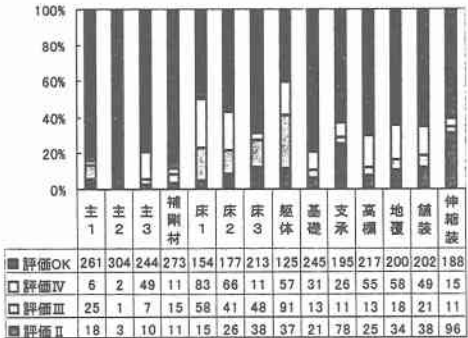


図 3 部材損傷状況（鋼橋）

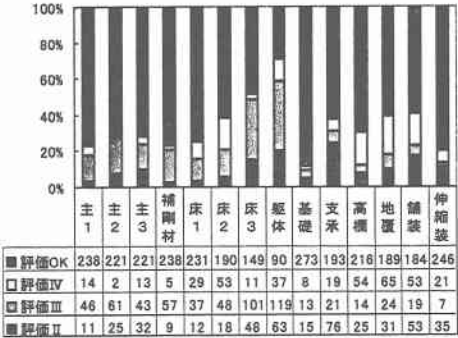


図 4 部材損傷状況（コンクリート橋）

3.2 補修履歴 5)

ここで橋梁部材は当然損傷が酷くなると補修及び補強が実施されるため、損傷状況への影響を確認するには補修履歴を考慮しなければならない。補修及び補強状況について表 3、表 4 に示す。ここで上段は橋梁数、下段の括弧内はその割合(%)を示す。表 3 では架け替え、耐震補強及び塩害補修、表 4 は部材毎にまとめている。尚、このデータは点検結果における部材損傷状況に関係するものとして各橋梁の点検年度以前の補修履歴のみである為、現在のものとは異なる。主部材において補修及び補強は殆どされてなく塗替塗装が大半を占めているが、高欄に対する補修及び補強は 3 割以上と高くなっている。

表 3 補修状況(1)

架け替え	耐震補強	塩害補修
13	201	7
(2)	(32)	(1)

表 4 補修状況(2)

	主桁	補剛	床版	躯体	支承	高欄	地覆	伸縮
補修・補強 (20 年以内)	19 (3)	20 (3)	41 (7)	23 (4)	7 (1)	155 (26)	32 (5)	71 (12)
補修・補強 (20 年以上)	0 (0)	0 (0)	2 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	1 (0)
塗装 (10 年以内)	161 (27)	161 (27)			161 (27)	51 (8)	1 (0)	
塗装 (10 年以上)	33 (5)	33 (5)			33 (5)	10 (2)	0 (0)	
補修なし	393 (65)	392 (65)	563 (93)	583 (96)	405 (65)	390 (64)	572 (95)	534 (88)

表 5 影響する因子

影響因子
12 時間交通量 (台/12h) ⁴⁾
貨物車交通量 (台/12h) ⁴⁾
大型車混入率 ⁴⁾
工業延長 (km) ⁴⁾
最低気温 (℃) ³⁾
最大積雪深 (cm) ³⁾
地震 (震度階) ³⁾
塩分付着量 (mg) ³⁾

3.3 部材損傷に影響する因子

部材損傷に関与する因子として表 5 に示すような 8 項目を考え、各因子と部材損傷の相関性について検討する。交通量に関する項目として 3 項目、更に北海道の地域的特色である最低気温、最大積雪深、地震等の項目を選定した。ここで例として大型車混入率と床 1 の部材損傷状況の関係を図 5 に示す。ここに縦軸は橋梁割合、横軸に大型車混入率、また点検結果による損傷状況

を実線で点検結果に補修履歴を考慮した損傷状況を破線で示している。この場合、点検年度以前に何らかの補修・補強が行われている部材の損傷評価をⅡとする事で補修履歴を考慮している。このグラフから大型車混入率が減少するに伴い損傷評価 OK の割合は増加し、それに対して損傷評価Ⅱの割合には減少傾向が見られ、大型車混入率は床 1 に対して大きな影響を及ぼす因子と考えられる。従って各因子が影響を及ぼす部材損傷を把握することが可能である。また、このことは各因子が大きく影響する橋梁と影響しない橋梁の部材損傷状況を比較することで確認できる。最大積雪深を例として図 6 及び図 7 に最大積雪深が 200(cm)以上の地域と 100(cm)以下の地域の橋梁における損傷状況を示す。積雪量の多い地域においては床版に与える損傷が多くなるといえる。これは積雪地帯では雪の水分が蒸発せずに凍結融解の作用を受け、更に冬季間散布される融雪剤の影響も含まれると考えられる。一方、積雪深の大きい地域の橋梁に対して補修履歴を考える。これらのうち点検結果が OK 又はⅣと評価された部材を抽出し、補修・補強が行われている割合を表 6 に示す。ここでは高欄が補修・補強されている割合が 33%と高く、原因としては除雪作業時の衝突や前述した融雪剤の影響、更に凍結融解等が考えられる。

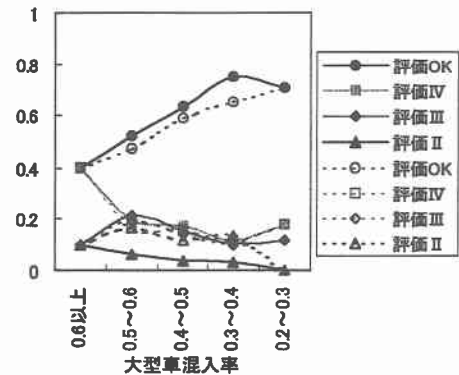


図 5 大型車混入率と部材損傷状況

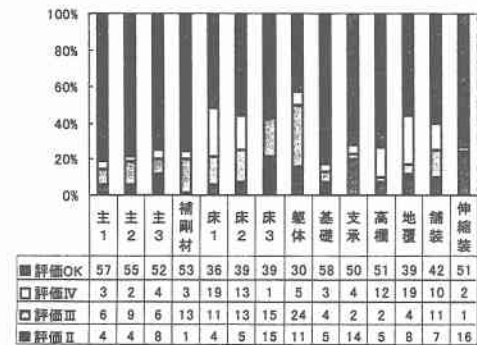


図 6 部材損傷状況（最大積雪深 200(cm)以上）

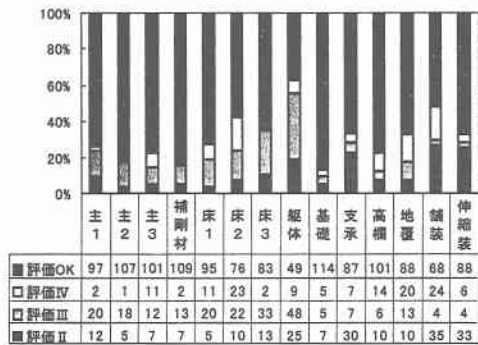


図 7 部材損傷状況（最大積雪深 100(cm)以下）

表 6 補修・補強割合（最大積雪深 200(cm)以上）

割合(%)	主 1	主 2	主 3	補剛材	床 1	床 2	床 3	躯体	基礎	支承	高欄	地覆	舗装	伸縮装置
	8	9	10	9	7	8	10	9	5	7	33	3	6	6

以上、8 項目の影響因子と部材損傷状況及び補修履歴との関連性について詳しく記載することが困難である為、各因子に影響される部材のみを表 7 に示す。交通量に関しては部材損傷に大きな影響を与える要因の 1 つではあるが北海道においては交通量による床版の損傷はあまり明確でなく、大型車混入率による影響のみ確認された。ここで考えられることは北海道においては床版に損傷を与える程交通量が多い地域は少なく、このような場合は大型車混入率においてのみ損傷に影響するものと考えられる。一方、支承、舗装、伸縮装置に対して損傷が顕著に見られた。これもまた北海道における交通事情に関係するもので交通量が少ない為、走行車速度の高速化の影響により支承、舗装、伸縮装置の負担が大きくなると考えられる。工業延長及び塩分付着量に

表 7 因子と損傷部材

影響因子	損傷の多い部材
12 時間交通量	支承、舗装、伸縮装置
貨物車交通量	支承、舗装、伸縮装置
大型混入率	床版
工業延長	主 1（鋼橋）
最低気温	支承、床 1、伸縮装置
最大積雪深	床版、高欄
地震	確認できず
塩分付着量	主 1（鋼橋）、高欄

については工場排煙、工場排水又は沿岸部の塩害が鋼橋における鋼製材料を腐食させる原因であると考えられる。最低気温に関しては寒暖の温度差による桁又は支承自体の伸縮作用又は積雪地帯の場合と同様、水分の凍結融解による損傷と考えられる。尚、ここで地震に関しては災害後の震災点検及び災害補修等が実施されている為、あまり明確な部材損傷が見られなかった。

4. 橋梁健全度評価の重み係数

北海道における国道橋全619橋に対してアンケート調査の重みによる健全度診断評価を行い、その結果(総合評価)を外的基準として数量化理論Ⅱ類で解析し、部材損傷に影響する因子を含む地域性を反映させた重み係数を決定する。

4.1 因子別の重み係数

各因子の影響が大きい橋梁を抽出し数量化理論Ⅱ類により解析した。それぞれにおける1軸の相関比を表8に示す。尚、工業延長に関しては実データに偏りがあり解析不能となった為省いた。表8から相関比にはばらつきが見られ、解析精度に差があると考えられるが、0.4~0.9程度と実データ解析においては比較的高い値である。より多数のデータを収集することで精度の向上が期待出来ると考えられる。ここで重み係数は1軸に関してのみを図8に表す。

表8 各因子データの相関比

影響因子	橋梁数	相関比
12時間交通量	114	0.512
貨物車交通量	90	0.693
大型車混入率	176	0.450
最低気温	140	0.486
最大積雪深	70	0.778
地震	397	0.466
塩分付着量(S)	73	0.895
塩分付着量(C)	88	0.698

4.2 部材損傷と重みの関連性

図8の重みと表7の部材損傷を比較すると因子に影響する部材の重み係数値は各々で大きな値を示しているものもある。例えば表7から交通量は支承、舗装、伸縮装置に影響を及ぼす因子と考えられており、表8ではそれらの部材の重み係数は大きくなっている。本解析では全ての影響因子に対して重み係数の妥当性は認証されないが、一応の重み付けが出来た。ここでは更に多くのデータ収集が必要であると考えられる。

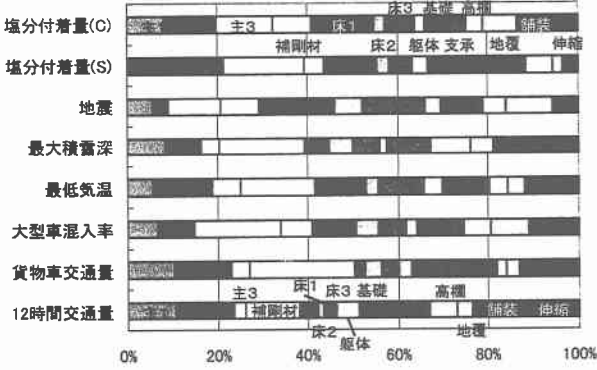


図8 因子毎の部材の重み係数

また因子個々が実際、橋梁部材に対してどの様に組合わさって影響を及ぼすのかは非常に複雑であると思われる。本研究においては損傷に影響する因子に着目した部材の重み係数値の解析のみ行ったが、この重み係数値を地域特性としてどの様にアンケート調査の重みに加えて行くかは今後の課題である。

5. まとめ

(1) 北海道における国道橋に対し部材損傷に影響を与える因子と実際の部材損傷状況の関連性について確認することが出来た。

(2) 更なる検討が必要ではあるが、橋梁部材損傷に影響を及ぼす因子に着目した各部材の重み付けが出来た。

本研究は平成11年度文部省科学研究費(代表者 山崎智之)の補助を受けて行われました。

[参考文献]

- 1) 森弘・大島俊之・三上修一他：コンピューター・グラフィッ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、pp.113-121、1988
- 2) 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
- 3) 北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会：北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針、1988.11
- 4) 北海道開発局道路計画課：平成6年度全国道路交通情勢調査(道路交通センサス)、1996.1
- 5) 北海道開発局：橋梁、トンネル、立体横断施設、覆道等現況調査書、1996.4