

I - 55

桥梁の健全度診断評価システムの開発

北見工業大学 学生員 平 成晴
北見工業大学 正 員 三上 修一 (株)中神土木設計事務所 正 員 本間美樹治
北海道道路管理技術センター 村上 昭治 (株)ナオック 正 員 水元 尚也

1. はじめに

近年、国道や道道などの桥梁のうち供用後 20 年以上経過しているものがしだいに増加しており、機能の低下や老朽化が懸念されてきている。したがってこれらの原因によって桥梁が倒壊してしまうことを未然に防止するために、維持・補修の観点から日常の点検を行なっている。

本研究では北海道開発局と北海道から頂いた過去 6 年間の国道と道道の桥梁点検データをもとにして、桥梁の健全度を数量化理論Ⅱ類で用いた解析によって評価を行い、その結果をもとに補修や架け替えを検討するためのシステム作成を目的とする。

2. 数量化理論Ⅱ類による解析

数量化理論Ⅱ類とは、質的な要因によって質的な外的基準を予測あるいは判別するための方法であり、質的(定性的)なデータによる判別分析ということがいえる。今回、この数量化理論Ⅱ類を用いて桥梁の健全度評価を行うにあたって、建設省土木研究所の「桥梁点検要領(案)」を参考にして解析を行った。桥梁調書には桥梁を構成する部材となるアイテムが全部で 20 項目あり、各アイテムには損傷パターンによって 2~10 項目に細かく分類されている。しかしこれらの項目すべてが補修や架け替えに関連しているわけではないので、主桁や床版のような重要と思われる部材項目については影響が比較的大きいため損傷内容からさらに 3 つに分類した。また、排水装置や遮音・照明施設などの桥梁自体の補修にはあまり関係ないと思われる部材項目は削除し、横桁、縦桁、対傾構・横構といった内容の近似している項目はまとめて補剛材として一つの項目で処理した。このようにして数量化理論Ⅱ類を用いてデータ処理を行う 14 項目の詳細を表 1 に示す。また外的基準については桥梁の状態によって表 2 のような 4 段階に定めた。

表 1 物理的アイテム

上部構造	・主 1
	主部材
	・主 2
床版	・主 3
	・補剛材(2次部材)
	・床 1
下部構造	・床 2
	・床 3
	・躯体
その他	・基礎
	・支承
	・高欄
	・地覆
	・舗装
	・伸縮装置

表 2 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: 補修より架け替えをすすめる

3. 桥梁の健全度診断評価

3.1 数量化理論Ⅱ類による重み付け

桥梁の健全度を評価するとき、数量化理論Ⅱ類において部材の重要度を考慮して表 3 のように鋼橋とコンクリート橋別に一軸・二軸・三軸毎の重み係数を用いている。ここで一軸・二軸・三軸とは数量化理論の計算から得られる座標軸の境界線のこと、一軸の大小で OK, IV, ⅢとⅡの分類、二軸で OK, IVとⅢの分類、三軸で OK とⅣの分類をして総合評価を判定する。²⁾

Development of Diagnosis Evaluation System of Bridges Integrity

by Shigeharu TAIRA, Toshiyuki OSHIMA, Shuichi MIKAMI, Mikiji HONMA, Shouji MURAKAMI and Takaya MIZUMOTO

表3 重み係数の総括

			鋼 橋						コンクリート橋								
			1 軸		2 軸		3 軸					1 軸		2 軸		3 軸	
上部構造	主部材	腐 食	9.3	31.0	8.3	23.3	0.6	11.6	主部材	腐 食	17.3	36.7	12.9	30.7	5.8	17.7	
		亀 裂	15.8		5.3		0.2			亀 裂	13.7		7.2		9.2		
		その他	5.9		9.7		10.8			その他	5.7		10.6		2.7		
	2次材	腐 食	3.2	7.4	3.1	9.4	4.4	12.7	2次材	腐 食	3.3	17.7	9.7	21.4	1.9	17.3	
		亀 裂	0.9		0.4		2.4			亀 裂	7.6		6.8		7.0		
		その他	3.3		5.9		5.9			その他	6.8		4.9		8.4		
	床版	腐 食	9.6	22.4	19.3	26.6	15.0	25.6	床版	腐 食	3.3	10.1	13.9	19.4	9.8	22.5	
		亀 裂	5.5		1.3		5.7			亀 裂	5.3		3.9		7.3		
		その他	7.3		6.0		4.9			その他	1.5		1.6		5.4		
下部	橋脚橋台		8.8	18.9	7.1	11.5	1.7	8.9	下部	橋脚橋台		8.0	21.4	7.6	8.6	5.5	16.1
	基 礎		10.1		4.4		7.2			基 礎		13.4		1.0		10.6	
支承	本 体		5.0	7.5	9.8	15.4	15.3	24.4	支承	本 体		5.2	7.0	4.2	6.0	7.3	14.1
	周 辺 部		2.5		5.6		9.1			周 辺 部		1.8		1.8		6.8	
伸 縮 装 置			3.2		4.7		2.2		伸 縮 装 置			1.1		7.8		0.6	
地 覆			4.6		4.3		4.0		地 覆			1.5		3.9		1.8	
高 欄			4.0		2.4		7.7		高 欄			2.0		1.1		6.9	
舗 装			1.0		2.4		2.9		舗 装			2.5		1.1		3.0	
合 計 (%)			100.0		100.0		100.0		合 計 (%)			100.0		100.0		100.0	

3.2 診断評価システム

橋梁点検調査をもとに得られたデータに基づいて、損傷劣化した部材や老朽化した橋梁の健全度診断を行い、その橋梁が健全かどうかのランキング結果を処理した。今回、このデータベースの設計を行うにあたって Microsoft 社の Access97 により作成されている。この Access97 によって損傷部材を 14 項目に整理したものと、鋼桁橋かコンクリート桁橋かに分類して数量化理論により健全度評価を行う上で必要となるデータを作成する。次に数量化理論によって決定された重みをもとに点検橋梁のサンプルスコアの計算を行い、総合評価を判定するプログラムを Microsoft 社の Visual Basic Ver. 5.0 によって作成する。図1は総合評価プログラムの実行画面を表している。このプログラムでは一軸において境界値が 1.15842 より大きい値を“Ⅱ”、二軸において境界値が 0.280968 より大きい値を“Ⅲ”、三軸において境界値が -0.136535 より大きい値を“Ⅳ”小さい値を“OK”という基準値をもとにして、それぞれのサンプルスコアよりどのグループに属するかを判定する。こうして総合判定したデータは再び Access97 で処理し、その結果が表 4 のように表される。



図1 評価プログラムの実行画面

4. 道内国道の橋梁健全度評価

道内の国道 675 橋について総合評価を行った結果、図2のようになった。これより比較的良好な OK とⅣがおよそ 6 割を占めている。その反面損傷の大きいⅢやⅡが 4 割を占めておりこれは昭和 30～40 年代にかけて架設された橋梁が一番多いために、それが現在になって損傷が見られる橋梁が増加したためと思わ

表4 総合評価

橋梁名	点検年度	一軸	二軸	三軸	総合評価
A	1990	-0.34017	0.3694901	1.30506	Ⅲ
B	1991	-0.35131	-1.14215	-0.25843	OK
C	1992	-0.6311399	-0.59921	1.02144	Ⅳ
D	1992	-0.6404499	-0.19756	-0.22698	OK
E	1993	-1.05594	-1.43613	-1.5996	OK
F	1993	-0.5758299	-0.17734	-1.37832	OK
G	1994	1.76238	-1.04394	1.49058	Ⅱ
H	1995	1.15475	2.03392	-3.13967	Ⅲ
I	1996	1.04921	0.26833	1.18776	Ⅳ
J	1996	-0.87648	-0.45282	-0.4932001	OK

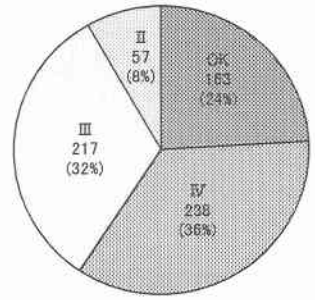


図2 国道675橋における4段階評価

れる。さらに、総合評価がⅡになった国道57橋を年度別に分類したものを図3に示しているが、1956～1965の間にピークに達していることから、この当時架設された橋梁は、現在とは違って経済性・作業性が重視されていたことにより現在の交通事情とは合っており、このころにはまだ予想されていなかった現在における大幅な交通量の伸び、大型車が増大した影響でこのような結果になったといえる。また、図4に各建設部毎の点検した橋梁数に対して総合評価がⅡであった橋梁数の割合を示している。これを見ると多かれ少なかれすべての建設部に評価がⅡという橋梁が存在していることがわかる。さらに図5では、国道675橋より14項目の部材損傷がⅡであった橋梁数の割合を示している。損傷の種類が腐食や剥離・鉄筋露出が原因である“主1”が28橋あるが、このうち“支承”もⅡであったのが21橋あった。また“支承”のみを見てもⅡが236橋と全橋梁のおよそ4割弱を占め他の損傷より多いことがわかる。原因は一般的には交通量の多い国道が長年の交通荷重による支承への負担が重なってきたためと思われる。

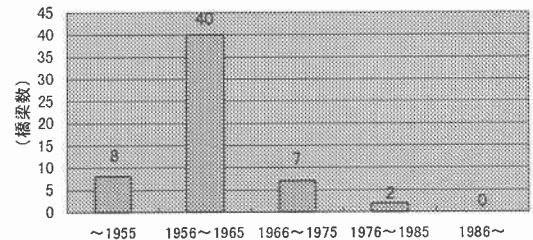


図3 国道57橋における年度毎評価Ⅱの橋梁数

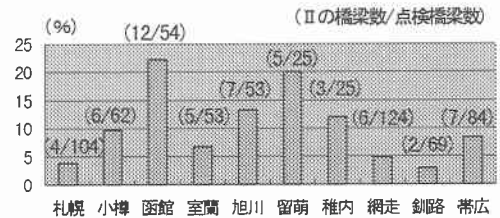


図4 各建設部毎の橋梁数に対するⅡの割合

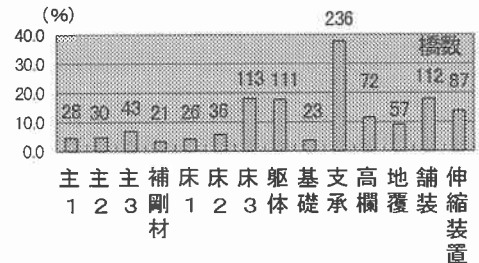


図5 国道675橋における各部材損傷Ⅱの割合

5. 道内道道の橋梁健全度評価

次に道道507橋についての総合評価を行った結果を図6に示す。国道に比べると母集団が少ないものの総合評価がOKである橋梁は6割を占め、軽い損傷であるⅣとを合わせるとおよそ8割を占めている。これは国道での14項目評価とを比較して、道道の場合は評価がOKというのが圧倒的に多かったためにこのような結果になった。また図7を見ても国道と同様に1956～1965の間にピークになっているものの橋梁数自体は少なく、ほとんどが5%未満という値になった。また、図8には、現業所毎の総合評価がⅡであった橋梁数の割合を示している。これをみてもわかるとうり総合評価がⅡであった橋梁は全道あわせてもわずかに8

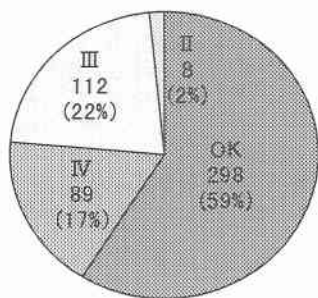


図6 道道507橋における4段階評価数

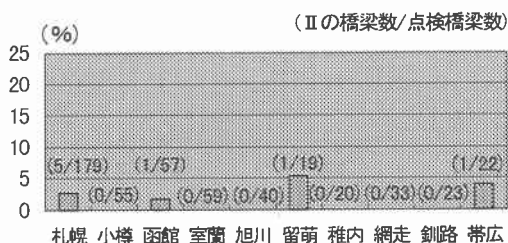


図8 各現業所の橋梁数に対するIIの割合

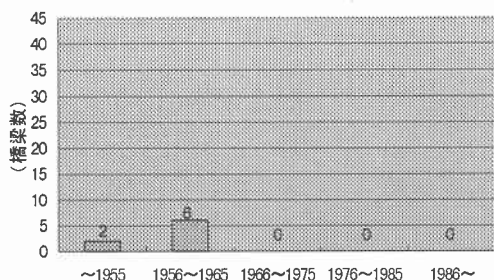


図7 道道507橋における年度毎橋梁IIの橋梁数

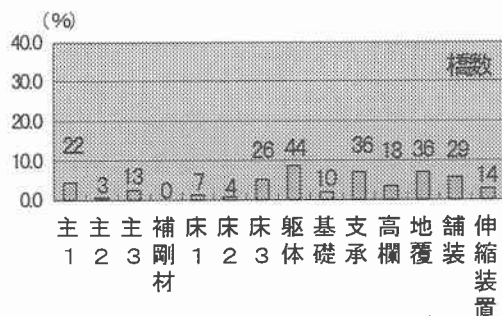


図9 道道507橋における各部材損傷IIの割合

橋がなくIIが全く存在しなかった現業所が6箇所あった。そして、図9についても国道と比較してみると全体的に部材損傷がIIであった橋梁は少なかったといえる。

6. まとめ

本研究では北海道開発局と北海道が行った過去の点検結果をもとに作成した橋梁点検データベースを用いて健全度診断に必要な14項目のデータ抽出を行った。そして14項目の抽出結果をもとに総合評価を検討したが、評価に差が生じたのは双方の点検要領が異なっている可能性があることが原因の一つと考えられる。評価システムについては部所毎の重み付けによる地域特性の把握、損傷部材の関連性、軸の判別レベルを簡略化、さらに今回は鋼橋とコンクリート橋に分類して総合判定を行ったが、今後の課題として主桁のない構造型式の橋梁（床版橋など）やトラス橋やアーチ橋のような型式の橋梁についての詳細な検討、更に震災点検や地質構造などをもとにして耐震健全性の評価を含めた検討を行うシステムの開発が必要である。最後に本研究を行うに当たりまして、橋梁点検データをいただいた北海道開発局及び北海道庁の関係部局および計算に協力していただきました北見工業大学土木開発工学科の丹波郁恵さんに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 本間他：橋梁点検データベースに基づく橋梁の健全度評価、土木学会第52回年次学術講演会、1997.9
- 2) 本間他：橋梁の健全度評価における物理的総合評価手法に関する研究、土木学会北海道支部論文集、第49号、1996.2
- 3) 森弘他：橋梁の健全度診断における総合評価法の開発、鋼構造年次論文報告書、Vol. 1993
- 4) 森弘・大島他：コンピュータ・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、1994.10