

I-50 橋梁の維持補修計画支援システムについて

中神土木設計 正員 本間 美樹治 正員 林 和虎
北見工業大学 正員 大島 俊之 正員 森 弘

1. はじめに

著者らは、これまで橋梁の健全度を物理的評価と機能的評価に分類して評価し、さらにそれらを統合して、総合評価をする手法を提案してきた。^{1), 2), 3)}そして、これらの総合健全度評価法を現場の実際の橋梁に当てはめ、建設年度の古い橋梁に対する維持補修計画を立案する際に参考となる、健全度又は老朽度の順位付けを合理的に決定できる手法を示した。

本研究では、これらの手法をさらに多くの実際の橋梁に当てはめて、解析手法の妥当性を検証するため、データ数の増加を目指した研究結果について報告する。本研究の成果は、北海道開発局道路維持課、建設機械工作所及び北海道土木部道路課のご協力を得て実施した研究成果の一部である。文献⁴⁾によれば、数量化理論第Ⅱ類による解析結果の信頼性はデータ数の増加と共に高まることが知られている。

本論文では数量化理論第Ⅱ類による解析を行なっているが、解析理論そのものの説明は省略するので、適当な参考書を参照されたい。⁵⁾

2. 解析データ

今回解析に用いているデータは、北海道内の国道に架設されている橋梁362橋及び帯広土現、釧路土現に架設されている橋梁53橋に関するものである。国道橋梁については、昭和63年度より毎年実施している橋梁点検表に基づき、各年度毎の全点検橋梁のうち、今回は昭和39年度以前に建設された橋梁を対象としてデータ表を作成した。各建設年度毎の対象橋数は表1のようになっている。またこの橋数を建設年度毎に分類したものが表2である。

道道橋梁については昨年度網走土現管内の橋梁32橋について実施したので、今年度は帯広土現管内31橋および釧路土現管内22橋について対象としており、対象橋梁は昭和40年度以前に建設されたものである。(図1)

表1 調査年度別国道点検橋梁数

調査年度/開建名	札幌	小樽	函館	室蘭	旭川	留萌	稚内	網走	帯広	釧路	合計
昭和63年度	19	13	21	14	7	4	9	6	12	9	11
平成元年度	14	8	5	20	7	1	5	8	15	10	93
平成2年度	8	4	4	2	6	1	2	7	12	8	54
平成3年度	3	8	3	6	3	2	6	7	7	4	43
平成4年度	7	6	0	4	8	5	3	6	11	6	56
合計	51	39	33	46	31	13	19	36	57	37	362

表2 建設年度別国道点検橋梁数

建設年度/開建名	札幌	小樽	函館	室蘭	旭川	留萌	稚内	網走	帯広	釧路	合計
昭和30年以前	8	2	5	9	0	0	1	3	6	1	35
昭和31年度	3	4	0	1	2	0	1	0	3	4	18
昭和32年度	1	1	1	4	0	2	2	4	7	1	23
昭和33年度	5	7	2	0	2	0	3	2	7	1	29
昭和34年度	5	4	2	6	1	0	3	8	4	2	35
昭和35年度	5	1	4	5	1	2	1	7	2	6	34
昭和36年度	6	5	6	3	1	0	0	2	9	5	37
昭和37年度	11	4	4	8	2	6	2	5	7	5	54
昭和38年度	4	5	6	5	8	2	3	3	6	8	50
昭和39年度	3	6	3	5	14	1	3	2	6	4	47
合計	51	39	33	46	31	13	19	36	57	37	362

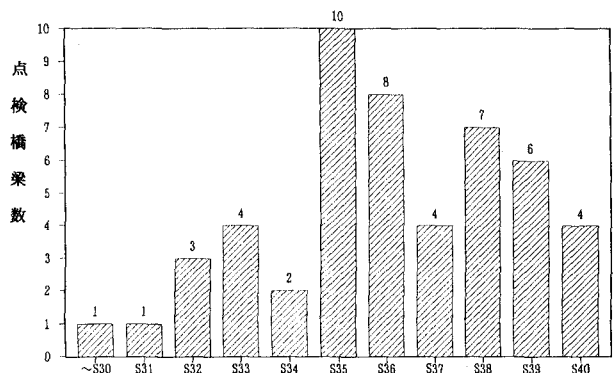


図1 建設年度別道道点検橋梁数

On the Support System of Maintenance Project for a Bridge

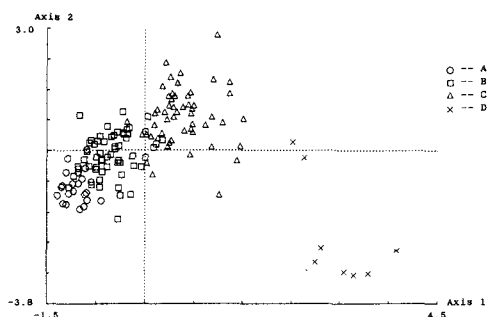
by Mikiji HONMA, Kazutora HAYASHI, Toshiyuki OSHIMA and Hiroshi MORI

表3 物理的評価の解析結果 (鋼橋 146橋)

表 1 橋梁設計上の材料と木 (単位: mm)									
アイテム (部)	部	度 数	1 軸		2 軸		3 軸		備
			平均・標準偏差	範囲	平均・標準偏差	範囲	平均・標準偏差	範囲	
上部構造	主材	OK 124	-0.11872	2.27708	0.18035	3.65382	0.1303	1.04474	0.14577 (5.93)
		IV 4	0.38994	(25.79)	0.45523	(23.07)	0.40538	(5.93)	
		III 10	-0.27641		0.01847		0.722	(6.43)	
	その他	II 8	2.00055		-3.19859		0.91444		
		OK 110	-0.00587	0.75074	-0.13941	1.28553	-0.08517	0.36839	0.13498
		IV 23	-0.21985	(8.00)	0.17385	(8.12)	0.53292	(5.49)	0.14577
		III 3	0.30804		1.14513		-0.43547		(5.95)
		II 10	0.49988		0.78956		-0.15818		
	二次部材	OK 119	-0.08601	0.68865	-0.13225	2.01392	0.17484	2.01841	0.22911
		IV 9	0.21857	(9.81)	0.22719	(12.71)	0.43997	(11.45)	(10.11)
		III 9	0.1401		1.63555		0.11594		
床版	河床	OK 118	0.78063		-0.37837		-1.84357		
		IV 23	0.04471	0.53148	-0.42014	0.92163	0.248	0.82449	0.1317
		III 47	-0.13777	(8.02)	-0.35915	(5.82)	-0.03923	(4.88)	(5.81)
	ひびわれ	OK 119	-0.03587		0.2985		0.12444		
		IV 19	0.39369		0.50149		-0.57949		
		OK 50	-0.19328	0.53058	-0.08825	0.688	-0.32494	0.83893	0.20951
	その他	IV 8	0.22763	(8.01)	0.48133	(4.34)	0.18501	(4.75)	(8.24)
		III 47	-0.11574		-0.22686		0.8117		
		II 41	0.3313		0.25305		-0.22251		
	下部構造	躯体	OK 33	-0.10187	0.77868	-0.33795	0.55253	-0.78638	1.34182
IV 24			-0.2451	(8.82)	0.21458	(3.49)	-0.01791	(7.81)	(12.72)
III 81			-0.09334		0.03531		0.57843		
基礎		OK 128	0.53349		0.13745		-0.33839		
		IV 1	-0.07052	1.06744	0.04851	3.82469	0.00232	1.88702	0.16485
		III 1	0.30841	(12.06)	0.06031	(24.78)	1.0108	(10.71)	(7.27)
支保		OK 48	0.17188		-1.41947		0.89087		
		IV 20	0.85583		0.12938		-0.87822		
		III 8	-0.21182		2.50822		0.34188		
高欄		OK 48	-0.13458	0.73485	-0.02072	0.30643	-0.38708	2.3253	0.25736
		IV 20	-0.23491	(8.32)	-0.52989	(5.72)	-0.37241	(13.19)	(10.47)
	III 8	-0.45784		-0.20788		1.11945			
地盤	OK 48	0.27711		0.28237		0.24836			
	IV 1	-0.44837		0.37644		1.95289			
	高欄	OK 48	-0.03888	0.3484	0.04089	0.58981	0.25582	0.87403	0.18352
IV 41		-0.09463	(3.85)	0.03316	(3.72)	-0.0588	(4.98)	(7.21)	
OK 57		0.02253		-0.22178		-0.50804			
地盤	IV 11	0.25387		0.28844		-0.54888			
	III 22	-0.022		-0.30118		0.32517			
	OK 57	-0.07984	0.39837	0.0028	0.60358	-0.16897	3.08549	0.2035	
地盤	IV 54	0.00581	(4.49)	-0.08867	(3.81)	-0.17459	(17.39)	(8.88)	
	III 13	0.02515		0.33538		0.351			
	IV 21	0.19823		-0.01173		0.55295			
舗装	OK 43	-0.20014		0.51489		2.8928			
	OK 43	-0.06039	0.33371	-0.1128	0.19162	-0.0688	0.94284	0.18339	
	IV 53	-0.07052	(3.78)	0.07882	(1.21)	-0.09187	(5.35)	(8.80)	
伸縮	OK 35	-0.10787		-0.03712		-0.51221			
	IV 14	0.22585		0.03729		0.43092			
	OK 83	-0.0818	0.25895	-0.13159	0.50698	0.04473	1.4978	0.20139	
外的基準	IV 13	-0.08588	(2.93)	0.30038	(3.21)	-0.21284	(8.50)	(8.91)	
	OK 41	-0.0616		-0.13159		0.27599			
	IV 0	0.09887		-0.20799		-1.22161			
外的基準	A 23	-1.93851	相関比=0.87904	-0.89581	相関比=0.80241	-0.84515	相関比=0.25898		
	B 81	-0.5047		-0.09794		0.52778			
	C 54	0.57346		0.19949		-0.2824			
	D 8	2.86384		-2.07434		0.17698			

外的基準 A: 現状維持 B: 軽い補修 C: 大規模な補修 D: 補修より架換

(1-2軸)



(1-3軸)

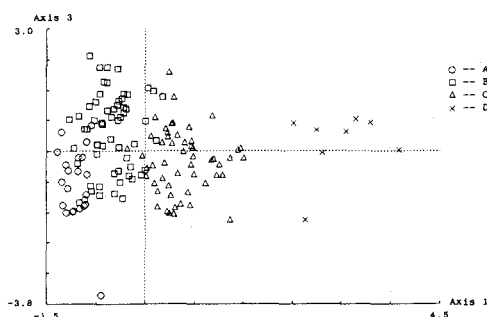


図2 散布図 (鋼橋)

3. 解析手法概説

本研究の橋梁健全度の総合評価手法においては前述のように健全度を機能的健全度と物理的健全度で大別し、それらを個々に評価した後、その結果を総合して評価する方法を用いている。すなわち橋梁の架換原因として道路橋の場合は幅員狭小や線形の不適切など機能的要因の方が物理的要因より多いことが知られている。⁶⁾したがって、実際の現場の維持補修のための判断と適合させるには機能的要因を重視して評価しな

表4 物理的評価の解析結果 (コンクリート橋 216橋)

アイテム (コンクリート)	部 材	数	1 橋		2 橋		3 橋	
			平均値	偏相関係数	平均値	偏相関係数	平均値	偏相関係数
上部構造	主梁	OK 33	-0.18474	1.77271	-0.28651	1.62252	-0.19723	2.8154
		IV 5	-0.42255	(20.50)	0.08882	(12.10)	-1.17135	(14.98)
		III 87	-0.09032		0.83002	(15.25)	0.20713	(10.48)
		II 21	1.35018		-0.9925		0.90225	
		無 132	-0.08479	0.54398	0.06233	0.05204	0.05581	0.97787
	その他	OK 12	0.18918	(8.29)	0.0596	(1.71)	-0.903	(5.80)
		IV 47	-0.05441		-0.08871		0.97487	
		III 25	0.45917		-0.19472		-0.9009	
		OK 37	-0.46488	0.81387	0.23517	0.24174	0.98178	1.03415
		IV 5	-0.46488	(7.10)	0.42548	(8.40)	0.80778	(5.92)
下部構造	基礎	III 59	-0.028		0.3928		-0.22837	
		II 3	0.14899		-0.01023		0.47005	
		無 76	0.04073		-0.53719		-0.02831	
	床版	OK 99	-0.20111	0.88581	0.35437	1.08728	-0.27951	0.74928
		IV 50	0.00928	(10.24)	0.0879	(7.28)	0.48977	(4.29)
		III 45	0.09739		-0.51407		-0.04899	
		II 22	0.8847		-0.74291		0.28974	
		OK 53	-0.15083	0.48811	-0.31077	0.59708	-0.03004	1.2457
支保	躯体	IV 10	-0.13218	(5.80)	-0.44015	(3.95)	0.91588	(7.14)
		III 103	-0.07378		0.15693	(5.80)	0.37933	(11.22)
		II 50	0.33829		0.09418		-0.2387	
		OK 37	-0.4128	0.97583	-0.38337	0.78879	0.53838	1.07982
		IV 26	-0.13732	(11.28)	-0.26984	(5.22)	0.29798	(8.19)
	基礎	III 95	-0.14335		-0.02319		0.03934	
		II 58	0.58303		0.40342		-0.54145	
		OK 189	-0.07749	1.50142	0.09868	4.02018	-0.01586	1.28888
		IV 1	-0.28554	(17.38)	-3.89852	(28.69)	-0.77818	(7.27)
		III 12	0.19887		0.12164		0.69955	
高欄	支保	II 10	1.23589		-0.88702		0.48071	
		無 4	0.04724		-1.48953		-0.591	
		OK 102	-0.06385	0.57075	-0.14892	0.92117	-0.03823	0.54048
		IV 17	-0.23819	(8.60)	-0.50027	(8.12)	0.30179	(3.10)
		III 28	-0.24381		0.4209		0.37808	
	高欄	II 83	0.32895		0.20893		-0.18443	
		無 8	-0.21355		-0.07704		-0.08045	
		OK 83	-0.05543	0.28908	-0.10871	0.99545	-0.51101	1.40038
		IV 41	-0.08553	(3.48)	0.03083	(8.81)	0.1018	(8.02)
		III 11	0.21353		-0.84204		0.86934	
地盤	支保	II 28	0.18977		-0.18392		0.51322	
		無 55	0.01168		0.35341		0.27494	
		OK 500	0.01917	0.40532	-0.33727	1.33845	0.24224	1.86181
		IV 82	-0.0209	(4.68)	-0.02885	(8.89)	0.11987	(9.52)
		III 19	-0.22593		0.79358		-0.95789	
	地盤	II 28	0.17838		0.85184		-0.12529	
		無 7	-0.09451		-0.48881		-1.41937	
		OK 84	0.1074	0.33728	-0.06031	0.7439	-0.28939	0.58459
		IV 58	-0.18058	(3.90)	-0.35158	(4.94)	0.03854	(3.35)
		III 18	0.1507		0.19375		0.15232	
舗装	支保	II 58	-0.02442		0.39232		0.3152	
		OK 232	0.02303	0.25154	-0.71389	1.51918	0.12875	4.29854
		IV 19	0.94369	(2.91)	0.22482	(10.09)	-0.38383	(24.82)
		III 3	0.08473		1.40548		3.00977	
		II 19	0.10794		0.25839		-1.28877	
	舗装	無 43	-0.1438		0.03898		0.14418	
		A 32	-0.97858	相関比=0.80892	-1.24482	相関比=0.34130	-0.07788	相関比=0.21897
		B 98	-0.48048		0.3938		0.34257	
		C 74	0.50224		0.18375		-0.57985	
		D 14	2.73948		-0.721		0.89335	

外的基準 A: 現状維持 B: 軽い補修 C: 大規模な補修 D: 補修より架換

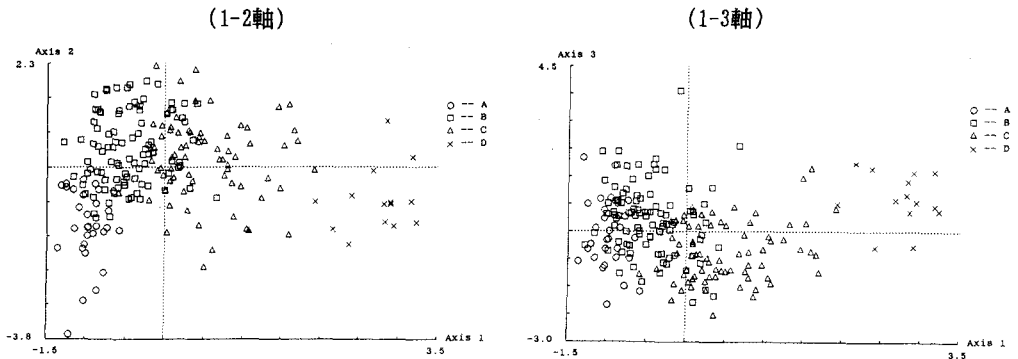


図3 散布図 (コンクリート橋)

ればならない。そこで本研究では総合評価のプロセスとして、まず物理的健全度を数量化理論第II類を用いて4段階 (A: 現状維持、B: 軽い補修を要する、C: 大規模な補修を要する、D: 補修より架換をすすめる) に評価する。その後この結果を機能的評価項目に組み込んで、総合評価を行なうことにする。くわしくは文献³⁾を参照されたい。

4. 解析結果

ここでは前述の国道橋梁362橋についての物理的評価解析の途中経過について報告する。362橋は鋼橋146橋、コンクリート橋216橋に分類される。362橋全橋に対する橋梁点検データについて、著者らのこれまでの経験に基づき、前述のA、B、C、Dの判定をした結果、鋼橋146橋のうち、A判定：23橋、B判定：61橋、C判定：54橋、D判定：8橋、またコンクリート橋216橋については、A判定：32橋、B判定：96橋、C判定：74橋、D判定：14橋となった。これらを数量化理論第Ⅱ類の外的基準として、解析した結果を表3（鋼橋）および表4（コンクリート橋）に示している。これらの解析手順は文献³⁾と同様である。またそれぞれの散布図を図2（鋼橋）と図3（コンクリート橋）にそれぞれ示している。これらの解析結果は著者らの判定による暫定的な結果であり、とくに上述の外的基準については現在担当部署に照会中であり、それらの結果とつき合わせた後、最終的な結果となるものである。

5. あとがき

本論文では最終的な評価結果までを示すことは出来なかったが、今後それらについてさらに報告したい。本研究にあたっては北海道開発局道路維持課、建設機械工作所、および北海道土木部道路課の御協力を得て実施している。昨年度網走土現管内の橋梁を対象として、維持補修計画立案のための資料が得られたので、今年度はさらにデータを増加して解析を続行しているところである。関係方面の御理解と御協力が得られれば幸いである。本研究は平成5年度文部省科学研究費一般研究C（代表者・大島俊之）の補助を受けました。また、本研究のとりまとめにあたって北見工大土木開発工学科の舟津真人氏のお世話になりました。ここに感謝いたします。

参考文献

- 1) 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、1993.
- 2) 安田他：構造物の健全度診断における機能的寿命の評価法に関する研究、土木学会北海道支部論文集、第49号、1993.
- 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集、Vol.1、1993.
- 4) 大橋、青山：土木計画への数量化Ⅱ類適用の信頼度に関する実験的研究、土木学会論文集、第353号、Ⅳ-2、1985.
- 5) 田中他編：パソコン統計解析ハンドブックⅡ多変量解析編、共立出版、1984.
- 6) 日本鋼構造協会：鋼構造物の寿命に関する調査、JSSCレポート、No.19、1991.