

(V-14) ファジー数量化理論による橋梁健全度診断評価

富士技研センター株式会社 正会員 ○村坂 宗信
富士技研センター株式会社 正会員 西山 文男

1. はじめに

近年において国道や地方道等の橋梁の内、施工後20年以上経過した構造物が増加しており、機能低下や老朽化が懸念されてきている。このような原因による橋梁倒壊を未然に防止するために維持管理の観点から日常の橋梁点検が行われている。今日の道路橋示方書及び道路構造令の改正の経緯から明らかなように、日々変動する社会情勢に伴う橋梁をとりまく環境変化は、橋梁の維持管理技術に多大な影響を及ぼしてきた。

現在、一般幹線道路に架けられた橋梁の判断基準は道路の性格の違いから各道路管理者毎に設定されているため、具体的評価基準が統一されていない。そのため橋梁の点検データに基づいて、評価基準を総合的健全度として定量的に評価する手法を確立して統一する必要がある。

本研究は橋梁台帳等の基礎データをもとに各因子に対する重み付けを数量化理論Ⅱ類¹⁾を用いて定量的に決定する手法を用いる。なお解析結果の信頼性の向上を図るためファジー理論を組み込んでいる。このような解析手法の確立は、限られた維持管理費を有効活用できるため、コスト縮減につながると考えられる。

2. 健全度評価

構造物の寿命は「構造物として使用されてから何らかの理由により使用が停止されるまでの期間或いは構造物をこれ以上使用できない終わりの段階」と定義され、物理的寿命・機能的寿命・経済的寿命も3つに分類される。このうち経済的寿命は維持補修費がかかる橋梁は物理的寿命に達していると判断できるため、本研究では経済的要因を物理的要因に統合する。その上で橋梁の総合的健全度を機能的健全度と物理的健全度に大別して検討することとする。

(1) 機能的健全度評価

機能的評価を決定するための手法はこれまでに確立されたものはない。従って機能的健全度の各項目に共通して影響する因子を交通量に取り、交通量と他の機能的項目の適

切度を評価の対象とする。交通量の特性を示す指標として12時間交通量を用いて適切度を判定する。なお交通量に関する橋梁構造のアイテムとして①車線幅員②路肩幅員③歩道幅員④線形状態⑤河川改修計画⑥交通混雑度の6項目を選定した。

(2) 物理的健全度評価

建設省土木研究所の「橋梁点検要領(案)」では物理的点検項目は非常に多くの項目に分類されており²⁾、個々の損傷レベルの判定もほぼ的確に統一した基準で判定できると思われる。橋梁調査には橋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。しかしながらこれら全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部材項目についてのみ損傷内容から更に3つに分類した。また横桁・縦桁・対傾構・横構等の項目はまとめて補剛材として1つの項目で処理し、排水装置・遮音壁・照明等は項目から削除した。このようにして選定された14項目の詳細を表-1に示す。

上部構造	主部材	・主1 [腐食・剝離・鉄筋露出] ・主2 [亀裂・破断・ひび割れ] ・主3 [遊離石灰・異常振動等]
	補剛材(2次部材)	
下部構造	床版	・床1 [剝離・鉄筋露出] ・床2 [床版ひび割れ] ・床3 [遊離石灰・抜け落ち等]
		・躯体 ・基礎
その他		・支承
		・高欄
		・地覆
		・舗装
		・伸縮装置

表-1 物理的アイテム

3. 数量化理論Ⅱ類による解析

物理的健全度評価の解析結果について以下に説明する。実際の現場では数多くの橋梁点検データを有している。本研究ではA県における実際の橋梁点検データを鋼橋250橋、コンクリート橋250橋、合計500橋分を再度写真等の資料により見直した。処理方法として橋梁の状態により表-2のような4段階の外的基準を定めて検討した。健全度を評価する時、部材の重要度を考慮して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た。こ

キーワード：数量化理論、ファジー理論、橋梁点検、健全度診断評価

〒150-0011 東京都渋谷区東1-22-11渋谷三信ビル6F、

TEL 03-3409-3160 FAX 03-3409-7190

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進める

表-2 外的基準

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であり、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した。すなわち一軸において境界値が1.21358より大きい値を”II”とし、二軸において境界値が0.31053より大きい値を”III”とし、三軸において境界値が-0.12965より大きい値を”IV”、とし小さい値を”OK”という基準値をもとにしてどの分類に属するか判定している。図-1に鋼橋250橋に対するI-II軸散布図、図-2に同様にI-III軸散布図をそれぞれ示している。

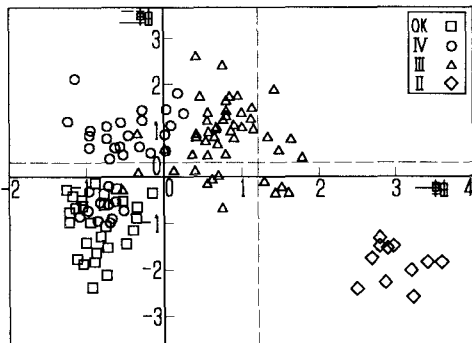


図-1 A県鋼橋 I 軸 - II 軸散布図

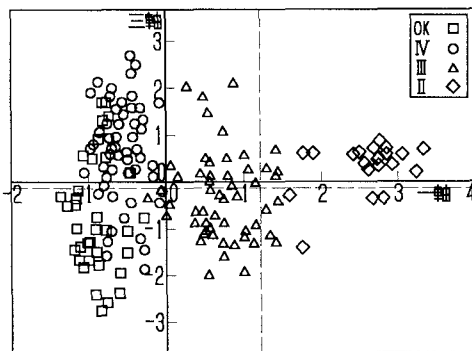


図-2 A県鋼橋 I 軸 - III 軸散布図

4. 橋梁点検の総合評価

本研究はファジー数量化理論により、橋梁点検調査を基に得られたデータから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、その橋梁が健全か否かのランキングを検討する事が出来た。表-3に示す14項目の点検結果に対する重み係数により各アイテムの損傷ランクは一軸、二

軸、三軸の各重みをかけて各軸毎の合計値であるサンプルスコアを求める。次にこれを基に橋梁の健全度総合ランクを前節で述べた基準値を用いて判定する。具体的な例を挙

		鋼橋(250橋)					コンクリート橋(250橋)		
		1軸	2軸	3軸			1軸	2軸	3軸
上部構造	主部材	0.3	8.1	0.8	上部構造		0.8	11.8	5.8
	副部材	15.330.0	4.222.9	0.211.6			3.434.3	6.428.9	0.217.7
	その他	5.4	10.6	10.8			10.7	2.7	2.7
	床版	2.9	3.0	4.4			6.8	1.9	1.9
下部構造	主部材	0.4	6.3	1.3	下部構造		10.0	7.1	18.5
	副部材	3.0	5.9	5.9			2.6	6.4	6.4
	その他	0.6	19.3	15.0			11.9	13.9	7.3
	床版	5.22.4	1.320.6	5.725.6			20.9	3.923.1	7.322.5
基礎	主部材	1.1	1.3	13.6	基礎		1.1	1.6	5.4
	副部材	10.1	6.3	1.2			20.1	7.6	8.6
	その他	4.1	6.4	13.3			3.1	4.2	6.0
	床版	2.3	5.5	4.1			0.9	1.9	6.8
合計(%)		100.0	100.0	100.0	合計(%)		100.0	100.0	100.0

表-3 重み係数の総括

橋梁名	上部型式	主1	主2	主3	副1	床1	床2	床3	基礎	支保	高欄	地覆	舗装	伸縮
A橋	concrete	OK	OK	IV	III	IV	II	OK	II	OK	III	OK	IV	OK
B橋	steel	II	OK	OK	OK	IV	II	III	OK	II	OK	IV	OK	II
C橋	steel	OK	OK	OK	OK	OK	IV	OK	OK	OK	OK	IV	OK	OK
D橋	concrete	OK	OK	OK	OK	IV	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
E橋	steel	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	IV	OK	OK
F橋	steel	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	IV	OK	OK	IV	OK	OK
G橋	concrete	II	II	II	III	II	II	II	III	OK	II	IV	OK	II
H橋	steel	II	OK	OK	OK	OK	OK	III	III	OK	II	OK	OK	II
I橋	steel	OK	OK	OK	OK	IV	OK	IV	OK	OK	II	OK	OK	OK
J橋	steel	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

表-4 A県内10橋の14項目評価

橋梁名	上部型式	一軸	二軸	三軸	総合評価	点検年	架設年
G橋	concrete	3.35895	3.86911	-2.57261	II	1988	1958
B橋	steel	1.72693	4.82695	0.40028	II	1989	1964
A橋	concrete	-0.42508	2.01531	1.68597	III	1984	1962
H橋	steel	0.55693	1.75967	-2.22590	III	1992	1978
I橋	steel	-0.68597	-1.30512	1.29875	IV	1988	1962
C橋	steel	-0.58026	-1.10289	0.88691	IV	1994	1972
F橋	steel	-0.59691	-1.16972	-0.11698	OK	1992	1968
J橋	steel	-1.00581	-0.59027	-0.33958	OK	1992	1984
E橋	steel	-1.18345	-0.76118	-0.44987	OK	1993	1975
D橋	concrete	-0.80591	-1.00291	-0.55893	OK	1988	1984

表-5 A県内10橋のランク付き総合評価

げると表-4でA県が点検を行った橋梁の内から10橋の14項目判定結果を4段階で示している。そして表-5により一軸、二軸、三軸のサンプルスコアが算出され、これにより各橋梁のランク付けされた総合評価が得られる。

参考文献

- 1) 林、駒澤：数量化理論とデータ処理（朝倉書店）
- 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

出来る限り点検評価の客観的判断結果を重視するために4段階の判断に埋設ジョイントの静寂性を評価するために取替工事前後に騒音・振動測定を実施した。試験は20tfに検