

アンケート調査に基づく塩害劣化 RC 橋の健全性評価

神戸大学大学院 学生員 ○岸 紗百合

神戸大学工学部 正会員 森川 英典

1. 目的

近年、塩害劣化 RC 橋の早期劣化が問題となっており、維持管理の重要性が高まっている。しかし、橋梁の健全性評価は技術者の主観によるものが多く、橋梁評価の基準の不確定さが問題となっている。よって、橋梁の健全性を客観的・合理的に評価するプロセスおよび手法の確立が求められている。本研究では、アンケート調査に基づく手法を用いて橋梁の健全性評価を行い、その有効性について検討した。

2. アンケート調査および評価の概要

アンケート調査は兵庫県内にある塩害劣化 RC 橋の A 橋、B 橋に対して、管理者を対象として行われた。A 橋では 6 人、B 橋では 13 人の回答があった。対象橋梁の概略図を図-1 に示す。

図-2 にアンケート調査の質問の流れを示す。主桁は各桁について質問し、床版は各質問に対して最も劣化の激しいパネルを選択し回答することにした。これらを重回帰分析による方法と健全度評点による 2 手法を用いて評価を行った。

アンケート調査時では各質問に対して 100 点満点での評価で行ったが、各変状に対する質問（第 1 段階）の点数化には図-3 に示すような方法で行った。この質問に関する評価については最も危険に見るところを 1.0 とし、他に関しては、影響度が小さくなるように点数の重み付けを行った。

3. 重回帰分析および健全度評点を用いた健全性評価

(1) 重回帰分析を用いた健全性評価方法

図-2 に示すように段階的に重回帰分析を行い、健全性を評価する評価式の作成を行った。ただし、回帰に使用するサンプルは A 橋と B 橋の人数を合わせたものとした。

(2) 重回帰分析の結果（劣化状態、耐荷性、使用性）

表-1、図-4 にそれぞれ重回帰分析の結果を示す。

表-1 から、せん断と比較して曲げの回帰式の方がより劣化状態を説明しているといえる。また図-4 を見ると主桁、床版とも耐荷性、使用性はほぼ同様の傾向を示しており、相関性も高いことがいえる。

(3) 重回帰分析の結果（健全性）

図-4 に示すように劣化状態、耐荷性、使用性の間に相関が確認できたので、代表として主桁、床版の劣化状態の値を用いて健全性を評価する回帰式を作成した。その結果を表-2 に示す。ここで図中の平均値、最悪値とは全桁の評価値の平均を用いた場合と、最も評価の悪い桁の値を用いた場合を示している。どちらの式においても主桁の感度

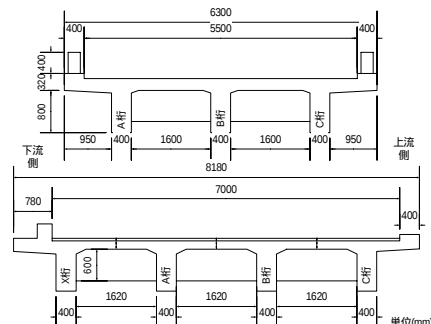


図-1 概略図 (上: A 橋, 下: B 橋)

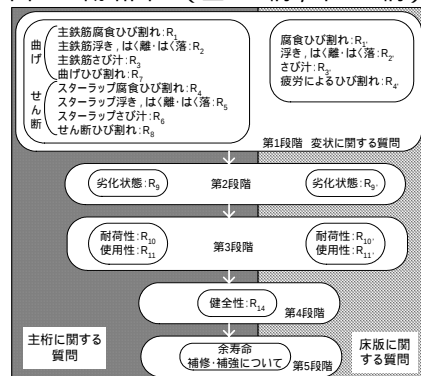


図-2 質問の流れ

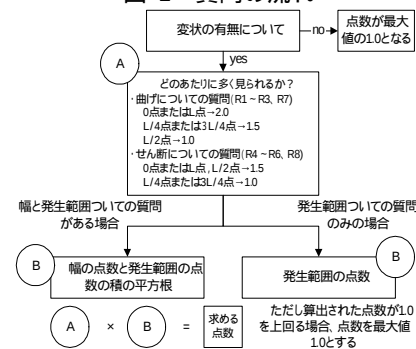


図-3 変状に関する質問の点数化方法

表-1 重回帰分析の結果

劣化状態 (R9, R9) との関係を求める変数	回帰式	R ²
R1 ~ R6, R1R2, R4R5	$R_9 = -0.0737 + 0.391R_1 + 0.171R_2 + 0.295R_7$	0.667
R11, R12, R3, R4, R1R2	$R_9 = -0.128 + 0.383R_4 + 0.198R_6 + 0.164R_7$	0.308
R11, R12, R3, R4, R1R2	$R_9 = -0.103 + 0.521R_2 + 0.584R_4$	0.710

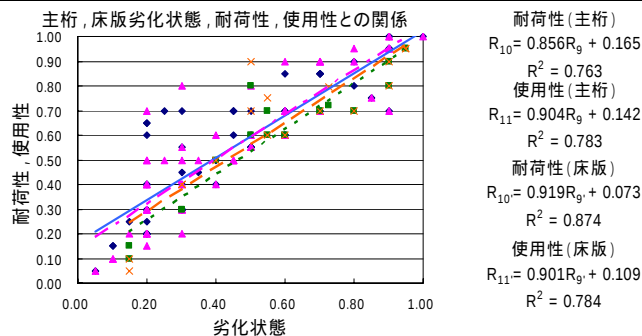


図-4 重回帰分析結果 (主桁・床版, 耐荷性, 使用性)

キーワード 現場試験, 健全性, アンケート調査, 塩害, 安全性評価

連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部 TEL078-803-6027

係数がより高くなっており、健全性判断において主桁の状態をより考慮している傾向があることがわかる。

(4) 健全度評点の定義

ここで、健全度評点として次式で定義した。

$$X(\text{健全度評点}) = \sum R_i / \sum R \quad (1)$$

R_i ：実際の評点

R ：最も健全な状態を表す時の評点（ここでは1.0とする）

また、表-3に示すパターンで健全度評点を算出し、評価を行った。

(5) 健全度評点の結果（劣化状態、耐荷性、使用性）

図-5に健全度評点（劣化状態、耐荷性、使用性）の結果を示す。主桁、床版とも直接劣化状態、耐荷性、使用性を評価することが可能であるといえる。

(6) 健全度評点の結果（健全性）

表-4に健全度評点の結果（健全性）を示す。重回帰分析の場合に顕著であった主桁と床版の感度係数の差は見られなかった。健全度評点は全ての変数の値が平均的に反映されているので、床版の感度係数が比較的高くなったものと考えられる。

(7) 重回帰式と健全度評点による結果の比較

2つの方法で求められた式に実際の値を代入し、比較を行った。その結果を表-5に示す。両手法による結果はほぼ対応しているが、A橋における床版と健全度の値が平均値で0.31、0.26、最悪値で0.38、0.25と少々ばらついていては先に述べたように健全度評点における床版の感度係数が比較的高いことが原因と考えられる。

(8) アンケート結果と安全性指標 β との比較

安全性指標 β ¹⁾との比較を行った。その結果を図-6に示す。安全性の低下とアンケート結果による耐荷性の低下が対応しているのがわかる。A橋の安全性評価ではA、B桁の劣化が大きく、不確実性が高いため、C桁との β の相違が大きくなっていると考えられる。

4. まとめ

本研究では実塩害RC橋に関して行われたアンケート調査から管理者のデータを用いて、健全性を評価する式の作成を、重回帰分析と健全度評点の2手法を用いて行った。またその妥当性を、両手法間で、また安全性指標 β と比較することにより検証した。今後様々な変状の橋梁にアンケート調査を行っていくことにより更なる改良を行っていく必要がある。

参考文献 1) 小島ら：実橋における変状を考慮した塩害劣化RC橋の劣化予測と安全性評価，土木学会関西支部講演集，V-24，2004.5。

表-2 重回帰分析の結果（健全性）

健全性(R_{12})との関係を求める変数	回帰式	
R_9 （平均値）と R_9	$R_{12} = -0.0886 + 1.08R_9 + 0.0783R_9$	$R^2 = 0.812$
R_9 （最悪値）と R_9	$R_{12} = -0.0548 + 0.884R_9 + 0.191R_9$	$R^2 = 0.741$

表-3 健全度評点パターン

変数	健全度評点パターン	用いる項目
X_1	主桁・床版の合計の健全度評点	$R_1 \sim R_8, R_{11} \sim R_{14}$
X_2	主桁（平均値）の健全度評点	$R_1 \sim R_8$
X_3	主桁（最悪値）の健全度評点	$R_1 \sim R_8$
X_4	床版の健全度評点	$R_{11} \sim R_{14}$
X_5	主桁の健全度評点	$R_1 \sim R_8$

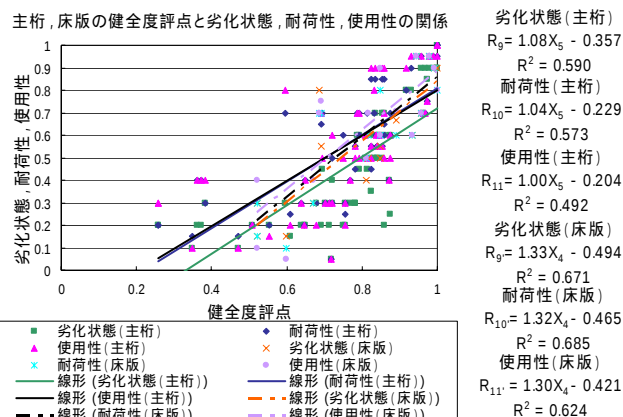


図-5 健全度評点の結果（劣化状態、耐荷性、使用性）

表-4 健全度評点の結果（健全性）

健全性(R_{12})との関係を求める変数	回帰式	
X_1	$R_{12} = -0.408 + 1.11X_1$	$R^2 = 0.503$
X_2 と X_4	$R_{12} = -0.479 + 0.558X_2 + 0.616X_4$	$R^2 = 0.542$
X_3 と X_4	$R_{12} = -0.433 + 0.552X_3 + 0.635X_4$	$R^2 = 0.584$

表-5 重回帰分析と健全度評点による結果の比較

A橋						B橋					
主桁	劣化状態	耐荷性	使用性	重	健	主桁	劣化状態	耐荷性	使用性	重	健
A桁	0.26	0.21	0.38	0.32	0.37	0.33	X桁	0.78	0.69	0.83	0.78
B桁	0.29	0.29	0.42	0.39	0.41	0.40	A桁	0.47	0.47	0.57	0.57
C桁	0.43	0.43	0.53	0.53	0.53	0.53	B桁	0.48	0.46	0.57	0.56
平均	0.33	0.31	0.44	0.41	0.44	0.42	C桁	0.37	0.45	0.48	0.55
							平均	0.52	0.52	0.61	0.61
床版	劣化状態	耐荷性	使用性	重	健	重	健	床版	劣化状態	耐荷性	使用性
	0.53	0.35	0.56	0.37	0.58	0.40			0.89	0.71	0.89
									0.73	0.91	0.75
全体	健全性	重	健	重	健	重	健	全体	健全性	重	健
床版・主桁合計評点	**	0.28						床版・主桁合計評点	**	0.51	
平均値	0.31	0.26						平均値	0.55	0.53	
最悪値	0.38	0.25						最悪値	0.55	0.53	

重：重回帰分析，
健：健全度評点，と
する。

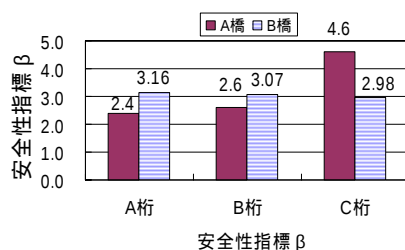
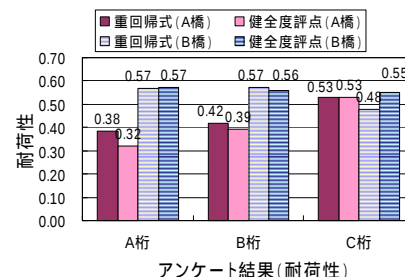


図-6 アンケート結果と安全性指標 β