

論文 目視調査に基づく塩害劣化 RC 橋の簡易健全性評価法に関する検討

上山 暁一^{*1}・森川 英典^{*2}・狩野 裕之^{*3}・内海 卓也^{*4}

要旨：長期にわたり供用されている RC 橋の劣化に伴い、現存する RC 橋の維持管理の必要性が注目されている。劣化した多数の橋梁を合理的かつ経済的に維持管理する手法の構築が求められる。本研究では、塩害劣化 RC 橋の健全性評価手法として、橋梁管理者に対して、予め判断基準を示したアンケート用紙を用いて目視調査を行い、評価モデルの構築を行った。調査結果について、統計的分析を行うことで、管理者の判断プロセスおよび基準が明らかとなり、塩害劣化 RC 橋の簡易健全性評価が行えるものと考えられる。また、詳細な健全性評価手法と比較検討することで、本手法の有用性について検討を行っている。

キーワード：塩害, RC 橋, 目視調査, 健全性, 簡易評価, 維持管理

1. はじめに

近年、塩害劣化 RC 橋の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。こういった中で、今まで詳細な点検に基づいた様々な評価手法についての検討がなされてきた。しかしながら、このような塩害劣化 RC 橋は多数の事例が報告されており、これらすべてに対して詳細な点検を行い、健全性評価を行うことは現実的に不可能である。

そこで、より簡易的に健全性を評価する手法として、RC 構造物の特徴である外観変状を目視調査によって点検することで橋梁の健全性や余寿命評価といった各種性能を評価する手法の構築が求められる。

しかし、目視調査に基づいて性能評価を行うことは、管理者の主観に依存しやすい傾向にあり、調査基準のあいまいさを有するため、その不確実性が問題となっている。そこで、アンケート用紙等により目視判断項目および基準を示すことで、塩害劣化した RC 橋の状態について、合理的かつ客観的な評価を可能とする評価手法の構築が求められている。

さらには、経済性および橋梁の重要性に応じて適宜詳細な評価手法と簡易な評価手法を使い分けることにより、合理的な維持管理が行われるものと考えられる。

本研究では、橋梁管理者を対象に、10 橋の塩害劣化 RC 橋に対して劣化状態および健全性等の性能評価に関する 2 種類の調査項目を作成し、アンケート形式で目視調査を行い、そのデータをもとに評価手法の分析、評価モデルの作成を行った。

今回は得られたサンプルから、重回帰分析およびリッジ回帰分析を用いることで評価を行うとともに、実際の橋梁管理者の経験に基づいた評価・判定のプロセスおよ

び基準の抽出を行った。また、これらの 2 種類の目視調査による評価結果の比較および、詳細な点検に基づく評価結果との比較検討を行うことにより、目視調査による評価手法の有効性についての検討を行った。

2. 簡易評価手法の調査概要

2.1 簡易評価手法の位置付け

本研究で扱う健全性評価手法について説明する。著者らはこれまで、目視調査に基づく健全性評価手法として、簡易評価法 A および簡易評価法 C^{1),2)}について調査を行っている。これらはアンケート形式で調査を行っているが、それぞれ調査内容が異なっている。簡易評価法 A が、塩害に起因する劣化のみを評価する、より簡易的な手法であるのに対して、簡易評価法 C は、初期欠陥などについても評価を行い、塩害、中性化、アルカリ骨材反応など様々な劣化要因に対応する、より汎用的な評価手法となっている。また、簡易評価手法の有用性について検討するため、詳細点検に基づく健全性評価手法についても詳細評価法 E³⁾として評価を行っている。

表-1 に各評価手法に対する点検内容の一覧について示す。**表-1**において、上段ほど点検レベルが低く、不確定要因が増大することになる。したがって、点検レベルの低い点検に基づいた評価手法ほどその評価にばらつきが生じやすく、信頼性が低くなるため、より安全側の評価であることが求められる。このように点検内容によって各評価手法における評価の位置付けを行うことは、各評価手法を状況に応じて適宜使い分ける際に重要となり、安全性・効率性の高い維持管理を可能にすると考えられる。

*1 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (正会員)
 *2 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 教授 工博 (正会員)
 *3 (株) 鴻池組 大阪本店土木技術部 主任 工修 (正会員)
 *4 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (正会員)

表－1 各評価手法と点検内容の一覧

点検項目	評価手法		
	簡易評価法A	簡易評価法C	詳細評価法E
橋梁台帳(構造諸元)			○
目視調査A	○		
目視調査C		○	
目視調査(ひび割れ、浮き調査)			○
赤外線カメラ			○
超音波試験			○
電気化学測定(自然電位、分極抵抗)			○
中性化深さ測定			○
コア試験(塩分分析)			○
コア試験(圧縮試験)			○

2.2 対象橋梁の概要

本研究では、塩害劣化環境下にある RCT 橋および RC 床版橋の 10 橋を対象に目視調査を行った。対象橋梁の概要について表－2 に示す。

また、目視調査は橋梁管理者を対象としており、人数は、簡易評価法 A については 2006 年度では 18 人、2007 年度では 17 人、2008 年度では 17 人、また簡易評価法 C については 2008 年度では 7 人 (M 橋のみ 17 人) を対象として行っている。さらに、I 橋、M 橋の 2 橋については、同時に表－1 に示したように詳細評価法 E に対応した詳細点検を行っている。

表－2 対象橋梁概要

橋梁名	橋梁概要			目視調査A			目視調査C
	橋梁形式	スパン長 (m)	経過年数 (2008年時)	2006 (年)	2007 (年)	2008 (年)	2008(年)
I橋	RCT	11	49	○	○	○	○
M橋	RCT	11	46		○	○	○
a橋	RCT	14	39	○	○	○	○
b橋	RC床版	7	48	○	○	○	○
c橋	RC床版	8	48	○	○	○	○
d橋	RC床版	8	45	○	○	○	○
e橋	RCT	8	48	○	○	○	
f橋	RCT	8	52	○	○	○	
g橋	RC床版	6	75	○	○	○	
h橋	RC床版	8	42	○	○	○	

2.3 簡易評価法 A の概要

簡易評価法 A は、塩害に起因する劣化を対象として、表－3 に示すように 9 項目の質問項目で構成されている。簡易評価法 A の目的は短時間で多くの橋梁に対して評価を行うことであるため変状の質問に関しては必要最小限のものとしており、各質問項目については具体的な劣化状況および具体例を示した質問シートを作成し、スムーズに回答が行えるようにしている。また、各質問項目の回答基準は土木学会によるコンクリート標準示方書⁴⁾、⁵⁾に準ずるものとなっている。質問対象部位は上部工のみを対象としている。また、RCT 橋の場合は主桁のみ、RC 床版の場合は床版のみを評価対象とし、変状が最も顕著に確認できる一部材を選択して評価を行う。

$R_1 \sim R_9$ までの全ての回答は 5 段階評価とし、変状の質問 $R_1 \sim R_4$ のみ 0 (全く変状がない状態) の評価を加えている。また、 R_2 “ひび割れ” に関しては発生箇所についても 5 段階で評価を行い、発生箇所による重み付けをし

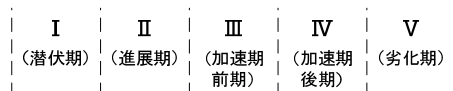
ている。 R_5 “劣化状態” に関しては、各段階を図－1 に示すような劣化過程で定義している。

各質問項目は図－2 に示すような回答フローで構成されており、この手順で各評価を行うこととしている。つまり、 $R_1 \sim R_4$ の評価結果を参考に R_5 “劣化状態” について評価を行い、その結果より、 R_6 、 R_7 、 R_8 の橋梁の性能に関して、あるいは、 R_9 の橋梁の健全性に関して評価を行う。ここで、 R_9 の橋梁の健全性に関する質問のみ、RCT 橋の場合は主桁、RC 床版橋の場合は床版の全部材についての総合的な評価としている。

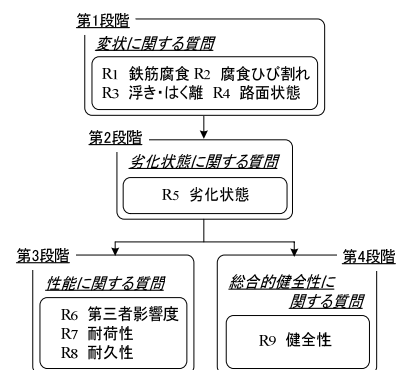
これらの結果を用いて、変状と各種性能との関係性および橋梁管理者の判断基準について分析を行う。また、分析結果から定式化を行うことで、実運用時には橋梁管理者が変状に関する質問についての評価を行うだけで各種性能を評価できるものと考えられる。

表－3 対象橋梁概要

質問番号	質問カテゴリー	質問内容
R_1	変状について	鉄筋の腐食状態に関する質問
R_2		腐食ひび割れに関する質問
R_3		浮き・はく落に関する質問
R_4		路面状態に関する質問
R_5	劣化状態について	劣化状態に関する質問
R_6	性能について	第三者影響度に関する質問
R_7		耐荷性能に関する質問
R_8		耐久性能に関する質問
R_9	総合的健全性について	健全性に関する質問



図－1 R_5 “劣化状態” の定義



図－2 回答フロー

2.4 簡易評価法 C の概要¹⁾、²⁾

簡易評価法 C は評点法を用いており、対象構造物の変状の種類、程度や範囲などに関して設定した点数のテーブルに基づき、加点合計ではなく対象構造物の環境条件において発生しうる最大の劣化状態に対する調査時点の劣化状態の比率 (評点) で表わされる。

簡易評価法 C の評価項目については表－4 に示すよう

に、劣化、損傷および、それらの助長要因となる初期欠陥を対象としている。簡易評価法 A に比べ専門的知識を必要とする質問も存在する。

それぞれ変状の程度と発生範囲について 4 段階で評価（全く変状がない場合 0）を行う。

表-4 簡易評価法 C 評価項目

評価項目	劣化, 損傷, 初期欠陥の種類	B_i
1	仕上がり不良: 剥離, コールドジョイント, ジャンカ, 空隙	1
2	施工不良に起因する初期ひび割れ: 乾燥収縮ひび割れ等	1
3	供用荷重による過度の変形あるいは拘束に起因するひび割れ	3
4	流水などによる浸食, 車両や船舶等の衝突による損傷	1
5	遊離石灰, 浸出物, ポップアウト	1
6	ひび割れや打ち継ぎ目からの漏水	2
7	凍結箇所での凍結防止剤によるスケーリング	2
8	スターラップ, 配力筋の腐食による被覆不良	2
9	主鉄筋, PC 鋼材, シースの腐食およびはく離・はく落	3

評点 R_c については式(1)のように定義する。

$$V_D = \sum B_i \times K_{2i} \times K_{3i}$$

$$R_c = \frac{\sum V_D}{\sum V_{D,MAX}} \times 100 \quad (1)$$

ここで、

V_D ; 表-4 で示した質問項目別の評価値

B_i ; 表-4 に示す各質問項目の重み付けのパラメータ

K_{2i} ; 変状の程度 (0.5~2.0 の 4 段階評価)

K_{3i} ; 変状の発生範囲 (0.5~2.0 の 4 段階評価)

R_c ; 発生しうる最大の劣化状態に対する調査時点の劣化状態の比率 (評点)

$\sum V_D$ については、予め各橋梁の環境条件に基づいて選出された評価項目について現状を評価した値となり、 $\sum V_{D,MAX}$ については、選出された評価項目において考える最大の劣化状態とする。

評価対象部位は上部工のみを対象としている。上記の評価項目および評価式に従って各部材（主桁および床版）についてそれぞれ評点を用いて評価を行う。

3. 簡易評価手法 A の検討

3.1 重回帰分析を用いた検討

2006 から 2008 年度までのサンプルを用い、表-3 に示す $R_1 \sim R_3$ を説明変数、 R_5 を目的変数として重回帰分析を行った。ここで、 R_4 については予備検討の段階で有意性が示されなかったため重回帰分析の説明変数からは除外している。また、検討するにあたって不適切な回答については、判断プロセスの抽出を目的としているため、予め排除している。表-5 に重回帰分析の結果について示す。その結果、図-2 に示すフローにおける第 1 段階から第 2 段階への評価に関する管理者の判断プロセスについて、表-5 に示す重回帰式によって表現することがで

き、決定係数も高い値が得られた。また、回帰係数の値より、回答者は R_2 “腐食ひび割れ” と R_3 “浮き・はく落” を同程度に重み付けをして評価していることが分かる。

しかしながら、本来、重回帰分析とは、説明変数間の相関がないことを仮定した分析方法である。そのため、説明変数間に強い相関性が存在するとき、重回帰分析の結果は決定係数の値によらず信頼性の欠けるものとなる（多重共線性）。ここで、各変数間の単相関についてみると、表-6 に示すようになり強い相関性が確認でき、多重共線性が懸念される。

表-5 重回帰分析

**:1%有意 *5%有意					
変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	偏相関	T 値	判定
R_1 鉄筋腐食	0.20	0.24	0.25	4.92	**
R_2 腐食ひび割れ	0.30	0.33	0.30	6.12	**
R_3 浮き, はく落	0.29	0.34	0.33	6.70	**
定数項	0.60			6.23	**
決定係数	0.71	修正決定係数	0.70		
$R_5 = 0.20 \times R_1 + 0.30 \times R_2 + 0.29 \times R_3 + 0.60$					

表-6 相関行列

相関行列	R_1	R_2	R_3	R_5
R_1 鉄筋腐食	1.00			
R_2 腐食ひび割れ	0.70	1.00		
R_3 浮き, はく落	0.76	0.73	1.00	
R_5 劣化状態	0.70	0.74	0.78	1.00

3.2 リッジ回帰分析⁶⁾を用いた多重共線性の検討

多重共線性の影響を考慮して、リッジ回帰による分析を用いて新たに検討を行った。リッジ回帰分析とは、重回帰分析と同様の回帰モデルによって各変数の関係性を表現するものであるが、回帰係数の推定方法が異なった手法である。これは、多重共線性がある場合に有効な分析方法であり、さらに、多重共線性を検出するために用いる手法でもある。以下に、詳細について述べる。

まず、重回帰分析は、式(2)に示すような誤差二乗和を最小とするように回帰係数を推定する手法である。

$$S(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = \sum_{i=1}^n u_k^2 \quad (2)$$

$$= \sum_{i=1}^n (R_{5k} - \alpha_0 - \alpha_1 R_{1k} - \alpha_2 R_{2k} - \alpha_3 R_{3k})^2$$

ここで、

u_k ; 誤差

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$; 最小二乗推定値 (重回帰係数)

$R_{1k}, R_{2k}, R_{3k}, R_{5k}$; 各変数の実測値 (評価値)

実際には、最小二乗推定値 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ は、式(3)に示す連立方程式 (正規方程式) の解として与えられる。

$$\begin{cases} T_{11}\alpha_1 + T_{12}\alpha_2 + T_{13}\alpha_3 = T_{15} \\ T_{12}\alpha_1 + T_{22}\alpha_2 + T_{23}\alpha_3 = T_{25} \\ T_{13}\alpha_1 + T_{23}\alpha_2 + T_{33}\alpha_3 = T_{35} \end{cases} \quad (3)$$

ここで、

$$T_{ij} = \sum_{k=1}^n (R_{ik} - \bar{R}_i)(R_{jk} - \bar{R}_j)$$

これに対して、リッジ回帰分析では、式(4)のような標準型回帰モデルが与えられているとき、リッジ回帰係数の推定式は、式(5)のように表わされる。

$$R_5 = \tilde{\alpha}_1 R_1 + \tilde{\alpha}_2 R_2 + \tilde{\alpha}_3 R_3 + u \quad (4)$$

$$\begin{cases} (1+k)\tilde{\alpha}_1 + r_{12}\tilde{\alpha}_2 + r_{13}\tilde{\alpha}_3 = r_{15} \\ r_{12}\tilde{\alpha}_1 + (1+k)\tilde{\alpha}_2 + r_{23}\tilde{\alpha}_3 = r_{15} \\ r_{13}\tilde{\alpha}_1 + r_{23}\tilde{\alpha}_2 + (1+k)\tilde{\alpha}_3 = r_{15} \end{cases} \quad (5)$$

ここで、

u ; 誤差

$\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \tilde{\alpha}_3$; リッジ回帰係数

r_{ij} ; i 番目と j 番目の変数間の単相関

k ; 片寄りを表すパラメータ

このとき、0 から 1 の範囲の k に対して、 $\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \tilde{\alpha}_3$ をプロットする。このようにして得られたグラフをリッジ軌跡 (図-3 参照) と呼び、最適な k の値を決定し、リッジ回帰係数を算定する。以下に、 k を決定する指針⁶⁾ について述べる。

- すべての係数が安定している。
- 係数の絶対値が不合理なほど大きくない。
- 係数の符号が妥当である。
- 誤差二乗和が不合理なほど大きくない。

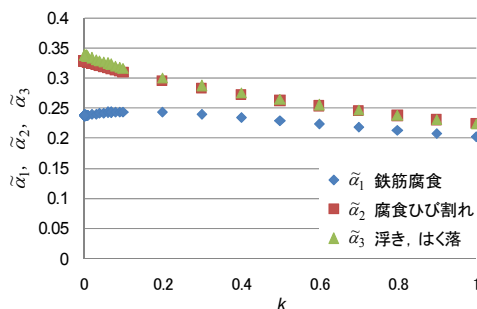


図-3 リッジ軌跡

多重共線性の影響がある場合、 k の値が小さい範囲にあるとき、相関の強い変数について、理論と一致せず符号が負の領域を示すなどといった不安定な軌跡となる。しかし、図-3 についてみると、 k の値が小さい範囲にある場合においてもリッジ軌跡が安定しているため、多重共線性の影響がないことを示している。また、 k の値については a)~d) の条件を満足するできるだけ小さい値をとることが望ましかったため、今回、 $k=0$ を採用する。

ここで、リッジ回帰分析における $k=0$ とは、標準化した場合の重回帰分析における最小二乗推定値と同値を意味している。したがって、表-5 に示す重回帰式を採

用する。今後、新たなサンプルの増加に伴い、多重共線性の影響が懸念されるため、以上のようなリッジ回帰分析によって k を推定し、その影響を考慮した回帰係数を算定するべきである。

3.3 回帰分析を用いた検討

2006 年度から 2008 年度までの調査結果から、各橋梁の評価の平均値をサンプルとし、図-2 における第 2 段階から第 3 段階および第 2 段階から第 4 段階への評価について回帰分析を用いることで、管理者の判断プロセスの抽出を行った。その結果として、図-4 に示すように高い相関性が得られた。

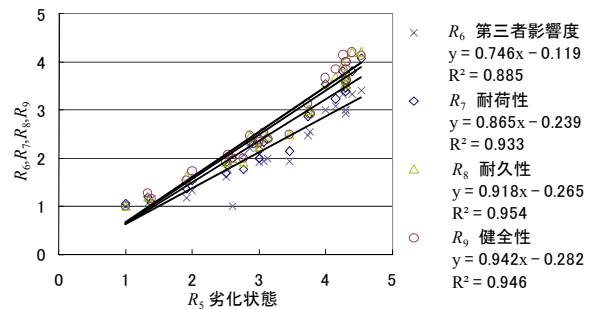


図-4 回帰分析結果

3.4 簡易評価法 C についての検討^{1), 2)}

簡易評価法 C についてはサンプル数が少なく、平均値・標準偏差といった統計的データ処理を用いた検討は有効ではないため、各項目の最頻値を採用して各部材の R_c を評価した。その際、表-4 に示す評価項目の中で、“凍結箇所での凍結防止剤によるスケーリング”の評価項目についてはどの橋梁についても損傷なしという評価結果となっており、簡易評価法 C については対象構造物の環境条件において発生しうる最大の劣化状況に対する調査時の劣化状態の比率といった考えに基づいているためこの評価項目は除外した。

また、評点 R_c の評価値に応じて表-7 に示すように段階的指標として劣化等級³⁾によって各部材の現状を評価できるものとなっている。両指標による評価結果について表-8 に示す。ここで、簡易評価法 C では RCT 橋の床版についても評価を行っているが主桁よりも重要度が低いことおよび主桁に比べ劣化が進行していないことを加味して、今回、RCT 橋については主桁の結果のみを示している。

表-7 劣化等級

劣化等級	評点 R_c
I	0~3
II	4~8
III	9~13
IV	14~23
V	24~32
VI	33~

表－8 簡易評価法 C 評価結果

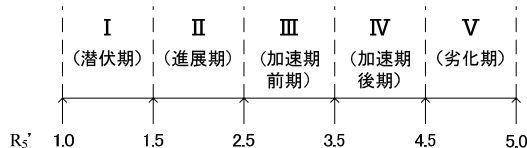
		R_c	劣化等級
I橋	主桁A	27%	V
	主桁B	27%	V
	主桁C	22%	IV
M橋	主桁A	21%	IV
	主桁B	16%	IV
	主桁C	5%	II
	主桁D	13%	III
a橋	主桁A	0%	I
	主桁B	0%	I
	主桁C	0%	I
b橋	床版A	33%	VI
	床版B	27%	V
	床版C	21%	IV
	床版D	30%	V
c橋	床版A	22%	IV
	床版B	31%	V
d橋	床版A	7%	II
	床版B	13%	III

4. 比較検討

4.1 簡易評価法 A の比較指標について

簡易評価法 A については、表－5 に示す重回帰式を用いて、2008 年度の $R_1 \sim R_3$ の評価値を入力値として算出された R_5 の平均値（以下、区別のために R_5' と示す）を各橋梁の比較指標とした。

また、重回帰式により算定された R_5' を R_5 についての 5 段階評価の際に示した基準（劣化過程、図－1 参照）に相当するように図－5 に従って当てはめた結果についても表－9 に示す。



図－5 劣化過程の定義

表－9 簡易評価法 A 評価結果

	R_5'	劣化過程
I橋	4.58	V
M橋	3.85	IV
a橋	1.32	I
b橋	4.45	IV
c橋	4.60	V
d橋	3.56	IV

4.2 簡易評価法の比較検討

表－9 に示した簡易評価法 A の劣化過程の評価結果および、表－8 に示した簡易評価法 C の各橋梁の評点 R_c において最も評価が最悪な部材について図－6 に示すよ

簡易評価法A (劣化過程)	a橋			M橋 d橋 b橋	I橋 c橋
	I	II	III	IV	V
簡易評価法C (劣化等級)	I	II	III	IV	V or VI
	a橋		d橋	M橋	I橋 b橋 c橋

図－6 劣化過程および劣化等級の比較

うに比較を行ったところ、両者の評価は概ね同等となり妥当な結果となっていることが分かる。

このように対象橋梁を劣化過程および劣化等級に従ってグループ分けをすることで対象橋梁群の劣化状態を一律に把握し、効率的な維持管理を行うことができると考えられる。また、このようなグループ分けに従って詳細点検の必要性について優先順位を示すことができるものと考えられる。

また、表－9 における簡易評価法 A の指標 R_5' と簡易評価法 C の評点 R_c の評価値について比較した結果を図－7 に示す。ここで、簡易評価法 C の評点 R_c については、劣化等級の定義として、供用限界として設定しているときの評点 R_c を最大値として比較を行っている。

この結果、ほとんどの橋梁において、塩害に起因する鉄筋腐食などの変状のみに着目し、最も劣化が顕著に確認できる一部材を対象として評価を行う簡易評価法 A の方がより安全側の評価を与えている。しかし、初期欠陥が確認できる橋梁（b 橋、c 橋）については、塩害に起因する変状に加え、劣化の助長要因となる初期欠陥を評価対象としている簡易評価法 C の方が安全側の評価となっており、各評価手法の難易度および質問内容を反映した妥当な結果が得られたと言える。

4.3 詳細評価法との比較検討

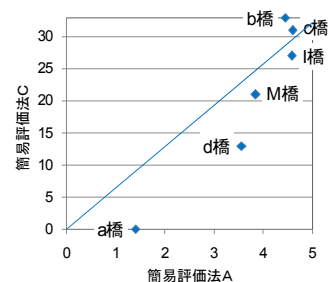
詳細点検を行っている I 橋および M 橋について、詳細評価法 E と比較することで、簡易評価法の有用性について検討を行う。詳細評価法 E では、解析的アプローチから断面力 S （スパン中央における発生曲げモーメントと定義する）および耐荷力 R （鉄筋降伏時のスパン中央における曲げモーメントと定義する）評価を行っており、この断面力 S と耐荷力 R から、安全余裕 $M=R-S$ としたとき、式(6)で算出される安全性指標 β を安全性評価としている。また、安全性指標 β については、既往の研究⁷⁾で 2.08 を維持管理上の限界値と設定している。

$$\beta = \frac{\mu_M}{\sigma_M} \quad (6)$$

ここで、

σ_M : M の標準偏差、 μ_M : M の平均値

今回、比較指標として、以上のようにして得られる安



図－7 R_5' および R_c による比較

全性指標 β の 2008 年時の予測結果を用いて検討を行う。

まず、比較を行うにあたって、すべての評価指標を百分率に換算して表すこととする。その際、最も健全な状態を 100、最も劣化の進行した状態（供用するにあたって問題が生じる状態）を 0 とする。つまり、簡易評価法 A および C については図-7 で示した Max の状態を 0、Min の状態を 100 として換算する。詳細評価法 E については供用開始時の安全性指標 β の評価値を 100（最も健全な状態）、安全性限界値（ $\beta=2.08$ ）を 0（最も劣化の進行した状態）として換算する。このようにして比較した結果を図-8 に示す。

I 橋、M 橋の結果についてみると、簡易な調査に基づく評価手法ほど安全側の評価となっており、どの桁においても経済性および専門性といった点検レベルにしたがって順当な位置付けとなる評価結果を得ることができている。

しかし、比較的劣化の軽微な M 橋についてみると詳細評価法 E ではほぼ健全な状態と判断されているのに対し、簡易評価法 A および C については比較的評価が低くなっている桁が存在する。これは詳細評価法 E については耐荷性能を評価した指標であるのに対し、簡易評価法 A および C については外観の劣化状態を評価した指標であるので、外観に変状が表われ始めた段階で対象部材における評価が低下しているためである。一方、鉄筋の腐食が進行している I 橋においては M 橋の場合よりも詳細評価法 E と簡易評価法 A および C の評価の差が比較的小さい。このように劣化が進行するにつれて外観の劣化状態に基づく評価結果が大きく低下すると耐荷性能にも影響が表われ、簡易な評価手法と詳細な評価手法の評価の差が小さくなると考えられる。

5. まとめ

以下に、今回得られた知見についてまとめる。

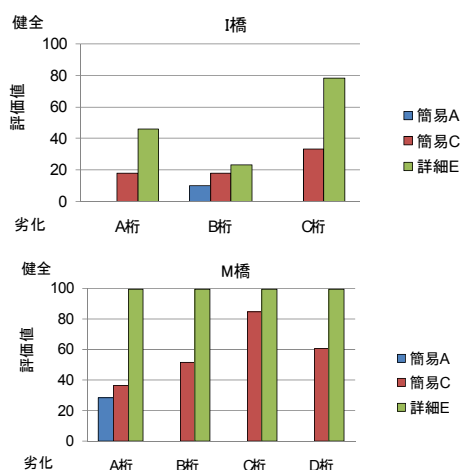


図-8 詳細評価法 E との比較

1) 簡易評価法 A において、重回帰分析、リッジ回帰分析等を用いることで、管理者の判断プロセスを表現することができた。

2) 簡易評価法 A と簡易評価法 C を比較すると、両者はある程度一致した評価結果を示している。また、初期欠陥が確認できる橋梁については、劣化の助長要因となる初期欠陥を評価対象としている簡易評価法 C の方が比較的 safety 側の評価となっており、各評価手法の難易度および質問項目を反映した妥当な結果が得られた。

3) 詳細評価法 E との比較を行った結果、より簡易的な点検に基づく簡易評価法 A および C の方が safety 側の評価となっており、妥当な結果であることが分かった。

また、詳細評価法 E と比較して、簡易評価法 A および C の方が外観の劣化状態についての評価であるため、先行して評価値が低下していることが分かった。

今後の課題として、目視調査による不確定性を把握することによって、簡易評価法をより信頼性の高いものにする必要がある。また、サンプルを増し、より詳しく詳細評価法との関係性を検討することで、実際の状況に近い評価ができるものとする。

謝辞

今回、アンケート調査に協力していただいた兵庫県県土整備部の方々に、深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 狩野裕之、森川英典：コンディションレーティング（評点法）に基づく劣化 RC 橋の簡易性能評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1805-1810，2003.7
- 2) 狩野裕之、森川英典：目視点検に基づく評点法による塩害劣化 PC 橋の劣化度評価における不確定要因の検討，アップグレード論文報告集，第 4 巻，pp.329-336，2004.10
- 3) 権明直、森川英典：現場試験に基づく塩害劣化 RC 橋の構造性能と安全性の評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.1，pp.1077-1082，2007
- 4) 社団法人 土木学会：コンクリート標準示方書「維持管理編」，2003.11
- 5) 社団法人 土木学会：コンクリート標準示方書「維持管理編」に準拠した維持管理マニュアル（その 1）および関連資料，pp.6，2003.11
- 6) S.チャタジー，B.プライス：回帰分析の実際，（株）新曜社，pp.199-211，1981.2
- 7) 森川英典，宮本文穂，竹内和美：統計解析に基づく既存コンクリート橋の安全性および寿命評価，土木学会論文集，No.502，V-25，pp.53-62，1994.11