

心理的影響に基づくコンクリート構造物 の補修時期に関する一考察

近田康夫¹・松島学²・畦崎成志³

¹正会員 工博 金沢大学助教授 自然科学研究科システム創成科学専攻 (〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20)

²正会員 工博 香川大学教授 工学部安全システム建設工学科 (〒761-0396 高松市林町 2217-20)

³正会員 工修 ショーボンド建設株式会社

コンクリート構造物の損傷・劣化に伴う補修は、力学的観点からその補修時期が決定されてきた。しかし、公共構造物の場合には、日常その構造物を利用したり、目にする一般住民の持つ感覚と技術的な判断との間の差が大きければ、いたずらに不安を与える一因となる。公共構造物であるからこそ、純粋な工学的・力学的な判断ではなく、その外観から利用者に与える心理的影響に基づく補修時期の決定が必要ではないかという命題の下に、段階的な劣化画像に対するアンケート調査を通して検討を行った。

Key Words : *concrete structure, maintenance, psychological influence, decision making, repair timing*

1. はじめに

コンクリート構造物の補修時期は、構造物の耐荷性、耐久性、変形性及び美観性の検討により決定される。ひび割れ、剥離、鉄筋露出、漏水、劣化、空洞・豆板等の各劣化現象において、耐荷性、耐久性、変形性の面からの補修の判定指標は比較的明確化されているといわれてよいであろう。しかしながら、これらの劣化現象に対する美観あるいは周辺環境への影響性という面からの補修の判定指標の普遍化は現在のところ不十分であるといえる。つまり、力学的な補修時期は明確であるのに対し、心理的観点からの補修時期は不明瞭であるということになる。

著者らの一人は、実際の橋梁補修の要否の診断に、安全性の観点からは問題がないことから、補修不要との判断を行ったが、管理者は使用者である一般住民から不安であるという意見に押されて補修せざるを得なかった経験を持つ。このようなときに、コンクリート構造物も自動車や家電製品と同様の消費財であることを思い知らされた。

コンクリート構造物は時間経過に伴い、表面の汚れ、劣化の進展が進行する。このとき、物理的安全性の面ではさほど問題はなくても、表面的な汚れやひび割れのある外観により一般住民に不安を与えることは容易に推測される。特に、擁壁、橋脚、護岸壁などのコンクリート公共構造物は、一般住民の生活環境の場にあり、常にその目にさらされているにもかかわらず、外観状態に十分な配慮がなされているとはいえない。そこで、コンクリート構造物の表面の美化(汚れの除去)や補修時期を力学的な観点からのみ決定するのではなく、一般住民に不安を感じさせないという観点から決定す

ることが新たな視点として考えられるであろう。言い換えれば、心理的な観点からの最適補修時期の明確化が必要となってくるわけである。

2. コンクリート構造物の劣化

(1) 評価因子

コンクリート構造物における損傷、欠陥の発生は構造的な性能低下をもたらす。低下した性能を回復するために補修が行われるが、従来、どの程度の損傷に至ったときに補修を実施するかは、耐荷性能、耐久性能、変形性能、美観の4つの観点からの検討が行われてきた。

コンクリート構造物の損傷発生を最も簡単に確認できるのは、ひび割れの発生であるが、補修の要否は許容ひび割れ幅を自安としている²⁾。損傷がかなり進んだ段階では、剥離・剥落、鉄筋の露出が見られ、特に、後者が認められれば原則として補修を行う。

コンクリート構造物の「汚れ」は、その外観変化に対する人間の評価結果であるといえる。この外観の変化を人間が生理的に不快に感じた場合、そのコンクリート構造物は「汚い」と評され、好ましく感じた場合には「味いがある」と評されることになる。汚れの程度の受け止め方には個人差があり、人間の不快感の定義は非常に難しいものである。しかしながら、遊離石灰の析出した擁壁やよだれ状に黒くなった橋脚を好ましいと感じることがないように、一般的に、外観が色彩的に不均一となった場合に汚れていると判断される場合が多い¹⁵⁾。

現在、汚れ評価に関しての数々の研究・調査がなされており、付着物質や形状別に汚れを分類したものなどが報告されている。また、汚れの形状と汚れ面積率が

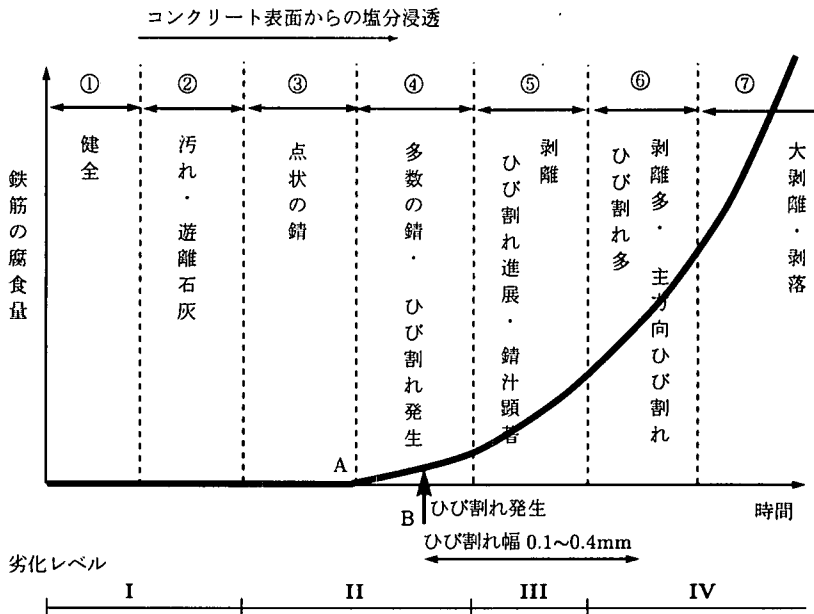


図-1 鉄筋の腐食と表面状態

表-1 劣化レベルと表面状態の関係

劣化レベル	レベル I	レベル II	レベル III	レベル IV
表面状態	①, ②	③, ④	⑤	⑥, ⑦
鉄筋腐食	・腐食なし	・鉄筋表面に点錆がみられる ・一部に錆汁がみられる	・鉄筋が腐食しているが断面欠損は伴っていない ・錆汁が多い	・鉄筋の腐食が著しく断面欠損を伴っている ・錆汁が著しい
ひび割れ	・腐食によるひび割れなし	・腐食によるひび割れはほとんどない ・一部に浮きが見られる	・腐食によるひび割れが発生しているが多くはない ・一部に剥離がみられる	・腐食によるひび割れが多く幅が数 mm のものもある ・剥離・剥落が多い

評価に及ぼす影響を調査した研究¹⁴⁾もあり、よだれ状の汚れが特に「汚い」という印象を与えることも報じられている。コンクリート構造物が何らかの欠陥要因を伴うのであれば、その表面には汚れの進展とともに遊離石灰、錆汁、ひび割れ、剥離などの劣化現象も同時に現れるであろう。このとき使用者(一般住民)は外観状態の「汚さ」のみならず、使用における「不安感」をも抱くことが予測される。

本研究はコンクリート構造物の外観評価に影響を及ぼす因子として、汚れ、遊離石灰、錆汁、ひび割れ、剥離を考える。これらの因子と人間の感性との関係を把握し、コンクリート構造物の最適な補修時期を決定することが本研究の目的である。

(2) 劣化進行のモデル化

既往の研究、事例からコンクリートの劣化進行に伴う表面状態の劣化を以下に示す7段階に大別した。

- ① 健全
- ② 汚れ、遊離石灰(しらか)の発生
- ③ 点状の錆汁(ばん線、スペーサーなどに沿った位置)
- ④ 多数の錆汁(スターラップに沿って線状に広がる)、部分的なひび割れ発生

- ⑤ 多数のひび割れ発生、スターラップ表面のコンクリートの剥離(鉄筋露出)
 - ⑥ 多数の剥離、主鉄筋方向のひび割れ(幅4mm以上の太くて長いひび割れ)
 - ⑦ 主鉄筋表面のコンクリートの剥離、剥落の発生
- 劣化レベルの観点から上述の表面状態を区分すると表-1のようになる。

これらの表面状態とコンクリート構造物の劣化の関係は図-1のようにモデル化される。図中のA点が鉄筋の腐食開始時点であり、B点がひび割れ発生の時点である。「劣化レベル III」は腐食進行の著しい領域であり、「劣化レベル IV」では部材の耐荷力の低下を引き起こす。

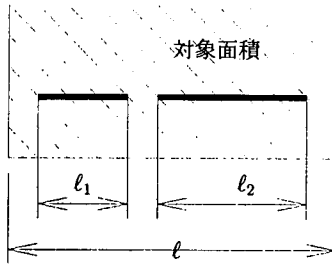
(3) 従来の補修時期指標

コンクリート構造物の代表的な劣化指標は、ひび割れ幅と剥離の大きさが支配的と考えられる。これに対応する補修時期の目安は、劣化レベル III, IVとなる。これが、従来の物理的あるいは力学的な観点からの補修時期の目安である。

一方、コンクリート構造物の心理的観点からの補修時期を考えるとき、コンクリートの表面状態と人間の

表-2 アンケート画像のパターン

	画像 No.	影響因子
パターン A	A_00~A_05	「汚れ」・「遊離石灰」の進展
パターン B	B_00~B_09	「ひび割れ」・「剥離」の進展
パターン C	C_00~C_12	「錆汁」のみの進展
パターン D	D_00~D_12	全ての影響因子 (実際の表面劣化)



等価ひび割れ本数 $n = (l_1 + l_2) / l$

図-2 等価ひび割れ本数

感性との関係を把握する必要がある。この場合、人間の感性に影響を与える因子としてコンクリート表面に現れる「汚れ」や「遊離石灰」、「錆汁」、「ひび割れ」、「剥離」が挙げられる(以後これらを影響因子と呼ぶ)。これらの影響因子は様々な色、形、大きさでコンクリート表面に現れ、さらに時間経過に伴いそれらの特徴が変化すると考えられる。

3. 損傷外観に関するアンケートと考察

本研究は、心理的観点からの最適な補修時期の資料を得るために、コンクリート構造物の時系列的な劣化状態を画像化し、個々の劣化状態に対する人間の反応をアンケート調査により収集した。

(1) 画像作成

本研究ではまずグラフィック・ソフトを使用し、写真真を修整することにより、図-1の劣化段階に対応させた歩道橋(RC橋)の橋桁部分の時系列的な劣化状態を画像化した。これらのアンケート画像は、実際のコンクリート表面の劣化段階を時系列的に追いつつ、5つの影響因子について、影響度を調べるために表-2のように4パターンの劣化画像を作成した。これらの詳細は表-3、表-4に示すとおりであり、表中の画像No.がD-の系列が実際の劣化状況を再現したものである。図-3にそれらの画像(アンケート画像)の一部を示す。

画像の各影響因子を表わす指標として、汚れ、遊離石灰、錆汁、剥離には面積率(%) (コンクリート表面積に対するパーセント)、ひび割れは図-2に示す等価ひび割れ本数(本)を用いた。一般に、ひび割れは補修の判定基準とされるひび割れ幅0.4mmを境界にひび割れa(0.4mm以下)、ひび割れb(0.4mm以上)と分類した¹⁵⁾。ただし、画像解像度の関係から、aは最小画素

表-3 劣化段階と画像の対応(その1)

画像 No.	劣化段階	遊離石灰 (%)	汚れ (%)	錆汁 (%)	剥離 (%)	ひび割れ a(本)	ひび割れ b(本)
A_00	①	-	-	-	-	-	-
A_01	②	62.5	-	-	-	-	-
A_02	②	66.7	-	-	-	-	-
A_03	②	58.3	8.4	-	-	-	-
A_04	②	44.7	22.0	-	-	-	-
A_05	②	45.9	29.1	-	-	-	-
B_00	①	-	-	-	-	-	-
B_01	④	-	-	-	-	0.66	-
B_02	④	-	-	-	-	-	0.66
B_03	⑤	-	-	-	-	0.73	0.66
B_04	⑤	-	-	-	-	-	1.39
B_05	⑥	-	-	-	-	0.61	1.39
B_06	⑥	-	-	-	-	-	2.00
B_07	⑥	-	-	-	-	-	2.57
B_08	⑥	-	-	-	3.2	-	2.01
B_09	⑦	-	-	-	4.2	-	1.95
C_00	①	-	-	-	-	-	-
C_01	③	-	-	0.8	-	-	-
C_02	③	-	-	0.8	-	-	-
C_03	③	-	-	1.0	-	-	-
C_04	④	-	-	1.4	-	-	-
C_05	④	-	-	1.6	-	-	-
C_06	④	-	-	2.9	-	-	-
C_07	⑤	-	-	4.7	-	-	-
C_08	⑤	-	-	5.4	-	-	-
C_09	⑤	-	-	6.2	-	-	-
C_10	⑥	-	-	6.8	-	-	-
C_11	⑥	-	-	11.0	-	-	-
C_12	⑥	-	-	13.3	-	-	-
D_00	①	-	-	-	-	-	-
D_01	②	66.7	-	-	-	-	-
D_02	②	58.3	8.4	-	-	-	-
D_03	③	44.3	21.7	0.8	-	-	-
D_04	③	45.4	28.6	1.0	-	-	-
D_05	④	45.1	28.5	1.5	-	0.66	-
D_06	⑤	44.1	27.7	3.2	-	0.73	0.66
D_07	⑤	43.2	26.4	5.4	-	-	1.39
D_08	⑥	42.8	26.0	6.2	-	0.61	1.39
D_09	⑥	42.5	25.7	6.8	-	-	2.00
D_10	⑥	40.5	23.6	11.0	-	-	2.57
D_11	⑥	39.4	20.5	13.3	3.2	-	2.01
D_12	⑦	39.4	19.4	13.3	4.2	-	1.95

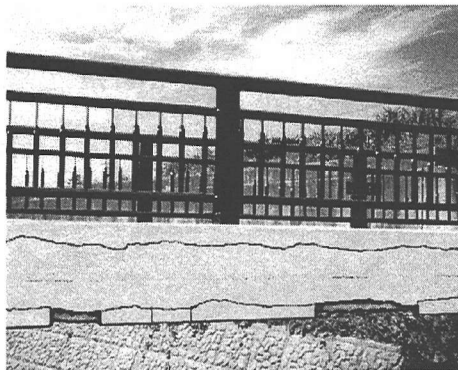
単位で描画したものとし、bはそれ以上の画素単位で描画したものととして視覚的に識別できることで表現した。

(2) アンケートによる評価

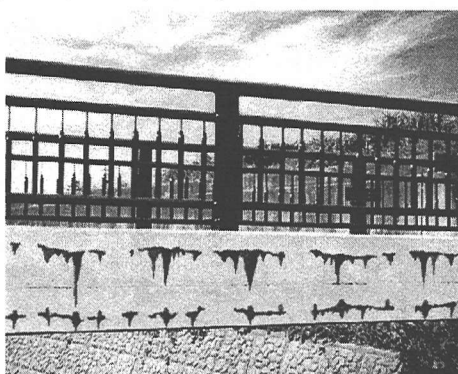
画像作成の後、これらの劣化の進展画像を提示し、表-5、表-6に示す不安感・美感(美的側面からの印象の意味の造語)の2つの評価指標に関してアンケート調査を実施した。調査対象は、金沢大学で土木建設工学を専攻する学部生99人である。

表-4 劣化段階と画像の対応 (その2)

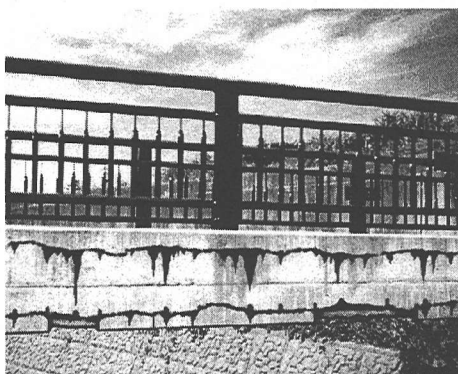
劣化段階	0_	A_	B_	C_	D_
①		A_00	B_00	C_00	D_00
②	01	A_01			D_01
		A_02			D_02
		A_03			
		A_04			
		A_05			
③	02 03			C_01	D_03
				C_02	D_04
				C_03	
④	04		B_01	C_04	D_05
			B_02	C_05	
				C_06	
⑤	05	B_03	C_07	D_06	
		B_04	C_08	D_07	
⑥	06	B_05	C_10	D_08	
		B_06	C_11	D_09	
		B_07	C_12	D_10	
		B_08		D_11	
⑦	07		B_09		D_12



(a) B-9 : 劣化レベル IV(剥離・ひび割れのみを表現)



(b) C-12 : 劣化レベル IV(錆のみを表現)



(c) D-12 : 劣化レベル IV(実際の劣化を表現)

図-3 アンケート画像の例

表-5 歩道橋の使用性に対する不安感レベル

I	気にならない
II	少し不安を感じるが渡る
III	不安だが渡る
IV	渡る気にならない

表-6 歩道橋の外観に対する美観レベル

I	きれい
II	普通
III	きたない
IV	非常にきたない

4. 劣化現象と心理的影響の関係

アンケート収集結果を図-4～図-11に示す。図-4～図-11は評価割合の変化と各影響因子の進展状況との関係を示している。評価割合は、着目項目の各々の範疇の回答数を全体が100%となるようにした。

(1) 調査結果

a) パターン A(汚れ・遊離石灰の進展)

図-4からわかるように、使用性は、汚れの面積率が22.0%となるA_04から不安感を持つ利用者が急増しているが、「渡る気にならない」という利用者は現れず、A_05(劣化段階②)になっても大半の利用者が「気にならない」と答えている。

図-5から美観は、「きたない」と感じ始める利用者が大幅に増えるのはA_04(劣化段階②)からで、ここから「非常にきたない」と答える利用者も出ている。

図-4、図-5から利用者が感じる不安感・汚さは遊離石灰よりも汚れに強く影響されていると考えられる。

b) パターン B(ひび割れ・剥離の進展)

図-6を見てみると、「少し不安を感じるが渡る」、「不安だが渡る」という回答はB_01(劣化段階④)から、「渡る気にならない」という回答はB_02(劣化段階④)から現れている。「気にならない」と答える利用者はB_02(劣化段階④)で全体の50%以下に落ち込み、B_06(劣化段

階⑥)以降ではごく少数になっている。一方、「渡る気にならない」という回答はB_06(劣化段階⑥)以降で大半を占めている。図-7では、「きれい」、「普通」の回答はB_03(劣化段階④)から全体の50%以下になり、ここで「きれい」の回答はなくなる。表-3に示すように、パターンBは、わずかなひび割れ(ひび割れa:0.66本)により不安感・汚さを感じる利用者が現れる。

B_01～B_02での評価割合の変化から、同じひび割れ本数であっても、ひび割れ幅の変化により不安感は強くなることが示されている。

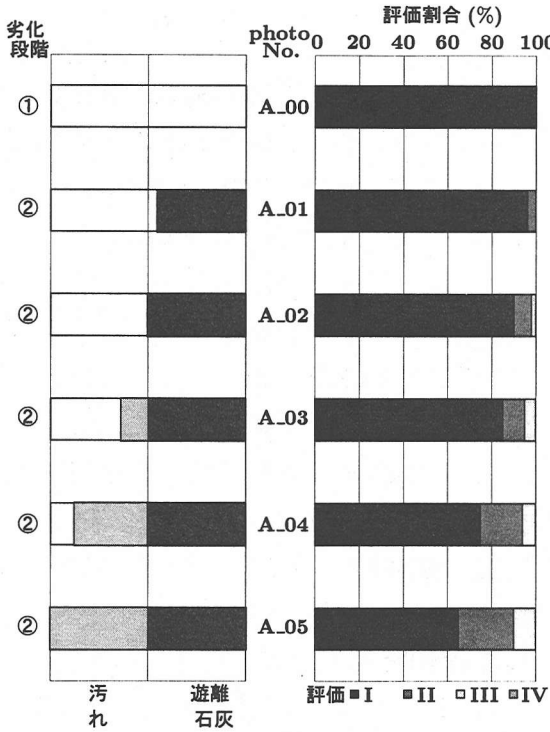


図-4 使用における不安感と劣化段階の関係 (パターン A)

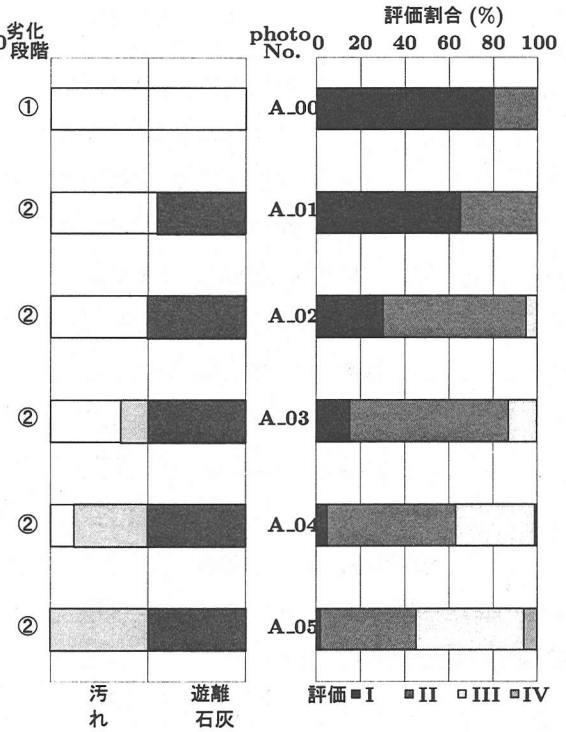


図-5 美感と劣化段階の関係 (パターン A)

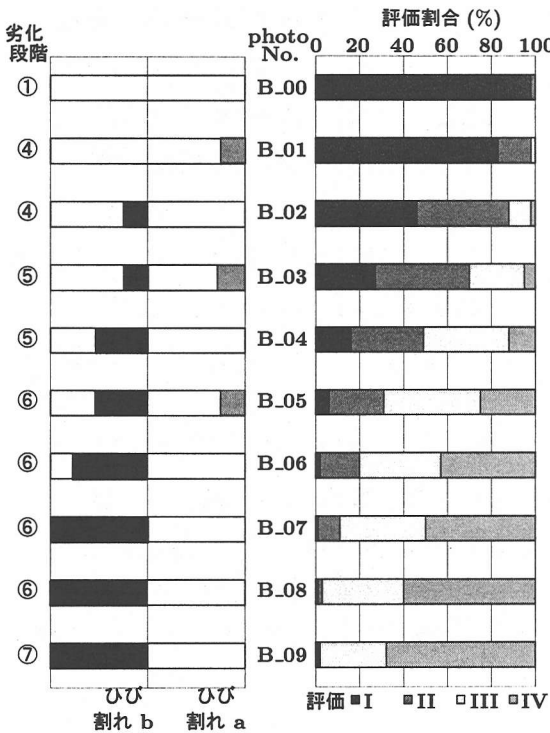


図-6 使用における不安感と劣化段階の関係 (パターン B)

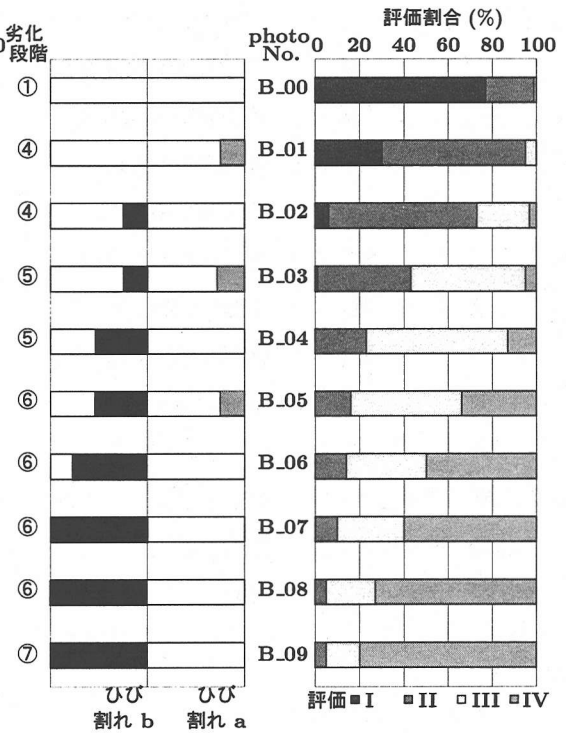


図-7 美感と劣化段階の関係 (パターン B)

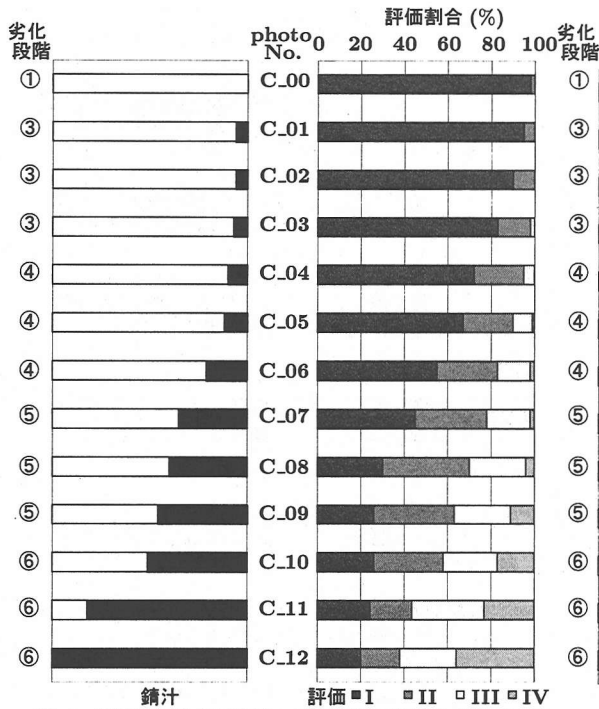


図-8 使用における不安感と劣化段階の関係 (パターン C)

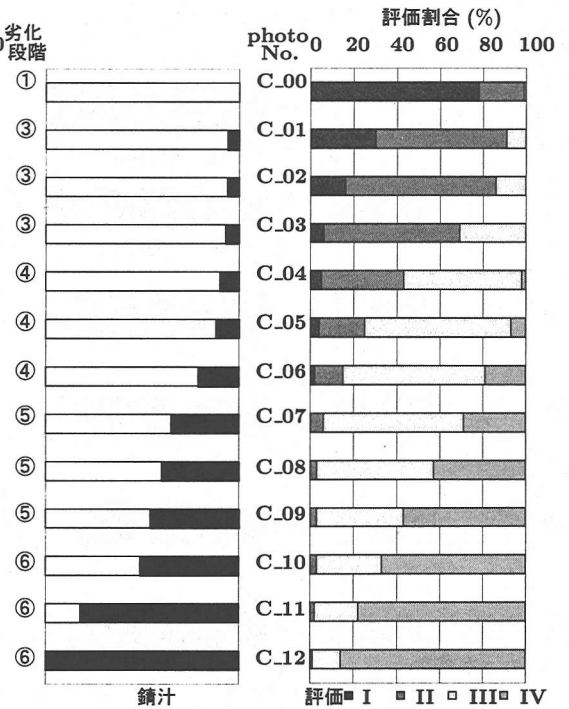


図-9 美感と劣化段階の関係 (パターン C)

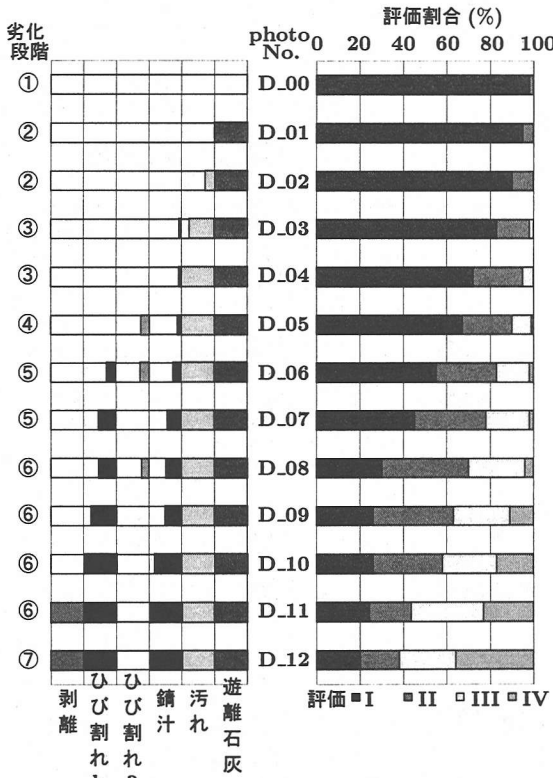


図-10 使用における不安感と劣化段階の関係 (パターン D)

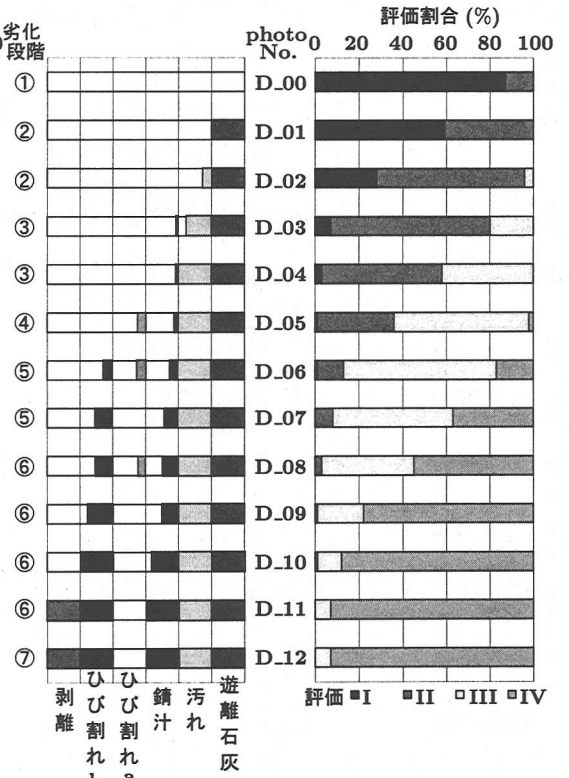


図-11 美感と劣化段階の関係 (パターン D)

主鉄筋方向にひび割れがつながる B.05,あるいは、剥離の現れる B.08では強い不安感を示す回答がほとんどである。剥離は強い影響因子であると考えられるが、剥離が現れる段階まで劣化が進んだ状態では、その面積率の影響よりも存在自体が強く影響していることがわかる。

美感は、B.02~B.03, B.04~B.05での評価割合の変化から、ひび割れ幅よりもひび割れ長さ(ひび割れ本数)に強く影響されると考えられる。

不安感の場合と同様に、B.07~B.08での評価内容の変化より、剥離の存在そのものが強く影響していることがわかる。

c) パターン C(錆汁の進展)

図-8より錆汁による不安感、感度が低く「気にならない」と答える利用者は C.07(劣化段階⑤)で全体の50%以下に減少するが、C.12(劣化段階⑥)に至っても20%存在する。

図-9では、不安感は感じなくても汚れには敏感で、C.04(劣化段階④)で「きたない」と感じるものが全体の50%を越える。

使用性における不安感は、錆汁の面積増加とともに「気にならない」の回答はほぼ同割合で減少している。

減少幅が比較的大きいのは、錆汁面積の変化に伴うものの他に、点状の錆汁がよだれ状に垂れだす(C.03~C.04)、それまでの錆汁にさらに点状の錆が発生する(C.07~C.08)といった錆汁形状の変化に対応するもの、錆汁面積率は同等でも錆汁の色(の濃度)の増加に反応するもの(C.01~C.02)が見られる。

美感でも不安感と同様の傾向を示して、錆汁の色の变化の影響(C.01~C.02)、錆汁の形状変化の影響(C.03~C.04)、そして、錆汁の面積増加の影響(C.04以降)による「きたない」の回答が増加する。

d) パターン D(実際の劣化)

図-10を見ると、「渡る気にならない」という回答は D.05(劣化段階④)から現れ、「気にならない」の回答は D.06(劣化段階⑤)で全体の50%以下に減少している。

図-11は、「きれい」、「普通」と感じている利用者は D.05(劣化段階④)から全体の50%以下になり、「きたない」という評価が大幅に増加している。

使用性における不安感、3箇所に変化が見られる。D.05~D.06, D.06~D.07での「気にならない」という評価の減少と D.10~D.11での「渡る気にならない」という評価の増加である。

D.05~D.06, D.06~D.07ではひび割れの発生とともに錆汁がよだれ状に進展し、D.10~D.11では錆汁が進展し、剥離が現れている。

美感では、顕著な評価割合の変化は見られない。汚れが発生する D.02から「きたない」の回答が現れ、ひび割れが発生する D.05以降で「きたない」、「非常にきたない」の回答が大半を占めるようになっていく。それに伴い、D.08以降で「普通」の回答はほとんどなくなる。

(2) 考察

パターン D は、パターン A・B・C の影響因子を総合し、コンクリート表面の実際の劣化進展を表現したものである。したがって、パターン D とパターン A・B・C の調査結果の比較により、実際のコンクリート表面の劣化における各影響因子の不安感・美感への影響の仕方、および、影響度を推測できると考えられる。

a) 不安感

評価 I 「気にならない」は、パターン B では B.06(劣化段階⑥)から、パターン D では D.09(劣化段階⑥)から著しい減少が見られるのに対し、パターン A, パターン C ではこのような減少は見られない。B.06, D.09のひび割れの状態と劣化レベルが同じであることから、パターン D での評価 I の減少はひび割れに起因すると考えられる。

評価 II 「少し不安を感じるが渡る」は、パターン D では D.02(劣化段階⑥)から現れているが、残りの影響因子別の3パターンでは、A.01(劣化段階②), B.01(劣化段階④), C.01(劣化段階③)という各影響因子が発生した時点で現れている。パターン B では B.08(劣化段階⑥)以降で評価 II と判定する回答はほとんどなくなっている。

評価 III 「不安だが渡る」は、パターン A で A.02(劣化段階②)から、パターン D で D.01(劣化段階②)から現れているが、パターン A では全体の1割を超えるものではなく、パターン D では D.04(劣化段階③)までごく少数である。パターン B では B.01(劣化段階④)から、パターン C では C.03(劣化段階③)から評価 III と判定する利用者が現れ始め、パターン D では D.05(劣化段階④)から増加し始めている。

パターン D に注目すると、評価 II が D.02(劣化段階⑥)から現れているのに対し、評価 III は D.01(劣化段階②)から現れていることがわかる。どちらも5%に満たない割合であるが、「少し不安を感じるが渡る」という利用者よりも先に、「不安だが渡る」という利用者が現れることが示されている。

評価 IV 「渡る気にならない」は、パターン A では全く現れず、パターン B では B.02(劣化段階④)から、パターン C では C.05(劣化段階④)から、パターン D では D.05(劣化段階④)から現れている。パターン D での D.11(劣化段階⑥)以降の増加は、遊離石灰、汚れ、錆汁の面積率の増加を伴わないことから剥離の進展に起因するものと思われる。パターン B とパターン C を比較すると、パターン C では全体的にパターン B ほど「渡る気にならない」の評価割合は高くなく、増加の割合も小さいことがわかる。それに加え、パターン B とパターン D の評価割合の増減の傾向は、ほとんど一致している。これらのことから、錆汁よりもひび割れ・剥離の方がより強い影響因子であると考えられる。

以上より、使用性における不安感に関しては次のようなことが言えるであろう。

- 「汚れ」、「遊離石灰」は不安感に関して影響の強いものではない。

- ひび割れの影響度は長さよりも幅の変化に依存する傾向がある。
- 剥離の影響度は面積よりも存在性に依存する傾向がある。
- 錆汁の影響度は色・形状・面積により変化するが、形状の変化に最も敏感である。
- 不安感に対する影響因子は「ひび割れ・剥離」、「錆汁」、「汚れ」、「遊離石灰」の順で強いものとなる。

b) 美感

評価Ⅰ「きれい」は、パターンAではA.05(劣化段階②)まで、パターンBではB.03(劣化段階⑤)、パターンCではC.06(劣化段階④)、そして、パターンDではD.06(劣化段階⑤)まで認められる。パターンBではB.02(劣化段階④)で評価割合は約5%に落ちるのに対し、パターンCではC.03(劣化段階③)、パターンDではD.03(劣化段階③)で約5%に落ち込んでいる。

評価Ⅱ「普通」は、パターンDではD.10(劣化段階⑥)まで、残りの3パターンでは最後の画像まで認められる。ここでも評価Ⅰの場合と同様に、パターンCではC.08(劣化段階⑤)、パターンDではD.08(劣化段階⑥)以降で評価割合が5%以下に落ち込むのに対し、パターンBではこのような減少は認められず、同じ劣化段階での割合も比較的高いものとなっている。このことから、パターンDでのD.08からの大幅な減少は、錆汁の進展に起因していると考えられる。評価Ⅰの結果も考慮すれば、「きれい」、「普通」の回答割合が50%以下になるのは、パターンAでA.04(劣化段階②)、パターンBでB.03(劣化段階⑤)、パターンCでC.04(劣化段階④)、パターンDでD.05(劣化段階④)であり、パターンBが最も遅くなっている。

評価Ⅲ「きたない」は、パターンAでA.02(劣化段階②)、パターンBでB.01(劣化段階④)、パターンCでC.01(劣化段階③)、パターンDではD.02(劣化段階②)から現れている。

評価Ⅳ「非常にきたない」は、パターンAではA.04(劣化段階②)から現れるがその割合は高いものではない。パターンBではB.02(劣化段階④)から、パターンCではC.04(劣化段階④)から、パターンDではD.05(劣化段階④)から現れている。パターンA・B・Cを比較すると、パターンBは同じ劣化段階での割合が比較的低い。パターンDではD.11(劣化段階⑥)とD.12(劣化段階⑦)の評価割合に変化が認められない。ここでは剥離の面積が増加しているのだが、その影響が全く見られない。

全体を通してみると、汚さを感じる利用者が最も早く増加するのは、パターンDであることがわかる。これは複数の影響因子が混在することで、影響因子が単体で存在するよりも強い影響を与えていると考えられる。

以上のことより、「美感」に関しては、次のようにまとめられる。

- 「遊離石灰」の影響度は強いものではない。
- ひび割れの影響度は幅よりも長さの変化に依存する傾向がある。

表-7 各指標に該当する劣化段階(不安感)

	指標1	指標2	指標3
パターンD	D.06(⑤)	D.01(②)	D.05(④)

()内の②～⑤は劣化段階を表す。

- 錆汁の影響度は色・形状・面積により変化するが、形状の変化に最も敏感である。
- 美感に対する影響因子は「錆汁」、「ひび割れ・剥離」、「汚れ」、「遊離石灰」の順で強いものとなる。

5. 最適な補修時期

現在、実際にコンクリートの美化や補修が施されるのは劣化段階⑤以降(劣化レベルⅢ、Ⅳ)である¹⁰⁾。以下では、使用性における不安感、美感を考慮した補修はいつなされるべきなのか、心理的観点からの最適な補修時期はいつなのかを考察する。

(1) 不安感を考慮した場合

本アンケート結果から心理的観点からの最適な補修時期を考えると、どの段階で要補修とみなすかが最も重要である。ここでは利用者の50%を指標として用いることにし、使用性における不安感を考慮した補修時期を判定するために以下の3つの指標を考えた。

- 指標1 利用者の50%以上が不安感を感じ始める劣化状態。(評価Ⅰが50%以下になる段階)
- 指標2 利用者が不安感を持ち始める劣化状態。(評価Ⅱ、Ⅲ、Ⅳのいずれかが最初に現れる段階)
- 指標3 利用者が「渡る気にならない」と感じ始める段階。(評価Ⅳの現れる段階)

これらの指標に該当する現実の劣化パターンであるパターンDの各劣化段階をまとめると表-7となる。

表-7よりパターンDの最適な補修時期は、D.05(劣化段階④)である。つまり、不安感を考慮した場合、コンクリート構造物におけるコンクリート表面の劣化に対しては、微細、局部的なひび割れが発生し、錆汁がよだれ状に進展し始めた段階で補修を行うべきであり、これは現状の補修段階(劣化段階⑤)よりも早い段階での補修の必要性を示すものである。

(2) 美感を考慮した場合

美感を考慮した補修時期を考えるにあたっては、利用者の50%を指標として用いることにする。美感を考慮した補修時期を判定するための指標として以下の3つを考えた。

- 指標1 利用者の50%以上が汚さを感じ始める劣化状態。(評価Ⅰ、Ⅱの合計が50%以下になる段階)
- 指標2 利用者が不安感を持ち始める劣化状態。(評価Ⅲ、Ⅳのいずれかが最初に現れる段階)
- 指標3 利用者が「非常にきたない」と感じ始める段階。(評価Ⅳの現れる段階)

これらの指標に該当するパターンDの劣化段階を表-8に示す。

表-8 各指標に該当する劣化段階 (美感)

	指標 1	指標 2	指標 3
パターン D	D_05(④)	D_02(②)	D_05(④)

()内の②, ④は劣化段階を表す。

表-8よりパターンDの最適な補修時期は、D_05(劣化段階④)である。つまり、美感を考慮した場合、コンクリート構造物におけるコンクリート表面の劣化に対しては、汚れの進展、微細、局部的なひび割れの発生、よだれ状の錆汁の進展がみとめられる段階で補修を行うべきであり、これは実際の補修段階(劣化段階⑤)よりも早い段階での補修(美化)の必要性を示すものである。

6. まとめ

本研究は、コンクリート構造物の表面に現れる影響因子と人々の感性との関係を把握し、コンクリート構造物の心理的観点からの最適補修時期を決定することを目的としてきた。本研究の結果を以下に示す。

(1) 使用性に対する不安感

- 不安感に対する影響因子としては「ひび割れ・剥離」、「錆汁」、「汚れ」、「遊離石灰」の順で強く、ひび割れは長さよりも幅の変化の影響が、剥離は面積よりも存在の有無の影響が、そして、錆汁は形状変化による影響がそれぞれ顕著に現れる。
- 最適補修時期はコンクリート表面に微細、局部的なひび割れ、よだれ状の錆汁の発生する段階である。

(2) 外観に対する美感

- 美感に対する影響因子は「錆汁」、「ひび割れ・剥離」、「汚れ」、「遊離石灰」の順で影響が強く、ひび割れは幅よりも長さの影響が、錆汁は形状の変化による影響が、それぞれ、顕著に現れる。
- 最適補修時期はコンクリート表面に汚れの進展、微細、局部的なひび割れの発生、よだれ状の錆汁の進展がみとめられる段階である。

(3) 心理的観点からの最適な補修時期

心理的観点からは、微細、局部的なひび割れの発生、よだれ状の錆汁の進展がみとめられる段階(劣化段階④、劣化レベルⅡ)での補修が適当と考えられる。

以上の結果は、限定された画像による、限定された利用者(=学生)を対象としたアンケート結果に基づくものではあるが、その示唆するところは決して限定されるものではない。

専門家から見て、力学的には十分に安全であっても、一般利用者に不快感や不安感を与えるコンクリート公共構造物はそのまま放置されてよいものではないと考

える。限定された条件下での結果とはいえ、表面的劣化の印象は、力学的な判断とは異なることが示されている点を見逃すべきではないだろう。利用者にとっては視覚情報が最も大きなものであり、表面的な劣化が印象に大きく影響する点を見逃してはならない。公共構造物であれば、なおのこと、利用者の不快感や不安感を解消するための何らかの対応が求められるのは当然であろう。

ここで指摘していることは、外観の印象のみを考慮していたずらに不経済な補修を行うことが必要だと言っているのではなく、管理者が利用者の不快感や不安感を解消させる努力の必要性を認識する点にある。一般的な結論を導くためには、多様な画像や被験者によるデータの蓄積が必要であることは言うまでもない。

本稿がユーザーサイドの視点をコンクリート構造物の維持管理に加える一石になれば幸いである。

参考文献

- 1) アレン,R.T.L.他 編,小柳治 監修:コンクリート構造物の診断と補修 メンテナンス A to Z, 技報堂出版株式会社, pp.1~10, 1995.
- 2) 堤知明,中川貴之,松島学,大賀宏行:鉄筋コンクリート構造物の補修実施の判定基準に関する研究,土木学会論文集, No.599/V-40, pp.41~48, 1998.8.
- 3) 岡田清,今井宏典:損傷と補修事例にみる道路橋のメンテナンス,(財)阪神高速道路管理技術センター, pp.7~17, pp.56~57, 1993.
- 4) 福士勲:コンクリートの中性化とその評価,セメントコンクリート, No.461, pp.8~16, 1985.7.
- 5) セメントコンクリート:エンサイクロペディア,中性化,炭酸化, No.492, 1988.2.
- 6) 中部セメントコンクリート研究会編:コンクリート構造物のアルカリ骨材反応,理工学社, 1990.11.
- 7) 小林茂敏,丹野弘:コンクリートの初期塩化物量規制値設定のための調査研究,土木研究資料, No.2464, p.22, 1987.3.
- 8) 小林一輔:コンクリート構造物と鋼材の腐食・防食,コンクリート工学, Vol.19, No.3, p.22, 1981.3.
- 9) 阪神高速道路公団:道路構造物の点検標準, 1991.
- 10) 高島春生:道路橋の実用診断学(上巻),現代理工学出版, pp.43~50, 1988.
- 11) 土木学会:コンクリート構造物の維持管理指針(案),コンクリート・ライブラリー, No.81, 1995.10.
- 12) 関博:コンクリート構造物-維持管理の考え方-,セメント・コンクリート, No.591, pp.51~60, 1996.5.
- 13) 原田宏:イラストで見るコンクリート構造物の維持と補修,鹿島出版会, pp.2~11, 1995.
- 14) 中田敏宏:コンクリート構造物の景観向上技術の開発-その2・汚れ対策-,セメント・コンクリート, No.609, pp.8~13, 1997.11.
- 15) 中田敏宏:コンクリート構造物の景観向上技術の開発-その2・汚れ対策-,セメント・コンクリート, No.570, pp.131~135, 1994.8.
- 16) 日本コンクリート学会:コンクリートのひびわれ調査,補修・補強指針, p.2, 1987.

(2000.9.19 受付)

DECISION MAKING ON REPAIR TIMING OF CONCRETE STRUCTURE BASED ON PSYCHOLOGICAL INFLUENCE

Yasuo CHIKATA, Manabu MATSUSHIMA and Seishi UNEZAKI

This paper deals with the optimal repair timing of concrete structure on the viewpoint of not only mechanics but also human impression from out-looks of the structure. Questionnaire is made on the time series picture images of a damaged concrete structure. The used images are made by photo-retouch software on a personal computer system. The results of the questionnaire show the relationship between mechanical damage level and impression of damage level.