

論文 香川県内市町管理橋梁における損傷劣化曲線及び維持管理水準の提案

齊藤 暖^{*1}・赤松 紋奈^{*2}・太田 貞次^{*3}

要旨：全国的に橋梁の老朽化が問題となる中、予算、技術者数、技術力が共に不十分な市町村が管理する橋梁の長寿命化対策が課題となっている。香川高専では、香川県内市町の道路管理者を対象とした実践的橋梁維持管理講座を通じて市町道路管理者の技術力向上を計ってきた。本報告は講座活動とそれに続く市町村の橋梁長寿命化修繕計画策定への協力を通じて得られた香川県内橋梁の損傷状況を示すとともに、橋梁の損傷劣化曲線作成と、維持管理水準の設定について報告する。

キーワード：香川県内市町管理橋梁、現地調査、損傷劣化曲線、維持管理水準、補修対象割合

1. はじめに

高度経済成長期に多数建設された橋梁は、橋梁寿命といわれる供用年数 50 年に順次到達し、各地で橋梁の損傷事故が発生しており、早急な対策が求められている。香川県内を見ると、全橋梁の約 77%を占める(支間長 2m 以上の橋梁が対象)市町が管理する橋梁で、平成 20 年 8 月時点ではほとんど点検調査が行われておらず、市町が管理する橋梁の老朽化対策が喫緊の課題となっている¹⁾。

こうしたなか、国交省では、地方公共団体が管理する橋梁の合理的な維持管理を目的として、橋梁点検と予防保全を骨子とする橋梁長寿命化修繕計画策定事業費補助制度を平成 21 年 1 月に施行した。しかし、予算、技術者数、技術力が共に十分でない市町村管理橋梁では、その対応に苦勞しているのが現状である。

香川高専では、市町村が管理する橋梁を適切に維持管理するためには市町村の道路管理者の技術力向上が不可欠であると考え、平成 20 年 8 月から 22 年 3 月にかけて全 19 回の実践的橋梁維持管理講座を開講した²⁾。更に、それに引き続き、香川県及び県内 10 市町に対して、橋梁長寿命化修繕計画の策定に協力している。

本研究では、これら市町が管理する橋梁について現地再調査を行い、得られた損傷データを基に橋梁損傷劣化曲線を作成した。また、実際の損傷データを基に予防保全及び事後保全維持管理水準を設定し、香川県内市町管理橋梁の補修・補強対策時期を推定し、将来の維持管理費用の把握を目的とする。

2. 香川県内市町管理橋梁の現状

2.1 調査対象橋梁

本研究では、平成 23 年 12 月末時点で調査済みの香川県内における 4 市町(高松市、さぬき市、東かがわ市、綾川町)の管理橋梁計 1,914 橋を対象とした。対象橋梁中特

表-1 市町と香川県管理橋梁損傷別割合

部材 評価	鋼桁		コンクリート桁		床版		下部工		
	橋梁数	割合[%]	橋梁数	割合[%]	橋梁数	割合[%]	橋梁数	割合[%]	
4 市 町	a	68	40	1452	87	465	86	1457	87
	b	34	20	79	5	12	2	103	6
	c	60	36	93	6	47	9	89	5
	d	2	1	5	0	2	0	14	1
	e	5	3	43	3	17	3	21	1
香 川 県	a	78	44	737	73	685	73	712	68
	b	60	34	104	10	73	8	202	19
	c	27	15	145	14	169	18	111	10
	d	13	7	22	2	5	1	32	3
	e	0	0	7	1	1	0	2	0

に損傷の著しい橋梁については再度現地調査を行い、損傷原因を推定するとともに、評価区分の見直しを行った。表-1 は、4 市町と香川県管理橋梁の損傷状況を示したものである。表中の評価は損傷状況を a(良)～e(悪)の 5 段階で評価したものであり、県と市町では、損傷の分布に明確な違いが見受けられた。

鋼橋について見てみると、損傷が健全である評価 a, b の割合は香川県では 78%であるのに対して、4 市町では、60%とその割合が低い。また、劣化が進行しつつある評価 c についても 4 市町においては高い割合を示している。更に、損傷程度が最も悪い e ランクでは、香川県では 0% に比べ、市町では 3%と高い傾向を示した。これは、市町が管理する橋梁で塗装の塗り替えがほとんど行われていなかったためである。

コンクリート桁及び床版の上部工においては、市町で評価 a の割合が高い。これは、市町管理橋梁には山道などの比較的交通量の少ない地域に建設されている橋梁が多いのに対し、県管理橋梁では、交通量の多い主要地方道などに位置する橋梁が多いためだと考えられる。これに対し、市町管理橋梁で e ランクの橋梁が多い理由としては、締固め不良、かぶり不足などの施工不良が原因であると考えられる。下部工で、d, e ランクの橋梁が多い

*1 香川高等専門学校 高松キャンパス創造工学専攻 (学生会員)

*2 香川高等専門学校 高松キャンパス創造工学専攻

*3 香川高等専門学校 高松キャンパス 建設環境工学科教授 (正会員)

のはアルカリ骨材反応が原因である。香川県内橋梁はアルカリ骨材反応の損傷を呈する橋梁が非常に多いのが特徴である。

以上より、市町が管理する橋梁では一見して a ランクの橋梁が多いように伺えるが、下部工を除いた上部工について着目すると、損傷程度の最も悪い e ランクの割合は、全てにおいて市町が香川県を上回っている。損傷程度が良い橋梁も多ければ、逆に極端に悪い橋梁が多いのも市町管理橋梁の特徴である。

2.2 市町管理橋梁の現状³⁾

市町の点検結果は香川県のマニュアルに則った簡易的なもので、損傷原因の推定や損傷状況の判定上十分なデータとなっていない。そこで、損傷状況が顕著な橋梁について再度点検を行うこととした。

(1) 中性化による損傷

鍛冶川橋は桁下面及び側面の全体でコンクリートが剥落し、鉄筋露出が見受けられた(表-2(1))。また、桁端部でせん断ひび割れと懸念される斜め方向のひび割れも確認された。更に、床版下面に広範囲な鉄筋露出が見られた。

次に、天神橋では橋脚横梁に鉄筋露出が確認された(表-2(2))。本橋は7径間を有するが、全ての橋脚で同様の損傷が見られた。両橋とも河口から離れた川の上流に位置し、広範囲に鉄筋露出が見受けられており、中性化による損傷であると考えられる。

(2) 塩害による損傷

浜鎌野線1号橋(表-2(3))は、床版下面において広範囲の鉄筋露出が見受けられた。鉄筋断面は著しく減少しており、端部で主鉄筋の破断も確認された。コンクリートの剥落は鉄筋位置より内部まで進行しており、コンクリートと鉄筋が一体化していない状況である。また、橋台には最大 4mm のひび割れが確認されるなど、上下部工共に損傷が著しい橋梁である。

御幸橋(表-2(4))は、2径間の単純 RCT 桁橋である。支点付近の主桁下面で著しいコンクリートの剥離が見られるとともに3本ある主桁のうち1本は支承部付近にせん断ひび割れが発生している。更に、本橋の支間長は13.6m であるが、支間中央で最大約 36mm のたわみが確認された。いずれも海から百メートル程度の河口部に位置している橋梁であり、塩害の損傷によるものだと考えられる。

(3) アルカリ骨材反応による損傷

綾川町が管理する堂免橋(表-2(5))は小野相津線に建設されているプレテン T 桁橋である。橋台に亀甲状のひび割れが発現し、最大ひび割れ幅は 2mm となっている。竣工年は昭和 57 年であり、当時ダム建設のために必要な

表-2 市町管理橋梁損傷事例

橋梁名	鍛冶川橋	橋梁名	天神橋
竣工年	大正15年	竣工年	昭和41年
構造形式	RCT桁橋	構造形式	プレテンT桁橋
部材名	主桁下面・側面	部材名	橋脚横梁
			
橋梁名	浜鎌野線1号橋	橋梁名	御幸橋
竣工年	昭和47年	竣工年	昭和29年
構造形式	RC中実床版橋	構造形式	RCT桁橋
部材名	床版下面	部材名	主桁下面・側面
			
橋梁名	堂免橋	橋梁名	屋島大橋
竣工年	昭和57年	竣工年	昭和57年
構造形式	プレテンT桁橋	構造形式	ポステンT桁橋
部材名	橋台	部材名	橋脚張出部
			

輸送路として小野相津線に集中的に橋梁が建設された。そのため、同時期に小野相津線に建設された橋梁では堂免橋に限らず、全ての橋梁においてアルカリ骨材反応による損傷が確認されている。

屋島大橋(表-2(6))は橋長 424m で 11 径間を有する大規模橋梁である。東側橋台とそれに続く橋脚でアルカリ骨材反応による損傷が見られた。最大ひび割れ幅は 3mm にも達し、反応生成ゲルの析出も確認された。上部工の施工目地から漏水が生じているなど、防水対策が不十分で対策を急ぎたい橋梁である。

以上より、市町管理橋梁には損傷が顕著で早急な補修・補強対策が必要なものが数多く存在することが分かった。しかし、今回対象とした市町における技術職員の数は平均して 3 人に満たない(香川県が約 90 名程度)。また、道路管理関連予算は、1 億円以下であり、2,000 万円～3,000 万円以下の市町が約半数を占めている¹⁾。市町が管理する橋梁には、地元住民の生活道路となっており日常生活に欠かせないものが多くある。しかし、このような状況下、市町が国や県と同レベルで十分な道路管理を

行っていくことは到底不可能である。そのため市町に見合った維持管理水準を設け、限られた予算の中で適切に維持管理を行っていくことが重要となる。

3. 橋梁の損傷評価及び健全度評価法の提案

3.1 橋梁の損傷評価

今回対象とした市町管理橋梁の調査は、香川県の橋梁点検マニュアル(案)⁴⁾に則って近接目視により行われている。損傷には多くの種類があるが、本研究では RC 橋の主桁及び床版を対象に構造物の性能に大きな影響を与える(床版)ひび割れ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出の3項目を取り上げることとした。表-3は香川県のマニュアルにおける剥離・鉄筋露出の損傷評価基準である。損傷評価は、a, c, eの3区分で行われている。

表-4は力石橋における上部工の剥離・鉄筋露出の損傷状況である。主桁には局部的ではあるが、著しく断面減少した鉄筋露出が見受けられた(表-4(1))。また、床版下面には、鉄筋の腐食は比較的軽微だが遊離石灰を伴う鉄筋露出が広範囲にわたり確認された(表-4(2))。これらを、鉄筋露出の評価区分が a, c, eの3段階である香川県の橋梁点検マニュアルにより損傷評価すると、その区分は共に c, すなわち損傷が局部的に進行しつつあるという判定になる。しかし、実際に表-4の損傷は広範囲にわたりかなり進行していると判断され、香川県のマニュアルにより評価することが橋梁の耐荷性能を判定する上で適合できていないことがわかる。このことから、市町が管理する橋梁の損傷状況を香川県の橋梁点検マニュアルで判定することは、橋梁の耐荷性能を把握するためには適切でないと考えた。そのため、現地再調査した橋梁だけでなく、それ以外の橋梁についても損傷写真を参考にして、前述した3つの損傷項目について「道路橋マネジメントの手引き」⁵⁾に基づき損傷判定を見直すこととし、a(良)~e(悪)の5段階またはbを除いた4段階で損傷評価を行った。

3.2 健全度評価法の提案

全対象橋梁について損傷評価の見直しを行った後、定量的評価を行うため、(床版)ひび割れ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出のそれぞれの評価項目に対して評価区分ごとに点数化を行い(表-5)、式(1)により各部材の健全度を算出した。

$$\text{健全度} = (\alpha_1 + 1) \times \alpha_2 \times \alpha_3 \quad (1)$$

$$0.23 \leq \text{健全度} \leq 2.00$$

ここに、 α_1 , α_2 , α_3 はそれぞれ、(床版)ひび割れ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出における点数であり、各部材の健全度は3つの損傷が相互に関係していると考え、各項の乗算によって算出するものとした。

表-3 剥離・鉄筋露出損傷評価基準(香川県)

評価の目安			区分
鉄筋露出の有無	腐食の広がり	腐食の程度	
無	—	—	a
有	部分的	表面のみ	c
		鋼材断面の減少、鋼材の著しい膨張	
	広範囲	表面のみ	e
		鋼材断面の減少、鋼材の著しい膨張	e

表-4 力石橋上部工の剥離・鉄筋露出

橋梁名	力石橋	構造形式	RCT桁橋
竣工年	昭和38年	部材名	上部工
			
(1)		(2)	

表-5 上部工における各評価区分に対する点数配分

評価区分	(床版)ひび割れ α_1	漏水・遊離石灰 α_2	剥離・鉄筋露出 α_3
a	1.00	1.00	1.00
b	0.90	—	—
c	0.70	0.90	0.85
d	0.40	0.75	0.60
e	0.20	0.65	0.30

表-5に示した点数を使用して式(1)により健全度を算出した理由を次に示す。

まず、ひび割れの点数配分について説明する。RC構造ではひび割れの発生が設計上考慮されているため、0.2mm未満のひび割れが発生する評価区分a~b間の点差を小さくした。また、0.3mm未満までひび割れが拡大するあるいはひび割れ間隔が0.5mm未満となる評価区分b~c間については点差を大きくした⁵⁾。しかし、漏水・遊離石灰または剥離・鉄筋露出を伴わないひび割れのみの損傷の場合は、構造物の耐久性や耐荷性能に及ぼす影響が小さいため、ひび割れについては $(\alpha_1 + 1)$ として健全度に対する影響を他の2つの損傷原因より低下させることとした。

次に漏水・遊離石灰については、ひび割れから漏水が生じている場合、疲労や鉄筋腐食による損傷に及ぼす影響が大きくなるため、健全度評価式では α_2 をそのまま使用した。また、遊離石灰の析出が見られる評価区分dではコンクリートの耐久性に及ぼす影響が大きいと考えて、c~d間の点差を大きくした。

最後に、剥離・鉄筋露出に関する点数配分では、剥離・鉄筋露出が構造物の耐荷性能に与える影響が大きいため、ひび割れ、漏水・遊離石灰と比べ、損傷による点差を大

きくした。その際、コンクリートの剥離のみが生じる評価区分 a~c 間では点差を小さく、鉄筋の露出が見受けられる c~d 間では点差を大きくするとともに、鉄筋の腐食が著しく進む d~e 間では更に点数を下げることにした。

健全度評価式の値は、 α_1 、 α_2 、 α_3 の値に左右されているため、これらの点数を適切に設定することが判定結果の合理性を得るためには不可欠である。そのため、実橋の損傷状況と対比しながら点数を決定している。

健全度評価式により算出された健全度と損傷状況の一例を表-6 に示す。小坂橋(表-6(1))は床版下面に遊離石灰を伴うひび割れが見られた。析出していた遊離石灰に錆汁は確認されなかったため、床版ひび割れ b、漏水・遊離石灰 d、剥離・鉄筋露出 a となり健全度は 1.43 となる。山王橋(表-6(2))は、主桁下面に局部的に鉄筋露出が見受けられた。断面減少は無く、漏水・遊離石灰の析出も確認されなかったことから、床版ひび割れ b、漏水・遊離石灰 a、剥離・鉄筋露出 d となり、健全度は 1.24 である。角ヶ内橋(表-6(3))は、床版下面全体に著しい断面減少を伴う鉄筋露出が見られた。また、遊離石灰析出も確認されたことから、床版ひび割れ e、漏水・遊離石灰 d、剥離・鉄筋露出 e となり、健全度は 0.27 である。王子橋(表-6(4))は、桁下面全体に広範囲に著しい鉄筋露出が見受けられた。また、遊離石灰の析出も確認されたことから、ひび割れ d、漏水・遊離石灰 d、剥離・鉄筋露出 e の判定となり、健全度は 0.32 である。このように、表-5 に定めた点数を基に、式(1)から得られた健全度と実際の損傷状況に矛盾が生じないように点数決定を行い、整合性がとれていることを確認した。

表-6 上部工健全度例

橋梁名	小坂橋	橋梁名	山王橋
構造形式	RC中実床版橋	構造形式	RCT桁橋
健全度	1.43	健全度	1.24
			
橋梁名	角ヶ内橋	橋梁名	王子橋
構造形式	RCT桁橋	構造形式	RCT桁橋
健全度	0.27	健全度	0.32
			

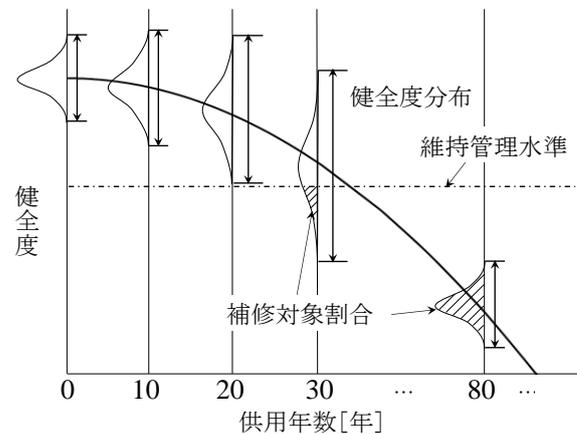


図-1 本劣化予測法概要図

4. 劣化予測法の提案及び維持管理水準の設定

4.1 劣化予測法の仮定及び提案

本研究では以下の仮定のもとで劣化予測法を提案する。

- ①橋梁の健全度は供用年数を重ねるにつれ二次曲線的に低下する⁹⁾。供用年数が短いうちは比較的緩やかな劣化傾向を示し、年数を重ねるにつれ劣化の進行速度は加速度的に増加する。
- ②同時期に建設された橋梁の健全度は供用年数に関わらず正規分布に従うものとする。

予測モデルには、単一劣化曲線モデルを用いることとする。本劣化予測法は、次の健全度への平均到達年を最小二乗法により統計的に求め、これらの健全度を通過する曲線を近似して損傷劣化曲線とするものである。実際には施行時期や環境条件、損傷要因が一樣でないため、単一劣化曲線モデルを適用することには無理がある。しかし、対象橋梁が膨大な数となるなか、実際の橋梁の損傷状況と健全度を対応させて維持管理水準を設定するこ

とで、橋梁の供用年数ごとの補修割合を予測することが可能であり、将来の維持管理費用を推定する手段として活用できる。図-1に本損傷劣化曲線の考え方を示す。

本研究で対象とした橋梁 1,914 橋のうち、桁では 1,571 橋、床版では 524 橋の損傷データを用いて、劣化曲線の作成等を行った。その際、供用年数を 10 年単位でグループ化し、それぞれを 1 つの橋梁群として扱うこととした。

本研究で使用した 10 年区切りの上部工橋梁データを表-7 に示す。また、桁、床版におけるそれぞれの平均健全度及び標準偏差の推移を図-2、図-3 に示す。両部材ともに供用年数 60~70 年に相当する橋梁はなく、また、桁では供用年数 80~90 年の橋梁が該当なしとなっている。

ここで、平均健全度に注目すると、供用年数を重ねるにつれ、部材健全度は二次曲線的に減少し、また、供用年数 50 年を超えてきたあたりから加速度的に健全度が

表-7 上部工橋梁データ(10年区切り)

桁データ					
供用年数	橋梁数	橋梁割合[%]	平均健全度	標準偏差	
≤10	≥0	187	11.9	1.96	0.15
≤20	>10	116	7.4	1.88	0.26
≤30	>20	792	50.4	1.94	0.20
≤40	>30	405	25.8	1.90	0.28
≤50	>40	57	3.6	1.75	0.45
≤60	>50	10	0.6	1.15	0.59
≤70	>60	0	—	—	—
≤80	>70	4	0.3	0.37	0.21
≤90	>80	0	—	—	—
床版データ					
供用年数	橋梁数	橋梁割合[%]	平均健全度	標準偏差	
≤10	≥0	55	10.5	1.97	0.12
≤20	>10	77	14.7	1.85	0.31
≤30	>20	138	26.3	1.83	0.39
≤40	>30	183	34.9	1.68	0.49
≤50	>40	53	10.1	1.51	0.58
≤60	>50	10	1.9	1.46	0.51
≤70	>60	0	—	—	—
≤80	>70	4	0.8	0.59	0.56
≤90	>80	4	0.8	0.54	0.20

低下している。

標準偏差についてみると、供用年数を重ねた橋梁群に関する標準偏差の推移が横ばい又は減少傾向を示している。この時期に相当する橋梁数が少ないために一概には言えないが、部材ごとの健全度を正規分布とみなした場合、供用年数のある程度重ねた後は、再び健全度分布幅は狭くなる。

4.2 損傷劣化曲線の作成及び維持管理水準の提案

表-7 の上部工データから平均健全度を取り出し、最小二乗法により損傷劣化曲線を作成するとともに、供用年数ごとの健全度の分布を併せて表示した(桁(図-4)、床版(図-5))。得られた損傷劣化式を式(2)、(3)に示す。式(2)は桁、式(3)は床版における損傷劣化式である。

$$y = -0.00027t^2 + 2 \quad (2)$$

$$y = -0.00024t^2 + 2 \quad (3)$$

ここに、y は健全度、t は供用年数である。損傷劣化曲線の考え方は、供用開始時は全く健全であるため、健全度は上限の2から始まり、供用年数を重ねるにつれ健全度は式(2)、(3)に従って二次曲線的に減少するというものである。図-4、図-5より床版に比べ桁の曲線の傾きが急であることがわかる。しかし、両部材に大きな差異は見られず、健全度の分布も類似の傾向を示した。

本研究では損傷が比較的軽微な段階で随時補修を行う予防保全、損傷が進展した段階で大規模な補修補強を行う事後保全の2つの維持管理水準を健全度評価式を使って設定した。その際、維持管理水準は、それぞれ予防保全と事後保全の対象となる損傷事例を収集し、それらの健全度を平均することにより算出した。得られた予防保全管理水準及び事後保全管理水準は桁ではそれぞれ

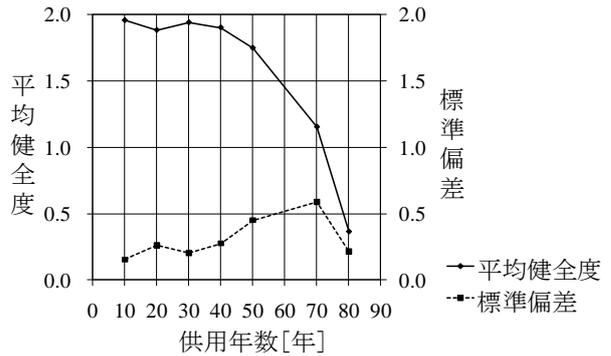


図-2 桁における平均健全度及び標準偏差の推移

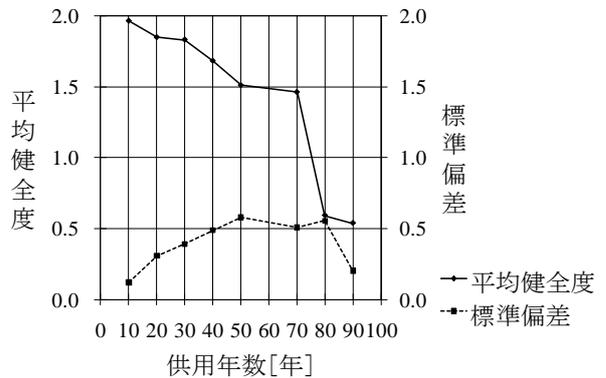


図-3 床版における平均健全度及び標準偏差の推移

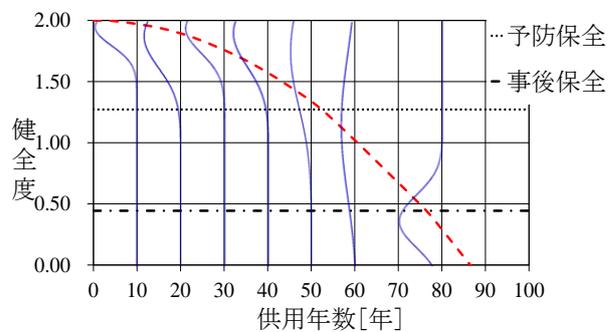


図-4 桁損傷劣化曲線及び健全度分布

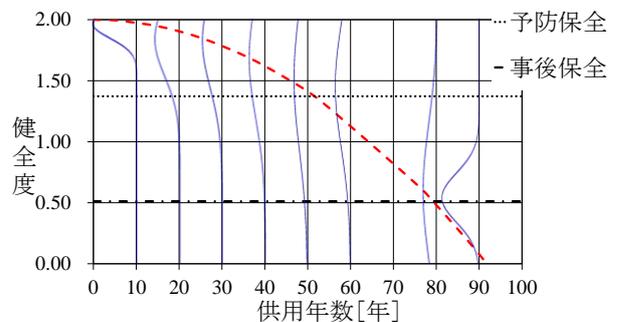


図-5 床版損傷劣化曲線及び健全度分布

1.27, 0.44, 床版ではそれぞれ 1.37, 0.51 となった。表一 6 における (1), (2) が予防保全管理水準, (3), (4) が事後保全管理水準の一例である。図一 4, 5 より予防保全管理水準及び事後保全管理水準に達する供用年数は、桁がそれぞれ供用開始後 52 年, 76 年であり、床版はそれぞれ 51 年, 79 年となる。

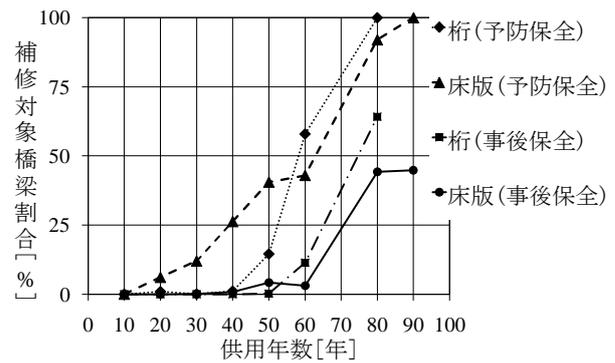
次に、図一 4, 5 の供用年数ごとの分布における維持管理水準より下側の面積の割合をそれぞれ予防保全及び事後保全対象橋梁割合として、その推移を図一 6 に示す。まず、予防保全対象橋梁の割合について見ると、桁は供用開始後 40 年程度までは、ほとんど補修の対象となっていないのに対して、床版では建設当初から補修対象割合が増加し、供用開始後 40 年までに約 26% の橋梁が予防保全を要する結果に至った。これは、輪荷重による影響が床版では桁に比べ直接的にきいてくるため、早期から劣化が進行したことによると思われる。また、両部材とも供用開始後 40~50 年を経過すると予防保全対象橋梁割合が急激に増加する傾向が見受けられる。

一方、事後保全対象橋梁の割合では、供用開始後 40 年を超える辺りまでは、ほぼ 0% で横ばいである。その後、50~60 年を超える辺りから事後保全対象橋梁割合は予防保全対象橋梁割合と同じ傾きで加速的に増加する。供用年数 50 年を区切りとして両部材共に、予防保全、事後保全のどちらも対象橋梁割合は増加する傾向にあり、また、その増加割合はほぼ等しい。これは、要予防保全対象橋梁が更に供用年数を重ねるにつれ順次、事後保全補修を要するまでの損傷に至っているということである。このことから、補修・補強対策を実施する場合、事後保全対象橋梁割合が急激に増加する供用開始後 50~60 年を経過する以前に行うのが効果的となることがわかる。

5. 総括

香川県内市町が管理する橋梁の損傷状況を調べ、コンクリート桁と床版のそれぞれについて損傷劣化曲線を作成し、維持管理水準を提案した。本研究で得られた結果を以下に示す。

- ①香川県と県内市町が管理する橋梁の損傷状況を比較すると、市町管理橋梁は損傷が軽微な橋梁の割合が県よりも大きい反面、損傷が顕著な橋梁の割合も大きくなっている。
- ②市町管理橋梁では、施工不良に伴う中性化や塩害による損傷とアルカリ骨材反応による損傷が多いことがわかった。
- ③桁と床版の損傷劣化曲線の比較では、桁の劣化が供用



図一 6 維持管理水準別補修対象橋梁割合

開始後 40 年以降に多少傾きが急になっているが、顕著な差異は見られなかった。

④桁も床版も供用開始後 50~60 年経過する時期から急激に事後保全対象橋梁割合が増加しており、それ以前の補修対策が効果的であることがわかった。

謝辞

本研究で使用している健全度評価式の提案では、首都高速道路(株)の大西孝典氏の高松高専特別研究結果を参照しています。また、橋梁の損傷状況に関するデータは実践的橋梁維持管理講座とそれに続く橋梁長寿命化修繕計画策定の過程で得られたものです。大西氏及び市町の関係各位に感謝しています。なお、本研究は(社)四国建設済済会の平成 22 年度研究助成および(財)国土技術研究センターの研究開発助成を受けて行われています。

参考文献

- 1) 太田貞次：市町村が管理する橋は大丈夫ですか，土木学会誌，vol.95, no.4, pp.54-55, 2010.4
- 2) 太田貞次：市町の道路監理技術者を対象とした実践的橋梁維持管理講座の紹介，道路，Vol.816, pp.40-43, 2010.3
- 3) 太田貞次，鈴木智郎，三浦正純：道路管理者のための実践的橋梁維持管理講座，(株)大成出版社，pp.9-11, 2011.7
- 4) 香川県土木部道路課：橋梁点検要領(案)，平成 20 年 6 月橋梁点検マニュアル(案)，香川県
- 5) 橋梁マネジメント研究会：道路橋マネジメントの手引き，(財)海洋架橋・橋梁調査会，pp.8,12-13,18, 2004.8
- 6) 農業水産省：農業水利施設の希望保全の手引き，参考資料 7 農業水利ストックマネジメントの実施検討事例，pp.3