

# 福井市および福井県の管理橋梁の劣化特性について

谷脇 一弘<sup>\*1</sup>, 大西 秀明<sup>\*2</sup>

## Deterioration Characteristics of Bridges Fukui and Fukui Prefecture

Kazuhiro TANIWAKI <sup>\*1</sup> and Hideaki OONISHI <sup>\*2</sup>

Department of Architecture and Civil Engineering

The bridge maintenance strategy has been established for all bridges with long spans of more than 15m in Fukui prefecture. However, the deterioration characteristics of bridges are simply expressed in linear equations with small number of inspection data of bridges in the strategy. In this study, the deterioration transfer curves of each member elements of bridges in Fukui city and Fukui prefecture are introduced by using the inspection data. The deterioration transfer curve are classified with rapid, standard and slow velocity deteriorations. The deterioration characteristics of bridges are respectively discussed for bridges in Fukui city and Fukui prefecture. Furthermore, the deterioration characteristics of bridges of salt damage, frost damage environments and ASR suspected are also discussed.

**Key Words :** Deterioration of Bridges, Deterioration Transfer Curve, Maintenance of Bridges

### 1. 緒 言

福井県および福井市は、2007年に福井県橋梁点検マニュアル<sup>(1)</sup>の作成、2008年に福井県アセットマネジメントの作成、2007年～2009年に福井県橋梁点検マニュアルに従った橋梁点検、2011年に15m以上の橋の長寿命化修繕計画の策定を行い、橋梁の補修を行っている<sup>(2)</sup>。その後、2014年には、国土交通省により橋梁定期点検要領の改訂<sup>(3)</sup>が行われ、各自治体はこの橋梁定期点検要領に従って定期点検を行うことが法制化された。この定期点検要領では、資格保有者が5年に1度近接目視により橋長2m以上の橋梁を点検すること、点検結果は4段階により評価することが義務付けられている。現在、各地方自治体はこの定期点検要領に従い、橋長2m以上の橋梁の点検を再開している。

ところで、福井県内には、2m以上のさまざまな形式の橋梁が約10000橋存在し、近年、福井県橋梁点検マニュアルに従ってそれらの橋梁の点検が初めて行われた状況であり、福井県の橋梁の劣化特性は明らかになっていない。福井県内の橋梁の長寿命化修繕計画の策定においては、福井県の少数の橋梁の点検結果より直線式の簡易的な劣化曲線を導入し、将来の劣化予測を行っている。

本研究では、福井市および福井県のこれまでの点検結果より橋梁の各部位の劣化特性を明らかにするものである。劣化特性を表す方法として、マルコフ推移確率を用いて確率的に扱う方法と劣化曲線を用いる方法の2つの方法が考えられるが、本研究では3次関数式の劣化曲線を導入して劣化特性を検討している。劣化曲線の導入においては、劣化の速度が速い橋梁群、標準の速度の橋梁群および遅い橋梁群についてグルーピングを行い、それぞれの橋梁群について劣化曲線を導入している<sup>(4),(5)</sup>。福井市と福井県の各種の橋梁の劣化曲線を比較することにより、RC床版およびRC桁を除いて、すべての橋梁の部位の劣化は福井県の橋梁より、福井市の橋梁の方が速いことを明らかにしている。さらに、福井県の塩害環境下におけるPC床版、PC桁橋の床版、PC桁および橋台では塩害による進行性劣化が見られること、凍害環境下における各部位の進行性劣化は顕著ではないこと、アルカ

\* 原稿受付 2016年2月29日

<sup>\*1</sup> 建築土木工学科

<sup>\*2</sup> 大学院 社会システム学専攻 土木環境工学コース2年

E-mail: taniwaki@fukui-ut.ac.jp

リシカ反応(ASR)が疑われる橋梁の RC 床版, PC 桁橋の床版, PC 桁および橋台は, ASR による進行性劣化が見られることなどを明らかにしている。

## 2. 劣化曲線の導入および劣化特性<sup>(4),(5)</sup>

### 2.1 福井市の一般環境下における橋梁に対する劣化特性

福井県の方針によると, アーチ, トラス, 斜張橋などの特殊な構造の橋梁の維持管理は事後保全で行うこととしているため本研究では対象としていない。RC 床版橋, RC 桁橋, PC 桁橋, 鋼橋および鋼床版桁橋などの一般橋梁については予防保全での管理を行うこととしているため, 将来の劣化予測を行うために劣化曲線を導入している。福井市の管理橋梁は 1381 橋あり, その構成を Table 1 に示す。橋の年齢が明らかとなっている橋梁は, RC 床版橋 32 橋, RC 桁橋 3 橋, PC 桁橋 183 橋, 鋼橋 45 橋および鋼床版桁橋 21 橋の合計 284 橋であり, これらの橋梁を対象に, 床版, 桁および橋台の点検結果よりそれぞれの部位に対して劣化曲線を導入している。なお, 福井市においては, 塩害, 凍害環境下および ASR (アルカリシリカ反応) が疑われる橋梁数はわずかであるため, 一般環境下の劣化曲線で対応することとした。

点検は福井県の橋梁定期点検マニュアル<sup>(1)</sup>に従って行われており, 損傷なしの場合は 0 点, 軽度な損傷の場合は 10 点, 重度な損傷の場合は 20 点として記録し, 2013 年までに完了した福井県および県下の各市町の橋梁長寿命化計画策定<sup>(2)</sup>においては, 0 点, 10 点, 20 点の橋梁を全国標準の 5 段階の健全度評価 (1: 健全, 5: 緊急補修) の健全度 1, 3, 5 に割り当てている。損傷なしまたは軽度な損傷群を Lv1, 重度な損傷群を Lv2 として Table 1 に表示している。2014 年に改訂された国土交通省の道路橋定期点検要領<sup>(3)</sup>では, Table 2 に示すように従来の 5 段階の健全度評価から 4 段階の健全度評価へと変更された。そこで本研究では, Lv1 および Lv2 の橋梁群を損傷なしの場合は I, 軽度な損傷の場合を II, 重度の損傷の場合を III として割り当てた。4 段階評価に割り当てられた点検結果より, RC 床版, PC 桁橋の床版, 鋼床版, RC 桁, PC 桁, 鋼桁および橋台の各部位の劣化曲線は次の 3 次関数式を用いて導入している。

$$y(a) = at^3 + 1 \quad (1)$$

ここに,  $y(a)$  は健全度,  $t$  は橋齢を示す。

係数  $a$  は, 最小二乗法により点検結果と予測値の誤差の二乗和  $f(a)$  を最小にする式(2)の極値条件より, 式(3)より求められる。

$$f(a) = \sum_{i=1}^n \{\bar{y}_i - y_i(a)\}^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

ここに,  $n$  は橋梁数,  $\bar{y}_i$  は橋梁  $i$  の点検結果である。

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i \cdot t_i^3 - t_i^3)}{\sum_{i=1}^n t_i^6} \quad (3)$$

劣化曲線の導入に際して, 健全度と橋齢との単相関係数を計算し, その値が 0.7 以上の相関がみられる場合には, すべての橋梁を対象として求めた劣化曲線を用いる。単相関係数の値が 0.7 より小さく, 相関が弱い場合には, 式(4)および(5)の境界内を, すべての橋梁を対象として求めた劣化曲線の適用範囲とした。

$$y(a) = \beta at^3 + 1 \quad (4)$$

$$y(a) = \frac{1}{\beta} at^3 + 1 \quad (5)$$

ここに, 係数  $\beta$  は境界の曲線式を決定するための勾配の補正係数であり, 本研究では, 係数  $\beta$  として 1.8 を用いている。

式(4)の境界より外側に位置する橋梁群を劣化が速いグループ, 式(5)の境界より外側に位置する橋梁群を劣化が遅いグループとして, それぞれのグループの橋梁を対象として劣化曲線を導入し, 劣化の特性を 3 種類の劣化曲線を用いて表現することとした。なお, すべて部位の単相関係数の値は, 0.7 より小さく相関がほとんど見られな

Table 1 Bridge type in Fukui city

Bridge type	Lv.1 bridge	Lv.2 bridge	Unknown bridge	Total
RC slab bridge	9	23	964	996
RC girder bridge	0	3	46	49
PC bridge	55	128	58	241
Steel plate girder bridge	10	35	28	73
Steel floor plate girder bridge	0	21	1	22
Total	74	210	1097	1381

Table 2 4 stages in condition rating

Condition rating	Maintenance immediacy of action
I (1.0) Good condition	No structural defects
II (2.0) Preventive maintenance	Minor structural defects without failure of function of structure, but special attention from viewpoint of preventive maintenance
III (3.0) Early repair	Structural defects with need of early repair in order to prevent failure of function of structure
IV (4.0) Urgent repair	Serious structural damage with need of urgent repair in order to restore function of structure

い状態であった。これは、施工不良により初期段階で大きな損傷がみられたためと考えられる。

RC床版を有する80橋に対して、RC床版の劣化曲線を導入した結果をFig.1に示す。単相関係数が0.11と相関がほとんどみられないため、3つのグループに分類し、劣化が速い、標準、劣化が遅い場合の3種類の曲線を導入した。劣化が遅いグループは45橋、標準のグループは2橋、劣化の速いグループは33橋であった。しかし、劣化が遅いグループは今後も劣化しないグループを示しているため、橋齢30年未満の橋梁においては、今後劣化が起こるものと考え標準の曲線を用いた。その結果、劣化しないグループは17橋、標準のグループは30橋、劣化の速いグループは33橋となった。劣化の速い曲線においては60年で、標準では92年で健全度が4に達する結果となった。

PC桁橋183橋に対して、床版の劣化曲線を導入した結果をFig.2に示す。単相関係数は0.14と相関がほとんどみられないため、3つのグループに分類し、3種類の曲線を導入した。劣化しないグループは、橋齢30年以上健全である橋梁を対象とし、劣化しないグループは54橋、標準のグループは74橋、劣化の速いグループは55橋となった。劣化の速い曲線においては55年で、標準では87年で健全度が4に達する結果となった。

PC桁橋183橋のPC桁の劣化曲線を導入した結果をFig.3に示す。単相関係数が0.35と相関が弱いいため、3つのグループに分類し、劣化しないグループは41橋、標準のグループは83橋、劣化の速いグループは59橋となった。劣化の速い曲線においては47年で、標準では71年で健全度が4に達する結果となった。

鋼橋66橋の鋼桁の劣化曲線を導入した結果をFig.4に示す。劣化しないグループは8橋、標準のグループは25橋、劣化の速いグループは33橋となった。劣化の速い曲線においては40年で、標準では59年で健全度が4に達している。

すべての橋梁の橋台の劣化曲線を導入した結果をFig.5に示す。劣化しないグループは59橋、標準のグループは110橋、劣化の速いグループは115橋となった。劣化の速い曲線においては52年で、標準では78年で健全度が4に達している。

鋼床版およびRC桁の劣化曲線については、21橋および3橋と今回用いた健全度のデータが少なく標準の劣化曲線のみを導入した。鋼床版の劣化曲線は54年で健全度が4に達する結果となった。RC桁の健全度4に達するまでの年数は126年要しており、管理期間内では健全度が4に到達しない結果となった。鋼床版およびRC桁の劣化曲線をFig.6およびFig.7に示す。

以上、本研究で導入した福井市の管理橋梁の各部位の劣化曲線式および健全度4に達するまでの年数をTable3にまとめて示す。

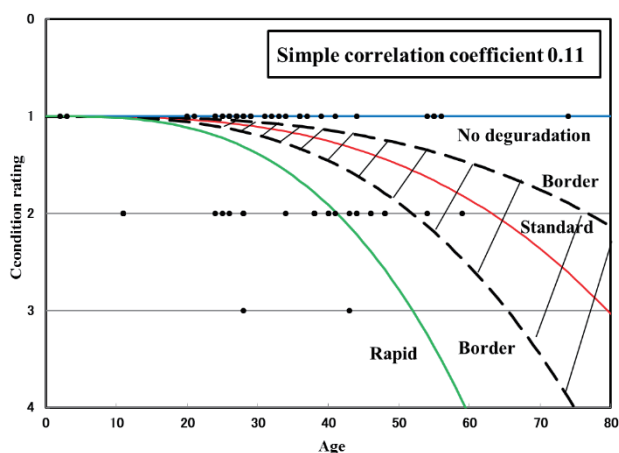


Fig.1 Modified deterioration transfer curves for RC slab

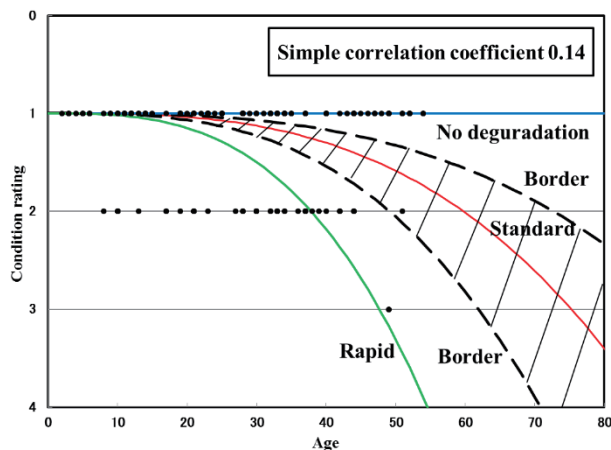


Fig.2 Modified deterioration transfer curves for PC girder slab

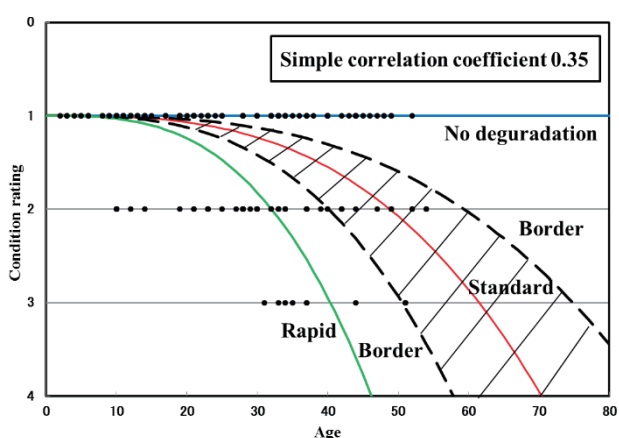


Fig.3 Modified deterioration transfer curves for PC girder

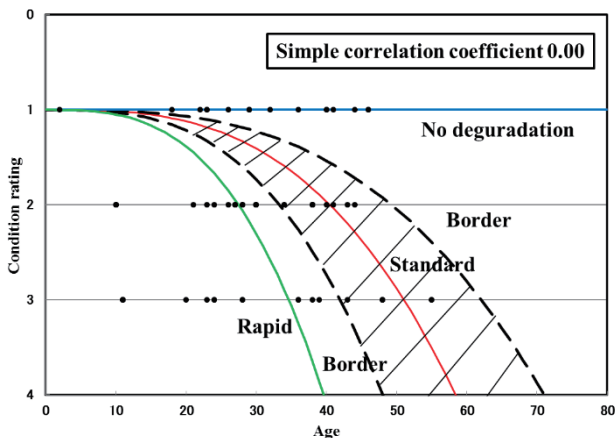


Fig.4 Modified deterioration transfer curves for steel plate girder

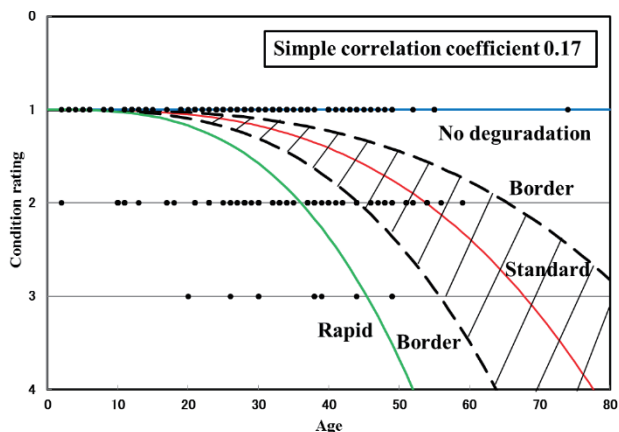


Fig.5 Modified deterioration transfer curves for abutment

## 2.2 福井県の一般環境下における橋梁に対する劣化特性

本節では、福井県の一般環境下における橋梁の劣化曲線について述べ、福井市の橋梁の劣化特性との比較を行っている。一般環境下における福井県の管理橋梁は2178橋であり、その構成をTable 4に示す。全橋梁2178橋の中で橋の年齢が明らかとなっている橋梁は、RC床版橋464橋、PC床版橋71橋、RC桁橋138橋、PC桁橋711橋、鋼橋420橋および鋼床版桁橋26橋であり、合計1830橋である。これらの橋梁を対象に、前節の福井市で導入した方法と同様にして各床版、桁、橋台の劣化曲線を導入した。

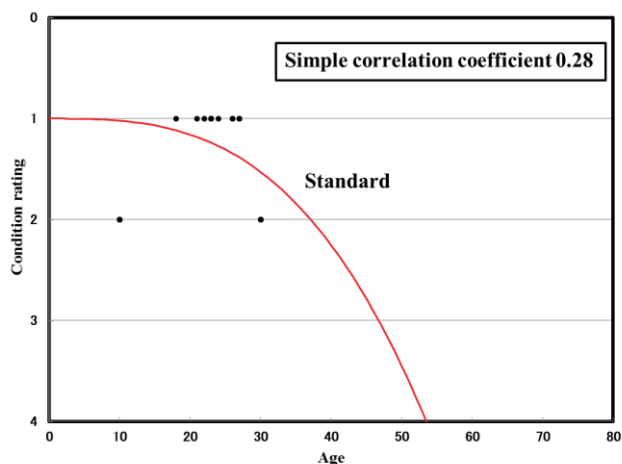


Fig.6 Modified deterioration transfer curves for steel floor

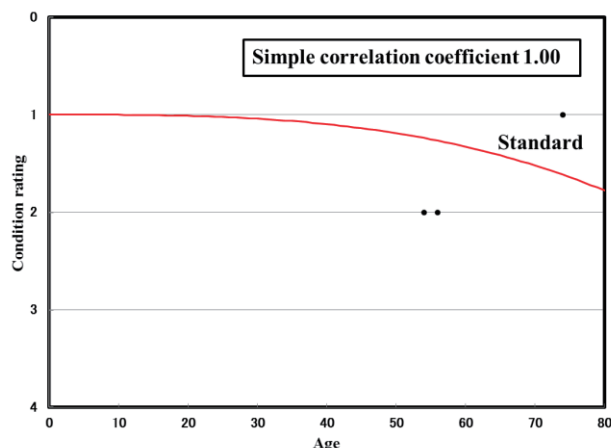


Fig.7 Modified deterioration transfer curves for RC girder

Table 3 Coefficients of deterioration transfer curves for each member element  
and number of years to reach the 4 stage condition rating

Kind	Deterioration speed	Equation	Coefficient a	Number of years to reach the 4 stage condition rating
RC slab	Slow	$y = at^3 + 1$	0 (In the case that the condition rating is 1.0 for more than 30 years)	-
	Standard	$y = at^3 + 1$	3.977E-06	92
	Rapid	$y = at^3 + 1$	1.427E-05	60
PC girder slab	Slow	$y = at^3 + 1$	0 (In the case that the condition rating is 1.0 for more than 30 years)	-
	Standard	$y = at^3 + 1$	4.690E-06	87
	Rapid	$y = at^3 + 1$	1.845E-05	55
Steel floor plate girder bridge	Standard	$y = at^3 + 1$	1.959E-05	54
RC girder	Standard	$y = at^3 + 1$	1.515E-06	126
PC girder	Slow	$y = at^3 + 1$	0 (In the case that the condition rating is 1.0 for more than 30 years)	-
	Standard	$y = at^3 + 1$	8.602E-06	71
	Rapid	$y = at^3 + 1$	3.040E-05	47
Steel plate girder bridge	Slow	$y = at^3 + 1$	0 (In the case that the condition rating is 1.0 for more than 30 years)	-
	Standard	$y = at^3 + 1$	1.505E-05	59
	Rapid	$y = at^3 + 1$	4.818E-06	40
Abutment	Slow	$y = at^3 + 1$	0 (In the case that the condition rating is 1.0 for more than 30 years)	-
	Standard	$y = at^3 + 1$	6.408E-06	78
	Rapid	$y = at^3 + 1$	2.134E-05	52

Table 4 Bridge type in Fukui prefecture

Bridge type	Lv1 and Lv2 bridges	Unknown bridge	Total
RC slab bridge	464	280	744
PC slab bridge	71	0	71
RC girder bridge	138	18	156
PC girder bridge	711	41	752
Steel plate girder bridge	420	7	427
Steel floor plate girder bridge	26	2	28
Total	1830	348	2178

RC床版を有する1022橋に対して、RC床版の劣化曲線を導入した結果をFig.8に示す。単相関係数が0.21と相関がほとんどみられないため、3つのグループに分類し、劣化の遅いグループは242橋、標準のグループは188橋、劣化の速いグループは592橋であった。劣化の速い曲線、標準の曲線および劣化の遅い曲線においては、それぞれ60年、87年および128年で健全度が4に達する結果となっている。Fig.1に示した福井市の結果と比較すると、劣化の速い曲線において同一年であり、標準の曲線では福井県のほうが5年速い劣化を示している。



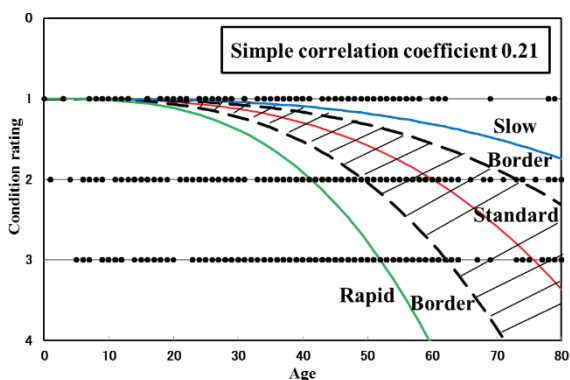


Fig.8 Modified deterioration transfer curves for RC slab

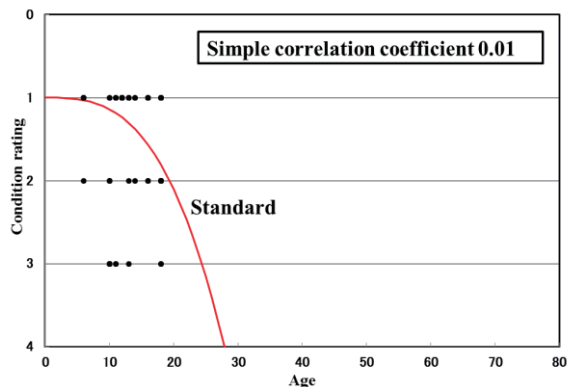


Fig.9 Modified deterioration transfer curves for PC slab

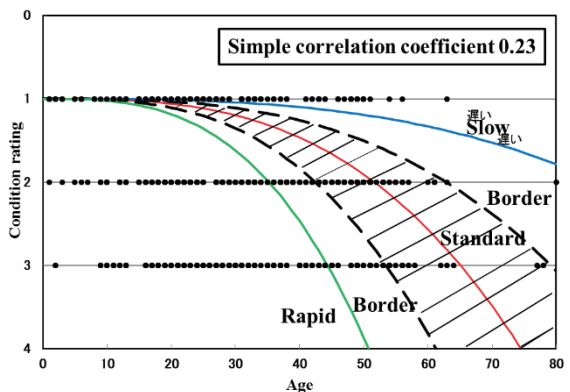


Fig.10 Modified deterioration transfer curves for PC girder slab

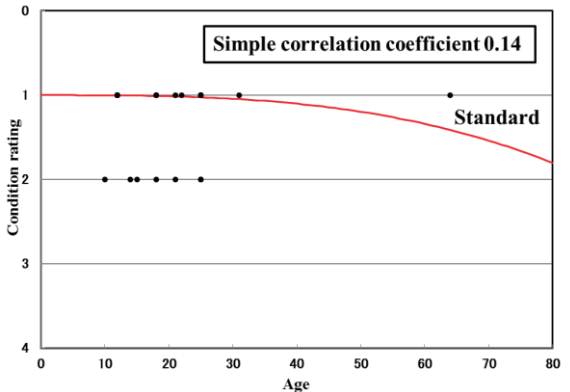


Fig.11 Modified deterioration transfer curves for steel floor

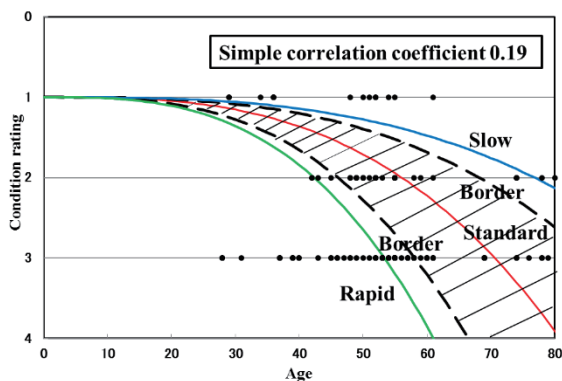


Fig.12 Modified deterioration transfer curves for RC girder

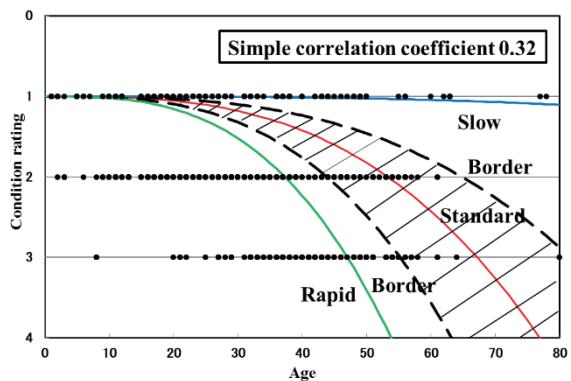


Fig.13 Modified deterioration transfer curves for PC girder

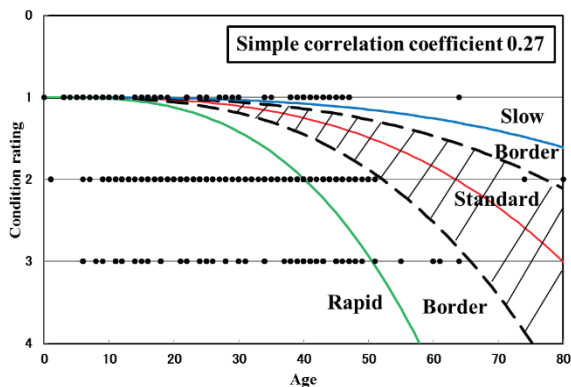


Fig.14 Modified deterioration transfer curves for steel plate girder

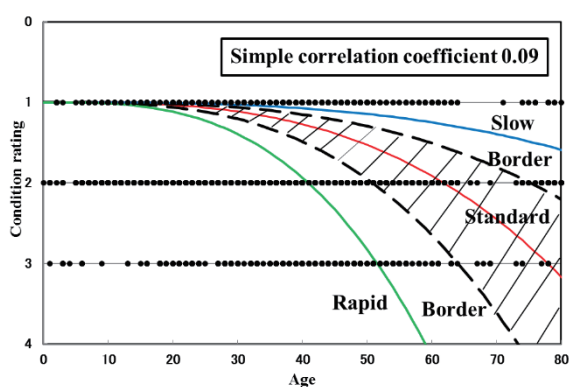


Fig.15 Modified deterioration transfer curves for abutment

PC 床版橋 71 橋に対して PC 床版の劣化曲線を導入した結果を Fig.9 に示す。この場合、データ数が少ないため標準の曲線のみ導入している。28 年で健全度が 4 に達する結果となり、劣化がどの部位よりも速いのは微細なひび割れに対して過大に評価している可能性があり、再点検の際に注意深く検討を行う必要がある。

PC 桁橋 711 橋に対して、床版の劣化曲線を導入した結果を Fig.10 に示す。劣化の遅いグループは 170 橋、標準のグループは 134 橋、劣化の速いグループは 407 橋であった。劣化の速い曲線、標準の曲線および劣化の遅い曲線においては、それぞれ 51 年、75 年および 126 年で健全度が 4 に達する結果となった。Fig.2 に示した福井市の結果と比較すると、劣化の速い曲線では福井県の方が 4 年遅く、標準の曲線においても 12 年遅い劣化を示している。

鋼床版を有する 26 橋に対して、鋼床版の劣化曲線を導入した結果を Fig.11 に示す。この場合、データ数が少ないため標準の曲線のみ導入した。鋼床版の健全度 4 に達するまでの年数は 125 年要しており、管理期間内では健全度が 4 に到達しない結果となった。Fig.6 に示した福井市の標準の結果と比較すると、福井県の方が 71 年も遅い劣化を示している。一般の鋼材の腐食はほぼ同じ劣化特性を示すと考えられるため、福井県のデータにおいて、再塗装した時期が記録されていない可能性が高いといえる。

RC 桁橋 138 橋に対して、RC 桁の劣化曲線を導入した結果を Fig.12 に示す。劣化の遅いグループは 23 橋、標準のグループは 46 橋、劣化の速いグループは 69 橋であった。劣化の速い曲線、標準の曲線および劣化の遅い曲線においては、それぞれ 62 年、81 年および 111 年で健全度が 4 に達する結果となった。Fig.7 に示した福井市の結果と比較すると、福井市の劣化曲線は福井県の劣化の遅い曲線の特性を示している。

PC 桁橋 711 橋に対して、PC 桁の劣化曲線を導入した結果を Fig.13 に示す。劣化の遅いグループは 186 橋、標準のグループは 88 橋、劣化の速いグループは 437 橋であった。劣化の速い曲線、標準の曲線および劣化の遅い曲線においては、それぞれ 54 年、77 年および 247 年で健全度が 4 に達する結果となった。Fig.3 に示した福井市の結果と比較すると、劣化の速い曲線では、福井県の方が 7 年遅く、標準の曲線においても 6 年遅い劣化を示している。

鋼橋 446 橋に対して、鋼桁の劣化曲線を導入した結果を Fig.14 に示す。劣化の遅いグループは 120 橋、標準のグループは 17 橋、劣化の速いグループは 309 橋であった。劣化の速い曲線、標準の曲線および劣化の遅い曲線においては、それぞれ 58 年、92 年および 137 年で健全度が 4 に達する結果となった。Fig.4 に示した福井市の結果と比較すると、劣化の速い曲線では、福井県の方が 18 年遅く、標準の曲線においても 34 年遅い劣化を示している。これも、鋼床版と同様に再塗装の記録もれの可能性があげられる。

Table 5 Coefficients of deterioration transfer curves for each member element  
and number of years to reach the 4 stage condition rating

Kind	Deterioration speed	Equation	Coefficient a	Number of years to reach the 4 stage condition rating
RC slab	Slow	$y = at^3 + 1$	1.452E-06	128
	Standard	$y = at^3 + 1$	4.612E-06	87
	Rapid	$y = at^3 + 1$	1.420E-05	60
PC slab	Standard	$y = at^3 + 1$	1.378E-04	28
PC girder slab	Slow	$y = at^3 + 1$	1.531E-06	126
	Standard	$y = at^3 + 1$	7.253E-06	75
	Rapid	$y = at^3 + 1$	2.292E-05	51
Steel floor plate girder bridge	Standard	$y = at^3 + 1$	1.568E-06	125
RC girder	Slow	$y = at^3 + 1$	2.204E-06	111
	Standard	$y = at^3 + 1$	5.681E-06	81
	Rapid	$y = at^3 + 1$	1.318E-05	62
PC girder	Slow	$y = at^3 + 1$	1.992E-07	247
	Standard	$y = at^3 + 1$	6.589E-06	77
	Rapid	$y = at^3 + 1$	1.923E-05	54
Steel plate girder bridge	Slow	$y = at^3 + 1$	1.191E-06	137
	Standard	$y = at^3 + 1$	3.914E-06	92
	Rapid	$y = at^3 + 1$	1.546E-05	58
Abutment	Slow	$y = at^3 + 1$	1.149E-06	138
	Standard	$y = at^3 + 1$	4.230E-06	90
	Rapid	$y = at^3 + 1$	1.459E-05	60

Table 6 Bridge type of salt and frost damage environments and ASR suspected in Fukui prefecture

Bridge type	Salt damage	Frost damage	ASR	Total
RC slab bridge	4	2	2	8
PC slab bridge	4	0	0	4
RC girder bridge	39	1	7	47
PC girder bridge	69	5	31	105
Steel plate girder bridge	14	11	47	72
Steel floor plate girder bridge	0	0	9	9
Total	130	19	96	245

Table 7 Coefficients of deterioration transfer curves for each member element  
and number of years to reach the 4 stage condition rating

	Kind	Deterioration speed	Equation	Coefficient a	Number of years to reach the 4 stage condition rating
Salt damage	RC slab	Slow	$y = at^3 + 1$	1.392E-06	130
		Standard	$y = at^3 + 1$	4.842E-06	86
		Rapid	$y = at^3 + 1$	1.377E-05	61
	PC slab	Standard	$y = at^3 + 1$	8.410E-04	16
	PC girder slab	Slow	$y = at^3 + 1$	0 (In the case that the condition rating is 1.0 for more than 30 years)	-
		Standard	$y = at^3 + 1$	8.111E-06	72
		Rapid	$y = at^3 + 1$	3.437E-05	45
	RC girder	Slow	$y = at^3 + 1$	2.069E-06	114
		Standard	$y = at^3 + 1$	5.793E-06	81
		Rapid	$y = at^3 + 1$	1.351E-05	61
	PC girder slab	Slow	$y = at^3 + 1$	1.968E-06	116
		Standard	$y = at^3 + 1$	8.065E-06	72
		Rapid	$y = at^3 + 1$	3.476E-05	45
	Steel plate girder bridge	Standard	$y = at^3 + 1$	1.693E-05	57
	Abutment	Slow	$y = at^3 + 1$	2.152E-06	112
		Standard	$y = at^3 + 1$	6.878E-06	76
		Rapid	$y = at^3 + 1$	2.474E-05	50
Frost damage	RC slab	Standard	$y = at^3 + 1$	1.165E-05	64
	PC girder slab	Standard	$y = at^3 + 1$	1.338E-05	61
	RC girder	Standard	$y = at^3 + 1$	1.174E-05	64
	PC girder	Standard	$y = at^3 + 1$	1.064E-05	66
	Steel plate girder bridge	Standard	$y = at^3 + 1$	1.140E-05	65
	Abutment	Standard	$y = at^3 + 1$	1.116E-05	65
ASR	RC slab	Slow	$y = at^3 + 1$	2.718E-06	104
		Standard	$y = at^3 + 1$	1.045E-05	66
		Rapid	$y = at^3 + 1$	3.283E-05	46
	PC girder slab	Slow	$y = at^3 + 1$	4.808E-06	86
		Standard	$y = at^3 + 1$	1.804E-05	55
		Rapid	$y = at^3 + 1$	6.003E-05	37
	Steel floor plate girder bridge	Standard	$y = at^3 + 1$	3.052E-05	47
	RC girder	Standard	$y = at^3 + 1$	2.069E-06	72
	PC girder	Slow	$y = at^3 + 1$	2.927E-06	101
		Standard	$y = at^3 + 1$	1.549E-05	58
		Rapid	$y = at^3 + 1$	4.336E-05	42
	Steel plate girder bridge	Slow	$y = at^3 + 1$	1.449E-06	128
		Standard	$y = at^3 + 1$	1.971E-05	54
		Rapid	$y = at^3 + 1$	5.451E-05	39
	Abutment	Slow	$y = at^3 + 1$	6.955E-06	76
		Standard	$y = at^3 + 1$	1.606E-05	58
		Rapid	$y = at^3 + 1$	4.331E-05	42



すべての橋梁の橋台の劣化曲線を導入し、その結果を Fig.15 に示す。劣化の遅いグループは 389 橋、標準のグループは 216 橋、劣化の速いグループは 1225 橋であった。劣化の速い曲線、標準の曲線および劣化の遅い曲線においては、それぞれ 60 年、90 年および 138 年で健全度が 4 に達する結果となった。Fig.5 に示した福井市の結果と比較すると、劣化の速い曲線では、福井県の方が 8 年遅く、標準の曲線においても 12 年遅い劣化を示している。

以上、本研究で導入した一般環境下における福井県の管理橋梁の各部位の劣化曲線式および健全度 4 に達するまでの年数を Table 5 にまとめて示している。

### 2.3 福井県の塩害・凍害環境下および ASR が疑われる橋梁に対する劣化特性

本節では、Table 6 に示した福井県の塩害環境下 130 橋、凍害環境下 19 橋および ASR が疑われる橋梁 96 橋のそれぞれについて、床版、桁および橋台の劣化曲線を導入し、一般環境下の橋梁との比較を行った。本研究で導入した塩害・凍害環境下および ASR が疑われる福井県の管理橋梁の各部位の劣化曲線式および健全度 4 に達するまでの年数を Table 7 に示す。

Table 5 に示した一般環境下における劣化の速い曲線における健全度 4 に到達するまでの年数と Table 7 に示した年数を比較し、進行性劣化の状況について検討した結果、塩害環境下では、PC 床版、PC 桁橋の床版、PC 桁および橋台では、塩害環境下の方の劣化が速くなっており塩害による進行性劣化が見られる。一方、RC 床版、RC 桁および鋼桁では塩害による進行性劣化は顕著ではない。凍害環境下における橋梁は、いずれの橋種においても進行性劣化は顕著ではないが、全般に一般環境下の劣化が速い場合より少し遅い劣化の傾向を示している。ASR の疑いのある橋梁においては、RC 床版、PC 桁橋の床版、PC 桁および橋台は劣化が速くなっており ASR による進行性劣化が見られる。一方、RC 桁は ASR による進行性劣化は顕著ではない。鋼桁は、ASR の進行性劣化とは無関係であるので、一般環境下より劣化が速いのは 2.2 で指摘しているように、再塗装の記入もれにものと推測される。

## 3. 結 論

本研究で得られた結論は以下の通りである。

- (1) 広く分布している健全度の分布を、劣化が速い、標準および遅いグループに分類し、3 種類の劣化曲線を用いて適切に劣化特性を表現することができた。
- (2) 3 次関数を用いた劣化の速い曲線においては、5 年で健全度 3 から 4 に移行する傾向を示しており、健全度 3 は 5 年以内の補修を行わなければならない条件を表現することができた。
- (3) 福井市と福井県の橋梁の劣化特性の比較結果は以下の通りである。
  - (a) RC 床版の劣化の速い曲線は同じ傾向を示している。標準の曲線では福井県のほうが 5 年速い劣化を示している。
  - (b) PC 桁は、福井市が福井県より 4 年～12 年劣化が速い傾向を示している。
  - (c) 福井市の RC 桁は福井県の劣化が遅い曲線と同じ傾向を示している。
  - (d) PC 桁は、福井市が福井県より 7 年程度劣化が速い傾向を示している。
  - (e) 鋼桁は、福井市が福井県より 18 年～34 年速い劣化を示している。
  - (f) 橋台は、福井市が福井県より 8 年～12 年速い劣化を示している。
  - (e) 福井市の場合には、劣化が遅い場合は全く劣化しない分類となっている。
- (4) 各自治体の管理橋梁においては、周囲の環境が異なっており劣化曲線は各自治体において独自に導入する必要がある。
- (5) 塩害環境下における PC 床版、PC 桁橋の床版、PC 桁および橋台では塩害による進行性劣化が見られる。一方、RC 床版、RC 桁および鋼桁では塩害による進行性劣化は顕著ではない。
- (6) 凍害環境下における各部位の進行性劣化は顕著ではないが、全般に一般環境下の劣化が速い場合より少し遅い劣化の傾向を示している。
- (7) ASR 環境下における RC 床版、PC 桁橋の床版、PC 桁および橋台は、ASR による進行性劣化が見られる。一方、RC 桁は ASR による進行性劣化は顕著ではない。

- (8) 福井県のデータにおいて、PC 床版橋の劣化がどの部位よりも速く、微細なひび割れに対して過大に評価している可能性があり、再点検の際に注意深く検討を行う必要がある。また、鋼橋の鋼床版および鋼桁の劣化が非常に遅いのは、福井県のデータに再塗装した時期が記録されていない可能性が高く、鋼橋の劣化曲線の作成時には注意を要する。

## 謝 辞

本論文を作成するにあたり、福井県の土木部道路保全課ならび福井市建設部道路課からは、管理橋梁の点検結果を快くご提供いただきましたことに感謝申し上げます。図面の整理、作表には建築生活環境学科 4 回生の阪田悠聖 君、北野嘉孝 君、狭間大輔 君の助力を得た。ここに、感謝の意を表します。

## 参考文献

- (1) (財)福井県建設技術公社,橋梁定期点検マニュアル (案) (2011)
- (2) 福井県 HP, 福井県橋梁の長寿命化に向けて, [http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/hozen/kyouryou\\_d/fil/003.pdf](http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/hozen/kyouryou_d/fil/003.pdf) (参照日 2013 年 12 月 15 日)
- (3) 国土交通省道路局,道路橋定期点検要領 (2014)
- (4) K. Taniwaki and H. Oonishi, Development of Optimal Bridge Management System Considering Practical Usefulness, Proceedings of the 6th International Conference on Structural Engineering and Construction Management(2015), pp.36-43
- (5) 谷脇一弘, 大西秀明, 橋梁の維持管理のための最適補修計画について, 福井工業大学研究紀要第 45 号(2015) pp.119-128

(平成 28 年 3 月 31 日受理)