

第6章 維持管理における将来予測

以下の2点を明らかにするため、維持管理区分ごとに設定した修繕・対策シナリオに沿ったシミュレーションを実施する。

①修繕計画の運用により、得られる効果はどの程度あるか

②修繕計画の運用により、事業費と構造物の健全性はどのような関係になるか

また、以上を明らかにしたうえで、構造物の健全性を維持していくために必要となる事業費を検討する。

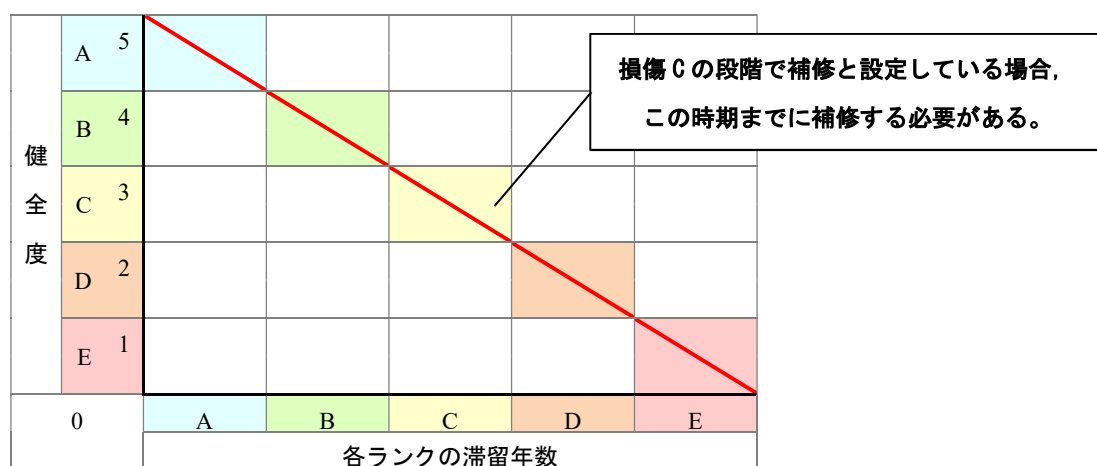
6.1 劣化予測の検討及び設定

損傷部材に応じた一般的な耐用年数や点検結果から劣化曲線を設定する。

6.1.1 劣化曲線について

劣化曲線とは、橋梁の点検結果と点検時の経過年数をプロットすることで、その損傷の進行速度を表す回帰曲線のことである。算出された劣化曲線に基づいて、今後の補修時期や補修間隔を決定する。図6.1.1は劣化曲線の概要である。縦軸の「健全度」は、部材毎に設定される損傷ランク（A～E）を示している。横軸の「各ランクの滞留年数」は、経過年数をプロットすることで導かれた滞留年数を示している。劣化曲線は、蓄積された点検結果の近似により算出するため、点検結果が多い方が理想的である。本業務では、各橋梁過去3回分の定期点検（うち1回は「H19基礎データ収集要領」に基づく）の結果をもとに劣化曲線を算出する。

劣化曲線の妥当性を判断することが困難であるため、本業務では算出した劣化曲線と文献等に表示される一般的な耐用年数を比較し、適する方を滞留年数として採用する。



※点検結果の回帰分析を行う際の留意事項

- ・経年数（ $=A-B$ ）は、 A ＝最終点検実施日、 B ＝補修・塗装履歴とする（ B の履歴がないものは B ＝架設年とする）。
- ・点検結果の異常値（供用年数が80年以上にも関わらず健全度5である、点検後に補修を行い点検結果と経年数の整合性がない、等）は除外する。
- ・「H19基礎データ収集要領」の点検では、鋼部材に限り部材の細分化ができないため、鋼部材の点検結果が反映されない。すなわち、鋼部材に限り2回分の点検結果を用いて劣化曲線を算出する。

6.1.2 劣化曲線の決定

対象部材及び損傷ごとに、一般的な耐用年数と点検結果の回帰分析により算出された劣化曲線を比較し、本計画で使用する劣化曲線を決定する。

今回の計画において採用した滞留年数(劣化曲線)は下表 6.1.1 のとおりである。対象部材及び損傷ごとの詳細な検討結果は次頁以降に示す。また、支承、伸縮装置、舗装は下表の耐用年数のサイクルで定期的な取替えを行うものとする。

表 6.1.1 滞留年数(劣化曲線)の採用値

橋種	部材種別		劣化機構	分類名	滞留年数					設定根拠
					A	B	C	D	E	
鋼橋	主桁、横桁、横構、鋼床版、対傾構		防食機能劣化・腐食	長油性フタル酸樹脂塗料	60	16	11	9	7	回帰分析
				ふっ素樹脂塗料	20	20	20	9	9	一般的な耐用年数
				耐候性鋼材	50	50	50	25	25	一般的な耐用年数
	コンクリート床版		中性化		52	13	10	8	6	回帰分析
コンクリート橋	主桁・横桁		中性化		59	15	11	8	8	回帰分析
	床版		中性化		73	19	14	10	9	回帰分析
共通	下部工	RC	中性化		74	20	14	10	10	回帰分析
		鋼	防食機能劣化・腐食	長油性フタル酸樹脂塗料	5	5	5	3	3	一般的な耐用年数
	支承		経年劣化	鋼製支承	6	6	6	6	6	一般的な耐用年数
				ゴム支承	20	20	20	20	20	一般的な耐用年数
	伸縮装置		経年劣化	鋼製	6	6	6	6	6	一般的な耐用年数
				ゴム製	6	6	6	6	6	一般的な耐用年数
	舗装		経年劣化	アスファルト系	3	3	3	3	3	一般的な耐用年数
				コンクリート系	4	4	4	4	4	一般的な耐用年数

鋼橋—主桁 劣化機構：防食機能劣化・腐食

I) 一般的な耐用年数等を考慮した劣化曲線

橋種	部材	劣化機構	分類	防食機能耐用年数（A-C）腐食速度				
			塗装名	A	B	C	D	E
鋼橋	主桁	防食機能劣化・腐食	長油性フタル酸樹脂塗料	5	5	5	3	3
			ふっ素樹脂塗料	20	20	20	9	9
			耐候性鋼材	50	50	50	25	25

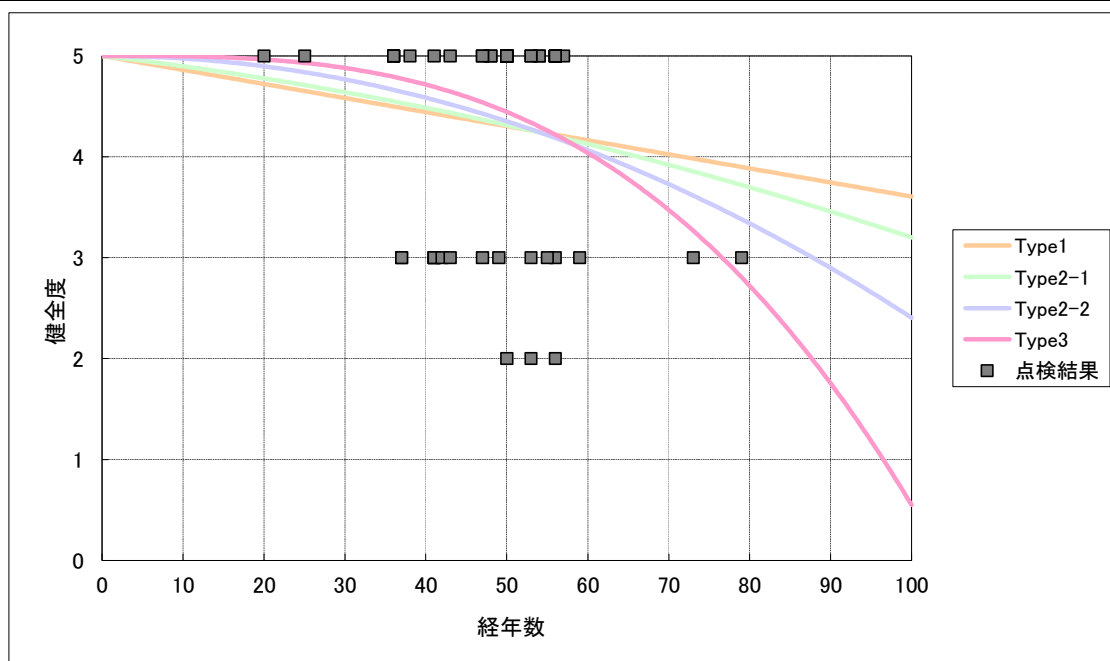
参考：A～C：「鋼橋のライフサイクルコスト 2020(改)」(橋建協) 防食機能耐用年数,

D, E：「道路橋の計画的な管理に関する研究調査」(国土技術政策研究所)

推定耐久年数(防食維持, 一般環境)…長油性フタル酸樹脂塗料 15 年, ふっ素樹脂塗料 60 年, 耐候性鋼材 200 年

II) 点検結果の回帰分析による劣化曲線・・・【採用】

回帰分析結果	部材分類	鋼橋—主桁
	グループ	[長油性フタル酸樹脂塗料]



回帰式	係数		決定係数 R2	滞留年数					選択
	a	b		A	B	C	D	E	
Type1 (y=at+5)	-0.013941	-	0.0170063	71	72	72	71	72	
Type2-1 (y=at+bt+5)	-0.000085	-0.009446	0.0274476	66	41	33	28	24	
Type2-2 (y=at+5)	-0.000259	-	0.0557700	62	25	20	17	14	
Type3 (y=at+5)	-0.000004	-	0.1063930	60	16	11	9	7	○

III) 考察

- ・ふっ素樹脂塗料及び耐候性鋼材の橋梁は数が極端に少なく、すべての健全度が5であることから、回帰分析による劣化曲線が作成できない。よって、I) 一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線を採用する。
- ・長油性フタル酸樹脂塗料については、過年度でも滞留年数が長くなる傾向がみられ、今回の回析でも同様の傾向がみられた。点検結果の蓄積も進んでいることから、回帰分析の結果が妥当であると判断し、II) 点検結果の回帰分析による劣化曲線を採用する。
- ・横桁、対傾構、横構においても、同様の傾向であるため、上記の値を用いる。
- ・鋼床版においてはサンプル数が少なく、劣化曲線を作成できないため、上記の値を用いる。

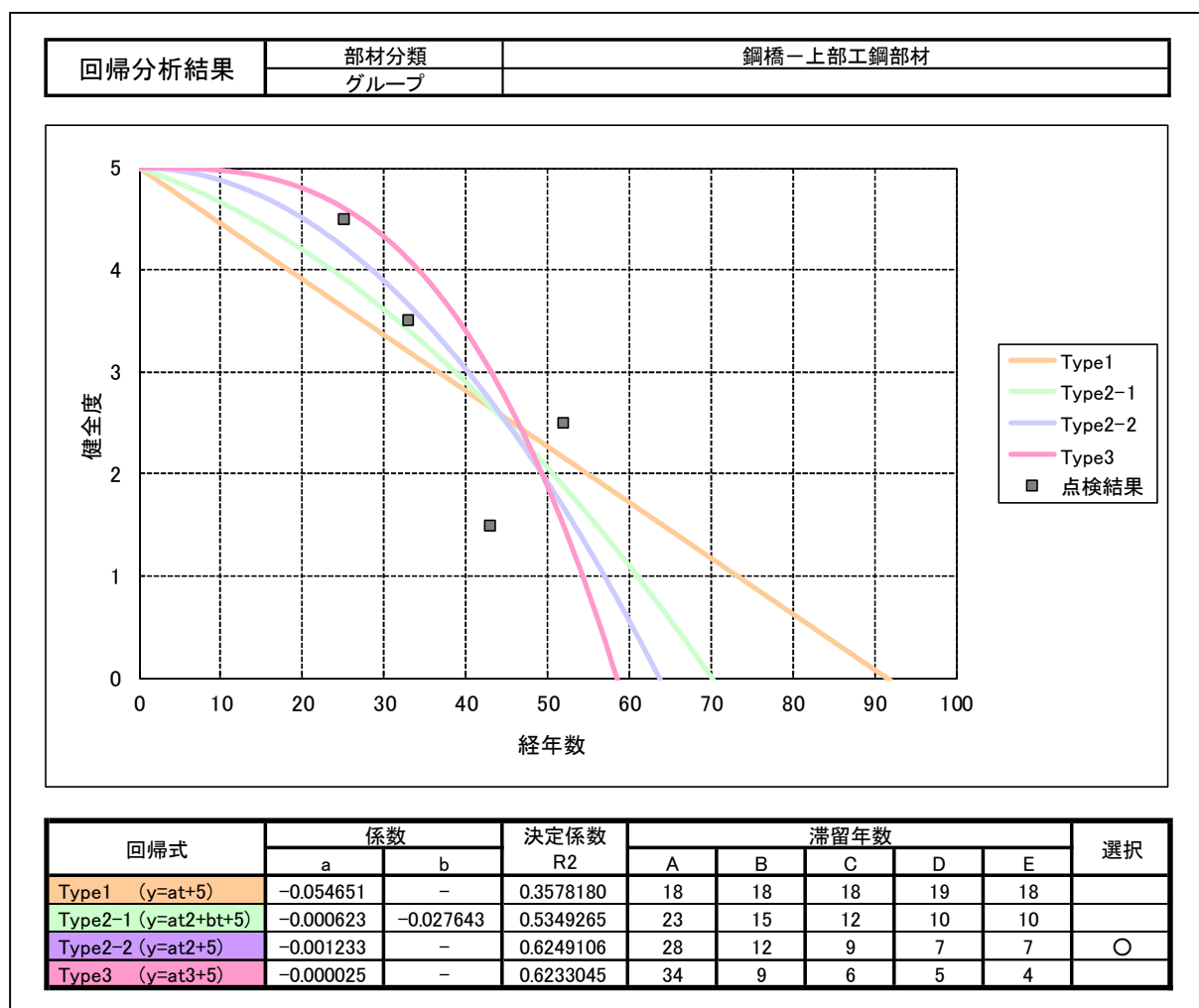
【参考】前回長寿命化計画における劣化曲線【鋼橋：鋼部材 - 防食機能の劣化・腐食】

ふっ素樹脂塗装及び耐候性鋼材については、前回も該当する橋梁数が極端に少ないことから、一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線が採用された。

長油性フタル酸樹脂塗料については、一般的な耐用年数と回帰分析の結果を比較したとき、特に滞留年数 A に大きな差があるとし、安全側である一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線を採用した。

橋種	部材	劣化機構	分 類	滞留年数				
			塗装名	A	B	C	D	E
鋼橋	主桁	防食機能劣化 腐食	長油性フタル酸樹脂塗料	5	5	5	3	3
			ふっ素樹脂塗料	20	20	20	9	9
			耐候性鋼材	50	50	50	25	25

参考：鋼橋のライフサイクルコスト（橋建協）



鋼橋－コンクリート床版 劣化機構：中性化

I) 一般的な耐用年数等を考慮した劣化曲線

橋種	部材	劣化機構	分類	滞留年数				
			示方書種別	A	B	C	D	E
鋼橋	コンクリート床版	中性化	大正 15 年～昭和 55 年	63	3	17	4	6
			平成 2 年以降	100	3	17	4	6

参考：国総研資料「道路橋の計画的な管理に関する調査研究」，コンクリート標準示方書〔維持管理編〕，コンクリート標準示方書〔維持管理編〕に基づくコンクリート構造物の維持管理事例集，等より

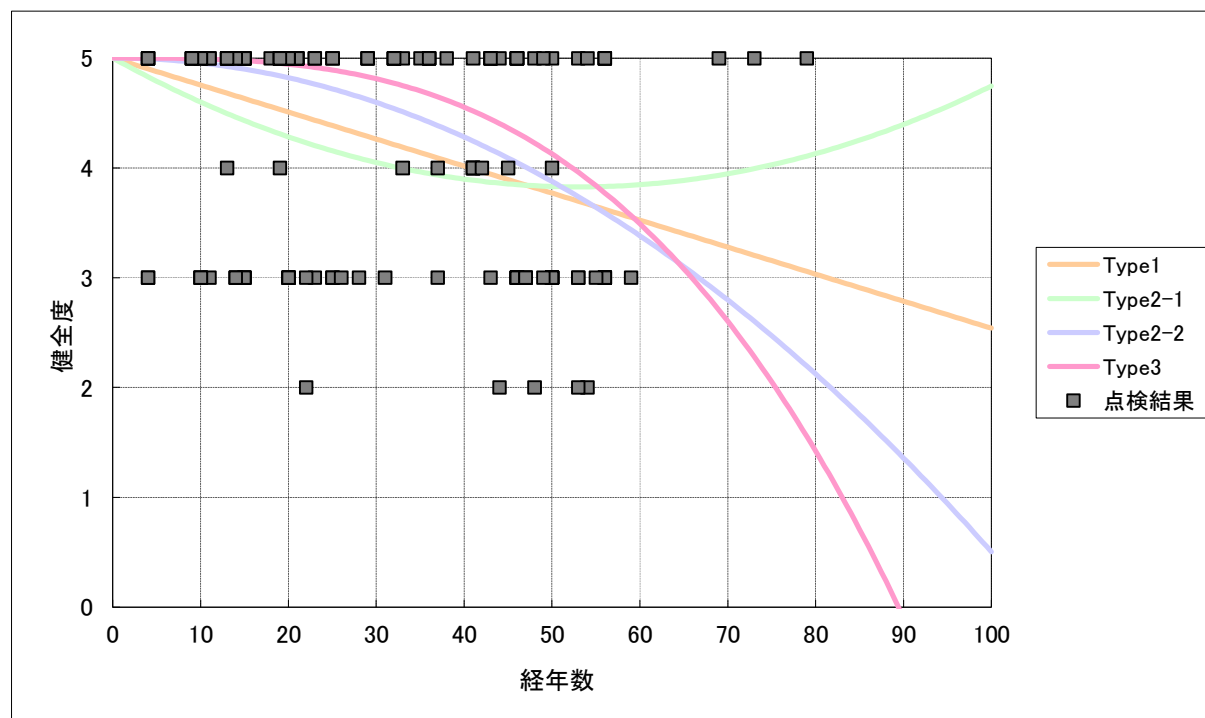
A(潜伏期)・・・ $\sqrt{t}$ 則(中性化残り 10mm)

B(進展期)・・・鋼材腐食速度（腐食発生からひびわれ発生まで）5 年以内という報告があるため，3 年と仮定，

C・D・E(加速期・劣化期)・・・鋼材腐食速度の算出式（それぞれ鋼材体積減少率 0.025・0.050・0.200 を超えるまでの期間）

II) 点検結果の回帰分析による劣化曲線 ・ ・ ・ 【採用】

回帰分析結果	部材分類	鋼橋－コン床版－〔中性化〕
	グループ	〔上記以外〕



回帰式	係数		決定係数 R2	滞留年数					選択
	a	b		A	B	C	D	E	
Type1 (y=at+5)	-0.024603	-	0.1745952	40	41	40	41	41	
Type2-1 (y=at2+bt+5)	0.000417	-0.044224	0.1129471	32	32	32	32	32	
Type2-2 (y=at2+5)	-0.000450	-	0.2495272	47	19	15	13	11	
Type3 (y=at3+5)	-0.000007	-	0.2706705	52	13	10	8	6	○

III) 考察

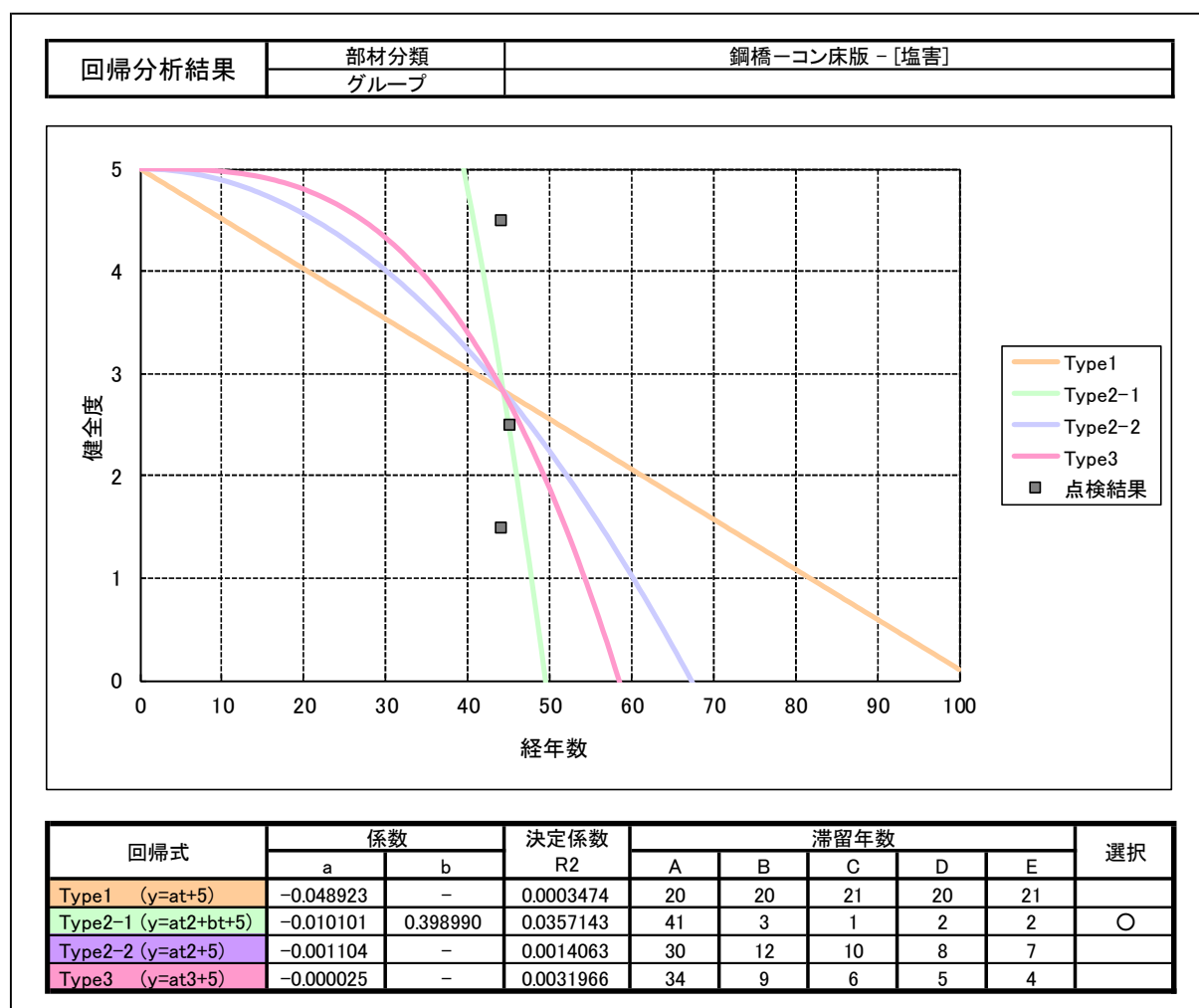
・ I)とII)を比較すると，II)の方が滞留年数が短い傾向にあるため，II)の方が安全側である。また，鋼橋－コンクリート床版の点検結果の蓄積が進んでいることから，回帰分析の結果は妥当であると判断し，II)点検結果の回帰分析による劣化曲線を採用する。

【参考】前々回長寿命化計画における劣化曲線【鋼橋：コンクリート床版 - 塩害】

一回目の長寿命化修繕計画における劣化曲線算出の際には、殺生石付近の地域では硫化水素等の影響から損傷の進行速度が速い傾向が見られたため、対象地域の橋梁は塩害による劣化曲線を算出している。しかし、橋梁数が少ないことから一般的な耐用年数を使用している。橋梁数を増やした本計画では、「3.2.2 点検結果及び判定区分（3）健全性Ⅲ判定の橋梁」で述べたように、点検結果から損傷の進行具合に地域性はみられなかったため、塩害における劣化曲線は省略した。

一般的滞留年数								
橋種	部材	劣化機構	分 類	滞 留 年 数				
				A	B	C	D	E
鋼橋	コンクリート床版	塩害		10	24	2	6	8

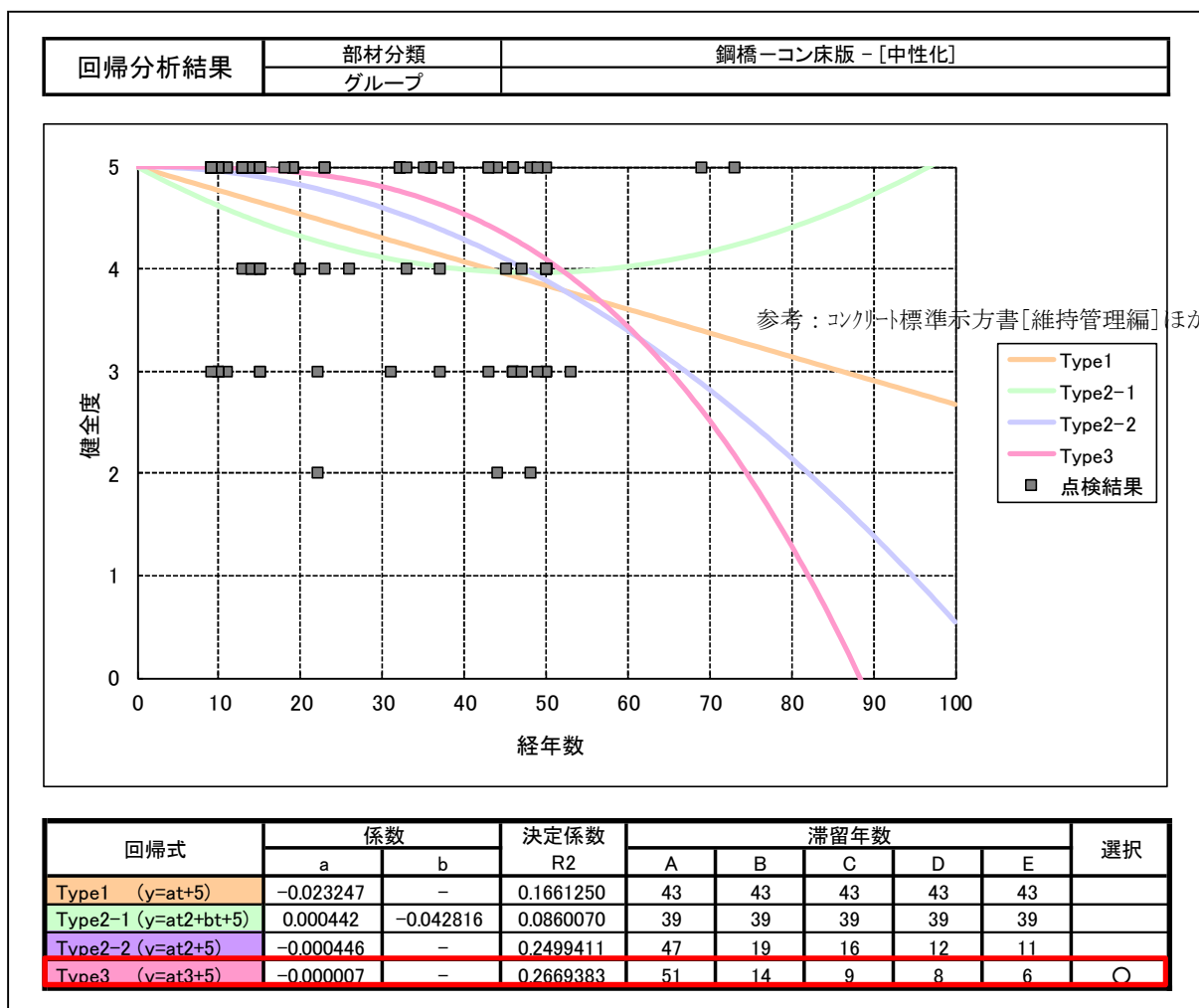
参考：コンクリート標準示方書[維持管理編]ほか



【参考】前回長寿命化計画における劣化曲線【鋼橋：コンクリート床版 - 中性化】

前回の劣化曲線算出では、今回と同様に回帰分析による劣化曲線の方が、滞留年数の短い傾向となった。安全側を考慮するとして、点検結果の回帰分析による劣化曲線を採用した。

橋種	部材	劣化機構	分 類	滞留年数				
			示方書別	A	B	C	D	E
鋼橋	コンクリート床版	中性化	大正15年～昭和55年	63	3	17	4	6
			平成2年～平成14年	100	3	17	4	6



コンクリート橋—主桁 劣化機構：中性化

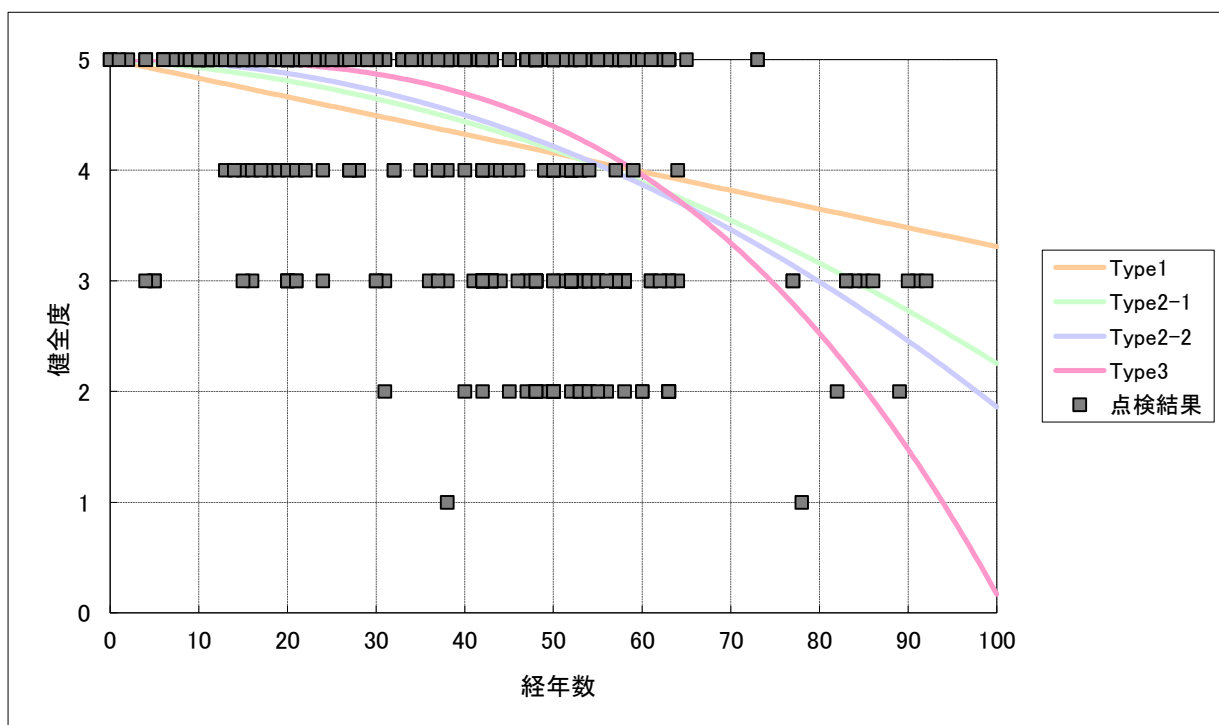
I) 一般的な耐用年数等を考慮した劣化曲線

橋種	部材	劣化機構	分類	滞留年数				
			示方書種別	A	B	C	D	E
コンクリート橋	主桁	中性化	大正 15 年～昭和 55 年	97	3	17	4	6
			平成 2 年以降	97	3	17	4	6

参考：国総研資料「道路橋の計画的な管理に関する調査研究」、コンクリート標準示方書[維持管理編]、コンクリート標準示方書[維持管理編]に基づくコンクリート構造物の維持管理事例集、等より
鋼橋コンクリート床版と同様

II) 点検結果の回帰分析による劣化曲線 . . . 【採用】

回帰分析結果	部材分類	コン橋—主桁—[中性化]
	グループ	[上記以外]



回帰式	係数		決定係数 R2	滞留年数					選択
	a	b		A	B	C	D	E	
Type1 (y=at+5)	-0.016897	-	0.1093739	59	59	59	59	59	
Type2-1 (y=at2+bt+5)	-0.000223	-0.005136	0.1785746	56	27	21	18	16	
Type2-2 (y=at2+5)	-0.000314	-	0.2069320	56	23	18	15	14	
Type3 (y=at3+5)	-0.000005	-	0.2560820	59	15	11	8	8	○

III) 考察

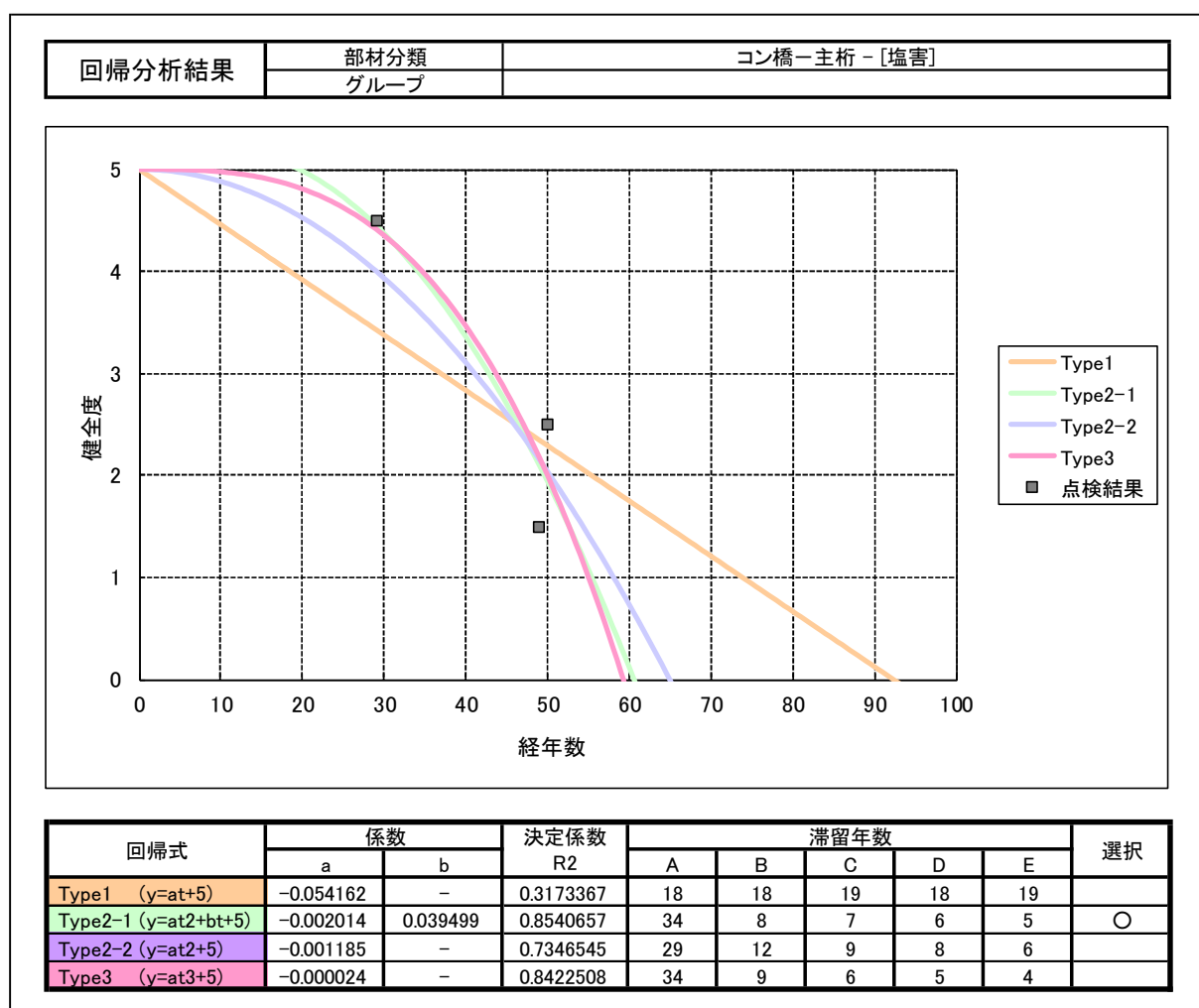
- ・ I)とII)を比較すると、II)の方が滞留年数が短い傾向にあるため、II)の方が安全側である。また、コンクリート橋—主桁点検結果の蓄積が進んでいることから、回帰分析の結果は妥当であると判断し、II)点検結果の回帰分析による劣化曲線を採用する。
- ・ コンクリート橋—横桁においても、同様の傾向であるため、上記の値を用いる。

【参考】前々回長寿命化計画における劣化曲線【コンクリート橋：主桁 - 塩害】

一回目の長寿命化修繕計画における劣化曲線算出の際には、殺生石付近の地域の橋梁は塩害による劣化曲線を算出している。しかし、橋梁数が少ないことから一般的な耐用年数を使用している。本計画では、塩害における劣化曲線は省略した。（【鋼橋：コンクリート床版】と同様。）

一般的滞留年数								
橋種	部材	劣化機構	分 類	滞 留 年 数				
			A	B	C	D	E	
コンクリート橋	主桁	塩害		4	24	2	6	8

参考：コンクリート標準示方書[維持管理編]ほか

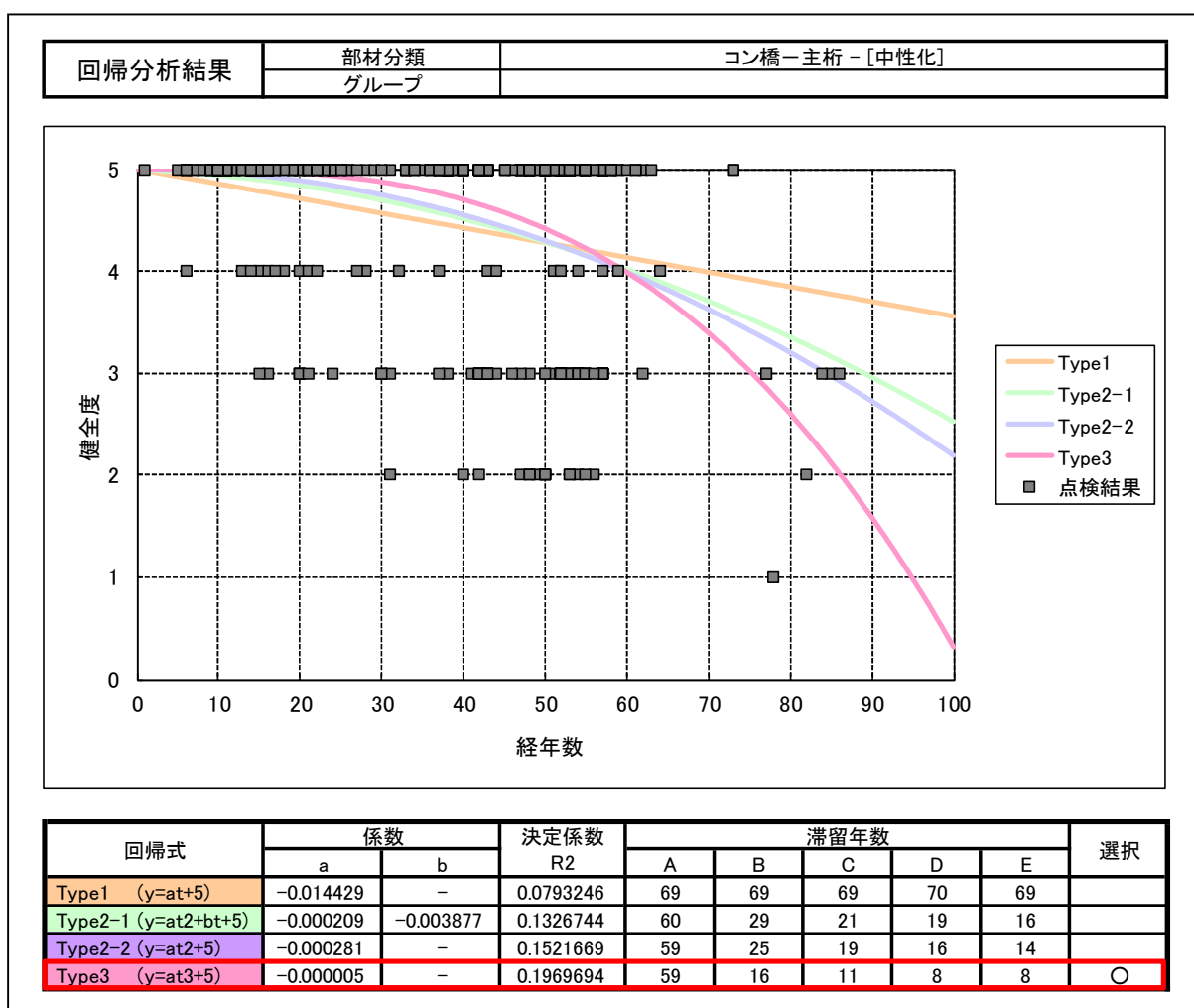


【参考】前回長寿命化計画における劣化曲線【コンクリート橋：主桁 - 中性化】

前回の劣化曲線算出では、今回と同様に回帰分析による劣化曲線の方が、滞留年数の短い傾向となった。安全側を考慮するとして、点検結果の回帰分析による劣化曲線を採用した。

橋種	部材	劣化機構	分類	滞留年数				
				A	B	C	D	E
コンクリート橋	主桁	中性化		100	3	17	4	6

参考：コンクリート標準示方書[維持管理編]ほか



コンクリート橋—床版 劣化機構：中性化

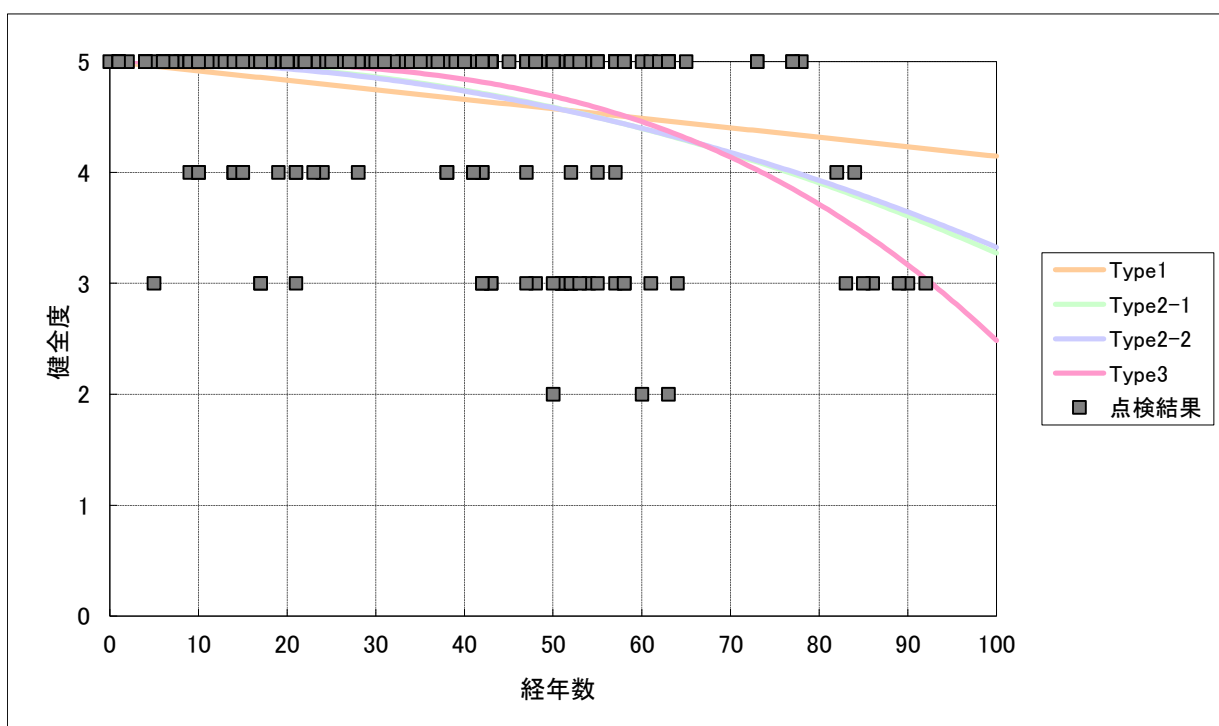
I) 一般的な耐用年数等を考慮した劣化曲線

橋種	部材	劣化機構	分 類	滞留年数				
			示方書種別	A	B	C	D	E
コンクリート橋	コンクリート床版	中性化	大正 15 年～昭和 55 年	63	3	17	4	6
			平成 2 年以降	100	3	17	4	6

参考：国総研資料「道路橋の計画的な管理に関する調査研究」、コンクリート標準示方書〔維持管理編〕、コンクリート標準示方書〔維持管理編〕に基づくコンクリート構造物の維持管理事例集、等より
鋼橋コンクリート床版と同様

II) 点検結果の回帰分析による劣化曲線 . . . 【採用】

回帰分析結果	部材分類	コン橋—床版—〔中性化〕
	グループ	〔上記以外〕



回帰式	係数		決定係数 R2	滞留年数					選択
	a	b		A	B	C	D	E	
Type1 (y=at+5)	-0.008551	-	0.0739380	100	100	100	100	100	
Type2-1 (y=at+bt+5)	-0.000180	0.000747	0.1658926	76	31	24	19	18	
Type2-2 (y=at+5)	-0.000168	-	0.1594242	77	32	24	21	18	
Type3 (y=at+5)	-0.000003	-	0.2044445	73	19	14	10	9	○

III) 考察

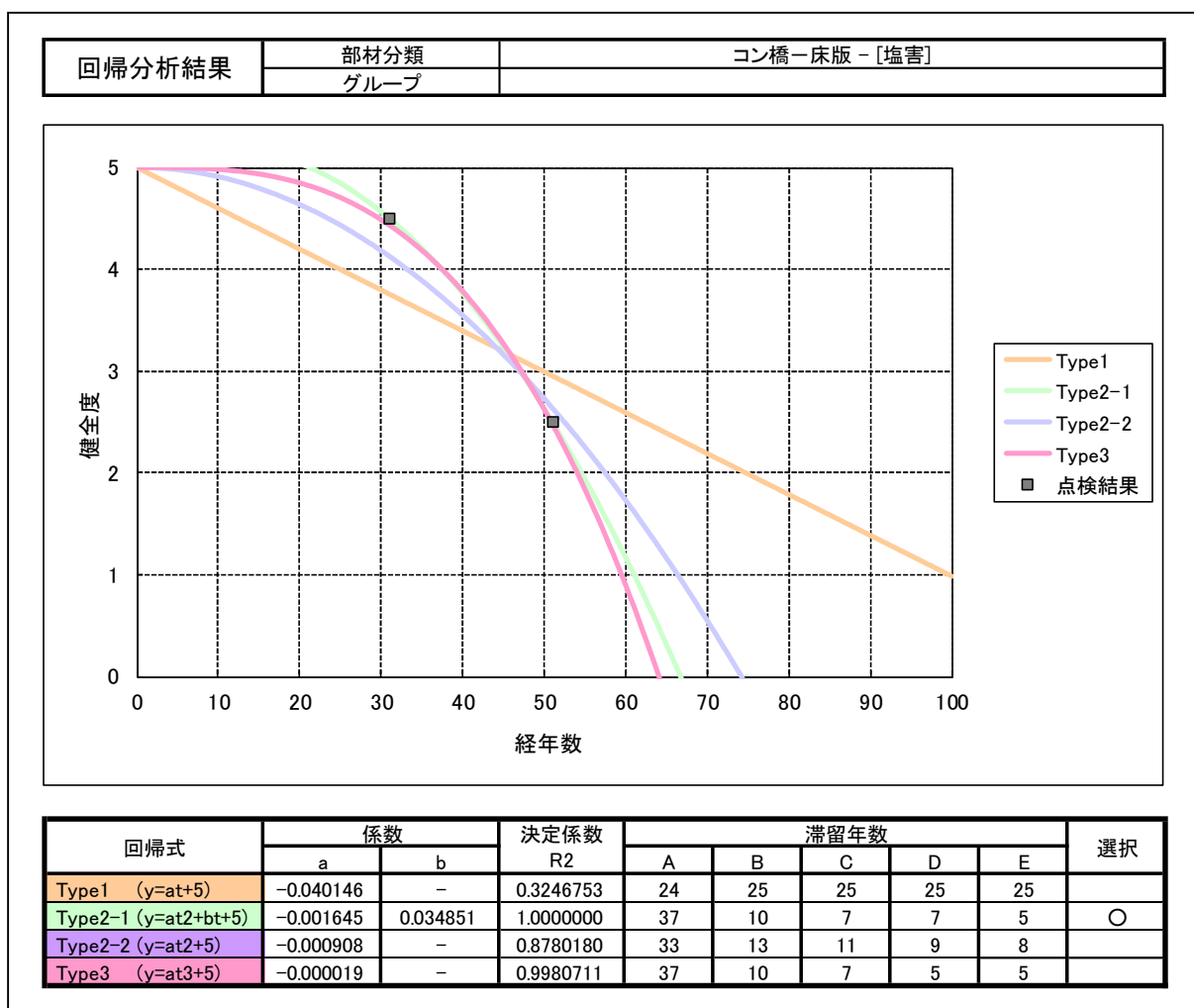
- ・ I)とII)を比較すると、II)の方が滞留年数が短い傾向にある。一方で、過年度の回帰分析によって算出された劣化曲線とII)を比較すると、耐用年数が長くなる傾向がみられた。コンクリート橋-床版の点検結果の蓄積が進んでいることから、回帰分析の結果は妥当であると判断し、II)点検結果の回帰分析による劣化曲線を採用する。

【参考】前々回長寿命化計画における劣化曲線【コンクリート橋：床版 - 塩害】

一回目の長寿命化修繕計画における劣化曲線算出の際には、殺生石付近の地域の橋梁は塩害による劣化曲線を算出している。しかし、橋梁数が少ないことから一般的な耐用年数を使用している。本計画では、塩害における劣化曲線は省略した。（【鋼橋：コンクリート床版】と同様。）

一般的滞留年数								
橋種	部材	劣化機構	分 類	滞留年数				
				A	B	C	D	E
コンクリート橋	主桁	塩害		4	24	2	6	8

参考：コンクリート標準示方書[維持管理編]ほか

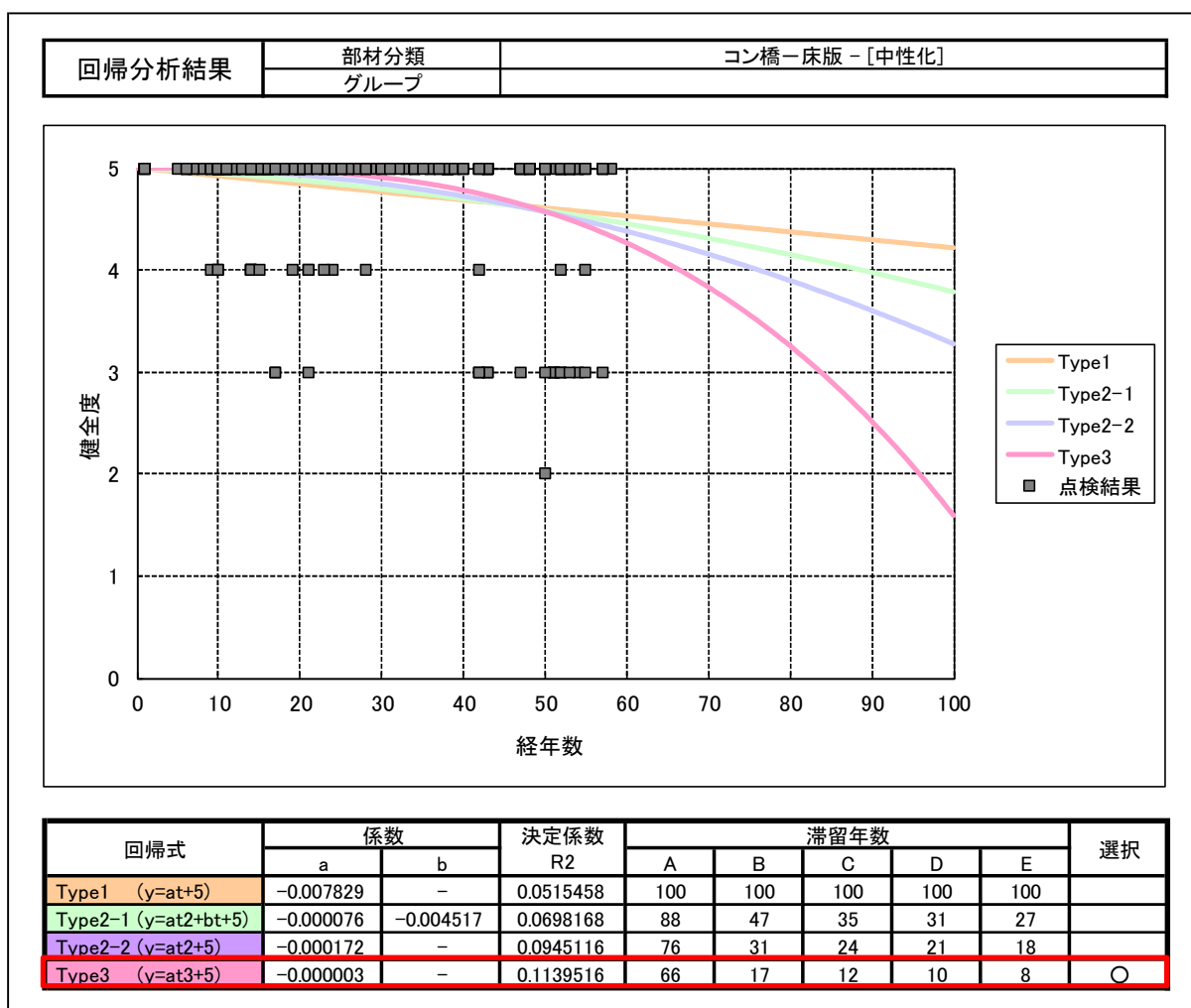


【参考】前回長寿命化計画における劣化曲線【コンクリート橋：床版 - 中性化】

前回の劣化曲線算出では、今回と同様に回帰分析による劣化曲線の方が、滞留年数の短い傾向となった。安全側を考慮するとして、点検結果の回帰分析による劣化曲線を採用した。

橋種	部材	劣化機構	分 類	滞留年数				
			示方書別	A	B	C	D	E
コンクリート橋	コンクリート床版	中性化	大正15年～昭和55年	63	3	17	4	6
			平成2年～平成14年	100	3	17	4	6

参考：コンクリート標準示方書[維持管理編]ほか



共通一下部工（RC） 劣化機構：中性化

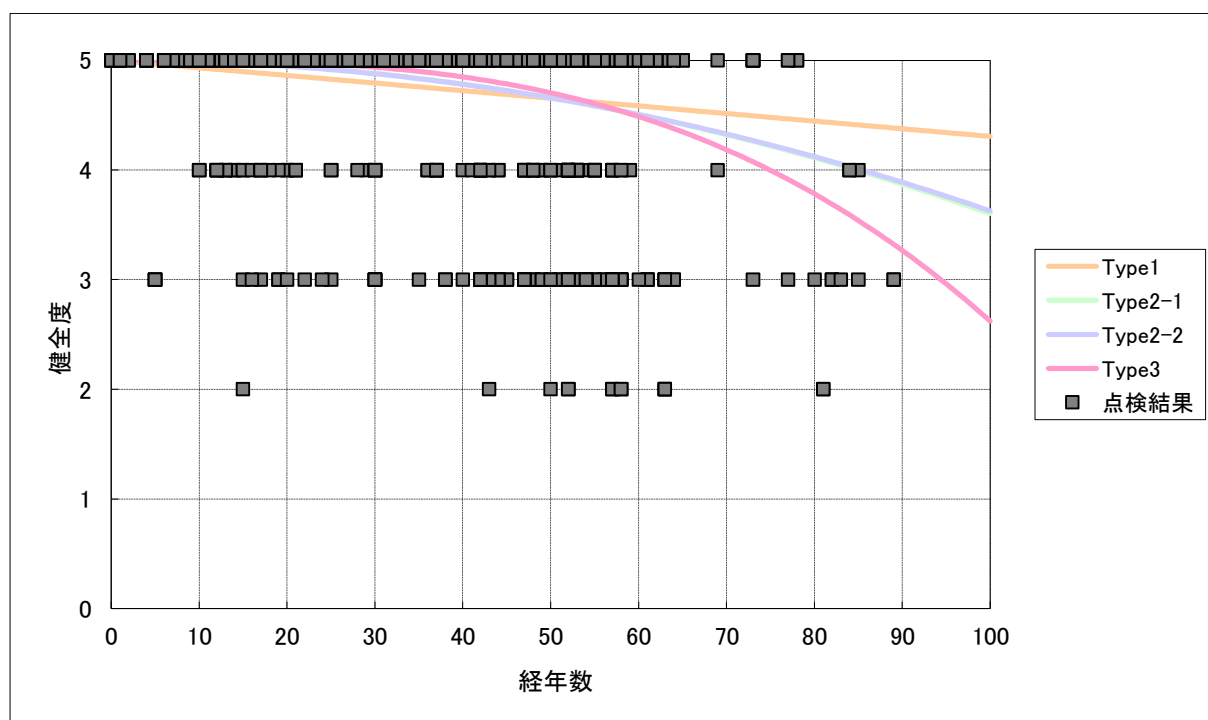
I) 一般的な耐用年数等を考慮した劣化曲線

橋種	部材	劣化機構	分 類	滞留年数				
			示方書種別	A	B	C	D	E
共通	下部工(RC)	中性化	大正 15 年～昭和 55 年	100	3	17	4	6
			平成 2 年以降	100	3	17	4	6

参考：国総研資料「道路橋の計画的な管理に関する調査研究」、コンクリート標準示方書[維持管理編]，コンクリート標準示方書[維持管理編]に基づくコンクリート構造物の維持管理事例集，等より
鋼橋コンクリート床版と同様

II) 点検結果の回帰分析による劣化曲線 . . . 【採用】

回帰分析結果	部材分類	共通一下部工(RC) - [中性化]
	グループ	[上記以外]



回帰式	係数		決定係数 R2	滞留年数					選択
	a	b		A	B	C	D	E	
Type1 ($y=at+5$)	-0.006945	-	0.0429032	100	100	100	100	100	
Type2-1 ($y=at^2+bt+5$)	-0.000143	0.000294	0.0892797	84	35	26	23	20	
Type2-2 ($y=at^2+5$)	-0.000137	-	0.0873607	85	35	27	23	20	
Type3 ($y=at^3+5$)	-0.000002	-	0.1196460	74	20	14	10	10	○

III) 考察

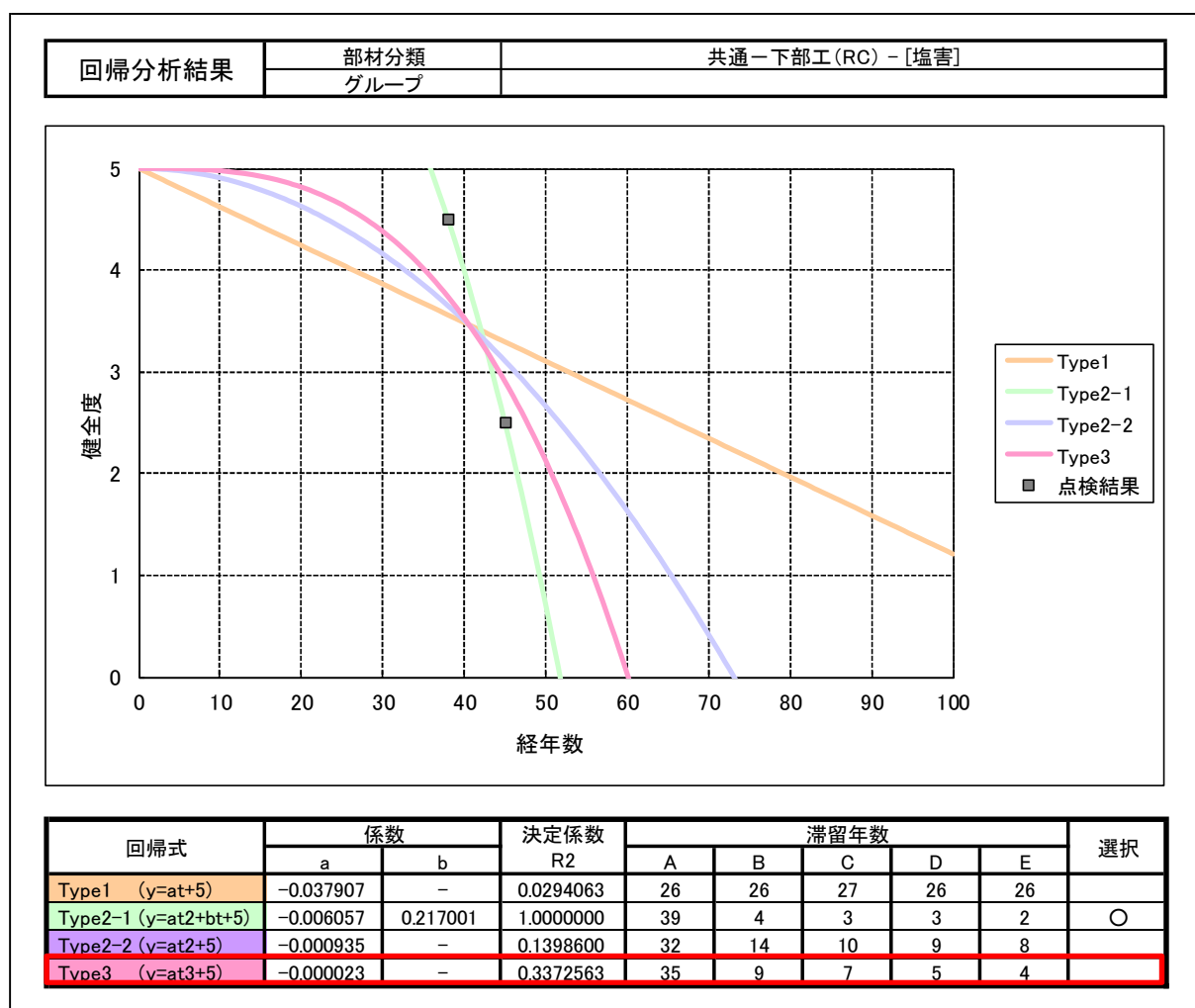
- ・ I)とII)を比較すると，II)の方が滞留年数が短い傾向にあるため，II)の方が安全側である。また，下部工（RC）点検結果の蓄積が進んでいることから，回帰分析の結果は妥当であると判断し，II)点検結果の回帰分析による劣化曲線を採用する。

【参考】前々回長寿命化計画における劣化曲線【共通：RC下部工 - 塩害】

一回目の長寿命化修繕計画における劣化曲線算出の際には、殺生石付近の地域の橋梁は塩害による劣化曲線を算出している。橋梁数は少ないが、一般的な耐用年数とおおむね同じ劣化性状を示しているため、点検結果による劣化曲線で算出された滞留年数を使用している。本計画では、塩害における劣化曲線は省略した。【鋼橋：コンクリート床版】と同様。）

橋種	部材	劣化機構	分類	滞留年数				
				A	B	C	D	E
共通	下部工	塩害		4	24	2	6	8

参考：コンクリート標準示方書[維持管理編]ほか

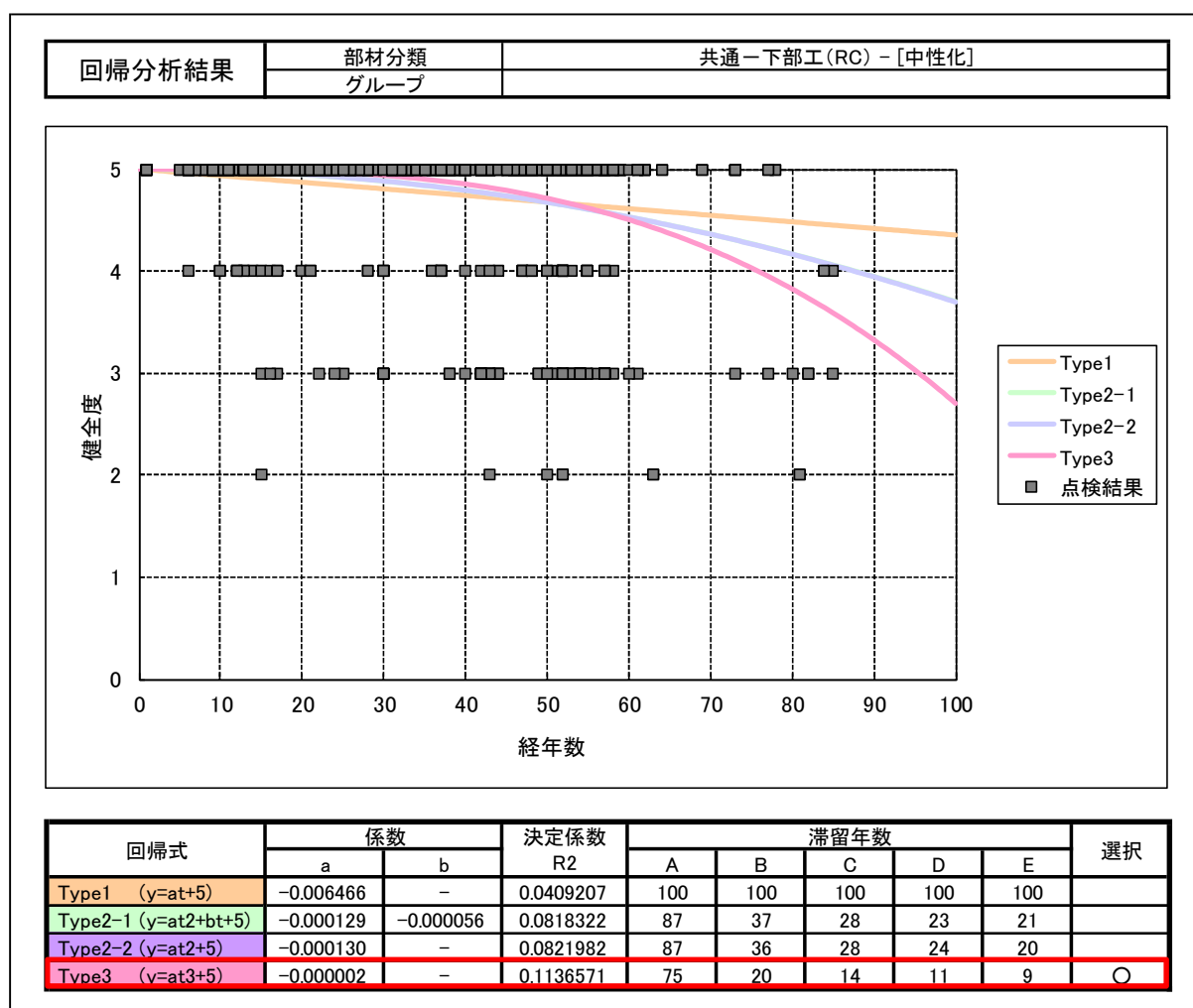


【参考】前回長寿命化計画における劣化曲線【共通：RC 下部工 - 中性化】

前回の劣化曲線算出では、今回と同様に回帰分析による劣化曲線の方が、滞留年数の短い傾向となった。安全側を考慮するとして、点検結果の回帰分析による劣化曲線を採用した。

橋種	部材	劣化機構	分類	滞留年数				
				A	B	C	D	E
共通	下部工 (RC)	中性化		100	3	17	4	6

参考：コンクリート標準示方書[維持管理編]ほか



共通一下部工（鋼） 劣化機構：防食機能劣化・腐食

I) 一般的な耐用年数等を考慮した劣化曲線 . . . 【採用】

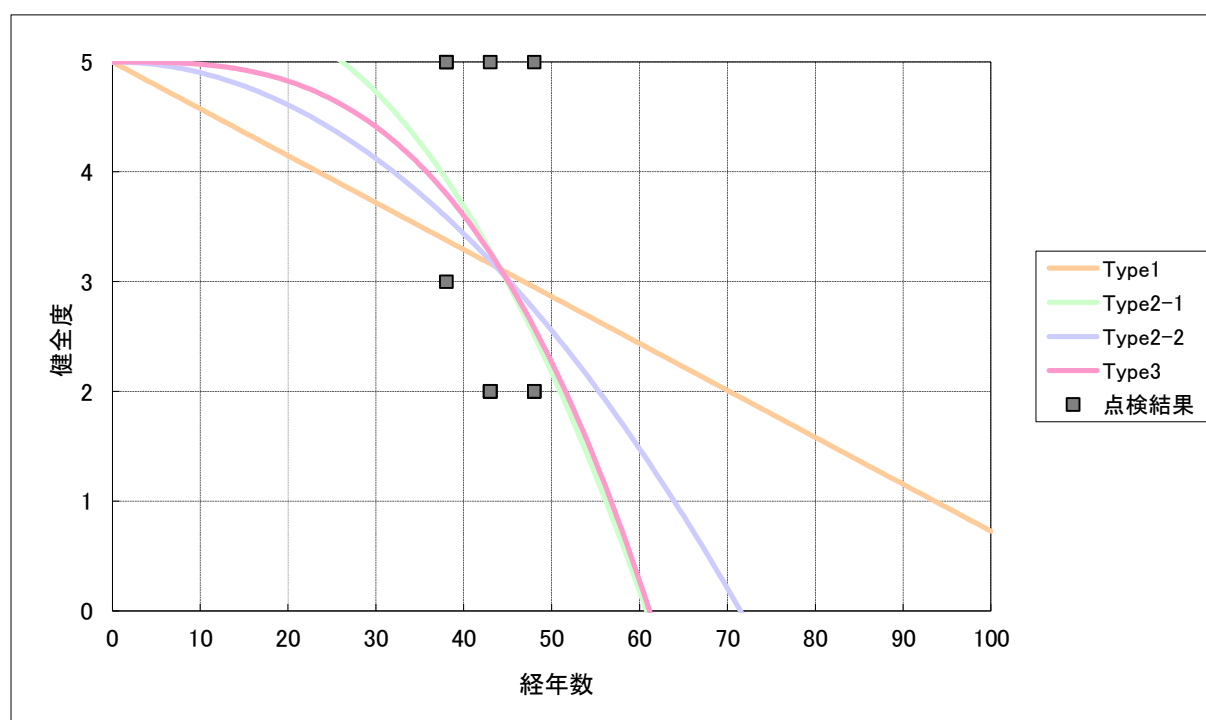
橋種	部材	劣化機構	分 類	滞留年数				
			塗装名	A	B	C	D	E
共通	下部工(鋼)	防食機能劣	長油性フタル酸樹脂塗料	5	5	5	3	3

参考：「鋼橋のライフサイクルコスト 2009」（橋建協）より

鋼橋主桁と同様

II) 点検結果の回帰分析による劣化曲線

回帰分析結果	部材分類	共通一下部工（鋼）
	グループ	【長油性フタル酸樹脂塗料】



回帰式	係数		決定係数 R2	滞留年数					選択
	a	b		A	B	C	D	E	
Type1 (y=at+5)	-0.042733	-	0.0165263	23	23	24	23	24	
Type2-1 (y=at2+bt+5)	-0.002374	0.062114	0.1637104	37	7	6	6	4	○
Type2-2 (y=at2+5)	-0.000978	-	0.0630580	31	14	10	8	8	
Type3 (y=at3+5)	-0.000022	-	0.1257240	35	10	6	5	5	

III) 考察

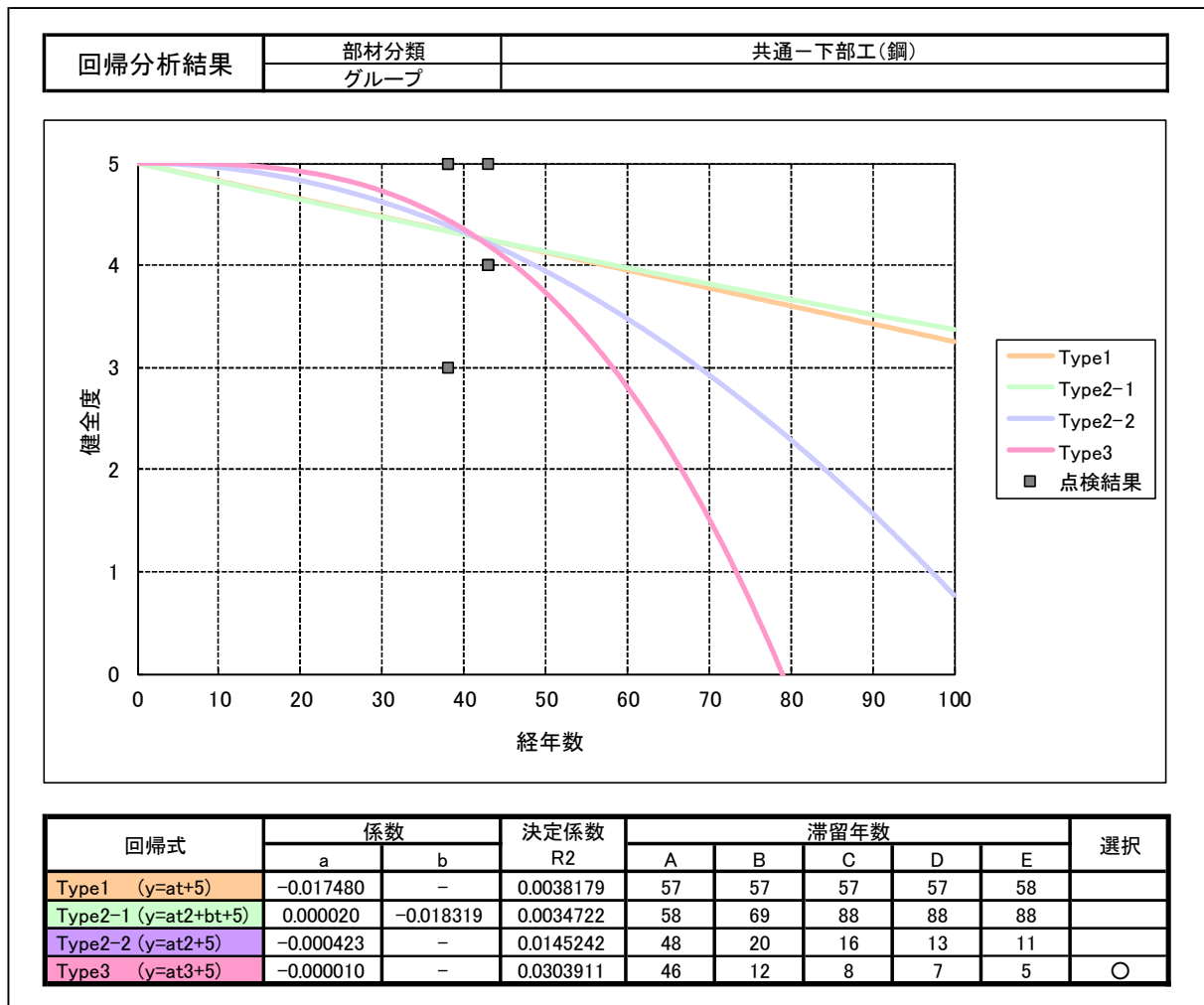
- ・前回の回帰分析による劣化曲線と比較すると、滞留年数は長くなった。一方で、下部工（鋼）のサンプル数が少ないことから、点検結果による劣化曲線は妥当性に欠ける。以上のことから、一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線を採用する。

【参考】前回長寿命化計画における劣化曲線【共通：鋼下部工 - 防食機能の劣化・腐食】

前回の劣化曲線算出の際にも、橋梁数は少なく、それぞれの滞留年数の差も大きいことから、一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線を採用した。

橋種	部材	劣化機構	分 類	滞 留 年 数				
			塗装名	A	B	C	D	E
共 通	下部工(鋼)	防食機能劣化 腐食	長油性フタル酸樹脂塗料	5	5	5	3	3
			ふっ素樹脂塗料	20	20	20	10	10

参考：鋼橋のライフサイクルコスト（橋建協）



共通一支承 劣化機構：経年劣化

I) 一般的な耐用年数等を考慮した劣化曲線 . . . 【採用】

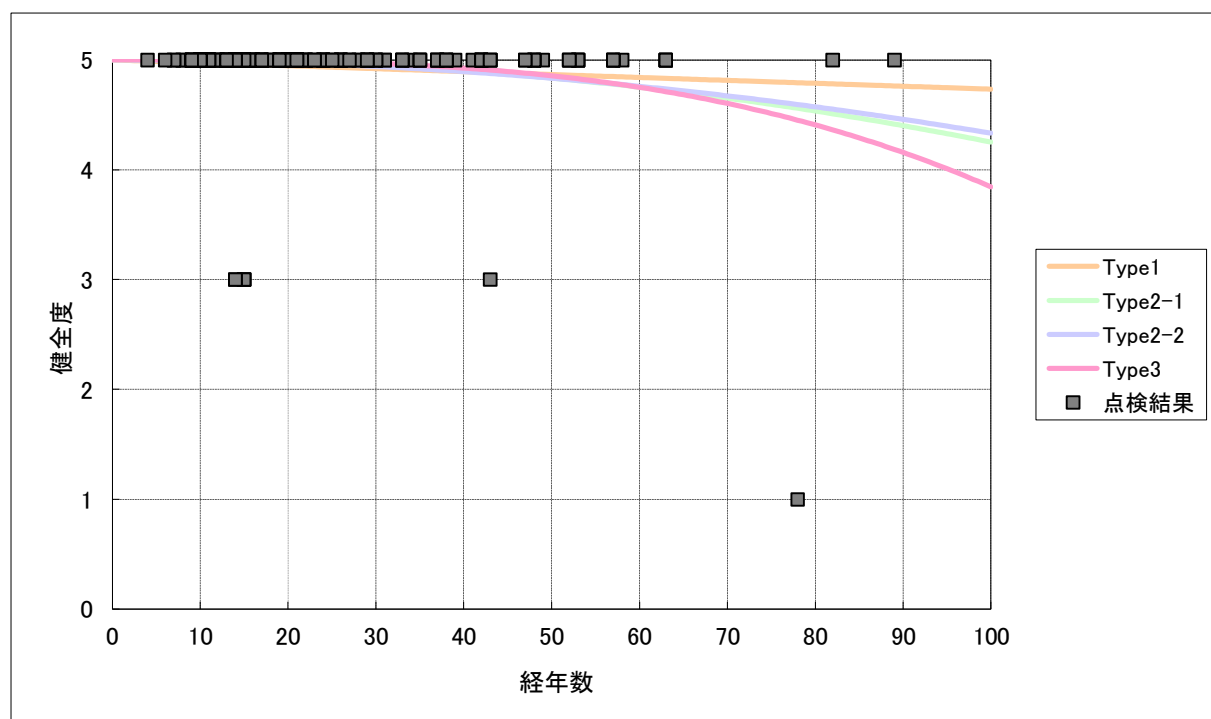
橋種	部材	劣化機構	分類		滞留年数				
			支承形式	耐用年数	A	B	C	D	E
共通	支承	経年劣化	鋼製	30 年	6	6	6	6	6
			ゴム製	100 年	20	20	20	20	20

参考：「鋼橋のライフサイクルコスト 2009」（橋建協），

「国総研資料「道路橋の計画的管理に関する調査研究」

II) 点検結果の回帰分析による劣化曲線

回帰分析結果	部材分類	共通一支承
	グループ	[ゴム支承]



回帰式	係数		決定係数 R2	滞留年数					選択
	a	b		A	B	C	D	E	
Type1 (y=at+5)	-0.002663	-	0.0103553	100	100	100	100	100	
Type2-1 (y=at2+bt+5)	-0.000084	0.000882	0.0415679	100	45	35	29	26	
Type2-2 (y=at2+5)	-0.000067	-	0.0346343	100	51	38	33	29	
Type3 (y=at3+5)	-0.000001	-	0.0548784	95	25	17	14	11	○

III) 考察

- ・ I) と II) を比較すると、1) 一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線の方が滞留年数の短い傾向になる。ゴム支承に着目すると、一般的な耐用年数が 100 年であることに対して、回帰分析による劣化曲線では A で 95 年となっている。以上と安全性を考慮し、I) 一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線を採用する。
- ・ 支承の形式にかかわらず、耐用年数のサイクルで定期的な取替えを行う。

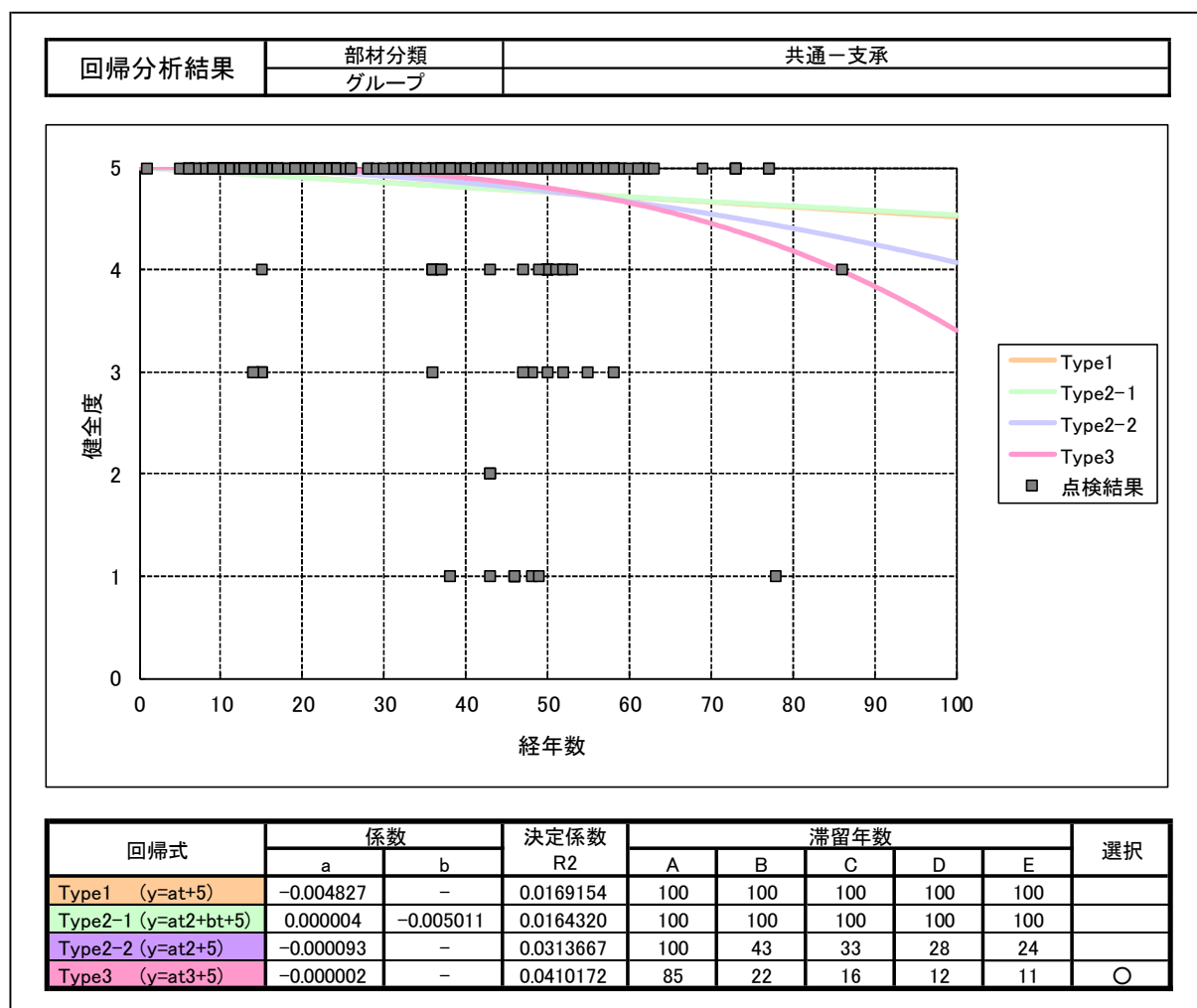
【参考】前回長寿命化計画における劣化曲線【共通：支承 - 経年劣化】

前回の劣化曲線算出でも、今回と同様に一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線の方が、滞留年数の短い傾向となった。安全側を考慮するとして、一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線を採用した。

橋種	部材	劣化機構	分類	滞留年数				
				A	B	C	D	E
共通	支承	経年劣化	鋼製支承	耐用年数30年				
			ゴム支承	耐用年数100年				

参考：土木工事積算基準マニュアル（建設物価調査会）

「鋼橋のライフサイクルコスト 2001」（橋建協）等



共通－伸縮装置 劣化機構：経年劣化

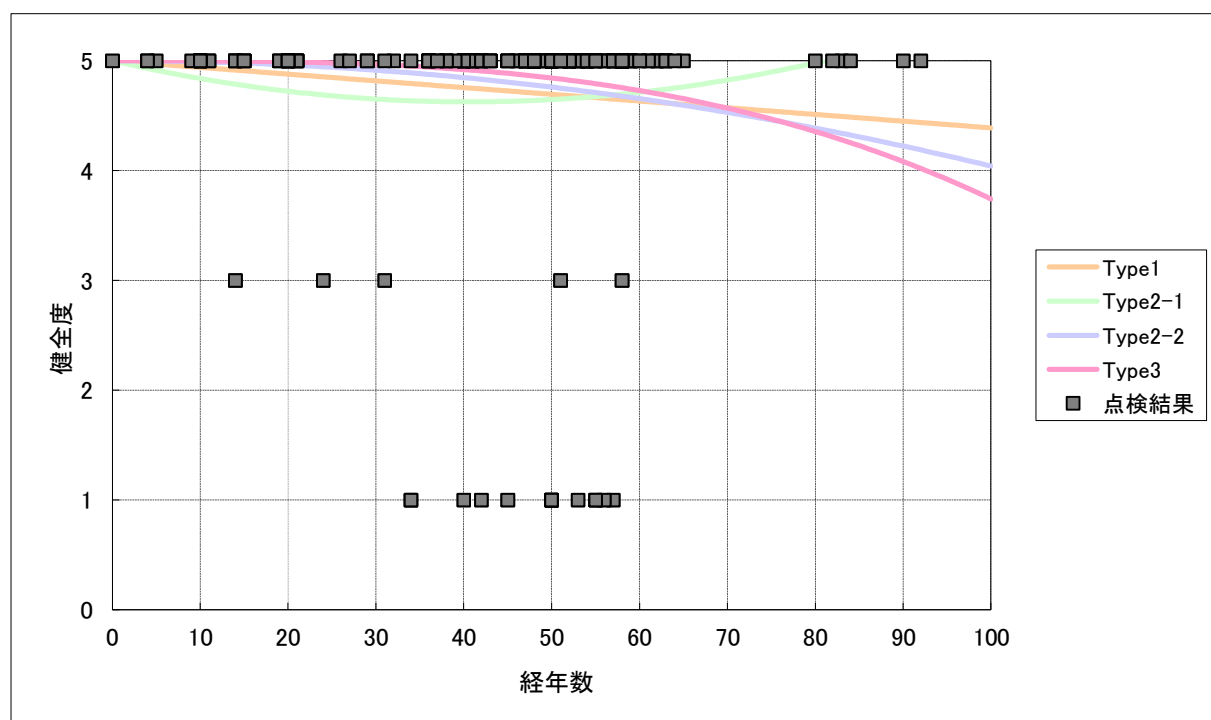
I) 一般的な耐用年数等を考慮した劣化曲線 . . . 【採用】

橋種	部材	劣化機構	分類		滞留年数				
			形式	耐用年数	A	B	C	D	E
共通	伸縮装置	経年劣化	鋼製	30 年	6	6	6	6	6
			ゴム製	30 年	6	6	6	6	6

参考：「鋼橋のライフサイクルコスト 2009」（橋建協）等より

II) 点検結果の回帰分析による劣化曲線

回帰分析結果	部材分類	共通－伸縮装置
	グループ	[盲目地型式]



回帰式	係数		決定係数 R2	滞留年数					選択
	a	b		A	B	C	D	E	
Type1 (y=at+5)	-0.006118	-	0.0115716	100	100	100	100	100	
Type2-1 (y=at2+bt+5)	0.000228	-0.018475	0.0108348	100	100	100	100	100	
Type2-2 (y=at2+5)	-0.000096	-	0.0224327	100	42	32	28	24	
Type3 (y=at3+5)	-0.000001	-	0.0354568	92	24	17	14	11	○

III) 考察

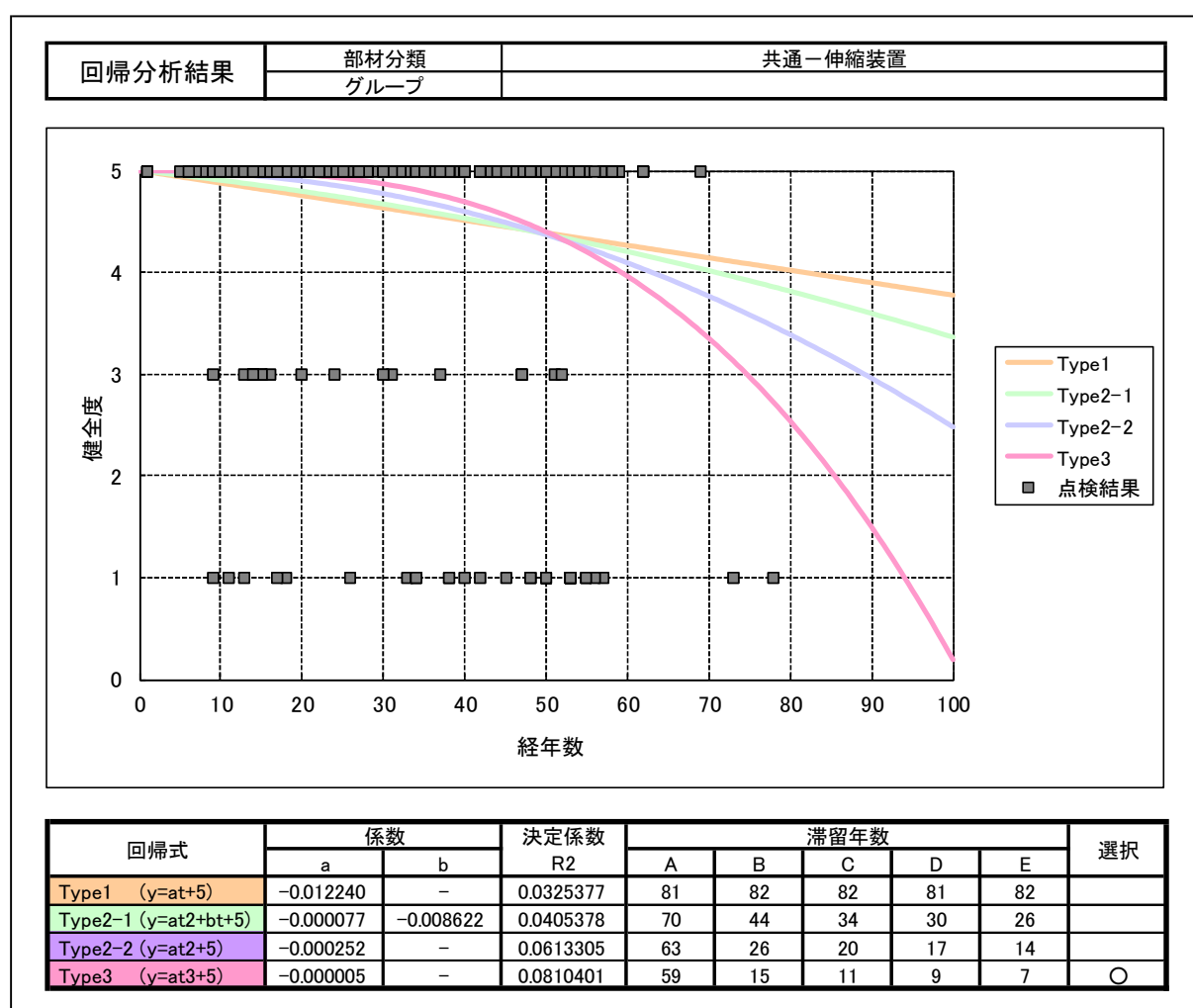
- ・ I)とII)を比較すると、滞留年数に大きな差がある。鋼製の伸縮装置に着目すると、一般的な耐用年数が30年であるのに対して、回帰分析による劣化曲線はAで92年となっており、耐用年数をはるかに超えてしまっている。以上のことと安全を考慮し、鋼製及びゴム製ともに、I)一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線を採用する。
- ・ 伸縮装置の形式にかかわらず、耐用年数のサイクルで定期的な取替えを行う。

【参考】前回長寿命化計画における劣化曲線【共通：伸縮装置 - 経年劣化】

前回の劣化曲線算出でも、今回と同様に一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線の方が、滞留年数の短い傾向となった。一般的な耐用年数と回帰分析により算出した滞留年数の差が大きいことに加え、安全側を考慮するとして、一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線を採用した。

橋種	部材	劣化機構	分類	滞留年数				
				A	B	C	D	E
共通	伸縮装置	経年劣化	鋼製	耐用年数40年				
			ゴム製	耐用年数20年				

参考：土木工事積算基準マニュアル（建設物価調査会）など



共通一舗装 劣化機構：経年劣化

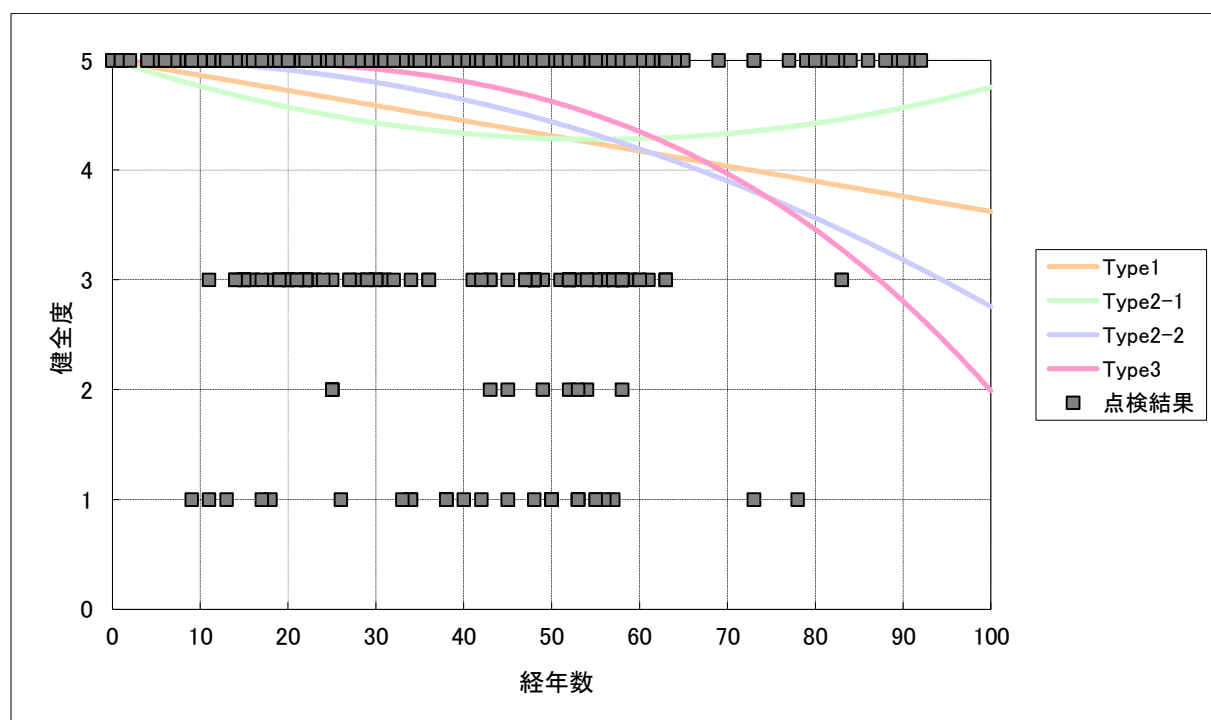
I) 一般的な耐用年数等を考慮した劣化曲線 . . . 【採用】

橋種	部材	劣化機構	分類		滞留年数				
			舗装種別	耐用年数	A	B	C	D	E
共通	舗装(表層)	経年劣化	アスファルト系	15 年	3	3	3	3	3
			コンクリート系	20 年	4	4	4	4	4

参考：「鋼橋のライフサイクルコスト 2009」（橋建協）等より

II) 点検結果の回帰分析による劣化曲線

回帰分析結果	部材分類	共通一舗装
	グループ	[アスファルト系]



回帰式	係数		決定係数 R2	滞留年数					選択
	a	b		A	B	C	D	E	
Type1 (y=at+5)	-0.013780	-	0.0579763	72	73	72	73	72	
Type2-1 (y=at2+bt+5)	0.000237	-0.026128	0.0313339	100	100	100	100	100	
Type2-2 (y=at2+5)	-0.000224	-	0.1011670	66	28	21	18	16	
Type3 (y=at3+5)	-0.000003	-	0.1255840	69	18	12	10	9	○

III) 考察

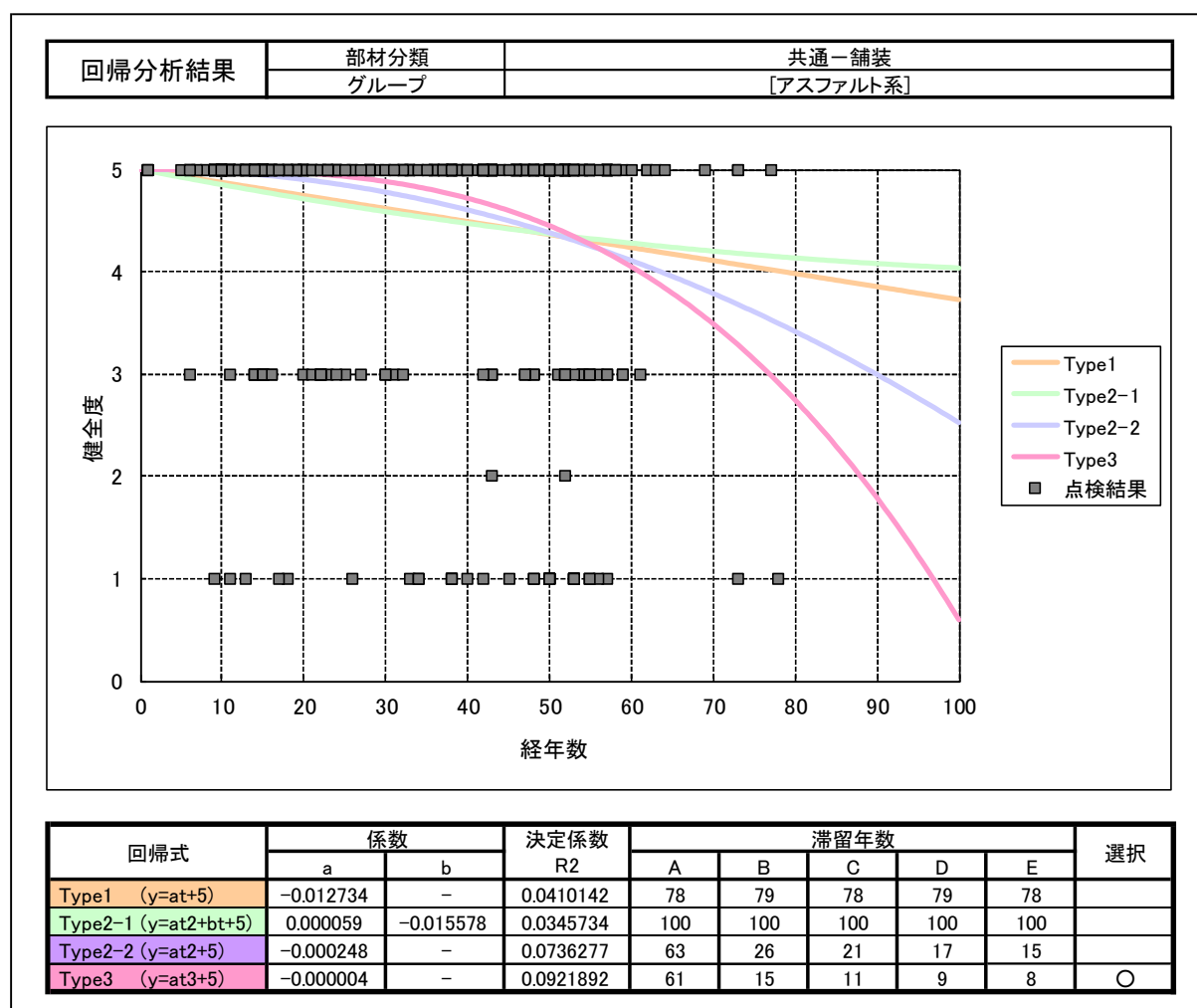
- ・アスファルト舗装について I) と II) を比較すると、滞留年数に大きな差がある。また、コンクリート舗装についても同様に、滞留年数に大きな差があることが確認されている。以上のことから、I) 一般的な耐用年数を考慮した劣化曲線を採用する。
- ・舗装の種別にかかわらず、耐用年数のサイクルで定期的な打ち換えを行う。

【参考】前回長寿命化計画における劣化曲線【共通：舗装 - 経年劣化】

前回の劣化曲線算出において、アスファルト舗装については、今回と同様に耐用年数を考慮した劣化曲線と回帰分析による劣化曲線で大きな差が出たことから、安全側を考慮するとして一般的な耐用年数による劣化曲線を採用した。コンクリート舗装については、一般的な滞留年数が明記されていないとして、点検結果の回帰分析による劣化曲線で、A~C までの合計年数を耐用年数として採用した。

橋種	部材	劣化機構	分類	滞留年数				
				A	B	C	D	E
共通	舗装	経年劣化	アスファルト系	耐用年数15年				
			コンクリート系	-				

参考：土木工事積算基準マニュアル（建設物価調査会）など



各種防食仕様の推定耐久年数

- 鋼橋のLCCを考える上で、維持管理費のミニマム化が重要で、防食仕様は、維持管理費に大きく影響するため、選定にあたっては、十分留意する必要があります。
- 耐候性鋼材の採用は、環境に適した地域では、LCCにとって有利となります。

表-1 各防食方法の推定耐久年数

項 目				耐久年数		
				少ない←飛来塩分量→多い		
塗 装	初期塗装	塗替え塗装	塗装名称	一般環境 (山間部)	やや厳しい環境 (市街地部)	厳しい環境 (海岸部)
塗 装 以 外 の 防 食	C-5 全工場塗装	防食維持	Rc-I フッ素 樹脂塗装	60年	45年	30年
	溶融亜鉛メッキ			100年	60年	25年
	亜鉛アルミ合金溶射+封孔処理			100年	70年	60年
	亜鉛アルミ合金溶射+ 全面フッ素樹脂塗装			—	—	90年
	アルミニウム・マグネシウム合金溶射+ 封孔処理			—	—	100年 以上
	アルミニウム・マグネシウム合金溶射+ 全面フッ素樹脂塗装			—	—	120年 以上
	耐候性鋼材(原板プラスト)			※1 200年	※1 200年	—
	耐候性鋼材+さび安定化補助処理			※1 200年	※1 200年	—
	(参考)塗装寿命延長鋼			—	—	45~ 70年
	(参考)ニッケル系高耐候性鋼材			—	—	※1 200年

注1) 塗装仕様の記号は鋼道路橋防食便覧による。
注2) 塗膜が防食機能を失い錆発生が10~15%になった時点で塗り替える。
※1 飛来塩分量別板厚減少予測値(『JIS耐候性鋼の腐食予測曲線(鋼道路橋防食便覧)』より推定した)。

既設橋の延命と再利用

鋼橋は適切に、調査・点検して、損傷を補修または改良することで、延命することができます。改良方法によっては耐久年数を大幅にアップすることができます。そのためには、床版や付属物の耐久年数を知ることが重要です。また、架橋地で橋梁としての役割を終えたとき、その部材を再利用して、新しい橋梁に生まれ変えることもでき、鋼橋サイクルを限りなく続けることが可能です。再生橋梁事例を写真-4,5,6,7に示します。

耐久性向上に向けた橋建協の取り組み

橋建協では、ライフサイクルコストを最小にするため、更なるコスト削減、耐久性向上を目的とした調査研究活動を行っています。以下に主な研究活動を示します。

- 1 高耐久性鋼床版の研究(共同研究による)
- 2 合成床版の鋼材防食に関する研究
- 3 橋台部ジョイントレス構造の研究(共同研究による)
- 4 鋼床版用伸縮継手の開発

各種床版、付属物の推定耐久年数

- 鋼・コンクリート合成床版は、輪荷重走行試験を実施し、耐久性を確認しています。また床版への水の浸入を防ぐため防水層を設け耐久性を向上しています。
- 支承および付属物の健全度が、橋梁の寿命に影響するため、適切なメンテナンスを行う必要があります。

表-2 床版、付属物の推定耐久年数

項 目		耐久年数		
		一般環境 (山間部)	やや厳しい環境 (市街地部)	厳しい環境 (海岸部)
RC床版		100年	100年	100年
鋼・コンクリート合成床版		200年	200年	200年
プレキャストPC床版		200年	200年	200年
場所打ちPC床版		200年	200年	200年
支 承	B P B	100年	100年	100年
	ゴ ム	100年	100年	100年
伸縮装置	銅 製	40年	30年	30年
	鋳 銅 製	40年	30年	30年
	ゴ ム 製	20年	15年	15年
高 欄	銅 製	30年	30年	30年
	鋳 銅 製	30年	30年	30年
	アルミ製	60年	60年	60年
	コンクリート製	100年	100年	100年
舗 装	普通As	表 層 15年	10年	10年
		基 層 30年	20年	20年
	高機能	表 層 20年	15年	15年
		基 層 40年	30年	30年
防水層	シート	30年	20年	20年
	塗 膜	40年	30年	30年
排水装置	RC床版	100年	100年	100年
	合成床版・PC床版	200年	200年	200年

再生橋梁事例



◀ 写真-4
旧橋(四谷見附橋)
大正2年~平成3年
まで供用した。



➡ 写真-5
新橋(長池見附橋)
平成5年竣工



◀ 写真-6 旧両国橋
明治37年竣工



➡ 写真-7 南高橋
旧両国橋の材料を
利用し昭和7年竣工

対象橋梁一覧表 (1/3)

部材	劣化機構	ランク	レベル1管理					レベル2管理					レベル3管理（計画保全なし）				
			対策時期	対策工法	単価(千円)	補修割合	参考文献	対策時期	対策工法	単価(千円)	補修割合	参考文献	対策時期	対策工法	単価(千円)	補修割合	参考文献
【鋼橋】 主桁 横桁 横橋 対横橋	防食機能の劣化 腐食	A	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		B	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		C	中間期	3種ケレン ふっ素樹脂塗料 吊足場	12 8 14	橋面積×3.33 橋面積×3.33 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 橋梁架設工事の積算他	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		D	中間期	3種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強 吊足場	12 8 480 14	橋面積×3.33 橋面積×3.33 橋面積×0.0333 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 橋梁架設工事の積算他	中間期	3種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強 吊足場	12 8 480 14	橋面積×3.33 橋面積×3.33 橋面積×0.0333 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 橋梁架設工事の積算他	末期	-	-	-	-
		E	中間期	2種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強 吊足場	14 8 480 14	橋面積×3.33 橋面積×3.33 橋面積×0.1665 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 橋梁架設工事の積算他	中間期	2種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強 吊足場	14 8 480 14	橋面積×3.33 橋面積×3.33 橋面積×0.1665 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 橋梁架設工事の積算他	中間期	更新	1000	橋面積×1	
【鋼橋】 鋼床版	防食機能の劣化 腐食	A	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		B	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		C	中間期	3種ケレン ふっ素樹脂塗料 吊足場	12 8 14	橋面積×1 橋面積×1 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 橋梁架設工事の積算他	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		D	中間期	3種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強 吊足場	12 8 480 14	橋面積×1 橋面積×1 橋面積×0.01 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 橋梁架設工事の積算他	中間期	3種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強 吊足場	12 8 480 14	橋面積×1 橋面積×1 橋面積×0.01 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 橋梁架設工事の積算他	末期	-	-	-	-
		E	中間期	2種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強 吊足場	14 8 480 14	橋面積×1 橋面積×1 橋面積×0.05 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 橋梁架設工事の積算他	中間期	2種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強 吊足場	14 8 480 14	橋面積×1 橋面積×1 橋面積×0.05 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 橋梁架設工事の積算他	中間期	2種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強 吊足場	14 8 480 14	橋面積×1 橋面積×1 橋面積×0.05 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 橋梁架設工事の積算他
【鋼橋】 Co床版	中性化	A	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		B	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		C	中間期	床版防水工 ひびわれ注入 吊足場	12 40 14	橋面積×1 橋面積×0.05 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 土木工事標準積算基準書他	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		D	中間期	床版防水工 ひびわれ注入 断面修復 吊足場	12 40 4000 14	橋面積×1 橋面積×0.1 橋面積×0.01 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 土木工事標準積算基準書他	中間期	床版防水工 ひびわれ注入 断面修復 吊足場	12 40 4000 14	橋面積×1 橋面積×0.1 橋面積×0.01 橋面積×1	・ 土木コスト情報 ・ 土木工事標準積算基準書他	末期	-	-	-	-
		E	中間期	打ち替え	300	橋面積×1	・ 鋼橋のライフサイクルコスト2001 (社)日本橋梁建設協会	中間期	打ち替え	300	橋面積×1	・ 鋼橋のライフサイクルコスト2001 (社)日本橋梁建設協会	中間期	打ち替え	300	橋面積×1	・ 鋼橋のライフサイクルコスト2001 (社)日本橋梁建設協会

対象橋梁一覧表 (2/3)

部材	劣化機構	ランク	レベル1管理					レベル2管理					レベル3管理（計画保全なし）				
			対策時期	対策工法	単価(千円)	補修割合	参考文献	対策時期	対策工法	単価(千円)	補修割合	参考文献	対策時期	対策工法	単価(千円)	補修割合	参考文献
【コンクリート橋】 主桁 横桁	中性化	A	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		B	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		C	中間期	ひびわれ注入 断面修復 吊足場	40 4000 14	橋面積×0.1 橋面積×0.01 橋面積×1	・土木工事標準積算基準書他 ・断面修復工 (鉄筋ケレン・防錆処置は行わない)	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		D	中間期	ひびわれ注入 断面修復 炭素繊維シート接着 吊足場	40 4000 80 14	橋面積×0.2 橋面積×0.02 橋面積×1.0 橋面積×1	・橋梁架設工事の積算 ・土木工事標準積算基準書他 ・断面修復工 (鉄筋ケレン・防錆処置は行わない)	中間期	ひびわれ注入 断面修復 炭素繊維シート接着 吊足場	40 4000 80 14	橋面積×0.2 橋面積×0.02 橋面積×1.0 橋面積×1	・橋梁架設工事の積算 ・土木工事標準積算基準書他 ・断面修復工 (鉄筋ケレン・防錆処置は行わない)	末期	-	-	-	-
		E	中間期	断面修復 炭素繊維シート接着 吊足場	4000 80 14	橋面積×0.1 橋面積×2 橋面積×1	・橋梁架設工事の積算 ・土木工事標準積算基準書他 ・断面修復工 (鉄筋ケレン・防錆処置は行わない)	中間期	断面修復 炭素繊維シート接着 吊足場	4000 80 14	橋面積×0.1 橋面積×2 橋面積×1	・橋梁架設工事の積算 ・土木工事標準積算基準書他 ・断面修復工 (鉄筋ケレン・防錆処置は行わない)	中間期	更新	1000	橋面積×1	
【コンクリート橋】 Co床版	中性化	A	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		B	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		C	中間期	床版防水工 ひびわれ注入 吊足場	12 40 14	橋面積×1 橋面積×0.05 橋面積×1	・土木コスト情報 ・土木工事標準積算基準書他	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		D	中間期	床版防水工 ひびわれ注入 断面修復 吊足場	12 40 4000 14	橋面積×1 橋面積×0.1 橋面積×0.01 橋面積×1	・土木コスト情報 ・土木工事標準積算基準書他	中間期	床版防水工 ひびわれ注入 断面修復 吊足場	12 40 4000 14	橋面積×1 橋面積×0.1 橋面積×0.01 橋面積×1	・土木コスト情報 ・土木工事標準積算基準書他	末期	-	-	-	-
		E	中間期	打ち替え	300	橋面積×1	・鋼橋のライフサイクル2001 (社)日本橋梁建設協会	中間期	打ち替え	300	橋面積×1	・鋼橋のライフサイクル2001 (社)日本橋梁建設協会	中間期	打ち替え	300	橋面積×1	・鋼橋のライフサイクル2001 (社)日本橋梁建設協会

対象橋梁一覧表 (3/3)

部材	劣化機構	ランク	レベル1管理					レベル2管理					レベル3管理（計画保全なし）				
			対策時期	対策工法	単価(千円)	補修割合	参考文献	対策時期	対策工法	単価(千円)	補修割合	参考文献	対策時期	対策工法	単価(千円)	補修割合	参考文献
【共通】 下部工（RC）	中性化	A	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		B	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		C	中間期	ひびわれ注入 断面修復	40 4000	橋面積×0.05 橋面積×0.005	・土木工事標準積算基準書他 ・断面修復工 (鉄筋ケレン・防錆処置は行わない)	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		D	中間期	ひびわれ注入 断面修復	40 4000	橋面積×0.1 橋面積×0.01	・土木工事標準積算基準書他 ・断面修復工 (鉄筋ケレン・防錆処置は行わない)	中間期	ひびわれ注入 断面修復	40 4000	橋面積×0.1 橋面積×0.01	・土木工事標準積算基準書他 ・断面修復工 (鉄筋ケレン・防錆処置は行わない)	末期	-	-	-	-
		E	中間期	断面修復 RC巻立て補強	4000 100	橋面積×0.02 橋面積×0.5	・橋梁架設工事の積算他	中間期	断面修復 RC巻立て補強	4000 100	橋面積×0.02 橋面積×0.5	・橋梁架設工事の積算他	中間期	断面修復 RC巻立て補強	4000 100	橋面積×0.02 橋面積×0.5	・橋梁架設工事の積算他
【共通】 下部工（鋼）	防食機能の劣化 腐食	A	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		B	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		C	中間期	3種ケレン ふっ素樹脂塗料	12 8	橋面積×0.5 橋面積×0.5	・土木コスト情報 ・橋梁架設工事の積算他	末期	-	-	-	-	末期	-	-	-	-
		D	中間期	3種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強	12 8 480	橋面積×0.5 橋面積×0.5 橋面積×0.005	・土木コスト情報 ・橋梁架設工事の積算他	中間期	3種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強	12 8 480	橋面積×0.5 橋面積×0.5 橋面積×0.005	・土木コスト情報 ・橋梁架設工事の積算他	末期	-	-	-	-
		E	中間期	2種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強	14 8 480	橋面積×0.5 橋面積×0.5 橋面積×0.025	・土木コスト情報 ・橋梁架設工事の積算他	中間期	2種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強	14 8 480	橋面積×0.5 橋面積×0.5 橋面積×0.025	・土木コスト情報 ・橋梁架設工事の積算他	中間期	2種ケレン ふっ素樹脂塗料 当て板補強	14 8 480	橋面積×0.5 橋面積×0.5 橋面積×0.025	・土木コスト情報 ・橋梁架設工事の積算他
【共通】 支承	経年劣化		耐用年数	取替	2000	基数×1	・土木工事標準積算基準書他 ※ただし、鋼製支承は部分補修とし、 500（千円）/基とする。	耐用年数	取替	2000	基数×1	・土木工事標準積算基準書他 ※ただし、鋼製支承は部分補修とし、 500（千円）/基とする。	耐用年数	取替	2000	基数×1	・土木工事標準積算基準書他 ※ただし、鋼製支承は部分補修とし、 500（千円）/基とする。
【共通】 伸縮装置	経年劣化		耐用年数	取替	400	有効幅員×1	・土木コスト情報 ・建設物価他 ・目地材注入は10千円/mとする	耐用年数	取替	400	有効幅員×1	・土木コスト情報 ・建設物価他 ・目地材注入は10千円/mとする	耐用年数	取替	400	有効幅員×1	・土木コスト情報 ・建設物価他 ・目地材注入は10千円/mとする
【共通】 舗装	経年劣化		耐用年数	打替	10	橋面積×1	・土木工事標準積算基準書他	耐用年数	打替	10	橋面積×1	・土木工事標準積算基準書他	耐用年数	打替	10	橋面積×1	・土木工事標準積算基準書他

6.2 対策工法の検討及び設定

6.2.1 維持管理区分と対策時期

維持管理区分ごとの対策(補修)時期は下図 5.2.1 のとおりである。那須町においては、レベル 3 管理と設定した構造物はないが、計画保全を行わない場合の工費の例として全橋梁をレベル 3 管理で管理した場合のシミュレーション結果も算出する。

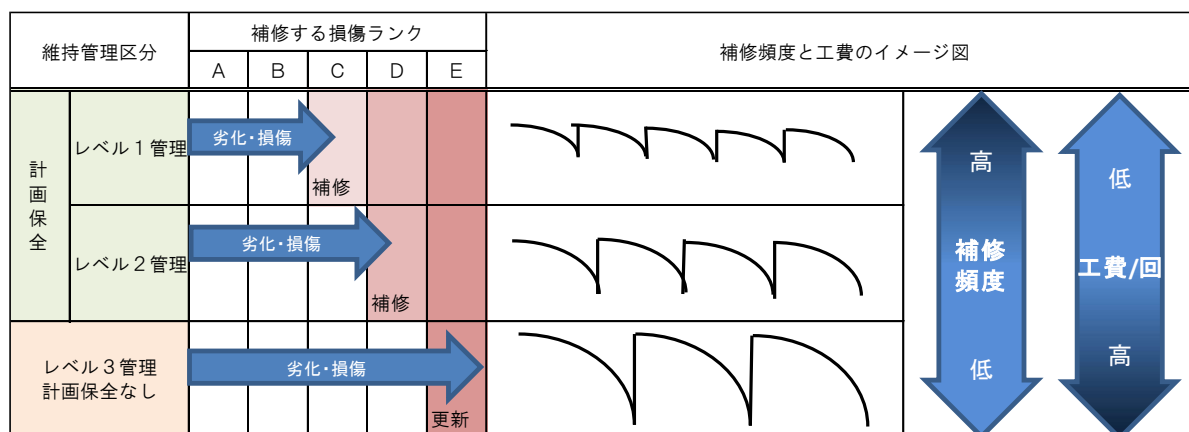


図 5.2.1 維持管理区分と対策時期

6.2.2 対策工法の設定

次項に損傷部材ごとに設定した対策方法及び単価等を示す。

補修数量に用いる橋面積は、シミュレーションソフト「長寿郎/BG」において自動算出した。

○対策(補修)費以外の費用

・点検費用

過去の点検業務で対象とした橋梁数と費用から、1 橋あたりの点検費用を算出した。跨線橋や跨道橋など、特別な条件を有する橋梁については別途算出した。おおよそではあるが、下記の通りに点検費用を計上する。

交差物件	計上する費用
なし	300 (千円/橋)
高速道路	3500 (千円/橋)
鉄道	8000 (千円/橋)

・設計費用

工事費用の 10%を設計費用として計上する。なお、時期については、工事開始の前年度に計上する。

6.3 将来推計

予防保全，事後保全等のシナリオに基づき，将来的な事業費のシミュレーションを行う。シナリオを設定し，各シナリオにおける将来的な事業費と健全度の推移を示す。また，事業費に制約を設けた場合の健全度の推移を示し，構造物の機能を維持していくために必要な事業費について検討する。

6.3.1 補修段階に制約を設けたシナリオの検討

第5章で構造物ごとに設定した管理水準による検討を行う前に，すべての構造物を同一のシナリオ(管理水準)で管理する場合のシミュレーションを行う。シミュレーションには，「長寿郎/BG事業計画策定システム Ver. 4.07.00」(JIPテクノサイエンス)を使用した。

検討期間は2023年から2072年の50年間とし，事業費と評価指標分布の推移をシミュレーションによって算出する。適用する3つの管理水準については以下の表6.3.1のとおりである。具体的な補修段階については，レベル1管理では部材の健全度はⅡ判定に至った段階，レベル2管理ではⅢ判定に至った段階，レベル3管理ではⅣ判定に至った段階で，補修を行うこととする。

表 6.3.1 各シナリオ（管理水準）について

シナリオ		管理水準	管理方法	補修段階	対象となる構造物
計画保全	予防保全	レベル1管理	・5年毎の定期点検 ・通常点検	軽微な損傷段階 (損傷ランク C)	・重要度の高いもの ・第三者影響度等から軽微な損傷にとどめるもの
	事後保全	レベル2管理	(日常パトロール) ・異常時点検	機能低下に至る前 (損傷ランク D)	・第三者影響度等が小さく，ある程度の損傷を許容できるもの
	計画保全なし	レベル3管理	(災害時等)	壊れてから大規模 (健全度Ⅳ相当)	・利用頻度が極端に限られるもの

＊…本項 6.3.1 では，すべての橋梁を同一のシナリオ（管理水準）で管理する。

◆健全性について（報告書「4.2 健全度の判定(総合評価指標)」より再述）

点検結果から決定される健全度は、「国土技術政策総合研究所 道路橋の総合評価指標」によって点数化する。総合評価指標は、**耐荷性**：走向荷重(重量車両)に対する安全性、**災害抵抗性**：地震時や洪水時の荷重に対する安全性、**走行安全性**：通常車両の走行に対する安全性の3つの指標がある。本計画では、この中で**耐荷性**に着目して道路構造物の健全性を決定する。

総合評価指標の算出方法は下図に示すとおりであり、点検結果（判定区分Ⅰ～Ⅳ）から部材毎の損傷ランク（A～E）を設定し、全部材の損傷ランクから橋全体の評価（総合評価指標0点～100点）を算出する。総合評価指標の目安としては、100点～60点が健全、60点～30点が要補修、30点～0点が緊急対策段階と表現されている。

損傷度評価点

損傷ランク	評価点
E	80
D	40
C	20
B	10
A	0

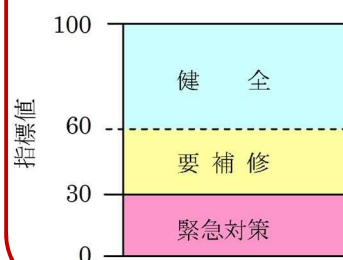
以下の基準による点検結果を、部材及び損傷ごとに損傷ランクA～Eに変換する。

- ・基礎データ収集要領…a～e, 有無
- ・H26 道路橋定期点検要領…判定区分Ⅰ～Ⅳ
- ・H31 道路橋定期点検要領…判定区分Ⅰ～Ⅳ

重み係数

部材種別		耐荷性	災害抵抗性	走行安全性
上部工	主桁	1.0	0.4	0.2
	床版	1.0	0.2	1.0
	横桁	0.5	0.2	－
	対傾構	0.5	0.2	－
	横構	0.5	0.2	－
下部工		1.0	1.0	－
支承		1.0	0.8	0.2
伸縮装置		－	－	0.8
舗装		－	－	0.8

総合評価指標値の目安



総合評価指標の算出（結合法）

部材種別		耐荷性	災害抵抗性	走行安全性
上部工	主桁	$\alpha_1 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_1 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_1 \times \text{部材の損傷評価点}$
	床版	$\alpha_2 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_2 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_2 \times \text{部材の損傷評価点}$
	横桁	$\alpha_3 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_3 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_3 \times \text{部材の損傷評価点}$
	対傾構	$\alpha_4 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_4 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_4 \times \text{部材の損傷評価点}$
	横構	$\alpha_5 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_5 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_5 \times \text{部材の損傷評価点}$
下部工		$\alpha_6 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_6 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_6 \times \text{部材の損傷評価点}$
支承		$\alpha_7 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_7 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_7 \times \text{部材の損傷評価点}$
伸縮装置		$\alpha_8 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_8 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_8 \times \text{部材の損傷評価点}$
舗装		$\alpha_9 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_9 \times \text{部材の損傷評価点}$	$\alpha_9 \times \text{部材の損傷評価点}$
橋全体の評価		$100 - \Sigma (\alpha \times \text{損傷評価点})$	$100 - \Sigma (\alpha \times \text{損傷評価点})$	$100 - \Sigma (\alpha \times \text{損傷評価点})$

6.3.2 補修段階に制約を設けたシナリオのシミュレーション結果

補修段階に制約を設けたシナリオのシミュレーション結果を次項に示す。各シナリオの事業費と健全度には下表のような傾向がみられた。

「レベル 1 管理」（予防保全）のシナリオでは、検討期間の累計事業費が 149 億 8,410 万 4,000 円となった。3 つの管理手法の中で最も累計事業費の低い結果が得られたが、初年度(2023 年度)に着目すると、レベル 2 管理より約 8.5 億円、レベル 3 管理より約 9 億円も高い結果となった。レベル 1 管理では、常に高い健全度を維持することを目的とするため、他の管理手法と比べると初期段階の費用が大きくなったと考えられる。評価指標分布に着目すると、最初の 3 年間（2023 年度から 2025 年度）では一部の橋梁で健全性が低下することが考えられるが、以降は通年して非常に高い水準の健全性が維持できると考えられる。

「レベル 2 管理」（事後保全）のシナリオでは、検討期間の累計事業費が 161 億 5,722 万 7,000 円となった。3 つの管理手法の中で事業費が 2 番目に低い結果であった。累計事業費がレベル 1 管理よりも高くなった理由としては、損傷の劣化が進んでから修繕を行う事後保全よりも劣化が進む前に修繕を行う予防保全では、補修の規模等から予防保全の方が費用は抑えられるため、今回も同様のことがいえたと考えられる。評価指標分布に着目すると、概ね高い健全性が維持できるが、初期段階で健全性の低下する時期がレベル 1 管理よりも 10 年程度長くなることが分かる。

「レベル 3 管理」（計画保全なし）のシナリオでは、検討期間の累計事業費が 305 億 3,169 万 5,000 円となった。3 つの管理手法の中で最も累計事業費の高い結果であった。累計事業費が最も高くなった理由としては、構造物が壊れてから大規模に修繕を行う管理手法であることが考えられる。また、年ごとの事業費の差も比較的大きいことがいえる。評価指標分布に着目すると、他の 2 つの管理手法と比べると健全性が低下すると考えられる。2035 年頃まで健全性の低い橋梁が増加し、2036 年から 10 年間程度供用不可の橋梁も出てくることがわかった。2050 年ごろから供用不可の供用がみられなくなり、次第に健全性が回復することがわかった。レベル 3 管理自体が低い健全度で維持管理することを想定していることから、構造物の機能は低下するといえる。

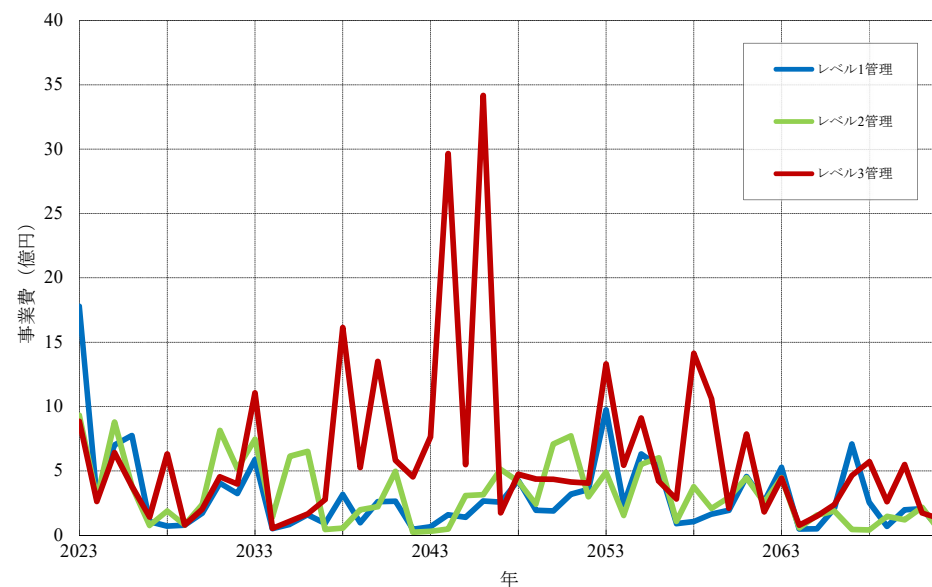
以上より、事業費を抑え、構造物の機能を維持していくためには、計画的な保全（計画保全）が必要であることがわかった。しかし、実際は予算の制約を受けるため、それらの都合により理想的な補修時期が先送りされることが考えられる。また、あまり重要ではないと考えられる橋梁は、必ずしも高い水準で管理をする必要はないため、すべての橋梁を同じ手法で管理するのではなく、橋梁ごとに予防保全と事後保全どちらを実施するのか検討することが望ましいといえる。

表 6.3.1 各シナリオの事業費と健全度の傾向

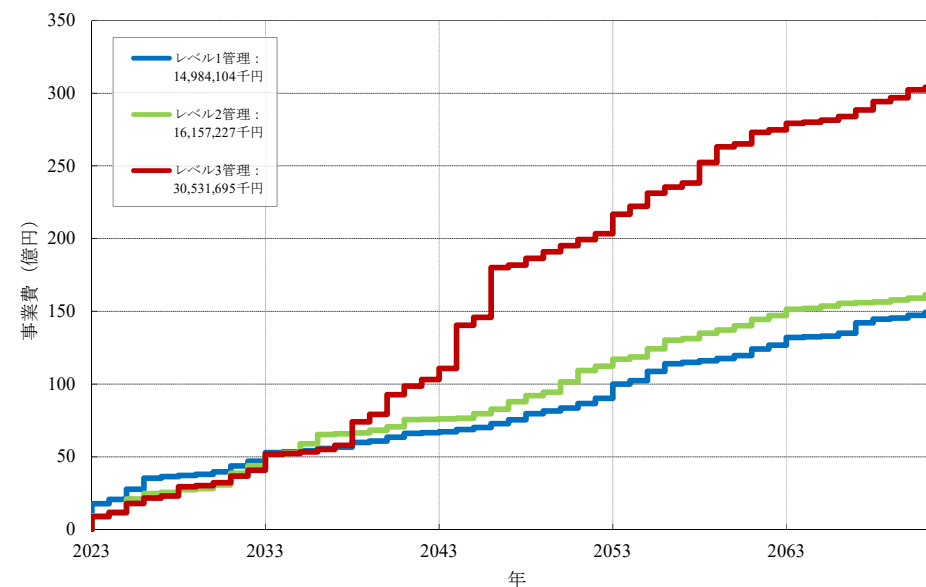
シナリオ		管理水準	事業費（今後 50 年累計）/傾向		健全度
計画 保全	予防保全	レベル 1 管理	約 150 億円	最も低い累計事業費。比較的初期の段階で費用が掛かる。	初期の段階から、高い健全性を維持すると考えられる。
	事後保全	レベル 2 管理	約 162 億円	2 番目に低い累計事業費。短期間における年間事業費の差が大きい。	初期の段階に健全性の低下が予想されるが、回復する。
計画保全なし		レベル 3 管理	約 305 億円	最も高い累計事業費。年間事業費の差が大きい傾向にある。	健全性は低く、短期間ではあるが供用不可の橋梁がでる。

■補修段階に制約を設けたシナリオのシミュレーション結果（予算制約・補修の優先順位を設けず、全橋梁を同じ管理方法で管理した場合）

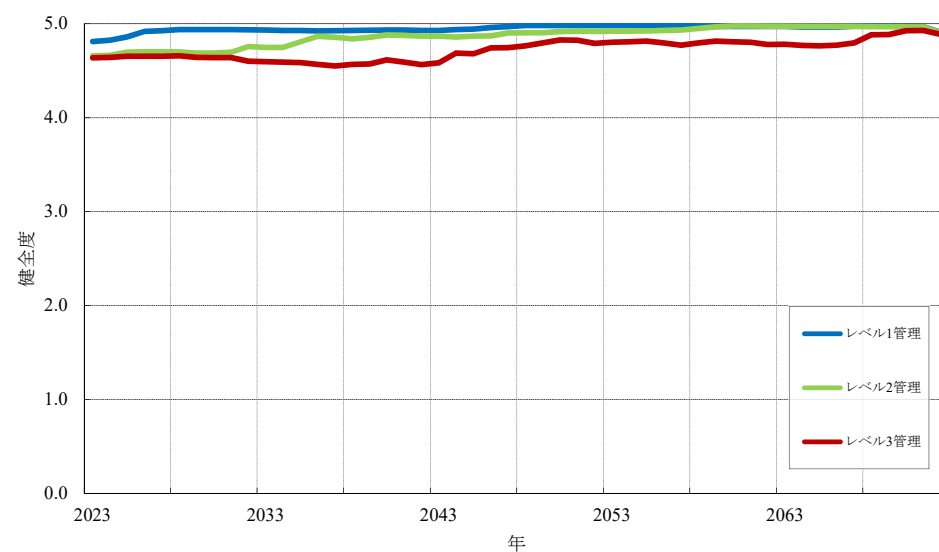
シナリオごとの事業費用の推移の比較



シナリオごとの累計事業費用の比較



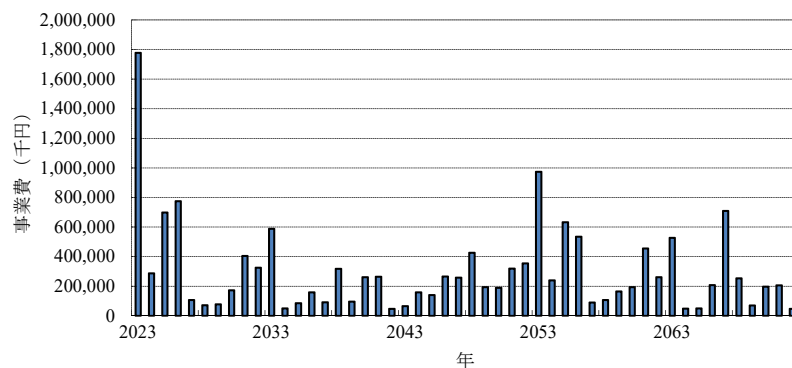
シナリオごとの評価平均の推移の比較



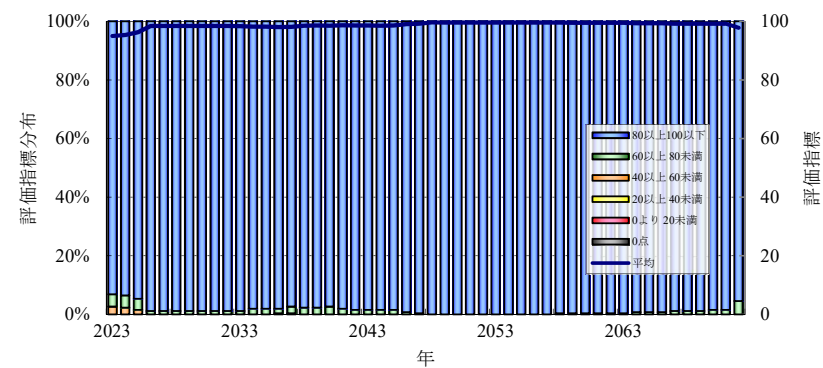
レベル1 管理

事業費に着目すると、累計事業費は最も低いが、初期費用は最も高い。評価指標分布の推移に着目すると、常に高い水準で健全性を維持できることが考えられる。

事業費用の推移



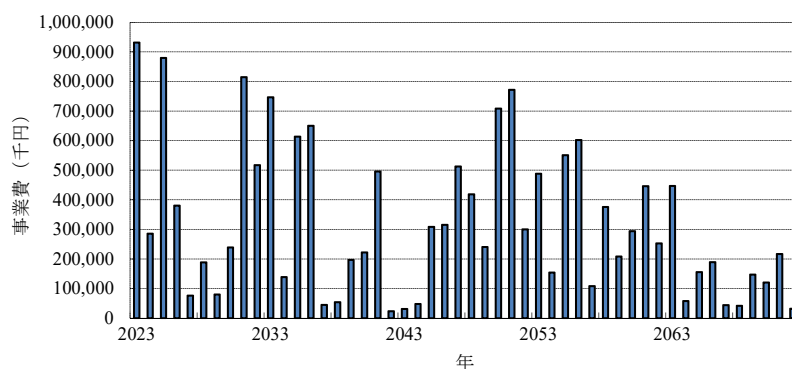
評価指標分布の推移（橋梁全体）



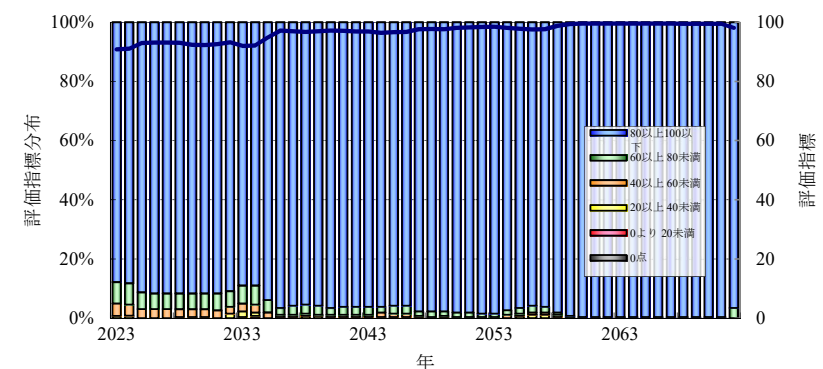
レベル2 管理

事業費に着目すると、累計事業費は2番目に低く、他と比較して2033年頃の事業費が高い。評価指標分布の推移に着目すると、レベル1管理と比べて初期に健全性が低下することが考えられる。

事業費用の推移



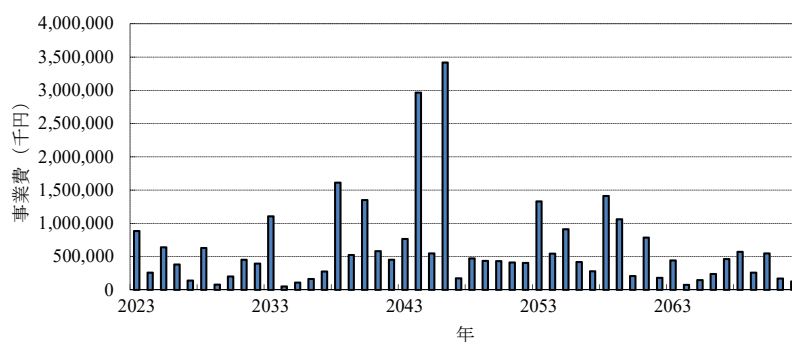
評価指標分布の推移（橋梁全体）



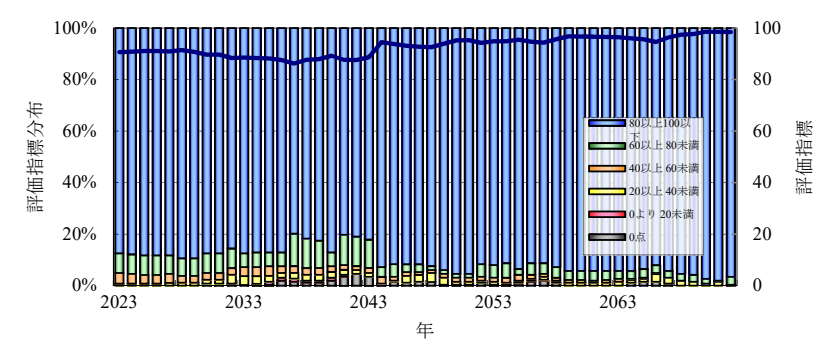
レベル3 管理

事業費に着目すると、累計事業費は最も高く、年間事業費の差が大きい。評価指標分布の推移に着目すると、他の管理手法と比べて、健全性の低下が予想される。2035年頃からは供用不可となる橋梁も出てくる。

事業費用の推移



評価指標分布の推移（橋梁全体）



6.3.3 年間事業費に制約を設けたシナリオの検討

前項で検討した補修段階に制約を設けたシナリオでは、各年の事業費にバラつきが出てしまった。このことから、年間の事業費に制約を設け、平準化した場合のシミュレーションを実施し、検討を行う。シミュレーションには、「長寿郎/BG 事業計画策定システム Ver. 4.07.00」(JIPテクノサイエンス)を使用した。

検討期間は2023年から2072年の50年間とし、事業費と健全度の推移をシミュレーションによって算出する。適用する管理水準については5章で設定した構造物ごとの管理水準を適用する。年間事業費については、以下のケースで解析を実施する。

- ①過去の年間事業費（約3,000万円）と近年の年間事業費（約8,000万円）
- ②現状の健全度を維持できると考えられる年間事業費（1.2億円，1.4億円，1.6億円）

①では、那須町の過去と現在の予算に近い費用でシミュレーションを実施する。前回の長寿命化修繕計画策定時（令和元年度）には、年間約3,000万円の予算が確保されており、近年は約8,000万円の予算が確保されている状況である。この過去と現在の予算に近い費用でのシミュレーションを実施することで、年間事業費の増加が構造物の健全度に与えた影響や現在の予算で維持管理が適切に行えるか検討を行う。

②では、現状の健全度を維持するために必要だと考えられる年間事業費の近傍でシミュレーションを行う。これにより、構造物が緊急対策や供用不可となる前に補修できる年間事業費を検討する。シミュレーションに関するその他の設定については、以下の通りである。

- ・設定した年間事業費を超過する場合、優先順位の低い構造物の補修が先送りされる。
- ・設定した年間事業費に余剰がでた場合、優先順位の高い構造物の補修が前倒しされる。
- ・優先順位については本報告書4-4を参照。
- ・1施設1工事の補修費が年間事業費を超過する場合、補修費が分割され、複数年にわたった補修工事を実施する計画となる。
- ・補修は一括で施工することが望ましいため、5年先までの補修であれば同時期に実施することを基本とする。
- ・点検費用や設計費用は制約事業費・平準化に加味されないため、平準化のラインから逸脱し、設定した年間事業費をオーバーしてしまうことがある。

6.3.4 過去と現在の年間事業費を制約としたシナリオのシミュレーション結果①

過去と現在の年間事業費を制約として与えたシミュレーション結果を次項に示す。各シナリオの事業費と評価指標分布には下表のような傾向がみられた。

「年間事業費約 3,000 万円」のシナリオでは、検討期間の累計事業費が約 22 億 8,637 万円 2,000 円となった。年間事業費が 3,000 万円の場合、本来 50 年間で発生する費用は 15 億円程度になるはずだが、結果はそれよりも 7.8 億円程度上回った。グラフを見ると 5 年に一度の周期で年間事業費が約 1.1 億円に増加しており、周期からも定期点検による影響だと考えられる。評価指標分布の推移に着目すると、年々健全度が低下しており、2030 年から供用不可となる橋梁が現れはじめ、以降増え続ける傾向がみられた。補修が間に合わないため、要補修や緊急対策に該当していた橋梁は、供用不可へと遷移していったことが考えられる。健全度の低下に収束がみられないことから、年間事業費約 3,000 万円による管理では橋梁の安全性は確保できないことが考えられる。

「年間事業費約 8,000 万円」のシナリオでは、検討期間の累計事業費が約 42 億 5,264 万円 7,000 円となった。年間事業費が 8,000 万円の場合、本来 50 年間で発生する費用は 40 億円程度になるはずだが、結果はそれよりも 2.5 億円程度上回った。グラフを見ると 5 年に一度の周期で年間事業費が約 1.1 億円に増加しており、周期からも定期点検による影響が考えられる。評価指標分布の推移に着目すると、年間事業費 3,000 万円の場合と同様の推移をたどったが、年間事業費 3,000 万円ほどの健全度の低下は見られなかった。年々健全度が低下する中、2033 年から供用不可の橋梁が現れはじめた。年間事業費 3,000 万円の場合と比べると、供用不可となる橋梁の数は半数程度にはなるが、収束することはなかった。以上より、年間事業費 8,000 万円による管理でも橋梁の安全性を確保することはできないと考えられる。

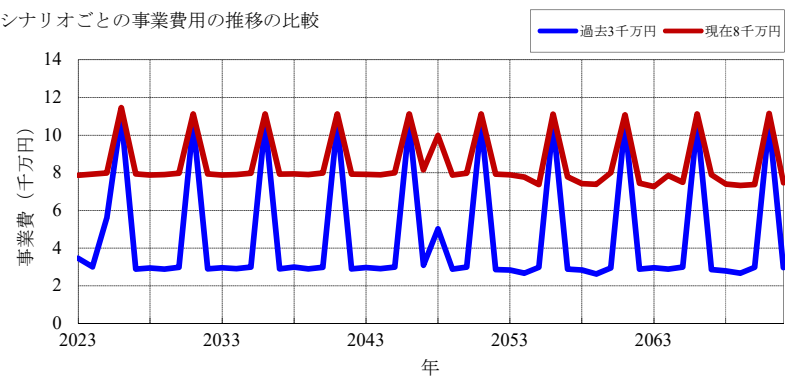
表 6.3.1 各シナリオの事業費と健全度の傾向

年間事業費	事業費（50 年間累計）	健全度
約 3,000 万円	22 億 8,637 万 2,000 円	通年して健全性に劣り、2030 年から供用不可となる橋梁が表れ始める。健全度の低下に収束は見られない。
約 8,000 万円	42 億 5,264 万 7,000 円	通年して健全性に劣り、2033 年から供用不可となる橋梁が表れ始める。健全度の低下に収束は見られない。

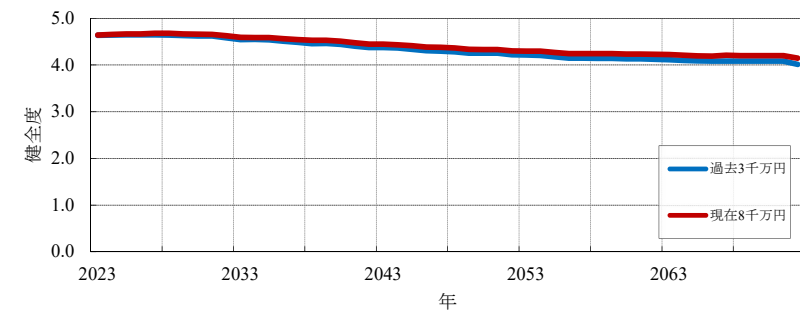
シナリオごとの比較

事業費の推移に着目すると、どちらも同じ年で年間事業費が急激に高くなっている。周期が5年に1度であることから定期点検による影響だと考えられる。評価平均の推移に着目すると、どちらも年々低下しているが、年間事業費3千万円の方が低下の速度が速いことが分かる。

シナリオごとの事業費用の推移の比較



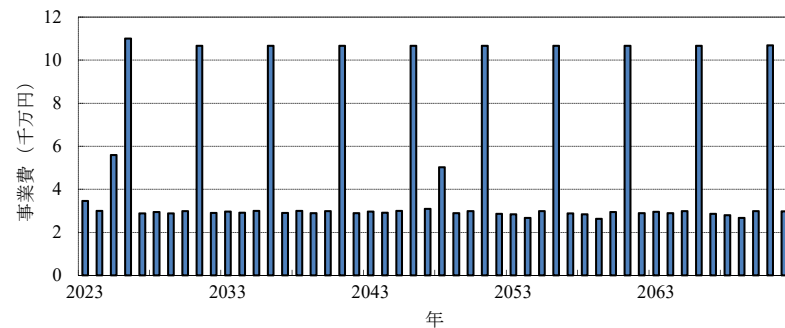
シナリオごとの評価平均の推移の比較



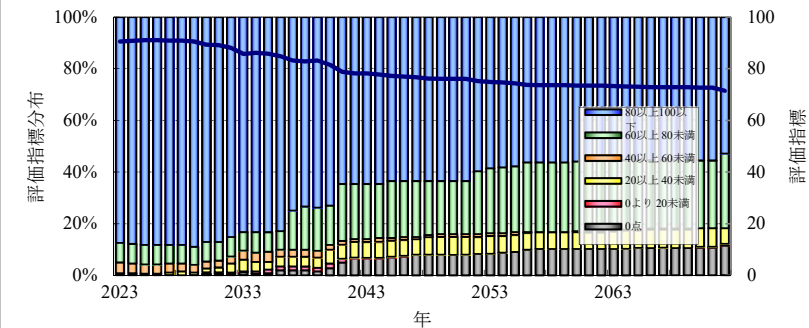
年間事業費3千万円

事業費に着目すると、年間事業費が約1.1億円となる年が5年に1度の周期で出ており、定期点検の影響だといえる。評価指標分布の推移に着目すると、2030年から供用不可となる橋梁が現れ始め、健全度が年々低下する傾向がみられた。

事業費用の推移



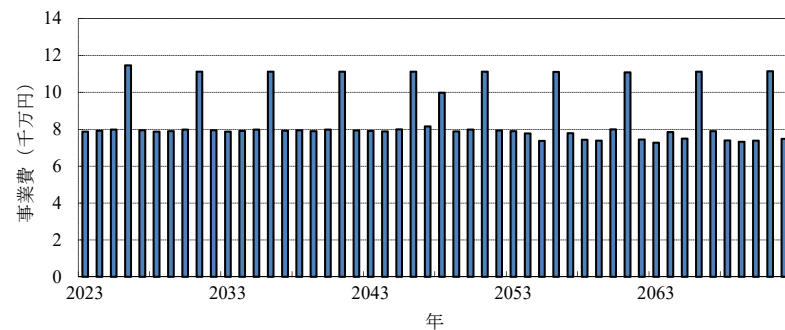
評価指標分布の推移 (橋梁全体)



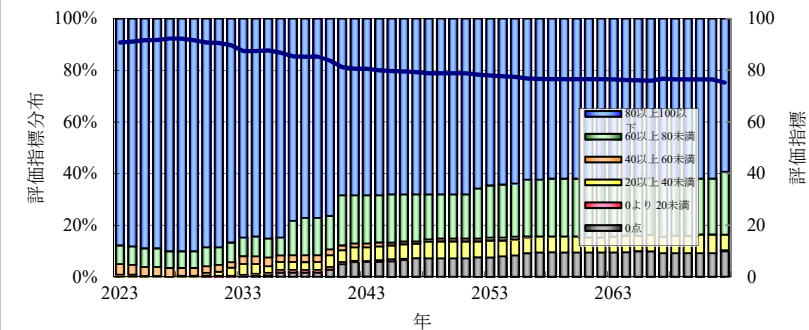
年間事業費8千万円

事業費に着目すると、年間事業費が約1.1億円となる年が5年に1度の周期で出ており、定期点検の影響だといえる。評価指標分布の推移に着目すると、2033年から供用不可となる橋梁が現れ始める。年間事業費3千万円の場合と比べると、健全度が低下する速度は遅いことが分かる。

事業費用の推移



評価指標分布の推移 (橋梁全体)



6.3.5 年間事業費に制約を設けたシナリオのシミュレーション結果②

前項の結果から、構造物の健全度を維持するためには、少なくとも 8 千万円以上の年間事業費が必要であることが示された。緊急対策や供用不可となる前に補修できる年間事業費を検討するため、年間事業費約 1.2 億円と 1.4 億円、1.6 億円を制約として与え、再度シミュレーションを行った。結果を次項に示す。各シナリオの事業費と健全度は以下のような結果を得られた。

「年間事業費約 1.2 億円」のシナリオでは、検討期間の累計事業費が 59 億 7,157 万 7000 円となった。2048 年は事業費が 1.2 億円を超えたが、年間事業費が 1.2 億円の場合、50 年間で発生する費用は 60 億円であり、累計費用ではこれに収まる結果となった。

評価指標分布の推移に着目すると、2040 年頃から供用不可となる橋梁が現れ始め、年々健全性が低下することが予想される。

「年間事業費約 1.4 億円」のシナリオでは、検討期間の累計事業費が 69 億 5,300 万 8,000 円となった。2048 年は事業費が 1.4 億円を超えたが、年間事業費が 1.4 億円の場合、50 年間で発生する費用は 70 億円であり、累計費用ではこれに収まる結果となった。

評価指標分布の推移に着目すると、2040 年頃から供用不可となる橋梁が現れ始めるが、増加は見られなかった。年間事業費約 1.2 億円の健全性と比較すると、健全性はゆるやかに悪化することが予想される。

「年間事業費約 1.6 億円」のシナリオでは、検討期間の累計事業費が 79 億 4,714 万 3,000 円となった。2048 年は事業費が 1.6 億円を超えたが、年間事業費が 1.6 億円の場合、50 年間で発生する費用は 80 億円であり、累計費用ではこれに収まる結果となった。

評価指標分布の推移に着目すると、多少の健全性の低下は見られるが、致命的な健全性の低下は予想されず、健全性は維持されることが分かる。

今後 50 年を見据え、橋梁の適切な健全性を維持するためには、年間事業費が約 1.6 億円程度必要となることが明らかになった。年間事業費約 1.6 億円は、現在の年間事業費である約 8,000 万円の 2 倍の額であることから、事業費の確保は困難ことが予想される。しかし、橋梁の健全性を現在と同じ水準で今後も管理していくためには、1.6 億円程度の費用が必要だといえる。

表 6.3.2 各シナリオの事業費と健全度の傾向

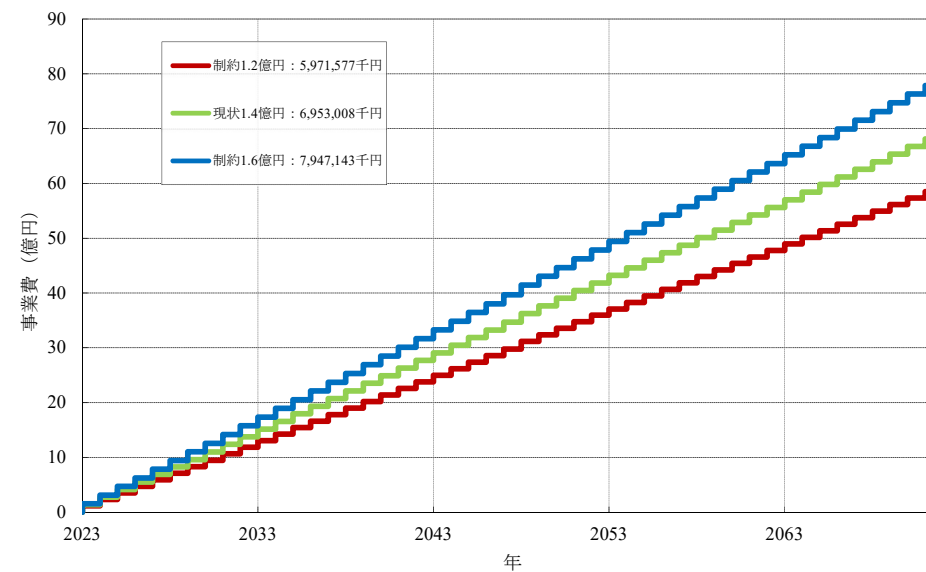
年間事業費	事業費（50 年間累計）	健全度
約 1.2 億円	59 億 7,157 万 7000 円	通年して健全性に劣り、2040 年頃から供用不可となる橋梁が表れ始める。健全度の低下に収束は見られない。
約 1.4 億円	69 億 5,300 万 8,000 円	通年して健全性に劣り、2040 年頃から供用不可となる橋梁が表れ始める。健全度の低下に収束は見られない。
約 1.6 億円	79 億 4,714 万 3,000 円	供用不可となる橋梁はほとんどなく、比較的高い水準で健全度を維持する。

■ 年間事業費に制約を設けたシナリオのシミュレーション結果②（年間事業費の制約や補修の優先順位を設け、橋梁ごとに設定した管理手法で管理した場合）

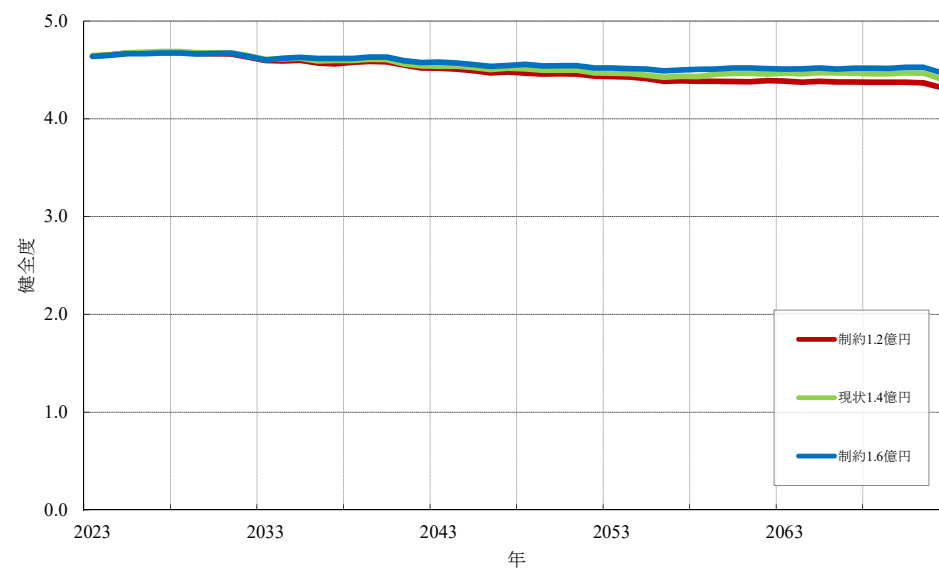
シナリオごとの事業費用の推移の比較



シナリオごとの累計事業費用の比較



シナリオごとの評価平均の推移の比較

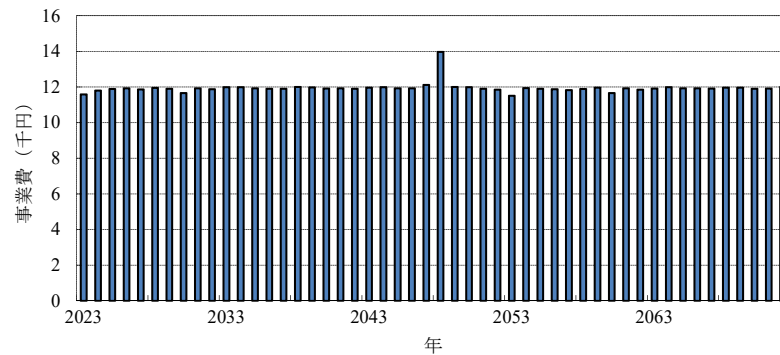


年間事業費 1.2 億円

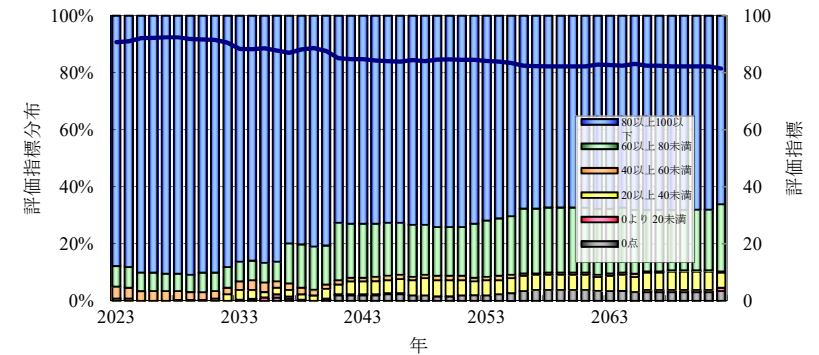
検討期間の累計事業費が 59 億 7,157 万 7000 円となった。2048 年は事業費が 1.2 億円を超えたが、年間事業費が 1.2 億円の場合、50 年間で発生する費用は 60 億円であり、累計費用ではこれに収まる結果となった。

評価指標分布の推移に着目すると、2040 年頃から供用不可となる橋梁が現れ始め、年々健全性が低下することが予想される。

事業費用の推移



評価指標分布の推移 (橋梁全体)

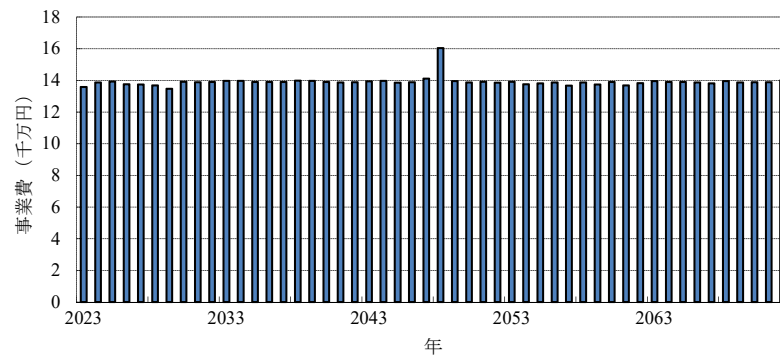


年間事業費 1.4 億円

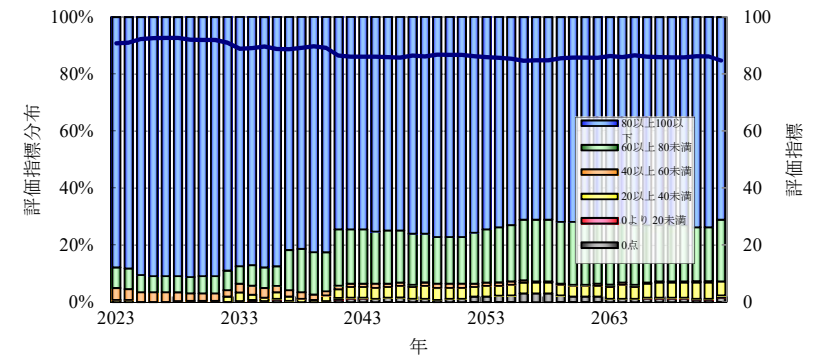
検討期間の累計事業費が 69 億 5,300 万 8,000 円となった。2048 年は事業費が 1.4 億円を超えたが、年間事業費が 1.4 億円の場合、50 年間で発生する費用は 70 億円であり、累計費用ではこれに収まる結果となった。

評価指標分布の推移に着目すると、2040 年頃から供用不可となる橋梁が現れ始めるが、増加は見られなかった。健全性は比較的ゆるやかに悪化することが予想される。

事業費用の推移



評価指標分布の推移 (橋梁全体)

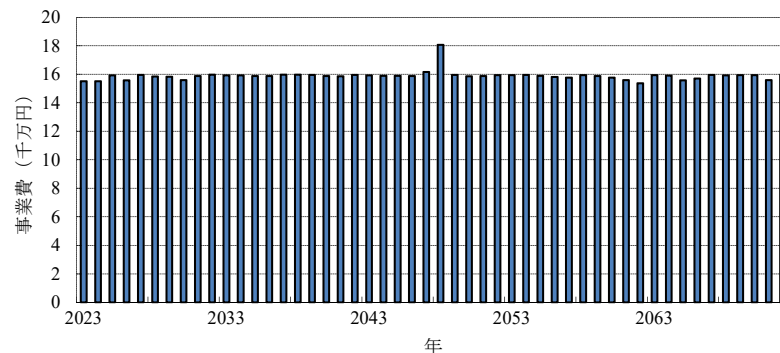


年間事業費 1.6 億円

検討期間の累計事業費が 79 億 4,714 万 3,000 円となった。2048 年は事業費が 1.6 億円を超えたが、年間事業費が 1.6 億円の場合、50 年間で発生する費用は 80 億円であり、累計費用ではこれに収まる結果となった。

評価指標分布の推移に着目すると、健全性が維持されることが予想される。

事業費用の推移



評価指標分布の推移 (橋梁全体)

