

3. 維持補修・更新計画における優先度の設定法

3.1 優先度設定に際しての検討課題

港湾におけるアセットマネジメントでの維持補修・更新計画では、各施設の優先度を設定することが非常に重要となる。この設定における課題を以下に整理する。

(1) 劣化度判定におけるAA判定の設定

2. で示したように、現在の港湾LCMでの総合評価は、A～Dの4段階の設定を行っている。

さらに、A判定の考え方を、栈橋上部工を構成する梁の暴露試験体の劣化度に応じた耐力の試験結果に基づき「安全しろ＝0」として提案している。ただし、このA判定は必ずしも即時に補修工事を要求されない。

しかしながら、現実の優先度を設定する場合に補修工事を即時に実施すべき状況としてのA判定よりも厳しい判定段階としてのAA判定（直ち構造耐力が危険な状況に達する可能性が大きい状況）を設定することが必要である。

この概念を図3-1に示す。この図では、40年目に構造性能指標が60のA判定に達している状況を示している。AA判定に相当する構造性能指標値については、今後さらに検討・研究を進める必要があるが、本研究ではA＝60に対して仮にAA＝50としている。この場合にはA判定後に数年で構造性能指標が50に達することを示している。

(2) 評価期間の設定

2.1(5)において港湾LCMにおける劣化予測とライフサイクルコスト評価を実施し、各種の補修工法に基づく対策費用の比較を実施した。そこで得られたライフサイクルコスト算定結果から、ライフサイクルコストは選択した工法により大きな差異が生じることが確認された。

具体的には、図3-2（図2-18の再掲）で示すように評価期間を当初に想定した50年までとすると、対策のための初期コストは部分的更新、断面修復、電気防食の順で安価であるものの、対策後50年目までの最終的なコストでは、電気防食、断面修復、部分的更新の順であり、その費用は電気防食を基準に、断面修復が1.7倍、部分的更新が5倍強となっている。

しかしながら、図3-2で示すような評価期間の設定次第で、評価結果は大きく異なる。例えば、評価期間①の場合では部分的更新が、評価期間②の場合では断面修復が、評価期間③の場合では電気防食が最も安価な対策工法となる。

この評価期間の設定は、統一的に設定されるものではなく、個別具体の施設ごとに、その施設の状況に応じて設定

される。ただし、本研究では建設後50年までの残存期間を評価期間とする。具体的には、建設後経過年数15年の施設の評価期間は35年、建設後経過年数30年の施設の評価期間は20年としている。

(3) 最適時期を選択するための現在価値の算定

特定の施設について、現状での劣化度判定とその場合の費用および将来での劣化度予測結果とその場合の費用が示された場合に、補修を実施するために最適な時期（現在あるいは将来）を選択することは維持補修・更新計画での優先度設定には非常に重要となる。

例えば、現時点での劣化度判定と補修費用10億円および将来時点での劣化度判定される時期と補修費用15億円が想定されている場合を考えてみる。この将来時点が2年後あれば、明らかに現時点で実施することが妥当であると考えられる。しかしながら、この将来時点が20年後の場合には、現時点での価格に割り引いて評価することが妥当であると考えられる。具体的に、社会的割引率を4%とすると、

$$15 \div (1.04)^{20} = 6.8$$

となることから、現時点で10億円を投資するよりも、20年後に投資する方が妥当であると考えられる。このイメージを図3-3に示す。

この点は、現時点での補修費用と将来時点での補修費用が共に同一額の場合を想定すると理解されやすい。具体的には、現時点での補修費用が10億円であるとして、10年後の補修費用も10億円であるとするならば、現時点での補修よりも将来での補修の方が有利であることは理解され易い。

ただし、ここでの検討で最も重要であるのは将来時点での補修費用が、将来時点における最も確からしい（名目値ではない実質値としての）期待値であることである。補修費用のための工事費が実質的に年率2%で上昇するならば、先に想定した20年後の補修費用15億円の期待値は次のように22.3億円として算定される。

$$15 \times (1.02)^{20} = 22.3$$

さらに、この場合にも社会的割引率を4%として、次式に示すように現在価格に割り引くと10.2億円となり、現時点で想定される補修費用10億円と同等になる。

$$22.3 \div (1.04)^{20} = 10.2$$

すなわち、工事費の実質的な上昇（材料費等の高騰、想定外の地盤条件等による）あるいは下落（材料・施工に関する技術革新等による）と想定する社会的割引率との相対関係により、現在価値が大きく変動する。

したがって、現時点での補修費用と比較すべき将来時点（20 年後を想定）での補修費用の現在価値は、以下の式で示される。

$$\begin{aligned} & \text{20 年後の補修費用の現在価値} \\ & = \text{現時点補修費用} * (1 + \text{工費の期待上昇 or 下落率})^{20} \\ & \quad \div (1 + \text{社会的割引率})^{20} \end{aligned}$$

将来の工費は現実的には上昇も下落もあり得るので、本研究では期待上昇率および下落率はともに±0として、

現時点の補修費用＝将来の補修費用の期待値
としている。

この考え方は、当然に将来の複数の時点への適用も可能である。例えば、図 3-4 で示すような現時点（20 年後）で C 判定とされ、また、それまでの劣化状況から想定される遷移確率から 40 年目に A 判定となることが予測される施設を想定する。さらに、この施設の構造形式が特定されれば各劣化度判定に応じた補修工法が設定されることでそのコストも特定される。その結果、図 3-4 の下段ではそれぞれの時期でのコストおよび社会的割引率による現在価格としての現時点での比較評価の結果を示している。ここでのイメージでは、現時点の C 判定に基づく補修工法の実施よりも、また、40 年目に A 判定が示された段階よりも、30 年目の段階での補修工法の実施が最適であると判断される。

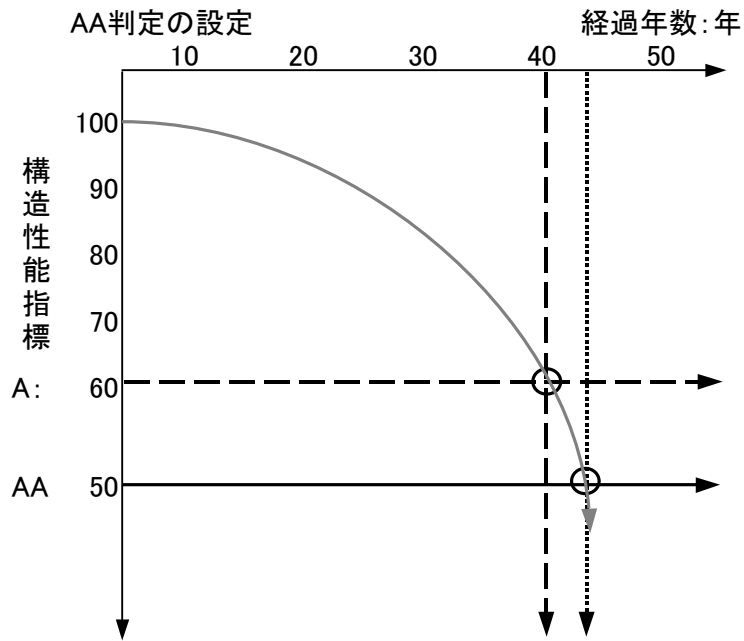
したがって、補修実施の最適時期を選択するためには、社会的割引率により換算した同一時点での価格を用いて比較評価することが必要である。

(4) 更新コストとの比較

維持補修の目指すのは施設本体ではなく、対象とする施設の機能を確保することである。施設の劣化の進展が著しい場合には、複雑な補修で対応するよりも、既存の施設を撤去して新たな施設として更新した方の費用が安くなることは十分に想定される。例えば、図 3-5 のイメージに示すように、劣化度 A 判定での補修費用よりも劣化度 AA 判定における更新費用の方が低いのであれば、補修するよりも更新することが妥当と判断される。

したがって、本研究では補修工法の比較においては劣化度 AA 判定段階で実施される更新を合わせて検討する。

なお、現実的には A 判定の状態では想定される地震等に対して、非常にリスクが高い状況になっているが、ここではこのリスクについては特に考慮していない。



AA判定: 短期間で耐力に基づいた性能が失われる可能性が高い

図 3-1 AA 判定の設定

評価期間の設定

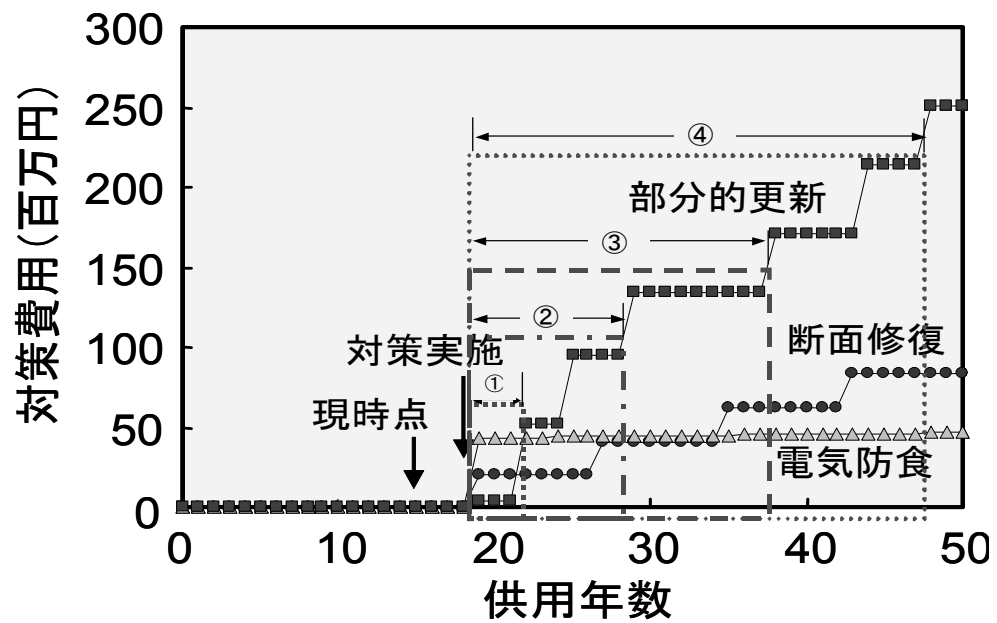


図 3-2 評価期間の設定

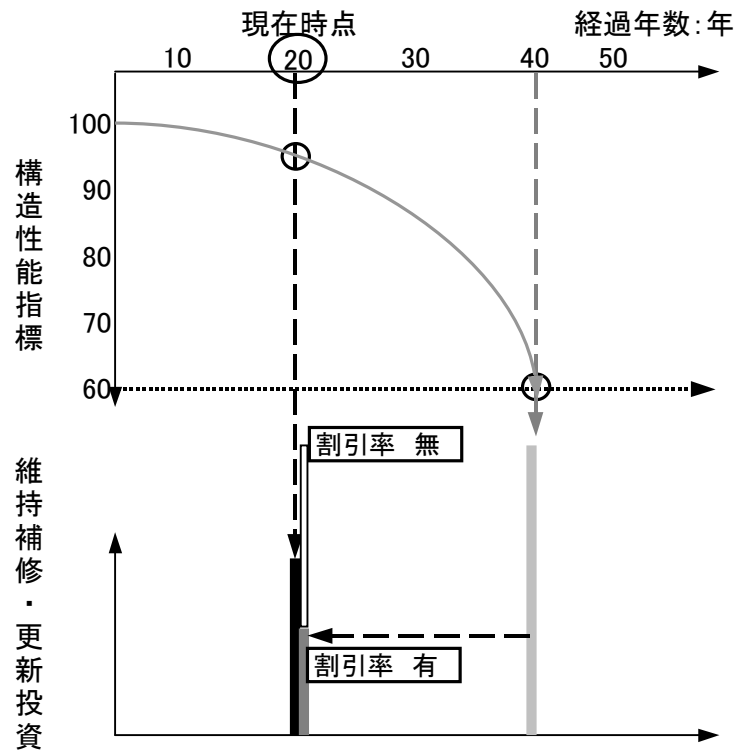


図 3-3 社会的割引率による現在時点での比較評価①

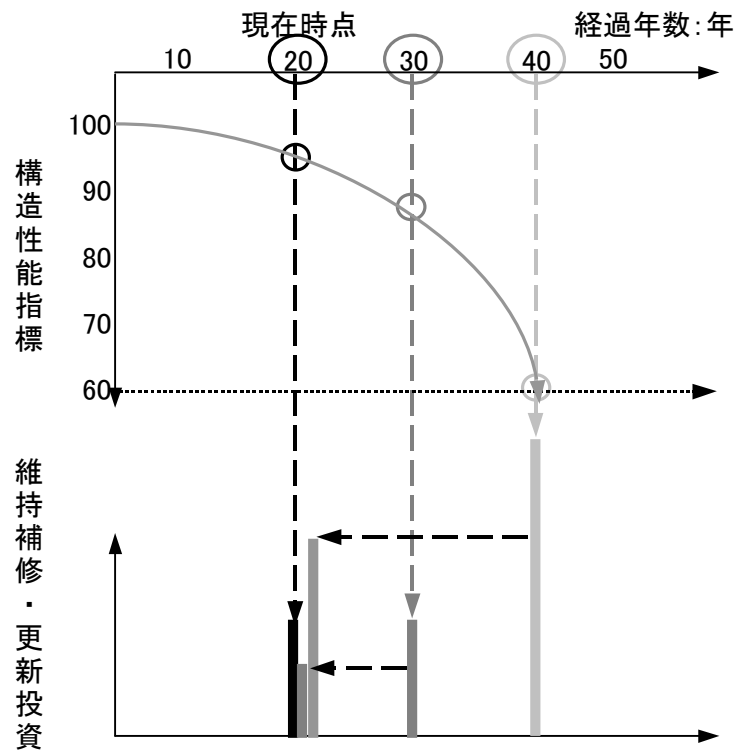


図 3-4 社会的割引率による現在時点での比較評価②

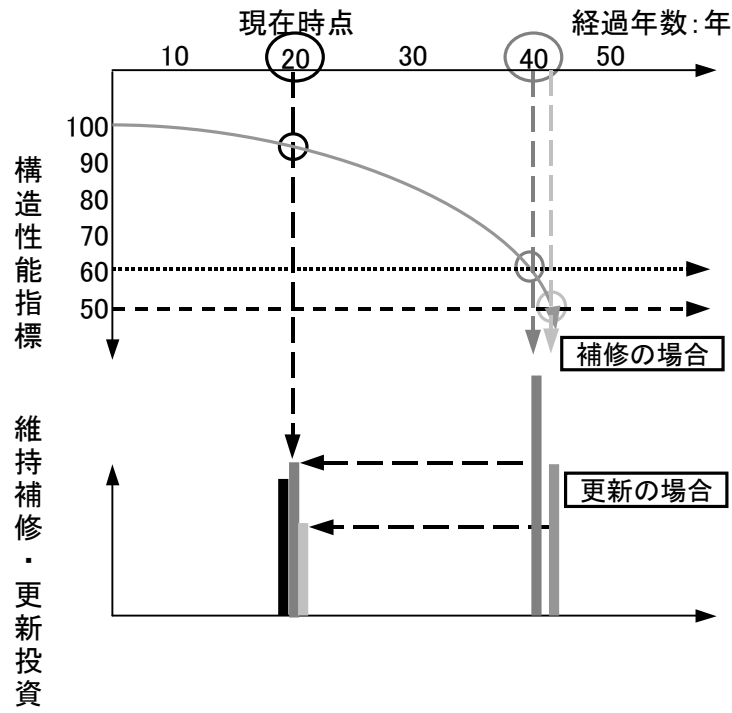


図 3-5 更新ケースの想定

3.2 ライフサイクルコストの算定

港湾におけるアセットマネジメントとしての維持補修・更新計画を検討するためには、各劣化度判定に応じた対策工法の選定およびそれぞれのライフサイクルコストを事前に想定しておく必要がある。

このため、表 3-1 では栈橋式係留施設の上部工・下部工を対象として劣化度に応じた対策工法として、ここでは仮に 9 ケースを整理している。また、それ以降に各ケースでのライフサイクルコストの結果を図 3-6～14 に示す。

なお、各ケースともに以下のように設定している。また、対策工法による費用算定のために設定した数量、単価、耐用年数について、上部工は表 3-2①、下部工は表 3-2②に表示している。

- ①対象の係留施設はバース水深 12m、バース延長 240m とする。
- ②施設全体を対象として補修を実施する。
- ③社会的割引率は特に想定しない。
- ④維持補修のための評価期間は全て 50 年間とする。

ここで、②の設定は実態との乖離は大きいものの計算を容易にするために設定している。なお、全て一定比率（例えば、全体の 20%）とした場合には、それぞれの結果に対してこの比率を乗じることでその結果が得られる。

例えば、ケース 1 の結果では初期コストとして 10 億円以上のメンテナンスのために投資がなされた後に電気防食のためのコストが継続的に計上されている。また、20 年目および 40 年目に電気防食の更新コストが計上されることでコストが段階的に増加している。

表 3-1 栈橋式・係船岸施設 補修対策工法のケース設定 (): 耐用年数

	形式	部位	劣化度	対策工法
ケース 1	栈橋	上部工	A	① 電気防食(20) + 断面修復(大)(50)
ケース 2				② 表面塗装(10) + 断面修復(大)(50)
ケース 3			B	① 電気防食(20) + 断面修復(小)(50)
ケース 4				② 表面塗装(10) + 断面修復(小)(50)
ケース 5			C	表面塗装(10) + ひび割れ注入(10)
ケース 6			D	表面塗装(10)
ケース 7		下部工	A	鉄筋コンクリート補強(35) + 電気防食(20) (上側:LWL-2.5m以上) (下側:LWL-2.5m以深)
ケース 8			B	ヘトロタムライニング(20) + 電気防食(20) (上側:LWL-1.0m以上) (下側:LWL-1.0m以深)
ケース 9			C	有機ライニング工法(15) + 電気防食(20) (上側:LWL-1.0m以上) (下側:LWL-1.0m以深)

表 3-2① 栈橋式係船岸施設 (上部工) L C C 算定のための原単位 (): 耐用年数

数量

部位	項目	単位	数量
栈橋上部工	延長	m	240.0
	幅	m	16.0
	面積(=延長×幅)	m ²	3,840.0

単価

部位	工法名	規格	単位	想定単価(円)	耐用年数(年)
栈橋上部工	ひび割れ注入工法	劣化度A判定:ひび割れ注入	円/m	10,000	10
		劣化度B判定:ひび割れ注入	円/m	10,000	10
		劣化度C判定:ひび割れ注入	円/m	10,000	10
	表面塗装	表面塗装(初期コスト)	円/m ²	17,500	50
		表面塗装(更新コスト)	円/m ²	19,500	10
	断面修復工法	断面修復(大) はつり深さ100mm	円/m ²	150,000	50
		断面修復(小) はつり深さ50mm	円/m ²	97,000	50
	電気防食工法	電防・初期コスト(外部電源タイプ)	円/m ²	120,000	50
		電防・更新コスト(外部電源タイプ)	円/m ²	18,000	20
		電防・管理費(外部電源タイプ)	円/m ² /年	600	1
	仮設	仮設(栈橋式)	円/m ²	11,000	

出典:港湾技研資料 No.1001 栈橋の維持補修マネジメントシステムの開発

表 3-2② 栈橋式係留施設（下部工） L C C 算定のための原単位

数量等

（一般：鉄筋コンクリート補強以外）

部位	項目	単位	数量
栈橋下部工	工法境界面より上側	要補修鋼管杭 長さ	m
		要補修鋼管杭 本数	本
		要補修鋼管杭 表面積	m ²
	工法境界面より下側	要補修鋼管杭 長さ	m
		要補修鋼管杭 本数	本
		要補修鋼管杭 表面積	m ²

（鉄筋コンクリート補強のみ）

部位	項目	単位	数量
栈橋下部工	工法境界面より上側	要補修鋼管杭 長さ	m
		要補修鋼管杭 本数	本
		要補修鋼管杭 表面積	m ²
	工法境界面より下側	要補修鋼管杭 長さ	m
		要補修鋼管杭 本数	本
		要補修鋼管杭 表面積	m ²

項目	標高(m)
補修を要する鋼管杭最上面	2.0
工法境界面	-1.0
工法境界面(鉄筋コンクリート補強)	-2.5
補修を要する鋼管杭最下面	-8.0

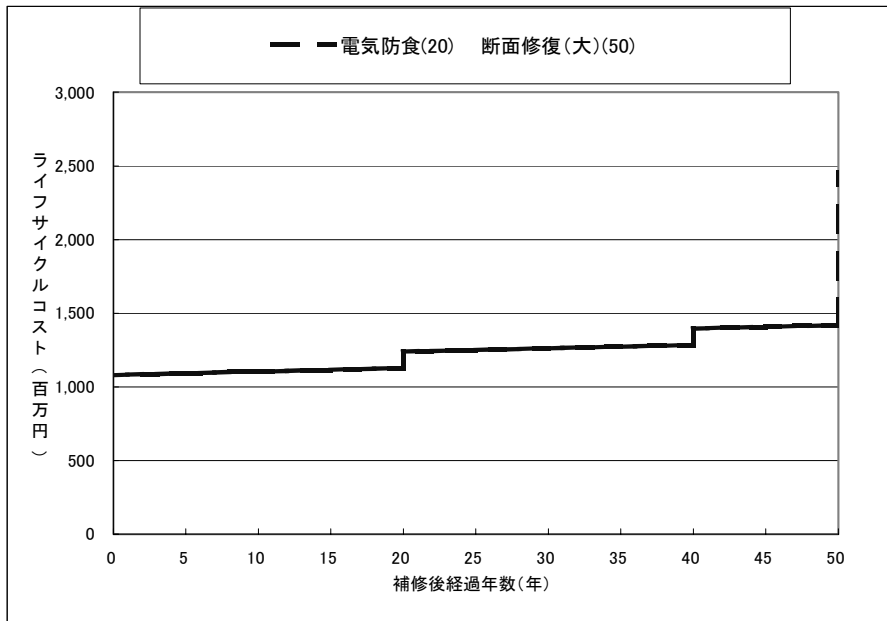
項目	単位	数量
杭径	m	1.0

単価

部位	工法名	規格	単位	想定単価(円)	想定耐用年数(年)
栈橋下部工	鉄筋コンクリート補強	鉄筋コンクリート補強(初期コスト)	円/m ²	120,000	50
		鉄筋コンクリート補強(更新コスト)	円/m ²	166,000	35
	ペトロラタムライニング	ペトロラタムライニング(初期コスト)	円/m ²	65,000	50
		ペトロラタムライニング(更新コスト)	円/m ²	70,000	20
	有機ライニング工法	有機ライニング工法(初期コスト)	円/m ²	55,000	50
		有機ライニング工法(更新コスト)	円/m ²	62,000	15
	電気防食工法	電防・初期コスト(流電陽極型)	円/m ²	4,500	50
		電防・更新コスト(流電陽極型)	円/m ²	4,500	20

出典：港湾技研資料 No.1001 栈橋の維持補修マネジメントシステムの開発

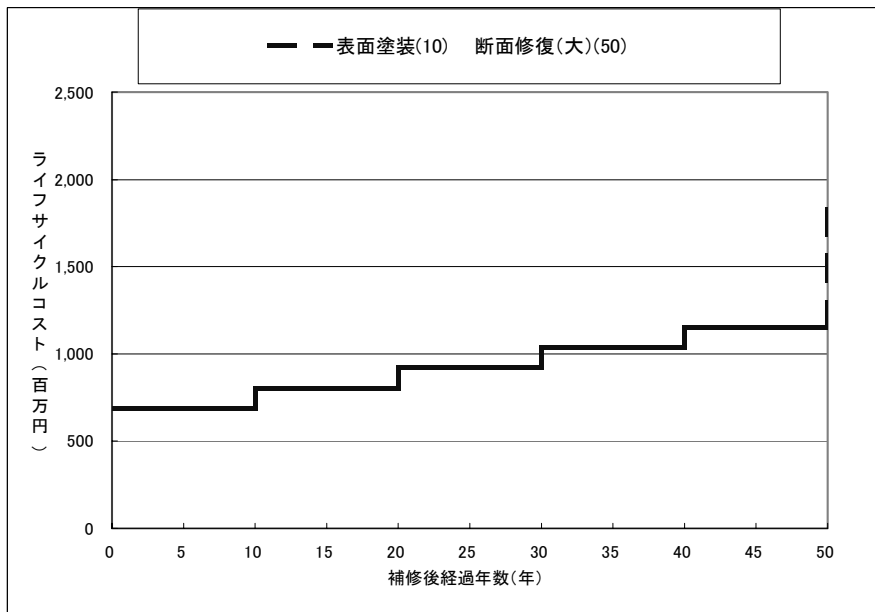
ケース1 (栈橋-上部工) 電気防食(20) 断面修復(大)(50)
劣化度: A



注記:
・LCC費用:直接工事費
・電気防食工法は、毎年の管理費を含む

図 3-6 ライフサイクルコスト算定例 (ケース 1)

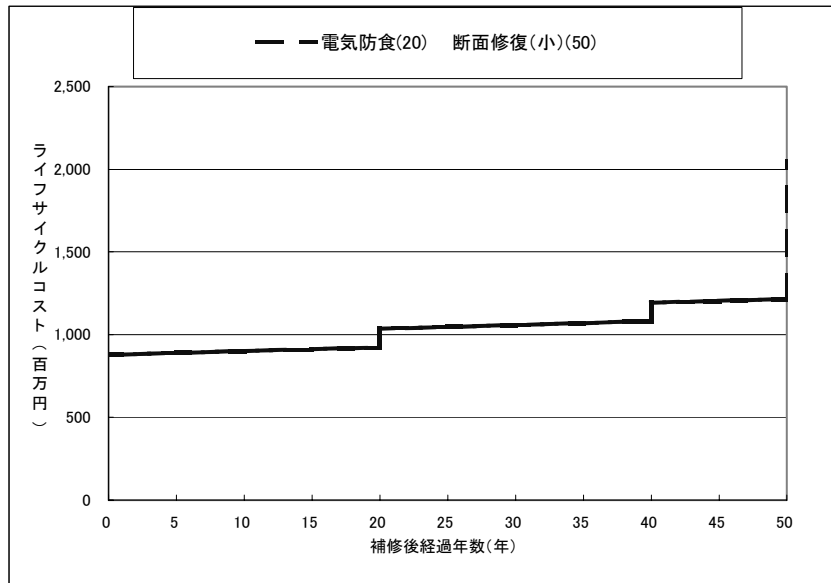
ケース2 (栈橋-上部工) 表面塗装(10) 断面修復(大)(50)
劣化度: A



注記:
・LCC費用:直接工事費
・電気防食工法は、毎年の管理費を含む

図 3-7 ライフサイクルコスト算定例 (ケース 2)

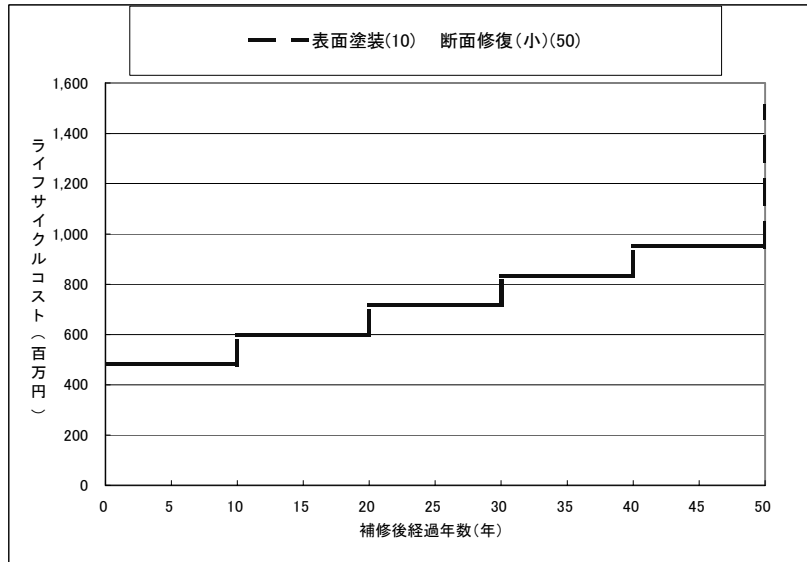
ケース3 (栈橋-上部工) 電気防食(20) 断面修復(小)(50)
劣化度: B



注記:
・LCC費用: 直接工事費
・電気防食工法は、毎年の管理費を含む

図 3-8 ライフサイクルコスト算定例 (ケース 3)

ケース4 (栈橋-上部工) 表面塗装(10) 断面修復(小)(50)
劣化度: B



注記:
・LCC費用: 直接工事費
・電気防食工法は、毎年の管理費を含む

図 3-9 ライフサイクルコスト算定例 (ケース 4)

ケース5 (栈橋-上部工) 表面塗装(10) ひび割れ注入(10)
劣化度: C

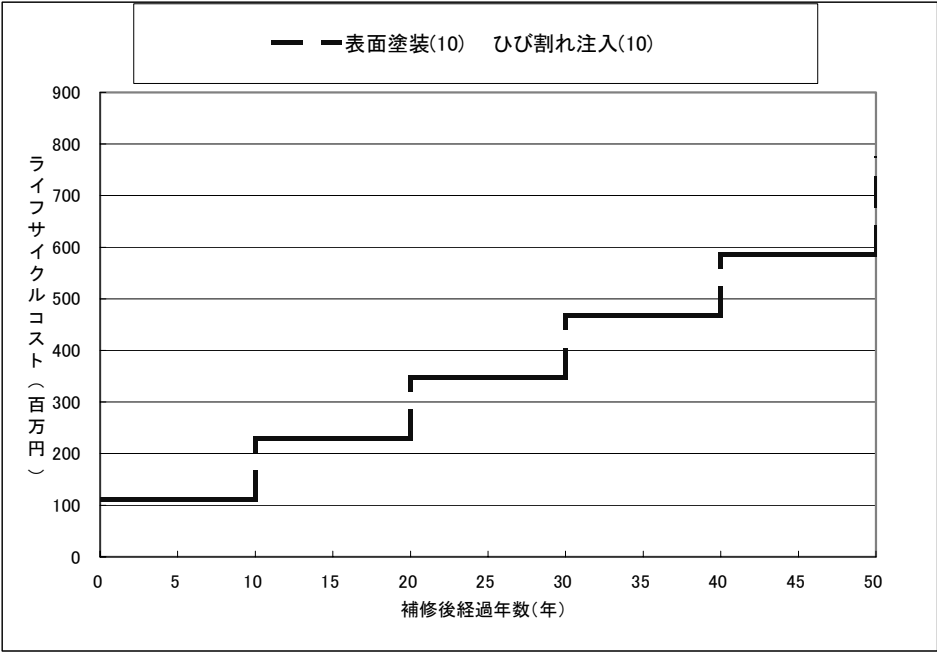


図 3-10 ライフサイクルコスト算定例 (ケース 5)

注記:
・LCC費用:直接工事費
・電気防食工法は、毎年の管理費を含む

ケース6 (栈橋-上部工) 表面塗装(10)
劣化度: D

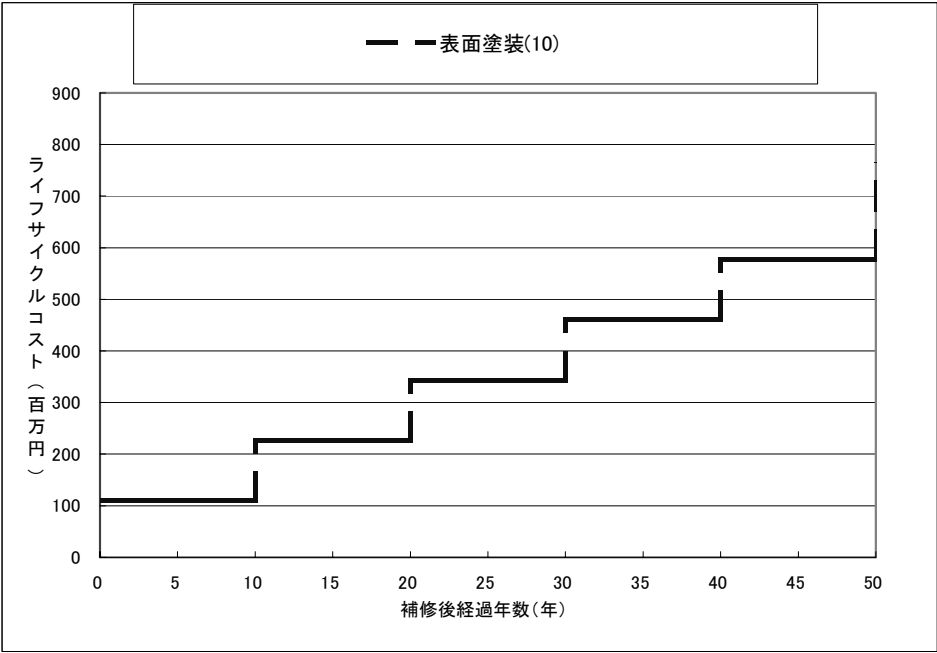
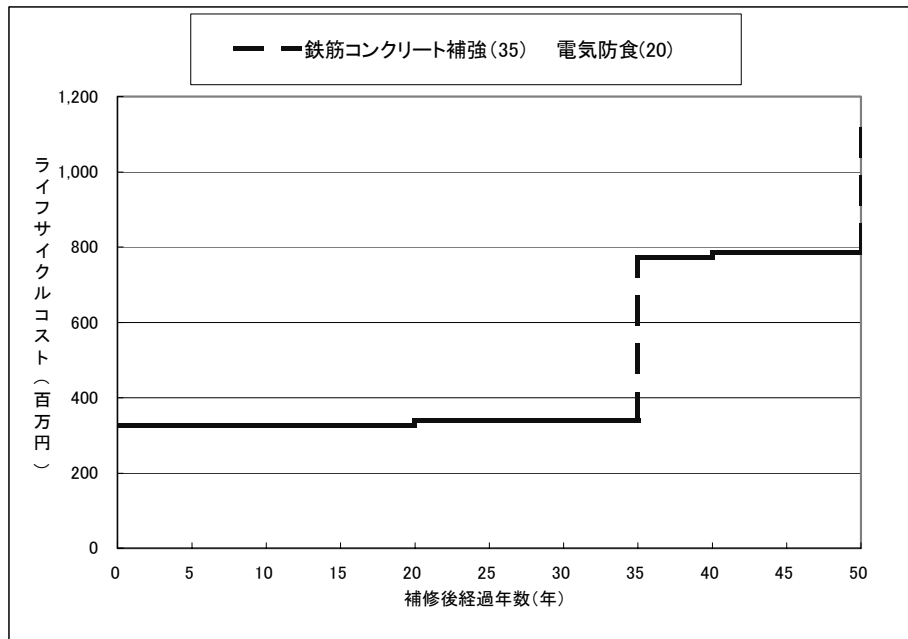


図 3-11 ライフサイクルコスト算定例 (ケース 6)

注記:
・LCC費用:直接工事費
・電気防食工法は、毎年の管理費を含む

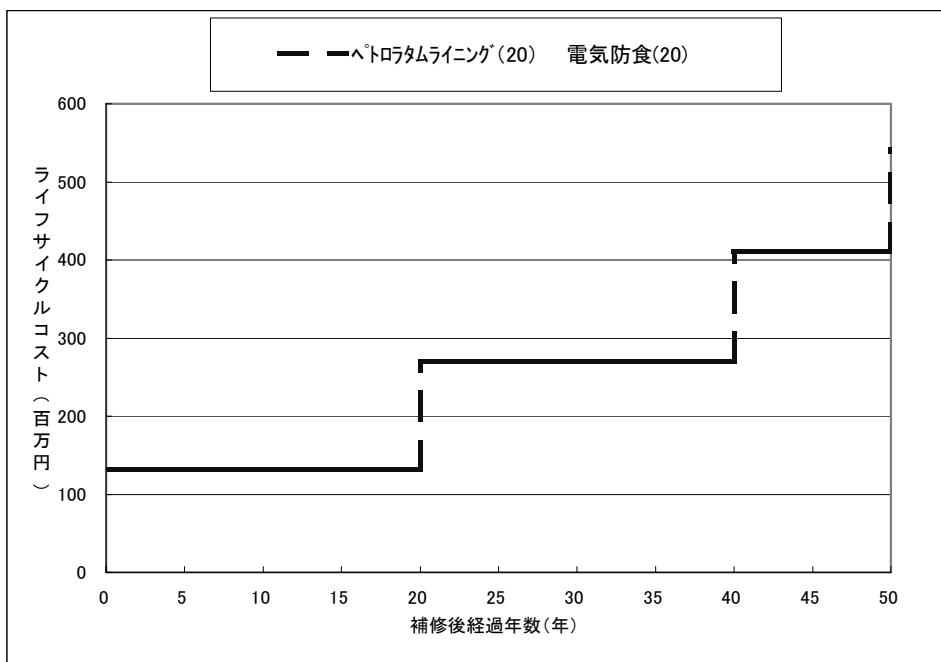
ケース7 (栈橋-下部工) 鉄筋コンクリート補強(35) 電気防食(20)
劣化度: A



注記:
・LCC費用: 直接工事費
・電気防食工法は、毎年の管理費を含む

図 3-12 ライフサイクルコスト算定例 (ケース 7)

ケース8 (栈橋-下部工) ペトラタムライニング(20) 電気防食(20)
劣化度: B



注記:
・LCC費用: 直接工事費
・電気防食工法は、毎年の管理費を含む

図 3-13 ライフサイクルコスト算定例 (ケース 8)

ケース9 (栈橋-下部工) 有機ライニング(15) 電気防食(20)
劣化度: C

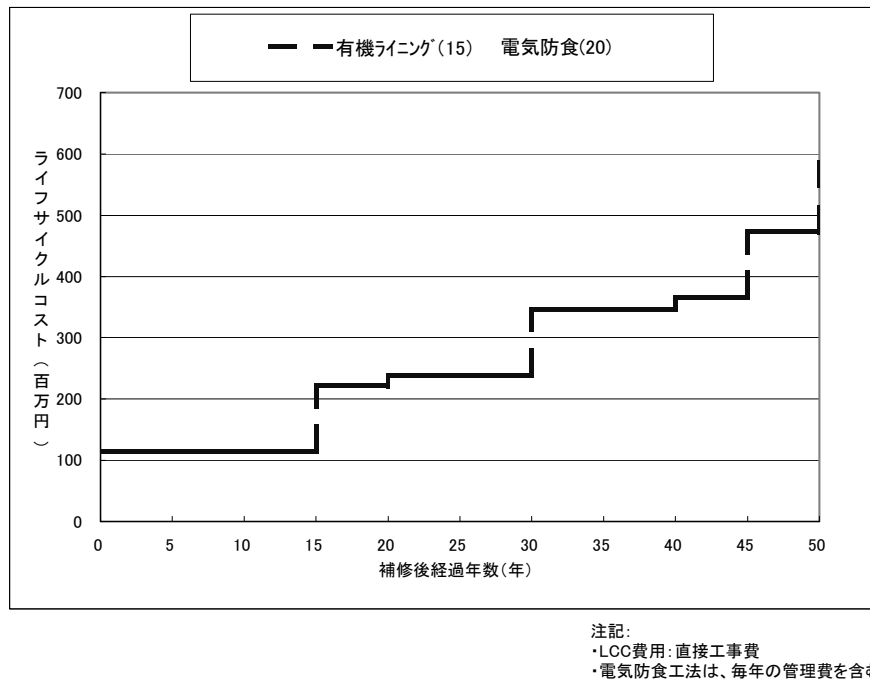


図 3-14 ライフサイクルコスト算定例 (ケース 9)

3.3 時間軸での優先度の設定法

維持補修・更新計画における時間軸での優先度は，2. で検討した遷移確率により推計された構造性能曲線に基づき，3.2 で算定したライフサイクルコストを指標として検討することができる。

このため，以下に示すように栈橋式係留施設（上部工＋下部工）を対象としたⅠ，Ⅱの2ケースに応じたライフサイクルコストを算定した．ケースⅠでは社会的割引率を想定してない場合で遷移確率を4段階に変化させ，ケースⅡでは2段階の遷移確率に対して社会的割引率を各2段階に変化させている。

なお，それぞれの更新費（単位延長あたりのコスト）として想定した値も示している。

ケースⅠ：栈橋式係留施設（上部工＋下部工）

	遷移確率	社会的割引率	
Ⅰ-1：	0.05	0.00	(図 3-15)
Ⅰ-2：	0.10	0.00	(図 3-16)
Ⅰ-3：	0.15	0.00	(図 3-17)
Ⅰ-4：	0.20	0.00	(図 3-18)

* 更新費 1000 万円/m（直接工事費ベース）

ケースⅡ：栈橋式係留施設（上部工＋下部工）

	遷移確率	社会的割引率	
Ⅱ-1：	0.10	0.04	(図 3-19)
Ⅱ-2：	0.10	0.02	(図 3-20)
Ⅱ-3：	0.20	0.04	(図 3-21)
Ⅱ-4：	0.20	0.02	(図 3-22)

* 更新費 1000 万円/m（直接工事費ベース）

(1) 構造性能曲線に基づくライフサイクルコスト比較評価

具体的な解析結果についてケースⅠ-2を対象として説明する．なお，各ケースでは上段に設定した遷移確率に基づく構造性能曲線および各劣化度（C，B，A，AA）が判定される段階を白抜き矢印で示している。

ここで，現時点は11年目とする．具体的には，供用開始後11年目の現時点での点検・診断の結果，劣化度の総合評価はC判定となり，さらに二次点検等の詳細な調査により，遷移確率が0.10と推計された栈橋式係留施設を想定している。

遷移確率が0.10と推計された結果，施設全体の構造性能曲線を描くことができ，その結果，将来的には21年目に劣化度B，29年目に劣化度A，34年目に劣化度AAとなることが予測される。

この11年目の現時点での劣化度C判定に基づいて，補修を実施した場合の評価期間内（供用開始後50年までの残存期間）での累積コストの変遷を劣化度C判定対応の線として示している．この場合には，50年目までの累積コストは8.1億円と推計される。

しかしながら，11年目において補修を実施せずに，21年目で劣化度がBと判定された段階で補修を実施した場合の評価期間内での累積コストの変遷を劣化度B判定対応の線として示している．この場合には，50年目までの累積コストは13.3億円と推計される。

さらに，21年目以降の劣化度B判定の状況では補修を実施せずに，29年目での劣化度A判定された段階で補修を実施した場合の評価期間内での累積コストの変遷を劣化度A判定対応の線で示している．この場合には，50年目までの累積コストは15.8億円と推計される．また，補修を全く実施せずに34年目に劣化度AA判定された段階で，現状施設を撤去して新たに更新した場合のコストの変遷を劣化度AA判定対応の線で示している．ここでは34年目に24億円が投資されることとなる．なお，更新後には新たな追加投資は生じないとしている。

この結果，11年目の現時点での段階では，この劣化度C判定が示された段階で補修を実施することが最適な維持補修・補修計画になる。

(2) 遷移確率の相違による比較評価

遷移確率が0.05と最も低いケースⅠ-1では，22年目に劣化度C判定，40年目に劣化度B判定となるものの供用期間内で劣化度A判定にはならない．劣化度C判定段階で補修を実施した場合の評価期間内での累積コストは5.9億円，劣化度B判定段階の場合には10.3億円と推計される。

遷移確率が0.15のケースⅠ-3では，8年目に劣化度C判定，14年目に劣化度B判定，20年目に劣化度A判定，23年目に劣化度AA判定となると想定される．劣化度C判定段階で補修を実施した場合の評価期間内での累積コストは9.5億円，劣化度B判定段階の場合には13.5億円，劣化度A判定段階の場合には16.0億円，劣化度AA判定段階の場合での更新費は24.0億円と推計される。

遷移確率が0.20と最も高いケースⅠ-4では，6年目に劣化度C判定，10年目に劣化度B判定，15年目に劣化度A判定，17年目に劣化度AA判定となると想定される．劣化度C判定段階で補修を実施した場合の評価期間内での累積コストは9.5億円，劣化度B判定段階の場合には16.0億円，劣化度A判定段階の場合には20.5億円，劣化度AA判定段階の場合での更新費は24.0億円と推計される。

これらの結果から、各ケースともに定期的な点検・診断を実施することで劣化度C判定を早期に発見して、その段階で補修を実施することが評価期間内の累積コストは最小になることが想定される。

(3)社会的割引率の設定による比較評価

ケースⅠ-2（遷移確率 0.1 社会的割引率 0.00）に対応したケースⅡ-1（遷移確率 0.1 社会的割引率 0.04）を対象として、解析結果を分析する。

ここでは、現時点は建設年次の0年目において次の様々な選択肢（オプション）の中から、供用期間中での現在価格としての累積コストが最も低い選択肢を抽出することを検討している状況を想定している。

選択肢①：遷移確率 0.1 劣化度C判定段階で補修実施
 選択肢②：遷移確率 0.1 劣化度B判定段階で補修実施
 選択肢③：遷移確率 0.1 劣化度A判定段階で補修実施
 選択肢④：遷移確率 0.1 劣化度AA判定段階で更新実施

具体的な推計結果から、現在価格の累積コストが大きい値の選択肢から並べると次のようになる。

ケースⅡ-1

選択肢④：6.3億円
 選択肢②：5.1億円
 選択肢③：4.8億円
 選択肢①：3.4億円

ケースⅠ-2の結果と比較すると、劣化度C判定の段階で補修を実施することがコスト最小となることは同じであるものの、劣化度B判定の段階と劣化度A判定の段階での結果は逆転している。劣化度AA判定の段階での補修実施がコスト最大は同じである。

また、ケースⅡ-1では現在価格としているので、当然にケースⅠ-2と比較して累積コストは低くなっている。

次に、ケースⅡ-2（遷移確率 0.1 社会的割引率 0.02）の結果を分析する。

ケースⅡ-2

選択肢④：12.2億円
 選択肢③：8.6億円
 選択肢②：8.1億円
 選択肢①：5.5億円

ここでの結果は、ケースⅡ-1と異なり劣化度B判定の段階と劣化度A判定の段階での結果の逆転は無く、ケースⅠ-2の結果と同じとなっている。Ⅱ-1と同様に現在価格としているので、当然にⅠ-2と比較して累積コストは

低くなっている。

次に、ケースⅡ-3、4では遷移確率 0.2 としている。ここでは0.2と高い遷移確率としていることから、Ⅱ-1、2で設定した選択肢に、新たに事前対策の選択肢を加えて全部で5つの選択肢について検討を行う。

選択肢①：将来の劣化の進行が速い、あるいは事前段階での予測は困難であるとして、当初から劣化に対する事前対策（補修工法のケース6+9）を実施

選択肢②：遷移確率 0.2 劣化度C判定段階で補修実施

選択肢③：遷移確率 0.2 劣化度B判定段階で補修実施

選択肢④：遷移確率 0.2 劣化度A判定段階で補修実施

選択肢⑤：遷移確率 0.2 劣化度AA判定段階で更新実施

ここでは、選択は1回しかできない、あるいは1回で十分であるとしている。すなわち、①を選択して供用期間中に必要な対応を実施すれば、常に劣化度D判定の状況が継続する。この①を選択することは、事前対策を実施しなければ0.2と非常に高い遷移確率になる施設の遷移確率を非常に低くすることができる。もちろん、現時点で①を選択せずに将来的に②～⑤を選択することもできる。それぞれの結果を以下に示す。

ケースⅡ-3

選択肢⑤：12.3億円
 選択肢④：9.0億円
 選択肢①：8.3億円
 選択肢③：5.8億円
 選択肢②：4.3億円

ケースⅡ-4

選択肢⑤：17.1億円
 選択肢④：13.1億円
 選択肢③：11.1億円
 選択肢①：8.3億円
 選択肢②：6.4億円

ここでの結果では、選択肢①としての事前での劣化度対策に対する水準を非常に高くしたこともあり、選択肢①が必ずしも優位とはなっていない。

栈橋式係留施設に関するケースⅠ-1～4およびⅡ-1～4の解析結果から、維持補修・更新計画における優先度の設定に関しては以下の点が整理される。

①遷移確率が想定されれば、その後の維持補修に関して最適な時期・最適な工法の選択が可能になる。

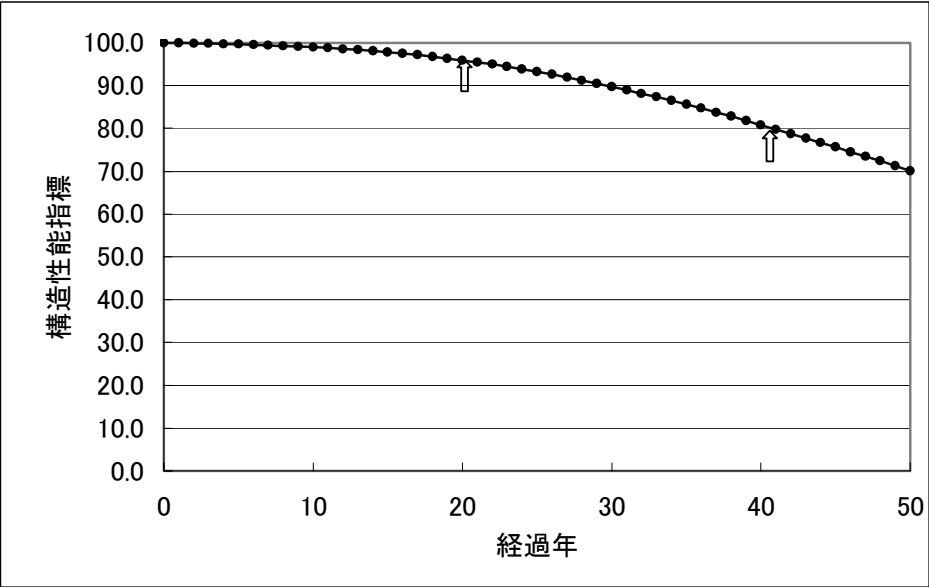
②しかしながら、現実的には、遷移確率は事前には未知で

ある。したがって、適切な時期および間隔において点検・診断を実施することで、できるだけ早く対象とする施設の遷移確率を把握することが重要となる。なお、今回の解析結果では、劣化度C判定となる段階を把握し、早期に補修を実施することが評価期間内での維持補修に関連する累積コストが最小となっている。

③また、ケースⅠ-1のように、初期段階において十分に配慮して建設されたり、また、環境条件が良かったことから、結果的に劣化が進展しない施設の場合には、特段の維持補修が不要となるために関連するコストは格段に低くなる。

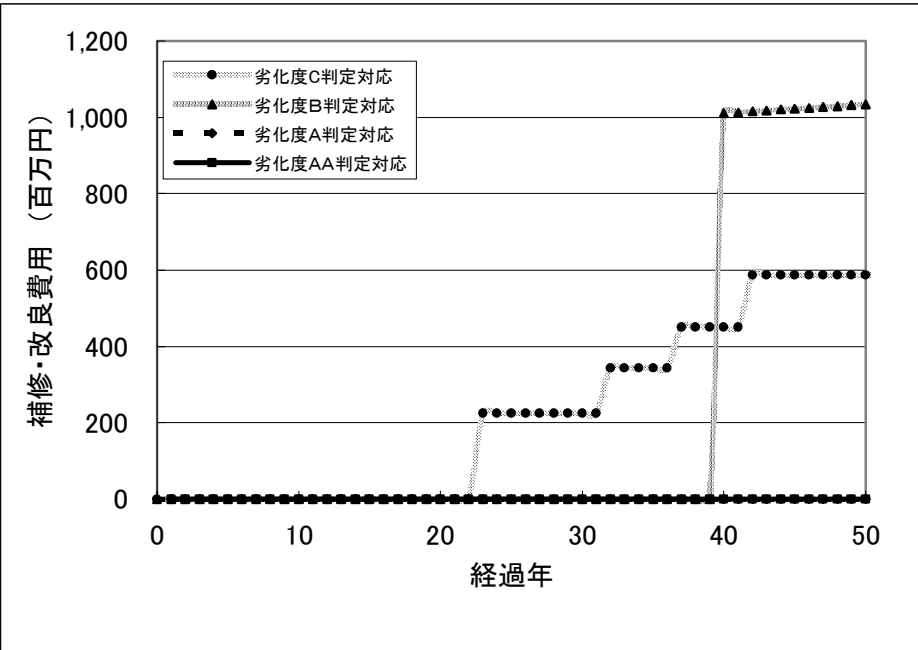
④社会的割引率により、想定される累積コストの結果が大きく変動することから、この社会的割引率を適切に設定することが重要である。

遷移確率=0.05における 構造性能曲線



構造性能指標

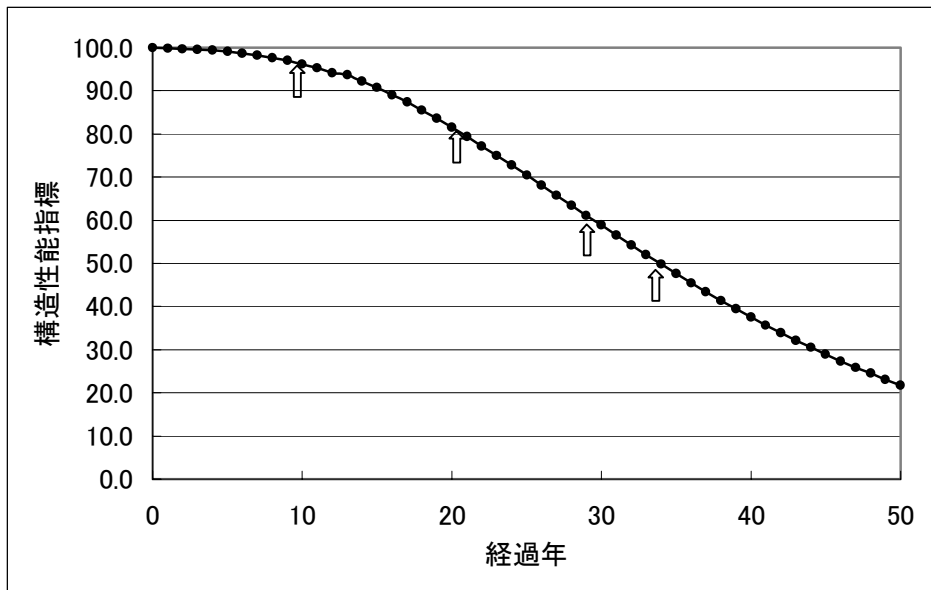
判定劣化度	性能指標値	到達年次
C	95	22年
B	80	40年
A	60	**年
AA	50	**年



対象施設	栈橋上部工+下部工
遷移確率	0.05
社会的割引率	0.00
①AAの場合には全体を撤去・新設	
②上部工 Aの場合 ケース1を選択	
③上部工 Bの場合 ケース3を選択	

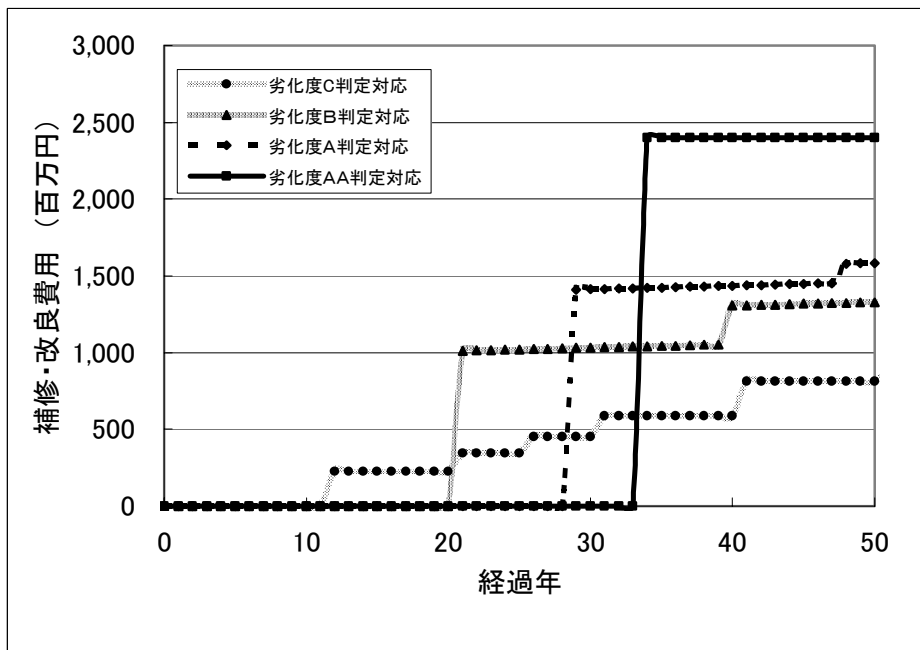
図 3-15 ケース I-1

遷移確率=0.1における 構造性能曲線



構造性能指標

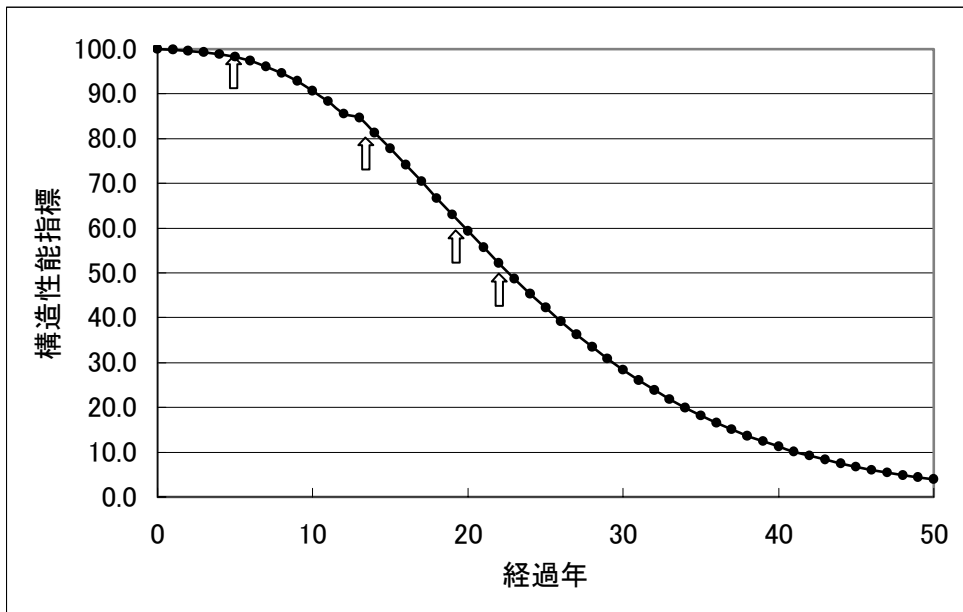
判定劣化度	性能指標値	到達年次
C	95	11年
B	80	21年
A	60	29年
AA	50	34年



対象施設	栈橋上部工+下部工
遷移確率	0.1
社会的割引率	0.00
①AAの場合には全体を撤去・新設	
②上部工 Aの場合 ケース1を選択	
③上部工 Bの場合 ケース3を選択	

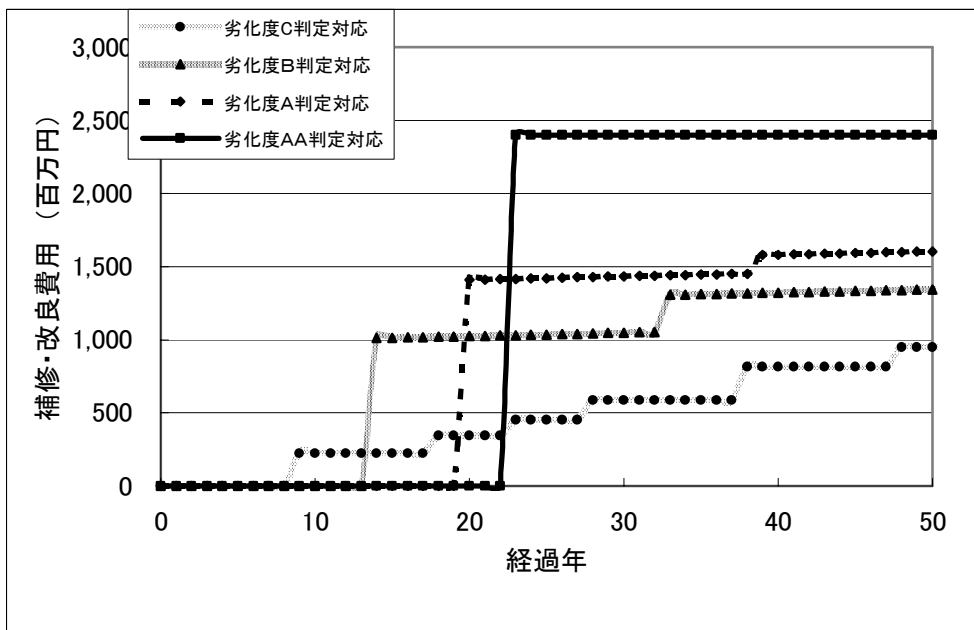
図 3-16 ケース I-2

遷移確率=0.15における 構造性能曲線



構造性能指標

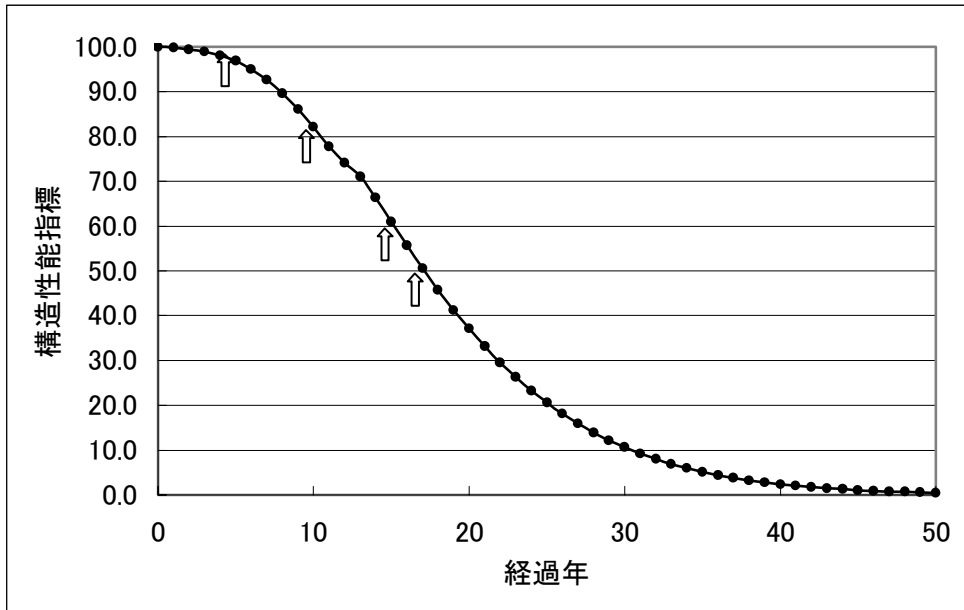
判定劣化度	性能指標値	到達年次
C	95	8年
B	80	14年
A	60	20年
AA	50	23年



対象施設	栈橋上部工+下部工
遷移確率	0.15
社会的割引率	0.00
①AAの場合には全体を撤去・新設	
②上部工 Aの場合 ケース1を選択	
③上部工 Bの場合 ケース3を選択	

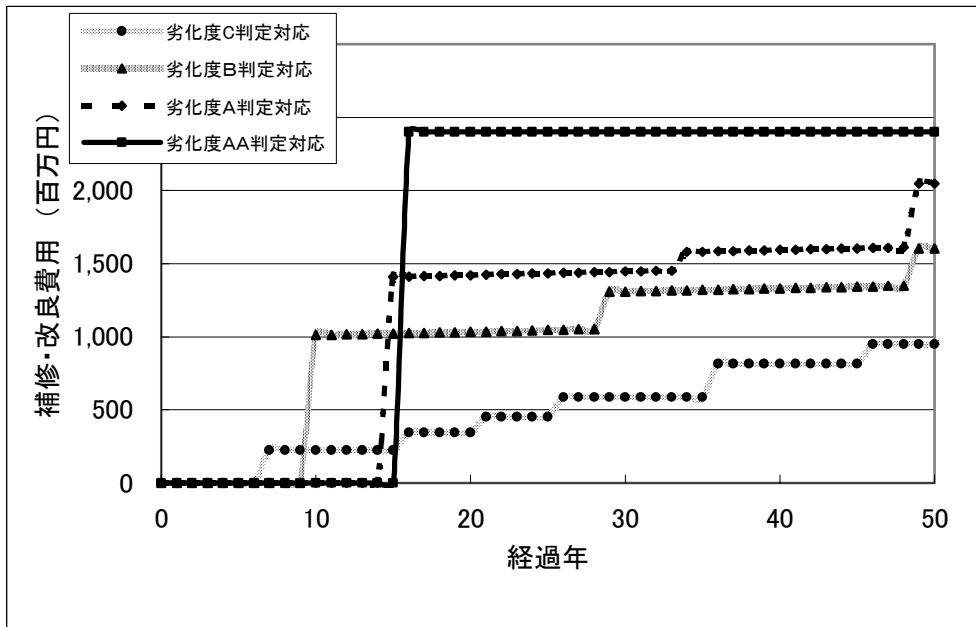
図 3-17 ケース I-3

遷移確率=0.2における 構造性能曲線



構造性能指標

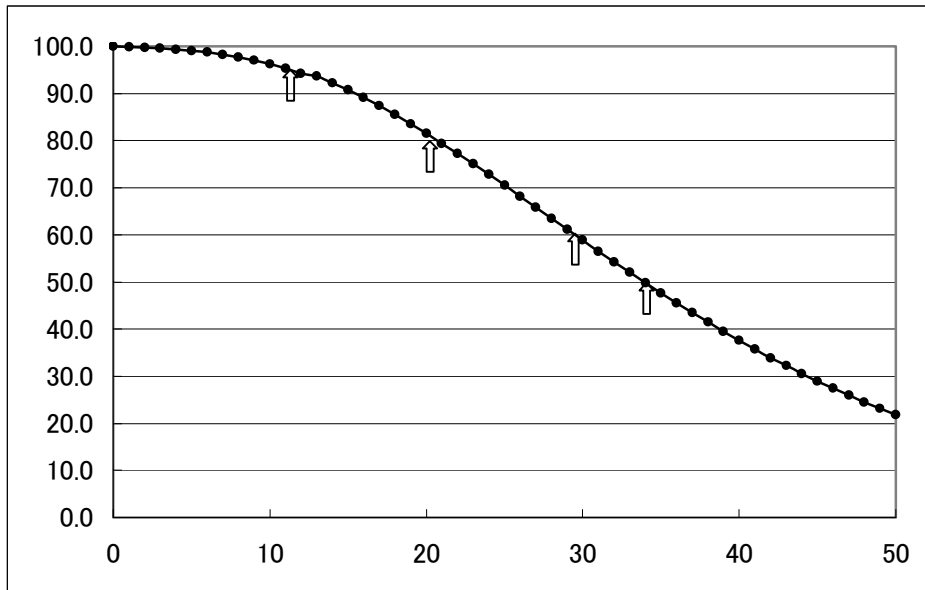
判定劣化度	性能指標値	到達年次
C	95	6年
B	80	10年
A	60	15年
AA	50	17年



対象施設	栈橋上部工+下部工
遷移確率	0.2
社会的割引率	0.00
①AAの場合には全体を撤去・新設	
②上部工 Aの場合 ケース1を選択	
③上部工 Bの場合 ケース3を選択	

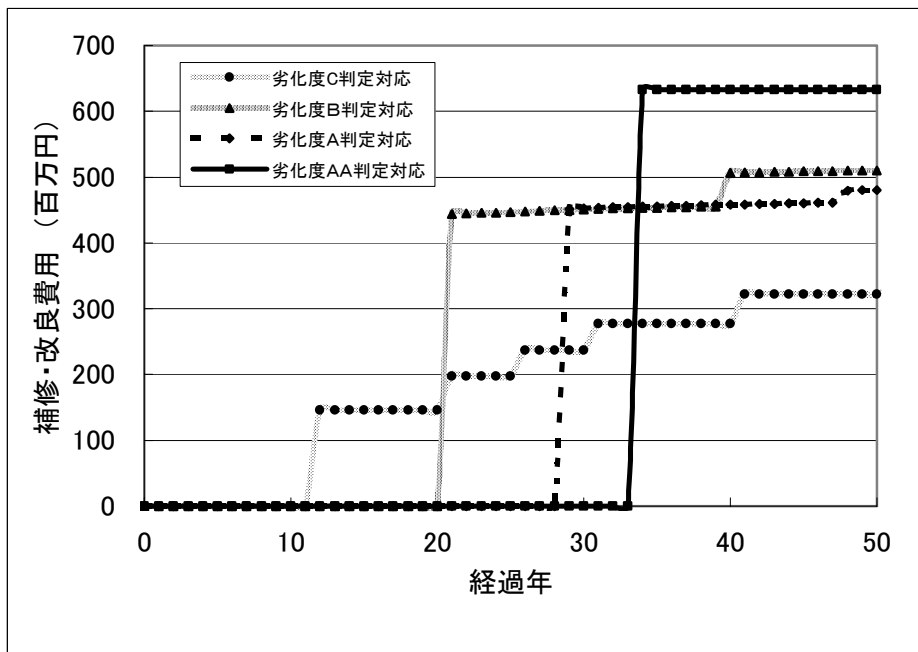
図 3-18 ケース I-4

遷移確率=0.1における 構造性能曲線



構造性能指標

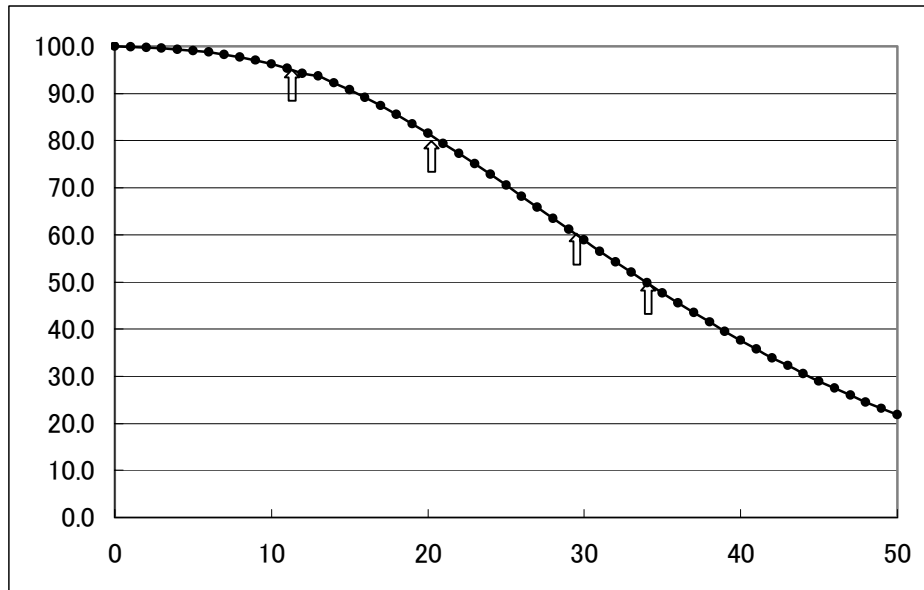
判定劣化度	性能指標値	到達年次
C	95	11年
B	80	21年
A	60	29年
AA	50	34年



対象施設	栈橋上部工+下部工
遷移確率	0.1
社会的割引率	0.04
①AAの場合には全体を撤去・新設	
②上部工 Aの場合 ケース1を選択	
③上部工 Bの場合 ケース3を選択	

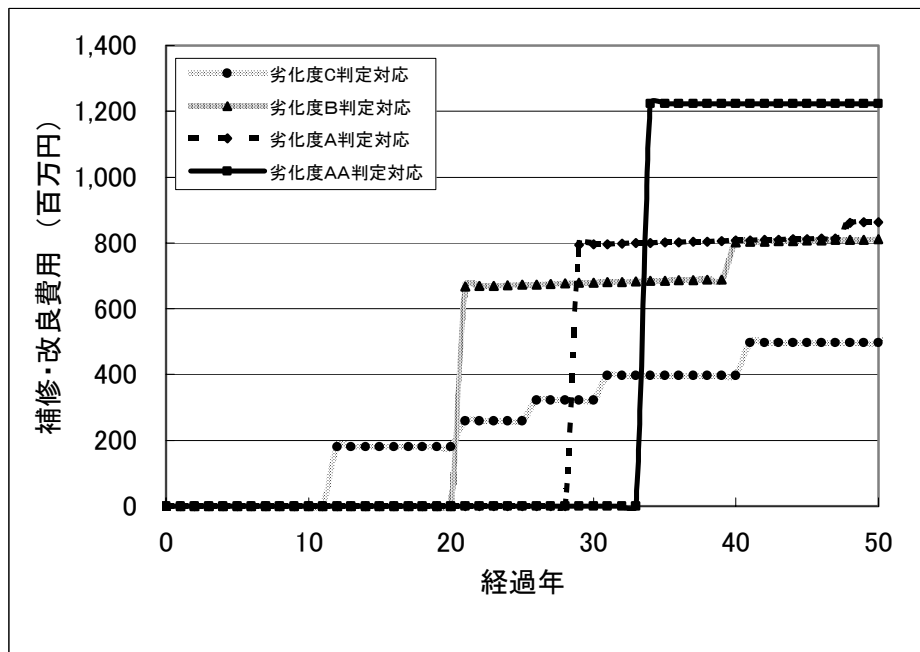
図 3-19 ケースⅡ-1

遷移確率=0.1における 構造性能曲線



構造性能指標

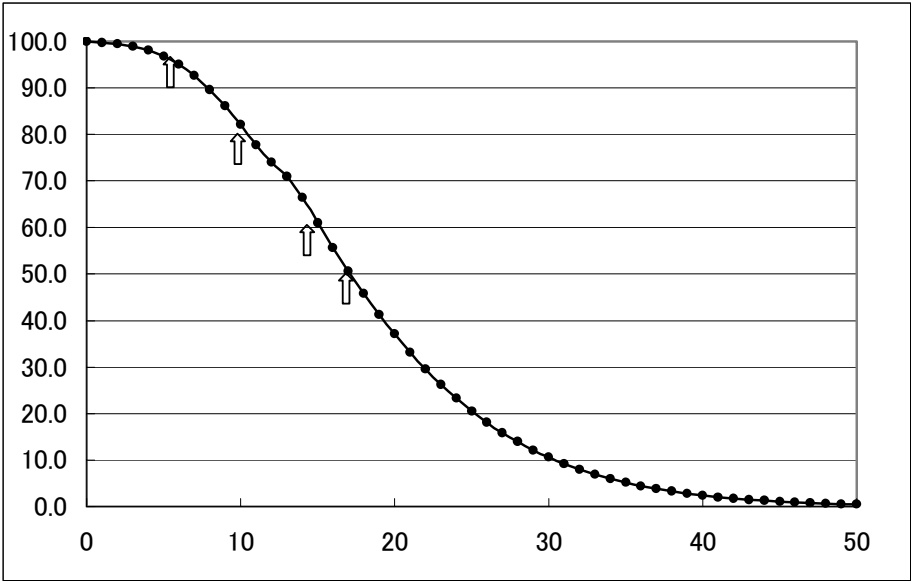
判定劣化度	性能指標値	到達年次
C	95	11年
B	80	21年
A	60	29年
AA	50	34年



対象施設	栈橋上部工+下部工
遷移確率	0.1
社会的割引率	0.02
①AAの場合には全体を撤去・新設	
②上部工 Aの場合 ケース1を選択	
③上部工 Bの場合 ケース3を選択	

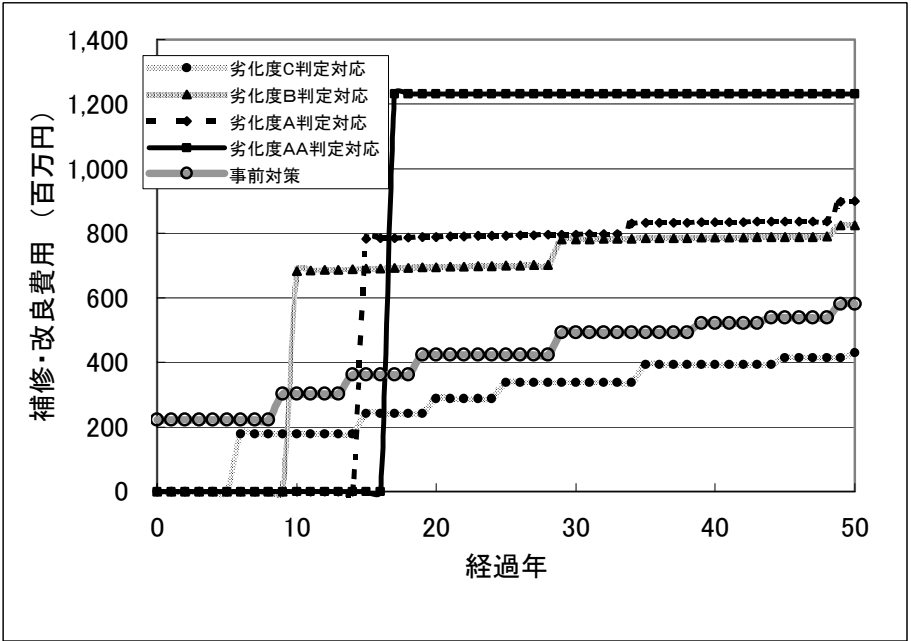
図 3-20 ケースⅡ-2

遷移確率=0.2における 構造性能曲線



構造性能指標

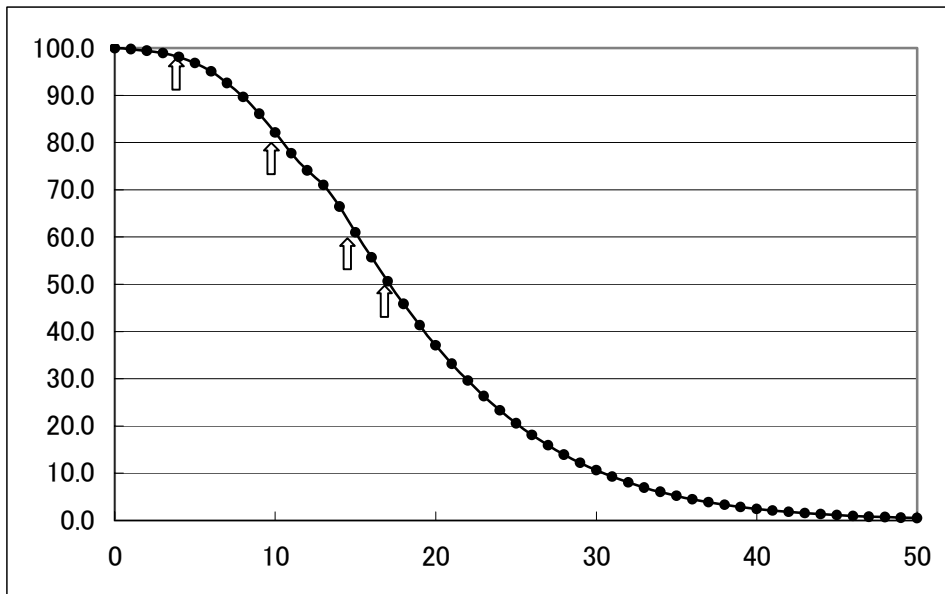
判定劣化度	性能指標値	到達年次
C	95	6年
B	80	10年
A	60	15年
AA	50	17年



対象施設	栈橋上部工+下部工
遷移確率	0.2
社会的割引率	0.04
①事前対策は ケース6+ケース9	
②AAの場合には全体を撤去・新設	
③上部工 Aの場合 ケース1を選択	
④上部工 Bの場合 ケース3を選択	

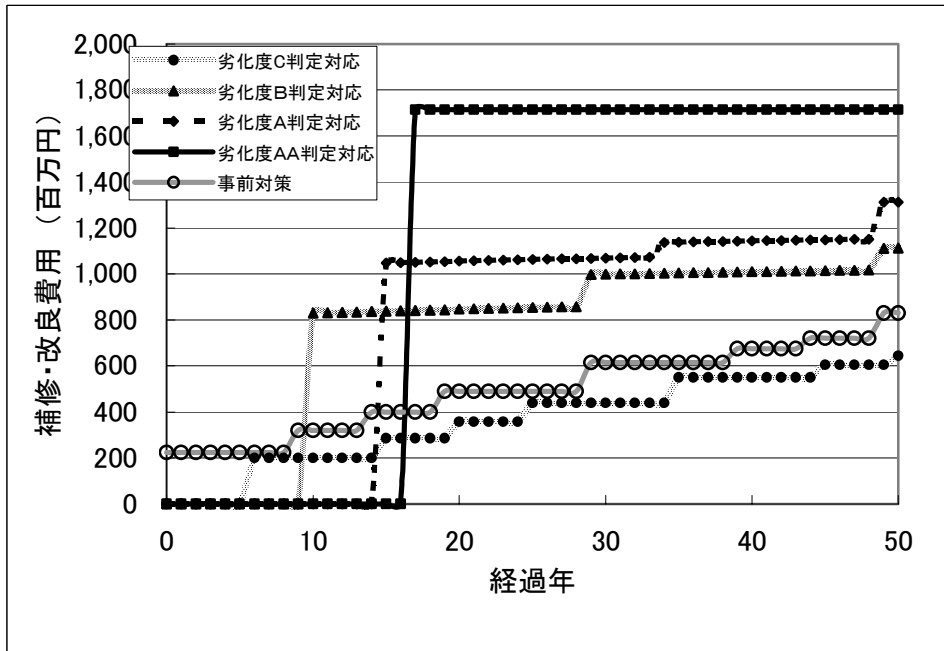
図 3-21 ケースⅡ-3

遷移確率=0.2における 構造性能曲線



構造性能指標

判定劣化度	性能指標値	到達年次
C	95	6年
B	80	10年
A	60	15年
AA	50	17年



対象施設	栈橋上部工+下部工
遷移確率	0.2
社会的割引率	0.02
①事前対策は	ケース6+ケース9
②AAの場合には全体を撤去・新設	
③上部工 Aの場合	ケース1を選択
④上部工 Bの場合	ケース3を選択

図 3-22 ケースⅡ-4

3.4 空間軸での優先度の設定法

3.3 では、維持補修・更新計画における時間軸での優先度を設定するための検討を実施した。ここでは、さらに空間軸での優先度の設定について検討する。

(1) 空間軸での考え方

空間軸での優先度の検討では、個々の港湾施設を対象とするのではなく港湾全体を、さらには地域全体を対象とすることが重要となる。言い替えれば、個別の港湾施設を有効活用するためには、港湾空間全体あるいは地域全体の中での各施設の役割や特性を踏まえたうえでの判断が重要である。

具体的なイメージを図 3-23、および図 3-24 に示す。従来での個別の施設単位での評価から港湾空間全体を、さらには個別港湾単位から地域全体を対象として比較評価を実施することが必要となる。その港湾空間全体を対象とした具体的な手法としては、表 3-3 に示すように個別施設ごとの様々な維持管理方策の組み合わせを設定し、複数の評価項目に基づくことにより最適な組み合わせを選択することが想定される。

(2) 評価のための定量化手法

表 3-3 で示したような空間軸での検討を実現するためには、それぞれの評価のための数量化が大きな課題となる。特に、異なる状況下、異なる場所、異なる施設を対象とした場合における相対的な評価数値の算定は容易ではない。

しかしながら、例えば道路関係 4 公団民営化推進委員会での様々な検討の中で、中村委員から提案された「新規および着工路線の相対的評価手法」（表 3-4 参照）、あるいは 2003 年度から示された「道路行政の業績計画書」等においてみられるように、評価のための定量化手法の実用化は著しく進展している。

したがって、これらの事例を参考にして港湾空間を対象とした空間軸での評価のための定量化手法を検討する。ただし、本研究では特定の地区における複数の係留施設を対象とする。

まずは、評価項目の選定が重要であり、その選定に際しては次の点に配慮することが必要である。

- ①現場の感覚、国民の実感にあった指標を構成する項目を選定する。
- ②全国的に同一精度を有する公開あるいは客観的データに基づく項目を選定する。

例えば、②の観点からは係留施設単位での取扱貨物量、寄港船舶隻数、寄港船舶総トン数、寄港船舶係留時間が挙げられる。

さらに、それぞれを外貿・内貿あるいは外航船と内航船に区分して設定することも考えられる。

次に、これらの評価項目値の基準化を行う。例えば、平均値を 100 として各施設の値を基準化することで、それぞれが平均よりもどの程度上位なのか、あるいは下位なのか明確になる。具体的な計算例を 4. に示す。また、単純な基準化のみでなく、偏差値とすることで評価項目間でのデータの分散状況を調整することが考えられる。

さらに、各評価項目での指標値の合計を算定することで、各施設の総合評価点に相当する値を得ることができる。ここでの合計値の算定に際しては、評価項目の特性に差異をつけるために重み度を設定することが重要である。例えば、評価項目として①、②、③があった場合に、重み度として①:②:③=3:2:1 のような設定が考えられる。表 3-4 では、各評価項目に応じた評点と重み度の設定し、総合評点の算定方法が示されている。

(3) 劣化度判定との一体的なマトリックス評価

何度も示しているように、現在の港湾 LCM での総合評価では A～D の 4 段階の設定を行っている。

今、対象としている係留施設に関しても、(2)での定量化により利用状況の観点からの相対的な段階評価を行うことが可能となる。例えば、港湾 LCM での総合評価に合わせて次のように整理することができる。

A：対象とする地区での利用度が相対的に非常に高い

B：対象とする地区での利用度が相対的に高い

C：対象とする地区での利用度が相対的に低い

D：対象とする地区での利用度が相対的に非常に低い

ここで、「非常に高い」、「高い」、「低い」、「非常に低い」という概念での区分は明確ではないことから、現実的には相対的な指標値あるいはそれを偏差値として処理した値に対しての閾値による区分が考えられる。

この劣化度での 4 段階区分、利用度での 4 段階区分を例えば図 3-25①～③で示すようにマトリックスで整理し、優先度を評価することが可能となる。ここで、優先度が最も高いレベルⅠから低いレベルⅦを設定している。具体的には図 3-25①～③で見られるように劣化度判定が A かつ利用度判定が A の施設が補修対象としての優先度が最も高いと判断される。図 3-25 では 3 パターンを示しているが、どのパターンが妥当であるか、あるいはこれ以外のパターンの設定については今後さらに検討する必要がある。

(4) 空間軸での優先度の設定法

以上をまとめると空間軸での優先度の設定法は次のよ

うに整理することができる。

①対象地区・対象施設の設定

②対象施設に応じた評価項目の選定

③各評価項目の指標値および総合評価点の算定

（総合評価点の算定に際しては，重み度の設定，偏差値化等を必要に応じて実施する。）

④総合評価点に応じた利用度判定の段階区分化

⑤対象施設全体に対して，劣化度判定と利用度判定の結果でのマトリックス評価結果に基づき，空間軸からの優先度の設定

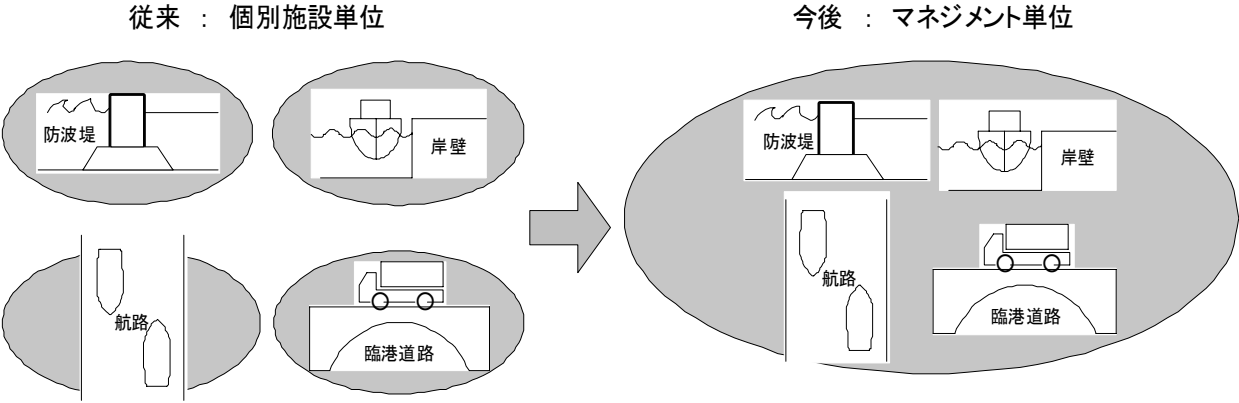


図 3-23 対象とする空間軸の考え方（港湾単位）

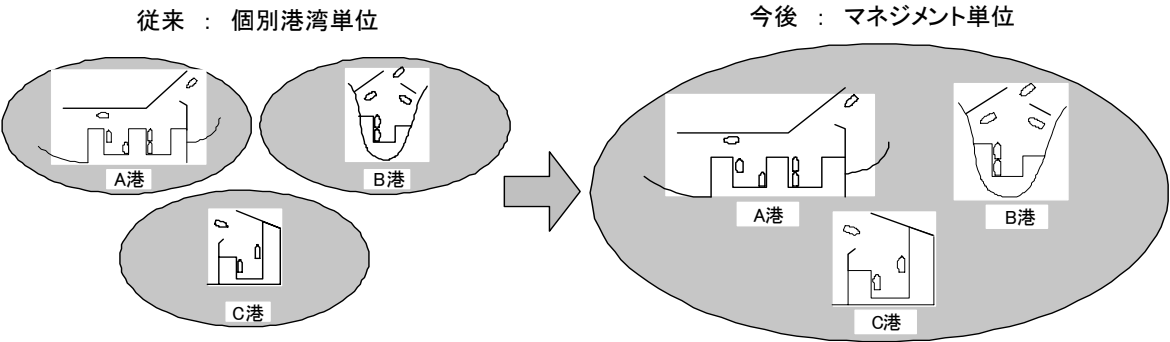


図 3-24 対象とする空間軸の考え方（港湾群単位）

表 3-3 空間軸での評価手法のイメージ

計画案		実施方策	便益	費用	環境影響		総合評価
計画案1	防波堤	A	15	20	0		△
	水域施設	B	6	10	5	.....	
	係留施設	C	9	5	2	.....	
	臨港道路	C	3	3	3	.....	
			33	38	10	.....	
計画案2	防波堤	C	3	4	0		◎
	水域施設	C	3	4	2	.....	
	係留施設	A	27	15	6	.....	
	臨港道路	A	15	15	15	.....	
			48	38	23	.....	
計画案3	防波堤						○
	水域施設	.....	.....	.....	.....	.....	
	係留施設	.....	.....	.....	.....	.....	
	臨港道路	.....	.....	.....	.....	.....	

実施方策	記号
改良工事(効用の向上を目的)	A
改良工事(効用の復旧・維持を目的)	B
維持工事	C

表 3-4 中村委員提案による評価手法

大項目	中項目	評価項目例	評点	重み
事業効率	社会的効率性	利用者便益／残事業費	X_1	W_1
採算性	建設費の回収	料金収入－管理費 建設費	X_2	W_2
外部効果	広域連携への効果	都市連携 空港・新幹線アクセス 高速バス	X_{31}	W_{31}
	住民生活や安全への効果	高度医療へのアクセス 異常気象時の輸送 国道閉鎖時の代替	X_{32}	W_{32}
	地域経済への効果	物流拠点アクセス 観光振興 工業開発	X_{33}	W_{33}
				総合評価点 = $\sum W_i X_i$

		劣化状況判定			
		A	B	C	D
利用状況判定	A	I	II	III	IV
	B	II	III	IV	V
	C	III	IV	V	VI
	D	IV	V	VI	VII

図 3-25① 劣化度判定と利用度判定のマトリックス評価法

		劣化状況判定			
		A	B	C	D
利用状況判定	A	I	II	II	III
	B	II	II	III	III
	C	II	III	III	IV
	D	III	III	IV	V

図 3-25② 劣化度判定と利用度判定のマトリックス評価法

		劣化状況判定			
		A	B	C	D
利用状況判定	A	I	II	III	IV
	B	II	II	III	IV
	C	III	III	III	IV
	D	IV	IV	IV	IV

図 3-25③ 劣化度判定と利用度判定のマトリックス評価法