

2-5 劣化予測方法

計画的な維持管理を行うためには、いつ、どの部材が、どの程度損傷するかを予測し、健全度を設定したうえで対策を検討する必要がある。そこで、将来、部材に生じる損傷を予測する劣化予測モデルを設定する。

2-5-1 劣化予測モデル（劣化曲線）の設定

各部材の劣化機構ごとに劣化曲線を設定する。劣化曲線の各健全度の滞留年数は、以下の文献に記載の劣化予測年数等を参考として設定する。劣化曲線は一次曲線の集合体とする。

防食機能の劣化（架設環境別）

「鋼橋のライフサイクルコスト」（社）日本橋梁建設協会

「道路橋の計画的管理に関する調査研究」 国土技術政策総合研究所資料 第523号 2009年3月

疲労（示方書別）

「道路橋床版」 松井繁之 森北出版

「道路橋の計画的管理に関する調査研究」 国土技術政策総合研究所資料 第523号 2009年3月

塩害（示方書別・海岸からの距離別）

「道路橋の計画的管理に関する調査研究」 国土技術政策総合研究所資料 第523号 2009年3月

中性化（架設環境別）

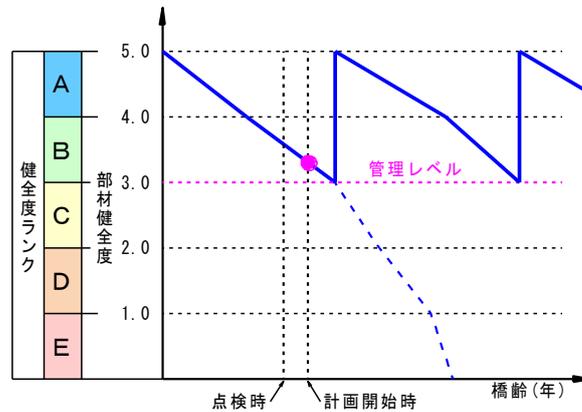
「コンクリート橋標準示方書[維持管理編]」（社）土木学会

「道路橋の計画的管理に関する調査研究」 国土技術政策総合研究所資料 第523号 2009年3月

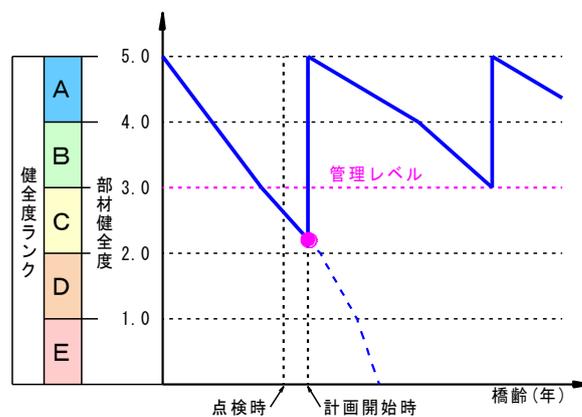
2-5-2 劣化予測方法

劣化予測の流れを以下に示す。

- ・各部材の劣化機構ごとに劣化曲線を設定する。
- ・管理レベルに到達した時に対策を実施する。



- ・計画開始点の健全度が管理レベルを下回っている場合は、この時点で対策を実施する。
- ・計画開始点の健全度が管理レベルを上回っている場合、管理レベルに到達した時に対策を実施する。



2-6 事業優先順位の設定

対策を行う施設の優先順位は、先に設定した「諸元重要度」と「健全度評価値（総合評価指標）」より設定する。

2-6-1 健全度評価の設定

点検結果に基づき、各部材の健全度ランク、各部材の重み係数を考慮して、橋梁全体の健全度（耐荷性、災害抵抗性、走行安全性）を算出する。

(1) 健全度の評点化

点検結果（Ⅰ～Ⅳ判定）を、A～Eの健全度ランクに当てはめ評点化を行う。

健全性の診断		健全度ランク		評点
Ⅰ	健全	A	潜伏期	0
Ⅱ	予防保全段階	B	進展期	10
Ⅲ	早期措置段階	C	加速期前期	20
		D	加速期後期	40
Ⅳ	緊急措置段階	E	劣化期	80

(2) 損傷度評価値の算出

国総研資料 第 776 号 付録 道路橋の総合評価指標を基に、評価性能（耐荷性、災害抵抗性、走行安全性）に応じて、部材が橋梁全体に与える影響を加味した重み係数を設定し、計算対象径間の損傷度評価値を算出する。

部材	重み係数		
	耐荷性	災害抵抗性	走行安全性
上部工主部材	1.0	0.4	0.2
床版	0.6	0.2	1.0
下部工	0.2	1.0	---
支承	0.2	0.8	0.2

（参考資料：国総研資料 第 776 号 付録 道路橋の総合評価指標）

耐荷性：走行荷重（重量車両）に対する安全性

災害抵抗性：地震時や洪水等の荷重に対する安全性

走行安全性：通常の車両の走行に対する安全性

損傷度が 100 を超える場合、損傷度評価値は 100 として取り扱う。

(3) 橋梁全体損傷度評価値の算出

各径間ごとに算出された損傷度評価値から、橋梁全体の損傷度評価値を算出する。
各径間の最大値を橋梁全体の損傷度評価値とし、評価性能ごとに設定する。

(4) 健全度評価値（総合評価指標）の算出

健全度評価値（総合評価指標）は、100 から損傷度評価値を引いて算出する。

各横断歩道橋の健全度評価値（総合評価指標）は、「耐荷性」、「災害抵抗性」、「走行安全性」の最悪値（最小値）とする。

(5) 損傷度評価指標の計算例

各部材の健全度

上部工：B (10) 床版：C (20) 下部工：C (20) 支承：A (0)

損傷度評価値（損傷度が100を超える場合は100として取り扱う。）

$$\text{耐荷性} = 10 \times 1.0 + 20 \times 0.6 + 20 \times 0.2 + 0 \times 0.2 = 26.0$$

$$\text{災害抵抗性} = 10 \times 0.4 + 20 \times 0.2 + 20 \times 1.0 + 0 \times 0.8 = 28.0$$

$$\text{走行安全性} = 10 \times 0.2 + 20 \times 1.0 + 20 \times 0.0 + 0 \times 0.2 = 22.0$$

各径間ごとの損傷度評価値

径間 \ 損傷度評価値	耐荷性	災害抵抗性	走行安全性
1 径間目	26.0	28.0	22.0
2 径間目	30.0	30.0	14.0



橋梁全体の損傷度評価値

損傷度評価値	耐荷性	災害抵抗性	走行安全性
	30.0	30.0	22.0



総合評価指標

総合評価指標 (100 - 損傷度評価値)	耐荷性	災害抵抗性	走行安全性
	70.0	70.0	78.0



健全度評価値（総合評価指標） = 70.0

2-6-2 優先順位の設定

優先順位の設定は、「重要度（諸元重要度）」と「健全性（総合評価指標）」の2軸で設定し、各指標を3つの区分に分類、9つのカテゴリに分類し、優先順位を設定する。

【優先順位設定指標】

		重要度（諸元重要度） (高 ← → 低)		
		100 ≧ 評価値 ≧ 60	60 > 評価値 ≧ 30	30 > 評価値
健全性 (総合評価指標) (低 ↑ ↓ 高)	評価値 < 30	1	3	4
	30 ≦ 評価値 < 60	2	5	8
	60 ≦ 評価値 ≦ 100	6	7	9

※ 同順位内に、複数の橋梁が存在する場合は、優先係数（重要度/健全性）の大きい順で優先順位を設定する。

(注意事項)

- ・上記の優先順位設定指標は、以下の方針で設定されたものである。
- ・重要度が高く、維持管理水準も高くなるA橋梁（緊急輸送路上の橋梁等の予防保全型維持管理1に属する橋梁）で構成される諸元重要度60以上の範囲の優先度を高く設定する。
- ・30以上60未満の範囲はB橋梁（A橋梁を除く、迂回路がない橋梁や橋長10m以上の橋梁などで、予防保全型維持管理2に属する橋梁）が主体となるため、優先順位を中位と設定する。
- ・諸元重要度30未満は、維持管理水準の低いC橋梁（A及びB橋梁以外で、事後保全型維持管理に属する橋梁）が主体となるため、優先度を低く設定する。

2-7 事業費の予測

2-7-1 計画期間

事業費予測の計画期間は、50年間とする。

ここで、定期点検のサイクルは5年に一度とする。

2-7-2 事業費の設定

(1) 維持管理に係る事業費

- 維持管理に係る事業費は、次式により算出する。
(修繕費では、主部材は劣化予測に基づく補修費用を計上することとし、支承、伸縮装置、橋面工（舗装、高欄）は定期取替えとして補修費用を計上する。)

$$\text{維持管理費} = \text{修繕費} + \text{定期点検費} (+ \text{架替費})$$

(2) 補修工法及び単価

- 補修工法は、部材ごと、健全度ランクごとに設定する。
- 補修単価は、いわき市での施工実績を参考とした単価とする。
- 定期点検費は、いわき市での点検実績を参考に 400 千円/橋 とする。(5年に一度計上。)

《補修工法設定例：防食機能の劣化》

健全度	工法	単価 (千円/m ²)	補修範囲	補修割合
A	—	—	—	—
B	3種ケレン	3	塗装面積	0.2
	ふっ素樹脂塗料	4	塗装面積	0.2
C	足場工	20	橋面積	1.0
	3種ケレン	3	塗装面積	1.0
	ふっ素樹脂塗料	4	塗装面積	1.0
D	足場工	20	橋面積	1.0
	3種ケレン	3	塗装面積	1.0
	ふっ素樹脂塗料	4	塗装面積	1.0
	当て板補強	240	塗装面積	0.01
E	足場工	20	橋面積	1.0
	3種ケレン	3	塗装面積	1.0
	ふっ素樹脂塗料	4	塗装面積	1.0
	当て板補強	240	塗装面積	0.05
	足場工	20	橋面積	1.0

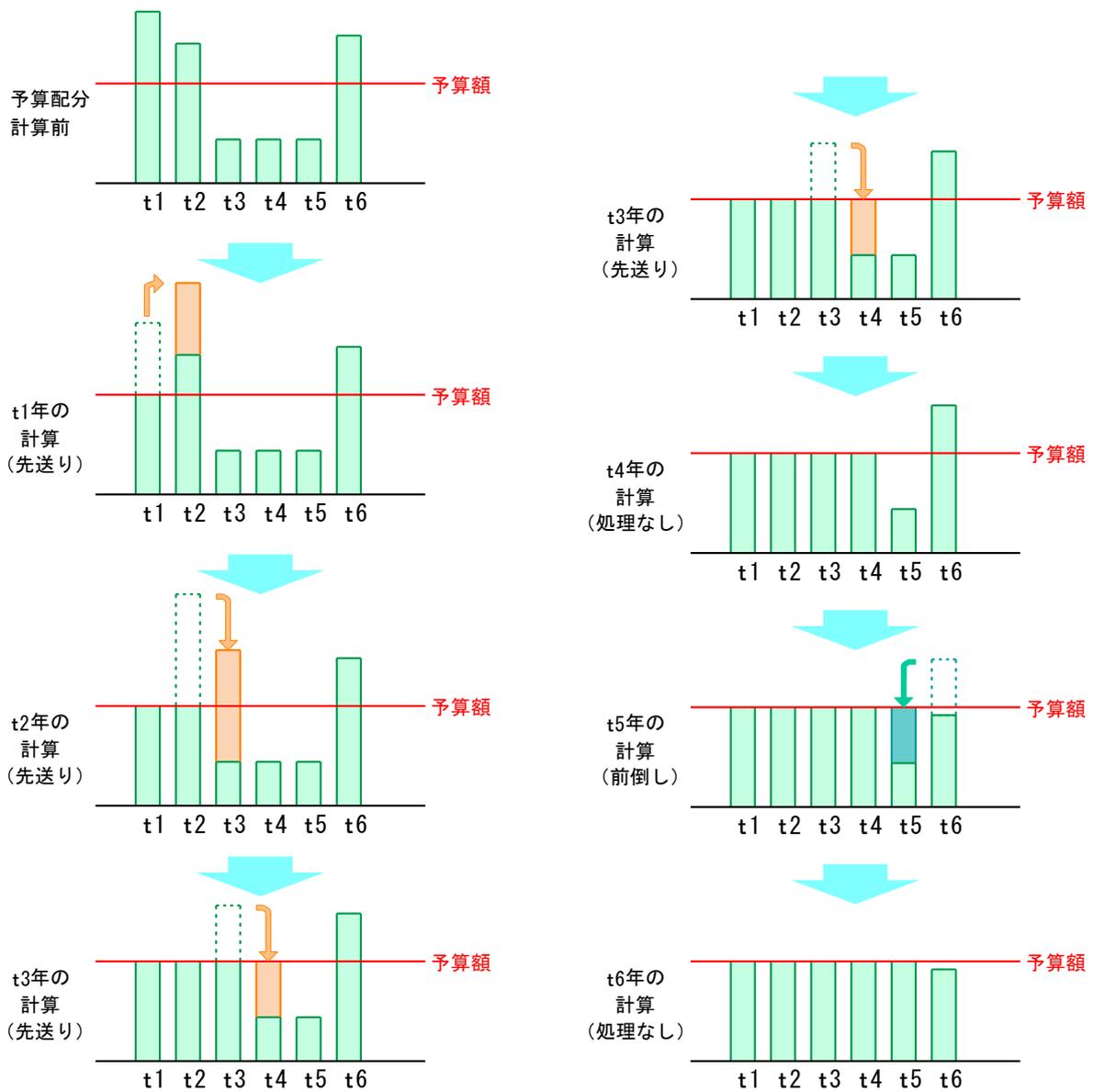
(3) 修繕費の算出

- 修繕費は、部材、補修範囲、補修割合等でそれぞれ異なりますので、設定された補修工法別に次式により算出する。

$$\text{修繕費} = \text{補修単価} \times \text{補修範囲数量} \times \text{補修割合}$$

2-8 事業費平準化の考え方

事業費の平準化（予算制約）を行う方法は、計算年の対策費用の総額が予算額を超過する場合、優先順位の高い橋梁順に対策を決定し、検討年度の事業費を決定する。逆に、計算年の予算が余剰する場合は、次年度以降に予定されている対策で、計算対象年の予算額に収まるものを前倒しして対策を決定し、検討年度の事業費を決定する。



予算平準化イメージ図

2-9 長寿命化修繕計画の効果

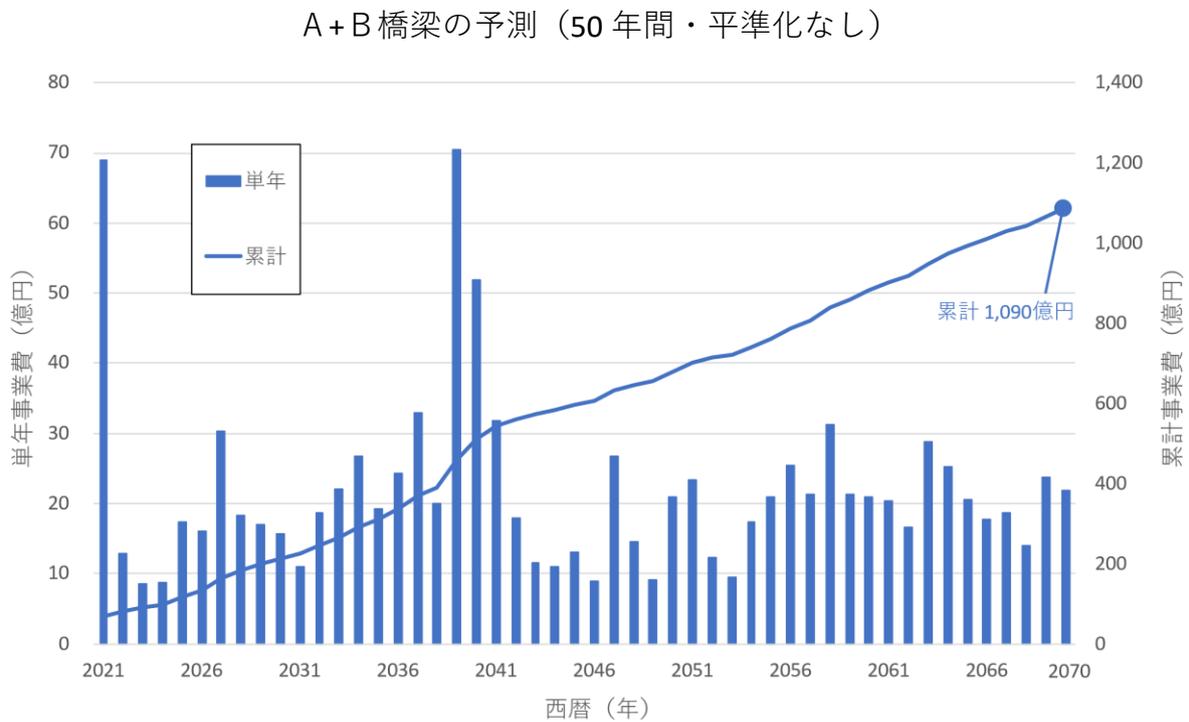
2-9-1 事業費予測結果（予防保全型）

(1) 予算平準化前の事業費予測

橋梁の予防保全型維持管理（A橋梁、B橋梁）の事業費予測結果（予算平準化前）を以下のグラフに示す。

本グラフは予防保全型の単年事業費と累計事業費の推移を示したものである。劣化予測に基づき将来事業費を算出しているため、年度ごとで必要となる事業費は、10億～70億円程度とバラつきが生じ、計画期間（50年間）の事業費は合計1,090億円となる。

実際に維持管理を行う事業費は限られていることから、本計画をより実効性のあるものとしていくために予算制約を設け、事業費の平準化を行う。

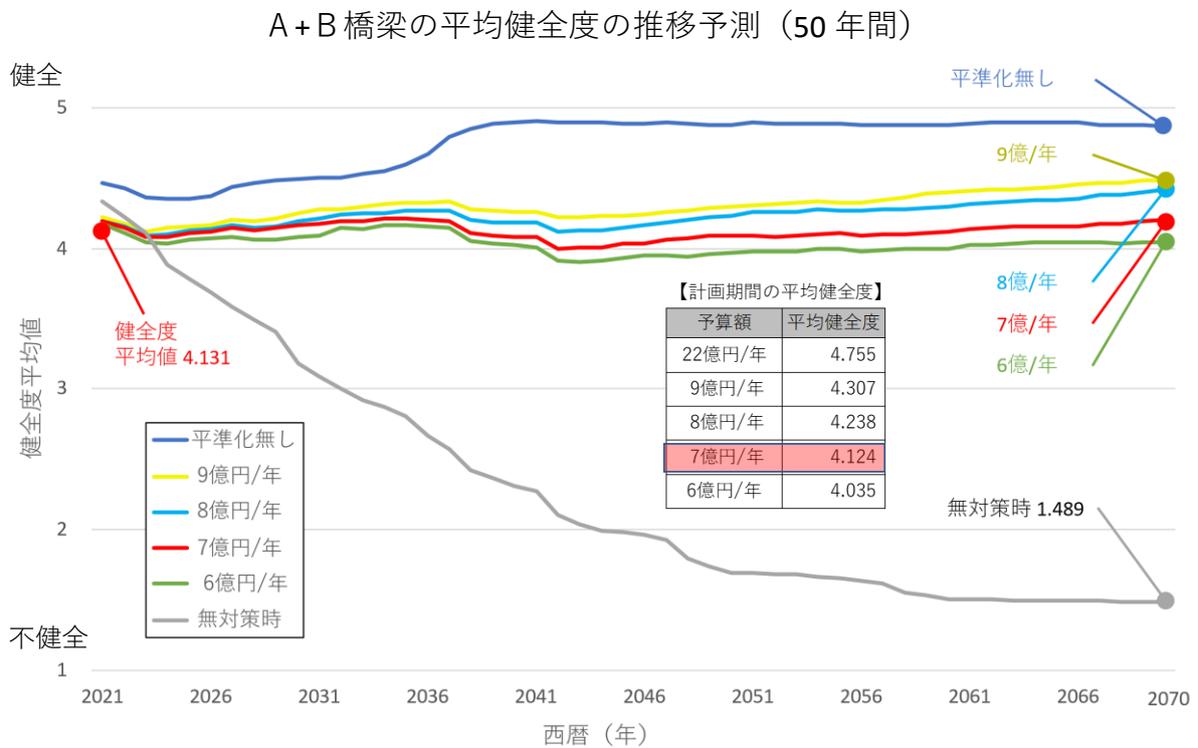


(2) 事業費制約検討結果

橋梁の維持管理において、予算制約を設けて事業費の平準化を行った場合、全体的な健全性の低下が懸念される。このため、予算の制約は計画期間の平均健全度が現時点より低下傾向が生じない額にて設定する。

複数パターンの予算で検討した結果、年間予算 7 億円とした場合に健全度が、ほぼ横ばいに維持できる結果（対策前健全度 4.131 → 計画期間の平均健全度 4.124）となる。なお、年間予算を 6 億円で減じた場合、健全度は徐々に低下することが確認された。

事業費 7 億円/年として、事業費の平準化を行うこととする。



2-9-2 事業費予測結果（事後保全型）

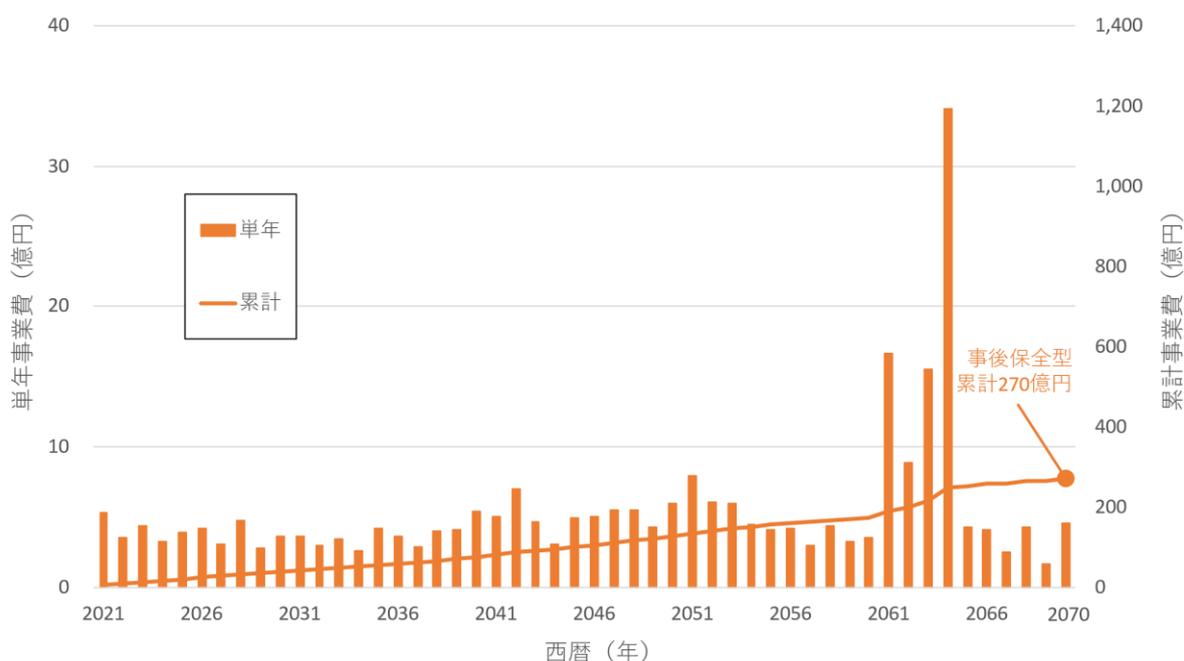
(1) 予算平準化前の事業費予測

事後保全型維持管理（C橋梁）の事業費予測結果（予算平準化前）を以下のグラフに示す。

本グラフは事後保全型の単年事業費と累計事業費の推移を示したものである。劣化予測に基づき将来事業費を算出しているため、年度ごとに必要となる事業費は、2億～35億円程度とバラつきが生じ、計画期間（50年間）の事業費は合計270億円となる。

実際に維持管理を行う事業費は限られていることから、本計画をより実効性のあるものとしていくために予算制約を設け、事業費の平準化を行う。

C橋梁の予測（50年間・平準化なし）

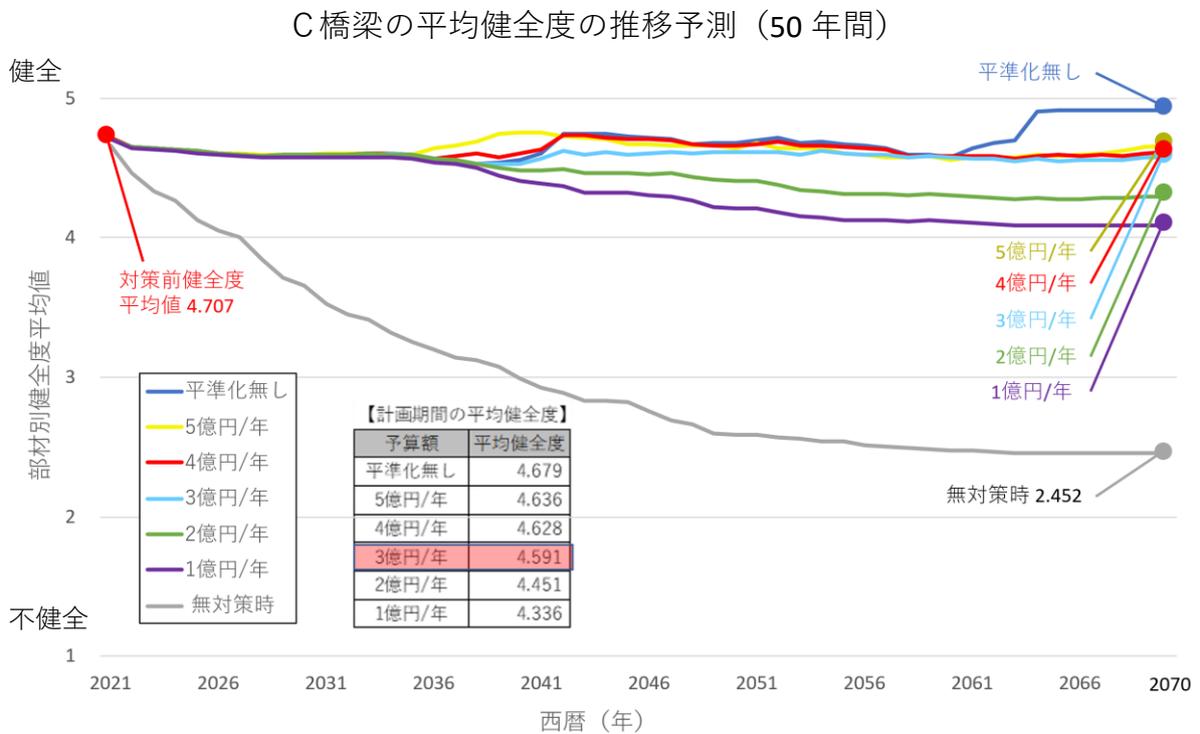


(2) 事業費制約検討結果

橋梁の維持管理において、予算制約を設けて事業費の平準化を行った場合、全体的な健全性の低下が懸念される。このため、予算の制約は計画期間の平均健全度が現時点より低下傾向が生じない額にて設定する。

複数パターンの予算で検討した結果、年間予算 3～5 億円とした場合の平均健全度に大きな差はなく、年間予算 3 億円でも、ほぼ横ばいに維持できる結果（対策前健全度 4.707 → 計画期間の平均健全度 4.591）となる。なお、年間予算を 2 億円に減じた場合、健全度は徐々に低下することが確認された。

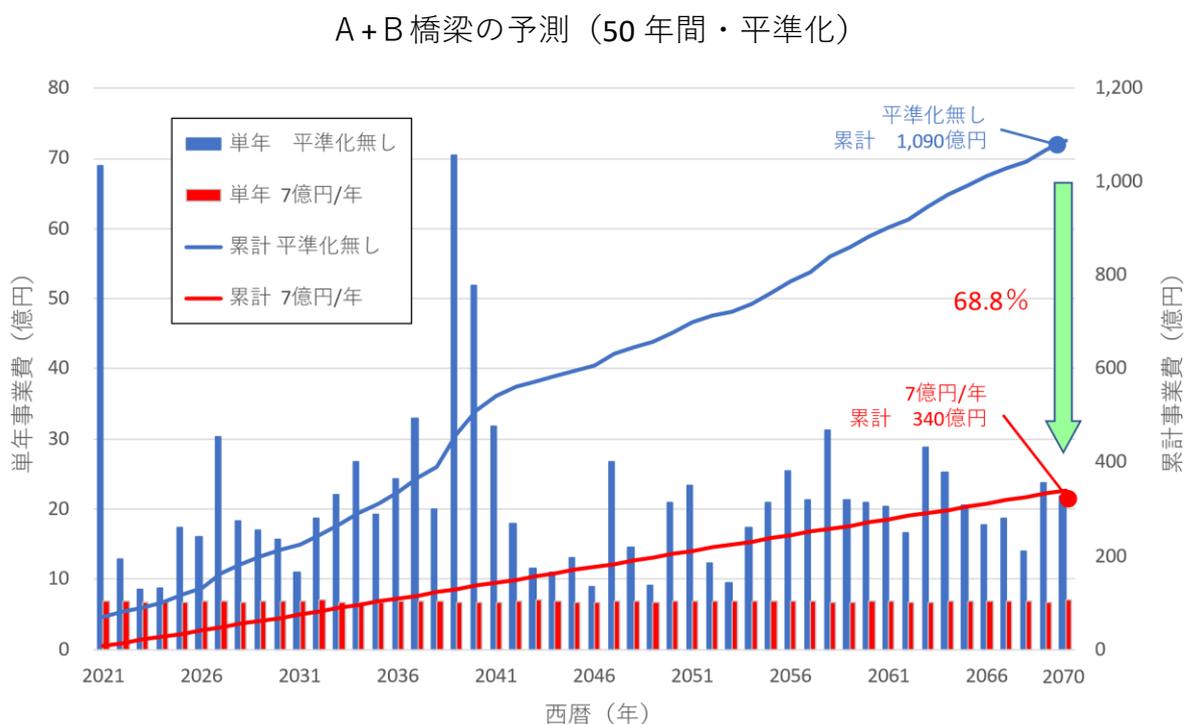
事業費 3 億円/年として、事業費の平準化を行うこととする。



2-9-3 長寿命化修繕計画の効果

(1) 予防保全型維持管理

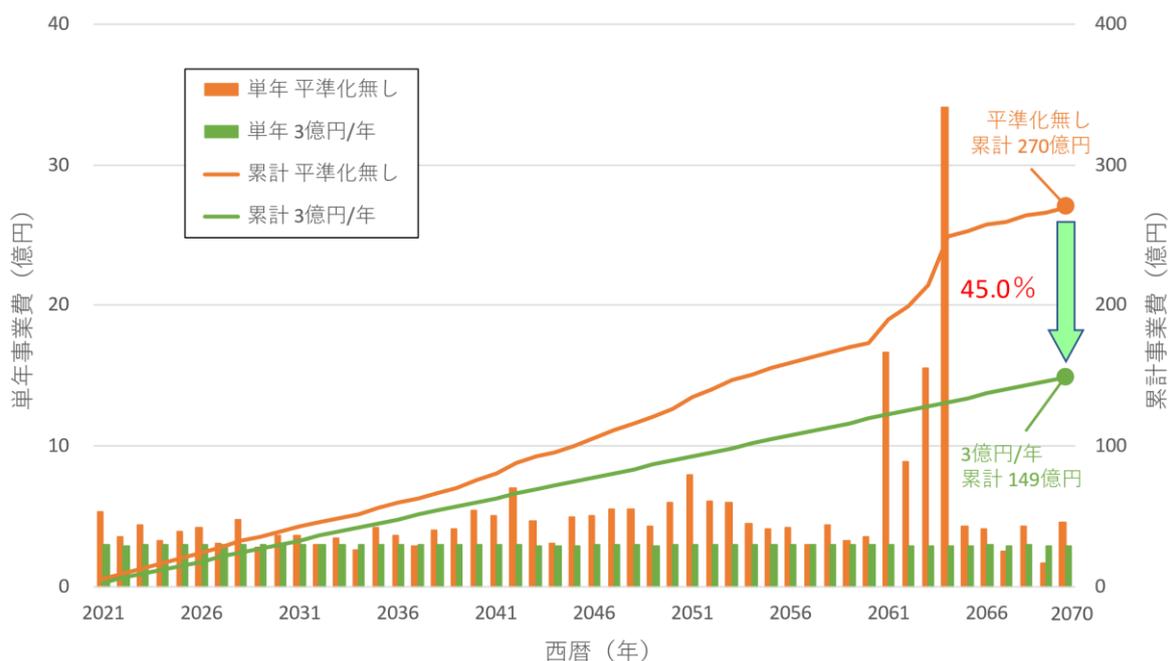
予防保全型維持管理における「年間費用制約 無し」と「制約 7 億円/年」の単年事業費推移及び累計事業費の予測結果を以下のグラフに示す。制約 7 億円/年として計画的に維持管理を行うことで、現状と同程度の健全度を維持することができ、計画期間 50 年間の累計で 68.8%の事業費縮減が見込める。



(2) 事後保全型維持管理

事後保全型維持管理における「年間費用制約 無し」と「制約 3 億円/年」の単年事業費推移及び累計事業費の予測結果を以下のグラフに示す。制約 3 億円/年として計画的に維持管理を行うことで、現状と同程度の健全度を維持することができ、計画期間 50 年間の累計で 45.0%の事業費縮減が見込める。

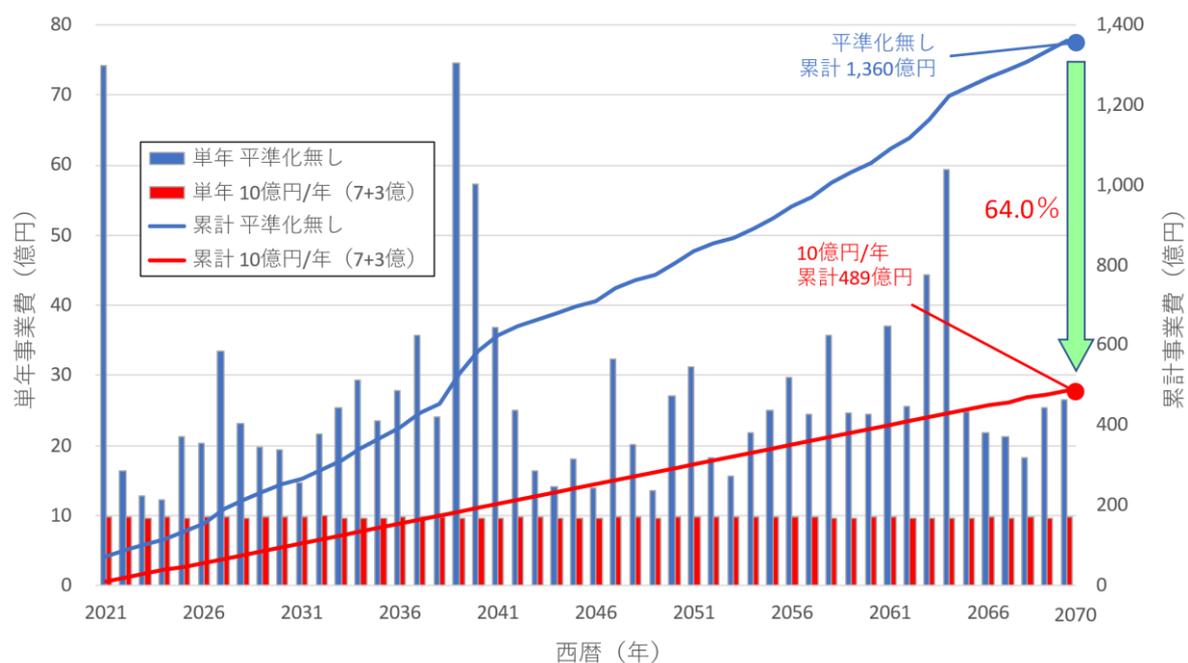
C 橋梁の予測 (50 年間・平準化)



(3) 橋梁全事業費

橋梁全体の「年間費用制約 無し」と「制約有り（予防 7 億円/年＋事後 3 億円/年）」の単年事業費推移及び累計事業費の予測結果を以下のグラフに示す。制約を設けて計画的に維持管理を行うことで、現状と同程度の健全度を維持することができ、計画期間 50 年間の累計で 64.0% の事業費縮減が見込める。

橋梁全体の予測まとめ（50 年間・平準化）



2-10 修繕実施の優先順位

事業を行うにあたり、橋梁の優先順位（案）を算出した。

各橋の順位は「§8. 事業優先順位一覧」を参照。

優先順位の設定には、優先順位設定指標を用いる。

【優先順位設定指標】

		重要度（諸元重要度） （高 ← → 低）		
		100 ≥ 評価値 ≥ 60	60 > 評価値 ≥ 30	30 > 評価値
健全性 （総合評価指標） ↑（低） ↓（高）	評価値 < 30	1	3	4
	30 ≤ 評価値 < 60	2	5	8
	60 ≤ 評価値 ≤ 100	6	7	9

※ 同順位内に、複数の橋梁が存在する場合は、優先係数（重要度/健全性）の大きい順で優先順位を設定する。