



橋梁長寿命化修繕計画策定について

(株)宇部建設コンサルタント 徳原 裕輝

はじめに、

高度成長期以降、集中的に整備されたインフラが50年以上を経過し、一斉に更新時期を迎える。

全国の橋梁数(2m以上)は70万橋あり、その16%は50年以上を経過している。

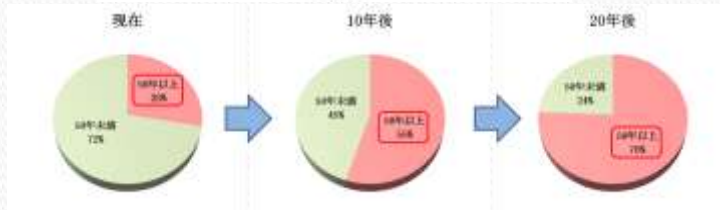
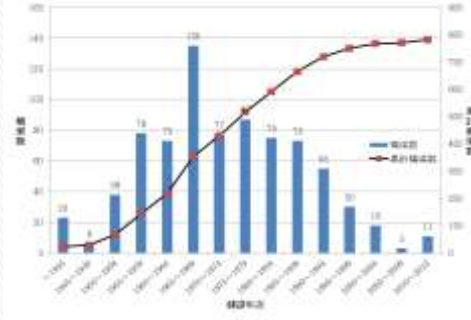
70万橋のうち68%は市区町村の橋梁である。

道路管理者別ごとの施設数



橋梁保有数は800橋であり、高度成長期(1955年～1973年)に建設された橋梁は360橋である。

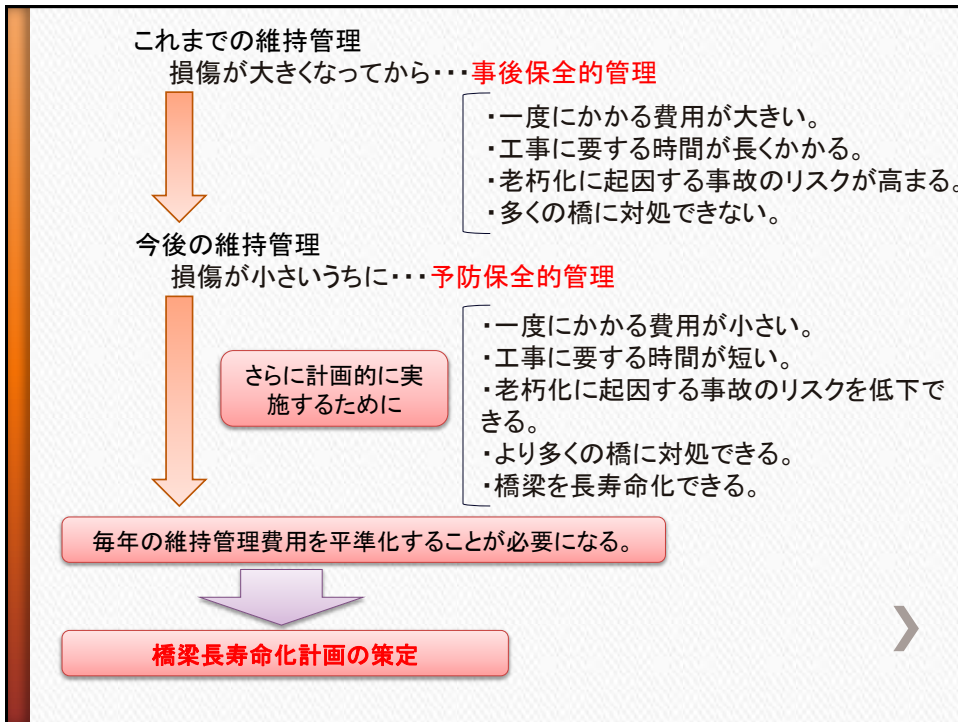
50年以上を経過した橋の割合は28%であり、今後20年間で76%まで上昇する。



橋梁の施工品質が橋梁の寿命を大きく左右する。
 ⇒建設時の品質が悪ければ、橋梁の寿命は小さくなる。



補修や架け替え対象となる橋梁がさらに増加する。



- 橋梁長寿命化シナリオの内容
- 1.計画対象橋梁の抽出・設定
 - 2.最新点検結果の検索・情報の設定
 - 3.最新計測時点の設定
 - 4.補修計画作成フロー
 - 5.計画基準年度の架け替え判定
 - 6.計画基準年度の橋単位健全度の算出
 - 7.計画基準年度の補修判定
 - 8.計画基準年度における総合重要度の算出
 - 9.計画基準年度の補修対象橋梁の選定
 - 10.計画基準年度以降の補修計画の計算
 - 11.長寿命化修繕計画による事業費
-

1. 計算対象橋梁の抽出・設定

→架設年、橋長、塩害環境等の計算に必要なデータを設定する。

上部工形式により、下記の4種の簡易橋種に分類する。

- ・ 「鋼橋」
- ・ 「RC橋」
- ・ 「PC橋」
- ・ 「その他、不明」

※ 「その他、不明」は計算の対象外とする。



1. 計画対象橋梁の抽出・設定

一つの橋梁が径間毎に複数の橋種を持つ場合

→**径間長合計が最も長い橋種**を当該橋梁の簡易橋種とする。

径間長合計が同じ場合には、**鋼橋>RC橋>PC橋**の順に採用する。

[例]

	径間数	支間割 (m)	径間単位橋種区分	橋単位橋種区分
例1	3	20+30+20	PC橋+鋼橋+PC橋	PC橋
例2	3	15+45+15	PC橋+鋼橋+PC橋	鋼橋
例3	3	15+30+15	PC橋+鋼橋+PC橋	鋼橋



2. 最新点検結果の検索・情報の設定

→計画基準年度から過去において、各橋梁の**最新の点検結果**を検索し、点検種別、点検年度、橋単位健全度を設定する。

点検区分	現場作業
職員点検	はしご・長靴を使用して桁下へアクセスし、近接目視による点検を行う。
委託B点検	はしご・胴長・ポート・リフト車・橋梁点検車等の機材を用い近接目視およびたたき点検を行う。
委託A点検	全ての径間、部材で近接目視を行う。点検方法は「国土交通省点検要領（案）」に基づいて行う。

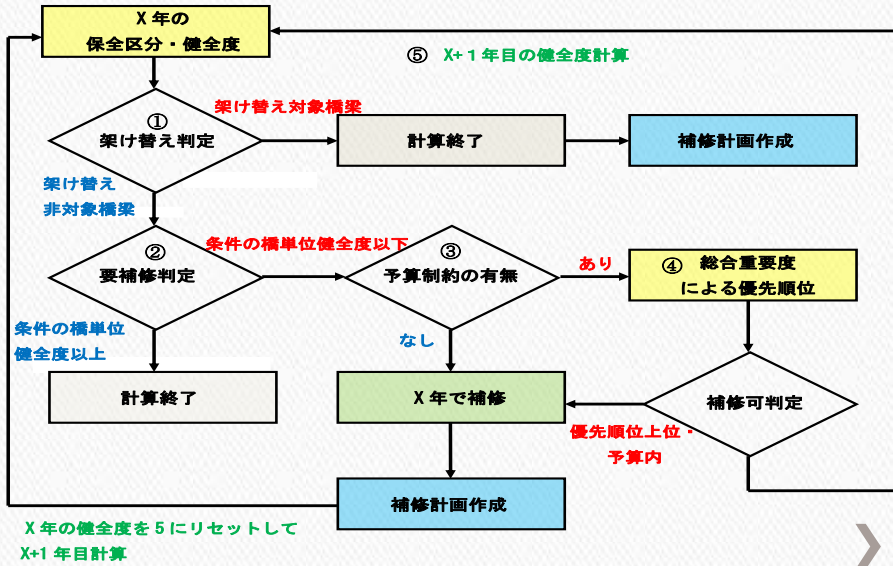


3. 最新計測時点の設定

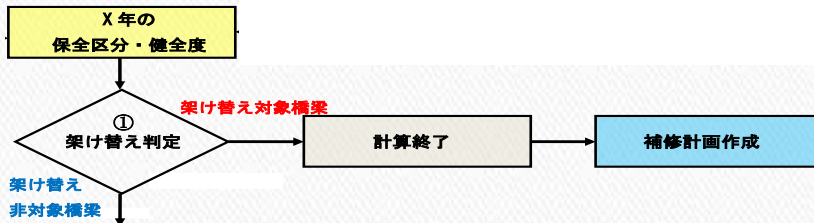
→各橋梁の各部材区分について、最新点検結果の点検年度、健全度を最新計測時点の年度、健全度として設定する。



4. 補修計画作成フロー

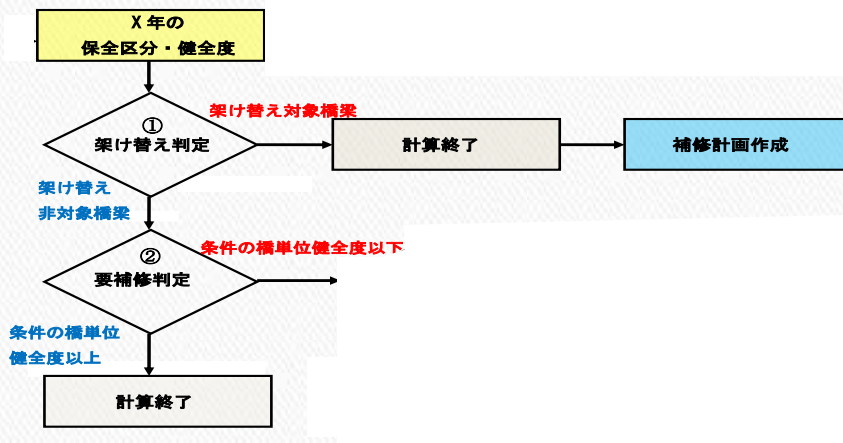


4. 補修計画作成フロー



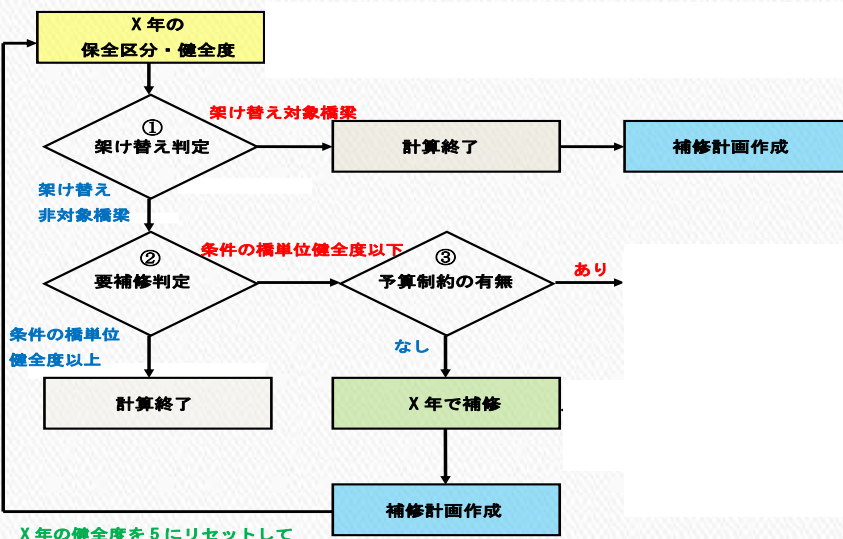
①架替え判定・・・橋梁別の設定寿命、橋単位健全度により架け替え判定を行う。

4. 補修計画作成フロー



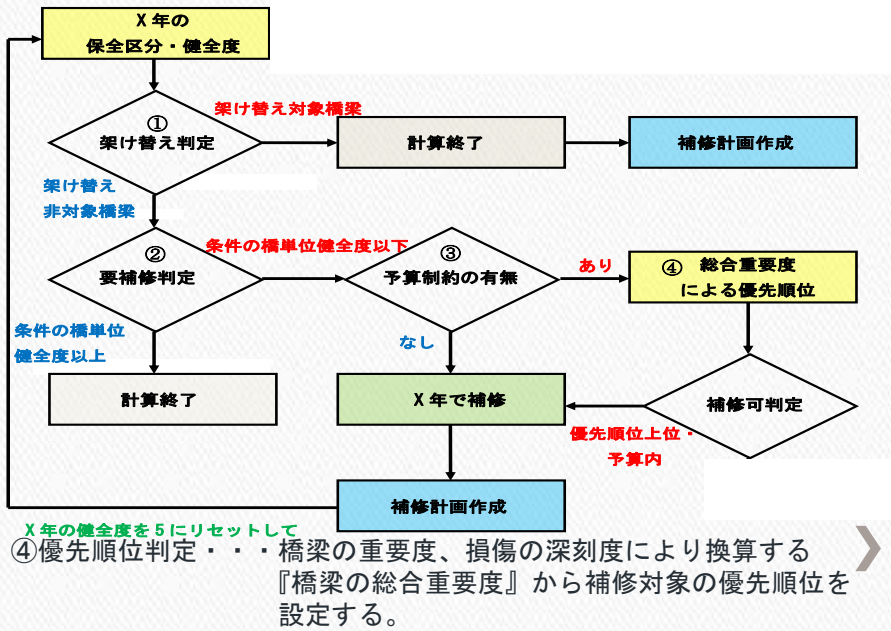
②補修要否判定・・・補修シナリオで設定した条件により補修判定を行う。

4. 補修計画作成フロー

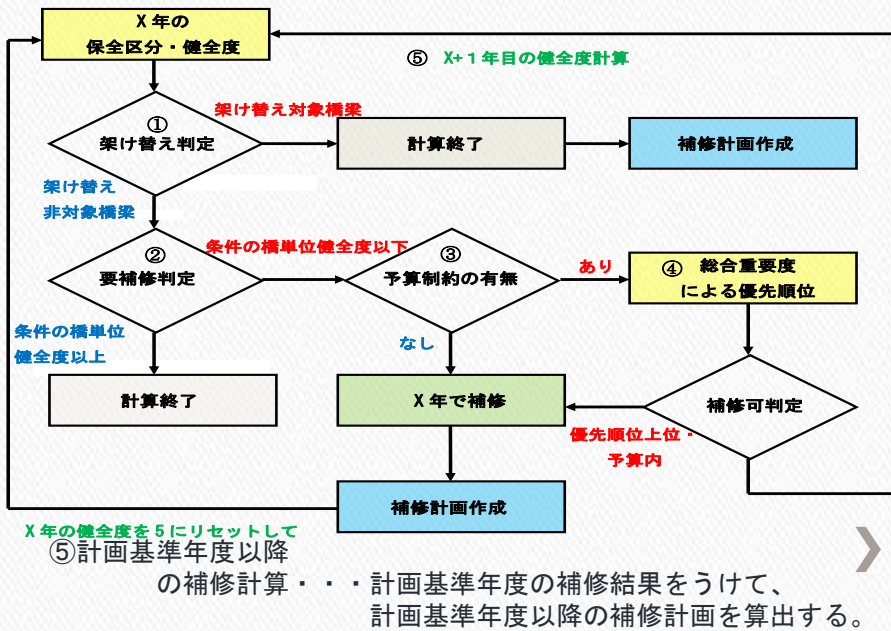


③予算制約の有無設定・・・予算の制約を設ける場合は、予算の平準化を図るため各年度の予算を設定する。

4. 補修計画作成フロー



4. 補修計画作成フロー



5. 計画基準年度の架替え設定

橋梁の架替えは下記の早い方で実施する計画とする。

- ① 橋種別の**設定寿命**に達したとき（架設年からの年数）
- ② 点検時（点検年度）の橋単位健全度からの劣化予測により
橋単位健全度が**0を下回った**とき

※事業計画で架替え計画がある橋梁は、個別に検討する。

健全度が0を下回ったら架替え

【健全度】



健全

劣化



5.1 橋種別の設定寿命による架け替え判定

橋種	塩害環境	寿命
鋼橋	—	60年
RC橋	塩害環境	40年
	通常環境	90年
PC橋	塩害環境	50年
	通常環境	100年

※寿命経過までに橋単位健全度が2を下回ったら、寿命延長しない。

寿命延長期間中に健全度が2を下回っても、寿命延長の中断は行われない。

[例]

橋種：RC橋、環境：通常環境、計画基準年度：2014年度の場合

○架設年度が1924年度の場合、 $1924+90=2014$ 年

→計画基準年度で架替える。

○架設年度が1925年度の場合、 $1925+90=2015$ 年

→計画基準年度では架替えしない。

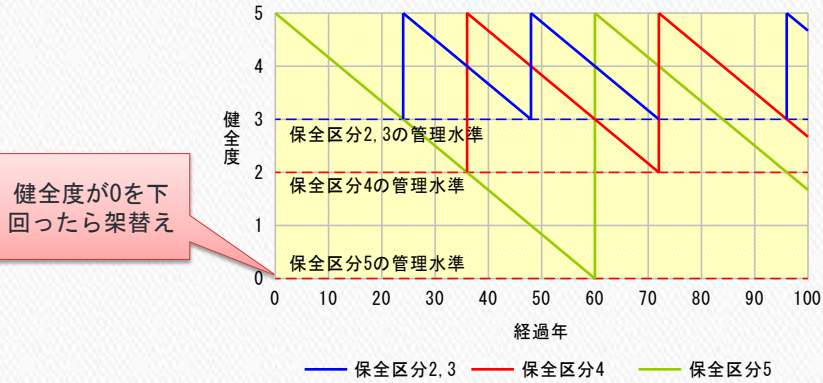
○架設年度が1925年度、橋単位健全度が0を下回っていた場合、

→計画基準年度で架替える。



5.2 健全度の劣化予測による架替え・補修判定

→点検時（点検年度）の橋単位健全度からの劣化予測により
架替え・補修の判定を行う。



年数が経過するにつれ、健全度が低下していくものと、
健全度の低下を劣化予測する。

5.3 架替え工事費

架替え工事費は架替え対象橋梁のトータルコストを算出するために必要である。
架替え工事費は現況橋梁の橋面積に架替え後の構造別単価を乗じて算出する。

$$\text{架け替えの工事費} = \text{橋面積} \times \text{工法単価}$$

ここで、橋面積；現況橋梁の橋面積（m²）

工法単価；架替え後の構造別単価（円/m²）

市町村では、5m以下の短い橋梁の割合が高い。（67%）

短い橋梁を架替える場合、架替え後の構造形式として経済的に有利であるボックスカルバート形式による架替えを考慮に入れて検討する。

工 法	構 造 型 式	工法単価（円/m ² ）
架 替 え	橋梁（跨線橋を除く）	500,000
	ボックスカルバート	400,000
	跨線橋	700,000

※跨線橋は一般的な橋梁と工事費が異なるため、別途工事費を設定する。

6. 計画基準年度の橋単位健全度の算出

→計画基準年度における橋梁単位の健全度を算出する。

健全度評価は径間・損傷状況ごとに行う。橋種別の損傷状況の組合せにより、橋梁単位の健全度とする。

6.1 点検年度の橋単位健全度の算出

- (1) 径間別損傷状況毎に点数を設定する。
- (2) 損傷状況ごとに重みを設定する。
- (3) 径間ごとに、損傷状況ごとの点数に重みを乗じて合計する。

径間単位健全点＝

$$\Sigma (\text{損傷状況毎の点数} \times \text{損傷状況ごとの重み}) / \Sigma (\text{損傷状況ごとの重み})$$

- (4) 径間単位で評価した最小点（最悪値）を、当該橋梁の橋単位健全点とする。

橋単位最小点＝minimum（径間単位健全点）

- (5) 橋単位健全点（100点満点）に、健全度（5）を乗じて、点検年度の橋単位健全度とする。

$$\text{橋単位健全度} = 5 \times \text{橋単位健全点} / 100$$



【橋単位健全度の算出 計算例】

5径間ある橋の1径間目が

「上部構造－鋼－主桁」の「腐食、塗装劣化、防食機能の劣化」→「a→100」
「上部構造－鋼－横桁・鋼床版」の「ボルトの腐食、ゆるみ、脱落」→「c→20」
「上部構造－伸縮装置」の「変形、破損、遊間異常」→「b→60」、
「支承部」の「沓座モルタルのひびわれ、欠損」→「a→100」の場合

1. 径間単位損傷点を算出する。

$$(5 \times 100 + 5 \times 20 + 2 \times 60 + 4 \times 100) / (5 + 5 + 2 + 4) = 70$$

2. 径間単位の最小点を当該橋梁の橋単位健全点とする。

1径間目が最小点であったため、橋単位最小点＝70

3. 橋単位健全点に、5を乗じて、点検年度の橋単位健全度を算出する。

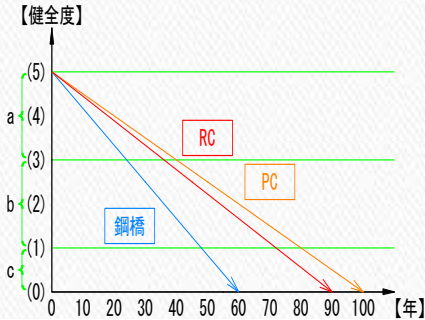
$$5 \times 70 / 100 = 3.5$$

対象橋梁の
健全度



6.2 計画基準年度の橋単位健全度の算出

→計画基準年度の橋単位健全度は、点検年度の健全度より以下の劣化予測式を用いて算出する。



n年の橋単位健全度
 =最新の橋単位健全度+Yn
 $Yn = \alpha \times (n-m)$
 Yn: m年からn年の間の
 橋単位健全度の劣化量
 α : 劣化予測係数 (パラメータ)
 n: 計画基準年度
 m: 点検年度

橋種	α ; パラメータ	パラメータの算出
通常環境		
鋼橋	-0.083	$\alpha = 5/60$
RC橋	-0.056	$\alpha = 5/90$
PC橋	-0.050	$\alpha = 5/100$

→ 橋梁の寿命年数が経過した時に健全度が0になる。➤

7. 計画基準年度の補修判定

→保全区分および計画基準年度における橋単位健全度を補修シナリオで設定した条件と照合して補修要否を判定する。

橋梁の特性により5つの保全区分を設定する。

保全区分	特性	内容
保全区分1	長大橋	離島架橋 橋長500m以上の橋梁
保全区分2	特殊橋	斜張橋・吊り橋・トラス橋・アーチ橋等
保全区分3	優先的に保全する必要がある橋梁	緊急輸送道路 跨線橋・跨道橋
保全区分4	中規模橋梁	橋長5m以上の橋梁
保全区分5	小規模橋梁	橋長5m未満の橋梁



7. 計画基準年度の補修判定

保全区分ごとに補修シナリオを設定する。

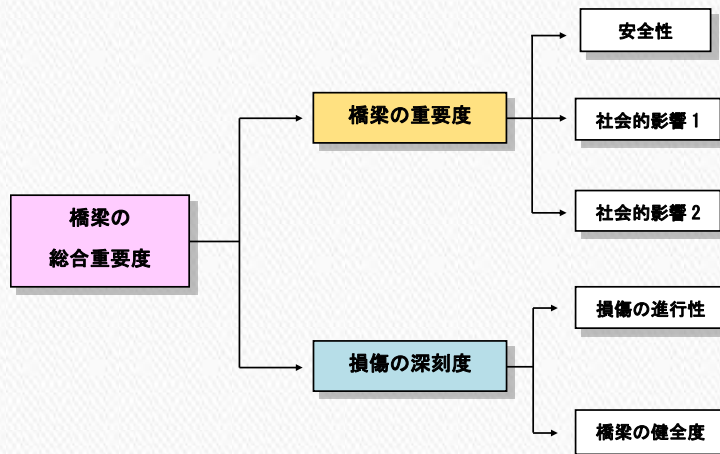
保全区分	特性	補修シナリオ
保全区分1	長大橋	個別に補修計画を作成する
保全区分2	特殊橋	橋単位健全度が3を下回った時点で補修する
保全区分3	優先的に保全する必要がある橋梁	橋単位健全度が3を下回った時点で補修する
保全区分4	中規模橋梁	橋単位健全度が2を下回った時点で補修する
保全区分5	小規模橋梁	橋単位健全度が0を下回った時点で補修する

※健全度が0を下回った場合は、架け替えを優先する。



8. 計画基準年度における総合重要度の算出

→橋梁の重要度、損傷の深刻度によって橋梁の総合重要度を算出し、補修が必要な橋梁の優先度の評価を行う。



8.1 橋梁重要度の算出

→安全性の重み、社会的影響1の重み、社会的影響2の重みを設定し、それぞれの配分係数により橋梁の重要度に換算する。

安全性

交差区分	重み
鉄道・高速道路	50
一般道	30
歩道	20
歩道・その他	0

社会的影響1

緊急対応区分	重み
1次緊急	50
2次緊急	30
3次緊急	20
その他	0

追加区分	重み
大型車対応路線	0
バス路線	10
迂回路	0
DID地区	0

社会的影響2

交通量	重み
1万台以上	50
3千台～1万台	30
5百台～3千台	20
5百台未満	0



8.1 橋梁重要度の算出

社会的影響1の算出式

社会的影響1

$$= \left\{ \left(\text{緊急輸送道路区分の重み} + \text{大型車対応路線の重み} + \text{バス路線の重み} + \text{迂回路の重み} + \text{DID地区の重み} \right) / \left(\text{緊急輸送道路区分の重みの最大値} + \text{大型車対応路線の重み} + \text{バス路線の重み} + \text{迂回路の重み} + \text{DID地区の重み} \right) \right\} \times \text{指標の最大値}$$

[例]

橋梁の緊急対応区分 → 「2次緊急」
追加区分 → 「バス路線にのみ該当」

$$(30+10) / (50+10) \times 50 = 33.33$$

社会的影響1は
33.33



8.1 橋梁重要度の算出

橋梁の重要度の算出式

橋梁の重要度

$$\begin{aligned}
 &= (\text{安全性の重み} / \text{安全性の重み指標の最大}) \times \\
 &\quad (\text{安全性の重みの配分係数} / \text{配分係数の合計}) \times 100 \\
 &\quad + (\text{社会的影響1の重み} / \text{社会的影響1の重み指標の最大値}) \times \\
 &\quad\quad (\text{社会的影響1の重みの配分係数} / \text{配分係数の合計}) \times 100 \\
 &\quad + (\text{社会的影響2の重み} / \text{社会的影響2の重み指標の最大値}) \times \\
 &\quad\quad (\text{社会的影響2の重みの配分係数} / \text{配分係数の合計}) \times 100
 \end{aligned}$$

[例]

橋梁の交差区分 → 「一般道」

社会的影響1の重み → 「33.33」

交通量 → 「1千台」 の場合

$$\begin{aligned}
 &(30 / 50) \times (1 / 4) \times 100 + (33.33 / 50) \times (1 / 2) \times 100 \\
 &+ (20 / 50) \times (1 / 4) \times 100 = 58.33
 \end{aligned}$$

橋梁の重要度は
58.33

8.2 損傷の深刻度の算出

→ 橋面積の重み、橋梁の健全度に応じた重みを設定し、

それぞれの配分係数により損傷の深刻度を換算する。

損傷の進行性

橋面積	重み
1000㎡～	30
600㎡～ 1000㎡	18
300㎡～ 600㎡	12
100㎡～ 300㎡	6
～100㎡	0

橋梁の健全度

健全度	重み
4～5	10
3～4	20
2～3	30
1～2	40
0～1	50

8.2 損傷の深刻度の算出

損傷の深刻度の算出式

損傷の深刻度

$$\begin{aligned} &= (\text{損傷の進行性の重み} / \text{損傷の進行性の重み指標の最大}) \times (\text{損傷の進行性の重み係数} / \text{係数の合計}) \times 100 \\ &+ (\text{健全度に応じた重み} / \text{健全度に応じた重み指標の最大値}) \times (\text{健全度に応じた重み係数} / \text{係数の合計}) \times 100 \end{aligned}$$

[例]

橋梁の橋面積が700㎡、健全度が3.2の場合

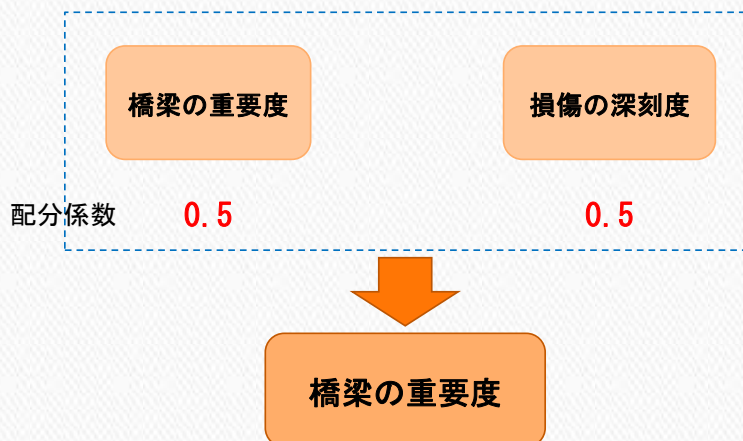
$$\begin{aligned} &(18 / 30) \times (3 / 10) \times 100 \\ &+ (20 / 50) \times (7 / 10) \times 100 \\ &= 46 \end{aligned}$$

損傷の深刻度は
46



8.3 総合重要度の算出

→橋梁の重要度、損傷の深刻度の重みを設定し、
それぞれの配分係数により総合重要度を換算する。



8.3 総合重要度の算出

総合重要度の算出式

総合重要度

= 橋梁の重要度 × 橋梁の重要度の配分係数

／ (橋梁の重要度の配分係数 + 健全度の深刻度の配分係数)

+ 損傷の深刻度 × 損傷の深刻度の配分係数

／ (橋梁の重要度の配分係数 + 健全度の深刻度の配分係数)

[例]

橋梁の重要度 → 「58.33」

損傷の深刻度 → 「46」 の場合

$58.33 \times 0.5 / (0.5 + 0.5) + 46 \times 0.5 / (0.5 + 0.5)$

= 52.17

総合重要度は
52.17



9. 計画基準年度の補修対象橋梁の選定

→ 補修シナリオ、予算制約に応じて以下の項目を設定する。

- ① 橋梁点検費の算出
- ② 耐震補強費の算出
- ③ 補修工事費の算出
- ④ 補修対象橋梁の選定
- ⑤ 補修費用の算出



9.1 橋梁点検費の算出

橋梁点検費は、毎年度の固定費として計上する。
橋梁点検は、以下の頻度で実施する。

橋長	点検計画
5m 未満	<p>簡易点検を5年毎に行います。</p> <p>計画基準年 5年 10年 15年 20年 (経過年数)</p>
5m～15m	<p>通常点検を10年毎に行います。 ただし補足として中間時に簡易点検を行います。</p> <p>計画基準年 5年 10年 15年 20年 (経過年数)</p>
15m 以上	<p>5年毎に通常点検を行います。</p> <p>計画基準年 5年 10年 15年 20年 (経過年数)</p>

9.1 橋梁点検費の算出

前頁の点検計画によって算出される橋梁点検費は以下のようになる。

(千円)

橋長	点検区分	現地踏査	通常点検	計
橋長5m 未満	職員点検	—	—	0
橋長5m～15m	委託A点検	38	251	289
	委託B点検	11,691	57,106	53,972
橋長15m 以上	委託A点検	231	4,043	4,274
	委託B点検	5,980	41,939	62,744
計		17,940	103,339	121,279

今回の計画では、点検費15,000（千円/1年間）を固定費として計上する。

9.2 耐震補強費の算出

耐震補強費は、10～20年間にかけて固定費として計上する。

耐震補強費＝落橋防止構造工事費＋橋脚巻立て補強工事費
※足場工、諸経費含む

工法	工事費	足場工費
落橋防止構造	1.330千円/基	6.4千円/m ²
橋脚巻立て	50千円/m ²	4.2千円/m ²

耐震補強を行う対象は、架設年月や橋梁形式、健全度等を考慮して選出する。



9.3 補修工事費の算出

補修工事費は、補修対象橋梁のトータルコストを算出するために用いる。

補修工事費＝橋面積×工法単価

橋面積による工法単価を求めるために、下記の補正值を用いて施工面積を橋面積へ換算する。

【鋼橋塗装】

施工面積 → 橋面積

補正值 1.44

【RC・PC橋補修】

施工面積 → 橋面積

補正值 1.12



9.3 補修工事費の算出

【参考資料】

RC・PC橋補修の補正值の算出

橋面積

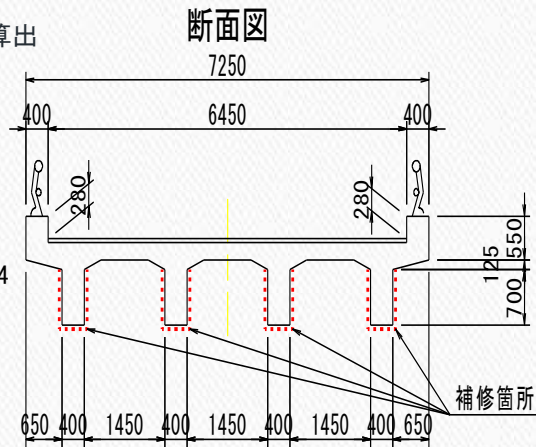
橋長22.14 × 有効幅員6.45
=142.8

補修面積

主桁A = $(0.7 \times 2 + 0.40) \times 4 \times 22.14$
=159.4

橋面積 : 補修面積

=142.8 : 159.4 → 1 : 1.12



鋼橋塗装の場合も同様にして、補正值を算出する。



9.3 補修工事費の算出

それぞれの補正值を用いて、工法単価を下記のように設定する。

【工法単価】

橋種	補修数量	健全度	工法	工法単価 (円/㎡)
鋼橋	橋面積	$3 \leq a$	4種ケレン+再塗装	14,600
		$2 \leq a < 3$	3種ケレン+再塗装	15,000
		$2 \leq a < 3$	2種ケレン+再塗装	18,400
		$a < 1$	2種ケレン+再塗装+当て板補強	27,400
RC橋 PC橋	橋面積	$3 \leq a$	表面被覆	19,700
		$2 \leq a < 3$	表面被覆+ひびわれ注入	30,400
		$2 \leq a < 3$	断面修復+表面被覆+ひびわれ注入	35,300
		$a < 1$	断面修復+表面被覆+ひびわれ注入	50,800



9.4 補修対象橋梁の選定

→要補修となった橋梁・部材について、予算の範囲内となるように可能な限りの橋梁を補修対象として選定する。

補修の優先順位は、

総合重要度で並べ替え（点数が高い順）をして

上位の橋梁から補修を行う。



9.5 補修費用の算出

→要補修となった橋梁について、計画基準年度での補修・架替え費用の算出を行う。

$$\begin{aligned} & \text{補修・架替え費用} \\ = & \text{年間予算} - \text{毎年必要な固定費} \\ & \quad \quad \quad (\text{橋梁点検費} + \text{設計費} + \text{耐震補強費}) \end{aligned}$$

[例]

予算制約 → 年間2.3億円

固定費 → 年間0.8億円 とする場合

$$2.3\text{億円} - 0.8\text{億円} = 1.5\text{億円}$$



1.5億円を補修費用と架替え費として利用可



10. 計画基準年度以降の補修計画の計算

→計画期間が終了するまで以下の手順を繰り返し、
計画基準年度以降の補修計算を行う。

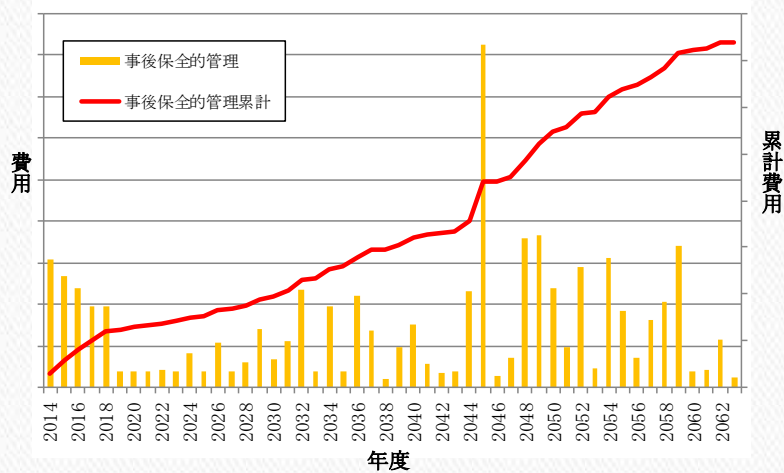
- ① 架け替え判定
- ② 健全度算出
- ③ 補修判定
- ④ 総合重要度の算出
- ⑤ 補修費用の算出、概算工事費の算出
- ⑥ 補修対象橋梁の選定



11. 長寿命化修繕計画による事業費

事後保全的な維持管理

→橋梁の利用性や構造安定性が損なわれる段階で架替えを実施する
【事後保全的な維持管理をした場合の事業費】

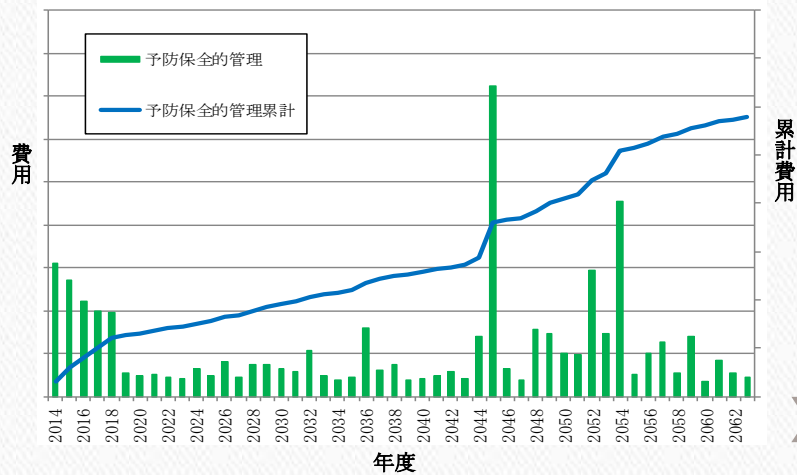


11. 長寿命化修繕計画による事業費

予防保全的な維持管理

→本計画に基づいた管理方法により適切な修繕または架替えを実施する

【予防保全的な維持管理をした場合の事業費】

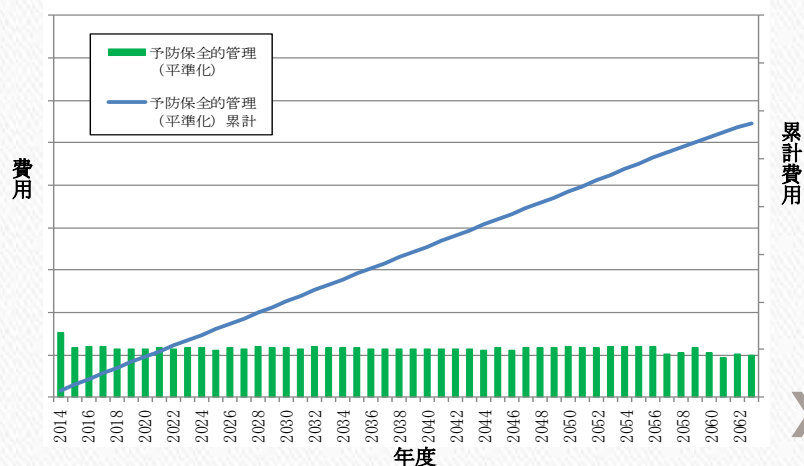


11. 長寿命化修繕計画による事業費

予防保全的な維持管理（平準化後）

→前頁の結果に対して毎年度の予算に応じて事業費の平準化を行う。

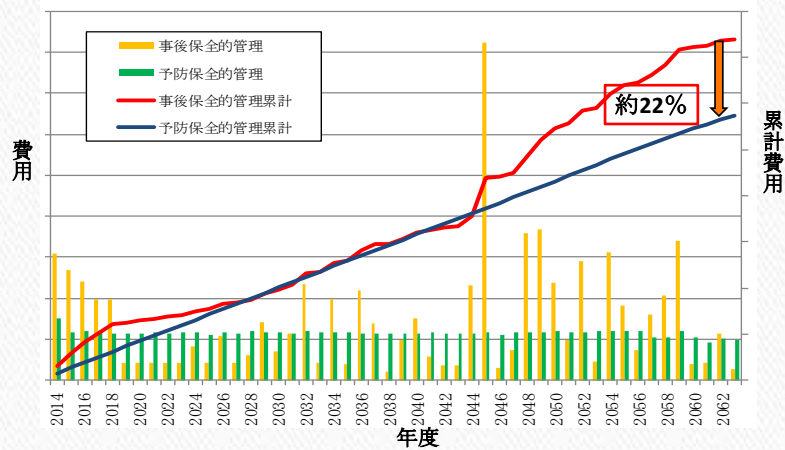
【予防保全的な維持管理をした場合の事業費（平準化後）】



11. 計画基準年度以降の補修計画の計算

事業費の比較

→それぞれの維持管理による計画を比較した場合
長寿命化修繕計画を策定し、実施することにより
50年間で**22%**の縮減が見込まれる。



ご静聴ありがとうございました。

