

付録A：長寿命化部会の研究成果の要約

【付録A 1：第29回研究成果発表会 発表スライド】

鋼橋技術研究会
平成27年度 研究成果発表会

長寿命化技術に関する研究部会

(活動期間:平成25年4月～平成28年3月)

平成28年4月26日

1

活動方針

地方自治体で管理されている既存橋梁(特に圧倒的に数の多い中小橋梁)に対する効率的かつ経済的な長寿命化技術を提案する。

- 意見交換会(部会員の共通認識)
- 情報収集と勉強会
- WG活動(情報・文献収集→具体提案と検証)

◎長寿命化の定義の一例

『想定耐用年数を超えて更に延命化させるための補修技術、マネジメントの仕組みすべて(点検方法、体制、時期、判定、措置、期間、予算など)をさす。』

日本鋼構造協会(JSSC)テクニカルレポートNo.88 (2009.11)
「鋼構造物における長寿命化・延命化技術の現状と課題」

2

長寿命化型の橋梁維持管理①

1. 現在主流の**予防保全型維持管理の考え方(早期対策によるLCCの最小化)**だけで、個々の橋梁を長く使うこと(つまり長寿命化)を達成できるのか？
2. 橋梁は適切な設計→施工→維持管理によって想定されている耐用年数よりも長持ちするはずである。しかし、**様々な劣化要因**がそれを阻害している。
3. もし、構造形式や保全方法を積極的に変更することで劣化損傷を低減できるならば、既存橋梁をより長期間供用できるはず！(=**リニューアル型維持管理**)
4. 予防保全型とリニューアル型を適切に利用することで橋梁の長寿命化に有効な提案ができるのでは？

3

長寿命化型の橋梁維持管理②

	予防保全型	リニューアル型
考え方	適切な点検と健全度評価に基づき、劣化予測を実施し、計画的にLCC最小の予防保全で対応する。	積極的に構造形式や保全方法を変更し、劣化損傷の要因を取り除く対応を行う。
対応例	<ul style="list-style-type: none"> • 塗装塗替え(下面増塗り) • 洗浄によるほこりや塩分除去 • 桁内部の除湿・乾燥対策 • 排水施設の清掃 <p>など</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 桁端部改良 (ジョイントや支承の改良、ノージョイント化、ゴム支承への取り替え、桁端補強、排水、漏水、滞水処理など) • 橋面防水による床版の耐久性向上策の適用 <p>など</p>

4

研究の対象は？

1. 地方自治体で管理する既存橋梁を対象とする。ただし、新設または更新橋梁へ生かされることも想定し、長寿命化技術を幅広く提案する。
2. 有効な長寿命化手法(技術)を必要としている橋梁は地方自治体にこそ多い。そこには、コストが高く技術的に高度なものは適用しづらい。
3. 部会活動で取り上げた地方自治体の課題は…
 - 鋼部材の塗替えコスト縮減に繋がる長寿命化手法(技術)
 - 劣化要因の一つである水に対する長寿命化手法(技術)
4. 予防保全型とリニューアル型のそれぞれ特徴を上手く取り入れて、上記2課題に対して実用性と有用性を持つ長寿命化手法(技術)を提案する。

5

長寿命化技術に関する研究部会 メンバー

No	氏名	所属	WG	備考
1	原田 隆郎	茨城大学		部会長
2	白旗 弘実	東京都市大学	水じまい	副部会長
3	横山 功一	鋼橋技術研究会顧問		
4	北村 浩一	(株)HIインフラシステム	防錆・防食	庶務会計幹事
5	今野 将顕	JIPテクノサイエンス(株)	防錆・防食	
6	河邑 智也	(株)オリエンタルコンサルタンツ	防錆・防食	部会幹事
7	土屋 嘉則	コスモ技研(株)	水じまい	WG長
8	梅原 郁弘	セントラルコンサルタント(株)	水じまい	
9	菱島 茂樹	高田機工(株)	防錆・防食	
10	今村 明登	三井造船鉄構エンジニアリング(株)	防錆・防食	※H26.3～
11	清水 和弘	(株)川金コアテック	水じまい	副WG長
12	藤田 英樹	川田テクノシステム(株)	防錆・防食	副WG長
13	藤井 裕士	川田工業(株)	水じまい	※H26.10～
14	都築 禪	(株)総合技術コンサルタント	水じまい	
15	貫井 敬章	大日本コンサルタント(株)	水じまい	
16	萩谷 陽平	(株)東京鐵骨橋梁	防錆・防食	※H26.9～
17	岩田 卓	日立造船(株)	防錆・防食	
18	上野台英孝	(株)巴コーポレーション	防錆・防食	WG長
19	中田 雄太	片山ストラテック(株)	水じまい	
20	林 徳成	(株)富貴沢建設コンサルタンツ	水じまい	※H25.9～、※活動休止中
21	中島 一浩	(株)ロプテックスファスニングシステム	水じまい	※活動休止中
	浅井 陽子	(株)富貴沢建設コンサルタンツ		※～H25.9まで
	大野 幸生	三井造船鉄構エンジニアリング(株)		※～H26.3まで
	曾根原宏一	(株)東京鐵骨橋梁		※～H26.9まで
	三好 一高	川田工業(株)		※～H26.10まで
	木村 剛	横河工事(株)		※～H27.3まで
	林 栄人	日本車輛製造(株)		※～H27.3まで

6

WG1

点検時に実施する応急補修塗装と 部分塗替えによる塗装橋梁の長寿命化

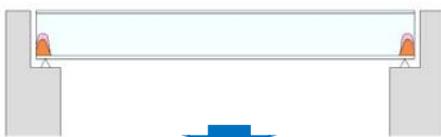
防錆・防食手法による長寿命化検討WG

7

塗装塗替えの現状①

塗膜の劣化速度が部位によって異なるが、全面塗替えが基本的なスタンス

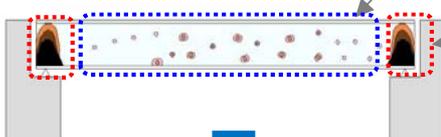
①桁端部において塗膜が劣化



②支間中央部においても一部劣化が発生
桁端部の劣化は進行



③橋梁全体に劣化が分布、
桁端部はさらに劣化が進行



④全面塗替えを実施



中間部の劣化状況

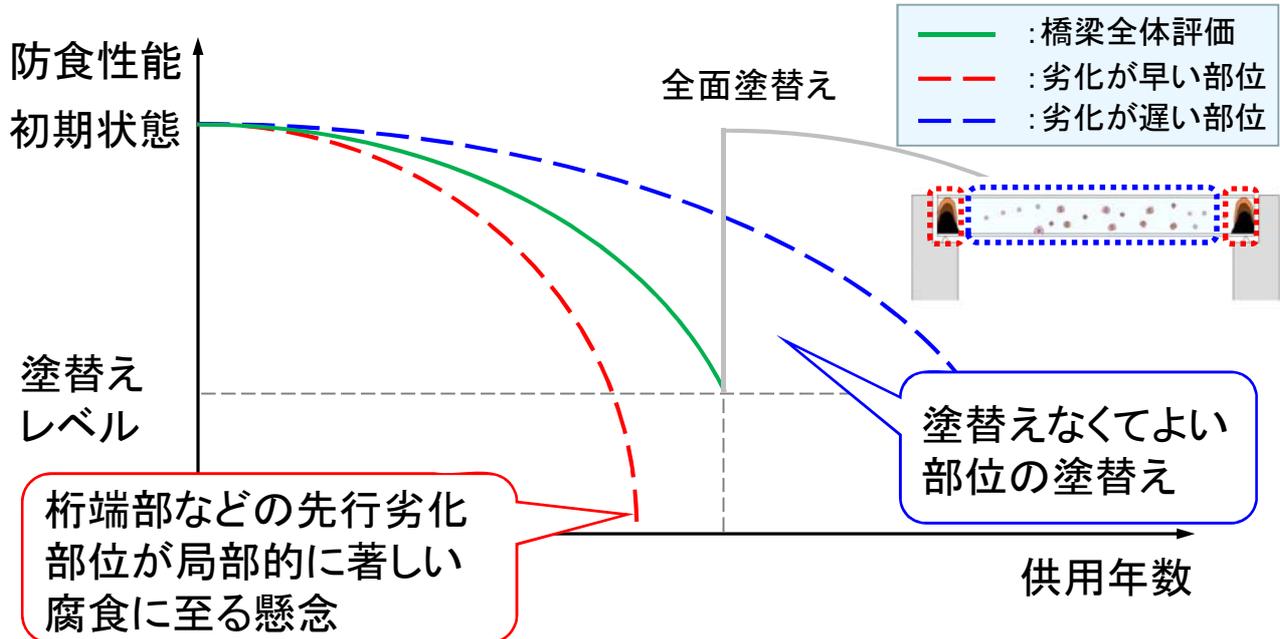


桁端部の劣化・腐食状況

8

塗装塗替えの現状②

橋梁全体評価による全面塗替え時に、先行劣化部は局部的な腐食が懸念される



防食性能劣化曲線イメージ

9

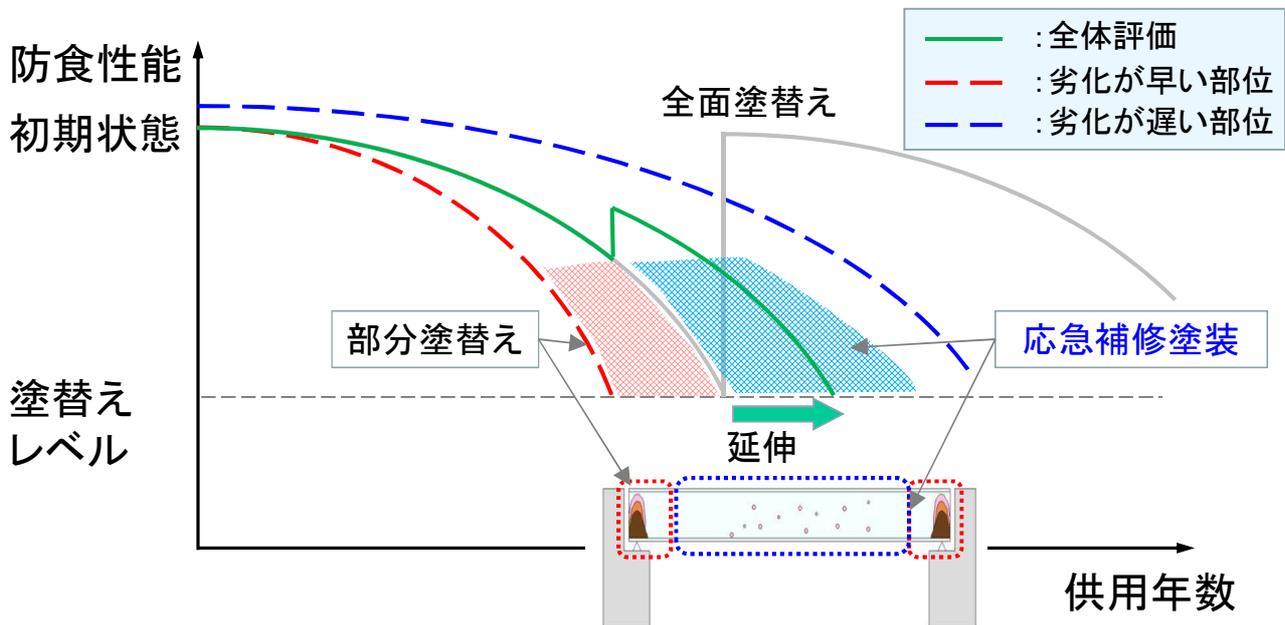
塗装え方式の提案



10

部分塗替えと応急補修塗装による効果

先行劣化部(桁端部)に部分塗替え、先行劣化部以外に
応急補修塗装を施すことで、全面塗替え時期を延伸可能



11

応急補修塗装を点検時に実施

- 軽微な腐食部に対する応急補修塗装を、5年に1度の
近接目視点検の足場を利用して実施
- 点検者自ら施工できる簡易な塗装手法

『点検時塗装』

- ◆ 周期的な補修塗装で、橋梁全体の劣化進行を抑制
- ◆ 部分塗替えと点検時塗装を組み合わせ、塗装塗替え方式のシナリオパターンを増やす

12

検討内容

1. 点検時塗装と部分塗替えの組合わせによる長寿命化シナリオのライフサイクルコスト(LCC)評価
2. 点検時塗装の塗膜劣化抑制効果の確認

13

検討内容1

■ 点検時塗装と部分塗替え塗装の組合わせによる長寿命化シナリオのLCC評価

劣化の進行が早い部位(桁端部)に部分塗替え、一般的な劣化進行の桁中間部に、5年1回の点検時塗装を適用した場合の標準的な橋梁におけるライフサイクルコスト(LCC)を評価

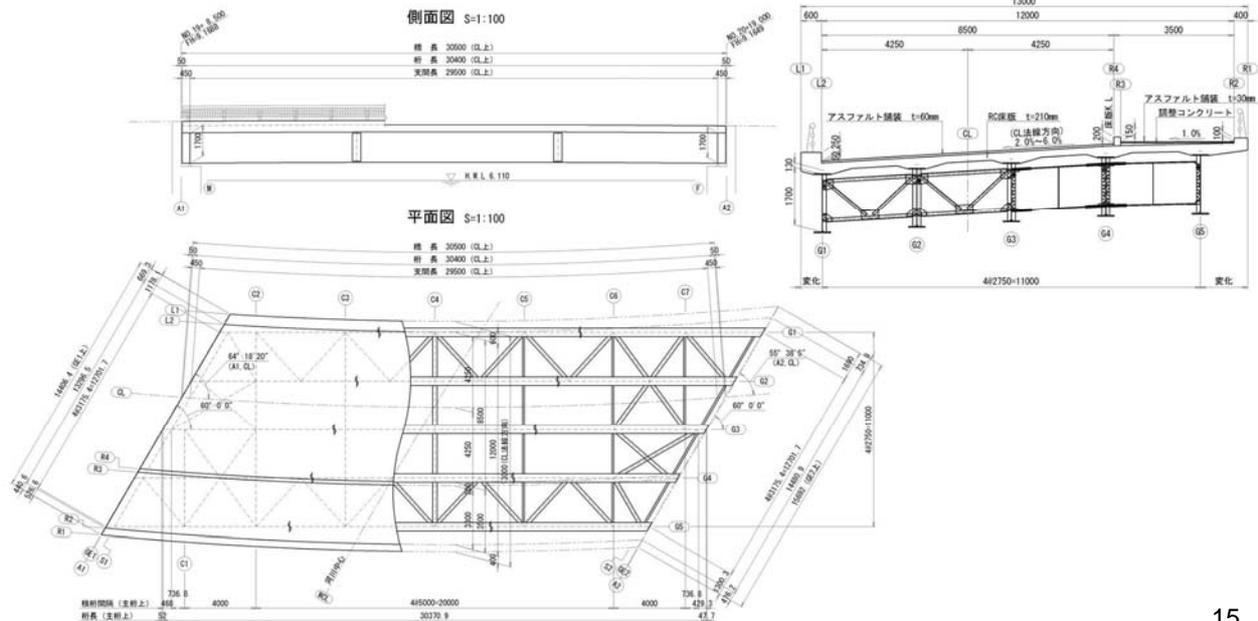
14

LCC検証用モデル橋梁について

形式: 非合成鈹桁橋

橋長: 30.5m(支間長: 29.5m)

総幅員13m



15

塗装塗替えシナリオ

シナリオ1: 【基準】Rc- I 全面塗替え(45年)

シナリオ2: 【提案】Rc- I 桁端部部分塗替え(30年)と
Rc- I 全面塗替え(60年)を交互
+ 点検時塗装(5年)

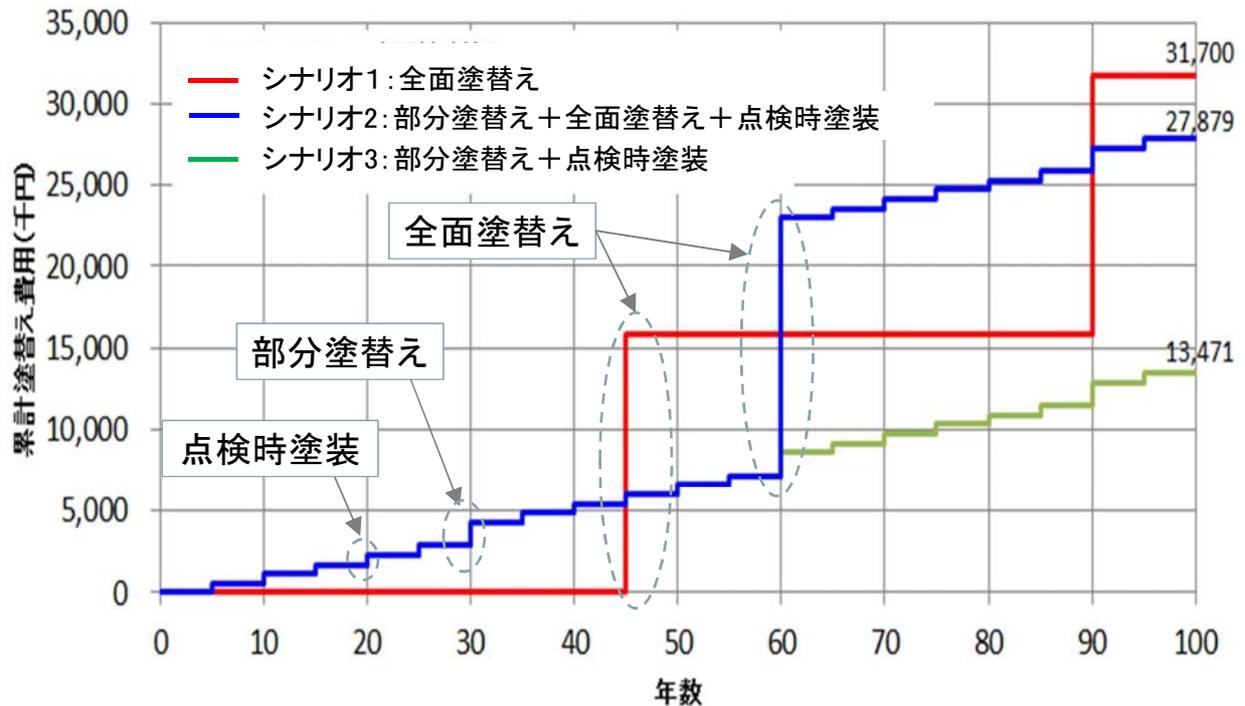
シナリオ3: Rc- I 桁端部部分塗替え(30年)
+ 点検時塗装(5年)

()内は塗替えサイクル年数

16

LCC検討結果

○ 全面塗替え後からのライフサイクルコスト評価



17

検討項目2

■ 点検時塗装の塗膜劣化抑制効果の確認

- 耐久性は、点検間隔の5年を想定して促進腐食試験にて耐久性を評価
- 点検と同時に行える施工性を重視して、さび面に直接塗装する場合について検証

18

5年間耐久性の評価方法

既往の研究から試験方法における試験時間を実時間に換算し、5年相当の試験時間でのさび発生状況と付着力から耐久性を評価

◆試験方法：複合サイクル促進試験

JIS K 5600-7-9のサイクルD

塩水噴霧0.5h→湿潤1.5h→熱風乾燥2.0h→温風乾燥2.0h

◆試験時間：1296時間(216サイクル)換算年数6年

「鋼橋塗装の長期防食性能の評価に関する研究, JH藤原氏,土木学会論文集No570 1997」に準拠、東京の促進倍率39.38を使用

19

塗料の性能評価

実績のある高耐久性塗料を含めた、4種類のエアゾールスプレータイプ塗料で防錆性能を評価

分類	塗料系統	着色	単価 (円)	m ² /缶	m ² 単価 (円)
高耐久性 塗料	2液性 エポキシ樹脂塗料	不可	3,700	0.3	12,350
	1液性 エポキシ樹脂塗料	可	1,850	1.0	1,850
一般的な 塗料	1液性 アルキド樹脂塗料	可	1,200	1.3	950
錆転換系 塗料	2液性 エポキシ樹脂防錆剤	透明	4,800	1.85	2,600

20

塗装面の状態による評価

4種類の塗装面を用いて各塗料が適用可能な状態を検証

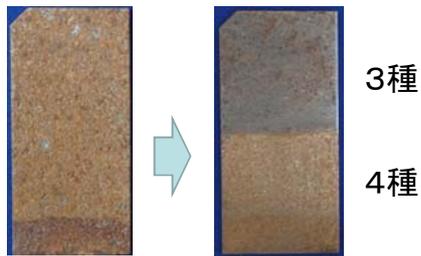
(A)さび無し:鋼材面

(B)ケレン:3種及び4種ケレン

(C)さび状態Ⅰ:さび発生面積比20~30%程度

(D)さび状態Ⅱ:さび発生面積比60%以上

ケレン(上:3種,下:4種)



さび状態Ⅰ



さび状態Ⅱ



21

塗装面の状態による評価

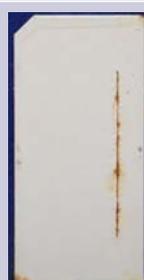
塗装状況



22

促進試験 外観変化

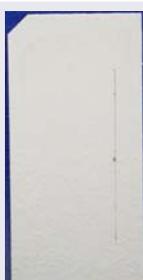
2液性エポキシ樹脂塗料
216サイクル(換算年数6年)

塗装面	鋼材面	ケレン	さび状態Ⅰ	さび状態Ⅱ
試験前				
試験後				

23

促進試験 外観変化

1液性エポキシ樹脂塗料
216サイクル(換算年数6年)

塗装面	鋼材面	ケレン	さび状態Ⅰ	さび状態Ⅱ
試験前				
試験後				

24

促進試験 外観変化

1液性アルキド樹脂塗料
216サイクル(換算年数6年)

塗装面	鋼材面	ケレン	さび状態Ⅰ	さび状態Ⅱ
試験前				
試験後				

25

促進試験 外観変化

2液性エポキシ樹脂防錆剤
216サイクル(換算年数6年)

塗装面	さび状態Ⅰ	さび状態Ⅱ
試験前		
試験後		

26

促進試験による耐久性評価

評価項目：外観（目視と画像診断）、付着力（アドヒージョン試験）

評価項目	判定値	仕様	2液性エポキシ樹脂塗料	1液性エポキシ樹脂塗料	1液性アルキド樹脂塗料	2液性エポキシ樹脂防錆剤
		塗装面				
外観	さび発生面積比 （目視・画像診断） ◎：1%以下 ○：8%未満 ×：8%以上	鋼材面	◎	◎	×	
		3種ケレン	◎	◎	○	
		4種ケレン	◎	○点さび	○	
		さび状態Ⅰ	◎	○点さび	×	◎
		さび状態Ⅱ	◎	○点さび	×	◎
付着力	引張応力 $\geq 1.0\text{N}/\text{mm}^2$ ◎： $2.0\text{N}/\text{mm}^2$ 以上 ○： $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 以上 △： $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 未満 ×： $0\text{N}/\text{mm}^2$ ・不可	鋼材面	◎	◎	×	
		3種ケレン	◎	◎	○	
		4種ケレン	◎	○	△	
		さび状態Ⅰ	○	○	×	◎
		さび状態Ⅱ	○	△	×	◎

27

促進試験の結果

- 2液性エポキシ樹脂塗料、1液性エポキシ樹脂塗料、2液性エポキシ樹脂防錆剤は、さび発生面積、付着力による評価でさび発生面積が20～30%程度の塗装面に直接塗布した場合において、5年間の耐久性を確保できた。
- 2液性エポキシ樹脂塗料、2液性エポキシ樹脂防錆剤は、さび発生面積が60%以上の塗装面においても良好な耐久性を確保できた。
- 1液性エポキシ樹脂塗料は、耐久性ではやや劣るが、コスト面で優位性がある。

28

まとめ

- 「点検時塗装」と「部分塗替え塗装」を組合せることで、全面塗替え塗装より経済的に橋梁全体の劣化を抑制できる可能性を確認できた。
- 複合サイクル促進試験で、軽微なさびに対して点検間隔5年間の耐久性を確保できる塗料を確認できた。

◆今後の課題

- 点検時塗装の塗膜内部のさび状態の確認
- 点検時塗装を実橋梁へ適用した場合の耐久性及び施工性の確認

【補足】概算LCC比較ツール

- 全面塗替え、部分塗替え、点検時塗装を組合わせた概算LCCを少ない入力項目で比較検討できるエクセルシートを作成（鈹桁、箱桁対応）
- 現況に応じた塗替えシナリオのLCC検討作業を支援

The screenshot displays the 'INPUT' section of the LCC comparison tool. It includes various input fields for bridge type, span length, width, and maintenance cycle. A '自動計算' (Auto Calculate) button is visible. The '塗替えTYPE-1' section allows for selecting maintenance methods like '全面塗替え' (Full replacement) or '部分塗替え' (Partial replacement). A graph titled '塗替えライフサイクルコスト' (Maintenance Life Cycle Cost) shows cumulative costs over 100 years for three cases (CASE-1, CASE-2, CASE-3).

Annotations in blue callouts provide additional information:

- 橋形式等プルダウン選択 (Bridge type etc. dropdown selection)
- 支間長、幅員等入力、自動計算 (Span length, width etc. input, auto calculation)
- LCC図や費用の内訳をアウトプット (Output LCC graph or cost breakdown)
- 塗替え年数の欄に〇を入れる (Enter 0 in the replacement year column)

WG2

リニューアラル型水じまい手法の提案と ライフサイクルコストによる適用性評価

<水じまい対策による長寿命化検討WG>

31

水じまい対策の定義について

■用語の出典（建築、住宅関連用語）

建築物に影響を与える雨や、水道水の水切りを
良くすること。

水がこぼれない納まりにすること。



■本WGによる定義

橋梁上に降った雨水を適切に導水して橋梁外
に排水する対策。

漏水・滞水を防ぐ対策。

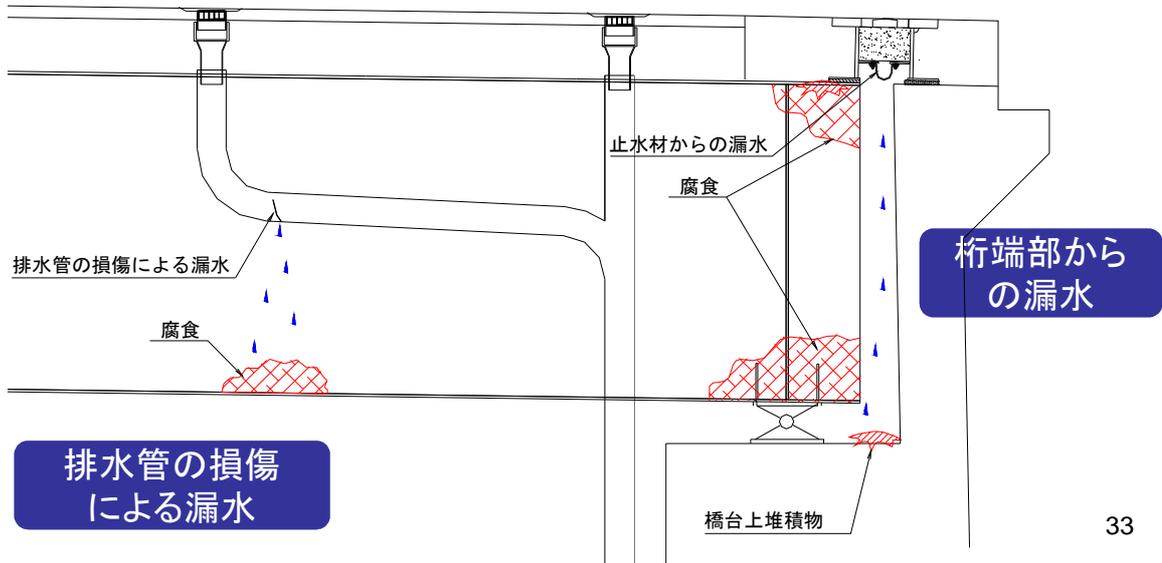
32

鋼橋の水じまい対策の現状

これまでの状況

- ・点検・維持管理が実施されていない
- ・漏水により鋼桁腐食の促進される

当て板補修などの事後対策での対処



鋼橋の水じまい対策の現状

■ 今までの水じまい対策の実態

当て板補修などの事後補修対策での対処



■ 長寿命化修繕計画の策定

- 定期点検の実施
- 予防保全型、リニューアル型維持管理への転換

問題点

- 予算、人員の不足

長寿命化対策のネックは維持管理のしやすさ

本WGの検討方針

- 既設橋梁に対する現行の長寿命化対策
予防保全の考え方に基づき、点検を実施。不具合の早期発見、部材取替えを行う。

水じまいに対する現行対策

既存部材の取替えによる予防保全対策

- 本WGの検討方針

リニューアル型維持管理手法により、維持管理コストや作業の低減につながる構造提案を考える

35

水じまい対策箇所の設定

橋面の雨水を橋梁外へ排出する際に重要となる箇所に着目した。

◎桁端部水じまい対策

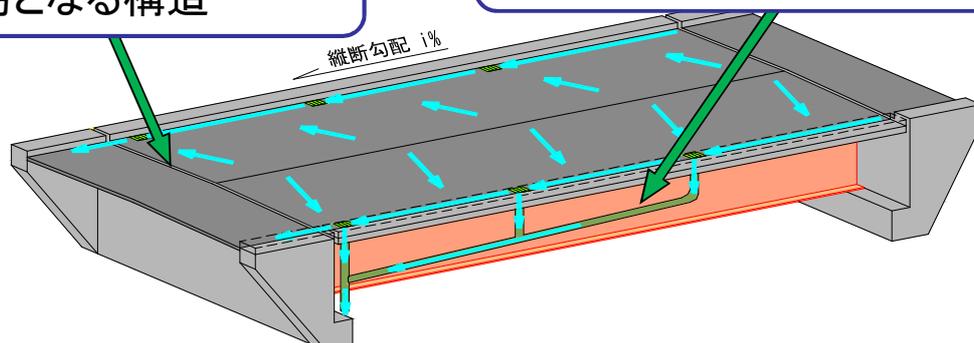
伸縮部止水材に代わる桁端部水じまい手法の提案

補修、維持管理作業が容易となる構造

◎橋面排水構造の提案

橋面下作業の低減と、漏水による主桁損傷リスクの低減

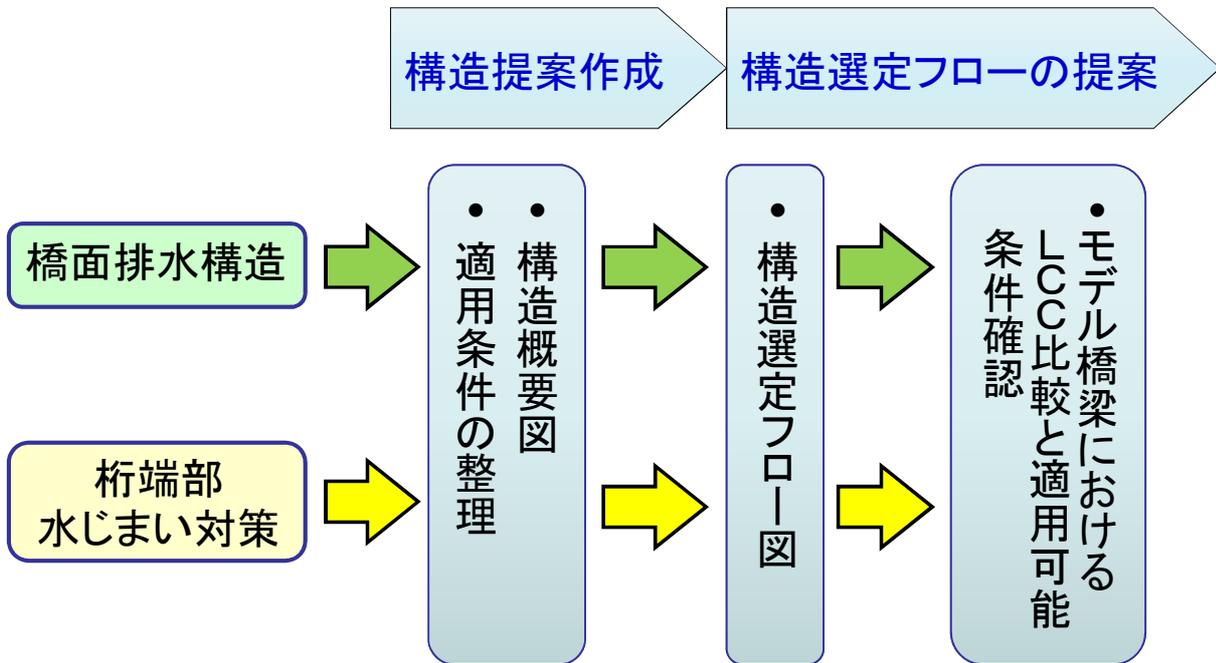
既設横引き排水管を鋼製排水溝等の橋面排水構造に変更



36

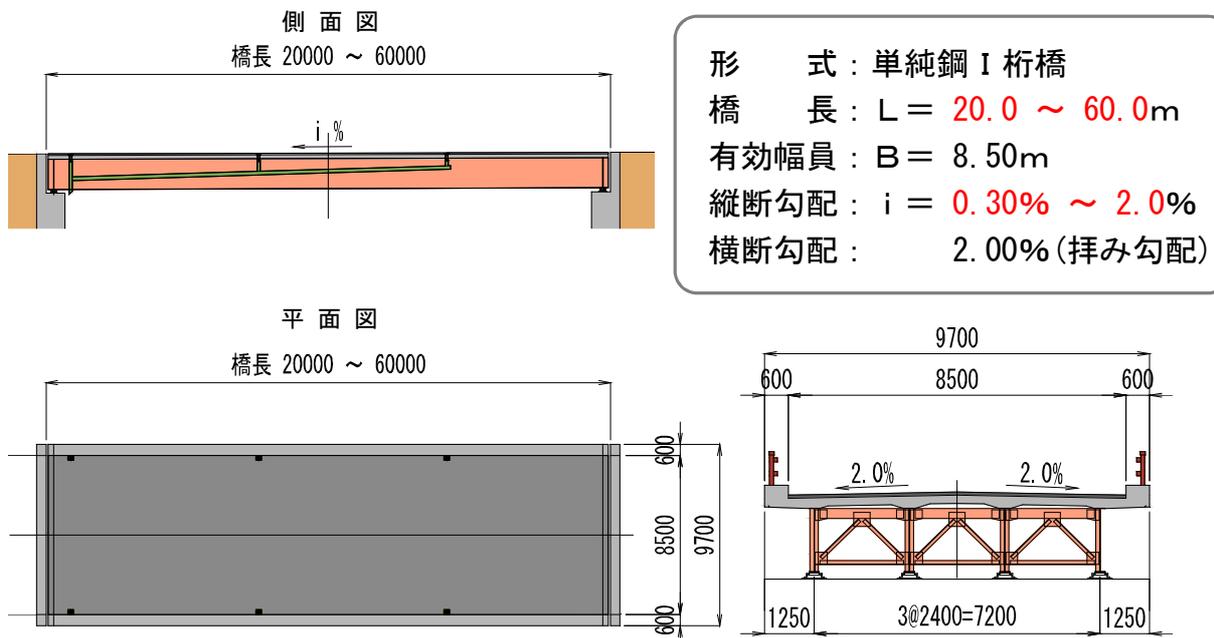
検討の流れ

検討項目は、橋面排水構造提案、桁端部水じまい対策提案とも共通とし、以下の流れで検討を行った。



LCC検討におけるモデル橋梁

地方一般道の中小規模橋梁を想定。橋面排水構造提案、桁端部水じまい対策提案とも共通とする。



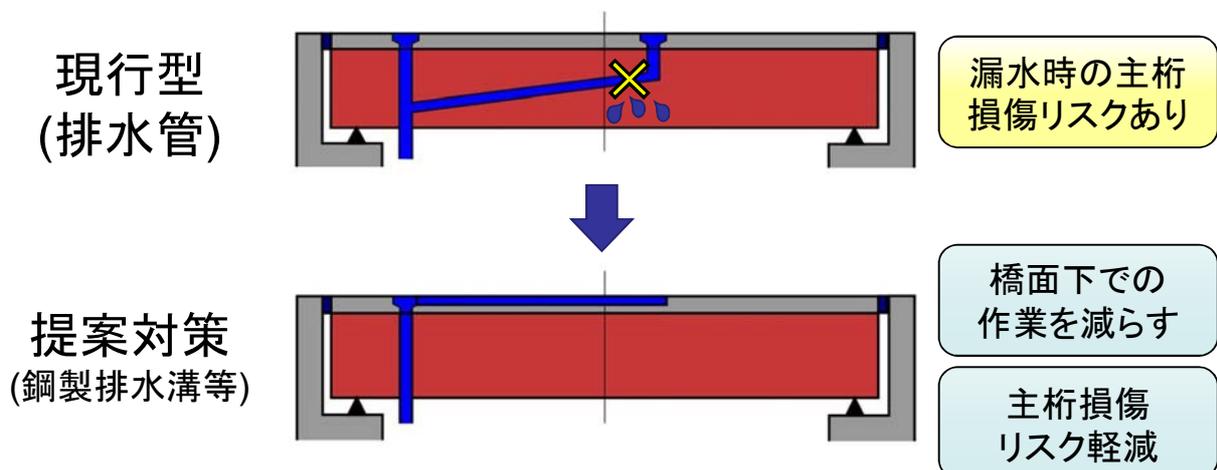
橋面排水構造の提案

39

提案概要【橋面排水構造】

提案目的

- 鋼製排水溝等の橋面排水構造への構造変更により、橋面下での維持管理作業の低減や漏水による主桁損傷リスクを軽減させる。

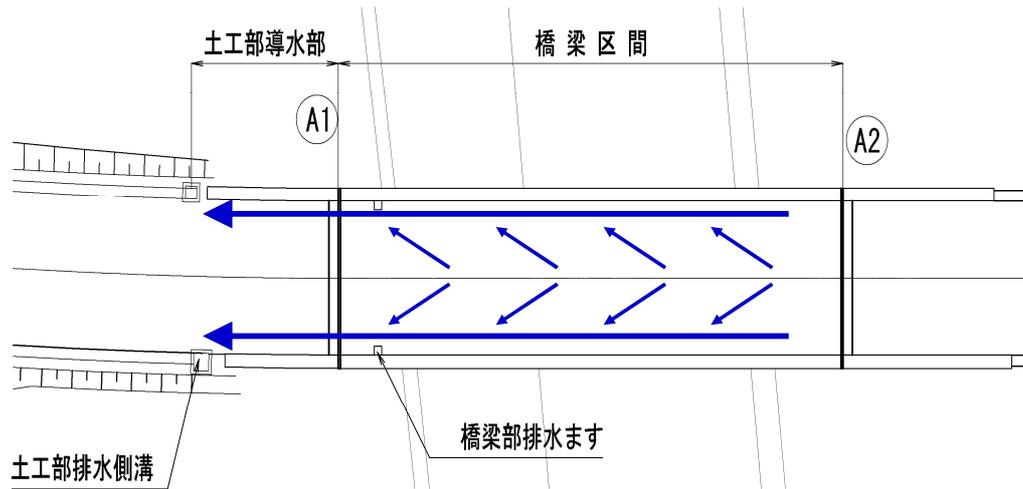


40

構造提案【橋面排水構造】

提案1 排水ます撤去案

- 橋梁区間の排水ますを撤去して土工部または桁端部にて排水
- 管理項目の削減につながることで、点検、補修コストの削減が可能
- ただし、現行の排水ます設置基準との整合が課題



41

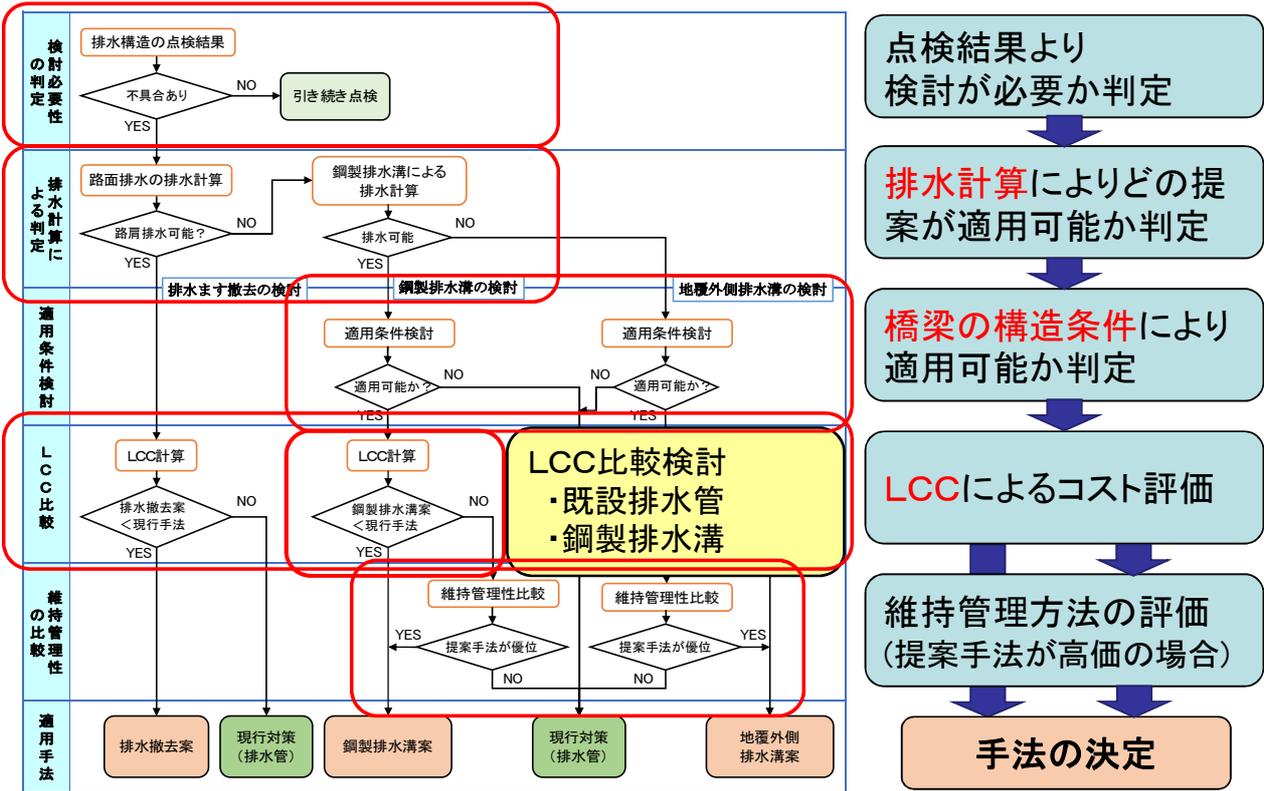
構造提案【橋面排水構造】

提案2 鋼製排水溝変更案

	フラット型鋼製排水溝	地覆外側排水溝
概要図		
説明	構造がシンプルで既設橋梁への適用が容易	最も高コストとなるが、設置における制約条件がない。排水計算によりサイズを決定
条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 舗装厚 最小80mm ・ 設置は車道部のみ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 制約条件なし ・ 排水計算で鋼製排水溝が適用できない箇所に採用
備考	※今回のモデル橋梁では適用可能	橋梁規模が大きい場合適用

42

構造選定フローの提案【橋面排水構造】

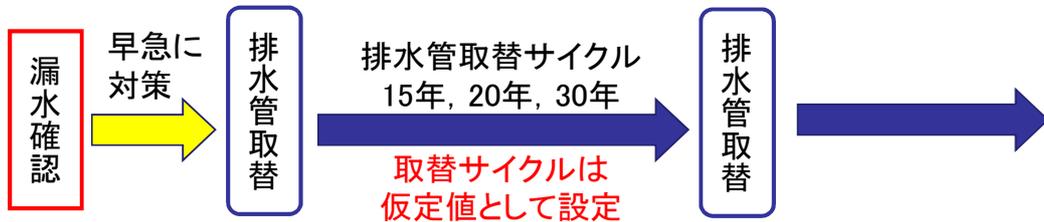


LCC比較検討【橋面排水構造】

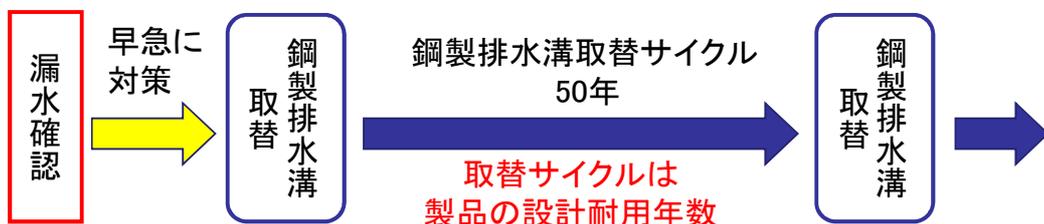
現行対策(排水管取替)と鋼製排水溝のLCC比較

■ LCCシナリオの設定

① 既存排水管の維持管理シナリオ(現行対策)



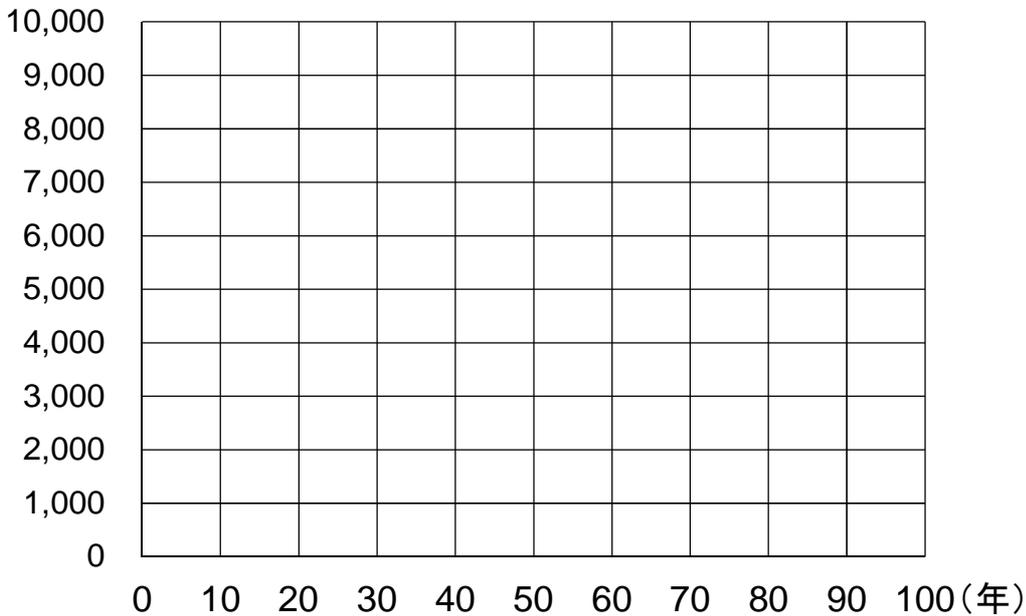
② フラット型鋼製排水溝への構造変更シナリオ



LCC検討結果【橋面排水構造】

○ 計算条件: 橋長 40.0m 縦断勾配 1.0%

コスト(千円)

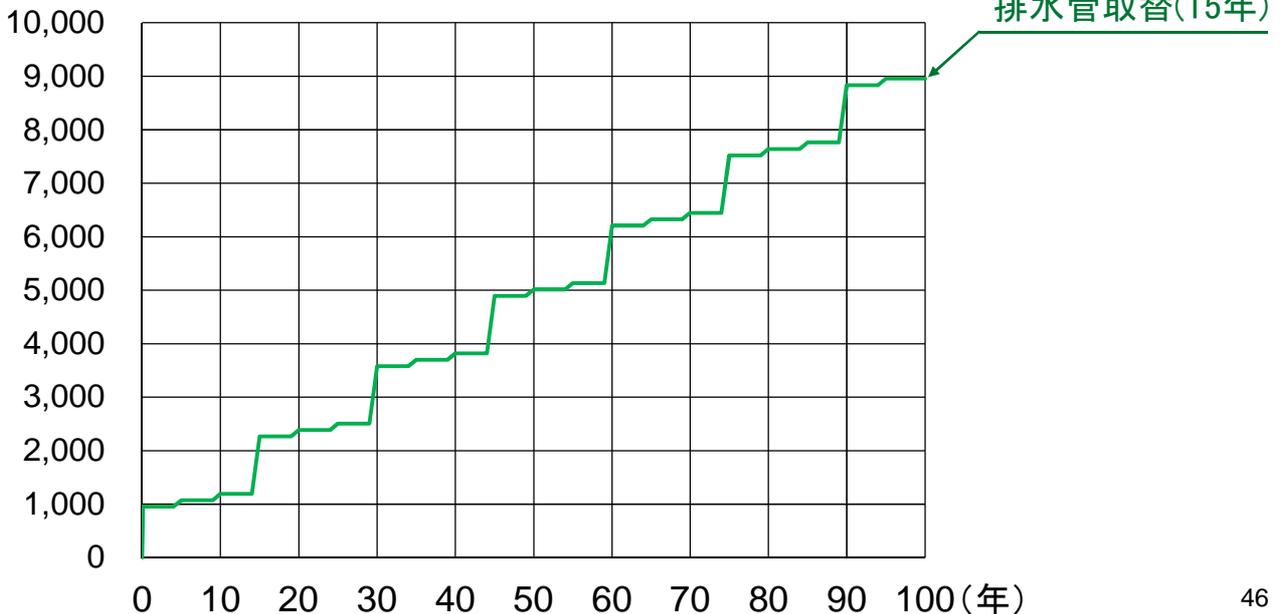


45

LCC検討結果【橋面排水構造】

○ 計算条件: 橋長 40.0m 縦断勾配 1.0%

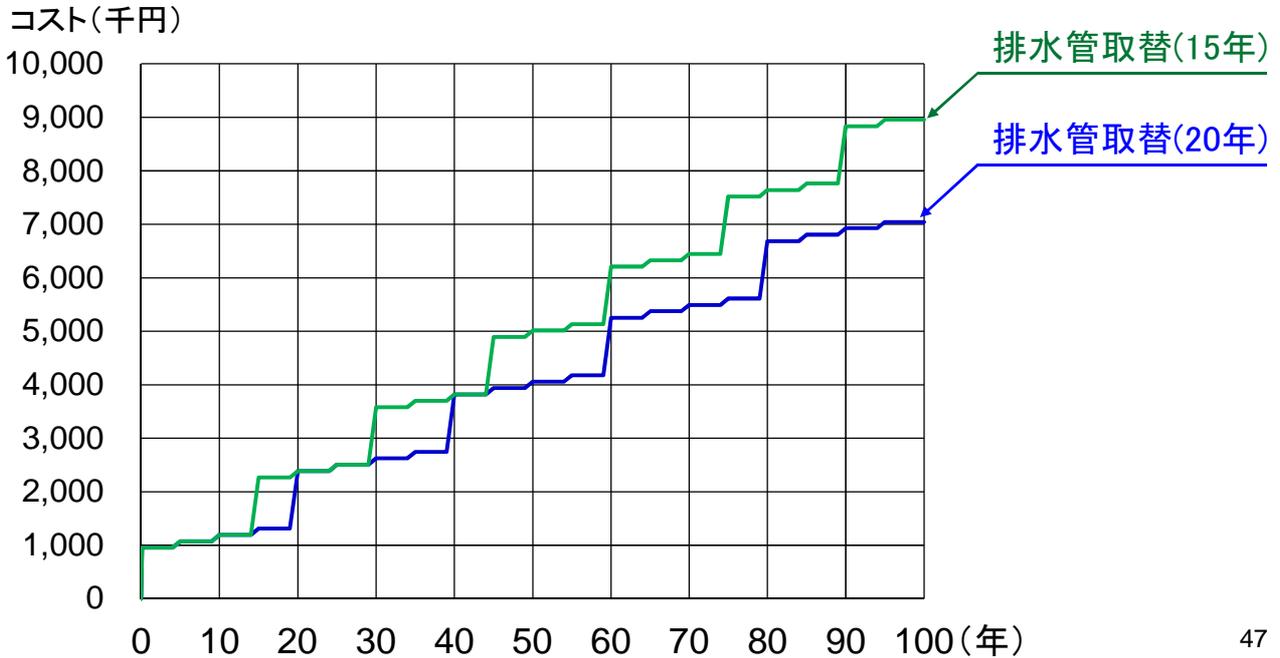
コスト(千円)



46

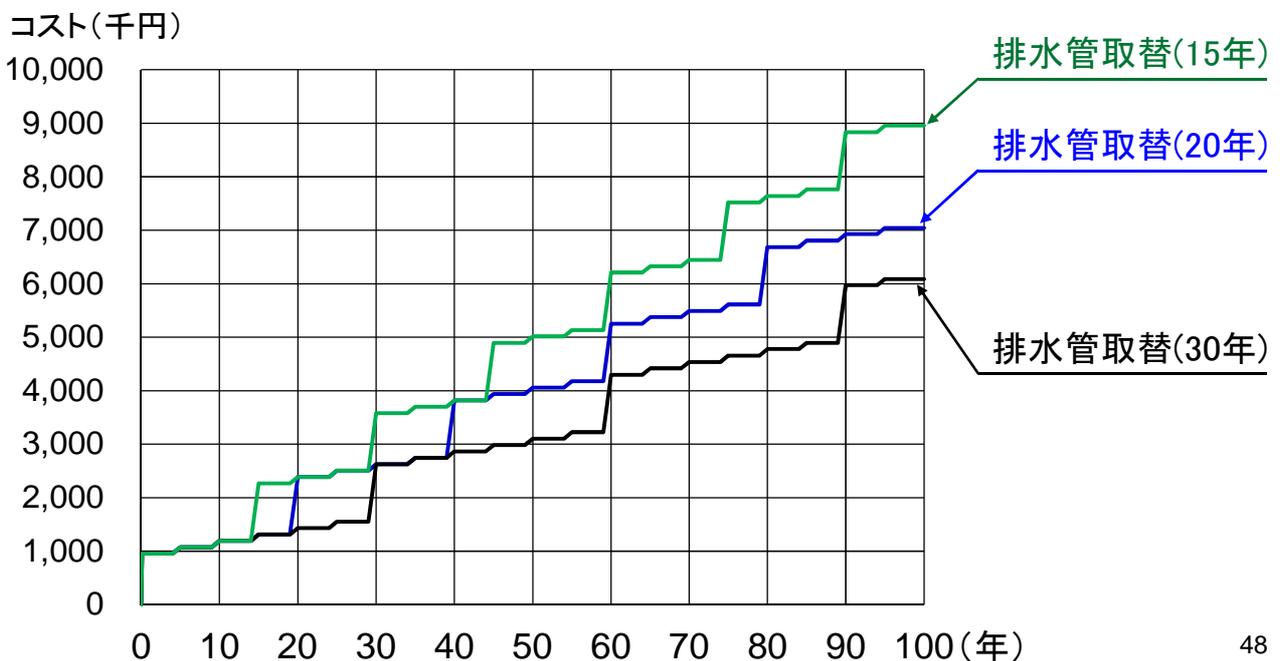
LCC検討結果【橋面排水構造】

○ 計算条件: 橋長 40.0m 縦断勾配 1.0%



LCC検討結果【橋面排水構造】

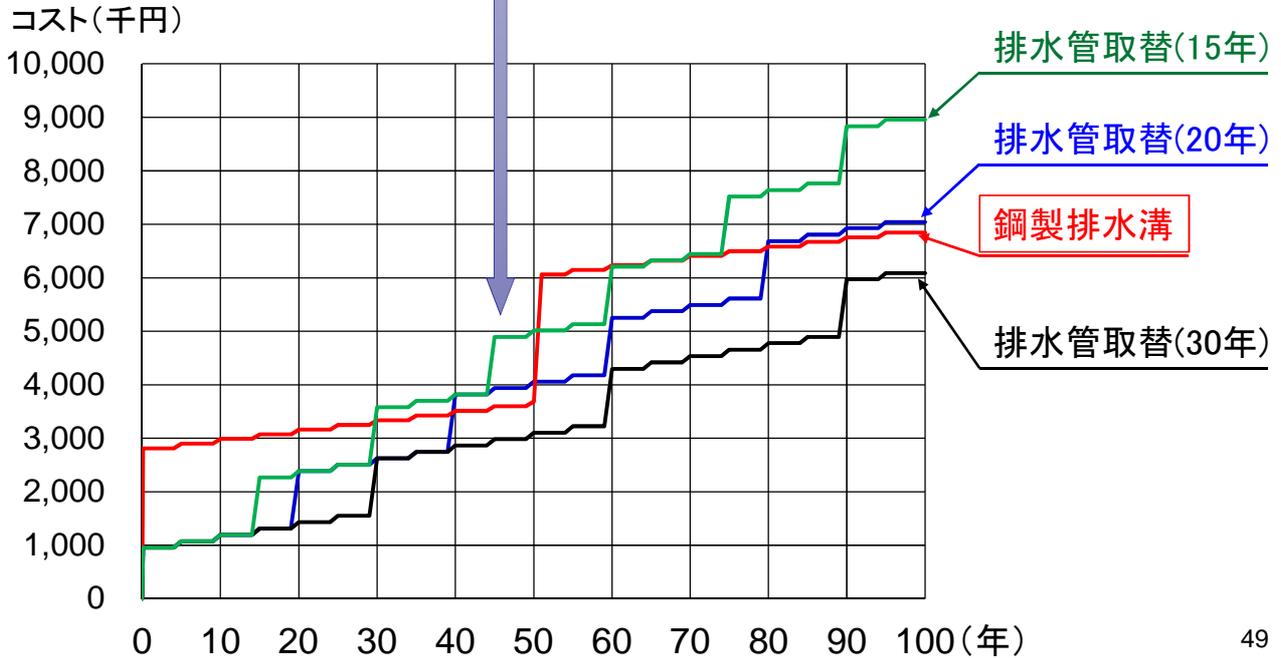
○ 計算条件: 橋長 40.0m 縦断勾配 1.0%



LCC検討結果【橋面排水構造】

○ 計算条件: 橋長 40.0m 縦断勾配 1.0%

対策実施後 50年付近でコストが逆転(排水管取替20年との比較)

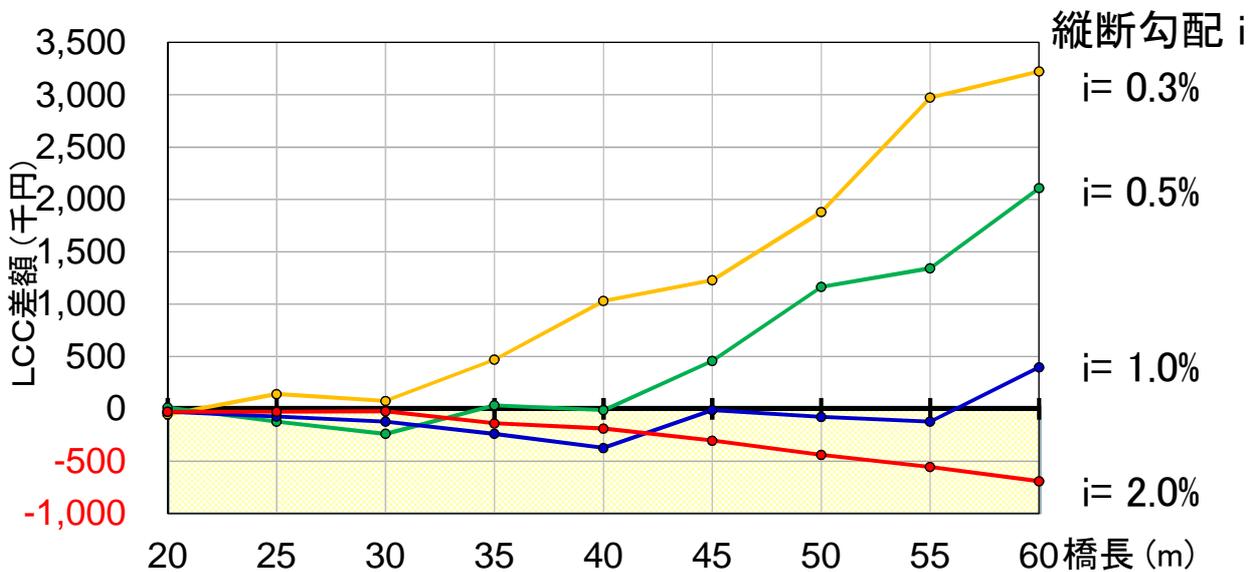


49

LCC検討結果【橋面排水構造】

○ 対策実施後50年におけるLCC差額

LCC差額 = 排水管用替サイクル20年 - 鋼製排水溝



縦断勾配が大きい程、鋼製排水溝が優位となる

50

鋼製排水溝の適用可能条件 【橋面排水構造】

モデル橋梁の検討結果より、

- 1 排水管取替サイクルが20年程度以内
- 2 今後の供用予定期間が50年程度
(鋼製排水溝の耐用年数程度まで供用)
- 3 橋梁条件による適用条件

橋 長	縦断勾配
$L < 30 \text{ m}$	0.5% 以上
$30\text{m} < L < 40\text{m}$	1.0% 以上
$40\text{m} < L < 60\text{m}$	2.0% 以上

51

桁端部水じまい対策の提案

52

提案概要 【桁端水じまい対策】

1. 現行対策（伸縮装置非排水構造化）

シール材による止水材は**耐用年数が短い**ことが問題。

2. 提案手法

非排水構造の提案

□ 提案1：ミニ延長床版構造

耐用年数の短い止水材に代わり、下部工まで延長させた床版にて遊間部からの漏水を防ぐ。

排水構造の提案

□ 提案2：排水樋構造

□ 提案3：下部工排水構造

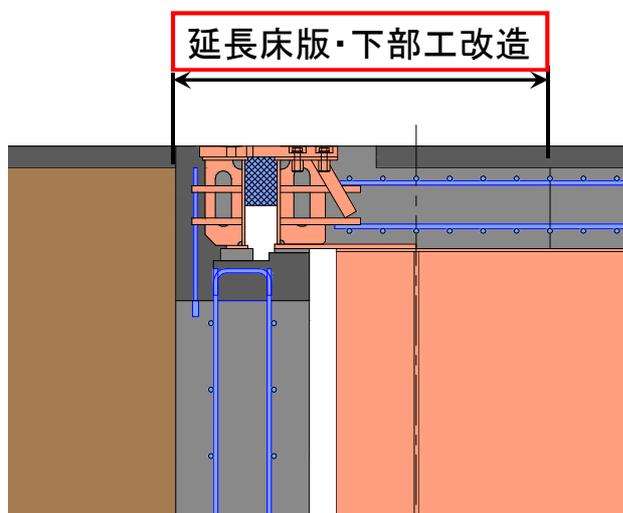
水を完全に遮断する構造は不可能という観点から、桁端部から水を排水させる構造を提案する。

53

構造提案 【桁端水じまい対策】

提案1：ミニ延長床版構造（非排水構造）

桁遊間部を剛な部材で塞ぐことで長期的な止水性を確保する。



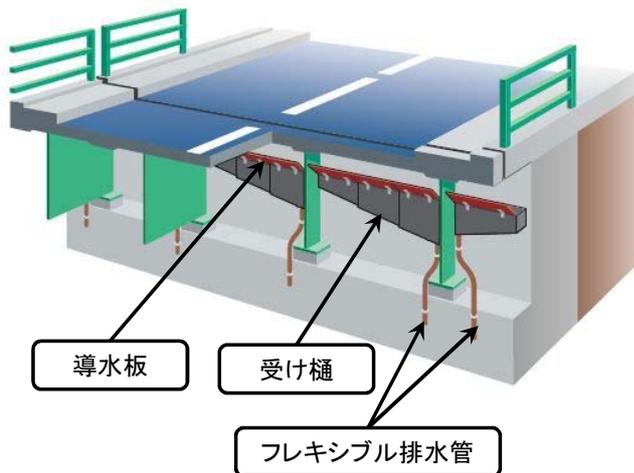
検討条件	検討・確認内容
踏掛版	伸縮装置をが踏掛版に干渉しないようにする
パラペット厚	伸縮装置が設置可能な幅であるか確認
支承条件	可動支承側は移動量確保をする
排水の流末	パラペット上に水みちを設置する

54

構造提案【桁端水じまい対策】

提案2：排水樋構造（排水構造）

桁遊間部からの水の流れは許容する構造となる。
下部工に樋を固定するため**桁の伸縮、振動に影響を受けない。**



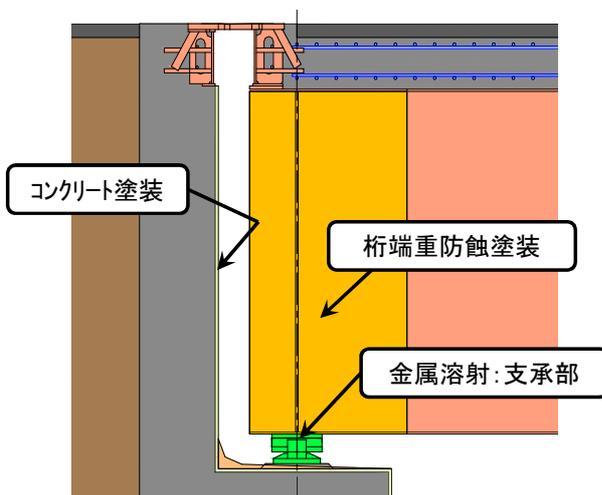
検討条件	検討・確認内容
遊間	桁遊間 50mm以上 床版遊間 400mm以下
端横桁形式	対傾構であること
主桁形式	I桁橋：可能 箱桁橋：1主箱桁など (横桁無)

55

構造提案【桁端水じまい対策】

提案3：下部工排水構造（排水構造）

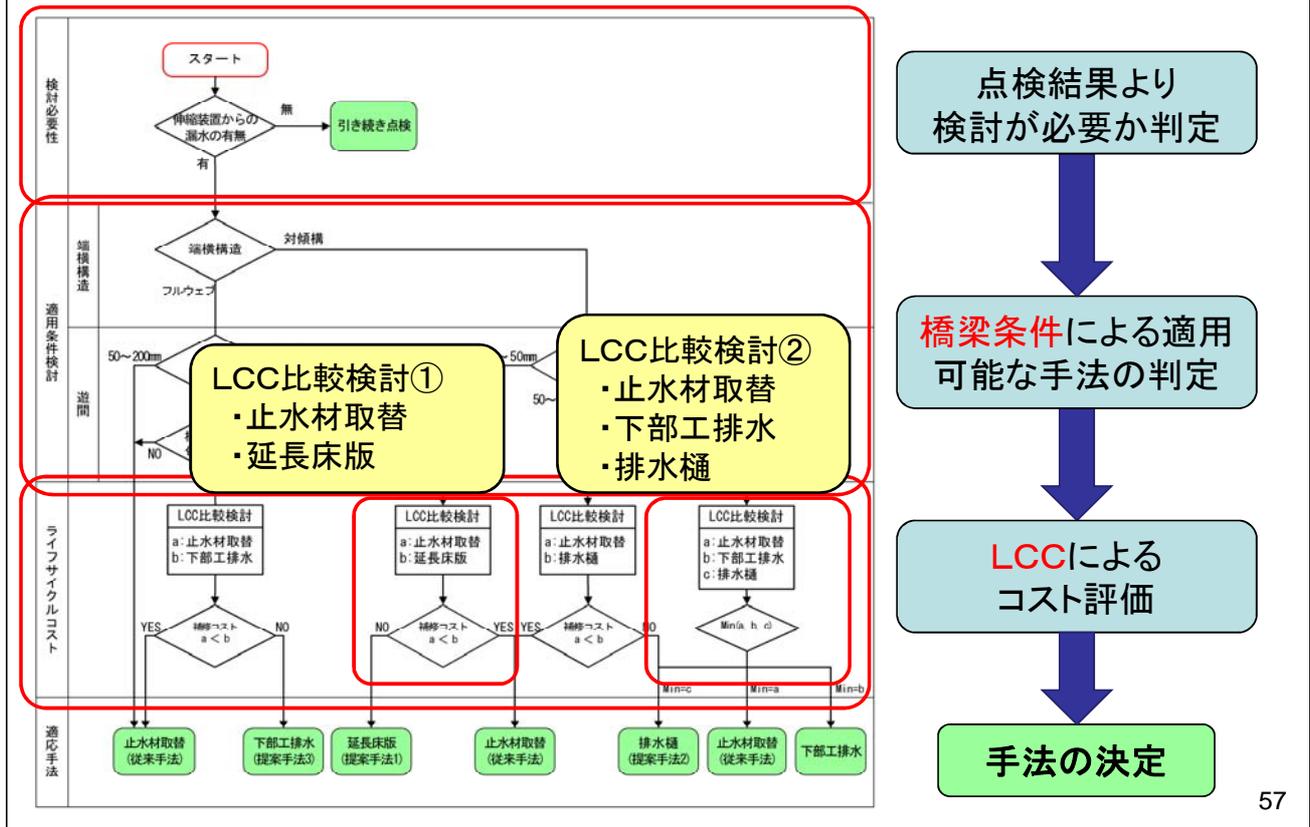
複雑な設備を伴わず**シンプルな構造**とする。
各部材の耐水性能、排水性を向上させる。
下部工の清掃を定期的に行う必要がある。



検討条件	検討・確認内容
桁遊間	200mm以上
支承台座高	橋座面排水勾配が確保可能な高さか確認
桁下遊間	I桁橋：可能 箱桁橋：400mm以上
流末処理	下部工側面からの排水処理方法が可能か確認
下部工清掃	定期的な清掃が可能か確認

56

構造選定フローの提案【桁端水じまい対策】

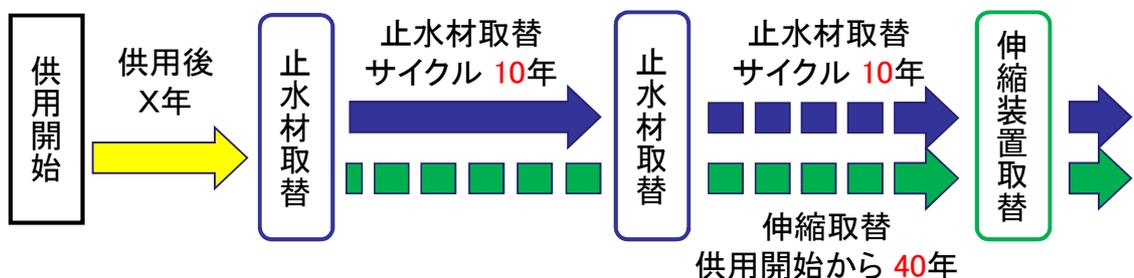


LCC比較検討①【桁端水じまい対策】

現行対策(止水材取替)とミニ延長床版構造の比較

■ LCCシナリオの設定

① 伸縮装置止水材による維持管理シナリオ(現行対策)



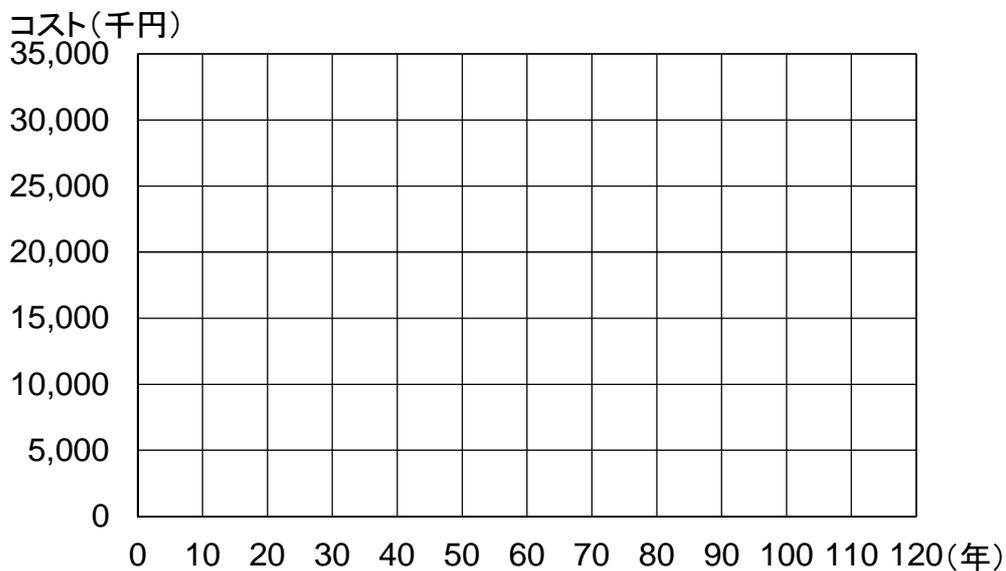
② ミニ延長床版への構造変更シナリオ



LCC検討結果① 【桁端水じまい対策】

○ 計算条件: 橋長 30.0m 縦断勾配 0.3%

対策開始: 供用後20年

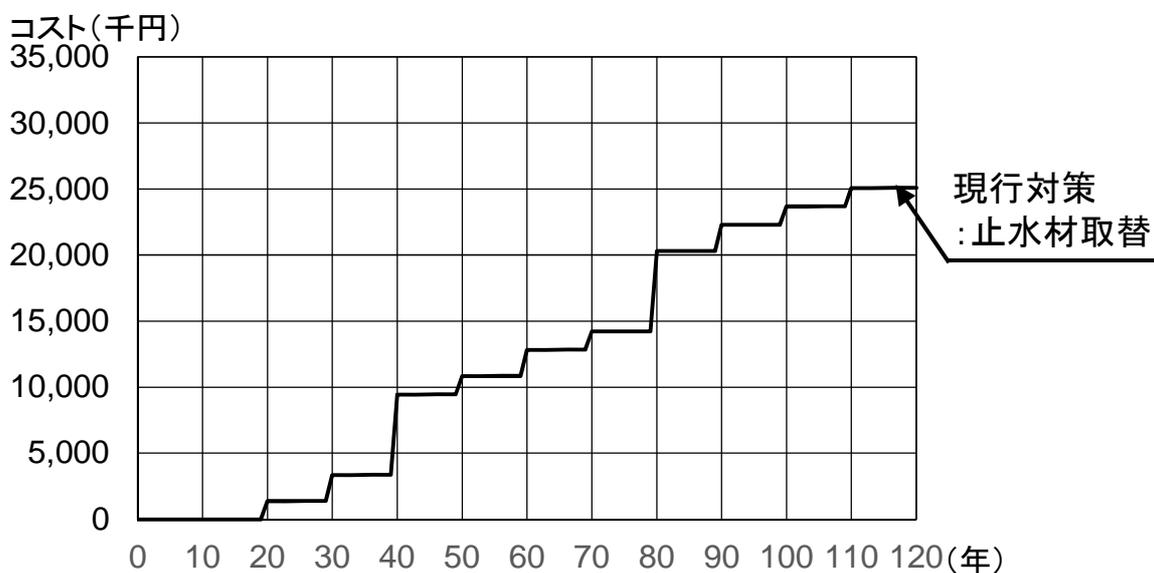


59

LCC検討結果① 【桁端水じまい対策】

○ 計算条件: 橋長 30.0m 縦断勾配 0.3%

対策開始: 供用後20年

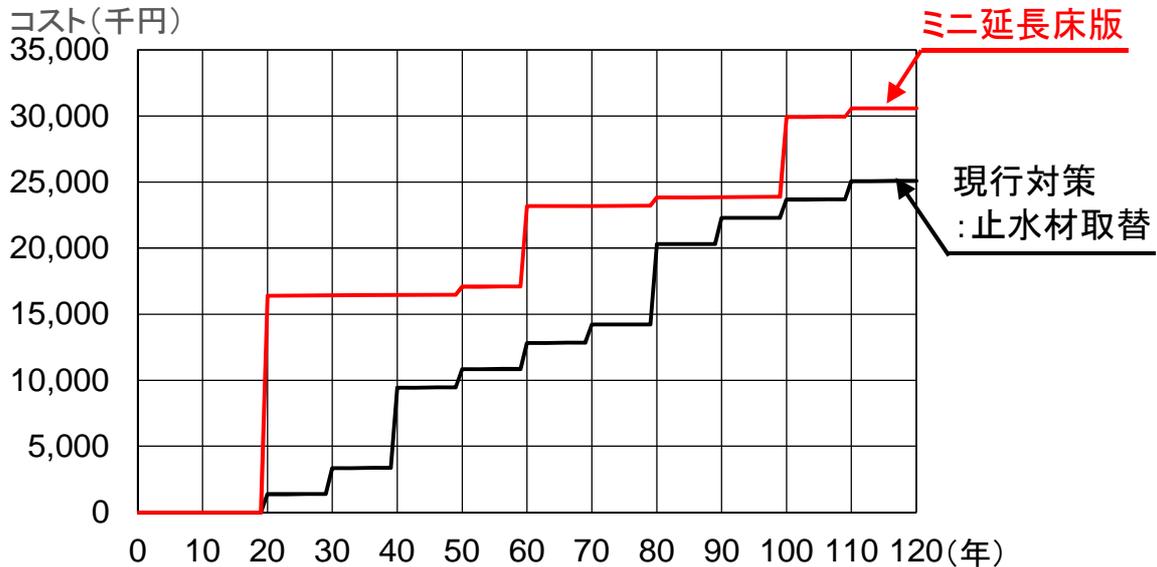


60

LCC検討結果① 【桁端水じまい対策】

○ 計算条件: 橋長 30.0m 縦断勾配 0.3%

対策開始: 供用後20年



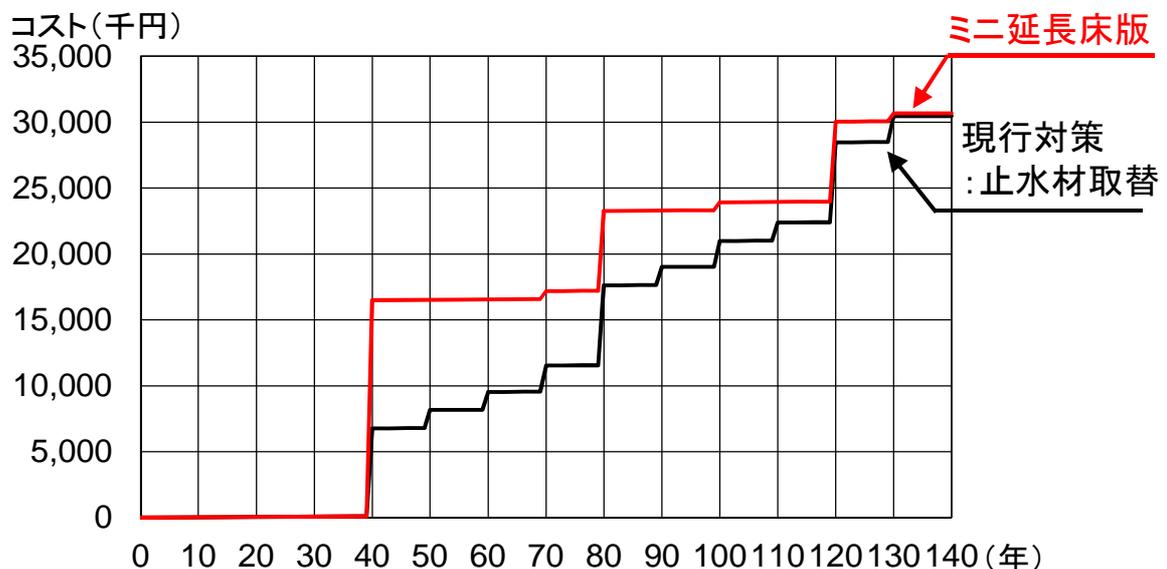
どの時期においても延長床版工法が高コスト

61

LCC検討結果① 【桁端水じまい対策】

○ 計算条件: 橋長 30.0m 縦断勾配 0.3%

対策開始: 供用後40年



対策実施後100年で現行対策とほぼ同等

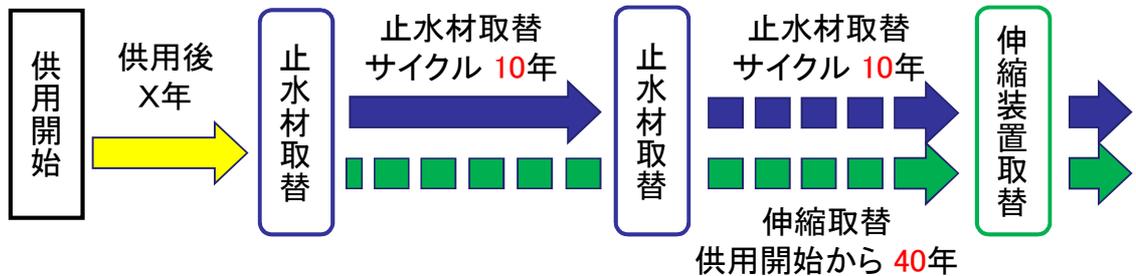
62

LCC比較検討②【桁端水じまい対策】

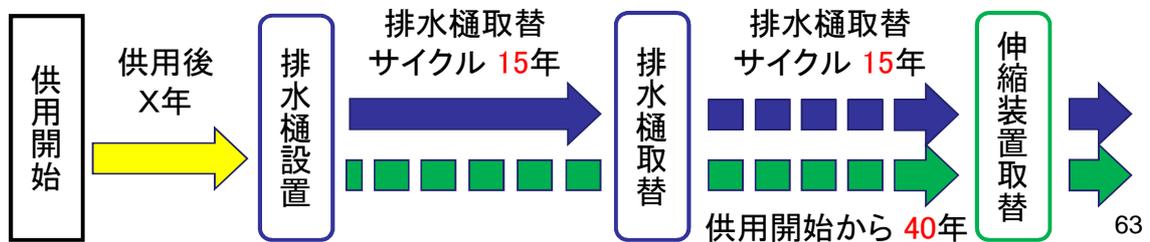
現行対策、排水樋、下部工排水構造の比較

■ LCCシナリオの設定

① 伸縮装置止水材による維持管理シナリオ(現行対策)



② 排水樋への構造変更シナリオ

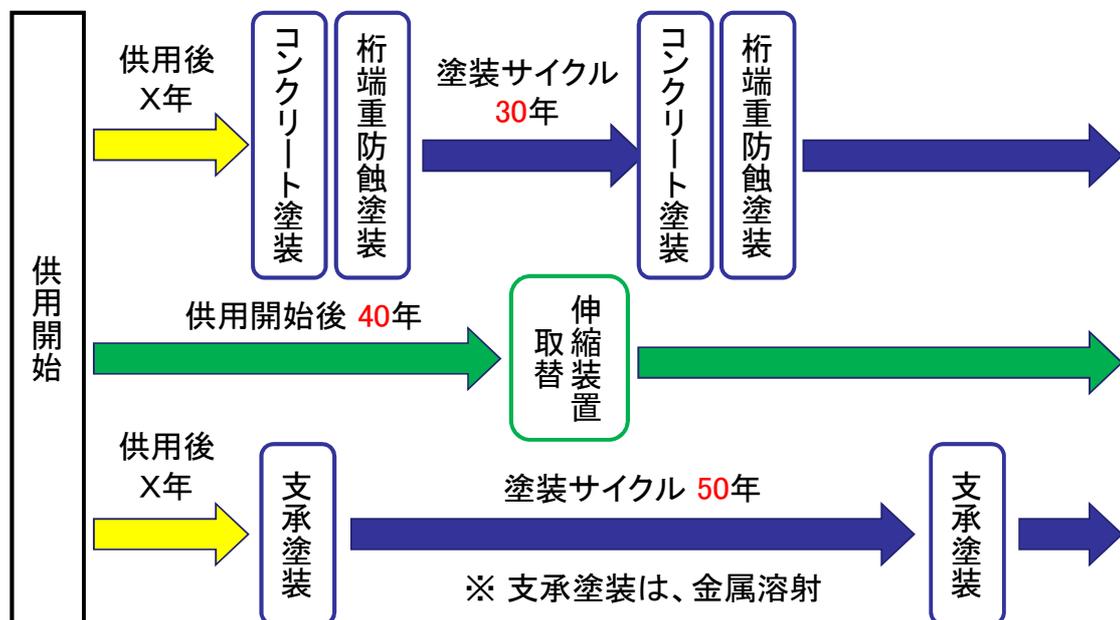


63

LCC比較検討②【桁端水じまい対策】

現行対策、排水樋、下部工排水構造の比較

③ 下部工排水構造への構造変更シナリオ

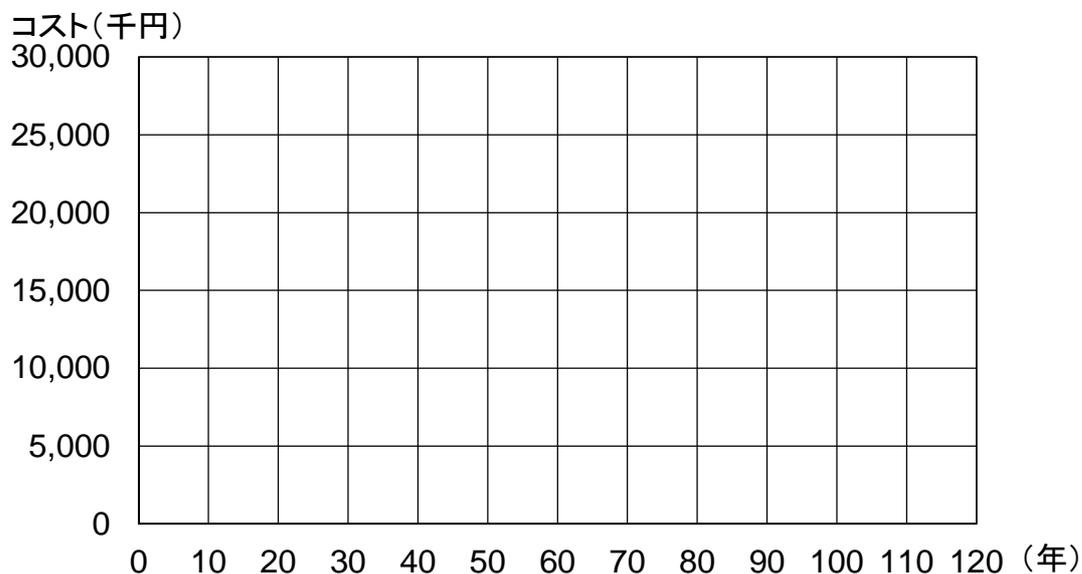


64

LCC検討結果② 【桁端水じまい対策】

○ 計算条件: 橋長 30.0m 縦断勾配 0.3%

対策開始: 供用後20年

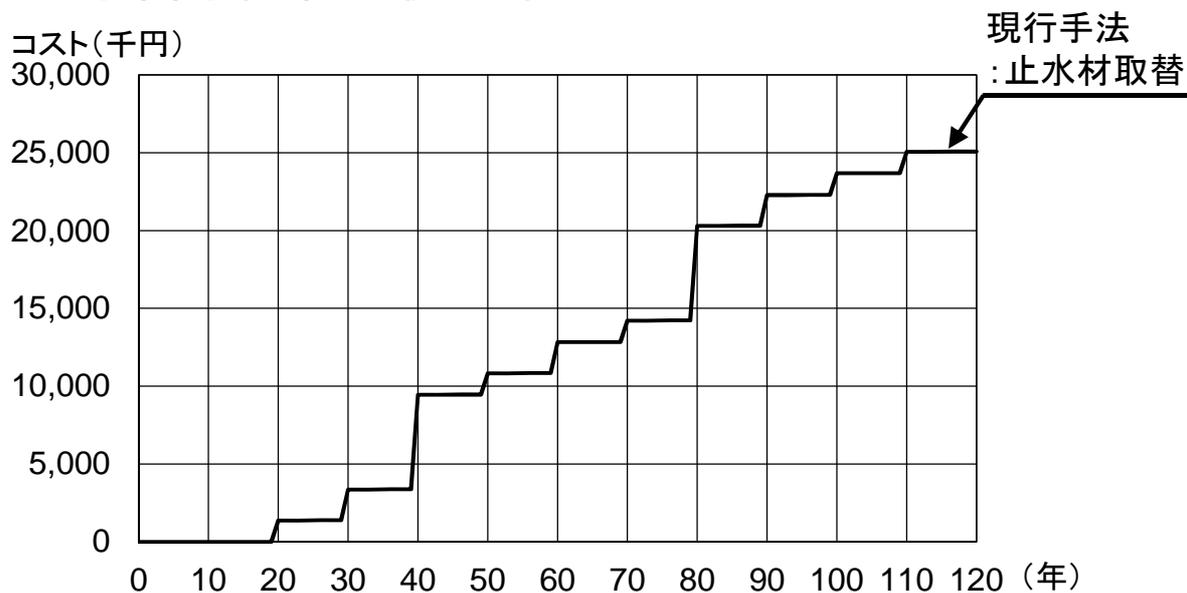


65

LCC検討結果② 【桁端水じまい対策】

○ 計算条件: 橋長 30.0m 縦断勾配 0.3%

対策開始: 供用後20年

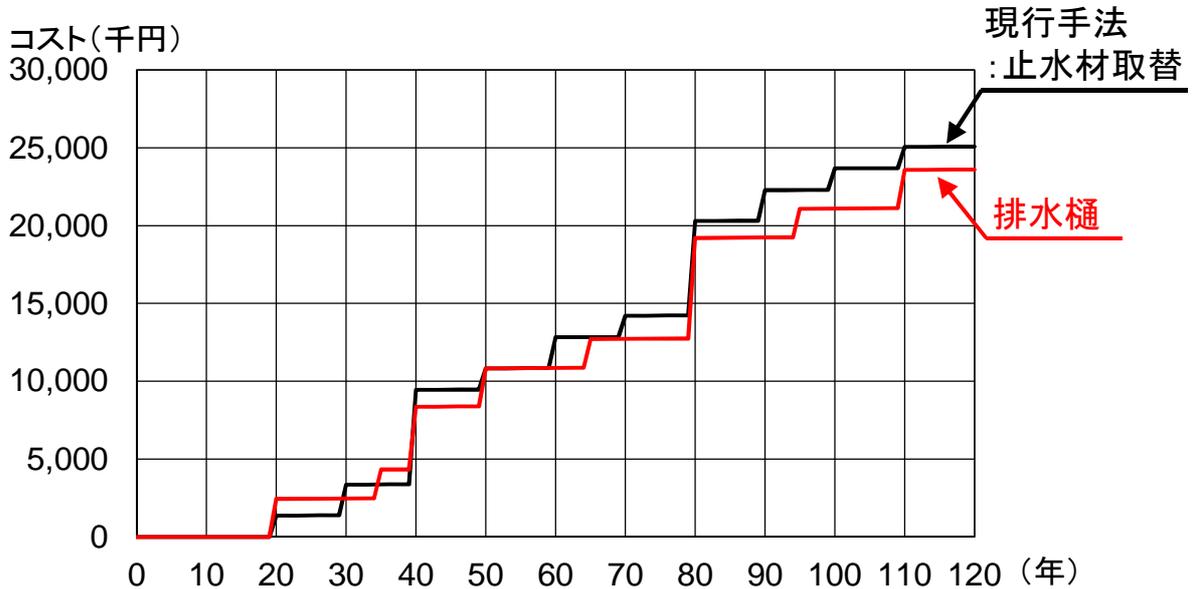


66

LCC検討結果② 【桁端水じまい対策】

○ 計算条件: 橋長 30.0m 縦断勾配 0.3%

対策開始: 供用後20年

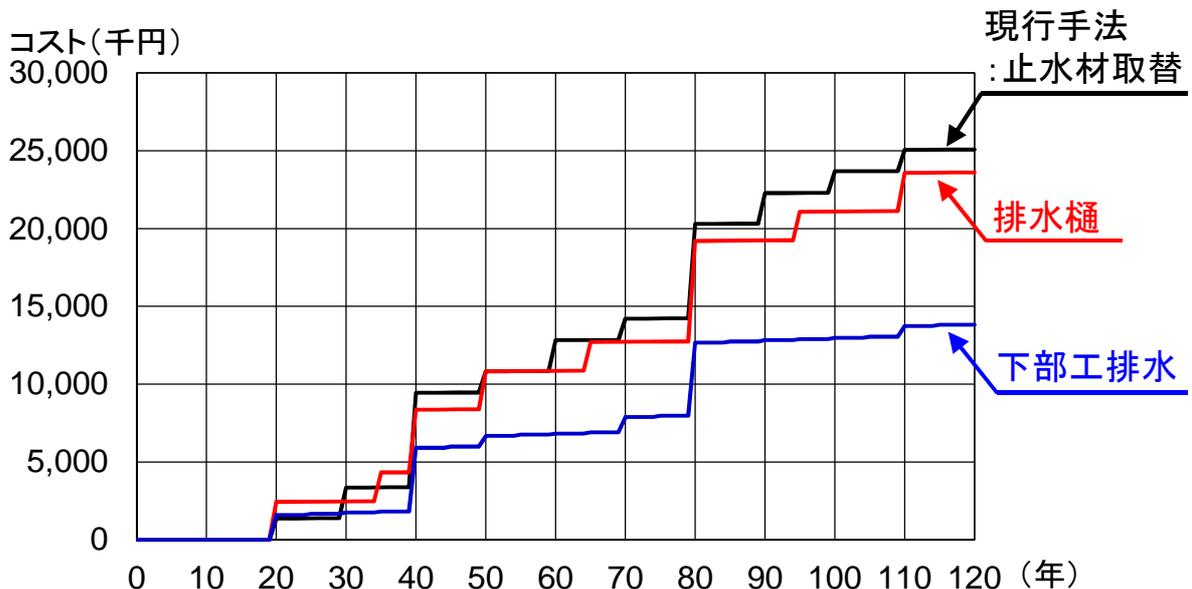


67

LCC検討結果② 【桁端水じまい対策】

○ 計算条件: 橋長 30.0m 縦断勾配 0.3%

対策開始: 供用後20年



下部工排水構造が最も低コスト

68

まとめ

- ◆ 既設鋼橋を対象とした、排水装置および桁端部の有効なリニューアル型の水じまい対策を提案した。LCC評価による適用性の検討より以下のことが確認できた。
 - ① 橋面排水のために鋼製排水溝を適用する際は、排水管の取替サイクル、橋梁の供用期間、橋長と縦断勾配がパラメータとなる。
 - ② 桁端部の水じまい対策として、延長床版構造は現行の伸縮装置本体の取替えより高価であり、下部工排水構造が最も低コストで優位となった。
- ◆ 既設鋼橋に排水装置および桁端部の水じまい対策を適用するための構造選定フローを作成できた。

69

ご清聴ありがとうございました

70