

第3章 水じまい対策による長寿命化手法の提案

第3章 水じまい対策による長寿命化手法の提案

目次

§ 1. はじめに	3-1
1-1. 研究背景	3-1
1-2. 提案コンセプト	3-2
1-3. 検討内容	3-3
1-3-1. 水じまい対策の検討箇所	3-3
1-3-2. 検討の流れ	3-4
1-4. 対象橋梁について	3-5
§ 2. 橋面排水構造の提案	3-6
2-1. 検討概要	3-6
2-1-1. 橋面排水構造の提案内容	3-6
2-1-2. 提案手法の採用に向けた検討	3-6
2-2. 構造提案	3-7
2-2-1. 排水ます撤去による橋面排水の簡易化の提案	3-7
2-2-2. 鋼製排水溝による橋面排水手法の提案	3-9
2-3. 提案手法の適用に向けた検討	3-13
2-3-1. 構造選定フロー図の提案	3-13
2-3-2. 排水計算による適用可能条件の検討	3-16
2-3-3. ライフサイクルコストの比較検討	3-21
2-4. 橋面排水構造まとめ	3-35
2-4-1. 提案内容まとめ	3-35
2-4-2. 提案手法の適用に向けた検討	3-35
§ 3. 桁端部水じまい対策の提案	3-37
3-1. 検討概要	3-37
3-1-1. 桁端部水じまい対策の提案内容	3-37
3-1-2. 提案手法の採用に向けた検討	3-37
3-2. 構造提案	3-38
3-2-1. 床版延長による非排水構造案	3-38
3-2-2. 排水樋による排水構造化	3-39
3-2-3. 下部工排水構造	3-40
3-3. 提案手法の適用に向けた検討	3-41
3-3-1. 構造選定フロー図の提案	3-41
3-3-2. モデル橋梁によるライフサイクルコストの比較検討	3-44
3-4. 桁端部水じまい対策のまとめ	3-57
3-4-1. 提案内容まとめ	3-57
3-4-2. 提案手法の適用に向けた検討	3-57
§ 4. まとめと今後の課題	3-58
4-1. 水じまい対策提案のまとめ	3-58
4-2. 今後の課題	3-59
4-2-1. 橋面排水構造の課題	3-59
4-2-2. 桁端部水じまい対策の課題	3-59
第3章の参考文献	3-60

§ 1. はじめに

1-1. 研究背景

鋼道路橋における主要な劣化現象として、鋼部材の腐食が挙げられる。鋼部材の腐食反応には水の接触が必要であり、一般的に塗装を行う事で水を遮断する対処を行っているが、それでも鋼部材表面が湿潤な状態が長く続くと塗装の劣化が速まり、鋼部材の腐食へと進展する¹⁾。これまで、特に地方自治体等においては橋梁の点検、維持管理が十分に実施されていなかった事から、桁端部や排水装置からの漏水が放置され局所的な腐食が発生し、その対策として主桁の当て板補修や、部分的な部材交換などが行われてきた。

鋼部材の腐食対策である塗装は、腐食事例が多く確認された従来のものと比べ向上しているものの、湿潤状態が劣化進行を速めるという点は変わらないため、鋼部材の湿潤状態を防ぐ対策（水じまい対策）は橋梁の長寿命化を進める上で重要な点であると言える。

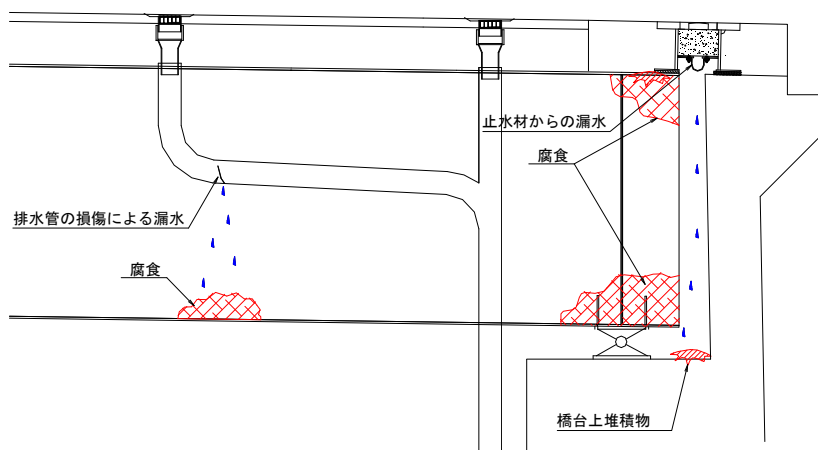
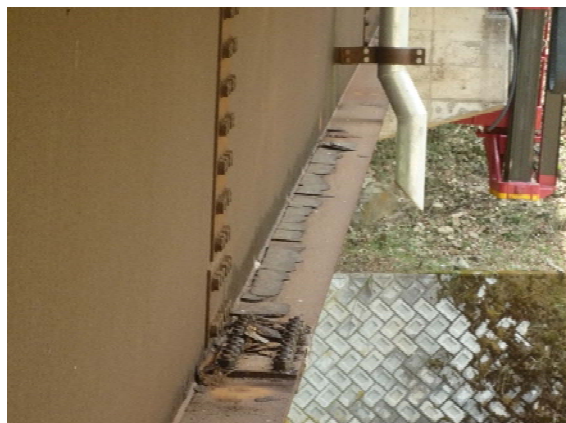


図 1-1 水じまい対策不備の事例



a) 桁端部の腐食事例



(注 写真内の排水管は補修済)

b) 排水装置不備による腐食事例

図 1-2 水じまい不備による鋼橋の損傷

現在は、多くの自治体において長寿命化修繕計画の策定が進められ、長寿命化対策の取り組みが始まっている。ただし、地方自治体においてはそれら維持管理に費やす予算や人員が不足しており、対策実施のための問題点となっている。

1-2. 提案コンセプト

長寿命化修繕計画における排水装置などの水じまい対策については、現在使用されている部材と同等の部材を定期的に補修・交換を行うものとして計画されている。

しかし、例えば現在使用されている伸縮装置部の止水材などは、橋梁点検結果により地域によっては平均6年程度（早いものでは2年程度）で漏水が確認されている²⁾。

このようなケースにおいて定期的に交換する事はコスト及び作業人員がかかるため、十分な対策が行えない可能性がある。

そこで本研究では、「リニューアル型維持管理手法」による水じまい対策を提案し、頻繁に発生する維持管理作業を低減出来ないか検討する事とした。

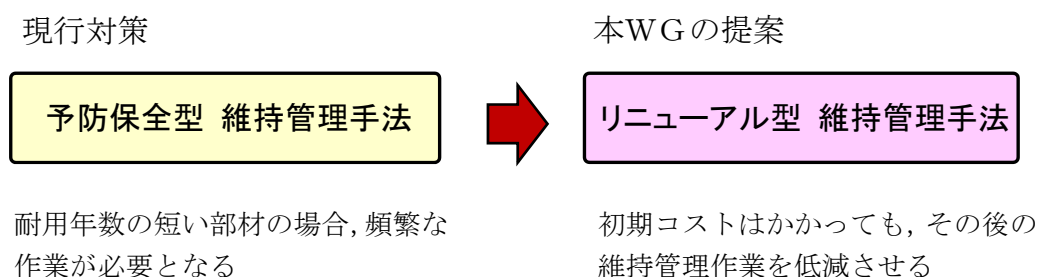


図 1-3 提案コンセプト

1-3. 検討内容

1-3-1. 水じまい対策の検討箇所

検討対象箇所は、橋面に降った雨水を橋梁外に排出させるという基本的な機能、及び鋼桁に特に影響を与える部材という点に着目し、以下の2点を検討対象とした。

①排水装置に対する構造提案 【橋面排水構造の提案】

橋梁の排水計画において桁下へ直接落とす事（垂れ流し）が出来ない場合、排水ますに入った雨水を横引き排水管にて導水し桁端部において流末処理する方法がとられる。この横引き排水管は主桁側面に沿って配置されている事から、補修作業時は桁下足場の設置などに手間がかかる。この問題に対して、橋面上で排水する構造に変更する橋面排水構造の提案を行った。

②桁端部の伸縮装置止水材に代わる構造提案 【桁端部水じまい対策の提案】

現行の設計基準においては、伸縮装置部に止水材を設置し桁遊間からの漏水を防ぐ事を原則としている。この止水材は使用年数が10年未満で損傷する事が多く、桁端部水じまいを健全に保つためには頻繁な取替えを行う必要がある。

この問題に対して、現場での維持管理作業の低減が可能な構造提案を行った。

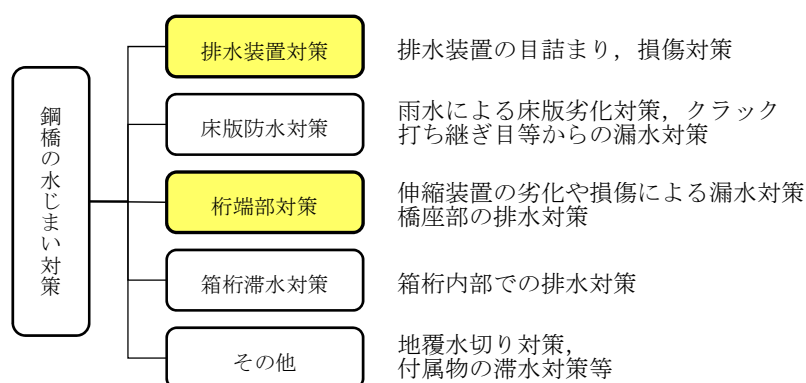


図 1-4 鋼橋の主な水じまい対策

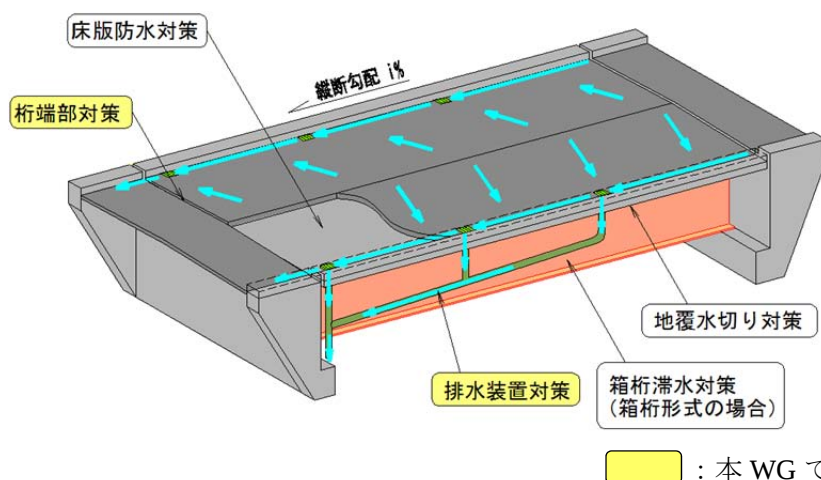


図 1-5 主な水じまい対策箇所及び検討箇所

1-3-2. 検討の流れ

以下に、本研究での検討の流れを示す．この流れは【橋面排水構造の提案】，【桁端部水じまい対策の提案】とも共通とする．

まず，リニューアル型維持管理手法のための構造提案を行い，それが適用可能となる条件等を整理した．

次に，提案手法を採用するためにはどのような検討を行えば良いか明確にするために構造選定フローを作成し，提案手法を採用するまでの流れを可視化した．また，このフローの中でライフサイクルコスト（LCC）比較など，比較計算を行い評価する項目があるため，モデル橋梁を設定して実際に計算を行い適用可能条件などの考察を行った．

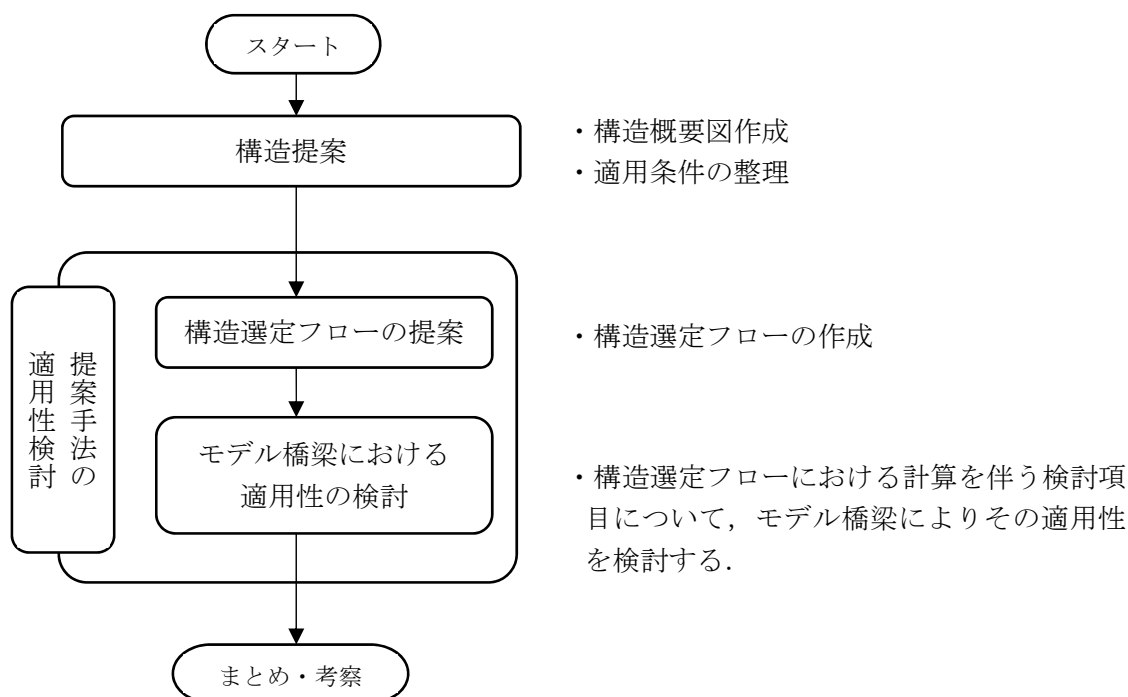


図 1-6 検討の流れ

1-4. 対象橋梁について

検討の対象とする橋梁は、地方地自体が多く抱えている中小規模の橋梁とする。
橋梁形式は中小規模での実績が多い鋼 I 桁橋とする。

○モデル橋梁形式について

排水計算及び LCC 計算は以下のモデル橋梁を想定して行うものとする。

ここでは各検討に共通する部分を示すものとし、その他各検討で必要となる項目については各検討項目にて示すものとする。

構造形式	: 鋼単純 I 桁橋
橋長	: 20.0m ～ 60.0m (鋼単純 I 桁橋の標準適用支間)
幅員	: 有効幅員 8.500m (車道 7.000m 路肩 2×0.750m)
縦断勾配	: 0.3% , 0.5% , 1.0% , 2.0%
横断勾配	: 2.0% (拌み勾配)

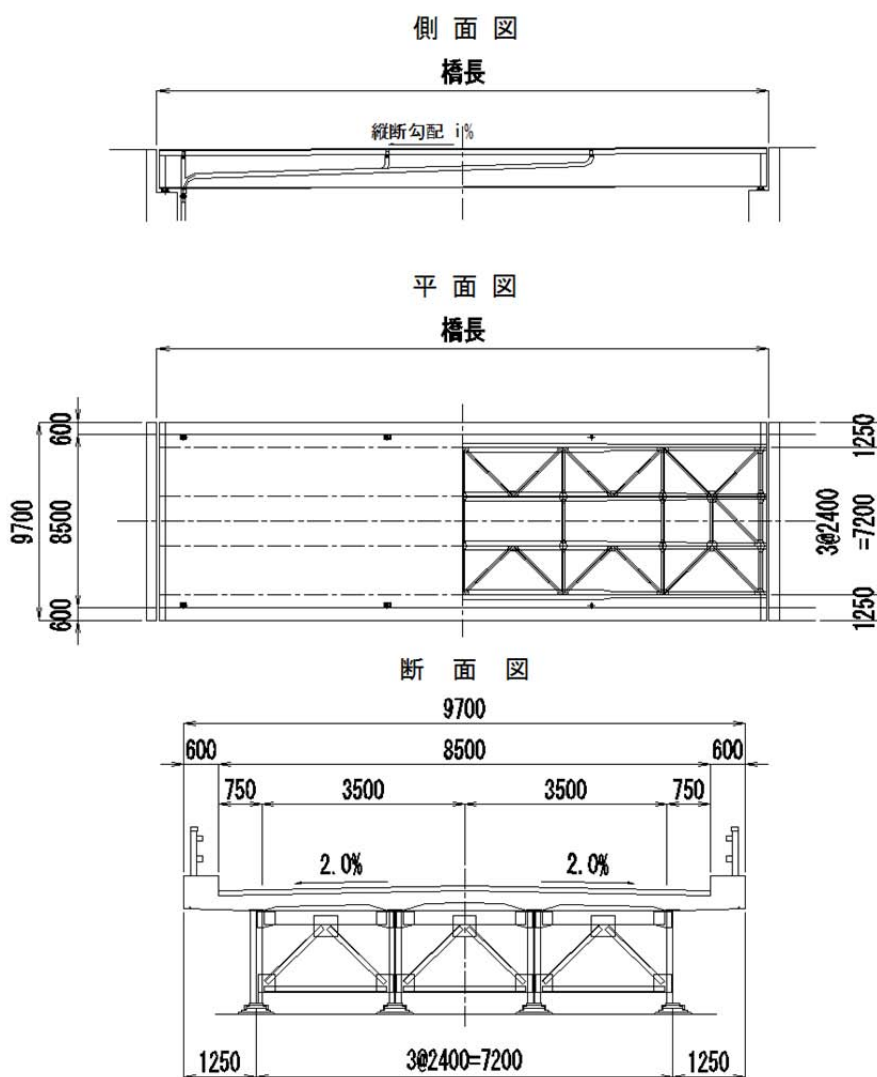


図 1-7 モデル橋梁一般図

§ 2. 橋面排水構造の提案

2-1. 検討概要

本章での検討内容の概要について以下に示す。

2-1-1. 橋面排水構造の提案内容

既設橋に設置された排水装置に代わる構造提案として以下の2点を挙げた。

①排水ます撤去による橋面排水の簡易化の提案

現在架設されている既設橋梁の中には、十分維持管理がされずに排水装置が閉塞しているものも存在する。本来であれば排水装置を清掃し、機能回復を行う必要があるが、その多くが放置されてきたというのが現状である。

その様な橋梁の中には機能上不具合が生じなかった事から放置されていたと思われるものもあるため、維持管理コスト、漏水リスクの低減を目的として排水装置そのものを撤去する事を提案した。この提案では排水装置の撤去のメリット・デメリットや適用可能な橋梁条件の検討を行った。

②鋼製排水溝による橋面排水構造化の提案

鋼製排水溝は橋面に降った雨水を橋面上で流していく構造であるため、不具合の早期発見など維持管理上メリットが大きい構造である。

ただし既設橋梁に対して後付けで設置した事例は少ない事から、適用可能な鋼製排水溝形状や橋梁条件などを調査し適用条件をまとめた。

2-1-2. 提案手法の採用に向けた検討

(1) 構造選定フロー図の提案

現行の排水装置維持管理対策（排水管取替え）に対して、上記の構造提案がどのような条件であれば構造変更可能となるか構造選定フローを中心にまとめた。

(2) 排水計算による適用可能条件の検討

(1)で作成した構造選定フローにおいて、排水計算によりどの構造提案が適用可能かの判定を行う項目がある。ここではモデル橋梁において橋長、縦断勾配などのパラメーターを変化させて排水計算を行い適用可能な橋梁条件の検討を行った。

(3) ライフサイクルコストの比較検討

構造選定フローにおいて提案構造を採用するに当たり、現行の排水装置維持管理対策とのLCC比較が必要となる。ここではモデル橋梁において提案手法と現行対策の比較を行い、どのような条件であれば提案手法が優位となるか検討を行った。

2-2. 構造提案

2-2-1. 排水ます撤去による橋面排水の簡易化の提案

(1) 排水ます撤去構造の概要

排水ます撤去構造は、既設の排水ますを撤去し、橋面上のみで雨水を流し桁端部で流末処理をするものである。これにより橋梁中間部において排水装置による流末処理を無くす事で、清掃等の維持管理作業の低減や、排水管取替えなどの補修作業の低減が期待できる。

排水ます撤去構造における特徴を以下に示す。

- | | |
|-------|---|
| メリット | ① 排水装置の清掃が不要となる
② 排水ますや排水管からの漏水による主桁損傷リスクが無くなる |
| デメリット | ① 桁端部の水じまい対策を十分に行う必要がある
② 縦断勾配が緩い場合は路面滞水が多くなり、走行性が悪化する |

また、適用の際は橋面上のみで排水可能か確認を行う必要がある。本研究におけるモデル橋梁での適用可能条件については、2-3-2. にて示している。

(2) 排水ます撤去構造の施工

既設排水ますの頂部をガス切断して除去した後、内部にモルタル充填を行う。モルタル充填時は必要に応じて排水ます内部に鉄筋等を入れ、モルタルの抜け落ちを防ぐものとする。

排水管自体も不要となるが、脱落等のリスクが少なければ点検や他の補修のタイミングに合わせて撤去する方針でよい。

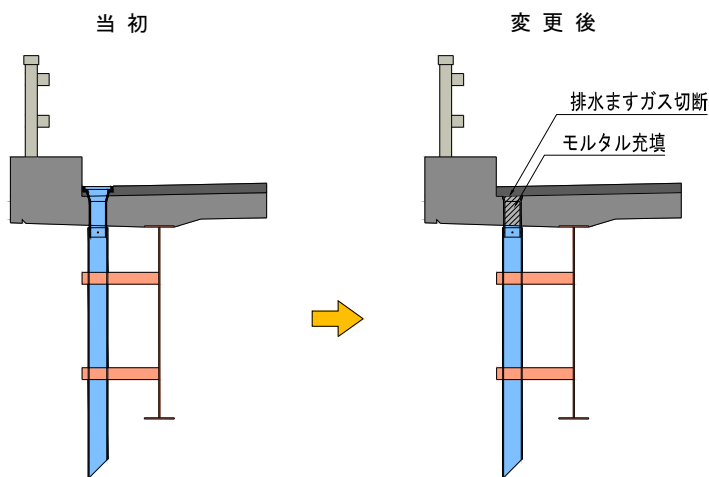


図 2-1 排水ます撤去概要図

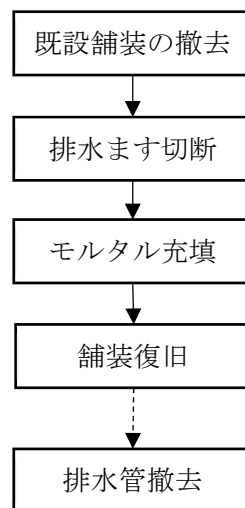


図 2-2 排水ます撤去工 施工ステップ

(3) 排水ます撤去時における流末処理方法について

排水ますを撤去した場合の雨水の処理先は、土工部における側溝部まで導水する事が基本となる。この場合、伸縮装置部を越えて排水する事となり、桁端部からの漏水対策が必要となる。

また、土工部以外の流末処理方法として、後述する桁端部水じまい対策の提案による排水構造化も挙げられる。

流末処理の概要については図 2-3 に示す。

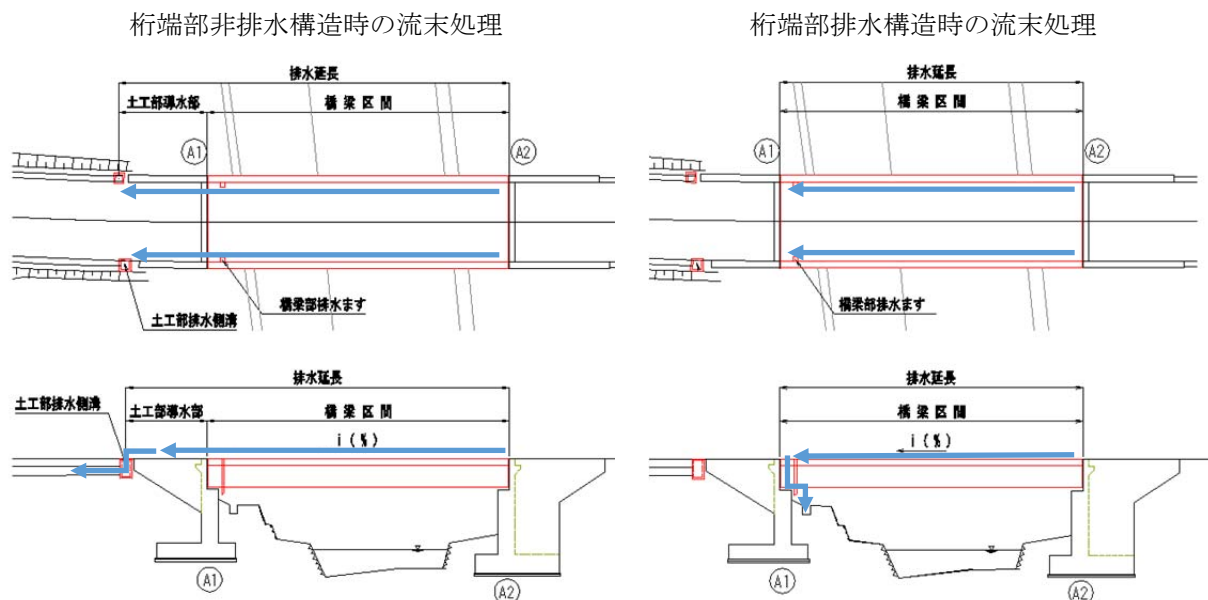


図 2-3 排水経路概要図

表 2-1 排水ます撤去時における桁端部水じまい対策

桁端部水じまい手法		適用条件※
桁端部非排水構造	非排水伸縮装置（現行対策）	-
	延長床版構造	桁遊間 50mm 以下
桁端部排水構造	排水樋構造	桁遊間 100～200mm
	下部工排水構造	桁遊間 200mm 以上

※ 適用条件は 3-1-2. (1) 参照

2-2-2. 鋼製排水溝による橋面排水手法の提案

(1) 鋼製排水溝案の概要

既設の排水管を鋼製排水溝に変更した場合、点検・補修などの維持管理作業が橋面上で行えるようになる。一方で排水管による排水装置の場合、主桁側面に排水管が設置されていることから、その取替え時には足場の設置が必要となる。比較的交通規制の容易な一般道の場合、橋面上で作業できる鋼製排水溝形式の方が、維持管理上のメリットは大きいと思われる。

鋼製排水溝についての一般的な特徴を以下に示す。

- | | |
|-------|---|
| メリット | <ol style="list-style-type: none">1. 桁端部の流末部以外は橋面上で清掃や近接点検が行えるため、比較的交通量の少ない橋梁では維持管理作業が容易になる（維持管理性向上）2. 排水管から漏水が発生した場合、主桁損傷を促進させる要因となるが、鋼製排水溝の場合には漏水による主桁の劣化は生じない（主桁損傷リスクの低減） |
| デメリット | <ol style="list-style-type: none">1. 鋼製排水溝の製作費が高いため、導入コストがかかる2. 排水勾配が橋面と同じとなるため、土砂が堆積し易い |

検討時には上記の一般的特徴の他、鋼製排水溝の形状の違いによる特徴を考慮して検討する必要がある。

(2) 鋼製排水溝構造の施工

鋼製排水溝設置に当たり、既設の排水ますの撤去が必要となる。排水ますの撤去方法については、2-2-1. (2) と同じである。既設排水ます撤去後、鋼製排水溝を設置する。その際、鋼製排水溝の構造によっては地覆部の改造などを行う。

桁端部の排水管部分については、鋼製排水溝の流末処理用として改造を行う。

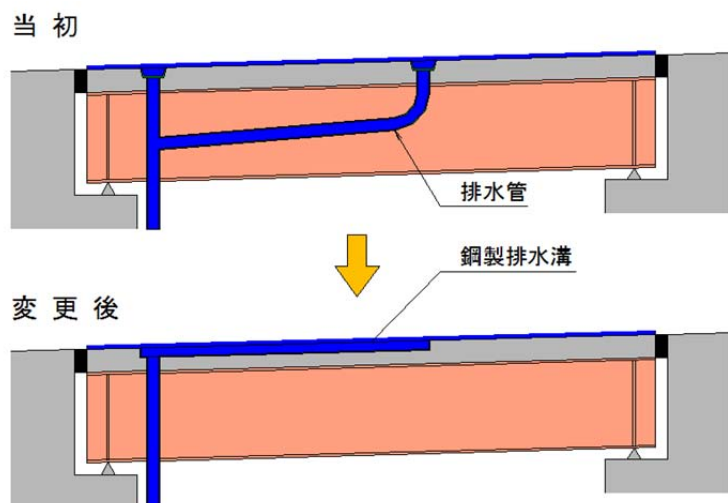


図 2-4 鋼製排水溝設置概要図

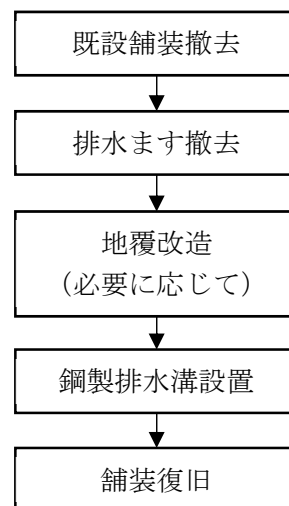


図 2-5 鋼製排水溝施工フロー

(3) 鋼製排水溝比較表

以下に、鋼製排水溝の構造提案を3種類示す。

既設橋梁に対しては既設橋梁の改造が少ないフラットタイプが適用し易いことから、フラットタイプ鋼製排水溝の設置を推奨する。

表 2-2 構造提案表 (1)

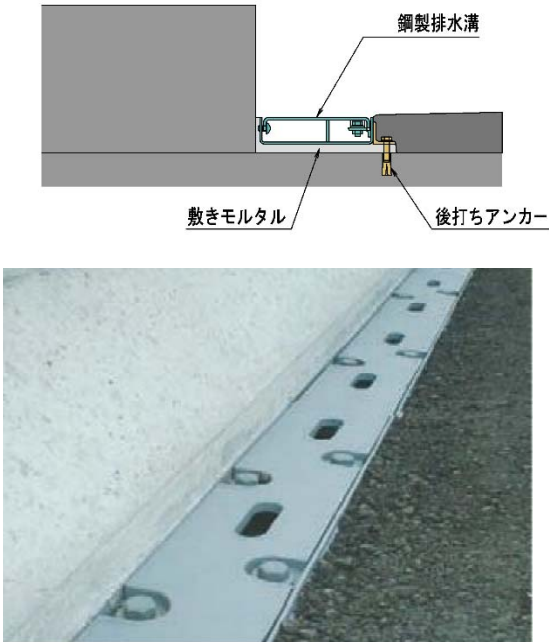
	構造提案 1 鋼製排水溝(フラットタイプ)
構造図	
構造的特徴	・ 舗装面のみで設置できるため、既設橋梁への対応も比較的容易である ・ 流末処理は、下部工付近で桁下に落とす ・ 標準タイプと比較し、排水性能は劣る ・ 構造がシンプルなため、標準タイプの鋼製排水溝と比べ安価である
適用条件	・ 施工時は片側交通規制を行う必要がある ・ 車道部に排水ますがあり、舗装厚は 70mm 以上必要 ・ 歩道部に排水ますがある場合は設置不可（歩道側に設置する必要があるが、歩道部は舗装厚が薄いため不可となる）
維持管理性	・ 清掃や部材交換等の維持管理作業は基本的に橋面のみで可能である（桁端部にある流末管については桁下作業が発生） ・ 標準タイプと比べ、天板の開閉がやや困難である
総評	既設橋梁に対する鋼製排水溝の適用としては最適な構造である ◎

表 2-3 構造提案表 (2)

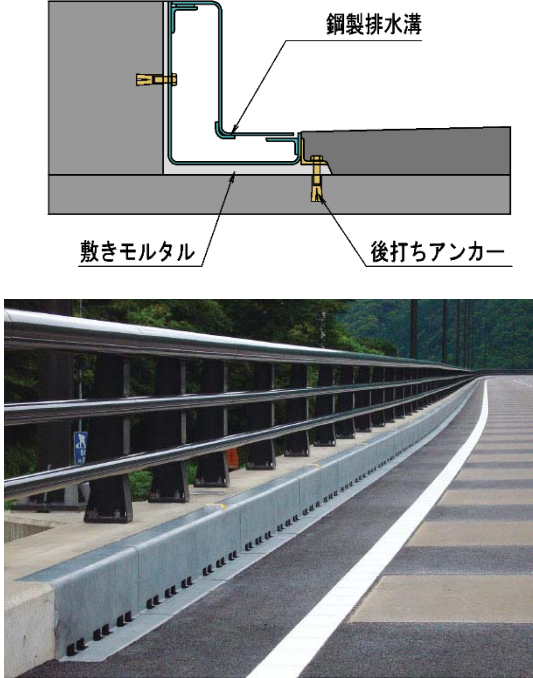
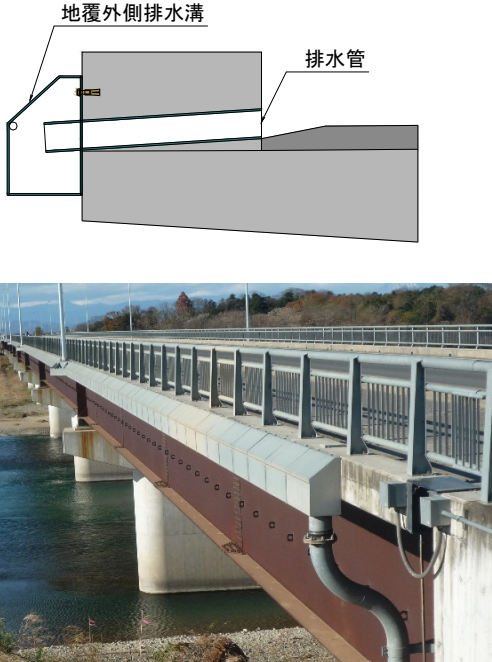
	構造提案 2 鋼製排水溝 (標準タイプ)
構造図	
構造的特徴	・新設橋梁において一般的に使用されているL型形状の鋼製排水溝である ・流末処理は、下部工付近で桁下に落とす事になるが、伸縮装置を跨いだ構造も可能である ・通水断面が大きく、目詰まりのリスクが少ない
適用条件	・施工時は片側交通規制を行う必要がある ・地覆の一部撤去を伴うため、既設橋への適用に対しては不向きである (地覆の打ち替え工事などがあれば同時に設置が可能)
維持管理性	・清掃や部材交換等の維持管理作業は基本的に橋面のみで可能である (桁端部にある流末管については桁下作業が発生) ・天板の開閉がし易く清掃等の作業性に優れた構造である
総評	既設橋梁への設置には適さない (地覆改造等が伴えば可能となる) △

表 2-4 構造提案表 (3)

	構造提案 3 地覆外側排水溝
構造図	
構造的特徴	・ 舗装幅などの部材寸法への制約が無いいため、排水能力を任意に調整できる ・ 排水管を地覆に貫通させることから、排水管設置のため地覆の改造が必要となる
適用条件	・ 施工時は片側交通規制を行う必要がある ・ 地覆外側に設置するため、歩道形式がマウンドアップ、セミフラットなど車道側に排水勾配が向いているものには適用出来ない ・ 基本的に橋面上からの清掃が可能であるが、高欄外側のため落下防止対策など必要となる
維持管理性	・ 地覆外側のため、やや天板の開閉が困難
総評	排水性能を大きく確保したい場合に有効な構造である ○

2-3. 提案手法の適用に向けた検討

2-3-1. 構造選定フロー図の提案

(1) 検討概要

各種提案手法の適用に向けて、既設橋梁がどのような条件を満たせば適用可能となるか、条件整理を行うと共に、構造選定フロー図を作成して選定の流れを可視化する。

今回の提案手法は、既設橋梁を対象としたリニューアル型手法として提案していることから、現状の排水装置維持管理対策（排水管取替え）に対して、代替案として本研究の提案を採用できるか判定する流れとなる。各種条件が提案手法に適合しなかった場合は、現状対策を継続するという結論も考えられる。

次項に構造選定フロー図を示す。フローは以下の流れに沿って判定している。

① 本検討の必要性の判定

本検討を実施する時期及びその判定基準を示す事で、検討する必要がある橋梁かどうか判定する。

② 提案手法の選定

提案手法である“排水ます撤去案”，“鋼製排水溝設置案”について、排水計算によりどちらの手法を適用するか判定する。

③ 提案手法と現行手法との比較

現橋の構造条件やLCC 比較により提案手法と現行手法（既設排水装置の維持管理）の比較を行い、提案手法が採用可能か判定を行う。提案が不可の判定となる場合は現行対策の継続が優位という結論になる。

検討は以下の3つについて行っている。

- ・ 橋梁条件による判定
- ・ LCC 比較による判定
- ・ 維持管理性による判定

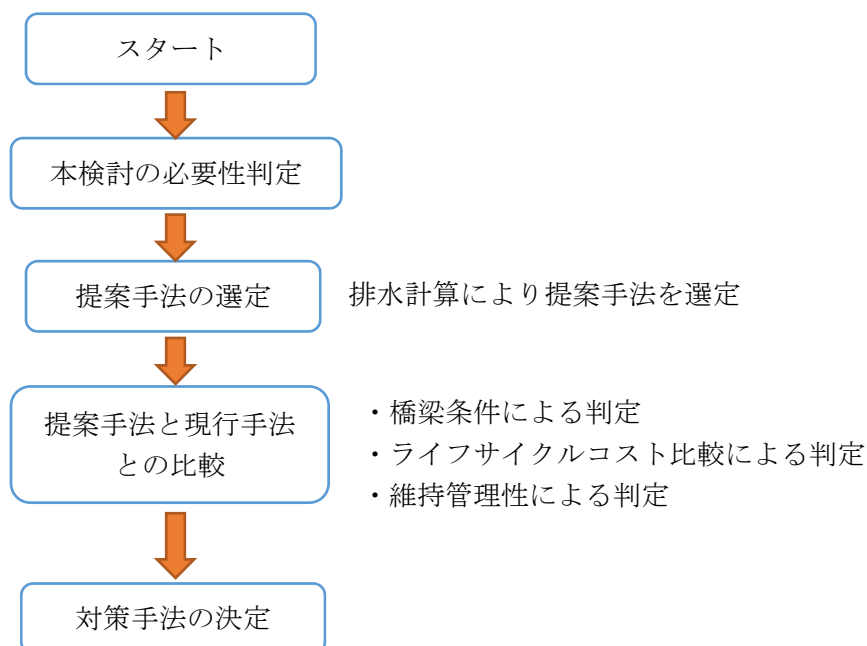


図 2-6 構造選定の流れ

(2) 構造選定フロー図

橋面排水構造の構造選定フロー図は、以下の様に設定した。

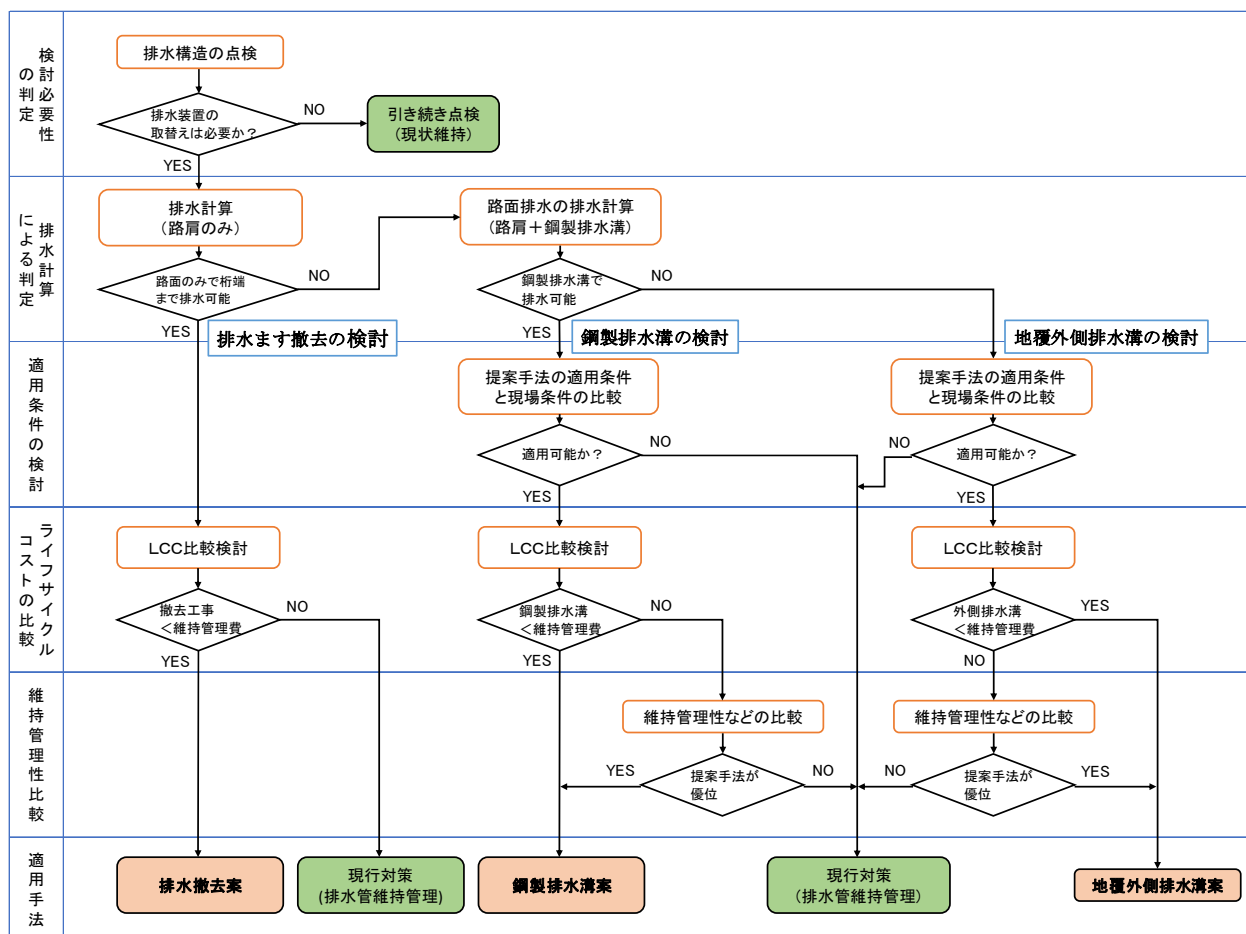


図 2-7 橋面排水構造の構造選定フロー

(3) 構造選定フローにおける判定項目

1) 検討必要性の判定

定期点検により排水装置の不具合が確認され、排水装置の取替えが必要と判断された場合、構造変更を含めた対策を考えるものとする。定期点検結果で健全であると判断された場合、現状維持とし、次回以降の点検結果により再度判断する。

2) 排水計算による判定

対象橋梁の条件を基に排水計算を行い、排水ますの撤去、鋼製排水溝、地覆外側排水溝の内どの検討を行うか判定する。

排水ます撤去の検討は、本研究の結果を目安に判定する事も可能である。その際、桁端部からの排水を許容しない方法（非排水構造）の場合、土工部の側溝部までの距離も排水延長に加える必要がある。

3) 適用条件（現場条件）による判定

排水計算による判定により、鋼製排水溝または地覆外側排水溝の検討を行う事となった場合、現橋の条件に対してその提案手法が適用可能であるか判定を行う。適用不可の場合は現行手法（排水管）の継続使用となる。

表 2-5 鋼製排水溝の適用可能な現場条件

検討項目	鋼製排水溝 適用可能条件	地覆外側排水溝 適用可能条件
舗装厚	・ 車道部の最小舗装厚 70mm 以上	・ 制限なし
縦断勾配	・ 勾配方向が 1 方向 （どちらかの支点が最も低い） ・ 山なり勾配 （橋梁中央部が最も高い）	・ 制限なし
幅員構成	① 車道の場合 ② 歩道有りの場合、歩道形式がマウンド アップまたはセミフラット型 （排水ますが車道路肩部に配置）	① 車道の場合 ② 歩道形式がフラット型（排水ますが地 覆側に配置されている形式）

4) ライフサイクルコストによる判定

現行対策(排水管維持管理)と提案手法の LCC を比較し、提案手法が優位かどうか判定を行う。

5) 維持管理性による判定

適用条件による判定で鋼製排水溝または地覆外側排水溝の適用が可能と判定され、その提案手法が LCC で不利な場合、維持管理性による判定を行う。ここでコストと維持管理作業のバランスを考慮し、現行対策と提案手法のどちらを採用するか判定する。

鋼製排水溝、地覆外側排水溝の維持管理上の検討ポイントとして以下の点が考えられる。

表 2-6 鋼製排水溝の維持管理上の比較条件

検討項目	鋼製排水溝 推奨条件
橋面下での作業性	桁間に排水管が設置されている 検査路が無く近接目視が困難
橋面上での作業性	交通量が少なく、橋面での作業が行いやすい
凍結防止剤の散布	凍結防止剤の散布あり

2-3-2. 排水計算による適用可能条件の検討

(1) 排水計算概要

構造選定フロー内では、排水計算により適用可能な手法を選定する流れとしている。ここでは、実際に排水計算を行い、各提案手法が採用可能な橋梁条件の検討を行うものとする。

検討内容は、排水ます撤去の検討として路肩のみで排水可能かどうかの計算と、鋼製排水溝断面を含めた排水計算の2種類行うものとする。

排水計算は、道路土工要領（日本道路協会）の算出式により、排水可能延長を算出する。

(2) 排水計算の流れ

1) 流出量の計算

i) 単位流出量…合理式（ラショナル式）より

$$q = \frac{1}{3.6 \times 10^6} \times \gamma \times f \times W$$

q : 単位流出量 (m³/sec/m)
 γ : 設計降雨強度 (mm/h)
 f : 流出係数
 W : 集水幅 (m)

ii) 流出量

$$Q_1 = q \times L$$

Q_1 : 流出量 (m³/sec)
 q : 単位流出量 (m³/sec/m)
 L : 集水延長 (m)

2) 排水量の計算

i) 排水の径深

$$R = \frac{A}{P}$$

R : 排水の径深 (m)
 A : 通水断面積 (m²)
 P : 潤辺長 (m)

ii) 排水の平均流速…マニング式より

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I_1^{1/2}$$

V : 排水の平均流速 (m/sec)
 n : 粗度係数
 R : 排水の径深 (m)
 I_1 : 縦断勾配（絶対値）(%)

iii) 排水量

$$Q_2 = V \times A \times F$$

Q_2 : 排水量 (m³/sec)
 A : 通水断面積 (m²)
 F : 通水安全率

iv) 排水可能延長

$$L_s = \frac{Q_2}{q}$$

L_s : 排水可能延長 (m)
 Q_2 : 排水量 (m³/sec)
 q : 単位流出量 (m³/sec/m)

排水延長 < 排水可能延長 L_s の場合 適用可能

ここで、排水延長については以下の通りとする。

- ・排水ます撤去＋桁端非排水構造の場合 : 排水延長 = 橋長 + 土工部導水部
- ・排水ます撤去＋桁端排水構造 : 排水延長 = 橋長
- ・鋼製排水溝構造 : 排水延長 = 橋長

(3) 計算条件の設定

1) 橋梁条件

モデル橋梁は鋼単純 I 桁橋とし、構造諸元及び詳細図は 1-4. 参照とする。
設計降雨強度は、道路土工要領（日本道路協会）による標準降雨強度を用いる。

表 2-7 橋梁形状による条件

構造形式	鋼単純 I 桁橋
幅員構成	有効幅員 8.500m （車道 7.000m 路肩 2×0.750m）
橋長	20m ～ 60m （縦断 0.3%のみ 75m まで計算） 5m 間隔で計算を行う
縦断勾配	0.3%, 0.5%, 1.0% , 2.0% （路面排水時のみ～12.0%）

表 2-8 排水計算におけるその他諸条件

路肩通水幅	0.750 m
設計降雨強度	$\gamma = 110 \text{ mm/hr}$ （関東地方）
流出係数	$f = 0.9$
粗度係数	$n = 0.013$ （As 舗装）
通水安全率	$F = 0.8$

2) 鋼製排水溝形状

使用する鋼製排水溝は、フラット型と標準型の 2 種類を行う。

既設橋梁への適用に関してはフラット型が優位となるが、標準型鋼製排水溝についても併せて計算を行うものとする。

地覆外側排水溝は、必要排水量によりサイズを任意に設定できるため検討を省略する。

鋼製排水溝のサイズはメーカーヒアリングにより一般的な下記範囲とした。

フラット型鋼製排水溝

最小：200（幅）×55（深さ） ～ 最大：450（幅）×55（深さ）

標準型鋼製排水溝

最小：200（幅）×50（深さ） ～ 最大：400（幅）×50（深さ）

フラット型

標準型

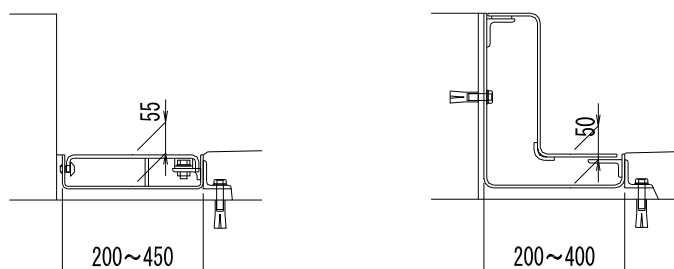


図 2-8 鋼製排水溝断面図

(4) 排水計算結果

1) 路面排水のみで排水する場合の計算結果

縦断勾配 0.3% ～ 12%までの結果を示す。

縦断勾配 2.0%の場合，路面排水可能延長は 24m程度となり，縦断勾配 12.0%の場合でも 59m程度との結果となった。橋梁の排水延長が，縦断勾配に応じた排水可能延長以下であれば排水ます撤去が可能となる。

表 2-9 排水計算結果一覧表

縦断勾配(%)	幅員(片側)B(m)	路面排水のみで排水
		排水可能延長 Ls(m)
0.3	4.85	9.4
0.5	4.85	12.2
1.0	4.85	17.2
<u>2.0</u>	4.85	<u>24.3</u>
3.0	4.85	29.8
4.0	4.85	34.4
5.0	4.85	38.4
6.0	4.85	42.1
7.0	4.85	45.5
8.0	4.85	48.6
9.0	4.85	51.5
10.0	4.85	54.3
11.0	4.85	57.0
<u>12.0</u>	4.85	<u>59.5</u>

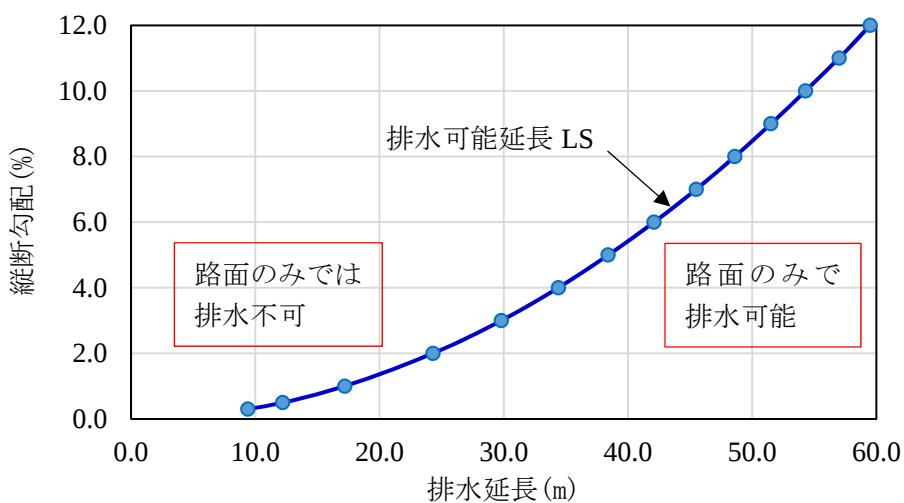


図 2-9 排水可能延長グラフ

2) 鋼製排水溝で排水する場合の計算結果

縦断勾配 0.3%～2.0%までの計算結果を示す。

フラット型鋼製排水溝、及び標準型鋼製排水溝共モデル橋梁の橋梁条件内では、鋼製排水溝の形状を縦断勾配、橋長により変化させれば適用可能となった。

なお、縦断勾配最小の 0.3%で対象橋梁を外れた 65m以上の鋼製排水溝の適用計算を行った結果は、フラット型鋼製排水溝では 65mで採用 NG、標準型鋼製排水溝では 75mで採用 NG となった。採用 NG の場合には地覆外側排水溝が適用となる。

表 2-10 排水計算結果一覧表

縦断勾配 0.3%の場合

橋長 L(m)	幅員 (片側) B(m)	縦断勾配 (%)	フラット型鋼製排水溝			標準型鋼製排水溝		
			幅×深さ	排水可能延長 Ls(m)	鋼製排水溝の 適用	幅×深さ	排水可能延長 Ls(m)	鋼製排水溝の 適用
20	4.85	0.3	200 × 55	24.1	可	200 × 50	30.8	可
25	4.85	0.3	250 × 55	31.2	可	200 × 50	30.8	可
30	4.85	0.3	250 × 55	31.2	可	200 × 50	30.8	可
35	4.85	0.3	300 × 55	38.4	可	250 × 50	41.9	可
40	4.85	0.3	350 × 55	45.6	可	250 × 50	41.9	可
45	4.85	0.3	350 × 55	45.6	可	300 × 50	53.2	可
50	4.85	0.3	400 × 55	52.9	可	300 × 50	53.2	可
55	4.85	0.3	450 × 55	60.2	可	400 × 50	70.5	可
60	4.85	0.3	450 × 55	60.2	可	400 × 50	70.5	可
65	4.85	0.3	450 × 55	60.2	不可	400 × 50	70.5	可
70	4.85	0.3	450 × 55	60.2	不可	400 × 50	70.5	可
75	4.85	0.3	450 × 55	60.2	不可	400 × 50	70.5	不可
			一般的な最大形状である450×55をMAXとした			一般的な最大形状である400×50をMAXとした		

(鋼製排水溝の適用不可の場合、地覆外側排水溝の採用を検討)

縦断勾配 0.5%の場合

橋長 L(m)	幅員 (片側) B(m)	縦断勾配 (%)	フラット型鋼製排水溝			標準型鋼製排水溝		
			幅×深さ	排水可能延長 Ls(m)	鋼製排水溝の 適用	幅×深さ	排水可能延長 Ls(m)	鋼製排水溝の 適用
20	4.85	0.5	200 × 55	31.2	可	200 × 50	39.8	可
25	4.85	0.5	200 × 55	31.2	可	200 × 50	39.8	可
30	4.85	0.5	200 × 55	31.2	可	200 × 50	39.8	可
35	4.85	0.5	250 × 55	40.3	可	200 × 50	39.8	可
40	4.85	0.5	250 × 55	40.3	可	250 × 50	54.0	可
45	4.85	0.5	300 × 55	49.6	可	250 × 50	54.0	可
50	4.85	0.5	350 × 55	58.9	可	250 × 50	54.0	可
55	4.85	0.5	350 × 55	58.9	可	300 × 50	68.6	可
60	4.85	0.5	400 × 55	68.3	可	300 × 50	68.6	可

縦断勾配 1.0%の場合

橋長 L (m)	幅員 (片側) B (m)	縦断勾配 (%)	フラット型鋼製排水溝			標準型鋼製排水溝		
			幅×深さ	排水可能延長 Ls (m)	鋼製排水溝の 適用	幅×深さ	排水可能延長 Ls (m)	鋼製排水溝の 適用
20	4.85	1.0	200 × 55	44.1	可	200 × 50	56.3	可
25	4.85	1.0	200 × 55	44.1	可	200 × 50	56.3	可
30	4.85	1.0	200 × 55	44.1	可	200 × 50	56.3	可
35	4.85	1.0	200 × 55	44.1	可	200 × 50	56.3	可
40	4.85	1.0	200 × 55	44.1	可	200 × 50	56.3	可
45	4.85	1.0	250 × 55	57.0	可	200 × 50	56.3	可
50	4.85	1.0	250 × 55	57.0	可	200 × 50	56.3	可
55	4.85	1.0	250 × 55	57.0	可	200 × 50	56.3	可
60	4.85	1.0	300 × 55	70.1	可	250 × 50	76.4	可

縦断勾配 2.0%の場合

橋長 L (m)	幅員 (片側) B (m)	縦断勾配 (%)	フラット型鋼製排水溝			標準型鋼製排水溝		
			幅×深さ	排水可能延長 Ls (m)	鋼製排水溝の 適用	幅×深さ	排水可能延長 Ls (m)	鋼製排水溝の 適用
20	4.85	2.0	200 × 55	62.3	可	200 × 50	79.6	可
25	4.85	2.0	200 × 55	62.3	可	200 × 50	79.6	可
30	4.85	2.0	200 × 55	62.3	可	200 × 50	79.6	可
35	4.85	2.0	200 × 55	62.3	可	200 × 50	79.6	可
40	4.85	2.0	200 × 55	62.3	可	200 × 50	79.6	可
45	4.85	2.0	200 × 55	62.3	可	200 × 50	79.6	可
50	4.85	2.0	200 × 55	62.3	可	200 × 50	79.6	可
55	4.85	2.0	200 × 55	62.3	可	200 × 50	79.6	可
60	4.85	2.0	200 × 55	62.3	可	200 × 50	79.6	可

* 縦断勾配2.0%以上はフラット型200×55、標準型200×50（最小形状）となる。

2-3-3. ライフサイクルコストの比較検討

(1) 検討概要

1) 検討目的

構造選定フロー内に設定した LCC 検討項目について、モデル橋梁による比較を行う。

2) 検討ケース及び検討シナリオ

構造選定フロー内における LCC 比較項目を以下に示す。

検討対象項目としては、鋼製排水溝の選定と、地覆外側排水溝の選定の 2 つについて行う。排水ます撤去の検討については、今回のモデル橋梁においては提案手法の方が低コストとなる事が明らかであるとして検討を省略するものとする。

表 2-11 LCC 比較検討ケース

検討ケース番号	選定フローにおける 比較箇所	比較項目
ケース①	鋼製排水溝の選定	鋼製排水溝変更案
		現行手法（排水管取替え）
ケース②	地覆外側排水溝の選定	地覆外側排水溝変更案
		現行手法（排水管取替え）

検討シナリオは現行手法である排水管取替えと、提案手法である鋼製排水溝と地覆外側排水溝のシナリオを検討する。

鋼製排水溝は、本研究で推奨手法としているフラットタイプと、比較として標準タイプの検討を行う。ただし、考察についてはフラットタイプの結果のみを対象とする。

表 2-12 LCC 検討シナリオ

検討シナリオ	シナリオ内容
シナリオ 1	排水管維持管理シナリオ (現行手法)
シナリオ 2	フラットタイプ鋼製排水溝への構造変更シナリオ (提案手法)
シナリオ 3	標準タイプ鋼製排水溝への構造変更シナリオ (提案手法)
シナリオ 4	地覆外側排水溝への構造変更シナリオ (提案手法)

表 2-13 検討シナリオの組合せ

検討ケース番号	検討ケース	検討シナリオ
ケース①	鋼製排水溝の選定	シナリオ 1
		シナリオ 2
		シナリオ 3
ケース②	地覆外側排水溝の選定	シナリオ 1
		シナリオ 4

3) ライフサイクルコスト計算時の条件について

i) ライフサイクルコスト検討におけるコスト算出範囲について

本検討は排水構造のコスト比較を目的としているため、以下のコストを LCC 算出項目と設定する。

- ・ 排水管の交換，清掃コスト
- ・ 鋼製排水溝の設置・交換，清掃コスト
- ・ 主桁損傷に対する補修コスト

ここで，以下のコストは考慮しないものとする。

- ・ 対策以前に発生した維持管理コスト
- ・ 交通規制等により生じる道路利用者の時間損失等の外部費用
- ・ 社会的割引率

ii) 部材取替えサイクルの設定について

部材の取替えサイクルは，メーカーの設定耐用年数を使用するが，排水管など標準的な耐用年数が定まっていない部材については複数の値を仮定して計算を行う。

表 2-14 部材取替えサイクルの設定

部材名	取替えサイクル	備考
排水管	15,20,30 年	仮定値
鋼製排水溝	50 年	メーカー設定値

iii) ライフサイクルコストの評価方法について

本検討では，評価を行う年数において，検討開始時から供用完了までに発生したコストの合計で比較を行うものとする。

寿命の異なる LCC シナリオを比較する方法として，各コストをその寿命で除した年平均値で評価する手法なども提案されている。ただし，その場合供用期間の違いによる評価を行う事が出来ないため，本検討においては行わない事とした。

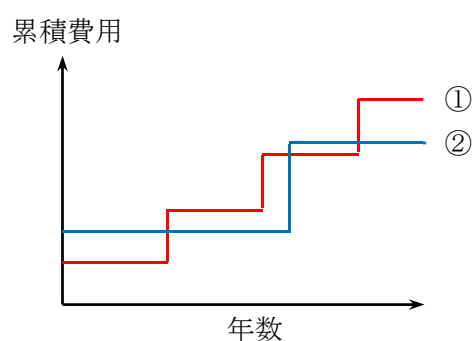


図 2-10 LCC 評価のイメージ

年平均値で比較すると②<①となるが，総コストで比較する場合，供用期間が短い場合は②>①となり，供用期間に応じて評価が変わる事となる。

→本検討では総コストの比較で評価を行う

(2) ライフサイクルコスト算出シナリオ

表 2-12 で示した各検討シナリオの詳細を以下に示す.

1) シナリオ 1 排水管維持管理シナリオ (現行対策)

i) 検討条件

- ・排水管は定期的に交換するものとし、漏水による主桁損傷は考慮しない
- ・交換作業は、主桁下面に吊り足場を設置して行うものとする
- ・排水管清掃車による高圧水洗浄を定期的に行うものとする

ii) 維持管理サイクル

排水管の取替えサイクルを 15,20,30 年とし、排水管の清掃は 5 年毎を仮定して LCC の算出を行う.

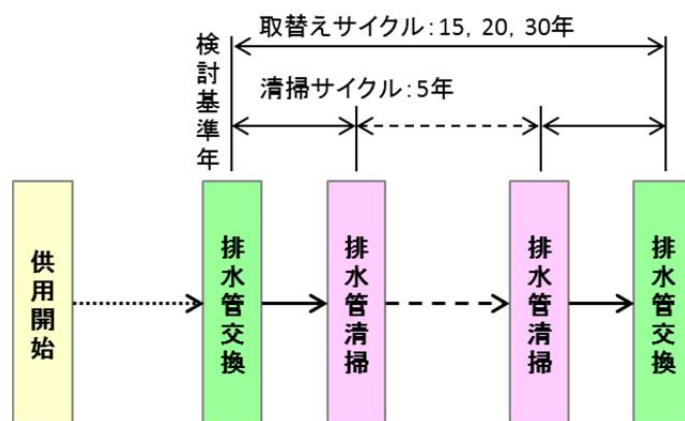


図 2-11 維持管理サイクル図(シナリオ 1)

iii) 施工単価の設定

施工単価は、各種積算基準等^{5), 6), 7), 8), 9)}を参考に以下の値を設定した.

表 2-15 施工単価表(シナリオ 1)

工種		単価(円/m)	備考
排水管交換	足場工	14,600	15, 20, 30 年 サイクル
	排水管	3,800	
	排水管え	2,400	
	計	20,800	
排水管清掃		2,600	5 年サイクル

iv) 排水管設置延長

橋長，縦断勾配をパラメーターとした各橋梁モデルにおける排水管設置延長を以下の値に設定した．

排水管の必要延長は，橋長から路肩のみでの排水可能延長を引いた長さとし，設置延長は排水管を橋梁の左右に１列ずつ設置するため，必要延長の２倍としている．

$$L_s = (L - L_s) \times 2$$

ここで， L_s ： 橋水管設置延長(m)

L ： 橋長(m)

L_s ： 路面のみでの排水可能延長(m)

以下に，排水管設置延長の一覧を示す．

表 2-16 排水管設置延長

単位：m

橋長 (m)	縦断勾配(%)							
	0.3%		0.5%		1.0%		2.0%	
	L'	Ls	L'	Ls	L'	Ls	L'	Ls
20	9.4	21.2	12.2	15.6	17.2	5.6	24.3	0.0
25	9.4	31.2	12.2	25.6	17.2	15.6	24.3	1.4
30	9.4	41.2	12.2	35.6	17.2	25.6	24.3	11.4
35	9.4	51.2	12.2	45.6	17.2	35.6	24.3	21.4
40	9.4	61.2	12.2	55.6	17.2	45.6	24.3	31.4
45	9.4	71.2	12.2	65.6	17.2	55.6	24.3	41.4
50	9.4	81.2	12.2	75.6	17.2	65.6	24.3	51.4
55	9.4	91.2	12.2	85.6	17.2	75.6	24.3	61.4
60	9.4	101.2	12.2	95.6	17.2	85.6	24.3	71.4

※ 設置延長が 5.0m 未満となる所は 5.0m として LCC を計算する．

2) シナリオ2 フラットタイプ鋼製排水溝への構造変更シナリオ

i) 検討条件

- ・排水ますを鋼製排水溝に交換し、排水管による横引き排水は行わない
- ・鋼製排水溝は定期的に交換するものとする
- ・鋼製排水溝は定期的に清掃を行うものとする
- ・既設排水管の撤去時の足場工は含めない（脱落のリスクは無いものとし、塗装塗替え等で足場を設置した際に撤去するものとする）

ii) 維持管理サイクル

鋼製排水溝の取替えサイクルを50年に設定。排水溝の清掃は、排水管と同じ5年毎を仮定してLCCの算出を行う。

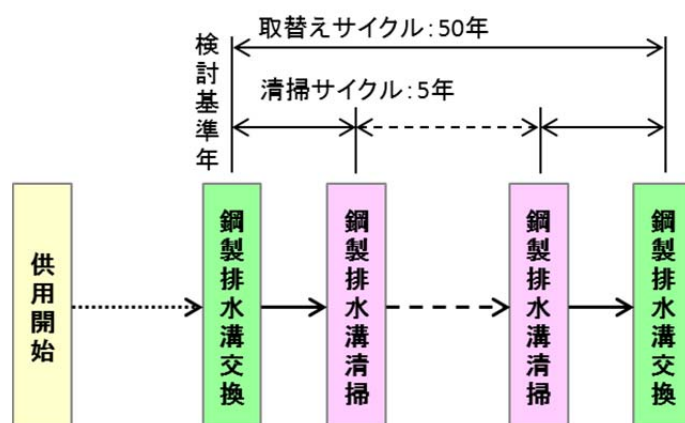


図 2-12 維持管理サイクル図(シナリオ 2)

iii) 施工単価の設定

施工単価は、積算基準及びメーカーヒアリングにより以下の値を設定した。鋼製排水溝は橋梁条件毎に異なるため別表に示す。橋梁条件毎の鋼製排水溝サイズについては2-3-2. (4) 2) 参照とする。

表 2-17 施工単価表(シナリオ 2)

工種		単価(円/m)	備考
鋼製排水溝設置工	既設改造工	13,700	初回のみ計上
	鋼製排水溝本体	※下表参照	
	鋼製排水溝設置工	5,000	
鋼製排水溝取替工	鋼製排水溝本体	※下表参照	50年サイクル
	鋼製排水溝設置工	8,000	
鋼製排水溝清掃		1,900	5年サイクル

排水溝サイズ	単価(円/m)
200x55	42,000
250x55	49,000
300x55	55,800

排水溝サイズ	単価(円/m)
350x55	64,800
400x55	71,600
450x55	80,600

iv) 鋼製排水溝設置延長

鋼製排水溝の設置延長は、排水管設置延長と同じとする。

3) シナリオ 3 標準タイプ鋼製排水溝への構造変更シナリオ

i) 検討条件

シナリオ 2 と同じとする。

ii) 維持管理サイクル

部材の耐用年数はフラットタイプと同等である事からシナリオ 2 と同じとする。

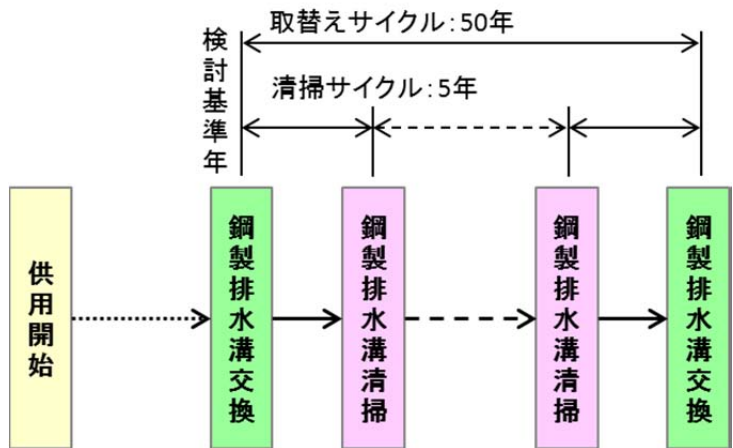


図 2-13 維持管理サイクル図(シナリオ 3)

iii) 施工単価の設定

施工単価はフラットタイプと同じとする。鋼製排水溝の単価はメーカーヒアリングにより単価を設定した。橋梁条件毎の鋼製排水溝サイズについては 2-3-2. (4) 2) 参照とする。

表 2-18 施工単価表(シナリオ 3)

工種		単価(円/m)	備考
鋼製排水溝設置工	既設改造工	13,700	初回のみ計上
	鋼製排水溝本体	※下表参照	
	鋼製排水溝設置工	5,000	
鋼製排水溝取替工	鋼製排水溝本体	※下表参照	50 年サイクル
	鋼製排水溝設置工	8,000	
鋼製排水溝清掃		1,900	5 年サイクル

排水溝サイズ	単価(円/m)
200x50	53,900
250x50	58,300
300x50	64,600
400x50	77,000

iv) 鋼製排水溝設置延長

鋼製排水溝の設置延長は、排水管設置延長と同じとする。

4) シナリオ 4 地覆外側排水溝への構造変更シナリオ

i) 検討条件

シナリオ 2 と同じとする。

ii) 維持管理サイクル

部材の耐用年数はシナリオ 2 と同じとする。

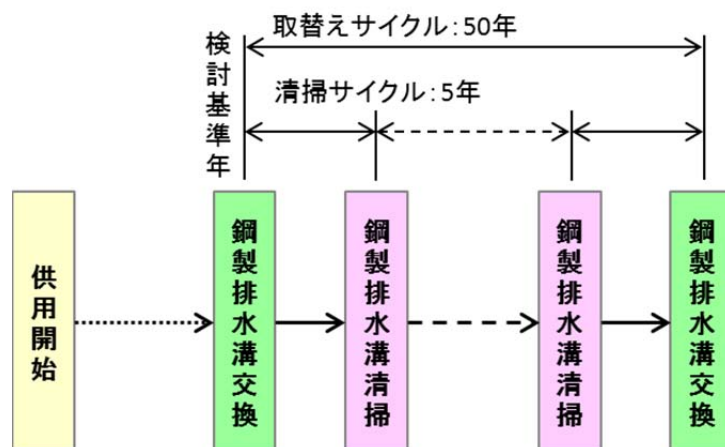


図 2-14 維持管理サイクル図(シナリオ 4)

iii) 施工単価の設定

地覆外側排水工本体以外の単価は鋼製排水溝と同じとする。地覆外側排水溝は、橋毎の特注仕様となるため、ここではメーカーヒアリングにより一般的なサイズの概算単価を設定した。

表 2-19 施工単価表(シナリオ 4)

工種		単価(円/m)	備考
鋼製排水溝設置工	既設改造工	13,700	初回のみ計上
	鋼製排水溝本体	93,000	
	鋼製排水溝設置工	5,000	
鋼製排水溝取替工	鋼製排水溝本体	93,000	50年サイクル
	鋼製排水溝設置工	10,000	
鋼製排水溝清掃		1,900	5年サイクル

iv) 地覆外側排水溝設置延長

地覆外側排水溝の設置延長は、排水管設置延長と同じとする。

(3) ライフサイクルコスト算出結果

1) 検討ケース① 鋼製排水溝選定に対する検討結果

鋼製排水溝と、現行手法である排水管取替えの LCC 比較検討結果を示す。

検討シナリオは、以下の 3 種類の比較とし、LCC の算出年数は、対策実施後 100 年間とした。

- ① シナリオ 1 排水管維持管理シナリオ（現行対策）
- ② シナリオ 2 フラットタイプ鋼製排水溝への構造変更シナリオ
- ③ シナリオ 3 標準タイプ鋼製排水溝への構造変更シナリオ

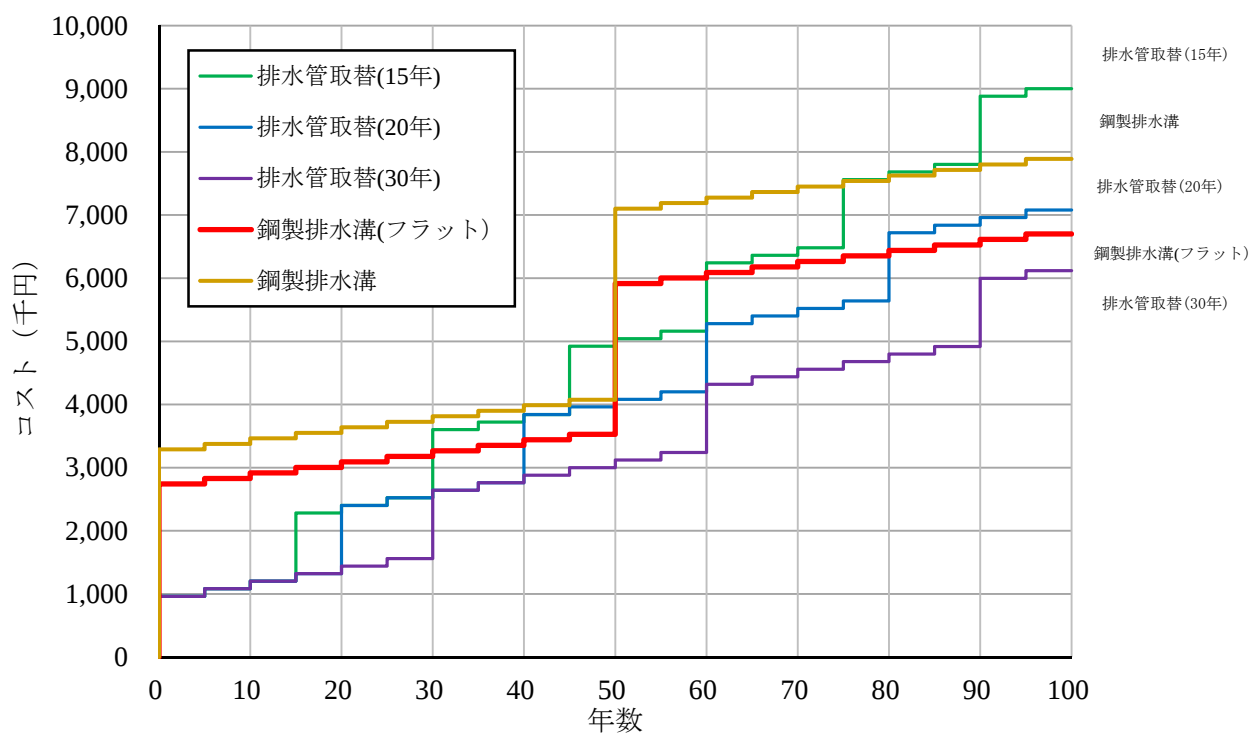
i) ライフサイクルコスト予測比較表

LCC 予測比較表は、代表ケースとして、以下の 2 種類を示す。他の橋梁条件による算出結果については【付録 E】参照とする。

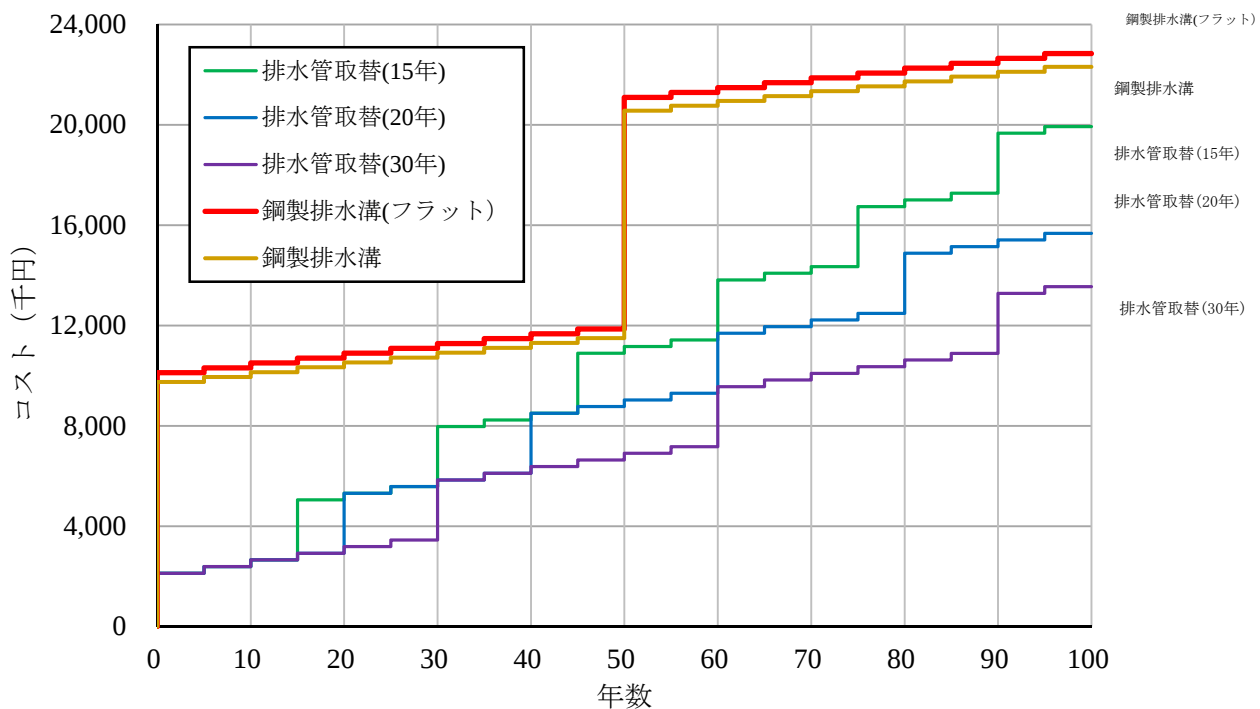
- ・橋長 40m 縦断勾配 1.0%
- ・橋長 60m 縦断勾配 0.3%

LCC 予測比較表から、鋼製排水溝の取替え時期である 50 年、100 年付近において鋼製排水溝が優位となるケースがある事が読み取れた。

また、橋長が長く縦断勾配が緩いケースでは鋼製排水溝の適用は困難である可能性が分かった。



a) LCC 予測比較表 (橋長 40m 縦断勾配 1.0%)



b) LCC 予測比較表 (橋長 60m 縦断勾配 0.3%)

図 2-15 LCC 予測比較表 (鋼製排水溝)

ii) ライフサイクルコスト差額による比較

LCC 予測比較表より、橋梁の供用年数により鋼製排水溝が優位となる可能性が確認された。次に、橋梁条件による優位性の有無を確認する。

比較は、鋼製排水溝と排水管取替えの差額を取ったグラフで行う。

LCC 差額は、

$$\text{LCC 差額} = \text{排水管取替えシナリオ LCC} - \text{鋼製排水溝シナリオ LCC}$$

とし、グラフの縦軸が負の値の時、鋼製排水溝が優位という状態となる。

比較する際の年数として、最初の鋼製排水溝の取替え時期となる対策実施後 50 年、その半分である 25 年の 2 種類を想定する。50 年～100 年後までは、0～50 年後と同様の傾向を示すものと考えられるため検討を省略する。この算出結果については【付録 E】参照とする。

また、鋼製排水溝の形式は、既設橋への適用性に優れるフラットタイプのみを対象とする。

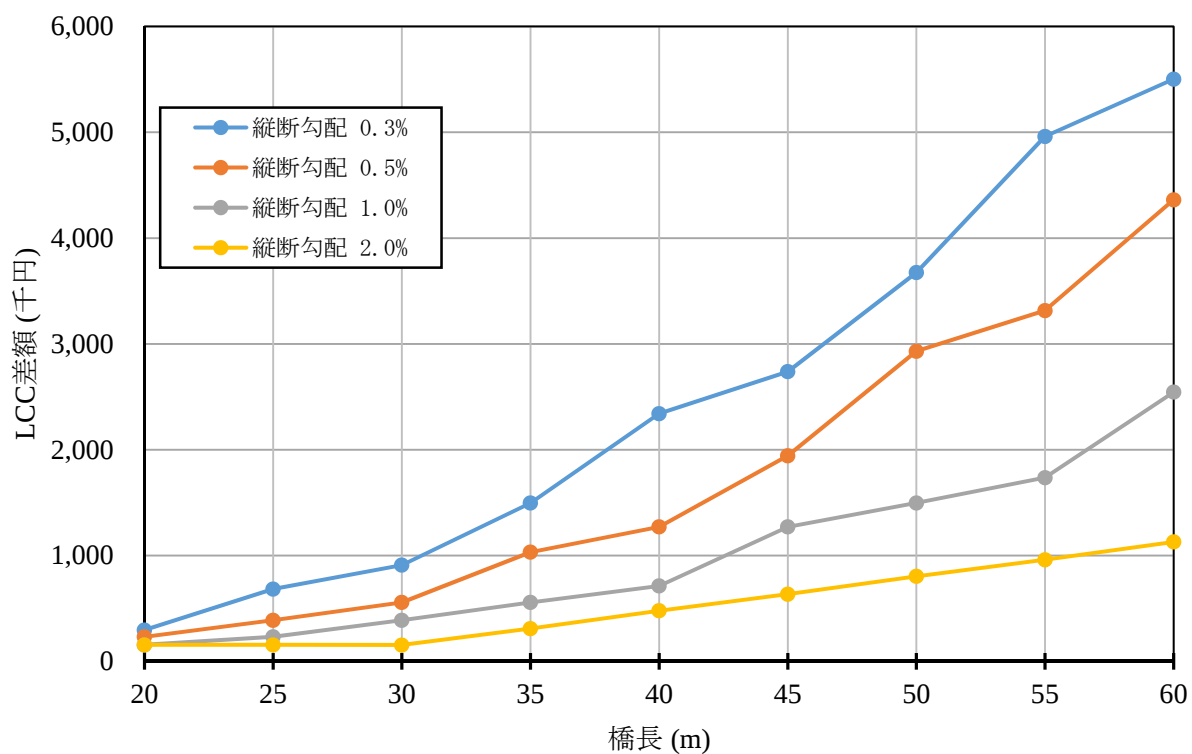
以下に検討ケースを示す。

表 2-20 LCC 差額検討ケース

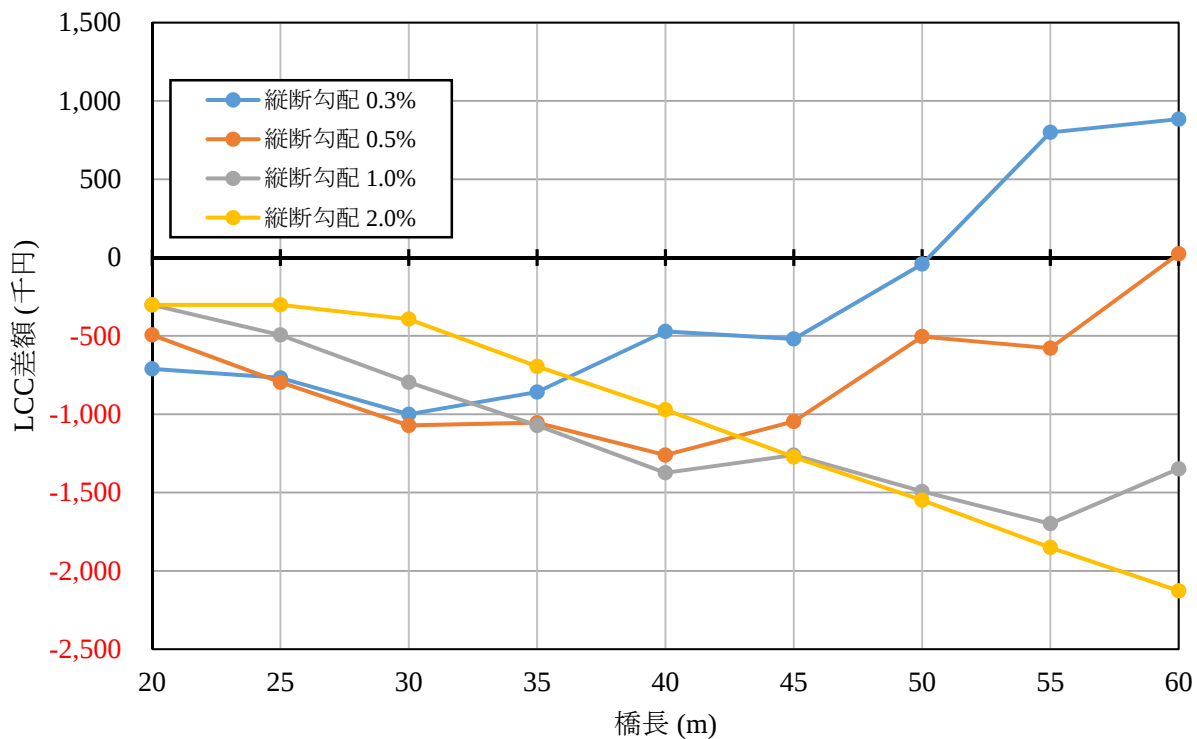
鋼製排水溝種類	比較する排水管取替えシナリオ	検討年数（供用期間）
フラットタイプ 鋼製排水溝	排水管取替え 15 年サイクル	対策後 25 年
		対策後 50 年
	排水管取替え 20 年サイクル	対策後 25 年
		対策後 50 年
	排水管取替え 30 年サイクル	対策後 25 年
		対策後 50 年

検討の結果、対策後 25 年では鋼製排水溝が高コストであり、対策後 50 年の場合鋼製排水溝が優位となる条件が見られた。

① 排水管取替え 15 年サイクルとの比較



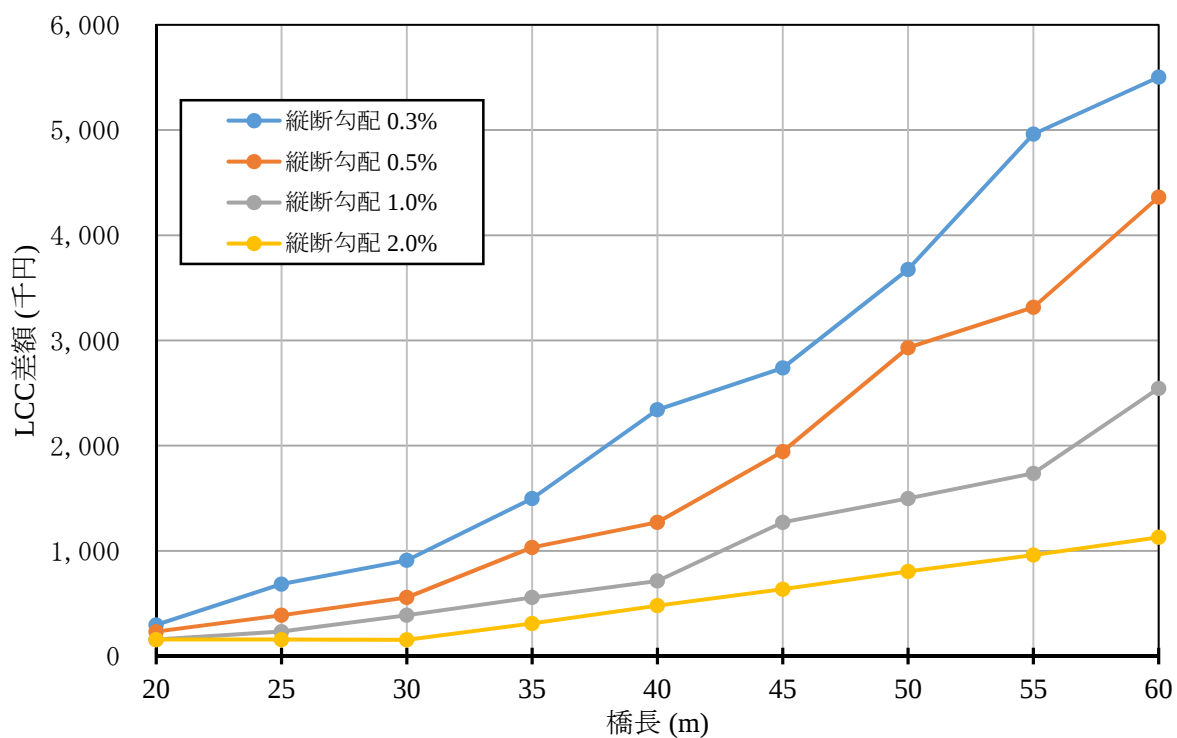
a) 対策後 25 年後における LCC 差額



b) 対策後 50 年後における LCC 差額

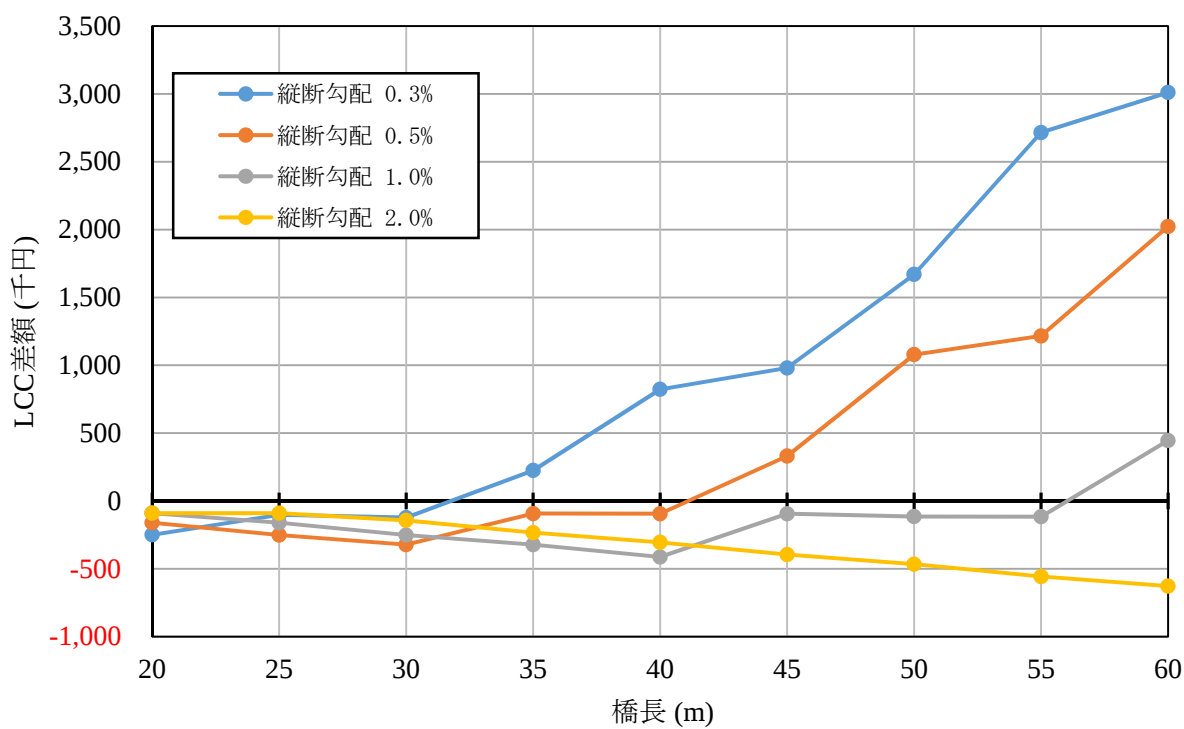
図 2-16 LCC 差額比較表(排水管取替え 15 年サイクル)

② 排水管取替え 20 年サイクルとの比較



a) 対策後 25 年後における LCC 差額

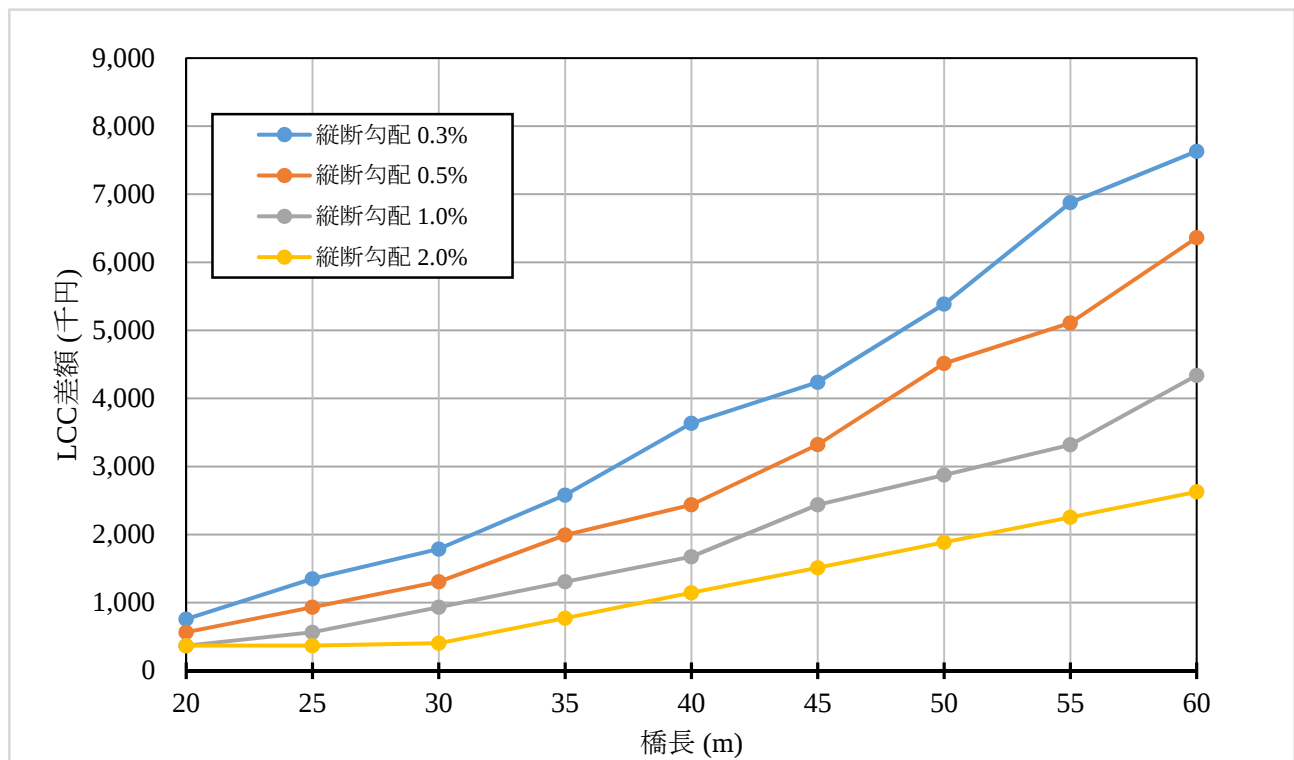
※部材取替え回数が同じであるため、排水管取替え 15 年サイクルと同一のグラフとなっている。



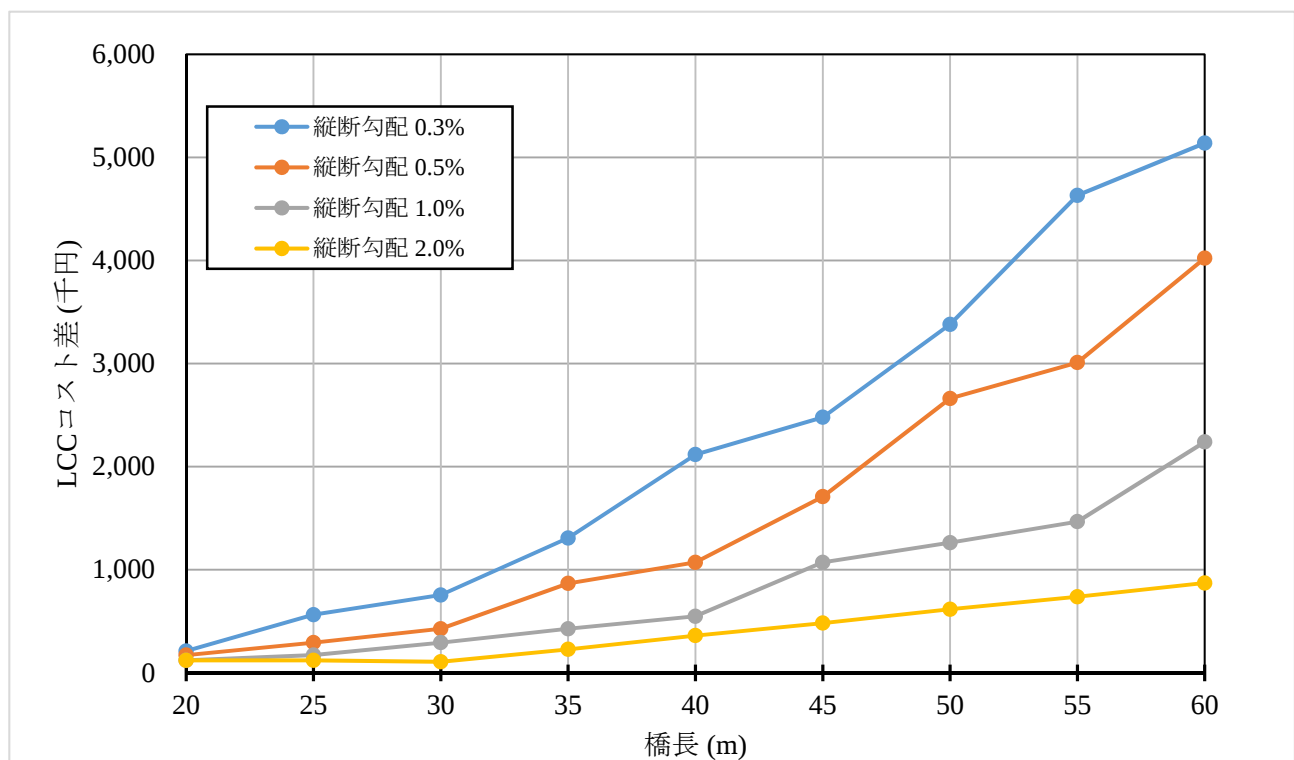
b) 対策後 50 年後における LCC 差額

図 2-17 LCC 差額比較表(排水管取替え 20 年サイクル)

③ 排水管取替え 30 年サイクルとの比較



a) 対策後 25 年後における LCC 差額



b) 対策後 50 年後における LCC 差額

図 2-18 LCC 差額比較表(排水管取替え 30 年サイクル)

2) 検討ケース② 地覆外側排水溝選定に対する検討

地覆外側排水溝と、現行手法である排水管取替えの LCC 比較検討結果を示す。

検討シナリオは、以下の 2 種類とし、LCC の算出年数は、対策実施後 100 年間とする。

- ① シナリオ 1 排水管維持管理シナリオ（現行対策）
- ② シナリオ 4 地覆外側排水溝への構造変更シナリオ

i) ライフサイクルコスト予測比較表

LCC 予測比較表は、代表ケースとして、排水流量が最も多く地覆外側排水溝に適した橋長 60m、縦断勾配 0.3%の時の比較を示す。

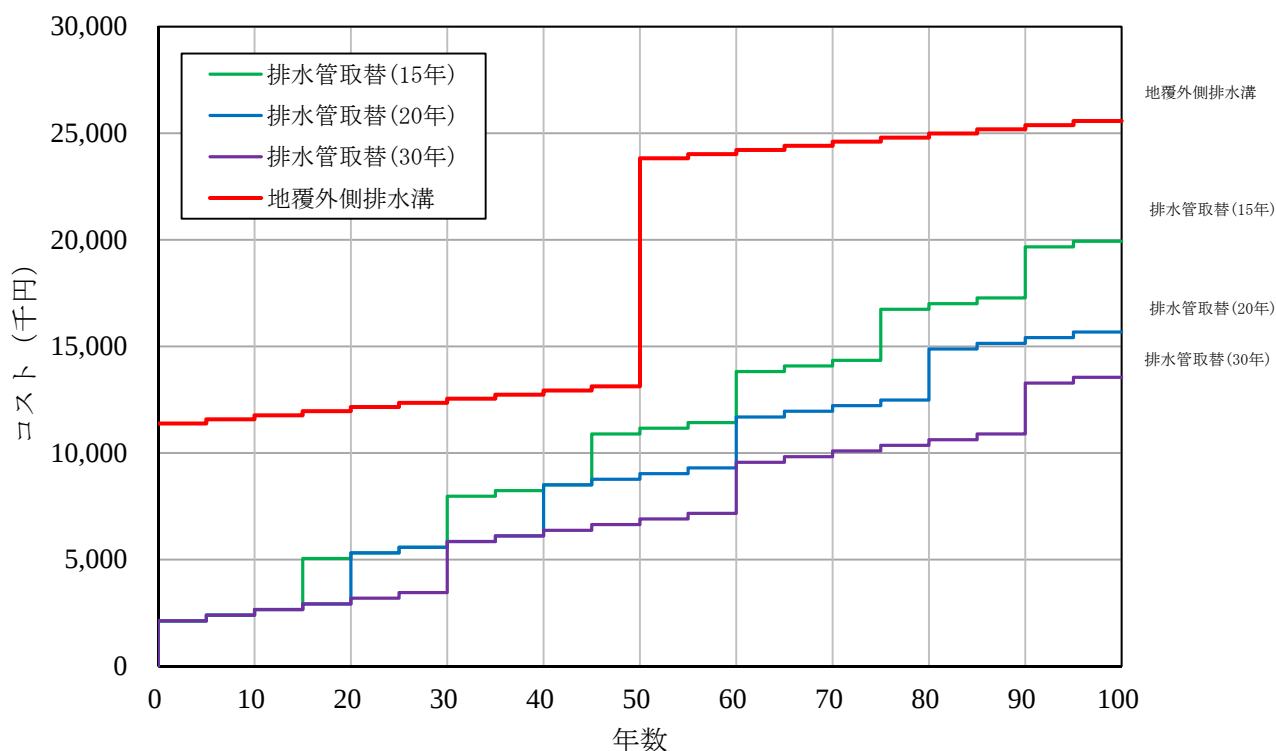


図 2-19 LCC 予測比較表（橋長 60m 縦断勾配 0.3%）

図 2-19 に示す通り、地覆外側排水溝の場合、供用年数に関わらず排水管取替えより高価となった。そのため、2-3-3. (3) 1) ii) で行った橋梁条件の変化による LCC 差額の比較は省略する。今回のモデル橋梁においては、地覆外側排水溝はコスト上不利という結果となった。

2-4. 橋面排水構造まとめ

2-4-1. 提案内容まとめ

(1) 排水ます撤去構造の提案

排水ますを撤去し、路肩排水のみとした提案と、それが可能となる橋梁条件の検討を行った。構造の概要は、2-2-1. 参照とする。

排水ます撤去を行う事が可能であれば、点検項目の減少や排水管からの漏水リスク低減により維持管理性において、現行手法より優位となる。ただし、現状の設計基準では、橋梁区間内の排水装置設置が必須となっている。今回の様な排水ます撤去が可能な中小規模橋梁について、設置基準の緩和が可能であれば採用できる構造である。

(2) 鋼製排水溝による橋面排水構造化の提案

鋼製排水溝による橋面排水構造の提案を行った。鋼製排水溝形式としては、既設橋梁の改造が最小限となるフラットタイプの鋼製排水溝が最も適用し易く安価であるという結果となった。

また、フラットタイプの鋼製排水溝が適用出来ない橋梁に対しては地覆外側排水溝形式を提示した。構造の概要は、2-2-2. 参照とする。

2-4-2. 提案手法の適用に向けた検討

上記の構造提案を選定する手法について、構造選定フローを作成した。フロー図については、図 2-7 参照とする。また、構造選定フローの主となる判定項目である排水計算と LCC 比較についてモデル橋梁による検討を行った。

以下、各提案手法に着目し、適用条件の検討結果を示す。

(1) 排水ます撤去構造の適用条件の検討結果

2-3-2. において、モデル橋梁における排水計算を行い、適用条件の検討を行った。排水計算結果より、横軸に排水延長、縦軸に縦断勾配を取ると図 2-20 の様なグラフとなった。グラフ上の線は、ある縦断勾配に対する排水可能な延長（橋長若しくは、橋長＋土工部排水延長）を示している。このグラフ

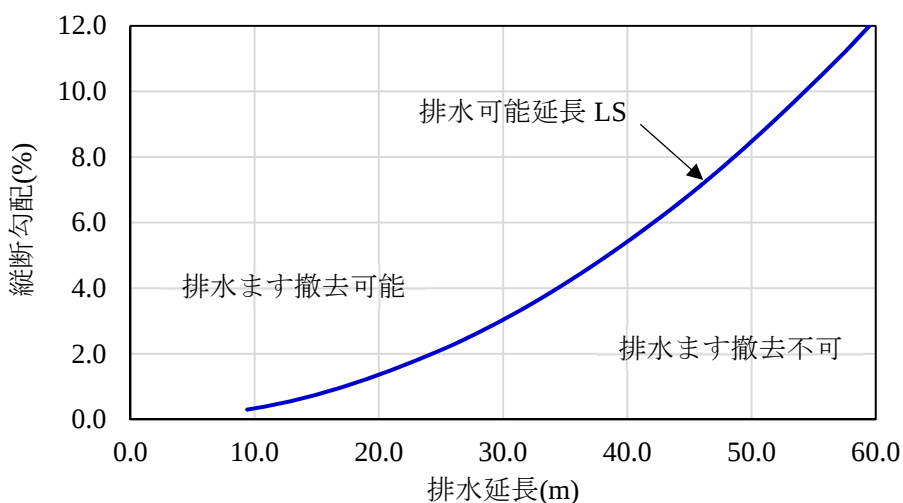


図 2-20 排水ます撤去可能な橋梁条件

に対象となる橋梁の排水延長と縦断勾配の交点をプロットし、それがグラフのどちら側の領域に含まれるかで排水ますが撤去可能かどうか判定する事ができる。

この条件を満たす橋梁であれば、排水ます不要案も適用可能ではないかと考えられる。ただし、このグラフは橋梁の幅員構成が車道のみ状態を想定しているため、歩道部などを含む幅員構成の場合は別途計算が必要となる。

(2) 鋼製排水溝による橋面排水構造の提案

1) 排水計算結果による適用条件

排水計算の結果、モデル橋梁においてはどのパラメーター値においてもフラット型鋼製排水溝は適用可能となった。検討結果については、表 2-10 参照とする。

2) ライフサイクルコスト比較検討結果による適用条件

LCC 比較検討結果より、鋼製排水溝が LCC 上優位となる条件について以下の様にまとめた。排水管の取替えサイクルや、対策実施後の供用年数の違いにより適用可能な橋梁条件が変化した。

表 2-21 鋼製排水溝の適用可能条件

排水管取替えサイクル	橋梁の供用年数	橋長	縦断勾配
15 年サイクル	対策後 25 年	鋼製排水溝 適用不可	
	対策後 50 年	～50m	0.3%～
		50～60m	0.5%～
20 年サイクル	対策後 25 年	鋼製排水溝 適用不可	
	対策後 50 年	～30m	0.5%～
		30～55m	1.0%～
		55～60m	2.0%～
30 年サイクル	鋼製排水溝 適用不可		

§ 3. 桁端部水じまい対策の提案

3-1. 検討概要

桁端部水じまい対策の提案における検討内容を以下に示す。
検討の流れは、1-3-2. 参照とする。

3-1-1. 桁端部水じまい対策の提案内容

構造提案は、現行手法と同様である非排水構造の提案の他、桁遊間部からの排水を許容する排水構造の提案も行った。

(1) 非排水構造化の提案

桁遊間部からの漏水を許容しない非排水構造化について、頻繁な部材補修が不要な提案を行う。

提案①ミニ延長床版工法

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。

(2) 排水構造化の提案

桁端部の非排水構造化は、止水材の耐久性、施工不良を防ぐための施工性改善など解決すべき問題点が残されている。そこで、現状では完全な非排水構造化とするのは困難であるという視点から、桁遊間部からの漏水を許容させるが、それを速やかに排水させる構造を提案した。

提案②排水樋構造

桁遊間部からの排水を桁間に設置した排水樋で受ける事で鋼桁への水の飛散を防ぐ。

提案③ 下部工排水構造

排水樋構造においても部材取替え等の作業が発生する事から、重防食対策を行う事で、敢えてそのまま水を下部工橋座面へ排水する構造を提案した。

3-1-2. 提案手法の採用に向けた検討

(1) 構造選定フローの提案

現行の桁端部水じまい対策（伸縮装置部止水材設置）に対して、上記の構造提案がどのような条件であれば構造変更可能となるか構造選定フローを中心にまとめた。

(2) ライフサイクルコストの比較検討

構造選定フローにおいて提案構造を採用するに当たり、現行の止水材交換との LCC 比較が必要となる。ここではモデル橋梁において提案手法と現行対策の比較を行いどのような条件であれば提案手法が優位となるか検討を行った。

3-2. 構造提案

3-2-1. 床版延長による非排水構造案

(1) 対策の方針

桁遊間部を耐久性の高い部材で塞ぐ事で長期的な止水性能を確保する。

- ・ 桁遊間部を床版で塞ぎ、遊間部からの漏水が主桁にかからないようにする
- ・ 標準的な延長床版の場合、施工規模が大きくなるため簡易的な構造とする
- ・ 桁端部の回転や伸縮に対しては伸縮装置にて対処する。伸縮装置は耐久性の高い鋼製フィンガージョイントを設置する

(2) 構造概要図

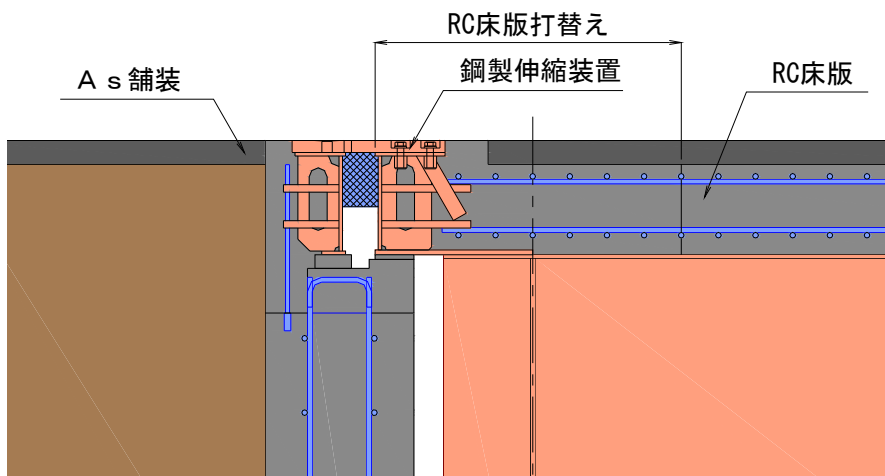


図 3-1 延長床版構造概要図

(3) 適用条件及び特徴

延長床版の適用条件を以下に示す。

表 3-1 延長床版構造の適用条件

項目	適用可能条件
踏掛板の有無	踏掛板が無い場合は、伸縮装置がパラペットに収まる事
排水の流末処理の制限	パラペットに水みちを設けて、横断方向の低い側へ排水できる事
パラペット厚	伸縮装置がパラペットに収まる事
床版形式	RC床版：床版厚が薄い場合部材検討が必要 PC床版：取替え部はRC床版として照査
支承条件	固定支承：制限なし
	可動支承：移動量の大きさより制限を受ける

3-2-2. 排水樋による排水構造化

(1) 対策の方針

従来型の非排水タイプの伸縮装置に期待せず，桁下で集水する仕組みとする．

- ・ 下部工側に排水樋を設置する構造とする
- ・ 主桁側への水の飛散を防ぐ構造とする（パネルを設置して導水させる）

(2) 構造概要図

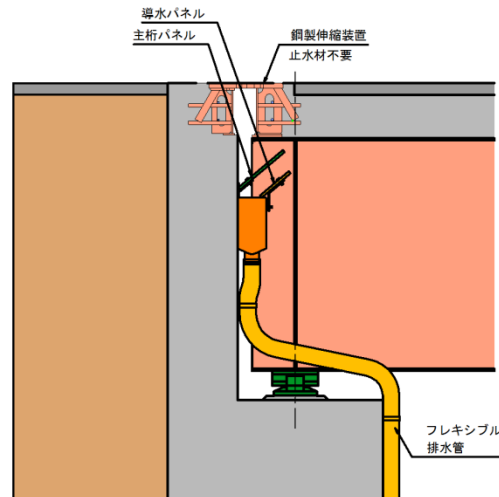


図 3-2 排水樋構造概要図

(3) 適用条件及び特徴

排水樋の適用条件を以下に示す．

表 3-2 排水樋構造の適用条件

項目	適用可能条件
桁遊間	50mm 以上（床版遊間 400mm 以下）
下部工形式	橋台形式：パラペットに樋を設置（図 3-2）
	橋脚形式：床版からの吊り構造等を検討する
主桁形式	鈑桁形式：制限無し
	箱桁形式：主桁背面に設置可能か検討が必要
端横桁形式	対傾構形式：排水樋が施工可能なスペースがあれば可
	フルウェブ形式：適用不可

3-2-3. 下部工排水構造

(1) 対策の方針

どのような構造をもってしても、いずれは水漏れが発生するという観点から、敢えて排水タイプの伸縮装置として水を下部工橋座面へ落とし排水する構造とする。

- ・ 水が滞留しないよう、橋座面に排水勾配を設置
- ・ 湿潤状態とならないよう、桁に切り欠きを設置
- ・ 水の通り道へ重防食を施す
 - 桁端部 : 重防食塗装 (RC-I)
 - 下部工コンクリート : コンクリート塗装
 - 支承部 : 亜鉛・アルミ合金溶射

(2) 構造概要図

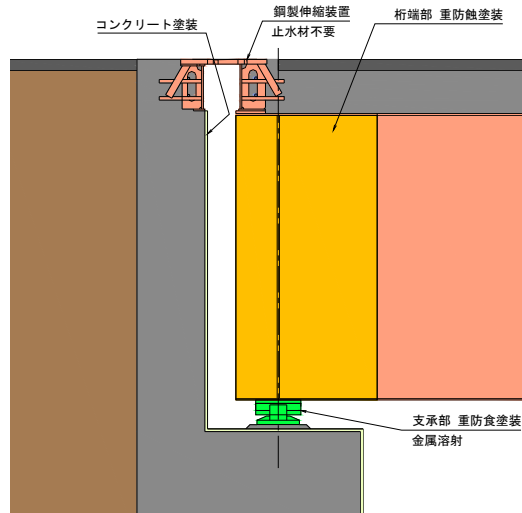


図 3-3 下部工排水構造概要図

(3) 適用条件及び特徴

下部工排水構造の適用条件を以下に示す。

表 3-3 下部工排水構造の適用条件

項目	適用可能条件
桁遊間	200mm 以上（水切り，コンクリート塗装作業等）
桁下空間 （支承部金属溶射作業）	鈑桁形式：制限なし
	箱桁形式：桁下～橋座面間が 400mm 以上
主桁形式	上記桁下空間より適用構造が制限される
端横桁形式	対傾構形式：適用可能
	フルウェーブ形式：適用不可
台座高	橋座面排水勾配が施工できる高さ
排水の流水処理の制限	下部工からの垂れ流しが可能か？
下部工清掃	定期的な清掃が必要（清掃の実施が可能か）

3-3. 提案手法の適用に向けた検討

3-3-1. 構造選定フロー図の提案

(1) 検討概要

各種提案手法の適用に向けて、既設橋梁がどのような条件であれば適用可能となるか、条件整理を行うと共に、構造選定フロー図を作成して選定の流れを可視化する。

今回の提案手法は、既設橋梁を対象としたリニューアル型手法として提案していることから、現状の非排水構造（伸縮装置の定期取替え）の代替案として、提案手法が採用できるか判定する流れとなっている。各種条件が提案手法に適合しなかった場合は、現行対策を継続するという結論になる。

次項に構造選定フロー図を示す。フローは以下の流れに沿って判定している。

① 本検討の必要性の判定

本検討を実施する時期及びその判定基準を示す事で、検討する必要がある橋梁かどうか判定する。

② 適用条件による判定

桁端部の橋梁条件により提案手法が変わってくるため、適用条件を設定する。

適用条件としては、端横桁構造、桁遊間の2つとした。

③ 提案手法と現行手法との比較

現橋の構造条件やLCC比較により提案手法と現行手法（伸縮装置の定期取替え）の比較を行い、提案手法が採用可能か判定を行う。提案が不可の判定となる場合は現行対策の継続が優位という結論となる。また、LCC検討と同時に、対象橋梁が提案手法毎の適用条件を満たしているかも確認し判定を行う。

ここでは、以下の2つの検討を行う。

- ・適用条件による判定
- ・LCC比較による判定

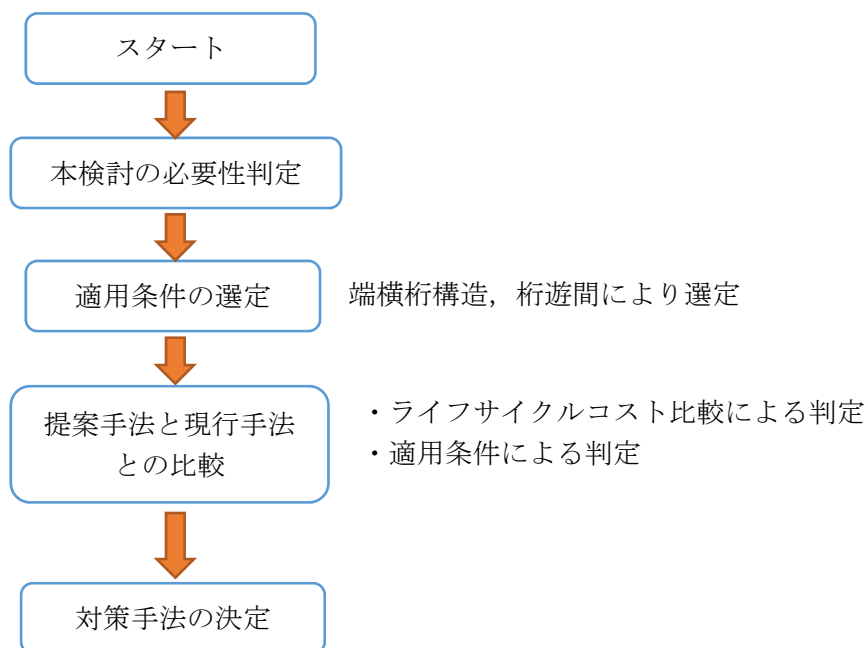


図 3-4 構造提案の流れ

(2) 構造選定フロー図

桁端部水じまい対策の構造選定フロー図は、以下の様に設定した。

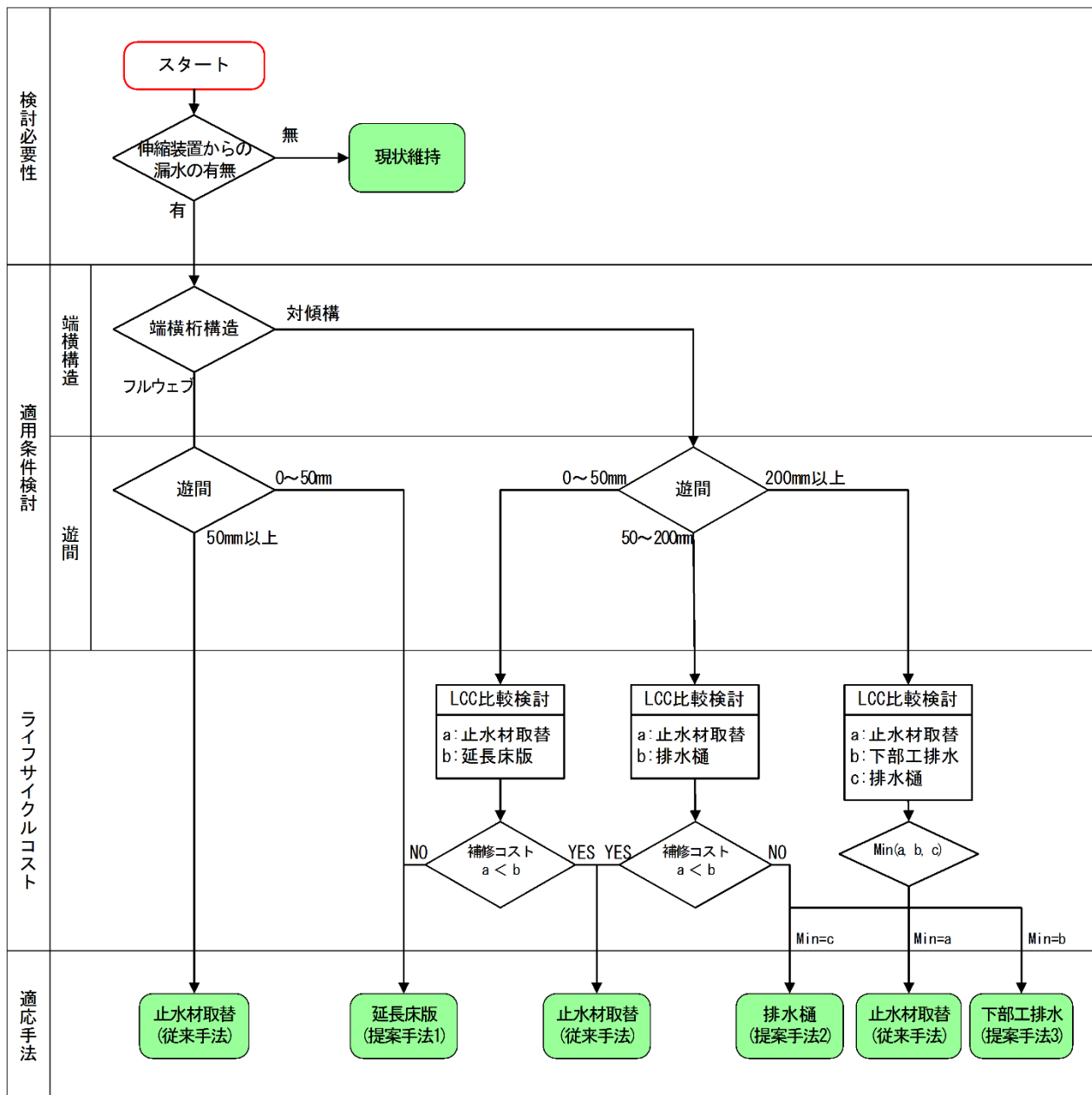


図 3-5 桁端水じまい対策の構造選定フロー

(3) 判定方法について

1) 検討必要性の判定

定期点検により伸縮装置からの漏水が確認された場合，構造変更を含めた対策を考えるものとする．点検結果で漏水が確認されず健全であると判断された場合現状維持とし，その後の点検結果により再度判断する．

2) 適用条件による判定

対象橋梁において下記の構造条件を基に施工の可否を判定する．

i) 端横桁構造

端横桁の構造は，フルウェブ構造と対傾構構造があり，伸縮装置下側からの施工可否を判定する．それぞれの端横桁構造の例を図 3-6 に示す．



a) フルウェブ構造



b) 対傾構構造

図 3-6 端横桁構造例

ii) 遊間

伸縮装置からの漏水対策では，本体が健全の場合，別構造の設置が検討されるため，対象橋梁の遊間の大きさで従来工法や本研究での提案構造の設置可否を判定する．

なお，各構造の適用条件は，3-2. を参考に行うものとする．

3) ライフサイクルコスト比較による判定

現行対策と LCC を比較し，提案手法が優位かどうか判定を行う．また，LCC 比較に合わせて対象橋梁が提案手法毎の適用条件を満たしているかの確認も行い判定を行う．

3-3-2. モデル橋梁によるライフサイクルコストの比較検討

(1) 検討概要

1) 検討目的

構造選定フロー内に設定した LCC 比較項目について、実際の評価がどの様になるかモデル橋梁を用いて実際に算出しその傾向を確認する。

2) 検討シナリオの設定

構造選定フロー内における適用手法（シナリオ）をまとめると以下の様になる。

表 3-4 LCC 検討シナリオ

検討シナリオ	シナリオ内容
シナリオ 1	鋼製伸縮装置の定期取替えによる非排水構造 (現行手法)
シナリオ 2	ミニ延長床版+鋼製ジョイントによる非排水構造 (提案手法)
シナリオ 3	排水樋による排水構造 (提案手法)
シナリオ 4	下部工排水構造 (提案手法)

LCC 検討箇所としては、構造選定フローより端横桁構造が対傾構の場合となる。また桁遊間の違いにより LCC 比較検討も変わってくるため、遊間による各適用手法をまとめると以下の様になる。

表 3-5 検討シナリオの組合せ

検討ケース番号	桁遊間	シナリオ名
ケース①	0～50mm 以下	シナリオ 1
		シナリオ 2
ケース②	50～200mm	シナリオ 1
		シナリオ 3
ケース③	200mm 以上	シナリオ 1
		シナリオ 3
		シナリオ 4

3) ライフサイクルコスト計算時の条件

i) ライフサイクルコスト検討におけるコスト算出範囲について

本検討は桁端部の排水構造の比較を目的としているため、以下のコストを LCC 算出項目と設定する。

- ・ 伸縮装置（本体，止水材）の交換
- ・ 支承の塗替えコスト，足場コスト

ここで，以下のコストは考慮しないものとする。

- ・ 対策以前に発生した維持管理コスト
- ・ 交通規制等により生じる道路利用者の時間損失等の外部費用
- ・ 社会的割引率

ii) 取替えサイクルの設定について

部材の取替えサイクルは，製品メーカー設定値及び「鋼橋のライフサイクルコスト（日本橋梁建設協会）」を基に設定する。

その他の設定値について

- ・ 止水材は維持管理性に優れる乾式止水材を想定し，その設計年数（メーカー試験報告より）を設定した
- ・ 排水樋については標準的な耐用年数が定まっていないため，排水管の耐用年数などを考慮して仮定した
- ・ 下部工塗装（コンクリート表面保護工）については桁端塗装と同時更新とした
- ・ 支承部金属溶射は，表 3-7(a) 及び鋼橋の常温金属溶射設計・施工マニュアル(案)（土木構造物常温金属溶射研究会）の推定値（厳しい環境）を参考に設定した

表 3-6 部材取替えサイクルの設定

部材名	取替えサイクル	備考
伸縮装置（鋼製）	40 年	表 3-7(b) の一般環境を想定
伸縮装置（止水材）	10 年	メーカー設計値
支承塗装 (C-5 塗装系)	30 年	表 3-7(a) の厳しい環境を想定
排水樋	15 年	仮定値
桁端重防食塗装 (C-5 塗装系)	30 年	表 3-7(a) の厳しい環境を想定
下部工塗装	30 年	仮定値（桁端塗装と同時更新とする）
支承塗装（溶射）	50 年	仮定値

表 3-7 各種推定耐久年数（出典：技術短信 鋼橋のライフサイクルコスト（日本橋梁建設協会）¹⁰⁾）

(a) 防食の推定耐用年数							
項 目				耐久年数			
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)	
	A-5	景觀維持	Ra-III	長油性 フタル酸 樹脂塗料	10年	7年	—
		防食維持	Rc-I or Rc-II	—	15年	10年	—
	C-5 全工場 塗装	景觀維持	Rc-IV	フッ素 樹脂塗装	35年	30年	20年
		防食維持	—	—	60年	45年	30年
	I:薄膜形 重防食 全工場塗装	景觀維持	Rc-IV	ポリウレタン 樹脂塗料	20年	14年	—
		防食維持	—	—	30年	20年	—
塗 装 以 外 の 防 食	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	
	耐候性鋼材(原板プラスト)			200年 ※1	200年 ※1	—	
	耐候性鋼材＋さび安定化補助処理			200年 ※1	200年 ※1	—	
	(参考)ニッケル系高耐候性鋼材			—	—	200年 ※1	

(b) 付属物の推定耐用年数						
項 目			耐久年数			
RC床版	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	
	場所打ちPC床版		200年	200年	200年	
	プレキャストPC床版		200年	200年	200年	
	鋼・コンクリート合成床版		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	鋼 製		40年	30年	30年	
	鋳 鋼 製		40年	30年	30年	
	ゴ ム製		20年	15年	15年	
高 欄	鋼 製		30年	30年	30年	
	鋳 鋼 製		30年	30年	30年	
	アルミ製		60年	60年	60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	

4) 提案手法の開始時期の設定について

本検討では LCC 計算の開始時期を供用後 10～40 年の 4 ケースで比較を行う。

これは、止水材からの漏水発生時点では伸縮装置本体の健全性は十分あると考えられるため、伸縮装置本体の取替えは止水対策時点では行わず、供用開始時を起点とした取替えサイクルと設定した事による。そのため、止水対策時期及びその取替えサイクルと、伸縮装置本体（この時止水材の交換も同時に行う）の取替えサイクルの組合せより図 3-7 で示す 4 ケースを設定した。

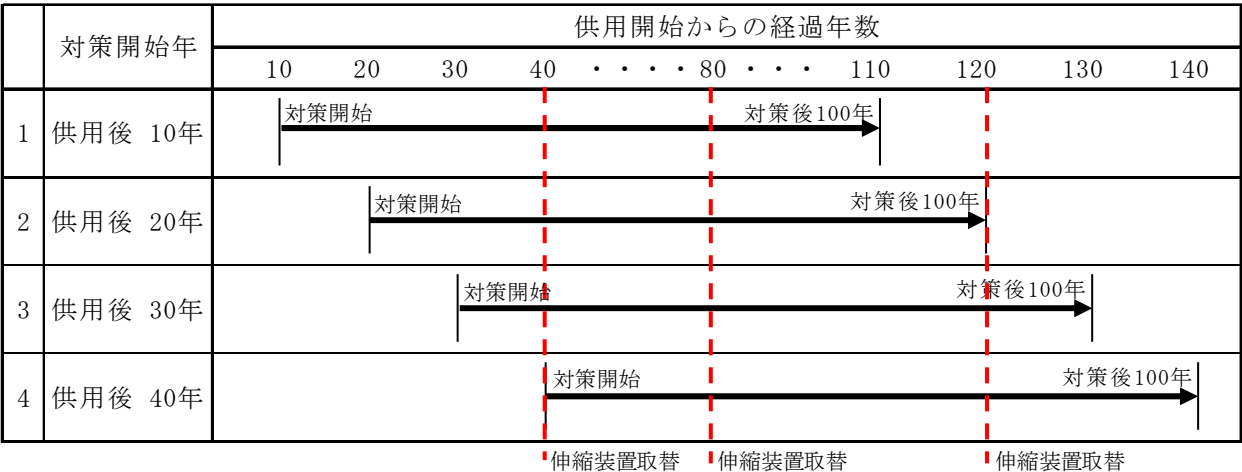


図 3-7 各手法のスタート時期の設定

(2) ライフサイクルコスト算出シナリオ

1) シナリオ 1：現行型非排水構造（鋼製伸縮装置の定期取替え）

i) 検討条件

- ・伸縮装置からの漏水は考慮しない（漏水発生前に取替える事を想定する）
- ・伸縮装置取替え時に止水材も新設する
止水材は，鋼製伸縮装置とは別に取替えサイクルを設定して定期的な取替えを行う
- ・支承は定期的な塗装替えを想定する（他手法と相違が生じるため）
- ・橋梁全体の塗装塗装替えは含めない（他手法と同条件であるため）
- ・定期的な清掃コストも LCC に含める

ii) 想定される維持管理サイクル

各工種の取替えサイクルを以下に示す．これに加え，5 年毎の伸縮部清掃コストを計上する．

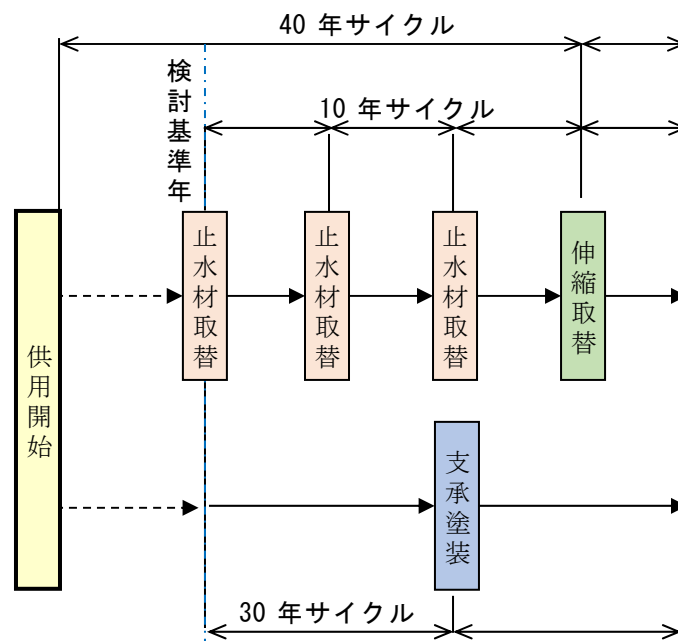


図 3-8 維持管理サイクル図(シナリオ 1)

iii) 施工単価の設定

施工単価は，以下の値を設定した．

表 3-8 施工単価表(シナリオ 1)

工種	単価（円）	備考
伸縮装置取替工	3,843,000	40 年サイクル
止水材取替工	1,451,000	10 年サイクル
支承塗装工	609,000	30 年サイクル
伸縮部清掃工	15,000	5 年サイクル

2) シナリオ 2：ミニ延長床版＋鋼製ジョイントによる非排水構造化

i) 検討条件

- ・既設床板（桁端部）、パラペット上端部の取り壊しを行い、床版延長及びジョイントの付け替えを行う
- ・支承は定期的な塗替えを想定する（他手法と相違が生じるため）
- ・橋梁全体の塗装塗替えは含めない（他手法と同条件であるため）
- ・定期的な清掃コストも LCC に含める

ii) 想定される維持管理サイクル

各工種の実替サイクルを以下に示す。これに加え、5 年毎の伸縮部清掃コストを計上する。

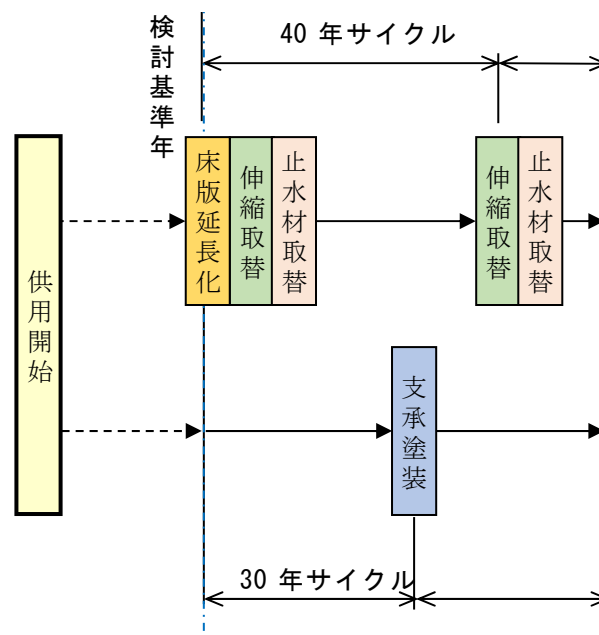


図 3-9 維持管理サイクル図(シナリオ 2)

iii) 施工単価の設定

施工単価は、以下の値を設定した。

表 3-9 施工単価表(シナリオ 2)

工種	単価（円）	備考
桁端改造	9,705,000	初年度のみ
伸縮装置取替工	5,294,000	40 年サイクル
支承塗装工（足場工含む）	609,000	30 年サイクル
伸縮部清掃工	15,000	5 年サイクル

3) シナリオ 3：排水樋による排水構造案

i) 検討条件

- ・伸縮装置はそのまま使用し，40 年後に排水構造に取替える（止水材は設置しない）
- ・支承は定期的な塗装を想定する（他手法と相違が生じるため）
- ・橋梁全体の塗装塗替えは含めない（他手法と同条件であるため）
- ・定期的な清掃コストも LCC に含める

ii) 想定される維持管理サイクル

各工種の実替サイクルを以下に示す．これに加え，5 年毎の伸縮部清掃コストを計上する．

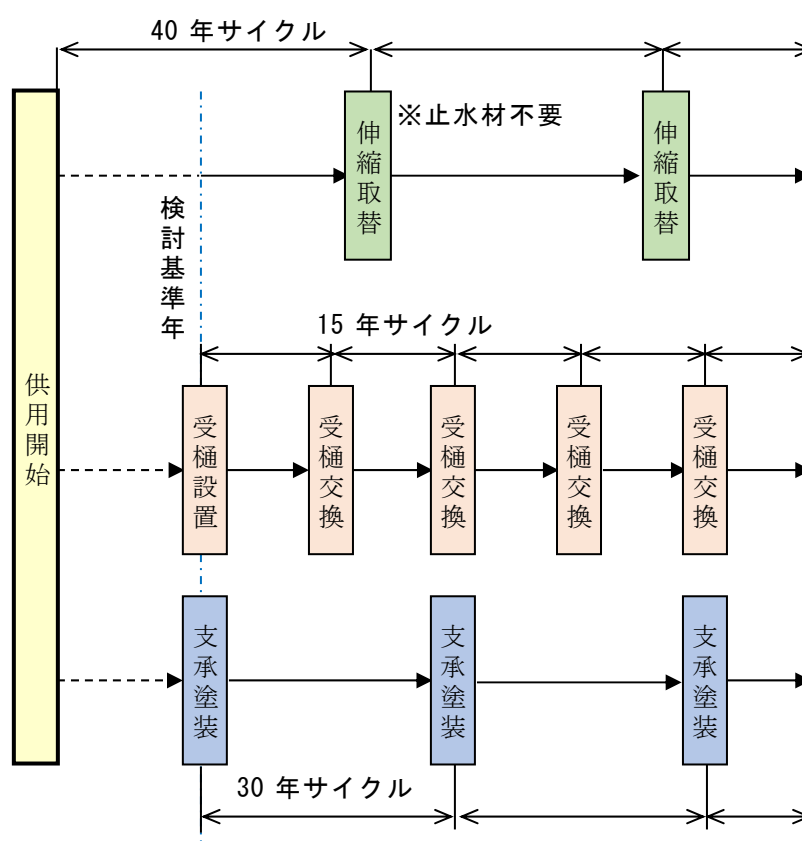


図 3-10 維持管理サイクル図(シナリオ 3)

iii) 施工単価の設定

施工単価は，以下の値を設定した．

表 3-10 施工単価表(シナリオ 3)

工種	単価 (円)	備考
伸縮装置取替工	3,254,000	40 年サイクル
排水樋設置	1,839,000	15 年サイクル
支承塗装工（足場工含む）	609,000	30 年サイクル
伸縮部清掃工	15,000	5 年サイクル

4) シナリオ 4：下部工排水構造案

i) 検討条件

- ・伸縮装置はそのまま使用し、40 年後に排水構造に取替える（止水材は設置しない）
- ・桁端部は重防食仕様に塗替える
- ・パラペット部にコンクリート塗装を施す
- ・支承部は金属溶射による重防食処理を施す
- ・水はけを良くするために、橋座面に排水勾配を設ける
- ・橋梁全体の塗装塗替えは含めない（他手法と同条件であるため）
- ・定期的に下部工清掃工を実施する

ii) 想定される維持管理サイクル

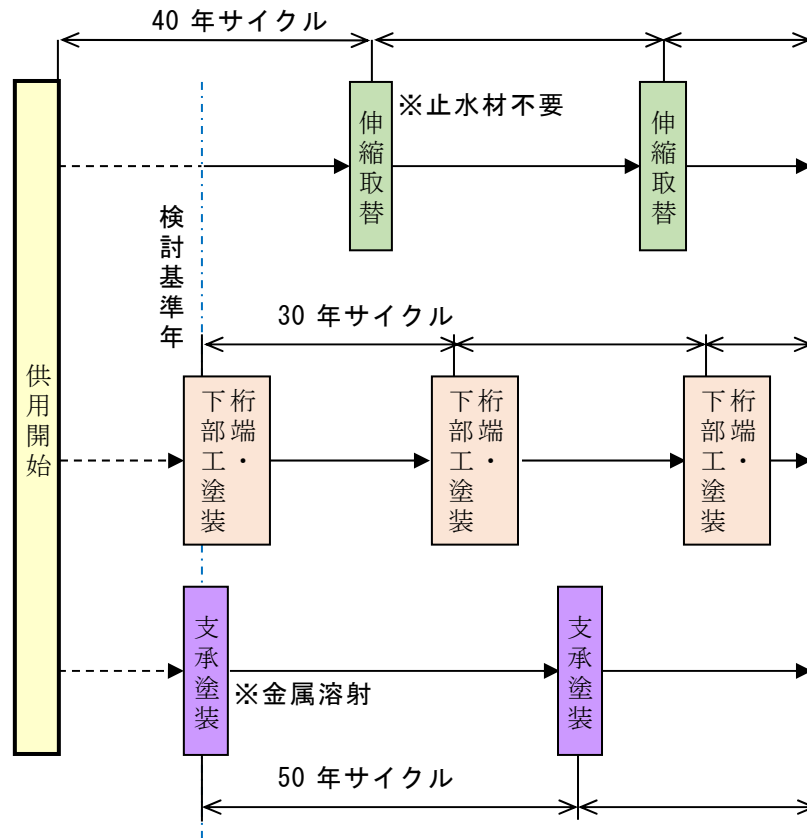


図 3-11 維持管理サイクル図(シナリオ 4)

iii) 施工単価の設定

施工単価は、以下の値を設定した。

表 3-11 施工単価表(シナリオ 4)

工種	単価 (円)	備考
伸縮装置取替工	3,254,000	40 年サイクル
桁塗装工	338,000	30 年サイクル
下部工補修工（足場工含む）	467,000	30 年サイクル
支承塗装工（足場工含む）	930,000	50 年サイクル
下部工清掃工	75,000	5 年サイクル

(3) ライフサイクルコスト算出結果

1) 検討ケース① （桁遊間 0～50mm）

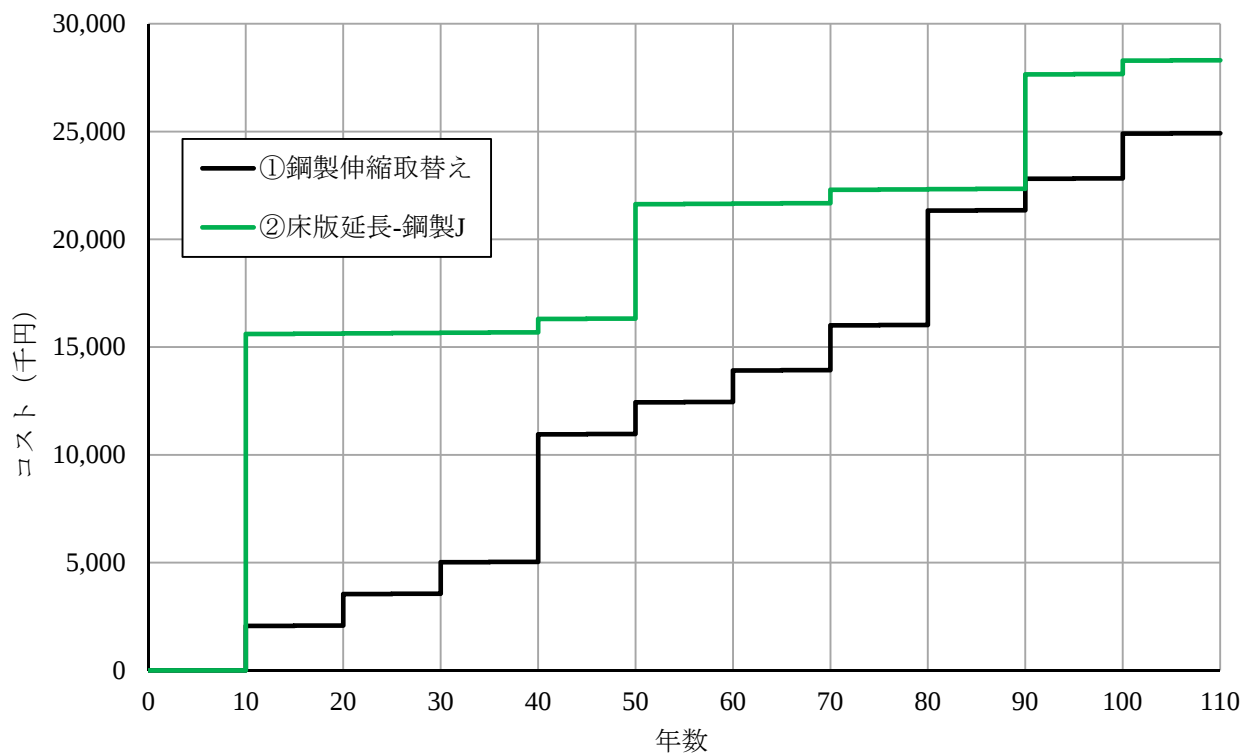


図 3-12 LCC 予測比較表 検討ケース①＜供用 10 年後開始＞

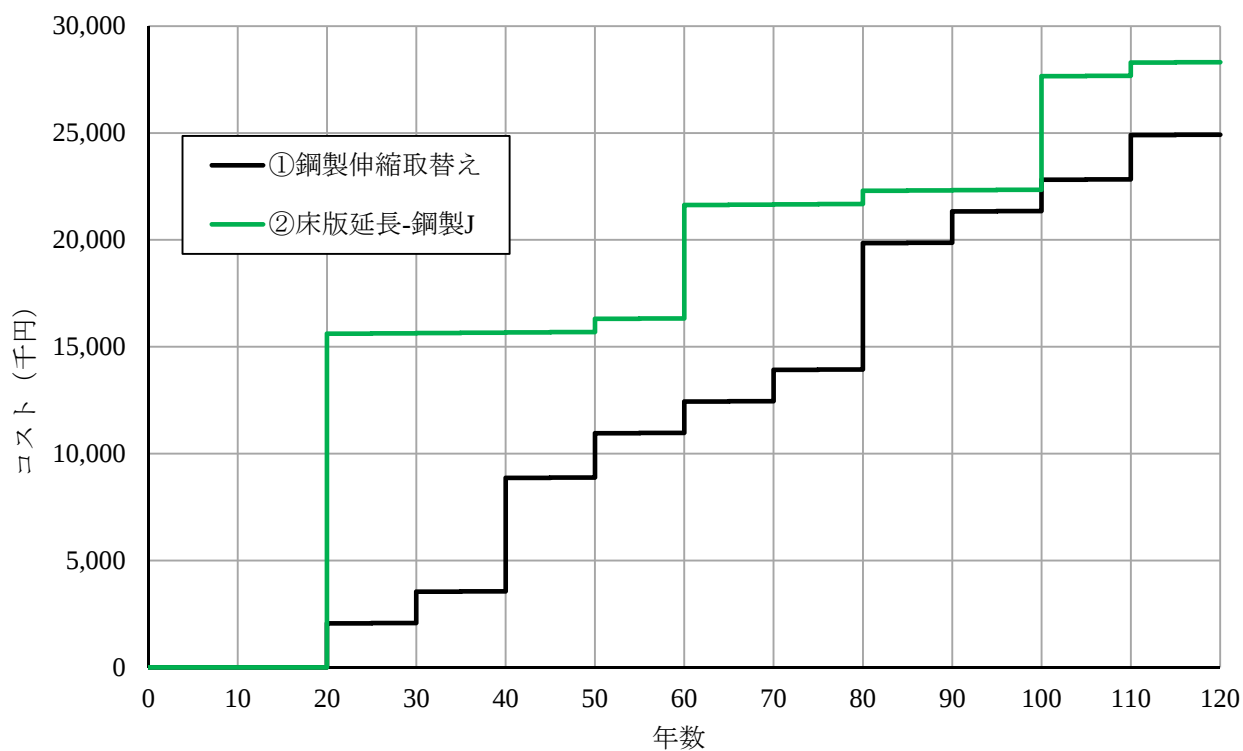


図 3-13 LCC 予測比較表 検討ケース①＜供用 20 年後開始＞

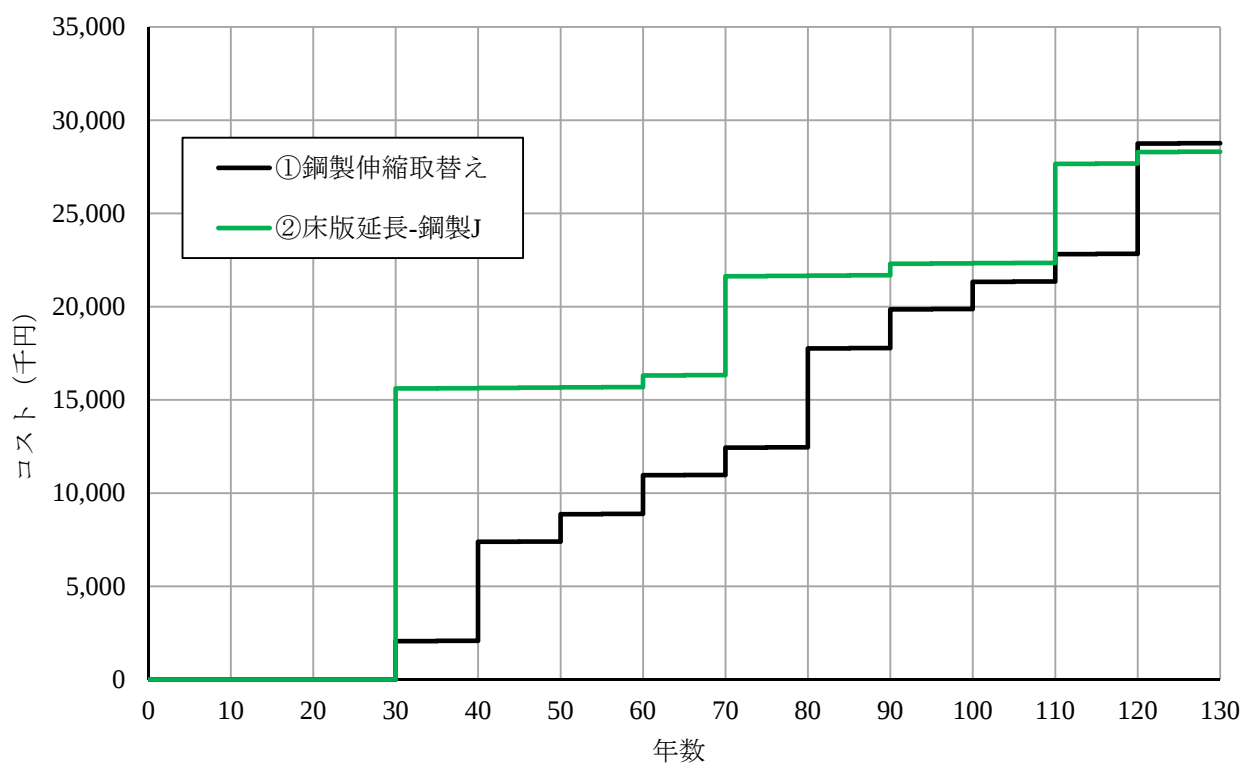


図 3-14 LCC 予測比較表 検討ケース①＜供用 30 年後開始＞

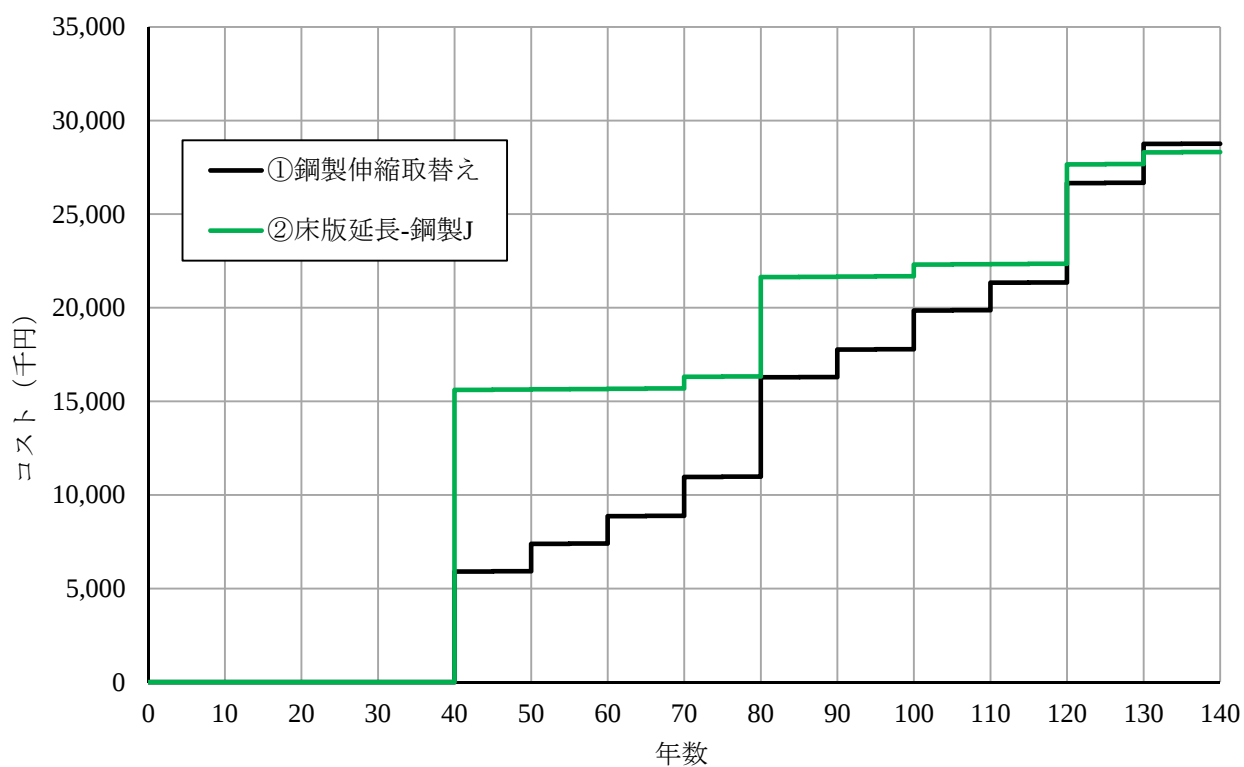


図 3-15 LCC 予測比較表 検討ケース①＜供用 40 年後開始＞

2) 検討ケース② （桁遊間 50～200mm）

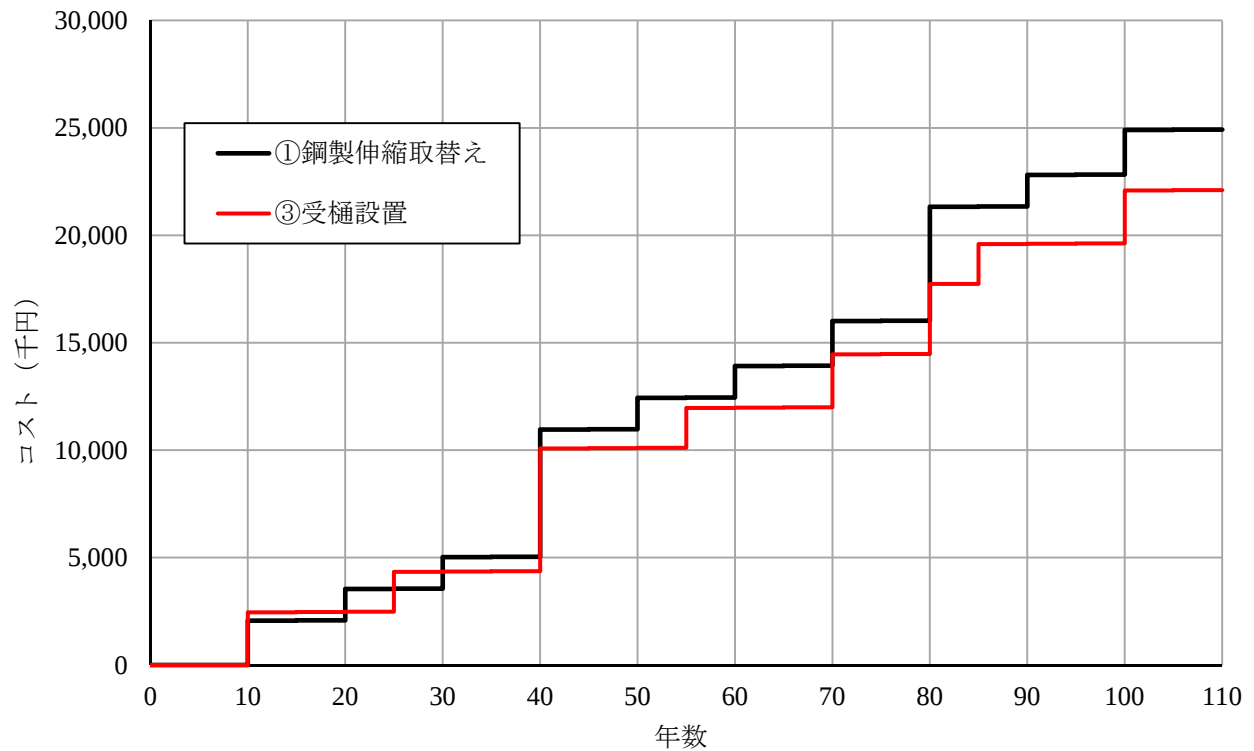


図 3-16 LCC 予測比較表 検討ケース②＜供用 10 年後開始＞

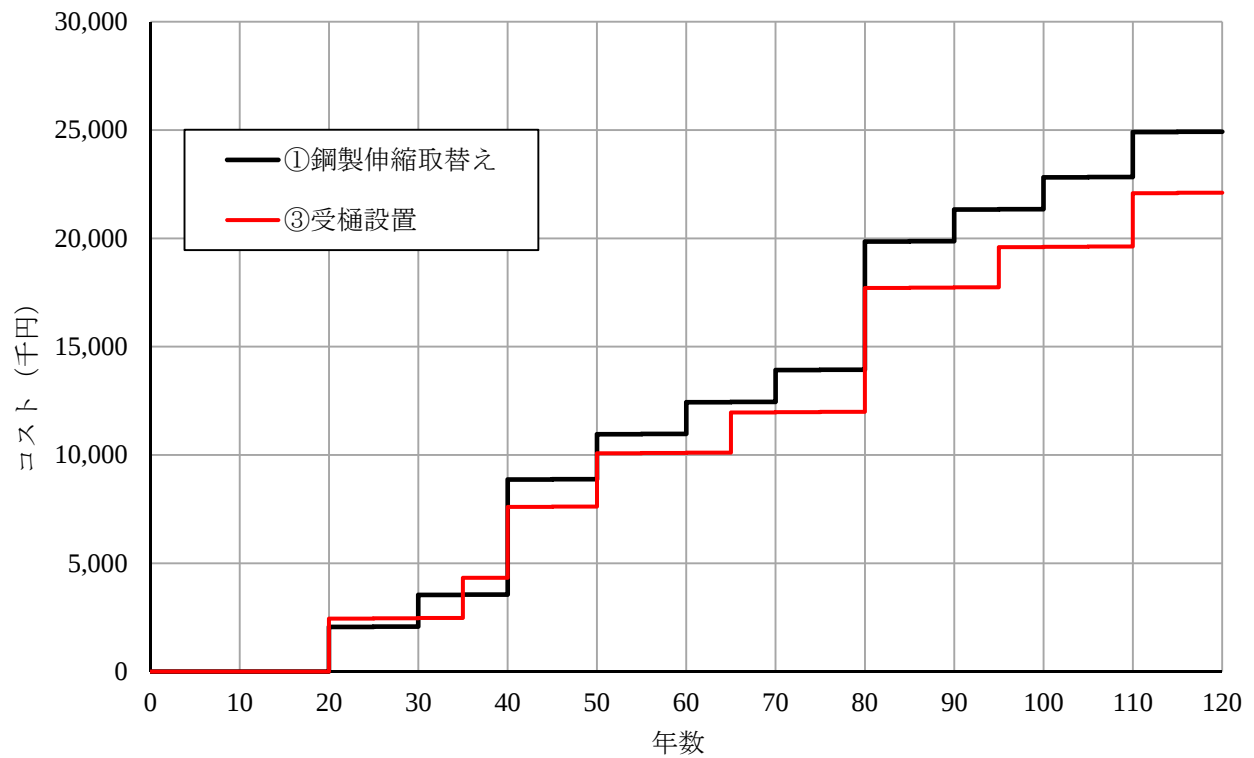


図 3-17 LCC 予測比較表 検討ケース②＜供用 20 年後開始＞

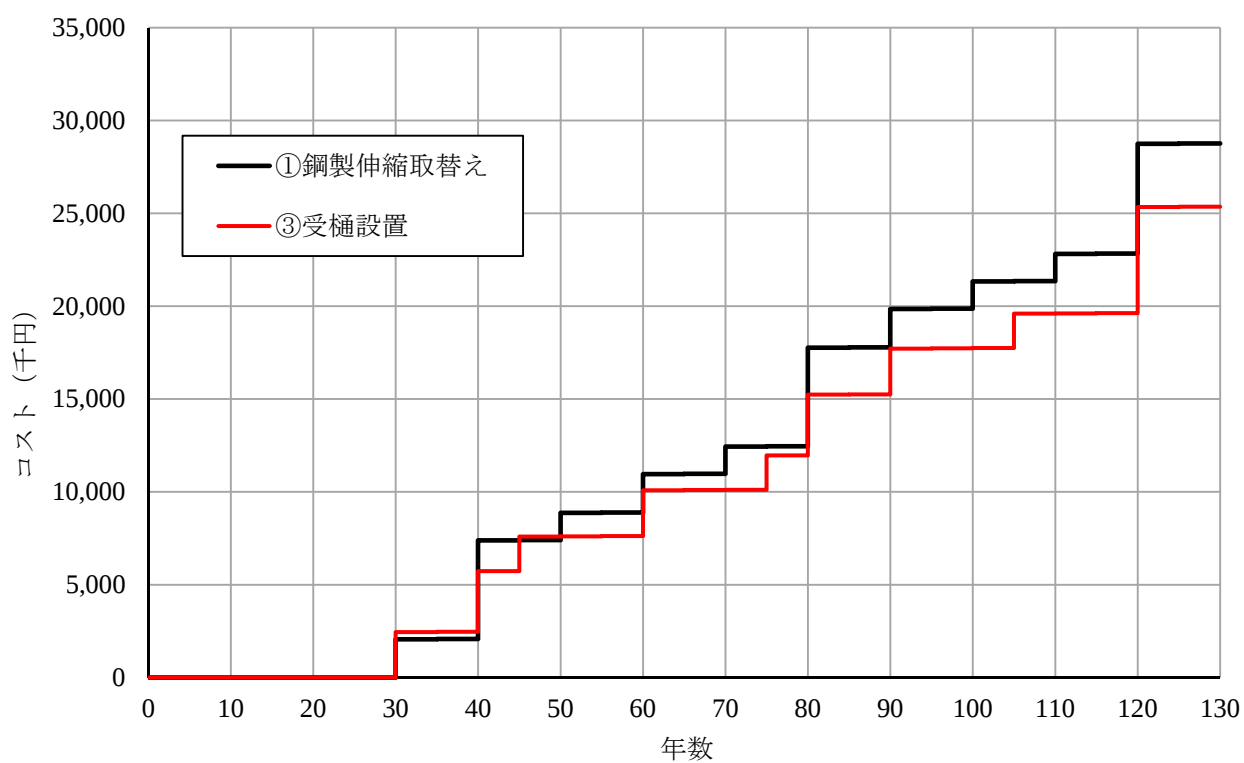


図 3-18 LCC 予測比較表 検討ケース②＜供用 30 年後開始＞

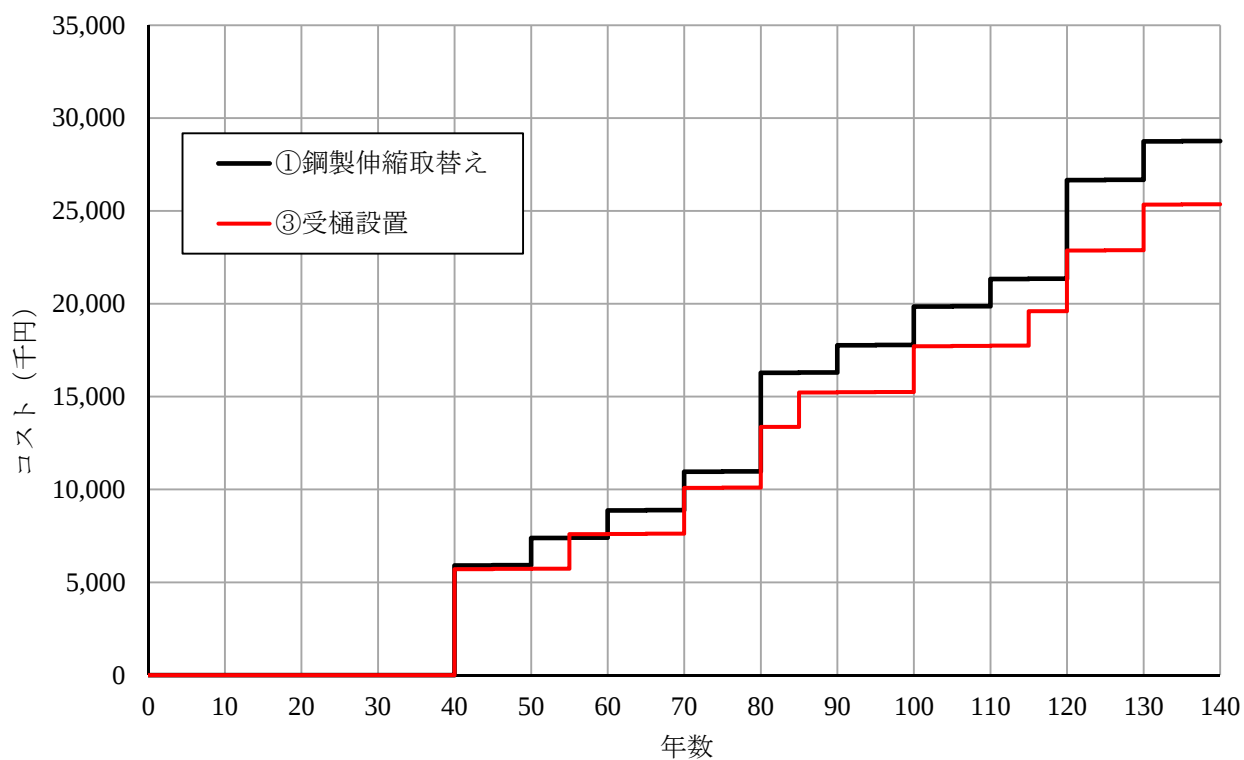


図 3-19 LCC 予測比較表 検討ケース②＜供用 40 年後開始＞

3) 検討ケース③ （桁遊間 200mm 以上）

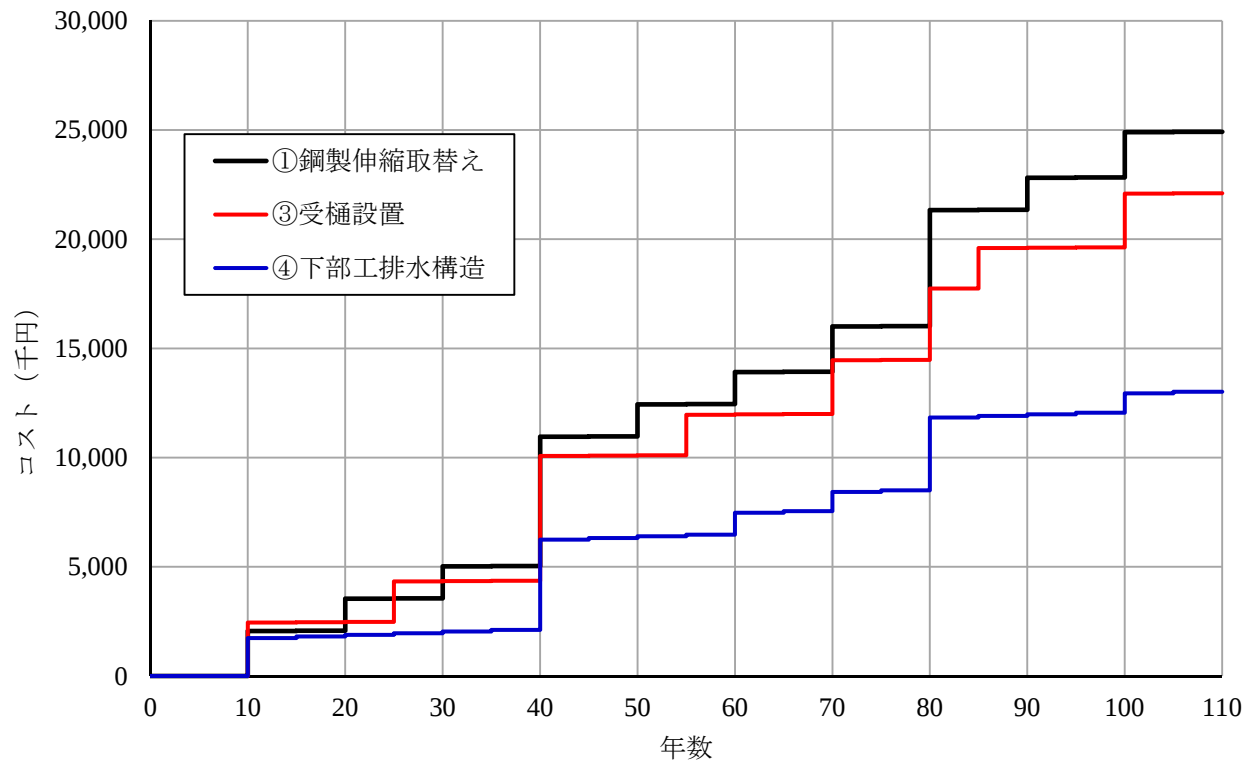


図 3-20 LCC 予測比較表 検討ケース③<供用 10 年後開始>

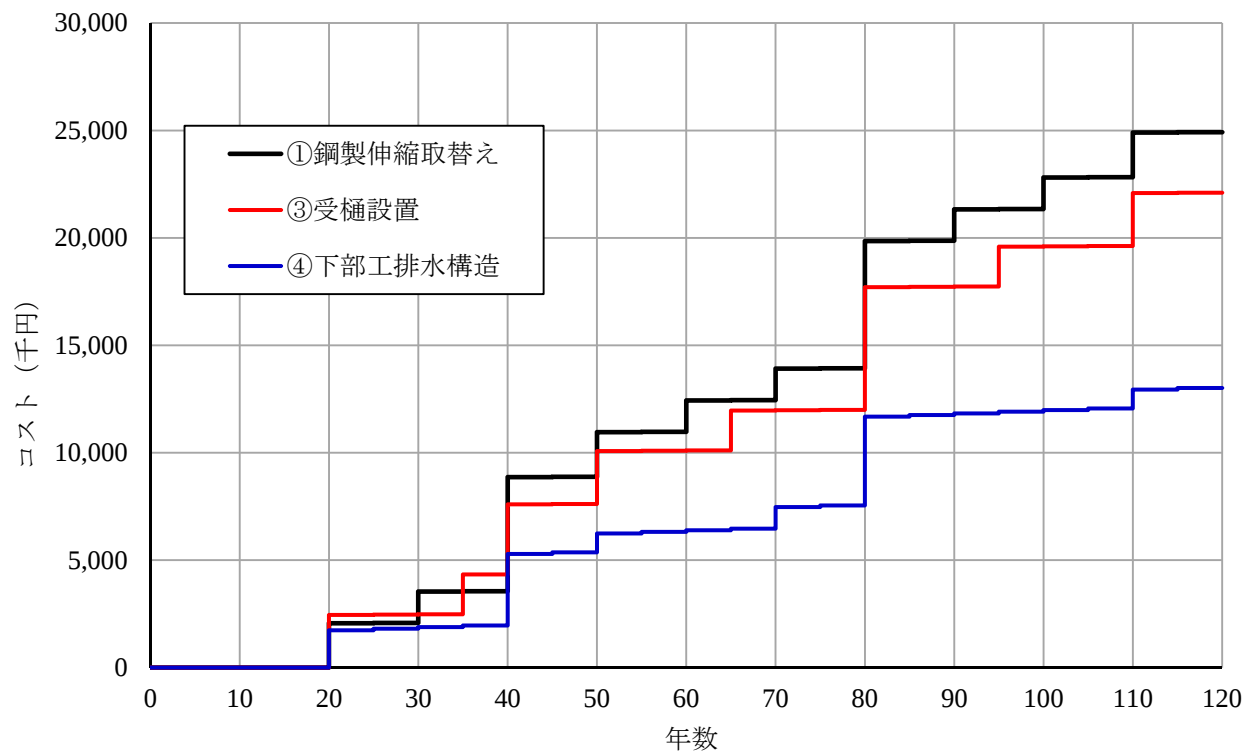


図 3-21 LCC 予測比較表 検討ケース③<供用 20 年後開始>

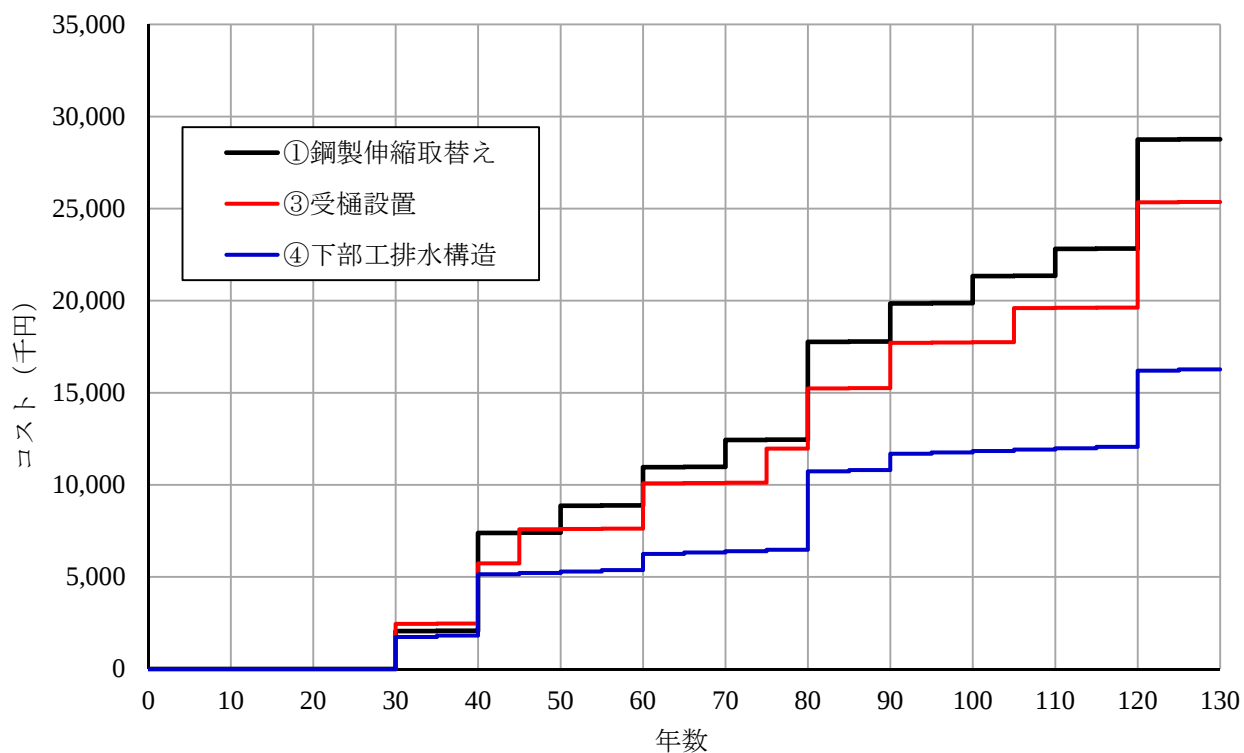


図 3-22 LCC 予測比較表 検討ケース③＜供用 30 年後開始＞

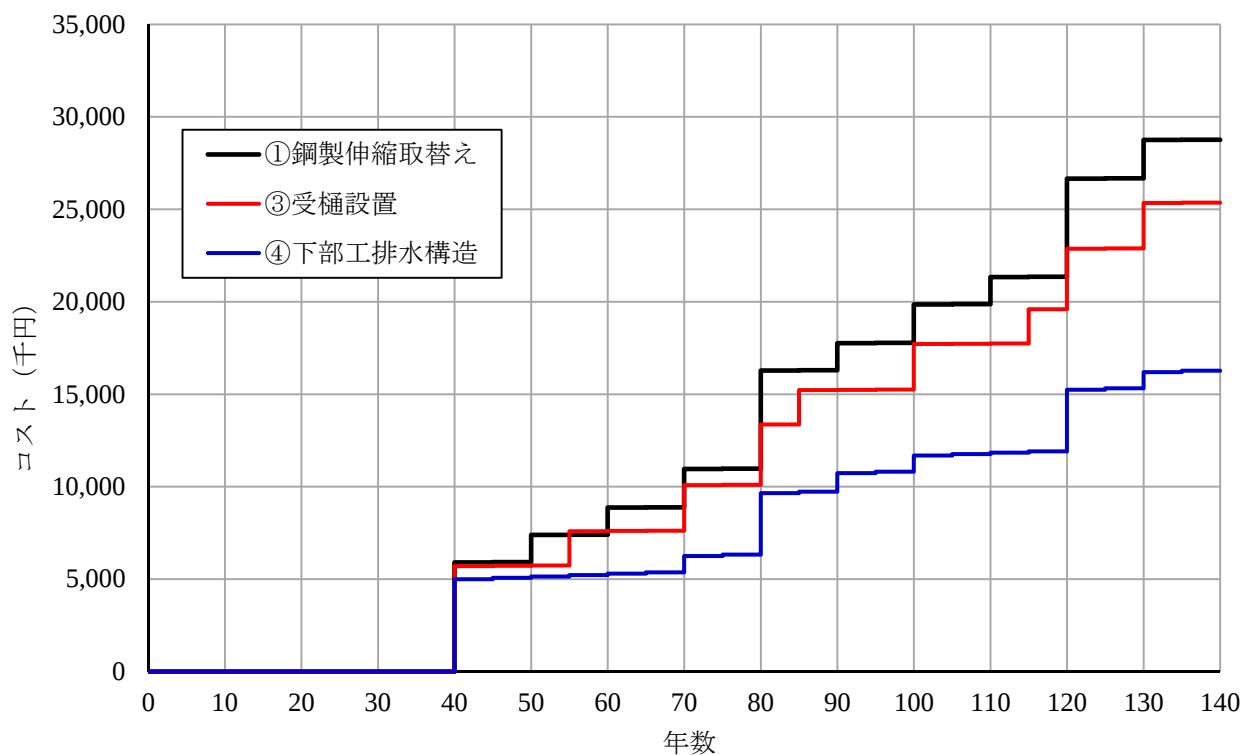


図 3-23 LCC 予測比較表 検討ケース③＜供用 40 年後開始＞

3-4. 桁端部水じまい対策のまとめ

3-4-1. 提案内容まとめ

桁端部水じまい対策について以下の提案を行い、概要図及び適用条件をまとめた。

①延長床版構造の提案

延長床版により桁端部を塞ぐ構造である。桁遊間部を跨いで下部工側に床版が伸びる事から遊間が狭い（支間が短い）方が耐荷性に優れる。桁端部の構造に左右されにくく、基本的に橋面上での作業で対応できる。

②排水樋構造

桁遊間量に対しては延長床版と下部工排水の中間程度の位置付けとなる。遊間が狭い橋梁でも設置可能であるが、桁端部の構造に左右されるため、適用には部材設置可能な桁高や対傾構形式の端横桁などの橋梁条件を満たす必要がある。

③下部工排水構造

下部工に沿わせて排水する構造のため、通気性、施工性から桁遊間が広い橋梁で適用可能となる。

3-4-2. 提案手法の適用に向けた検討

(1) 桁端部水じまい対策の構造選定フロー図の提案

上記の構造提案を選定する手法について、構造選定フローを作成した。フロー図については、図 3-5 参照とする。

(2) ライフサイクルコスト比較検討

1) 検討ケース①について ・比較項目：現行手法（伸縮装置取替え）、延長床版構造

全体的に延長床版工法の方が高価という結果になった。

対策開始時期については供用後 30 年、40 年の場合は、現行手法における伸縮装置取替えとのタイミングが近いことから、供用 100 年以降についてコストがほぼ同程度となった。

今回の LCC 比較結果によると提案採用は難しいが、今後床版打替え技術の発展などにより施工コストが低下すれば、より採用し易くなると思われる。

2) 検討ケース②について ・比較項目：現行手法（伸縮装置取替え）、排水樋構造

どの開始時期のケースにおいても排水樋構造が安価という結果になった。今回のモデル橋梁のケースにおいては排水樋構造が優位と言える。

3) 検討ケース③について ・比較項目：現行手法（伸縮装置取替え）、排水樋構造、下部工排水構造

どの開始時期のケースにおいても下部工排水構造が最も安価という結果になった。

§ 4. まとめと今後の課題

4-1. 水じまい対策提案のまとめ

(1) リニューアル型維持管理手法の構造提案

既設橋梁を対象とし、排水装置及び桁端部水じまい対策について、リニューアル型維持管理手法の構造提案を行った。また、それぞれの提案について構造選定フローを作成し、提案手法が選定されるための流れ及びその条件をまとめた。

表 4-1 本研究での提案内容

検討項目	提案内容
橋面排水構造の提案	排水ます撤去案
	鋼製排水溝案
	地覆外側排水溝案
桁端部水じまい対策の提案	ミニ延長床版構造
	排水樋による排水案
	下部工排水構造

(2) 提案手法の適用に向けた検討

提案した構造選定フローを利用する際、現橋の条件を基に計算を行い判定する項目がある。そのため、モデル橋梁を設定して計算を行い、どのような判定となるか検討を行った。

検討を行った項目及びその結果は以下の通りとなった。

①橋面排水構造における排水計算

- ・排水ます撤去構造について、可能な橋長と縦断勾配の関係を示した。
- ・鋼製排水溝の適用について I 桁構造であればフラットタイプの鋼製排水溝は適用可能である。
- ・鋼製排水溝サイズについて、橋長と縦断勾配によりその必要サイズの大きさが分かった。

②ライフサイクルコスト比較検討について

- ・橋面排水構造の提案において、鋼製排水溝を適用する際は、排水管の取替えサイクル、対策実施後の橋梁の供用期間、橋長及び縦断勾配の違いにより適用可能な橋梁条件が決定される事が分かった。
- ・桁端部水じまい対策においては、下部工排水構造が最も低コストで優位となった。延長床版構造は現行の伸縮装置取替えより高価であり、排水樋構造は現行手法と同程度となった。

(3) 橋面排水構造と桁端部水じまい対策の組合せについて

両者の水じまい対策上の役割分担は、橋面上の大部分の橋面排水構造（鋼製排水溝等）で排出し、桁端付近の橋面排水構造では処理出来ない部分について桁端部水じまい対策（排水構造または非排水化して土工部側に流す）で対処するという形となる。お互いの検討結果に影響を及ぼす事はないため、適用においては個別に最適案を検討し組合せる事ができる。

4-2. 今後の課題

4-2-1. 橋面排水構造の課題

① 排水管取替えサイクルの目標値の設定

今回の構造提案において、排水管の取替えサイクルが橋面排水構造の優位性に影響を与える事が分かった。ただし、屋外に配置された排水管の耐用年数が解明されていない事から、目標となる排水管取替えサイクルの設定が、本提案の採用に向けた課題である。

② 床版防水工との連携について

床版防水工は、舗装内に浸透した雨水から床版を保護する目的で設置される。既設橋に対する橋面排水対策では、この浸透水の処理には十分に対応出来ないのが現状であり、今後床版防水とどのような連携を取っていくかが課題となる。

4-2-2. 桁端部水じまい対策の課題

① 延長床版構造の低コスト化

延長床版工法は、止水対策として有用であるが、LCC 比較検討の結果、現行手法より高価であるという結果になった。そのため、より簡易的な連結構造による低コスト化や、止水効果以外のメリットを生かした提案方法など実現に向けた手法が課題となる。

② 下部工排水構造の維持管理対策上の課題

下部工排水構造を適用した場合、下部工の土砂堆積や、桁遊間部の通気性などが部材の劣化進行度に影響を与える可能性がある。それらが部材の耐用年数にどの程度影響を与えるか、また LCC 予測の結果と関連が生じるかを調査し、適切な条件での提案が課題となる。

第3章の参考文献

- 1) 独立行政法人 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター, 鋼橋桁端部の腐食対策に関する研究, 2010.3
- 2) 東北地方整備局, 新設橋の排水計画の手引き (案), 2014.10
- 3) 社団法人 日本道路協会, 道路土工要領, 2009.6
- 4) 財団法人 道路保全技術センター 道路構造物保全研究会, 道路アセットマネジメントハンドブック, 鹿島出版会, pp.105～138, 2008.11
- 5) 一般社団法人 日本建設機械施工協会, 橋梁架設工事の積算 平成 26 年版, 第 4 章 橋梁補修, 2014
- 6) 国土交通省, 平成 27 年度 施工パッケージ型積算方式標準単価表, 2015
- 7) 一般財団法人 経済調査会, 土木施工単価, 2015.7
- 8) 一般財団法人 建設物価調査会, 土木コスト情報, 2015.7
- 9) 一般財団法人 建設物価調査会, 建設物価, 2015.7
- 10) 社団法人 日本橋梁建設協会, 技術短信 NO.10 -鋼橋のライフサイクルコスト-, 2009.10
- 11) 土木構造物常温金属溶射研究会, 鋼橋の常温金属溶射設計・施工マニュアル, 2001.4