


第5章



山形県橋梁長寿命化総合マニュアル

令和5年3月

目 次

はじめに	1
1. 橋梁長寿命化の基本方針	3
1. 1 取組みの方針	3
1. 2 橋梁長寿命化の流れ	5
1. 3 山形県における劣化傾向	7
2. 橋梁点検	9
2. 1 点検の種別	9
2. 2 点検の目的	10
2. 3 点検方法	11
2. 4 損傷区分の評価	12
3. 健全性の診断	13
3. 1 健全性診断の目的	13
3. 2 管理区分及び対策区分	13
3. 3 架替の検討	16
3. 4 診断書の作成	19
3. 5 補修工事費の算出	20
4. 短期計画の策定	21
5. 補修設計	22
6. 補修工事	23
7. 中長期計画の策定	24
7. 1 中長期計画と短期計画の関係	24
7. 2 中長期計画の策定	25
7. 3 計画の公表	26
8. 記録	27
8. 1 記録の目的	27
8. 2 DBMYの概要	28
9. 技術力向上に向けた取組	29
10. 県と市町村との連携	30

付録 架替におけるライフサイクルコスト比較例

付録 中長期計画策定に係る参考資料

はじめに

山形県が道路橋として管理する橋梁は令和4年度現在で約2,500橋である。建設時期でみると、昭和30年頃からの道路整備の進捗に合わせて急増し、昭和47年にピークを迎えている。このいわゆる“高度経済成長期”に建設された橋梁は全体の約1/3を占め、これらが次々と老朽橋となることで、今後老朽橋の割合が加速度的に増加していくことが見込まれる。

また、平成24年12月2日に中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故が発生し、このような事故を二度と起こさないよう、国土交通省では平成25年を「社会資本メンテナンス元年」と位置づけた。さらに平成25年11月29日には、国民生活やあらゆる社会経済活動を支える各種施設をインフラとして幅広く対象とし、戦略的な維持管理・更新等の方向性を示す基本的な計画として、「インフラ長寿命化基本計画」がとりまとめられた。これに基づき、新設から撤去までの、いわゆるライフサイクルの延長のための対策という狭義の長寿命化の取組に留まらず、更新を含め将来にわたって必要なインフラの機能を発揮し続けるための取組を実行することにより、これまで進めてきたメンテナンスサイクルの構築と継続的な発展につなげることが示された。

山形県でも、公共投資の伸びが十分に期待出来ない現状では、膨大な道路資産（橋梁）を良好な状態に維持管理していくことは極めて重要であり、そのためには、既設橋梁の状態を適切に把握し、中長期に渡り効果的、効率的な維持管理を行うための指針として「橋梁長寿命化修繕計画」を策定し、これを実行することが必要である。

「橋梁長寿命化総合マニュアル」は、橋梁長寿命化における、一連の業務サイクル（点検、計画、補修、記録など）の全体像を包含するとともに、各業務の位置づけを明確化し、それぞれの検討方針や留意事項を示すことで、いま課題とされている、技術力の向上、あるいは市町村支援などを推進していく上での一助とすることを目的に作成されたものである。

なお、山形県では、これまで「橋梁点検要領」や「橋梁補修ガイドライン」を定めてきたが、これらは本マニュアルを補完し、かつ、実際の業務に資するものとして、引続き維持されるものである。

また、橋梁長寿命化の取組みは、PDCAサイクルに基づき必要な見直しを行いながら継続していくことでよりよい成果が得られるものであり、本マニュアルについても、運用の中で見直しを行ない、改善していく必要がある。

：「山形県橋梁長寿命化総合マニュアル」
取扱い範囲

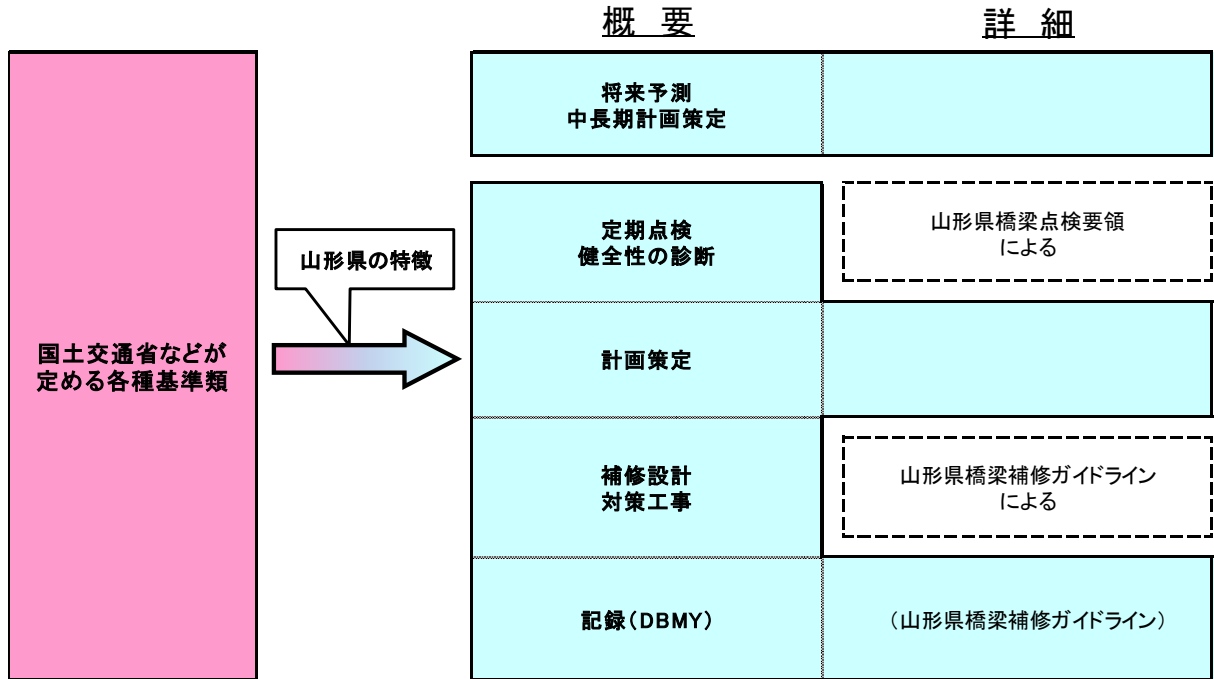


図 山形県の橋梁長寿命化に関する基準体系

1 橋梁長寿命化の基本方針

1. 1 取組みの方針

山形県が管理する道路橋は、高度経済成長期に集中的に架設され、今後老朽化が急速に進むことから、従来の「傷んでから治す管理」を継続した場合、維持管理コストが膨大となり、道路利用者への安全・安心なサービスの提供が困難になることが予測される。

今後は長期的な視点に立ち、安全性を確実に確保するために、道路管理施設の長寿命化に積極的に取り組み、長期的なコストの縮減、更新を含めた管理費用の平準化を図ることで、予防保全型管理へと移行する。

【解説】

山形県では、令和4年度現在で、約2,500橋の道路橋を管理している。

特に昭和30～50年ころに大量に架設されており、ピークの昭和47年には年間約120橋が架設されているが、これら高度成長期に架けられた橋が、今後急速に高齢化が進む。

これまで傷んだ橋については、その都度、架替や補修を実施し、安全安心の確保を図ってきたが、このような管理を今後とも続けた場合、近い将来、膨大な更新・維持管理コストが必要となり、道路利用者へ安全・安心なサービスを提供することがだんだん難しくなる。

この対策として、山形県では、平成16年度から橋梁点検に着手し橋梁の状況を把握し、平成19年度に国の制度を活用して『山形県橋梁長寿命化修繕計画』を策定した。また、短期計画（橋梁個別の修繕計画）を平成23年度までに概ね全ての橋について策定した。今後は「傷みが小さいうちに計画的に対策することで長寿命化を図る予防保全型の管理」に移行する。

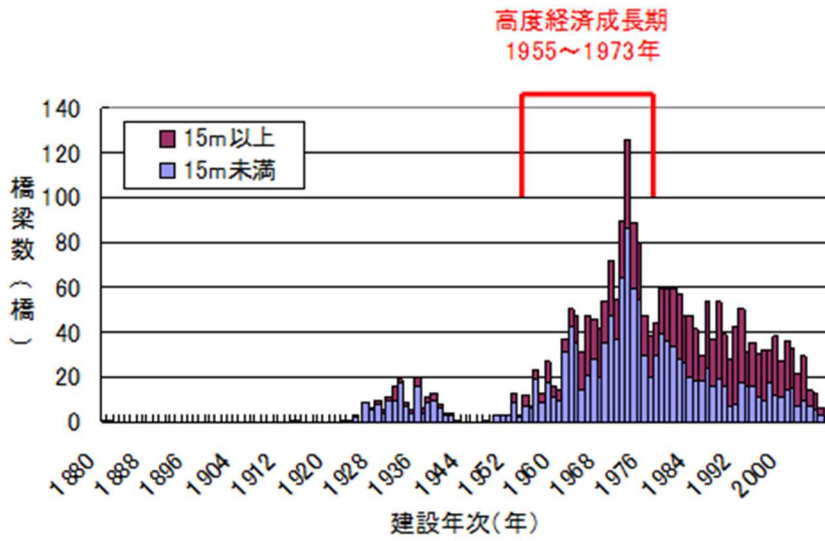
今後も安全性の確保と計画的・効率的な維持管理を行うことを目的として、道路パトロールによる点検と、5年サイクルの定期点検を継続するとともに、長寿命化修繕計画に基づいて架替・補修を行い、安全安心の確保に努める必要がある。

なお、市町村においては財政状況等の各市町村の事情やそれぞれの地域の特性を活かした取組みを検討することが望ましい。

注 山形県で管理する道路橋の定義

道路法（昭和27年法律第180号）第2条第1項に規定する道路における橋長2.0m以上の橋、高架の道路等

背景 ～ 今後急増する老朽橋



県内橋梁の重大損傷例



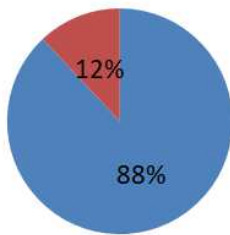
事故につながる恐れ



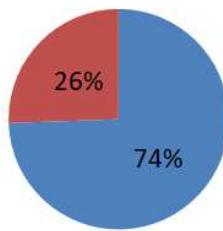
落橋につながる恐れ

◆建設50年以上の老朽化橋梁割合

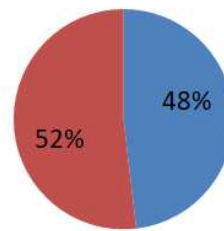
【計画策定時】
(平成19年)



【令和元年】



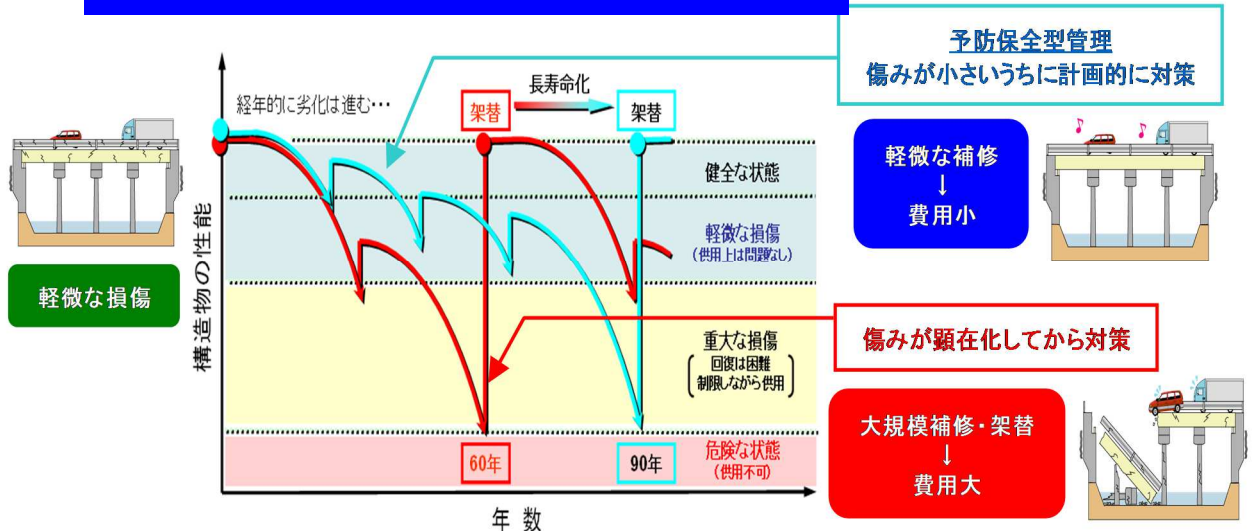
【令和10年】



■ 建設後50年未満
■ 建設後50年以上

予防保全型管理

～ 長寿命化による維持管理コスト削減



1. 2 橋梁長寿命化の流れ

橋梁長寿命化にあたっては、橋梁の状況等を把握・評価し、適切な修繕計画の策定及び計画に基づいた修繕を実施するものとする。

また、橋梁の点検・診断・措置に係る情報を適切に保管・管理し、事後評価することで、さらなる長寿命化の最適化を図っていくものとする。

【解説】

橋梁長寿命化の流れは、[橋梁点検]→[健全性の診断]→[短期計画策定]→[補修設計]→[補修工事]→[記録]→[事後評価]のPDCAサイクルに基づき行うものとする。各項目の概要を以下に示す。

(1) 橋梁点検

橋梁の現況を把握するため、全径間近接目視により5年に1度橋梁点検を実施し、その結果を橋梁点検要領（案）に従い記録することにより、橋梁に発生している損傷状況を把握する。

(2) 健全性の診断

点検結果に基づいて損傷原因を推定し、対策の必要性の判断や概算事業費の算出を行う。

(3) 短期計画の策定

中長期的な維持管理方針に基づいて、修繕計画の策定（橋梁個別の対策内容・時期等を決定）を行う。

(4) 補修設計及び補修工事

長寿命化修繕計画において対策が必要と判断された橋梁に対して、最適な補修工法について検討を行い、補修設計及び補修工事を実施する。

(5) 記録

諸元情報、点検及び診断情報、対策履歴（補修設計、工事）情報等を電子データとして、山形県道路橋梁メンテナンス統合データベースシステム（以降、DBMY[※]という）を用いて管理（蓄積、更新、削除）する。

(6) 事後評価

長寿命化修繕計画により定めた維持管理の基本方針（管理水準、維持管理シナリオ、事業優先性等）及び補修予算の見直しを行うため、補修工事の有効性、効果などを継続的に評価するとともに、必要に応じて事後評価の結果に基づいた見直し[※]を実施する。

※見直しの実施は、劣化予測の精度向上に伴う見直し、採用した補修工法の耐用年数の修正に伴う見直し、損傷の特徴を反映することに伴う見直しなどが考えられる。

※DBMY：Integrated Database System of Bridge Maintenance , Yamagata Pref. の略

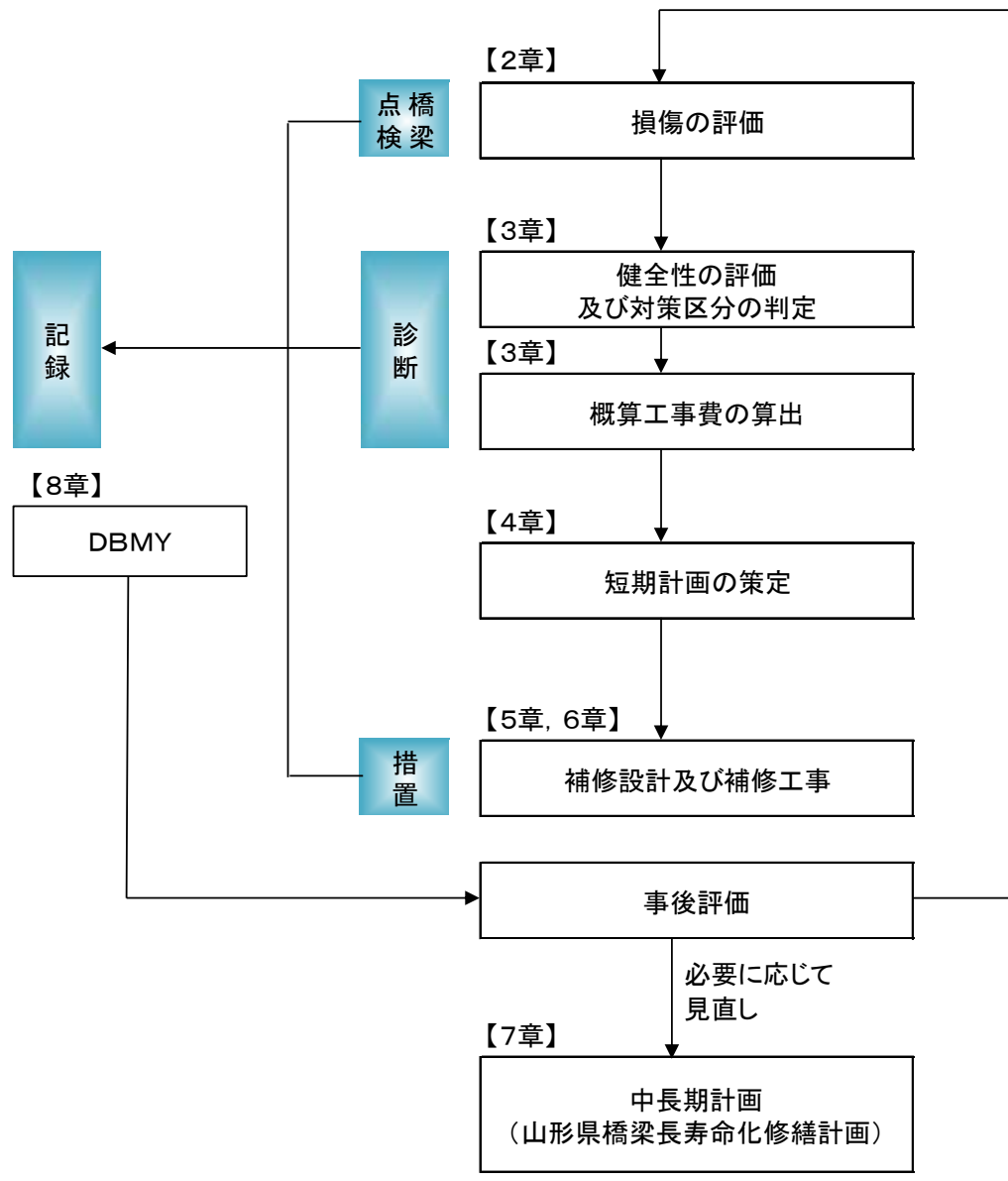


図-1.1 橋梁長寿命化の流れ

1. 3 山形県における劣化傾向

山形県は、県内全域が「豪雪地帯」に指定され、冬は積雪寒冷、夏は高温多湿と橋梁には厳しい自然環境である。特に、冬季における凍害（県内全域）、庄内地方における飛来塩分及び凍結防止剤散布（県内全域）による塩害による損傷が多い傾向にある。

【解説】

自然環境の中に置かれる橋梁は、供用を開始した時から自然の作用や車両の通行により劣化が始まる。劣化を引き起こす要因はさまざまであるが、中でも水が原因となる劣化（伸縮装置からの漏水による桁端部の腐食、堆雪や漏水による地覆・下部工の凍害等）が多く生じている。特に、山形県においては冬期間凍結防止剤を散布し塩分を含んだ水となるため、腐食や凍害等の劣化の進行が速い傾向にある。

沿岸部の庄内地方では、飛来塩分により鋼部材の腐食による劣化の進展が他の地域に比べて速い傾向にあり、コンクリート橋においても塩害による重大な損傷も確認されている。（付録-4 参照）また、冬季北西の季節風によって多量の海塩粒子を含んだ雪が内陸部にまで運ばれる塩雪害（低温期塩害）も懸念される。



図-1.2 伸縮装置からの漏水による桁端部の腐食事例



図-1.3 凍害による損傷事例

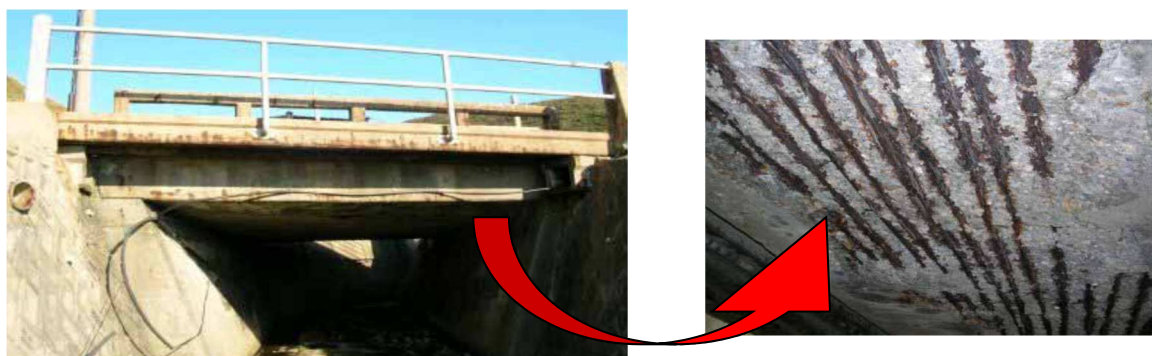


図-1.4 庄内地域における塩害による損傷事例

※その他の損傷事例

○ PC 橋の損傷

PC 鋼材のグラウト充填不足によるシーズに沿ったひび割れ、遊離石灰を生じている事例が確認されている。この損傷は特に PC 鋼材を上縁定着（H6 年以降廃止）している橋に多い傾向にある。



図-1.5 PC グラウトの充填不足による損傷事例

○ アルカリ骨材反応

県内全域で疑いのある損傷が確認されているため、特にコンクリート中のアルカリ総量の抑制が義務化された 1986 年以前に建設された橋梁においては、点検・診断にあたって留意が必要である。



図-1.6 アルカリ骨材反応による損傷事例

○ 風による損傷

庄内地方では、冬季において北西の強い季節風に見舞われる。特に、最上川流域については最上川に沿って強い風が通り抜けるため、風による鋼部材の疲労損傷が報告されている。

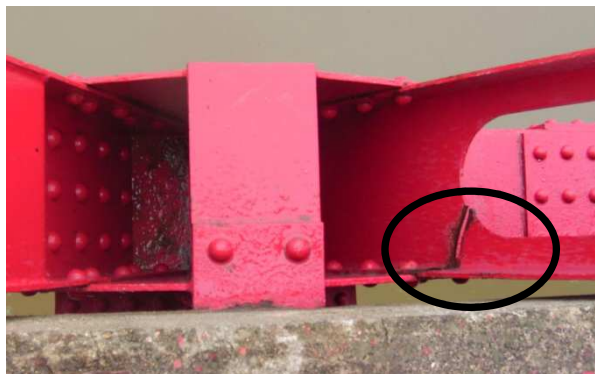


図-1.7 風による鋼部材の疲労損傷の事例（トラス斜材の破断）

2 橋梁点検

橋梁の現況を把握するため定期的に橋梁点検を実施し、その結果を記録することにより、橋梁に発生している損傷状況を把握する。なお、点検方法や点検結果の記録等に関する詳細は、「山形県橋梁点検要領」又は「山形県溝橋点検要領」によるものとする。

2.1 点検の種別

橋梁に関する点検は、一般に通常点検（道路パトロール）、定期点検、異常時点検等に分類される。

【解説】

橋梁点検の体系を図-2.1 に示す。

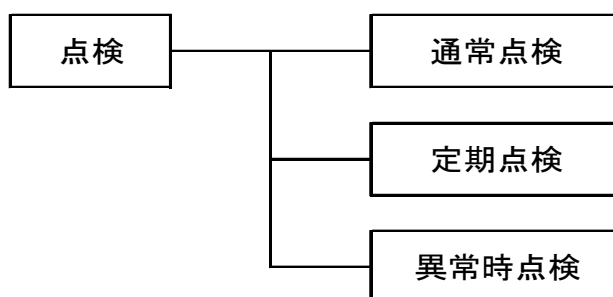


図-2.1 維持管理における点検の体系

長寿命化修繕計画では定期点検結果が用いられる（定期点検に関しては次ページ以降に示す）が、橋を良好な状態に保ち、橋梁の長寿命化を図るためには、通常点検により橋の状態を常に監視・記録することが重要である。以下に、通常点検における点検のチェックポイントを示す。詳細は、「パトロール時の異常発見(案)（橋梁編）平成 22 年 4 月東北地方整備局道路部道路管理課」等を参考にすると良い。

通常点検におけるチェックポイント

(1) 路面の異常

- ・橋面舗装のポットホール、ひび割れ
- ・橋台背面の段差・ひび割れ
- ・異常音・異常振動

(2) 地覆・高欄等の異常

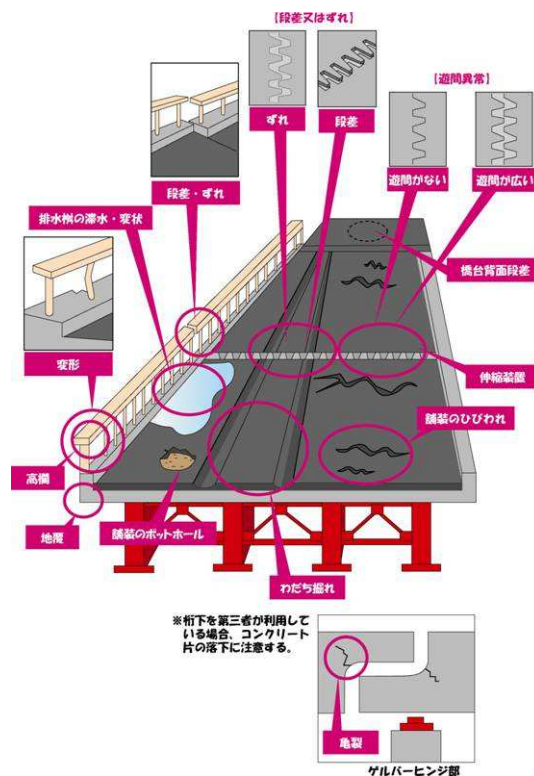
- ・地覆・高欄の通り異常
- ・伸縮装置付近での段差・ずれ
- ・高欄の破断・変形、腐食

(3) 伸縮装置の異常

- ・遊間異常、段差、ずれ、破損、土砂詰まり

(4) 排水装置の異常

- ・排水不良（水たまり）
- ・土砂詰まり（雑草など）



2. 2 点検の目的

橋梁点検は、現状の損傷状況を把握し診断を行うための基礎資料を収集するとともに、劣化予測の精度向上のための情報を蓄積することを目的とする。

【解説】

橋梁点検の第一の目的は、管理する橋梁の現状を把握し、耐荷力・耐久性に影響すると考えられる損傷や第三者に被害を及ぼす可能性のある損傷を早期に発見して適切な措置をとる事によって、安全かつ円滑な交通を確保することにある。このため、点検は全径間近接目視により行い、重大な損傷を見逃さないようにする必要がある。

第二の目的は、長寿命化修繕計画に基づき最適な維持管理を実施するために不可欠である基礎資料を収集し、これに基づき診断を実施することで計画的な補修・補強計画を策定することにある。このため、事前に橋梁諸元、補修履歴、過去の点検結果等を把握し、点検では診断の参考となる情報（損傷原因、補修後の状態、損傷の進展等）を収集することに留意する。

また、蓄積された点検結果を分析することにより、劣化予測の精度向上を図るとともに、維持管理面から見た設計・施工上の問題点や改善点が明らかとなることが期待される。なお、点検の評価のバラツキは劣化予測の精度に影響を及ぼすため、損傷状態を正確に評価することが重要である。

2. 3 点検方法

点検は、山形県が管理する全橋梁の全径間について5年に1回の頻度で近接目視により行うことを基本とし、点検方法は「山形県橋梁点検要領」又は「山形県溝橋点検要領」に示す定期点検を少なくとも満足するものとする。

【解説】

橋梁点検は、一般に通常点検（道路パトロール）、定期点検、異常時点検に分類されるが、長寿命化修繕計画では、橋梁全体の安全性確認を目的として定期的に行われる定期点検結果を利用する。

山形県では、H16～20年度に主に橋長15m以上の初回点検が行われており、H21～25年度には主に橋長15m以下の橋梁の初回点検と橋長15m以上の2巡目の点検を、遠望目視と近接目視の併用により行ってきた。

さらに、平成26年6月の道路法施行規則の一部改正に伴い、全径間5年に1回の近接目視が義務付けられたことから、H26年度より定期点検では全径間近接目視により行うことを基本としている。

なお、橋梁に付随する添架設備については、基本的に当該の添架設備管理者が点検を行うものであるが、点検時の足場の設置など、橋梁の点検時に同時に実施することで効率化が図られ、交通規制等による利用者への制約が軽減できる可能性がある。

このため、定期点検時には、予め当該添架設備管理者と協議を実施しておくことが望ましい。

2. 4 損傷区分の評価

(1) 損傷評価の方法

損傷の評価は、「山形県橋梁点検要領」又は「山形県溝橋点検要領」に基づき、損傷の種類ごとに以下に示す3つの損傷等級に区分する。

表-2.1 損傷等級の標準

区分	概念	一般的状況（目安）
A	〔ほぼ良好〕	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修等を行う必要がない。
B	〔損傷有り〕	状況に応じて補修を行う必要がある。 又は予防保全の観点から補修等を行う必要がある。
C	〔深刻な損傷〕	橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。又は緊急対応の必要がある。

【解説】

定期点検において損傷評価は、損傷種類毎に表 2-1 の区分により評価し、損傷評価表へは径間単位で、端部／中央部と車道下／歩道下に区分し、最も悪い損傷等級を記録する。（損傷写真、損傷図については全ての損傷（再劣化含む）を記録する。）これらの記録は橋梁の状態を示す最も基礎的なデータとして蓄積され、維持・補修等の計画の検討などに利用される。したがって、損傷区分の評価はできるだけ正確かつ客観的となるように行わなければならない。

損傷区分の評価は、橋梁の状態を示す最も基礎的なデータとなるだけでなく、健全性の診断やその将来予測などを行う際にも必要となる。したがって、損傷程度の評価には、客観性だけでなく、点検毎に採取されるデータ間で相対比較が行えるような連続性、データの均質性も要求される。データ採取にあたっては、これらの点についても留意する必要がある。

3 健全性の診断

健全性の診断とは、点検または調査結果により把握された変状・異常の程度を対策区分に応じて分類することである。

3. 1 健全性の診断の目的

健全性の診断は、道路橋の状態を把握し、次回点検までを念頭にした措置の必要性、優先度等について判断することで、短期計画策定のための基礎資料を作成することを目的とする。

【解説】

健全性の診断における対策の必要性及び対策時期の判断は、その後の橋梁の寿命に大きな影響を及ぼすこととなる。このため、健全性の診断では当該部材の変状が道路橋の構造安全性に与える影響、混在する変状との関係性、想定される原因（必ずしもひとつに限定する必要はない）、今後の変状の進行、変状の進行が橋の構造安全性や耐久性に与える影響度合いなどを見立てる必要があり、高度な専門性、技術力が必要となる。

3. 2 管理区分及び対策区分

(1) 管理区分の設定

健全性の診断に際しては、橋梁諸元や路線の重要度に応じて管理水準を設定するものとする。

- 予防保全型：損傷対策と併せて水がかり等の損傷原因を除去（軽減）する対策を実施し、損傷の進行速度を対症療法型管理橋梁に比較して遅くすることにより、平均的な橋梁の耐用年数（寿命）を90年以上に長寿命化する。
- 対症療法型：主に橋の安全性に着目した補修を行う。損傷の進行性等を見極めながら、橋の構造性及び第3者被害も含めた通行の安全の確保に支障を及ぼすことが想定される場合に、必要最小限の補修を行う。対象となる橋梁は、概ね60年を更新時期の目途として考える。（実際には、環境条件等により更新が必要となる期間には大きな差があるので注意。個別橋梁の更新時期は、橋ごとにLCC、機能性、老朽化の度合い等を考慮して判断する。）

(2) 対策区分の評価方法

健全性の診断は、関係担当者による会議形式で実施し、対策区分の評価および概略の対策工法を設定する。対策区分の評価は、管理区分（対症療法型管理、予防保全型管理）、損傷の原因、状態（耐荷力、安全性、景観）、進行性、第3者被害等を考慮して、次回点検までの間の措置の必要性の観点でⅠ、Ⅱ、Ⅲa、Ⅲb、Ⅳの5段階で評価する。

(3) 評価の単位

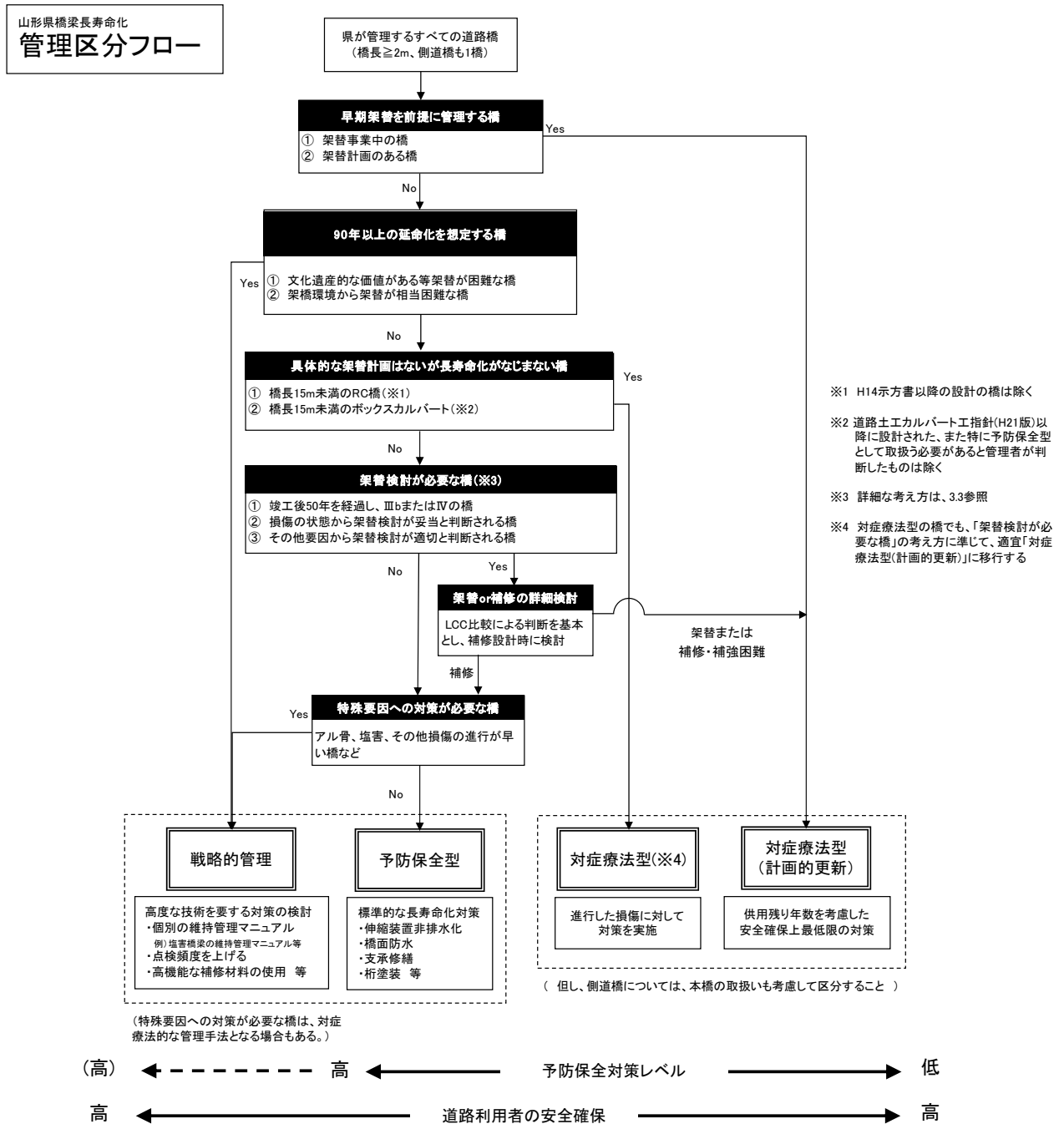
部材毎に対策区分の評価を行うことを基本とし、評価対象部材は、主桁、横桁、床版、支承、下部工、伸縮装置、高欄・地覆、その他とする。なお、橋梁全体としての対策区分は、部材毎に判定した対策区分の最悪値を用いることを基本とする。

【解説】

(1) 図-3.1に山形県における管理水準の分類方法を示す。

※管理区分フローによる区分を基本とするが、架橋条件や構造条件等により適宜、管理区分の見直しを行う。

図-3.1 管理区分の分類方法と維持管理方針



(2) 健全性の診断は、考え方の意思統一を図ることを考慮して、表-3.1 に示すメンバーによる会議形式で行うものとする。

健全性の診断は、橋梁についての高度な知識や経験が不可欠であり、これを行う橋梁診断員は、損傷程度の評価を行う橋梁点検員とは明確に区分し、両者は互いに独立してそれぞれの点検行為を行う必要がある。他方で、橋梁診断員が行う判定は道路管理者の最終判断ではなく、措置の意思決定は、別途、道路管理者が行わなければならない。

また、健全性の診断では表-3.2 に示す内容により対策区分の評価を行う。なお、架替計画のある橋梁についても、架替予定時期を考慮して対策区分の評価を行うものとする。

表-3.1 診断の実施メンバーおよび役割

メンバー	主な役割
県庁担当者（橋梁担当）	橋梁診断員が行う判定から、措置の決定を実施
各総合支庁の担当者	橋梁の状況、周辺環境、過去の対策実施状況、今後の事業計画の確認、点検時の損傷状態の確認
橋梁点検員（点検実施者）	損傷程度の評価を実施
橋梁診断員（診断実施者）	対策区分の判定及び健全性の診断を実施

表-3.2 対策区分

対策区分				内容
～ H25	H26～ H30	R1～ R3	R4～	
OK	I a	I a	I	健全 構造物の機能に支障が生じておらず、措置の必要がない状態 構造物の機能に支障が生じておらず、当面措置の必要はないが、予防保全の観点から状況に応じて措置を講ずる場合もありうる状態（R3年度まで）
III	I b	I b		
II	II	II	II	予防保全段階 構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態
II+	III	III a	III a	早期措置段階 道路橋としての構造安全性への影響はないが、主要部材の損傷を助長する可能性、又は次回点検までに道路管理瑕疵が問われる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態 構造物の機能（主として道路橋としての構造安全性）に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
		III b	III b	
I	IV	IV	IV	緊急措置段階 構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態

対策区分の判定にあたっては、「道路橋定期点検要領 平成31年2月国土交通省道路局」の「付録3 判定の手引き」を参考にすること。

3. 3 架替の検討

(1) 架替の検討が必要な橋

以下の橋については、架替についても検討する。「健全性の診断時」には、架替検討の必要性の有無の判断までを行う。

- ① 竣工後50年を経過し、ⅢbまたはⅣの橋
- ② 損傷の状態から架替検討が妥当と判断される橋
- ③ その他の要因から架替検討が適切と判断される橋

(2) 架替の判断

補修か架替かの詳細検討及び判断は、「補修設計時」に、損傷の状態（程度・部位・範囲等）、LCC比較、機能性等を考慮して決定するものとする。

(3) 小規模橋梁の更新

橋長10m程度未満の小規模橋梁（RC床版橋）において損傷が著しい場合は、補修設計において、剛性ボックスカルバートへの更新を検討するものとする。

【解説】

(1) 健全性の診断時においては、①～③の考え方により架替検討が必要かの判断までを行い、診断書の「架替検討の必要性」の欄に必要性の有無を記載する。①～③の判断基準については以下を参考とする。なお、ここでいう竣工後50年はあくまで目安であり、明確な基準値ではないため、運用にあたっては留意すること。

① 竣工後50年以上を経過し、ⅢbまたはⅣの橋

竣工年数と診断時の対策区分から選定する。ただし、ⅢbまたはⅣの損傷が局部的であり、明らかに補修が妥当（架替検討は不要）と整理できる場合を除く。

② 損傷の状態から架替検討が妥当と判断される橋（竣工後50年未満の橋も含む）

塩害による損傷が著しく進行している等、損傷の状態（程度・部位・範囲、原因、進行性等）から長寿命化のための補修費に見合う延命効果が期待できないことが想定され、架替検討が妥当と判断される橋があれば選定する。必要に応じて、合同診断会議時に学識経験者の意見等も参考にする。

③ その他要因から架替検討が適切と判断される橋

以下を参考に、道路管理者が総合的に判断するものとし、対象は、竣工後50年以上経過した橋を基本とする。なお、以下に該当する橋については、補修工法検討時において大規模補修（床版取替、大断面修復等）は原則考慮しない。

- ・機能上の問題（幅員、トラス部材からの落雪等）がある橋
- ・耐荷力上問題のある橋（重量規制中等）
- ・河川管理上支障のある橋
- ・緊急輸送道路、孤立集落アクセスルート上で、耐震性に劣る橋
- ・その他理由（道路改良計画等）

参考として、架替に関する既往の調査結果※に基づいて設定した損傷状況から架替の検討が必要となる橋梁の選定ポイントを表-3.3に、損傷事例写真を次頁の表-3.4に示す。なお、これらの表に示すものは主要な選定ポイントであり、必ずしもこれに限るものではない。

- (2) 補修か架替の判断については、補修を行う場合と架替を行う場合のLCC比較により判断することを基本とする。(補助事業で老朽化による更新を行う際の資料としても整理する。)
LCC比較の考え方については、以下を参考にするとよい。なお、補修工法の検討にあたっては、損傷部のみでなく橋梁全体の状態を見極めたうえで、適切な補修方法を選定する必要がある。比較の例については付録を参照されたい。

(LCC比較の考え方の例)

【架替費／100年(道示の設計供用期間の標準)】

⇕(LCC比較)

【さらなる延命化のため概ね次回点検までに必要となる補修費／補修効果の想定持続年数】

※補修費には、架替後においても経年劣化により供用期間中に一般的に必要となる修繕費(橋面防水、伸縮装置、塗装塗替(沿岸部の塗装橋)等)は含まない。

※補修効果の想定持続年数は、架橋環境や損傷原因、損傷進行速度等の橋固有の条件を加味したうえで、設定する必要がある。





- (3) 山形県では、予防保全型管理と対症療法型管理を使い分けることで、県全体の将来的な架替費用を平準化させる施策を採っているが、今後さらに剛性ボックスカルバートの維持管理上の優位性を活かすことにより、県管理の過半数を占める小規模橋梁の維持管理業務を簡素化し、全体として、より効率的な維持管理の実現を図るため、小規模橋梁の剛性ボックスカルバートへの更新を検討するものとする。

表-3.3 『架替えの検討が必要な橋梁』の選定ポイント

部材	橋種	選定ポイント	
		損傷状況(程度・範囲)	備考
上部工	鋼橋	腐食による板厚減少が主桁の広範囲で確認される	-
	RC橋	主鉄筋に沿ったひびわれが広範囲で確認され、錆汁混じりの遊離石灰も生じている	凍結防止剤の多量散布路線については、特に留意が必要である。
		耐荷力不足によるひびわれが広範囲で確認される	せん断ひびわれ、ゲルバー部のひびわれ
	PC橋	主鉄筋やPC鋼材に沿ったひびわれが広範囲で確認され、錆汁混じりの遊離石灰も生じている	下記に該当する橋梁で損傷が確認された場合は特に留意が必要である。 ・道路橋示方書における塩害対策地域に架設された橋梁 ・凍結防止剤の多量散布路線に架設された橋梁
RC橋 PC橋	剥離・鉄筋露出が広範囲で確認され、鉄筋の著しい腐食や破断が著しい		下記に該当する橋梁で損傷が確認された場合は特に留意が必要である。 ・道路橋示方書における塩害対策地域に架設された橋梁 ・凍結防止剤の多量散布路線に架設された橋梁
下部工		沈下・移動・傾斜	洗掘など、補強が可能なものは対象外とする。

※橋梁の架替に関する調査研究(IV)(H20年4月 国土技術政策総合研究所)

表-3.4 架替えの検討が必要な損傷事例

部材	損傷内容	損傷写真	
鋼主桁	腐食による板厚減少が広範囲で確認される。		
RC 主桁	主鉄筋に沿ったひびわれが広範囲で確認され、錆汁混じりの遊離石灰も生じている。		
	耐荷力不足によるひびわれが広範囲で確認される。		
PC 主桁	主鉄筋やPC 鋼材に沿ったひびわれが広範囲で確認され、錆汁混じりの遊離石灰も生じている。		
RC 主桁 PC 主桁	剥離・鉄筋露出が広範囲で確認され、鉄筋の著しい腐食や破断が著しい。		
下部工	下部工の沈下・移動・傾斜		

3. 4 診断書の作成

診断書には、橋単位・部材単位の対策区分、進行性区分、早期再劣化の状況、劣化要因、損傷内容、対策内容、概算工事費を記載するとともに、橋梁毎に所見を記載する。所見には、損傷の原因、状態、損傷の進行性等についての具体的な記述を行うこととする。

【解説】

部材毎に対策区分の評価を行うとともに、対策が必要と判断した損傷状況（劣化要因、損傷内容、進行性等）を診断書に記録することで、正確な状況把握及び損傷状況に配慮した対策内容・優先順位評価等が可能となる。ただし、橋梁点検時による情報のみで劣化要因を特定することは困難な場合もある。そのような場合は推定により要因を特定する書き方はせずに、推定される劣化要因に加えて、多様な視点から詳細調査の必要性等についても所見に記載すること。診断書の記載例を図-3.2に示す。なお、記載方法の詳細は、「山形県橋梁点検要領」による。

診断書							点検回数	2回目	
							点検年次	2014	
1. 橋梁諸元									
橋梁コード	*****	総合支庁名	**総合支庁建設部	路線名	1 1 2号				
橋梁名	***橋	架設年(西暦)	1972	橋種	PC橋				
橋長	154.0	幅員	7.5	径間数	7				
前回点検	2008	予防/対症	予防	架替検討の必要性	有り				
2. 道路橋毎の健全性の診断									
対策区分	優先順位	所見							
Ⅲb	2	本橋梁は予防保全型管理を実施する橋梁である。平成7年～10年の期間に、上部工断面修復工及び表面保護工、外ケーブル(2St対応)、耐震補強(橋脚補強、落橋防止)、平成24年に上下部工断面補修、橋面防水工、伸縮装置交換、支保防錆が実施されている。海岸に隣接する橋梁で、主桁及び横桁、下部工に塩害が原因と推定されるひびわれ及び剥離が多数確認される。過年度に上部工表面保護工が施されているが、塩害の影響により再劣化(腐食ひび割れ)が認められる。また、跨道橋であることから、第三者被害の恐れもある。構造機能に支障が生じる可能性があることから、早期の対策が必要と判断した。上部工及び下部工の断面補修(塩害考慮)を実施するとともに、表面保護工の併用についても検討することが望ましい。下部工に伸縮装置からの漏水が確認されることから、予防的な対策として、伸縮装置の交換を行うことが望ましい。							
3. 部材単位の健全性の診断									
部材種別 名称	対策区分	進行性区分	早期再劣化	前回補修年次	劣化要因	損傷内容(全体)	損傷内容(早期再劣化)	対策内容	概算補修工事費(千円)
主桁	Ⅲb	4	○	2012	塩害	ひびわれC、剥離・鉄筋露出・うきC、コクリ補強材の横断B	ひびわれC	主桁断面補修	29,453
横桁	Ⅲb	4			塩害	ひびわれC、剥離・鉄筋露出・うきC			
床版	Ia	2			-				
支承	Ia	2		2012	-	支承 変色・劣化C 落橋防止 ひびわれC			
下部工	Ⅲb	4	○	2012	塩害	ひびわれC、剥離・鉄筋露出・うきC、漏水・遊離石灰C	剥離・鉄筋露出・うきC	下部工断面補修	15,300
伸縮装置	Ib	2		2012	排水不良	変色・劣化C		伸縮装置非排水化	
高欄・地覆	Ia	1			-	高欄 腐食B、防食機能の劣化C 照明、標準施設 腐食B、防食機能の劣化C 地覆 剥離・鉄筋露出・うきC			
その他									
合計								直接工事費計	53,753
								諸経費を含んだ工事費	96,755
4. 特記事項									
<ul style="list-style-type: none"> ・管理区分の判断根拠は、「対症療法型」に該当する項目なしとする。 ・高欄のレールに一部腐食がみられることから、必要に応じて修復することが望ましい。 ・外ケーブル偏向部及び取付金具の腐食が顕著なことから、対策を講じるのが望ましい。 									

図-3.2 診断書記載例

3. 5 補修工事費の算出

健全性の診断において対策区分Ⅱ～Ⅳと評価した部材（対症療法型の橋梁はⅡは含めない）については、補修工事費の概算額を算出することとし、算出した工事費は長寿命化修繕計画（短期計画）に用いることとする。

【解説】

長寿命化対策における代表的な工種の概算単価及び数量算定方法を表-3.5に示す。

なお、補修設計時には、詳細調査により補修数量の算定を行い、長寿命化修繕計画（短期計画）に反映（必要に応じて見直し）させるものとする。

表-3.5 補修単価および数量算出方法（R2.3時点）

対策工法		概算単価 (直接工事費)		数量算出方法	概算単価の積算条件
桁塗装 (自動算出用)	Rc-I	16千円/m ²		・塗装面積が不明の場合は以下により算出 (自動算出用) 全面の場合：橋面積×3 桁端部の場合：6m(両端3m)×幅員×3	研削材ケレンかす回収積込まで (処分費含まず)、曲面加工費・ 足場(賃料4か月)込 ※鉛・PGB対応費は含まず
	Rc-III	6千円/m ²			
桁塗装	Rc-I	ケレン～ 上塗り	13.5千円/m ²	・台帳記載または塗装記録表(塗装履歴)等の 塗装面積を適用	研削材ケレンかす回収積込まで (処分費含まず) ※鉛・PGB対応費は含まず
		曲面加工	440円/m	・必要数量	部材角部の曲面加工(2R以上)
		足場	6.7千円/m ²	・必要足場面積	プレート(板)カスガ-、パイプ吊足 場、両側朝顔、シート張+板張防護、 賃料4か月 ※桁高1.5m以上の場合、中段足場 費用(+1千円/m ²)追加
	Rc-III	ケレン～ 上塗り	4.6千円/m ²	・台帳記載または塗装記録表(塗装履歴)等の 塗装面積を適用	3種ケレンB
		曲面加工	440円/m	・必要数量	部材角部の曲面加工(2R以上)
		足場	3.9千円/m ²	・必要足場面積	プレート(板)カスガ-、パイプ吊足 場、両側朝顔、シート張防護、賃料4 か月 ※桁高1.5m以上の場合、中段足場 費用(+1千円/m ²)追加
断面修復工 (左官工法)	0.1m3未満	250千円 (m3によらず一律)		・修復数量が不明の場合は、以下により算出(部位毎) (自動算出用) 橋面積×発生割合(10%)×厚さ(0.05) ※必要に応じて発生割合、厚さを変更	鉄筋防錆処理、殺処分まで含む 足場含まず
	0.1m3以上	2,680千円/m ³			
床版補修 (炭素繊維補強)		44千円/m ²		・損傷の程度に応じて個別に算出	格子貼り、各2層 (高強度300g/m ² 、3.4kN/mm ²) 足場含まず
床版防水	シート系	7.2千円/m ²		・橋面積を適用	舗装厚t=7cm 舗装版破砕・処分、舗装復旧、床 版排水まで含む
	複合防水	10.4千円/m ²			
	塗膜系	5.4千円/m ²			
支承交換	反力 980kN	1,100千円/基		鋼橋、BP-B(TYPE-A)支承への交換 (油圧ジャッキ使用) 足場・下部工ブランク取付含まず	鋼橋(鉄桁)、BP-B(TYPE-A)支承へ の交換(油圧ジャッキ使用) 足場・下部工ブランク取付含まず
	反力 1960kN	1,700千円/基			
支承金属溶射	5～9基	196千円/基		・損傷内容に応じて個別に算出	線支承・支承版支承の場合 素地調整～封孔処理まで 足場含まず
	10～19基	153千円/基			
沓座モルタル補修		45千円/基			はつり～無収縮モルタルによる復 旧(線支承、t=90mm程度) 足場、ジャッキアップ含まず
伸縮装置交換	遊間20mm	190千円/m		・幅員×(上部構造の遊間の数)で算出	車道用、鋼製、地覆上リジョイント 込み
	遊間50mm	230千円/m			
高欄交換		44千円/m		・橋長×2(両サイド)で算出	車両用、B種、H750mm 既設撤去込み
地覆打ち換え		22千円/m			地覆幅400mm⇒400mm 既設取り壊し～処分込み
地覆補修足場		5.4千円/m ²		・橋長×2(両サイド)×足場幅(2m)で算出 必要に応じて、足場幅を変更(外桁～地覆外間+0.8m)	シート+板張、両側施工 足場設置期間2～3ヶ月

4 短期計画の策定

中長期計画により把握した最適なシナリオの考え方をもとに、橋梁個々の短期的な（5年～10年程度）事業計画を策定する。

【解説】

短期計画では、中長期計画により設定した年次別の予算内で、優先性が高い橋梁から順次対策を行うような計画を策定するものとする。

優先性の判断については、対策区分・診断書を参考にすることとし、損傷の部位・状態・進行性、道路利用者や第三者に与える影響、橋の構造特性や規模等を総合的に検討する必要がある。なお、対策区分Ⅳ及びⅢa、Ⅲbについては、次回点検までの措置の観点でそれぞれ緊急措置段階及び早期措置段階に位置づけられるものであるため、Ⅳについては緊急的に、Ⅲa及びⅢbについては少なくとも5年後の次回点検までには措置できるよう早期に対策に着手する必要がある。

なお、損傷の状態による優先性がほぼ同一の橋梁が複数ある場合は、道路ネットワークの重要性に着目した評価を行うこととし、以下の観点で優先性を判断する。

- ・緊急輸送道路指定の有無
- ・跨線橋又は跨道橋
- ・交通量の多い路線
- ・バス路線
- ・迂回路の有無

※措置について

- ・直接的な補修補強だけでなく、たとえば当該変状について進行要因を取り除くなど状態の変化がほぼ生じないと考えられる対策をしたうえで、変状の経過を監視することも対策の一つと考えてよい。
- ・突発的に致命的な状態に至らないと考えられる場合に、または、仮支持物による支持やバックアップ材の設置などによりそのように考えることができる別途の対応を行った上で、着目箇所や事象・方法・頻度・結果の適用方法などを定めて挙動を追跡的に把握し、また必要に応じて、予定される道路管理上の活用のための具体の準備を行っておくことで、監視は措置の一つと位置付けできる。

5 補修設計

補修設計の詳細については、「山形県橋梁補修ガイドライン」によるものとする。

補修設計に際しては、補修の対象とすべき変状の種類、発生程度と範囲、発生原因を明確にするとともに、補修後に期待する性能の目標レベルを設定し、その目標を達成するために最適な工法を選定することとする。

【解説】

補修設計では、対象橋梁の管理区分、損傷状況、損傷要因に応じて補修工法を検討するものとする。予防保全型管理を行う橋梁では、水対策を中心とした損傷・劣化の要因を除去する対策に特に留意する必要がある。

また、「山形県橋梁補修ガイドライン」は、補修の基本的な考え方を示したものであり、全ての橋の補修に機械的に適用できるものではない。適切な補修が行われず再劣化に至ることのないよう、補修設計においては損傷の範囲や深さを適切に評価するものとするとともに、橋ごとに劣化過程及び劣化要因に適した工法（材料）を選定する必要がある。

（その他補修設計時の留意点）

- ・ 施工時の品質が、補修箇所の耐久性に大きく影響を及ぼすこととなるため、施工性を考えた対策工法（材料）を選定する必要がある。
- ・ 今後の維持管理（橋梁点検～補修）のしやすさを考慮して、対策工法（材料）を選定する必要がある。（支承周りを複雑にしない等）
- ・ 設計時に明確にできない事項や施工時の留意点については、施工時への申し送り事項として設計図面及び「補修設計記録調書※」に注意書きを記入すること。
- ・ 補修を行った部材に再劣化が生じた場合、補修材のみの劣化かそれ以外の劣化（前回補修時における劣化箇所の除去不足によるマクロセル腐食等）かにより、対策工法が異なる場合があるため、留意する必要がある。

※補修設計記録調書

補修設計時に以下の目的により、補修設計受注者が作成し、DBMYで保管する。

① 補修設計の品質向上

橋梁の長寿命化対策は、劣化・損傷の要因、メカニズムを多様な視点から分析したうえで、その要因を確実に除去（軽減）することで、長期的に継続する補修効果が確保される。

記録調書に、劣化・損傷の要因、メカニズムの分析経緯及びその要因を除去（軽減）するための工法・材料選定根拠を整理し、長寿命化対策の最適化を図るものである。

② 補修工事の施工品質向上

施工業者が、記録調書に記載されている劣化要因に対する工法・材料選定根拠及び仕様等を確認してから工事着手することにより、再劣化の防止、施工品質の向上を図るものである。

※調書の作成は、補修工事業者も理解しやすい内容となるよう留意する必要がある。

③劣化傾向等の分析に活用

詳細調査結果等を踏まえた精度の高い劣化要因や対策工法・数量等のデータを蓄積することで、将来的に劣化傾向分析への活用や長寿命化修繕計画の最適化を図るものである。

6 補修工事

補修工事の考え方についても、「山形県橋梁補修ガイドライン」を参考にするものとする。

補修工事では、補修設計において意図した内容（「設計思想」）を、発注者・施工者ともに十分理解・共有したうえで施工を実施するものとする。

【解説】

長寿命化を目的とした補修工事においては、補修設計において意図した内容（工事の目的と期待される効果～「設計思想」）に関する理解が十分でないことで、「外観上取繕ったのみ」となり、長寿命化を図るという点で逆効果にもなりかねない。また、治すべき箇所は患部である損傷箇所だけでなく、その原因となる周辺の対策も合わせて実施することが重要である。

期待した効果を十分に発揮させ、かつ、可能な限り再劣化を防止する上では、発注者と請負者は「設計思想」を共有することが重要であるため、請負者は工事受注後「補修設計記録調書」を確認したうえで、施工計画を策定すること。

また、設計者を交えた三者協議などの制度を有効に活用することが望ましいが、三者協議対象外の工事においても、十分留意する必要がある。

なお、厳冬期における施工などでは、施工条件に合った適切な材料選びや施工方法の選定に留意する必要がある。

再劣化を予防するための「設計思想」のポイント

- ① 「何」を治さないといけないのか？
- ② 「どうやって」治ったことを確認するのか？
- ③ 「いつまで」補修効果が期待できるのか？

考えられる再劣化の要因

- ① 適切に施工されていない
原因 施工不良
- ② 適切に施工されているが劣化回復になっていない
原因 ・設計の誤り（損傷原因（伸縮装置からの漏水、残留塩分等）を除去できていない）
・想定と異なる損傷や新たな損傷が見過ごされた、または、見つかったが適切な対応が図れなかった
- ③ 寿命が来ているのに放っておかれている
原因 補修自体の寿命

上記の「考えられる再劣化の原因」における②を予防するためには、施工時において、発注者、施工者が設計思想の理解と共有に努める必要がある。

発注者は、施工者に対し、想定と異なる損傷や新たな損傷が見つかった場合には、速やかに発注者（監督員）に報告するよう求めるものとする。

また、その結果、工法の変更及び新たな工種の追加が必要と判断された場合は、設計変更を行なう、追加工事を別途発注するなど、適切な対応を行なうこととする。

7 中長期計画の策定

7.1 中長期計画と短期計画の関係

中長期計画では、管理橋梁全体の維持管理方法を定めるとともに、中長期に想定される事業費の把握を行う。

短期計画では、中長期計画で定めた維持管理方法及び予算に基づいて、対策の対象となる橋梁を抽出し、計画期間における具体的な点検・対策（修繕、架替え）の時期や費用を定めるとともに、実際に事業を実施する。

【解説】

災害や重大損傷橋梁の発見等により、当初予定していた計画通りに対策が実施できず先送りされた場合には、短期計画の中で見直しを行うことが望ましい。但し、対策時期や内容が大幅に変更される場合には、必要に応じて中長期計画の見直しを実施し、次期の短期計画に反映させる。

また、策定した計画についても、PDCAサイクルの視点から継続的に事後評価の実施及び見直しを行うものとする。なお、検討項目としては、橋梁点検内容や劣化予測、補修工法、シミュレーション方法、橋梁の寿命等が挙げられる。

中長期計画と短期計画の関連性を図-7.1に示す。なお、山形県においては中長期計画の計画策定期間を180年（対症療法型管理における架替サイクル60年と予防保全型管理における架替サイクル90年の最小公倍数）、短期計画の計画策定期間を10年として設定している。

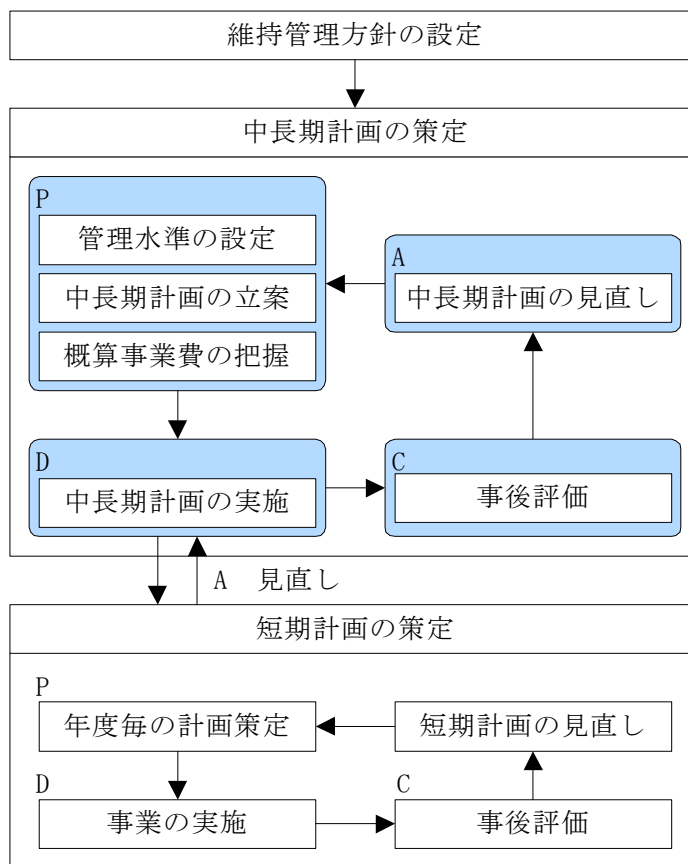


図-7.1 中長期計画との関連性

7. 2 中長期計画の策定

中長期計画の策定にあたっては、複数の維持管理シナリオ（対症療法型管理方法、予防保全型管理方法など）を設定し、各シナリオにおける予算の平準化や長期的なコスト縮減等の効果などを比較し、最適な維持管理シナリオを選定するものとする。

【解説】

維持管理シナリオの設定例を表-7.1に示す。

表-7.1 維持管理シナリオ 山形県の設定例

維持管理シナリオ	概念	備考
対症療法型管理方法	従来の維持管理方法を継続（最低水準の維持）。	損傷等級がCになった時点で補修を実施し、60年後に架替えを実施。
予防保全型管理方法	全橋を予防保全型管理への完全移行。	現段階で損傷等級がB,Cの橋梁を早期に対策し、10年間を目途に全橋を予防保全へ移行。長寿命化により90年後に架替。
メリハリを付けた管理方法	予算の平準化を考慮し、橋梁によって対症療法と予防保全に使い分ける。	1回目の架替までは管理区分によって対症療法で実施する橋梁と予防保全で実施する橋梁を区分けし、予算の平準化を目指す。（1回目の架替後は、全ての橋梁を予防保全型管理に移行する。）

維持管理予算のトータルコストに着目すると、全橋に対して予防保全型管理を行うことで橋梁の長寿命化が図れて大幅なコスト縮減が可能となる。しかし、山形県の管理する橋梁は高度経済成長期後に集中的に建設されており、これらの橋梁全てに対して予防保全型管理を適用した場合、長寿命化により更新時期の先送りは図れるものの、更新時期が集中して一時期に膨大な更新費用が必要となる。

そのため、山形県においては、予防保全型管理を実施する橋梁と対症療法型管理を実施する橋梁とを使い分けたメリハリをつけた管理を行うことで、更新時期を分散させ、必要予算の平準化とピークダウンを図ることを基本とする。メリハリを付けた管理方法においては、表-3.1に示す管理区分により予防保全型管理を行う橋梁と対症療法型管理を行う橋梁を分類することとする。

最適な管理方法の選定

① 従来の「傷んでから治す」維持管理を将来も続けるとどうなるのか。

・ 対症療法型管理方法

⇒20年後には膨大な費用が必要

② 全橋に対して傷みが小さいうちから計画的に長寿命化対策を実施して寿命を概ね60年から90年に延ばすとどうなるのか。

・ 予防保全型管理方法

⇒今後50年の費用が大幅に縮減

⇒但し、50年後以降に膨大な費用が集中

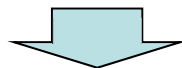
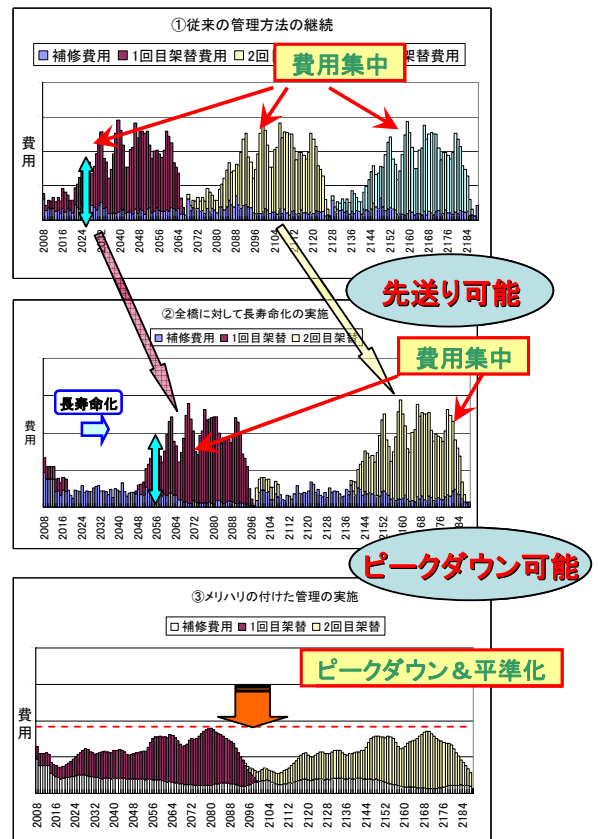
③ 上記①、②を橋梁によって使い分けた場合どうなるのか。

・ メリハリを付けた管理方法

⇒全体的な平準化が可能

⇒長期的なコストが縮減

各管理方法の総事業費の推移



コスト縮減・予算の平準化が可能となる「③ 対症療法型管理方法と予防保全型管理方法を使い分けたメリハリのある維持管理の実施」を最適な管理方法として選定

7. 3 計画の公表

修繕計画の策定にあたっては、必要に応じて学識経験者等の専門的な知識を有する者の意見を聴くこととし、計画は遅滞なく公表する。なお、計画を変更した場合にも同様とする。

8 記録

8.1 記録の目的

橋梁維持管理の最適化、長寿命化修繕計画策定の基礎データ作成などのため、点検・診断・措置に関する情報を記録し蓄積するものとする。

山形県では、橋梁の維持管理に関するデータは、山形県道路橋梁メンテナンス統合データベースシステム（DBMY）で管理する。

【解説】

[橋梁点検]→[診断]→ [措置]→[記録]のサイクルに基づき橋梁長寿命化を図っていく中で、記録を行うことの本質は、点検・診断・措置の品質及び精度の向上、劣化傾向分析への活用、事後評価による長寿命化の最適化等多岐にわたり、非常に重要なものである。このため、橋梁の維持管理に関するデータは、確実に記録し蓄積していく必要がある。なお、各記録様式の作成方法等の詳細は、橋梁点検要領及び橋梁補修ガイドラインによる。

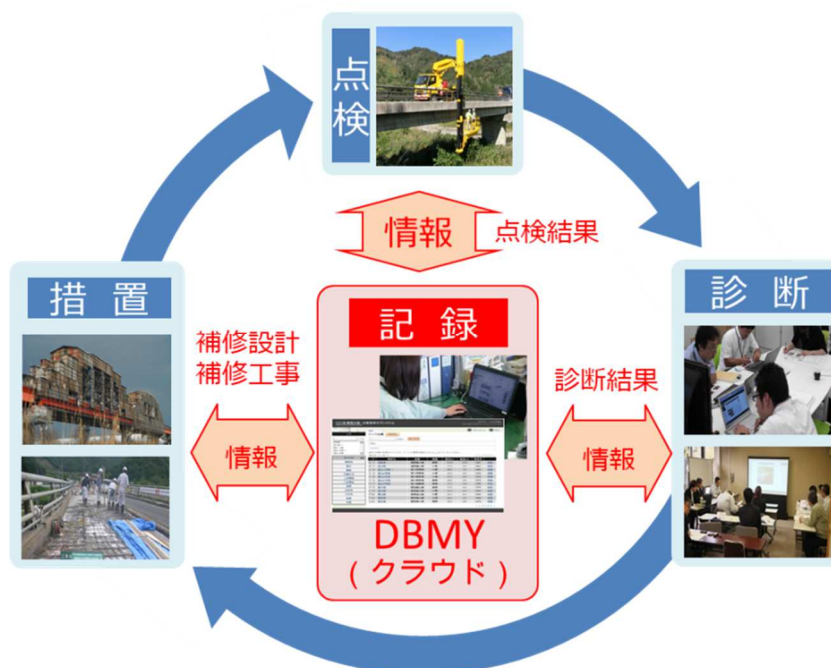


図 8-1 DBMYを核とした橋梁長寿命化サイクル

8. 2 DBMYの概要

DBMYでは、以下のデータを管理する。

- ・橋梁諸元（橋梁一般図含む）
- ・橋梁点検結果
- ・診断書
- ・補修設計記録調書
- ・橋梁補修履歴帳票
- ・その他（耐震補強記録調書、維持管理メモ等）

【解説】

DBMYでは、橋梁維持管理に関するデータを図8-2に示すように時系列で管理することで、個別橋梁における点検・診断・措置の品質及び精度の向上を図っていくとともに、今後蓄積されていくデータを分析・活用することで、県全体の橋梁長寿命化の最適化を図っていくこととしている。

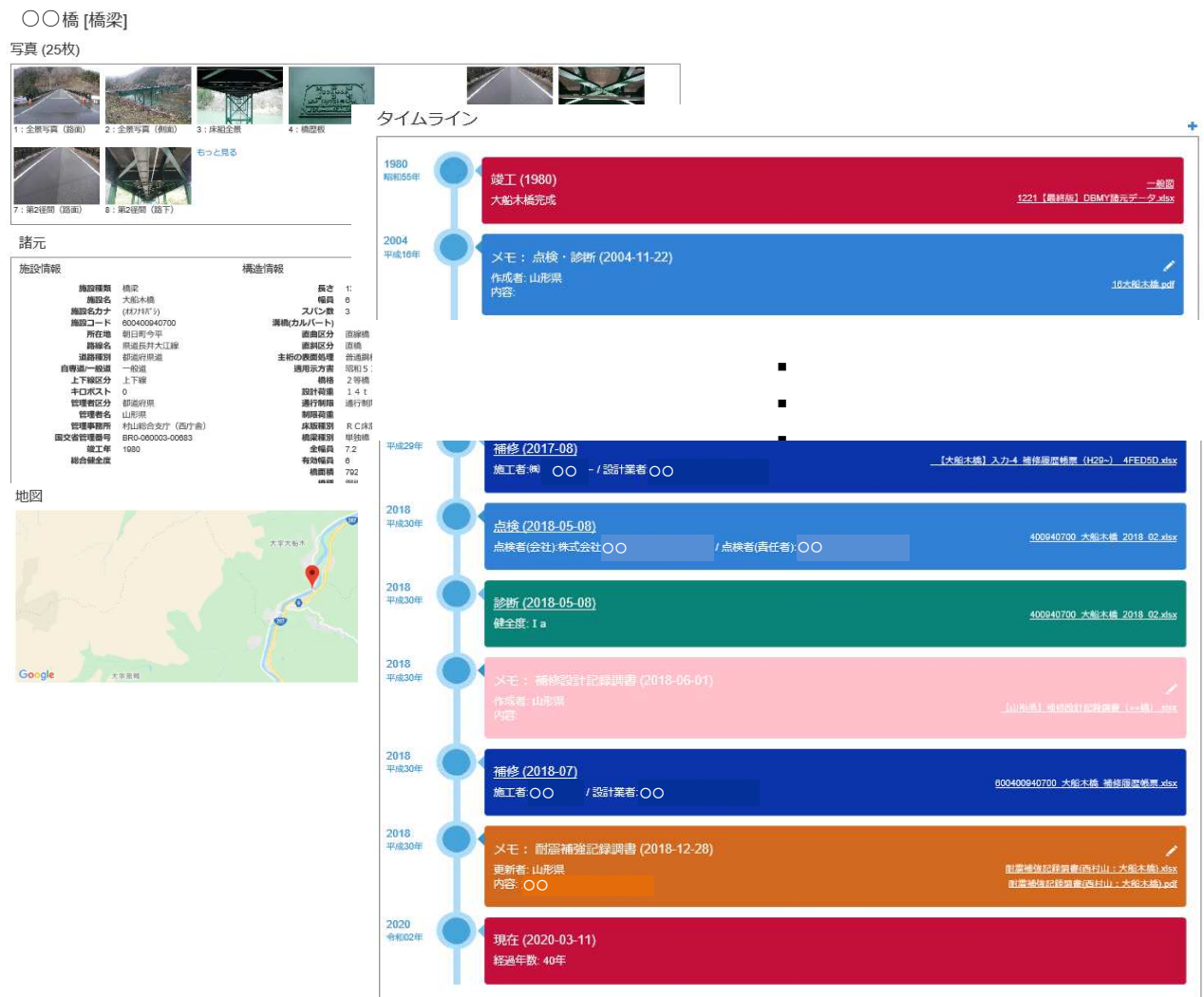


図8-2 DBMYのタイムライン

9 技術力向上に向けた取組

○ J Tや研修などを通じて、発注者、受注者ともに橋梁長寿命化に関する技術力の向上を図るものとする。

【解説】

橋梁長寿命化は、①継続的な取組みであること、②専門知識と実務経験が要求されるものであること、③点検、診断、短期計画、補修設計・工事、記録のPDCAサイクルを適切に理解する必要があること、④新技術導入の余地が大きい発展途上の分野であること、⑤県内業者の受注が多いこと、等から発注者、受注者ともに技術力の向上を図っていくことが重要である。

山形県では、各種橋梁長寿命化に関する研修会、診断会議、工事施工時の発注者・設計者・施工者による三者協議、その他○ J Tの取組みなどを通じて技術力の向上を図るものとする。

10 県と市町村との連携

山形県では、研修・勉強会の実施や業務上必要となる情報の提供、診断会議への参加等を通じて、積極的に市町村の支援を行うものとする。

【解説】

市町村においては、技術職員の不足（あるいは不在）や財政状況により、橋梁の十分な維持管理が困難な状況にあるといわれている。県では、市町村を対象とした研修・勉強会の実施、各種基準や発注に関する資料、技術資料などの情報提供を通じて、市町村に対する技術的支援を行っていくものとする。また、市町村からの要請があれば診断会議に県担当者も参加し助言を行う等、市町村支援の強化に積極的に取り組んでいく。

なお、県と同様の考え方を当てはめるのではなく、各市町村の状況や独自性を適切に引き出せるよう指導を行うほか、市町村どうしが連携、情報共有し得る機会を設定するなどの支援にも努めるものとする。

市町村適用時の留意事項

市町村において、管理橋の状況や地域性、市町村勢、予算制約など、状況を適切に反映した計画策定に努めるものとする。

【解説】

市町村においては、管理橋数や予算的な制約により、本マニュアルに示す内容をそのまま適用することは不適當な場合が考えられる。「県の計画の縮小版」とするのではなく、現在の状況を把握し、それぞれの市町村の特徴を活かした長寿命化修繕計画を策定することが望ましい。以下に、市町村において計画を策定する際の留意事項を示す。

(1) 状況の把握と分析

建設年次別、橋種別、橋長別、損傷傾向、特に配慮すべき橋（長大橋、特殊橋、損傷が進行している橋など）、これまでの管理のされ方、地域特性（凍害、塩害）、市町村勢、予算制約など、特徴、特性をはじめに明確しておく必要がある。

(2) 「どうしたいのか」を明確に

(1)で把握・分析した各種状況を踏まえ、この計画で「どうしたいのか」を明確にする必要がある。この計画の目的の一つに、老朽化対策や橋梁の維持費用の縮減が挙げられるであろうことを踏まえ、新技術の活用や橋梁の集約撤去を踏まえた具体的な方針を定めることが望ましい。

〔例えば山形県では、高度経済成長期に架設された橋梁が集中し、架替ピーク時の必要予算が膨大となることが予測されたことから、「安全安心」、「コスト削減」、「予算の平準化」を目的とした。〕

(3) 計画策定に際する留意事項

計画策定に際し、最適なシナリオを検討するため、劣化予測式を用いた維持管理の将来予測（シミュレーション）を行ってもよい。

① 劣化予測式の設定

管理橋梁が少ない市町村単位で劣化予測式の分析や設定を行うことは困難である場合などは、山形県などにおける検討結果を準用してもよい。なお、その場合、劣化予測式は山形県の点検要

領に準拠した橋梁点検結果（評価基準）に基づいて設定しているため、劣化予測式の準用にあたっては損傷状態の評価を山形県の点検要領に合わせる必要がある。

② 計画策定方法

橋梁数が少ない市町村の場合は、機械的な統計処理を行なうよりも、1橋ずつ個別に維持管理のシナリオを設定し、積上げを行うことが適切な場合がある。

③ メリハリをつけた管理水準の設定

各市町村の状況を踏まえ、重要性、劣化状況、架替の難しさなどに応じて、メリハリをつけた管理水準の設定を検討することが望ましい。また、行政の立場から地場産業の活性化を目的とした戦略的な更新、地域の将来を見越した集約撤去等についても検討していく必要がある。

(例)・ 橋長、重要度、橋梁形式（鋼橋、PC、RC）などでグループ化して管理レベルを区別

- ・ 長大橋については1橋ごとに管理計画を策定
- ・ アルカリ骨材反応や塩害による損傷が懸念される橋梁を重点的に管理
- ・ すでに〇年を経過した〇〇橋は架替（損傷対応のみとし、長寿命化しない）
- ・ 市街地部の〇〇橋は架替が困難であり、重点的に管理
- ・ 〇m未満の橋は損傷が進行した時点でボックスカルバートに更新
- ・ ボックスカルバートも計画対象に含めるが、他の橋梁と差をつけた管理
- ・ 将来の地域の状況を勘案し、集約撤去を念頭においた管理 など

④ 複数年に分けて計画策定実施する場合の対応

修繕計画の策定を複数年に分けて実施する場合、今後計画策定を行う橋梁に対する修繕費を予め考慮する必要がある。

(4) 近隣市町村との連携

隣接する市町村で維持管理水準が大きく異なることは好ましくないため、生活圏（総合支庁）単位など、可能な範囲で連携や情報共有を図ることが望ましい。

(5) 橋梁マネジメントサイクル（日常管理方針を含めた維持管理フロー）の検討

橋梁マネジメントサイクルとしての日常管理方針を含めた維持管理フローを作成することが望ましい。

なお、日常的な取組み・維持管理について、以下について留意するものとする。

- ・ 誰がやるのか、できるのか（直営 or 外注）
- ・ 軽易だが効果的な対策の検討（堆積土砂の除去、水切りの設置、など）
- ・ 職員の人材育成の取組み など

(6) 計画における目標の検討

計画に実効性を持たせるため、新技術の活用や、集約撤去等を含めたコスト縮減に対する具体的な数値目標を設定するのが望ましい。

(7) 見直しの実施

長寿命化修繕計画ではPDCAサイクルに基づく継続的な見直しが重要である。市町村においても適宜計画の見直しを行い、継続的に取組んでいく必要がある。

なお、見直しを行う際は以下について留意するものとする。

① 前回計画からの変化

- ・ 地域の変化（利用状況、災害等の発生、交通流・量の変化）
- ・ 体制の変化（組織の考え方、撤去や移管等による管理数、土木遺産登録など管理状況の変

化)

- ・ 基準の変化（法改正、先端技術の動向、示方書等の改訂）

② 前回計画の反省（何がどこまで達成できたか）

- ・ 考え方（予防保全などの考え方を管理に反映できたか。計画どおりの日常管理ができたか。）
- ・ L C C 目標の達成（目標は達成できたか。達成できなくても、安全確保は実現できているか）
- ・ 修繕計画（計画どおり修繕できているか。出来ていない場合、問題点は何か）

付録1 架替におけるライフサイクルコスト比較例

本付録では、今後の長寿命化計画の最適化に向けた参考とするため、近年実施した、ボックスカルバートへの更新に際する比較例を示す。

〇〇〇橋 補修方法の検討

橋梁架替え設計の実施にあたり、「更新の場合」と「修繕の場合」のライフサイクルコスト(LCC)を比較し、更新の必要性を検討した。

検討の結果、「更新の場合：224千円/年」、「修繕の場合：287千円/年」となり、「更新の場合」が経済性に優れていることが確認できた。

検討内容を、以下に記載する。

1. 比較方法(LCCによる比較)

更新の場合：(架替費+維持管理費)/橋寿命

修繕の場合：補修費/耐用年数

2. 検討条件

- ・更新の場合、予防保全型管理に移行するため、〇〇町長寿命計画に基づき橋寿命を90年と設定する。
- ・修繕の場合、対症療法管理であるため、橋寿命を70年と設定する。
- ・〇〇橋(RC橋)は架設後56年のため、耐用年数は14年(=70-56)となる。
- ・平成**年度の点検結果をもとに対策工法を決定し、補修費を算出する。
- ・橋長10m未満の小規模橋梁であるため、ボックスカルバートへの更新を検討する。

3. 比較結果

以下の比較結果より、〇〇橋は更新対象の橋梁となる。

更新の場合【プレキャストボックスカルバート】				修繕の場合					
架替費			備考	—			備考		
ボックスカルバート	8.0m	8,500千円	—			0千円	—		
防護柵	16.0m	1400千円	—			0千円	—		
防護柵	13.6m	600千円	—			0千円	—		
排水工		26千円	水路、集水樹等			0千円	—		
直接工事費合計		10,526千円	—	直接工事費合計		0千円	—		
経費		9,473千円	90%	経費		0千円	—		
		0千円	—			0千円	—		
		0千円	—			0千円	—		
工事価格費合計		19,999千円	—	工事価格費合計		0千円	—		
維持管理費			備考	補修費			備考		
主構	断面修復	1.2㎡	77千円	ボックスカルバート (橋面積の6%)	主桁	断面補修	9.8㎡	627千円	橋面積の25%
			0千円	—	床版	断面補修	9.8㎡	627千円	橋面積の25%
			0千円	—		床版防水	39.3㎡	283千円	—
			0千円	—	防護柵	取替え	13.6m	136千円	ガードレール
直接工事費合計		77千円	—	直接工事費合計		1,673千円	—		
経費		108千円	140%	経費		2,342千円	140%		
工事価格費合計		185千円	—	工事価格費合計		4,015千円	—		
架替費+維持管理費		20,184千円	224千円/年	補修費		4,015千円	287千円/年		

耐用年数 90年

耐用年数 14年

〇〇〇橋 補修方法の検討

橋梁架替え設計の実施にあたり、「更新の場合」と「修繕の場合」のライフサイクルコスト(LCC)を比較し、更新の必要性を検討した。

検討の結果、「更新の場合：1996千円/年」、「修繕の場合：8263千円/年」となり、「**更新の場合**」が**経済性に優れている**ことが確認できた。

検討内容を、以下に記載する。

1. 比較方法(LCCによる比較)

更新の場合：(架替費+維持管理費)/耐用年数

修繕の場合：(補修費+維持費)/耐用年数

2. 検討条件

- ・更新の場合、〇〇計画に基づき予防保全型管理に移行するため、耐用年数は90年と設定する。
- ・修繕の場合、対症療法型管理であるため、〇〇計画に基づき耐用年数を70年と設定する。
- ・〇〇橋(RC橋)の竣工年は昭和**年で66年を経過しているため、耐用年数は70-66=4年と設定する。
- ・平成**年度の点検結果をもとに対策工法を決定し、補修費を算出する。
- ・橋長23mの橋梁であるため、現地状況からRC複合門型ラーメン橋への更新を検討する。

3. 比較結果

以下の比較結果より、〇〇橋は**更新対象の橋梁**となる。

更新の場合【門型ラーメン橋】				修繕の場合			
架替費			備考				備考
材工	一式	113,224千円	—				—千円
仮設(土留)	228m ²	5,688千円	自立式鋼矢板				千円
仮設(水替)	一式	6,137千円	コルゲート管				千円
護岸	L=55m	2,508千円	ブロック積み				千円
橋梁部工事費合計			—	直接工事費合計			0千円
工事用道路			2,034千円	経費			0千円
借地			48,675千円	3か月			
工事価格費合計			178,266千円	工事価格費合計			0千円
維持管理費			備考	補修費			備考
主構	断面修復	9m ²	561千円	主構下面	炭素繊維	105m ²	5,245千円
			0千円		主桁・床版	はつりだし	32m ²
			0千円			床版防水	32m ²
			0千円			防護柵	取替え
						橋脚横	打ち換え
						梁打設	支保工
						パイルベント	補修
直接工事費合計			561千円	直接工事費合計			13,771千円
経費			785千円	経費			19,279千円
工事価格費合計			1,346千円	工事価格費合計			33,050千円
架替費+維持管理費			179,612千円	補修費			33,050千円
			1996千円/年				8263千円/年
耐用年数 90年				耐用年数 4年			

経費	108千円	140%	経費	2,342千円	140%
工事価格費合計	185千円	—	工事価格費合計	4,015千円	—
架替費+維持管理費	20,184千円	224千円/年	補修費	4,015千円	287千円/年
耐用年数 90年			耐用年数 14年		

付録2 中長期計画策定に係る参考資料

山形県は、平成19年度に『山形県橋梁長寿命化修繕計画』を策定し、計画で定めた取り組み方針に基づき長寿命化対策を進めてきているところである。

本付録では、今後の長寿命化計画の最適化に向けた参考とするため、平成19年度に策定した中長期計画の考え方や課題等を以下に示す。

(1) 中長期シミュレーションの計算方法

表-1、2に示す管理区分別の対策工法、単価、耐用年数を基に、橋梁個別に対策費用及び対策実施時期を算定するとともに、各年度の対策費用の積み上げを行う。

対策時期については前後5年間のずれがあることを許容して、世代間の負担差の低減を図るため、各年度の対策費用の積み上げ結果に対して10年間（前後5年間）の移動平均により対策費用の平準化を行う。また、架替については、3ヵ年で実施することと仮定し、計算上の実施年より前倒して3ヵ年で費用の振り分けを行う。

なお、計算開始年から数年程度の補修費用については、計算開始年以前の補修履歴情報が不透明であることから、シミュレーション上の費用と個別の診断結果から積み上げる費用（短期計画）が大きく乖離する可能性があるため、個別の診断結果から積み上げる補修費用から設定するものとする。（計画策定時においては、計算開始年以前は補修を行っていないという仮定のもと計算上過去に補修すべきだった橋の1回目の補修費用を全て計算開始年に積み上げ、5年間で振り分けることとしている。）

表-1 予防保全型管理橋梁における工法・単価一覧（山形県のH21年度の設定例）

部材	グループ分類 ^{※1}	対策工法	単価 ^{※2}	初回補修時期 ^{※3}	補修後の耐用年数	備考
主構	鋼橋(海岸線)	再塗装(Rc-I)	10.4千円/m ²	36年 ^{※4}	30年 ^{※5}	
	鋼橋(平地)	再塗装(Rc-I)	10.4千円/m ²	36年 ^{※4}	45年 ^{※5}	
	鋼橋(山岳地)	再塗装(Rc-I)	10.4千円/m ²	36年 ^{※4}	60年 ^{※5}	
	PC橋	断面修復	51千円/m ²	42年 ^{※4} (橋面積の3%)	30年 ^{※4} (橋面積の3%)	
	RC橋	断面修復	51千円/m ²	42年 ^{※4} (橋面積の6%)	30年 ^{※4} (橋面積の1%)	
床版	鋼橋	炭素繊維接着	50千円/m ²	40年 ^{※4} (橋面積の9%)	架替まで対策無	断面修復サイクルに合わせて補正
		断面修復	51千円/m ²	40年 ^{※4} (橋面積の6%)	28年 ^{※4} (橋面積の3%)	
		床版防水	6.5千円/m ²	15年 ^{※7}	15年 ^{※7}	舗装打替えサイクル
	PC橋, RC橋	床版防水	6.5千円/m ²	15年 ^{※7}	15年 ^{※7}	
支承	—	金属溶射	120千円/基	30年 ^{※5}	架替まで対策無	橋長15m未満は対策無
下部工	—	断面修復	51千円/m ²	40年 ^{※4} (下部工面積の10%)	40年 ^{※4} (下部工面積の10%)	
伸縮装置	—	伸縮装置交換	190千円/m	20年 ^{※5}	20年 ^{※5}	鋼製とゴム製の耐用年数の平均
高欄・地覆	—	高欄・地覆交換	84千円/m	30年 ^{※6}	30年 ^{※6}	鋼製と鋳造品の耐用年数の平均
架替	鋼橋	架替	500千円/m ²	90年(100年) ^{※7}	100年 ^{※7}	諸経費含む ()内はH14以降道 示適用橋梁
	PC橋	架替	600千円/m ²	90年(100年) ^{※7}	100年 ^{※7}	
	RC橋	架替	300千円/m ²	90年(100年) ^{※7}	100年 ^{※7}	

表-2 対症療法型管理橋梁における工法・単価一覧（山形県のH21年度の設定例）

部材	グループ分類 ^{※1}	対策工法	単価 ^{※2}	初回補修時期 ^{※3}	補修後の耐用年数	備考
主構	鋼橋(海岸線)	再塗装(Ra-III)	4千円/m ²	36年 ^{※4}	10年 ^{※5}	
	鋼橋(平地)	再塗装(Ra-III)	4千円/m ²	36年 ^{※4}	15年 ^{※5}	
	鋼橋(山岳地)	再塗装(Ra-III)	4千円/m ²	36年 ^{※4}	20年 ^{※5}	
	PC橋	断面修復	51千円/m ²	42年 ^{※4} (橋面積の3%)	架替まで対策無	
	RC橋	断面修復	51千円/m ²	42年 ^{※4} (橋面積の6%)	架替まで対策無	
床版	鋼橋	床版部分打換え	45千円/m ²	45年 ^{※4} (橋面積の5%)	架替まで対策無	
		断面修復	51千円/m ²	40年 ^{※4} (橋面積の6%)	架替まで対策無	
	PC橋, RC橋	—	—	—	—	
支承	—	支承取替え	1300千円/基	40年 ^{※7}	架替まで対策無	橋長 15m 未満は対策無
下部工	—	断面修復	51千円/m ²	40年 ^{※4} (下部工面積の10%)	架替まで対策無	
伸縮装置	—	伸縮装置交換	190千円/m	30年 ^{※5}	架替まで対策無	走行安全性に影響の大きい鋼製の耐用年数
高欄・地覆	—	高欄取替え	84千円/m	30年 ^{※6}	架替まで対策無	鋼製と鋳造品の耐用年数の平均
架替	鋼橋	架替	500千円/m ²	60年 ^{※7}	100年 ^{※7}	諸経費含む
	PC橋	架替	600千円/m ²	60年 ^{※7}	100年 ^{※7}	諸経費含む
	RC橋	架替	300千円/m ²	60年 ^{※7}	100年 ^{※7}	諸経費含む

※1：劣化進行の違い、工法の違い等を考慮してグループ分類を行った。

※2：表中の単価のうち、補修費単価は直接工事費を示し、架替単価は諸経費を含む値を示す。なお、補修費については別途諸経费率 1.9 を考慮する。

※3：初回補修時期は、架設年又は架替からの年数で設定した。

※4：既往点検結果に基づく劣化予測式から設定した耐用年数。

※5：『鋼橋のライフサイクルコスト 2001年改訂版』（社）日本橋梁建設協会より設定した耐用年数。

※6：『既設鋼橋のライフサイクルコストに関する報告書（平成14年11月）』（社）日本橋梁建設協会より設定した耐用年数。

※7：過去の実績等から想定した耐用年数。

※8：表に示す補修時期や耐用年数については、中長期シミュレーション（マクロ的な分析）に用いる年数であり、個別の橋の耐久性判断にこの年数を使用するものではない。

また、表は既設橋の補修に対して設定した指標であるため、新設橋のLCC算定に適用するものではない。

(2) 劣化予測

劣化予測の対象部材は、損傷が進行した場合に架替えの主要因となる部材（主構、RC床版）とする。また、対象とする損傷は、劣化が進行することにより構造安全性や第三者被害への影響が懸念される損傷や、補修費用の占める割合が多い損傷とする。

山形県の中長期計画策定に用いている劣化予測式を表-3に示す。

x：経過年数

y：損傷ランク

表-3 劣化予測の設定結果

対象部材	損傷の種類	劣化予測式	損傷等級	耐用年数	損傷発生割合
主構(鋼橋)	腐食	$y=5.0-3.10 \times 10^{-3}x^2$	-	36年	-
RC床版	床版ひび割れ	$y=5.0-1.99 \times 10^{-3}x^2$	D	39年	9%
			E	45年	5%
	剥離・鉄筋露出	$y=5.0-2.56 \times 10^{-3}x^2$	C	28年	3%
主構(コンクリート橋)	剥離・鉄筋露出	$y=5.0-2.29 \times 10^{-3}x^2$	E	40年	6%
			C	30年	RC橋 1%、PC橋 3%
			E	42年	RC橋 6%、PC橋 3%

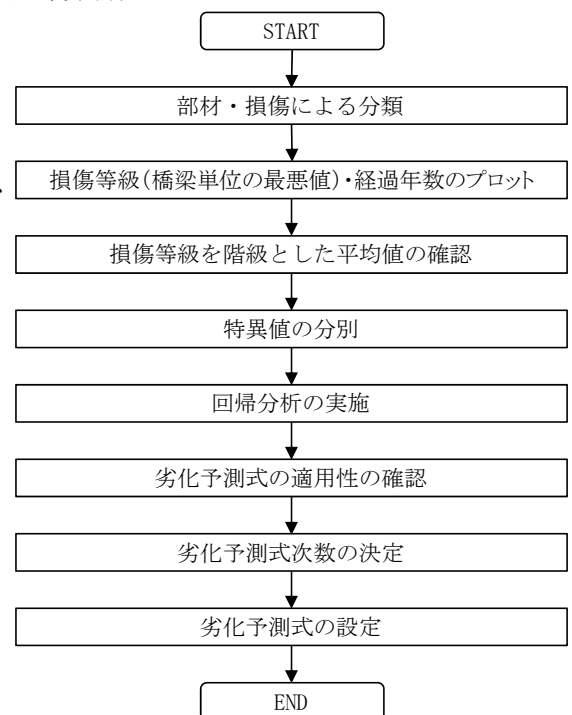
(1) 劣化予測方法

劣化予測を設定した際に検討した2つの手法を以下に示す。

1) 手法1 (損傷等級別の平均年数と損傷等級を用いた回帰分析)

損傷等級毎の補修後からの経過年数（又は架設後からの経過年数）の代表値を算出・プロットし、それらに対して回帰分析を行うことで劣化予測式を設定する。なお、劣化は経年に伴って急速に進展するという仮定から、劣化予測式は上凸型多項式を基本とする。以下に基本式を示す。

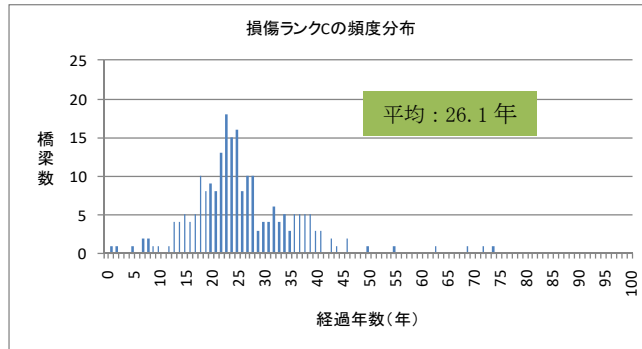
$$y=5.0-ax^n \quad (n=1 \text{ 時は直線式となる})$$



手法1による劣化予測式設定の流れを以下に示す。

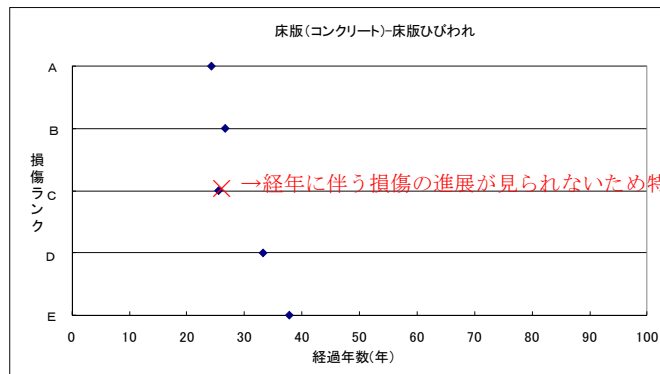
① 損傷等級ごとの頻度分布の作成

損傷等級毎に各経過年数における橋梁数をプロットし、経過年数の平均値を算出する。なお、頻度分布が正規分布となっていない場合やデータ数が十分でない場合は、特異値として分別する。



② 平均値のプロット

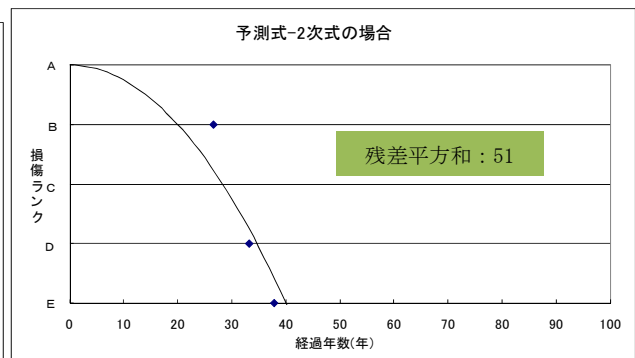
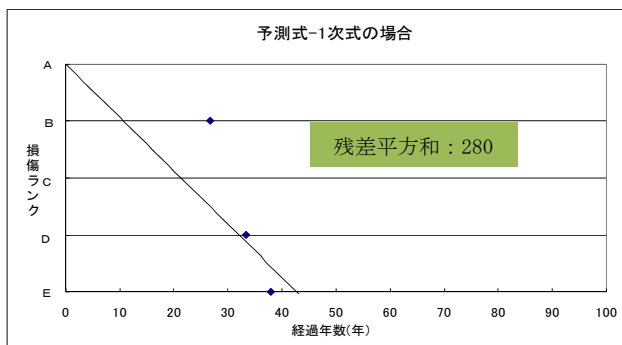
①のデータを基に平均値をプロットする。なお、劣化は経年に伴って進展するという仮定により、経年に伴う損傷の進展が見られない場合は特異として分別する。



③ 回帰分析の実施

プロットを結ぶ回帰式を予測式とする。なお、予測式は架設時点又は補修時点(経過年数0年)での損傷等級をAとする上凸型の多項式 ($y=5.0-ax^n$) として算出する。

次数 n は 1 次と 2 次としたケースで予測式を算出し、プロット点と予測式の差(残差平方和)が小さくなる次数を採用する。(下図のケースでは 2 次式を採用)



2) 手法2 (損傷発生時期・損傷発生面積の予測)

経過年数ごとに、損傷が発生している橋面積の割合を算出し、最も損傷発生割合が多い年数を損傷発生時期と仮定する。但し、劣化予測式の設定が可能な場合は、各損傷等級に至る年数を劣化予測式により算出し、損傷発生時期とする。手法2による劣化予測式設定の流れを以下に示す。

①径間面積の算出

全幅員及び支間長を基に、径間毎の面積を算定する。

表-4 損傷発生面積の算出例 (3段階評価の例)

橋梁名	経過年数	径間番号	径間面積	損傷等級					損傷発生面積(C~E)	損傷発生面積(E)
				A	B	C	D	E		
〇〇橋	40年	径間1	300 m ²	80%	-	0%	-	20%	60 m ²	60 m ²
		径間2	400 m ²	70%	-	20%	-	10%	120 m ²	40 m ²
		径間3	300 m ²	80%	-	20%	-	0%	60 m ²	0 m ²
△△橋	30年	径間1	250 m ²	90%	-	10%	-	0%	25 m ²	25 m ²
□□橋	20年	径間1	750 m ²	100%	-	0%	-	0%	0 m ²	0 m ²
合計		-	2000 m ²						265 m ²	125 m ²

②損傷発生面積の算出

径間毎に、損傷が発生している橋面積(損傷発生面積)を把握する。

例：表-4における〇〇橋、2径間目の損傷発生面積

径間面積 400 m²のうち、損傷等級 A の範囲が 70%、損傷等級 C の範囲が 20%、損傷等級 E の範囲が 10%である。そのため、損傷等級 C 以上(C~E)の面積は、400 m²の 30%(C=20%, E=10%)にあたる 120 m²となる。

③損傷発生時期の設定

手法1により設定した劣化予測式に基づいて、損傷発生時期(各損傷等級に至る年数)を設定する。又は、経過年数ごとに、損傷が発生している橋面積の割合(損傷発生割合)を下式により算出し、最も損傷発生割合が多い年数を損傷発生時期と仮定する。

$$\text{損傷発生割合} = \frac{\sum \text{損傷発生面積}}{\sum \text{径間面積}}$$

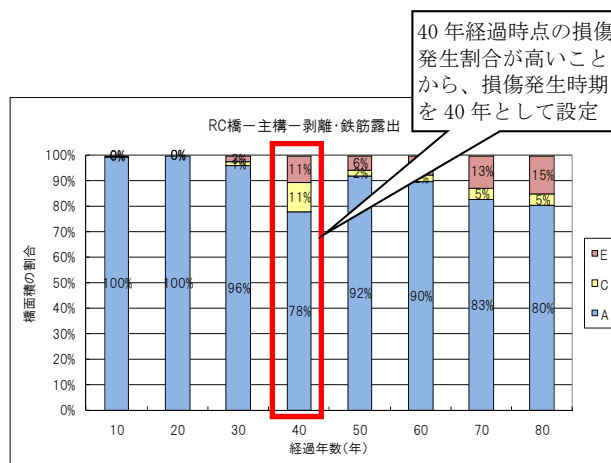


図 損傷発生割合による損傷発生時期の設定

④劣化予測

③で算出した損傷発生時期に補修を行うこととし、その時点における損傷発生割合を補修範囲として予測を実施する。補修範囲の算定方法は③に示す計算式を用いる。

例：表-4における40年時点での損傷発生割合の算出

経過年数 40年の橋梁は〇〇橋のみであり、損傷等級 C 以上(C~E)の損傷発生割合は 13%(=265 m²/2000 m²)、損傷等級 E の損傷発生割合は 6%(=125 m²/2000 m²)となる。

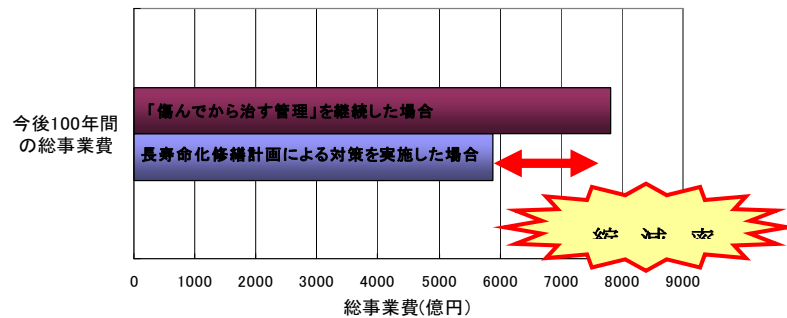
(3) 長寿命化修繕計画による効果

山形県では、長寿命化修繕計画に基づいて事業を実施することによる効果として、コスト縮減、安全安心の確保、予算の平準化について示している。

1) コスト縮減効果

比較対象期間内に生じる総事業費について比較を行う。

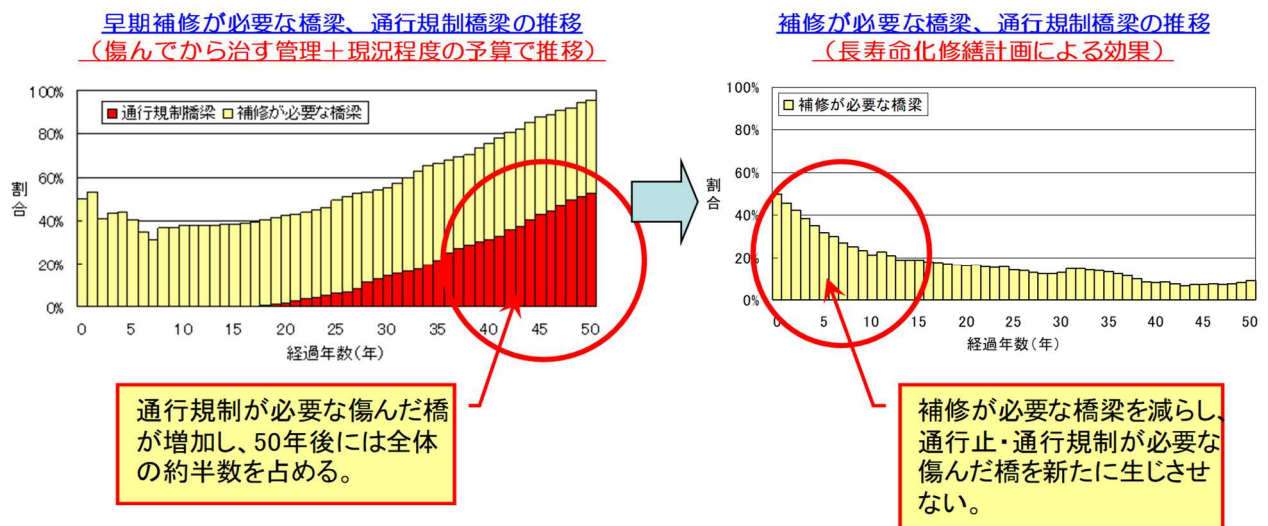
管理水準（予防保全型管理及び対症療法型管理）毎に対策工法（単価や耐用年数）を設定し、比較対象期間内に発生する修繕費用及び更新費用の集計を行う。



2) 安全・安心の確保

対症療法的な維持管理を継続した場合と、長寿命化修繕計画に基づく維持管理を実施した場合における①早期補修が必要な橋梁及び②通行規制橋梁の割合の推移を比較し、改善効果を定量的に示す。

- ① 早期補修が必要な橋梁については、設定予算に対して劣化予測式に基づいて主構・床版にEランクが確認される橋梁を把握する。また、②通行規制橋梁については、Eランク到達後も修繕ができず、5年過ぎた橋梁数により評価を行う。

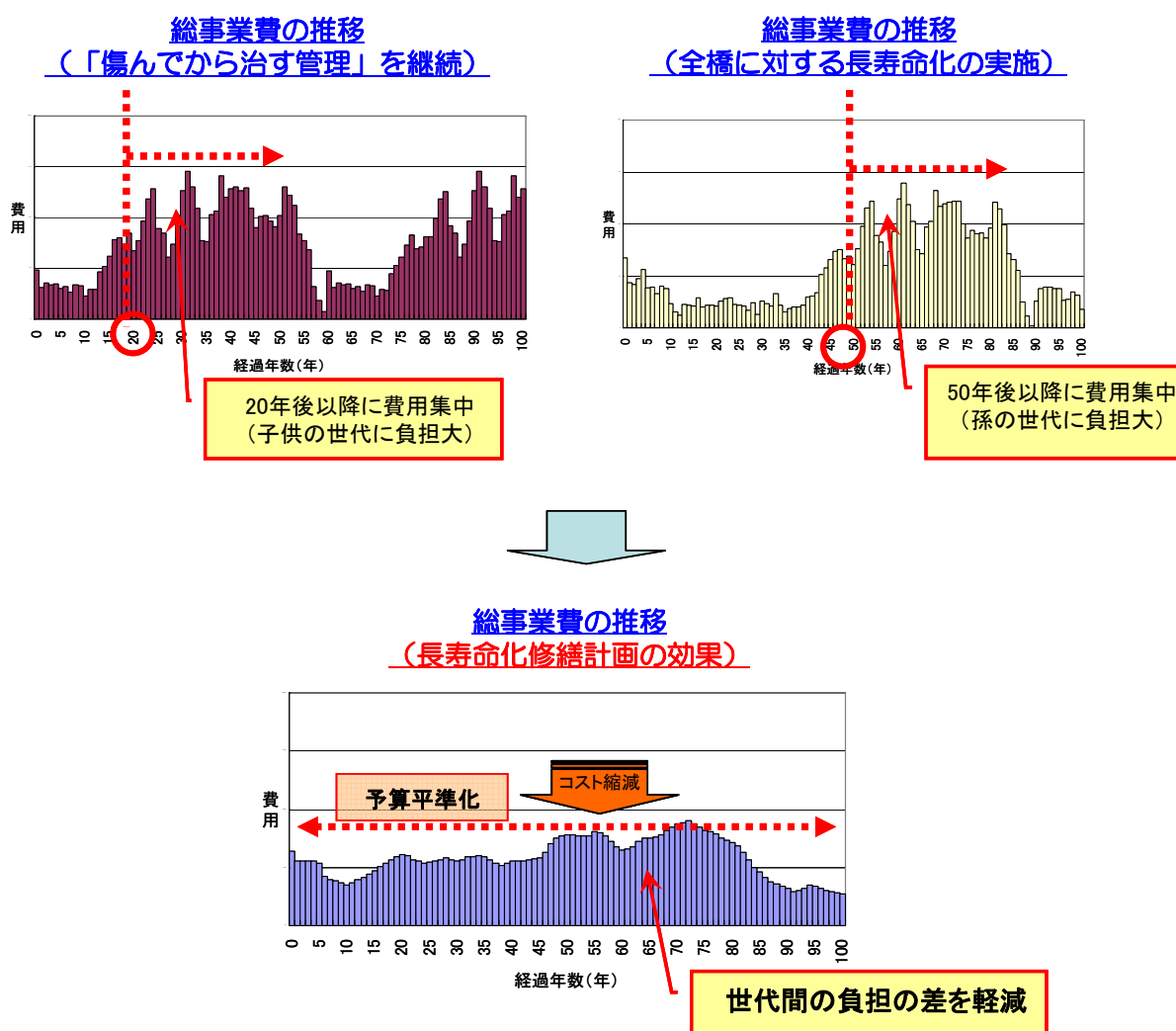


3) 予算の平準化

対症療法的な維持管理を継続した場合における事業費のピーク額が、長寿命化修繕計画に基づく維持管理を実施することにより、どの程度低減できるかを定量的に示す。

一般的に予防保全型管理を行うことにより総事業費の縮減が図れるが、全て同様の維持管理水準で計画を策定した場合、事業費はある時期に集中する。そのため、橋梁の規模や重要度等に応じて管理水準を使い分けることにより、事業費の集中を低減することが可能となる。

平準化効果としては、下図に示すように対症療法型管理（又は予防保全管理）における事業費のピーク額と比較し、長寿命化修繕計画による計画的な対策を実施することで、ピーク額をどの程度低減できるかを定量的に説明する。



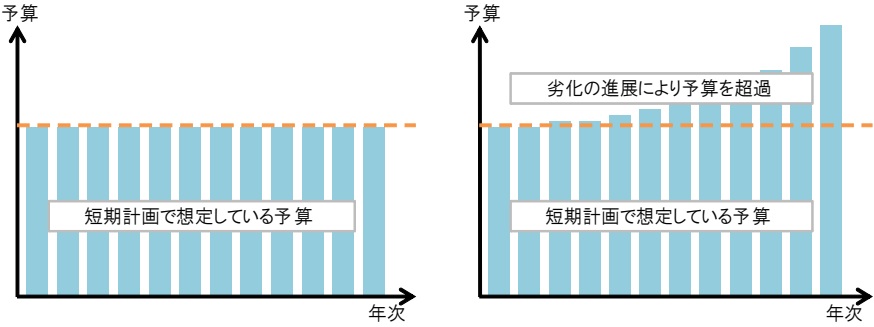
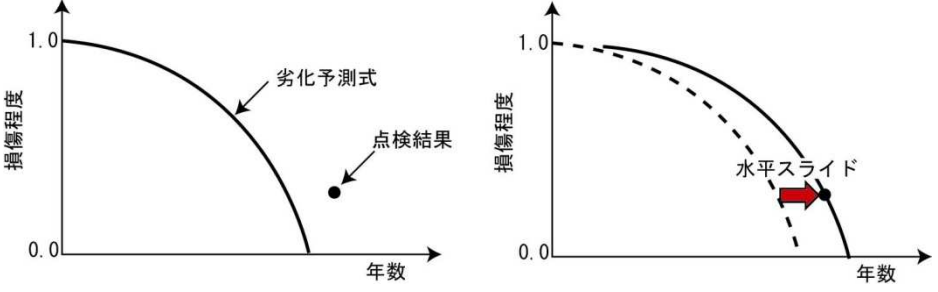
(4) その他の効果

その他の効果として、延命効果や環境負荷低減効果が挙げられる。延命効果は、対症療法型管理から予防保全型管理に移行することで、平均余寿命がどの程度延命化できるかを定量的に比較するものである。また、環境負荷低減効果は、対症療法型管理から予防保全型管理に移行することで、比較対象期間内に想定される修繕及び架替えによるCO₂排出量がどの程度削減できるかを定量的に比較するものである。

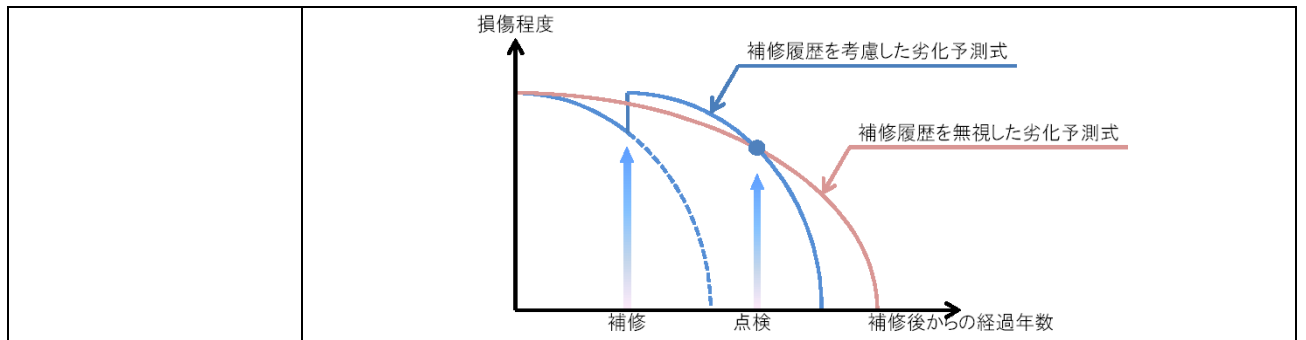
(4) 今後の最適化に向けた留意事項

今後も中長期計画を含めた橋梁長寿命化修繕計画の最適化に向けて基礎情報を蓄積していくものとする。なお、最適化に向けての留意点及び対応方針を表-5に示す。

表-5 最適化に向けた留意点

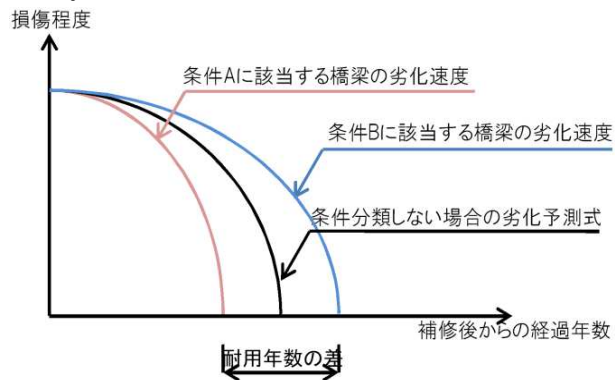
課題・留意点	内容
劣化の進展を踏まえた短期計画の策定	<p>短期計画は過年度の橋梁点検結果に基づいて策定を行うことから、短期計画における対策時期と点検時期に開きがある場合、実施段階においては劣化の進展により当初想定した対策内容や修繕費と乖離が生じる可能性がある。</p> <p>そのため、短期計画策定時には、経年に伴う劣化の進展に留意する必要がある。</p>  <p style="text-align: center;">▲劣化の進展に伴う修繕費の増加</p>
点検結果の考慮	<p>現行の中長期シミュレーションは、シナリオ毎に設定した対策工法別の耐用年数のサイクルで、架設年以降の修繕が繰り返されているとの仮定により事業費の積み上げを実施している。そのため、点検実施時点での損傷状態は、実情とシミュレーションとで差異が生じる。</p> <p>そのため、点検結果に基づいて、劣化予測式の補正を行うことが望ましい。なお、補正方法としては「①劣化予測式を水平スライドする方法」や「②劣化予測式の勾配を変化させる方法」とがある。</p>  <p style="text-align: center;">劣化予測式の補正方法（点検による場合）</p>
損傷等級ごとの損傷割合の把握	<p>損傷割合が適用される損傷（剥離・鉄筋露出やひびわれ）に対する損傷割合の分析に際しては、要素単位の点検結果に基づいて算定している。しかし、現行の点検要領では、端部又は支間中央部の分類で点検結果を整理することから、詳細な損傷割合の把握が困難である。そのため、以下の手順により損傷割合の分析を行うことが望ましい。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①点検結果より、損傷等級（a～e）及び年数を把握する。但し、この段階で分析はしない。 ②補修実施及び補修数量（損傷割合）のデータ蓄積を行う。 ③①及び②の情報を用いて損傷割合を算定する。

<p>中長期計画と短期計画との整合 (実情との整合)</p>	<p>中長期計画により最適なシナリオ（予算計画）を把握し、短期計画では予算の範囲内で対策区分Ⅳから順次実施していくこととしている。そのため、中長期計画で想定した対策時期と実際の対策時期は整合が取れていないのが現状である。実際の対策時期が、中長期計画上の対策時期より先送りされた場合、劣化の進展による工法の見直し及び費用の増加が生じる。逆に中長期計画上の対策時期より前倒しされた場合、修繕費の縮減が可能となる。</p> <p>このように、長寿命化修繕計画の策定に際しては、中長期計画と短期計画の整合を図ることが重要であるが、全橋に対して上記のシミュレーション（繰り返し計算）を行うためには、システムの構築が必要となる。</p> <pre> graph TD START([START]) --> T[計画策定期間Tの設定] T --> S[シナリオの設定] S --> LCC[個別橋梁のLCC最小化] LCC --> D1{t年のLCC ≤ 予算} D1 -- NO --> P[優先度評価] P --> T2[t年目の対策工法の設定 (t=1, 2, 3, ..., T)] D1 -- YES --> T2 T2 --> D2{t = T となったか} D2 -- YES --> S1[修繕計画の保存] S1 --> S2[シナリオの変更] S2 --> END([END]) D2 -- NO --> T3[t = t+1年とし LCCの最小化] T3 --> LCC </pre> <p>シミュレーションの流れ</p>
<p>補修履歴の蓄積</p>	<p>劣化予測式の設定は、補修後からの点検実施年までの経過年数（補修未実施の橋梁については架設後からの経過年数）と損傷の程度を基に行うが、補修履歴を無視して予測式を設定した場合、見かけ上の劣化速度は遅く評価される（下図参照）。そのため、補修履歴を継続的に蓄積する必要がある。</p>



パターン化に必要な諸元の収集・整理

劣化速度は、構造諸元や架橋位置における環境条件、使用条件等により異なるが、条件別に劣化予測式を設定しなかった場合、予測上の劣化の進展と実情の傾向に大きな乖離が生じる。



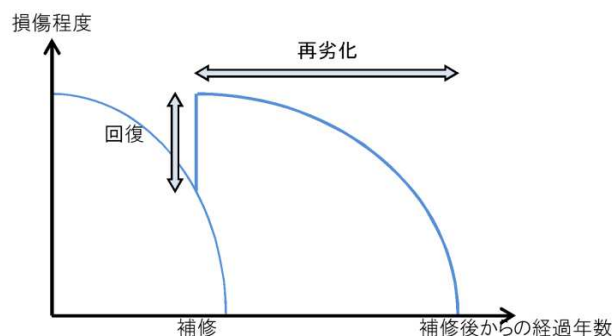
そのため、現段階で想定される劣化速度に影響を与える項目について、データを蓄積することが望ましい。

▼データ蓄積項目例

劣化要因	データ蓄積項目
腐食	塗装系, 塩害対策区分, 海岸線距離, 飛来塩分量, 雨量, 湿度
塩害	塩害対策区分, 海岸線距離, 飛来塩分量, 凍結防止剤散布量
凍害	気温, 方位(日射条件)
RC床版の疲労	大型車交通量, 橋面防水工の実施状況
その他	構造諸元, 縦断勾配, 横断勾配, 桁下条件

補修・補強後の回復度や再劣化予測の評価

補修・補強を実施した部材の回復度合いや再劣化予測の評価は確立されていないため、劣化予測式の設定する上で留意する必要があるとともに、補修履歴の継続的把握及び補修後のモニタリングの実施等により、効果について分析を行う必要がある。



山形県の劣化予測式を用いて中長期シミュレーションを行う場合の留意点

限られたデータのみでの劣化予測式となっているため、今後必要なデータを蓄積していくことで最適化を図っていく必要がある。最適化に向けた部材ごとの課題を下表に示す。

▼劣化予測式における課題

対象部材	損傷の種類	設定根拠	課題、留意点	今後整理が必要なデータ
主構(鋼橋)	腐食	既往点検結果に基づく劣化予測	<ul style="list-style-type: none"> データ数の不足により塗装系や部位(端部、支間中央部等)、架橋位置(庄内、内陸等)ごとの分析ができていないため、全ての条件を一括りにした予測式となっている。 塗装履歴を考慮した分析ができていない。 	<ul style="list-style-type: none"> 塗装履歴 端部、支間中央部ごとの評価 塗装系、素地調整、耐候性鋼材、普通鋼材の区分 伸縮装置非排水化の有無ごとの評価 飛来塩分、凍結防止剤散布による影響
主構(PC, RC)下部工	剥離・鉄筋露出	既往点検結果に基づく劣化予測	<ul style="list-style-type: none"> 補修後の再劣化については分析できていない。 実際に補修が必要な損傷についての情報が不足している。 	<ul style="list-style-type: none"> 補修履歴 劣化要因の区分 補修実績と損傷の種類の関係 飛来塩分、凍結防止剤散布による影響
床版	床版ひび割れ剥離・鉄筋露出	既往点検結果に基づく劣化予測	<ul style="list-style-type: none"> 防水層の設置有無を考慮した分析ができていない。 床版ひび割れでD, Eランクに至っている橋が少なくCランク以後の劣化速度は信頼性に欠ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 補修履歴 防水層の有無ごとの評価 適用示方書、大型車交通量、凍結防止剤散布による影響
支承	—	協会発行図書の鋼製支承の耐用年数を採用	<ul style="list-style-type: none"> 山形県の地域特性に応じた分析を行っていない。 台帳上、鋼製支承とゴム支承の区分が無い場合、シミュレーション上は鋼製支承＝橋長15m以上の全橋と仮定している。 	<ul style="list-style-type: none"> 補修履歴 鋼製支承、ゴム支承の区分 伸縮装置非排水化の有無ごとの評価 飛来塩分、凍結防止剤散布による影響
伸縮装置	—	協会発行図書の耐用年数を採用	<ul style="list-style-type: none"> 山形県の地域特性に応じた分析を行っていない。 	<ul style="list-style-type: none"> 補修履歴 タイプ(鋼製、ゴム)や製品に応じた耐用年数の評価
高欄・地覆	—	協会発行図書の高欄の耐用年数を採用	<ul style="list-style-type: none"> 山形県の地域特性に応じた分析を行っていない。 全橋地覆打ち換えを伴う高欄交換でシミュレーションを行っている。 	<ul style="list-style-type: none"> 補修履歴 地覆、高欄ごとの評価 飛来塩分、凍結防止剤散布による影響