2. 長寿命化修繕計画の手引き（案）

2.1 はじめに

2.1.1 長寿命化修繕計画の背景

(1) 橋梁ストックの現状

我が国では高度経済成長に合わせ多くの道路構造物が建設され，これらの道路施設は国民の生活環境を快適にし，経済活動を効率的なものにすることに大きく貢献してきた。しかし，近年は多数の道路構造物が，一斉に老朽化の時期を迎えており，補修・補強対策や予算措置等の維持管理問題が表面化してきている。

現在建設後 50 年以上経過した橋梁（橋長 2m 以上）が全橋梁の約 16%（平成 24 年 3 月時点）であるのに対し，10 年後には約 40%，20 年後には約 60%にまで増加することが予測されている（**表 2.1.1**）。橋梁ストックの維持管理費用は今後も確実に増加することが予測されることから，アセットマネジメントに基づいた戦略的維持管理・更新によりライフサイクルを縮小化していくことが求められている。

表 2.1.1 建設後 50 年以上経過する社会資本の割合 [1)]

	2013 年 3 月	2023 年 3 月	2033 年 3 月
道路橋 [約 40 万橋(注)1（橋長 2m 以上の橋約 70 万のうち）] （橋長 2m 以上）	約 18%	約 43%	約 67%
トンネル [約 1 万本(注)2]	約 20%	約 34%	約 50%
河川管理施設（水門等） [約 1 万施設(注)3]	約 25%	約 43%	約 64%
下水道管きょ [総延長：約 45 万 km(注)4]	約 2%	約 9%	約 24%
港湾岸壁 [約 5 千施設(注)5 （水深－4.5m 以深）]	約 8%	約 32%	約 58%

（注） 1 建設年度不明橋梁の約 30 万橋については，割合の算出にあたり除いている。
2 建設年度不明トンネルの約 250 本については，割合の算出にあたり除いている。
3 国管理の施設のみ。建設年度が不明な約 1,000 施設を含む。(50 年以内に整備された施設については概ね記録が存在していることから，建設年度が不明な施設は約 50 年以上経過した施設として整理している。)
4 建設年度が不明な約 1 万 5 千 km を含む。(30 年以内に布設された管きょについては概ね記録が存在していることから，建設年度が不明な施設は約 30 年以上経過した施設として整理し，記録が確認できる経過年数毎の整備延長割合により不明な施設の整備延長を按分し，計上している。)
5 建設年度不明岸壁の約 100 施設については，割合の算出にあたり除いている。

(2) アセットマネジメントの取り組み [2)]

アセットマネジメントとは，資産をリスクや収益性を考慮して適切に運用し，資産価値を最大化するための資産管理の考え方であり，1970 年代後半のアメリカで生まれた考え方とされている。

公共事業におけるアセットマネジメントは，この考え方を橋梁等の構造物を適用し，

これらの構造物を資産と考え，調査・点検によって現在の状態を適切に把握し，それぞれの構造物の損傷や劣化の程度を将来にわたって見通したうえで，必要となる補修等の項目と時期を判定することで，最も費用対効果の高い維持管理を実現させることを目的としている。したがって，アセットマネジメントシステムによって，橋梁等構造物のライフサイクルコスト（以降、LCC と略す）の縮小化を検証することが重要とされている。

a) 国土交通省における取り組み

これまで国土交通省で取り組まれてきたアセットマネジメントに関する取り組みを時系列的に取りまとめると**表 2.1.2** のようになる。

表 2.1.2 国土交通省におけるアセットマネジメントに関する取り組み(1)[2) 3)]

年　月	取組内容	解説
平成 13 年度	アセットマネジメントシステムの構築に向けた検討を開始	
平成 14 年度	道路構造物の今後の管理・更新のあり方に関する検討委員会を設置 道路構造物の今後の管理・更新等のあり方 提言（平成 15 年 4 月）を取りまとめ	①道路を資産としてとらえ，構造物全体の状態を定量的に把握・評価し，中長期的な予測を行うとともに，予算制約の下で，いつどのような対策をどこに行うのが最適であるかを決定できる総合的なマネジメントシステムの構築が必要である。 ②道路構造物の建設費，供用後の維持費と修繕費，更新費や，渋滞損失や環境影響などを費用化した外部費用をライフサイクルコストの対象とし，ある一定期間の評価期間を設定して，それらの合計費用を最小化することを目的とした設計・施工法の確立が重要である。
平成 15 年度	橋梁，トンネル等構造物の総合的なマネジメントに寄与する点検システムの構築	①橋梁管理カルテ，補修履歴調書を含んだ橋梁の維持管理記録の一元的管理に関する要領の作成 ②橋梁定期点検要領の改定 ③アセットマネジメントの基礎となる点検データベースを構築，橋梁マネジメントシステムの導入
平成 17 年度	地方整備局及び国道事務所等にて橋梁マネジメントシステム試行運用	道路管理データベースシステムのデータ，定期点検データ及び補修履歴データを基にデータベース化を図り，点検の結果，把握した損傷の評価や劣化予測を踏まえ，ライフサイクルコストの縮減が可能となる補修時期，補修工法，工費などの補修計画等を導き出すシステムとして試行運用
平成 15 年 3 月	国土交通省公共事業コスト構造改革プログラムを策定	計画期間：平成 15 年度から 19 年度 アセットマネジメント手法等，ライフサイクルコストを考慮した計画的な維持管理を行う。 既存ストックを有効活用し，適正な管理を推進し，新設・更新費を低減するとともに，早期の効果発現を図る

表 2.1.2 国土交通省におけるアセットマネジメントに関する取り組み(2)[2)-6)]

年　月	取組内容	解説
平成 15 年 10 月	社会資本整備重点計画が閣議決定	計画期間：平成 15 年度から 19 年度 社会資本の更新時期の平準化，維持管理や更新を考慮に入れた トータルコストの縮減等を図るため，総合的な資産管理手法を導入し， 効率的・計画的な維持管理を推進する
平成 20 年 3 月	国土交通省公共事業コスト構造改善プログラムを策定	計画期間：平成 20 年度から 24 年度 公共施設の長寿命化を考慮した戦略的な維持管理システムを構築し，運用するための計画を策定することとし，道路橋の長寿命化計画に基づく予防保全の推進
平成 20 年 5 月	道路橋の予防保全に向けた有識者会議開催（平成 19 年 10 月～平成 20 年 5 月） 道路橋の予防保全に向けた提言	【内容】 予防保全を実現する 5 つの方策 ①点検の制度化 ②点検及び診断の信頼性確保 ③技術開発の推進 ④技術拠点の整備 ⑤データベースの構築と活用
平成 21 年 3 月	社会資本整備重点計画が閣議決定	今後，高齢化した社会資本が急速に増加することを踏まえ，社会資本の維持管理や更新を計画的・効率的に推進し，ストック型社会への転換を図る
平成 25 年 6 月	社会資本整備審議会 道路分科会 道路メンテナンス技術小委員会開催（平成 25 年 1 月～平成 26 年 2 月） 道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて	【内容】 ①道路構造物の適切な維持管理に向けて ②メンテナンスサイクルの充実に向けて ③地方公共団体でのメンテナンスサイクル導入に向けた支援
平成 26 年 4 月	社会資本整備審議会 道路分科会 道路の老朽化対策の本格実施に関する提言	【内容】 ①最後の警告－今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切れ 静かに危機は進行している ②国土交通省の取り組みと目指すべき方向性 ③具体的な取組み ④おわりに

b) 地方公共団体が管理する橋梁への取り組み[2)]

地方公共団体が管理する橋梁に対しては，平成 19 年 4 月に「長寿命化修繕計画策定事業補助制度要綱」が通知され，これに基づき補助を受けて策定された長寿命化修繕計画は遅滞なく公表し，各地方整備局長に提出することとされている。策定する計画の内容は概ね次のとおりとされている。

【計画の内容】

①長寿命化修繕計画の目的

②長寿命化修繕計画の対象橋梁

③健全度の把握及び日常的な維持管理に関する基本方針

④対象橋梁の長寿命化及び修繕・架替えにかかわる費用の縮減に関する基本方針

⑤対象橋梁ごとの概ねの次回点検時期及び修繕内容・時期または架替え時期

⑥長寿命化修繕計画による効果

【補助の期間】

都道府県及び指定市は平成 23 年度まで，その他市町村は平成 25 年度まで

(3) 対症療法型管理から予防保全型管理へ

従来の維持管理は損傷が深刻化してから対策を実施する「事後保全的管理」が一般的であった。しかし，老朽化橋梁が急激に増加する中，維持管理に対する費用の割合も高くなっており，今後の既存ストックに対する維持管理の費用をいかにして縮減するかが近年大きな課題であった。

このような中，近年では維持管理に対する費用の大幅な縮減を目的とし，橋梁点検を実施して損傷が軽微な段階から対策を実施する「予防保全的管理」への移行が進められている。「予防保全的管理」の実施は，トータルの維持管理費の縮減や，長寿命化を図ることが可能となり，結果，ライフサイクルコストが縮減されることを期待した取り組みである。

(4) 長寿命化修繕計画の目的

現在の橋梁の多くが高度経済成長期に架けられたものであり，経年劣化による損傷が進んでいる。今後さらに急速に高齢化が進展し，近い将来，老朽化した橋梁が急増し「対症療法型」の補修を実施した場合は，大規模補修や橋梁の架け替えが一時的に集中することになる。

したがって，維持管理を計画的に実施し，最適な対策時期，対策規模を計画することで「予防保全型」の補修とし，長期的視野に基づき橋梁の健全性を保持することが目的である。

2.1.2 長寿命化修繕計画の課題

LCC 縮減のため修繕計画を経済的かつ効率的に実施する必要性より計画推進されている。国は修繕計画に記載すべき事項を示しているが，具体的な手法等については地方公共団体に委ねている。

自治体規模(小規模自治体は技術者が不足)に関わらず策定する必要があることに加え，現時点の長寿命化修繕計画の課題は大きくわけて，橋梁点検と計画策定の二つに大別される。

橋梁点検の課題は少ない点検回数，点検項目に起因する精度の低さ，計画策定の課題は LCC 算出には非常に不確定要素が多く，現時点では未完成で今後の研究，知見を待つ必要がある。

2.1.3 本手引きの目的

長寿命化修繕計画を策定済みの市町村は 87%(橋梁ベース)と高い。しかし，計画に基づく修繕実施状況は 5%と低い[7]。今後実施される本格的な予防保全に，長寿命化修繕計画は活用，更新していく必要がある。

本手引きは計画策定手法に関するマニュアルやガイドラインが整備されていないため，策定プロセスについては十分理解されていないことを補足する参考資料となることを目的とした。具体的な取りまとめ内容について示す。

・仮定が必要な条件(劣化曲線，健全度など)と確定条件(点検結果)を区分
・仮定条件の精度や影響を確認するため，LCC におよぼす影響を項目別に比較
・確定条件となる橋梁点検は，十分な点検と結果の正しい取扱が重要である。ポイントを記載
・計画作成会社にアンケートを実施し，実情把握と最適化提案に向けた一資料として活用できるよう整理

1) 国土交通省：国土交通白書 2014－平成 25 年度年次報告，p.28，2014.7.
2) 総務省行政評価局：社会資本の維持管理及び更新委関する行政評価・監視－道路橋の保全等を中心として，pp19-34，2010.2.
3) 原田吉信：橋梁のアセットマネジメントについて，建設マネジメント技術，pp.12-15，2006.9.
4) 道路橋の予防保全に向けた有識者会議：道路橋の保全に向けた提言，2008.5.
5) 社会資本整備審議会 道路分科会 道路メンテナンス技術小委員会:道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて，2013.6.
6) 社会資本整備審議会 道路分科会：道路の老朽化対策の本格実施に関する提言，2014.4.
7) 国土交通省：長寿命化修繕計画策定状況及び修繕進捗状況について，2013.4.

2.2 長寿命化修繕計画の流れ

2.2.1 長寿命化修繕計画策定の基本フロー

長寿命化修繕計画は，**図 2.2.1** に示す基本フローに従って策定する。

計画策定にあたっては，橋梁点検結果や対策優先度などを適切に整理し，現況及び将来予測等について十分に分析する必要がある。

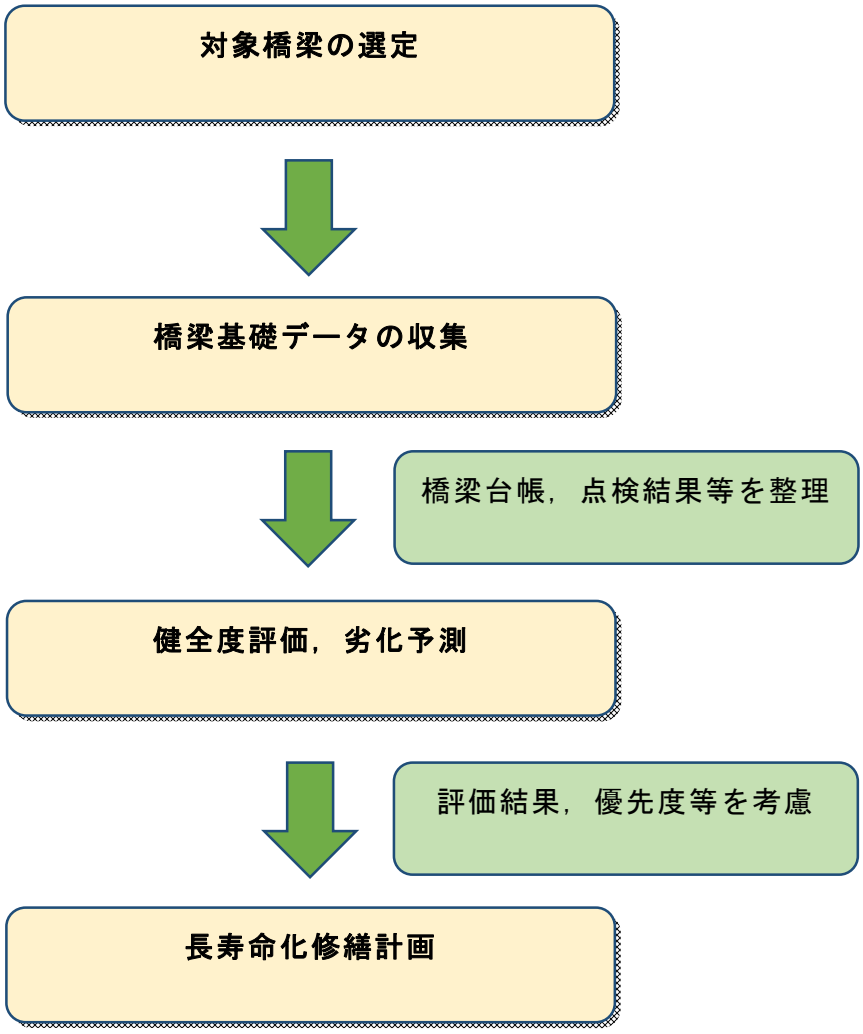


図 2.2.1 長寿命化修繕計画策定フロー

2.2.2 橋梁点検と健全度評価

橋梁を健全に保ち長寿命化を図るためには，各種情報を集積したうえで，維持管理計画に反映していかなければならない。まず第一に重要となるのは，対象橋梁の特徴および現状を把握し，その健全度を評価することである。

平成 26 年 6 月，国土交通省道路局より道路橋定期点検要領，橋梁定期点検要領が発行された。橋梁の最新の状態を把握するため，5 年に 1 回の頻度を基本に定期点検を実施し，部材の変状等について点検するものである。橋梁の健全度は，これらの橋梁点検要領に従って得られた点検結果にもとづいて，適切に評価されなければならない。

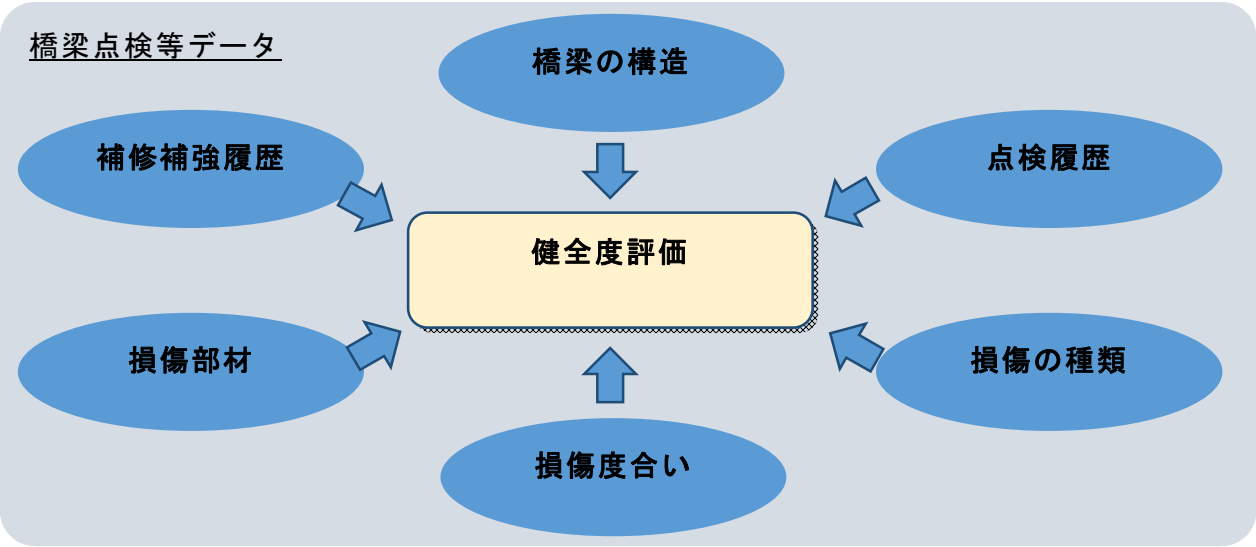


図 2.2.2　健全度評価に必要な情報

2.2.3 対策優先度設定と修繕計画

道路橋の維持管理に係る修繕工事は，財政的な制約のみでなく，各橋梁および路線の特徴に配慮して計画され，経済的かつ効果的に実施する必要がある。長寿命化修繕計画を策定にあたっては，図 2.2.3 に示すような項目についても配慮したうえで，各橋梁の対策優先度を設定するのがよい。

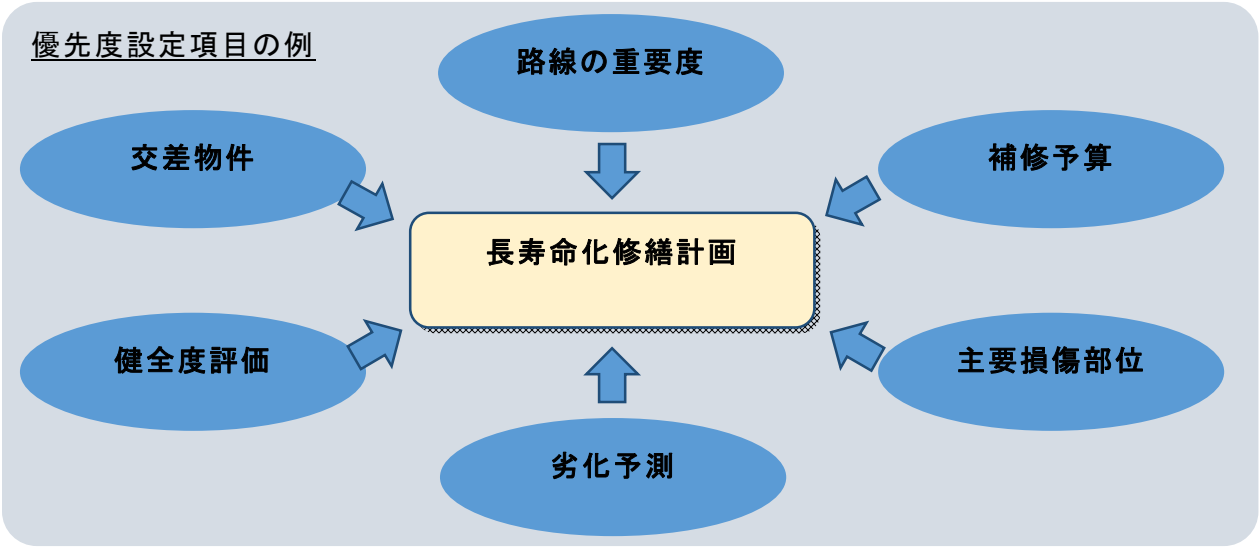


図 2.2.3　修繕計画策定に配慮すべき事項

2.2.4 マネジメントサイクルの継続実施

コストをできる限り抑えて，必要なサービスレベルを保持した道路を維持するためには,「点検⇒診断⇒計画⇒修繕等の措置⇒次の点検」といったメンテナンスサイクル（PDCA サイクル）の継続実施が不可欠である。

長寿命化修繕計画は，このメンテナンスサイクルの一部であり，一度の計画策定のみで適切な維持管理を継続することはできない。設計施工時の情報をはじめ，点検結果を含む補修段階の情報，新たに実施された点検の情報を反映し，必要に応じて計画を随時見直すことが重要である。

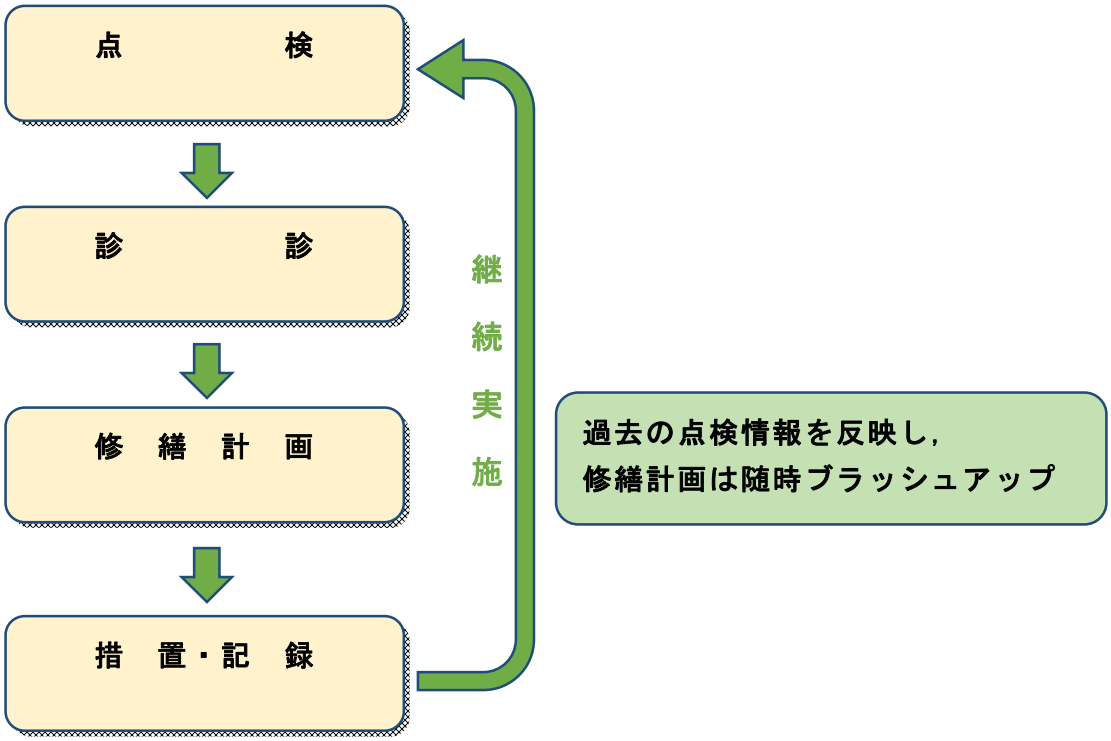


図 2.2.4　メンテナンスサイクル継続実施

2.3 橋梁点検

橋梁点検は，以下に示す維持管理の一環として行うものである。

・管理する橋梁の安全性や使用性に影響を及ぼす損傷を発見し，適切な措置を行うことにより，安全かつ円滑な利用を確保する。

・効率的な維持管理を実施するための基礎情報を蓄積し，継続的かつ効果的な点検や計画的な補修・補強を行う。

橋梁点検は，通常点検，中間点検，特定点検，異常時点検，定期点検に分類されるが，一般的に長寿命化修繕計画に係る主な橋梁点検とは定期点検をいい，ここでは定期点検について述べる。

2.3.1 橋梁点検の基本

(1) 橋梁点検の手順

橋梁点検は，重大な事象につながる損傷の有無の確認とともに，橋梁の各部材について点検を行い，橋梁の健全性について損傷レベルの進展状況や補修状況を確認・記録する。また，前回の点検（通常点検，中間点検，特定点検，異常時点検，定期点検）を行っている橋梁については，前回の点検結果に記載されている損傷の進展状況・補修状況を確認・記録する。なお，前回の定期点検結果にのみ着目してしまうと他の部位が疎かとなる場合があるため，留意して点検を行う必要がある。以下に橋梁点検の手順を示す。

a) 点検の準備

①前回の点検結果や竣工図書など，既存資料の有無を事前に確認する。既存資料がある場合は，内容について確認・把握し，点検で必要な情報を得る。

②点検に必要な帳票・野帳，点検道具（梯子，脚立，点検車）等の準備を行う。準備には事前の踏査による現場状況の把握を行っておくことが望ましい。

③交通規制，用地占用等，協議が必要なものについては事前に行う。

b) 点検の実施

①安全に十分配慮して，橋梁点検技術者が点検を実施する。

②緊急を要する損傷が確認できた場合は，報告・対応などの適切な措置を図る。

c) 点検の記録

・点検結果や実施した措置の内容等を記録する。

d) 点検結果の確認および再評価

・登録した点検結果について，記録内容の確認を行う。なお，損傷が進展しているなどの橋梁の健全度に影響がある場合には，健全度の再評価（場合によっては長寿命化修繕計画の見直し）を行う。

(2) 点検の実施

既存資料（前回点検結果）や現場踏査など踏まえ，点検を実施する。点検方法は大別すると以下の 2 つとなる。

a） 近接目視

定期点検要領案が 2014 年 6 月に改定となり，市町村が管理する橋梁の点検についても近接目視が基本となった。

橋梁部材にたたき点検が可能なハンドタッチ出来るくらいの距離まで接近し，詳細に損傷状況の点検を行う。一般的な小規模橋梁においては，脚立，梯子などの現場道具により近接目視が可能であるが，橋脚高さが 5m を大きく超える高架橋や橋梁下条件が鉄道である跨線橋などでは，橋梁点検車や軌陸車などの別途大型機材が必要となる場合があるため，現場踏査において使用機械の判断が重要となる。

調査精度については，全部材を近接目視により点検を行うため，遠望目視に比べ精度の高い損傷状況把握が可能となる。

なお，径間中央部などで大型機材を使用できない場合や近接できない場合には，近接目視と同等の手段により調査を行う。

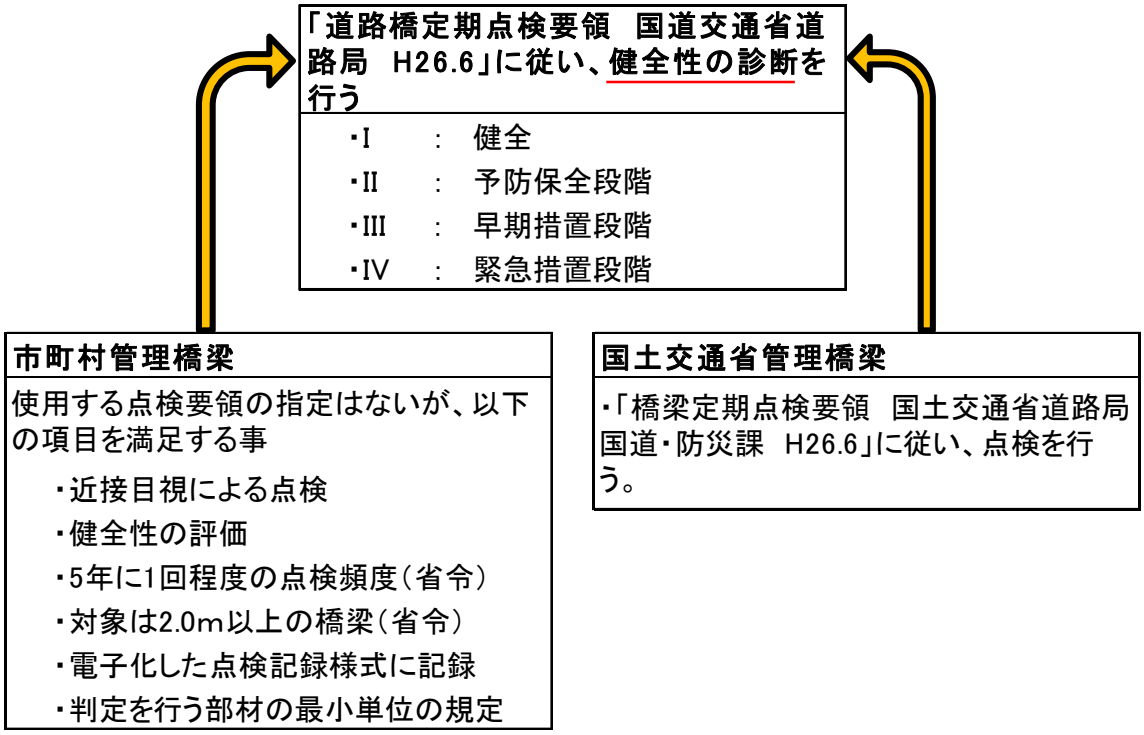
b） 遠望目視

橋梁点検要領の改訂により，遠望目視のみによる点検は認められない。ただし，橋梁全体系における変状（例えば桁の逆キャンバーや下部工の傾斜など）については遠望目視の方が確認しやすいことから,遠望目視による調査を併用して行うのが良い。

2.3.2 点検要領の概要

定期点検要領案が2014年6月に改定となり,市町村における橋梁点検についても「道路橋定期点検要領 国道交通省道路局 H26.6」に従い,健全性の診断を行うこととなった。

国土交通省の管理橋梁については「橋梁定期点検要領」[1)]に従い点検を行う。一方,市町村管理橋梁の点検において指定される点検要領の指定はない(独自要領案でも可)。双方とも,**健全性の診断**について,「道路橋定期点検要領」[2)]に従い診断を行うこととなっている。



注) 詳細については各点検要領を参照のこと。

図 2.3.1 改訂となった点検要領のイメージ図

2.3.3 修繕計画策定における点検要領の留意点

「道路橋定期点検要領」は，橋梁の健全性を4段階の健全性（I～Ⅳ）にて診断するものであり，長寿命化修繕計画の策定を目的としたものではない。部材損傷に対する損傷評価項目はないため,「道路橋定期点検要領」の点検結果のみで長寿命化修繕計画を行うことは難しい（**「橋梁定期点検要領」**に従い点検を行った場合，この限りではない)。すなわち,「道路橋定期点検要領」による点検結果とは別に，各市町村が過年度に策定した，もしくは今後策定する長寿命化修繕計画策定のシステムに合わせた評価（部材の損傷に対する損傷評価）を行う必要があることに留意する。

（例：兵庫県では,「道路橋定期点検要領」による点検のほか，長寿命修繕計画に用いるため,「道路橋に関する基礎データ収集要領（案)」[3)]による評価の実施を行っている）

ここでは，長寿命化修繕計画を策定するうえでの「道路橋定期点検要領」の留意点について，以下に示す。詳細については各要領参考のこと。

【道路橋定期点検要領の留意点】

・道路橋定期点検要領における変状の種類

a)鋼部材-腐食，亀裂，破断，その他

b)コンクリート部材-ひびわれ，床版ひびわれ，その他

c)その他-支承機能障害，その他

＜「基礎データ収集要領(案)」では上記の損傷に加え，ボルトの抜け落ち，漏水・遊離石灰，鉄筋露出，抜け落ち，PC 定着部の異常，路面の凹凸，下部工の変状がある。＞

・近接目視による点検が基本。

＜「道路橋に関する基礎データ収集要領（案)」で認められていた遠望目視がなくなり，点検精度が向上すると考えられる＞

・部材毎，橋梁毎の健全性の診断を行う。(道路法施工規則にて省令化)

＜**点検調書としては**，記載事項が軽減されたため，省力化が図れる＞

・点検調書は，部材毎，橋梁毎の健全性について診断することになっている。

＜「道路橋に関する基礎データ収集要領（案)」のように具体的な損傷程度を把握することができない。よって，長寿命化計画を策定するうえで，現要領では計画の精度が低下する可能性があるため，留意が必要。＞

・橋梁点検は5年に1回の頻度実施する。

＜長寿命化修繕計画の策定においては最新年度の橋梁点検結果のみを考慮するだけではなく，過去に行われた点検結果との比較（調査年数と損傷状況（レベル）の確認）を行った上，劣化曲線などの再評価を行い，点検結果長寿命化修繕計画をブラッシュアップしていく＞

参　考＜「橋梁定期点検要領」H26.6 より＞

定期点検では，「道路橋定期点検要領 国土交通省道路局」（平成 26 年 6 月）に規定される「部材単位の健全性の診断」を行う。部材単位の健全性の診断は，着目する部材とその損傷が道路橋の機能に及ぼす影響の観点から行う。換言すれば，表 7.1 の「道路橋の機能」を「部材の機能」に機械的に置き換えるものではない。なお，別途，6 章に定める「対策区分の判定」が行われるため，部材単位の健全性の診断の実施は「対策区分の判定」を同時に行うことが合理的である。

「健全性の診断」と「対策区分の判定」は，あくまでそれぞれの定義に基づいて独立して行うことが原則であるが，一般には次のような対応となる。

「I」：A，B
「II」：C1，M
「III」：C2
「IV」：E1，E2

点検時に，うき・はく離等があった場合は，第三者被害予防の観点から応急的に措置を実施した上で上記 I～IV の判定を行うこととする。

詳細調査を行わなければ，I～IV の判定が適切に行えない状態と判断された場合には，その旨を記録するとともに，速やかに詳細調査を行い，その結果を踏まえて I～IV の判定を行うこととなる。

表-７．２　判定区分

区分		定義
Ⅰ	健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
Ⅱ	予防保全段階	道路橋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。
Ⅲ	早期措置段階	道路橋の機能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。
Ⅳ	緊急措置段階	道路橋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。

1) 国土交通省 道路局国道・防災課：橋梁定期点検要領，H26.6
2) 国土交通省 道路局：道路橋定期点検要領，H26.6
3) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：道路橋に関する基礎データ収集要領（案），H19.5

2.4 長寿命化修繕計画の基本的な手法

2.4.1 作業フロー

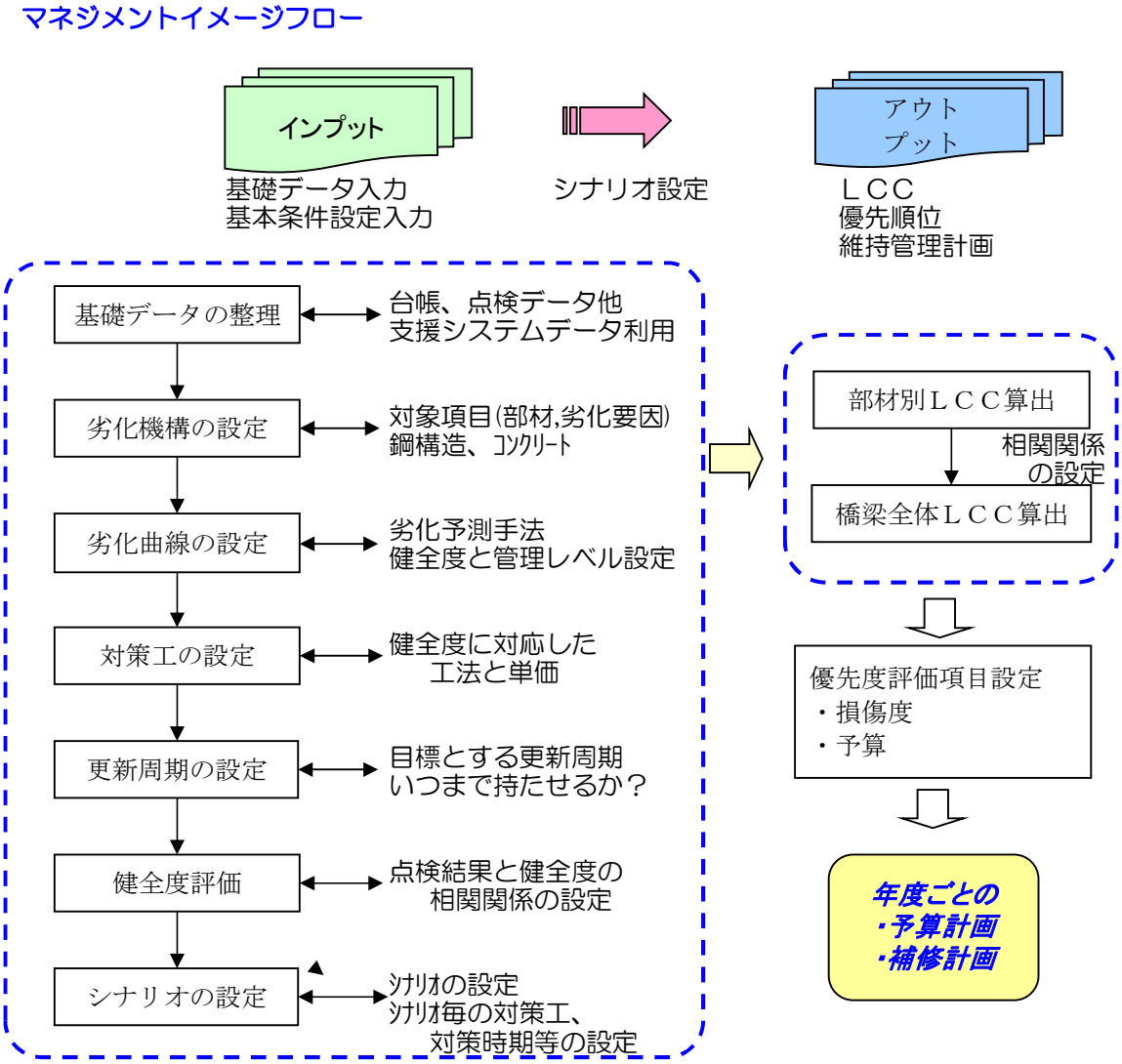


図 2.4.1 作業フロー

2.4.2 LCC の算出

(1) 橋梁ストックの現状

a) 鋼部材の劣化現象

鋼材は，高強度な材料であることから構造物の軽量化が可能である反面，荷重全体に占める変動荷重の割合が大きくなって疲労の影響を受けやすくなる。また，延性に富み優れた加工性や変形性能を示す一方で，塗膜や皮膜が劣化した場合には腐食の影響を受けやすいという特性を持つ。このような疲労や腐食によるダメージは，時間の経過とともに蓄積されていくものであるため，鋼部材の耐久性を支配する重要な劣化要因である。

腐食は，鉄の酸化反応であり，大気中における反応速度はそれほど速いものではなく，部材の板厚を貫通するまでにはかなりの時間を要する。腐食の進行は，面的な広がりをもち錆汁など目に付きやすいため，板厚（断面）が消失するまで気が付かないということはほとんど無い。一方で，疲労は亀裂の発生とその進展過程であるため，亀裂が小さいうちは見つけることが極めて困難である。特に，塗膜や皮膜の下に隠れている微少な亀裂を見つけることはほとんど不可能である。逆に，塗膜や皮膜を破って表面化した場合には相当な寸法に至っており，進展速度も大きい。亀裂の大きさが限界に達すれば，脆性破壊や延性破壊に至る場合もある。

b) コンクリート部材の劣化現象

コンクリート部材は，コンクリートと鋼材（鉄筋など）の複合材であり，様々な環境下におかれることから，それらに起因して様々な劣化現象が生じる。主な劣化機構には，中性化，塩害，アルカリ骨材反応，凍害，化学的浸食，鉄筋コンクリート床版の疲労などがある。

また，実現象としてはこれらの劣化機構が複合的に作用して，複数の劣化現象が同時に発現する複合劣化現象も見られる。現時点では，複合劣化現象に対する照査技術が確立していないため，既往の損傷事例などを参考として設計することが重要である。

c) 損傷要因の設定

対象部材の劣化予測において考慮すべき損傷要因は，各材料ごとの劣化機構を踏まえると，**表 2.4.1** のように分類される。

表 2.4.1 劣化予測において考慮すべき劣化要因

部材の材料	劣化要因
鋼部材	・材料劣化（塗装劣化，腐食） ・疲労（亀裂）
コンクリート部材	・塩害（ひび割れ，剥離，鉄筋露出） ・鉄筋コンクリート床版の疲労（床版ひび割れ，抜け落ち） ・アルカリ骨材反応（ひび割れ，剥離，鉄筋露出，遊離石灰） ・中性化，凍害，その他（ひび割れ，剥離，鉄筋露出，遊離石灰）
ゴム材料	・材料劣化

(2) 劣化曲線

各部材の損傷の劣化予測は，各部材の材料（鋼，コンクリート，ゴム）や使用環境（塩害の影響，大型車交通量など）ごとに損傷要因（材料劣化，疲労，塩害，アルカリ骨材反応，中性化など）を特定し，損傷要因ごとに予測するのがよい。

劣化予測手法には，**表 2.4.2** に示すように，寿命を設定する方法，理論的な劣化予測式による方法，点検結果を統計分析する方法，遷移確率を用いた方法などがある。理論的な劣化予測式による方法，点検結果を統計分析する方法は，個別橋梁ごとに補修時期が確定的に算定でき，根拠が明確である。一方で，遷移確率を用いた方法は，点検結果などにより遷移確率を設定するため根拠が明確であるが，個々の橋梁の状態を把握することが不可能である。

表 2.4.2 劣化予測手法

	概要	特徴および課題
寿命設定	橋梁部材ごとに寿命を設定し，建設時点あるいは補修時点を「健全」，寿命時点を「要補修」段階として，予測直線または曲線を作成する。	・個別橋梁の部材ごとに補修時期が確定的に算定できる。 ・寿命設定の根拠付けが課題である。 ・寿命に至るまでの劣化進行速度の設定が課題である。
劣化予測式（理論式）	劣化メカニズムに応じた理論予測式を使用する。 （例：中性化速度の予測，塩化物イオン量の浸透速度予測，RC 床版の疲労損傷速度の予測）	・個別橋梁の部材ごとに補修時期が確定的に算定できる。 ・予測式の理論的根拠が明確である。 ・現時点では，理論的予測式を適用できる劣化要因が限定される。 ・劣化予測のための調査データが必要である。
点検結果の統計分析	点検結果に対する健全度と経過年の関係を統計分析することで，予測直線または曲線を作成する。 部材ごと，劣化要因ごとに，環境条件，架設年次などでカテゴリー区分し，予測式を作成する。	・個別橋梁の部材ごとに補修時期が確定的に算定できる。 ・点検結果に基づく分析であり，設定根拠が明確である。 ・劣化要因や各橋梁の環境条件，交通条件などにより，点検データを分類することで，予測精度の向上が可能である。 ・予測精度は点検データの性質に依存する。
遷移確率	各健全度ランク間の遷移確率を用いて，各健全度ランクの比率の推移をマルコフ過程により計算する。 遷移確率は，部材ごと，劣化要因ごとに複数年の点検結果を用いて算定する。	・個別橋梁の部材ごとには，補修時期，補修費用が算定できない。 ・個別橋梁の短期計画への反映が困難である。 ・点検結果等により遷移確率を設定するため，根拠が明確である。 ・橋梁群を対象とした管理に有効である。

(3) 対策工法

LCC の算定にあたって対策工法を設定する必要があり，劣化予測において考慮すべき劣化要因に対する対策工法は，主に**表 2.4.3** に示すものが挙げられる。

表 2.4.3 LCC 算定における主な損傷と対策工法

橋種・部材	材料	対象とする損傷	対策工法	
鋼橋 鋼部材	鋼	塗装劣化	塗装塗替	A 系塗装(a-1)
				C 系塗装(c-3)
			架替え	
鋼橋 床版	鋼	疲労による ひび割れ 抜け落ち	接着工法	鋼板接着
				繊維シート接着
			原因除去	床版防水
			床版打替	RC 床版
				合成床版
コンクリート橋 主桁・床版	コンクリート	ひび割れ，遊離石灰	表面被覆	
			ひびわれ注入	
			ひび割れ充填	
			電気防食	
			架替え	
		剥離・鉄筋露出	断面修復	
支承	鋼	塗装劣化	塗装塗替	A 系塗装(a-1)
				C 系塗装(c-3)
			支承取替	鋼製支承
				ゴム支承
	ゴム	材料劣化	支承取替	ゴム支承

(4) 対策時期

LCC の算定にあたっては，橋種・部材ごとに対策シナリオを①架け替え型，②対症療法型，③予防保全型の 3 種類（**表 2.4.4** および**図 2.4.2**）から設定する必要がある。対策シナリオとは，どの部材種類において，損傷がどの段階に達したときに（対策タイミング），どのような方法で（対策にかける費用，対策による損傷度の回復ランク），対策を行うかに関する基本的な考え方をいう。

表 2.4.4 対策シナリオの考え方

対策シナリオ	内容（考え方）
①架け替え型	安全性にかかわる問題が深刻化する段階まで，基本的に維持管理を行わない。部材交換や橋梁自体の架け替えを行うため，一時期に大きな費用が発生し，通行止め・迂回路等による経済損失が発生する。
②対症療法型	従来の一般的維持管理手法で，使用上の問題が発生した時点でその都度対策を行う。対症療法型。
③予防保全型	初期の損傷の小さい段階で，効果の大きい長寿命工法で対策しておき，後の発生費用を抑える。

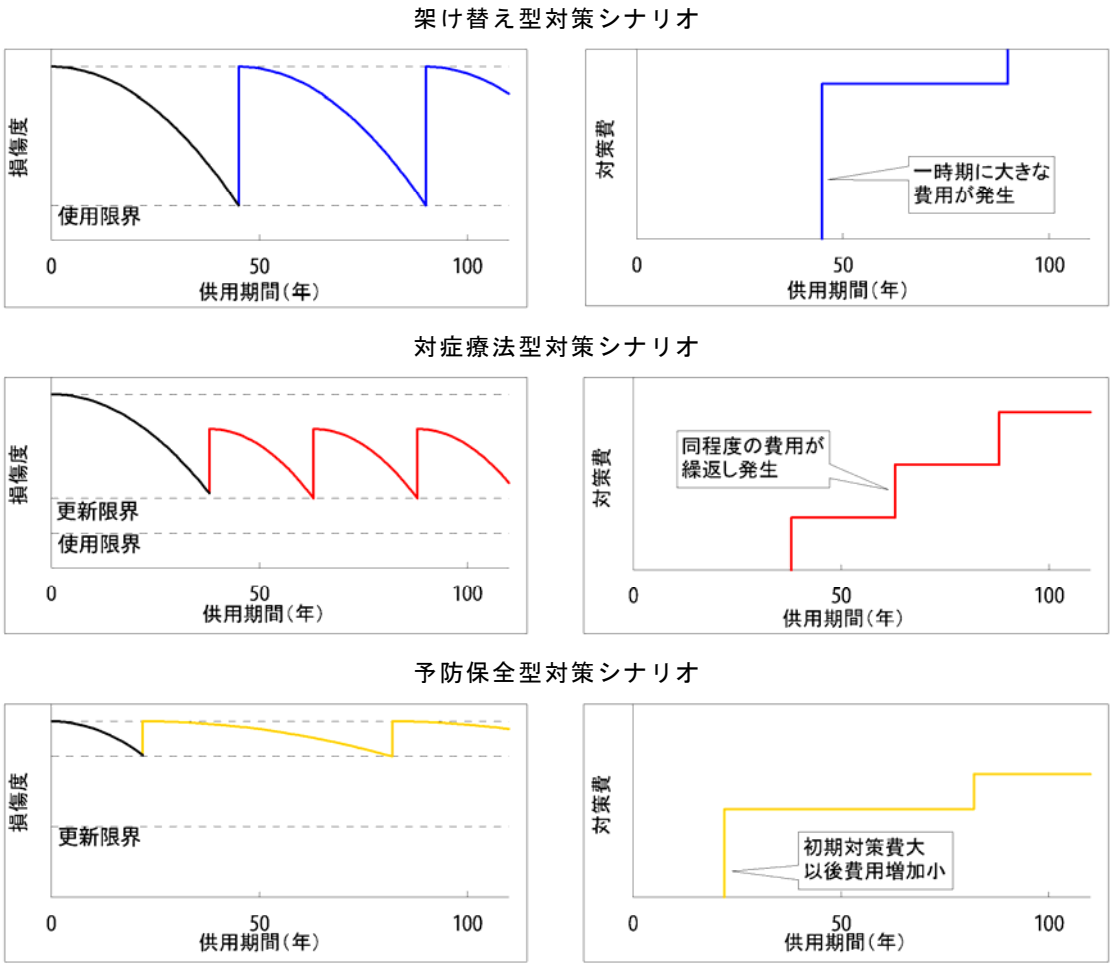


図 2.4.2 対策シナリオのイメージ

また，対策タイミングは，橋梁の部材ごと，ならびに対策シナリオごとに設定するが，以下に示す2種類の限界を設定し，損傷度ランクがいずれかの限界に達するタイミングで対策を行う。なお，予防保全型では，それらの限界以前の損傷の少ない段階で対策する。

・更新限界

損傷度ランクがこの限界に達したとき補修・補強により対策する。この限界を下回った場合には補修・補強による対策が不可能で，部材交換や径間架替え（更新）により対策する必要がある。

・使用限界

損傷度ランクがこの限界に達したとき，部材交換や径間架替えを行う。基本的に，この限界を下回って部材を使用することはないものとする。

(5) 対策工法

対策工法ごとの補修費用設定においては,既往の研究成果報告書,既存の積算資料,各協会の発行資料に基づき設定する。

表 2.4.5 に，補修のライフサイクルおよびコスト調査に関する主な文献を示す。

表 2.4.5 補修のライフサイクルおよびコスト調査文献一覧

文献名	発行	発行年月
ミニマムメンテナンス橋に関する検討	建設省土木研究所	1997 年 6 月
コンクリート構造のライフタイムに関する調査研究	(社)建設コンサルタンツ協会	1999 年 8 月
ミニマムメンテナンスＰＣ橋の開発に関する共同研究報告書（Ｉ）	国土交通省土木研究所	2001 年 3 月
鋼橋のライフサイクルコスト	(社)日本橋梁建設協会	2001 年 10 月
鋼橋の LCC 評価と防食設計	(社)日本鋼構造協会	2003 年 9 月
「住宅・社会資本の管理運営技術の開発」研究報告書	国土技術政策総合研究所	2006 年 1 月
「港湾施設のアセットマネジメントに関する研究」研究報告書	国土技術政策総合研究所	2006 年 9 月
「道路橋の寿命推計に関する調査研究」研究報告書	国土技術政策総合研究所	2004 年 12 月
「ライフサイクルコストの計画・設計への反映方法」委員会報告書	(社)建設コンサルタンツ協会	2004 年 8 月
建設物価　土木コスト情報	(財)建設物価調査会	－

(6) 更新サイクル

LCC の算定にあたっては，更新サイクルを設定する必要があり，橋梁がおかれている周辺環境条件や使用環境条件により分類される。

橋梁は，様々な腐食環境や交通環境に架橋されており，架橋位置での主たる劣化内容や損傷状況も異なり，建設時の劣化対策および劣化が生じた場合の補修工法も異なっている。更新サイクルの設定にあたって，一般に用いられている環境条件および使用条件の設定に関して，**表 2.4.6** に整理する。

表 2.4.6 環境条件の設定

環境条件	鋼材の腐食環境	凍結防止剤の散布	塩害の影響度合い	交通量
山間部	一般環境	あり	影響を受けない	少ない
都市部	やや厳しい環境	なし	影響を受けない	多い
海岸部	厳しい環境	なし	影響が激しい	普通

(7) 更新費用

部材のライフサイクルにおける更新費用の設定においては，**表 2.4.5** に基づき設定する。

(8) 健全度

健全度は，橋梁の現在の劣化状況を評価する現状健全度と将来の劣化状況を予測して評価する将来健全度に区分される。

現状健全度は，「橋梁定期点検要領」または「道路橋定期点検要領」に従い 4 段階の判定区分（Ⅰ～Ⅳ）により診断を行うことをいう。一方で，将来の健全度を推測するには，劣化の進行を予測することが必要となる。将来健全度は，劣化状態を損傷の大きさ又は損傷の原因などの定量的な値と関連付け，その値を何らかの劣化曲線に当てはめ将来の値を計算した上で，予測値がどのランクに相当するかを評価して行うことをいう。

一般に，健全度は地域の実情などを踏まえ，各道路管理者において独自に定義されている場合が多いが，ここでは国土交通省の直轄道路橋において運用されている橋梁マネジメントシステムにおける橋梁の現在あるいは将来の状態を表す健全度の定義を，**表 2.4.7** に示す。ここでの健全度とは，損傷程度と損傷要因を基に橋梁の安全性と対策工法の規模に着目してランク付けしたものである。

表 2.4.7 健全度の定義

健全度ランク	状態（構造物の安全性と対策工法の規模）
Ⅰ	・劣化や変状がほとんど認められない。 ・機能的に問題がない。
Ⅱ	・軽微な劣化や変状が認められる。 ・部材の機能低下は見られず，利用者等への影響はない。
Ⅲ	・劣化や変状が進行している。 ・部材の機能低下は小さく，利用者等への影響はほとんどない。 ・一般的に小規模な対策により機能の回復が図られる。
Ⅳ	・劣化や変状が広範囲に進行している。 ・部材の機能低下が進行し，利用者等への影響が危惧される。 ・比較的規模の大きな対策が必要となる。
Ⅴ	・劣化や変状が著しく進行している。 ・部材の機能が大きく低下しており，利用者等に危険が及ぶ恐れがある。 ・大規模な対策，部材の更新又は架替の必要がある

(9) 管理レベル

道路管理者が管理する橋梁には，大規模な橋梁から小規模な橋梁，幹線道路に架かる橋梁から生活道路に架かる橋梁まで，多種多様な橋梁がある。一方，限られた予算でこれらを同レベルで管理していくことは不可能であり，どの橋梁に重点を置くか適切に判断する必要がある。

これらの判断において補修の優先順位を設定する際には,「橋梁の健全度」と「橋梁の重要度」を目安に検討する。

「橋梁の健全度」は，安全な交通の提供に関するもので,「橋梁の重要性」は，通行に支障が出た場合の社会的損失に関するものである。

橋梁単位で優先順位を付ける場合は，これらを総合的に検討する必要がある。なお，検討項目については，地域の実情に応じた設定を行う必要があり，以下に代表的な項目を示す。

① 橋梁の健全度

・構造的安全性：点検結果から得られる橋梁の状態で，損傷を構造的安全性から評価したものである。最悪は落橋の恐れがある場合である。

・致命的な損傷の発生状況：橋梁の部材や損傷の種類によっては，致命的な落橋につながる可能性の高いものがあり，それらの重要な部材における損傷から優先順位を設定する必要がある。この考え方は，米国においてもＦＣＭ（Fracture Critical Member：この部材の破壊が橋梁全体の破壊に繋がる部材）といった概念で用いられている。

② 橋梁の重要性

・橋下条件：橋下の利用状況が鉄道や道路等，公共的な空間である場合，コンクリートの落下等による第三者被害が発生するため，早急に対応する必要がある橋梁と判断する。

・交通量　：交通量が多い場合には，交通規制等による社会的な影響が大きくなるため，優先的に対応する必要がある判断する。

・迂回時間：当該橋梁が通行できなくなることによる迂回時間損失を計算し，優先順位付けに用いる。

(10) 計算期間

LCC を算定する上で，計算期間を設定する必要があり，以下のように様々な考え方がある。

① 調査・計画費用，初期建設費費用から再建設費用まで
② 調査・計画費用，初期建設費費用から撤去費用まで
③ 維持管理費用から再建設費用まで
④ 維持管理費用から撤去費用まで

維持管理計画策定における将来の LCC については，以下に示す理由から，維持管理費用から再建設費用までをライフサイクル期間と考えることができる。

① 既設の道路施設の維持管理計画策定では，将来の必要事業費の算出が目的であることから，現在以前に発生した調査・計画費用，初期建設費，維持管理費用は LCC の対象から除くことができる。
② 将来の必要事業費の算出を主目的とした場合，橋梁等の道路構造物は，ある時点で更新（架替え）を考慮して維持管理計画を考えるものであり，更新費用を含めて LCC 比較することが重要であるため，再建設費用（更新費用）は LCC に含めるものとする。
③ 外部費用については，通行規制が発生しない場合や交通量が少なく工事に伴う渋滞等の発生が懸念されない場合などは，外部費用がそれ以外の直接費用に比べて，小さくなるため省略することができる。

2.4.3 事業計画への反映

事業計画では，修繕を行う優先順位及び「2.4.2 LCC の算出」で設定した条件を基にシミュレーションを実施する。橋梁の長寿命化，LCC の縮減および維持管理費の平準化の観点から最も効率的な維持管理を行うことができるシナリオを検討する。

(1) 優先度評価設定

修繕を行う優先順位は，橋梁の「健全度」と「重要度」を考慮し設定する。

「重要度」は，供用条件や橋梁規模などの評価項目に配点・重み係数を設定し，各評価項目の配点に重み係数を乗じた合計点を用いる。重要度評価の評価項目，重み係数及び配点の設定例を以下に示す。

なお，「健全度」の詳細については 2.4.2 を参照されたい。

表 2.4.8 重要度評価例

重み係数	評価項目	配点 高 ← → 低
高	緊急輸送路	1 次緊急輸送路，2 次緊急輸送路
↑	利用状況	重要施設への進入路，通学路，バス運行路線
	交差条件	鉄道，高速道路･国道，県･市町村道
	総交通量	多い，少ない
	大型交通量	多い，少ない
	代替路の有無	無，有
	周辺人口	多い，少ない
	橋長	長い，短い
	幅員	広い，狭い
	特殊橋梁	該当する，該当しない
	架設年次	古い，新しい
低	海岸線からの距離	近い，遠い

(2) 採用シナリオ

対策シナリオとして，「架け替え型」，「対症療法型」，「予防保全型」等のシナリオが考えられる。

一般的には「架け替え型」，「対症療法型」よりも「予防保全型」の方が LCC を縮減できる。しかし，下記条件が揃っている場合には，「架け替え型」が最も LCC を縮減できる可能性がある。

- 橋梁が小規模（RC 床版橋等）
- 迂回路が有る（通行規制が可能）
- 下部工が健全

(3) 計算期間

計算期間は 10 年，30 年，50 年程度に設定されている事例が多い。管理レベルを満足していない橋梁に対する短期計画と管理レベルを満足している橋梁に対する中長期計画に分けてシミュレーションを行っている事例もある。

(4) 年次予算

LCC 縮減，予算平準化のどちらに重点を置くかによってシミュレーション結果に影響がでる。LCC 縮減に重点を置いた場合，最適な時期に修繕を行い効率的な維持管理が行える。しかし，年次予算を大幅に超過する年が発生する可能性が高いため，実現性に課題が残る。予算平準化に重点を置いた場合，年次予算に上限を設けるため，実現性の高い計画となる。しかし，最適な時期に修繕ができず，次年度以降に先送りされるケースが生じる。工事の先送りにより管理レベルが低下し LCC の増加へと繋がる。また，LCC 縮減，予算平準化の両方のバランスを考慮して，計画策定を行うことも考えられる。しかし，この場合，数々のシミュレーションが必要となり，計画策定に膨大な時間を要する。

以上より年次予算は，LCC，管理レベル，シミュレーション数等に影響する重要な項目と考えられる。

2.4.4 長寿命化修繕計画策定例

長寿命化修繕計画の策定例として，関西の府県で公表されている長寿命化修繕計画の URL を**表 2.4.9** に示す（平成 25 年 4 月時点）。なお，**表 2.4.9** に大阪府の記載はないが，後日公表されている。

各府県とも，長寿命化修繕計画による効果は公表されているが，効果算出までの具体的な方法までは公表していない。

表 2.4.9 長寿命化修繕計画の公表団体リスト [1)]

長寿命化修繕計画の公表状況

都道府県名	都道府県・市区町村名	修繕計画公表日	長寿命化修繕計画(公表場所・URL)
北海道	北海道	H25.1	http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/ddr/index.htm
青森県	青森県	H24.6.5	http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kendo/doro/kyouryou-asset.html
岩手県	岩手県	H24.3	http://ftp.www.pref.iwate.jp/view.rbz?nd=2975&of=1&ik=3&pnp=66&pnp=781&pnp=2975&cd=37964
宮城県	宮城県	H22.3	http://www.pref.miyagi.jp/road/mente/kyouryoutyoujumyouka.htm
秋田県	秋田県	H23.3.30	http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1231122916442/index.html
山形県	山形県	H23.6.28	http://www.pref.yamagata.jp/ou/kendoseibi/180029/bridgerepair.html
福島県	福島県	H23.5	http://www.pref.fukushima.jp/douro/kanri/H22tyoujyumyouka.pdf
茨城県	茨城県	H22.7.12	http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/doboku/01class/class05/bmp/bmptop.html
栃木県	栃木県	H21.7	http://www.pref.tochigi.lg.jp/h05/system/honchou/honchou/documents/1250574475210.pdf
群馬県	群馬県	H22.10.15	http://www.pref.gunma.jp/06/h3410121.html
埼玉県	埼玉県	H22.3	http://www.pref.saitama.lg.jp/site/dousei1003/dousei040.html
千葉県	千葉県	H22.9.28	http://www.pref.chiba.lg.jp/doukan/kendo/kcplan.html
東京都	東京都	H21.4	http://www.metro.tokyo.jp/INET/KEIKAKU/2009/04/70j4a100.htm
神奈川県	神奈川県	H22.3	http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f704/p8042.html
山梨県	山梨県	H22.9	http://www.pref.yamanashi.jp/dourokanri/kyouryou_tyoujumyou.html
長野県	長野県	H20.6	http://www.pref.nagano.lg.jp/doboku/iji/kyouryou.htm
新潟県	新潟県	H22.7	http://www.pref.niigata.lg.jp/dourokanri/1203440477912.html
富山県	富山県	H23.3.2	http://www.pref.toyama.jp/cms_sec/1501/kj00010308.html
石川県	石川県	H21.8	http://www.pref.ishikawa.jp/michi/choujyumyouka.htm
岐阜県	岐阜県	H24.10	http://www.pref.gifu.lg.jp/kendo/michi-kawa-sabo/doroiji/kyoryo-chojumyo/
静岡県	静岡県	H21.8	http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-030/asset/choujumyouka.html
愛知県	愛知県	H22.3	www.pref.aichi.jp/douroiji/image/kyoryochojumyoka.pdf
三重県	三重県	H22.12	http://www.pref.mie.lg.jp/DOROKI/HP/k170088/tyoujyumyouka.pdf
福井県	福井県	H25.4	http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/hozen/kyouryou.html
滋賀県	滋賀県	H24.5	http://www.pref.shiga.lg.jp/h/doro/index.html
京都府	京都府	H22.7	http://www.pref.kyoto.jp/douro/documents/1304993950512.pdf
兵庫県	兵庫県	H23.3	http://web.pref.hyogo.lg.jp/wd13/documents/000160854.pdf
奈良県	奈良県	H22.2	http://www.pref.nara.jp/dd_aspx_menuid-17185.htm
和歌山県	和歌山県	H21.10	http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/080300/tyoujumyouka.html
鳥取県	鳥取県	H21.11	http://www.pref.tottori.lg.jp/dd.aspx?menuid=94895
島根県	島根県	H25.4	http://www.pref.shimane.lg.jp/infra/road/douroiji/jigyo_kasho/tyoujumyouka/tyouju_keikaku.html
岡山県	岡山県	H22.8	http://www.pref.okayama.jp/soshiki/detail.html?lif_id=66940
広島県	広島県	H23.5	http://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/98/1234429454049.html
山口県	山口県	H24.3.29	http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a18200/kyouryou/kyouryou.html
徳島県	徳島県	H24.8	http://www.pref.tokushima.jp/docs/2012083100018/
香川県	香川県	H25.1	http://www.pref.kagawa.jp/douro/home/tyoujyumyouka/tyoujyumyouka.html
愛媛県	愛媛県	H24.9	http://www.pref.ehime.jp/h40900/documents/h24tyoujumyoukakouhyouyou_1.pdf
高知県	高知県	H24.8	http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/170701/tyouzyumyukakeikaku.html
福岡県	福岡県	H25.3	http://www.pref.fukuoka.lg.jp/d12/chojumyoka.html
佐賀県	佐賀県	H25.3	http://www.pref.saga.lg.jp/web/kurashi/_1261/kk-douroseibi/_29466.html
長崎県	長崎県	H22.3	http://www.doboku.pref.nagasaki.jp/~douro/choujyumyouka/index.html
熊本県	熊本県	H23.7	http://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/94/kyouryoutyoujyumyouka.html
大分県	大分県	H22.6	http://www.pref.oita.jp/soshiki/17100/kyoryo-tyoju.html
宮崎県	宮崎県	H22.10	http://www.pref.miyazaki.lg.jp/contents/org/doboku/hozen/asset/page00070.html
鹿児島県	鹿児島県	H21.6	http://www.pref.kagoshima.jp/ah06/infra/kotu/izikanri/documents/101027.pdf
沖縄県	沖縄県	H23.3	http://www.pref.okinawa.jp/site/doboku/dorokan/hoshu/kyouryoukeikaku.html

1) 国土交通省ホームページ：http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo8_1.pdf

2.5 長寿命化修繕計画策定の仮定条件に関して

2.5.1 仮定条件の種類

前述の様に，長寿命化修繕計画策定を実施するためには，いくつかの条件を設定しておく必要があるが，大きくは，以下の二つに大別される。

①LCC（ライフサイクルコスト）を算出するための設定条件

②事業計画を行うために必要な設定条件

いずれも，精度の差はあれ，何らかの設定をしておく必要がある。各仮定条件の主要な種類と内容は，以下に示す。なお，各設定条件の詳細については，2.4 を参照されたい。

表 2.5.1 LCC を算出するための設定条件

番号	設定項目	内　　容
1	劣化機構	橋梁ごと，部材ごとに劣化機構を設定。 （例：上部工主部材はコンリート中性化，伸縮装置は経年劣化）
2	劣化曲線	劣化の状況と経過年数を関連付けた曲線を設定。 （例：直線，2 次曲線，マルコフ等）
3	対策工法	部材や劣化原因，劣化状態に応じた補修対策工法を設定。 対策後の回復率も設定。
4	対策時期	劣化状態のどの時点で対策を行うか設定。（シナリオ考慮）
5	補修費用	対策工法毎の補修工事費の単価を設定。
6	更新サイクル	架け替えまでの年数。シナリオ毎に設定。
7	更新費用	架け替えに要する費用を設定。
8	健全度	部材ごとに損傷度と健全度の関係づけを実施。
9	管理レベル	シナリオ毎に補修を行う部材健全度のレベルを設定。
10	計算期間	LCC を計算する期間を設定。

表 2.5.2 事業計画を行うために必要な設定条件

番号	設定項目	内　　容
11	重要度設定	橋梁の交差物件や緊急輸送路の有無，大型車交通量などによって橋梁の重要度を設定。
12	採用シナリオ	予算制約シミュレーションを行うために採用するシナリオを設定。 （例：「架け替え型」，「対症療法型」，「予防保全型」等）
13	計算期間	事業計画をシミュレーションする期間を設定。
14	年次予算	計算期間中の年度ごとの予算を設定。
15	重み設定	交差状況や大型車交通量などを指標に，橋梁の重要度の重み付けを実施。

2.5.2 仮定条件の現状と課題

仮定条件の違いによって，長寿命化修繕計画は，大きく影響を受けることになる。しかしながら，現状では，長寿命化修繕計画策定自体が道路管理者の判断に任されており，オーソライズされているわけではない。このため，長寿命化修繕計画策定における仮定条件は，各道路管理者がアドバイザーの意見を聞きながら独自に設定している。多くの場合は，建設コンサルタントが道路管理者から計画策定業務を受注して，計画策定しているものと想像される。受注したコンサルタントは，時間の制限を受けながら，数々のシミュレーションを行って，その妥当性を検証している状況にあり，非常に手間のかかる作業を強いられていることと想像される。

長寿命化修繕計画策定業務においての仮定条件の現状と課題を取りまとめることにより，業務を取り組むうえでの糸口になれば幸いである。

内容は，本分科会橋梁ＷＧメンバーによるディスカッションやアンケート結果及び過年度の報告書なども参考に取りまとめたものである。以下に長寿命化修繕計画に大きく影響のあると思われる仮定条件の現状と課題について述べる。

(1) 劣化機構

劣化機構は，コンクリート部材では，中性化や塩害による損傷，鋼部材では，腐食や亀裂などごく一般的に発生するであろう劣化機構を取り扱っている。このため，アルカリ骨材反応などの少数の橋梁に発生していると思わる劣化機構について，考慮されていない場合が多く，橋梁個別の妥当性として見た場合，精度がそれほど高いとは言い難いものとなっている。

(2) 劣化曲線

劣化曲線は，点検結果を積み重ねながら導き出されるべきものと考えられるが，現状では，過去の点検結果が無いあるいは少ない状況にあり，第１回目の点検結果のみを用いて設定されている場合が殆どである。このため，実際の構造物の劣化の進行具合と仮定との間に食い違いが発生しているものと想定される。このため，劣化曲線を如何に精度よく設定できるかが妥当性を確保するための鍵となっている。現状は，架設年次と第１回の点検結果を２次曲線で結んだり，マルコフ過程を用いた想定を行っているなど様々な設定が行われているが未だ，検討段階にあると言える。今後は，数多くのデータを積み重ねて精度の良い劣化曲線を設定していく必要がある。一方，中性化や塩害などについては，劣化の予測式が提案されており，これらを使用することが可能である。また，対策実施後の損傷度の戻り率などについても仮定しておく必要があるが，特に決まりがなく，その判断は，難しく結果への影響も大きい。

(3) 対策工法・対策時期

多くの場合，設定したシナリオ毎に対策工法と対策時期（管理基準健全度）が設定して LCC を算出していると思われる。対策工法そのものは，一般的な工法で設定することは，可能であるが，その実施時期とシナリオとの関係を明確にすることは，非常に難しく，結果への影響も大きく，仮定条件の違いによって，思ったような結果が得られない場合も多々ある。

(4) 更新サイクル

更新サイクルは，いわば，何も対策を行わなかった場合の耐用年数と言えるが，こ

の設定も根拠がなく難しい。また，結果への影響も，非常に大きい。従来は，耐用年数を 50 年程度，新しい道路橋示方書では，100 年を目標としているが，これまで架け替えられてきた橋梁のほとんどは，機能的な理由（幅員不足，河川改修等）によるものが多く，妥当なところを見つけ出すのは，困難な状況にある。

(5) 管理基準値（健全度）とシナリオの関係

多くの場合，シナリオ毎に管理基準値を設定し，現状の健全度をスタートとして，劣化曲線により経過年数後の健全度を推定しているが,これらも基礎データが少なく，設定が困難であるが，結果への影響は，大きい。

(6) 計算期間

計算期間は，実際に長寿命化修繕計画を行う期間であるが，多くは，30～50 年で計画を立案されているケースが多いようである。計算期間は，LCC に直結する事から，橋梁の更新時期が計算期間の前後になると LCC に非常に影響を及ぼす。すなわち，計算期間の前に更新時期が来るのか計算期間の後なのかによりかなりの影響がある。これは,計算期間が少ない場合に顕著に表れるものと想定される。(計算期間が短い場合，更新費用が発生する場合，トータルコストに占める更新費用の額が多いためである。)

以上，主な仮定条件について述べてきたが，現在のところ，ほとんどの仮定条件は，特に決まりが無く，点検結果や補修工事等の実績を積み重ねながら修繕計画の見直しを行って，精度を上げていく段階にあると言える。

2.6 長寿命化修繕計画の実施事例（アンケート）

2.6.1 アンケート概要

(1) 概要

長寿命化修繕計画策定状況は，地方公共団体において平成 25 年 4 月現在橋梁ベースで 87%策定済みとなったが，策定するには様々な条件設定が必要となり，その仮定した条件設定が一般的な手法として確立されていないのが現状である。仮定条件の種類や傾向を抽出し，現状の課題や問題点を洗い出すことを目的として実施した。

(2) アンケート内容

アンケートは回答者の負担を軽減するために選択形式を基本として,選択項目以外にも書き込みが可能なものとした。

アンケートは建設コンサルタンツ協会近畿支部の維持管理研究委員会道路分科会メンバーへ依頼し，13 社から 19 自治体の事例を収集できた。

2.6.2 基本分類による分析

アンケート結果を質問項目ごとに集計し，その分布をグラフ化した。

(1) 一般事項

a) 対象橋梁，総径間数

対象橋梁合計：5822 橋

架設年次不明橋梁数：1177 橋（約 20%）

総径間数合計：20830

b) 対象橋梁の内訳，修繕計画に使用したシステム

対象橋梁の内訳はＲＣ橋が 39%，ＰＣ橋が 36%，鋼橋が 25%となった。修繕計画に使用したシステムは長寿郎（JTS）とその他のシステム（自社開発など）でほぼ二分された結果となった。

図 2.6.1 橋梁内訳

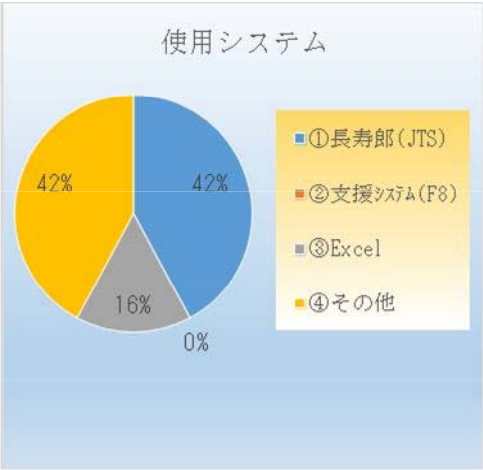


図 2.6.2 使用システム

c) 適用した橋梁点検要領，即対策が必要な橋梁

適用した点検要領は国総研の基礎データ収集要領（案）が 47%を占める結果となった。点検を実施した橋梁で即対策が必要となる橋梁があったのは 16%であった。

図 2.6.3　点検要領

図 2.6.4　即対策の有無

d) 健全度評価方法，ライフサイクルコストの算出単位

健全度評価は５段階評価で数値化するという結果が 74%となった。ライフサイクルコストの算出単位は部材単位という結果が５割を占めた。

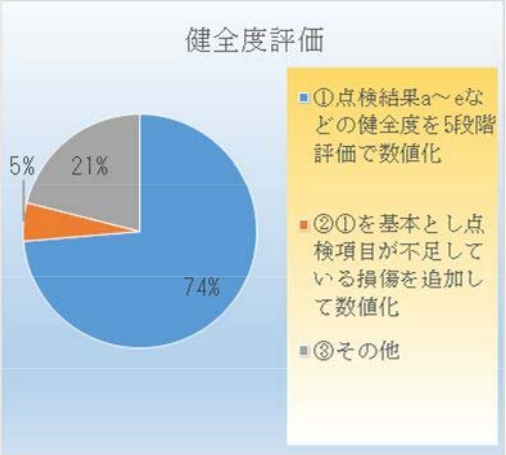


図 2.6.5　健全度評価

図 2.6.6　LCC 算出単位

e) 採用したシナリオ，ライフサイクルコスト計算期間

採用シナリオは予防保全型が 54%となった。ライフサイクルコストを計算する期間は 50 年が 6 割となった。

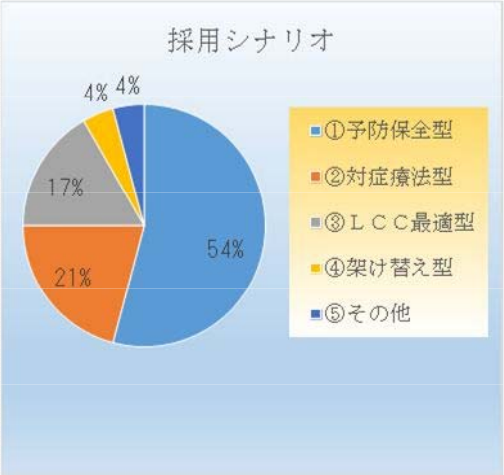


図 2.6.7 採用シナリオ

図 2.6.8 LCC 算出期間

f) ライフサイクルコスト算定時の対象部材（複数回答）

ほぼすべての部材を対象としている結果となった。

図 2.6.9 LCC 対象部材

(2) ライフサイクルコストを算出するための設定項目

a) コンクリートの劣化機構（複数回答），鋼材の劣化機構（複数回答）

想定したコンクリートの劣化機構は中性化，経年劣化，床版疲労の順となった。鋼材の劣化機構は塗膜劣化と腐食の合計が７割となった.

図 2.6.10　想定ｺﾝｸﾘｰﾄ劣化

図 2.6.11　想定鋼材劣化

b) 劣化曲線の設定（複数回答），劣化曲線の設定単位（複数回答）

劣化曲線の設定は劣化予測式(中性化，塩害等)が 42%，統計分析が 29%となった。劣化曲線は５割以上が部材毎に設定した結果となった。

図 2.6.12　劣化曲線

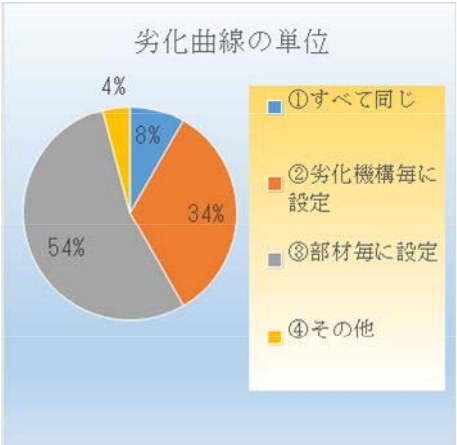


図 2.6.13　劣化曲線の単位

c) コンクリートの対策工法（複数回答），対策工法の設定単位

想定したコンクリートの対策工法はシナリオ毎に設定するが 64%となった。対策工法は部材毎に設定するが 58%となった。

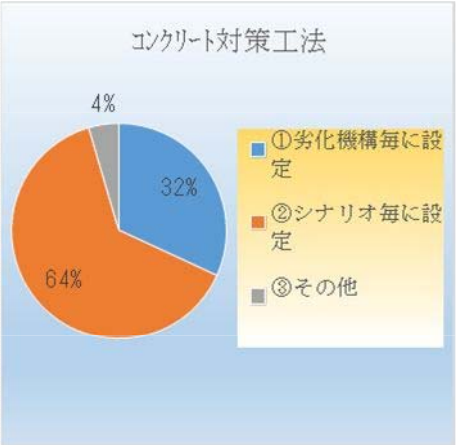


図 2.6.14 コンクリート対策工法

図 2.6.15 コンクリート対策工法単位

d) 対策工法の工法設定方法（複数回答），鋼製部材の対策工法（複数回答）

コンクリートの対策工法設定は断面修復，ひび割れ注入の順となった。その他の工法として，表面保護や電気防食，鋼板接着工・外ケーブル工などであった。鋼材の対策工法設定は塗装塗替え，当て板補強，重防食塗装の順となった。

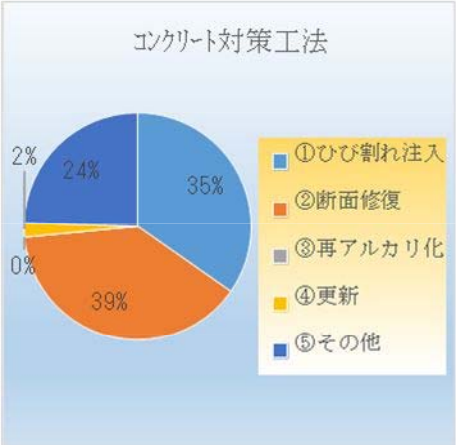


図 2.6.16 コンクリート工法設定

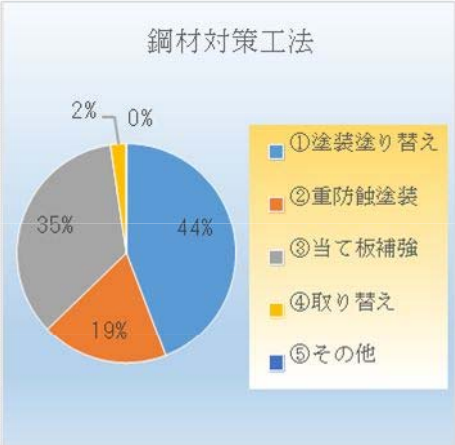


図 2.6.17 鋼材対策工法

e) 対策工法毎の耐用年数（複数回答），管理レベルの設定方法

その他が 37%を占めているが，対策前の劣化予測式や鋼橋のライフサイクルコストなどであった。管理レベルの設定単位としては部材毎と橋梁毎で 9 割以上となった。

図 2.6.18　対策耐用年数

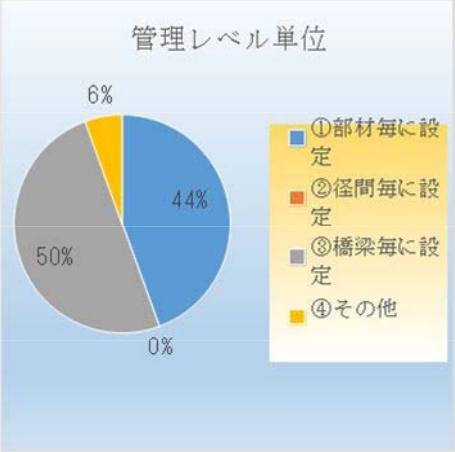


図 2.6.19　管理レベル単位

f) 対策工実施後の回復率，補修費用の単価設定

対策工実施後の回復率は 100%回復と対策工毎に設定がともに 42%となった。補修費用の単位は建設物価等からの積み上げが 53%となった。

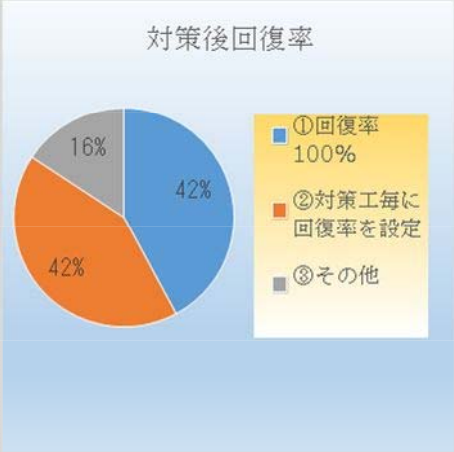


図 2.6.20　対策後回復率

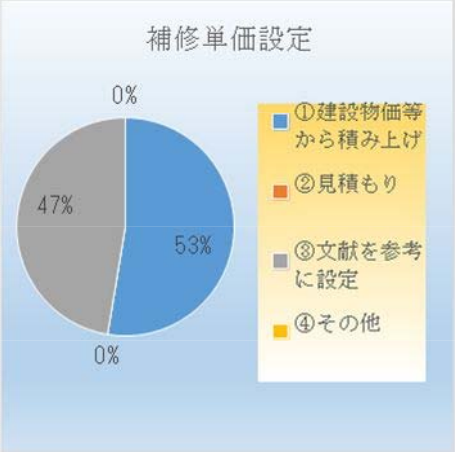


図 2.6.21　補修単価設定

a) 単価設定③を選択した際の参考文献，架け替えまでの耐用年数設定

単価設定の参考文献としては，橋建協の鋼橋のライフサイクルコストが３割となった。架け替えまでの耐用年数の設定は一定が 53%となった.

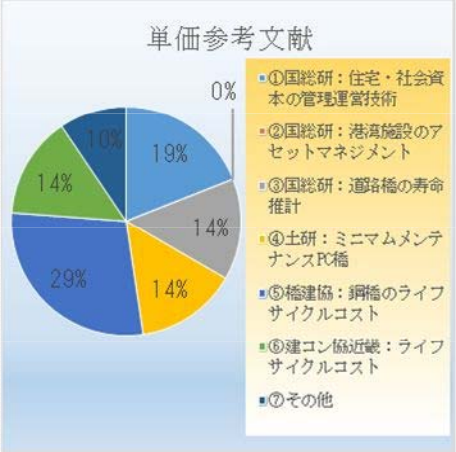


図 2.6.22　単価参考文献

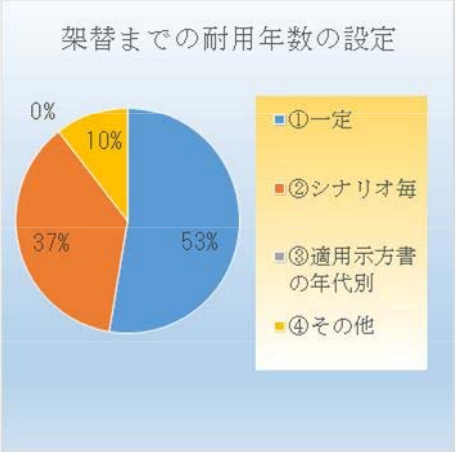


図 2.6.23　架替までの耐用年数の設定

b) 架け替えまでの耐用年数，架け替え費用算定工種

架け替えまでの耐用年数は建設後 100 年が 39%，その他が 44%となった。架け替え費用としては，上部工が 26%，下部工が 20%となった。

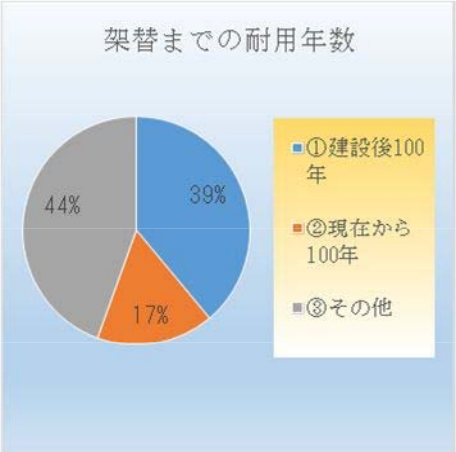


図 2.6.24　架替までの耐用年数

図 2.6.25　架替費用工種

(3) 修繕計画策定

a) 優先順位の設定（複数回答）

優先順位の影響度が高いものとして損傷度ランクが 39%，交差条件が 23%の順となった。

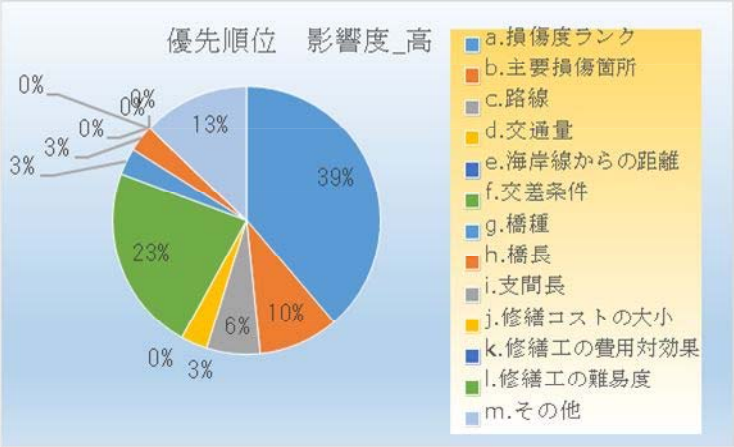


図 2.6.26　影響度 高

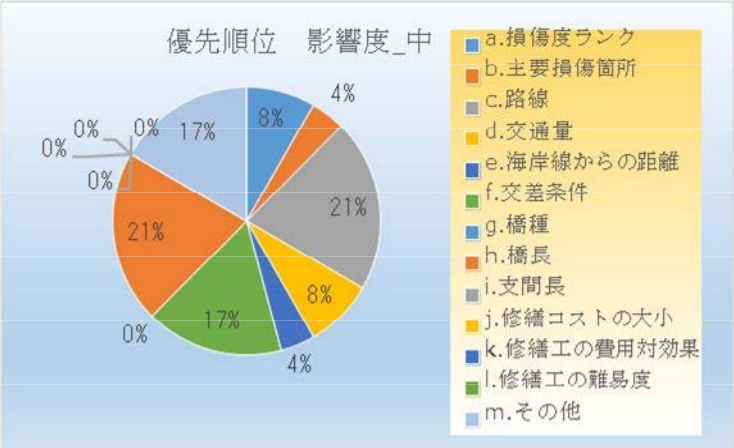


図 2.6.27　影響度 中

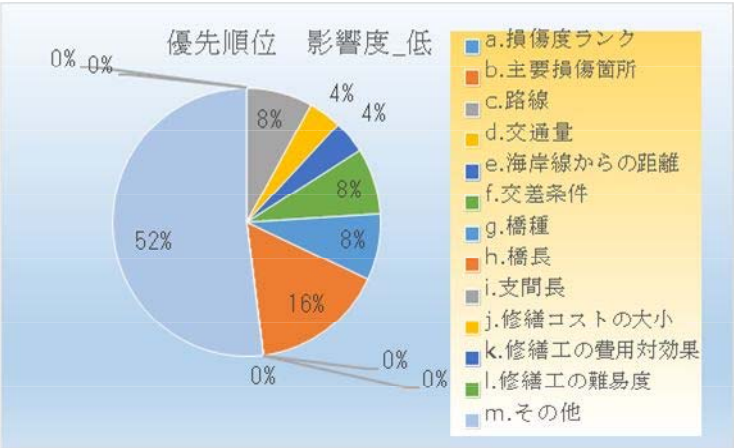


図 2.6.28　影響度 低

b) 修繕コストの設定（複数回答），検討期間

修繕コストの年間予算の設定方法は管理者の年間予算実績が 47%となった。修繕計画策定時の検討期間は 50 年が 46%と一番多い結果となった。

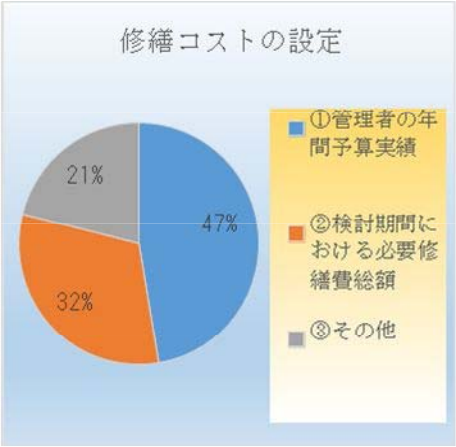


図 2.6.29 コストの設定

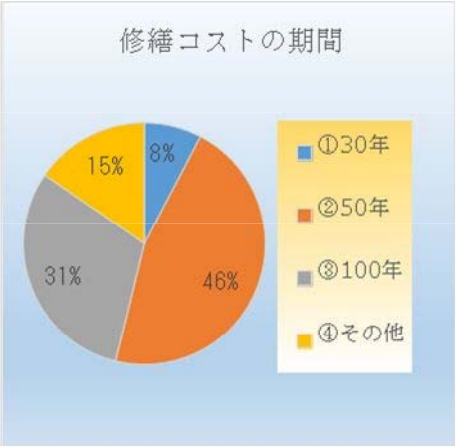


図 2.6.30 検討期間

2.6.3 応用分類による分析

ここでは，アンケート結果の対症療法型と予防保全型のライフサイクルコスト（橋面積単位と橋梁単位）を使って，適用した橋梁点検要領別にグラフ化した。

(1) 修繕コスト

a) 検討期間での橋面積単位 LCC

修繕計画検討期間での橋面積（橋長×全幅）あたりのライフサイクルコストをグラフ化した。

対症療法型は 500 千円/m2 付近が多い結果となった。予防保全型は対症療法型よりバラツキが大きいが 100 千円/m2 付近が多い結果となった。

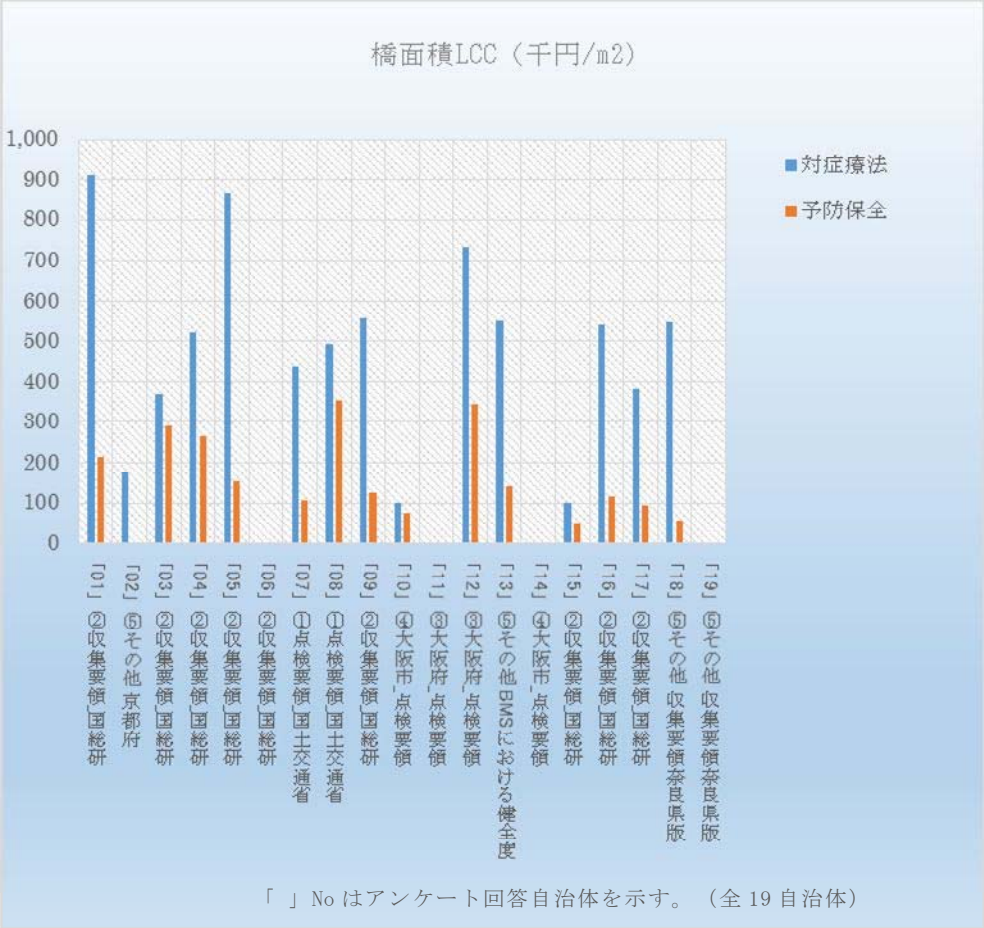


図 2.6.31　橋面積単位の LCC

b) 橋面積の LCC（検討期間別）

修繕計画検討期間別（100 年と 50 年）での橋面積あたりのライフサイクルコストをグラフ化した。

検討期間 100 年では母数が少ないためバラツキが大きく，検討期間 50 年はバラツキが小さい結果となっている。

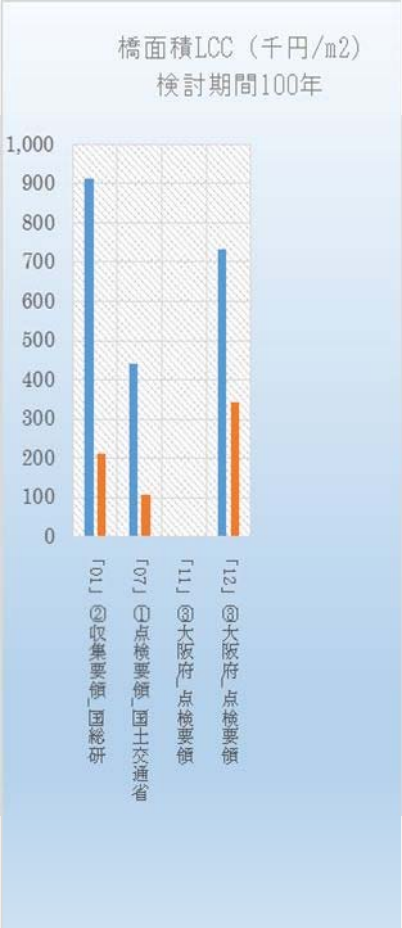


図 2.6.32 検討期間 100 年

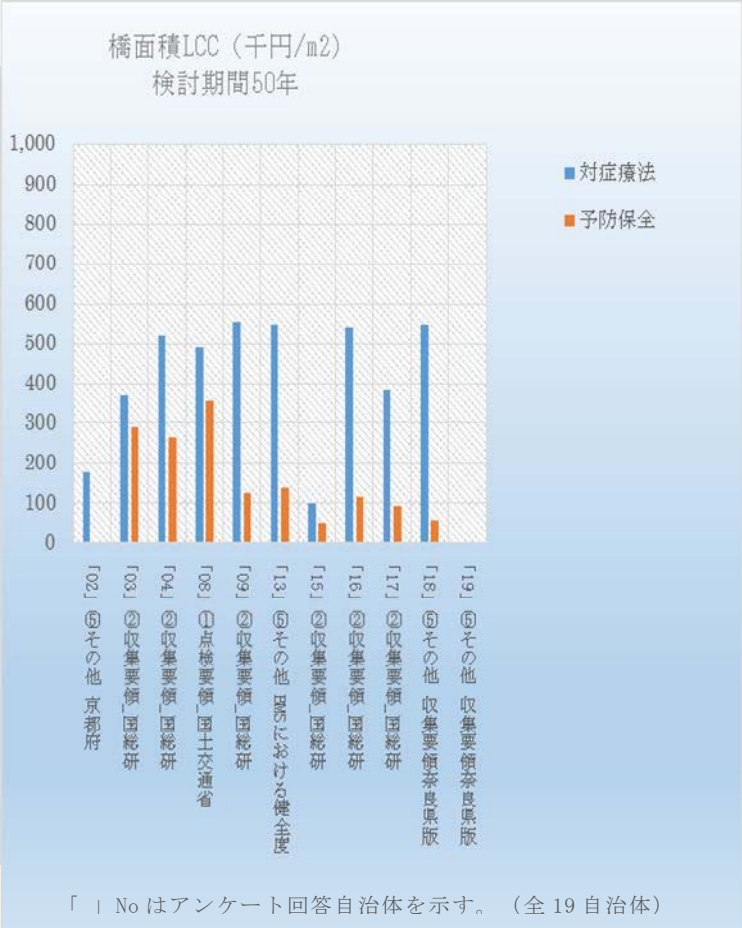


図 2.6.33 検討期間 50 年

c) 検討期間での橋梁単位 LCC

修繕計画検討期間での橋梁単位でのライフサイクルコストをグラフ化した。

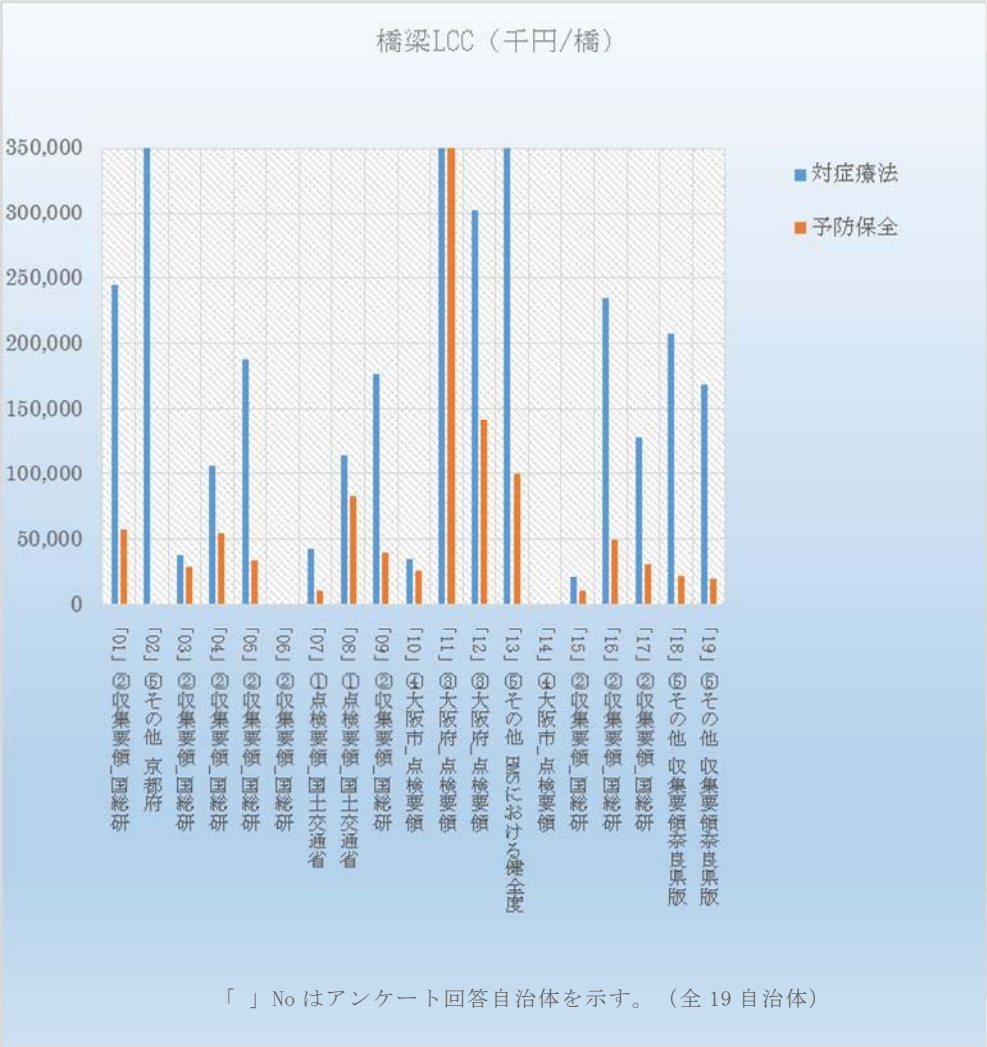


図 2.6.34 橋面積単位の LCC

d) 橋梁単位の LCC（検討期間別）

修繕計画検討期間別（100 年と 50 年）での橋梁単位でのライフサイクルコストをグラフ化した。

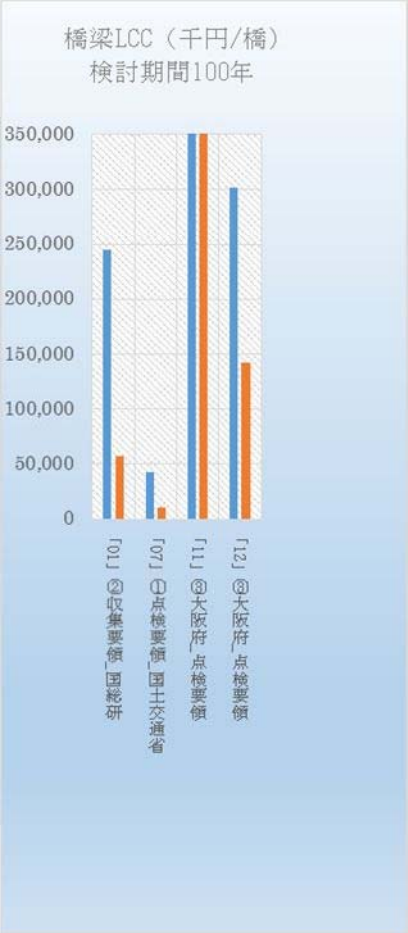


図 2.6.35 検討期間 100 年

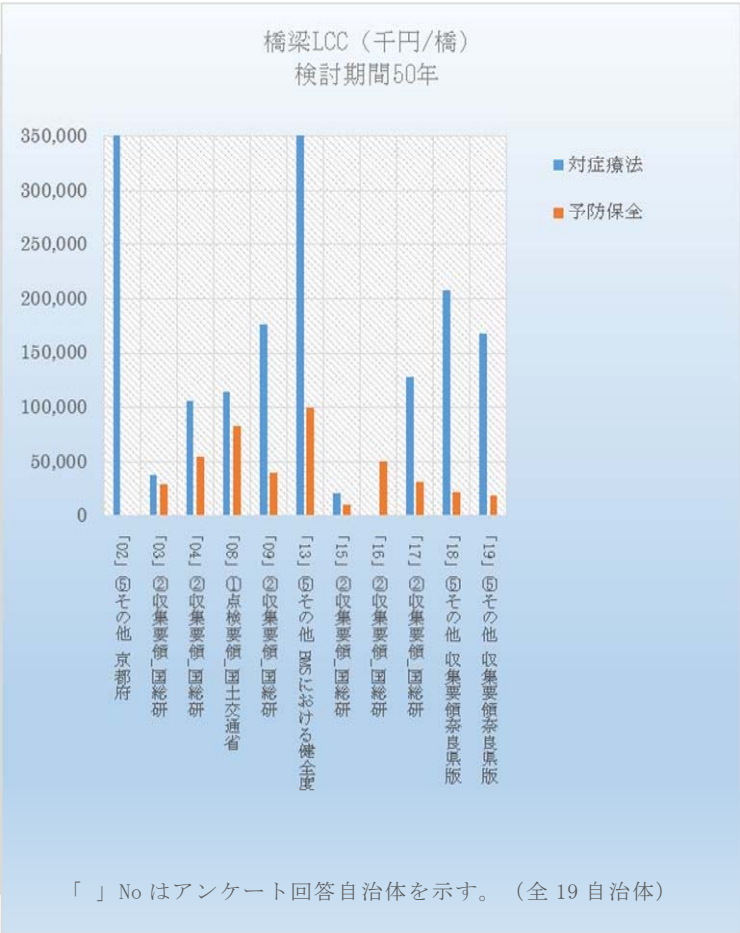


図 2.6.36 検討期間 50 年

資料　アンケート内容

長寿命化修繕計画策定アンケート　－1－

2013/09/30 版

1. 一般事項

注）記入方法：該当箇所に○印を記入（その他および、数量に関する設問は具体的に記入）

(1) 対象橋梁数は何橋でしたでしょうか

（　　）

(2) そのうち架設年次の不明な橋梁はいくつありましたでしょうか

（　　）

(3) 総径間数を教えて下さい

（　　）

(4) 対象橋梁の内訳数量を教えて下さい

	2m 未満	2m 以上 15m 未満	15m 以上	備　考
鋼　橋				
PC 橋				
RC 橋				

(5) 修繕計画に使用したシステムは次のいずれでしょうか？

①長寿郎(JIP テクノサイエンス)

②橋梁長寿命化修繕計画策定支援システム(フォーラム 8)

③Excel

④その他（具体的に記入）

（　　）

(6) 健全度を判定するために適用した橋梁点検要領は次のいずれでしょうか？

①橋梁定期点検要領(案)H16.03 国土交通省

②道路橋に関する基礎データ収集要領(案)H19.05 国土交通省

④その他（具体的に記入）

（　　）

(7) 点検を実施した時に即対策が必要な橋梁はありましたでしょうか？

①あった

②なかった

長寿命化修繕計画策定アンケート －2－

2013/09/30 版

(8) 健全度評価についてお伺いします。

点検結果をどのように点数化(ランク付け)されましたでしょうか?

①点検結果 a～e などの健全度を 5 段階評価で数値化した

②上記を基本とし点検項目が不足している損傷を追加して数値化した

③その他（具体的に記入）

（　　）

(9) ライフサイクルコスト(以下 LCC)の算出単位は次のいずれで算出されましたでしょうか？

①部材単位　②径間単位　③橋梁単位　④その他（具体的に記人）

（　　）

(10) 採用したシナリオは次のいずれでしょうか？

①予防保全型　②対症療法型　③ＬＣＣ最適型　④使い捨て型　⑤その他（具体的に記入）

（　　）

(11)LCC を計算する期間は次のいずれでしょうか？

①100 年　⑤その他（具体的に記入）

（　　）

(12) LCC 算定の対象とした部材は次のいずれでしょうか？（複数回答）

①主桁　②横桁　③縦桁　④支承　⑤伸縮　⑥高欄　⑦下部工　⑧舗装

⑨その他（具体的に記入）

（　　）

長寿命化修繕計画策定アンケート －3－

2013/09/30 版

2. LCC(ライフサイクルコスト)を算出するための設定項目

(1) 想定したコンクリートの劣化機構は、どのようなものですか？（複数回答）

①中性化　②塩害　③ASR　③床版疲労　④経年劣化(寿命)　⑤その他（具体的に記入）

（　　）

(2) 想定した鋼材の劣化機構は、どのようなものですか？（複数回答）

①塗膜劣化　②腐食　③亀裂　③疲労　④経年劣化(寿命)　⑤その他（具体的に記入）

（　　）

(3) 劣化曲線は、どのように設定しましたか？（複数回答）

①寿命設定　②劣化予測式（中性化、塩害等）　③統計分析　④遷移確率（マルコフ）

⑤その他（具体的に記入）

（　　）

(4) 劣化曲線は、劣化機構毎、部材毎に設定しましたか？（複数回答）

①すべて同じ　②劣化機構毎に設定　③部材毎に設定　④その他（具体的に記入）

（　　）

(5) 想定したコンクリートの対策工法は、どのように設定しましたか？（その１）（複数回答）

①劣化機構毎に設定　②シナリオ毎に設定　③その他（具体的に記入）

（　　）

(6) 対策工法は、どのように設定しましたか？（その２）

①部材毎に設定　②径間毎に設定　③橋梁毎に設定　④その他（具体的に記入）

（　　）

(7) コンクリート部材の対策工法は、どのような工法を設定しましたか？（複数回答）

①ひび割れ注入　②断面修復　③再アルカリ化　④更新　④その他（具体的に記入）

（　　）

(8) 鋼製部材の対策工法は、どのような工法を設定しましたか？（複数回答）

①塗装塗り替え　②重防蝕塗装　③当て板補強　④取り替え　④その他

(具体的に記入)

（　　）

(9) 対策工法毎の耐用年数はどのように設定しましたか？（複数回答）

①国総研資料を参考とした　②建コン資料を参考とした　③メーカー資料　④その他

(その他の場合は、具体的に記入)

長寿命化修繕計画策定アンケート －4－

2013/09/30 版

（　　）

（10）管理レベルの設定は、どのように設定しましたか？

①部材毎に設定　②径間毎に設定　③橋梁毎に設定　④その他（具体的に記入）

（　　）

（11）対策工実施後の回復率は、どのように設定しましたか？

①回復率 100%　②対策工毎に回復率を設定　③　その他（具体的に記入）

（　　）

（12）補修費用の単価はどのように設定されましたか？

①建設物価等から積み上げ　②見積もり　③文献を参考に設定　④その他（　　）

（　　）

（14）上記で③を選択された場合、何の文献を参考とされましたか？

①国土交通省国土技術政策総合研究所：住宅・社会資本の管理運営技術の開発　2006.1

②国土交通省国土技術政策総合研究所：港湾施設のアセットマネジメントに関する研究 2006.9

③国土交通省国土技術政策総合研究所：道路橋の寿命推計に関する調査研究　2004.12

④国土交通省土木研究所：ミニマムメンテナンス PC 橋の開発に関する共同研究報告(Ⅰ)

⑤(社)日本橋梁建設協会：鋼橋のライフサイクルコスト

⑥(社)建設コンサルタンツ協会近畿支部ライフサイクルコスト研究委員会：ライフサイクルコストの計画・設計への反映方法　2004.8

⑦その他（　　）

（　　）

（15）架け替えまでの耐用年数はどのように設定されましたか？

①一定　②シナリオ毎　③適用示方書の年代別　④その他（　　）

（　　）

（16）上記耐用年数は何年に設定されましたか？

①建設後 100 年　②現在から 100 年　③その他（　　）

（　　）

（17）架け替え費用としてどの工種を考慮されましたか？

①上部工　②下部工　③仮設工　④旧橋撤去工　⑤仮橋工　⑥取付道路工　⑦その他（　　）

（　　）

2.7 仮定条件の違いによるLCCの算出

長寿命化修繕計画を策定するうえで，劣化曲線や対策工法の設定などの条件は，多種多様であり，現状では標準化されたものはない。また，長寿命化計画策定を行う上でのシステムについても，独自でシステムを開発し計画している自治体もあれば，市販ソフトにより計画を行っている自治体もあるのが現状である。ここでは，計画策定上の仮定条件の違いがLCCにどのように影響するかを把握するために市販ソフトを用いてシミュレーションを行うこととした。シミュレーションは実橋の点検結果をもとに行い，各ケースの仮定条件の違いによるLCC算出結果を一例として紹介する。

（1）基本条件

本検討における基本条件を以下に示す。

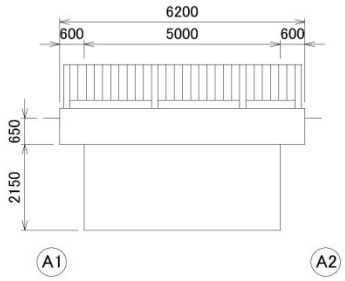
1) 橋梁諸元

表 2.7.1 橋梁諸元

供用開始日		1979年		活荷重・等級	-		適用示方書	S53道路橋示方書	
橋長		6.2 m		総径間数	1 径間				
上部構造形式		ＲＣ 中実床版		下部構造形式	逆T式橋台		基礎形式	直接基礎	
交通条件	調査年	0年			大型車混入率	0%			
	交通量	0台 （昼間12時間）			荷重制限				
幅員	全幅員	22.3 m	地覆幅	歩道幅	車道幅・車線	車道幅・車線	歩道幅	地覆幅	中央帯
	有効幅員	21.5 m	0.4 m	1.8 m	7.65m 1	7.65m 1	4.4 m	0.4 m	0 m
海岸からの距離		0.000 km	緊急輸送路の指定		-		優先確保ルートの指定		-
路下条件		河川:							

全体図

側面図



2) 点検結果

点検結果は**表 2.7.2** に示すとおりである。上部工は健全であるが，下部工にはひびわれが見られ，損傷のランクは「c」である。

表 2.7.2 点検結果

橋梁管理番号	橋梁名	調査年	上部工構造形式
[redacted]	[redacted]	2012年	ＲＣ　中実床版
調査結果	径間番号 1		

損傷の項目等		鋼部材の損傷				コンクリート部材の損傷						その他			備考
		①腐食	②亀裂	③ボルトの脱落	④破断	⑤ひびわれ・漏水・遊離石灰	(番号)	⑥鉄筋露出	⑦抜け落ち	⑧床版ひびわれ	⑨PC定着部の異常	⑩路面の凹凸	⑪支承の機能障害	⑫下部工の変状	
主桁	01					a	-	無			無				
下部工	01					c	-	無			無			無	ひびわれ
	02					c	-	無			無			無	ひびわれ
支承	101												無		
	201												無		
路面												有			ひびわれ、路面の凹凸
その他	地覆(右側) 錆														

3) 長寿命化計画年数

100 年

4) その他の条件については，ソフトのデフォルト値を基本的に採用する。なお，劣化曲線については，示方書別，架橋環境別に以下の既往文献を参考に劣化曲線を設定している。本シミュレーションにおいての劣化曲線は「中性化」を採用している。また，付属物（支承，伸縮装置など）については，設定された更新時期に取替えるものとする。

1) 土木学会：コンクリート標準示方書［維持管理編］2001 年版，2007 年版(社)
2) 土木学会：コンクリートライブラリー116 コンクリート標準示方書［維持管理編］に基づくコンクリート構造物の維持管理事例集(案)
3) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：道路橋の計画的管理に関する調査研究（平成 21 年 3 月）
4) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：コンクリート橋の塩害対策資料集（平成 14 年 11 月）

（２）仮定条件による LCC 算出

ここでは,仮定条件を変更した際の予防保全および対症療法の費用比較を行う。仮定条件は以下のとおりとする。

1）仮定条件１：劣化曲線の違いによる費用比較
既往文献により設定した劣化曲線および点検結果より回帰分析を行い設定した劣化曲線により費用比較を行う。

2）仮定条件２：管理レベルの違いによる費用比較
予防保全時の管理レベルは，デフォルトでは「C」としている。管理レベルを変更した際の費用比較を行う。なお，補修後の回復率は 100%としている。（補修を行うと健全な状態に戻る）

3）仮定条件３：付属物（支承，伸縮装置，高欄等）の更新有無による費用比較
補修対象部材は主桁・橋台などの主要部材と支承，伸縮装置，高欄等の付属物に大別される。ここでは,付属物の更新の有無による費用比較を行う。

１）仮定条件１（劣化曲線の違いによる費用比較）

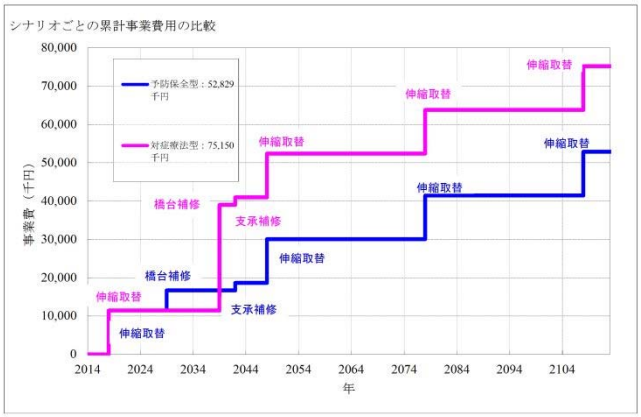
【検討ケース】

①劣化曲線（既往文献）　②劣化曲線（回帰分析）

【検討結果】

図 2.7.1 より，予防保全型の費用は，既往文献の劣化曲線を用いた場合と回帰曲線結果（既往業務の点検結果をもとに回帰分析を行い，劣化曲線を設定したもの）を用いた場合で，前者は 52,829 千円，後者は 58,719 千円となり，約 10%の差が生じる結果となった。このことから，本橋梁では回帰分析を行った方が既往文献から
設定した劣化曲線よりも劣化速度が速く,それに伴い補修時期が早くなり工費が高くなっていると考えられる。

①　劣化曲線（既往文献）



②劣化曲線（回帰分析）

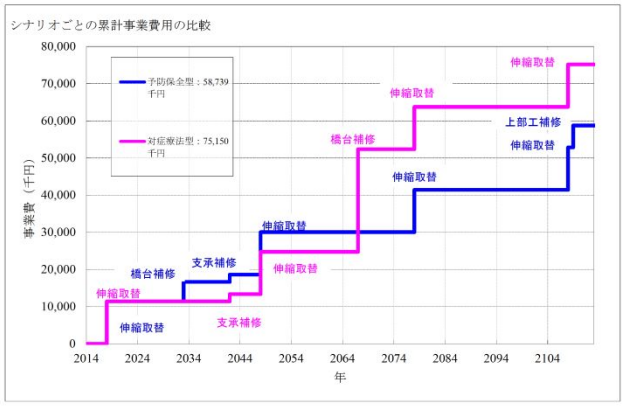


図 2.7.1　劣化曲線による LCC の一例

2）仮定条件２（管理レベルの違いによる費用比較）

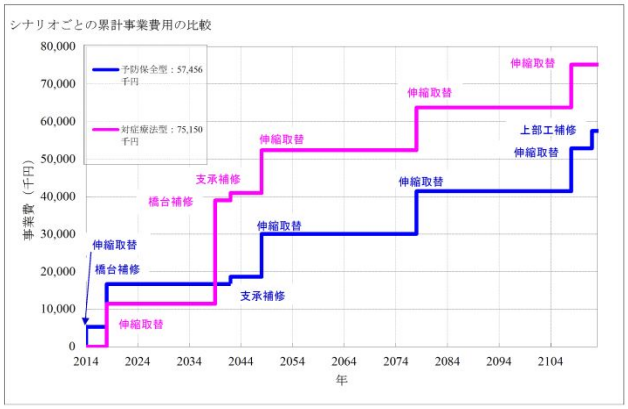
【検討ケース】

①管理レベルＣ　②管理レベルＢ　③管理レベルＤ

【検討結果】

図 2.7.2 に各検討ケースの予防保全および対症療法による検討結果を示す。予防保全および対症療法型の費用は表 2.7.3 に示すとおりである。表より，管理レベルＣの予防保全の費用に対して，管理レベルＢの方が 8%安価となり，管理レベルＤでは 17%増加する。このことから，当該橋梁においての LCC は，管理レベルＢが最適となると考えられる。

①管理レベルＣ



②管理レベルＢ

③管理レベルＤ

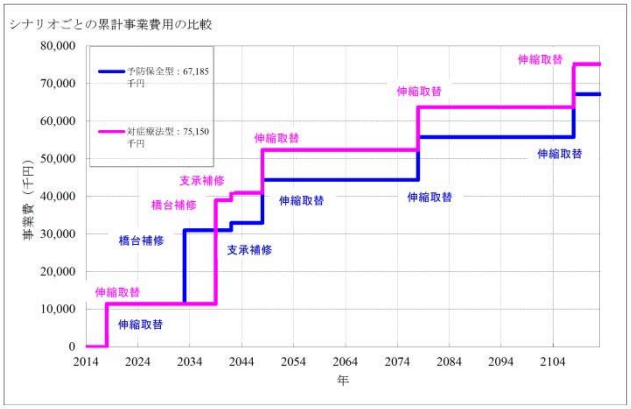


図 2.7.2　管理レベルによる LCC の一例

表 2.7.3　管理レベルによる LCC 費用比較

（千円）

	予防保全による費用		対症療法による費用	
	費用	割合	費用	割合
①管理レベルＣ	57,456	1.00	75,150	1.00
②管理レベルＢ	52,829	0.92	75,150	1.00
③管理レベルＤ	67,185	1.17	75,150	1.00

3）仮定条件３（付属物（支承，伸縮装置，高欄等）の更新有無による費用比較）

【検討ケース】

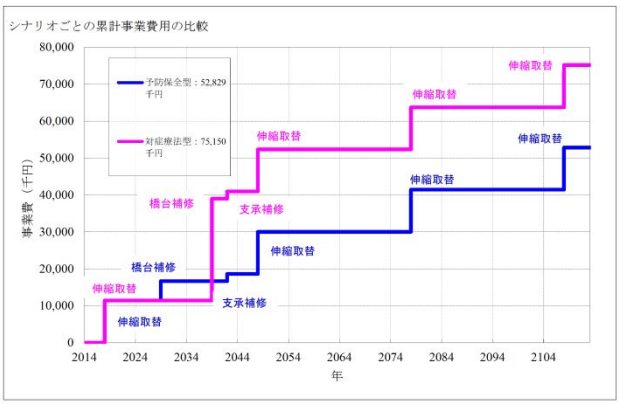
①更新有り　　②更新無し

【検討結果】

図 2.7.5 に各検討ケースの予防保全および対症療法による検討結果を示す。予防保全および対症療法型の費用は表 2.7.4 に示すとおりである。

表に示すとおり，付属物の更新有無による費用は，予防保全型の場合においては，90%減少することから，付属物の更新費用は 90%を占めることが分かる。また，対症療法型の場合では 63%が附属物の費用を占めることが分かる。このことから，長寿命化計画上，付属物の更新に占める割合は非常に高く，特に本橋のような小規模橋梁では維持管理を行う上で，付属物の更新は LCC に大きな影響を及ぼすことが分かる。

① 更新有り



②更新無し

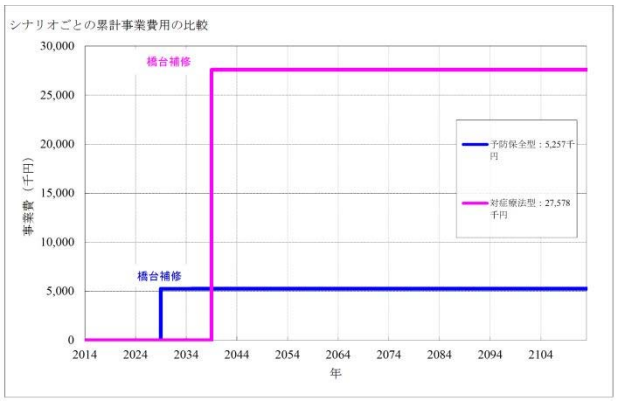


図 2.7.3　管理レベルによる LCC の一例

表 2.7.4　付属物の更新による LCC 費用比較

（千円）

	予防保全による費用		対症療法による費用	
	費用	割合	費用	割合
①更新有り	52,829	1.00	75,150	1.00
②更新無し	5,257	0.10	27,578	0.37

2.8 架け替え型の維持管理

橋梁は橋長や構造種別，架橋位置，環境・交通条件などにより，橋梁の特徴や劣化損傷の度合いも様々である。これらの橋梁を維持管理するには，LCC が最適となるように予防保全型の維持管理を行い，橋梁の長寿命化を図ることが重要であるは言うまでもない。

市町村が管理する多くの橋梁は,橋長が短い RC 床版橋やボックスカルバートなどの構造物が占める割合が高い。損傷としては，コンクリートのかぶり不足に起因する剥離・鉄筋露出などが多く見られ，特に上部工の桁下面に著しい損傷を受けている橋梁が散見される。このような損傷を受けている小規模橋梁の場合，ひびわれ注入工や断面修復工などの補修を行うために多額の費用が必要となる場合もあり，予防保全型の管理を行うよりも，上部工を架け替える方が LCC は安価となる場合もあると考えられる。

ここでは，予防保全型で維持管理を行った場合と付属物の更新を含む維持管理は行わず，寿命（更新時期）に達した時点で上部工を架替えた場合との費用比較を行った結果を一例として紹介する。**図 2.8.1** に RC 橋，**図 2.8.2** に PC 橋の LCC の検討結果を示す。図より，RC 橋の場合，上部工のみを架け替えた場合の方が，予防保全型よりも安価となる結果となり，PC 橋の場合，上部工のみを架け替えた場合の方が，予防保全型よりも高価となった。なお，シミュレーション結果は，様々な仮定条件により算出されたものであるため,条件が変われば PC 橋についても予防保全型よりも架け替えの方が安価になる可能性もある。

このことから，特に橋長の短い橋梁については，橋梁全体の安全性や寿命等を考慮したうえで，上部工を架け替えた方が，維持管理を行う上で有効な手法となる場合もある。今後，維持管理を行う際には，架け替え型の維持管理手法についても検討すること提案する。

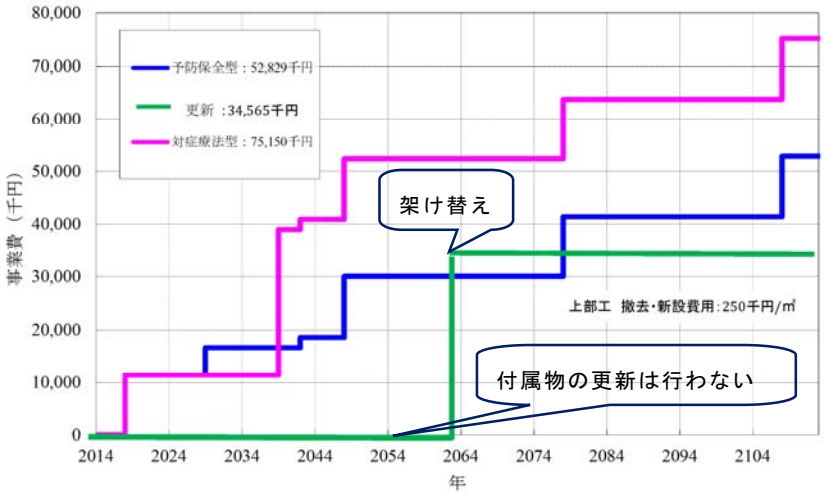


図 2.8.1 RC 橋の LCC 比較

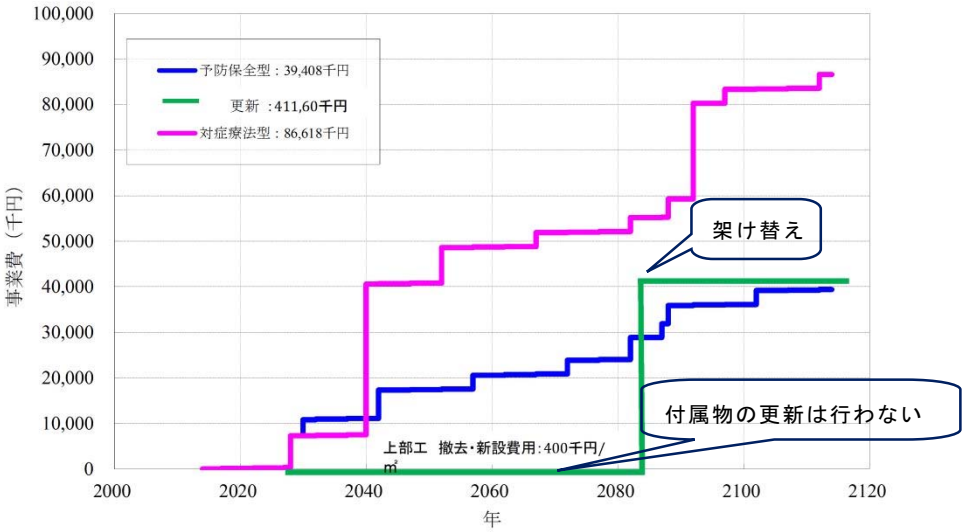


図 2.8.2 PC 橋の LCC 比較

2.9 まとめと今後の課題

2.9.1 長寿命修繕計画策定業務への活用

(1) アンケート結果

実施したアンケートにおいて，以下の傾向が確認出来た。

a) 検討期間での橋面積単位 LCC

修繕計画検討期間での橋面積（橋長×全幅）あたりのライフサイクルコストにおいて，対症療法型は 500 千円/m2 付近が多い結果となった。予防保全型は対症療法型よりバラツキが大きいが 100 千円/m2 付近が多い結果となった。(**図 2.6.31 橋面積単位の LCC** 参照)

b) 橋面積の LCC（検討期間別）

修繕計画検討期間別（100 年と 50 年）での橋面積あたりのライフサイクルコストにおいて，検討期間 100 年では母数が少ないためバラツキが大きいが，検討期間 50 年はバラツキが小さい結果(500 千円/m2 程度)となっている。(**図 2.6.32 100 年**, **図 2.6.33 50 年** 参照)

(2) ＜架け替え＞管理の考慮

従来の橋梁の維持管理は，①管理下限状況と劣化予測により健全な状態（使用できる状態）に保つ＜予防保全＞，もしくは②対症療法的に劣化箇所を補修する＜事後保全＞のいずれかであった。

検討の結果，規模の小さな橋梁であれば，補修・補強を行って使い続けるよりも，寿命を設定し，架け替える方が経済性で有利となる場合があることが判明した。さらに，補修・補強を行って使い続けるよりも新規構造物の優位さ（新たな性能（基準，規格）や新しいという安心感）が得られる。

よって，規模や管理の方法にもよるが，架け替え型の管理を行う可能性があることを念頭に置いた長寿命化修繕計画の策定を行うことも一手法として考えられる。（架替による社会的影響についての評価を考慮する必要がある）

2.9.2 今後の取り組み

(1) 要領の改訂による影響考慮

橋梁定期点検要領が平成 26 年 6 月に改定となった。省令により， 5 年に 1 回の橋梁点検や，近接目視による点検が求められることとなったため，橋梁の健全性についての精度は向上すると考えられる。

その一方，市町村向けの「道路橋定期点検要領」は橋梁全体としての健全度評価にとどまっているため，長寿命化修繕計画に直接取り込めない。そのため，長寿命修繕計画の策定においては，一旦，基礎データ収集要領(案)に代表されるような，部材の損傷評価を行う等，二重の作業が強いられる場合がある。よって，今後，長寿命化修繕計画の更新を踏まえた点検マニュアル（手引き）などの整備が必要と考える。

(2) 点検結果，修繕実績による計画のブラッシュアップ

5年に1回の橋梁点検結果により，以下の項目の精度向上が図れることとなる。

・損傷の劣化曲線の精度の向上。

・補修実績により，補修コストの精度の向上。

これらの項目を反映させ，長寿命化修繕計画をブラッシュアップしていく必要がある。

また，以下の項目は，ブラッシュアップも含め，今後取り組む必要のある項目として認識している。

・補修・補強時の部材の回復率

・補修・補強部材の再劣化の設定

2.9.3 おわりに（技術力の向上，継承への思い）

老朽化する社会インフラの増大および限られた維持管理費などの状況から，効率的な維持管理およびコスト削減が実施できる長寿命化修繕計画による維持管理は今後必須となる。また，維持管理の観点から，橋梁点検結果と長寿命化修繕計画における劣化曲線や個々の概算工費の設定などの条件についてブラッシュアップを行い，修繕計画をより現況に近いかたちで管理できるよう，維持管理の技術の向上を目指していくこととなる。

このように長寿命化の技術向上が必要とされる一方で，必然的に新規設計の必要性は低くなってしまい，近い将来，新規設計の技術が衰退する恐れがある。

橋梁設計のみならず，社会インフラを支える土木技術は，その比率が変化することはあっても，時代に合ったバランスで，新規設計，維持管理，それぞれの技術が，共存する社会が望ましいと考える。