

自治体の取り組み 公共土木施設長寿命化の 取り組みについて

北海道建設部建設管理局建設政策課

1. はじめに

北海道は、国土面積の22%を占める広大な面積を有し、平成18年度末現在で、869路線、11,627kmの道路や、1,543河川、12,281kmの河川などを管理しています。

これらの道路、河川などでこれまで整備してきた橋梁などの施設について、大切に、かつ有効に使い続けることにより、更新費用の平準化やライフサイクルコスト（建設費用や補修費用など、施設の耐用年数の期間内に投入する総費用）の縮減を図ることが必要となっていることから、道では、公共土木施設長寿命化の取り組みを進めています。

2. 背景

近年の公共投資の縮減や北海道の厳しい財政状況のもと、高度経済成長期に建設された橋梁などの公共土木施設が、今後本格的な更新時期を迎え、更新などに要する費用が大幅に増大することが見込まれており、将来の道財政に大きな負担となることが懸念されています。

特に、橋梁については、今後25年で全橋

梁数の5割に相当する約2,500橋が更新時期を迎え（図1）、その更新に伴う費用は、他の施設に比べて膨大となり、また、老朽化による通行規制や重量制限は、社会的に大きな影響を及ぼすことから、適切に対処していくことが必要となって

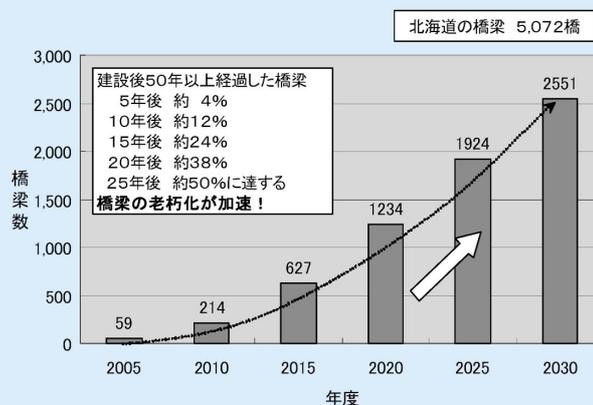


図1 建設後50年以上の橋梁の推移（平成16年度末現在）

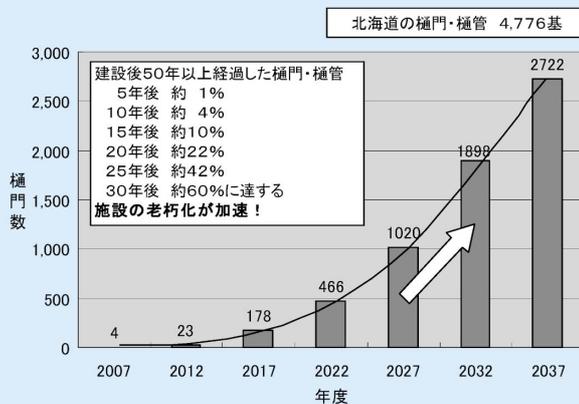


図2 建設後50年以上の樋門・樋管の推移（平成16年度末現在）

います。

また、河川管理施設である樋門・樋管についても、今後25年で全樋門数の4割に相当する約1,900基が更新時期を迎え（図2）、老朽化に伴う機能低下（操作不能など）などによる洪水被害の増大および築堤の破堤が懸念されることから、適切に対処していくことが必要となっています。

3. これまでの取り組み

橋梁をはじめとする公共土木施設について、長寿命化を進め、更新費用の平準化やライフサイクルコストの縮減などを図るため、アセットマネジメント（資産管理）の考え方を導入した総合的なマネジメントシステムの構築に関する調査・検討を行うことを目的として、平成16年3月に、有識

者で構成する公共土木施設長寿命化検討委員会（以下「委員会」という）を設置しました。また、平成19年11月には、社会情勢の変化や技術革新等に柔軟に対応するため、各施設ごとに部会を設置することとし、これまでに橋梁部会、樋門部会を設置、長寿命化に向けたマネジメントシステムの検討、検証を進めてきたところです。

(1) 橋 梁

橋梁については、委員会における平成16年6月から平成18年2月まで計5回の審議を経て、橋梁マネジメントシステム構築に向けた方針が示され、その報告書が平成18年3月30日に提出されました。その後、報告書に基づき橋梁マネジメントシステムの試行運用を行ってきています。

以下に、報告書の概要を示します。

表 1 橋梁のグルーピング

管理水準	グループ	内 容	維持管理区分
管理水準1種	①	・ 第三者被害を及ぼす可能性のある橋梁	A
管理水準2種	②	・ 緊急輸送路 ・ DID地区 ・ 橋長100m以上	A
管理水準3種	③	・ 主要道道 ・ 一般道道で交通量5,000台/12h以上 ・ 塩害影響地域	A
	④	・ ①～③以外で橋長15m以上	B
	⑤	・ ①～③以外で小規模橋梁（橋長15m未満） ・ ①以外で自転車道	C

表 2 管理水準の設定

管理水準	定 義	内 容
管理水準1種	劣化や損傷が第三者に対する影響を未然に防ぐことを目標として管理する水準	鉄道、歩車道、公園や駐車場などが橋梁下にあり、第三者に被害を及ぼす可能性のある橋梁の径間部をいう。
管理水準2種	劣化や損傷が橋の機能低下を招き、交通の安全および快適なサービスに支障をきたすことを未然に防ぐことを目標とする管理の水準	以下に該当する橋梁をいう。 1) 緊急輸送路ネットワークに架かる橋梁。 2) 国勢調査による人口密度が4,000人/km ² 以上の調査区域の集合体で合計人口が5,000人以上の地区（DID地区）にある橋梁。 3) 橋長100m以上の長大橋。
管理水準3種	劣化や損傷が橋の機能低下を著しく招き、交通の確保に支障をきたすことを未然に防ぐことを目標とした管理の水準	上記以外のすべての橋梁をいう。

「橋梁維持管理マニュアル（案）、平成16年4月」より

表 3 維持管理区分の設定

維持管理区分		内 容
A	予防維持管理（予防保全を基にした維持管理）	(1) 劣化が顕著化した後では、対策が困難なもの。 (2) 劣化が外へ現れては困るもの。 (3) 設計耐用期間が長いもの。
B	事後維持管理（事後保全を基にした維持管理）	(1) 劣化が外に現れてからでも対策が可能なもの。 (2) 劣化が外へ現れても機能に影響しないもの。
C	観察維持管理（目視観察を主体とした維持管理）	(1) 使用できるだけ使用すればよいもの。 (2) 第三者影響度に関する安全性を確保すればよいもの。
D	無点検維持管理（点検を行わない維持管理）	直接には点検を行うのが困難なもの。

「橋梁維持管理マニュアル（案），平成16年4月」より

① 基本方針

効率的・効果的なメリハリのある管理を実施するために、交通量や環境条件等を考慮したグルーピングを行い、各橋梁グループの重要度、特性に応じて管理目標を定める（表 1～3）。

② 健全度評価手法

部材の健全度設定および部材の補修時期・補修費用を算定する場合の評価単位は、図 3 で示す例のとおり、同一上部工形式の径間単位で部材ごとに集約する。

各部材の健全度（点検健全度）は、点検から得

られた損傷度判定区分に基づき、表 4 に示す対応付けにより5段階で定性的に評価する。

橋梁単位の健全度（橋梁健全度：BHI）は定量的な指標として、次式に示すように、各部材の点検健全度Rと部材間の重み係数を用いて加重平均法により計算する。

$$BHI = \sum_i D_i \cdot \alpha(R_i)$$

ここに、

BHI：部材の点検結果（損傷度）を考慮した橋梁健全度

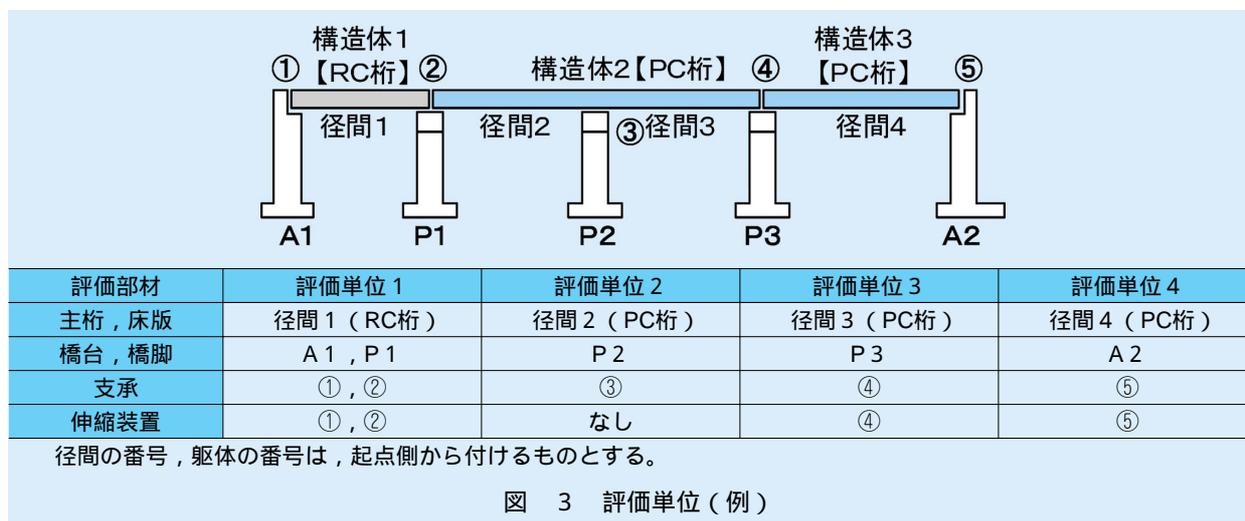


表 4 部材の健全度評価

損傷度判定区分	一般的状況	点検健全度R
I	損傷が著しく、交通安全確保の支障となる恐れがある。	1
II	損傷が大きく、詳細調査を実施し補修・補強の要否の検討を行う必要がある。	2
III	損傷が認められ、追跡調査を行う必要がある。	3
IV	損傷が認められ、その程度を記録する必要がある。	4
OK	点検の結果から、損傷は認められない。	5

損傷度判定区分は「橋梁維持管理マニュアル（案）」による

i : 部材番号

D_i : 部材 i に対する重み係数

$$D_1 + D_2 + \dots + D_n = 1.00$$

$\alpha(R_i)$: 部材 i の点検健全度 R_i に対する健全度係数

③ 劣化予測手法

対象部材を、その補修時期の決定方法の観点から次の2種類に分類した。

1) 将来の健全度(点検健全度)を予測し補修時期を決定する部材

・主桁

・床版

・橋台、橋脚 など

2) 交換時期を設定する部材

・支承

・伸縮装置

その上で、当面は劣化要因ごとに劣化予測を行わず、部材ごとにそれぞれの点検結果あるいは補修履歴を用いた統計的分析により、劣化予測モデルを作成した(表 5, 図 4)。

表 5 劣化進行の予測手法

	概要	特徴および課題
寿命設定	橋梁各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。	<ul style="list-style-type: none"> 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 寿命に至るまでの劣化進行速度の設定が課題
劣化予測式(理論式)	劣化メカニズムに応じた理論的予測式を使用(例:中性化の進行予測,塩化物イオン量の予測)。	<ul style="list-style-type: none"> 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 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
点検結果の統計分析	点検結果に対応する健全度(点検健全度)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(例:点検結果の回帰分析)。	<ul style="list-style-type: none"> 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 各橋梁の環境条件,交通条件等により、点検データを分類することで、予測精度の向上が可能 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。	<ul style="list-style-type: none"> 個別橋梁の部材ごとに補修時期,補修費用が算定できない 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 個別橋梁ではなく、橋梁群を対象とした(マクロな)投資計画が可能

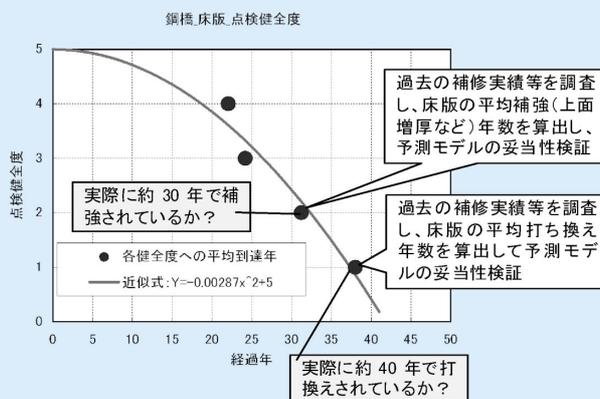


図 4 補修実績を用いた劣化予測モデルの検証イメージ

④ ライフサイクルコストの算定手法

ライフサイクルコスト（以下「LCC」という）の算定は、以下に示す考え方にに基づき実施する。

- ・LCCは、各部材の評価単位ごとに計算する。
- ・各部材に対する補修工法・補修工費は、点検健全度ランクごとに代表的な工法および標準的な単価を設定する。

- ・補修後の健全度は、すべて100%回復（健全度5に回復）するものとし、その後の劣化速度を補修工法の内容に応じて変化させるものとする。

⑤ 管理計画の策定手法

個別橋梁における最適な補修シナリオを選定する際は、予防保全も視野に入れた補修工法の選定

表 6 維持管理区分と補修補強方針（カッコ内の数字が区分間の優先順位）

点検健全度	グループ①②③	グループ④	グループ⑤
	維持管理区分A	維持管理区分B	維持管理区分C
5（良）	定期点検	定期点検	定期点検
4	定期点検	定期点検	定期点検
3	(6) ← 補修検討（予防保全）	(8) ← 補修検討（予防保全）	(9) 補修検討（予防保全）
2	(4) ← 補修検討（事後保全）	(5) 補修検討（事後保全）	(7) 補修検討（事後保全）
1（悪）	(1) 大規模補修・更新	(2) 大規模補修・更新	(3) 大規模補修・更新

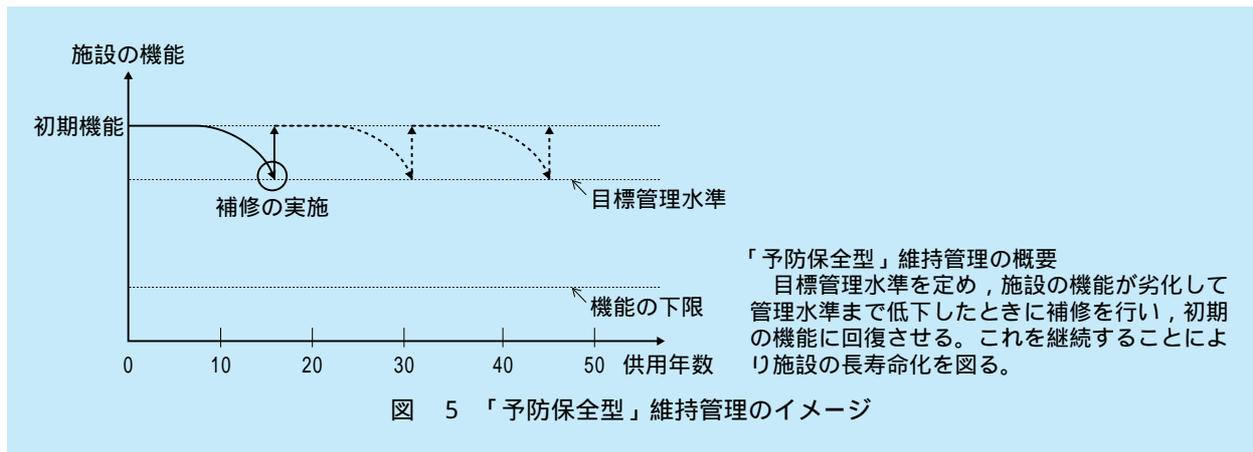
点検健全度に着目するが、施策的にグループ①～③の予防保全を優先する場合
表中、太線は管理目標を示す

表 7 土木現業所における支援内容

支援対象業務	業務内容	支援内容（出力内容）
現況把握 道民への広報	・土木現業所管内の橋梁現況を把握	・管内橋梁の現況を集計整理 > 管内の現況橋梁数 > 管内橋梁の損傷状況 > 管内橋梁の橋梁健全度（BHI）の現状
補修の優先順位付け	・個別橋梁の点検結果，補修履歴，複数のシナリオに対するLCC計算結果および費用便益等を参考に，優先的な補修対象を選定	・個別橋梁の補修優先順位リストを作成 ・個別橋梁のLCCを図化 ・個別橋梁の劣化過程を図化
予算要求書の作成	・土木現業所管内の橋梁群を対象に，マクロ的投資分析を実施	・複数のシナリオに対する必要予算を計算 ・土現単位で複数の投資パターン（予算制約条件）を考慮した場合の将来の健全度の推移およびBHIの推移を計算

表 8 道庁建設部における支援内容

支援対象業務	業務内容	支援内容（出力内容）
現況把握	・道内の橋梁現況を把握	・道内橋梁の現況を集計整理 > 道内現況橋梁数 > 道内橋梁の損傷状況 > 道内橋梁の橋梁健全度（BHI）の現状
土木現業所間の予算調整	・各土現の予算要求書，前年度実績，ヒアリング等を参考に調整	・道内橋梁を対象に，複数のシナリオに対する必要予算を計算
予算要求書の作成	・道内全橋梁を対象に，複数シナリオに対するLCC計算に基づく次年度必要予算の計算	・道単位で複数の投資パターン（予算制約条件）を考慮した場合の将来の健全度の推移およびBHIの推移を計算
予算配分	・道内の橋梁群を対象に，マクロ的投資分析を実施	
中長期維持管理計画の策定 道民，議会等への説明	・道内全橋梁を対象に，中長期的必要予算を計算 ・中長期的な道内全橋梁の健全度の推移を計算 ・情報の公開	・道内橋梁の現況を集計整理 ・将来の必要予算，健全度の計算



を行い、予算制約下においては、各部材に対して、表 6 に示すように各橋梁グループの維持管理区分ごとに設定した優先順位、点検健全度、補修補強方針に基づき優先順位付けを行い、同一区分においてはBHI（橋梁健全度）、BC（費用便益費）を考慮して優先順位付けするものとした。

⑥ 橋梁マネジメントシステム

表 7, 8 に、橋梁マネジメントシステムが支援する業務および支援内容を整理する。

(2) 樋門

樋門については、委員会および樋門部会における平成19年3月から平成20年3月まで計4回の審議を経て、樋門マネジメントシステム構築に向けた方針が示され、その報告書が平成20年7月29日に提出されました。その後、報告書に基づき樋門マネジメントシステムの試行運用を行ってまいります。

以下に、報告書の概要を示します。

① 基本方針

すべての樋門において、「予防保全型」の維持管理を目標とする。また、効果的・効率的な維持

管理区分	施設管理上の位置づけ
管理区分 1	重要水防箇所、水位周知河川、洪水予報河川のいずれかに位置し、かつDID地区内に位置している樋門
管理区分 2	重要水防箇所、水位周知河川、洪水予報河川、DID地区のいずれかに位置している樋門
管理区分 3	重要水防箇所、水位周知河川、洪水予報河川、DID地区のいずれにも位置していない樋門

管理を実施するため、管理区分を設定する（図 5, 表 9）。

② 健全度評価方法

「樋門および周辺河川状況の目視健全度点検調査要領（案）」による点検結果から、部材ごとに、表 10 に示す4ランクで健全度を評価する。

表 10 樋門補強マニュアル(案)における評価区分

判定区分	一般的状況
A	健全である
B	ほぼ健全であり、補修等によって回復が見込める
C	今後危険な状態に進行する可能性がある
D	危険な状態であり、根本的な対策が必要

③ 劣化予測手法

対象部材と損傷を表 11 のとおり設定し、目視健全度調査結果から対象部材と損傷ごとに劣化予測モデルを検討する。

検討に当たっては、点検結果を統計的に整理・分析することで劣化進行を想定することとした（表 5, 図 6）。

④ 維持管理計画策定手法

ライフサイクルコストの計算は、以下に示す基本的な考え方にに基づき実施する。

- ・ LCCは、各樋門の各損傷ごとに補修時期および補修費を算出し、算出された補修費を積み上げることで北海道が管理する樋門全体の事業費を求めらる。
- ・ 補修時期は、各損傷の劣化予測式で想定する。
- ・ 補修費は、各部材における健全度ごとの補修工法および補修数量の設定方法を整理し、単

部材名	損傷（目視健全度調査の項目）
本体（函体・胸壁）	函体のひび割れ
	コンクリート劣化状況
	函体内継手開口
	胸壁～翼壁接続部開口
呑口翼壁又は呑口枳	コンクリート劣化状況
吐口翼壁	コンクリート劣化状況
	翼壁接続部開口
門柱・操作台	コンクリート劣化状況
門扉	扉体塗装劣化・腐食状況
	戸当たり塗装劣化・腐食状況
巻き上げ機	巻き上げ機塗装劣化・腐食状況
管理橋	管理橋塗装劣化・腐食状況
防護柵	防護柵塗装劣化・腐食状況

位当たりの補修費単価を設定することにより求める。

- ・劣化部材へ補修工法を適用した場合、その寿

命は既設よりも健全性が高まる傾向にあるので、補修工法適用後は健全度Aに回復するものとする。また、補修工法適用後の劣化については、知見が少ないため部材ごとの劣化式に従うものとする。

予算制約等により、すべての樋門に対して「予防保全型」による維持管理を実施するのが困難な場合には、樋門の管理区分に応じた維持管理方法を定め（表 13）、発生する補修費の分散化と表 12で示した優先順位設定方法を併せて検討する。

⑤ 樋門マネジメントシステム

点検結果の把握や劣化予測、ライフサイクルコストの検討等を効率的に行うため作成した樋門マネジメントシステムの支援内容を表 14に示す。

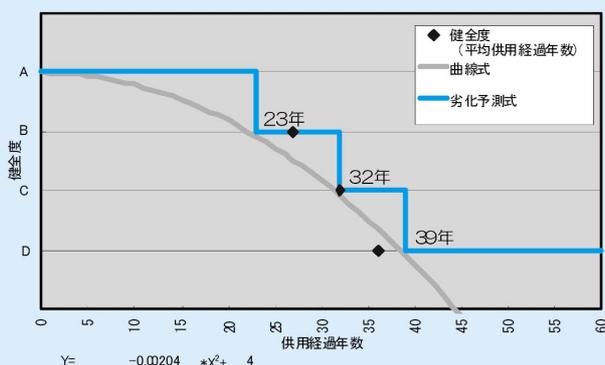


図 6 劣化予測式の例（門柱・操作台（コンクリート劣化状況））

表 12 目視健全度と部材間の重要性を考慮した補修優先順位

部 材	部材の目的	目視健全度		
		B	C	D
本体（函体・胸壁）	直接的に制水機能を果たす部材	⑨	⑤	①
門 扉				
巻き上げ機	間接的に制水機能を果たす部材	⑩	⑥	②
門柱・操作台				
管 理 橋	操作管理人の安全性を確保する部材	⑪	⑦	③
防 護 柵				
呑口翼壁	堤防または堤脚の保護を目的とする部材	⑫	⑧	④
吐口翼壁				
護 岸				

（注）更なる優先順位付けが必要な場合には、管理区分により優先順位をつける

表 13 管理区分ごとの維持管理方法の設定

管理区分	維持管理方法	概要	イメージ図
管理区分 1	予防保全型	<ul style="list-style-type: none"> 補修作業量がわずかで済む劣化の早い段階で補修を行い、長寿命化を図る維持管理方法。 管理水準を健全度Bに定め、施設が劣化し、健全度がBとなった段階で補修を行い、健全度Aに回復させる。 	
管理区分 2	対症療发型	<ul style="list-style-type: none"> 表面化した劣化を補修し健全度を回復する方法。 管理水準を健全度Cに定め、施設が劣化し、健全度がCとなった段階で補修を行い、健全度Aに回復させる。 	
管理区分 3	機能回復型	<ul style="list-style-type: none"> 劣化が進行し、施設の機能に影響が及ぶと判断された劣化に対して補修・更新を行う方法。 管理水準を機能の下限である健全度Dに定め、施設が劣化し、健全度がDとなった段階で補修・更新を行い、健全度Aに回復させる。 	

表 14 支援内容（機能一覧）

支援内容（機能）	表示内容
現況把握（樋門数）	全道及び各土木現業所別の現況樋門数を管理区別に表示
現況把握（損傷状況）	全道及び各土木現業所別に樋門の最新点検年次の健全度（A～D）分布を表示
将来の損傷状況の予測	全道及び各土木現業所別に樋門の指定年次の健全度（A～D）分布を表示
シミュレーション条件設定	計算条件を設定 設定項目（計算条件） 全道もしくは土木現業所、計算開始年、終了年、維持管理方法、予算。 任意で社会的割引率の設定も可能
補修の優先順位	損傷レベルでの補修優先順位リストを表示
将来の健全度推移の予測	損傷別の将来健全度の推移を表示
将来の必要補修費の予測	将来の必要補修費を工事価格で表示

4. 今後の取り組み

今後は、点検データの蓄積とシステムへの反映等を行い、施設の長寿命化と、更新費用の平準化やライフサイクルコストの縮減などを図るため、それぞれの施設の補修、改築等に係る「長寿命化修繕計画」の策定を進め、補助事業を活用するなどして、適切な維持・修繕を行っていくこととしています。

5. おわりに

北海道は、厳しい財政状況の中ではありますが、今後とも、道民の安全で安心な暮らしを守る

ため、橋梁や樋門はもとより、他の施設においても、マネジメントシステムを構築するなどして、長寿命化の取り組みを進め、公共土木施設の効果的、効率的な維持管理に努めてまいりたいと考えています。

なお、北海道における「公共土木施設長寿命化の取り組み」については、北海道のホームページでも紹介しています。URLは以下のとおりです。

- 建設政策課のホームページ

<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/kks/index02.htm>

- 公共土木施設長寿命化の取り組みのページ

<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/kks/tyouzyumyoukanotorikumi.htm>