

# 山口県における計画的橋梁維持管理の導入手法 と実用的データベースシステムの開発

石田 純一<sup>1</sup>・岡崎 光央<sup>2</sup>・河村 圭<sup>3</sup>・宮本 文穂<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 山口県土木建築部 宇部港湾管理事務所（〒755-0027 山口県宇部市港町1丁目5-7）  
E-mail:ishida.junichi@pref.yamaguchi.lg.jp

<sup>2</sup>正会員 山口県土木建築部 宇部土木建築事務所（〒755-0033 山口県宇部市琴芝町1丁目1-50）  
E-mail:okazaki.mitsuhiro@pref.yamaguchi.lg.jp

<sup>3</sup>正会員 山口大学大学院助教 理工学研究科環境共生系専攻（〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1）  
E-mail:kay@yamaguchi-u.ac.jp

<sup>4</sup>フェロー会員 山口大学大学院教授 理工学研究科環境共生系専攻（同上）  
E-mail:miya818@yamaguchi-u.ac.jp

本稿では、山口県において計画的橋梁維持管理を実践するために、公共投資の縮減状況や橋梁管理の実態を考慮し策定された基本方針を報告する。本基本方針では、合理的で効果的な維持管理計画の立案に必須であるデータ項目が整理されるとともに、過去に定期的な点検が実施されていないことから、橋梁の現状を把握することを目的とした通常点検マニュアルが作成された。また、限られた予算内での投資効果や効率を高めるための指標とされる、橋梁維持管理事業の優先順位の設定手法が策定された。さらに本稿では、本方針を実施可能とするために開発された橋梁維持管理データベースや点検結果入力補助システムを紹介する。

**Key Words** : *lifetime management, BMS(Bridge Management System), inspection, practical data base system, decision support system*

## 1. はじめに

多くの社会基盤構造物を合理的に維持管理することは、道路管理機関の重要な課題の一つである。橋梁のような重要構造物が、損傷によりその機能を損失した際には、社会生活あるいは道路利用者に与える影響は計り知れない。このため道路管理機関は、日常から適切な維持管理を実施し、道路機能を保全することが必要であるが、維持管理すべき社会基盤構造物の数は多く、すべての構造物の状況を把握することは容易ではない。このような背景から、道路管理機関である地方自治体などでは、社会基盤構造物を、計画的に維持管理するための取り組みがなされ始めている。例えば、東京都は、各種道路施設の劣化速度から算出したライフサイクルコストと、路線ごとに算出した社会的便益を組み合わせ、資産価値が最大となる最適計画を立案するためのマネジメントシステム構築に取り組んでいる<sup>1)</sup>。また、青森県は、橋梁を対象としたマネジメントシステムを構築し、5箇年計画を立案している<sup>2)</sup>。

その一方で、山口県をはじめ一部の地方自治体には、

社会基盤構造物の計画的な維持管理を実施するために、取り組まなければならないいくつかの課題がある。具体的には、(1)これまで管理する社会基盤構造物を定期的に点検していないために、損傷の状況を把握できていない。(2)社会基盤構造物の現状を評価する手法や、将来の状況を予測するための劣化予測式が確立されていないため、各地方自治体が検討する必要がある。(3)維持管理計画を立案するために、各地方自治体は、これまでの社会基盤構造物の維持管理業務の組織体制や業務の内容の見直し、また財政状況や道路利用者からのニーズを整理し、計画を立案するために必要な条件の設定や計画立案手法を確立する必要がある。これらの課題の解決は、各地方自治体にとって非常に困難である。

さらには、保全すべき社会基盤構造物の数が増加するにもかかわらず、厳しい財政状況から、維持管理予算が減少傾向にある。しかし、このような限られた予算の中で、前述(1)から(3)の課題へ取り組み、社会基盤構造物の計画的維持管理を実践することが、各地方自治体の道路行政において喫緊に必要とされている。本稿では、これらの課題を検討し、山口県において計画的橋梁維持

管理を実践するために策定された基本方針について報告する。さらに、この基本方針を実業務にて実施するために開発された、橋梁維持管理データベースシステムおよび点検結果入力補助システムを紹介する。

## 2. 山口県における計画的橋梁維持管理と基本方針の位置づけ

本章では、山口県が目指す計画的橋梁維持管理について述べる。また本県の道路行政へ、計画的橋梁維持管理を導入するためのフローを示す。

### (1) 山口県が目指す計画的橋梁維持管理

山口県が目指す計画的橋梁維持管理とは、橋梁の機能を維持することを目的として、合理的で効果的な維持管理計画に基づいて、橋梁を維持管理していくことである。

しかしながら、計画を立案するには、橋梁の現状把握、予算状況の把握、橋梁の重要度、優先順位の設定、組織体制の把握、橋梁の評価手法、劣化予測式の設定、これまでの橋梁の維持管理業務の把握などの項目について検討する必要がある。また、計画を実践するためには、立案した計画が実施可能であるか、予算の裏づけがあるか、継続できる体制が確保できるか、人員が確保できるか、などについて検討する必要がある。そこで、本県では図-1 に示す計画的橋梁維持管理を導入するためのフローを作成した。

### (2) 計画的橋梁維持管理を導入するためのフロー

本節では、図-1 に示されるフローの各ステップについて解説する。

はじめに、橋梁の維持管理の現状を把握する。合理的で効果的な橋梁維持管理計画を立案するためには、管理する橋梁の現状を把握することが肝要である。このステップでは、現在の橋梁の架設状況や、橋梁補修事業の予算状況を整理するとともに、橋梁に関するデータの整備状況や橋梁の点検結果、補修対策を実施する橋梁の選定方法について整理する。

続いて、基本方針を策定する。ここで、基本方針とは、橋梁の機能を維持することを目的として、橋梁維持管理計画を立案し、橋梁を維持管理するために必要となる(1)橋梁維持管理計画を立案するための考え方、また(2)立案した橋梁維持管理計画を実践するための考え方、の大まかな方向性を取りまとめたものである。本基本方針の作成において検討される項目は、図-1 の「基本方針の策定」に示す(1)維持管理計画策定に必要なデータ項目の選定、(2)橋梁通常点検マニュアルの作成、(3)橋梁点検実施計画の立案手法、(4)橋梁優先順位設定手法、

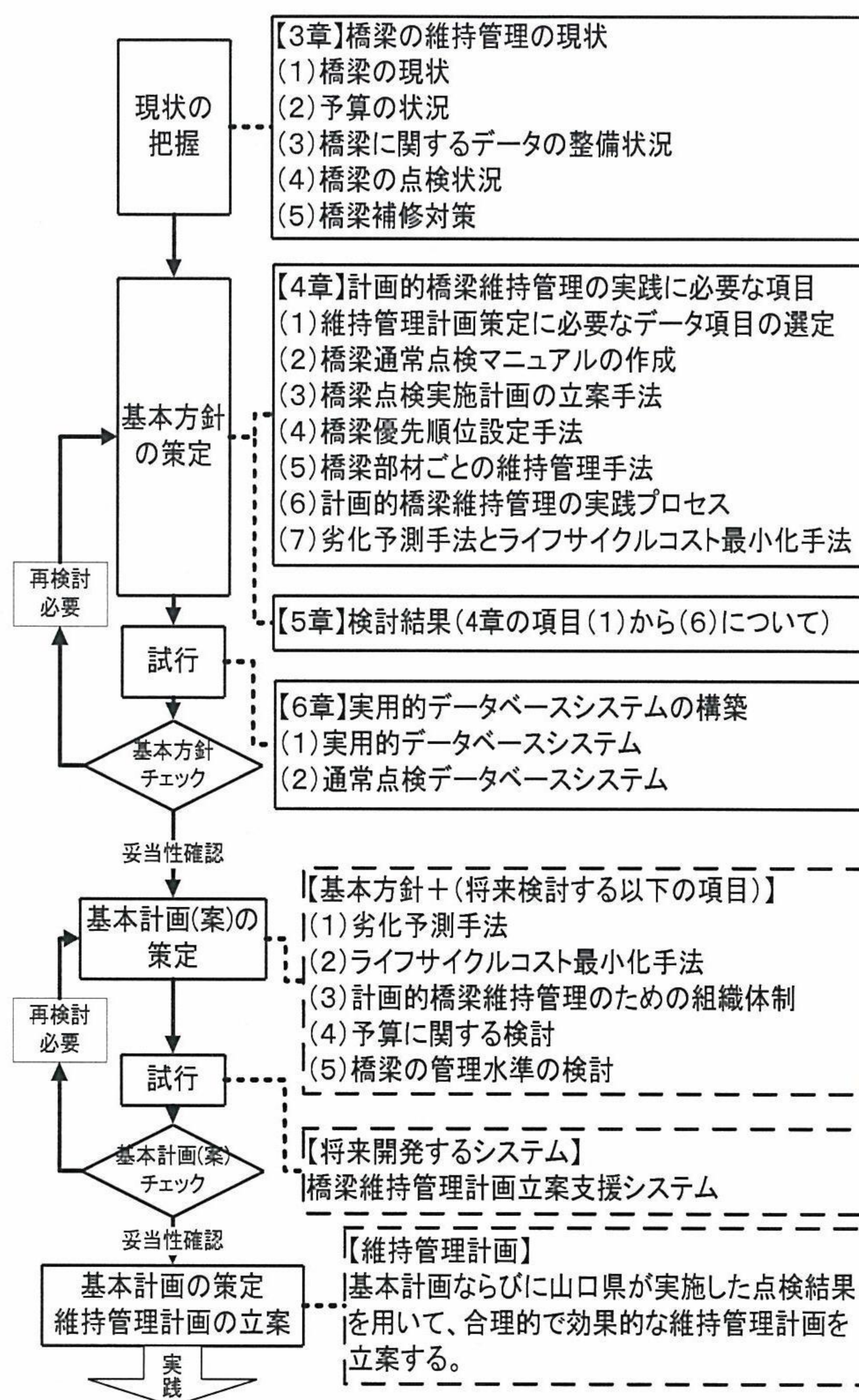


図-1 計画的橋梁維持管理を導入するためのフロー

(5)橋梁部材ごとの維持管理手法、(6)計画的橋梁維持管理の実践プロセス、(7)劣化予測手法とライフサイクルコスト最小化手法、である。

次に、本県の土木建築事務所のうち、1事務所において試行を行う。試行では、基本方針にまとめられた、山口県橋梁通常点検マニュアルや点検計画の立案手法、および、橋梁優先順位設定手法を用いて、橋梁維持管理計画の立案を行う。そして、実践できる計画が立案されているか、合理的で効果的な計画が立案されているかについて検証を行う。

基本方針の妥当性を確認した後に、基本計画(案)を策定する。基本計画(案)は、基本方針の策定では検討できなかった項目について検討を行い、その結果が基本方針に付加される。基本計画(案)を策定するために検討される項目は、図-1 の「基本計画(案)の策定」に示す(1)劣化予測手法、(2)ライフサイクルコスト最小化手法、(3)計画的橋梁維持管理のための組織体制、(4)予算に関する検討、(5)橋梁の管理水準の検討、である。これらの項目は、基本方針の妥当性を検証するために実施された

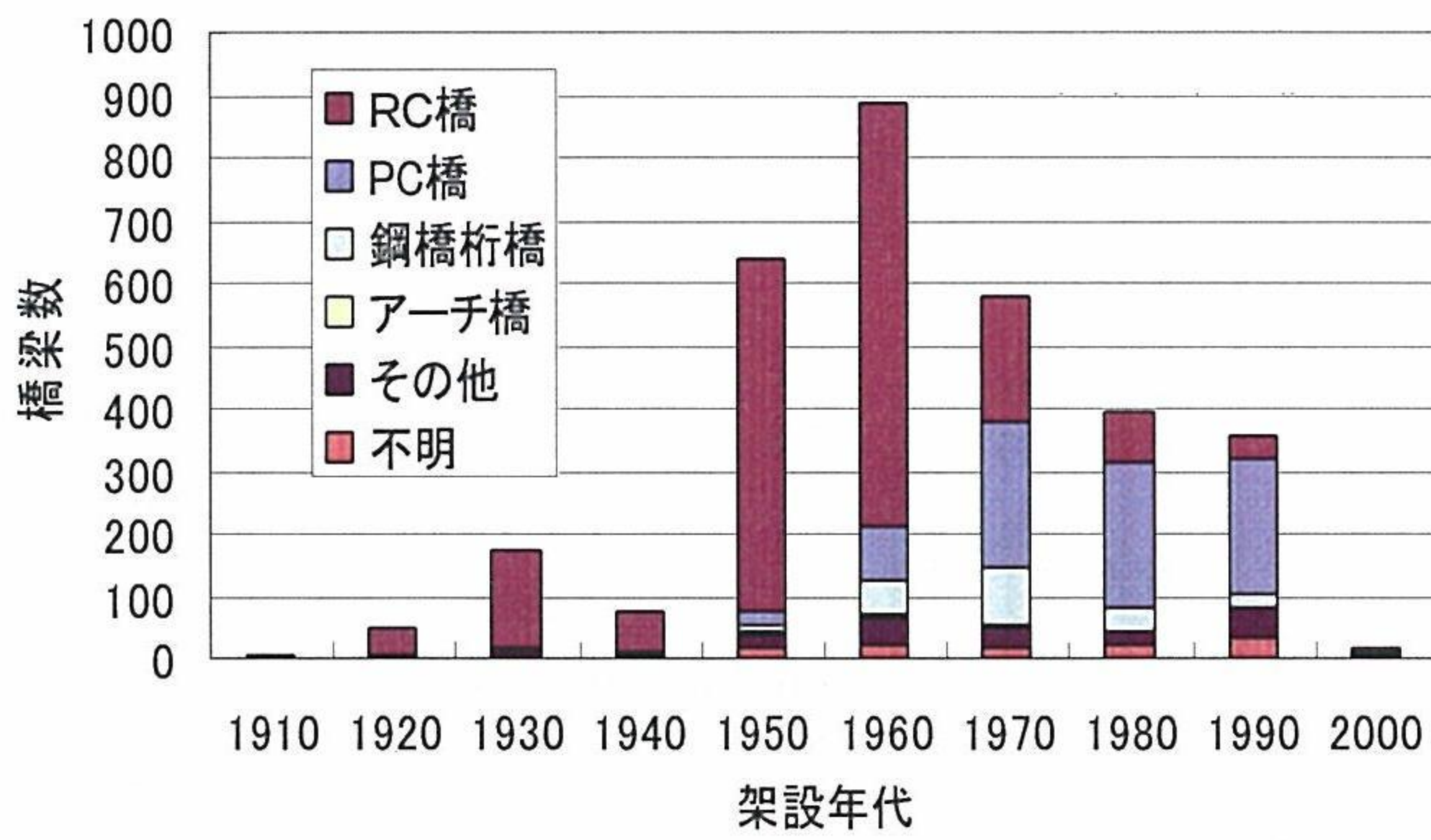


図-2 年代別架設橋梁数

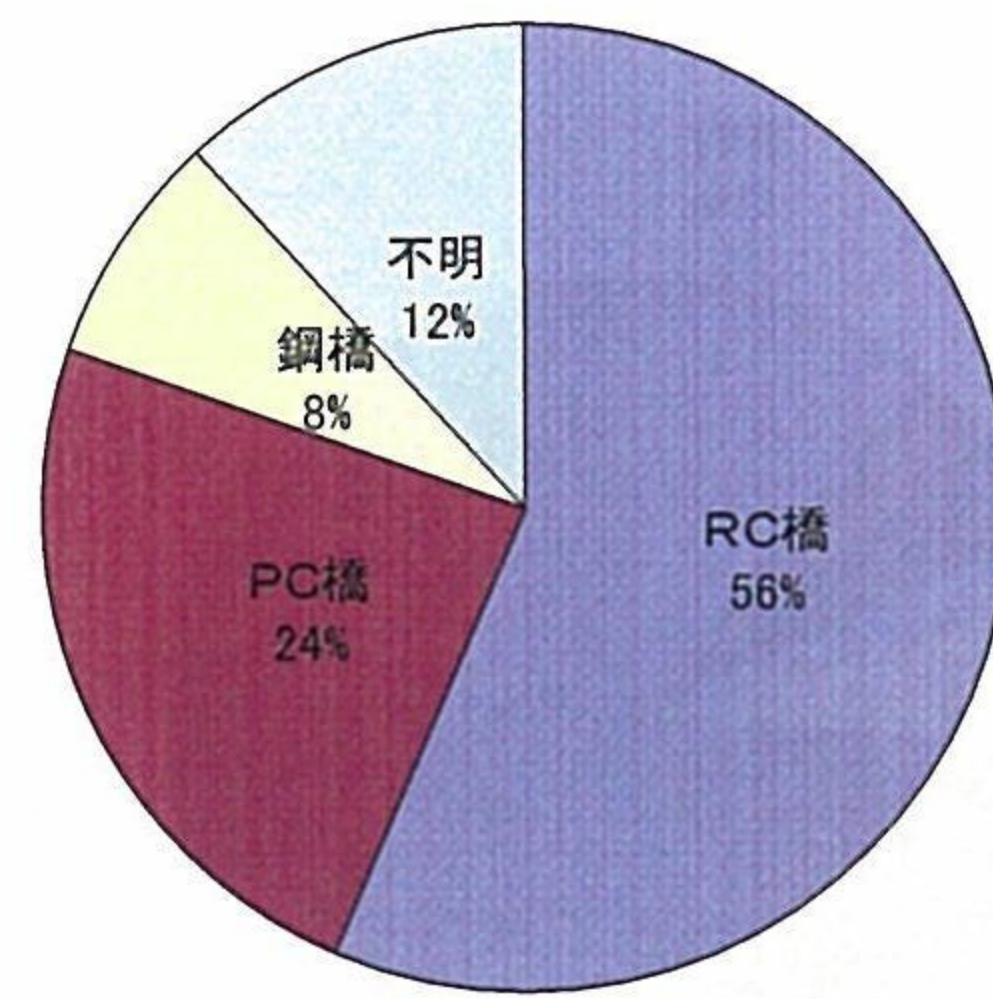


図-3 橋梁上部構造形式別割合

試行結果を用いて検討される。例えば、劣化予測手法や管理水準については、試行において得られた通常点検の結果から、本県における橋梁の損傷状況を考慮し、検討する。また組織体制については、試行結果から、現在の組織体制で計画的橋梁維持管理を実践できるのかを判断し、実践できない場合にはどのような組織体制を構築することが望ましいのかを検討する。さらに予算については、試行結果から将来必要となる維持管理予算を集計し、必要予算を算出する。これらの検討結果から、基本計画(案)を策定する。

続いて、基本計画(案)に基づいた試行を行い、その妥当性を検証する。

最後に、試行結果を基に、基本計画(案)は、基本計画としてとりまとめられる。そして、合理的で効果的な維持管理計画が立案され、この計画を基に、県行政において計画的橋梁維持管理が実践される。

なお、本稿では、図-1 に示されるフローを用いて策定された基本方針について報告する。具体的には、まず3章に、山口県における橋梁維持管理の現状をまとめた。続いて4章に、計画的橋梁維持管理の実践に必要なとされる項目をまとめた。そして、5章では、4章にて挙げられた項目の検討結果から策定された山口県橋梁維持管理基本方針をまとめた。さらに6章では、試行において橋梁通常点検を実施するために開発された橋梁維持管理データベースシステムおよび点検結果入力補助システムを紹介する。

### 3. 橋梁の維持管理の現状

本章では、山口県における橋梁の維持管理の現状を述べる。

#### (1) 橋梁の状況

本県が管理する橋梁は3,481橋(2005年4月1日現在)あり、これらを架設年代別に分けて示した図が、図-2

である。これによると本県では1950年代から1970年代にかけて全体の約57%に当たる橋梁が架設されている。また架設後50年を経た橋梁が701橋あり、これは全体の約20%である。このことから約20年後には、この割合は全橋梁数の約70%までに急増すると推測される。

次に図-3 および図-4 には、それぞれ橋梁上部構造形式別の割合と橋長別の割合を示す。これによると本県では、全体の約60%の橋梁がRC橋であり、橋長15m以上の橋梁が全体の約30%を占めている。

また、本県には島と本土を結ぶ7つの橋梁があり、そのなかでも2000年に開通した角島大橋は橋長1,780mと離島橋へ架けられた一般道路橋としては、国内第2位の長さを持つ橋梁である。このような橋梁は海上部に位置しているため、塩害による損傷等が懸念される。しかし、島と本土を結ぶ唯一の橋梁であり、橋梁の規模も大規模であるため、架け替えは困難である。したがってこれらの橋梁は、定期的に点検を行い損傷状況を把握するとともに、早期に補修を行い、健全な状態を長期間維持することが必要である。

#### (2) 予算の状況

図-5 には、1993年(H5年度)から2005年(H17年度)までの橋梁補修事業にかかる予算の推移を示す。橋梁補修事業には、「橋梁の機能や管理水準を維持するための工事」と「橋梁の機能や管理水準を向上させる工事」の二つがある。まず前者は、橋梁に発生したクラックなどの損傷の補修工事や、再塗装工事などである。これに対して後者は、耐震補強工事や車両の大型化対策工事など、橋梁構造等に関する基準の改正に伴う工事である。図-5 に示す「補助事業費」とは、主として後者である耐震補強工事に充てられ、近年は増加傾向にある。一方で、橋梁の損傷を補修するための「単独事業費」は、近年減少傾向にあり、2005年(H17年度)は1996年(H8年度)のピーク時と比較して、35%にまで減少している。

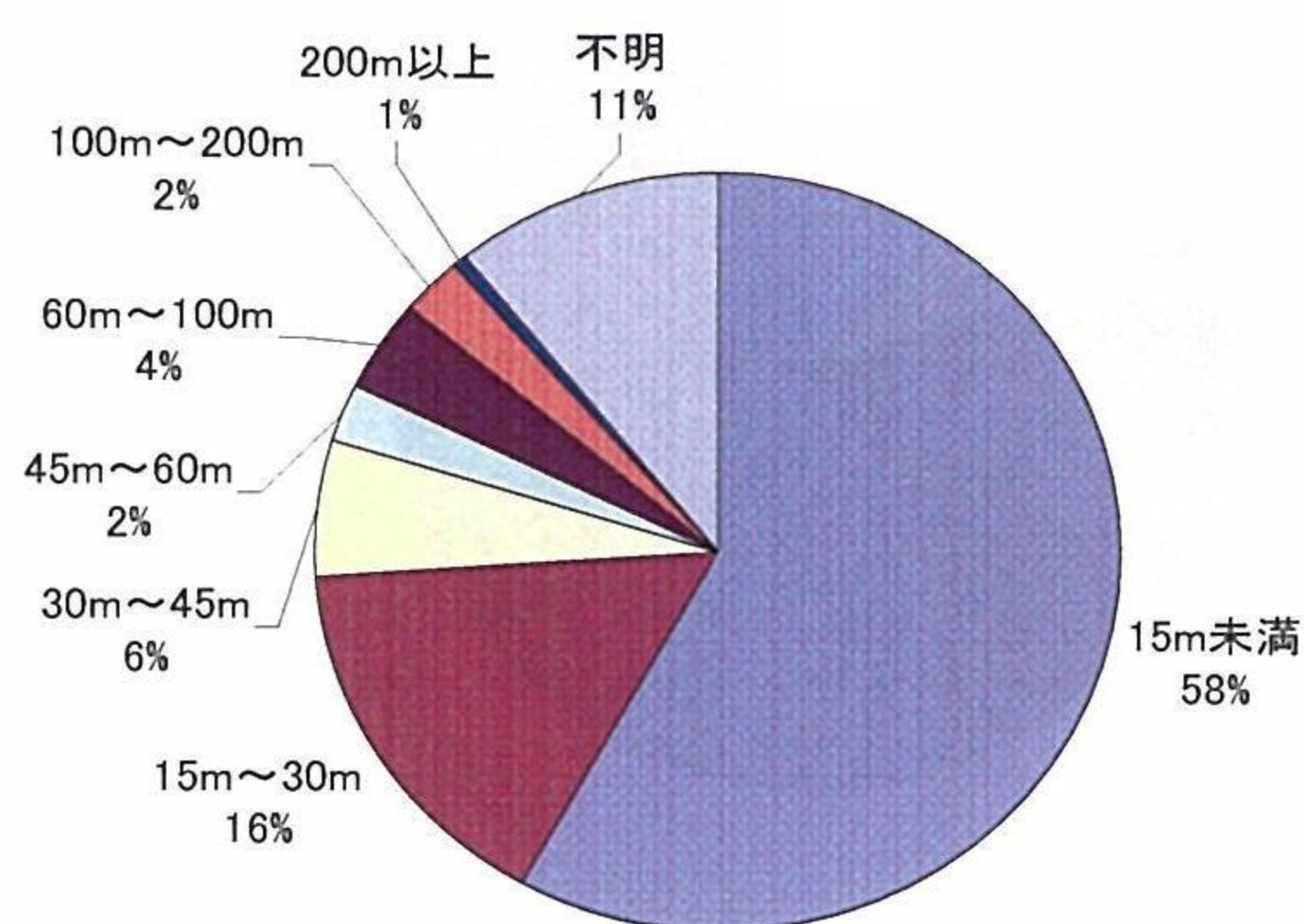


図-4 橋長別橋梁割合

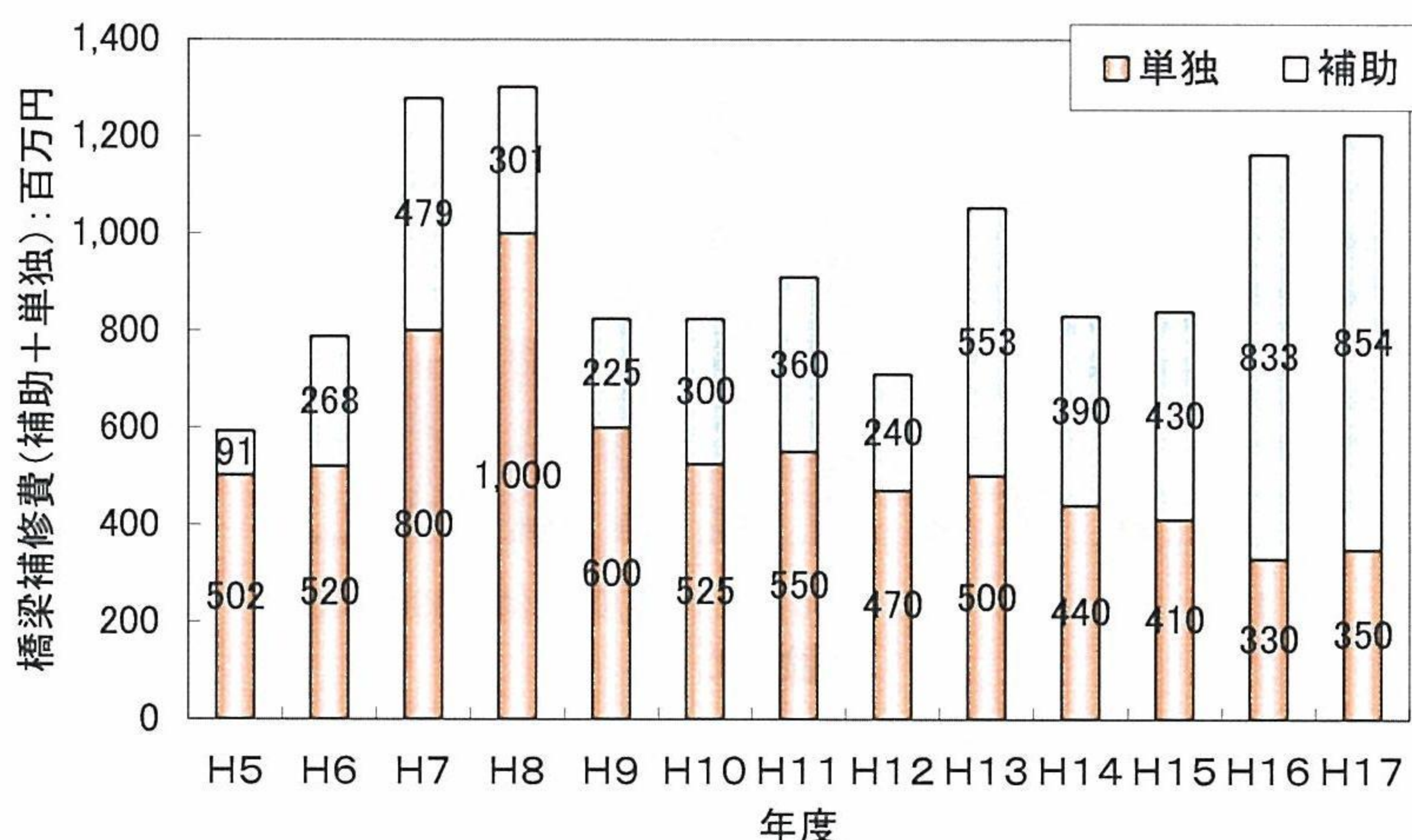


図-5 橋梁補修費の推移

### (3) 橋梁に関するデータ項目の整備状況

本県において整備されている橋梁に関するデータ項目は、橋梁名称、架設年、橋長などの基本的なデータ項目のみである。その他の項目、例えば、橋梁の構造形式や使用材料に関する項目については、一部の橋梁しか整備されていない。

### (4) 橋梁の点検状況

本県では、橋梁の経年的な損傷状況を把握するための点検は実施していないため、橋梁の損傷状況を把握できていない。また、これまで不定期の震災時点検や道路防災総点検を実施しているが、これらは点検の目的や要領が異なっているため、点検結果から橋梁の経年的な損傷状況を把握することは難しい。

### (5) 橋梁補修対策

本県では、点検要領に基づいた定期的な点検が実施されていないため、予算担当部署は、限られた予算の中、基本的な諸元や橋梁の損傷状況が把握できる写真をもとに、補修対象とする橋梁を選定している。一般的に、損傷が著しい橋梁から補修を実施する。しかし、予算が減少していることや、老朽化した橋梁数が増加していることから、補修を必要とする橋梁すべてを補修できない状況が生じ始めている。

## 4. 計画的橋梁維持管理の実践のために必要な検討項目の必要性および既往の研究事例

本章では、図-1にて解説される「計画的橋梁維持管理の実践に必要な項目」について、その必要性をまとめる。ここで、これらの項目のうち(1)から(6)の検討結果は、5章にまとめられ、(7)は4章にて既往の研究をまとめた。

### (1) 維持管理計画立案に必要なデータ項目の選定

合理的で効果的な維持管理計画を立案するには、橋梁諸元データや点検データを確実に整備し、更新する手法を検討する必要がある。橋梁に関するデータは、これまで紙の帳票を中心に整備されている。しかし、紙の帳票により、橋梁に関するデータを整備すると、整備後にデータの検索作業や、更新作業を行う際に多くの時間を要する。また、本県の帳票は、点検履歴や補修履歴などの情報を、時系列に記入する様式となっていない。このため、日常の維持管理業務により得たデータを、帳票に反映できない。このように、紙の帳票によるデータの整備が、維持管理業務にデータを十分活用できない要因の一つと考えられる。

そこで、本県では、これまでの紙の帳票による整備から、データベースシステムを利用した電子データにより整備することを目指した。そのために、まず電子データで整備すべきデータの項目について検討した。検討では整備するデータの項目が、どのような業務で活用されるのかを整理し、データ整備の目的や必要性を明確にした。なお、検討結果は、5.(1)に記述する。

### (2) 橋梁通常点検マニュアルの作成

計画的橋梁維持管理を実践するための重要な項目の一つは、定期的な点検による橋梁諸元データや橋梁の損傷データの収集である。定期的に点検を実施すると、橋梁諸元データを確実に収集し、整備できる。また、橋梁の損傷状況を把握できる。さらに、各種の予測手法を用いて将来の橋梁維持補修予算を推測できる。

そこで本県では、定期的な点検を実施するために、橋梁通常点検マニュアルを作成した。この作成では、本県の予算や組織体制において実施可能なマニュアルを目指した。また、点検によって収集したデータを、確実にデータベースへ整備し、更新する手法について検討した。なお、検討結果は、5.(2)に記述する。

### (3) 橋梁点検実施計画の立案手法

橋梁点検には多くの費用、時間、さらに労力が必要である。このため定期的に点検を実施するためには、点検に必要な予算を確保するために、点検実施計画を立案する必要がある。ただし、厳しい予算状況では多くの点検費用を確保することができない。そこで本県では、橋梁の損傷状況、架設状況、また環境条件を考慮した点検実施計画の立案手法を検討した。なお、検討結果は、5. (3)に記述する。

### (4) 橋梁優先順位設定手法と予算制約

河村ら<sup>3,4)</sup>は「橋梁維持管理支援システム(Bridge Management System(以下、J-BMSと略記する))」を開発してきた。J-BMSは、目視点検によって得られた点検データおよび橋梁の諸元データから、点検時点の損傷状況や要因、また耐荷性や耐久性を考慮し、橋梁ごとに、最適維持管理計画を提示するシステムである。しかし、J-BMSでは、1橋梁を対象とした最適維持管理計画しか提示できなかった。そこで今野ら<sup>5)</sup>は、多くの橋梁を管理する道路管理機関を支援するために、J-BMSを、複数の橋梁を対象とした最適維持管理計画を立案できるシステムへと改良した。本システムは、橋梁を補修するための予算に制約があるなかで、橋梁を群として捉え、その群の品質を最大化する計画を策定することを可能とした。しかし、本手法では対策効果の大きい橋梁ばかりが優先されてしまうといった問題が生じた。

このように複数の橋梁を対象として、各年度の予算制約を考慮した上で維持管理計画を立案する場合には、どの橋梁の対策を優先して行うかを決定するための手法は、重要な項目の一つである。そこで本県では、橋梁に優先順位を設定するための手法について検討を行った。なお、検討結果は、5. (4)に記述する。

### (5) 橋梁部材ごとの維持管理手法の設定

橋梁には多くの部材があり、部材によって損傷の原因や損傷が橋梁および道路利用者へ与える影響が異なる。維持管理計画は、橋梁部材ごとに、許容できる損傷度合いを設定し、その度合いを下回らないように計画される。したがって部材ごとの許容損傷度合いの設定は、計画立案や将来の予算予測において重要な検討項目である。本県では、橋梁部材の基本的な維持管理手法について検討をおこなった。なお、検討結果は、5. (5)に記述する。

### (6) 計画の立案と実践に必要なプロセスの検討

計画的橋梁維持管理を実践するためには、点検による現在の損傷状況の把握や、各種データおよび点検結果を用いて、維持管理計画を立案し、実施する必要がある。

このためには、点検業務、計画立案業務、計画実施業務といった異なる業務を、一連して行うことが必要である。したがって、それぞれの業務の役割や手法を確立するとともに、他の業務との関連性を明確にするため、業務プロセスを検討する必要がある。作成したプロセスは、本県における現在の組織体制と、予算状況において実践することが可能なものとした。なお、検討結果は、5. (6)に記述する。

### (7) 劣化予測手法とライフサイクルコスト最小化手法

合理的な計画を立案するためには、橋梁の劣化予測手法やライフサイクルコスト最小化手法(Life Cycle Cost(以下、LCCと略記する))を確立する必要がある。しかし、これらの手法を確立するには、これまでの研究事例や橋梁点検の結果などを、総合的に判定することが必要であるが、本県は橋梁点検の結果を把握していないため、検討を進めることはできない。

したがって、本稿では、まず劣化予測手法やLCC最小化手法に関する既往の研究事例を整理した。劣化予測手法やLCC最小化手法に関してはこれまでに多くの研究がなされている。宮本ら<sup>6,7)</sup>は、実橋床版および主桁に関する実験データなどから、耐荷性および耐久性の劣化曲線を耐荷性については式(1)に示す4次関数、一方、耐久性については耐荷性の経時変化を表す曲線の微係数で表されると考えて、式(2)に示す3次関数で表している。

$$S_L = f(t) = b_L - a_L \cdot t^4 \quad (1)$$

$$S_D = g(t) = b_D - a_D \cdot t^3 \quad (2)$$

ここで、

$S_L$  : 耐荷性の健全度,  $S_D$  : 耐久性の健全度,

$a, b$  : 定数,  $t$  : 供用年数(年)

津田ら<sup>8)</sup>は、橋梁部材の劣化予測のためのマルコフ推移確率モデルを推定する方法論を提案した。橋梁部材の劣化状態を複数の健全度で定量化するとともに、時間の経過により劣化が進展する過程をハザードモデルで表現した。その上で一定期間を隔てた時点間における、健全度の推移関係を表すマルコフ推移確率を、指数ハザード関数を用いて表現できることを示した。さらに定期的な目視検査による健全度の判定結果に基づいて、マルコフ推移確率を推定する方法を提案した。杉本ら<sup>9)</sup>は、北海道の橋梁のユーザーコストを数値化することにより、LCCにおけるユーザーコストの影響について調べた。LCC低減の考え方とともに、ユーザーコストがLCCの大きな割合を占めると予測した。また対象橋梁周辺の迂回路ネットワークの評価を示す一つの指標であると考え

表-1 個別の橋梁を対象とする「業務」と「業務の流れ」

検討業務	業務の流れ
a) 橋梁点検業務	1. 橋梁点検計画立案 2. 調査計画 3. 橋梁点検, 調書作成 4. 点検台帳更新
b) 橋梁維持補修業務	1. 損傷発見, 状況把握 2. 緊急度把握, 予算要求, 設計書作成 3. 施工計画, 工事实施 4. 補修管理台帳更新
c) 苦情対応処理業務	1. 苦情受信 2. 対応方針検討 3. 緊急対応工事实施 4. 補修管理台帳更新
d) 災害対応業務	1. 災害発生, 被災状況把握 2. 緊急度把握, 通行制限, 復旧工事準備 3. 施工計画, 工事实施 4. 補修管理台帳更新
e) 占用物件許認可業務	1. 占用物件申請 2. 構造確認, 占用許可交付 3. 施工計画, 添架工事 4. 管理台帳更新

表-2 複数の橋梁を対象とする「業務」と「業務の流れ」

検討業務	業務の流れ
f) 維持補修計画立案業務	1. 計画立案対象橋梁の損傷程度の把握 2. 計画立案対象橋梁の緊急度把握 3. 予算制約 4. 計画期間と達成目標の設定 5. 計画立案
g) 緊急点検業務	1. 損傷発見(地震, 剥落事故等) 2. 緊急点検必要橋梁の選定 3. 緊急点検計画の立案 4. 点検実施
h) 耐震補強対策計画立案業務	1. 対象橋梁選定 2. 優先度検討 3. 予算制約 4. 計画期間と達成目標の設定 5. 計画立案

た. 同じく杉本ら<sup>10)</sup>は, 北海道の行政単位が管轄する橋梁群を対象に, それらの維持管理に対する今後の予算投資シナリオをいくつか設定し, 橋梁健全度の推移を予想した. 美濃ら<sup>11)</sup>は, 塩害劣化を受けるPC橋を対象とし, 劣化評価に関わるパラメータの不確定性, およびPC鋼材の破断現象を考慮したモンテカルロシミュレーションにより, 経時的な性能の変化を試算した. また, 多主桁橋での桁剛性の変動に着目した検討を行い, 各桁間の剛性の不確定性が, 部材の安全性に影響を及ぼすため, 上部構造全体で評価する必要があることを明らかにした.

これらの研究以外にも, 劣化予測式やLCC算定手法についての研究がなされており<sup>12), 13), 14), 15)</sup>, 今後はこれら

表-3 表-1, 2に示す業務に必要なデータ項目

個別橋梁を対象とする業務に必要なデータ項目	複数橋梁を対象とする業務に必要なデータ項目
橋梁名称, 管理事務所, 所在地, 路線名, 交差区分, 橋長, 幅員, 構造形式, 上部工材料, 添架物件, 適用示方書, 設計荷重, 一般図, 構造図, 詳細図, 架設路線重要度	橋梁名称, 管理事務所, 所在地, 路線名, 架設年, 交差区分, 橋長, 幅員, 構造形式, 上部工材料, 適用示方書, 設計荷重, 路線重要度, 幅員, 橋面積, 海岸線区分, 緊急輸送道路の該当, バス路線の該当, 迂回路の有無, 交通量, 点検結果, 計画全体予算, 各年度予算の制約, 補修補強費登録追加および修正, 管理水準, 劣化予測, ライフサイクルコスト, 近接可能性, 平成8年道路防災総点検結果

の研究結果と, 本県において実施される橋梁点検の結果から, 劣化予測式やLCC算定手法について検討し, 各手法を確立する.

## 5. 山口県橋梁維持管理基本方針(計画的橋梁維持管理の実践のために必要な項目の検討結果)

本章では, 山口県橋梁維持管理基本方針を記述する.

### (1) 維持管理計画立案に必要なデータ項目の選定

基本方針では, 合理的な計画を立案するために必要なデータ項目を選定した. 本検討では, 表-1に示される個別の橋梁を対象とする5種類の業務を想定し, データ項目を整理した. その結果を表-3に示す. 今回想定した5種類すべての業務において, 橋梁名称, 管理事務所, 所在地, 路線名といった橋梁に関する諸元データ項目が必要である. また, 業務において工事を実施する場合は, 橋梁に関する, より具体的なデータが必要となる. 例えば, 補修工事を計画また実施する場合には, 補修対象部材の配筋や構造などのデータが必要とされるため, 橋梁一般図や橋梁構造図などの資料が必要であることから, これらを選定した.

次に, 表-2に示される複数の橋梁を対象とする3種類の業務を想定し, これらの業務において必要なデータ項目を検討した. その結果を表-3に示す. これら3種類の業務では, 表-1に示す業務と比較して, 多くの種類のデータ項目を必要とする. 具体的には, 構造形式や架設年, 適用示方書など橋梁に関する諸元データをはじめ, 交通量や海岸線区分, 交差区分, 予算など, 橋梁を取り巻く周辺環境に関するデータを必要とする. 一方で, 橋梁一

表-4 国土交通省と山口県の橋梁点検項目および評価基準の比較

部材区分	損傷	橋梁定期点検要領(案)平成16年3月国土交通省道路局国道・防災課(抜粋)					山口県橋梁通常点検マニュアル				
		a	b	c	d	e	a	b	c		
鋼	主桁	腐食、塗装劣化	なし	局所的な表面錆	局所的な板厚減少	全体的な表面錆	全体的な板厚減少	なし	表面錆あり	全体的な錆または板厚減少がある	
		亀裂、破断、変形など	なし	—	局所的な亀裂などが見られる	—	大きな亀裂や破断が	なし	局所的な亀裂などが	大きな亀裂や破断が	
		ボルトの脱落、腐食、ゆるみ	なし	—	局所的なボルトのゆるみや脱落あり	—	多数のボルトのゆるみや脱落あり	なし	局所的なボルトのゆるみや脱落あり	多数のボルトのゆるみや脱落あり	
	横桁	腐食、塗装劣化	なし	局所的な表面錆	局所的な板厚減少	全体的な表面錆	全体的な板厚減少	なし	表面錆あり	全体的な錆または板厚減少がある	
		亀裂、破断、変形など	なし	—	局所的な亀裂などが見られる	—	大きな亀裂や破断が	なし	局所的な亀裂などが	大きな亀裂や破断が	
		ボルトの脱落、腐食、ゆるみ	なし	—	局所的なボルトのゆるみや脱落あり	—	多数のボルトのゆるみや脱落あり	なし	局所的なボルトのゆるみや脱落あり	多数のボルトのゆるみや脱落あり	
上部工 コンクリート	主桁・横桁	ひびわれ	なし	幅(RC<0.2, PC<0.1) 間隔≥0.50m	幅(RC<0.2, PC<0.1) 間隔<0.50m または 幅(0.2≤RC<0.3, 0.1≤PC<0.2) 間隔≥0.50m	幅(RC≥0.3, PC≥0.2) 間隔≥0.50m または 幅(0.2≤RC<0.3, 0.1≤PC<0.2) 間隔<0.50m	幅(RC≥0.3, PC≥0.2) 間隔<0.50m	なし	規模 小 幅(RC<0.3, PC<0.2)	規模 中 幅(RC≥0.3, PC≥0.2)	
		剥離、鉄筋露出	なし	—	剥離のみ	剥離あるが鉄筋露出軽微	鉄筋腐食大	なし	剥離のみ	鉄筋露出	
		遊離石灰、漏水など	なし	—	漏水のみ	遊離石灰のみ	漏水に錆汁あり	なし	—	あり	
		異常振動、たわみ	なし	—	—	—	あり	なし	—	あり	
		欠損	なし	—	局所的欠損	—	著しい欠損	なし	局所的欠損	著しい欠損	
	床版・間詰め	剥離、鉄筋露出	なし	—	剥離のみ	剥離あるが鉄筋露出軽微	鉄筋腐食大	なし	剥離のみ	鉄筋露出	
		抜け落ち	なし	—	—	—	抜け落ちあり	なし	—	あり	
		鋼板接着部の損傷	なし	—	規模 小	—	規模 大	なし	規模 小	規模 大	
		床版のひびわれ	幅≤0.05mm 間隔:1.0m 以上、一方向	幅<0.1mm 間隔:1.0~0.5m、一方向	幅<0.2mm 間隔:0.5m、格子状直前	幅≥0.2mm 間隔:0.5~0.2m、格子状	幅≥0.2mm 間隔:0.2m以下、格子状	なし	一方向ひびわれ 幅<0.2mm	二方向ひびわれ 幅≥0.2mm	
		ひびわれ	なし	—	—	—	あり	なし	—	あり	
	舗装	ポットホール	なし	—	—	—	あり	なし	—	あり	
		伸縮装置	段差、変形、破損など	なし	局所的欠損	—	著しい欠損	なし	—	著しい欠損	
		地覆高欄	腐食、変形など	なし	局所的欠損	—	著しい欠損	なし	—	著しい欠損	
		排水装置	腐食、変形など	なし	—	局所的欠損	—	著しい欠損	なし	—	著しい欠損
			腐食、変形など	なし	—	局所的欠損	—	著しい欠損	なし	—	著しい欠損
下部工	橋台橋脚	ひびわれ	なし	幅(RC<0.2mm) 間隔≥0.50m	幅(RC<0.2mm) 間隔<0.50m または 幅(0.2≤RC<0.3) 間隔≥0.50m	幅(RC≥0.3) 間隔≥0.50m または 幅(0.2≤RC<0.3) 間隔<0.50m	幅(RC≥0.3) 間隔<0.50m	なし	規模 小 幅(RC<0.3mm)	規模 中 幅(RC≥0.3mm)	
		剥離、鉄筋露出	なし	—	剥離のみ	剥離あるが鉄筋露出軽微	鉄筋腐食大	なし	剥離のみ	鉄筋露出	
	落橋防止装置	漏水、滞水	なし	—	漏水のみ	遊離石灰のみ	漏水に錆汁あり	なし	—	あり	
支承	腐食、亀裂、破断、変形など	なし	—	局所的欠損	—	著しい欠損	なし	—	著しい欠損		
	ボルトの脱落、腐食、ゆるみ	なし	—	局所的なボルトのゆるみや脱落あり	—	多数のボルトのゆるみや脱落あり	なし	—	著しい欠損		
	沓座モルタルの欠損など	なし	—	局所的欠損	—	著しい欠損	なし	—	著しい欠損		

般図や橋梁構造図などの資料は必要としない。これは、表-2に示す3種類の業務は、計画を立案することが業務の目的であり、実際の工事まで実施しないからである。

以上のことから、橋梁の維持管理業務に必要なデータ項目として、表-3に示すデータ項目を選定した。これらの項目は、橋梁の計画的維持管理を実践するために必要なデータ項目であるため、主要なデータ項目として通常点検時に収集し、優先的に整備される。

(2) 橋梁通常点検マニュアルの作成

定期的実施する通常点検のための点検マニュアルは、国土交通省をはじめ各道路管理機関が作成したものなど、様々である。国土交通省の「橋梁定期点検要領(案)、平成16年3月(以下、定期点検要領(案)と略記する)」<sup>10)</sup>による点検は、点検項目が充実しており、橋梁の損傷状況や劣化予測の検討において、より詳細な検討が可能である。しかし、多くの点検費用を必要とするため、財政状況の厳しい地方自治体などでは、結局点検が計画どおりに実施されず、劣化予測の検討に至らない場合が考えられる。そこで本県では、現状の組織体制および予算状況を考慮し、定期点検要領(案)を参考に内容を一部簡略化した「山口県橋梁通常点検マニュアル(以下、本県マニュアルと略記する)」を作成した。本マニュアルは、(1) 県職員が自ら点検を実施できる。(2) 1橋あたりの点検費

用を抑える。ことを目的として作成された。

今回簡略化した内容は、まず点検する対象部材の分割作業の省略である。定期点検要領(案)では、点検対象部材を最小評価単位ごとに分割する。例えば、点検対象部材である主桁の場合、見かけ上横桁等で区切ることができる区間を、最小評価単位として分割する。最小評価単位は要素と呼ばれ、点検者は要素ごとに損傷を把握し、損傷程度の評価を行う。これに対し、本県マニュアルでは、点検対象部材の分割は行わず、構造上の部材区分、あるいは部位ごとに点検を実施し、損傷を把握することとした。

次に、現場条件による点検範囲の縮小である。例えば、複数径間を有する橋梁を点検する場合に、足場が無くても橋梁に近づける径間と、足場を用いなければ点検できない径間があるとする。定期点検要領(案)では、足場を用いてすべての径間を点検する。これに対し、本県マニュアルでは、県職員が足場を用いなくても点検できる径間のみを点検し、その結果から橋梁部材の損傷区分を判定するように定めた。これにより点検費用を縮減した。

さらに、損傷評価基準について簡略化した。表-4には、定期点検要領(案)と本県マニュアルの損傷評価基準の比較を示す。定期点検要領(案)の評価基準は「a」から「e」までの5段階であるが、本県マニュアルの基準は「a」、「b」、「c」の3段階とした。この簡約化を例えば

鋼主桁の腐食に着目した場合、定期点検要領(案)では表面錆と板厚減少という2項目について損傷を評価し、それぞれの評価結果を組み合わせることで5段階にランク付けする。これに対し、本県マニュアルでは、板厚減少について評価した後に表面錆の評価を行う。これは、橋梁の専門技術者と比較して橋梁に関する知識の乏しい県職員が、損傷を評価する場合、県職員によって板厚減少と表面錆の、どちらをより深刻な損傷と捉えるかの判断に、ばらつきが生じる可能性が高いためである。同様に、その他の点検項目についてもばらつきが生じる可能性があるため、3段階の評価基準とした。

最後に、点検により作成する点検調書を簡略化した。ここで、**図-6**から**図-9**に点検調書の作成例を示す。

点検調書の作成は、多くの労力と時間を必要とする。そこで、本県マニュアルでは、まず、現場点検において省略した点検部材の分割作業を、点検調書においても省略し、部材区分あるいは部位ごとに損傷を評価し、これをまとめる調書とした。また、定期点検要領(案)では、損傷図を作成する必要があるが、本県マニュアルでは省略した。しかしながら、損傷図の作成を省略すると、損傷が発生した位置を調書から理解することが難しくなる。損傷によっては発生箇所が重要となる場合も考えられる。そこで本県が作成したマニュアルでは、部材の中で最も損傷の程度が大きい損傷を、調書に記録するとともに、写真を撮影し、写真撮影箇所図を作成することで、損傷の位置を把握できる調書とした。

### (3) 橋梁点検実施計画の立案手法

点検実施計画を立案するために、まず本県が管理する橋梁を「予防保全グループの橋梁」と「事後保全グループの橋梁」に区別する。ここで、「予防保全グループの橋梁」に位置づけられる橋梁は、跨線橋、道路をまたぐ跨道橋、および災害発生時の緊急輸送のための道路に位置する橋梁のうち、海岸に近く、塩害による損傷の進行が早いと予測できる橋梁である。また「事後保全グループの橋梁」とは、「予防保全グループの橋梁」に該当しない橋梁である。

次に、すべての橋梁を対象として、本県マニュアルを用いて通常点検を実施する。

そして、その結果得られたグループ区別、および通常点検の結果から、点検実施計画を立案する。その手法を**図-10**に示す。

まず、跨線橋、跨道橋は、次の通常点検を実施する前に、通常点検よりも簡易な内容の安全点検を実施する。これは、点検を短い間隔で実施することで、跨線橋や跨道橋からの、コンクリート片の剥落により引き起こされる大事故を、未然に防止するためである。

跨線橋、跨道橋以外の橋梁は、通常点検の結果から損

点検調書(その3)

箇所名(住所)	山口県防府市	点検日	起点座標	131° 33' 36.9''
橋梁番号		点検者	終点座標	34° 03' 38.6''
橋梁名	新橋(下)	点検方法		

側面図

断面図

位置図

損傷写真箇所図

↓  
流下方向

**図-6** 点検調書(図面および写真撮影箇所図)

点検調書(その4)

No.	損傷名	位置が図	写真
1	主桁腐食		
2	側面状況		
3			

**図-7** 点検調書(損傷写真)

傷の有無を確認する。ここで、損傷が無い場合は、次の点検まで特に点検や補修などを実施しない。しかし損傷がある場合は、その損傷の緊急性の判断を行う。判断の結果、緊急性があると判断された場合には応急措置等を行う。また緊急性がないと判断された場合には、予防保全グループの橋梁は、次回も通常点検を実施するが、事後保全グループの橋梁は、今回は安全点検を実施することとした。このように橋梁によって実施する点検の内容を変更するとともに、次回までの点検間隔を調整し、点検費用の抑制を図ることとした。

### (4) 計画立案における橋梁優先順位設定手法の提案

基本方針では、予算制約があるなかで合理的で効果的な維持管理計画を立案するために、優先順位設定方法の基本的な考え方について検討した。まず、山口県職員で構成される「山口県橋梁の維持管理基本方針策定検討ワーキンググループ」において、グループのメンバーである本県職員が、限られた橋梁の情報から補修・補強対策



点検調査(その1)

点検項目		箇所名	山口県防府市		点検日				
		起点座標	131° 33' 36.9''		終点座標	34° 03' 38.6''			
		橋梁番号			点検者				
		橋梁名	新橋(下)		点検方法				
部材区分	損傷状況	a	b	c	記録写真番号	対策区分	所見		
上部工	鋼	腐食、塗装劣化	なし	表面錆あり	全体的な錆 または板厚減少がある	3	S	鋼材塗装については、2002年に塗り替えが行われており、局所的な腐食が発生している。主構ボルトに脱落が見られる。詳細調査を実施する必要がある。	
		亀裂、破断、変形など	なし	局所的な亀裂などが見られる	大きな亀裂や破断が確認できる	3			
		ボルトの脱落、腐食、ゆるみ	なし	局所的なボルトのゆるみや脱落が見られる	多数のボルトのゆるみや脱落が見られる	5			
		腐食、塗装劣化	なし	表面錆あり	全体的な錆 または板厚減少がある	4			
		亀裂、破断、変形など	なし	局所的な亀裂などが見られる	大きな亀裂や破断が確認できる				
		ボルトの脱落、腐食、ゆるみ	なし	局所的なボルトのゆるみや脱落が見られる	多数のボルトのゆるみや脱落が見られる				
	コンクリート	主桁横桁	ひびわれ	なし	規模 小 幅(RC<0.3,PC<0.2)	規模 中 幅(RC≥0.3,PC≥0.2)		B	床版について、遊離石灰を伴う1方向性のひび割れが見られる。損傷の進行性について経過観察を行う必要がある。
			剥離・鉄筋露出	なし	剥離のみ	鉄筋露出			
			遊離石灰、漏水など	なし	規模 小	規模 大			
			異常振動、たわみ	なし	-	あり			
			欠損	なし	局部的欠損	著しい欠損			
		床版間詰め	剥離・鉄筋露出	なし	剥離のみ	鉄筋露出	6		
			抜け落ち	なし	-	あり			
			鋼板接着部の損傷	なし	規模 小	規模 大			
		床版のひびわれ	なし	一方向ひびわれ 幅<0.2mm	二方向ひびわれ 幅≥0.2mm	7			
		遊離石灰、漏水など	なし	規模 小	規模 大	7			

図-8 点検調査(その1)作成例

点検調査(その2)

点検項目		箇所名	山口県防府市		点検日			
		起点座標	131° 33' 36.9''		終点座標	34° 03' 38.6''		
		橋梁番号			点検者			
		橋梁名	新橋(下)		点検方法			
部材区分	損傷状況	a	b	c	記録写真番号	対策区分	所見	
上部工	舗装	ひびわれ	なし	ひび割れ幅が小さい (幅<5mm)	ひび割れ幅が大きい (幅≥5mm)	8	C	橋面舗装にひび割れが見られる。床版損傷との関係性について調査した上で、速やかな補修を行う必要がある。
		ポットホール	なし	-	あり	8		
	伸縮装置	段差、変形、破損など	なし	段差、変形、破損、漏水などがある	著しい欠損	8		
	地覆高欄	欠損など	なし	欠損などがある	著しい欠損	9		
		腐食、変形など	なし	腐食、変形などがある	著しい欠損			
	排水装置	腐食、変形など	なし	腐食、変形などがある	著しい欠損	10		
下部工	橋台橋脚	ひびわれ	なし	規模 小 幅(RC<0.3mm)	規模 中 幅(RC≥0.3mm)	11	B	橋台部にひび割れに伴うエフロレッセンスが見られる。進行性について追跡調査する必要がある。
		剥離・鉄筋露出	なし	剥離のみ	鉄筋露出	13		
		漏水・滞水	なし	規模 小	規模 大	12		
	落橋防止装置	腐食、変形など	なし	腐食、変形などがある	著しい欠損			
		基礎	洗掘など	なし	洗掘などがある	著しい欠損		
支承	腐食、亀裂、破断、変形など	なし	腐食、亀裂、破断、変形などがある	著しい欠損	14		鋼材塗装については、2002年に塗り替えが行われており、局所的な腐食が発生している。	
	ボルトの脱落、腐食、ゆるみ	なし	ボルトの脱落、腐食、ゆるみなどがある	著しい欠損				
	沓座モルタルの欠損など	なし	沓座モルタルの欠損などがある	著しい欠損				
その他	添加物	なし	欠損などがある	著しい欠損				
	その他	なし	欠損などがある	著しい欠損				

図-9 点検調査(その2)作成例

の優先順位をどのように設定するかについて、アンケートを実施した。また、本アンケートの結果により設定された優先順位の妥当性を検証するため、ある年度に、本県の土木建築事務所において設定された、橋梁の補修・補強工事のための予算要望順位と比較をした。このため、本アンケートには、表-5に示す19の橋梁に関する情報、

およびその橋梁に関する2,3枚の状況写真といった、1土木建築事務所が補修・補強工事予算を要望するために作成した予算要望資料を用いた。

本アンケート結果を表-6に示す。これによると、土木建築事務所要望順位と本アンケート結果の平均値の差異に着目すると、要望順位が1番、3~6番、8~10番、14番

表-5 補修、補強優先順位検討橋梁一覧表

	路線種別	緊急輸送路	架設年	構造種別	交通量(台)	橋長(m)	交差物件	事業費(百万円)	部材区分	損傷状況	損傷ランク
A橋	国道	第1次	S55	PC	5,770	101.8	河川橋	100	橋台	ひび割れ	c
B橋	国道	第1次	S38	RC	14,659	18.0	跨線橋	30	主桁	漏水	b
C橋	国道	第1次	-	PC	14,716	26.0	河川橋	32	床版	鉄筋露出	c
D橋	県道	第1次	S40	PC	9,988	9.8	跨線橋	3	袖壁	ひび割れ	-
E橋	県道	第1次	S32	RC	9,639	40.2	河川橋	20	主桁	鉄筋露出	c
F橋	県道	第1次	S31	RC	7,262	8.5	河川橋	3	高欄	腐食	b
G橋	県道	第1次	S30	RC	7,262	13.0	河川橋	8	高欄	漏水	c
H橋	県道	その他	S36	RC	1,484	17.0	河川橋	3	高欄	欠損	c
I橋	県道	その他	S36	RC	1,484	17.0	河川橋	3	高欄	欠損	b
J橋	県道	第2次	S30	RC	2,282	8.0	河川橋	90	主桁	鉄筋露出	c
K橋	県道	その他	-	鋼	7,747	20.0	河川橋	30	橋台	ひび割れ	c
L橋	県道	その他	S41	PC	1,878	104.0	河川橋	2	伸縮装置	変形	b
M橋	県道	第2次	H8	PC	7,150	71.4	河川橋	5	橋台	ひび割れ	c
N橋	県道	第2次	S63	RC	7,151	12.0	河川橋	4	伸縮装置	変形	b
O橋	県道	その他	-	RC	363	15.6	河川橋	10	伸縮装置	変形	b
P橋	県道	その他	-	RC	604	8.3	河川橋	5	伸縮装置	変形	b
Q橋	県道	その他	S49	PC	1,890	39.8	跨線橋	5	伸縮装置	破損	b
R橋	県道	その他	-	PC	1,890	15.6	河川橋	4	伸縮装置	破損	b
S橋	県道	第2次	S52	RC	8,909	19.0	河川橋	27	主桁	鉄筋露出	c

～17番の12の橋梁において、差異が小さく、比較的相関関係が高いことがわかる。特に14～17番までの橋梁は、本アンケート結果優先順位が低く評価されており、さらにその評価は標準偏差値も小さく、アンケートに回答した県職員の間で、評価値のばらつきが少ないことがわかる。このことから、本アンケートで設定された優先順位と、土木建築事務所で設定された予算要望順位のばらつきは少ないといえる。

そこで、本県では、本検証資料を作成した土木建築事務所で設定された、予算要望順位の決定方法を整理することが、優先順位を設定するために妥当であると判断した。予算要望順位の決定方法を整理した結果を、表-7に示す。この結果をみると、事務所要望順位の第7位までの橋梁が、すべて緊急輸送道路に位置している。また、要望順位第4位までの橋梁が主桁や橋台に発生した損傷の対策を必要とする。さらに要望順位第5位までの橋梁の損傷ランクが「c」である。この結果より、順位決定に用いたとされる情報は、「緊急輸送道路に位置しているか。」という個々の橋梁の立地条件、「重要な部位に発生している損傷か」、「損傷の程度が重大か」といっ

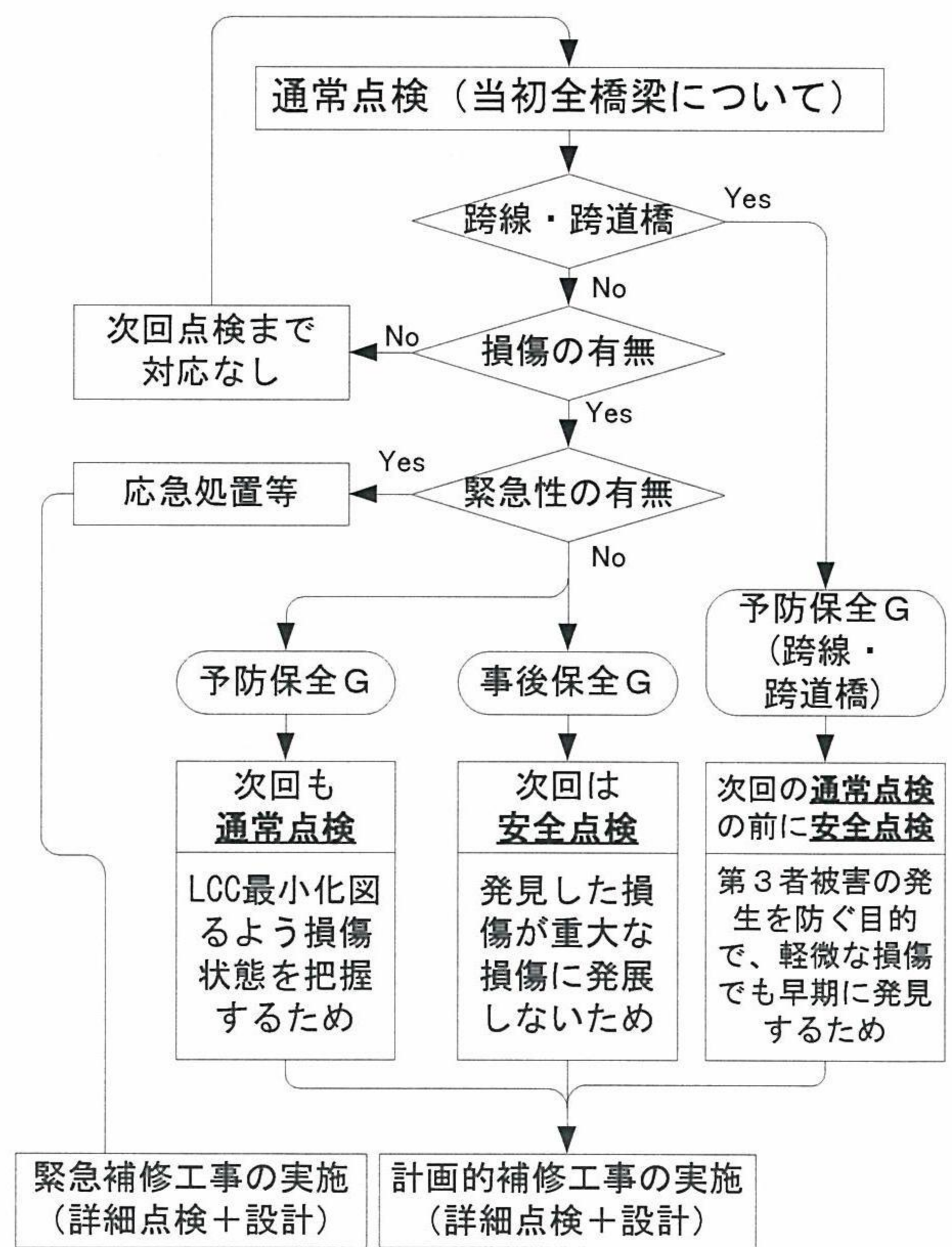


図-10 橋梁点検の実施方針

表-6 土木建築事務所要望順位と本アンケート結果の平均値および標準偏差値

事務所 要望 順位	本アンケ ート結果 の平均値	要望順位 と平均値 の差異	本アンケ ート結果 の標準 偏差値
1	3.9	2.9	2.3
2	8.0	6.0	3.1
3	6.9	3.9	3.5
4	7.6	3.6	1.8
5	7.3	2.3	3.8
6	6.3	0.3	4.1
7	2.6	4.4	2.1
8	8.7	0.7	2.8
9	9.7	0.7	3.9
10	12.4	2.4	3.7
11	15.8	4.8	2.4
12	6.8	5.2	6.4
13	5.0	8.0	1.8
14	14.3	0.3	1.9
15	12.8	2.2	1.7
16	17.4	1.4	1.6
17	16.8	0.2	1.4
18	9.0	9.0	4.5
19	14.8	4.2	2.2

た項目であることがわかる。また、事務所要望順位が第6位の橋梁は、損傷ランクが「b」であるにもかかわらず、第6位となっている。これは、跨線橋だからである。つまり、「跨線橋」という項目は、より優先順位を高くする項目として順位決定に用いられている。そこで、基本方針では、個々の橋梁の立地条件から設定される「橋梁の重要度」と、点検の結果発見された損傷状況から設定される「損傷の重要度」から、優先順位を設定する手法を基本とした。ここで、図-11には、「橋梁の重要度」と「損傷の重要度」に用いられる項目を示す。また、図-12には、「橋梁の重要度」と「損傷の重要度」を用いて、橋梁全体の総合優先度を評価し、優先順位を設定する手法を示す。

#### (5) 橋梁部材ごとの維持管理手法の設定

基本方針では、橋梁部材ごとに維持管理手法の区分を設定した。具体的には、維持管理手法区分は、表-8に示される予防保全、事後保全、観察保全の3つに設定されることから、各橋梁部材は、部材の機能低下の特性を考慮して、表-9に示す予防保全、事後保全、観察保全の3つのグループに区分分けされた。ただし、基本方針では、予防保全、事後保全、観察保全の概念を設定したものの、それぞれの部材において許容される損傷度合いは設定されていない。すなわち、本県が作成したマニュアルでは、

表-7 事務所評価内容一覧

事務所 要望順 位	緊急輸送 路の分類	対 策	損傷 ランク
1	第1次	主桁断面修復, コンクリート保護	c
2	第2次	橋台補強工	c
3	第1次	主桁補修, 橋台工補修, 桁補強工	c
4	第2次	橋梁補修	c
5	第1次	高欄・地覆補修	c
6	第1次	桁補修	b
7	第1次	床版補強, 落橋防止コンクリート保護	c
8	その他	床版補強, 落橋防止・橋台補修工	c
9	第1次	高欄・地覆補修	b
10	その他	高欄・地覆補修	c
11	その他	高欄・地覆補修	b
12	第1次	橋台工補修	—
13	第2次	主桁補修, 落橋防止・伸縮継手補修	c
14	その他	伸縮継手補修	b
15	第2次	伸縮継手補修	b
16	その他	伸縮継手補修	b
17	その他	伸縮継手補修	b
18	その他	伸縮継手補修	b
19	その他	伸縮継手補修	b

損傷は損傷区分「a」, 「b」, 「c」の3ランクで判定され、部材ごとの対策方法は対策区分「A」, 「B」, 「C」のいずれかに判定されるが、今回の基本方針では、予防保全であればどの対策区分で対策するのかというように、維持管理手法の区分と対策区分または損傷区分を関連付けできていない。これについては、基本方針策定後に実施される点検結果から、マニュアルの損傷区分や対策区分の妥当性を検証した後に検討する。

#### (6) 計画的橋梁維持管理の実践プロセスの作成

橋梁の基本方針の妥当性を検証するために、基本方針に基づいた、橋梁を維持管理するための実践プロセスを作成した。

今回作成した実践プロセスでは、現在の本県の組織体制で基本方針を検証できること、およびこれまで定期的な点検を実施していないことを考慮した。ここで、図-13には、実践プロセスの詳細を示す。以下では、各ステップについて解説する。

Step1) 全橋を対象とした点検を実施し、データを整備する

これまで定期的な点検を実施していないことを考慮し、

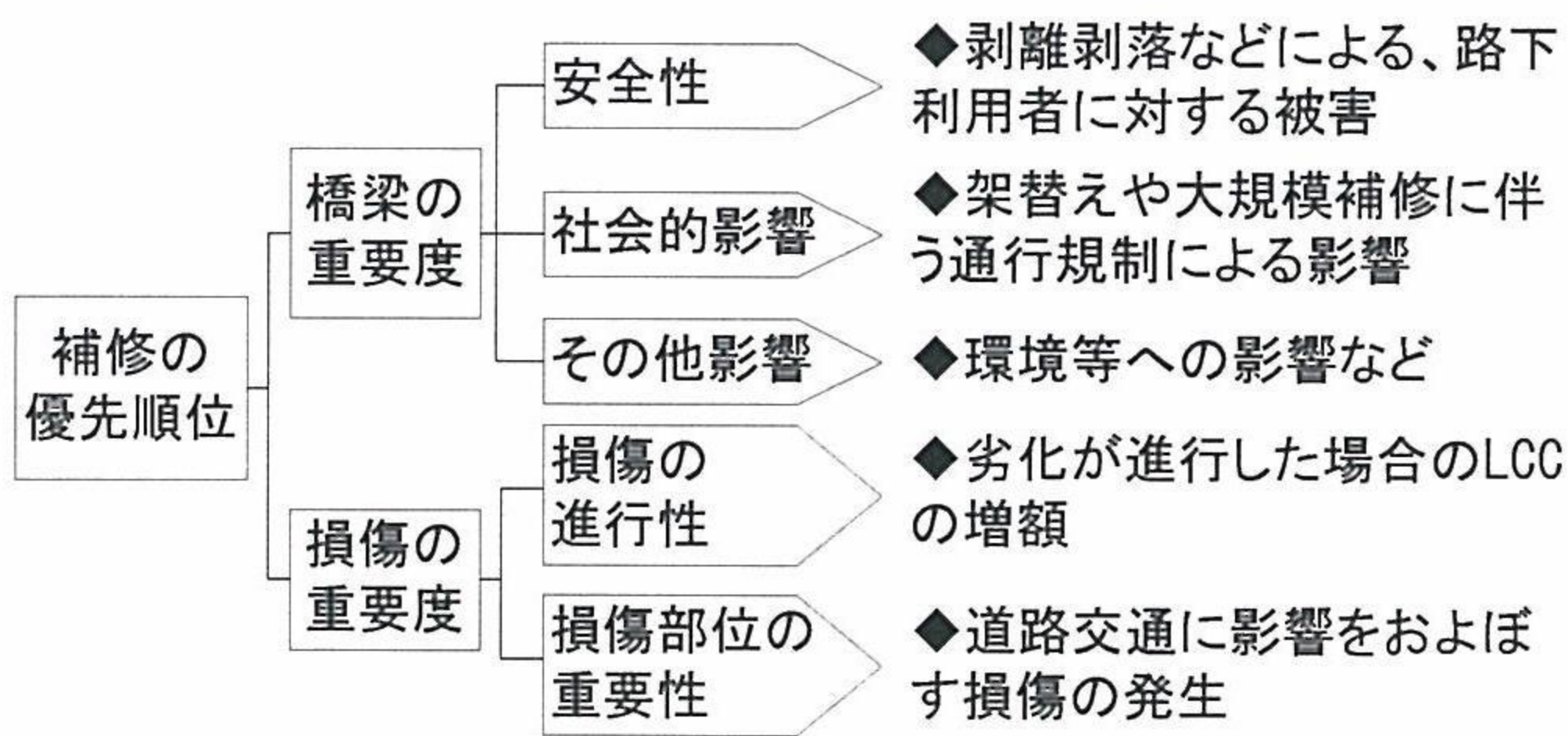


図-11 補修・補強の優先順位を設定するための項目

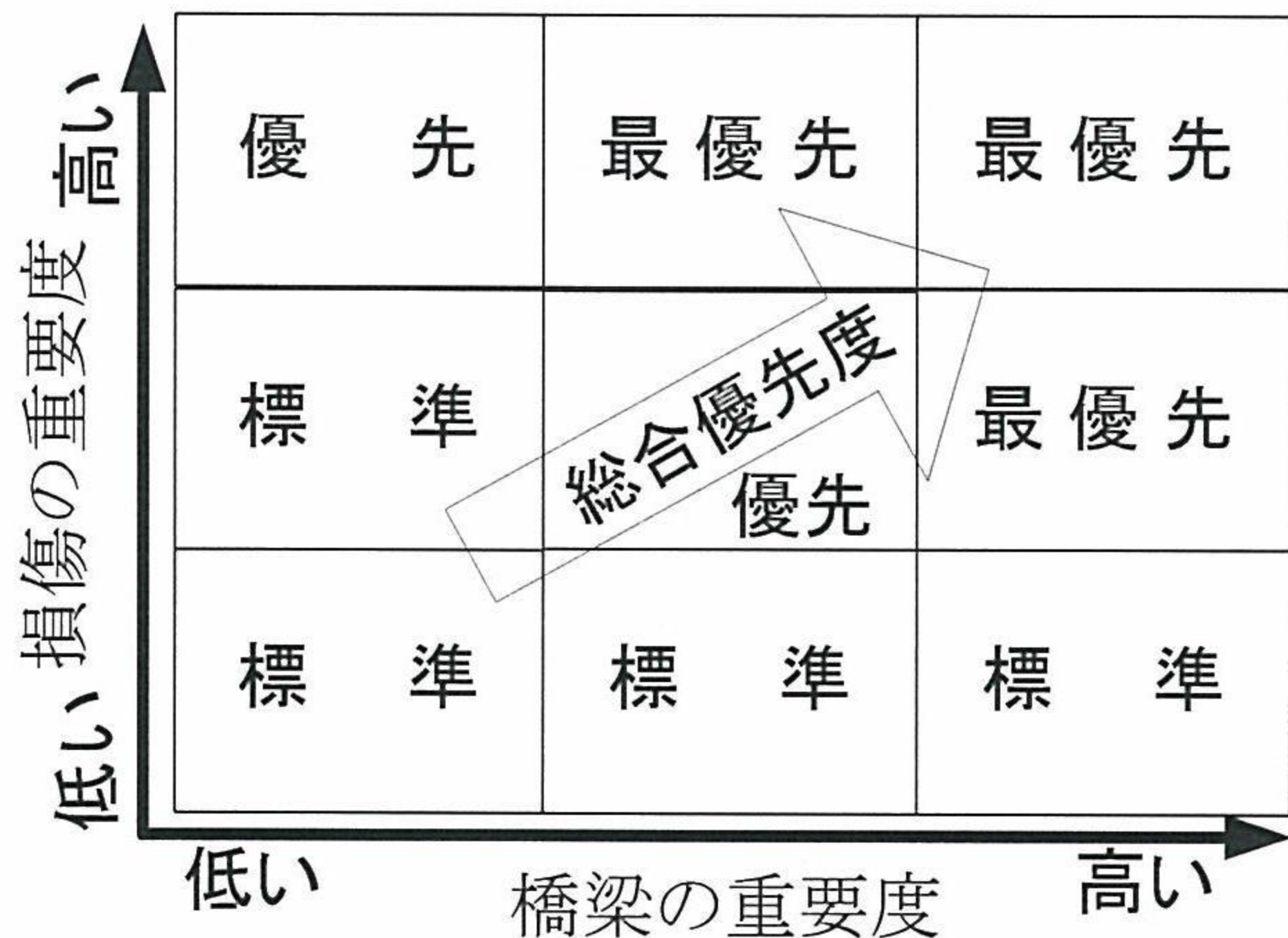


図-12 補修・補強の優先順位の設定手法

一度、本県が管理するすべての橋梁の点検を実施し、点検調書を作成、整理する。同時に、橋梁に関する諸元データについて、点検時に把握可能な項目について確認する。

Step 2) 橋梁特性、劣化特性を把握し、橋梁をグループ化する

二回目以降の橋梁点検の実施方針を決めるために、「橋梁特性」や「劣化特性」の把握を行い、橋梁をグループ化する。「橋梁特性」は、橋梁が位置している路線の特性と橋梁形式、架橋条件、架橋年代、橋長から決定される。「劣化特性」は、損傷度、環境条件、交通量の項目から決定される。なお、路線の特性とは、「緊急輸送道路に該当しているか」という特性である。橋梁形式とは、PC橋、RC橋、鋼橋の区分である。劣化特性の損傷度とは点検結果であり、環境条件とは、例えば、臨海地域や積雪地域といった塩害が発生しやすい地域といった条件をいう。これらの条件を橋梁ごとに整理し、その後、特性が同じ橋梁をグループ分けする。

Step 3) 各グループにおいて点検計画を立案し点検を実施する

グループにおける橋梁特性を考慮し、点検計画を立案する。

Step 4) 部材ごとに維持管理手法の区分を設定する

部材ごとに維持管理手法の区分（予防保全、事後保全、

表-8 維持管理手法区分の概要

維持管理手法	対応の特徴	機能低下の特性と適用可能な部位
予防保全	劣化の程度に応じて最適な補修工法・時期を選択した上で機能維持の対応を図る。	機能低下(損傷)の進行を把握することが可能な部位。
事後保全	機能低下が始まった後、機能不全に陥る前に迅速に機能維持の対応を図る。	機能低下(損傷)の進行は把握できないが機能低下が進行した時に前兆が見られる部位。
観察保全	機能不全に陥った時に適切に機能維持の対応を図る。	(車両衝突など、外力により)突発的に機能不全に陥る部位。

表-9 部材の維持管理手法区分

維持管理手法の区分	
予防保全	主桁・床版・下部工
事後保全	支承・伸縮装置
観察保全	地覆・高欄

観察保全)を設定する。維持管理の対象とする構造物の機能低下の特性を考慮して、点検部材を予防保全、事後保全、観察保全の3つのグループに区分分けする。

Step 5) 予防保全により計画を立案する部材は、劣化予測手法を用いて補修時期、補修工法を算定する

算定に用いる補修時期や補修工法は、既存の研究(例えば、文献9)から12))などのこれまでの知見を用いる。

Step 6) 維持管理手法それぞれの補修時期、補修工法から50年間程度の維持補修費を集計する

予防保全、事後保全、観察保全の各グループにおける維持補修費の算定結果を集計し、今後の維持管理費の総額および推移を算出する。

Step 7) 橋梁に優先順位を設定し、予算制約のもと長期投資計画を立案する

現在の組織体制で、本県職員が点検を実施できることを前提としたように、予算もこれまでの維持補修費を考慮し、実現可能な計画を立案する。また、橋梁の機能を維持するために必要な予算との比較を行う。

Step 8) 現実の施工条件、予算制約を考慮した、5年間程度の中期投資計画を立案する

現実の施工条件とは、例えば、工事による交通制限の実施時期や、工事着手のための周辺関係者への説明といった、実際に工事着手する際の様々な条件をいう。このような条件を考慮した上で、より実現可能な計画を立案する。

Step 9) 毎年の維持補修計画を作成する

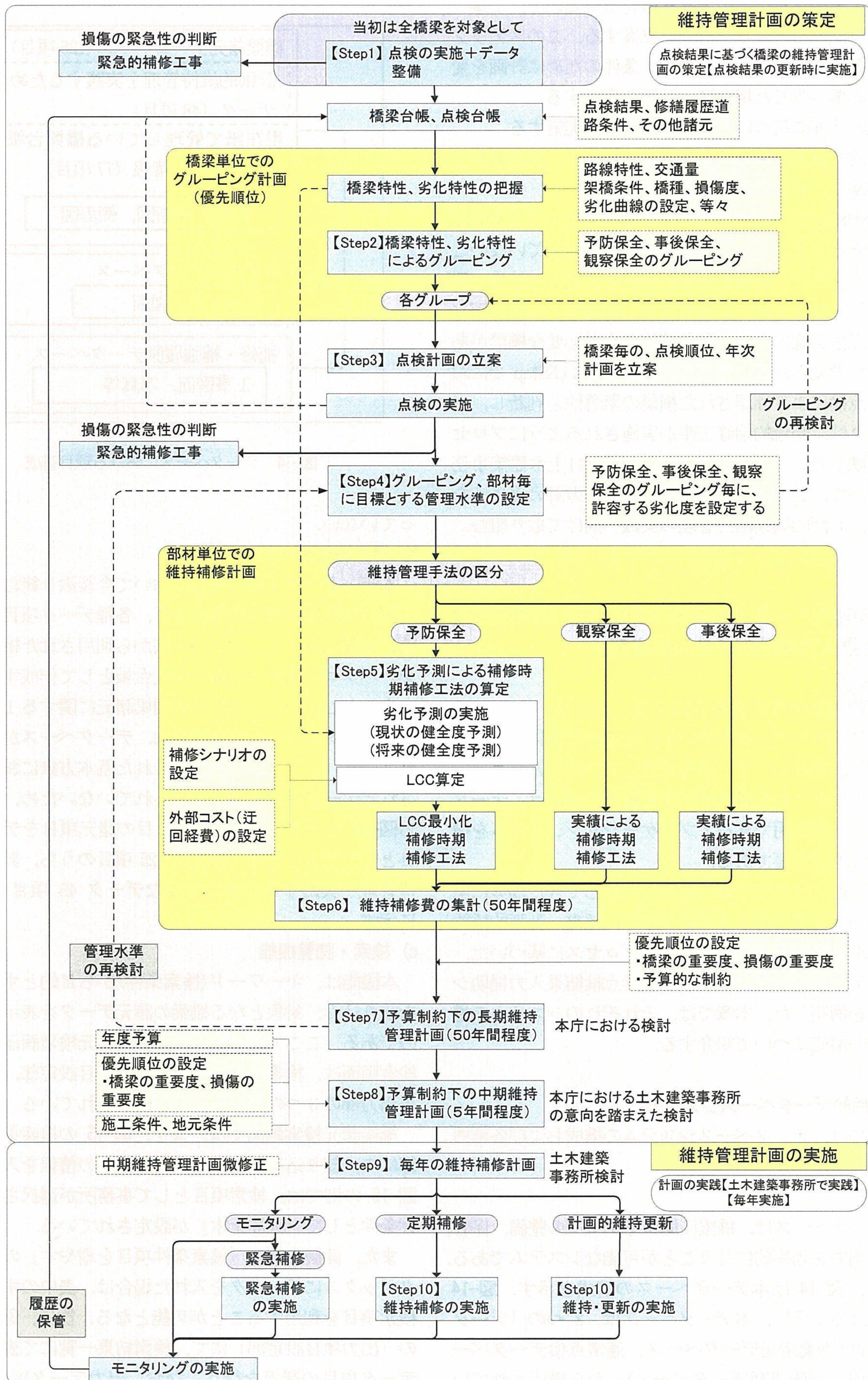


図-13 計画的橋梁維持管理の実践プロセス

実際に工事発注を行う土木建築事務所において、工事の実施可能性を考慮した計画を立案する。このステップでは、Step8)で述べたような施工条件のために計画を変更する必要が生じた場合に、計画を変更する。

Step 10) 計画に基づいて維持補修工事を実施する

合理的で効果的な維持管理計画に基づき、維持補修工事を実施し、橋梁の機能を維持する。

以上のStep1)からStep10)が、実践プロセスの基本的な流れである。ただし、これまで点検を実施していないことを考慮すると、全橋を対象に点検を実施した結果、緊急に補修工事を実施する必要がある橋梁や、点検計画立案後の点検実施により、緊急補修工事が必要な橋梁がある場合が考えられる。そこで、Step1)およびStep 3)において、点検により確認された損傷の緊急性を判断し、必要であれば、緊急的補修工事が実施されるようにプロセスへ反映した。基本方針策定後、本県の1土木建築事務所において、このプロセスを用いて基本方針の妥当性を検証し、計画的橋梁維持管理の実践へ向けて取り組む。

## 6. 実用的データベースシステムおよび橋梁点検結果入力補助システムの構築

計画的橋梁維持管理を実践するためには、約3,400橋の橋梁に関するデータを用いて、合理的で効果的な計画を立案し、実践し、データを更新していくことが重要である。このような大量のデータを扱うためには、データを蓄積し有効活用できるアプリケーションシステムを構築することが重要である。

本県では、これまで紙の帳票で整備してきた橋梁に関するデータを電子化するだけでなく、将来、計画的橋梁維持管理を実践するために、実践プロセスに基づいた、実用的データベースシステムと橋梁点検結果入力補助システムを構築した。本章では、それぞれのシステムの構成および機能について紹介する。

### (1) 実用的データベースシステム

本節では、データベースシステムの構成および各種機能を紹介する。

#### a) 構成

本データベースは、橋梁に関するデータの整備、保管、検索、出力を効率的に行うことが可能なシステムである。ここで、図-14 は本データベースの構成を示す。図-14 に示されるように、本データベースは、3つの「データベース群(橋梁諸元データベース、通常点検データベース、補修・補強履歴データベース)」から構成されている。なお、補修・補強履歴データベースは、その必要性は認識されつつも、プロトタイプシステムの開発には至

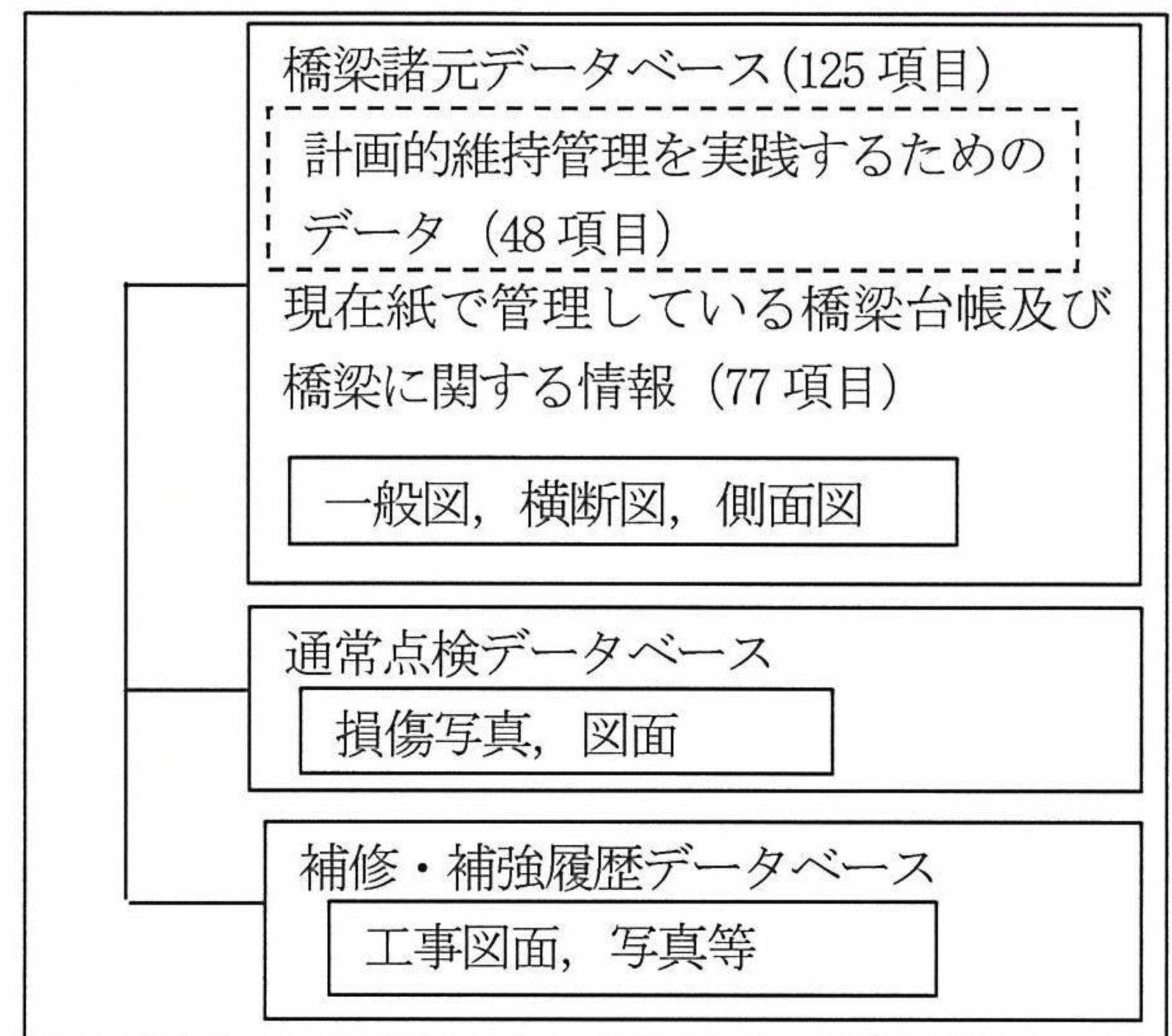


図-14 データベースにおける項目構成

っていない。

#### b) 橋梁諸元データベース

本データベースは、本県において今後取り組む橋梁の計画的な維持管理に必要となる、各種データ項目を電子的に管理すること、および従来から利用された橋梁台帳を、パソコン画面上に電子橋梁台帳として作成することを目的としている。そのため橋梁諸元に関する169項目が、データ項目として選択され、データベースが構築されている。しかし、今回作成された基本方針において示されたデータ項目と整合が図られていないため、これから図-14 に示すとおり、125項目の諸元項目をデータ項目として修正を行う。新たな125項目のうち、計画的維持管理を実践するための主要なデータ48項目を表-10に示す。

#### c) 検索・閲覧機能

本機能は、キーワード(検索条件)から目的とする橋梁を絞り込み、対象となる橋梁の諸元データを表示するものである。ここで図-15には、橋梁諸元検索画面を示す。検索画面は、検索条件設定部、出力項目設定部、検索結果出力部の3つのフレームから構成されている。

橋梁諸元検索画面では、まず、図-15の検索条件設定部にて、絞り込み検索を行いたい橋梁の情報を入力する。図-15の例では、検索項目として事務所が選択され、検索条件として「大島土木」が設定されている。

また、画面上部の「検索条件項目を増やす」のチェックボックスにチェックを入れた場合は、表中のすべての検索項目を利用することが可能となる。次に、図-15中の「出力項目設定部」にて、検索結果一覧にて表示するデータ項目の選択を行う。なお、出力データ項目は42項目あるが、「+詳細」をクリックすると、すべての項目が表示される。

最後に、画面上部にある「検索」ボタンをクリックすることにより、「検索条件設定部」で設定した条件に合致する橋梁情報が「検索結果出力部」へ一覧として出力される。

d) 橋梁台帳

橋梁台帳とは、橋梁の諸元データを一枚の用紙にまとめて記載したものである。台帳印刷機能を実行すると、Microsoft社のExcel形式で橋梁台帳のダウンロードが可能である。なお橋梁台帳の項目についても、今回作成された基本方針において示されたデータ項目と整合が図られていないため、修正を行う。

e) 地図表示機能

本機能は、橋梁の位置や簡易橋梁情報を電子地図上に表示するものである。検索結果一覧に示される橋梁を地図上にアイコン表示することや、アイコンをクリックすることにより橋梁の情報を表示させることが可能となる。また、部材属性や橋齢などから地図上に表示されるアイコンを分類することが可能であり、分類された橋梁の分布状況を一目で把握することができる。

(2) 通常点検データベースシステム

本節では、通常点検の結果を格納また検索するためのデータベースを紹介する。ここでは、まず通常点検について解説した後に、通常点検データベースへ保存されるデータ項目および機能について記述する。さらに、通常点検データ入力補助システムについて紹介する。

表-10 計画的維持管理実践のためのデータ項目

番号	項目名称	番号	項目名称
1	施設番号	25	迂回路の有無
2	管理事務所名	26	交通量(台/12h)
3	橋梁名	27	大型車交通量
4	路線名	28	大型車対応路線
5	所在地	29	添架物件
6	登録者	30	交差物件名
7	登録日	31	交差区分
8	架設年	32	上部構造形式
9	架替理由	33	下部工形式
10	近接可能性	34	支承
11	橋長	35	落橋防止装置
12	径間数	36	設計示方書
13	支間割	37	橋格
14	幅員構成	38	設計荷重
15	DID地区	39	伸縮装置
16	車線数	40	高欄材質
17	写真	41	高欄高さ
18	一般図	42	橋面積
19	構造図	43	塗装年
20	斜角	44	現場塗装・下塗塗料名
21	海岸線区分	45	現場塗装・中塗塗料名
22	センサスNo.	46	現場塗装・上塗塗料名
23	緊急輸送道路	47	工場塗装・一般外面塗装塗料名
24	バス路線	48	工場塗装・箱桁等内面塗装塗料名



図-15 橋梁諸元検索画面

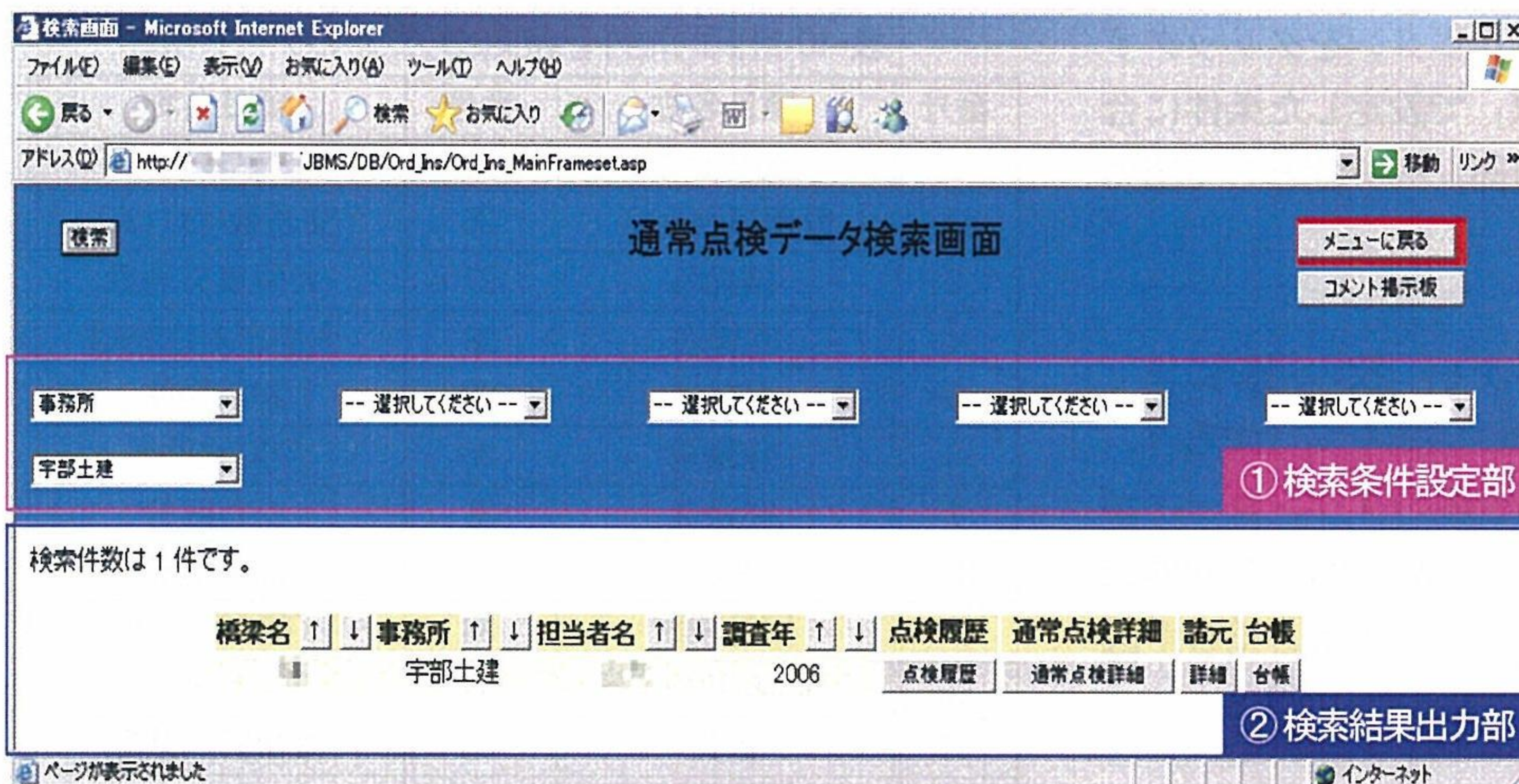


図-16 通常点検データ検索結果画面

表-11 点検諸元データ項目

番号	項目名称
1	橋梁 ID
2	通常点検 ID
3	点検年月日
4	点検者
5	点検方法
6	フォルダ名

表-12 検索項目(出力項目)

番号	項目名称
1	橋梁名
2	事務所名
3	調査年
4	担当者名

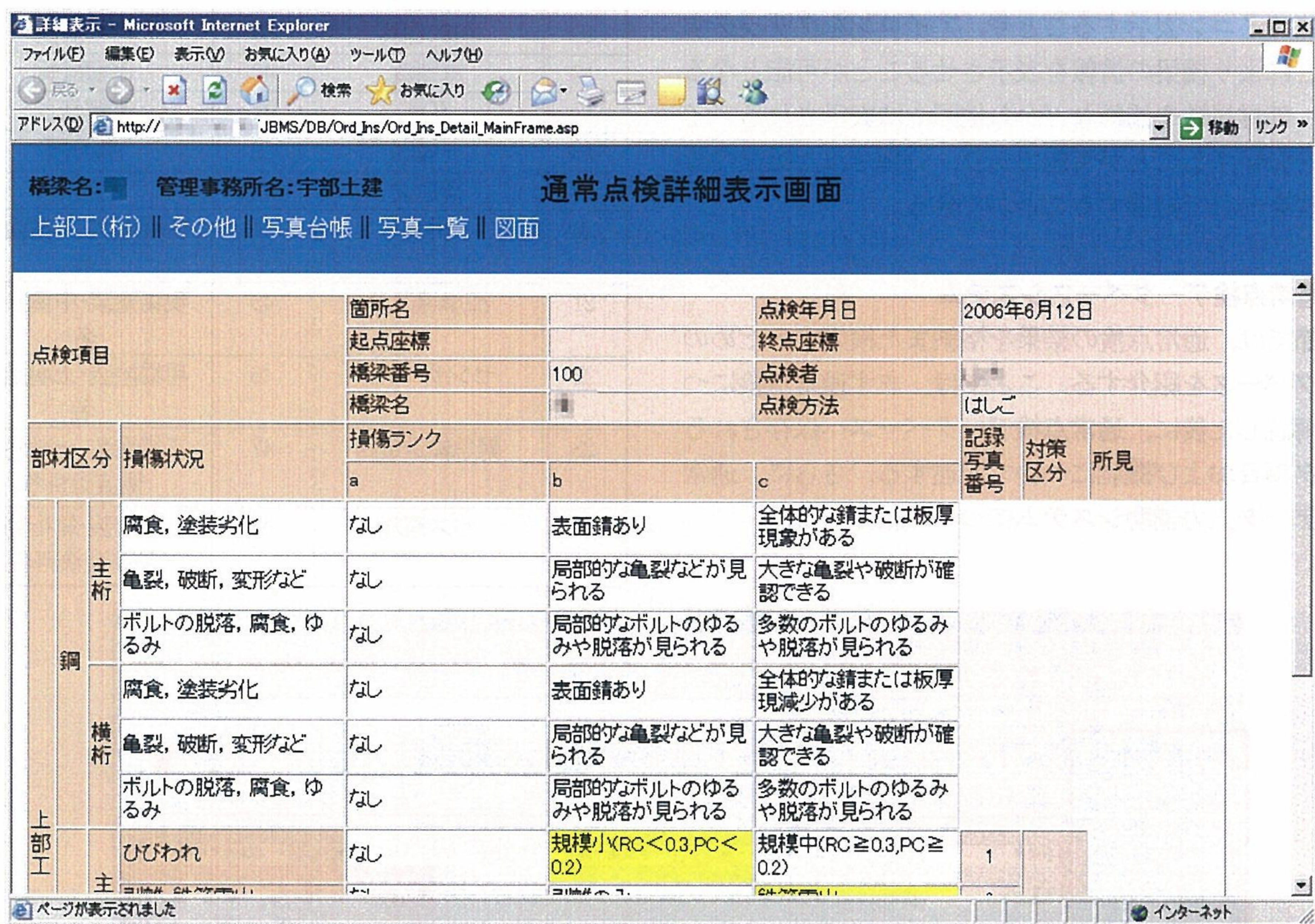


図-17 通常点検詳細画面

#### a) データ項目

本データベースへは、33 項目のデータが保存される。これら通常点検のデータ項目のうち、点検諸元データテーブルに分類されるデータ項目を表-11 に示す。

#### b) 検索・閲覧機能

本機能は、キーワード(検索条件)から目的とする通常点検データを絞り込み、対象となる通常点検データを表示するものである。図-16 には、通常点検データ検索画面を示す。なお、本画面は、検索結果が表示された例である。また通常点検詳細画面の例を図-17 に示す。

#### c) 通常点検検索画面

通常点検データ検索画面では、まず、図-16中に示された「検索条件設定部」にて絞り込み検索を行いたい内容に関する情報を入力する。なお、検索条件として設定可能な項目は表-12に示した4項目であり検索条件と出力条件は同じである。検索条件を入力した後に、画面上部の「検索」ボタンをクリックすると、「検索結果出力部」に、検索条件に合致する通常点検データが一覧として出力される。図-16中の「検索結果出力部」には、検索結果の表示画面の例を示す。ここで、検索結果に表示される「通常点検詳細」ボタンをクリックすると通常点



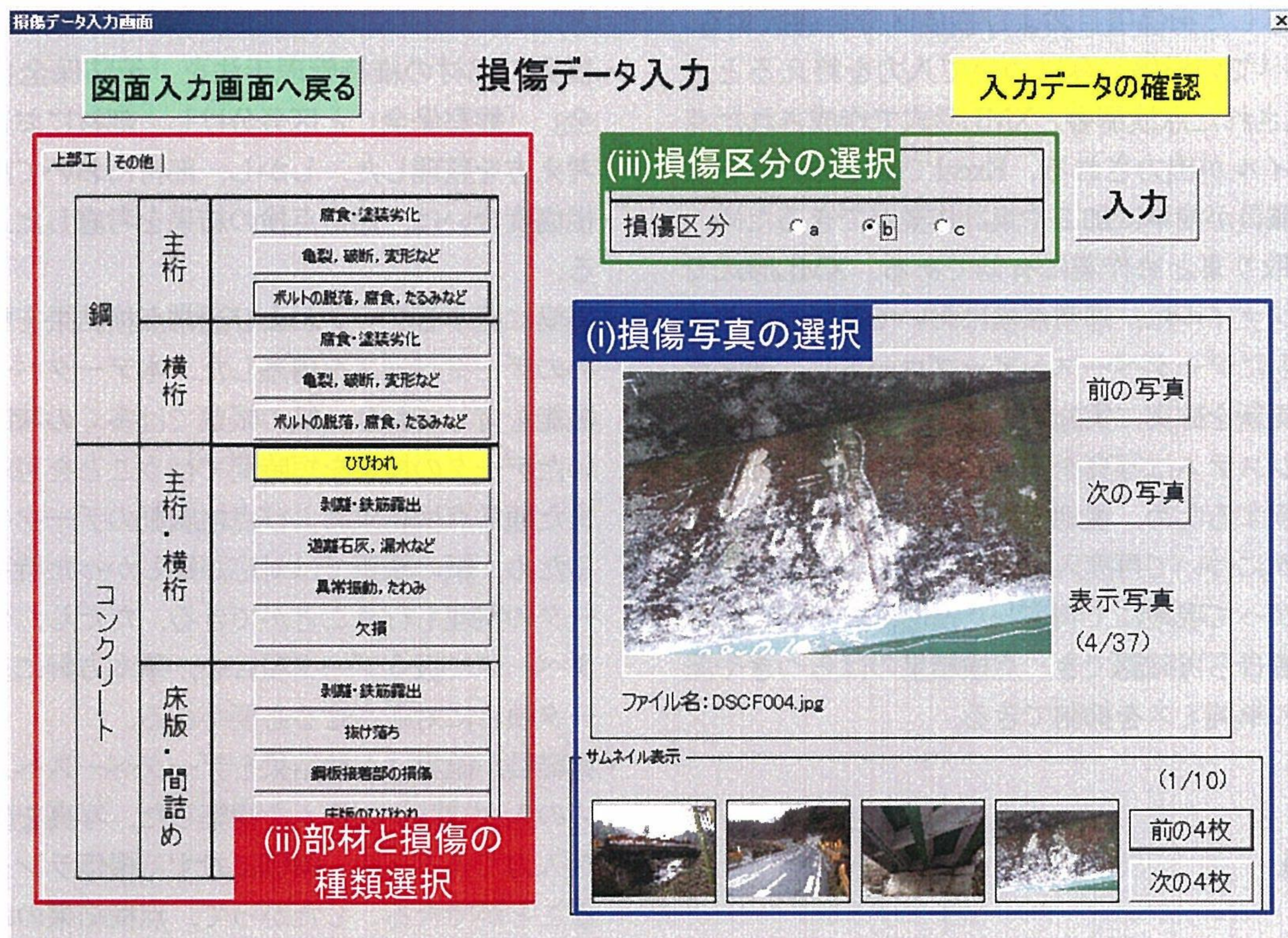


図-18 点検結果入力補助システム入力画面

検詳細画面へ遷移し、「点検履歴」ボタンをクリックすると通常点検履歴画面へ遷移する。

#### d) 通常点検詳細画面

通常点検結果の詳細は、図-16 に示した検索結果にある「通常点検詳細」ボタンをクリックすることにより通常点検詳細画面として表示される。通常点検データの詳細画面は、「上部工(桁)」、「その他」、「写真台帳」、「写真一覧」、「図面」のページに分割されている。

#### e) 通常点検履歴画面

通常点検は、定期的に点検を実施し橋梁の現状の把握を行うものである。点検結果は通常点検が実施されるたびに追加されていくため、点検の履歴の管理は肝要である。通常点検履歴画面は、図-16 に示した「点検履歴」ボタンをクリックすることにより表示される。

### (3) 通常点検結果入力補助システム

通常点検では、損傷区分の判定や対策区分を判定し点検調査を作成するとともに、損傷状況を撮影した損傷写真を整理する。また橋梁一般図などの図面も整理する。本システムは、本県職員が点検結果の整理を簡単かつ確実に実施できることを目的として作成された。本システムは、構築費用の発生を抑制するために、現在所有している物資、例えば通常業務に使用するパソコンで操作が可能なものとした。本システムは、あらかじめ通常業務に使用するパソコンにインストールされているMicrosoft社のExcelを使用し、特別なアプリケーションソフトなどの購入費用を不要とした。

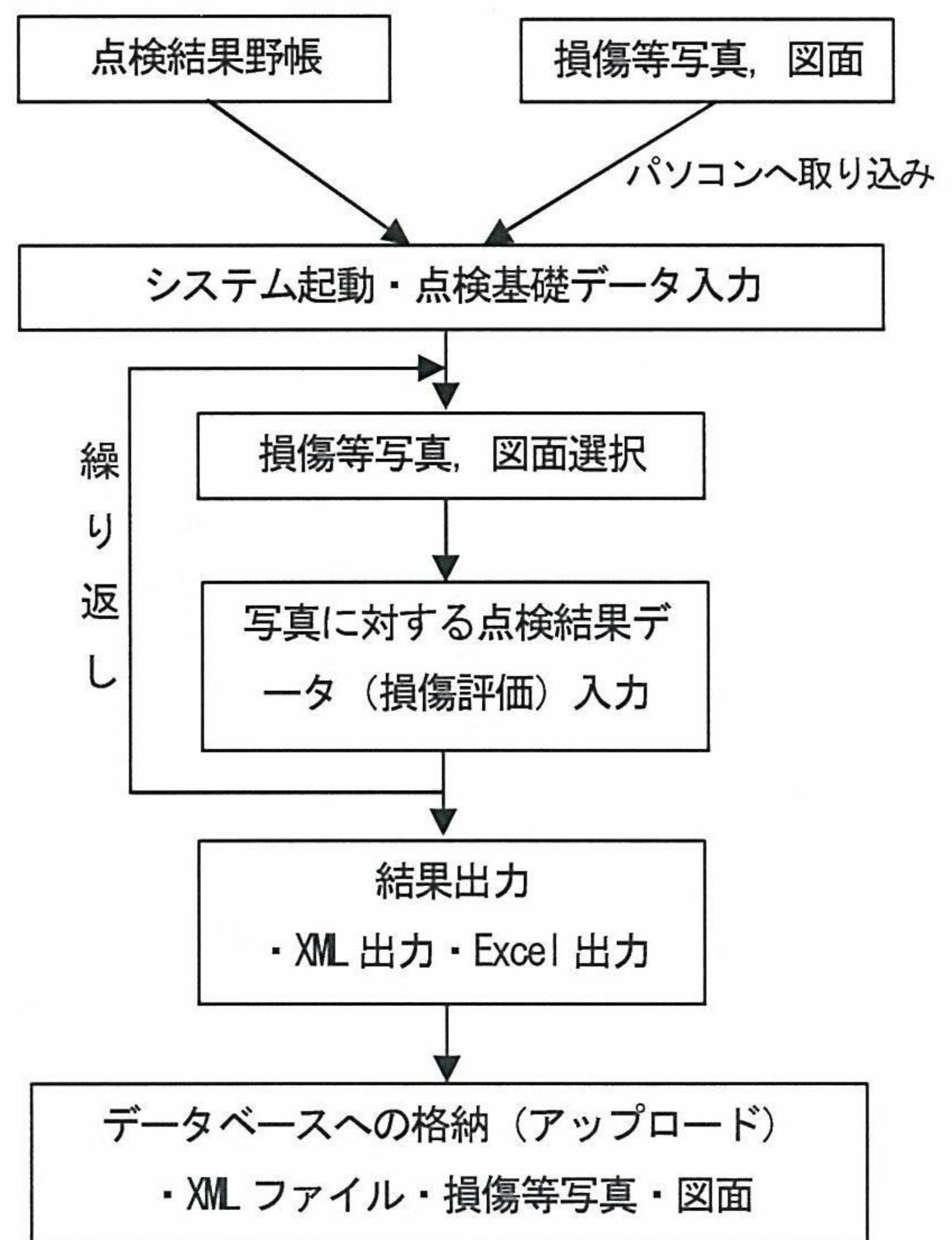


図-19 点検結果入力補助システムの流れ

入力用のシステム画面を図-18に示す。また本システムのデータ入力の流れを図-19に示す。本システムはまず、損傷写真をパソコンへ取り込む。次に、システムを起動し点検基礎データを入力する。基礎データの入力を終わると損傷状況の入力を行う。

入力は、まず、現地で撮影した損傷写真を選択し、こ

の写真に対応した損傷項目および損傷区分を選択する。撮影したすべての損傷写真について入力を終えると、Excelで作成された点検調書とXML形式で作成された点検結果ファイルが出力される。Excelで出力された点検調書は、県職員が簡単に加工や集計作業ができるため、点検結果の取りまとめ作業に有効である。XML形式で出力されたファイルは、通常点検において撮影された損傷写真とともにデータベースへアップロードし、通常点検データの更新を確実に実施できる。

また、本システムは写真を確認しながら損傷項目や損傷区分を選択するため、現地で判定し野帳に記録していた損傷ランクについて再度入力の際に確認することができる。したがって現地で判定した損傷区分が妥当かどうかを点検者自ら再確認でき、点検結果のばらつきや記録ミスなどの単純ミスを抑制できる。

## 7. まとめ

本稿では、山口県において計画的橋梁維持管理を実践するために策定された、基本方針について取りまとめた。また、実際の橋梁維持管理業務へ適用するために橋梁データの収集および活用のために開発されたデータベースシステムについて記述した。本稿の報告内容は、以下のとおりである。

- 橋梁業務に必要な橋梁に関するデータ項目を整理し、合理的で効果的な維持管理計画の立案に必要なデータ項目を選定した。これらの項目は、主要なデータ項目として通常点検時に収集し、優先的に整備していく。
- これまでに国土交通省において橋梁点検要領が取りまとめられているが、1橋あたりの点検費用が高額である。そこで、本県では橋梁点検要領(案)を参考に、独自の点検マニュアルを作成した。本点検マニュアルは、1橋あたりの点検費用を縮減すること、および本県職員が点検することを想定し、対象部材の分割作業の省略、現場条件における点検範囲の縮小、損傷評価基準の簡約化、点検調書の簡略化を行った。また今後の点検の実実施計画の立案手法を検討し、橋梁の損傷状況や優先順位により、点検間隔を任意に設定し、点検計画を立案する。さらに通常点検マニュアルによる通常点検とは別に、写真撮影のみの安全点検を実施する。
- 予算に制約がある中で、合理的で効果的な維持管理計画を立案するために、橋梁に優先順位を設定する手法を策定した。手法に用いる項目は、本県職員を対象に実施したアンケート結果もとに整理し、個々の橋梁の立地条件から設定される「橋梁の重要度」と、点検の結果発見された損傷状況から設定される「損傷の重要度」から、優先順位を設定する手法を基本的な考え方

とした。

- 橋梁の部材の維持管理手法を「予防保全」「事後保全」「観察保全」と区分分けし、部材における補修の考え方を整理した。しかし、部材において許容される損傷度合いは、通常点検の結果を考慮した上で検討する。
- 橋梁に関するデータおよび通常点検結果を整備するためのデータベースを構築した。本データベースは検索機能を有しており、紙の帳票では多くの時間を要していたデータの検索を短時間で行うことを可能とした。また通常点検結果および点検履歴のデータを整備できるため、紙の帳票では対応が難しかった時系列的なデータの整理も行うことができる。ただし、今後、データベースで扱うデータ項目を、基本方針に基づいたデータ項目に対応させる必要がある。
- 県職員が確実に点検結果をデータベースへ入力するための入力補助システムを構築した。写真を確認しながら入力できるため、損傷に対する損傷ランクを確認することができる。したがって、点検結果のばらつきや記録ミスなどの単純ミスを抑制できる。また簡易な操作で点検結果データをデータベースへ格納できるシステムとした。

最後に、山口県において計画的橋梁維持管理を実践するために策定された基本方針に基づき、今後、1土木建築事務所において、基本方針の妥当性を検証する必要がある。

謝辞：本報告を取りまとめるにあたり、多大なご助言を頂いた山口県橋梁の維持管理基本方針策定検討ワーキンググループ関係者に深く感謝いたします。また、本報告は、平成17年度山口県官学共同研究の成果の一部であることを記す。

## 参考文献

- 1) 高木千太郎：道路施設を対象としたアセットマネジメント-東京都のアセットマネジメントと導入の効果-、第1回ブリッジマネジメントフォーラム資料、2006。
- 2) 青森県県土整備部道路課：青森県アセットマネジメントアクションプラン、2006。
- 3) 河村圭、宮本文穂、中村秀明、小野正樹：Bridge Management System(BMS)における維持管理対策選定システムの開発、土木学会論文集、No.658/VI-48、pp.121-139、2009.9。
- 4) 河村圭：Bridge Management System(BMS)の開発および実用化に関する研究、山口大学大学院理工学研究科学位論文、2000.3。
- 5) 今野将顕、宮本文穂、中村秀明、石田純一：多目的最適化による複数橋梁の維持管理計画策定方法の開発、応用力学論文集、Vol.7、pp.1149-1158、2004.8。
- 6) 宮本文穂、河村圭、中村秀明：Bridge Management System(BMS)を利用した既存橋梁の最適維持管理計画の策定、土木学会論文集、No.588/VI-38、pp.191-208、1998.3。

- 7) 宮本文穂, 串田守可, 足立幸郎, 松本正人 : Bridge Management System(BMS)の開発, 土木学会論文集, No.560/VI-34, pp.91-106, 1997.3.
- 8) 津田尚胤, 貝戸清之, 青木一也, 小林潔司 : 橋梁劣化予測のためのマルコフ推移確率の推定, 土木学会論文集, No.801/I-73, pp.69-82, 2005.10.
- 9) 杉本博之, 阿部淳一, 赤泊和幸, 渡邊忠明 : 公共投資の経年的シナリオに対する橋梁の健全度推移に関する研究, 土木学会論文集, No.780/I-70, pp.199-209, 2005.1.
- 10) 杉本博之, 首藤論, 後藤晃, 渡邊忠明, 田村亨 : 北海道の橋梁のユーザーコストの定量化の試みとその利用について, 土木学会論文集, No.682/I-56, pp.347-357, 2001.7.
- 11) 美濃智広, 橋本欣也, 狩野裕之, 森川英典 : 性能評価パラメータの不確定性を考慮した塩害劣化PC橋の安全性評価, コンクリート工学年次論文集, No.26-1, pp.2055-2060, 2004.7.
- 12) (社) 日本橋梁建設協会 : 鋼橋のライフサイクルコスト—新しい命題への第一歩—, 2000.12.
- 13) (社) 日本鋼構造協会 : 鋼橋の長寿命化のための方策 (塗装からの取り組み) , 2002.10.
- 14) プレストレスト・コンクリート建設業協会 関西支部 : PC橋の維持管理について, 2004.9.
- 15) 土木研究所 : ミニマムメンテナンスPC橋, 2001.
- 16) 橋梁マネジメント研究会 : 道路橋マネジメントの手引き, pp.III1-31 (財)海洋架橋・橋梁調査会, 2004.8.

(2007.3.?? 受付)

## A PREMEDITATED MAINTENANCE STRATEGY AND PRACTICAL DATA MANAGEMENT FOR BRIDGES IN YAMAGUCHI PREFECTURE

Jun-ichi ISHIDA, Mitsuhiro OKAZAKI, Kei KAWAMURA & Ayaho MIYAMOTO

The present report is an attempt to decide on the policy in order to introduce a new method of premeditated maintenance and management of bridges under Yamaguchi Prefectural Government (YPG) control. Indispensable data was selected in order to develop a bridge maintenance plan. Bridge inspection manual was established in order to inspect all the bridges under prefectural control regularly. And Method of deciding the order of priority about bridge repairing, in the limited budget of maintenance and management of bridges, was decided. And the data base system and support system for inputting bridge inspection data were developed.