

I-17 コンクリート橋における維持管理業務の To-be モデルの構築に関する研究

To-be Model of Maintenance Stage for Concrete Highway Bridges

窪田 諭¹

Satoshi KUBOTA

三上 市藏²

Ichizou MIKAMI

君嶋 三恵³

Mie KIMIJIMA

抄録: コンクリート橋の維持管理業務においては、橋梁の管理技術者の業務負担を軽減し、点検業務の品質を確保するとともに、維持管理費用を縮減するために、現状の業務プロセスを改革して新しい維持管理業務体系を構築する必要がある。

本研究では、コンクリート橋の新しい維持管理業務体系を提案することを目的として、維持管理業務の To-be モデルを構築した。To-be モデルの構築に当たっては、PM (Project Management) の考えと計画的保全の考えを導入した。PM の考えを導入して維持管理関係者の役割を再定義し、計画的保全の考えに基づき長期的視点に立った効率的、計画的な維持管理業務を定義して To-be モデルを構築した。

Abstract: In maintenance process of concrete highway bridges, management engineers' share increases. For reducing engineers' share, it is necessary that the presented business process is innovated, and the new business process is constructed.

In this paper, To-be model was constructed for the new maintenance business process model in concrete highway bridges. Project Management and systematic conservation were applied to To-be model. The role of maintenance engineer was redefined by applying PM. To-be model was constructed for defining efficient and systematic maintenance process by applying systematic conservation.

キーワード: コンクリート橋, 維持管理, To-be モデル, 情報モデル, プロジェクトマネジメント

Keywords: Concrete Highway Bridges, Maintenance, To-be Model, Information Model, Project Management

1. まえがき

コンクリート橋は我が国の橋梁の約 50% を占めており、社会基盤の中で重要な役割を担っている。しかし、既存のコンクリート橋において、1999 年にはコンクリートの落下事故や付属構造物の損傷落下などが相次いで発生¹⁾するなど、その安全性に問題が発生している。したがって、供用中のコンクリート橋を常に良好な状態に保ち、国民が安全に利用できるようにするために、適切な時期に点検および診断を行い、適切な補修・補強の対策を実施する維持管理が体系的に行われなければならない²⁾³⁾。今後は一般的な供用年数である 50 年を超える橋梁数が増加⁴⁾するため、維持管理費用と管理技術者の増加が望まれる。しかし、現状では行政の財政状況が非常に厳しいため、維持管理の予算

配分の増大には限界があり、橋梁の管理技術者を削減しようとする傾向にある。そのため、管理技術者は、維持管理業務にますます大きな負担を強いられることになる。したがって、橋梁の管理技術者の負担を軽減し、コスト縮減を図るとともに、点検業務の品質を確保するためには、維持管理業務を改善することが必要である。

維持管理業務では、計画から維持管理にわたるライフサイクルにおいて発生する膨大な情報が取り扱われる。維持管理業務を効率化するためには、ライフサイクルにおいて電子情報を交換・共有・再利用することによって業務プロセスを改革することが有効である。そのためには、現状の維持管理業務プロセスを分析し、新しい維持管理業務体系を構築することが必要

1 正会員 修 (工) 株式会社オービス総研 (〒560-0083 大阪府豊中市新千里西町 1-2-1)

2 フェロー 工博 関西大学 教授 工学部 都市環境工学科

(〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL 06-6368-1111(Ext.6521) E-mail: mikami.ichizou@mc.neweb.ne.jp)

3 正会員 修 (工) 日立電子サービス株式会社 (〒244-0805 横浜市戸塚区川上町 87-4)

表-1 現状業務の問題点と解決策

問題点	原因	解決策
一部の業務において作業が重複している	発注者が業務毎に受注者に業務を発注する棲み分けが行われている	関係者の役割を再定義する
同じ部材から損傷が何度も発生している	損傷を発見してから補修するという事後的保全である	部材の劣化を把握し、適切に対処する
劣化診断や補修の要否判定の精度が技術者の技能に依存している	部材の劣化状態を示す情報が有効活用されていない	部材の劣化状態を示す情報を有効に利活用する
永続的にデータを活用できないおそれがある	データの形式がアプリケーションに依存している	情報をアプリケーションに依存しない形式にする

である。

これまで、維持管理業務を効率化することを目的として様々な取り組みがなされており、国土交通省のMICHIシステム（Ministry of Construction Highway Information database system）⁵⁾⁶⁾、日本道路公団のJH-BMS（Japan Highway Bridge Management System）⁷⁾⁸⁾、阪神高速道路公団の保全情報管理システム⁹⁾¹¹⁾が構築されている。しかし、これらの取り組みは現状の業務プロセスに合わせてシステム化が図られているため、業務プロセスの大幅な改善は行われていない。

著者らは、コンクリート橋における現状の維持管理業務を明確にし、問題点を抽出するために、現状業務のプロセスを単純化したモデルであるAs-isモデル¹²⁾を構築し現状分析を行った。さらに、現状業務の問題点と解決策を提案し、解決策の実現のために必要となる情報モデルを構築した。

本研究では、コンクリート橋の管理技術者の業務負担を軽減し、点検業務の品質を確保するとともに維持管理費用を縮減するために、新しい維持管理業務体系を提案し、維持管理のあるべき姿としての新しい業務プロセスをモデル化したTo-beモデルを構築する。To-beモデルは維持管理業務のあるべき姿を実現するための業務の方法を決定し、単純化したものである。維持管理業務のあるべき姿である改善プロセスを提案し、情報モデルを用いた改善プロセスをモデル化してTo-beモデルを構築する。

2. 既往の研究

(1) 維持管理業務の現状分析

文献12)では、コンクリート橋の現状の維持管理業務における問題点とその原因を抽出し、解決策を提案するために、国土交通省、日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団が橋梁管理者である維持管理業務を分析した。現状業務の分析に当たっては、文献13)～19)を用いてUML（Unified Modeling

Language）²⁰⁾によってAs-isモデルの情報モデルとプロセスモデルを構築した。情報モデルでは、情報の構造や属性、情報間の関連をUMLのクラス図を用いて表現し、維持管理業務に関する情報の内容を分析して問題点を抽出した。プロセスモデルでは、維持管理関係者の役割および業務の流れをUMLのアクティビティ図を用いて表現し、関係者毎の詳細な作業や情報の利活用方法をUMLのシーケンス図を用いて表現し、問題点を抽出した。抽出された現状の問題点と解決策を表-1に示す。

(2) 情報モデルの構築

現状の維持管理業務における問題点と解決策の分析から、部材の劣化状態を示す情報と業務に必要な情報を定義するためにTo-beモデルで必要となる情報モデルを構築した。情報モデルは部材情報モデルと業務情報モデルから構成され、部材情報モデルはコンクリート橋の部材に関する情報、業務情報モデルは維持管理業務に関する情報と維持管理業務の結果として発生する情報を保持するようにした。ライフサイクルにわたって情報を効率的に蓄積、検索および利用するために、情報モデルの要求機能を分析し、クラス図を用いて情報モデルを構築し、XMLSchema²¹⁾で表現した。

3. To-beモデルの方針

To-beモデルは、情報モデルとプロセスモデルから構成される。情報モデルは維持管理業務のあるべき姿を実現するために必要な情報を抽出し、単純化したものである。プロセスモデルは、あるべき姿を実現するための業務の方法を決定し、単純化したものである。本研究で構築するプロセスモデルでは、業務の流れをモデル化するとともに、情報モデルの利活用方法を業務毎に体系化する。第二章の解決策から、To-beモデルで決定すべきことは、維持管理情報のあり方を定義し体系化すること、および、維持管理情報の交換・共有を考慮した利活用方法を定義することであると考えられる。本研究では、これらを実現できる業務方法を構築

表-2 関係者の役割の再定義

維持管理関係者		役割
発注者		維持管理業務の予算を決定する
		維持管理業務の委託先を決定する
受注者	橋梁管理者（プロジェクトマネージャ）	維持管理業務全体を管理し、運営する
		維持管理計画、点検計画を立案する
	点検会社	劣化診断、補修・補強の要否判定を行う
	補修・補強会社	点検業務を請け負う
		補修・補強業務を請け負う

するために、抽出した要求機能とモデル化した情報¹²⁾を使用してプロセスモデルを構築する。

第二章の現状分析より、発注者が主体となって業務を遂行していることが明らかになった。そして、業務毎に受注者に業務を発注しているという「棲み分け」が発生し、業務の重複があることがわかった。そのため、業務間の壁を越えた維持管理業務の効率化は困難である。本研究では、業務の効率化を実現するとともに、点検業務の品質を確保できるように維持管理業務の関係者の役割を再定義するために、プロジェクトマネジメント（PM：Project Management）の考え方を適用する。PMは政府などの発注者は国民の要求と予算を把握し、プロジェクトマネージャが発注者の代わりに計画・調査・設計・施工・維持管理の業務プロセスを総括して行う方法である。PMを取り入れた関係者の役割を表-2に再定義する。発注者は維持管理業務の予算のみを決定し、プロジェクトマネージャが維持管理業務を効率的に行うために専門知識を駆使して維持管理計画や点検計画、補修・補強計画を立案し、作業を実施する。本研究では、プロジェクトマネージャの役割を橋梁管理者が担うことにする。ただし、橋梁管理者のみで処理できない業務に関しては、他の専門会社に委託する。

そして、第二章の解決策を実現する業務を行うことを目的として、合理的な維持管理業務を体系化する。現在、維持管理業務において「計画的保全」の考え方が注目されている。計画的保全は、コンクリート橋を資産と捉え、長期的視点に立った維持管理シナリオに基づく効率的、計画的な資産管理を行うことである。具体的には、コンクリート橋を構成する部材の経時的変化を把握し、劣化予測を行い、適切な時期に適切な維持補修を行うことである。本研究では、維持管理業務を効率化し、橋梁を安全に供用できるようにするために計画的保全の考えを導入し、維持管理業務の流れを決定する。

4. To-be モデルの構築

第三章で立案した方針に従って、維持管理業務の流れと情報モデルの活用体系を構築する。

(1) 維持管理業務の流れ

プロジェクトマネジメントと計画的保全の考え方によって、維持管理業務の流れを決定する。計画的保全の考えに基づき、部材の劣化予測を踏まえた維持管理計画を作成するために、維持管理計画の前に「初期点検」を行う。現状分析¹²⁾より、追跡調査と詳細調査には重複している作業が存在していたため、二つの業務をまとめて詳細点検とし、補修・補強の要否判定を行う際に必要な部材の健全度に関する資料を収集することにする。そして、PMの考えにより関係者の役割を再定義し、アクティビティ図を用いて、新しい維持管理業務の流れを体系化する。

To-be モデルにおいて、As-is モデルから改善した特徴的な点を以下に述べる。なお、維持管理業務のプロセスモデルをアクティビティ図でモデル化した結果を付録に示す。

- 1) 発注者が維持管理業務全てを受注者（橋梁管理者）に委託する。
 発注者は国民のニーズを把握し、予算を配慮した上でコンクリート橋の維持管理業務の委託先を決定する。そして、受注者が維持管理業務全てを受注する。To-be モデルでは、プロジェクトマネージャである橋梁管理者が維持管理業務全てを受注し、管理する。ただし、点検業務や補修・補強業務など専門技術を要し、橋梁管理者のみで業務を行うことが困難な場合は点検会社や補修・補強会社に業務委託する。そして、橋梁管理者は点検業務、補修・補強業務の成果を受け取り、照査する。
- 2) 橋梁管理者が初期点検を点検会社に委託する。
 部材の健全度を踏まえて維持管理計画を立案するために、初期点検を実施する。初期点検を橋梁管理者のみで行うことが困難な場合は、初期点検を行う技術を保有する点検会社に業務を委託する。

- 3) 橋梁管理者は維持管理計画を立案する前に劣化予測を行う。

橋梁管理者は初期点検の結果を参照して、部材毎に劣化予測を行う。劣化予測結果を踏まえて、部材毎の維持管理区分を決定する。

- 4) 橋梁管理者は日常点検・定期点検後に劣化診断を行う。

橋梁管理者は、日常点検・定期点検結果、設計・施工情報を踏まえて部材毎に劣化診断を行う。劣化診断では、部材の劣化現象を分類し、劣化要因を推定することによって劣化機構を決定する。部材の劣化が著しい場合は、補修・補強の可否を判定するための資料収集を目的として詳細点検を行う。

- 5) 橋梁管理者は詳細点検を業務委託し、補修・補強を行う際の資料を収集する。

現状では、橋梁管理者は部材の劣化を把握するために追跡調査を行い、補修・補強する際の資料収集として詳細点検を行っている。To-beモデルでは、橋梁管理者は日常点検、定期点検後に劣化診断を行うことによって部材の劣化を把握するので、補修・補強の可否を判定するための資料収集として詳細点検のみを委託する。

- 6) 橋梁管理者は詳細点検後に健全度評価と劣化予測を行う。

橋梁管理者は初期点検結果、詳細点検結果、過去の健全度評価結果を活用し、部材の健全度評価を行う。そして、健全度評価結果、劣化予測モデルなどを活用して部材の劣化予測を行い、補修・補強の可否を判定する。補修・補強を行う場合は、適切な補修工法、材料を決定するための資料として、健全度評価結果や劣化予測結果を活用する。

(2) 情報モデルの活用体系

(a) 活用体系の考え方

新しい維持管理業務の流れにおいて、情報の利活用によって点検業務の品質を確保するとともに、業務の効率化を実現するために、To-beモデルで利用される情報モデルの活用方法を時系列で定義する。情報モデルの活用体系を定義することによって、情報モデルを中心とした新しい業務モデルを構築することができる。情報モデルの活用方法として、計画的保全を実現することを目的として情報モデルの活用体系を示す。計画的保全の考えの導入により、以下の三点を実現する。1)過去の点検結果、劣化診断結果などの情報を活用することによって維持管理計画や点検計画を長期的視点に立って立案する。2)部材の経時的変化を考慮して劣化診断や健全土俵課の精度を確保する。3)情報の利活用によって重複した業務を削減する。

計画的保全に必要なことは、部材の健全度を正確に把握し、適切な時期に適切な維持補修を行うことである。そのために、部材の点検から劣化診断、補修・補強までの一貫した履歴を蓄積する。そして、蓄積した履歴を健全度評価や劣化診断、劣化予測で活用し、部材の健全度を正確に把握できるようにする。維持管理計画や点検計画においては、他の橋梁の事例を参照し、最適な業務を行えるようにする。これらの考えを基に、シーケンス図を用いて情報モデルの活用体系を構築する。

(b) 活用体系の構築

初期点検はコンクリート橋を構成する部材の初期欠陥と考えられる損傷の有無を確認するために行う。まず、点検会社が点検マニュアル、設計情報・施工情報を活用して点検方法と点検項目を決定する。次に、初期点検を行う点検員を点検員の実績を参考に選定する。そして、点検員が決定した点検方法と点検項目に則って初期点検を行い、損傷の有無を確認する。最後に、点検員が初期点検結果を点検会社に報告する。初期点検では、点検支援システムをアクターとして導入し、点検方法と点検項目を決定する作業を行うことにする。

同様の方法で、点検計画、維持管理計画、点検、劣化診断、詳細点検、補修・補強の可否判定、補修・補強計画、補修・補強における情報モデルの活用体系を構築した。ここでは、初期点検における情報モデルの活用体系をシーケンス図で表現した結果を図-1に示す。

5. To-beモデルの評価

構築したTo-beモデルの有用性を検証するために、To-beモデルを評価する。本章では、維持管理業務の現状分析で抽出された問題点をTo-beモデルのプロセスモデルと情報モデルが解決していることを明らかにする。

1) **問題点**：橋梁管理者が日常点検や詳細調査で発見した損傷を補修するという事後的保全の考え方で維持管理計画を立案しているため、同じ部材で何度も損傷が発生する。

問題点：維持管理計画で劣化予測の情報が参照されていないため、管理技術者は部材の経時的変化を把握できず、維持管理業務全体が事後保全的な対応になっている。

解決：維持管理計画で劣化予測を行うことにした。その結果に基づいて長期的な視点に立って維持管理計画を立案し、適切な点検・補修を行うことができるようにした。

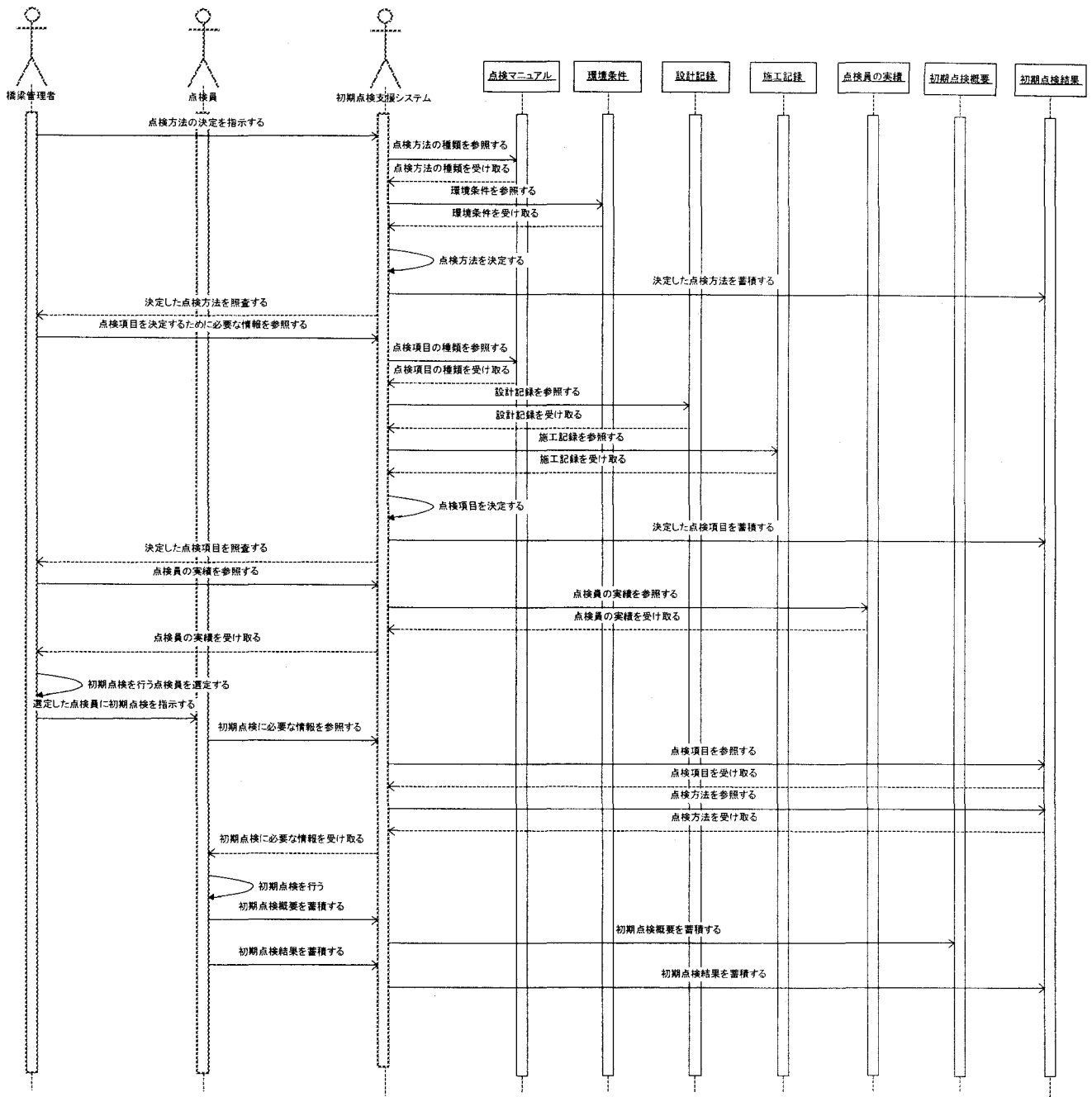


図-1 情報モデルの活用体系（初期点検）

2) 問題点：維持管理計画で構造諸元一覧と橋梁台帳を参照する作業が点検計画の作業と重複している。

解決：橋梁諸元一覧と橋梁台帳と同様の内容である構造、施工情報、設計情報を維持管理計画で参照し、維持管理区分を決定する。そして、点検計画では維持管理区分結果を参照して点検時期や点検頻度を決定するようにした。これにより、構造諸元一覧と橋梁台帳を参照する作業を削減できた。

3) 問題点：追跡調査の要否判定において、技術者は点検報告書と予算資料しか参照しておらず、部材の健全度を把握するために必要な過去の健全度評価結果や劣化予測結果を参照していない。そのため、追跡調査の要否判定の精度が橋梁管理者の技能に左右される。

解決：日常点検、定期点検後に劣化診断を行うことにした。その際に、情報モデルの点検結果、健全度評価結果、設計情報、施工情報を活用することにした。

解決：日常点検、定期点検後に劣化診断を行うことにした。その際に、情報モデルの点検結果、健全度評価結果、設計情報、施工情報を活用することにした。

4) 問題点：追跡調査で地図や橋梁台帳、橋梁諸元、点検マニュアルを参照する作業が詳細調査と重複して

いる。

解決：橋梁管理者が日常点検，定期点検後に劣化診断を行うことにした。劣化診断で部材の劣化を適切に把握し，部材の健全度を把握するための資料収集が目的であった追跡調査を排除した。これにより，追跡調査と詳細調査で重複していた作業を削減した。

- 5) **問題点：**リニューアル判定を行う際に，橋梁管理者は健全度評価結果と劣化予測結果しか参照しておらず，過去のリニューアル判定や劣化診断結果を参照していないため，リニューアル判定の考え方や方法が不明確な状態で判定している。そのため，リニューアル判定の精度が橋梁管理者の技能に左右される。

問題点：調査・補修の優先度判定を行う際に，健全度評価結果と劣化予測結果しか参照していないため，調査・補修の優先度判定の精度が橋梁管理者の技能に左右される。

解決：補修・補強の要否判定を行う際に，劣化の進行程度を把握し，劣化機構を決定するようにした。それらの結果を基に劣化予測を行うことによって，補修・補強を行うべき適切な時期が把握できるようにした。

以上の結果，本研究で構築した To-be モデルによって現状業務の問題点を解決できることを検証できた。したがって，コンクリート橋の維持管理関係者が提案する To-be モデルに従って維持管理業務を実施すれば，業務の改善が図られる。

6. あとがき

本研究では，コンクリート橋の管理技術者の業務負担を軽減し，点検業務の品質を確保するとともに，維持管理コストを縮減することを目的として，新しい維持管理業務体系である To-be モデルを構築した。To-be モデルの方針として，関係者の役割を再定義するためにプロジェクトマネジメントを導入し，部材の劣化を把握し適切に対処するために計画的保全の考えを導入した。

そして，これらの考えの基で維持管理業務の流れを体系化し，業務の流れにおける情報モデルの活用方法を時系列で定義して To-be モデルを構築した。最後に，To-be モデルの有用性を評価するために，現状分析によって抽出された問題点を To-be モデルのプロセスモデルと情報モデルが解決していることを検証した。

参考文献

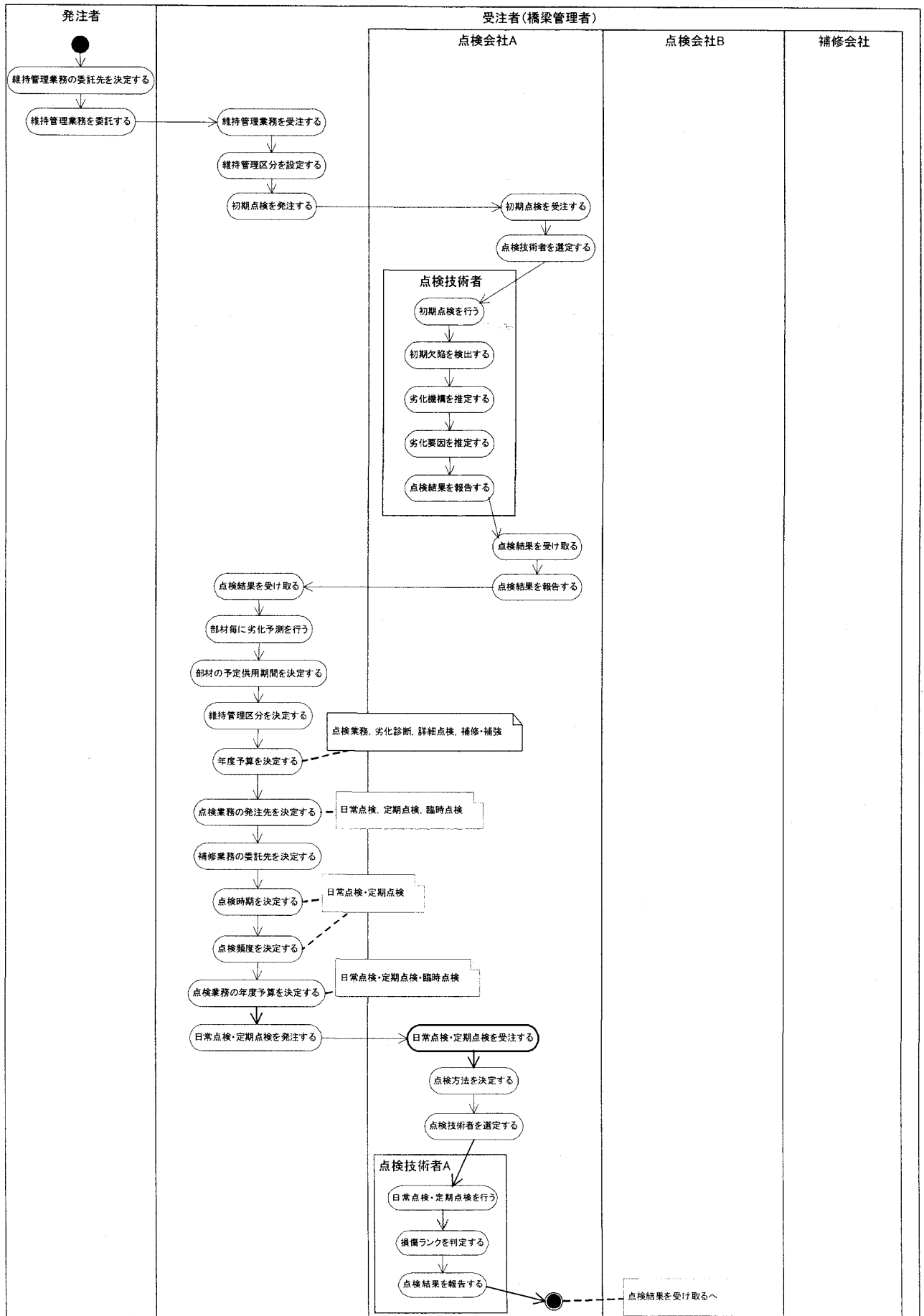
- 1) 広瀬鉄夫：阪神高速道路の維持管理における今とこれから，土木学会誌，Vol.86，pp.17-18，2001.12.
- 2) 小林健：高速道路ストックの計画的な維持管理に向け

- て，土木学会誌，Vol.86，pp.13-14，2001.12.
- 3) 岡田昌澄：首都高速道路の維持管理，土木学会誌，Vol.86，pp.15-16，2001.12.
- 4) 国土交通省：道路構造物の今後の管理・更新等のあり方提言，2003.4.
- 5) MICHI 代表担当者会議事務局：MICHI 道路管理データベースシステム資料，1997.3.
- 6) 野口英正：高速道路ストックの計画的保全管理の実現に向けて～新たな管理手法の検討～，月刊建設，全日本建設技術協会，pp.25-27，2001.10.
- 7) 横山和昭，上東泰，窪田賢司：橋梁マネジメントシステム（JH-BMS）の構築，ハイウェイ技術，高速道路技術センター，pp.32-37，2003.10.
- 8) 久保竜志，川瀬憲司：道路保全情報システム（RIMS）構築に向けた取り組みー計画的な保全管理の実現に向けてー，ハイウェイ技術，高速道路技術センター，pp.6-9，2003.10.
- 9) 上山茂：阪神高速における保全情報管理システムについて，第 19 回土木情報システムシンポジウム講演集，土木学会，pp.81-84，1994.10.
- 10) 加賀山泰一，黒崎剛史，丹波寛夫，柴田洋：阪神高速道路における保全情報管理システムの構築，橋梁と基礎，建設図書，Vol.35，No.12，pp.24-30，2001.12.
- 11) 丹波寛夫，広瀬鉄夫：定期点検・保守管理システムの開発，第 25 回日本道路会議論文，日本道路協会，2003.11.
- 12) 三上市蔵，窪田諭，君嶋三恵：コンクリート橋の維持管理業務における情報モデルの構築に関する研究，土木情報利用技術論文集，Vol.12，pp.105-112，2003.10.
- 13) 建設省土木研究所：橋梁点検要領（案），1993.7.
- 14) 日本道路公団：維持修繕要領，1999.4.
- 15) 首都高速道路公団保全施設部：構造物等点検要領，2001.4.
- 16) 阪神高速道路公団：道路構造物の点検標準，1996.5.
- 17) 建設コンサルタンツ協会近畿支部：新しい IT 要素技術と業務提案および CALS 実証実験，2001.4.
- 18) 阪神高速道路管理技術センター，関西大学工業技術研究所：道路点検業務における点検員の技能向上に関する研究，1993.2.
- 19) 阪神高速道路管理技術センター，関西大学工業技術研究所：道路点検業務における点検標準の改善策に関する研究，1994.2.
- 20) Hans-Erik Eriksson, Magnus Penker：UML によるビジネスモデリング，ソフトバンクパブリッシング，2002.5.
- 21) W3C：Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition)，2000.

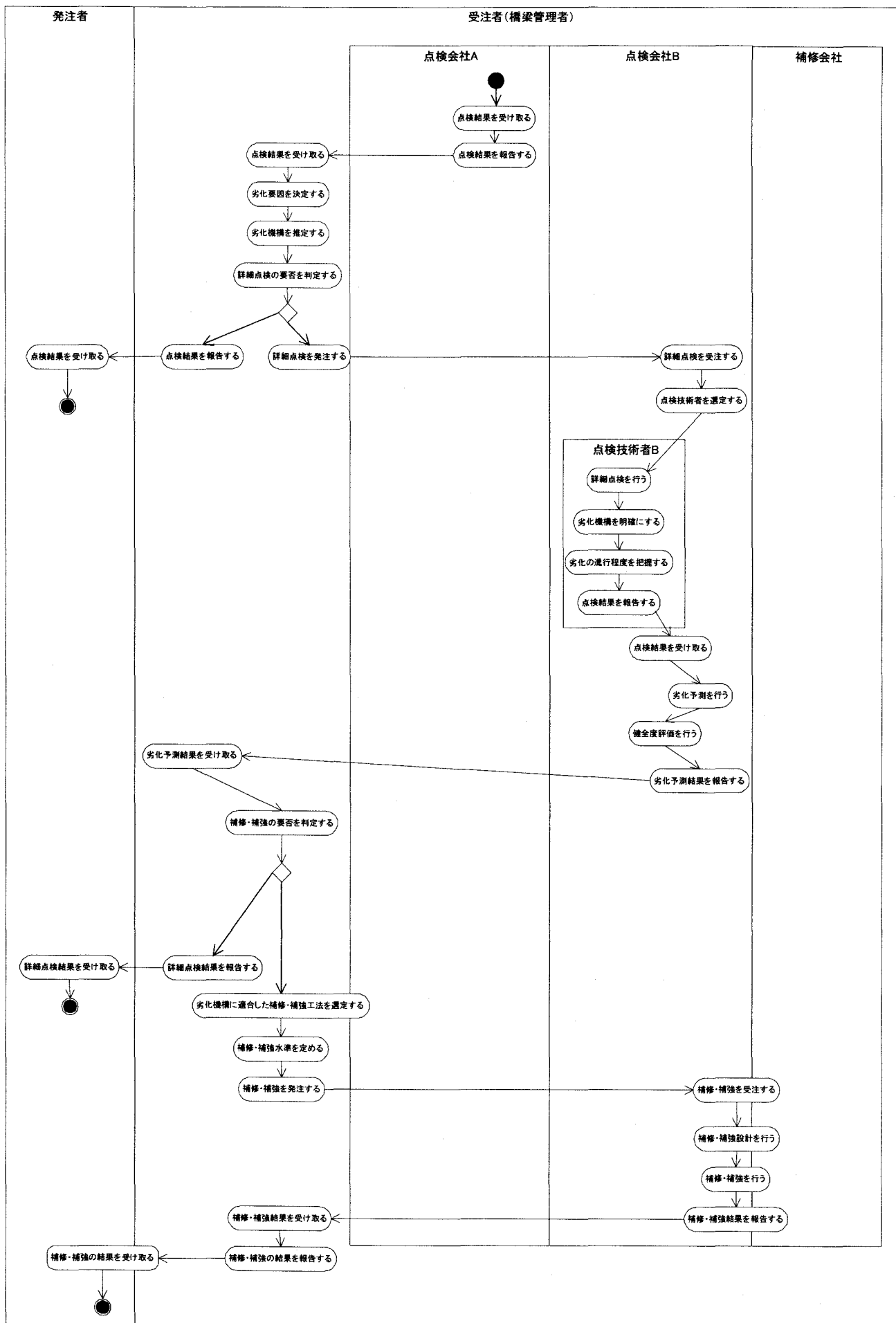
付録

To-be モデルにおいて，維持管理業務の流れをアクティビティ図でモデル化した結果を付図-1 に示す。

(2004.5.20受付)



付図-1(a) To-be モデルの維持管理業務の流れ



付図-1(b) To-be モデルの維持管理業務の流れ