

都市高速道路における
維持管理マネジメントの研究

Study on Maintenance Management
in Urban Expressway

2014年 2月

和泉 公比古

Kimihiko IZUMI

都市高速道路における
維持管理マネジメントの研究

Study on Maintenance Management
in Urban Expressway

2014年 2月

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

和泉 公比古
Kimihiro IZUMI

目 次

第1章 序論	1
1-1 研究の背景と目的	1
1-2 本論文の構成	3
第2章 首都高速道路における維持管理の現状とマネジメント導入	4
2-1 道路維持管理におけるマネジメント導入の条件	4
2-2 首都高速道路の維持管理の現状とその特徴	6
第3章 維持管理マネジメントの構成	15
3-1 全体構成	15
3-2 データベース	17
3-3 点検システム	20
3-4 個別マネジメントシステム	23
3-5 統合マネジメントシステム	24
第4章 個別マネジメントシステム	25
4-1 基本事項	25
4-2 舗装マネジメントシステム	28
4-3 塗装マネジメントシステム	43
4-4 橋梁（鋼橋）マネジメントシステム	53
4-5 橋梁（PC・RC橋）マネジメントシステム	63
4-6 マネジメントシステムの構築と活用	73
第5章 統合マネジメントシステム	77
5-1 基本事項	77
5-2 維持管理目標の達成度評価	79
5-3 次年度の補修計画作成	84
5-4 中期計画作成	86
第6章 維持管理マネジメントの実践	98
6-1 基本事項	98
6-2 個別施策毎の目標達成度の評価	98
6-3 達成度予測の分析	103

6-4	PI 値構成比の推移	111
第7章	維持管理マネジメントの実施体制	119
7-1	維持管理業務の実施体制	119
7-2	点検の実施体制	122
7-3	データ管理の実施体制	126
第8章	結論	130
8-1	本研究の成果	130
8-2	今後の課題	131
付録		133
付録1	橋梁規模係数（鋼橋）	133
付録2	橋梁規模係数（PC・RC 橋）	134
付録3	劣化増加率（鋼橋）	135
付録4	劣化増加率（PC・RC 橋）	136
付録5	発錆面積率の予測曲線	137
付録6	劣化度の予測曲線（鋼橋）	139
付録7	劣化度の予測曲線（PC・RC 橋）	141
参考文献		143
謝辞		146
研究業績		147

第1章 序論

1-1 研究の背景と目的

近年、社会インフラ、とりわけ道路構造物の維持管理について注目が集まってきている。まさしく、戦後の高度成長期に建設された道路構造物が40年以上を経過し、その後もストックが増え続けている中で、それらをいかに長持ちさせ、今後も有効に活用していくかが道路を管理する者にとって喫緊の課題となっている。

すでに世界においては道路資産管理のマネジメントが研究され、実務で運用され始めている。米国では1999年に連邦道路庁においてアセットマネジメント室が創設され、マネジメントを本格的に道路資産管理に採り入れ、現在も新たな挑戦が行われている^{1), 2)}。また、ニューヨーク市のヤネフ氏は、点検結果を用い橋の健全度を数値化するシステムを構築し、市が直接管理する約800橋について効率的な維持管理を実践している³⁾。

我国においても、近年の道路ストックの増大に対し、資産を有効に活用しようという動きが高まり、同時に地形条件や自然条件が厳しく、諸外国に比べ大型車の比率が高い我国の道路において、構造物の管理が今まで以上に重要な課題となってきている。そのため、国を中心として道路構造物の管理のあり方が検討され、提言が示されている⁴⁾。提言では、「アセットマネジメント導入による総合的なマネジメントシステムの構築」として、「道路を資産としてとらえ、道路構造物の状態を客観的に把握・評価し、中長期的な資産の状態を予測するとともに、予算的制約の中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考慮して、道路構造物を計画的かつ効率的に管理することというアセットマネジメントの考え方を総合的なマネジメントシステムの中心として位置づけて、システムを構築していくことが望ましい」と記述され、資産を管理する者がマネジメントシステムを構築・活用し、積極的に自らの使命を果たすことを提唱している。

さらに、米国のトラス橋が供用中に突然崩壊した事故や、我国の道路橋において近年重大事故につながりかねない損傷が発生した状況に鑑み、国において道路橋の保全に着目して検討が行われ、道路橋の予防保全に向けて提言が示されている⁵⁾。この提言では、「予防保全を実現する5つの方策」が示され、その一つに、「データベースの構築と活用」として「全国の道路橋に共通するデータベースを構築し、ここで集積された損傷事例や補修事例などを活用し効率的で確実な維持管理を実行する」と記述され、すべての道路橋で点検を実施し、重大事故につながる危険な道路橋を早期に発見し早急な対応を実施するよう、維持管理のシステム化を求めている。

これらの動きと併行して、ここ数年社会資本にアセットマネジメントを適用する研究が盛んに行われている⁶⁾⁻²³⁾。また、地方の自治体や高速道路会社においても橋梁及び構造物の維持管理システムの構築が進められている²⁴⁾⁻³⁰⁾。

首都圏の重要な交通網であり、代表的な都市高速道路である首都高速道路においても、道路構造物のストックの増大と将来予想される構造物の高齢化に対し、計画的で効率的な維持管理を実施すべくマネジメントシステムの構築を図っているところである³¹⁾。

本研究は、代表的な都市高速道路である首都高速道路における維持管理マネジメントについて、豊富な点検データを用いて劣化状態を定量評価するとともに、個別の施策において補修の優先順位付けを行う個別マネジメントシステムを構築し、さらにそれらの結果を用いて維持管理目標の達成度評価、次年度の補修計画作成、劣化予測に基づいた中期計画作成を行うための統合マネジメントについて提案を行うものである。

対象とする首都高速道路は、首都圏の大動脈として多くの方々に利用され、社会生活の重要な役割を果たす貨物輸送にも大きく貢献している。また、管理延長約 300 kmのうち橋梁やトンネルなどの構造物が 95%を占め、開通後の経過年数も 40 年以上が全体の約 3 割、30 年以上が全体の約半分となっており、これらの年数の経過した膨大な数の構造物をいかに適切かつ効率的に維持管理するかが課題となっている。本道路の維持管理面で他の道路と比べて差がある点あげると、利用台数の多さのほかに大型車混入率が非常に高く、構造物への影響が大きいこと、連続した高架橋が全延長の 8 割に達していること、年数がかなり経過した構造物が多くあること、交通量が非常に多いため補修工事は交通への影響の少ない夜間に 1 車線を規制して行わなければいけないことなどがあげられる。

本研究は、非常に過酷な条件の高速道路において維持管理を適切かつ効率的に実施するための維持管理マネジメントを提案するものであり、以下に示す特長を有している。

- a) 非常に過酷な状況の高速道路で得られた豊富な点検データを使用し、PDCA サイクルを基本とした持続可能なマネジメントシステムを構築している。
- b) 維持管理においては、構造物の劣化・損傷への対応をいかに迅速かつ適切に行うかが課題であり、構造物が高齢化してきた場合にはその重要性はさらに増加する。本研究では、定期的実施している構造物の点検データを有効活用し、最新の点検データを用いて劣化状態を定量評価する手法を提案している。
- c) 本研究では、日々の維持管理において実施される要補修個所の選定や、補修の優先順位付けを短時間で正確に行うことのできる個別マネジメントシステムを提案している。
- d) その個別マネジメントシステムにより得られた結果を用い、管理者が行う維持管理全体の統合的な判断を支援するための統合マネジメントシステムについて具体的に提案している。統合マネジメントシステムの内容としては、日常の維持管理の判断の際に有用な、毎年の維持管理目標の達成度評価、次年度の補修計画作成、劣化予測に基づいた中期計画作成を行うための定量的な手法を示している。

本研究の成果は、点検結果の定量評価、補修優先順位の決定、劣化予測の考え方において、他の道路への応用も可能と考えており、今後の都市高速道路における維持管理マネジメントを適切かつ効率的に実施するための有効な手法を示すものである。

1-2 本論文の構成

本論文は、都市高速道路における維持管理マネジメントについて記述するものであり、全8章で構成されている。

第1章「序論」では、本研究の導入として、研究の背景を整理するとともに、社会資本の維持管理における課題を整理し、本研究の目的を示している。研究の背景としては、世界における道路資産管理のマネジメントの研究の進展と我国において構造物管理のマネジメントに関しての研究が進められていることをあげている。

第2章「首都高速道路における維持管理の現状とマネジメント導入」では、道路維持管理におけるマネジメントの基本条件と代表的な都市高速道路である首都高速道路における維持管理の現状と特徴を示し、維持管理へのマネジメント導入の必要性を述べている。

第3章「維持管理マネジメントの構成」では、維持管理のマネジメントの業務全体の中での位置付けとマネジメントシステムの全体構成、データベース、点検システムなどを述べている。

第4章「個別マネジメントシステム」では、個別マネジメントとして、舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC橋）の4つのマネジメントをとりあげ、点検で得られた数値を用い、施策毎に具体的な評価を行うとともに、具体的なマネジメントシステム構築と活用例を示している。

第5章「統合マネジメントシステム」では、統合マネジメントとして、個別マネジメントシステムで得られた結果を基に、「事業全体の維持管理目標の達成度評価」、「次年度の補修計画作成」、「中期計画作成」を行うマネジメントシステムを提案している。

第6章「維持管理マネジメントの実践」では代表的な都市高速道路である首都高速道路の維持管理業務においてマネジメントを実践した結果として、個別施策毎の目標達成度の評価、達成度予測の分析、PI値構成比の推移を示している。

第7章「維持管理マネジメントの実施体制」では、維持管理マネジメントを実践するための組織体制として、維持管理の実施体制、点検の実施体制、データ管理の実施体制について述べている。

第8章「結論」では、本研究から得られた知見をまとめている。

ここで示す都市高速道路における維持管理マネジメントは、過酷な荷重条件の下で長期間使用されてきた道路構造物について、将来の維持管理の最適化、効率化に資することが期待されるものである。

第2章 首都高速道路における維持管理の現状とマネジメント導入

2-1 道路維持管理におけるマネジメント導入の条件

道路維持管理においてマネジメントを導入するためには、以下の条件を備えておく必要がある。

1) 管理する「資産の量と質」が把握できる

第1に、橋梁、舗装、塗装など管理する資産の量と質の把握ができなければならない。具体的には、橋梁台帳、舗装台帳、塗装台帳のような資料を整備し、資産の量を把握するとともに、資産の質については、定期的な点検を行い最新の状態を把握する。資産の量と質のデータについてはデータベース化し、効率的に利用できるようにしておく必要がある。

2) 個別資産のマネジメントシステムができています

第2に、個別の資産をライフサイクルコスト（以下LCCという）が最小となるよう、最適な時期に最適な補修を行うための個別マネジメントシステムを構築しておく必要がある。この個別マネジメントシステムは、構造物の最新の点検結果を基に、劣化箇所の定量評価と補修の優先順位付けを行うものである。

3) 統合マネジメントシステムができています

第3に、個別マネジメントで得られた結果を用い、事業全体の管理目標の達成度評価、次年度の補修計画作成、中期計画作成を行うことのできる統合マネジメントシステムを構築しておく必要がある。

4) マネジメントを運用する仕組みができています

第4に、上記マネジメントを運用するため、点検、補修のデータを速やかにデータベースに登録し、それらを活用できる人材の育成と得られた結果を定期的に評価・是正する仕組みが必要となる。

これら条件が整備されている場合、道路維持管理においてマネジメントは大きな役割を果たすことができる。

第1の役割は、維持管理の最適化が可能となることである。言い換えれば維持管理の「ムリ、ムダ、ムラ」をなくすことに役立てることができる。

「ムリをなくす」とは、目標を達成するために必要な費用が定量的に把握でき、同時にそれらを確保することで業務のムリをなくすことができる。さらに新技術・新材料を積極的に適用することにより、以前は困難であった目標達成がムリなくできるようになる。

「ムダをなくす」とは、構造物の最新の点検結果を用いて優先順位を決定し、それに基づき速やかに補修を行うことでムダをなくすことができる。また、担当技術者のコスト意識が高まり、最小の費用で最大の価値を得る **Value for Money** の実践が可能となる。

「ムラをなくす」とは、個別事業毎の目標達成レベルを評価・検証することで、事業間のアンバランスの解消に役立つほか、予防的な事業計画を立案することで、対応時期の平準化が可能となりムラがなくなる。

もう1つの役割は、アカウントビリティの充実である。点検に基づく定量的な評価結果を基に事業を実施するため、施策の内容を道路利用者、沿道住民、一般の方々に簡潔に説明し、理解を得ることが容易となる。

2-2 首都高速道路の維持管理の現状とその特徴

首都高速道路（以下、首都高速という）は1962年の開業以来その延長を増やし、2011年4月現在の総延長は301.3km、1日の通行台数は約100万台、180万人の人々に利用され、首都圏の産業や生活を支えるインフラとして重要な役割を担っている。その特徴を示すと以下のとおりである。

a) 路線延長に対して交通量が多く、貨物輸送にも貢献している

東京23区内の幹線道路（国道、都道）に占める首都高速の割合は、道路延長では約15%であるが、走行台キロ、貨物輸送量ともに約30%となっており、首都の交通インフラとして重要な役割を果たしている（図-2.2.1）。

b) 大型車の割合が高い

また、大型車交通量の比較でも首都高速は全国平均の約16倍、一般国道の約10倍、高速自動車国道の約2.5倍となっており、過酷な交通条件であり、まさしく「世界で最も過酷に使われている道路」といえる（図-2.2.2）。

c) 構造物が95%を占める

構造種別は、総延長の80%以上が高架構造で、首都高速の構造物管理の主体は橋梁である。さらにトンネルや半地下構造物も含めると構造物が総延長の95%を占めている。この構造物の比率については、都市間高速道路（高速自動車国道）の約4倍となっている（表-2.2.1、図-2.2.3）。

その他、案内標識、道路照明などの交通施設やトンネル内の安全施設なども、都市間高速道路と比べ、多くの施設が設置されている（表-2.2.2～表-2.2.4）。

d) 構造物の高齢化が進んでいる

首都高速の構造物は、2012年12月には最初に開通した区間（京橋～芝浦間、4.5km）が50周年を迎える。さらに、2011年4月現在、開通後40年を経過した路線の割合は全体の約30%（約90km）、30年を経過した路線が約46%（約140km）となっている（表-2.2.5、表-2.2.6、図-2.2.4）。開通後50年以上の路線については、10年後には全体の約30%、20年後には約46%に達する。

これらの道路構造物は単に年数が経過しているだけでなく、過酷な荷重条件の下で長期にわたり使用され続けており、首都高速における構造物の高齢化は将来にわたり大きな課題となっている。

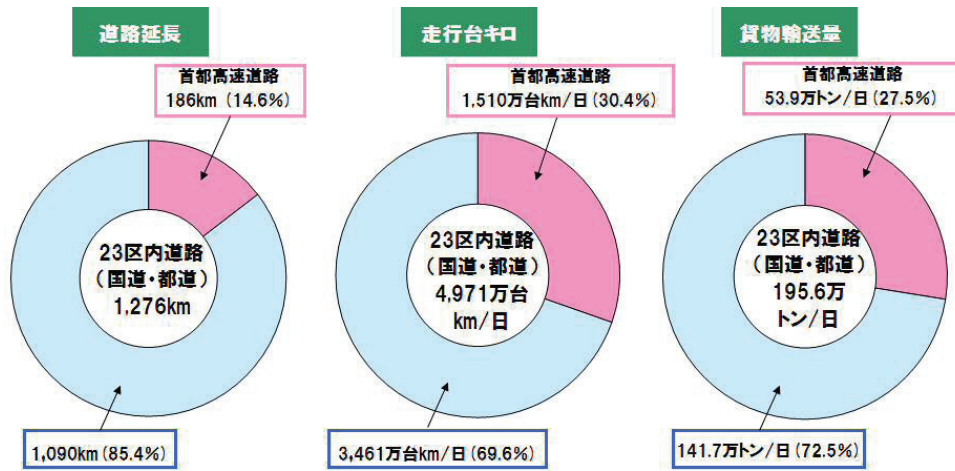
e) 高架橋が連続しており、長い区間を一体的に管理する必要がある

河川に架かる橋梁と異なり、高架橋が一定区間連続している構造のため、ジャンクションや出入口で区切られた区間を一つの構造物として扱うことが必要となる。つまり、その区間に1か所でも重大な問題があると、他の箇所が健全であっても高速道路としての機能は果たせなくなるため、その区間にあるすべての構造物が同じように健全であることが求められ、その点が都市内高架橋の管理においては重要なポイントとなる。

f) 高速道路上の工事時間帯が制約を受ける

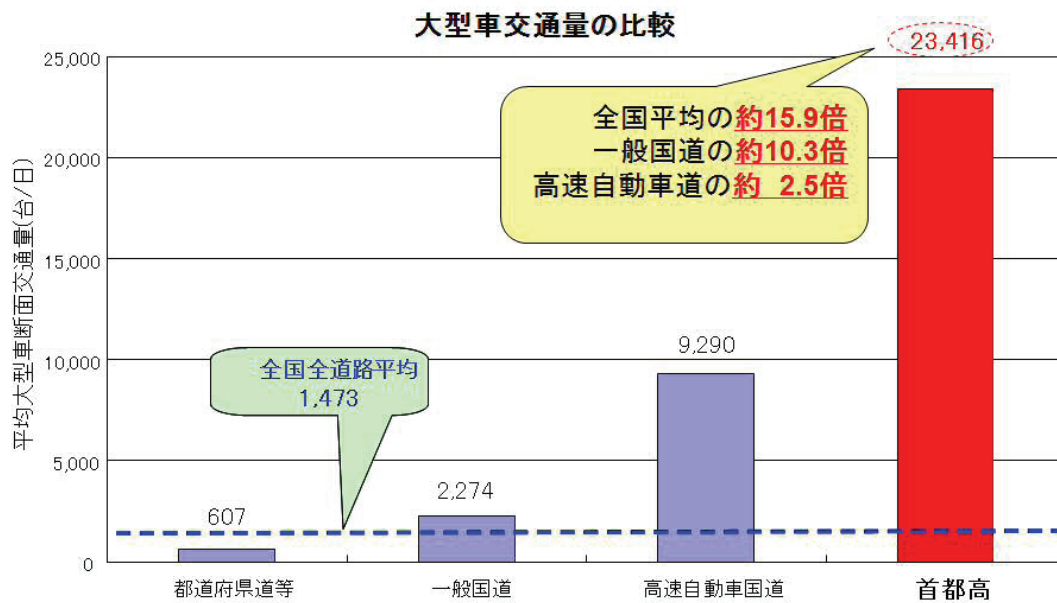
交通量の多い高速道路上で車線を規制して補修工事をする場合、工事による渋滞の発生が予想されることから、原則として交通量が減少する夜間に補修工事を実施している。しかし、都市内では夜間でも交通量がなかなか減少しないため、補修工事による渋滞を軽減する目的で、作業を行う曜日を路線別、方向別に指定する「曜日指定工事」を行っている。例えば、放射線の下り方向については平日の夜間に渋滞を起こしやすいため、工事を行う日は交通量の減る土日（あるいは土日月）の夜間としている。さらに、毎週金曜日の夜間を補修工事や道路清掃をいっさい行わない「ノー工事デー」とし、極力工事による交通影響を少なくするようにしている。

このように、維持管理を行う際の時間制約も都市内高速道路の大きな特徴となっている。



出典：(道路延長、走行台キロ) 平成17年度道路交通センサス(国土交通省)
 (貨物輸送量) 第26回首都高速道路交通総終点調査(H21.1)及び平成17年度道路交通センサスマスターデータから独自に集計

図-2.2.1 首都高速の延長割合と貨物輸送量



※H17センサス一般交通量調査結果より(大型車:バス、普通貨物車)
 ※「都道府県道等、一般国道、高速自動車国道は全国平均値

図-2.2.2 大型車交通量の比較

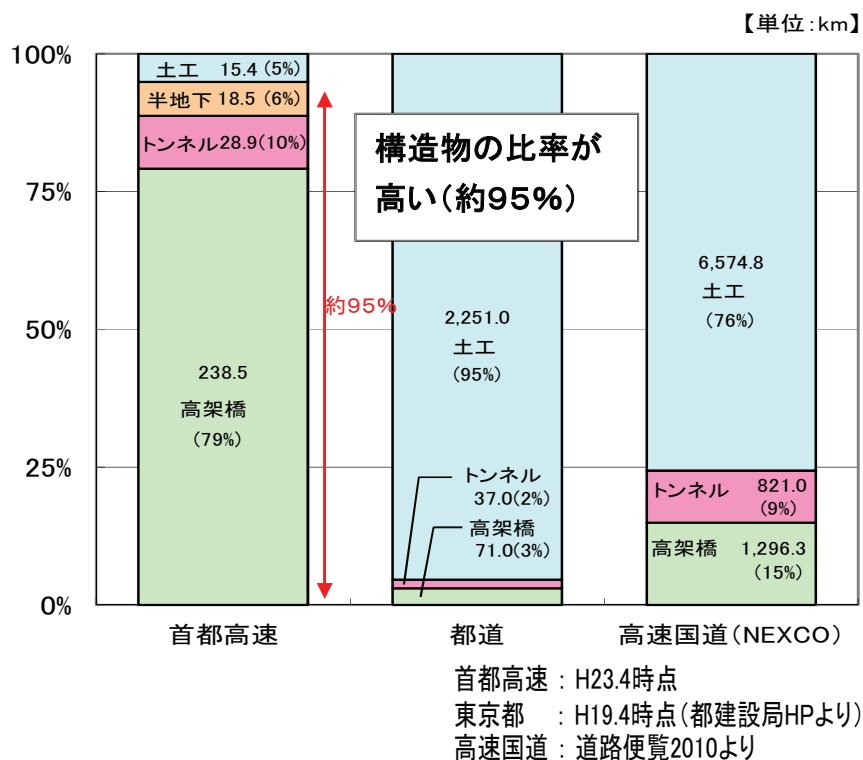


図-2.2.3 構造物比率の比較

表-2.2.1 構造種別 (2011年4月現在)

構造種別	延長	比率
鋼桁	199.9 km	66.3 %
PC・RC桁	38.6 km	12.8 %
トンネル	28.9 km	9.6 %
半地下	18.5 km	6.1 %
平面土工	15.4 km	5.2 %
合計	301.3 km	100.0 %

表-2.2.2 上部工数量 (2011年4月現在)

構造種別	橋梁数	径間数
鋼桁	6,268 橋	9,110 径間
PC・RC桁	1,677 橋	2,689 径間
計	7,945 橋	11,799 径間

表-2.2.3 橋脚数量 (2011年4月現在)

構造種別	橋脚数
コンクリート橋脚	5,795 基
鋼製橋脚	2,885 基
計	8,680 基

表-2.2.4 主な施設物数量 (2011年4月現在)

種別	内容	概略数量	
交通安全対策系	照明設備, 視線誘導灯等	約 90 種類	約 12 万個
防災対策系	トンネル内設備, 非常電話等	約 80 種類	約 5 万個
情報等サービス系	情報提供板, 車両感知器等	約 30 種類	約 1 万個
基幹インフラ系	受配電所, 配電盤等	約 80 種類	約 2 万個
料金收受系	ETC 機器, 料金所設備等	約 60 種類	約 2 万個
計		約 340 種類	約 22 万個

表-2.2.5 構造物の経過年数（2011年4月現在）

経過年数	延長	比率
40年以上	89.6 km	29.7 %
30～39	49.1 km	16.3 %
20～29	81.3 km	27.0 %
10～19	43.4 km	14.4 %
10年未満	37.9 km	12.6 %
計	301.3 km	100.0 %

表-2.2.6 構造物の累積経過年数（2011年4月現在）

経過年数	累計延長	累計比率
40年以上	89.6 km	29.7 %
30年以上	138.7 km	46.0 %
20年以上	220.0 km	73.0 %
10年以上	263.4 km	87.4 %
計	301.3 km	100.0 %

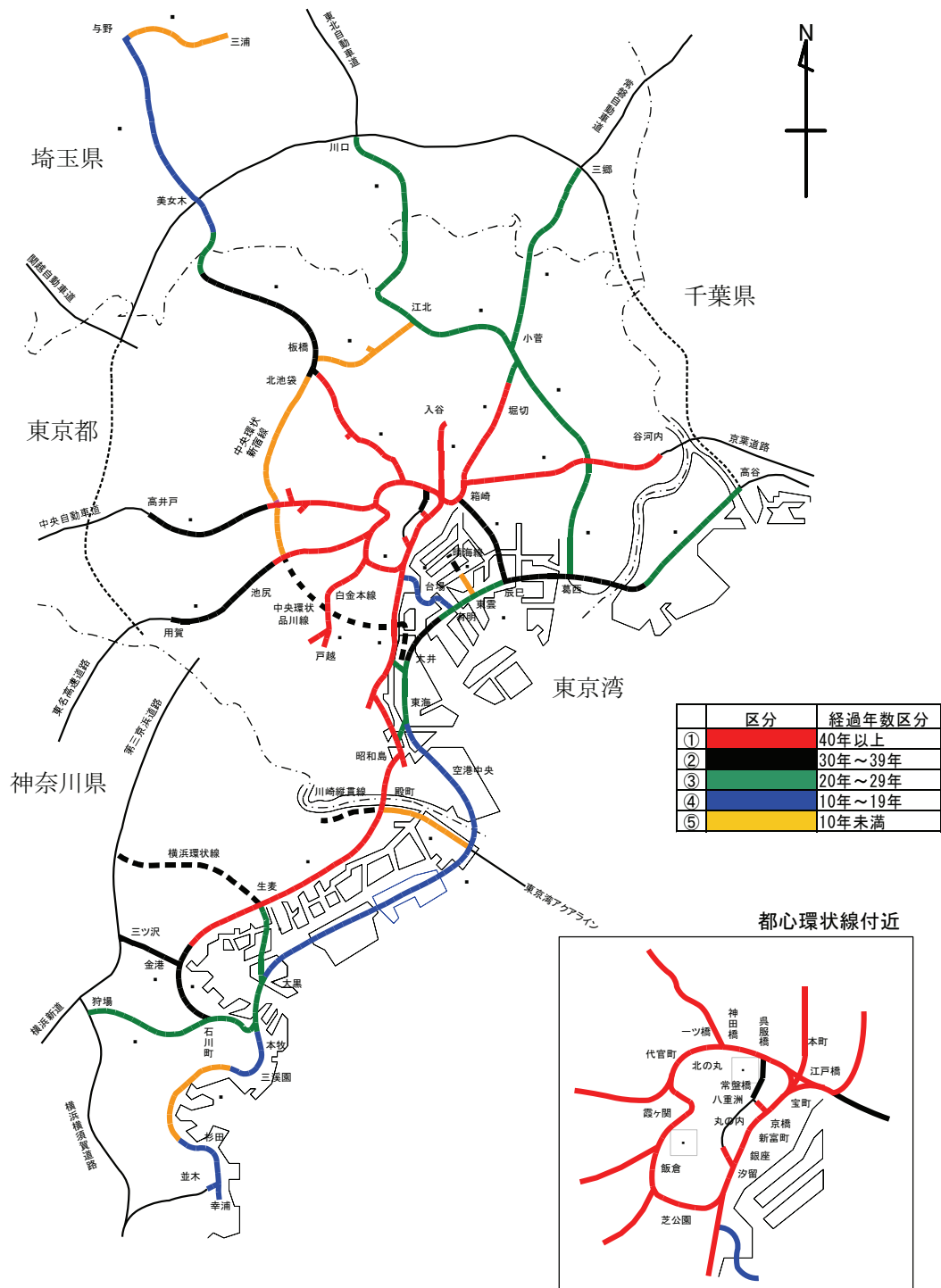


図-2.2.4 供用経過年数

現在、首都高速道路株式会社（以下、首都高速道路株という）では橋梁、橋脚、トンネル、道路附属施設などの構造物を維持管理しているが、これら構造物の維持管理に要する費用として、年間に約 250 億円を計上している。維持管理に要する費用には、照明・換気などの電気代や道路清掃などの維持費と、点検、舗装補修、塗装補修、本体構造物補修、伸縮継手補修などの補修費がある。維持費に関しては路線の開通時点から必要な費用であるが、補修費に関しては構造物や施設物の経過年数と共に増加していく費用である。さらに、構造物の機能を向上させるための費用として年間約 80 億円を別途計上している。

首都高速の維持管理に関する費用のうち、補修関係の費用について主たる施策毎に示すと表-2.2.7のとおりである。

表-2.2.7 補修関係費用の推移（2007 年度～2010 年度）（億円）

施策	内容	年度			
		2007	2008	2009	2010
舗装	舗装の補修	16	10	10	8
塗装	鋼桁の塗装補修	10	8	15	28
本体構造物	桁、床版等の本体補修	54	38	47	40
伸縮継手	伸縮継手の補修	7	4	6	7
附属施設	標識、電気設備等の補修	36	30	38	38

首都高速道路の維持管理における現下の課題をまとめると次のようになる。

1) 高齢化した道路施設の増加への対応

構造物の高齢化とストックの増加は避けられない問題であり、適切かつ効率的な維持管理により構造物を長持ちさせることが求められている。

2) 質の高いサービスの提供

道路を利用するお客様のニーズは年々質が高くなってきており、その期待に応える質の高いサービスの提供が重要となっている。

3) 経営安定のための費用の効率化

経営を安定させるために、毎年支出する費用の面において、さらなる効率化が求められている。

4) 透明性の確保，説明責任の達成

維持管理の水準や達成状況を公表していくことで、お客様や一般の方々に維持管理の重要性や困難性を説明することが重要となっている。

これらの課題に対応するためには、今までの管理の方法を見直し、明確な目標のもと、数量化・システム化された維持管理手法を導入・構築する必要がある。

首都高速道路では、管理延長 300km 超の時代に的確に対応するため、維持管理の効率化と資源の有効利用を可能とするマネジメントを主体とした新しいシステムを導入し、上記の課題に取り組んでいるところである。

第3章 維持管理マネジメントの構成

3-1 全体構成

代表的な都市高速道路である首都高速における維持管理マネジメントの位置付けを示すと図-3.1.1のとおりである。本システムの全体的な位置付けとしては、経営計画との連携、維持管理技術の向上、新設構造物への反映など複数の役割を併せ持っており、さらに業務サービスを道路利用者、沿道住民、一般の方々にわかり易く説明し、理解を得ることも活用できる。

また、維持管理マネジメントの骨組を示すと図-3.1.2のとおりである。維持管理のマネジメントシステムは、最新の点検データを基に「個別マネジメントシステム」を用いて抽出された補修候補箇所を「統合マネジメントシステム」に引き継ぎ、維持管理目標の達成度評価、今後実施する補修計画の作成・決定を行い、施策の実行につなげるものである。

さらに本システムは、最近の知見や最新のデータをもとに継続的に改善を行うシステムとしており、定期的にフォローアップを行い、是正・改良をしていくことで、より効率的で質の高いシステムとすることができる。

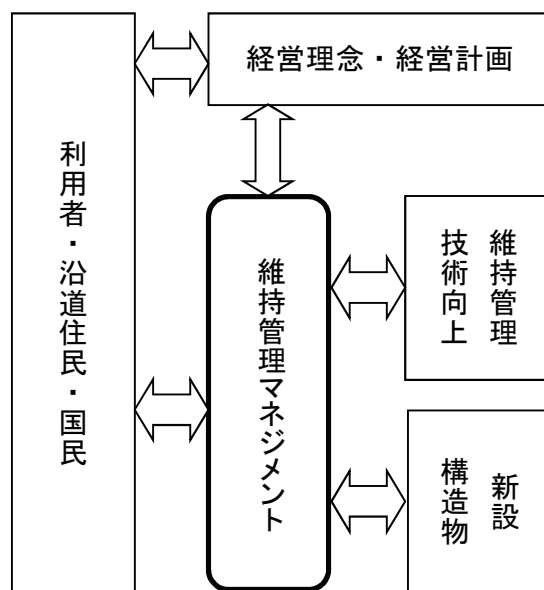


図-3.1.1 維持管理マネジメントの位置付け

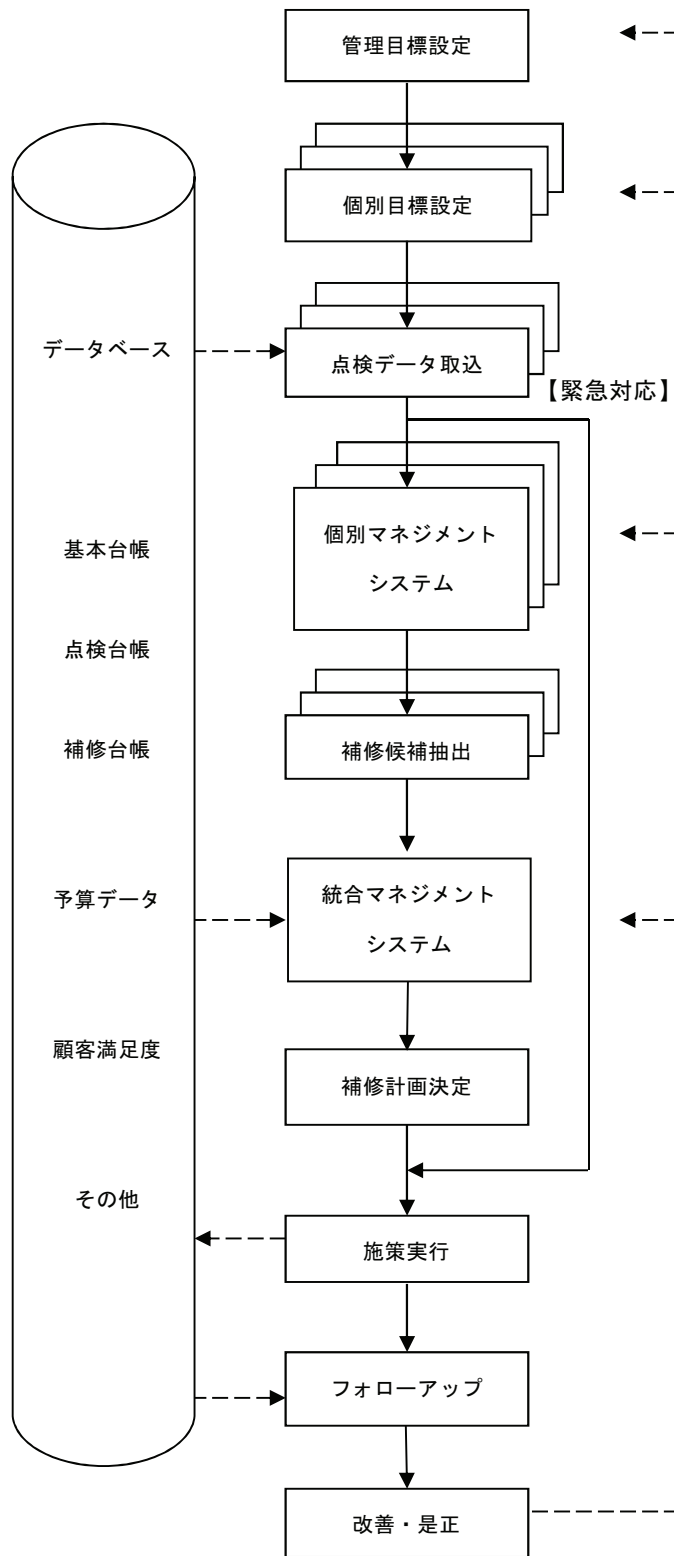


図-3.1.2 維持管理マネジメントの骨組

3-2 データベース

維持管理マネジメントの基本となるのは資産の量と質の把握である。橋梁のような構造物においては、一般的には橋梁台帳を作成し、資産の量と質を把握する。しかし年数が経過し管理する橋梁の数も増加してくると、データの量も膨大になるため、台帳（アナログデータ）の管理では検索時間やデータの処理時間が非常に長くなり、効率が悪くなる。そこで、建設時期、橋梁形式、橋長、支間長、鋼重、塗装系、塗装面積などの基本データや点検データなどをデジタル化し、データベースを構築しておくことが重要となる。

首都高速においては、従来から構造物の資産管理データをはじめ、点検結果・補修結果をデータベース化し、大型コンピュータを用い運用を行ってきた。しかし、近年のコンピュータの進化によりパソコンによるデータベースの構築が可能となり、2003年度から担当技術者のパソコンで活用できる新データベースシステムに移行が完了している。

データの種類としては、構造物の属性情報、点検結果（写真データを含む）、補修結果がリアルタイムで検索可能となっている。現在、約290万件のデータ数が登録されており、維持管理の実務で頻繁に活用されている（図-3.2.1～図-3.2.3）。

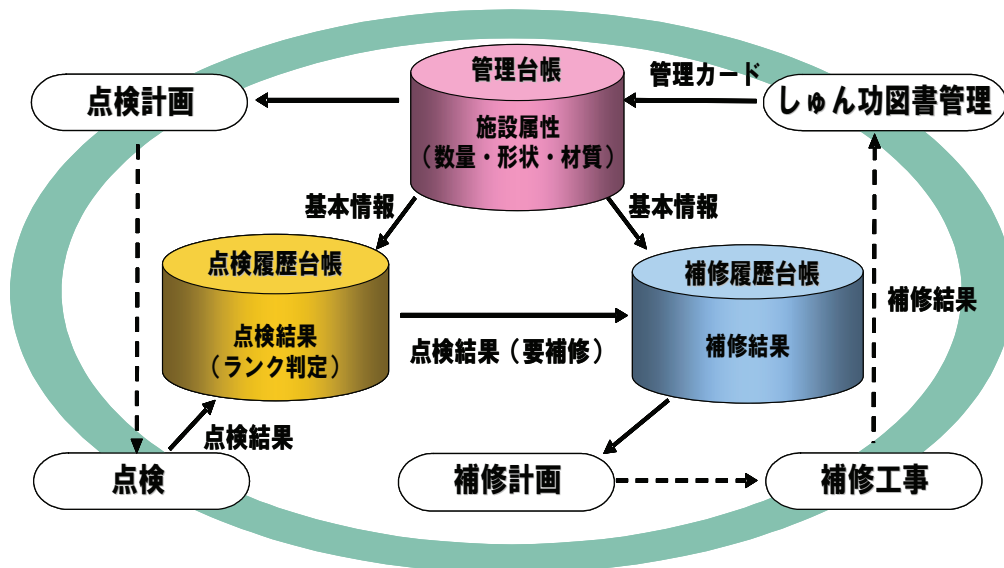


図-3.2.1 保全情報管理システム－MEMTIS

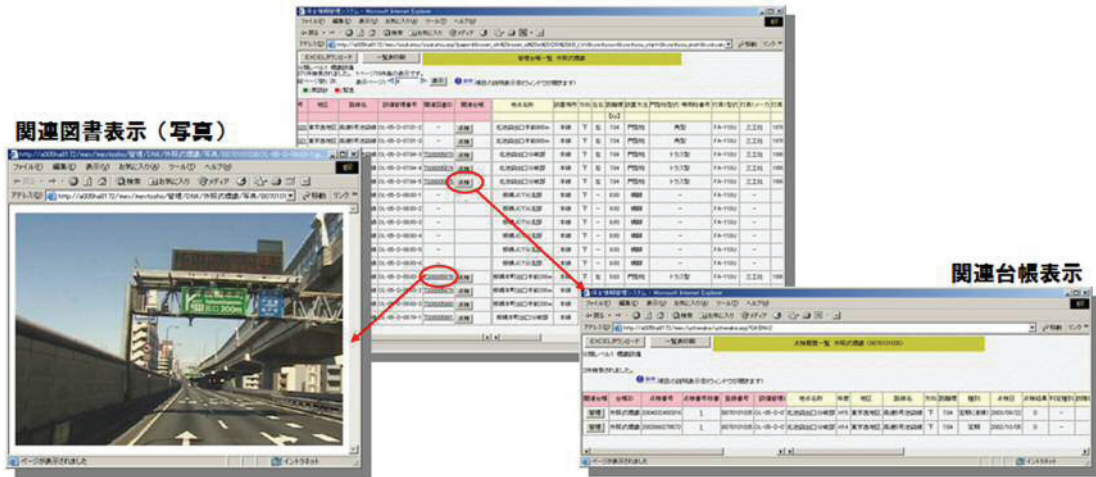
■ 社内LANに接続しているどのクライアントからでも利用が可能

■ 職種・路線・台帳名を選択するだけで簡単に検索が可能



図-3.2.2 保全情報管理システム（台帳検索機能）

■ 関連台帳，関連図書電子データへの参照が可能



■ 集計項目，集計キーを自由に設定して集計が可能



図-3.2.3 保全情報管理システム (台帳表示機能)

3-3 点検システム

構造物の維持管理の基本は、まず点検を行い、劣化・損傷が見つければ速やかに補修・補強を行うというプロセスである。

首都高速の構造物点検の種別としては、日常点検、定期点検、臨時点検がある。点検方法は、通常は遠望または接近して構造物の状態を目視または打音により点検し、劣化があれば写真を撮影し記録する方法である(表-3.3.1)。また、目視や打音による点検に加え、疲労亀裂の点検などでは超音波探傷や磁粉探傷を用いた点検を行っているほか、舗装点検ではレーザー光線を用いた路面点検車による点検を行っている。

点検においては、構造物の状態をもれなくかつ正確に評価・判定することが必要となるため「構造物等点検要領」の中で判定ランクを定めている³²⁾。首都高速の判定ランクは劣化の程度に応じ、A：緊急対応、B：要対応(計画補修)、C：対応不要(定期点検)、D：異常なし(定期点検)に分類している(図-3.3.1, 表-3.3.2)。

首都高速においては、点検を実施する際に首都高速道路(株)の指定する資格を有した点検員が点検を行うことを義務付けている。この資格には有効期限があり、有効期限は3年としている。有効期限に達したら再度受験し、資格を取得するシステムである。これは、点検技術の進歩や新たな損傷事例に対応するもので、点検員が常に最新で最先端の点検技術を有していることを義務付け、点検品質の確保に努めている。

非常に多くの数の構造物を維持管理する場合、どの径間あるいはどの箇所(ブロック)の状態が一番悪いかを速やかに判定する必要がある。その場合に有効になるのが点検結果を基にした「レーティング(点数付け)」である。

レーティングは劣化を数値により定量評価するもので、コンピュータ上での処理がしやすく、数値で補修の優先順位付けができるなど、マネジメントシステムの構築においては必要かつ不可欠な手法である。首都高速道路ではレーティングを1~5の5段階とし、健全度が低ければレーティングも低い点となるように定義している(表-3.3.3)。

表-3.3.1 点検の種別（抜粋）

点検種別	点検名	概要	点検頻度
日常点検	高速上巡回点検	パトカーによる 車上目視点検	2～3 回／週
	高架下徒歩点検	高架下からの 目視点検	2 回／年 (街路・公園上) 1 回／2 年 (その他の区間)
定期点検	接近点検	高所作業車や 吊足場を使用した 接近点検	1 回／5 年 (土木構造物) 1 回／年, 他 (施設物：施設毎に設定)
	舗装点検	路面点検車 による点検	1 回／2 年
臨時点検	異常時点検	地震・暴風雨時に 実施する点検	地震・暴風雨発生時

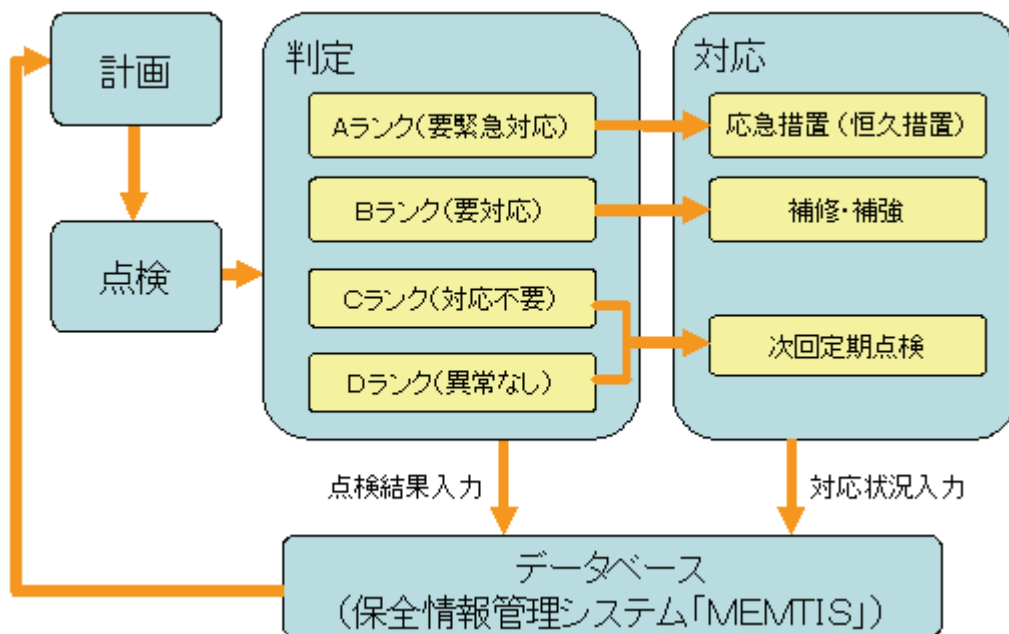


図-3.3.1 点検・補修システム

表-3.3.2 判定ランク

判定ランク	内容
A	緊急対応が必要な損傷
B	補修が必要な損傷
C	劣化・損傷が軽微なため対応不要（記録は残す）
D	異常なし（記録は残す）

表-3.3.3 レイティングの基本

判定ランク	レイティング	対応区分
A	—	緊急対応
B1	1	要補修
B2	2	要補修
C1	3	定期点検
C2	4	定期点検
D	5	定期点検

3-4 個別マネジメントシステム

維持管理を適切かつ効率的に行うためには、点検結果のレーティング手法やライフサイクルコスト（LCC）が最小となる補修時期・補修工法の組合せなどをあらかじめ適切に決めておくことが必要になる。これらを具体的に定めたものが「個別マネジメントシステム」である。

この個別マネジメントシステムは、最新の点検結果を定量的に評価・分析し、補修の必要な箇所や補修の優先順位、補修費用などを算出する。しかし、最終的に補修を行うかどうかは責任あるエンジニアが判断することとなるため、首都高速ではこのシステムは、エンジニアが補修箇所を適切かつ効率的に選定するための、「支援システム」と位置づけている。

首都高速道路においては、個別マネジメントシステムとして舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC 橋）の 4 つのマネジメントシステムを構築している。これらの個別マネジメントシステムは、現状の道路維持管理において多くの費用を要する施策であり、これらの施策を効率的に実施することでコスト効率化に資することを目指しているものである（第 4 章参照）。

また、このシステムは定期的に見直しを行うこととしており、新規路線の開通により構造物の数量に変更があった場合や、最新の知見に基づき補修方法の変更が必要になった場合には、適宜修正・改良を行うこととしている。

3-5 統合マネジメントシステム

現状の道路維持管理においては、管理数量の増加や構造物の高齢化による劣化・損傷個所の増大により、毎年の管理に必要な費用は徐々に増加する傾向にある。しかし、費用は限られており、その限られた予算で事業を実施しなければならない場合、舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC 橋）の個別マネジメントシステムで抽出された補修候補の中で、どの施策のどの箇所を優先するかという問題が生じてくる。これらの判断に用いるための手法を定めたものが「統合マネジメントシステム」である。

前述のように、毎年の事業執行において、複数の事業予定箇所の中でどの事業を優先するかという判断が求められる。その際の判断基準となるのは、安全性向上、快適性向上、美観・景観の向上といった性格の異なった指標である。具体的な例を示すと、各施策において維持管理目標が現在どの程度達成できているかどうかを評価しつつ、次年度の施策として、例えば「舗装の補修」と「塗装の補修」のどちらを優先的に実行するかといった判断が必要になるのである。

そのような場合には、まず安全性を最優先に考え、更に道路利用者をはじめ一般の方々の満足度や LCC などが判断の基準となる。限られた予算を最大限に活用するためにできるだけ多くの情報を入手し、分析を行い、次年度の優先施策を決定しなければならない。補修候補の決定については、エンジニアの経験と高度な判断によっているのが現状であるが、本研究においては、この部分についてもできる限り定量的な判断が可能のようにマネジメントシステムとして提案している（第 5 章参照）。

第4章 個別マネジメントシステム

4-1 基本事項

個別マネジメントシステムは、ライフサイクルコスト（LCC）最小となる補修時期と補修工法の組合せなどをあらかじめ設定しておき、点検結果を定量的に評価した後に、補修の必要な箇所の抽出や補修の優先順位、概算補修費用の算出などを行うものである。

個別マネジメントシステムの基本的なプロセスは、次の3ステップである。

1) 点検結果の定量評価（レイティング）

「評価指標」と「評価単位」を定めた後に、点検データの定量評価を行う。その際に使われる手法が「レイティング」である。レイティングは劣化状況を数値により定量評価するもので、コンピュータ上での処理がし易く、数値の大小で補修の優先順位付けが可能となる。

本マネジメントシステムではレイティングを1～5の5段階とし、健全度が低ければレイティングも低い点となるように定義している。

2) 補修候補区間の抽出（ゾーニング）

評価単位毎に算出された補修箇所を実際の補修の際に効率よく行うために補修候補区間を一定の範囲にまとめることが必要となる。首都高速の舗装補修の場合は車線を規制して補修工事を行うため、補修の最適化を図る必要がある。この最適な補修区間の抽出が「ゾーニング」である。

3) 優先順位リスト作成（ランキング）

通常の場合、レイティング、ゾーニングによって多くの要補修箇所が選定される。その場合、どの箇所から補修を行うか、つまり補修の優先順位を決定する必要がある。そこでは、通常はリストとして整理される。その優先順位を定める手順が「ランキング」である。その際、最小の補修費用で最大の補修効果が得られるようシステム化をしている。

個別マネジメントシステムのフローを示すと図-4.1.1 のとおりである。

個別マネジメントシステムの最終的な目標は、補修優先順位リストの作成である。本システムでは、コンピュータで自動的にレイティング、ゾーニング、ランキングを行う「自動作成部分」と、エンジニアが施策的要因を加味し、最終リストを作成する「エンジニア判定部分」の2段階構成とした。これにより、膨大な点検データを容易に評価することができるとともに、当該年度の重点施策や通行止め時における工事の集中化も反映することを可能としている。

本研究では、維持管理マネジメントに用いる「個別マネジメントシステム」として、首都高速道路の維持管理において主要な施策である舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC橋）の4つの施策を選定し、システムを構築した。

本マネジメントシステムの特長は次のとおりである。

- 1) 首都高速の豊富かつ最新の点検データを用いてマネジメントシステムを運用し、実務において有効活用している。
- 2) 首都高速の橋梁架替えは非常に困難であることから、点検データに基づく計画的な補修を基本シナリオとし、補修箇所の抽出や補修の優先順位を決定する支援システムとして構築している。
- 3) 毎年更新される点検データ、補修データを用い、最新の維持管理の状況を評価するとともに、その結果を統合マネジメントに直ちに反映し、実務で活用することができる。

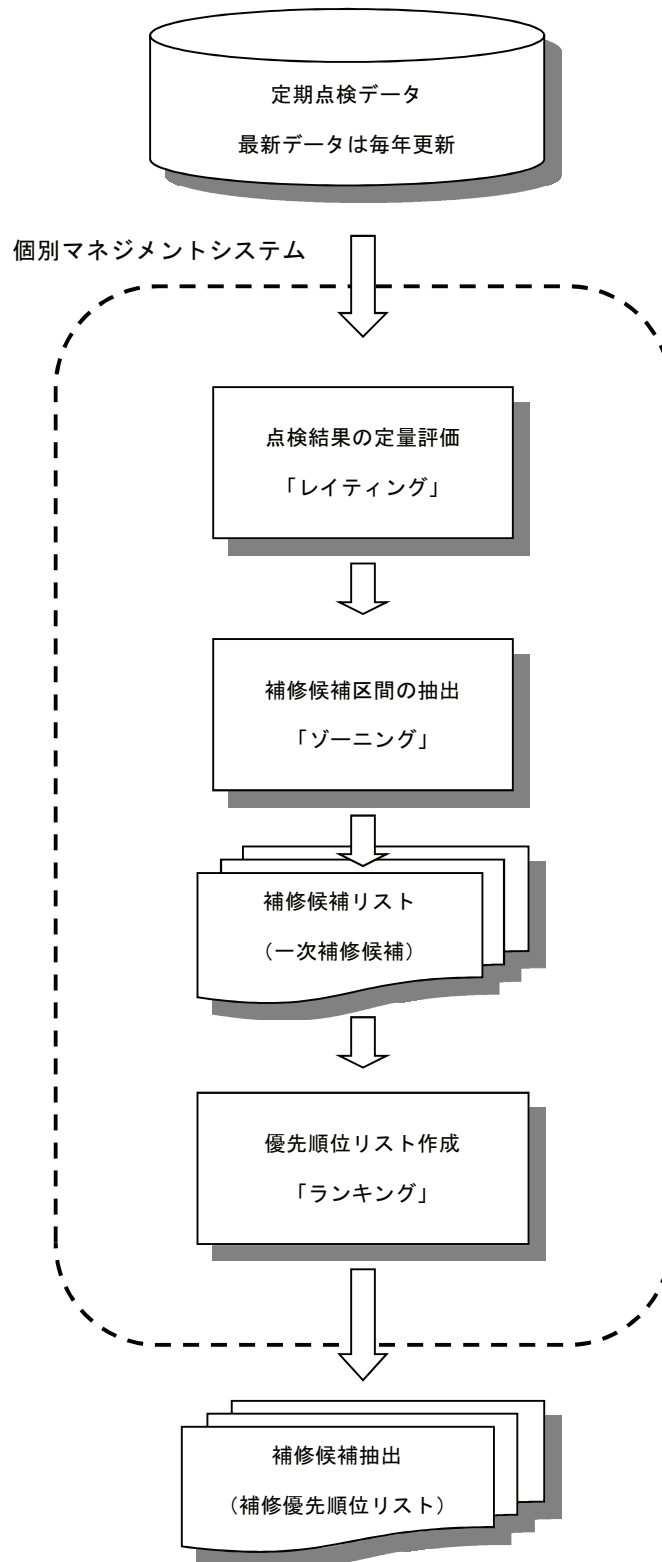


図-4.1.1 個別マネジメントシステムのフロー

4-2 舗装マネジメントシステム

a) 基本事項

本システムは、首都高速の舗装の総面積、約 520 万 m²、延べ車線延長約 1,400 km を対象としている³³⁾。

舗装マネジメントシステムは、道路利用者の方々に安全で快適な走行をしていただくために、路面点検車による点検(図-4.2.1)により得られた舗装の劣化箇所を整理・分析し、路面状態の評価、補修箇所の抽出、補修の優先順位作成、計画的補修につなげていくためのシステムである。

ここで、雨の日に突発的に発生する舗装のポットホールなどは緊急に補修を行う必要があるため、日常点検でそれらを発見した場合は、要緊急対応(A ランク)として直ちに補修を行うこととしている。よってそれらは、このマネジメントシステムの上位に位置するものである。

緊急対応については、補修基地に配置した作業部隊が現場に急行し、舗装の穴埋め材を用いて緊急補修を行う。その後、速やかにパッチングによる本補修を行うこととしている。

なお、高架橋の路面には伸縮装置があるが、伸縮装置の前後には約 30 cm の幅でコンクリートの部分があり、伸縮装置の構造の一部となっている。このコンクリートの部分は、通常伸縮装置をセットしてからコンクリート打設が行われることから、「後打ちコンクリート」と呼ばれている(図-4.2.4)。この後打ちコンクリートの部分は舗装補修の範囲からは除外している。

また、伸縮装置の劣化により補修が必要となった場合には舗装補修のマネジメントシステムとは別の伸縮装置の補修要領に従い補修が行われる³⁴⁾。

そのほか、舗装面と伸縮装置の後打ちコンクリートの部分に段差が生じた場合には薄層舗装による擦り付けが行われるが、この補修工事についても補修要領に従い補修が行われる(図-4.2.5)。



図-4.2.1 路面点検車による点検



図-4.2.2 舗装のわだち掘れ



図-4.2.3 舗装の穴



図-4.2.4 伸縮装置部の後打ちコンクリート



図-4.2.5 段差擦付工

b) 点検結果の定量評価（レイティング）

舗装マネジメントシステムの「評価指標」としては、舗装の性能評価に一般的に用いられている以下の4指標とした。

- ・ 平均わだち掘れ量 (d_1 : mm)
- ・ 最大わだち掘れ量 (d_2 : mm)
- ・ ひび割れ率 (w_1 : %)
- ・ 最大ひび割れ率 (w_2 : %)

各指標の定義は次のとおりである。

- 1) 平均わだち掘れ量 (mm) : 評価ブロック内において 10m 間隔で測定した、わだち掘れ量の平均値
- 2) 最大わだち掘れ量 (mm) : 評価ブロック内において 10m 間隔で測定した、わだち掘れ量の最大値
- 3) ひび割れ率 (%) : 評価ブロックの舗装面積に占める、ひび割れている舗装面積の割合 (百分率表示)
- 4) 最大ひび割れ率 (%) : 評価ブロックの延長 5m 当たりのひび割れ率の最大値

首都高速では、これらの指標を路面点検車により通常 2 年に 1 回点検し、数値データとして把握している。

「評価ブロック単位」は、道路延長方向をジョイント間、道路横断方向を車線毎に区分した単位とした。なお、高架部以外の区間における道路延長方向は 50m 単位で区分した。

舗装の定量評価方法としては、評価ブロック毎に性能指標 (Performance Index, 以下 PI 値という) を算定し、その PI 値を用い当該ブロックの舗装の状態を 5 段階で評価することとした。5 段階評価の対応区分、各評価指標の境界値については、表-4.2.1 舗装レイティング表に示すとおりである。

表中のわだち掘れ量とひび割れ率の値については、首都高速の舗装補修の維持管理規定に基づき、車両の走行安全性や舗装の耐久性から補修を必要とする境界値を設定している。

なお、PI 値の算定については、各指標のうち最も厳しい PI 値を評価ブロックの PI 値 (総合評価値) とした。

舗装のレイティングフローを示すと図-4.2.6 のとおりである。

表-4.2.1 舗装レイティング表

判定 ランク	対応 区分	PI 値	d_1 (mm)	d_2 (mm)	w_1 (%)	w_2 (%)
A	緊急 対応			$30 \leq d_2$		$30 \leq w_2$
B1	要 補修	1	$20 \leq d_1$	$25 \leq d_2$ < 30	$20 \leq w_1$	$25 \leq w_2$ < 30
B2	要 補修	2	$18 \leq d_1$ < 20	$20 \leq d_2$ < 25	$18 \leq w_1$ < 20	$20 \leq w_2$ < 25
C1	定期 点検	3	$14 \leq d_1$ < 18	$18 \leq d_2$ < 20	$14 \leq w_1$ < 18	$18 \leq w_2$ < 20
C2	定期 点検	4	$10 \leq d_1$ < 14	$15 \leq d_2$ < 18	$10 \leq w_1$ < 14	$15 \leq w_2$ < 18
D	定期 点検	5	$d_1 < 10$	$d_2 < 15$	$w_1 < 10$	$w_2 < 15$

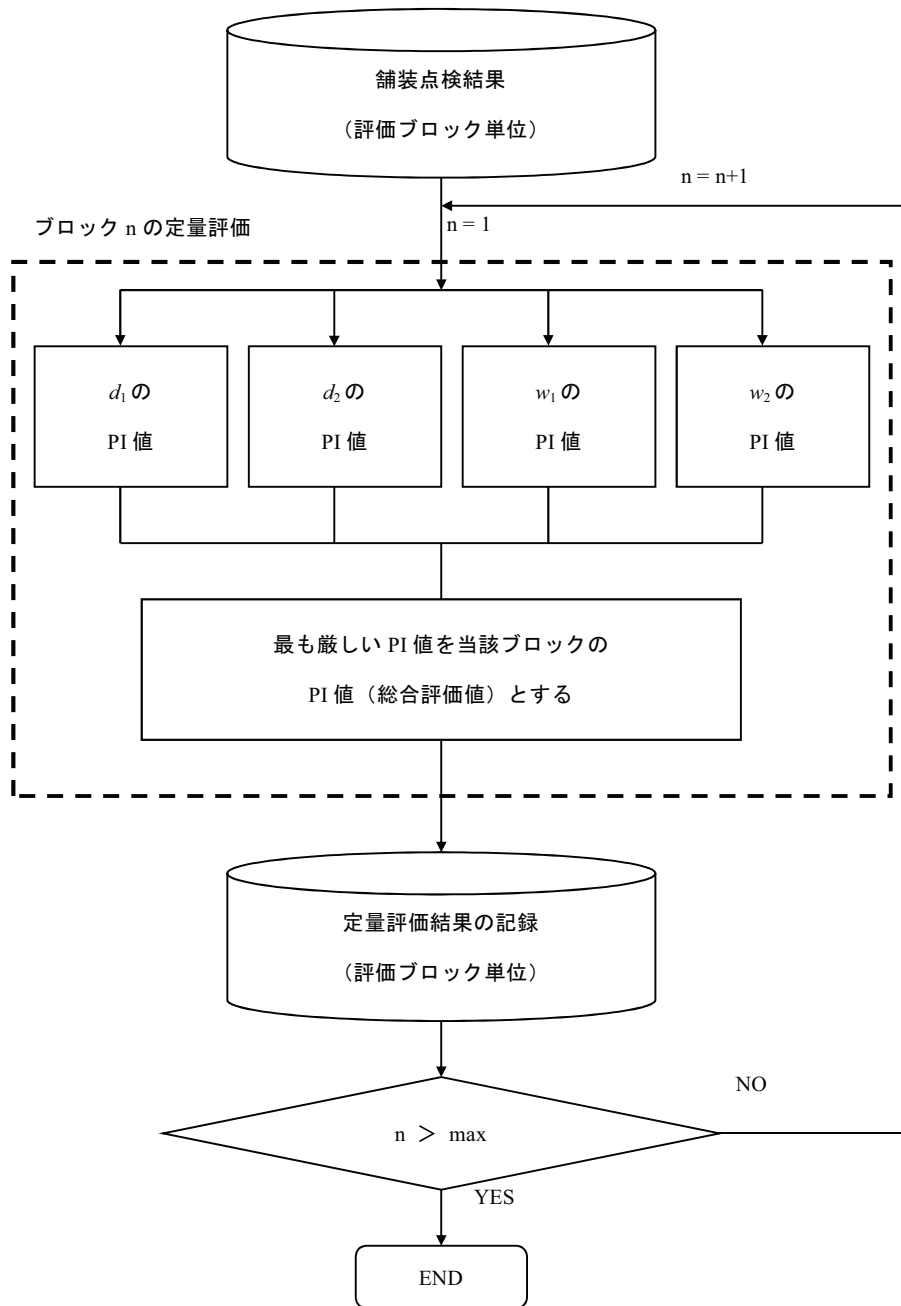


図-4.2.6 舗装レーティングフロー

c) 補修候補区間の抽出（ゾーニング）

補修候補区間の抽出（ゾーニング）とは、任意に抽出された補修候補区間を連続した1つの区間としてまとめておくプロセスである。首都高速の舗装補修工事は夜間に1車線を規制して行うため、同一車線内で連続した区間をまとめて補修する方が効率的である。そこで、要補修区間に挟まれた区間も補修対象とした。

手順としては、まず各路線の起点側から車線毎にゾーニングを実施する。1次選定で基本条件を満足する区間を全て抽出した後に2次選定で最適なケースを決定することとしている。

- 1) 評価ブロックのPI値が2以下の場合、当該ブロックを始点として、候補区間の抽出を開始。
- 2) 次の条件を満たす区間を1次選定区間として抽出。
 - ・候補区間の合計延長は100m以上
 - ・候補区間内に良好な区間(PI値が3以上)が含まれている場合、良好区間の延長は100m以下
 - ・候補区間の平均PI値は3未満
 - ・候補区間が出入口、JCT及び曲率半径200m以下の曲線部に到達したら、自動的に終点とする
- 3) 1次選定結果について、候補区間の平均PI値を比較し最小のものを抽出(2次選定)。ここで、平均PI値が同じ場合は区間延長の長い候補を選定。
- 4) 最適補修候補区間を選定・登録し、次の起点を作成し同じように次の区間選定に進む。
- 5) 補修候補区間がいずれの条件も満たさない場合は、個別補修区間として選定・登録。

補修候補区間の抽出（ゾーニング）の概念図を示すと図-4.2.7のとおりである。

d) 補修優先順位の決定（ランキング）

補修優先順位の決定（ランキング）とは、レイティング、ゾーニングにより抽出された補修候補箇所について、式(1)に示すように、補修効果（補修前後の PI 値の差）が大きい箇所が優先されるように補修箇所の優先順位を決定するものである。

優先順位は、次式に示す優先度指数により判定する。この優先度指数は、補修前の PI 値が 1 のときに 100 となるように定めており、数値が大きいほど補修の優先度が高いことを表している。

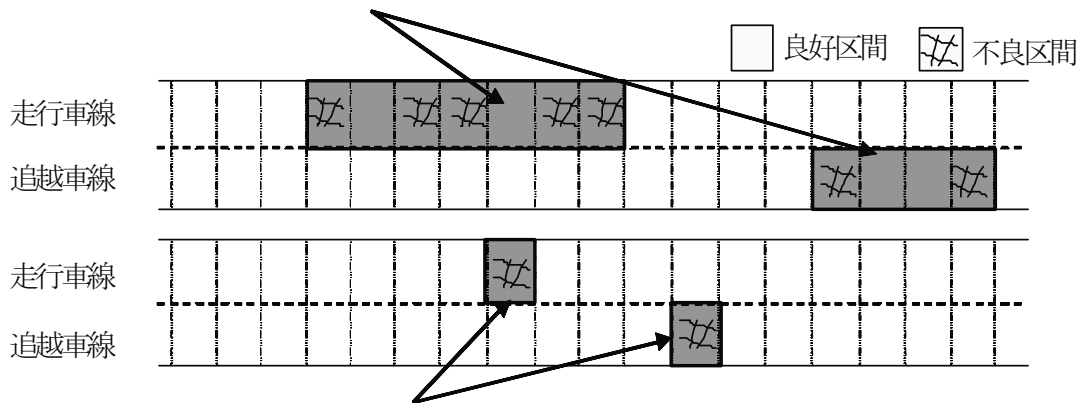
$$U = \frac{100 \{(PI_N - PI_R) + 1\}}{PI_N} \quad (1)$$

ここで、 U ：優先度指数， PI_N ：補修後の PI 値， PI_R ：補修前の PI 値。

もし優先度指数が同じ数値になった場合には、利用者の便益を考慮し補修の優先度を決定する。ここで、利用者便益の要因としては、当該区間の断面交通量を考慮することとし、断面交通量の多い順に優先度が高いものとした。断面交通量の係数は優先順位を付ける係数で、交通量に応じ小数点 1 位を割増す値とした（表-4.2.2 参照）。

さらに、この段階でエンジニアが補修候補を別表に追加抽出できるようにしている。これは、出入口の通行止め工事や集中工事に合わせ舗装補修を行うことが施策として効率的な場合があるため、それらを別表で追加できるようにしたものである。

補修候補区間 (候補区間 $\geq 100(m)$, 良好区間 $\leq 100(m)$, 区間平均PI 値 < 3 を満たす)



個別補修 (不良区間で候補区間 $\geq 100(m)$, 良好区間 $\leq 100(m)$, 区間平均PI 値 < 3 を満たさない)

図-4.2.7 ゾーニング

表-4.2.2 断面交通量の係数

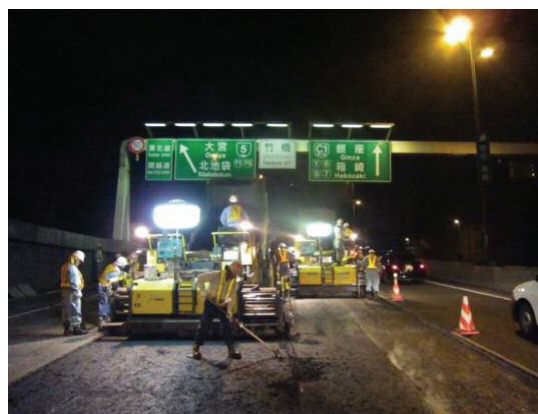
断面交通量 (1方向)	係数	路線名 (代表例)
80,000 台以上	1.3	湾岸線 (東京) 3号渋谷線 4号新宿線
50,000 ~ 80,000 台	1.2	都心環状線 5号池袋線 6号向島線 中央環状線
30,000 ~ 50,000 台	1.1	2号目黒線 7号小松川線
30,000 台未満	1.0	1号上野線 神奈川5号大黒線

e) 舗装の補修工法

首都高速の高架橋の標準的な舗装構成は、表層 4cm, 基層 4cm, 計 8cm のアスファルト舗装（改質アスファルト）である。舗装の標準的な補修工法は、表層のみを切削し打換える工法を基本としている。これは、首都高速のように非常に交通量の多い道路では、舗装がひどく劣化してから基層まで打換えるよりも、表層のみを打換えた方がライフサイクルコスト（LCC）の面から有利となるからである。



舗装の剥ぎ取り



舗装の舗設



仮区画線

図-4.2.8 舗装の補修工法

f) 外部費用の検討

首都高速の舗装補修工事は、夜間 1 車線を規制し実施している。この理由は、昼間は交通量が多く渋滞を引き起こすため、通常夜間 21 時から舗装の剥ぎ取りを行い、翌朝の 6 時までに打換え工事を完了するような手順である（図-4.2.9）。

舗装補修の優先順位の決定に際し道路利用者の工事渋滞による時間損失を考慮すべきかを検討したが、首都高速の場合、補修工事中は 1 車線を確保するほかに、常に迂回路を確保しており、多少の時間ロスがあってもそれが外部費用として与える影響は少ないと判断し、舗装の補修効果（補修前後の PI 値の差）が大きい箇所から優先的に補修工事区間を抽出する手法とした。

【舗装補修工事の時間工程：表層補修 t=40】

21:00	21:30	23:00	24:00	4:30	5:30	6:00
車線規制設置	舗装剥取	接着剤塗布	舗設	仮区画線	車線規制解除	

図-4.2.9 舗装補修工事の時間工程

g) 舗装の性能評価

2011年7月時点の首都高速の舗装の状態をPI値の分布で示すと表-4.2.3 のとおりである。この表から、首都高速の舗装には要補修区間が全体の約2%あることがわかる。現状ではこの数量を次年度補修することとしている。

舗装の一般的な補修周期は約10～15年とされているが、本稿で示した点検結果に基づく舗装マネジメントシステムを用いた場合、一般的な補修周期から機械的に補修数量を算出した場合（年間約6～10%）に比べ効率化が図られているといえよう。

舗装マネジメントシステムで算出された上記の結果は、統合マネジメントシステムに送られる。

表-4.2.3 舗装PI値の分布（2010年度・2011年7月）

対応区分	PI値	延長 (km)	比率 (%)	PI値×延長
要補修	1	13.1	0.9	13.1
要補修	2	14.3	1.0	28.6
定期点検	3	15.6	1.1	46.8
定期点検	4	72.6	5.2	290.4
定期点検	5	1,292.4	91.8	6,462.0
合 計		1,408.0	100.0	6,840.9
平均PI値				4.9

また、路面の総合評価を行う指標としては、MCI：維持管理指数（Maintenance Control Index）が用いられる場合がある³⁵⁾。

MCIは、次式で算出される。

$$MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29\delta^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2} \quad (2)$$

ここで、 MCI ：維持管理指数、 C ：ひびわれ率、 δ ：わだち掘れ量、 σ ：平坦性（路面縦断の凹凸量）。

MCIは値の大きいほど舗装の状態が良好となり、通常MCIが4以上で「振動や騒音が少なく、道路利用者が快適に感じる」とされている。現状の首都高速の舗装路面の状態をMCIにより評価すると、MCIが4以上の区間は総延長の99%となっている。

MCIは、本稿に示す舗装の個別マネジメントには直接用いてはいないが、首都高速の舗装の維持管理に際してはMCIも把握し、維持管理レベルを検証している。

f) 移動路面モニタリングシステムの適用検討

1) モニタリングシステムの概要

従来の路面点検車による点検は、定量的で高精度な診断が可能であるものの、初期導入費、運用費ともに高額であり、また、データ収集や処理に時間を要し即時性に欠けるといふ課題がある。これらの背景から、簡易で定量的かつ高精度に路面状態を診断・評価することが可能なモニタリングシステムの確立が強く望まれている。

そこで、高速道路の巡回点検に使用している巡回車などに搭載し、高頻度に計測することを想定し、一般車両の鉛直加速度応答を利用した移動路面モニタリングシステム（Vehicle Intelligent Monitoring System, 以下VIMSという）を開発し、その実用化に向けた取組を進めている³⁶⁾。

本システムの概要は図-4.2.10 に示すとおりである。加速度計、GPS 受信機、小型 PC を搭載した一般車両が定速走行する際の動的応答を、その代表値である鉛直加速度によって把握し、路面のラフネスを IRI（International Roughness Index, 国際ラフネス指数）を指標として評価する。ここでは、巡回点検車として使われることが多いランドクルーザーを基準計測車両とし、走行速度は 60km/h を基本としている。走行速度については、日本の高速道路で定速が維持でき、かつ効率的に長距離を計測できる値に設定した。専用の検査車よりは IRI 推定精度は低いものの、簡便で定量的かつ高頻度なモニタリングを可能にするシステムが構築できている。

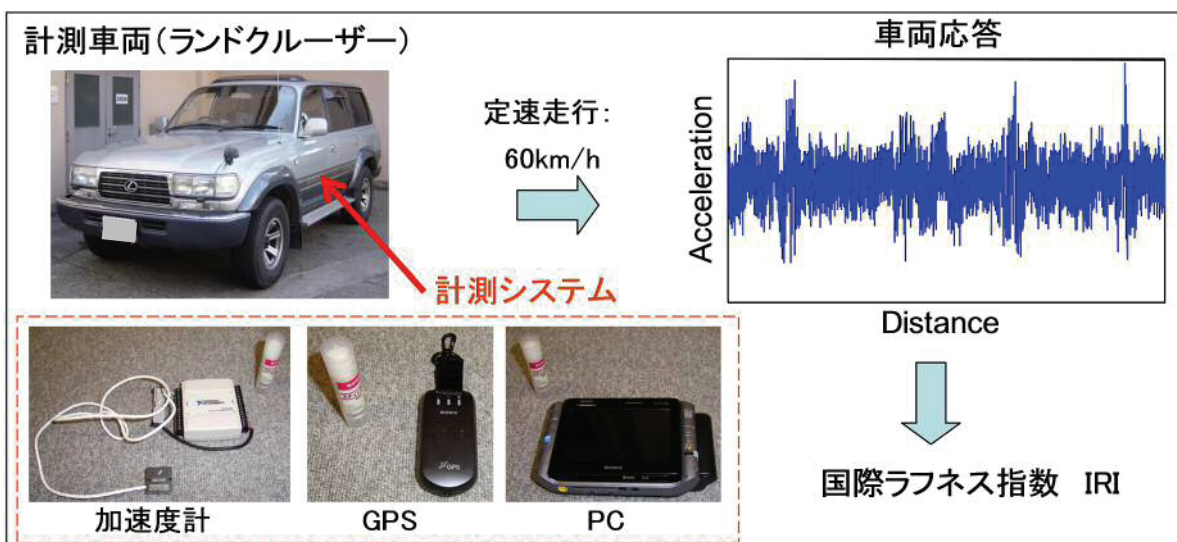


図-4.2.10 VIMS の概要

2) VIMS を用いた舗装マネジメントシステム

VIMSは車両の定速走行時の鉛直加速度応答を利用し、路面のラフネスをIRI（国際ラフネス指数）により評価するもので、今までの方法に比べ比較的簡易に路面のモニタリングが可能なシステムである。IRIの値は、小さければ小さいほど路面の状態が良いとされている。

舗装のマネジメントシステムにおいては、路面の平坦性に関する「乗り心地」が重要な要素でもあり、舗装の構造体としての劣化状態を表す「わだち掘れ量」や「ひびわれ率」による性能評価のほかに、「ラフネス指数」による性能評価も道路利用者の視点に立ったマネジメントシステムとして大いに活用できると考えている。今後、VIMSから得られる路面のラフネス指数を評価指標とし、簡易にかつ定量的に路面状態を診断、評価する舗装マネジメントシステムの構築が期待されている。

VIMSを用いた舗装マネジメントシステム構築の際のポイントを挙げると次のとおりである。

- ・ IRI（International Roughness Index）のレイティング
（高速道路において、IRIは2以下が望ましいとされている。）
- ・ 車両の走行回数と評価ルール
- ・ 局所的な段差（異常箇所）があった場合の対応ルール（緊急点検と原因究明）
- ・ 評価区間と評価値の具体的な算出方法
- ・ 計測値から評価システムまでの自動化

その他、ある区間においてノージョイント化を実施した際の施工前後のIRIを測定することにより、ノージョイント化の改善効果を簡易かつ定量的に把握することが可能となる。

4-3 塗装マネジメントシステム

a) 基本事項

本システムは首都高速の鋼桁の塗装面積約 1,230 万 m²、鋼桁の総径間数約 9,100 径間を対象としている³⁷⁾。

塗装に発生する錆を放置しておくと橋桁の鋼部材が腐食し車両の通行に危険な状態になるため、定期的に点検を行い、塗装の発錆や塗膜はがれなど、劣化状態がひどいものから計画的に塗替えを行っている。

現在、首都高速の塗装としては、新設ではフッ素塗装、塗装補修ではポリウレタン塗装となっている。しかし、依然として旧塗装系であるフタル酸塗装が多く残っており、全体では約 4,000 径間がフタル酸塗装系のままである。現在これらの塗装が劣化しており、ここしばらくの間はフタル酸塗装からポリウレタン塗装への塗替えが主体となる。

塗装マネジメントシステムにおいて、塗装の評価には、高架下徒歩点検の点検結果が用いられる。首都高速では、高架下からの目視点検による鋼桁の塗装の発錆や塗膜はがれの状態を、街路や公園の上にある区間は年 2 回、その他の区間については 2 年に 1 回点検している（図-4.3.1）。

塗装の塗替えに関しては、径間単位で吊足場を架けて補修が行われる。その際には、塗装補修の前に構造物接近点検が必ず実施され、鋼部材の劣化・損傷のうち補修が必要なものについては塗装補修の前に実施される。このように、足場内での点検と補修工事を同時に実施することで効率的に維持管理を行っている（図-4.3.2、図-4.3.3）。

ここで、特に劣化の程度がひどいものとして、桁端部の漏水箇所などで鋼部材の一部が腐食し、断面が欠損しているものが発見されている。点検でそれらが発見した場合は要緊急対応（A ランク）として緊急に補修することとしている（図-4.3.4）。

よってそれらは、このマネジメントシステムの上位に位置するものである。



図-4.3.1 高架下徒歩点検



図-4.3.2 吊足場内での点検



鋼桁素地調整(1)



鋼桁素地調整(2)



鋼桁塗替塗装(1)



鋼桁塗替塗装(2)

図-4.3.3 塗装補修



図-4.3.4 桁端部の腐食 (Aランク)

b) 点検結果の定量評価（レイティング）

塗装マネジメントシステムの評価指標は、鋼橋の健全度に大きく関係するものとして、発錆と塗膜はがれの2指標を選定した。また評価する単位は、吊足場を設置して塗装補修を行うことを前提とし「径間単位」とした。

点検結果の定量評価方法としては、各径間単位で点検の判定ランクを基にPI値を算出し、PI値により当該径間の塗装の劣化状態を評価することとした。塗装のレイティングフローを示すと図-4.3.5のとおりである。ここで、PI値の算出については、発錆と塗膜はがれの2指標のうち最も厳しいPI値を評価ブロックのPI値（総合評価値）とした。

各評価段階の対応区分、劣化の程度、各評価指標の境界値については、表-4.3.1 塗装レイティング表、図-4.3.6 塗装レイティング写真に示すとおりである。表中の発錆と塗膜はがれの値については、首都高速の維持管理規定に基づき、塗膜の性能や美観から要補修とする境界値を設定している。

なお、塗装補修の際には吊足場を設置するため、塗装補修の最小単位は1径間としている。補修候補区間の抽出は1径間単位とし、次の補修優先順位の決定に進む。

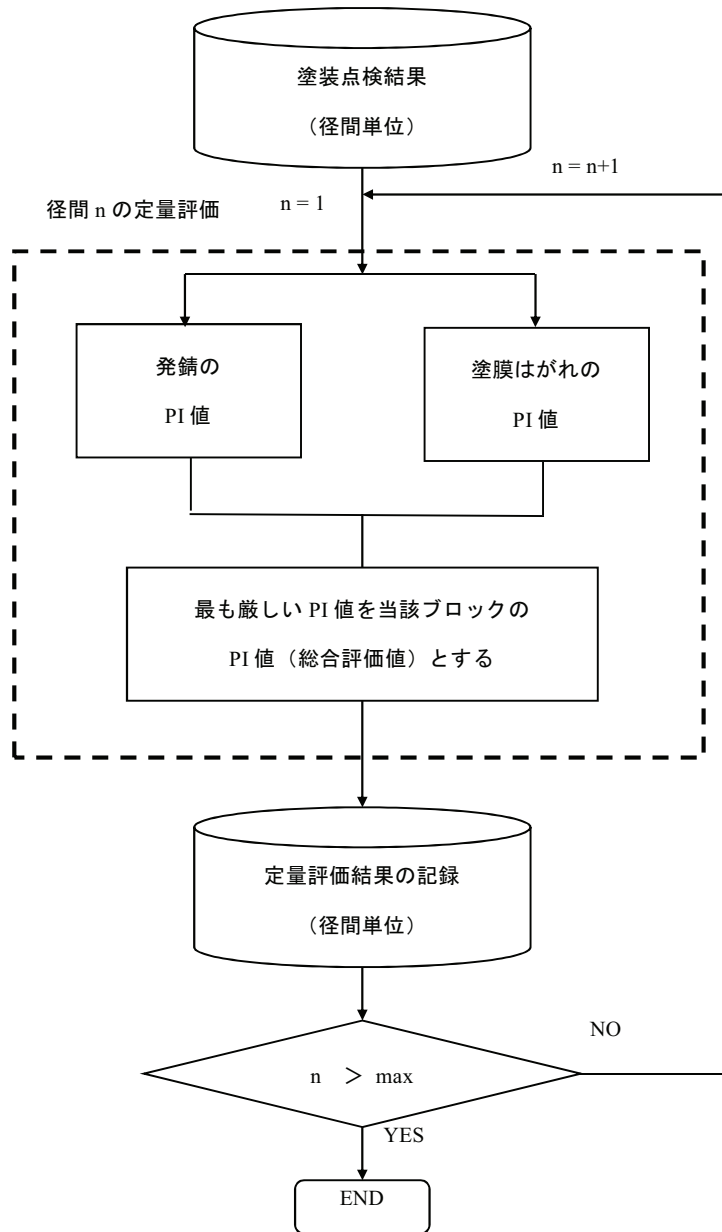


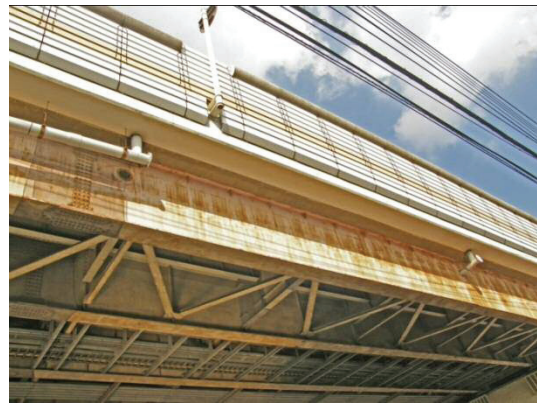
図-4.3.5 塗装レイティングフロー

表-4.3.1 塗装レイティング表

判定 ランク	対応 区分	PI値	発錆	塗膜はがれ
A	緊急 対応		部材の断面欠損	—
B1	要 補修	1	1径間の50%以上	—
B2	要 補修	2	1径間の30%以上50%未 満	1径間の50%以上
C1	定期 点検	3	1径間の30%未満	1径間の50%未満
C2	定期 点検	4	発錆が局部的	はがれが局部的
D	定期 点検	5	発錆なし	はがれなし



B1 ランク (発錆)



B1 ランク (発錆)



B2 ランク (発錆)



B2 ランク (塗膜はがれ)



C1 ランク (発錆)



C1 ランク (塗膜はがれ)

図-4.3.6 塗装レイティング写真

c) 補修優先順位の決定（ランキング）

舗装マネジメントシステムと同様，抽出された補修候補箇所について，補修効果が大きい箇所の優先順位が高くなるように塗装補修箇所の優先順位を決定する．

優先順位は，次式に示す優先度指数により判定する．

$$U = \frac{100 \{(PI_N - PI_R) + 1\}}{PI_N} \quad (3)$$

ここで， U ：優先度指数， PI_N ：補修後のPI値， PI_R ：補修前のPI値．

もし優先度指数が同じとなった場合は，周辺住民や一般の方々に快適な空間を提供することを重点におき，以下の優先度の項目を考慮する．

- 1) 大規模交差点や繁華街の景観配慮区間を優先
- 2) 郊外よりも都心部を優先
- 3) 前回塗替えからの経過年数の長い箇所を優先

また，塗装においてもエンジニアが重点施策などによる補修候補を別表に追加できるようにしている．

d) 塗装の補修工法

現在の首都高速の塗装補修は、重防食タイプのポリウレタン系の塗料で塗替えを行う工法としている。これは、首都高速の場合、高架下のほとんどが街路、河川などで施工条件が厳しく、当初のフタル酸系塗料よりも塗替え間隔が長い（30年程度）ポリウレタン系塗料を使用したほうがLCCの面から有利となると判断しているからである（表-4.3.2）。

表-4.3.2 塗装補修方法

塗装系	素地調整	工程	塗料名	使用量 g / m ²	層間塗装間隔
NU-P2	2種	下塗1層目	有機ジンクリッチ [®] イト	240	1日～ 10日
		下塗2層目	変性エポキシ樹脂塗料	200	
		下塗3層目	変性エポキシ樹脂塗料	200	
		中・上塗兼用	厚膜型ポリウレタン樹脂塗料	230	
NU-P3	3種	下塗1層目	変性エポキシ樹脂塗料	200	1日～ 10日
		下塗2層目	変性エポキシ樹脂塗料	200	
		下塗3層目	変性エポキシ樹脂塗料	200	
		中・上塗兼用	厚膜型ポリウレタン樹脂塗料	230	

e) 塗装の性能評価

2011年7月時点の首都高速の塗装の状態をPI値の分布で示すと表-4.3.3 のとおりである。この表から、現状の首都高速の塗装には補修が必要と評価した径間が全体の約13%あることがわかる。

首都高速にはフタル酸系塗料が現時点で約4,000径間残っており、それらの補修周期は平均で約20年の実績となっている。ちなみに、約4,000径間のフタル酸系塗料の橋梁を今後20年間で塗替えるとすると、毎年約200径間を塗替えることとなるが、ここ数年は塗装の補修が200径間を下回っている年度もあるため、点検に基づく計画的な補修がますます重要になってきている。

さらに、首都高速は都市内の高架橋であるため、錆や塗膜はがれの他に排気ガスによる汚れが目立つ場合がある。そのため、一般の方々からの評価が、錆や塗膜のはがれで評価する塗装の性能に比べて低い評価となる傾向がある。また、床版や伸縮装置からの部分的な水漏れにより局部的な汚れが発生し景観を損なっている場合も多く、都市内高架橋が大半を占める首都高速における塗装マネジメントの困難さを増大させている。

塗装マネジメントシステムで算出された上記の結果は、統合マネジメントシステムに送られる。

表-4.3.3 塗装PI値の分布（2010年度・2011年7月）

対応区分	PI値	径間数	比率 (%)	PI値×径間数
要補修	1	98	1.1	98
要補修	2	1,106	12.1	2,212
定期点検	3	1,360	14.9	4,080
定期点検	4	4,536	49.8	18,144
定期点検	5	2,010	22.1	10,050
合計		9,110	100.0	34,584
平均PI値				3.8

4-4 橋梁（鋼橋）マネジメントシステム

a) 基本事項

本システムは首都高速の鋼橋，約 9,100 径間を対象としている。

鋼橋においては，5 年に 1 度の定期点検で RC 床版のひび割れ，鋼桁・鋼床版の亀裂や鋼部材の局所的な発錆などの劣化・損傷が発見されており，それらの劣化・損傷を放置しておくと橋桁の耐荷力が低下し，ひいては車両の通行に危険な状態になるため，その程度に応じて優先順位をつけ補修を行っている。

中でも，鋼桁，鋼床版に発生した疲労亀裂は主部材に進展すると車両の走行に影響がでる恐れがあるため特に注意を要するものであり，首都高速道路㈱の内部に鋼構造の専門部署を設け，専門のエンジニアによる詳細な点検・調査や補修・補強を行っている。

また，主部材に一定以上進行した亀裂は要緊急対応（A ランク）として緊急に補修することとしている。よってそれらは，このマネジメントシステムの上位に位置するものである。

鋼橋に発生する代表的な劣化・損傷事例を図-4.4.1，図-4.4.2 に示す。



図-4.4.1 コンクリート床版の劣化事例



ソールプレートに発生したき裂



箱桁ダイヤフラムに発生したき裂



鋼床版上面に発生したき裂



対傾構に発生したき裂



鋼床版と横リブ溶接部のき裂



鋼床版Uリブのき裂

図-4.4.2 鋼部材の疲労損傷事例

b) 点検結果の定量評価（レイティング）

橋梁（鋼橋）マネジメントシステムの評価指標としては、定期点検により発見された劣化のうち、補修が必要な劣化の種別と劣化の数を用いることとした。また評価する単位は、吊足場を設置しての補修を考慮して「径間単位」とした。橋梁のレイティングフローを示すと図-4.4.3 のとおりである。

橋梁の劣化についての定量的な評価方法としては、各径間毎に点検で発見された劣化の種別と劣化の数から劣化度を算出し評価することとした。劣化度の算出式は次式のとおりである。

$$F = \alpha \cdot \beta \cdot \sum_{i=1}^8 (k_i n_i) \quad (4)$$

ここで、 F ：劣化度（径間毎）、 α ：橋梁規模係数、 β ：劣化増加率、 k_i ：劣化種別毎の重み係数、 n_i ：劣化種別毎の劣化数。

鋼橋で発見されている劣化には、RC 床版の下面のひび割れ、鋼部材に発生している疲労亀裂、鋼部材の局部的な発錆などがある。劣化数の算定方法は、RC 床版のひび割れについては主桁と対傾構で仕切られた格間単位で算定した。つまり、1つの格間に補修が必要なひび割れが発生していれば劣化数は1とした。また、亀裂や局部的な発錆の場合は、1箇所を劣化数1とした。劣化の種別と付与する重み係数は表-4.4.1 に示すとおりである。ここで、RC 床版の格子状のひび割れ、疲労亀裂（鋼床版及び二次部材）については、他の劣化に比べ構造に与える影響が大きいため、数が少ない場合でも早期に補修対象となるよう本システムでは4倍の重み係数とした。

また、劣化数は橋梁の規模（径間長、車線数）に関係し、規模の大きな橋梁ほど劣化数が多くなるため「橋梁規模係数」を設定した。橋梁規模係数の値は表-4.4.2 に示すとおりである（付録1参照）。

さらに、定期点検は5年に1回のため、数年前の点検結果から現在の劣化状態を予測し、劣化数を割増すこととした。ここでは、最新点検の劣化数と前回点検の劣化数の比率から「劣化増加率」を設定した。劣化増加率の値は表-4.4.3 に示すとおりである。この表からわかるように、新しい橋梁より開通後の経過年数が多い橋梁の方が劣化の発生数が多くなる傾向にある（付録3参照）。

本システムでは、劣化度を用いて補修の優先順位を決定するものとした。劣化の程度によっては、発見されたとしても直ちには補修を行わなくて良いと判断される場合もあるため、劣化度が一定以上に達した径間を補修が必要な径間とした。橋梁の PI 値と劣化度の境界値は表-4.4.4 に示すとおりである。

表中で、要補修径間の劣化度を 32 以上としたのは、首都高速の標準的な鋼橋（径間長 40m, 2 車線）の格間数（16）の半数以上に RC 床版の格子状のひび割れまたは疲労亀裂（重み係数 4）が発生している場合に補修が必要と判断したためである。

なお、橋梁補修の際には原則作業用の吊足場を設置するため、橋梁補修の最小単位は 1 径間としている。補修候補区間の抽出は 1 径間単位とし、次の補修優先順位の決定に進む。

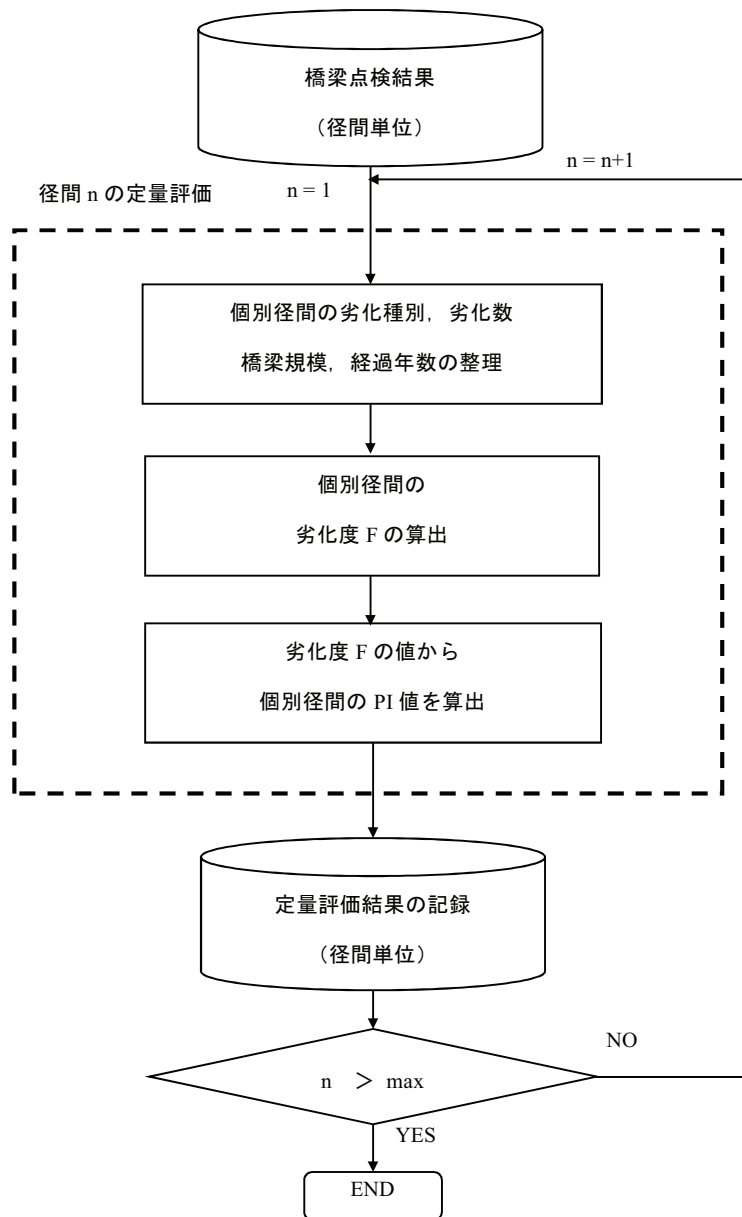


図-4.4.3 橋梁（鋼橋）レイティングフロー

表-4.4.1 劣化種別毎の重み係数（鋼橋） k

部位	劣化種別 (i)	重み係数 (k)
RC床版	格子状のひび割れ	4
	ひび割れ	1
	鉄筋露出	1
	浮き, はく離	1
鋼部材	疲労亀裂（鋼床版）	4
	疲労亀裂（二次部材）	4
	局所的な発錆	1
	局所的な塗膜はがれ	1

表-4.4.2 橋梁規模係数（鋼橋） α

径間長 (m)	2車線	3車線	4車線
$L < 30$	2.0	1.3	1.0
$30 \leq L < 60$	1.0	0.6	0.5
$60 \leq L < 90$	0.6	0.4	0.3
$90 \leq L$	0.4	0.3	0.2

表-4.4.3 劣化増加率（鋼橋） β

点検後の年数	開通後の経過年数 (N)		
	$N < 20$	$20 \leq N < 40$	$40 \leq N$
1年後	1.00	1.01	1.02
2年後	1.00	1.02	1.04
3年後	1.00	1.03	1.06
4年後	1.00	1.04	1.08

表-4.4.4 橋梁レイティング表（鋼橋）

判定 ランク	対応区分	PI値	劣化度 (F)
A	緊急対応		主部材に進行した疲労亀裂
B1	要補修	1	$80 \leq F$
B2	要補修	2	$32 \leq F < 80$
C1	定期点検	3	$16 \leq F < 32$
C2	定期点検	4	$1 \leq F < 16$
D	定期点検	5	$F < 1$

c) 補修優先順位の決定（ランキング）

前述の舗装，塗装マネジメントシステムと同様，抽出された補修候補箇所について，補修効果が大きい箇所の優先順位が高くなるように優先順位を決定する．

優先順位は，次式に示す優先度指数により判定する．

$$U = \frac{100 \{ (PI_N - PI_R) + 1 \}}{PI_N} \quad (5)$$

ここで， U ：優先度指数， PI_N ：補修後のPI値， PI_R ：補修前のPI値．

もし優先度指数が同じになった場合は，特定の劣化（重み係数4）の数が多い径間を優先順位の高い径間とする．それでも同じ場合は，路線の交通量が多い径間ほど優先順位の高い径間とする．

さらに，橋梁マネジメントシステムにおいてもエンジニアが劣化の内容や状態，重点施策などによる補修候補を別表に追加抽出できるようにしており，その結果も含めて統合マネジメントシステムに送られる．

d) 橋梁の補修工法

RC床版の補修工法は連続繊維シート接着工法または鋼板接着工法としている³⁸⁾．これは，首都高速のような交通量が多い橋梁では，劣化が進展・加速する前に補修する工法の方がLCCの面から有利となるからである（図-4.4.4）．

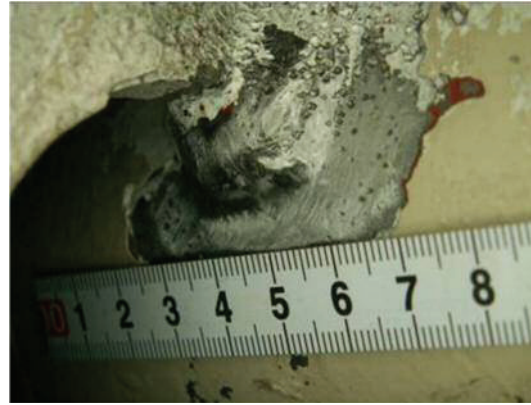
鋼部材に発生する疲労亀裂に対しては亀裂処理と鋼部材を取付ける補修方法としている³⁹⁾（図-4.4.5）．しかし，疲労亀裂の扱いについては非常に高度な技術力を必要とするため，実際の補修に際しては専門技術者が亀裂を十分調査し，補修時期や補修工法を決定するようにしている．



図-4.4.4 RC床版の補修工法（炭素繊維シート接着工法）



ストップホール（応急処置）



き裂の切削除去



切欠き部の当板補強



デキプレートの当板補強



鋼床版リブ取替（大）



鋼床版リブ取替（小）

図-4.4.5 疲労損傷の補修工法

e) 橋梁の性能評価

2011年7月時点の首都高速の鋼橋の状態をPI値の分布で示すと表-4.4.5 のとおりである。この表から、現状の首都高速の鋼橋には補修が必要と評価した径間が全体の約6%あることがわかる。この比率は将来の首都高速の橋梁の高齢化とともに、徐々に増加することが予想され、点検に基づく計画的な補修・補強対策がますます重要になってきている。

現在、20年程度経過した重交通路線の鋼床版において、疲労亀裂が発生している。中にはデッキプレートに進展する亀裂も出始めているため、早急に予防対策を行う必要がある。2007年度から鋼床版の上面にSFRC舗装を敷設する工事を始めており、亀裂の発生を抑制する効果が大いに期待されている。

また、RC床版については、現在までに建設年次に応じた予防保全対策がとられてきているため、劣化は急激には増加しないと予想される。しかし、高齢化と共に予想しないような劣化が発生する恐れもあり、RC床版の中性化や塩害については今後も注意深い監視を行うこととしている。

表-4.4.5 橋梁（鋼橋）PI値の分布（2010年度・2011年7月）

対応区分	PI値	径間数	比率 (%)	PI値×径間数
要補修	1	135	1.5	135
要補修	2	449	4.9	898
定期点検	3	693	7.6	2,079
定期点検	4	4,747	52.1	18,988
定期点検	5	3,086	33.9	15,430
合 計		9,110	100.0	37,530
平均PI値				4.1

4-5 橋梁（PC・RC 橋）マネジメントシステム

a) 基本事項

本システムは首都高速の PC・RC 橋，約 2,700 径間を対象としている。

PC・RC 橋においては，5 年に 1 度の定期点検で RC 床版のひび割れ，PC・RC 桁のひびわれや遊離石灰などの劣化が発見されており，それらの劣化を放置しておくとも橋桁の耐荷力が低下し，ひいては車両の通行に危険な状態になるため，その程度に応じて優先順位をつけ補修を行っている。

中でも，PC 桁に発生した大きなひび割れや PC 定着部の変状は進展すると車両の走行に影響がでる恐れがあるため特に注意を要するものである。

また，主部材に一定以上進行したひび割れは要緊急対応（A ランク）として緊急に補修することとしている。よってそれらは，このマネジメントシステムの上位に位置するものである。

PC・RC 橋に発生する代表的な劣化・損傷事例を図-4.5.1，図-4.5.2 に示す。



図-4.5.1 コンクリート床版の劣化事例



鉄筋露出



浮き・はく離



はく離・鉄筋露出

図-4.5.2 PC・RC 橋の劣化事例

b) 点検結果の定量評価（レイティング）

橋梁（PC・RC 橋）マネジメントシステムの評価指標としては、橋梁（鋼橋）マネジメントシステムと同様に、定期点検により発見された劣化のうち、補修が必要な劣化の種別と劣化の数を用いることとした。また評価する単位は、吊足場を設置しての補修を考慮して「径間単位」とした。橋梁のレイティングフローを示すと図-4.5.3 のとおりである。

橋梁の劣化についての定量的な評価方法としては、各径間毎に点検で発見された劣化の種別と劣化の数から劣化度を算出し評価することとした。劣化度の算出式は次式のとおりである。

$$F = \alpha \cdot \beta \cdot \sum_{i=1}^8 (k_i n_i) \quad (6)$$

ここで、 F ：劣化度（径間毎）、 α ：橋梁規模係数、 β ：劣化増加率、 k_i ：劣化種別毎の重み係数、 n_i ：劣化種別毎の劣化数。

PC・RC 橋で発見されている劣化には、RC 床版の下面のひび割れ、主部材に発生しているひび割れ、遊離石灰などがある。劣化数の算定方法は、RC 床版のひび割れについては主桁と対傾構で仕切られた格間単位で算定した。つまり、1つの格間に補修が必要なひび割れが発生していれば劣化数は1とした。また、ひび割れや遊離石灰の場合は、1箇所を劣化数1とした。劣化の種別と付与する重み係数は表-4.5.1 に示すとおりである。ここで、RC 床版の格子状のひび割れ、PC 桁のひび割れ幅が0.2mm以上のひび割れ、PC 定着部の変状については、他の劣化に比べ構造に与える影響が大きいため、数が少ない場合でも早期に補修対象となるよう本システムでは4倍の重み係数とした。

また、劣化数は橋梁の規模（径間長、車線数）に関係し、規模の大きな橋梁ほど劣化数が多くなるため「橋梁規模係数」を設定した。PC・RC 橋の橋梁規模係数の値は表-4.5.2 に示すとおりである（付録2 参照）。

さらに、定期点検は5年に1回のため、数年前の点検結果から現在の劣化状態を予測し、劣化数を割増すこととした。ここでは、最新点検の劣化数と前回点検の劣化数の比率から「劣化増加率」を設定した。劣化増加率の値は表-4.5.3 に示すとおりである。この表からわかるように、新しい橋梁より開通後の経過年数が多い橋梁の方が劣化の発生数が多くなる傾向にある（付録4 参照）。

本システムでは、劣化度を用いて補修の優先順位を決定するものとした。劣化の程度によっては、発見されたとしても直ちには補修を行わなくて良いと判断される場合もあるため、劣化度が一定以上に達した径間を補修が必要な径間とした。橋梁の PI 値と劣化度の境界値は表-4.5.4 に示すとおりである。表中で、要補修径間の劣化度を 32 以上としたのは、首都高速の標準的な PC・RC 橋（径間長 30m, 2 車線）の RC 床版の格間数（8）の全てに格子状のひび割れまたは PC 桁のひび割れ（0.2 mm 以上）（重み係数 4）が発生している場合に補修が必要としたためである。

なお、橋梁補修の際には原則作業用の吊足場を設置するため、橋梁補修の最小単位は 1 径間としている。補修候補区間の抽出は 1 径間単位とし、次の補修優先順位の決定に進む。

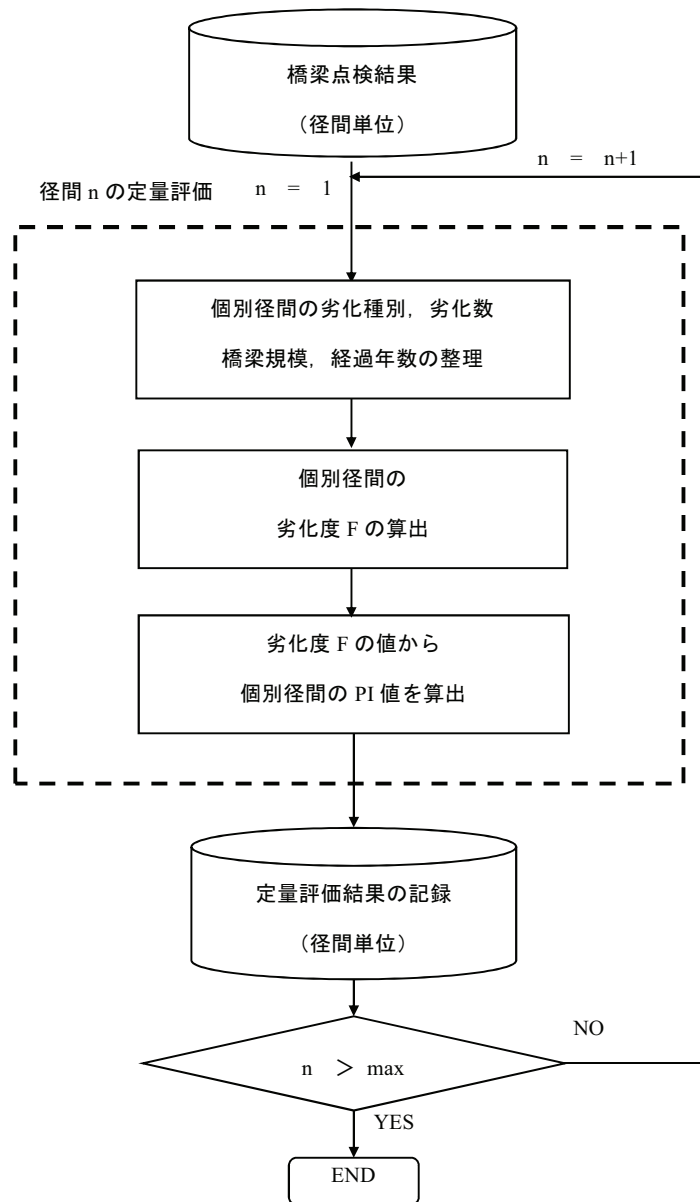


図-4.5.3 橋梁 (PC・RC 橋) レイティングフロー

表-4.5.1 劣化種別毎の重み係数 (PC・RC 橋) k

部位	劣化種別 (i)	重み係数 (k)
RC床版	格子状のひび割れ	4
	ひび割れ	1
	鉄筋露出	1
	浮き, はく離	1
PC・RC桁	PC桁のひび割れ	4
	PC定着部の変状	4
	鉄筋露出	1
	遊離石灰	1

表-4.5.2 橋梁規模係数 (PC・RC 橋) α

径間長 (m)	2車線	3車線	4車線
$L < 20$	3.0	1.9	1.5
$20 \leq L < 40$	1.0	0.6	0.5
$40 \leq L < 60$	0.6	0.4	0.3
$60 \leq L$	0.4	0.3	0.2

表-4.5.3 劣化増加率 (PC・RC 橋) β

点検後の年数	開通後の経過年数 (N)		
	$N < 20$	$20 \leq N < 40$	$40 \leq N$
1年後	1.00	1.01	1.02
2年後	1.00	1.02	1.04
3年後	1.00	1.03	1.06
4年後	1.00	1.04	1.08

表-4.5.4 橋梁レイティング表 (PC・RC 橋)

判定 ランク	対応区分	PI値	劣化度 (F)
A	緊急対応		主部材に進行した疲労亀裂
B1	要補修	1	$80 \leq F$
B2	要補修	2	$32 \leq F < 80$
C1	定期点検	3	$16 \leq F < 32$
C2	定期点検	4	$1 \leq F < 16$
D	定期点検	5	$F < 1$

c) 補修優先順位の決定（ランキング）

前述の舗装，塗装，橋梁（鋼橋）マネジメントシステムと同様，抽出された補修候補箇所について，補修効果が大きい箇所の優先順位が高くなるように優先順位を決定する．優先順位は，次式に示す優先度指数により判定する．

$$U = \frac{100 \{ (PI_N - PI_R) + 1 \}}{PI_N} \quad (7)$$

ここで， U ：優先度指数， PI_N ：補修後のPI値， PI_R ：補修前のPI値．

もし優先度指数が同じになった場合は，特定の劣化（重み係数4）の数が多い径間を優先順位の高い径間とする．それでも同じ場合は，路線の交通量が多い径間ほど優先順位の高い径間とする．

さらに，橋梁マネジメントシステムにおいてもエンジニアが劣化の内容や状態，重点施策などによる補修候補を別表に追加抽出できるようにしており，その結果も含めて統合マネジメントシステムに送られる．

d) 橋梁の補修工法

RC床版の補修工法は連続繊維シート接着工法としている⁴⁰⁾．これは，首都高速のような交通量が多い橋梁では，劣化が進展・加速する前に補修する工法の方がLCCの面から有利となるからである（図-4.5.4）．

PC桁に発生するひび割れに対してはひび割れ注入と外ケーブルを用いる補修工法としている⁴¹⁾．（図-4.5.5）．



図-4.5.4 RC床版の補修工法（炭素繊維シート接着工法）



桁剥落防止（部分）



桁剥落防止（全面）



外ケーブル工法

図-4.5.5 PC・RC 桁の補修工法

e) 橋梁の性能評価

2011年7月時点の首都高速のPC・RC橋の状態をPI値の分布で示すと表-4.5.5 のとおりである。この表から、現状の首都高速のPC・RC橋には補修が必要と評価した径間が全体の約5%あることがわかる。この比率は将来の首都高速の橋梁の高齢化とともに、徐々に増加することが予想され、点検に基づく計画的な補修・補強対策がますます重要になってきている。

RC床版については、現在までに建設年次に応じた予防保全対策がとられてきているため、劣化は急激には増加しないと予想される。しかし、高齢化と共に予想しないような劣化が発生する恐れもあり、RC床版の中性化や塩害については今後も注意深い監視を行うこととしている。

表-4.5.5 橋梁 (PC・RC 橋) PI 値の分布 (2010 年度・2011 年 7 月)

対応区分	PI値	径間数	比率 (%)	PI値×径間数
要補修	1	20	0.7	20
要補修	2	125	4.7	250
定期点検	3	291	10.8	873
定期点検	4	1,362	50.7	5,448
定期点検	5	891	33.1	4,455
合 計		2,689	100.0	11,046
平均PI値				4.1

4-6 マネジメントシステムの構築と活用

a) 基本事項

首都高速道路においては、個別マネジメントシステムを日々の維持管理業務で活用するためのシステム構築を行っている。

本システムは、工種、点検年次などの条件設定を行った後、豊富な点検データを短時間で処理し、パソコン上で様々な形でアウトプットすることができるようになっている。また、本システムは担当技術者が日常の維持管理業務で活用することを前提としており、その特長は以下に示すとおりである。

- 1) 最新の点検データを使用し、補修の優先順位が決定できるほか、概算補修費用も同時に算出できる。
- 2) 路面や構造物の状態が、デジタル地図上に色で表示されるため、日常管理している構造物の劣化状況との照合が容易である。
- 3) 詳細図のレベルでは、キロポストや構造物データを図面上で瞬時に確認することができる。
- 4) 複数の個別マネジメントシステムを同時に利用できる。

本システムの地図上の要素（評価ブロック）に表示する色と判定ランク、PI値、対応区分は、利用する者が使い易いように基本的なルールを定めている。それらの関係を示すと表-4.6.1のとおりである。

表-4.6.1 PI値、対応区分、色の関係

判定ランク	PI値	対応区分	表示する色
B1	1	要補修	赤
B2	2	要補修	黄
C1	3	定期点検	青
C2	4	定期点検	白
D	5	定期点検	白

b) 地図表示

画面の構成としては、全体図、結果表示、詳細図などがある。それらの一例を示すと図-4.6.1～図4.6.3 のとおりである。

マネジメントシステムの工種を選定した後、全体図が表示される。次に検索したい場所を選定すると、地図上に点検結果が色で表示され、表示された色により劣化が発生している場所と劣化の程度が短時間で確認できる。

さらに詳細図の平面図と橋桁の詳細データがリンクしており、地図上で橋桁を指定することにより、管理番号や建設年次などのデータを図面上で確認することが可能である。



図-4.6.1 地図表示画面（全体図）



図-4.6.2 地図表示画面（結果表示）



図-4.6.3 地図表示画面（詳細図）

c) 補修優先順位リスト

個別マネジメントシステムの役目は、補修が必要な箇所の抽出と、補修の優先順位を決定することである。それらは自動計算され、集計結果は優先順位の高い順に一覧表形式で表示される。

この一覧表には、場所、数量、補修単価、補修費用が表示されており、管理する資産の状態や必要な補修数量、補修費用が一目でわかるようになっている。

第5章 統合マネジメントシステム

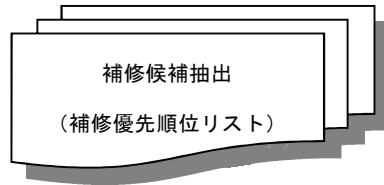
5-1 基本事項

道路管理者は、維持管理の目標レベルを定め、その目標を達成するために毎日絶え間のない点検や補修を行っている。同時に道路管理者は、道路利用者、沿道住民、一般の方々に対し、提供するサービスの内容と路面や構造物の状況をわかりやすく説明する必要がある。統合マネジメントシステムは、それら管理者の責務を適切かつ効率的に達成するための有用なツールである。

統合マネジメントシステムの構成を示すと図-5.1.1 のとおりである。

統合マネジメントシステムは、個別マネジメントシステムの結果を用いて、事業全体の維持管理目標の達成度評価、次年度の補修計画作成、中期計画作成を行うなど、多目的な機能を有している。

個別マネジメントシステム



統合マネジメントシステム

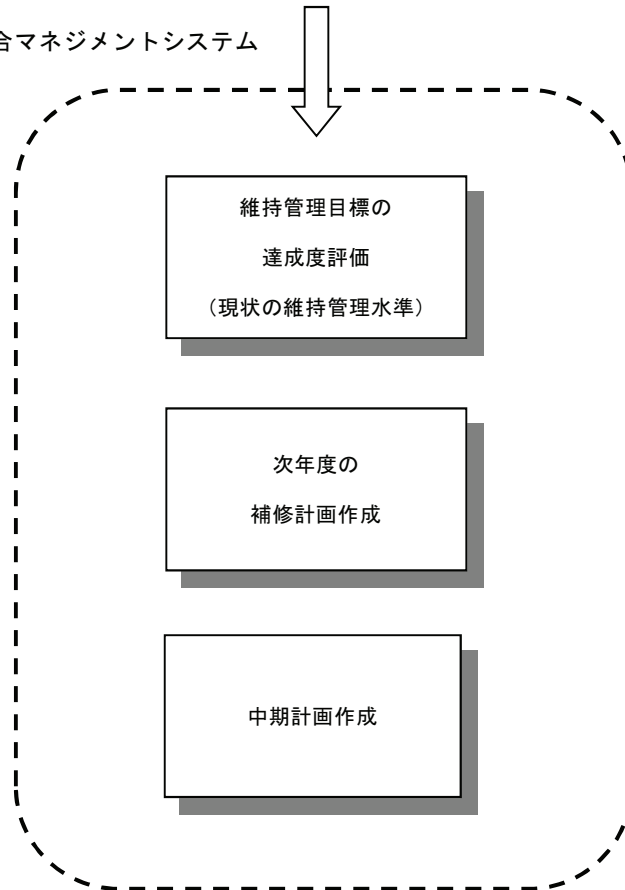


図-5.1.1 統合マネジメントシステム

5-2 維持管理目標の達成度評価

道路管理者は、維持管理の施策毎に管理目標を定めている。これは、道路管理者が一定水準の管理を行うための「目標とする値」である。そしてその値は、道路利用者、沿道住民、一般の方々の要求と一致していることが求められる。施策毎の評価指標と維持管理目標の一例を示すと表-5.2.1 のとおりである。

日常の維持管理の成果が目標に達するように努力することが道路管理者の責務であると同時に費用が有効に使われていることの証でもある。一方、維持管理の成果が前年度の値を下回った場合は原因を究明し、次年度の計画で何らかの改善を行うこととなる。

本稿では個別マネジメントシステムから得られた成果と維持管理目標との比較から、施策毎の達成度を定量的に算出し、評価・分析を行う具体的な手法を提案する。

本システムでは、達成度を次のように定義する。

$$T = \frac{100 V_C}{V_A} \quad (8)$$

ここで、 T ：達成度（%）， V_C ：維持管理目標を達成した数量， V_A ：総数量。

前述の首都高速の舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC橋）の各マネジメントシステムから算出した施策毎の達成度を表-5.2.2 に示す。この表から、舗装と橋梁については概ね目標が達成できているのに対し、塗装は達成度が他の施策に比べ低いことがわかる。

表-5.2.1 維持管理目標

施策	評価指標	維持管理目標
舗装	わだち掘れ量 ひび割れ率	PI値 3 以上
塗装	発錆 塗膜はがれ	PI値 3 以上
橋梁（鋼橋）	劣化度	PI値 3 以上
橋梁（PC・RC橋）	劣化度	PI値 3 以上

表-5.2.2 維持管理目標の達成度

施策	維持管理目標	2007年度	2010年度
舗装	PI値 3 以上	98 %	98 %
塗装	PI値 3 以上	85 %	87 %
橋梁（鋼橋）	PI値 3 以上	93 %	94 %
橋梁（PC・RC橋）	PI値 3 以上	97 %	95 %

日常の維持管理の成果が目標に達するように努力することが道路管理者の責務であり、その結果を定期的に算出・評価し、次年度以降の維持管理に反映していくことが重要である。

維持管理目標の達成度評価については、各個別マネジメントにおいて達成度の推移を把握することが可能である。ここでは、舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC橋）の施策毎の維持管理目標の達成度の推移について考察する。

舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC橋）の各個別マネジメントにおける達成度の経年変化を図-5.2.1～図-5.2.4に示す。ここで、各年度の値は新規路線の開通による数量または径間数の増加が反映された値となっている。つまり、施策毎に最新の値を算出しており、各年度で首都高速道路の総合的な評価値として把握できる。

舗装の達成度の推移（図-5.2.1）については、98.1～98.3と毎年安定した高い数値となっている。舗装においては補修が必要な箇所を次年度に補修することとしているが、それらの効果としてこの数値が得られており、適切な維持管理が行われていることがこれらの数値からも実証されている。

塗装の達成度の推移（図-5.2.2）については、2007年度の84.5から徐々に数値が上昇し、2010年度では86.8まで達成度が改善している。これは、ここ数年他の施策より達成度の低かった塗装の補修を着実に実施した結果、少しではあるが達成度が上昇したと考えられる。

橋梁（鋼橋）の達成度の推移（図-5.2.3）については、2007年度の92.6から2010年度では93.6まで達成度はわずかに改善されている。鋼橋の補修については着実に実施しているが、年々要補修数も増加しているため、達成度の改善効果は少なくなっているのが現状である。

橋梁（PC・RC橋）の達成度の推移（図-5.2.4）については、2007年度の97.2から2010年度では94.6まで達成度は徐々に低下している。この理由としては、PC・RC橋の補修は実施していたが、ここ数年間は径間単位の改善が少なかったためと考えられる。

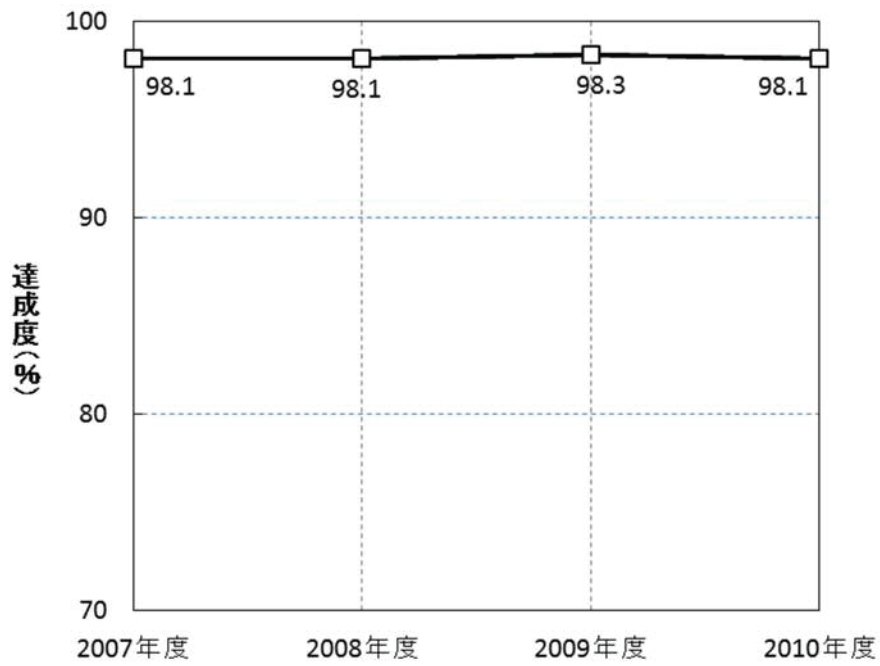


図-5.2.1 維持管理目標の達成度の経年変化・舗装

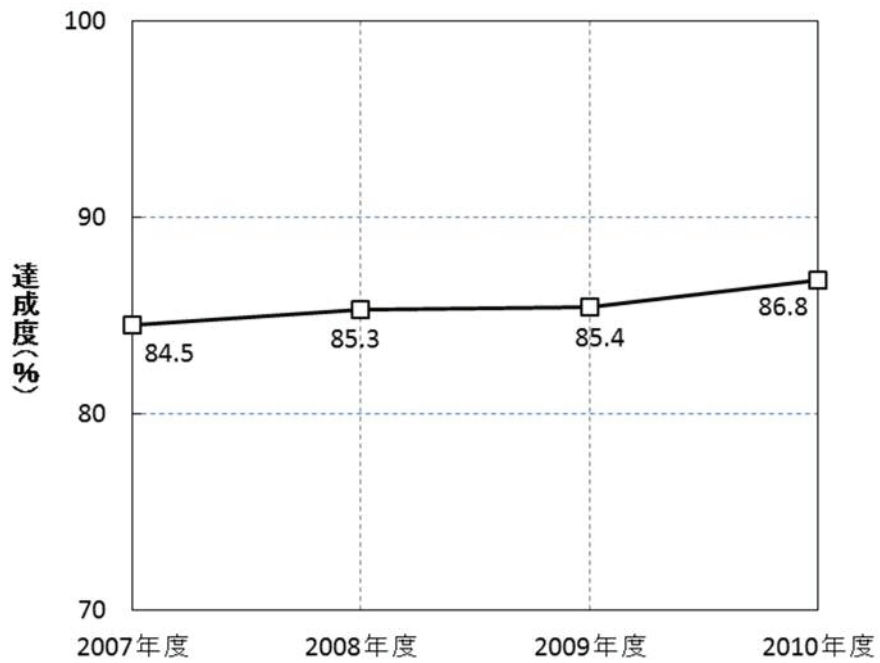


図-5.2.2 維持管理目標の達成度の経年変化・塗装

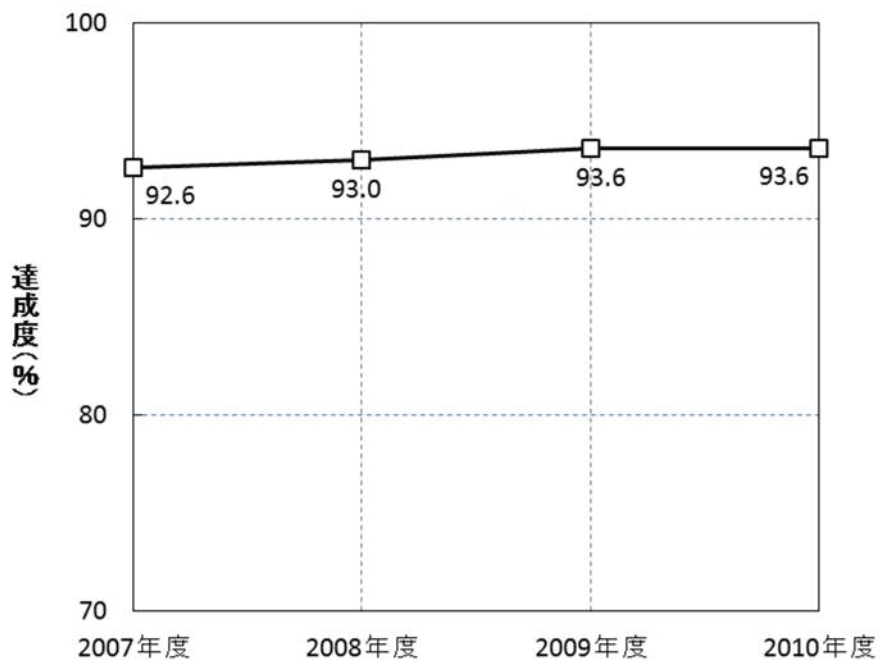


図-5.2.3 維持管理目標の達成度の経年変化・橋梁（鋼橋）

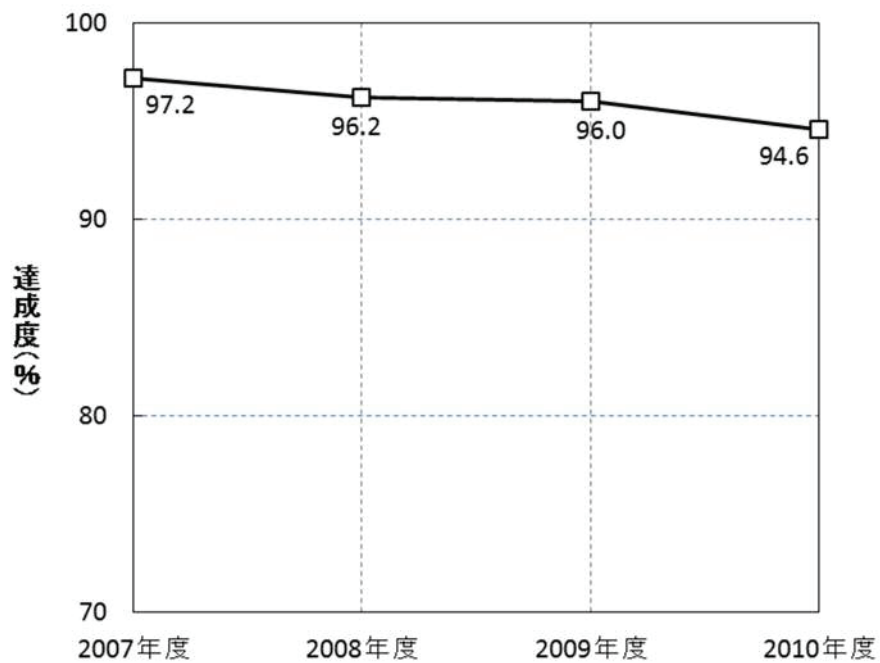


図-5.2.4 維持管理目標の達成度の経年変化・橋梁（PC・RC橋）

5-3 次年度の補修計画作成

次年度の補修計画作成にあたっては、個別マネジメントシステムで抽出された補修予定箇所すべてが対象となる。補修予定箇所に対し、予算が十分である場合は個別マネジメントシステムで抽出された箇所すべてを次年度の補修予定箇所として決定する。しかし、予算が十分でない場合は、必要額をいかに調達するかが第一の課題となる。しかし、通常は次年度の費用の増額は困難な場合が多いため、限られた中でいかに適切かつ効率的に費用を配分するかがポイントとなり、それが本システムに課せられた役割でもある。

ここでは、前述の維持管理目標の達成度、補修後の改善の効果などの定量的な数値を用い、費用の制約下で必要な補修計画をいかに立案するか具体的な手法を提案する。最終的には、補修計画は責任あるエンジニアが決定することになるが、ここで提案する項目と内容は、その意思決定に際し有用となるものである。

1) 施策別の目標達成度を全体計画へ展開

個別マネジメントで得られる施策別の目標達成度は、次年度の全体計画作成の際に有用な指標である。今年度の達成度を維持するため次年度にどれだけの費用が必要かを試算し、今年度の費用との比較をすることにより、各施策の困難性または容易性の把握が可能となる。

2) 目標達成度のバランス確保

目標達成度の低い施策について、問題点の把握、改善策の立案を行い、基本的には達成度の低い施策に優先して費用を配分し、目標達成度の向上と全体のバランス確保に努めるようにする。

3) 効率を考えた費用配分

一般的には、費用をかければ目標達成度が改善されるが、費用をかけたわりに効果が出にくい施策がある。一方、費用が少しでも不足すると達成度に大きく影響が出る施策もある。そのような施策の特性を、個別マネジメントシステムを活用して事前に把握しておくことで、効率的な費用配分を行うことが可能となる。現時点で各施策の目標達成度を1ポイント上昇させるのに必要な費用を試算すると、舗装補修が約2億円、塗装補修が約12億円、鋼橋補修が約13億円、PC・RC橋補修が約4億円であり、舗装補修が投資額に対する感度が高いことがわかる。

4) 足場や規制帯を同時に使用する場合の優先

塗装補修と橋梁補修は吊足場を設置して施工する。そこで、塗装補修で選定された径間については、優先して橋梁補修を行うこととする。一方、橋梁補修で選定された径間については、塗装補修は発錆の程度を検証し、必要な部分のみ塗装補修を行うこととする。また、集中工事や通行止め工事が予定されている場合、同じ規制帯内で補修工事ができるものがあれば優先して行うようにする。

5) 新技術・新材料の積極的な適用

現状で目標達成度が低い施策、費用が不足しそうな施策に対し、新技術、新材料を積極的に適用し、長寿命化や費用の効率化を図ることで、結果的に達成度の向上につなげることができる。具体的には伸縮装置のノージョイント化による補修費の低減、新型鋼製ジョイントの採用などがあげられる。

6) 施策の重点化

投資できる費用が少ない場合、分散して投資するのではなく、その年度の重点施策を決め、費用の集中投資を行うことにより、工事の大規模化による費用の効率化や新たな技術開発が期待できるなどの利点も出てくる。

5-4 中期計画作成

a) 概要

中期計画とは今後3～5年間の計画のことで、維持管理の分野においては、どのような目標（戦略）の下で、構造物の性能向上あるいは性能低下抑制を目指し、そのために費用をどのように投資するかを明らかにしておくものである。言い換えれば、構造物の性能を一定以上に維持するために、今後費用がどれだけ必要か、あるいは費用をどれだけかけたら良いかを定量的に示すもので、経営者の意思決定のための有効なツールでもある。

本システムでは、構造物の点検結果を基にした劣化予測式を用い、今後数年間に必要となる費用を算定することが可能である。また、必要とされる補修をしない場合に、維持管理目標の達成度がどのように低下するかを明示することもできる。

b) 劣化予測

劣化予測は個別の施策毎に異なるものである。本研究では、個別施策毎に劣化予測式を提案している。

1) 舗装の劣化予測

首都高速の実績によると、舗装補修に支配的な要因は「最大わだち掘れ量」であり、ここでは最大わだち掘れ量の進行予測を行った。首都高速の近年の舗装補修履歴から約10年で舗装補修が行われており、その時の最大わだち掘れ量は20mm以上である。また、初期のわだち量については首都高速道路における既往の研究⁴²⁾を参考にし、最大わだち掘れ量の予測式を次式のとおりとした。

$$d_p = 1.3N + 7 \quad (N > 1) \quad (9)$$

ここで、 d_p ：予測最大わだち掘れ量， N ：経過年数。

最大わだち掘れ量の予測式を使用して、年数の経過による舗装PI値（性能）の低下を示すと図-5.4.1 のとおりである。この図から、舗装の性能は7～8年経過後に急激に低下することがわかる。また、この舗装PI値の経年変化を使用すれば、中期計画作成に用いる数年後の性能把握が可能となる。

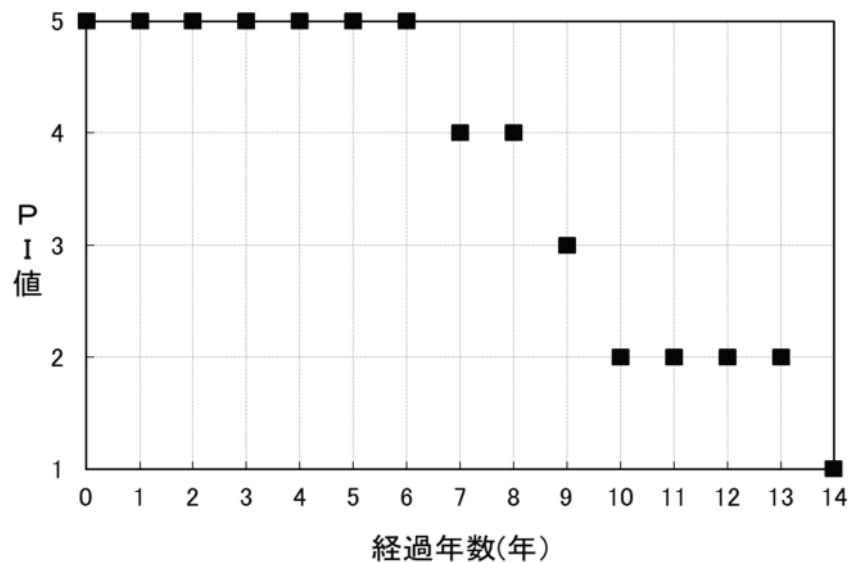


図-5.4.1 PI値の経年変化・舗装

2) 塗装の劣化予測

塗装補修に支配的な要因は錆のため、発錆面積率の進行予測を行った。

現在、首都高速の塗装としては、新設ではフッ素塗装、塗装補修ではポリウレタン塗装となっている。しかし、依然として旧塗装系であるフタル酸塗装が多く残っており、全体では約 4,000 径間がフタル酸塗装系のままである。現在これらの塗装が劣化しており、現時点で塗装補修の対象となっているのは、過去に施工されたフタル酸系の塗装である。したがって、フタル酸系の塗装の過去の点検結果を用い、年数の経過による発錆面積率の進行予測を行った。

予測曲線は図-5.4.2 に示すとおりである（付録 5 参照）。ここで相関係数は0.857となっており、強い相関があるといえる。

また、予測曲線を式にすると次式となる。

$$R_p = 0.001 e^{0.559 N} \quad (10)$$

ここで R_p : 予測発錆面積率, N : 経過年数.

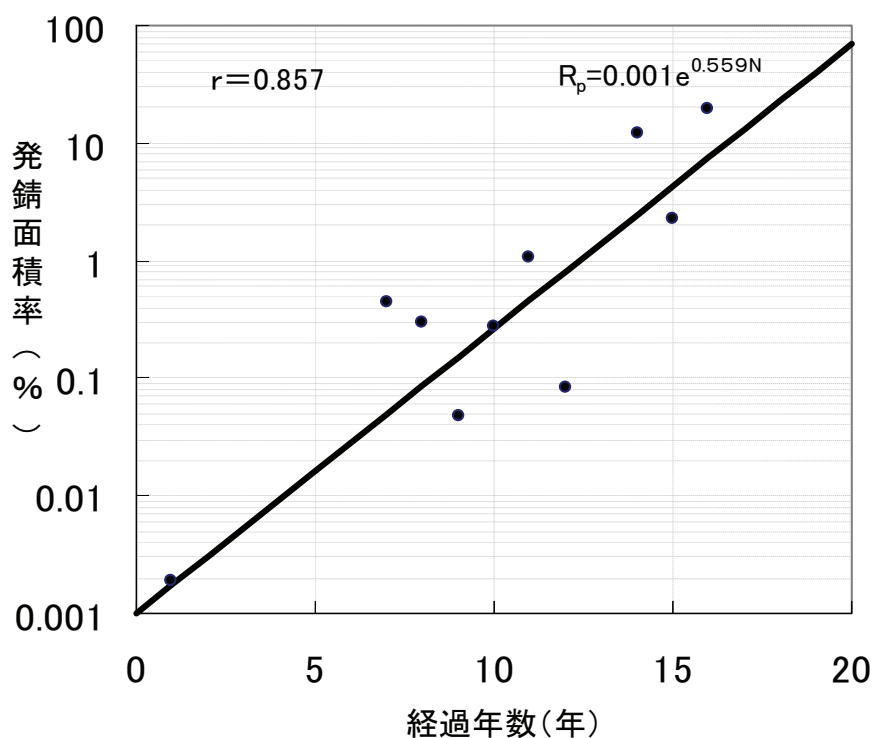


図-5.4.2 発錆面積率の予測曲線

塗装の発錆面積率の予測式を使用して、年数の経過による塗装PI値（性能）の低下を示すと図-5.4.3 のとおりである。この図から、通常の場合、塗装補修が必要となるのは供用後18～20年であることがわかる。また、この塗装PI値の経年変化を使用すれば、中期計画作成に用いる数年後の性能把握が可能となる。

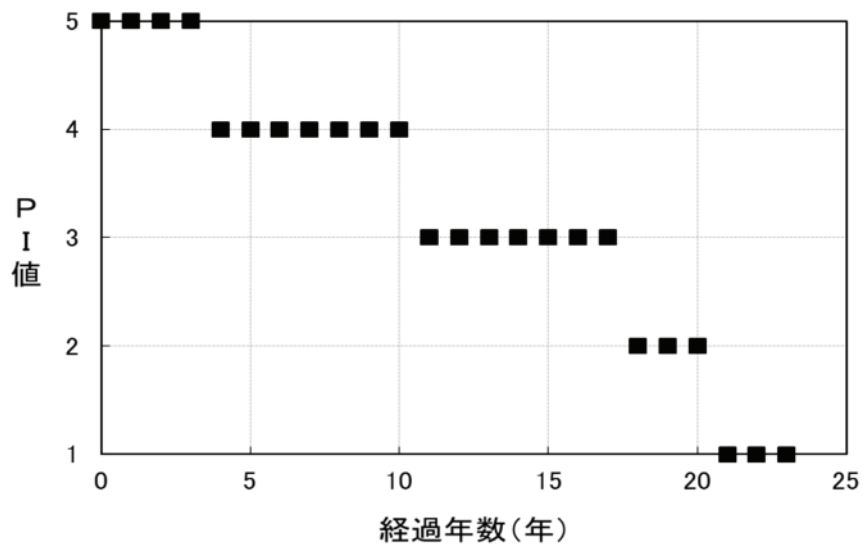


図-5.4.3 PI値の経年変化・塗装

3) 橋梁（鋼橋）の劣化予測

橋梁（鋼橋）の補修に大きく関係するのは、劣化種別と劣化数から算出される橋梁径間毎の劣化度であり、年数の経過による劣化度の進行予測を行った。ここでは鋼橋の過去5年間の点検結果を用い、経過年数別の劣化度をプロットし、劣化度の予測曲線を作成した。

予測曲線は図-5.4.4 に示すとおりである（付録 6 参照）。ここで相関係数は0.811となっており、強い相関があるといえる。

また、予測曲線を式にすると次式となる。

$$F_p = 4.38 e^{0.102N} \quad (11)$$

ここで F_p : 予測劣化度, N : 経過年数.

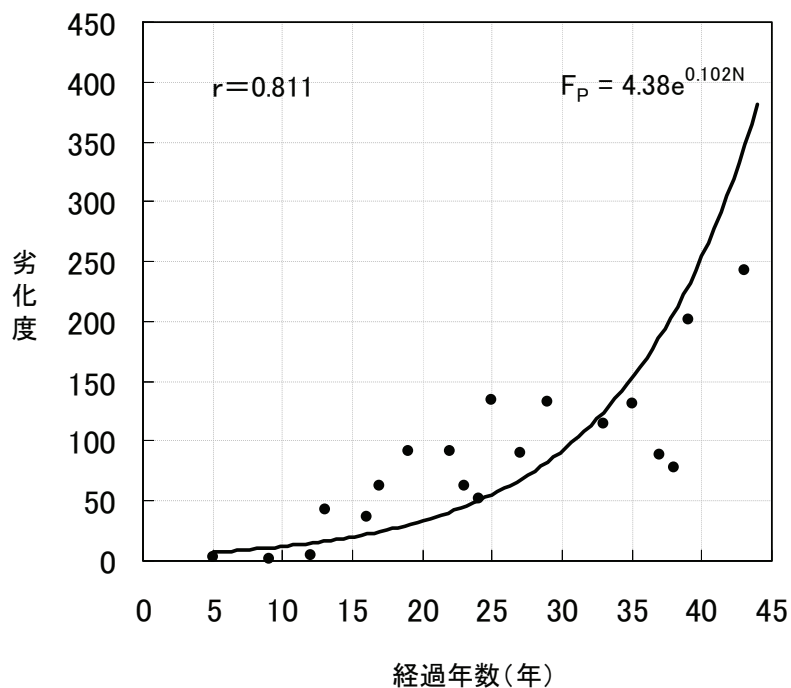


図-5.4.4 劣化度の予測曲線・橋梁（鋼橋）

橋梁（鋼橋）の劣化度の予測式を使用して、年数の経過による鋼橋PI値（性能）の低下を示すと図-5.4.5 のとおりである。この図から、通常の場合、鋼橋の補修が必要となるのは供用後20～25年であることがわかる。また、この鋼橋PI値の経年変化を使用すれば、中期計画作成に用いる数年後の性能把握が可能となる。

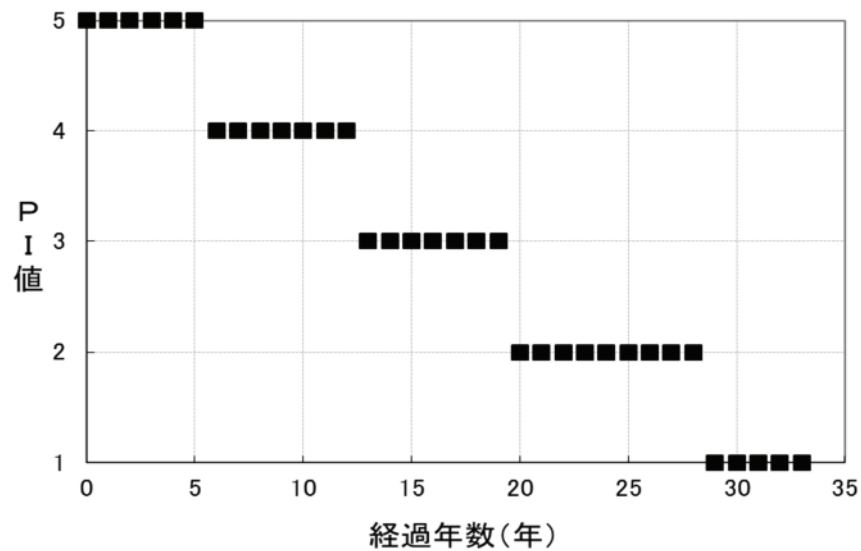


図-5.4.5 PI値の経年変化・橋梁（鋼橋）

4) 橋梁（PC・RC橋）の劣化予測

橋梁（PC・RC橋）の補修に大きく関係するのは劣化種別と劣化数から算出される橋梁径間毎の劣化度であり，年数の経過による劣化度の進行予測を行った．ここではPC・RC橋の過去5年間の点検結果を用い，経過年数別の劣化度をプロットし，劣化度の予測曲線を作成した．

予測曲線は図-5.4.6 に示すとおりである（付録 7 参照）．ここで相関係数は0.891となっており，強い相関があるといえる．

また，予測曲線を式にすると次式となる．

$$F_p = 3.38 e^{0.080N} \quad (12)$$

ここで F_p : 予測劣化度， N : 経過年数．

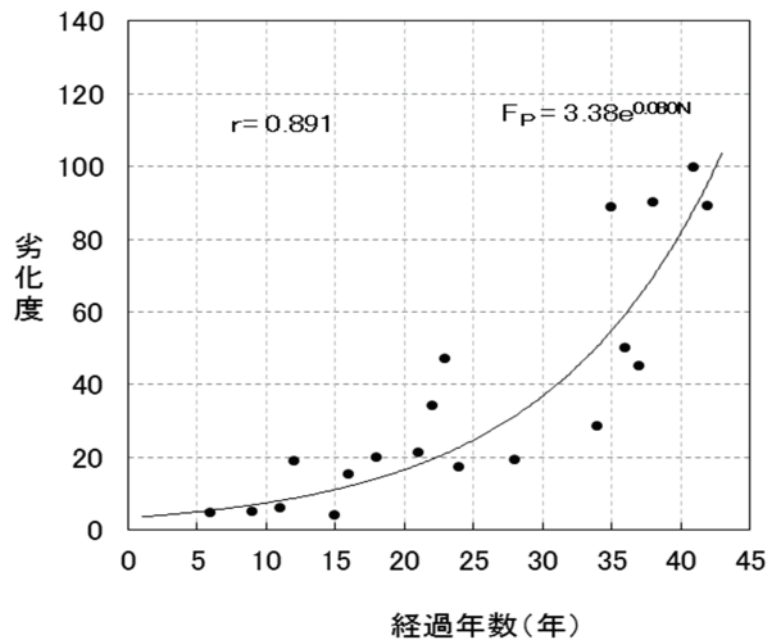


図-5.4.6 劣化度の予測曲線・橋梁（PC・RC橋）

橋梁（PC・RC橋）の劣化度の予測式を使用して、年数の経過によるPC・RC橋PI値（性能）の低下を示すと図-5.4.7 のとおりである。この図から、通常の場合、PC・RC橋の補修が必要となるのは供用後30～35年であることがわかる。また、このPC・RC橋PI値の経年変化を使用すれば、中期計画作成に用いる数年後の性能把握が可能となる。

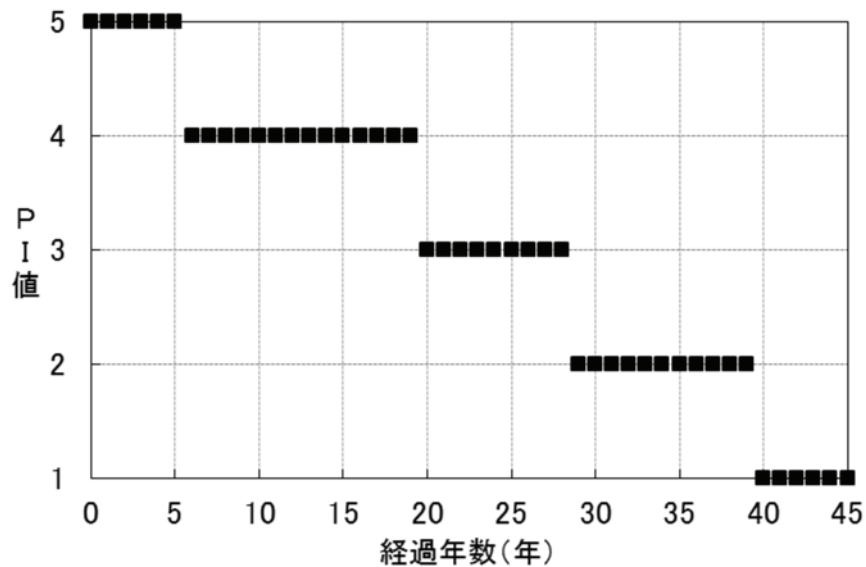


図-5.4.7 PI値の経年変化・橋梁（PC・RC橋）

c) 性能予測と費用予測

前述の舗装，塗装，橋梁（鋼橋），橋梁（PC・RC橋）マネジメントシステムを用いて経年劣化を考慮した今後3箇年の管理目標の達成度（PI値 3 以上の比率）の予測を示すと図-5.4.8～図-5.4.11 のとおりである．ここで，基準とする年度は2007年度としている．

この図から，いずれの施策においても，補修をしない場合は要補修箇所が増加し，達成度が大きく低下することがわかる．ここで，現状よりも達成度を低下させないためには，各々の施策毎に補修費用の確保が必要となる．

現状の補修を継続した場合の達成度の推移を図中に示した．舗装，橋梁（鋼橋），橋梁（PC・RC橋）においては現状の達成度を維持できるが，塗装は少しずつ達成度が下がっていくのがわかる．

この達成度の予測には，現在までの点検で得られたデータを用いているが，今後の首都高速道路の橋梁の急激な高齢化を考えると，橋梁の要補修数量は徐々に増加していくものと予測される．将来の維持管理費用の増加に対しては，予防保全の取組みと費用の効率化を図ることが必要となるが，費用の効率化の面では新工法や新材料を積極的に適用することにより構造物の寿命を延ばし，補修回数を減らす方法もあるため，今後はその方向に積極的に力を傾ける必要があると考えている．

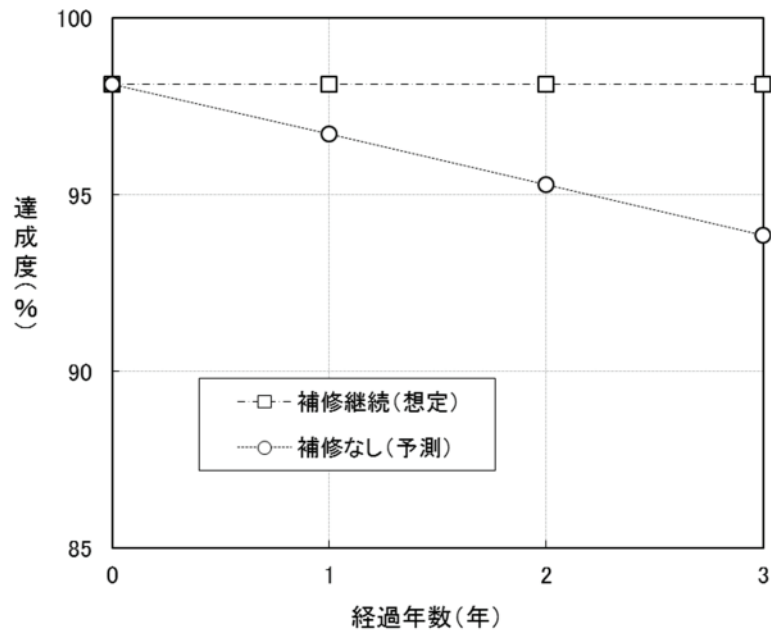


図-5.4.8 達成度の推移・舗装

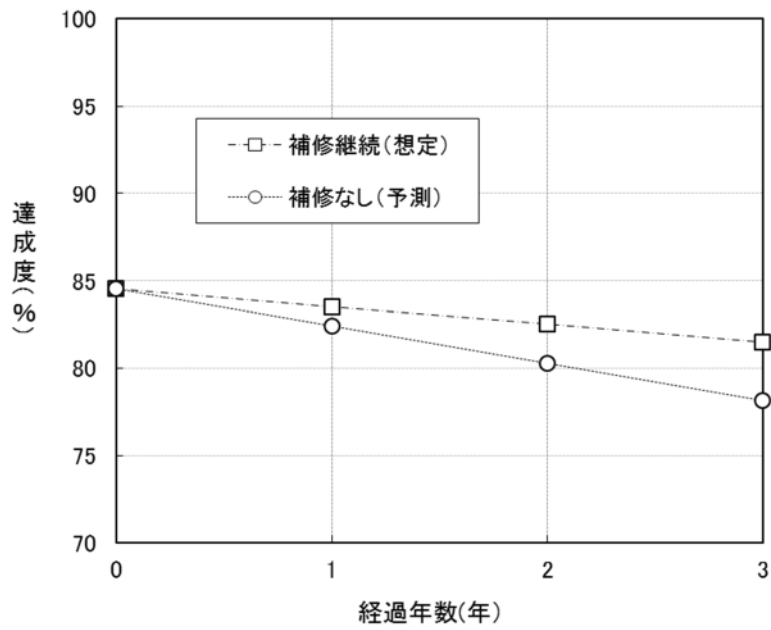


図-5.4.9 達成度の推移・塗装

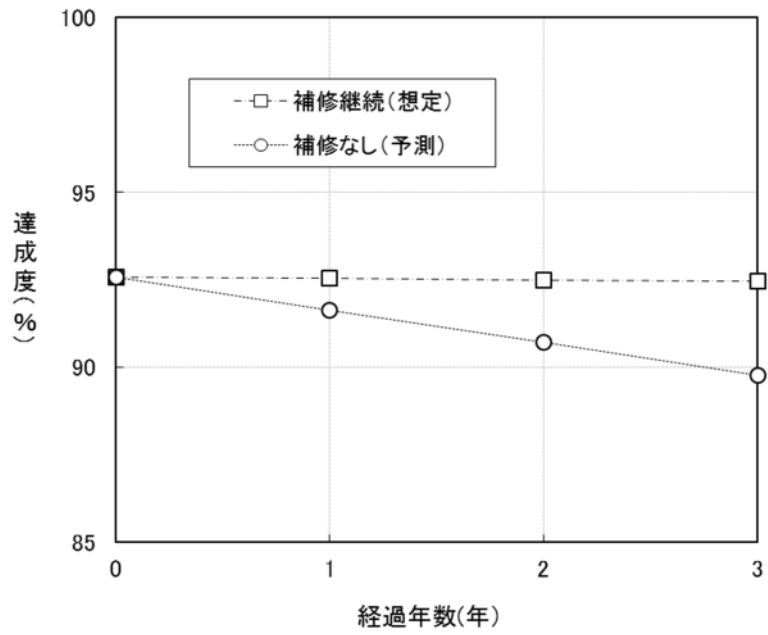


図-5.4.10 達成度の推移・橋梁（鋼橋）

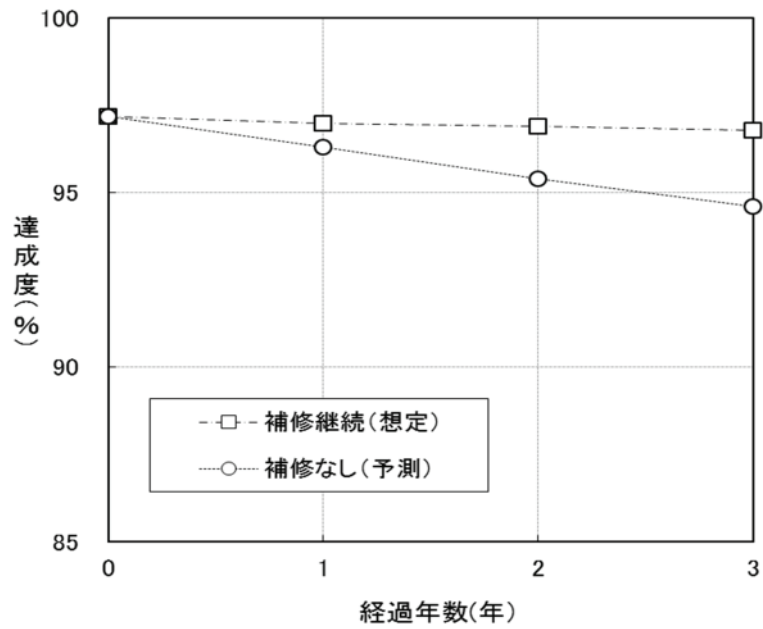


図-5.4.11 達成度の推移・橋梁（PC・RC橋）

d) 費用の平準化

個別マネジメントの結果に基づく費用予測を行うと、年度毎に必要な費用に差が出てくる。予算の面から考えると、毎年の収入が一定であれば、費用も一定であることが好ましい。しかし、構造物の建設時期や劣化速度が必ずしも一定ではないため、要補修箇所は毎年変動するのが普通である。

数年間の必要な費用の総額が中期計画で予測できていれば、目標達成度を見ながら総額を平準化することは可能である。その際、重要になるのは、個別施策での達成度と事業全体での達成度のバランスである。本システムでは、達成度のバランスを見ながら目標達成度の将来予測が容易にできるようになっており、適切な費用の平準化が可能となっている。

e) 予防保全計画作成

実際の維持管理においては、供用期間中に、劣化による補修だけでなく構造物の性能を向上させる施策の必要な場合が出てくる。

例えば、鋼床版の疲労対策であるSFRC舗装工事や道路利用者の走行性向上のための伸縮継手のノージョイント化などがあげられる。そのような場合には、現状の構造物の劣化状況を踏まえ、効率の良い保全計画が必要になる。

その際には、まず既存の構造物の資産データから対象となる数量を算出し、最終的に付与する性能と現存する構造物の差を的確に把握し、予防保全計画の規模を決めることとなる。また、このような計画は数年にわたって事業が計画される場合が多く、本システムの中期計画作成の手法に準じて行うことができるほか、両者を中期計画の中に組み入れて実施することで、事業を適切かつ効率的なものとすることができる。

第6章 維持管理マネジメントの実践

6-1 基本事項

首都高速道路では毎年、舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC橋）の個別マネジメントシステムを用い、最新の点検結果の数値を用いて、補修個所の抽出、補修の優先順位の算出を行っている。

その具体的な手順と時期を示すと以下のとおりである。

- ① 各年度に実施した点検結果及び補修結果は、実施後速やかに首都高社員による確認を行った後、データベースに入力を行う。
- ② その結果を年度末（3月）までに集計し、4月～6月にマネジメントに使用するデータとして確定する。
（例）2010年度データは、2011年6月に確定する。
- ③ その確定したデータを個別マネジメントシステムに入力し、施策別のPI値の分布を算出する。
- ④ 統合マネジメントシステムを用い、当該年度の目標達成度を算出する。
- ⑤ マネジメントシステムで得られた数値を参考に、複数の事業間の優先順位を決定する。
- ⑥ 次年度の補修計画を立案する。

6-2 個別施策毎の目標達成度の評価

道路管理者としては、日常の維持管理の成果を定量的に算出・評価した後に、その結果を次年度の維持管理に反映していくことが重要である。

ここでは、2007年度～2010年度の維持管理目標の達成度の結果を経年で整理し、その結果を基に舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC橋）の4つの個別施策について具体的な評価を行った。

a) 舗装の目標達成度の推移と評価

舗装マネジメントシステムの2007年度から2010年度までの4か年の目標達成度の推移を表-6.2.1, 図-6.2.1に示す。図中には、新規路線の供用による延長の増加を考慮する場合と考慮しない場合を示している。

達成度の値は、新規路線考慮の場合で「98.1」～「98.3」、新規路線考慮なしの場合で「97.9」～「98.3」と毎年安定した数値となっており、目標値に近い値で推移している。舗装においては補修が必要な個所を次年度に補修し、車両の走行快適性を確保することとしているが、これらの数値からもそのことが実証されており、舗装の維持管理はほぼ適切かつ効率的に実施されていると評価している。

表-6.2.1 達成度の推移・舗装 (%)

	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度
新規路線考慮	98.1	98.1	98.3	98.1
新規路線考慮なし	98.1	98.1	98.3	97.9

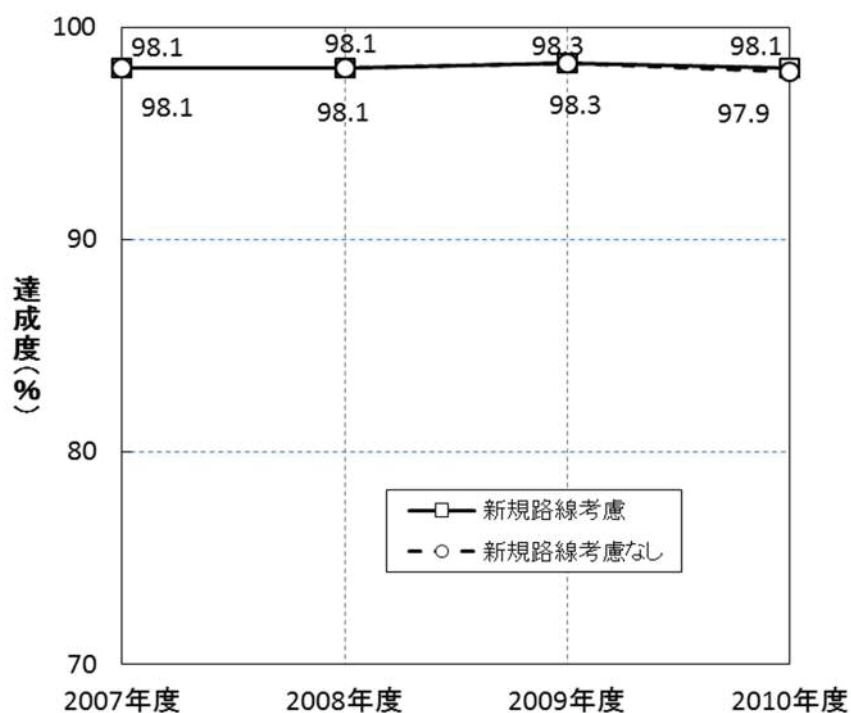


図-6.2.1 達成度の推移・舗装

b) 塗装の目標達成度の推移と評価

塗装マネジメントシステムの2007年度から2010年度までの4か年の目標達成度の推移を表6.2.2、図6.2.2に示す。ここでも図中には、新規路線の供用による延長の増加を考慮する場合と考慮しない場合を示している。

達成度の値は、2007年度の「84.5」から徐々に数値が上昇し、2010年度には新規路線考慮の場合で「86.8」、新規路線考慮なしの場合で「86.5」と改善している。

塗装はここ数年、他の施策よりも達成度が低い状態が続いていたため、塗装の補修を積極的に実施した結果であると考えられる。しかし、依然として80パーセント台後半の値であり、他の施策と比較しても達成度の値は低いため、塗装については今後も計画的に補修を継続していくことが必要と評価している。

表-6.2.2 達成度の推移・塗装 (%)

	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度
新規路線考慮	84.5	85.3	85.4	86.8
新規路線考慮なし	84.5	85.1	85.1	86.5

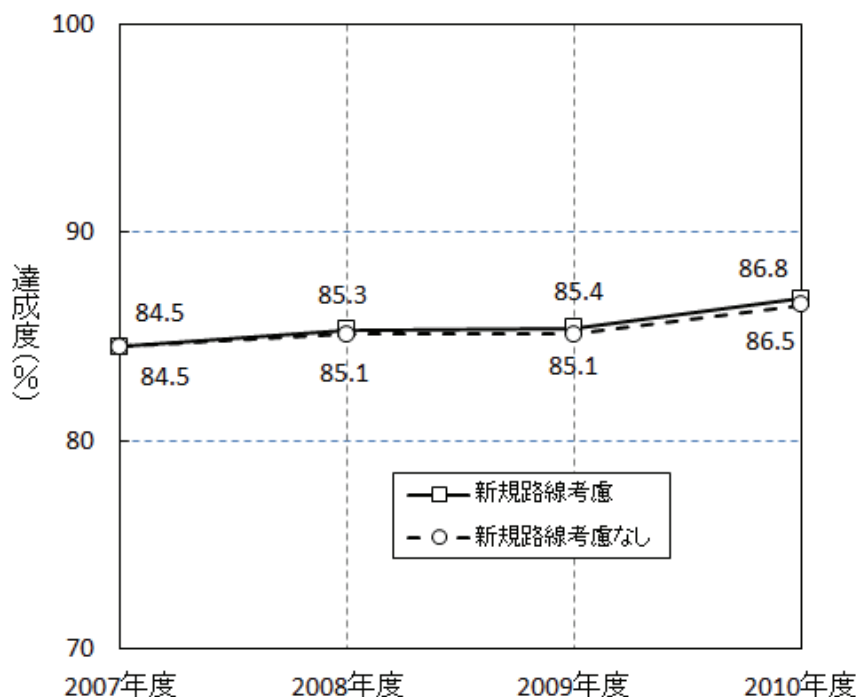


図-6.2.2 達成度の推移・塗装

c) 橋梁（鋼橋）の目標達成度の推移と評価

橋梁（鋼橋）マネジメントシステムの2007年度から2010年度までの4か年の目標達成度の推移を表6.2.3、図6.2.3に示す。ここでも図中には、新規路線の供用による延長の増加を考慮する場合と考慮しない場合を示している。

橋梁（鋼橋）の達成度の値は、2007年度の「92.6」からわずかに数値が上昇し、2010年度には新規路線考慮の場合で「93.6」、新規路線考慮なしの場合で「93.5」と徐々に改善している。これは、ここ数年、鋼橋の補修についてはかなりの数量を実施したが、要補修箇所数も年々増加しているため、達成度の改善効果は少ない結果となったと考えられる。よって、鋼橋については今後も計画的に補修を続けることが必要と評価している。

表-6.2.3 達成度の推移・橋梁（鋼橋） (%)

	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度
新規路線考慮	92.6	93.0	93.6	93.6
新規路線考慮なし	92.6	92.9	93.5	93.5

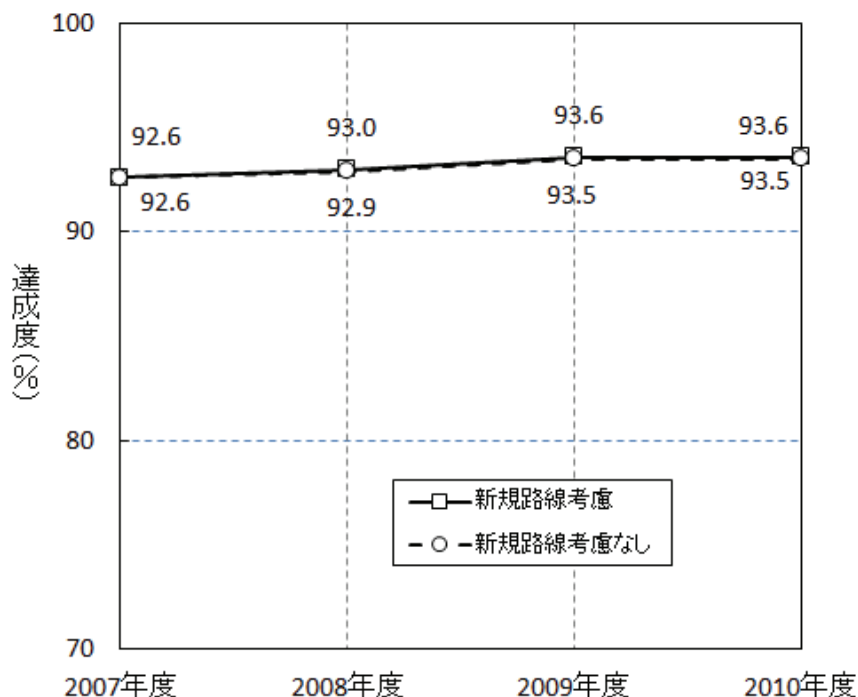


図-6.2.3 達成度の推移・橋梁（鋼橋）

d) 橋梁（PC・RC 橋）の目標達成度の推移と評価

橋梁（PC・RC 橋）マネジメントシステムの 2007 年度から 2010 年度までの 4 か年の目標達成度の推移を表 6.2.4、図 6.2.4 に示す。ここでも図中には、新規路線の供用による延長の増加を考慮する場合と考慮しない場合を示している。

橋梁（PC・RC 橋）の達成度の値は、2007年度の「97.2」からわずかに数値が下降し、2010年度には新規路線考慮の場合で「94.6」、新規路線考慮なしの場合で「94.6」と徐々に低下している。この理由としては、ここ4年間のPC・RC橋の補修数量が少なかったことと、補修は部分的に実施していたが径間単位の改善までにはいたらなかったためと推察される。よって、今後はPC・RC橋の補修についても計画的に補修を続けることが必要であると評価している。

表-6.2.4 達成度の推移・橋梁（PC・RC 橋） (%)

	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度
新規路線考慮	97.2	96.2	96.0	94.6
新規路線考慮なし	97.2	96.2	96.0	94.6

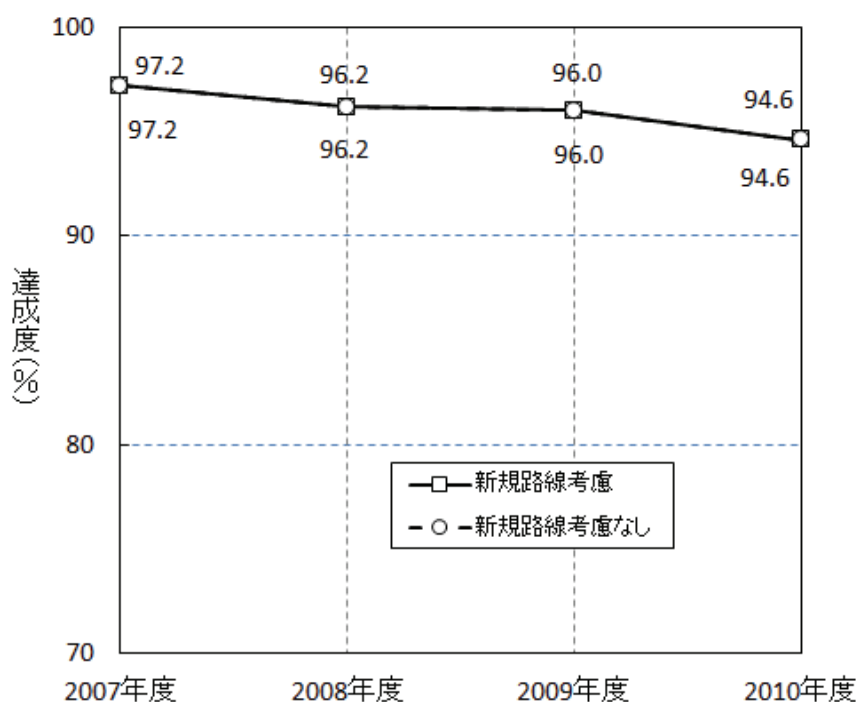


図-6.2.4 達成度の推移・橋梁（PC・RC 橋）

6-3 達成度予測の分析

本システムでは、中期計画の策定において、施策毎に点検データから作成した劣化予測曲線を用い、達成度の予測曲線を提案している。ここでは舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC 橋）の各施策において、「劣化曲線から算出した達成度の予測値」と、「実際に得られた達成度の結果から補修をした量を減じた値」を比較することで達成予測の分析を行った。

a) 舗装マネジメントシステムの達成度予測の分析

舗装マネジメントシステムの 2007 年度～2010 年度の 4 か年の目標達成度の推移を表-6.3.1、図-6.3.1 に示す。ここでの実績値は、新規路線の供用による舗装延長の増加を考慮しない場合の達成度を使用した。

さらに、2007 年度～2010 年度に「舗装の補修を実施しなかった場合の達成度の予測値」と「達成度の実績値を基準とし補修をした量を達成度から減じた値（想定値）」を図中に合わせて示した。

このグラフから、補修をしない場合の予測値は達成度の実績値から補修数量を減じて算出された想定値よりも小さな値となっているが、ほとんど近い値を示していることがわかる。また、達成度の減少傾向もほぼ同様の形状を示していることから、本システムで算出される達成度の劣化予測は十分な精度を有しており、舗装の 1～3 年先の目標達成度をかなり精度良く予測できるシステムであると評価できる。

現在、舗装については、年間約 15 km を補修しており舗装の目標達成度については約 98% と毎年目標値に近い値を維持している。首都高速道路では、舗装については補修時期に合わせて順次高機能な舗装に打換えを行っているが、舗装は車両の走行安全に直接影響を与えるものであり、維持管理の施策としては非常に重要な施策であるため、現状の達成度を一層向上させるよう補修費用の確保と着実な事業執行が重要と考えている。

表-6.3.1 達成度の推移・舗装 (%)

	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度
達成度 (実績)	98.1	98.1	98.3	97.9
補修なし (想定)	98.1	97.0	96.0	94.5
補修なし (予測)	98.1	96.7	95.3	93.8

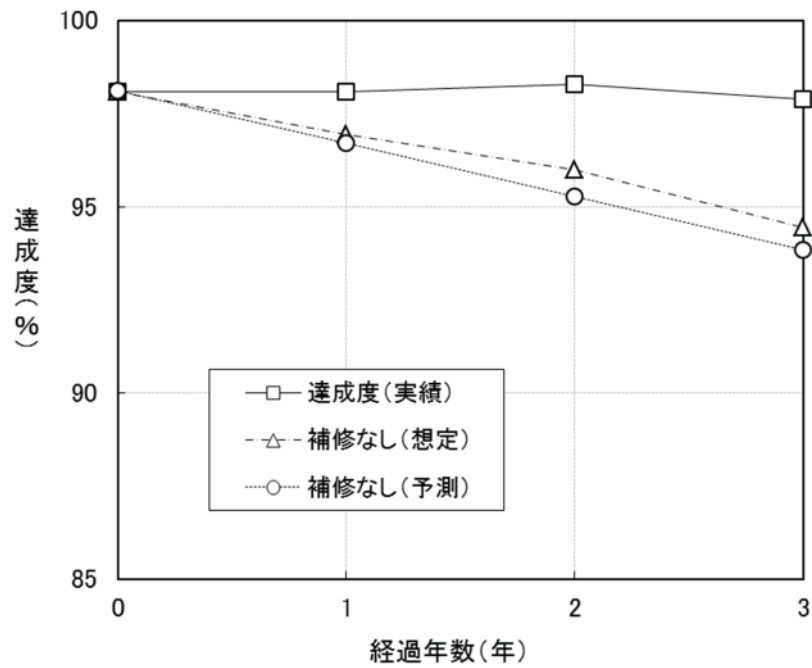


図-6.3.1 達成度の推移・舗装

b) 塗装マネジメントシステムの達成度予測の分析

塗装マネジメントシステムの2007年度～2010年度の4か年の目標達成度の推移を表-6.3.2、図-6.3.2に示す。ここでの実績値は、新規路線の供用による径間数の増加を考慮しない場合の達成度を使用した。

さらに、2007年度～2010年度に「塗装の補修を実施しなかった場合の達成度の予測値」と「達成度の実績値を基準とし補修をした量を達成度から減じた値（想定値）」を図中に合わせて示した。

このグラフから、補修をしない場合の3年後の予測値は達成度の実績値から補修数量を減じて算出された想定値よりも少し小さな値となっていることがわかる。また、1年目においては想定値が予測値とほぼ同じ値となっている。よって、本システムで算出される達成度の劣化予測は十分な精度を有しており、塗装の数年先の目標達成度をかなり精度良く予測できるシステムであると評価できる。

現在、塗装については、ここ数年、年間約180径間を補修しており、達成度についても徐々に向上している。首都高速の高架橋は鋼橋が約8割を占め、約9,000径間を有しており、塗装補修は鋼桁の耐久性に大きく影響を与えるものであり、維持管理の施策としては非常に重要な施策であるため、さらに達成度を向上させるよう補修費用の確保と着実な事業執行が重要と考えている。

表-6.3.2 達成度の推移・塗装 (%)

	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度
達成度 (実績)	84.5	85.1	85.1	86.5
補修なし (想定)	84.5	82.3	81.3	80.1
補修なし (予測)	84.5	82.4	80.3	78.1

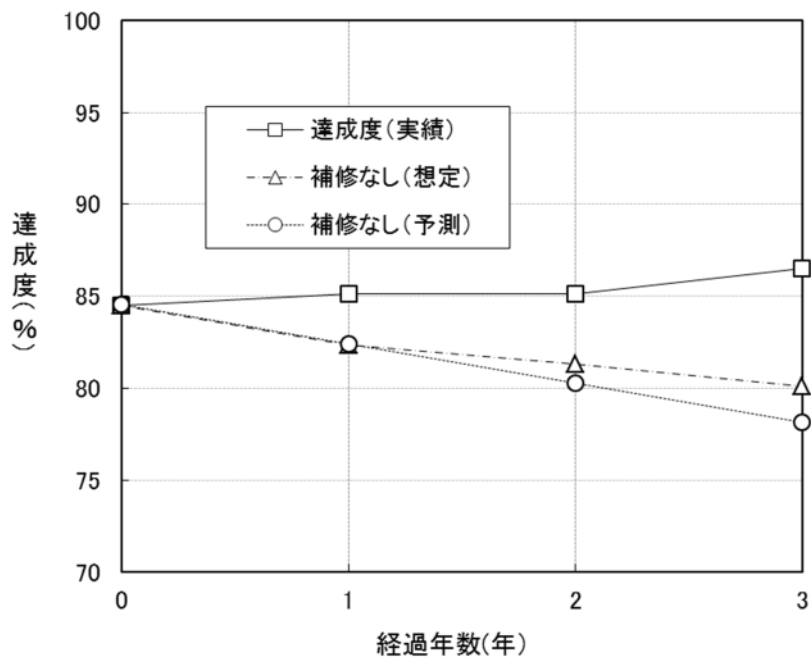


図-6.3.2 達成度の推移・塗装

c) 橋梁（鋼橋）マネジメントシステムの達成度予測の分析

橋梁（鋼橋）マネジメントシステムの2007年度～2010年度の4か年の目標達成度の推移を表-6.3.3、図-6.3.3に示す。ここでの実績値は、新規路線の供用による径間数の増加を考慮しない場合の達成度を使用した。

さらに、2007年度～2010年度に「鋼橋の補修を実施しなかった場合の達成度の予測値」と「達成度の実績値を基準とし補修をした量を達成度から減じた値（想定値）」を図中に合わせて示した。

このグラフから、補修をしない場合の予測値は達成度の実績値から補修数量を減じて算出された想定値よりもわずかに小さな値となっているが、ほぼ同じ値を示していることがわかる。また、達成度の減少傾向もほぼ同様の形状を示していることから、本システムで算出される達成度の劣化予測は十分な精度を有しており、橋梁（鋼橋）の1～3年先の目標達成度をかなり精度良く予測できるシステムであると評価できる。

現在、橋梁（鋼橋）については、年間約100径間を補修しており、達成度についても徐々に向上している。首都高速の高架橋は鋼橋が約8割を占め、約9,000径間を有しており、維持管理の施策としては非常に重要な施策であるため、さらに達成度を向上させるよう補修費用の確保と着実な事業執行が重要と考えている。

表-6.3.3 達成度の推移・橋梁（鋼橋）（%）

	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度
達成度（実績）	92.6	92.9	93.5	93.5
補修なし（想定）	92.6	91.8	91.1	90.3
補修なし（予測）	92.6	91.6	90.7	89.8

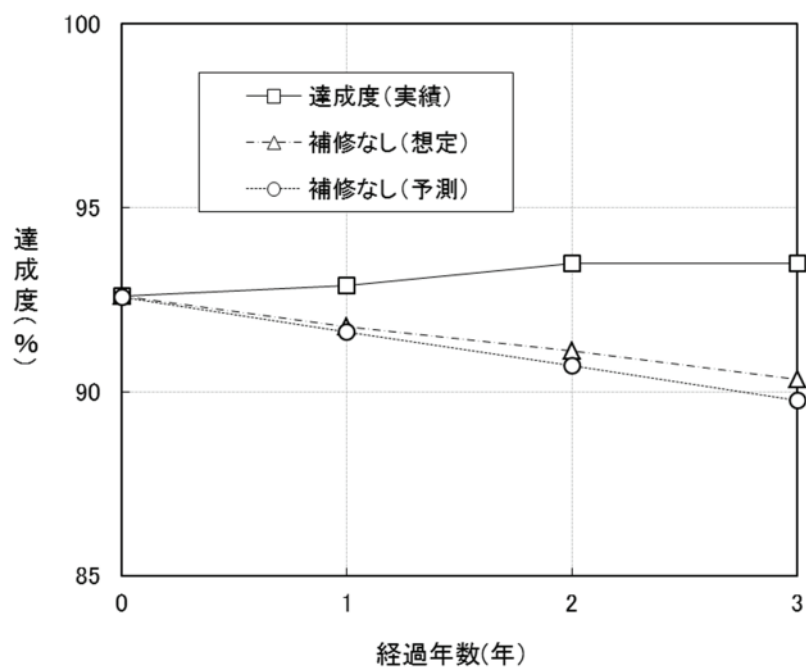


図-6.3.3 達成度の推移・橋梁（鋼橋）

d) 橋梁（PC・RC 橋）マネジメントシステムの達成度予測の分析

橋梁（PC・RC 橋）マネジメントシステムの 2007 年度～2010 年度の 4 か年の目標達成度の推移を表-6.3.4、図-6.3.4 に示す。ここでの実績値は、新規路線の供用による径間数の増加はない場合の達成度を使用した。

さらに、2007 年度～2010 年度に「PC・RC 橋の補修を実施しなかった場合の達成度の予測値」と「達成度の実績値を基準とし補修をした量を達成度から減じた値（想定値）」を図中に合わせて示した。

このグラフから、補修をしない場合の予測値は達成度の実績値から補修数量を減じて算出された想定値よりも少し上回った値となっているが、ほぼ同じ値を示していることがわかる。また、達成度の減少傾向もほぼ同様の形状を示していることから、本システムで算出される達成度の劣化予測は十分な精度を有しており、橋梁（PC・RC 橋）の 1～3 年先の目標達成度をかなり精度良く予測できるシステムであると評価できる。

現在、橋梁（PC・RC 橋）については約 2,700 径間あるが、年間で 10 径間程度しか補修ができていないため達成度が徐々に低下している。この理由としては、毎年部分的な補修（剥落補修など）は実施しているが、径間単位で集中的に補修工事を実施していないためと考えられる。今後は、径間単位で補修工事を行う予定としており、達成度についても徐々に向上するものと予想している。

首都高速の PC・RC 橋の維持管理は、鋼橋の維持管理とともに非常に重要な施策であるため、さらに達成度を向上させるよう補修費用の確保と着実な事業執行が重要と考えている。

表-6.3.4 達成度の推移・橋梁（PC・RC 橋）（%）

	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度
達成度（実績）	97.2	96.2	96.0	94.6
補修なし（想定）	97.2	96.0	95.0	93.6
補修なし（予測）	97.2	96.3	95.4	94.6

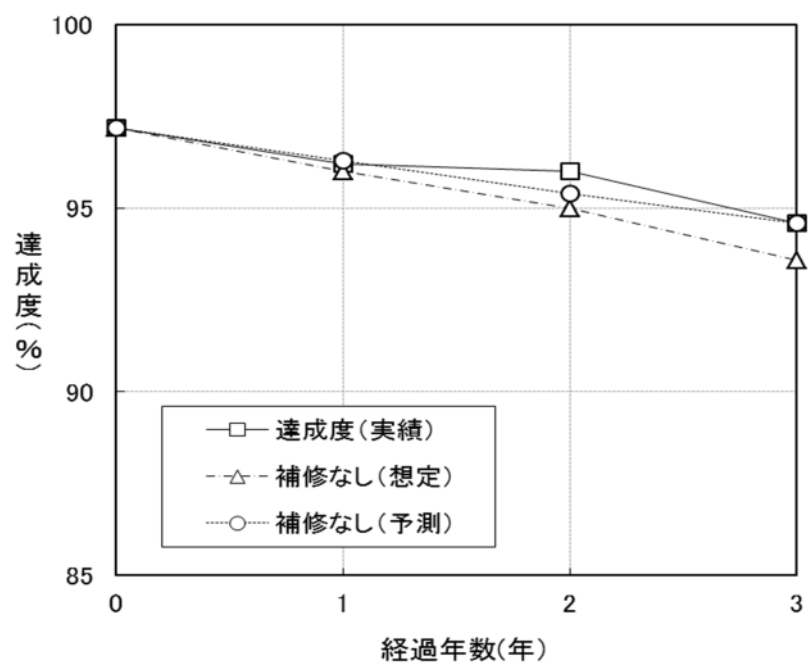


図-6.3.4 達成度の推移・橋梁（PC・RC 橋）

6-4 PI 値構成比の推移

本システムでは、個別マネジメントの性能評価において、各年度の要補修数量の算出と PI 値別の数量を算出している。そして、統合マネジメントにおける維持管理目標の達成度の算出においては、維持管理目標を PI 値で設定し、目標を満足している PI 値の合計を達成度としている。

ここでは舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC 橋）の各施策について、2007 年度～2010 年度の PI 値構成比の推移をまとめ、分析を行った。

a) 舗装マネジメントシステムにおける PI 値構成比の推移

舗装マネジメントシステムの 2007 年度～2010 年度の 4 か年の PI 値構成比の推移を表 6.4.1、図 6.4.1 に示す。ここでの PI 値構成比は、新規路線の供用による舗装延長の増加を考慮しない場合の構成比を使用した。また、舗装は PI 値 5 が 9 割以上のため、舗装のグラフは 50%以上の部分のみを表示している。

このグラフから、要補修範囲となる PI 値 1 と PI 値 2 についてはほとんど変動がないことがわかる。このことは、劣化して要補修となる数量と補修して PI 値が改善する数量がほぼ同じとなっていることを表しており、舗装の維持管理が適切に実施できていることを表している。

また、PI 値 4 の数量が「3.4%」から「5.5%」に徐々に増えているのがわかる。しかし、現時点では数量としてはわずかの増加であり、現時点で舗装の性能になんらかの影響が出てきているとは判定できないため、この点については今後も傾向を注視していくこととしている。

表-6.4.1 PI 値構成比の推移・舗装 (%)

PI 値	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度
1	0.9	0.9	0.8	1.0
2	1.0	1.0	0.9	1.1
3	0.9	0.9	1.0	1.2
4	3.4	3.4	4.8	5.5
5	93.8	93.8	92.5	91.2

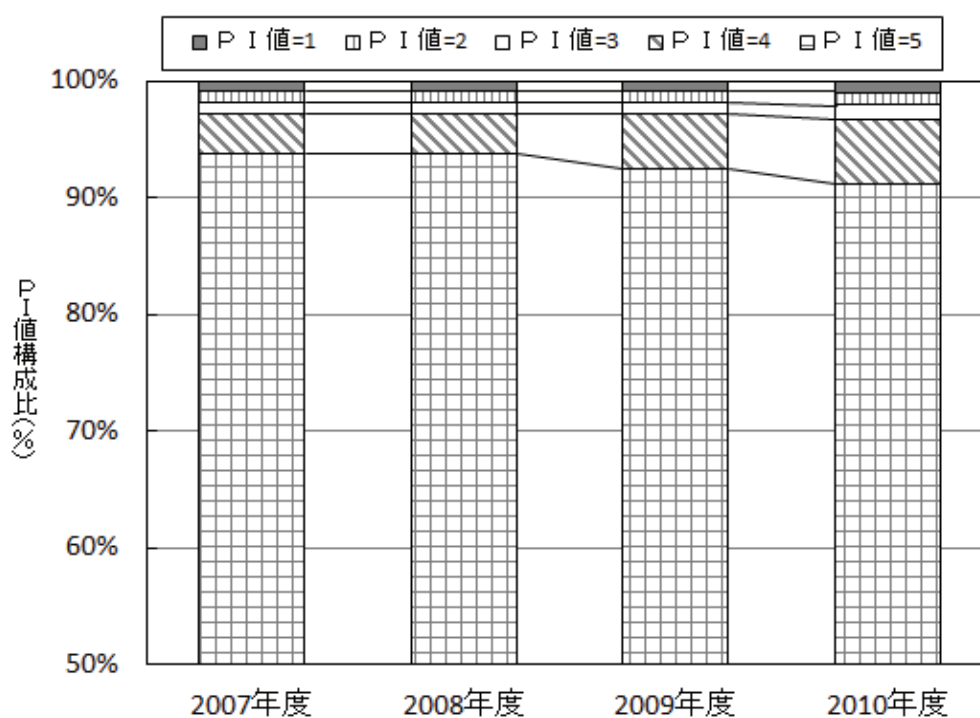


図-6.4.1 PI 値構成比の推移・舗装

b) 塗装マネジメントシステムにおける PI 値構成比の推移

塗装マネジメントシステムの 2007 年度～2010 年度の 4 か年の PI 値構成比の推移を表-6.4.2, 図-6.4.2 に示す. ここでの PI 値構成比は, 新規路線の供用による径間数の増加を考慮しない場合の構成比を使用した.

このグラフから, ここ数年補修により PI 値 1 と PI 値 2 の比率が少なくなり, 達成度が改善されているのがわかる. 逆に PI 値 5 の比率が増加しており, 塗装補修による維持管理が適切に実施できていることを表している.

また, PI 値 3 と PI 値 4 の比率はほぼ横ばいとなっており, 塗装の劣化進行が数年間では急激な変化がないことを表している.

塗装は現在年間約 180 径間を補修しているが, 維持管理目標の達成度の改善のためには今以上の補修数量が必要である. 塗装補修は鋼橋の耐久性能に密接に係るため, 耐久性に優れた新たな塗装系の採用も含め, 費用を増やすことなく, 全体の耐久性を向上させる施策を実施していくことが必要と考えている.

表-6.4.2 PI 値構成比の推移・塗装 (%)

PI 値	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度
1	1.1	1.0	1.0	1.1
2	14.4	13.9	13.9	12.4
3	15.2	15.3	15.2	15.2
4	55.5	53.8	51.6	50.8
5	13.8	16.1	18.3	20.5

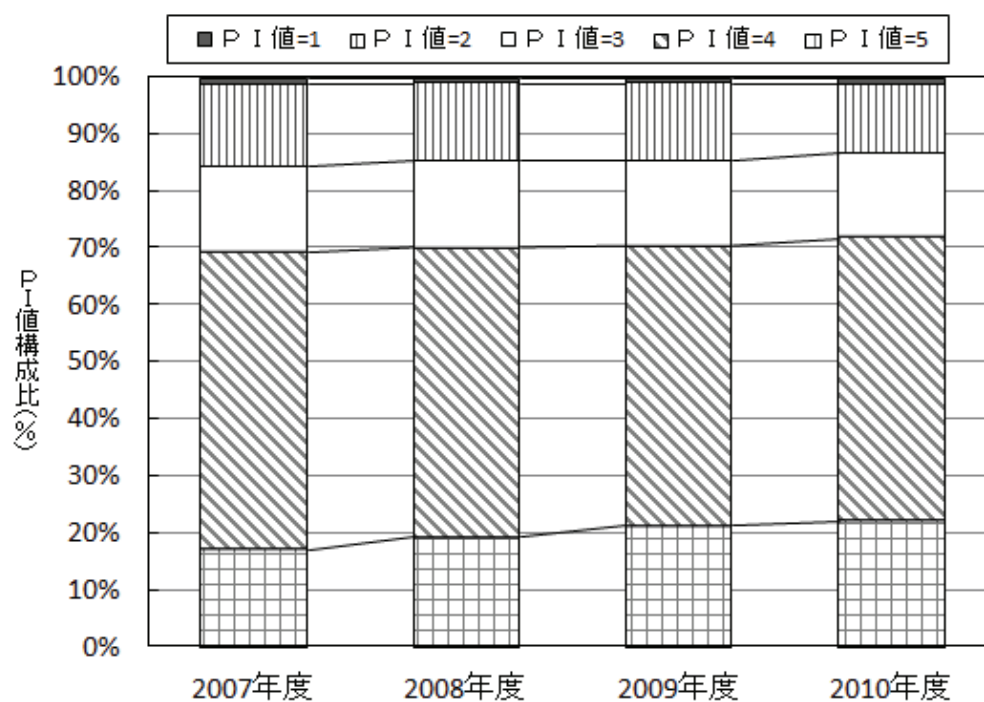


図-6.4.2 PI 値構成比の推移・塗装

c) 橋梁（鋼橋）マネジメントシステムのPI値構成比の推移

橋梁（鋼橋）マネジメントシステムの2007年度～2010年度の4か年のPI値構成比の推移を表-6.4.3、図-6.4.3に示す。ここでのPI値構成比は、新規路線の供用による径間数の増加を考慮しない場合の構成比を使用した。

このグラフから、PI値1が減少していることがわかる。このことは、優先順位をつけて補修工事を実施していることを裏付けており、効率よく補修工事が実施されていることを表している。

また、PI値2の比率も「5.4%」から「5.0%」へと減少しており、補修効果が表れており、鋼橋の維持管理が適切に実施できていることを表している。

一方、PI値3の比率は「6.6%」から「7.8%」へと増えているのがわかる。しかし、現時点では数量としてはわずかの増加であり、現時点で鋼橋の性能になんらかの影響が出てきているとは判定できないため、この点については今後も傾向を注視していくこととしている。

さらに、PI値4の比率については「44%」から「53%」へと増えているのがわかる。この理由としては、毎年部分的な補修は実施しているが、径間単位で集中的に補修工事を実施していない箇所がPI値5ではなくPI値4になっていることも考えられる。今後は、径間単位で補修工事を行うことを増やしていく予定としており、この部分の比率についても継続的に注視していくこととしている。

表-6.4.3 PI 値構成比の推移・橋梁（鋼橋）（%）

PI 値	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度
1	2.0	1.5	1.3	1.5
2	5.4	5.6	5.2	5.0
3	6.6	7.3	7.8	7.8
4	44.0	48.0	51.9	53.2
5	42.0	37.6	33.8	32.5

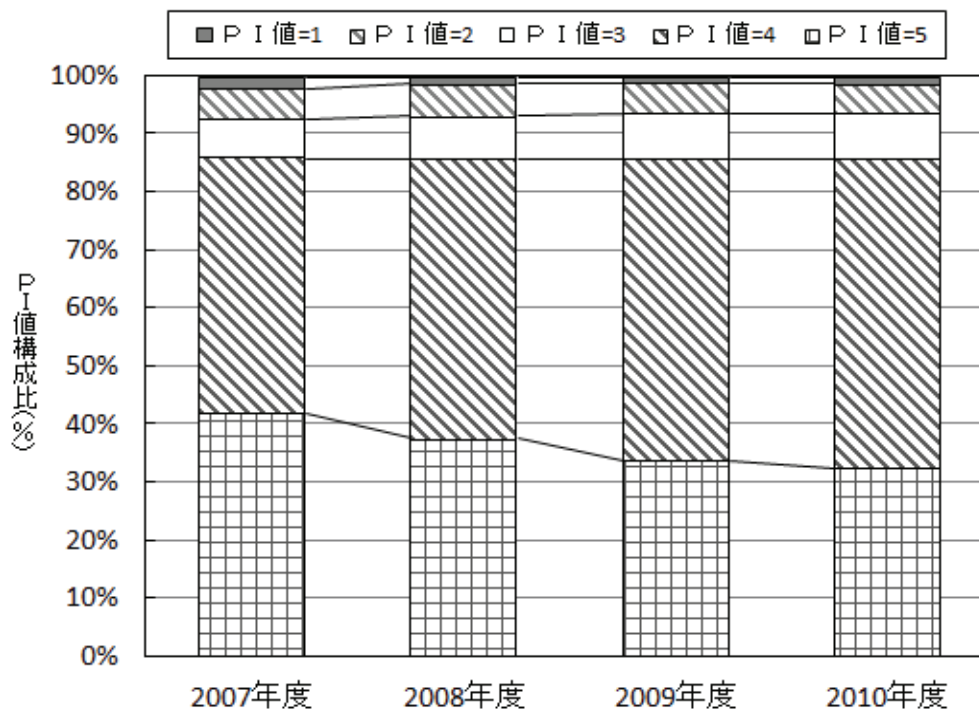


図-6.4.3 PI 値構成比の推移・橋梁（鋼橋）

d) 橋梁 (PC・RC 橋) マネジメントシステムの PI 値構成比の推移

橋梁 (PC・RC 橋) マネジメントシステムの 2007 年度～2010 年度の 4 か年の PI 値構成比の推移を表-6.4.4, 図-6.4.4 に示す. ここでの PI 値構成比は, 新規路線の供用による径間数の増加を考慮しない場合の構成比を使用した.

このグラフから, 要補修範囲となる PI 値 1 と PI 値 2 については構成比が徐々に増加していることがわかる. これはここ数年 PC・RC 橋の補修が年間 10 径間程度と少ないため, 要補修の径間数が増加したことを示している.

また, PI 値 3 についても「7.8%」から「10.9%」に徐々に増加しており PC・RC 橋の経年による損傷数の増加傾向が構成比に表れている可能性があるため, この点については今後も傾向を注視していくこととしている.

さらに, PI 値 5 の比率については「42%」から「33%」へと減少しているのがわかる. この理由としては, 毎年部分的な補修 (剥落補修など) は実施しているが, 径間単位で集中的に補修工事を実施していない箇所が PI 値 5 ではなく PI 値 4 になっていることも考えられる. 今後は, 径間単位で補修工事を行うことを増やしていく予定としており, PI 値のこの部分の比率についても継続的に注視していくこととしている.

表-6.4.4 PI値構成比の推移・橋梁（PC・RC橋）（%）

PI 値	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度
1	0.3	0.4	0.4	0.7
2	2.5	3.4	3.6	4.7
3	7.8	8.5	9.7	10.9
4	47.1	50.3	51.0	50.8
5	42.3	37.4	35.3	32.9

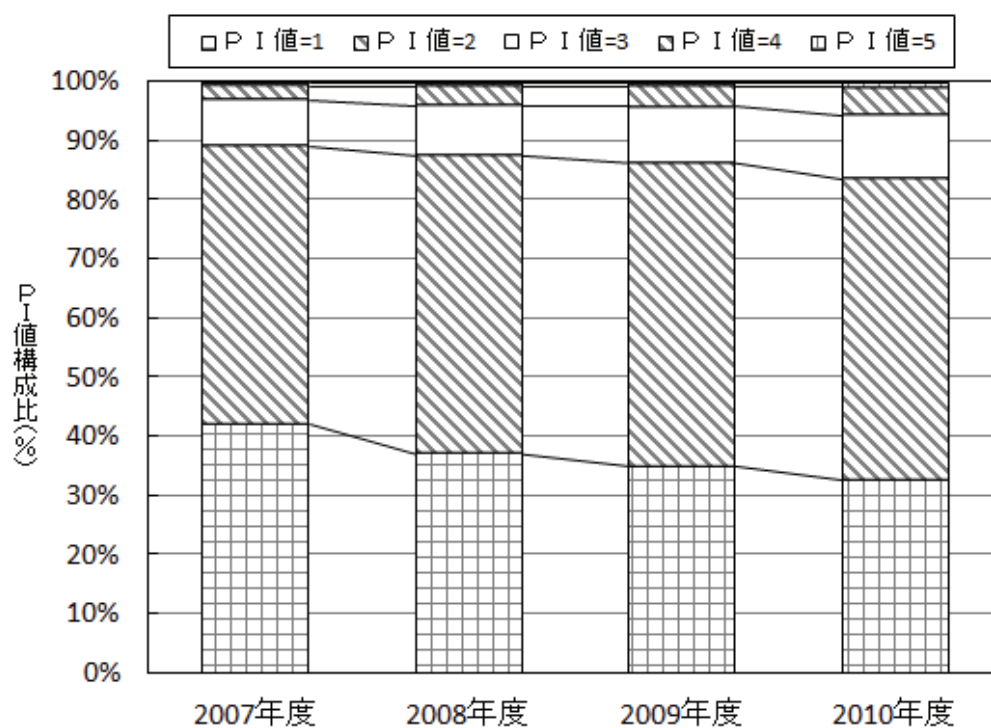


図-6.4.4 PI値構成比の推移・橋梁（PC・RC橋）

第7章 維持管理マネジメントの実施体制

7-1 維持管理業務の実施体制

首都高速道路の維持管理業務を実施する体制は、首都高速道路(株)本社の保全・交通部及び出先3管理局で構成される。

首都高本社においては、保全・交通部が中心となり維持管理業務を遂行する。

本社組織の役割は、会社の経営理念、経営計画に基づき、中期目標、年度目標を立案する。それに基づき、必要な予算を算出し、年度予算が確定した後は、予算管理を行う。また、首都高速道路全体の年度の目標達成度の算出、次年度の計画立案、併せて中期計画のフォローアップも行う。

首都高速道路(株)では全延長約300kmを西東京、東東京、神奈川の3つの管理局で管理している。管理局の担当範囲を表-7.1.1、図-7.1.1に示す。

管理局においては局ごとに年度目標を定め、年度計画を立案する。年度計画の立案に際しては、個別マネジメントシステムで抽出された補修候補箇所にエンジニアリングジャッジを加味して補修箇所として決定する。更に、巡回点検、定期点検、補修・補強工事の業務を担当する。

表-7.1.1 管理局の管理区分

管理局	管理延長 (km)	路線名
西東京管理局	120.5	都心環状線, 八重洲線, 1号上野線, 1号羽田線, 2号目黒線, 3号渋谷線 4号新宿線, 5号池袋線, 大宮線, 埼玉新都心線 中央環状線 (大橋 JCT~江北 JCT)
東東京管理局	107.6	6号向島線, 6号三郷線, 7号小松川線, 9号深川線 10号晴海線, 11号台場線, 川口線, 湾岸線 (東京地区), 中央環状線 (江北 JCT ~ 葛西 JCT)
神奈川管理局	73.2	神奈川 1号横羽線, 神奈川 2号三沢線, 神奈川 3号狩場線, 神奈川 5号大黒線, 神奈川 6号川崎線, 湾岸線 (神奈川地区)
合計	301.3	

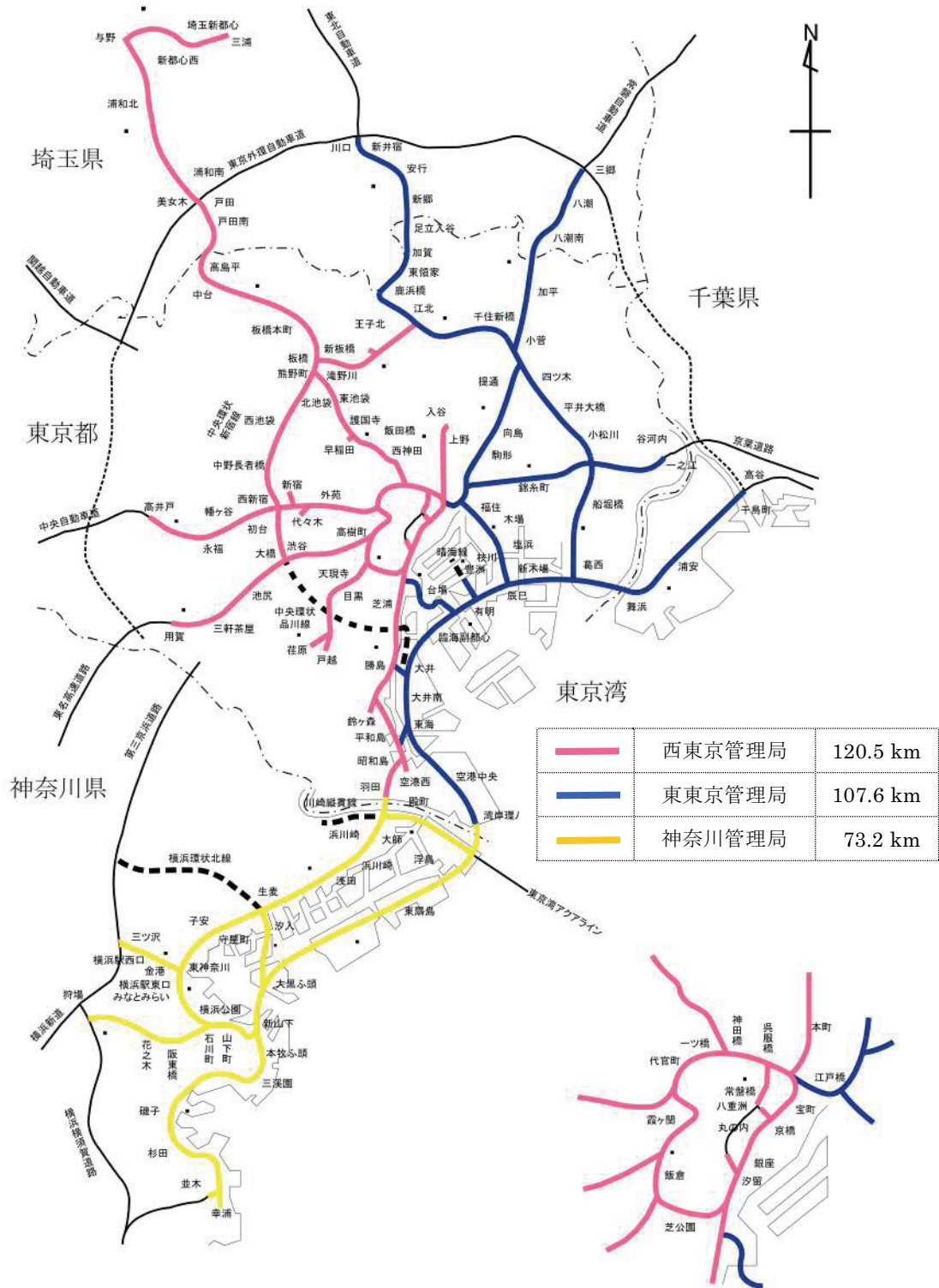


図-7.1.1 管理局管理区分図

7-2 点検の実施体制

a) 概要

首都高速道路は都市内の高速道路であり、高架橋やトンネルなどの構造物の比率が高いのが特徴である。全延長の95%が構造物であり、そのうちでも高架橋の比率が全体の約8割(238.5 km)と高くなっている。また、電気設備、機械設備などの施設物も数多く設置されており、それらは日々の点検・保守によって機能を維持している。

維持管理は、もれなく点検を行い、損傷があれば、もれなく補修するというのが基本である。点検はそのプロセスの中で重要な役割を担っている。

首都高速では点検で見つけた損傷を直ちに判定し、優先順位をつけ計画的に補修することで、適切かつ効率的に維持管理を行っている。具体的にはマネジメント手法を取り入れて、基本となるデータベースを構築し、点検データに基づき計画的に補修を行い、その後も効果を評価していくという「PDCA サイクル」で維持管理を行っている。

また、できるだけ損傷の小さいうちに見つけ対処することで、構造物へのダメージを軽くし、長もちさせることができるため、点検では小さな損傷も見落とさないよう、点検の精度を高めるとともに、現場では細心の注意を払っている。

b) 点検要領

首都高速の構造物や施設物の点検は、首都高速道路(株)が定めた「構造物点検要領」に基づき実施している。本点検要領は首都高の保全・交通部が制定し、3 管理局が点検業務を担当している。

首都高速で通常行われる点検には、日常点検と定期点検がある。

日常点検には、パトカーによる高速上巡回点検、点検員による高速上徒歩点検、高架下徒歩点検等がある。

定期点検では吊足場を設置した際に行う接近点検や、高所作業車を用いる接近点検がある。

点検方法は、通常は遠望または接近して構造物の状態を目視または打音により点検し、劣化があれば写真を撮影し記録する方法である。また、目視や打音による点検に加え、疲労亀裂の点検などでは超音波探傷や磁粉探傷を用いた点検を行っているほか、舗装点検ではレーザー光線を用いた路面点検車による点検を行っている。

点検の実施状況を図-7.2.1 に示す。



パトカーによる巡回点検



高架下徒歩点検



吊足場内での接近点検(1)



吊足場内での接近点検(2)



機械足場による接近点検(1)



機械足場による接近点検(2)

図-7.2.1 点検の実施状況

c) 点検の頻度

点検の頻度は、対象とする構造物の劣化状況を把握するほか、第三者への影響の有無を考慮し頻度を定めている。

巡回点検は、路面の穴や段差の有無、標識類や照明などの施設物の異常な揺れがないかどうかを点検するため、週に3回パトロールカーによる車上目視点検を行っている。

徒歩点検は、高架下から構造物の外観を目視で点検するもので、街路や公園の上にある区間は年2回、その他の区間については2年に1回実施している。

構造物本体の定期点検については、5年に1回を原則としている。ただし、損傷の程度によっては経過観察を必要とする場合があり、その場合は、その都度点検頻度を短くするよう定めている。

d) 点検員の資格認定制度

首都高速道路では、点検を実施する際に、首都高速道路㈱の指定する資格を有した点検員が点検を行うことを義務付けている。そのため、点検員の資格試験を実施し、その試験に合格をした者に点検員としての資格認定を行っている。この資格試験は毎年6月に実施している。

この資格には有効期限があり、有効期限3年としている。有効期限に達したら再度受験し、資格を取得するシステムとしている。これは、点検技術の進歩や新たな損傷事例に対応するもので、常に最新で最先端の点検技術を有していることを義務付けているためである。

e) 点検計画の立案と実施体制

首都高速道路㈱が点検計画の立案を行う。その点検計画に基づき、点検会社が点検を行い、その結果を首都高速道路㈱へ報告する。

首都高速道路㈱は、その点検結果を評価・判定し、工事の優先順位から補修・補強工事の計画立案をし、施工をメンテ会社に指示するしくみである。

土木構造物の定期点検は、標準的に1パーティ2～3名で構成され、全地区で10～20パーティが点検を実施している。

高架下徒歩点検及び高速上徒歩点検は、1パーティ3人で構成され、それぞれ全地区で2～4パーティが点検を実施している。

f) 首都高社員による点検（インハウス点検）

首都高速道路の点検のうち、一部の点検については、首都高社員が直接実施している。これは、鋼構造の疲労損傷のように専門技術が必要なものについて、首都高速道路会社内に専門の組織を構築し、点検や検査を自ら実施するものである。

また、社員の技術力向上および人材育成のために高架下徒歩点検の一部を直営で実施している。構造物の劣化や損傷を直接発見し、速やかに記録を作成することで、技術力の向上と業務の改善案の創出に寄与している。

7-3 データ管理の実施体制

a) 保全情報管理システム

首都高速道路の構造物、付属施設の数量は、表-7.3.1～表-7.3.3 に示すとおりである。これら膨大な数量の構造物や付属施設の維持管理を適切かつ効率的に実施するために、資産データや点検データ、補修データをデータベース化し PDCA サイクルにより管理し日常の業務に活用している。

データ管理は首都高速道路全体のデータを一元的に管理している。このシステムは 2003 年度から運用しており、名称は保全情報管理システム（MENTIS：Metropolitan Expressway Maintenance Technical Information System）としている（図-7.3.1）。

データの種類としては、構造物の属性情報、点検結果（写真データを含む）、補修結果がリアルタイムで検索可能となっている。現在、約 290 万件のデータ数が登録されている。

b) データ管理の体制

構造物や付属施設の基本データ（資産管理データ）は新設や更新するごとにその時点でデータベースに反映させており、常に最新のデータとなるようにしている。

点検結果は、点検が完了し、首都高社員により二次判定された時点でデータベースに入力される。また、補修結果は、工事が完了し、首都高社員により検査を受けた時点でデータベースに入力される。システム構成を図-7.3.2 に示す。

首都高速道路の維持管理においては、最新のデータを用いてマネジメントシステムを運用し、構造物や付属施設の状態を把握することが可能である。データの利用は関係する社員のパソコンからアクセスが可能であり、構造物や付属施設の性能評価や補修工事の計画立案に活用されている。

表-7.3.1 上部工数量 (2011年4月現在)

構造種別	橋梁数	径間数
鋼桁	6,268 橋	9,110 径間
PC・RC桁	1,677 橋	2,689 径間
計	7,945 橋	11,799 径間

表-7.3.2 橋脚数量 (2011年4月現在)

構造種別	橋脚数
コンクリート橋脚	5,795 基
鋼製橋脚	2,885 基
計	8,680 基

表-7.3.3 主な施設物数量 (2011年4月現在)

種別	内容	概略数量	
		種類	個数
交通安全対策系	照明設備, 視線誘導灯等	約 90 種類	約 12 万個
防災対策系	トンネル内設備, 非常電話等	約 80 種類	約 5 万個
情報等サービス系	情報提供板, 車両感知器等	約 30 種類	約 1 万個
基幹インフラ系	受配電所, 配電盤等	約 80 種類	約 2 万個
料金収受系	ETC 機器, 料金所設備等	約 60 種類	約 2 万個
計		約 340 種類	約 22 万個

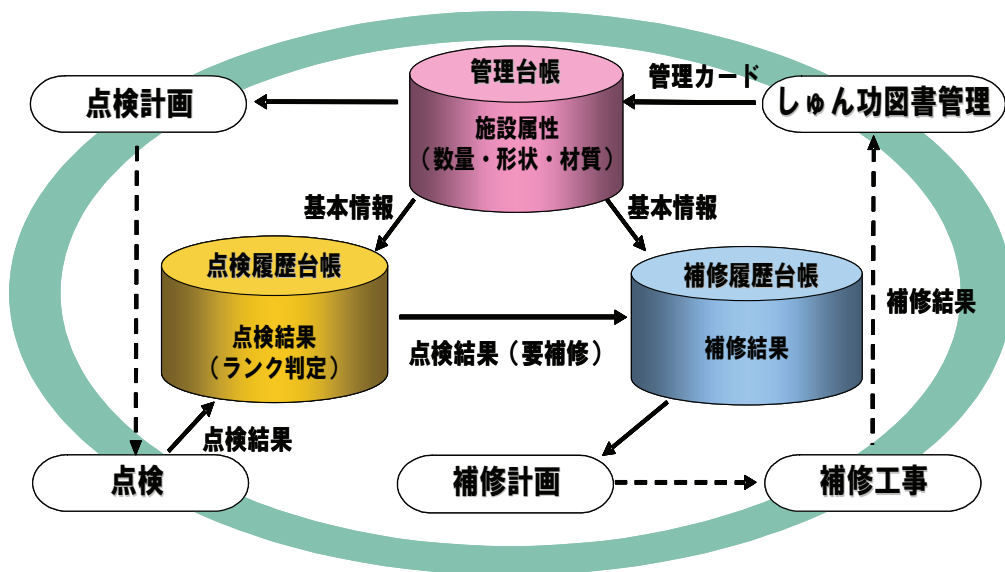


図 7.3.1 保全情報管理システム

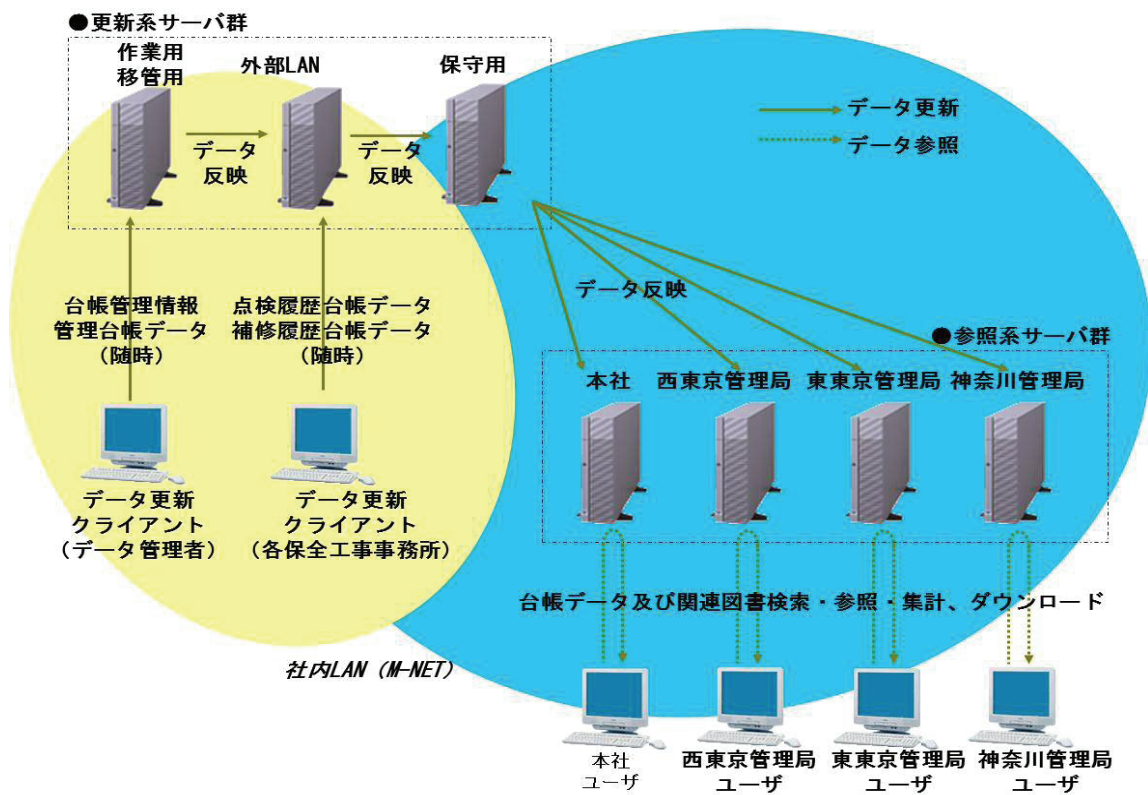


図-7.3.2 保全情報管理システムの構成

第8章 結論

8-1 本研究の成果

本研究では、維持管理マネジメントに用いる「個別マネジメントシステム」として、首都高速道路の維持管理において主要な施策である舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC橋）の4つのマネジメントシステムをとりあげ、点検で得られた数値を用い施策毎の定量評価を行った。

さらに、その個別マネジメントシステムで得られた結果を基に、事業全体の管理目標の達成度評価、次年度の補修計画作成、中期計画作成を可能にする「統合マネジメントシステム」を提案し、今後の道路維持管理において有用なマネジメントシステムとすることができた。

本研究で得られた成果は以下のとおりである。

- 1) 豊富な点検データを用い、評価ブロック毎に健全度を示す性能指標（PI値）を算定し、その値から補修の優先度を算出する舗装、塗装、橋梁（鋼橋）、橋梁（PC・RC橋）の個別マネジメントシステムを構築した。これにより、従来の管理方法に比べ、大量のデータを短時間で正確に判定することが可能となり、補修箇所の抽出、補修箇所の優先順位付けなどの大幅な効率化に役立つシステムの構築ができた。
- 2) 個別マネジメントシステムの基本的なプロセスは、点検結果の定量評価（レイティング）、補修候補区間の抽出（ゾーニング）、優先順位リスト作成（ランキング）の3ステップである。本システムでは、コンピュータで自動的にレイティング、ゾーニング、ランキングを行う「自動作成部分」と、エンジニアが施策的要因を加味し最終リストを作成する「エンジニア判定部分」を分けた構成とし、重点施策や通行止め工事が反映できるようにした。この結果、実務に対応した、運用しやすい個別マネジメントシステムとすることができた。
- 3) 突発的に発生する舗装のポットホール、腐食による断面欠損、主部材に進行した疲労亀裂などの要緊急対応（Aランク）については、個別マネジメントシステムに至る前の上位のシステムと位置付けた。これにより、本システムを道路維持管理のあらゆるケースに適用できるマネジメントシステムとすることができた。
- 4) 選定された補修区間の地図表示については、デジタル地図上の色と判定ランク、PI値、対応区分の基本的なルールを定義した。これにより、地図上に表示された色から補修

区間，劣化状況，対応区分が容易に判別できるようになり，維持管理業務の効率化に寄与する結果となった。

- 5) 複数の施策を同時に計画する場合，各個別マネジメントシステムで抽出された事業予定箇所の中で，どの事業を優先するかという問題が生じてくる。本システムでは，個別マネジメントシステムで得られた目標の達成度評価結果を反映しつつ，次年度に必要な費用と維持管理目標の達成度予測から，定量的な費用配分の考え方を提案した。これにより，限られた費用の中で適切かつ効率的な費用配分が可能となり，管理者に有用な統合マネジメントが提案できた。
- 6) 既存の点検データを分析し，個別施策毎に劣化予測式を提案した。その結果，点検データに基づく要補修数量の将来予測が可能となり，中期計画作成に役立てることができるマネジメントシステムとなった。
- 7) 統合マネジメントにおいて，毎年の維持管理目標の達成度を直ちに評価できるシステムとしたことにより，道路利用者，地域住民，一般の方々の視点に立った明確な施策が立案でき，同時に説明責任を果たすことにも役立つマネジメントシステムとなった。

ここで示す都市高速道路における維持管理マネジメントは，過酷な荷重条件の下で長期間使用されてきた道路構造物について，将来の維持管理の最適化，効率化に資することが期待されるものである。

8-2 今後の課題

本研究の今後の課題として以下の事項があげられる。

① 個別マネジメントシステムの拡充

本研究では，首都高速道路の維持管理において主要な施策である舗装，塗装，橋梁（鋼橋），橋梁（PC・RC 橋）の4施策において，豊富な点検データを用い構造物の状態を定量評価する個別マネジメントシステムを構築し，さらに，そこで得られた結果を基に，維持管理全体のマネジメントを行う統合マネジメントシステムを提案した。本システムは，継続して新しい施策の拡充が可能なシステムであり，今後本研究で示した手法を水平展開し個別マネジメントシステムを拡充することにより，道路維持管理全体の適切かつ効率的な運営に一層寄与することができると考えている。

② 新技術の開発，新材料・新工法の積極的導入

維持管理目標達成のためには，多くの人材と費用が必要となるが，現状では制約がある場合が多い．その課題を克服する手段の一つが新技術の開発，新材料・新工法の積極的導入である．新技術の開発や新材料・新工法の導入によって，補修工事の効率化とともに構造物の性能向上が期待でき，将来的には劣化の抑制や補修箇所の低減にも寄与するため，非常に重要な事項である．

③ 点検システムの一層の充実

首都高速においては，すでに点検員の資格制度により点検の質の向上を図っているところであるが，今後ストックの増大と構造物の高齢化に伴い点検量の増加が予想されるため，点検システムを一層充実させる準備をしておくことが必要である．その際に，機器による点検手法を新たに開発することで今より点検の質，量ともに改善する可能性があるため，定量評価のできる機器による点検手法を開発することも重要となる．

④ 新技術を取り入れた新しいマネジメントシステムの開発

本研究の舗装マネジメントにおいて，新しいマネジメント手法として一般車両の鉛直加速度応答を利用した移動路面モニタリングシステム (VIMS) の適用可能性を述べている．VIMSは車両の定速走行時の鉛直加速度応答を利用し，路面のラフネスを国際ラフネス指数 (IRI) により評価するもので，今までの方法に比べ比較的簡易に路面のモニタリングが可能なシステムである．舗装のマネジメントシステムにおいては，路面の平坦性に関する「乗り心地」が重要な要素でもあり，舗装の構造体としての劣化状態を表す「わだち掘れ量」や「ひびわれ率」による性能評価に加え，「ラフネス指数」による性能評価も道路利用者の視点に立ったマネジメントとして大いに活用できると考えている．

⑤ 他の道路維持管理への応用

本研究は，今後の都市高速道路における維持管理マネジメントを適切かつ効率的に実施するための有効な手法を示すものである．本研究で提案した点検結果の定量評価，補修優先順位の決定，劣化予測の考え方などについては，データベースの構築や現場に合わせた各種係数の再設定が必要となるものの，構造物の多い道路を管理する場合には応用が可能であると考えている．

付録

付録 1 橋梁規模係数（鋼橋）

劣化の数は橋梁の規模（径間長，車線数）に関係し，規模の大きな橋梁ほど劣化数が多くなるため「橋梁規模係数」を設定した．首都高速の橋梁（鋼橋）の径間長別，車線数別の径間数は補表-1.1 に示すとおりである．この表から，首都高速の橋梁（鋼橋）では径間長30m以上，60m未満，2車線の橋梁が最も数が多いことがわかる．

ここで，最も数の多い橋梁（径間長30m以上，60m未満，2車線）を本システムの標準的な橋梁とした．他の鋼橋については，標準的な橋梁の橋面積を1.0とし，径間長の代表値を基に径間長別，車線数別に面積比で係数を算出した．橋梁規模係数（鋼橋）は補表-1.2 に示すとおりとなる．

補表-1.1 径間長別，車線数別の径間数（鋼橋）

径間長 (m)	2車線	3車線	4車線
$L < 30$	1,703	74	685
$30 \leq L < 60$	3,347	781	1,296
$60 \leq L < 90$	452	182	179
$90 \leq L$	85	54	27

補表-1.2 橋梁規模係数（鋼橋）

径間長 (m)	代表 径間長	2車線	3車線	4車線
$L < 30$	20	2.0	1.3	1.0
$30 \leq L < 60$	40	1.0	0.6	0.5
$60 \leq L < 90$	70	0.6	0.4	0.3
$90 \leq L$	100	0.4	0.3	0.2

付録2 橋梁規模係数 (PC・RC橋)

劣化の数は橋梁の規模（径間長，車線数）に関係し，規模の大きな橋梁ほど劣化数が多くなるため「橋梁規模係数」を設定した．首都高速の橋梁（PC・RC橋）の径間長別，車線数別の径間数は補表-2.1 に示すとおりである．この表から，首都高速の橋梁（PC・RC橋）では径間長20m以上，40m未満，2車線の橋梁が最も数が多いことがわかる．

ここで，最も数の多い橋梁（径間長20m以上，40m未満，2車線）を本システムの標準的な橋梁とした．他のPC・RC橋については，標準的な橋梁の橋面積を1.0とし，径間長の代表値を基に径間長別，車線数別に面積比で係数を算出した．橋梁規模係数（PC・RC橋）は補表-2.2 に示すとおりとなる．

補表-2.1 径間長別，車線数別の径間数 (PC・RC 橋)

径間長 (m)	2車線	3車線	4車線
$L < 20$	404	108	388
$20 \leq L < 40$	810	145	634
$40 \leq L < 60$	53	58	58
$60 \leq L$	6	4	8

補表-2.2 橋梁規模係数 (PC・RC 橋)

径間長 (m)	代表 径間長	2車線	3車線	4車線
$L < 20$	10	3.0	1.9	1.5
$20 \leq L < 40$	30	1.0	0.6	0.5
$40 \leq L < 60$	50	0.6	0.4	0.3
$60 \leq L$	70	0.4	0.3	0.2

付録3 劣化増加率（鋼橋）

橋梁の定期点検は5年に1回のため、年数の経過によって劣化の数が増加することが予想された。そこで、最新点検の劣化数と前回点検の劣化数を比較し「劣化増加率（鋼橋）」を設定した。

路線毎の開通後の経過年数による差も考慮するため、20年以上40年未満の路線としては9号深川線を、40年以上の路線としては1号羽田線を選定した。選定した路線の劣化数の増加は補表-3.1に示すとおりである。この表から、9号深川線では5年後の点検において劣化数が6%増加しており、1号羽田線では5年後の点検において劣化数が9%増加していることがわかる。

9号深川線の5年で6%増と1号羽田線の5年で9%増を各年毎に比例配分し、1年後～4年後の劣化増加率（鋼橋）を開通後の経過年数別に示すと補表-3.2のとおりとなる。

補表-3.1 劣化数の増加（鋼橋）

路線名	9号深川線	1号羽田線
径間数	82 径間	498 径間
経過年数	27 年	43 年
前回点検	202 (1.00)	3,157 (1.00)
最新(5年後)	215 (1.06)	3,439 (1.09)

補表-3.2 劣化増加率（鋼橋）

点検後の年数	開通後の経過年数 (N)		
	$N < 20$	$20 \leq N < 40$	$40 \leq N$
1年後	1.00	1.01	1.02
2年後	1.00	1.02	1.04
3年後	1.00	1.03	1.06
4年後	1.00	1.04	1.08

付録4 劣化増加率（PC・RC橋）

橋梁の定期点検は5年に1回のため、年数の経過によって劣化の数が増加することが予想された。そこで、最新点検の劣化数と前回点検の劣化数を比較し「劣化増加率（PC・RC橋）」を設定した。

路線毎の開通後の経過年数による差も考慮するため、20年以上40年未満の路線としては川口線を、40年以上の路線としては2号目黒線を選定した。選定した路線の劣化数の増加は補表-4.1に示すとおりである。この表から、川口線では5年後の点検において劣化数が6%増加しており、2号目黒線では5年後の点検において劣化数が10%増加していることがわかる。

川口線の5年で6%増と2号目黒線の5年で10%増を各年毎に比例配分し、1年後～4年後の劣化増加率（PC・RC橋）を開通後の経過年数別に示すと補表-4.2のとおりとなる。

補表-4.1 劣化数の増加（PC・RC橋）

路線名	川口線	2号目黒線
径間数	120 径間	152 径間
経過年数	25 年	48 年
前回点検	286 (1.00)	1,158 (1.00)
最新(5年後)	303 (1.06)	1,280 (1.10)

補表-4.2 劣化増加率（PC・RC橋）

点検後の年数	開通後の経過年数 (N)		
	$N < 20$	$20 \leq N < 40$	$40 \leq N$
1年後	1.00	1.01	1.02
2年後	1.00	1.02	1.04
3年後	1.00	1.03	1.06
4年後	1.00	1.04	1.08

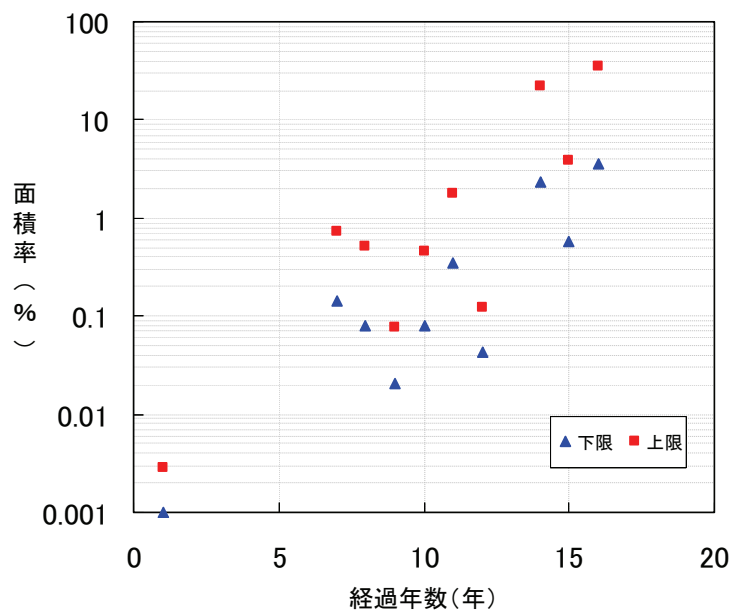
付録5 発錆面積率の予測曲線

塗装補修に支配的な要因は錆のため、発錆面積率の予測を行った。現時点で塗装補修の対象となっているのは、過去に施工され、現在も約4,000径間残っているフタル酸系の塗装である。したがって、フタル酸系の塗装の点検結果を用い、発錆面積率の進行予測を行った。

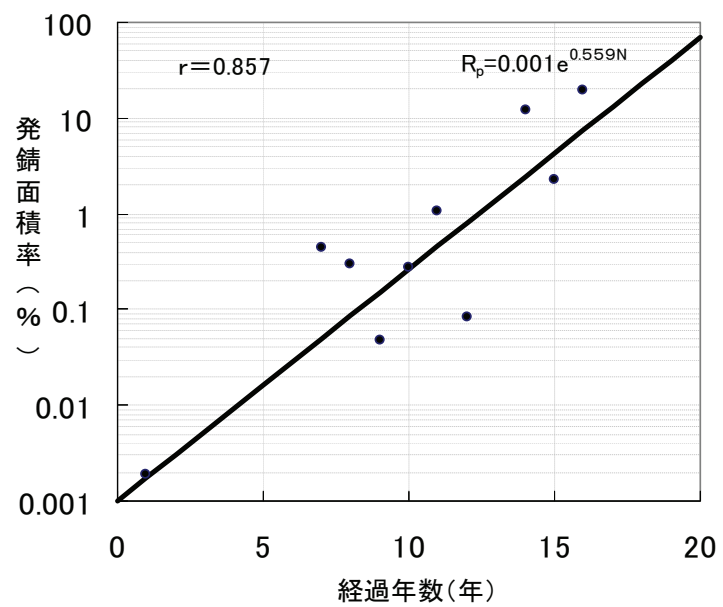
1978年度に実施した2,165径間のフタル酸系塗装の点検結果を基に、経過年数と発錆面積率の関係を示すと補図-5.1 のとおりとなる⁴³⁾。

塗装点検においては、径間毎の発錆面積率は2%以上、10%未満と表されるように幅のある値のため、補図-5.1 では各年の下限値（平均）と上限値（平均）をプロットした。さらに、各年の下限値と上限値の平均値を用い、発錆面積率の予測曲線を作成した。

フタル酸系塗装の塗装発錆面積率の予測曲線を示すと補図-5.2 のとおりである。



補図-5.1 経過年数と発錆面積率の関係



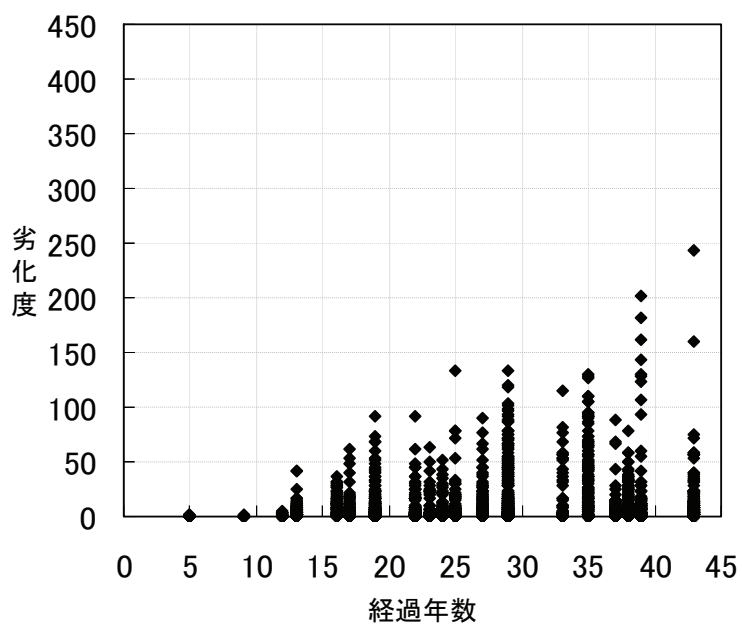
補図-5.2 発錆面積率の予測曲線

付録6 劣化度の予測曲線（鋼橋）

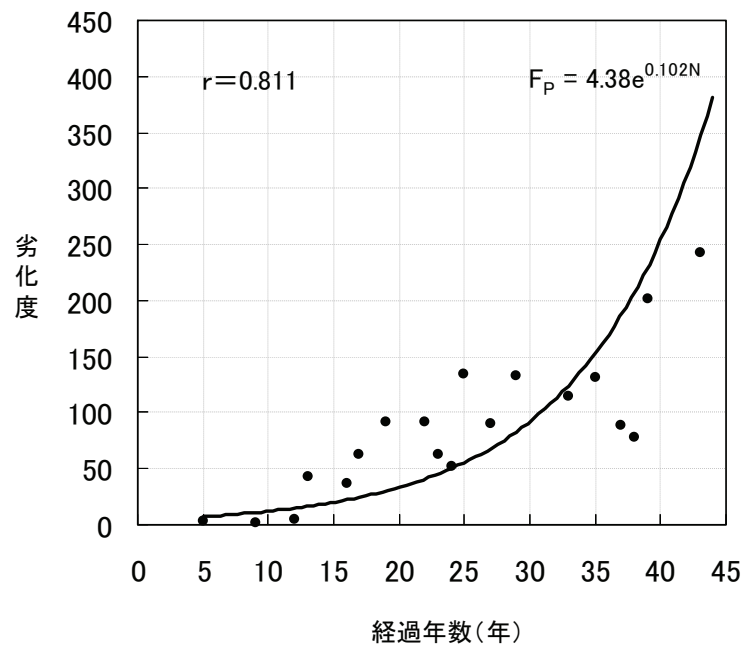
橋梁補修に大きく関係するのは劣化種別と劣化数から算出される劣化度であり、年数の経過による劣化度の進行予測を行った。ここでは現状の鋼橋の点検結果から、経過年数別の劣化度をプロットし、劣化度の予測曲線を作成した。

2001年度～2005年度に実施した8,865径間の橋梁点検結果を基に、経過年数と劣化度の関係を示すと補図-6.1のとおりとなる。この図に示すとおり、劣化度の値は同じ経過年数の中でのばらつきが大きいいため、各年の最大値を用い予測曲線を作成した。これは、劣化の発生は放置しておくとも橋桁の耐荷力が低下し、ひいては車両の通行に危険な状態になるため、安全側の値を用いることとしたためである。

劣化種別と劣化数から算出される劣化度の予測曲線を示すと補図-6.2のとおりである。



補図-6.1 経過年数と劣化度の関係（鋼橋）



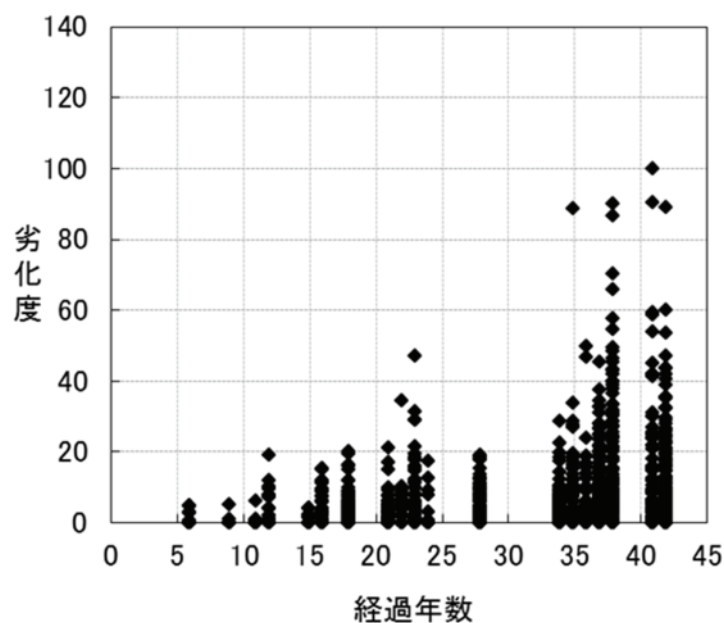
補図-6.2 劣化度の予測曲線（鋼橋）

付録7 劣化度の予測曲線（PC・RC橋）

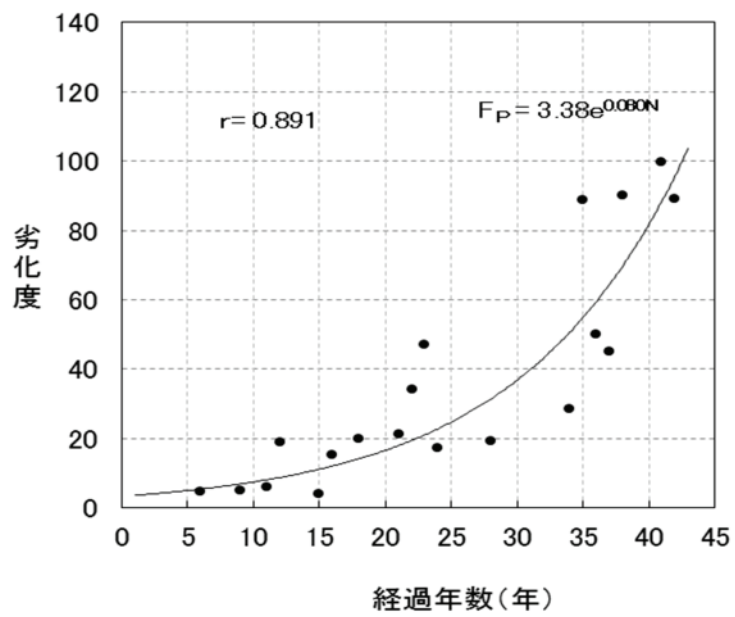
橋梁補修に大きく関係するのは劣化種別と劣化数から算出される劣化度であり、年数の経過による劣化度の進行予測を行った。ここでは現状のPC・RC橋の点検結果から、経過年数別の劣化度をプロットし、劣化度の予測曲線を作成した。

2001年度～2005年度に実施した2,675径間の橋梁点検結果を基に、経過年数と劣化度の関係を示すと補図-7.1のとおりとなる。この図に示すとおり、劣化度の値は同じ経過年数の中でのばらつきが大きいいため、各年の最大値を用い予測曲線を作成した。これは、劣化の発生は放置しておくとも橋桁の耐力が低下し、ひいては車両の通行に危険な状態になるため、安全側の値を用いることとしたためである。

劣化種別と劣化数から算出される劣化度の予測曲線を示すと補図-7.2のとおりである。



補図-7.1 経過年数と劣化度の関係（PC・RC橋）



補図-7.2 劣化度の予測曲線 (PC・RC橋)

参考文献

- 1) 米国連邦道路庁：Asset Management Primer,1999.
- 2) 阿部雅人，阿部允，藤野陽三：我国の維持管理の展開とその特徴－橋梁を中心として－，土木学会論文集 F，Vol.63，No.2，pp.190-199，2007.
- 3) Yanev, B. : Bridge Management, John Wiley & Sons, 2007.
- 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.
- 5) 国土交通省：道路橋の予防保全に向けた提言，2008.
- 6) 小林潔司，上田孝行：インフラストラクチャ・マネジメント研究の課題と展望，土木学会論文集，No.744 / IV-61，pp.15-27，2003.
- 7) 貝戸清之，阿部允，藤野陽三：実測データに基づく構造物の劣化予測，土木学会論文集，No.744 / IV-61，pp.29-38，2003.
- 8) 慈道充，小林潔司：不確実性下における最適点検・修繕ルール，土木学会論文集，No.744 / IV-61，pp.39-50，2003.
- 9) 江尻良，西口志浩，小林潔司：インフラストラクチャ会計の課題と展望，土木学会論文集，No.770 / VI-64，pp.15-32，2004.
- 10) 織田澤利守，石原充治，小林潔司，近藤佳史：経済的寿命を考慮した最適修繕政策，土木学会論文集，No.772 / IV-65，pp.169-184，2004.
- 11) (社)土木学会編：アセットマネジメント導入への挑戦，技報堂出版，2005.
- 12) 小林潔司：分権的ライフサイクル費用評価と集計的効率性，土木学会論文集，No.793 / IV-68，pp.59-71，2005.
- 13) 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.
- 14) 貝戸清之，保田敬一，小林潔司，大和田慶：平均費用法に基づいた橋梁部材の最適補修戦略，土木学会論文集，No.801 / I-73，pp.83-96，2005.
- 15) 古田均，亀田学広，中原耕一郎：改良型遺伝的アルゴリズムによる複数橋梁の維持管理計画策定システムの実用化，土木学会論文集 A，Vol.62 No.3，pp.656-668，2006.
- 16) 青木一也，山本浩司，小林潔司：時間依存型劣化過程を有するシステムの集計的最適点検・補修モデル，土木学会論文集 F，Vol.62 No.2，pp.240-257，2006.
- 17) 津田尚胤，貝戸清之，山本浩司，小林潔司：ワイブル劣化ハザードモデルのベイズ推計法，土木学会論文集 F，Vol.62 No.3，pp.473-491，2006.
- 18) 小澤一雅：社会資本におけるアセットマネジメントの導入，海洋開発論文集，第 22 巻，pp.1-4，2006.

- 19) 小林潔司, 熊田一彦, 佐藤正和, 岩崎洋一郎, 青木一也: サンプル欠損を考慮した舗装劣化予測モデル, 土木学会論文集 F, Vol.63 No.1, pp.1-15, 2007.
- 20) 貝戸清之, 小林潔司, 加藤俊昌, 生田紀子: 道路施設の巡回頻度と障害物発生リスク, 土木学会論文集 F, Vol.63 No.1, pp.16-34, 2007.
- 21) 古田均, 茅野牧夫, 渡邊英一: 橋梁の維持管理とブリッジマネジメントシステムの現状と将来展望, 土木学会論文集 F, Vol.63, No.3, pp.287-294, 2007.
- 22) 貝戸清之, 熊田一彦, 林秀和, 小林潔司: 階層型指数劣化ハザードモデルによる舗装ひび割れ過程のモデル化, 土木学会論文集 F, Vol.63 No.3, pp.386-402, 2007.
- 23) 宮川豊章, 保田敬一, 岩城一郎, 横田弘, 服部篤史: 土木技術者のためのアセットマネジメントーコンクリート構造物を中心としてー, 土木学会論文集 F, Vol.64 No.1, pp.24-43, 2008.
- 24) 青森県県土整備部道路課: 青森県橋梁アセットマネジメント基本計画ーふるさと青森の未来を支える社会資本の新たな維持管理ー, 2004.
- 25) 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ー東京都のアセットマネジメントと導入の効果ー, 海洋開発論文集, 第 22 巻, pp.5-8, 2006.
- 26) 中林正司, 西岡敬治, 小林潔司: 阪神高速道路の維持管理の現状と課題, 土木学会論文集 F, Vol.63, No.4, pp.494-505, 2007.
- 27) 石田純一, 岡崎光央, 河村圭, 宮本文穂: 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の開発, 土木学会論文集 F, Vol.64, No.1, pp.72-91, 2008.
- 28) 坂井康人, 荒川貴之, 井上裕司, 小林潔司: 阪神高速道路橋梁マネジメントシステムの開発, 土木情報利用技術論文集 A, Vol.17, pp.63-70, 2008.
- 29) 東京都建設局: 橋梁の管理に関する中長期計画ー戦略的な予防保全型管理の実現に向けてー, 2009
- 30) 平野毅志, 西山昌造, 東野忠雄, 横山好幸, 岩崎雅紀: 定期点検結果に基づく関西地区の高速道路鋼橋の耐久性評価と LCC の試算, 構造工学論文集, Vol.57A, pp.681-690, 2011.
- 31) 和泉公比古, 藤野陽三: 首都高速道路ネットワークにおける維持管理の統合マネジメント, 土木学会論文集 F, Vol.65, No.3, pp.326-345, 2009.
- 32) 首都高速道路株式会社: 構造物等点検要領, 2007.
- 33) 首都高速道路株式会社: 舗装設計施工要領 (高架橋・トンネル編), 2008.
- 34) 首都高速道路株式会社: 附属施設物設計施工要領 第 2 編 伸縮装置編, 2009.

- 35) 日本道路協会：舗装設計施工指針，2006.
- 36) 朝川皓之，長山智則，藤野陽三，西川貴文，秋本隆，和泉公比古：一般車両の走行時動的応答を利用した舗装路面の簡易状態評価システムの開発，土木学会論文集 E1 (舗装工学)，Vol.68，No.1 ， pp20-31，2012.
- 37) 首都高速道路株式会社：橋梁塗装設計施工要領，2006.
- 38) 首都高速道路株式会社：RC 床版の補強設計施工要領，2005.
- 39) 首都高速道路株式会社：鋼 I 桁の疲労損傷に対する補修要領，2005.
- 40) 首都高速道路株式会社：コンクリート橋の床版補強設計施工要領，2005.
- 41) 首都高速道路株式会社：PC 桁の補強設計施工要領，2005.
- 42) 阿倍頼政，飯野忠雄：わだち掘れ測定データの解析法に関する研究，土木学会論文集，No. 478 / V-21，pp.117-123，1993.
- 43) 首都高速道路協会：首都高速道路の点検補修に関する調査研究報告書，1979.

謝 辞

本研究の遂行と本論文の作成にあたり、多くの方々にご指導、ご助言、ご協力をいただき、ここに心より感謝の意を表します。

本論文は、筆者が首都高速道路株式会社に在籍中に担当した業務の中で、道路の維持管理にマネジメントを導入し、適切かつ効率的に業務を遂行するための維持管理マネジメントについて研究したものをまとめたものです。このような新しい分野の研究開発業務に携わる機会を与えていただいた首都高速道路株式会社に感謝する次第です。

本論文をまとめるにあたり、早稲田大学 依田照彦教授には、論文審査の主査として、終始懇切丁寧なご指導、ご教示を賜りました。ここに深い感謝の意を表すとともに、厚く御礼申し上げます。

また、早稲田大学 小泉淳教授、清宮理教授、秋山充良教授には、論文審査の段階で、副査として有益なご助言を賜り、厚く御礼申し上げます。

東京大学 藤野陽三教授には、当初から首都高速道路アセットマネジメント研究会において委員長としてご指導をいただき、さらには本論文を作成する過程において、非常に難しい題材に対し、終始有益なご指導、ご助言、励ましをいただき、ここに深い感謝の意を表すとともに、厚く御礼申し上げます。

本研究は、交通量が多く大型車の割合が高い重要インフラである首都高速道路を、いかにして適切かつ効率的に維持管理をしていくかということからスタートし、日々の点検、補修、補強業務を行う中で、より定量的で使い易く、同時に説明責任も果たせるマネジメント手法を試行錯誤した結果まとめ上げたものであり、本研究を進めるにあたっては首都高速道路株式会社の保全・交通部をはじめ多くの部署の方々にご協力をいただきました。ここに深く感謝いたします。

本研究を進め、本論文をまとめるにあたっては、北川久氏、恵谷舜吾氏ら諸先輩の方々には、常に温かいご指導、ご支援をいただきました。維持管理マネジメントの研究は内容的にも難しく、非常に時間のかかる研究ではありましたが、常に優しく励ましていただき成果を上げることができました。心より厚く御礼申し上げます。

また、維持管理へのマネジメント導入に関しては、古木守靖氏、鈴木剋之氏ら上司、先輩の方々から多くのご示唆をいただき、研究の道筋を開くことができました。心より感謝いたします。

本研究におけるデータ整理、解析等におきましては、八崎弘昌氏ら多くの関係諸氏の方々のご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

最後に、陰ながら支えてくれた家族に感謝いたします。

研究業績 (1/3)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者 (申請者含む)
1. 論文	<p>○1) 一般車両の走行時動的応答を利用した舗装路面の簡易状態評価システムの開発, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol. 68, No. 1, pp. 20-31, 2012 年 5 月, 朝川皓之, 長山智則, 藤野陽三, 西川貴文, 秋本隆, <u>和泉公比古</u></p> <p>○2) 首都高速道路ネットワークにおける維持管理の統合マネジメント, 土木学会論文集 F, Vol. 65, No. 3, pp. 326-345, 2009 年 8 月, <u>和泉公比古</u>, 藤野陽三</p> <p>3) ダブルデッキ 2 ヒンジ吊橋の振動実験, 土木学会構造工学論文集, Vol. 40A, pp. 721-733, 1994 年 3 月, <u>和泉公比古</u>, 小田桐直幸, 荻原充信, 八部順一, 落合盛人, 大垣加津雄, 渡辺保之</p> <p>4) 鋼管矢板基礎の頂版コンクリートと鋼管との結合構造に関する研究, 土木学会論文集, 第 390 号, V-8/pp. 47-56, 1988 年 2 月, 安孫子敏雄, 鯨井裕嗣, <u>和泉公比古</u>, 森本精洋</p>
2. 講演	<p>5) 首都高における高架橋の損傷, その補修・補強事例, (財) 首都高速道路技術センター技術講演会, pp. 4. 1-4. 24, 2012 年 5 月, <u>和泉公比古</u></p> <p>6) 首都高の構造物維持管理へのアセットマネジメント導入, 農業土木技術研究会, pp. 17-30, 2007 年 1 月, <u>和泉公比古</u></p> <p>7) 首都高の構造物維持管理へのアセットマネジメント導入, (財) 首都高速道路技術センター技術講演会, pp. 2. 1-2. 36, 2006 年 5 月, <u>和泉公比古</u></p> <p>8) 首都高速の維持管理におけるアセットマネジメントの導入に向けて, 土木学会建設用ロボット委員会, 第 21 回建設用ロボットに関する技術講習会—維持管理に関連した自動化・ロボット化の現状と展望—, pp. 49-58, 2003 年 12 月, <u>和泉公比古</u></p> <p>9) Multispan continuous urban viaduct with prestressed concrete box girders built by large-scale formwork launching girder, International Symposium on Noteworthy Developments in Prestressed & Precast Concrete, pp. 105-111, September 1989, K. IZUMI, E. ITAI</p>
3. 著書	<p>10) 道路橋補修・補強事例集 (2012 年版), 日本道路協会, 2012 年 3 月, 橋梁委員会 維持管理小委員会 委員長 <u>和泉公比古</u></p> <p>11) 道路橋補修・補強事例集 (2009 年版), 日本道路協会, 2009 年 10 月, 橋梁委員会 維持管理小委員会 委員長 <u>和泉公比古</u></p> <p>12) 道路橋補修・補強事例集 (2007 年版), 日本道路協会, 2007 年 7 月, 橋梁委員会 維持管理小委員会 委員長 <u>和泉公比古</u></p>

研究業績 (2/3)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者 (申請者含む)
4. その他 (特許)	
13)	橋梁通過車両の車重計測システム, 橋梁通過車両の計測方法, およびコンピュータプログラム, 特許 第 5327796 号, 三木千壽, 鈴木啓悟, 佐々木栄一, <u>和泉公比古</u> , 伊藤昇, 若松早苗, 石川裕治
(報文)	
14)	PC 橋の維持管理を考える, プレストレストコンクリート, Vol. 53, No. 5, p 9, 2011 年 9 月, <u>和泉公比古</u>
15)	アセットマネジメントの効能, 橋梁と基礎, p 1, 2007 年 4 月, <u>和泉公比古</u>
16)	PC 橋の目ざましい進歩, プレストレストコンクリート, Vol. 48, No. 4, p20, 2006 年 7 月, <u>和泉公比古</u>
17)	維持管理の将来像と技術開発, 舗装, 40 巻 2 号, pp. 1-2, 2005 年 2 月, <u>和泉公比古</u>
18)	橋梁塗装とマネジメント, Structure Painting, Vol. 30, No. 3, pp. 33-36, 2002 年 12 月, <u>和泉公比古</u>
19)	社会資本としての橋のマネジメントー資産の有効な活用・保全の時代に向けてー, 橋梁と基礎, pp. 3-8, 2001 年 8 月, 古木守靖, 鈴木剋之, <u>和泉公比古</u>
20)	Maintenance and Management of the Tokyo Metropolitan Expressway, Route/Road, No. 310, pp. 75-91, April 2001, Hiroshi MITANI, <u>Kimihiko IZUMI</u>
21)	首都高速道路の維持管理, 土木学会誌, Vol. 83, pp. 44-46, 1998 年 2 月, <u>和泉公比古</u>
22)	Displacements of bridge foundations on sedimentary soft rock. A case study on small-strain stiffness, Geotechnique 47, No. 3, pp. 619-632, August 1997, <u>K. IZUMI</u> , M. OGIHARA and H. KAMEYA
23)	レインボーブリッジ基礎の変形挙動, 土と基礎, 44-11, pp. 5-8, 1996 年 11 月, <u>和泉公比古</u> , 荻原充信, 亀谷裕志
24)	RC 橋脚の耐震補強工事の設計・施工, コンクリート工学, Vol. 84, No. 8, pp. 29-36, 1996 年 8 月, <u>和泉公比古</u> , 光石正, 富永博夫, 船本浩二
25)	首都高速宝町オンランプ高架工事に用いた深礎ぐいと鋼製橋脚の接合方法に関する研究, コンクリート工学, Vol. 33, No. 10, pp. 37-47, 1995 年 10 月, <u>和泉公比古</u> , 富永博夫, 荻原充信
26)	都心環状線内回り宝町付近拡幅工事の概要, 土木技術, 50 巻 7 号, pp. 84-92, 1995 年 7 月, <u>和泉公比古</u> , 光石正, 富永博夫, 荻原充信

研究業績 (3/3)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者 (申請者含む)
27)	有明西運河橋の設計・施工, 橋梁と基礎, pp. 19-27, 1994 年 12 月, <u>和泉公比古</u> , 吉嶋征三, 富永博夫, 荻原充信
28)	The Rainbow Bridge Japan, Structural Engineering International, Number 4, pp. 226-228, November 1994, Kazuo Yamazaki, <u>Kimihiko Izumi</u> , Mitsunobu Ogihara
29)	レインボーブリッジ上部工の設計 (後編), 土木技術, 49 巻 5 号, pp. 59-67, 1994 年 5 月, <u>和泉公比古</u> , 小田桐直幸, 荻原充信
30)	首都高速 11 号台場線塗装工事報告ーレインボーブリッジの塗装ー, 鋼橋塗装, Vol. 22, No. 1, pp. 26-36, 1994 年 4 月, 音川庫三, <u>和泉公比古</u> , 吉嶋征三
31)	レインボーブリッジの耐震設計, 土木技術, 49 巻 3 号, pp. 84-90, 1994 年 3 月, <u>和泉公比古</u> , 小田桐直幸, 荻原充信
32)	レインボーブリッジ主塔の施工, 土木施工, 35 巻 3 号, pp. 28-34, 1994 年 3 月, <u>和泉公比古</u> , 吉嶋征三, 小田桐直幸, 荻原充信
33)	レインボーブリッジ上部工の設計・施工 (下), 橋梁と基礎, pp. 27-35, 1994 年 1 月, <u>和泉公比古</u> , 吉嶋征三, 小田桐直幸, 荻原充信
34)	レインボーブリッジ上部工の設計, 土木技術, 49 巻 1 号, pp. 73-82, 1994 年 1 月, <u>和泉公比古</u> , 小田桐直幸, 荻原充信
35)	レインボーブリッジ上部工の設計・施工 (中), 橋梁と基礎, pp. 17-26, 1993 年 12 月, <u>和泉公比古</u> , 吉嶋征三, 小田桐直幸, 荻原充信, 川田成彦
36)	レインボーブリッジ上部工の設計 (2), 橋梁, pp. 17-29, 1993 年 12 月, <u>和泉公比古</u> , 小田桐直幸, 荻原充信
37)	レインボーブリッジ維持管理計画, 橋梁, pp. 38-42, 1993 年 12 月, <u>和泉公比古</u> , 小田桐直幸, 荻原充信
38)	レインボーブリッジ上部工の設計・施工 (上), 橋梁と基礎, pp. 19-27, 1993 年 11 月, <u>和泉公比古</u> , 吉嶋征三, 小田桐直幸, 荻原充信
39)	レインボーブリッジ上部工の設計 (1), 橋梁, pp. 27-38, 1993 年 11 月, <u>和泉公比古</u> , 小田桐直幸, 荻原充信
40)	レインボーブリッジ下部工の設計施工, 土木技術, 48 巻 1 号, pp. 72-82, 1993 年 11 月, <u>和泉公比古</u> , 小田桐直幸, 荻原充信