

◆特集：道路舗装・トンネルの維持管理、補修・補強技術◆

舗装マネジメントシステムの構築

藪 雅行* 伊藤正秀**

1. はじめに

近年、橋梁を中心とした道路構造物の老朽化の進行、公共事業を取り巻く厳しい財政事情や管理体制の制約を背景として、道路管理においてもアセットマネジメントの議論が急速に高まっている。また、「道路構造物の今後の管理・更新のあり方に関する検討委員会」、「土木学会アセットマネジメント研究小委員会」から続けて提言^{1,2)}がなされ（後者は社会資本全般を対象としたもの）、具体的なシステムづくりへの動きが始まっている。定期的に修繕を繰り返すのが一般的と認識されていると思われる道路舗装（以下、舗装と略す）においても、管理延長が伸びる一方で予算的・体制的制約が厳しくなってきた（図-1）ことから、同様の取組が必要となっている。このため、土木研究所では道路資産全体のアセットマネジメントシステムの一翼を担う舗装分野のシステムとして、舗装マネジメントシステムの構築を進めている。本稿では、その現状を紹介することとするが、ここで記す内容は、土木研究所において研究段階のものであることをお含みおき頂きたい。

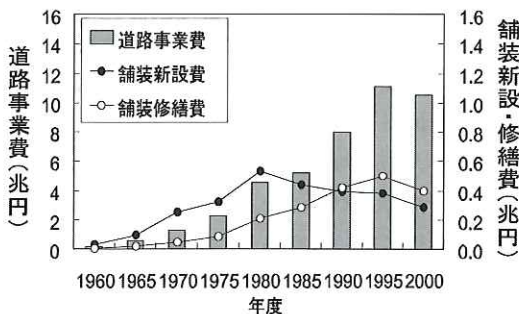


図-1 舗装の延長と予算推移

2. アセットマネジメントの概念

2.1 「舗装」におけるアセットマネジメント

「アセットマネジメント」とは資産、人材、予

算等を効率的に運用しようとするものであるから、仮に道路管理に限定したとしても、橋梁、トンネル、舗装、法面等の道路資産全体の中で効率的な方策を求めることが真の意味でのアセットマネジメントである。しかし、道路構造物は各々によって劣化診断方法、データベース整備の程度、劣化程度とユーザーサービスの関わり等に大きな差異があり、全ての構造物を包含した包括的なシステムを構築することは容易ではない。このため、当面は橋梁、舗装等、個別分野ごとに検討が進められており、舗装分野においては舗装マネジメントシステムの構築に向けた研究を実施している。

2.2 アセットマネジメントの段階

対象構造物の種類だけでなく、アセットマネジメントで扱う事業段階にも幅がある。土木学会の提言では、「基本的アセットマネジメント」、「発展的アセットマネジメント」の2段階があるとしており、前者は「維持管理のオプション・収支【予算】計画立案」を対象としたもの、後者は「【新設工事を含む】ライフサイクルコスト」を含めたものとしている（ここで【 】書きは筆者が加筆）。現在、土木研究所等で検討を進めているものは、主として前者にあたる。

3. 舗装マネジメントシステムの概要

3.1 舗装マネジメントシステム

まず、舗装マネジメントシステムの具体的な紹介の前に、本稿で用いている舗装マネジメントシステムの言葉の定義をしておきたい。

本稿では、舗装マネジメントシステムとは、「アセットマネジメントの考え方を基本として、点検、健全度評価、データベース構築、健全度の将来予測、管理目標の設定、管理計画の策定などの全体の仕組み（枠組み）」のこととし、以下にその内容を記述する。

3.2 舗装マネジメントシステムの体系

舗装マネジメントシステムの体系の概念を図-2

に示す。

3.3 舗装マネジメントシステムを構成する要素

舗装マネジメントシステムの構成要素（図-2に示した各ステップ）ごとに、内容を概説する。

(1) 舗装状態のモニタリング

一定の区間単位で舗装の状態を計測する。

(2) 現状の健全度の評価

計測されたデータに基づいて、舗装がどの程度劣化しているのか評価する。

舗装マネジメントシステムの体系

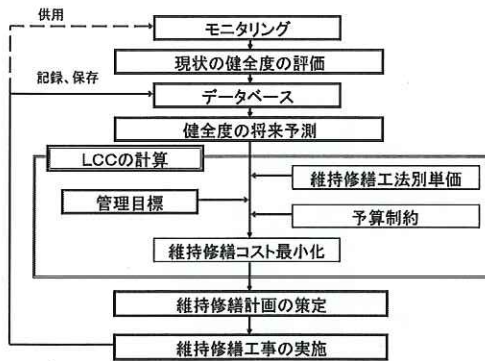


図-2 舗装マネジメントシステムの体系

(3) ライフサイクルコスト (LCC) の計算

様々な維持修繕パターンを想定してライフサイクルコストを計算し、与えられた管理目標の下で個別区間（プロジェクトレベル）のライフサイクルコスト最小となる維持修繕パターンを見出す。さらに、予算制約の中で管理対象となるネットワーク全体について、ライフサイクルコスト最小となるよう、プロジェクトレベルの最適維持修繕パターンを見直す。

(4) 管理目標

舗装の状態がどの程度になったら維持修繕工事を実施するべきか、LCC計算上の「しきい値」を設定する。ここでいう管理目標は、道路維持修繕要綱³⁾に示されているような目標値（現場の第一線での管理目標値）とは必ずしも一致するとは限らず、それと同等あるいはそれより高いレベルの中で予算事情等も踏まえて設定されることになる。

(5) 維持修繕計画の策定

(3)の計算結果に基づく維持修繕計画（工事場所、時期、工法）である。

(6) 維持修繕工事の実施

(5)に基づいて工事を行う。ただし、現地で

の予期できない事情等により、工法や時期、実施有無等の変更が有り得る。工事後は採用した工法や舗装材料等のデータを記録、保存する。

4. 個別構成要素の現状

舗装マネジメントシステムの具体的検討は、現段階においては個別要素の検討が主であるが、土木研究所における内容を中心として、その状況を以下に紹介する。

4.1 舗装状態のモニタリング

直轄国道においては、昭和58年に土木研究所、本省等をメンバーとする建設省技術管理業務連絡会舗装部会において、「路面性状調査要領（案）」⁴⁾を策定し、舗装の路面状態についてのモニタリングを行ってきている。ここでは、上り下り方向の代表1車線（2車線道路にあっては下り方向のみ）について3年サイクルでわだち掘れ、ひび割れ、平坦性の測定を行っている。なお、これらの測定は従来の人力による方法では、大量のデータを取得することが困難であることから、「路面性状自動測定装置」が開発されており、土木研究所における評価試験を通じて、同装置は昭和63年に建設技術評価制度に基づく認定を受けている。現在では、路面性状調査は、写真-1に示す路面性状測定車により、交通規制することなく測定を行っている。



写真-1 路面性状測定車

4.2 健全度評価

舗装は橋梁等の構造物と異なり、表面の劣化（路面性能の低下）がユーザーサービスの高低に直結する。一方で橋梁のように通行不能といった致命的破損を生じる可能性は低い（水道管からの漏水による路面陥没等、舗装以外に起因するものは舗装の劣化ではないので除く）ものの、交通荷

重の繰り返しにより支持力が低下し舗装構造全体として劣化していく。しかし、ひび割れ以外の路面性状と構造的な破損の関係は薄く、ひび割れについても構造的破損ではないタイプのものも見られるようになってきている。したがって、舗装の健全度評価においては、表面状態（路面性能）と支持力（構造性能）と分けて考える必要がある。

(1) 路面性能

わだち掘れ、ひび割れ、平坦性は、それぞれ個別でも路面性能の状態を評価できる。また、土木研究所では道路局とともに、昭和56年に、これら3指標をもとに維持修繕判断を行う総合的な指標としてMCIを開発し、道路行政のアウトカム指標である構造物保全率の一指標となる等、現在の直轄国道の管理に運用している^{5,6)}。

MCIの算出方法は以下のとおりである。

MCI：維持管理指数（以下の式のうち、最小値）

$$MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2}$$

$$MCI_0 = 10 - 1.51C^{0.3} - 0.30D^{0.7}$$

$$MCI_1 = 10 - 2.23C^{0.3}$$

$$MCI_2 = 10 - 0.54D^{0.7}$$

C：ひび割れ率（%）

D：わだち掘れ深さ（mm）

σ：平たん性（mm）

一方、MCIが開発されてから期間が経過し、「車の性能や経済・社会状況が変化したこと」、「排水性舗装の普及など路面材料が変化してきていること」、「MCIは道路管理者が主観的に維持修繕を必要と感じる路面状態を表す指標として開発されたこと」、また、「道路管理の現場からMCIが必ずしも十分に路面の状態を示していないとの指摘があること」等から、土木研究所では、以下の観点から管理指標の見直しに向けた検討に着手したところである。

1) 維持修繕実態を踏まえた管理指標の検討

現在の維持管理の実態を調査するとともに、維持修繕工事箇所と路面性状値の関連性を定量的に分析する等維持修繕実態を踏まえた管理指標について検討を実施している。

2) ユーザー・国民の視点を加味した管理指標の検討

安全性、快適性、環境など、ユーザー・国民の視点に基づく観点をより重視した、ユーザー・道路管理者双方の視点を踏まえた管理指標について、

検討を実施している。

具体的には、平成15年度にモデル区間を設定し、3ヶ月毎に路面性状調査（わだち掘れ、ひび割れ、平坦性、IRI（国際ラフネス指数）、すべり抵抗）等を実施するとともに、当該区間をパネラー（道路管理者及び道路利用者）が実際に車で走行し、また、歩行により舗装状態を目視し、パネラーによる乗り心地や補修の必要性等についての評価を行なっている。

今後、さらに上記調査を継続するとともに、パネラーの評価と路面性状調査データ等の関連性について分析を進めていく予定である。



写真-2 パネラー調査（歩行目視調査）の状況

3) 海外における管理目標の実態を踏まえた新たな管理指標の導入

本検討については、別途、本資料「舗装の管理目標—欧米諸国における実態を中心として—」に記載されているので、これを参照されたい。

土木研究所では、これらの研究成果を段階的に道路管理の現場に適用できるように留意しつつ、関係機関と連携を取りながら研究を進めていく予定である

(2) 構造性能

路面性能に比較すると、実際の現場において構造性能の評価方法は実用に至っていないが、舗装を破壊せずに、客観的データに基づく評価方法としてFWD（Falling Weight Deflectometer：重錘落下式舗装路面たわみ測定器）による方法等の検討が、研究機関等で進められている。

FWDによる方法は、測定したたわみ量の大きさによって舗装の健全度を評価しようとするものであり、現在、土木研究所では、FWDの測定値を用いた新設道路の疲労破壊輪数の評価方法につ

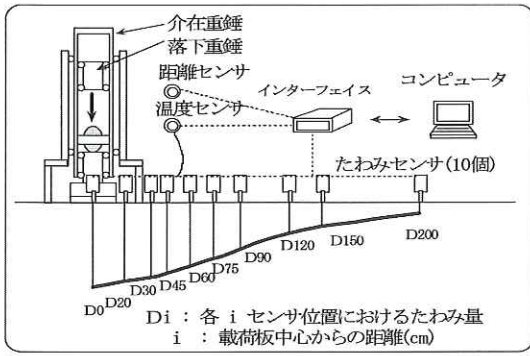


図-3 FWDの概念図

いて検討を進めている。

この検討では、アスファルト舗装の疲労破壊をひび割れ率20%に達したときと定義するとともに、全国の新基準調査箇所⁷⁾のうち、20%のひび割れが生じた箇所について、この時の累積49kN換算輪数と新設時のたわみ量 D_0 のデータを整理し、その関係を片対数のグラフにプロットして、たわみ量 D_0 から疲労破壊輪数を算出する推定式を図-4より求めている。

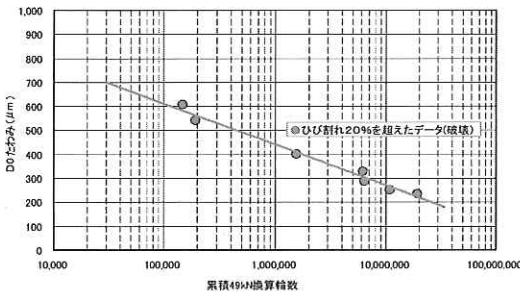


図-4 D_0 たわみと49kN換算輪数の関係

現在、土木研究所においては、この推定式の検証を進めるとともに、FWDのたわみ量 D_0 と推定式を用いた新設道路の舗装の疲労破壊輪数の評価方法の確立に向け、鋭意研究を進めているところである。

FWDを用いた舗装の評価方法については、前述のとおり、これまで新設道路を対象として検討を行なっているところであるが、今後は、ここで述べた方法の既設舗装の健全度評価等維持管理への応用に向け、今後さらに研究を進めていきたいと考えている。

4.3 データベース

直轄国道においては、前述の路面性状測定デー

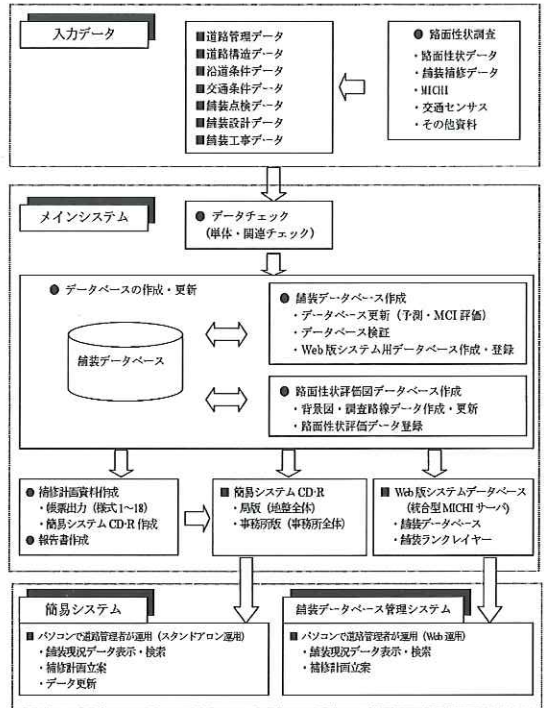


図-5 舗装管理支援システムの概要図

データを「舗装管理支援システム」として整備・運用している⁸⁾。このシステムは、舗装にかかる業務(舗装の現況把握、補修箇所を選定、補修計画の立案、日常管理等)の支援を目的としたものであり、同システムでは、100mごとに、舗装構造、補修工事履歴、距離標、経年数、路面の種類、調査した路面指標値(ひび割れ、わだち掘れ、平坦性)、MCIなどのデータ収録だけでなく、区間ごとのMCIと路面性状値のグラフ、地図上の路線におけるMCI一定値以下箇所の表示、地図上でのクリックによる当該路線のデータの閲覧等、アウトプット機能も備えている。

こうしたことから検討を進めている舗装マネジメントシステムの中核をなすものと期待される。

4.4 健全度予測 (路面性能)

ライフサイクルコスト (LCC) を算出する上で、将来の舗装の健全度を精度よく推定することが必要となる。これについては、土木研究所を中心として検討が進められているが、現在は、舗装管理支援システムのデータを用いて個別の路面指標ごとに予測式を作成する方法を採っている。予測に当たっては、一定区間等のデータをまとめてプロットし、図-6に示すように確率論的解析手法によ

り最頻値の予測を行っている⁹⁾。しかし、気象、交通、地域条件によっては予測式と実際の路面性状が余り一致しない場合もあり、プロジェクトレベル、ネットワークレベルのレベルに応じてどの程度の予測精度を求めるのか整理し、必要な精度が得られるよう予測式の改善を行うことが課題となっている。なお、MCIは個別指標の予測結果を前述の式に代入して予測値としている。

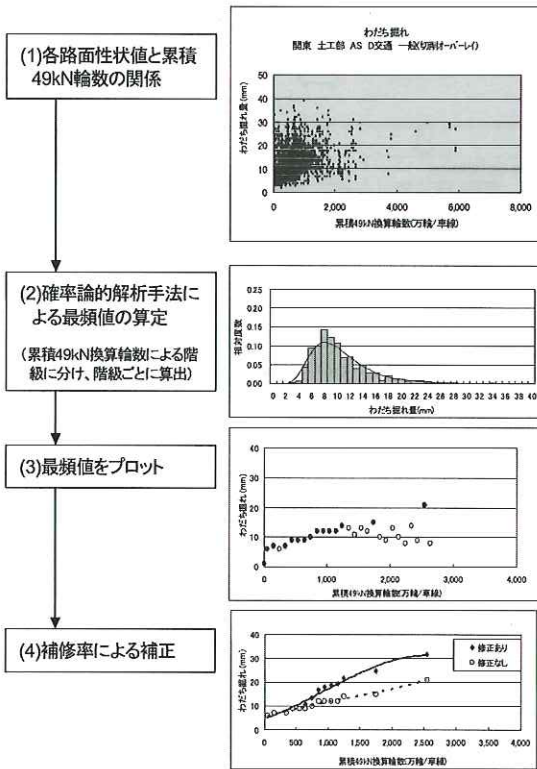


図-6 路面性能の予測式作成方法

4.5 管理目標

舗装マネジメントシステムにおける管理目標値は、現在のところ設定されていない。各種の試算においては、MCIを用いてLCC計算を行っており、過去に管理目標値として提唱されたMCI=4⁶⁾を用いて試算することが多いが、今後、4.2健全度評価において述べた管理指標の検討を踏まえて、管理目標のしきい値についても併せて検討していきたいと考えている。

4.6 ライフサイクルコスト

ライフサイクルコストの算出方法については、各種の方法が提案・試行されている。土木研究所では、ライフサイクルコスト算定マニュアル素案

を作成し、道路局、地方整備局とともに素案に基づく、全国の国道事務所での試行を通じた検討を行っている。

ここでは、次のような費用をLCCの計算対象としている。

- ①道路管理者費用：調査・計画費用、建設費用、維持費用、修繕・改築費用
- ②道路利用者費用：路面性状悪化による車両損失、工事規制渋滞・迂回遅延
- ③環境費用：排水性舗装における騒音低減効果
なお、災害時の応急処置等、突発的に発生する費用は対象としていない。

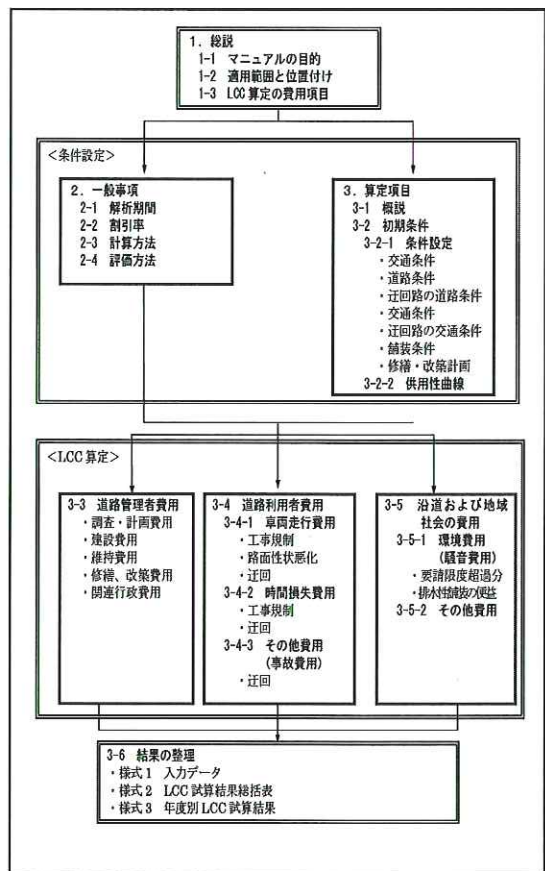


図-7 LCC算定マニュアル素案の構成

また、試行では、補修パターンを表-1のとおり設定し、解析期間を40年として実施している。今後は、試行を通じて明らかとなった課題をふまえて、道路管理の現場での補修の意志決定や予算管理において実運用が可能となるよう、マニュアル化に向け検討を進めることとしている。

表-1 LCC算定における補修パターンの設定例

	補修パターン
パターン1	現況断面～(y ₀ 年)～打換え～(y _{a1} 年)～ 打換え～(y _{a2} 年)～打換え
パターン2	現況断面～(y ₀ 年)～打換え～(y _{b1} 年)～ 切削オーバーレイ～(y _{b2} 年)～ 切削オーバーレイ～(y _{b3} 年)～打換え
パターン3	現況断面～(y ₀ 年)～打換え～(y _{c1} 年)～ 表面処理～(y _{c2} 年)～切削オーバーレイ～ (y _{c3} 年)～打換え

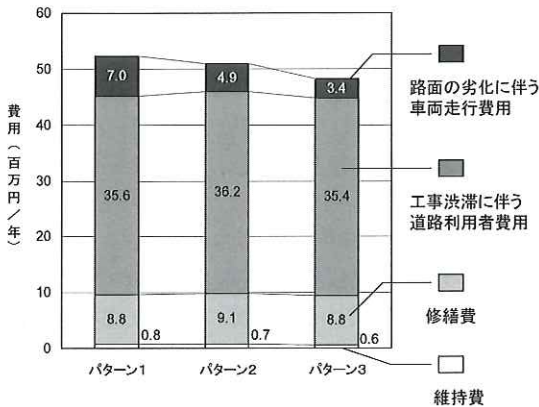


図-8 LCC算定結果の例 (都市部)

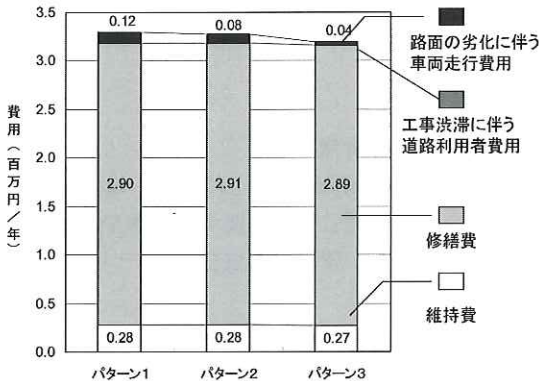


図-9 LCC算定結果の例 (地方部)

5. おわりに

以上、舗装マネジメントシステムについて、土木研究所における取り組みの現状を中心に述べた。舗装マネジメントシステムは、全体の概念は整理されつつあるものの、個別構成要素についても改善すべき課題を多く抱えており、システムとしての機能についても開発途上の段階である。今後は個別構成要素の確立を図るとともに、全体システムとして機能するよう検討する必要があるものと

考えている。

また、システムの構築には、時間を要する課題もあるが、段階を追って検討を進め、その時点で最適と考えられるものを構築し、順次実務面への展開を進められるよう留意しつつ、検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 道路構造物の今後の管理・更新のあり方に関する検討委員会：道路構造物の今後の管理・更新等のあり方、提言、2003.4
- 2) 土木学会アセットマネジメント研究小委員会：アセットマネジメント導入への挑戦、2003.8
- 3) (社)日本道路協会：道路維持修繕要綱、p.93, 1978.7
- 4) 建設省技術管理業務連絡会舗装部会：路面性状調査要領(案)、1983
- 5) 建設省道路局国道一課、土木研究所：舗装の維持修繕の計画に関する調査研究、第34回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集、pp.323-362, 1980.11
- 6) 建設省道路局国道一課、土木研究所：舗装の管理水準と維持修繕工法に関する総合的研究、第41回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集、pp.323-362, 1987.10
- 7) 建設省土木研究所舗装研究室：土木研究所資料、新基準調査結果報告、初期調査編(調査要領)、1993.8
- 8) 建設省技術管理業務連絡会舗装部会：舗装データベース実施要領、1983
- 9) 谷口、伊藤、野村、阿部：舗装データベースを用いた供用性曲線作成手法に関する研究、土木学会舗装工学講演会論文集、pp.99-106, vol.8, 2003.12

藪 雅行*



独立行政法人土木研究所
基礎道路技術グループ舗装チーム主任研究員
Masayuki YABU

伊藤正秀**



独立行政法人土木研究所
基礎道路技術グループ舗装チーム上席研究員
Masahide ITO