

道路舗装のアセットマネジメント構築支援技術

中村 博康



株式会社NIPPO 技術研究所研究第3グループ 副主任研究員 (〒140-0002 東京都品川区東品川3-32-34)

近年、道路における中長期的な市場縮小が避けられず、道路の舗装ストックが増大し、その補修には効率的で経済的な維持修繕が求められている。限られた予算で効果的な維持修繕を実施するため、自治体によっては、道路施策における民間活力を活用した多様な管理手法の検討も始まっている。そのような中（株）NIPPOでは、これまでの舗装の調査関連技術に、調査結果のデータベース化とライフサイクルコストの解析技術を組み合わせた「道路舗装のアセットマネジメント構築支援技術」を開発した。本論文では本支援技術の概要について述べる。

キーワード アセットマネジメント、データベース、GIS、LCC、芦ノ湖スカイライン

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期に建設された道路舗装が老朽化し、その補修にはコスト削減の対応策等を考慮した効率的かつ経済的な維持修繕が社会的な要請となっている。そのような中、効果的な維持修繕を実施するため、「限られた予算内で計画的に道路を維持補修し、地域特性にあったサービスを提供する」管理システム、いわゆるアセットマネジメントの考えが普及されつつあり、対処療法的な維持管理から効率的な予防保全型維持管理が求められている。

（株）NIPPOでは、これまでの舗装の調査関連技術（路面性状、構造評価）に、調査結果のデータベース化とライフサイクルコストの解析技術を組み合わせた「道路舗装のアセットマネジメント構築支援技術」を開発した。本論文では本支援技術の概要について述べるとともに、最も費用対効果が高く効率的な維持管理手法の確立に向けて2007年に運用を開始した民間有料道路の芦ノ湖スカイラインにおける事例についても述べる。

2. アセットマネジメントの概念

従来、アセットマネジメントは「資産の運用」という意味で主に金融業界を中心に用いられてきた。これを道路にあてはめると、「限られた予算で、道路を計画的

（効率的）に維持管理する」という意味になる。どのように計画的に管理していくかは、PDCAサイクル [P（計画・立案）→D（実行）→C（チェック）→A（評価）→Pと、維持管理を繰り返し計画的に実施していくマネジメント手法] のようなマネジメントスタイルを構築して、実際に業務で運用して試みる必要があると考える。また、スタイルを構築し実際に運用する上で、

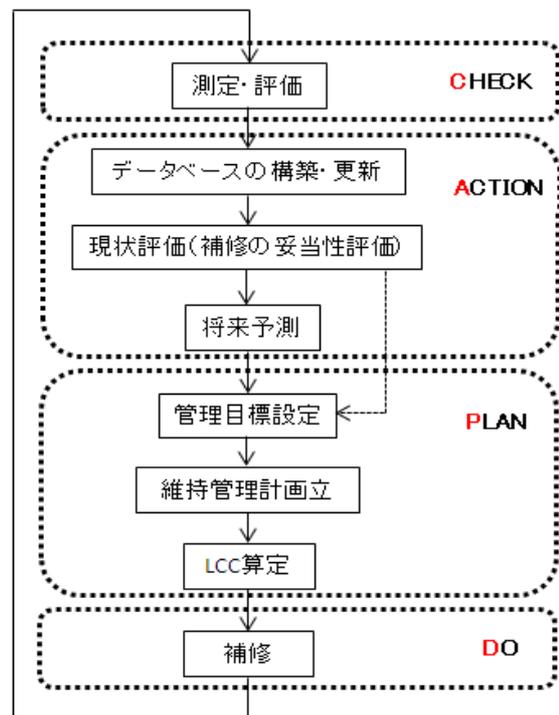


図-1 道路舗装維持管理サイクルの概念図



図-2 「道路舗装のアセットマネジメント構築支援技術」による管理の概念図

過去および現在の調査データを蓄積してデータベースを構築することが重要であると考える。

道路舗装維持管理サイクルによる管理の概念図を図-1に、本支援技術による管理の概念図を図-2に示す。図-2における対応項目は以下の通りである。

- ・CHECK（測定・評価）：測定車による現状健全度の診断および評価
- ・ACTION（検証・見直し）：データベースの構築・更新，測定結果による工事の妥当性評価および将来予測，
- ・PLAN（計画・立案）：管理目標の設定，中長期的な最小LCCの算定，維持管理計画の立案，
- ・DO（補修）：計画した維持修繕工事の実施

3. アセットマネジメント構築のサイクル

(1) CHECK（測定）

a) 路面性状測定車による現状健全度診断および評価

路面性状測定車（Road Scan：ロードスキャン）は、ひびわれ，わだち掘れ，縦断凹凸を測定し，MCI（Maintenance Control Index）にて現状の機能的健全度が把



写真-1 路面性状測定車の外観



写真-2 FWD測定車の外観

握可能であり、さらに、マンホールの一次評価を行うことも可能である。また、測定の間隔としては昼夜間の測定が可能となっている。路面性状測定車の外観を写真-1に示す。

b)FWD 測定車による現状健全度診断

FWD (Falling Weight Deflectometer) 測定車は、たわみ量を測定し、逆解析により残存 T_A を推定し、現状の構造的健全度が把握可能である。FWD 測定車の外観を写真-2に示す。

(2) ACTION (検証・見直し)

a)測定結果による工事の妥当性評価

測定車による現状健全度診断結果から過去の補修工事の妥当性評価を行う。

機能的破損に対しての補修工事の妥当性評価は、ひび割れ率やわだち掘れ量、平坦性の数値の改善、一方、構造的破損に対しての補修工事の妥当性評価は、たわみ量の改善によって判断する。芦ノ湖スカイラインにおいて、必要 T_A に対し残存 T_{A0} が50%未満の箇所ので既設路盤材の上部にてセメント安定処理を行うことで T_A 不足を補えると判断した。施工半年後にFWD測定車によるたわみ量測定を実施したところ、セメント安定処理工法によって修繕された箇所におけるD0たわみ量は最大約7割以上の箇所で改善が、残存疲労破壊輪数も大幅な改善が確認され、補修断面の妥当性が確認された。図-3に補修箇所改善割合を、図-4に補修断面を示す。

b)将来予測

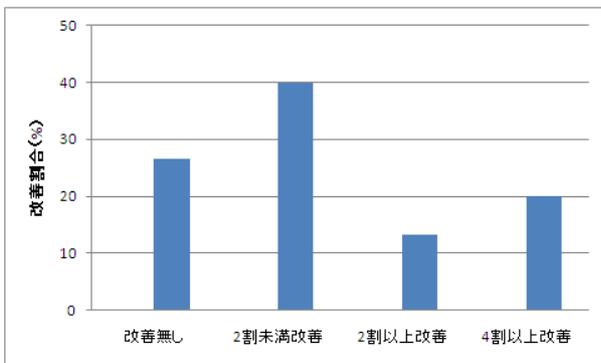


図-3 補修箇所改善割合

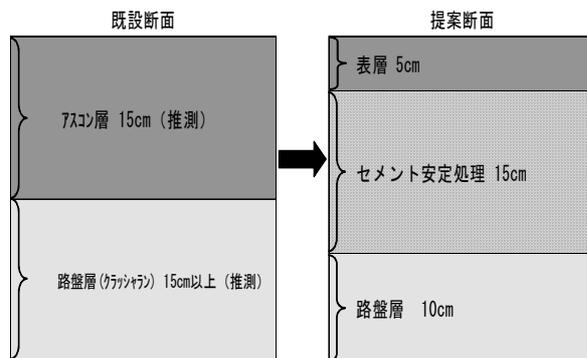


図-4 既設及び補修断面

機能的破損の将来予測は、複数回の調査結果が存在する場合はそれらのMCIより作成した路線ごとの劣化曲線を用いて将来予測を行う。存在しない場合は直近の修繕工法と舗装の供用年数a、車線当たりの交通量bおよび大型車混入率cを説明変数とする線形回帰式である式-1~6より予測する。測定を定期的実施することによって精度の高い劣化曲線での将来予測が可能である。

一般地域：打換え・新設

$$MCI=9.2-0.48*a-0.34*10^4*b-0.22*10^1*c \quad (\text{式-1})$$

一般地域：切削オーバーレイ

$$MCI=9.3-0.51*a-0.49*10^4*b-0.22*10^1*c \quad (\text{式-2})$$

一般地域：表面処理

$$MCI=8.7-0.65*a-0.63*10^4*b-0.20*10^1*c \quad (\text{式-3})$$

雪寒地域：打換え・新設

$$MCI=10.1-0.41*a-0.18*10^3*b-0.10*10^1*c \quad (\text{式-4})$$

雪寒地域：切削オーバーレイ

$$MCI=9.7-0.42*a-0.27*10^3*b-0.45*10^1*c \quad (\text{式-5})$$

雪寒地域：表面処理

$$MCI=10.2-0.71*a-0.44*10^3*b-0.28*10^1*c \quad (\text{式-6})$$

(3) PLAN (計画・立案)

a)管理目標の設定

測定結果より各路線における車線当たりの交通量や大型車混入率によって管理目標値を設定するが、現場条件によっては引き下げた管理目標値によって管理する場合もある。全管理路線において「予防保全型」による管理手法が望ましいが、路線の重要度による予算の制約上「対処療法型」による管理手法となる場合もある。

芦ノ湖スカイラインと直轄国道等の一般道路とでは道路種が異なり、適用に若干の問題が考えられるが、芦ノ

表-1 維持修繕基準

MCI	維持修繕基準
3以下	早急に修繕が必要
4以下	修繕が必要である
5以上	望ましい管理水準

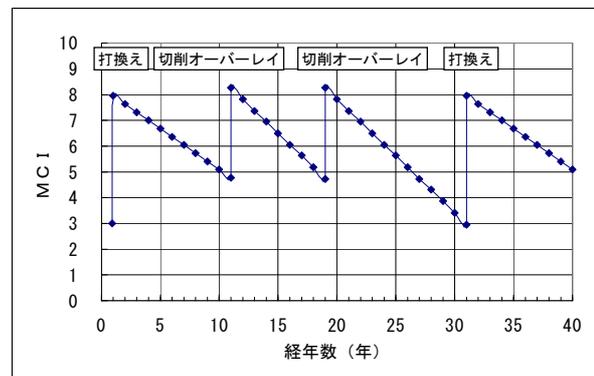


図-5 舗装のライフサイクル (MCIの推移)

湖スカイラインにおいては表-1の維持修繕基準²⁾によってMCI管理目標値を設定した。

b)中長期的な維持管理計画の立案

前述した将来予測と管理目標値に基づき中長期的な維持管理計画を立案し、マネジメントスタイルを構築する。全管理路線における必要な予算の集計を行い、予算内での中長期投資計画を立案する。

c)最小LCCの算定

供用性予測式を用いることにより、任意の設定期間において、修繕工法のパターンをシミュレーションすることができる(図-5参照)。この際使用する予測式には、既存のMCI予測式、過去の測定結果による劣化曲線から得られた予測式、または当社特殊工法のMCIの予測式などを用いることが可能である。なお、当社特殊工法であるスーパーエスマック(高性能マスタック舗装)の回帰式は既往のMCI予測式に対して切片がほぼ同じ値となり、経年数の傾きがその予測式の6割程度となっている。

LCCの試算においては管理区域内全体を試算するネットワークレベルと、個別の区間を試算するプロジェクトレベルとに分類される。ネットワークレベルの試算は、まず管理区域内全体で目標とする路面状態の水準をMCI値にて設定する。次に、補修費用をパラメータにして、前述した式よりMCI値の推移を計算し、設計期間での目標とする路面状態の水準の維持が可能かどうか

検討を行う。図-6の場合、試算時の対象全路線平均MCIが5.5であり、同程度以上で10年間管理していく為に年間必要な予算を示しており、試算は道路管理者費用についてのみ行っている。

プロジェクトレベルの試算は一路線あるいは特定の区間を選定し、道路管理者費用、道路利用者費用、沿道・地域社会の費用を考慮して計算を行う。ネットワークレベルと比べてより具体的なLCCを試算できる。また、費用分析では、試算した期間におけるトータルコストを計算し、各費用項目の構成比をグラフ化して、比較することもできる(図-7参照)。これらの費用分析から、設定した期間において、管理水準以上を維持して、トータルコストが最小となる修繕パターンの検討や、通常工法に代わる特殊工法の提案等が可能である。

(4) DO(補修)

打換え、切削オーバーレイ、オーバーレイ、シール工法、その他特殊工法など、計画した補修工法による維持修繕工事を実施する。また、維持修繕工事後は工事履歴を保管し、次のCHECK(測定)やACTION(評価)に役立てるものとする。

4. 維持管理データベースの構築

(1)GISを用いた維持管理データベースの構築

マネジメントサイクルを構築し実際に運用する上で、過去および現在の調査データを蓄積してデータベースを構築することが重要であるため、当社はGIS(Geographic Information System)を用いたデータベース作成ツールを開発した。道路舗装のデータベースは、舗装の健全度評価や将来の健全度予測の基礎となり、LCC計算・分析等に必要な情報を提供するものである。特に、健全度予測において、対象とする地域における経年予測式等を検討する場合、このデータベースからの情報が重要となる。芦ノ湖スカイラインにて構築したGISによるデータベースを図-8に示す。GISを用いて視覚的に路線の情報を表示することによって、調査結果のみならず路面性状測定時

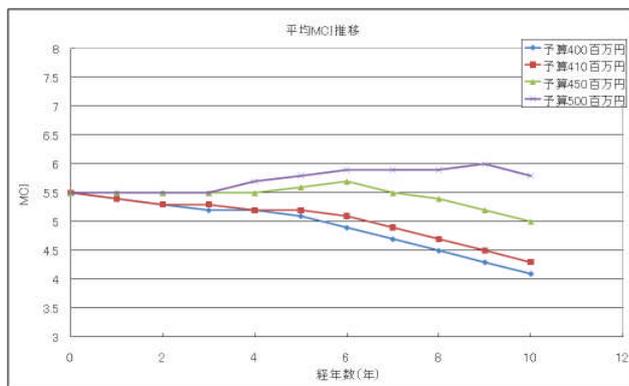


図-6 ネットワークレベルの試算例

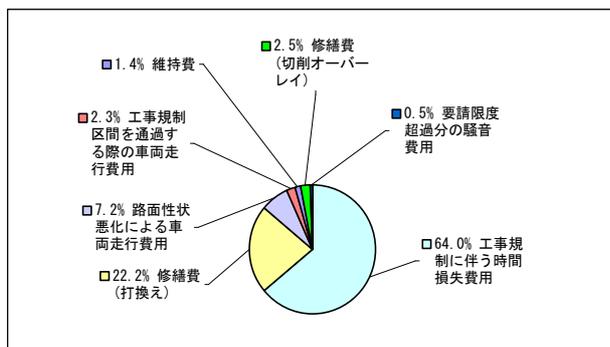


図-7 各費用項目の構成比

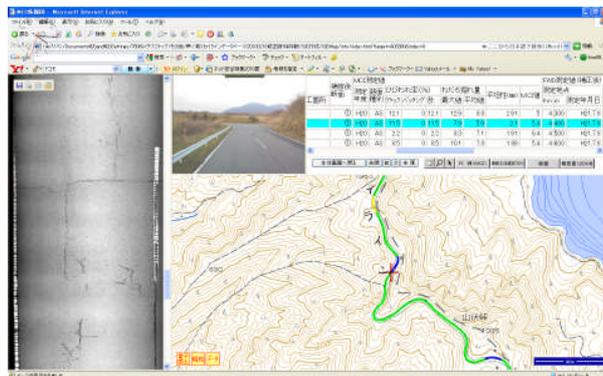


図-8 芦ノ湖スカイラインのデータベース画面

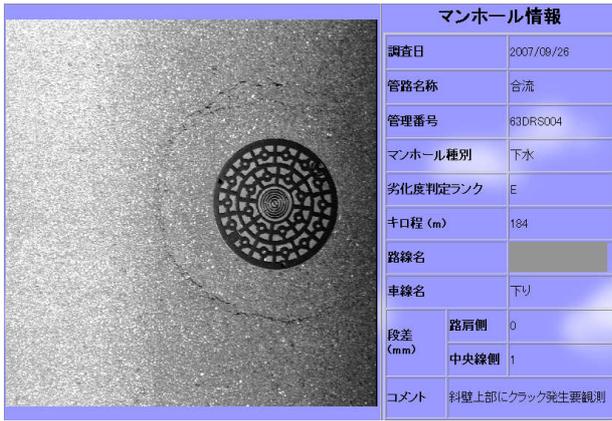


図-9 マンホール劣化度データベース

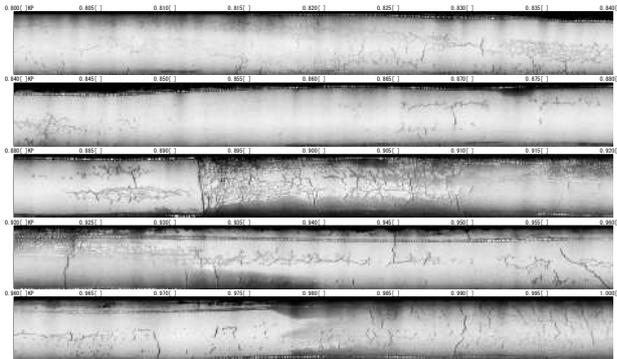


図-10 路面画像出力

における路線の前方映像や路面画像，構造評価結果や管理区間内の修繕履歴をインターネット上で閲覧が可能となった。また，路線の情報を緯度経度座標から直接地図に落とし，レイヤーごとに表示している為，レイヤーを切り替えることによって同地点の情報を確認でき，地形図が変更されても地図の更新が不要になる。さらに，修繕履歴や調査結果の更新はエクセルにて随時作成したものを使用できる汎用性があり，本データベースはインターネットに接続されていて，エクセル及びPDFが閲覧できる環境であればどこでも使用可能である。

従来の管理方法は，使用する地図を購入し，地図上の色分け作業等は全て手作業で行っていた為，作成に多くの費用と時間が費やされていた。しかし，GISによるデータベース管理は，測定箇所の緯度経度が分かれば作成が容易であり，GPSデータから，距離標の無い路線も調査区間を地図上に表示可能である。本技術を用いることによって路面性状測定結果や測定箇所の前方映像，路面画像等を同時に閲覧することができるようになり，効率的なデータベース管理が可能となった。また，オプションにより道路構造物及びマンホール周辺の劣化度のデータベースへの組み込み（図-9参照）や，ひび割れ率が大きな区間の路面画像を出力印刷あるいは電子データで提出（図-10参

照）等ができる。また，本データベースは特別なシステムの構築が不要な為，データベース未構築の一般道においても有効的に活用できるものである。

5. おわりに

道路舗装では，これまで路面性状を中心としたデータベース等の整備によって維持管理されてきたが，近年，これに加えて健全度評価やライフサイクルコストの計算，管理目標等の具体的なシステムづくりが，アセットマネジメントと併行して進められている。

アセットマネジメントは，現状の破損した舗装の問題を解決する舗装維持管理と，将来の舗装の予測や補修・更新費用の最小化の要素を含めた予防保全型の管理と考えられる。

道路舗装におけるアセットマネジメントの利点としては

- ①道路劣化（破壊）の予測が可能となり，適切な維持補修計画の立案が容易になる。
- ②ライフサイクルコストの低廉化が可能で，舗装の更新費が平準化できる。
- ③測定データを全て電子化することで透明性が向上し，説明責任への対応も容易になる。

が挙げられ，これからの道路維持管理時代には必要な技術である。

芦ノ湖スカイラインでは，今後も路面性状および構造評価における追跡調査を定期的実施し，MCIやたわみ量などの指標を用いた芦ノ湖スカイライン独自の経年変化式を作成する予定である。さらに機能的および構造的破損の関連性や簡易的な調査方法，補修断面の妥当性を検討し，舗装の劣化や交通量，修繕履歴等を基に最適な管理手法を確立する為のノウハウを蓄積していく考えである。また，有料道路全体の機能向上として，快適性や安全性を高める手法を検討するだけでなく，施設運営のあり方にも着目していく予定である。

ここで紹介した本支援技術は，いくつかの地方自治体や民間構内道路での維持管理のデータベース構築を支援してきている。今後は，運用しながら改良改善を加え，より良い支援技術にしていく予定である。

参考文献

- 1)建設省：第40回建設省技術研究会報告，昭和61年度
- 2) (社)土木学会「舗装工学」編集委員会：舗装工学，pp. 302～307(1995. 2)