

## V-5 舗装マネジメントシステムの実用化に関する研究

研究予算：運営費交付金（道路勘定）

研究期間：平 13～平 15

担当チーム：舗装チーム

研究担当者：伊藤 正秀、谷口 聡、  
大橋 幸子

### 【要旨】

本研究は、舗装を戦略的に管理するため、道路管理者、道路利用者、沿道住民などの視点からの舗装の管理目標及びライフサイクルコスト算定方法の提案することを目的に研究を実施している。本研究の研究期間中、管理目標設定の考え方について整理を行うとともに、道路利用者、沿道住民などの視点を考慮したライフサイクルコスト算定法の提案を行った。

その結果、道路管理者、道路利用者等の視点を考慮した管理目標の概念を明らかにするとともに、道路管理者、道路利用者等の視点を考慮したLCCの算定方法を提案し、マニュアルにとりまとめることができた。

キーワード：管理目標、アセットマネジメント、管理委託契約、ライフサイクルコスト(LCC)

### 1. はじめに

本研究は、

- 1) 道路管理者、道路利用者、沿道住民などの視点を考慮した舗装の管理目標の提案
- 2) 道路管理者、道路利用者、沿道住民などの視点を考慮したライフサイクルコスト（以下、LCC）の算定方法の提案
- 3) 舗装の管理目標とLCCを考慮した戦略的維持管理手法の提案

を目標に研究を実施している。

13年度から15年度の研究期間中、管理目標設定の考え方について整理を行うとともに、道路利用者、沿道住民などの視点を考慮したライフサイクルコスト算定法の提案を行った。

### 2. 研究方法

#### 2.1 舗装の管理目標に関する検討

管理目標は、行政的な位置づけが明確で、かつ技術的に根拠を持ったものでなければならない。しかし、管理目標を設定するにあたっては、技術的に以下の課題がある。

- ・管理目標の設定に係る検討（設定根拠、管理上の位置づけ等）
- ・モニタリング技術の確立（方法、頻度等）

そこで、海外文献調査を14～15年度に実施し、海外の管理目標の実態を把握するとともに、設定の考え方について整理を行った。

#### 2.2 LCCに関する検討

13年度に算定項目について検討するとともに、道路利用者費用のうち、工事渋滞に伴う車両走行費用及び時間損失費用の算定方法の提案を行った。14年度は沿道及び地域社会の費用のうち、騒音による外部費用および排水性舗装の便益の算定方法の提案を行うとともに、マニュアルの素案をとりまとめた。15年度は、マニュアル素案を現場で試行することにより、算定項目の感度について分析を行った。

### 3. 研究結果

#### 3.1 管理目標

##### 3.1.1 管理目標の概念

管理目標について海外文献調査を14～15年度に実施した結果、設定の考え方については各国で様々な考え方があり、これらを道路管理者、道路利用者等の観点から整理すると、以下の3つに分類することができた。

##### 1) 管理目標・サービス目標

安全性や快適性の観点から道路管理者が守るべき基準である管理基準(Criteria)と道路利用者の観点(渋滞状況、事故率等)から決まるサービス目標に分類される(図-1)。

##### 2) アセットマネジメント

予算配分や政策目標の観点から定められる性能指標値。

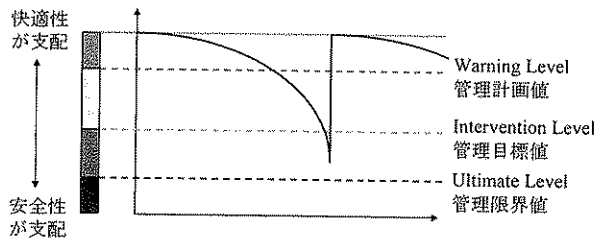


図-1 管理基準(Criteria)の概念

3) 管理委託契約

維持管理を民間に委託した場合に定められる管理目標値。

3. 1. 2 管理目標に関する海外文献調査

3.1.1 の 1)~4)それぞれについて、海外の文献を調査し、管理目標の実態を把握した。

(1) 管理目標値

1) イギリス

路面性状のデータの収集方法や管理水準値の詳細は、資産会計のためのマニュアルである Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) Volume 7<sup>1)</sup>に定められている。

①すべり抵抗の管理目標の設定

道路は条件により 13 のカテゴリに分類され、それぞれのカテゴリはすべり抵抗性 0.30~0.75 までの 8 つのレベルで管理目標値が設定されている。代表的なカテゴリを表-1 に示す。

なお、すべり抵抗性は、すべり摩擦係数が低くなる夏期に 3 回、横すべり摩擦抵抗測定車 (SCRIM) によって測定される。この平均値を、すべり抵抗性の評価値、夏期平均 SCRIM 係数 (MSSC) としている。

表-1 すべりの管理目標値 (抜粋)

カテゴリ	すべり抵抗性
自動車専用道路	0.35 (MSSC50km/h)
2車線 (1方向) 無事故区間	0.35 (MSSC50km/h)
1車線 (1方向) 無事故区間	0.40 (MSSC50km/h)
延長 50m以上 5-10%の勾配、2車線 (下り坂のみ)、1車線 (上下坂)	0.45 (MSSC50km/h)
延長 50m以上 10%以上の勾配、2車線 (下り坂のみ)、1車線 (上下坂)	0.50 (MSSC50km/h)
曲線(制限速度 65km/h 以下を除く)、半径 250m 未満	0.45 (MSSC50km/h)
曲線(制限速度 65km/h 以下を除く)、半径 100m 未満	0.60 (MSSC20km/h)
交差点、横断歩道、鉄道踏切等	0.55 (MSSC50km/h)

②路面特性値の構造評価基準

すべり抵抗を除いた路面特性値の管理目標値は、HRM (High-Speed Road Monitor) で測定される路面凹凸量 (PCV)、わだち掘れ量 (アスファルト舗装)、きめ細かさ (SMTD)、乗り心地を程度により 4 つのカテゴリに分類し、それぞれに重み付けを行い、総得点に応じて対処を行う。

カテゴリは 0~3 の 4 段階で、それぞれ

0: 良好

1: 修繕の必要ない

2: 調査によって優先順位を定め対応

3: 直ちに修繕を行う

である。参考に、わだち掘れ量の分類を表-2 に示す。

表-2 わだち掘れ量の管理目標値

カテゴリ	0	1	2	3
基準値	5mm 未満	5-10mm	10-20mm	20mm 以上

2) ドイツ

ドイツでは、道路種別毎に警告値、修繕基準値、修繕着手値に分けて管理目標値を設定している(表-3)<sup>2)</sup>。

表-3 ドイツのアスファルト舗装の管理目標値

項目	警告値 FK1	修繕基準値 FK2	修繕着手値	
			FK1	FK2
縦断凹凸	≥3cm <sup>3</sup>	≥9cm <sup>3</sup>	≥6cm <sup>3</sup>	≥12cm <sup>3</sup>
横断凹凸	≥10mm	≥20mm	≥10mm	≥15mm
水浸わだち ほれ深さ	≥4mm	≥6mm	≥4mm	≥6mm
すべり抵抗 (80)	≤0.39	≤0.32	≤0.35	≤0.35
すべり抵抗 (60)	≤0.46	≤0.39	≤0.42	≤0.42
亀甲ひび割 れ率	≥5%	≥10%	≥8%	≥20%
パンチング 率	≥10%	≥15%	≥12%	≥20%

※1: 縦断凹凸の測定方法は不明

※2: FK1 と FK2 は幹線道路の上位が 1(高速道路)、中間以下が 2

3) ニューージーランド

ニューージーランドでは、公共投資法第 41 条に基づき、年度報告書”State of Intent”<sup>3)</sup>で路面性状の報告を毎年行っている。”State of Intent”では、推奨値を上回っている程度を道路延長の割合でモニタリングしており、年度毎に達成目標が示されている (表-4)。

表-4 推奨値と達成目標

性能指標	推奨値	達成目標(2004/05年)
すべり	カテゴリ毎に 0.25~0.45(5段階)	98%以上
わだち掘れ	20mm以下	99%以上
平坦性	カテゴリ毎に設定	97%以上
キメ深さ	0.5mm	98%以上

4) オーストラリア

AUSTROADSでは、道路利用者の旅行時間に関する満足度や安全性、沿道住民の観点からサービス水準を決定する指針が示されている<sup>9)</sup>。舗装に関するサービス目標性能の設定例を表-5に示す。これらの水準は、維持管理水準を決定する場合にも用いられる。

表-5 7年後の性能に関する要求事項(例)

サービスクラス	平坦性(IRI)	わだち掘れ深さ
M	1.5~6.0mm/m	30mm程度
A		
B		
C		

(2) アセットマネジメント

1) フランス

フランスでは I.Q.R.N. (国道網品質画像調査)<sup>4)</sup>により客観的な予算配分が実施されている。

I.Q.R.N.は直轄国道の路面性状(すべり、路面の損傷、縦横断平坦性等)を毎年3分の1ずつ調査し、20点満点で評価を行っている。13点未満の場合、修繕の優先権を獲得する。

(3) 管理委託契約

維持管理を民間に委託する契約(以下、管理委託契約)については、世界道路協会(PIARC)の雑誌、"Routes/Roads No.315"<sup>5)</sup>にカナダのケベック州及び南アフリカの SANRAL の事例が紹介されている。また、Bonus&Penalty についてはスウェーデンの事例が紹介されている。

1) カナダ (ケベック州)

ケベック州のハイウェイ 20 Saint-Nicolas は、性能保証を含めた発注で建設された。性能保証期間は5年間である。要求事項はラフネス、すべり抵抗、マイクロテクスチャ、わだち掘れであり、表-5の基準が全ての区間で適用される。評価は各路線上の1km単位を1ロットとして行われる。

表-6 カナダにおける管理目標設定事例

要求事項	試験内容	性能保証期間要求値
平坦性	プロフィールメータ	調査の70% ≤ 2.0 調査の100% ≤ 2.2 冬と夏の差 ≤ 1.0
すべり抵抗	すべり抵抗測定車	ロット平均値 < 55 各測定値 < 55
キメ深さ	サンドパッチ	ロット平均値 > 0.70 各測定値 > 0.55
わだち掘れ	1.8m 直定規	ロット平均値 < 6mm 各測定値 < 10mm

2) 南アフリカ

南アフリカでは SANRAL と呼ばれる特殊法人によって性能発注に関する運営及び管理がなされており、設計施工および管理(DBFO方式)及び供用後の営業権を含む PFI 方式の道路建設が導入されている。SANRAL は、舗装の性能維持に関して表-7に示す管理目標を設定している。

表-7 南アフリカにおける管理目標設定事例

項目	試験内容	目標規格値	備考
平坦性 (IRI)	縦断凹凸量	4.2mm/m	測定距離の95%以上
わだち掘れ量	わだち掘れ量	20mm以上	測定距離の95%以上
キメ深さ	テクスチャ	0.4mm以上	測定距離の95%以上

3) スウェーデン

スウェーデンでは民間に維持管理を委託する性能発注の形態の1つである報奨金・違約金方式(Bonus&Penalty)が試行的に実施されている<sup>3)</sup>。本方式では、1年後及び7年後の性能に関する要求事項が示されている。7年後の性能(わだち掘れ深さ・平坦性(IRI))に関する要求事項を表-7に示す。

表-7 7年後の性能に関する要求事項(例)

i) IRI

IRI(mm/m)	< 1.2	1.2 - 1.4	1.8 - 2.0	2.0 - 2.2
報奨金・違約金	報奨金 €1.0/m <sup>2</sup>	報奨金 €0.5/m <sup>2</sup>	違約金 €0.5/m <sup>2</sup>	違約金 €1.0/m <sup>2</sup>

ii) わだち掘れ深さ

わだち掘れ深さ(mm)	< 4	4 - 6	10 - 12	12 - 15	15 - 17
報奨金・違約金	報奨金 €1.0/m <sup>2</sup>	報奨金 €0.5/m <sup>2</sup>	違約金 €0.5/m <sup>2</sup>	違約金 €1.0/m <sup>2</sup>	違約金 €2.0/m <sup>2</sup>

(4) まとめ

海外の管理目標を調査した結果を性能指標毎に総括すると表-9のとおりとなる。

表-9 性能指標毎の目標値の有無

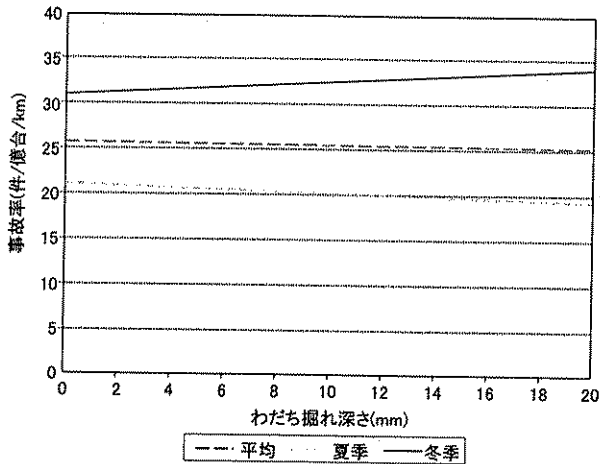
国名	種別	性能指標毎の目標値の有無					
		すり	わだち	平坦	凹凸	水浸	給油
イギリス	管理目標等	○	○	○		○	
ドイツ	管理目標等	○	○	○	○		
フランス	アセット	※	※	※	※		○
スウェーデン	管理委託		○	○	○		
オーストラリア	管理目標等		○	○			
ニュージーランド	管理目標等	○	○	○		○	
カナダ	管理委託	○	○	○		○	
南アフリカ	管理委託		○	○		○	

※：総合指標の構成要素

### 3. 1. 3 管理目標設定の参考となる考え方

管理目標は、行政的な位置づけが明確で、かつ技術的に根拠を持ったものでなければならない。そこで、技術的根拠について参考となる海外文献の調査を行った結果、VTI(スウェーデン国立道路運輸研究所)の報告書<sup>7)</sup>に事故率と路面性状(わだち掘れ深さ、平坦性(国際ラフネス指数: IRI))の関係について示されていた(図-2)。

#### i) 事故率とわだち掘れ深さ



#### ii) 事故率と平坦性(IRI)

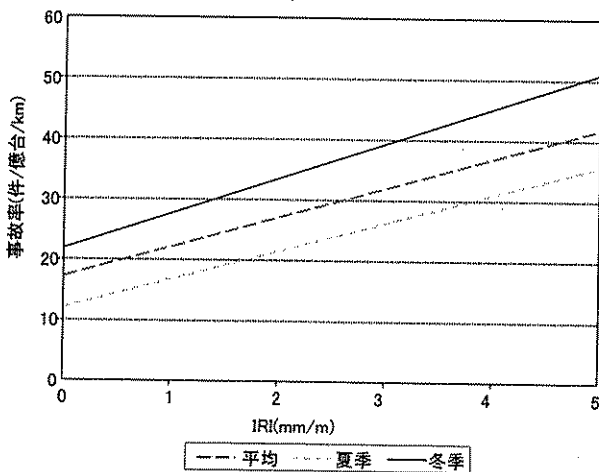


図-2 事故率と路面性状の関係

### 3. 1. 4 結論と今後の課題

本研究で、海外文献により管理目標の考え方を整理した結果、道路管理者、道路利用者等の視点からの管理目標の概念を明らかにすることができた。しかし、具体的な数値目標を設定していくにあたっては以下の課題が残された。

- ・個別の管理目標値の設定(設定背景や根拠の詳細調査、必要な実験による検証)
- ・モニタリング方法の確立(測定頻度、方法)

今後は、個別指標毎に測定法の整理、技術的根拠を裏付けるための詳細な文献調査や実験等を実施したうえで管理目標値を設定する必要がある。また、測定方法や頻度について、国内・海外の事例について詳細に調査するとともに、モニタリング技術の確立を行っていく必要がある。

### 3. 2 LCC

#### 3. 2. 1 LCCの概要

舗装の構造に関する技術基準<sup>7)</sup>において、舗装の設計期間は当該舗装の施工及び管理に係る費用すなわちライフサイクルコスト(LCC)等を勘案して道路管理者が定めるものとされている。最適な設計期間の設定や舗装の適切な管理のためには、LCCを算定する必要がある。

一般に、LCCの視点は以下のとおり整理される<sup>8)</sup>。

#### i) 舗装に特化して考慮すべきもの

①算定項目、②供用性曲線、③分析期間

#### ii) LCC共通の方法論

④貨幣価値の換算方法、⑤割引率、⑥リスク、⑦代替案の比較

本研究では特に①算定項目について、道路管理者、道路利用者、沿道住民などの視点からの算定方法の提案を目的に研究を実施した。

#### 3. 2. 2 LCCの算定項目

ライフサイクルコストの費用項目については、米国連邦道路庁(FHWA)<sup>9)</sup>や世界銀行で開発されたHDM-4<sup>10)</sup>、東京都<sup>11)</sup>等の調査結果から表-10のとおり算定項目案を提案した。

#### 3. 2. 3 道路利用者費用

本研究においては道路利用者費用のうち、工事渋滞に伴う車両走行費用及び時間損失費用の算定方法を提案した<sup>12),13)</sup>。算定手順を図-3に示す。

表-10 LCCの算定項目案

道路管理者費用	調査・設計費用	
	建設費用	
	維持・修繕費用 (廃棄処分費用含む)	
	改築費用 (廃棄処分費用含む)	
道路利用者費用	関連行政費用	
	路面性状悪化	車両走行費用
		時間損失費用
	工事規制区間	車両走行費用
		時間損失費用
迂回	事故費用	
沿道および地域 社会の費用	環境費用	大気汚染(NO <sub>x</sub> )
		騒音
		地球温暖化(CO <sub>2</sub> )

工事渋滞に伴う車両走行費用、時間損失費用の算定に当たっては、表-11に示すように、交通流や車両の状態に応じて算定項目を設定するものとした。また、費用算定項目の選定、影響交通量の算定、遅れ時間の算定にあたっては図-4に示す交通需要累加曲線<sup>14)</sup>を用いるのが便利であることを示した。また、車両走行原単位、時間価値原単位については道路投資の評価に関する指針(案)<sup>15)</sup>等を利用した。

図-3の算定手順を用いて、実道における工事規制区間を用いて試算を実施した。その結果を表-12に示す。その結果、工事区間の道路利用者費用については、工事区間の渋滞時間に大きく左右されるため。表-11の項目のうち、渋滞による時間損失費用とアイドリング費用を考慮し、特に渋滞時間については精度よく算定する必要があることがわかった。

表-11 交通流の特性および車両の状態

CASE	交通流の特性			車両の状態			
	渋滞	規制	需要と容量の関係	減速	停止	渋滞待ち	規制区間通過
A	なり	あり	$D \leq C$	○	×	×	×
B	あり		$D > C$	×	○	○	○
C	解消中		$D \leq C$	×	○	○	○
D		なし	$D \leq C$	×	○	○	×

表-12 各項目の費用算出結果

費用項目	費用
1) 減速による車両走行費用	33,100
2) 減速による時間損失費用	30,591
3) 停止による車両走行費用	446,350
4) 停止による時間損失費用	628,869
5) 渋滞待ちによるアイドリング費用	2,838,338
6) 渋滞待ちによる時間損失費用	65,878,209
7) 工事規制区間通過による車両走行費用	8,221
8) 工事規制区間通過による時間損失費用	479,579
計	70,343,258

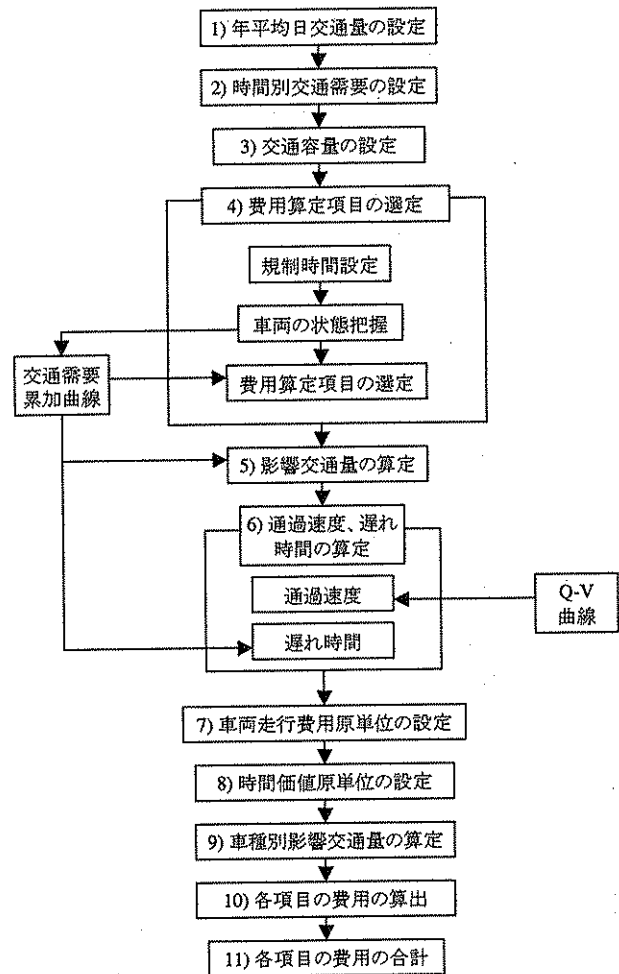


図-3 工事規制区間の道路利用者費用算定手順

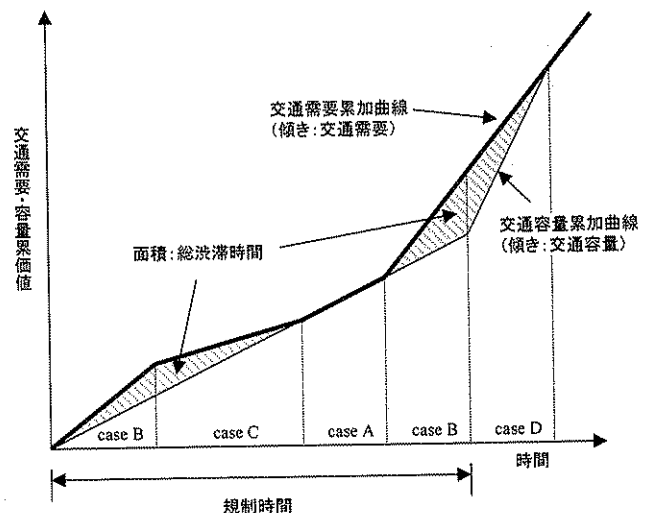


図-4 交通需要累加曲線

### 3. 2. 4 沿道および地域社会の費用

本研究においては沿道及び地域社会の費用のうち、騒音による外部費用の算定方法並びに排水性舗装の騒音低減便益の評価方法について検討を行った<sup>16)</sup>。

算定の考え方は、道路管理者の要求により以下の2通りを提案した。試算例を表-13, 14 に示す。

- ・舗装の要件として、平成12年環境省令第15号で定められた自動車騒音の限度値(要請限度)を超えたとき、外部費用が発生するものとする。
- ・排水性舗装の環境騒音値と通常舗装の騒音値の差を便益として評価する。

なお、騒音の貨幣価値原単位については道路投資の評価に関する指針(案)<sup>15)</sup>を利用した。

表-13 騒音の外部費用のLCC算定結果(千円/km)

	密粒度(A)	排水性(B)	A-B	
道路管理者費用	218,923	241,390	-22,467	
外部騒音費用	DID	60,932	35,501	25,668
	その他市街部	12,063	1,719	5,088
	平地	4,206	599	1,771
	山地	183	26	77

表-14 排水性舗装の便益計算結果

	便益(千円/km)			
	DID	市街地	平地	山地
総便益	60,932	12,063	4,206	183
B/C	2.71	0.54	0.19	0.08

### 3. 2. 5 現場での試行

3.2.1~4の事項をマニュアル素案にとりまとめるとともに、現場での試行を実施した。

#### (1) 試行の目的

##### ①LCCの現場(地整、国道事務所)への浸透

- ・LCC計算への習熟、理解の浸透
- ・本格導入に向けた現場での実施における問題の有無の確認
- ・今回の試行では、LCCの試算を行い、計画案(補修時期、工法選定)を作成し、計画案をLCCにより評価することを目的とする。

##### ②LCCの算定手法に関する課題

- ・妥当な分析期間の設定
- ・工法、タイミングを判断する指標(C, B/C, B-C, E/C)の設定
- ・供用性曲線の精度と適用性の確認
- ・マニュアル記載の計算項目・手法の妥当性の確認

#### ③LCCの現場適用性等の確認

- ・実運用での対象範囲(地域特性、道路種別、新設/修繕等)の確認
- ・プロジェクトレベルとネットワークレベルの整合性の確認  
(個別プロジェクト最適の積み上げと、予算制約、事業展開との整合)
- ・LCCの試算結果と実際に現場において選定される計画案を比較し、相違があった場合は理由について分析を行い、試算方法の改良を行う。

#### (2) 試行の方法

試行のフローを図-5に示す。

#### (3) 試行箇所

事務所毎に代表路線を一つ選定したうえで、工事対象箇所を1つ以上選定した(図-6)。

#### (4) 試算条件

試算条件を以下のとおり設定した。

- ・解析期間：40年
- ・割引率：4%
- ・修繕、改築計画

パターン1：打換え～打換え

パターン2：打換え～切削オーバーレイ～切削オーバーレイ～打換え

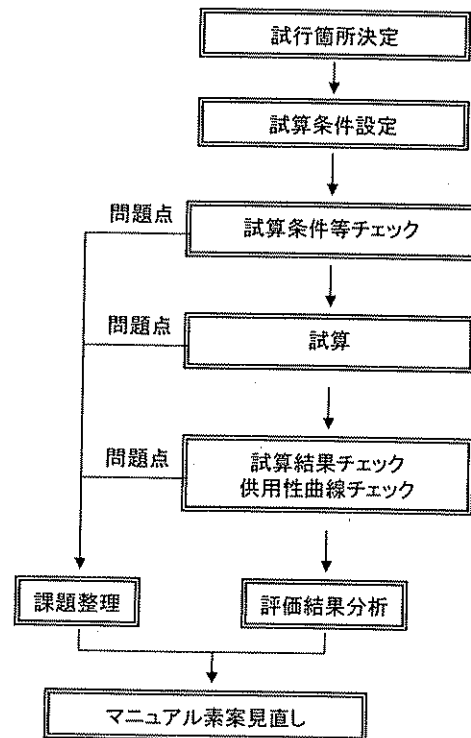


図-5 試行のフロー

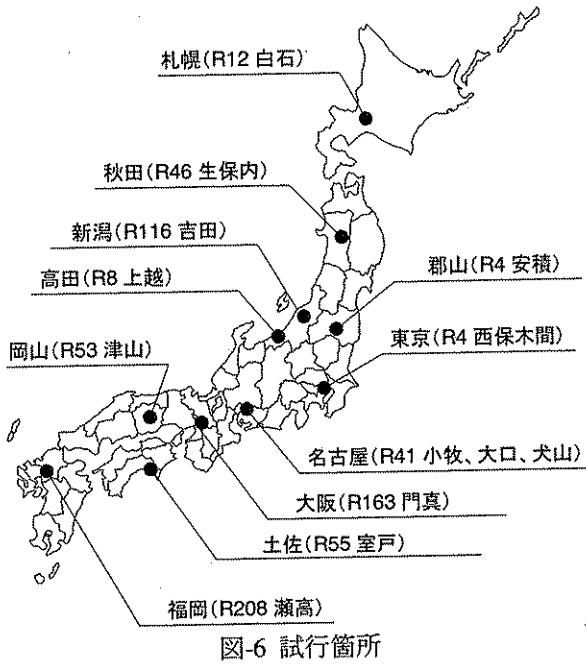


図-6 試行箇所

パターン3：打換え～表面処理～切削オーバーレイ～打換え

パターン4：打換え～切削オーバーレイ～打換え  
(東京のみ)

・路線の特徴(表-15)

表-15 路線の特徴

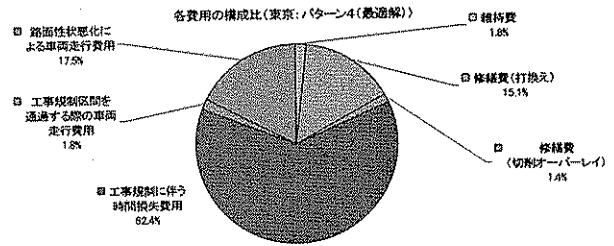
事務所	一般雪寒	沿道状況	交通量	車線数(上下)
札幌	雪寒	市街地	D交通	4車線
郡山	雪寒	平地	C交通	2車線
秋田	雪寒	山地	D交通	2車線
東京	一般	DID	D交通	4車線
新潟	雪寒	平地	C交通	2車線
高田	雪寒	市街地	D交通	4車線
名古屋1	一般	市街地・平地	D交通	6車線
名古屋2	一般	平地	C交通	4車線
名古屋3	一般	山地	C交通	4車線
大阪	一般	DID	D交通	4車線
岡山	一般	DID	C交通	2車線
土佐	一般	平地	B交通	2車線
福岡	一般	市街地・平地	C交通	4車線

(5) 試行結果

LCCの算定を行った結果のうち、東京と秋田の最適解における各費用の構成比を図-7に示す。都心部の渋滞を引き起こす箇所については工事規制に伴う渋滞費用の影響が大きく、逆に地方部の山地においては修繕費や路面性状悪化による車両走行費用の影響が大きい傾向が見られた。これにより、渋滞の影

響が大きい箇所については長寿命化舗装を行う等の方針を示す可能性を見いだすことができた。

i) 東京



ii) 秋田

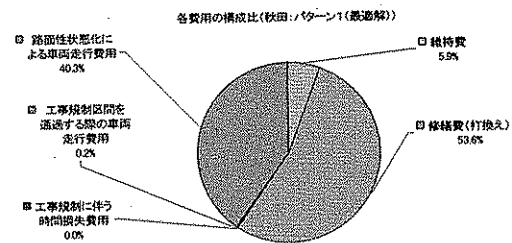


図-7 最適解における各費用の構成比

3. 2. 6 今後の課題

今回の試行を通じて以下の課題が浮かび上がった。

・供用性曲線の精度

今回用いた供用性曲線<sup>17)</sup>が、事務所によってはMCIの劣化が小さく、解析期間内で標準の補修パターンを繰り返すことができなかつたため、現場毎に過去のデータを蓄積して供用性曲線を設定する必要がある。

・設定条件のデータ収集が困難

どのような入力項目がLCCの算定結果に大きく影響を与えるかを見極めて、設定項目の考え方、精度等を検討していく必要がある。

・算定方法の煩雑さ

地方整備局毎に標準設定条件をあらかじめ決めておき、必要に応じて変更できる仕様にする。

4. まとめ

本研究では、道路管理者、道路利用者、沿道住民などの視点を考慮した舗装の管理目標及びライフサイクルコストについて検討を行った。その結果、以下のことがわかった。

1) 海外文献により管理目標の考え方を整理した結果、道路管理者、道路利用者等の視点からの管理目標の概念を明らかにすることができた。

- 2) 道路管理者、道路利用者等の視点を考慮したLCCの算定方法を提案し、マニュアルにとりまとめることができた。

また、舗装の管理目標とLCCを考慮した戦略的維持管理手法の提案のためには具体的な管理目標値の設定や供用性曲線の精度向上等の課題が残された。

今後は、管理目標について具体的な検討を行っていくとともに、現場のデータ収集等を通して供用性曲線の精度向上を行っていく必要がある。

#### 参考文献

- 1) Highways Agency: "Design Manual for Roads and Bridges", Volume 7, Section 3, 2001
- 2) FGSV Verlag: "Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik Heft 780", 1999
- 3) Transit New Zealand: "State of Intent", 2002.9
- 4) 増田:「英仏の社会資本の維持管理実態と戦略(道路を例として)」, PRI Review 第4号、国土交通政策研究所、平成14年5月
- 5) PIARC: "Routes/Roads", No.315, PIARC, 2002.7
- 6) Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI): "The influence of road surface condition on traffic safety (in Swedish)", 2002
- 7) 日本道路協会:『舗装の構造に関する技術基準・同解説』, 平成13年7月
- 8) 国土計画局:『社会基盤投資のためのライフサイクルコスト分析(LCCA)調査』, 平成13年3月
- 9) Walls III et. al.: Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design, FHWA-SA-98-079, 1998.9
- 10) シンほか: HDM-4の概要、舗装、Vol36. No.3, pp.33-37, 2001.3
- 11) 東京都ほか: 長期供用舗装導入に関する調査検討報告書、2001.3
- 12) 谷口ほか:「舗装工事におけるプロジェクトレベルのLCC算定法に関する研究」、土木学会舗装工学論文集第7巻、pp.22-1~10、平成14年12月
- 13) Taniguchi et. al.: 'Estimation of Work Zone User Cost Using Integration Curve', "Proceeding of Maintenance and Rehabilitation of pavements and technological control" pp.835-844, University of Minho, Portugal, 2003.7
- 14) 赤羽: 道路交通の渋滞対策、交通工学、1990.2
- 15) 道路投資の評価に関する指針検討委員会: 道路投資の評価に関する指針(案)、1998.6
- 16) 谷口ほか:「舗装のLCCにおける騒音費用の算定に関する基礎的研究」、第58回土木学会年次学術講演会講

演概要集IV、平成15年9月

- 17) 谷口ほか:「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」、土木学会舗装工学論文集第7巻、pp.99~106、平成15年12月