

積雪寒冷地における舗装のライフサイクルコスト分析

Life-Cycle Cost Analysis for Pavements in Cold, Snowy Regions

清野 昌貴* 岳本 秀人** 石田 樹*** 丸山 記美雄****

Masaki SEINO, Hideto TAKEMOTO, Tateki ISHIDA, and Kimio MARUYAMA

近年我が国において、高度成長期に建設された社会資本の老朽化が進み、その対応に要する費用は近い将来確実に増加・集中していくことが予想される。厳しい財政制約の中で舗装資産を効率的かつ合理的に管理しゆく必要性が大きくなり、その手法の確立が急務になっている。このような中で、ライフサイクルコストや舗装マネジメントシステムの必要性について提唱されてきており、算出手法および運用方法についての研究が各方面で進められている。

北海道の国道も、約 6,400km にわたる大きな社会基盤であり、利用者に対して安全性・快適性等のサービス水準を効率的に確保していく必要がある。

本資料は、モデルケースを設定し、実際にライフサイクルコストを種々の資料を参考にしながら試算を行い、その結果について考察し報告するものである。

《キーワード：ライフサイクルコスト（LCC）、舗装マネジメントシステム（PMS）》

In Japan, many infrastructure elements built during the era of rapid economic growth have become dilapidated in recent years. In the near future, their repair, reconstruction, and maintenance will be necessary, and the costs for these purposes will increase significantly. Pavements must be managed in an efficient and rational manner with a limited budget, and the development of a method to enable such management is imminent. In response, there is a call for introducing the concept of life-cycle cost and a pavement management system. Methods for life-cycle cost calculation and those for operation of the pavement management system are being developed in various engineering subspecialties.

The national highways in Hokkaido, whose length totals about 6,400 km, are a major infrastructure for the region. The level of service needs to be efficiently maintained to afford sufficient driving safety and comfort.

We assumed a model case and its estimated life-cycle cost based on a variety of information. This paper examines the results.

《 Key words : Life-cycle cost (LCC) , pavement management system (PMS) 》

1. はじめに

舗装道路を長期間に渡り健全に保ち、利用者に快適なサービスを提供するには、限りある予算をより効率よく、かつ有効に運用することが求められる。そのためには、舗装-車両-道路利用者-環境を一つの系とみなし、その中で道路管理者費用(建設費、補修費等)と利用者費用(燃料代、渋滞による時間損失等)とを、費用便益分析を通して最適化する考え方が有効である。この考え方を「舗装マネジメントシステム(Pavement Management System : PMS)」と呼ぶ。

PMS は自動車交通の発達が早かったアメリカで1970 年頃から研究が始められ、現在では多くの国でそれぞれの国情に適したシステムの開発や運用を行っている。

北海道開発土木研究所では、積雪寒冷地に適したPMS 開発を研究テーマの一つとし、積雪寒冷な気候条件下に特有の舗装の劣化現象(チェーンによる路面の摩耗、低温収縮による横断ひびわれ、凍結融解作用による路床支持力低下等)を考慮した路面性状予測式の開発、将来の舗装健全度の予測手法、維持修繕計画手法等の検討を行っている。

本文では、スパイクタイヤ使用状況の変化を考慮し、精度向上を図った路面性状予測式を使用した舗装管理支援システムを用いて、プロジェクト及びネットワーク・レベルでのライフサイクルコストのケース・スタディを行い、システムの実地適用に向けた検討の結果を報告する。

2. PMS の概念

PMS の目的は、限られた予算を最も効率的に活用し利用者に安全快適な舗装道路を提供することである。そのために PMS は、舗装道路の計画、設計、建設、維持管理を舗装のライフサイクルと考え、各ステージで評価と将来予測を行いながら、ライフサイクルのトータルコストを最小にする戦略を提供する。

具体的には、舗装路面劣化状況の定期的測定、結果のデータバンク化、右データに基づく将来の劣化予測、予測と経済評価に基づく維持修繕箇所と工法の選定、評価とフィードバック、という流れとなる。

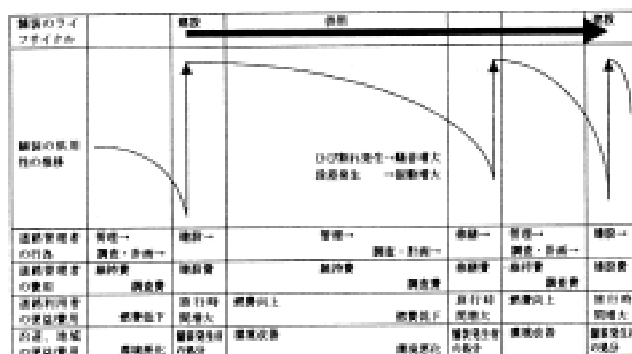


図-1 舗装のライフサイクル

経済評価で考慮する費用は、道路管理者費用、道路利用者費用、沿道住民費用に分けられる。管理者費用には、調査費、建設費、維持修繕費等、利用者費用には、車両走行費用、交通規制による時間損失費用等、住民費用には環境影響等が含まれる。

北海道開発局は、管轄する国道の路面性状を3年に1度の頻度で計測し、舗装データバンクに蓄積している。路面の劣化状態を表すものとしては、わだちぼれ量、ひびわれ率及び縦断凹凸量の3指標を用い、それらを統計処理して求められる総合指標(維持管理指数(Maintenance Control Index :MCI))により、100m 区間毎の路面の劣化状態を評価している。MCI は以下の4式により得られる値の最小値を用いる。

- ① $MCI0 = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47S^{0.2}$
- ② $MCI1 = 10 - 1.51C^{0.3} - 0.30D^{0.7}$
- ③ $MCI2 = 10 - 2.23C^{0.3}$
- ④ $MCI3 = 10 - 0.54D^{0.7}$

ここで、
 C : ひびわれ率(%)
 D : わだちぼれ量(mm)
 S : 縦断凹凸の標準偏差(mm)

式から分るとおり、完全な路面状況では MCI = 10 となり、値が小さいほど路面状況が悪いことを示す。供用開始直後の舗装路面は MCI = 8 ~ 9 を示し、望ましい管理水準は $MCI \geq 5$ 、 $MCI \leq 3$ で早急な修繕が必要とされている。

ひびわれ率、わだちぼれ量、縦断凹凸の標準偏差の将来予測式は、地域別(道央/道南地域、道北地域、道東地域の3区分)及び交通量区分別(L 交通 ~ D 交

通の5区分)に、路面性状データの推移傾向から設定されている。

現在は、道路維持管理担当者が管内の MCI を参考に毎年の修繕計画を立て、維持修繕を実施しているが、ライフサイクルコスト解析までは行われていない。

PMS は、ネットワークとプロジェクトの2つの基本的な作業レベルあるいは運用レベルを持つ手法である。ネットワークレベルでは、投資計画やプロジェクトの優先順位決定を、プロジェクトレベルでは、ネットワークレベルでの実施計画の詳細にわたる計画(設計・工法選定・補修手法選定)を行うことである。

スパイクタイヤの使用が平成2年に法的規制、同4年には罰則適用となり、以降スパイクタイヤの装着率はほぼ0%となった。これに伴い舗装の劣化傾向は当然緩やかなものとなり、特にわだちぼれ量は規制前には年間10mm超だったものが、規制後は2mm以下に激減した。

したがって、現行の路面性状予測式では実際の状態よりも悪い指標が得られてしまうため、スパイクタイヤ規制後の路面性状データから昨年度までに新予測式¹⁾を設定しなおした。これにより MCI の予測誤差が±0.5以内となる割合は66%となり、現行予測式によるものに比べ60%程度精度が向上した。以降のライフサイクルコストのケース・スタディは、この新予測式を用いて行った。

3. 分析ケース内容

3.1 ネットワークレベル分析

ネットワークレベル分析の目的は、道路管理者が、管轄する道路網の中で、どこを、いつ、修繕すればよいのか、を明らかにすることである。ここでは、北海道の一地域を対象にケーススタディを行った。分析の基礎条件は以下のとおりである。

○対象：留萌管内の国道のアスファルト舗装道路網
5路線 延長257km

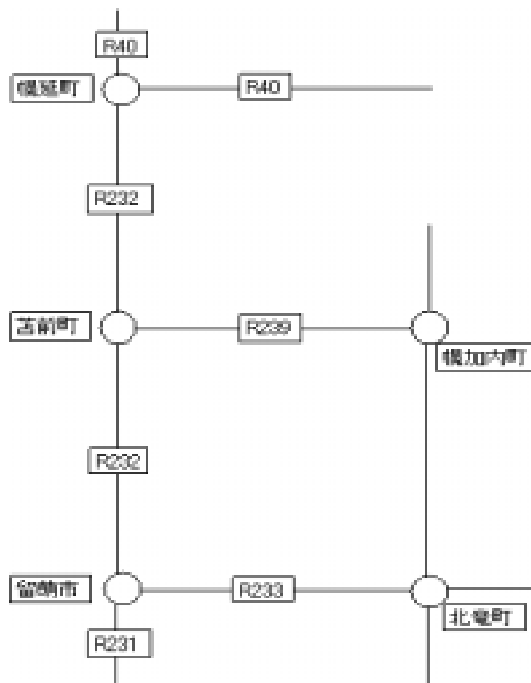


図-2 分析対象道路網

○交通量：平成11年度道路交通センサスの24時間平均交通量(表-1)

表-1 交通量

	台/日		
	小型車	大型車	全車
40号	1,797	907	2,704
231号	4,585	299	4,884
232号	4,400	547	4,947
233号	5,842	3,975	9,817
239号	836	297	1,133

資料：H11センサス(留萌開建管内平均)

○利用者費用：車両速度50km/h時のMCI別走行費用(図-3、4)²⁾

○修繕工法：路面切削+オーバーレイ
(施工費=1,500円/m²)

○社会的割引率：4%³⁾

○分析基準年：平成14年

○分析期間：20年間

○評価区間単位：100m

表-2 ネットワークレベル分析ケース

ケース	条 件
N1	年間の修繕量(=予算)を固定し、MCIの低い区間から順次修繕する
N2	年間の修繕量(=予算)を固定し、修繕後の利用者費用削減量が多い区間から順次修繕する

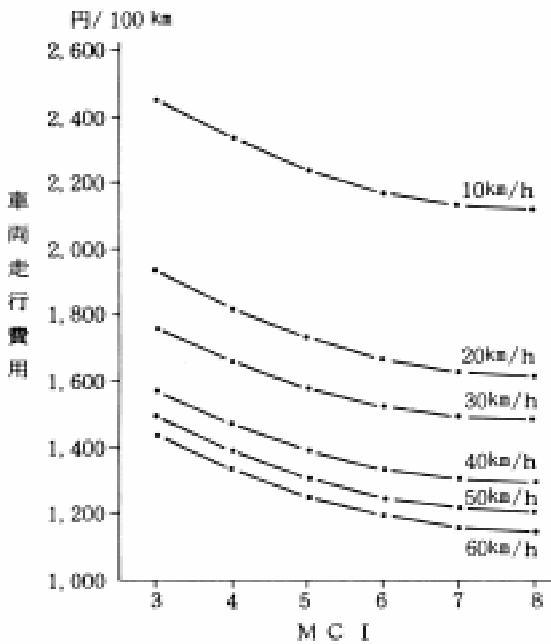


図-3 走行費用とMCI(小型車)

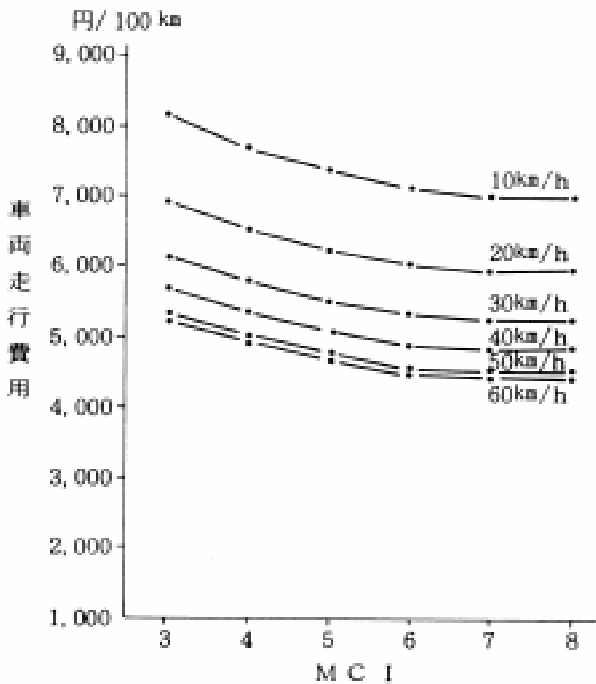


図-4 走行費用とMCI(大型車)

以上の基礎条件のもとで、表-2の2ケースを設定した。

分析のフローを図-5に示す。

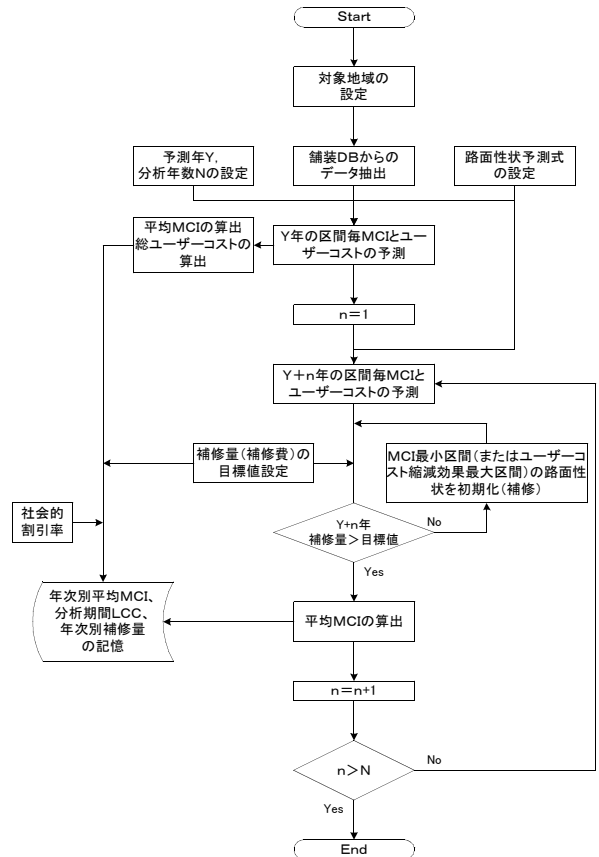


図-5 ネットワークレベル分析フロー

具体的手順は以下のとおりである。

- ①全延長 257km で評価区間 100m 毎に路面性状予測式で1年後の路面性状値を予測
- ②予測値から評価区間毎の MCI を算出
- ③評価区間毎の道路利用者費用を算出
 (例) 国道 40 号のある区間で MCI=3 と予測された場合、
図-3、4から MCI=3 の時、車両走行費用は、小型車で 1,490 円/100km(=1.49 円/100m)、大型車で 5,300 円/100km(=5.30 円/100m)
 交通量は**表-1**より、小型車 1,797 台/日、大型車 907 台/日

従って、当該区間の道路利用者費用は、
 車両走行費用×日交通台数
 $=1.49 \times 1797 + 5.30 \times 907$
 $=7,484.63$ 円/日 となる。

④評価区間の修繕後(MCI=8.3 とする)の利用者費用を算出

⑤全ての評価区間を修繕による利用者費用削減額が多い順または MCI の低い順に並べる

⑥リストの上から年間修繕量の限度まで修繕。ここで、年間修繕量は実績値を参考に 500 千 m^2 (7 億 5 千万円相当) とした。

⑦修繕した区間の MCI を初期化(MCI=8.3)

①ステップ①に戻る。これを 20 年後まで繰り返し 20 年間のトータルコストを比較した。

表-3 は、各ケースの優先順位の決定方法を模式的に表したものである。N1 ケースは、予測 MCI が低い順に並べられることになる。一方、N2 ケースの優先順位決定方法を詳しく説明すると、まず各路線区間の当該年度に修繕を行わない場合 (MCI は予測式より算出した値となる) の利用者費用を算出し、次に修繕を行った場合 (MCI=8.3 とする) の費用を算出する。この両者の差を出し、この差が大きいものから優先順位を付けていくことになる。この表では、区間 c が①と②の差が一番大きいことから、優先順位は 1 番となり、以下その差が大きい順に並べられることになる。

表-3 優先順位の決定

路線	区間	H16年度 予測MCI	当該年度に修繕 を行わない場合 の利用者費用 (=①)(千円)	当該年度に修繕 を行った場合 の利用者費用 (=②)(千円)	差 (①-②)	優先順位	
						N1	N2
R233	a	4.2	10,145	9,088	1,057	4	2
R239	b	3.2	1,020	854	166	3	4
R233	c	3.0	10,861	9,088	1,773	2	1
R40	d	2.9	2,730	2,277	453	1	3

3. 2 プロジェクトレベル分析

前述のとおり、プロジェクトレベル分析では、個々の修繕箇所での舗装設計手法や修繕工法の選定が主目的となる。このことから、ライフサイクルコストの算出において考慮すべきことは、設計/修繕手法を変えて、コストパフォーマンスのよいものを如何に選定するかということである。ここでは、表-4 の現場条件で複数の修繕計画を立案し、比較を行った。

表-4 現場条件

工事延長	300m				
幅員	9.50m 2車線(3.25m×2+1.50m×2)				
交通量	(昼12時間)	交通量 5,814 台/日			
		乗用車	小型貨物車	普通貨物車	バス
	2,947				
	1,616				
(夜12時間)	交通量	1,163 台/日			
		乗用車	小型貨物車	普通貨物車	バス
	687				
	295				
走行速度	60km/h				
工期	切削オーバーレイ	8h/day×3日			
	打ち換え	8h/day×9日			

舗装の設計条件は、路床 CBR3、舗装計画交通量 250 台/日以上 1,000 台/日未満、置換え深さ 70cm、設計信頼性 90 %とし、T A法により表-5 に示す 2 断面を設定した。

表-5 舗装設計断面

層名	種類	等値換 算係数	設計期間10年		設計期間20年	
			信頼性 90%		信頼性 90%	
			厚さ	等値換算厚	厚さ	等値換算厚
表層	密粒度アスコン	1.00	4	2.0	4	4.0
基層	粗粒度アスコン	1.00	5	5.0	5	5.0
上層路盤	As安定処理	0.80	6	4.8	6	4.8
下層路盤	40mm級粗粒材	0.25	55	13.8	60	15.0
凍上抑制層	80mm級粗粒材	0.00	0	0.0	0	0.0
合計			70	25.6	75	28.8
必要等値換算厚			OK	25.2	OK	28.2
設計CBR(%)				3		3
備考				摩耗層有		摩耗層無

ここで舗装の設計期間とは、「交通による繰返し荷重に対する舗装構造全体の耐荷力を設定するための期間であり、疲労破壊によりひび割れが生じるまでの期間」⁴⁾と定義される。ここでは一般的な設計期間である 10 年と 20 年の 2 断面を想定した。当然ながら設計期間が長いと舗装構成断面が厚くなり、建設費用がより多く必要となる。

舗装断面の寿命、すなわちアスファルト層の全層打換えが必要となる時期は、表-5 に示す 10 年設計及び 20 年設計断面について多層弾性理論解析を行って求めた。

解析モデルは図-6 に示す 2 種類の舗装断面に、それぞれ複軸載荷条件を加えており、舗装温度と弾性係数は表-6 に示す条件を用いた。

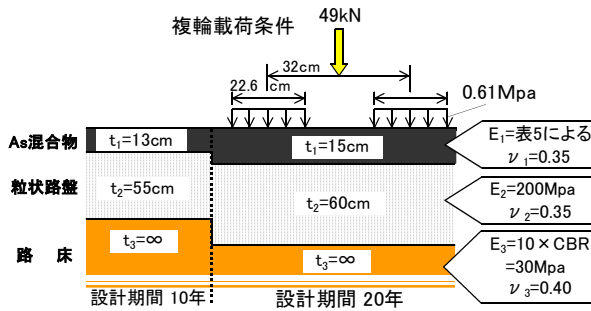


図-6 設計期間10年・20年の舗装断面および各層の材料条件と複輪載荷条件

表-6 アスファルト舗装の温度条件と弾性係数

温度条件	1	2	3	4
舗装温度 (°C)	0	10	20	30
該当する月数	1, 2, 3, 12月の4ヶ月	4, 11月の2ヶ月	5, 6, 10月の3ヶ月	7, 8, 9月の3ヶ月
As混合物の弾性係数 (Mpa)	12000	8000	4000	2000

これらの値を用いて、AIの破壊基準式により疲労破壊輪数を求め、舗装技術基準による旧B交通設計期間10年に対応する疲労破壊輪数1,000,000回/10年との比から、破壊年数を求めた。この際に、信頼性50%として輪数の割増は行わず、疲労破壊までの平均的な期間を求めた。TA法による設計期間10年と20年の断面におけるアスファルト層と路床の破壊年数は、表-7に示すとおり、それぞれ16年と34年となる。

表-7 アスファルト層および路床の破壊年数

設計期間 (年)	10				20				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
As層下面	引張ひずみ ($\times 10^{-6}$)	116	149	219	300	98	127	191	269
	疲労破壊輪数	2,207,873				3,375,656			
	破壊年数 (年)	22				34			
路床面上	圧縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)	351	388	448	501	282	315	367	414
	疲労破壊輪数	1,555,843				3,783,777			
	破壊年数 (年)	16				38			

道路管理者費用は、建設費、修繕費及び改築費を積算資料⁹⁾から作成した(表-8)。

表-8 道路管理者費用

	工法	設計期間	
		10年	20年
建設費	新設工事費	4,634円/㎡	5,182円/㎡
修繕費	表層t=3cmを切削し、同厚で1層舗設する	1,471円/㎡	1,471円/㎡
改築費	As全層を打ち換える	5,193円/㎡	5,820円/㎡

道路利用者費用は、MCI別車両走行費、工事による時間損失費用及び燃料損失費用とした。ここで工事による損失は、表-9、10を用い、走行時間の遅れを2分²⁾、さらに60km/hの走行速度が工事区間では20km/hに低下すると仮定して算出することとした。

表-9 時間価値原単位

(単位: 円/台・分)

車種	平日	休日
乗用車	56	84
バス	496	744
乗用車類	67	101
小型貨物車	90	90
普通貨物車	101	101

表-10 走行費用原単位

一般道路(市街地) (単位: 円/台・km)

速度 (km/時)	車種				
	乗用車	バス	乗用車類	小型貨物	普通貨物
10	27	81	28	42	55
20	20	71	21	35	43
30	17	67	18	32	39
40	16	66	18	31	38
50	16	66	18	32	38
60	17	66	18	33	39

ライフサイクルコストの算出は表-11に示す3ケースで行った。

表-11 プロジェクトレベル分析ケース

ケース	設計期間	修繕工法
P1	10年	アスファルト層総打換のみ
P2	10年	切削オーバーレイ+アス層総打換
P3	20年	切削オーバーレイ+アス層総打換

ライフサイクルコストの分析期間は、一般的には、あるプロジェクトの計画から価値がなくなるまでの期間、即ち寿命として捉えられるが、舗装の場合一律に定めることは難しい。ここでは設計期間の2倍程度を目安に、分析期間を50年とした。

舗装の場合、ライフサイクル終了時にも材料が使用可能であったり、サービス期間が残っていたりといった価値が残るため、MCIが4以下となるまでの年数分の切削+オーバーレイによる修繕費用を残存価

値とした。

修繕工事を行う時期は、MCI < 4 となった時点とした。

4. 結果と考察

4. 1 ネットワークレベル分析

表-12はある年度のN1ケースとN2ケースの優先順位例をわかりやすいように模式的に表したも

MCI の推移を図-7に示す。20年後の管内全路線平均のMCIは、修繕の優先順位をユーザーコスト削減量の多い区間からとした場合のN2ケースが優先順位をMCIの低い区間からとした場合のN1ケースに比べ0.7程度低下している。

表-12 優先順位リスト(例)

優先順位	N1ケース(MCIの低い順)						N2ケース(利用者費用削減量の大きい順)					
	路線	測点	区間番号	交通量	MCI	費用削減額	路線	測点	区間番号	交通量	MCI	費用削減額
1	232	65.3~ 65.4	232-a	4,947	2.7	625	233	37.7~ 37.8	233-a	9,817	3.0	1,773
2	239	277.4~ 277.5	239-a	1,133	2.7	175	233	37.9~ 38.0	233-b	9,817	3.0	1,773
3	40	172.8~ 172.9	40-a	2,704	2.8	455	233	42.1~ 42.2	233-c	9,817	3.0	1,773
4	40	173.9~ 174.0	40-b	2,704	2.8	455	233	37.8~ 37.9	233-d	9,817	3.1	1,694
5	40	174.7~ 174.8	40-c	2,704	2.8	455	233	37.6~ 37.7	233-e	9,817	3.3	1,614
6	233	37.7~ 37.8	233-a	9,817	3.0	1,773	233	41.4~ 41.5	233-f	9,817	3.3	1,614
7	233	37.9~ 38.0	233-b	9,817	3.0	1,773	233	41.6~ 41.7	233-g	9,817	3.3	1,614
8	233	42.1~ 42.2	233-c	9,817	3.0	1,773	233	42.2~ 42.3	233-h	9,817	3.3	1,614
9	232	108.2~ 108.3	232-b	4,947	3.0	622	233	36.1~ 36.2	233-i	9,817	3.6	1,386
10	40	182.6~ 182.7	40-d	2,704	3.0	450	233	41.1~ 41.2	233-j	9,817	4.1	1,095
11	233	37.8~ 37.9	233-d	9,817	3.1	1,694	233	36.2~ 36.3	233-k	9,817	4.7	816
12	232	165.4~ 165.5	232-c	4,947	3.1	609	233	28.8~ 28.9	233-l	9,817	4.7	816
13	232	167.8~ 167.9	232-d	4,947	3.1	609	232	65.3~ 65.4	232-a	4,947	2.7	625
14	232	124.3~ 124.4	232-e	4,947	3.1	609	232	108.2~ 108.3	232-b	4,947	3.0	622
15	40	173.2~ 173.3	40-e	2,704	3.1	434	232	165.4~ 165.5	232-c	4,947	3.1	609
16	40	190.4~ 190.5	40-f	2,704	3.1	434	232	167.8~ 167.9	232-d	4,947	3.1	609
17	40	201.2~ 201.3	40-g	2,704	3.1	434	232	124.3~ 124.4	232-e	4,947	3.1	609
18	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

※ は、N1・N2ケースとも補修区間に選定されている箇所

のである。MCI 順の修繕の優先順位を見ると、利用者コストは順位付けされておらず、コストは考慮されていないことがわかる。一方、N2ケースの利用者コスト削減量が大きい順の優先順位は、交通量の一番多い国道233号の区間が修繕箇所に優先的に選出されており、交通量が優先順位付に関わることがわかる。また、この表からN2ケースでは単純にMCI 順とならないことがわかる。

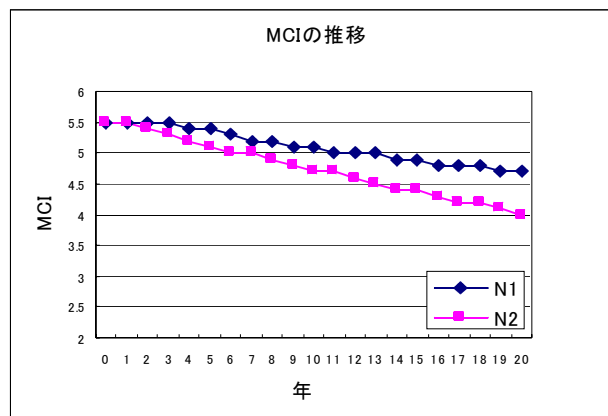


図-7 管内平均MCIの推移

次に両ケースの利用者コストの差を図-8に示す。上述のとおり N2 ケースは管内平均 MCI でケース N1 に劣るものの、利用者コストでは逆に有利な結果となっている。

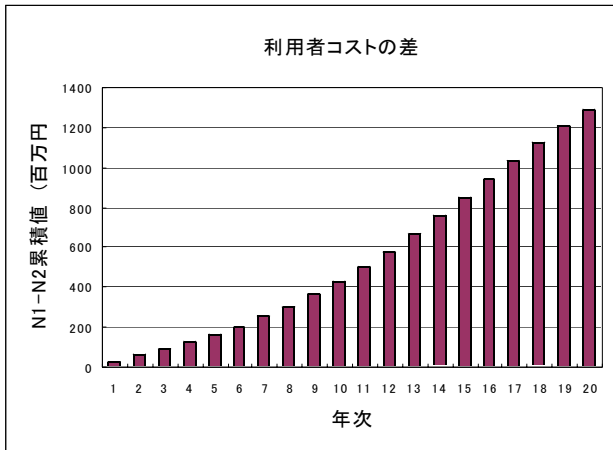


図-8 道路利用者費用累積値の比較

道路管理者費用は両ケースで同額であるので、利用者費用の差がトータルコストの差となり、13 億円のコスト縮減が可能との結果となった(表-13)。

表-13 ネットワークレベル分析結果

ケース	20年後 平均MCI	20年間コスト比較(億円)		
		管理者	利用者	総コスト
N1	4.7	101	1,093	1,194
N2	4.0	101	1,080	1,181
差	0.7	0	13	13

平均 MCI の低下を押しえかつコスト縮減を図るためには、ある管理水準(例: MCI = 3)未満の箇所は無条件で補修するものとし、予算に余裕がある場合に、本ケースのようなコストを考慮した優先順位付を行うことが有効になるものと考えます。

次に、割引率の値を変動させて管理者費用と利用者費用を求める感度分析を行った結果を表-14に示す。

表-14 感度分析結果

		(百万円)		
割引率		2%	4%	6%
N1	管理者費用	12,307	10,120	8,406
	利用者費用	133,110	109,240	90,549
	総コスト	145,417	119,360	98,955
N2	管理者費用	12,287	10,102	8,389
	利用者費用	131,413	107,933	89,535
	総コスト	143,700	118,035	97,923
差	N1-N2	1,717	1,325	1,032

割引率が高くなるにつれて、ケース N1、ケース N2 のコスト差は縮まるが、割引率が最も高い 6%でもケース N2の方が約 10 億円のコスト縮減となる。

4.2 プロジェクトレベル分析

道路管理者費用は、修繕回数が最も多いケース P2 (10 年設計切削オーバーレイ+総打換)で最も高価となり、設計期間を 20 年としたケース P3 は舗装破壊までのサイクルタイムが長くなり、総打換え回数が少ないため最も安価となった。また、路面性状が悪化しても修繕を行わないケース P1 でも、修繕費が削減されケース P3 と同程度のコストとなる(図-9)。

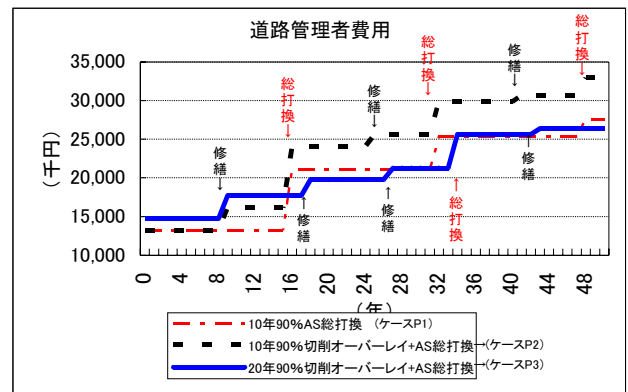


図-9 道路管理者費用

他方、車両走行費用はケース P1 で際立って高くなる(図-10)。

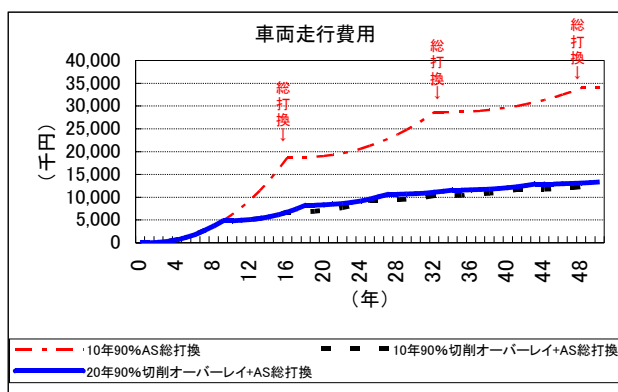


図-10 車両走行費用

これは、ケース P1 では途中で修繕が行われず、破壊が起こるまで供用し続けるため、MCI が一般的管理レベルを超えて大きく低下し(図-11)、走行費用の増大を招くためである。

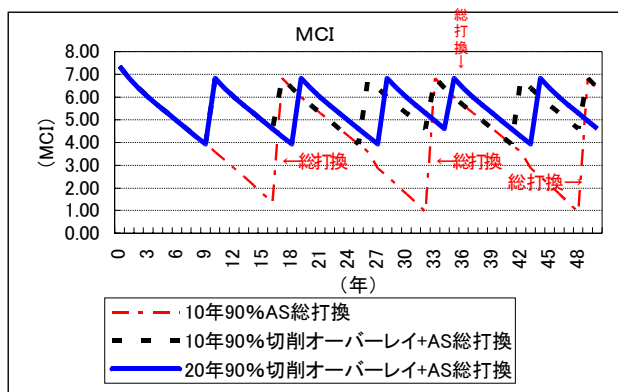


図-11 MCIの推移

工事の交通規制による損失は、修繕回数が最も多いケース P2 で最も高価となり、ケース P3 で最も安価となった。ケース P1 は修繕回数が最も少ないが全工事が総打換で規制期間が長いため、最も安価とはならない(図-12)。

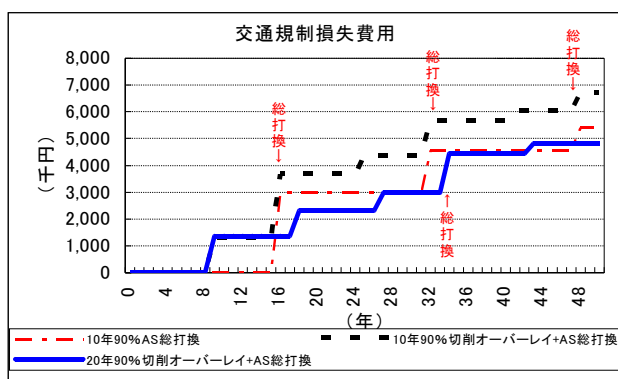


図-12 交通規制損失費用

道路利用者費用全体では、ケース P1 が際立って高く、ケース P2 とケース P3 は同程度である(図-13)。

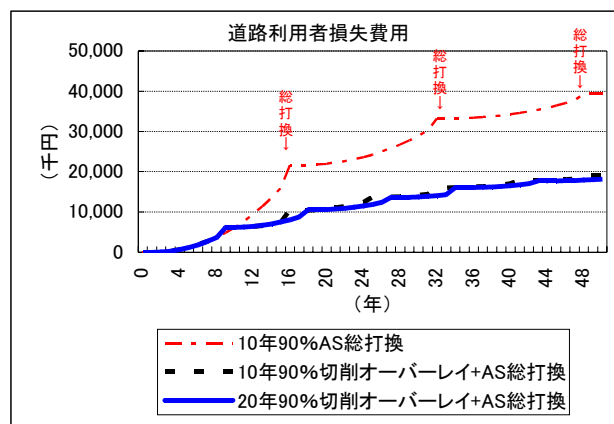


図-13 道路利用者費用

トータルコストを図-14に示す。ケース P3 が最も安く、舗装を長寿命化し、定期的な小修繕を繰り返しながらの供用で総コスト削減が可能である事が示唆された。

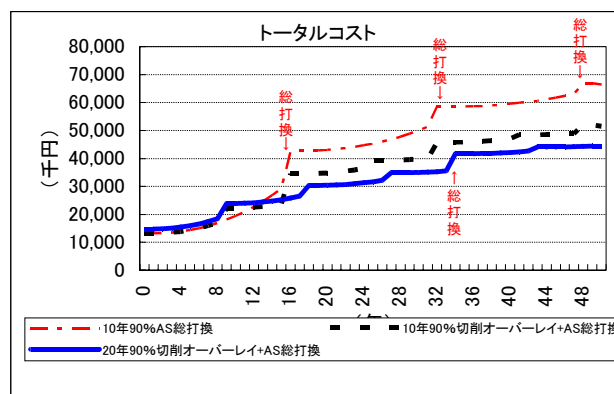


図-14 トータルコスト

5. おわりに

本検討から、道路利用者費用を考慮した道路網修繕計画の優位性と、舗装寿命の長期化によるコスト削減の可能性が示唆された。ただし、今回の検討では、費用の算定、特に道路利用者費用の算定を非常に簡略化して行っている。また、道路利用者費用のうち沿道住民が負担する費用(騒音、振動、大気汚染等)は、MCI との関係が不明で費用換算も難しいため考慮していない。ライフサイクルコスト解析を実地適用に耐えるものとするには、考慮すべき各費用の算定方法を確立し、解析精度を高めることが求められる。

参考文献

- 1) 森,岳本,丸山(2003.3)、積雪寒冷地における舗装マネジメントに向けた路面性状予測について、北海道開発土木研究所 月報
- 2) 舗装の管理水準と維持修繕工法に関する総合的研究論文(1987)、第40回建設省技術研究会
- 3) 道路投資の評価に関する指針(案)(2000)、道路投資の評価に関する指針検討委員会編
- 4) 舗装設計施工指針(2001)、日本道路協会編
- 5) 積算資料(2002)、社団法人経済調査会

清野 昌貴*
Masaki SEINO

北海道開発土木研究所
道路部
維持管理研究室
研究員

岳本 秀人**
Hideto TAKEMOTO

北海道開発土木研究所
道路部
維持管理研究室
室長

石田 樹***
Tateki ISHIDA

北海道開発土木研究所
道路部
維持管理研究室
副室長

丸山 記美雄****
Kimio MARUYAMA

北海道開発土木研究所
道路部
維持管理研究室
主任研究員