

利用者費用を考慮した舗装のLCC解析

北海道開発土木研究所 ○石田 樹*

岳本秀人*

清野昌樹*

積雪寒冷地特有の舗装の劣化を考慮した路面劣化予測式を用い、将来の舗装健全度の予測に基づく舗装修繕計画をライフサイクルコスト解析により行った。道路管理者費用に加え、走行費用等の道路利用者費用の削減を考慮することで従来の修繕戦略よりもライフサイクルコストを低減できることが示唆された。

【キーワード】PMS, ライフサイクルコスト, 利用者費用

1. はじめに

舗装や橋梁などの社会資本の整備と維持管理に対しアセットマネジメントの考えを適用し、コストダウンを図りつつ必要なサービスレベルを確保しようとする動きが活発化している。これらは将来の健全度予測に基づき維持修繕計画をたて、適時適切なメンテナンスを行なうものである。

舗装マネジメントシステムは、ネットワークおよびプロジェクトの2つの運用レベルを持つ。ネットワークレベルでは、道路網全体の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。

本文では両レベルで代替案の選択を行うにあたり、LCC解析に道路利用者費用を考慮したケース・スタディ結果を報告する。

2. ライフサイクルコスト解析手法

LCC解析で考慮する費用は、道路管理者費用、道路利用者費用に分けられる。管理者費用には、建設費及び維持修繕費等、利用者費用には、車両走行費用及び交通規制による時間損失費用等が含まれる。

路面の健全度は、現在国道の評価に用いられている指標を用いた。これはわだちぼれ、ひびわれ率及び縦断凹凸量標準偏差の3

指標を統計処理して求められる総合指標(Maintenance Control Index :MCI)である。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。供用開始直後の路面は $MCI=8\sim9$ 、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。

3. 解析ケース内容

(1) ネットワークレベル解析

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。解析条件は表1のとおりである。

表1 現場条件

対象道路網	国道のアスファルト舗装道路網5路線 総延長267km
交通量	表2
利用者費用	速度50km/h時の車両走行費用(図1,2) ¹⁾
修繕工法	路面切削およびオーバーレイ (施工費 1500円/m ²)
割引率	4% ²⁾
解析期間	20年

表2 交通量条件

	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)

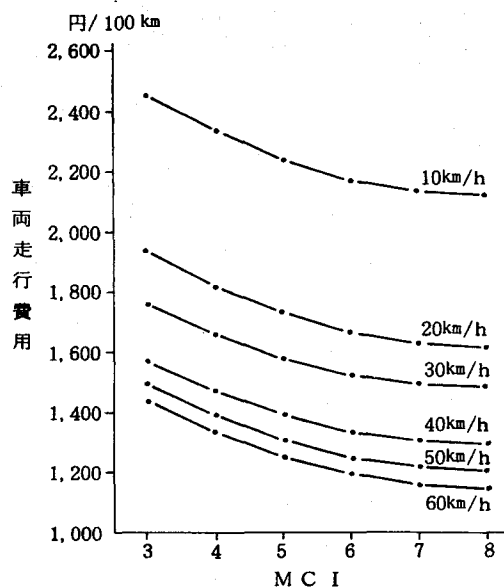


図 1 MCI と走行費用 (小型車)

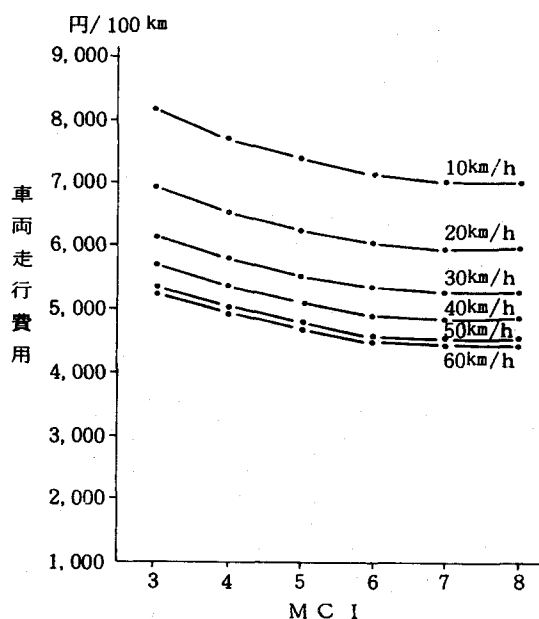


図 2 MCI と走行費用 (大型車)

表 3 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
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大きい区間から順次修繕

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
	(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
走 行 速 度		60km/h			
工 期	切削・バレー	8h/day×3日			
	打ち換え	8h/day×9日			

表 5 舗装設計断面

旧B交通(250台/日以上1,000台/日未満)

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%	信頼性 90%	信頼性 90%
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	

の修繕計画を設定し LCC 比較を行った。

舗装断面は、設計期間を 10 年および 20 年とした 2 断面を想定した(表 5)。設計期間が長いと必要な舗装断面が厚くなり建設費用が高くなるが寿命は長くなる。

LCC 解析には舗装が破壊するまでの時間を求めることが必要となる。破壊時期、即ちアスファルト層の打ち換えが必要となる時期を多層弾性理論解析により求めると想定した両舗装断面の舗装破壊年数は、それぞれ 16 年と 34 年となる(表 6)。

道路管理者費用は、建設費、修繕費及び改築費を積算資料から算出した(表 7)。

道路利用者費用は、前出の 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費用は工事規制による走行時間の遅れを 2 分、さらに走行速度が規制区間では 20km/h まで低下す

修繕箇所の優先順位付け方法を 2 ケース設定した(表 3)。ケース 2 では交通量の多少が考慮されるため、単純に路面状態が悪い順とはならない。

(2) プロジェクトレベル解析

プロジェクトレベル解析では、個々の修繕箇所での舗装設計法や修繕工法選定が主目的となる。ここでは表 4 の現場条件で複数

表 6 舗装の破壊年数

設計期間 (年)		10				20			
温度条件		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	引張ひずみ ($\times 10^{-6}$)	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			

表 7 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 $t=3\text{cm}$ 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/㎡

表 8 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 9 走行費用原単位

一般道路(市街地)

(単位: 円/台・km)

速度 (km/時)	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

ると仮定して表 8, 9 を用いて算出した。

LCC 算出は表 10 に示す 3 ケースで行った。解析期間は、一般的にはある事業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 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、ここでは MCI が 4 以下となるまでの年数分の切削

表 10 プロジェクトレベル解析ケース

ケース	設計期間	修繕方法
P1	10年	アスファルト層総打換のみ
P2	10年	切削は-バ-レイ+As層総打換
P3	20年	切削は-バ-レイ+As層総打換

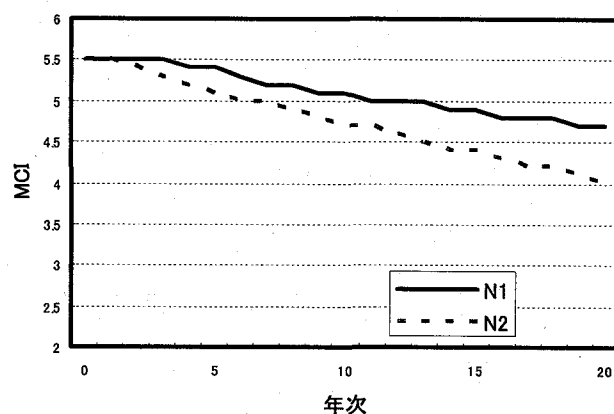


図 3 管内平均 MCI の推移

表 11 ネットワークレベル解析結果

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	1093	1194
N2	4	101	1080	1181
差	0.7	0	13	13

およびオーバーレイによる修繕費用を残存価値とした。修繕工事を行うタイミングは、 $\text{MCI} < 4$ となった時点とした。

4. 結果と考察

(1) ネットワークレベル解析

修繕する区間の優先順位づけを利用者費用削減量の多い区間からとした場合(ケース N2)、20 年後の管内全路線平均の MCI は、優先順位を MCI の低い区間からとした場合(ケース N1)に比べ 0.7 程度低下する(図 3)。修繕費用は両ケースで同額なので利用者費用の差がトータルコストの差となる。利用者費用を考慮した優先順位付けを行なう事で 13 億円のコスト削減が可能との結果となった(表 11)。

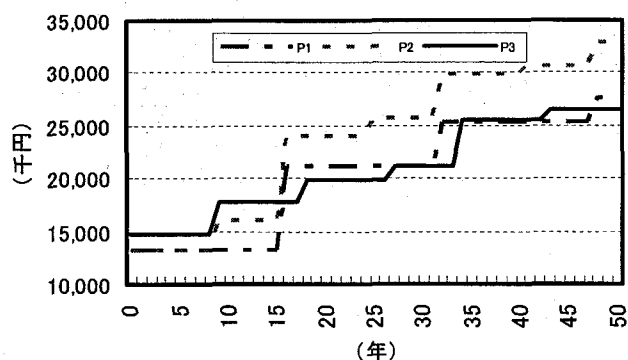


図 4 道路管理者費用

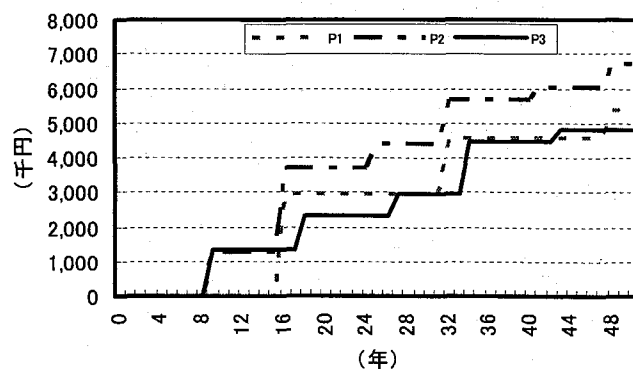


図 6 交通規制損失費用

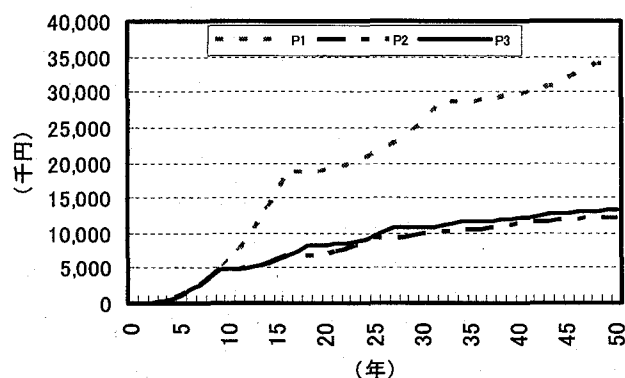


図 5 車両走行費用

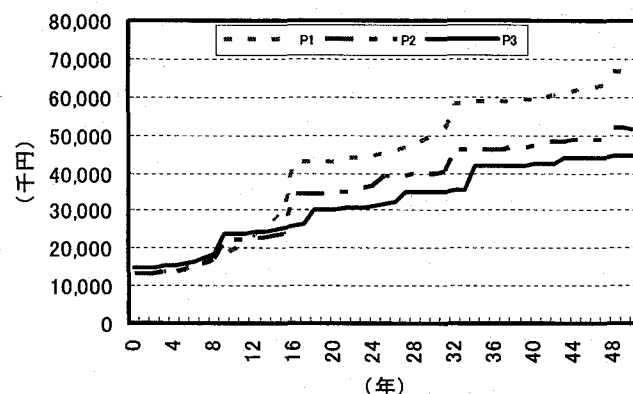


図 7 トータルコスト

(2) プロジェクトレベル解析

道路管理者費用は、修繕回数が最も多い P2 で最も高価となり、設計期間を 20 年とした P3 は舗装破壊までの期間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 P1 でも修繕費が削減され P3 と同程度のコストとなる(図 4)。

車両走行費用は P1 で際立って高くなる(図 5)。これは途中で修繕が行われず、MCI が一般的管理レベル限界(MCI=4)を超えて大きく低下するためである。

工事の交通規制による損失は、工事回数が最も多い P2 で最も高価となり、P3 で最も安価となった。P1 は工事回数が最も少ないが全工事が総打換えで規制期間が長いいため、最も安価とはならなかった(図 6)。

トータルコストでは P3 が最も安価となった(図 7)。このことから設計期間を長期化し、定期的な修繕を繰返しながら供用する事で総コスト削減が可能である事が示唆された。

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事に留意が必要である。また、沿道住民が負担する費用は 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。LCC 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精度を高めることが求められよう。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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