

積雪寒冷地における舗装のライフサイクルコスト分析

(独)北海道開発土木研究所 維持管理研究室 清野 昌貴

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(車両走行費用、工事の影響による損失費用等)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。

本研究では、ネットワークレベルでのライフサイクルコスト(以下LCCと略す)分析のケーススタディを実施し、道路利用者費用を考慮した舗装修繕の優先順位付けを行うことによるLCCの低減効果を明らかにした。さらに、プロジェクトレベルでのLCC分析のケーススタディを行い、舗装の設計期間の見直しによる長寿命化や定期的な舗装修繕を行うことによるLCCの低減効果を明らかにした。

2. 新予測式の作成

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。従って、路面劣化の将来予測をさらに精度よく、現状に合わせるため、スパイクタイヤ規制後の路面性状データから新予測式を設定しなおした¹⁾。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LCC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、北海道の留萌開発建設部内の道路網をモデルとして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：留萌開発建設部管内の国道のアスファルト舗装道路網5路線 延長257km(図-1)

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)

路面評価指標：維持管理指数(Maintenance Control Index: MCI)

利用者費用：車両速度50km/h時の小型車(図-2)及び大型車のMCI別走行費用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

以上の基礎条件のもとで、補修の優先順位付け手法を変えた2ケース(表-2)を分析ケースとして設定し、舗装データバンクを参考に両ケースとも年間補修量500千 m^2 と仮定し、図-3のフローに従いLCCの比較分析を行った。

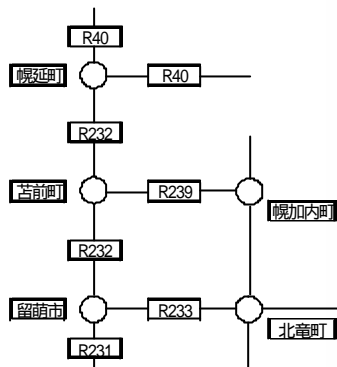


図-1 分析対象道路網

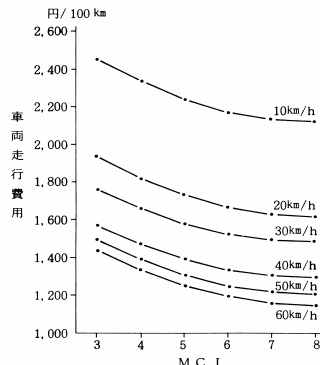


図-2 走行費用とMCI(小型車)

表-1 交通量

路線名	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(留前開建管内平均)

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縮減量大きい区間から順次修繕する

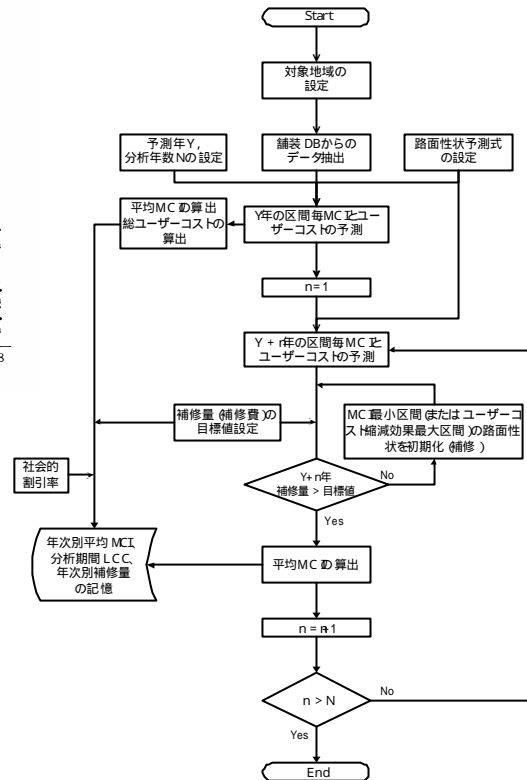


図-3 ネットワークレベル分析フロー

3.2 プロジェクトレベル分析

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、LCC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-3の現場条件で複数の修繕計画を立案し、比較を行った。

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10年設計及び20年設計断面を設定した。

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、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、アス層および路床の破壊年数のうち短い年数時点とした。設計期間10年断面では16年、20年断面では34年となった(表-4)。

表-3 現場条件

工事延長	300m			
幅員	9.50m 2車線(3.25m x 2 + 1.50m x 2)			
交通量	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	1,190	61
	(昼12時間)			
交通量	交通量 1,163 台/日			
	乗用車	小型貨物車	普通貨物車	バス
	687	295	158	23
	(夜12時間)			
走行速度	60km/h			
工期	切削オペレイ	8h/day x 3日		
	打ち換え	8h/day x 9日		

表-4 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	温度条件								
	引張りずみ ($\times 10^{-6}$)	116	149	219	300	98	127	191	269
	疲労破壊輪数	2,207,873				3,375,656			
路床面上	破壊年数(年)				34				
	圧縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)	351	388	448	501	282	315	367	414
路床面上	疲労破壊輪数				3,783,777				
	破壊年数(年)				16				

費用算出項目は、道路管理者費用として初期建設費、修繕費（切削オーバーレイ）、改築費（打換え）とし、道路利用者費用はMCI別車両走行費²⁾と工事による時間損失費用及び燃料損失費用とした³⁾。ここで、工事による車両走行時間の遅れは2分²⁾、さらに60km/hの走行速度は工事区間では20km/hに低下すると仮定して算出を行った

分析期間は50年とし、修繕（切削オーバーレイ）を行う時期は、MCI < 4となった時点とした。また、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。

以上の条件で、LCCの算出を表-5に示す3ケースで行い、比較分析を行った。

表-5 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

4. 結果と考察

4.1 ネットワークレベル分析

表-6はある年度のケースN1とケースN2の優先順位例をわかりやすいように模式的に表したものである。MCI順の修繕(ケースN1)の優先順位を見ると、必ずしもMCIの低い箇所が、利用者費用削減額が大きいとは限らないことがわかる。

表-6 優先順位リスト(例)

一方、利用者費用削減量が大きい順(ケースN2)では、MCIの高低と交通量の双方が優先順位付に関わっていることがわかる。このため、交通量が多い国道233号の区間が修繕箇所に優先的に選出されている。

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-i	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

表-7に両ケースのLCC分析結果の比較を示す。20年後の管内全路線平均のMCIは、修繕の優先順位を利用者費用削減量の多い区間からとした場合のケースN2が優先順位をMCIの低い区間からとした場合のケースN1に比べ0.7程度低くなっている。20年間で101億円の投資に対して、ケースN2では道路利用者費用がケースN1と比較して13億円のコスト削減となった。予算固定のため管理者費用は同額となり、利用者費用(舗装修繕による車両走行費用の低減額)の差が総コストの差となっている。以上の結果が

ら、道路利用者費用は路面性状と交通量の影響を受け、これらを考慮した舗装修繕箇所の優先順位付けを行うことによってLCCの低減が可能であることが示唆された。

表-7 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

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(図-4)。他方、利用者費用はケースP1で際立って高くなる(図-5)。これは、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-6)、走行費用の増大を招くためである。トータルコストを図-7に示す。ケースP3が最も安価となり、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LCCの縮減が可能であることが示唆された。

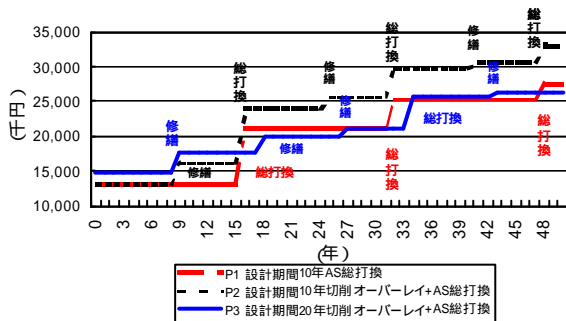


図-4 道路管理者費用

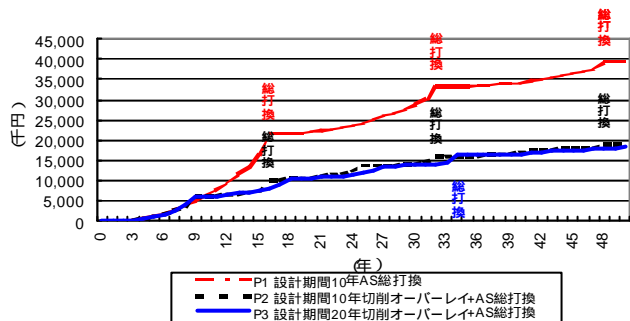


図-5 道路利用者費用

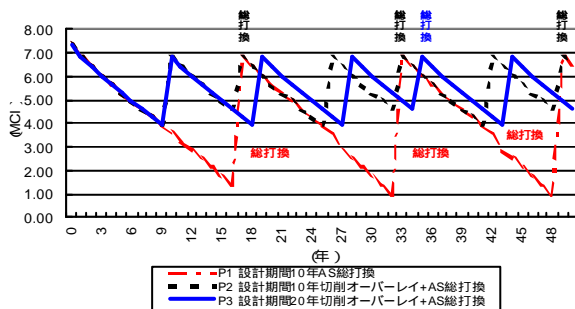


図-6 MCIの推移

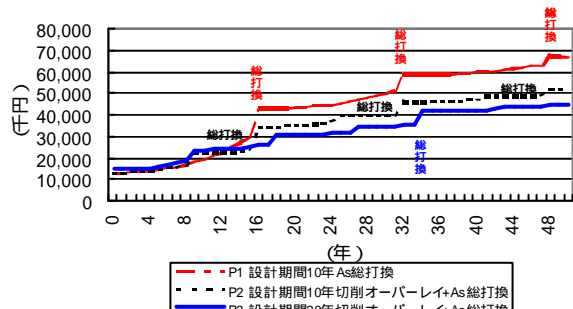


図-7 トータルコスト

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縮減の可能性が示唆された。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