

予防的修繕を考慮した舗装修繕計画策定支援システムの開発

寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○丸山 記美雄
金子 雅之
田高 淳

本研究は、わだち掘れやひび割れなどの舗装路面の機能低下に対して、予防的修繕工法などの維持修繕工法を適用する場合の将来路面状況の推移予測や、舗装維持修繕の年度計画立案を支援するマネジメントシステムを構築することを目的としている。

従来主として行われている切削オーバーレイ工法による修繕に加え、シール材注入や切削工法による予防的修繕に関する機能を追加し、予防的修繕工法を適用した場合の修繕箇所選定や修繕計画立案、および将来の路面性状予測ができるシステムを開発した。これにより、予防的修繕箇所などの選定や、年度計画の立案作業の効率化を図ることができると考えられる。

キーワード：マネジメントシステム、予防的修繕、箇所選定

1. はじめに

維持管理費の削減努力が求められ、限られた予算範囲内で効率的な維持管理を行うことが社会的な要請となっており、北海道開発局が管理する約6,400kmにおよぶ延長の道路舗装に対しても、走行性を一定レベル以上に保ちつつ、効率的に維持・補修していくことが求められている。

また、舗装体の更なる延命と維持管理のコスト削減を目的として「予防的修繕」の視点から修繕候補区間の選定と工法選定を行う試みが平成18年度から実施されている。ここで、予防的修繕とは、舗装の維持管理において、従来主として行われてきた切削オーバーレイに代わり、シール材のクラック注入や切削工法を適用し、一定期間（3年程度以上）同工法の効果を持続させることによって舗装を延命し、コスト縮減を図ろうとするものであり、既存舗装の破損状況を、図-1に示すようなひび割れ率とわだち掘れ量の2つの指標値によって判断し、適用工法を選定するものとなっている。今後は、舗装の修繕候補区間を選定したり修繕計画を立案する場合に、従来の修繕工法に加えて予防的修繕の視点が欠かせなくなるものと考えられる。

そこで、本報告では、膨大な舗装を効率的に維持管理するために、予防的修繕工法を適用した場合の修繕箇所選定や修繕計画立案、および将来の路面性状予測ができる「舗装修繕計画策定支援システム」を開発した結果を紹介するものである。

2. 開発の経緯とシステムの概要

(1) 開発の経緯

予防的修繕工法は平成18年からその導入が進められており、北海道の国道においても施工されて調査が行われている¹⁾ものである。今後、わだち掘れやひび割れなどの舗装路面の機能低下に対して、予防的修繕工法の適用が進められることを踏まえると、予防的修繕工法を含めた様々な維持修繕工法を適用する場合の舗装の現状把握、将来路面状況の推移予測や、舗装維持修繕の年度計画立案を支援するマネジメントシステムを構築する必要があると考えられた。また、積雪寒冷地である北海道において予防的修繕工法を適用する場合には、その地域特性を考慮する必要があり、北海道の地域特性を考慮可能なシステムの開発が必要であると考えられた。

そこで、ひび割れ、わだち掘れ、平坦性、MCIなどの路面性状データをはじめ、過去の舗装工事データ等、これまでに蓄積してきた各種のデータを活用して、積雪寒冷地である北海道において予防的修繕工法を適用した

ひび割れ率	わだち掘れ量					40 mm以上
	0 mm以上 10 mm未満	10 mm以上 20 mm未満	20 mm以上 30 mm未満	30 mm以上 35 mm未満	35 mm以上 40 mm未満	
0 %以上						修繕工法
10 %未満						
10 %以上						
20 %未満						
20 %以上						
30 %未満						シール材注入+切削工法
30 %以上						
35 %未満						
35 %以上						
40 %未満						シール材注入工法
40 %以上						

図-1 予防的修繕の工法区分

場合の修繕箇所選定や修繕計画立案、および将来の路面性状予測ができるマネジメントシステム（舗装修繕計画策定支援システム）の開発に取り組んだ。道路管理者による補修箇所の意思決定ツールのひとつとして資料を提供することが可能なシステムである。

(2) システムの概要

開発したシステムは、路面性状調査データベースを基に、図-2に示す初期入力画面において計算に必要な各種条件（初年度の補修予算、将来の予算伸び率、社会的割引率、車両走行速度、LCC解析年数、補修の参考補修費）を入力し、条件に応じた補修計画を選択・解析するシステムである。従来の切削オーバーレイ工法だけでなく、予防的修繕を考慮した条件設定が行えるように、図-2の赤枠で示す予防的修繕を適用した場合の項目を設けているのが特徴である。システムの機能を大別すると

以下の2つの機能を有する。

- 1) 補修箇所・時期選定支援機能
- 2) 路面性状将来予測機能

路面性状値の劣化予測には表-1、表-2に示す予測式を用いており、ひび割れ率とわだち掘れ量の予測値に応じて、図-1に示すとおり修繕（切削オーバーレイ等）、切削、シール材注入、シール材注入+切削の4種類の工法を適用する。修繕後の初期値の扱いについては、切削オーバーレイで修繕した場合の初期値はわだち掘れ量5.1mm、ひび割れ率0%、平坦性1mmとしており、予防的修繕工法で切削した場合の初期値は、わだち掘れ量は5.1mm、シール材注入後はひび割れ率は変化しないものとして扱っている。なお、予防的修繕工法が適用された箇所は、その後3年間は修繕対照箇所としてカウントしないこととしている。

表-1 各路面性状の予測式（アスファルト舗装）

区分		ひび割れ率	わだち掘れ量	平坦性
道央・道南	L交通	$C_{i+1} = 1.210 \times C_i + 0.776$	$D_{i+1} = 0.991 \times D_i + 1.130$	$S_{i+1} = 0.995 \times S_i + 0.105$ ※ $S_{i+1} \leq S_i$ の時 $S_{i+1} = S_i + 0.01$
	A交通	$C_{i+1} = 1.210 \times C_i + 0.745$	$D_{i+1} = 0.991 \times D_i + 1.166$	
	B交通	$C_{i+1} = 1.210 \times C_i + 0.634$	$D_{i+1} = 0.991 \times D_i + 1.298$	
	C交通	$C_{i+1} = 1.210 \times C_i + 0.295$	$D_{i+1} = 0.991 \times D_i + 1.699$	
道北	L交通	$C_{i+1} = 1.210 \times C_i + 0.049$	$D_{i+1} = 0.991 \times D_i + 1.990$	$S_{i+1} = 0.995 \times S_i + 0.105$ ※ $S_{i+1} \leq S_i$ の時 $S_{i+1} = S_i + 0.01$
	A交通	$C_{i+1} = 1.056 \times C_i + 0.018$	$D_{i+1} = 1.000 \times D_i + 1.258$	
	B交通	$C_{i+1} = 1.056 \times C_i + 0.030$	$D_{i+1} = 1.000 \times D_i + 1.299$	
	C交通	$C_{i+1} = 1.056 \times C_i + 0.075$	$D_{i+1} = 1.000 \times D_i + 1.448$	
道東	D交通	$C_{i+1} = 1.056 \times C_i + 0.213$	$D_{i+1} = 1.000 \times D_i + 1.905$	$S_{i+1} = 0.995 \times S_i + 0.105$ ※ $S_{i+1} \leq S_i$ の時 $S_{i+1} = S_i + 0.01$
	L交通	$C_{i+1} = 1.056 \times C_i + 0.313$	$D_{i+1} = 1.000 \times D_i + 2.236$	
	A交通	$D_{i+1} = 1.170 \times D_i + 0.327$	$D_{i+1} = 1.018 \times D_i + 0.769$	
	B交通	$D_{i+1} = 1.170 \times D_i + 0.313$	$D_{i+1} = 1.018 \times D_i + 0.796$	
道東	C交通	$D_{i+1} = 1.170 \times D_i + 0.261$	$D_{i+1} = 1.018 \times D_i + 0.896$	$S_{i+1} = 0.995 \times S_i + 0.105$ ※ $S_{i+1} \leq S_i$ の時 $S_{i+1} = S_i + 0.01$
	D交通	$D_{i+1} = 1.170 \times D_i + 0.103$	$D_{i+1} = 1.018 \times D_i + 1.201$	
	A交通	$D_{i+1} = 1.170 \times D_i + 0.000$	$D_{i+1} = 1.018 \times D_i + 1.423$	
	D交通			

表-2 各路面性状の予測式（コンクリート舗装）

区分	わだち掘れ量	ひび割れ率	平坦性
全域	$D_{i+1} = 1.040 \times D_i + 0.050$	$C_{i+1} = 1.020 \times C_i + 0.140$	$S_{i+1} = 0.940 \times S_i + 0.240$ * $S_{i+1} \leq S_i$ の時 $S_{i+1} = S_i + 0.01$

The screenshot shows the '作成条件設定' (Setting creation conditions) window. It includes fields for '初年度予算' (1,000,000 千円), '伸び率' (0%), '割引率' (2%), '基準年度' (H18), '作成年数' (15), '補修初年度' (H19), and '終了年度' (H33). There are also radio buttons for '走行速度' (30, 40, 50, 60 km/h). The '資料作成対象の計画区分' (Planning area for material creation) section has '補修額固定' (Fixed repair amount) and '管理目標値固定' (Fixed management target values) options. The '管理目標値固定' section includes checkboxes for 'MCI ≤ 3.5', '平均MCI = 5.7', 'ひび割れ率 ≥ 30%', 'わだち掘れ量 ≥ 30.0 mm', and 'ひび割れ率 ≥ 30%かつわだち掘れ量 ≥ 30.0 mm'. The '予防的修繕' (Preventive repair) checkbox is checked, and the '平均わだち掘れ量' (Average rut depth) is set to 30.0 mm. The '補修単価' (Repair unit price) section has '修繕' (2,400 円/㎡), 'シール材注入+切削' (540 円/㎡), '切削' (520 円/㎡), and 'シール材注入' (20 円/㎡) options.

図-2 開発したシステムの初期入力画面

3. システムの機能

(1) 補修候補箇所・時期選定支援機能

補修候補箇所・時期選定支援機能における具体的な作業フローを図-3に示す。最初に、対象とする道路網や各種の計算条件を入力すると、路面性状調査データを基に、システムが将来の路面性状を自動予測し、予測結果に基づいて最大15年後までの修繕候補箇所の選定と修繕実施時期の選定を図-4に示すように自動的に行う機能である。必要に応じて、システムによる自動選定の後に道路管理者が計画を修正できるようにもなっている。最終的に、確定した各年度の修繕箇所、工法、工事費を図-5のように一覧表の形式で帳票表示できる。

一般に道路管理者が補修計画を立案する場合には、巡回パトロールや路面性状値をもとに、将来（数年分）の補修箇所を選択し、予算を考慮した優先順位付けを行い、補修を実施するが、本機能はこの一連の作業を支援するものと位置づけられる。このようなシステムによって、効果的、効率的な補修計画の立案を容易に行うことが可

能になると考えられる。

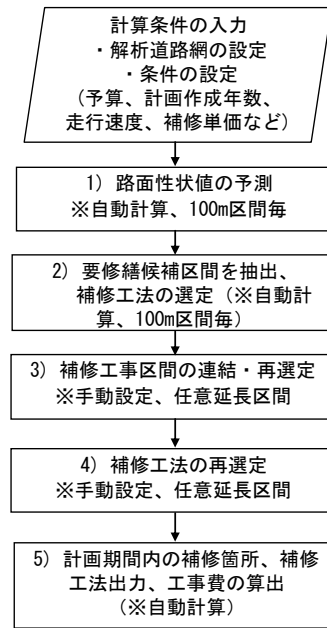


図-3 補修箇所・時期選定機能のフロー

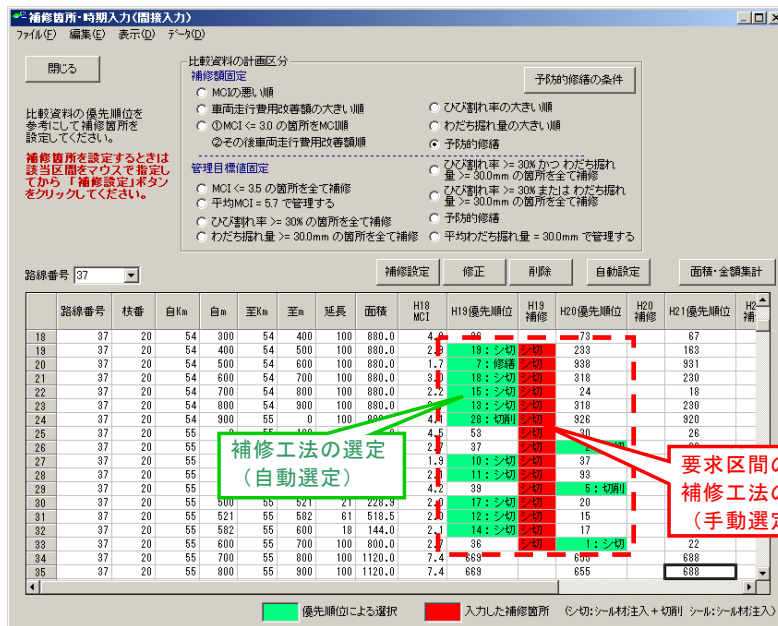


図-4 予防的修繕工法における修繕箇所・時期選定画面

No.	年度	路線	枝番	自Km	自m	至Km	至m	延長	面積	工法	単価	金額	備考
1	H19	37	20	54	400	54	500	100	880.0	シール材注入+切削	540	475,200	
2	H19	37	20	54	500	54	600	100	880.0	シール材注入+切削	540	475,200	
3	H19	37	20	54	600	54	700	100	880.0	シール材注入+切削	540	475,200	
4	H19	37	20	54	700	54	800	100	880.0	シール材注入+切削	540	475,200	
5	H19	37	20	54	800	54	900	100	880.0	シール材注入+切削	540	475,200	
6	H19	37	20	54	900	55	0	100	880.0	シール材注入+切削	540	475,200	
7	H19	37	20	55	200	55	300	100	1090.0	シール材注入+切削	540	588,600	
8	H19	37	20	55	300	55	400	100	1090.0	シール材注入+切削	540	588,600	
9	H19	37	20	55	400	55	500	100	1090.0	シール材注入+切削	540	588,600	
10	H19	37	20	55	500	55	521	21	228.3	シール材注入+切削	540	123,606	
11	H19	37	20	55	521	55	582	61	518.5	シール材注入+切削	540	279,990	
12	H19	37	20	55	582	55	600	18	144.0	シール材注入+切削	540	77,760	
13	H19	37	20	55	600	55	700	100	800.0	シール材注入+切削	540	482,000	
14	H19	37	20	62	300	62	400	100	950.0	切削	520	494,000	
15	H19	37	20	62	400	62	500	100	1000.0	切削	520	520,000	

図-5 補修箇所と工事費の出力帳票

(2) 路面性状将来予測機能

予防的修繕をはじめ、予算や管理目標など様々な条件で維持修繕を行った場合の、将来的な路面性状値の推移を予測する機能である。予測は最大40年まで可能である。この機能により、道路管理者が中長期的な道路の管理計画を立案する場合に、路面性状や費用の推移を試算することによって、施策の妥当性を検討することができると考えられる。

計算の例として、北海道内の国道で予防的修繕工法のみを適用した場合の今後40年の平均路面性状値の推移を図-6に示す。なお、計算条件は以下のとおりである。

対象道路網：全道

実施工法：予防的修繕

予算、伸び率：予算の上限設定なし、伸び率0%

分析年数：40年

図-6より、予防的修繕のみを適用した場合には、ひび割れ率やわだち掘れを主として路面性状値が低下していく傾向となる結果となった。

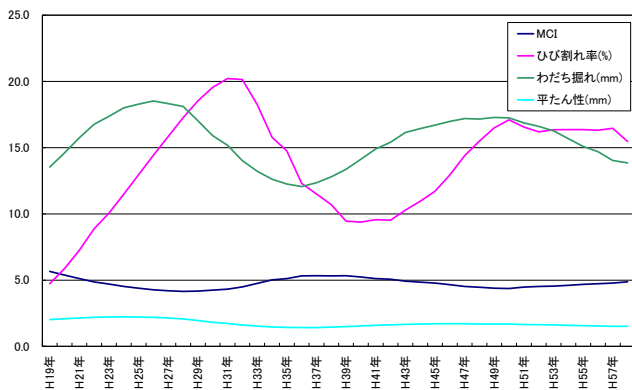


図-6 予防的修繕を適用した場合の路面性状将来予測の計算例

4. 試験運用による意見の収集

舗装修繕計画策定支援システムの課題点や改良点を抽出するために、北海道開発局の4つの道路事務所の舗装維持修繕担当者を対象にシステムを試験的に使用してもらい、開発したシステムに対する意見収集を行った。その結果、システムの操作や入力方法などを中心に表-3の様な意見が得られた。これらの意見を含め、システムの利便性や実用性を高める努力を今後続ける必要があると考えられた。

5. まとめ

本研究をまとめると以下のとおりである。

(1) 従来主として行われている切削オーバーレイ工法による修繕に加え、シーリング材や切削工法による予防的修繕に関する機能を追加し、予防的修繕工法を適用した場合の修繕箇所選定や修繕計画立案、および将来の路面性状予測ができる舗装修繕計画策定支援システムを開発した。

(2) 本システムにより、予防的修繕箇所などの選定や、年度計画の立案作業の効率化を図ることができると考えられる。

操作性の改善や、出力帳票形式などについては現在も改良を鋭意進めている段階である。維持修繕の実務担当者による試用などを経て、実用性の高いものにしていきたいと考えている。

参考文献

- 金子、田高、丸山：舗装における予防的修繕工法に関する現地調査（第2報）、寒地土木研究所月報 第667号、2008年12月

表-3 意見収集で挙げた改善点

<p>補修箇所の自動選定について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・100m区間での評価でなく、1000m単位の方が実用的でないか。 ・隣接する区間の工事が多年度にまたがらないよう、一括して扱うことができないか。 ・連続区間として扱う延長を任意で設定できないか。
<p>補修箇所・時期選定の手動設定の操作性向上</p> <ul style="list-style-type: none"> ・補修工法を変化すると費用も一緒に変更されるのが望ましい。 ・コピーや貼付けできるようにして、操作性を向上してほしい。 ・複数の区間を一度に指定して変更できる方がよい。
<p>システムの機能について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・予算の平準化方法を試算、提案する機能を追加してほしい。