

維持管理, MCI, 劣化予測

早稲田大学 学生会員 ○土師健吾  
早稲田大学 国際会員 赤木寛一  
早稲田大学 学生会員 Reiher Michael

1. はじめに

世界的な景気の動向や国内の少子高齢化に伴い社会資本への投資が制約を受けざるを得ない近年, 我が国では高度経済成長期に建設された社会資本が一斉に老朽化を迎え, その補修にはコスト削減の対応策等を考慮した合理的かつ経済的な維持管理が求められている. このような状況のなか, 限られた予算内で効果的な維持管理を実施するアセットマネジメントの考えが注目されており, 今日の社会資本の分野において, 対処療法的な維持管理から効率的な予防保全型維持管理への移行が求められている.

本研究は, ある大型車交通量が少ない道路を対象に, 路面性状点検結果をもとにその劣化の状態を調べ, 劣化予測を行うことで, 将来の修繕の最適なタイミングを算出し, 限られた予算内での効率的な維持管理システム構築を試みたものである.

2. 研究概要

2.1. 路面性状点検データの補間

本研究の対象である道路では, 路面性状の維持管理のため, 舗装の表面を評価する MCI を毎年測定している. しかし, この値は測定時の誤差が大きく, 尚且つ測定を始めたのが最近であるためデータ総数が少ない, というふたつの課題を抱えている.

まず, MCI 測定値の持つ誤差を修正する. 各測定地点における各年の測定値を各々グラフにまとめ, 図1のような理想的な劣化曲線に近似させることで, 各年の測定値の修正値を算出する.

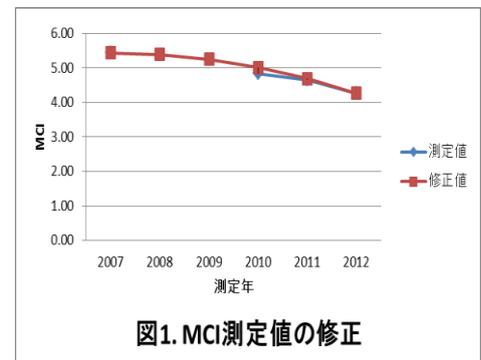


図1. MCI測定値の修正

次に, MCI 測定値から新たな MCI の値を補間する. はじめに, 表1のように MCI 測定値から, その最小値及び最大値を求める. そして, 表2のように MCI の各 0.05 毎の範囲における測定値の分布を計測し, (測定値のデータ総数 - 分布数)/総数 を算出する. ここで求めた値は, 後の乱数代入を容易にするものである. すると, 表2から図2のような測定値の分布図を描く事ができ, この分布図を直線式  $y = -ax + b$  で近似する. ここで得られた近似式の傾き  $a$  と  $y$  切片  $b$  の値を用い, 表3のように近似式の  $y$  に 0 以上 1 以下の乱数を代入することで, 新たに MCI の値を補間することが出来る.

表1. MCI 測定値

測定地	20**年 MCI測定値
1	3.28
2	3.77
3	4.76
4	5.78
5	5.96
.	.
.	.
61	6.73
62	4.37
63	5.79
最小値	3.28
最大値	6.77
総数	63

表2. MCI 測定値の分布

MCI	分布数	総数-分布数	(総数-分布数)/総数
		63	
3.2	0	63	1
3.25	0	63	1
3.3	1	62	0.9841
3.35	0	62	0.9841
3.4	0	62	0.9841
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
6.7	1	3	0.0476
6.75	2	1	0.0159
6.8	1	0	0

表3. 乱数を使った MCI の補間

傾きa	-0.289	
y切片b	2.0644	
	乱数	20**年 MCI補完値
1	0.2451	6.2953
2	0.2673	6.2182
3	0.5060	5.3924
4	0.9535	3.8438
5	0.2088	6.4208
.	.	.
.	.	.
.	.	.
998	0.5971	5.0772
999	0.9028	4.0195
1000	0.2965	6.1172

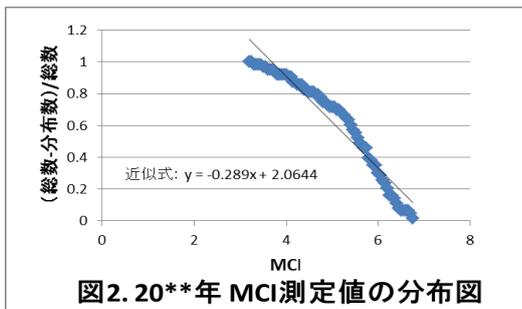


図2. 20\*\*年 MCI測定値の分布図

## 2.2. 路面性状の劣化予測手順

2.1 で修正を加え十分な数のデータ数を補間した MCI の値を用いて、劣化予測を行う。まず、表 4 のように MCI の評価値によって state を設定し、state 毎に存在する MCI のデータ数を計測する。次に、表 5 のように state 毎に存在する MCI のデータ数をデータ総数で割ることで、MCI 補間値の分布率を算出する。ここで、表 6 に式(1)のような推移確率行列を設定し、表 5 の値を用いて翌年の MCI の予測分布率を表 7 のように算出する。最後に、表 5 の MCI 補間値の分布率と表 7 の MCI の予測分布率の誤差を表 8 にまとめ、この値がより小さい値となる推移確率行列を算出する。

以上の過程を、修繕の有無によって分類した MCI 測定値をもとに、各々劣化予測を行うと図 3 が得られた。

表 4. State 毎の MCI のデータ数

state/年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MCI
1	344	273	203	94	69	36	6 < MCI ≤ 8
2	295	312	333	350	331	338	5 < MCI ≤ 6
3	277	303	307	332	336	333	4 < MCI ≤ 5
4	84	112	157	224	264	293	2 < MCI ≤ 4
データ総数	1000	1000	1000	1000	1000	1000	

表 5. MCI 補間値の分布率

年/state	1	2	3	4
2007	0.309	0.295	0.277	0.084
2008	0.273	0.311	0.303	0.112
2009	0.203	0.332	0.307	0.157
2010	0.094	0.349	0.332	0.224
2011	0.069	0.331	0.335	0.264
2012	0.036	0.336	0.333	0.291

表 6. 移行行列

state	1	2	3	4
1	0.744	0.256	0	0
2	0	0.879	0.121	0
3	0	0	0.882	0.118
4	0	0	0	1

表 7. MCI の予測分布率

年/state	1	2	3	4
2008	0.230	0.339	0.280	0.117
2009	0.203	0.343	0.305	0.148
2010	0.151	0.344	0.311	0.193
2011	0.070	0.331	0.335	0.263
2012	0.051	0.309	0.335	0.303

式(1)

$$(M_1, M_2, M_3)_{20* * +1}^{\text{予測値}} = (M_1, M_2, M_3)_{20* *}^{\text{測定値}} \times \begin{bmatrix} p_1 & q_1 & 0 \\ 0 & p_2 & q_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^1$$

$$p_i + q_i = 1$$

表 8. MCI 補間値の分布率と予測分布率の誤差

年	誤差値の合計	最少誤差値
2008	0.099	
2009	0.023	
2010	0.114	0.295
2011	0.002	
2012	0.057	

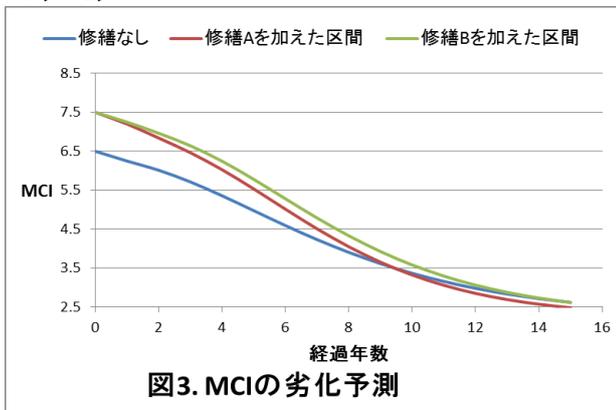


図3. MCIの劣化予測

### 3.2. 予算策定システムの構築

効率的な維持管理システムを構築するためには、全ての修繕経緯を考慮し、予算最小額を算出する必要がある。

また、単に予算最小額を算出するだけではなく、将来の修繕の最適なタイミングを図 4 のように視覚的に比較し、各々の予算額を算出出来るシステムを構築する必要がある。

### 3.3. MCI と FWD による測定値の関係性解明

本研究の対象である道路では、路面性状の維持管理のため、MCI の他に FWD による測定も行なっている。FWD による測定値は舗装の構造を評価する値であり、測定にかかる費用が MCI に比べ非常に安いことがひとつの特徴である。MCI と FWD による測定値の関係性が解明出来れば、FWD による測定値のみから MCI の値を予測し、道路舗装の維持管理を行うことが出来ると考えている。実現すれば、道路舗装の維持管理における予算の大幅な削減に繋がる。

## 4. 参考文献

- 井上武美：アスファルト舗装の支持性能の評価と修繕設計に関する研究：1994年3月
- 建設マネジメント勉強会：Summer School 2004 建設マネジメントを考える：2004年8月
- 赤木寛一他：第8回地盤工学会関東支部発表会

### 3. 今後の課題

#### 3.1. 路面性状の劣化予測

2.1, 2.2 の過程から図 3 のような MCI の劣化予測が算出されたが、修繕 A を加えた区間が修繕を加えなかった区間よりも劣化の進捗が早くなってしまっている。この原因は、2.1 で説明した MCI 測定値の修正と補間の不正確さにあると考えられる。より正確な MCI 測定値の修正と補間方法を構築する必要がある。

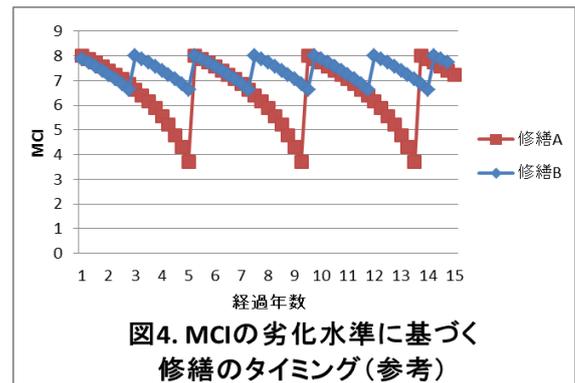


図4. MCIの劣化水準に基づく修繕のタイミング(参考)