

## 簡易路面調査技術を活用した損傷進行予測に基づく路面管理の提案

西日本高速道路エンジニアリング四国(株) ○正会員 高畑東志明, 橋爪謙治, 橋本和明

### 1. はじめに

NEXCOの表層工は排水性舗装(以下, 高機能舗装I型という)を標準としており, 局所的な変状が生じ始めると短期間でポットホール(写真-1)の発生に至るケースが確認されており, 事後対応となっている。

本論は, 著者らが開発した簡易路面調査技術による定期測定データを分析することで, ポットホール発生危険性を示唆する評価指標の進行予測モデルを構築し, 本技術を活用した合理的な路面管理手法について提案するものである。

### 2. 既往検討の要約と検討目的

本検討に用いる簡易路面調査技術を概説する。測定は1組のカメラとレーザを普通車に搭載して路面の表面形状を取得し(図-1), ひび割れ率, わだち掘れ量, IRI, 局所沈下量, MPDの計5種類の評価を自動解析で取得できる。著者らは既往研究<sup>1)</sup>にて, ポットホール

の発生危険リスクを高める先行指標を示す局所沈下量とMPD(以下, 2つの指標という)を用いて, 劣化タイプ別に路面管理する方法を提案している(図-2)。局所沈下量とは, 評価地点前後10m区間の代表路面形状から評価地点の路面高さを差分した局所的な沈下領域を特定する指標をいう。また, MPD(Mean Profile Depth)は高機能舗装I型の出来形管理や骨材飛散程度を定量化する指標として用いられており, この値が増大するとひび割れが重篤化するとされている。図-3は図-2中の劣化タイプ別の横断形状を示しており, B:内部損傷型及びC:複合損傷型については, 深部まで損傷していることから, 部分打換工や切削オーバーレイなどの修繕工法による補修となるが, A:表面損傷型については, 内部損傷による変形破壊に至る前に, クラックシールや表面処理工などの維持工法による延命措置が重要となる。

よって, 本検討は劣化タイプに応じた補修工法の選択と実施判断を可能にする, 2つの指標の進行(増加)予測モデルを構築することで, 合理的な路面管理に寄与することを目的としている。

### 3. 進行予測モデルの検討

四国の高速道路で実施している定期測定(月1回測定)結果と, ポットホール発生リスクを高める素因・誘因などの劣化因子を整理し, 2つの指標の進行(増加)予測モデルを構築する。モデルの構築は統計解析ソフ

キーワード 路面管理, 高機能舗装I型, ポットホール, 自動解析, 劣化予測

連絡先 〒760-0072 高松市花園町三丁目1番1号 TEL 087-834-1121 FAX 087-834-0150



写真-1 ポットホール

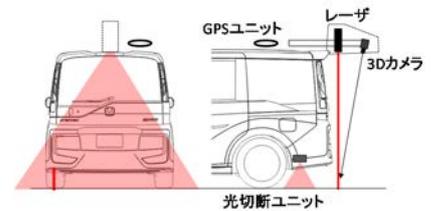


図-1 本技術の測定機器

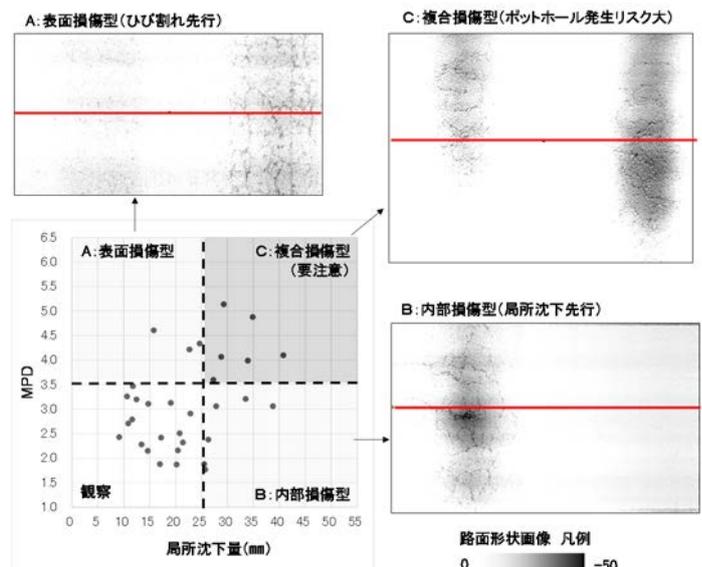


図-2 劣化タイプ別の路面管理手法

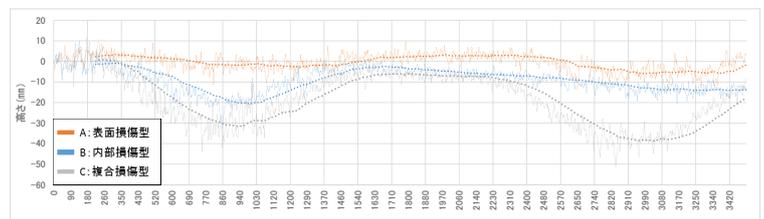


図-3 劣化タイプ別の横断形状 (図-2中の測線上)

ト SPSS Modeler を使用し、照合結果が最も優れていたニューラルネットワークを採用した。本手法は脳の神経回路の一部を計算機上のシミュレーションによって表現することを目指した数学モデルである。ニューラルネットワークには学習機能が備わっており、教師データである定期測定で確認された増加量と、構築したモデルによる予測値との誤差を算出し、誤差が小さくなるよう重み付けを調整する。この機能により試行回数を増やすことで、誤差を小さくして予測精度を高めることができる。なお、分析対象データは定期測定区間で確認された代表的な損傷 91 箇所とした。

表-2 は 2 つの指標について、本法により構築した進行予測モデルに影響を与える劣化因子を整理したものである。表中の「重要度」欄に示すように、局所沈下量の増加に影響を与える因子は、盛土であること、下層路盤厚が薄いこと、1ヶ月前の局所沈下量や MPD の値が大きいこと、平均気温が高く日射量が多いこととなった。次に MPD の増加に影響を与える因子は、供用（修繕）からの経過時間が長いこと、下層路盤厚が薄いこと、補修が行われていないこと、平均気温が低く低温日数が多いこととなった。つまり、冬期にひび割れが増大し、暖くなる春先に局所沈下量が増加することで窪みが生じ、降雨が滞水することでポットホール発生リスクが高まるという変遷を辿ることが想定できる。作成した予測モデルの精度は、局所沈下量では 75.1%，MPD では 82.4% となった。

4. シミュレーション結果

予測モデルによるシミュレーションを行った（図-4）。MPD が 2.5 を超過する図中の星印のタイミングで、補修した場合としない場合を示している。MPD4.5 に到達した時点で延命効果を比較すると、表面損傷型の維持工法を施すことで MPD の増加が抑制され、延命効果が期待できる。また、図中の 3 ケースを比較すると、切土・盛土による違いは少ないが、下層路盤厚の違いで進行性に約 6 ヶ月の違いが確認された。

4. おわりに

本論では簡易路面調査技術を活用したポットホール発生予測モデルの構築と、路面管理の高度化について検討を行った。今後、教師データを拡充することで予測モデルの精度向上を図るとともに、補修計画への活用効果について検証する予定である。

参考文献

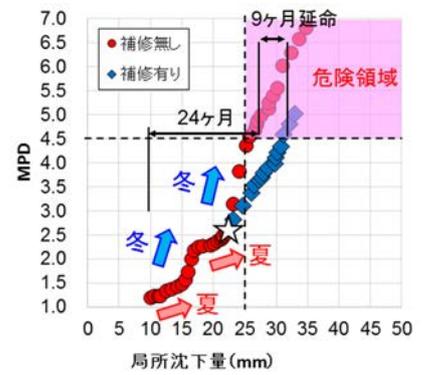
1) 川西弘一, 橋爪謙治, 橋本和明, 松田靖博: 簡易路面調査技術を活用し

た損傷形態分析と路面管理に関する検討, 土木学会第 74 回年次学術講演会, 講演番号 V-446, 2019.9

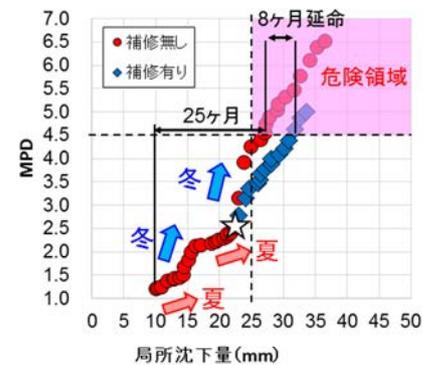
表-2 進行予測モデルに影響を与える劣化因子（説明変数）

データ名	説明変数 No	変数	単位	仮説	重要度(※)	
					局所沈下量	MPDひび割れ
道路構造諸元	1	盛土or切土	-	地耐力、水の介在	0.15	0.03
	2	縦断勾配	-	滞水しやすさの影響	-	-
	3	横断勾配	-	-	-	-
舗装構造諸元	4	供用(舗装修繕)からの経過年数	年	老化が進行する	-	0.09
	5	密粒舗装or高機能舗装 I 型	-	残AS層への影響	-	0.02
	6	セメント安定処理路盤工or粒状路盤工	-	地耐力	-	0.02
	7	As層厚(表層+基層+上層路盤の厚さ)	mm	地耐力	0.07	0.01
	8	下層路盤の厚さ	mm	地耐力	0.26	0.11
路面性状	9	1ヶ月前のわだち掘れ量	mm	劣悪になると進行が早まる	0.07	0.03
	10	1ヶ月前の局所沈下量	mm		0.09	0.03
	11	1ヶ月前のMPD	-		0.10	0.02
	12	各地点のIRI200mの値	mm	不陸があると輪荷重の衝撃力が大きくなる	-	-
	13	各地点のIRI10mの前後20mの最大値	mm	同上	-	-
	14	補修有り(シール、パッチング)or補修無し	-	補修の延命効果	-	0.12
交通量	15	1ヶ月間の大型交通量	台	輪荷重応力がトリガーとなる	0.02	0.01
	16	1ヶ月間の全車交通量	台	-	-	0.02
気象	17	定期測定の間期の平均気温	℃	温度応力による影響	0.16	0.26
	18	(日最高気温-日最低気温)が5℃以上の日数	day	-	-	-
	19	(日最高気温-日最低気温)が10℃以上の日数	day	-	-	0.01
	20	日最低気温が5℃未満の日数	day	表基層が固いので下層に輪荷重が伝搬しやすい	-	0.23
	21	日最低気温が0℃未満の日数	day	-	-	-
	22	日最高気温が25℃以上の日数	day	表基層が柔らかいので、下層が沈下していると追従して変形する	0.02	-
	23	日最高気温が30℃以上の日数	day	-	-	-
	24	日最高気温が35℃以上の日数	day	-	-	-
	25	日射量の合計	MJ/m <sup>2</sup>	AS/バインダが劣化する	0.02	-
	26	降雨量と積雪相当水量の合計	mm	層間が離が助長される	0.04	-
27	降雨日数	day	-	-	0.02	

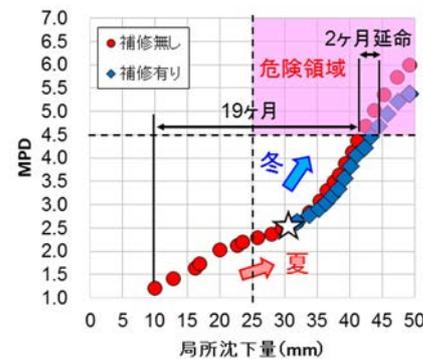
(※)「-」は重要度が無い、もしくはほぼ無いと判定された変数



a) 切土区間, 下層路盤 250 mm



b) 盛土区間, 下層路盤 250 mm



c) 切土区間, 下層路盤 170 mm

図-4 シミュレーション結果