

1.はじめに

「OWP 縦断形状変化から舗装の構造的健全度予測」の研究成果の NETIS 登録を目指す。

2.事前検討資料に序列に従って記述

- (1) 技術名称：OWP 縦断形状変化から舗装の構造的健全度予測
- (2) 適応工種：副題：舗装の構造的健全度予測技術,分類 1：道路維持修繕工,分類 2：道路維持修繕工－打ち替え工事,分類：3 道路維持修繕工－その他,分類 4：調査試験－分析・予測システム,区分：システム
- (3) 新技術であることの技術的説明

現状について：H29 年度より,健全度評価に重きを置いた管理基準値が決定・運用

①舗装点検要領の健全性評価法の管理規準値について *1)

路面性状の目視調査を行い,各個々の値で区分して修繕場所候補にする。

区分		ひび割れ率	わだち掘れ量	IRI
I	健全	20%未満程度	20mm 未満程度	3mm/m 未満程度
II	表層機能保持段階	20%以上程度	20mm 以上程度	3mm/m 以上程度
III	修繕段階	40%以上程度	40mm 以上程度	8mm/m 以上程度

目視での判断にあたっては、「付録-3 損傷評価の例【アスファルト舗装】」を参照するとよい。

図-1 各調査項目の管理基準値

②管理基準：

修繕実施の判断となる管理基準は、ひび割れ率及びわだち掘れ量については、「国が管理する一般国道及び高速自動車国道の維持管理基準（案）について（平成 25 年 3 月 29 日）」のとおり、それぞれ 40%、40mm 以上とし、IRI については、当面 8mm/m 程度を暫定的な管理基準とする。

図-2 管理基準

③旧技術と新技術の比較検証：

アスファルト舗装の経年老化は、昔から路面性状値が活用されている。その中でも「ひび割れ（率）が重視」されてきた。しかし、これ等は経験則に基づき活用されてきたが、定性的である。近年その根拠乏しき事が判った。

滑らず・平らに施工された路面は、新設・修繕後の表層路面には経年老化と共に、「疲労クラック・塑性形状変化」の両方が顕れると想定できる。そうした中、「表層を支える舗装の構造的健全度」に関して、最近（H27年）・路面性状値と力学的強度（健全度）の関係が調査研究され、その結果が開示された。下記に添付する。*2)

強度との相関が高い順は、①ひび割れ率②平坦性（現：IRI）③わだち掘れ量であるが、しかし、これ等は管理基準値を担保出来るものではない事も判明した。

「理由は」：

- ① 相関係数が高くない。（相関係数 k : $0.7 >$ 以下）
- ② 推計予測値のバラツキが大きい。（図-2 参照）
- ③ FWD 解析で用いる DO たわみ強度と整合取れない。（N7 の許容たわみ基準）
- ④ 降下曲線の図-1 と図-2 で違う。40% : 3000Mpa/図-1 ・ 5500Mpa/図-2
- ⑤ 健全度評価は力学的強度が相応しいのは摂理であるが、強度予測が出来ない。
- ⑥ ひび割れは項目として定性では良いが、定量的には精度が悪い。
- ⑦ ひび割れの他の指標では、好ましい指標ある。（図-4 を参照）

「想定される弊害」：

- ① 根拠なき基準値の運用は、既得権益・不合理性・悪が蔓延る・改革障害等
- ② 管理基準値（ひび割れ率：40%<は修繕工事に出来る）が独り歩きする。

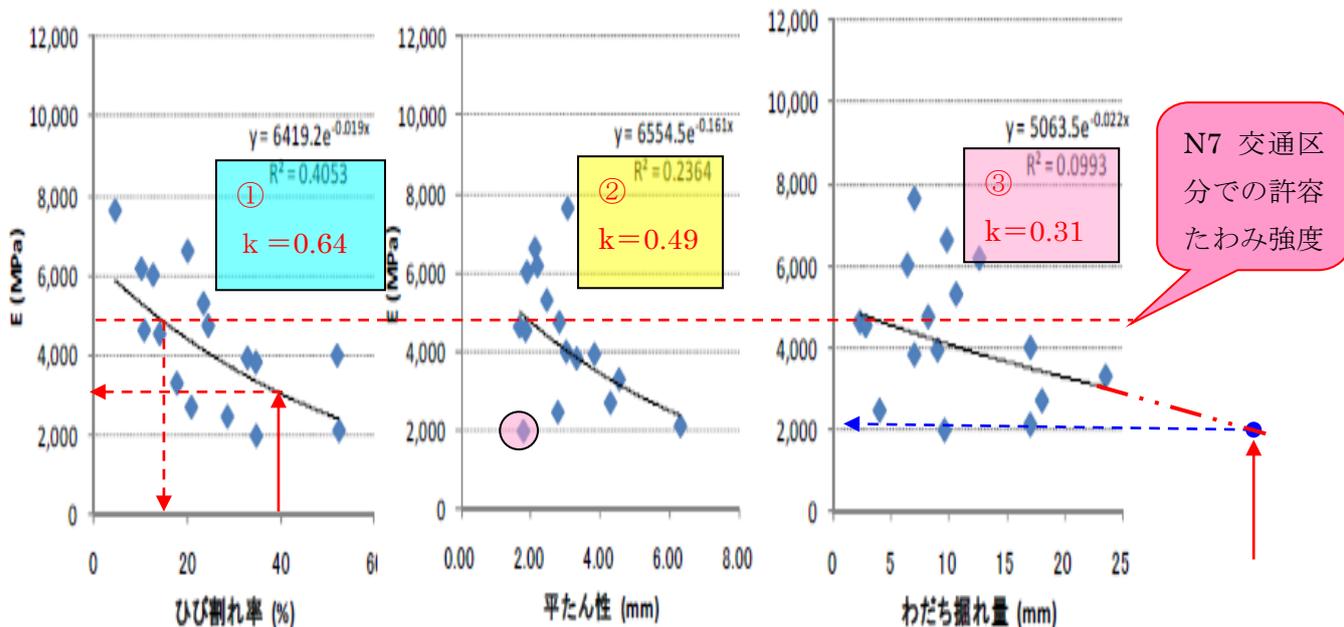


図-1 密粒度舗装における各路面性状とアスコン層弾性係数の関係 *2)

④ 類似研究結果での問題点と新技術の比較：

舗装の構造的健全度は力学的強度評価が相応しいから、類似の研究結果 *3) と今回提案の新技術の比較評価をした。図-2・図-3 に示す。

ひび割れ率評価

縦断形状変化による評価

評価基準：力学評価：N7・D0 管理基準：許容たわみ：0.3mm > 以下 ⇨ 4700Mpa

ア：バラツキ：±2500Mpa >> ±1250Mpa (約 1/2)

イ：相関係数 $k = 0.645$ ⇨ $k = 0.63$ (同程度)

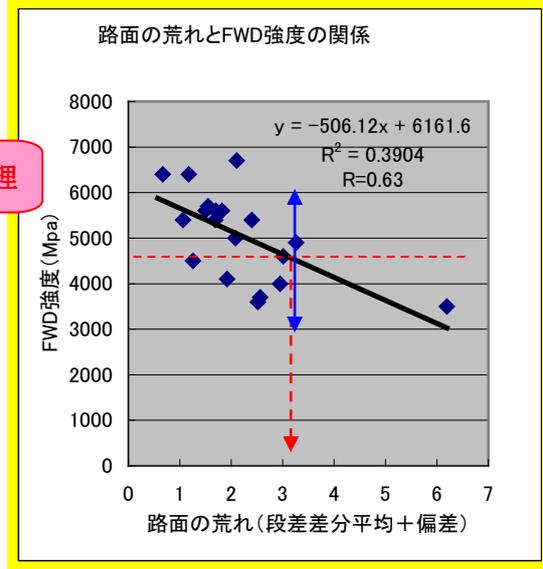
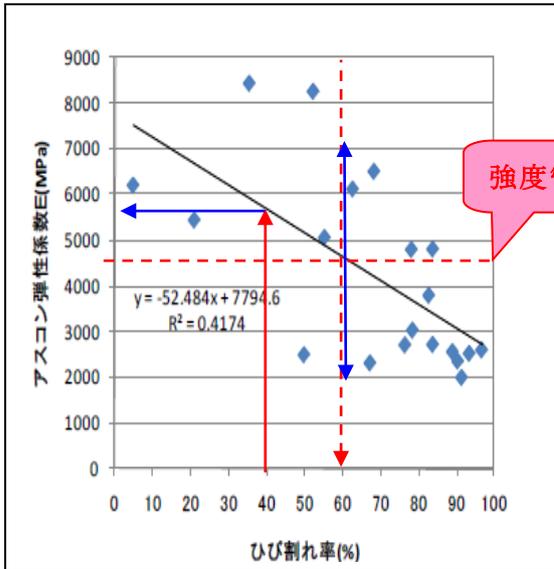


図-2 クラック率と強度の関係 *3)

図-3 縦断形状変化と強度の関係 *4)

(凡例：N7のD0管理目標：-----, その時のバラツキ：←→)

⑤ ひび割れに関する研究結果 *3) での問題点：

抽出項目ひび割れの別なる指標化での問題点を書きする。

ア：率指標は良くない。

イ：クラック幅も同じ

幅は意味なし。

従来の定義は間違い。

ウ：単位面積分母方式

算出過程が複雑で

普及が難しい。

エ：Σ方式は良くない

	D ₀ との 相関係数	Eとの 相関係数
ひび割れ率%(従来指標)	0.41	0.65
ひび割れ平均幅(mm)	0.08	0.26
単位面積あたりひび割れ延長(m/m ²)	0.74	0.71
単位面積あたりひび割れ面積(m ² /m ²)	0.19	0.47
ひび割れ交点密度(点/m ²)	0.83	0.63
ひび割れ延長の縦横比(延長へ-ス)	0.17	0.06
ひび割れ面積の縦横比(面積へ-ス)	0.07	0.29

図-4 率以外の指標との相関 *3)

⑥ 新技術の特長：

知見取得時期・具現化手法・特長編にしたがって説明する。

ア：世界的の知見は古い

「OWP部の縦断形状変化」への注視は,USAのIRI改良前(1086年に世界銀行)の旧方式(測定車両で直接型)でも当時(1950)から使われていた。

改良内容は①車両での縦断形状の現地取得のみとし,②取得プロファイルを使い応答シミュレーションで値算出に分離改良して,移植性が良くなった。

旧タイプの当時に現地技術者の修繕時期案とIRI値の傾向が良く合っていたとの記述ある。^{*5)}

その後,IRI値は乗り心地指標のような使われ方になったが,H19年,S320Tにより,IRI単位がmm/m・m:/Kmが採用になり部分評価も可能となった。

イ：日本における知見は

H21年度の土木研究所の調査研究が該当する。^{*2)}

図-1の平坦性とアスコン強度の関係から読み取れる。(2・2000)点は逆相関になっているので削除すると相関係数は高くなる可能性があり,先見性があり縦断形状からの推計可能性を見出せる。

ウ：弊社における知見は

1995年頃から縦断形状の測定機器の開発をしていて,測定車両の開発を通して知見を得ていた。^{*6)}

エ：具現化手法(データ取得技術:IRIプロファイラー)^{*7)}

供用した路面には,現象論として塑性変形・疲労破壊等で「不陸の凹凸」が現れる,この凹凸を縦断方向に250mmピッチに測定する。システム構築の要になる。しかし,上下に大きく動く車両から精度高く測定できる「IRIプロファイラー」を逐次2点法を逐次2角法に改良・開発した。原理を図-5に示す。^{*8)}

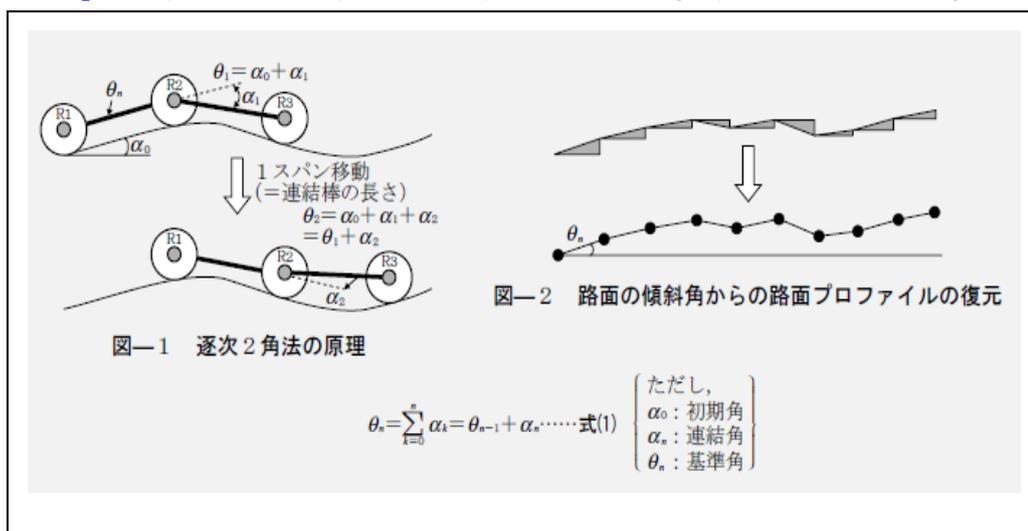


図-5 逐次2角法の分解測定・復元原理

オ：エクセル統計処理を用いた強度推計予測技術

表層裏面に発するひび割れ起点は、上下・左右・前後に進展するが、序列は判らない。しかし、構造的健全度は下方への進展程度の予測可能な不陸の凹凸量に期待し、原資は縦断形状にした。(ひび割れ画像には上下情報は無い。)

復元プロファイル・データの「250mmピッチ毎に差分算出 (Δi)」し、評価区間内の差分平均値・差分標準偏差を算出する。(エクセル・ワークシート活用) 評価区間の「平均値+標準偏差 \approx 路面荒れ値 \propto FWDの関係」を求めた。先に示す図-3は国土交通省中部整備局管内の2路線の情報開示データ(FWD強度)を活用した。

「持論」:

表層裏面に出来る疲労破壊の起点は、クラック先端近傍の負荷状態で上下・左右・前後に無作為に進展して路面には①ひび割れ②不陸の凹凸形状が顕れる。上下方向の進展が構造的健全度に一番の悪要因であり、2次元情報の画像には現れにくく、形状変化に良く顕れると想定している。

この凹凸状態の数値化に関しては、「250mmピッチ差分 (Δi)」: 一般的に現存する多くのデータ活用に期待した、「纏めの区間長は、丁張り距離 (10m > \cdot 20m >)」と同じにした。積分手法はヒストグラムにした。

ピッチ差分は経年と伴におおきくなる、また「区分内のヒストグラム」はブロードになる。下記に模試図を記す。

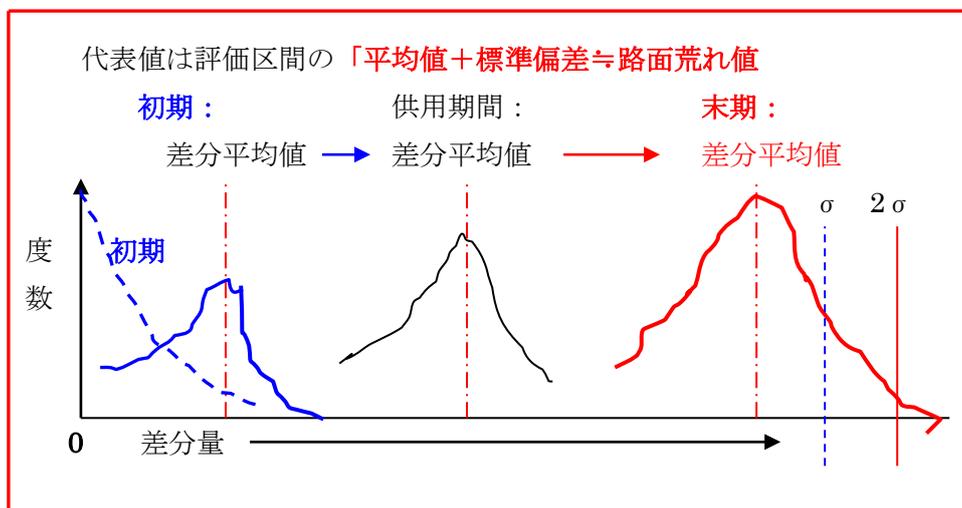


図-6 凹凸の表現手法 (持論の模試図)

カ：縦断形状変化 (路面の荒れ程度) と FWD 強度の関係

国土交通省中部整備局管内の2路線の情報開示データ(FWD強度)を活用した。①路線は東海道の主要幹線の1号線バイパス、②地方都市を結ぶ産業道路どのFWD調査箇所を選び調査比較実験を実施した。結果を図-7に示す。

新しい強度予測の方法

★縦断プロファイルのピッチ差分の統計処理(P=250mm)(バッチ=20m毎):(路面の荒れ:平均+ σ)(坂祝Cr33%・亀山Cr7%(26))

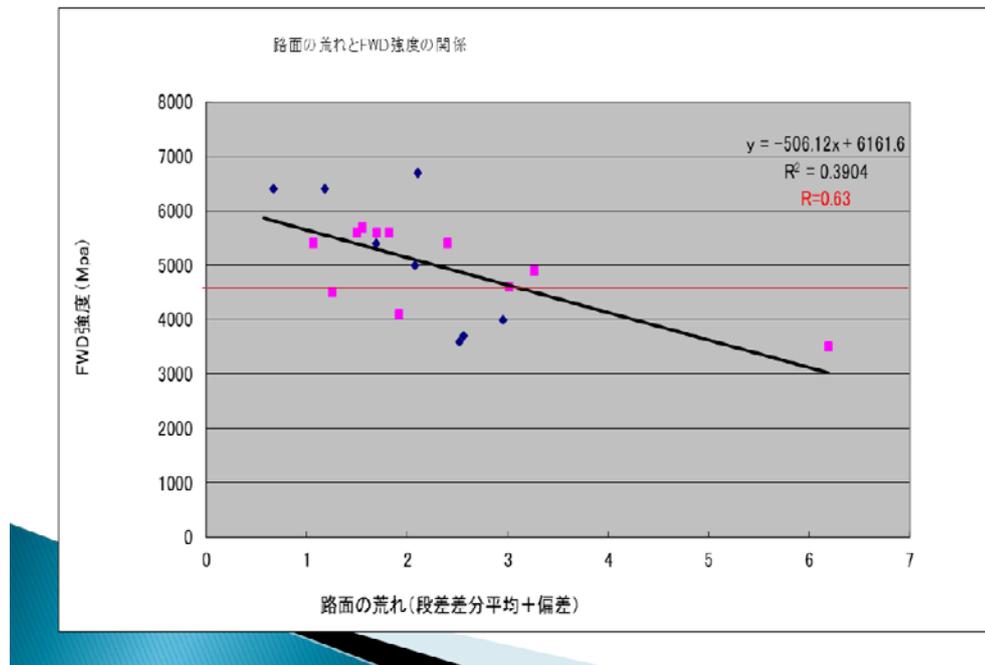


図-7 路面荒れと FWD 強度の相関図

キ：縦断形状測定装置（呼称：IRI プロファイラ）

車両の左後輪のハブとホイールの上に「フランジ型着脱アダプター」を介して後輪軸を外側に延長し、「装置の主軸」とで結合する。この軸に回転自在なアームを前後に取り付け、その「各先端に測定子の小径タイヤ」を後輪タイヤと「タンデム配置」に取り付ける。測定系は、「主軸の回転から走行距離」を「前後アームの連結角」を検出センサー（ラジアン）を付ける。測定子が「路面と安定的に接触」するようにバネサスを取り付ける。（注：写真には、路面のすべりを測るモジュールが併設しているが、縦断形状測定に害はない。）

「現地縦断形状測定の操作」：

後ろの測定子（小径タイヤ）を BP 点にあわせスタートして EP 点まで交通流に合わせて走行すれば、現地測定は終わりである。（停止・加速・減速は影響なし）

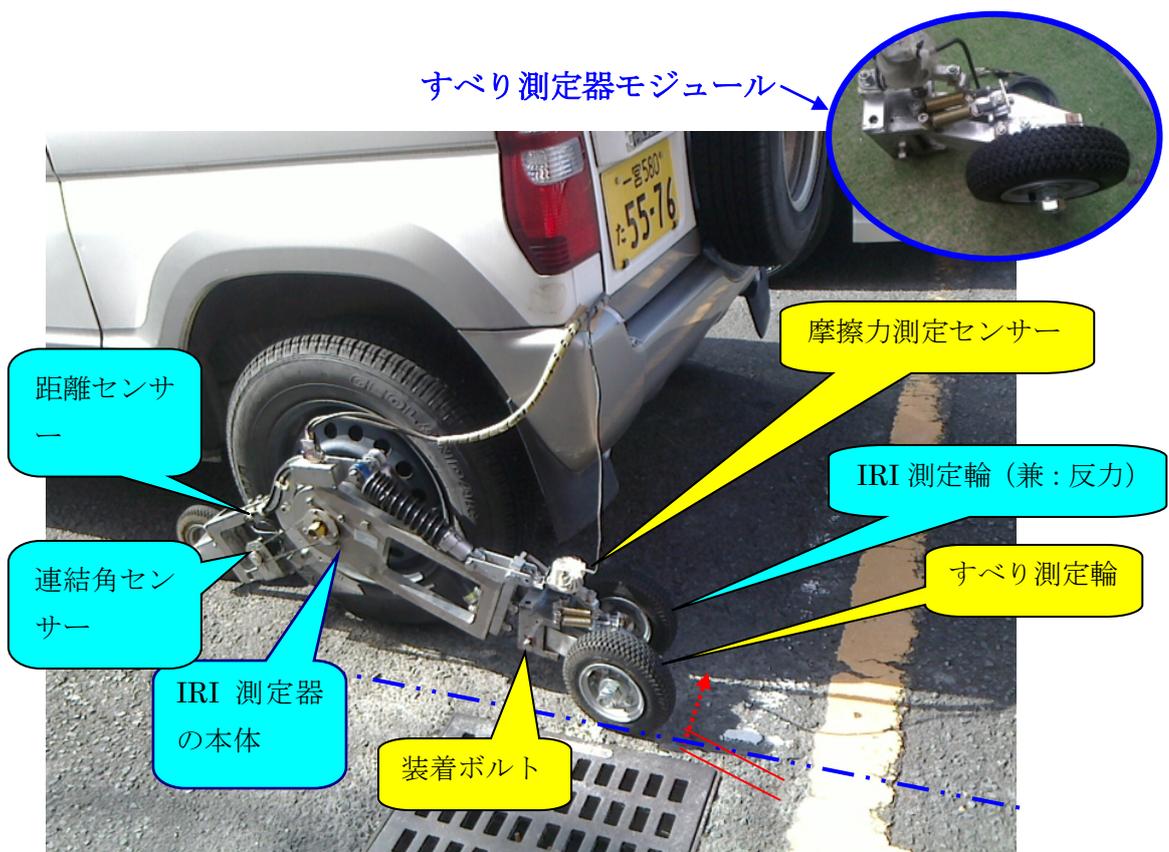


図-8 L型高速 OTTO 付き縦断形状測定装置の装着状況

すべり測定輪は、5° トウインセッティングされている為、走行に伴い内側に移動する、これに対抗するバネには、摩擦力が溜まる仕組みである。摩擦力 > 路面静摩擦力の時、路面とタイヤの間で滑り発生する。、これが μ 化の原理。

ク：推計強度予測の手法：

現地生データは SD メモリーに納入される。そのデータから縦断形状を復元する。専用のエクセル・ワークシートに貼り付ける事により、距離軸上に推計強度予測値が算出する。下記に流れを示す。

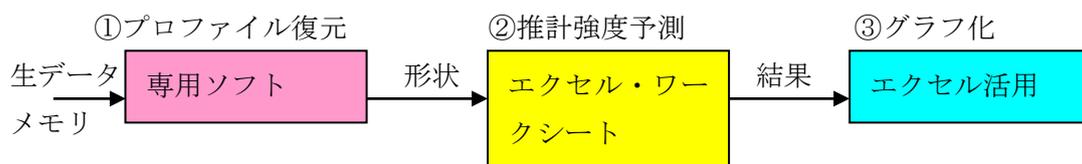


図-9 データフロー図

ケ：試験的実験結果：

著者の住む某縣市道路で下層の損傷等を検証実験をした。手順を下記する。

- ① 修繕工事前に,路線の現況プロファイルを取得走行する。
- ② 解析を行い・悪い箇所付けをする。
- ③ 修繕工事時に,路面切削後に現場踏査により下層の損傷状況写真撮影等で検証をした。
- ④ 県・市に報告書を提出する。(プロモーション)
- ⑤ 道路会議で発表した。*9)

コ：検証実験結果の一例 *9) :

項目：路面の荒れ程度	推計強度：E	IRI 値	距離
0.467327	5144.26	1.81	850
1.069307	4843.54	3.05	875
1.780198	4273.65	5.4	900
1.032673	4909.02	2.78	925
0.70099	5212.16	1.53	950

875~925m間は,路面荒れが大きい。

図-10 下層の損傷予測シート

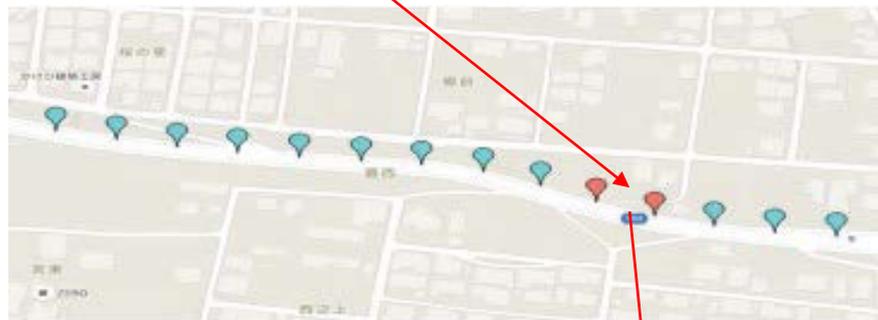


図-11 一般電子地図にロケーション貼り付け

通常より 50mm 多い切削 (100mm) を行なった後でもひび割れが認められた。



図-12 現況写真 (切削 100mm後)

適用される基準等

(1) 昼夜のどちらでも構わず・多少の小雨（水溜りなき事）でも可能で、一般車両と混ざった状態・交通流に沿って走行できれば好い。現地調査走行状態においては停止・加速減速の悪影響は受けない。

⑦：新技術のアブストラクト

路面の主要機能である「滑らず・平らな」路面性能を支える舗装の構造的健全度調査は、道路維持管理に必要不可欠な事項である。わだち部の縦断形状痕跡が現在の舗装体強度を表すとの調査法である。経済的・廉価な方法で持続可能な手法である。

ア：経済性

調査距離を 1Km で比較する。

項目	費用換算値		評価		費用換算値	
	従来				本案	
①：受注単価	4 5 0 0 0 円		○	◎	2 7 5 0 0 円	
詳細						
①：設備費用	4000 万円<		△	○	1000 万円	
②：能力						
②-1 現地	30Km/HR		○	○	60Km/HR	
②-2 解読解析	1Km/10HR		×	◎	1Km/1HR	

図-13 経済性の比較

イ：工程

ひび割れの解読作業のような作業を必要とせず、PC のバッチ処理のみで完了し、誰が行なっても人差が生じない持続可能な方法である。工程を下記する。

- (1) 現地踏査で BP 点を路面にマーキングする。
- (2) 調査車両の測定子（後ろの小径タイヤ）をマーキングに合わせ、スタートその後は、交通流に合わせ走行する。（停止・加速減速ありで構わない。）
- (3) 現地生データを持ち帰り・PC で一括処理が可能。（セッティングのみ人間介入）
- (4) 結果は全てエクセルになる。

品 質

滑らず・平らな路面を支える舗装の構造的健全度は、舗装体の強度予測が相応しい事は摂理で周知である。更に誰が実施しても同じ結果が得られる本案は、持続可能な手法として相応しい。

安 全 性

FWD のように交通規制を行なう必要が無く、一般車両に混ざり走行するだけで、健全度の予測が可能な方法である。

施 工 性

FWD のように交通規制を行なう必要が無く、一般車両に混ざり走行するだけで、健全度の予測が可能な方法である。

周 辺 環 境

昼夜を問わない調査手法なので、周辺環境に害を及ぼさない。

そ の 他

特に無いが、世界基準になりうる手法と自負している。

4. 参考資料編：

舗装の構造設計の基本指針である。近年・多層弾性論による設計が進むに連れて、基本的な基準になっている。

表 4.11 交通量区分での許容たわみ量 (mm)

交通量区分	N3	N4	N5	N6	N7
疲労破壊輪数	30,000 輪	150,000 輪	1,000,000 輪	7,000,000 輪	35,000,000 輪
許容たわみ量	1.2	0.9	0.6	0.4	0.3

参考文献：舗装の維持修繕ガイドブック 2013 H25.11 (公社)日本道路協会

図-14 交通量区分と許容たわみの関係

5. 参考文献：

- * 1)：舗装点検要領：国土交通省 道路局 国道・防災課：平成29年3月
- * 2)：久保 和幸、渡邊 一弘、綾部 孝之：舗装の管理目標設定手法に関する研究：H17～21
- * 3)：久保和幸、渡邊一弘、綾部孝之：10.4 舗装の管理目標設定手法に関する研究：H17～21
- * 4)：福原 敏彦, 岸本 紀人, 清水 敦子：近未来における道路維持管理手法の先行調査・検討 一滑らず・平坦な路面性能と舗装の構造的健全度の研究一：第33回日本道路会議口頭論文,
- 5)：Michael W, Sayers /Steven M, Karamihas 著,土木学会 舗装工学委員会 路面性状小委員会 訳：路面のプロファイリング入門：丸善(株),
- * 6)：秋本隆,姫野賢治,川村彰,福原敏彦：舗装路面の絶対プロファイルデータ収集システムの開発：土木学会論文集 No606/V-41, 13-20,1998
- * 7)：佐藤壽芳,サンウェイ(株)：特許・路面縦断プロファイルの測定方法：P3329796号,平成14年7月19日登録,
- * 8)：森尻鉄也, 佐藤壽芳, 福原敏彦, 篠塚久彌：逐次2角法を用いた路面形状測定に関する研究：日本機械学会2002関東支部第8期総会講演論文集
- * 9)：福原 敏彦,赤木 泰之,岸本 紀人：地方道路の健康診断機械・予測診断技術の研究, - Doctor of Local Road -：第32回日本道路会議口頭論文N02010,

2k210608

文責： 福原 敏彦