第68回(2024年度) 北海道開発技術研究発表会論文

# 釧路阿寒自転車道における舗装路面点検の 指標に関する基礎調査

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所寒地道路保全チーム	○遠藤	康男
国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所寒地道路保全チーム	丸山	記美雄
国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所寒地道路保全チーム	紅林	俊

積雪寒冷地の自転車道の舗装では、凍上や低温によるひび割れや不陸が発生し走行性が低下 する場合があるが、現時点では損傷を受けた舗装の点検評価を行う際の定量的指標が定まって おらず、定量的に評価する指標の設定と補修判断目安の確立が望まれている。本報告では、路 面点検評価指標の確立に向けて釧路阿寒自転車道で実施した基礎調査について中間報告を行う ものである。

キーワード:積雪寒冷地、自転車道、低温・凍上ひび割れ、舗装点検評価

## 1. はじめに

積雪寒冷地の自転車道の舗装では、凍上(縦方向)や低 温(横方向)によるひび割れや不陸が発生して走行性が低 下する場合があるが、現時点として舗装損傷に対する点 検評価の適切な定量的指標が定まっておらず、さらに修 繕を行う時期について判断する目安値も定まっていない ため、舗装の損傷程度を定量的に評価する指標の設定と、 修繕の要否判断を行うための目安値の確立が望まれてい る。以上のような現状を踏まえ、自転車道の路面点検診 断の指標確立に向けた基礎データの取得を目的に、厳冬 期(1月及び2月)に積雪が少なく凍上や低温によるひび割 れや不陸が大きいと想定される、図-1に示す釧路阿寒 自転車道(以下、自転車道)を現地調査箇所として調査 を行った。本報告では、現地調査方法の概要と調査結果 の内、基本的な路面性状に関する中間報告を行うもので ある。



-1 釧路阿寒自転車道箇所図

ENDOU Yasuo, MARUYAMA Kimio, KUREBAYASHI Shun

#### 2. 現地調査方法

自転車道の現地調査を釧路阿寒自転車道の図-2 に示 す調査箇所において実施し、舗装の損傷度を目視で判別 するとともに、調査区間を選定した。舗装損傷の損傷度 は表-1 に示すような損傷概要に応じて損傷度 1、損傷 度2、損傷度3の3区分とした。具体的には自転車道舗 装の損傷度に応じて、**写真-1**に示すような目立った損 傷が無い区間を損傷度1として2区間、写真-2に示す ような縦横断ひび割れが多数発生している区間を損傷度 2として2区間、写真-3に示すような縦横断ひび割れ や網目状ひび割れが多数発生している区間を損傷度3と して3区間それぞれ選定した。損傷度3のみ3区間を設 定したのは、損傷区間のデータを幅広く取得するためで あり、現地調査区間は損傷度1、2、3合わせて合計7区 間設定した。1区間当たりの計測延長は、L=200mとした。 自転車道の路面点検指標を検討するにあたって、自転車 の車輪が通過する位置の縦断方向の高さの変化や、それ に伴う乗り心地の把握が大切であるため、各々の区間で 縦断凹凸量の計測を行った。また、路面の横断的な凹凸 も走行性や快適性に大きく影響すると考えられるため、 横断凹凸量の計測も行った。縦断凹凸量及び横断凹凸量 の計測は、レーザー式の路面プロファイラである Multi Road Profiler(以下、MRP)を用い、測定は表-2 に示すよ うに舗装調査試験法便覧に示された方法に準拠して行っ た。舗装の損傷程度を支持力の観点から定量的に評価す るため、小型 FWD 測定で舗装表面の支持力を測定した。 小型 FWD による計測は、表-2 に示すように舗装調査 試験法便覧の方法に準拠して行った。自転車の乗り心地 を計測するために、自転車による加速度振動測定も行っ た。各調査区間において実施した各調査項目と、上り下





図-2 現地調査箇所平面図(7区間)

表−	-1 舗装損傷の損傷度区分と損傷概要
損傷度区分	損傷概要

損傷度1	目立った損傷無し。
損傷度2	縦横断ひび割れが多数発生。
損傷度3	縦横断ひび割れと網目状ひび割れが多数発生。



写真-1 損傷度1の路面状況(例)



写真-2 損傷度2の路面状況(例)



写真-3 損傷度3の路面状況(例)

ENDOU Yasuo, MARUYAMA Kimio, KUREBAYASHI Shun

表--2 調査項目一覧

E :	
調査項目	調査試験法便覧の試験番号
縦断凹凸量測定(MRP)	S032–2, S035
横断凹凸量測定(MRP)	S032–2, S035
小型FWD測定	S043-3

## 表-3 各調査区間における調査項目(測定回数)

調査区間	縱断凹凸量(MRP)	横断凹凸量(MRP)	小型FWD	加速度振動
損傷度1 No.1	上り車線 下り車線	No. 1-1 No. 1-2 No. 1-3	No. 1-1 (4) No. 1-2 (4) No. 1-3 (4)	上り車線(3) 下り車線(3)
損傷度1 No. 2	上り車線 下り車線	No. 1-1 No. 1-2 No. 1-3	No. 1-1 (4) No. 1-2 (4) No. 1-3 (4)	上り車線(3) 下り車線(3)
損傷度2 No.1	上り車線 下り車線	No.1-1 No.1-2 No.1-3	No. 1-1 (4) No. 1-2 (4) No. 1-3 (4)	上り車線(3) 下り車線(3)
損傷度2 No. 2	上り車線 下り車線	No. 1-1 No. 1-2 No. 1-3	No. 1-1 (4) No. 1-2 (4) No. 1-3 (4)	上り車線(3) 下り車線(3)
損傷度3 No.1	上り車線 下り車線	No. 1-1 No. 1-2 No. 1-3	No. 1-1 (4) No. 1-2 (4) No. 1-3 (4)	上り車線(3) 下り車線(3)
損傷度3 No. 2	上り車線 下り車線	No. 1-1 No. 1-2 No. 1-3	No. 1-1 (4) No. 1-2 (4) No. 1-3 (4)	上り車線(3) 下り車線(3)
損傷度3 No. 3	上り車線 下り車線	No. 1-1 No. 1-2 No. 1-3	No. 1-1 (4) No. 1-2 (4) No. 1-3 (4)	上り車線(3) 下り車線(3)

※()内は測定回数を示す。表記の無い測定は1回のみ測定。

## 2. 1 縦断凹凸量測定(MRP)

縦断凹凸量測定(MRP)の状況を写真-4 に示す。測線 位置は、自転車が一般的に走行する片側車線幅員 W=lm の中心位置(道路センターから 0.5mの位置)とし、上りと 下りで1回ずつ測定を行った。比較のため縦断凹凸量測 定(MRP)と自転車による加速度振動測定は同一測線上で 行う必要があるため、測線位置出し作業を測定前に行っ た。また測定区間に発生している横断ひび割れ箇所には 雑草が繁茂しており測定数値に影響を及ぼすことから、 測定前に雑草除去作業も行った。また乗り心地や平坦性 を評価する指数として、現在は主に車道路面に対しては 国際ラフネス指数(IRI:International-Roughness-Index)が用い られているが、この指数は自動車が 80km/h で路面を走行 した場合の評価値であり、自転車とは走行速度や車両構 造が大きく異なっている。そこで自転車版の乗り心地を 示す Bicycle-Ride-Index<sup>1)</sup>(以下 BRI)の導入を検討する予定で あり、そのための必要な基礎データとして縦断方向の路 面高さの計測も行った。



写真-4 縦断凹凸量測定(MRP)状況

## 2. 2 横断凹凸量測定(MRP)

横断凹凸量の測定状況を写真-5 に示す。横断凹凸量 測定(MRP)の測線は、損傷度 1 区間については損傷が少 ない平坦な路面のため、起点(0m 付近)・中間点(100m 付 近)・終点(200m 付近)の3測線を設定した。損傷度2区間 と損傷度3 区間については、目視で横断凹凸量が大きい 位置をそれぞれ3測線抽出して設定した。



写真-5 横断凹凸量測定(MRP)状況

# 2. 3 小型FWD 測定

小型 FWD の測定状況を写真-6 に示す。小型 FWD の 測定は、調査区間すべてにおいて横断凹凸量測定(MRP) と同一測線上で、測定位置は自転車道センター付近とし た。測定は1箇所当たり4回行い、1回目の測定につい ては載荷板の打点位置と地盤との馴染みを取るためデー タとして使用せず、2~4回目の載荷板直下の変位量(D0) データの平均値で支持力を評価することとした。



写真-6 小型 FWD 測定状況

## 2. 4 自転車による加速度振動測定

自転車による加速度振動測定は加速度計(株式会社リ オン:PV-90B)<sup>10</sup>およびスマートフォンの加速度計測アプ リ(Apple ストアの加速度測定フリーソフト:phyphox)の2 種類で行った。計測の方法を2種類としたのは、精度の 良い測定を加速度計で行い、一方で簡易な汎用機器であ るスマートフォンの活用の可能性も検証するためであ る。お互いの波形に大きく違いが無いと判断される結果 が得られれば、簡易的なツールのスマートフォンアプリ での加速度測定で評価することも想定している。計測に 用いた自転車の計測機器設置状況を**写真-7**に示す。加

ENDOU Yasuo, MARUYAMA Kimio, KUREBAYASHI Shun

速度計の自転車への設置位置は**写真-8、 写真-9**に示 すように振動の影響を大きく受けると想定されるハンド ル部とサドル部の2箇所とした。自転車が走行する位置 は縦断凹凸量測定(MRP)と同様の道路センターから0.5m 離れた位置で、測定速度は過去の文献<sup>10</sup>の自転車による 研究と同じ速度の15kmhで設定し、測定速度を保つため に速度計も設置して測定を行った。またハンドル部とサ ドル部に設置した加速度計の測定データは、**写真-7**に 示すデータロガー(リオン株式会社:DA-21)<sup>10</sup>により測定箇 所毎に随時回収した。測定回数は1区間L=200mの上り と下りで3回ずつの合計6回とし、全調査区間の7区間 で計測し、全体で計42回測定を行った。





写真-8 加速度計設置状況(サドル部)



写真-9 加速度計設置状況(ハンドル部)

#### 3. 各種測定結果

各種測定結果について、以下に述べる。

## 3. 1 縦断凹凸量測定(MRP)結果

縦断凹凸量測定(MRP)について、路面高さの計測結果 の一例を図-3 に示す。低温ひび割れ部分に 15mm 程度 の凹みがある事が分かる。このような部分で自転車の走 行性が悪化すると考えられる。

縦断凹凸量測定(MRP)で得られた IRI 測定値(乗り心 地)と平坦性 σの測定値(走行性)について図-4および図 -5 に示す。図-4の IRI 測定値に着目すると、損傷度1 区間では概ね 2~4mm/m の範囲、損傷度 2 区間では概ね 4~6mm/mの範囲、損傷度3区間では概ね4~6mm/mの 範囲となった。次に、図-5の平坦性 σに着目すると、 損傷度1区間の平坦性 σでは概ね2~3mmの範囲、損傷 度2区間では概ね3~4mmの範囲、損傷度3区間では概 ね3~6mmの範囲となった。損傷度1区間と比べ損傷度 2区間及び損傷度3区間では、IRIと平坦性σともに数値 が大きく計測された。損傷度2区間及び損傷度3区間を 比較するとそれほど大きくデータの開きが無い。なお、 IRI 値は自動車走行時の評価指標であり、その数値を自 転車走行時の体感数値として評価するのは妥当とは言え ず、自転車走行時の乗り心地を示す BRI 評価指標の構築 が適切な評価を行う上で必要と考えており、今後研究を 進める。

#### 3. 2 横断凹凸量測定(MRP)結果

横断凹凸量測定について、図-6(1),(2)に計測結果の 一例を示す。自転車道は、構築直後には横断方向に直線 (レベル勾配)もしくは拝み勾配で凹凸はなかったと考え られるが、図-6(1),(2)に示すように、横断方向の両端 部に凍上が原因とみられる不陸が発生していた。凍上に より生じた最大不陸量を図-6(1),(2)に示すような手法 (MRP 用解析ソフト:株式会社クマタカエンジニアリング MRP-3000)で算出し、各測定区間の最大不陸量(1 区間 3 測線測定の平均値)を図-7に示す。損傷度1区間で3~ 5mm程度の最大不陸量であったのに対し、損傷度2区間 では25~40mm程度の最大不陸量、損傷度3区間で25~ 45mm程度の最大不陸量であった。















図-7 最大不陸量

## 3. 3 小型 FWD 測定結果

小型 FWD による、載荷板直下の変位量(D0)の測定結 果を図-8に示す。変位量について損傷度1区間では0.05 ~0.1mm程度、損傷度2区間では0.3~0.45mm程度、損傷 度3区間では概ね0.3~0.5mm程度の結果となった。損傷 度1区間と比べ損傷度2区間及び損傷度3区間で大きく 計測された。ただし、損傷度3-No.1-2及びNo.1-3では比 較的小さな変位量を示しており、打点位置の状態によっ て値が大きく影響される可能性も伺われた。



#### 4.まとめ

今回の現地調査で自転車道の損傷度を1、2、3の3区 分に分けて各種測定を実施し、各区間の路面性状に関す る基本的なデータが得られた。損傷度2区間及び損傷度 3区間では、低温ひび割れと凍上に起因する不陸が発生 しており、縦断凹凸や横断凹凸が損傷度1区間に比べて 大きい値となっていることが確認された。ただし、これ らの変状が自転車の走行性に及ぼす影響については、現 状として定まった評価指標や手法が無いため、今後得ら れたデータの検証や考察等を行い、自転車道の路面点検 指標の確立に向けて研究を進める。 謝辞:今回の自転車道での現地調査の実施にあたり、北 見工業大学の髙橋教授及び富山准教授のご指導の下、現 地調査を行った。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

 岡部光樹・高橋清・富山和也・萩原亨・森石一志: 自転車振動モデルを用いた路面平坦性の評価指標構築、土木学会論文集 E1(舗装工学)、Vol.75、No.2 (舗装工学論文集第 24巻)、I 67-I 75、2019.