

わだち掘れのモニタリングにおける評価指標の検討

北見工業大学大学院	学生員	○富山	和也
北見工業大学	正会員	川村	彰
寒地土木研究所	正会員	石田	樹

1. はじめに

わだち掘れは路面の供用性能を評価する上で非常に重要な要素であり、舗装の補修計画を立てるための一要因となる。そのため、わだち掘れの状態を的確にモニタリングし、その状態を適切に評価する必要がある。とりわけ、今日、舗装の施工・管理における性能規定化により、路面評価に利用者意識を反映させる事が求められている。現在、最も一般的なわだち掘れ評価の方法は、わだち掘れ深さ（RD：Rut Depth）によるものであるが、RD は横断プロファイル（以下、「プロファイル」とする）から幾何的に求められるものであり、車両の振動応答に直接関係していない。そのため、RD が等しいプロファイルであっても、断面形状の違いにより、利用者の評価が異なる場合が考えられる。そこで、本研究では、RD が等しく形状の異なるプロファイルを取り上げ、ドライビングシミュレータによる被験者試験を行い、RD による評価の問題点を明らかにする。また、筆者らが開発した 1/2 車両（Half-Car）モデルの応答に基づく評価指標について述べ、その適用性を示す。

2. ドライビングシミュレータによる被験者評価

舗装路面に起因する車両の乗り心地評価試験を行うにあたり、近年、ドライビングシミュレーションにより実施する方法が注目を集めている。北見工業大学が所有するドライビングシミュレータ（KITDS：Kitami Institute of Technology Driving Simulator）は実路面プロファイルを再現することができる路面評価型のドライビングシミュレータである。KITDS で様々な路面条件を再現することにより、安全かつ迅速な路面評価試験の実施が可能である。KITDS の概観を図-1 に示す。



図-1 KITDS の概観

2.1 路面データ

シミュレーションに用いるプロファイルは PIARC EVEN データ¹⁾より、ピーク法で算出した RD が 25mm となり、断面形状のそれぞれ異なる 4 断面を選出した。ここで、ピーク法とは、プロファイルにおいて高さが最大となる点と最小となる点の差により RD を定義する。また、断面形状の特徴は、流動性/摩耗性及びシングル/デュアルを考慮した。図-2 に選出したプロファイルを示す。

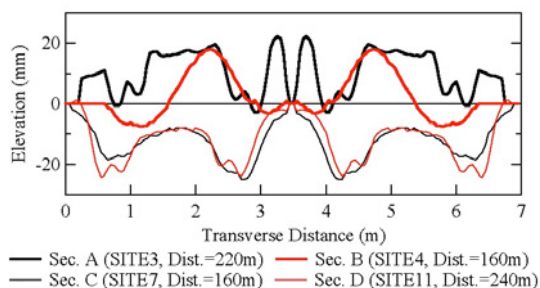


図-2 試験に用いたプロファイル（SITE, Dist.は EVEN 試験における測定位置）

2.2 被験者試験の概要

被験者試験は 8 名の大学スタッフ及び学生を対象に行った。走行条件は ISO3888-1 に規定されるダブルレーンチェンジ試験、走行速度は 60km/s であり 1 割程度の誤差は許容した。試験は、対象プロファイル 4 断面及び平坦路の計 5 パターンで、それぞれの路面上を走行後、図-3 に示す乗り心地の良し悪し、安心感、安全性についてアンケート調査を行った。

キーワード わだち掘れ、路面評価、ドライビングシミュレータ、被験者評価、Half-Car モデル

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 北見工業大学 社会環境工学科 交通工学研究室 TEL0157-26-9429

2.3 評価試験結果の考察

被験者の各路面走行時の評価に対し、主成分分析を行い、第1主成分の主成分得点を評点とした(図-4)。図-4より、RDが等しいわだち掘れであるにも関わらず、被験者の評価にはばらつきが見られた。今回試験に用いたプロファイルが実際に供用中の路線から測定されたものである事を考えると、RDによる路面の供用性能のモニタリングや評価には限度がある事がわかる。

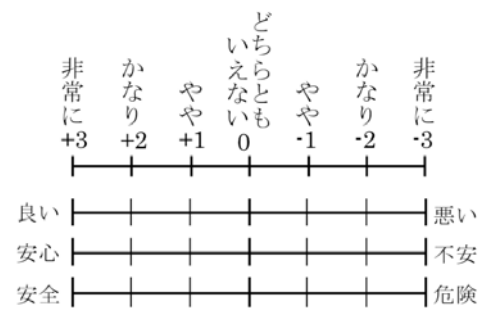


図-3 アンケート評価項目

3. 車両の振動応答に基づくわだち掘れ評価

3.1 HRD: Half-Car based index for Rutting Distress

前述の RD による問題点を改善するため、筆者らは Half-Car (以下「HC」とする) モデルを用いた車両の振動応答に基づく指標(HRD: Half-Car based index for Rutting Distress)を開発した。HCモデルを図-5に示す。HCシミュレーションにおいて、図-6に示す乗移り速度を定義する事で、わだち路における車線変更を模擬する。図-5, 6の各変数は以下の通りである。

$$K_1/M_H = 32 (s^{-2}); \quad K_2/M_H = 326 (s^{-2}); \quad M_2/M_H = 0.075;$$

$$C_1/M_H = 3 (s^{-1}); \quad I_H/(M_H b^2) = 0.42; \quad b = 2 * L = 1.8 (m); \quad W_1 = 3.5(m);$$

$$W_2 = 30(m); \quad V(t) = 80(km/h); \quad v(t) = 2.58(m/s); \quad l = 0.89(m)$$

HRD は HC シミュレーションから、次式により求められる。

$$HRD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N AVx_i^2} \quad (rad/s) \quad (i=1,2,3,\dots,N)$$

ここで、 AVx はバネ上重心におけるロールレート、 N はデータ個数である。

3.2 HRD によるわだち掘れ評価

HRD と被験者評価の相関関係を図-7に示す。図-7より、決定係数 $R^2=0.89$ (相関係数 $R=-0.94$) と、HRD は被験者評点との高い相関を示した。このことから、HRD はわだち掘れの評価に適応でき、RD に比べ被験者の意識を反映した指標であると言える。

4. まとめ

本研究は、現行指標によるわだち掘れ評価の問題点を述べ、新たに開発した HRD による解決策を示した。HRD は、舗装のモニタリング精度を高め、道路資源のより効率的な維持・管理に貢献するものと期待できる。今後、HRD の適応性について研究を続ける予定である。

参考文献

- 1) Kawamura, A., Takahashi, M. and Inoue, T. : Basic Analysis of Measurement Data from Japan in EVEN Project, Transportation Research Record, No.1764, pp.232-242, 2001.

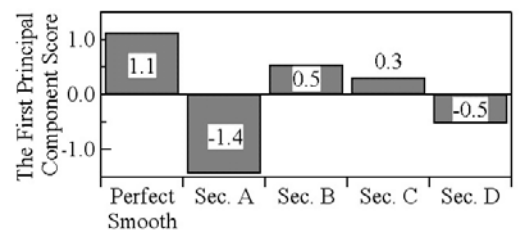


図-4 被験者評価結果(主成分分析における第1主成分得点)

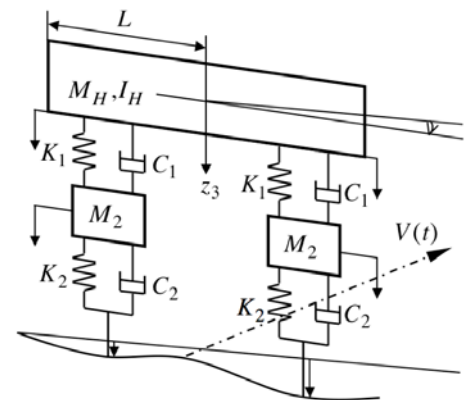


図-5 Half-Car モデル

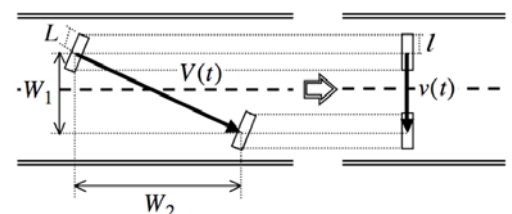


図-6 乗移り速度の定義

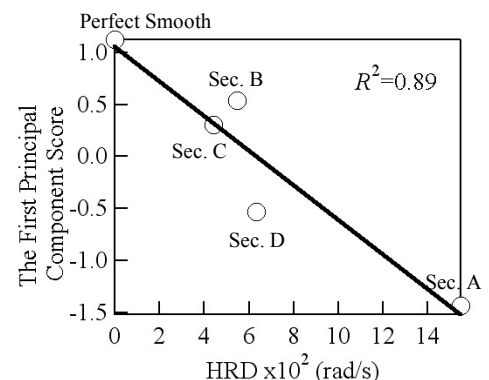


図-7 HRD と被験者評価の相関