

1. 目的

舗装路面の凹凸に関する評価指数である国際ラフネス指数 (IRI) を求める。

2. 適用範囲

舗装路面のIRIを算出することを目的として、これの元になる路面形状 (プロファイル) を計測するために、現場で実施する。

IRIの調査方法には、路面形状の計測精度によりクラス1から4まであり、IRIを利用する目的に応じて適切な計測方法が選定できる。ここでは、クラス1とクラス2に相当する計測方法として、(1) 水準測量による計測方法、(2) 路面プロファイラによる計測方法、(3) デイップスティックによる計測方法、について定める。

3. 測定装置

(1) 水準測量による計測方法

水準測量による計測方法 (クラス1に相当) では、通常のレベル測量で使用する標尺、レベル、巻尺を用いる。

(2) 路面プロファイラによる計測方法

路面プロファイラによる計測方法 (クラス2に相当) では、路面の縦断プロファイルを測定する機器を用いる。縦断プロファイルを測定する機器はいくつかあるが、わが国では高精度の傾斜計などを搭載したプロファイラを用いて手動で測定するものや路面性状測定車などの測定車に搭載されたレーザ変位計、および加速度計等を用いて測定するもの等がある。測定車による測定は、高速走行での縦断プロファイルの連続測定が可能である。

(3) デイップスティックによる計測方法

デイップスティックによる計測方法 (クラス1に相当) では、図-S032・1に示すような形状のデイップスティックを用いる。このデイップスティックは、路面に接するA、B間の距離が305mmであり、内蔵する傾斜計により勾配が計測でき、データは付属のコンピュータに記録されるものである。

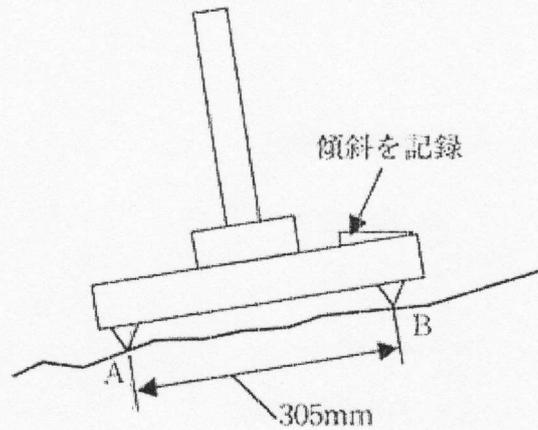


図-S032・1 ディップスティック

4. 測定方法

(1) 水準測量による計測方法

巻尺等を用いて計測範囲に測定位置をマーキングする。計測位置は通常OWP（外側車輪通過位置）もしくは車線中央から路肩側100cmの位置とし、測定間隔は250mm以下とするのが望ましい。

通常のレベル測量と同様に標尺、レベルを用い、測定点における基準からの相対高さを0.5mmの精度で測定する。

(2) 路面プロファイラによる計測方法

小型プロファイラや路面性状測定車等の測定車を用いる路面プロファイラによる測定方法^{注1)}は、「S028 舗装路面の平坦性測定方法」と同様に行う。測定車に搭載した加速度計やレーザ変位計を用いて測定した縦断プロファイルは、水準測量で計測したプロファイルとは異なり、勾配のような波長の長いプロファイルは含まれていない。しかし、IRIを算出するためには車輛が応答を示すような波長^{注2)}のプロファイルが含まれていなければよいため、諸外国でも一般的にこのタイプが用いられている。

注1) 路面プロファイラを測定する機器にはさまざまな機構を持つものがあるのでIRIを計算する前に、測定精度、データの処理方法（フィルタ）等について確認しておく必要がある。

注2) IRIは、1.25～30mの波長範囲の路面凹凸に感度が高いため、測定データには1.25～30mの波長範囲の路面プロファイルが正しく測定されている必要がある。我が国で一般的に用いられている3mプロファイルメータで計測した縦断プロファイルは、これらの波長範囲に対して十分な感度がないことから、IRIの計算に用いることはできない。また測定間隔は250mm以下であることが必要である。

(3) ディップスティックによる計測方法

ディップスティックをプロファイルの計測線に沿って図-S032・1に示すようにABの間隔(305mm)づつ動かし、累積した長さで傾斜計から計算した相対高さを付属のコンピュータに記録していく。

5. IRIの算出方法

クラス1, 2の縦断プロファイルデータを用い、QC (Quarter Car) シミュレーションによりIRIを算出する。QCシミュレーションは、通常用いられている2軸4輪の車両の1輪だけを取り出し抽象化したクォーターカーモデルであり、図-S032・2に示すような力学系で表現される。IRIは、QCシミュレーションを一定の速度で路面上を走行させたときの車が受ける上下方向の運動変位の累積値(mm)と走行距離(m)との比であり、QCシミュレーションの一連の運動方程式である式(S032・1)～式(S032・3)によりIRIを算出する。

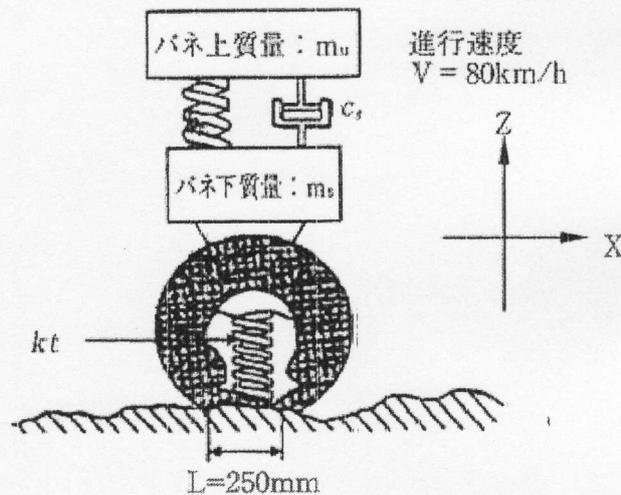


図-S032・2 クォーターカー (QC) モデル

$$x = A_x + B h_{ps} \dots\dots\dots (S032 \cdot 1)$$

$$x = [z_s, z_u, z_u, z_u]^T$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -k_2 & -c & k_2 & c \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ k_2/\mu & c/\mu & -(k_1+k_2)/\mu & -c/\mu \end{pmatrix}$$

$$B = [0, 0, 0, k_1/\mu]^T \dots\dots\dots (S032 \cdot 2)$$

ここに、 h_{ps} : 平滑化されたプロファイル高

z_s : ばね上質量の高さ (縦座標)

z_u : ばね下質量の変位 (縦座標)

また基準化されたパラメータを以下に示す。

$$c = c_s/m_s = 6.0$$

$$k_1 = k_t/m_s = 653$$

$$k_2 = k_s/m_s = 63.3$$

$$\mu = m_u/m_s = 0.15$$

ここに、 c_s : サスペンションのダンピング

k_s : サスペンションのばね係数

k_t : タイヤのばね係数

m_s : ばね上質量 (車輪 1 個によって支持された車体の質量)

m_u : ばね下質量 (車輪/タイヤの各質量と車体懸架装置/車軸の各
1/2 質量)

h_{ps} : プロファイル

L : プロファイル長

h_{ps} を入力して、式 (S032・1) を解き、式 (S032・3) によってIRIを計算する。この時の速度は80km/hを標準とする。

$$IRI = \left\{ \int_0^{L/V} |z_s - z_u| dt \right\} / L \dots\dots\dots (S032・3)$$

6. 報告事項

- (1) 試験場所, 走行方向, 測定時期, 天候
- (2) 縦断プロファイル測定装置
- (3) 路面の縦断プロファイルデータ
- (4) IRI (m/km, mm/m)

注意事項

IRIの算出には、膨大な計算を行う必要があるため、手計算などでは困難である。このため、一般にコンピュータ上で動作する解析ソフトが利用されている。IRI解析用のフリーソフトは、<http://www.roadprofile.com/>等に公開されており、ダウンロードして利用することが可能である。

解説

(1) IRIは1989年に世界銀行が提案した路面のラフネス指標で、「2軸4輪の車輛の1輪だけを取り出した仮想車両モデルをクォーターカーと呼び、このクォーターカーを一定の速度で路面上を走行させたときの車が受ける上下方向の運動変位の累積値と走行距離の比 (mm/kmまたはmm/m) を、その路面のラフネスとする」と定義されている。

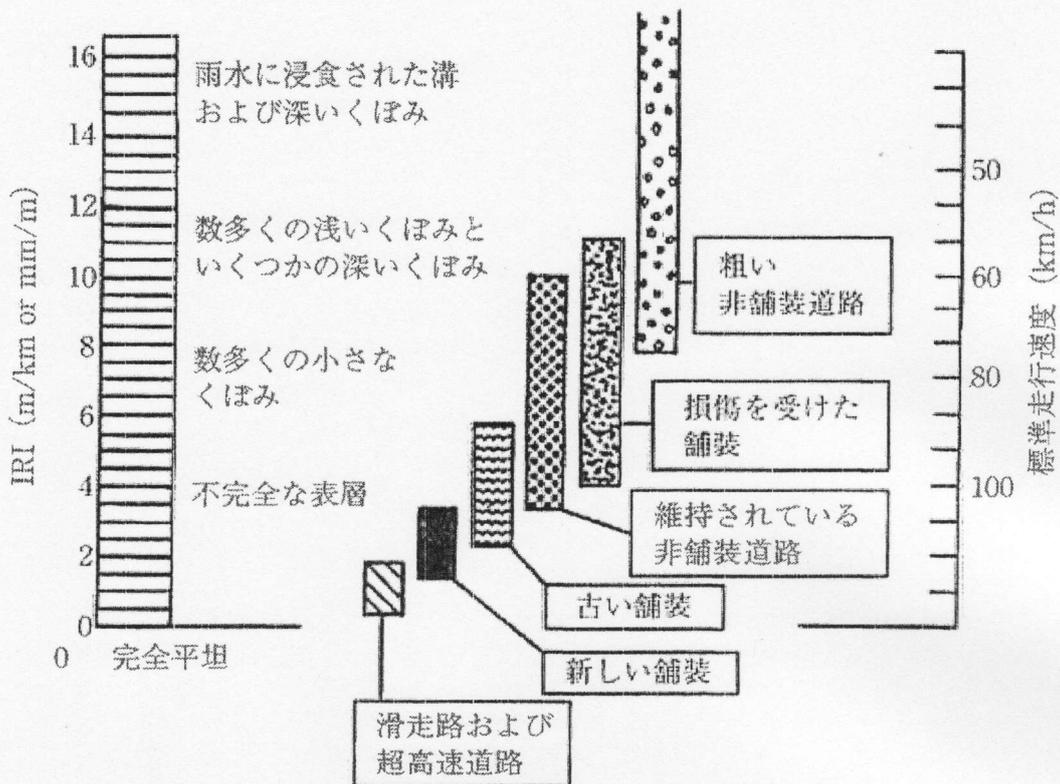
ラフネス測定装置は、表-S032・1に示すようにプロファイル方式とレスポンス方式の2つに分類される。プロファイル方式は、路面の縦断方向のプロファイルを実測するものであり、標尺を用い人力で行う水準測量から通常 of 車両走行速度と同程度の速度で測定可能な自動計測車まで各種の装置がある。また、レスポンス方式は、RTRRMS (レスポンス型道路ラフネス測定システム) が路面から受ける動的応答を主として加速度の形で測定するものであるが、測定装置にはさまざまなタイプがあり、任意尺度のラフネス指数を測定し、相関式によりIRIに変換する。

表-S032・1 路面の凹凸等の測定方法とIRIの算出方法

クラス	路面の凹凸等の測定方法	IRIの算出方法
1	水準測量	間隔250mm以下の水準測量で縦断プロファイルを測定し、QCシミュレーションによりIRIを算出する。
2	任意の縦断プロファイル測定装置	任意の縦断プロファイル測定装置で縦断プロファイルを測定し、QCシミュレーションによりIRIを算出する。
3	RTRRMS (レスポンス型道路ラフネス測定システム) ³⁾	RTRRMS (レスポンス型道路ラフネス測定システム) で任意尺度のラフネス指数を測定し、相関式によりIRIに変換する。
4	パトロールカーに乗車した調査員の体感や目視	パトロールカーに乗車した調査員の体感や目視によりIRIを推測する。

IRIと路面状態の関係を図-S032・3に示す。IRIを用いることで、全く維持作業が行われていない未舗装道路から非常に高い平坦性が要求される滑走路までの縦断方向のラフネスを同一尺度で表現できる。IRIは数値が大きい方が、大きくサスペンションが動くことを示し、平坦性が悪く乗り心地が悪いことを表すことにもなる。また、評価延長を短くすることにより鋭敏性の高い平坦性の評価が可能で、平坦性不良箇所の抽出に利用することができる。

(2) IRIはラフネス指標であるが、乗り心地が考慮された指標としてRN（ライドナンバー）⁵⁾等がある。一般に、IRI解析用のフリーソフトではこれらの指標の出力結果が同時に得られるようになっている。



図—S032-3 路面性状とラフネスの関係

関連規格

World Bank Technical Paper Number 46 : Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements

参考文献

- 1) 土木学会：路面のプロファイリング入門，pp. 6～7，2003.1
- 2) 土木学会：路面のプロファイリング入門，pp. 53～56，2003.1
- 3) マイケル W. セヤーズ：（訳）笠原他：道路縦断プロファイルからのIRIの算出（上），舗装：pp. 26～27，1996.7
- 4) 土木学会：路面のプロファイリング入門，pp. 42～43，2003.1
- 5) 土木学会：路面のプロファイリング入門，pp. 58～59，2003.1