

高速道路の構造・交通諸元とIRIの関係について

熊田 一彦¹・大野 滋也²・佐藤 正和³

¹工修 日本道路公団試験研究所 舗装研究室(〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)

²正会員 日本道路公団試験研究所 舗装研究室長(〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)

³正会員 日本道路公団試験研究所 舗装研究室主任(〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)

本研究は、高速道路における走行快適性に対応する路面の管理基準を策定することを目的としており、IRI(International Roughness Index:国際ラフネス指数)を新たな路面管理指標として着目し、その適用性の検討を行うものである。IRIについては、平成11年度の調査で被験者による評価試験からIRIと走行快適性の関係についてある程度の相関性を示す結果を得ている。本報告では、全国約4,200km・車線について測定した調査結果を基に、IRIと路面の経過年数から経年変化に伴う関係式を求めた。また、道路諸元と影響因子の関係を整理し、道路特性の把握を行った。

Key Words : Road surface evaluation , IRI , Longitudinal profile measurement , Running comfortableness

1. はじめに

日本道路公団(以下「JH」という.)では、道路利用者の視点から、より快適で安全な路面を提供することを目的に、IRI(International Roughness Index:国際ラフネス指数)を新たな路面管理指標とすべく、その適用性についての検討を行っている。

このなかで筆者らは、平成11年度の調査で高速道路4区間において被験者による乗り心地評価を行い、乗り心地の「良い」「悪い」という評価におけるIRI値の範囲を求めると、IRIと乗り心地の関係についてある程度の相関性を示す結果を得ている。

また、縦断プロファイル測定によるIRIの算出を行い、路面特性についての基礎的な見知を得たことを報告している。^{1),2)}

2. 目的

本報告は、IRIによる路面管理基準を策定するため、高速道路におけるIRIの経年変化や道路特性を把握することを目的として、平成13年度に全国約4,200km・車線について測定した調査結果を基に、IRIと路面の経過年数から経年変化に伴う関係式を求めた。また、道路諸元と影響因子の関係を整理し、IRIによる道路特性の把握を行ったものである。

3. 調査箇所及び測定方法

測定は、写真-1に示す路面性状測定車により表-1に示す全国約4,200km・車線について、縦断プロファイル測定してIRIの算出を行った。

なお、IRIの評価基準は海外事例やJHの他の基準項目及び修繕等の施工ロット等を勘案し200mとした。したがって今回の分析対象となったIRIは、約21,000データである。



写真-1 路面性状測定車

表-1 IRI の測定実施区間

路線	路線記号	平均供用年数	表層の平均経過年数	測定延長 km 車線	IRI 平均値
道央自動車道	D01	22.0	7.4	150.6	1.47
道央自動車道	D02	0.0	0.0	20.2	1.35
道東自動車道	DT	4.1	4.1	170.5	1.43
東北自動車道	TH1	25.8	5.8	366.8	1.48
関越自動車道	KA1	21.3	4.3	376.8	1.63
北陸自動車道	HO	23.0	6.1	180.0	1.62
東名高速道路	TO1	32.5	3.8	594.5	2.04
東北自動車道	TH2	27.0	6.1	198.4	1.48
東京外環自動車道	GK	8.0	7.3	112.2	1.64
東水戸道路	HM	3.5	2.3	38.4	1.46
北関東自動車道	KI	0.5	0.9	209.6	1.23
関越自動車道	KA2	28.0	5.0	232.0	1.77
首都圏中央連絡道	KE	5.0	4.8	74.5	1.46
中央自動車道	CH	21.3	14.3	138.0	2.41
東名高速道路	TO2	32.5	3.4	182.4	1.79
名神高速道路	MS1	36.5	3.6	172.8	1.85
名神高速道路	MS2	37.5	4.6	409.5	2.00
中国自動車道	CG	28.0	6.1	231.0	2.02
山陽自動車道	SA	12.4	8.4	231.2	1.75
九州自動車道	KY	27.0	5.2	150.2	1.80
全国		19.8	5.2	4,240	1.75

ここで表-1 に示す「平均供用年数」とは、測定区間の供用開始からの平均年数を、「表層の平均経過年数」とは、表層が舗装改良工事等によって施工されてから（未補修区間は開通時から）の平均年数をいう。

4. 調査結果

各路線の IRI の平均値と標準偏差を図-1 に示す。なお、横軸は平均供用年数の短い路線から順に示しており、全国平均値は 1.75 である。供用年数が 10 年未満の路線は 1.5 程度であるが、30 年以上の路線では 2.0 程度と経年により増加傾向にあることがわかる。

また 20 年程度の路線 CH の値が 2.41 と大きいですが、これは測定区間の 47% を明かり部のコンクリート舗装区間が占めていることが要因であると考えられる。

なお、各路線の値については全区間を測定していないことや、測定箇所交通量・車線構成・舗装工種・構造物比率等にバラツキもあるため、必ずしも各路線を代表する値とは言えない。

(1) IRI の経年変化量の推定

IRI は前述のとおり供用年数により増加傾向にあることに着目し、相関する因子を整理した結果、補修後の表層の過年数を説明変数とし IRI の平均値を

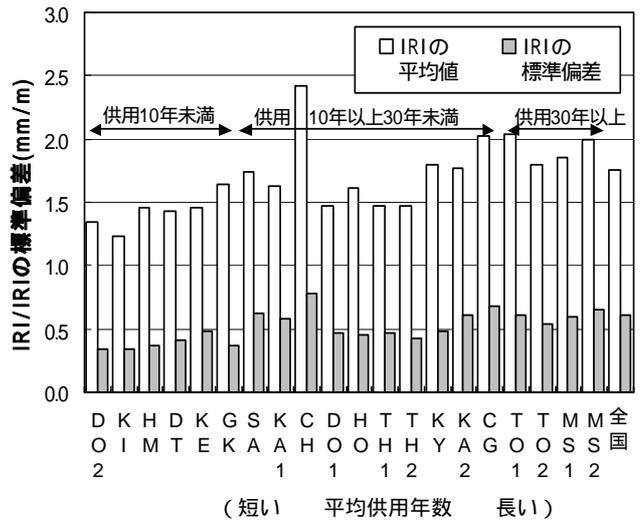


図-1 各路線の IRI 平均値と標準偏差

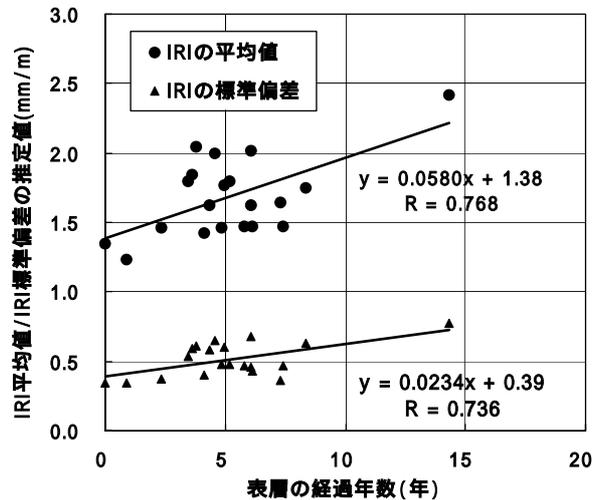


図-2 経過年数と IRI / IRI 標準偏差の推定値

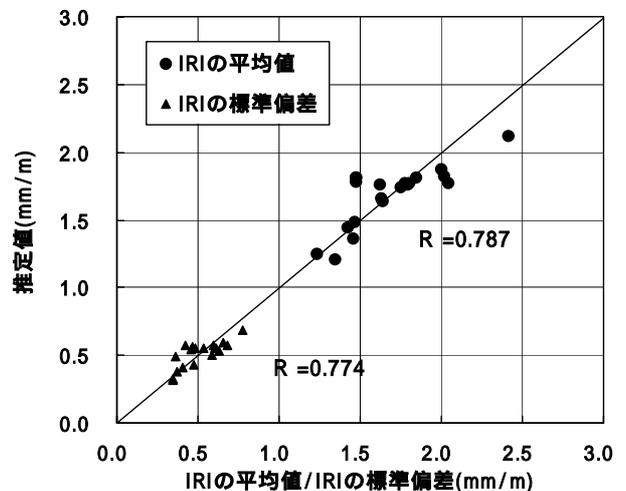


図-3 実測値と推定値の相関

目的変数とした回帰分析により図-2 に示す推定式が得られた。

$$\text{IRI (推定値)} = 0.0580 \times T_{su} + 1.38$$

$$\text{IRI (標準偏差の推定値)} = 0.0234 \times T_{su} + 0.39$$

ここに T_{su} : 表層の経過年数

なお、回帰分析にあたっては供用年数を説明変数とした場合の相関係数は 0.63 となり、表層の経過年数を説明変数とすることにより相関係数が 0.77 と高い値が得られた。

また、実測値と推定値との相関を図-3 に示す。これは上記推定式により算出した推定値と実測値を比較したものであり、傾向としてはパラッキも見られるものの相関係数は 0.79 と高い値が得られた。

以上より、IRI を指標とした表層のライフサイクルの推定が可能と考えられる。

(2) IRI と道路構造の関係

図-4 は構造種別と IRI の関係を示しており、IRI は切土部 < 盛土部 < トンネル部 < 橋梁部の関係にある。トンネル部や橋梁部で比較的高い値となっているのは、トンネル部におけるコンクリート舗装目地や橋梁部におけるジョイント等の影響と考えられる。

このため、構造種別により IRI の管理目標の設定を考慮する必要があると思われる。

図-5 は構造種別毎の頻度分布を示しており、85% タイル値では切土部 1.48 < 盛土部 1.65 < トンネル部 2.07 < 橋梁部 2.22 の関係にある。

また各頻度とも図-4 に示す構造種別間関係と同様の傾向が見られる。

(3) IRI と舗装種別の関係

図-6 は舗装種別と IRI の関係を示しており、IRI はコンポジット < アスファルト < コンクリート舗装となり、アスファルト舗装では高機能 密粒の関係にある。コンポジット舗装は一般的に耐久性が高く平坦性が得られやすいといわれており、これを裏付ける結果が得られたが、今回の測定データでは供用年数が短いことから、優位性についてはデータの蓄積による確認が必要である。

図-7 は舗装種別毎の頻度分布を示しており、85% タイル値ではコンポジット 1.35 < アスファルト 1.85 < コンクリート舗装 2.51 となり、アスファルト舗装では各頻度において高機能 密粒の関係にあるため、ここでは高機能と密粒の平均値としている。

また各頻度とも図-6 に示す舗装種別間関係と同様の傾向が見られる。

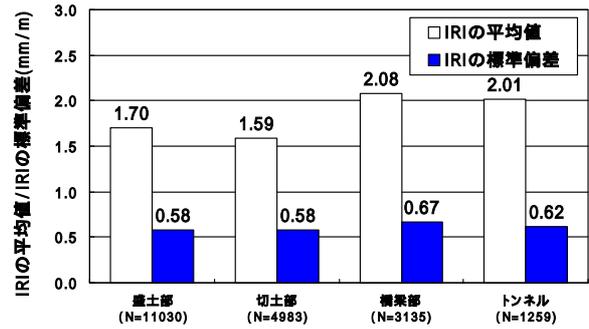


図-4 構造種別と IRI の関係

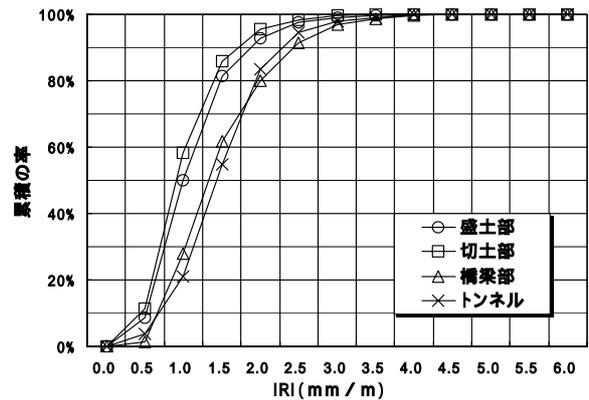


図-5 構造種別毎の IRI 頻度分布

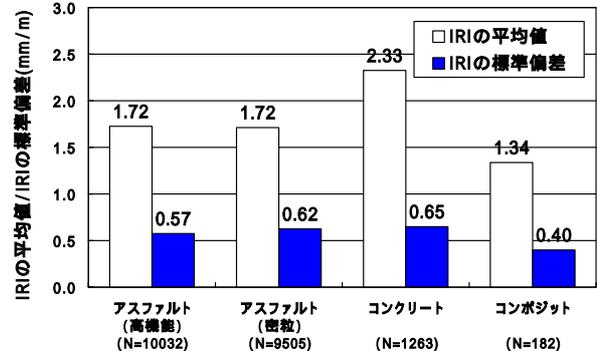


図-6 舗装種別と IRI の関係

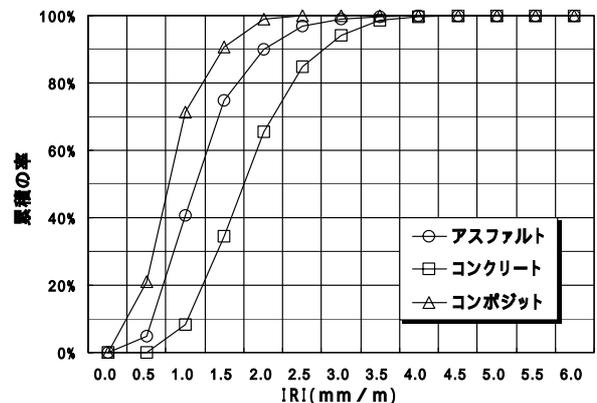


図-7 舗装種別毎の IRI 頻度分布

(4) IRI と車線区分の関係

図-8は4車線(片側2車線)区間における車線区分とIRIの関係を示しており、IRIは追越車線<走行車線<第一走行車線<の関係にあるが、その差は第一走行が7割以上となる大型車の車線分担率と比べると相対的には小さなものである。

図-9は車線区分毎の頻度分布を示しており、85%タイル値では追越車線1.73<走行車線1.96である。

(5) IRI と交通区分の関係

図-10は交通区分とIRIの関係を示しており、IRIは軽交通区間<中交通区間<重交通区間の関係にある。ここで重交通とは大型車交通量(一方向)が5,000台/日以上、中交通は大型車交通量(一方向)が1,500台/日未満の区間と分類しており、大型車交通量によるIRIの差が見られる。

図-11は構造種別及び交通区分とIRIの関係を示しており、各構造種別において大型車交通による影響が大きい傾向が得られた。

しかしこれら交通区分による分析は、重交通路線が一般に供用年数が多い路線と一致するため、累積交通量との関係と推定され、今後再分析を予定している。

5. 道路諸元の分析

道路諸元データから、IRIへの影響度について分析を行った。

図-12は図-2で得られたIRIの推定式を構造種別毎に示しており、補修後の初期値(縦軸の切片)を0とすることにより、経過年数に対するIRIの増加量(傾き)を比べたものである。

IRIの増加量は土工部(盛土・切土部)で大きく、橋梁部・トンネルでは小さい。これは図-4と比較すればIRIの大きい橋梁部・トンネルは先に述べたジョイントやコンクリート目地部等の構造的な影響により補修後の初期値は高いが、IRIの増加速度は遅いことを示している。逆に土工部では圧密沈下や路面性状の変位等により増加速度は比較的速いが、補修後の回復が大きくIRIの改善効果が高いことが伺える。

図-13は舗装種別におけるIRIの増加量を図-12と同様に示しており、IRIの増加量はアスファルト舗装(高機能・密粒)で大きく、コンポジット・コンクリート舗装では小さい。図-6との比較からもコンクリート舗装のように剛性の高い構造では初期値はコンクリート目地部等の構造的な影響により高いが、IRIの増加速度は遅い。

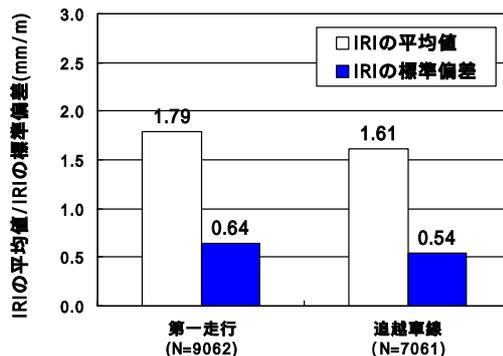


図-8 車線区分とIRIの関係

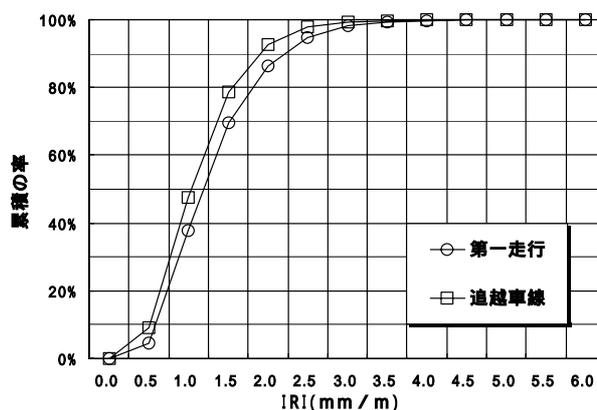


図-9 車線区分毎のIRI頻度分布

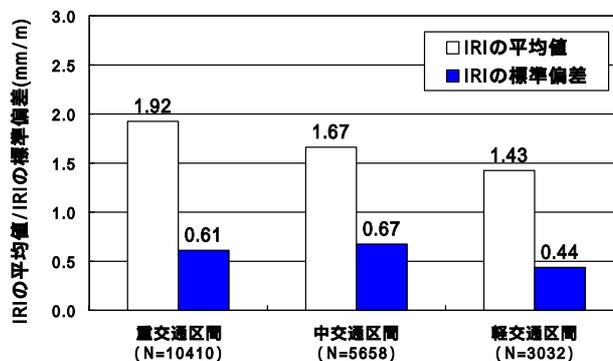


図-10 交通区分とIRIの関係

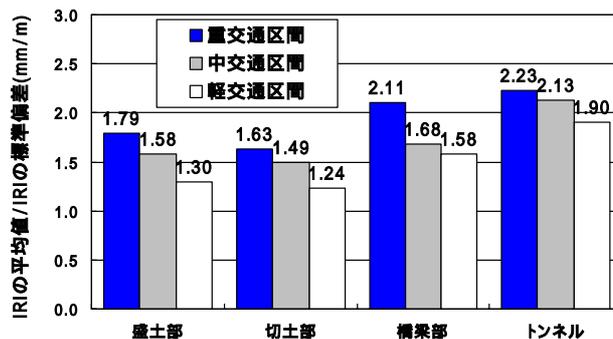


図-11 構造種別・交通区分とIRIの関係

コンポジット舗装では、補修後の初期値が低く補修直後はアスファルト舗装の性質を示す一方、増加速度は遅くコンクリート舗装の性質を示し、設計思想が反映されていることが伺える。

また、アスファルト舗装では密粒舗装と高機能舗装で IRI の増加速度に差が見られ、高機能舗装の耐流動性が寄与しているものと思われる。

ただし、先にも述べたようにコンポジット舗装や高機能舗装は供用年数が短いこともあり、データの蓄積による検討が必要である。

なお、IRI の増加は標準的な維持管理を実施する道路では上限がある。すなわち図-12、13の線（傾き）が各々上限を持ち、図-14に示すように、ある IRI 値に対し収束に向かうと考えるのが自然である。しかし、今回の表層の経過年数による解析では約 15 年が最大であり、上限収束値の確認はできなかったが、今後供用年数または累積交通量といった、より時間的にスケールの大きい要因と IRI の関係で確認していきたい。

6. まとめ

(1) 本報告のまとめ

今回の高速道路における全国調査により以下の結果が得られた。

IRI が経年により増加傾向にあることに着目し、路面の補修後の経過年数から IRI の経年変化量を推定することができた。

また供用年数と IRI データから、現行の管理水準下では高速道路の IRI 平均値は上限が 2~3mm/m の間にあると推定される。

IRI と各道路諸元との関係についての基本特性を把握することができ、その影響度について基礎的な知見が得られた。

(2) 今後の課題

今回、高速道路において全国調査により約 4,200 km・車線の IRI データが得られたことは、データの蓄積や信頼性の向上、今後のさらなる検討に向けその意義は大きい。

IRI の路面管理基準化については、さらなるデータの蓄積を行う必要があるものの、実用化に向け一応の成果を得ることができたと思われる。

今後は、他の管理指標への適用性や走行レベル(都市部・地方部)に応じた基準値等について検討を行う必要がある。

また、IRI による路面の劣化モデルからライフサイクルコスト算定の観点からも検討を行っていきたい。

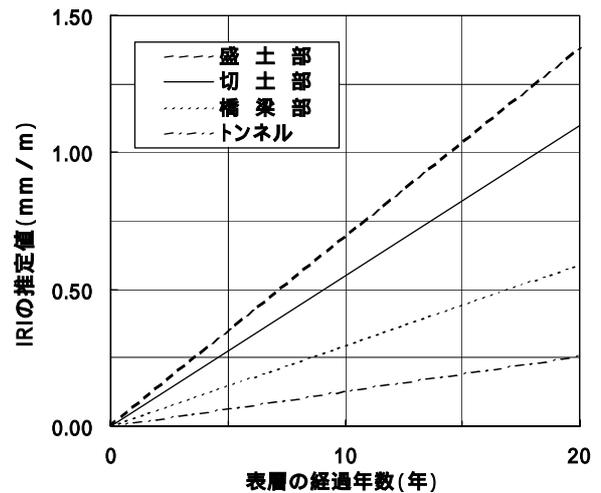


図-12 構造種別と IRI 増加量

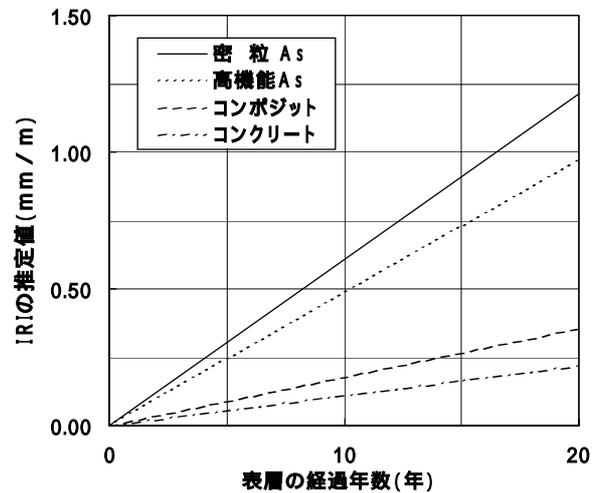


図-13 舗装種別と IRI 増加量

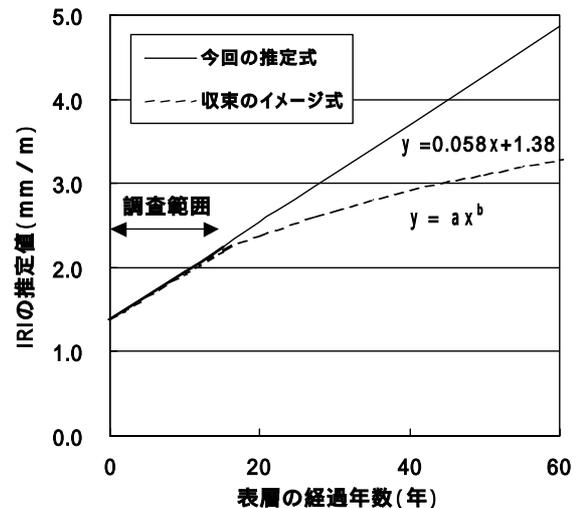


図-14 IRI 増加量の上限イメージ

謝辞：最後に，本報告を行うにあたり，全国調査に御協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表するものである．

参考文献

- 1) 川村彰，榊本友紀，大野滋也，佐藤正和，鈴木一隆:道路利用者から見た高速道路の路面プロフィールについて，土木学会舗装工学論文集，第5巻 p.p.102-111,2000年
- 2) 大野滋也，佐藤正和，鈴木一隆:高速道路における IRI の特性に関する一考察，土木学会第56回年次学術講演会講演概要集，2001年

ABOUT THE RELATIONS BETWEEN THE STRUCTURE, TRAFFIC VARIOUS CAUSE OF THE EXPRESSWAY AND IRI

Kazuhiko KUMADA, Shigeya OONO and Masakazu SATO

The objective of this study is to develop road surface control standards on expressways to provide driving comfort. This study focuses is placed on the IRI (International Roughness Index), a new index for road surface control, and its applicability. The questionnaire survey at 1999 provided certain correlation between the IRI and driving comfort.

This paper shows a formula which represents time-based change in IRI using the aging of the road surface, based on the results of profile measurement on lanes for a combined length of 4200 km nationwide. We organized the relationship between road dimensions and the factors affecting the road surface, and identified road properties.