

Estimation of unacceptable expressway road roughness with short wavelength detected by truck drivers

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/35652

高速道路走行時の大型車ドライバーにより 抽出された短波長の苦情路面に対する評価

深田宰史¹・松本剛也²・岡田裕行³・樺山好幸⁴

¹正会員 博(工) 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 金沢市角間町)

E-mail : saiji@se.kanazawa-u.ac.jp

²非会員 西日本高速道路エンジニアリング関西 株式会社 (〒567-0032 茨木市西駅前町 5-26)

³正会員 株式会社 フジエンジニアリング (〒532-0002 大阪市淀川区東三国 5-5-28)

⁴正会員 博(工) 西日本高速道路エンジニアリング関西 株式会社 (〒567-0032 茨木市西駅前町 5-26)

本研究では、高速道路を走行する大型車のドライバーをモニターとしたアンケート調査を行い、大型車ドライバーの乗り心地が優れない、または積荷の損傷が心配されるなどの苦情を受けた路面(苦情路面と称す)を抽出することにより、苦情路面の路面特性を把握した。また、リーフサスペンションまたはエアサスペンションを有する3軸トラックとトラクタ+セミトレーラを4台用いて走行試験を行い、アンケートによって得られた苦情路面の確認と新たな苦情路面を抽出した。その結果、苦情路面の特徴として評価基準長10mのIRI値が4(以下、IRI_10「4」)以上、大型車のばね下最大加速度1.5G以上(ただし、瞬時値ではなく繰り返し振動)であった。さらに、試験車をモデル化した走行解析から、IRI_10「4」とばね下振動の最大加速度1.5Gに相関があることを明らかにした。

Key Words : road roughness, short wavelength, IRI, truck driver, acceleration, suspension

1. はじめに

高速道路は、今や日本の物流の大動脈を担っており、その物流の多くは大型車による輸送により行われている。この物流の輸送を維持するため、また道路利用者の安全で快適な走行を実現するためにわが国の高速道路では、わだち掘れ、すべり摩擦係数、ひびわれ率、段差および縦断方向の凹凸の5つの指標に対して、それぞれの補修目標値を設定し、総合的な補修順位付けにより維持管理を行っている。このうち、道路利用者の乗り心地に大きな影響を及ぼす縦断方向の凹凸に対しては、国際ラフネス指数(以下、IRI)を用いて補修目標値3.5mm/m(評価基準長200m)により管理している¹⁾が、精密機械や生鮮品等を運搬する大型車両のドライバーから、路面凹凸を原因とした荷積み損傷²⁾など、路面凹凸に対する苦情が管理事務所等に寄せられることがある。路面凹凸を原因とした苦情は、大きく分けると長波長成分の路面によるものと段差や補修痕などの短波長成分によるものに分けられる。長波長成分については、既存のIRI(評価基準長200m)で評価できることをすでに確認している³⁾。一方、短波長成分による路面凹凸に対しては、橋梁の伸縮継手付近を対象として、評価基準長10mのIRI値7(IRI_10「7」)を補修目標値として著者らは提案している⁴⁾が、

これはあくまで道路管理者が考える安全上の補修目標値であり、路面凹凸に対する苦情を考慮した補修目標値ではないため、短波長の路面における苦情に対して新たな補修目標値の設定が求められている。

そこで本研究では、大型車の運転手が頻繁に同一路線の高速道路を走行していることに着目して、大阪府トラック協会的大型車ドライバーをモニターとして、走行の快適性向上を目的としたアンケートを実施することにした。ここで、本研究では大型車ドライバーによって乗り心地が優れない、または積荷の損傷が心配されるなどの苦情を受けた路面を苦情路面と称し、その苦情路面を抽出することにより、苦情路面の特徴について把握することにした。また、一般に供用されている大型車同様に様々な軸数およびサスペンションによる影響を加味できるようにリーフサスペンションまたはエアサスペンションを有する3軸トラックとトラクタ+セミトレーラを4台用いた走行試験を行うことにした。そして、アンケートで得られた苦情路面の確認および試験車ドライバーへのヒアリングにより新たに確認できた苦情路面を抽出して、大型車のばね振動加速度、IRIと苦情路面との関係について検討することにした。なお、アンケートの被験者は、本研究で対象とした路線すべてを常に走行しているわけではなく、特定の路線を走行しているため、アンケートで

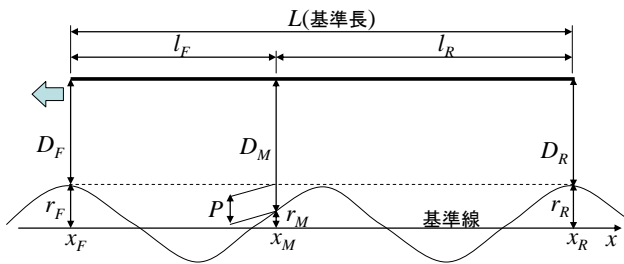


図-1 路面計測車による計測の概念図

抽出された箇所以外に今回の試験車ドライバーと同乗者が不快感に感じた路面についても新たに確認できた苦情路面とした。

さらに、試験車モデルによる走行解析を行い、解析面からばね振動加速度と IRI₁₀ との関係を検討することにした。

2. 路面計測

(1) 対象路面

本研究で計測対象とした路面は、名神高速道路の滋賀県栗東 I.C. (458.3KP) から大阪府吹田 JCT (514.4KP) 間 56.1km, 中国自動車道の大阪府吹田 JCT (0.6KP) から兵庫県吉川 I.C. (43.8KP) 間 43.2km, 山陽自動車道の兵庫県神戸 JCT (1.1KP) から兵庫県三木 JCT (15.3KP) 間 14.2km の各路線における上下線の走行車線 (片側 3 車線では第 1 走行車線) とした。なお、括弧内は、本研究にて実際に路面評価しているキロポストを示している。

(2) 路面凹凸の計測

IRI を評価するための路面凹凸の計測は、3 台のレーザー変位計 (LK-G405, 基準距離: 400mm, 測定範囲: ±100mm, KEYENCE 製) を搭載した路面計測車 (西日本高速道路エンジニアリング関西(株)所有, 基準長 3m) を用いて、供用中の高速道路において、走行速度 80km/h にて実施した。計測位置は、大型車の左車輪の走行位置とした。なお、後述する試験車による走行試験と路面計測は、同時に行っていない。

路面凹凸高の算出方法は、図-1 に示すように路面計測車に搭載された 3 台のレーザー変位計により計測された 3 点 (F, M, R 点とする) の変位 (D_F , D_M , D_R) から式 (1) を用いて凹凸高 P を算出した。なお計測では、非接触距離計から出力される 1cm ごとのパルス信号をトリガーにして、各レーザー変位計により変位を収録した。本計測では、式(1)から 1cm ごとの路面凹凸高 P を計測したが、このうち本研究では 10cm ごとの凹凸高を用いた。なお、これらを用いることにより車両が応答 (後述する図-15 参照) を示す波長が含まれていることを確認している。

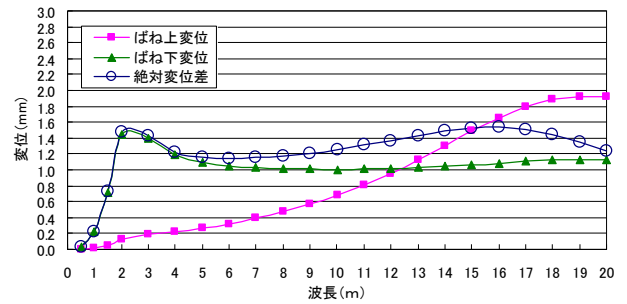


図-2 IRI の応答特性 (80km/h)

$$P = D_M - \left(\frac{l_R}{L} D_F + \frac{l_F}{L} D_R \right) \quad (1)$$

本研究で用いたレーザー変位計による 3 測点法はクラス 2 に分類されるものであり、測定は、それぞれの仕様⁵⁾ に準拠した。また、平坦性の測定精度は、縦断プロファイルメータによる標準偏差の測定値に対して ±30% 以内の精度を有し、距離測定の精度は、光学測量機による距離の測定値に対して、±0.5% 以内の精度を有している。

3. 路面評価指標

振幅量 1mm にモデル化した各波長 (1~20m) の正弦波路面上をクォーターカーモデルが走行した際の単位凹凸勾配に対するばね上質量の変位、ばね下質量の変位およびばね上質量とばね下質量の変位差の絶対値を図-2 に示す。これより、IRI のクォーターカーモデルの特徴として、ばね上変位およびばね下変位の共振点は、それぞれ約 19m 付近および約 2m 付近に存在しているが、それらの変位差の絶対値は、波長 2.4m と 15m の単位凹凸勾配に対して最大感度を有している³⁾。

本研究では、IRI のクォーターカーモデルにおける短波長成分に対する感度を利用することにした。西日本高速道路(株)が管理している路面に対する IRI は、評価基準長 200m を用いている⁷⁾が、評価基準長 200m で IRI を分析すると短波長の路面凹凸を平均化することになり、局所的な損傷を抽出することが困難となる。

既往の研究では、評価基準長の設定を考慮する必要がない「地点 IRI」という評価法を提案したもの⁸⁾や IRI₂₀ を用いて路面評価を行っている事例がある⁹⁾。また、車両のばね下振動 (10-15Hz) の励起により周辺環境に大きな影響を及ぼしている交通振動問題に対して、IRI₁₀ を用いた交通振動低減のための路面管理値を提案している事例もある¹⁰⁾。

本研究ではこれまで、短波長による橋梁の伸縮継手付近の路面凹凸を評価するために評価基準長 10m による分析を行ってきた⁴⁾。それによると波長 10m 分を考慮すれば概ね伸縮継手付近の路面凹凸を評価できることから、本研究でも 10m を評価基準長とした IRI₁₀ を短波長の苦

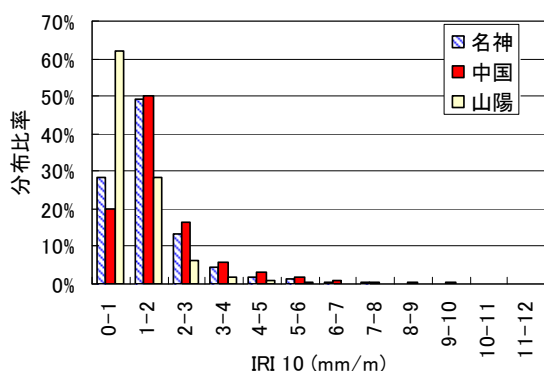


図-3 路線ごとの IRI₁₀

情路面に対する評価指標に用いることにした。

4. 対象路面の路面特性

路面計測車によって計測された路線ごとの路面凹凸に対して、IRI₁₀ を算出し、それぞれの路線でのサンプル数で除した比率を図-3 に示す。なお、上下線の分布において大きな違いがなかったため、ここでは、上下線を合わせた比率でまとめた。

これより、名神高速道路や中国自動車道では IRI₁₀ 「1-2」（評価基準長 10m の IRI 値 1 以上 2 未満）に多く分布している。中国自動車道では、IRI₁₀ 「2」（評価基準長 10m の IRI 値 2, 以下同様の表記をする）以上において他の路線より比率が多いことがわかる。また、山陽自動車道は対象とした区間が短く、橋梁やトンネルなどの構造物比率が少なかったことや交通量が他の路線に比べて少ないことから IRI₁₀ 「0-2」（0 以上 2 未満）に多く分布している。全路線ともに IRI₁₀ 「0-3」（0 以上 3 未満）に約 90%が含まれ、IRI₁₀ 「4」以上が 2~7%という状況である。

5. 大型車ドライバーをモニターとしたアンケートと試験車による走行試験

(1) 大型車ドライバーをモニターとしたアンケート

本研究では、大阪府トラック協会の協力を得て、大型車ドライバーをモニターとしたアンケートを実施した。アンケートは、西日本高速道路(株)関西支社が管理する路線を走行したドライバーに対して行った。

アンケート項目は乗り心地が優れない、または積荷の損傷を危惧すると感じた場所について、①車線区分、②キロポスト位置、③運転していた車両情報（エアサスやリーフサスなどのサスペンションの種別や軸数、積載重量）、④5段階評価による乗り心地評価、⑤揺れの感じ方、⑥路面の状況について質問した。

(2) 試験目的

後述するアンケートの結果から、被験者の違いに加えて、大型車の車種（トラックやトレーラなど）、車軸数、車軸間隔、サスペンションの種類¹⁾（リーフサスペンション、エアサスペンション）、積載重量、積載位置および走行速度などの違いにより、様々な場所が抽出された。これは、被験者の感覚特性や車両の振動特性の違いによるものと考えられる。

高速道路を利用している大型車ドライバーは、様々な車種、積載条件および走行速度等で走行していることから、被験者となるドライバーおよび車種を特定した場合、一般性に欠けた評価をすることになる。そこで、様々な車種およびドライバーによって抽出された苦情路面箇所の把握に重点をおいて、次節で示す 4 台の試験車（運転手はいずれの車両も異なる）を用いて走行試験を行い、アンケートにより得られた苦情路面を確認し、その特性を調べることにした。また、アンケートの被験者は、本研究で対象とした路線すべてを常に走行しているわけではなく、特定の路線を走行しているため、アンケートで抽出された箇所以外に今回の試験車ドライバーと同乗者が不快に感じた路面についても新たな苦情路面として抽出することにした。

(3) 試験車両

走行試験を行った試験車は、以下の 4 台を用いた。試験車の一般図を図-4 および表-1 に示す。

① 3軸のトラック（前輪 1 軸、後輪 2 軸ともにリーフサスペンション）、② 3軸のトラック（前輪 1 軸：リーフサスペンション、後輪 2 軸：エアサスペンション）、③ 3軸トラクタ（前輪 1 軸、後輪 2 軸ともにリーフサスペンション）と 3軸セミトレーラ（3軸ともにリーフサスペンション）、④ 3軸トラクタ（前輪 1 軸：リーフサスペンション、後輪 2 軸：エアサスペンション）と 3軸セミトレーラ（3軸ともにエアサスペンション）

また、試験車の振動応答および走行距離は、加速度計およびレーザー距離計を用いて計測した。図-4 にそれぞれの試験車に設置したセンサーの配置図を付記した。赤丸が加速度計、青四角が距離計を示している。加速度計はいずれも路面凹凸を計測した左車輪位置とした。

(4) 試験方法

アンケートでは走行車線での苦情が多かったため、走行試験では、対象とした各路線の走行車線のみを走行することにした。また、車両については、3軸トラックとトラクタ+セミトレーラの組み合わせで初日にリーフサスペンションによる車両、2日目にエアサスペンションによる車両を用い、2日間で行った。助手席に著者らが同乗し、ドライバーおよび同乗者が苦情路面に該当するものを電

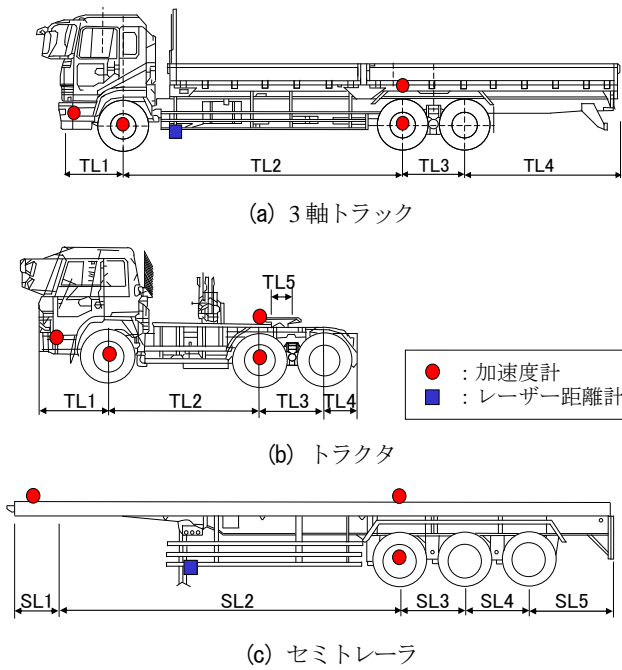


図-4 試験車の一般図と測点配置

表-1 試験車の諸元

	試験車の種類 (距離:mm, 重量:kN)			
	試験車①	試験車②	試験車③	試験車④
3軸トラック前輪	リーフ	リーフ	—	—
3軸トラック後輪2軸	リーフ	エア	—	—
トラクタ前輪	—	—	リーフ	リーフ
トラクタ後輪2軸	—	—	リーフ	エア
セミトレーラ	—	—	リーフ	エア
TL1	1400	1400	1380	1400
TL2	5825	5885	2955	3055
TL3	1380	1350	1300	1310
TL4	3390	3355	680	865
TL5	—	—	90	240
SL1	—	—	1100	460
SL2	—	—	6500	7450
SL3	—	—	1300	1240
SL4	—	—	1300	1240
SL5	—	—	1650	2050
総重量	239.5	244.1	425.2	416.3

圧入力データレコーダに記録した。また、橋梁の伸縮継手、トンネルなどの道路構造物も電圧入力でも同時計測している。走行速度は80km/hとしたが、一般車の供用中を走行したこと、さらには縦断勾配の影響のため、60-80km/h (全車両ともに平均72km/h)と変動していた。

(5) 試験車の振動特性

本研究では、試験車のサスペンションの種類としてリーフサスペンションとエアサスペンションの2種類を用いた。図-5にそれぞれの3軸トラック後輪(2軸目)のばね上とばね下の加速度波形によるフーリエスペクトルを示す。リーフサスペンションは、既往の研究¹¹⁾からも明らかのようにばね上で3Hzの卓越が確認されたが、エアサスペンションでは1.5Hz付近と2.5-3.5Hz付近に卓越

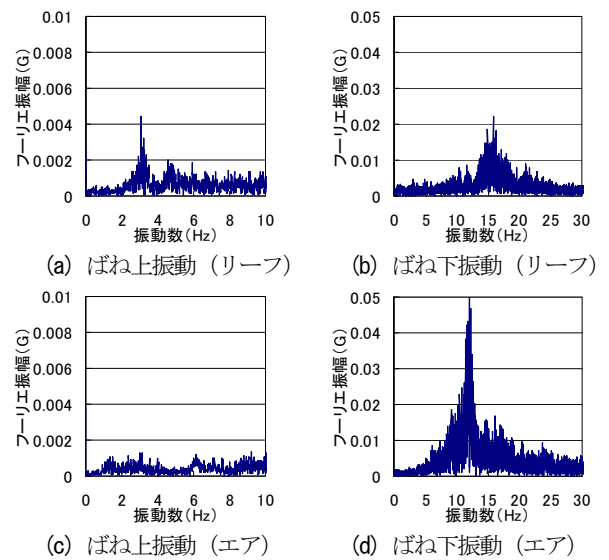


図-5 3軸トラック後輪のフーリエスペクトル

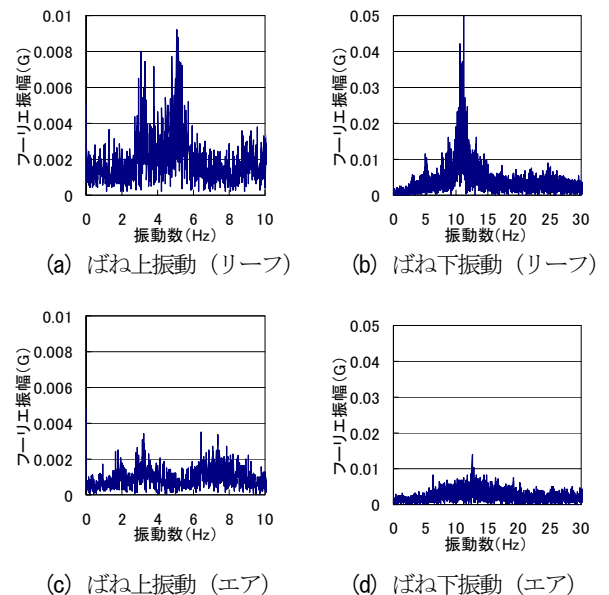


図-6 トラクタ後輪のフーリエスペクトル

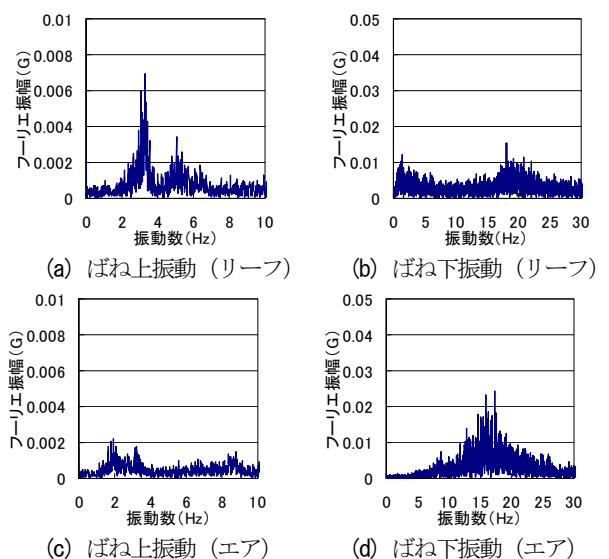


図-7 セミトレーラ部1軸目のフーリエスペクトル

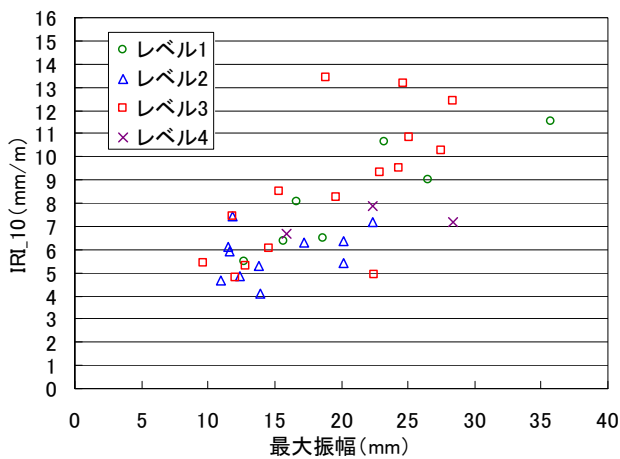


図-8 アンケートの5段階評価と IRI_10, 最大振幅の関係

が見られた。また、ばね下振動ではリーフサスペンションで15-20Hz, エアサスペンションで10-15Hzに卓越をもった山形の分布となっていた。同様に、トラクタ後輪(2軸目)のばね上とばね下の加速度波形のフーリエスペクトルを図-6に、セミトレーラ(1軸目)のばね上とばね下の加速度波形によるフーリエスペクトルを図-7に示す。

トラクタのばね下振動は、いずれも3軸トラック同様に10-15Hzにピークをもった山形の分布をしている。ばね上振動は、リーフサスペンションでは、3Hz付近と5Hz付近に、エアサスペンションでは2Hzおよび2.5-3.5Hzに卓越が見られた。

セミトレーラのばね上については、3軸トラックと同様な特性を有していることがわかる。また、リーフサスペンションのばね下振動については、20Hzに近い振動数を有しており、ばねの剛性が高いと考えられる。エアサスペンションではリーフサスペンションを有する3軸トラックのばね下振動に傾向が近く、15-20Hzに卓越をもった山形の分布となっていた。このように、リーフおよびエアサスペンションを有するばね上振動については、2.0-3.5Hz付近に卓越を有していることがわかった。さらに、両サスペンションともにばね下振動においては、10-20Hzに卓越を有する山形分布になっていた。

6. アンケート, 走行試験の結果と苦情路面の関係

(1) アンケートの結果

アンケートは、34-59歳の大阪府トラック協会に所属する23名のドライバーから回答があった。その結果として、アンケートから得られた苦情路面のIRI_10と10m区間の路面凹凸の最大振幅(両振幅:以下, 最大振幅)との関係からみた被験者の5段階評価(レベル1:少し悪い~レベル5:非常に悪いまでを5段階で評価)の関係を図-8に示す。

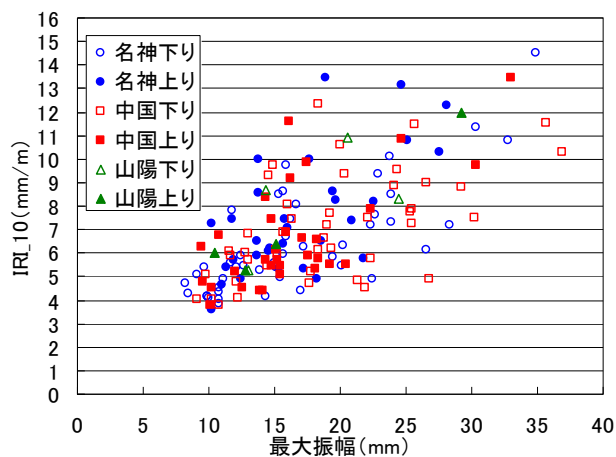


図-9 苦情箇所における IRI_10 と最大振幅

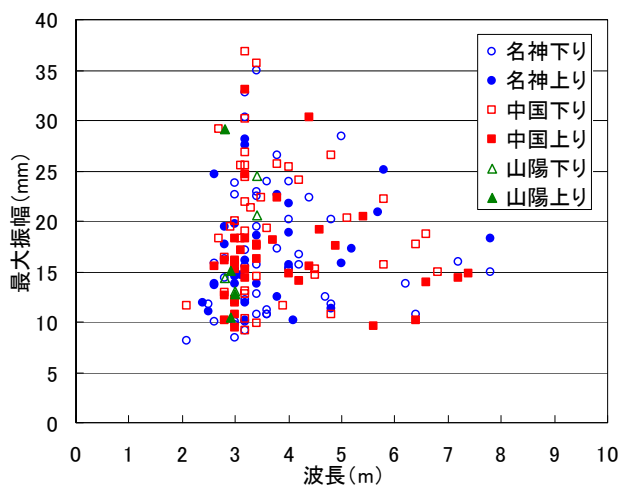


図-10 苦情箇所における路面凹凸の波長と最大振幅

これより、IRI_10 および最大振幅と被験者の5段階評価との相関は見られなかった。この理由として、被験者の感覚特性の違いに加えて、車種、車軸数、車軸間隔、サスペンションの種類、積載重量、積載位置および走行速度などの違いによる車両の振動特性も異なっているためと考えられる。

(2) 苦情路面の路面特性

アンケートおよび走行試験によって抽出された苦情路面は、橋梁の伸縮継手、補修によるパッチング、わだち掘れ、舗装の継ぎ目、ポットホール、路面沈下などが確認された。これらの苦情路面に対して、IRI_10による分析を行い、IRI_10と最大振幅の関係を図-9にまとめた。

これより、苦情路面の特性として、概ねIRI_10「4」以上、最大振幅約10mm以上の領域で多くが分布していることが明らかとなった。また、それらの路面凹凸の波長と最大振幅との関係を図-10にまとめた。概ね波長2.5m以上で分布しており、波長3.0mに分布が集中している。波長と最大振幅との関係は相関性がないと考えられる。

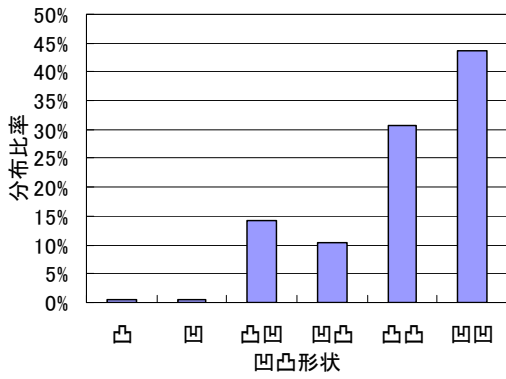


図-11 苦情箇所における路面凹凸の形状の分布比率

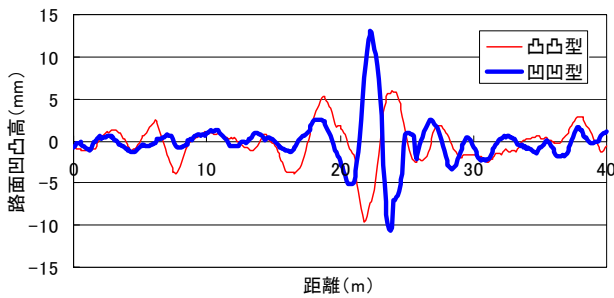


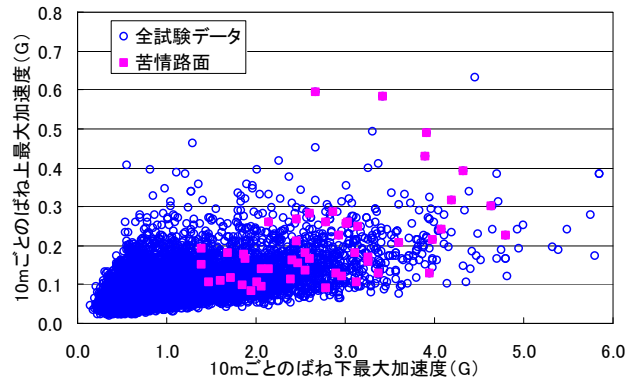
図-12 凸凸型および凹凹型の凹凸形状

また、個々の苦情路面の凹凸に対して、人間の主観的な判断により形状分類を行い、図-11のような苦情路面の凹凸形状ごとの分布比率を得た。これを見ると、苦情路面の凹凸形状は図-12 に示すような凸凸型または凹凹型が多いことがわかり、全体の75%程度になっていた。この凸凸型または凹凹型の路面形状は、車両のばね振動を増幅させることがわかっており⁴⁾¹²⁾、この凹凸形状が苦情要因の一つになっているものと推察される。このような苦情路面は、小型車の路面点検車では把握できなかったことから、苦情路面の波長および形状と大型車両の軸間距離が関係している可能性がある。

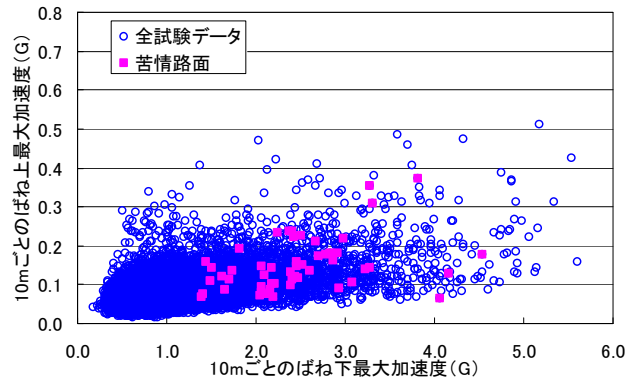
(3) 苦情路面における大型車のばね応答特性

図-10 に示したように苦情路面の波長と最大振幅にはばらつきが見られ、さらに図-5～図-7 に示したようにその波長や振幅に影響を受ける車両のばね特性にもばらつきが見られた。したがって、ドライバーおよび同乗者は、前輪側のばね振動を知覚する場合と後輪側のばね振動が伝わって振動を知覚する場合など様々な車両振動により苦情路面を認識していると考えられる。

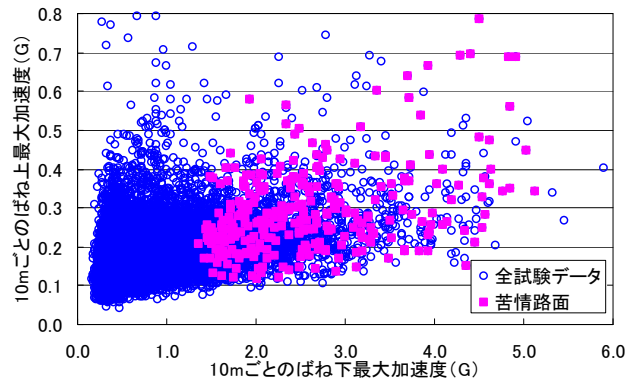
そこで本研究では、全時刻歴の車両のばね振動加速度波形を距離に換算して10m ずつに分割し、その10m 区間ごとにおいて前輪または後輪の中で最大となるばね上とばね下加速度(片振幅)を図-13 にまとめた。また、同図に苦情路面を含んだ10m 区間を走行したときの結果を重ねてプロットした。



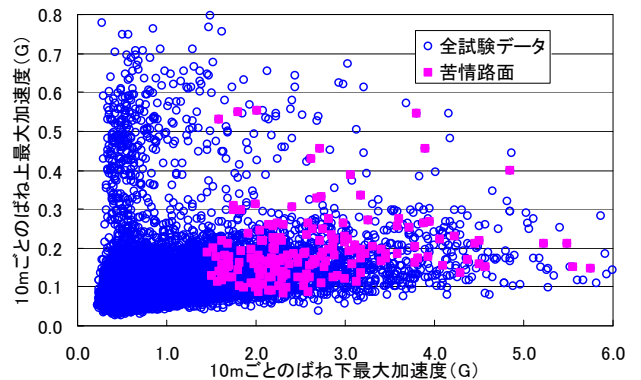
(a) 3軸トラック (リーフ)



(b) 3軸トラック (エア)



(c) トラクタおよびセミトレーラ (リーフ)



(d) トラクタおよびセミトレーラ (エア)

図-13 10m 区間ごとのばね上とばね下における最大加速度

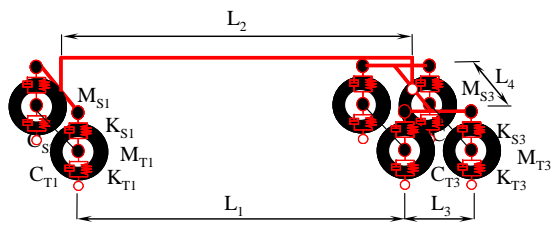


図-14 試験車モデル

表-2 試験車モデルの諸元

	項目	記号	単位	数値
全体	車両総重量		kN	239.51
	前輪-後輪前軸間	L1	m	5.83
	前輪-後輪中心間	L2	m	6.52
	後輪後軸間	L3	m	1.38
	左右車輪間	L4	m	1.94
前輪	ばね上質量	MS1	kN/(m/sec ²)	2.82
	ばね上ばね定数	KS1	kN/m	441.00
	ばね上減衰係数	CS1	kN/(m/sec)	4.90
	ばね下質量	MT1	kN/(m/sec ²)	0.65
	ばね下ばね定数	KT1	kN/m	3430.00
	ばね下減衰係数	CT1	kN/(m/sec)	19.60
後輪	ばね上質量	MS2, MS3	kN/(m/sec ²)	3.57
	ばね上ばね定数	KS2, KS3	kN/m	1666.00
	ばね上減衰係数	CS2, CS3	kN/(m/sec)	24.50
	ばね下質量	MT2, MT3	kN/(m/sec ²)	0.80
	ばね下ばね定数	KT2, KT3	kN/m	3430.00
	ばね下減衰係数	CT2, CT3	kN/(m/sec)	19.60

なお、ばね上加速度波形は10Hz、ばね下加速度波形は30Hzのローパスフィルタを施した。

これより、すべての車両において共通していることは前輪または後輪のばね下加速度が概ね1.5Gを超えた領域で苦情路面が多く分布していることがわかる。ただし、走行試験の結果から、ばね下の加速度波形が1.5Gを瞬間的に超えれば苦情路面になるわけではなく、10m区間で繰り返し1.5Gを超えるような振動を受けた場合に苦情路面となっていた。

また、リーフサスペンションの3軸トラックまたはトラクタ+セミトレーラにおいては、ばね上加速度が0.1Gを超えた領域、エアサスペンションの3軸トラックまたはトラクタ+セミトレーラにおいては、ばね上加速度が0.1G以下の領域で苦情路面となっていることから、主にばね下振動を不快に感じた結果、苦情路面になったものと考えられる。

7. 試験車モデルによる苦情路面とばね振動応答

前述したように走行試験における走行速度は80km/hとしたが、一般車の供用中を走行したこと、さらには縦断勾配の影響のため、60-80km/hと変動していた。また、本研究では走行試験と路面計測を同時に行っていなかったことから、供用中の走行の中で計測した路面凹凸の位

置を必ずしも走行していない場合も考えられる。そこで、走行速度による影響や路面計測位置による影響を取り除いて、試験車モデルによる走行解析からIRI₁₀とばね振動との相関関係を検討することにした。

(1) 試験車モデルによる走行解析

試験車モデルによる走行解析では、Newmark β法(時間間隔0.01sec, β=1/4)による直接積分法を用いて車両側の各測点の応答値を算出した。試験車モデルは、リーフサスペンションの3軸トラックを図-14に示すように立体でモデル化した。また、路面凹凸の入力は左右車輪ともに同じデータを用いた。試験車モデルの諸元を表-2にまとめた。

(2) モデル化の妥当性

解析値の妥当性を確認するため、走行試験と同じように3軸トラックの試験車が80km/hで走行したときの後輪(2軸目)のばね下の試験と試験車モデルによる解析で得られた加速度波形、さらに、10mごとの最大加速度を比較したものを図-15に示す。これより、10mごとの最大加速度で見れば、ばね下振動の加速度応答をモデル化できていると考えられる。なお、走行試験の加速度波形に矢印を付記した場所は苦情路面に該当している橋梁のジョイント位置である。

(3) 苦情路面とばねの加速度応答

試験車モデルによる走行解析から10m区間ごとの後輪(2軸目)ばね上およびばね下最大加速度とIRI₁₀の関係をまとめ、図-16に示した。

これより、IRI₁₀はばね上振動よりもばね下振動との相関が大きいことがわかる。また、IRI₁₀「4」の場合の10mごとのばね下最大加速度は1.4Gになっていることから、ばね下最大加速度1.5Gを超えた場所が苦情路面になっていた試験結果と類似した結果を得ることができた。

走行解析はあくまで1車両をモデル化した結果であり、すべての車両特性を網羅している結果ではないが、走行試験から得られた苦情路面の特徴であるIRI₁₀「4」とばね下加速度1.5Gの相関性を走行解析から明らかにすることができた。

8. まとめ

本研究では、大型車のドライバーをモニターとしたアンケート調査を行い、苦情路面の把握を行うと同時に、様々なばね特性を有する試験車4台を用いた走行試験を行った。その結果、苦情路面となる特徴を明らかにし、さらに試験車をモデル化した走行解析から考察を行った。

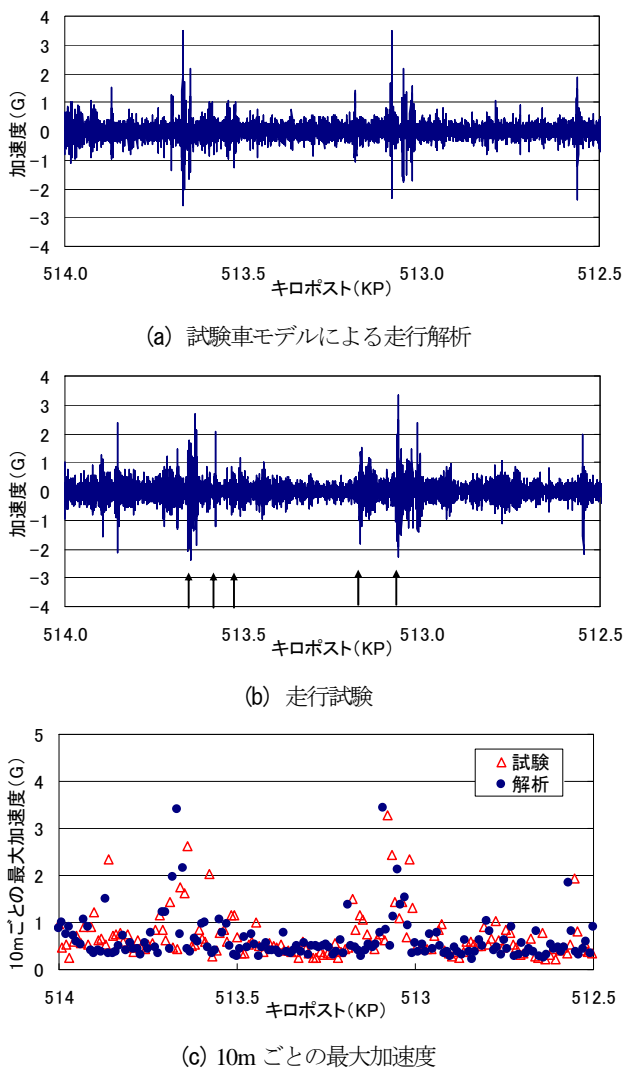


図-15 解析と試験におけるばね下振動の加速度応答の比較

本論文において、明らかになった知見は以下の通りである。

- (1) 本研究で対象とした名神高速道路, 中国自動車道および山陽自動車道における IRI₁₀ は, 「0-3」(0 以上 3 未満) に全体路面の約 90%が含まれ, IRI₁₀ 「4」以上が 2~7%という状況であった。
- (2) 大型車による苦情路面は, IRI₁₀ 「4」以上, 最大振幅約 10mm 程度以上が多いことが明らかとなった。また, 路面凹凸の波長は概ね 2.5m 以上で分布し, 特に波長 3.0m が多かった。
- (3) 苦情路面の凹凸形状は, 凸凸型または凹凹型の路面形状が多く, 全体の 75%程度になっていた。この凸凸型または凹凹型の路面形状は, 車両のばね振動を増幅させるため, この凹凸形状が苦情路面となる要因の一つになっているものと推察される。
- (4) リーフサスペンションを有する車両とエアサスペンションを有する車両ともにばね下振動においては, 10-20Hz 付近に山形となるスペクトル形状を示していた。また, ばね上振動については, リーフサスペンシ

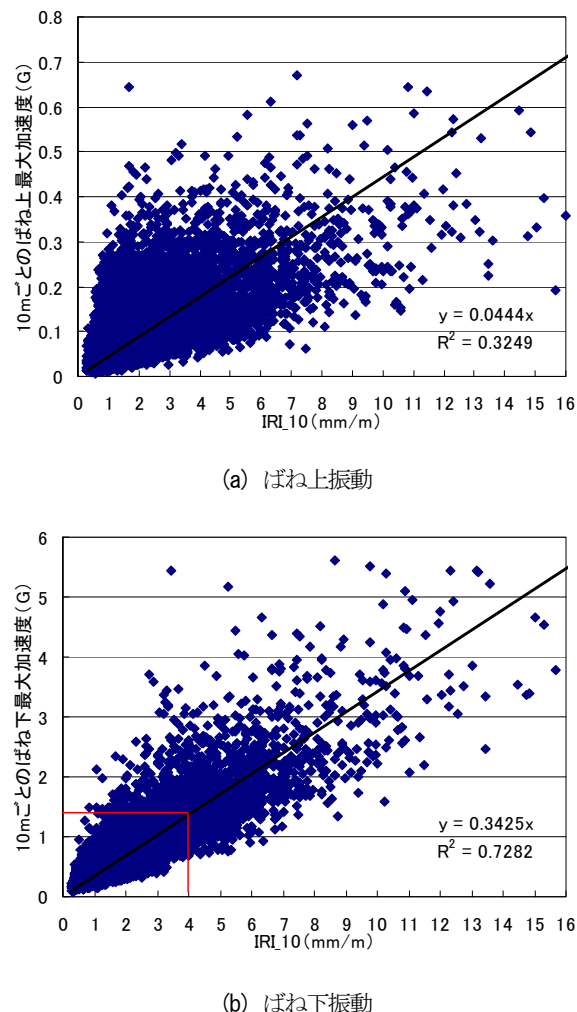


図-16 10m ごとのばね振動 (最大加速度) と IRI₁₀ の関係

ョンを有する車両は 3.0Hz 付近に, エアサスペンションを有する車両は 2Hz~3.5Hz 付近に複数の卓越が見られた。

- (5) 10m ずつに分割した区間内で車両のばね上およびばね下振動の最大加速度波形を車両ごとプロットした結果, すべての車両において前輪または後輪のばね下加速度が 1.5G を超えた場合に苦情路面となっていることがわかった。ただし, 走行試験の結果から, ばね下の加速度波形が 1.5G を瞬間的に超えれば苦情路面になるわけではなく, 10m 区間で繰り返し 1.5G を超えるような振動を受けた場合に苦情路面となっていた。
- (6) 試験車モデルによる走行解析から, 走行試験で得られた苦情路面の特徴である IRI₁₀ 「4」とばね下加速度 1.5G との相関性を明らかにすることができた。

謝辞

本研究で行ったアンケートに御協力頂いた大阪府トラック協会およびセンコー株式会社の皆様には謝意を表します。

参考文献

- 1) 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社：設計要領 第一集 舗装編, p.134, 2007.8.
- 2) 平田治伸, 徳永嘉則：トラックによる荷傷みの推定方法, 松下電工技報, pp.99-103, 2002.11.
- 3) 広井智, 深田宰史, 樺山好幸, 室井智文, 岡田裕行：高速道路を走行する大型車両のばね上振動に影響を与える橋梁上の長波長路面に対する評価方法, 舗装工学論文集, 第14巻, pp.179-187, 2009.12.
- 4) 深田宰史, 松本剛也, 相葉忠一, 岡田裕行, 樺山好幸：高速道路の橋梁伸縮継手付近における路面凹凸形状と補修順位評価の提案, 土木学会舗装工学論文集, 第15巻, pp.81-88, 2010.12.
- 5) 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社：NEXCO 試験方法, 248-2011 路面性状測定車による路面の IRI 測定方法, pp.46-47, 2012.
- 6) (社) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧, S032T 国際ラフネス指数 (IRI) の調査方法, 第1分冊, pp.180-185, 2007.
- 7) 西日本高速道路 (株)：調査等共通仕様書, p.7-7, 2000.7.
- 8) 白川龍生, 川村彰, 富山和也：車の地点乗り心地を考慮した道路利用者のための平坦性管理方法, 舗装工学論文集, 第10巻, pp.83-89, 2005.12.
- 9) 富澤健, 遠藤哲雄, 大嶋智彦, 岡部俊幸, 金井利浩：車軸に生じる加速度による路面凹凸評価方法に関する研究, 土木学会論文集 E1(舗装工学), Vol.67, No.3, pp.I-51-I_58, 2011.
- 10) 浜博和, 深田宰史, 阿川清隆, 岡田裕行, 梶川康男, 樺山好幸：RC 中空床版橋周辺の地盤振動対策と路面評価, 構造工学論文集, Vol.58A, pp.237-249, 2012.3.
- 11) 梶川康男, 深田宰史, 林下貴彦, 山田健太郎, 小塩達也：サスペンション構造が異なった車両走行による高架橋の振動特性, 構造工学論文集, Vol.50A, pp.413-420, 2004.3.
- 12) 米田昌弘, 徳永法夫：路面上の緩やかな段差によって誘起される橋梁交通振動に対する解析的考察, 鋼構造論文集, 第7巻, 第25号, pp.79-87, 2000.3.

ESTIMATION OF UNACCEPTABLE EXPRESSWAY ROAD ROUGHNESS WITH SHORT WAVELENGTH DETECTED BY TRUCK DRIVERS

Saiji FUKADA, Takeya MATSUMOTO, Hiroyuki OKADA and Yoshiyuki MOMIYAMA

This study estimated unacceptable expressway road roughness with short wavelength, which was detected by truck drivers, using IRI₁₀ analysis. As the results of the IRI₁₀, unacceptable roughness is over IRI₁₀ [4]. In order to confirm the unacceptable roughness, running tests using test trucks with leaf or air suspension were carried out at Meishin, Sanyo and Cyugoku Expressway. According to the running tests, truck driver detected the unacceptable roughness when maximum acceleration of tire spring is over 1.5G. Moreover, dynamic running analysis using test truck model with leaf suspension was carried out. It is clear that between IRI₁₀ [4] and maximum acceleration of tire spring 1.5G are correlated. This study investigated a new evaluation for detecting the unacceptable road roughness with a short wavelength which affects the tire vibration of the truck.