)

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

広井智¹·深田宰史²·樅山好幸³·室井智文⁴·岡田裕行⁵

¹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) E-mail: hiroi@w-e-kansai.co.jp

²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)

3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)

⁴正会員 西日本高速道路エンジニアリング関西 株式会社(同上

⁵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)

近年,高速道路における橋梁上の路面において,波長の長い路面凹凸が原因で大型車両のばね上振動 が大きく加振され,さらに,橋梁振動との連成により,橋梁の周辺住民および橋梁上を走行している大 型車両の運転者や積載物などに影響を及ぼす問題が生じている.

そこで本論文では,実際に橋梁の周辺住民や運転者に影響を及ぼしている大型車両のばね上振動に着 目して,その振動を励起させている高速道路の長波長の路面に対して IRI による評価方法と提案手法に よる評価方法を用いて,その適用性について検討した.

Key Words : environmental vibration, vibration characteristics, IRI, long wavelength

1. はじめに

我が国の高速道路における舗装の管理は,わだち 掘れ,段差,すべり摩擦係数,縦断方向の凹凸およ び,ひびわれ率の5つの指標に対して,路面管理を 行うための補修目標値¹⁾²⁾が設定され,補修の順位 付けを行い,維持管理が行われている.特に,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,3mプロフィルメータにより計 測した路面凹凸に対して1.5m間隔の凹凸に対する 標準偏差 σ により管理されている.また近年では, 標準偏差 σ により管理されている.また近年では, 標準偏差 σ に代わり,道路利用者の乗り心地との 相関性が高い IRI (国際ラフネス指数)³⁾⁴⁾を用いて 評価するように規定している²⁾.さらに,この IRI を用いた管理手法を導入し,高速走行する測定車両 からのモニタリングにより路面点検の簡易化が行 われている⁵⁾⁶⁾.

既往の研究⁷⁾から,高速道路における IRI 値の全 国平均は 1.75 であり, IRI 値と道路構造種別の関係 では切土部<盛土部<トンネル部<橋梁部の順で 橋梁部において比較的高い値を示していることが わかっている.これは,橋梁のジョイント部等の段 差の影響が大きな要因と考えられている.

このような波長の短い段差は一般的に小型車両 や大型車両のばね下振動(10-15Hz)を励起し,交 通振動として周辺環境に大きな影響を及ぼしてい ることはよく知られている⁸⁾.その波長の短い路面 凹凸がばね下振動に影響を与えるのに対して,西日 本高速道路(株)関西支社管内における橋梁では,波 長の長い(以下,長波長と呼ぶ)路面凹凸が原因と なり 3Hz 付近の大型車両のばね上振動が大きく励 起され,さらに,橋梁振動との連成により,橋梁の 周辺住民および橋梁上を走行している大型車両の 運転者や積載物などに影響を及ぼすという問題が 生じた.このような問題に対処するためには,周辺 環境への影響まで配慮した路面性状の評価が必要 である.

IRIを用いた評価方法は、応答する波長範囲が幅 広い(1.2m~30m)という特徴を有しており、様々 な波長に対する定量的な評価が可能といえる. しかしその一方で, IRI のクォーターカー・モデ ルが有するばね上振動(1.2Hz)は日本のリーフサ スペンションを有する大型車のばね上振動(3Hz) に対応していない. そのため,大型車のばね上振動 を励起させる長波長領域の路面を適切に評価でき るのか,また,現行の補修目標値で対応できるのか 疑問である.

そこで本論文では、大型車両のばね上振動を励起 させている高速道路の長波長の路面を評価できる 手法を提案した.さらに、実際に橋梁の周辺住民や 運転者に影響を及ぼしている高速道路の長波長の 路面に対して IRI による評価方法と提案した評価 方法を用いて、その適用性について検討した.なお、 本文で述べる"長波長"とは、以下で述べる大型車 両のばね上振動を励起しやすい波長6m以上の路面 凹凸と定義する.

2. 大型車両の振動特性

大型車両のばね振動は、図-1 のようにばね上振 動とばね下振動の2つに分けられる.大型車両のば ね上振動は、板ばねより上の車体の振動であり、ば ね下振動は、板ばねより下のタイヤを含めた車軸の 振動である.このばね上およびばね下振動と橋梁、 車両-路面系、家屋などそれぞれの振動数が近接す ることによって振動問題が生じている⁸⁾⁹.

一般的に、日本の大型車両のサスペンションは、 板ばね構造のリーフサスペンションとエアダンパ ーを有したエアサスペンションの2種類に分けら れる.現在の日本では、エアサスペンションを搭載 した車両が普及しており、橋梁振動を低減する効果 も確認されている¹⁰⁾が、リーフサスペンションを 有する大型車両の方が数多く走行している.

図-2 に示すように、リーフサスペンションを有 する大型車両の後輪ばね上振動は概ね 3Hz に存在 し、後輪ばね下振動は概ね 10-15Hz に存在している. ばね下振動は、波長の短い段差などに大きく影響を 受けるのに対して、ばね上振動は長波長の路面凹凸 により加振される¹¹⁾¹²⁾.



3. 長波長の路面による影響の事例

ここでは、大型車両のばね上振動が長波長の路面 により加振され、さらにその車両と橋梁の連成振動 が問題になった一事例¹²⁾について述べる.

対象橋梁は,高速道路に架設されている,支間長 37.470m,有効幅員 14.500m,斜角 67°を有する PC ポストテンション単純 T 桁橋,K 橋である.対象 橋梁の一般図を図-3 に示す.また,橋梁と車両の 測点配置を図-4 に示す.この橋梁に対して,245kN の大型車両が時速 80km/h で各車線を単独走行させ る試験車走行実験を行った.そのときの主桁支間中 央の加速度波形を図-5 に示す.

これより,試験車が第1走行車線を走行した場合 より,第2走行車線を走行した場合の方が大きく振 動し,支間中央(図-4(a)の丸印)における主桁の 加速度は150cm/sec²に達していた(図-5に示す第2 走行車線の縦軸は2倍になっていることに注意). また,図-6に示す大型車両における後輪ばね上の 加速度波形(図-4(b)の丸印)は、橋梁と同様に, 大型車両においても第2走行車線を走行した場合 のみ大きな振動が生じており、5000cm/sec²近い加 速度が生じていた.以上の結果から,対象橋梁では 3Hz付近にたわみ1次振動が存在し、3Hz付近に卓 越振動を有する大型車両の後輪ばね上振動と連成 して橋梁が大きく振動していた¹²⁾.









そこで,第2走行車線を走行した場合のみ大きな 振動が生じる要因を調べるために路面調査を行っ た.規制の関係上,第2走行車線のみ隣の車線から 近接目視点検を行った.近接目視点検の結果,伸縮 継手前後には段差などの路面の異常は見つからな かった.

さらに,目視調査の際に路面凹凸の計測を行った. その結果を図-7に示す.なお,規制の関係上,第1 走行および追越車線は8mプロフィルメータにより 計測を行ったが,第2走行車線は路面計測車⁵⁾(中 日本ハイウェイ・エンジニアリング東京㈱所有,基 準長4.27m)により計測を行った.また,その計測 から2年後に別の路面計測車⁶⁾(西日本高速道路エ ンジニアリング関西㈱所有,基準長3m)によって 計測した結果を図-8 に示す.上述した路面は基準 長がそれぞれ異なるため,後述する方法を用いてそ れぞれの波形を実路面に変換している.変換した波 長領域は0.2m~20m とした.







図-8 路面凹凸(2年後,各車線ともに路面計測車(基準長3m))



図-10 クォーターカー・モデルとその諸定数

2 年後の路面凹凸と比較して振幅量に差が見ら れるが, 定性的な違いはなく, 第2 走行車線のみ大 きな振幅を有して周期的な路面性状となっている ことが明らかとなった. MEM (Maximum Entropy Method)による路面凹凸パワースペクトル密度と して横軸を波長に変換して線形軸で表したものを 図-9に示す. なお, MEM を用いた理由は, スペク トルの分解能や安定性に関して FFT より優れてい るためである¹³⁾. 同図 A~F は後述する ISO8608¹⁴⁾ による路面分類を示している.これより,第2走行 車線の路面が有している卓越波長は9mであること がわかる. また, 後述する ISO8608 による路面区 分は「C」に達していた.この長波長の路面の影響 により,大型車両のばね上振動が増幅され,その状 熊で橋梁に進入したために車両振動と橋梁振動の 連成が生じ、橋梁が大きく振動していた.

4. IRI 車両モデルとその応答特性

IRI の解析に用いるクォーターカー・モデル(以下, IRI 車両モデル)とその諸定数を図-10 に示す³⁾⁴⁾. 西日本高速道路(株)では走行速度 80km/h, 評価基準長 200m で評価するように規定¹⁵⁾しているため,ここでは式(1)を用いて 200m で評価した.

$$IRI = \frac{\int_{0}^{L/V} |\dot{Z}_{s} - \dot{Z}_{u}| dt}{L}$$
(1)

IRI 車両モデルの振動特性を調べるために複素固 有値解析を行った.1次の振動数は1.2Hz で減衰定





数は33%,2次の振動数は10.8Hzで減衰定数は30% という特性を有している.これは,一般の小型車両 をモデル化したものであるが,減衰については解析 の安定性を重要視した結果と考えられる.

波長ごと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 IRI 値を算出するば ね上質量とばね下質量の変位差の絶対値を図-11 に示す.これより、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の感度を 有していることがわかる.このように応答する波長 範囲が幅広い(1.2m~30m)という特徴を有してい る. また, 短波長 2.4m は, 先に述べたばね下振動 10.8Hzに対応し,長波長 15m は,ばね上振動 1.2Hz に対応した振動応答であると考えられる.振幅 1mm の正弦波にモデル化した各波長の路面凹凸に 対して IRI 値を算出したものを図-12 にまとめた. IRI 値で見ると波長 2m 付近をピークとした IRI 「3」 の応答特性を有している.

5. 大型車両モデルとその応答特性

IRIのクォーターカー・モデルが有するばね上振動特性(1.2Hz)は3Hz付近にばね上振動数を有する日本のリーフサスペンション車両の振動応答に対応していないため、大型車のばね上振動を励起させる長波長の路面を適切に評価できない.

これまで著者らは,車両が橋梁上を走行した場合

の振動問題について車両走行シミュレーションを 用いて対策方法の検討などを行ってきた⁹⁾¹²⁾.そこ で本論文で提案する評価手法は,その車両走行シミ ュレーションで用いてきた図-1に示す3次元の車 両モデル⁹⁾¹²⁾の概念を応用した大型車両モデルを用 いるものとした.大型車両モデルは,IRIのクォー ターカー・モデルの各諸定数を図-13に示すように 変更することによって,日本で数多く走行している 3Hz 付近にばね上振動数を有するリーフサスペン ション車両をモデル化している.

大型車両モデルの振動特性を調べるために複素 固有値解析を行った.大型車両モデルの振動特性は, 1次振動数 3.0Hz で減衰定数 6%,2次振動数 10.9Hz で減衰定数 18%であり,ばね上振動として 3.0Hz に卓越振動を有するようにモデル化できている.

図-14 は、先に示した IRI 車両の結果(図-11 参 照)に対応した大型車両モデルの結果である.大型 車両モデルの場合は 2m および 7-8m の波長で応答 値が大きくなっている.これは IRI 車両モデルと同 様に短波長は、ばね下 10.9Hz に対応しており、長 波長は、ばね上 3.0Hz に対応した振動応答である.

また、IRI 車両モデルの応答特性(図-11 参照) として、ばね下質量の変位は 0-12m の波長領域で ばね上変位より大きく応答し、12m 以上の波長領域 でばね上質量の変位の方が大きくなっている.これ に対して、図-14 に示した大型車両モデルでは、ば ね下変位の方がばね上変位より大きい波長領域は 0-4mの短波長であり、4m 以降の波長領域では、ば ね上質量の変位の方が大きくなっている.これによ り、短波長領域は、ばね下振動が支配的になり、長 波長領域はばね上振動が支配的になるという実際 の応答に近い状態を表現している.

また,大型車両モデルを用いた本評価手法の特徴 は,IRI値の算出方法とは違い,ばね上質量とばね 下質量の変位の和の絶対値を用いて評価している 点である.IRI値の算出方法であるばね上質量とば ね下質量の変位の差を求めることは,ばね上質量と ばね下質量が逆位相で応答する図-15に示す2自由 度系モデルの2次振動を顕著に捉えることを意味 する.すなわち,2次振動を顕著に捉えることはば ね下振動の応答に着目していることになる.

これに対して本評価手法では、ばね上振動の影響 に着目するため、ばね上質量とばね下質量の変位の 和を算出することにより、ばね上質量とばね下質量 が同位相で応答する1次振動、すなわち、ばね上振 動の影響を顕著に捉えることができ、応答する波長 領域を広げることができた.





図-16は、大型車両モデルの場合における波長ご とのばね上質量とばね下質量の変位の和の絶対値 を距離で除した IRI に類似した特性を示したもの である. IRI と区別するために JRIT (Japanese Roughness Index for Truck)と表記することにした. これより、短波長領域については、IRI 値とほぼ同 様な傾向を示しているが、ばね上質量とばね下質量 の変位の和を用いているため、長波長領域において は、短波長領域以上に応答値が大きく強調されてい る点が特徴である.

6. IS08608 と IRI, JRIT との関係

ISO8608 では路面凹凸の分類として,両対数グラ フで横軸を空間周波数,縦軸を路面凹凸パワースペ クトル密度として, A~H までの範囲で路面凹凸を 分類している¹⁴⁾. このように ISO8608 では空間周 波数領域で路面凹凸の分類をしているため, これを 波長領域に変換することにより, ISO8608 を媒体と して IRI と JRIT との関係を求め, JRIT の尺度を得 ることにした. ここではまず, ISO8608 と IRI の関 係を求める.

ISO8608 による路面凹凸の分類を基にして、この 両対数軸を線形軸に置き換え、横軸を波長とし、縦 軸を凹凸高(ある基準面からの凹凸高さ)に変換す る.波長ごとの凹凸高の関係に対して、図-12 に示 した単位振幅あたりの IRI 値を用いて、各 IRI 値に 対する凹凸高を算出して ISO8608 と重ね合わせた ものが図-17 である.

高速道路の平坦性に関する補修目標値として, IRI「3.5」が規定されている²⁾. その目標値は図-17 より,長波長領域において ISO8608 の「C」区分に 相当している.したがって,路面凹凸パワースペク トル密度の長波長領域が「D」区分以上であった場 合,補修対象として検討することが必要であると考 えられる.



図-17と同様に, ISO8608とJRITとの関係を図-18 に示す.この算出方法もIRIと同様に,図-16に示 した単位振幅あたりのJRIT 値を用いて,各JRIT 値に対する凹凸高を算出してISO8608 と重ね合わ せた.上述したように補修目標値として,ISO8608 の「C」区分で評価することが望ましいことから, それに対応したJRITは「5.0」または「7.0」以下で 評価することが望ましいと考えられる.

7.実路面への変換

本論文では,振動苦情などが生じた様々な路面凹 凸を計測して,IRIによる評価方法と提案手法によ る評価方法を適用することにした.

計測した路面凹凸のうち,本線上の規制が可能で あった場合には8mプロフィルメータにより計測を 行い,それ以外は,基準長3mとした路面計測車⁶⁾ (西日本高速道路エンジニアリング関西㈱所有)を 用いて80km/h走行でレーザー変位計にて路面凹凸 の計測を行った.計測された路面は,それぞれの基 準長のもとで計測されているため,検出特性が異な り,IRIなどの評価に用いた場合,正確に評価でき ない.そこで,その影響を取り除くために計測した 路面を実路面へ変換することにした.実路面への変 換は,文献¹¹⁾¹⁶⁾を参考にして次のようにして補正 係数を算出した.

いま, 図-19 に示すように単位振幅を有する波長 (空間周期) *s* の正弦波にモデル化した路面凹凸を 計測することを考える.





基準梁上のF, M, R点のそれぞれの計測変位は, それぞれ D_F, D_M, D_R , であるとすれば,計測によって得られる凹凸高Pは式(2)のようになる.

$$P = D_M - \left(\frac{l_R}{L}D_F + \frac{l_F}{L}D_R\right) \tag{2}$$

このとき,真の凹凸振幅(1.0)と式(2)によって 得られた凹凸振幅との比率をそれぞれの波長につ いて求めることにより図-20の凹凸高比を得るこ とができる.なお,この横軸は基準長と凹凸波長と の比としている.この凹凸高の逆数が補正係数となり,本論文では、これを式(3)のように近似関数に 置き換えた.

$$K = 1/(1 - e^{-h\pi(L/s)}\cos(\sqrt{1 + h^2(L/s)\pi}) \quad (3)$$

ここに, πは円周率, *L* は基準長, *s* は凹凸波長, *h* は低減係数であり, 8m プロフィルメータで 0.07, 本論文で用いた路面計測車(基準長 3m)で 0.036 とした.

8m プロフィルメータおよび路面計測車により計 測した路面凹凸における凹凸高比の逆数と式(3)に よる近似補正関数を図-21 に示す. なお,実路面へ 変換する波長領域は 0.2m~20m としているが,本 論文で実際に重要となる領域は波長 6-20m であり, 基準長 8m で波長比 0.4-1.3,基準長 3m で波長比 0.15-0.5 である.



これより,凹凸高の補正係数が 1.0 以下の波長領 域では実測の生データが過大評価され,1.0 以上の 波長領域では過小評価されている波長領域である ことを示している.例えば 8m プロフィルメータの 場合では波長 5.33~16.0m (波長比 0.5-1.5),路面 計測車(基準長 3m)の場合では 2.0~6.0m (波長比 0.5-1.5) で過大評価されることになる.

これにより、ある基準長を有した計測方法により 計測された路面凹凸をそのまま用いた場合,計測値 が有する卓越波長の波長領域によって過大または 過小評価される場合があることが明らかとなった. そこで本論文では,計測された路面凹凸を実路面へ 変換して IRI, JRIT の評価を行うことにした.

8. 様々な路面に対する本評価方法の適用

振動問題を起こした路面を対象として IRI によ る評価と JRIT による評価を適用することにした. ここで対象とした路面は、上述した K 橋の路面凹 凸を含め6箇所30車線分の路面とした.この中に は、橋梁上の路面において、長波長の路面が原因と なって、大型車両のばね上振動が大きく加振され、 橋梁の周辺住民に影響を及ぼした事例や橋梁上を 走行している大型車両のばね上振動が増幅したこ とにより運転者や積載物などに影響を及ぼした事 例がいくつか含まれている.路面の評価長は基本的 に 200m とした(橋梁区間の影響で 200m ない場合 もある).実路面に変換したそれらの路面に対して IRI による評価結果を図-22 に、JRIT による評価結 果を図-23 に示す.なお、図中の(前)は補修前を、

(後)は補修後を示している.

本論文で対象としている路面凹凸は,橋梁上の路 面凹凸であるため,図-7および図-8に示す A1, P1 および A2 上のジョイント部の路面凹凸(段差)が 含まれている.橋梁のジョイント部における路面凹 凸(段差)を IRI により評価する場合,ジョイント の段差のみが影響するのではなく,ジョイントを含 めたジョイント前後の路面凹凸が大きく影響する. ジョイントを含めたことにより, IRI 値が過度に大 きくならないことを図-22 により確認しており,本 研究では,橋梁のジョイント部は段差ではなく,橋 梁上の一連の路面凹凸として扱うことにした.

K橋¹²⁾では、図-7および図-8に示したように第 2走行車線のみ大きな値となっており、IRI「3.53」、 JRIT「15.06」という結果であった.これに対して、 第1走行車線と第2走行車線のみ既設路面を40mm 切削して舗装を打ち直す改良工事が行われ、IRI 「1.33」、JRIT「3.01」まで改善している.



次に A 橋¹¹⁾では,大型車が追越車線を走行した 時のみ大きな応答を観測し, IRI「4.06」, JRIT「8.66」 という結果になった.それに対して,既設の表層を 切削して,水糸管理による新たな表層を舗設した結 果, IRI「1.28」, JRIT「2.60」まで改善されている.

さらに、G 橋では大型車が第2走行車線を走行した時のみ大きな応答を記録した場所であり、IRI、 JRIT ともに第2走行車線は大きな値となっている が、IRI ではすべての路面で補修目標値 IRI「3.5」 を超える結果となった.一方、JRIT では第2走行 車線のみ JRIT「7.0」を超えていた.

T橋以降は IRI による評価手法では,補修目標値 を越えた路面は存在しなかったが,提案した JRIT による評価手法では,実際に路面が原因と疑われた T橋や C橋に対しても JRIT「7.0」を超える結果と なった.これより, IRI を評価手法として用いて長 波長の路面に適用し,補修目標値を「3.5」として 評価しても対応できる部分もあるが, IRI 車両モデ ルのばね上振動は 1.2Hz に卓越があるため,実際の 大型車両のばね上振動 3Hz を励起させる路面を的 確に評価できていないため,提案した JRIT による 評価手法を用いて補修目標値を「7.0」として評価 した方が,より現実の振動問題に対応した評価がで きることがわかった.

リーフサスペンションを有する 3Hz 付近の大型 車両のばね上振動は長波長を有する路面凹凸や走 行速度の影響を大きく受ける. そのため, それらの 要因によってばね上振動が大きく加振されないよ うな路面の管理が必要である. 特に,支間 30-40m 前後の橋梁では車両のばね上振動数 3Hz 付近に 1 次の固有振動数を有しており,車両と橋梁との連成 が関係してくる.本提案手法を振動問題が生じた路 面に適用すれば,車両と橋梁との連成が原因である のか,車両と路面との連成が原因であるのかという 判断基準として役立てることができ,さらに補修要 否の判断に使用できると考えられる.

9. まとめ

本論文では、大型車両のばね上振動を励起させる 長波長の路面凹凸に対して、IRI および提案する JRIT による評価手法を用いてその適用性について 検討した.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) IRI におけるクォーターカー・モデルを用いて, その諸定数を変更することにより,日本のリー フサスペンションを有する大型車両モデルを提 案し,IRI に類似した評価手法 JRIT を算出した. また,JRIT 値の算出方法においては,ばね上質 量とばね下質量の変位の和を用いることにより, ばね上振動の影響を顕著に捉えることができた.
- (2) ISO8608 による路面凹凸の分類方法を用いるこ

とにより, IRI, JRIT との関係を導いた.また, それにより,高速道路の平坦性に関する補修目 標値, IRI「3.5」は,長波長領域における ISO8608 の「C」に相当することがわかった.したがっ て,路面凹凸パワースペクトル密度の長波長領 域が「D」区分以上であった場合,補修対象と して検討することが必要であると考えられる.

- (3) 計測した路面凹凸の生データを用いて IRI およ び JRIT を評価した場合, その路面が有する卓越 波長の波長領域によって過大または過小評価す る場合があることが明らかとなった.
- (4) 振動問題が生じていた様々な路面に IRI 評価お よび JRIT 評価を適用した結果, IRI を評価手法 として用い,長波長の路面に適用し,補修目標 値を「3.5」として評価しても対応できる部分も あるが,提案した JRIT による評価手法を用いて 補修目標値を「7.0」として評価した方が,より 現実の振動問題に対応した評価ができた.

参考文献

- 1) 日本道路協会:道路維持修繕要綱, 1978.7.
- 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.
- (著) Sayers, M. W., (訳) 笠原篤, 関口幹夫, 加藤 昌太郎:道路縦断プロファイルからの IRI の算出(上), 舗装, Vol.31, No.7, pp.21-27, 1996.7.
- (著) Sayers, M. W., (訳) 笠原篤, 関口幹夫, 加藤 昌太郎:道路縦断プロファイルからの IRI の算出(下), 舗装, Vol.31, No.8, pp.12-17, 1996.8.
- 5) 幸田信則, 來島輝武, 小泉達哉: 路面性状測定車 (Pavemeter)の新たな機能と活用法, EXTEC, No.67, pp.58-61, 2003.12.
- 6) 広井智, 樅山好幸, 讃岐康博, 岡田裕, 兼澤秀和:路 面プロファイル測定システムの開発, 土木学会年次学 術講演会概要集, V-067, 2009.9.

- 7) 熊田一彦,大野滋也,佐藤正和:高速道路の構造・交通諸元とIRIの関係について,舗装工学論文集,第7 集,pp.10_1-10_6,2002.12.
- H. Hama, S. Fukada, M. Sugimoto, H. Ishida and M. Yamada: Characteristics of infrasound radiated from the continuous short spans bridge due to running trucks, Proceedings of 13th International Meeting on Low Frequency Noise and Vibration and its Control, pp.27-34, 2008.10.
- 深田宰史,吉村登志雄,岡田徹,薄井王尚,浜博和, 岸隆:高架橋周辺の環境振動問題に対する桁端ダンパ ーの適用,構造工学論文集,Vol.55A,pp.329-342, 2009.4.
- 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.
- 讃岐康博,梶川康男,深田宰史, 杦本正信:プロフィルメータでの測定路面から実路面への近似法の提案,構造工学論文集, Vol.47A, pp.399-410, 2001.3.
- 12) 室井智文, 薄井王尚, 樅山好幸, 深田宰史, 梶川康 男, 幸田信則: 伸縮継手付近の路面凹凸の影響を受け た大型車両と PC 桁橋の振動特性, 構造工学論文集, Vol.54A, pp.171-180, 2008.3.
- 本田秀行,城戸隆良,梶川康男,小堀為雄:道路橋の路面凹凸パワースペクトル密度に関する調査,土木 学会論文報告集, No.315, pp.149-155, 1981.11.
- 14) ISO 8608 : Mechanical vibration Road surface profiles– Reporting of measured data, 1995.
- 15) 西日本高速道路(株):調查等共通仕様書, p.7-7, 2000.7.
- 16) 白川龍生,川村彰,高橋清,上浦正樹:3mプロフィ ロメータによる True Profileの推定-PIARC EVENデー タを用いて-,舗装工学論文集,第8集, pp.25-33, 2003.12.

EVALUATION METHOD FOR ROUGHNESS WITH LONG WAVELENGTH AFFECTING SUSPENSION SPRING VIBRATION OF RUNNING TRUCKS ON THE HIGHWAY BRIDGES

Satoshi HIROI, Saiji FUKADA, Yoshiyuki MOMIYAMA, Tomofumi MUROI and Hiroyuki OKADA

Recently, the monitoring of the road roughness was carried out using the quarter car model of IRI (International Roughness Index). The IRI model has the characteristics of the response for the wavelengths with long range (1.2m-30m). Also, that model is able to be quantitatively evaluated for these wavelengths. The suspension spring vibration of the truck is generated by the road roughness with the long wavelength. Moreover the vibration problem has occurred by resonating between the roughnesses, the trucks and the highway bridges. This study proposed a new evaluation method for detecting the road roughness with the long wavelength affecting trucks. The validity of the method was verified for the various roughnesses which had caused the vibration problem.