

# 振動ローラの加速度応答を利用した 舗装工事の品質管理に関する研究

小関裕二<sup>1</sup>・牛袋昭宣<sup>2</sup>・高倉拡<sup>3</sup>・古屋弘<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 博(工) 大林道路株式会社 技術研究所 (〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640)

E-mail : koseki@obayashi-road.co.jp

<sup>2</sup>大林道路株式会社 技術研究所 (〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640)

<sup>3</sup>大林道路株式会社 エンジニアリング部 (〒131-8540 東京都墨田区堤通 1-19-9 リバースイト 隅田セントラルタワー 5F)

<sup>4</sup>正会員 博(工) 株式会社大林組 生産技術本部 (〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟)

建設工事における情報化施工は、GPSなどのポジショニング技術に施工機械の高度な油圧制御技術を組み合わせることにより、施工の自動化が急速に進んでいるが、舗装工事における品質管理にまでは適用されていない。そこで、舗装工事における情報化を活用した品質管理を実現するシステムを構築することを目的として、振動ローラの加速度応答を利用した方法について検討した。振動ローラの加速度応答値から地盤弾性係数を算出し、室内試験から求めたレジリエントモデュラスから施工面の平均弾性係数を求め、両者の相関を確認した。それらの関係から、舗装の理論的設計方法と連動した室内試験結果と加速度応答値によって、施工時にリアルタイムに品質管理を行うことが可能なシステムを提案した。

**Key Words** : vibratory roller, roller accelerations, compaction control, quality control, resilient modulus

## 1. はじめに

建設工事における情報化施工は、信頼性設計のツールとして現場計測管理から CALS/EC の普及に伴う情報の電子化共有等、急速に進展しつつある。建設分野における ICT (情報通信技術) の導入が着実に進められる中、2008年7月には国土交通省から「情報化施工推進戦略」が打ち出され、建設工事において広範囲な情報化施工を推進していく方針が明確となった。近年においては、道路土工において3次元のデジタル設計データを使用した施工管理および出来形管理も実用段階に入ってきている。

これらの背景にはコンピュータの普及とその高速化を基盤として CAD による設計図書の電子化や各種センサー技術、現場通信技術が重要な役割を果たしており、とりわけ GPS (全地球測位システム) や自動追尾トータルステーションといったポジショニング技術の急速な発達により、高精度なリアルタイム位置計測が可能となってきた点が大きく貢献している。そして、これらの技術に施工機械の高度な油圧制御技術を組み合わせることにより、施工の自動化が急速に進むこととなった。欧米では既にこのようなシステムを施工の省力化のみならず、調査・設計、施工、維持管理の建設施工プロセス全体の合理化に向けて活用するための検証も進みつつある<sup>1)</sup>。

日本においても、これらの技術を土工等導入することで施工管理、特に出来形管理の技術が飛躍的に進歩した。ただし、舗装工事における品質管理にまでは適用されておらず、従前からの締固め度を測点毎に測定するサンプル管理の手法に拠っている現状にある。既往の研究として、振動ローラに走行型 RI 密度測定器を取り付け、自己位置検出装装置によって面的な締固め度管理を試みたものがあるが<sup>2)</sup>、実施工での実績はない。また、施工管理用としてローラ等の転圧回数を GPS による位置情報で管理するシステムについては既に実用化されている<sup>3)</sup>。一方、米国 FHWA では Intelligent Compaction 戦略プランとして、転圧中に材料剛性を測定・記録し、ローラを自動制御することで、情報化による QC/QA の向上および舗装工事を合理化するプロジェクトが進行中である<sup>4)</sup>。

そこで筆者らはこれらの状況をふまえ、現在、GPS と振動ローラの加速度応答による施工管理技術を組み合わせ、舗装工事における品質の全体管理を実現するシステムを構築することを最終目的とした研究開発に取り組んでいる。本文は、それらの研究の内、舗装工事に振動ローラの加速度応答による施工管理技術を適用することについて検討した結果を述べるものである。

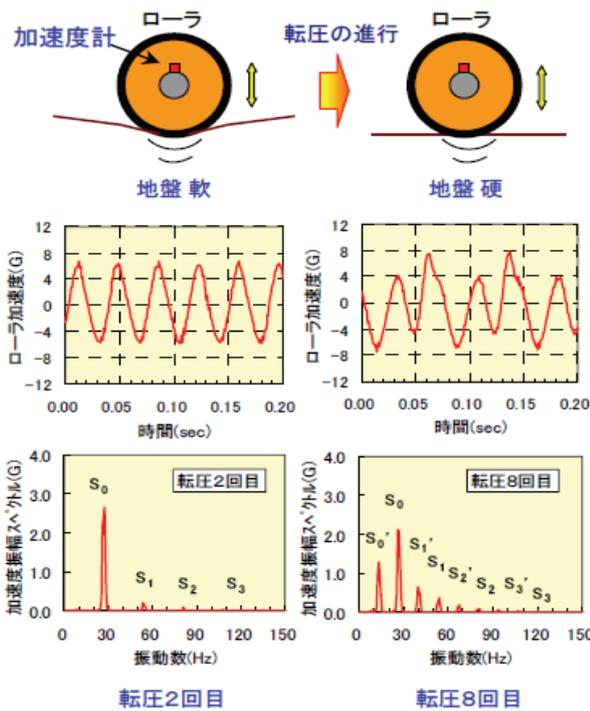


図-1 加速度計測および周波数分析例<sup>7)</sup>

## 2. 加速度応答を利用した地盤剛性の評価

### (1) 評価手法の概要

振動ローラで地盤の締固めを行った場合、転圧の進行による地盤の剛性の増加にともない、地盤からの反発を受けることにより振動ローラの加速度波形が乱れ、その周波数を分析することで締固め度の変化を計測することが可能となる<sup>9)</sup>。土工では、この加速度応答を利用して締固め度をリアルタイムに全体管理する評価手法が既に実用化されており、NEXCO 各社では路床の検査時に採用 (JHS123：ローラ加速度応答法による剛性測定試験方法) されている。

本研究では、この土工で採用されている方法を舗装工事に適用した。この方法によって、舗装工事の品質管理の合理化を目的として、転圧ローラの加速度応答を利用し、舗装をリアルタイムに評価できる方法を目指した。

### (2) 評価手法の原理

本研究において計測した加速度応答値は、藤山・建山による理論式<sup>9)</sup>で地盤変形係数 (以下、 $E_{roller}$  と記す) に変換して用いた。

図-1 に加速度計測および周波数分析結果の一例を示す。転圧の進行による地盤の剛性の増加に伴い、振動ローラの加速度応答の波形は乱れ、その周波数解析において振動ローラの振動数以外の成分 (高周波スペクトル  $S_1, S_2, S_3$  ならびに 1/2 分数調波スペクトル  $S_1', S_2', S_3'$ ) が卓越する。この性質を利用して「乱れ率」を定義する。

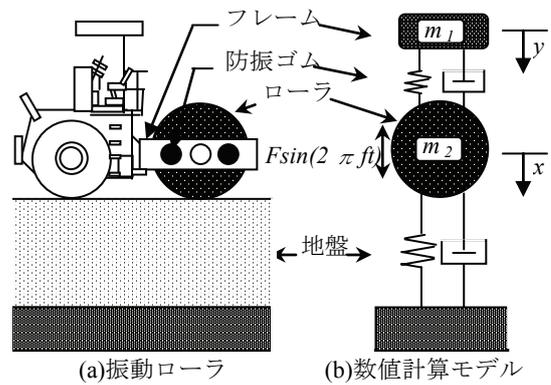


図-2 振動ローラの数値計算モデル

式(1)に乱れ率の算出式を示す (変数の意味は図-1 および図-2 参照)。乱れ率が大きいほど地盤が締固まっていることを表す。

$$\text{乱れ率} = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i + \sum_{i=1}^3 S_i'}{S_0 + S_0'} \cdot \frac{F}{(m_1 + m_2)g} \quad (1)$$

ここに、 $S_i, S_i'$  : 加速度スペクトル (G)

$F$  : 起振力 (kN)

$f$  : 振動数 (Hz)

$m_i$  : 質量 (kg)

$g$  : 重力加速度 ( $m/s^2$ )

振動ローラの挙動を図-2 に示す数値計算モデルを用いて解析し、式(2)を用いて地盤弾性係数  $E$  を算出することができる (変数の意味は図-1 および図-2 参照)。この藤山・建山による理論式によって得られる  $E$  値を  $E_{roller}$  とした。

$$E = \frac{2 \cdot (1 - \nu^2)}{B \cdot \pi} \cdot \frac{\left(\frac{4}{3} \text{乱れ率} + 1\right)^2 \cdot (2\pi f)^2 \cdot m_2}{1 - 0.32\alpha + \sqrt{0.1024\alpha^2 - 1.64\alpha + 1}} \quad (2)$$

$$\alpha = 1 - \left(\frac{F}{(m_1 + m_2)}\right)^2$$

ここに、 $\nu$  : ポアソン比 (0.33 と仮定<sup>8)</sup>)

$B$  : 振動輪幅 (m)

$f$  : 振動数 (Hz)

## 3. 加速度応答を利用した舗装の品質管理手法

### (1) 舗装の品質管理手法の概要

『舗装設計便覧 ((社) 日本道路協会)』<sup>9)</sup> には、「経験に基づく設計方法」と「理論的設計方法」が記載されている。「経験に基づく設計方法」において用いられる材料特性値は等値換算係数であり、実際の力学的特性を示す  $E_{roller}$  とは異質のものである。これに対して「理論的設計方法」は、舗装材料の弾性係数とポアソン比を設定し、

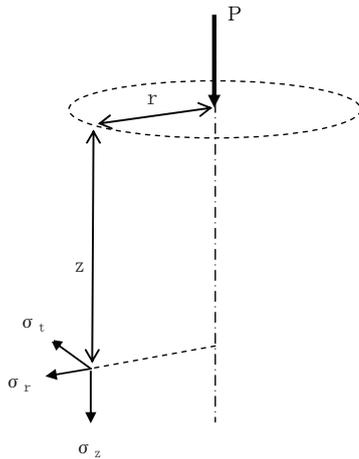


図-3 円筒座標による地盤内応力表示

疲労破壊回数を計算して舗装断面を設計するものである。このため、地盤弾性係数である  $E_{roller}$  は理論的設計方法によって設計された舗装の施工管理に適していると考えられる。

そこで、舗装の理論的設計方法で設定される弾性係数と  $E_{roller}$  の関係を利用した品質管理手法を検討した。

### (2) 施工面の弾性係数

$E_{roller}$  は施工面における地盤の剛性を表す。したがって、品質管理手法に使用するためには表面で計測される弾性係数に対応させる必要がある。多層構造における理論的な平均弾性係数(以下、 $E_h$  と記す)は式(3)によって算出できる。

$$E_h = \left( \frac{H_1 E_1^{1/3} + H_2 E_2^{1/3} + \dots + H_n E_n^{1/3}}{H_1 + H_2 + \dots + H_n} \right)^3 \quad (3)$$

ここに、 $E_h$ : 平均弾性係数 (MN/m<sup>2</sup>)

$E_n$ : n層目の弾性係数 (MN/m<sup>2</sup>)

$H_n$ : n層目の厚さ (m)

### (3) 各層の弾性係数

理論的設計方法においては舗装材料毎の弾性係数をパラメータとして用いるが、繰返し三軸圧縮試験により得られるレジリエントモデュラス (以下、 $Mr$  と記す) を実測することが望ましいとされている。そこで、本研究においても  $Mr$  を用いることとしたが、 $Mr$  は拘束応力によって値が変わる。そこで、舗装内応力は Boussinesq 理論によって算出した。

Boussinesq 理論は、図-3 に示すように半無限弾性体の表面に集中荷重が作用したときの任意の点における応力を求めることができる<sup>10)</sup>。しかし、多層系の場合、Burmister 理論によって、2層弾性係数比で応力分布が変わることが明らかである。また、振動ローラの接地応力分布に関しては、ほとんど解明されておらず<sup>11)</sup>、走行状態では、最

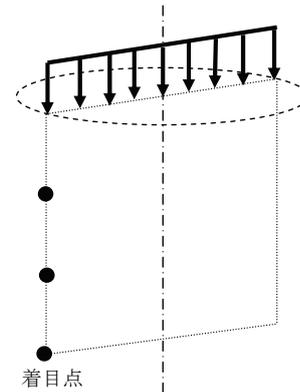


図-4 ローラ荷重による舗装内応力の着目点

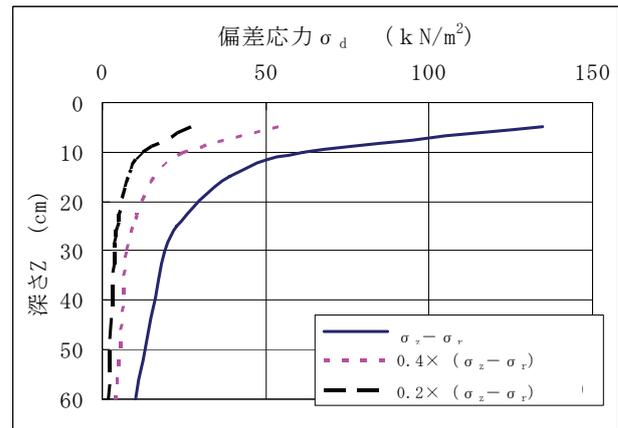


図-5 ローラによる地盤内応力

大応力は接地面直下に発生しない<sup>11),12)</sup>。さらに、Boussinesq 理論の計算値と実測値を比較した結果、舗装体内の応力解析には 0.4 倍するなどの補正係数を用いることによって利用できる<sup>13)</sup>との報告もある。すなわち、振動ローラによって生じる地盤内応力を正確に把握することは困難である。そこで、本研究では、Boussinesq 理論による計算値を補正することで、舗装内応力を推定することにした。

本研究では、ローラによる荷重を図-4 に示す線荷重として、舗装内応力を算出した。着目点は、加速度計を取付けるローラ端部の直下として、4 トンコンバインドローラの鉄輪のローラ幅 (130cm) と起振力 (34.3kN) から舗装内応力を算出した。

Boussinesq 理論によって、ローラ荷重で発生する舗装内応力を算出すると、図-3 に示す  $\sigma_t$  は、 $\sigma_z$  と  $\sigma_r$  に比べて小さい。一方、後述する舗装材料の  $Mr$  試験の結果では、偏差応力 (以下、 $\sigma_d$  と記す) と  $Mr$  が線形関係にある。そこで、ローラ荷重による  $\sigma_d$  の状態で  $Mr$  を決定した。本研究では、 $\sigma_t$  を用いずにローラ荷重によって発生する  $\sigma_d$  を  $(\sigma_z - \sigma_r)$  とした。

Boussinesq 理論で  $\sigma_d$  を算出した結果を図-5 に示す。図-5 には、 $\sigma_d$  を 0.4 倍したものと 0.2 倍したものについてもプロットしている。本研究では、振動ローラによって



図-6 舗装構成 (単位: mm)



写真-1 振動ローラ (4トンコンバインドローラ)

舗装体内に発生する応力を Boussinesq 理論で算出するが、加速度応答を利用した  $E_{roller}$  と施工面の弾性係数  $E_h$  が一致する補正係数についても検討した。

各層の弾性係数は、ローラ荷重によって、深さ  $z$  (cm) に発生する  $\sigma_d$  を各材料の  $Mr$  試験 (繰返し三軸圧縮試験) から得られる式(4)に代入して算出した。

$$Mr = k_1 \sigma_d^{k_2} \quad (4)$$

ここに、 $Mr$ : レジリエントモデュラス (MN/m<sup>2</sup>)

$\sigma_d$ : 偏差応力(kN/m<sup>2</sup>)

$k_1, k_2$ : 材料係数

#### (4) 品質管理手法の流れ

$E_{roller}$  を品質管理に利用するための流れを以下に示す。

- ①  $Mr$  試験によって式(4)の係数  $k_1, k_2$  を求める。
- ② 舗装断面からローラで発生する  $\sigma_d$  を算出する。
- ③  $\sigma_d$  を式(4)に代入し各層の弾性係数を求める。
- ④ 各層の弾性係数から式(3)で  $E_h$  を求める。
- ⑤  $E_h = E_{roller}$  として、 $E_{roller}$  を管理基準値として管理する。

$E_{roller}$  を品質管理に用いるために、上記②の  $\sigma_d$  は重要なパラメータである。

## 4. 試験施工による検証

### (1) 検証試験の概要

舗装各層上面で計測される  $E_{roller}$  と  $Mr$  から求める  $E_h$  と

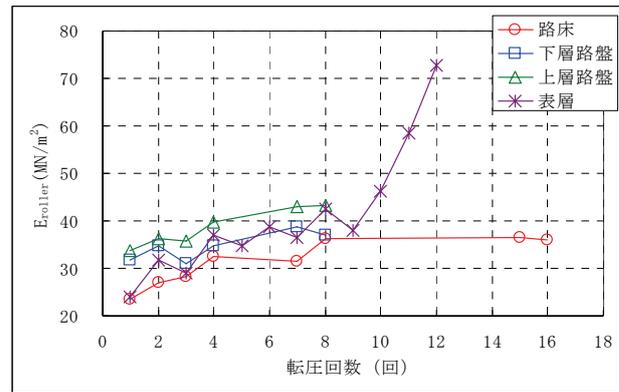


図-7 転圧回数と  $E_{roller}$  の関係

の関係を検証するため、図-6 に示す断面構成の舗装を構築し各種試験を行った。材料は、路床として砕砂、下層路盤として RC-40、上層路盤として M-30、表層として密粒度アスファルト混合物を使用した。

写真-1 に使用した振動ローラ (4 トンコンバインドローラ) の写真を示す。GPS、加速度計、解析装置、ノート PC を既存のコンバインドローラに取り付け、リアルタイムに転圧位置における  $E_{roller}$  をモニタリングしながら転圧作業を行うことができるようになっている。使用したローラは、舗装工事で一般的に使用されているものである。その主な仕様は下記のとおりである。なお、本研究では、高振幅で測定を行った。

- 機械質量: 3,230kg
- 前輪質量: 1,990kg
- 起振力 (低振幅/高振幅): 26.5kN/34.3kN
- 振動数 (低振幅/高振幅): 55Hz/55Hz
- 締固め幅: 1,300mm
- 前輪 (径×幅): 800mm×1,300mm
- 起振機: 一軸偏心 (装着位置: 前輪)

なお、舗装工事における  $E_{roller}$  の適用性については、既に検討を行っている<sup>14),15)</sup>。その結果として、①土工事では実績のない 4 トン振動ローラが適用可能であること、②路盤工、基層工でも転圧回数によって  $E_{roller}$  が増加すること、③FWD のたわみから Burmister 理論で算出した地盤弾性係数と  $E_{roller}$  に明確な相関があることなどを確認した。

なお、以下に示す現場試験の結果は、測定データの平均値を用いている。

### (2) 各種試験結果

#### a) 加速度応答値<sup>16)</sup>

転圧回数と  $E_{roller}$  の関係を図-7 に示す。路床は 16 回、上・下層路盤は 8 回、表層は 12 回まで転圧した結果である。どの層も転圧回数とともに  $E_{roller}$  の増加傾向が見られる。また、アスファルト混合物層を除き、路床・下層路盤・上層路盤という施工にしたがって  $E_{roller}$  が大きくなる

表-1 各施工面の E<sub>roller</sub>

	E <sub>roller</sub> (MN/m <sup>2</sup> )
路床	36.0
下層路盤	37.1
上層路盤	43.3
表層 (8回)	42.6
表層 (12回)	72.8

表-2 密度試験結果

	締固め度 (%)	含水比 (%)
路床	97.7	5.2
下層路盤	97.6	4.3
上層路盤	97.2	4.5
表層	98.2	—

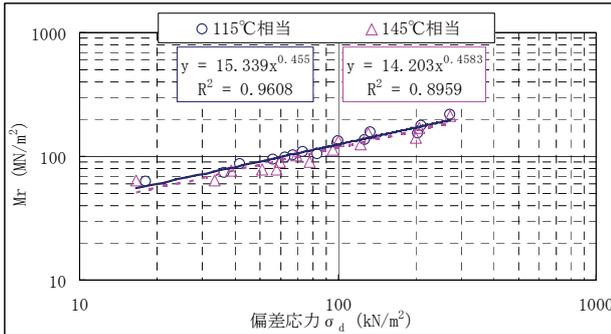


図-8 エンジンオイル混合物の Mr 試験結果

傾向がある。アスファルト混合物層は 10 回転時 (表面温度 60°C) 以降の増加が著しく、温度低下によるアスファルトの粘度の影響を顕著に受けているものと思われる。

路床、上・下層路盤の仕上がり面と表層 8 回転時 (表面温度 65°C) および 12 回転時 (表面温度 38°C) における E<sub>roller</sub> は表-1 に示すとおりである。

#### b) 現場密度試験

路床、上・下層路盤の仕上がり面における現場密度試験結果による締固め度および含水比と表層の切り取りコアの締固め度を表-2 に示す。路床・路盤は、最適含水比より乾燥側で仕上がっている。

#### c) Mr 試験

路床および路盤については、表-2 に示した現場の締固め度および含水比で供試体を作製し、Mr 試験を行った。表層については、締固め度 95% のアスファルト混合物が 115°C の状態にある場合をエンジンオイル混合物によるシミュレーション実験で求めた<sup>17)</sup>。エンジンオイル混合物とは、アスファルト混合物のアスファルトをエンジンオイルに置き換えたもので、施工時のアスファルトの粘度と同じ粘度を常温で得られるエンジンオイルを用いることで、施工中のアスファルト混合物を再現したものである。図-8 は、締固め度 95% のエンジンオイル混合物を 115°C および 145°C 相当の粘度で Mr 試験を行った結果である。両者に大きな差は見られない。表-1 に示した 8 回転時の表面の温度は 65°C だが、内部温度はもう少し高温であり、動的な载荷におけるアスファルト混合物の Mr は高温の場合、大きな差が見られないこと、8 回転時の

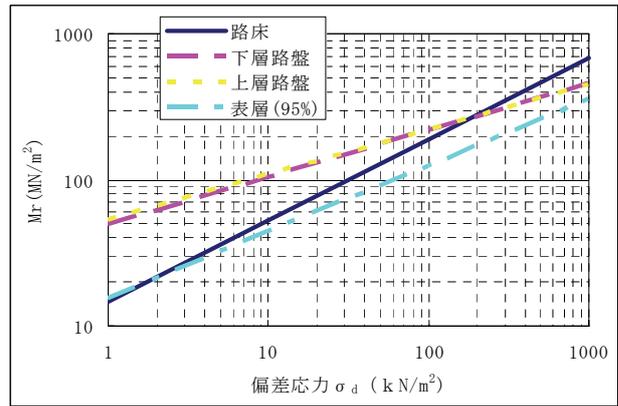


図-9 Mr 試験結果

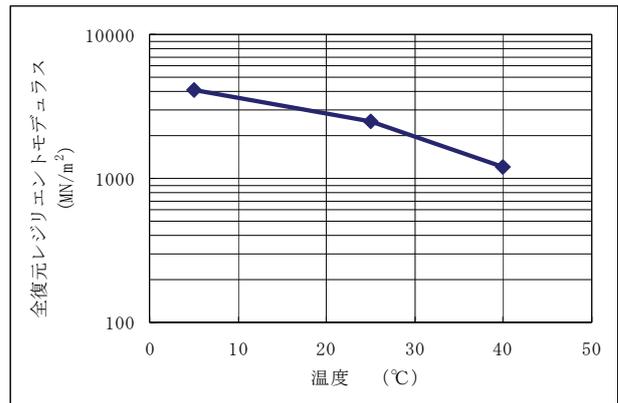


図-10 切り取りコアの Mr 試験結果

表-3 各材料の Mr

	Mr(MN/m <sup>2</sup> )
路床	Mr=14.65σ <sub>d</sub> <sup>0.5549</sup>
下層路盤	Mr=49.64σ <sub>d</sub> <sup>0.3199</sup>
上層路盤	Mr=53.09σ <sub>d</sub> <sup>0.3077</sup>
表層 (95%, 115°C)	Mr=15.34σ <sub>d</sub> <sup>0.4550</sup>
表層 (98%, 38°C)	1,358

締固め度は 95% 程度であると仮定し、現場の条件を室内で再現した。図-9 に Mr 試験結果をまとめたものを示す。

また、表層については、切り取りコアによる繰返し間接引張試験を行い、仕上がったアスファルト混合物の Mr を求めた。その試験結果は図-10 に示すとおりであり、図から 12 回転時の温度 (38°C) における Mr を推定した。

以上の Mr 試験をまとめると表-3 に示すようになる。

#### (3) E<sub>h</sub> の算出

路床の E<sub>h</sub> は、4 トンコンバインドローラの影響深さが 60 cm 程度である<sup>18)</sup>ことから、深さ 60cm における σ<sub>d</sub> を用いて、表-3 の式から算出した Mr を E<sub>h</sub> とした。ただし、路床については、多層ではないが、理論値を 0.4 倍した偏差応力を用いることで、E<sub>h</sub> と E<sub>roller</sub> がほぼ一致したので、全ての条件において、0.4 倍の補正値を用いた。

路盤および表層 (締固め度 95%) については、図-11 に示すように施工する材料の底部における σ<sub>d</sub> から、表-3

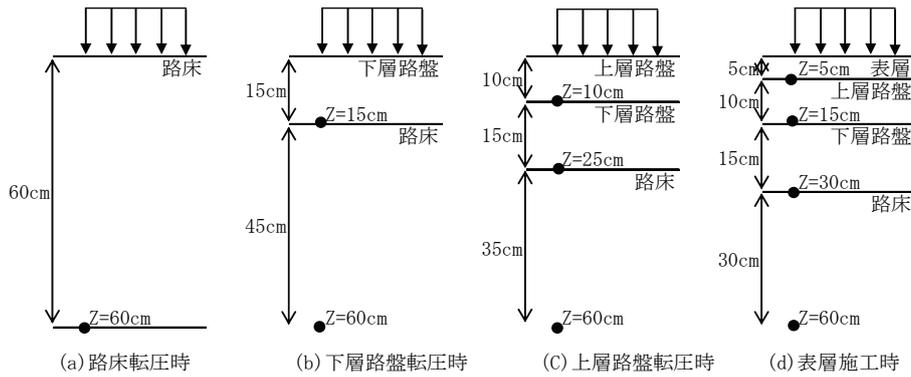


図-11 舗装内応力の計算位置

に示す式で  $M_r$  を算出し、式(3)で  $E_h$  を求めた。材料の底部における  $\sigma_d$  を用いたのは、振動ローラによる締固めでは、加速度応答は影響深さにおける最も弱い部分が反映されると考えたからである。締固め度 98% の表層の  $M_r$  は表-3 の値を用いて  $E_h$  を求めた。

算出した  $E_h$  と表-1 に示した  $E_{roller}$  を比較すると図-12 のようになる。路盤および表層については、Boussinesq 理論で算出される偏差応力を 0.2 倍したもので各層の  $M_r$  を求め、それを合成した  $E_h$  が  $E_{roller}$  とほぼ一致することがわかる。したがって、路床からアスファルト混合物まで、同じ手法で施工時の  $E_h$  を求めることができることが確認できた。

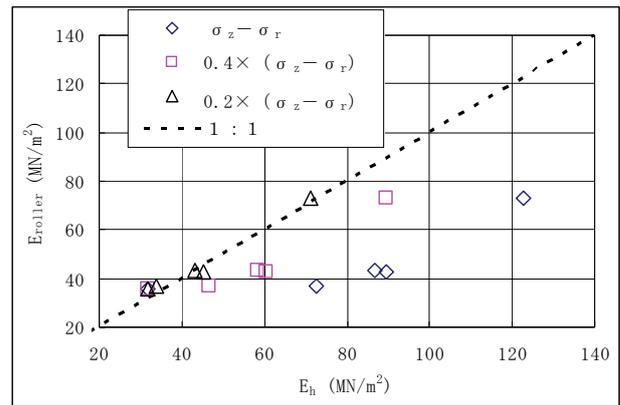


図-12  $E_h$  と  $E_{roller}$

## 5. 舗装品質管理システムの提案

本研究では、振動ローラの加速度応答値を用いた舗装工事の品質管理手法について検討した。振動ローラによって発生する舗装内応力として、Boussinesq 理論から得られた値を補正することで、試験施工から得られた  $E_{roller}$  と室内試験から理論的に求めた  $E_h$  は、ほぼ一致する結果が得られた。

以上の結果より、振動ローラの加速度応答値を用いた舗装の品質管理をシステムとしてまとめると、図-13 に示すようなフローとなる。フローは以下の3つの要素から構成される。

- ① 舗装構造の理論的設計
- ② 管理システムによる品質管理の準備
- ③ 管理システムによる品質管理の実施

①舗装構造の理論的設計には、使用材料の  $M_r$  が必要であり、②管理システムによる品質管理の準備で実施する  $M_r$  試験結果を用いることができる。 $M_r$  試験の条件は、設計条件を用い、設計舗装構造が決定したら、その構造で Boussinesq 理論によって舗装内応力を求める。このように、理論的設計にリンクした  $E_h$  を  $E_{roller}$  として、施工時の基準値として扱うことができれば、上記③のシステム

によりリアルタイムに各層の締固め管理が可能になる。また、GPS やトータルステーションなどのポジショニング技術と組み合わせることで、測点によるサンプル検査ではなく、面的な管理ができる。それをデータベース化し、品質管理書類とすることができれば、現場試験や検査書類作成の省力化につながるだけでなく、舗装工事の工期短縮、品質向上に寄与することになると思われる。

## 6. おわりに

従来、舗装は経験に基づく設計方法で設計し、締固め度という間接的な指標によるサンプル管理でその品質が保証されてきた。このため、条件の変化に対する信頼性の確保が不十分で、かつ例えば産業副産物など施工実績の少ない材料の利用が難しいという課題があった。

今回の成果から加速度応答による管理手法を確立できれば、全数管理により品質の向上が図れる他、不要な転圧作業を省いた省エネルギー、 $CO_2$  の削減にも結びつく。また、理論的設計方法に用いる材料定数を舗装材料の品質として直接的に管理できることから使用実績の少ない建設副産物の活用も可能となり、総じて環境保全に寄与することになると期待される。

今後の課題として、①载荷条件等によって異なること

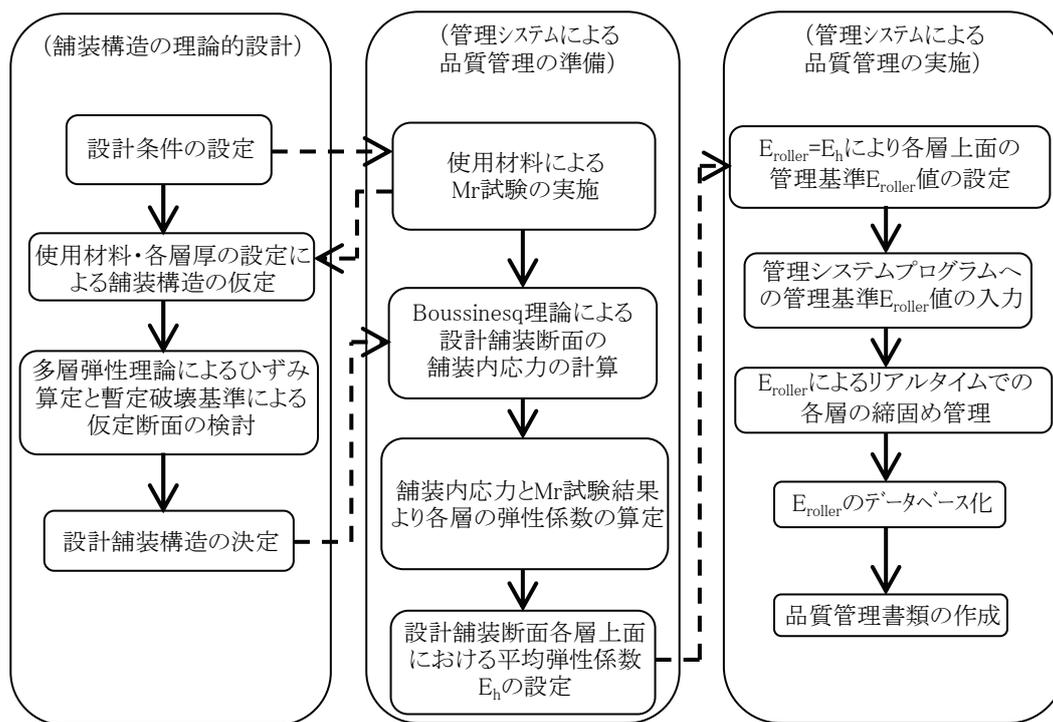


図-13 舗装品質管理のフロー

が予想される  $E_h$  の設定方法, ②加熱アスファルト混合物の  $M_r$  の妥当性の確認, ③  $E_{roller}$  や  $M_r$  のばらつきに対する信頼性の確認などが挙げられる. 更に検証を進め舗装の品質管理手法として実用化に向けた検討を行う予定である.

最後に検証試験等で多大な協力をいただいた関係各社の皆様に感謝の意を表するとともに, 検証試験の一部が国土交通省の建設技術開発助成制度の適用によるものであることを付記する.

#### 参考文献

- 1) 情報化施工に関する米国調査報告会, 2008.12. (講演資料: 情報化施工ポータルサイト <http://cmi-ics.jp/index.html> )
- 2) 建設省土木研究所, 財団法人先端建設技術センターほか13社: 舗装における合理化施工技術の開発に関する共同研究報告書, 平成7年6月.
- 3) 植木睦央: 複数の情報化機械を組み合わせた総合的な土工管理システムについて, 舗装, pp.27-32, 2008.8.
- 4) <http://www.intelligentcompaction.com/>
- 5) 藤山哲雄, 古屋弘: 振動ローラ加速度応答を利用した地盤剛性評価装置の開発, 平成16年度管内技術研究発表会(近畿地方整備局), 2004.
- 6) 藤山哲雄, 建山和由: 振動ローラの加速度応答法を利用した転圧地盤の剛性評価手法, 土木学会論文集 No.652/III-51, pp.115~123, 2000.6.
- 7)  $\alpha$  システム研究会: パンフレット, 2007.4.
- 8) 藤山哲雄, 益村公人, 建山和由, 石黒健, 三嶋信雄: 種々の土質条件に対するローラ加速度応答法の締固め管理への適用性, 土木学会論文集 No.701/III-58, pp.169-179, 2002.3.
- 9) 社団法人日本道路協会: 舗装設計便覧, 2006.2
- 10) 例えば, 松野三郎, 養王田栄一, 三浦裕二, 飯島尚: 道路舗装の設計, 道路建設講座5, 山海堂, 昭和49年12月.
- 11) ローラ設計指針作成委員会: 転圧ローラ工学-締固め性能に着目して-, テラメカニクスライブラリー3, テラメカニクス研究会, 1999.10.
- 12) 秋元洋胤, 早野公敏: 移動ローラ載荷装置の試作と移動載荷試験による模型地盤の応力分散, 土木学会舗装工学論文集, 第9巻, pp.241-249, 2004.12.
- 13) 南雲貞夫, 阿部忠行, 安崎裕, 飯田章夫: 道路舗装の設計, 道路実務講座6, 山海堂, pp.103, 昭和59年3月.
- 14) 根本司, 高倉拓, 古屋弘: 振動ローラの加速度応答による舗装工事の品質管理手法の合理化の検討, 平成20年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集, 社団法人日本建設機械化協会, pp.111-116, 2008.10.
- 15) 根本司, 高倉拓, 古屋弘: 舗装工事の品質管理の合理化 (GPSと振動ローラの加速度応答を利用した検討), 建設機械, 7月号, 2009.7.
- 16) 小関裕二, 高倉拓, 古屋弘: 振動ローラの加速度応答を利用した舗装工事の剛性評価, 土木学会, 第63回年次学術講演会講演概要集, 第V部門, 2009.9.
- 17) 小関裕二, 高倉拓, 古屋弘: アスファルト混合物の施工時におけるレジリエントモデュラス, 第28回日本道路会議論

文集, 2009.10.

- 18) 藤山哲雄, 高橋浩, 古屋弘, 疋田喜彦: 振動ローラ加速度  
を利用した締固め管理手法による地盤評価深さの検討, 土

木学会, 第 63 回年次学術講演会講演概要集, 第三部門,  
2009.9.

## STUDY ON QUALITY CONTROL OF PAVEMENT CONSTRUCTION BY ACCELERATION OF VIBRATORY ROLLER

Hiroji KOSEKI, Akinobu USHIBUKURO, Hiromu TAKAKURA and  
Hiroshi FURUYA

Recently, information and communication technology rapidly have been developed. Especially, positioning technology by GPS and automated machine control technology have been applied for construction sites. However, quality control technology has not been developed for pavement construction. Then, we focus that the behavior of the vibrating rollers changes according to the ground stiffness. We studied the method of quality control for asphalt pavements by acceleration of vibratory rollers. The accelerations of a vibrator roller were measured on subgrade, sub-base course, base course and surface course at the test construction yard. The ground moduli of each layer were calculated by acceleration data. The results showed that the ground moduli would be applied for the quality control of pavement construction. On the other hand, resilient moduli of each layer material were investigated at the laboratory. Resilient modulus can be used for the theoretical design method of asphalt pavements. From results of laboratory tests, the average modulus was calculated. Comparing ground moduli of field test with average moduli of laboratory test, we found the good relationship of both moduli. Finally, we suggested the method of quality control for asphalt pavements construction combined with theoretical design method of asphalt pavements.