

荷重の相異による舗装挙動に関する基礎的研究

東滋夫¹・神谷和明¹・富澤健¹・金井利浩²・松井邦人³

¹正会員 鹿島道路株式会社 技術研究所 (〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)

²学生会員 中央大学大学院 理工学研究科 博士後期課程 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

³フェロー会員 Ph.D. 東京電機大学 建設環境工学科 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

舗装の理論的設計法を遂行するためには、舗装内部に発生する応力やひずみの状態を明らかにする必要がある。また、走行・静止・衝撃といった性質の異なる荷重により異なった載荷応答を示す可能性もある。さらに、供用に伴って舗装の挙動は刻々と変化していくことが容易に予想できる。そこで、本研究では促進載荷試験装置が設置されたヤード内に試験舗装を行い、土圧計、ひずみ計を埋設して走行試験ならびに上記3種類の荷重による載荷試験を実施した。その結果、①舗装の深い位置ほど荷重分散が大きいの②走行荷重とFWD荷重は非常に近似した載荷応答を示すが、静止荷重はこれらより大きな土圧、ひずみを与える③繰返し走行により路床の疲労は認められるが、たわみ量 D_0 にその傾向は表われない等々の知見を得た。

Key Words : accelerated vehicle simulator, stress and strain, FWD, back calculation, pavement performance

1. はじめに

近年、道路構造令の改定、舗装構造に関する技術基準の制定により、舗装に求められる要求を満たせば工法や仕様にこだわらないという性能規定の考え方が導入され、舗装設計に関しても従来の T_A 法に限らず理論的設計法により舗装を設計することも可能であることが示された。

しかし、理論的設計法を実行するためには、舗装内部に発生する応力やひずみの状態を明らかにする必要がある。また、これらの舗装挙動は、走行荷重、静止荷重または衝撃荷重といった性質の異なる荷重により異なった応答を示す可能性がある。さらに、供用に伴って舗装の挙動は刻々と変化していくことが容易に予想できる。海外では、土圧計、ひずみ計を舗装内部に埋設した研究や促進載荷装置を用いた舗装挙動に関する研究は盛んに行われている^{1),2)}。しかし、特に国内³⁾においては研究途上にあり、さらにデータの蓄積を図るべき段階にある。

そこで、本研究では促進載荷試験装置（以下、ロードシミュレータという）が設置されたヤード内に試験舗装を行い、舗装内部に土圧計、ひずみ計を埋設して前述した3種類の異なる荷重による舗装応答を調査し、これらを比較検討するとともに、繰返し走行試験を実施して走行回数の増加に伴う舗装挙動の経時変化を追跡した。

以下に、本研究において得られた知見について報告する。

2. 試験概要

本研究では、以下に示す試験ピットにおいて、舗装計画交通量100台/日・方向（以下、L交通という）に相当する舗装を構築し、ロードシミュレータによる走行試験を実施し、所定回数の走行終了毎にたわみ、土圧、ひずみの計測と路面性状調査を実施した。

走行試験および計測試験等の詳細を以下に示す。

(1) 試験ピットの概要

当該試験ピットの概要は以下に示すとおりである。

- ・所在地：埼玉県北葛飾郡栗橋町大字高柳2600
(鹿島道路㈱テクノセンター構内)
- ・舗装断面：図-1に示すL交通対応のアスファルト舗装である（設計 $CBR=8$ 、 $T_A=11.0cm$ ）。また、所定位置に表-1に示す仕様の土圧計、ひずみ計を埋設している。なお、表層下面のひずみ計は、「アスコン層が厚さ70mm以下の薄い薄層の場合は有効ではない」という過去の研究⁴⁾から、今回は埋設を断念した。
- ・工区数：工区数は2つとし、1工区の表層は密粒度アスファルト混合物(13)（以下、密粒(13)という）にストレートアスファルト60/80を使用したものとし、2工区は同じく密粒(13)に改質Ⅱ型アスファルトを使用したものとした。その他の材料、層構成は両工区とも同一である。
- ・舗装面積：延長8m×幅3.4m=27.2m²（1工区）
延長9m×幅3.4m=30.6m²（2工区）
- ・試験ピットの竣工年月：平成16年2月

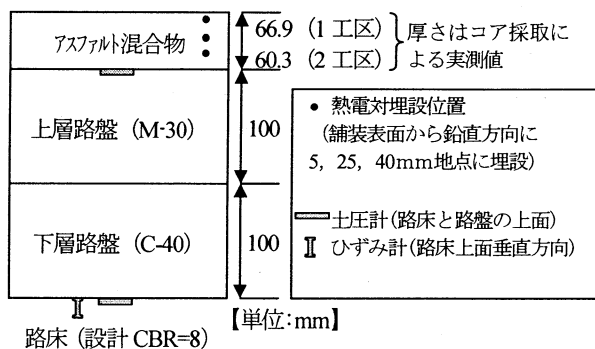


図-1 試験ピットの断面図

表-1 ひずみ計および土圧計の仕様

項目	ひずみ計	土圧計
型式	KM-100HBS	KDC-500KPA
容量	±5,000 μ	500kPa
距離	100mm (標点距離)	100mm (直径)
定格出力	約 2.5mV/V	約 1.0mV/V
弾性係数	約 40N/mm ²	—
許容温度	-20～+180℃	-20～+60℃

(2) ロードシミュレータの概要

本研究で使用したロードシミュレータの仕様は表-2および写真-1に示すとおりである。

表-2 ロードシミュレータの仕様

項目	仕様	備考：タイヤ形状
輪荷重	0～69kN※	
横方向トラバース	1.0m	
走行方式	駆動輪による自走	
走行速度	5.0km/h	

※今回の走行試験では49kNとした。

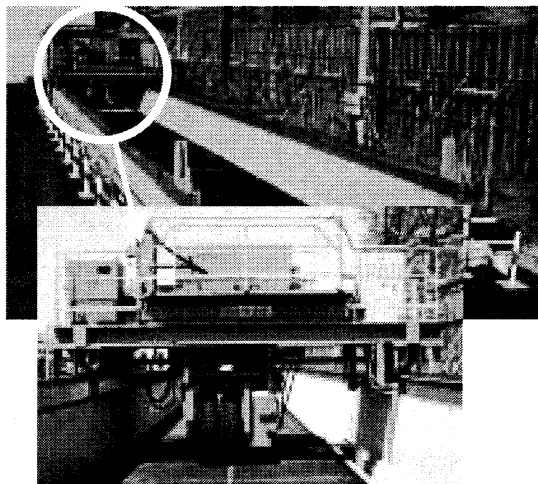


写真-1 ロードシミュレータ

(鹿島道路(株)栗橋テクノセンター内に設置)

(3) 走行試験および計測試験の概要

a) 走行試験要領

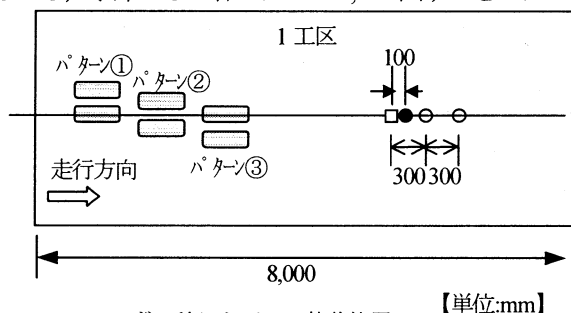
走行試験要領は以下に示すとおりとした。

① 走行回数：

L 交通における 10 年間の疲労破壊輪数である 30,000 輪を設定した。その 30,000 輪を 1 年間で走行させ、四季ごとに 7,500 回ずつ走行させた。なお、四季に分割走行させた理由は、温度によるアスファルト混合物の剛性変化の影響を評価できるよう考慮したためである。

② 走行荷重と走行位置：

走行荷重は 49kN とし、走行位置は実道における車両走行の横断方向分布を考慮して、図-2 (例として、1 工区の平面図) に示す 3 パターンとした。なお、各パターンにおける走行回数は全走行回数の 1/3 ずつ、すなわち、季節ごとに各パターン 2,500 回ずつとした。



- ひずみ計および FWD 載荷位置
- 土圧計および FWD 載荷位置
- FWD 載荷位置
- ロードシミュレータのタイヤ位置

図-2 タイヤ走行位置ならびに FWD 載荷位置

b) 計測試験要領

① 計測試験時期：

計測試験時期は走行試験開始前と各季節における走行終了後 (4 回) の計 5 回とした。

② 計測試験項目：

計測試験項目は表-3 に示すとおりとした。

表-3 測定項目

走行回数 測定項目	0	7,500	15,000	22,500	30,000	備考
土圧	○	○	○	○	○	測定回数は 各 2 回/工区
ひずみ	○	○	○	○	○	
たわみ	○	○	○	○	○	
ひび割れ	○	○	○	○	○	季節ごとに 各 1 回/工区
わだち掘れ	○	○	○	○	○	
平坦性	○	○	○	○	○	

○印は計測を実施したことを示す。

③ 計測時の載荷荷重：

ひずみおよび土圧の計測に際しての載荷荷重は、ロードシミュレータによる走行荷重ならびに静止荷重 (ともに 49kN)、FWD による衝撃荷重 (49kN) の 3 種類とした。また、ロードシミュレータの走行荷重ならびに静止荷重はロードシミュレータの片方のタイヤを計器 (土圧計、ひずみ計) の直上に載荷する場合 (図-3(a))

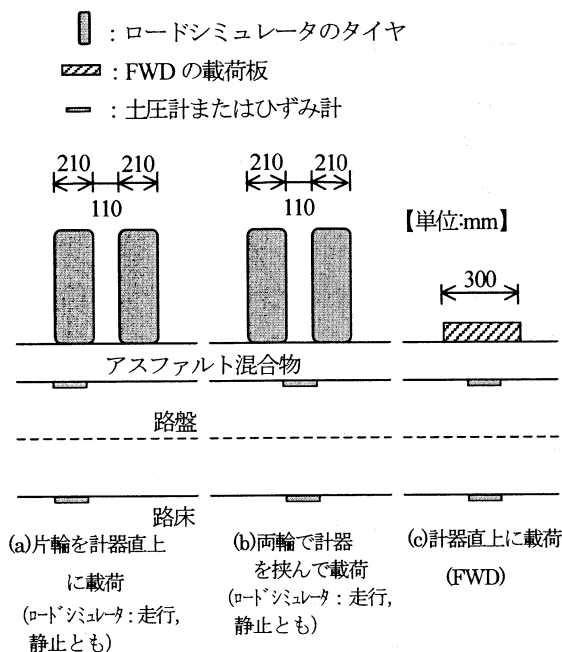


図-3 計測時の載荷試験パターン

(以下、計器直上載荷という))と、2本のタイヤが計器を挟むように載荷する場合(図-3(b) (以下、計器挟載荷という))の2通りとした。また、FWDによる載荷位置は計器直上とした(図-3(c))。なお、土圧、ひずみ、たわみの測定回数は各2回/工区としたが、2回の測定値のばらつきは十分に小さく、本検討では静止荷重およびFWDによる衝撃荷重については2回の平均値を用いた。また、走行荷重については往路・復路のそれぞれのデータを用いた。

④温度測定:

図-1に示した深さにおけるアスファルト混合物層の温度と気温を熱電対により1時間ごとに自動記録した。走行試験および計測試験の実施時期および気温、表層平均温度の詳細を表-4に示す。

表-4 走行試験および計測試験期日等

項目	走行回数(回)	1~7,500			7,501~15,000			15,001~22,500			22,501~30,000		
		①*	②*	③*	①*	②*	③*	①*	②*	③*	①*	②*	③*
走行試験	期日	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	稼働日数	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	時刻	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	気温(℃)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	表層平均温度** (℃)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
計測試験	期日	H16.2.16	H16.7.15	H16.11.18	H16.6.1	H16.8.2	H16.11.19	H17.2.8	H16.6.1	H16.8.2	H16.11.19	H17.2.8	H17.2.8
	時刻	10:00~15:00	10:00~15:00	10:00~15:00	8:00~18:00	8:00~18:00	8:00~18:00	8:00~18:00	8:00~18:00	8:00~18:00	8:00~18:00	8:00~18:00	8:00~18:00
	気温(℃)	18.6	31.8	12.4	27.3	30.2	13.6	6.1	27.3	30.2	13.6	6.1	6.1
	表層平均温度** (℃)	23.7	42.5	13.8	38.7	38	15.2	7.6	38.7	38	15.2	7.6	7.6
	温度** (℃)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※ ①, ②, ③は図-2に示した走行パターンを示している。

※※ 表層平均温度は深さ方向3箇所の平均である。

3. 新設時における舗装挙動

(1) 荷重の種類と土圧、ひずみの関係

走行荷重や静止荷重、または衝撃荷重といった異なる性質の荷重を載荷させると舗装の挙動(土圧、ひずみ)も異なることが考えられる。

そこで、ロードシミュレータによる走行試験開始前(表-4の走行回数0の欄に対応)に表-5に示す荷重条件で土圧およびひずみの実測データを採取し比較検討した。

a) 路盤上面の土圧について

表-5の載荷条件における路盤上面の土圧測定結果を図-4(計器直上)、図-5(計器挟)に示す。なお、走行荷重のデータは往路、復路で計測しているため、各工区2つのデータがあり、静止荷重とFWD荷重は各工区で1回の計測のため、同一工区では同一データ(同値)をプロットしている(以下の図も同様)。

図-4、図-5より以下のことが考察できる。

①図-4と図-5の土圧の大きさを比較すると、計器挟載荷では計器直上載荷に比べて半分以下の値となっている。このことから、舗装表面近く(今回は表面下60mm程度)では、載荷位置の直下で大半の応力を受け持つこ

表-5 載荷条件

荷重車	タイヤまたは載荷板位置	載荷方法
ロードシミュレータ	計器直上*	走行
		静止**
	計器挟*	走行
		静止**
FWD	計器直上*	重錘落下

※ 図-3参照。

※※ 静止荷重による土圧およびひずみは、載荷時間の経過とともに増加していく傾向が見られたことから、載荷完了から1分経過後に計測することとした。

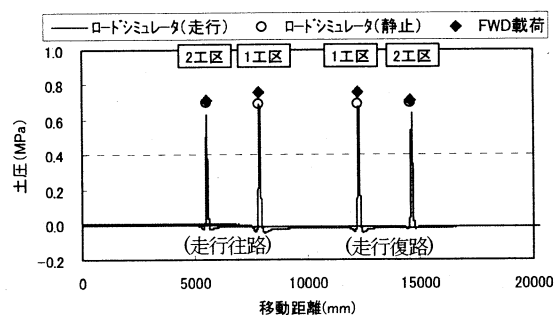


図-4 路盤上面の土圧測定結果(計器直上載荷)

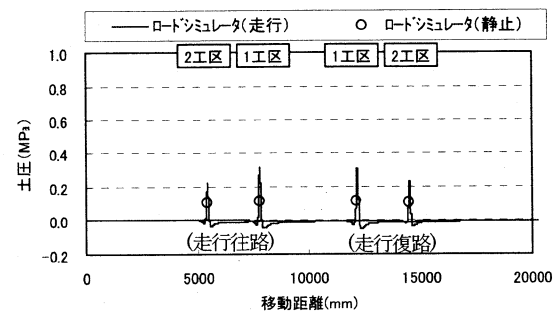


図-5 路盤上面の土圧測定結果(計器挟載荷)

とがわかる。

- ②図-4の計器直上載荷では、走行荷重、静止荷重およびFWD荷重による土圧は互いに近い値を示している。
- ③図-5の計器挟載荷では、静止荷重より走行荷重の方が2倍近く大きな土圧となっているが、この現象が一般的なものであるかどうかは現時点では定かではない。
- ④図-4、図-5より、1工区の方が2工区よりも若干大きな土圧を示しているように見受けられるが、測定精度との関連もあり、これが使用アスファルトの違い(1工区:ストレートアスファルト60/80, 2工区:改質II型)によるものかどうかは断定できない。

b) 路床上面の土圧について

表-5の載荷条件における路床上面の土圧測定結果を図-6(計器直上載荷)、図-7(計器挟載荷)に示す。

図-6、図-7より以下のことが考察できる。

- ①図-6と図-7の土圧の大きさを比較すると、計器直上載荷、計器挟載荷とも同程度となっており、舗装の深い位置(今回の場合は260mm程度)での土圧は、舗装表面付近とは異なり、載荷位置が若干異なっても荷重分散効果によりほぼ同程度となることがわかる。この現象については、後述本章(2)節で検証する。
- ②図-7の計器挟載荷では走行荷重、静止荷重ともほぼ同等の土圧を示したが、図-6の計器直上載荷では静止荷重による土圧の方が大きくなっている。
- ③図-6、図-7より、2工区より1工区の方が若干大きな土圧を示しているように見受けられるが、測定精度との関連もあり、これが使用アスファルトの違いによるものかどうかは断定できない。

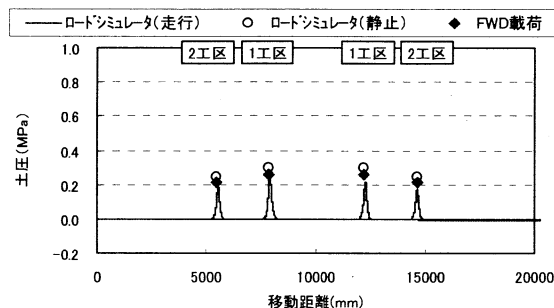


図-6 路床上面の土圧測定結果(計器直上載荷)

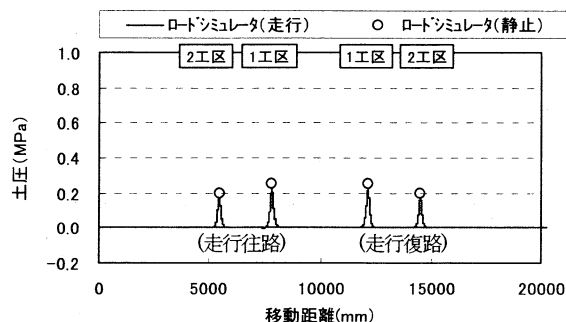


図-7 路床上面の土圧測定結果(計器挟載荷)

c) 路床上面のひずみについて

表-5の載荷条件における路床上面の垂直ひずみの測定結果を図-8(計器直上)、図-9(計器挟)に示す。

図-8、図-9より以下のことが考察できる。

- ①図-8と図-9のひずみの大きさを比較すると、計器直上載荷、計器挟載荷ともほぼ同程度となっており、路床上面の土圧と同様に荷重分散効果が窺える。
- ②図-8、図-9とも、走行荷重によるひずみよりも静止荷重によるひずみの方が大きな値を示している。この現象は計器直上載荷の土圧でも近似した傾向が見られたが、これは走行荷重と静止荷重の載荷時間の違いによる影響が路床上面のひずみや土圧に表われているものと思われる。すなわち、静止荷重の方が載荷時間が長いことから、舗装の応答に及ぼすクリープ変形の影響が大きいことによると考えられる。
- ③図-8より、FWD荷重と走行荷重は同等のひずみを示していることから、今回の走行荷重の速度は5km/hと実道よりも遅い条件とはいえ、FWDによる載荷形式はほぼ実際の車両走行を模擬したものであると考えられる。

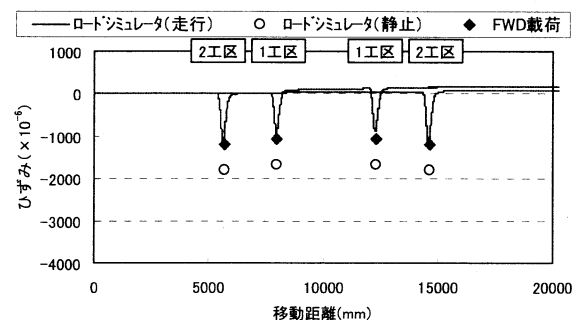


図-8 路床上面のひずみ測定結果(計器直上載荷)

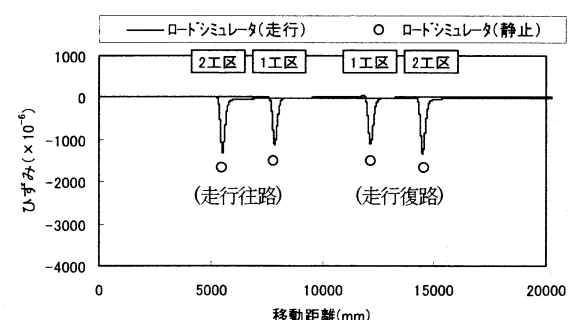


図-9 路床上面のひずみ測定結果(計器挟載荷)

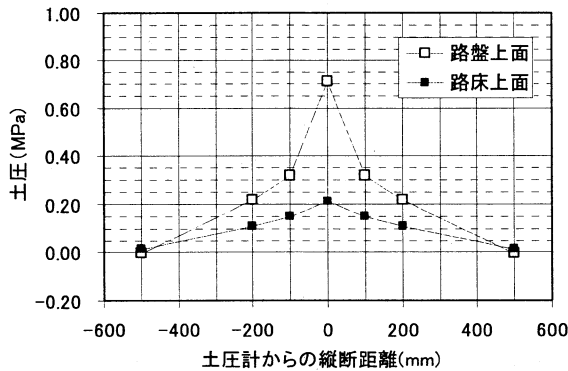
(2) 荷重分散効果の検証

本章(1)a, b)の測定結果より、舗装内部の土圧は載荷位置と深さにより傾向が異なることが明らかとなった。そこで、2工区の舗装上でFWDを縦断方向に移動し、計器直上、計器直上から100mm, 200mm, 500mm離れた位置で載荷(49kN)することにより、路盤上面および路床上面の土圧がどのように変化するかを調べた。測定結果を表-6および図-10に示す。

表-6 荷重位置と土圧測定結果

舗装部位	計器直上	100mm	200mm	500mm
路盤上面 (MPa)	0.71 (100)※	0.32 (45.1%)	0.22 (31.0%)	0.01以下 (1.4%以下)
路床上面 (MPa)	0.21 (100)※	0.15 (71.4%)	0.11 (52.3%)	0.01 (4.8%)

※ () 内は計器直上土圧を100とした時の百分率である。



※縦断距離0の軸に対して左右対称で示した。

図-10 荷重位置と土圧の関係

表-6、図-10より、路盤上面の土圧は荷重位置が100mm離れると、計器直上で荷重した時の土圧に対して45%程度まで低下するのに対し、路床上面の土圧は70%以上の土圧が発生しており、直上荷重との差が小さくなっている。このことから、舗装の浅い位置では荷重点近傍のみで応力を受け持つことになるが、深くなるほど荷重分散効果が大きくなり、応力の受け持つ面積が増大することが証明されたとと言える。

また、図-10より横断方向の土圧分布も同様の傾向を示すとみなせ、縁端部の構造物(擁壁・U字溝)が舗装中央部(計器埋設位置)の挙動に及ぼす影響は比較的小さいと考えられる。

4. 舗装挙動の経年変化

季節毎の走行(7,500回)が終了した後に、FWDによるたわみ量測定ならびに荷重試験を実施し、舗装の挙動(たわみ、土圧、ひずみ)について整理した。

(1) FWDたわみ量 D_0 および路床CBRの経年変化

FWD試験により得られたたわみ量 D_0 ならびに D_{150} から求められる路床のCBRの経年変化を図-11(たわみ量 D_0)、図-12(路床CBR)に示す。なお、たわみ量 D_0 は温度補正後⁹⁾(20℃)のたわみ量であり、路床のCBRは式(1)⁹⁾により算出した。

図-11より、1工区、2工区とも7,500回走行でたわみ量が増加するものの、その後は減少する傾向を示しており、最終の30,000回で再び上昇に転じている。

この結果から、走行回数が増えればたわみ量は増加す

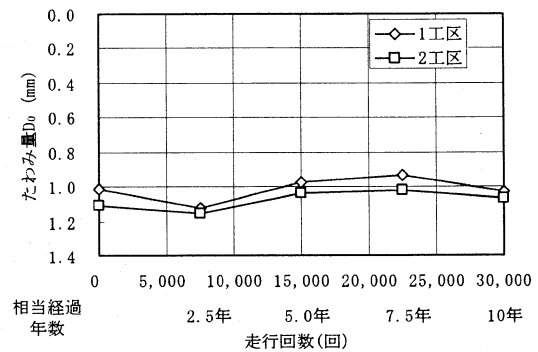


図-11 FWD たわみ量 D_0 の経年変化

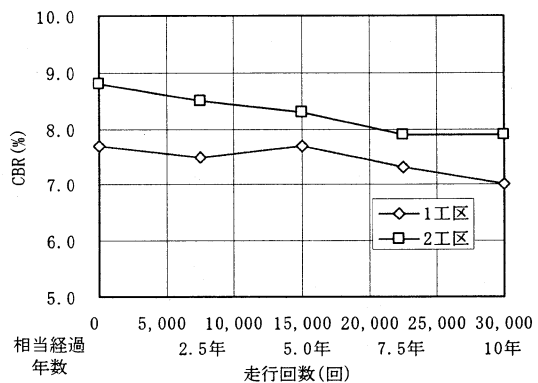


図-12 CBRの経年変化

$$\text{路床 CBR} = \frac{E_{sg}}{9.81} \quad \dots \dots (1)$$

$$E_{sg} = \frac{(1 - \nu^2) \times P}{\pi \times r \times dr}$$

ここに、 E_{sg} : 路床の弾性係数 (MPa) r : 荷重点中心からの距離 (=1500mm)
 ν : ポアソン比 (=0.40)
 P : 荷重荷重 (=49033N) dr : r 地点でのたわみ量 (=D₁₅₀ [mm])

るといった傾向は読み取れず、逆にある期間は減少する可能性があることが窺える。

一方、図-12を見ると、1工区および2工区とも走行回数の増加に伴い、路床CBRは減少する傾向を示しており、車両走行の繰返しにより路床支持力の低下が窺える。これらのことから、たわみ量 D_0 だけでは疲労現象を論じられない可能性のあることが分かった。

(2) 土圧およびひずみの経年変化

路盤上面における土圧、路床上面における土圧および路床上面における垂直ひずみの経年変化を図-13、図-14、図-15に示す。なお、図中の土圧、ひずみ計測データは、前章の検討で走行荷重データ(計器直上荷重)とよく近似していたFWD荷重データ(計器直上荷重)を用いた。

図-13、図-14に示した土圧は、ともにほぼ同様な傾向を示しており、7,500回走行時で大きくなり、その後減少傾向を示し、最終の30,000回走行時には再び増加している。また、図-15の路床上面のひずみも同様の傾向にある。

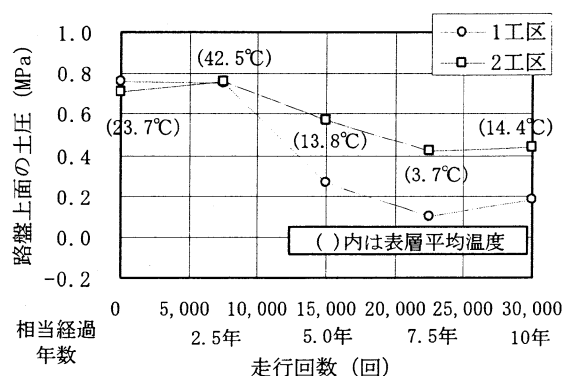


図-13 路盤上面における土圧の経年変化

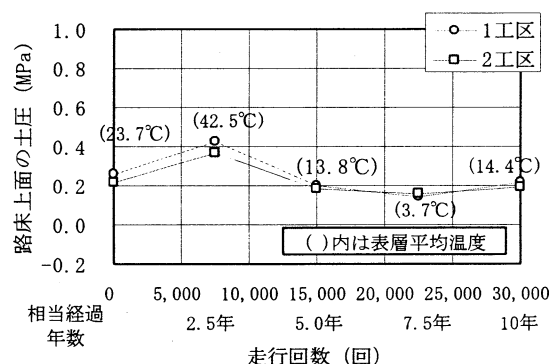


図-14 路床上面における土圧の経年変化

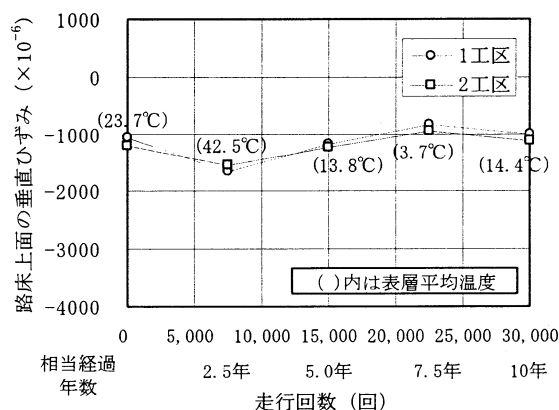


図-15 路床上面におけるひずみの経年変化

7,500回走行時の計測は気温の高い時期(表-4参照)に実施したものであり、その影響があることも考えられたため、表層平均温度と土圧、ひずみの関係を整理してみた。その結果を図-16、図-17に示す。なお、両図は2工区の例を示しているが、1工区においても同様の傾向が得られている。

図-16、図-17より、表層平均温度が高いほど土圧、ひずみも大きくなる傾向を示しており、一般的に言われているたわみの温度依存性⁹⁾と同様、路床、路盤の土圧、ひずみにも表層平均温度が大きく影響している可能性があると考えられる。しかし、この土圧やひずみの測定値には支持力変化による影響も含まれており、今後、温度変化による影響と支持力変化による影響を分離した検討が必要であると考えられる。

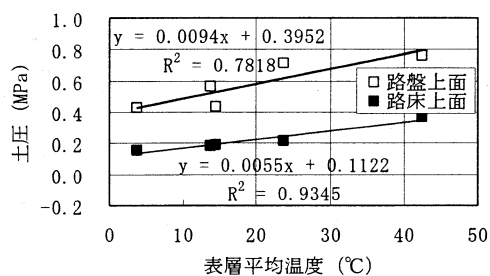


図-16 表層平均温度と土圧の関係

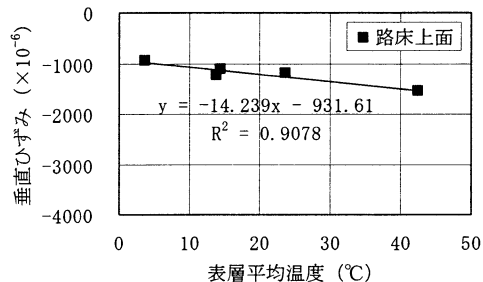


図-17 表層平均温度とひずみの関係

(3) 路床上面ひずみの実測値と計算値の比較

FWDを縦断方向に移動させ、ひずみ計の埋設位置の直上および直上から300mm、600mm離れた位置で載荷して、路床上面の垂直ひずみを測定した。一方、ひずみ計埋設位置の直上で載荷した時のFWDたわみデータを用い、逆解析により各層の弾性係数を算出し、その弾性係数から順解析により同位置(直上、300mm、600mm)における路床上面の垂直ひずみを計算し、実測ひずみと比較した。

a) 逆解析弾性係数の算出

- ・解析モデル：アスコン・路盤・路床の3層系モデル。
- ・逆解析ソフト：BALM99(東京電機大学開発)
- ・載荷荷重：49kN
- ・使用センサ数：10個(0,200,300,450,600,750,900,1200,1500,2000mm)
- ・解析結果：

逆解析による各層の弾性係数の算出結果を表-7に示す。

表-7 逆解析による各層の弾性係数

走行回数 (回)		0	7,500	15,000	22,500	30,000
1工区	FWD測定時の舗装体温度 (℃)	22.4	39.7	17.3	9.1	17.5
	E1(MPa) ※	10,789	4,780	15,505	18,518	18,270
	E2(MPa)	58	63	47	56	40
	E3(MPa)	74	67	70	65	64
2工区	FWD測定時の舗装体温度 (℃)	24.1	40.5	17.0	9.9	18.6
	E1(MPa) ※	10,846	5,157	17,448	19,261	18,088
	E2(MPa)	53	71	46	59	49
	E3(MPa)	79	70	74	70	69

※ E1の温度補正は行っていない。

b) ひずみの算出方法

逆解析弾性係数を入力値として、順解析ソフトGAMES(東京電機大学開発)を用いて、ひずみを算出した。

c) 実測値と計算値の比較

路床上面における垂直ひずみの実測値と計算値は表-8、図-18に示すとおりとなった。

表-8 路床上面の垂直ひずみの実測値と計算値

走行回数 (回)	ひずみ計 からの離 れ(mm)	路床上面の垂直ひずみ ($\times 10^{-6}$)			
		1工区		2工区	
		実測値	計算値	実測値	計算値
0	0	-1056	-1047	-1204	-1113
	300	-455	-506	-344	-501
	600	-20	-82	-16	-58
7,500	0	-1642	-1575	-1548	-1673
	300	-403	-622	-560	-603
	600	-1	-47	-25	-29
15,000	0	-1178	-889	-1236	-921
	300	-668	-479	-620	-475
	600	-91	-110	-122	-92
22,500	0	-855	-899	-952	-984
	300	-452	-496	-555	-507
	600	-87	-126	-107	-103
30,000	0	-1017	-847	-1115	-980
	300	-689	-483	-614	-509
	600	-93	-130	-129	-104

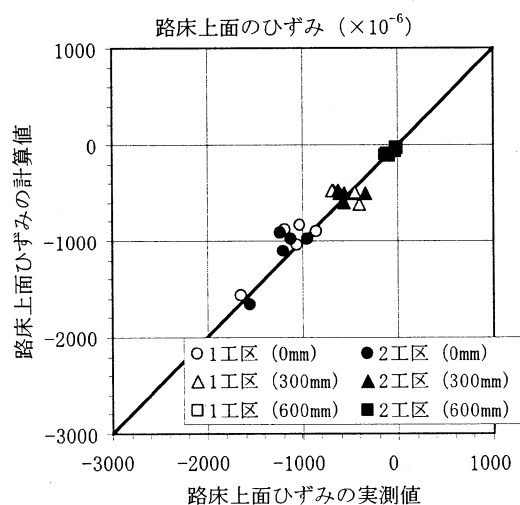


図-18 路床上面の垂直ひずみの実測値と計算値の比較

1工区, 2工区でFWD 載荷点を移動させたすべてのデータを用い, 路床上面の垂直ひずみと計算ひずみを比較した結果, 図-18に示すとおり両者はよい一致が見られた。このことから, 路床上面の垂直ひずみは舗装内にひずみ計を埋設せずとも, FWDにより表面たわみを測定することにより, 精度よく推定できることが確認できた。

5. 路面性状の経年変化

ロードシミュレータの走行回数7,500回毎に, ひび割れ, わだち掘れ, 平坦性を測定した。また, これらの値から維持管理の総合評価指標である MCI (維持管理指数) を算出し, L 交通道路における供用10年相当のパフォーマンスカーブの構築を試みた。

ひび割れ, わだち掘れ, 平坦性の測定結果を表-9に, MCI 算出結果を表-10に示す。

表-9より, 30,000回走行終了後においても1,2工区ともひび割れの発生は見られなかった。実際のL交通道路ではこのような現象は考え難いことであり, これは, ロ

表-9 ひび割れ・平坦性・わだち掘れ測定結果

項目 \ 走行回数	工区	0	7,500	15,000	22,500	30,000
ひび割れ率(%)	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
平坦性※(mm)	1	1.25	1.01	2.29	2.36	3.09
	2	2.27	2.69	2.69	2.90	3.06
わだち掘れ(mm)	1	0	9	12	13	14
	2	0	12	14	15	16

※平坦性については, 工区延長が短いため, 通常の方法ではデータ数が少なすぎることから, 今回の舗装が同一平坦性で10倍の延長で仕上がったものと仮定して平坦性(標準偏差)を求めた。

表-10 MCI 算出結果

工区	MCI※	0	7,500	15,000	22,500	30,000
1工区	MCI	9.5	8.2	7.8	7.7	7.6
	MCI ₂	10.0	7.5	6.9	6.7	6.6
2工区	MCI	9.4	7.8	7.8	7.5	7.4
	MCI ₂	10.0	6.9	6.9	6.4	6.2

$$\text{※ } \text{MCI} = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2}$$

$$\text{MCI}_2 = 10 - 0.54D^{0.7}$$

ここに, C: ひび割れ率(%) D: わだち掘れ量(mm) σ : 縦断凹凸量(mm)

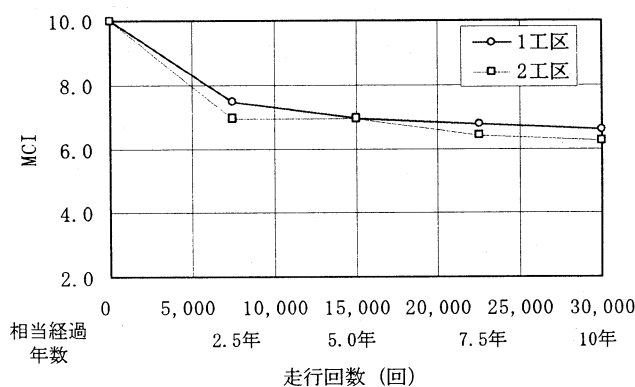


図-19 MCI の経年変化

ードシミュレータの走行試験では1年間で10年分相当の走行を実施しているため, 舗装, 特にアスファルトの供用年数に伴う老化がまったく考慮されていないことが大きな要因と考えられる。

平坦性については工区延長が短いため, 初期値が通常舗装に比べ悪い結果となっている。また, 走行回数の増加に伴い, 平坦性の低下が見られる。わだち掘れは, 15,000回走行までの発生量が大きく, その後は漸増傾向にある。これは, 春・夏季にそれぞれの季節の10年分を先に走行させているために生じた現象と考えられ, 実路では毎年夏ごとに階段上に増加していくことが予想される。表-10には MCI を2通りの式で算出した結果を示しているが, 前述のとおりひび割れの発生がまったくなかったことから, ひび割れを考慮せずにわだち掘れだけの影響で求まる MCI₂ を用いて経年変化を示したものが図-19である。この図より走行回数の増加に伴い, MCI₂ は低下していく傾向は認められるが, 修繕を必要とされるレベル(MCI₂ ≤ 4)には達していない。

6. まとめ

今回の検討結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 土圧測定結果より、舗装の浅い位置では載荷点近傍のみで応力を受け持つが、深くなるほど荷重分散効果が大きくなり、応力を受け持つ面積が増大する。この現象は FWD で載荷位置を変化させた実験でも検証できた。
- (2) 走行荷重と FWD 荷重による土圧およびひずみの実測値は、互いに近い値を示した。
- (3) 路床上面の土圧およびひずみ測定結果より、静止荷重は走行荷重や FWD 荷重よりも大きな土圧、ひずみを与える。これは、載荷時間が長くなることにより、舗装の応答に及ぼすクリープ変形の影響が大きいことによると考えられる。
- (4) 走行試験結果より、路床 CBR は走行回数の増加に伴い減少していくが、逆にたわみ量 D_0 はある期間において減少する傾向を示した。このことから、たわみ量 D_0 だけでは疲労現象を論じられない可能性のあることが分かった。
- (5) 表層平均温度が高いほど、土圧、ひずみも大きくなる傾向が見られたことから、土圧、ひずみにも表層平均温度が大きく影響している可能性があると考えられる。
- (6) 路床上面の垂直ひずみの実測値と計算値を比較した結果、この両者は非常によく一致を示したことから、FWD によるたわみ測定により、路床上面のひずみを精度よく推定することが可能であると考えられる。
- (7) MCI を指標として L 交通道路における供用 10 年相当のパフォーマンスカーブの構築を試みたが、ひびわれの発生がまったく見られず、10 年相当分の走行終了後でも修繕を必要とされるレベルまでは低下しなかった。これは、舗装、特にアスファルトの経年老化が考慮できていないことが大きな要因と考えられ、促進載荷試験の宿命とも考えられる。また、今回の

ような表層厚の薄い舗装では、ストレートアスファルト 60/80 と改質 II 型アスファルトの供用性レベルの差は明確には表われない結果となった。

7. おわりに

本研究では、まず走行荷重、静止荷重、FWD 荷重といった性質の異なる荷重が舗装に及ぼす影響について検討し、それぞれの荷重に対する載荷応答を明らかにした。しかし、定性的な考察にとどまった事項もあり、これらについては、より定量的に評価していく必要があると考えている。次に、本研究において FWD の有用性を明らかにしたが、これは今回の限られたデータに基づくものであり、今後さらにデータを蓄積して、より詳細に検討していく必要があると考えている。さらに、促進載荷試験については、今後、できればアスファルトの経年老化を取り込む方法について検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1) J.T.Harvey and T.Hoover : CALTRANS Accelerated Pavement Test(CAL/APT)Program—Test Results : 1994-1997, AAPT, Vol.67, pp.664-689, 1998
- 2) Eringsson and Sigurdur : Performance of two thin pavement structures during Accelerated Pavement Testing using HVS, 2nd International Conference on Accelerated Pavement testing, 2004
- 3) 例えば、岳本秀人、久保裕一、阿部隆二 : FWD 及び走行車両による舗装体ひずみの計測と解析, 土木学会舗装工学論文集第 9 巻, pp.185-192, 2004
- 4) M.Huhtala, J.Pihlajamäki and P.Halonen : Pavement response due to dynamic axle loads, 8th ISAP, pp.471-485, 1997
- 5) 林信也、東滋夫、金井利浩、岡部俊幸 : FWD 試験における測定たわみの温度補正システムの開発, 土木学会舗装工学論文集第 2 巻, pp.95-104, 1997
- 6) 丸山輝彦 : FWD による舗装診断の実例, アスファルト, pp.28-29, 1993

A BASIC STUDY ON THE PAVEMENT BEHAVIORS UNDER THE DIFFERENT TYPES OF LOADS, USING ACCELERATED VEHICLE SIMULATOR

Shigeo HIGASHI, Kazuaki KAMIYA, Ken TOMISAWA, Toshihiro KANAI, Kunihito MATSUI

In the theoretical design procedures, stresses and strains in a pavement should be made clear. Therefore, we carried out the moving load tests on a trial-paving yard, using accelerated vehicle simulator. From a result of our study, the following conclusions were obtained, a) The deeper the position was in the pavement, the wider measured stress was distributed. b) The stress and strain under the moving load were very similar to those under the FWD load. However, the stress and strain of the static load were greater than those of the moving and FWD loads. c) Fatigue in the sub-grade was caused by repeated moving loads. But, the degree of fatigue was not captured by the deflection D_0 of FWD load.