繰返し載荷試験装置を用いた舗装の疲労蓄積 に関する一考察

渡邊一弘¹・堀内智司¹・久保和幸¹

¹正会員 独立行政法人土木研究所つくば中央研究所道路技術研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail : k-watanabe@pwri.go.jp

舗装の効率的な管理に向け、適切な時期に適切な内容の補修を実施していくことが求められる。そのためには、構造的健全度が供用に伴いどのように低下していくかを把握することが重要である。そこで、本研究では、舗装の各層に土圧計等の計測機器を埋設した実大舗装供試体を作製し、その供試体の 2 工区に対して載荷条件を変えて繰返し載荷試験を行い、構造的健全度がどのように低下していくかについて検討した。その結果、繰返し載荷に伴い舗装に疲労が蓄積するがその傾向は路面への雨水の浸入の有無に大きく左右されること、舗装の疲労はアスコン層にまず蓄積しその後路盤層以下に蓄積する傾向があること、疲労蓄積傾向の把握は FWD たわみ量調査が有効であるが路面の沈下量に着目することも有効となる可能性があること等を明らかにした。

Key Words : pavement, durability, fatigue damage, repetitive loading, elastic modulus

1. はじめに

既設舗装を効率的に維持管理していくためには、適切な時期に適切な手法で管理行為を行うことが必要である。舗装の性能が一定のレベルまで低下したとき、建設当時の性能に回復する、あるいは低下した性能を改善するため、補修・再建設を実施することとなり、この補修・再建設が必要となる舗装の性能レベルのことを管理上の目標値とすることができる。「舗装設計施工指針(平成 18 年版)」では、管理上の目標値の設定の概念を図-1 のとおり示している¹⁾が、LCC (Life Cycle Cost) の最小化の観点から設定する管理上の目標値の設定にあたっては、図-1 の縦軸を舗装の構造的健全度という指標にした場合のパフォーマンスカーブが必要である。路面の性能(例えば、ひび割れ率、わだち掘れ量等)を指標としたパフォーマンスカーブの設定は古くから取り組まれており、実績による一次回帰式²⁾や、近年では、舗装の劣化の不確実性を考慮し、確率的劣化予測モデルを用いる手法³⁾も提案されている。しかし、舗装の構造的健全度に関しては、疲労破壊に至る直前からたわみが増加するという報告⁴⁾や、供用とともに FWD たわみ量は小さくなり、ひび割れが 20%以上に達すると逆に大きくなるという報告⁵⁾等はあるものの、舗装の構造的健全度を指標とするパフォーマンスカーブが設定されるには至っていない。舗装の構

造的健全度を効率的に調査する手法として FWD たわみ量調査⁶⁾があるが、実道では供用条件・環境条件の相違や FWD 載荷地点のずれといった要因により、追跡調査結果のばらつきが大きいことも要因の一つと考えられる。

独立行政法人土木研究所では、実大舗装供試体を対象とした繰返し載荷試験装置を有しており、載荷条件や環境条件を制御しながら同一地点における繰返し載荷に伴う舗装の挙動を確実に追跡することができる。

筆者らは、舗装の各層に土圧計等の計測機器を埋設した実大舗装供試体を作製し、その供試体の二つの載荷点に対して載荷条件を変えて繰返し載荷試験を行っており、その経過について概略の報告^{7,8)}をしてきたと

図-1 管理上の目標値の設定の概念¹⁾

ころである。本研究では、さらに試験を継続し、どのように構造的健全度が低下していくか、その過程は路面にどのような変状で現れるか明らかにすることを試みた。

2. 実験概要

(1) 実験施設

舗装の繰返し載荷試験装置の外観を写真-1 に示す。これは、写真-1 の示す下半分のピット（幅 4m×奥行き 16m×深さ 2m）に実物大の舗装供試体を構築し、実際の車道で舗装が受けるものと同様な荷重を繰返し載荷できる装置である。また、舗装体内に任意の高さ（底面より 0～1.7m）まで地下水位を与えることも可能である。

荷重は加振機により実大供試体に与え、荷重の大きさや周波数、載荷波形などはコンピュータにより制御するものであり、その制御装置の仕様は表-1 のとおりである。

(2) 実大供試体

実験施設のピットの大きさと舗装の構造的健全度の把握を目的とした FWD たわみ量調査に必要なスペースを考慮すると、ピット内で 8 工区の繰返し載荷試験が実施可能である。そこで、舗装構成の違いによる影響も確認すべく、設計 CBR=4 にて N6 断面と N5 断面を 4 工区ずつ設定した。本稿での実験対象は N5 断面であり、その平面図と断面図をそれぞれ図-2, 3 に示す。本研究で採用する定点での繰返し載荷試験は、本施設過去の実験⁹⁾後の最終的な破壊形態やその他の施設における研究結果^{10),11)}から、疲労蓄積の主たる現象と考

写真-1 繰返し載荷試験装置

表-1 繰返し載荷試験制御装置の仕様

項目	諸元
最大荷重	圧縮 150kN
最大変位	±50mm
動的最大振幅	±10mm (2Hz時)
最大速度	13cm/s
周波数反映	0.2～2.0Hz
載荷波形	正弦波、矩形波、三角波、外部入力

えられるひび割れの発生以上に押し抜きせん断状の破壊形態が顕著となる傾向がある。そこで、本研究ではひび割れ卓越の破壊形態に近づくよう、載荷板を通して過大な接地圧を与えないような実験内容とする他、供試体の作製にあたって以下の点に留意した。

- ・載荷によるたわみが大きくなるような軟弱な地盤を想定（設計 CBR=4%）し、室内試験において CBR 確認後、路床材料（粘性土）を選定
- ・表層材については、ポリマー改質アスファルトⅡ型を用いた密粒度アスファルト混合物を使用

(3) 載荷条件・実験方法

平成 24 年 2 月から平成 25 年 5 月にかけて、図-2 における N5 断面の載荷点 No.1 と同載荷点 No.3 において、繰返し載荷試験を行った。載荷点は、同図中の実線・点線で囲まれた工区の中央ではないが、これは載荷点位置で FWD たわみ量調査を行うことから、ピットの壁面から一定の離隔（少なくとも FWD たわみ量調査時に測定車両の両輪やセンサーが実大供試体上にある位置）をとりつつ、なおかつ隣接する載荷点からも離隔がとれる位置として設定したことによるものである。

繰返し載荷試験にあたっては、前節で述べたとおり過大な接地圧を避けるため、池田らが提案した接地圧の算出式¹²⁾をもとに載荷板の接地圧として 49kN の輪荷重（複輪）における接地圧 0.59MPa を採用した。ま

図-2 実大舗装供試体平面図

図-3 実大舗装供試体断面

た、載荷荷重の相違や、路面への雨水の浸入の有無が疲労蓄積に与える影響を調べるべく、表-2 に示す載荷条件で試験を行った。

載荷点 No.1 への雨水の浸入は自然降雨によるもので、載荷点直上はテントに覆われているものの、図-2 に示すすりつけ区間の降雨が載荷点 No.1 まで浸入し、降雨後は自然乾燥する条件である。供試体路面の施工仕上がり上、雨水浸入時は供試体中央部寄りに湛水し、ピット壁面際から路面下への雨水の浸入はない状況であった。載荷点は繰返し載荷に伴い沈下するため、実道のわだち掘れ部分が湛水した状態で交通荷重がかかる状態に似ている。しかし、本試験条件下では車両の通行に伴う水はねがないこと、供試体に路面排水装置がないこと、さらにはテントにより直射日光はあたらず半閉鎖空間（テントと地盤の間は隙間があり部分的な通風は可能）であることから、実道の路面が湿潤している時間よりは長時間湛水している条件下であった。載荷点 No.1、3 共にピット内で地下水位は与えていない。

載荷点 No.3 では試験時間の短縮を目的として最大荷重を 42kN から 49kN へ増加させたが、供試体の破壊形態に大きな差異が生じないように最大荷重載荷時接地圧は同一とすることとしたため、加振機に備え付けの載荷板より大きな鋼製載荷板（載荷面はゴム版付き）を作製し、それを載荷点との間に介して繰返し載荷を行った。

なお、供試体には上層路盤上面と路床上面に土圧計を埋設し、また、熱電対によるピット内の気温測定、供試体各断面中央部での路面温度及びアスファルト混合物層内の舗装体温度を測定している。

計測・調査に関しては、繰返し載荷試験中の定期的な土圧計測、一定回数の繰返し載荷試験後の路面の変状把握（横断プロフィールメータ等による凹凸形状把握）と目視での路面観察、及び FWD たわみ量調査を行った。

載荷周波数は、加振機の実能力の最大値である 2Hz としたが、繰返し載荷時の路面変動状況や計測土圧を観

察する限り、疲労試験としては問題ない範囲と考えている。

3. 実験結果

(1) 押し抜きせん断状の破壊の発生

載荷点における路面の約 1,700 万回載荷時点の状況を図-4 に示す。載荷点 No.1 は、路盤の細粒分やはく離によるアスコンのフィラー分などによるものと想定される噴出跡が確認でき、また載荷板に沿って押し抜きせん断状に破壊した（路面沈下量 50mm 以上）。一方、載荷点 No.3 は、5～6mm 程度の路面沈下は認められるが目立った損傷はなく、その後 2,740 万回載荷時点でも急激な沈下の拡大は見受けられない（沈下量約 9～10mm 程度）。なお、No.1 載荷点にて路盤材の細粒分やはく離によるアスコンのフィラー分などによるものと想定される噴出後を明確に確認したのは、1,250 万回載荷終了時であった。

(2) 計測土圧の推移

載荷点直下の上層路盤上面と路床上面での計測土圧の推移を図-5, 6 に示す。図中の「累積」とは、土圧計埋設前の無負荷の状態を初期値とし繰返し載荷試験中のピーク土圧を表したもので、「最大-最小」とは、繰返し載荷試験中の土圧の振幅を表したものである。載荷点 No.1 は、載荷とともに上層路盤上面及び路床上面で受ける土圧が上昇する一方、載荷点 No.3 では 1,500 万回載荷付近から計測土圧が緩やかに上昇する。

繰返し載荷時の最大荷重は載荷点 No.1 が 42kN、載荷点 No.3 が 49kN に関わらず、載荷荷重の小さい載荷点 No.1 ではアスコン層（表基層）において載荷初期段階から疲労が蓄積して荷重分散効果が失われる一方、載荷点 No.3 ではその現象が 1,500 万回載荷時付近から徐々に現れていると言える。同じ断面でも疲労蓄積傾向に相違があり、これは載荷路面への雨水の浸入の有無が大きく影響しているものと考えられる。載荷路面へ雨水が浸入する場合、雨水により路面からアスコン

表-2 繰返し載荷試験条件

項目	載荷点No. 1	載荷点No. 3	備考
載荷板φ	30.0cm	32.5cm	路面とはゴム載荷板で接地（ゴム厚10mm）
載荷板接地圧	0.59MPa		49kN輪荷重相当の接地圧
載荷荷重	1～42kN	1～49kN	接地圧および載荷板面積より算出
載荷波形	正弦波		定点載荷
載荷周波数	2Hz		—
載荷時期	H24. 2～H24. 10	H24. 11～H25. 5	—
載荷回数	約1,760万回	約2,740万回	載荷点No. 1は押し抜きせん断状に破壊、No. 3は試験継続中
載荷路面への雨水	浸入する	浸入しない	載荷点No. 1は路面湛水・自然乾燥の繰返し

図-4 試験前後の載荷点状況

図-5 荷重点 No.1 の計測土圧
(上：上層路盤上面，下：路床上面)

図-6 荷重点 No.3 の計測土圧
(上：上層路盤上面，下：路床上面)

図-7 荷重点 No.1 の FWD たわみ量 D_0

図-8 荷重点 No.3 の FWD たわみ量 D_0

層のはく離が進行し、アスコン層の健全度が早期の繰返し荷重時から低下していることが想定される。さらにアスコン層のはく離が進行すると路面から路盤以下に雨水が浸入し、その後の路盤の細粒分やはく離によるアスコンのフィラー分などによるものと想定される噴出跡の確認につながったものと考えている。なお、路面の目視観察では、両方の荷重点ともに疲労ひび割れを確認できなかったが、荷重点 No.1 においては 360 万回前後の繰返し荷重時（雨水浸入による湿潤状態）で、乾燥路面状態では目視で確認できない程の微細なひび割れが、荷重板に対して放射状に発生していた（ひび割れへの水の出入りの形で目視で確認）。

(3) FWD たわみ量 D_0 の推移

FWD たわみ量 D_0 の推移を図-7, 8 に示す。なお、「舗装性能評価法—必須および主要な性能指標編—」¹³⁾に示されている手法に従い、荷重補正及び温度補正（路面温度等から舗装体温度を推定する方法¹⁴⁾）を行っている。温度に関するデータは路面、気温共に熱電対で計測したデータである。たわみ量の増加傾向は荷重点 No.1, 3 ともに図-5, 6 に示す計測土圧に類似しており、特に路床上面で計測された土圧の推移の傾向とよく一致する。これは、FWD たわみ量 D_0 が舗装全体の支持力を表すことによるものと考えられる。ただし、FWD たわみ量 D_0 は、路床を含めた舗装全体の支持力を表す¹⁵⁾とされている。

また、荷重開始前の FWD たわみ量 D_0 は、荷重点 No.1 が荷重点 No.3 より大きく、疲労蓄積傾向の差異

に与える要因について、前節で述べた路面への雨水の浸入の有無の他、施工のバラツキ等による初期性能の差異もあり得ると考えられる。なお、本供試体の舗装構成は舗装計画交通量 N5 区分で疲労破壊輪数は 100 万輪に相当¹⁶⁾し、初期の D_0 たわみ量として $400\mu\text{m}$ が求められる¹³⁾が、荷点 No.1 および No.3 共に満足していない。これはピット内での舗装構築であり、供試体作製時の作業スペース上の制約（大型機械が搬入できない等）が要因の一つと考えられるが、それでも荷点 No.3 では設計上の疲労破壊輪数 100 万輪を大きく超えて 1,500 万回程度の荷点まで計測土圧や FWD たわみ量 D_0 に大きな変動がないということは、やはり路面への雨水の浸入の有無の条件の違いの影響が大きいと考えている。

(4) 各層弾性係数の推移

FWD たわみ量をもとに多層弾性理論に基づく静的逆解析プログラム (BALM) より舗装各層の弾性係数を求めた。各層のポアソン比は、解析等で一般的に用いられている数値 (アスコン層: 0.35, 路盤: 0.35, 路床: 0.4) としている。その結果を図-9~14 に示す。アスコン層弾性係数は丸山らの手法¹⁷⁾にて 20°C 温度補正を行ったものである。荷点 No.1 では、アスコン層及び路盤の弾性係数は初期の繰返し荷点に伴い低下している。荷点 No.3 では、アスコン層の弾性係数は荷点 No.1 と同様に初期の繰返し荷点に伴い低下しているが、路盤の弾性係数は約 1,500 万回の繰返し荷点まではほぼ一定で、その後低下していく傾向があることが分かる。これらの結果より、本供試体の舗装断面 (図-3 の N5 断面) では、アスコン層が 20°C 温度補正

図-9 荷点 No.1 アスコン層弾性係数の推移

図-12 荷点 No.3 アスコン層弾性係数の推移

図-10 荷点 No.1 路盤層弾性係数の推移

図-13 荷点 No.3 路盤層弾性係数の推移

図-11 荷点 No.1 路床層弾性係数の推移

図-14 荷点 No.3 路床層弾性係数の推移

後弾性係数で 6,000MPa 程度以上の構造的健全度を有している場合は、疲労蓄積は主にアスコン層内にとどまり粒状路盤層以下に損傷を与えないものの、それが 6,000MPa 程度未満になると粒状路盤層以下の疲労蓄積につながると考えることができる。実道において舗装の補修を計画する際、新設時の FWD たわみ量調査の結果を参考とすることができることは稀であり、補修計画立案時の舗装の状態のみをもって補修内容を決定することが求められる。例えば、当該道路の路面に求められるサービスレベルが低下して補修計画を立案する際、表層のみを対象とした補修とすべきかそれ以下の層も対象とした補修とすべきかライフサイクルコストを踏まえて判断する上で、どの層からどのように疲労が蓄積して、他の層へいつから影響を及ぼし始めるかといった疲労特性の知見の蓄積は、極めて重要と考えている。

なお、路床の弾性係数は上昇しているが、これはビット内でコンクリート壁面・底面に路床が囲まれて拘束を受けており、繰返し载荷によって徐々に圧密が進行している結果と考えられる。また、载荷点 No.1 については、1,400 万回载荷を超えたあたりから特に路盤以下の弾性係数の逆解析結果の変動が大きくなっている。これは、载荷点に沿った路面沈下が著しく、载荷点と FWD 载荷板（半径は同一の 30cm）のずれや、アスコン層が押し抜きせん断状の破壊形態であるため層状の弾性体という逆解析の仮定に不整合が生じていることによるものと考えている。

(5) 順解析による計測土圧の検証

実測値である計測土圧を検証するため、FWD たわみ量の静的逆解析から算出するアスコン層弾性係数を用い、多層弾性理論に基づいた舗装の構造解析プログラム（GAMES）により順解析して得られる土圧を算出した。比較位置は、上層路盤上面である。各層のポアソン比は前節項で示した値としている。なお、順解析に用いる弾性係数は前節とは異なり温度補正前の逆解析弾性係数とし、比較する実測値は FWD たわみ量試験時の計測土圧（ピーク値土圧と FWD による衝撃荷重を与える直前の土圧の差分）を用いている。結果を図-15, 16 に示す。完全に一致している訳ではないが、载荷点 No.1, 3 とともに同様に土圧が繰返し载荷回数の増加とともに徐々に増加していくことが実測値、解析値共に再現されていることが分かる。土圧計は、計測面に緩衝砂の層は設けているものの、計測面とその近傍に存在する骨材の位置関係・噛み合わせ状況により、正確に計測できているか不安な面がある。しかし、図-15, 16 では実測値、解析値とも载荷回数に伴う推移は同様の傾向を有しており、これにより、本研究で計測

される土圧に関して一定の信頼度を与えることができると考えている。

なお、载荷点 No.3 の上層路盤上面での計測土圧に関して、図-16 内に示す FWD たわみ量調査時の計測土圧の傾向（一律に緩やかに上昇）と、図-6 上段の繰返し载荷時の計測土圧の傾向（下に凸のカーブ、特に 1,500 万回载荷を超えるあたりから上昇傾向が大きくなる）に差異が生じている。いずれも計測値であり、また計測時の土圧計と近傍の骨材の噛み合わせ状況は同じ载荷回数であれば繰返し载荷時も FWD たわみ量計測時も同一であるので、同一荷重の载荷にも関わらず発生する土圧に差が生じていると言える。アスコン層の疲労蓄積度によって、FWD のような衝撃的な荷重と繰返し载荷試験装置のような比較的緩やかな速度（2Hz）の正弦波の荷重によって、アスコン層内での荷重伝達状況に差異が生じている可能性も考えられる。

(6) 载荷点路面沈下量の推移

それぞれの载荷点における路面沈下量を図-17 に示す。载荷点 No.1 は载荷と共に载荷点の沈下が着実に進行して 1,700 万回载荷時では 50mm を超える一方、载荷点 No.3 は 100～200 万回载荷時までに初期沈下が 3～4mm 程度進行したがその後の沈下は極めて緩やかで、1,700 万回载荷時でも 5～6mm 程度である。

図-9, 10, 12, 13 に示したアスコン層及び路盤層弾性係数の推移の結果とも併せると、载荷点 No.1 では弾性係数の低下と路面の継続的沈下が確認される一方、載

図-15 载荷点 No.1 上層路盤上面土圧（実測値と解析値）

図-16 载荷点 No.3 上層路盤上面土圧（実測値と解析値）

荷点 No.3 では路盤の弾性係数が低下傾向を示し始める 1,500 万回載荷時付近から初期わだち掘れに相当する 4~5mm の安定したそれまでの沈下量から若干ながら増加傾向が観察される。既往の研究¹⁸⁾によると、舗装の構造的健全度との関連が大きいのは、わだち掘れ量、ひび割れ率、平坦性の中ではひび割れ率であるとされているが、本研究ではわだち掘れ量にも着目する必要性が示唆された。つまり、初期わだちに相当する沈下量を超える辺りから（ここでは載荷点 No.1 においてはほとんど繰返し載荷開始直後から、載荷点 No.3 においては 1,500 万回載荷時点を超える辺りから）アスコン層のみならず路盤層にも疲労の蓄積が始まることを示唆するものである。

(7) 散逸仕事量の推移

FWD たわみ量調査では、(2)、(3)節で示したように一般にたわみ量を指標とする評価手法が用いられているが、他方、FWD による散逸仕事量 (Dissipated Work) という指標があり、これは舗装体のダメージや損傷状態と密接な関係があるとされている¹⁹⁾。

FWD 測定データについて、同一時点における載荷荷重と載荷点直下のたわみ量 (D_0) を荷重が正の値の間、縦軸に荷重、横軸にたわみ量 (D_0) を取り、時系列順にプロットしていくと、図-18 のような軌跡となる。この軌跡で囲まれた部分の面積が散逸仕事量と定義される²⁰⁾。

本実験において、この散逸仕事量の推移を示したものが図-19、20 である。なお、これらの図は、「舗装性能評価法—必須および主要な性能指標編—」¹³⁾ に示されている荷重補正の式を準用して荷重補正を行った散逸仕

事量を示している。

載荷点 No.1 においては載荷直後から散逸仕事量の増加傾向が確認でき、載荷点 No.3 におけるそれは 1,500 万回載荷を超えた辺りから増加傾向が確認でき、前節までの結果による疲労蓄積の傾向と同様である。この結果からも、前述のとおり散逸仕事量は舗装体のダメージや損傷状態と密接な関係があることが言える。

4. まとめ

実大舗装供試体に対して、同じ N5 断面 (設計 CBR=4) の舗装構成を有する 2 つの工区で繰返し載荷試験を実施し、舗装の疲労蓄積傾向の解明を試みるとともに、その把握手法について検討を行った。その結果は以下のとおりである。

- (1) 舗装の疲労は繰返し載荷とともに蓄積するが、条件によってその傾向は異なる。特に、路面の雨水の浸入の有無は大きな影響を与えうる。よって、実道において雨天後も路面湛水状態がしばらく続くような路面の凹みは構造的健全度が早期に失われる可能性が高い。
- (2) 繰返し載荷によって、表面のアスコン層から疲労が蓄積し、その後路盤以下に疲労が蓄積する。本試験条件下では、20℃温度補正後アスコン層弾性係数が 6,000MPa より低下すると路盤以下に疲労が蓄積し始める傾向がある。
- (3) 疲労の蓄積傾向は、継続的な FWD たわみ量調査や路面の沈下 (実道で言えばわだち掘れ) の状況を把握することで把握しうる。実用的な把握手法としては路面の沈下量の把握であり、アスコン層等の初期圧密 (実

図-17 載荷点の沈下量の推移

図-18 荷重とたわみ量 (D_0) の奇跡の例

図-19 載荷点 No.1 における散逸仕事量の推移

図-20 載荷点 No.3 における散逸仕事量の推移

道で言えば初期わだち掘れ)が落ち着いた後,再度沈下が進行(わだち掘れが進行)する段階から構造的健全度の低下が顕著になっていく可能性がある。

これらの結論は,2つの工区での試験結果(うち,1つの工区は未だ破壊に至らず試験途中の結果)であり,更に検討を続けていく必要がある。今後,その他の工区でも載荷条件を変えて引き続き実験を行い,より適切な時期に適切な補修工法の選定が可能となるよう,舗装の疲労蓄積傾向の解明やその把握手法について検討を続けていくこととしている。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：舗装設計施工指針(平成18年版),丸善,2006
- 2) 例えば,小長井彰祐,伊藤正秀,新田弘之:コストパフォーマンスを考慮した排水性機能回復手法の検討,土木学会舗装工学論文集,Vol.10, pp.205-212, 2005.12
- 3) 青木一也,小田宏一,児玉英二,貝戸清之,小林潔司:ロジックモデルを用いた舗装長寿命化のベンチマーキング評価,土木技術者実践論文集,Vol.1, pp.40-52, 2010.3
- 4) Lister, N.W., Kennedy, C.K. and Feme, B.W.: The TRRL Method for Planning and Design of Structural Maintenance, Fifth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, pp.709-725, 1982
- 5) 寺田剛,吉村啓之,坂本康文,伊藤正秀:FWDによるアスファルト舗装の疲労破壊輪数の評価に関する検討,土木学会舗装工学論文集, No.10, pp.69-76, 2005.12
- 6) 土木学会:FWDおよび小型FWD運用の手引き,舗装工学ライブラリー2,平成14年,ISBN4-8106-0443-8
- 7) 渡邊一弘,堀内智司,久保和幸,野口純也:舗装の構造的健全度の評価方法の提案に向けた実大供試体の繰り返し載荷試験,第67回土木学会年次学術講演会,2012
- 8) 渡邊一弘,堀内智司,久保和幸:繰り返し載荷試験を通じたアスファルト舗装の疲労蓄積傾向に関する考察,第68回土木学会年次学術講演会,2013
- 9) 堀内智司,井谷雅司,寺田剛,久保和幸:再生路盤材の疲労耐力に関する一考察,第66回土木学会年次学術講演会,2011
- 10) 池田茜,中島伸一郎,中田幸男,清水則一:浸水・非浸水条件における透水性舗装の変形特性および必要舗装厚の検討,土木学会論文集E1(舗装工学),Vol.68, No.3, pp.I_29-I_35, 2012
- 11) 中島伸一郎,小橋秀俊,岸田潔,木村亮:浸水した透水性舗装の変形特性に関する実験,土木学会舗装工学論文集, No.14, pp.41-48, 2009
- 12) 池田拓哉,伊藤正秀:大型車のタイヤ接地圧評価式の検討,第40回土木学会年次学術講演会講演概要集, pp.465-466, 1985.10
- 13) 公益社団法人日本道路協会:舗装性能評価法—必須および主要な性能指標編—(平成25年版),丸善,2013
- 14) 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,土木学会舗装工学講演会論文集,Vol.2, pp.95-104, 1997.12
- 15) 財団法人道路保全技術センター:活用しよう!FWD,平成17年3月
- 16) 社団法人日本道路協会:舗装の構造に関する技術基準・同解説,丸善,2001
- 17) 丸山暉彦,阿部長門,雑賀義夫,姫野賢治:FWDによる舗装の構造評価および補修設計システムの開発,土木学会論文集, No.484, V-22, pp.61-68, 1994.2
- 18) 渡邊一弘,井谷雅司,久保和幸:アスファルト舗装のひび割れに関する新たな評価指標の提案,第12回北陸道路舗装会議, No.A-4, 2012.6
- 19) 例えば,東滋夫,金井利浩,岡部俊幸,林信也,松井邦人:FWDによる時系列データの舗装構造評価への適用,土木学会舗装工学論文集, Vol.3, pp.31-38, 1998.12
- 20) Harold von Quintus and Brian Killingsworth.: Analysis Relating to Pavement Material Characterizations and their Effects on Pavement Performance, FHWA-RD-97-085, 1998.1

A STUDY ON THE CHARACTERISTIC OF PAVEMENT FATIGUE USING REPEATED LOADING TESTER

Kazuhiro WATANABE, Satoshi HORIUCHI and Kazuyuki KUBO

In this study, the full scale pavement was constructed, in which horizontal strains at its vertical pressures at the top of the subgrade and base course were measured during repetitive accelerated loading test, to grasp fatigue of pavement under two conditions (with/ without rain water). As a result, the intrusion of rain water into pavement through crack, significantly affect fatigue of pavement. And the tendency was observed that fatigue of pavement was accumulated in asphalt concrete layer, and in subgrade layer after that. It was also turned out that fatigue of pavement could be evaluated by not only static deflection bowl but also subsidence at wheel pass lines of road surface.