

アスファルト舗装の車輪走行位置に生ずる 縦表面ひびわれについて

西澤辰男*・松野三朗**

アスファルト舗装の車輪走行位置において縦方向に表面から発生するひびわれは、わが国において重要な舗装の破損形態の一つであるが、現象自体に不明な点が多く、根本的な対策がない。著者らは現道における観察調査ならびに数値解析の結果から、このひびわれがアスファルト舗装の表面温度が高い時にタイヤ端部に生ずる引張ひずみによるという仮説を立てた。本研究においては、舗装温度の実測データに基づいてアスファルト舗装表面の温度を正確に考慮したひずみ状態の解析を行い、この仮説について検討した。

Key Words : Asphalt pavement, Longitudinal surface cracking, tensile strain, FEM

1. まえがき

アスファルト舗装の車輪走行位置付近において、縦方向に表面から発生するひびわれが見られる。このひびわれはわだちわれと呼ばれ¹⁾、わが国において重要な舗装の破損形態の1つと考えられているにもかかわらず、積極的な対策が講ぜられていない。その理由は、現象自体の研究が進んでいないこと、構造設計において表層下面の疲労ひびわれのみの検討しか行われていないことなどによる。わが国のアスファルト舗装において縦表面ひびわれは深刻な問題であり、この発生原因の解明は急務である。

アスファルト舗装の表面からひびわれが発生することの可能性については松野ら^{2),3),4)}、Molenaar⁵⁾ら、Hugo⁶⁾ら、Gerristen⁷⁾らおよび姫野ら⁸⁾によって指摘されてはいるものの、完全な現象の解明までには至っていない。この縦表面ひびわれには興味深い事実が指摘されている。それは、縦表面ひびわれが連続しているような舗装においても、横断構造物の下の日陰になる部分の舗装には発生しにくいというものである^{2),9),10)}。また、著者らの多層弾性理論およびFEMによる計算によれば、アスファルト混合物表層が低スティフネスの場合、舗装表面のタイヤ端部に大きな引張ひずみが生ずることが明らかになっている^{2),3),4)}。これらのことから著者らは、アスファルト舗装の表面温度が高いときにタイヤ端部に発生する大きな引張ひずみが発生原因の1つではないかと考えた。そこで本研究においては、まずアスファルト舗装表面温度の高温時の実態について実測データから検討を行った。それらの結果に基づき、アスファルト舗装表面が高温で低スティフネス状態にあるときのタイヤ端部



写真-1 典型的な縦表面ひびわれの状況

周辺のひずみ状態をFEMによって解析し、表面からのひびわれ発生の可能性について検討した。

2. 縦表面ひびわれの特徴

本研究においては、縦表面ひびわれを車輪走行位置において縦方向に舗装表面から発生するひびわれと定義しているが、これには路盤以下の沈下などによるひびわれは含まない。写真-1は典型的な縦表面ひびわれの写真である。車輪走行位置にそってほぼ直線的なひびわれが連続して発生している。写真-2はこのような縦表面ひびわれの生じている舗装のひびわれ部分からとられたコアの写真であるが、ひびわれが表面から発生していることがわかる。これまでの経験から、縦表面ひびわれにつ

* 正会員 工博 石川工業高等専門学校助教授 土木工学科
(〒929-03 河北郡津幡町北中条)

** 正会員 工博 佐藤道路(株)技術研究所所長



写真-2 縦表面ひびわれのコア



写真-3 オーバープリッジの下の縦表面ひびわれ

いては以下のような事柄がわかっている^{9),10),11),12)}:

1. 縦表面ひびわれは施工後1~5年と比較的早期のうちに発生する。
2. 車輪走行位置（わだち部）付近に生ずる、わだちわれと呼ばれる由縁である。
3. 写真-3に示すように、縦表面ひびわれが連続的に発生している舗装においても、オーバープリッジの下の真夏における日陰では縦表面ひびわれが消えていている。
4. 重交通道路舗装においてよく見られるが、軽交通道路においてもないとはいえない。
5. 縦表面ひびわれの発生する舗装のたわみ量は特に大きいということはない。すなわち、縦表面ひびわれの発生は舗装の支持力によらない。
6. わだち掘れの大きな舗装には生じにくく、縦表面ひびわれの生じている舗装表層のアスファルト混合物の針入度は約30以下である。
7. ひびわれ面はアスファルトで破断しており、粗骨材で破断する低温時の脆性破壊とは考えられない。
8. ある種の縦表面ひびわれはアスファルトフィニッシャーに起因する。

以上の事柄から、著者らは縦表面ひびわれの発生機構について以下のような仮説を立てた。すなわち、舗装表面温度が高い夏に交通荷重によるひずみによって舗装表面に微小なひびわれが生ずる。もしその舗装のアスファルトの老化が進んでいなければ、交通荷重による転圧によって微小なひびわれは再癒着して消滅する。しかしながら老化が進んでいれば微小なひびわれが残り、秋口の温度下降時の温度収縮によってさらに成長して縦表面ひびわれとなる。この仮説を立証するために、表層が高温になり低スティフネス状態になったときのタイヤ周辺のひずみ状態、ならびに舗装表面に微小なひびわれが発生したときのひずみ状態について詳細に検討する。

3. 舗装表面温度

縦表面ひびわれの発生には舗装の表面温度が非常に重要であり、解析にあたっては高温時における実態を正確に把握しておく必要がある。そこで、夏の舗装表面温度について実測データからその実態について検討を行う。

(1) 日向と日陰

同じ舗装であっても日向と日陰の表面温度には大きな差があると予想される。長岡科学技術大学構内に施工された試験舗装¹³⁾において実測されたデータから、夏の日向と日陰の舗装表面温度の差を定量的に調べた。この試験舗装においては一部に屋根をかぶせて日射を遮断し、日向と日陰の舗装体内温度を同時に観測している。図-1はデータの一部で、1988年8月19日から同年8月31日までの舗装表面温度の変化を示したものである。図中には日向と日陰の表面温度を実線で、気温を黒丸で示している。日陰の表面温度はほぼ気温と同じであり、日向との温度差は最大で約30°Cであった。この差は日射によるものであり、その表面温度に及ぼす影響は非常に大

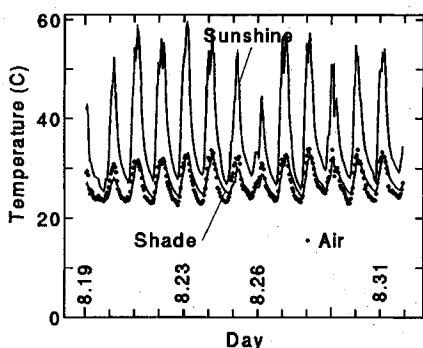


図-1 夏における日陰と日向の舗装表面温度の変化

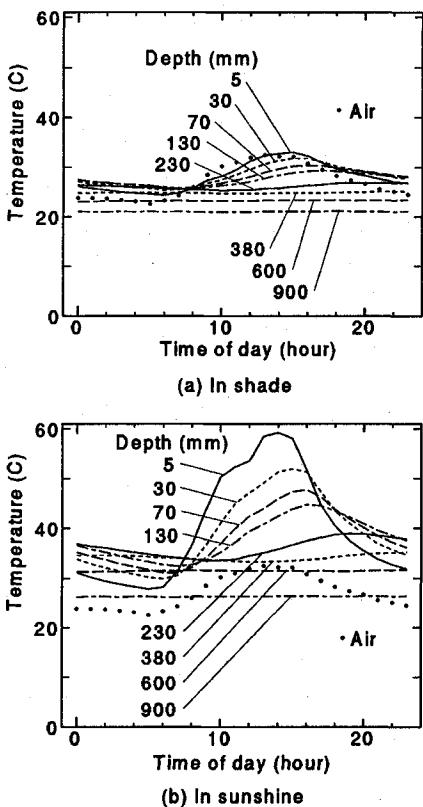


図-2 夏における日陰と日向の舗装体内温度の変化

きいことがわかる。図-2は8月23日の1日の日陰と日向の舗装体内の温度変化であるが、その差は明瞭である。日陰に日射があたることはないので、日陰の舗装体内においては深さ方向の温度変化はあまりない。また、日陰の深さ900mmの点における温度は日向より約5°Cほど低くなっている。一方、日向においては表面と内部の温度には大きな差があり、特に表面付近において深さ方向の温度変化が著しい。このような深さ方向の温度差はア

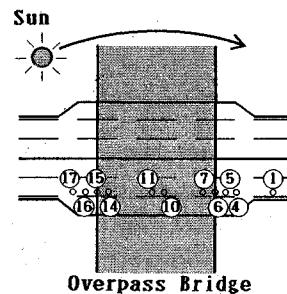


図-3 オーバーブリッジの下の舗装表面温度測定

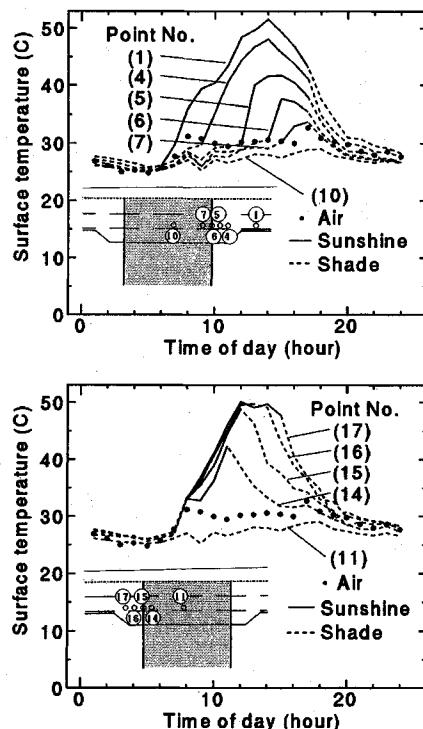


図-4 オーバーブリッジの下の舗装表面温度

スファルト混合物のスティフネスの変化となって、力学的挙動にも少なからず影響を及ぼすものと考えられる。

(2) オーバーブリッジの下

オーバーブリッジの下とそれ以外の場所の舗装表面温度について、1992年8月厚木市内のオーバーブリッジにおいて舗装表面温度の実測を行った。測定は図-3に示すように、オーバーブリッジの日陰になりそうな部分とそれ以外の場所数カ所にマーキングし、その地点の舗装表面温度を1時間毎に24時間測定した。またオーバーブリッジの影の動きを写真撮影して記録し、影の移動に伴って舗装表面温度がどのように変化するかを調べた。

図-4はその結果で、各地点における24時間の舗装表

面温度の変化を示したものである。おののの地点の日陰のときを破線で、日向になったときを実線で示している。例えば、地点(4)は9:00から10:00の間で日射を受け始めて日向になり、18:00頃には日が陰ってしまったことを示している。この図から、日射を受け始めると舗装表面温度は急激に上昇し、反対に日陰になると急速に下降することがわかる。また、常に日陰になっている地点(10)および(11)の舗装表面温度は他の地点に比べてかなり低く、この場合には気温よりも低い温度になっている。測定当日は晴れてはいたが快晴ではなく日射はやや弱かったため、表面温度の最大値は50°Cと比較的低かった。このように舗装表面温度は日射によって大きく変化し、オーバーブリッジの日陰の舗装表面温度はかなり低いことが明らかになった。舗装表面温度に対する日射の影響の重要性については、姫野らによても指摘されている¹⁷⁾。このような舗装表面の温度差が、縦表面ひびわれの発生状況の差になって現れてくるのである。

4. FEM 解析

(1) 解析モデル

a) ステップ解法

本研究においてはタイヤ周辺の詳細なひずみ状態を解析するために8節点アイソパラメトリック要素の軸対称FEMを採用し、タイヤ荷重を受ける舗装を図-5(a)に示すようにモデル化した。FEMを採用したのは、表層部の温度分布によるスティフネスの変化や微小なひびわれが発生した場合などに柔軟に対応できるからである。特に、タイヤ端部はひずみの状態が急変する場所であり、その部分の解析にあたっては注意が必要である。そこで、本研究においては、破壊力学の分野などでよく用いられているステップ解法を用いることにした¹⁵⁾。

ステップ解法においては、舗装構造全体を対象とした荒い要素分割と、その分割の一部分に対応するタイヤ端部周辺を対象とした細かい要素分割を用い、解析を2段階に分けて行う。まず、第1ステップにおいて、図-5(b)に示すような荒い要素分割を用いて舗装構造全体の解析を行う。その際、第2ステップで用いる細かい要素分割の境界にある節点の節点力を計算しておく。次に第2ステップにおいては、図-5(c)に示すような細かい要素分割を用い、外力としてタイヤ荷重と第1ステップで計算した境界上の節点力を作用させて計算を行う。第1ステップと第2ステップにおける計算条件は同一であるので、第1ステップの節点力を第2ステップの要素分割の境界上に作用させても外力の釣合は保証されており、第2ステップの計算においても第1ステップと同一の解が得られる。図-6に示すように、第2ステップの要素分割はタイヤ端部において非常に要素分割が細くなっているので、その部分の詳細なひずみ状態を計算することが

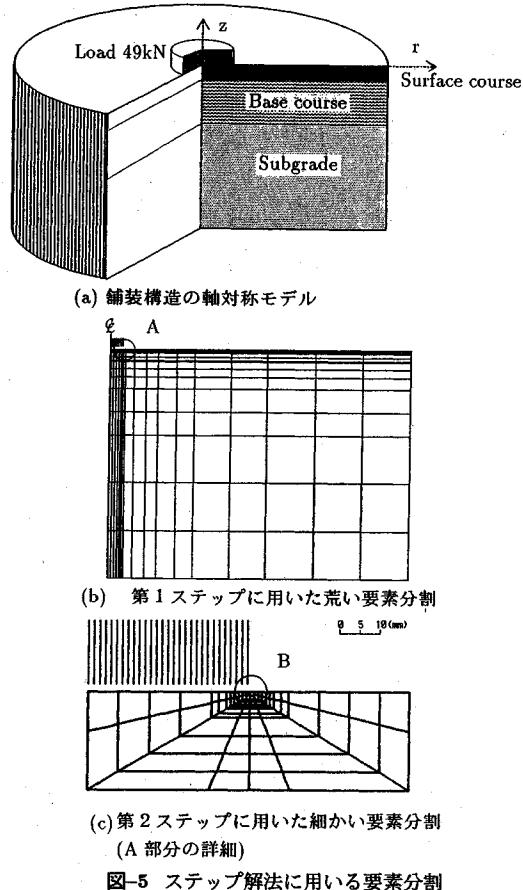


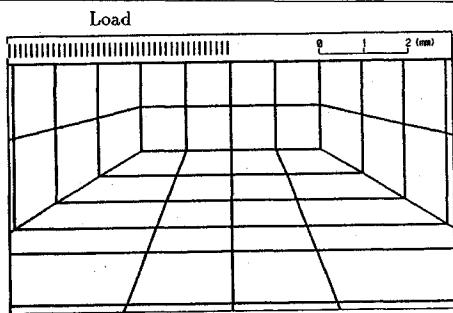
図-5 ステップ解法に用いる要素分割

できる。

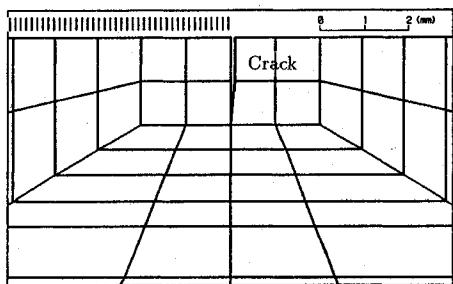
本研究においては、タイヤ端部に微小なひびわれ(深さ約2mm)が生じた場合についても図-6(b)に示すような要素分割を用いて同様の解析を行い、そのひびわれ周辺のひずみ状態を調べた。このことによって、微小なひびわれが縦表面ひびわれに発達していく可能性について検討した。ただしこの場合、タイヤ端部のわずかなひびわれは舗装構造全体の挙動にほとんど影響を及ぼさないので、第1ステップの計算はひびわれのない場合と同じものを用いた。

b) 荷重および境界条件

軸対称のFEMであるので、荷重は円形等分布荷重とし、その大きさは49kN(5t)輪荷重を想定し、半径150mmでタイヤ圧は0.693MPaとした。境界条件としては、各ステップにおいて次のように設定した。第1ステップの要素分割においては、中心線ならびに周辺を鉛直方向自由、半径方向固定、底面を両方向固定とした。第2ステップにおいては、すべての境界は自由であるがタイヤ荷重および第1ステップで計算された節点力が外荷重として作用することになる。



(a) ひびわれなし



(b) ひびわれあり

図-6 タイヤ端部の要素分割の詳細(図-5(c)のB部分)

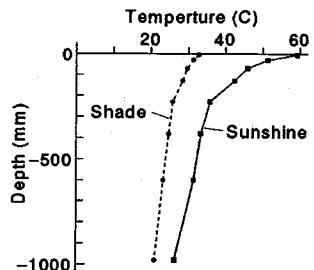


図-7 計算に用いた温度分布

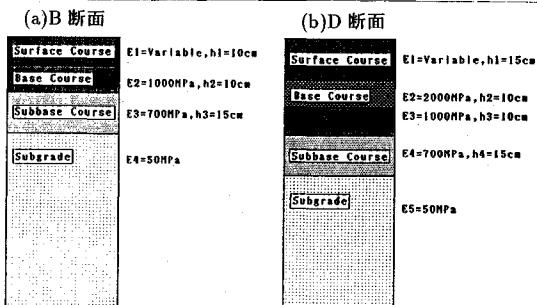


図-8 計算において設定した舗装断面

c) 温度条件

先に述べたように、縦表面ひびわれは舗装の表面温度に密接な関係があり、日射によってオーバーブリッジの下の日陰とそれ以外の場所の舗装表面には非常に大きな温度差がある。このような温度差が、日向と日陰における

表-1 アスファルト混合物の性状

針入度 25°C [0.1mm]	46
軟化点, R & B [$^{\circ}\text{C}$]	55
針入度指数	-0.21
載荷時間 [sec]	0.0135
骨材容積率 [%]	85

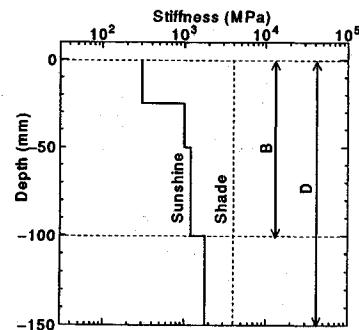


図-9 アスファルト混合物表層のスティフネス

縦表面ひびわれの発生の様子に影響していることは十分予想される。そこで本研究においては、このような温度差がタイヤ端部のひずみ状態にどのような影響があるかを調べることにした。計算においては、図-2から14:00における深さ方向の温度分布を用い、日向と日陰の舗装体内温度分布として図-7のような深さ方向の温度分布を仮定した。

d) 舗装構造

計算においては図-8に示すような2つの舗装断面B, Dを設定した。B断面はB交通を想定しており、アスファルト混合物表層100mm、粒調碎石路盤層100mmを持つ支持力の小さな舗装構造である。D断面はD交通を想定しており、アスファルト混合物表層150mm、アスファルト安定処理による上層路盤層100mmを持つ支持力の大きな舗装構造である。路盤以下の層の弾性係数は図に示すとおりとし、アスファルト混合物表層については次項で述べるように温度によってスティフネスを変化させた。ポアソン比はすべて0.35とした。この2種類の舗装断面について計算を行うことにより、舗装構造の違いがタイヤ端部のひずみ状態にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

e) 材料特性

表層に用いられるアスファルト混合物の挙動は非常に複雑であるが、本研究においては、すべて完全な弾性体として取り扱うこととした。アスファルトの弾性係数はスティフネスと呼ばれ、アスファルトの針入度、軟化点、針入度指数、温度、載荷時間、骨材容積比によって変化

する。とくに温度の影響を調べることが本研究の目的であるから、温度以外の条件を表-1に示すように設定し、シェルの方法¹⁶⁾に従って温度とスティフネスの関係を求めた。その関係と図-7とからアスファルト混合物表層のスティフネスを深さによって要素ごとに設定した。設定したアスファルト混合物表層の深さ方向のスティフネスを図-9に示す。

(2) 解析結果

a) タイヤ付近のひずみ状態

図-10はタイヤ荷重周辺のひずみ状態を示したものである。図にはB, D断面の日陰(図中左側)と日向(図中右側)における主ひずみ方向図と最大主ひずみのセンターをまとめて示してある。実線は引張ひずみ、破線は圧縮ひずみであることを示す。日陰と日向におけるひずみ量の差は明かであり、日向における最大主ひずみは日陰の数倍になる。また、最大主ひずみは引張であり、その最大のものは日陰においては表層底面とタイヤ端部に発生するのに対し、日向のそれはタイヤ端部にのみ発生する。タイヤ中心のひずみは鉛直方向の圧縮ひずみが卓越するが、タイヤ端部においては圧縮ひずみと引張ひずみが同時に生ずるといった複雑な様相を呈している。このように日向の場合、タイヤ端部にはかなり大きな引張ひずみが生じているので、以下においてこの付近の詳細な検討を行う。

b) ひびわれのない場合

図-11は、日向のタイヤ端部におけるひびわれのない場合の主ひずみの大きさとその方向ならびに最大主ひずみのセンターを示したものである。図中のスケールが示すように、タイヤ端部のきわめて小さな領域のみを示している。図-11(a)はB断面、図-11(b)はD断面のものである。

先にも述べたようにタイヤ端部は圧縮、引張が交錯したひずみ状態となっている。主ひずみの最大(引張)および最小値(圧縮)となるひずみについて図中太線で示した。その位置は必ずしも表面ではなく、最大、最小ともほぼ同じくタイヤ端部、表面から深さ1mmの点である。その方向は水平軸から38度傾いた方向に引張、それと直角方向に圧縮となっていることから、この付近にはほぼ鉛直方向に大きなせん断ひずみが生じていることになる。

最大主ひずみのセンター図からわかるようにこの付近の値が、特に大きなものになっている。また、このような主ひずみの傾向はB, D断面とも同じであることから、舗装構造によらないといえる。したがって、表面の大きな引張ひずみが縦表面ひびわれの原因であるとすると、縦表面ひびわれの発生は舗装の支持力によらないことになる。このことは先に述べた縦表面ひびわれの発生状況に関する経験的事実とも一致している。

表-2 表層における最大引張ひずみおよび最大圧縮主ひずみ

			最大引張 主ひずみ (μ)	最大圧縮 主ひずみ (μ)
ひびわれ なし	B断面	日向	2754	-3870
		日陰	209	-245
	D断面	日向	2734	-3906
		日陰	164	-202
ひびわれ あり	B断面	日向	5981	-10493
		日陰	628	925
	D断面	日向	5727	-10178
		日陰	493	-766

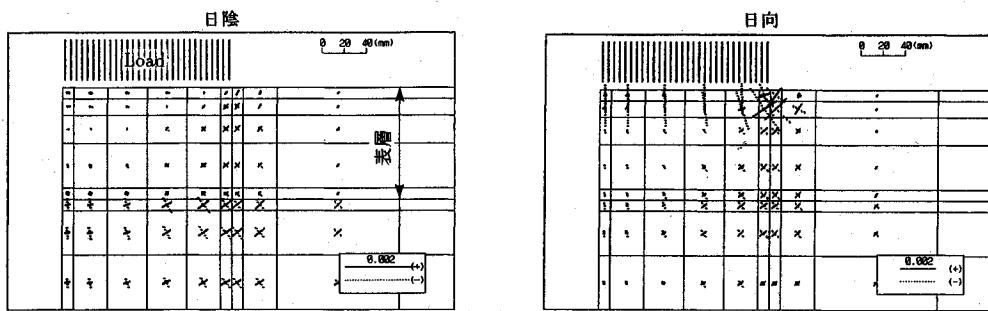
c) ひびわれのある場合

これまでの計算から、舗装表面の温度が高く表層のアスファルト混合物が低スティフネス状態にあるとき、タイヤ端部には大きな引張ひずみが生ずることが判明した。もしこの引張ひずみによって表面に微小なひびわれが発生したとすれば、そのひびわれは果してさらに成長するのであろうか。このことを調べるために、タイヤ端部に深さ2mmの微小なひびわれが発生した場合について計算を行った。

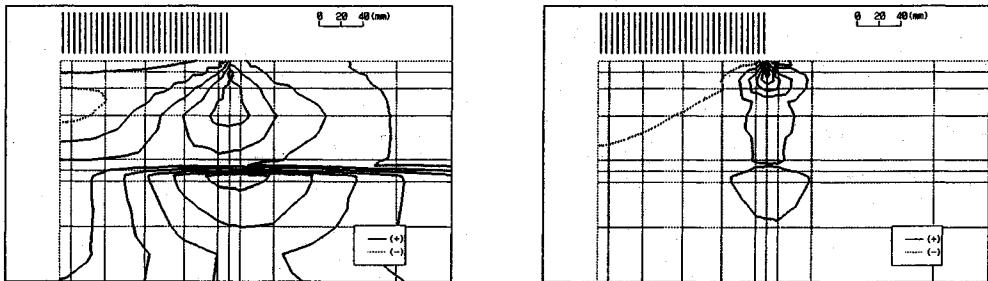
図-12はその結果で、主ひずみの大きさとその方向ならびに最大主ひずみのセンターを示したものである。断面によって状況はほとんど同じであるので、D断面の結果だけを示した。図-12(a)は日陰、図-12(b)は日向の結果である。日向では、ひびわれがない場合と同様に大きな引張と圧縮が同時に交錯して発生している。特に微小なひびわれがある場合、ひびわれの左側のタイヤ直下に大きな引張ひずみが生じていることがわかる。その最大値はひびわれ先端部であり、その方向は引張主ひずみが水平方向から36度傾いた方向で、圧縮主ひずみはそれと直角方向である。また、日陰であってもひびわれがあると比較的大きなひずみが生ずる。したがって、このようなひびわれ先端部の引張主ひずみによって、ひびわれはさらに成長していくと考えられる。

d) 考察

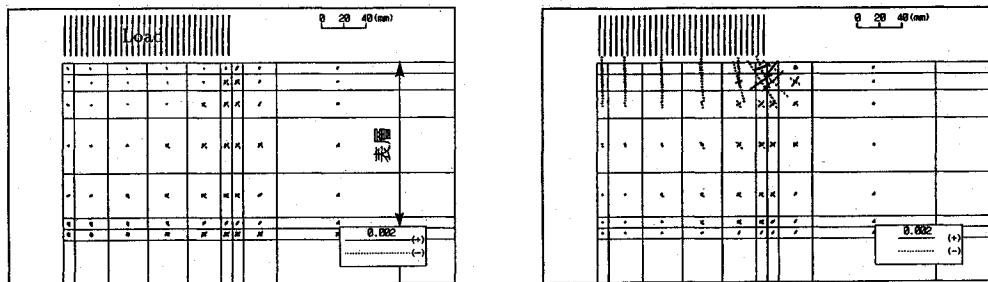
以上において、荷重によって舗装に生ずるひずみについて定性的な考察を行ってきたので、これらを定量的に考察してみる。表-2は計算によって得られた表層における最大引張主ひずみおよび最大圧縮主ひずみをまとめたものである。最大の引張主ひずみは、日向で日陰の13~15倍程度になる。また、ひびわれがある場合最大の主ひずみはひびわれ先端部に生じ、それらの値はひびわれのない場合の数倍の値となる。日向における主ひずみはB断面とDにおいてほぼ同じ値であるのに対し、日陰においてはB断面の主ひずみの方が大きくなる。すなわち、日陰においては表層の厚さなどの舗装構造の影響が現れて



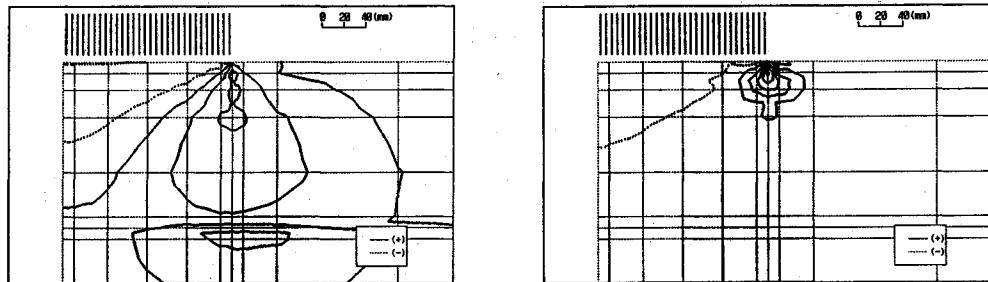
主ひずみの状態 (B 断面)



最大主ひずみのセンター (B 断面)



主ひずみの状態 (D 断面)



最大主ひずみのセンター (D 断面)

図-10 タイヤ周辺のひずみ状態

いるのに対し、日向においてはその影響はほとんどないといえる。

以上のことから、次のような縦表面ひびわれの発生過程が考えられる。真夏において低スティフネス状態にあるアスファルト混合物表層には、交通荷重によってタイヤ端部付近に大きな引張ひずみが生じてここに微小なひ

びわれが発生する。同時にこの領域では圧縮ひずみが生じておりまたタイヤの位置は常に変動していることから、タイヤ位置によっては引張ひずみが生じていた場所に圧縮ひずみ生じて、ひびわれ面が再癒着することも考えられる。夏の高温時にはこのような再癒着の現象も十分予想されるので、老化があまり進んでいないアスファルト

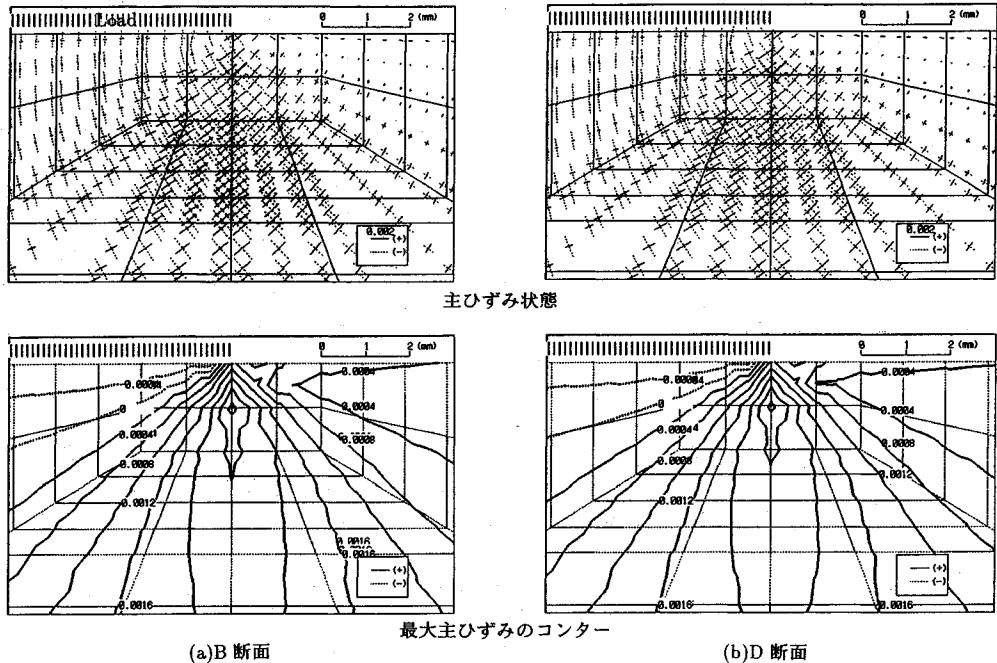


図-11 タイヤ端部における主ひずみ状態(ひびわれなし、日向)

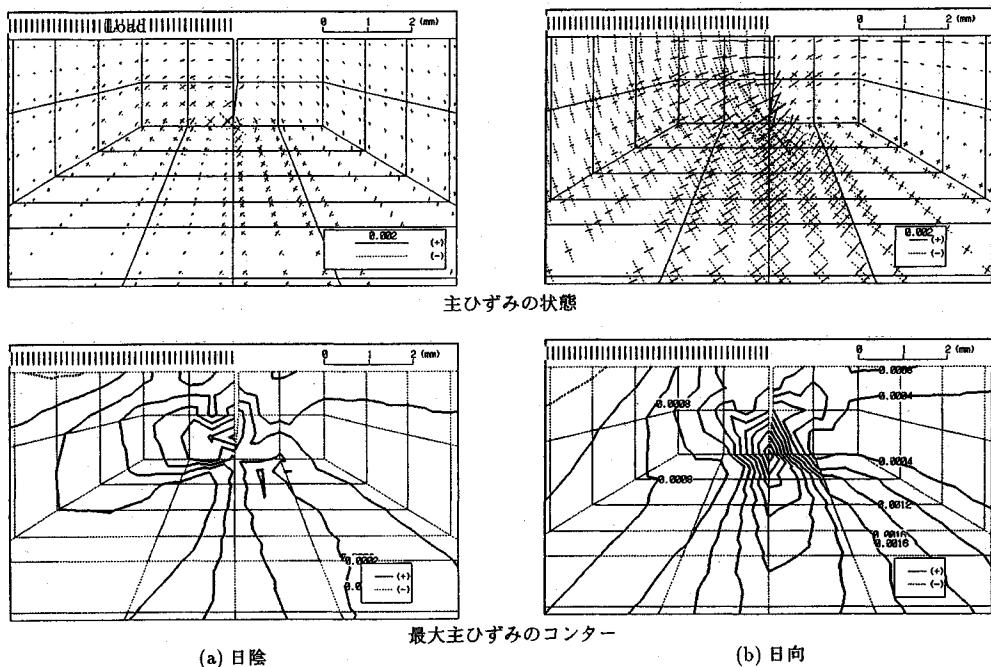


図-12 タイヤ端部付近の主ひずみの状態(ひびわれあり、D断面)

混合物においては、交通荷重の転圧によって微小ひびわれは成長することなく消滅することもある。しかしながら、老化が進んでおればこのような微小なひびわれはそのまま残り、秋口の温度下降時の収縮によってひび

われがさらに拡大する。また、温度が下がって比較的高いスティフネスであってもひびわれ先端部には大きなひずみが発生するので、交通荷重によってもひびわれは拡大していくことも考えられる。このようにして、夏に発

生して残ったひびわれはその後さらに成長していき、最終的には縦表面ひびわれとなるのであろう。

5. あとがき

本研究の目的は、アスファルト舗装の重要な破損形態の一つである縦表面ひびわれの発生原因を解明することにある。著者らは、舗装が高温で表層のアスファルト混合物が低スティフネス状態にあるときにタイヤ端部に発生する大きな引張ひびみが縦表面ひびわれの原因であるという仮説をたてた。

この仮説を検証するためにまず、舗装表面温度の実測データを検討した。その結果、真夏の舗装表面温度は日向では60°Cにも達するが日陰ではほぼ気温と同じ程度であり、オーバープリッジの下においては影の移動に伴って表面温度が急激に変化することが明らかになった。

このような温度の状況を考慮し、真夏における表層のひびみ状態をFEMによって解析した。その結果、舗装表面が高温でアスファルト混合物が低スティフネス状態にあるとき、タイヤ端部には大きな引張ひびみが発生することを明らかにした。このような大きな引張ひびみは日陰のアスファルト混合物には生じず、また引張ひびみの大きさはほとんど舗装の支持力にはならないこともわかった。さらに、タイヤ端部には引張ひびみだけでなく大きな圧縮ひびみも生じ、荷重転圧によるひびわれ面の再癒着の可能性を指摘した。

このように、本研究は縦表面ひびわれの発生原因を主に力学的に検討したものであるが、現象の完全な解明までには至っていない。今後の研究課題として、まず高温時のアスファルトの破壊基準を明確にするために物性面からの詳細な検討が必要である。この点については、姫野らが逸散エネルギー理論による新しい包括的な破壊基準を提案しており¹⁷⁾、これを解析に適用していくことが考えられる。特に高温時におけるアスファルトの癒着の性状を把握し、解析に取り込んでいくことが重要である。さらに、タイヤと舗装面の力学的なインターラクションを正確に把握し、アスファルトの粘弾性的な性質を考慮した解析が必要であろう。

縦表面ひびわれは比較的気温の高い地域において深刻な問題であり、著者らの経験によればわが国だけの特殊な問題ではない。縦表面ひびわれの現象解明およびその対策法の開発は急がれるべきであり、さらに研究を進めて行きたいと考えている。

最後に、本研究をまとめるにあたり、長岡技術科学大学教授丸山暉彦先生ならびに同大学助手高橋修先生から貴重な舗装温度のデータをご提供いただいた。ここに記

して深く感謝の意を表する。

参考文献

- 日本道路協会：アスファルト舗装要綱、丸善、1993.
- Matsuno, S. and Nishizawa, T. : Longitudinal Surface Cracking of Flexible Pavement, Proc. Paving in Cold Areas Mini-Workshop, Canada/Japan Science Technology Consultation, pp.779-796, 1984.
- 石倉裕明・西澤辰男・松野三朗：有限要素法によるアスファルト舗装表面ひびみの解析、土木学会中部支部研究発表会講演概要集、pp.340-341、1984.
- Matsuno, S. and Nishizawa, T. : Mechanism of Longitudinal Surface Cracking of Asphalt Pavements, Proc. Seventh Int. Conf. on Asphalt Pavements, Vol. 2, pp.277-291, 1992.
- Molenaar, A.A.A. : Fatigue and Reflection Cracking Due to Traffic Loads, Proc. Ass. of Asphalt Paving Technologists, Vol. 53, pp.440-474, 1984.
- Hugo, F. and Kennedy, T.W. : Surface Cracking of Asphalt Mixtures in Southern Africa, Proc. Ass. of Asphalt Paving Technologists, Vol. 54, pp.454-496, 1985.
- Gerritsen, A.H., Van Gurp, C.A.P.M., Van der Heide, J.P.J., Molenaar A.A.A. and Pronk, A.C. : Prediction and Prevention of Surface Cracking in Asphalt Pavements, Proc. Sixth Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements, Ann Arbor, Michigan, pp.378-391, 1987.
- Himeno, K., Watanabe, T. and Maruyama, T. : Estimation of Fatigue Life of Asphalt Pavement, Proc. Sixth Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements, Ann Arbor, Michigan, pp.272-289, 1987.
- 松野三朗：わだち割れ(1)、(2)-アスファルト舗装の縦表面ひびわれについて、舗装、Vol.19, No.2, pp.3-8, No.3, pp.14-21, 1984.
- 野口洋一・田口恭久・西澤辰男：アスファルト舗装のわだち割れに関する一現地調査第19回日本道路会議一般論文集、pp.406-407、1990.
- 川口敏之・高田澄夫：高速道路の舗装性状の実態-日本道路公団福岡管理局管内、舗装、Vol.18, No.7, pp.8-17, 1983.
- 谷芳樹・桜井宏：アスファルト舗装のひびわれ修繕工法の検討-中国自動車道津山管内の試験施工、舗装、Vol.18, No.10, pp.3-10, 1983.
- 丸山暉彦・高橋修・姫野賢治：アスファルト混合物層の温度推定法、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第5部、pp.34-35、1992.
- 姫野賢治・渡辺隆・勝呂太：アスファルト舗装の内部温度の推定に関する研究、土木学会論文集、No.366/V-4, pp.123-132, 1986.
- 三好俊郎・白鳥正樹・座古勝・坂田信二：有限要素法構造要素の変形、破壊挙動の解析、実教出版、1976.
- Cleassen, A.I.M., Edwards, J.M., Sommer, P. and Uge, P. : Asphalt Pavement Design - Shell Method, Proc. Fourth Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements, Ann Arbor, Michigan, pp.39-74, 1977.
- 姫野賢治・渡辺隆・丸山暉彦：アスファルト混合物の拡張された疲労破壊規準に関する研究、土木学会論文集、No.378/V-6, pp.259-268, 1986.

(1993.2.18受付)

STUDY ON LONGITUDINAL SURFACE CRACKING IN ASPHALT PAVEMENTS

Tatsuo NISHIZAWA and Saburo MATSUNO

Longitudinal surface cracking (LSC) is one of the major problems of asphalt pavements. In this paper, our assumption, that LSC is induced by tensile strains in the pavement close to tire edge at high temperature, is discussed based on FEM analysis. Surface temperature conditions in summer are investigated by the measurements conducted on an experimental pavement and an actual road. The FEM analysis considering the measured temperature distribution in the surface course shows that large tensile strains occur in the pavements close to tire edges at high temperature and the strain is concentrated at the tip of a small crack induced at the surface. It is also found that large compressive strains occur at tire edge. The strains could heal up micro cracks in the pavement, if its surface is not hardened.