

鋼床版舗装の構造解析法に関する研究

西澤辰男¹・姫野賢治²・佐藤亮一³・佐藤育正⁴

¹正会員 工博 石川工業高等専門学校助教授 環境都市工学科 (〒 929-0392 河北郡津幡町北中条)

²フェロー会員 工博 中央大学教授 工学部土木工学科 (〒 112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

³神奈川県土木部土木総務室 (〒 231-0021 横浜市中区日本大通 1)

⁴正会員 大成ロテック (株) 横浜支社 (〒 231-0047 横浜市中区羽衣町 3-55-1 横浜センチュリービル)

鋼床版舗装の力学的挙動を解析するためにオーバーレイ要素を用いた有限帯板要素法による構造モデルを開発した。オーバーレイ要素は鋼床版上の舗装を表現するもので、鋼床版を表す帯板要素とリンク要素によって結合される。本モデルによれば、アスファルト層に設置される縦目地を考慮することができる。本モデルの妥当性について、いくつかの例題および実橋において実施した載荷実験の結果を用いて検証を行った。その結果、本モデルは鋼床版舗装のひずみ挙動をうまく表現できることが分かった。

Key Words : deck plate, asphalt pavement, finite strip method, overlaid element, strain prediction

1. はじめに

鋼床版はデッキプレートとそれを裏から補強する縦リブ、横リブからなる橋梁の床版である。鋼床版の上はグースアスファルトや改質アスファルト混合物によって舗装され、その上を交通車両が走行することになる。このような鋼床版舗装に交通荷重が作用すると、腹版接合部には局部的な曲げ変形が生じ、それに追従している舗装にも大きな曲げひずみが生ずることになる^{1),2)}。その結果、比較的早期にこのような場所から縦ひび割れが発生する。このような縦ひび割れを防止する対策としては、縦リブの配置を密にした³⁾、あらかじめ縦ひび割れが発生すると予想される場所の舗装に、目地を設置することが行われている¹⁾。縦リブや目地の適切な設置には、設計段階において最大ひずみ量や発生位置を正確に予測する必要がある。鋼床版舗装内のひずみ量については、実橋における載荷試験による実測からその値が推定されている^{4),5),6)}。それらの結果によれば、鋼床版舗装の挙動は、デッキプレートならびに付随する縦リブの剛性や配置、腹板の位置などの構造条件、さらに交通荷重の種類や位置などの交通条件が直接影響するため非常に複雑である。載荷実験によってこれらの影響を広範に検討することは困難であり、何らかの数値シミュレーションによる検討が望ましい。この点において、土工部などのアスファルト舗装の構造解析に使用されている多層弾性理論は、鋼床版舗装の解析には不適である。

そこで本研究においては、鋼床版舗装のひずみを予測するための力学モデルを開発した。開発したモデルは鋼床版の解析においてよく用いられている有限帯板

要素法 (Finite Strip Method:FSM) を拡張したもので、デッキプレートとその上の舗装を別々の要素として取り扱い、両者を特殊なリンク要素によって結合するものである。このモデルでは、デッキプレートと舗装の界面の結合を考慮するために、中立面の位置を計算して要素の曲げ剛性を調整している。従来からFSMによる鋼床版舗装の解析は行われてはいるが、デッキプレートとアスファルト混合物層 (以下、アスファルト層) から成る複合平板として取り扱う方法が取られている^{7),8)}。この方法では、アスファルト層にのみ設置されている縦目地の効果や、アスファルト層の厚さ方向の変形を考慮することができない。本研究で開発したモデルにおいては、デッキプレートと舗装の変形を分離して解析できること、および舗装の縦目地をモデル化できる点に最大の特徴がある。本モデルに基づいて、パソコン上で稼動する簡単なFSMのプログラムを作成した。このプログラム自体の妥当性を検討するために、まず簡単な例題によって検証を行った。さらに、鋼床版舗装への適用性を検討するために、実際の鋼床版舗装において大型トラックによる載荷実験を実施した。そこで得られたひずみとFSMによって計算されたひずみを比較することによってモデルの妥当性を検討した。

2. 構造モデル

(1) 有限帯板要素法

鋼床版舗装のひずみを解析するために、FSMとオーバーレイモデルを組み合わせた構造モデルを開発した。FSMは図-1に示すように、橋軸方向の一様性を考慮し、板を帯板状の要素の集合体として解析を行う方法

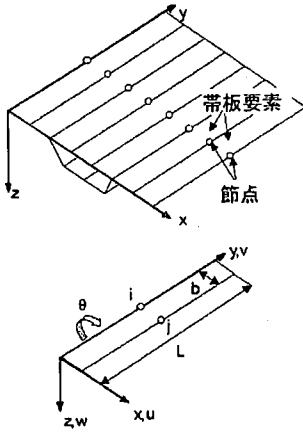


図-1 有限帯板要素モデル

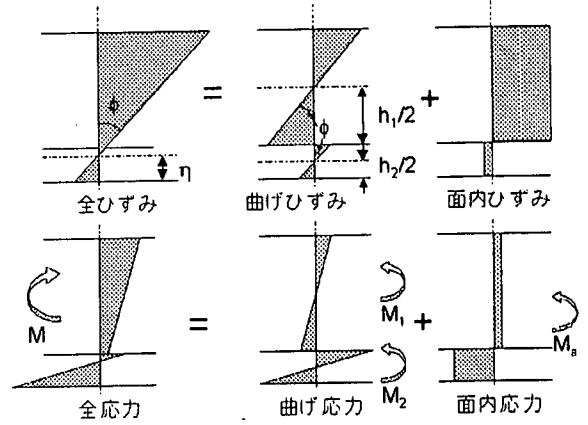


図-3 ボンド構造のひずみ分布

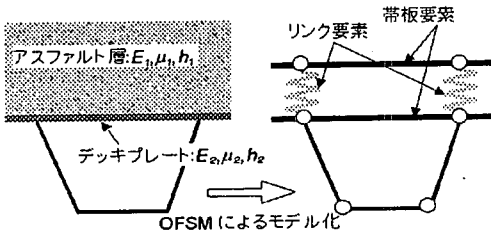


図-2 オーバーレイモデル

である^{9),10)}。この方法では、 x, z 平面の変形に対しては適当な変位関数を用い、 y 方向の変形は正弦関数の級数によって近似する。したがって要素分割は x, z 平面内の断面について行えばよく、 y 方向については級数の項数を増やすことによって所定の精度を得るのである。この方法によれば、縦リブを有する鋼床版の構造を比較的小規模な要素分割によって解析することができる。また荷重の大きさや作用位置も自由に設定できる。さらに、後述するようにアスファルト層をデッキプレートの上に組み合わせることによって、鋼床版内の応力のみならずアスファルト層内のひずみを同時に計算することが可能となる。本研究のためにパソコン上で稼動する FSM のプログラムを新たに作成した。

(2) オーバーレイ要素の定式化

FSM においてデッキプレートとアスファルト層とを別々に考慮するために、図-2 に示すように、アスファルト層とデッキプレートをそれぞれ分割し、両者をリンク要素で結合した。

ただし、このままではそれぞれの層に中立面が形成されるので、アスファルト層とデッキプレートの合成構造の中立面が同一となるように、剛性増加分を各要素に加えることとした。層の境界面が結合されている

場合、荷重を受けて平板が変形すると 2 層は一体化され中立面は 1 つだけが形成される。このとき各層のひずみ分布は、図-3 のように各層の曲げモーメントと中立面の移動による面内力の項に分離することができる。すると、モーメントと曲率の関係は以下のように表される。

$$\begin{aligned} \{M\} &= \{M_1\} + \{M_2\} + \{M_a\} \\ &= [\{D_1\} + \{D_2\} + \{D_a\}]\{\phi(w)\} \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、

$$\{M_i\} = \{M_{xi} \quad M_{yi} \quad M_{xyi}\} \quad (2)$$

$$[D_i] = \frac{E_i h_i^3}{12(1 - \mu_i^2)} \begin{bmatrix} 1 & \mu_i & 0 \\ \mu_i & 1 & 0 \\ 0 & 0 & (1 - \mu_i)/2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\{\phi(w)\} = \left\{ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \quad \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \quad 2 \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right\} \quad (4)$$

$$[D_a] = [A \cdot [D_1] + B \cdot [D_2]] \quad (5)$$

$$A = 12 \left(\frac{1}{12} + \beta - \gamma \right)^2 \quad (6)$$

$$B = 12 \left(\frac{\gamma}{\beta} - \frac{1}{12} \right)^2 \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{E_2(1 - \mu_1^2)}{E_1(1 - \mu_2^2)} \quad (8)$$

$$\beta = \frac{h_2}{h_1} \quad (9)$$

$$\gamma = \frac{\eta}{h_1} \quad (10)$$

$$\eta = \frac{1 + 2\beta + \alpha\beta}{2(1 + \alpha\beta)} \cdot h_1 \quad (11)$$

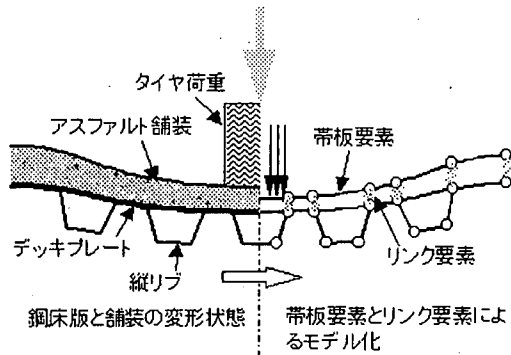


図-4 リンク要素の役割

また,

- w : 平板のたわみ
- E_i : i 層の弾性係数
- μ_i : i 層のポアソン比
- h_i : i 層の厚さ

添え字は各層の諸量であることを示す。

アスファルト層とデッキプレートが重なっている場合には、中立面が共通になることによる剛性の増加分 D_a を要素の剛性に加えることとした。本研究においてはこのような要素をオーバーレイ要素と呼び、オーバーレイ要素を用いたFSMをOFSM(Overlaid Finite Strip Method)と称することとした。

(3) リンク要素

オーバーレイ要素は、リンク要素によって結合されている。リンク要素はオーバーレイ要素とその下の帯板要素の力学的な相互作用を司るものであり、節点間の変形に対する線形ばねによってモデル化されている。特に、たわみに対するリンク要素の剛性 k_L はたわみに対するばね係数として表現され、Ioannidesらによって提案された式(12)を用いることにした¹³⁾。この式は、図-4に示すように、比較的柔らかいアスファルト層の厚さが荷重によって変化し、鋼床版とアスファルト層の中心面の変形が異なることを表現するために導出された。リンク要素の剛性は次式で表される。

$$k_L = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2} \quad (12)$$

ここに、

$$k_i = \frac{2E_i(1-\mu_i)}{h_i(1-\mu_i-2\mu_i^2)}, (i=1,2) \quad (13)$$

その他の変形、すなわち x および y 方向の変位とたわみ角に関するばね係数の値も、便宜的に式(12)と同じ値を用いた。

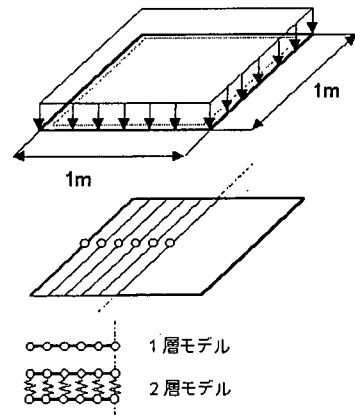


図-5 等分布荷重を受ける平板

表-1 計算結果と理論値との比較

項目	理論値	1層モデル		2層モデル	
		3	30	3	30
項数	-	3	30	3	30
たわみ [cm]	2.111	2.165	2.165	2.177	2.181
(比)	1.000	1.025	1.025	1.031	1.033
応力 [MPa]	281.6	283.3	282.8	285.0	284.5
(比)	1.000	1.006	1.004	1.011	1.010

3. 数値計算例

本章では、簡単な例題によって、作成したプログラム自体の検証と、そこに組み込まれたオーバーレイモデルの検証を行う。

(1) 等分布荷重を受ける平板

図-5に示すような、1辺が1mの正方形平板の4辺が単純支持されている構造に等分布荷重が作用している例題を考える。平板の厚さは10mm、弾性係数およびポアソン比をそれぞれ 2.08×10^5 MPa、0.3とする。荷重強度は0.098MPaである。このような構造に対して、荷重、構造の対称性を考慮し、左半分のみを図-5のように要素分割する。オーバーレイ要素の妥当性を確認するために、厚さ10mmを1層に要素分割した場合と、厚さ5mmの2層に要素分割してリンク要素によって結合した場合を考えた。y方向の級数の影響を調べるために、項数として3項と30項をとって比較した。

表-1は、平板中心において計算されたたわみおよび下面応力をそれらの理論値と比較したものである。たわみにおける誤差は大きくて3%、応力においては1%程度である。また1層モデルに比べ2層モデルの計算結

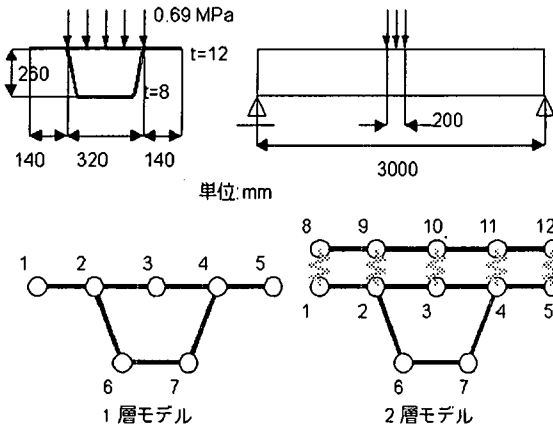


図-6 タイヤ荷重を受けるU型リブを有する鋼床版

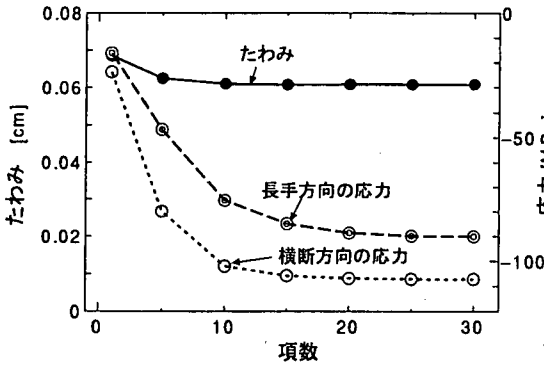


図-7 計算結果に及ぼす項数の影響

果はやや大きい値となるが、それらの差は1%と非常に小さい。また、3項と30項の差はわずかであり、この例題のような平板構造の場合には、項数は3項で十分な精度があることが分かる。以上の結果より平板構造について、本研究において作成したプログラムおよびオーバーレイモデルの妥当性が確認された。

(2) タイヤ荷重を受けるU型リブを有する鋼床版

図-6に示すようなタイヤ荷重を受けるU型リブを有する鋼床版について計算を行った。図に示すような断面のU型リブを有する厚さ12mmの鋼床版スパン中央に、49kNのタイヤ荷重が作用している。タイヤ荷重は32cm×20cmの接地面積に等分布荷重として作用させた。弾性係数およびポアソン比はデッキプレート、U型リブとも、それぞれ 2.08×10^5 MPa、0.3とする。デッキプレートを12mmの1層として要素分割した場

表-2 U型リブを有する鋼床版における1層モデルと2層モデルの比較

項目	1層モデル		2層モデル	
	節点	値	節点	値
たわみ [cm]	2	0.05312	9	0.05321
	3	0.06073	10	0.06088
たわみ角 [ラジアン]	2	0.00067	9	0.00070
	3	0.0	10	0.0
応力 [MPa] 横断方向	2	28.48	9	28.75
	3	-112.1	10	-107.1
応力 [MPa] 長手方向	2	-3.965	9	-4.174
	3	-91.36	10	-90.09

合と、6mmの2層として要素分割した場合を比較してオーバーレイ要素の考え方を検証した。

この例題のように2次元的な広がりを持つ断面においては項数の影響が無視できない。そこで、まずこの影響について調べた結果が図-7である。たわみは比較的少ない項数で安定するが、応力については20項以上でほぼ収束する。そこで以降の計算においてはやや余裕をみて30項を採用した。

表-2は、1層モデルにおける節点2および3と2層モデルにおける節点9および10でのたわみ、たわみ角および上面の応力を比較したものである。応力については長手方向と横断方向について比較を行った。

表-2から明らかのように、1層モデルと2層モデルにおける差は最大応力で約4%である。これは、リンク要素の影響であるが、実用的な観点から十分な精度であり、オーバーレイ要素の考え方は妥当であることがこの例においても確認されたといつてよい。この例題の場合、鋼床版の幅がスパンに比して比較的大きいので、横断方向の応力も大きい。特にU型リブ間のデッキプレート内の応力においては、横断方向の応力が長手方向のそれよりも大きくなっている。このようにリブを有するデッキプレート内の応力は、リブとの接合点の拘束を受けて局所的な応力が発生しやすい。

4. 載荷実験結果との比較

本研究において開発した鋼床版舗装用構造モデルが、実際の鋼床版舗装のひずみ挙動をどの程度正確に表現しているかどうかを確認するために、実際の鋼床版舗装上において載荷実験を行った。本章においては、載荷実験において測定したひずみを用いてモデルの妥当性を検証する。

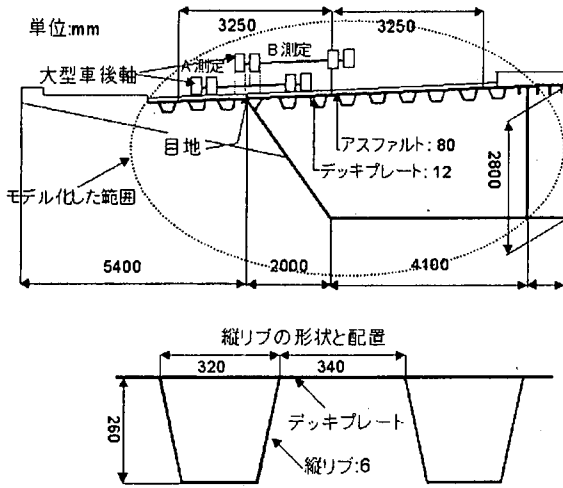


図-8 載荷実験を行った橋梁の断面

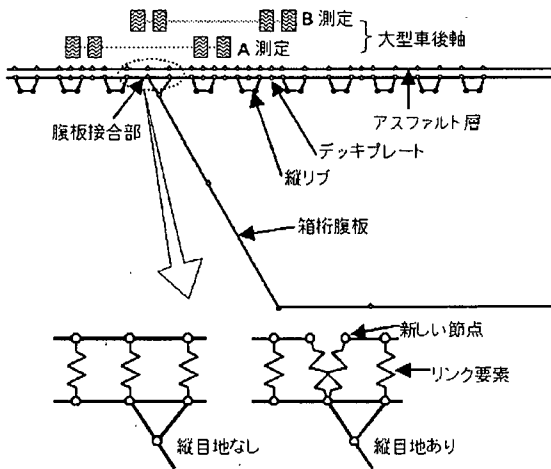


図-9 要素分割と目地のモデル化

(1) 載荷実験概要

神奈川県湘南銀河大橋の上り第1走行車線において大型トラックによる載荷実験を行った。この橋は中央径間242mの3径間連続鋼斜長橋であり、図-8にその断面図を示す。デッキプレートの厚さは12mmであり、アスファルト層は下層にグースアスファルト混合物40mm、上層に改質I型のアスファルト混合物40mmの2層、計80mmである。縦リブの形状、配置は図-8に示すとおりである。

載荷試験においては、横桁間隔10mの中間部の舗装上にひずみゲージを貼り、そこに大型トラックの後輪を近づけた時のひずみを計測した。ひずみゲージは長さ70mmの箔ゲージで、1個所に橋軸方向と横断方向に貼り付け、これを横断方向に11個所設置した。荷重

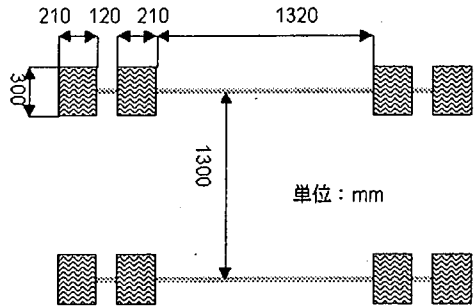


図-10 荷重車後軸のタイヤ接地面の配置

表-3 計算条件

項目	アスファルト層	デッキプレート	縦リブ
弾性係数 [MPa]	1000, 5000	208000	208000
ポアソン比	0.35	0.3	0.3
厚さ [mm]	80	12	6

用の大型トラックは載荷前に重量を計測しており、その結果総重量211.7kN、後軸荷重は79.4kN、1輪あたり19.8kNであった。載荷条件は2種類で、図-8に示すように腹版接合部が車両中心となる位置(A測定)と、腹版接合部が図の左の複輪の中央となる位置(B測定)である。ゲージの初期調整を行った後、後軸をひずみゲージ位置から5m離れた位置で計測した。その後、0.6m、0.4m、0mと近づけ、それぞれの位置で計測を行った。0mといっても、ゲージがタイヤによって損傷しないようにしたため、厳密にはゲージ直上ではない。その後トラックをゲージから5m以上離して、残留ひずみを計測して1サイクルとした。今回の計測においては残留ひずみは 10×10^{-6} 程度であったため、実測されたひずみは、ほとんど弾性ひずみであるとしてよい。このような載荷を3回繰り返して再現性を確かめ、測定値としてはそれらの平均をとった。

この載荷試験によって箱桁腹板接合部に大きな引張ひずみを観測したため、後日この場所に縦目地を設置した。その後目地の効果を見るために、同じ載荷、測定方法によって、目地設置後の実験を行い、目地の有無によるひずみの違いについて調べた。実験は、目地設置前が1998年2月3日、設置後は同年2月10日に行った。実験時の路面温度は目地設置前が12℃、目地設置後は14℃であった。

(2) 解析モデル

要素分割は全断面で行わず、図-9に示すように荷重作用位置の付近について行った。目地は、アスファルト層の節点を1つ追加し、その部分で不連続とすることによってモデル化した。ただし、鋼床版の要素は連

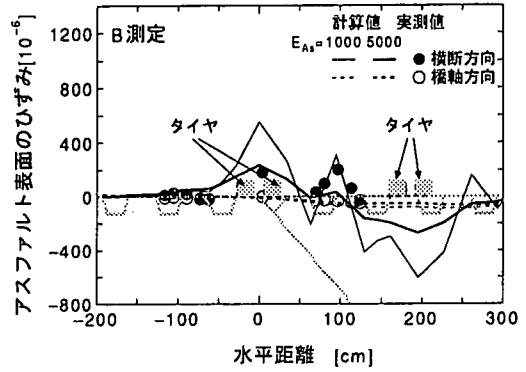
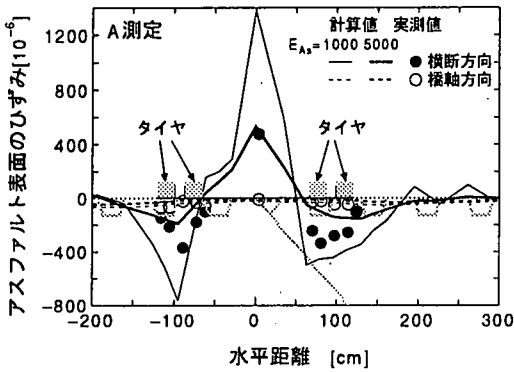


図-11 目地設置前におけるアスファルト表面のひずみ分布

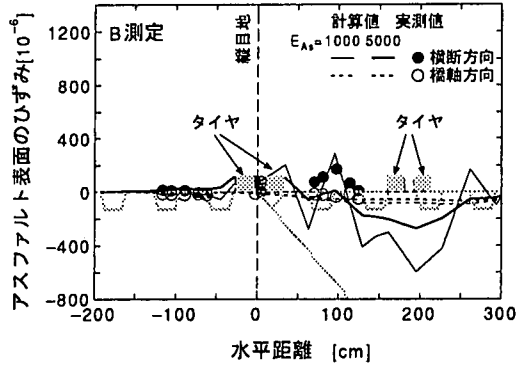
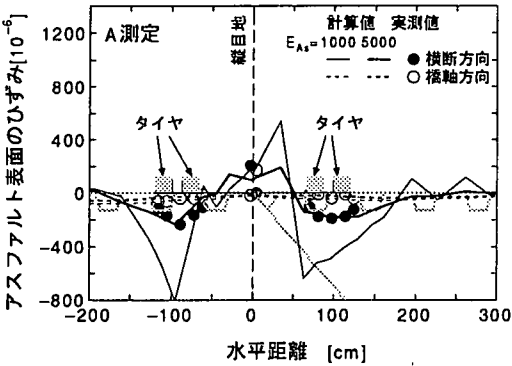


図-12 目地設置後におけるアスファルト層表面のひずみ分布

続させている。このことによってアスファルト層のみに目地がある状況をシミュレートできる。アスファルト層の目地は上層のみにカッターで切りかけを入れてそこに目地材を挿入したもので、厳密に言えば目地での若干の荷重伝達が考えられる。しかしながら、今回の解析においてはそのような荷重伝達は無視した。

材料定数は表-3 に示すとおりである。特にアスファルト混合物の変形係数は荷重速度や温度によって変化するので、その値の設定が問題となる。通常のアスファルト混合物であれば、荷重載荷時間を2秒、混合物温度を10°Cとした場合、1000MPa程度である¹¹⁾。一方、最近用いられている改質系のアスファルト混合物やグースアスファルト混合物の場合はそれよりもやや高い¹²⁾。そこで、ここでは1000MPaおよび5000MPaの2種類を設定して、アスファルト混合物の弾性係数の影響も調べることにした。スパンは横桁間隔の10mとし、荷重は大型トラック後軸のタイヤ設置面をそれぞれ21cm×30cmの長方形等分布荷重とし、後軸の8輪すべて考慮した。図-10に計算に用いた荷重車後軸のタイヤ接地面の形状とその配置を示す。前軸については、その影響が少ないことから無視した。そのとき荷重強度は0.315MPaとなる。

(3) 実験結果との比較

図-11は目地設置前における横断面に沿ったアスファルト表面のひずみ分布を示している。これらのひずみはタイヤをゲージに最も近づけた場合のものである。左の図は後軸の中心を箱桁腹板接合部に一致させたA測定の結果、右の図は一方の複輪の中心を箱桁腹板接合部に一致させたB測定の結果である。黒丸は横断方向の実測ひずみ、白丸は橋軸方向の実測ひずみを示している。FSMによる計算値は、横断方向のひずみを実線で、橋軸方向のひずみを破線で表している。細い線がアスファルト層の弾性係数を1000MPaとした結果で、やや太い線はアスファルト層の弾性係数を5000MPaとした結果である。

A測定の場合、実測によれば腹板接合部に大きな横断方向の引張りひずみが発生している。A測定の荷重作用位置は供用中の通常の走行位置に近いので、このような引張りひずみによって疲労ひび割れが発生する可能性が高い。一方タイヤ直下においては圧縮ひずみが生じている。計算値はこのような傾向をよく表現しているといつて良い。とくに、アスファルト層の弾性係数を5000MPaとした場合には、腹板接合部における実測の値とほぼ一致している。橋軸方向においては、実測さ

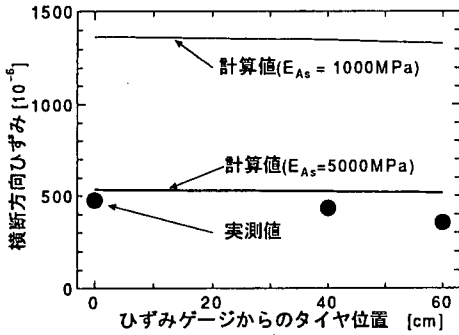


図-13 A 測定における荷重移動によるひずみの変化

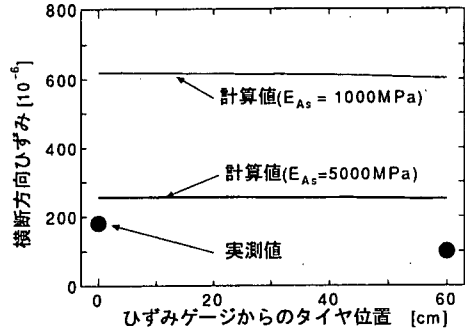


図-14 B 測定における荷重移動によるひずみの変化

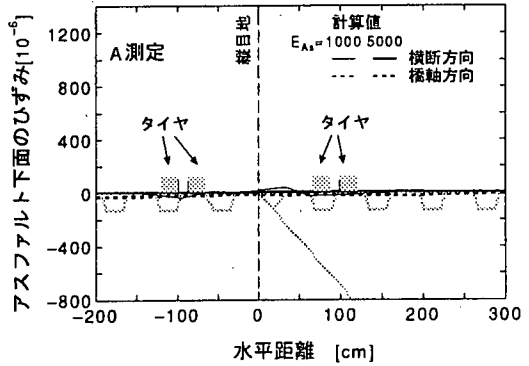
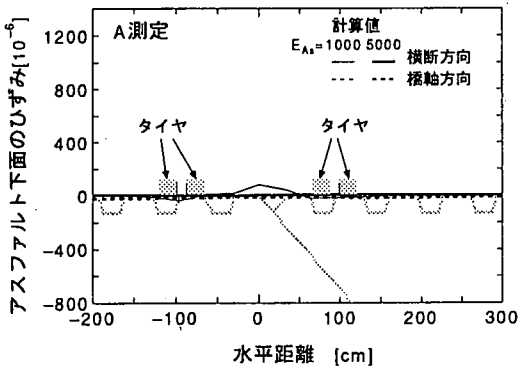


図-15 A 測定におけるアスファルト下面のひずみ分布

れたひずみ、計算されたひずみともにかなり小さい。

B 測定の場合には、腹板接合部の引張りひずみは A 測定の場合ほど大きくはならず、後軸中心付近の縦リブ接合部にやや大きな引張りひずみが観測された。計算値はこのような傾向を捉えてはいるが、値そのものはアスファルト層の弾性係数によって大きく異なる。すなわち、腹板接合部での実測値はアスファルト層の弾性係数が 5000MPa の場合に一致し、後軸中心付近の実測値はアスファルト層の弾性係数が 1000MPa に近い。

図-12 は目地設置後におけるアスファルト表面のひずみ分布を示している。やはり、タイヤをゲージに最も近づけた場合のものである。図中の凡例は先の図と同様であり、縦目地の位置を破線で示した。この場合、縦目地位置における実測された引張りひずみは大きく減少している。計算値はこのような縦目地設置による引張りひずみ減少効果をよく表現しているといつてよい。この場合も A 測定においてはアスファルト層の弾性係数が 5000MPa の場合の計算値が実測値と良く一致しており、B 測定の場合には 1000MPa の計算値に近い。

図-13 および図-14 はタイヤをゲージ位置から橋軸方向に移動させたときの、腹板接合部における横断方向の表面ひずみの変化を示している。両図とも目地設

置前の表面ひずみである。黒丸は実測値、実線は計算値を表す。タイヤがゲージから離れるに従ってひずみ量は減少するが、計算値は実測値に比べ、その変化量がやや小さい。

以上の結果より、本モデルによって計算されたひずみは実測されたひずみの傾向を良く捉えている。さらに、現場での実測であることを考えれば、計算値と実測値との対応は良好といえる。したがって、本モデルは鋼床版舗装の解析モデルとして十分実用的である。

OFSM によればアスファルト表面のひずみだけでなく、アスファルト層下面のひずみも同時に計算できる。図-15 は A 測定の目地設置前後におけるアスファルト下面のひずみ分布を示している。図から明らかなように、アスファルト層下面のひずみは表面に比べかなり小さい。これは、アスファルト層とデッキプレートが一体になったときの中立面の位置がデッキプレート内にあるため、このようなひずみによる底面からの破壊は無視できる。

5. デッキプレートの応力解析

OFSM による解析では、アスファルト層のひずみだけでなく、デッキプレート内の応力も同時に計算して

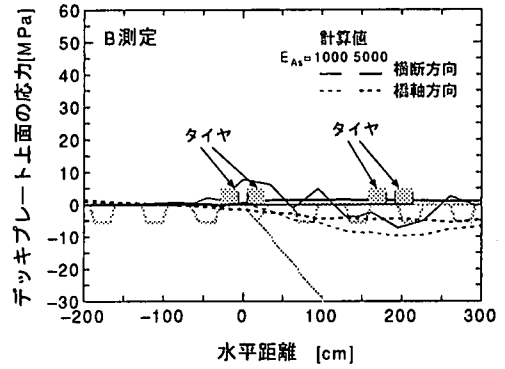
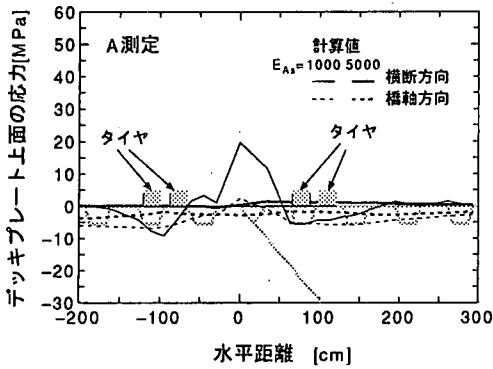


図-16 目地設置前におけるデッキプレート上面の応力分布

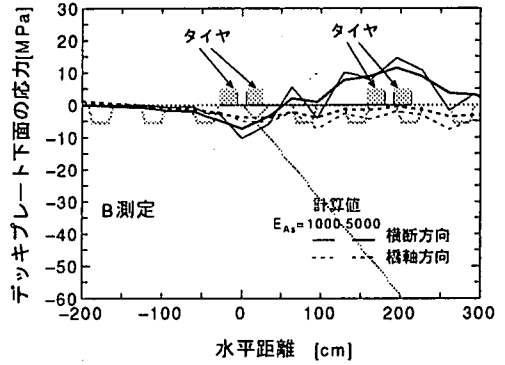
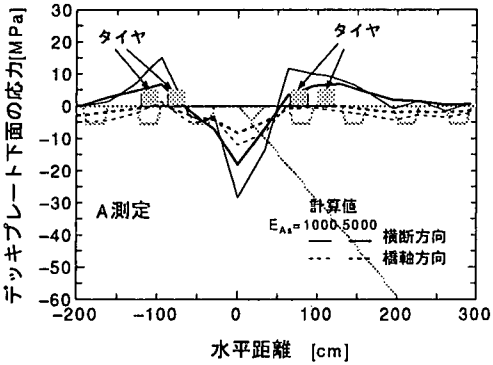


図-17 目地設置前におけるデッキプレート下面の応力分布

いる。本章においてはデッキプレートの応力に及ぼすアスファルト層の弾性係数や縦目地設置の効果について検討してみる。

(1) 縦目地設置前

図-16 は目地設置前におけるデッキプレート上面の応力分布を示している。アスファルト層の弾性係数が1000MPaの場合、A 測定の横断方向のひずみは、タイヤ直下において圧縮応力、腹板接合部において引張応力となる。アスファルト層の弾性係数が1000MPaから5000MPaに増加すると、デッキプレート上面の応力は激減する。これは、アスファルト層の剛性が増加して、中立面がデッキプレート上面に近くなるためである。B 測定においては腹板接合部にタイヤが載っているが、負の曲げモーメントの方が卓越するためそこは引張応力となる。やはりアスファルト層の弾性係数が増加すると応力は激減する。

図-17 は目地設置前におけるデッキプレート下面の応力分布を示している。横断方向の中立面がデッキプレート内にあるため、下面の応力は上面と逆の傾向となる。アスファルト層の弾性係数が増加すると、腹板接合部の最大圧縮応力は約30~40%減少する。B 測定の

腹板接合部における最大圧縮応力はA 測定の半分程度である。橋軸方向は全体として圧縮応力であるが、これはこの方向の曲げによる中立面がデッキプレートの下方にあるためである。

(2) 縦目地設置後

図-18 は目地設置後におけるデッキプレート上面の応力分布を示している。腹板接合部に縦目地が設置されてその部分のアスファルト層の横断方向の剛性が失われるため、その部分のデッキプレートの負担が増大して応力が激増している。目地から離れた他の部分は目地の影響をそれほど受けていない。

図-19 は目地設置後におけるデッキプレート下面の応力分布を示している。腹板接合部においては、縦目地が無い場合に比べて約2倍の応力となり、デッキプレート内の応力としては最大になる。このように縦目地の有無によってデッキプレート内の応力にも大きな影響があることが分かる。また、縦目地設置前と同様にアスファルト層の弾性係数の影響も大きい。やはりB 測定に比べてA 測定の方が、腹板接合部に生ずる引張応力はかなり大きく、タイヤ直下の圧縮応力はやや小さい。

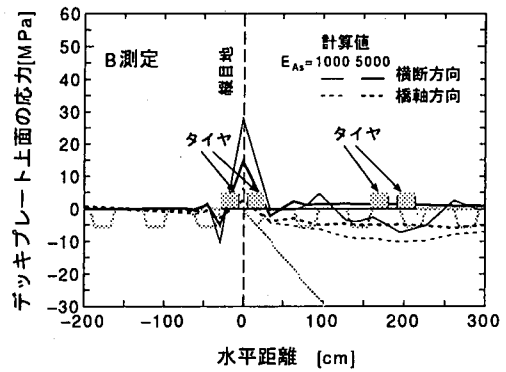
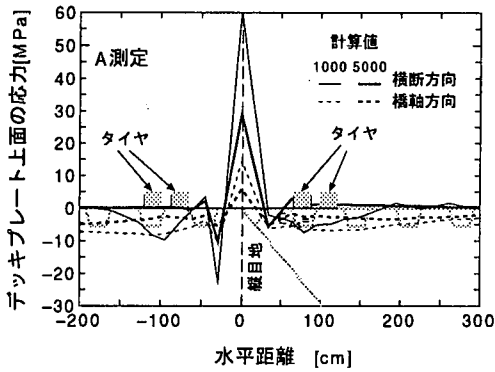


図-18 目地設置後におけるデッキプレート上面の応力分布

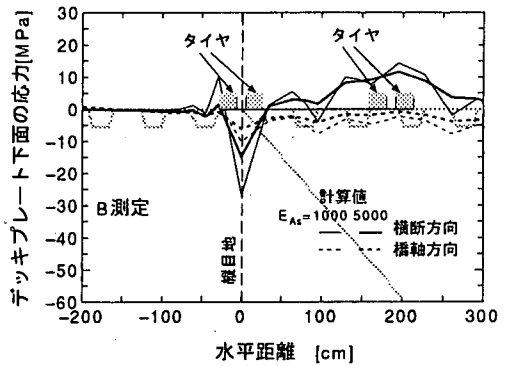
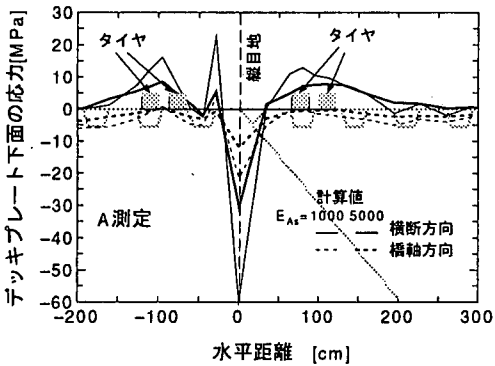


図-19 目地設置後におけるデッキプレート下面の応力分布

6. あとがき

本研究においては、鋼床版舗装の複雑な力学的挙動を解析するために、FSMとオーバーレイ要素を用いた構造モデルOFSMを開発し、それに基づいてパソコン上で稼動するプログラムを作成した。このモデルは以下のような特長を有する。

1. 比較的小規模な要素分割で鋼床版の複雑な構造を考慮できる
2. アスファルト層の厚さ方向の変形を考慮できる
3. アスファルト層内の目地を考慮できる
4. アスファルト層と鋼床版の変形、ひずみ、応力を同時に計算できる

OFSMの妥当性について、簡単な例題と実橋における載荷実験の結果を用いて検証を行った。その結果、OFSMによる計算値と理論値とはほぼ一致することを確認した。また、実際の鋼床版舗装におけるひずみを十分な精度で予測できることが分かった。特に、縦目地設置によるひずみの減少を的確に表現することを確認した。さらに、アスファルト層の弾性係数や縦目地設置が鋼床版内の応力に及ぼす影響についても考察し、その影響度の高さを明らかにした。

これらのことより、本研究において開発した構造モデルは鋼床版舗装の力学的挙動を解析する有力な手段といえる。これまで、どちらかという鋼床版舗装の設計は経験に基づいており、鋼床版自体の設計も舗装の挙動を十分に考慮したものとは言い難い。これは鋼床版と舗装の構造を反映し両者を一体として解析しうる手法がなかったためであるが、本モデルはこの要求を満足するものであると考えている。今後、本モデルを用いて、縦リブの配置やその剛性、荷重走行位置の影響について詳細に検討すると共に、鋼床版舗装の縦ひび割れ発生メカニズムについて研究を進めてく予定である。

参考文献

- 1) 多田宏行：橋面舗装と設計施工，鹿島出版会，1996。
- 2) 佐々木道夫：橋面舗装と鋼床版，アスファルト，Vol. 38，No. 187，pp.44-53，1996。
- 3) (社)日本道路協会：道路標示方書・同解説 II 鋼橋編，1994。
- 4) 松川真輔，吉兼亨，福永克良：硬化性アスファルトを用いた鋼床版舗装のひずみ挙動について，第15回日本道路会議論文集，pp.385-386，1983。
- 5) 林秀侃，石崎嘉明，井元泉：鋼床版舗装の実橋載荷による挙動特性について，第20回日本道路会議論文集，pp.512-513，1993。
- 6) 角和夫：関西国際空港における橋面舗装，アスファルト

- ト, Vol.38 No.187, pp.29-35, 1997.
- 7) 飯島尚, 小島逸平: 鋼床版舗装の疲労曲線, 第15回日本道路会議論文集, pp.383-384, 1983.
 - 8) 岩崎雅紀, 永田考, 西川武宏, 小塩達也, 山田健太郎: アスファルト舗装が鋼床版の疲労に及ぼす影響, 土木学会論文集, No.563/I-39, pp.161-171, 1997.
 - 9) Cheung, Y.K.: Folded Plate Structures by Finite Strip Method, Proc. of ASCE, Vol. 95, No. ST12, pp.2963-2979, 1969.
 - 10) 草間晴幸, 谷山健: 有限帯板要素法, 日刊工業新聞社, 1994.
 - 11) 笠原篤, 岡川秀幸, 菅原照雄: アスファルト混合物の動的性状とその舗装構造の力学解析への利用, 土木学会論文報告集, 第254号, pp.107-117, 1976.
 - 12) 中西弘光: 鋼床版舗装への砕石マスチック混合物の適用について, 舗装, Vol.33, No. 8, pp.4-11, 1998.
 - 13) Ioannides, A.M. and Khazanovich, L.: Analytical and Numerical Methods for Multi-Layered Concrete Pavements, Proceeding, 3rd International Workshop on the Design and Evaluation of Concrete Pavements, C.R.O.W. Record 14, pp.113-121, 1994.

(1998.9.7 受付)

STUDY ON ANALYTICAL METHOD FOR ASPHALT PAVEMENT ON STEEL DECK PLATE

Tatsuo NISHIZAWA, Kenji HIMENO, Ryoichi SATO and Ikumasa SATO

An analytical model for predicting mechanical behavior of asphalt pavement on steel deck plate has been developed being based on the Finite Strip Method (FSM) using overlaid strip element. Overlaid strip elements which are connected to underneath strip elements by link elements represent the pavement on the deck plate. This model is also able to accommodate longitudinal joint in the pavement. Comparisons of the computed strains with the ones measured on an actual pavement on deck plate showed the validity of the model.