

鋼床版ひずみに対するアスファルト混合物の影響に関する研究

久利良夫¹・佐藤彰紀²・閑上直浩³・鎌田 修⁴・芳賀潤一⁵

¹正会員 博(工) 阪神高速道路管理技術センター 企画研究部 (〒541-0054 大阪市中央区南本町 4-5-7)

E-mail : hisari@tech-center.or.jp

²正会員 修(工) 阪神高速道路株式会社 技術部 (〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3)

³正会員 修(工) 阪神高速道路株式会社 技術部 (〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3)

⁴正会員 博(工) 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)

⁵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)

鋼床版に発生する疲労損傷の予測や対策には、温度や載荷時間により特性が変化するアスファルト混合物と鋼床版との合成効果を定量的に把握する必要がある。本研究ではアスファルト混合物と鋼板との複合供試体を作製し、曲げ試験を実施することで、試験温度、載荷時間ごとのアスファルト混合物の材料特性による鋼床版ひずみの発生状況を把握した。この結果、鋼板に発生するひずみは、20℃では低減することが確認できた。40℃以上となると、ごく短い載荷時間ではひずみの低減効果はみられるものの、載荷時間が長くなると低減率が20～10%と大きな効果は期待できない結果となった。また、線形弾性 FEM で曲げ試験をモデル化し再現性を検討した結果、20℃では実測値と整合したが、60℃では解析値と実測値に乖離が見られた。

Key Words : steel bridge deck, asphalt mixture, flexure test, temperature, loading time

1. はじめに

近年、橋梁の鋼床版部において疲労き裂による損傷が報告され、阪神高速道路でも一部の鋼床版において確認されている。現在、発生している鋼床版の疲労き裂や今後発生する損傷を予測して対応策を講ずるには、アスファルト舗装が舗設された鋼床版に発生する応力、ひずみを正確に把握することが求められる。このためには、鋼床版とその上に舗設されているアスファルト舗装層とを含めた複合構造体としての特性を把握する必要がある。

しかし、アスファルト混合物（以下、As 混合物）の剛性（スティフネス）は温度と荷重載荷時間によって大きく変化する。また、As 混合物と鋼床版の接着状況も温度と載荷時間によって変化すると考えられる。

そこで、本研究では、種類や厚さ等を変化させた As 混合物と鋼板との複合供試体を作製し、室内でアスファルト混合物を上側、鋼板を下側に設置した正曲げ挙動を模擬した曲げ試験を実施することにより、試験温度、載荷時間ごとの正曲げ挙動に対する複合構造体の特性を確認した。

また、今後発生する鋼床版疲労損傷を予測する手法として、線形弾性 FEM を使用して鋼床版に発生する応力、

ひずみを解析する事例が増えてきている^{例えば¹⁾}。このため、このような解析事例に As 混合物を適切に評価したモデルとして組み込むことを目的として、まず、本研究で実施した曲げ試験を線形弾性 FEM でモデル化して解析し、試験温度、載荷時間ごとの再現性を確認した。

同時に、鋼床版上に舗設された As 混合物の挙動についても曲げ試験結果をもとに、線形弾性 FEM で解析可能な範囲を調べた。

2. 曲げ試験方法

(1) 作製供試体

使用した鋼板は長さ 400mm、幅 100mm で、厚さ 12mm のものを使用した。鋼板上の As 混合物の厚さを変化させるため、As 混合物が基層のみの複合供試体と As 混合物が表層と基層の複合供試体を作製した。As 混合物層は実橋と同様に、基層は SMA 混合物またはグースアスファルト混合物（以下、グース As 混合物）とし、表層は密粒度 As 混合物とした。混合物の基本的な性状を表-1 に示す。いずれも阪神高速道路で用いている配合の混合物を使用した。表基層は、長さ 400mm、幅 100mm で、厚さは各層 40mm とした。

表-1 使用 As 混合物基本性状

項目			密粒	SMA	グース
合成 粒度	ふるい 目 mm	19	100	100	100
		13.2	98.9	98.3	98.7
		4.75	63.7	41.9	73.2
		2.36	42.4	29.7	53.2
		0.6	24.7	20.5	42.9
		0.3	15.4	16.6	24.6
		0.15	8.6	13.3	29.2
		0.075	5.5	10.3	24.2
As量（%）			5.4	6.7	8.3
As種類			改質Ⅱ型	改質Ⅱ型	St.As20/40 +T.L.A
空隙率（%）			3.7	2.5	-
動的安定度 （mm/回）			5727	2520	534

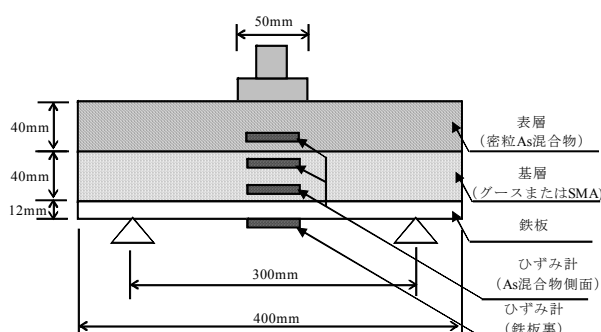


図-1 曲げ試験概要図

基層と鋼板の接着は、実橋で使用している構造にあわせて、SMA 混合物の場合は鋼板にプライマーを塗布後にアスファルト系塗膜防水層を設置し、グース As 混合物の場合は鋼板にプライマーのみを塗布した。As 混合物を 2 層設置する際は、表基層間にゴム入りアスファルト乳剤を塗布した。

(2) 曲げ試験条件

曲げ試験は、事前に載荷荷重を 0.275N/mm^2 で載荷した場合の FEM 解析を実施し、アスファルト混合物が線形領域となるひずみが発生するように、図-1 に示すようにスパンを 300mm、中央に長さ 50mm の載荷版を設置する形状とした。

実際に載荷する荷重については、載荷荷重を $0.275 \sim 0.55\text{N/mm}^2$ に変化させて予備試験を行い、この範囲では、載荷荷重と各所に発生するひずみが線形関係にあることを確認した。そして、本研究では、載荷荷重を 0.275N/mm^2 として試験を実施することとした。

載荷方法は、載荷時間が長い範囲では、一定の荷重を静的に載荷するクリープ試験とした。しかし、高温域の載荷時間がごく短い範囲では、目標とする載荷荷重に達せずに、試験結果に大きく影響することを確認している²⁾。そこで、載荷時間が短い範囲ではハーバーサイン波による繰返し載荷により、発生する最大ひずみの値を測定値

とすることとした。ハーバーサイン波を与える間隔は、残留ひずみが十分なくなるまでの時間とし、10 サイクルの載荷を与えたうちの最終 5 サイクルの平均値を計測値とした。

正弦波を与えた場合、周波数 ω の周期的実験は定性的には $t=1/\omega$ での静的実験に等しいとされている³⁾⁴⁾。本研究で与えた波形はハーバーサイン波であったが、試験結果に同様な処理を実施することにより、クリープ試験（静的試験）と繰返し載荷試験（動的試験）との両者の試験が実施できた載荷時間の範囲では、同一の載荷時間において両試験の値が同程度となった。また、静的試験が実施できないごく短い載荷時間の範囲では、得られた動的試験の結果と載荷時間が長い範囲の静的試験の結果に連続性が確認できた。以上から、本研究では、動的試験で与える波形が正弦波の場合と同じ処理をして動的試験と静的試験の結果を組み合わせることとした。以降に記載するひずみと載荷時間の関係の図においては、試験温度 20°C 以上では、載荷時間 0.1 秒以降 3 秒まではクリープ試験（静的試験）の結果であり、それより短い載荷時間はハーバーサイン波を与えた繰返し載荷試験（動的試験）の結果である。試験温度 5°C ではすべてクリープ試験の結果である。

なお、試験温度は 5°C 、 20°C 、 40°C 、 60°C とした。

(3) 測定項目

図-1 に示すように、鋼板底面にひずみ計を設置して、As 混合物層と鋼板との複合構造体の特性を確認することとした。また、基層の下面から 1cm 部分の側面、上面から 1cm 部分の側面、表層の下面から 1cm 部分の側面にもひずみ計を設置し、As 混合物に発生するひずみの確認も行った。

ひずみと同時に荷重計により載荷荷重を計測し、スティフネスを算出した。

3. 使用したアスファルト混合物のスティフネス

As 混合物と鋼板との複合体の曲げ剛性を検討する際に、使用する As 混合物のスティフネスが及ぼす影響は大きいと考えられる。そこで、使用する As 混合物のスティフネスを既存の一軸圧縮試験⁵⁾で求めた。ただし、試験温度 20°C 以上では、曲げ試験と載荷方法を合わせるために、載荷時間がごく短い範囲ではハーバーサイン波による繰返し載荷によって求めた最大応力と最大ひずみの比をスティフネスとして用いた。載荷時間が 0.1 秒以降は静的クリープ試験結果を用いた。

各 As 混合物のスティフネス測定結果を図-2 および図-3 に示す。今回試験した温度範囲では、グース As 混合物のスティフネスが最も大きい傾向を示した。これは、骨材体積率が同じ As 混合物の場合には、アスファルトの

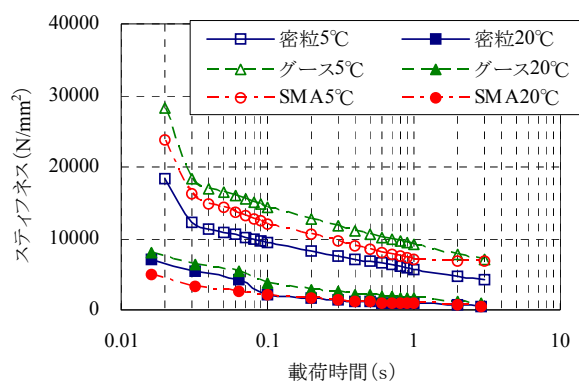


図-2 As 混合物のスティフネス測定結果 (5°C, 20°C)

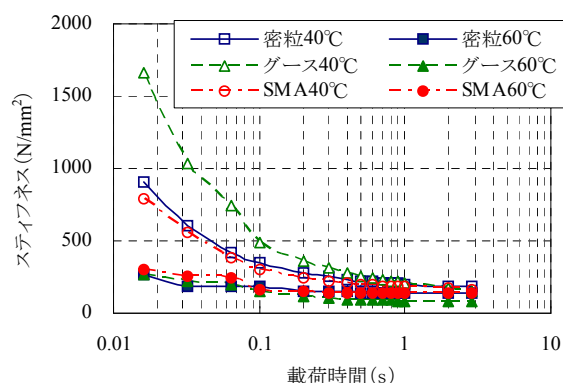


図-3 As 混合物のスティフネス測定結果 (40°C, 60°C)

針入度が低い混合物のスティフネスが大きくなる既存の研究成果⁶⁾を参考にすると、骨材体積率が異なるが、アスファルトの針入度が低いグース As 混合物のスティフネスが大きくなったと考えられる。全体的には試験温度、載荷時間が大きくなるほど各 As 混合物のスティフネスの差が小さくなる傾向が見られた。

4. 複合体曲げ試験結果

各試験温度において、複合供試体による曲げ試験を実施した。各供試体は3体試験を実施し、その平均値を図中に示した。鋼板底面のひずみについては、As 混合物層による鋼板に発生するひずみの低減効果を確認するために、複合供試体を試験した時に発生した載荷荷重で、鋼板単体を載荷した場合の鋼板底面に発生するひずみを FEM 解析から求めた。FEM に入力した鋼材の材料定数は、弾性係数が 200,000 N/mm²、ポアソン比 0.3 とした。FEM に入力した載荷荷重は、各複合供試体の実測値の平均値とした。なお、図中の「グース1層」とは As 混合物は基層のグース As 混合物1層のみと鋼板との複合供試体を示し、「グース2層」とは、As 混合物は表層の密粒度 As 混合物と基層のグース As 混合物の2層と鋼板を設置した複合供試体を示す。SMA 混合物についても同様の記載をす

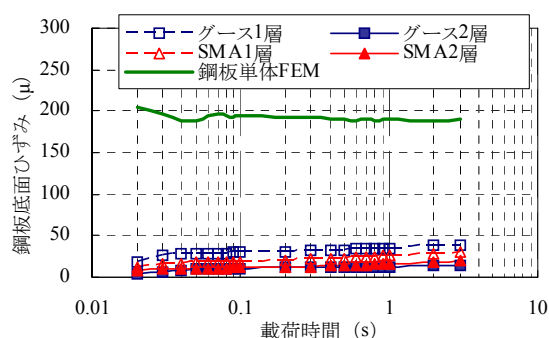


図-4 鋼板底面ひずみ測定結果 (5°C)

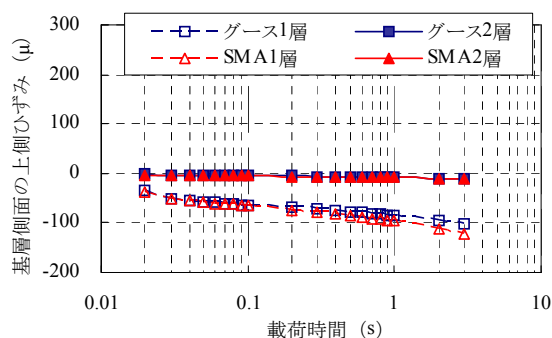


図-5 基層側面上側ひずみ測定結果 (5°C)

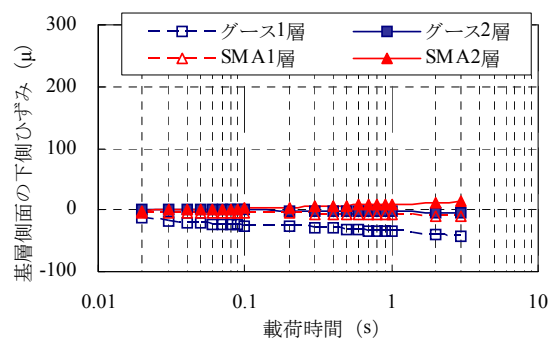


図-6 基層側面の下側ひずみ測定結果 (5°C)

る。

(1) 5°Cでの試験結果

試験温度 5°Cにおける鋼板底面に発生するひずみと載荷時間との関係を図-4 に示す。試験温度 5°Cでは、As 混合物層による鋼板のひずみ抑制効果が大きく、As 混合物層が厚いほどその傾向は大きかった。As 混合物を2層とした場合は、FEM から求めた鋼板単体のひずみと比較して、鋼板底面に発生するひずみが1割程度となった。

図-5 および図-6 に As 混合物側面のひずみ測定結果を示す。基層の側面では上側、下側ともに As 混合物を2層とした方が発生するひずみが小さくなった。これは As 混合物層が厚くなることにより、圧縮縁から測定位置が遠ざかるためと考えられる。

また、基層側面の下側ひずみはほぼ圧縮側となってい

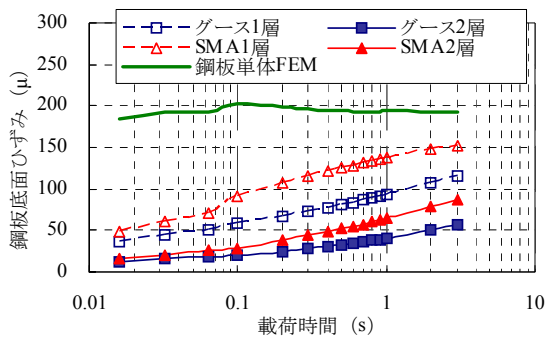


図-7 鋼板底面ひずみ測定結果 (20°C)

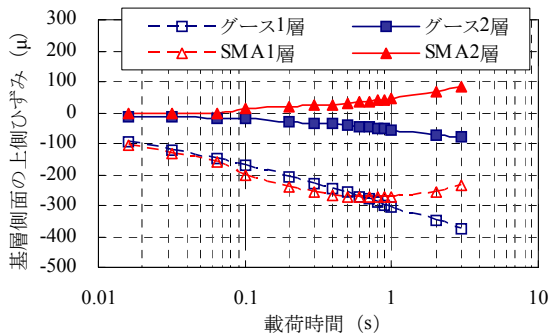


図-8 基層側面上のひずみ測定結果 (20°C)

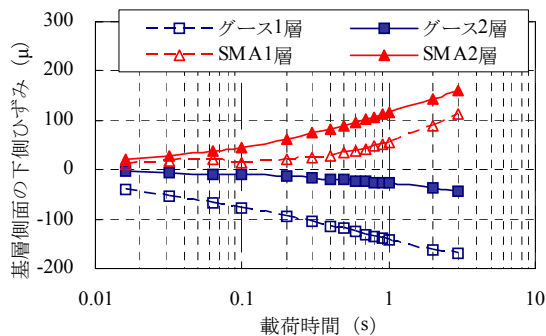


図-9 基層側面の下側ひずみ測定結果 (20°C)

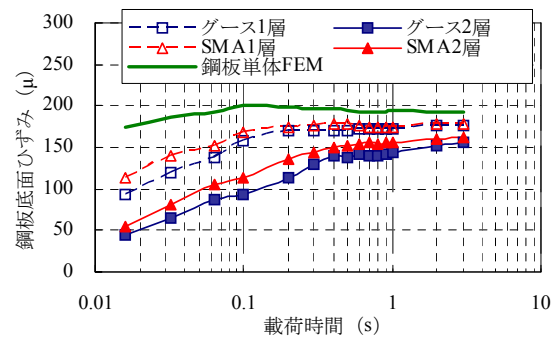


図-10 鋼板底面ひずみ測定結果 (40°C)

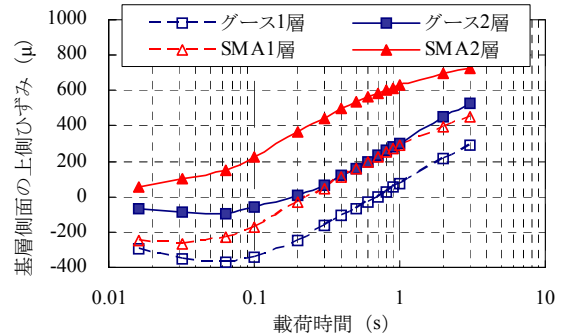


図-11 基層側面上のひずみ測定結果 (40°C)

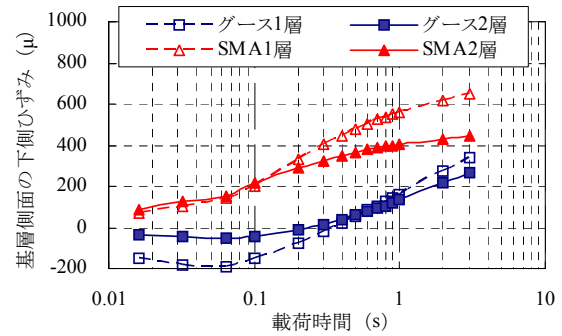


図-12 基層側面の下側ひずみ測定結果 (40°C)

ることから、両混合物とも鋼板との付着は確保できている状態と思われる。

(2) 20°Cでの試験結果

試験温度 20°Cにおける鋼板底面に発生するひずみと載荷時間の関係を図-7 に示す。20°Cでは、基層に SMA 混合物を使用した方が、グース As 混合物を使用した場合と比較して鋼板底面に発生するひずみが大きくなる傾向を示した。その傾向は載荷時間が長くなるほど大きくなった。また、As 混合物が 1 層よりも 2 層の場合、すなわち舗装厚を厚くした方が、鋼板底面に発生するひずみを抑制できることが確認できた。

図-8 および図-9 に As 混合物側面のひずみ測定結果を示す。基層側面上に発生するひずみは、As 混合物を 2 層にした場合の方が少なくなった。これは 5°C の場合と

同様に、測定位置が圧縮縁から遠ざかるためと考えられる。

基層側面の下側のひずみは、基層にグース As 混合物を使用した場合は圧縮ひずみが、SMA 混合物を使用した場合には引張ひずみが測定された。このことより、試験温度 20°Cでは、グース As 混合物は鋼板との付着がよく、鋼板と一体化しているが、SMA 混合物は鋼板と十分な付着が確保できず、界面ですべりが発生していることから SMA 混合物下面に引張ひずみが発生していると考えられる。

上記の考察より、5°C、20°Cでは、As 混合物と鋼板との合成梁と考えた場合の挙動と概ね一致する傾向が見られた。

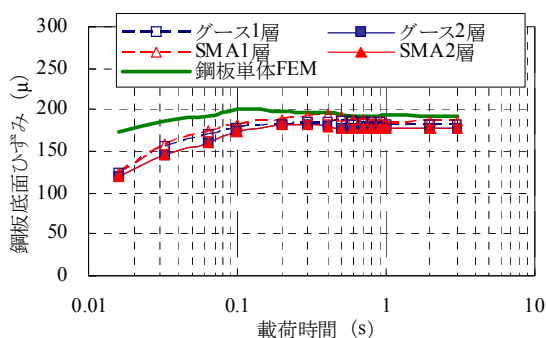


図-13 鋼板底面ひずみ測定結果 (60°C)

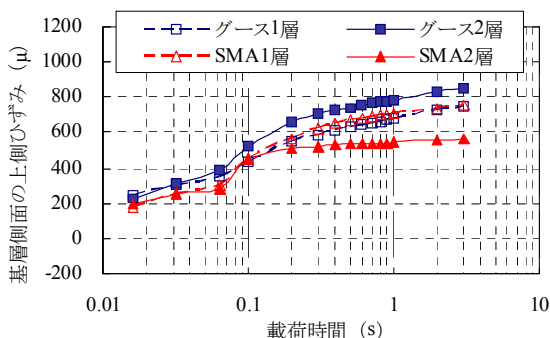


図-14 基層側面上側ひずみ測定結果 (60°C)

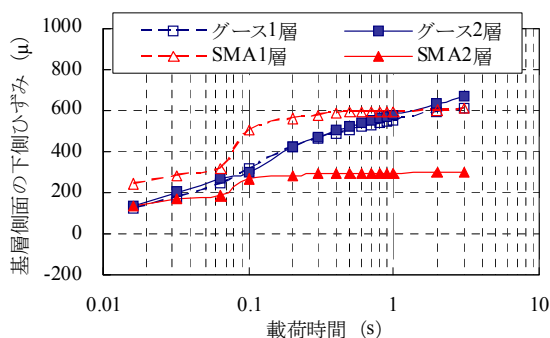


図-15 基層側面下側ひずみ測定結果 (60°C)

(3) 40°Cでの試験結果

試験温度 40°Cにおける鋼板底面に発生するひずみと荷重時間の関係を図-10 に示す。試験温度 40°Cにおいてもグース As 混合物を基層に使用した方が、SMA 混合物を使用した場合よりもひずみ低減効果が見られた。しかし、荷重時間が長くなるに従って、その差は小さくなった。また、As 混合物の厚さの影響も小さくなった。As 混合物を 2 層とした複合供試体は、鋼板単体のひずみと比較して、荷重時間が 0.02 秒程度では鋼板底面に発生するひずみが 3 割程度となるが、荷重時間が 3 秒程度では、8~9 割程度となり、ほとんど鋼板底面に発生するひずみを抑制しないことがわかった。荷重時間 0.02 秒を、仮に接地長さ 20cm のタイヤが通過する時間に単純に換算した場合、車両の速度は 36km/h となる。室内試験の荷重時間を実道での荷重時間に正確に換算するには、さらに厳密な

検討が必要になるものの、概ね高速道路で通常で速度で車両が走行した場合は、As 混合物層は鋼床版に発生するひずみ抑制に寄与できるが、渋滞を起こしているような場合にはひずみ抑制に寄与できないと考えられる。

図-11 および図-12 に As 混合物側面のひずみ測定結果を示す。基層側面の下側において、As 混合物厚さを変化させても、20°C の場合と比較して発生するひずみの差が小さくなった。

また、グース As 混合物も 0.02 秒あたりから引張り側のひずみへと移行していることから、40°C となるとグース As 混合物も鋼板との付着が十分確保できなくなり、界面ですべりが発生していると考えられる。

このように各供試体において As 混合物側面の測定値が引張り側に増加しているのは、合成梁の挙動でなくなっていることに加え、実供試体では As 混合物のステイフネスが小さいために荷重版と鋼板に挟まれた As 混合物がスパン直角方向にも膨らんでいる可能性もあり、これらの影響が表れているものと考えられる。

この挙動については、5 章で線形弾性 FEM を用いて検討することとした。

(4) 60°Cでの試験結果

試験温度 60°Cにおける鋼板底面に発生するひずみと荷重時間との関係を図-13 に示す。試験温度 60°Cでは、基層にグース As 混合物、SMA 混合物のいずれを設置しても発生するひずみに大きな差が見られなかった。また、As 混合物が基層のみの 1 層複合供試体と表層に密粒度 As 混合物を設置した 2 層複合供試体を比較しても、発生するひずみに変化はなく、鋼板単体のひずみと比較すると、As 混合物によるひずみ抑制効果は現れない結果となった。以上より、60°Cのような高温域では、As 混合物の種類や厚さを変化させても鋼床版に発生するひずみ抑制に寄与できないと考えられる。

図-14 および図-15 に As 混合物側面のひずみ測定結果を示す。SMA 混合物を設置した場合は、基層側面の下側のひずみが、As 混合物を 2 層にした場合の方が小さくなっているが、その他は As 混合物が 1 層と 2 層の供試体で大きな差は見られなかった。このため、鋼板の底面ひずみと同様に、表層の密粒度 As 混合物は基層のひずみ抑制にもほとんど寄与できないと考えられる。

60°Cの結果も 40°Cの結果と同様に合成梁の挙動のみでは試験結果を説明することはできないものであった。

5. 試験結果と FEM の整合性

図-16 に示すようなモデルで As 混合物を 2 層とした複合供試体を線形弾性 FEM でモデル化し、曲げ試験結果と解析結果との整合性を確認した。FEM ソフトは MIDAS/FEA を使用し、3 次元で曲げ試験をモデル化した。

FEM 解析を実施するにあたり, As 混合物の材料定数と境界条件を設定する必要があることから, 以下の条件とすることとした。

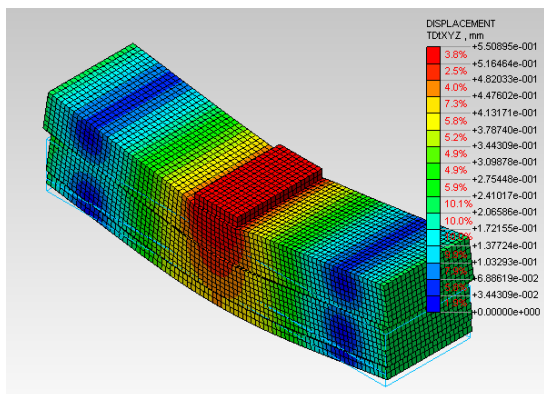


図-16 線形弾性FEMモデル化概要図

① 今回曲げ試験を実施した応力レベルにおいて, 20℃で一軸圧縮試験と As 混合物単体での曲げ試験を実施した結果, 両者から得られたスティフネスは概ね同じであった⁷⁾。このことから, FEM 解析に用いる As 混合物の弾性係数 (スティフネス) は, 図-2, 図-3 に示す一軸圧縮試験より求めた値とした。

② As 混合物のポアソン比は 0.4 とした⁵⁾。

③ As 混合物と鋼板との境界にはバネを設置し, バネ値は As 混合物 1 層複合供試体曲げ試験で基層側面の下側に発生するひずみが試験値と解析値で一致するような値とした。

④ As 混合物表基層間の接着は剛結状態とした。

以上に挙げた条件で, 各载荷時間ごとに As 混合物の材料定数と境界条件を入力して FEM 解析を実施し, 曲げ試験

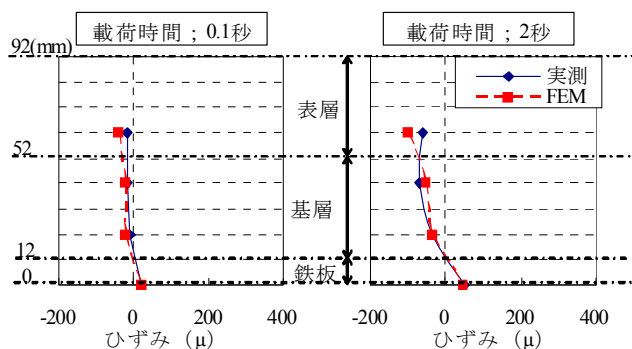


図-17 実測値と解析値の比較 (グース 2 層, 20℃)

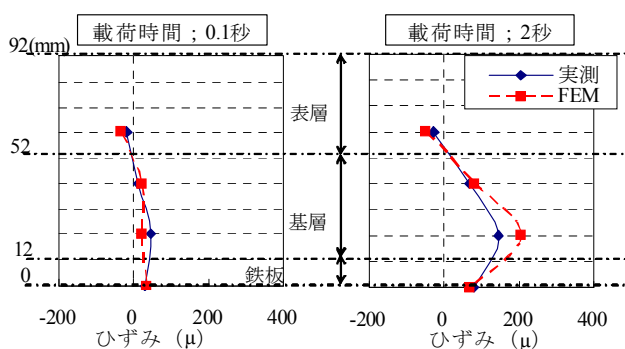


図-20 実測値と解析値の比較 (SMA2 層, 20℃)

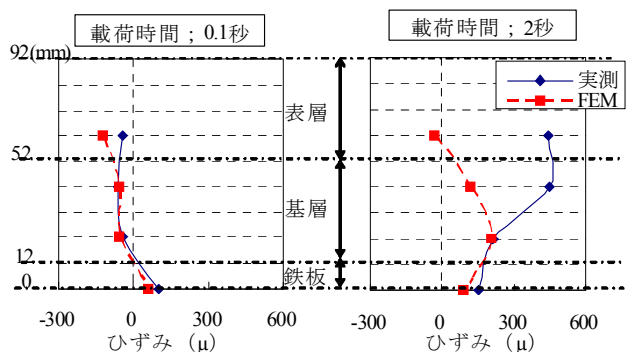


図-18 実測値と解析値の比較 (グース 2 層, 40℃)

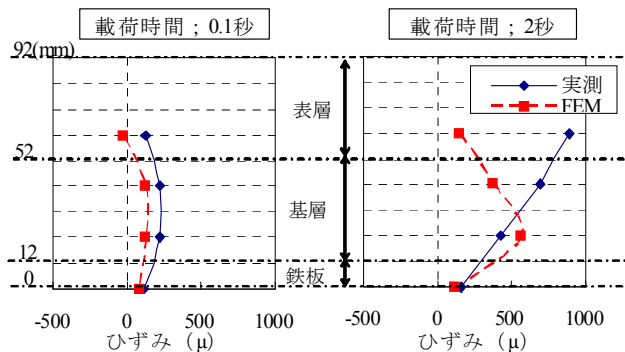


図-21 実測値と解析値の比較 (SMA2 層, 40℃)

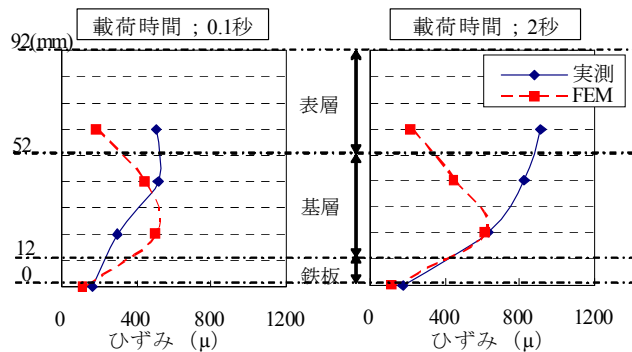


図-19 実測値と解析値の比較 (グース 2 層, 60℃)

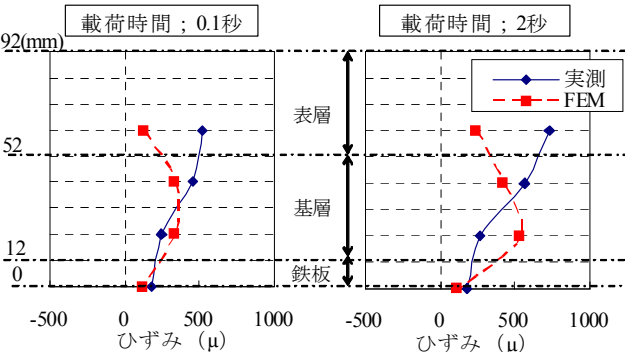


図-22 実測値と解析値の比較 (SMA2 層, 60℃)

表-2 解析条件を変化させた場合の実測値と解析値の比較

解析条件 No.	As混合物スティフネス		境界条件		実測値or 解析値	ひずみ (μ)			
	表層	基層	表基層	基層鉄板		表層下部	基層上部	基層下部	鉄板底面
—	試験結果				実測値	891	697	430	159
解析条件①	図-3の値	図-3の値	剛結	バネ※	解析値	144	374	566	115
解析条件②	図-3の1/2	図-3の1/2	剛結	バネ※		563	744	726	132
解析条件③	図-3の1/4	図-3の1/2	剛結	バネ※		1532	1584	1173	142
解析条件④	図-3の値	図-3の値	非接着※※	非接着※※		952	132	753	167

※「バネ」は図-17～図-22で使用した条件と同一

※※「非接着」は境界層に非常に小さなバネ定数を設置

験の実測値と比較した。

各供試体の試験温度 20℃、40℃、60℃の荷重時間 0.1 秒と 2 秒において、縦軸に供試体断面位置、横軸に実測あるいは解析した水平方向ひずみを示した結果を図-17 から図-22 に示す。

図-17 と図-20 より、試験温度 20℃では、基層をグース As 混合物とした供試体、SMA 混合物とした供試体ともに曲げ試験の実測値と FEM 解析値との整合が取れていた。

図-18 と図-21 より、試験温度 40℃でも、荷重時間が 0.1 秒では、概ね実測値と FEM 解析値の整合が取れていた。しかし、荷重時間が 2 秒になると実測値と FEM 解析値に違いが見られた。特に As 混合物のひずみでは上部のひずみほど違いが見られ、水平方向に発生するひずみは、実測値の方が引張側に大きくなる傾向となった。また、鋼板底面に発生するひずみも実測値の方が大きくなる傾向があり、FEM 解析結果ほどの As 混合物層によるひずみ低減効果が得られていないことがわかった。

図-19 と図-22 より、試験温度 60℃でも試験温度 40℃の荷重時間 2 秒の場合と同様に、As 混合物側面ひずみ、鋼板底面のひずみはともに実測値と FEM 解析値で違いが生じていた。

実測値と解析値に違いが見られたことについては、今回使用した As 混合物の材料定数や境界条件の設定が適切でない可能性があるため、いくつかの条件を変えて解析を実施した。SMA 混合物を基層に用いた 2 層複合供試体の 60℃、荷重時間 2 秒における解析結果と実測値の比較を表-2 に示す。

解析条件①は図-22 に示す解析結果である。解析条件②や③のように As 混合物の弾性係数（スティフネス）を小さくすれば、鋼板底面に発生するひずみは実測値に近づくが、As 混合物に発生するひずみも実測値よりも大きくなりすぎる。解析条件④のように各層の接着が確保できず、重ね梁のような状態になっている条件では、鋼板底面に発生するひずみは実測値と同程度になるが、As 混合物内に発生するひずみの連続性が取れなくなるために実測値との整合が取れない。As 混合物は鋼板に近づくほど引張りひずみが小さくなっているため、いくらかは鋼板と

As 混合物は接着を確保していると考えられるが、その場合、As 混合物が弾性体挙動として鋼板の底面に発生するひずみの抑制効果があるはずである。しかし、実測値には現れていない。材料定数、解析条件やモデルを変化させれば少しは整合していく可能性はあるが、根本的な解決にはならず、線形弾性 FEM では実測値の再現が難しいと考えられる。

このような場合、線形粘弾性解析を実施すれば鋼板と As 混合物に発生するひずみに整合が得られる可能性はある。しかし、温度や荷重時間条件によっては As 混合物は連続体というよりも、むしろ粒状体の力学特性に共通する部分も多いと考えられる知見もあり⁸⁾、As 混合物層のひずみまで整合が取れる解析手法については、今後も検討を継続する必要がある。

6. まとめ

本研究では、As 混合物層の鋼床版に発生するひずみ抑制効果について、室内で As 混合物と鋼板との複合供試体の曲げ試験を実施することにより、試験温度、荷重荷重時間の影響と変化を調べた。また、線形弾性 FEM 解析の適用性も検討した。得られた知見をまとめると、以下のとおりとなる。

- 1) 試験温度が 20℃までと 40℃の荷重荷重時間が高速道路で通常で速度で車両が走っているような短い範囲では、As 混合物層により、鋼板底面に発生するひずみを抑制する効果が見られた。その程度は、As 混合物のスティフネスが大きくなるほど、またスティフネスが大きくなる低い温度ほど、荷重荷重時間が短いほど、大きくなる傾向となった。その範囲では鋼板底面に発生するひずみと As 混合物に発生するひずみがともに実測値を線形弾性 FEM で再現することが可能であった。
- 2) 試験温度が 40℃で車両がほとんど停止しているような荷重荷重時間が長い範囲や 60℃では、As 混合物層による鋼板底面のひずみ抑制効果は見られなかった。鋼板底面に発生するひずみの実測値は、線形弾性 FEM で各層の境界を付着させないで重

ね梁とした状態と同程度となった。しかし、As 混合物内と鋼板に発生するひずみの解析値と実測値の整合が取れる解析条件を設定することは、線形弾性 FEM では困難であった。

- 3) 基層に使用する As 混合物は、試験温度が 20℃と 40℃でグース As 混合物を使用した方が SMA 混合物を使用するよりも鋼板のひずみ低減効果が大きかった。この理由としては、グース As 混合物のステイフネスが SMA 混合物のステイフネスよりも大きいことが挙げられるが、もう一つとしては、今回試験した鋼板との付着条件では、グース As 混合物の方が SMA 混合物よりも完全に付着した状態に近く合成効果が得られたと考えられることも挙げられる。SMA 混合物については 20℃程度から混合物側面の下側に引張りひずみが発生しており、鋼板との付着の確保など、舗装の耐久性の観点からも今後の検討課題であることもわかった。

本研究から、室内試験で鋼床版のひずみ抑制に対する As 混合物層の効果を As 混合物層、試験温度、荷重載荷時間ごとに定量的に示すことができた。今後は実橋においての調査結果と照らし合わせながら整合性を確認していく。また、高温域における鋼床版上の As 混合物の挙動把握については多くの課題が残っているため、今後も検討を続けていく。

謝辞：本研究を行うにあたって、阪神高速道路舗装技術委員会吉田委員長（神戸大学准教授）に多大なる御指導、

御助言を承りました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 堀江佳平, 高田佳彦：阪神高速道路の鋼床版疲労損傷の現状と取組み, 鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集 Vol.10, pp.55-69, 2007.
- 2) 佐藤彰紀, 久利良夫, 丹波寛夫, 鎌田修：舗装の種別および床版との付着条件が鋼床版に与える影響に関する研究, 第 28 回日本道路会議, No.32070, 2009.
- 3) John D. Ferry：高分子の粘弾性, 東京化学同人, 1964.
- 4) 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, 土木学会論文集 第 254 号, pp.107-117, 1976.
- 5) 久利良夫, 佐藤彰紀, 鎌田修, 芳賀潤一, 児玉孝喜：高温域を考慮したアスファルト混合物のステイフネス測定に関する研究, 第 13 回舗装工学講演会論文集, pp.39-46, 2008.
- 6) 笠原篤, 菅原照雄：繰返し載荷過程におけるアスファルト混合物の動的性状の変化について, 土木学会論文集, 第 235 号, pp.87-98, 1975.
- 7) 久利良夫, 佐藤彰紀, 丹波寛夫, 鎌田修, 芳賀潤一, 坂本康文, 山崎泰生：一軸圧縮試験と曲げ試験で求めたアスファルト混合物のステイフネスに関する研究, 第 44 回地盤工学研究発表会, pp.889-890, 2009.
- 8) 高橋修, 竹内康, 田口仁：個別要素法によるアスファルト混合物解析要素パッキングに関する一検討, 第 2 回舗装工学講演会論文集, pp.229-237, 1997.

A STUDY ON EFFECT OF ASPHALT MIXTURE ON THE STRAIN OF STEEL DECK PLATE

Yoshio HISARI, Akinori SATO, Naohiro KANJO,
Osamu KAMADA and Jyunichi HAGA

It is known that the stiffness of asphalt varies according to the test circumstances like temperature and loading time. The stiffness of asphalt can influence the deformation of the steel deck plate, and it is useful for estimating the fatigue of the plate to quantify the effect of the asphalt pavement.

In this study, the bending test of the specimen that simulates the pavement on the deck plate is carried out. To investigate the effect of temperature, the test is carried out at 20, 40 and 60 degrees Celsius. The result shows the pavement tends to reduce the flexure of the plate at 20C, but this effect get smaller at 40, 60C. Also, the load keeps constantly for 3 seconds and the deformation changes of the plate is measured. The result shows that the longer the loading time is, the larger the deformation of the plate gets at each temperature.

In addition, the applicability of finite element analysis which identifies asphalt concrete as liner elastic model to the result of the test is studied. The analytical value tends to fit the result of the bending test at 20C. But, it doesn't fit at 60C.