

鋼床版に対するアスファルト舗装の影響に関する研究

阪神高速道路管理技術センター	正会員	○久利	良夫
阪神高速道路	正会員	佐藤	彰紀
阪神高速道路	正会員	丹波	寛夫
鹿島道路	正会員	鎌田	修

1. 背景および目的

近年、道路橋鋼床版の疲労損傷が問題となっている。アスファルト舗装が舗装されている鋼床版の疲労損傷を把握する手法としては、有限要素法（以下、FEM）で鋼床版に発生する応力やひずみを推定する方法が考えられる。しかし、アスファルト混合物の弾性係数（スティフネス）は温度や荷重時間によって変化することが知られている。また、鋼床版とアスファルト混合物の界面の状況が鋼床版へ与える影響も大きいと考えられる。そこで本研究では、アスファルト混合物と鉄板の接着条件を変えた複合供試体を作製して曲げ試験を実施し、境界面の違いによる影響を確認するとともに、曲げ試験をモデル化した線形弾性FEM解析結果と比較し、実験の測定値（以下、実測値）とFEM解析値との比較検討を行った。

2. 曲げ試験方法

本研究で使用した混合物は、ポリマー改質アスファルトⅡ型を使用した密粒度アスファルト混合物（以下、As混合物）とした。図-1に示すように400×100×40(mm)の混合物を $t=12\text{mm}$ の鉄板上に設置した。As混合物と鉄板の境界は、剛結状態を模擬しエポキシ樹脂で接着した供試体（以下、エポキシ供試体）、路盤紙を設置してグリースを塗布し非接着状態を模擬した供試体（以下、非接着供試体）、さらに実際に道路橋で使用されているアスファルト系塗膜防水材を用いた供試体（以下、防水層供試体）とした。

曲げ試験はスパン300mmとして、試験温度20℃、40℃、60℃において静的に荷重を3秒間一定荷重させた。荷重圧は 0.275N/mm^2 とした。荷重温度・時間ごとの複合体の合成効果を確認するため、鉄板底面に図-1のようにひずみゲージを貼付した。また、高温時や荷重時間が長くなると実測値と解析値とは差は出る¹⁾ものの、両者を比較するために、As混合物側面の上部から1cm（以下、上部ひずみ）、下部から1cm（以下、下部ひずみ）にもひずみゲージを貼付した。

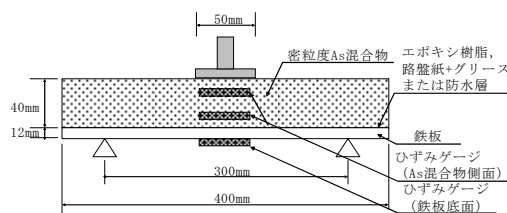


図-1 曲げ試験概要図

3. FEM解析方法

線形弾性FEMは市販ソフトであるMIDAS/FEAを使用し、3次元で曲げ試験をモデル化した。As混合物と鉄板の境界条件は、バネ定数が極めて高いバネを設置して剛結を模擬したモデル（以下、FEM（剛結）モデル）とバネ定数が極めて低いバネを設置して非接着状態を模擬したモデル（以下、FEM（非接着）モデル）を作成し、解析を実施した。材料定数であるAs混合物のスティフネスは、昨年度提案した²⁾一軸圧縮試験で求め、図-2のような結果を得た。ポアソン比は測定結果から0.4とした。また使用した鉄板の弾性係数は、鉄板単体での実験結果から $E=200,000\text{N/mm}^2$ とした。

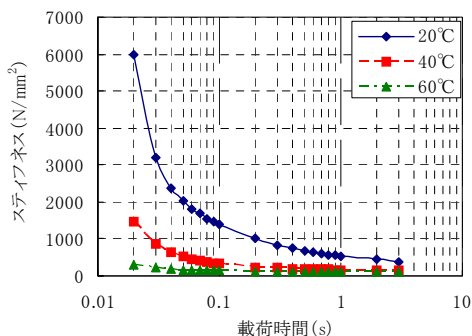


図-2 密粒度アスファルト混合物のスティフネス

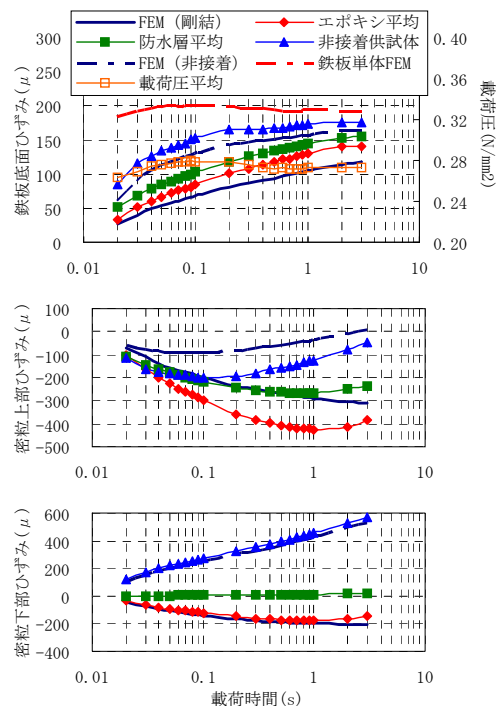


図-3 20℃における複合体曲げ試験結果

キーワード 鋼床版、アスファルト舗装、合成効果、有限要素法（FEM）、曲げ試験、ひずみ

連絡先 〒541-0054 大阪市中央区南本町 4-5-7 (財) 阪神高速道路管理センター TEL 06-6244-6043

4. 試験結果

20℃での曲げ試験結果と FEM 解析結果を図-3 に示す。鉄板底面のひずみを見ると、エポキシ供試体は FEM (剛結) 解析値と、非接着供試体は FEM (非接着) 解析値とそれぞれ同程度のひずみとなった。防水層供試体は両実測値の中間の値であり、接着条件による明確な差が確認できた。また、鉄板単体での FEM 解析値と比較すると、複合体の鉄板底面のひずみは低減されることが確認できた。As 混合物内部のひずみは、上部・下部ひずみ共に解析値と同様の傾向が確認できた。

40℃での曲げ試験結果と FEM 解析結果を図-4 に示す。鉄板底面に発生するひずみは、20℃の場合と比較してエポキシ供試体と防水層供試体間での差が小さくなり、FEM 解析値との比較では FEM (非接着) 解析値に近づくことが分かった。鉄板単体での FEM 解析値と比較すると、若干ではあるものの鉄板底面に生じるひずみが抑制されることが分かった。As 混合物内のひずみは、載荷初期段階である 0.1 秒程度までは 20℃同様解析値に近い傾向が確認できたが、時間の経過に伴い徐々に解析値との差が見られる結果となった。

60℃での曲げ試験結果と FEM 解析結果を図-5 に示す。鉄板底面に発生するひずみの実測値は接着層の違いによる明確な差は測定されず、鉄板単体での FEM 解析値とも同程度であった。また、As 混合物内の下部ひずみは、非接着供試体実測値と FEM (非接着) 解析値が乖離した。これは、60℃ではアスファルトが粘性を持ち、As 混合物が弾性的に界面で滑る状況とは異なったことが一因と考えられる。

また、40℃と 60℃で載荷時間のごく短い領域で解析値と大きく異なっているのは、静的載荷による影響と考えられる。

5. まとめ

本研究で得られた結果をまとめると以下ようになる。

- ① As 混合物と鉄板の境界条件の違いによる実測値への影響は、20℃ではそれぞれの境界条件により鉄板底面に発生するひずみに明確な差があった。しかし、60℃では境界条件の違いによる測定値の差はみられず、エポキシ供試体、防水層供試体および非接着供試体全てでほぼ同程度の値を測定した。
- ② 鉄板底面ひずみの実測値と鉄板単体の FEM 解析値を比較すると、20℃では As 混合物によるひずみの大幅な抑制効果が確認できた。しかし、60℃においては鉄板単体での FEM 解析値と複合体実測値はほぼ同程度であり、ひずみの抑制効果は確認できなかった。
- ③ As 混合物内に発生するひずみは、20℃の上部ひずみ、60℃の非接着供試体下部ひずみ以外は、概ね実測値と FEM 解析値とは同様の傾向を示すことが確認できた。

6. おわりに

本研究で実施した曲げ試験では、20℃では As 混合物と鉄板の合成効果により鉄板に発生するひずみが抑制させることが分かった。その程度は As 混合物と鉄板の境界条件の影響も受けていた。しかし、60℃では As 混合物と鉄板の合成効果がみられず、鉄板単体の FEM 解析値と同程度となっていた。また境界条件がエポキシ樹脂接着でも非接着でもほとんど実測値が変わらない結果となった。これは、エポキシ樹脂が高温で接着性が低温時より低下している影響か、As 混合物が高温時は鉄板と比較してスティフネスが極端に小さく、鉄板に発生するひずみの抑制効果に寄与できていない状態となっている影響であるかは、本検討だけでは判断できない。今後は鉄板や As 混合物の厚さ、測定箇所、載荷条件等を検討して試験を実施するとともに、FEM 解析時の As 混合物と鉄板との境界条件についても検討を行っていく。

【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）に多大なるご指導、ご助言を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献 1) 佐藤他：アスファルト混合物のひずみ特性と線形弾性 FEM の整合性に関する基礎的研究, 第 64 回土木学会年次学術講演会講演集, 2009. 2) 芳賀他：高温域を考慮したアスファルト混合物のスチフネス推定方法に関する研究 (その 1), 第 63 回土木学会年次学術講演会講演集, 2008.

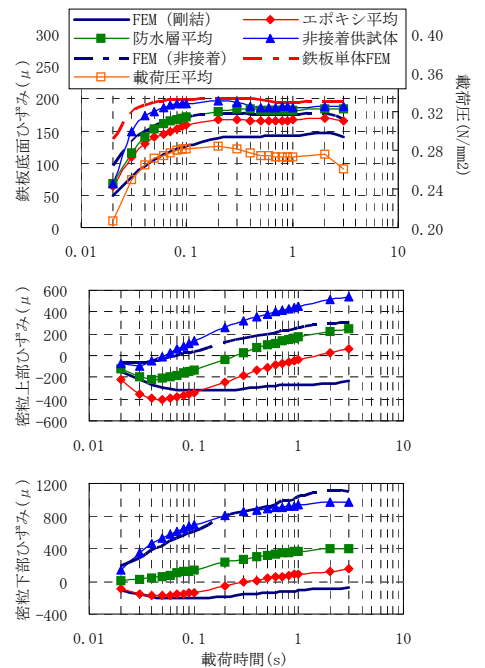


図-4 40℃における複合体曲げ試験結果

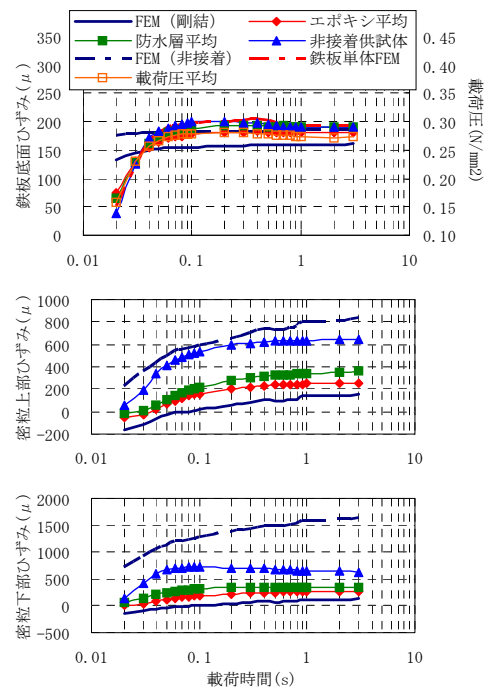


図-5 60℃における複合体曲げ試験結果