

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

阪神高速道路	正会員	○佐藤	彰紀
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	閑上	直浩
鹿島道路	正会員	芳賀	潤一

1. 背景および目的

交通荷重による舗装の変形や、橋梁床版への影響を推定する場合、有限要素法（以下、FEM）等による解析が行われている。アスファルト混合物は温度と時間によって弾性係数（スティフネス）が変化する粘弾性体であるが、一般的に車輪走行により発生するひずみはアスファルト混合物の破壊に至るひずみの数%に過ぎず、線形弾性解析で十分に対応できるとされている¹⁾。しかし、温度や載荷速度によっては、鋼床版上の舗装の挙動について線形弾性解析では十分に整合性が得られない可能性がある。

そこで本研究では、室内試験での小型供試体を使用して、線形弾性 FEM で曲げ試験をモデル化した場合の解析値がアスファルト混合物の挙動を再現できるかを確認するために、多数のひずみゲージを貼付したアスファルト混合物と鉄板からなる複合供試体の曲げ試験を実施し、実験供試体の挙動（以下、実測値）と線形弾性 FEM 解析結果（以下、FEM 解析値）の整合性を確認した。

2. 多数のひずみゲージを貼付した複合供試体曲げ試験概要

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。400×100×40mm の As 混合物を図-1、図-2 に示すように $t = 12\text{mm}$ の鉄板上に設置した。接着面はダイヤモンドカッターで骨材を露出させた後、エポキシ樹脂で鉄板と接着させ、As 混合物と鉄板とが剛結したモデルを再現した。

供試体側面は、底面部と同様にカッティングし骨材面を露出させサンドペーパーで研磨することにより、貼付したひずみゲージが油分で滑ることを防止した。横方向のひずみゲージは図-1 に示すように、縦方向は図-2 に示すように多数貼付した。横ひずみゲージは列毎に測定を行い、②と⑤、③と⑥は左右同一箇所であるため、解析値との比較には平均値を用いた。縦ひずみゲージは測定機器上一度での計測が出来ないため、2回に分けて計測した。また試験温度は 20℃、40℃、60℃とし、載荷は一定荷重載荷であるクリープ試験で載荷応力は 0.275N/mm^2 とした。またスパン長は 300mm、載荷版の幅は 50mm とした。

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次元で図-3 のように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を作成して解析を実施した。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⁾一軸圧縮クリープ載荷試験で求めた測定値を使用した。また、ポアソン比は昨年度の測定結果から 0.4 とした。使用した鉄板の弾性係数に関しては、鉄板単体での実験結果から $E = 200,000\text{N/mm}^2$ とした。

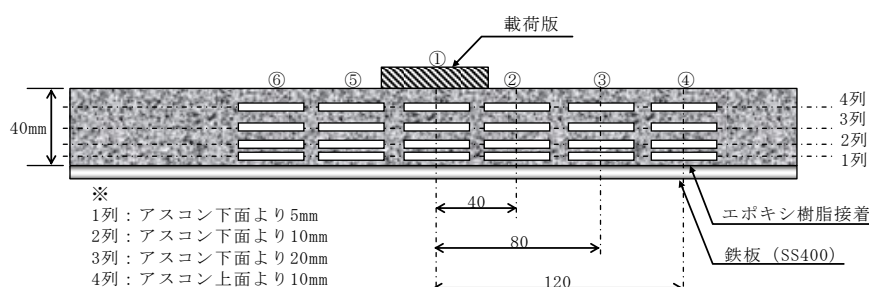


図-1 横ひずみゲージ貼付供試体

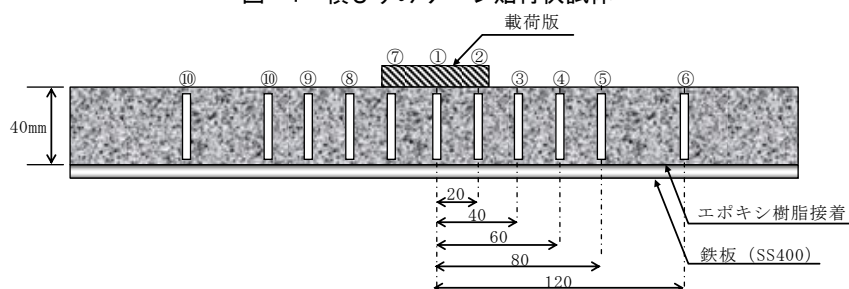


図-2 縦ひずみゲージ貼付供試体

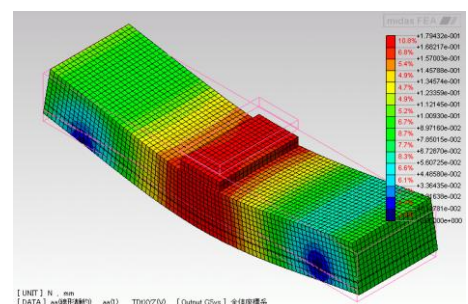


図-3 線形弾性 FEM モデル

キーワード アスファルト混合物、スティフネス、有限要素法 (FEM)、試験温度、載荷時間、ひずみ

連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3 阪神高速道路㈱ 技術部 TEL 06-4963-5790

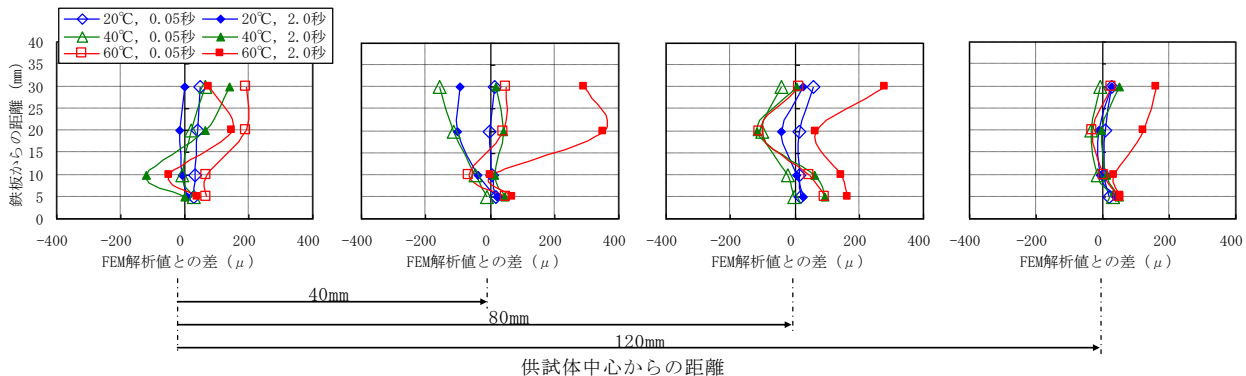


図-4 横ひずみ測定値と FEM 解析値との差

4. 試験結果

(1) 横ひずみ測定結果

横ひずみ実測値と FEM 解析値との差を図-4 に示す。全体的には載荷版との距離に近い供試体上部ほど、実測値と FEM 解析値との差が大きくなった。特に 60°C の載荷時間 2 秒経過後の実測値は FEM 解析値と大きく異なった。その傾向は 20°C および 40°C よりも大きかった。また、供試体中心より 120mm に貼付した外側のひずみは他の箇所と比較して、概ね FEM 解析値と実測値が一致した。

(2) 縦ひずみ測定結果

縦ひずみの測定結果を図-5 から図-7 に示す。全ての試験温度で、供試体の中心部より外側に貼付されたひずみゲージの実測値と FEM 解析値は概ね一致する傾向となった。供試体中心部では、20°C の載荷時間 0.5 秒で実測値と FEM 解析値とよく一致したものの、それ以外では異なる結果となった。載荷時間の経過による影響に関しては、全ての試験温度で、載荷時間が長くなるほど中心部のひずみが実測値と FEM 解析値で差が大きくなる傾向にあった。

5. まとめ

供試体に発生する横ひずみ分布、縦ひずみ分布をひずみゲージを多数貼付する事により、実測値と線形弾性 FEM 解析値との整合性を確認した。その結果、以下のことが分かった。

- ① 測定箇所による影響としては、全体的に縦ひずみは、荷重載荷版直下で実測値と FEM 解析値の差が大きくなった。横ひずみは、供試体上部で差が大きくなった。よって、荷重載荷版付近は供試体が線形弾性 FEM 解析と異なる挙動を示していると考えられる。
- ② 載荷時間の影響では、縦ひずみではすべての試験温度において、載荷時間が長くなるほど実測値と FEM 解析値の差が大きくなる傾向が見られた。横ひずみは異なる傾向が見られる箇所があるものの、全体的には概ね同様の傾向が得られた。

6. おわりに

本研究では、一軸圧縮試験で求めたスティフネスを使用して、As 混合物と鉄板の複合供試体で曲げ試験を実施して、実測値と線形弾性 FEM 解析値の比較検討を行った。その結果、載荷版付近や載荷時間が長くなった場合は、実測値と FEM 解析値の差が大きくなる傾向が得られた。今後は、解析に入力する材料定数の求め方、線形弾性 FEM の限界、温度や載荷時間に合わせた最適な解析方法の検討等を実施して、鋼床版上の As 舗装の挙動について検討を続けていきたいと考える。

【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) (社) 土木学会：舗装工学，丸善，1995。 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。

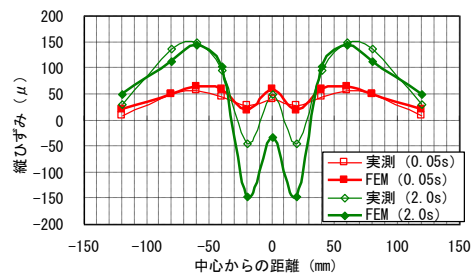


図-5 縦ひずみと FEM 解析値の比較 (20°C)

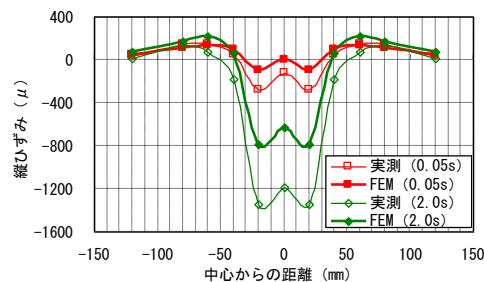


図-6 縦ひずみと FEM 解析値の比較 (40°C)

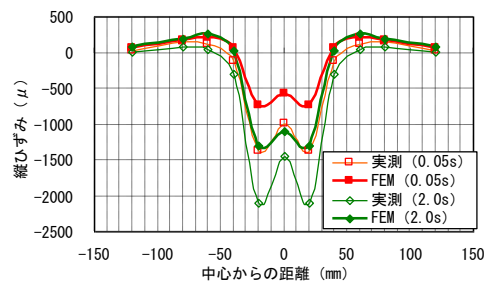


図-7 縦ひずみと FEM 解析値の比較 (60°C)