

半たわみ性材料によるオーバーレイに対する 3 次元 FEM による解析

運輸省港湾技術研究所 正会員 坪川将丈
運輸省港湾技術研究所 正会員 八谷好高

1.はじめに

半たわみ性材料は、アスファルトのたわみ性とコンクリートの剛性を併せ持った特徴を有している¹⁾。乾燥収縮や温度変化が主要因と考えられるひび割れを防ぐために、オーバーレイ層にカットによる目地を設けた場合、アスファルト舗装の評価に用いられる多層弾性理論、コンクリート舗装の評価に用いられる Winkler 支承と平板理論によるモデルでは評価は難しい。筆者らは、既設アスファルト舗装に半たわみ性材料によるオーバーレイを施した試験舗装に対し、FWD を用いた載荷試験を行った。また、この試験結果を解析するために、半たわみ層と既設アスファルト層の層間付着を考慮した 3 次元 FEM による解析を行い、半たわみ性材料によるオーバーレイを施したアスファルト舗装の評価手法を検討した。

2.半たわみ性オーバーレイ層に対する FWD 載荷試験

運輸省港湾技術研究所野比実験場において、既設アスファルト舗装に対して半たわみ性材料によるオーバーレイを施した試験舗装 (Fig.1) を製作し、走行荷重車による走行試験、FWD による載荷試験を行った。走行試験は航空機荷重を想定した脚荷重 900kN の走行荷重車によって、試験舗装上を計 1000 回走行させた。また FWD 載荷試験は走行試験の前後に計測を行い、オーバーレイ層の劣化、剥離状況の評価を試みた。

Fig.2 に走行試験前後の FWD による実測最大たわみ D_0 をオーバーレイ厚・載荷位置別に示す。走行試験前と比較して走行試験後の最大たわみは、オーバーレイ厚・載荷位置に関わらず 15%程度増加している。また、中央部載荷の場合よりも縁部、隅角部載荷の場合に大きなたわみを呈しており、オーバーレイ層に設けられた目地により、縁部、隅角部が構造上弱くなっていると考えられる。また、たわみはオーバーレイ層の厚い C 区画の方が大きくなっているが、オーバーレイ層に設けたカットによる目地は C 区画の方が深いために、この影響が出たものと考えられる。

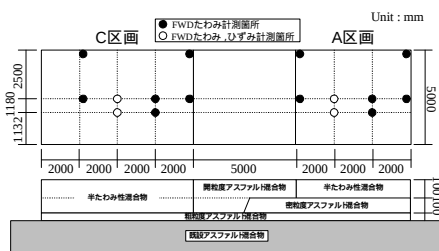


Fig.1 試験舗装平面図，断面図

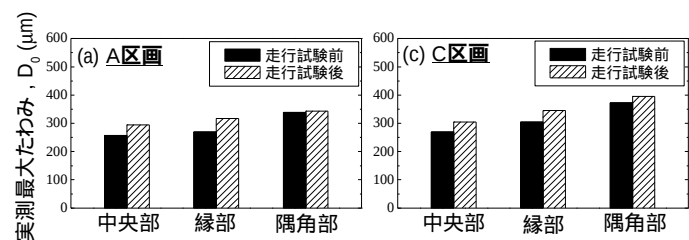


Fig.2 走行試験前後の実測最大たわみ

3.半たわみ性舗装のオーバーレイに対する 3 次元 FEM による解析

前述の試験舗装に対して 3 次元 FEM による解析を行った。使用した力学定数は、多層弾性理論による逆解析プログラム (LMBS²⁾) に、FWD 中央部載荷試験によって得られたたわみ値を入力して A 区画、C 区画各々について算出した。また FEM による解析においては、既設アスファルト層と半たわみ性材料によるオーバーレイ層との層間剥離をモデル化するために、層間の各節点間にバネ要素を挿入した。鉛直方向バネには十分な剛性を持たせ、水平 2 方向のバネは $1 \times 10^2 \sim 1 \times 10^{10}$ (N/mm²) の範囲で変化させることで層間剥離を表現し、解析を行った。

Fig.3 で、A 区画における中央部載荷試験によって発生した最大たわみに関して、FEM による計算値と実測値とを比較した。参考のために、多層弾性理論による解析プログラム (ELSA²⁾) による結果、Westergaard の中央部載荷公式³⁾による結果も併せて示す。中央部たわみに関して FEM による計算値と実測値が一致する場合の層間バネ

Keyword : 半たわみ性舗装, オーバーレイ, FEM, FWD, 空港

連絡先 : 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1

Tel : 0468-44-5026

Fax : 0468-44-4471

定数を比較することで層間の剥離を評価したが、走行試験の前後に関わらず、 1×10^5 (N/mm²) 程度であり、走行試験の影響による層間バネ定数の低減は認められなかった。走行試験の前後において層間バネ定数に差が現れていないのは、オーバーレイ層の弾性係数低減や層間剥離等、走行試験によるであろう影響はすべて、多層弾性理論を用いた逆解析によって算出した弾性係数の値として評価されていることが理由と考えられる。仮に走行試験によるオーバーレイ層の弾性係数低減が無視できるとすれば、Fig.4(a)に示すように、走行試験前の力学定数を使用した FEM によるたわみと、走行試験前後の実測たわみを比較することにより、層間バネ定数は 1×10^5 (N/mm²) から 1×10^3 (N/mm²) 程度まで低減しているといえる。図は省略するが、オーバーレイ層の厚い C 区画においても、A 区画と同程度の層間バネ定数が得られており、オーバーレイ厚の違いが層間剥離の程度に及ぼす影響は大きくないようである。

次に荷重位置の違いに関して Fig.4(b),(c)では縁部、隅角部荷重の場合のたわみを比較した。A 区画における隅角部荷重の場合では、走行試験前後に関わらず層間バネ定数が極めて小さくなっている。半たわみ性材料は、コンクリートとほぼ同等の乾燥収縮特性を持つために (Fig.5), A 区画隅角部では施工後のオーバーレイ層の乾燥収縮が原因で、層間が剥離したと考えられる。

Fig.6 には、上で求めた走行試験前後の層間バネ定数を使用して計算した、オーバーレイ層に発生する最大ひずみ $e_{\max}$ をオーバーレイ厚・荷重位置別に示す。最大ひずみは荷重点直下のオーバーレイ層下面で発生しており、走行試験の前後に関わらず、隅角部荷重の場合に最大ひずみが発生していることから、隅角部荷重の場合に発生する最大ひずみに着目してオーバーレイ層の設計を行なうことが重要である。

4. 結論

以上の結果から、半たわみ性材料によるオーバーレイ層の設計に関して、隅角部荷重の場合のたわみ、ひずみに着目することが重要であることがわかった。また、解析法としては、オーバーレイ層と既設アスファルト層の層間剥離を表現するための層間バネ要素を挿入した 3 次元 FEM モデルが、実現象を再現するのに有用であることがわかった。

5. おわりに

FWD 荷重により発生したオーバーレイ層上面ひずみも計測したが、解析値と比較できる精度をもって計測するには至らなかった。今後、更なるデータの蓄積を経て、層間剥離モデルの精度向上に努めたい。

参考文献

- 1) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱, pp.146, 1988
- 2) <http://www.plan.civil.tohoku.ac.jp/pave/hoso-ml/download.html>
- 3) Westergaard, H.M. : New Formulas for Stresses in Concrete Pavements, Transaction of ASCE, Vol.113, pp.425-444, 1948

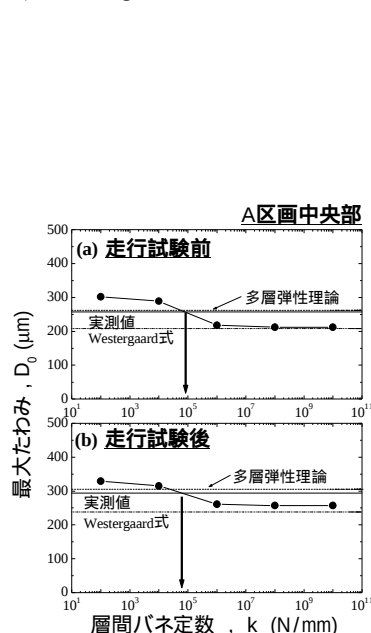


Fig.3 最大たわみの比較

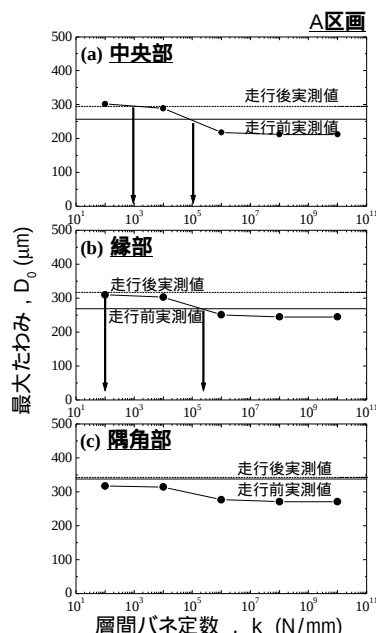


Fig.4 走行試験前後での層間バネ係数

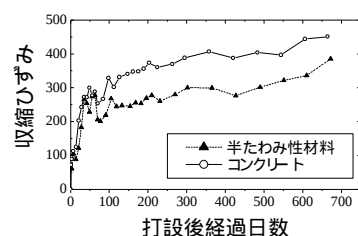


Fig.5 半たわみ材料の収縮ひずみ

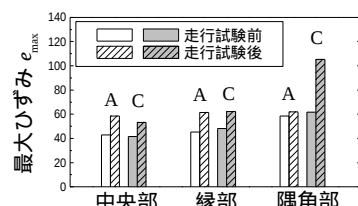


Fig.6 オーバーレイ層に発生する最大ひずみ