

ホワイトトッピングの拘束応力解析に関する一考察

(社)セメント協会・研究所 正会員 吉本 徹
武蔵工業大学工学部 大塚年久

1. はじめに

ホワイトトッピング(WT)工法は、アスファルト舗装の補修工法の一つであり、アスファルト混合物(以下、アスコン)とコンクリートとを一体挙動させるところに大きな特徴があるだけでなく、目地間隔やコンクリート版厚も一般のコンクリート舗装に比べると、かなり小さい。

本研究は、アスコン層を考慮した有限要素法を用いて、コンクリートおよびアスコンの温度変化等による体積変化に起因する拘束応力の算定を行い、WT 工法特有の狭い目地間隔の必要性について検証した。

2. 解析方法

本研究では、WT 構成層の自重を考慮した有限要素法による 2次元弾性解析(2DFEM)による拘束応力の算定を行った。また、解析の精度の向上を図るために、アイソパラメトリック 2次要素を用いた 8 節点四角形要素を用いた。また、入力条件はコンクリート版とアスコン層の自由変形ひずみとし、その値は実物大試験舗装から得られたデータ²⁾を使用した。

3. 計算条件の設定

本解析での計算条件は、表-1 に示すとおりである。ここで、コンクリート以外の材料の弾性係数については、各種載荷試験を実施した実物大試験舗装をモデル化した 2DFEM を用いて、それらの弾性係数をパラメータに試算を行い、決定した。

表-1 計算条件

コンクリートの弾性係数およびポアソン比	34,300N/mm ² , 0.25
コンクリートの単位体積質量	23,520N/m ³
アスコンの弾性係数およびポアソン比	7,840N/mm ² , 0.35
アスコンの単位体積質量	23,520N/m ³
路盤の弾性係数およびポアソン比	98N/mm ² , 0.35
路床の弾性係数およびポアソン比	24N/mm ² , 0.4

4. 解析条件

解析モデルの要素分割は、図-1 に示すように、目地間の連続なコンクリート版 1 枚を対象とし、Y-Y を対称軸とした 1/2 モデルに対して行った。また、断面構成は①コンクリート版、②アスコン層、③路盤、④路床、の 4 層構造とした。コンクリート版とアスコン層は、長期にわたり完全に付着しているという実験結果²⁾より、その境界面には特別な境界要素は導入せず、完全付着状態を再現した。要素数および節点数は、目地間隔 1.2m と 1.8m のモデルの場合は 136 および 461、目地間隔 3.6m の場合は 360 および 1165 である。

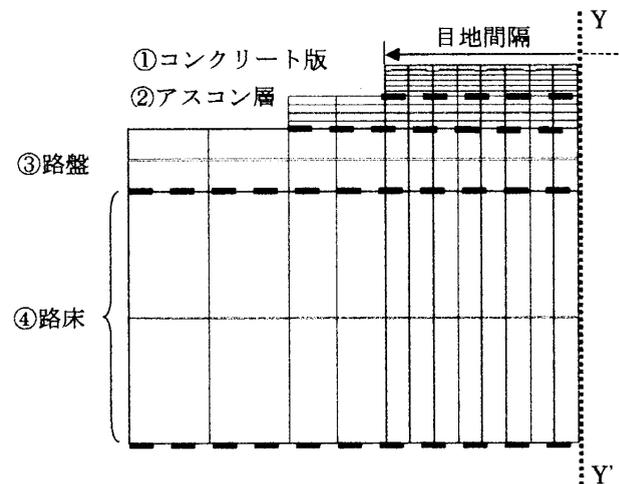


図-1 2DFEM による WT モデル(目地間隔 1.2m)

図-2 は、拘束応力算定時の入力データであるコンクリートおよびアスコンの自由変形ひずみの断面内分布を示したものである。コンクリートの自由変形ひずみは、実物大試験舗装近傍に設置した寸法 500×500mm、高さ 100mm の自由変形測定用供試体からの実測値を用いた。アスコンの場合は、実物大試験舗装より測定したアスコンの温度実測データに熱膨張係数 α_{as} を乗じて算出した。 α_{as} は温度条件やアスファルト量の影響を大きく受ける³⁾ことから、 15×10^{-6} および $30 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の 2 種類とし、これにより解析に用いる自由変形ひずみ分布は図-2 に示すように 2 つのケースを設定した。

キーワード； コンクリート舗装、ホワイトトッピング、拘束、自重、有限要素法、完全付着

連絡先； 〒114-0003 東京都北区豊島 4-17-33 TEL(03)3914-2695 FAX(03)3914-2690

なお、目地間隔は、1.2、1.8 および 3.6m の3種類とし、断面構成層の厚さは、表面からそれぞれ、100mm、100mm、200mm、800mmとした。また、路盤・路床は熱膨張係数をゼロとした。

5. 解析結果

解析結果の一例として、アスコンの熱膨張係数を $15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とした場合 (CASE 1) の発生応力と目地間隔の関係を図-3に示す。算出した応力は、コンクリート版中央部のコンクリートの表面および下面近傍での値である。この図をみてわかるように、コンクリート表面には引張の応力が生じている。これは、コンクリート版が下に凸となるそり変形が、コンクリート版自身の自重で拘束され生じたものと推察される。また、目地間隔が大きくなると発生する応力も大きくなっており、版長が大きいと自重による拘束モーメントが大きくなり、このような傾向になったものと考えられる。図-4は目地間隔1.2mと3.6m版のコンクリート上面について版内応力分布を示したものである。この図をみてわかるように、応力の発生は版中央部付近が最大となり、自重によるそり拘束現象を的確に表現しているものと思われる。

次にアスコンの熱膨張係数の影響をみるために、目地間隔1.2mの場合のCASE 1とCASE 2の解析結果を図-5に示す。この図をみてわかるように、アスコンの熱膨張係数を大きくした場合、図の横軸0.6m付近の自由縁部近傍を除いた全領域で著しく高い拘束応力が発生することがわかる。これは、図-2に示した入力条件である自由変形ひずみ分布から明らかなように、アスコンの軸方向拘束が卓越するために生じたものと考えられる。また、ここでは示していないがコンクリート版下面の発生応力は $10\text{N}/\text{mm}^2$ を越えており、現実的には、アスコン層の拘束により発生する値とは考えにくく、アスコンの熱膨張係数の精査およびアスコンの有する粘弾性特性の把握が重要であると思われる。

6. まとめ

WT構成層の自重を考慮した2DFEMを用いて、自由変形ひずみを入力条件にWTに対する拘束応力の算定を試みた。その結果、アスコンの熱膨張係数を $15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とした場合、目地間隔が3.6mのとき $5\text{N}/\text{mm}^2$ を越える大きな応力が発生するが、1.8m程度以下とすると $3\text{N}/\text{mm}^2$ 程度となった。これらより、WTでは通常のコンクリート舗装とは異なり、かなり小さい目地間隔にする必要があることがわかった。

《参考文献》

- Whitotopping 'State of the Practice', Engineering Bulletin, ACPA, pp45~
- 舗装技術専門委員会報告 R-14 薄層付着型ホワイトトッピングに関する調査・研究, セメント協会, 2001.12
- M. Zeng etc., Nonlinear thermal expansion and contraction of asphalt concrete, Can. J. Civ. Eng. Vol. 26, 1999

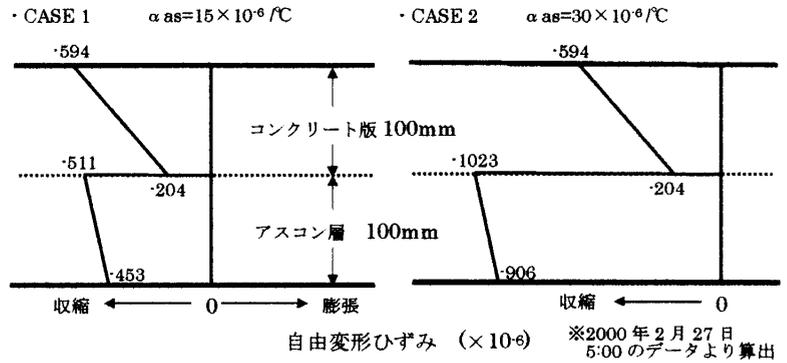


図-2 解析に用いたコンクリートおよびアスコンの自由変形ひずみ

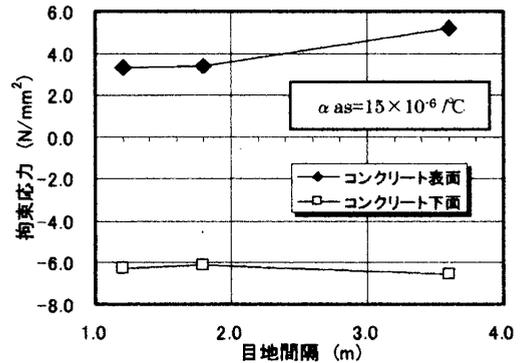


図-3 目地間隔と拘束応力の関係

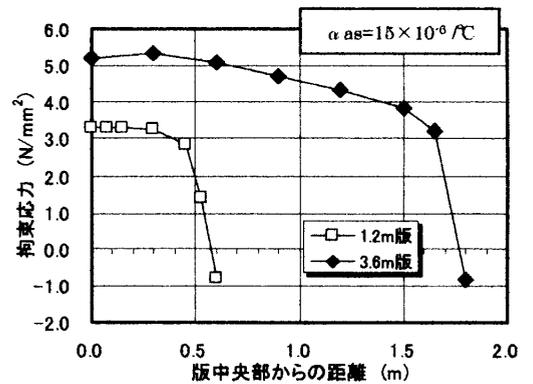


図-4 拘束応力の版長方向分布

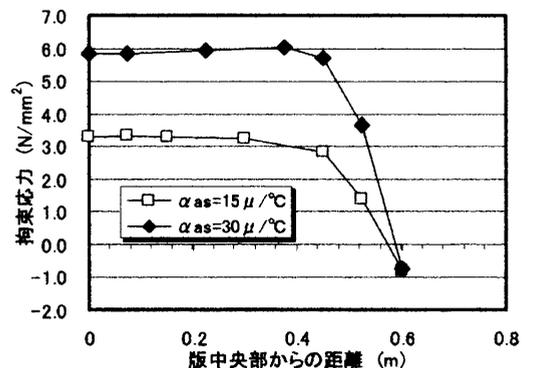


図-5 アスコンの熱膨張係数の影響