

V-39

亀裂を有するアスファルト舗装の粘弾性応力解析

阪神高速道路公団 正会員 岡本信也
 北海道大学 フェロー 森吉昭博
 日本道路 正会員 天野隆明
 北海道大学 向後純一

1.はじめに

アスファルト舗装に亀裂が存在するとアスファルト層の下面の路盤や路床に水が浸透し含水比が変化し支持力の低下や凍上などを引き起こす。これらが舗装構造の損傷原因となる。そのためオーバーレイなどの補修が行われる。しかし、寒冷地において亀裂の上にオーバーレイをしてもすぐ同じ箇所にリフレクションクラックが発生する。リフレクションクラックの発生する原因は輪荷重によるせん断と熱応力による引張と考えられる。そこで本研究では輪荷重と熱応力とによる応力解析を有限要素法を用いて行い、寒冷地におけるリフレクションクラックの発生のメカニズムを明らかにした。また、アスファルト舗装は粘弾性体であり応力を緩和するといった弾性体にはない特徴を持っている。この応力緩和という性質を考慮して解析を行った。

2.理論

粘弾性体の応力を求める式(1)に台形公式を適用して変形し、緩和弾性率を Prony 級数で表す式(2)を

$$\sigma(t) = E(0)\varepsilon(t) - \int_0^t \frac{dE(t-t')}{dt'} \varepsilon(t') dt' \cdots (1) \quad E(t) = A_0 + \sum_{j=1}^q A_j e^{-\frac{t}{\tau_j}} \cdots (2)$$

代入して変形する。その式から体積弾性率と線膨張係数を一定とし等質等方性物質と仮定し変形して要素全体のスティフネス方程式を求めると式(3)になる。式(3)よりひずみ、応力を求める。

$$(K1 + [G(0) - G(\xi_k - \xi_{k-1})]K2)q(t_k) = F(t_k) + H(t_k) + V(t_k) \cdots (3)$$

[G : せん断弾性係数、q : 変位、 ξ : シフト時間、K1, K2 : 定数]
 [F : 輪荷重、H : 熱荷重、V : 記憶荷重]

各層の材料はアスファルト層では室内で作成した密粒度アスファルト（アスファルト量 6%、最大粒径 13mm）（以下 AC6 と呼ぶ）、現場から採取した細粒度ギャップアスファルトコンクリートの横断亀裂が少ない箇所の表層（以下 KSS）、と多い箇所の表層（以下 KSL）の組み合わせとし、基層用混合物（以下 KBS）、上層路盤、下層路盤、路床については実際に使われている材料と常に同じ物である。また、アスファルト層の材料の緩和弾性率、線膨張係数については各々実験により求めた値を使用する。その他、密度、熱伝導率、熱伝達率、比熱などは過去の文献の値を用いた。

3.解析モデル

解析するモデルは舗装の走行方向に対して平行である（図 3-1 参照）。舗装構造はオーバーレイ層、表層、基層、上層路盤、下層路盤、路床とする。モデルの大きさは幅 250cm、深さ 150cm。このモデルは 1cm 刻みの三

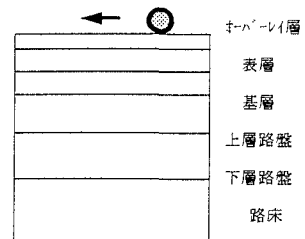


図 3-1 舗装構造

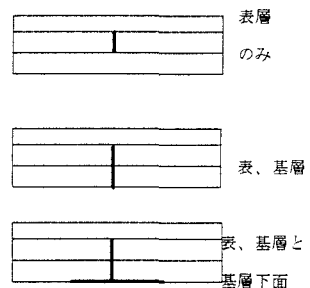


図 3-2 亀裂のパターン

keywords : 亀裂、粘弾性、応力緩和、リフレクションクラック

連絡先 札幌市北区北 13 西 8 北海道大学工学部交通システム工学交通施設管理分野

011-706-6204

角形要素に分割し有限要素法を適用した。亀裂のパターンは 表層に縦亀裂、表、基層に縦亀裂、表、基層に縦亀裂と基層下面に横亀裂があるとする (図 3-2 参照)。外力は以下の二つとする。温度変化 (0.8〜−20℃の間で 24 時間周期) 輪荷重 (タイヤ本当たり 5tf、速さ 60km/h、接地面積 0.04m²) 境界条件は Roller-Fix-Roller で路床下面温度は 3℃とする。

4. 結果

4-1. 応力について

熱応力についての結果を図 4-1 に、輪荷重による応力の結果を図 4-2 に示す。熱応力については外気温が 24 時間周期で変化するのに対し輪荷重については時間間隔が短いため 20 度で一定とした。まず熱応力についてみると亀裂が大きければ大きいほど発生する応力が大きくなっていることが分かる。輪荷重による応力 (σ_x) についても同様のことが言える。次に輪荷重についてはせん断応力と横方向の応力について比較した。すると輪荷重によって破壊するというのはせん断によって破壊する言われているが 20 度もの低温になるとせん断応力よりも横方向の引張応力の方が大きくなる。低温において熱荷重と輪荷重のどちらが破壊に及ぼす影響が大きいかという応力値はどちらの場合においても同じ様な値だがひずみを見てみると熱荷重によるひずみの方が輪荷重による方よりもはるかに大きいことが分かる。このことより低温においては破壊 (リフレクションクラック) に対する影響は熱荷重の方が大きいのではないかと考えられる。

4-2. リフレクションクラック発生のシュミレーション

熱応力について引張応力が 1MPa を越える要素がどの様に分布しているのか調べた結果を図 4-4 に示す。この場合亀裂は表層のみである。この図より黒い部分が 1MPa を越えると破壊すると考えると時間が経過する、すなわち外気温が低下すると破壊が下から上に進行するのが分かる。このことよりリフレクションクラックはオーバーレイ層の下から発生するということが分かる。

4-3. リフレクションクラック防止策について

オーバーレイ層を厚くした場合、オーバーレイ層を厚くすると発生する応力が小さくなる。しかし、亀裂の状態によりかなりの差が出てくる事が分かった。また、シートをかけた場合ではシートの幅が広がるとリフレクションクラックはある程度防げるがシートの端に応力が集中してしまいそこから破壊が発生する可能性があると考えられる。

5. 結論

- ・リフレクションクラックはオーバーレイ層の下面から発生する。
- ・オーバーレイの際、亀裂の形状を把握する必要がある。
- ・表基層と基層下面に亀裂が存在する場合、オーバーレイ層には著しく大きな熱応力が発生する。

参考文献 J.L.White : Finite Elements in Linear Viscoelasticity

森吉他：種々の運成荷重を受けるアスファルト舗装体のレオロジー解析

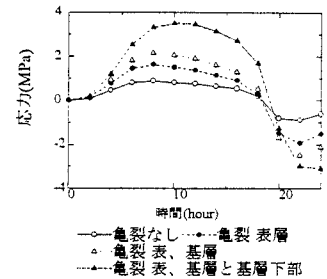


図 4-1 熱応力 (σ_x)

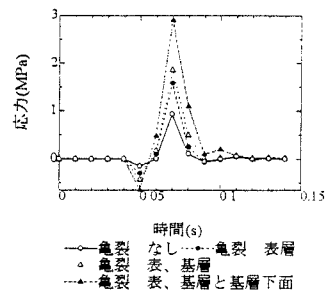


図 4-2 輪荷重による応力 (σ_x)

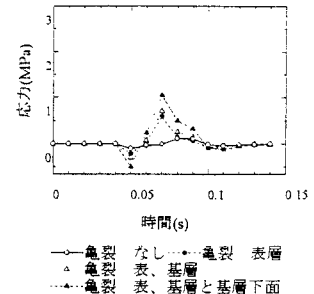
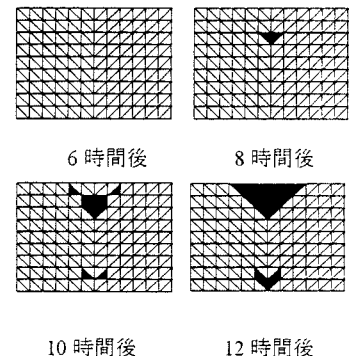


図 4-3 輪荷重によるせん断応力



黒い部分は 1MPa を越えた要素

図 4-4 熱応力による破壊の進行状況