

アスファルト舗装の劣化に関する基礎研究

日大生産工(院) ○並木 大宜 土木研究所 新田 弘之
土木研究所 田湯 文将 日大生産工 加納 陽輔

1. はじめに

近年、我が国のインフラは老朽化が進行し、点検業務や維持修繕の需要は今後も高まる傾向にある。そのため、点検・診断の省力化は重要な課題となっている。道路舗装に用いられるアスファルトの劣化は、舗装の破損原因ともなるため、劣化予測が可能となれば、より維持管理の効率化につながるものと考えられる。アスファルト舗装の劣化は、従来熱や紫外線の影響を受けやすい舗装表面から進行するものと考えられていた。しかし、これまでの研究¹⁾³⁾からアスファルト舗装の劣化は、舗装表面からの劣化に加え、舗装下面の深刻な劣化についても確認されている。これは、深さ方向の温度分布や空隙によるものと考えられるが詳細なメカニズムは解明されていない。

昨年度の研究では、室内においてアスファルト混合物を作製して促進劣化を行った結果、アスファルト混合物の劣化（骨材に付着しているアスファルトの針入度が20に到達する状態）は、高分子材料の寿命予測に用いられるアレニウスの法則が適用できることを確認した。

そこで、今回はアスファルトの劣化メカニズムの解明に向けて、舗装内部温度の測定を行い、深さ方向の温度分布を確認した。そのうえで、アレニウスの法則を用いて深さ方向の劣化度合いを分析し検討したので報告する。

2. 実験概要

(1) 試験舗装

本実験では、日照を妨げるものがなく、かつ舗装内部の温度履歴を継続的に測定することが可能な、国立研究開発法人土木研究所構内（茨城県つくば市）の既設舗装一部区間（2.4m×2.5m）を撤去し、新設の舗装を施工した。試験舗装の外観を写真-1に示す。舗装構成は、表層5cm（密粒度アスファルト混合物）、基層5cm（粗粒度アスファルト混合物）、碎石路盤20cmとした。舗装内部の温度を測定するための熱電対の平面配置図を図-1に示す。また、



写真-1 新設の舗装の外観

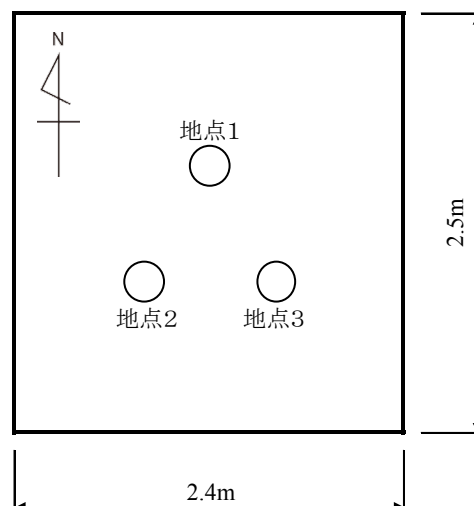


図-1 熱電対配置図（平面図）

深さ方向の熱電対の設置位置を図-2に示す。

熱電対の設置方法について、まず、地点1は施工後にコアを抜き、抜いたコアを垂直に2等分にし、片方のコアのみに熱電対を深さ方向10mm毎に貼り付け埋め戻した。次に、地点2、3は表層、基層とも同配合で作製した円柱状の

Basic Study on the Aging Mechanism of Asphalt Mixture

Hiroki NAMIKI, Hiroyuki NITTA, Fumimasa TAYU and Yousuke KANOU

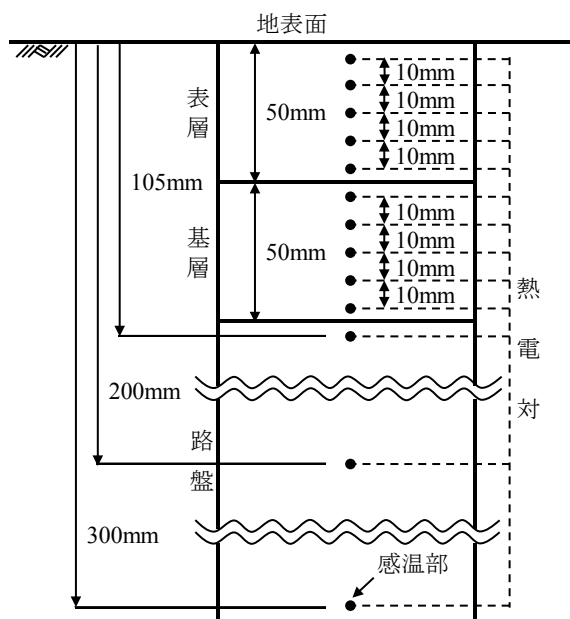


図-2 熱電対配置図（断面図）

供試体（φ101.6mm×50mm）の側面に、熱電対を深さ方向に10mm毎貼り付けたものを施工時に設置した。なお、この2か所に関しては、あらかじめ路盤内においても熱電対を設置している。

(2) 測定条件

舗装内部に設置した熱電対をデータロガーに接続し、30分毎に継続的に温度を測定した。なお、測定は2017年11月16日11時5分から2018年8月4日15時5分の期間行った。

(3) 実測値の整理方法

地点1から地点3の3地点で測定した舗装内部の温度に大きな差は見られなかったことから、地点2の実測値を用いて測定値の整理を行った。地点2において、アスファルト混合物内である深さ5mmから95mmの10点のそれぞれ実測期間内のデータを、-5℃から65℃までを5℃刻みに整理した。例えば10℃の場合は、7.51℃から12.50℃までの測定温度を10℃として整理した。

3. 昨年度の結果

昨年度の研究でアレニウスの法則に基づき作成したアレニウスプロットを図-3に示す。アレニウスの法則とは高分子材料の寿命予測に用いられている一手法である。これは高分子材料の転化反応について、反応速度定数が高温ほど大きくなりその関係が次式の関係に従うことを利用するものである。

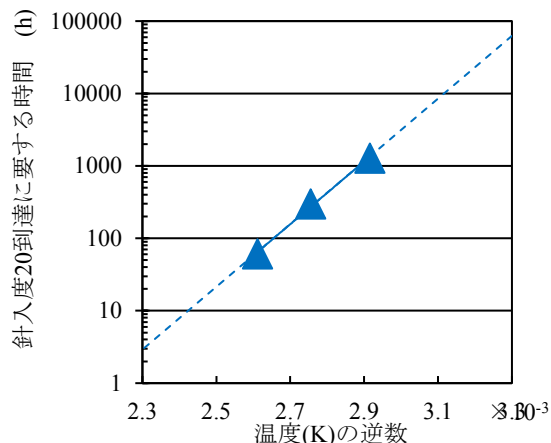


図-3 アレニウスプロット

$$k = A \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \dots \dots \dots (1)$$

k：反応速度定数

A：頻度因子

E_a：活性化エネルギー

R：気体定数

T：絶対温度(K)

なお、上式の両辺の自然対数を取れば

$$\ln k = -\frac{E_a}{RT} + \ln A \dots \dots \dots (2)$$

となり直線関係（これをアレニウスプロットという）が得られる。アレニウスの法則に基づき、複数の温度条件下で促進劣化させて各温度での劣化（骨材に付着しているアスファルトの針入度が20に到達する状態）をグラフにプロットすることでアレニウスプロットを作成することができる。

昨年度の研究では、アスファルトの寿命を針入度20とし、室内促進劣化試験からアレニウスプロットを作成した。実測結果は直線関係となり、このアレニウスプロットに直線を引くことで、式(2)のアレニウスの式を求めることができた。図-3の横軸は温度が高いものが原点側であり、温度の高いものほど針入度20到達に要する時間が短いということを意味している。針入度20到達に要する時間が短いということは劣化するまでの時間が短いということであるので、換言すれば、縦軸は劣化度合いの速さを表している。

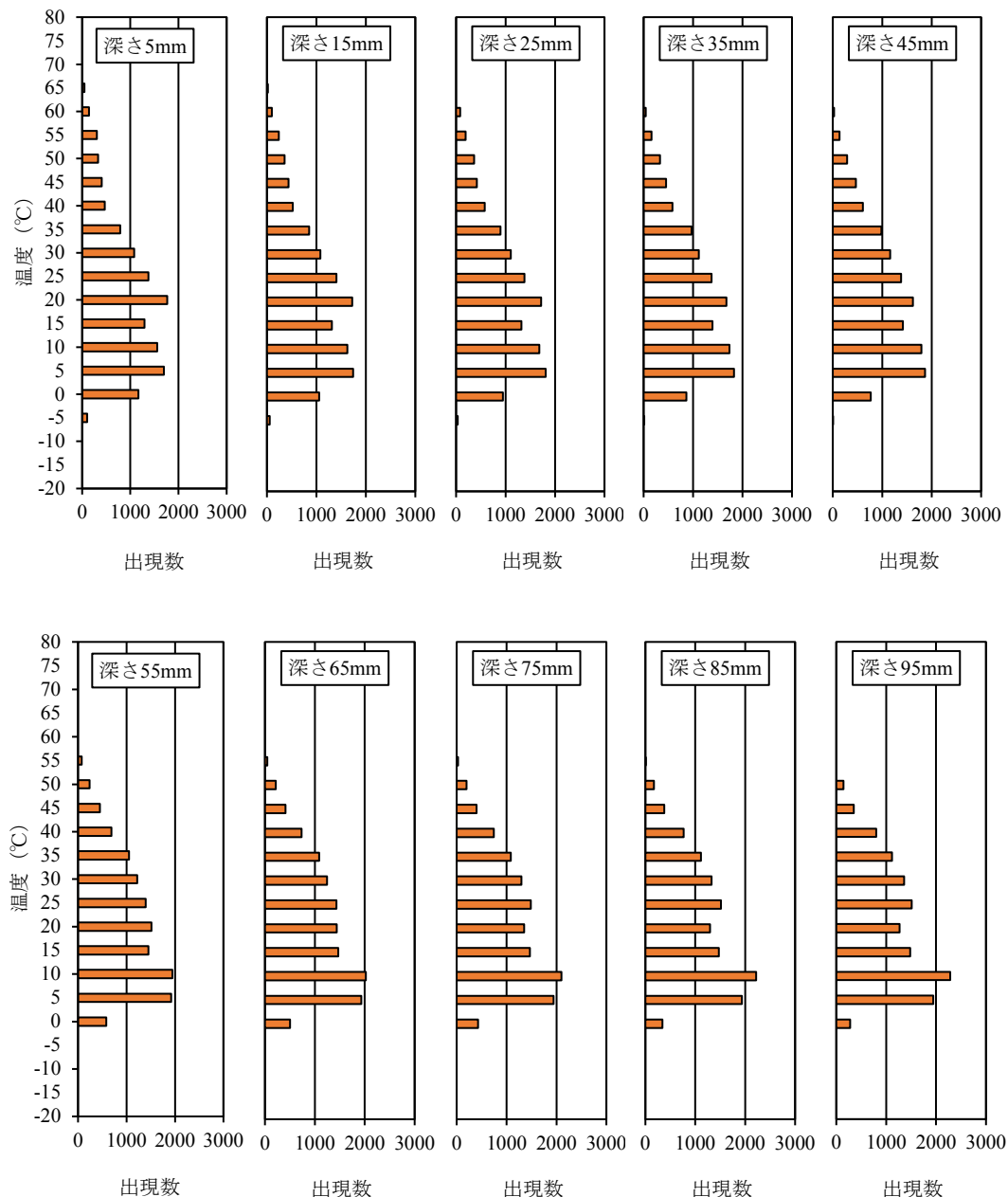


図-4 温度の出現率

4. 結果と考察

(1) 舗装内部の温度測定結果

地点2における、2017年11月16日11時5分から2018年8月4日15時5分の測定値を、-5°Cから65°Cまでを5°C刻みに整理したものを図-4に示す。表層である深さ5mmから深さ45mmは-5°Cから65°Cの温度域であったのに対し、基層である深さ55mmから深さ95mmは0°Cから55°Cの温度域であった。基層と比べて表層の温度域が広がった要因として、外気による影響を受けやすいためと考えられる。

(2) 劣化度合いの把握

各深さのダメージについて、ある深さのダメージは、図-5に示す例のように、まず、昨年度作成したアレニウスプロットから各温度に対する針入度20到達に要する時間を式(2)から求め、それに各温度の出現数を掛け合わせる。次に、この掛け合わせた結果を全ての温度について足し合わせたものがある深さのダメージとした。

図-6に各深さにおける温度による劣化度合い（ダメージ）を示す。この結果から、表面に近いほど劣化の進行が見受けられた。文献¹⁾

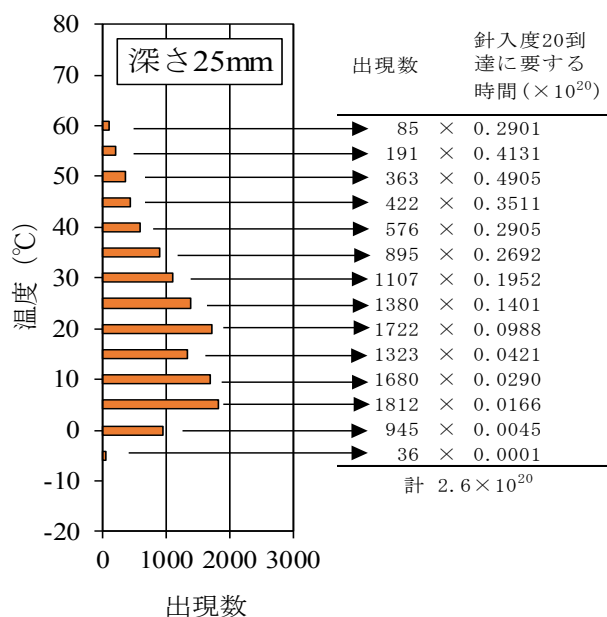


図-5 ダメージの計算方法

で示された内部劣化に関するコア抜き調査結果によれば、アスファルト舗装の劣化は、舗装表面からの劣化に加えて舗装下面からの深刻な劣化についても確認されている。従って、図-6のダメージ分布は左側に凸の形状となると予想されていた。しかし、今回の結果ではそのような傾向が得られていない。よって、舗装下面からの劣化は舗装内部に蓄積した熱以外の要因が影響しているものと考えられる。

4. まとめ

本研究から得た知見を以下にまとめる。

- ・基層と比べて表層は温度領域が15°Cほど広範囲の結果となった。これは外気による影響を受けたためである。
- ・アレニウスの法則を適用した舗装内部の劣化分析では、表面に近いほど劣化の進行が見られた。既往の調査結果によれば、アスファルト舗装の劣化は、舗装表面からの劣化に加えて舗装下面からの深刻な劣化についても確認されているが、今回の結果ではそのような傾向が得られていない。従って、舗装下面からの劣化は舗装内部に蓄積した熱以外の要因が影響しているものと考えられる。

今後は、基層の劣化要因と考えられる、空隙や酸素濃度の違いによる劣化への影響を検討する予定である。

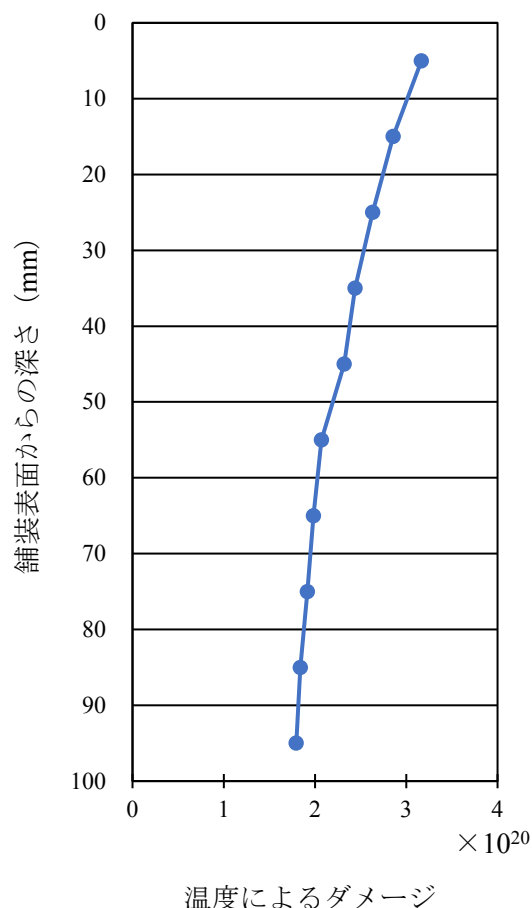


図-6 深さ方向のダメージ

「参考文献」

- 1) 川島陽子, 新田弘之, 西崎到: 供用中のアスファルト舗装表面と内部の劣化度の把握および劣化機構に関する一検討, 舗装工学論文集, 第21巻, pp.53-59, 2016.
- 2) 川島陽子, 新田弘之, 西崎到: FTIR/ATRによるアスファルト混合物の簡易劣化評価試験の検討, 舗装, No.51, pp.29-33, 2016.
- 3) 平戸利明, 村山雅人, 高橋茂樹, 姫野賢治: 長期供用された高速道路で用いたアスファルトの気象劣化現象に関する調査, 舗装工学論文集, 第19巻, pp.123-130, 2014.
- 4) 川島陽子, 新田弘之, 佐々木厳, 西崎到: 再生方法の異なる再生アスファルト混合物の深さ方向における化学性状の変化, 舗装工学論文集, 第22巻, pp.163-167, 2017.