

令和元年5月29日現在

機関番号：82115

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K18135

研究課題名（和文）アスファルト骨材界面に着目したアスファルトコンクリートの水分による劣化機構の解明

研究課題名（英文）Characterization of Moisture damage of Asphalt-aggregate Interface

研究代表者

河村 直哉（Kawamura, Naoya）

国土技術政策総合研究所・空港研究部・主任研究官

研究者番号：70728211

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、アスファルトコンクリート（以下、アスコン）のアスファルト - 骨材界面の水分による劣化機構に関して、アスファルト - 骨材界面近傍の微細構造に着目した検討を行った。微細構造の評価に必要なアスコンの薄片を乾式研磨法により作製することに成功した。偏光顕微鏡で薄片を観察した結果、水により劣化したアスコンでは、アスファルトが骨材から剥がれた状況とアスファルトがアスコン中で単体の状態で存在することが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水の作用に伴うアスファルトコンクリートの微細構造の変化の評価が可能となったことにより、水による劣化機構に立脚した評価方法で、かつ、空港の既設舗装の補修要否の判断に活用できる可能性のある評価方法を開発できた。限られた大きさのサンプルしか得られないような空港の既設舗装においては、力学量による評価が困難なことがあり、本方法は有用な方法と考えられる。また、今後既設舗装の水による劣化状況を、本研究で検討した方法に基づき調査することにより、アスコンの材料設計の高精度化に寄与できる。これにより空港アスファルト舗装の効果的な長寿命化につながる。

研究成果の概要（英文）：This study investigated micro-structure of interface of asphalt and aggregate to characterize moisture damage of asphalt-aggregate interface. we succeeded to make thin section of moisture damaged asphalt concrete by dry method, which can be used to evaluate micro-structure of asphalt concrete. As a result of polarizing microscopy, stripped asphalt from aggregates and separated asphalt from asphalt mortar were observed in the section.

研究分野：舗装工学

キーワード：アスファルトコンクリート 水 はく離 薄片 乾式研磨法 偏光顕微鏡

1. 研究開始当初の背景

近年、アスファルト舗装内部のアスファルトコンクリート（以下、アスコンという）が水の作用で劣化し、それに起因して舗装表面に突発的なひび割れやポットホールが発生している。これらの損傷は、車両や航空機の走行安全性に大きく影響し、人命に関わる重大な事故に繋がりがねない。そのため、突発的な破損が顕在化する前に適切な補修を行うことが求められている。補修要否の判断や補修方法の選択のためには、水による劣化機構に基づきアスコンの劣化を診断する必要がある。水によるアスコンの劣化は、アスコン中のアスファルトと骨材の界面の付着が水分の介在で失われること（以下、はく離という）であると理解されているが、舗装内におけるアスコンの水による劣化機構には未だ不明な点が多い。今後、アスコンの水による劣化を診断する方法を開発するためには、アスコンの水による劣化機構の解明が不可欠である。過去の研究では、アスコンの水による劣化機構は、力学量などアスコンのマクロな変化に着目して精力的に検討されてきた。その一方で、それらの変化の原因である、アスファルト - 骨材界面の微細構造の変化に着目した検討はほとんど行われていない。劣化機構の解明には、はく離の本質である、アスファルト - 骨材界面付近の微細構造の物理的および化学的变化を把握することが重要である。

2. 研究の目的

本研究はアスファルト - 骨材界面に着目したアスファルトコンクリートの水による劣化機構を解明することを目的とした。そのために、アスファルト - 骨材界面の微細構造の物理的变化を可視化するための手法と、微小領域におけるアスファルトの化学構造を分析するための手法について検討した。

3. 研究の方法

(1) 可視化手法に関する検討

試料の微小領域を可視化する手段の一つとして、試料を薄片にし偏光顕微鏡で観察する方法が挙げられる。ここでいう薄片とは、光が透過する厚さ（20～30 μm ）に試料を研磨したものであり、岩石を含む薄片であれば、偏光顕微鏡により岩種、鉱物種および微小なひび割れ等を特定することが可能である。本検討では、これまで作製されたことのないアスコンの薄片を乾式研磨法により作製し、はく離が生じたアスコンの薄片を観察した。

(2) 化学構造の分析手法に関する検討

骨材近傍と、骨材から離れた位置のアスファルトでは、水による劣化性状の違いが生じると考えられる。すなわち、アスファルト - 骨材界面近傍の微小領域におけるアスファルトの化学構造を分析することは、アスコンの水による劣化機構を解明するうえで重要である。本研究でいう微小領域とは数十 μm 以下であり、本研究では、そのオーダーを分析できる可能性のある、顕微赤外分光分析、X線光電子分光分析およびマトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析（以下、LDI分析）のアスファルトに対する適用性を検討した。

4. 研究成果

(1) 可視化手法に関する検討

骨材へのアスファルトの被覆状況

図-1 にアスコンの薄片中の石灰岩と砂岩を示す．図中に示す A~D は，直交ニコルで虹色の干渉色を呈する微細な方解石（化学組成 CaCO_3 ）で主に構成されるため石灰岩と判定され，E は前述と同様の理由で砂岩と判定される．A~E のいずれも，骨材周囲に空隙（図中の赤矢印箇所）があり，骨材がアスファルトで被覆されていないことを確認できる．図-2 には，C と D の一部を拡大した図を示す．D の下半分は，アスファルトで殆ど被膜されていないことを確認できる．また，空隙の大きさには大小があり，中には幅約 $20\mu\text{m}$ 程度の微小な空隙も観察された（図-3）．

骨材表面のひび割れ

図-4 に石灰岩の角部の画像を示す．骨材表面近傍ではひび割れが生じており，表面に近いほどひび割れの程度が大きい．図-4 の石灰岩とは別の位置の石灰岩では，ひび割れにアスファルトが浸透している状況も確認された（図-5）．全体的には，アスファルトが浸透していないひび割れがほとんどであった．

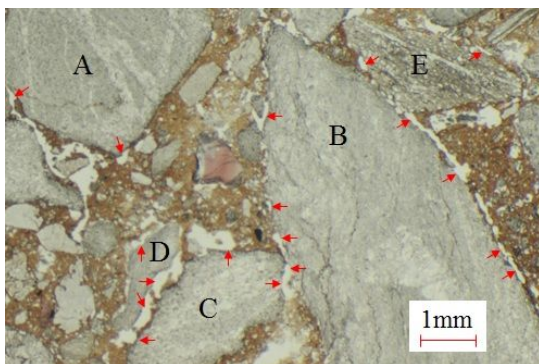


図-1 石灰岩と砂岩（A~Dは石灰岩，Eは砂岩，矢印はアスファルトで被覆されていない箇所）

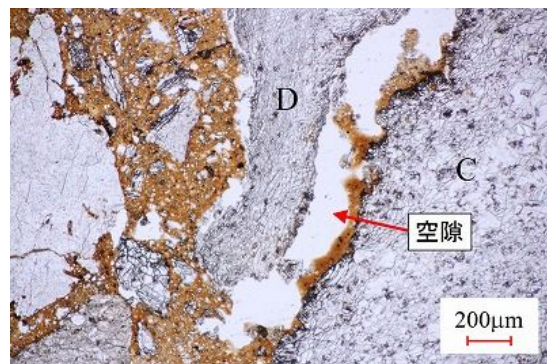


図-2 図-1 に示した C と D の拡大画像

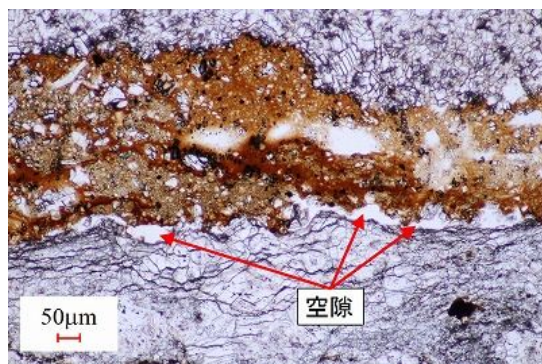


図-3 石灰岩周囲の微小な空隙

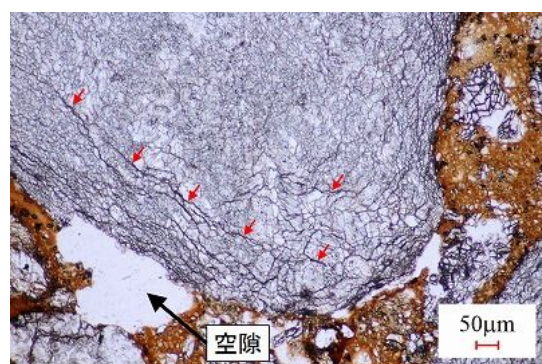


図-4 石灰岩（赤矢印はひび割れ）

アスファルトモルタルの混合状況

図-6 に、アスファルトモルタル(アスファルト、細骨材およびフィラーの混合物、以下、アスモル)を拡大した画像を示す。画像上部のアスモルはアスファルトリッチであり、アスファルトが単体で存在する箇所を確認できる。一方、画像下部のアスモルは、アスファルト、細骨材およびフィラーが均質に混合されている。未劣化のアスコンでは、アスファルトが単体で存在するような現象は現時点で確認されていないことから、水の作用によりアスファルトが単体に分離した可能性が考えられる。

検討結果を踏まえると、アスコンが水の作用を受けると、アスファルトが骨材から剥がれるとともに、アスファルトモルタル中のアスファルトが分離し、アスファルトが単体の状態になる可能性がある。すなわち、アスファルトが骨材から剥がれた状況とアスファルトが単体で存在している状態は、水による劣化の兆候と言え、アスコンの水による劣化度を診断する上で重要な指標となりえる。

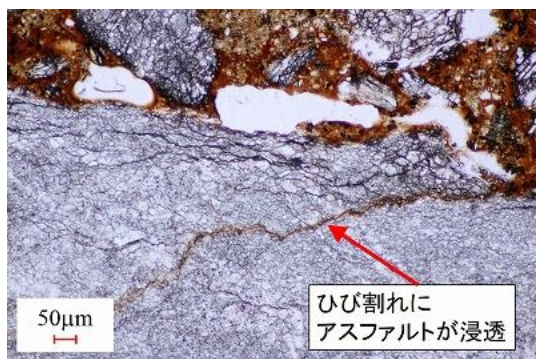


図-5 ひび割れにアスファルトが浸透した状況

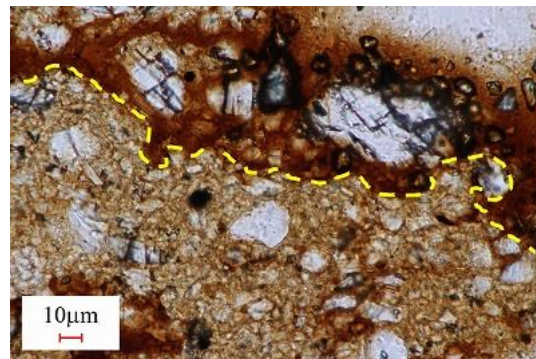


図-6 アスファルトモルタルの混合状況
(破線はアスモル混合状況の境界)

(2)化学構造の分析手法に関する検討

検討した分析手法のうち、微小領域におけるアスファルトの分析として適用可能性があった、LDI 分析についての結果を以下に示す。アスファルトに対する分析結果の一例として、図-7 に分析平面内のアスファルトの質量分布を表すマススペクトルと、特定の質量数の分子に関する分析平面内での分布図を示す。分布図においてアスファルトの軽質成分と重質成分がどこに分布しているかを確認できる。

この分析手法を用いることで、はく離の有無でアスファルト - 骨材界面付近に集中している分子の違いを評価することが可能となった。

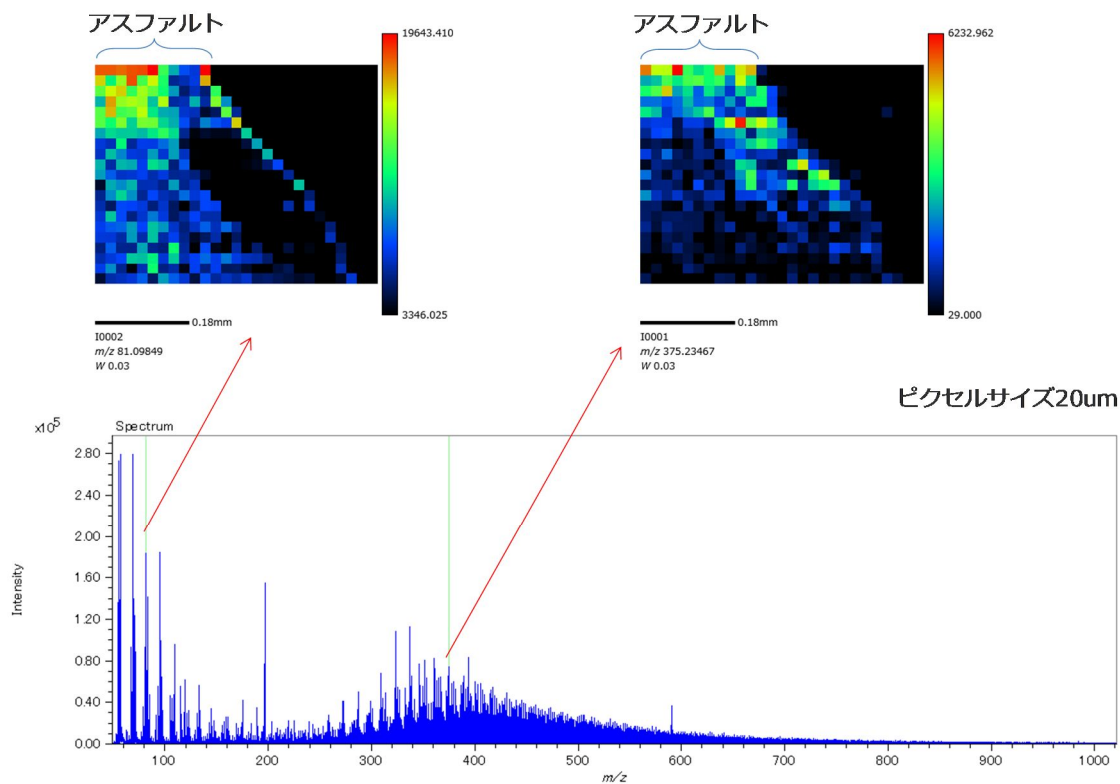


図-7 アスファルトに対する LDI 分析結果（下図：マスペクトル、上図：ある質量数の分子の 2次元平面内での分布状況）

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕

- (1)河村直哉，伊豆太，坪川将丈：空港舗装の既設アスファルト混合物に対するはく離抵抗性評価方法の適用検討，土木学会論文集 E1（舗装工学），査読有，21 巻，2016，pp.1_87-1_94
- (2)Naoya Kawamura, Yuichiro Kawabata, Tetsuya Katayama: DIAGNOSIS OF ALKALI-SILICA REACTION IN AIRPORT IN JAPAN, 15th International on Alkali Aggregate Reaction in Concrete, 査読有，Vol.15, 2016, pp1-10
- (3)河村直哉，坪川将丈：アスファルトコンクリートの偏光顕微鏡用薄片の作製，土木学会論文集 E1（舗装工学），査読有，74 巻，2018 年，pp.23-29
- (4)河村直哉，坪川将丈：油が混入したアスファルト混合物中のアスファルトの性状，土木学会第 73 回年次学術講演会，査読無，73 巻，2018 年，V707

〔学会発表〕

- (1) 河村直哉：アスファルトコンクリートの光学顕微鏡用薄片の作製，第 60 回薄片研磨片技術討論会，2017 年