

令和 2 年 5 月 15 日現在

機関番号：82641

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K13811

研究課題名（和文）舗装・防水層・コンクリート床版が三位一体となった防水システム構築のための研究

研究課題名（英文）A study on establishing waterproofing system combining pavement, waterproof layer and concrete slab

研究代表者

小松 怜史（Komatsu, Satoshi）

一般財団法人電力中央研究所・地球工学研究所・主任研究員

研究者番号：00732869

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：アスファルト舗装敷設時、コンクリート床版上面に微細ひび割れが発生するか否かを実験で確認した。また、微細ひび割れが生じたコンクリートに、交通荷重を模擬したせん断疲労試験を実施した。さらに、微細ひび割れが生じた試験体を数値シミュレーションで再現し、微細ひび割れ発生の原因を分析した。

一連の検討の結果、仕上げ面から1～2mm付近に微細なひび割れが入るケースが確認された。対策としては、コンクリートの含水率を下げることで、仕上げ面に脆弱部を残さないこと、空気量を十分確保することである。微細ひび割れは舗装の早期劣化につながる。微細ひび割れは熱応力およびコンクリート内圧の両方が上昇したときに発生する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

防水層はコンクリート床版への水の浸入を防ぐ目的で開発が進み、現場に敷設されてきている。しかし、今回の一連の検討結果から、コンクリートに存在する（入った）水が逃げるという観点で見直すと、防水層が不利に働く場合があることが示された。本研究成果は防水層の開発の一つの方向性を示しているだけでなく、舗装・防水層・コンクリートが一体となって防水システムを考える必要があることを明示していると考えている。

研究成果の概要（英文）：In this research, generation of microcracks were confirmed by an experimental work in which the heat generated from asphalt pavement being laid was applied to upper surface of concrete. In addition, a shear fatigue test simulating vehicle loads was conducted on the concrete specimen with the microcracks. Furthermore, a numerical simulation was carried out to reveal the mechanism of the microcracks generation.

As the results, first, the microcracks were generated 1 to 2 mm from the upper surface of concrete in several cases. As the counter measures, decreasing moisture contents of concrete, removing weak part in upper surface of concrete and securing sufficient amount of air content in concrete were proposed. Second, the microcracks could lead to unexpected deterioration of pavement. Third, the microcracks were generated when thermal stress and pore pressure in concrete were sufficiently increased, simultaneously.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：コンクリート床版 防水層 アスファルト舗装 数値シミュレーション 温度応力 水蒸気圧

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

輪荷重が繰返し作用する道路橋のコンクリート床版は、疲労によって損傷しやすいことが知られている。特に(雨水などに由来する)水がコンクリート床版上面に滞水すると、乾燥時に比べ耐疲労性が大きく低下することが分かっている。最悪の場合、床版が抜け落ち大事故につながる恐れがある。そのため、2002年の道路橋示方書の改訂に伴い、床版防水層の全橋での設置が規定された。しかし、防水層よりも強固なはずのコンクリートが先行して破壊し防水層がコンクリート床版面から剥離した結果、層間に滞水したところに交通荷重が作用し、床版上面のコンクリートが砂利化した事例が報告されている。

供用期間中に防水層が剥離するきっかけの一つとして、防水層のプリスタリング現象(膨れ現象)が挙げられる。プリスタリングとは、コンクリート内部から水が蒸発し、蒸気圧でコンクリート床版上方の防水層が持ち上げられる現象である。コンクリート床版内部の含水率が高い状態で防水層が施工され、高温環境(日射による舗装温度の上昇や舗装敷設時の熱等)に曝されることで生じると考えられている。

防水層の膨れ抵抗性を評価する試験法として NEXCO 総研が提案する方法がある。しかし試験体の含水状態を非常に高くしてから実施するなど、本試験方法は実現象を再現する試験ではない。そもそも供用環境で防水層が膨れると、どのようなメカニズムで、どの程度防水層とコンクリート床版の一体性が損なわれるのか解明されていない。また、コンクリート細孔内の圧力が上昇するとコンクリートにも応力が作用すると考えられるが、その影響は検討されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は舗装・防水層・コンクリートの三層を一体として考えた防水システムの提案である。本研究では、アスファルト敷設時の熱が下層にあるコンクリート床版と防水層との一体性に及ぼす影響を、コンクリートおよび防水層の物性や性状、実際に作用する荷重条件を考慮して解明する。さらに設計・施工上での留意点や有用な対策案を提案する。

具体的には、アスファルト敷設時にコンクリート床版に伝わる熱がコンクリート床版と防水層の一体性に及ぼす影響を、想定される荷重条件も考慮して明らかにする。まずはコンクリートおよび防水層の特性や性状の異なる二層試験体に対し、アスファルト敷設時の温度履歴を与えコンクリートに微細クラックが生じるか否かを観察しメカニズムを分析する。次に微細クラックが生じた場合、抑制された場合それぞれに対し、供用環境で想定されるせん断応力を作用させ、層間の一体性に及ぼす影響を評価する。さらに、数値シミュレーション(温度応力解析)を実施して、微細クラック発生メカニズムを解明する。最後に設計・施工での留意点や有用な対策案を提案する。

3. 研究の方法

各材料の特性や性状が異なる二層(防水層・コンクリート)試験体における変状分析実験

微細クラックの有無およびメカニズムの解明方法(手順)は以下のとおりである。

- (1) アスファルト敷設時に伝わる温度履歴をホットプレートで与える
 - (2) 試験体を真空脱気し、低粘性のエポキシ樹脂(蛍光塗料入り)を含浸させ硬化を待つ
 - (3) 試験体を切断し、紫外線ライト照射下において切断面をマイクロスコップで観察する
- 留意点: 試験体側面から圧力が抜けないように、予備実験を参考に十分な試験体サイズを確保する。

せん断疲労載荷試験での一体性評価

の結果、微細クラックが生じたケース、抑制できたケースにおいて、繰返し荷重作用下で二層の一体性に及ぼす影響を明らかにする。具体的には、コンクリートと防水層との境界部に、輪荷重に相当するせん断応力を繰返し与えるせん断疲労載荷試験を実施する。

温度応力解析による微細クラック発生メカニズムの解明

微細クラックが発生したケースにおいて、微視的な熱力学状態量から材料の体積変化を推定した応力解析を実施し、原因解明を試みる。留意点として、コンクリート内の温度が上昇し、細孔内の水が気化することでの圧力増加は考慮されていないため、別途推定する。

以上から、設計・施工での留意点や対策案を提示する。

4. 研究成果

(1) 防水層を敷設したコンクリート仕上げ面にアスファルト敷設時の温度履歴を作用させると、仕上げ面から 1~2mm 付近に仕上げ面とほぼ平行に微細なひび割れが入ることがわかった(図1). 条件としては、コンクリートの含水率が高いことであり、防水層施工の規定値以下であっても発生することが分かった。微細ひび割れを抑制するには、含水率を下げることで、表面研磨や浸透系プライマー等の利用でコンクリートに脆弱部を残さないこと、空気量を十分確保することが有効であると分かった。

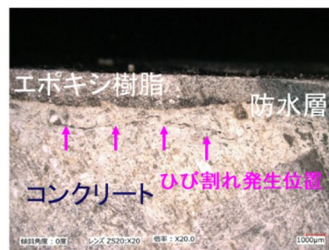


図1 コンクリートに発生した微細ひび割れの様子

(2) 微細ひび割れの発生はコンクリートの疲労耐久性を低下させ、舗装の早期劣化につながる恐れがある(図2)。

(3) 微細ひび割れが発生する条件は、熱応力およびコンクリート内圧の両方が上昇したときと考えられる(図3)。

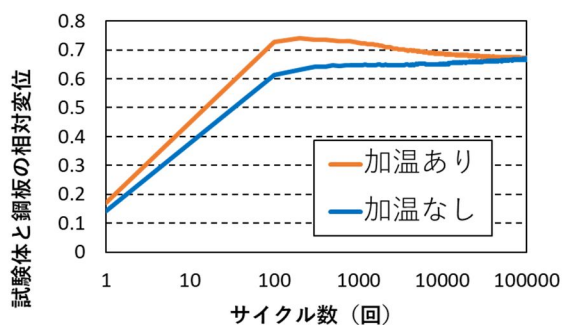


図2 せん断疲労試験の結果

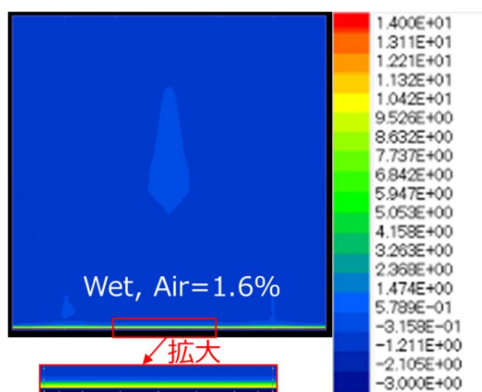


図3 加熱直後のコンクリートの主応力状態

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 小松怜史, 島倉稔宗, 樋口勇輝, 田中伸介	4. 巻 65A
2. 論文標題 アスファルト舗装敷設時にコンクリート仕上げ面に発生する微細ひび割れの分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 構造工学論文集 A	6. 最初と最後の頁 552-559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.11532/structcivil.65A.552	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 島倉稔宗, 小松怜史, 樋口勇輝, 田中伸介	4. 巻 10(1)
2. 論文標題 加熱アスファルト敷設時の熱がコンクリート床版上面と防 水層の力学的一体性に及ぼす影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 道路橋床版シンポジウム論文報告集	6. 最初と最後の頁 275-280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小松怜史
2. 発表標題 アスファルト舗装敷設時にコンクリート仕上げ面に発生する微細ひび割れの分析
3. 学会等名 構造工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 島倉稔宗
2. 発表標題 加熱アスファルト敷設時の熱がコンクリート床版上面と防 水層の力学的一体性に及ぼす影響
3. 学会等名 土木学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	島倉 稔宗 (Shimakura Toshimune)		
研究協力者	樋口 勇輝 (Higuchi Yuki)		
研究協力者	田中 伸介 (Tanaka Shinsuke)		