

平成 31 年 4 月 8 日現在

機関番号：82115

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06455

研究課題名(和文) 若材齢時の空港滑走路のアスファルト舗装における層間剥離発生メカニズムの解明

研究課題名(英文) Research on Mechanism of De-bonding of Airport Asphalt Pavement in Early Age

研究代表者

坪川 将丈 (TSUBOKAWA, Yukitomo)

国土技術政策総合研究所・空港研究部・空港施設研究室長

研究者番号：70356054

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：舗設直後の層間付着強度を確認することを目的とし、アスファルト乳剤の種類(PK-4, PKM-T, PKM-T+分解促進剤)、乳剤塗布時の温度(5℃, 23℃)及び表層舗設からせん断試験実施までの時間(3時間, 6時間, 24時間, 72時間)を変えて載荷速度1mm/分、試験温度23℃の条件においてせん断強度を実施した。その結果、表層舗設から3時間後、6時間後のせん断強度は、表層舗設から24時間後、72時間後の場合と大差はないと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

空港アスファルト舗装の施工では、付着性が高い改質アスファルト乳剤PKM-Tを使用することが多い。空港における切削オーバーレイ工事は、深夜から早朝に実施され、工事終了後の早朝から供用されることがほとんどであるが、仮に、舗設直後において表層-基層間の層間付着強度が十分に発現していない場合、舗設直後に航空機が走行することにより、層間の接着が失われる可能性があった。しかしながら、本研究により、舗設直後の層間付着強度は、時間が経過した場合と比較して大差はないことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：To confirm bonding strength between asphalt concrete layers immediately after construction of surface course, share strength tests were conducted. PK-4, PKM-T, PKM-T + decomposition accelerator were used as asphalt emulsion. Temperatures of asphalt emulsion application were 5C and 23C. Curing times from surface course construction to share strength test were 3 hours, 6 hours, 24 hours and 72 hours. Test speed was 1mm/min. Temperature of the test was 23C. As a result of the share strength test, there is no difference of share strength between the several curing times from surface course construction.

研究分野：空港舗装

キーワード：アスファルト舗装 層間剥離 乳剤 せん断強度

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

我が国の空港の滑走路舗装はアスファルト舗装が主流である。これは、硬化まで時間を要するセメントコンクリートと異なり、アスファルト混合物は舗設後に温度が低下すれば硬化するため、補修直後から滑走路を使用できることが主な理由である。滑走路の代表的な破損には「わだち掘れ」や「ひび割れ」があるが、これらの破損は航空機荷重の繰返し走行で徐々に進行する破損であり、わだち掘れ量やひび割れ面積の定期点検結果を基に、10年程度に一度、舗装表面の旧アスファルト混合物層を切削し、新アスファルト混合物を舗設する補修が行われる。

しかしながら、空港管理者を悩ませる破損として「層間剥離」がある(図-1)。層間剥離とは、舗装表面の5~8cm程度の厚さのアスファルト混合物層である「表層」と、その下のアスファルト混合物層である「基層」との層間が剥離する現象である。この場合、表層は基層と一体となっていないことから、層間剥離部の表層が航空機荷重により突発的に破損することがある(写真-1)。そのため、空港管理者は滑走路の運用が終了した深夜の巡回点検において、ハンマーを用いた打音調査等により層間剥離部を検出し、部分的な補修を実施しているものの、滑走路運用中に層間剥離部が破損した際は緊急補修を実施するため、滑走路は数時間閉鎖されることとなり、航空機の定時運行に大きな影響を及ぼす。

層間剥離は、以下のような原因により発生すると考えられている。

- ・ 低温環境下での舗設におけるキャビティ（間隙群＝俗に言う「す」）の発生－表層の施工では、基層上に糊の役目を果たすアスファルト乳剤を散布した後、加熱したアスファルト混合物を敷均し、混合物温度が高いうちに転圧を行う。しかし低温環境下における施工では、温度の低い基層が転圧前の加熱混合物の熱を奪い、混合物温度が急激に低下するため部分的に転圧が困難となり、表層下部にキャビティが形成され層間付着強度が不十分となる。
- ・ 水分によるアスファルト混合物の劣化－アスファルト混合物が長時間水分に曝されると、混合物を構成するアスファルトと骨材の付着が切れやすくなるため、舗装表面のひび割れ等から表層内に侵入した雨水が層間に滞留し、層間剥離が生じる。

しかしながら、上記のような原因が無い場合であっても、舗設から間もない時期に層間剥離が多数発見される場合も多く、層間剥離の発生メカニズムは解明されているとは言い難い。そこで本研究では、これまで着目されていなかった「舗設後間もない若材齢時の層間付着強度」に焦点をあて、若材齢時の層間剥離の発生メカニズムを解明するため研究を遂行する。



図-1 層間剥離に起因した破損イメージ 写真-1 層間剥離に起因した滑走路の大規模破損

2. 研究の目的

空港アスファルト舗装の施工では、付着性が高い改質アスファルト乳剤 PKM-T（日本アスファルト乳剤協会規格 JEAAS-2011）を使用することが多い。空港における切削オーバーレイ工

事は、深夜から早朝に実施され、工事終了後の早朝から供用されることがほとんどであるが、仮に、舗設直後において表層－基層間の層間付着強度が十分に発現していない場合、舗設直後に航空機が走行することにより、層間の接着が失われる可能性がある。しかしながら、舗設直後の層間付着強度が計測された事例はない。

そこで、舗設直後の層間付着強度を確認することを目的とし、室内においてアスファルト乳剤の種類や供試体養生温度を変化させて作成したアスファルト混合物供試体に対し、せん断強度を計測することとした。

3. 研究の方法

層間付着強度の試験方法としては、引張試験やせん断試験が用いられることが多い。しかしながら、引張試験を実施するためにはアスファルト混合物に治具を接着させることに時間を要することから、舗設直後に試験を実施することは困難である。そのため、せん断試験により評価することとした。

図-2 に供試体作成の概要を示す。まず、幅 100mm×長さ 100mm×高さ 50mm の型枠内に基層混合物を投入し、ローラーコンパクタで締め固め、室温まで冷却させた後、型枠から高さ 50mm の基層ブロックを取り出す。次に、高さ 100mm の型枠の底部に基層ブロックを再設置した後、基層表面へ乳剤を塗布し、表層を舗設する。この手順により、写真-2 のような基層厚 50mm、表層厚 50mm の供試体を作成する。最後に、図-3 のように供試体の基層ブロック側を固定し、載荷速度 1mm/分により表層ブロック側を押すことによるせん断試験を実施した。

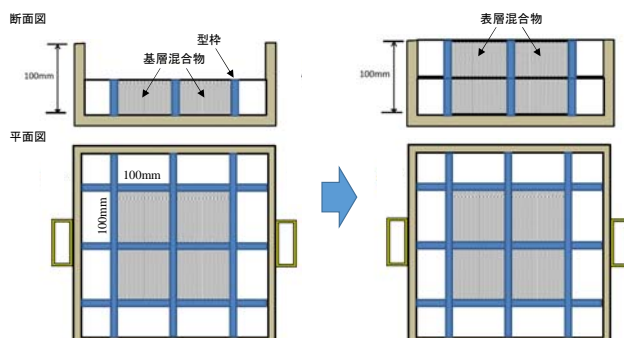


図-2 供試体作成方法

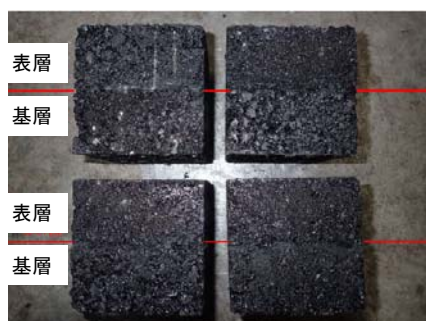


写真-2 作成した供試体

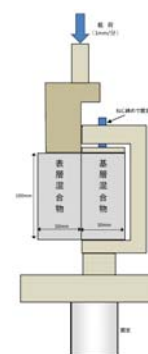


図-3 載荷方法

表-1 に供試体作成条件を示す。例えば「供試体養生温度 23℃」の場合は、作成した基層ブロックの温度が低下するまで 23℃で養生した後、23℃の室内でアスファルト乳剤を塗布し、23℃で 10～30 分養生後、基層ブロック上に表層ブロックを作成する。なお、せん断試験は供試体養生温度によらず 23℃で実施した。アスファルトにはストレートアスファルトを使用し、混合物

の骨材最大粒径は、基層（粗粒度）・表層（密粒度）ともに 20mm とした。骨材粒度範囲の他、マーシャル安定度や締固め度等についても、空港土木工事共通仕様書の規定を満足することを確認している。乳剤には PK-4、PKM-T、PKM-T+分解促進剤（以下、PKM-T 分解促進）を使用した。

表-1 供試体作成条件

	供試体養生温度 23℃	供試体養生温度 5℃
基層舗設後の養生	23℃の室内	5℃の室内
基層表面への乳剤の塗布	60℃の乳剤を 23℃の室内で塗布	60℃の乳剤を 5℃の室内で塗布
乳剤塗布後の養生	23℃の室内	5℃の室内
	30分 (PK-4, PKM-T), 10分 (PKM-T 分解促進)	
表層舗設後の養生	23℃の室内	
表層舗設から せん断試験実施までの時間	3時間, 6時間, 24時間, 72時間	

4. 研究成果

図-4 に、表層舗設から 3 時間後のせん断強度を示す。供試体養生温度が 5℃の場合よりも 23℃の方がせん断強度はやや高い。また、供試体養生温度によらず、PK-4 を用いた場合よりも PKM-T 及び PKM-T 分解促進を用いた場合の方が、せん断強度はやや高い。図-5 に、表層舗設から 6 時間後のせん断強度を示す。表層舗設から 3 時間後の結果とほぼ同様と言える。図-6 に、供試体養生温度 5℃と 23℃のせん断強度と表層舗設後の時間の関係を示す。ばらつきがあるものの、表層舗設からの時間が経過してもせん断強度に大きな変化はないと考えられる。また、全体を通して PKM-T 及び PKM-T 分解促進を用いた方が PK-4 を用いた場合よりもせん断強度がやや大きい。以上のことから、せん断強度は、舗設直後の場合と、舗設から時間が経過した場合とで大差はないと考えられる。

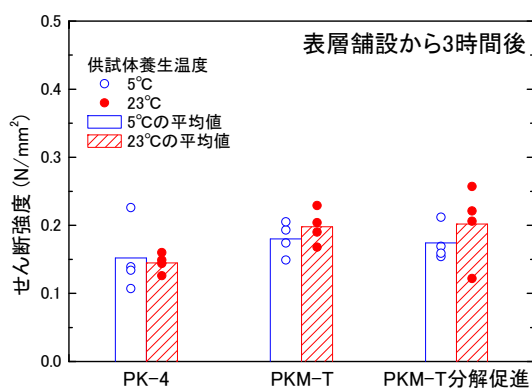


図-4 表層舗設から 3 時間後のせん断強度

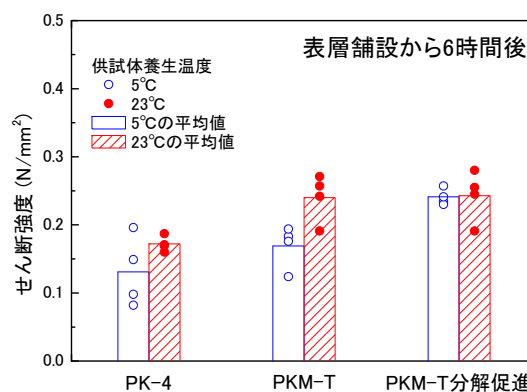


図-5 表層舗設から 6 時間後のせん断強度

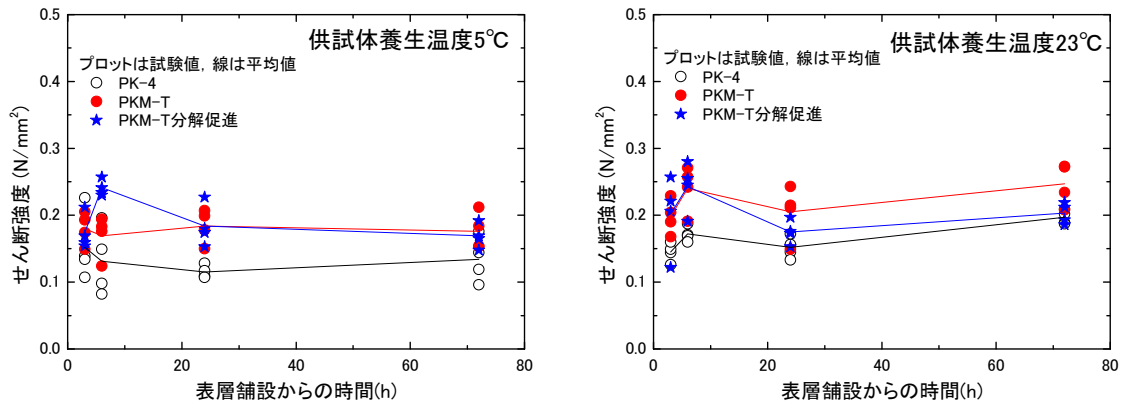


図-6 せん断強度と表層舗設からの時間の関係

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 1 件)

①坪川, 河村, 伊豆: 表層舗設直後のアスファルト混合物層間のせん断強度, 土木学会第 74 回年次学術講演会, 2019.

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 河村 直哉
 ローマ字氏名: KAWAMURA Naoya
 所属研究機関名: 国土交通省国土技術政策総合研究所
 部局名: 空港研究部
 職名: 主任研究官
 研究者番号 (8 桁): 70729211

研究分担者氏名: 伊豆 太
 ローマ字氏名: IZU Futoshi
 所属研究機関名: (国研) 海上・港湾・航空技術研究所
 部局名: 港湾空港技術研究所
 職名: グループ長
 研究者番号 (8 桁): 30442916