

2013/11/18 第52回 北海道開発局 空港技術研究会議

空港アスファルト舗装の 層間剥離・ブリストリングについて

国土技術政策総合研究所
空港研究部 主任研究官 坪川将丈

1

内容

- ①層間剥離・ブリストリングの情報の整理
- ②補修時の留意点
- ③切削深さ

2

①層間剥離・ブリストリングの 情報の整理

3

ブリストリングに伴う大規模な破損

2000年7月2日 名古屋空港
RWY末端の表層5cmが離陸時に破損



FOD (Foreign Object Debris) の発生の危険
→エンジンへの吸引等

4

打合せ等での会話

『打音検査をしたところ、
表面に膨らみは無いのですが、
多数のブリスタリングが発見されました。』

『アスコン内に入った水の水蒸気圧によって、
表層と基層の界面が剥がれたものと思われます。』



5

層間剥離とブリスタリング

層間剥離

- ・アスファルト混合物の層間が接着していない状態.
- ・表面は膨れていない.

ブリスタリング (blistering)

- ・舗装表面の膨れ
 - blister 【動詞】[他] 水(火)膨れを生じさせる
 - 【動詞】[自] 水(火)膨れになる
- ・膨れにより、ひび割れを伴うこともある.
- ・層間剥離よりも危険性は高い.

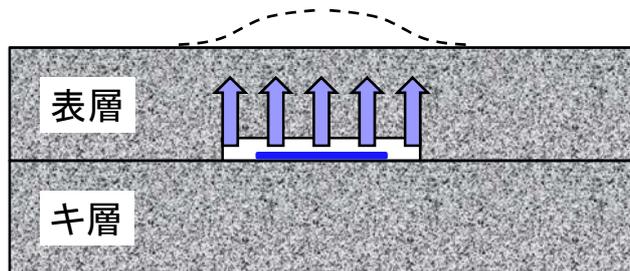
「打音調査による異音＝ブリスタリング」と表現する方もいるが
危険度・緊急性が異なるため、区別している.

6

ブリスタリングの発生原因

(0. 層間剥離の存在??)

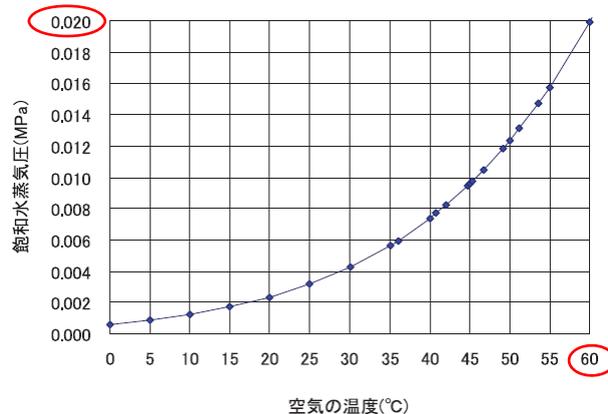
1. アスコン温度の上昇
2. 表層が空隙が小さく透気しにくい状態
3. アスコン内水分の水蒸気化
4. 水蒸気圧の上昇
5. 表層の膨れ



7

水蒸気圧はどの程度なのか

寒冷地空港舗装のブリスタリング現象に関する一考察(寒地土研 安倍ら, 2007)

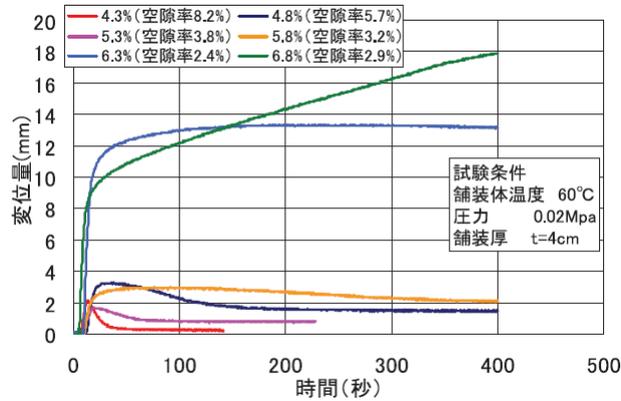


温度60°Cとすると, 水蒸気圧は0.02MPa程度.
(体重70kg, 靴サイズ25cmの足底に働く圧力程度)

8

ほんとに膨らむのか

寒冷地空港舗装のプリスタリング現象に関する一考察(寒地土研 安倍ら, 2007)

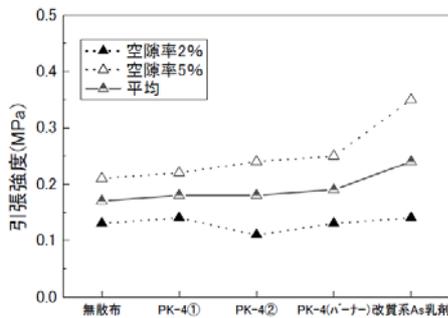


表層下面の直径50mmの穴から0.02MPaの空気圧を載荷.
 空隙率が低い場合, 0.02MPa程度の圧力で,
 高さ10mm以上の膨れが発生.

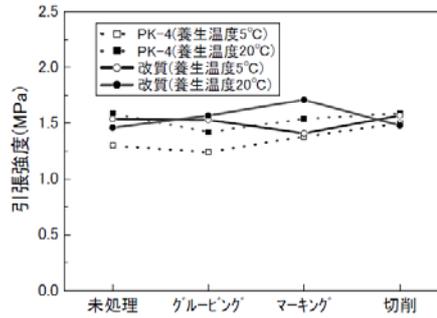
9

界面の引張強度はどの程度なのか

空港アスファルト舗装の層間付着に関する実験的検討(小林ら, 2008)



載荷速度1mm/min
 0.2MPa程度

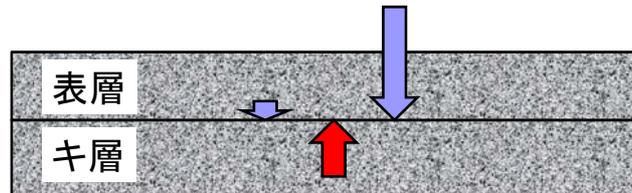


載荷速度10mm/min
 1.5MPa程度

10

界面における力関係

表層自重 引張強度
0.002MPa 0.2MPa
(表層8cm) (1mm/min)



水蒸気圧0.02MPa(60°C)

- ・水蒸気圧で「界面を剥がす」とは言えない？
 - 表層と基層がくっついていない(層間剥離)
 - 水・高温・不透気で膨らむ(プリスタリング)
- ・水蒸気圧で界面が剥がれるならば,
層間剥離は全て膨らんでいてもおかしくない。

11

②補修時の留意点

12

空港舗装補修要領におけるブリスタリング対策

ブリスタリング対策を実施する場合は、表層の層厚化および通気性向上のための空隙率を高める検討が必要であり、**表層の1層仕上がり厚は8cm、表層の空隙率は3%以上**を原則とする。また、耐流動性や剥離抵抗性に優れた**改質アスファルト**の使用を標準とする。

改質アスファルトを使用する意図

- ・供用後の交通荷重による空隙率の低下を防ぐ。
 - 発生蒸気圧は逃げやすくなる。
 - 膨れること的作用小。

表層を厚くする意図

- ・アスコン重量が重くなる、(曲げ)変形抵抗性が上がる。
 - 膨れることに対する抵抗大。
- ・舗装温度が低くなる。
 - 発生蒸気圧は小さくなる。
 - 膨れること的作用小。

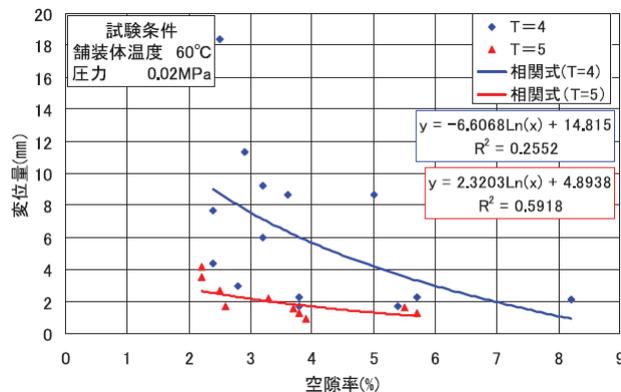
改質タックコートを使用する意図

- ・速乾性, 付着性(夜間工事ではH23dから標準)

13

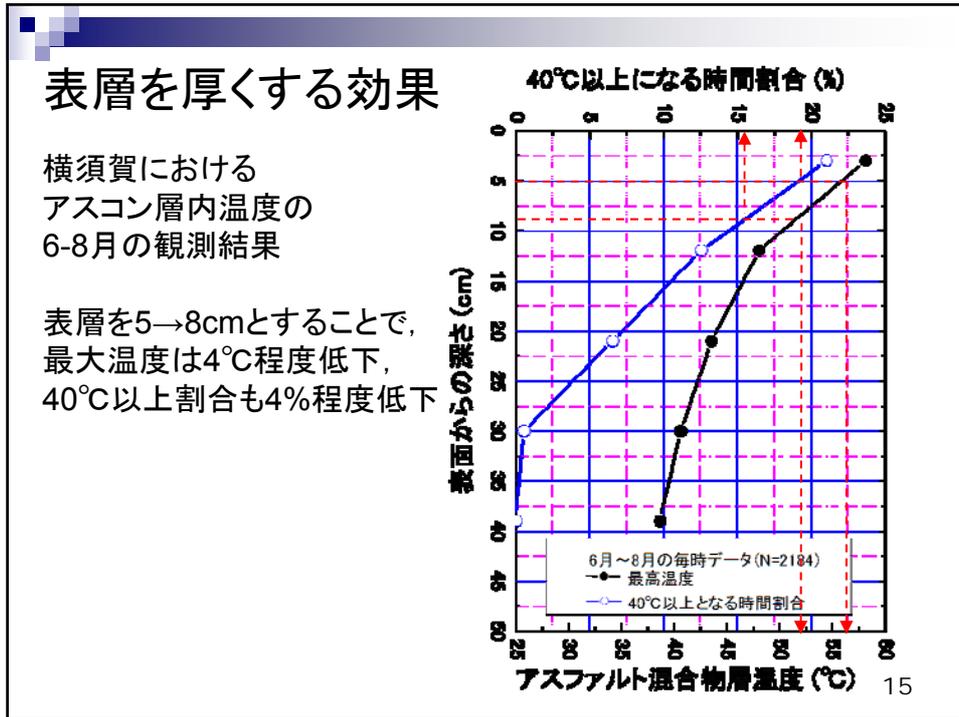
表層を厚くする効果

寒冷地空港舗装のブリスタリング現象に関する一考察(安倍ら, 2007)



同じ圧力を与えても、表層を厚くすることで、膨らみは小さくなる。

14



改質タックコート

	母材破断率 (N=24)	平均引張強度 (界面破壊/母材破壊) (MPa)
無散布	13%	0.17/0.13
PK-4 (30分養生)	0%	0.18/NA
PK-4 (散布前に既設舗装表面をバーナー加熱)	4%	0.21/0.19
PKM-T (30分養生)	63%	0.25/0.23

PKM-T使用

界面で破壊しにくい

PK-4使用

界面で破壊しやすい

補修時の留意点

くっつかない要因

- ・タックコートの養生不足
- ・合材を搬入する車両によるタックコートの剥がれ
- ・雨天時の施工, 舗設面の湿り
- ・既設舗装温度

水が入る要因

- ・施工目地がすぐに開く, 施工目地部の透水性が高い
- ・空隙率が高すぎる
(配合設計3.5%でも, 締固め度最低ライン98%ならば
空隙率は非常に大きくなる)
- ・下部からの水
(適切な排水対策)

17

タックコートの剥がれ

舗装技術の質疑応答 第10巻(建設図書 2010)



PKM-T



PKR-T

18

舗設面の湿り

国内空港における事例

- ・基層の施工完了段階で降雨となると、基層表面に雨水が滞留する。場合によってはショルダーの舗装を一部切削するなどして、雨水の排除を行った。
- ・交通開放中の基層(粗粒度アスコン)は雨水を除去しきれていない。
- ・表層施工
- ・翌夏、ブリスタリングが発生。
- ・以降から、当該空港では基層の交通開放を行っていない。

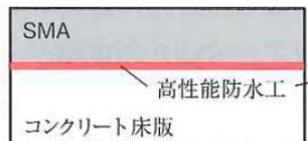


空港舗装補修要領 H25.4～
 基層の交通開放を行う場合は、新材の密粒度アスコンが望ましい。

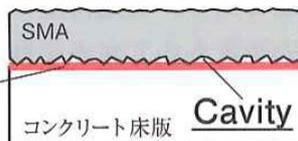
19

既設舗装温度

橋梁コンクリート床版防水工の高度化に対応した
 レベリング層用混合物の検討(NEXCO総研 加藤ら, 道路建設 7月号)



左：理想形
 (防水工とSMAが密着)



右：実際
 (Cavityの形成)

製品：A - SMA 単位：N/mm²

防水工面 温度(℃)	転圧直前 SMA 内部温度(℃)				
	100	120	130	140	160
0	-	0.55	1.02	1.16	1.07
10	0.30	1.00	0.82	0.84	-
20	0.54	0.81	0.92	1.05	-

製品：A - 低空隙 SMA

防水工面 温度(℃)	転圧直前 SMA 内部温度(℃)				
	100	120	130	140	160
0	0.31	0.89	-	0.98	0.98
10	0.38	0.89	-	1.00	0.82
20	0.58	0.84	-	1.03	0.92

製品：A - 密粒

防水工面 温度(℃)	転圧直前 SMA 内部温度(℃)				
	100	120	130	140	160
0	0.58	1.09	1.24	1.24	0.93
10	0.86	1.11	1.23	1.23	1.14
20	0.97	1.07	1.15	1.15	1.23

■ : Cavity あり

太字斜体 : 引張接着強度不足 (0.6 N/mm² 未満) あり

防水工面温度が低く、混合物温度が低くなるとCavityが発生

20

施工目地

未施工レーン 施工レーン

既設表層
(温度低)

敷き均した加熱合材

既設基層
(温度低)

既設舗装は温度が低く、加熱合材が既設舗装に熱を奪われるため、敷き均した加熱合材の温度低下が早い。
→締め固まらない
→弱点部となりやすい・くっつかないで水の進入を許す
対策としては既設舗装断面に対して
タックコートの塗布(空港土木施設施工要領に記載)、
成形目地材等の使用、ヒーターでの加熱など

21

③切削深さ

22

