

福岡空港におけるアスファルト舗装の変状と原因について

Distress and Cause of the Asphalt Pavement at Fukuoka Airport

浮田洋一*・笹山博**・吉田秀樹***・濱田浩二****

UKITA Yoichi, SASAYAMA Hiroshi, YOSHIDA Hideki and HAMADA Kouji

* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** (財) 沿岸技術研究センター 研究主幹兼調査役

*** 国土交通省 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所 所長

****前 国土交通省 九州地方整備局 博多港湾・空港整備事務所 第二工務課長

Distress other than cracking or rutting of asphalt pavement has been seen at Fukuoka Airport since summer 2002. The distress is called grooving deformation, water bleeding and blistering. In this paper, the study on the cause of distress will be briefly reported.

Key Words: asphalt pavement, grooving deformation, water bleeding, blistering

1. はじめに

福岡空港は滑走路1本(2,800m×60m)で、離着陸回数年間13万回を超える国内屈指の交通量を有する地方拠点空港である。当空港の滑走路では平成14年夏季より、グルーピング変形、水のしみ出し、プリスタリング現象といった路面性状の変状が見られている。このような変状は平成12年以降に他の空港でも報告されており、滑走路閉鎖に繋がった事例も報告されている¹⁾。

福岡空港で発生している変状は、誘導路と交差する範囲に集中している。なお、一連の調査を踏まえて平成16年度には航空機走行の安全性を確保するために、図-1に示す範囲を改良工事として実施している²⁾。

本論文は、平成17年度に原因究明を中心として実施した「福岡空港滑走路舗装技術検討調査」について、概要を報告するものである。

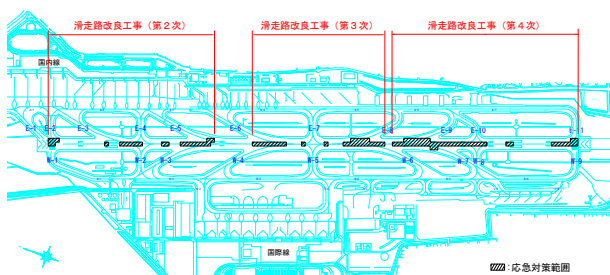


図-1 改良工事実施範囲

2. 滑走路補修の経緯と変状の特徴

2.1 補修の経緯

変状が発生した福岡空港滑走路の舗装は、図-2に示すようにコンクリート版上に昭和48年度、61年度、平成12～14年度の3回にわたってアスファルト混合物によ

るオーバーレイ工事が行われ、全層厚65cm程度まで積層されている。

一方、平成14年夏季の変状を受けて実施した改良工事は、20cm厚の切削打換え工事となっている。改良仕様は、1層施工厚の増大や施工材料の高質化(表層=8cm, 改質II型密粒アスファルト混合物及び基層=12cm, 改質II型大粒径アスファルト混合物)などを図ったものである。また、既設表層と基層の層間剥離箇所並びに昭和61年度施工の表層を除去して、耐久性の高い舗装材料に置き換えている²⁾(図-2参照)。

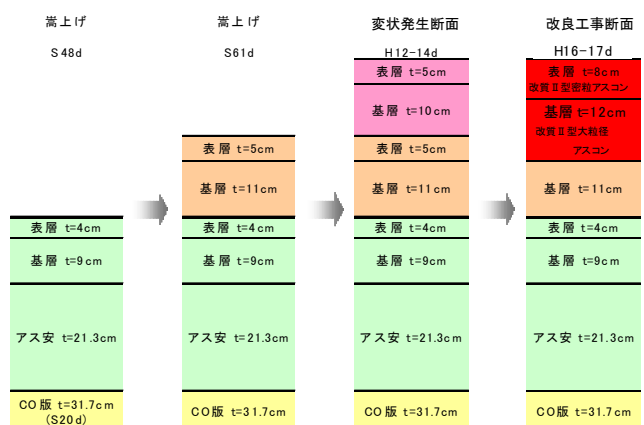


図-2 舗装履歴図

2.2 変状の特徴

福岡空港滑走路の特徴的な変状は、グルーピングの変形(流動・目潰れ)、水のしみ出し、プリスタリング現象である(写真-1参照)。なお、変状箇所をコア抜きすると、アスファルト混合物層が施工界面で分離している層間剥離や、骨材とアスファルトが分離し砂利状化している混合物剥離、水のしみ出しなどが確認できた(写真-2参照)。



(グルーピングの流動)

(グルーピングの目潰れ)



(水のしみ出し跡)

(ブリスタリング現象)

写真-1 路面の変状例



写真-2 舗装コア採取例

滑走路閉鎖となった他の空港事例でもブリスタリング現象やグルーピングの変形、層間剥離が報告されており、閉鎖の原因はをブリスタリング現象が進行したことによる表層材料の剥がれと報告されている¹⁾。

以下に各変状における特徴を示す。

(1) グルーピングの変形 (流動・目潰れ)

グルーピングとは滑走路の横断方向に 32mm 間隔で設置している排水用の溝であり、滑走路センターから 20m の位置まで溝切している。流動・目潰れは誘導路との交差部に発生しており、7月～8月に変形が進行している。流動は最大 17cm の湾曲が観測されている。また、発生形態として流動のみ生じている箇所、流動と目潰れが生じている箇所に大別でき、航空機の運航形態を反映している (図-3 参照)。

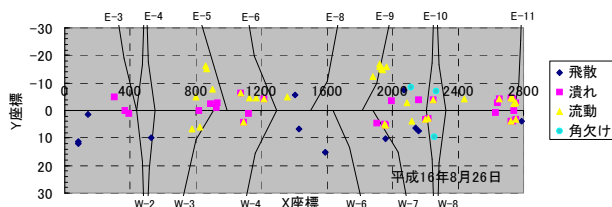


図-3 改良前グルーピング変形位置図

(2) 水のしみ出し

水のしみ出しや湧水跡は、滑走路の中央付近でなく、縁端帯の施工目地に多く見られる。施工目地部には、しみ出した痕跡と思われる白濁跡も見られる。

(3) ブリスタリング現象

ブリスタリング現象とは、混合物中に水分などが閉じ

込められ、気温の上昇下降の繰り返しによって発生する蒸気圧が逃げるができずに膨れ上がる現象である (図-4 参照)。一般に細粒度アスファルト混合物などの空隙の少ない混合物に多く発生する。福岡空港ではφ 30cm 程度の膨れが7月～8月にかけて誘導路との交差部付近に多く発生している (図-5 参照)。

なお、以下の評価値がブリスタリング現象発生目安値として報告されている¹⁾。

- ・ 表層空隙率 2.5～3.0%以下
- ・ 表層透水係数 10^{-7} cm/s 以下
- ・ 舗装内含有水分 (炉乾燥含水比) 1.0%以上
- ・ 表層、基層間の層間接着強度 1.0N/mm^2 以下 (引張強度試験, 試験速度 100mm/min, 試験温度 20℃)

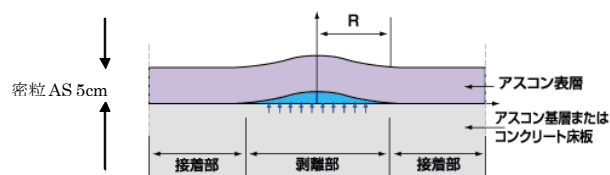


図-4 ブリスタリング現象概念図

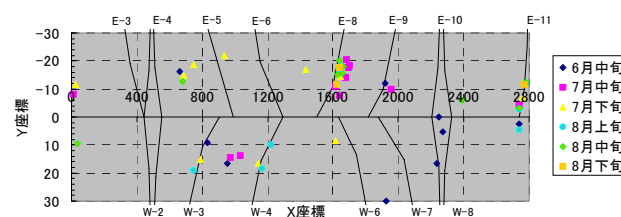


図-5 改良前ブリスタリング現象の平面発生位置図

(4) 層間剥離

層間剥離とは、施工上タックコートで付着させている界面の付着が剥がれてしまう現象で、タックコート効果の低下や航空機荷重によるせん断応力等により剥がれてしまうものと考えられる。

(5) 混合物剥離

混合物剥離とは、アスファルトと骨材が剥離する現象で、アスファルト混合物厚、交通荷重、温度、舗装内水分の相互作用によって生じると言われている。具体的には、アスファルト混合物厚が薄い、水分含有量が多い、交通荷重が大きい、温度が高い場合に生じやすいと言われている。

以下に、変状の特徴を総括として示す。

- ① アスファルト混合物層が厚く積層されている。
- ② 舗装内に水分が存在することで発生する変状 (ブリスタリング現象や混合物剥離) が認められる。
- ③ 誘導路との交差部に路面の変形や層間剥離が発生しており、航空機の走行形態によって変状形態が異なる。
- ④ 夏季に変状が発生しており、舗装内温度上昇が影響している。

3. 調査計画及び調査結果

変状の原因を究明する上で、アスファルト混合物の性状把握、舗装内への水分供給過程、路面性状の変化に着目して計画を立案し、調査を実施した。アスファルト混合物の性状および舗装内への水分供給過程について得られた結果の概要を以下に示す。

3.1 アスファルト混合物の性状変化

夏季前・中・後にコア採取を行い、アスファルト混合物の水分量、空隙率などの性状変化を確認した。以下に調査結果の抜粋を示す。

- ・ 深部のアスファルト混合物層ほど水分を多く含有し、先に示したブリストリング現象発生目安値である1.0%以上を超えるものも見られた(図-6 参照)。
- ・ 航空機走行のある中央帯よりも、端部の縁端帯のほうが水分は多く含有している(図-6 参照)。
- ・ 夏季前・中・後で水分の変化は、ほとんど見られなかった(図-6 参照)。

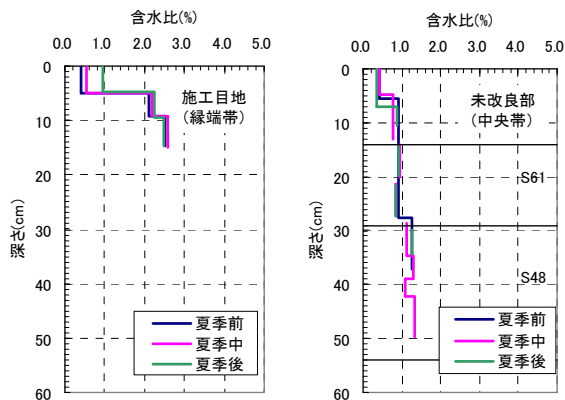


図-6 水分量の深度分布

- ・ 水分を多く含有している層は、アスファルト混合物としての結合力が低下していた。
- ・ 空隙率は夏季前から夏季後で低下する傾向があり、ブリストリング現象が発生していた箇所の空隙率は3.0%以下であった。
- ・ 空隙率の大きなアスファルト混合物層には水分が多く含有している傾向が見られた(図-7 参照)。

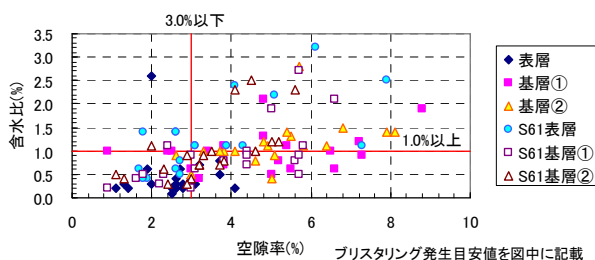


図-7 空隙率と水分量の関係

- ・ 施工目地部の透水係数は 10^{-4} cm/s 程度であるのに対し、目地以外の表層の透水係数は不透水状態となっていた。
- ・ 表層と基層間の層間引張試験強度は、未改良部で 1.0N/mm^2 以下となり、含有水分が多い箇所は極端に小さな引張強度となっていた。

3.2 水分供給過程

舗装帯内の水分供給過程を調査する目的で滑走路センターから 20m 離れた縁端帯に水圧式水位計を挿入した観測孔を設置し、水位変化を観測した。観測孔は任意深さの層間部周辺にストレーナを設けており、ストレーナから孔内に流入してくる水量を圧力変化として読み取る構造となっている。以下に観測結果の傾向を示す。

- ・ コンクリート版下部の水位は、大きな変動はなく、降雨後においても顕著な増加傾向は見られなかった。なお、滑走路周辺の地質調査においても舗装以深に水位が位置しており、地下水位によってアスファルト混合物が浸水する可能性は低い。
- ・ コンクリート版上部の水位は、増加傾向が見られたが、降雨と水位増加の明瞭な関係は見られなかった。
- ・ 昭和 48 年度と昭和 61 年度の層間の水位も、増加傾向が見られた。
- ・ 水位計設置位置はグルーピングの施工境界となっており、グルーピングが水みちとなって横断勾配にそって水が移動している可能性がある。

4. 舗装変状の原因

今回、福岡空港で発生した変状は、先に記したように舗装内含有水分や航空機荷重によって発生した層間剥離、舗装内温度の変化などが原因として挙げられる。特に今回の調査結果より、舗装内に含有している水分が変状の主たる原因になっていると想定できる。

舗装内への水分増加の要因は、図-8 に示すものがあると報告されている³⁾。

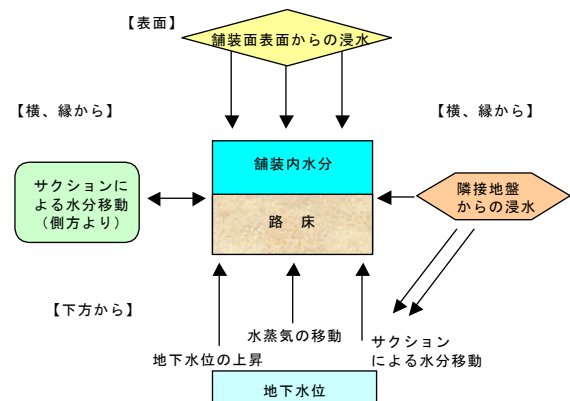


図-8 舗装内への水分増加の要因

図-8 の要因に対し、今回の調査結果を照らし合わせる

と、以下のように考察される。

- ① 深部にコンクリート版が位置していることから、地下水位が舗装内に浸入することはなく、サクシオンなどで水分が下方から上がってくる可能性は低い。また、舗装内に浸入した水分は下部には抜けづらい。
- ② 滑走路は幅 60m、横断勾配 1.4%程度であり、横・縁から水分が浸入（逆流）してくる可能性は低い。
- ③ 表層の透水係数は小さく、雨水が舗装内に直接浸入する可能性は低い。
- ④ ひび割れ部や施工目地部は透水係数が大きいことより、施工目地などから浸入した水分は空隙率の大きな層に残留するものと考えられる。
- ⑤ 残留した水分は下部、縁端帯へ移動することで、深部や縁端帯の水分が多くなっていると考えられる。

上記を総括すると、路面に位置する施工目地からの水の浸透及び既設舗装面のひび割れ部等に残留していた水分が、現状の水分分布の要因になっている可能性が高いと考えられる。

次に、路面変状として発生しているグルーピングの変形、水のしみ出し、プリスタリング現象については、図-9に示すような原因で変状が発生したと考えられる。

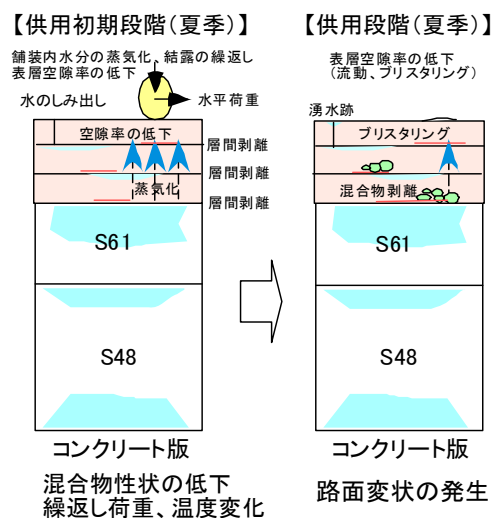


図-9 変状原因の模式図

- ① 変状が発生・進行している夏季は、舗装表面は 60℃程度の温度となり、アスファルト混合物の弾性係数低下やアスファルトの軟化が生じやすくなる。
- ② 舗装内に含有している水分が蒸気化、結露を繰り返すことによりプリスタリング現象が生じ、基層～表層間といった浅い位置の層間付着力が低下した。
- ③ 層間付着力が低下した箇所に、航空機走行に伴う水平荷重などが載荷されることにより、層間剥離が発生し、グルーピングの変形に発展した。
- ④ アスファルト混合物は、水分・温度・荷重の相互作用により、保水しやすい混合物剥離となり、プリスタリング現象が起きやすい状態になった。

5. まとめ

今回の調査検討で得られた福岡空港の変状と原因のまとめを以下に示す。

- ① オーバーレイ工事で積層したアスファルト混合物に、グルーピングの変形やプリスタリング現象が発生しており、類似の変状が他の空港でも報告されている。
- ② 種々の変状に関連する原因として、舗装内に含まれる水分が原因と考えられる。
- ③ 水分を含有する原因は、地下水位の影響である可能性は低く、旧舗装面などに残留していた水分などが主たる供給元である可能性が大きい（深部のコンクリート版により水が溜まりやすい構造となっている）。
- ④ 舗装内に水分を含有していると、アスファルト混合物性状や温度変化などによって、プリスタリング現象や混合物剥離が発生する。
- ⑤ 上記変状に加え、航空機の荷重により、誘導路の交差点部を中心に層間剥離やグルーピングの変形が発生する。

6. おわりに

水分の供給過程については、未だ不確実な事項も多く、今後とも調査を継続し、原因究明の補完、対策の検討を実施していく必要があると考えられる。

最後に、本稿は国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所発注による「平成 17 年度空港滑走路舗装技術検討調査」での検討の一部を取りまとめたものである。検討に際し、空港滑走路技術検討委員会（委員長：善 功 九州大学大学院工学研究院教授）の各委員、下関港湾空港技術調査事務所及び博多港湾・空港整備事務所の関係者から貴重なご意見、ご指導を頂きました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 久保宏・八谷好高・長田雅人・平尾利文・浜昌志：最近の空港アスファルト舗装の損傷と改良工法について、土木学会舗装工学論文集 第9巻, pp35-40, 2004. 12.
- 2) 高田正志：福岡空港における滑走路舗装変状と対策について、第6回空港技術報告会, 2005. 12.
- 3) 八谷好高・中村健・梅野修一・野田工・工藤隆志：高地下水位における空港アスファルト舗装の構造設計、港湾技研資料 No. 875, 1997. 9.