

名古屋空港におけるアスファルト舗装の損傷と改良について

Distress and Repair Method of Asphalt Pavement at Nagoya Airport

中野則夫*・永井春生**・長田雅人***

NAKANO Norio, NAGAI Haruo and NAGATA Masahito

* 前 (財) 沿岸技術研究センター 調査部 研究主幹兼特命プロジェクト担当部長

** 前 (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

*** 国土交通省 中部地方整備局 名古屋港湾・空港整備事務所 第二工務課長

In July, 2000, distress of airport pavement, called blistering, was arisen at Nagoya Airport. At the airport, both operating condition and working hours are severely restricted. In this paper, the study on the distress and repair method of airport pavement at Nagoya Airport will be briefly reported.

Key Words : airport, asphalt pavement, distress, blistering, repair

1. はじめに

名古屋空港では、平成 12 年 7 月に滑走路端部の一部において損傷が発生し、運航に多大な支障が生じた他、その後も滑走路に多数の異常が見られた。

このため、早急に対策を講じることが求められたが、名古屋空港は滑走路 1 本で供用されているため代替性が無く、厳しい運用条件下にあったことから、対策工を施す上での制約も厳しい状況にあった。

こうした中で、沿岸センターは、平成 12 年度から 16 年度にかけて中部地方整備局より調査を受託し、設置した検討委員会のご指導を頂きつつ原因の分析や対策工の立案を行うとともに、工事実施後のモニタリング調査等を実施してきた。

本稿は、こうした 5 年間の取り組みの概要を総括的に報告するものである。

2. 名古屋空港の損傷状況

平成 12 年 7 月 2 日 15:20 頃、図-1 に示す位置で滑走路の一部が剥がれた(写真-1)。この位置は滑走路南端で航空機が離陸に向けて滑走を始めるために一度停止し、エンジンの回転数を上げる位置であり、剥がれた規模は長さ 8 m、幅 4 m、厚さ 5 cm 程度であった。また、その周辺には直径 30 cm 程度以下の膨らみが目視で数カ所確認された。

滑走路の運用形態は優先滑走路方式に近く、離陸機の約 80% が南側より出発するため、剥離した位置は利用頻度が高く、かつ、離陸に向けて航空機の静止荷重、偏心荷重等が作用する位置である。

また、その後の現地調査では、後述するようなグルーピング(滑走路を溝状に切削したもの)変形やブリスタリングと呼ばれる舗装表面の膨れあがり現象が見られた。

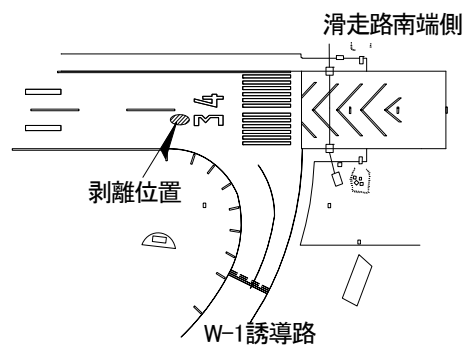


図-1 剥離位置



写真-1 剥離状況(H12.7.2)

3. 原因究明のための調査

剥離後は緊急補修が行われたが、それと並行して原因究明を目的として種々の調査、試験を行った。主な結果は以下の通りである。

3.1 打音調査及び赤外線調査

打音調査は、滑走路等を 5 m メッシュのブロックに分割して人力により舗装表面をハンマーで打撃し、異音が発生する位置を調査したものである。図-2 に調査結果の一部を示すが、異音が生じる位置では、表面と基層間で層間剥離しているものや混合物が一部粒状化しているのもコア採取により確認された。

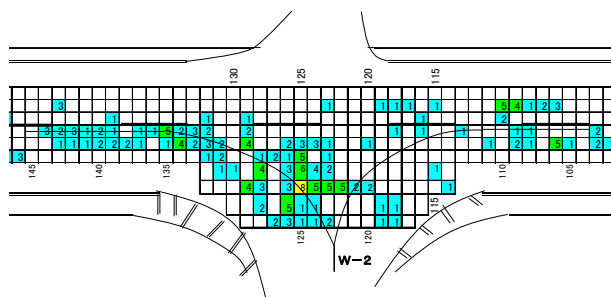


図-2 打音調査結果例 (H14.7: 数字は異音数)

また、打音調査に加えて赤外線カメラにより舗装表面の温度の違いを捉え異常箇所を検出する試みも行った。その結果、打音調査結果と赤外線調査結果の相関は相当程度認められるが(図-3)、精度の高さや同時刻の状況を捉えられないこと、並びに費用や時間の面からその適用には解決すべき課題があるものとされた。

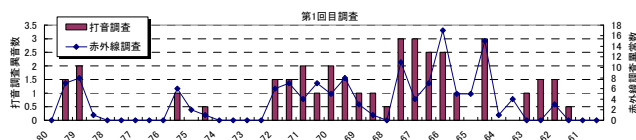


図-3 打音調査と赤外線調査の異常箇所比較例

3.2 路面調査

目視等にて路面調査を実施し、ひび割れ、グルーピングの変形等を調査した。特徴的な事象としては、写真-2に示すようなグルーピングの大きな湾曲や直径30cm程度の膨れあがりが見られた。これらの発生箇所は、前述の打音調査での異音位置と概ね符合していた(写真-2中の丸印は異音位置をマーキングしたもの)。



写真-2 グルーピングの変形

3.3 舗装内水分量

アスファルト混合物を無水にてサンプリングし、深度方向に分割して含有水分量を測定した。平成13年の夏期前調査(6月15日)の結果を図-4に示すが、平成12年改良箇所の水分含有率が低いのに比べ、改良していない箇所では2%を超えるものもあるなど、未改良箇所は改良箇所と比べて水分含有率が高い傾向が伺えた。

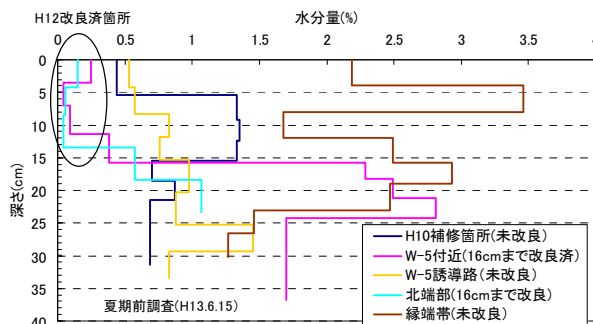


図-4 含有水分量深度分布試験結果例

3.4 アスファルト混合物の空隙率

滑走路の複数地点でコアを採取し、アスファルト混合物の空隙率を調査した。結果として、航空機が通過する箇所の表層における空隙率は、新設時の3.5%に比べ2%程度まで低下している例が見受けられた(図-5)。また、平成13年に行った調査では、未改良部において、夏期前後で空隙率や透水係数の低下が見られた。

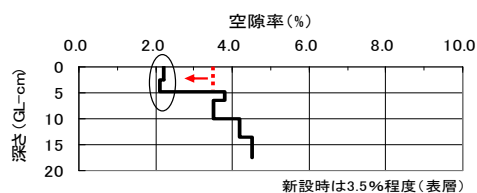


図-5 空隙率の深度分布例

3.5 層間の付着力

表層と基層間の層間付着力を把握するために直接引張試験を実施した結果、層間の付着強度は0.2 N/mm²程度であった。航空機荷重すべてが水平荷重として作用するとの仮定で表層と基層間に発生するせん断応力を多層弾性解析で検討したところ、層間に生じるせん断応力は1.0 N/mm²程度であり、層間の付着が不足しているとの結果となった。

4. 剥離のメカニズムについて

上記のような調査結果をもとに、名古屋空港における滑走路等の損傷は、図-6に示すように舗装内水分、舗装内温度、表層部分の不透气化の3要素によりブリスタリングが発生したと推定した。具体的には、①アスファルト内の空隙低下により表層が密閉化され、同混合物中に水分などが閉じ込められ、②とりわけ夏の暑い日などの温度上昇によって舗装内に生じた蒸気が逃げることが出来ず層間が膨れあがる。③そうした層間の接着面が減っ

た位置に航空機の水平荷重が作用したことにより表層材の剥がれが生じる、と推定した。

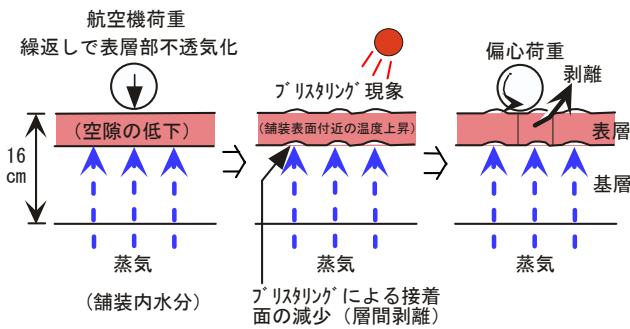


図-6 推定した剥離メカニズム

5. 対策工について

ブリストリングへの対策工は、名古屋空港が日々運用され施工時間も22:00～6:00と制限されることから、基本的にアスファルト混合物による切削・打換えにより行うこととした。平成14年度に実施された対策工断面の概要は図-7に示すとおりである。

以下、この対策工のキーワードとして挙げられる1層施工厚の層厚化、混合物の耐久性向上、施工性の改善について検討結果の概要を報告する。

なお、実施に先行して種々の室内配合試験や試験施工を行い、適用性の確認等を行った。

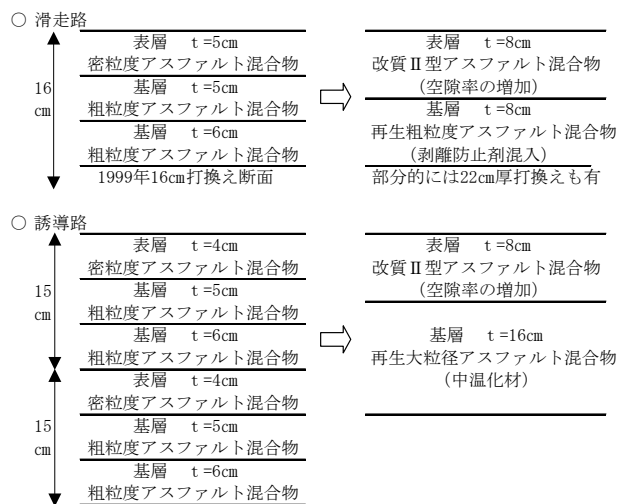


図-7 平成14年度対策工断面概要

5.1 1層施工厚の層厚化

図-7に示すとおり、切削深度はコア採取による室内試験等を踏まえ16cm厚を基本としたが、その場合は現行基準では1層施工厚は7cm以下とされていることから3層仕上げとなり、舗装表面より浅い位置にせん断抵抗性の面から弱点となる施工界面を作ることになる。このため、8cm厚の2層仕上げを行うこととした。これにより、舗

装表面から最も近い界面が5cmから8cmへと移動するため、界面近傍の温度が低下しブリストリングの発生確率も低下させることができると判断した。

また、層間を接着するタックコートは出来るだけ付着力を増加させるためにゴム入りアスファルト乳剤を用いることとした。

5.2 混合物の耐久性向上

現行の空港アスファルト舗装基準では、表層の最大粒径は骨材飛散等の観点から20mmもしくは13mmの密粒度アスファルト混合物とされていることから、表層についてはその最大粒径である20mmを採用した。一方、流動わだち掘れが問題となる誘導路の基層については、対流動性を高めるため大粒径アスファルト混合物（最大粒径30mm）を採用した。なお、同誘導路部については、基層厚を16cmとし、一度にその施工が可能なシクリフト工法により施工することとした。

一方、骨材のバインダー選定においても耐久性向上を図るため、空隙率の保持、塑性流動に伴う変形に対応するため改質II型アスファルトを採用した。

また、空隙は舗装内温度が上昇した際に生じる蒸気を速やかに逃がすため重要なファクターであることから、混合物の空隙率を従来より約1%増加させ、4.5%の空隙率を確保するとともに、基層部については、表層より大幅に高い8%の空隙率を確保することとした（平成12、13年度施工時には4.5%で施工した）。

なお、名古屋空港では混合物剥離が認められたことや改良していない深部に水分が残留していると想定されたことから、基層部には剥離防止剤を混入することとした。

5.3 施工性の改善

現場における工事は、前述の通り22:00～6:00に限られ、その間に切削工、アスファルト混合物等の敷均し、転圧工、そして清掃を行わなければならなかった。

特に、層厚化施工を行ったり改質アスファルトを用いると、アスファルト混合物の温度低下時間が長くなる傾向があるため、その時間を確保するには1日の施工量を大幅に減少させることが必要となり、それは平坦性を低下させる懸念もあった。

そのため、名古屋空港では、16cmの層厚化施工を実施した誘導路部を対象にアスファルト混合物の温度を低下させるため中温化材を用いた。中温化材を用いない場合と用いた場合の混合物搬入時温度、敷均し時温度を示したのが図-8、図-9である。これより、中温化材採用により約30℃の温度低減効果があることが確認された。

6. モニタリングと改良効果について

舗装の改良工事は、平成15年度にも誘導路の一部で行

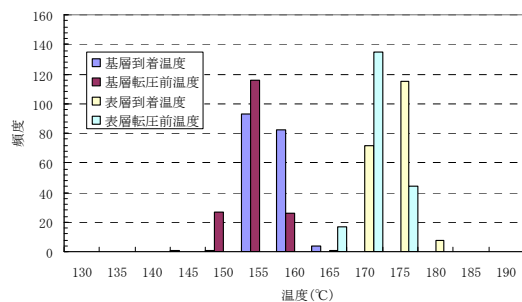


図-8 混合物搬入時、敷均し前温度 (中温化材無)

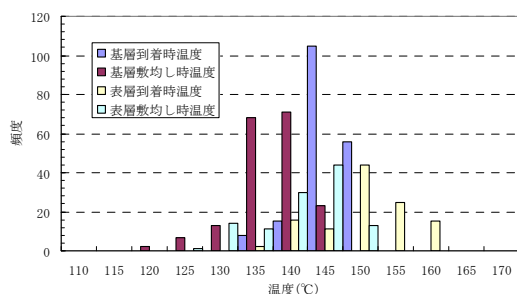


図-9 混合物搬入時、敷均し前温度 (中温化材有)

われたが、それと並行しつつ 16 年度までモニタリング調査を行う一方、同年度に中部地方整備局により実施されたコア採取や室内試験を踏まえ、改良効果について考察を行った。

このうちモニタリング調査では、初夏から夏の終盤にかけて夜間滑走路上を踏査し、目視と打音調査により異音箇所を抽出した。その結果、滑走路の剥がれは発見されなかったものの、部分的な膨れあがり現象が 15、16 年ともに 100 箇所近く発見された（それらに対しては、ドリルにより蒸気抜き孔を施工した）。

一方、採取されたコアと室内試験結果より、改良Ⅱ型アスファルト等の空隙保持効果、含有水分量の変化、混合物や層間の剥離、ゴム入りアスファルト乳剤の効果等について考察した。その要点は以下の通りである。

(1) 改質Ⅱ型アスファルト

改良箇所では、混合物内の空隙率は低下の傾向が見られるものの、以前の未改良部分に比べると大きな値を保持しており、本調査期間内においては一定の空隙率保持効果はあったと考えられる。

(2) 基層で採用した 8%空隙率の混合物

経年変化により空隙率は低下する傾向が見られた（試算では 1.0%/年程度）。調査期間内には異音箇所は少なかったが、従来の 4.5%との定量的比較は今回のデータのみでは困難と考えられる。

(3) 含有水量、剥離防止剤

含有水分量については、改良した深度で浅では低い値であったこと、並びに改良部には混合物剥離が認められなかったことから、基層部の剥離対策としては一定の効果があったものと考えられる。

(4) ゴム入りアスファルト乳剤

表層と基層間の層間付着強度の試験では、大きな値が確認されたことから、ゴム入りアスファルト乳剤は一定の効果があったものと考えられる。ただし、未改良層の切削面では、接着力が大きいとは言えないところもあったが、これについては、基層面と異なり乳剤散布時の路面温度が低かったため付着効果が薄れた可能性がある他、未改良層の水分の影響が付着力低下につながった可能性もあると考えられる。

(5) 層厚化施工

室内試験等から定量的な評価を行うことは難しいが、層間剥離の弱点となる舗装の施工界面を表層表面から遠ざけたこと、並びに層間を減らしたことは、ブリストリングの発生確率低減に寄与した可能性は少なからずあるものと考えられる。

7. おわりに

名古屋空港の滑走路や誘導路では、モニタリング調査等での点検においてブリストリング現象が確認されたため、現場における措置として多数の蒸気抜きも行ったことから、本調査で検討した対策工が抜本的な対策となっているとは言えない面がある。しかしながら、本調査を通じて従来に比べブリストリングに強い舗装断面の提案は出来たものと確信する。また、本調査の提案を受けて行われた対策工と同空港における入念な点検、維持管理とが相まって、名古屋空港の運用に障害をもたらすことなく経過し、本年 2 月に拠点空港としての機能を中部国際空港に移管されたことは、調査に携わった沿岸センターとしても安堵しているところである。

一方、類似の現象が他の空港で発生する可能性がないとは言えないが、そうした場合、空港の舗装履歴や使われた材料、滑走路等の利用状況等、当該空港の状況に応じて有効な対策を検討しモニタリングをしていくことが重要と考える。

最後に、本調査の実施に当たっては「名古屋空港滑走路舗装技術検討委員会」を設置し、北海学園大学教授の久保宏委員長並びに国土総合技術政策総合研究所の八谷好高委員をはじめとする委員の方々に多大なご指導を頂いた。この場を借りて感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 長田雅人他：空港舗装のブリストリング現象，舗装 38-3，pp. 3-7, 2003.
- 2) 久保宏他：最近の空港アスファルト舗装の損傷と改良方法について，土木学会舗装工学論文集，第 9 巻，pp. 35-40, 2004. 12.