

アスファルト混合物の一層最大施工厚緩和にともなう

試験施工の概要と結果

株式会社 NIPPO 関東第一支店
福呂 篤史

1. はじめに

羽田空港の滑走路などで用いられているアスファルト舗装において、①ブリスタリング (写真-1)、②層間剥離 (写真-2)、③アスファルトと骨材の結合分離の3つの損傷事例が報告¹⁾されている。これらの損傷は、比較的経年の早い段階で発生している事案も多く、特にブリスタリングと層間剥離について、早いものでは1~3年で発生している。その中には、大規模な補修に至った損傷事例もあると報告¹⁾されている。

このブリスタリングと層間剥離によるアスファルト舗装の損傷対策の一つとして、国土交通省においては、表層に用いるアスファルト混合物の厚層化が効果的と考えている。

そこで、このアスファルト混合物の厚層化に関する試験施工を『東京国際空港 K 誘導路他舗装改良工事 (その2)』において行った。本報告は、空港舗装におけるアスファルト混合物の一層最大施工厚緩和にともなう試験施工の概要と結果について、報告するものである。



写真-1 ブリスタリング



写真-2 アスファルト舗装の層間剥離

2. 羽田空港における損傷の発生要因と対策

これら損傷の発生要因は次のとおりである。

- ① ブリスタリング：舗装下面に封じ込められた水分等が気化・膨張をすることで舗装体が膨れ上がる現象 (図-1)²⁾
- ② 層間剥離：複数の層によって施工されるアスファルト混合物層間の付着力が低下し、アスファルト舗装が剥れる現象 (図-2)³⁾

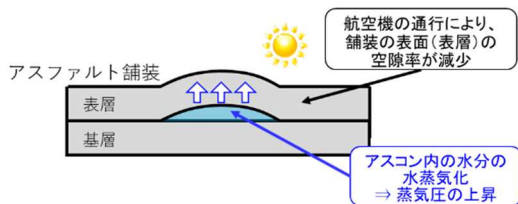


図-1 ブリスタリング発生メカニズム

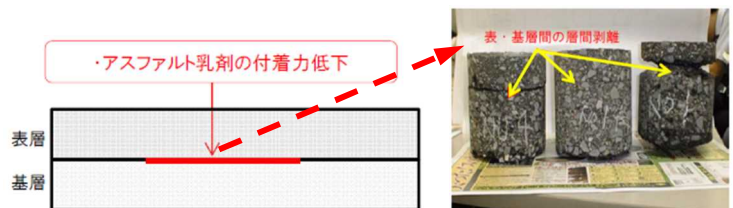


図-2 層間剥離発生メカニズムと状態

現在、空港舗装におけるこれら損傷の対策の一つとして厚層化を実施することにより、以下の効果が期待されている。

- ① アスファルト舗装一層の面積当たりの重さを重くすることで、舗装のブリスタリングを抑制
- ② アスファルト舗装の層数を減少させることで、層間に生じる損傷の発生率を減少

3. 試験施工の概要

3. 1 試験施工の目的

このアスファルト混合物の厚層化により、供用後におけるアスファルト舗装の損傷抑制効果は期待される。しかしながら、制限時間や施工条件などが管理されている空港舗装工において、実際の施工環境と同一条件による実績がほとんどないことが現状であった。そこで、本試験施工では実施工に等しい施工条件のもと実施するとともに、従来の最大施工厚との比較を行うことを目的に、以下の項目について検討した。

- (1) アスファルト混合物敷均しにおける余盛量の検討
- (2) 転圧回数による締固め度の検討
- (3) アスファルト舗装内部における温度推移の比較
- (4) 平坦性の比較

3. 2 試験施工における各種条件

試験施工は、制限区域内の新設誘導路の表層工において、2月中旬（昼間）に実施した。

前述のとおり、厚層施工における諸条件の検討や測定結果の比較を行うため、以下の項目に基づき試験施工を実施した。

- ① 【アスファルト混合物】従来から誘導路において使用している密粒度アスファルト混合物（20）ポリマー改質アスファルトⅡ型とした（以下、密粒As(20)Ⅱ）。
- ② 【舗装温度の測定】舗設厚の違いによる舗装表面温度および舗装内部温度における温度低下の推移を比較するため、従来の舗設厚 80mm（試験施工区分 A）と試験施工の舗設厚 100mm（試験施工区分 B～D）とし（図-3、図-4）、舗装内部に熱電対線を所定の深さ（次ページ表-1）に設置した。
- ③ 【中温化工区の設定】日々の交通開放を想定した場合、舗設厚 100mm では舗装表面温度および舗装内部温度の低下が遅延することが懸念され、交通開放温度に至るまでの時間を要するとともに、航空機の通行による初期わだちの発生原因になると考えた。そのため、舗装温度の早期低下および初期わだちの抑制を目的に、中温化技術（標準温度より出荷温度を 30℃低減）を用いたアスファルト混合物（以下、密粒As(20)Ⅱ・中温化）を用いた工区を設けた（試験施工区分 D）。

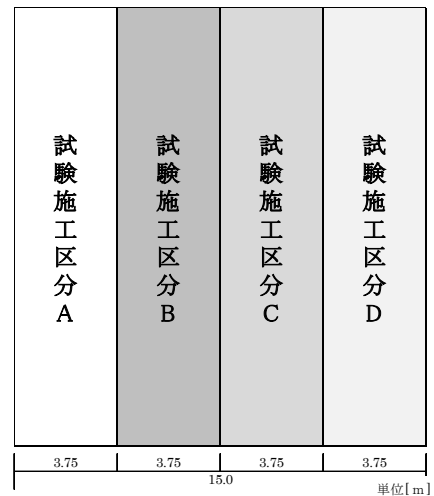


図-3 試験舗装平面図

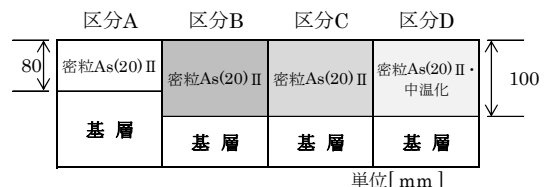


図-4 断面図

- ④ 【転圧回数の検討】舗設厚 100mm における転圧回数と締固め度の関係を確認することを目的に、試験施工区分 C および D では、区分 B の締固め度の結果をもとに転圧回数の増減を検討し、転圧回数を決定する（表-1）。

⑤ 【機械編成】今後の舗装修繕工事を視野に入れ、機械編成は航空局の舗装補修工事で使用されている標準的な編成とし、アスファルトフィニッシャ、マカダムローラ、タイヤローラ、タンデムローラを用いて実施した(図-5)。



図-5 機械編成

⑥ 【余盛量の検討】
舗設厚さ毎の余盛量は一律 20% とする。

表-1 試験施工における各種設定条件

試験施工区分	区分A	区分B	区分C	区分D
工区名称	80標準温度TR7	100標準温度TR9	100標準温度TR11	100中温化TR9
アスファルト混合物	密粒As(20)Ⅱ	密粒As(20)Ⅱ	密粒As(20)Ⅱ	密粒As(20)Ⅱ・中温化※2
舗設厚 (cm)	8	10		
余盛量 (%)	20			
出荷温度 (°C)	175±10 (標準温度)			145±10
到着温度 (°C)	170±10			140±10
初期転圧温度 (°C)	160±10			130±10
二次転圧温度 (°C)	70~90			60~80
初期転圧回数 (回)	3			
二次転圧回数 (回)	7	9	11	9
仕上げ転圧回数 (回)	3			
熱電対線設置深さ※1 (mm)	①表面-10mm	10mm		
	②中央部	40mm	50mm	
	③下面+10mm	70mm	90mm	

※1 舗装計画仕上がり高さからの下がり記載
※2 機械式フォームによる中温化

4. 試験施工の結果

4.1 余盛量(転圧減率)の検討結果

試験施工区分A~Dのそれぞれにおいて、転圧減率の測定は縦断方向に3地点行い、それらの平均値をその試験施工区分の転圧減率とした。

測定結果(図-6)は、舗設厚8cmで10.8%、舗設厚10cmでは13.2~15.2%であり、舗設厚10cmにおいては、転圧回数や混合物種の違いによる転圧減率の大きな差はないことから、おおよそ15%の転圧減率を設定値とすることが望ましいと考える。

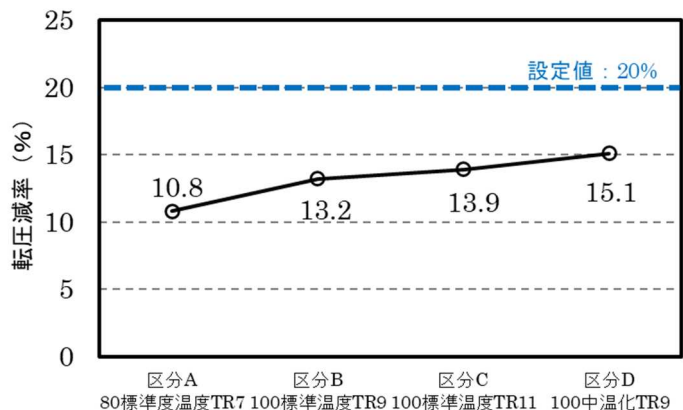


図-6 転圧減率の比較

4. 2 転圧回数の検討結果

試験施工区分ごとに3箇所から採取した切り取りコアの密度を用いて、それぞれの試験施工区分におけるアスファルト混合物の締固め度とした。測定結果より、全ての工区において空港土木工事共通仕様書（令和3年4月）（以下、仕様書）に示される品質管理規格値である98.0%以上の締固め度を確保することが確認された（図-7）。

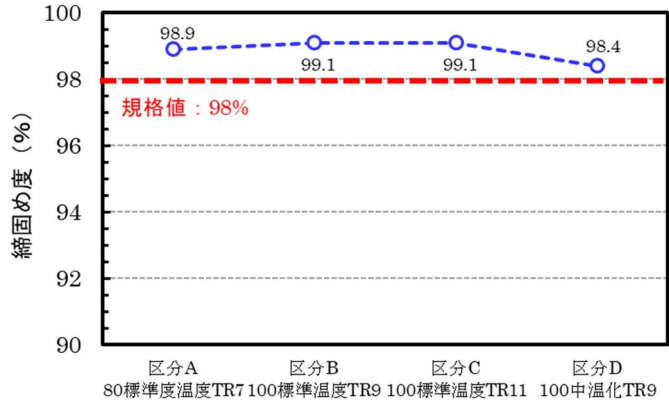


図-7 転圧回数による締固め度の比較

なお、出荷温度の違いによる締固め度の差は個々の測定値および平均値でも最大で

0.7%であり、わずかに密粒 As(20)IIの方が密粒 As(20)II・中温化よりも高い締固め度を示す結果となった。なお、転圧回数の違いによる差については確認されなかった。

これらのことから、本試験施工に用いた機械編成により、マカダムローラによる初期転圧回数3回以上、タイヤローラによる二次転圧回数9回以上とすることにより、転圧回数や出荷温度に関わらず99%に近い締固め度を確保できることが確認された。なお、試験施工時の平均初期転圧温度は密粒 As(20)IIで約160℃、密粒 As(20)II・中温化で約130℃である。

4. 3 アスファルト舗装内部における温度推移の測定結果

アスファルト舗装内部における温度測定は、試験施工区分ごとに縦断方向に3地点とし、1地点につき深さ方向に3箇所熱電対線を設置することで測定を行った（写真-3）。

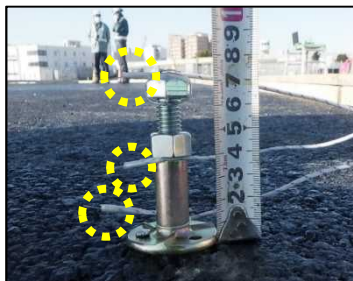


写真-3 熱電対線設置

また、本報告による値は、熱電対線設置箇所をアスファルト混合物により敷き均した直後からの測定値を用いたものである。仕様書に示される、ポリマー改質アスファルト混合物の交通開放温度である70℃以下を満足するまでの所要時間と、舗設厚8cmである区分Aとの時間差を表-2に示している。測定結果より、表面温度に最も近い表面-10mm（図-9）では、密粒

表-2 アスファルト舗装内部温度測結果

区 分		区分A	区分B	区分C	区分D
工区名称		80標準温度TR7	100標準温度TR9	100標準温度TR11	100中温化TR9
項目	所要時間	1:45	1:48	1:51	1:16
	開放温度70℃以下	1:50	2:02	2:11	1:19
	下面+10mm	1:44	1:58	2:13	1:00
(時：分)			(+0:03)	(+0:06)	(-0:29)
			(+0:12)	(+0:21)	(-0:31)
			(+0:14)	(+0:29)	(-0:44)

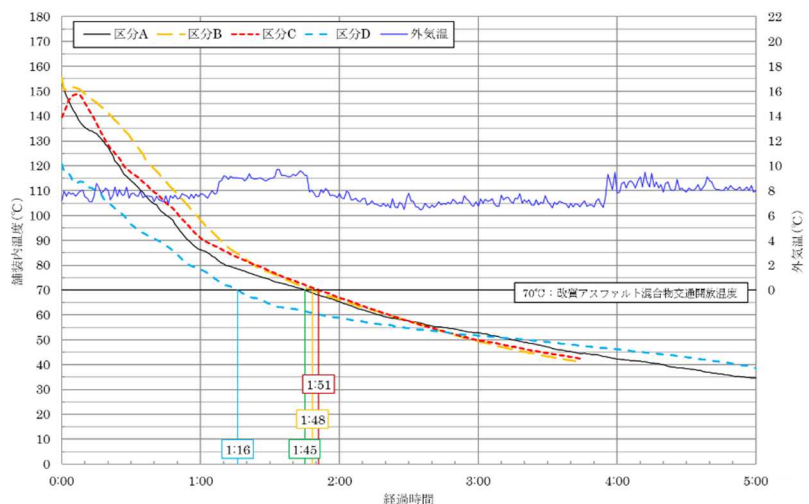


図-9 アスファルト舗装内部温度（表面-10mm）

As(20)II の場合、舗設厚 8cm と舗設厚 10cm の共に約 2 時間以内であり、舗設厚の違いによる大きな差はないことが確認された。なお、中温化技術を用いた密粒 As(20)II・中温化においては、密粒 As(20)II と比較した場合、舗設厚の違いに関わらず約 30 分の時間短縮が可能であることが確認され、舗設厚 10cm でもアスファルト混合物敷均しから約 1 時間 30 分以内に 70°C 以下を満足する結果となった。

中央部 (図-10) および下面 +10mm (図-11) では、密粒 As(20)II の場合、舗設厚 8cm と比較して舗設厚 10cm のほうが 70°C 以下に至るまでに 20 分~30 分程度多くの時間を要したことから、舗設厚の違いによる温度推移の差が確認された。

一方、当該箇所における密粒 As(20)II と密粒 As(20)II・中温化を比較したところ、表面+10mm の測定結果と比べ、わずかに緩やかな温度推移を示しており、70°C 以下に至るまでの差は、約 30 分以上であることが確認された。

舗装内部温度の推移に至っては、施工条件・環境に大きく左右されることが推察され、主に外気温や 1 層当たりの舗設厚、1 日当たりの施工層数などが挙げられる。本試験施工の条件下において求められた測定結果は、全ての施工条件に該当するものではなく、各施工条件における舗装内部の温度推移について、今後もデータ収集を行う必要があると考える。

4. 3 平たん性測定結果

平たん性測定結果は、全ての試験施工区分において、仕様書に示される出来形管理規格値である標準偏差 $\sigma = 2.4\text{mm}$ 以下を満足する結果となった。舗設厚 8cm では 1.36mm、舗設厚 10cm の 3 区分は 1.67~1.86mm の値であった (図-8)。測定結果より、舗設厚が厚いアスファルト舗装路

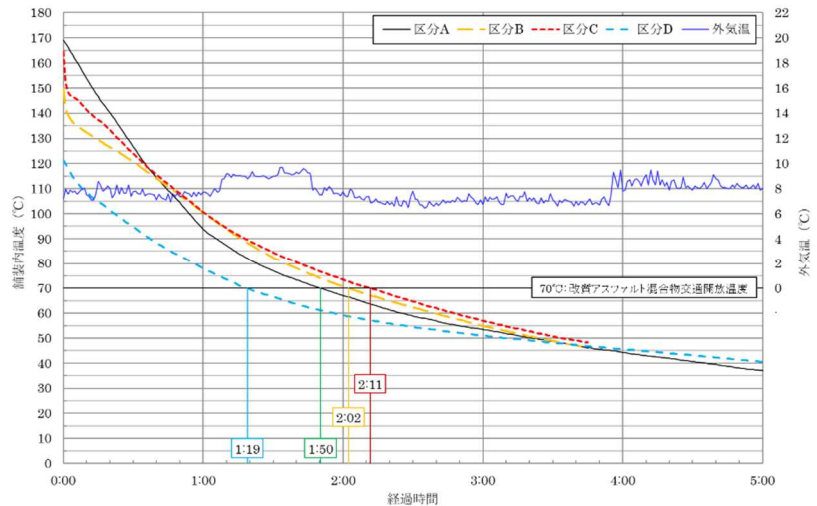


図-10 アスファルト舗装内部温度 (中央部)

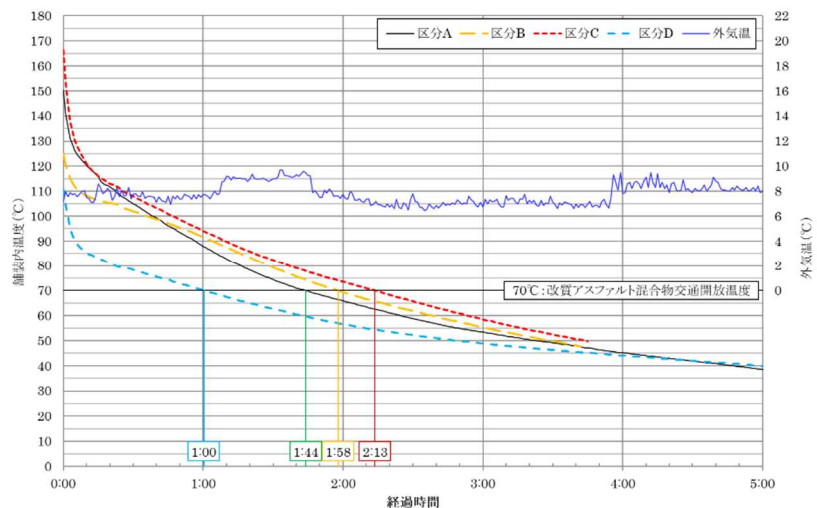


図-11 アスファルト舗装内部温度 (下面+10mm)

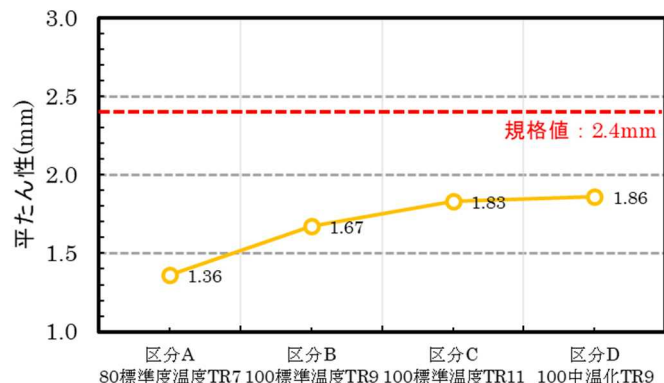


図-8 平たん性測定結果の比較

面の方が平坦性 σ は、わずかに大きな値を示す結果となったが、舗設厚 10cm においても、舗設厚 8cm と同等の平坦性を確保していることが確認された。

5. 本試験施工から得られた今後の課題

本試験施工を経て、以下の課題が確認された。解決策の案とともに示す。

(1) ローラマーク

舗設厚 10cm 区間 3 つすべての工区の曲線部のみにおいて、二次転圧完了時のアスファルト舗装路面にローラマーク散見された (図-5)。これは、アスファルト混合物の最大粒径を固定したまま舗装厚が厚くなったことや、舗設厚 8cm と比較し舗装内部温度が高いことなどの条件が複合的に影響し、ローラマークが発生しやすい状態であったと考える。このまま残置すると航空機の走行に影響が残るが、本試験施工において用意しておいたタンデムローラによる仕上げ転圧で解消された。この仕上げ転圧回数については、本試験施工で採用した 3 回を必要最低限の回数とし、現地の仕上がり路面状態を確認しつつ転圧回数の決定を行う必要がある。

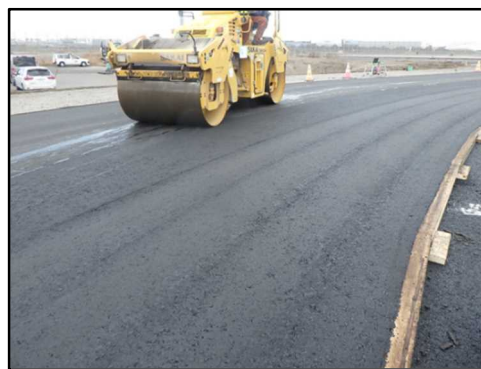


写真-4 ローラマーク

この仕上げ転圧回数については、本試験施工で採用した 3 回を必要最低限の回数とし、現地の仕上がり路面状態を確認しつつ転圧回数の決定を行う必要がある。

(2) 夏期における舗装内部温度の確認

本試験施工時期は冬期 (2 月中旬) であり、比較的外気温の低い時期であった。空港の舗装は冬だけに限定して行われることはなく、夏期による施工における温度推移を確認することが必要である。

日々開放を基本とする空港工事においては、舗装内部温度は重要な情報であり、これが高い状態において交通開放することは、初期わだちの発生を始めわだち掘れ量の増加を招く要因となり、空港施設の運用に支障をきたす可能性がある。そのため、夏期や施工層数の異なる条件下においても、舗装内部の温度推移について検証する必要があると考える。

6. おわりに

本試験施工の実施により、舗設厚 10cm における締固め度・平坦性は基準を満足することが確認できた。さらに、施工性についても汎用的な機械編成による施工が可能であると確認された。舗装体内温度については、夏期におけるデータ収集が必要であると考えますが、密粒度 As(20)改質 II 型かつ舗設厚 8cm による場合と舗設厚 10cm とでは、ポリマー改質アスファルト混合物の開放温度である 70℃ 以下に至るまでに所要時間に大きな差は無いことが確認された (表面-10mm)。なお、中温化技術により標準温度の 30℃ 低減を行った密粒 As(20) II・中温化においては、約 30 分の時間短縮が可能であることが確認された。

これらのことから、アスファルト混合物 (表層) の一層最大施工厚緩和は可能であると考えます。また、本試験施工の各試験、測定結果が一層最大施工厚緩和へと繋がる参考資料になることを期待するものである。

[参考文献]

- 1) アスファルト舗装破損のメカニズムと対策の方向性、第 6 回空港内の施設の維持管理等に係る検討委員会。
- 2) 空港舗装補修要領 平成 23 年 4 月 (平成 30 年 4 月一部改訂)、国土交通省航空局。
- 3) 空港アスファルト舗装の層間剥離・プリスタリングについて、第 52 回 北海道開発局 空港技術研究会議。