

空港における機能性 SMA 舗装の現地試験について

—冬期の就航率改善を目指して—

札幌開発建設部 千歳空港建設事業所 ○ 中村 友哉
東館 雅樹
日色 徳彦

冬期航空路線の就航率は、空港周辺の悪天候及び滑走路路面状況の影響を受けて低下しやすい。積雪寒冷地の空港では、雪氷路面に対して十分な除雪体制で対応しているが、様々な降雪状況に起因する欠航や遅延が、利用者の利便性を損ねている。

新千歳空港では、着陸の可否を判断する滑走路の摩擦係数向上を目的に、舗装材料の適用可能性についての試験を誘導路で実施中であることから、現地試験の経緯と試験結果の中間報告、さらに今後の採用に向けた方向性について報告する。

キーワード 就航率改善、冬期路面对策、すべり摩擦係数、舗装材料

はじめに

新千歳空港では冬期（12～2月）においても毎日約4万3千人の人々が航空路線を利用しており、日々約300便の旅客機が時間帯により異なっているが、**図-1**に示すように1時間に概ね20便程度発着している。

そして、冬期における航空路線の就航率は近年約97.6%（平成20～22年度平均）であり、かなりの悪天候でないかぎり、冬期でも欠航に至る場合は少なくなっている。

ただし、残り2.4%には新千歳空港の悪天候等に起因する欠航が含まれており、50便以上が連続して欠航する日が例年2or3日程発生している。

大部分の利用者は、決まった行程の中で予定どおりに航空機が利用できることを求めていることから、たとえ期間の就航率が100%近くても、利用したい時間帯が突然利用できなくなることは、利便性を損ねることとなっている。北海道開発局では、雪のない地方と同様なサービスを利用者へ提供することを目指すことから、土木施設建設時の工夫によりこのような状況を解決する方法を検討している。

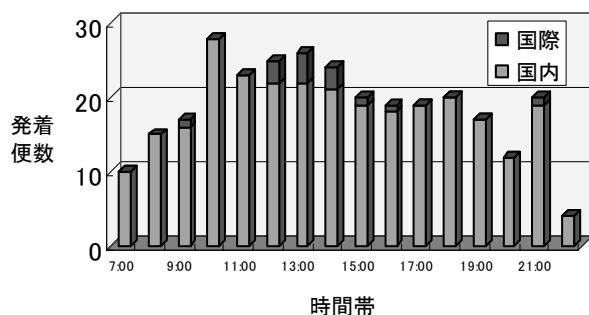


図-1 新千歳空港時間帯別発着便数

1. 目指す効果

航空機は200km/hr以上の速度で滑走路に着陸し、長さの限られた滑走路上で20km/hr位まで減速するため、滑走路が雪や氷で滑り車輪のブレーキが効かない状況では着陸が困難になり、**表-1**に示すVERYPOORの評価時は着陸が禁止される。

そこで、空港では従来より除雪とスノーパー、さらに凍結防止剤散布により滑走路のすべり摩擦係数が確保できるような対応をしてきているが、除雪作業中は離着陸ができないので、新千歳空港のように発着便数が多い空港では除雪実施時間が運航ダイヤへ影響を与えてしまう。

そのため、空港の維持管理を行っている東京航空局では除雪方法の工夫と作業努力により、新千歳空港の長さ3,000mで幅60mの滑走路除雪の対応として、従来約50分かかっていた作業を平成19年度頃より1回約30分（路面チェック10分を含む）で終了できるように改善した。

本検討では、さらに舗装材料の改善による路面のすべり摩擦係数向上効果により、湿潤な降雪による除雪作業の繰り返し（1回の除雪で摩擦係数がUPしない場合）や、降りしきる雪のために繰り返される除雪作

表-1 ブレーキングアクション（SFT）

路面状態	ブレーキングアクションの呼称	摩擦係数
雪氷路面	GOOD : G	0.40 以上
	MEDIUM TO GOOD : MG	0.36～0.39
	MEDIUM : M	0.30～0.35
	MEDIUM TO POOR : MP	0.26～0.29
	POOR : P	0.20～0.25
	VERY POOR : VP	0.19 以下

業の回数減少により、欠航便が減少して就航率が向上することを目指している。

なお、滑走路のすべり摩擦係数向上は、着陸の可否を判断する横風制限値緩和の効果もあり、制限緩和による欠航回避も期待できる。新千歳空港の場合は、年間を通して横風が少ない立地条件であることから件数は少ないが、効果はあると予想される。

2. 現地試験に至った経緯

本報告で検討している機能性SMA舗装は、図-2に示すように表面のきめが粗いという特性により、少雪時や湿潤な降雪時に、従来舗装よりもすべり摩擦係数の向上が期待されている。

機能性SMA舗装の空港舗装への適用性に関する調査は、開発者である寒地土木研究所と合同で行うとともに、委員会等による学識研究者の方々による審議、助言をいただきながら進めており、表-2に示すように平成17年度以後の釧路空港場周道路の試験及び室内試験の結果から、従来の空港舗装より耐久性やすべり摩擦係数に関して各項目で優れていることが確認¹⁾されている。

そこで、滑走路での使用に向けた次の検討段階として、当事業所では以下の2つの課題に対して新千歳空港での現地試験を行っているところである。

- ①滑走路と同等な計測によるすべり摩擦係数向上効果の確認。(釧路空港場周道路の試験及び室内試験の結果は、従来舗装と比べて良好であるが、実際に滑走路で計測されている方法と異なるため)
- ②航空機の荷重に対する耐久性確認。(室内試験結果による耐久性は、従来舗装の値より良好なので問題ないと予想されるが、実荷重による試験結果がないため)

3. 現地試験施工

1) 試験舗装箇所の選定

試験舗装実施箇所の選定については、機能性SMA舗装上を航空機が通行するのが初めてであることを考慮し、使用頻度が一般的である箇所の誘導路改良事業で実施するという基本方針のもと、以下の2つの条件から判断し、D1誘導路の図-3に示す箇所において図-4の断面により平成21年度に施工した。

- ①滑走路のすべり摩擦係数計測と同様に計測車が走行できる箇所。
- ②従来舗装との差を確認するため、自然条件がほぼ同様な箇所で同時期に従来舗装と併せて施工し、同時試験により経年変化の差も確認できる箇所。

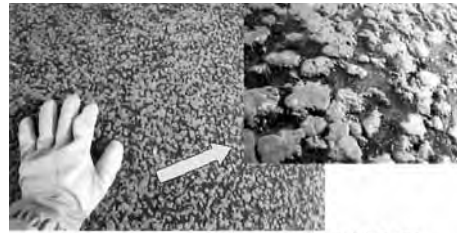
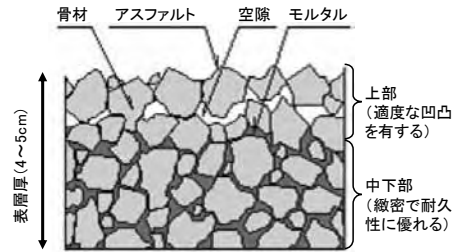


図-2 機能性SMA舗装の構造と表面

表-2 密粒度アスコンとの性能比較 (既往)

調査項目	調査方法	確認済事項
舗装表面の粗さ	サンドパッチング	密粒度アスコン(20F)より粗い舗装路面である。
舗装のすべり抵抗性評価	DFテスター、SF T	密粒度アスコン(20F)よりシャーベット、ブラックアイスに対して大きい評価である。
耐摩耗性の評価	チェーンラベリング試験	密粒度アスコンと同程度である。
耐流動性の評価	ホイールトラッキング試験	密粒度アスコンより優れている。
プリスタリング抵抗性評価	加圧透水試験	密粒度アスコンと同程度の透水係数であるが、高粘度バインダーを用いているため高温時における活荷重荷時の変形量が小さく、空隙を維持しやすいことから抵抗性が強い。
凍結融解抵抗性の評価	チェーンラベリング試験	密粒度アスコンより優れている。
耐久性の評価	スパイク(チェーン)ラベリング試験、据えきり試験	密粒度アスコンより優れている。特に据えきり試験における骨材の飛散抵抗性に優れる。

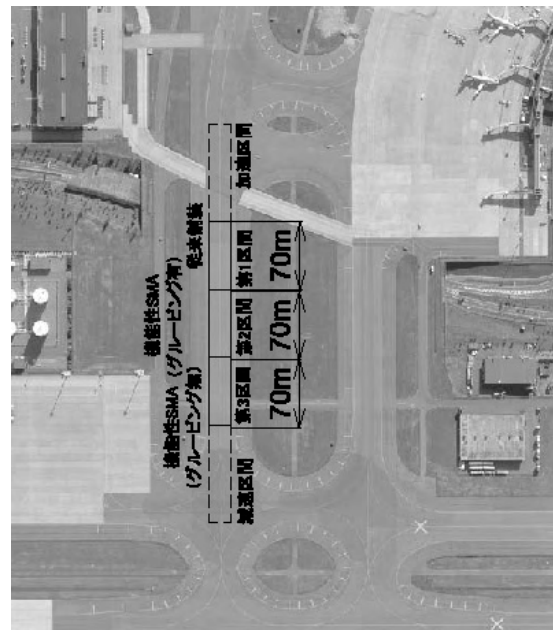


図-3 試験舗装施工箇所

2) 試験計画

試験舗装の検討ケースは、従来舗装（第1区間：改質Ⅱ型+グルーピング）、機能性SMA舗装（第2区間：改質H型+グルーピング）、同舗装（第3区間：改質H型）の3区間とする。なお、試験は材料対比が主目的であるが、グルーピングなしの場合の可能性についても確認するために第3区間を追加している。

現地試験項目として、耐久性に関しては供用後一定期間ごとの目視調査、すべり摩擦係数に関しては、**図-5**に示すSFT（SURFACE FRICTION TESTER）及びDFテスターによる計測とし、SFTの評価においてはブレーキングアクションを使用する。

SFTによる計測位置は、航空機のメインギヤの影響ありなしを考慮し、**図-6**に示すようにセンターから左右5.5m及び10.0m位置の4測線とし、計測速度は新千歳空港の雪氷滑走路での計測に合わせて60km/hrで実施する。

3) AS配合検討

機能性SMA舗装は、従来の空港舗装機能に表面の粗さという仕上がりも求める事から、以下の2点に留意して**表-4**の配合で施工している。

① 最大粒径13mmの使用

従来の20mmではきめが必要以上に粗すぎて安定度が低下するため13mmとしている。

② 突固め回数を50回管理として配合検討

空港舗装の場合、航空機荷重による締め固め効果から、従来75回管理が適当とされてきたが、本試験施工では空隙率確保のため50回管理とし、高性能バインダーにより補っている。そういった観点からも試験施工箇所の経過観察を実施する。

4. 試験結果

1) すべり摩擦係数

試験舗装施工直後の平成21年度及び翌22年度冬期におけるSFTによる計測は、計12日間にわたり24回調査した。

その結果、**表-5**に示すように路面状態がSLUSH（水分を十分含んだ雪）の 때가3回あり、**表-6**及び**図-7**に示す例のように、その全てにおいて従来舗装より機能性SMA舗装のブレーキングアクションが2 or 1ランクアップした。一方、その他の路面状態では、積雪時に1回のみ2ランクアップした例以外は、顕著な差は認められなかった。

また、DFテスターによる現地計測結果では**図-8**に示すようにブラックアイスの状況ですべり摩擦係数向上効果が確認できた。

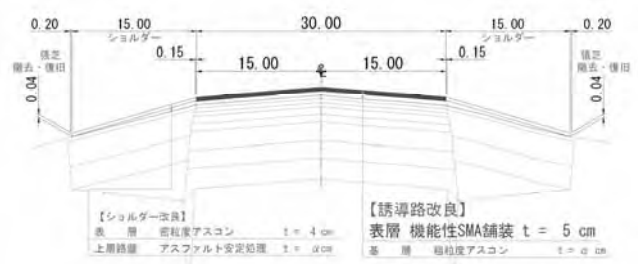


図-4 試験舗装の構造

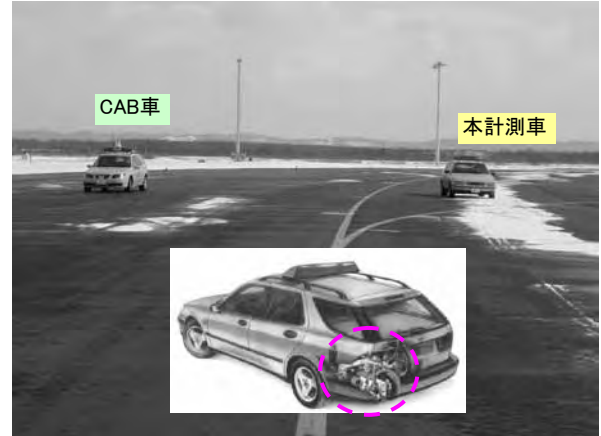


図-5 SFT搭載計測車と計測状況

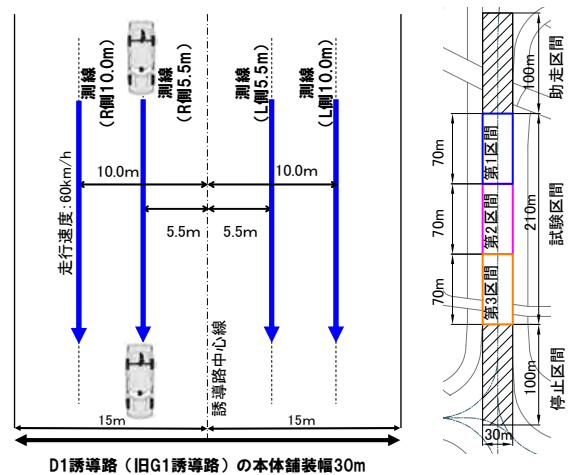


図-6 試験舗装におけるSFT計測箇所

表-4 各試験区間の配合

試験目的	第1区間(共通仕様書)	第2・3区間(検討会)
骨材の最大粒径	20mm	13mm
バインダ	改質Ⅱ型	改質H型
突き固め回数	75回(75回)	50回(50回)
マーシャル安定度	11.34KN(8.80KN以上)	8.32KN(5.0KN以上)
密度	2.391g/cm ³ (2.35g/cm ³ 以上)	2.324g/cm ³
空隙率	4.0%(2~5%)	5.4%(3~7%)
飽和度	75.2%(75~85%)	71.6%(65~85%)
フロー値[1/100cm]	30(20~40)	34(20~50)
動的安定度	—	5,730回/mm (3,000回/mm以上)
きめ深(サドパッチング法)	0.4mm	1.57mm(1.0mm以上)

表-5 SFTによる計測回数

測定した状態	第1区間	第2区間	第3区間
DRY	7	5	5
WET	3	4	4
積雪	8	9[1]	6
SLUSH	3	3[3]	3
ICE	0	1	4
除雪直後	3	2	2
合計	24	24[4]	24

※【 】内数字がランクアップ回数

表-6 SFT計測結果によるランクアップ状況

SFT車 走行時間	気象条件等			第1区間		第2区間		第3区間	
	天候 気温 降雪量	路面 状態	積雪量 路温度	摩擦 係数	BA	摩擦 係数	BA	摩擦 係数	BA
2月6日 16:10~ 16:17	乾雪 -8.1°C 1cm	積雪	-	0.31	M	0.42	G	0.33	M
2月22日 23:25~ 23:39	みぞれ 1.4°C 0cm	SLUSH	4mm -0.7°C	0.31	M	0.44	G	0.48	G
2月23日 00:11~ 00:23	みぞれ 雪 0.4°C 1cm	SLUSH	10mm 0.9°C	0.24	P	0.31	M	0.27	MP
2月23日 04:29~ 04:43	曇 18°C 0cm	SLUSH	7mm 0.9°C	0.26	P	0.27	MP	0.23	P

※ BA : ブレーキングアクション (SFT)

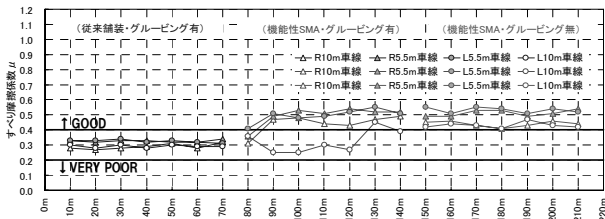
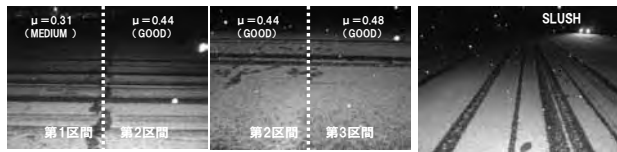


図-7 SFT計測によるランクアップ結果例

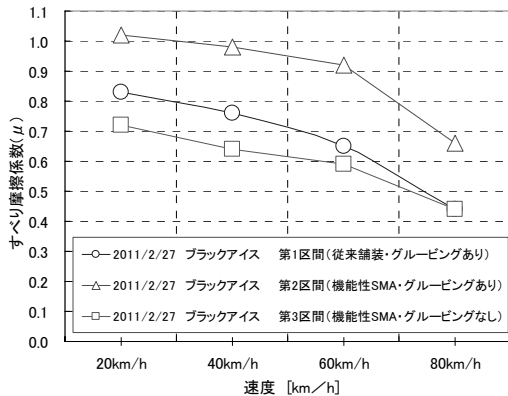


図-8 DFテスター現地計測結果

2) 耐久性

試験舗装施工箇所は、国際線ターミナルと滑走路を結ぶ主誘導路として1日に約20便が通行しており、

Nakamura Tomoya, Higasidate Masaki, Hiroyuki Naruhiko

写真-1 のように各試験区間の舗装面に目立った異常は認められていない。

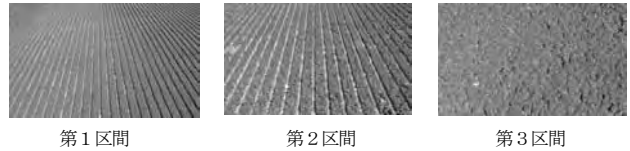


写真-1 各表面の状況 (H23.8.3撮影)

5. まとめ

平成21及び22年度の現地試験結果より、データの蓄積は限定的であるが、試験目的に対しては以下のとおり良好な結果が得られている。

①滑走路と同等な計測方法によるすべり摩擦係数向上効果が確認された。

特に本研究で有効と期待している、舗装路面がSLUSHの状況においては、ブレーキングアクションのランクアップが認められた。

さらに、DFテスターによる現地計測結果よりブラックアイスの状況においても、すべり摩擦係数向上効果が確認された。

②航空機荷重に対する耐久性については、目視観察の結果、現時点では問題のないことが確認された。

おわりに

すべり摩擦係数確認調査は、路面状態が偏らないように各種気象条件で行って来ているが、データ数が依然少ないため、今後も様々な路面状態での調査を行いデータの蓄積を行っていく必要があるとともに、機械除雪と合わせて機能向上が図れる舗装として、以下の項目についても意識した検証が必要と考える。

- ①少雪の場合には除雪作業なしでも着陸可能なすべり摩擦係数が確保しやすい舗装。
- ②1回の除雪で着陸可能なすべり摩擦係数が確保しやすい舗装。
- ③凍結防止剤の効果が持続しやすい舗装。

なお、現在の試験施工箇所は誘導路であり、スイーパーで十分に路面を仕上げる滑走路とは除雪方法が少々異なることから、誘導路における機能性SMA舗装の耐久性確認後には滑走路での試験施工による効果の検証が必要と考える。

参考文献

- 1) 安倍, 牧野, 水上: 空港舗装における冬期路面対策に関する検討, 第52回北海道開発局技術研究発表会, 2009.2