

## 大粒径中温化アスコンを使用した滑走路補修に関する検討

### Examination of Airport Runway Repair Using Large-grain and Low-heat Asphalt Mixture

安倍 隆二\*・岳本 秀人\*\*・衛藤 謙介\*\*\*

Ryuji ABE, Hideto TAKEMOTO and Kensuke ETO

新千歳空港では平成12年6月滑走路点検時、表層に異常箇所が発見され補修が行われた。詳細調査を実施したところ、表層だけではなく施工継目部の基層、アスファルト安定処理層が水の影響で強度低下していることが確認された。「新千歳空港舗装検討会」で対策工法を検討した結果、滑走路の時間的制約から短時間に施工が可能なシックリフト工法を併用した大粒径中温化アスファルト混合物を採用した。この工法は施工時間の短縮を図るため、1回の敷均し厚が通常より大きいシックリフト工法とアスファルト混合物の混合温度を30～50℃低減できる中温化混合物を利用することにより、短時間で滑走路の全層打換えの補修を可能にした。

本検討は舗装体の劣化原因の調査、対策工法の検討結果について報告するものである。  
《キーワード：空港舗装、大粒径アスファルト混合物、中温化アスファルト混合物、シックリフト工法》

Blistering of the runway surface course was found during a runway inspection at New Chitose Airport in June 2001. A more detailed survey revealed that water penetration has reduced the bearing capacity of both the surface course and the binder course below the joint, as well as the asphalt stabilization layer. The New Chitose Airport Pavement Study Committee examined remedial measures. Because there are few hours of the day when runway pavement work can be done, the thick lift method, whereby asphalt mixture is placed in a short time, was applied in combination with a large-grain and low-heat asphalt mixture that can be placed at lower temperatures than usual 30-50℃ lower. This method has actualized a full-depth replacement of runway pavement in a short time. The study reports the causes of pavement failure and the results of measures against such failure.

《**Key Word** : Airport runway pavement, Large-grain asphalt mixture, Low-heat asphalt mixture, Thick lift method》

## 1. はじめに

新千歳空港は、昭和63年7月に供用開始したA滑走路（延長3000m×幅60m）と平成8年4月に供用開始したB滑走路（延長3000m×幅60m）を有する第2種空港である（図-1）。

平成12年6月に行った滑走路点検により、舗装面が円形状に膨れ上がる現象が多数発見され、緊急補修が実施された。その後滑走路全長にわたり、コア採取調査を実施したところ、表層、基層、アスファルト安定処理層などアスコン層間の剥離や、アスファルト安定処理層が砂利状化している箇所があることが確認された。

国内の地方拠点空港である新千歳空港において、舗装の劣化が進行しているのは明らかであり、将来的にわたり舗装劣化に起因する事故を未然に防止し、航空機の安全運航を確保するためには、A滑走路およびD誘導路舗装の抜本的対策としての改良工事を早急を実施する必要がある。

本報告は「新千歳空港舗装検討会」<sup>1)~4)</sup>の検討内容を中心に新千歳空港の舗装体の劣化原因の調査、対策工法の検討及び試験施工の結果について報告するものである。

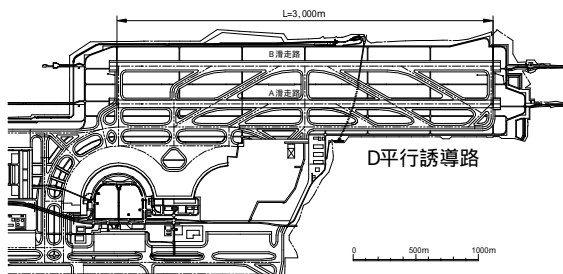


図-1 新千歳空港平面図

## 2. 調査項目・調査結果

### (1) 異常箇所の発生時期

平成12年6月24日、A滑走路に異常箇所が報告され、点検を行った結果、表層部分に径20～40cm、高さ10～20mmのプリスタリング現象と思われる箇所が多数発見され、膨らみの頂上にひび割れを生じている箇所もあった。プリスタリング現象とは、アスファルト舗装表面が円形状に膨れ上がる現象であり、舗装下面にある水分が温度上昇により気化し、その時に発生する蒸気圧が原因で発生する現象である。

補修箇所の方法としては、以下の方法で暫定的に補修を実施した。

軽微な箇所は、膨らみ部分にピン等で穴を空け空気（蒸気）を抜き、ガスバーナーで加熱してローラ

で転圧し、ひび割れ箇所はクラック補修材で注入した。

盛り上がり高さ15mm以上、ひび割れ幅3mm以上については幅2m、深さ8cm程度で切削してオーバーレイによる補修を行った。

切削後の路面状態は当初は乾燥しているが、旧表層の施工継目（滑走路中心から10mの位置）から水が浸みだし、下層から水分が供給されていた。また、プリスタリングの発生している箇所は、ハンマで打音検査を行うと音が健全部と異なり、異常音がした。

次に平成12年度の新千歳空港の路面最高温度<sup>5)</sup>を表-1に示す。外気温の影響を把握するため、路面最高温度の範囲45～60を3階級に分け、発現回数を上段、当該日を下段に示す。プリスタリングが発見された6月24日の1週間前から路面温度が高くなり、路面最高温度が50を超えている日が続く、舗装体温度が上昇しているのが分かる。4、5月は路面温度が50以上になる期間が無く、6月中旬の路面温度の上昇がプリスタリング現象を発生させたと考えられる。

表-1 新千歳空港の路面最高温度

月	路面温度		
	45～50	51～55	56～60
4月	回	0	0
当該日	日		
5月	回	6	0
当該日	日	17, 18, 19, 24, 25, 30	
6月	回	4	4
当該日	日	13, 24, 29, 30	16, 17, 18, 21
7月	回	5	3
当該日	日	6, 7, 16, 24, 25	2, 11, 14
8月	回	7	2
当該日	日	8, 9, 12, 13, 14, 19, 21	18, 24
計	回	22	9

### (2) 調査項目

新千歳空港のプリスタリング現象や舗装体の劣化原因および対策工法を検討するため、現地のコアを採取し、表-2に示す調査項目について試験を行った。

表-2 調査項目

調査項目	調査目的
採取コアの破損状況調査	舗装体の破損箇所、破損範囲の把握
採取コアの水分量調査	舗装体に含まれる水分量の把握および舗装体の空隙率の把握
加圧式透水量試験	舗装体の水密性の把握
アスファルトの性状試験	アスファルトの劣化状況の把握
マーシャル安定度試験	舗装体の強度把握
水浸マーシャル安定度試験	舗装体の等価値の算出

### (3) 採取コアの室内試験

#### a) 採取コアの破損状況

A滑走路の破損箇所、破損範囲を把握するため、A滑走路中心から左右10m離れた位置を100mピッチでコアを採取し、コアの状態を観察した。図-2、

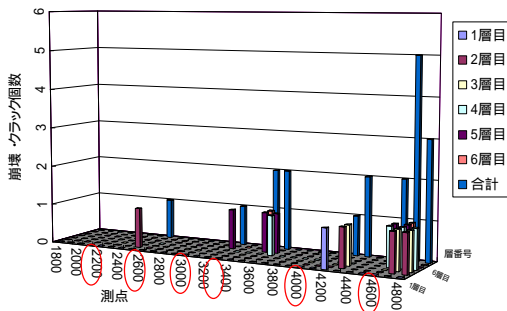


図 - 2 各層の破損状況 (A滑走路・R側)

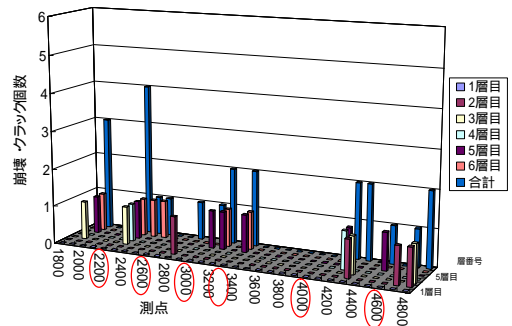


図 - 3 各層の破損状況 (A滑走路・L側)

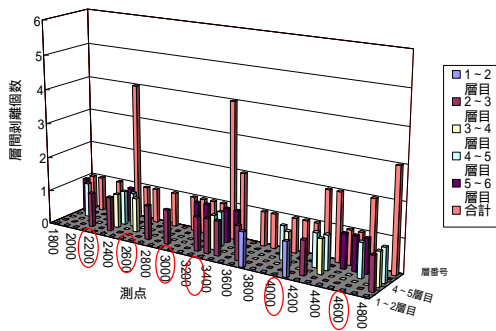


図 - 4 各層の層間剥離状況 (A滑走路・R側)

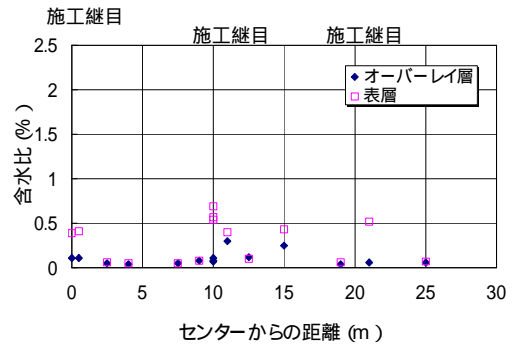


図 - 5 A滑走路の含水比 (P=4700)

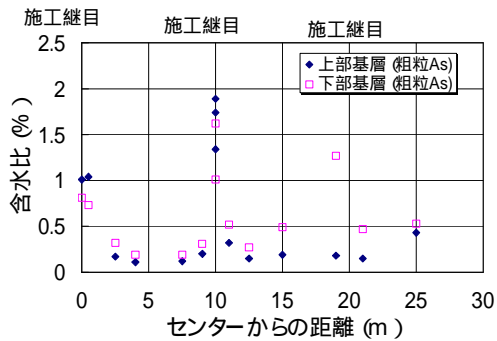


図 - 6 A滑走路の含水比 (P=4700)

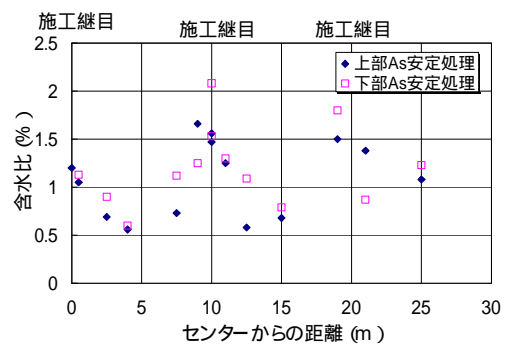


図 - 7 A滑走路の含水比 (P=4700)

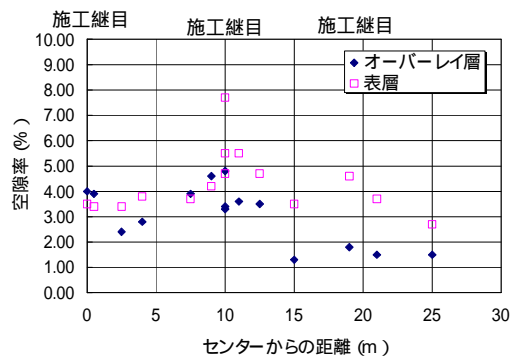


図 - 8 A滑走路の空隙率 (P=4700)

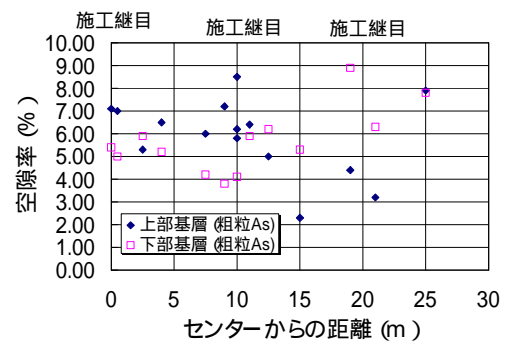


図 - 9 A滑走路の空隙率 (P=4700)

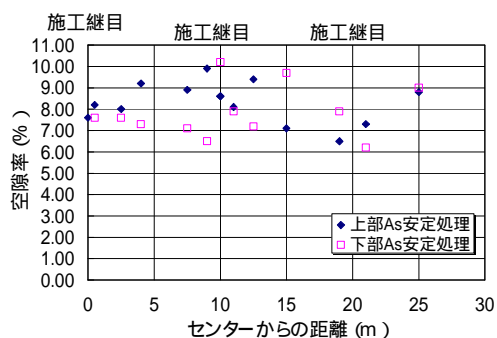


図 - 10 A滑走路の空隙率 (P=4700)

撮影記録 (コアNo.4)				
調査箇所 No.3 A滑走路 測点 SP=4700 CLから5R測線 10m				
トースコープ	構成	層厚(m)	深度(m)	採取コア
	オーバーレイ	0.058	0.06	
	密粒	0.047	0.11	
	粗粒	0.050	0.16	
	粗粒	0.065	0.22	
	アス安	0.095	0.32	
	アス安	0.093	0.41	

写真 - 1 無水コアの状況 (P=4700)

表 - 3 加圧式透水量試験

測点		P=3200	P=3400	P=4000	P=4100
一層目	オーバーレイ	不透水	$1.43 \times 10^{-5}$	不透水	$4.43 \times 10^{-4}$
二層目	密粒度アスコン	$1.74 \times 10^{-7}$	不透水	不透水	$1.66 \times 10^{-4}$
三層目	粗粒度アスコン	$6.89 \times 10^{-4}$	$4.88 \times 10^{-4}$	$1.52 \times 10^{-5}$	$5.10 \times 10^{-5}$
四層目	"	不透水	$1.70 \times 10^{-3}$	$4.12 \times 10^{-5}$	$1.79 \times 10^{-4}$
五層目	アス安定処理	$9.13 \times 10^{-4}$	$9.55 \times 10^{-4}$	不透水	$4.33 \times 10^{-4}$
六層目	"	$1.06 \times 10^{-3}$	$3.36 \times 10^{-3}$	$4.34 \times 10^{-4}$	$2.04 \times 10^{-3}$



写真 - 2 異常箇所のコア

く、最下層にあるため、基層に比べて水の横方向の影響範囲は大きく水分の保水性も高い。空隙率の状態も表層、基層、アス処理の順に空隙率は高くなるが、オーバーレイ層の空隙率が低いところもあり、水密性が高くなっている。このように水密性が高い箇所は、プリスタリングが発生する可能性がある。

写真 - 1 に無水ボーリングにより採取したコアとトースコープ調査で撮影したコアの内部の状況写真を示す。水分が層間に溜まっているのが分かる。舗装体の中では安定しているが、コアを採取すると応力が開放されてバラバラになり骨材が剥離した。

滑走路におけるボーリングデータでは、地下水位は地表面下 3 m 程度の位置にあるため、浸入した水は地下水の影響ではなく雨水や降雪の影響であると考えられる。

### c) 加圧式透水量試験

舗装体の水密性を確認するため、採取したコアを各層に切断して加圧式透水量試験を行った。試験条件として 500Kpa を 24 時間加圧して透水係数を求めた<sup>6)</sup>。表 - 3 に試験結果を示す。表層 (オーバーレイ層)、旧表層 (密粒度アスコン) 等に不透水層が見られる。特に表層、旧表層が不透水層 ( $1 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$  以下) になり、層間に水分が残留していれば、プリスタリング現象が起こる原因となる。

次に、プリスタリング箇所から採取したコアを写真 - 2 に示す。コアは旧表層と基層で層間剥離しており、下層の部分は骨材が一部剥離した。また、他のコアについてもプリスタリングが発生したコア

3 に各層のコアの破損状況を図示する。図に示す破損コアは、破損あるいはクラックが発生しているコアを示す。R 側は終点側や取り付け誘導路の交差部 (図上で楕円で囲んだ測点)、L 側は起終点や取り付け誘導路の交差部の位置の破損が多い。飛行機の離陸時に静止加重が加わる位置や走行荷重の頻度が高いところが破損している。また、A 滑走路の層間剥離状況を図 - 4 に示す (R 側)。層間剥離は滑走路全体に亘って分布しているのが分かる。

### b) 水分量調査

水分が舗装体に与える影響を把握するため、無水ボーリングにより舗装体のコアを採取し、舗装体に含まれている含水比を測定した。図 - 5 ~ 7 に P=4700 の測点における横断方向の舗装体の含水比を示す。

滑走路の施工継目位置は、滑走路中心、中心から左右 10m、20m の位置である。水の分布状況は施工継目の位置の含水比が高くなっており、水が施工継目から浸入しアスファルト舗装体に残留したと考えられる。

図 - 8 ~ 10 に P=4700 の測点における舗装体の空隙率を示す。アスファルト安定処理層の空隙率が高

表 - 4 A滑走路のアスファルト性状試験

良好部							
試験項目	単位	試験条件	オーバーレイ層	密粒度As	粗粒度As	As安定処理	標準的性状
抽出As量	%		4.93	-	5.48	4.64	
針入度	1/10mm	25、100g、5sec	35	32	43	42	80-100
軟化点		環球法	54.4	53.9	50.8	52.7	42.0~50.0
伸度	cm	15、5cm/min	13	10	26	18	100以上

不良部							
試験項目	単位	試験条件	オーバーレイ層	密粒度As	粗粒度As	As安定処理	標準的性状
抽出As量	%		5.89	-	5.45	4.41	
針入度	1/10mm	25、100g、5sec	48	25	24	30	80-100
軟化点		環球法	51.8	58	57.1	56.6	42.0~50.0
伸度	cm	15、5cm/min	22	6	6	6	100以上

表 - 5 マーシャル試験と舗装の等価値

A滑走路のマーシャル試験結果										
	平均値 (KN)	標準偏差 (KN)	平均値 - 標準偏差	等価値	ゲージ数	係数	最大値 (KN)	最小値 (KN)	75%分位値 (KN)	等価値
オーバーレイ	6.37	2.19	4.18	1.5	16	5.298	11.50	4.35	5.03	2.0
レベリング	6.80	2.52	4.28	1.5	3	2.547	9.73	3.58	4.38	1.5
密粒度70%	6.10	1.98	4.12	1.5	16	5.298	10.08	3.44	4.85	1.5
粗粒度70%	6.64	1.94	4.70	1.5	32	5.897	10.47	2.62	5.31	2.0
As処理	8.99	2.49	6.50	2.0	32	5.897	13.00	4.21	7.50	2.0

A滑走路の水浸マーシャル試験結果										
	平均値 (KN)	標準偏差 (KN)	平均値 - 標準偏差	等価値	ゲージ数	係数	最大値 (KN)	最小値 (KN)	75%分位値 (KN)	等価値
オーバーレイ	6.52	1.98	4.54	1.5	30	5.897	11.02	225	5.03	2.0
レベリング	5.46	2.02	3.44	1.5	5	3.489	8.83	375	3.99	1.5
密粒度70%	7.10	2.02	5.08	2.0	28	5.897	10.64	212	5.65	2.0
粗粒度70%	7.14	1.98	5.16	2.0	56	5.897	13.93	409	5.45	2.0
As処理	8.85	4.37	4.48	1.5	69	5.897	16.41	0	6.07	2.0

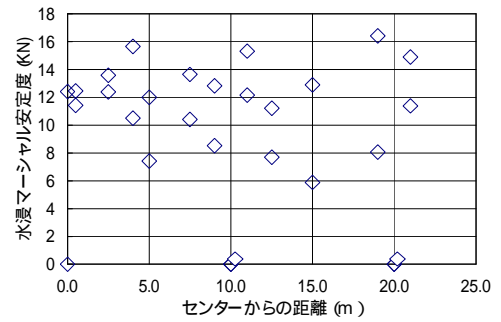


図 - 11 A滑走路の水浸マーシャル試験 (P=4700)

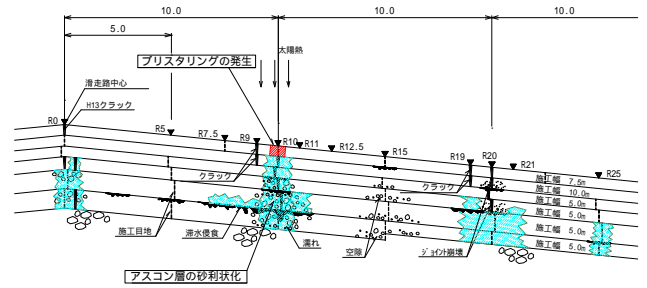


図 - 12 損傷原因の推定図

は、層間剥離が見られ、層間には土砂が付着しており、層間に水が浸透し土砂が溜まったと考えられる。

d) アスファルトの性状試験

アスファルトの劣化状況を把握するため、アスファルトの性状試験を行った。A滑走路から採取したコアは、良好な箇所（良好部）と層間剥離や崩壊していたコア（不良部）からアスファルトを回収して試験を実施した（表 - 4）。

室内試験では針入度試験、軟化点、伸度試験を実施した結果、良好部と不良部共に全層に劣化が見られた。表層の劣化は外気温、紫外線及び雨水により劣化が促進されていると考えられるが、不良部の基層とアスファルト安定処理層の劣化の原因は水の影響によるものと考えられる。

e) マーシャル安定度試験、水浸マーシャル安定度試験

舗装体の強度を把握するため、マーシャル安定度試験、水浸マーシャル安定度試験を行った。図 - 11 に P=4700 のアスファルト安定処理層の水浸マーシャル安定度試験結果を示す。採取コアが崩壊していたデータを 0 として表示してある。舗装体の水による強度低下の影響範囲は狭い範囲であることがわか

る。表 - 5 にマーシャル安定度試験、水浸マーシャル安定度試験の試験結果及び舗装の等価値を示す。ここでは、崩壊やクラックが発生している箇所以外のコアを利用して試験を実施した。強度低下はあまり見られず、この試験値から舗装体の等価値を算出した。損傷部の既設アスファルトを撤去する前提で等価値を算出すると、平均値 - 標準偏差と 75% タイル値を総合的に判断して、アスファルト安定処理層の等価値は 2.0 (マーシャル安定度 4.9KN 以上)<sup>7)</sup> と評価した。

f) 損傷原因の推定

新千歳空港における舗装表面の「プリスタリング現象」および「アスコン層の砂利状化現象」は、調査結果から以下のような原因と過程により発生したものと推定した（図 - 12）。

クラックが舗装の弱点である滑走路中心など表層施工継目や施工機械中央部等から温度応力により直線的に発生した。

表層に発生したクラックから雨水が浸透し、接着が弱かった表・基層間に浸入した。さらに、基層以下の施工継目（舗装の弱点部）から下層へ水が浸透した。

浸透水が空隙率の高いアスファルト安定処理層



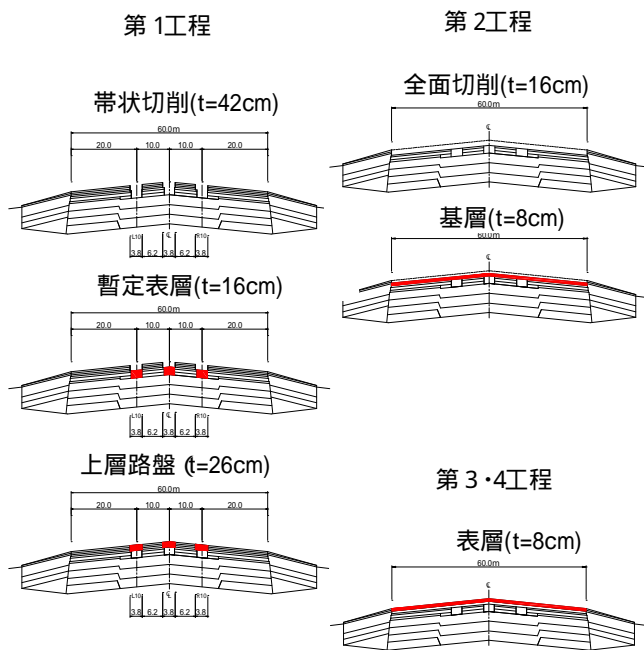


図 - 13 新千歳空港の作業工程

(上層路盤)に滞水し、水による劣化と凍結融解により骨材とアスファルトを分離し砂利状化した。

旧舗装内の水分が完全に抜けきっていない状態で、オーバーレイ工事を実施した。

夏場の気温上昇時にアスファルト安定処理層、基層の施工継目を伝って水分が上昇、オーバーレイで密閉された旧表層面まで上昇した水分が、太陽熱により気化し逃げ場を失ってプリスタリング現象として発生した。

### 3. 改良工法の検討

改良工法の検討に先立ち、前提条件は次のように設定した。

#### (1) 運用・工法に関する条件

A滑走路は工事期間中クローズせず日々復旧し、交通開放する。

A滑走路の短縮運用はしないものとする。

工事期間中、A滑走路および誘導路の埋め込み灯火無しでの運用はやむを得ない。

施工時間はA滑走路の供用時間外(23:00頃～翌朝6:00まで)とする。

改良工事後のプリスタリング対策として、名古屋空港、~~工~~から温度を受けやすい深度が15～20cmであることを考慮して、表層および基層の1層厚は8cm以上とし、最低16cm(8cm×2層)の表層・基層を確保する。

砂利状化している既設アスファルト安定処理層撤去後の復旧は、施工時間の短縮から1回の敷均し厚さが通常より大きいシックリフト工法を検討する。また、混合物の早期開放を可能にするため、最大粒径が30mm程度の骨材を使用し、骨材の噛み合わせによる安定性が高く、耐流動性の高い大粒径アスコンを検討する。

交通開放までのアスコン層の冷却時間短縮から、混合物温度を30～50程度の温度低減可能な中温化混合物の採用を検討する。

プリスタリング対策として、表層混合物は透水係数を改善するため、従来の配合に比べて最適AS量を減らし、空隙率が確保できる混合物とする。また、長期間の空隙を確保するため、改質型のアスファルトを使用する。

施工継目のクラックを防止するため、ホットジョイントを考慮することや層間剥離を防止するためゴム入りタックコートを使用する。

検討の結果、A滑走路における改良工法は、次の4工程で行うこととした(図-13)。

#### a) 第1工程

第1工程は、既設施工継目を上層路盤のアスファルト安定処理層も含め、厚さ42cmにわたって帯状に撤去し、復旧する工程である。

なお、復旧には2層とも再生材混入率20%の再生大粒径中温化混合物を使用することとした。

打換え箇所(以下、帯状打換え)は、基本的に一般部として滑走路中心と左右10mの3レーンとしたが、航空機がA滑走路を横断する誘導路交差部は、滑走路中心から左右5mと20mの位置も加え7レーンとした。

また、滑走路中心および左右5mの航空機の車輪が直接走行する部分と滑走路端部は、最も重要な箇所であり、上部16cmに混合物温度を50低減できる中温化混合物を採用した。

#### b) 第2工程

第2工程は、滑走路全幅60mにわたって平均厚16cmで全面切削を行い、厚さ8cmの基層を舗設する工程である。基層材には再生材混入率20%の再生粗粒度中温化混合物を使用することとした。

#### c) 第3工程

第3工程は、滑走路全幅60mにわたって厚さ8cmの表層を舗設する工程である。表層材にはグルーピングの目つぶれ防止や表層混合物の空隙率を確保することを考慮し、改質型バインダーを使用した改

表 - 6 試験施工の調査項目

調査項目	調査目的
施工機械の組み合わせ 転圧回数調査	転圧機械の構成、現場密度の把握
混合物の温度測定	中温化混合物の温度低下状況の把握
平坦性試験	平坦性の把握
走行試験	初期わたちの把握
すえ切り試験	握え切り抵抗の把握
サンドパッチング法によるキズ深さ測定	舗装表面のキズ深さの把握

表 - 7 大粒径アスコンの基準値・試験値

混合物の種類	大粒径アスコン				試験法
	突固め回数 (回)	30 低減	50 低減	大型マシンの試験法	
マーシャル安定度試験に対する基準値	突固め回数 (回)	112			突固め装置
	空隙率 (%)	3 - 7	4.9	5.0	高さ
	飽和度 (%)	6.5 - 8.5	66.7	66.2	重量
	安定度 (KN)	19.80以上	22.93	20.42	15°h9.5
	フロー値 (1/100cm)	3.0 - 6.0	5.1	5.0	試験寸法
残留安定度 (%)	7.5以上	97.6	95.4	試験寸法	
スウェーデン試験	DS (回/mm)	目標 3.00以上	2540(60)	3425(60)	舗装試験法便覧別冊
	供試体の厚さは10cm	括弧内は試験温度	358(80)	162(80)	

表 - 8 試験施工の機械の組み合わせ

仕上げ厚	敷均機	初期転圧機 (転圧回数)	二次転圧機 (転圧回数)	区割り
上層路盤 26cm	高締固め型フィニッシャー	10tマカダムローラ(4回)	タイヤローラ (10回)	予備Aレーン 予備Bレーン 予備Cレーン 予備Dレーン
暫定表層 16cm	高締固め型フィニッシャー	10tマカダムローラ(4回)	タイヤローラ (10回)	予備Aレーン 予備Bレーン 予備Cレーン 予備Dレーン
基層 8cm		10tマカダムローラ(4回)	タイヤローラ (10回)	予備3レーン
表層 8cm		10tマカダムローラ(4回)	タイヤローラ (10回)	予備3レーン
基層 (誘導路) 11cm	高締固め型フィニッシャー	10tマカダムローラ(4回)	タイヤローラ (10回)	予備5-A 予備5-B 予備5-C

上層路盤及び暫定表・基層

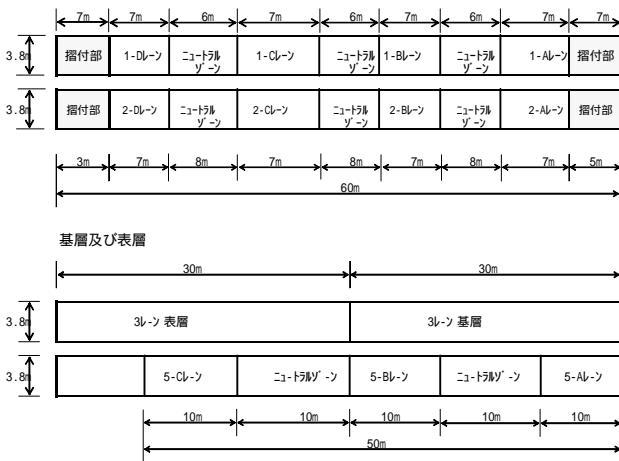


図 - 14 試験施工平面図

質密度中温化混合物を使用した。

d) 第4工程

第4工程は、滑走路全幅60mにわたってグルーピングを施工する工程である。

表 - 9 転圧機械と締固め度

レーン番号	1-A		1-B		1-C		1-D		
	10tマカダムローラ(4回)		8t振動ローラ(無振1回)		8t振動ローラ(無振1回)		8t振動ローラ(無振1回)		
転圧回数	8-20tタイロ-ラ(10回)		(有振3回)		(有振3回)		(有振3回)		
	8-20tタイロ-ラ(10回)		8-20tタイロ-ラ(10回)		8-20tタイロ-ラ(12回)		8-20tタイロ-ラ(16回)		
	平均密度	締固め度	平均密度	締固め度	平均密度	締固め度	平均密度	締固め度	
暫定表層	上	2.35	96.9	2.362	97.4	2.378	98	2.368	97.6
大粒径中温化アス	下	2.354	97.1	2.384	98.3	2.388	98.5	2.374	97.9
t=16cm	平均	2.352	97	2.373	97.9	2.383	98.3	2.371	97.8
(130)	判定	x	x	x	x	x	x	x	x
基準密度2.425、規格値：締固め度=基準密度の98%以上									
上層路盤	上	2.379	98.1	2.407	99.2	2.415	99.6	2.401	99
大粒径中温化アス	中	2.403	99.1	2.403	99.1	2.43	100.2	2.416	99.6
t=26cm	下	2.32	95.7	2.317	95.5	2.346	96.7	2.323	95.8
(130)	平均	2.367	97.6	2.375	98	2.397	98.8	2.38	98.1
判定		x	x	x	x	x	x	x	x
基準密度2.304、規格値：締固め度=基準密度の95%以上									

レーン番号	2-A		2-B		2-C		2-D		
	10tマカダムローラ(4回)		8t振動ローラ(無振1回)		8t振動ローラ(無振1回)		8t振動ローラ(無振1回)		
転圧回数	8-20tタイロ-ラ(10回)		(有振3回)		(有振3回)		(有振3回)		
	8-20tタイロ-ラ(10回)		8-20tタイロ-ラ(10回)		8-20tタイロ-ラ(12回)		8-20tタイロ-ラ(16回)		
	平均密度	締固め度	平均密度	締固め度	平均密度	締固め度	平均密度	締固め度	
暫定表層	上	2.316	95.7	2.378	98.2	2.375	98.1	2.382	98.4
大粒径中温化アス	下	2.37	97.9	2.398	99.1	2.41	99.5	2.402	99.2
t=16cm	平均	2.343	96.8	2.388	98.7	2.392	98.8	2.392	98.8
(110)	判定	x	x	x	x	x	x	x	x
基準密度2.425、規格値：締固め度=基準密度の98%以上									
上層路盤	上	2.408	99.3	2.436	100.5	2.414	99.5	2.411	99.4
大粒径中温化アス	中	2.391	98.6	2.421	99.8	2.407	99.3	2.431	100.2
t=26cm	下	2.331	96.1	2.335	96.3	2.349	96.9	2.336	96.3
(130)	平均	2.377	98	2.397	98.9	2.39	98.6	2.393	98.7
判定		x	x	x	x	x	x	x	x
基準密度2.304、規格値：締固め度=基準密度の95%以上									

4. 試験施工

「大粒径アスコン」<sup>9-12)</sup>および「中温化混合物」<sup>13,14)</sup>は最近開発された工法、材料であり、各々一定の評価を受けてはいるが「大粒径中温化アスコン」としての実施例はほとんど無いのが実情である。

本工事に先立ち試験施工により、その適用性と作業能力(施工能力、作業効率、歩係り)を確認した。また、試験施工では表-6に示す調査項目について調査を実施した。

(1) 配合設計

大粒径中温化混合物は、表-7の条件で実施した。最大粒径は30mmとした。突固め回数は舗装試験法便覧別冊に準じ112回とし、マーシャル安定度は規格値の2.25倍、フロー値は1.5倍とした。試験に使用したモールドは152.4mmの円筒モールドを使用した。中温化剤は発砲系の材料を用いて、30、50温度低減タイプの2種類を使用した。室内試験結果を表-6に示す。30低減タイプの中温化混合物のDSは目標値をやや下回ったが、混合物の耐流動性としては交通開放時に大きな流動は発生しないと判断して配合を決定した。

(2) 使用機械と締固め度

試験施工は図-14、表-8に示す要領で実施した。なお、試験施工平面図には適用性を確認する予備試験施工レーンのみを図示しているが、主に作業能力を確認する本試験施工レーンについても、予備試験

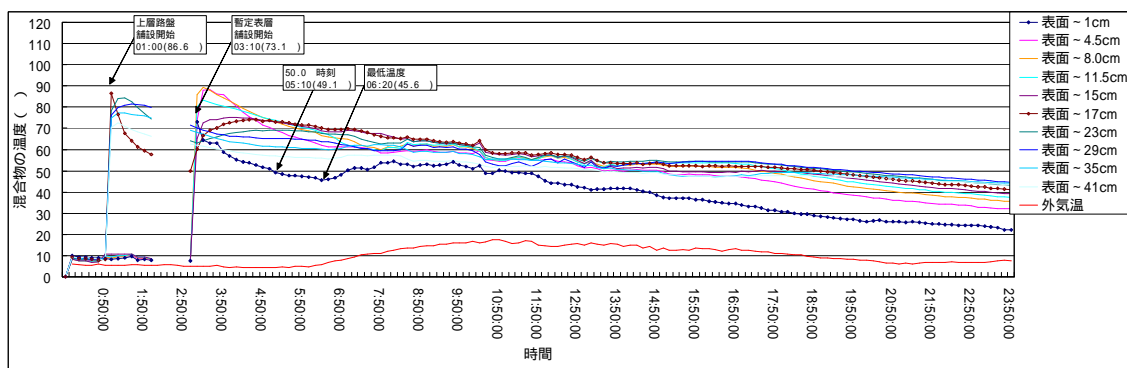


図 - 15 大粒径中温化混合物の温度低下状況 (-30 )

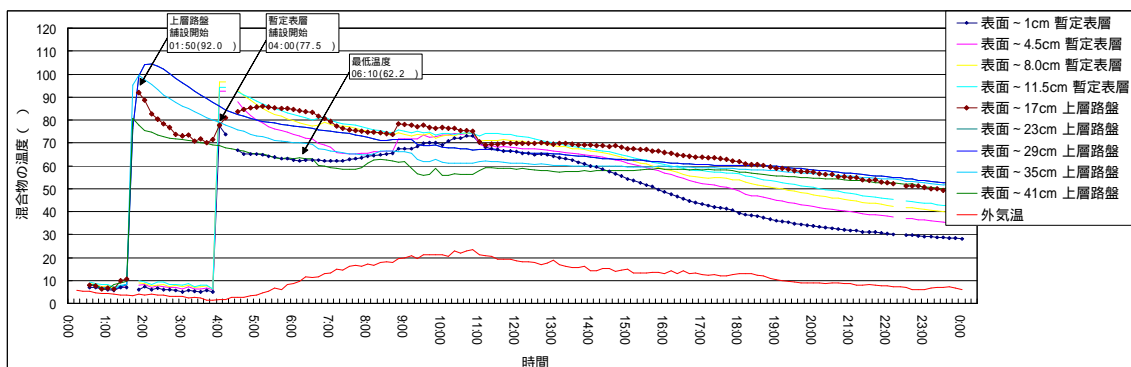


図 - 16 大粒径中温化混合物の温度低下状況 (-50 )

施工で決定した転圧回数で試験施工を行っている。

試験施工では高締め型アスファルトフィニッシャーを用い、タンパ・バイブレータ併用型の機種を使用した。初転圧は締固めの向上を図るために振動ローラを使用している。舗装は1層厚  $t=16\text{cm}$ 、 $t=26\text{cm}$  の大粒径中温化混合物であり、試験施工の結果から振動ローラ4回、タイヤローラ12回の転圧回数とした。採取コアの締固め度は、 $t=16\text{cm}$  のコアでは均一の密度にはなっているが、 $t=26\text{cm}$  のコアは3分割にしてコアの密度を測定した結果、下面部は敷き均し厚の影響から上面に比べて3%程度低い試験結果となった。ただし、安定処理の規格値95%は満足している。

### (3) 混合物の温度低下

第1工程の帯状打換え部は、上層路盤部に30 温度低減タイプの中温化混合物、暫定表層部(第1工程終了時に暫定的に開放する表層)に30 温度低減タイプと50 温度低減タイプの2種類の中温化混合物を施工し、温度低下の傾向を確認し、中温化混合物の適用についての検討を行った。

#### a) 30 温度低減タイプの中温化混合物

図 - 15に30 温度低減タイプの中温化混合物の温度低下状況を示す。上層路盤の表面温度は、舗設後2

時間で20 程度低下したが、暫定表層の舗設開始から約1.5時間温度が上昇し、80 近くまで上昇した後はゆっくりと低下した。暫定表層の表面温度は、舗設後2.5時間で60 程度まで低下したが、太陽の上昇に伴い気温が10 を超えたあたりからゆっくりと上昇して行った。施工は、5月15日の夜間から始めたが、舗設時から冷却時間帯に風はほとんど無い条件(風速1m/sec)で行った。交通開放予定時間6:00の表面温度は63.2 であった。

#### b) 50 温度低減タイプの中温化混合物

図 - 16に50 温度低減タイプの中温化混合物の温度低下状況を示す。上層路盤の表面温度は、舗設後3時間程度で約30 低下したが、暫定表層の舗設開始から約1.5時間温度が上昇し、80 近くまで上昇した後はゆっくりと低下した。暫定表層の表面温度は、舗設後2.0時間で50 程度まで低下し、更に、ある程度太陽が昇るまで下降を続け46 まで低下した。その後直射日光の影響によりゆっくりと上昇して行った。施工は、5月16日の夜間から始めたが、風速(2~3sec/m)がややあり、冷却促進の効果となった可能性も考えられる。交通開放予定時間6:00の表面温度は47.1 であった。



表 - 10 平坦性試験

種別	レーン	測定値			
		左	中	右	平均値
暫定表層 大粒径 -30 ㍉	予備 1 - A	5.63	3.97	6.71	5.44
	予備 1 - B	3.74	4.48	3.51	3.91
	予備 1 - C	1.54	2.81	2.99	2.45
	予備 1 - D	2.2	1.3	4.09	2.53
	予備 1 平均				3.58
暫定表層 大粒径 -30 ㍉	予備 2 - A	2.95	4.26	3.38	3.53
	予備 2 - B	1.67	4.64	2.85	3.05
	予備 2 - C	1.72	2.03	2.92	2.22
	予備 2 - D	5.7	4.79	1.79	4.09
	予備 2 平均				3.22
大粒径	本試験施工			3.33	2.93
基層	予備 3 基層	1.44	1.92	2.34	1.9
表層	予備 3 表層	1.89	1.67	1.58	1.71
規格値	本試験表層	1.14		1.28	1.21
					2.4以下

表 - 11 走行試験（最大わだち掘れ量）

測定 (開始 時刻) 温度	工区名 (混合物名)	No.	最大わだち掘れ量 (mm)					
			ダンプ走行回数					
			2.5 pass		5.0 pass		10.0 pass	
5月16日 8:45 62	1-Cレーン 暫定表層 大粒径アス コン (中温化-30)	1	7	6.5	9	9	12	10
		2	8	7	9	9	10.5	11
		3	8.5	7.5	10	10	13	14.5
		平均	7.4		9.3		11.8	
		厚さ42cmに対する割合	1.80%		2.20%		2.80%	
5月17日 8:20 54	2-Cレーン 暫定表層 大粒径アス コン (中温化-50)	1	6.5	9.5	8	11	10	12.5
		2	4	5	8	7	9	9
		3	4.5	7	6	7.5	8	8.5
		平均	6.1		7.9		9.5	
		厚さ42cmに対する割合	1.50%		1.90%		2.30%	
5月18日 1:40 50	3レーン 基層 粗粒度アス コン (中温化-30)	1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
		2	2	2	2.5	2	3	2.5
		3	0	2	3	3	3.5	3.5
		平均	1.8		2.6		2.9	
		厚さ8cmに対する割合	2.30%		3.30%		3.60%	
5月18日 1:40 50	3レーン 表層 密粒度アス コン (中温化-30)	1	3.5	3.5	4	4.5	6	6
		2	3	3.5	4.5	4.5	4.5	6
		3	2	1.5	2.5	3	4	4
		平均	2.8		3.8		5.1	
		厚さ8cmに対する割合	3.50%		4.80%		6.40%	

(4) 平坦性

平坦性試験は、縦断方向の凹凸量を把握するために実施した。表 - 10 に示すように、基層、表層では規格値を満足する値となっているが、暫定表層の大粒径アスコンでは、ほとんど規格値を満足しない結果となった。予備レーンのうち、施工機械と転圧回数で採用したCレーン（振動ローラ：無振1回、有振3回+タイヤローラ12回）が最も小さい値となっている。

暫定表層部で規格値を上回った要因としては、試験施工ヤードはブロック毎に延長が短かったことや試験施工ではタイヤローラによる二次転圧で終了したため、ローラマークが残りその影響によるものと考えられる。

本工事では、タイヤローラによる二次転圧後に鉄輪による仕上げ転圧を行うことや施工が連続的に行えることから、平坦性が改善できるものと考えられる。

表 - 12 すえ切り試験

測定日	工区名 (混合物名)	石粉散布 の有無	測定数	試験温 (℃)	読取り位置	掘切り変形量(mm)			備考
						右	左	平均	
5月15日 予備試 験施工	1-Cレーン 暫定表層 大粒径アス コン (中温化-30)	無し	1	70	表面下-1cm	9	9	9	施工終了後3.0分
			2	63	表面下-1cm	2	4	3	施工終了後2.0時間
			3	62	表面下-1cm	3	4	3.5	施工終了後4.0時間
			4	59	表面下-1cm	2	3	2.5	施工終了後5.0時間
			5	59	表面下-1cm	2	2	2	施工終了後6.0時間
			6	58	表面	0	1	0.5	施工終了後6.0時間 9分走行部 100 pass
5月16日 予備試 験施工	2-Cレーン 暫定表層 大粒径アス コン (中温化-50)	無し	1	43	表面	3	3	3	施工終了後2.0分
			2	47	表面下-1cm	1	2	1.5	施工終了後2.0時間
			3	53	表面下-1cm	2	2	2	施工終了後5.0時間
			4	45	表面	2	2	2	施工終了後5.0時間
5月17日 予備試 験施工	3レーン、基層 (中温化-30)	無し	1	50	表面下-1cm	3	2	2.5	
			1	50	表面下-1cm	2	3	2.5	
5月20日 本試験 施工	4レーン 暫定表層 大粒径 (中温化-30)	無し	1	70	表面下-1cm	4	5	4.5	
			2	60	表面下-1cm	2	2	2	
			3	50	表面下-1cm	3	1	2	
			4	41	表面下-1cm	1	2	1.5	施工終了後4.0時間
		有り	1	70	表面下-1cm	4	3	3.5	
			2	60	表面下-1cm	4	3	3.5	
			3	50	表面下-1cm	2	4	3	
			4	45	表面下-1cm	1	1	1	施工終了後4.0時間

(5) 走行試験

走行試験は、交通開放後の初期わだち掘れ量を把握するために実施した。試験施工箇所において初期わだちについて確認した結果を表 - 11 に示す。暫定表層部は、表面 - 1cm の温度が概ね 60、基層、表層は 50 になった時点で 10t ダンプトラック（鋼板 14t 積載：接地圧 0.43KN/mm<sup>2</sup>）の条件で走行試験を開始した。

試験結果から暫定表層部の最大わだち掘れ量は、基層、表層に比べ 2 ~ 3 倍程度大きいものとなったが、最大でも 1cm 程度であった。舗設層厚に対する割合では、1 ~ 3% 程度であり、基層、表層に比べ小さいものである。

(6) すえ切り試験

すえ切り試験は、飛行機がカーブを走行するときに車輪により舗装表面の骨材を飛散することが懸念されるため実施した。

試験施工部において、すえ切り試験により舗装表面の変形について確認した結果を表 - 12 に示す。すえ切り試験は 10t ダンプトラックを使用し、静止時にハンドルを 2 回転して行った。暫定表層部において表面 - 1cm の温度が 70、60、50 の時点で、基層、表層においては 50 となった時点で行った。基層、表層のすえ切り変形量 2.5mm に対して、暫定表層部では 70 の時、最大 9.0mm と大きな値となっ

表 - 13 舗装路面の粗さ測定

種別	レーン	きめ深さ (mm)
暫定表層 大粒径 - 30 タイプ	予備 1 - A	1.66
	予備 1 - B	1.36
	予備 1 - C	1.21
	予備 1 - D	1.39
	予備 1 平均	1.41
暫定表層 大粒径 - 30 タイプ	予備 2 - A	1.61
	予備 2 - B	1.55
	予備 2 - C	1.52
	予備 2 - D	1.22
	予備 2 平均	1.48
大粒径	本試験施工	1.3
基層	予備 3 基層	1.58
表層	予備 3 表層	0.45
	本試験表層	0.35

ているが、60 以下では1～3.5mmと相対的にほぼ同等の値を示している。

このことから、大粒径アスコンでは60 程度で基層、表層と同程度の表面強度を有しているものと考えられ、表面骨材剥離に関しても同様と考えられる。

(7) サンドパッチング法によるキメ深さ測定

試験施工箇所は、サンドパッチング法により舗装面の粗さを確認するために、キメ深さ測定を行った(表 - 13)。一般的な空港舗装工事では、粗粒度アスコンにより暫定的に交通解放するので、粗粒度アスコンのキメ深さと比較した。大粒径アスコンのキメ深さは粗粒度アスコンと同程度確保された。しかしながら、一部骨材が飛散している箇所も見られたので、本施工では粒度をやや細かくして施工した。

(8) 試験施工の課題

試験施工では、30、50 温度低減タイプの2種類の大粒径中温化アスコンを実施し、試験施工の結果から舗設温度を低下させ十分な温度管理をすることにより、耐流動性や骨材飛散抵抗などの早期供用性に必要な耐久性を確保することが可能であることが分かった。

本施工に向けて、以下の課題の検討が必要である。

交通開放時に温度が下がらなかった場合や日射の影響により温度が上昇する場合には、散水等の強制冷却による温度低下の方法の検討

舗装表面温度の十分な温度管理

交通開放後に舗装剥離が生じた場合の補修体制

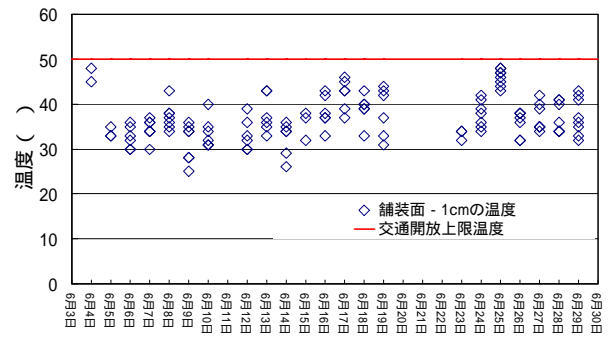


図 - 17 交通解放時の温度 (本工事)

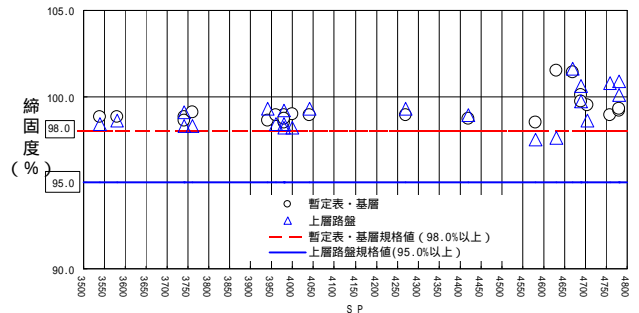


図 - 18 締固め度 (本工事)

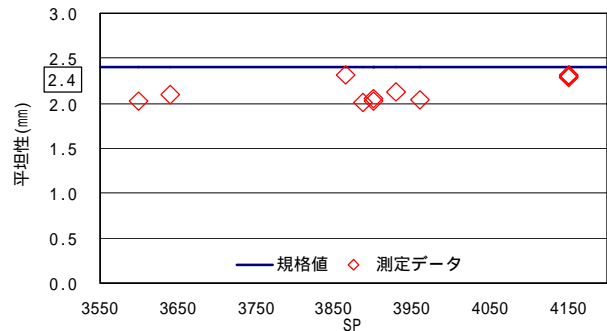


図 - 19 平坦性 (本工事)

5. 本工事

(1) 温度管理

技術的課題である第1工程の帯状打換え作業において、舗装表面の温度が交通開放可能な温度まで冷却しているか、および日射による上昇の度合いを確認するため、6:00、8:30、11:00、15:00に舗装表面および表面 - 1cmの温度を計測した。

第1工程の初日(6月3日夜～6月4日)は、6:00の作業終了時に44 と交通開放に対して問題ない温度であったが、その後の日射により11:00には63 まで上昇したため、空港管理者との協議により、翌日からは散水車およびタイヤローラによる散水冷却を実施するとともに、8:30まで冷却時間を確保し、交

通開放を9:00とした。

その結果、交通開放時に舗装体の温度によるトラブルはなく、第1工程を完了することができた(図-17)。

## (2) 締固め度

第1工程の厚さ26cmの上層路盤、および厚さ16cmの暫定表層・基層は、所定の密度を確保するために、試験施工で確認された機械の組合せと転圧回数にて施工した。その結果、各々の規格値を満足する締固め度が得られた(図-18)。

また、暫定表層・基層では、練上がり目標温度130の中温化混合物と練上がり目標温度110の中温化混合物を場所によって使い分けしたが、いずれも規格値98.0%以上を満足する締固め度であった。

## (3) 平坦性

本工事では施工継目部の余盛り厚に注意を払うとともに、締固め機械の方向変換を工区外で行う等の工夫をした結果、標準偏差値で2mm以上とやや不陸が生じたものの、全レーンで規格値を満足することができた(図-19)。

## 6. まとめ

### (1) 異常箇所が発生原因

異常箇所の発生原因は以下の原因と考えられる。

舗装構造上の弱点である施工継目の位置から浸透した水が、舗装体に滞水し、舗装体や層間に水分が含まれるようになった。

オーバーレイ工事により、水密性の高い混合物が舗設され、不透水になった箇所が生じた。

外気温が高い時期に層間や施工継目に含まれた水分が太陽熱により気化し、蒸気となって舗装体を持ち上げるプリスタリング現象が生じた。

空隙率が高く、保水能力の高いアスファルト安定処理層が滞水し、水による劣化や凍結融解の影響でアスファルトが劣化し、骨材が剥離する状態になった。

### (2) 試験施工の結果

舗装厚42cmの厚層施工にあたって、大粒径中温化混合物を適用し、舗設温度を低下させ、十分な温度管理によって、耐流動性や骨材飛散抵抗などの早期供用性に必要な耐久性を確保することが可能であることが分かった。

しかしながら、外気温や日照による影響で舗装体温度が上昇することがあるので、強制冷却の方法の検討が必要である。

### (3) 本工事

本工事では舗装表面温度の管理を十分に行い、散水車による強制冷却を実施することにより、舗装体の表面温度を50以下に冷却することが可能となり、品質管理も問題なく施工が行われた。また、緊急補修時体制についても準備して施工が行われた。

## 7. おわりに

新千歳空港の現地調査および対策工法の検討結果について報告した。今後は追加調査を行い、損傷原因のメカニズムの検証や対策工法の有効性を検討する予定である。本報告が他空港の基本施設の補修工法の参考になれば幸いである。

本報告は北海道開発局「新千歳空港舗装検討会」での検討結果を中心にとりまとめたものである。その検討にあたっては、久保宏委員長(北海学園大学教授)をはじめとする各委員、国土交通省国土技術政策総合研究所、国土交通省航空局、国土交通省東京航空局、北海道開発局札幌開発建設部の関係各位より多くのご助言、ご尽力をいただいた。この場を借りて感謝の意を表する。

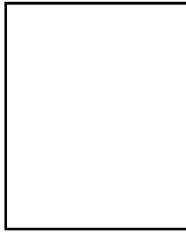
## 参考文献

- 1)北海道開発局港湾部空港課：新千歳空港舗装検討会(第1回検討会資料),2001.11
- 2)北海道開発局港湾部空港課：新千歳空港舗装検討会(第2回検討会資料),2002.1
- 3)北海道開発局港湾部空港課：新千歳空港舗装検討会(第3回検討会資料),2002.5
- 4)北海道開発局港湾部空港課：新千歳空港舗装検討会(第4回検討会資料),2003.1
- 5)北海道開発局札幌開発建設部千歳空港建設事業所:新千歳空港舗装検討会資料,pp33~38,2000.7
- 6)七五三野茂,佐藤正和,皆川忠雄:砕石マスタックアスファルトの床板防水層への適用性に関する検討,舗装vol134,pp15~20,1999.10
- 7)運輸省航空局:空港舗装補修要領(案),pp16~17,1999.4
- 8)長田雅人,佐野一三,浜昌史,空港舗装のプリスタリング現象,舗装,pp3~7,2003.3
- 9)藤井政昭,QRP工法(急速舗装修繕工法),道路建設,pp36,1999,10
- 10)村上則男,QRP工法(急速舗装修繕工法)の共同開発,道路建設,P54~55,1994.10
- 11)鶴窪廣洋,荒川英明,大山浩人,布田徳彦:大粒径シックリフト工法試験施工,道路建設,PP57~65,1995.1
- 12)空港舗装における大粒径アスファルト混合物の表層・基層への適用性,高橋修,八谷好高,阿部寛,土木学会舗装工

学論文集 第4巻, PP187 ~ 197, 1999.12

13) 吉中保, 根本信行, 市原利昭: 中温化技術の適用温度の低温化に関する検討, 土木学会舗装工学論文集 第4巻, PP135 ~ 142, 1999.12

14) 加納孝志, 高橋光彦, 鈴木秀輔, 野村健一郎: アスファルトの成分に着目した中温化技術, 道路建設, PP42 ~ 47, 1997.7



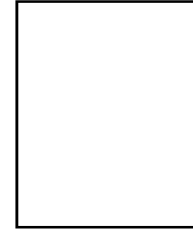
安倍 隆二\*  
Ryuji ABE

北海道開発土木研究所  
道路部  
維持管理研究室  
主任研究員



岳本 秀人\*\*  
Hideto TAKEMOTO

北海道開発土木研究所  
道路部  
維持管理研究室  
室長



衛藤 謙介\*\*\*  
Kensuke ETO

北海道開発局  
港湾空港部  
空港課  
課長補佐

