

国際線エプロンにおける付着オーバーレイ工法について

国際線エプロン JV 児玉 孝喜

キーワード：NC舗装版補修方法，勾配の逸脱，付着オーバーレイ，エポキシ系接着剤

1. はじめに

羽田空港再拡張事業では、羽田空港に新たに4本目の滑走路を整備することによって、年間の発着能力を現在の29.6万回から40.7万回に増強するものである。発着能力の増強に対応して国際線の就航も大幅に増加するため、新滑走路の供用開始に合わせて新たに国際線エプロン等の国際定期便の就航を可能とする機能を整備する必要がある。国際線地区整備事業のうち、国際線地区エプロン等整備等事業はBTO方式のPFI事業であり、エプロン等の基本施設、航空保安施設、構内道路等を設計施工するとともに、供用後25.5年間の長期にわたり効率的な維持管理を行うものである。最重要施設であるエプロン（NC舗装版）の供用後の維持管理ならびに大規模補修工法の1つとして付着オーバーレイ工法に着目し、室内試験による付着性能ならびに試験施工による施工性の確認を実施した。本報は、付着オーバーレイ工法の室内試験ならびに試験施工結果について報告するものである。

2. エプロンNC舗装版の補修計画

2-1 維持管理

維持とは、施設の機能を保持するために経常的に反復して行われる業務であり、維持管理業務計画の策定にあたっては、エプロン等の基本施設及び航空保安施設等の対象施設の詳細分類化を行い、1) 人命への影響、2) 航空運用への影響、3) 補修の困難さ、4) 設置条件（環境）、5) 使用条件の5項目により施設毎に重要度の設定を行った。重要度の高い施設については、予防保全の考え方にに基づき点検、維持、補修内容、及び維持工事・補修工事の詳細な施工方法ならびに品質管理基準を策定した。エプロンNC舗装版は最も重要度の高い施設の一つであり、供用後の維持管理方法については、各種補修工法の詳細な検討を行い、不同沈下予測及びエプロン等の耐久性（疲労度）等の再評価を実施した上で維持補修計画の作成を行った。

2-2 大規模補修

大規模補修は、不同沈下シミュレーションプログラム「FUT090」を用いて沈下による大規模補修が必要となる箇所を25mメッシュで算出し、その箇所を目地割り図と照らしあわせて計画範囲とした。さらに、航空機軌跡図（マヌバリング図）を作成し、連続閉鎖が可能な範囲と即日復旧が必要な範囲に区分した。なお、連続閉鎖が可能な範囲での1回の工事における閉鎖期間は4ヶ月以内となるようにした。

エプロン舗装の大規模補修の補修管理値に対する対処フローは図-1に示すとおりであり、大規模補修の設計範囲（初年度～25.5年後）を図-2に示す。この一例として、北側エプロンにおける8年後（平成29年9月）の大規模補修範囲の拡大図を図-3に示す。赤線で示されるエリアが航空機の軌跡範囲であり、黒枠内が大規模補修の計画範囲である。赤線と黒枠内とでクロスしているエリアは即日復旧が必要な範囲であるためPRC舗装版で、赤線と黒枠内とがクロスしていない黒枠エリア内の青色で示されている範囲においては40日間の連続閉鎖が可能であることから、打ち換え工法の代替として付着オーバーレイ工法を検討したものである。

2-3 付着オーバーレイ工法について

付着オーバーレイ工法とは、既設版の表面にオーバーレイ層との付着を高めるための処理を施した後にオーバーレイ層を敷設して一体化させるものである。薄い版厚に対応できるため、打換え工法と比較して廃棄物の発生量が少ない、工期が短い、コスト縮減等のメリットが期待される。ここでは、国総研と民間3社による薄層付着オーバーレイ工法に関する共同研究¹⁾において付着性能が確認された処理方法のうち、さらに下地処理が迅速であり、より廃棄物の発生量が少なくなると期待される「ショットブラストを用い

て既設コンクリート面を研掃した後に、平滑な面の場合は 1.0 リットル/㎡、切削面の場合は 1.3 リットル/㎡ (Gmax40mm の場合) の接着剤を塗布する下地処理方法を用いた付着オーバーレイ工法について検討した。

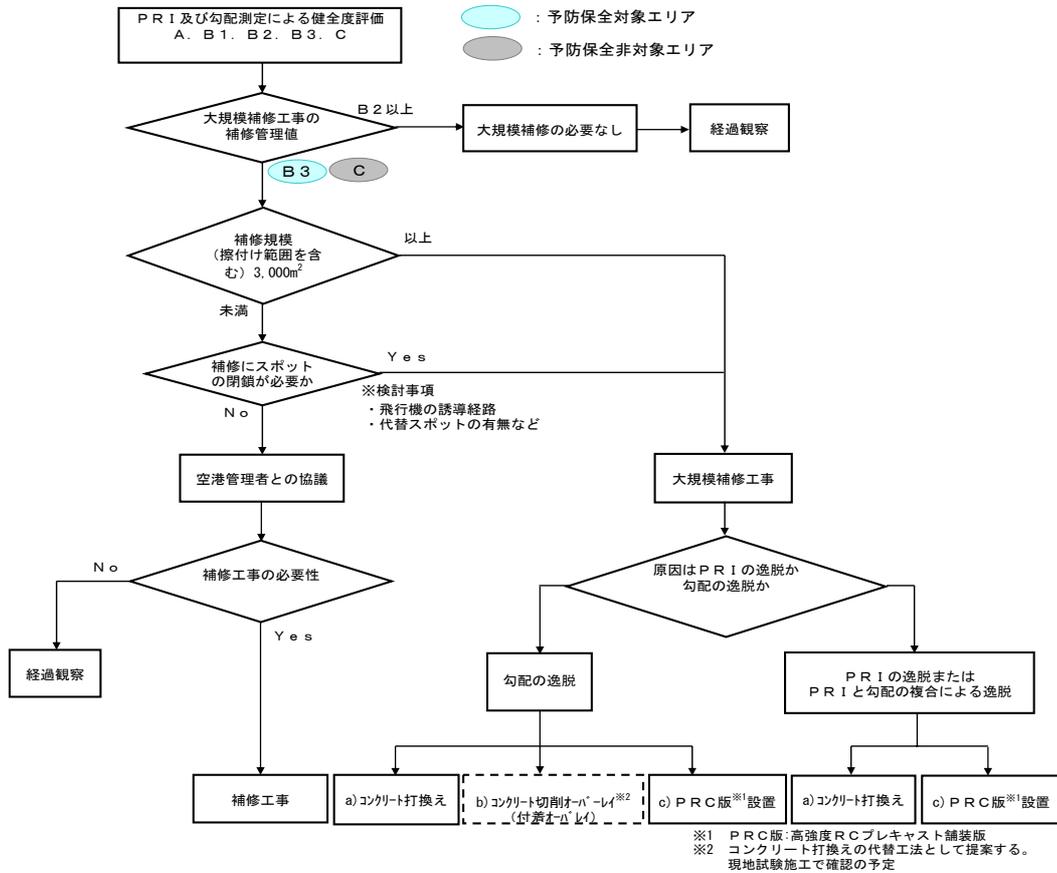


図-1 大規模補修の補修管理値に対する対処フロー

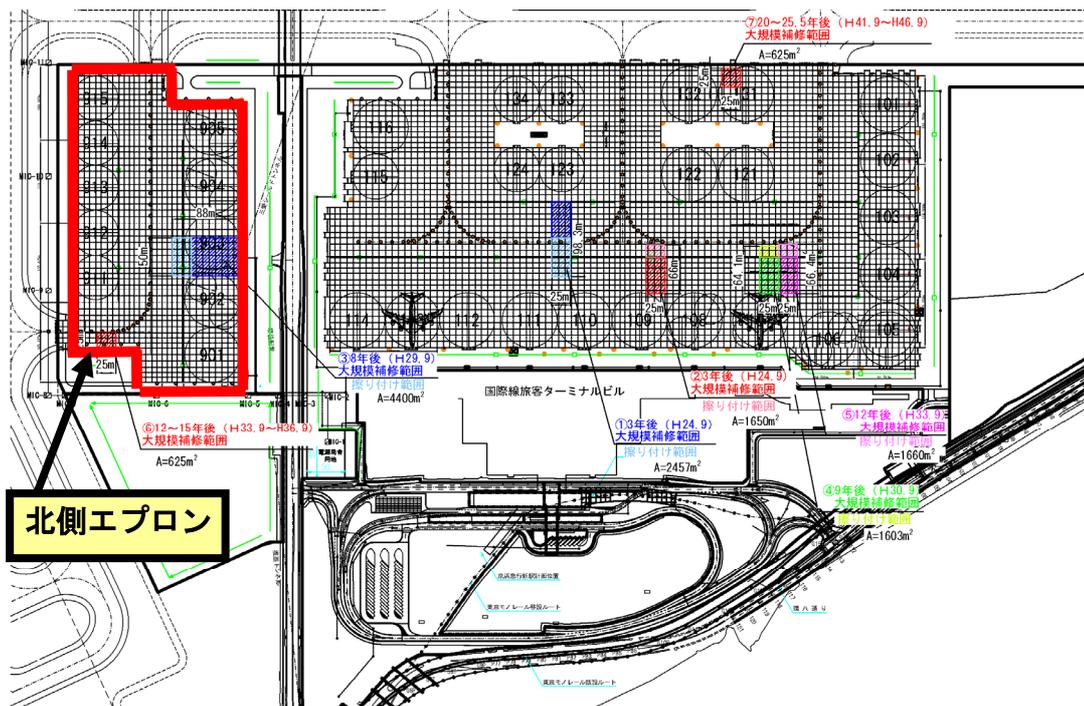


図-2 大規模補修の設計範囲 (初年度~25.5年後)

2-3 付着オーバーレイ工法の検討課題

空港舗装では、表面排水や航空機のトーイングという観点から表面勾配に厳しい規定があるため、オーバーレイ層の最小コンクリート打設厚さを50mm程度の薄層で打設できる工法、すなわち付着オーバーレイ工法が補修対策として有利であると考えられる。しかし、本工法には、これまでは上下層の付着を確実なものにすることが困難であるとの指摘が多かった。

付着オーバーレイ工法に関する具体的検討課題として、「具体的な切削方法、付着面処理方法及びオーバーレイコンクリートの仕様等を設定した上で、A-1：オーバーレイコンクリートと切削面との付着性能及び長期耐久性、B-1：航空灯火等が存在する場合の影響の有無及び施工性、C-1：品質管理基準の設定及び妥当性、について現地試験などにより検討を実施した。

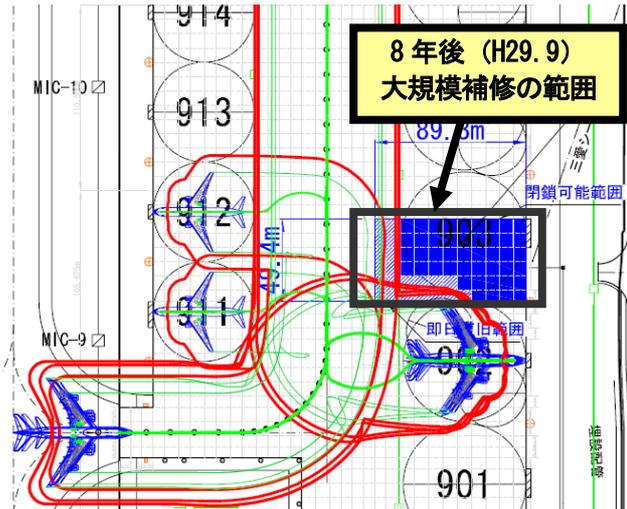


図-3 北側エプロン大規模補修範囲の拡大図（8年後）

3. 付着オーバーレイ工法の検討フロー

3-1 検討フロー

具体的検討課題に対する検討方針は以下のとおりとした。

- A-1 既往試験の結果を踏まえた室内試験・現地試験施工の実施によるオーバーレイコンクリートと切削面との付着性能及び長期耐久性の確認
- B-1 既往試験の結果を踏まえた室内試験・現地試験施工の実施による航空灯火等が存在する場合の影響の有無及び施工性の確認
- C-1 品質管理基準を設定し、現地試験施工等によりその妥当性を確認

ここで、航空灯火等が存在する場合については PRC 版による対応とし本工法は適用しないこととし、図-4に示すフローのとおり、室内試験では接着剤に関する検討、曲げによる破壊モードの確認、付着性能の確認を行い、現地試験施工では施工性、付着面の剥離、ひび割れについて検証した。

3-2 用いたコンクリート

用いたコンクリートはエプロン舗装用コンクリート版として必要となる配合設計曲げ強度を満足した上で、スランプはアジテータ車運搬が可能となるよう打ち込み直前で6.5cmと設定した。用いたコンクリートの配合条件を表-1に、配合を表-2、表-3に示す。なお、粗骨材は、外部拘束が大きいという構造特性を考慮して乾燥収縮量が比較的小さくなるよう石灰岩とした。セメントは早期開放から早強セメントとした。なお、接着剤はエポキシ系とし土木用高耐久型のものを用いた。

表-1 コンクリートの配合条件

項目	内容
設計基準曲げ強度	5.0N/mm ²
配合曲げ強度	5.85 N/mm ² (割増し1.17)
スランプ	6.5±1.5cm (打ち込み直前)
空気量	4.5±1.5% (打ち込み直前)

表-2 コンクリートの配合（オーバーレイ用）

G _{max} (mm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	S1	S2	G
20	47.0	44.4	157	334	472	325	1030

表-3 コンクリートの配合（曲げ試験ベース用）

G _{max} (mm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	S	4020	2005
40	46.7	36.1	125	269	702	511	759

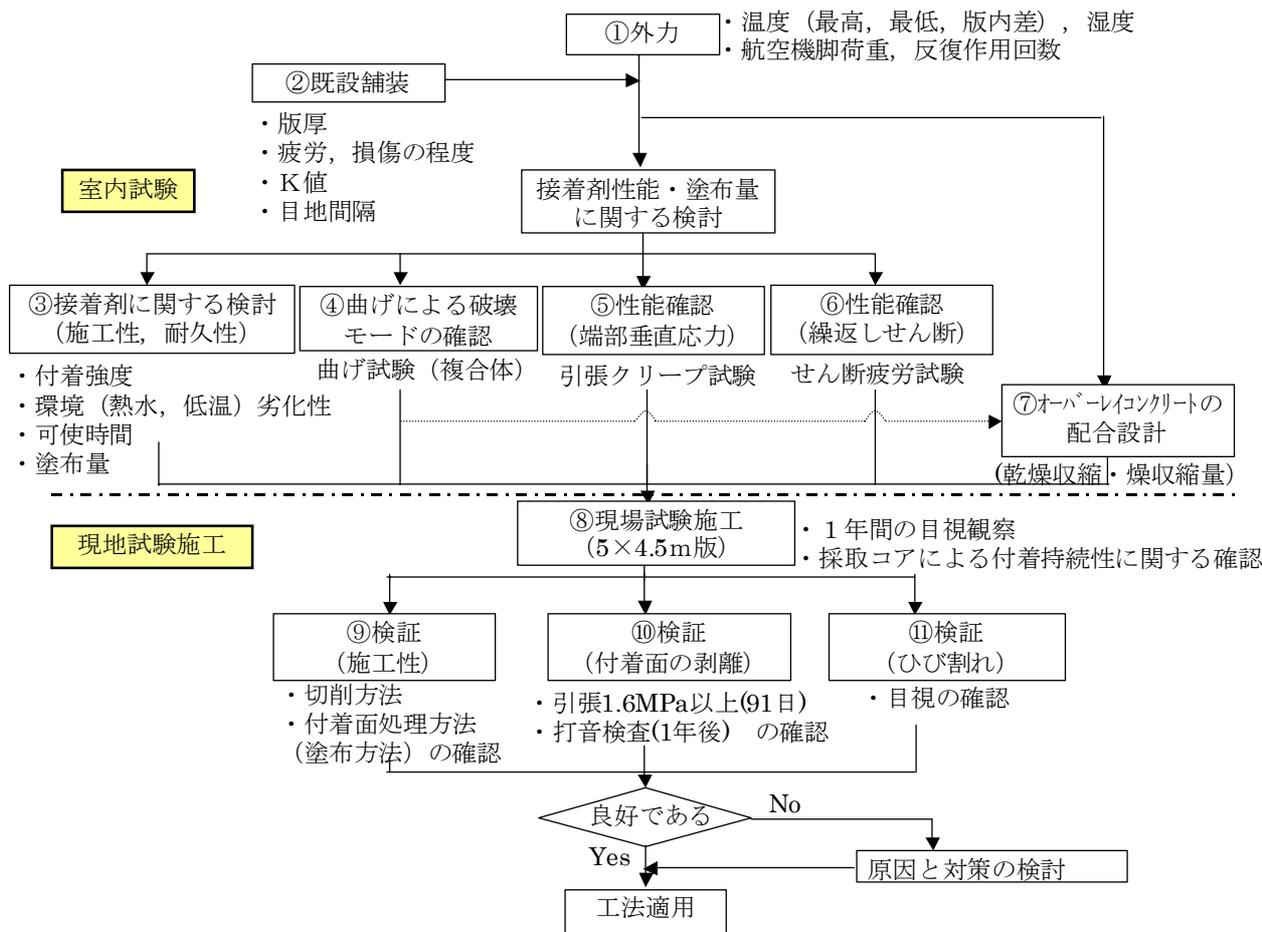


図-4 検討フロー

4. 検討の概要

4-1 要求性能の検討

付着面への作用応力度は、鉛直荷重載荷によるせん断応力度、打設コンクリートの乾燥収縮に伴う付着面でのせん断応力度、ならびに引張クリープ（端部での持続的反り上がり）を考慮した。付着オーバーレイ工法において構築される構造物としての付着面における構造安全性能ならびに本工法による構築の過程で求められる塗布性能を表-4のとおり整理した。

4-2 発生応力度の算定

付着オーバーレイ構造における付着面に作用するせん断応力度ならびに付着応力度は、以下のとおり算出した。ここでは最終的には試験施工等で剥れが生じないことを確認することとし、検討上の目標値の設定として算出したものである。

(1) 脚荷重

表-4 要求性能と照査法

		要求性能	照査法	
構造安全・界面	応力	脚荷重	発生応力よりも付着強度が大	
		乾燥収縮		
		温度差		
	水	目地からの雨水浸入	接着剤が水によって著しい劣化しない	最大温度50℃、最小温度-5℃とした水中暴露後の付着試験
		年間温度変化	年間最大温度・最小温度に対して安定	
		地震	考慮せず	—
塗布	性能	塗布ムラ	機械塗布の厚さのパラッキが人力より小	塗布厚計測
		外部への飛散	生じない	周辺養生材への接着剤付着なし
		温度影響	夏季・冬季での混合性能差なし	塗布確認
	作業性	混合性	混合ムラなし	目視
		塗布効率	150m ² /h以上	試験施工
		塗布後可使用時間	途中のコンクリート廃棄に対応可能な時間確保	打重ね時間間隔による付着試験
		凸部のダレ	骨材が見えない	目視
	作業安全性	皮膚かぶれなし	(体調確認)	

航空機A380ならびにB747-400によってコンクリート版に曲げが生じた時に付着面に生じるせん断応力度は、梁理論によるせん断応力式（式（1））により算出した。面外せん断力Qは、既設コンクリート版厚さ470mmに対して、50mm切削後に厚さ50mmならびに150mmのオーバーレイコンクリートを版中央部に打重ねた場合について、石川工業専門学校西澤教授作成のフリーFEM解析ソフト「CPFor」を用いて求めた。求められた結果を表-5に示す。脚荷重によってコンクリート版に曲げが作用した場合に付着面に生じる最大せん断応力度は、0.13MPaとした。

$$\tau = \frac{3Q}{2bh} \quad \text{式（1）}$$

ただし、
h：オーバーレイ後の版厚（mm）
b：載荷幅（mm）

（2）オーバーレイコンクリートの乾燥収縮

乾燥収縮によって生じる応力は市販FEMソフト「MIDAS-FEA」の水和熱解析により求めた。ここでは、共同研究¹⁾においてコンクリート版底面部での乾燥収縮量が50μ程度であることの報告を参考として、解析はコンクリート全体に50μの乾燥収縮量を与え、端部での垂直応力度ならびにせん断応力度を求めた。FEM解析に用いた定数は表-6に、解析結果は図-5,6に示すとおりであり、端部での最大付着応力を1.2MPa、付着面での最大せん断応力度を0.47MPaと設定した。せん断応力度の解析においては、接着剤層の有無（接着剤の弾性係数3,000MPa、厚さ0.5mm）によるモデル比較を最初に行った。有の場合には端部においてFEM固有の要素サイズによる解析値の変動が認められた一方、無の場合には認められなかった。さらに、有についてホットスポット応力を求める方法により近似させたところ、無の場合とほぼ同等の値となったため、この解析においては接着剤のモデル化は行わないこととした。

表-5 脚荷重によるせん断応力度

	せん断応力度（MPa），（せん断力）	
	B747-400	A380
オーバーレイ50mm	0.078 (62, 253N)	0.076 (64, 336N)
オーバーレイ150mm	0.131 (62, 253N)	0.127 (64, 336N)

（3）温度差

版内温度差によって曲げが生じた時の付着面におけるせん断応力度を石川工業専門学校西澤教授作成のフリーFEM解析ソフト「Pave-3D」によって求めた。計算は、版厚を最小厚さ50mmならびに想定している最大厚さ150mmに対して、温度勾配は共同研究¹⁾と同様に0.3°C/cmと-0.2°C/cmを用いた。付着面に発生するせん断応力度は、算出された既設コンクリート版とオーバーレイコンクリート版に生じる水平方向のずれ変位に対して、水平方向のバネ定数を乗じて求めた。なお、バネ定数は水平バネ定数1.0GN/m³、鉛直バネ定数1,000GN/m³とした。計算結果を表-7に示す。版厚が厚くなるほどせん断応力度は大きい傾向になり、温度差によって生ずる付着面での最大せん断応力度は0.27MPaと設定した。

表-6 FEM解析に用いた定数

		オーバーレイ コンクリート	既設 コンクリート	アスファルト 安定処理
寸法 m	幅	3.750	3.750	3.750
	延長	3.750	3.750	3.750
	高さ	0.050	0.450	0.120
要素	種類と数	ソリッド 3,125	ソリッド 6,250	ソリッド 1,250
	圧縮強度	F(t)=t/(a+b×t)×d×fck fck:350kgf/cm ² , a:4.5, b:0.95, d:1.11		
	引張強度	T(t)=0.44×fck(t) ^(1/2) (N/mm ²)		
	弾性係数	E(t)=4,700×fck(t) ^(1/2) (N/mm ²)		
荷重	湿度・外気温度	80%・20°C一定		
	対流係数	0.00084kcal/cm ² ×hr×C		
	発熱量	F(t)=k×(1-e ^(-a×t)), K:50.5°C, a:1.737		
	乾燥収縮量	せん断計算時:50μ, 付着応力計算時:200μ		
境界条件		1/4モデル, 中心下面1点を完全拘束		

（4）発生応力度の整理

付着面に生ずる最大応力度は、脚荷重、乾燥収縮、版内温度差の合計とし、最大付着応力度1.2MPa、最大せん断応力度0.87MPa（0.13+0.47+0.27）と設定した。

表-7 温度差によって生ずるせん断応力度

	版厚5cm	版厚15cm
0.3°C/cm	0.21MPa	0.27MPa
-0.2°C/cm	0.15MPa	0.20MPa

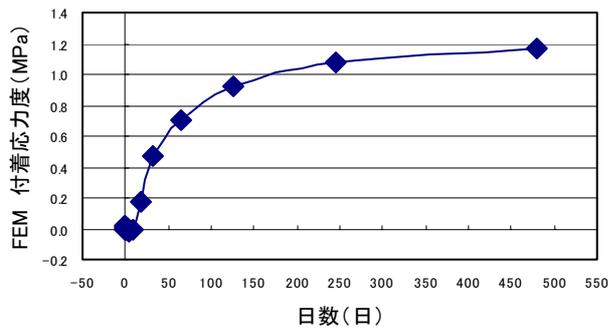


図-5 材齢と付着応力度 (FEM) の関係

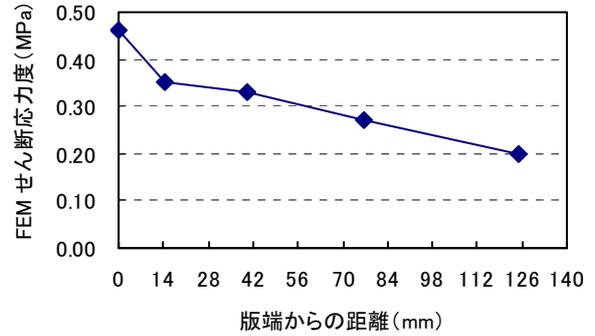


図-6 版端部位置のせん断応力度 (FEM) 分布

4-3 室内試験

室内で実施した試験を表-8に示す。接着剤を用いる場合の固有の検討課題として実施した引張クリープ試験は専用装置によって実施した。なお、目標値について付着強度は最新の知見である共同研究¹⁾において試験施工時に付着界面の研掃水準を変化させた現場における剥れの有無を閾値として設定された1.6MPaを参考として、ここでも目標値と設定した。せん断強度については、せん断強度による評価事例が少ないことからFEMによる算出値0.87MPaを目標値と設定した。曲げ強度については、複合体においても設計基準曲げ強度を満足するよう5.0MPa以上と設定した。

供試体は、事前に作製したベースコンクリート(300×300×50mm)表面にショットブラスト(研掃密度150kg/m²)を施し、接着剤を塗布してオーバーレイコンクリートを打ち重ねて300×300×(50×2)(mm)を作製した。その後、このコンクリート複合体から、必要寸法の供試体採取した。

4-4 試験施工

試験施工は、実規模における施工効率の確認(主に塗布効率に着目)と付着性能の評価を目的として実施した。試験施工は羽田空港地内にある試験施工ヤードで行い、既設コンクリート版の切削ならびに研掃を平成19年4月18日、試験施工を平成19年4月24日、26日に実施した。

(1) 試験工区の設定

試験施工の水準を表-9に示す。塗布量の違いによる比較工区として、1工区から3工区の接着剤目標塗布量はそれぞれ0.7, 1.0, 1.4(kg/m²)とした。施工厚さについては、最小厚さは切削した上で50mm, 最大厚さは150mm程度を想定していることから、それぞれ切削の影響として4工区を、厚い場合の影響確認とし

表-8 室内試験

試験名	試験方法・目的	目標値
①直接付着試験 材齢7日	300×300×(50×2)mmの複合体からΦ100* ¹ コア採取。 引張速度:0.4MPa/min 【目的】付着性能評価・塗布量検討	付着強度 1.6MPa以上
②せん断試験 材齢7日	300×300×(50×2)mmの複合体からΦ100*コアを採取。 載荷速度:1mm/min 【目的】付着性能評価・塗布量検討	せん断強度 0.87MPa以上
③曲げ試験(複合体) 材齢7日	150×(下100+上50)×530mmの複合体、下層はGmax40mm。 JIS A 1106に準拠。 【目的】付着性能評価・塗布量検討	曲げ強度 5.0MPa以上、 水平面への進展なし
④せん断疲労試験 材齢7日	300×300×(50×2)mmの複合体からΦ100*コアを採取。 載荷速度:5Hz、載荷応力:2.3MPa(発生応力×2.6倍) 打ち切り回数20万回 【目的】付着性能の持続性評価	発生せん断応力に対して反復作用回数12万回 ^{*2} で破壊なし
⑤建研式付着試験	300×300×(50×2)mmの複合体からΦ100* ¹ コア採取。 引張速度:0.4MPa/min 【目的】可使用時間の確認	付着強度 1.6MPa以上
⑥引張クリープ試験、1年間載荷	300×300×(50×2)mmの複合体からΦ100*コアを採取。 載荷応力:1.22MPa(FEMで算出された端部発生応力) 【目的】付着性能の持続性評価	クリープ破壊なし
⑦50℃、-5℃暴露後の付着試験、12週間迄	300×300×(50×2)mmの複合体からΦ100*コアを採取。 50℃水中・-5℃気中: 0.7, 1.0, 1.4kg/m ² の3水準 引張速度:0.4MPa/min 【目的】付着性能の持続性評価	付着強度 1.6MPa以上
⑧乾燥収縮試験	100×100×400mm曲げ供試体。 JIS A1129-1-2001に準拠。 【目的】乾燥収縮量の評価	(相対比較)
⑨リング拘束試験	内径305mm、外径455mm、高さ75mm、厚さ20mmの円筒状 材齢56日までのひずみ測定 【目的】ひび割れ抑制性の検討	(相対比較)

*1 直径100×高さ100mmの円柱

*2 東京国際空港国際線エプロン整備事業における25.5年間計画反復作用回数

て5工区を設定した。また、端部切削部は表面積が大きいことからこの部分の接着剤散布量は「共同研究」の実績に基づいて、ショットブラストのみの部分の1.3倍としている。

表-9 試験施工の水準

工区	1	2	3	4	5
切削有無	なし	なし	なし	あり	なし
厚さ (mm)	50	50	50	50	150
塗布量 (kg/m ²)	0.7	1.0	1.4	1.89	0.7
打設日	2007年4月26日			2007年4月24日	
目的 * ()内は評価項目	① 施工性の確認 (施工効率 (歩掛) の計測), ② 付着面の剥離の有無 (現場切り取りコア (φ=100) による材齢91日での室内付着試験), ③ ひび割れ発生 の程度 (1回/月×1年間 (目視確認))				
	塗布量			切削の影響	最大厚さ

5. 室内試験結果

5-1 直接付着試験

試験結果を図-7に示す。各塗布量につき3本ずつ試験を実施したが、全ての供試体において目標値である1.6MPaを満足した。塗布量による付着強度の差は認められなかった。

5-2 せん断試験

せん断試験結果を図-8に示す。各塗布量につき3本ずつ試験を実施したが、全ての供試体において目標値である0.87MPaを満足した。塗布量によるせん断強度の特異差はなかった。

5-3 曲げ試験

曲げ試験結果を図-9に示す。各塗布量につき3本ずつ曲げ試験を実施し、図には各供試体の平均値を示す。曲げ強度は5MPaを確保して、コンクリート単体供試体とコンクリート複合体の曲げ強度に有意な差は見られず、試験後の供試体を観察したところ、ひび割れの接着剤界面での広がり認められなかった。

5-4 せん断疲労試験

せん断疲労試験結果を表-10に示す。塗布量が1.4kg/m²と0.7kg/m²では5体すべての供試体で破壊しなかった。塗布量1.0kg/m²の供試体では5体中1体が破壊したが、破壊回数は想定される反復作用回数である12万回を超えている。また、破断した供試体を確認したところ、コンクリート内部での破壊であった。以上の結果から、各塗布量について十分なせん断疲労抵抗性を有していることが確認できた。

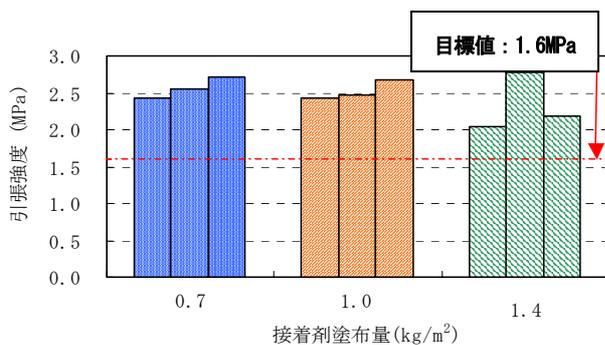


図-7 直接付着試験結果

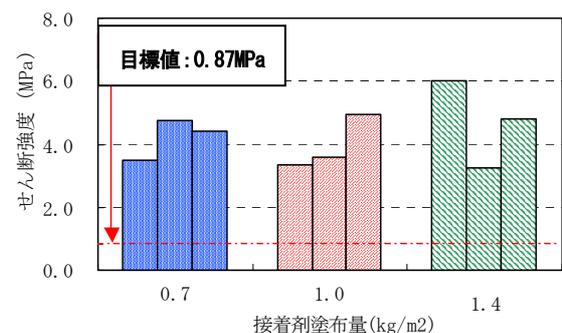


図-8 せん断試験結果

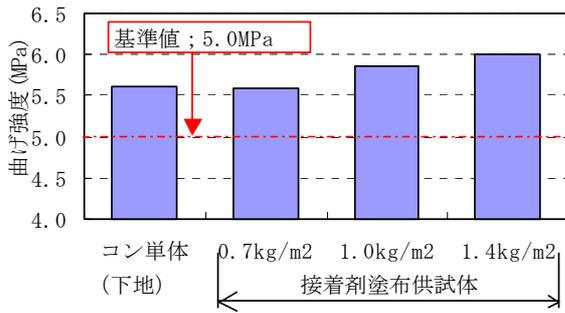


図-9 曲げ試験結果

5-5 建研式付着試験

建研式付着試験では、すべての塗布量(0.7kg/m², 1.0kg/m², 1.4kg/m²)において、図-10のように温度と打ち継ぎ可能時間を確保することが可能であることが確認できた。

5-6 引張クリープ試験

供試体作製後1週間の養生終了と同時に1年間継続して引張応力1.22MPaを与えて長さ変化を計測した。写真-1に示す引張クリープ供試体に図-11に示すような型枠側面に貼ったチップをコンタクトゲージで長さ変化を計測したものであり、測定結果を図-12に示す。測定は温度調整機能のない試験室内で測定したことから、気温が低下する冬季には収縮側に、気温が高い夏季には膨張側へとコンクリートの変形に起因すると考えられる変位の傾向は認められるものの、接着剤のクリープに起因すると考えられる弾性領域から塑性領域へ推移するような変位の急激な増加は認められなかった。このことから、コンクリート版の乾燥収縮等によって接着剤への荷重の持続的作用(クリープ)に対して耐久性を有していることが確認できた。



写真-1 引張クリープ供試体

表-10 セン断疲労試験結果

塗布量		1.4kg/m ²	1.0kg/m ²	0.7kg/m ²
供試体 No.	1	200,000	200,000	200,000
	2	200,000	200,000	200,000
	3	200,000	127,272	200,000
	4	200,000	200,000	200,000
	5	200,000	200,000	200,000
平均(※)		200,000	182,713	200,000

※「平均」は「JIS案 繰り返し応力によるコンクリートの圧縮疲労試験方法(案)」に記載されている平均疲労寿命の算定方法で算出

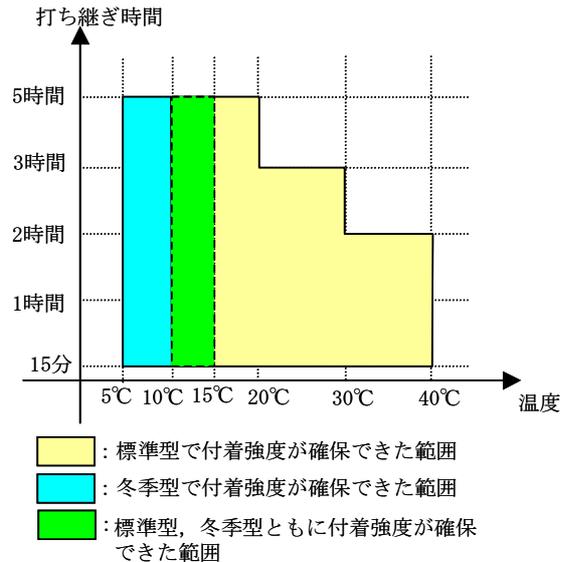


図-10 打ち継ぎ可能時間

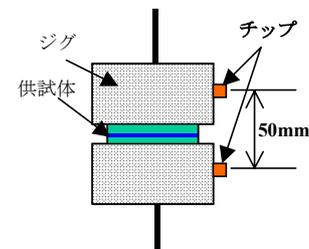


図-11 長さ変位計測位置図

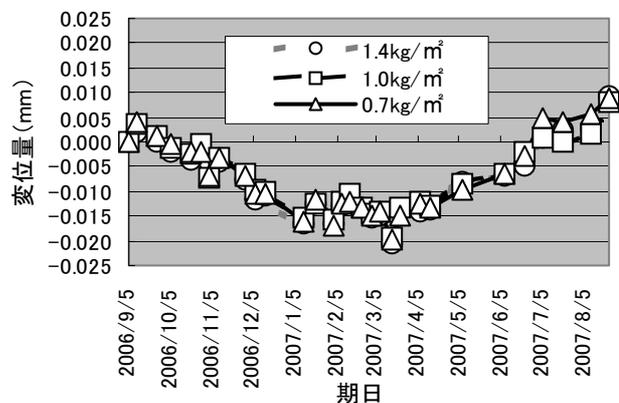


図-12 供試体の長さ変化

5-7 50℃・-5℃暴露後付着試験

50℃暴露後の付着試験結果 (n=3) を図-13 に、-5℃暴露後の付着試験結果を図-14 に示す。今回評価した範囲においては、目標値である 1.6MPa を満足していた。また、暴露期間が長くなることによる付着強度の低下傾向や接着剤塗布量による有意な差もみられなかった。参考として実施した、共同研究¹⁾時に使用していた接着剤の50℃水中における12週暴露後の付着強度は0.3MPa程度まで低下していたことから、今回用いた接着剤の高温水に対する耐久性の優位性が確認できた。

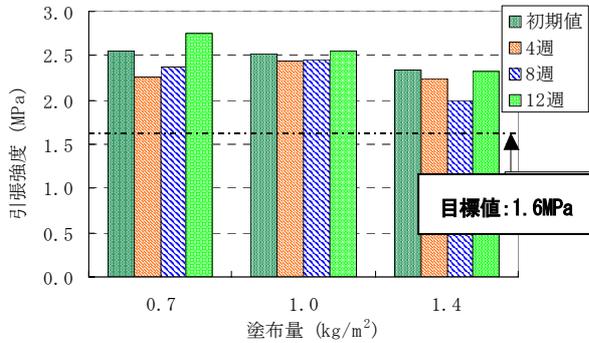


図-13 50℃暴露後付着試験結果

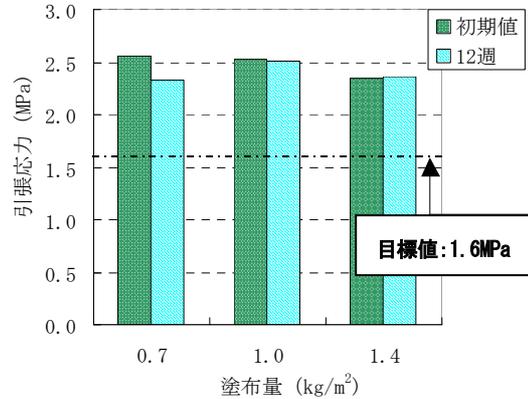


図-14 -5℃暴露後付着試験結果

5-8 乾燥収縮

乾燥収縮ひび割れ試験の材齢 56 日までの結果を図-15 に示す。乾燥収縮量は、以下の順で大きい結果であり、単体使用では収縮低減剤よりも膨張材を用いることによりより大きな収縮低減効果が得られることが確認できた。

- ① プレコンクリート > ② 収縮低減剤入り >
- > ③ 膨張材入り > ④ 収縮低減剤 + 膨張材

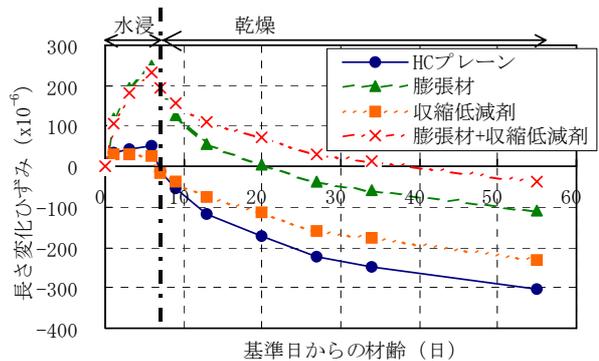


図-15 乾燥収縮試験結果

5-9 リング拘束試験

リング拘束試験により混和材 (剤) によるコンクリートのひび割れ発生の抑制性を評価した。5-8 に示した乾燥収縮量もひび割れ発生の抑制性の目安となるが、乾燥収縮試験では養生終了から乾燥収縮量を測定するためコンクリートの自己収縮量が反映されない。そのため、コンクリート打ち込み直後からコンクリート収縮の影響が評価可能なリング拘束試験を実施した。供試体は写真-2 に示すとおり厚さ 20mm の鋼製リングを内側としてドーナツ状にコンクリートを打ち込み、鋼製リングを内側に設置されたひずみ計 (90 度に 4 箇所) でひずみを計測し、理論式により拘束応力に換算した。各コンクリートの材齢と拘束応力の関係を図-16 に示す。リング拘束試験においてはすべての供試体において材齢 56 日を超えてもひび割れが発生していなかったが、拘束応力は以下の順で大きく、乾燥収縮量の大きさと比例していた。

- ① プレコンクリート > ② 収縮低減剤入り >
- ③ 膨張材入り > ④ 収縮低減剤 + 膨張材



写真-2 リング拘束試験

5-10 室内試験結果のまとめ

室内試験により、付着性能と繰返し载荷や高温暴露・低温暴露による付着の持続性能、接着剤の施工性について評価した。今回用いた接着剤においては、塗布量 0.7~1.4kg/m²の範囲においていずれの水準についても要求性能を満足する良好な結果が得られた。また、付着の持続性能についてもいずれも初期値との大きな低下は認められず、疲労裁荷または暴露後においても目標とする付着強度 1.6MPa を満足していたことから、室内における今回の検討範囲においては十分な耐久性を有していることが確認できた。

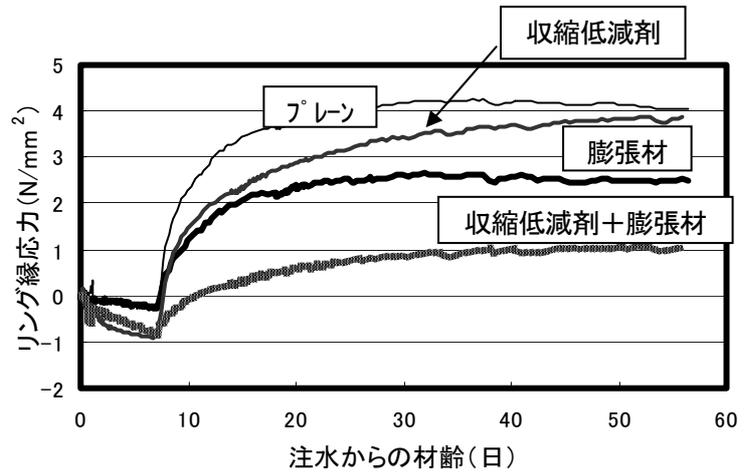


図-16 材齢と拘束応力の関係

6. 試験施工結果

6-1 施工性

(1) 接着剤塗布

機械による接着剤の塗布状況を写真-3に、塗布量測定結果を表-11 に示す。各工区の目標塗布量と検査板で測定した平均散布量の差は+0.03~-0.11kg/m²であり、標準偏差より3σは最大で0.33(kg/m²)程度であった。塗布量の個々のバラツキを最大で3σとすると、±0.3kg 程度の塗布量のバラツキであるといえる。塗布作業における塗布量の管理目標値としてはこれらを参考として今後設定する予定である。

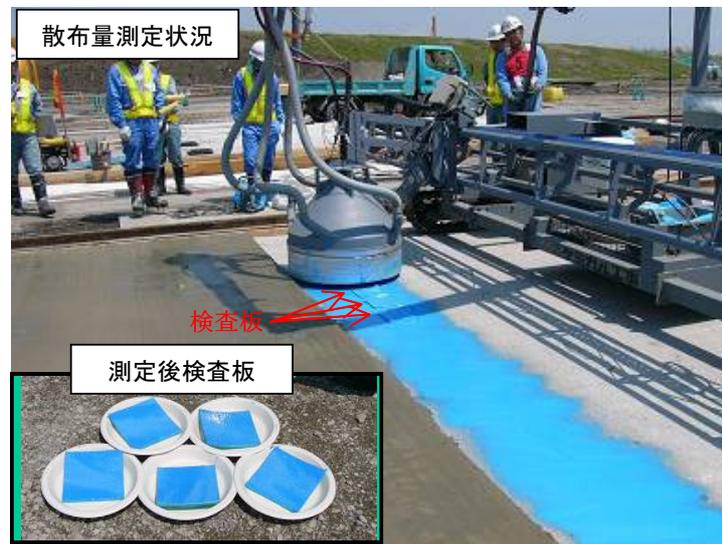


写真-3 接着剤塗布状況

表-11 塗布量測定結果 (n=5)

(2) 打設効率

コンクリート打設には普通コンクリート舗装用の機械を用いた。ここでの施工効率から、制約条件のない中で終日コンクリート打設とした場合の9時間拘束8時間作業における標準的なコンクリート打設量は、490 m³/日となった。

工区	目標塗布量 (kg/m ²)	平均塗布量 (kg/m ²)	最小塗布量 (kg/m ²)	標準偏差 (kg/m ²)
1	0.70	0.64	0.59	0.05
2	1.0	0.89	0.82	0.06
3	1.4	1.33	1.20	0.10
4	0.91	0.89	0.75	0.11
5	0.70	0.73	0.62	0.08

接着剤塗布を早出作業とするなどにより本工事においては十分に実用的な施工効率を有していると判断した。また、本工法においては下地処理がショットブラスト研掃処理のみであることから、コンクリート打設との輻輳作業が可能であることも実作業においては作業日数短縮に向けて有利な点であるといえる。

6-2 付着面の剥離の有無

試験施工箇所よりコアカッターで切取ったφ100のコアを材齢91日で室内付着試験を実施して、新旧コンクリートの付着面の付着性能を評価した。採取コアの室内における付着試験結果を図-17に示す。採取した全ての供試体において目標値1.6MPaを満足していた。また、供試体の破壊位置は殆どが治具付近であり接着剤を散布した面は十分な付着力を有していることが確認できた。

6-3 ひび割れ発生の有無

(1) 初期ひび割れ

現地試験施工箇所では、4月24日に施工した4工区または5工区では初期ひび割れの発生がなかった。しかし、4月26日に施工した1工区と2工区の間、2工区と3工区の間、既設目地上部に既設目地に沿ってひび割れが発生した。4月26日は、コンクリート打設終了後に寒波が通過し急激に風が強くなり温度ならびに湿度が低下した特別な気象環境の日であり、年間を通じて最も厳しい環境であったといえる。既設コンクリート版の目地は温度変化による伸縮が生じていることから、特に既設コンクリート版の目地上のリフレクションによる初期ひび割れが最も生じやすいといえる。これは、オーバーレイコンクリートの版厚が比較的薄いことから、打設終了後の初期段階においても版内温度差による内部拘束よりも既設コンクリート版目地挙動による影響が大きかったためと考えられる。このことから、付着オーバーレイ工法においては既設コンクリート版の挙動の影響を受けやすく目地上での早期ひび割れが生じやすいため、より適切な目地切削時期の管理が必要と考えられる。

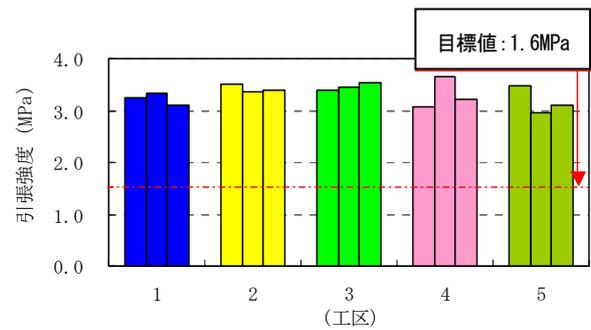


図-17 採取コアによる付着試験結果

(2) 中・長期的ひび割れ

4ヶ月目に、4工区内で線状のひび割れが確認された。さらに11ヶ月目に、3工区、5工区内に微細なひび割れが確認された。発生したひび割れの深さをコアにより確認したところ何れも深さ5mm未満であり、軽微な表面的なひび割れであることを確認した(写真-4)。

6-4 試験施工結果のまとめ

平均散布量 0.7, 1.0, 1.4kg/m² について、散布機で接着剤を塗布した試験施工によって施工後1年間のひび割れ発生ならびに剥離の有無を確認したところ、新旧コンクリート界面では十分な付着が確保されていることが確認できた。また、施工性について、通常のコンクリート舗装用機械を用いた今回の方法で十分に施工できることが確認できた。



写真-4 4ヶ月目に生じたひび割れ箇所

7. まとめ

付着オーバーレイ工法についての検討課題に対して図-4 に示すフローに従って検討を行った。その結果、室内試験において、目標とする接着剤塗布量 $0.7\text{kg/m}^2\sim 1.4\text{kg/m}^2$ において十分な付着性能を有していることが確認できた。さらに機械散布とした試験施工においても、一年後の打音検査において剥離が認められなかったことから室内試験と同様に目標とする接着剤散布量が平均 $0.7\text{kg/m}^2\sim 1.4\text{kg/m}^2$ において実施工に適用可能な施工性ならびに付着性能を有していることが確認できた。

【参考文献】

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所他民間3社：共同研究報告書 空港コンクリート舗装の薄層付着オーバーレイ，国土技術政策総合研究所発刊，2006