

第V部門

大阪国際空港北貨物地区における 舗装延命化工事について

涌本 真由

関西エアポート（株）基盤技術部 空港島保全グループ

（〒549-8501大阪府泉佐野市泉州空港北1番地）

大阪国際空港の北貨物地区は、長年の供用により全域に渡り舗装の損傷が見られ、路面の不陸解消が急務であった。一方で、24時間運用している貨物地区で長時間閉鎖しての抜本的な改修工事は困難であったことから、薄層オーバーレイ工法による既設舗装の延命化工事を実施した。工事発注にあたっては、同地区内で試験施工を行い、独自の要求性能を設定した。本施工においては、施工期間中に材料の改良を行う等試行錯誤を重ね、2022年9月に工事を完了した。なお、工事にあたっては24時間施設を利用する貨物事業者と施工計画について協議を重ね、綿密に調整を行った。本論文では、これら一連の取り組みについて報告する。

キーワード 延命化、薄層オーバーレイ、事業者調整

1. はじめに

大阪国際空港の北貨物地区は1969年にコンクリート舗装で施工され供用を開始した。長期供用にともない全域に渡りクラックや段差、舗装の剥がれ等の破損が見られていた（図-3、図-4）。舗装の破損状況から判断すると、当初のコンクリート舗装部分からの抜本的な舗装改修を実施することが望ましいが、北貨物地区の運用状況と舗装構造から困難であった。供用を開始して以降小規模な補修工事が繰り返され、抜本的な舗装改修は実施されていない。一方で、北貨物地区を利用する貨物事業者より舗装の不陸解消の要望が絶えず、実現可能な改修工法の検討を続けてきた。そのような状況下で、切削が不要であるため短時間での施工が可能であり、且つ薄層でも耐久性があるため隣接する施設との連続性を損なわず施工可能な加熱アスファルト系表面処理工法や薄層オーバーレイ工法を用いた舗装の延命化に着目した。採用にあたっては北貨物地区の厳しい使用条件下で可能な限り舗装の延命化を図るため試験施工を実施し、その結果に基づき独自の要求性能を設定した。施工においては、フォークリフト特有の使用形態による課題が発生し、材料の改良を行う等試行錯誤を重ね、2022年9月に工事を完了した。なお、工事にあたっては貨物事業者と詳細な施工計画について協議を重ね綿密に調整を行った。本論文では、これら一連の取り組みについて報告する。

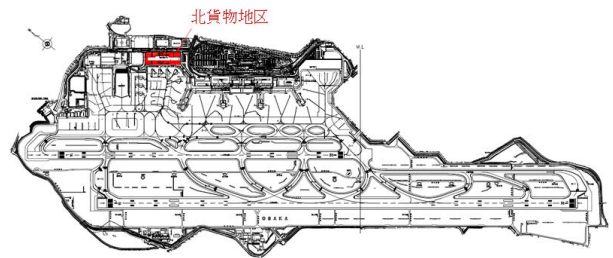


図-1 北貨物地区位置図

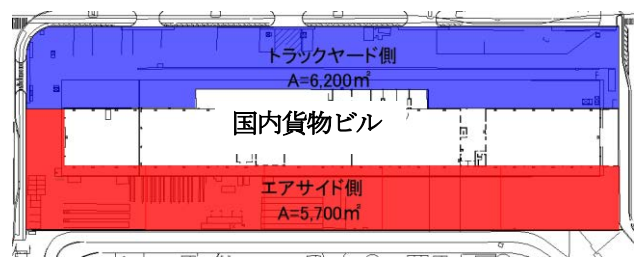
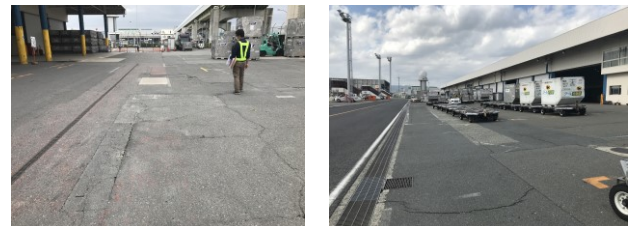


図-2 北貨物地区工事対象範囲図



(a) トラックヤード側 (b) エアサイド側
図-3 北貨物地区



(a) 亀甲クラック (b) 段差



(c) アスファルト舗装の剥がれ
図4 舗装の破損状況

2. 北貨物地区の現場状況

北貨物地区の抜本的な舗装改修が困難である要因として、北貨物地区の運用状況と舗装構造があげられる。

(1) 北貨物地区の運用状況

北貨物地区は貨物上屋も含めて17,000m²の狭小な土地で大阪国際空港の全航空貨物を取り扱う地区である。多くの貨物事業者が入居し24時間運用しており、平日には、昼間帯で50台/hr程度、夜間帯でも10台/hr程度の貨物トラックが出入りしている。主な走行車両は貨物トラック、フォークリフト、ドーリーである。

(2) 北貨物地区の舗装構造

竣工時の舗装構造は、当時の完成図面から表層が厚さ10cmの無筋コンクリート舗装であることが確認できたが、路盤以下の構造は不明であった。供用開始後は1991年頃に全域をアスファルト舗装によりオーバーレイされており、この補修は当初のコンクリート舗装が長年の供用により損傷し不陸や段差等が発生したため実施されたものと推定されるが、経緯や構造等は不明である。また、竣工後配管の埋設工事が複数実施され、埋め戻しの際にアスファルト舗装が使用されている。北貨物地区の路面に発生している段差の多くは、この局所的な舗装構造の違いによる挙動の違いに起因するものが多いと考えられる。北貨物地区は施設を管理する管理会社が変遷した経緯もあり、施工履歴が引き継がれておらず、舗装構造及び埋設物の埋設深さや埋設位置、埋め戻し方法等を正確に把握することは困難であった。さらに、北貨物地区の舗装は貨物上屋及び駐機場と連続しており、舗装面高さにも制約があった。

3. 試験施工の実施と本施工要求性能の設定

前記の北貨物地区の現場状況により抜本的な舗装改修が困難であったため、加熱アスファルト系表面処理工法や薄層オーバーレイ工法に着目し、導入の検討を行った。

(1) 試験施工

同工法の北貨物地区の現場状況における性能を確認するため、2020年11月に北貨物地区で試験施工（A=79m²）及びその後のモニタリングを実施した。試験施工は、北貨物地区の中で比較的交通量が多く舗装状態の悪い箇所で行った。試験施工前に舗装状態を把握することを目的として実施した事前調査結果を表-1及び図-5に示す。ひび割れ幅は最大100mm、段差は最大20mmに達していた。ここではひび割れから進展した剥離もひび割れと分類している。

表-1 試験施工前事前調査結果

調査項目	ひび割れ度 (cm/m ²)	ひび割れ幅 (mm)	段差 (mm)
調査結果	600	100 (最大)	20 (最大)

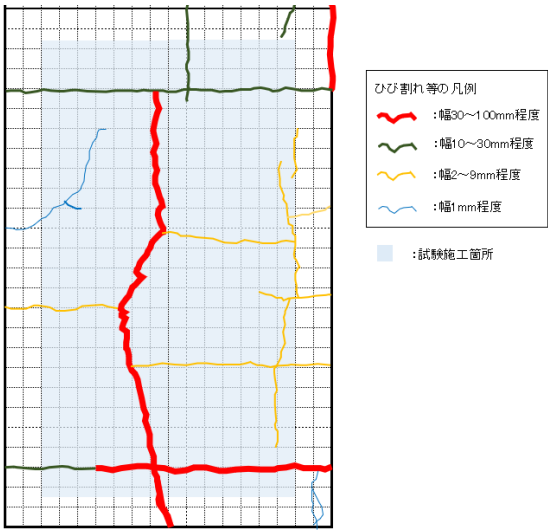


図-5 試験施工事前調査結果（ひび割れ）

a) 試験施工仕様

試験施工の材料は、日本道路株式会社の協力を得て、同社のリフレッシュシールMix-Hを用いた。リフレッシュシールMix-Hの諸元を表-2に示す。試験施工での施工厚は20mmとした。なお、施工は図-6に示す手順で実施した。

表-2 リフレッシュシールMix-Hの諸元

工法	加熱アスファルト系表面処理工法
アスファルト	ポリマー改質アスファルトⅡ型
標準施工厚	15～25mm
骨材粒径	最大5mm

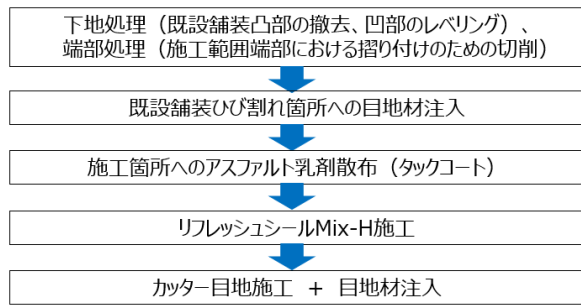


図-6 施工手順

試験施工においては、加熱アスファルト系表面処理工法の性能に加え、端部の処理方法や、リフレクションクラック対策として表面処理部への目地設置の効果を検討するため、複数パターンを施工し比較した。その状況を図-7に示す。

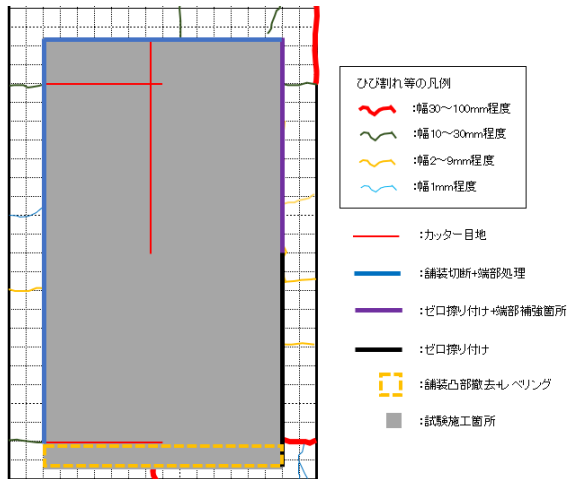


図-7 試験施工範囲での比較検討の状況

b) 試験施工後のモニタリング

試験施工実施後は11カ月間経過観察を行った。なお、試験施工の3カ月後に、最大粒径13mmの密粒アスファルト（改質Ⅱ型）を用いて厚さ4cmの切削オーバーレイ工法（以下、従来工法とする）にて補修を実施した箇所との比較も行った。比較箇所の交通量や使用方法、舗装状態は試験施工箇所と同等である。ひび割れに関する経過観察結果を表-3及び図-8に示す。

表-3 試験施工後のモニタリング結果（ひび割れ）

調査時期	2019年 (施工前)	2021年10月	
		表面処理工法 (供用11ヶ月)	従来工法 (供用8ヶ月)
ひび割れ度 (cm/m^2)	60.0	5.1	30.3

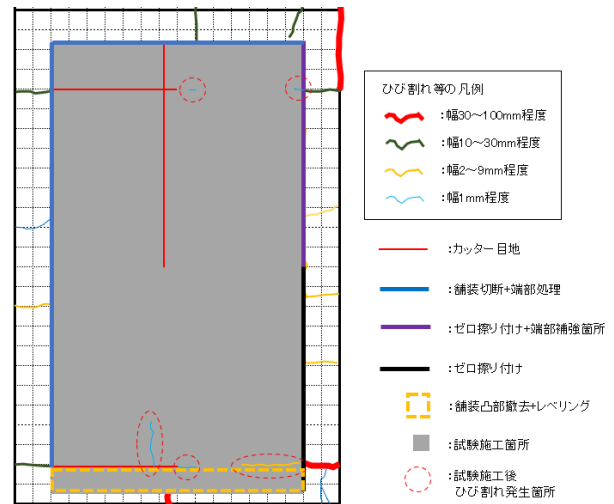


図-8 試験施工後のモニタリング結果（ひび割れ）

試験施工の結果より、加熱アスファルト系表面処理工法は従来工法と比較し安価であるだけでなく耐久性に優れることを確認できたため、北貨物地区の補修工法として採用することを決定した。また、目地の有無によりリフレクションクラックの発生状況に差が見られたことから、リフレクションクラックの発生が予想される位置には目地を入れることとした（図-9）。端部処理の方法は、通行のある箇所は切削による摺り付けを基本とするが、日々復旧のための仮設的な摺り付けは、試験施工でゼロ摺り付けでも短期的には貨物地区の運用に支障が無いことを確認できたことからゼロ摺り付けとすることとした。

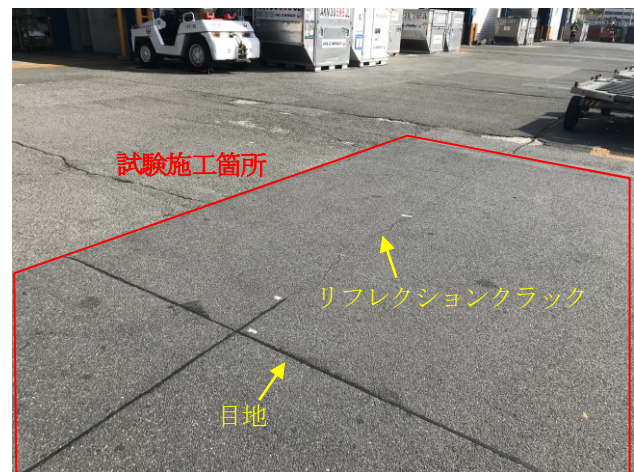


図-9 目地とリフレクションクラックの発生状況

(2) 要求性能の設定

近年加熱アスファルト系表面処理工法と同様の様々な製品が開発されているため、試験施工で得られた知見等をもとに使用する材料の要求性能を定めて本施工を発注することとした。材料の要求性能は、変形抵抗性及びひび割れ抵抗性に係る性能を重視して表-4のとおり設定した。

表-4 本施工時の要求性能

曲げ破断ひずみ(0℃)	5.0×10^{-3} 以上
塑性変形輪数	1,500 回/mm 以上
マーシャル安定度	10.0kN 以上

4. 本施工の実施

(1) 本施工仕様

本施工では、前記の要求性能を満たす製品として株式会社NIPPOの薄層エスマックCを用いた。薄層エスマックCの諸元を表-5に示す。本工事での施工厚は20mmとし、施工手順は試験施工と同様とした。本施工の状況を図-10に示す。

表-5 薄層エスマックCの諸元

工法	薄層碎石マスタック舗装 (本工事では薄層オーバーレイとして適用)
アスファルト	ポリマー改質アスファルトⅢ型
標準施工厚	20～30mm
骨材粒径	最大5mm



図-10 本施工の状況

(2) 本施工中に発生した課題

舗装工実施期間中、施工翌日に舗装が最大10mm程度の深さでえぐれる事象（以下、「荒れ」とする）が見られ、貨物事業者からも使用により舗装が荒れているとの指摘を受けた（図-11）。これは以下のa)～c)に記載する、施工時の気象条件及びフォークリフト特有の使用形態、使用材料の性質が複合要因となって発生したものと考えられた。



○：荒れ

図-11 舗装面の荒れ

a) 施工時の気象条件

本施工は可能な限り貨物事業者の要望に沿う施工計画を作成したこともあり、舗装工は7月～8月の実施となった。また、施工時間は最も利用の少ない22時～翌5時に限られ、早朝の便へ貨物の積み込みを間に合わせるために交通開放温度を下回り次第早急に供用する必要があった。舗装の荒れが見られた施工エリアの施工時は晴天が続き最低気温が26℃を超える気象条件であった。路面の荒れがみられた箇所を施工した2022年8月1日から8月2日にかけての気温を表-6に示す。

表-6 豊中の気温

日付	気温 (℃)		
	平均	最高	最低
2022年8月1日	31.0	34.6	26.8
2022年8月2日	30.6	35.0	27.5

※気象庁ホームページより引用

b) フォークリフト特有の使用形態

北貨物地区では、貨物を搭載したコンテナ等の重量物をフォークリフトを用いてドーリーやトラックへ積み下ろししている。この際にフォークリフトは舗装上で急旋回や据切りを頻繁に行うため、荒れが発生しやすい条件であった。

c) 使用材料の性質

本工事では、リフレクションクラック防止の観点からひび割れ抵抗性が高くなるよう曲げ破断ひずみに関する要求性能を高く設定していた。

(3) 課題への対応

前記の課題に対し、要因a)施工時の気象条件、要因b)フォークリフト特有の使用形態は不可避の前提条件であるため、c)使用材料の性質に関する対応として材料の配合変更について検討を行った。

a) 本施工中の試験施工及びフォークリフト走行試験の実施

現場条件に合う配合に改善するため、改めて試験施工及びフォークリフト走行試験を実施することとした。舗装の荒れに係る要素として、ひび割れ抵抗性の確保

を期待し添加している特殊添加剤が考えられたため、特殊添加剤の添加量を当初配合量、当初配合量×50%および25%に調整した3配合の舗装を試験施工ヤードにて施工した（表-7）。その後、試験施工した舗装上で実際にフォークリフトの走行試験を実施し、最適な配合を検討した。フォークリフト走行試験は、貨物地区での使用形態を再現するため、水で満たした容量2,000Lのタンクを貨物に見立ててフォークリフトに積み実施した（図-11）。

表-7 本施工中の試験施工時の薄層エスマックC特殊添加剤配合条件

配合名	配合A	配合B	配合C
特殊添加剤量	当初	当初×50%	当初×25%



図-11 フォークリフト走行試験状況

b) 本施工中の試験施工及びフォークリフト走行試験の結果

試験施工及びフォークリフト走行試験の結果をそれぞれ表-8、表-9に示す。配合A～Cいずれの配合も本工事で設定した要求性能を満たしたうえで、特殊添加剤を減少させることで変形抵抗性（マーシャル安定度や動的安定度）は向上するものの、ひび割れ抵抗性（曲げ破断ひずみ）は低下する傾向にあることが明らかとなった。試験施工及びフォークリフト走行試験の結果から、ひび割れ抵抗性を可能な限り確保しつつ変形抵抗性も確保できる配合として総合的に判断し、修正配合を配合Bに決定することとした。配合変更後に施工した施工範囲では目立った荒れは見られなかった。

表-8 試験施工（工事中）時の室内試験結果

配合種	配合 A	配合 B	配合 C	要求水準
試験項目				
マーシャル安定度 (kN)	10.65	10.95	11.45	10.0 以上
動的安定度 (回/mm)	5,727	7,000	10,500	1,500 以上
曲げ破断ひずみ	14.6×10^{-3}	10.1×10^{-3}	8.68×10^{-3}	5.0×10^{-3} 以上

表-9 試験施工ヤードでのフォークリフト走行試験結果

項目	配合 A	配合 B	配合 C
試験前路面状況			
旋回走行試験			
路面状況	タ付痕あり	タ付痕あり	タ付痕あり
荒れの深さ	最大 8mm	最大 4mm	最大 2mm
据切試験			
路面状況			
荒れの深さ	最大 11mm	最大 9mm	最大 6mm

※旋回走行試験：フォークリフトで急旋回しながら止まる動作を試験施工した舗装上で実施

※据切試験：フォークリフトを停車させた状態でハンドルを切る操作を試験施工した舗装上で実施

5. 工事実施に向けた事業者調整

本工事は、貨物地区の24時間運用の継続を前提に計画した。工事実施に向けては2021年6月頃から事前ヒアリングを実施し、貨物の繁忙期や閉鎖可能時間帯、補修工事への要望等を把握したうえで基本検討を開始した。施工計画検討時には全入居事業者、施工者が一同に会した施工計画の協議会を開催した。協議会の場では日々の施工区割りや貨物トラックの走行ルート等を詳細に協議し、貨物事業者の合意を得た施工計画を作成した。施工開始後は施工日毎に施工位置詳細図やトラック走行ルートを記載した区割り図を展開し、密に連携を図った。実際の区割り図の一例を図-12に示す。貨物事業者の協力を得て事故や大きなトラブル無く工事を完了した。

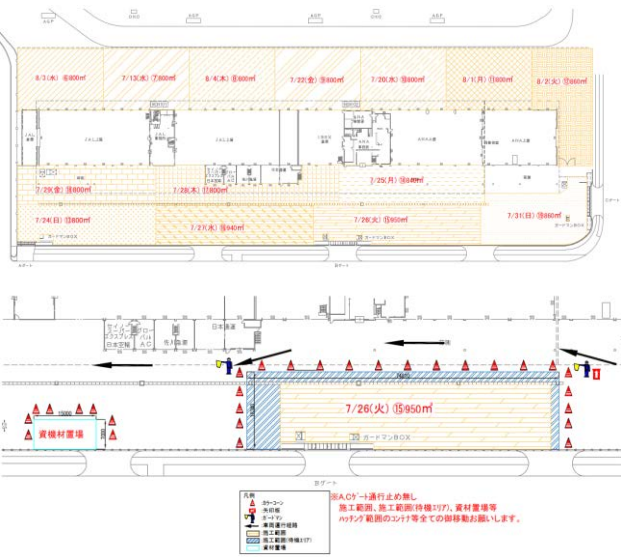


図-12 舗装区割り図の例

6. まとめ

本工事は、長年改修を検討してきたものの、課題が多く実現に至らなかった大阪国際空港北貨物地区の舗装において、薄層オーバーレイ工法により舗装の不陸を解消し可能な限り既存舗装を活用することで延命化を図るものである。本施工にあたっては、大阪国際空港北貨物地区の舗装における最適な要求性能を決定し、オーバーレイ仕様の改良を重ね工事完了に至った(図-13、14)。今後も引き続き利用に伴う路面状態の変化やクラックの発生状況等についてモニタリングしていきたい。

なお、工事完了後、利用者である貨物事業者より走行性等について好評を得ている。



図-13 工事完了後の状況（トラックヤード側）



図-14 工事完了後の状況（エアサイド側）

謝辞：本論文の作成にあたり、試験施工を実施いただいた日本道路株式会社、本施工を実施いただいた株式会社NIPPOには多大なるご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

＜論文作成者の異動＞

本論文は、作成者の異動前の所属先である関西エアポート株式会社基盤技術部伊丹基本施設グループの所掌内容である。