

# 関西国際空港防災機能強化対策 におけるA滑走路嵩上げ工事について

関西エアポート株式会社  
基盤技術部 関空基本施設グループ  
坂本 岳志

本工事は、関西国際空港において2018年9月の台風21号による被災を受けて取り組んできた防災機能強化対策事業のひとつであり、嵩上げた護岸に対する制限高さの確保を目的とした大規模な滑走路嵩上げ工事である。特徴として、日々復旧を前提としたアスファルト混合物による嵩上げ、大粒径アスファルト混合物の使用、仮設アスファルトプラントによる出荷、コンクリート舗装区間の嵩上げ、コロナ禍で航空需要が低迷しているなかでの施工条件の最適化などが挙げられる。以上のような様々な取り組みを実施し、航空灯火の復旧を含めた一連の工事について2022年10月に完了することができた。本報告においては、滑走路嵩上げの必要性から計画、工事实績など一連の内容を述べる。

## 1. はじめに

関西国際空港においては2018年9月の台風21号による被災を受け、防災機能強化対策事業計画を策定し、空港への浸水被害を最小化するための越波防止対策として、1期島の護岸嵩上げや消波ブロック設置などの災害対策工事に取り組んできた。この災害対策工事の一環として東側護岸の嵩上げを実施しており、嵩上げ後の護岸が、滑走路の路面高さから定義される制限高さに抵触することを回避するために、A滑走路を全域に渡って嵩上げする必要がある。(**図-1**) 必要嵩上げ量は護岸嵩上げ高さと同様に次回滑走路大規模改修までの期間における不同沈下量を考慮して設定し、(**図-2**) に示すとおり最大で50cm程度の嵩上げ量となった。

関西国際空港のA滑走路は2期B滑走路供用を機に2007年～2008年にかけて舗装の劣化変状の解消および排水性の改善を目的とした大規模改修を実施しており、今回はそれ以来の大規模改修となる。前回工事の改修厚さは50cm以上であり今回と同程度の規模であった。滑走路両端部のコンクリート舗装区間については前回の改修対象外であったが、今回の工事ではコンクリート舗装区間も嵩上げ対象であり、運用を継続しながらの当該区間の嵩上げ方法についても検討課題の一つであった。

本稿では、前述した課題のほか、大量のアスファルト混合物の供給が必要であったことや、工事の早期完了が求められたこと等の課題に対して実施した様々な取り組み内容と施工実績を中心に報告する。

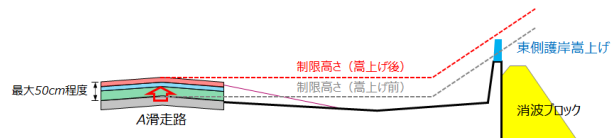


図-1 制限高さ概念図

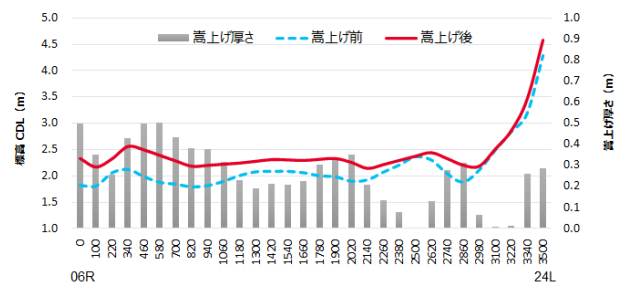


図-2 滑走路嵩上げ計画

## 2. 嵩上げ計画の特徴

### (1) 仮設アスファルトプラントによる材料供給

本工事では、総量20万トンもの大量のアスファルト混合物が必要であったことから、材料の安定供給や施工効率化に伴う品質確保を目的とし、空港内に仮設アスファルトプラントを設置して出荷することとした。主要材料となる骨材は海上輸送し、空港の海上アクセス地区から搬入することとした。

### (2) 施工条件の最適化

通常、同種の工事を実施する場合の施工条件は、メンテナンスのための夜間クローズ時間である



図-3 仮設アスファルトプラント

24:00～翌05:50の約6時間/日となるが、工事の早期完了および施工継目削減による品質確保を主な目的として、施工時間の拡大に向けて管制や航空会社等の関係者との調整を図った。コロナ禍により航空需要が低迷しているという運航状況と、確保可能な施工体制（2パーティ）という両面を考慮して調整を図り、国内線の運航便数が多い時間帯（6時～14時）を除いた時間帯をクローズすることで連続16時間の施工時間を確保できることとなった。決定した当初施工条件は表-1の通りである。

表-1 当初施工条件

施工期間	2021年9月～2022年7月
施工日	週5日（火・水・金・土・日）
施工時間	14:00～翌05:50（15時間50分）

ただし、施工期間中にも復便が進む可能性もあったため、復便に応じてクローズ時間を変更する等の柔軟な対応をするという条件を提示した。なお、工事によるクローズ時間中はB滑走路のみでの運用となり、B滑走路06Lからの離陸時には神戸空港運航便と空域経路が干渉し、遅延・待機の発生が見込まれたため、神戸空港関係者にも理解を求めた。なお、後述するコンクリートによる嵩上げ区間の施工条件は表-1とは異なるが、その詳細は3で示す。

### (3) 下部基層への大粒径アスファルト混合物の採用

本工事の契約では入札時にVE提案を受け付け、提案内容を審査したうえで採否を決定することとしていた。このVE提案のひとつとして図-4のとおり、下部基層に使用する材料を、設計では粗骨材最大寸法20mmのアスファルト混合物（ $t=4\sim 8\text{cm}$ ）を使用する事としていたものを、粗骨材最大寸法30mmの大粒径アスファルト混合物（ $t=6\sim 12\text{cm}$ ）を使用するという提案があった。本提案について、施工の効率化、層数が削減できることで舗装の弱点となる施工界面が減少するというメリットがあり、かつ前回

工事での使用実績もあったことから、前回工事の仕様を満足しつつ、試験施工による品質の確認を行うことを条件に採用する事とした。

### (4) コンクリート舗装区間の嵩上げ方法

滑走路両端部のそれぞれ100m区間および擦り付け影響範囲に含まれる取付誘導路はコンクリート舗装により整備されており、当該施設の使用形態や施工中の運用面への影響を考慮して嵩上げ方法を検討した。

#### a) 取付誘導路部

取付誘導路上の停止位置までは今後も継続して航空機の一時停止が発生し、航空機荷重に対する高い耐久性能が求められるため図-5青色着色部で示す範囲はコンクリートによる嵩上げを実施する方針とした。工法比較の結果、当該施工範囲は滑走路嵩上げの擦り付け区間となることを考慮し、最小施工厚が薄い付着オーバーレイ工法を採用することとした。なお、日々復旧は不可能であるため施工期間中は対象誘導路を終日クローズすることとした。

#### b) 滑走路両端部

図-5赤色着色部に示す滑走路両端部は航空機離陸前に一時停止することを想定しコンクリート舗装としているが、実際は滑走路上に侵入した航空機が一時停止する時間は短いこと、コンクリートによる嵩上げとした場合、日々復旧が困難であり、滑走路の短縮運用、ILS施設の移設などの調整が必要であることを勘案し、アスファルトによる嵩上げ（コンポジット舗装構造）を実施する方針とした。なお、コンクリート舗装が不透水層となることから、舗装帯内に入った水を適切に排水するための対策として、嵩上げ最下層には排水性舗装を採用し、流末には導水管を設置することとした。

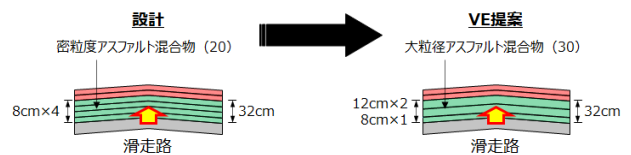


図-4 下部基層材料変更に関するVE提案

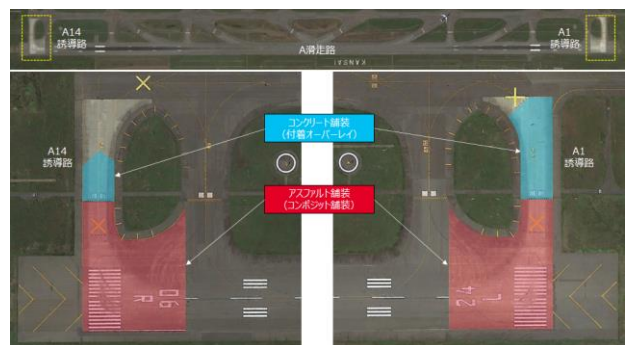


図-5 コンクリート舗装区間の嵩上げ種別

(5) 滑走路嵩上げに付帯する関連工事

滑走路の嵩上げの擦り付け影響範囲が誘導路、ショルダー、着陸帯にも及ぶことから、それら施設の嵩上げも必要となった。

また、舗装だけでなく航空灯火工事として、埋込型灯器（滑走路中心線灯等）の撤去・復旧、地上型灯器（滑走路灯等）の仮設化、着陸帯内に設置されている進入角指示灯や誘導案内灯の嵩上げなどの対応が必要であった。

3. 嵩上げ工事の施工実績

(1) 全体施工フロー

今回の擦り付け影響範囲も含めた施工範囲を図-6に、アスファルト舗装部分の航空灯火も含めた基本的な全体施工フローを図-7に示す。

舗装工に先立ち、施工範囲内に位置する滑走路中心線灯をはじめとする埋込型灯器の撤去、滑走路灯等の地上型灯器の仮設化を実施した。この後、最終の灯器復旧までの期間において、滑走路中心線灯などが不点灯になる事によりA滑走路の運用カテゴリーがカテゴリーⅡからカテゴリーⅠにダウングレードすることとなった。

また、舗装工事開始後は漸次グルーピングが除去されることとなり、表層完了までの期間グルーピング無しでの運用を実施した。滑走路本体部における層数は最大5層（表層、基層、下部基層3層）であり、日々復旧の施工条件であるため、各層毎の施工となり制限区域内工事実施指針に準じた地盤面処理、標識復旧を行いながら施工を行った。

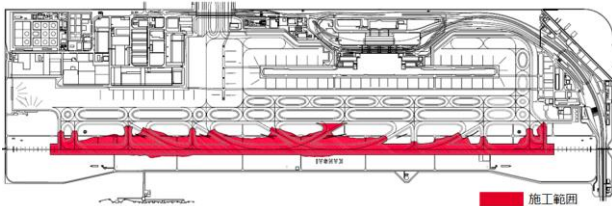


図-6 施工範囲

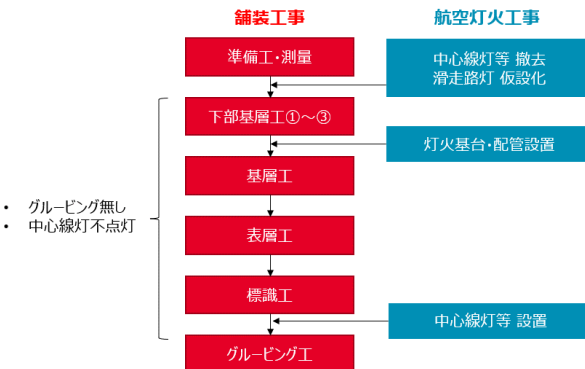


図-7 全体施工フロー

(2) 大粒径アスファルト混合物の施工

a) 配合設計

前回工事実績<sup>1)</sup>において、骨材剥離抵抗性を室内試験で検証し問題無いと評価しているものの、施工時には均一性を保つことが難しく表面が粗くなる箇所も発生したと報告されている。このような報告を受け、配合設計では交通開放の影響による骨材剥離の可能性を勘案し、粒径4.75mm以下の骨材の割合を多めにしつつ、動的安定度1,200回/mm以上を確保するために、骨材間隙を考慮した粒度設定(図-8)とした。

b) 施工実績

- ・最大3層に分けて施工し、一層当たりの厚さは6~12cmで施工
- ・仮設アスファルトプラント出荷能力(180t/h)を考慮し、アスファルトフィニッシャー2台での同時施工
- ・日々交通開放を行うため舗装終点部は1.0%の縦断勾配で擦り付けを実施

施工当初、締固め密度など所定の品質は満足しているものの表面の仕上がりが相対的に粗い箇所が見受けられた。そのような箇所は各施工レーンの端部で見受けられる傾向がありフィニッシャーの特性上材料の偏りが発生してしまう可能性が考えられた。そのため、混合物敷き均し時に材料の偏り具合を目視確認し、相対的に粗い箇所には細粒分を補足して転圧する対策を行った。

今回工事における大粒径アスファルト混合物での交通開放期間は最大3ヵ月程度であったが、骨材剥離が部分的に発生したことから、今後の適用に向けては粒度、施工時期、開放期間、施工上の改善点など含め一定の考え方や基準を設定することが望ましい。

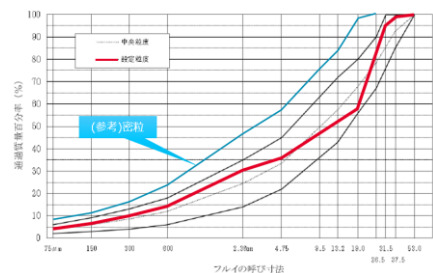


図-8 大粒径アスファルト混合物の合成粒度



図-9 大粒径アスファルト混合物 施工状況



### (3) コンクリート舗装区間の嵩上げ

#### a) 付着オーバーレイ工

コンクリートによる嵩上げとなり、日々復旧が不可能のため施工箇所を含む誘導路を一定期間終日閉鎖し表-2に示す施工条件とした。

施工フロー及び舗装構造を図-10に示す。

表-2 施工条件（付着オーバーレイ工）

施工期間	2021年8月～2021年12月
施工日	週6日（月～土）
施工時間	8:00～18:00
その他	作業高さ制限（GL+5.0m）

付着オーバーレイ工法における最小施工厚は5cmとされているが<sup>2)</sup>、本工事では当該誘導路の使用頻度も考慮し最小施工厚を10cmに設定した。終点付近では最小施工厚を確保するための切削を行い、その後全域に渡ってショットブラストによる研掃作業を実施した。ショットブラストは投射密度50kg/m<sup>2</sup>を確保するために施工速度で管理し、完了後はひび割れ、角欠けなどの軽微な変状箇所の下地処理を実施した。コンクリート舗装は舗装直前にローラーで接着剤を塗布したうえで施工厚さに応じた機械編成で実施した。（図-11、図-12）

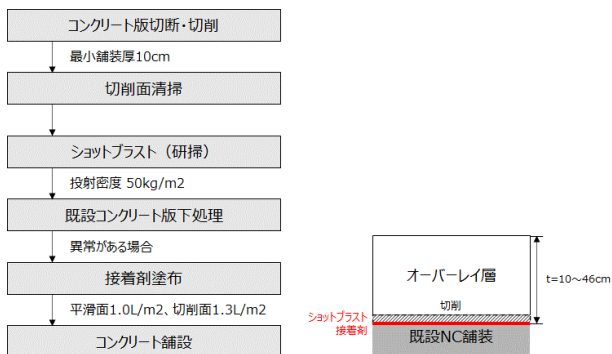


図-10 付着オーバーレイ工 施工フロー、舗装構造



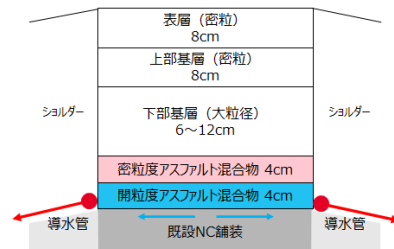
図-11 ショットブラスト状況



図-12 コンクリート舗設状況

#### b) コンポジット舗装

コンポジット舗装部は、舗装構造は舗装帯内に入った水を適切に排水する必要があった。そのため、図-13に示すように最下層に排水層として改質H型の開粒度アスファルト混合物を採用した。施工においては、日々交通開放が必要となるため舗装の施工能力も考慮し、同一日に開粒度4cmに加え、上層である密粒度4cmの施工を行った。コンポジット舗装範囲は広大であり、1日で全ての範囲を2層分施工することは困難であったため、図-14に示す範囲の通り2日に分けて施工を行った。舗装帯内に入った水は滑走路本体とショルダーとの境界部に設置した排水性舗装用導水管で集水し、SGP管を通じて緑地側に排水する構造とした。



※交通開放が必要となるため、開粒度4cm+密粒度4cmは同一日に施工

図-13 コンポジット舗装構造



図-14 施工区分、導水管配置図



図-15 コンポジット舗装施工状況

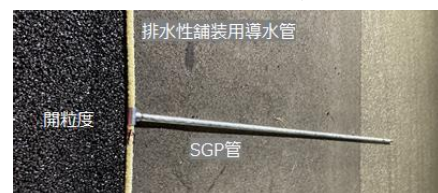


図-16 導水管設置状況

#### (4) 関連工事

##### a) ショルダー、着陸帯嵩上げ

滑走路嵩上げの擦り付け影響範囲に含まれるため、ショルダー、着陸帯の嵩上げも実施した。滑走路本体も含めた施工順序は以下の通りである。

- ① 滑走路本体部 下部基層 (1~3)  
↓ショルダーとの境界部は 1/2 勾配で擦り付け
- ② 滑走路ショルダー路盤 (時点高さまで)  
↓路盤面はアスファルト乳剤による防塵処理
- ③ 滑走路本体部 基層  
↓ショルダーとの境界部は 1/2 勾配で擦り付け
- ④ 滑走路ショルダー路盤(仕上げ面), 着陸帯盛土  
↓路盤面はアスファルト乳剤による防塵処理、盛土部は転圧・散水実施
- ⑤ 滑走路本体部 表層  
↓ショルダーとの境界部は 1/2 勾配で擦り付け
- ⑥ 滑走路ショルダー部 表層

##### b) 航空灯火工事

舗装嵩上げに伴い一時的な撤去・復旧に留まらず、嵩上げ量に応じた間座の設置や、完了後のメンテナンス性も考慮し基台・配管の再設置を実施した。基台・配管は基本的に下部基層完了後に設置し、その後表層を施工するような手順となるため、舗装工事との綿密な工程調整が必要であった。また、着陸帯内に設置されている誘導案内灯などの施設も嵩上げを実施した。



図-19 航空灯火工事 施工状況

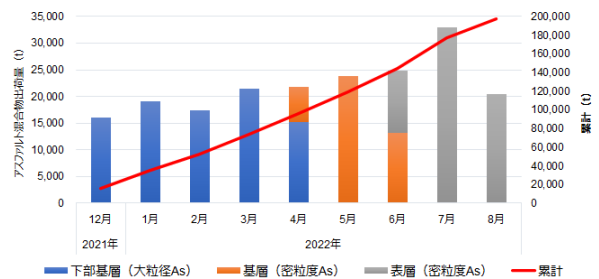


図-20 アスファルト混合物出荷実績

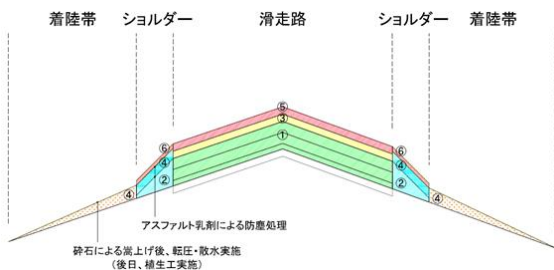


図-17 全体嵩上げ手順



図-18 ショルダー・着陸帯嵩上げ状況

#### (5) その他施工記録

アスファルト舗装工の実績として、最大施工量は2,200トン/日であり施工面積は下部基層(大粒径)で7,000㎡、基層・表層で12,000㎡であった。

今回、関連する灯火工事は舗装工事とは別契約での体制であったが、舗装嵩上げに伴う基台・配管の設置や埋込型滑走路灯の連続消灯を避けるための一時復旧、着陸帯内の航空灯火施設嵩上げ等、綿密な工程調整が必要となった。そのため、良好時の施工者及び発注者同席の工程会議等を行い、それら課題に対応した。

図-20 にアスファルト混合物の出荷実績を示す。当初の施工期間は灯火工事も含めて2022年7月末までとしていたが、コロナ禍に起因する海外製品の納入遅れ、他作業による制約などの外的要因および詳細な施工検討結果により、施工期間を延長する必要が生じた。施工当初に比べ復便が進んでいたこともあり、関係者と協議した結果、期間が延長となる2022年8月以降は施工開始時間を2時



間遅らせた 16:00～翌 05:50（13 時間 50 分）の施工条件となり、舗装工事は 2022 年 8 月末、灯火工事は 2022 年 10 月上旬に完了した。

#### 4. 品質確保に向けた取り組み

本工事ではアスファルト舗装としての適切な品質を確保するために表-3 に示すように、材料搬入、現地施工、舗設後の各段階において様々な取り組みを実施した。

表-3 代表的な品質確保に向けた取り組み

段階	取り組み内容
材料搬入時	骨材採取場所の現地確認(1 回/月)
	サンプルとの比較(毎船)
施工時	ウェブカメラによる状況確認
	外部機関による管理状況確認
舗設後	抜き打ちコア採取による密度試験

ウェブカメラは、舗設箇所、プラント試験室、プラント混合物出荷部に設置し監督員が管理状況を常に確認できる状況であった。

表-3 で挙げた代表的な取り組みの他にも、通常の品質管理項目に対して監督員の立会頻度を増やすことや、結果のフィードバックの頻度を明確化するなど、管理体制および実効性の強化を図った。

結果としては、抜き打ちコア採取による密度試験と通常の品質管理で実施した密度試験の結果に大きな差異はなく、締固め度 98%以上を満足しており、その他の要求品質を含めて良好な品質を確保することができた。



図-21 骨材採取場所の現地確認、サンプル比較



図-22 ウェブカメラ映像（舗設箇所）

#### 5. おわりに

今回のような運用中の滑走路での大規模な嵩上げ工事は例が少なく、加えて大粒径アスファルト混合物の使用やコンクリート舗装区間の嵩上げなど特徴が多い工事であったが、品質確保に向けた様々な取り組みを実施した成果もあり、品質に問題無く完了することができた。一方で、日々復旧を前提とした工事を進めるなかで工事に起因する防塵処理を施したショルダー部の路盤材の飛散等が何度か発生してしまった事は安全面における大きな反省点として挙げられる。関西国際空港は、開港当初に比べ落ちてきてはいるが沈下は続いており、今後も同様の嵩上げ工事が必要となる可能性がある。その際には反省点も含め、今回得られた知見を活かしていきたい。

本工事は、関西国際空港における防災機能強化対策事業計画の最後を締めくくる工事として実施し、早期完了が求められるなか、関係者の皆様にご理解、ご協力いただき施工条件の最適化を図れたことで、施工期間を短縮して完了することができた。この場を借りて関係者の皆様に感謝申し上げる。



図-23 完成写真

#### 参考文献

- 1) 奥田「大粒径アスファルトを用いた関西国際空港の滑走路大規模改修について」第9回空港技術報告会 2008,
- 2) 八谷・水上・坪川他「空港コンクリート舗装の薄層付着オーバーレイに関する研究」国総研研究報告 No. 30 2006,