



SERVICE CENTER OF PORT ENGINEERING

# SCOPE NET

特集  
羽田空港再拡張事業



DISCUSSION : 座談会  
羽田空港再拡張事業を振り返って  
—大プロジェクトで採用された新方式と新技術—

INTRODUCTION : 巻頭言  
羽田空港再拡張事業と SCOPE

ARCHIVE  
写真で見る羽田空港再拡張事業の変遷

NEW METHOD & NEW TECHNOLOGY  
新方式・新技術紹介

- 1 入札契約における新方式と維持管理
- 2 プロジェクトマネジメント(工事管理システム)
- 3 埋立部における新技術
- 4 棧橋部における新技術
- 5 埋立/棧橋接続部における新技術
- 6 舗装工における新技術
- 7 国際線エプロンPFIにおける新技術

ISSN 1833-6917  
2010 SPECIAL VOL. 58



## INTRODUCTION

## 巻頭言

## 〔羽田空港再拡張事業とSCOPE〕

SCOPE理事長 広瀬宗一

本年10月21日のD滑走路、国際線地区供用をもって羽田空港再拡張事業は完了しました。当事業は、すでに限界のある羽田空港の発着容量の制約の解消や国際定期便の受け入れなどが可能となるように平成12年度に議論されたのが始まりでした。事業費6,000億円の大プロジェクトであり、議論開始から10年、現地着工から完成までわずか3年足らずの急速施工となりました。

このプロジェクトの完成までには、入札契約制度、構造物の構造形式、工法、施工法、維持管理に至るまで、これまでにない検討や工夫が求められ、官民一体となった努力が重ねられました。具体的には、入札契約制度においては、D滑走路では設計・施工一括発注方式や性能規定発注方式が、国際線地区のエプロン等整備事業ではPFI方式が採用されました。また、D滑走路では、構造形式として、わが国では初めての栈橋形式を一部採用し、埋立方式と併せて複合形式となりました。工期を遵守するために各構成要素の施工においては新しい工法、技術

が多数採用されました。

ところで、SCOPE((財)港湾空港建設技術サービスセンター)は、港湾や空港の建設・維持管理事業の発注及び施工に関わる技術やシステムの調査研究と技術支援を行うことを業務としています。この羽田空港再拡張事業においても、入札契約や施工法検討、検査補助業務(365日対応、24時間対応)等などで貢献してきました。

今回、SCOPEでは、皆様方からの期待のもとで進められてきた当プロジェクトにおいて生まれ、発展した新しい調達方式、工法、技術等について、広く一般の方々にご紹介することを目的として、当センターの情報誌「SCOPE NET」でまとめることとしました。

「SCOPE NET」の誌面の制約上、事業のすべてを詳細に掲載することはできませんが、関係者の方々の座談会を始め、重要なところをまとめ、あわせてSCOPEの役割についても解説しました。皆様のご理解を賜れば幸いです。

## ■目次■

<b>DISCUSSION: 座談会</b> .....	<b>3</b>
羽田空港再拡張事業を振り返って—大プロジェクトで採用された新方式と新技術—	
<b>ARCHIVE: 写真で見る羽田空港再拡張事業の変遷</b> .....	<b>11</b>
<b>NEW METHOD &amp; NEW TECHNOLOGY: 新方式・新技術紹介</b> .....	<b>12</b>
1 入札契約における新方式と維持管理	
2 プロジェクトマネジメント(工事管理システム)	
3 埋立部における新技術	
4 栈橋部における新技術	
5 埋立/栈橋接続部における新技術	
6 舗装工における新技術	
7 国際線エプロンPFIにおける新技術	

## 座談会

## 羽田空港再拡張事業を振り返って

—大プロジェクトで採用された新方式と新技術—

平成22年10月21日、羽田空港の4本目の滑走路が供用開始しました。

羽田空港再拡張事業は、D滑走路は設計・施工一括、国際線エプロンはPFIという新しい契約方式を採用。

工期・工費縮減という課題のもと、新技術が多数採用され注目を集めています。

受発注者の代表者の方々に経緯を振り返り、

苦労話や今後の課題などを語っていただきました。

羽田空港の容量不足解消のため  
大規模プロジェクトがスタート

**広瀬** 本日は、10月21日から供用が始まります羽田空港再拡張事業について、本事業に関係された方々から、一般の人には見えないプロセスに焦点をあてて、どういう課題をどのように解決されたのか、読者の方々に紹介したいと思います。まずは梅山副局長から、自己紹介を兼ねて現況のご紹介をお願いします。

**梅山** 2年前の8月に赴任しまして、そこからの関わりになります。概ね2年後の供用を控えて、D滑走路JV（建設工事共同企業体）の方も非常に厳しい表情で、重責を痛感したことを記憶しています。一方で、視察者を案内する機会も多く、このプロ

ジェクトに対する国民の期待の大きさを肌で感じました。

**広瀬** D滑走路をご担当された峯尾所長お願いします。

**峯尾** 平成16年11月にこの仕事を担当することになり、平成17年に契約をさせていただきました。それから現在まで、15社JVの現場代理人として務めています。今後は維持管理業務をスタートさせます。設計・施工一括の成果が問われますので、これからの正念場であると考えています。

**広瀬** エプロンをご担当された土方所長お願いします。

**土方** 入札前の平成17年からエプロンのプロジェクトに携わり、平成18年に契約させていただきました。当初は監理技術者として、昨年からは現場代理人という立場で、このプロ

ジェクトに関わらせていただいております。

**広瀬** 羽田空港再拡張事業の特色は、1つ目は、わが国では珍しい入札契約方式が採用されたこと。2つ目は、短期間で整備をしなければならなかったこと。3つ目は、維持管理が契約条件に入っていることが挙げられると思います。この3つを主体に、これからご意見をいただこうと思います。まずは、梅山副局長から、全体の計画概要、経緯、特色につきましてご説明ください。

**梅山** 羽田空港は従来3本の滑走路を利用していましたが、慢性的な容量不足のため、もう1本滑走路をつくらうという議論が平成12年頃から始まりました<sup>(※1)</sup>。当時は、首都圏第3空港調査検討会が設置され、羽田空港再拡張だけでなく、他の



羽田空港全体図

## ※1 羽田空港再拡張事業の経緯

平成12年 9月	「首都圏第3空港調査検討会」設置 検討開始
平成13年 12月	国土交通省「羽田空港の再拡張に関する基本的考え方」を決定
平成14年 3月	「羽田空港再拡張事業工法評価選定会議」設置
平成15年 12月	平成16年度政府予算案において再拡張事業の事業化が認められる
平成16年 6月	東京国際空港D滑走路建設外工事入札実施方針公表 (設計・施工一括発注方式)
12月	平成17年度政府予算案において国際線地区整備等事業の事業化が認められる
平成17年 3月	東京国際空港D滑走路建設外工事にかかる工事請負契約の締結
平成18年 3月	エプロン等整備等事業(PFI事業)にかかる事業契約の締結
6月	公有水面埋立承認の出願
12月	公有水面埋立にかかる承認、東京国際空港D滑走路建設外工事調査業務開始
平成19年 3月	エプロン等整備等事業(PFI事業)の本工事着手、D滑走路建設外工事着手

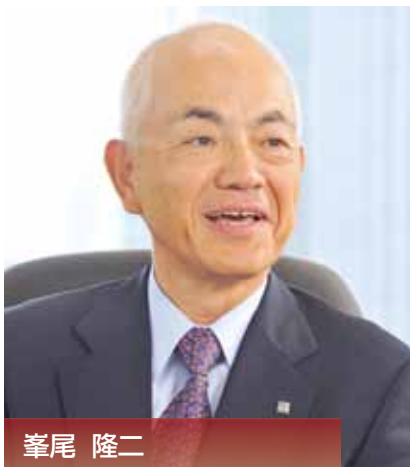
## 漁業者、海事関係者を はじめとする関係者の協力、 努力、技術力、熱意で実現



梅山 和成

国土交通省 関東地方整備局  
副局長

## 設計、施工一括方式は 技術提案が 実現できるのが魅力



峯尾 隆二

羽田再拡張 D 滑走路  
建設工事共同企業体 所長

地点に第3空港をつくる議論も始まったのです。その後、平成13年頃に現空港にもう1本滑走路をつくる方向に進み、今回の事業に至っています。

この事業の特徴は、まずスピード感が挙げられます。計画段階から10年、工事期間3年5カ月で完成したわけですが、大規模プロジェクトの中では、一番早かったと思います。そして徹底的なコスト縮減。また技術的な面では、D滑走路は大規模な栈橋を使い、埋立とハイブリットで形成した構造であり、世界初といえるものではないかと思っています。

### 設計・施工一括契約 PFI事業初のサービス提供型

**広瀬** 羽田空港の年間の発着能力が30.3万回から44.7万回<sup>(※2)</sup>になり、日本経済への大きな貢献が期待されると考えています。まずD滑走路で採用された入札契約方法の考え方や採用につきまして、梅山副局長からご説明ください。

**梅山** 平成14年に開催された工法評価選定会議の中で、工期・工費の縮減を確実に実施していくために、維持管理も含めた設計・施工一括方式が提案され、採用することになりました。平成16年の入札公告以降も、コスト縮減委員会を同年10月に設置し、意見交換しながら、契約まで進めました。契約後も委員会を年1回開催して、途中経過あるいはコスト縮減の取組みについてご意見を

伺いました。また技術検討委員会も同年11月に設置し、我々が入札者の技術審査を行うにあたって、技術的な指導・助言をいただきました。今後も引き続きご指導をいただきながら維持管理を進めてまいります。

苦勞した点は、要求水準書をつくる時と契約後の各種調整です。特に、D滑走路については、漁業者との調整は基本設計が決まった後、発注者が行いましたが、設計・施工一括方式の場合、どのようにリスク分担をしていくかは今後の課題だと思います。それから契約方式では、国際線エプロンのPFIも初めてだと思います。BTO方式で30年間の維持管理を含めて、平成47年までの契約。長期間にわたる維持管理も含めた契約をしているのは、公共土木施設としては初めてになります。

**広瀬** この事業では性能仕様による要求水準書がつけられ、それに基づき設計・施工が実施されました。請負者側はどのように対応されたのでしょうか。

**峯尾** 設計・施工一括方式は建築で

※2 羽田空港の発着容量の推移(回/年)

時期	主な事業の節目	発着容量
昭和57年	沖合展開前	16万回
昭和63年	第1期事業完成時	18万回
平成5年	第2期事業完成時	21万回
平成16年	第3期事業完成時	30万回
平成22年	再拡張供用開始時	37.1万回
	最終時	44.7万回

は通常的手段ですけれども、大規模土木事業では珍しい方式です。結論から言うと、性能に合致すれば、我々の考えている案が提案できるという意味では、素晴らしい方式だと思います。ただし、当初の検討段階でコストが膨らみ、性能を確保しつつ、どこまで下げられるかという点は苦労しました。実設計の段階では、15社すべての構成メンバーから設計技術者を招集し、侃々諤々の議論のうえ方針決定を行いました。特に埋立部と棧橋部の接続部護岸については、これまで例のない構造物ということで相当な議論になりましたが、最終的にはお互い納得したうえで一つの方向性を打ち出したことが印象深かったことです。また今回は、発注者側に技術検討委員会が設置されており、その時々適切な助言をいただいたことに大変感謝しております。

**広瀬** 国際線エプロン事業でのサービス提供型のPFI事業は、世界的にも珍しいと思います。土方所長からご説明いただけますか。

**土方** さきほど梅山副局長からご説明がありましたが、土木分野初の大型PFI事業であり、今後の土木分野PFI事業の先例となるため社会的にも注目されています。特長として挙げられるのは、設計・施工・維持管理がワンパッケージの性能発注であるということです。したがって、整備した施設については今後25年間は、不可抗力を除いて原則的に事業者側にリスクがあるということにな

ります。施設に対する責任があること、創意工夫ができるところは非常にやりがいのあるプロジェクトだと思います。苦労したところは、契約書で想定していない事象が発生すると、発注者と協議になり、互いに労力を要するところです。

### 工期短縮に対応した体制づくりと十分な資材の確保

**広瀬** プロジェクトの実施体制の話に移りたいと思います。工期短縮に対応した体制や実施について、梅山副局長からご説明をお願いします。

**梅山** まず安全で品質の良い物をつくることを目標に、基本的には従来直轄事業の枠組みを活用しながら、監督指針を補足して対応しました。それから、出来高部分払いを基本的には3カ月に1回実施しました。現場に対応し、我々も24時間365日の施工体制をとる必要があったため、宿日直体制を整備して対応しました。工費の面では、コストを全体的に管理していく点に注意を払ったのが1つのポイントです。

工期の面でも、現空港を使いながらの工事ですので、特に空港管理者などと全力で調整を図る体制を取りました。計画では、工事の完成から供用まで約10カ月ありましたが、着工が遅れたので、現実には2カ月となったため、5月中旬から飛行検査に入り、無線など必要な部分については早く仕上げ、全体として工期の短縮を図りました。

## 初の大型PFI、性能発注はやりがいのある事業



土方 遍

東京国際空港国際線地区  
エプロン等整備事業作業所 所長

## 民間の技術を活かす 性能仕様の要求水準書はプロジェクトの第一関門



広瀬 宗一

SCOPE 理事長

**広瀬** D滑走路の施工体制や資材・機材の調達などについて、お聞かせいただきたいと思います。

**峯尾** 乙型共同企業体運営を原則とし、工種ごとの工区分担施工を行いました。構成会社すべての資材調達ルートを超すことなく利用できたことは、大量調達に対応するにあたって非常に有効であったと思います。工区ごとに自立した体制を整備し、責任施工を行うこととしておりましたが、全工区の上部組織として「JV総合事務所」を設置して、全体のマネジメントを行うという組織といたしました。結果として大変うまく機能したと思います。社風が全く異なる15社の集合体ではありましたが、お互いに切磋琢磨をするという相乗効果は、急速施工といった面で、大変有効であったと思います。安全面から言いますと、工期終了まで延労働時間にして2,300万時間となりましたが、その間休業1日以上死傷者数が14人と好成績で終了するこ

とができ、度数率にして0.6で収めることができました。資材・機材の調達・運搬については、各工区の代表者からなる運航管理部会・山砂運搬安全部会という専門部会をつくり、スムーズな運営に向け調整を行う等、総合事務所と各工区間の補完を果たして参りました。

**広瀬** 国際線エプロン工事では、施工体制や工事実施面でどのような体制を取られたのですか。

**土方** 施工体制は全体を2工区に分け、分担施工としました。プロジェクトの推進体制は、発注者・空港管理者・開発事業者とその施工者との幅広い調整が必要であったため、全体を把握するプロジェクトマネージャたるSPC（羽田空港国際線エプロンPFI株式会社）の総括代理人やまとめ役のもとに、多くの有能な技術者が活動するフラットな形態が必要となりました。プロジェクト全体の確実性や整合性を確保するため、各種委員会、定例会議や個別打合せ

は多くなりましたが、情報共有を図りつつ進めていきました。

**広瀬** 大量急速施工への対応のため、D滑走路ではどのように資材等の調達をされたのでしょうか。

**峯尾** 工場で作成して均一な品質管理の下につくった物を現場に輸送した上で、それを組み込んでいくという工法を活用しました。例えば床版やジャケットです。それから、大量施工の面では、例えば埋立材は、分担施工している会社の持つ調達ルートを全部使えたので、スムーズに入手できました<sup>(※3、4)</sup>。土源は50数カ所にのぼったと思います。そのおかげで常時必要量は確保できました。砂はほとんど千葉の木更津、石材は伊豆、紀伊半島、小豆島が主体でしたが、石材に関しては九州からも持って来ましたので、対応できたと思います。それから、鋼桁高2.5mの上部ジャケットは、若松、津、横浜の3カ所で製造し、それを千葉県富津と千葉に輸送し、下部ジャケッ

### ※3 今回埋立部で使用した土量

総埋立土量：約4,400万m<sup>3</sup>

埋立用：3,800万m<sup>3</sup>  
地盤改良用：600万m<sup>3</sup>

### ※4 今回使用した軟弱地盤対策用の地盤改良

サンドドレーン工法：総延長約3,900km  
サンドコンパクション工法：総延長約1,200km  
深層混合固化処理工法：施工数量4,500本



トと一体化したうえで現場水域に台船輸送、据付を実施しました。ジャケットを支持する鋼管杭は、大半を千葉の陸上製作場で90m程度に、溶接一体化し、現場水域に輸送したうえで、一本もので打設いたしました。このようなプレキャスト化、及び工場製作化は、工期短縮に大変な効果を挙げました。

**広瀬** 国際線エプロンの方はいかがでしょうか。

**土方** 例えばD滑走路の工事で砂を千葉で調達するというのであれば、そこはもうやめて、締めめ砂杭用の材料は少々遠くても東京・神奈川で調達するよう対応しました。プレキャスト化ということでトライした部分は、国際線ターミナルビル前の道路下の共同溝部分です。あのエリアは、共同溝を整備した後、ターミナルビル、モノレール、京浜急行が、そのエリアをヤードとして使うことになり、とにかくスピードが要求されましたので、プレキャスト化

しています。

### 新技術実験を行いながら 結果を設計・施工に活かす

**広瀬** 技術開発の話に移りたいと思います。D滑走路建設のための新技術は、学会等の論文発表も多かったと聞いています。設計・施工一括方式を採用した1つのメリットだと考えていますが、今回の事業で開発された代表的な事例について、ご紹介下さい。

**峯尾** 埋立・栈橋を通して、精度良く進んだのは、GPS機能と情報化施工がフルに使えたことです。進んだGPS機能を駆使した結果、ジャケット<sup>(※5)</sup>の据付精度は格段に向上し、全ての据付は、水平精度にして±5cmの範囲で設置できました。また埋立部の盛土についても開発した「沈下予測システム」によって正しく沈下予測値を算定することができ、極めて効率的に計画を進めることがで

きました。

苦勞した点と言えば、埋立／栈橋接続部における鋼管の継手でありませう。鋼管矢板井筒工法を採用しておりまして、滑走路方向の鋼管継手は、今回新たに開発した高耐力継手を使用した結果、その性能を充分発揮しております。

継手内は高圧ジェット水による洗浄を行ったうえでモルタル注入を実施いたしました。施工上かなりの時間を要したことは、今後の研究課題であると考えています。ただし、この遅れは接続部躯体の上部床版や、前面壁体にプレキャスト部材<sup>(※6)</sup>を用いたことで、工期短縮が図れ、工程に載せていくことができたことは、大いに特筆されることと思います。

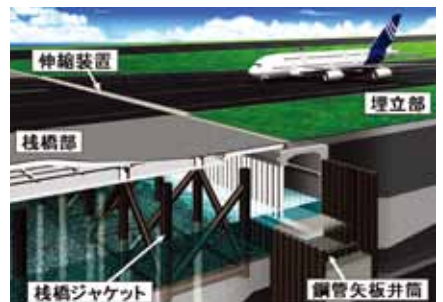
**広瀬** D滑走路では、新しい技術を活用するに際して、実験をしながら対応されていたようですが、工期、コスト面で負担が大きかったのでは

※5 今回の栈橋部で採用したジャケット

総数198基 長さ63m×幅45m×高さ32m  
重量1,300t

※6 プレキャスト化(栈橋部、及び連絡誘導路部)

プレキャスト床版数:21,000枚



埋立／栈橋接続部 イメージ図



ないでしょうか。

**峯尾** 与えられた設計期間を最大限活用してかなりの実証実験を行いました。栈橋部の床版については、実物大の供試体載荷試験を行って強度確認をすることができておりますし、プレキャスト部材の継手強度の確認、連絡誘導路部における橋梁についての風洞実験を行うなど、設計につなげることができたものと思います。コストにつきましては、通常行う確認試験の範囲を超えるものではありませんでした。

**広瀬** エプロン工事での技術開発についてはいかがですか。

**土方** 舗装については、今までは5 N/mm<sup>2</sup>の曲げ強度のコンクリート版が使われていましたけれども、一部不同沈下の多い所では、5.5 N/mm<sup>2</sup>の高強度コンクリートを採用しています。それについても、試験等を実施して、施工性等を確認した上で採用

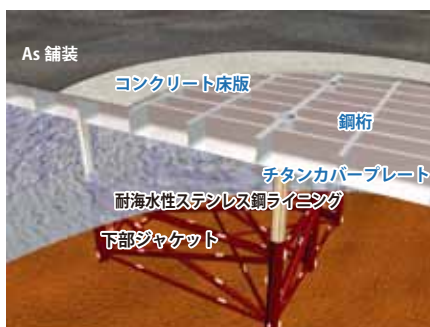
#### ※7 栈橋部、連絡誘導路部の防食

ステンレススチール:

表面積 12万m<sup>2</sup> 重量 500 t

チタンカバープレート:

表面積 57万m<sup>2</sup> 重量 1,000 t



栈橋部ジャケッ構造図

に至っています。また、UFC（超高強度繊維補強コンクリート）プレキャスト桁を採用したGSE（空港地上支援車両）橋梁の開発も大きかったですね。設計基準強度が180N/mm<sup>2</sup>と高く、構造物の寸法を小さくすることができました。

最大の難関は、南側エプロンの下にある京浜急行のシールドトンネルです。舗装仕上り面は2.5m～3.0mの現況地盤よりも高く、まともに盛土をしたのでは、沈下・不同沈下とにも大きくなってしまいます。トンネルに関する要求水準としては延長10mの間で3mmの相対変位量まで、という厳しい条件が与えられましたので、様々な形式・施工法を検討いたしました。最終的には、コンクリート舗装下ではSGM（軽量混合固化処理土）を、アスファルト舗装下ではFCB（気泡混合軽量土）による軽量盛土置換え工法を採用しています。

なお、施工期間中は、シールドトンネルの挙動を常に動態観測し、問

題が生じた場合には即刻作業中止、対策工の検討・実施ができる体制を確保した上で作業を実施しました。また、掘削スパンはリバウンドの解析検討を行った40mの半分を採用し、リバウンド量の低減に努め、結果的には半分以下のリバウンド量で施工を終えることができました。

**峯尾** D滑走路では、ジャケットに用いた鋼材の防錆方法<sup>(※7)</sup>にも新しい試みをいたしました。上部ジャケットの床版下の2.5m高さの空間を、除湿器を稼働させることによって50%以下の湿度に保たせて内部空間の鋼材を錆から護る工夫、またその空間下面を海水による浸食から護るためチタンの薄膜で覆い、ジャケットレグ鋼管のスプラッシュゾーンをステンレススチールの薄膜で覆うなどの工夫を施しました。今後同種構造物の指針となるのではないかと考えています。

**広瀬** 工程面の話に移りたいと思います。工程上、一番クリティカルだっ



たところは、どこで、どう解決されたか峯尾所長からお願いします。

**峯尾** やはり、ジャケット部と埋立部の接続部が遅れたら全体工程への影響が大きくなるので、とにかく支障のない施工をすることを心がけました。先ほど申し上げたように、鋼管矢板井筒工法による鋼管同士の継手内にモルタルグラウトを施工するのにかなりの時間を要したことによる工程遅延には、相当苦しみました。その後の部材プレキャスト化による工法が功を奏して事なきを得ました。余計なことを申しますが、今後、大規模な海中への鋼管打設を行う構造を設計する際には、継手についての工夫は不可欠な課題と考えています。

**広瀬** 国際線エプロンの方はいかがでしたか。

**土方** 工程的には、31カ月という工期が与えられていました。エプロン側については、排水施設等の付帯施設やコンクリート舗装工程を考慮すると地盤改良を1年でやり切らなければいけないので、昼夜で進めて対応しました。基本工程の通りに行えたと考えています。ランドサイト側は他事業者工事と極めて輻輳しており、共同溝のプレキャスト化などの対応は行いましたが、厳しい工程と考えておりました。各事業者や施工者との設計調整・施工調整では、お互いの立場をよく理解し合い、協議が行われたと思います。工期内に引渡しのできたことは、関係者のみなさんに感謝する次第です。

### 50年、100年と長期にわたる維持管理業務への考え方

**広瀬** この事業の特色の一つである維持管理について、皆様にお伺いしたいと思います。まず、梅山副局長から、基本的な考え方について、教えていただけますか。

**梅山** D滑走路は、供用期間100年という要求水準です。維持管理も含めて、ここまでライフサイクルコストに真正面から取り組んだのも初めてではないかと思っています。それから、空港ですので供用を長期間止めてメンテナンスをすることが難しい特殊な条件を要求水準書に書かせていただきました。整備局でも、技術検討委員会でのご意見ご助言をいただきながら、品質確保に努めていくことにいたしました。しかし、想定外の事態も起こらないとは限りませんので、引き続き緊張感を持って維持管理に努めたいと思っています。

一方、成長戦略会議で国際線の発着回数を年間6万回から9万回に増やしていくこととされ、国際線旅客ターミナル、エプロンもさらに拡充をしなければいけない状況になっています。短期間のうちに計画を変更せざるを得ないというのは、PFI方式で行う上での課題だと思っています。

**広瀬** PFI方式は、いろいろなリスクをどう移転するか、誰がカバーするかといった点も含めた契約形態です。D滑走路ではいかがですか。

**峯尾** 先ほどからお話があった通り、今回工事契約には今後30年間にわたる維持管理業務を実施する特則があり、まず今年度の維持管理について契約したところ。未知な領域ですが、維持管理マニュアルを作成してスタートさせたばかりであります。例えば、上部ジャケット内部の空間は、約2万室ほどに区分けされておりますが、これを一人ひとりがモバイル機器をもって巡回チェックしていく過程において、正確に品質劣化を評価していけるのかなど、まだ心配なところもあります。

**広瀬** 大規模で、国民の安心・安全に大きな影響を与える構造物ですから、ITの活用が重要でしょうね。新たな技術開発を期待しています。エプロンのデータベースは最初から揃えておいたのでしょうか。

**土方** エプロンの維持管理は、有識者の指導の下、予防保全の考え方を適切に取り入れて合理的な維持管理計画を作成するという課題を頂戴しました。そこでエプロン舗装に重要度区分を設定して、重要度が高いエリアに予防保全の考え方を導入しています。舗装版は全部で5,600枚ありますが、その勾配や路面性状の情報をデータベース化しております。維持管理期間に入ってほぼ1年が経過しましたが、今のところ沈下量は想定内で推移しており、勾配逸脱リスクが増大することはないものと考えています。

今後は10月21日の供用開始後どれだけ作業時間が取れるのかという

ところが大きなポイントです。また、維持管理業務に携わる上で、その中で得た知見を今後の設計に活かしていくことが重要な役割ではないかと思っています。

**広瀬** D滑走路の最盛期は、約4,000人の方が働いたと聞きました。国際線地区はどうだったのでしょうか。

**土方** エプロンとしては、最大で約500人。国際線地区のエリアで捉えると、ピークが2,000人程度だったと思います。

**広瀬** 職員も入れるとトータルで6,000人以上ですから、雇用にも貢献したと思います。欧米でも維持管理付きの契約が多くなってきています。

結果的には3年半でこの事業をやり遂げたことで、改めて、日本の技術者の実力を知らされた気がします。みなさんはどうお感じになりましたのでしょうか。

**峯尾** 情報化施工、プレキャスト工法の適用及び大変進歩してきたGPS機能を採用するといった常に斬新なアイデアを現場に取り込んできたことが、このプロジェクトを成功に導いた勝因と考えておりますが、何よりも全工期を通じて天候に恵まれたことが幸いしたと考えております。海上工事の厳しさを今更ながら感じております。

**広瀬** この座談会では語り尽くせないほど、みなさんの努力のお陰で供用を迎えることができたと思います。梅山副局長はどんな感想をお持ちですか。

**梅山** 工期の面では、天候に恵まれたことも事実としてあると思いますけれども、365日、24時間の過酷な条件の下での、JV関係者の方々の努力、技術力、あるいはプロジェクトに対する熱意といったものがあって

ようやくここまでできたと思っています。また、プロジェクトとしては、大規模でありながら短期間でできたことは、関係自治体、漁業関係者、海事関係者、その他いろいろな方にお世話になり、本当に感謝したいと思います。

**広瀬** 羽田空港再拡張事業につきましては、私自身も国の立場、SCOPEの立場で長く関与させていただきましたし、SCOPEの職員も365日、24時間の技術支援を行いました。なおSCOPEでは空港の計画・建設、運用・管理を技術的にとりまとめ『空港工学』として発刊する予定です<sup>(※8)</sup>。

最後にみなさんと一緒に羽田空港が、わが国の基幹空港としてますます発展することを祈念して、座談会を終わりたいと思います。ご協力ありがとうございました。

(平成22年9月16日収録)

※8

10月20日にSCOPEより『空港工学』が発刊されました



A4版/約500頁

編集・発行:

(財)港湾空港建設技術サービスセンター

発行日: 平成22年10月20日



ARCHIVE

# 写真で見る羽田空港再拡張事業の変遷

基礎杭打設



地盤改良



ジャケット据付



護岸築造



平成19年12月



平成20年6月



平成21年7月



平成22年5月



埋立/ 棧橋接続部の消波式護岸



管中混合固化処理



国際線旅客ターミナルエプロン



D滑走路舗装



# 入札契約における新方式と維持管理

国土交通省 関東地方整備局  
東京空港整備事務所

## 1. 羽田空港再拡張の経緯

羽田空港の再拡張については、平成12年に設置された「首都圏第3空港調査検討会」(座長：中村英夫 武蔵工業大学教授)において、既存ストックの有効活用、アクセス等の観点から、優先して推進することが適当とされたものであり、処理能力の限界に達した羽田空港の今後のさらなる航空需要増加に対応するために新たに4本目の滑走路(D滑走路)と新しい国際線地区を整備するものである。

このうち、D滑走路の整備にあたっては、当時検討されていた栈橋工法、埋立・栈橋組合せ工法、浮体工法の3工法について、客観的、中立的かつ透明性をもって評価選定作業を行うため、「羽田空港再拡張事業工法評価選定会議」(座長：椎名武雄 日本アイ・ビー・エム(株)最高顧問)が設置され、比較・検討が行われた。その結果、いずれの工法とも「空港として長期・安定的に機能すること」、「安全・確実な施工」、「環境への影響」等の観点から致命的な欠陥はなく、また、工期・工費についても大きな差は認められないとの結論が得られるとともに、契約方式として、設計段階における工費・工期を施工段階及び維持管理段階においても保証させることのできるよう、設計と施工を一体的に発注することを基本とする契約方式の採用が提案された。

一方、新しい国際線地区の整備にあたっては、旅客ターミ

ナルビル等、貨物ターミナル、エプロン等の3事業において、民間の資金、経営能力及び技術的能力を活用したPFI手法で実施することとなった。

## 2. D滑走路整備の新しい契約方式

当時、このような大規模公共工事において、設計と施工を一体的に発注する調達方式の採用は初めてであり、その標準的な調達手続きが確立されていない状況の中、基本設計についてもひとつに絞り込まれておらず、民間の設計等の技術審査を行うことも含めて、設計・施工一括発注方式の検討を進めた。

D滑走路の発注、契約の主な特徴は以下のとおりである。

### ①入札実施方針の公表

入札参加者に対して、どのような入札・契約方式であるか工事の情報を早期に提供し、入札に向けて準備をしてもらうとともに、民間からの質問及び意見を求めることを目的として、入札公告前に実施方針の公表を行った。

### ②維持管理を含めた総合評価落札方式

大きく異なる3つの工法が並立・競合していたことを踏まえ、また、維持管理を含めても事業費が最小となることを担保するため、技術提案型総合評価方式を採用し、入札公告後に民間からの技術提案を受け付け、国の要求性能を満たしているか否か提案の妥当性・的確性を認めた上で、工事価格と

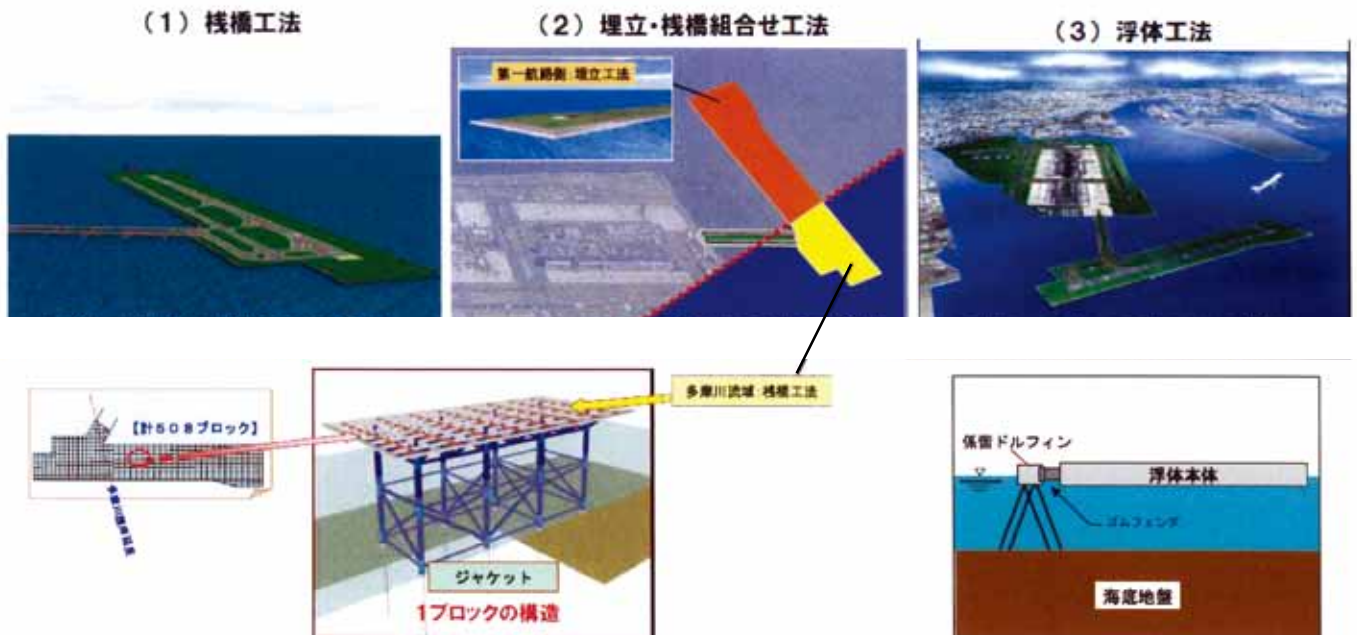


図-1 当初提案された三工法

維持管理費の見積額の合計額を評価する入札を行った。

### ③性能規定発注方式

3つの工法については、それぞれ設計方針、施工方法が異なり同一の仕様発注はほぼ不可能であると考えられたこと、民間のノウハウを最大限取り入れて設計・施工費及び維持管理費の低減を図るという方針により、応札者に無用な先入観を与えるような設計図書を基本設計レベルのものといえども発注者側から提示することは避ける必要があったことから、入札・契約図書は性能規定発注方式が最適と判断し、要求性能及び要求水準を規定することとした。

### ④停止条件付き維持管理契約

入札時に工事価格と維持管理費の見積額の合計額で評価を行っており、契約にあたってはその金額を担保する必要があることから、D滑走路の維持管理について、

- ・技術的競争性がないとの国の判断
- ・国会の議決（維持管理費用に係る国庫債務負担行為の承認を含む。）に基づいてなされる国の請求

を停止条件とする契約を結ぶことを特則として盛り込み、国

の判断・請求によって最大30年間は請負者が維持管理を行うような契約内容とした。

### ⑤瑕疵担保

前例のない高度な技術を活用した工法であり、維持管理段階でどのような問題が生じるか契約時点では明確に想定することが困難であったこと、また、設計施工の請負者でしか維持管理を実施できないことが想定されたことから、瑕疵担保責任の期間について、民法上の最長の期間である10年とした。

### ⑥出来高部分払方式

約3年間の施工期間で約6,000億円の工事を実施するものであることから、請負者の資金繰りに配慮し、円滑かつ速やかな工事代金の流通の確保により質の高い施工体制を確保するため、3カ月毎に1回という短い期間で出来高に応じた部分払いを実施することとした。

D滑走路については、平成16年7月に入札公告を行い、技術提案書の提出、入札前VE提案の提出等の手続

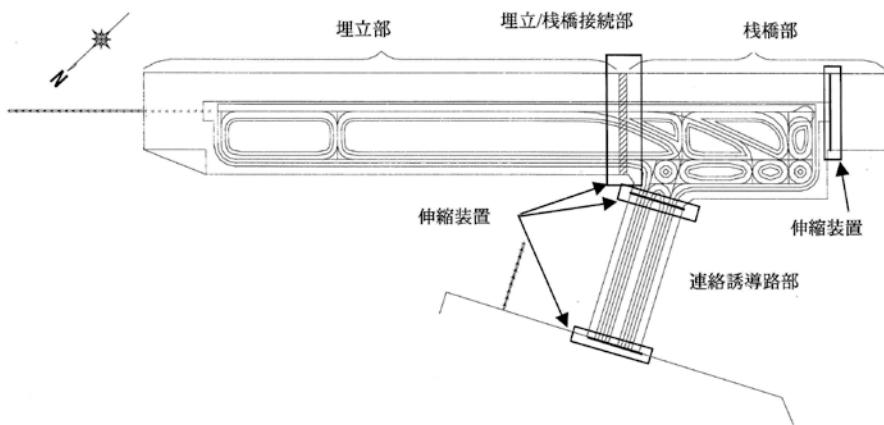
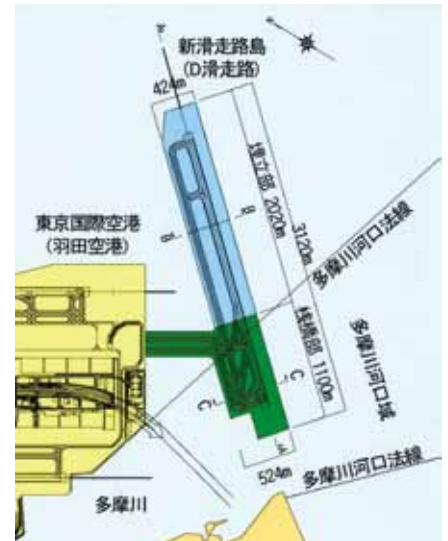


図-2 D滑走路のレイアウト



#### ■SCOPEの果たした役割

## 新たな入札契約方式の検討とそれに対応した発注図書の作成

小黒 章二(本部主任研究員)

D滑走路の建設においては、設計・施工一括発注方式が採用された。国内の大規模な事業では初めて採用された方式であり、100年を設計供用期間とする性能発注を基本とし、具体的な調達方法や契約内容については、関連法令や公共工事に関する標準約款との整合性の確保やリスク分担など、検討すべき課題も多く、また、用地全体がハイブリッド構造のため、発注図書作成においても複雑で難易度が高かった。

SCOPEは、海外の先進的公共調達制度やリスクマネジメ

- ント等についての調査研究を行ってきており、その成果を活用し、D滑走路の調達や契約の具体的な検討を実施するとともに、発注に関わる契約図書作成などに対する支援を行った。

SCOPEにおけるこれまでの公共調達制度に関する調査研究成果と各種提言の一部は、書籍(『国家戦略としての公共調達論』、『公共発注者のためのベストバリュー調達読本』)としてとりまとめており、これらは海外の先進的な調達・契約方式についての理解を深めるとともに、今後のわが国の公共調達の向かうべき方向を示すものとして期待される。



『公共発注者のためのベストバリュー調達読本』

きを経て、平成17年3月末に埋立・棧橋組合せ工法を提案した15社JVと契約を締結した。

なお、このような前例のない調達方式の採用にあたっては、透明性の高い入札手続きを着実に進めるとともに、不断のコスト縮減を徹底していくため「コスト縮減検討委員会」（座長：飯島英胤 東レ(株)特別顧問）を設置するとともに、設計等の審査、新技術の導入等にあたって技術的観点からの意見・助言をいただくため「技術検討委員会」（座長：石原研而 東京大学名誉教授）を設置し、各分野の専門家の方々のご指導をいただいた。

### 3. 新しい国際線地区整備の契約方式



図-3 国際線地区のレイアウト



写真-1 国際線地区全景

新しい国際線地区の整備にあたっては、旅客ターミナル等整備・運営事業及び貨物ターミナル整備・運営事業は、事業者が施設利用料やテナント料収入等により整備費用を回収する「独立採算型PFI」、エプロン等整備事業は、供用後、国が施設整備費、維持管理費等の対価を支払う「サービス購入型PFI」を採用した。

このうち当事務所ではエプロン等整備事業を担当しており、総合評価落札方式による事業者選定、競争参加資格や実績の審査と提案資料の審査の2段階審査を行った。

今回のエプロン等整備事業は、不特定多数の利用を前提とする土木施設であり、また、通常の駐機場使用料では投資資金の回収は困難であることから、公共土木施設としては初め

てのBTO方式が選択された。また、エプロンの運営は羽田空港全体で行われるものであり、国際線地区のみ異なる運用は困難であることから、施設の運用管理業務は国が一元的に行うこととし、BTOの運営部分については、施設の維持管理部分を事業者が受け持つという形態となった。

エプロン等整備事業は、平成17年4月に実施方針の策定・公表、同6月に特定事業の選定・公表、同7月に事業者の募集を行い、平成18年3月にSPC(羽田空港国際線エプロンPFI株式会社)との契約を締結した。工事は平成21年9月末に完成し、引き続きSPCにより平成47年3月末まで維持管理が行われる予定である。

なお、エプロン等整備事業についても、事業者選定の段階から「有識者委員会」(委員長：山内弘隆 一橋大学大学院教授)を設置するとともに、技術的観点からの意見・助言をいただくため「技術検討委員会」(委員長：福手勤 東洋大学教授)を設置し、各分野の専門家の方々のご指導をいただいた。

## 4. D滑走路の維持管理

D滑走路は、空港という重要な社会基盤を新しい構造形式で建設することを考慮して、設計供用期間を100年間とし、要求水準書において構造物の維持管理性に関する性能要件として、

- ・対象施設の維持管理については長期間にわたる施設の安全性及び使用性を確保するために、継続的に容易かつ確実に実施できることが基本的に必要である。
- ・特に、劣化・損傷が予測される材料を使用する場合には、それらの該当箇所に対する容易かつ確実なアクセスが可能であり、設計供用期間中必要かつ適切な点検・調査・維持補修（部材の交換作業も含む）が効率的かつ短期間に実施できることが示される必要がある。

と規定している。さらに、設計、施工及び維持管理の各々の内容の一貫性を求めている。すなわち、設計段階において、

- ①設計上想定した品質・性能が施工段階で確実に確保されるような施工計画を検討し、
  - ②維持管理に係る点検・調査・維持補修等が継続的に容易かつ確実に実施できるような十分な配慮（基本構造、施設配置計画、材料・仕様及び細目構造等）
- についても求めている。

こうした維持管理に関する要求水準等を踏まえ、工事目的物を適切に維持管理するために詳細な点検方法、調査・計測方法、維持方法及び補修方法を記載した維持管理マニュアルの作成を契約時に規定した。このマニュアルは、設計に関する資料の提出の際に同時に提出されたが、A4サイズで約70cmに及ぶものとなった。

D滑走路は、平成19年3月末に現地着工、3年5カ月の工

事期間を経て平成22年8月末に完成し、国の判断・請求により、引き続き設計・施工を行った15社JVが維持管理を実施している。15社JVは維持管理計画の策定にあたって、

- ①設計・施工上の思想を反映した一貫性のある計画の策定
  - ②重要施設への「予防保全」の考え方の導入
  - ③継続的に維持管理計画見直しを図る体制の構築
- の3つを基本方針とし、国内初の埋立・栈橋組合せ構造の維持管理を確実かつ合理的、効率的に行うため、施設整備にあたっては、点検孔や点検通路の設置、長期耐久性を考慮した構造部材・材質の採用等を行うとともに、維持管理段階では、点検の標準化や携帯情報端末の活用、データベース化、施設の重要度の分類とそれに応じた予防保全対象施設の絞り込み、客観的な劣化度判定を行うための劣化指標の数値化等を盛り込んでいる。

新しい契約方式、新しい技術が導入されたD滑走路と新しい国際線地区が、羽田空港の「24時間国際拠点空港化」に大きく貢献することを期待している。



写真-2 維持管理マニュアル

### ■SCOPEの果たした役割

## 性能規定化型維持管理の課題についての検討

小黒 章二(本部主任研究員)

D滑走路の維持管理契約では、D滑走路が設計・施工一括発注方式で性能発注という新たな方式により、「100年の設計供用期間における維持管理を前提とした整備」が実施されており、また、点検・調査・計測「業務」と、維持・補修「工事」が混合した維持管理契約となることから、従来の設計から施工、引取りまでは国が責任を負うリスク分担の考え方をそのまま準用するには問題があった。

SCOPEでは、この課題に対して、建設事業の契約行為に

- 精通した有識者に詳細なヒアリングを行い、法律面、技術面の専門的観点から、本維持管理に適切な契約約款のあり方及び契約図書構成、リスク分担、瑕疵担保責任、支払条件といった具体的な契約内容や、性能規定での維持管理計画の妥当性についての検討を行った。

SCOPEが開発した「空港舗装最適補修システム(AirPORT)」は、実際の空港基本施設舗装の維持管理データを使用し、ライフサイクルコストから見て最適な補修計画を提案するものであり、今後、D滑走路をはじめ、諸空港における幅広い適用が期待される。



空港舗装最適補修システム(AirPORT) CD-ROM



本システムを使用すると短時間で完了するため、作業の効率化を図ることができた。

●品質・出来形・出来高管理システム

品質・出来形・出来高管理システムは、工事の品質・出来形・出来高、進捗に関する管理に利用する。

主要な機能は、

- ・各工区で作成される品質管理帳票、出来形管理帳票の登録及び検索・出力
- ・各工区の出来高データの作成、各工区で作成された出来高データの統合及び出力
- ・各工区の進捗率の作成、各工区で作成された進捗率データの統合及び表示

であり、メリットとしては、

- ・品質・出来形・出来高データの整理箱として、発注者側からもいつでも閲覧可能である。
- ・出来高については毎月、9工区が当システムに出来高数量を入力することにより、自動的に毎月の出来高全数量や進捗率が算出され、把握が容易であった。
- ・品質・出来形・出来高は連携されており、例えば出来高画面のある工種を選択すると、品質・出来形帳票画面へ移動し、登録状況を簡単に確認できる。

●工事管理ネットワーク  
(ネットワーク・統合DB)

工事管理ネットワークは、本プロジェクトを円滑に運営し、プロジェクト内外の情報を共有するなど、重要な情報ネットワーク基盤である(図-4)。羽田のJV 総合事務所や各工区以

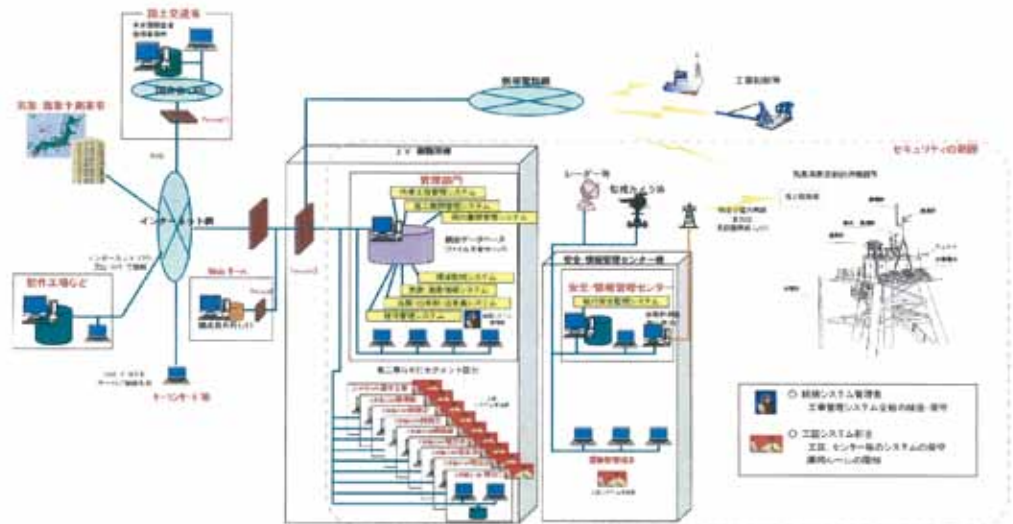


図-4 工事管理ネットワークの概念図

外に、地方の製作現場ともネットワーク化を図った。また、観測機からの観測情報や作業船舶の位置情報についても携帯電話網や無線などにより取込み、各システムにて活用する仕様とした。発注者とJV間はインターネット回線で結ぶことによりデータの共有化を図るとともに、ユーザにより細かいアクセス権限を設けることでセキュリティを確保した。

統合データベースの主要な機能は、工事管理システムを構成する各システムのスムーズな連携を図り、また各システムのデータ保存・検索を容易かつ迅速に行うことである。

4. おわりに

工事管理においてこのシステムがなければ、これだけ大規模かつ多数の工区が参画する工事を統括管理することは困難であった。また、発注者との情報共有や膨大な量の打合せ簿書類の管理など、データベースとして果たす役割も非常に大きかった。

今後このシステムのノウハウは適材適所で各システム単体でも活かされれば幸いである。

■SCOPEの果たした役割

施工管理と出来型管理

三上 武彦(羽田支部調査役)

SCOPEは、施工状況確認補助業務として、D滑走路建設外工事の護岸・埋立工事及び栈橋等構造物架設等について、完成検査時では確認できない施工段階毎の出来形、施工管理、施工状況及び工事安全対策等の確認を行った。施工現場は、15社JVによる多工区分割施工、1日24時間365日連続施工と極めて短期間での建設及び運用開始の条件に加え、

隣接した現空港を供用しながらの建設工事であったため、種々の制約条件の下での工事であった。

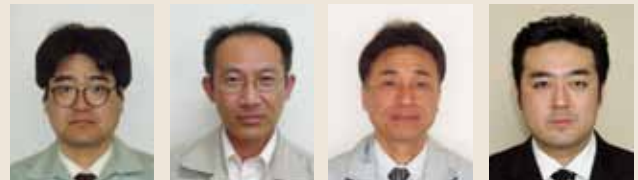
これらを踏まえて、SCOPEとしては、各工区横並びに統一した施工管理を行う必要があると考え、事前に施工管理上必要な監督指針案や出来高部分払いのための検査技術基準案を作成し、施工状況確認業務にあたった。

また、東京港西航路周辺海域の安全な船舶航行を確保するため、工事に伴い航行安全センターが設置され、海事関係者及び水域利用者に対する情報が発信された。SCOPEとしても、情報管理、航行安全管理、警戒管理及び運航管理業務を行うとともに、船舶航行に関する安全連絡協議会の開催等を通じて、関係者等への工事情報の周知徹底を支援した。

# 埋立部における新技術

D滑走路JV 護岸埋立部

川端 利和、梯 浩一郎、小倉 勝利、大和屋 隆司



川端利和 梯浩一郎 小倉勝利 大和屋隆司

## 1. 埋立部の概要

本埋立部は、造成面積が約95万㎡（新空港島全体の約60%）、滑走路計画高さがA.P.+17.1m～A.P.+13.0mである。傾斜堤護岸（延長4,144m）とケーソン式護岸（延長321m）からなり、総埋立土量は約4,400万㎡にのぼる。

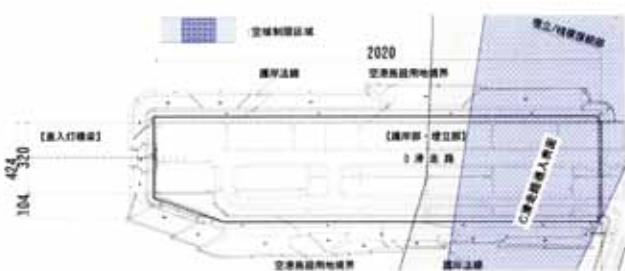


図-1 埋立部平面図と空域制限

埋立部は、水深がA.P.-12m～A.P.-20m、軟弱な粘性土が概ねA.P.-60mまで堆積している。最大盛土厚は45mとなり、最大沈下量を約8mと予測した。

軟弱地盤対策として、埋立地内にはサンドドレーン工法（砂杭径0.4m、延長約3,900km）、傾斜堤護岸には低置換のサンドコンパクションパイル工法（砂杭径2m、延長約136km）、進入灯橋台及び仮物揚場のケーソン式護岸には深層混合固化処理工法（改良土量約62万㎡）を実施した。

護岸背後には、図-2に示すように、床堀や隣接する第一航路切替え工事で発生する浚渫土の有効利用と護岸の安定性の向上のため、浚渫土に水及びセメントを混合させた軽量の管中混合固化処理土（単位重量15kN/m<sup>3</sup>、数量約480万㎡）を打設した。また、接続部護岸背後にはさらに気泡を混入させ、より軽量の軽量混合固化処理土（SGM、単位重量10kN/m<sup>3</sup>、数量約80万㎡）を打設した。

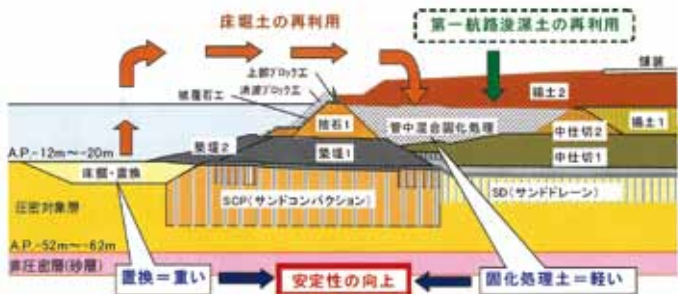


図-2 傾斜堤護岸断面図（浚渫土の再利用イメージ）

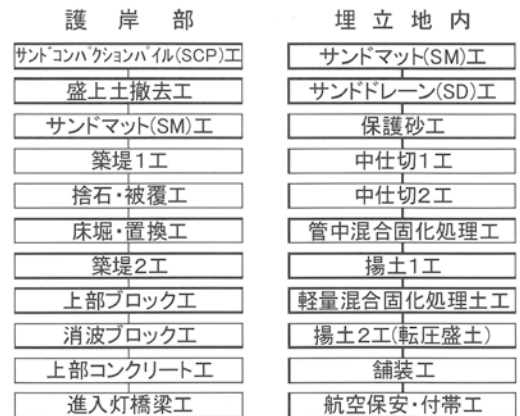


図-3 埋立部の施工フロー図

埋立部では、図-1に示す空域制限や隣接航路による海域の制約の中、図-3に示す一連の工種に対して41カ月の短期間で大量急速施工を実施した。

## 2. 特徴的な新技術

埋立部の施工、船舶航行安全、沈下動態観測及び盛土の転圧管理等の技術は、既存の空港島造成時の技術を踏まえ、本工事に適した様々な開発・改良が行われた。その特徴的な技術を以下に紹介する。

### ●投錨管理システム

空域制限により作業船の昼間区域と夜間区域の頻繁な移動に対応して、図-4に示す作業船のアンカー展張状況を各船で共有する投錨管理システムを導入した。安全で迅速な投錨作業が可能となり、作業船の作業効率を高めることができた。

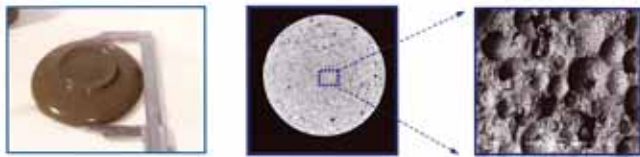


図-4 投錨管理システム表示画面

### ●固化処理土の大量施工

管中混合固化処理土の施工では、中部国際空港建設時の大量施工技術に加え、多様な原泥の物性や配合設定に対応し事前配合試験で決めた水/セメント比となるよう自動制御することで大量施工を可能にした。また、SGMの施工では、過去の累計打設量の1.6倍に相当する量を打設した。圧送距離が平均400m（最大677m）と従来工事より長いため、従来のフロー値（150～200mm）では消泡率が高く密度の変動幅が大きくなったため、フロー値（250～300mm）を大きくし消泡

率を低減させた(写真-1)。



適度な流動性を有するSGM軽量土 X線CTスキャナによる断面画像  
写真-1 SGMのフロー試験と断面画像

### ● 転圧盛土の厚層化施工と地盤剛性管理の導入

主な埋立柱である千葉県産の山砂の特性を生かし、転圧盛土の厚層化(90cm以下/層)を実現し、工程遅延リスクを低減させた。その対応として、図-5に示す1孔式RI密度測定器を開発し、試験盛土にて適用性を確認後、締固め度を管理した。また、多種、多土源の埋立柱に対応して、小型FWD(写真-2)等による地盤の剛性を

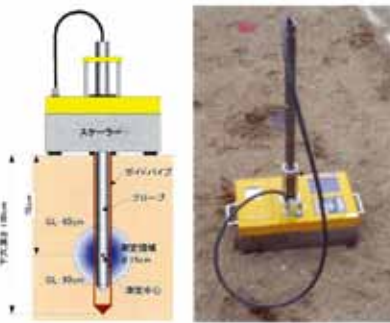


図-5 1孔式RI密度計



写真-2 小型FWD計測

日常管理することで、空港盛土の品質を確保した。

### ● 圧密沈下予測システムの開発・運用

空港島造成に当たっての複雑な施工履歴、山砂・岩砕材・固化処理土等の密度が異なる埋立柱の使用及び十分な圧密放置期間を確保できない状況の中、最終埋立天端高を設定する必要があった。そこで、測量データ及び工種毎の密度データ



図-6 施工進捗と3次元載荷履歴

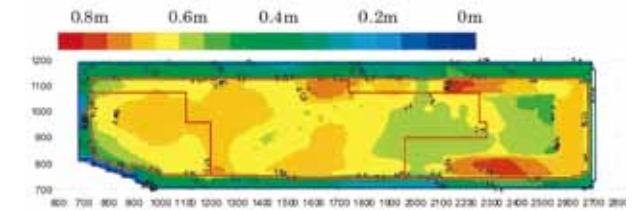


図-7 供用100年間の残留沈下量

から3次元載荷履歴モデルを作成し面的に圧密沈下予測を行う一連のシステム(通称HASP)を開発・運用した。図-6は平成21年4月末の航空写真と載荷履歴モデルを比較したもので、施工進捗を良く再現していることが判る。最終埋立天端高は、供用開始から100年後までの残留沈下を70cmとして設定した(図-7)。また、一次圧密沈下進行中に様々な施設天端高を設定する必要性から、空港島の沈下を20mメッシュで予測し、各施設の位置及び月日に応じた天端高を算出し、出来形管理の指標とした。

### ● RI-CPTによる地盤強度確認

施工段階の原地盤強度の確認にラジオアイソトープと電気式静的コーン貫入試験を併用したRI-CPTを採用した。予めコーン係数を求めておけば、直ちに非排水せん断強さ、間隙比及び地盤密度が求められ、迅速な地盤強度と圧密状況の確認が可能となった。

#### ■SCOPEの果たした役割

### 埋立部における施工管理

三上 武彦(羽田支部調査役)

D滑走路は、大水深かつ軟弱な粘性土層が非常に厚く堆積した場所に位置するため、埋立部の護岸は地盤沈下への追従性の高い傾斜堤構造が採用された。設計段階から如何に残留沈下量を押さえるかについて細部にわたり検討され、粘性土層の地盤改良工法は低置換のサンドコンパクション(SCP)工法・床掘置換工法とし、護岸断面には管中混合固化による軽量混合処理土が採用された。これにより、工期短縮及びコス

トダウンが図られるとともに、環境にも配慮した護岸構造となっている。埋立部の地盤改良にはサンドドレーン(SD)工法が採用された。

SCOPEは、施工状況確認補助業務として、護岸・埋立工事及び棧橋等構造物架設等において、多様な工種が短期間に実施されるという特殊な現場条件の下で、完成検査時では確認できない施工段階毎の出来形、施工状況及び工事安全対策等の確認を行った。各工区横並びに統一した施工管理を行うとともに、担当技術者の引き継ぎを正確かつ効率的に行い、供用中の航空機運用を最優先した施工の実現と安全の確保を重点とした基本方針の下に業務を実施した。



軽量混合処理土の出来形確認状況

# 棧橋部における新技術

D滑走路JV ジャケット製作工区 風野 裕明  
 棧橋 I 工区 奥津 宣孝  
 棧橋 II 工区 林 晋



風野 裕明



奥津 宣孝



林 晋

## 1. D滑走路棧橋部の概要

棧橋部は、198基のジャケット(長さ63m×幅45m×高さ32m、重量1,300t)とプレキャスト床版(PCa床版：約11,000枚、UFC床版：約7,000枚)からなる。

制限表面下での施工、短工期、膨大な施工物量、100年間の長期耐久性の確保、大平面一体構造の実現、巨大な航空機荷重・繰り返し走行、などの制約に対して、性能、品質、工程を確保した設計・施工を行っている。

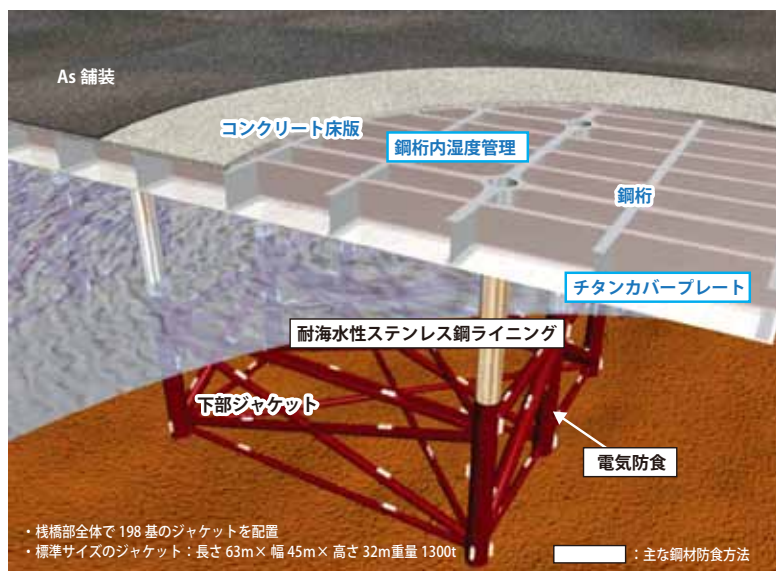


図-1 棧橋部ジャケットの構造概要

自動溶接機を積極的に導入。②膨大な溶接部の非破壊検査への対応として、超音波自働探傷装置(AUT)の本格的な大規模適用。③レグと鋼桁の交差部などの重量部位の疲労耐久性向上のための、超音波打撃処理(UIT)等による溶接止端部の処理の本格的な導入、などが挙げられる。

### ●鋼材の防食仕様

棧橋部は広大な床版により覆われた厳しい腐食環境であることや、海上部で補修が容易ではないことから、鋼材の防食工法は長期耐久性を確保可能な防食仕様とした。

上部鋼桁部の防食は、優れた防食性能と点検時の足場機能を併せ持つチタンカバープレートで鋼桁全体を覆うことで厳しい腐食環境を改善し、更に、結露によるカバープレートで覆われた内部空間の鋼桁塗装の劣化を防止するため除湿システムを導入した。

干満・飛沫帯や桁下の大気部は補修等が困難であることから長期耐久性の確認された耐海水性ステンレス鋼による金属被覆を基本とした。インダイレクト・シーム溶接とプラズマ溶接を組み合わせた高速自動溶接機の開発・導入により、従来1.2mm厚程度が限界であったステンレス鋼板厚を0.4mm厚で施工可能としている。

## 2. 特徴的な新技術

### ●ジャケット製作

棧橋部のジャケットは、上部鋼桁部からなる上部ジャケットと下部鋼管トラスからなる下部ジャケットに分割して製作を行い、専用の搭載架台を用いて、上下部ジャケットを一括で一体化する製作とした。またヤード内の運搬や出荷・積み込みには極力ユニットドローリを使用した。これにより、鋼桁と鋼管トラスという異なる構造の製作をそれぞれ専用の工場で作成できるとともに、一体化に伴う高所作業の低減や起重機船の仕様を省略した。

本ジャケットの製作上の主な特徴としては、①巨大な航空機による繰返し走行、供用期間100年間の超長期疲労耐久性の確保のため、厳しい溶接品質及び作業効率を上げるため、



図-2 上下部ジャケットの一体化作業

### ●ジャケット据付

ジャケットの据付には、異形の連絡誘導路側ジャケットは3,700t吊巻起重機船を使用し、それ以外のジャケットは制限表面の影響を受ける範囲をなるべく小さくするため、



図-3 低頭起重機船によるジャケット据付

3,000 t 吊級起重機船を当該工事用にジブを改造した低頭式起重機船(2,400 t 吊級)を用いた。

ジャケットレグと基礎杭の相対位置をリアルタイムで把握し、ジャケットレグの杭への挿入を効率的に行うため、レグ内カメラ及び RTK-GPS を使用したジャケット誘導据付システムを採用した。このシステムにより、誘導の簡素化(画面で視覚的に一目で判断できる)だけでなく、挿入確認時に吊荷の下に立入る必要がないため安全性も向上した。これらのシステムにより、ジャケットの平面誤差は規格値  $\pm 10\text{cm}$  以内に対して半分以下の  $\pm 5\text{cm}$  以内の高精度を確保した。

#### ●プレキャスト床版

滑走路や誘導路を含む栈橋中央部約 31 万  $\text{m}^2$  に工場製作のプレキャスト床版(約 11,000 枚)と現場施工の間詰部からなる連続コンクリート床版(PCa 床版)を、また、残りの外周部約 20 万  $\text{m}^2$  には超高強度繊維補強コンクリート製のプレ

キャスト床版(UFC 床版、約 7,000 枚)(図-4 赤枠外)を採用した。プレキャスト床版を採用した目的は、現地工事を軽減し大幅な工期短縮を図ることである。

PCa 床版の標準寸法は  $6.585\text{m} \times 3.32\text{m}$ 、厚さ  $300\text{mm} \sim 380\text{mm}$  であり、2方向にプレストレスを導入している。PCa 床版は滑走路平行方向の鋼桁で支持される一方向版となっている。ジャケットの杭で支持された部分(杭頭部)は、床版に大きな軸引張力が作用する。そこで、杭頭部に配置した4枚のプレキャスト床版とプレキャスト床版に囲まれる間詰部を現場施工のプレストレスで補強する構造とした。

UFC 床版は、通常のコングリート床版に比べて、軽量で下部構造設計に有利であることや、透水性が極めて小さいため防水層の削減に伴う維持管理費の削減が期待できることから採用した。床版の標準寸法は  $7.82\text{m} \times 3.61\text{m}$ 、厚さ  $250\text{mm}$  で、2方向のプレテンション床版であり、鋼繊維を構造部材として評価し、鉄筋を用いない構造とした。

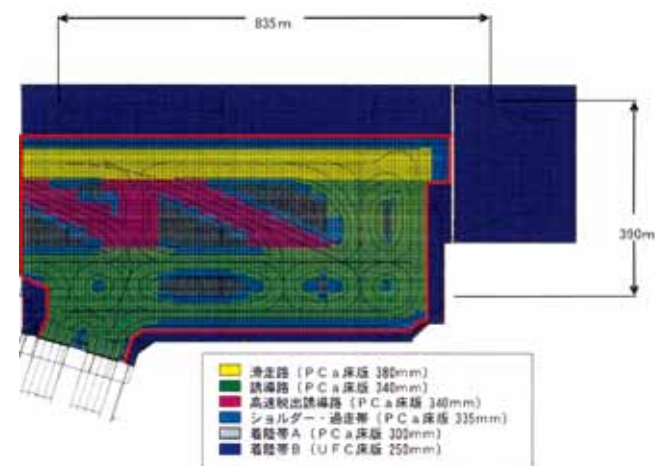


図-4 栈橋部床版平面配置

#### ■SCOPEの果たした役割

### 栈橋部における溶接の品質管理

加藤 誠一(羽田支部TE)

従来、公共工事における鋼構造物に関しては、発注者側の検査は完成時のみに行われることが多かったが、D滑走路ジャケット他構造物の製作においては、製作途中での組立精度や製作側による自主検査の実施状況を含めて、発注者側が確認するところに大きな特色があった。その目的は、栈橋構造物の耐久性を確実に確保するために、本工事では疲労を考慮する部分に非常に厳しい検査基準が適用されたこと、また、溶接完了後では確認しにくい組立精度(開先形状や部材

のすき等)が疲労強度に大きな影響を及ぼすことから、その確実な遵守を確認することが重要な業務であった。

このため、SCOPEは、溶接管理や非破壊検査に十分な経験を持つ資格者の職員が、製作や施工の現場を巡回し、品質管理状況の確認を随時行った。発注者側が製作途中に品質状況を確認することで、製作側は適度な緊張感を維持するため、このような体制は溶接を伴う鋼構造物の品質を維持するために有効な方法であると考えられる。



レグトップにおける超音波探傷結果の確認状況

# 埋立／棧橋接続部における新技術

D滑走路JV 接続部護岸／棧橋工区  
新原 雄二



新原 雄二

## 1. 埋立／棧橋接続部の概要

埋立部と棧橋部とつなぐ埋立／棧橋接続部(以下、接続部)は、下部構造が鋼管矢板基礎、上部構造がスリット式消波護岸とする「鋼管矢板井筒護岸」が用いられている。接続部の護岸が建設された場所は水深約18m、海底には層厚40mの軟弱粘性土が堆積している。ここに、海面からの標高約13mの位置に滑走路を築造するため、接続部の護岸は高低差30m超の大規模護岸構造物である。鋼管矢板を24個の矩形セル状に配置して埋立部の土圧に抵抗するとともに、航空

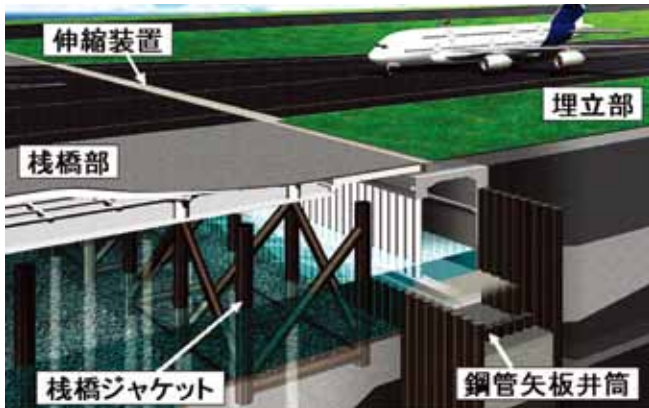


図-1 埋立／棧橋接続部 イメージ図

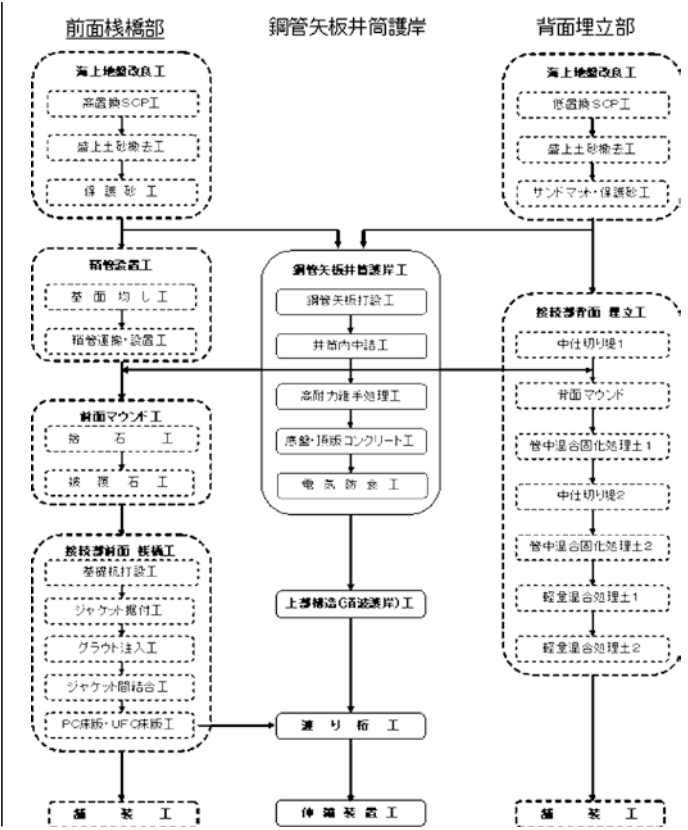


図-2 施工手順

機が安全に走行できるよう鋼管矢板をAP-70mの洪積砂層まで打設する鋼管矢板基礎とすることにより、航空機荷重を支持し護岸の沈下を防止している。また、鋼管矢板基礎の上には、コンクリート製の円柱229本を開口率33%で配列した消波護岸を構築している。そして、護岸上に伸縮装置を設置して、棧橋部と埋立部の相対変位を吸収する。

接続部の工事は、埋立部と棧橋部に挟まれた狭い場所で、護岸背面側の埋立工事と前面側の棧橋工事と同時平行に進められた。鋼管矢板井筒護岸では、背面の埋立部からの土圧によって、施工中から護岸の水平変位が発生することから、鋼管矢板の挙動や埋立部の沈下の計測を行って、護岸の挙動を施工管理に反映した。

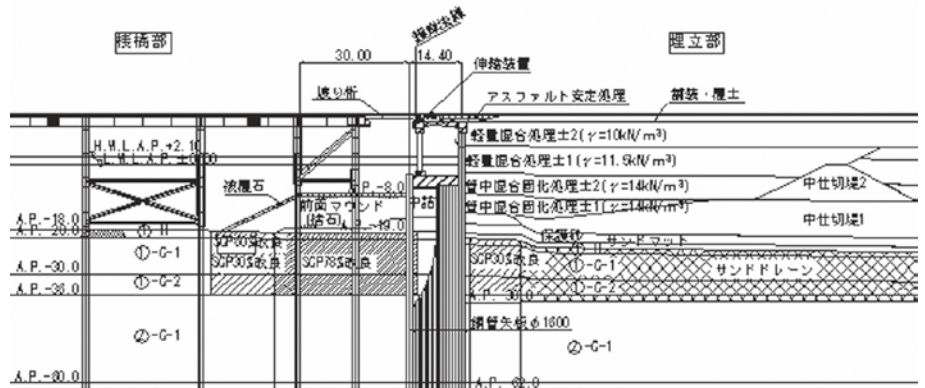


図-3 埋立／棧橋接続部 断面図

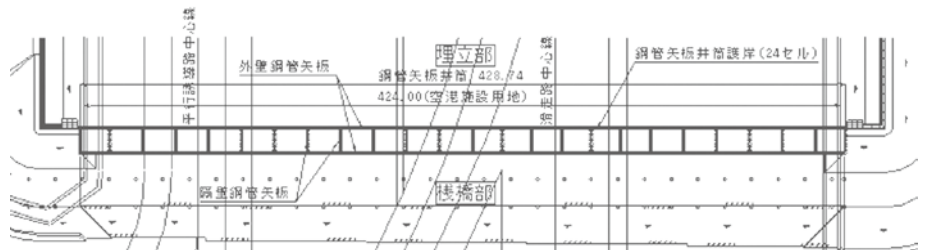


図-4 埋立／棧橋接続部 平面図

## 2. 特徴的な新技術

### ●高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎

土圧による護岸変位を抑えるため、鋼管矢板基礎の隔壁部分の鋼管矢板の継手には、継手のずれに対する抵抗力の大きい高耐力継手を使用した。この継手はL型鋼を組み合わせた継手で、鋼管に溶接した異形鉄筋の付着力を利用して、継手のずれに対する抵抗力を高めたものである。

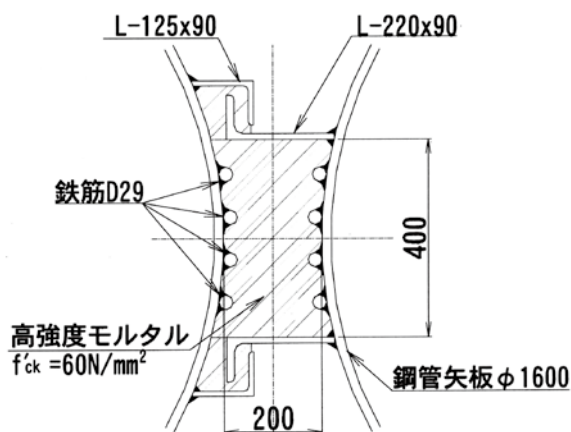


図-5 鋼管矢板の高耐力継手

### ●円形スリット柱による消波護岸



写真-1 消波護岸の内部（通水前）

消波護岸の円形スリット柱は、直径1,200mmのプレキャストPC部材である。スリット柱は遠心成形（練混ぜたコンクリートを高速回転させ、遠心力を利用し

て締固めを行う方法）と蒸気養生により製造したもので、高強度コンクリート  $f_{ck}' = 80\text{N/mm}^2$ 、水セメント比26%であり、耐久性にも優れたコンクリート部材である。

### ●大変位に追従する伸縮装置

接続部に設置された伸縮装置は、ローリングリーフジョイントと呼ばれる形式のもので、水平2方向の相対変位±60cmを吸収することができる。この形式の伸縮装置は、ポルトガルのファンシャル空港の滑走路に適用された実績があるが、羽田空港では大変位への追従性や航空機の繰返し载荷による金属疲労などに対する検証を目的として、実機を用いた性能確認試験などを実施した。伸縮装置の製造はイタリアのメーカーが行った。



写真-2 伸縮装置設置状況

### ●動態観測に基づく護岸挙動予測

施工中から実施した動態観測をもとに、地盤と護岸の連成を考慮した弾・粘塑性FEM解析を行い、施工中から供用100年後までの護岸変位の予測を行った。その結果、施工中の護岸変位の実測値と解析値はほぼ一致しており、この解析による護岸変位の予測値は、供用開始時点で約60cm、供用100年後で約70cmとなった。これをもとに、支承や伸縮装置の設置位置を将来発生する護岸変位量だけ埋立側にオフセットした位置に設置した。

### ■SCOPEの果たした役割

## 接続部における 施工管理と出来形管理

山下 寿(羽田支部TE)

埋立/棧橋部の接続部分は、護岸全長にわたって、下部は高耐力鋼管矢板を用いた井筒形式構造であり、上部は反射波による波浪の影響を低減する消波機能と棧橋部との間を渡り桁と伸縮装置で接合する構造である。このため、施工中及び供用後も土圧等により水平変位が生じる。特に施工中は変位量が大きく発生するので、上部構造に出来るだけ影響のないよう、動態観測データを定期的に解析・考慮した施工が求められた。

SCOPEの業務としては、下部構造の鋼管矢板打設工から、順次、工種毎と施工段階毎に検査確認管理項目に沿って施工状況検査を行った。重要管理項目については、検査確認頻度

と密度を高め、施工者による自主検査出来形管理表を審査し、測定値が許容範囲に近い箇所は重点的に検査確認を行った。最上部の伸縮装置設置工は、下部が海上施工となり、施工中には井筒護岸天端部が水平変位する中で、管理基準値±2～5mmの精度に納めるといふ、大変厳しい条件下での施工であった。このため、延長425mを数ブロックに分け、ブロック毎に水平変位を考慮しつつ、高精度な施工が必要とされたことから、より慎重かつ丁寧な検査を行った。

また、工期工程が大変厳しい中で、検査工種回数が多いことから、施工状況検査、出来形管理確認及び安全確認等にあたっては、現場作業工程の妨げにならないよう、施工者と日々の打合せ、連絡調整を綿密に行なった。



伸縮装置設置状況

# 舗装工における新技術

D滑走路IV 舗装管理室  
吉川 知行



吉川 知行

## 1. 舗装工の概要

羽田D滑走路は延長2,500m、幅員60mのD滑走路と、平行誘導路、取付誘導路、高速脱出誘導路、及び連絡誘導路からなっている。

埋立部は、路盤(粒状材：約30万m<sup>3</sup>)、表・基層・アスファルト安定処理(アスファルト合材量：約16万t)、栈橋部については、航空灯火を舗装体内に設置するための必要厚さから舗装厚さを200mmと設定し、コンクリート床版の上にSMA、排水性、改質II型密粒度アスファルト混合物という舗装構成である(アスファルト合材量：約26万t)。これを平成21年12月から平成22年7月までの約8カ月間の短期間で完成させる。

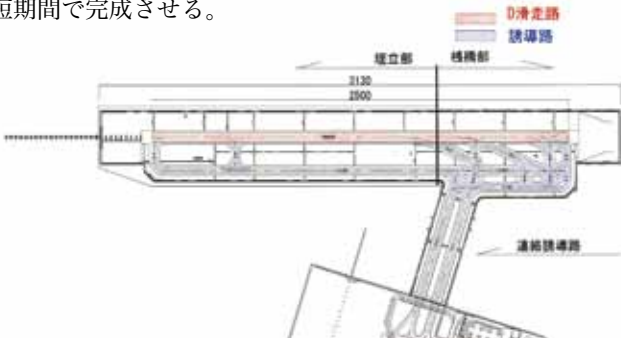


図-1 全体平面図

## 2. 舗装構成

### ●埋立部の舗装構成

埋立部の特徴は、A380-800を初めとする機材の大型化や交通量の増大による表基層の耐流動性の向上と層間はく離のリスク低減を図る目的で、表層に改質II型密粒度アスファルト混合物を用いたこと、及び、基層に大粒径アスファルト混

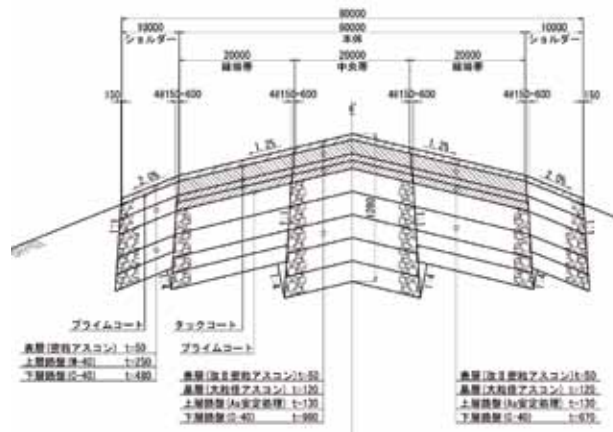


図-2 埋立部舗装構成

合物を使用し、シックリフト工法により、界面はく離リスクの低減と施工時間の短縮を可能にしていることである。

### ●栈橋部の舗装構成

栈橋部舗装の舗装厚さは、航空灯火を設置するための必要厚さとし、舗装厚さは20cmとした。

表層についてはすべり抵抗性、耐流動性を確保すること。中間層については表層からの浸透水を排除するための排水性を確保。基層についてはコンクリート床版の防水対策として遮水性を確保する機能を持たせている。

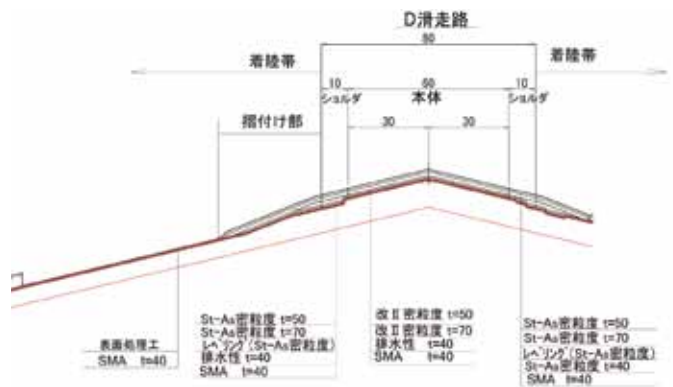


図-3 栈橋部舗装構成

## 3. 特徴的な新技術

今回の報告は、空港舗装工事において全国初となる栈橋部の舗装について述べることにする。

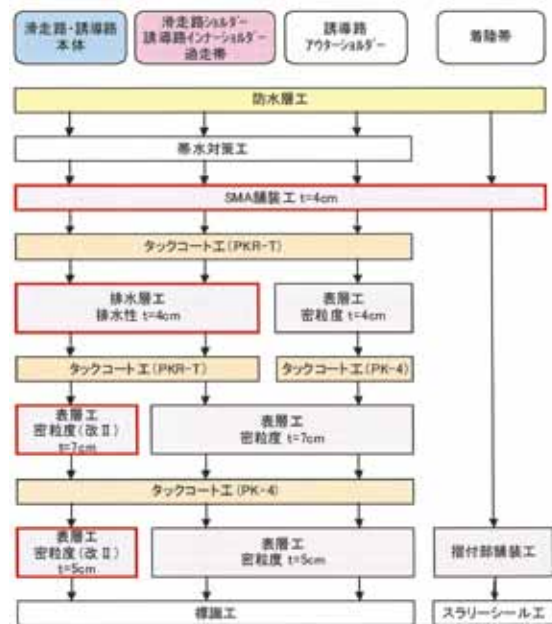


図-4 栈橋部施工フロー図

栈橋部の特徴を以下に示す。

- ①舗装の総厚200mm(灯火を埋め込む)
  - ②表層に耐わだち掘れ、はく離対策
  - ③中間層に排水性舗装を設けていること
  - ④基層に床版防水対策(SMA)を行っていること
  - ⑤着陸帯に表面処理工を採用していること
- 今回は特に③、④について述べる。

・排水性舗装

SMAの直上には、舗装表面から浸水があった場合でも速やかに排水を促し、舗装体内の滞水やプリスタリングの発生、及び、床版への水の侵入を防ぐことを目的として排水性舗装を設けている。

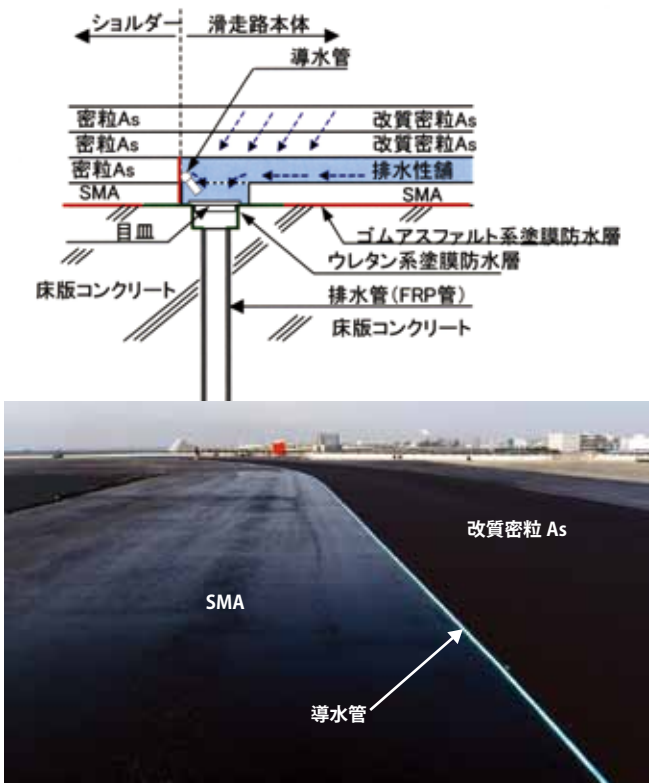


図-5 排水性舗装と導水管

また、排水性舗装の端部には導水管を設け、排水管への排水を促す構造としている。(図-5)

・SMA (Stone Mastic Asphalt)

コンクリート床版の防水材として、ゴムアスファルト系塗膜防水を行うと共に、防水効果を高めることを期待し、碎石マスタック(以下、SMAと呼ぶ)層を設けている。

<SMAの特徴>

- (1)粗骨材量が多く、ギャップ粒度の混合物であり、骨材のかみ合わせが高く、高強度である。(図-6)
- (2)水密性とたわみ追従性に優れた混合物であり、粗骨材間隙をアスファルトモルタルで充填する。

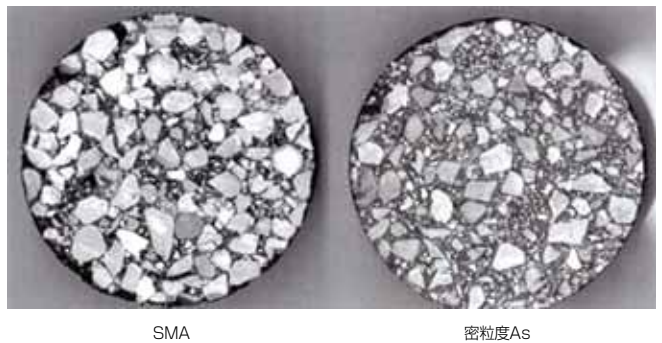


図-6 SMAと密粒度Asの断面比較

施工におけるSMAの締固め密度の確認手法としては防水層を傷つけることのないように、削孔によるコア採取ではなく、サンドパッチングによる締固め密度管理手法を採用した。

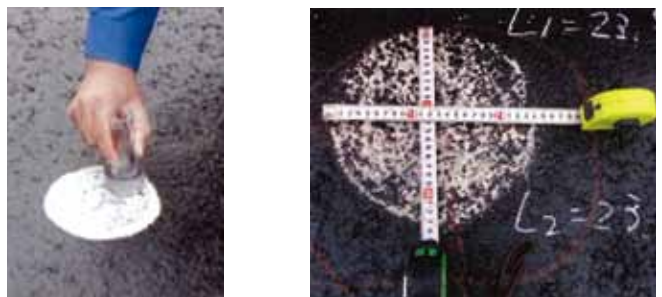


図-7 サンドパッチングによる路面のキメ深さ測定状況

■SCOPEの果たした役割

滑走路舗装における施工管理

八木橋 貢(羽田支部調査役)

D滑走路では、大量・急速な空港舗装の施工が求められたことから、現空港内に仮設アスファルトプラントを3基建設して、ピーク時には、3基のプラントをフル稼働しての昼夜連続施工で対応しなければならなかった。また、埋立部では、基層に大粒径アスファルトを採用し、事前に試験施工を実施して、転圧の方法や回数、コールドジョイントの対処方

法等が検討された。このため、SCOPEとしても、現場施工の進捗状況に対応した体制を整え、施工管理業務を行った。

栈橋部では、ジャケット上部に直接アスファルト舗装を施工するため、防水や排水対策が栈橋構造物の耐久性の確保にあたって重要な課題となった。最初に防水層を施工し、その後、SMA舗装、排水性舗装、基層、表層と順次施工された。

SCOPEは、現場における確実な防水・排水対策の実施を把握するため、事前に舗装施工管理のためのチェックリストを作成するとともに、施工状況検査の頻度・密度を当初予定より回数を増やすなど柔軟に対応した。



基層の出来形確認

# 国際線エプロンPFIにおける新技術

大成・鹿島・五洋・東亜・鹿島道路・大成ロテックJV  
 作業所長 土方 遍



土方 遍

## 1. 東京国際空港エプロン等整備等事業の概要

本事業は、発着能力が増強された羽田空港の国際線航空需要への対応を目的とし、エプロンを中心とする基本施設、航空保安施設、及び、構内道路等の整備・維持管理を行うPFI事業であり、平成18年3月に事業契約を締結後実施設計を行い、平成19年3月より本格的な施工が進められた。平成21年9月に無事竣工を迎え、現在は、平成47年3月の契約終了日までの維持管理期間に入っている。



防止)・対油性に優れた舗装が必要となる。また、設計供用期間50年にわたる舗装構造の耐久性と規定勾配を満足するように設計及び維持管理計画を策定することが求められた。

そこで、エプロンに適用実績のある以下の3種類のコンクリート舗装について比較検討を行った。

- ・NC(無筋コンクリート)舗装
- ・PC(プレストレストコンクリート)舗装
- ・CRC(連続鉄筋コンクリート)舗装

エプロン地区を対象とした不同沈下シミュレーション結果を用いて、要勾配修正範囲、時期を推定してNC舗装の適用可否を検討した結果、最もライフサイクルコスト的に有利であるNC舗装を採用した。エプロン舗装の設計手法は、羽田II期・III期の設計の考え方を踏まえ、さらに「舗装設計便覧」に示される理論的設計方法を参照した疲労度設計手法を採用した。

設計の結果、NC舗装は北側エプロン部で版厚46cm、南側エプロン部で版厚47cmの曲げ強度5.0N/mm<sup>2</sup>のコンクリートとし、北側エプロン部の一部で高強度NC舗装(曲げ強度5.5N/mm<sup>2</sup>)を採用した(図-2)。また、沈下シミュレーション結果に基づく勾配逸脱、疲労設計に基づくPRI逸脱を算定し、一部のエリアで大規模補修を必要とすることを確認した。大規模補修工法としては、NC舗装の打換え工法のほか、高強度RCプレキャスト版工法、付着オーバーレイ工法を提案し、試験施工により妥当性の検証を行った。

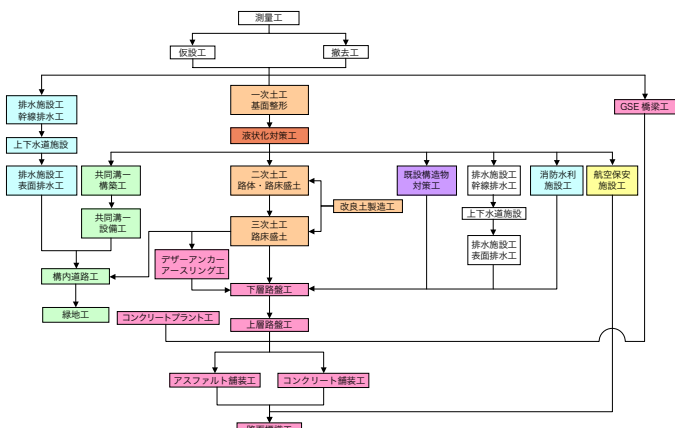


図-1 全体施工フロー

## 2. 特徴的な新技術

本事業は、わが国最大の交通量を誇る羽田空港の事業であることを踏まえ、実績に裏付けされた技術と各種試験により得られた知見をもとに採用した新技術を駆使し、サービス水準が確実に確保される範囲内で、PFI手法の特長である「民間としての様々な創意工夫」を行った。ここでは、基本施設に係わる新技術について紹介する。

航空機が駐機するエプロン部においては、航空機の安全な運航や駐機中の燃料供給等に配慮し、対流動性(わだち掘れ

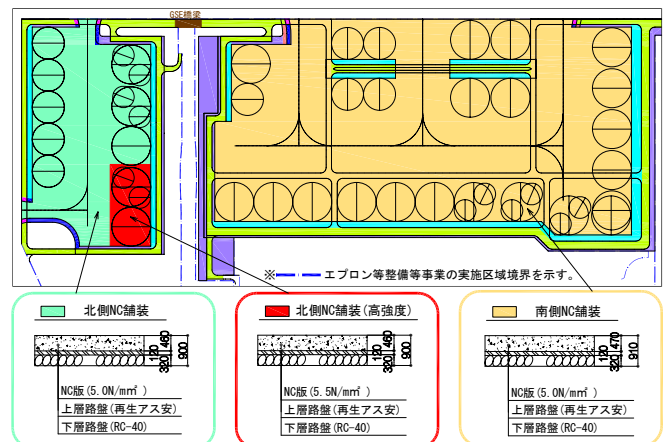


図-2 エプロン舗装種別断面図

### ●高強度NC舗装

高強度NC舗装は、版内に発生する曲げ応力度を低減することで、疲労耐久性を確保することを目的としており、普通

コンクリート(曲げ強度 $5.0\text{N}/\text{mm}^2$ )では、地盤の不同沈下によって生じる版内の発生応力が大きくなり所定の疲労耐久性を確保するためには版厚が $50\text{cm}$ 以上となるエリアに用いた。実施設計期間中に、基準強度の確実性、水和熱等による施工時ひび割れ等への対応の確実性、品質管理基準の設定について試験施工を行い検証した。また、施工時には現場内に建てたバッチャープラントによる実機試験練りにて品質管理基準を満足していることを確認のうえ実施施工を行った。

### ●高強度RCプレキャスト版による大規模補修工法



エプロンが勾配やPRIの管理値から逸脱した場合に、空港運用上、即日開放を求められるエプロン内誘導路への対処方法として高強度RCプレキャスト版を提案した。試験施工にて、①標準作業のサイクルタイム、②誘導路中心線灯のある場合の施工性、③既設舗装版との接続方法を検証し、提案の実現性について確認した。

### ●付着オーバーレイ工法



エプロンがその勾配の管理値から逸脱した場合の対処方法として、付着オーバーレイ工法を提案した。付着オーバーレイ工法には、ウォータージェット+ショットブラスト併用工法、ショットブラスト工法があるが、本事業では後者について室内試験による+接着剤併用付着性能、並びに、試験施工により施工性を確認した。

### ●UFC桁を用いたGSE橋梁

国際線エリアは、一般の車両が通行する空港連絡道路によ

り南北に分断されており、GSE車両を通行させる橋梁を新たに建設した。橋梁上部工には、高強度で耐久性に優れるUFC(超高強度繊維補強コンクリート)プレキャスト桁を採用した。UFCとは鋼繊維を配合した超高強度繊維補強コンクリートで、設計基準強度は $180\text{N}/\text{mm}^2$ と、従来コンクリートの5~8倍もの強度を有し、鋼繊維の効果によりじん性にも優れるものである。非常に緻密な材料であるため耐久性が極めて高く、自己充填性も有するため、部材を薄くすることができる。さらに、通常のコンクリート桁よりも桁高を低くでき、鋼橋のような塗装の塗替え作業空間が不要で、橋梁高さを最も低く抑えることが可能となる。これにより、上下部工及びアプローチ部を含めたライフサイクルコストが最も有利となることを確認し採用した。

UFC桁は7分割されたセグメントで構成されており、UFC桁間の接続はウェットジョイント(現場打ちUFC)、UFC桁とコンクリート床版の接続は、孔あき鋼板ジベルで行った。図-3にGSE橋梁断面図を示す。なお、UFC桁採用にあたっては、各種の要素試験や縮小梁モデル試験を実施して、各接続部の性能を確認している。

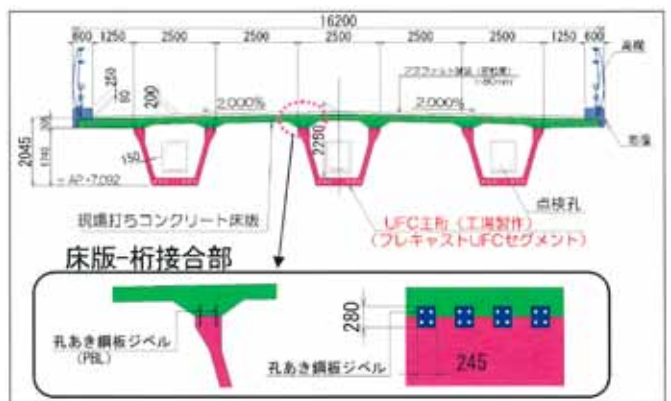


図-3 GSE橋梁断面図

#### ■SCOPEの果たした役割

### PFIにおける施工管理

柿崎 勉(羽田支部調査役)

国際線エプロンPFI事業では、SCOPEは施工監視指針を作成し、これに基づき、施工業者が技術提案内容に従って着実に履行しているかについてのモニタリング業務を行った。特に、新材料を採用した工種や大規模エプロン舗装関連を中心に、後日、可視化できない箇所は重点的に、直轄工事並みの施工管理を行った。GSE橋梁の主桁には新材料としてUFC(超高強度繊維補強コンクリート)が採用されたことから、UFC間

詰めウェットジョイントの作業性や軽量盛土(FCB)の施工性に着目した管理を行った。

大規模エプロン舗装は、不同沈下を考慮した疲労度設計手法によって設計され、25.5年後のひび割れ度を判断基準にしていることから、エプロンの変状(クラックの発生履歴、補修履歴)を確実に捕捉し、データベースに反映する施工体制の必要性について助言した。また、長期(9カ月)にわたり日量約 $2,000\text{m}^3$ を打設する大規模施工となることから、初期ひび割れ、有害クラックの発生防止を図るため、配合・初期養生・カッター目地施工時期、縦施工目地の穿孔挿入固定方式のスリップバー取付の施工性に着目した管理を行った。



GSE橋梁ウェットジョイントの施工状況

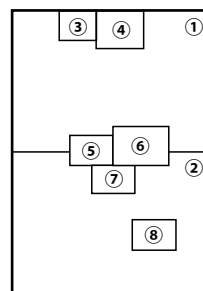


平成22年10月21日、オープン当日の国際線ターミナル(写真4点とも)



平成22年9月撮影

### 表紙写真



- ①平成22年10月21日、D滑走路から最初に離陸する旅客機
- ②同日、国際線ターミナルエプロンの状況
- ③地盤改良 (D滑走路)
- ④ジャケット据付 (D滑走路)
- ⑤GSE橋梁整備 (国際線地区)
- ⑥舗装 (D滑走路)
- ⑦地盤改良 (国際線地区)
- ⑧エプロン舗装 (国際線地区)

### 編集後記

ご意見・ご要望はメールにて受け付けております。 E-mail : [info@scopenet.or.jp](mailto:info@scopenet.or.jp) まで

今回は、「羽田空港再拡張事業」を特集し、従来の構成と違った形で編集しました。また、表紙及び裏表紙は従来のモノトーンからカラーにし、D滑走路、国際線エプロン、国際線ターミナルの供用もしくは開業した日に撮影した写真を多数掲載しました。今回の再拡張事業の完成は、契約技術、土木技術、システム技術に関する最新の方式・技術、そして、多数の技術者の努力の成果であることを理解していただければ幸いです。