



滑走路

東京国際空港に新滑走路が誕生 新日鉄グループの総合力で 大プロジェクトに挑む

東京国際空港(羽田空港)の再拡張事業が2007年3月の着工以来3年半かけて進められ、2010年10月21日に4本目の滑走路であるD滑走路がオープンし運用が始まる。本事業に新日鉄グループはさまざまな製品を納入するとともに、新日鉄エンジニアリング(株)が15社から構成される建設工事共同企業体(JV)の一員として工事に参画した。新日鉄グループの総合力を結集し挑んだ羽田プロジェクトを紹介する。



環境に配慮した先進構造に息づく高度な技術

東京国際空港(羽田空港)再拡張事業は4本目となるD滑走路、国際線地区の旅客ターミナル、貨物ターミナル、エプロン(駐機場)の各整備事業で構成されている。D滑走路の建設により、年間の発着能力は現在の29.6万回から40.7万回に拡大され、アジア近距離ビジネス路線や世界主要都市を結ぶ新たな路線が就航される予定で、利用者の利便性向上が図られる。

長さ2500mのD滑走路は、関西国際空港、中部国際空港など海上空港で数多く実績のある埋立構造に、環境保全に配慮して東京湾に流れ込む多摩川の流れを妨げない栈橋構造を組み合わせた、世界で類を見ないハイブリッド構造だ(写真・図)。環境保全と100年という超長期の供用を目指したD滑走路建設の各所に、新日鉄グループの先進技術が活かされている。

新日鉄は高品質の鋼材を安定供給し、新日鉄エンジニアリングがジャケット製作と栈橋部の工事を担当した。D滑走路は軟弱地盤層が海底面から20m近くも堆積する地盤の上に建設されるため、地下深く鋼管杭を打ち込むことで滑走路の沈下を防ぎ、世界最大規模の巨大基盤であるジャケットで50haという広大な栈橋をつくり上げた。

鋼材は栈橋部のジャケットに構造用鋼管、ジャケットの土台を支える鋼管杭、埋立・栈橋接続部に鋼管矢板などが使われ、鋼材製造方法もサイズも多岐にわたる。栈橋部では鋼材使用量が東京タワー約83塔分の35万トンにも及んだ。またジャケットの海面付近に使用される構造部材の腐食を防ぎ超長期の供用を実現するため、新日鉄のチタンや新日鉄住金ステンレス(株)のステンレス鋼が採用され、3800万㎡(東京ドーム31杯分)に及ぶ埋立部には、新日鉄の鉄鋼スラッグ製品約75万㎡が使用された。



D滑走路

多摩川河口

多摩川の流れを妨げないハイブリッド構造のD滑走路(写真右上)



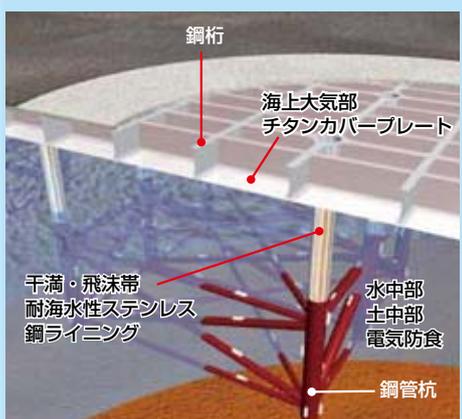
埋立部

連絡誘導部

栈橋部

接続部

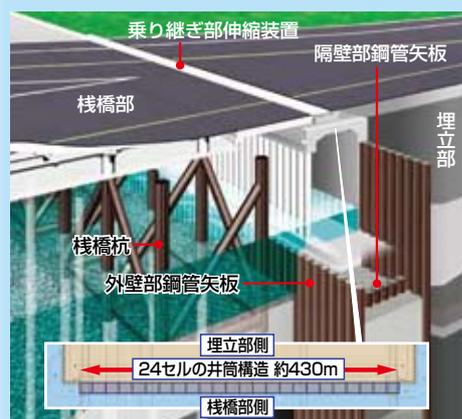
栈橋部と連絡誘導路部のジャケット構造



ステンスライニングとチタンカバープレートを組み合わせる、新日鉄エンジニアリング独自の防食技術で長期耐久性を確保

鋼桁
海上大気部
チタンカバープレート
干満・飛沫帯
耐海水性ステンレス
鋼ライニング
水中部
土中部
電気防食
鋼管杭

接続部の鋼管矢板井筒構造



耐荷力性能が高い新日鉄の鋼管矢板を打ち込んで護岸の変形や沈下を防ぎ、航空機が安全に離着陸するための滑走路の構造と性能を確保

乗り継ぎ部伸縮装置
隔壁部鋼管矢板
埋立部
栈橋部
栈橋杭
外壁部鋼管矢板
埋立部側
24セルの井筒構造 約430m
栈橋部側



高度な品質要求に応える新日鉄の土木建材

総合力を発揮し
素材を安定供給

D滑走路工事の最大の課題は、東京湾を行き交う多数の船舶の安全を確保し、空港の運用中の滑走路の離発着を妨げないという制約下で41カ月という短工期で昼夜連続の急速施工を行うことにあった。

2004年7月、新日鉄グループでは、プロジェクト開発部主管の鋼材タスクフォース会議が始まり、鉄事業部門(建材、厚板、鋼管の各営業部)と新日鉄エンジニアリング(株)(当時は新日鉄鉄構海洋事業部)による本プロジェクトへの対応が本格的に始動した。建材営業部の原田稔は次のように振り返る。

「東京湾アクアラインや関西国際空港など、数々の大型国家プロジェクトに携わりましたが、羽田プロジェクトは社内外の関係部門が20カ所を超え、3年間にわたる生産・納入が続くなど、かつてない規模で行われました。設計・施工条件に合った高品質の土木建材を製造する技術や、現場施工の進捗に合わせたきめ細かな生産管理など、新日鉄グループの総力を挙げて取り組み、完遂することができました」

高耐力継手を
共同開発し
安全・安定した
接続部護岸構造を
実現

D滑走路の工事には、新日鉄の高品質な建材製品と新開発の技術が盛り込まれている。D滑走路は埋立と栈橋部という異種構造を接続するため、接続部には両構造の複雑な荷重・変形挙動に対して安全・安定した構造が要求された。埋立側は水深約18mの軟弱な粘性土地盤上に、海面からの高さが約13mという非常に高い盛土を行うため、栈橋方向に大きな土圧がかかる。これを接続部で安定的に受け止めるとともに、この力に伴う接続部の変形を抑え、すぐ近くに打設される栈橋杭や接続部上部に設置される変位吸収用の伸縮装置に悪影響を与えないようにする必要があった。そこで、橋梁の基礎などで実績のある鋼管矢板の井筒構造が採用された。

井筒構造は、最大長さ約75m、直径1.6mの鋼管矢板を用い、横断方向の全長約430mにわたって打設した外壁部と、それらと直角方向に打設された隔壁部で構成され、継手同士が接続された連続壁構造(ページ図1参照)。井筒構造での対応について、建材開発技術



羽田プロジェクトの建材関連メンバー

前列左から建材営業部土木建材・軌条グループ 小倉周子、同土木プロジェクトグループ 平石知子
後列左から建材開発技術部土木基礎建材技術グループ 山下久男、同建材技術企画グループ 井口公一、
建材営業部形鋼・スパイラル鋼管技術グループ 平野文博、同土木プロジェクトグループ 高橋勉、
同土木建材・軌条グループ 原田稔、君津製鉄所鋼管工場 坂井孝行

部の山下久男は次のように語る。

「構造設計の検討過程で、井筒の側方への変形を抑えるためには、隔壁部の継手同士の結合力を格段に向上させる必要があると判明しました。そこで、鹿島建設(株)殿と共同で、高い剛性と耐力を持つ継手の開発に取り組み、鋼管側面に山形鋼と鉄筋を配した仕様を確立しました。隣接する鋼管矢板を継手で接続し、継手間の大きな空間部に高強度モルタルを充填することで、従来の継手と比較して、剛性と耐力を約6倍向上させることができました(図1、写真1)。

高性能な 鋼管接合技術 「ラクニカンジョイント」 で施工時間を短縮

埋立・栈橋接続部は、その施工場所が現在の航空機進入路の真下にあるため、航空機が離着陸しない夜間のみで施工を終えるという課題もあった。日中、施工を中断し鋼管矢板を海上に残しておいても航空機の運行に支障をきたさないよう、長さ約75mの鋼管矢板を2分割し、現場で接合する計画が立てられた。しかし、各井筒部の四隅(格点部)に位置出するための基準杭として先行して打設する鋼管矢板は、高精度で時間のかかる施工が必要とされ、溶接によ

る接合では施工時間が足りなかった。建材開発技術部の井口公一は次のように説明する。

「基準杭に使用される直径1.6m、接合部板厚24ミリの大径・厚肉鋼管の溶接には数時間かかります。そこで、当社が開発した『ラクニカンジョイント』という15分程度で機械的に接合可能な、画期的な接合技術が採用されることになりました。ただ、本工事で適用される大径・厚肉鋼管の実プロジェクトでの製造・施工実績はありませんでした。そこで、出荷まで時間がない中で、製鉄所で出荷間近まで製造試験を重ね、確実に現場接合できる品質の確保・向上を図りました。また、本施工と同じ最大級の打撃能力を持つ杭打機を使用し、実物大の打撃施工試験などを行い、施工後もラクニカンジョイントが全く損傷を受けることなく性能を発揮することを確認した上で、本工事に適用しました(図2、写真2)。

この高耐力継手仕様の鋼管矢板とラクニカンジョイント付鋼管矢板の製造に取り組んだ君津製鉄所鋼管工場の坂井孝行は次のように語る。

「『高耐力継手』というこれまでにない形状に加えて、鋼管矢板では初めて『ラクニカンジョイント』が採用されることで複雑な溶接加工品となり、工場実験では溶接ひずみなどを抑え必要な寸法形状を出すことに苦労しました。また、大量の鋼管矢板を安定供給するためには『つくり溜め』が必要で、出荷開始の10カ月前には製造条件を決定し製造し始めなければならないという過去にない厳しい制約もある中で、建材事業

図1 高耐力継手の構造

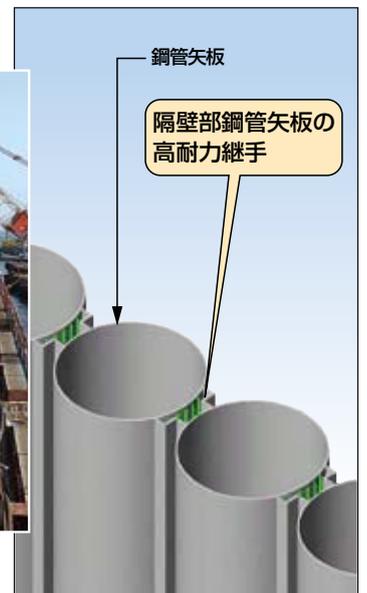


写真1 打設が完了した接続部の鋼管矢板群(左側:埋立部、右側:栈橋部)

図2 ラクニカンジョイントの構造

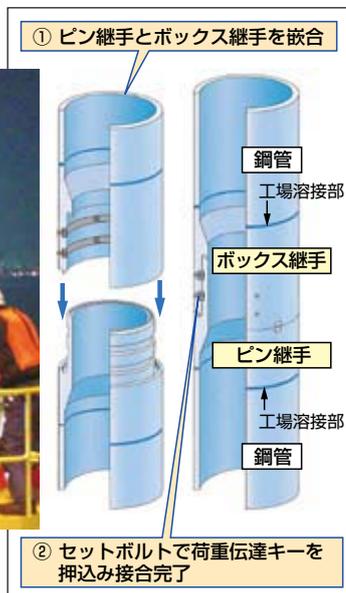


写真2 ラクニカンジョイントの接合作業

部、技術開発本部、関係会社とともに実験や解析、打ち合せを何度も重ね、最適な製造条件を見出し、遅れることなく出荷できました」(写真3)。

綿密で臨機応変な 生産管理と現場対応 で信頼を得る

羽田プロジェクトでもう一つ大きなポイントになったのが、現地工事の進捗に合わせた綿密で臨機応変な生産管理であった。国土交通省は当初、閣議決定されていた2009年末の供用開始に向け、2006年春頃の着工を目指していた。しかし着工は1年遅れ、当初の供用開始予定日に可能な限り近づけるため工期短縮の方法などが模索される中で、幾度となく設計変更が行われた。その中で新日鉄と新日鉄エンジニアリングの担当者は週1回ミーティングを開き、その都度製造出荷スケジュールを見直し最適な製品供給体制を確立していった。

さらに管理対象となる製品には、スパイラル鋼管だけでなくUO鋼管やERW鋼管、委託加工会社で製造した板巻鋼管などがあり、サイズも外径457.2×2388ミリ、板厚9〜70ミリ、長さ6〜71m、重さ1〜61トンと多岐にわたった。契約窓口やデリバリー

管理など業務管理を担当した建材営業部の小倉周子と平石知子は次のように話す。

「施工条件に合わせて異なる製法の鋼管を継いで、1本の最終製品として完成させるため、多くの関係先との調整が必要となり、素材調達から加工スケジュール、在庫管理に至るまでの生産管理は複雑で大変苦労しました」(小倉)。

「本プロジェクトに合わせた注文体系の整備や価格管理方法の考案などにより、膨大な事務作業を効率よく行えるようにしました」(平石)。

3年以上にわたる羽田プロジェクトを無事完遂した今、同部平野文博と高橋勉は今後の抱負を次のように語る。

「従来にない設計・施工を実現するため、鋼管杭の製造許容差や付属品の取り付け精度などの要求レベルが高く、また複雑な製作図面を短工期で作成し承認を得るなど、ゼネコンさんとは厳しいやりとりを繰り返しました。しかし私たちエンジニアが施工現場の立会を行い、施工品質の問題やラクニカンジョイント・高耐力継手の施工技術協力などで確実に対応してきたことで、高い信頼を得られました。今後も現場対応力の向上を図り、今回の成果を商品開発に活かしていきます」(平野)。

「一般物件の受注・製造と並行して、これだけ大規模な国家プロジェクトをトラブるなく完遂できたことは、大きな自信になりました。この経験を活かし、今後海外でも積極的に提案営業を行い、新日鉄グループの総合力を発揮して需要創出を図りたいと思います」(高橋)。

写真3 工場のヤードで出荷を待つラクニカンジョイント付高耐力継手鋼管矢板



埋立の地盤強化に鉄鋼スラグが活躍

埋立工事において、鉄鋼スラグ水和固化体人工石材をはじめ、鉄鋼スラグ製品が中仕切り堤、液状化対策材、仮設道路材用途に全体で約180万トン使用され、新日鉄は約120万トン納品している。(他にも、埋立資材の管中混合固化処理土用に、新日鉄グループのエスメント関東(株)が高炉セメント約36万トンを出荷)

鉄鋼スラグ水和固化体は、コンクリートと同様の設備で製造され、人工石材やブロックなどに加工され、天然石代替と無筋コンクリート代替として用いられた。本プロジェクトに採用された人工石材(フロンティアストーン®、フロンティアロック®)・ブロックで、新日鉄、JFEスチール(株)、東亜建設工業(株)は第11回国土技術開発賞・優秀賞を受賞した。



人工石材とその投入状況

日本のエンジニアリング史上空前のスケールへの挑戦



—— 新日鉄エンジニアリングを中心にグループの総合力を結集

**海洋構造物の
豊富な設計・施工
経験を活かし
世界初のハイブリッド
構造に挑む**

羽田プロジェクトでは新日鉄エンジニアリングが重要な役割を果たした。同社はゼネコン、マリコン、ファブとともに15社で「羽田再拡張D滑走路J-V」を組織し、その中で、50haに及ぶ広大な栈橋部と連絡誘導路のジャケット製作と栈橋施工の一部を担当した。滑走路は埋立と栈橋の組み合わせによる世界初のハイブリッド構造で、海上に設置する鋼構造の防食技術やプレファブ化したジャケット構造の製作技術など、海洋構造物の設計・施工での同社の豊富な経験が大いに活かされた。

また空港施設の長期安全性の確保と安定運用を実現する耐久性が求められ、同社では栈橋構造のコンセプトから構造、防食、製作、施工、維持管理まで国内外でのエンジニアリング事業で蓄積した技術力と総合力で応えた。

**高いプロジェクト
マネジメント力で
ジャケットを
短工期・連続納入**

このプロジェクトでは、合計238基、鋼材重量約28万トンに及ぶ過去に例のない大量のジャケット

を、短工期で連続生産・納入する製作フォーメーションの構築と、それを運用するプロジェクトマネジメント能力がキーとなった。

まず、ジャケット材料の鋼材は、応札前から新日鉄と「鋼材タスクフォースチーム」を組み、円滑な供給体制を確立した。

栈橋上部ジャケットと連絡誘導路ジャケットは、優れた橋梁製作技術と生産設備を持つ若松工場で作。一方、栈橋下部ジャケットは羽田空港に近い富津工場の仮設ヤードで製作し、そこで若松工場から海上輸送された栈橋上部を搭載・一体化した(写真4)。完成したジャケットは羽田に輸送後(写真5)、海上クレーンで基礎杭に据え付けられた(写真6)。

こうした円滑なジャケット製作・施工を支えたのが、1万5000トン級の大型台船による部材の海上輸送だ。若松工場から富津工場までの航海数は、栈橋上部ジャケット25回、連絡誘導路ジャケット13回、合計で実に地球2周に相当する7万7400kmに及んだ。238基(栈橋部198基)ものジャケットを製作・納入し続けることは、電車を走らせながら継続

写真5 富津工場から羽田現場へ運ばれる完成ジャケット



写真4 富津工場での搭載架構(吊上能力1,680トン)によるジャケット上下部一体化



写真6 ジャケットの据え付け工事



ステンレスライニング

ステンレス協会賞最優秀賞を受賞

ジャケット海面から海上部までの柱の防食に、新日鉄住金ステンレスの「NSSC270」が約500トン使用されている。

新日鉄エンジニアリングの防食技術「耐海水性ステンレス鋼薄膜ライニング工法」は、耐海水性ステンレス鋼を構造用鋼管に巻いて溶接する防食方法で、空港施設に大量に適用されたのは今回が初めて。

栈橋部の鋼構造部材の防食については、有機系の防食塗装では耐用年数が短く塗り替えコストが増大する。一方ステンレスライニング工法は、有機系防食塗装に比べて耐用年数が長く、耐食性やライフサイクルコスト面で大変優れている。

施工に当たっては材料・工法面で他素材とコスト比較を行い、ステンレスの特徴を活かした耐食性の確保・薄手化と、これに適した溶接工法による効率化などを総合的に検討し開発した。同工法は今後のステンレスの普及拡大に大きな可能性を拓いたことが評価され、第13回ステンレス協会賞最優秀賞を受賞した。



構造用鋼管に耐海水性ステンレス鋼(新日鉄住金ステンレス「NSSC270」)を巻いて溶接する

チタンカバープレート

海洋環境でのチタンに対する信頼が高まる

滑走路栈橋部の下面・側面に設置されたチタンカバープレートに、新日鉄のチタン薄板が約1,000トン採用された。建築・土木分野でこれほど大量にチタンが使われたのは初めて。

チタンカバープレートは、外面側のチタン薄板と内面側の塗装鋼板の間に不燃性発泡材をサンドイッチした幅1m、長さ12m、厚さ35ミリのパネル構造になっている。このカバープレートを採用した工法は、軽量でありながら台風にも強く、独自構造で高い耐震性を発揮する。また、高耐食性のチタンカバープレートに覆われた内部空間に除湿システムを導入して結露を防止することにより、海上という厳しい腐食環境での、ジャケット鋼構造の長期防食を実現。メンテナンス費用の大幅削減を可能にした。

今回の大量採用によって、海洋鋼構造物の防食におけるチタン適用への信頼性が高まった。今後は一般的な道路橋の予防保全やライフサイクルコスト最小化策としての活用も期待される。



チタンカバープレート

長期耐久性の実現に 新日鉄グループの ステンレスとチタン を活かす

ジャケットの技術面で特筆すべき点は、長期耐久性を実現する「耐疲労技術」と「防食技術」にある。年間10万回の離発着、最大400トンの航空機荷重に

的に車両を長く連結していくようなものだ。一つの工程が滞れば全体計画に支障をきたす。繁忙期には全国で約2500人の工事関係者が情報共有を図りながら、プロジェクトを進めていった。

耐える仕様を検討し、部材の溶接方向や補強部材を含めた最適な溶接仕様を決定。高品質な溶接により、疲労強度の信頼性を飛躍的に高めた。

一方、防食技術は同社が従来から積極的に実用化してきた「ステンレスライニング技術」と「チタンカバープレート」を組み合わせ、下部ジャケット海面から海上部までの柱に新日鉄住金ステンレスのステンレス鋼板を巻き、鋼桁下面に新日鉄のチタン薄板を使用したパネルを敷きつめて内部空間を除湿することで長期耐久性を確保した(写真7)。

その他にも、日射などによる大平面構造物の温度変化と影響、耐震性の検討などを繰り返して、多岐にわたる厳格な性能基準をクリアした。そして2009年9月、栈橋上部ジャケットの最終出荷が無事完了し、現場着工指示(2007年3月30日)から41カ月の長期にわたるビッグ・プロジェクトが終わった。

写真7 栈橋側面からのジャケット俯瞰

