訪問記

羽田空港 D 滑走路建設工事

1 はじめに

航空機の発着の場として欠かせない空港．その中で，日本一の航空機発着回数と航空旅客数を占めているのが羽田空港（東京国際空港）である．近年，グローバル化に伴い海外へ出張する人や海外旅行する人の数が増加傾向にある．そのため，現在羽田空港にある A，B，C という三つの滑走路だけでは航空機発着が対応しきれなくなるそうだ．そこで，現在，新たな滑走路として『D 滑走路』を建設している最中である．今回は今まさに建設中の羽田空港 D 滑走路の工事現場を訪問させていただいた．

図 1　工事現場の上空写真（左右に長いのが D 滑走路，左が桟橋部）

2 羽田空港 D 滑走路工事の概要

羽田空港は国内約 50 の空港と結んでいる．そして，国内旅客者数の約 6 割が羽田空港を利用しており，年間 6 700 万人程度の利用客と年間 30 万回の離着陸が行われている空港だ．およそ 2 分間に 1 便飛んでいる計算になり，あまりの利用頻度の多さに驚かされる．しかし，それでも足りないということで現在，羽田空港 D 滑走路（以下，D 滑走路）を建設している．同時に国際・国内ターミナルなどの整備も行い，年間 40 万回以上の離着陸が可能になるようにする予定である．

D 滑走路の長さは 2 500m であり，現在使われている B 滑走路とほぼ平行に作っている．着陸する航空機は浦安のディズニーランドのほうからアプローチする．長さが 2 500 m あると，国内線で利用されているすべての航空機を離着陸させることができる．D 滑走路の特徴は，通常すべて埋め立てで作られる人工島の約 3 分の一を桟橋部，残りの約 3 分の二を埋め立て部にしている点である（**図 1**）．なぜなら，多摩川の河口部に建設したもので，一部通水性を確保しないと，上流で洪水になってしまうという問題があるからだ．2010 年 10 月までの 2 年半で完成予定であり，24 時間 365 日作業を行っている．2 分間に 1 本の航空機が離着陸している中で，工事には航空機を止めてはならないという制約がある．航空機の離着陸経路上での工事は航空機が安全に着陸できる高さを確保しなければならないので，高いものを立てることができない．そのためこのような場所でクレーンのように高い作業機械を使用する作業は，航空機が飛ばない夜の工事になる．このように D 滑走路建設は，さまざまな制約を受けながら短期間で工事することを課される．

さてここで，今回の D 滑走路建設の特徴である桟橋部建設について触れる．D 滑走路の約 3 分の一を占める桟橋部は，198 基のジャケット（**図 2**）と呼ばれる巨大なテーブルのようなものを据え付ける．2009 年 3 月現在，全体の 6 割弱据付けが完成している．そのジャケットは千葉県の蘇我ヤードと富津ヤードで組み立てられ，巨大な船で D 滑走路工事現場に搬送される．われわれは今回の取材でまず，千葉県の富津ヤードで行われている桟橋部ジャケットの組立現場を見学させていただいた．

3 桟橋部のジャケットの製造工程

千葉県富津市にある富津ヤードは，総面積 27 万 m^2 で約東京ドーム 6

個分の広い敷地である．現場には今まで見たこともないような重機がたくさんあり，しかもそのスケールの大きさに圧倒された．桟橋部のジャケットはテーブルの天板状部分の上部ジャケットと，その下のジャングルジムのような形状をした下部ジャケットとの２部品に分けられる．上部ジャケットは高さ 2.0m～2.5 mのＩ型断面の桁を格子状に組んだ構造で，縦横の大きさは 45m × 63m，重さ 約１000tという，機械系の学生では具体的に体感できないほどの大きさと重さを持つ．上部ジャケットは北九州や横浜で製作し，船で富津ヤードまで運んでくる．下部ジャケットは，新日本製鐵（株）君津製鉄所で長さを合わせた鋼管をここに運んできて，組み立てる．最後に下部ジャケットの鋼管と上部ジャケットのジョイント部とを地上 35m で現場溶接して一体化させ，船で羽田の工事現場に搬送する．これを 198 基分も繰り返す作業になるので，気が遠くなりそうである．

3.1 上部ジャケットの耐久性

北九州から海を渡ってはるばるやってきた上部ジャケットは塩分まみれなので，腐食するかもしれないから，まず高圧の水で洗浄する．また 100 年の寿命で海上のＤ滑走路として用いるため，下面に厚さ 0.35mm のチタンを表面にはりあわせた板部材を用いる．もっとも，海面から約 10m の位置に，上部ジャケットの下面を配するため，波が直接当たることはない．上部ジャケットのけた内には除湿システムを取り付け，湿度を 50%以下に保つ．50%以下になると，結露もせず，塗装も痛まず，基本的に 100 年はもつそうである．その後に，鋼管に厚さ 0.4mm の耐海水性ステンレス鋼ライニングを巻く．ただ大きいだけでなく，耐久性を考えた設計に，驚きの連続であった．

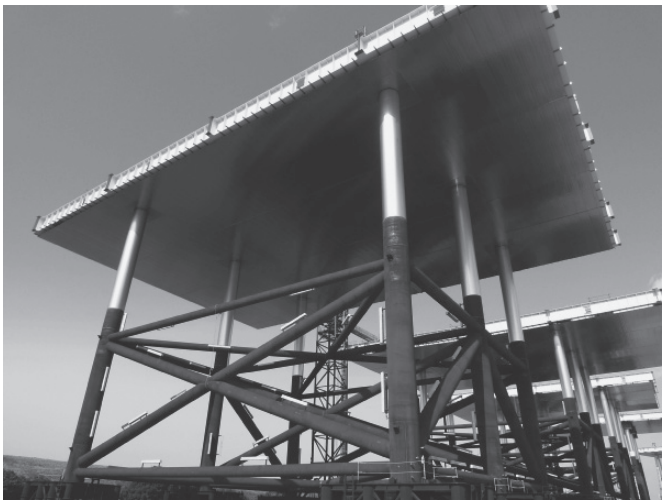

図２ 完成した１基のジャケット

図３ 手前を見ると，クレーンでつり上げて骨組を立てている

3.2 下部ジャケットの組立

下部ジャケットを作るための鋼管は 40 から 50 本必要である．新日鐵の君津製鉄所からここに搬送された鋼管は，一本ずつクレーンでつり上げてヤードに移動される．まず平面組立の作業場にもっていき，鋼管２本に対して平面の状態でレグという足を補強する部分を組み立て，１平面の骨組を作る．次にクレーンで立てて，立体組立の作業場に移動させるのだが，１平面あたり約 140t，長さ約 30m もある骨組を移動させることは簡単ではない．そこで２台の大型クレーン車を用いて骨組の左右を持ち上げて移動させる（**図３**）．１台目のクレーン車が骨組の上部を高くつり上げる．２台目のクレーン車は骨組の下部を地面すれすれにつかないようにつり上げながら，１台目のクレーン車に息を合わせながら近づいていく．垂直に立てたあとは２台目のクレーン車を引き離し，１台目のクレーン車で骨組を垂直につり上げながら，立体組立作業場に移動させる．一つのジャケットにつき３平面の骨組が必要なので，上記の作業

図 4　右前のレグでは，風よけをつけて溶接中

図 5　レグの内側，先にファンのようなものが見える

を 3 回行う．そして，垂直に立てられた 3 平面の骨組をつなぎあわせ，ジャングルジムのような形にする．

先述したように，鋼管の海水面の上部は，ステンレス鋼板を巻いて防食させるが，海面下に漬かってしまう部分は犠牲陽極で防食させる．つまり，200kg，2.2m のアルミニウムのアノードという陽極をつけて，鋼管とアルミニウムの電位差を利用してアルミニウムを腐食させる．アノードは減るので，35 年後にはだれかが海中に潜り，交換作業を行うそうである．

3.3　ジャケットの一体化

続いて，上部ジャケットと下部ジャケットを一体化する作業現場を見させていただいた．

まず，上部ジャケットを大きなウインチで四隅を保持し，2 時間ほどかけて全体を約 35m の高さまでつり上げる．次に，その下の空間に下部ジャケットを移動させ，一体化作業に取りかかる．上部ジャケットのジョイント部に下部ジャケットの 6 本の鋼管の位置を合わせ，この場で風よけの覆いを付けて溶接する（**図 4**）．

ここで，下部ジャケットのレグと呼ばれる鋼管の脚材の内側を見せていただいた．レグは言わばジャケットの重量を支える鋼管である．外側からは一見，ただの大きなパイプにしか見えないが，内側にはさまざまな工夫が施してあった．内側を除いてみると，いちばんに目に付くのが 20m も奥にあるファンのような突起物である．後で，あらかじめ海上に打ちこんだ鋼管杭と呼ぶ基礎杭に，ジャケットのレグをはめ込むのだが，このレグのファンの所まで鋼管杭がはまり込むのである．なお，鋼管杭の外径は，レグの内径より 20cm ほど小さいので片側で 10cm ほどすき間ができる．そのすき間には，グラウト材という流動性をもつ材料を注入して，海上の鋼管杭とジャケットのレグを固定させる．また，レグの内側には凸凹した部分もあった．つまり，直径 9mm ほどの丸鋼を，レグの内側に一定のピッチで溶接してある（**図 5**）．海上の鋼管杭の外側にも同様なピッチで丸鋼が付いており，お互いをはめ込んだときに丸鋼の凸凹が交互にはめあう．その結果，前述したグラウト材を注入すると，密着性がより高められる．

上部ジャケットと下部ジャケットを一体化した後は，ドーリーというタイヤがたくさん付いた移動式油圧ジャッキのようなもので移動する．このドーリーは複数のドーリーと連結でき，どのタイヤも協調してステアリング操作できる．たとえば，その場で回転させたり，斜め 45 度に移動させたりするのも容易である．一人の作業員が乗って運転してもよいし，ラジコンのリモコンを持って脇を歩きながら操作もできる．

3.4　ジャケットの海上据付

完成したジャケットはドーリーで出荷場に運ばれ，次に高さ 120m で最大 3 700t のつり上げ能力を持つフローティングクレーンでつり上げて，台船に載せ，羽田沖まで運搬する．残念ながら取材当日はフローティングクレーンを直接見ることができなかったが，ジャケットでさえとても大きく感

じたのに，それをつり上げるクレーンのスケールは計り知れないものだろう．羽田沖の水面にはすでに鋼管杭が打ち込まれており，海面から 3m ぐらい出ている（**図 6**）．その鋼管杭上面の位置精度は数 cm 程度であり，ジャケットの 6 本のレグを据え付けるときに位置ずれはないそうだ．また，据え付ける際，ジャケットのレグの内側にカメラを入れておき，画像を見ながら位置合わせして接続する．ジャケットを据え付けた後は，ダイバーが海に潜って，ジャケットのレグの下部の孔からグラウト材を注入し，据付け完了となる．

図 6　手前の黒く見える鋼管が海上に打ち込んだ鋼管杭

ここで，編修委員（以下，委員）がジャケットに関して，質問したことをまとめる．ご回答くださったのは，富津ヤード訪問を引率してくださった，新日鉄エンジニアリング（株）富津工場の秦幸一郎氏と風野裕明氏（以下，秦＆風（敬省略））である．

委員：ジャケットは関西国際空港みたいに地盤沈下しないのですか？

秦＆風：鋼管杭は海面下 80m，つまり地盤の中に 60～70m 打っているので桟橋部分は沈下することはありません．

委員：地震が起きたらジャケットごとに揺れるのですか？

秦＆風：地震によってジャケットごとにばらばらに揺れるわけではありません．ジャケットとジャケットを約 2m のすき間ができるように据え付けます．次にそのすき間に，上部ジャケットのけたと同じ形状のもので，幅がすき間と同じ部材をはめこみ，現場溶接で最終的には全部一体化させます．この結果，揺れるときは全部揺れます．

委員：でも，埋立て部と桟橋部で揺れ方が違いますよね？

秦＆風：違います．埋立て部の端部には鋼管矢板で大きな壁を作ります．次に埋立て部と桟橋部の間に 15m くらいの長さの鉄筋コンクリートでできた橋を渡して，さらにその橋の端部には二方向にすり動くことができるローリングリーフという伸縮装置を付けます．基本的には桟橋部と埋立て部が自由に独立で動けるように設計されています．この伸縮装置は，桟橋部と埋立て部の間だけでなく，桟橋部と連絡誘導路のすき間にもいくつか配置されています．

委員：ジャンボ旅客機が離着陸する場所には，衝撃をやわらげる特別なものを置いているのですか？

秦＆風：富津ヤードから運ばれたジャケット一基は重量が 1 500t ですが，さらにその上に床板を置き舗装をするので 5 500t になります．一方，飛行機の重量は 400t なので，全体の重量と比べると飛行機の重量はたかが知れています．影響があるとすれば局部的に負荷がかかることです．飛行機の車輪位置がだいたい自動車 2 台分の幅で，400t がドンと滑走路に乗ってくるので，局部的にはけたとか床板に大きな衝撃がかかります．しかし，十分な強度をもっています．

委員：だいたい何日で一つのジャケットが完成するのですか？

秦＆風：鋼管が運搬されてきてから，2 カ月弱で完成します．

委員：鋼でこういった桟橋を作る工事は，日本で初めてなのですか？

秦＆風：今までコンテナバースは作りましたが，ここまで大きな規模で島を作るのは初めてです．関西国際空港や中部国際空港は埋立てで作りましたが，D 滑走路は場所がたまたま多摩川に当たるので，川の流れを阻害しないように桟橋になりました．

委員：魚が群生して，それを捕りに来た漁船がぶつかるんじゃないですか？

秦＆風：良い漁礁にはなるはずです（笑）．一応制限区域ということで表示してありますから，入った瞬間に航空局が飛んでくるはずです（笑）．

4 D 滑走路工事現場の海上視察

富津ヤードを見学した後は，車でアクアラインを渡り，羽田空港に向かった．そして，今回の D 滑走路建設現場を，なんと海上から見学させていただいた．船酔いしないか心配しつつボートに乗り込み，いざ海上に出航！

4.1 桟橋部の状況

桟橋部の海上には富津ヤードで作られたジャケットが，森のように据え付

図７　据え付けられた桟橋部，チタンとステンレスでピカピカ

図８　低頭起重機船

図９　新日鉄エンジニアリングの方々とメカライフ学生委員

けられていた（**図７**）．ジャケットを据え付けるための巨大な船が何隻も停泊していたので，改めてＤ滑走路の建設規模の大きさを実感した．低頭起重機船は，ジャケット据付け専用に設計し，改造されたクレーン船で，上部が曲がっている（**図８**）．フックが四つあり，２400t までつることができる．また，鋼管孔を打つための導材台船である．赤白の足が出た青い船で，その穴に鋼管杭を挿し，ジャケットの６本のレグと同じ位置に鋼管杭が5cm の位置誤差で打てる．

4.2　埋立て部の状況

滑走路の埋立て部は，護岸と呼ばれる回りの部分と，その中の埋立て部分に分かれている．現在は護岸を作り上げてその中を埋め立て始めていた．羽田空港の地盤は人が乗っかると沈んでしまうくらいの柔らかい地盤である．この地盤を強化する工事は，2007年末から約１年間続けた．護岸は，岩ずりという石の大きさを指定しない石材をいれて，その上に石を敷き詰め，多くは傾斜をもった護岸を構築する．なぜなら，地盤沈下したらさらに上に石を積めばよいので，メンテナンスしやすいから．しかし，地盤が軟らかいため，およそ 100 年間で約 9m も沈下すると見込まれている．もっとも，完成までに約８ｍ沈下するので，完成後 100 年で約１ｍ沈下する計算になる．

5　おわりに

Ｄ滑走路の建設現場を見学して（**図９**），学生が普段見ることができない巨大建設機械を使って，安全第一にしかも正確・迅速に作業を進めていることがよくわかった．

最後に，今回の訪問で，国土交通省 関東地方整備局 東京空港整備事務所桟橋課長の近藤隆道氏，企画・広報室専門官の滝本則子氏に大変お世話になった．また富津ヤードでは，新日鉄エンジニアリングの秦幸一郎氏と風野裕明氏より丁寧に解説していただいた．この場を借りて深謝する．

（文責　メカライフ学生編修委員　秋元健太郎，居合　徹，上野弘傑，栗山健太，後藤小百合，原田勇司）