

講座

羽田空港 D 滑走路建設に込められた地盤工学の知恵と技術

2. 羽田空港拡張の歴史から見た D 滑走路プロジェクト

鈴木 弘之 (すずき ひろゆき)

国土交通省九州地方整備局

野口 孝俊 (のぐち たかし)

国土交通省関東地方整備局

2.1 はじめに

東京国際空港は、羽田空港として知られている。D滑走路が供用されるまでは、国際空港と名がついても国際路線はわずかであった。一方、国内空港のハブ空港としては、国内航空ネットワークの中心的役割を担っている。しかしながら、発着能力は限界に達していたため、国内線の増便要求や、国際線発着枠の拡大要請に応えるために、羽田空港沖に4本目の滑走路(D滑走路)が新設された(図-2.1)。これにより、年間の発着能力は、29.6万回から44.7万回へと約1.4倍¹⁾に増加させることが可能となった。

羽田空港は1931年(昭和6年)に羽田砂州を埋立地として造成し、面積53haの我が国初の民間飛行場として開設された。その後、羽田沖へと埋立拡張を繰り返し、1952年(昭和27年)に米軍の接収が解除された段階では、面積257haとなった。その後も、東京オリンピックの開催に向けた拡張等で、面積はさらに増大する。

その後、空港需要の増大、騒音の騒音問題の抜本的な解消を図るために、東京都が廃棄物処分場としていた羽田沖埋立地を活用した沖合展開事業が実施された。沖合展開事業は、いわゆる「おしるこ」と言われた、浚渫へドロや建設残土等からなる超軟弱地盤上に建設され、地盤工学の面からも、極めて難しい工事であった。

このように羽田空港は沖合への埋立てを繰り返しながら拡張を図ってきた空港である。軟弱地盤上に建設された難しい建設であったことから、埋立てにあたっては、常に過去の工事における地盤条件と施工による沈下を考察し、その経験を生かしながらの建設であった。その状況は、まさしく生き物を相手にするような情報化施工の最前線であったともいえる。



図-2.1 羽田空港平面図

本稿では、羽田空港がなぜ多摩川河口の軟弱地盤の地に計画され拡張されたのか、求められた軟弱地盤上の建設技術の背景などを解き明かすため、当空港の黎明期から拡張が繰り返され現在に至るまでの経緯について、当時の新聞記事、閣議資料等から、空港拡張にあたっての調整の歴史についてとりまとめる。また、沖合展開事業とD滑走路建設事業の軟弱地盤上の建設技術の連続性等についても述べる。

2.2 羽田空港における拡張の歴史

2.2.1 東京における民間飛行場の設置²⁾

1923年9月の関東大震災後、同年12月19日に帝国飛行協会副会長阪谷芳郎男爵提出の請願が国会に提出される。内容は「各国は、国都付近に完備した飛行場を有するものが多いが、我が国にはそのような設備がないのは遺憾であり、帝都復興の機に際し、水陸両用の飛行場を東京市の中央より3から4里以内の東京湾沿岸地に新設すること」である。これに対して、同22日、衆議院は、請願の趣旨は適当として、意見書を政府に送付した。

このように当時は、飛行場の機能として、水上離発着場が強く意識されている。したがって、沿岸部での空港の適地が求められた。

様々な要請から、政府は、国際貿易を取り扱うことが可能な税関飛行場を国内数箇所に設置すること、航空の安全を保障し航空の発達を促進するための航空路の設置が急務であるとの認識をもち、1924年2月29日、「飛行場の設置、航空路標識の設置、航空気象観測所の設置、航空に関する通信設備、税関設備など」、「予算の範囲内で、建議の趣旨を達成するよう努める」ことが閣議決定された。

同年3月4日、飛行場設置に関する請願に対し閣議決定がなされる。その内容は、「政府は、本邦の航空路設置計画の一部として、同請願の趣旨は認識しているが、予算の都合から実施に至らないのは遺憾であり、今後は財政の許す限り予算を要求し、請願の趣旨を達成するよう努める」というものであり、第一次世界大戦後の不況に伴う財政の逼迫があらわれた内容となっている。

1926年10月21日の大阪朝日新聞には、通信省の1927年度の予算要求の概要として、「航空路設置費5ヵ年継続予算約1000万円」、「飛行場を東京、大阪、小郡付近、博多、大連、上海に設置し飛行場の設置は3ヵ年で実施」、「輸送会社補助は10ヵ年1500万円」が明らかにさ

れている。

一方、東京における空港の適地の調査については記録に乏しい。予算要求状況からは、1926年頃には目処が立っていたと推測される。その位置は、1923年12月19日の帝国飛行協会副会長阪谷芳郎男爵提出の請願の内容に沿って「東京市の中央より3から4里以内の東京湾沿岸地に新設すること」を念頭においたと考えられる。一方で、京浜間には、1924年以降、国の「京浜運河計画」、これと一体の埋立てによる京浜臨海工業地帯の計画があった。すでに、川崎と鶴見では、浅野総一郎らによる臨海工業地帯の埋立て造成が行われており、京浜間の沿岸部には適地が少なかったと考えられる。

2.2.2 羽田周辺の状況と飛行場の立地

羽田周辺は江戸時代の干拓により、鈴木新田の島とその東に位置する羽田台場の島があり、鈴木新田には穴守稲荷があり、精進おとしの場所として賑わった（図—2.2）。明治後期に京浜電鉄が開業する。京浜電鉄は埋立てにより用地を造成して、海水浴場を設置し、身近な行楽地として発展させた。飛行場の設置はその後の新たな動向であった。

1926年に鈴木新田北側の飛行場が設置される寄洲に、埋立てが行われている。1931年1月21日の中外商業新報によれば、「通信省航空局では名実ともに完備した国際飛行場を東京から1時間以内で到達できる場所につくりたいと、数年前から東は江戸川河口から南は横浜まで探し回っていたが、たまたま羽田穴守稲荷の遠浅の海岸を飛鳥組が約18万坪ばかり埋め立てているのを発見した。ここならば東京からの距離の点でも申し分はなく、それに陸上機はもちろん水上機の発着にも適するので、交渉の結果、16万坪だけ買い取ることになり（以下略）」とある（図—2.3）。

1930年1月、通信省はこの土地16万坪を、飛鳥文吉

（1916年飛鳥組を設立、社長）から201万7千円で取得する³⁾。当該地については、用地を売却した飛鳥組と、埋立てを請け負ったと考えられる渡部了武（当時東京湾埋立会社から独立し臨海土木工業所を創業）が関連した記録がある。なお、当該地の埋立目的が、飛行場を念頭においたものか、京浜運河計画、京浜臨海工業地帯の造成に念頭においたものかは明確ではない。

東京国際飛行場の設計施工を担当した技術者である通信省嘱託技師の原田碧は、飛行場の工事着手直前に、工事画報1930年7月号において次のように述べている。「わが国における国際飛行場としては、通信省所管に属するものに、立川、大阪、福岡、蔚山、京城、平壤、大連等があるが、何れも陸軍等の飛行場である。ただ、目下設備準備中の東京飛行場は、全部政府の施設で全く理想的な Air Port と言ってよい」。また、原田は「東京飛行場は現在、立川陸軍飛行場の一隅にあるが、京浜沿線の羽田町鈴木新田すなわち穴守稲荷裏海岸に新たに16万坪の土地を買収して、これに上置土工事及び芝張をなすものである。その表面舗装工事の第1期として、6万坪の面積に芝張を為し、速やかに使用に供せんとしている。位置は図の如く、年中最多風位を経緯とする陸上設備にして、他日水上飛行設備にもこの地点が利用されることになっている」。工事は1930年8月から1931年3月まで行われ、同年8月25日に第1期として、滑走路長300 m、幅員30 m、面積20 ha程度の東京国際飛行場が供用された（図—2.4）。

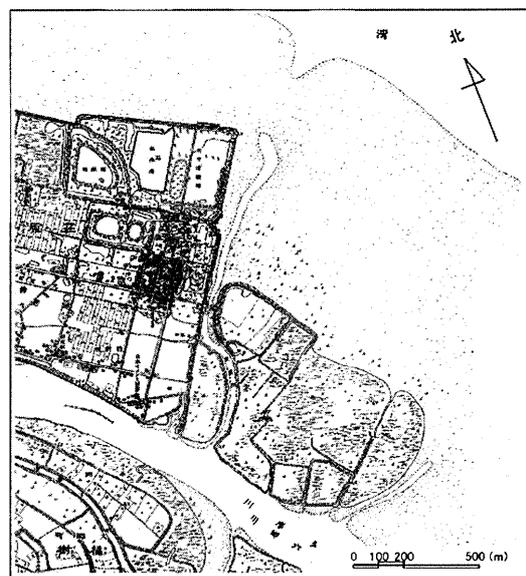
2.2.3 東京国際飛行場の拡張

開港後も、夜間着陸用照明施設等の整備が継続するが、1938年2月、隣接する京浜電鉄の土地を取得するなどして、1938年から1940年にかけて、用地を72.8 haに拡張、直交する長さ800 mの滑走路2本を設置する（図—2.5）。

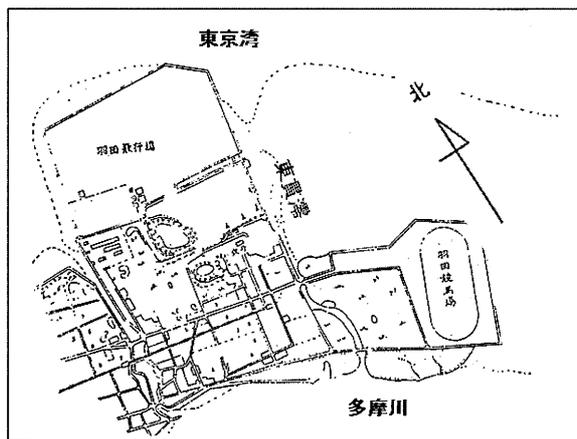
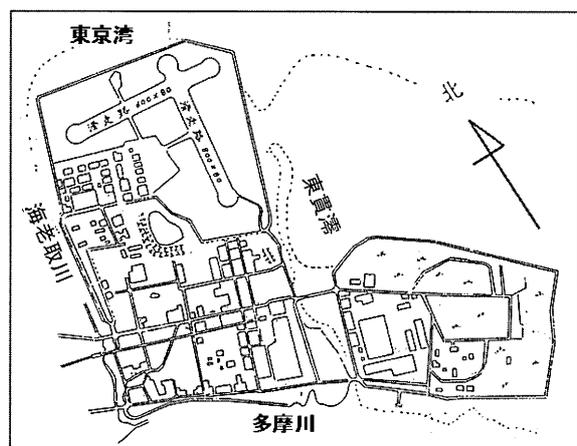
これに先立つ1934年9月7日の中外商業新報では、「羽田飛行場の拡張に併合を予定視される20万5千坪



図—2.2 1906年の羽田周辺の地形
(1906年陸地測量部発行 地形図 大森より抜粋)



図—2.3 1922年の羽田周辺の地形
(1922年陸地測量部発行 地形図 大森より抜粋)

図-2.4 東京国際飛行場 (1931年~1937年)³⁾図-2.5 東京国際飛行場 (1938年~1944年)³⁾

東京土地株式会社所有」と題して、「帝国飛行協会理事者の談話によれば、羽田飛行場は今後少なくとも40～50万坪の拡張を要し、将来100万坪に至って初めて完成を見るべく…(以下略)…ついに京浜運河の予定線をも今より沖合に変更せしめるであろう」と、すでに航空関係者の間では東京国際飛行場の拡張が望まれていたことが示されている。

しかし、1936年8月5日の東京朝日新聞には、「さらに7万坪を拡張 大航空港を実現 総工費200万円の大手算 伸びる羽田飛行場」と題されており、1934年の前述の記事の思惑としてあった埋立てによる拡張ではなく、隣接する土地を取得して拡張することになった。

滑走路の延長は、航空機の大型化に対応するものであり、1936年に運用を開始したDC-3が一つのきっかけとして考えられる。

2.2.4 京浜運河計画と東京国際飛行場の拡張の限界

当時、東京国際飛行場の立地した羽田周辺にはすでに内務省の京浜運河計画があった。京浜運河の明治期の東京築港問題と関連するが、運河計画の具体化は、浅野総一郎の鶴見～川崎間の臨海工業用地造成計画と密接に関連する。この計画が成功し、京浜臨海工業地帯造成計画に発展していく過程で、東京国際飛行場の東側と北側への展開は制約される。一方、航空機の大型化は飛行場の面積の拡大を必要とした。また、羽田は都心から15 km

もあったことから、より都心に近接した砂町に大規模な飛行場が計画される。

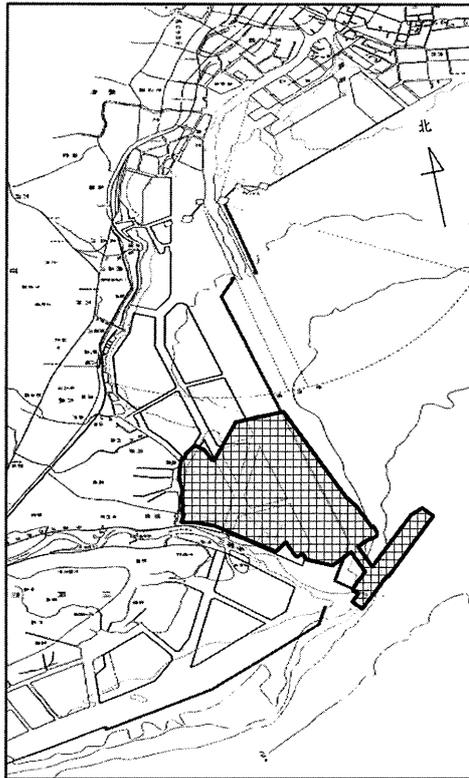
京浜運河が初めて認可されたのは1911年8月である。「鶴見川尻寄州を延長260間浚渫し、それにより神奈川県橋樹郡町田村、田島村、大師河原村の地内を経て、東京府、神奈川県の間である八幡濤（現在の殿町周辺）に至る延長4 955間の運河を新たに開削するものにして、運河幅57尺、左右一割五分法に掘削し、八幡濤より六郷川以北は海老取川を延長600間、羽田大森にまたがる羽田洲を700間浚渫し、舳船をして自由に往復航行なせしめ、羽田沖の危険風波と迂回航路の不利不便を避けしめ、京浜間の安全を図る」もので、工事費は約100万円とされていた。しかし事業は進捗せず、京浜運河会社に引き継がれる。一方で、この運河計画が鶴見埋立会社の埋立てと重複していたこと等から、鶴見埋立会社の浅野総一郎は、京浜運河会社の株式の過半数を取得することで調整を図る⁴⁾。

京浜運河計画は、東京築港問題との関連、政府財政の逼迫から、紆余曲折する。内務省は、1927年10月の臨時港湾調査会の審議により京浜運河計画を見直し、当初案を拡充した⁵⁾(図-2.6)。

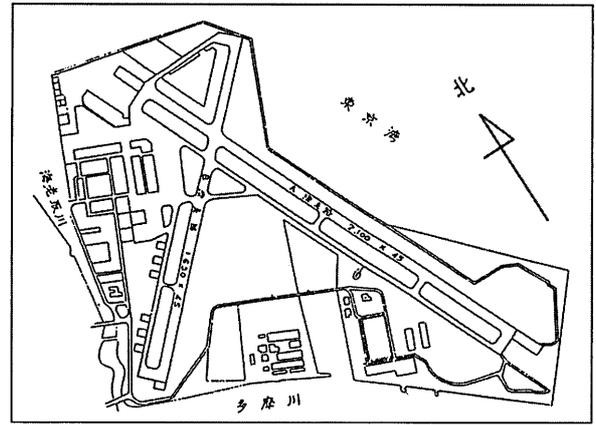
その内容は、船舶の大型化に備え、運河の延長を鶴見の埋立地から芝浦までの1万7 000 m、幅員を700 mとしたものである。そして国営を方針としつつも、財源難から、計画を民間が実施する場合にも、国の計画に従わせることとした。この方法は現在のPFI事業に類似している。この計画変更に対応して京浜運河会社は、1927年12月に内務省案に合致した計画に変更し、神奈川県知事と東京府知事あて免許を出願した⁴⁾。逓信省が1920年に購入した飛行場用地53 ha (16万坪)に隣接して、臨海工業地帯として、運河と工場用地が造成される計画であった。当時は工業の発展が強く求められた時代的背景がある。

1930年3月4日の時事新報では、「鶴見の埋立地はいまや新日本における一大工業地帯として発展の途上にある。(途中略)もし京浜運河開削計画が実現し、これに伴う大埋立地が新たに加わるならば、鶴見より品川に至る海岸に比類稀なる工業地帯が現出するであろう。京浜運河計画とは、東京湾埋立会社の姉妹会社である京浜運河会社の計画であり、1927年10月に招集された臨時港湾調査会において決議された京浜運河開削計画案に準じたものである。すなわち内務省でもかつて京浜運河の国営計画をたてたが、財政緊縮の叫ばれる今日このごろではとうてい実現の見込みがない。そこで京浜運河会社が独自の計画をたてて、これが認可の申請中だ」とある。

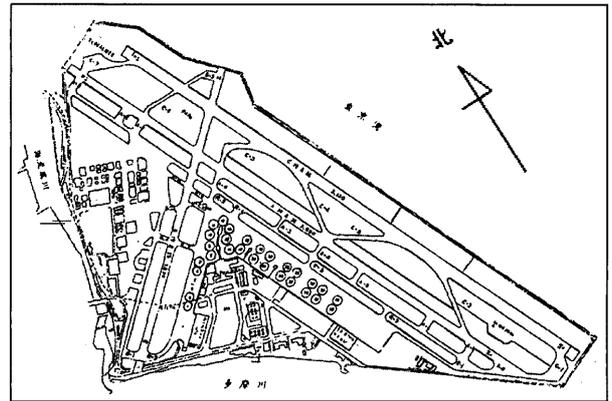
京浜運河会社は、1934年に川崎の漁業者との調整を完了するなど事業実施のため調整を進める。しかし当時、戦時体制下であり経済統制への移行から、1936年に内務省は、私営ではなく公営で行うことが適切であるとの方針を明らかにし、1937年4月より3カ年で政府が助成し、東京府、神奈川県が京浜運河開削工事および関連する埋立事業を事業費7 000万円をもって実施すること



図—2.6 京浜運河計画と羽田空港
(1927年 内務省臨時港湾調査会資料に現羽田空港位置を記載)



図—2.7 東京国際飛行場 (1945年～1951年)³⁾



図—2.8 東京国際飛行場 (1962年～1963年)³⁾

となった。1939年東京府は、総工費4500万円をもって京浜運河開削と892haの臨海工業地帯用の埋立造成を着工した。

2.2.5 連合軍の接収と飛行場拡張

戦前は、このように東京国際飛行場の拡張には制限があるとの認識であった。しかし連合軍の占領、東京国際飛行場の接収はこの制限をいとも簡単にとり払い、拡張が一気に進展した。

1945年9月、東京国際飛行場を含む海老取川以南の全域が連合軍に接収され、飛行場拡張工事が行われた。A滑走路の延長が最も長くとれるように羽田の両島を結ぶ計画であり、江戸見町のある島の対角線をとったB滑走路が計画された。滑走路延長はA滑走路2100m、B滑走路1650mで、面積は257.4haと、連合軍の接収により飛行場面積は一挙に3.5倍に拡張した。一方この拡張の結果、両島を隔てた東貫湾は埋め立てられ、ここに計画されていた運河計画はなくなった(図—2.7)。

1952年7月1日、サンフランシスコ対日講和条約の発効に伴って、ハネダ・エアベースの地上施設の大部分が返還された。運輸省航空庁は東京国際空港と呼称した。その背景以降首都東京の空の玄関となり次第に拡張されていく。それは、戦前にあった京浜運河計画と臨海工業地帯計画に対して、連合軍の要求により羽田部分について穴があげられたことが大きい。

1954年にはA滑走路を2500m×45mに延長し、1959年には2550mに再延長した。旅客ターミナルビルは1955年に完成し、誘導路4800m、エプロン13.3ha、

空港の総面積は260haと拡張されていった。この結果、飛行場の等級はICAO(国際民間航空機関)の定めるところのA・2級となった。国内法規である「空港整備法」が施行され羽田空港は、第1種空港に指定された。なお、1958年7月1日には羽田の航空管制権限が日本政府に返還され、この日をもって羽田空港は全面返還となった。

2.3 羽田空港の拡張 —沖合展開事業—

2.3.1 事業の目的

沖合展開事業(第I期1984年～1987年、第II期1987年～1993年、第III期1992年～2006年)は、下記に示す内容を実施することを目的としたものである。

- 1) 現空港の沖合に滑走路を移設および新設し、飛行径路を市街地から遠ざけることにより、騒音問題を抜本的に解消すること。
- 2) 離着陸処理能力を年間約24万回程度まで向上させ、長期にわたって国内航空の拠点としての機能を確保すること。
- 3) 廃棄物の埋立地に新しい滑走路と空港ターミナル施設を建設することにより、廃棄物処理と空港整備の両立を図ること。
- 4) 既存の空港用地の一部を開放し、都市施設整備のために有効に利用すること。

これらをねらいとして、空港面積を408haから1100haに拡張し、既存A(供用休止中)、B及びC滑走路を

講座

移設して新A滑走路3000m, 新B滑走路2500m及び新C滑走路3000mとすることにより, 年間8500万人程度の乗降客を取り扱うようにした。

また, 空港へのアクセス交通施設としては, 道路及び鉄道の導入を計画し, 道路については, 既存の環状8号線と首都高速1号線との取り付けに加えて, 計画中の湾岸道路とを取り付ける。一方, 鉄道については, 西側旅客ターミナル供用開始時にモノレールを同ターミナルまで延伸し, その後, 京浜急行電鉄空港線もターミナル地区まで延伸した。

2.3.2 事業計画

本事業は, 廃棄物によって埋め立てられる土地を利用して行うこととしており, また空港の中央部を東京湾岸道路が貫通することとなるので, 航空需要のほか, 埋立事業及び道路事業とも整合をとる必要から, 次の3段階に分けて実施した(図-2.9)。

第Ⅰ期工事: すでに陸地化している廃棄物処分場を利用して, 新A滑走路を整備した(1988年7月供用)。

第Ⅱ期工事: 東京湾岸道路の整備に合わせて, ターミナルの一部を完成させ, 現在のターミナル機能を移転させた(1993年9月供用)。

第Ⅲ期工事: 廃棄物処分場の陸地化を待って, 新B滑走路, 新C滑走路の整備や, その他の工事を実施し, 東京国際空港の沖合展開事業を完成させた。

2.3.3 第Ⅲ期地区地盤の特徴と課題

空港用地となった廃棄物処分場は, 層厚20mから30mにおよぶ沖積粘土層(Ac2層)上に軟弱な在来粘土層(Ac1層)が堆積していた原地盤の上に, 東京湾を浚渫したヘドロや, 陸上での建設工事などの際に発生した残土が埋立てられた超軟弱な地盤(Bs層)であった⁶⁾(図-2.10)。Bs層は高含水比であり, 埋立工区や工事工程の違いによって地盤条件が大きく異なり, ばらつきが大きいために, そのような地盤上に建設される滑走路に, 不同沈下が生じ, 勾配基準を逸脱する懸念があった。

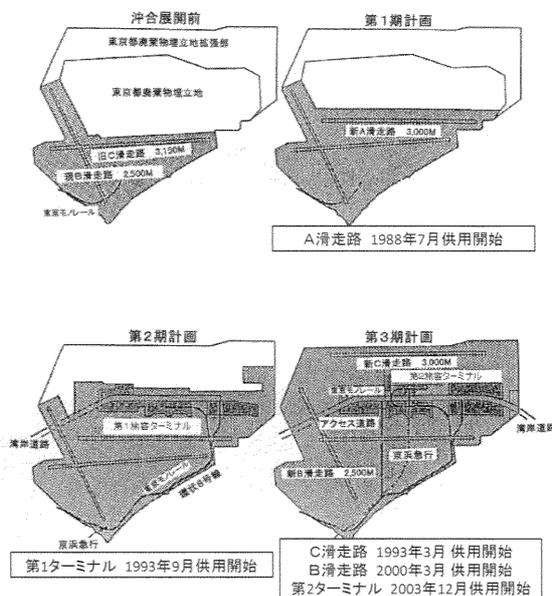


図-2.9 沖合展開事業

2.3.4 沖合展開事業の地盤工学的課題と対応

滑走路やエプロンなどの空港施設は厳しい平坦性が要求されることから, 沖合展開事業では, 早期に安定した地盤にする必要があり, 不同沈下を考慮した大規模で急速な施工による地盤改良を行った。

予測圧密沈下量は第Ⅰ期・Ⅱ期地区では1~4mであったが, 第Ⅲ期地区は5~9mに達した。第Ⅰ期・Ⅱ期地区は比較的浅い地盤での軟弱粘性層の改良となったためプラスチックボードドレーンによる改良を主工法とした。しかし, 第Ⅲ期地区は改良機械が埋没してしまうほどの軟弱地盤(写真-2.1, 2.2)のため, 表層に生石灰改良やセメント改良による固化盤を設け, 地盤改良機のトラフィカビリティを確保し, プラスチックボードドレーンによる圧密促進で含水比を下げ一定の地盤強度を確保した後に, Ac2層まで改良可能な大型のサンドドレーンによる地盤改良を実施した。Bs層の改良は圧密によりドレーン層が著しく変形し, ドレーン層の機能が得られないことから, Bs層に該当する部分ではネットでサンド柱を覆う部分被覆サンドドレーンを採用した。

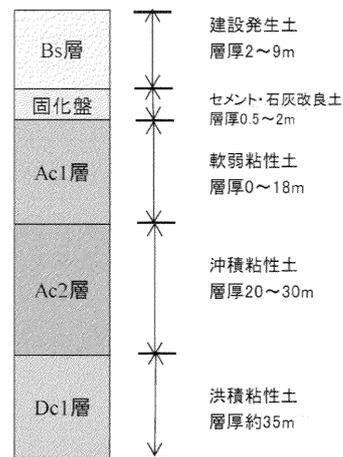


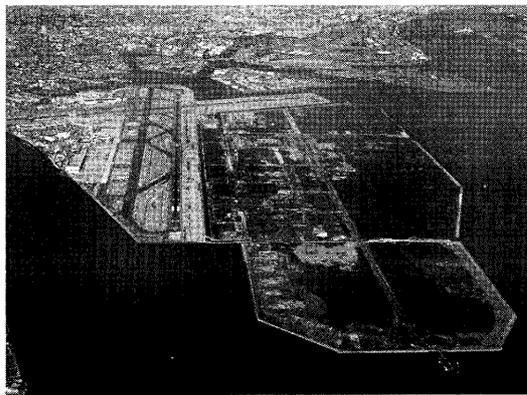
図-2.10 沖合展開事業Ⅲ期地区の概略土層図

表-2.1 地盤工学的課題と対応

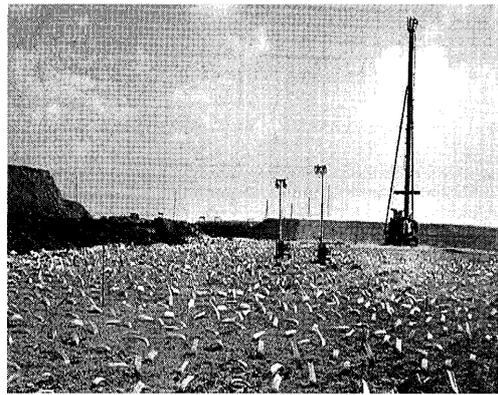
	工学的課題	対策
第Ⅰ期事業	・廃棄物処分場(浚渫ヘドロ, 建設残土等)を利用することに伴う軟弱地盤の改良	・プラスチックボードドレーンによる地盤改良
	・1960年代後半(1965~1974年)の埋立であり, かつ, 水深も浅く, 埋立土厚さも比較的小さい, 予測圧密沈下量は1~4m	・地盤沈下を前提に, 路床への荷重応力を小さくできるサンドイッチ舗装構造を採用(下層路盤に剛性の高いHMS(水硬性調整鉄鋼スラグ)を使用)
第Ⅱ期事業	・想定される供用後の地盤沈下に対するエプロン舗装構造	・プラスチックボードドレーン+バックドレーンによる地盤改良 ・将来の補修工法に対応した付着オーバーレイ工法およびPC舗装版リフトアップ工法
	・Ⅰ期, Ⅱ期地区に比べ格段に状態の悪い軟弱地盤(予想沈下量5~9m) ・残留沈下を許容した滑走路とエプロンの設計	・未貫通ドレーンによる改良工法 ・部分被覆サンドドレーンによる地盤改良
第Ⅲ期事業	・不同沈下への対応	・沈下を見越した縦断線形の設定(予測手法の開発)
	・高水位地下水対策	・滑走路路床下に排水層を配置



写真一2.1 沖合展開事業の改良前の地盤



写真一2.2 第三期地区の地盤改良前の状況
(埋立は終了しているが表面まで水浸)



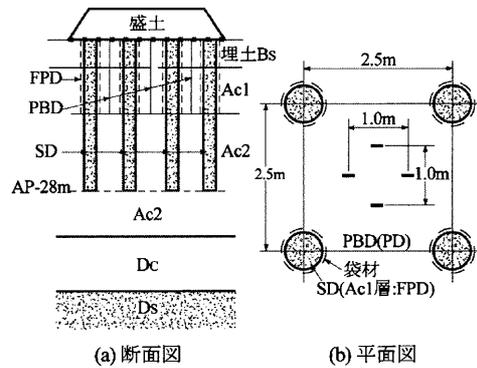
写真一2.3 地盤改良 (パーバードレーン)



写真一2.4 部分被覆サンドドレーン
(改良地盤上に敷設されたサンドマット部分における上部)

バーチカルドレーン工法の配置と寸法を図一2.11に示す。プラスチックボードドレーン (PBD) (写真一2.3), 小口径袋詰めサンドドレーン (PD, 直径12 cm), サンドドレーン (SD, 直径50 cm (写真一2.4)), 部分被覆サンドドレーン (FPD, 直径50 cm) が主な地盤改良工法であり, その数量は表一2.2のとおりである。沖合展開事業を実施するために開発された機械や設計手法は, 関西国際空港Ⅱ期事業, そしてD滑走路建設事業に活用されていく。例えば一部のサンドコンパクションパイル等の地盤改良船は, 関西国際空港の建設に使用され, また, D滑走路建設にも使用された。ただし, 各建設事業の課題に対応するために技術の改良が常に加えられていった。例えば, D滑走については, 早期供用のための圧密度の管理手法の精密化や輻輳海域における作業船の管理技術の改良等である。これらは, 理論的には可能であっても, これを実現するのは, 地盤の不均一性, 施工精度, 技能者の能力など, 現場の経験を踏まえた総合技術である。沖合展開事業からスタートする軟弱地盤の早期改良のための管理技術などは, D滑走路建設の技術的裏付けとなった。

Ⅲ期事業では, 羽田空港における最重要の滑走路であるC滑走路が1997年に供用され, B滑走路が2000年に供用, 東側ターミナルが2005年に供用された。この現場では, 軟弱な地盤がより厚くなるとともに, 工事の進



図一2.11 バーチカルドレーン工法

表一2.2 沖合展開事業地盤改良数量

工法	数量	I期地区	II期地区	III期地区	合計
プラスチックボードドレーン	総本数(千本)	660	450	1,210	2,320
	延長距離(千m)	9	7	22	38
袋詰サンドドレーン (バックドレーン)	総本数(千本)	-	1270	80	1350
	延長距離(千m)	-	25	2	27
サンドドレーン	総本数(千本)	-	140	120	260
	延長距離(千m)	-	4	4	8
部分被覆サンドドレーン	総本数(千本)	-	-	190	190
	延長距離(千m)	-	-	6	6
合計	総本数(千本)	660	1,860	1,600	4,120
	延長距離(千m)	9	36	34	79

捗により超軟弱地盤が変形し, 施工と並行し設計を見直す必要があった。このような, 供用日に間に合わせるための軟弱地盤改良技術は, より早期建設が求められた

講座

D滑走路の建設を支えた。

2.4 D滑走路の整備 —再拡張事業—

本節では、新たな滑走路が羽田に建設されることになった経緯、計画概要、工事の制約条件、国内の大規模プロジェクトでは初めてとなる設計・施工一括発注方式について概説する。

2.4.1 羽田空港の整備方針⁷⁾

D滑走路整備の経緯を表-2.3に示す。再拡張事業は、2000年度に国土交通省航空局が設置した首都圏第三空港検討委員会により検討されたのが、計画の具体化のはじまりである。この委員会においては、首都圏第三空港に優先して既存ストックがある羽田空港の容量拡大が適切であること、また滑走路離発着能力拡大のためには、定期航空局会や東京都が提案するC滑走路路合に第四滑走路を増設することより、B滑走路に平行した滑走路を増設することが適当であることが結論づけられた。この位置は東京港第一航路に近接し、また多摩川河口に位置した。再拡張事業は、この課題を「空港の立体化」と「環境保全措置の広域化」により調整することになる。

2.4.2 東京湾の利用の輻輳と空港基本計画

国土交通省は2001年12月19日に「羽田空港の再拡張に関する基本的な考え方」を公表した。これは、離発着能力拡大のための第四滑走路はB滑走路平行案によるものとするもので、計画の具体化にあたって次の課題を検討

表-2.3 D滑走路整備の経緯

2000.09	「首都圏第3空港調査検討会」検討開始
2001.07	「第6回検討会」で羽田再拡張の推進を提言
2001.12	国交省が「羽田空港の再拡張に関する基本的考え方」を決定
2002.03	「羽田空港再拡張事業工法評価選定会議」 栈橋、埋立・栈橋組合せ、浮体の3工法を検討
06	羽田再拡張が閣議決定 2000年代後半までに 国際定期便の就航をめざす
10	「工法評価選定会議」3工法の妥当性を結論 設計・施工一括発注方式を提案
2003.12	2004年度政府予算案で再拡張の事業化承認
2004.06	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)
07	D滑走路入札公告の実施
10	環境影響評価方法書公告
2005.03	D滑走路工事契約締結
08	環境影響評価準備書公告
2006.06	公有水面埋立承認出願 同 環境影響評価書公告
12	公有水面埋立承認 同 D滑走路調査業務開始
2007.03	D滑走路本工事着手
2010.08	D滑走路工事完了 同 D滑走路維持管理等工事着手
10	D滑走路供用開始

していくこととした。第一に、航行船舶の安全を確保するため東京港第一航路を変更する必要がある、この検討にあたっては東京港における廃棄物処理と港湾機能の確保を前提とすることである。第二に、多摩川の河川管理上支障を生じさせないように措置することである。

この検討の結果、東京港第一航路は再拡張事業の一環として移設された。これまでの航路と比較して約15度東にふり、D滑走路の先端と船舶の航行ルートとの距離は1700mとなった。しかしそれだけでは不十分であるため、D滑走路の先端部の高さを最低でもA.P.+17.1m以上を確保することとした(図-2.12)。現在の羽田空港のC滑走路の高さはA.P.+6m程度であることから、D滑走路の滑走路面の高さは非常に高い。また、D滑走路到着機の進入コースが浦安市街地上空の飛行を回避するよう千葉県等により意見書が提出されたため、滑走路の角度を時計回りに「7.5度」東に振るとともに、あわせて飛行方法を工夫し(オフセット ILS 進入方法を導入し、2度海上寄りの方角から進入)、合計「9.5度」進入経路を変更した。これにより、通過点は東京ディズニーランド沖約300mから約2kmへかい離させる事が可能となった(図-2.13)。

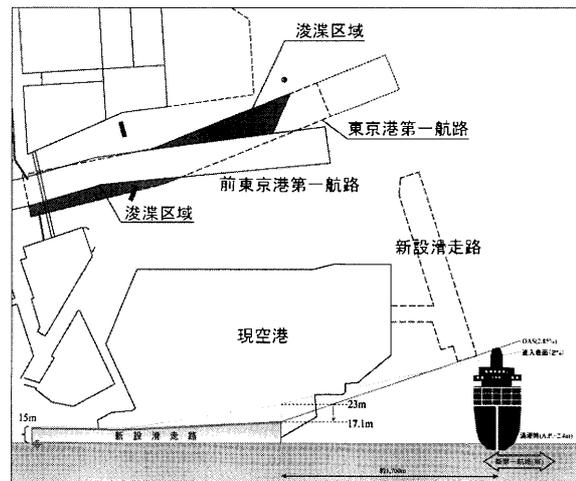


図-2.12 東京港航路の変更と滑走路の高さ

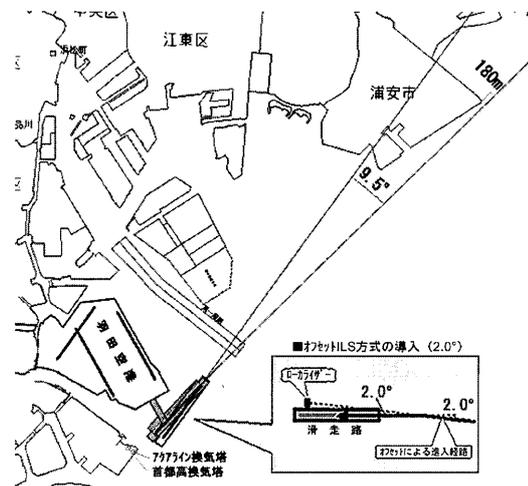


図-2.13 滑走路の方位角度の変更

2.4.3 新しい契約方式の採用⁸⁾

(1) 設計・施工一括発注方式による契約

技術的に大きく異なる三つの工法（栈橋工法，埋立・栈橋組合せ工法，浮体工法）を評価した結果，いずれの工法も技術的に建設可能であることから，工法を事前に一つに絞り込むことはせず，経済的に有利とされる設計・施工一括発注方式によることが妥当と判断された。このため，一般的な請負工事発注のように発注者が事前に構造形式を決定するのではなく，応札者の提案によることとなった。

(2) 性能規定発注方式

本件工事においては，空港としての要件を満足しつつ，栈橋構造，埋立・栈橋組合せ構造，浮体構造という三つの構造形式の提案を可能とするため，従来の発注方式である仕様規定は一部の項目にとどめ，性能規定の要素を多く取り入れている。

このため，構造物として必要とされる要求性能及び要求水準を規定した上で，その性能を満足することを要件として発注を行う性能規定発注方式とした。

2.4.4 D滑走路整備への課題と対応

D滑走路は，多摩川の河積阻害の関係から，栈橋と埋立の複合構造となっている。プロジェクト完成には様々な課題があったが，そのうち埋立部に関するものを挙げると，構造的な課題，地盤条件に関する課題，工程に関する課題があった。構造的な課題は，滑走路標高が高いことによる埋立層厚と狭隘なエリアでの施工が挙げられる。D滑走路の埋立層厚は41 mとなり，圧力増分は500 kPaを越える東京湾で過去最大規模となった。また，滑走路建設工事であるため，横断幅が約500 mと埋立工事としては，極めて狭く，地盤改良の管理のためボーリングや観測槽を設置することは施工の支障となるため，新たな手法が求められた。地盤条件に関しては，基礎地盤がAP-60 mまで軟弱な粘性土層が堆積しているため，施工順序や地盤の不均一性に起因した不同沈下や，地盤強度の増加を精密に調査することにより，追加盛土を行う必要など，工学的課題の解決が必要であった。埋立部外周護岸の直下は主にサンドコンパクションパイルで改良し，外周護岸の直背後の埋立てには浚渫土砂を固化材により改良した軽量かつ強度の高い管中混合処理土を使用した。しかし，盛土厚が最大45 mに達することから，原地盤に与える影響は大きい。原地盤の圧密沈下量は最大で約8 mに達する。サンドドレーン工法による沈下圧密の促進により，供用後の残留沈下を約1 mを残し，工事期間中に沈下の大部分を終了させる計画とした。

一方，多摩川河口部については，通水性を確保することが必要であり，河川管理施設等構造令の橋の規程に準拠し，例えば河積阻害率が8%以下となるよう設計した。この計画を成立させるために，長さ85～90 mの1165本の杭が打設され，標準系で長さ63 m，幅45 m，高さ32 mの鋼製の桁とレグ（脚）からなるジャケット198基が

設置された。

このように，滑走路面を高くすることで港湾機能との共存を図り，栈橋構造により滑走路下部における流水を妨げない構造として共存を図ったのがD滑走路の計画である。これはひとことでまとめれば，空港を立体化することで沿岸部の利用との調整を図ったということになる。これを支えたのが，軟弱地盤における埋立技術であり，栈橋建設技術であった。

この調整に必要とされる技術の適用には大きな費用を必要とする。当然，大きな費用に見合った便益が必要となる。しかし東京湾西岸のように利用密度が高い場合に，今回の空港の立体化が示すように，新たに参入する事業者が，費用を負担することを前提とした通常の調整方法は，沿岸域の適正な利用の観点からは難しくなりつつあることを示している。

2.5 おわりに

羽田空港は，多摩川や荒川から東京湾に堆積させ沖積粘性土上に建設したことから，空港地盤としての性能を満たすために様々な工夫をこらしてきた。さらに，羽田D滑走路では埋立てによって拡張された過去の建設経験を生かしつつ，設計の見直しと施工機械の改良を実施し，最新の技術を取り入れて建設された。経験を生かすためにはいかに技術の伝承を図っていくのが重要であるが，幸いにも，羽田空港の拡張，関西国際空港Ⅰ期，中部国際空港，関西国際空港Ⅱ期空港建設とプロジェクトが継続した。また，羽田空港の軟弱地盤対策については，大学等の多くの学識経験者や独立行政法人港湾空港技術研究所にご支援をいただいた。ここに深く感謝するものである。

次章からは，建設された工種別に具体的な設計の考え方，施工上の工夫について展開していく。

参考文献

- 1) 羽田空港再拡張事業について：国土交通省航空局 HP，http://www.mlit.go.jp/koku/04_outline/01_kuko/02_haneda/index.html
- 2) 原田 碧：「東京国際飛行場について」，工事画報，1930年（昭和5年）7月号
- 3) 東京空港工事事務所：「新しい空に向かって」，1985年（昭和60年）10月
- 4) 第75回国会 質問主意書 質問第13号 答弁書第13号，1975年（昭和50年）
- 5) 東亜建設工業㈱：「東京湾埋立物語」，1989年（平成元年）3月4日
- 6) 沿岸開発技術研究センター：東京国際空港沖合展開事業建設総覧，2000年（平成12年）1月
- 7) 沖合展開事業の概要：国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所 HP，http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/haneda/haneda/okiten/f_201_01.html
- 8) 松永康男・野口孝俊・四家弘行・大山達男：東京国際空港再拡張事業技術報告会（第三回）「D滑走路整備における契約方式について」，関東地方整備局東京空港整備事務所，2007年（平成19年）7月