

## 2 空港事業の技術

### (1) 空港事業の技術変遷の概要

空港の施設は、着陸帯、滑走路、誘導路、エプロン等の基本施設、無線、照明、気象観測、管制等の航空保安施設、旅客・貨物を取り扱うターミナル施設等の多くの施設から構成されている。このうち、着陸帯、滑走路、誘導路、エプロンの基本施設に、構内道路、駐車場、共同溝等を含め空港土木施設と称している。

空港土木施設は、滑走路に代表されるように一度供用を開始すると、その維持、補修が容易ではなく、また、航空機の高速化、大型化に対処すべく高い信頼性が求められているという特色があり、さらに、北海道においては、これらに加えて積雪、寒冷地という条件に耐えられるものでなければならぬ。このような条件の下で北海道における空港整備が進められてきたわけであるが、その克服すべき技術的課題は以下に述べるように多種多様かつ複雑であり、多岐にわたる技術的課題の克服の歴史がすなわち北海道における空港事業の技術変遷と言える。

昭和 55 年度から着手された釧路空港のジェット化に伴う滑走路延長工事では、延長部分が沢地であったことから、盛土高 65m、総盛土量は 200 万 m<sup>3</sup> に上り、さらに、地震多発地帯における軟弱地盤土への高盛土という難工事であったが、事前の数値シミュレーションにより耐震性評価を実施し、無事工事を終了した。

航空機の大型化への対応では、昭和 56 年度に函館空港の滑走路下を貫流している志海苔川の河川切替を、シールド工法及び連続地中壁工法により、滑走路を供用させながら完了している。同じく、函館空港では用地造成に当たり道内空港では初めてテールアルメ工法を採用し、必要最小限の用地取得により拡張工事を実施している。

稚内空港でのエプロン拡張工事では、周囲が北海道特有の泥炭性湿地であったことから、その処理に対し試験施工を実施し、ディープウェル工法等により地盤改良工事を行った。

積雪寒冷地空港の特色としては、凍上対策、凍結融解作用による舗装の劣化が大きな問題であり、昭和 50 年から建設が進められている新千歳空港では、現地で発生する火山灰の凍結融解試験を実施した後、凍上抑制材として路盤に使用し、現地発生材の有効利用により経済的舗装構造を可能とした。これらの実績に基づき、積雪寒冷地における空港舗装技術の集大成として「北海道空港舗装設計指針」の取りまとめが昭和 60 年に行われており、基準化が進められている。同じく新千歳空港では、冬期における誘導路のスリップ防止対策として、グルーピング（溝切り）の試験施工を平成元年度に実施しており、積雪寒冷地における空港土木施設の安全性向上対策として、順次北海道内の空港に展開された。また、残留水分等により滑走路等のアスファルトが膨れ上がるブリスタリング現象や、コンクリート舗装の骨材が融雪剤と反応して崩壊するポップアウト現象が、新千歳空港を始め、その他の空港においても発生し、その対策を実施した。

#### ア 釧路空港 ー北海道最大規模の高盛土ー

釧路空港は、昭和 36 年滑走路 1,200m が第二種空港として供用開始され、その後、昭和 48 年小型ジェット機対応のため、滑走路が 1,800m に延長され、さらに、昭和 52 年大型ジェット機就航を可

能とするため、滑走路 2,300m に延長する計画が決定した。この計画において滑走路の 500m 延長のうち、2,100m から 2,300m の延長区間では高さ 60m を超す道内最大規模の盛土工事が必要となった。

本空港は強震地帯にあり、地盤が軟弱でかつ丘陵地帯と釧路湿原の接点に位置することなどから、多くの技術的課題を解決する必要がある、このため昭和 56 年 1 月には、土質工学会内に、大学、北海道開発局の関係者などをメンバーとする釧路空港高盛土技術調査委員会(委員長:石原東大教授)を設置し、この委員会の専門家により、詳細な調査、検討を加えた上で、昭和 57 年 7 月に工事に着手した。

本工事においては、事業実施上種々の創意工夫や最新の技術が取り入れられたが、それを要約すれば次のとおりである。

- (ア) 地下水の湧水処理対策として透水管、採石ドレーン等の排水工法を採用したこと。
- (イ) 軟弱地盤対策として、砕石コンパクション、shear key 工法等の地盤改良を採用したこと。
- (ウ) 地震時における盛土部の安定性確保のため、混合試験、転圧試験を実施し最適盛土材の決定を行い、安定性を検証するため地震計等により盛土部の動態を長期にわたって観測することとしたこと。
- (エ) 少雪、厳寒地帯のため、法面保護植生工に工夫を凝らしたこと。

盛土量 200 万 m<sup>3</sup> の施工を含む、本工事は順調に進み、昭和 63 年 5 月に発生した震度 5 の地震にも全く損傷を受けることなく、着工以来 7 年を経た平成元年に無事完了し、関連施設も含め、平成元年 12 月 1 日に供用開始されたところである。



写真-1 釧路空港

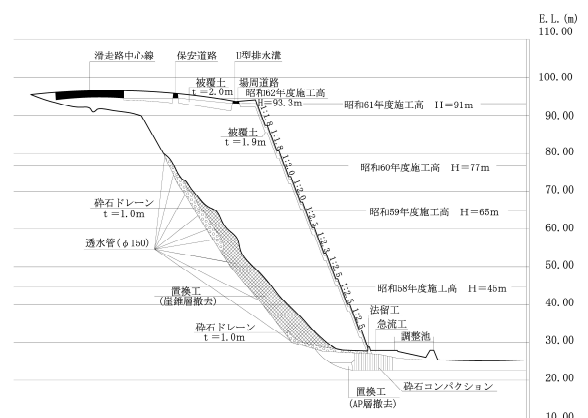


図-1 高盛土施工断面図

#### イ 函館空港 —テールアルメ（補強土壁）工法—

函館空港は、函館市内から東に 10km の海岸沿いの丘陵台地に位置し、乗降客数約 180 万人（令和元年）を有する道内第二の地方基幹空港である。需要の増加に歩調を合わせて空港施設を拡張し、また、改良を加えているが、昭和 61 年度に計画された用地拡張に当たって、土壁工法の選定が問題となった。すなわち、一般的な盛土工法では、法尻が民有地に食い込むことになり、また、滑走路地下を横断している志海苔川シールドの補強を別途考慮しなければならなくなる。このことから、施工性や経済性を踏まえていくつかの工法を比較検討した結果、テールアルメ工法を採用すること

とした。

本工法は構造概念図に示すように、壁面を構成しているコンクリートスキンと層状に敷設したストリップと称する帯状鋼板等の補強材を含む盛土部分からなっており、この補強材と土の間に作用する摩擦力によって土の前面への膨らみ出しを阻止し、安定な壁面を構築しようとする工法である。

表面に見えるコンクリートスキンはその背面の土のこぼれ出しを防ぐための押さえであり、従来からある擁壁や土留壁のように、その構造自体によって背後の土圧を全て支えようとしている構造物とは考え方が根本的に異なる。

設計に当たり、盛土材の材質は構造上良質の材料でなければならないが、空港内から発生する土砂に良質土がないことから、材料コストの低減を図るためにストリップを砂（購入材）で挟み、それ以外は空港内から発生する土砂を流用しサンドイッチ構造とする工夫を凝らした。

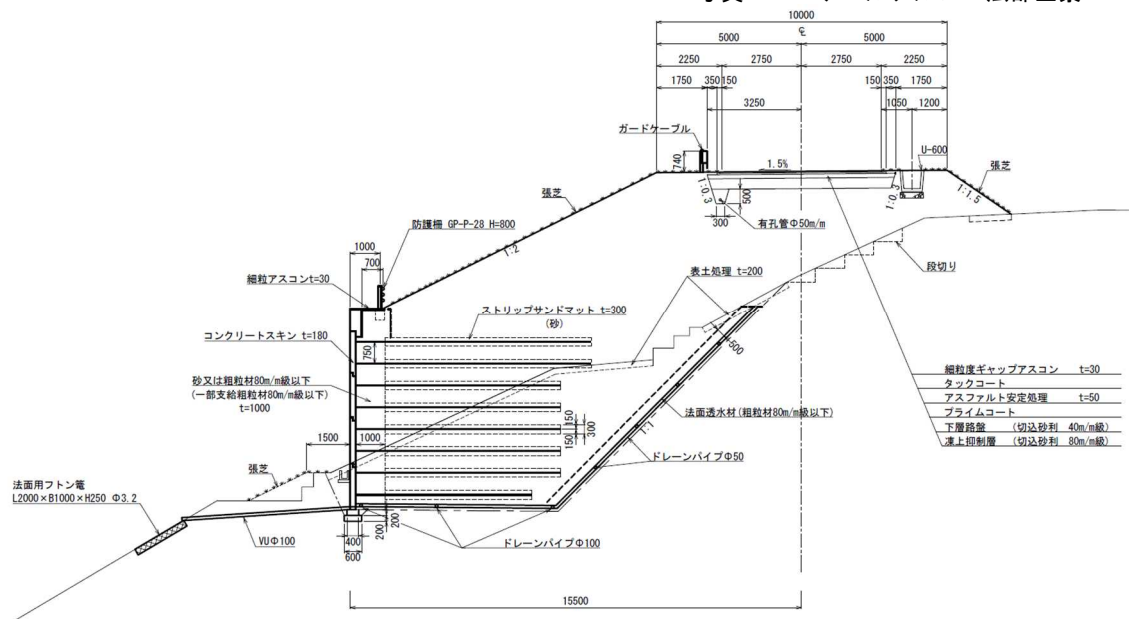
施工に当たり、①谷部で水が集中しやすい、②旧盛土地帯である、③盛土材に細粒分が多い、④湧水がある、といった問題点を抱えていたが、試行錯誤を繰り返しながら、当時としては道内最大規模（壁延面積 1,700m<sup>2</sup>、延長 300m）の品質の高いテールアルメ壁を構築した。



写真－2 函館空港



写真－3 テールアルメ工法部全景



## ウ 新千歳空港 ー地域の国際化を担う 3,000m 滑走路の建設ー

新千歳空港は 3,000m 滑走路 2 本を有する道内最大の、また、施設規模、乗降客数共全国有数の国土交通大臣が設置する拠点空港である。3,000m 滑走路の 2 本化は、国内航空路の基幹空港及び北海道地域における国際航空の拠点を目標に建設を進めた、総事業費約 1,000 億円のビッグプロジェクトであった。

オイルショックなどによる社会情勢の変化、用地補償の難航等を克服、膨大な埋蔵文化財の発掘調査を行い、周辺環境保全に配慮しつつ工事を実施した。

用地造成は面積 550ha、土工量 800 万 m<sup>3</sup> で、支笏・恵庭・樽前の火山噴出物による高含水土を含む各種の火山灰混合土を使用するため土の変化率等を試験により求めた。また、沢部の軟弱地盤対策としてはプレロード工法、サンドコンパクション工法、置換工法を用いた。

二級河川安平川水系に属し 700ha の広大な面積を有する当空港の雨水・融雪水排水計画は、①美沢川等の改修計画、②空港内の水を場周排水路へ導く排水路計画、③場内の水を河川へ誘導する場周排水路及び河川への流出増を抑制する調整池計画、の三つに大別できる。

航空機の離着陸等に支障とならない窪地を利用したボンディングシステムが特色であり、また、場内の函（管）渠は 20km を越える長さで 680t の航空機荷重で設計している。

空港敷地 719ha のうち舗装面積は 280ha で、①寒冷地域における凍結・融解作用、②高盛土地区における不等沈下、③航空機の施設利用形態、④除雪及び舗装の維持管理等を考慮して 350t の航空機荷重で設計する滑走路、誘導路はアスファルト舗装で最大厚 123cm、ローディングエプロンはコンクリート舗装でスラブ厚 38cm である。経済的見地から凍上抑制層及び路床の置換材料として現地発生の良い質材を用いているが、凍結融解試験を行って保存率を求め、設計 CBR を決定した手法は全国でも初めてであった。

A 滑走路及び B 滑走路とも供用後 10 年以上がたち、A 滑走路では表面に円形状の膨らみが生じるブリスタリング現象が発生した。これはアスファルト内部に水分が浸透し熱せられて膨張したことにより発生するものである。このため、表・基層の舗装構成を変更するとともに、施工境界面の付着性改善やホットジョイント工法等の採用による水分の浸入を防ぐ改良工事を行った。

また、エプロンに散布する融雪剤と反応してコンクリートの骨材が崩壊するポップアウト現象が生じないように、凍結融解試験を付加した独自の有機材反応試験を採用し、適切な骨材を選定してエプロン等の整備を行っている。

積雪寒冷地空港では、冬期間航空機に積もった雪や付着した氷を除去し、離陸時の雪の付着を防止するための作業（デアイシング）をターミナル前のエプロンで実施しているが、デアイシングに用いる薬液の効果に一定の時間制限があることから、離陸箇所に近い位置での作業が望ましい。このため、デアイシング作業専用のエプロンを整備した。



写真-4 新千歳空港



写真-5 エプロン舗装工事



写真-6 国際線ターミナル



写真-7 グルーピング工事

#### エ 稚内空港 ー最北空の玄関口稚内空港ー

稚内空港の昭和 30 年代以前は、声問原野の一部を地ならしした程度のおよそ原始的な離着場があったにすぎなかった。

戦後経済復興が進むにつれ、地元の空港建設への強い要望により昭和 32 年 6 月に空港の設置決定をし、同年滑走路 1,200m、誘導路、エプロンが完成した。

さらに、昭和 33 年 7 月、第二種空港に指定され、対空通信施設等の完成を経て、昭和 35 年 4 月に供用開始、北日本航空の DC-3 航空機が就航し、道北地方の航空輸送の拠点として重要な役割を果たしてきた。

こうした中で、旅客数は、昭和 57 年に 69,000 人、昭和 58 年には 74,000 人と年々着実に伸び、今後の航空需要の増大に対処するためには、ジェット化を図ることが必要となり、滑走路を 2,000m に延長することになった。

滑走路の延長に伴う計器着陸帯の拡幅には、既存のターミナル地域（海側）が支障となるため、陸側（現在のターミナル位置）に移設することとなった。新ターミナル、エプロン、駐車場付近は泥炭層が分布した軟弱地盤であることから、その対策として軟弱層を取り除き、砂による置換工法及び載荷重工法による地盤改良が実施され、昭和 62 年 6 月に滑走路 1,800m での供用を開始し、翌年 10 月には滑走路 2,000m による供用開始となった。

しかし、冬季には悪天候を原因とする欠航や他空港への代替着陸が相次ぎ、就航率が大きく落ち込むことから、就航率向上への方策として種々の検討を行ったところ、滑走路を更に 200m 延長する方策が費用対効果の高い方法であるとの結論に至り、平成 21 年 11 月に滑走路 2,200m として供用を開始した。



写真-8 稚内空港



写真-9 エプロン利用状況

#### オ 札幌飛行場（丘珠空港） 一道内ネットワークの拠点

札幌飛行場（丘珠空港）は札幌市中心部から約 12km に位置しており、利用者にとって非常に利便性の高い反面、市街地が近接している空港としての課題も抱えている。

札幌飛行場の就航機は小型のため、乗降客はターミナルビルから飛行機まで屋外を徒歩で移動しなければならないが、冬期間は路面凍結により乗降客が転倒する危険性があった。そこで、平成 17 年度に空港の駐機場（エプロン）として全国初の乗降客用ロードヒーティングを整備し、利用者の安全を確保した。



写真-10 札幌飛行場



写真-11 ロードヒーティング