

東京国際空港における 新たなシールドトンネル事業 -国際線と国内線を結び日本各地と世界の交流 を活性化-

鎌田 高史

関東地方整備局 東京空港整備事務所 第三建設管理官室 (〒144-0041 東京都大田区羽田空港3-3-1) .

東京国際空港（羽田空港）は、首都圏の国際競争力の強化、増加する訪日外国人旅行者の受け入れ、地方創生等の観点から、首都圏空港の機能強化に向けて、飛行経路の見直し等により空港処理能力を約4万回拡大する。空港処理能力の拡大及びインバウンド需要の高まりによる国際線と国内線の乗り継ぎの一層の増加が想定されるため、国際線ターミナルと国内線ターミナル間の効率的な乗り継ぎ動線を確保し、乗り継ぎ移動時間の短縮や利便性、定時制の向上を図るため、空港用大型バスが走行可能なシールドトンネルを整備するものである。本稿は、トンネルの整備概要や羽田空港における設計や計測管理で考慮した点を記載する。

キーワード 東京国際空港、シールドトンネル、機能強化、埋立地盤、圧密沈下

1. はじめに

羽田空港は、国内航空交通の中心として2019年冬ダイヤ時点で、国内48空港との間に1日約500往復、国際航空交通では海外32都市との間にネットワークが形成され、国内・国際の総旅客数で年間約8,500万人が利用する空港である。

航空局の予測によると2020年代前半には首都圏空港（羽田空港と成田空港）の航空需要は、現在の処理能力約75万回のほぼ限界に達する見込みとなっている。

日本の空の玄関口である首都圏空港については、諸外国とのヒトとモノの交流を一層活性化させることにより、さらなる首都圏の国際競争力の向上、

豊富な国内航空ネットワークを通じた国内各地域への経済効果の波及を図るほか、訪日外国人旅行者4,000万人という政策目標の達成に向け、更なる機能強化を図るものである。

これまでの国内線と国際線の乗り継ぎは、一般道を走行する連絡バスを利用して、ターミナル間を移動していたため、移動距離が長く移動に時間を要していた。そこで、一般道を利用せずに、直接ターミナル間を行き来することができるトンネルを整備することにより移動距離を短くし、移動時間の短縮を行うこととした。これにより、地方から羽田経由で海外に出かける人や、海外から羽田に降り立ち国内線に乗り換える訪日外国人旅行者に対して利便性の向上に寄与する。（図-1,2）

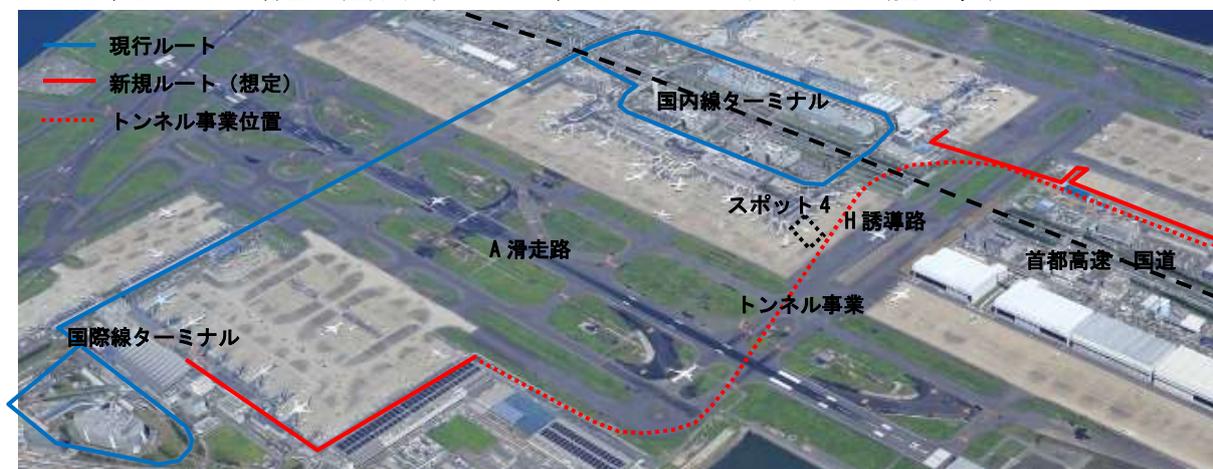


図-1 位置図
1

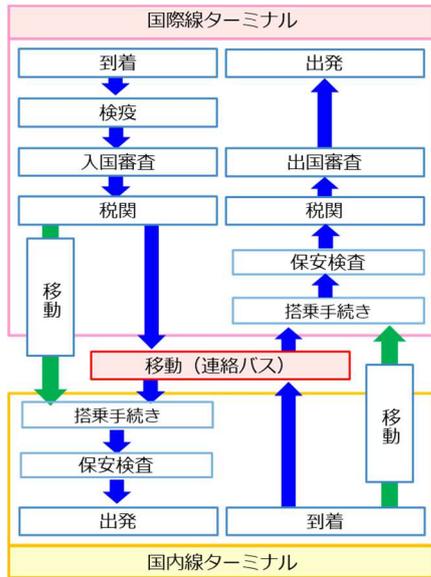


図-2 乗り継ぎ概要図

2. 国際線と国内線を結ぶトンネル整備概要

トンネル事業は、供用中の滑走路、首都高速道路等の構造物直下を通過するものであり、国内線ターミナル側の地上から延長約 250m の国内線アプローチ（函渠及び U 型擁壁）、それにつながる約 1850m のシールドトンネル、さらに国際線ターミナル側の地上へ連絡する約 390m の国際線アプローチ（函渠及び U 型擁壁）を整備するものである。（図 - 3, 4, 5）

以下に事業概要図及びシールドトンネルの設計条件を示す。

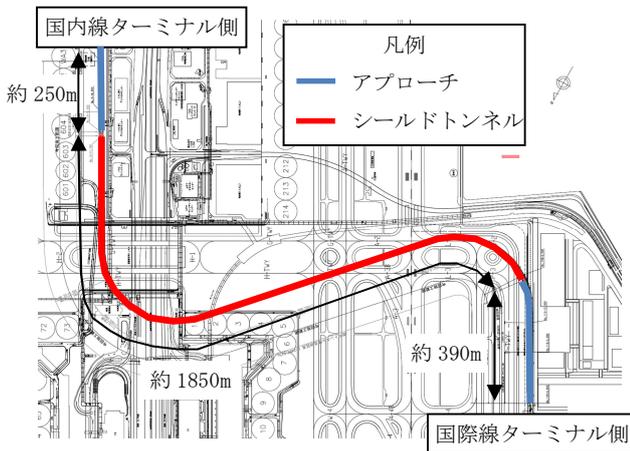


図 - 3 整備概要図

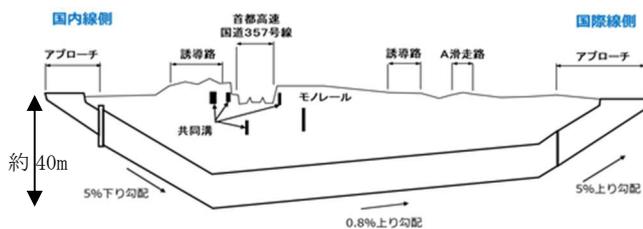


図 - 4 縦断計画

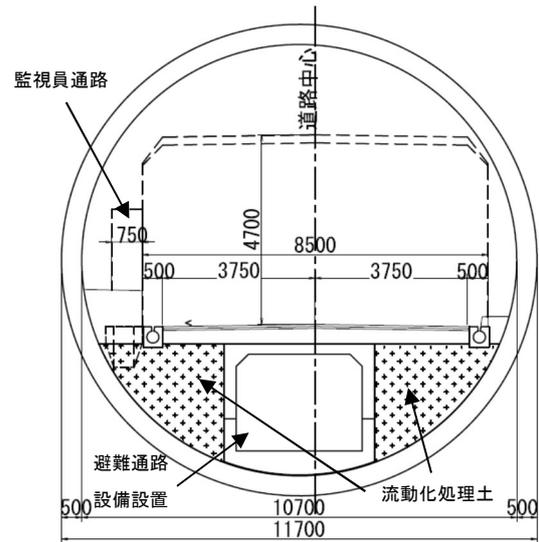


図 - 5 断面図

設計条件

計画交通量：約 2,500 台／日

設計車両：全幅 3.0m 以下の車両※

設計速度：30km/h

幅員構成：車線 3.75m 2 車線 路肩 0.5m

建築限界：4.7m

（オーバーレイ余裕代 0.2m 含む）

避難施設：すべり台方式設置

監視員設備：幅 0.75m

※空港内であることから、道路構造令における普通自動車より大きい空港用大型バス（写真 - 1）が走行している。（全幅 2.99m（サイドミラー含む全幅 3.55m））

シールドトンネル設計条件

セグメント種類：合成セグメント

セグメント幅：1.5m（直線部）、1.2m（曲線部）

セグメント厚さ：500mm

上載荷重：航空機荷重（20kN/m²）考慮

シールド径：11.8m

掘進方法：泥水式シールド工法（写真 - 2）



写真 - 1
空港用大型バス



写真 - 2
シールドマシン全景

3. 圧密沈下を考慮した設計

羽田空港は、沖合展開事業において浚渫土や建設発生土などを利用した埋立地であり、現在も圧密沈下が継続している。沖合展開事業（図-6）とは、1984年1月から羽田空港と全国空港とのネットワークを充実し、首都圏における国内航空交通の中心としての役割を将来にわたって確保するために実施された事業であり、以下の3つを主目的として実施された。

- ①空と陸における輸送力を確保
- ②航空機騒音問題の抜本的解消
- ③廃棄物埋立処理場を有効用地として有効に利用

シールドトンネルは、軟弱地盤層（Ac2層）（図-7）に位置するため、圧密沈下による鉛直方向の付加的な荷重の影響を受けると考えた。そこで、圧密沈下による付加荷重を算出し、セグメントの設計に反映させることとして、シールドトンネル周辺の圧密沈下による挙動をFEM解析にて把握することとした。

解析手順は、まず、羽田空港の圧密沈下の観測結果をもとに、50年後の圧密沈下量を予測し、それをFEM解析で再現した。次に、シールドトンネル設置後の沈下量と応力を算出した。

解析結果、シールドトンネル上部に発生した応力とシールドトンネルがない箇所で発生した応力を比較するとおよそ100kN/m²の差があり、それを鉛直荷重として考慮した。（図-8）その結果、RCセグメントでは許容応力度を超過し、構造が成り立たなかったため、合成セグメントを採用した。

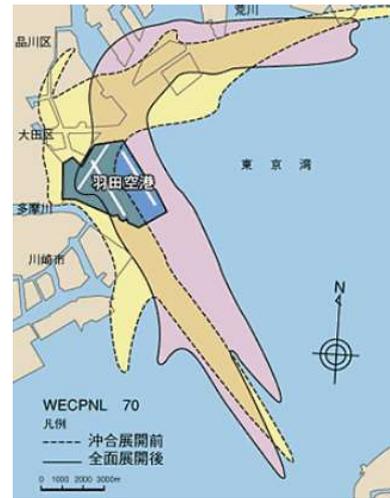


図-6 沖合展開概要図

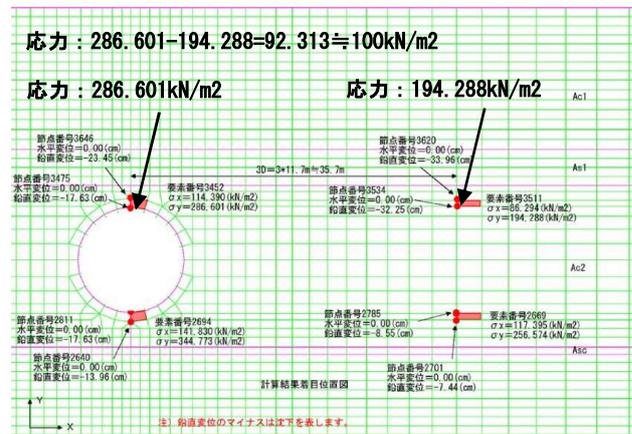


図-8 FEM解析結果

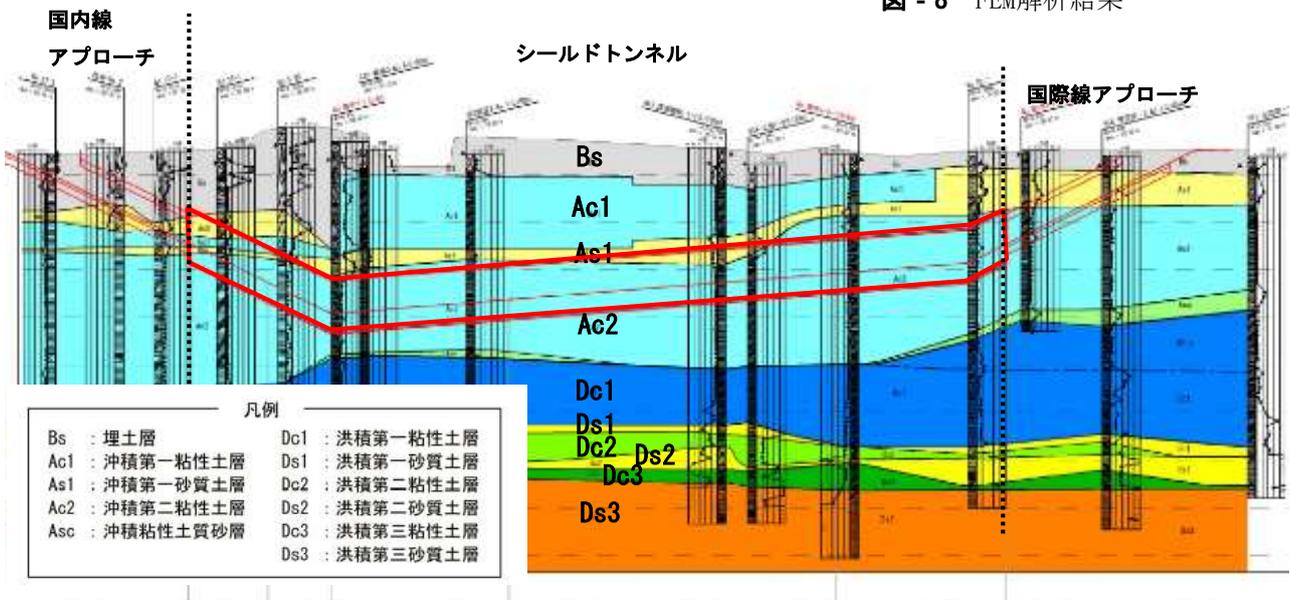


図-7 地盤断面図

4. 滑走路等の計測管理

滑走路、首都高速道路等の重要施設直下をシールド機で掘進するため、それぞれの構造物へ影響を与えないことが重要である。よって、それぞれの施設について計測管理を行った。

シールドマシンの通過に伴う地盤の変状は、シールドマシン通過に伴う急激な沈下とシールドマシン通過に伴う地盤のゆるみによる緩やかな沈下の大きく2つに分けられる。シールドマシン通過に伴う急激な沈下量は、それぞれの管理者と協議して決めた1次管理値以内であり、適切に掘進管理できた。しかし、モノレールや共同溝等において、シールドマシン通過後何ヶ月も緩やかな沈下が継続していた。羽田空港は、軟弱地盤であり圧密沈下が継続しているため、圧密沈下による影響も考えられた。そこで、グラフ(図-9)より緩やかな沈下に対する年間の圧密沈下量を予測し、過年度の沈下量の計測結果と同等か確認を行った。

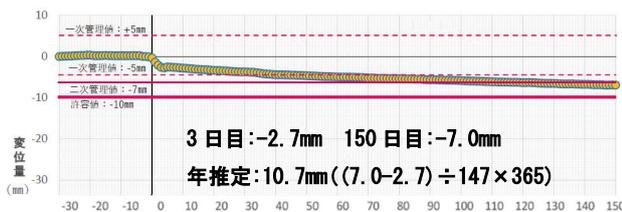


図-9 共同溝の計測結果

グラフ(図-9)より、シールドマシンの接近とともに沈下し、裏込め注入を完了した時点(計測断面通過3日後)で地盤変状の急激な変状は収まったが、その後4ヶ月も沈下は止まらない状況であった。

測定箇所近傍のH誘導路の年間の沈下状況を計測したデータ(図-10)より、共同溝付近の年間の圧密沈下は、10mmであることがわかった。

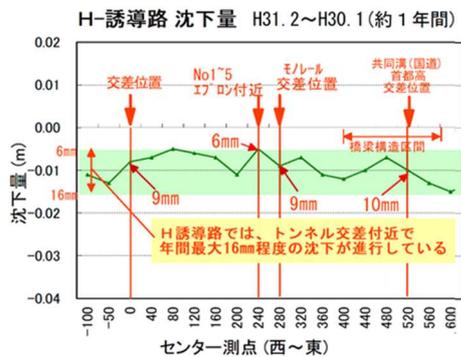


図-10 H誘導路沈下計測データ

図-7の計測結果より、150日目の沈下量(-7.0mm)シールドマシン通過に伴う急激な沈下量(-2.7mm)より、年間の沈下量は10.7mmと推定された。

推定された沈下量は、近傍の沈下を計測した値10mm(H30.1~H30.2)と同等であるため問題ないと考えた。

5. 予期せぬリスク対応

シールドマシンによる掘進を進めていると、エプロンスポット No. 4のコンクリート目地より泥水が流出し、エプロンの変位量を計測すると一次管理値を超過していた。(図-11)

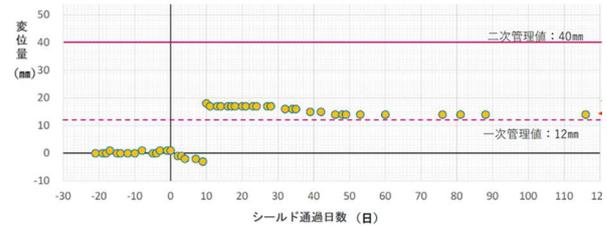


図-11 エプロンスポット4測量結果

事前に決めていた一次管理値を逸脱した場合の対応に基づき、まず、空港管理者である航空局とエプロンの点検を実施し、航空機の運航に支障のないことを確認した。

次に、施工状況の点検および変状原因の究明をした。原因として当該箇所は、東京国際空港沖合展開事業で施工された支障物撤去区間であった。この支障物は、羽田沖廃棄物処分場建設工事で設置された中仕切柵で、H鋼と鋼管杭からなっているこのような状況から、支障物撤去後の隙間が十分に充填されておらず、その隙間を水みちとして泥水が地上付近まで伝わり、舗装目地の隙間から噴出した可能性が高いと考えられた。

最後に、考えられた原因より、以下に示す地表面の変状を抑制する方法に変更し問題なく施工を進めることができた。

①高濃度泥水の使用②切羽水圧の低下③地上の監視、計測、清掃が可能な日時のみ掘進④裏込め注入率120%程度以上を目標とし、シールド通過後の地山の緩みを抑制するとともに、坑内からの二次注入ができるように準備⑤万一の地表面への泥水流出に備えて、緊急資機材(散水車、バキューム車等)を配備

6. おわりに

本事業は、滑走路等の重要施設の直下を掘進するシールドトンネル事業であったが、有識者・受注者・発注者が一丸となり迅速な技術対応を図ることにより、無事に掘進を完了することができた。本事業で得られた知見を今後の羽田空港における同様事業に活かしていただければ幸いである。