

羽田D滑走路建設工事における埋立部の情報化施工 ～軟弱地盤における急速盛土施工時の沈下安定管理と長期沈下予測～

護岸・埋立（IV）工区 ○高橋 充 塚谷 常廣 木内 大介

キーワード： 情報化施工 沈下管理 安定管理 層厚管理 長期沈下予測

1. はじめに

羽田D滑走路建設工事（以下、本工事）の埋立部は、かつてない急速施工により最大施工層厚 45m にもおよぶ高盛土を軟弱地盤上に構築するため、施工段階から原地盤の圧密沈下や変形挙動を的確に捉えた上で、滑走路島としての長期安定性を確保する必要があった。そのため、本工事では、各種調査・計測技術を組み合わせた情報化施工を実施し、施工中の沈下安定管理を行うとともに、圧密地盤定数の同定に基づく長期沈下予測解析を行って、残留沈下を考慮した最終埋立天端高を設定した。

本稿では、埋立部にて実施した施工中の沈下安定管理の内容と長期沈下予測の結果について報告する。

2. 設計概要

2-1 全体計画

本工事は増大する航空需要に対応するため、羽田空港南方沖合に延長 3,120m の新滑走路島を築造し、羽田空港 4 本目となる 2,500m 級の D 滑走路を新設するプロジェクトである。

滑走路島は、図-1 に示すように、多摩川の通水性確保を目的に、多摩川河口域に位置する 1,100m をジャケット式の栈橋構造に、残り 2,020m を埋立構造とした。

同滑走路島は、現空港の運用制限のもと、軟弱地盤上に極めて短期間で建設される世界でも例をみない構造形式であり、あらゆる点で極めて高度な施工管理技術が要求される工事である。

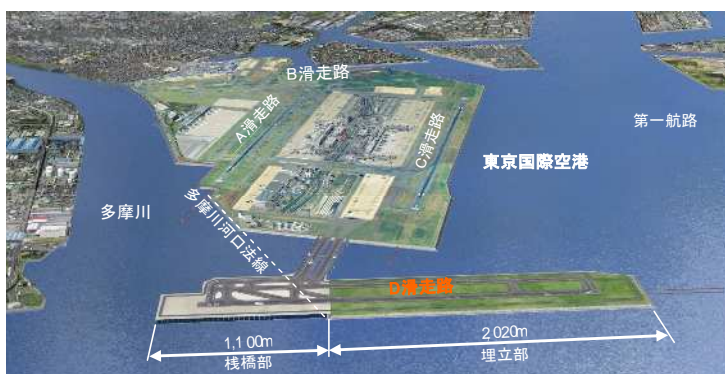


図-1 全体計画図

2-2 計画線形

滑走路の縦断計画線形及び横断計画線形の一例を図-2 及び図-3 に示す。滑走路は、近接する東京港第一航路の航行船舶との高さの取り合いなどから 23 端で A.P.+17.1m、勾配変化点で A.P.+13.0m を確保する必要があり、通常の空港島建設工事と比べて高盛土となっている。

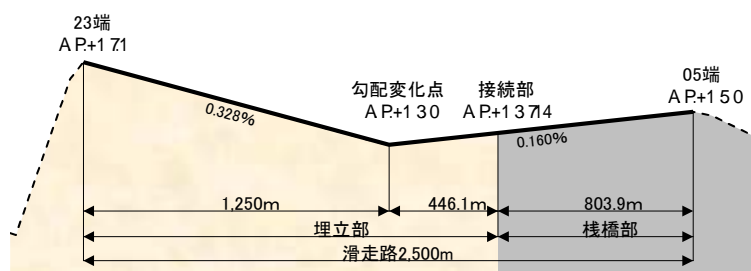


図-2 滑走路縦断計画線形

また、横断勾配は埋立土量の低減を目的に、規定勾配に対して最急勾配を基本として設定している。

このため、滑走路島としての必要高さならびに規定勾配が確保できるように、面的な圧密沈下現象を的確に捉えて、埋立最終天端高を設定していく必要があった。

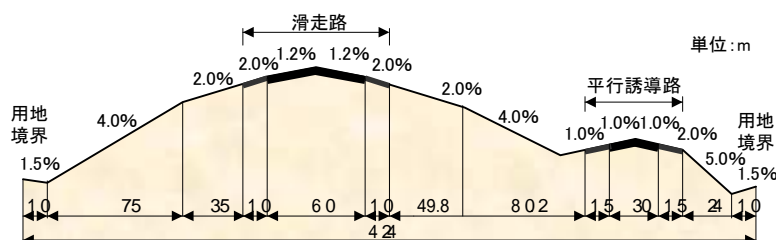


図-3 埋立部横断計画線形（一例）

3. 情報化施工の概要

3-1 情報化施工の目的

本工事の情報化施工は、計測計器や原位置地盤調査、GPS・深淺測量などから得られる各種情報をもとに、
 確実な施工を目的とした施工中の層厚・沈下・安定管理、②長期沈下予測に基づく埋立最終天端高の設定、
 ③開港以降の維持管理計画の策定を目的として実施した。

3-2 情報化施工に基づく管理項目

施工中の情報化施工に基づく管理項目は、①埋立層厚履歴管理、②安定管理、③沈下管理に大別される。
 各管理項目とその概要を表-1に示す。

表-1 情報化施工に基づく主な管理項目

管理項目	内容
埋立層厚履歴管理	<ul style="list-style-type: none"> ・埋立層厚履歴の管理（長期沈下予測や強度増加量などの計算値算出に利用） ・面的な沈下傾向の把握から地盤改良効果の検証 ・土砂投入手順の管理と投入箇所のすべり破壊挙動の監視
安定管理	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤の強度増加の確認と安定解析による次段階盛土の施工可否判断 ・安定管理図表を用いた盛土中の安定管理 ・リアルタイムGPSを用いた盛土地盤挙動の常時監視
沈下管理	<ul style="list-style-type: none"> ・沈下量に基づく各盛土施工天端の設定（設計層厚を確保） ・施工中の圧密進行状況の検証 ・圧密地盤定数の同定と長期沈下予測

3-3 調査・計測計画

3-3-1 調査・計測項目

計測計器は、地盤条件や構造条件、先行施工区域などを考慮して各種計測計器を設置する重点観測区域（@500m）と、それを補間するように沈下計測を行う簡易観測区域（@250m）を設け、護岸及び中仕切堤などの堤体盛土中央部ならびに滑走路や平行誘導路のセンターラインを中心に配置した。

計測計器以外では、埋立層厚履歴及び面的な沈下傾向を把握するためにGPS・深淺測量を実施した。また、重点観測区域に設置したCB沈下板を利用して原位置強度確認試験（RI-CPT）を実施した。

計測計器の平面配置ならびに標準的な断面配置の考え方を図-7及び図-8に、各種調査・計測項目とその主な活用方法を表-2に示す。

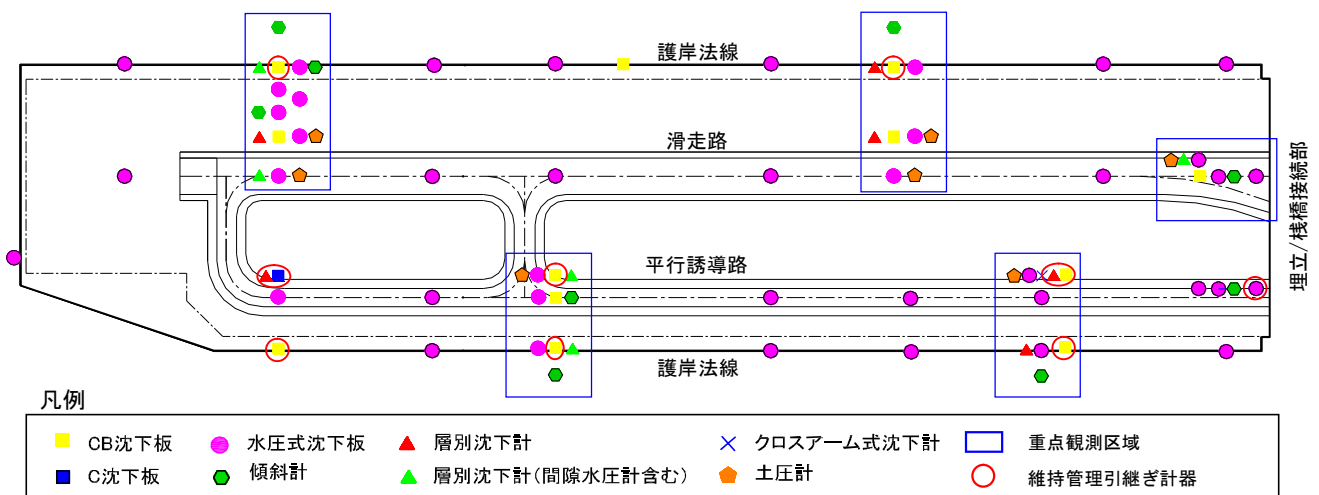


図-7 計測計器の平面配置計画

4. 埋立層厚履歴管理

埋立による沈下や安定問題に対して検証精度を向上させるには、埋立層厚履歴情報を的確に把握することが重要となる。このため、本工事では、ナローマルチ方式による深淺測量システムやGPS計測技術を活用し、日々変化する地盤高情報から埋立層厚履歴や面的な沈下傾向を把握した。

通常の計器計測では、計器設置箇所のポイント的な管理しか行えないのに対して深淺測量システムを活用することで、滑走路島全域の面的な沈下傾向や埋立層厚履歴の管理が可能となった。

4-1 深淺測量システム概要

本工事の深淺測量は、図-10に示すように大規模急速施工に対応するため、従来の単素子方式の測量システムに代わり面的な地盤高の計測が可能となるナローマルチビーム方式の深淺測量システムを採用した。また、写真-3に示すように測量船として双胴船を採用し、RTK-GPS位置管理システムと測量船の動揺誤差を補正する補正装置を組み合わせることで、測量精度の向上を目指した。

同システムより取得された地盤高情報から埋立層厚や沈下量を算定する場合、測深値の精度を考慮する必要があるため、同一区域（水深-7m程度の浅海域平坦部）を繰り返し計測することで測深値の再現性を確認した。結果は、図-11に示すように同一ポイントで計測された平均地盤高に対して標準偏差で2cm程度のばらつきとなり、極めて高い再現性が確認された。

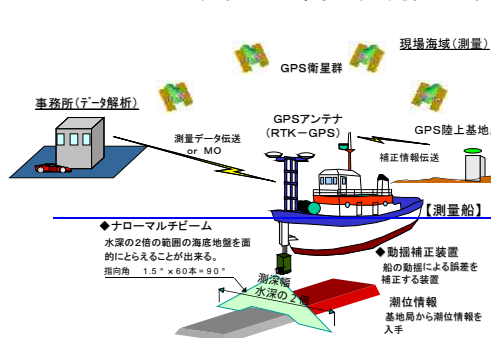


図-10 深淺測量システムの概要

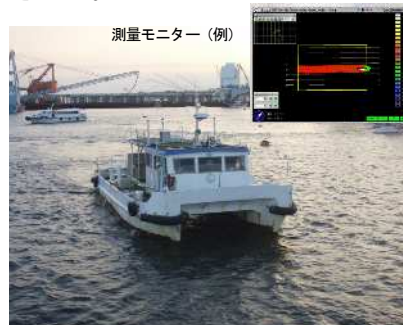


写真-3 測量船(せいかい 190p sx 2)

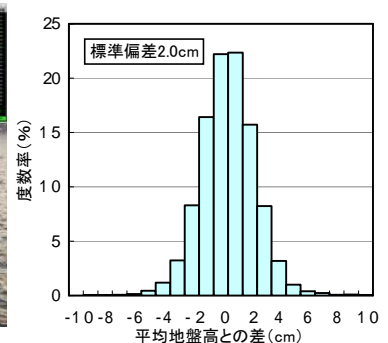


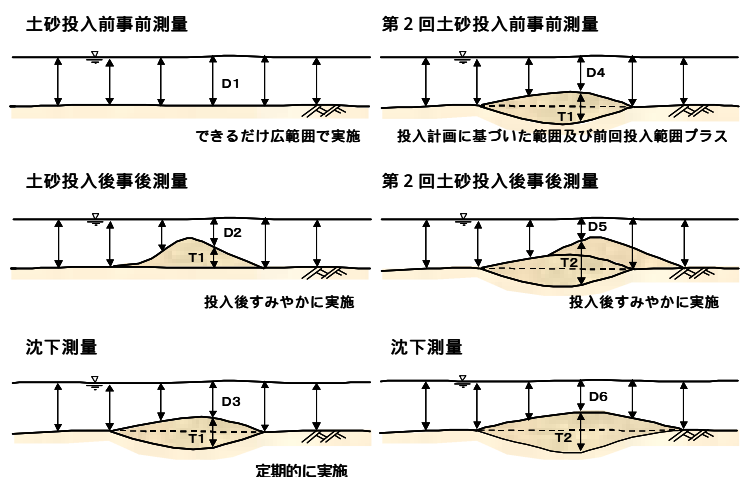
図-11 測深値の再現性

4-2 埋立層厚・沈下量の算定方法

埋立層厚及び沈下量の算定は、図-12に示すように日々の深淺測量を高密度化・広範囲化し、深淺測量システムにて取得した地盤高情報に対して測深値の精度や施工断面形状などに留意しながら、土砂投入前後と定期的な沈下測量結果を合わせて差分を取ることで行った。

【埋立層厚・沈下量の算定手順】

- ：土砂投入前測量を出来るだけ広範囲に実施する
- ：投入後速やかに測量を行い、との差より施工層厚Tを算出する
- ：投入期間の間隔が空く場合は、定期的に沈下測量を実施し、その間の沈下量Sを把握する



層厚算定式

$$T1 = D1 - D2 \quad T2 = D4 - D5 + T1 \quad \dots \quad \text{：投入前に必ず実施}$$

沈下量算定式

$$S1 = D3 - D2 \quad S2 = D4 - D3 + S1 \quad \dots \quad \text{：投入後速やかに実施}$$

$$S3 = D6 - D5 + S2 \quad \dots \quad \text{（即時沈下量 0とみなす）}$$

$$\dots \quad \text{：定期的な実施}$$

図-12 埋立層厚・沈下量の算定

4-3 算定結果の活用方法

埋立部に設置した水圧式沈下計から得られた全沈下量と深淺測量システムにより得られた施工層厚及び全沈下量の比較を図-13 に示す。両者が示す全沈下量はほぼ一致しており、施工層厚及び沈下量の算定結果が施工管理上、妥当な精度を有していることが確認できた。

深淺測量システム（陸化後は、携帯型 GPS や GPS 測量車を併用）を用いて算出した施工中の埋立層厚及び沈下量の三次元コンターを図-14 に示す。このように面的に原地盤の沈下量を可視化することで、地盤改良の不具合等による沈下傾向異常個所の早期発見につなげることができる。また、日々計測された地盤高から土砂投入箇所の法面安定勾配を確認するとともに地盤高の差分を求めることで、すべりによる地盤破壊兆候（急激に地盤高が変化する箇所）を把握し、盛土方法の見直しを行うことができる。

さらに、同システムで得られた施工層厚に、工種（材料）や時間的パラメータを持たせることで、図-15 に示すような三次元的な埋立層厚履歴のモデル化（一部に予定履歴含む）を行い、長期沈下予測解析の荷重条件として、残留沈下を考慮した最終埋立天端高の設定や維持管理計画の立案に活用した。

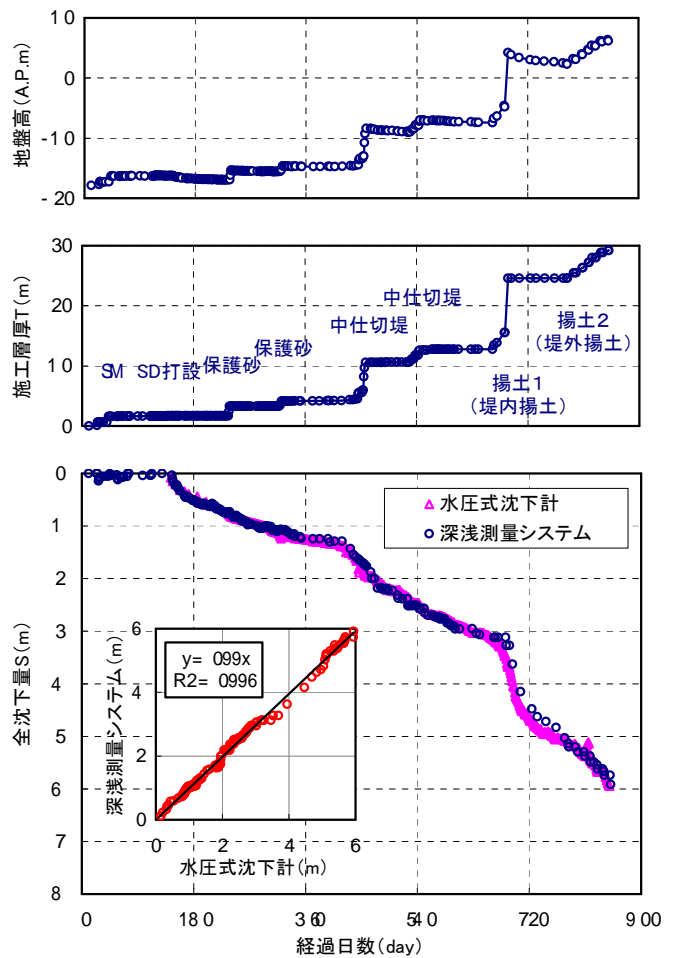


図-13 沈下量の比較検証

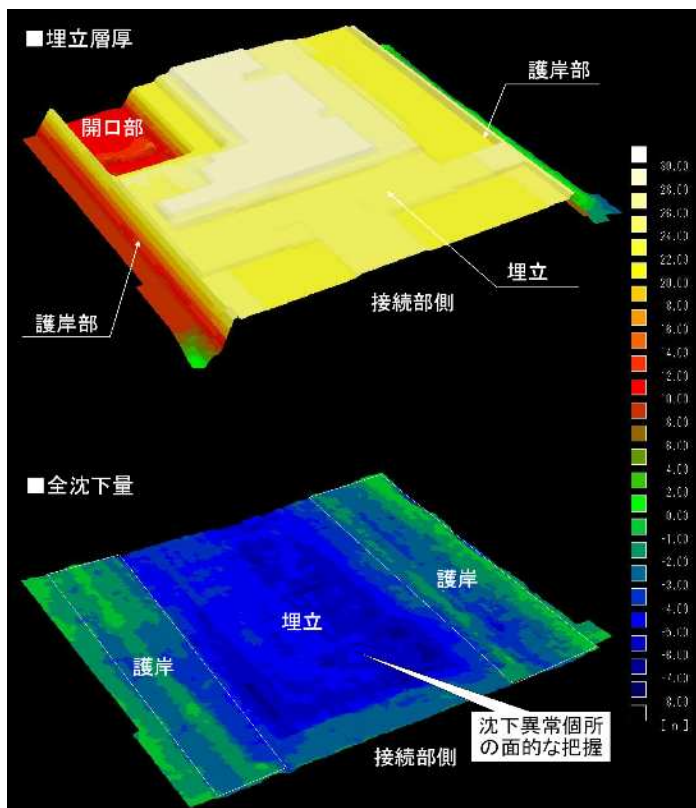


図-14 埋立層厚・沈下コンター（施工中）

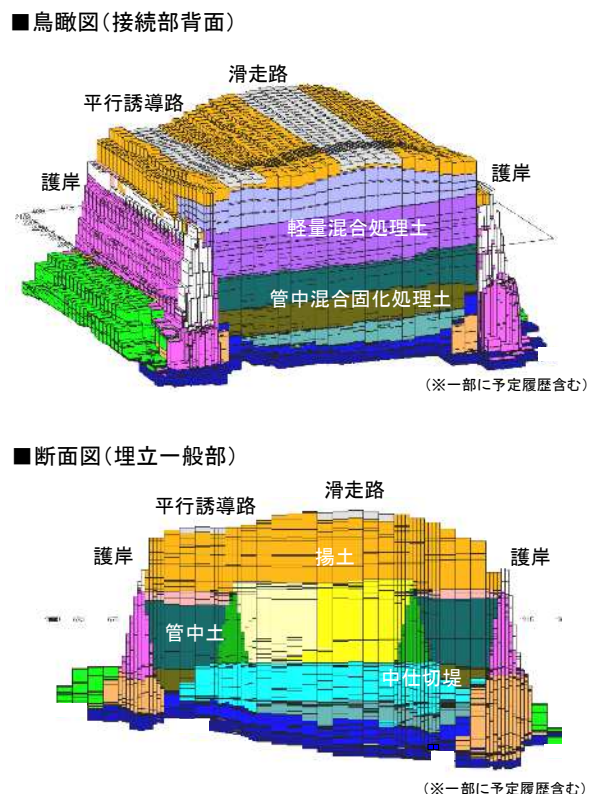


図-15 埋立層厚履歴モデル

5. 安定管理

盛土の安定管理は、図-16に示すように次段階盛土前の施工可否判断と盛土中の地盤挙動を監視することで行った。次段階盛土の施工可否は、各盛土前に実施する原位置強度確認試験(RI-CPT)によって得られた実測値と理論上の強度を比較して強度定数の確認を行い、盛土の安定解析(円弧すべり解析)を実施して判断した。

盛土中の地盤挙動監視は、盛土法先部に設置した傾斜計による水平変位計測から既往の安定管理図表⁵⁾を指標として行うとともに、盛土天端にGPSリアルタイム沈下管理システムを設置して盛土の変位を常時モニタリングして行った。

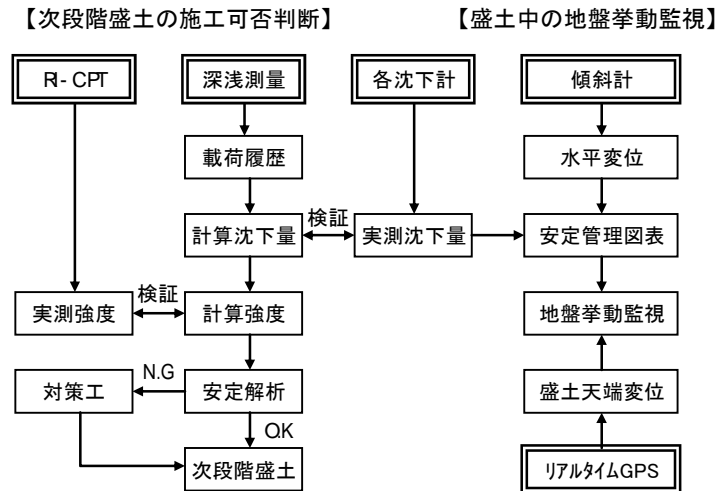


図-16 安定管理フロー

5-1 盛土前の施工可否判断

5-1-1 原位置試験を用いた地盤強度管理手法

一般的な工事ではサンプリングにより不攪乱試料を採取し、室内試験(一軸圧縮試験等)を経て原地盤の強度を確認する。本工事においては、大量急速施工、低圧密度での強度確認、不均質な粘性土地盤などの理由から、図-17に示す原位置試験として圧密進行地盤に対して、迅速かつ低コストで連続的に有用な地盤情報(先端抵抗 q_c 、周面摩擦 f_s 、間隙水圧 u)が得られる電気式静的コーン貫入試験(CPT)と湿潤密度を計測できるラジオアイソトープ(RI)を併用したRI-CPTを採用した。

本工事では、図-18に示すように、事前の地盤調査時にRI-CPTの計測結果と一面せん断試験などの室内試験結果との相関性^{6) 7) 8)}を求めて、土層の判別や地盤定数の設定を行い、設計断面を構築した上で、施工段階では、RI-CPTを用いて効率的に地盤強度を確認する「調査・設計から施工管理まで一貫した地盤強度管理手法(ACCESS法)」を採用した。

RI-CPTによるチェックボーリングは、図-19に示す地盤強度の確認による施工可否判断が必要となる盛土工種の前で実施した。

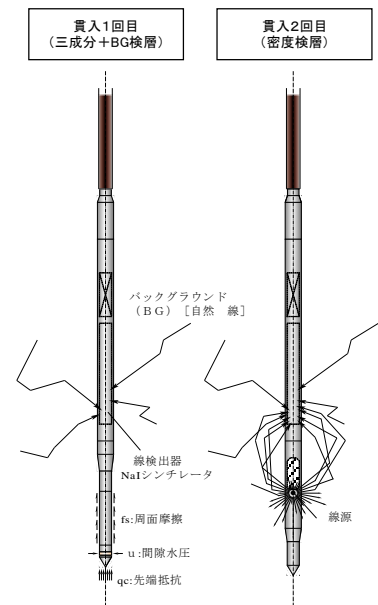


図-17 RI-CPTの調査概要

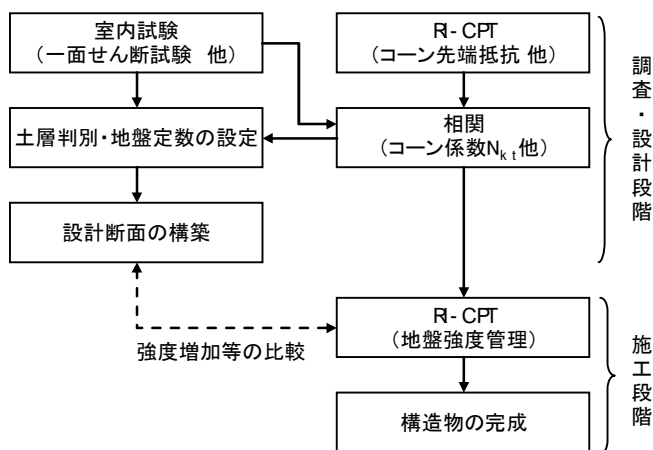


図-18 地盤強度管理手法(ACCESS法)

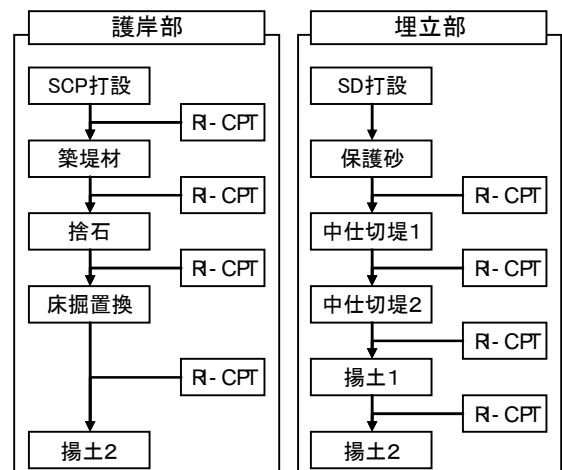


図-19 チェックボーリング実施時期

5-1-2 地盤の強度増加

SD改良地盤にて実施したRI-CPTによる原位置強度確認試験結果を図-20に示す。盛土の進捗に伴う圧密進行によって地盤の強度及び密度の増加が確認できる。

RI-CPTでは、コーン貫入によって発生する過剰間隙水圧の影響を取り除く水圧消散試験を実施することで、原位置の間隙水圧 u を測定し、静水圧との差から過剰間隙水圧 Δu を求めることができる。図-21に揚土2施工前の原位置強度確認試験時に実施した水圧消散試験結果（測定深度A.P.-33.0m）を示す。

水圧消散試験結果から得られた u が、今後の圧密進行によって全て有効土被り圧 σ_v' に転化すると考えた場合、現時点の地盤強度に、この σ_v' に強度増加率 c_u/p を乗じたものを足し合わせることで最終地盤強度の推定が可能となる。

図-20に示すように、各盛土前の実測強度と地盤の強度増加に関する計算値(c_u/p を-H及び①-Cで0.28、-Cで0.25とした場合)が、別深度で実施した水圧消散試験から求めた最終予測強度を含めて高い整合性を示すことが確認できた。

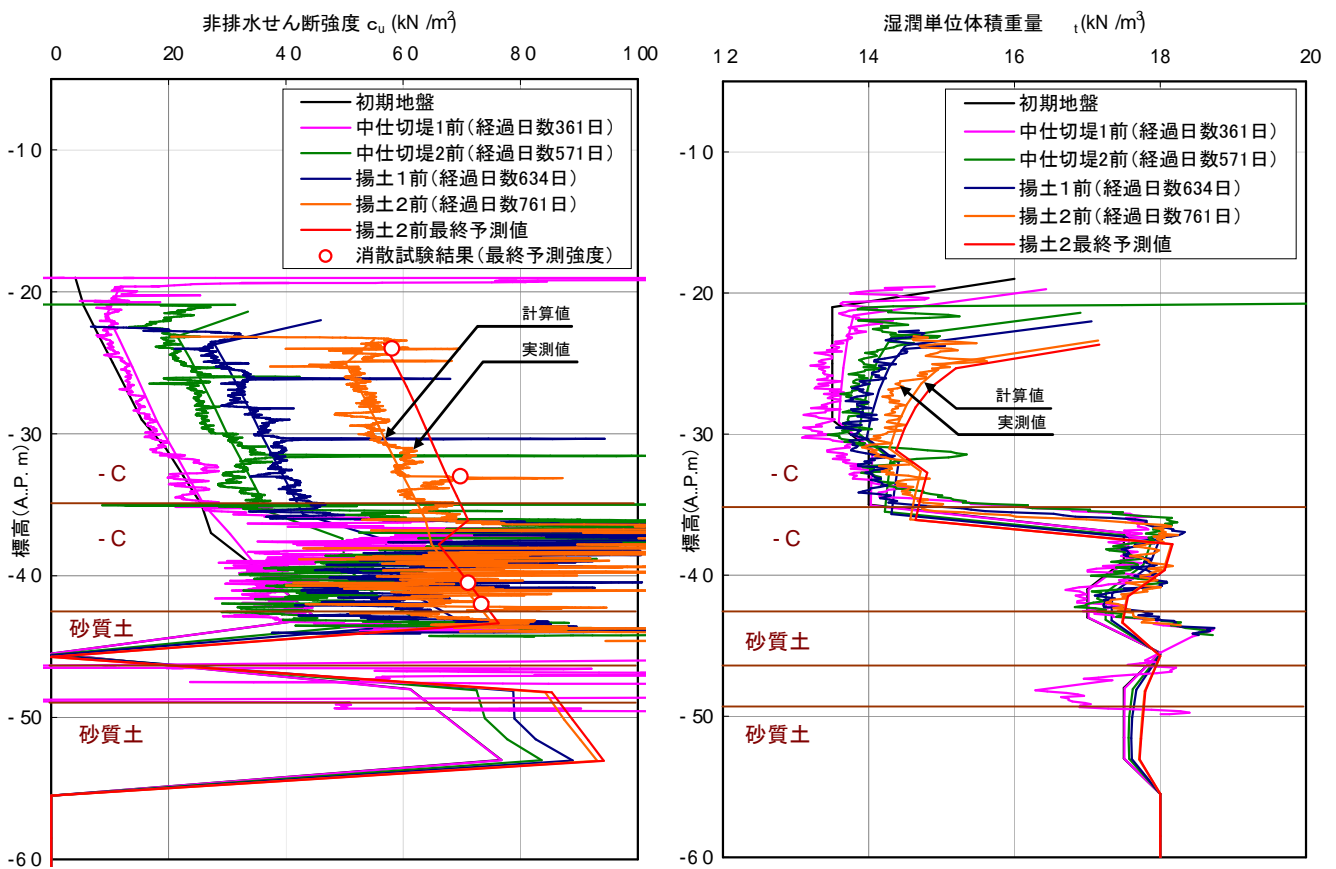


図-20 SD改良地盤における原位置強度確認試験結果

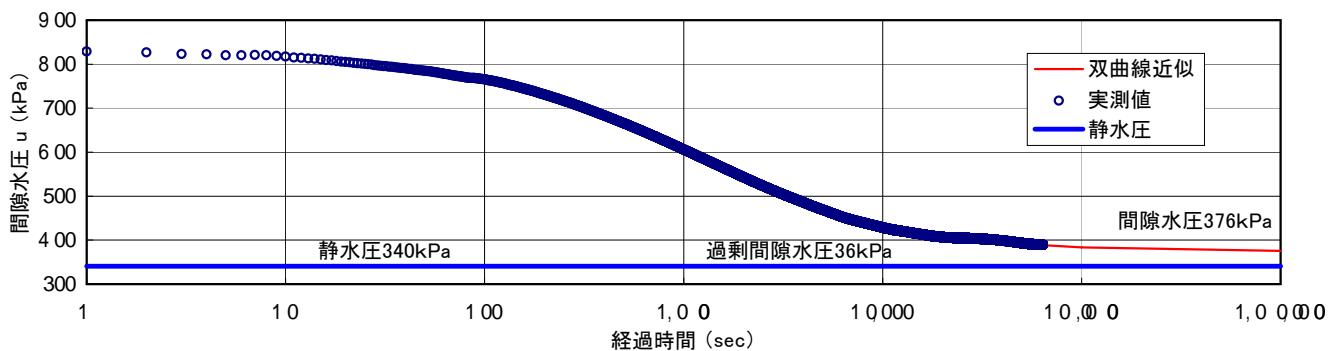


図-21 揚土2前の水圧消散試験結果（測定深度 A.P.-33.0m）

5-1-3 コーン係数 N_k の検証

CPT から求められる先端抵抗 q_t と粘性土の非排水せん断強度 c_u は、次式で関連付けることができる⁹⁾。

$$c_u = (q_t - v_0) / N_k \quad \text{ここに、} N_k : \text{コーン係数、} v_0 : \text{鉛直全応力 (} kNm^2 \text{)}$$

本工事では事前の地盤調査から①-C を $N_k=13.5$ 、②-C を $N_k=14.0$ としているが、圧密進行地盤における N_k の同一性を確認するため、施工途中段階で RI-CPT と合わせてサンプリングを行い、 N_k の検証を実施した。算定された N_k は、図-22 に示すように -C では同程度で、-C では若干小さくなる傾向を示したが、強度評価上安全側になることもあり、当初設定した値をそのまま施工管理用の N_k として用いた。

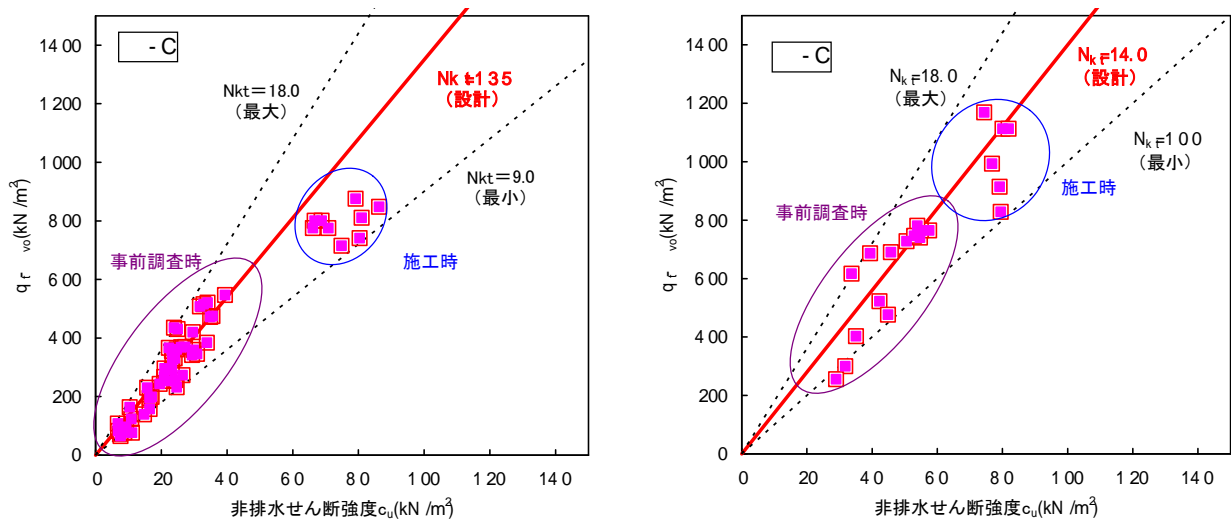


図-22 コーン係数 N_k の検証

5-1-4 安定解析による施工可否判断

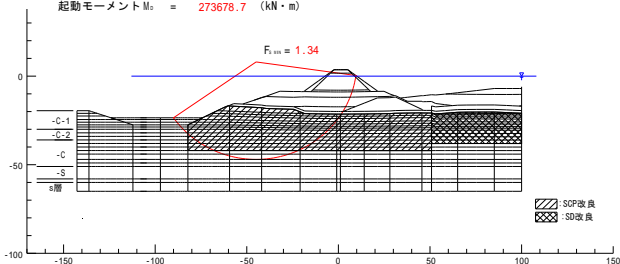
本工事は、長期的な圧密放置期間を取ることなく盛土を進めるため、各段階盛土別の圧密度の推定が困難であった。そこで、安定解析に用いる地盤強度は、圧密沈下量を算定することでその間隙比 e から e -log p 曲線を介して有効土被り圧 \bar{v} を求め、強度増加率 c_u/p を乗ずることで算出した。

一連の計算は、沈下安定管理連携システム Lafiment (ラフィメント) を用いて行い、算定した地盤強度と RI-CPT による実測強度を比較することでせん断強度の整合性を検証し、円弧すべり解析で所定の安全率 (護岸部: 低置換率 SCP 部 $F_s \geq 2.0$ 、埋立部: SD 改良部 $F_s \geq 1.30$) を確保できるかを閾値に、次の盛土に対する施工可否を判断した。護岸部及び埋立部にて実施した円弧すべり解析の一例を図-23 に示す。

本工事は、急速施工ながらも盛土手順の調整などにより各盛土前でも実施した安定解析の結果、所定の安全率が確保されていることを確認した上で、無事に盛土工事が完了した。

■護岸部 床掘施工時 (許容安全率 F_s 1.20)

最小安全率 $F_{smin} = 1.34$
 円弧の中心 $X = -45.0$ (m)
 $Y = 8.0$ (m)
 半径 $R = 55.0$ (m)
 抵抗モーメント $M_R = 368416.6$ (kN・m)
 起動モーメント $M_S = 273678.7$ (kN・m)



■埋立部 揚土1施工時 (許容安全率 F_s 1.30)

■堤内揚土護岸側 (検証日: 647日目)

最小安全率 $F_{smin} = 1.36$
 円弧の中心 $X = 99.0$ (m)
 $Y = 5.0$ (m)
 半径 $R = 33.0$ (m)
 抵抗モーメント $M_R = 84341.9$ (kN・m)
 起動モーメント $M_S = 61923.2$ (kN・m)

■堤内揚土埋立側 (検証日: 647日目)

最小安全率 $F_{smin} = 1.31$
 円弧の中心 $X = 170.0$ (m)
 $Y = 7.0$ (m)
 半径 $R = 37.0$ (m)
 抵抗モーメント $M_R = 88137.6$ (kN・m)
 起動モーメント $M_S = 66996.7$ (kN・m)

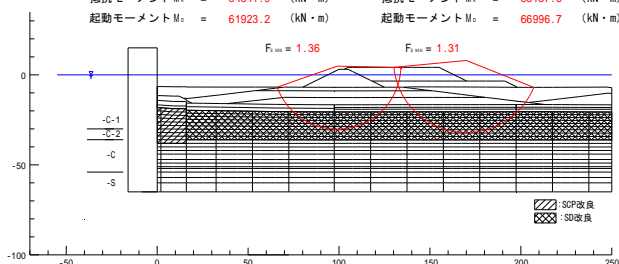


図-23 円弧すべり解析結果

5-2 盛土中の安定管理

5-2-1 安定管理図表の活用

盛土施工中は、盛土中央部の沈下と法先部の水平変位の計測結果から各種安定管理図表⁵⁾(富永法、松尾・川村法、水平変位速度法)を用いて地盤破壊現象の評価を実施した。現空港側護岸部にて行った安定管理の一例を図-24 に示す。盛土法先部の原地盤の水平変位量および各種安定管理図表の管理基準線に対する総合的な評価から定量的に盛土の挙動を確認し、安定的な盛土施工を実現した。

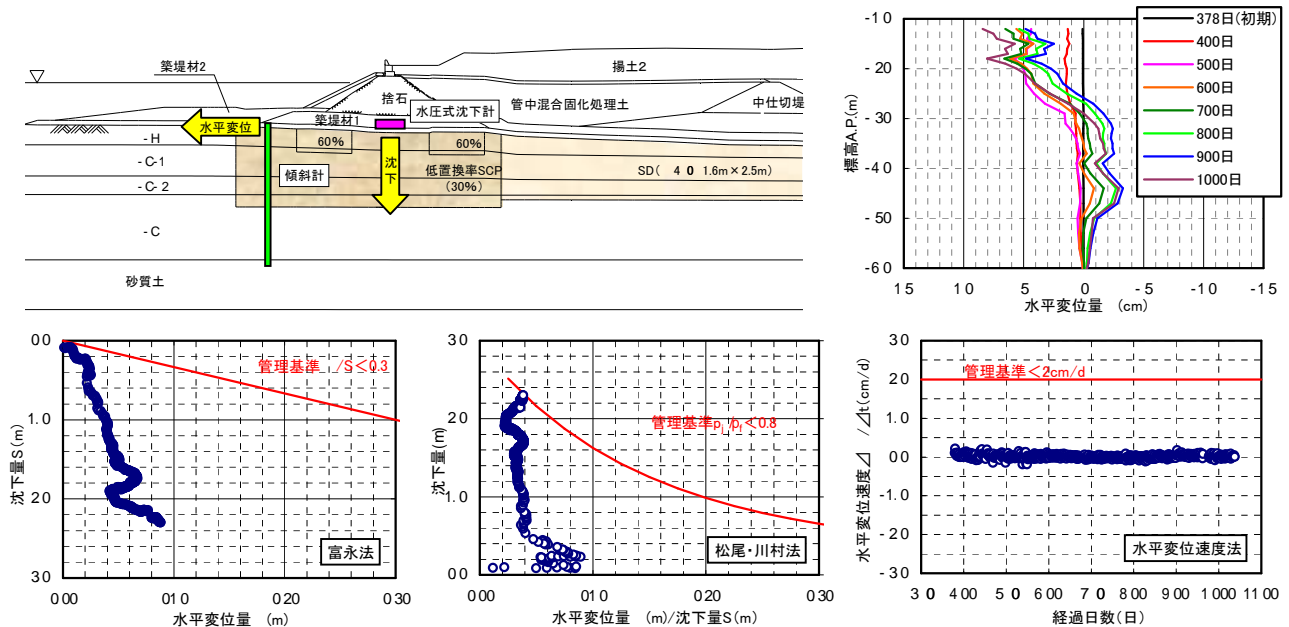


図-24 安定管理図表を用いた現空港側護岸部の安定管理

5-2-2 GPS リアルタイム沈下管理システムの活用

GPS リアルタイム沈下管理システムは、写真-4 に示すように施工現場において GPS による常時定点観測(毎秒 XYZ データを取得)を行い、無線 LAN を用いて監視センター(工事事務所もしくは作業船)にデータ転送することで沈下量や水平変位量の連続的なモニタリングを行うものである。本工事では、最も安定性に留意する必要があった陸化した護岸前面の床掘時に、同システムを用いて護岸上部の変形挙動を常時監視した。結果として図-25 に示すように大きな地盤変位を確認することなく無事施工を終えることができた。



写真-4 リアルタイム GPS 沈下管理システム

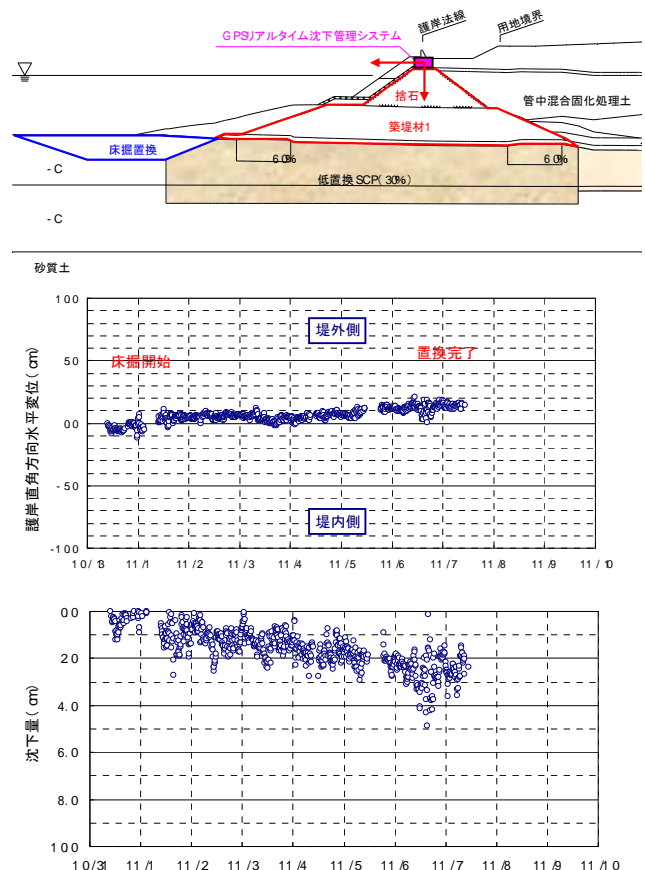


図-25 床掘施工の護岸天端の計測結果

6. 沈下管理と長期沈下予測

沈下管理は、GPS・深浅測量によって得られた埋立層厚履歴を基に圧密沈下計算を行い、計測計器の実測データと比較検証することで行った。これより、圧密進行状況を定量的に把握するとともに圧密地盤定数の同定を行い、将来的な沈下予測精度の向上を図った。

6-1 沈下予測手法

滑走路島としての必要高さや規定勾配を供用開始以降も維持していくためには、情報化施工で得られた実測沈下量や地盤調査結果に基づいて、原地盤の長期的な沈下量を精度良く予測し、その結果を用いて適切な上げ越し量（余盛量）を設定する必要がある。

本工事では、この目的に対して、図-26に示す平面的な施工履歴差や荷重分散、浮力の影響を忠実に考慮することができる圧密沈下予測・管理システム¹⁰⁾

（HASP : Haneda Airport Settlement Prediction Program）を開発し、将来発生する残留沈下量を予測して滑走路島全体の最終埋立天端高を設定した。

また、予測沈下量に基づき供用期間中の舗装の補修時期や回数、範囲等を求め、維持補修計画を策定した。

なお、鋼管矢板井筒との取り合いを考慮する接続部背面部の圧密沈下予測については、剥離や段差挙動を含みせん断変形問題を取り扱うことができる関口・太田モデルによる2次元有限要素解析(GeoFem)を用いた。

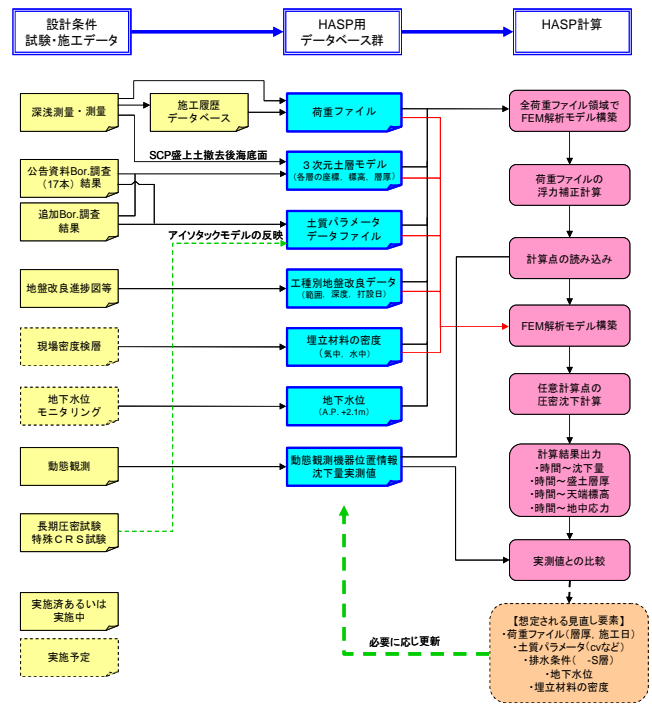


図-26 HASPの全体構成

6-2 圧密地盤定数の同定

一次圧密定数の同定は、埋立部のSD改良地盤の実測沈下量とフィッティングさせることを目的とし、事前の室内土質試験結果との整合性を確認しながら行った。同定の結果、全エリアを平均的な圧密定数で設定していた設計値に対して、図-27に示すように、表層に不均質に堆積する-H（覆土層）の分布状況によって、初期間隙比 e_0 や過圧密比OCRなどの地域性を考慮して幅を持たせた。また、長期沈下予測に必要な二次圧密定数は、事前の地盤調査時に行われた長期圧密試験結果^{11) 12)}からアイソタックの概念を導入して設定¹³⁾した。主な圧密定数の同定結果を表-3に示す。

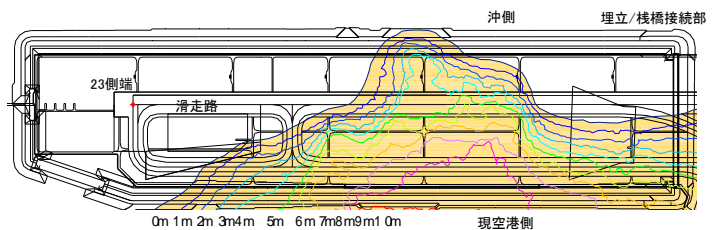


図-27 -H（覆土層）の堆積カウンター

表-3 圧密地盤定数の同定結果

土層区分	初期間隙比 e_0		過圧密比OCR		圧縮指数 c_c		圧密係数 c_v (cm/day)		二次圧密指数	
	設計	同定	設計	同定	設計	同定	設計	同定	設計	同定
-H	1.80	1.50~1.60	1.3	2.50~2.80	0.5	0.40~0.50	1.00	100~1000	0.0010	0.00170
-C-1	36.0	3.10~3.80	1.3	1.30~2.20	1.41	1.41	1.00	1.00	0.0063	0.00426
-C-2	3.00	3.00~3.20	1.3	1.30~1.80	1.30	1.30	1.00	1.00	0.0064	0.00375
-C	1.10	1.10~1.20	24.5	1.20~1.50	0.39	0.39~0.50	1.000	2000	0.00631	0.00251

6-3 長期沈下予測結果

圧密地盤定数の同定値を用いた HASP による計算値と実測値の比較を図-28~31 に示す。実測値に対して計算値の再現性が高く、解析結果の信頼性が確認できる。なお、埋立部の供用開始 100 年後までの最終沈下予測量は、図-32 に示すように、滑走路センターで、概ね 7.0m~8.0m (最大値 8.6m) となった。また、供用開始から 100 年間の残留沈下量は、図-33 に示すように概ね 0.5m~0.7m 程度となった。この結果は、実施設計値と比べて大きな差異はなく、埋立計画に大きな見直しを要することなく工事を進捗させることができた。

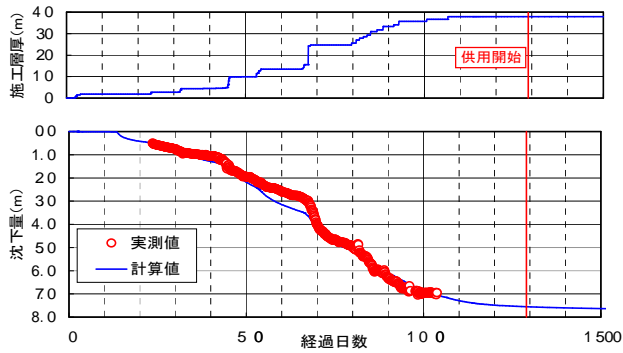


図-28 滑走路 CL の時間沈下曲線

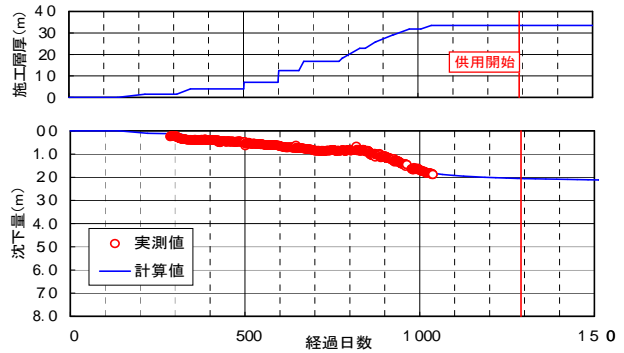


図-29 滑走路 CL 接続背面の時間沈下曲線

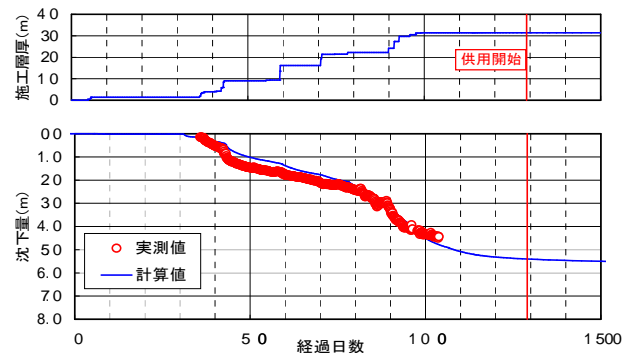


図-30 平行誘導路 CL の時間沈下曲線

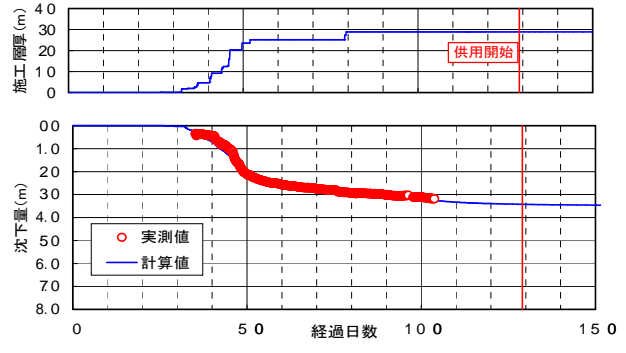


図-31 護岸部の時間沈下曲線

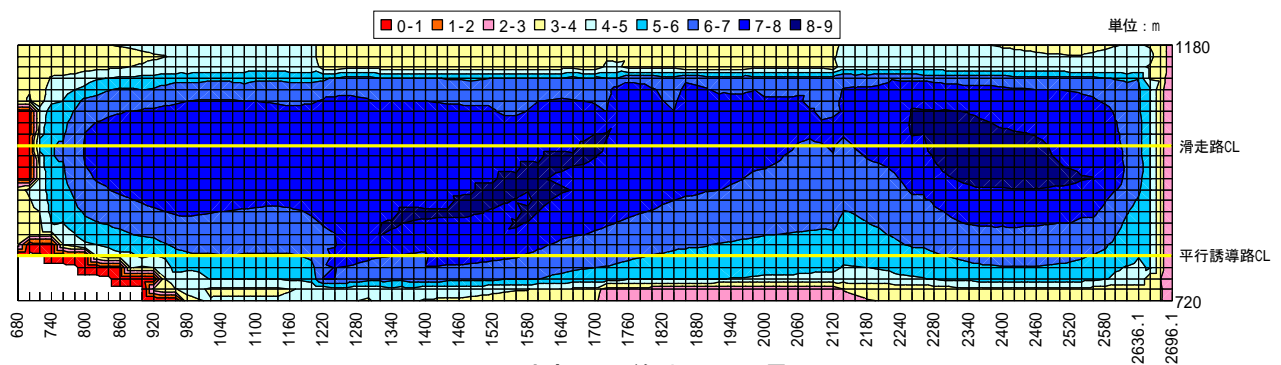


図-32 埋立部の最終沈下予測量

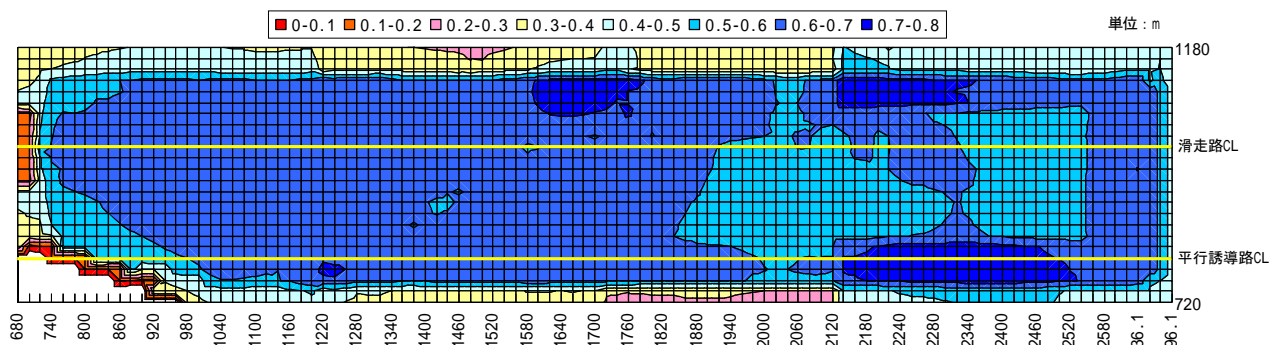


図-33 埋立部の残留沈下予測量 (供用開始~100 年間)

6-4 最終埋立天端高の設定

最終埋立天端高は、下式に示すように供用期間中（100年間）に発生する残留沈下量を基本計画高（必要高）に対する上げ越し量として供用開始時の計画高を設定し、さらに盛土完了時から供用開始までに発生する期間沈下量を上げ越しして設定した。

最終埋立天端高 = 供用時計画高 + 盛土完了時から供用開始までの期間沈下量（HASP 予測値）

供用時計画高 = 基本計画高（必要高） + 供用期間中（100年間）の残留沈下量（HASP 予測値）

ただし、勾配変化点から接続部までは、接続部背面の余盛りができないため上げ越し量の摺り付け区間とし、沈下によって発生する段差や勾配変化は、維持管理期間に行う舗装の切削オーバーレイで対応することとした。埋立天端高と沈下量の関係を図-34に、滑走路縦断線形の設定方法を図-35に示す。

図-36に示すようにHASPによる供用期間中（100年間）の残留沈下予測量に基づいて、滑走路の基本計画高（必要高）に対する供用時計画高の上げ越し量は0.7mと設定した。さらに、施工時の滑走路縦断線形高は、供用時計画高に対して施工時期に応じた上げ越し量を考慮して設定した。

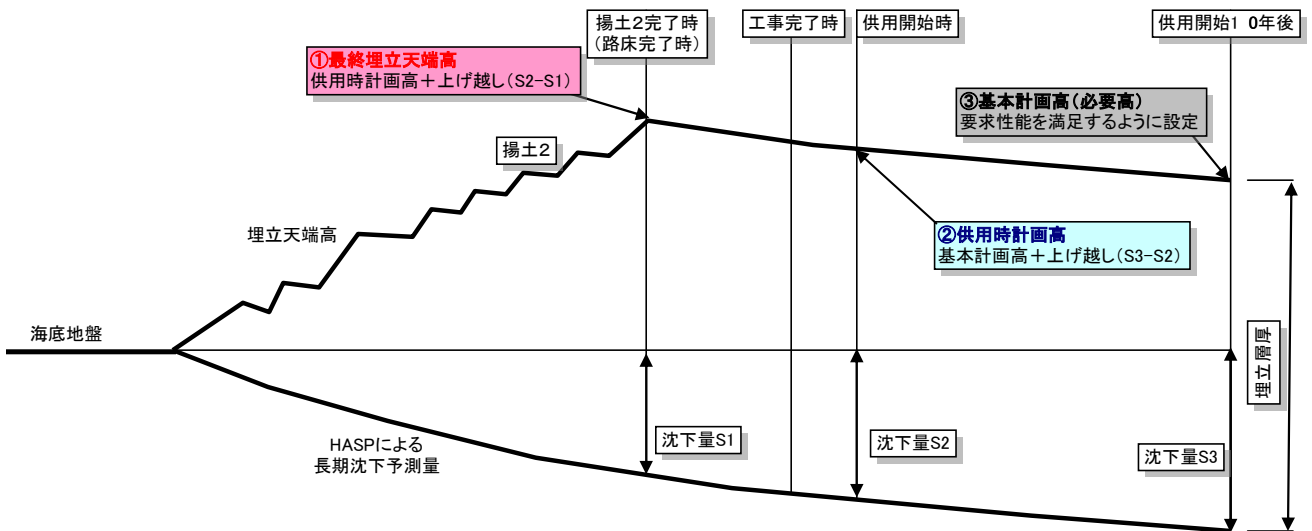


図-34 埋立天端高と沈下量の関係

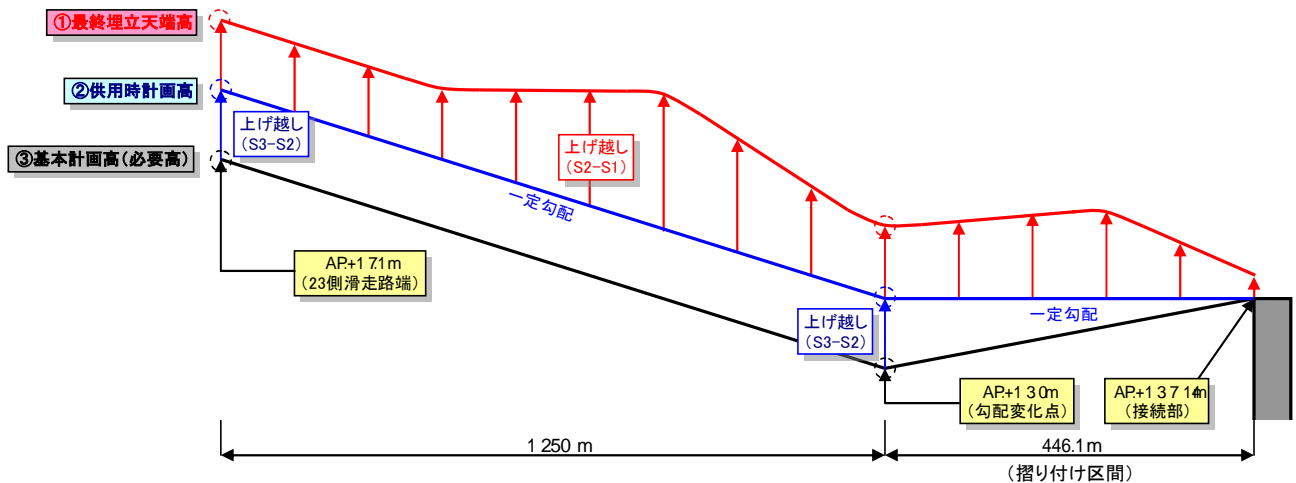


図-35 滑走路縦断線形の設定方法

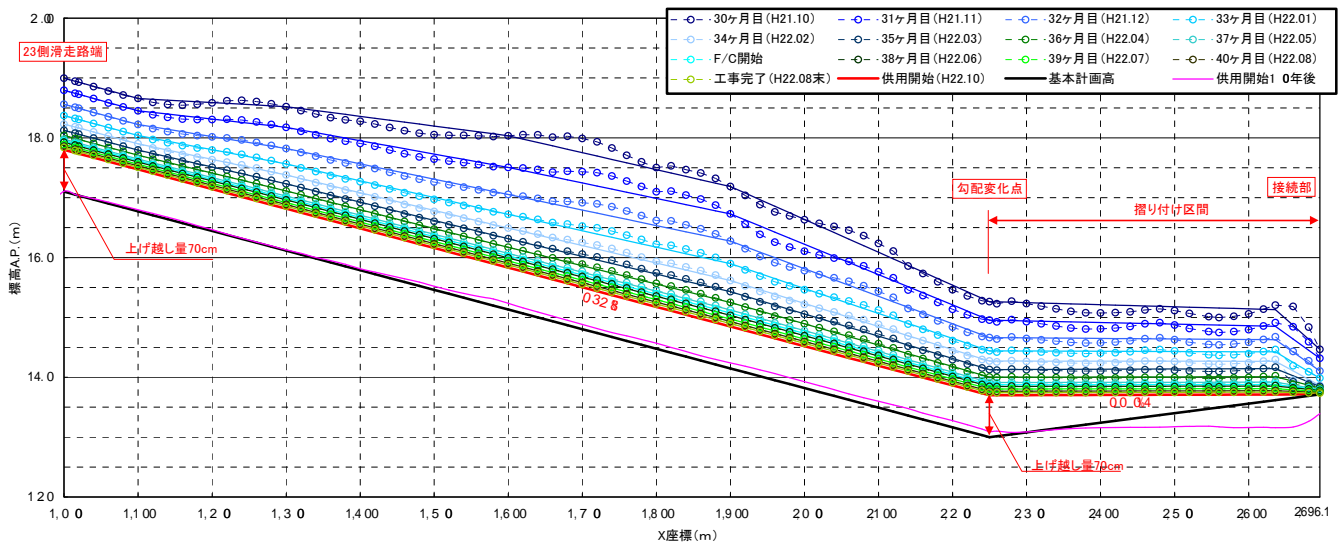


図-36 施工時期に応じた滑走路縦断線形

7. おわりに

本工事における埋立部は、軟弱地盤上における急速施工でありながら、大規模埋立工事に対して合理的な施工管理を実現する深浅測量システムや RI-CPT を用いた地盤強度管理手法などの各種情報化施工技術を活用することで、圧密沈下や盛土のせん断変形などの地盤挙動の把握を行い、無事に工事終盤を迎えている。

今後は、HASP による長期沈下予測結果に基づき、埋立完了直後の不同沈下を考慮しながら各種施設の施工を行い、空港基盤施設としての品質向上を目指すとともに、維持管理計画の最適化を図っていきたい。

【参考文献】

- 1) 国土交通省関東地方整備局：土質調査参考資料,2004.7
- 2) 宮田ら：東京国際空港D滑走路建設工事技術報告会（第1回）技術報告集,pp1~22,2006.9
- 3) 堺谷ら：東京国際空港D滑走路建設工事技術報告会（第4回）技術報告集,pp4-1~4-10,2007.12
- 4) 榎原ら：東京国際空港D滑走路建設工事埋立部における動態観測工について～磁気伝送システムを中心とした計測について～,第5回地盤工学会関東支部発表会 発表講演集,pp.184-189,2008.10
- 5) (社)地盤工学会：軟弱地盤対策工法-調査・設計から施工まで-,pp375-383,1996.2
- 6) 深沢ら：軟弱地盤上における空港島築造工事へのCPTの適用（その1）,土木学会第62回年次学術講演会講演概要集,pp.445-446,2007.9
- 7) 深沢ら：軟弱地盤上における空港島築造工事へのCPTの適用（その2）,土木学会第62回年次学術講演会講演概要集,pp.447-448,2007.9
- 8) 高橋ら：大規模埋立工事におけるRIコーン貫入試験による地盤調査の適用事例,第43回地盤工学研究発表会講演集,pp.11-12,2008.7
- 9) (社)地盤工学会：地盤調査の方法と解説,pp301-309,2004.6
- 10) 水野ら：羽田再拡張事業D滑走路における埋立部の動態観測—その3 HASPによる圧密沈下予測—,第44回地盤工学研究発表会講演集,pp.843-844,2009.8
- 11) 渡部ら：東京国際空港再拡張事業における羽田沖海底粘土の長期圧密特性,第43回地盤工学研究発表会講演集,pp21-22,2008.7
- 12) 渡部ら：羽田D滑走路海底地盤の長期圧密挙動に関するパラメータの検討,土木学会第64回年次学術講演会講演概要集,pp.27-28,2009.9
- 13) 羽田D滑走路JV：圧密沈下予測・管理システム（HASP）の解析結果,2009.10