

浚渫土埋立地を利用した新北九州空港の建設 に関する課題とその対策

江頭和彦¹・岩瀧清治²・佐藤孝夫³・片桐雅明⁴・寺師昌明⁴・吉福司⁵

¹正会員 国土交通省 九州地方整備局 (〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東 2-10-7)

²正会員 工修 国土交通省 (前国土交通省九州地方整備局 北九州港湾空港工事事務所)
(〒100-8918 東京都千代田区霞ヶ関 2-1-3)

³正会員 工修 国土交通省 (前運輸省第四港湾建設局 下関調査設計事務所)
(〒100-8918 東京都千代田区霞ヶ関 2-1-3)

⁴正会員 工博 日建設計 中瀬土質研究所 (〒212-0055 神奈川県川崎市幸区南加瀬 4-11-1)

⁵正会員 工修 日建設計シビル 地盤構造設計部 (〒112-8565 東京都文京区後楽 2-1-2)

新北九州空港は、港湾・航路整備にともない発生する浚渫土砂の埋立地(土砂処分場)を有効活用して整備される。その利点は、土砂処分場を利用するため新たに空港用地を埋立・造成する必要がないこと、海上に立地するため騒音等の問題が少ないことなどである。しかし、浚渫土自体が大きく圧密沈下すること、埋立後直ちに表層処理・地盤改良する急速施工であるため埋立地の初期状態を詳細に地盤調査する時間的余裕が乏しいことなど、地盤工学的に大きな問題を有している。本文では、浚渫土による埋立から空港施設建設に至るまでの各建設工程において、事業を計画どおり進めていくための問題点を抽出し、その解決方法を検討・提案した。また、浚渫土埋立では動態観測結果から埋立予測手法に対する評価も行い、地盤改良の概略設計では埋立過程をシミュレートした数値解析結果を初期状態として用いることを提案した。

Key Words : *reclamation by dredged clay, prediction method of consolidation settlement, construction of air-port, ground improvement, countermeasure of differential settlement*

1. 緒言

港湾整備事業では、航路や泊地を一定の水深に保つ維持管理や、最近の船舶の大型化にともなう航路や泊地の増深・拡張整備にともない、大量の浚渫土砂が発生する。これら浚渫土砂は、海域の環境を極力破壊しないように、土砂処分場に投棄される。

一方、山国で平野が乏しいわが国では、山土等を用い海面を埋め立てて工業地域を立地・発展させ、今日の工業立国を達成してきた。浚渫土砂で埋め立てた土地を有効に利用することは、埋立用の山土の採取量が少なくなり、経済的な面だけでなく、土取り場周辺の環境を著しく破壊しないなど環境の面でも重要である。

浚渫土砂で埋め立てた土地を有効利用した典型的な例としては、羽田の沖合展開事業¹⁾がある。この事業では、浚渫ヘドロや建設残土で埋め立てられた含水比が250%にも及ぶ超軟弱な地盤に空港が建設された。埋立の主体は東京都であり、埋立が終了した後の空港建設は運輸省

(当時)であった。空港建設にあたっては、まず多くの地盤調査が行われ、非常に不均質で軟弱な地盤であることを事前把握した上で、地盤改良や各施設が設計された。

現在、国土交通省では図-1に示す北九州周防灘に、港湾整備事業で発生する浚渫土砂を用いた埋立を行い、その埋立地に新空港を建設している。この事業は港湾整備事業と空港整備事業の連携事業であり、浚渫土の埋立からその後の跡地利用までを一貫して行う画期的なプロジェクトである。この点が埋立と空港建設が別主体で行われた羽田の沖合展開事業と異なる点である。

本プロジェクトでは、浚渫土による埋立が終了した後直ちに表層処理・地盤改良という計画であり、地盤改良設計のための地盤調査やその結果を用いた地盤改良設計を行う時間的な余裕がない。そのような状況の中、沈下量が大きい浚渫土による埋立地を、滑走路のような不同沈下を極力許さない地盤とするための地盤工学的な対処方法が必要となる。

本文では、浚渫土埋立からそれによって形成された超



図-1 新北九州空港位置図

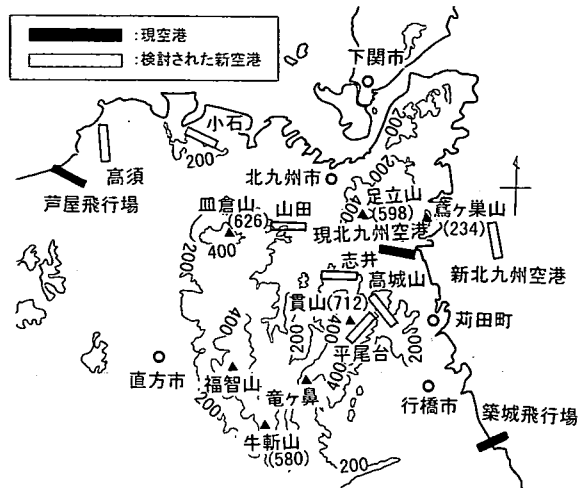


図-2 選定された新空港の位置

軟弱粘土地盤上に空港を建設するというプロジェクトを計画どおり推進していくために問題となる現象を抽出し、それらの解決方法・対処方法を提案する。また、埋立沈下予測手法の評価に対しては動態計測結果で評価し、地盤改良設計ならびに中仕切堤による不同沈下対策の概要を示す。最後に、沈下管理体制について言及する。

2. 空港計画の概要

(1) 現空港の状況と新空港の必要性

現北九州空港は、滑走路長 1500 m の小倉飛行場として、1961 年 4 月に供用が開始された。その後、1973 年 2 月に北九州空港と名称変更された。現空港の滑走路長さは 1,600 m であり、この滑走路長で就航可能な小型機 (MD-87) のみが就航している。その便数も、東京国際空港の離着陸枠等の関係で3往復/日と制限されている。

九州地方はその地理的特徴からも、航空輸送に依存する割合は高く、今後ますます空港旅客の増加が見込まれている。将来需要²⁾は、新空港開港予定の2005年度において約523万人/年が見込まれている。そのうち、東京路線ならびに大阪路線は、大型機の就航が予測される。

一般に、ジェット機の就航には、2,000 m 以上の滑走路が必要とされている。現状の滑走路長さ 1,600 m のままでは、北九州地域の今後の航空需要に対応できない。したがって、需要をまかなえる大型機の就航が可能な空港を整備する必要がある。具体的には、滑走路長さ 2,500 m および需要に見合うターミナル施設等の整備である。

(2) 新空港位置の選定経緯

こうした状況の中、運輸省(当時)では、図-2 に示すよう

に、現空港の拡張を含めて、空港用地の確保が可能な候補地を選定した³⁾。各候補地について、制限表面、気象条件、運航条件、航空機騒音、土地利用条件、アクセス条件、建設条件を検討項目として、適性を評価した。

現空港の拡張案は、滑走路の延長以外にILS進入を可能とするための着陸帯ならびに平行誘導路を設置するために、市街化された周辺地域の買収や新たな埋立が必要となる。さらに、騒音の問題、三方を足立山(標高 598 m)、血倉山(標高 626 m)、貫山(標高 712 m)等に囲まれていることによる運航上の問題があるなどの理由で、実現が難しいと判断された。

陸上部の予定地では、いずれの候補地においても丘陵地域に位置することから、制限表面の確保や運航方式の設定が困難であること、造成土量が大きくなり洪水調整池などの補償工事が必要となることなどの問題を抱えており、建設が困難であると判断された。

一方、海上部の候補地は、防衛庁の小月飛行場の管制圏と新空港の飛行経路との調整が必要であるが、浚渫土砂処分場を利用して建設するため新たな埋立を行う必要がないこと、周辺の航空機騒音問題が小さいことがメリットである。

海上部の候補地は、図-1 に示したように、苅田港航路と新門司航路の中間に位置している。そのため、空港の制限表面の一部である進入表面と航路を航行する船舶のマスト高さとの間のクリアランスについても問題となる。これらの関係を検討した結果、必要なクリアランスは十分確保できると判断された。

以上の検討結果から、周防灘沖の土砂処分場を利用して海上空港の建設が最適であると判断された。この計画において課題であった新空港の飛行経路に係る防衛庁との調整が 1992 年 8 月に成立し、それを受けて、運輸省

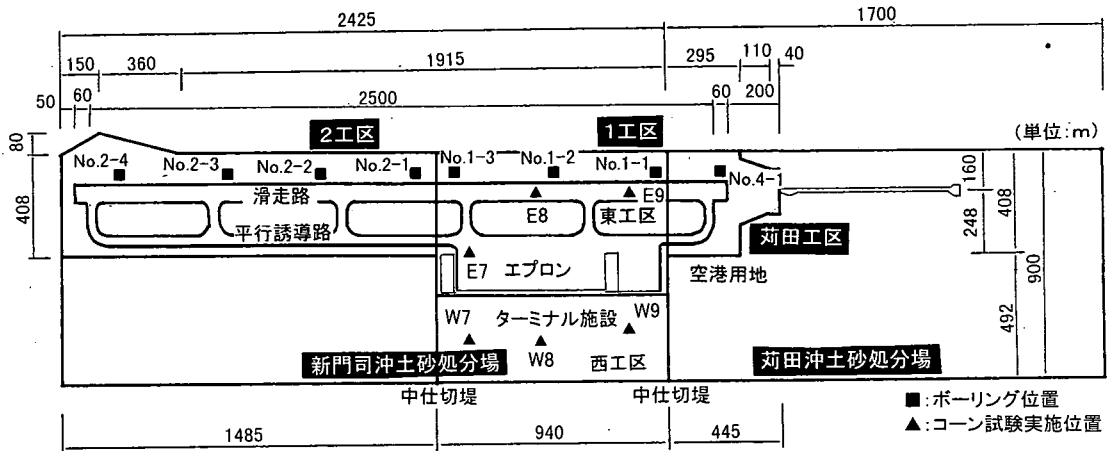


図-3 新北九州空港の空港施設配置図

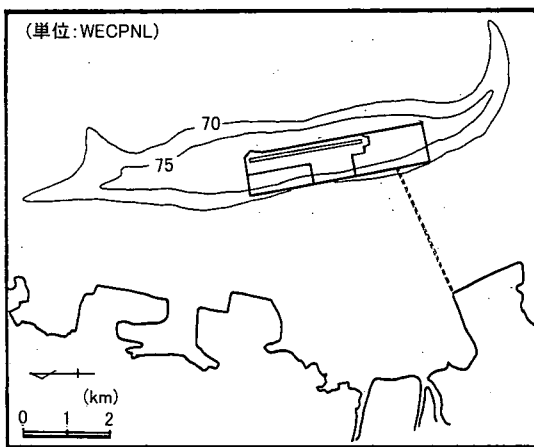


図-4 想定された空港騒音の範囲

港建設が展開されることである。空港用地は、図-3 に示すように、新門司沖土砂処分場1工区および2工区、菊田沖土砂処分場の一部である。

表-1 に示すように、菊田沖土砂処分場は、1979年から1997年まで浚渫土砂が投入された。一方、新門司土砂処分場1工区は1996年12月から投入され始め、2年半後には浚渫土による埋立を完了して、直ちに表層処理工、地盤改良工という過程となっている。さらに、2工区は埋立開始から7年で開港するという非常に短い期間で、埋立・地盤改良・覆土・施設建設を行うという工程となっている。したがって、各工程の概略設計は前工程の施工中に行わなければ工程どおりに進めることができない。とりわけ、地盤改良設計は浚渫土による埋立の途中で行うこととなるが、埋立が終了した地盤の性状をどのように予測するかが問題となる。

(当時)は1993年4月に空港整備基本計画を取りまとめた。

(3) 新空港の特徴と工程

空港施設の計画は、図-3 に示すように策定されている。滑走路は、2,500 m × 60 m、着陸帯は、2,620 m × 300 m であり、平行誘導路と9バースのエプロンが計画された。またターミナルの規模は開港5年後までの需要に対応できるものとされた。

航空機騒音の評価は、空港計画を基に航空機の種類、便数、飛行経路を仮定した騒音レベルから評価した。図-4 に、求めた騒音レベル(WECPNL:加重等価平均感覚騒音レベル)のコンターを示す。住居専用地域に適用される環境基準値70 WECPNLの範囲は、すべて空港予定地を中心とした海上にあり、住宅地に対する騒音問題はないと判断された。

新北九州空港建設プロジェクトの最大の特徴は、港湾整備事業との連携事業であり、浚渫土処分と並行して空

3. 浚渫土埋立地盤上に急速施工する空港施設設計における技術的課題

図-5 は、横軸に経過時間、縦軸に地盤高さをとって、浚渫土による埋立から表層処理・地盤改良、覆土、施設建設までの一連の工程、ならびに供用後の残留沈下を概念的に示したものである。詳細な工程は表-1 に示すとおりであり、時間軸の長短はあるが、菊田工区、1工区、2工区ともこのプロセスを進む。

浚渫土砂の投入にともない、埋立地の高さは徐々に高くなり、設計高さまで浚渫土砂は投入される。このようにして埋め立てられた地盤は非常に軟弱であり、長期にわたり圧密沈下が生じる。この地盤に滑走路のような空港施設を建設するためには、埋立地を山土などで覆土し、残留沈下量が許容値内となる地盤にする必要がある。そのた

表-1 新北九州空港建設工程

	昭和54 1979	平成8 1996	平成9 1997	平成10 1998	平成11 1999	平成12 2000	平成13 2001	平成14 2002	平成15 2003	平成16 2004	平成17 2005
埋立造成	苅田工区	浚渫土埋立				表層処理・改良 覆土					
	1工区		浚渫土埋立			表層処理・改良 覆土	西工区 表層処理・改良 覆土	東工区			
	2工区				浚渫土埋立		表層処理・改良 覆土	浚渫土埋立			10月 開港予定
施設整備	ターミナル・滑走路・誘導路など							苅田工区 1工区 2工区			

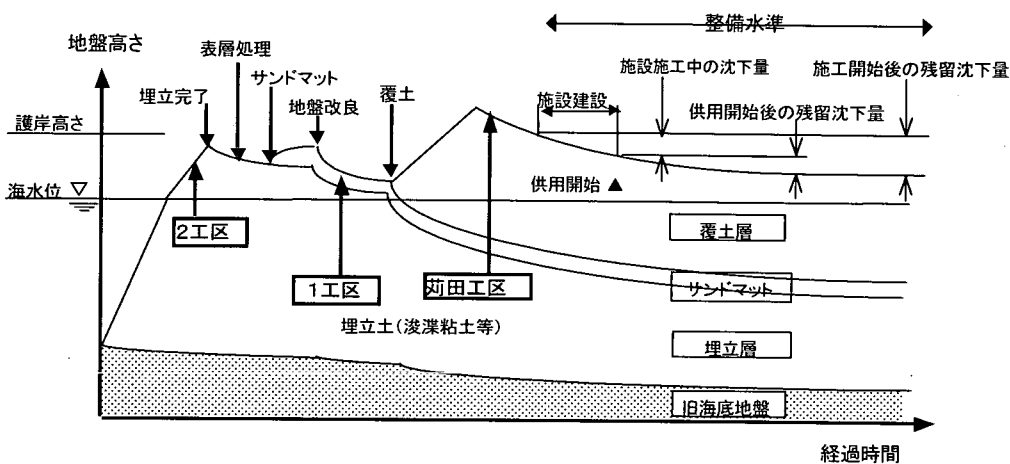


図-5 浚渫土による埋立の工程概念図と整備水準

め、圧密を促進する地盤改良が行われる。本プロジェクトでは、浚渫粘土の表層にシートネットなどを敷設し、サンドマットを撒き出し、その後バーチカルドレーンを打設して、覆土して計画高さに仕上げる工程となっている。

現時点(2001.3)における各工区の進捗状況を図-5の概念図に示す。すなわち、苅田工区では、覆土工が終了して放置期間に入ったところで、1工区では、地盤改良工に入ったところである。2工区は浚渫土埋立の最中であり、今後短期間に、表層処理・地盤改良・覆土工を行い、開港時には他工区と同じ水準となるように設計・施工されていくことになる。

(1) 急速施工にともなう予測解析の重要性

表-1に示すように、苅田工区は浚渫土埋立が終了してから表層処理・地盤改良工事までの間に1年程度の放置期間(時間的余裕)があった。その期間に地盤調査を行い、地盤改良設計⁹⁾ならびに必要な覆土量の算定を行った。一方、大部分の空港施設が建設される1工区ならびに2工区では、浚渫土投入後直ちに表層処理・地盤改良・覆土工事という工程となっている。そのため、地盤調査結果

から地盤の初期値を設定して地盤改良設計や必要覆土量の算定などを行う時間的余裕がない。

このような場合には、地盤の初期状態を仮定して、その後の地盤改良設計・必要覆土量の算定を行うことになる。地盤の状態があいまいであれば、地盤改良設計ならびに必要な覆土量もあいまいとなり、覆土工事のための土取り計画や覆土後の放置期間などを設定できない。そのため、いかに精度よく地盤内性状を設定するかが問題となる。その方法として、数値解析によって埋立過程をシミュレートし、ある時刻での地盤内性状を地盤改良のための初期値とすることが考えられる。この場合、埋立過程の沈下挙動を精度よく表現できれば、地盤内性状もかなりの精度で求めることができる。したがって、急速施工となる地盤改良設計では浚渫土埋立過程の沈下予測解析が重要となる。これには、予測手法そのものも重要であるが、解析に用いるパラメータの設定方法ならびに動態観測結果から施工中にパラメータを同定し予測精度を高める方法も重要となる。

浚渫土層は覆土によって圧密されるので、空港計画高さに必要な覆土量は浚渫粘土層の圧密沈下量に大きく

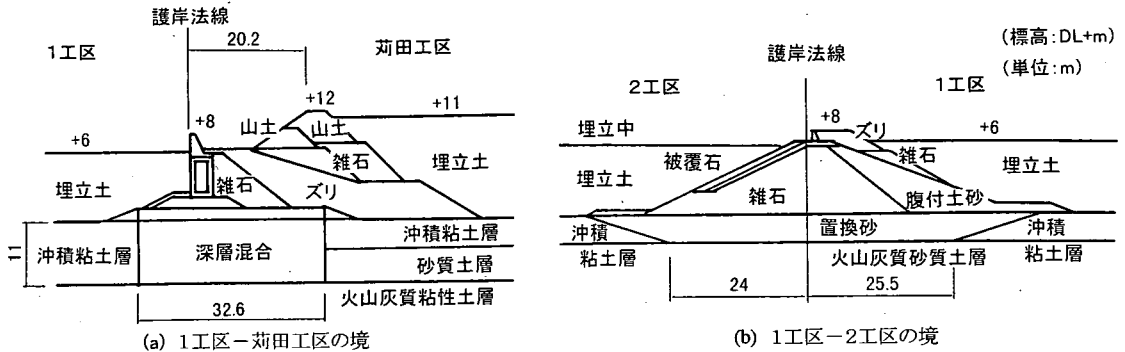


図-6 旧護岸ならびに中仕切堤の構造

依存することになる。また圧密を促進するために施した地盤改良で圧密沈下が目標どおり進行しない場合には、工期に大きな影響を与える。そのため、覆土による沈下量とその時間挙動を精度よく推定することが重要となる。

在来地盤である海底地盤も埋立荷重によって圧密沈下する。在来地盤で問題となるのは、埋立荷重によって圧密沈下が生じる層をどこまでと考えるかである。関西国際空港では、大深度埋立かつ砂系材料を用いたことにより、洪積粘土層までを沈下対象とした⁹⁾。したがって、山土等の覆土荷重と浚渫土の埋立荷重を加算した荷重が作用した場合の沈下対象層を見きわめることが重要となる。

以上、急速施工にともなう沈下予測は、本事業を計画通り遂行していく上で重要であるとともに、その予測精度は、覆土量ならびに工程に大きく影響を与える。沈下性状を精度よく把握するための課題を列挙すると次のようになる。

- ・埋立過程から地盤改良・覆土までの沈下予測手法の確立
- ・圧密パラメータの設定方法と同定方法
- ・沈下対象層の見きわめ

(2) 造成地盤の整備水準とそれに対する地盤改良工法の選定

本事業のような浚渫土による埋立地盤は、予想される沈下量が極めて大きくなるため、建設される施設に応じた整備水準を設定して造成工事を行う必要がある。空港施設のための造成地盤の整備水準は、図-5 に示すように、一般的には以下に示す沈下量あるいは残留沈下量で規定される。

- ・施設施工中の沈下量
- ・施工開始後の残留沈下量
- ・供用開始後の残留沈下量

「施工開始後の残留沈下量」は、建設開始時で予測される残留沈下量である。これと施設施工中の沈下量の大きさを考慮して施工計画を策定する必要がある。また、

「供用開始後の残留沈下量」は、開港時においてその後生じる沈下量であり、空港施設のメンテナンス計画に大きく影響を与える。残留沈下量を大きくするとメンテナンスの頻度が増え、それにかかる費用が増加する。

空港施設のための造成地盤の整備水準は、覆土造成や施設設計において、その工程および工費に大きな影響を与える。したがって、施設機能を損なわないことが優先されるが、工事の実現性、工程の確保およびイニシャルコストとランニングコストを勘案して、その整備水準を設定する必要がある。

地盤改良工法の選定は、設定された整備水準に対して、計画工程通りに実施することができる工法と条件を求めることである。

(3) 中仕切堤の存在による不同沈下

荻田沖土砂処分場とそれに隣接した新門司沖土砂処分場に建設される新北九州空港の滑走路は、図-3 に示すように、荻田沖土砂処分場の護岸と新門司沖土砂処分場の1工区と2工区の中仕切堤をまたぐように計画されている。それら護岸ならびに中仕切堤の断面構造を図-6 に示す。

荻田沖土砂処分場の旧護岸(図-6(a))は、沖積粘土層を深層混合処理した上にケーソンを据え付けた構造となっている。そのため、覆土後の残留沈下のほとんどは深層混合処理層以深の土層の圧密沈下とみなすことができる。他方、1工区と2工区の中仕切堤(図-6(b))は、沖積粘土層を置換砂に置き換え、雑石を積み上げた構造となっている。これも、覆土後の残留沈下は置換砂層以深の層の圧密沈下となる。一方、埋立地中央の埋立層および在来地盤の沖積層については、造成地盤の整備水準の範囲で残留沈下を許容する。そのため、滑走路縦断方向に不同沈下が生じることとなる。そこで、生じる不同沈下が、滑走路の縦断勾配の規定内に収まるかどうか検討し、収まらない場合には、対策を検討する必要がある。

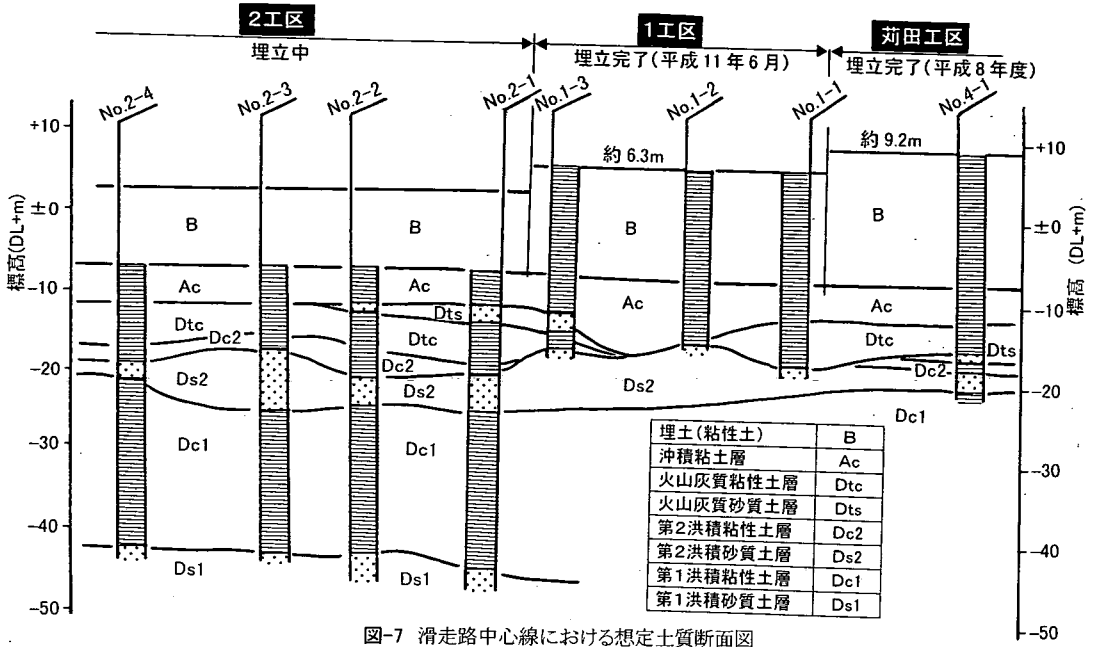


図-7 滑走路中心線における想定土質断面図

(4) 計画どおり事業を進めるための管理システム

開港予定にむけて各建設工程が組み込まれているが、それを遵守し、設定された工期内で完了させるための建設管理体制が必要となる。本プロジェクトでは残留沈下など沈下挙動を如何に把握し管理できるかが、プロジェクトの成否の鍵となる。そこで、沈下を測定し、その挙動を解釈してその後の予測、さらにはそれに基づいた工程変更などを行う沈下管理体制を構築し、プロジェクトを遂行していく必要がある。この中には計画どおり進めるために直面する工事だけでなく、開港までに必要な事項、さらには開港後のメンテナンスも視野に入れた検討評価が必要となる。

当然、地盤挙動だけでなく、工事の進捗状況や調査結果によって、工程を変更したり、別途調査を追加するなど、柔軟に対応できることが重要である。また、施工者との密接な連絡も重要なポイントとなる。

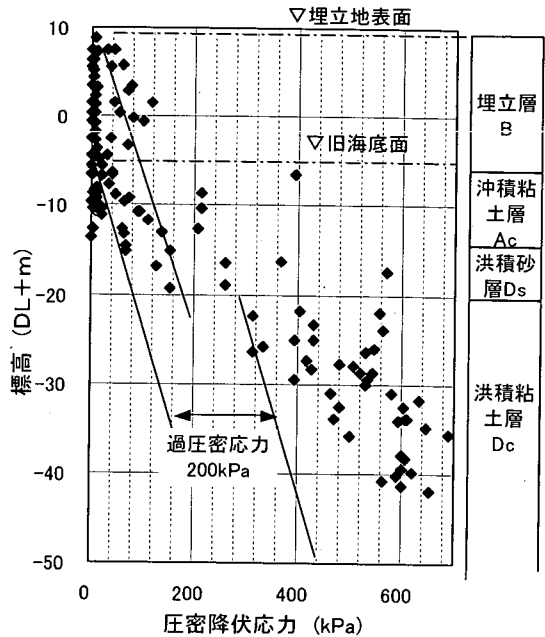


図-8 在来地盤の圧密降伏応力分布

4. 対策とその結果ならびに評価

3. では、浚渫土による埋立から、埋立が終了した超軟弱粘土地盤に空港施設を建設していく上で想定される技術課題を把握した。4. では、それら課題に対する対策や方針を示し、対策の評価を行う。

各課題を検討する前に、埋立地の地盤性状についてまとめる。図-7は、図-3に示したボーリング位置(■)の土質柱状図を基に想定された地盤断面図である。埋立前に行

った地盤調査の結果を用いた2工区の旧海底地盤は、標高 DL-7~-8m にあった。埋立層は、荊田工区で 17m 程度、1工区で 14m 程度である。2工区は現在埋立中であり、2工区の埋立計画高さは1工区のそれと同様に設定されている。

在来地盤は、5~10mの沖積粘土層(Ac)の下部に、火山灰質土(Dts, Dtc)が複雑に0~10m分布している。その

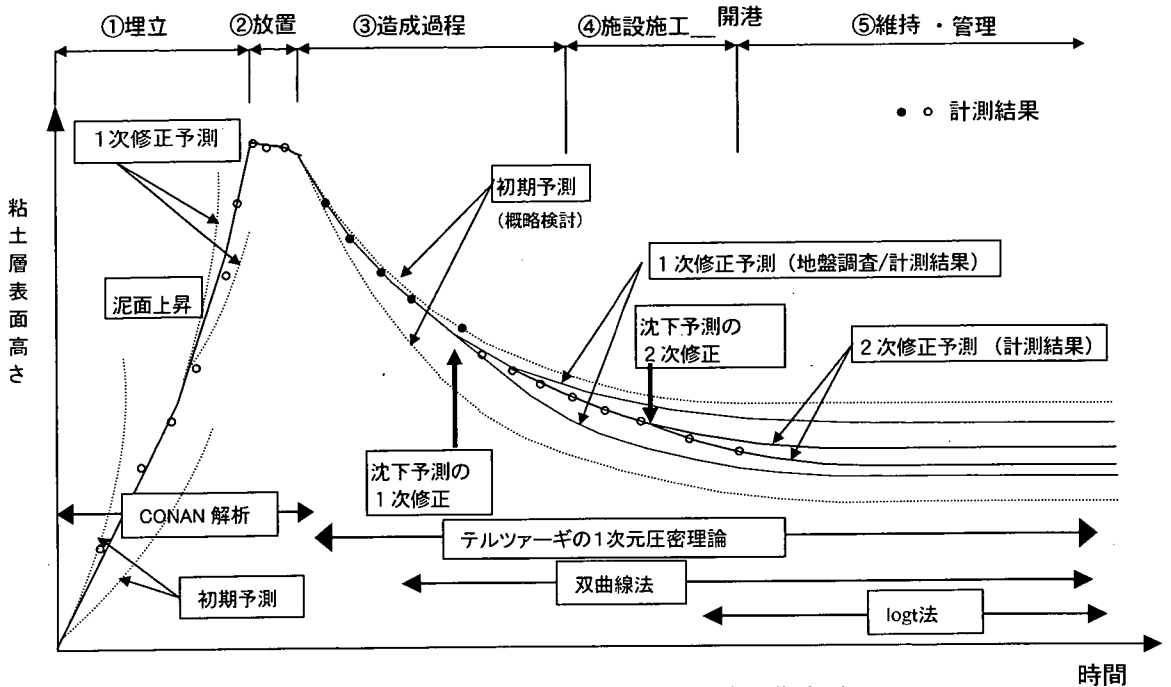


図-9 沈下モニタリングによる予測修正方法の概要 (概念図)

下部には、洪積粘土・砂層(Dc₂, Ds₂, Dc₁)が分布し、標高DL-45 m付近に洪積砂層(Ds₁)が堆積している。

覆土荷重も包含した埋立荷重によって沈下する可能性がある地層を判断するために、各層の圧密降伏応力分布を図-8に示す。埋立層ならびに沖積粘土層は、未圧密状態にあるものが多い。しかし一部埋立層においては、測定された圧密降伏応力が有効上載圧よりも大きいものも見られる。これは、放置期間に埋立表層が乾燥したことが要因と考えられる。

一方、洪積粘土層上部のDL-20~25 mにおける圧密降伏応力は、300 kPaを超えている。この深度における有効上載圧は100 kPa程度であり、圧密降伏応力と有効上載圧との差である過圧密応力は200 kPa以上と算出される。さらに深度が増すと、洪積粘土層の圧密降伏応力は増加し、DL-40 m付近では600 kPa程度を示している。一般に、圧密降伏応力よりも小さい応力範囲では再圧縮指数に基づく弾性的な沈下が生じ、長期間にわたる圧密沈下は発生しないとされている。したがって、浚渫土・サンドマット・覆土の埋立荷重が、この洪積粘土層の過圧密荷重の最小値である200 kPaを超えない限り、洪積粘土層を圧密沈下対象層として考える必要はないと判断される。今回の埋立荷重は、概算で140 kPa程度となり、洪積層の圧密沈下を考える必要はないと判断できる。

さらに、不同沈下対策としてプレロードを用いる場合においても、この最小過圧密応力を超えない範囲で設定することが重要となる。もし超えれば、洪積粘土層の圧縮指

数が1.8と非常に大きいこと、層厚さが20 mにも及ぶことから、かなり大きな沈下が発生する恐れがある。したがって、今回の不同沈下対策では、プレロード荷重に上限があることを踏まえておく必要がある。

(1) 沈下予測手法

図-9に、本プロジェクトで用いた浚渫土層と沖積粘土層に対する沈下予測および事後解析手法とその適用期間を示す。

浚渫土を用いた埋立過程①の予測は、埋立にともない沈下層が増加していくため、簡単には解析できない。しかしながら、今井が一次元圧密を支配する3つの支配方程式を組合せながら解いていくカップリング法を提案したこと⁹⁾を受けて、山内らは埋立過程をシミュレートできる方法を開発し⁷⁾、土砂処分場の事後解析を行った⁸⁾。本プロジェクトにおいても、今井の概念⁶⁾と山内らの手法⁷⁾に基づいたコード(CQAN)を構築して⁹⁾、浚渫土による埋立の事前予測・途中修正および事後検証に用いることにした。

③の造成過程では、地盤改良にプラスチックボードドレーンを用いたバーチカルドレーン工法が採用される。そのため、造成過程以降の沈下予測解析では、圧縮指数Ccを用いて沈下量を算出し、ウェルレジスタンスを考慮したバロンの式(吉国の修正式¹⁰⁾)で時間-沈下関係を求めることにした。

③の造成過程以降の沈下予測手法として、双曲線法やlogt法などのフィッティング手法も取り入れ、各種手法

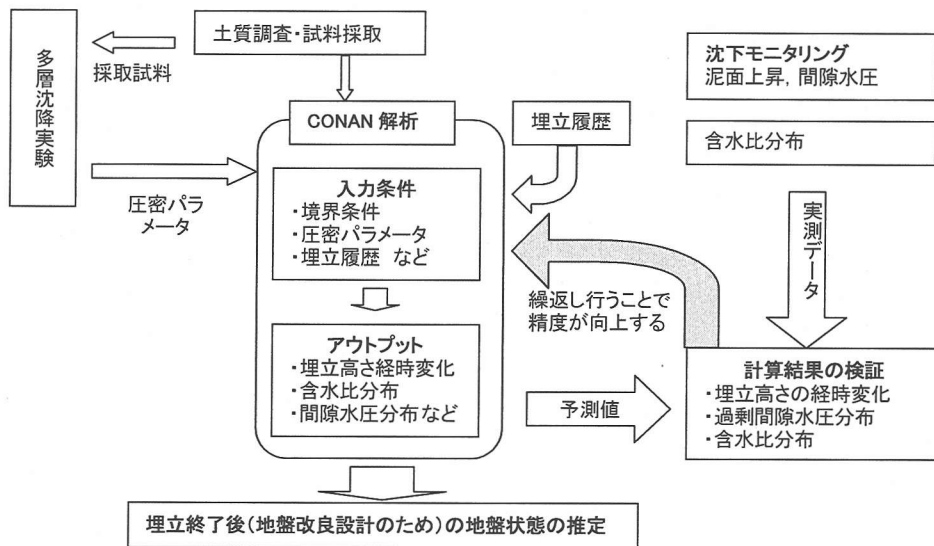


図-10 急速施工における浚渫土埋立地盤における初期条件の設定方法

によって開港後の維持管理に役立てる予定である。

(2) 浚渫土の圧密パラメータの設定・同定方法と妥当性の検証

a) 圧密パラメータの設定ならびに同定方法

浚渫土による埋立過程をシミュレートできる手法 (CONAN) に用いる圧密パラメータは、浚渫土が堆積している表層付近の極低拘束圧力下の状態から埋立層下部の応力状態までの広範囲にわたる応力レベルでの関係が必要となる。ここで、極低拘束圧力とは 0.01 kPa 程度を、埋立層下部の応力レベルとは 100 kPa 程度を想定している。

本プロジェクトでは、圧密パラメータを設定し、埋立高さの経時変化ならびに含水比分布・過剰間隙水圧分布の予測と実測を対比させて圧密パラメータを同定し、そのパラメータを用いた予測解析の結果を、地盤改良設計のための地盤性状とすることにした。その前提条件として、埋立土は均質土とし一次元圧密条件に従うものと仮定した。

具体的な作業としては、図-10 に示すように、まず現地から採取した試料に対して多層沈降実験⁷⁾を行い、圧密パラメータを設定する。そのパラメータを使って、埋立履歴に対して CONAN 解析を行い、埋立高さの経時変化ならびにある時点における含水比分布や過剰間隙水圧分布を実測値と対比させる。解析結果が実測値と合致しない場合には、埋立高さの経時変化とある時刻の含水比分布または過剰間隙水圧分布が実測値を表現できるまで、圧密パラメータを修正して計算を行い、最適なパラメータを決定する (同定)。照査する経時データの時間が長期に及ぶほど、ならびに地盤内性状データが多いほど、事後

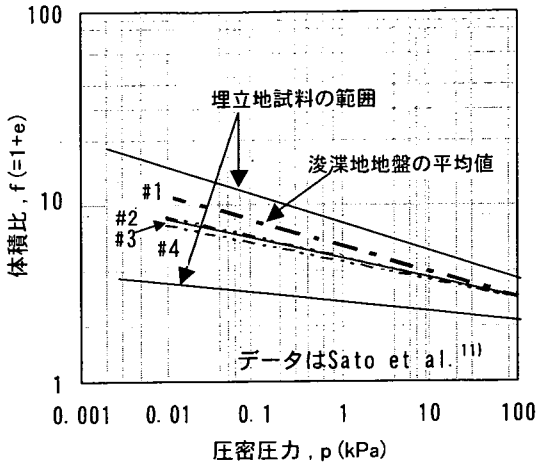
解析のための同定した圧密パラメータの精度は向上すると考えられる。それ以後の予測解析では、同定した圧密パラメータを用いて、今後計画されている埋立に対応させた埋立予測解析を行う。地盤改良設計のための初期値としての地盤性状は、解析結果として得られるバーチカルドレーン打設時における含水比分布ならびに過剰間隙水圧分布を用いることになる。

b) 妥当性の検証 (1 工区における適用結果)

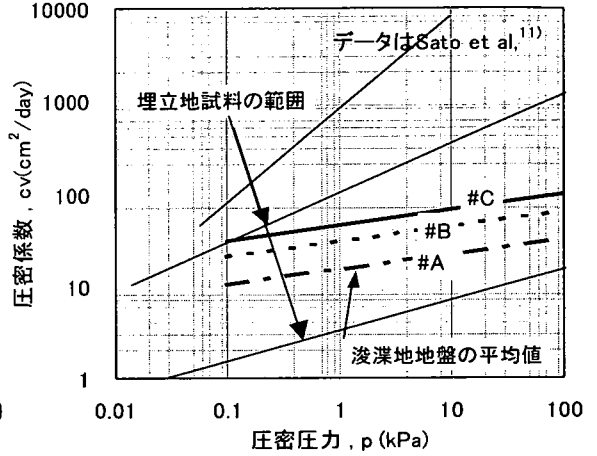
現在浚渫土による埋立が終了し、地盤改良工事に入っている 1 工区の埋立過程における検討結果¹¹⁾を考察する。

図-11 に、現地から採取してきた試料から求めた圧密パラメータの範囲および設定した圧密パラメータ¹¹⁾を示す。各試料とも、0.01 kPa から 0.3 kPa までの圧密圧力下のパラメータは多層沈降実験⁷⁾で、10 kPa 以上の範囲では段階載荷圧密試験 (JIS A 1217) で求め、それらの結果を内挿した。埋立地内から採取した試料は、砂分が卓越した部分や粘土やコロイドが多いものなど多岐にわたっているため、得られたパラメータもばらばらしている。また浚渫予定地から採取してきた 3 試料の平均的な圧密パラメータ (図-11(a) の #1 および図-11(b) の #A) も同図に示す。サンプル数が少ないため、ここに示す浚渫予定地の 3 試料が浚渫予定地全体を代表する試料とみなせないが、今後、事前に埋立予測解析を行うことを考えて浚渫予定地の平均値を初期パラメータとした。その結果、解析で得られた埋立地盤高さの経時変化は大きく実測値を上回り、30 ヶ月後には DL+15m を超えた (図-12(a) 参照)。

そこで、圧縮性を小さくし、圧密速度を大きくした組合せを検討した。圧縮性を示す $\log f - \log p$ 関係は、浚渫地

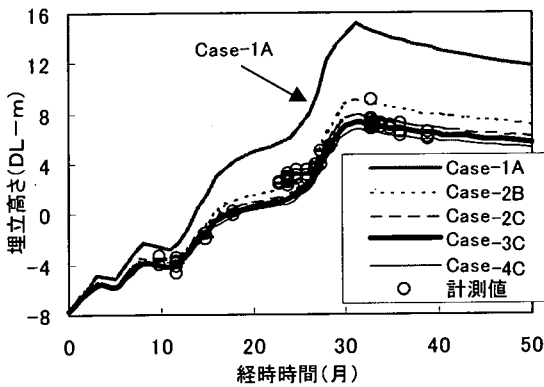


(a) $\log f - \log p$ 関係

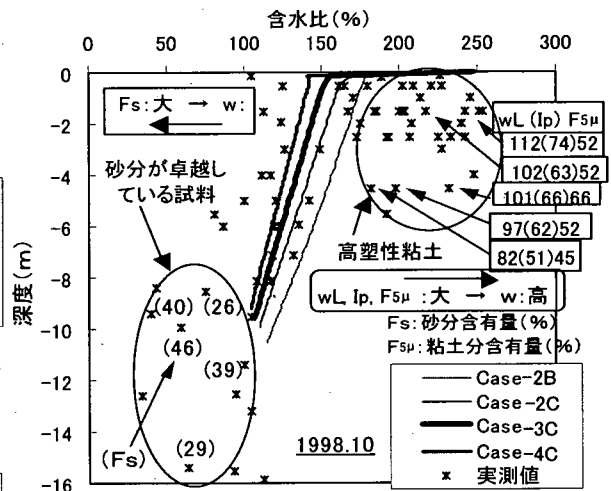


(b) $\log c_v - \log p$ 関係

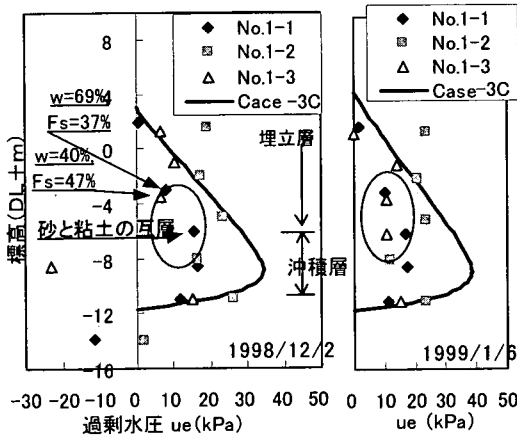
図-11 埋立地内から採取した試料の圧密パラメータの範囲と設定した圧密パラメータ



(a) 埋立地盤高さの経時変化



(b) 埋立開始後25ヶ月における含水比分布



(c) 埋立過程における過剰間隙水圧分布

図-12 浚渫土埋立過程の事後解析と実測値の比較

地盤の平均値#1の100 kPaを固定して、その傾きを変化させた#2~#4の関係を設定した。一方、圧密速度に関するパラメータは、浚渫地地盤の平均値#Aを平行に移動さ

せた#B、#Cを設定した。解析のケースは、これら圧密パラメータを組み合わせた記号で表した。たとえば、Case-2Bは圧縮性が#2、圧密速度が#Bの関係をを用いた解析ケースを意味する。

解析結果と実測値の関係を図-12に示す。解析結果としては、比較的実測値を表現できたCase-2B、2C、3C、4Cを示してある。その中でもCase-3Cとした場合における埋立地盤高さの経時変化(図-12(a))は、一部を除き全体的にはよく再現できているとみなせる。含水比分布も、図-12(b)に示すように、砂分が多い試料やコロイド分が多いとみなせる高塑性粘土のデータを除くと、Case-3Cは実測値を表現できているとみなせる。埋立過程で計測した過剰間隙水圧分布(図-12(c))に対しては、Case-3Cの解析結果のみを示す。この関係も砂分が多い部分では解析値よりも小さいが、全体的に見ると、解析値とよく対応しているとみなせる。

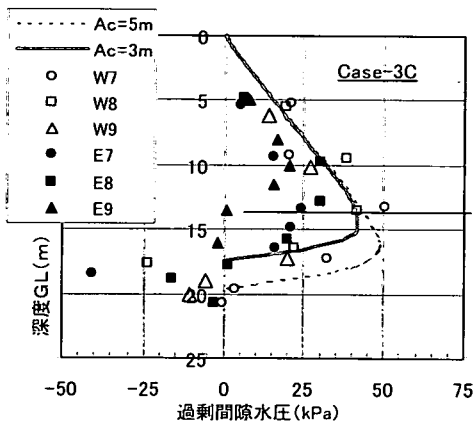


図-13 埋立終了後の過剰間隙水圧分布の比較

以上のように、埋立過程における事後解析によって、埋立層全層の圧密パラメータを、圧縮性に関しては#3、圧密速度に関しては#Cと決定できた。

解析的に求めた埋立後の地盤性状を検証するために、埋立終了後に3成分コーンを用いて過剰間隙水圧分布を測定した。図-13に、測定した過剰間隙水圧分布と解析結果の関係を示す。ここに示す解析結果は圧密パラメータをCase-3Cとし、沖積粘土層厚を5m ($A_c=5m$)および3m ($A_c=3m$)として解析したものである。計測地点は、図-3に示すE7～E9、W7～W9の6地点である。解析結果は、実測値のばらつき範囲内の上限付近に位置していることがわかる。

以上のことから、埋立過程をシミュレートして地盤改良設計のための地盤モデルを求める方法の妥当性が検証できた。

(3) 造成地盤の整備水準と地盤改良条件

先に述べたように、空港施設のための地盤造成の目標とある整備水準は、施設機能を損なわないように設定され、かつ、工事の実現性、工程の確保、イニシャルコストとランニングコストを勘案して設定される。本節では、空港として重要である滑走路について検討し、その整備水準を確保できる地盤改良工法とその条件を取りまとめる。

a) 整備水準

滑走路の規定¹²⁾は次のとおりである。

i) 最大縦断勾配

- ・ 滑走路末端から滑走路長さの4分の1以下の距離にある部分 ————— 0.8%
- ・ 上記以外の部分 ————— 1.0%

ii) 縦断勾配の変化

- ・ 勾配の差の最大値 ————— 1.5%
- ・ 最小縦断曲線半径 ————— 30,000 m

表-2 整備水準調査結果

事例	沈下対象層	許容残留沈下量
東京国際空港 (羽田 沖展)	埋立 浚渫土 沖積粘土 20-30 m	Ⅱ期 50 cm Ⅲ期 150 cm
地方空港 (出雲空港・南 紀新空港・那 覇空港)	埋立/盛土 (軟弱粘土層 8 m 盛土最大 75 m)	25～50 cm

iii) 視距離

滑走路面上3mの高さから、滑走路の半分長さにわたって、滑走路面上3mの他の点が見えるような縦断勾配としなければならない。

iv) 勾配変化点の間隔

勾配変化点の間隔(D)は、次式で計算された値以上とし、なおかつ45m以上でなければならない。

$$D = 300 \times (|x - y| + |y - z|) \quad (m)$$

ここに、x, y, zは隣り合う区間の勾配(%)

v) 最大横断勾配

- ・ 滑走路本体 ————— 1.5%
- ・ ショルダー、オーバーラン ————— 2.5%

上記の規定を考慮し、実際に施工された空港の整備水準(供用開始後の許容残留沈下量)を表-2に示す。羽田沖合展開事業¹³⁾では、残留沈下量を大きく設定しているが、その理由は隣接する滑走路の空域制限のために、圧密対象層下部までのすべて層を改良することができず、20m程度の未改良部分が残ったためである。そのため、各種の事前対策工が施され、メンテナンスにも様々な工夫がなされている。

一方、地方空港では、供用開始後の許容残留沈下量を50cm以下に設定している例が多い。場合によっては、30cm以下に設定されている例もある。このような設定は、地盤条件や施工条件にも依存するが、過大な残留沈下を許容すると、残留沈下に対する事前対策工やその後のメンテナンスに費用がかかるので、できるかぎり小さい残留沈下量を造成地盤の整備水準として設定したものと考えられる。

以上のことから、本プロジェクトにおける造成地盤の整備水準もできる限り小さく押さえることとし、供用開始後の残留沈下量を35cmとした。その内訳は、総2次圧密沈下量が15cm、1次圧密中の許容沈下量が20cmである。ただし、沈下計算においては、土質定数のばらつきも考慮して、1次圧密中に許容できる沈下量を10cmと設定し、地盤改良設計の目標とした。

b) 地盤改良の設計

地盤改良設計では、目標となる造成地盤の整備水準を満たす仕様を決定することである。設計で必要となる情報

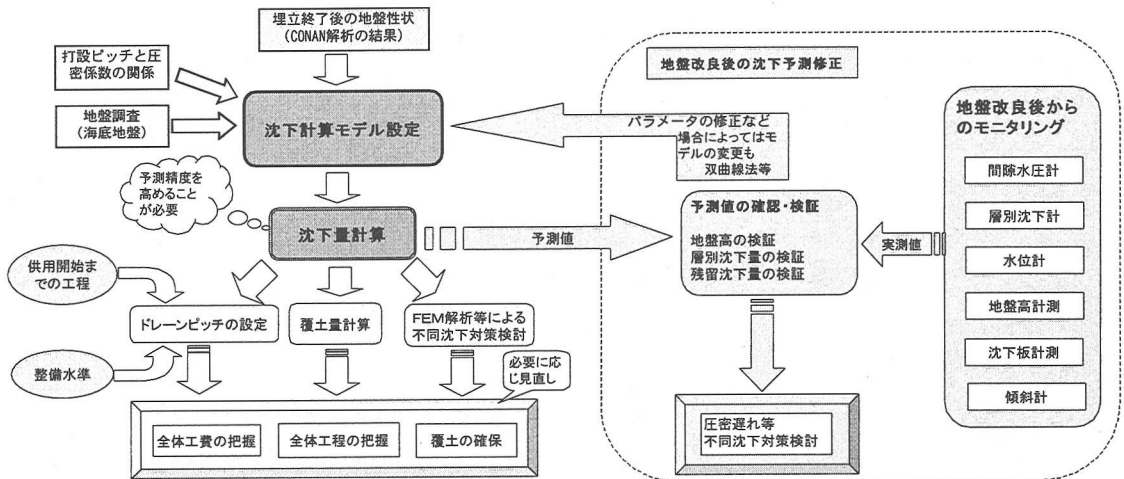


図-14 造成過程における沈下予測手法

は、地盤の初期状態ならびに地盤の圧密パラメータである。通常ならば、地盤調査結果に基づき、地盤の初期状態ならびに圧密パラメータを決定する。しかしながら、地盤が造成される前に検討しなくてはならない本プロジェクトでは、図-14 に示すフローのように、埋立過程をシミュレートした解析結果を用いることにした。また、本プロジェクトでは、圧密を促進させる地盤改良に、プラスチックボードドレーンを用いる鉛直ドレーン工法が採用された。鉛直ドレーン工法で必要となる水平方向圧密係数の特性も把握することが必要となる。

図-14 は、地盤改良設計のフローと動態観測結果を用いた沈下予測修正との関係を示したものである。まず、CONAN による埋立沈下解析の結果によって、地盤の初期状態をモデル化し、圧密パラメータを設定する。これに、打設ピッチと圧密係数の関係、海底地盤の調査結果を加えて、沈下モデルとする。地盤改良設計では、打設ピッチをパラメータにしてウェルレジスタンスを考慮した吉国の修正式¹⁰⁾を用いて、沈下-時間関係を求めて、設定した残留沈下量と対比して、予め定めた整備水準を満足する打設ピッチ条件を求めるとともに、未圧密地盤の沈下量は地盤内の過剰間隙水圧を未圧密量とした初期状態から算出する。未圧密量の設定方法と計算手法は、江頭ら⁴⁾によって検証されている。

動態観測による修正は、計測結果と予測値を対比させ、圧密パラメータ等を見直すことによって、実測値を再現し、それ以降の挙動を予測する。ある程度データが収集できた段階で、双曲線法など経験的な手法による予測も検討する。

現時点では、プラスチックボードドレーンを打設している段階であり、検討結果を評価できないため、地盤改良設計の概略を以下に示す。

バーチカルドレーンによる圧密促進効果を評価する前に、覆土による最終沈下量ならびに必要な覆土量を推定する。この計算には、埋立地盤の覆土前の性状と圧縮パラメータが必要である。地盤性状は、CONAN 解析の結果を用いた。圧縮パラメータは、CONAN 解析で妥当と推定された関係を延長して、図-15 に示す太線のように設定した。その関係は、覆土荷重の範囲である1~100 kPaにおける圧縮指数 C_c を、圧密試験から求めた結果を参考にして1.05とし、1~5 kPaでCONAN解析の圧縮パラメータと接するように設定した。この関係は、図-15 に示すように埋立層から採取した試料の圧密試験結果のほぼ中央に位置し、妥当な関係にあるものと考えられる。

計算結果を表-3に示す。ここで、これまで行われてきた土質試験の結果から、沖積粘土層の圧縮指数 C_c は1.2、洪積粘土層の膨潤指数(過圧密状態の e - $\log p$ 関係の傾き)は0.09とした。沈下量のほとんどは埋立層で生じ、沖積粘土層が厚いほど全沈下量は大きくなっている。すなわち、沖積粘土層が5 mの場合には、トータルで9 m程度であるのに対し、粘土層厚さが10 mとなると沈下量は約11 mとなる。覆土量も沖積粘土層厚さによって異なり、沖積粘土層厚に応じて9~11 m程度と算出された。

バーチカルドレーンの設計には、ドレーンピッチと水平方向圧密係数の関係が必要である。本プロジェクトでは、荻田工区で行われた試験工事の結果⁴⁾と香椎パークポードで行われた試験工事の結果¹⁴⁾をベースにして設定した関係(図-16)を採用した。沈下対象層としては、埋立層と沖積粘土を想定し、沖積層下部までドレーンを打設するものとした。また、覆土に作用する浮力については、次のように考慮した。地盤内水位を外海の平均水位として設定し、その水位よりも下方に位置した覆土に対しては全圧力から浮力を差し引いた。

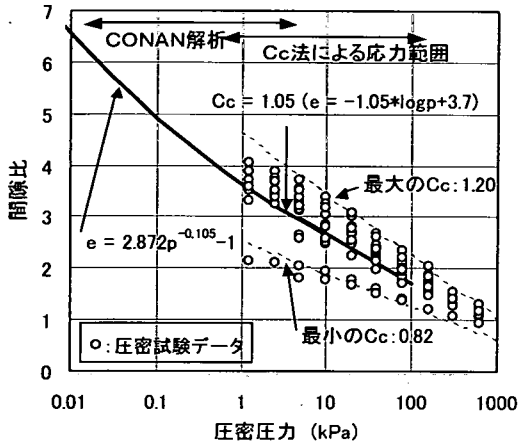


図-15 造成過程における浚渫土の圧縮パラメータ

表-3 滑走路部における沈下量と覆土量の推定

沖積層 厚さ(m)	沈下量 (m)				必要覆土 厚さ (m)
	埋立層	沖積層	洪積層	合計	
5	7.72	1.36	0.11	9.19	9.2
8	7.81	2.33	0.13	10.27	10.3
10	7.87	2.92	0.13	10.91	11.0

図-17 に、打設ピッチと供用開始後の残留沈下量の関係を示す。沈下量の推定と同様、解析条件としては、沖積粘土層厚さを 5, 8, 10 m と設定した。その結果、改良ピッチが狭くなるほど残留沈下量は小さいこと、沖積粘土層厚さが厚いほど同じ改良ピッチであっても残留沈下量は大きいことが判明した。整備水準とした“供用開始後の残留沈下量が 10 cm 以内”を満足できる条件としては、沖積粘土層厚さ 5 m ではピッチ 1.6 m 以下、8 m ではピッチ 1.4 m 以下、10 m ではピッチ 1.3 m 程度以下と推定できる。

以上の結果から、沖積粘土層厚さによって打設ピッチを変えることがコスト的に有利となることが判明した。実際の設計では、1工区西側で 1.4 m ピッチ、東側では 1.3 m ピッチが採用された。

(4) 中仕切堤による不同沈下の対処方法

図-3 に示したように、計画されている滑走路は、荻田工区と1工区、ならびに1工区と2工区の工区境を横切る。これら工区境の中仕切堤(図-6 参照)は、埋立中の安定性を確保するため、各種地盤改良が沖積粘土層に対して行われており、供用後の残留沈下はほとんど発生しない。一方、埋立地のほとんどの領域では、ある大きさの許容残留沈下が発生する。したがって、この不同沈下が滑走路の規定内に収まるように、事前対策を講じることが必要となる。

図-18 に、1工区を対象にして許容沈下最大時(残留沈下量: 20 cm)の不同沈下性状を概念的に示す。不同沈

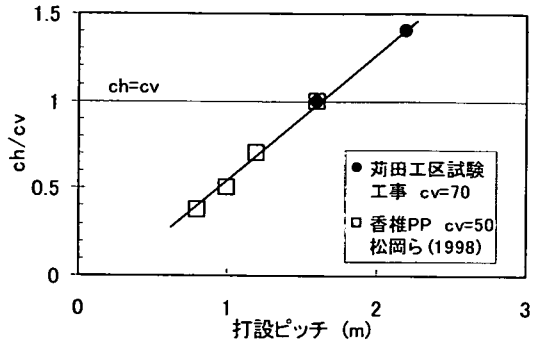


図-16 打設ピッチと水平方向圧密係数比の関係

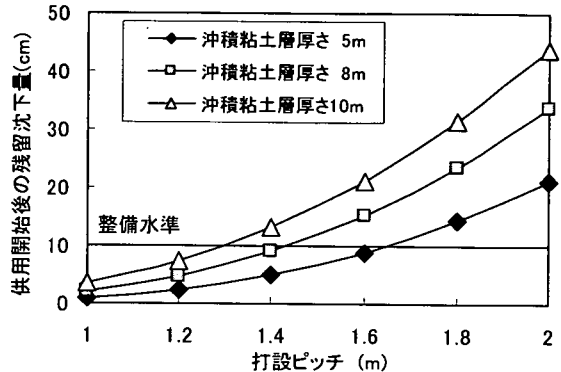


図-17 打設ピッチと供用開始後の残留沈下量の関係

下対策を講じない場合には、図中の細線で示すように、中仕切堤の境界から沈下が生じて、勾配変化点は工区境の中仕切堤に近くなる。一方、4.(3)a)のiv)で規定される地表面形状は図中の太線であり、埋立地中央で残留沈下量が 20 cm 発生したときに、この太線で示した規定線を下回らないように中仕切堤境界部の残留沈下量を押さえる必要がある。

本プロジェクトでは、その対策工として、プレロード工法(予盛工法)が検討された。検討課題は、余盛の厚さならびに施工長さであるが、放置期間は計画工程を超えないこと(500 日以内)、余盛圧力(プレロード)はトータルとしての埋立土の上載圧力が洪積層の圧密降伏応力を超えないこと(最小過圧密応力が 200 kPa で、覆土による増加分が 140 kPa であるので、余盛圧力は 60 kPa 以下となる。このとき、余盛厚さは 3m 以下)が条件となる。

プレロード工法の検討解析¹⁵⁾では、太田・関口モデルを構成式とする2次元粘弾塑性 FEM¹⁶⁾を用いた。地盤の初期状態は、埋立工程を再現した CONAN 解析の結果とし、各土層のパラメータは表-4 に示す値を用いた。その他、覆土ならびに基礎捨石などの物性値は設計値とした。不同沈下形状は、供用開始後 5,000 日における地盤形状を検証することにした。

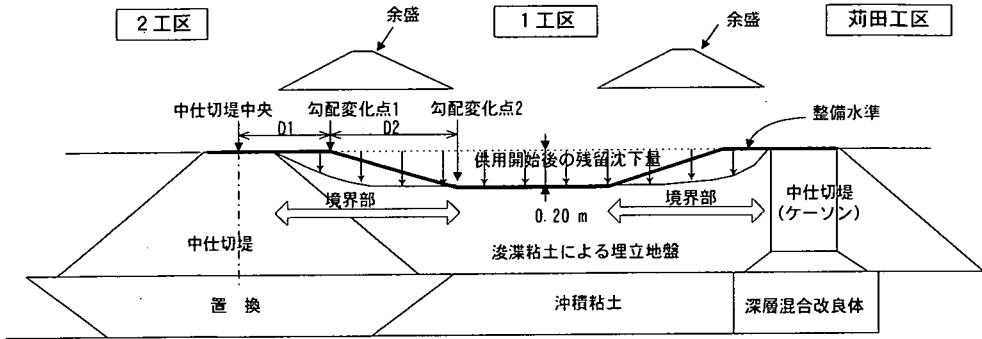


図-18 不同沈下対策の概念図

表-4 解析に用いた各土層の物性値ならびに初期状態

土層	層厚 (m)	単位体積重量 (kN/m ³)	先行圧密応力 (Pa)	過剰間隙水圧 u_0 (Pa)	ポアソン比 ν	圧縮パラメータ λ	初期間隙比 e_0	ダイレイタンシー係数	透水係数 (m/day)
埋立層上部	4.1	3.4	15	90	0.375	0.456	3.4	0.055	0.0008
埋立層中部	4.5	3.7	20	120	0.375	0.456	3.0	0.061	0.0008
埋立層下部	5.3	4.1	30	130	0.375	0.456	2.5	0.067	0.0008
沖積粘土層	3.3	5.0	40	80	0.375	0.521	1.4	0.073	0.0008

図-19 ならびに図-20 に、それぞれ、1工区と2工区の工区境、1工区と苜田工区の工区境に対する解析結果を示す。両図とも、(a)図は余盛しない場合(無対策)であり、(b)図は制限された余盛圧力ならびに载荷期間を用いて勾配変化間隔の規定を満足できる場合である。どの場合においても、埋立地中央部での残留沈下量は10 cmであり、地盤改良の目標値以内である。しかしながら、無対策では、境界部において残留沈下量が太線で示す規定線よりも大きくなり、勾配変化間隔の規定を満足できない。特に、苜田工区境では、仕切堤に接したところで10 cm程度の段差が生じている。一方、(b)図に示すように、プレロードによる対策を行った場合には、勾配変化点間隔の規定を満足していることが確認できる。これより、必要な余盛幅が得られる。

以上のように、残留沈下を許容した結果生じる不同沈下は、設定した工期において洪積層に影響を与えない余盛荷重によるプレロード工法で規定内に抑制できることがわかった。

(5) 沈下管理システム

これまで、造成地盤の整備水準を設定して、それを満足できる工法を選択し、その仕様を検討してきた。しかしながら、そのとおり施工が行われたとしても、地盤は複雑であり、単純化したモデルで推定した挙動どおりに圧密沈下が進行する保証はない。そのため、実際の圧密沈下挙動を観測し、予測どおり進行しているか確かめる必要がある。また、設定どおりに進行していない場合には、その要

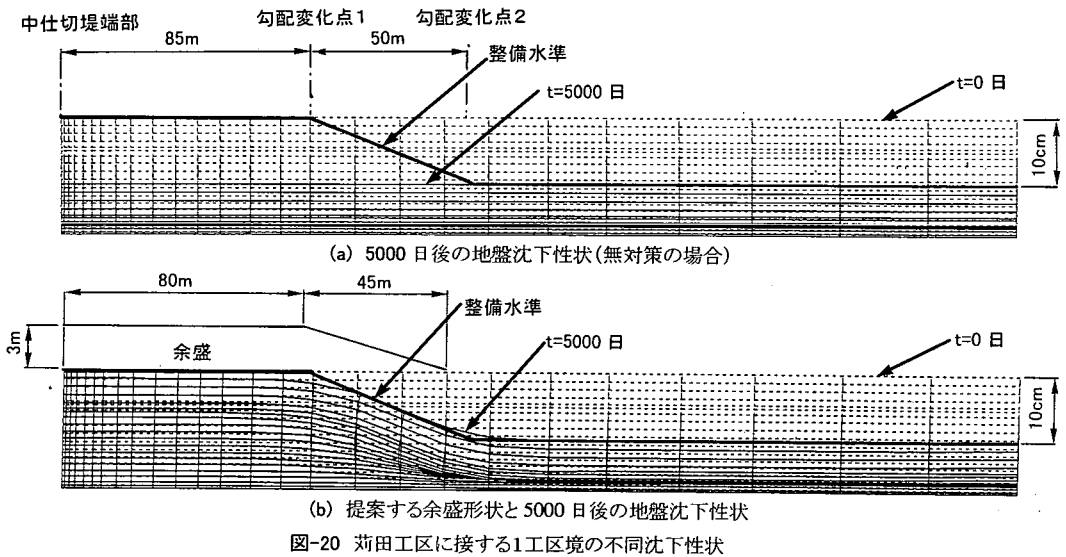
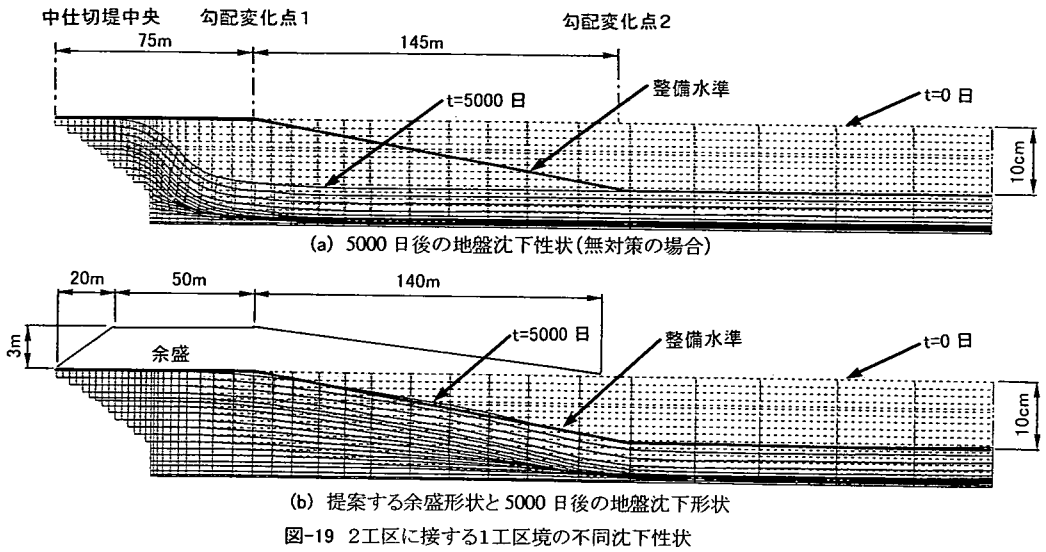
因を検討するとともに適切な対策を講じる必要がある。

沈下管理の最終的な目標は、設定した整備水準を満たせるかどうかであり、図-9 に示した造成過程以降の動態観測結果の検討が主体となる。沈下管理という面から見ると、本プロジェクトでは、埋立過程における動態観測結果を用いて、パラメータを同定しその後の予測を行ってきた。その結果、4.(2)に示すように本手法が十分工学的に有効であることが判明した。それゆえ、今回行った埋立過程における修正予測手法は、今後の浚渫土砂を投入する土砂処分場の管理に役立つものと考えられる。

本節では、浚渫土による埋立から造成過程、その後の維持管理までのプロセスを通じた沈下管理システムの考え方を示す。

図-9 に示した概念図は、横軸に経過時間、縦軸に浚渫粘土地盤高さを示している。各工程における沈下管理の考え方を以下に述べる。浚渫土の埋立過程では、動態観測の結果を CONAN 解析によって事後解析し、観測結果を再現できる圧密パラメータの組合せを同定し、それを用いてそれ以降の予測解析を行い、投入計画を修正したり、地盤改良設計の初期値とする。造成過程では、埋立過程を再現した CONAN 解析の結果を地盤の初期値として、吉国の修正式¹⁰⁾を用いた初期予測を行う。地盤改良工事とほぼ同時に行われた地盤調査の結果ならびに動態観測結果を反映した修正予測をその次に行う。さらに、時間が経過してデータが蓄積されれば、双曲線法などのフィッティングによる予測も可能となる。

図-9 に示した概念を沈下管理体制の面から書き直した



ものが図-21である。建設工程に対応して、検討の流れは外側のループからだんだんと内側のループに入り、最終的に建設終了、維持・管理に至る。この体制は、モニタリング結果から予測値を修正するなどの解析予測部隊と、それに対応して計画および工法の変更の必要性などを決定し、プロジェクトを推進していく意志決定部隊が重要となる。

解析予測部隊は、沈下モニタリング結果を詳細に吟味し、問題の予兆を早い段階で察知し、その原因ならびに対策を検討・提案することも重要な役割である。意志決定部隊は、解析予測部隊が検討した結果を審査・評価して、プロジェクト推進の舵取りを担う。

これら検討結果を施工に反映させることも重要となる。

計測結果を予測値に対してプロットし、日々の状況がどうなっているのか、予測解析部隊・意志決定部隊だけでなく、施工者も把握している必要がある。羽田沖合展開事業では、地盤改良施工に対して情報化施工管理¹³⁾が行われており、データの収集方法や整理方法、情報の周知方法など、実際の運営には、羽田の事例が役立つものと思われる。

5. 結論

本文では、新北九州空港の建設にあたり、その計画経緯を取りまとめた。数カ所の候補地の中で、浚渫粘土によ

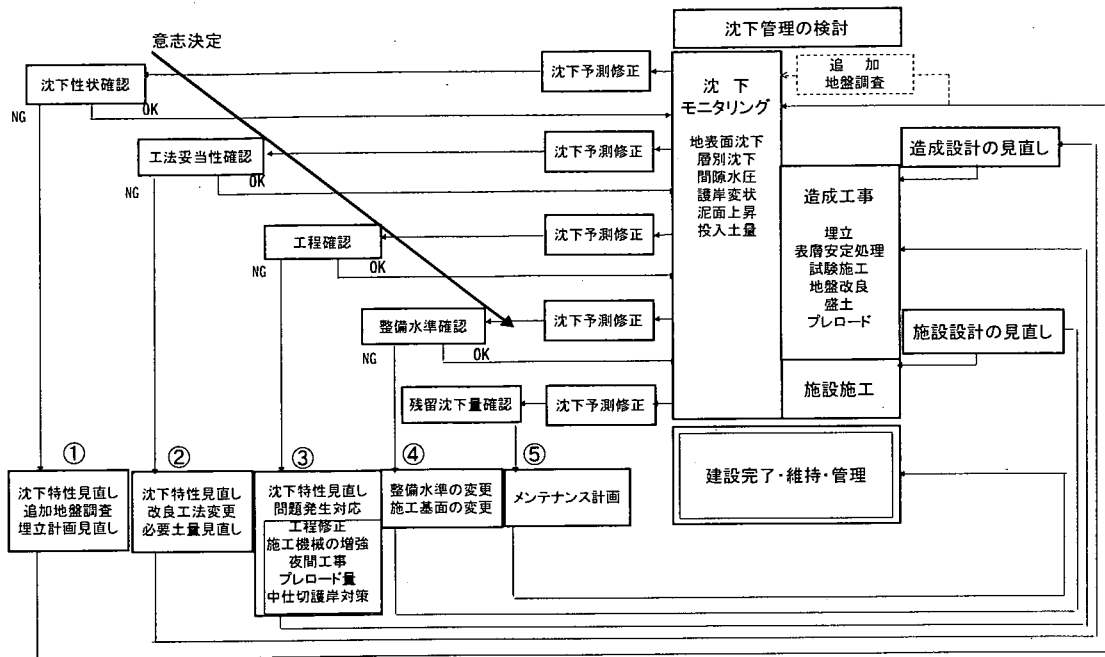


図-21 提案する沈下管理体制

り埋め立てられた土砂処分場を有効利用する海上空港建設が最適と判断された。しかしながら、浚渫粘土による埋立地は非常に軟弱で、地盤工学的に難しい問題を数多く包含している。そのような状況の下で建設される新北九州空港建設プロジェクトに対して、想定される課題を抽出し、それら課題の解決方法や対処方法を提案した。また、採用した対処方法について、実測値を用いて評価した。以下、得られた知見をまとめる。

- (1) 港湾整備事業で発生する浚渫土砂を用いた埋立では、堆積した埋立柱材自体が大きく圧密沈下するため、高精度の沈下予測が必要となる。本プロジェクトでは、今井が提案した解析手法⁶⁾をベースにして構築した解析コード(CONAN)⁹⁾を用い、動態観測結果から同定した圧密パラメータを用いてそれ以後の予測解析を行った。その結果、埋立終了時の地盤内の過剰間隙水圧分布は、実測値とほぼ一致し、予測解析の妥当性が検証できた。
- (2) 造成地盤の整備水準を設定して、それを満足する地盤改良設計を行った。その際、試験工事⁹⁾および既往の検討結果¹⁴⁾から水平方向圧密係数が打設ピッチに依存するという関係を用いた。さらに、地盤改良設計における地盤の初期状態として、埋立過程をシミュレートした CONAN 解析の結果を用いた。今後、埋立地内の地盤調査ならびに動態観測結果によって、設計の妥当性が検証されるが、急速施工を行う場合の設計方法として、地盤性状を数値解析により求める本提案

方法が有効となると考えられる。

- (3) 中仕切堤が存在することにより、不同沈下が発生する。そのための事前対策としてのプレロード工法について、2次元粘弾塑性 FEM により検討した。工期や余盛荷重などの各種制限がある中で、滑走路の規定を満足できる条件を設定でき、経済的なプレロード工法が不同沈下対策に適用できることが判明した。
- (4) 浚渫粘土による埋立から、地盤改良・造成工事、その後の維持・管理までの沈下管理体制を提案した。浚渫土による埋立過程では、この体制により予測修正を行い、その後の地盤改良設計において必要となる地盤の初期状態をかなりの精度で推定することができ、本手法の有効性が確認できた。

新北九州空港の開港は、2005年10月の予定であり、現在建設中である。今後、提案した沈下管理手法および体制の下で建設を進めていく予定である。

今回取りまとめた内容は、非常に軟弱である浚渫土埋立地をいかに強固な地盤を必要とする空港としていかにという取組み方が中心であり、計測結果による評価は一部である。今後、各種計測結果によっては、建設当初に設定した考え方で修正される可能性もあるが、今後予定されている同種の事業の計画に際して、本検討手法が有効であると考えている。

謝辞：本工事の実施にあたっては、新北九州空港埋立検

討調査委員会(委員長:落合英俊九州大学大学院教授)から多くの貴重なご助言・ご指導をいただいた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 塩田精一, 足立二雄, 豊田奉節, 田中洋行: 軟弱地盤上の空港建設, 土木学会論文集, 第 409 号/VI-11, pp.131-138, 1989.
- 2) 正岡孝, 丹生清輝: 新北九州空港, *AIRPORT REVIEW*, No.113, pp.90-94, 2000.
- 3) 小池慎一郎: 新北九州空港計画, *AIRPORT REVIEW*, No.88, pp.73-77, 1994.
- 4) 江頭和彦, 岩瀧清治, 佐藤孝夫, 吉福司, 片桐雅明, 寺師昌明: 浚渫粘土埋立地の水平方向圧密係数, 第 36 回地盤工学研究発表会論文概要集, 1003-1004, 2001.
- 5) Arai, Y.: Construction of an artificial offshore island for the Kansai International Airport, *Proc. of GEO-COAST '91*, Vol.2, pp.927-943, 1991.
- 6) Imai, G.: A unified theory of one-dimensional consolidation with creep, *Proc. of 12th ICSMFE*, Vol.1, pp.57-60, 1989.
- 7) 山内裕元, 今井五郎, 矢野弘一郎: 沈降堆積土の泥面変化解析と圧密係数, 第 25 回土質工学研究発表会概要集, pp.359-362, 1990.
- 8) Yamauchi, H., Imai, G., Watanabe, K. and Ogata, K.: Sedimentation-consolidation analyses of pump-dredged cohesive soils, *Proc. of GEO-COAST '91*, Vol.1, pp.129-134, 1991.
- 9) Katagiri, M., Terashi, M., Henmi, K. and Fukuda, K.: Change

of consolidation characteristics of clay from dredging to reclamation, *Proc. of Coastal Geotechnical Engineering in Practice (IS-Yokohama 2000)*, pp.307-313, 2000.

- 10) 吉国洋: パーチカルドレーンの設計と施工管理, 技報堂出版, 1979.
- 11) Sato, T., Ishinuki, K., Katagiri, M., Terashi, M. and Kitazawa, S.: Reclamation control of pump-dredged clay by CONAN, *Proc. of Coastal Geotechnical Engineering in Practice (IS-Yokohama 2000)*, pp.507-513, 2000.
- 12) 国土交通省航空局: 空港土木施設設計基準, (財)港湾空港建設技術サービスセンター, 2001.
- 13) 塩見雅樹, 金沢寛, 稲田雅裕, 福田直三: 超軟弱地盤上の空港建設における地盤改良の計画と実際, 土木学会論文集, 第 546 号/VI-32, pp.23-37, 1996.
- 14) 松岡辰雄, 今西肇, 張得宣, 逸見廣治, 森匠二, 平川里美: プラスチックボードドレーン工法に用いる圧密係数の評価, 第 33 回地盤工学研究発表会論文概要集, pp.2129-2130, 1998.
- 15) 江頭和彦, 岩瀧清治, 佐藤孝夫, 村川史朗, 吉福司, 片桐雅明, 寺師昌明: 不同沈下対策のためのプレロード工法の適用性検討, 第 36 回地盤工学研究発表会論文概要集, 1005-1006, 2001.
- 16) Iizuka, A. and Ohta, H.: A determination procedure of input parameters in elasto-viscoplastic finite element analysis, *Soils and Foundations*, Vol. 27, No.3, pp.71-87, 1987.

(2001.5.21 受付)

PROBLEMS AND INVESTIGATIONS IN CONSTRUCTION OF NEW-KITAKYUSHU AIRPORT ON RECLAIMED LAND BY DREDGED CLAY

Kazuhiko EGASHIRA, Kiyoharu IWATAKI, Takao SATO, Masaaki KATAGIRI,
Masaaki TERASHI and Tsukasa YOSHIFUKU

The New-Kitakyushu Airport is constructed on the man-made island reclaimed by dredged clay. In this paper, several problems on the reclamation by dredged clay and on the construction of the airport on such a reclaimed land are extracted. The prediction method for the volume change of reclaimed layer, the design of vertical drain satisfying requirements of runway, the countermeasure for differential settlement and the control system of settlement during the construction are investigated. A major conclusion is that the initial condition for the design of vertical drain in the rapid reclamation can be estimated by the proposed analysis of reclamation process with the consolidation parameters modified by the monitoring results.