

普天間飛行場代替施設建設事業に係る技術検討会（第1回）  
議 事 録

日 時：令和元年9月6日（金）14：30～17：00

場 所：防衛省D棟7階第1会議室

委 員：清宮委員長、大谷副委員長、青木委員、小梁川委員、三村委員、  
宮田委員、森川委員、渡部委員

議 事：

1 開会

2 議事

（1）技術検討会の運営について

（2）設計条件について

（3）護岸構造の候補の提示について

（4）地盤改良工法の候補の提示について

（5）要求性能・性能規定について

3 閉会

配布資料：資料1 委員名簿

資料2 普天間飛行場代替施設建設事業に係る技術検討会運営要綱

資料3 第1回検討会資料

**【開会】**

事務局から開会を宣言。

**【事業者挨拶】**

西村沖縄防衛局次長から挨拶。

**【委員紹介】**

事務局から委員を紹介。

**【議事（１）技術検討会の運営について】**

○事務局から、事務局作成の普天間飛行場代替施設建設事業に係る技術検討会運営要綱（以下「運営要綱」という。）案を読み上げ。

委員に諮ったところ、委員からは意見なく、原案通り決定。

○運営要綱の規定に基づき、委員の互選により委員長を決定。

委員から、清宮委員への推薦があり、委員に諮ったところ異議なく、清宮委員に委員長を決定。

○運営要綱の規定に基づき、委員長が副委員長を指名。

委員長は、地盤分野について非常に深い学識を有している大谷委員に副委員長を依頼。大谷委員が承諾され、委員長は大谷委員を副委員長に指名。

**【議事（２）設計条件について】**

○委員長 それでは事業の概要の説明をお願いいたします。

○事務局 それでは、事業の概要について説明したいと思います。

資料の 1 ページを御覧ください。普天間飛行場代替施設建設事業は、普天間飛行場の代替施設をキャンプ・シュワブ辺野古崎地区に建設する事業でございます。

普天間飛行場及びキャンプ・シュワブ辺野古崎地区の位置図を示しておりますが、また、次のページの方にはキャンプ・シュワブ辺野古崎地区の水深図を示しております。

3 ページを御覧ください。普天間飛行場代替施設建設事業の概要を図に示してございます。

対象事業名称といたしましては「普天間飛行場代替施設建設事業」、事業者は沖縄防衛局、事業の概要として飛行場の規模は 1,200m の滑走路が 2 本、飛行場区域の面積は海域と陸域を合わせて約 205ha、このうち埋立面積は約 157ha

となります。約 157ha の埋立に関します公有水面埋立承認申請は、平成 25 年 12 月 27 日に沖縄県知事により承認されておりまして、また平成 26 年 12 月 5 日には第 1 回の変更も承認されてございます。今後、以降の説明では、この第 1 回の変更の内容を反映したものを「現埋立承認申請」という言葉で説明させていただきます。

埋立地の土地利用計画については、表 1.1-1 及び図 1.1-4 に示しているとおりでございまして、離着陸施設用地、エプロン用地、管理・整備施設用地等となっております。

4 ページを御覧ください。土地利用計画の区分ごとの主要施設の詳細を記載してございます。

続きまして 5 ページ、また 6 ページを御覧ください。現埋立承認申請の概要について説明しましたが、まず設計概要といたしまして、現埋立承認申請における代表的な護岸の配置及び断面図を 2 ページにわたって図によって示してございます。

7 ページを御覧ください。先ほど示しました護岸構造として、現埋立承認申請の添付図書に記載されている選定理由を示してございます。

①の西側護岸及び南側護岸、②の北側護岸では非常に水深が浅く、海上から作業船を使用した施工が不可能なことから、陸上よりクローラクレーンを使用して巻き出し方式で施工が可能な構造とするようにしておりまして、傾斜堤の構造を採用してございます。③の東側護岸ではスリットケーソン式を、④の東側護岸（A 護岸）では二重鋼管矢板式を、⑤の護岸（係船機能付）ではスリットケーソン式を、⑥の中仕切護岸では傾斜堤式を、⑦の中仕切岸壁では二重鋼管矢板式を、それぞれ施工性と環境への影響、船舶の航行への影響などを考慮いたしまして採用しているところでございます。

8 ページを御覧ください。現埋立承認申請における設計条件を示しております。

①設計潮位については、近傍港湾の中城湾港の潮位を準用し、②残留水位については「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に準拠して設定しております。

③設計波高は、中城湾における波浪観測データを利用して設定しており、④許容越波流量は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」及び米軍要望を考慮して設定してございます。

⑤上載荷重は、背後地の利用条件を基に設定してございます。

右側になりますけれども、⑥の照査用震度については、これも「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に準拠して、当該地周辺の地震観測結果を基に補正した地震動、及び各護岸等の土層構成や土質条件を基に一次元の地震応答解析

により設定しております。図には、辺野古地先におけるレベル1地震動の加速度時刻歴を示してございます。

⑦の土質条件につきましては、当該地周辺におきまして実施しました土質調査結果を基に、表1.1-3に示しますとおり設定しているところでございます。

次のページには、現埋立承認申請における設計条件一覧を表示してございます。

以上でございます。

○委員長 概要の説明、ありがとうございました。

それでは、質問あるいは追加で説明してほしいことがありましたら、どこでも結構ですので、お願いいたします。

特によろしいでしょうか。特に御意見なしということで、先に進めさせていただきたいと思います。

それでは、次の設計条件のうち、地盤条件までの説明をお願いいたします。

○事務局 10ページを御覧ください。本検討会における設計条件となります。

まず、(1)設計潮位でございますが、これも現埋立承認申請と同様に、近隣の港湾であり、かつ、検潮所が設置されている中城湾港の潮位より設定してございます。

(2)残留水位についても、現埋立承認申請と同様でございますけれども、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に準拠して、重力式構造の場合は朔望平均干潮位に潮位差の1/3を加えた値、矢板式構造の場合は朔望平均干潮位に潮位差の2/3を加えた値で設定してございます。

(3)設計波高につきましては、これも「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に準拠し、施工時を10年確率波高、完成時を50年確率波高としまして、後ほど説明させていただきますけれども、波浪の計算手法及び手順により設定してございます。

(4)許容越波流量については、これも現埋立承認申請と同様でございますけれども、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」及び米軍要望を考慮しまして、通常の場合につきましては護岸法線位置において $0.02\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ 以下ですけれども、図2.1-2bの左図に示しますように護岸の天端高が制限表面を超える場合につきましては、右図のように護岸法線位置及び用地境界位置において所要の値以下になるよう設定してございます。

(5)上載荷重についても、これも現埋立承認申請と同様でございますけれども、空港土木施設設計基準、UFC及び「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に準拠して、背後地の利用条件を基に、永続状態及び変動状態の上載荷重を設定してございます。

11 ページを御覧ください。

(6) 設計対象地震動について、これも現埋立承認申請と同様でございますが、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に準拠し、当該地周辺の地震観測結果を基に補正した地震動としています。図 2.1-3 に辺野古地先におけるレベル 1 地震動の加速度時刻歴を示しております。

(7) 土質条件については、地盤条件として後ほど詳しく説明させていただきたいと思っております。

(8) 設計供用期間につきましては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」の設定事例を参考にいたしまして、あくまで施設の設計上の供用期間として 50 年と定めてございます。

12 ページを御覧ください。ここからは地盤条件についての説明になります。

まず、土質調査の概要でございます。土質調査の実施箇所を図に示してございます。また、土質調査の基本的な考え方を表に示してございます。

土質調査の基本的な考え方といたしましては、表の上の方に示しますとおり、基本的には 3 点から成ってございます。

1 点目としましては、護岸法線、海底地形を基に調査エリアを設定し、その両端部、また中央部付近及び法線変化点を対象として調査地点を設定し、土質調査を実施しております。

2 点目としては、調査地点間の地層の成層状態を把握することを目的として音波探査を実施しております。

3 点目としましては、土質調査及び音波探査において、地層境界が不明瞭な箇所の境界の把握等を目的として、更なる土質調査を実施しております。後ほど詳細に事例を御説明いたしますけれども、土質調査及び音波探査の配置については、基本的にはこの 3 つの考え方に基づいて設定してございます。

13 ページを御覧ください。ここでは、大浦湾側の護岸法線位置における地層縦断図の全体像を示してございます。次ページ以降では、この縦断図の上の方に赤字で書いてございますけれども、調査エリアごとにそれぞれ行った土質調査の概要を御説明したいと思います。

14 ページをお開きください。

まず、C-1 護岸周辺の土質調査の概要でございます。表に示しますとおり、C-1 護岸の法線平行方向におきましては、調査エリアの両端及び中央部付近を対象といたしまして、右に示します調査位置もあわせて御覧いただければと思っておりますが、B-25、B-26、B-28、B-30 の調査地点を設定し、ボーリング調査を実施いたしてございます。

また、成層状態を把握することを目的として、音波探査 L-01 を実施してお

ります。

さらに、各ボーリングの補間を目的として B-27、B-29 を設定し、コーン貫入試験を実施してございます。

加えまして、地層境界が不明瞭な箇所の確認を目的として S-1 の調査地点を設定し、ボーリングを実施しました。

法線直角方向では、南側滑走路位置に当たる B-28 を基点といたしまして、法線直角方向の成層状態を把握することを目的として、L-12 ラインの音波探査を行い、B-64、S-2、S-30、S-3、S-22、S-4'、S-28 の調査地点を設定し、土質調査を実施しております。

結果でございますけれども、C-1 護岸部の Avf-c2 層の分布深度が護岸法線位置において最大 C.D.L-90m であることが確認できました。

次ページには、音波探査ライン L-01 及び L-12 における地層縦断図を示してございます。

16 ページを御覧ください。ここでは、C-2 護岸の浅部周辺の土質調査の概要を表に、また 17 ページには、音波探査ライン L-02、L-13、L-14 における地層縦断図を示しております。

以降 18 ページから 23 ページには、C-2 護岸の深部から C-3 護岸周辺の調査エリア、護岸（係船機能付）周辺の調査エリア、A 護岸周辺の調査エリアごとに土質調査の概要を示しております。

また少し飛びますが、24 ページから 25 ページには、大浦湾側の埋立地内の土質調査の概要を示してございます。ここでの土質調査の配置は、先に述べた土質調査の基本的な考え方とは異なりまして、施工時の構造物や将来的な土地利用を考慮した配置となっております。

土質調査箇所の御説明については以上でございます。

少し飛びますが、26 ページを御覧ください。行った土質試験について表に示してございます。基本的な物理的特性、せん断特性、圧密特性、動的特性の把握を目的として、各種試験を行ってございます。

27 ページを御覧ください。各種試験を行うに当たり、乱れの少ない試料を採取するために行った工夫について、説明させていただきます。

まず、試料採取の基本的な考え方ですけれども、力学試験に用いる試料採取を目的に、固定ピストン式のシンウォールサンプラー及びロータリー式のトリプルサンプラーにより、乱れの少ない試料採取を行ってございます。

シンウォールサンプラーにつきましては、水圧でサンプリングチューブを地盤に押し込んで土を採取する構造で、主に N 値が 0~8 程度の軟らかい粘性土、また細粒分を多く含む N 値が 10 以下の緩い砂質土を対象とする方法で、

実績が豊富で信頼度が高い方法です。

トリプルサンプラーは、外周の回転するアウターチューブで土を切削しながら、内側のインナーチューブを地盤に押し込み、インナーチューブ内のライナー内側に土砂を採取する三重構造で、主に N 値 4 以上を目安とする硬さの粘性土、または N 値が 10 以上を目安とする締まり程度が中ぐらい以上の砂質土を対象に試料を採取する方法です。

当地におきますサンゴ礫混じり土の試料採取については、トリプルサンプラーを用いて行っておりますが、切削時に礫の回転や移動、細粒分から成るマトリックスの流出が生じる場合があるため、当地ではさまざまな工夫を行っております。行った工夫について詳しく説明しますと、右上の表のとおりでございます。切削時の送水量を通常の採取時より少なくする、切削時のビットの回転数を遅くゆっくり切削する、ビットの材質をダイヤモンドビットとする、切削速度を礫のカット時には遅くするなどの工夫を行っております。採取した試料については、細粒分の流出や試料のかく乱の確認も行っております。

右側の中段付近に採取した試料の状況写真を、また X 線 CT スキャンにより撮影した画像を図に示しておりますが、乱れの少ない試料の採取ができていると思っております。一方で、高品質サンプリングによる試行も行っておりますが、トリプルサンプラーでも工夫することにより乱れの少ない試料採取が可能であることに加えて、高品質サンプリングでは採取時間にかかなりの時間を要することから、台風時等の退避が増えるなど、安全性も考慮して試行にとどめてございます。

28 ページを御覧ください。土質調査結果の分析について御説明します。

まず地層構成でございます。地層構成は、ボーリング調査結果を基に解析・整理を行い、三次元の地盤モデルを作成し、地層の空間的な分布を把握いたしました。図に三次元地盤モデルをパネルダイヤグラムで示しております。大浦湾の埋立計画地内には、A-A'線に沿う形で埋没谷がありまして、それを埋める形で沖積層が堆積しております。

次のページには、その埋没谷の地質推定縦断図を示しております。埋没谷の下部には有機物を含む黒色の粘性土が堆積している層が見られ、土粒子の密度や色調といった物理的な特性が上部の Avf-c 層と異なり、また、後ほど説明させていただきますけれども、せん断強度や圧密特性などにも明らかな違いがあるため、Avf-c2 層として細分化しております。

30 ページを御覧ください。ここでは、Avf-c 層や Avf-c2 層等の主な沖積層の平面的な分布状況を示しております。また、次ページでは各層の分布状況を 3D で示しております。

続きまして、32 ページを御覧いただきたいと思います。土質試験結果の概要について御説明したいと思います。表に地層別土質試験結果の概要をまとめてございます。

構成する地層のうち、考慮すべき主な地層として考えておりますのは、「粘性土」、また粘性土と砂質土の性質を併せ持つ「中間土」になると考えてございます。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説」では、砂の含有率及び透水係数から砂質土又は粘性土に分類することとされております。この基準に従いますと、粘性土に分類される層は Aco-c、Avf-s、Avf-c、Avf-c2、その他の層は砂質土に分類されます。しかし、後ほど説明させていただきますけれども、このうち Aco-c と Avf-s については、簡易 CUbar 試験のストレスパスの発現状況や間隙水圧の経過状況から、初期的には粘性土の挙動を示しますが、時間とともにダイレーションの影響などにより砂質土の挙動を示すようになります。よって本検討では、Aco-c と Avf-s については中間土として分類して評価することといたしました。以降の説明では、考慮すべき粘性土である Avf-c と Avf-c2、中間土である Aco-c、Avf-s を中心に説明させていただきたいと思います。

33 ページを御覧ください。図に三角座標による土の工学的分類をまとめております。

Aco-c については、細粒分含有率が 50%以上の細粒土が主体ですが、礫分も多く含んでおります。Avf-s については、細粒分含有率が 15~50%となっております。Avf-c と Avf-c2 については、細粒分含有率が 50%以上の細粒土が主体で、粘性土であることがうかがえます。

34 ページを御覧ください。塑性図による土の工学的分類をまとめております。

Aco-c については、低液性限界の粘土及びシルトに区分されます。Avf-s については、低液性限界の粘土に分類されますが、三角座標内でも示しましたとおり砂分を多く含んでおりますので、ノン・プラスティックが多数あります。Avf-c については、低液性限界から高液性限界の粘土に区分され、Avf-c2 については、高液性限界の粘土及びシルトとなっております。

35 ページを御覧ください。図に Aco-c、Avf-s、Avf-c、Avf-c2 の物理・力学的特性の一部をまとめてございます。

巻末に参考として掲載しておりますが、「サンゴ礫混じり土調査・設計マニュアル (案)」によりますと、サンゴ礫混じり土の土粒子の密度は  $2.65\sim 2.88\text{ g/cm}^3$  と、通常の粘性土の  $2.6\sim 2.7\text{ g/cm}^3$  に比べかなり大きめの値を示すとされておまして、Aco-c、Avf-s、Avf-c の各層は、このサンゴ礫混じり土とお

おむね同様の密度を示しておりますし、飽和密度も大きいことから、この層についてはサンゴ由来の土質であると想定されてございます。一方で、Avf-c2層については、有機物を含む層となっていますことから、土粒子の密度は上層に比べて小さい値を示してございます。

以上が、土質試験結果の概要になります。

36 ページから、設計に必要な土質定数の設定について御説明させていただきます。

土質定数の設定に際しましては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に規定されています補正を行い、設定を行ってございます。補正の手順、補正係数、補正の適用の考え方を図表に示しております。設定する土質定数は、地盤の安定及び沈下解析等に必要となる飽和单位体積重量、せん断強度、圧密特性となります。

37 ページを御覧ください。

まず飽和单位体積重量として、土質別に示してございます。Ag層から下の層でございますDR層及びDK層では、上の地層に比べて締まった土層で、飽和单位体積重量も  $20\text{kN/m}^3$  を超えています。Ag層より上の層では  $20\text{kN/m}^3$  より小さく、特に有機物を含む Avf-c2 層では  $17.5\text{kN/m}^3$  と小さい値を示してございます。

38 ページを御覧ください。せん断強度でございます。せん断強度につきましては、粘性土、中間土、砂質土の区分に応じ設定してございます。左側の表にせん断強度の設定の考え方を示してございます。

まず粘性土について説明させていただきたいと思っております。粘性土のせん断強度の設定方法については、間隙水圧が消散する前の短期的な強度と、間隙水圧が長期かつ徐々に消散する長期的な強度に区分しております。粘性土のせん断強度については、一軸圧縮試験による  $q_u$  法が一般的でございますが、当地盤では、先ほど御説明しましたように砂を多く含んだ中間土的な性状を示す部分もありますことから、 $q_u$  法では強度を過小評価するおそれがあります。そのため、再圧縮法による簡易  $CU_{bar}$  試験により、せん断強度の設定を行うこととしております。ただし、硬質な粘性土の Avf-c2 については、比較的塑性のある細粒土で、強度を過小評価するおそれが小さいことから、異常値と認められないものは  $q_u$  法も併用することとしました。一方、長期のせん断強度は、間隙水圧が長期かつ徐々に消散するため、圧密度に応じた強度増加を、後ほど説明します強度増加率を用い設定することとしてございます。

次に中間土でございます。中間土の設定方法は、間隙水圧が消散する前の非排水状態における短期的強度と、間隙水圧が消散した排水状態における長期の

強度に区分してございます。短期のせん断強度は簡易 CUbar 試験において行いましたが、供試体によっては砂分等の影響でダイレーションが生じまして過大な強度を示す場合があったために、過大評価を避ける観点から変相点におけるせん断強度としてございます。長期のせん断強度は、三軸 CD 試験及び三軸 CUbar 試験より求めたせん断強度としてございます。

最後に砂質土でございますけれども、砂質土の設定方法は、透水性が高いことから、短期・長期の区分はせず、全て排水状態として、三軸 CD 試験によりせん断強度を求めてございます。

右上の図に、それぞれのせん断強度設定の概念図を示してございます。

39 ページを御覧ください。ここでは、粘性土である Avf-c 及び Avf-c2、中間土である Aco-c 及び Avf-s について、簡易 CUbar 試験によるストレスパス及び応力ひずみ曲線を図に示してございます。Avf-c 及び Avf-c2 は、ストレスパスにおいても粘性土の応力経路を示し、また間隙水圧も常に正の値を示すなど、粘性土としての挙動が確認できると思います。一方で Aco-c 及び Avf-s では、ストレスパスが初期段階では粘性土の応力経路を示しますが、ひずみが進みますとダイレーションの影響から破壊線に沿った応力経路をたどり、最終的には主応力差もかなり大きな値を示すこととなってございます。また間隙水圧も、初期段階では正の値を示しますが、圧縮ひずみが進むとこれもダイレーションの影響から減少に転じ負圧を示すなど、中間土としての挙動が確認できると思います。

40 ページを御覧ください。ここでは粘性土である Avf-c 及び Avf-c2、中間土である Avf-s 及び Aco-c の非排水状態におけるせん断強度を深度ごとにプロットし、近似した直線を図に示してございます。図の中にあります式が、それぞれの層の非排水強度、すなわち短期のせん断強度となります。

41 ページの図を御覧ください。ここでは中間土及び砂質土の排水状態におけるせん断強度を求めるために行った三軸 CD 試験及び三軸 CUbar 試験結果を示しています。図中には試験結果から求められた内部摩擦角であります  $\phi_D$  も示してございます。中間土となります Aco-c、Avf-s につきましては、ここで求めた  $\phi_D$  が排水強度、すなわち長期の強度となります。

42 ページを御覧ください。ここでは粘性土である Avf-c 及び Avf-c2 の強度増加率を求めるために、①から④に示す方法により検討した結果を表に示してございます。

まず①につきましては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に示される一般的な強度増加率を示してございます。

②につきましては、これも同基準に示されるせん断強度と圧密降伏応力から

強度増加率を求める方法を記載してございます。

③につきましては、道路土工－軟弱地盤対策工指針に示される三軸圧縮試験によるせん断強度と圧密圧力から求める方法となっております。

④については、港湾構造物設計事例集に示される、深度方向に増加するせん断強度と土被り圧から求める方法となっております。

表中に値を示してございますけれども、①から④ともおおむね同等の値となっておりますが、③による方法につきましては、現状の土被り圧に加えて、実際に増加する荷重を考慮した三軸圧縮試験から求められているものでありまして、より現状に近い状態での値が得られることから、本検討では③の方法による値を  $A_{vf-c}$  及び  $A_{vf-c2}$  の強度増加率として採用してございます。

43 ページを御覧ください。ここからは圧密特性を検討しております。

圧密特性は一般的に一次圧密、二次圧密に分類されます。

まず一次圧密でございますけれども、43 ページで、一次圧密の特性を示す  $e$ - $\log p$  曲線及び  $\log p$ - $\log C_v$  曲線の集積図を示しております。本検討で設定します  $e$ - $\log p$  曲線は、各曲線の平均的な曲線としておりますが、地盤の特性のばらつきによって、最終的に  $e$ - $\log p$  曲線から算出します沈下量は  $\pm 30\%$  程度増減する可能性もあります。圧密係数は、想定荷重の平均的な値となるように、現状の土被り圧に増加分の  $1/2$  を加えた応力に相当する圧密係数の平均としました。

44 ページの右下の図に埋立に伴い増加する鉛直応力を示してございますが、御覧のとおり、埋立地内におきましては約  $200\text{kN/m}^2$  から約  $600\text{kN/m}^2$  の鉛直応力が増加しますことから、前のページのとおり、 $\log p$ - $\log C_v$  曲線における代表値としましては、 $200\text{kN/m}^2$ 、 $400\text{kN/m}^2$ 、 $600\text{kN/m}^2$  に対応する  $C_v$  値を各土層ごとに示しております。設計に用いる  $C_v$  値につきましては、44 ページに示しましたとおり、埋め立て厚さによって変化しますことから、具体的な埋立厚さが決定した段階で、感度分析も考慮しながら設計することとしてございます。

45 ページを御覧ください。過圧密比になります。過圧密比は、定ひずみ速度圧密試験結果を基に整理して設定してございます。図 2.2-31 に圧密降伏応力と有効土被り圧の深度分布を、図 2.2-32 に圧密降伏応力と有効土被り圧の比の頻度分布を示してございます。これによると、 $A_{vf-c}$  の過圧密比は 1.05、 $A_{vf-c2}$  は 1.33 となっており、 $A_{vf-c2}$  では若干の過圧密状況が確認できる状況でございます。

46 ページを御覧ください。二次圧密特性になります。二次圧密特性は、長期圧密試験結果を基に二次圧密指数  $C_\alpha$  を用いて設定することが一般的であ

ります。また、その算出方法も図 2.2-34 に示すとおりでございます。ところが、図 2.2-35 の長期圧密試験結果に示しますとおり、二次圧密の後半で  $C\alpha$  が大きくなる現象が確認されてございます。このため、本検討では二次圧密の前半部分を  $C\alpha 1$ 、後半を  $C\alpha 2$  と区分し、圧密指数を表 2.2-18 のとおり整理してございます。

地盤条件の説明については以上でございますけれども、Avf-c と Avf-c2 の試料を用意させていただいておりますので、少しお手元が汚れるかもしれませんが、触りながらでも結構ですので、御検討の間に見ていただければと思っております。

地盤条件までの説明は以上でございます。

- 委員長 それでは、設計条件の中で総括の部分と地盤条件の土質調査のところまでで御意見、あるいは不明なところがあれば御質問していただきたいと思っております。よろしく願いいたします。
  - 委員 12 ページの全体の調査の結果を見せていただきまして、方針としては、ボーリングとサウンディングで地点の点の情報を深度方向におとりになって、水平方向に不連続な点情報を音探を使って点間を補間していくというやり方で 3 次元のモデリングをされたということであると理解しました。やり方としては王道的で、非常に結構なことかと思っております。本数的にも一般の工事ではこれだけ多点で実施することはありませんので、しっかりとデータの密度は担保できていると思っております。さらに点間は音探で補間されているということで、調査としてはしっかりとされているのではないかと思います。
- それで、これは確認ですが、13 ページの凡例の、地質層序の書き方を見てみると、完新世のサンゴ礫混じり土が新しく、谷埋堆積物が古いようなイメージを与えるのですが、必ずしもそうではないという理解でよろしいですね。
- 事務局 同年代で堆積していると考えてございます。
  - 委員 サンゴ礫混じり土と谷埋堆積物は同時期のものと理解致しました。

それから、27 ページですが、試料採取の品質評価ということで、X線 CT を撮られています。資料の写真を見てみますと、海成のものなので貝殻片などが当然入っているのですが、X線 CT 撮影をやっておいていただくと、実験に使われた試料の品質も評価できるので、今後なるべく実施していただければいいかと思います。

それから、28 ページのパネルダイヤグラムですけれども、パネルを組み合わせることによって三次元表記をされているということで、A-A'ライン沿いに谷があることも明らかとなり、土粒子密度の違いから、谷部に堆積している粘土をここで区分されている Avf-c と Avf-c2 に分けることは適切だと思います。

この谷は削られて堆積物がたまっただけだと思いますけれども、深いところについては、残留沈下について、少し注意が必要であると考えられます。

○委員長 ありがとうございます。ほかに御意見はございますでしょうか。

○委員 では、私の方も二、三。

先ほど CT スキャンのデータがありました。非常に興味深いですが、CT の場合は 1 断面というよりは三次元のデータになるので、90° の断面とかも確認されたのですか。多分、CT を撮ればデータはあると思うのです。何が言いたいかというと、せっかく CT は三次元なので、確認として、それに対して 90° 方向の断面を確認することで実質化するのかなと思いました。コメントです。

それから、29 ページですけれども、ちょっと違和感を感じたのは、Avf-c2 の上断面が直線に見えるのですけれども、複雑な地層の中で線形が見えると何となくこういうふうになるのかなと思ったのですけれども、その辺も御説明をいただければと思ったところです。

あと、何となく粘性土も中間土っぽい感じがするのですけれども、もちろんいろいろな分類をして示されているのですけれども、決めたらそれに沿ってパラメータの決め方が変わるので、再度御説明をいただきたいと思った次第です。

○委員長 幾つかありますけれども。

○事務局 3 点ほどあったと思います。CT スキャンの 90° 方向の画像がないかということと、多分 Avf-c2 と Avf-c の境界線のことだと思うのです。あとは Avf-c と Avf-c2 を粘性土として評価していることについてということだと思うのですけれども、CT は今は 90° の断面を持っていないのですけれども、データを整理したいと思います。

○委員 あります。

○事務局 しっかり確認させていただきたいと思います。

Avf-c の直線の件でございますけれども、洪積層の変化に応じて Avf-c2 層も変化すると考えられるのですけれども、上流から下流の方に流れてきて埋没谷を埋めるような形で Avf-c 層が堆積したと考えておきまして、土質柱状図を再現して線を引いております。その結果、土質のせん断強度試験からも Avf-c2 層の方が強度が強いものですから、弱い Avf-c 層を大きい幅でとっているということは、今後設計していく上では安全サイドの設計になっているのではないかと考えてございます。それと、Avf-c と Avf-c2 層についても砂分を含んでおります。なので、均質な粘性土ではありませんけれども、細粒分含有率や透水係数を見ても土質分類上は粘性土になりますし、簡易 CUbar 試験のストレスパスにおいても粘性土的な挙動を示しておりますので、設計上では粘性土

という評価で進めていっているところでございます。

事務局からの説明は以上でございます。

- 委員長 90°方向のCT画像については、次回あたりか、または別の機会で見させていただくということでもいいですか。
- 事務局 そうですね。御用意させていただきたいと思います。
- 委員長 それから、粘性土と中間土の区別で、粘性土ということなのですかね。
- 委員 結果からいくとそれは分かるのですけれども、何となくむずがゆい感じがします。
- 委員長 設計的にはどちらのほうが安全側というか、圧密としては粘性土に指定したほうが安全側なんですかね。もしそうであれば、先ほど言われたように設計的には安全側を見ているということですね。ちょうど微妙なところにある土の区別をですね。
- 事務局 ストレスパスで見ても粘性土的な挙動を示しているものですから粘性土で評価しているということで、他の中間土の結果を見ても、粘性土扱いで見ている方が強度としては小さいものですから、短期では安全性を考慮し粘性土、長期では砂質土として使い分けを行うことを考えております。
- 委員 分かりました。それは理解できます。
- 委員 35ページのところで物理・力学特性が一覧で出ているのですけれども、先ほど来、議論になっているAvf-c2については自然含水比を見ると、Avf-c2に関係なく深さ方向に含水比が増えていく傾向が見えるのと、間隙比を見ると、Avf-c2であってもその上のAvf-cであっても基本的に同じように見えるわけです。大きな違いはというと、土粒子の密度のところはAvf-c2は非常に小さいものが含まれていると見ると、これは事務局から説明がありましたように有機物を含んでいるからということが非常に強く表れているのだけれども、実際には同じ土質材料の続きであると。そこに有機物が含まれていることが力学特性の違いなどを出しているのではないかと解釈できると思うのです。実際にそのように解釈されているのだろうなと感じるのは、そのまま39ページを見ていただくと、今言ったようなことを念頭に置いていくと、基本的に同じ土だけれども、有機物が含まれているか含まれていないかということで、39ページの右上の2つ、Avf-cとAvf-c2ではc2の方が、有機物の影響なのかどうか分からないですけれども、その影響が出ていて、どのくらい密かとか、基本的なものは一緒なのに力学挙動が少し違うと解釈できるのかなと思います。それは今やられている解釈で合っているということになります。

それから、39ページを見ていますけれども、左側の図で粘土層とみなしているものについては、応力経路などを見ても、変相点が表れるというよりもピ

ークがはっきり出ているということで、これをもって強度としているのだと思うのですが、左下の、Aco-cとかAvf-sについては変相点が出ているということなので、この変相点が出ているものに対して、粘性土的に評価しようとするとしても、地盤工学会の基準などでいくと15%の強度を使うのでしようけれども、そこまで行くのではなくて変相点のところで強度をとるということは控えめな強度のとり方ということで、設計上は安全側になりますね。そういう解釈をしっかりとしていると感じました。

それから46ページで、今回の地盤について、いわゆる超長期の説明をしていると、一次圧密終了後に二次圧密が続いて、でもその後にこの曲線が垂れ下がるような形でさらなる圧密の部分が出てくるということで、左下にポンチ絵がありますけれども、 $C\alpha 2$ のようなものが見えてくるといことが言われています。これについては、恐らくこの土がサンゴ由来のもので、炭酸カルシウムをいっぱい含んでいるもので破碎性があるから、破碎性があるものが超長期的に沈下を起こしてきて、それがログスケール（対数軸）で見ると垂れ下がって見える。でも、二次圧密は、 $C\alpha 1$ はほぼ一定で来るのだけれども $C\alpha 2$ の方が途中から卓越してくるように見えているのか、そのあたりについては、閑空の粘土とか羽田空港の粘土と違ってこの地域の特殊な土なので、ここについては設計でどのように使うかというのはまた後で出てくると思うのですけれども、この $C\alpha 2$ をしっかりと使った設計をしていくというのが施設を超長期的に維持・運営していく上では、活用していく上では忘れてはいけない現象なのではないかな、重要な現象なのではないかなと感じました。

ほとんどコメントなのですけれども、以上です。

○事務局 ありがとうございます。

二次圧密の $C\alpha 2$ については、事実は事実として受け止めてしっかり検討していきたいと思ってございますし、かなり長期で発現する圧密でございますので、維持・管理とかそういった中で吸収できるということも考えながら今後検討していきたいと思ってございます。

○委員 35ページでも、Avf-c2とAvf-cとの違いというのは何をもって違っているのかというところをしっかりと把握した上で、超長期圧密のようなところについても、何が違うのかという視点で常に見ていくと間違いがないのかなと思うのです。基本的には先ほど言いましたように同じ土の延長だと思えると思うのです。違いはといたら、有機物を含んでいるから。先ほど委員から、Avf-c2の上面が平らなのは不自然さもあるというのがあったのですけれども、そのところは、もしかしたら厳密に解釈したらもうちょっと不陸があるのかもしれないし、一方で、今私が言ったように有機物が含まれているか含まれ

ていないかという話をしていくと、粘土層については比較的平らに、均質に堆積していく表面があるはずなので、そこについては、この面が堆積年代に応じて決まっているのであれば、平らであっても決して不自然ではないのかなという気もします。

○事務局 御意見いただきまして、ありがとうございます。

○委員 12 ページの調査位置の実施箇所と Avf-c2 の境界部分の話と関連して、まず調査実施箇所につきましては、先ほど委員もおっしゃられたように、調査について結構密にやられているのかな、十分な箇所数があるのではないかなということと、音探で補間して層の連続性も確認されているということで、綿密にやられている。

それから、もう一つ重要なところは、滑走路とか、護岸法線とか、精度を上げたいところに集中して調査されているという点が重要なのかなと思います。29 ページの Avf-c2 層との境界部分、これは埋没谷のラインに沿った断面図になっていますので、見かけ上少し調査の地点が飛んでいるという部分はありますけれども、埋立地をつくるに当たって重要なのは恐らく護岸法線とか滑走路の延長方向の断面かなと思います。

ただ、29 ページの埋没谷のところで、堆積するときには表面がなだらかに堆積したのではないかという部分で、先ほど御説明にもあったように安全側なのでという解釈でいいのではないかと思います。

以上です。

○委員長 ありがとうございます。

○委員 もう少し先の段階で議論する話になるかもしれませんが、滑走路の平坦性を確認するということが大事になってくると思うのです。そういうときに密な土質情報が必要になると思うのですが、私の経験からすると、今回の調査結果で十分な情報が得られていると認識しています。先ほど委員からも滑走路の位置とボーリングの位置のことについてコメントがありましたけれども、補足で説明がありましたらお願いします。あと、護岸の場所も比較的密になっていると思いますので、そういう特に密にしている部分についての補足説明があったらお願いしたいと思います。

○事務局 冒頭でも説明しましたように、埋立地内については、上物の利用状況に応じて、当然のことながら滑走路付近については密にしていますし、護岸法線付近についても当然のことながら密にしています。土質調査を進めていく上で、起伏が非常に激しいところについては、起伏境界について、境界線が明らかになっていないところは追加ボーリングとかも実施してございますので、委員に意見をいただきましたとおり、十分な調査をやっているのではないかと

とまっているところでございます。

○委員長 よろしいでしょうか。

○委員 今お話にあった滑走路と護岸についてはよろしいと思うのですが、この利用図で見たときに、エプロンの部分ですね。多分 L-17、L-18 に挟まれた辺りがエプロンになるはずなのですが、エプロンは静止荷重がずっと作用する可能性が高い部分です。谷の形状を見たときに、この谷がエプロンの下を突っ切っている形になっており、そこに Avf-c や Avf-c2 がたまっているわけですから、多分ここは沈下起きる可能性があるのでは、しっかりした対策を検討しておく必要があるというのが意見でございます。

○事務局 今後検討を進める上で対策工法をとっていきたいと思いますので、またそういったところで御助言をいただければと思っております。

○委員長 土質定数の設定について、こういう決め方でよろしいでしょうかということで、御意見はございますでしょうか。中間土と粘性土の決め方とか、ちょっと議論がありましたけれども。

○事務局 今回は、先ほども説明しましたように、乱れの少ない試料の採取を十分行い、室内試験を基に土質定数を設定してございます。ただ、一方で、N 値もとってございますけれども、今回は十分な試料がありましたので、室内試験により定めています。そういったことに対して御意見がございましたら、お伺いしたいと思っております。

○委員 今回地盤調査をされたときに、特に谷の深いところの地盤定数が非常に重要になってくる中で、サウンディングで N 値をとっている部分もあると思うのです。ただ、水深があるということと、ロッドがすごい長い中で N 値をとっても、きちんとした N 値は出てこない可能性が高いと思うのです。通常、地盤調査をするときにどちらを信じるかということ、N 値を信じるよりは、しっかりと乱れの少ない試料を採取して、それを使って土質試験をして、試験結果をしっかりと解釈する。港湾の技術基準でも基本的にこの方法でやりましょうということになっています。さらに言うと、対象となっている地盤は基本的に粘性土系なのです。港湾の技術基準の中では、粘性土はサンプリングをして試験をしましょう、砂質土については N 値でもいいよと書いてあるのですが、それは砂のサンプリングが難しいから N 値となっているのであって、サンプリングをしたものに対して試験をするというのが基本スタイルになると思いますから、今評価されている方法は港湾の技術基準に沿ったものであると私は感じています。

○事務局 ありがとうございます。

○委員 室内試験とサウンディング試験の相関というようなものについては検

討されたでしょうか。

○事務局 先ほどのお話で、大深度のところなどは結構 N 値が自沈するみたいな現象が出ているのですけれども、一方で一軸圧縮試験で見ると結構大きい数字が出ているところがありまして、一般的な相関に乗らないようなところが出ています。その原因として、かなり深度が大きくてロッドが重いというところもあるので、そういったところで N 値が少し信用に足らない面があるのではないかという解釈をして、室内試験を優先して考えるようにしております。

○委員 そういった意味では、先ほど御指摘されたとおり、この地盤の地域性を考え、土質試験を優先されて定数を決めているということですね。

○事務局 はい。

○委員 わかりました。

○委員長 よろしいでしょうか。今までいろいろな御意見をいただきましたけれども、御意見に対してまた御意見があれば。——よろしいでしょうか。

○委員 十分に試験をやられているということは今の説明で分かったのですけれども、今後資料をまとめるときに、調査した位置を示している平面図がありますけれども、例えば 12 ページでもそうですけれども、明らかに地盤が高いところで調査をそれほど密にしなくても良いところをもう少し分かりやすく示したらいかがでしょうか。埋め立てをしないので。今は点線で「土質定数を設定するに当たり対象とする範囲」と書いていますけれども、埋立をするしないを表す境界線があるとよいのではないのでしょうか。ぱっとこの図面だけ見ると、左側の方は余り調査していないのではないかと間違っ受けて止めてしまうかもしれません。埋立対象領域についてはある程度の調査をしているということが分かるようなまとめ方、整理の仕方を今後していただけないのかなと思ったのですけれども、いかがでしょう。

○事務局 これは陸上部分を白抜きにしておりましたので、陸上部分は分かるように明示いたします。

○委員 分かりやすくされるとより良くなるのではないかなと、説明を聞いて思いました。コメントとさせていただきます。

○委員長 よろしいでしょうか。

次は 2.3 の波浪条件の説明をお願いいたします。

○事務局 波浪条件について説明させていただきます。47 ページを御覧ください。

波浪条件ですけれども、複雑な海底地形における波浪変形計算では、近年、回折や屈折、浅水変形に加えて、波の非線形性や分散性、また不規則性や多方

向性などを全て同時に計算可能なブシネスク方程式による波浪変形計算が適用されつつあります。

平成30年5月の「港湾の施設の技術上の基準・同解説」においても、地形が複雑な浅い海域では非線形性を考慮することが望ましいとされておりまして、波の非線形性をある程度考慮する場合には、反射特性も同時に解析できる弱非線形ブシネスク方程式を用いた波浪変形計算等を用いることができるというふうになってございます。

よって、設計沖波から検討対象護岸周辺までの波浪変形計算はエネルギー平衡方程式により行いまして、リーフ等複雑な地形の検討対象護岸等周辺における波浪変形計算につきましては、本検討ではブシネスク方程式を用いてございます。

具体的にブシネスク方程式による波浪変形計算は、47ページ左側のフローに示します手順で行ってございます。

まず、右側の方でございませうけれども、計算条件でございませう。計算条件のうち設計沖波につきましては、中城湾港のナウファスの波浪観測データをエネルギー平衡方程式によって中城湾沖に変換し、統計解析により中城湾沖の10年確率波、50年確率波を算出した後、シュワブ沖に持ってきてございませう。それで算出した設計沖波諸元は、その表に示すとおりでございませう。

設計条件となる潮位については、冒頭で説明したとおりでございませう。

シミュレーションを行う上で必要となってくる水深データでございませうけれども、大浦湾の複雑な地形を反映するために、まず大きな領域では日本水路協会の海底地形デジタルデータによる水深データを活用しておりまして、それより小さい範囲におきましては、既往業務で詳細に測量されました水深データを使用してございませう。

次のページ、図2.3-2に水深データ作成のイメージを示してございませう。

続きまして、48ページの右側になりますが、ブシネスク方程式による波浪変形計算の範囲を説明させていただきたいと思ひます。

計算範囲は、検討対象である護岸等の箇所がブシネスク方程式による波浪変形計算の有効造波領域内に含まれるように設定しました。また、計算範囲の方向は、エネルギー平衡方程式による波浪変形計算により算出された波浪がブシネスク方程式による波浪変形計算の範囲へ直角に入射するような形でブシネスクの範囲を決定してございませう。設定した範囲は、48ページの右の図に示すとおりでございませう。

49ページを御覧ください。エネルギー平衡方程式による波浪変形計算でございませう。

まず、計算範囲でございますが、エネルギー平衡方程式による波浪変形計算結果がブシネスク方程式による波浪変形計算の範囲に引き継がれるライン、ここでは便宜的にブシネスク引継ぎラインとしておりますけれども、このラインに波のエネルギーが十分入射するように、ブシネスク引継ぎラインの両端から沖側に海底地形が波浪に影響しない十分深い箇所まで広げて範囲を設定してございます。エネルギー平衡方程式の計算範囲は、下の図に示すとおりでございます。

計算ケースにつきましては、確率波高2ケース、波向4ケース、潮位はH.W.L.とL.W.L.、合わせまして計16ケースを行ってございます。

50 ページを御覧ください。実際の波浪変形計算でございますけれども、検討ケース、これはブシネスクの波浪変形計算でございますけれども、検討ケースについても、先ほど説明しましたエネルギー平衡方程式による検討ケースと同様に16ケースを行ってございます。

検討対象は、下の図に示しますとおり、検討対象護岸で波高を算定する地点として40ポイントを設定してございます。図中の海上ヤードにつきましては、波浪算定ポイントは、施工方法等を検討する段階で設定することとしてございます。

結果、算出した有義波高を右の表に示してございます。ただし、今回算出した波高は現況水深を基にした波高でございますので、実際に設計に用いる波高は、今後検討される護岸等の構造によって、詳細な護岸前面水深が確定した段階で、今回算出しました有義波高を基に再度算出することとなります。

波浪条件については以上でございます。

○委員長 どうもありがとうございました。

波浪条件について御意見、御質問がありましたら、お願いいたします。

○委員 まず、対象とする大浦湾の周辺の地形なのですけれども、かなりリーフがあって、浅いところ、深いところが複雑にあって、非常に予測が難しい場所ではないかなと思います。そういう意味では、ブシネスク方程式を選択されているのは妥当な判断ではないかと思えます。ただ、ブシネスク方程式はどうしても浅いところが対象になっていますので、それと深いところをどうつなぐかということで、エネルギー平衡方程式、スペクトルベースの方程式を用いた方法を組み合わせてやられているということで、かなりいろいろ工夫されて精度を確保するようにされているので、算定方法の選択としては妥当な方法をとられていると思えました。

ただ、数値計算なので、どうしても計算結果が正しいのかどうかという検証はやっておく必要があると思えますので、何らかのフィールドの観測データを

使って、ある程度妥当な計算になっているというような検証をしておくべきではないかと思います。観測データ自体は、湾内とか湾外の観測データがあると思われまので、その辺を使って検証されるのがいいのではないかという気がします。

あと、10 ページの許容越波流量のところに戻っていただいて、これは通常の護岸だったら  $0.02\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$  で判断し、制限表面にかかった場合は低くして、 $0.2\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$  までオーケーで、そのかわり飛行場の用地境界で  $1.0 \times 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$  でやるということですよ。制限表面にひっかからない上図の場合は飛行場用地境界の  $1.0 \times 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$  が担保されているのかどうなのか。これは担保しなくてもいいのかどうかということは、どうなのでしょう。先ほどお聞きしていて気になったのですけれども。

- 事務局 米軍の要望として上がっているのがパターン b の方になりまして、通常の  $0.02\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$  で満足できる分に関しては特段の要望はありません。
- 委員 波浪の方は何らかの形で計算方法の妥当性を検証しておくのがいいと思います。
- 委員長 検証は可能なのですか。
- 事務局 平成 19 年、20 年に当該地周辺において実際に波浪観測を行ってございます。埋立地の沖合で観測した波高と大浦湾内の波高の状況とブシネスクによるシミュレーションで行った波高と見比べているところがございまして、平成 19 年 7 月の台風期におけるシュワブ沖の波高と、埋立地の一番南側の先端部分の波高が、実際観測データがどうなっているかということと、今回、10 年確率波と 50 年確率波でブシネスクを回しますので、ほぼ同程度の周期・波高の波をチョイスしまして、ほぼ同一地点で波の状況がどうだったかというのを確認しましたところ、ほぼ同じような形での減衰になっていますので、今回やっているブシネスク方程式による波浪変形計算が観測結果とも合っているのではないかというふうに確認はしているところでございます。
- 委員長 それから、10 ページの越波のところちょっと私も気になっていたのですけれども、これは米軍の要望と言われましたか。
- 事務局 はい。
- 委員長 そうすると、アメリカの工兵隊かどこかの基準に書かれている値と理解していいですか。
- 事務局 UFC という基準がありまして、そちらの中で、57 ページの左側の図も赤枠で示しているところになりますけれども、「交通車両の安全性」の項目の中で、護岸背後の平坦部については、車両を駐車できる限界値として  $1.0 \times 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$  ということで、これを引用して米軍の方は要求してきております。

- 委員長 この越波量はどのような計算をされるのですか。
- 事務局 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」にあります越波流量推定図より求めます。
- 委員長 それを使ってと。
- 事務局 はい、そうです。
- 委員長 他の委員の方で、波浪関係で何か御意見ありますでしょうか。よろしいでしょうか。

【議事（３）護岸構造の候補の提示について】

【議事（４）地盤改良工法の候補の提示について】

- 委員長 波浪関係は以上で、次に、護岸構造形式の候補、それから地盤改良工法の候補ですけれども、次回以降議論になるかと思えますけれども、どういうものを今事務局で考えているか、説明をお願いいたします。
- 事務局 資料 51 ページを御覧ください。まず、護岸構造の候補の提示につきまして御説明いたしたいと思えます。

まず、護岸構造の候補につきましては、方針として、可能な限り施工効率の良い構造形式とすること、護岸築造による海底面の改変範囲を可能な限り小さくできる構造形式とすることとございます。

また、現地の条件として、護岸設置海域に防波堤等の遮蔽物が存在しないため、護岸本体のみで一定期間、耐波安定性が求められること、C-1～C-3 護岸及び係船機能付護岸につきましては、漁港を使用する船舶への反射波の影響を低減するために消波機能が必要であること、係船機能付護岸は、当然のことながら船舶が離着岸しますので、直立壁である必要があること、A 護岸については消波機能が不要であることという現地の条件がございます。

その中で、選定に当たって、図 3.1-1 に示しますとおり、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に示されます一般的な護岸構造形式より、まず、この中で L 型ブロック式につきましては、本体のみでの耐波安定性が確保できないこと、セル式につきましては、施工中にセル本体が波浪により変形し手戻りになる可能性があることから、まずは除外してございます。

その上で、C-1～C-3 護岸及び係船機能付護岸においては、条件として消波機能が必要となることから、消波ブロックを設置する方法、若しくは護岸本体工に消波機能を持たせる方法がございます。

しかし、護岸築造による海底面の改変範囲の観点から言いますと、図 3.1-2 に示しますとおり、消波ブロック設置タイプでは非常に改変範囲が大きくなりますことから、今回の候補としては、護岸本体に消波機能を付加した構造の方

法を候補として選定してございます。実際には、真ん中にありますとおり、スリットケソン式、それと、中段ぐらいにありますとおり、直立消波ブロック式を候補として選定してございます。この方式につきましては、当然のことながら、直立壁となっておりますので、係船機能付護岸についても適用可能になります。

A 護岸につきましては、条件として消波機能が不要でありますことから、図 3.1-2 の右側に示しますとおり、基礎捨石工や被覆工が不要で施工効率が良く、海底面の改変範囲も小さくなる自立式鋼管矢板式、斜め控え鋼管矢板式、二重鋼管矢板式を候補として選定してございます。

ただ、一方で、この候補を選定した中で、最終的な護岸構造形式の選定については、今後、基本断面を検討した上で決定する予定としてございます。

続きまして、地盤改良工法の候補の提示につきまして御説明させていただきたいと思っております。52 ページでございます。

地盤改良工法には、表に示しますような工法があります。当該地における地盤改良の目的としては、在来地盤の強度を増加させ地盤の安定性を確保すること、在来地盤の圧密を促進させ残留沈下量を低減させることがあります。また、条件として、改良対象地盤が海面下でありますことから海上施工が可能であること、また、海上施工は日の出 1 時間程度後から日没 1 時間程度前までの間に作業を行う必要があることがあります。

この目的、条件から、表に示します工法の中から、排水工法のバーチカルドレーン工法の代表としてサンドドレーン工法、圧縮工法のうちサンドコンパクションパイル工法、化学的固化工法として深層混合処理工法の 3 工法を候補として選定しました。

53 ページを御覧ください。これらの 3 工法の適用性について比較検討を行ってございます。

比較の結果、サンドドレーン工法は、主として圧密期間の短縮を目的とする埋立地への適用性が高く、サンドコンパクションパイル工法は、主として地盤の強度増加を目的とする護岸直下等への適用性が良い結果となりました。

なお、深層混合処理工法については、改良材である固化体の性状から、24 時間連続施工となるため、適用から除外してございます。

地盤改良工法の候補の選定については以上でございます。

○委員長 ありがとうございます。

護岸構造の方は次回以降の選定ということで、今日は案を出したということですのでよろしいですね。

地盤改良工法の方は「○」「×」というふうになっていますので、52 ページ

のところ「○」「△」「×」と、これが適切か、御意見があるかという、今日お話を伺えばよろしいかと思えますけれども。もし事務局案でいくと、サンドドレーンとサンドコンパクションを今後中心にしてやっていくということですかね。

- 委員 今、事務局の方ではサンドドレーン、サンドコンパクションパイルが候補に挙がっているわけなのですが、既に沖縄で実績があるのでしょうか。適用することが可能だというのは表を見たら分かるのですが、沖縄でのサンドコンパクションパイルとかサンドドレーンの施工実績みたいなものは。
- 事務局 そこまで今持っていないのですが、今後施工を検討する過程で御提示させていただきます。
- 委員 1つ確認なのですが、各工法の中で評価が総合評価も含めて4つずつあって、サンドドレーンもSCPも全部「○」で、CDMだけ24時間連続作業のところだけが「×」になって落ちているという結果になっているのですが、24時間連続作業が必要というのは確認されてこういうことを書かれたのかというのを教えていただければと思います。
- 事務局 意図としては、長期間空けてしまうと前に打った杭が固まってしまって、ラップ施工ができなくなるので、連続して作業していかなければいけないということが大前提になります。当然、沖縄ですし、台風期等には台風が来た場合に、作業船が退避して1週間~2週間ですとか長期間作業期間が空くというようなことは当然生じる可能性がありますので、そういう不測の事態に対しての空きの間というのがどうしても出てきたときにCDMというのは不利ということで、そういったところを基本的には考えて「×」という評価にさせていただいています。
- 委員長 今説明された内容も追加して書かれておくといいかもしれないですね。中断すると次の工事の再開が大変だとか。
- 委員 24時間連続というのもあるのですが、オーバーラップしている部分がかっつかないのが長期間空けられないということではないかと。沖縄の地域の気候とかを考えると、どうしてもそういう部分が生じざるを得ないという観点からの評価かなと思うのですが。
- 事務局 御意見をいただきましてありがとうございます。沖縄の現地の状況も踏まえながら、この書き振りについては検討させていただきたいと思えますので。
- 委員 今考えられているサンドドレーンとサンドコンパクションですが、最大施工深度というのが水面下70m、実績で50m、サンドコンパクシ

ンは実績で70mということで後々この上に舗装が載るわけですがけれども、供用期間が50年ということで、舗装の場合、とにかく下がしっかりしていないと舗装はもたないわけですから、これはできるだけしっかりと改良をやっていただかないと、50年の間に何回もメンテナンスをする必要が出てくるということになります。それを考えると、この地盤改良若しくは他に工法があるのかどうか分かりませんが、出来るだけ沈下が少なくなる方策を検討しておくことが滑走路の運用が無難になるというのが意見です。

- 事務局 今後、設計の中で十分配慮していきたいと思っております、いろいろな工法を検討していきたいと思っております。
- 委員長 地盤改良の方はある程度絞り込みがあるのですが、護岸の方の絞り込みの、今後どういう方法でやるかというのは何か考え方はありますか。さきの越波流量とかそういうのとも関係してくるかなと思っていたのですが。
- 事務局 C 護岸に関しては消波機能が必要になる場所なので、スリットケーソンか直立消波ブロックを考えているのですが、直立消波ブロックの場合、据付け個数がかかなり膨大になるということと、施工途中で防波堤状態になりますので、被災など極力手戻りを防ぎたいというところもありますので、施工性等についても比較してお示ししたいと考えております。
- 委員長 そうすると、どちらかというところ、工期などで「○」「△」とかつけるよりは、今の説明のところで選定したいということですか。
- 事務局 もともとこの事業自体が、普天間飛行場の早期返還ということがございまして、当然のことながら最短の工程で行える工法を選定していきたいと思っております。
- 委員長 では、安全性と工程を加味して。
- 事務局 はい。あと環境に対する配慮です。
- 委員長 何かほかに御意見はございますでしょうか。護岸構造と地盤改良の方法について。では、候補の提示については以上で、次回以降にまたいろいろな資料を提出されると思っておりますので、そのとき議論していただければと思います。

#### 【議事（5）要求性能・性能規定について】

- 委員長 それでは最後に、要求性能・性能規定についてということで説明をお願いいたします。
- 事務局 54ページを御覧ください。要求性能・性能規定について説明します。まず、護岸の主な要求性能としては、①施工時において、自重、変動波浪の

作用による損傷等が、当該施設の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこと。②完成時において、波浪及び高潮から当該護岸の背後地を防護できるよう、所要の要件を満たしていること。自重、土圧、変動波浪、レベル 1 地震動の作用による損傷等が、当該施設の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないことが挙げられます。

また、滑走路の主な要求性能としましては、滑走路の勾配が運用基準を満たすことが挙げられます。

表 5.1-1 に護岸及び滑走路の要求性能と許容値を整理しております。

要求性能・性能規定の説明については以上です。

- 委員長 要求性能について何か御意見はございますでしょうか。
- 委員 消波機能で船舶への反射波の影響が十分低減されるとあるのですが、これは船舶をある程度、どういう船舶なのかというのを想定しておいた方がいいのではないか。大きい小さいかによって揺れる波の周期が違うはずなので、どういう船舶に対して反射波の影響がないというのを明示しておいた方がいいのかなという気がしました。
- 事務局 前面海域を御利用される船舶については漁船、漁業活動をされる方々の船舶でございます。
- 委員長 ほかに御意見は。
- 委員 滑走路についてなのですが、不同沈下だけしか要求性能にないわけですか。結局、ここは飛行場ですので滑走路というのは一番重要な施設なわけですし、当然のことながら、その滑走路の維持がうまくできなければいけない。それから滑り、平坦性といったものが満足されなければいけないというのがあるわけで、今は不同沈下のことしか書いていないのですけれども、舗装に関する要求性能というのはもっとあるはずだと思うのですね。不同沈下だけを対象とするのではなく、その他の項目も検討すべきではないかと思っておりますけれども。
- 事務局 ここにつきましては、主な要求性能ということで、当然のことながら舗装の要求性能は満足しないといけないというのは十分存じ上げておまして、ここでは主な要求性能を挙げさせていただいているということになってございます。
- 委員 そうすると、もちろんこれから舗装の設計を検討されていくと思うのですが、今の段階で、護岸と同じように維持ということについての、これは舗装種別の選定で大きく効いてくるはずですので、維持のしやすさということも要求されるべきかなと思うのですけれども。滑走路であるがゆえに長期間にわたる閉鎖はできないと。少なくとも短期間で回復しなければいけないと

というような要求性能は入れておいた方がいいのではないかなと思います。

- 事務局 検討させていただきます。
- 委員長 多分、基本的には護岸も滑走路も、通常のいわゆる設計基準に係る性能は満足するということですよね。
- 事務局 はい。
- 委員長 なので、ここの飛行場で特徴的な性能規定というのはどれだというのが分かると、全部書く必要はないような気がするのですが、ですから滑走路の場合も当然、問題はこれだけあるのではなくて、これが特徴的な、ここに求められている要求性能だという。
- 事務局 滑走路と護岸とか、全ての施設における要求性能は当然のことながら満足して今後設計をしていく予定にしております。このところで、地盤の状況をずっと説明させていただきましたけれども、特徴的な要求性能として、主な要求性能ということでここでは記載させていただいているところでございます。
- 委員長 ほかに御意見はございますでしょうか。
- 委員 不同沈下、沈下量の長期的な予測というものと、メンテナンスや舗装のクオリティというのは表裏一体であると思います。したがって、不同沈下量が、計画通りの施工で許容範囲内の値となることが担保できるということであれば問題ないですが、検討された結果、長期的に許容量を満足しない可能性があるということであれば、その場合にどう対応するのかというシナリオを考えておかないといけないと思います。実際に不陸が生じてしまうような検討結果になれば、地盤改良のスペックと、舗装のメンテナンスに関する考え方について説明できるようにしておく必要があると思います。
- 事務局 具体の設計を進める段階で、そういったことも含めた上で、メンテナンス方法も含めた上で検討させていただきたいと思ってございます。
- 委員長 それでは、この資料 3 については以上で事務局からの説明と質疑応答ということで終わりたいと思いますけれども、最後に、今日の議論を通じて御意見、御提言、あるいは今後こうしてほしいという、何かありましたら願いたいと思います。――では私から。  
沈下量は将来的には飛行場全体でどこがどのくらい沈下するという図面みたいなものは作れるのですか。
- 事務局 南北滑走路の縦断方向は連続的に、押さえたいと思っています。
- 委員長 護岸のところも同じように検討を。
- 事務局 護岸も縦断方向でこういった形で不陸が出るかというようなところも押さえたいと思っています。

- 委員長 はい。
- 委員長 では、以上で御意見をいただいたということにしたいと思しますので事務局にマイクをお返しいたします。
- 事務局 ありがとうございます。

本日は長時間にわたり御議論をいただき、誠にありがとうございました。本日いただいた御意見等を踏まえ、検討を今後も進めてまいりまして、次回の技術検討会においてまた御議論をいただきたいと思いますと考えてございます。

なお、今日お使いいただいている資料に関しましては、後日ホームページにて公表する予定ですので、御了承いただけたらと思っております。よろしくお願いいたします。

#### 【閉会】

事務局から閉会を宣言