

普天間飛行場代替施設建設事業に係る技術検討会（第2回）
議事録

日 時：令和元年11月29日（金）9:00～11:20

場 所：防衛省庁舎E 1棟8階会議室C

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）第1回技術検討会における提言・助言事項への対応

（2）設計条件

（3）護岸設計

3 閉会

配布資料：

資料1 第1回技術検討会における提言・助言事項への対応

資料2 第2回技術検討会資料

（参考）第1回技術検討会資料

【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）第１回技術検討会における提言・助言事項への対応】

○委員長 まず最初に、資料１「第１回技術検討会における提言・助言事項への対応」について、事務局から説明をお願いいたします。

○事務局 資料１をごらんください。「第１回技術検討会における提言・助言事項への対応」について説明させていただきます。

第１回技術検討会では、土質調査において採取した乱れの少ない試料のCT スキャン画像を提示させていただきました。その中で試料の採取状況を確認いただいたところですが、お手元に第１回技術検討会の資料があると思うのですが、その資料では 27 ページになります。その際、90° 方向の断面も確認することでより実質化することから、次回の技術検討会または別の機会で見せてほしいという御発言が委員よりあり、今回、90° 方向の断面と輪切りにした断面を提示させていただいております。ごらんになっていただくとおり、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。

第１回技術検討会ではほかにも助言・提言をいただいておりますけれども、次回以降、関連する検討の際に、適宜その対応について御説明させていただきますと思っております。

資料１の説明は以上でございます。

○委員長 説明をありがとうございました。

第１回目ときの御意見ということで、この資料について何か御意見があればお願いしたいと思います。前回の質問に対する説明ですが、特によろしいでしょうか。

どうもありがとうございました。

【議事（２）設計条件について】

○委員長 次は資料 2、第 2 回技術検討会の資料の検討に入りたいと思います。目次を見ていただくと幾つかの大項目ごとに分かれておりますので、それぞれの項目について事務局からの説明を受けた後に質疑を行いたいと思います。1 が「設計条件」、2 が「護岸設計 (C-1～C-3 護岸及び護岸 (係船機能付))」、3 が「護岸設計 (A 護岸)」という構成になっておりますので、それぞれについて説明を受けて質疑応答という段取りになります。それでは、まず最初に「設計条件」の説明を事務局からお願いいたします。

○事務局 「設計条件」について説明します。

1 ページをごらんください。

1.1 として設計条件の総括を示しておりますが、第 1 回技術検討会の提言・助言を踏まえまして、「1.1.6 土質条件」では圧密特性について後ほど 1.2 で、「1.1.7 設計波高」では護岸前面水深を考慮した設計波高について 1.3 で説明させていただきます。その他の設計条件については第 1 回技術検討会で提示したとおりとなっております。

それでは、2 ページをごらんください。まず、「1.2 地盤条件」でございます。

「1.2.1 一次圧密沈下量」ですけれども、第 1 回技術検討会において、地盤特性のばらつきにより沈下量は±30%程度増減する可能性があること、それと設計に用いる圧密係数は感度分析も考慮し設定することを提示させていただきました。

このうち、沈下量については地盤特性のばらつきが実際の沈下量に与える影響を、圧縮指数と初期間隙比から成る圧縮比を用い統計解析を行い、各層のばらつきを確認しました。さらに、その土層を深度方向に細分化した場合のばらつきについても確認を行ってございます。結果、平均的な地盤の特性を用いて算出する沈下量に A_{co-c} では±30%、 A_{vf-s} 、 A_{vf-c} 及び A_{vf-c2} では±20%を沈下量に考慮することとしました。

圧密係数については、埋立地の増加応力 Δp に応じ、圧密係数が沈下時間に与える感度を分析し、最も沈下速度が遅くなる圧密係数を表のとおり設定してございます。次に、1.2.2、二次圧密沈下量の計算に用いる二次圧縮指数 C_{α} です。 C_{α} は、第 1 回技術検討会での検討結果を踏まえ、二次圧密の前半と後半に分けて評価することとしました。表に示すとおり、 $C_{\alpha 1}$ 、 $C_{\alpha 2}$ として設定してございます。

また、一次圧密沈下量と同様に地盤特性のばらつきが実際の沈下量に与える影響を検討してございまして、二次圧密の前半では A_{vf-s} 、 A_{vf-c} 及び A_{vf-

c2で±30%、Aco-cで±50%、二次圧密後半ではAvf-s及びAvf-cで±40%、Avf-c2で±20%、Aco-cで±30%のばらつきを考慮することとしました。

3 ページをごらんください。1.3 として「波浪条件」について説明します。

第1回技術検討会では現況水深における波高の算出まで提示しており、今回は、その波高を用い、護岸構造より設定される護岸前面水深を考慮し、図のフローの手順で設計波高を算出してございます。

算出に当たっては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」、以降「港湾基準」と言わせていただきますけれども、これに準拠し算出してございます。

例として、図の中のSt.1で算出した結果を4ページの表のとおり示してございます。表の中の④に示す現況水深における波高2.28mが、護岸前面水深を考慮した場合、⑳に示すとおり2.7mとなりました。その他のSt.2～St.40の結果は注釈説明集に掲載してございます。

5 ページをごらんください。「1.4 地盤の液状化特性」について説明します。

レベル1地震動の作用に対して、現地盤の液状化の予測・判定を「港湾基準」に準拠し、図に示す手順により行いました。

予測・判定地点は、右の図のとおり、大浦湾側の埋立地内及び後述するサンドコンパクションパイル工法、これも以降は「SCP 工法」と言わせていただきますけれども、この工法による地盤改良を行う部分を除いた護岸部のうち、全層を通して予測・判定が可能な試験を行っている計26地点で予測・判定を行ってございます。

また、予測・判定を行う土層は、「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」を参考に、沖積層としてございます。

6 ページをごらんください。代表例としてS-14地点の予測・判定結果について御説明します。

まず(1)粒度による検討です。粒度試験による粒径加積曲線と液状化の可能性のある範囲を比較した結果、図に示しますとおり、粒径加積曲線が液状化の可能性のある範囲に一部含まれる結果となりました。よって、対象地盤は粒度から判断すると液状化の可能性のある土層を含む地盤と判定し、等価N値と等価加速度による予測・判定を行うこととしました。

(2)として等価N値と等価加速度による予測・判定では、「港湾基準」に準拠し、等価N値と等価加速度による土層の区分により予測・判定を行いました。結果、表のとおり、Ag層では液状化しないことが確認されましたが、Avf-s層の一部では、「I」、「液状化すると判定する」又は「II」、

「液状化すると判定するか、繰返し三軸試験により判定する」に該当する部分が確認されたことから、Avf-s層は粒度とN値による予測法のみでは判定できないとしました。よって、S-14地点の地盤全体では粒度とN値による予測法のみでは判定できないとして、繰返し三軸試験による予測・判定を行ってまいります。

7ページをごらんください。(3)「繰返し三軸試験による予測・判定」は、「港湾基準」及び「埋立地の液状化対策ハンドブック」により行いました。結果、Avf-s層の全てにおいてFL値が1.0を超えており液状化しないことが確認されましたことから、S-14地点は地盤全体として液状化しないと判定してまいります。

S-14地点以外の予測・判定結果を注釈説明集に掲載しておりますが、26地点全てにおいて液状化しないことを確認してまいります。

「設計条件」の説明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。

それでは、設計条件を説明していただきましたので、御意見あるいは御提言がございましたら、お願いいたします。

○委員 平面的に見てもかなり広範囲にやられていますし、深度的にも30mを超える深いところまで対象にした層ごとの検討もされている中で、繰返し三軸試験でも液状化しないという判定が出ている。それから、恐らく等価N値、等価加速度は埋め立てる前の状態での判定になっていると思うのですが、さらに、ここは水深20mぐらいで、埋立によって恐らく40t/m²ぐらいの上載圧がここにさらにかかって締まるので、液状化はさらにしにくくなるだろうということが想定されますので、液状化はしないという判定で妥当ではないかと思えます。以上です。

○委員長 よろしいでしょうか。ほかには何か御意見ございますか。

○委員 今回の委員の御発言ですけれども、私も今回の液状化の検討結果についてはこれでよろしいのではないかと思います。「道路橋示方書」の耐震設計編の趣旨に沿うものですし、結果を見ても、この地盤については液状化の可能性はないという判定は妥当ではないかと思えます。

以上です。

○委員長 どうもありがとうございました。設計条件について、特にほかには。

○委員 第1回技術検討会の際にも聞いたのですが、2ページの二次圧密沈下量のところの圧縮指数Caですけれども、Ca1とCa2を設定されています。Ca2については勾配を持っているわけですが、このあたりの実態について、再度御意見を

いただきたい。よろしいでしょうか。

○事務局 第1回の技術検討会では、 $C\alpha 2$ ということで二次圧密の後半で傾きが表われ、その収束は試験結果では確認できない状況でした。後ほど説明します設計の中では、設計供用期間50年間で発生する沈下に対してはそれを考慮した上で安全側の設計として検討してございます。

○委員 わかりました。結構です。

○委員 圧密ということなので補足させていただきたいと思うのですが、 $C\alpha 1$ については一般に設計で使われる二次圧密係数ということで、一次圧密終了後に出てくる二次圧密の部分です。 $C\alpha 2$ については、沖縄のサンゴを由来とする細粒分が多い土が、何らかの細粒分の破碎みたいなことが継続的に起こって出てくる長期的な沈下分と考えられ、 $C\alpha 1$ と $C\alpha 2$ は別のものだと考えていただいた方がいいと思うのです。

その上で考えていただきたいのですが、そもそも沖縄のこの地域の土は間隙比そのものが大きくありませんので、沈下量の絶対量としては、一次圧密はもちろん大きくないのですが、二次圧密部分についても決して大きなものではない。さらに、そこで細粒分が破碎されていったとしても、かみ合わせが少しずつ外れていくものであって、これも沈下量そのものが大きいわけではないということですが、ただ、沖縄のこの土特有の現象が表われておりますので、これについては、考え得るばらつきなども踏まえて沈下量を少し大き目にとっておく、安全しろを見ておくということが大事なのかなと思います。

○委員長 よろしいですか。

ほかには設計条件で何か御意見ございますか。

特にないようでしたら、設計条件については説明と質疑応答を以上で終わりたいと思います。

【議事（2）護岸設計について】

○委員長 引き続き、C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の設計について、事務局より説明をお願いいたします。

○事務局 委員長、この部分は少し長くなりますので、資料の「2.4 設計フロー」まで説明させていただき、一度御意見を頂戴してもよろしいでしょうか。

○委員長 結構です。それでお願いいたします。

○事務局 それでは、8ページをごらんください。「2. 護岸設計（C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）」について説明します。

第1回技術検討会では、護岸の構造型式としてスリットケソン式及び直立消波ブロック式を候補として提示しました。

これを踏まえまして、「2.1 設計手順」のとおり検討を行いました。

まず、設計工区の設定では、護岸法線の形状、護岸法線位置における海底地形及び地層構成を基に設計工区を設定し、護岸の安定の検討を行う断面の位置を設定しました。

2つ目の護岸構造の選定では、スリットケソン式及び直立消波ブロック式の施工性等を比較検討し、護岸構造を選定しました。

3つ目の標準断面の決定では、護岸ごとに設計条件及び断面諸元を設定し、壁体の安定に関する性能照査、地盤の安定性に関する性能照査を行い、工区ごとの標準断面を決定しました。

最終的に、決定された標準断面を基に施工方法等を考慮して具体的な設計工区を決定してございます。

次に、「2.2 設計工区」の設定でございます。

「2.2.1 設計工区の設定の考え方」は、3ステップで検討を行ってございます。

STEP-1 として、護岸法線の形状による区分では、護岸法線の向きに応じて波の入射角が変化し、護岸に作用する波力が変化するため、護岸法線の向きにより設計工区を区分してございます。

STEP-2 の海底地形による区分では、海底地形に応じて外力の作用高が変化し、護岸に作用する波力、土圧等が変化するため、海底地形により設計工区を区分しました。

STEP-3 の地層構成による区分では、地層構成に応じて地盤改良の要否、地盤の沈下量が変化するため、地層構成により設計工区を区分してございます。

検討断面位置の考え方は、設計工区ごとに護岸法線の形状、海底地形、地層構成を考慮し、壁体の安定に関する性能照査、地盤の安定に関する性能照査において、最も安全な設計を担保し得る護岸法線上の位置を検討断面の位置として設定してございます。

9ページをごらんください。「2.2.2 設計工区及び検討断面位置」の検討結果を表に、その平面図及び縦断図を次のページに示してございます。

表の中で、STEP-1 として、護岸法線の形状により C-1～C-3 護岸、護岸（係船機能付）の4工区に区分しました。

STEP-2 として海底地形による区分を行いました。例えば C-1 護岸では、海底面が平坦な区間と海底面が変化する区間に区分し、それぞれ C-1-1、C-1-2 工区としました。

STEP-3 として地層構成による区分を行いました。例えば C-1-1 工区では、深い谷地形に粘性土及び中間土が厚く堆積している区間と、それと比べて堆積する粘性土及び中間土が薄く、粘性土の Avf-c2 層が堆積していない区間に区分し、それぞれ C-1-1-1、C-1-1-2 工区としました。

このように STEP-1～3 において順に工区を細分化した結果、C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）では全部で 11 工区の工区分けとなっております。

検討断面の位置は、例えば C-1-1-1 工区では、粘性土及び中間土が堆積する最深箇所を検討断面の位置としました。また、C-1-1-1 工区では、谷地形が護岸法線から埋立地内へ斜めに続くことから、より安全側な検討とするため、谷地形が護岸法線から直角に続くことと仮定した検討断面を設定してございます。

C-2-1-1 工区では、海底面と埋立地盤の高低差が大きく、地盤の円弧すべりに対して起動力が大きくなる海底面の深い箇所を検討断面の位置として、そこから護岸法線直角方向を検討断面として設定してございます。

このように全 11 工区においてそれぞれ最も安全な設計を担保し得る護岸法線上の位置を検討断面の位置として設定してございます。

11 ページをごらんください。「2.3 護岸構造の選定」について説明します。

第 1 回技術検討会で構造形式の候補として提示したスリットケソン式と直立消波ブロック式の護岸構造について、設置水深、海底改変範囲、施工性、施工日数の比較検討を行いました。

C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）では、本体の据え付け水深が C.D.L. - 6.0m～-14.5m となります。スリットケソン式は比較的浅い水深から大水深まで対応できるため全工区に適用可能ですけれども、直立消波ブロック式では、図 2.3-1 の施工事例のとおり、比較的本体の据え付け水深が浅い箇所に適用されることが多いことから、工区としては C-2-1-1～C-2-2-1 工区への適用が考えられ、比較検討は其中で C-2-2-1 工区で行ってございます。結果、表に示しますとおり、特に下から 2 段目の施工日数においてスリットケソンが 12.7 日と有利となりますことから、スリットケソン式を構造形式として選定しております。

12 ページをごらんください。「2.4 設計フロー」について説明させていただきます。13 ページにはフロー図を示しておりますので、あわせてごらんいただければと思います。

「2.4.1 設計フロー」の①設計条件の設定では、現況水深を基に設計水深を設定し、設計波、スリットケソンの設置水深、材料条件を設定します。

②断面諸元の設定では、設置水深及び設計波を基に、スリット形状、スリットケソンの諸元、上部工の諸元を設定します。

③作用の評価では、自重、波力、土圧、上載荷重等の設計外力を算出します。

④壁体の安定性能照査では、作用の評価結果を基に、施工時及び完成時における壁体の滑動、転倒及び基礎の支持力に関する照査並びにスリットケーソンの浮遊時の安定性能照査を行います。

⑤地盤の安定性能照査では、施工時及び完成時における円弧すべりの照査を行います。照査の結果、照査基準を満足する場合には、ここで設計は終了となり、断面諸元が決定しますが、照査基準を満足しない場合は、中間土及び粘性土を対象として地盤改良を行うこととなり、⑥以降へ続くこととなります。

⑥地盤改良諸元の設定では、第1回技術検討会において提示させていただきましたSCP工法による地盤改良の改良幅、置換率、改良深度を設定するとともに、地盤改良に伴う現地盤の盛上り高さを設定します。

⑦設計条件の設定では、地盤改良に伴う現地盤の盛上り高さを基に設計水深を設定し、設計波及びスリットケーソンの設置水深、材料条件を設定します。

⑧断面諸元の設定では、設置水深及び設計波を基にスリット形状、スリットケーソンの諸元、上部工の諸元を設定します。

⑨作用の評価では、自重、波力、土圧、上載荷重等の設計外力を算出します。

⑩壁体の安定性能照査では、作用の評価結果を基に、施工時及び完成時における壁体の滑動、転倒及び基礎の支持力に関する照査並びにスリットケーソンの浮遊時の安定性能照査を行います。

⑪地盤の安定性能照査では、改良地盤に対して施工時及び完成時における円弧すべりの照査を行います。また、地盤改良範囲を縮小することを目的として、必要に応じて軽量盛土の使用もここで検討します。

⑫施工工程の検討では、施工工程から地盤の沈下を検討し、壁体及び地盤の安定性能照査を行いますが、ここは次回以降の技術検討会の検討事項となります。

「設計フロー」までの説明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。

それでは、何か御意見があれば、各委員からお願いいたします。

○委員 設計において設計工区の設定が非常に重要ではないかと、第1回の技術検討会でも話を聞いて思っておりました。今回説明していただいた内容を見ますと、護岸法線の形状、海底地形、地層構成による3要素ということを考えられて、相当細かく工区分けを行っているということを確認しました。このような工区分けを行っているということで、最も危険な状態を想定して十分に安全性を担保するような設計が可能な条件設定になっていると思います。

○委員長 ありがとうございます。ほかには何か御意見ございますでしょうか。

- 委員 最も危険な状態を想定したというところで、谷地形が護岸法線直角方向になった場合とか、そういったことも含めて検討されていますので、非常に緻密といたしますか、念の入った御検討の方針かと思えます。
- 委員長 ありがとうございます。
- 委員 11 ページのスリットケーソン式と直立消波ブロック式の評価で、最後の評価のところはやはり効率性ということですが、効率性以外の面、例えばこちらの方が丈夫とか、この評価軸以外のことを挙げるとしたらどんなことが挙げられますか。
- 事務局 この表の中で下から3番目、施工性のところでございますけれども、沖縄でございますので台風が多数来るということで、そのときの安全対策として、スリットケーソン式であれば据えてしまっただけで蓋コンクリートまで打設すればそれで完成するわけですが、直立消波ブロック式ですと、据え付けたブロックの端部の処理に時間を要し、施工性に劣るということで「△」という表示にさせていただいております。
- 委員 一番最後の評価のところには直接書かれていないけれども、こういうところも考慮しての総合的な評価という理解でよろしいですか。
- 事務局 はい。11 ページの右下の図に描かせていただいているのですが、荒天時についてはプレキャストの上部工を用いて端部処理をしないといけないということがございますので、そういったことも考慮に入れてございます。
- 委員長 特にほかには。
- 委員 簡単な質問、確認なのですが、でき上がってから、構造体として直立消波ブロック式ケーソンとスリットケーソンは甲乙つけがたいという理解でいいでしょうか。
- 事務局 説明の中でも申しましたけれども、直立消波ブロック式については適用が浅いところということなので、少し限定させていただいております。C-2 工区ということでございます。C-2 工区であれば、でき上がったものについて言うと大差はないという状況になろうかと思えます。
- 委員 わかりました。
- 委員長 ほかによろしいでしょうか。
- それでは、基本的な設計フローに引き続き、その次のところの説明をお願いいたします。
- 事務局 14 ページをごらんください。ここから具体的な設計に移ります。
- 各工区のうち、粘性土及び中間土が厚く堆積し、地盤改良が必要となる C-1-1-1 工区の検討過程及び結果を説明していきたいと思えます。
- まず「2.5.1 地盤改良諸元」として、地盤改良工法は、第1回技術検討会におい

て提示された SCP 工法としました。

地盤の改良層は、地盤の安定及び沈下に影響する粘性土及び中間土について検討を行ってございます。

最小地盤改良幅は、「港湾基準」の置換基礎の荷重分散を考慮した置換幅を参考に、スリットケーソン底板から下方に 30 度分散を考慮した範囲としました。

置換率は、沈下が想定される粘性土や中間土が堆積しているため、「打戻し施工によるサンドコンパクションパイル工法 設計・施工マニュアル」を参考に、スリットケーソン設置時の沈下を低減させる高置換率を採用しました。

深度は、地盤の安定性能照査において照査基準を満足する深度としまして、SCP の改良径は、施工業者へのヒアリングから、C.D.L. - 50m 以浅は $\phi 2,000\text{mm}$ 、C.D.L. - 50m 以深は $\phi 1,600\text{mm}$ としてございます。SCP 工法の改良に伴う盛上り土は、「港湾基準」を参考に設定してございます。盛上り土の物理特性は「港湾基準」より現地盤と同等として、盛上り土も含め地盤改良を行い、その上にケーソン等を設置することとしました。

砂杭の材料は、「港湾基準」等にある一般的な施工実績の範囲内にある材料としました。

敷砂は、これも「港湾基準」を参考とし、SCP 工法の改良範囲に行うものとし、厚さは海上工事における実績から、平均的な 1.5m としてございます。

照査方法は、「港湾基準」に準拠し、円弧すべり計算により照査を行いました。その際の地中応力についても、「港湾基準」に準拠し、ブシネスクの解を用いて求め、砂杭の内部摩擦角、応力分担比、置換率についても「港湾基準」に準拠し、以下のとおりとしてございます。

15 ページをごらんください。盛上り土の高さの算出結果を図及び表に示してございます。

算出の結果、盛上り土の高さは、表の下から 1/3 あたりに「盛上高 I」と書いてございますけれども、そこに示しますように、現地盤から C.D.L. - 50m 以浅の改良により 6.69m、C.D.L. - 50m 以深の改良により 2.30m、表の下から 2 段目の「盛上高 II」に示しますように、盛上り土の改良により 5.34m の合計 14.33m が盛上り高さとなっております。

16 ページをごらんください。「2.5.2 設計条件」について説明いたします。

まず設計水深は、地盤改良に伴う現地盤の盛上り高さから、浚渫を最小限とするよう、工区内で最も水深が浅くなる箇所の水深を 0.5m 単位で切り上げて C.D.L. - 11.5m としてございます。

設計波は、「1.3 波浪条件」の St のうち工区内で最も大きな波高を採用し、表に

示す照査項目、検討潮位、対象波浪ごとに右の表のとおりとしてございます。

設置水深は、設計水深上に「港湾基準」に示される最小マウンド厚 1.5m 以上を確保した高さとして、C.D.L.-10m としてございます。

17 ページをごらんください。使用する材料の特性値は、「港湾基準」及び「港湾構造物設計事例集」に準拠し、表のとおりとしてございます。

18 ページをごらんください。「2.5.3 断面諸元の設定」について説明させていただきます。

スリットケーソンの断面諸元の設定結果及び設定フローを図に示しております。

まず①の壁体の天端高は、「港湾基準」より求められるスリットの上端高に「港湾構造物設計事例集」を参考とした梁厚 1.0m を加え、C.D.L.+4.0m としてございます。

スリット高は、「港湾基準」より、H.W.L.に有義波高の 0.5 倍の高さを加えた高さに後述する沈下量 1.5m を考慮した C.D.L.+4.5m としました。

下端高は、「港湾基準」より、L.W.L.から有義波高の 2 倍の高さを差し引いた C.D.L.-2.5m としました。

ただ、ここでスリット高がスリットケーソンの天端高を超えることになりまことから、スリットケーソンのうちスリット部のみ所要の高さを確保するよう上げ越しする構造としました。

この上げ越しについては 2 つの方法があり、次ページにその方法を掲載してございます。

19 ページをごらんください。沈下を考慮した上げ越し方法には、A 方法として、スリットケーソンを設置するマウンドの天端高を沈下量分上げ越しする方法と、B 方法として、スリットケーソンのうちスリット部のみを沈下量分上げ越しする方法があります。C-1-1-1 工区では、沈下を想定する土層厚の変化が大きいことから B 方法を採用してございます。

③上部工の厚さでございます。これも「港湾基準」により、前面の有義波高が 2.0m 以上となりますことから、1m 以上を確保するものとし、「港湾基準」を参考に、上部工をスリットケーソンに食い込ませ一体化を図ることとしてございます。上部工の天端高は、ケーソン天端高にこの上部工の厚さを考慮した C.D.L.+3.00m としました。

④パラペット天端高は、a) 許容越波流量を満足する天端高に後述する沈下量を加えた高さ、b) 上部工の天端高に「防護柵の設置基準・同解説」の車両用防護柵の所要高を加えた高さの高い値を採用し、C.D.L.+6.5m としました。

⑤スリット幅、すなわち遊水室の幅でございませけれども、スリット高、消波対

象波浪、開口率、スリット厚を基に算定した反射率が目標反射率を満足するよう、8.0m としました。この反射率の算定は、「直立消波ケーソンの反射率に関する理論及び実験的研究」の算定式を用いてございます。

20 ページをごらんください。⑥壁体幅は、後述する施工時及び完成時の安定性能照査基準を満足する幅として、18.2m としてございます。

⑦上部工幅は、スリットケーソンの幅から遊水室幅及び施工時の型枠設置幅を除く 10.0m としてございます。

⑧スリット厚は、「港湾構造物設計事例集」に準拠して、0.8m としました。

⑨開口率は、「港湾構造物設計事例集」を参考に、最小反射率となる開口率 25%程度に、貝殻などの付着を考慮して、30%としました。

⑩消波対象波浪は、現地観測データから、現埋立承認申請と同様に未超過確率 97.5%の波高 1.07m、周期 6～10 秒の波浪としてございます。

⑪目標反射率は、消波対象波浪がスリットケーソンにより反射した場合においても、その合成波高が漁船等の出漁限界波高 1.2m 以下になるよう、50%としてございます。なお、入射波と反射波の合成波高は、「港湾基準」に準拠し算定してございます。

21 ページをごらんください。「2.5.4 作用の評価・壁体の安定性能照査」について説明させていただきます。

各検討状態、各設計状態における安定性能照査の項目と作用の組み合わせを表に、各設計状態のイメージを図に示してございます。

壁体の安定性能照査の項目は、「港湾基準」に準拠し設定しました。施工時の主たる作用がレベル 1 地震動である変動状態に対する安定性能照査は、「港湾基準」に準拠し、堤体幅と水深の比と工学的基盤最大加速度の関係から省略させていただいてございます。

施工時の照査は、スリットケーソンを浮遊させることから、浮遊するスリットケーソンの安定性に加え、据え付け時の基礎捨石面からの余裕水深等についても照査しました。また、据え付け後は、背後の埋め立てが行われていない状態で、変動波浪に対する安定性を照査しました。

完成時の照査は、スリットケーソン背後の埋め立てが行われた状態で、永続状態と変動状態のレベル 1 地震動及び変動波浪に対する安定性を照査しました。

22 ページをごらんください。安定性能照査における沈下の考え方でございますが、図に示しますとおり、スリットケーソンの沈下前、沈下後の状態

で照査しました。具体的には、施工時は、沈下前の検討と、スリットケーソン据え付け後から裏込石投入前までの沈下量を 0.5m とした検討を行いました。完成時は、スリットケーソン据え付け後から設計供用期間の 50 年後までの沈下量 1.5m を考慮した検討に加え、沈下が生じない場合の検討もあわせて行いました。

設計外力の算出は、①波力・揚圧力として、上床版のないスリットケーソンに作用する波力及び揚圧力を、「港湾基準」に示される高橋・下迫らの「直立消波ケーソンの部材波力特性と耐波設計法」の算定法から、図に示す、押波時 I、II a、II b、引波時 I、II、III の各位相において、スリットケーソンの沈下前、沈下後で算出しました。

②土圧は、壁体に作用する土圧を、「港湾基準」に準拠し、永続状態及び変動状態において、スリットケーソンの沈下前、沈下後で算出しました。

③上載荷重は、第 1 回技術検討会において提示した荷重を、永続状態及び変動状態において、上載荷重有り・無しの場合の両方を算出しました。

④残留水圧は、壁体に作用する残留水圧として、「港湾基準」に準拠し、永続状態及び変動状態において、スリットケーソンの沈下前、沈下後で、壁体前面と背面の水位差に応じて算出しました。

⑤動水圧は、水中にある壁体に作用する地震時の動水圧として、「港湾基準」に準拠し、主たる作用がレベル 1 地震動である変動状態において、スリットケーソンの沈下前、沈下後で算出してございます。

⑥慣性力は、壁体に作用する地震動による慣性力として、「港湾基準」に準拠し、スリットケーソンの沈下前、沈下後で、壁体の重量に照査用震度を乗じることにより算出しました。照査用震度は、「港湾基準」に準拠し、当該地のレベル 1 地震動及び土層構成、土質条件等を基に次元地震応答解析を行い設定してございます。

⑦浮力は、壁体に作用する浮力として、「港湾基準」に準拠し、スリットケーソンの沈下前・沈下後で算出してございます。

23 ページをごらんください。安定性能照査の考え方として、まず、①スリットケーソン浮遊時の余裕水深の考え方です。

スリットケーソン据え付け時や運搬用台船への積み込み時等に余裕水深が確保されていることを照査しました。余裕水深は、据え付け時においては、「港湾基準」に準拠し、設置高に対して 0.5m とし、据え付け時の検討潮位は、据え付けが潮位により制限されないよう L.W.L.としました。運搬用台船への積み込み時及び積み下ろし時は、波浪によりスリットケーソン及び運

搬用台船が互いに近づく方向に傾斜した状態において0.5mとしました。

②浮体の転覆に関する安定性能照査は、「港湾基準」に準拠し行ってございます。

③施工時及び完成時のスリットケーソンの安定性能照査方法として、滑動、転倒及び基礎地盤の支持力照査を「港湾基準」に準拠し行いました。

④施工時及び完成時の部分係数・調整係数は、「港湾基準」に準拠し設定しました。

⑤施工時及び完成時の基礎地盤の支持力照査における強度定数として、基礎捨石及び基礎地盤については「港湾基準」に準拠し設定し、SCP工法による地盤改良の強度定数は「港湾構造物設計事例集」に準拠し、現地盤と砂杭の複合地盤として設定し、表のとおりとしてございます。

24 ページをごらんください。施工時及び完成時の安定性能照査結果と決定したケーソンの断面図を示してございます。

25 ページをごらんください。「2.5.5 地盤の安定性能照査」について御説明させていただきます。

まず地盤の安定性能照査方法です。地盤の安定性能は、「港湾基準」に準拠し、修正フェレニウス法による円弧すべり計算によって作用耐力比を計算し照査を行ってございます。完成時の安定計算に用いる部分係数は、「港湾基準」に準拠し下の表の値を用いました。施工時の安定計算に用いる部分係数は「港湾基準」を参考とし、施工中に計測施工を行う前提で、 $\gamma_s=1.00$ 、 $\gamma_R=1.00$ 、 $m=1.10$ としてございます。

圧密による地盤の強度増加は、「港湾基準」を参考として、埋立荷重による基礎地盤の強度増加を考慮しました。

26 ページをごらんください。軽量盛土工法は、SCPの改良範囲が最小改良幅を超えて必要となる場合に併用を検討しました。検討に用いる軽量盛土は、「港湾・空港における軽量混合処理土工法技術マニュアル」において設計法が確立されているSGM軽量土を想定し検討しました。

軽量盛土の仕様は、同マニュアル及び施工実績に準拠し、水中部は単位体積重量が 11.5kN/m^3 、気中部は 10.0kN/m^3 とし、圧縮強度も同マニュアル及び施工実績を考慮し設定してございます。

軽量盛土の範囲は、円弧すべり計算の照査基準値を満足するように厚さ及び幅を変えて計算を行って設定してございます。軽量盛土の厚さは、同マニュアルを参考に、幅は護岸の裏込めの背後から埋め立て側としました。

27 ページをごらんください。地盤の沈下に対する照査として、まず一次

圧密沈下量は、「港湾基準」に準拠し、圧縮曲線を用いる方法によって計算しました。

一次圧密沈下に要する時間は、「港湾基準」に準拠し計算し、SCP 改良部の圧密沈下時間も「港湾基準」に準拠し計算してございます。また、砂杭の透水性が有限であることによる圧密遅れを考慮するため、ウェルレジスタンスも考慮してございます。改良深度下の未貫通部については、「港湾基準」に参考文献として示される簡易計算法により計算しました。排水層につきましても、透水係数が $1.0 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ を超える層とし、第1回技術検討会で砂質土と評価した層としました。また、下層の EKK 層も亀裂があることや、EKK 層上部を覆う洪積層、沖積層の基底層が砂質土評価であるため、排水層とみなしてございます。

二次圧密の前半の沈下量は、「港湾基準」に示される方法によって計算し、後半の沈下量は、「港湾基準」を参考に、層厚に応じて計算を行ってございます。

SCP 改良部の沈下量は、「港湾基準」に示される方法により、沈下低減係数を考慮して計算し、沈下時間は「港湾基準」に示される圧密の遅れを考慮して計算しました。また、二次圧密については、文献を参考に、一次圧密と同じ沈下低減係数を考慮した方法で計算しました。

圧密による強度増加の検討に用いる圧密度は、「港湾基準」を参考に、応力の圧密度に変換し、土層内の圧密度は「道路土工—軟弱地盤対策工指針」により計算を行ってございます。

28 ページをごらんください。結果①として、スリットケーソン据え付け後から 50 年間に生じると予測される沈下量を表に示してございます。二次圧密も含めて 106cm の沈下が予想され、地盤特性のばらつきを考慮すると、沈下量は 131cm と予測されます。

29 ページには、結果②として、施工時及び完成時において最も作用耐力比が大きくなる照査結果を図に示してございます。

30 ページをごらんください。「2.6 全工区の検討結果」でございます。

「2.6.1 スリットケーソンの割付と標準断面位置の決定」として、(1) スリットケーソンの割付について説明します。

スリットケーソンの構造は、鉄筋コンクリート構造の RC ケーソンか、鋼板とコンクリートとの合成構造のハイブリッドケーソンが考えられます。ハイブリッドケーソンは、乾式ドックでの製作が必要であるものの、1 函当たりの長さを長くできるため据え付け回数を減らすことが可能で、現埋立承認

申請と同様に、据え付け回数を少なくし施工工程を短縮するため、ハイブリッドケーソンの導入を検討しております。ハイブリッドケーソンの1函当たりの長さは施工実績から50mを基本とし、断面が大きくなる箇所への適用を行いました。割付を行った結果、ハイブリッドケーソンの函数は13函としてございます。

(2) 標準断面位置の決定では、「2.2.2 設計工区及び検討断面位置」において設定した検討断面位置を、スリットケーソンの割付に合わせ、標準断面位置として決定してございます。

31 ページには標準断面位置を、32 ページには全工区の検討結果を工区別に、主な設計条件、主な断面諸元、主な作用の評価、性能照査結果として示してございます。

33 ページから43 ページには各工区の標準断面図を、145 ページ以降には詳細な検討結果を掲載してございます。

「2. 護岸設計 (C-1~C-3 護岸及び護岸 (係船機能付))」の説明については以上です。

○委員長 説明をどうもありがとうございました。

それでは、御質問あるいは御意見がありましたら、お願いいたします。

○委員 15 ページの SCP の件ですけれども、置換率が70%と45%、径が $\phi 2,000\text{mm}$ と $\phi 1,600\text{mm}$ ですが、これについてももう少し説明をいただきたいのと、こういう例が過去にもあるのかどうか、もう少し詳細に説明いただけますか。

○事務局 サンドコンパクションにつきましては、説明の中でも申しましたとおり、施工業者にヒアリングを行ってございます。深度が深くなると拘束圧によって拡径がなかなか難しいということで $\phi 1,600\text{mm}$ で、上の方、C.D.L.-50m 以浅については $\phi 2,000\text{mm}$ の拡径ができるということを聞いてございます。よって、今回の設計では $\phi 2,000\text{mm}$ と $\phi 1,600\text{mm}$ を採用してございます。

実績としましては、このような形状のサンドコンパクションの事例がございまして、例えば国内においては $\phi 2,000\text{mm}$ と $\phi 1,200\text{mm}$ 、 $\phi 1,600\text{mm}$ と $\phi 1,400\text{mm}$ 、国外においては、今回と同様でございまして、 $\phi 2,000\text{mm}$ と $\phi 1,600\text{mm}$ の実績があるということを確認してございます。

○委員 それは長さも大体同じですか。

○事務局 国外の事例におきましては、 $\phi 2,000\text{mm}$ と $\phi 1,600\text{mm}$ はほぼ同等でございます。

- 委員 どうもありがとうございました。
- 委員長 ほかには何かございますでしょうか。
- 委員 今回の事務局の御説明で、深いと拡径できないというような御説明があったと思うのですが、これは深いからですか、それとも地盤が強いからですか。
- 事務局 直接的には地盤が強いからだと考えてございます。
- 委員 浅かったとしても、地盤が強いと拡径できなくなるという理解でよろしいですか。
- 事務局 はい。
- 委員 わかりました。
- φ2,000mm の杭を打つということになると、それで盛上り土があって、今回はその盛上り土を含めて地盤改良をすることによってしっかりとした地盤を作ろうということにこの事務局案は読み取れるのですが、参考資料を基に盛上り土の計算をされているのですが、これが例えば砂地盤である場合と非常にやわらかい粘土地盤である場合とで何か差があるものなのか。地盤によらず、どちらも同じくらい盛り上がるのかというところはいかがですか。
- 事務局 高置換等で地盤改良するということで、盛り上がりは余り影響しないと思っています。
- 委員 対象とする地盤が、サンドコンパクションパイルを打つ以上は、砂地盤といえども、粘土地盤といえども軟らかい、地盤改良の対象となるような地盤だから、盛り上がりの程度はそこまで大きく差が出てくるものではないという理解でよろしいですか。
- 事務局 はい、そう考えています。
- 委員 今回の地盤は普通の粘土地盤ではなくて沖縄の細粒分を含む土なので、どちらかという砂の細かいものでできていると思うのですが、過去の砂地盤、粘土地盤と同様な設計法が適用できるとの理解でよろしいですか。
- 事務局 そのとおりです。
- 委員 これは結構大事なことかなと。
- 委員長 そうですね。
- 委員 50m のところまではφ2,000mm という、その50m というのは、拘束圧というか、地盤がかたい・やわらかいじゃないけれども、ある程度確定的に決まるのですか、それとも何かほかの要因があるのですか。
- 事務局 施工業者のヒアリングの中では、今回の現地の状況をお話しした上

で50mということをお願いいたします。

- 委員 背面の軽量盛土にSGMを適用するということですが、これについての施工実績、特に国内で、どれぐらいのものがあるのかというのは把握されていますでしょうか。
- 事務局 国内では多数の実績がございますし、空港においても使われておりますし、いろいろなところで使われてございます。沖縄県内におきましても、石垣港であったり、伊江港で使われてございますので、施工実績は豊富な軽量盛土であると思っております。
- 委員 13 ページのフローを見る限りでは次回以降の技術検討会となっているのですが、このタイミングで一言言わせていただきたいのは、施工工程の検討にも関係するのですが、今回の検討の中ではやはり沈下を考慮した設計がなされているのかなと思います。最後の28 ページには沈下の予測カーブが出ております。一番最初の冒頭の説明で沈下量のばらつき±20%ないし30%を見込んでということもございますので、これにも関連するのですが、設計する際は地盤をモデル化しますので、それに対するばらつきがあって、予測どおりの沈下が生じるかどうかというのは始めてみないとわからない部分があるかと思っております。ですので、工程の検討の中で、どういう計測をするかとか、そういったところの重要性もうたっていただいた方がいいのかなと思います。
- 事務局 これは次回以降の技術検討会になろうかと思っておりますけれども、動態観測の方法も御検討いただこうと思っておりますので、そのときはよろしく申し上げます。
- 委員 今、28 ページのところの沈下の話が少し出たので。これは一次圧密プラス二次圧密の $C_{\alpha 1}$ を足したものが実線で、粒子破碎に影響するであろう後半部分を入れたものが破線だと思うのですが、破線の部分、これは設計上は C_{α} は一定とみなしているのですが、 $C_{\alpha 1}$ も $C_{\alpha 2}$ も一定とみなして、どうしても沈下が止まらないようにも見えてしまう形だと思います。実際には、これまでの我々の経験からしても、圧密というのはいつか止まっていく形、ブレーキがかかっていく形になっていますので、これがそのまま永遠に伸びていくものではないと思います。そこは注意していただきたいなど。
また、粒子破碎という話をしましたが、先ほど委員から、最後のところが収束しないという御意見をいただいたのですが、以前、沖縄の砂で二次圧密がすぐに現れるように、砂で荷重をかけてみたことがあるのですが、やはり粒子破碎が起こるので。事後で調べてみると細かい粒子の部

分がたくさんできているので、粒子の角と角が当たった部分が取れるという形で少しずつ沈下が進むという現象が確認されました。ただ、永遠に続くかという、そうではなくて、やはり落ち着くところに落ち着きますので、粘土地盤はそういった現象が試験結果に出てこないのかもしれないですけども、砂などで同じような現象を観察すると、やはり粒子の破碎はどこかで止まる方向に変わっていくのです。常識的にそうだと思うのですが、それは直接設計に反映することはできないけれども、そういった現象なのだという理解をどこか頭の片隅に置いておくことも大事なのかなと思うのです。その上で設計はこうなっていますという理解をしたらよろしいのではないのでしょうか。

○事務局 委員のおっしゃるとおり、設計供用期間の間は沈下がずっと続くということで、一番危険側で設計させていただいてございますし、委員の御指摘のとおり、計測していつ止まるかという沈下のことも考慮しながら施工していきたいと思っております。

○委員 いろいろな要素がありますよね。もともと間隙比の小さい土で沈下が小さいということもありますし、一方で破碎する粒子でもあり、だから沈下が大きくなる。その両者のバランスだと思うのです。そこをしっかりと捉えながら設計とか維持管理に反映していくというような思想がしっかり盛り込まれることが大事だと思うのです。

○事務局 ありがとうございます。

○委員長 ほかに。

○委員 私はスリットケーソンのスリット部のことについてお聞きしたいのですが、18 ページと 19 ページです。C-1-1 工区は沈下が大きということもあって、スリット部を上げ越した結果、4.5m+2.5m で 7m ぐらいのスリット高のケーソンができるのですけれども、開口率を 30%にしているので前面部の部材はかなりスレンダーになるのではないかと思うのですが、その設計は大丈夫なのか、過去にそういう例もあるのかどうかということをお聞きしたいのと、もう一点は、地震時動水圧を検討されているのですけれども、地震時動水圧にその遊水部の影響は入っているのかどうか。この 2 点をお聞かせください。

○事務局 スリットの形状でございますけれど、スリットの高さが、このケーソンでは 7m なのですけれども 8m で、設計波高がこのケーソンより大きいものを確認してまして、十分施工可能なものだと考えてございます。

○事務局 遊水室内の動水圧は、遊水室内の水が地震が起きたら揺れるという

ことを想定しています。ですので、遊水室の前壁に作用する動水圧と後ろ壁を引っ張るような動水圧を両方見込んで計算しています。

○委員 そういう計算方法があるわけですね。

○事務局 はい、あります。

○委員 わかりました。

○委員長 ほかにはよろしいでしょうか。

一般的には波力の方が動水圧よりずっと大きいので。

○委員 そうですね。

○委員 先ほどの 28 ページの沈下のところに戻りまして、この沈下の計算をされるときに、一番下の改良されていない部分も含めて予測されていると思うのですが、割増をするというか、多めに見積もって 131cm ということで、この値は後々飛行場の運用ということでは特段問題にならないとお考えでしょうか。

○事務局 まず護岸構造としては、沈下後においても許容越波量をちゃんと満足する形で設計しておりますし、ここの護岸は消波機能が必要でございますけれども、これも沈下を考慮した形で設計してございます。なので、護岸構造としてこれが空港の運用に支障を来すようなことはないと考えてございます。

○委員長 ほかには。

○委員 下の Avf-c2 あるいは Avf-c の下部、70m より深いところで未改良部分が残るということですが、未改良部分そのものが残るというのは、サンドコンパクションパイルで弱いところを補強していることを考えると、深いところについてはそもそも土被りがあることからある程度の強度はもともと持っていると考えられると思うのです。実際に前回の土質調査の結果などでも、試験をすればそれなりの強度が得られているということがありますので、常識的に考えて、ここにすごい水圧が残っているとかいうことであれば強い地盤とはとても言えない可能性はありますが、水圧が残っているわけではないし、堆積してから非常に長い年月がたっていますので、ある程度硬いであろうということは想像できますし、サンプリングした土に対する力学試験からもわかっている。さらに、直接的にここに数字はないのですが、例えば隣の 29 ページを見ていただくと、単位体積重量とかを見ても、Avf-c とか Avf-c2 では、 γ_{sat} で 18kN/m^3 以上とか 17.5kN/m^3 とかある。これについても、粘土地盤で考えると非常に大きくて、なおかつ緩い砂ぐらいの状態になっている。細粒分が多いのに緩い砂ぐらいの密度を持つ

ているというのは、それなりに密な状態、つまり間隙が少ないのです。ですから、沈下そのものがすごく大きいということは恐らくないだろうと。そもそも沈下する間隙がないのです。しかも層厚がそこまで分厚いわけではなく、20m とかそういう世界です。20m 強ですかね。そうすると、例えば関西空港のように、軟弱粘土とか洪積粘土層、圧密対象層が延々下に行くという状態でもない。どちらかという羽田の D 滑走路に近いところがあって、あそこは浅いところは本当にやわらかい粘土なのですが、深いところは中間部というのですか、ちょっと砂っぽいシルト的な土で、それは圧密沈下はするけれども、決して大きくはないのです。そういったことで考えると、D 滑走路に非常に似ているなという感じがして、羽田の D 滑走路も未改良層を残していますので、恐らく同じようなことになるのかなという感じ。ちなみに、D 滑走路は当初予測した沈下ほど起きていないと思います。その量も非常に小さくて、当初は 75cm ぐらいだったかな、残留沈下を予測していましたが、実際にはそんなに出ていない。ですから、それに類する結果になるのではないかという感じがします。D 滑走路と比較しても極端に大きなものではないと思います。

- 委員長 ありがとうございます。ほかには。
- 委員 ケーソンの安定性に関して、ハイブリッドケーソンは 50m ということなので、50m の長手方向に不同沈下が起こると地盤とケーソンの間に隙間ができるようなことも起こり得るのではないかと思うのですが、そういう場合にケーソンの安定性、断面で行っている安定性計算に問題はないのかということをお聞きしたい。
- 事務局 地盤が不同に沈下することによって地盤のばねが一様でなくなるというような状況が起こると思うのですが、それによって生じるケーソンへの影響については、ハイブリッドケーソン本体の細部の設計段階において、曲げも含めた上で検討していきたいと思っています。
- 委員長 私から補足させてもらおうと、下の不陸はいろいろな不陸のパターンを考えて構造物がもつかどうかという検討をして、隙間がどこにできて、ばね定数がこうだとか、そういうことをやって、もつということで、同様のケーソンで過去確認されています。
- 委員 安定性に関しては問題ないですね。
- 委員長 ええ。
- 委員 わかりました。
- 委員長 ほかによろしいですか。

いろいろ熱心な御質問、御討議をありがとうございました。

○委員長 それでは、残りのA護岸の設計について、事務局から説明をお願いいたします。

○事務局 44 ページをお開きください。「3. 護岸設計 (A 護岸)」について説明させていただきます。

第1回技術検討会では、A護岸は自立鋼管矢板式、斜め控え鋼管矢板式及び二重鋼管矢板式を候補として提示させていただいております。

これを踏まえて、「3.1 設計手順」で検討を行っております。

1 つ目の設計工区の設定では、護岸法線の形状、海底地形及び地層構成を基に設計工区を設定し、安定の検討を行う断面の位置を設定しております。

2 つ目、護岸構造の選定では、先ほど申しました自立鋼管矢板式、斜め控え鋼管矢板式、二重鋼管矢板式の護岸構造、それと施工方法の検討を行い、選定しております。

標準断面の決定では、設計条件及び断面諸元を設定し、壁体の安定に関する性能照査、地盤の安定性に関する性能照査を経て、設計工区ごとの標準断面を決定しております。

次に「3.2 設計工区の設定」でございます。

「3.2.1 設計工区の設定の考え方」でございますが、A護岸も3ステップで検討を行っております。

STEP-1 としては護岸法線の形状による区分でございますが、護岸法線の向きに応じて波の入射角が変化し護岸に作用する波力が変化するため、護岸法線の向きにより設計工区を区分しております。

STEP-2 の海底地形による区分では、海底地形に応じて外力の作用高が変化し護岸に作用する波力、土圧等が変化するため、海底地形により設計工区を区分しております。

STEP-3 の地層構成による区分では、地層構成に応じて地盤の横抵抗等が変化し鋼管矢板の断面・根入れ長が変化するため、地層構成により設計工区を区分しております。

検討断面の位置の考え方は、設計工区ごとに護岸法線の形状、海底地形、地層構成を考慮し、壁体の安定に関する性能照査、地盤の安定性に関する性能照査において、最も安全な設計を担保し得る護岸法線上の位置を検討断面の位置として設定しております。

45 ページをごらんください。「3.2.2 設計工区及び検討断面位置」の検討

結果を表に、また図を示してございます。

まず STEP-1 として、護岸法線の形状により、A 護岸につきましては A-1～A-3 の 3 工区に区分してございます。

STEP-2 として海底地形による区分を行ってございます。例えば A-1 では C.D.L. -11.0m を最深部とする区間と C.D.L. -9.0m を最深部とする区間に、それぞれ A-1-1、A-1-2 工区として区分してございます。

STEP-3 として地層構成による区分を行ってございます。例えば A-2-1 では、砂質土の Aco-s が堆積していない区間と堆積する区間として、それぞれ A-2-1-1、A-2-1-2 工区として区分してございます。

このように STEP-1～3 において順に工区を細分した結果、A 護岸では全 6 工区となっております。

検討断面の位置は、例えば A-1-1-1 工区では、中間土が厚く堆積する箇所を検討断面の位置として設定しております。このように、全 6 工区において、それぞれ最も安全な設計を担保し得る護岸法線上の位置を検討断面の位置として設定してございます。

46 ページをごらんください。「3.3 護岸構造の選定」について説明します。

第 1 回技術検討会では、先にも述べましたとおり、A 護岸の構造形式の候補として自立鋼管矢板式、斜め控え鋼管矢板式及び二重鋼管矢板式の護岸構造について提示させていただいております。その施工性等の比較検討を行ってございます。

自立鋼管矢板式では、鋼管の径がかなり大きく製造実績がないこと等から選定から除外させていただいております。

斜め控え鋼管矢板式では、設計の結果でございますが、斜め控え杭の根入れ長が約 100m となりまして、これも施工業者のヒアリングから施工が不可能であるということございましたので、選定から除外させていただいております。

一方、二重鋼管矢板式では、ウォータージェット併用バイプロ工法で施工が可能ですことから、二重鋼管矢板式を護岸の構造形式として選定させていただいております。

47 ページをごらんください。「3.4 設計フロー」について説明します。

「3.4.1 設計フロー」の①設計条件の設定では、現況水深を基に設計水深及び設計波を設定し、鋼管矢板の設計に必要な横方向地盤反力係数と材料係数を設定します。

②断面諸元の設定では、鋼管矢板の外径、肉厚、規格を設定します。

③施工時の検討では、自立式構造として壁体の背面が埋め立てられる前の状態で設計外力である波力に対して安定となる断面を検討し、安定性能照査を行い、鋼管矢板の断面及び根入れ長①を算定します。

④完成時の控え矢板式構造としての検討では、中詰砂が投入された状態で設計外力である中詰砂の土圧力等に対して安定となる断面を検討し、安定性能照査を行い、鋼管矢板、腹起し材、タイ材の断面並びに根入れ長②を算定します。

⑤完成時のセル式及び重力式構造としての検討では、壁体の背面が埋め立てられた後の状態で設計外力である埋立土の土圧力等に対して安定となる断面を検討し、セル式構造では壁体幅の妥当性を中詰砂のせん断抵抗の検討により照査し、重力式構造では壁体の滑動及び天端の変位量の照査を行い、根入れ長③を算定します。

⑥断面、根入れ長の決定では、③～⑤の検討により、最大となる鋼管矢板の断面、根入れ長を決定してございます。

⑦地盤の安定性能照査では、完成時における円弧すべりの照査を行ってございます。

⑧施工工程の検討では、埋立地内の地盤の沈下を検討し、必要に応じ中詰めの沈下対策を検討しますが、ここはC護岸等と同様、次回以降の技術検討会での検討となります。

48 ページをごらんください。ここから各工区の具体的な設計に移りますが、各工区のうち、中間土が最も厚い A-1-1-1 工区の検討過程及び結果を基に説明させていただきたいと思っております。

まず、「3.5.1 設計条件の設定、断面諸元の設定」です。

設計水深は、鋼管矢板に作用する横方向地盤反力が小さくなる、工区内で最も水深が深い箇所的水深を 0.5m 単位で切り上げて、C.D.L.-11.0m としてございます。

設計波は、「1.3 波浪条件」の St のうち工区内で最も大きな波高を採用し、表に示す照査項目、検討潮位、対象波浪ごとに右の表のとおりとしてございます。

A 護岸特有の条件であります横方向地盤反力係数は、土質調査結果を基に、地表面付近の Aco-g 層、Aco-s 層、Aco-c 層は、孔内水平載荷試験により得られた変形係数から「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」に示される方法で算出しておりまして、基部付近の DK 層、EKK 層は「港湾基準」に示

される方法で、表のとおり設定してございます。

49 ページをごらんください。材料条件でございます。材料条件は、「港湾基準」及び「港湾構造物設計事例集」に準拠し、表のとおりとしてございます。

50 ページをごらんください。断面諸元の設定として、①鋼管矢板の天端高は、タイ材の設置を考慮し、タイ材の取付点高さよりも高い位置の C.D.L.+3.0m、継手の天端高は、打設作業が潮位により制限されないよう、H.W.L.以上の C.D.L.+2.3m、下端高さは、「港湾基準」に準拠し、主働土圧強度と受働土圧強度が等しくなる深度、または仮想固定点のうち深い方の C.D.L.-19.1m としてございます。

②タイ材取付点高さは、タイ材の設置作業が潮位により制限されないよう、H.W.L.以上の C.D.L.+2.5m としてございます。

③鋼管矢板断面は、鋼管矢板に作用する外力により生じる曲げモーメント及び変位に抵抗できる断面として、 $\phi 1,400 \times t16\text{mm}$ 、材質 SKY490 としました。

51 ページをごらんください。「3.5.2 施工時の検討」について説明します。

まず、壁体の安定性能照査項目と作用の組み合わせとして、検討状態、設計状態における安定性能照査の項目と作用の組み合わせを表に、設計状態のイメージを図に示してございます。壁体の安定性能照査の項目は「港湾基準」に準拠し設定し、潮位は設計外力である波力が大きくなる H.W.L.としてございます。

設計外力の算出は、壁体に作用する波力を「港湾基準」に準拠し算出し、引波時の波力は、押波時の波力に比して明らかに小さいため、検討を省略してございます。

鋼管矢板の応力、根入れ長及び天端の変位量として、「港湾基準」に準拠し、①壁体の応力度の算定及び照査、②壁体天端の変位量の算定及び照査、③壁体の根入れ長の算定を行いました。なお、壁体天端の許容変位量は「道路土工仮設構造物工指針」に準拠し、壁高の3%としてございます。

52 ページをごらんください。「3.5.3 完成時（控え矢板式構造）の検討」について説明させていただきます。

まず、壁体の安定性能照査項目と作用の組み合わせとして、検討状態、各設計状態における安定性能照査の項目と作用の組合せを表に、設計状態のイメージを図に示しております。壁体の安定性能照査の項目は「港湾基準」に準拠し設定し、潮位は残留水圧が設計外力として大きく作用する L.W.L.とし

てございます。

53 ページをごらんください。設計外力の算出は、①波力、②土圧とも「港湾基準」に準拠し算出しました。

③上載荷重は、第1回技術検討会において提示した荷重を永続状態及び変動状態において算出し、壁体に作用する中詰砂による土圧力が大きくなるよう、壁体上にも作用することとしました。

④残留水圧は、永続状態、変動状態において、「港湾基準」に準拠し算出しました。

⑤動水圧も「港湾基準」に準拠し、主たる作用がレベル1地震動である変動状態において算出しました。

⑥照査用震度も「港湾基準」に準拠し、当該地のレベル1地震動及び土層構成、土質条件等を基に次元地震応答解析を行い設定してございます。

壁体の応力及び根入れ長として、「港湾基準」に準拠し、①壁体の応力度の算定及び照査、②壁体の根入れ長の算定及び照査を行いました。なお、ロウの方法による場合の鋼管矢板の地盤反力係数は、室内試験により地盤のせん断強度を確認していますことから、「港湾基準」に示されるせん断抵抗角と地盤反力係数の関係より設定してございます。

腹起し材の応力の算定及び照査、タイ材の応力の算定及び照査は、「港湾基準」に準拠し行ってございます。

54 ページをごらんください。「3.5.4 完成時（セル式及び重力式構造）の検討」について説明します。

壁体の安定性能照査項目と作用の組み合わせとして、検討状態、各設計状態における安定性能照査の項目と作用の組み合わせを表に、各設計状態のイメージを図に示しております。壁体の安定性能照査の項目は、「港湾基準」に準拠し、潮位は残留水圧が設計外力として大きく作用する L.W.L.としました。

55 ページをごらんください。設計外力は、①波力、②土圧とも「港湾基準」に準拠し算出しました。

③上載荷重は、第1回技術検討会において提示した荷重を永続状態及び変動状態において算出し、壁体上の上載荷重は、「港湾基準」に準拠し、考慮しないこととしました。

④残留水圧は、永続状態及び変動状態において、「港湾基準」に準拠し算出しました。

⑤動水圧も、「港湾基準」に準拠し、主たる作用がレベル1地震動である変動状態において算出してございます。

⑥慣性力も、「港湾基準」に準拠し算出しております。

⑦照査用震度も、「港湾基準」に準拠し、当該地のレベル1地震動及び土層構成、土質条件等を基に、一次元地震応答解析を行い設定しました。

壁体のせん断変形の照査、壁体の滑動の照査、壁体天端の変位量の算定及び照査を「港湾基準」に準拠し行っております。この場合の許容変位量は、「港湾構造物の耐震性能照査型設計体系について」に準拠し、壁高の1.5%としております。

56 ページをごらんください。断面、根入れ長の検討結果及び決定断面を表と図に示しております。

57 ページをごらんください。「3.5.6 地盤の安定性能照査」について説明します。

地盤の安定性能は、「港湾基準」に準拠し、修正フェレニウス法による円弧すべり計算によって作用耐力比を計算し、照査しました。完成時の安定計算に用いる部分係数は、「港湾基準」に準拠し、下表の値を用いております。

照査結果は図のとおりでございます。

58 ページをごらんください。「3.6 全工区の検討結果」でございます。

全工区の検討結果、工区別の主な設計条件、主な断面諸元を表にしております。

59 ページから 64 ページに各工区の標準断面図を掲載しております。また、注釈集の 188 ページ以降に詳細な検討結果を掲載しております。

「3. 護岸設計 (A 護岸)」の説明については以上でございます。

○委員長 説明ありがとうございました。

では、A 護岸の設計について御意見がありましたら、お願いいたします。

○委員 1つ事務局に確認させていただきたいのですけれども、53 ページにあります。⑥の照査用震度という部分について、FLIP を行って設定したというものがあるのですけれども、もう少し詳しくこの部分を説明していただけないでしょうか。

○事務局 45 ページに A 護岸の護岸法線位置における縦断図を示しておりますが、各工区でこれだけ層構成が複雑なところがございまして、検討断面位置ということで示しておりますが、その検討断面位置の一次元の解析だけで照査用震度を設定するというはしておりませんで、45 ページに示す地層縦断の変化点を細かく押さえるような形にして、どの層厚が厚いとき、薄いとき、それが震度にどれだけきくかというのがわかりませんので、数箇所断面で一次元の解析をやって、その結果、工区の中で一番危険側になる、

要は一番大きくなる照査用震度というのを設定しています。

- 委員 すなわち、工区割のところでは3要素を考えて十分安全になるように工区割を行った上で、さらにそれぞれの工区の中でどの断面、地層構成が一番クリティカルになるかというようなことを考えて震度条件を設定したということですね。
- 事務局 そういことです。
- 委員 わかりました。
- 委員長 ほかにはありますか。
- 委員 二重鋼管式矢板の中詰材の応力や変形の構造体への影響についてはどのようにお考えになっているのか、ご説明いただけますでしょうか。
- 事務局 地盤が沈下することによって杭が下方向に押されるようなネガティブフリクションについては検討すべきだと思っております。これについては、次回以降の技術検討会の中で、沈下も考慮した上で検討していきたいと思っております。
- 委員 もう一つ、簡単な質問ですが、45 ページの下の右側の図の A-2 工区のところには薄く何か川のような線が描いてありますが、これは何ですか。
- 事務局 これは船が着くドルフィンです。
- 委員 直角に出ている3本線は何ですか。
- 事務局 これはドルフィンが護岸に取り付くところです。
- 委員 そういうものなのですか。
- 事務局 はい。海側に出ている四角、四角、四角とあるのは船が綱をとるところになってございます。
- 委員 わかりました。
- 委員長 ほかには何か御意見ございますか。
特にならなければ、全体を通じて何か御意見。もとの戻っても結構ですし、言い忘れたこととか思い出したことがもしありましたら、質問なり追加説明をお願いしていただいても結構ですので、お願いいたします。
- 委員 聞き逃したかもしれないということで確認させていただきたいのが1つあるのですが、26 ページに戻っていただきまして、軽量盛土工法の「SCP 工法の改良範囲が最小改良幅を超えて必要となる場合」という文章がよくわからなかったのです。「最小改良幅を超えて」というのはどういう意味でしょうか。
- 事務局 説明の中でケーソンの底板から下方に30度分散した範囲をSCPの範囲としていると申しましたが、その30度分散を最小改良範囲幅と定義し

まして、それ以上にサンドコンパクションパイルを打たないといけない状態になったら、できるだけ環境への影響を配慮して、軽量盛土を用いて、30度分散内に収めることを検討しています。

- 委員 30度分散の角度を超えてということですね。
 - 事務局 そうです。
 - 委員 「最小改良幅」という文章があるので、これだけ見ていると、何を言っているのだろうと。
 - 事務局 それは、14 ページにその説明がありますので、御確認いただければ。14 ページのところの上から3つ目。
 - 委員 30度分散と言っているのですね。わかりました。
 - 委員長 「最小」という言葉がいいかどうかということ。
 - 委員 そうです。この言葉は「30度分散の範囲に入らない場合」とか言う方が素直に聞き取れると思うのです。この「30度分散」という言葉は、私も聞いたときにチェックしているのですが、頭の中には入っていると思うのです。だけど、ここでいきなり「最小改良幅」と来たので、あれっ、これは何だったかなと。わかりました。
 - 事務局 わかりづらくて申しわけございません。
 - 委員長 「最小」を除いたほうがいいかもしれないですね。「最小置換率」とか、そういうのもみんな同じですよ。設計で決まっている値ですよ。
 - 委員 確かに、「最小地盤改良幅」という言葉がこの考え方の中で定義されたかのように書かれていて、ここでそのように言うということを明記していればいいのかとも思いますけれども、誤解がないようにするためには、「30度分散」という言葉をもう一度括弧で書くとか、何か補足があったほうがわかりやすいのかなと思います。
 - 事務局 わかりました。こちらで検討させていただきたいと思います。
 - 委員長 ほかには何かお気づきの点ございますでしょうか。
 - 委員 おそらく今後のことになろうかと思いますが、地盤の沈下や構造物との相互作用、安定性など様々な検討を行うにあたり、それぞれの検討において使用する土質定数を合理的に設定し、その根拠を明確にしておくことが必要です。
- 次に護岸部と埋立地内部で地盤改良の種別など地盤構造として異なるものが共存する形になりますので、沈下量や沈下速度が一様ではありません。そのため特に異なる構造の境界部の取り扱いについては十分気を付けていただきたいと思います。

それに関連して、サンドコンパクションで地盤改良される部分については、沈下低減率を導入することによって改良部の沈下量評価を行うことになっていますが、同時に砂杭を打設した地盤では剛性が増大することに留意いただくべきだと思います。相隣り合うサンドドレーン打設地盤では剛性の増大はあまり見込めませんので、異なる剛性を有する地盤が接する部分が出てきます。こうした地盤上に埋立を行うと、剛性の大きい方に応力集中が生じ、サンドコンパクション部とサンドドレーン部の応力分担率に影響が出ます。結果としてサンドコンパクション部に大きな応力が分担されて下位の地層に伝播するといった、複雑な現象が生じる可能性があります。こうした観点も念頭に置いて検討にあたっていただければよいと思います。

○委員長 よろしいですか。

○事務局 境界部なんかの影響については、今の資料では一次元の圧密沈下計算をやっておりますけれども、いずれ境界部のところも含めた上での二次元のFEM解析なんかをやって検討していきたいと考えております。

○委員 その考えでいいと思います。

○委員長 ほかにはございますでしょうか。

では、本日は御意見も出尽くしたような感じがしますので、本日の技術検討会の提言・助言について検討していただきたいと思います。

では、以上で終わりたいと思いますので、あとは事務局のほうでお願いいたします。

○事務局 本日は長時間の御議論をいただき、まことにありがとうございます。

本日いただいた御意見等を踏まえ事業の検討を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いただきたいと考えているところでございます。

なお、本日の資料については後日ホームページにて公表する予定でございますので、御了承いただけたらと思います。よろしくお願いいたします。

【閉会】

事務局から閉会を宣言