第３回 技術検討会　資料

普天間飛行場代替施設建設事業に係る技術検討会

第３回

資　料　目　次

1.　施工検討の考え方 ····· 1

2.　各工種の施工方法の検討 ····· 2

2.1　地盤改良工 ····· 2

2.1.1 サンドコンパクションパイル工法による施工 ····· 2

2.1.2 バーチカルドレーン工法による施工 ····· 3

2.1.3 ＳＤ工法による施工に伴う浚渫 ····· 6

2.2　C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）工 ····· 8

2.2.1 ケーソン式護岸工 ····· 8

2.2.2 ケーソン式護岸の施工に伴う浚渫 ····· 17

2.3　Ａ護岸工 ····· 19

2.3.1 鋼管矢板打設方法の選定 ····· 19

2.3.2 Ａ護岸工（二重鋼管矢板式） ····· 20

2.4　埋立工 ····· 22

3.　基本工程の作成 ····· 26

3.1　基本工程の作成に係る各施工工程 ····· 26

3.2　クリティカルパスとなる施工工程 ····· 27

3.3　各施工工程の検討 ····· 30

3.3.1 SCP 工法による施工 ····· 30

3.3.2 SD 工法による施工 ····· 31

3.3.3 ケーソン式護岸工 ····· 32

3.3.4 Ａ護岸工 ····· 34

3.3.5 埋立工 ····· 35

3.3.6 基本工程作成に係るその他の条件 ····· 36

3.4　基本工程の作成 ····· 37

4.　工程短縮の検討 …… 38
4.1　基本工程に対する工程短縮に係る着目点 …… 38
4.2　工程短縮の方策及び効果 …… 38
4.2.1 工程短縮の項目及び対応策 …… 38
4.2.2 工程短縮の効果 …… 38
5.　全体工程 …… 47
5.1　全体工程の考え方 …… 47
5.2　全体工程の設定 …… 47
6.　主要な資機材の調達 …… 51
6.1　主要資材の調達 …… 51
6.1.1 埋立材、基礎捨石・砕石 …… 51
6.1.2 地盤改良材・中詰材 …… 52
6.1.3 必要量と調達可能量の比較 …… 53
6.2　主要機材（船舶）の調達 …… 54
7.　施工に係る仮設工の検討 …… 55
7.1　海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）の検討 …… 55
7.1.1 海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）の必要性 …… 55
7.1.2 海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）の配置 …… 55
7.1.3 海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）の形状の設定 …… 55
7.1.4 検討条件 …… 55
7.1.5 仮置時のケーソン及び海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）の安定性能照査 …… 56
7.1.6 被覆材の設定 …… 59
7.2　中仕切護岸及び揚土場の検討 …… 60
7.2.1 中仕切護岸及び揚土場の配置 …… 60
7.2.2 設計条件の設定 …… 60
7.2.3 断面諸元の設定 …… 61
7.2.4 地盤の安定性能照査 …… 61
7.3　陸上ヤード …… 62
7.3.1 ヤード必要面積の算定方法 …… 62
7.3.2 ヤード必要面積の算定結果 …… 62

8. 施工工程を踏まえたC-1～C-3護岸及び護岸（係船機能付）の壁体及び地盤の安定性能照査‥ 64
8.1 C-1～C-3護岸及び護岸（係船機能付）の設計フロー ……64
8.2 壁体及び地盤の安定性能照査の考え方 ……65
8.2.1 施工工程を踏まえた照査 ……65
8.3 FEM解析による変形照査 ……68
8.3.1 解析モデル ……68
8.3.2 変形照査結果 ……68
9. 施工工程を踏まえたA護岸の安定性能照査‥‥‥

1. 施工検討の考え方

施工検討の考え方を図 1-1 に示す。

■各工種の施工方法の検討

・設計で決定された地盤改良工、護岸工及び埋立工について、大浦湾側の埋立に必要となる各工種に対して施工方法の検討を行う。

■基本工程の作成

・各工種の施工方法の検討の結果を基に、基本工程を作成する。なお、埋立は護岸が閉合した後に行うことを基本として検討を行う。

■工程短縮の検討

・基本工程について、工程短縮が可能となる方策を検討し、その短縮効果を確認する。

■全体工程の作成

・工程短縮の検討結果を踏まえた上で、全体工程を作成する。

■主要な資機材の調達

・施工方法及び全体工程で計画した主要な埋立材等の資材や作業船等の機材について、その調達について検討を行う。

■施工に係る仮設工の検討

・全体工程を踏まえ、施工に必要となる仮設工の検討を行う。

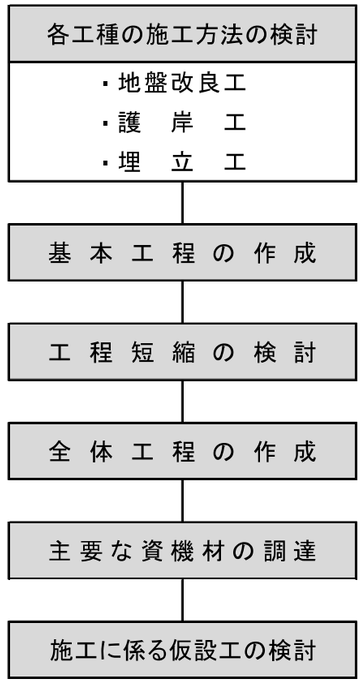


図 1-1 施工検討の考え方

2. 各工種の施工方法の検討

2.1 地盤改良工

2.1.1 サンドコンパクションパイル工法による施工

C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の直下の地盤改良については、第 1 回技術検討会で提示したサンドコンパクションパイル工法（以下、「SCP 工法」という。）により施工するものとする。

(1) 施工要領

SCP 工法の標準的な施工要領図を図 2.1-1 に示す。

SCP 工法による施工に先立ち、現地盤の圧密に伴う排水を円滑にするとともに、施工時の汚濁防止の役割※2.1-1 も果たす敷砂を行うものとする。なお、敷砂投入は、汚濁拡散低減効果のあるトレミー船※2.1-2 により施工する。

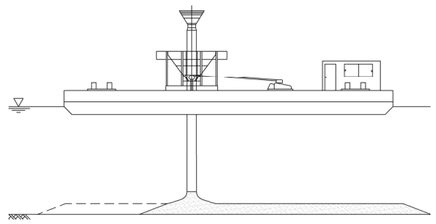
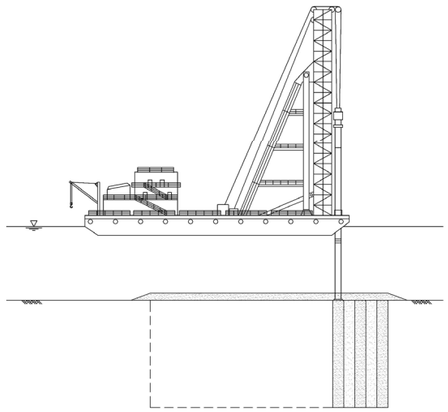
工　種	①　敷砂投入工	②　地盤改良工（SCP 工法）
概 要 図		
施工要領	トレミー船により敷砂を投入する。	サンドコンパクション船により地盤中に砂杭を打込み地盤改良を行う。

図 2.1-1　C護岸及び護岸(係船機能付)直下のSCP工法の施工要領図



写 2.1-1　SCP工法施工状況の例

出典：(株)不動テトラ HP より<https://www.fudotetra.co.jp/business/soil/>

(2) SCP工法の基本的な船団構成

SCP 工法の基本的な船団構成を表 2.1-1 及び図 2.1-2 に示す。

表 2.1-1　SCP 工法の船団構成

使用船舶機械	規格	1班当たり	備考
サンドコンパクション船（サンドドレーン兼用）	3 連装	1 隻	
ガットバージ	鋼D 1,000m^{3}積	1 隻	
揚錨船	鋼D 25t吊	1 隻	
砂貯蔵船	鋼D 1,000m^{3}積	1 隻	
引船	鋼D 800PS型	1 隻	

※表中の使用船舶機械の構成及び規格は「港湾土木請負工事積算基準 平成31年度改訂版」による。

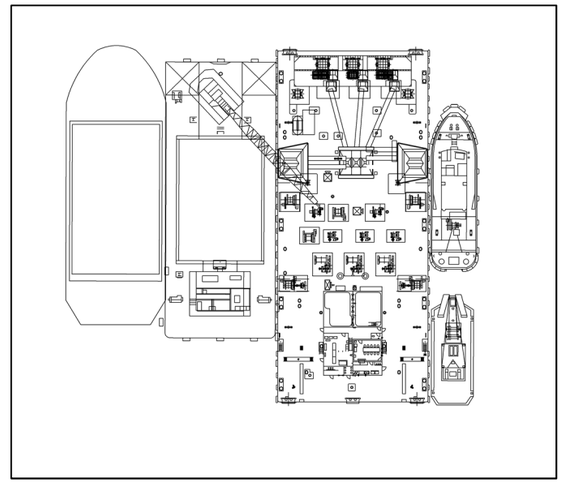


図 2.1-2　SCP 工法の船団構成図

2.1.2　バーチカルドレーン工法による施工

(1) バーチカルドレーン工法の考え方

大浦湾側の埋立地における地盤改良は、第 1 回技術検討会で提示したバーチカルドレーン工法により行うものとし、バーチカルドレーン工法の施工範囲は、後述する「10.　埋立地における地盤改良等の検討」に示す範囲とする。

バーチカルドレーン工法による地盤改良は、海上施工を前提とし、施工実績※2.1-3 から地盤改良船によるサンドドレーン工法（以下、「SD 工法」という。）とした。

一方、大浦湾側の海底地形の起伏により、水深が浅く、地盤改良船により海上施工ができない範囲が存在するため、大浦湾側の埋立地における地盤改良工法は、図 2.1-3 のフローに示すとおり、水深に応じ、海上施工と陸上施工に区分する。また、その施工区分の範囲を図 2.1-4 に示す。

■海上施工の施工可否の判断

サンドドレーン船の喫水を基に、水深が C.D.L.-4.2m※2-1 よりも深い部分を海上施工とした。

■陸上施工の施工可否の判断

陸上施工は、H.W.L.（C.D.L.+2.2m）上に埋立土砂一層分の巻き出し厚さ 0.3m を考慮して、C.D.L.+2.5m まで埋め立てた後に施工を行う。C.D.L.+2.5m を基面としたとき、陸上地盤改良機で地盤改良が可能な深度は、C.D.L.-39m※2.1-4 であるため、この標高を判断基準として、陸上からの地盤改良の可否を判断する。

C.D.L.-39m よりも浅い地盤改良については、陸上から施工が可能であると判断し、陸上施工とした。陸上施工は、施工実績※2.1-3 及び海砂の使用を抑制することを考慮し、ペーパードレーン工法（以下、「PD 工法」という。）とした。

C.D.L.-39m よりも深い地盤改良については、陸上からの施工が不可能であると判断し、海上施工とした。海上施工を行うには、水深が C.D.L.-4.2m よりも深い必要があることから、必要な範囲は C.D.L.-4.2m まで浚渫を行い、サンドドレーン船の喫水を確保する。

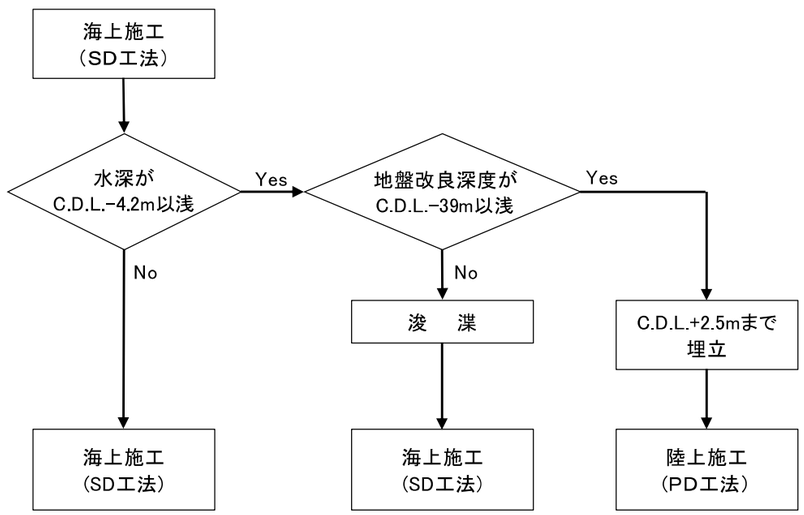


図 2.1-3　バーチカルドレーン工法の施工区分の考え方

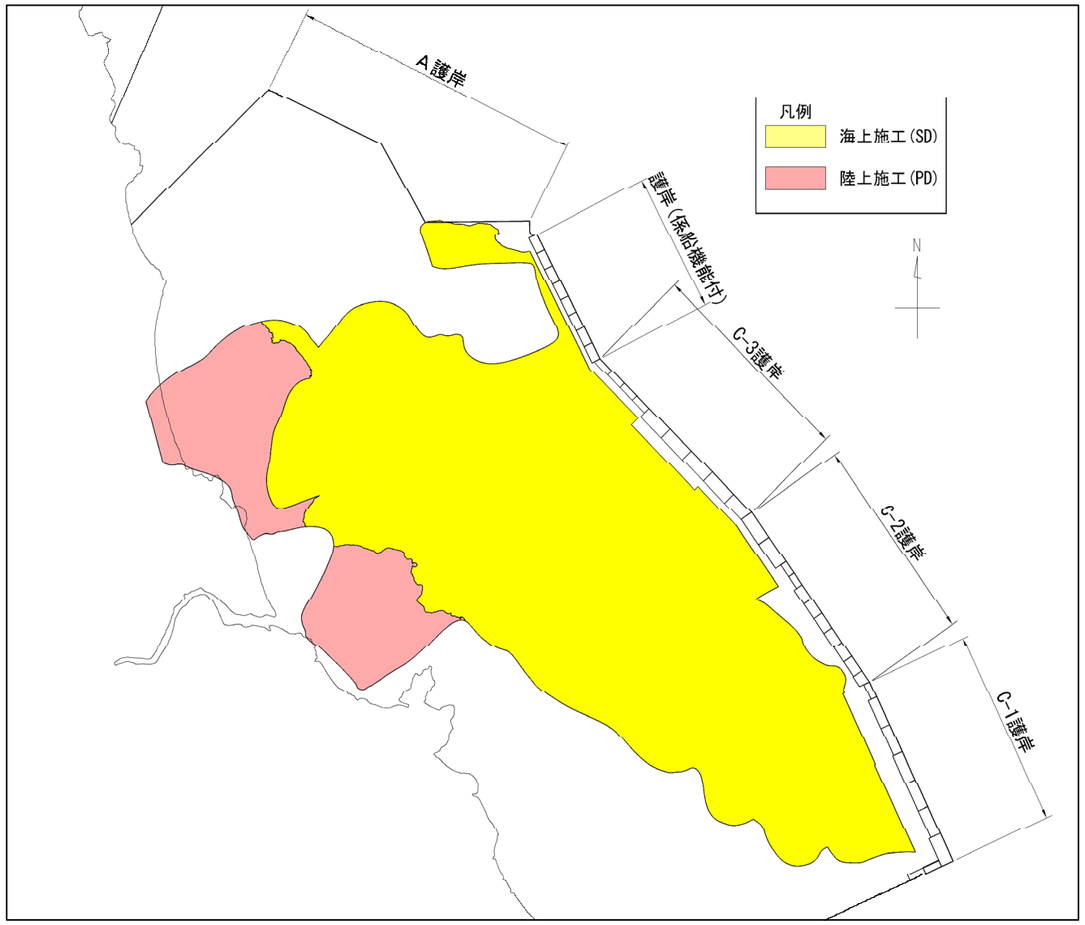


図 2.1-4　バーチカルドレーン工法の範囲及び施工区分

なお、第 1 回技術検討会において選定するとしている排水工法の併用については、後述する「10.　埋立地における地盤改良等の検討」結果から、バーチカルドレーン工法のみで圧密沈下の促進の効果が十分に得られているため、本検討では考慮しないものとした。

(2) 施工要領

1) ＳＤ工法

SD 工法の標準的な施工要領図を図 2.1-5 に示す。

SD 工法による施工に先立ち、現地盤の圧密に伴う排水を円滑にするとともに、施工時の汚濁防止の役割[※2.1-1]も果たす敷砂を行うものとする。なお、敷砂投入は、汚濁拡散低減効果のあるトレミー船[※2.1-2]により施工する。

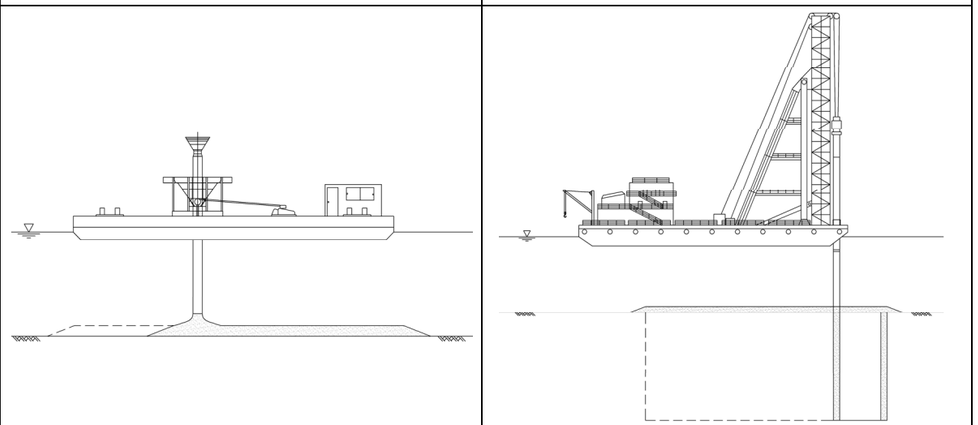
工　種	①　敷砂投入工	②地盤改良工(SD 工法)
概 要 図		
施工要領	トレミー船により敷砂を投入する。	サンドドレーン船により地盤中に砂杭を打込み地盤改良を行う。

図 2.1-5 埋立地内のSD工法の施工要領図



写 2.1-2 SD工法の施工状況の例

出典：(株)不動テトラ HP より<https://www.fudotetra.co.jp/business/soil/>

（サンドドレーン船はサンドコンパクション船を利用）

2) ＰＤ工法

PD 工法の標準的な施工要領図を図 2.1-6 に示す。

PD 工法による施工は、C.D.L.+2.5m まで埋め立てた後に行う。施工機械については、排出ガス対策型を優先して使用する。なお、PD の材料には環境配慮型のドレーン材であり、沖縄県内において施工実績のある「生分解性プラスチックドレーン材」[※2.1-5]を想定している。

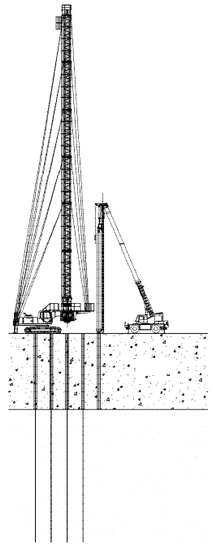
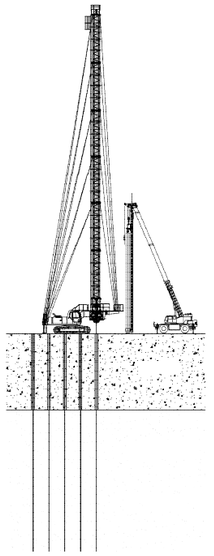
工　種	①　先行掘削工	②地盤改良工(PD 工法)
概 要 図		
施工要領	ラフタークレーン+オーガーモーターにより先行掘削を行う。	1) 先行掘削後、PD 打設機により鉛直ドレーン材を打設する。 2) 打設後、水平ドレーン材を設置する。

図 2.1-6 埋立地内のPD工法の施工要領図





写 2.1-3 PD工法の施工状況の例（左：鉛直材打設状況、右：水平材敷設状況）

出典：写真左：NCB ドレーン協会 HP より<https://www.ncb-drain.gr.jp/spot_intro.html>、写真右：ジオドレーン協会技術資料より

(3) SD 工法の基本的な船団構成

SD 工法の基本的な船団構成を表 2.1-2 及び図 2.1-7 に示す。

表 2.1-2 SD 工法の船団構成

使用船舶機械	規格	1班当たり	備考
サンドコンパクション船 （サンドドレーン兼用）	3 連装	1 隻	
ガットバージ	鋼D 1,000m^{3}積	1 隻	
揚錨船	鋼D 25t吊	1 隻	
砂貯蔵船	鋼D 1,000m^{3}積	1 隻	
引船	鋼D 800PS型	1 隻	

※表中の使用船舶機械の構成及び規格は「港湾土木請負工事積算基準 平成31年度改訂版」による。

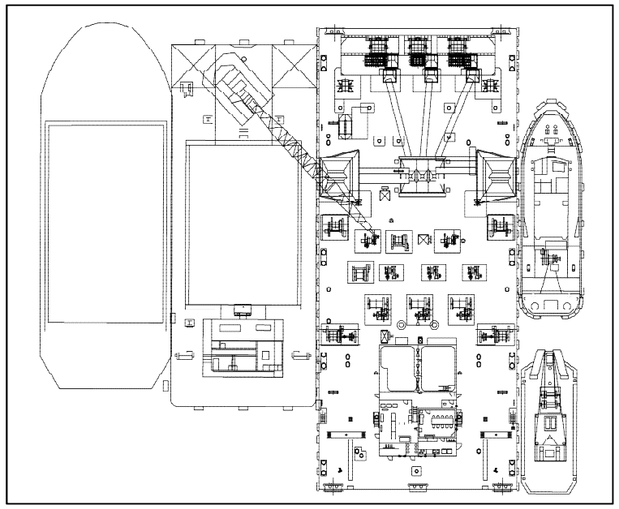


図 2.1-7 SD 工法の船団構成図

(4) PD 工法の基本的な施工機械構成

PD 工法の基本的な施工機械の構成を表 2.1-3 及び図 2.1-8 に示す。

表 2.1-3 PD 工法の施工機械構成

使用船舶機械	規格	1班当たり	備考
ドレーン打設機	リーダ長42m	1 台	
ラフタークレーン※1、注) (先行掘削機)	25t吊 オーガーモーター30HP	1 台	
バックホウ注)	0.45m^3	1 台	不陸整正、鉄板敷等準備工

※1：地盤条件によってクローラークレーンとなる。

※表中の使用船舶機械の構成及び規格は「港湾土木請負工事積算基準 平成31年度改訂版」による。なお、注）については、「港湾土木請負工事積算基準 平成31年度改訂版」に記載がないことから、施工業者からのヒアリングによる。

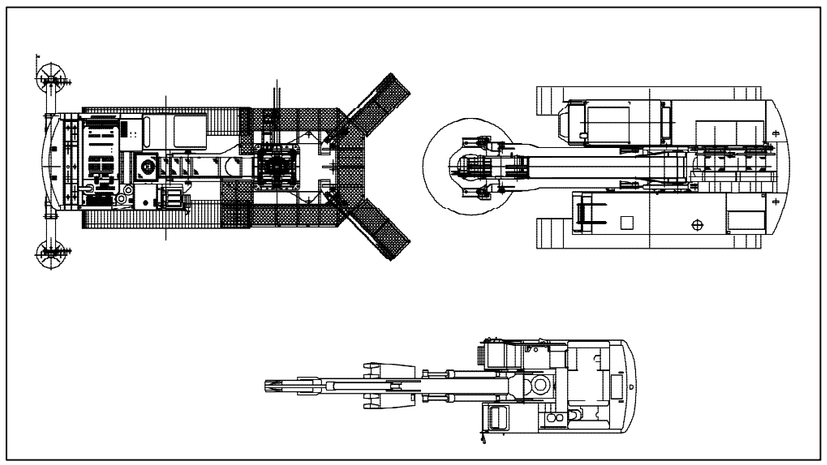


図 2.1-8 PD 工法の施工機械構成図

2.1.3 SD工法による施工に伴う浚渫

(1) 浚渫の考え方

SD 工法による施工に伴い地盤改良船の喫水確保を目的に必要最小限の浚渫を行う。浚渫範囲を図 2.1-9 に示す。

・浚渫範囲①：後述する「3.3.2　SD 工法による施工」において示す地盤改良船 2 船団で地盤改良を行う範囲であり、地盤改良船を限定できないため、浚渫する水深については、対象となる地盤改良船のうち、地盤改良船の最大喫水（最大喫水 3.0m の 1 隻を除く）から、C.D.L.-4.2m※2-1 とした。

・浚渫範囲②：打込深度 70m まで可能な地盤改良船 1 船団で行う範囲であり、地盤改良船が限定されるため、浚渫する水深については、浚渫量を低減することを考慮し、対象となる地盤改良船の最小喫水から、C.D.L.-4.0m※2-1 とした。

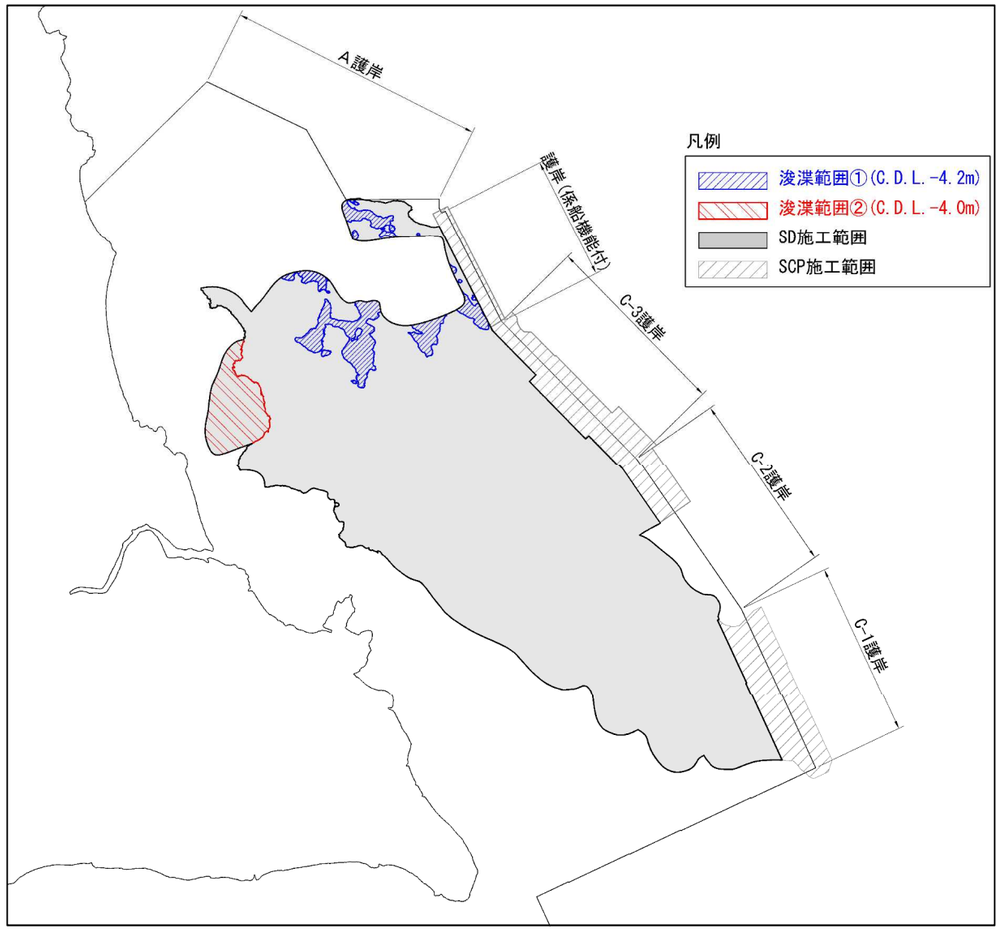


図 2.1-9 地盤改良（SD）施工に伴う浚渫の範囲

(2) 施工要領

SD 工法による施工に伴う浚渫の標準的な施工要領図を図 2.1-10 に示す。
当該施工箇所は水深が浅いため、バックホウ浚渫船を使用する。
浚渫時の汚濁拡散防止対策として汚濁防止枠を使用する。

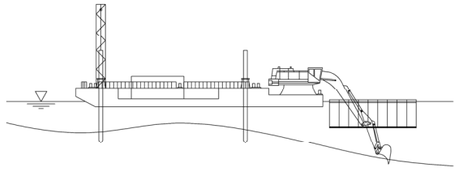
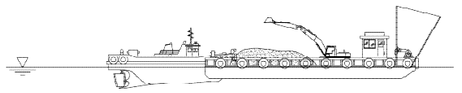
工　種	①　浚渫工	②　運搬工
概 要 図		
施工要領	バックホウ浚渫船により浚渫する。	浚渫した土砂はランプウェイ台船に積込み運搬する。浚渫した土砂は埋立材として利用する。

図 2.1-10 SD施工に伴う浚渫の施工要領図



写 2.1-4 バックホウ浚渫の施工状況の例

出典:「現有作業船一覧 2019、(一社)日本作業船協会」 p.162

(3) バックホウ浚渫の基本的な船団構成

バックホウ浚渫の基本的な船団構成を表 2.1-4 及び図 2.1-11 に示す。

表 2.1-4　バックホウ浚渫の船団構成

使用船舶機械	規格	1班当たり	備考
バックホウ浚渫船	鋼D2.0m^3	1 隻	スパッド式
引船	鋼D200PS	1 隻	
ランプウェイ台船注)	鋼D 1,100m^{3}積級	2 隻	浚渫土砂運搬用
押船	鋼D 2,000PS級	2 隻	ランプウェイ台船用

※表中の使用船舶機械の構成及び規格は「港湾土木請負工事積算基準 平成31年度改訂版」による。なお、注）については、「港湾土木請負工事積算基準 平成31年度改訂版」に記載がないことから施工業者からのヒアリングによる。

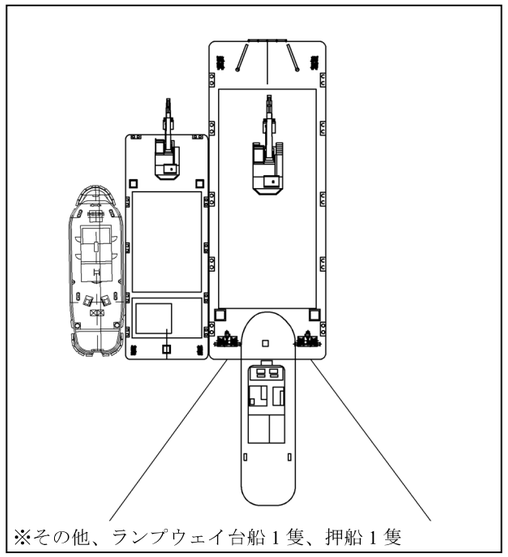


図 2.1-11 バックホウ浚渫の船団構成図

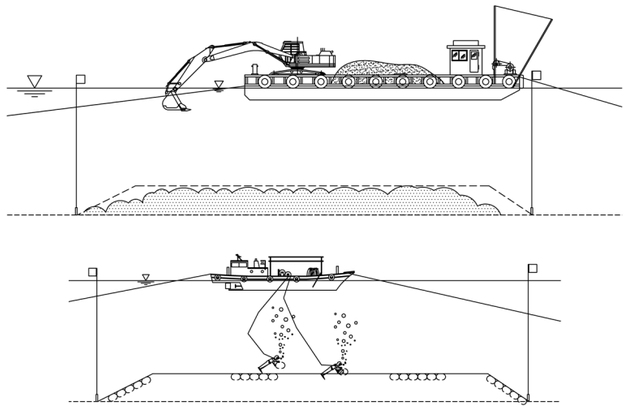
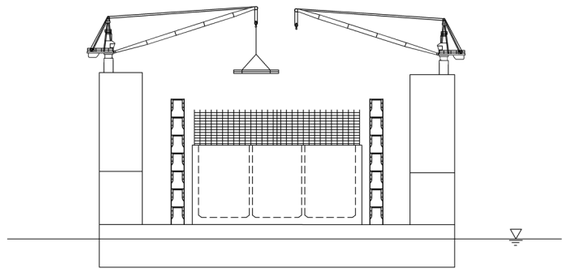
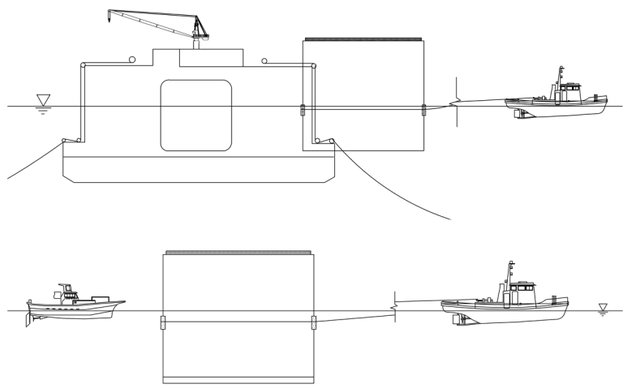
2.2　C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）工

C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の構造形式は、第２回技術検討会において提示したスリットケーソン式（以下、「ケーソン式」という。）とする。

2.2.1　ケーソン式護岸工

(1) 施工要領

ケーソン式護岸は、後述する「3.3.3 ケーソン式護岸工 (2)ケーソンの函割」の検討結果より、RC ケーソン 24 函と HB ケーソン 13 函の函割となる。各々の標準的な施工要領図を図 2.2-1～図 2.2-5 に示す。

工　種	①- 1　基礎捨石工	①-1　ケーソン製作工	①-2　ケーソン進水・（曳航）・仮置工
概 要 図			
施工要領	1) ランプウエイ台船により捨石を投入する。 2) 捨石投入後、機械均しと人力（潜水士）により荒均し、本均しを行う。	1) RC ケーソンの製作はフローティングドッグ（FD）を使用する。	1) FD を沖合いに引き出し、沖合いで FD を没水させてケーソンを引き出す。 2) 引き出したケーソンを曳航し、所定の場所に仮置する。

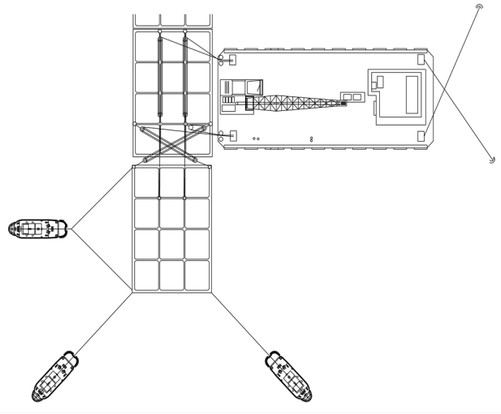
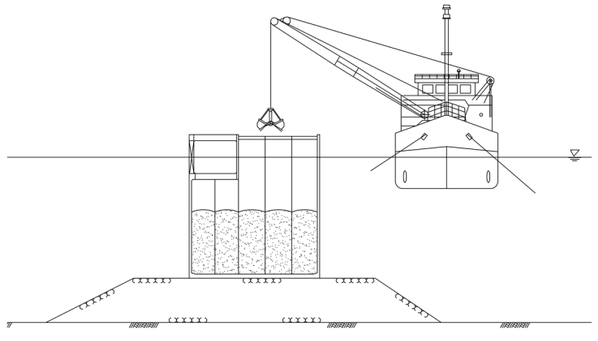
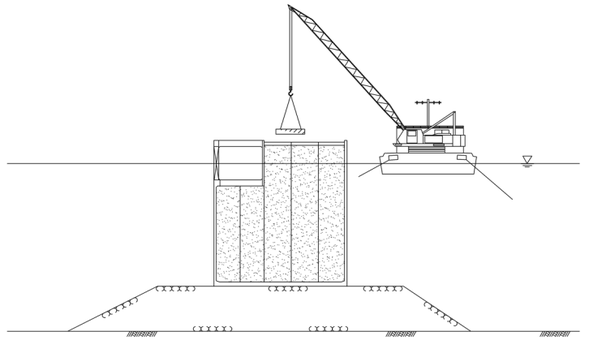
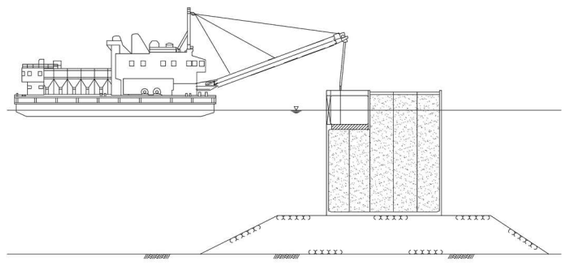
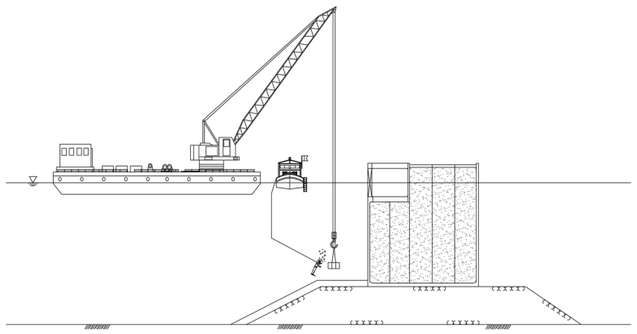
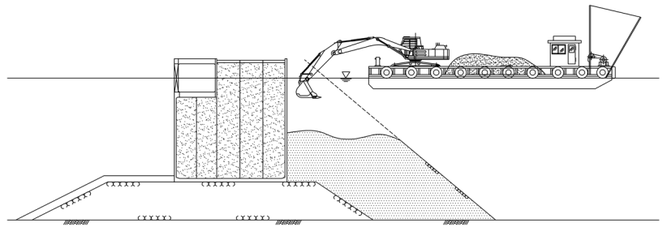
工　種	②　ケーソン据付工	③　ケーソン中詰工	④-1　蓋ブロック工
概 要 図			
施工要領	1) ケーソン据付箇所の位置決めは、起重機船および引船により行う。 2) 位置決め後、注水しケーソンを据え付ける。	1) ケーソン据付後、ガット船にて中詰砂を投入する。 2) 所定の高さまで中詰砂を投入後、人力にて天端を均す。	1) 蓋コンクリートは、プレキャスト製とする。 2) 蓋コンクリートを起重機船で運搬し、据え付ける。 3) 蓋コンクリートを据付後、間詰めコンクリートをコンクリートミキサー船により打設する。

図 2.2-1 ケーソン式護岸工（RC ケーソン）の施工要領図（1）

工　種	④-2　蓋コンクリート工	⑤-1　根固ブロック、被覆ブロック据付工	⑤-2　裏込工
概 要 図			
施工要領	1) スリットケーソン遊水室下部の蓋コンクリート（水中コンクリート）を、コンクリートミキサー船を用いて打設する。	1) 被覆ブロック・根固ブロックは起重機船で運搬し据え付ける。	1) ケーソン据付後、ランプウエイ台船にて裏込材を投入する。 2) 裏込材投入後、防砂シートを起重機船にて敷設する。 3) 防砂シート敷設後、シート保護を目的として腹付材を投入する。

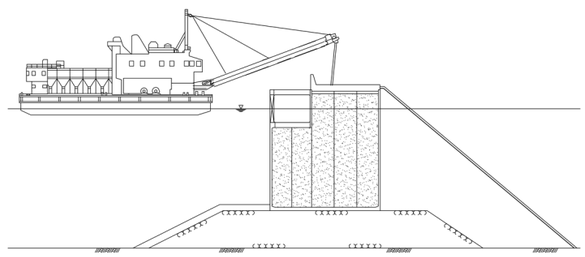
工　種	⑥　上部コンクリート工		
概 要 図			
施工要領	1) 上部コンクリートは施工量が多いため、分割施工とする。 2) 上部コンクリートをコンクリートミキサー船により打設する。		

図 2.2-2 ケーソン式護岸工（RC ケーソン）の施工要領図（2）

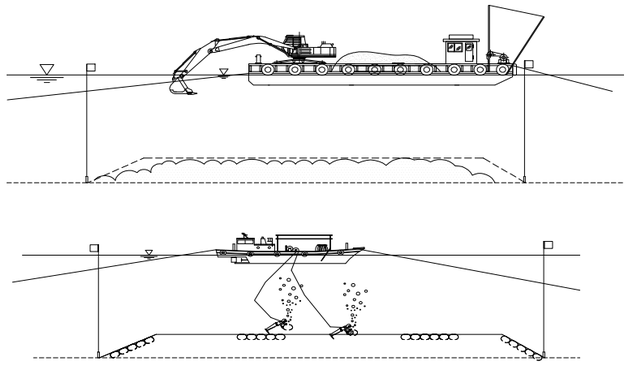
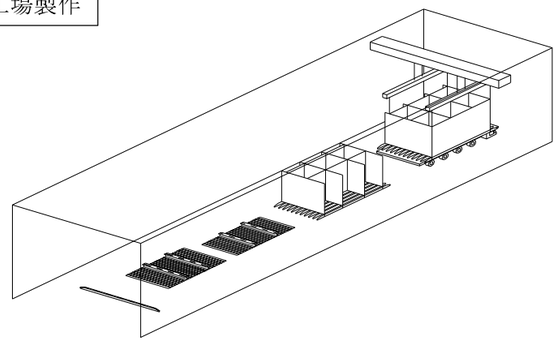
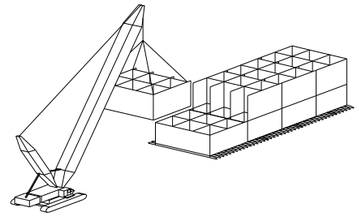
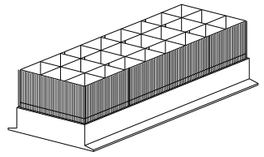
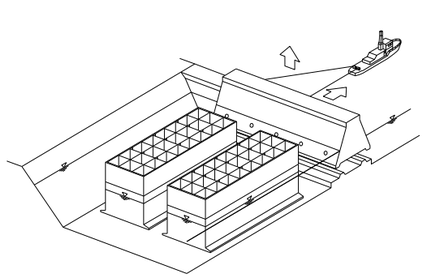
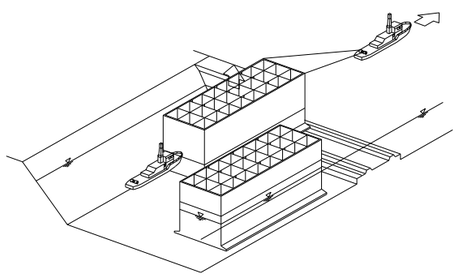
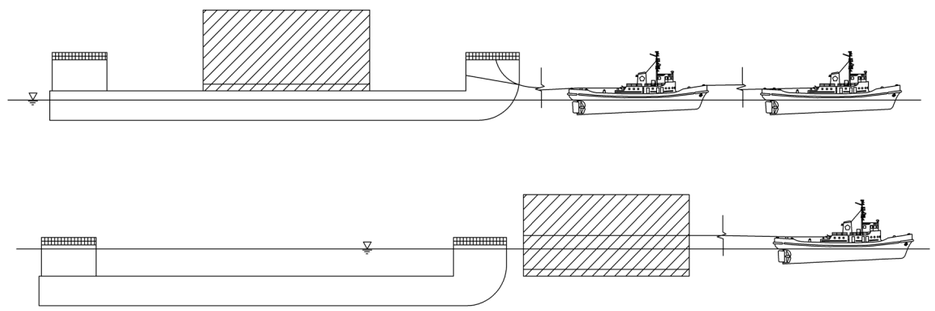
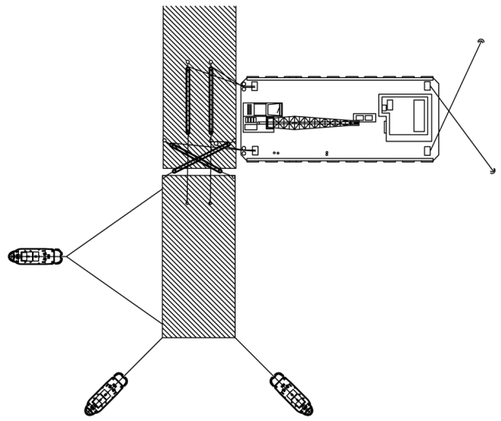
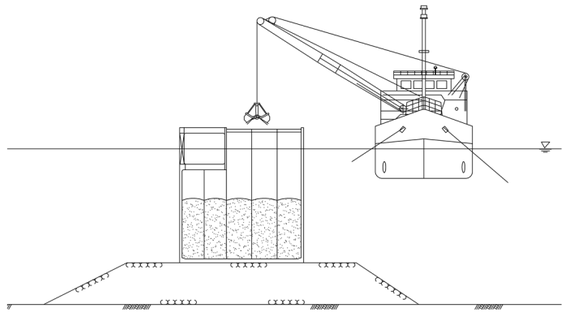
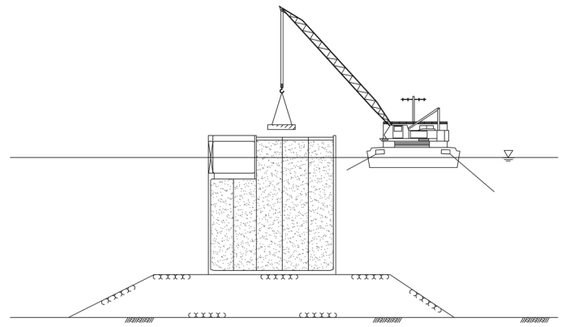
<table>
<tr><td>工　種</td><td>①-１　基礎捨石工</td><td colspan="2">①-1　ケーソン製作工</td></tr>
<tr><td>概 要 図</td><td>  </td><td>工場製作
  </td><td>ドッグ内製作
 
大組立
 
配筋・コンクリート打設</td></tr>
<tr><td>施工要領</td><td>1) ランプウエイ台船により捨石を投入する。
2) 捨石投入後、機械均しと人力（潜水士）により荒均し、本均しを行う。</td><td>1) 鋼板に型鋼等補剛材を溶接した後、鋼板を反転しスタッドを溶接してパネルを製作する。（パネル製作）
2) パネルを組み立てて、鋼殻ブロックを製作する。（ブロック製作）
3) 鋼殻ブロックを重量物運搬台車に搭載して、ドックまで運搬する。</td><td>1) 大型クローラークレーンにより鋼殻ブロックを吊り上げて、鋼殻ブロック間を溶接・一体化して鋼殻を製作する（大組立）。
2) 鋼殻完成後、底版部および外壁部に配筋、コンクリート打設を行う。（隔壁は、鋼板構造であるため、配筋・コンクリート打設は不要である。）</td></tr>
<tr><td>工　種</td><td></td><td colspan="2">①-2　ケーソン運搬工、①-3　ケーソン進水・仮置工</td></tr>
<tr><td>概 要 図</td><td> 
ドッグゲート開放
 
ケーソン出渠
※簡易化のため、ケーソン 2 函のみ図示した。</td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>施工要領</td><td>1) 外水位と同レベルになるまでドック内に注水し、その後、浮遊させたドックゲートを引船によりえい航してドックを開放する。（ドックゲート内のタンクに注排水することによって、ドックゲート自身が沈設・浮上する構造になっている。）
2) 浮遊したケーソンを引船・押船によりドックから引き出す（出渠）。</td><td colspan="2">1) ケーソンを半潜水式台船により海上運搬する。
2) ケーソン仮置場所付近で半潜水式台船を没水させてケーソンを引き出し仮置する。</td></tr>
</table>

図 2.2-3 ケーソン式護岸工（HB ケーソン）の施工要領図（1）

工　種	②　ケーソン据付工	③　ケーソン中詰工	④-1　蓋ブロック工
概 要 図			
施工要領	1) ケーソン据付箇所の位置決めは、起重機船および引船により行う。 2) 位置決め後、注水しケーソンを据え付ける。	1) ケーソン据付後、ガット船にて中詰砂を投入する。 2) 所定の高さまで中詰砂を投入後、人力にて天端を均す。	1) 蓋コンクリートは、プレキャスト製とする。 2) 蓋コンクリートを起重機船で運搬し、据え付ける。 3) 蓋コンクリートを据付後、間詰めコンクリートをコンクリートミキサー船により打設する。

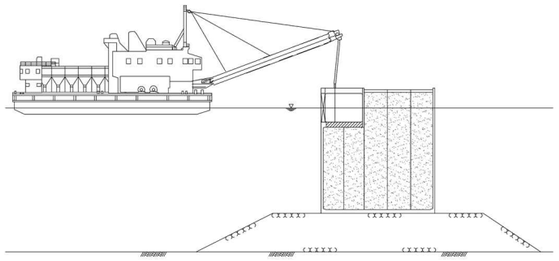
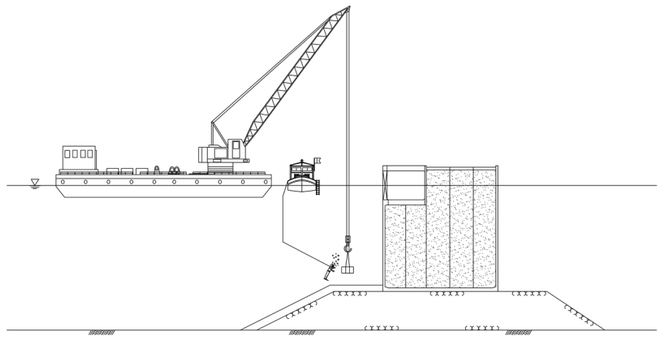
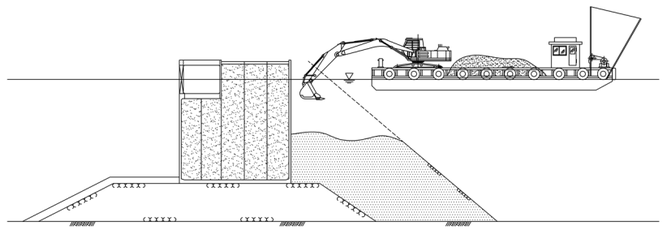
工　種	④-2　蓋コンクリート工	⑤-1　根固ブロック、被覆ブロック据付工	⑤-2　裏込工
概 要 図			
施工要領	1) スリットケーソン遊水室下部の蓋コンクリート（水中コンクリート）を、コンクリートミキサー船を用いて打設する。	1) 被覆ブロック・根固ブロックを起重機船で運搬し据え付ける。	1) ケーソン据付後、ランプウエイ台船にて裏込材を投入する。 2) 裏込材投入後、防砂シートを起重機船にて敷設する。 3) 防砂シート敷設後、シート保護を目的として腹付材を投入する。

図 2.2-4　ケーソン式護岸工（HB ケーソン）の施工要領図（2）

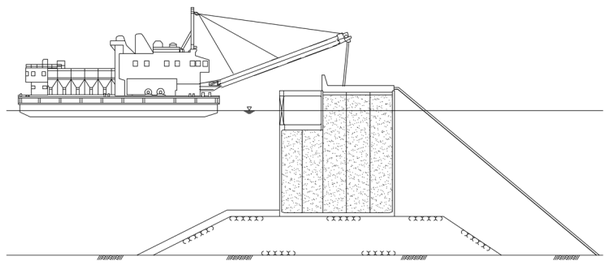
工　種	⑥　上部コンクリート工		
概 要 図			
施工要領	1) 上部コンクリートは施工量が多いため、分割施工とする。 2) 上部コンクリートをコンクリートミキサー船により打設する。		
工　種			
概 要 図			
施工要領			

図 2.2-5 ケーソン式護岸工（HB ケーソン）の施工要領図（3）



写 2.2-1 ケーソン製作工（RC ケーソンの例）

出典：国土交通省東北地方整備局秋田港湾事務所 HP より
＜http://www.pa.thr.mlit.go.jp/akita/folder.2016-05-12.8362148160/nabetani04.html＞



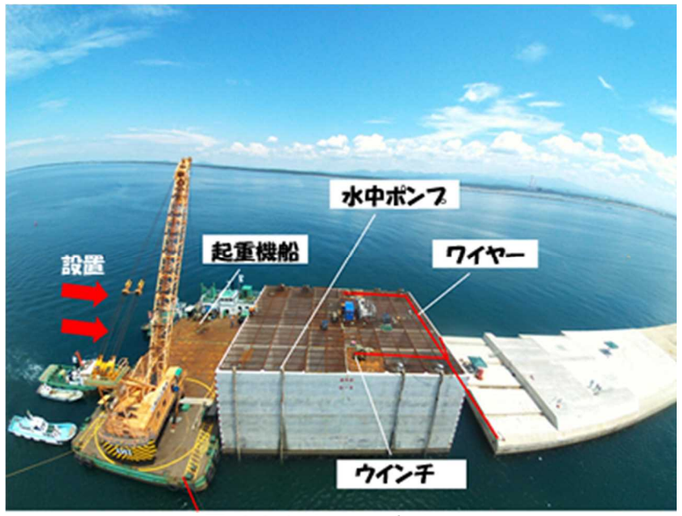
写 2.2-2 ケーソン進水工（RC ケーソンの例）

出典：国土交通省東北地方整備局秋田港湾事務所 HP より
＜http://www.pa.thr.mlit.go.jp/akita/folder.2016-05-12.8362148160/nabetani04.html＞



写 2.2-3 ケーソン運搬工（半潜水式台船）

出典：「現有作業船一覧 2017、(一社)日本作業船協会」 p.414



写 2.2-4 ケーソン据付工

出典：国土交通省東北地方整備局秋田港湾事務所 HP より
＜http://www.pa.thr.mlit.go.jp/akita/miyu/no005-ke-sonsettihen.html＞

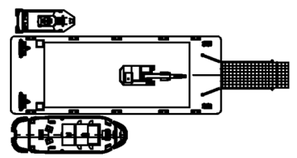
(2) ケーソン式護岸工の基本的な船団構成

ケーソン式護岸工の基本的な船団構成を表 2.2-1、図 2.2-6 及び図 2.2-7 に示す。

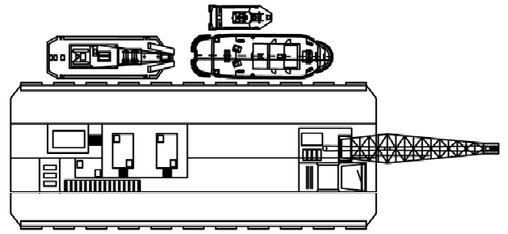
表 2.2-1 ケーソン式護岸工の船団構成

種別・細別	使用船舶機械	規格	1班当たり	備考
基礎捨石投入[注]	ランプウェイ台船	1,100m³積級	1 隻	材料運搬、投入
	引船	鋼D2,000PS型	1 隻	材料運搬
	潜水士船	D180PS 3～5t吊	1 隻	
基礎捨石荒均し・本均し	基礎捨石均し船	1,000PS型	1 隻	
	揚錨船	鋼D15t吊	1 隻	
	潜水士船	D180PS 3～5t吊	1 隻	
	引船	鋼D1,500PS型	1 隻	
ケーソン進水・仮置 （ＦＤ製作、ＲＣケーソン）	ＦＤ	5,000t積	1 隻	進水
	引船	鋼D1,000PS型	1 隻	進水
	揚錨船	鋼D10t吊	1 隻	進水
	非航旋回式起重機船	150t吊	1 隻	仮置
	引船	鋼D700PS型	1 隻	仮置
	引船	鋼D3,000PS型	1 隻	仮置
	潜水士船	D180PS 3～5t吊	1 隻	仮置
ケーソン運搬・進水・仮置[注] （海洋ドッグ製作、ＨＢケーソン）	半潜水式台船	24,000T/DW級	1 隻	
	非航旋回式起重機船	250t吊	1 隻	
	引船	鋼D1,000PS型	1 隻	
	揚錨船	鋼D20t吊	1 隻	
	引船	鋼D6,000PS型	1 隻	
	引船	鋼D4,000PS型	1 隻	
	引船	鋼D3,000PS型	2 隻	
	潜水士船	D180PS 3～5t吊	1 隻	
ケーソン据付	非航旋回式起重機船	150t吊	1 隻	
	台船	鋼300t積	1 隻	
	引船	鋼D3,000PS型	1 隻	
	引船	鋼D700PS型	2 隻	
	揚錨船	鋼D5t吊	1 隻	
	潜水士船	D180PS 3～5t吊	1 隻	
中詰砂投入	ガット船	850m³積	－	材料運搬
蓋ブロック据付 間詰コンクリート打設	非航旋回式起重機船	200t吊	1 隻	蓋ブロック据付
	引船	鋼D800PS型	1 隻	蓋ブロック据付
	潜水士船	D180PS 3～5t吊	1 隻	蓋ブロック据付
	コンクリーミキサー船	鋼D2.50m³バッチ式	1 隻	蓋(間詰)コンクリート打設
	引船	鋼D1,500PS型	1 隻	蓋(間詰)コンクリート打設
	揚錨船	鋼D15t吊	1 隻	蓋(間詰)コンクリート打設
被覆・根固ブロック据付	非航旋回式起重機船	150t吊	1 隻	
	引船	鋼D700PS型	1 隻	
	潜水士船	D180PS 3～5t吊	1 隻	
裏込捨石・腹付材投入[注]	ランプウェイ台船	1,100m³級	1 隻	材料運搬、投入
	引船	鋼D2,000PS型	1 隻	材料運搬
	潜水士船	D180PS 3～5t吊	1 隻	
裏込均し	クレーン付台船	35～40t吊	1 隻	陸上均し
	引船	鋼D300PS型	1 隻	陸上均し
	潜水士船	D180PS 3～5t吊	1 隻	水中均し
防砂シート敷設	クレーン付台船	35～40t吊級	1 隻	
	引船	鋼D300PS型	1 隻	
	潜水士船	D180PS 3～5t吊	1 隻	
上部コンクリート打設	クレーン付台船	80t吊	1 隻	支保～足場～鉄筋～型枠
	引船	鋼D500PS型	1 隻	
	コンクリートミキサー船	鋼D2.50m³バッチ式	1 隻	
	引船	鋼D1,500PS型	1 隻	
	揚錨船	鋼D15t吊	1 隻	

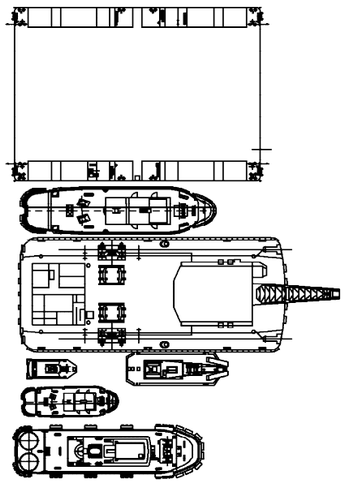
※表中の使用船舶機械の構成及び規格は「港湾土木請負工事積算基準 平成31年度改訂版」による。なお、注）については、「港湾土木請負工事積算基準 平成31年度改訂版」に記載がないことから、施工業者からのヒアリングによる。



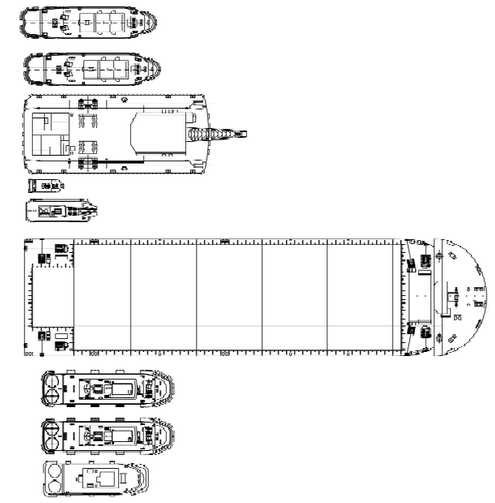
基礎捨石投入（材料運搬、投入）



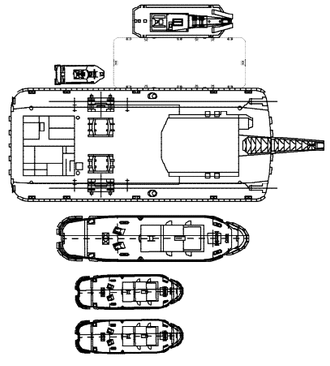
基礎捨石荒均し・本均し



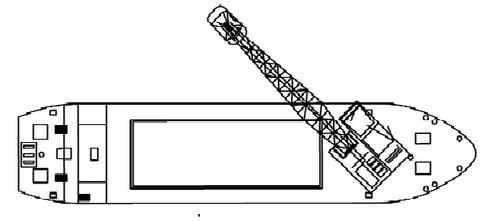
ケーソン進水・仮置
（FD 製作、RC ケーソン）



ケーソン運搬・進水・仮置
（海洋ドッグ製作、HB ケーソン）



ケーソン据付



中詰砂投入

図 2.2-6 ケーソン式護岸工の船団構成図(1/2)

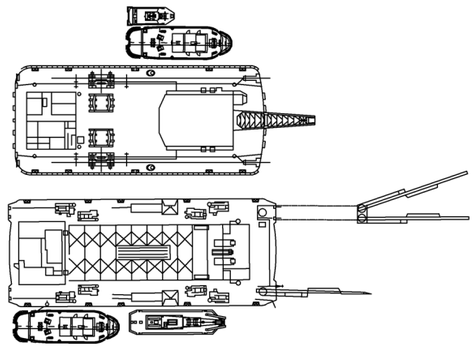
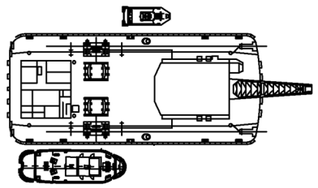
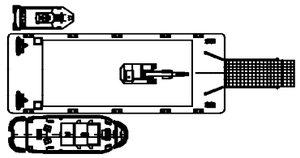
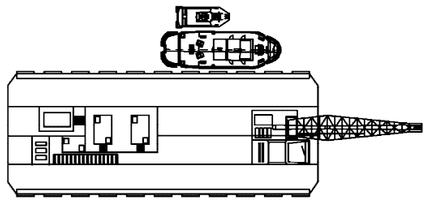
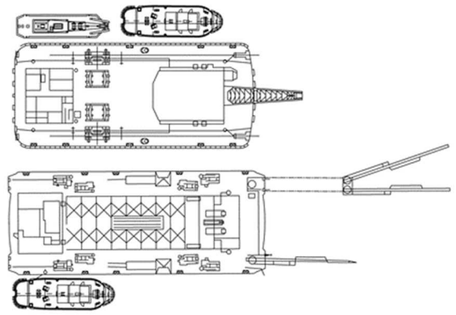
	
蓋ブロック据付・間詰コンクリート打設	被覆・根固ブロック据付
	
裏込捨石・腹付材　材料運搬、投入	裏込均し・防砂シート敷設
	
上部コンクリート打設	

図 2.2-7 ケーソン式護岸工の船団構成図(2/2)

(3) ケーソン据付方法

1) ケーソン据付の基本的な手順

ケーソン据付の基本的な手順を図 2.2-8 に示す。

ケーソン据付に当たっては、設置水深の深い側のケーソンを据え付けた上で、設置水深の浅い側のケーソンの基礎捨石を施工する必要がある。したがって、ケーソン据付の基本的な手順としては、大水深区間→中水深区間→小水深区間となる。

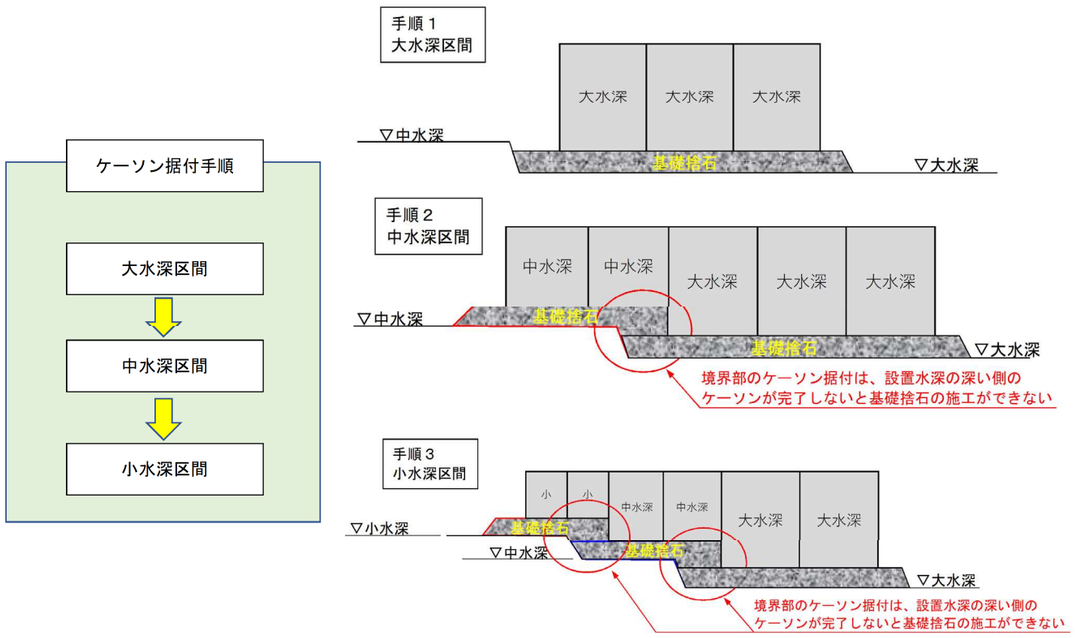


図 2.2-8 ケーソン据付の基本的な手順

2) 本検討におけるケーソン据付方法

ケーソン据付の基本的な手順に基づき、本検討におけるケーソン式護岸の設置水深を図 2.2-9 に示し、各水深区間に区分する。

水深区間から、本検討における据付手順は以下のとおりとなる。

①. 中水深区間の C-1 護岸側から、小水深区間の隅角部護岸側又は小水深区間の C-2 護岸側へ向かって据え付ける。

②. 大水深区間の C-3 護岸側から、小水深区間の C-2 護岸側又は小水深区間の C-3 護岸側へ向かって据え付ける。

③. 中水深区間の護岸(係船機能付)側から、小水深区間の C-3 護岸側へ向かって据え付ける。

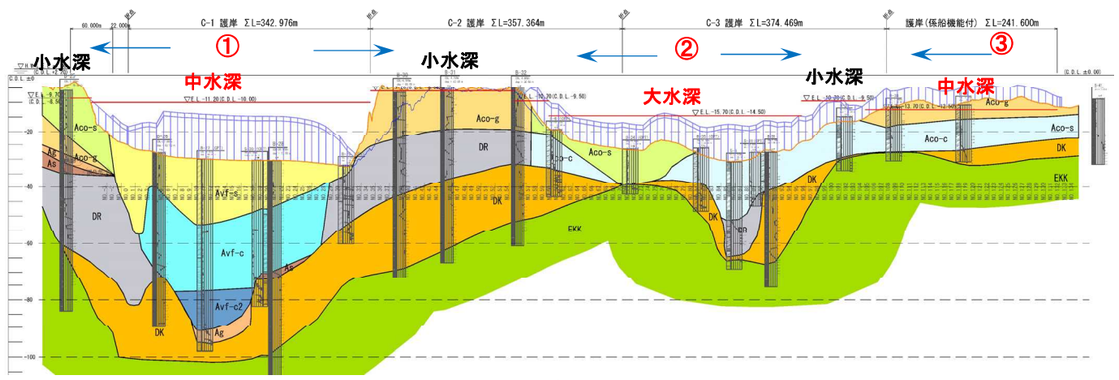


図 2.2-9 ケーソン式護岸の据付に係る水深区間

2.2.2 ケーソン式護岸の施工に伴う浚渫

(1) 浚渫の考え方

ケーソン式護岸の施工に先立ち、図 2.2-10 に示す範囲について必要最小限の浚渫を行う。

・床掘　　：C-2 護岸、C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の設計水深を確保するため、基面整正を行う。床掘する水深は、第 2 回技術検討会で提示した、最小マウンド厚 1.5m を考慮した基礎捨石下面までとする。

・浚渫　　：C-2 護岸の一部において、ケーソン式護岸の施工における作業船（ガット船）の喫水を確保するため、必要最小限の浚渫を行う。なお、浚渫する水深については、C.D.L.-6.0m[※2-1] とする。

・泊地浚渫：護岸（係船機能付）の海側において、対象船舶に対する設計水深を確保するための浚渫を行う。なお、浚渫する水深については、現埋立承認申請と同様に C.D.L.-11.0m とする。

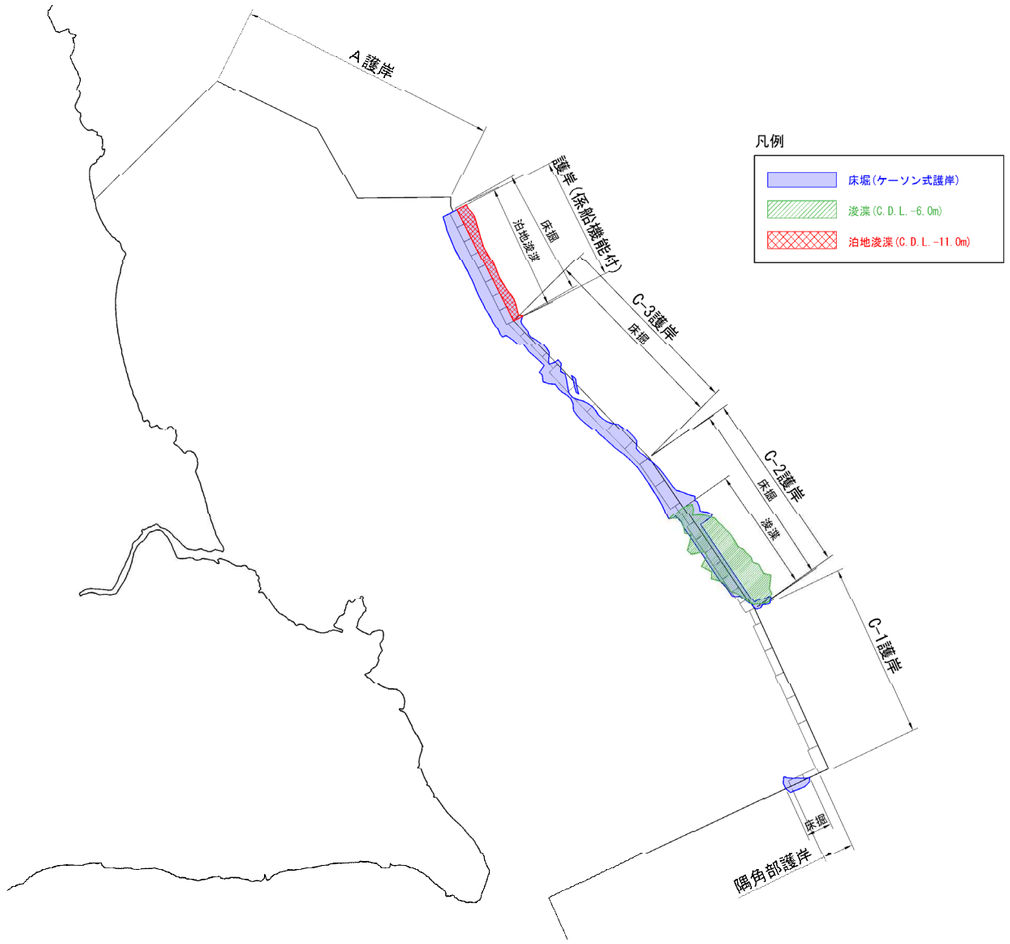


図 2.2-10 ケーソン護岸の施工に伴う浚渫の範囲

(2) 施工要領

ケーソン式護岸の施工に伴う浚渫の標準的な施工要領図を図 2.2-11 に示す。

浚渫時の汚濁拡散防止対策として汚濁防止枠を使用する。

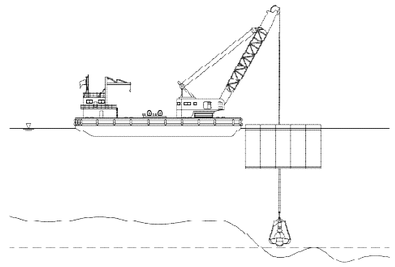
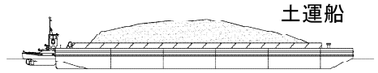
工　種	①　浚渫工	②　運搬工
概 要 図		
施工概要	グラブ浚渫船により浚渫する。	浚渫した土砂を土運船に積込み運搬する。浚渫した土砂は埋立材として利用する。

図 2.2-11 ケーソン式護岸の施工に伴う浚渫の施工要領図



写 2.2-5 グラブ浚渫船

出典:「現有作業船一覧 2019、(一社)日本作業船協会」 p.123

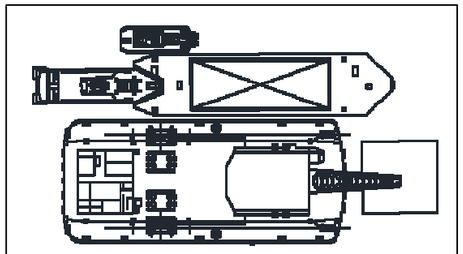
(3) グラブ浚渫の基本的な船団構成

グラブ浚渫の基本的な船団構成を表 2.2-2 及び図 2.2-12 に示す。

表 2.2-2 グラブ浚渫の船団構成

使用船舶機械	規格	1班当たり	備考
グラブ浚渫船	鋼D15m^3	1 隻	
揚錨船	鋼D10t吊	1 隻	
土運船	1,300m^{3}積級	2 隻	
押船	鋼D2,000PS型	2 隻	

※表中の使用船舶機械の構成及び規格は「港湾土木請負工事積算基準 平成31年度改訂版」による。



※その他、土運船 1 隻、押船 1 隻

図 2.2-12 グラブ浚渫の船団構成図

2.3 A護岸工

A護岸の構造形式は、第２回技術検討会において提示した二重鋼管矢板式とする。

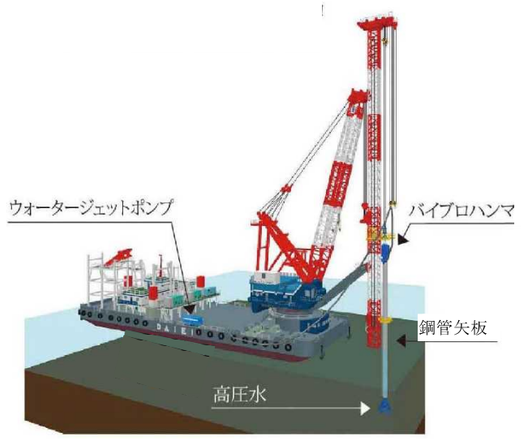
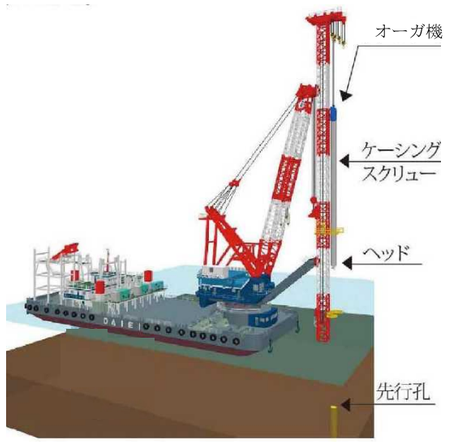
2.3.1 鋼管矢板打設方法の選定

鋼管矢板は、基盤層である EKK 層へ打ち込む必要があるため、これが可能な以下の打設方法について比較を行った。

鋼管矢板の打設方法の比較表を表 2.3-1 に示す。なお、比較対象とする工区は、A 護岸全体の中央に位置し、各工区の中で中間的な設計水深（C.D.L.-11.5m）である A-2-1-2 工区とする。比較の結果、鋼管矢板打設日数※2.3-1 が最も有利となる「B 案：ウォータージェット併用バイブロハンマ工法」を採用する。

表 2.3-1 鋼管矢板打設方法比較表（A-2-1-2 工区）

<table>
<tr><th colspan="2"></th><th>A 案：打撃工法
（バイブロハンマ＋油圧ハンマ）</th><th>B 案：ウォータージェット併用
バイブロハンマ工法</th><th>C 案：先行削孔工法
（先行掘削＋バイブロハンマ）</th></tr>
<tr><td colspan="2">概要図

出典：㈱ティー・シージャパン
杭打工法【3D 説明図】</td><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">工法概要</td><td>・ バイブロハンマにより鋼管矢板を基盤層手前まで打設した後、油圧ハンマにより所定の深度まで打設する。</td><td>・ 鋼管矢板にウォータージェット用のノズルや配管材を取り付け、高圧水を鋼管矢板先端部から土中に噴射することで地盤をほぐしながら、バイブロハンマにより鋼管矢板を所定の深度まで打設する。</td><td>・ 二軸同軸式アースオーガにより地盤に鋼管矢板径より大きな先行孔を掘削した後、バイブロハンマにより鋼管矢板を所定の深度まで打設する。</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計断面への影響</td><td>・ 油圧ハンマの打撃に対する座屈照査により、鋼管矢板の板厚を増す必要がある。
例：φ1,200mm×t15mm　⇒　φ1,200mm×t22mm</td><td>・ 影響なし。</td><td>・ 影響なし。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">環境への影響</td><td>濁り</td><td>・ 海底面への打込み時に濁りが発生するが、ごく少量である。</td><td>・ ウォータージェットの高圧水による濁りが発生するが、濁りが発生しやすい海底面への打込み時に、高圧水の圧力を抑制することにより、濁りの抑制が可能である。</td><td>・ 海底面への先行掘削時に濁りが発生するが、二軸同軸式アースオーガを使用して先行削孔を行うため、濁りは少ない。</td></tr>
<tr><td>騒音
振動</td><td>・ バイブロハンマによる振動は大きく、騒音はやや大きい※2.3-1、※2.3-2。
・ 油圧ハンマによる振動・騒音はともに非常に大きい※2.3-1、※2.3-2。また必要となる油圧ハンマは、「港湾土木請負工事積算基準」に示される油圧ハンマ規格を超える国内最大級の油圧ハンマ（IHC S-500＝国産ハンマ 50t 相当）が必要となるため、騒音及び振動の影響がより懸念される。</td><td>・ ウォータージェットを併用したバイブロハンマによる騒音・振動はともに小さい。
・ ウォータージェットによる振動・騒音はともに小さい※2.3-2。</td><td>・ バイブロハンマによる振動は大きく、騒音はやや大きい※2.3-1、※2.3-2。
・ 先行掘削による振動・騒音はともに小さい※2.3-1、※2.3-2。</td></tr>
<tr><td colspan="2">鋼管矢板打設日数</td><td>・ 護岸延長 10m あたり打設日数は 12.6 日である。
延長10mあたり打設日数
<table>
<tr><th></th><th>数量（本）</th><th>打設能力（本/日）</th><th>打設日数（日）</th></tr>
<tr><td>海側鋼管矢板</td><td>6.9</td><td>1.10</td><td>6.3</td></tr>
<tr><td>陸側鋼管矢板</td><td>6.9</td><td>1.10</td><td>6.3</td></tr>
<tr><td>計</td><td></td><td></td><td>12.6</td></tr>
</table>
上表は鋼管矢板：φ1,200mm×t22mmの打設日数</td><td>・ 護岸延長 10m あたり打設日数は 6.8 日であり、比較 3 案中、最も打設日数が少ない。
延長10mあたり打設日数
<table>
<tr><th></th><th>数量（本）</th><th>打設能力（本/日）</th><th>打設日数（日）</th></tr>
<tr><td>海側鋼管矢板</td><td>6.9</td><td>2.10</td><td>3.3</td></tr>
<tr><td>陸側鋼管矢板</td><td>6.9</td><td>2.00</td><td>3.5</td></tr>
<tr><td>計</td><td></td><td></td><td>6.8</td></tr>
</table></td><td>・ 護岸延長 10m あたり打設日数は 32.7 日であり、先行掘削に日数を要する。
延長10mあたり打設日数
<table>
<tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">数量（本）</th><th colspan="2">打設能力(本/日)</th><th rowspan="2">打設能力（本/日）</th><th rowspan="2">打設日数（日）</th></tr>
<tr><th>先行掘削</th><th>バイブロハンマ</th></tr>
<tr><td>海側鋼管矢板</td><td>6.9</td><td>0.51</td><td>4.50</td><td>0.46</td><td>15.0</td></tr>
<tr><td>陸側鋼管矢板</td><td>6.9</td><td>0.43</td><td>3.90</td><td>0.39</td><td>17.7</td></tr>
<tr><td>計</td><td></td><td></td><td></td><td>0.85</td><td>32.7</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td colspan="2">評価</td><td colspan="3">A 案は、濁りはごく少量であるが、油圧ハンマによる振動・騒音が大きい。延長 10m あたりの打設日数は 12.6 日である。
B 案は、濁りは発生するが、抑制可能であり、ウォータージェットを併用したバイブロハンマによる振動・騒音はともに小さい。延長 10m あたりの打設日数は 6.8 日である。
C 案は、濁りはケーシングを使用して先行掘削を行うため少ないが、バイブロハンマによる振動は大きく、騒音はやや大きい。延長 10m あたりの打設日数は 32.7 日である。
よって、他案と比較して、騒音・振動がともに小さく、濁りは発生するものの抑制可能であり、かつ、打設日数が最少である B 案を採用した。</td></tr>
</table>

2.3.2 A護岸工(二重鋼管矢板式)

(1) 施工要領

A護岸工（二重鋼管矢板式）の標準的な施工要領図を図 2.3-1 に示す。

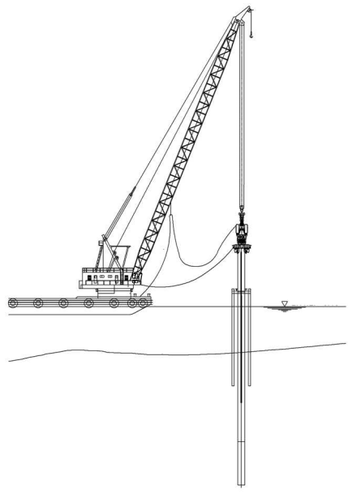
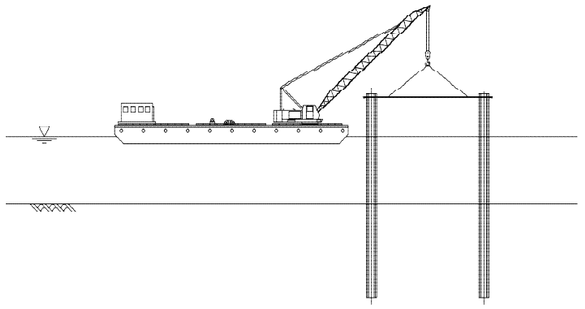
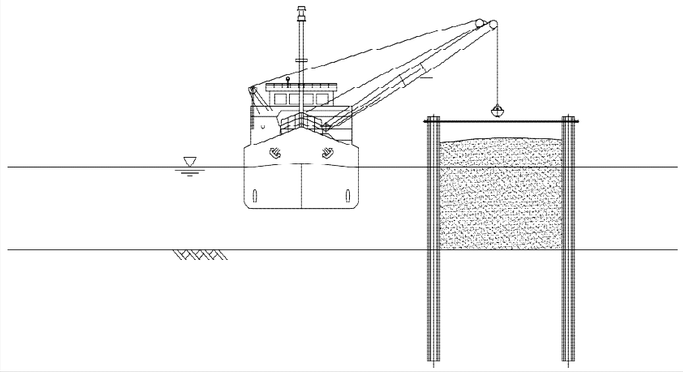
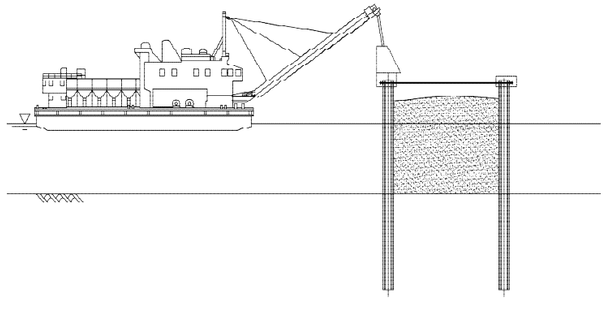
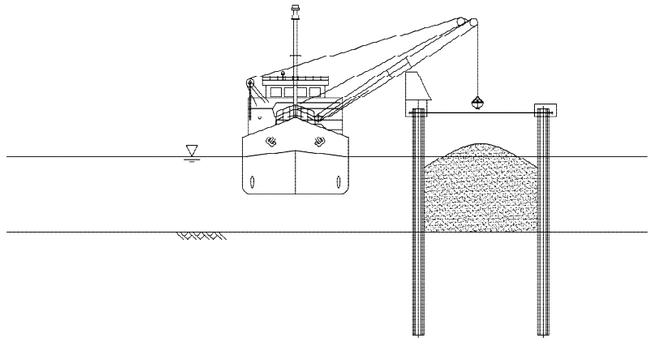
工　種	①　鋼管矢板打設工	②　腹起し、タイ材取付工	③　中詰工(1)
概 要 図			
施工要領	1) 杭打船（ウォータジェット併用バイブロハンマ）により鋼管矢板を打設する。なお、鋼管矢板打設に先立ち、導梁と導杭を設置しておく。	1) 鋼管矢板を打設後、腹起し材を設置する。 2) 腹起し材を設置後、タイ材を取り付ける。	1) ガット船にて運搬された中詰材をガット船にて投入する。所定の高さまで中詰材を投入後、天端を均す。
工　種	④　上部工	⑤　中詰工(2)	
概 要 図			
施工要領	1) 鋼管矢板上部（港内側、港外側）に上部コンクリートを打設する。上部コンクリートの打設はコンクリートミキサー船を用いる。	1) ガット船にて運搬された中詰材をガット船にて投入する。タイ材の上まで中詰材を投入後、天端を均す。	

図 2.3-1 A護岸工(二重鋼管矢板式)の施工要領図



写 2.3-1 鋼管矢板打設状況の例

出典：(株)森長組 HP より
<http://www.moricho.co.jp/achievement/achievement_category/ocean>



写 2.3-2 上部工施工状況の例

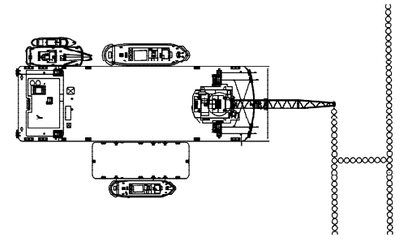
出典：(株)古川組 HP より
<https://www.furkawa.co.jp/works/%e5%b9%b3%e6%88%9017%e5%b9%b4%e5%ba%a6%e6%96%b0%e6%b5%b7%e9%9d%a2%e5%87%a6%e5%88%86%e5%a0%b4g%e3%83%96%e3%83%ad%e3%83%83%e3%82%af%e8%a5%bf%e5%81%b4%e8%ad%b7%e5%b2%b8%e5%bb%ba%e8%a8%ad%e5%b7%a5/>

(2) A護岸工(二重鋼管矢板式)の基本的な船団構成

A護岸工（二重鋼管矢板式）の基本的な船団構成を表 2.3-2 及び図 2.3-2 に示す。

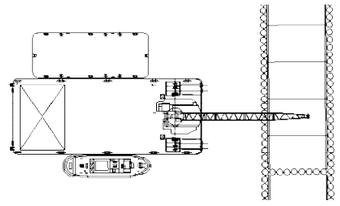
表 2.3-2 A護岸工(二重鋼管矢板式)の船団構成

種別・細別	使用船舶機械	規格	1班当たり	備考
鋼管矢板打設	非航旋回式起重機船	200t吊 バイブロハンマ240kW	1 隻	
	揚錨船	鋼D5t吊	1 隻	
	潜水士船	D180PS型　3～5ｔ吊	1 隻	
	台船	鋼D700t積	2 隻	材料運搬
	引船	鋼D550PS型	2 隻	
	引船	鋼D800PS型	1 隻	
腹起し・タイ材取付	クレーン付台船	45～50t吊	1 隻	
	引船	鋼D450PS型	1 隻	
	台船	鋼300t積	1 隻	
中詰材投入	ガット船	850m^{3}積	－	材料運搬
上部コンクリート打設	クレーン付台船	80t吊	1 隻	
	引船	鋼D500PS型	1 隻	
	コンクリートミキサー船	鋼DE1.50m^{3}バッチ式	1 隻	
	引船	鋼D1,000PS型	1 隻	
	揚錨船	鋼D10t吊	1 隻	

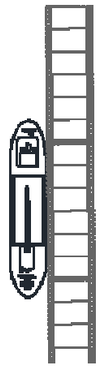


※その他、台船 1 隻、引船 1 隻（材料運搬用）

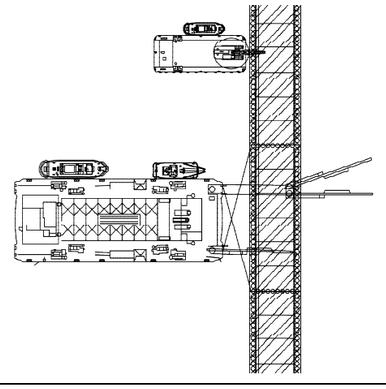
鋼管矢板打設



腹起し・タイ材取付



中詰材投入



上部工コンクリート打設

図 2.3-2 A護岸工(二重鋼管矢板式)の船団構成図

2.4　埋立工

(1) 埋立の考え方

1)　標準的な施工要領

埋立材を外周護岸からリクレーマ船で揚土し、所要の高さまでフローティングベルトコンベア※2.4-1により直接投入・埋め立てて陸地化する。その後、リクレーマ船により揚土した埋立材をホイルローダ等にてダンプトラック・重ダンプトラックへ積込み、揚土箇所から埋立場所まで陸上運搬するものとして、施工要領図を図 2.4-1 に示す。なお、海上埋立は埋立時の汚濁拡散防止対策として、外周護岸閉合後に施工することを基本とする。

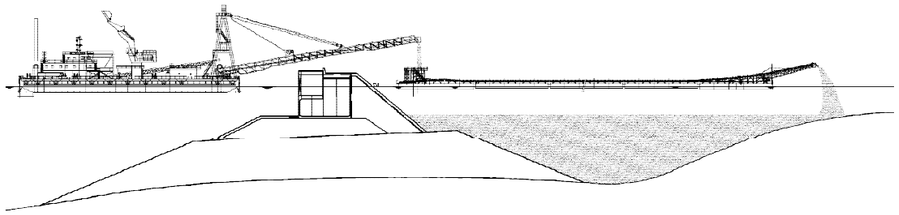
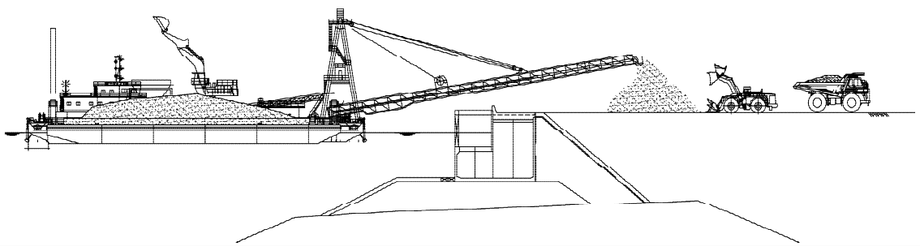
工　種	① 埋立材揚土（外周護岸閉合後の海上埋立）
概 要 図	
施工要領	土運船により運搬された埋立材を、外周護岸からリクレーマ船にて揚土しフローティングベルトコンベア※2.4-1で直接投入・埋め立てる。
工　種	② 埋立材揚土（陸地化後の埋立）
概 要 図	
施工要領	1) リクレーマ船により揚土した埋立材をホイルローダ等にてダンプトラック・重ダンプトラックへ積込む。 2) ダンプトラック・重ダンプトラックにより、揚土箇所から埋立地内を経由して、埋立場所まで陸上運搬する。

図 2.4-1 海上埋立の施工要領図



写 2.4-1 リクレーマ船による揚土状況の例

出典：「現有作業船一覧 2019、(一社)日本作業船協会」 p.173

2)　埋立材の供給

埋立材は、ガット船により大浦湾まで運搬されるが、揚土を行うリクレーマ船への埋立材の供給は、土運船を横付けして行うことになるため、埋立材をガット船から土運船へ移し替える作業（以下「瀬取り」という。）が必要となる。

海上運搬からリクレーマ船による揚土までの標準的な施工要領図を図 2.4-2 に示す。

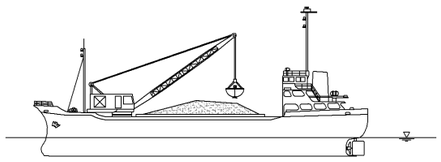
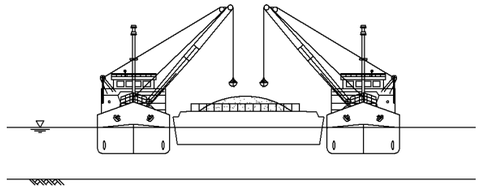
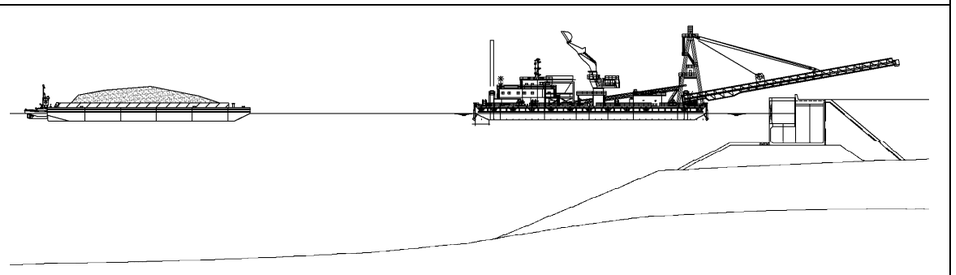
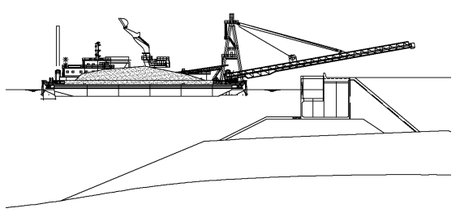
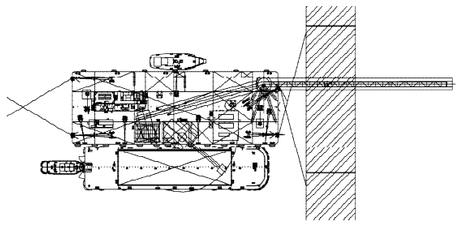
工　種	① 埋立材の海上搬入	② 埋立材瀬取り（大浦湾内）
概 要 図		
施工要領	ガット船により埋立材を運搬し、大浦湾へ入港する。	大浦湾内で埋立材をガット船から土運船へ瀬取りを行う。
工　種	③ 埋立材運搬	
概 要 図		
施工要領	埋立材を土運船によりリクレーマ船へ運搬する。	
工　種	④ リクレーマ船による揚土（左図：断面図、右図：平面図）	
概 要 図		
施工要領	土運船がリクレーマ船に横付けし、リクレーマによる揚土を行う。	

図 2.4-2 海上運搬～揚土の施工要領図



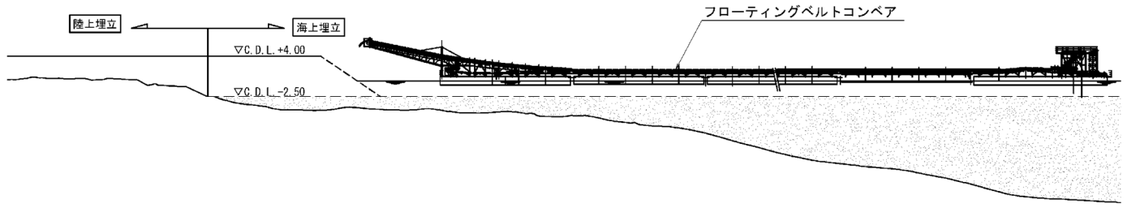
写 2.4-2 土運船運搬状況の例

出典:「現有作業船一覧 2019、(一社)日本作業船協会」p.517

3)　海上埋立と陸上埋立の施工区分

フローティングベルトコンベアによる直接投入を行う海上埋立と、重ダンプトラック等にて運搬投入を行う陸上埋立は、フローティングベルトコンベアを移動させるための作業船（揚錨船）の喫水を考慮し、水深 C.D.L.-2.5m[※2-1] を境に区分した。

海上埋立と陸上埋立の施工区分を図 2.4-3 に示す。



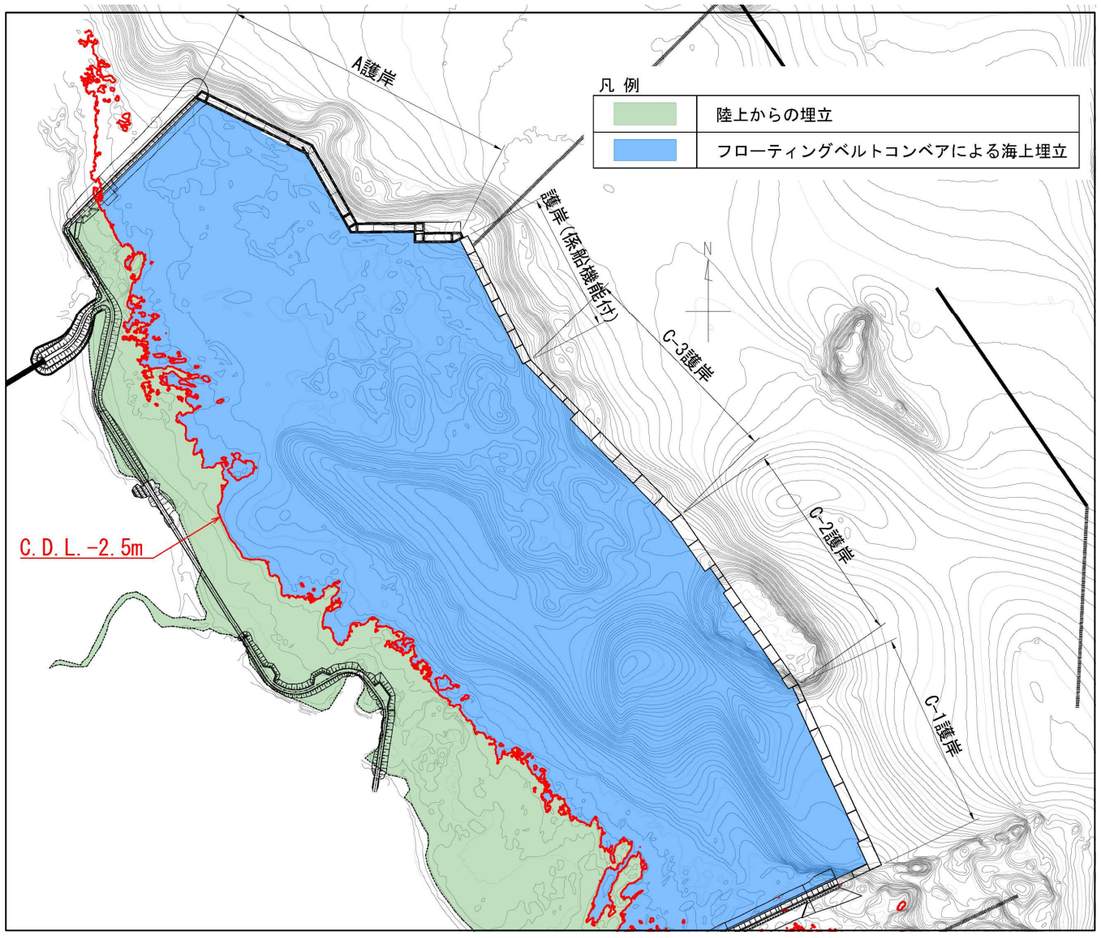


図 2.4-3 海上埋立と陸上埋立の施工区分図

4)　陸上埋立

陸上埋立の標準的な施工要領図を図 2.4-4 に示す。

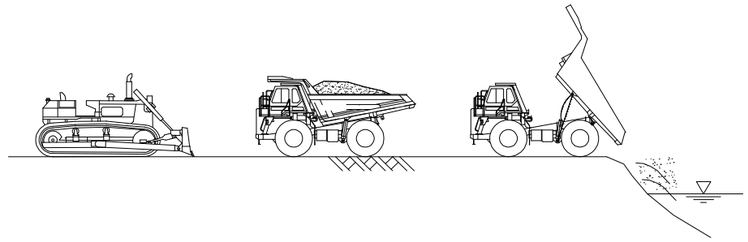
工　種	① 陸上埋立
概 要 図	
施工要領	1)　重ダンプトラック等にて直接埋立箇所に投入する。 2)　投入した埋立材は、ブルドーザにて撒き出して締固める。

図 2.4-4 陸上埋立の施工要領図



写 2.4-3 積込状況の例

出典：山崎建設(株)HP より<http://www.yamazaki.co.jp/data/school/edc.htm>

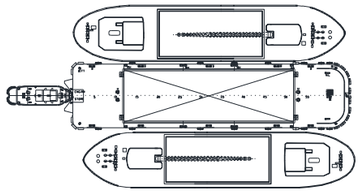
(2) 海上埋立の基本的な船団構成

海上埋立の基本的な船団構成を、表 2.4-1 及び図 2.4-5 に示す。

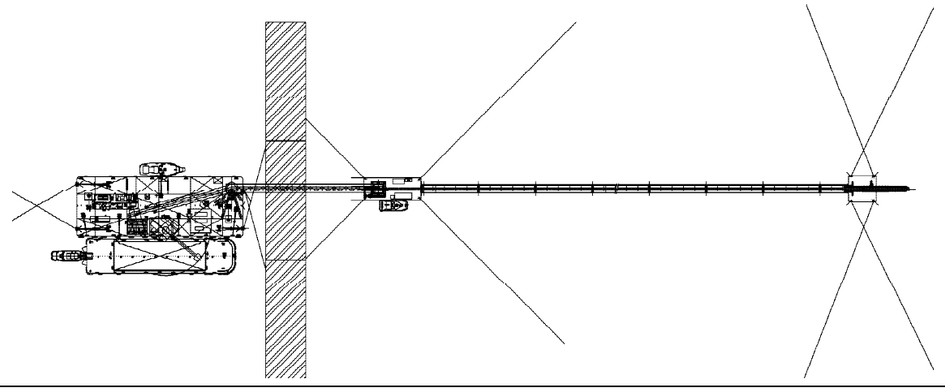
表 2.4-1 海上埋立の船団構成

種別・細別	使用船舶機械	規格	1班当たり	備考
海上埋立	リクレーマ船	2,200m^3/hr級	1	
	揚錨船	鋼D15ｔ吊	1	
	ガット船	850m^{3}積級	-	材料運搬
	土運船[注)]	2,000m^{3}積級	4	材料運搬
	押船[注)]	鋼D3,000PS型	4	材料運搬
	フローティングベルトコンベア[注)]	2,000m3/hr級	1	外周護岸閉鎖後の埋立地内
	揚錨船[注)]	鋼D3t吊	1	外周護岸閉鎖後の埋立地内

※表中の使用船舶機械の構成及び規格は「港湾土木請負工事積算基準 平成31年度改訂版」による。なお、注）については、「港湾土木請負工事積算基準 平成31年度改訂版」に記載がないことから施工業者からのヒアリングによる。



埋立材瀬取り



海上埋立

図 2.4-5 海上埋立の船団構成図

3. 基本工程の作成

3.1 基本工程の作成に係る各施工工程

外周護岸であるケーソン式護岸（C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付））及び A 護岸を閉合した後、大浦湾側の埋め立てを行うことを基本とした基本工程を作成する。

護岸閉合までに行う施工工程の内容を以下に示し、基本工程の作成に係る埋立計画平面図を図 3.1-1 に、施工フローを図 3.1-2 に示す。

■施工工程①：ケーソン据付までの工程

ケーソン式護岸直下の SCP 工法による施工を行った後、ケーソン式護岸の施工と輻輳する護岸背後の SD 工法による施工を行い、その後、ケーソン式護岸の施工に着手しケーソンを据え付ける。

■施工工程②：A 護岸完了までの工程

A 護岸及びその背後の埋立地内において、SD 工法による施工を行った後、A 護岸の施工に着手し、完了させる。

■施工工程③：埋立地の SD 工法による施工完了までの工程

ケーソン式護岸直下の SCP 工法による施工を行った後、埋立地内において SD 工法による施工に着手し、完了させる。

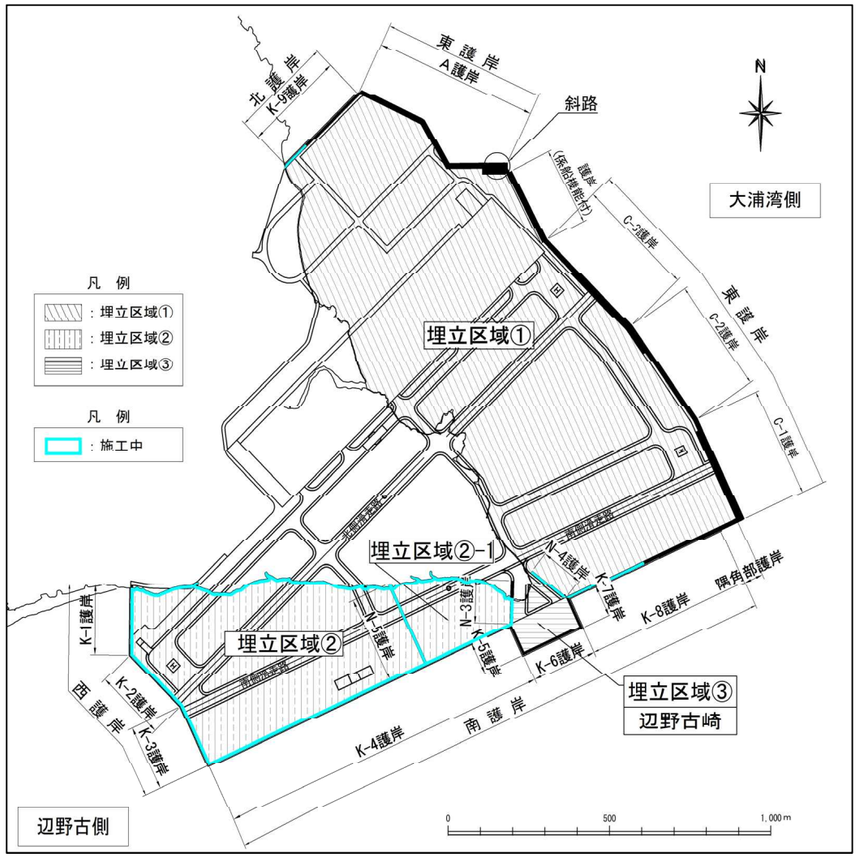


図 3.1-1 大浦湾側の埋立の基本工程の作成に係る埋立計画平面図

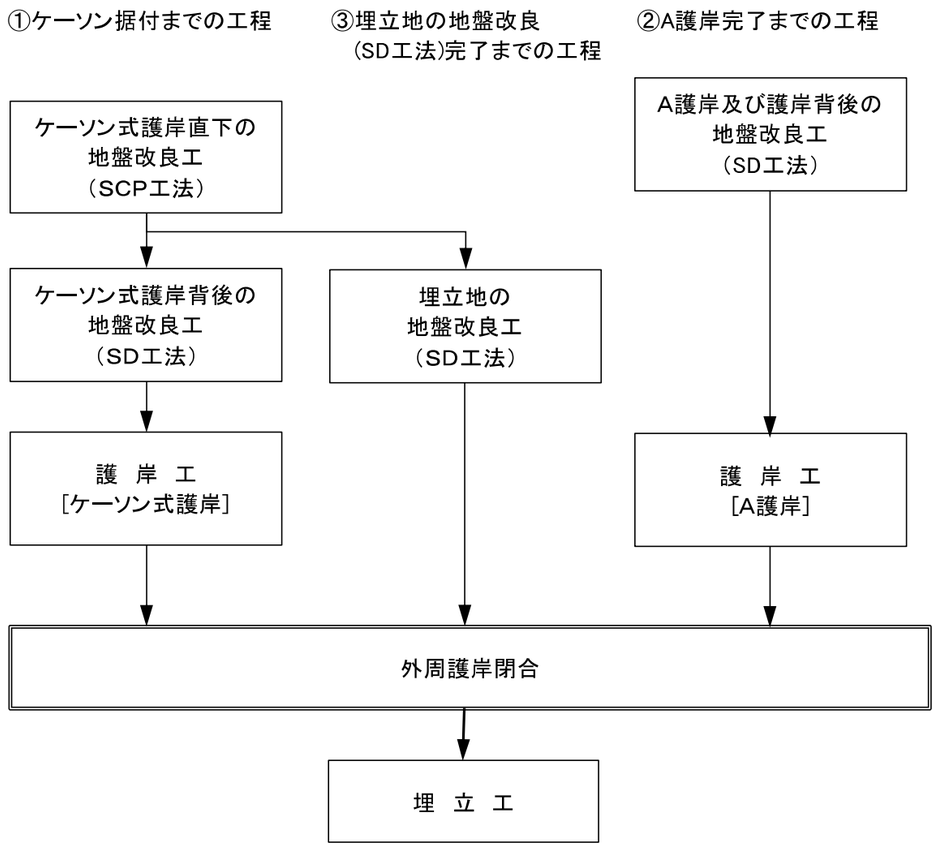


図 3.1-2 基本工程の作成に係る施工フロー

3.2　クリティカルパスとなる施工工程

(1) クリティカルパスとなる施工工程

施工工程①～③の検討を行い、クリティカルパスとなる施工工程を確認した。

施工工程①～③の具体的な検討は、以下を前提条件として設定し施工日数を求め、最も長くなる施工工程をクリティカルパスとした。

前提条件 1.：C-1～C-3 護岸、護岸（係船機能付）、A 護岸、埋立区域（SD 改良範囲）に分け、各々の施工日数を算定。

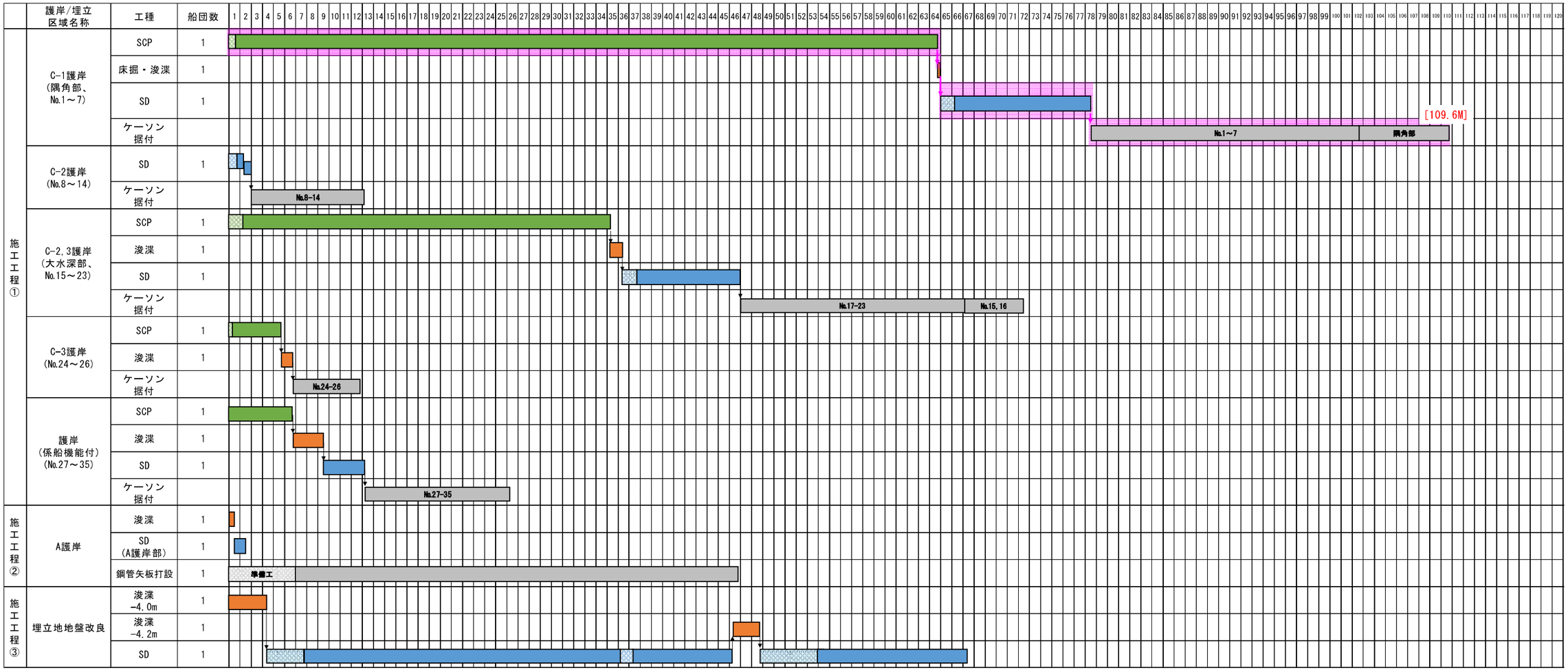
前提条件 2.：SCP 工法、SD 工法及び A 護岸の施工に係る船団数を 1 船団として施工日数を算定。

前提条件 3.：ケーソンの函割は、断面が大きい C-1 護岸、C-3 護岸及び護岸（係船機能付）を HB ケーソンとし、C-2 護岸は RC ケーソンとする。なお、最終的なケーソンの函割は、基本工程の作成過程において最適なものを検討。
ケーソン 1 函当たりの函長は、実績※3.2-1 を踏まえ、HB ケーソンは約 50m、RC ケーソンは約 30m。

前提条件 4.：ケーソンの据付は、後述する「7.1　海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）の検討」で設置することとした海上ヤードからケーソンを浮上させ、据付位置まで曳航し、据付を行い、その後、中詰材の投入、蓋コンクリートブロックの設置を行うまでの一連の作業に 4 日を要する。このため、4 日以上の連続静穏を確保するという条件から、ケーソンの据付数は、月 2 函※3.2-2 とする。

施工工程①～③の検討の結果を表 3.2-1 に示す。施工工程①の C-1 護岸（隅角部を含む。）に係る工程が、護岸閉合までに要する日数が最も長くなることから、これをクリティカルパスとした。

表 3.2-1 施工工程表



(2) クリティカルパスの短縮の検討

クリティカルパスである施工工程①の C-1 護岸の施工工程の短縮について検討を行う。

C-1 護岸の施工は、SCP 工法及び SD 工法による地盤改良と、ケーソン据付が主なものとなるが、前述の「2.2.1　ケーソン式護岸 (3)ケーソン据付方法」のとおり、ケーソンは水深の深い箇所から浅い箇所の順に据え付けていく必要があるため、ケーソンの据付に関しては更に短縮することは不可能。

よって、地盤改良について、配置可能な作業船の船団数を検討し、工程短縮を検討した。

C-1 護岸における SCP 工法の船団配置を図 3.2-1 に示す。

各作業船の船団間の最小離隔は、地盤改良材を供給するガット船の航行が可能な幅とし、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.858[※3.2-3] を参考に、以下に示す 50m と設定した。

航行が行き会う可能性のない航路の適切な幅：対象船舶の全長の 0.5 倍以上の適切な幅

- ガット船（499GT）の全長＝70m[※2-1]
- ガット船の航行が可能な幅：70m×0.5＝35m
- 上記にサンドコンパクション船（以下、「SCP 船」という。）のアンカーが障害となりガット船が航行できない幅（15m）[※3.2-3] を考慮し、最小離隔を 50m に設定

上記から、C-1 護岸における SCP 工法の船団は、図 3.2-1 のとおり 3 船団の配置が可能であり、ケーソン護岸背後の SD 工法による施工についてもこの 3 船団で行うものとし、施工工程を検討した結果、表 3.2-2 に示すとおり 50.1 ヵ月の短縮につながった。

なお、C-1 護岸以外の施工工程の短縮も検討した結果[※3.2-4] についてもクリティカルパス内となっている。

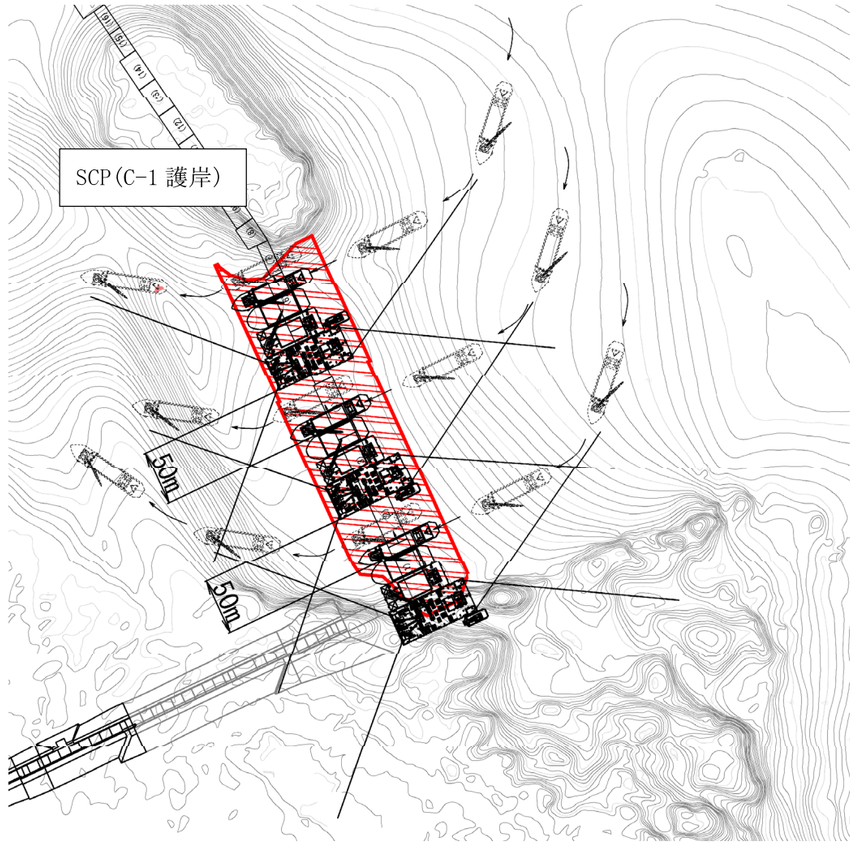


図 3.2-1　C-1 護岸における SCP 工法の船団配置

表 3.2-2　短縮後のクリティカルパスとなる施工工程

護岸/埋立区域名称	工種	船団数
C-1護岸（隅角部、No.1～7）	SCP	1
	床掘・浚渫	1
	SD	1
	ケーソン式護岸	
C-1護岸（隅角部、No.1～7）	SCP	3
	床掘・浚渫	1
	SD	3
	ケーソン式護岸	

3.3　各施工工程の検討

3.3.1　SCP 工法による施工

(1) 工程の考え方

SCP 工法の基本的なフローを図 3.3-1 に示す。クリティカルパスとなる C-1 護岸に 3 船団を配置し、C-2、C-3 護岸及び護岸（係船機能付）に 2～3 船団を配置することとし、順次施工する。これらの手順及び船団配置により、C-2、C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の施工が、クリティカルパス内に完了する※3.3-1。

C-2、C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の船団配置図を図 3.3-2 に示す。

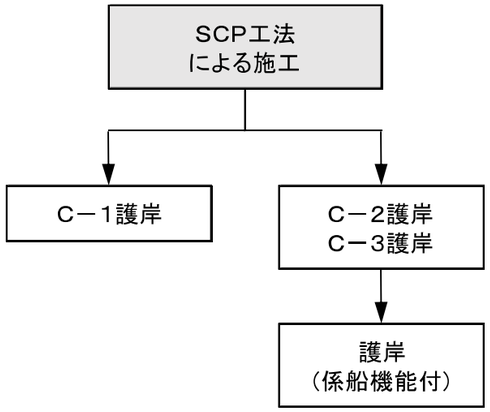
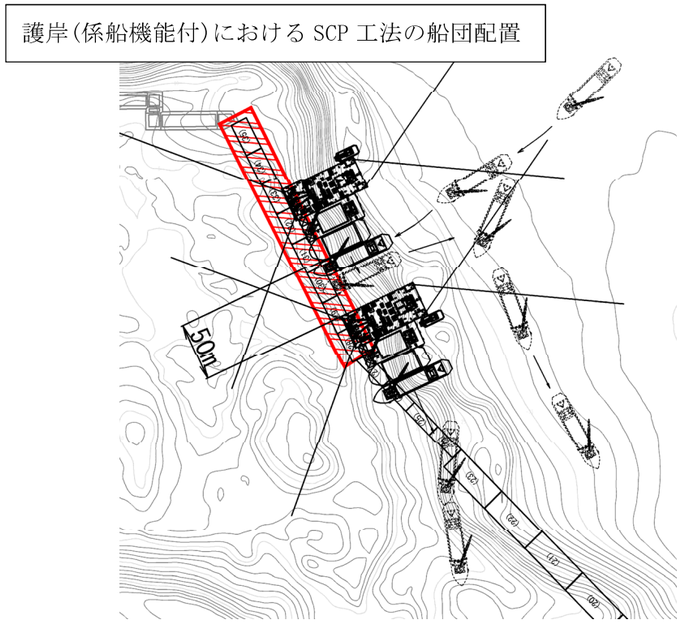


図 3.3-1　SCP 工法の基本的なフロー



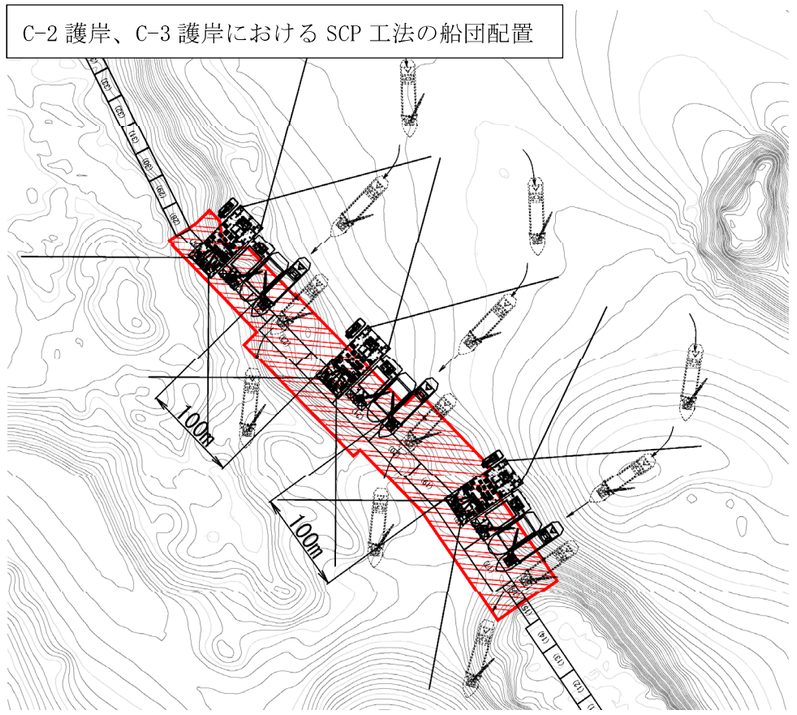


図 3.3-2　C-2、C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の SCP 工法の船団配置

3.3.2 SD 工法による施工

(1) 工程の考え方

SD 工法による施工の手順を図 3.3-3 に、その概念図を図 3.3-4 に示す。

SD 工法による施工は、サンドドレーン船（以下、「SD 船」という。）のアンカーが SCP 工法による施工後に行う基礎捨石投入等の施工に影響を与えることを回避するため、護岸背面の範囲（護岸背面 SD）を先行して施工する。その後、護岸背面より陸側の範囲（護岸背面より陸側 SD）の施工を行う。

船団数については、ケーソン式護岸直下の SCP 工法の施工が完了した SCP 船を SD 船に艤装し、SCP 工法の船団数と同じ船団数で施工を行う。

クリティカルパス上の工種である C-1 護岸背面の SD 工法の施工は、C-1 護岸直下の SCP 工法による施工を行った 3 船団を配置して行う。この 3 船団は、引き続き、護岸背面より陸側の SD 工法の施工を行う。

C-2、C-3 護岸及び護岸（係船機能付）直下の SCP 工法の施工に使用した 2 船団についても、当該護岸背面の SD 工法の施工を行った後、護岸背面より陸側の SD 工法の施工を行う。

これらの手順及び船団配置より、SD 工法による施工がクリティカルパス内に完了する※3.2-4。

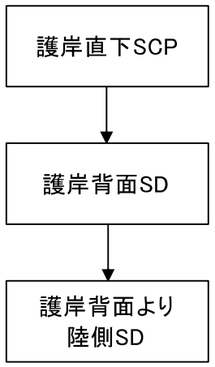


図 3.3-3 SD 工法の施工手順

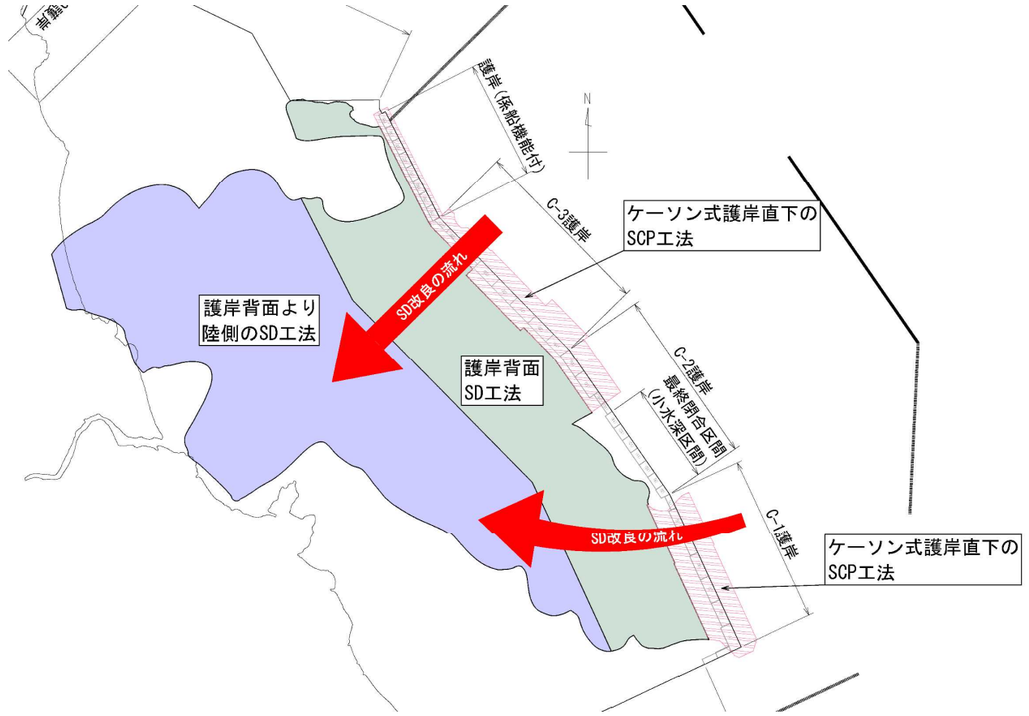


図 3.3-4 SD 工法の施工手順（概念図）

（　白　紙　）

3.3.3 ケーソン式護岸工

(1) ケーソン据付班数

ケーソンの据付は、前述したとおり、水深の深い箇所から浅い箇所へ向かって据え付けることを基本とし、クリティカルパスとなる C-1 護岸側と、大水深となる C-3 護岸側の 2 班体制を基本とする。

後述する「3.4　基本工程の作成」結果から、据付班数は、隅角部の小水深部から C-2 護岸の小水深部までの区間を A 班、C-2 護岸の大水深部から護岸（係船機能付）の中水深部を B 班で据え付ける 2 班体制を基本とする。（図 3.3-5 参照）

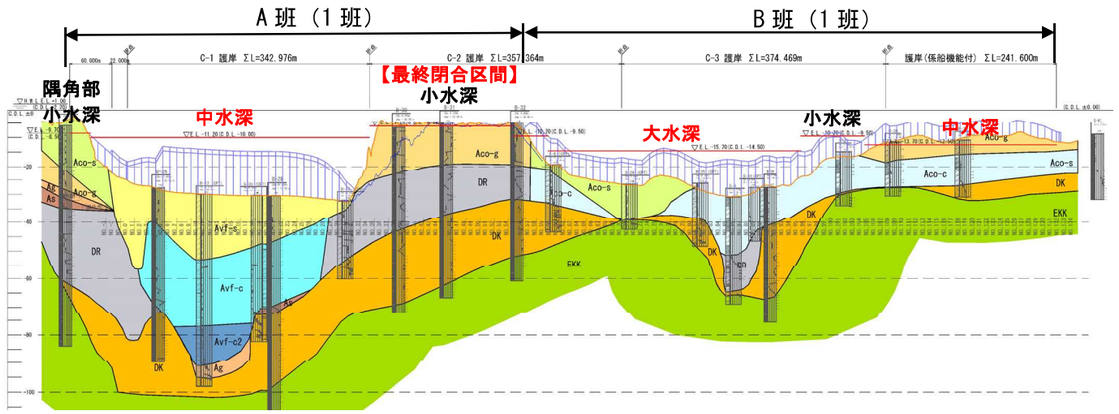


図 3.3-5 ケーソンの据付班数

(2) ケーソンの函割

第 2 回技術検討会において提示したケーソンの割付における HB ケーソンの函数 13 函について、その妥当性を示すものとする。

ケーソンの据付は、据付回数を少なくすることで、工程の短縮が図られる。そのため、HB ケーソンを導入し、断面が大きくなる箇所への適用を検討した。具体的には、各護岸のうち、断面が大きくなる C-1 護岸の中水深部、C-2 護岸及び C-3 護岸の大水深部並びに護岸（係船機能付）のうち、中水深部への適用を検討した。

検討ケースは以下の 3 ケースとし、検討の結果、第 2 回技術検討会において提示した HB ケーソンの函数 13 函である CASE3 の工程が最も短くなることが確認できた。

【検討ケース】

CASE1：図 3.3-5 に示す、中水深部及び大水深部の全てに HB ケーソンを配置する基本案。

CASE2：CASE1 の基本案に対し、C-1 護岸の中水深部を RC ケーソンとする案。

CASE3：CASE1 の基本案に対し、護岸（係船機能付）の中水深部を RC ケーソンとする案。

上記の検討ケースにおける HB ケーソンと RC ケーソンの組み合わせを表 3.3-1 及び図 3.3-6 に示す。

また、比較検討に当たっての HB ケーソンの基本条件は次のとおりとした。

【HB ケーソンの函割の検討条件】

①. HB ケーソン 1 函当たりの延長は約 50m、RC ケーソン 1 函当たり延長は約 30m[※3.2-1] とする。

②. HB ケーソンの製作場所は沖縄県外[※3.3-2] とし、C 社（10 函）、B 社（3 函）の乾式ドック[※3.3-2] を想定する。

③. C 社の 10 函同時製作の期間は 22 ケ月[※3.3-3]、B 社の 3 函同時製作の期間は 13 ケ月[※3.3-3] とする。

④. HB ケーソンは、現有の半潜水式台船 1 隻で 1 函を運搬する。

⑤. 沖縄県外から沖縄までの運搬期間は往復で約 2 ケ月[※3.3-4] とする。

⑥. 据付は 2 班、月 2 函/班とする。

⑦. 据付時期、仮置が可能となる時期及び最終閉合に要する時期は、後述する「表 3.4-1　基本工程表」のとおりとする。

表 3.3-1 各検討ケースにおけるケーソン函数

CASE	HB or RC	A 班			B班				合計（函）	
		(2)	(1)	(3)	(4)	(2)	(3)	(1)		
CASE1	HBケーソン	-	6	-	-	7	-	5	18	34
	RCケーソン	2	1	7	2	-	3	1	16	
CASE2	HBケーソン	-	-	-	-	7	-	5	12	39
	RCケーソン	2	12	7	2	-	3	1	27	
CASE3	HBケーソン	-	6	-	-	7	-	-	13	37
	RCケーソン	2	1	7	2	-	3	9	24	

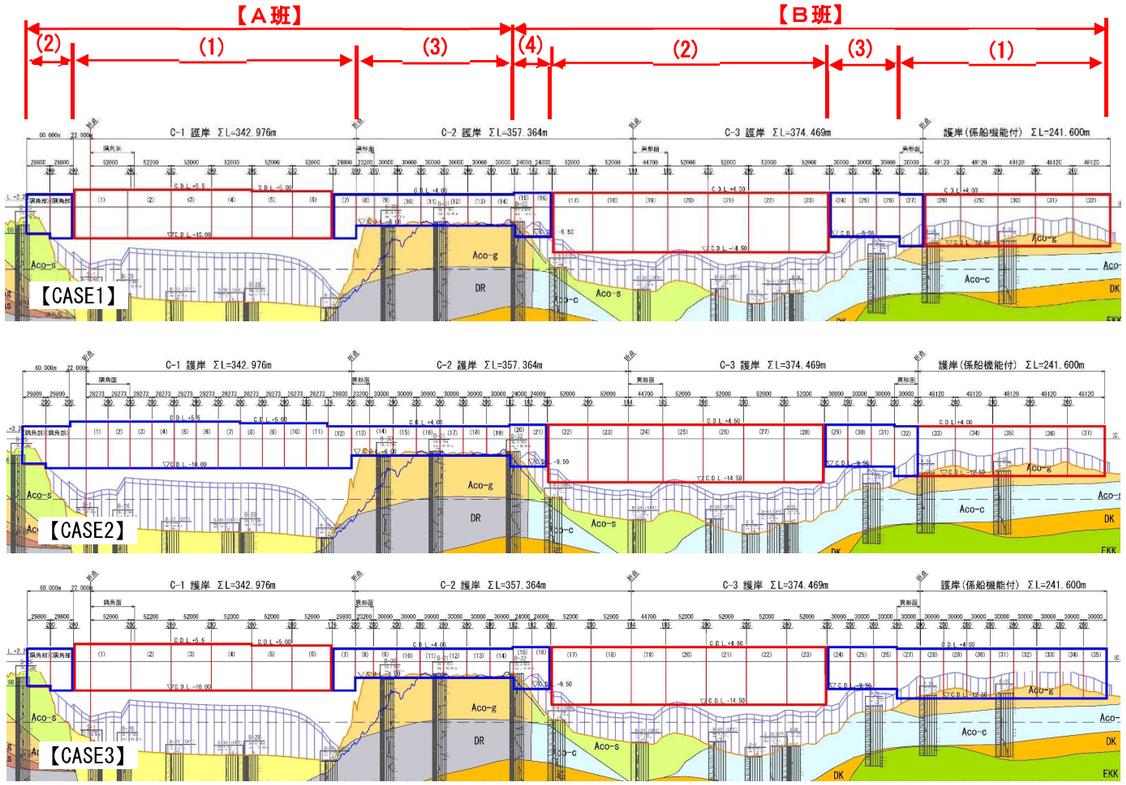
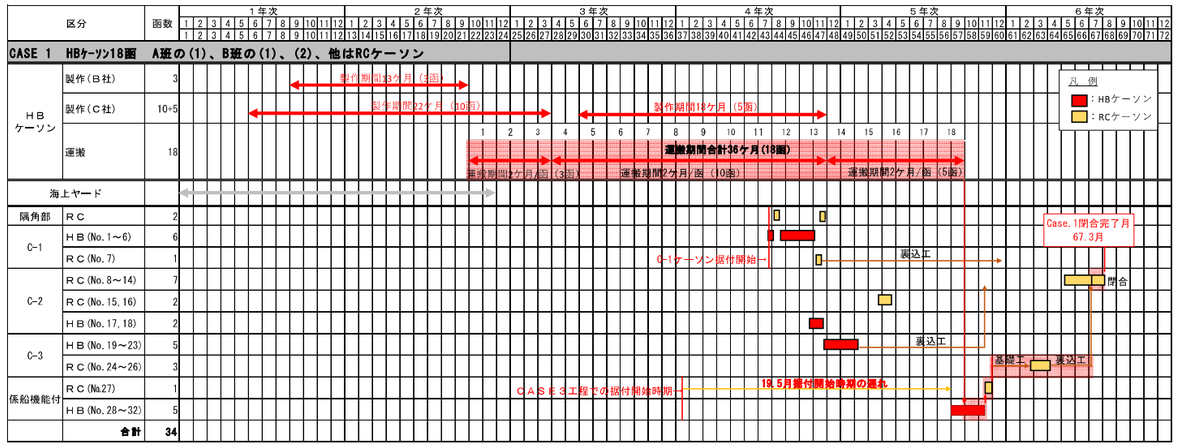
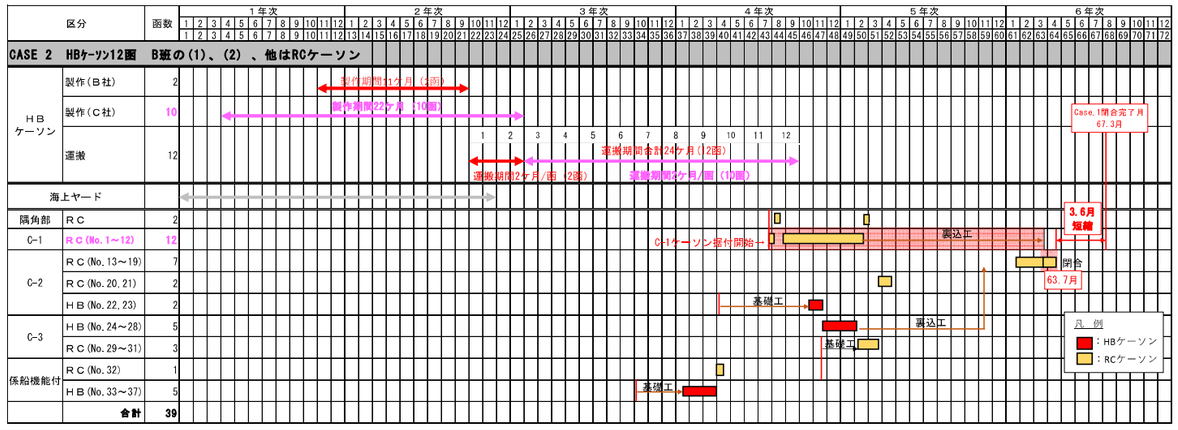
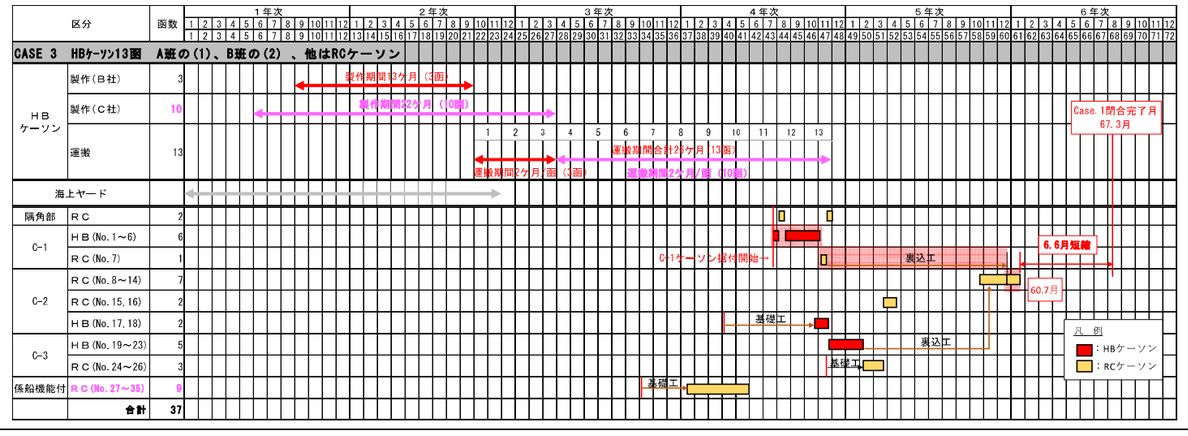


図 3.3-6 ケーソンの函割の検討ケース

ケーソンの函割の検討結果を表 3.3-2 に示す。ケーソンの据付が半潜水式台船の運搬工程の影響を受けず、クリティカルパス上の工種である C-1 護岸を HB ケーソンとして据付日数を短縮できる CASE3 【CASE3】において、最終閉合までに要する期間が最も短くなる。したがって、CASE3 を採用するものとし、HB ケーソン 13 函、RC ケーソン 24 函の合計 37 函とする。

表 3.3-2 ケーソンの函割比較検討結果

	工程	閉合完了月	評価
CASE1		67.3 月	HB ケーソン函数が 18 函と多く、半潜水式台船による運搬がクリティカルパスとなる。 そのため、ケーソン据付時期が遅延し、最終閉合時期が遅延する結果となる。
CASE2		63.7 月 （CASE1 に対し 3.6 ヵ月短縮）	CASE1 に対し、HB ケーソン函数が、18 函から 12 函に減少し、半潜水式台船による運搬のクリティカルパスは解消され、工程の短縮が図られる。 一方で、C-1 護岸のケーソンを HB から RC にすることで、当該工区のケーソン据付函数が 7 函から 12 函に増え、据付がクリティカルパスとなる。 CASE1 に対し 3.6 ヵ月閉合完了月が短縮される結果となる。
CASE3		60.7 月 （CASE1 に対し 6.6 ヵ月短縮）	CASE1 に対し、HB ケーソン函数が、18 函から 13 函に減少し、半潜水式台船による運搬のクリティカルパスは解消され、工程の短縮が図られる。 CASE2 と同様、C-1 護岸のケーソン据付がクリティカルパスとなるが、CASE2 と比較して、C-1 護岸のケーソンを HB とすることで、据付函数及び日数が減少し、工程の短縮が図れる。 CASE1 に対し、6.6 ヵ月閉合完了月が短縮される結果となり、全ケース中、最も閉合完了月が早い結果となる。

3.3.4 A護岸工

(1) 配置する船団数

後述する「表 3.4-1　基本工程表」においては、A護岸における鋼管矢板打設は、1 船団による施工でクリティカルパスに影響することなく施工できる。A護岸工の船団配置図を図 3.3-7 に示す。

各作業の進捗に合わせて、杭打船から適切な離隔をとり、タイ材・腹起しの施工を行う起重機船、中詰材を投入するガット船、上部工を施工するコンクリートミキサー船を各 1 隻により施工する。

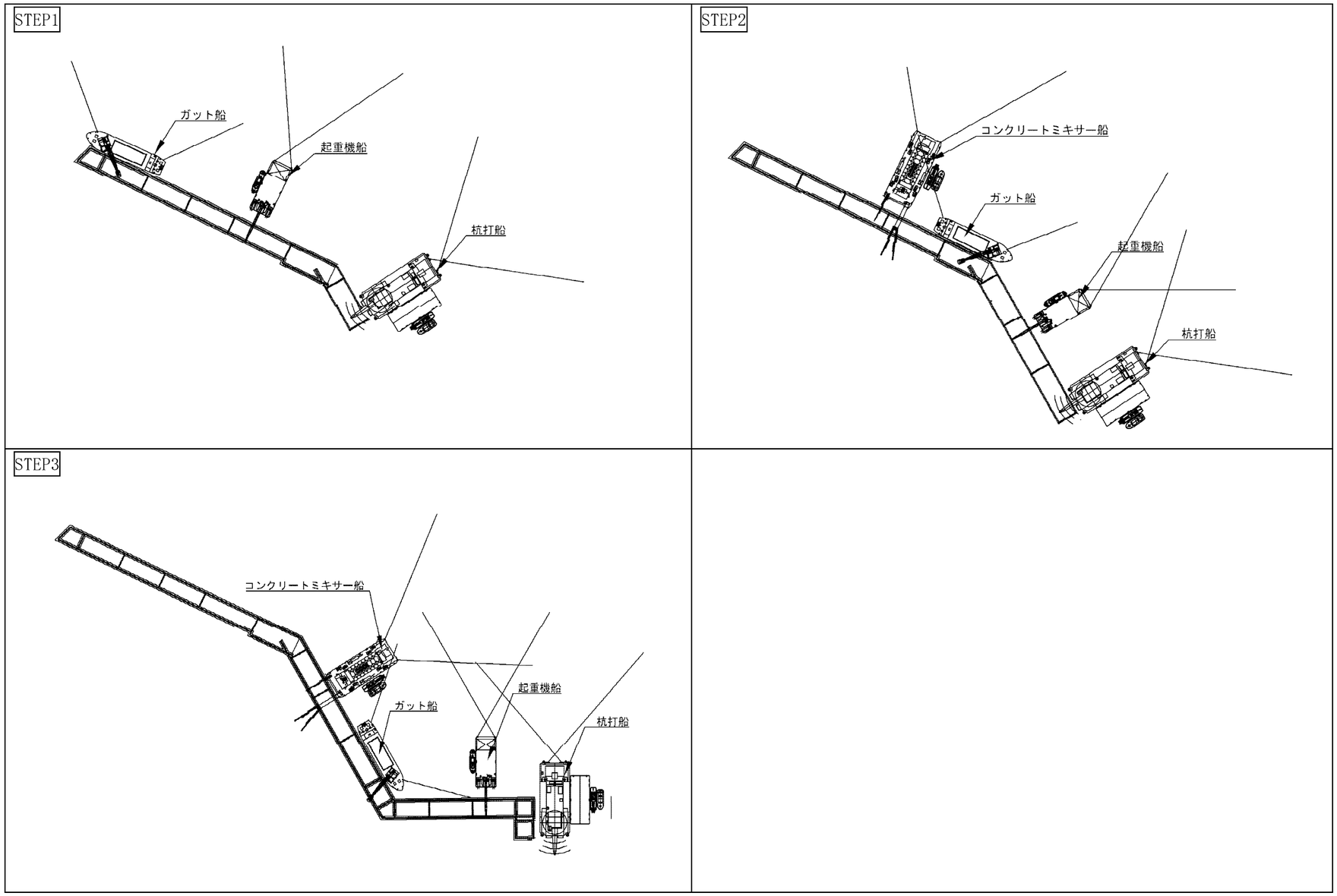


図 3.3-7 A護岸施工状況図

3.3.5 埋立工

(1) 船団配置の検討

海上埋立の船団配置は、外周護岸である C-1 護岸～護岸（係船機能付）及び A 護岸に配置可能な船団数の検討を行う。

1） 外周護岸に配置可能なリクレーマ船の船団数

外周護岸に配置可能なリクレーマ船の船団数を表 3.3-3 に、リクレーマ船の配置図を図 3.3-9 に示す。

各船団作業船間の離隔については、埋立材を供給する押船式土運船を考慮し、リクレーマ船の間を自力で回頭できる水域を確保するものとし、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.904 ※3.2-3 を参考に、以下に示すとおり 280.5m※2-1 に設定した。

自力による回頭の場合には、対象船舶の全長の 3 倍を直径とする円
押船式土運船（2,000m^3）の全長 ＝ 93.5m（土運船（78.5m）+押船（15m））
直径：93.5m×3 ＝ 280.5m

表 3.3-3 配置可能なリクレーマ船の船団数

護岸	施工方法	配置可能船団数
A 護岸	海上揚土	2 船団
C-1 護岸～護岸（係船機能付）	海上揚土	5 船団

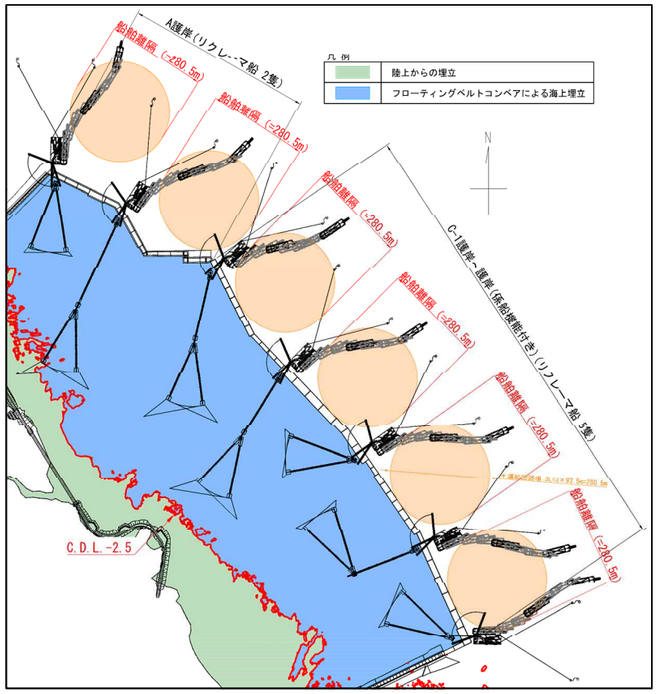


図 3.3-8 外周護岸から揚土による船団配置（土運船接舷時）

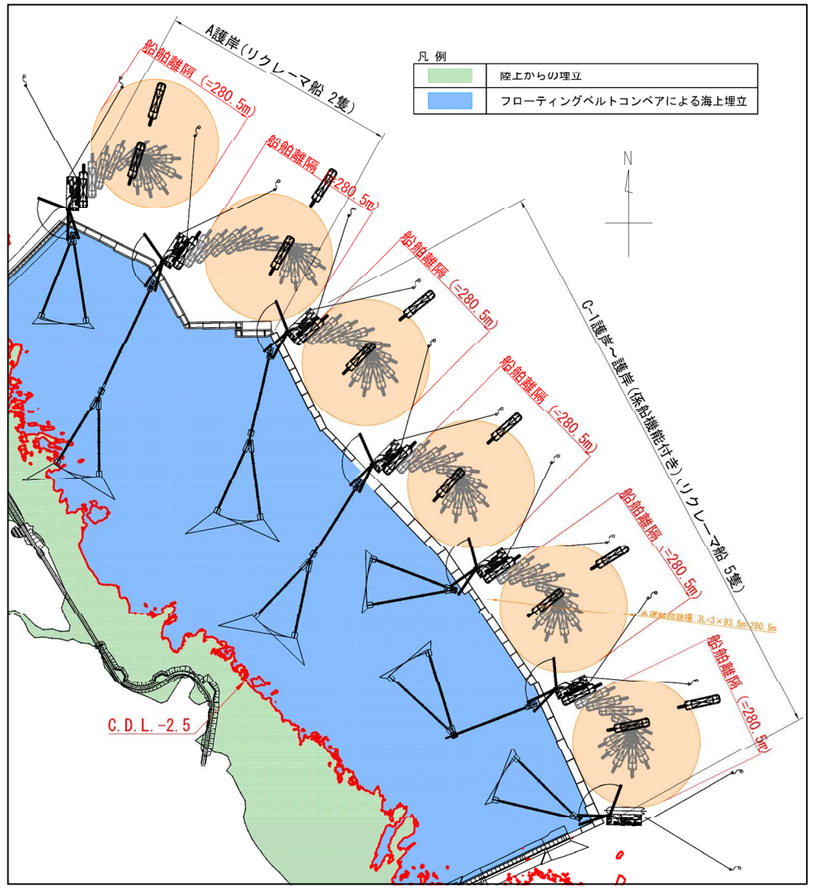


図 3.3-9 外周護岸から揚土による船団配置(土運船離舷時)

2） 埋立材の現地への搬入条件により配置可能なリクレーマ船の船団数

大浦湾内で瀬取り箇所の検討を行った結果、図 3.3-10 に示すとおり、10 箇所が確保できる。リクレーマ船の揚土能力を維持するためには、リクレーマ船 1 隻当たり 2 箇所の瀬取り※3.3-5 が必要になるため、リクレーマ船の船団数は 5 船団となる。

瀬取り範囲の設定については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.906※3.3-6 に準拠し、土運船を単浮漂泊とした場合の泊地を確保するものとし、以下に示すとおり 106m と設定した。

■対象船舶：押船土運船（2,000m^3 級）
半径＝Loa（対象船舶の全長） ＋25m
Loa＝93.5m（土運船（78.5m）＋押船（15m））
半径＝93.5m＋25m ＝ 118.5m

また、泊地間の航路の幅員として、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.858 ※3.3-6 に準拠し、対象船舶の全長の 1.5 倍の幅員を確保するものとし、140.3m と設定した。

3）配置可能なリクレーマ船の船団数の考え方

前項の結果より、基本工程では、配置可能なリクレーマ船の船団数は、最大 5 船団とする。

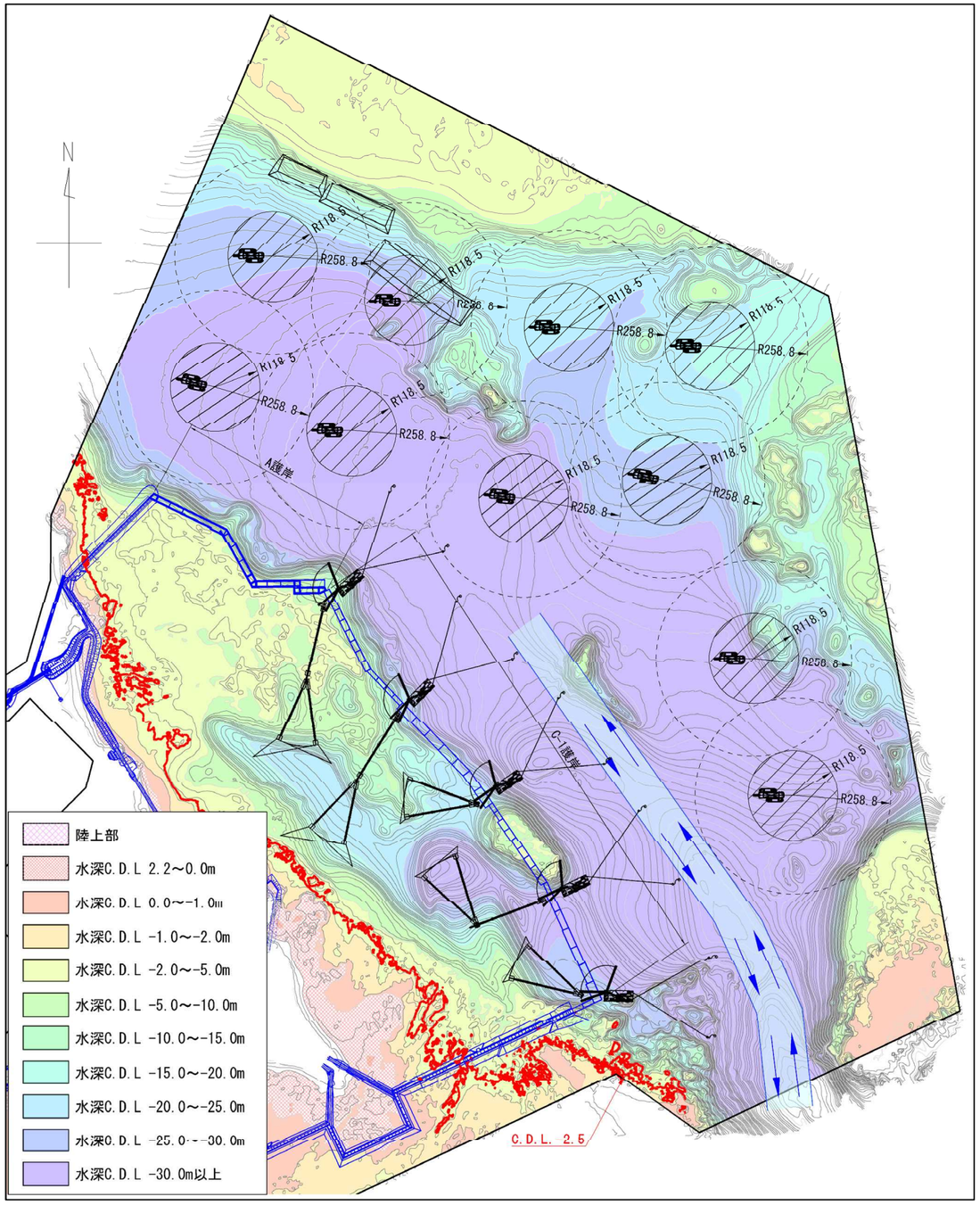


図 3.3-10 大浦湾における瀬取り箇所図

3.3.6 基本工程作成に係るその他の条件

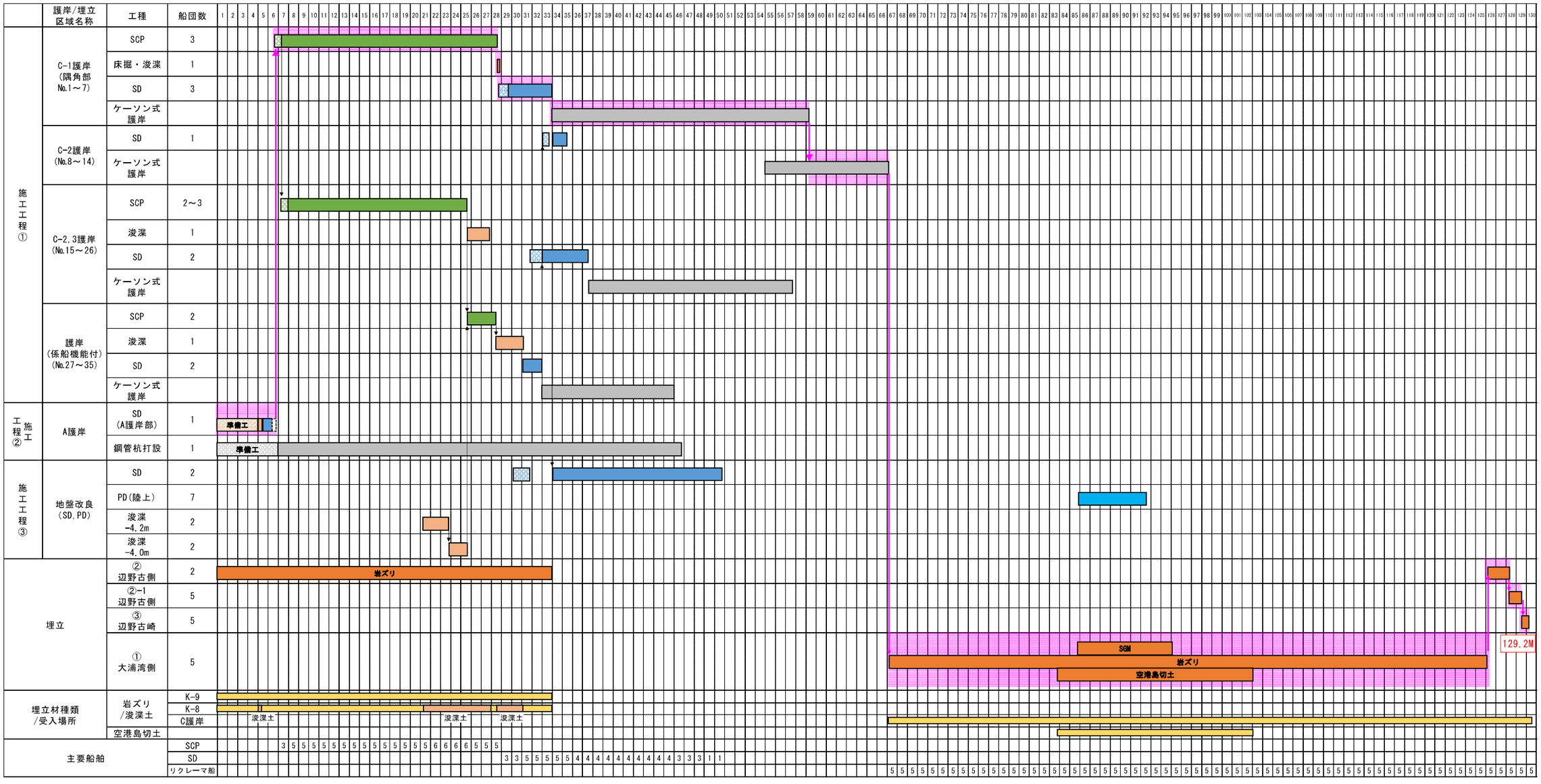
基本工程作成に係るその他の条件を以下に示す。

・各護岸及び埋立区域において、必要な準備工（作業船の艤装・曳航や工事着手前の事前測量等）の期間を考慮する。
・施工開始当初の埋立は、ランプウェイ台船を用いて揚土を行い、その際の揚土場所及び揚土量は以下のとおり。
　K-9 護岸　34,715m^3/月
　K-8 護岸　18,184m^3/月
・既存陸上部の整地により発生する土砂（空港島切土）は、埋立へ使用するものとし、その土量は締固め後の土量で 119 万 m^3 とする。
・浚渫土砂については、後述する「7.3　陸上ヤード」へ仮置する。

3.4　基本工程の作成

基本工程表を表 3.4-1 に示す。

表 3.4-1　基本工程表



4. 工程短縮の検討

4.1 基本工程に対する工程短縮に係る着目点

前項で示した基本工程に対する工程短縮に係る着目点を以下に示す。

①．大浦湾側の埋立は、外周護岸が閉合されるまで着手できない。（地盤改良終了後から外周護岸閉合まではケーソン式護岸のみの施工となっており、大浦湾側の海上からの埋立を行っていない。）

②．海上運搬する埋立材の受入場所である K-9 護岸、K-8 護岸が、大浦湾側の工事進捗に伴い利用できなくなり、埋立区域②及び埋立区域②-1 の埋立が中断する期間がある。

③．現場条件から、海上埋立の埋立材を同時に揚土するリクレーマ船の船団数が 5 船団となるため、海上埋立のみでは、埋立材のこれ以上の揚土量の増加が見込めない。

4.2 工程短縮の方策及び効果

4.2.1 工程短縮の項目及び対応策

工程短縮に係る着目点から挙げられる工程短縮の方策及びその考え方を表 4.2-1 に示す。

表 4.2-1 工程短縮の方策及び考え方

検討項目	工程短縮の項目	対　応　策
検討①-1	中仕切護岸設置	大浦湾側の水深が浅いエリアに中仕切護岸を設置し、外周護岸閉合を待たずに陸上から埋立を行う。
検討①-2	先行埋立	地盤改良終了後、外周護岸閉合前に海上から埋立を行う。併せて、C-2 護岸（小水深区間）背後の基礎捨石及び裏込石の施工数量の減を図る。
検討②	揚土場の追加	海上運搬する埋立材の受入能力を増加させることにより、埋立区域②及び埋立区域②-1 の埋立を早期に完了させる。
検討③	埋立材投入量の増加	埋立材の陸上運搬、仮置を行い、大浦湾側の埋立を海上及び陸上から行う。

4.2.2 工程短縮の効果

各検討項目の工程短縮の効果を次頁以降に示す。

（　白　紙　）

検討①-1　工程短縮の項目：中仕切護岸設置



【具体策】

・中仕切護岸（N-6～N-9）を設置し、外周護岸の閉合前に水深が浅い区域の埋立を先行して着手する。（近傍の浚渫・SD 工法による施工をこれに先行して行う。）

・中仕切護岸（N-1）を設置することで、ダム周辺切土を利用し埋立区域③-2 を先行して埋め立てることが出来、飛行場施設における建築工事の早期着手が可能となる。

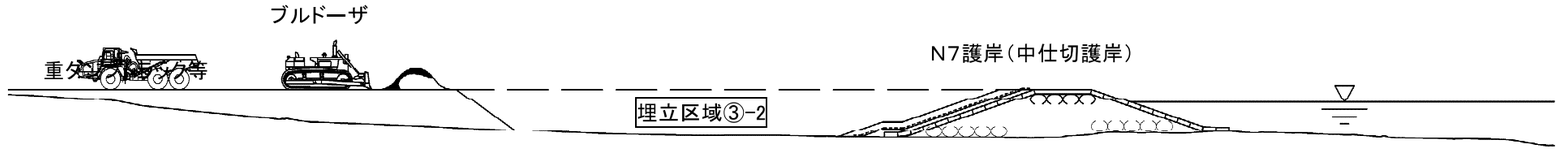
・中仕切護岸（N-2）を設置することで、埋立区域③-3 を先行して埋め立てられ、陸上ヤードとして使用可能となる。

【工程短縮の効果】--- 基本工程から 15.1 ケ月短縮可

・埋立区域①が早期に閉合でき、A 護岸から海上埋立をリクレーマ船 2 船団で行うことが可能となり、フローティングベルトコンベアによる直接投入で埋め立てることが出来、飛行場施設における建築工事の早期着手が可能となる。

・埋立区域③-2 にダム周辺切土[※4.2-1] を利用することで陸上から埋め立てることが出来、飛行場施設における建築工事の早期着手が可能となる。

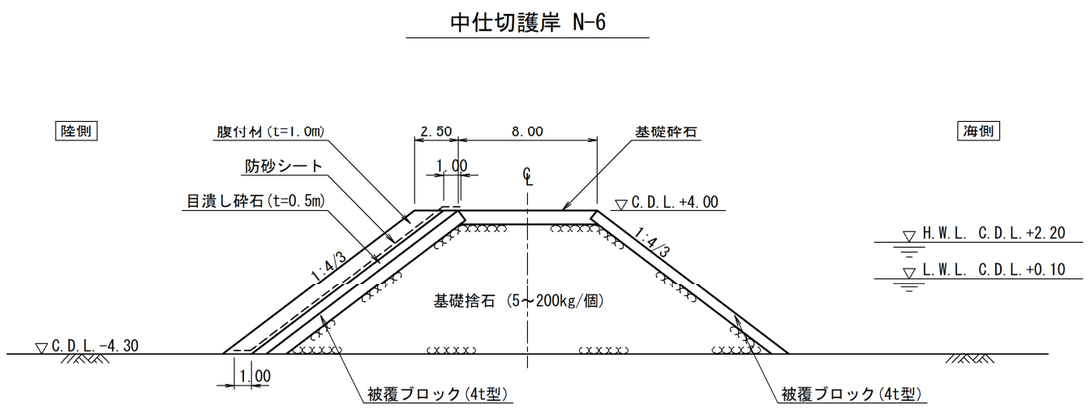
・埋立区域③-3、③-4 に A 護岸からリクレーマ船で揚土した埋立材を、重ダンプトラック等で運搬し、陸上からブルドーザによる撒き出し施工による埋立が可能となる。



陸上撒き出しによる埋立の概念図

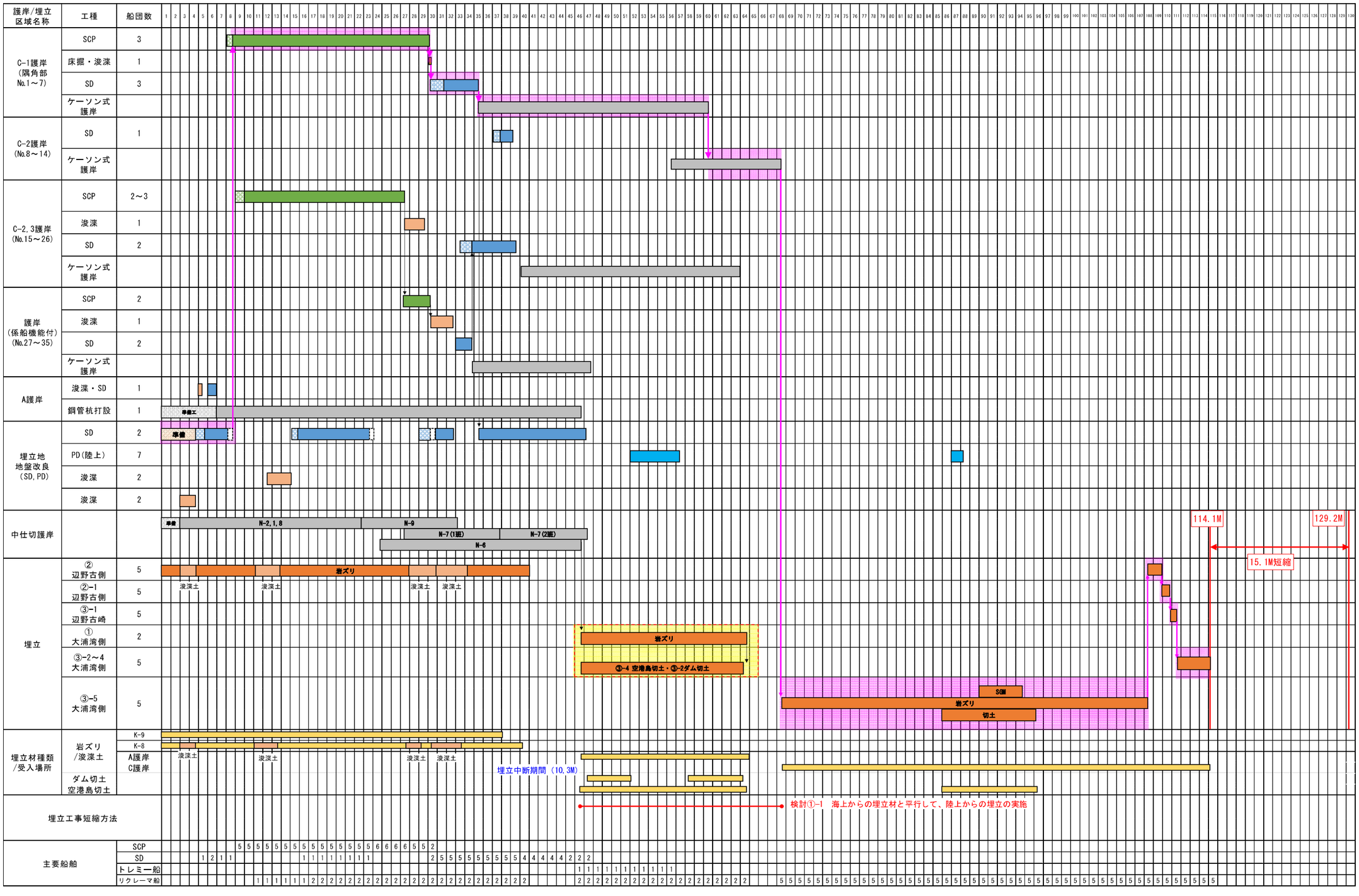


中仕切護岸設置平面図

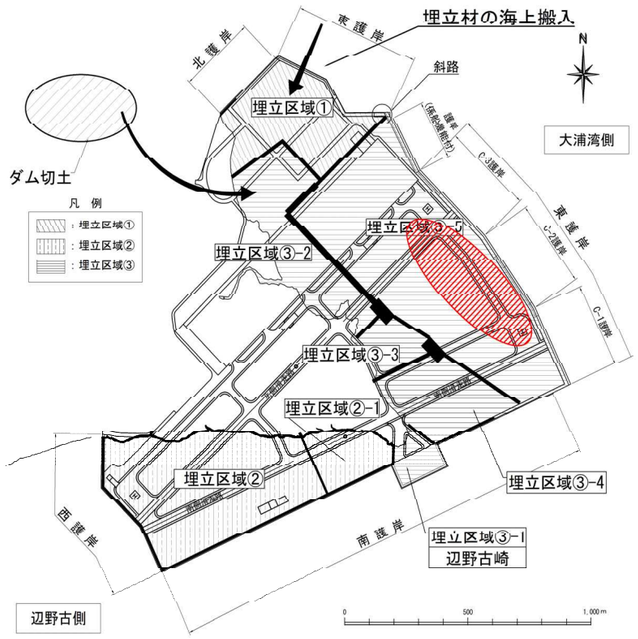


中仕切護岸断面図

工程表（検討①-1）中仕切護岸設置



検討①-2　工程短縮の項目：先行埋立



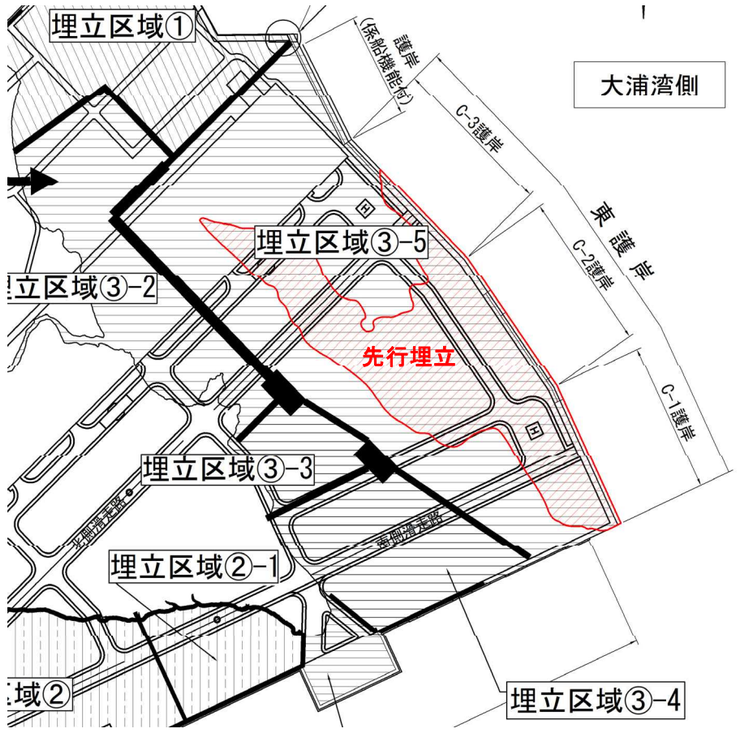
【具体策】

・地盤改良工事終了後～最終閉合区間である C-2 護岸の施工が開始されるまでの間に、海上から先行埋立を行うことで、外周護岸閉合後の埋立工程の短縮を図る。埋立方法については、工程短縮と環境への配慮との両立を図るため、汚濁拡散低減効果のあるトレミー船により埋立を行う。

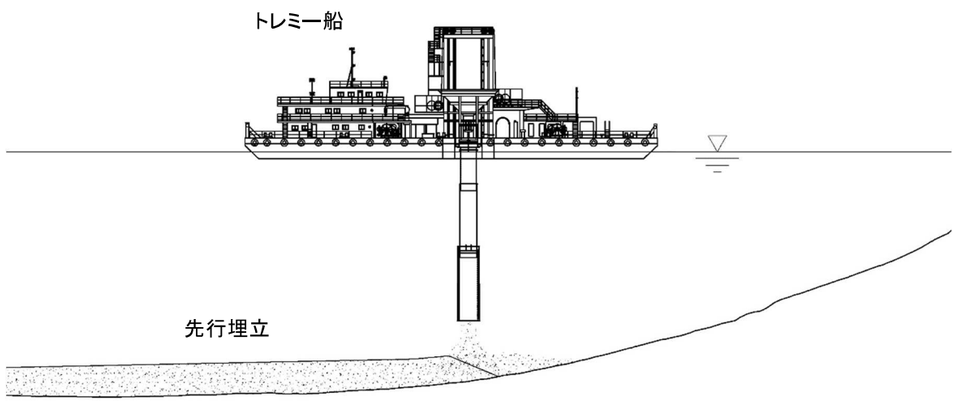
【工程短縮の効果】---検討①-1、①-2 の方策を合わせて基本工程から 18.5 ケ月短縮可

・先行埋立により、外周護岸閉合後の埋立工程の短縮が可能である。



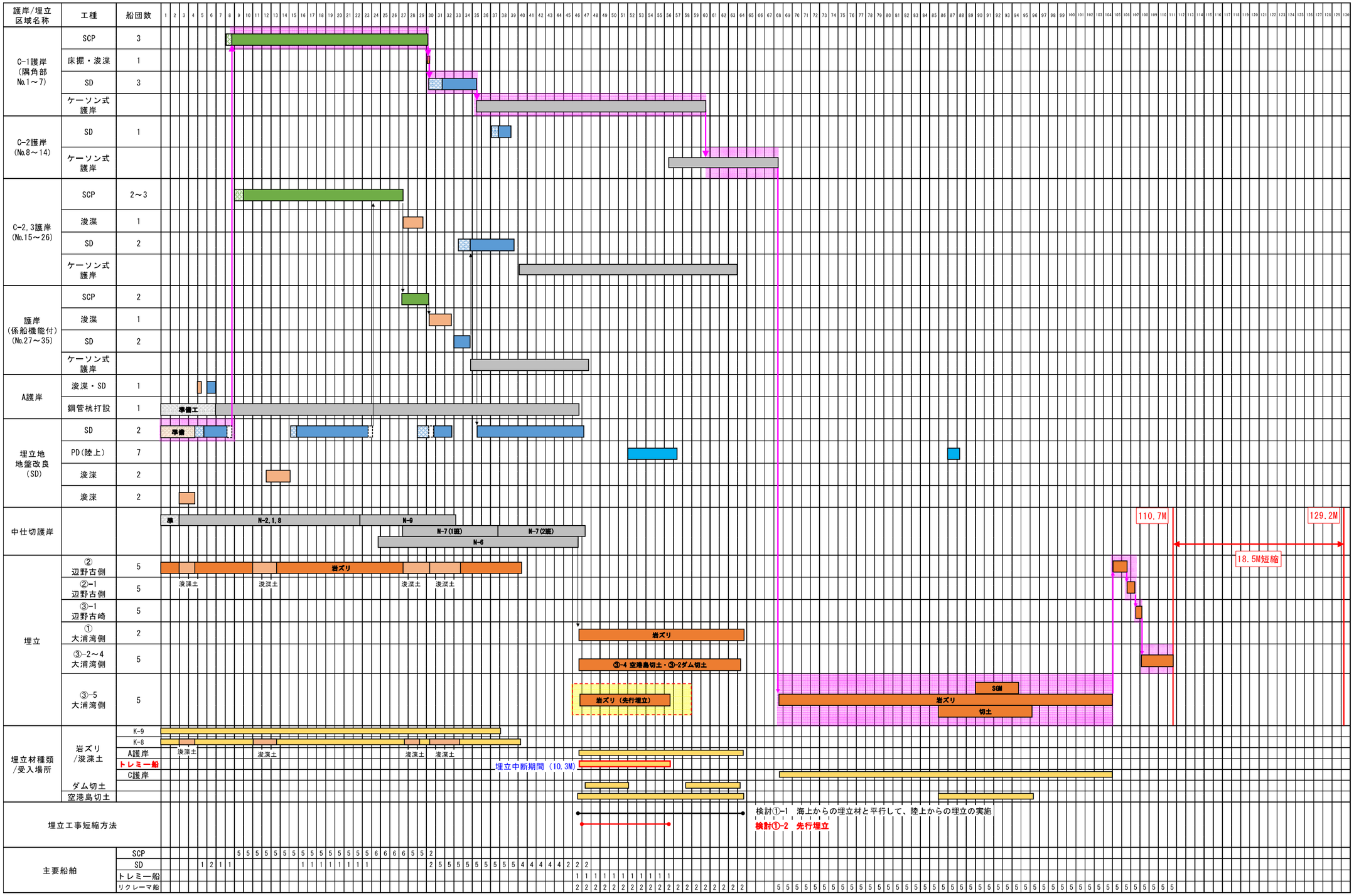


先行埋立平面図

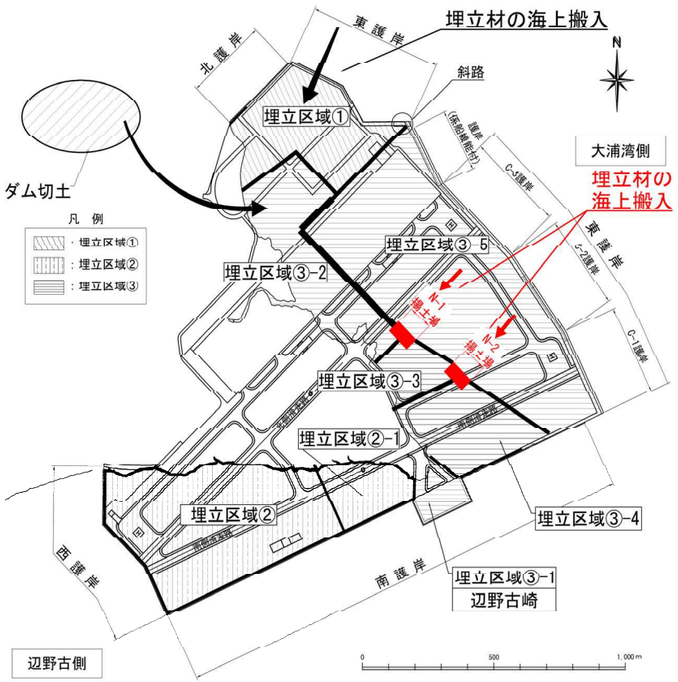


先行埋立断面図

工程表（検討①-2）先行埋立



検討②　工程短縮の項目：揚土場の追加

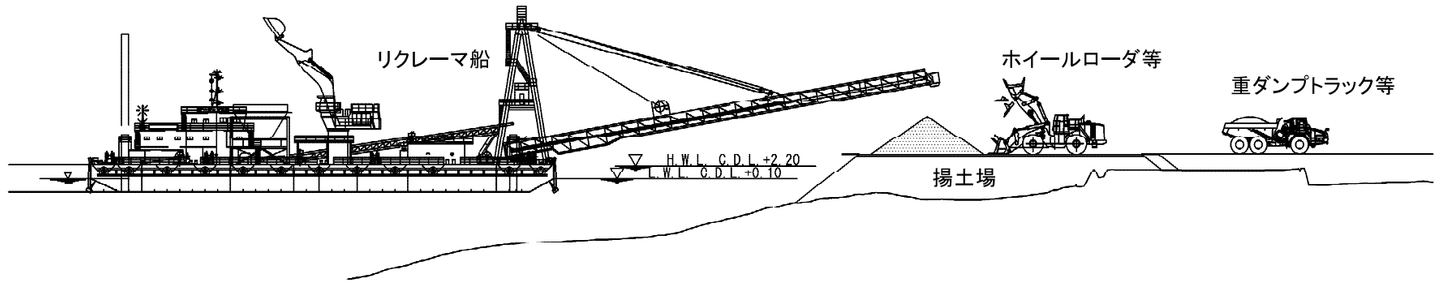


【具体策】

・N-1、N-2 護岸の先端部に揚土場を設置することで、埋立区域②、②-1 の埋立の早期完了、かつ、③-3、③-4 の早期埋立を図る。揚土場の設置位置は、揚土能力の高いリクレーマ船による揚土に必要となる喫水を考慮する。

【工程短縮の効果】---検討①-1、①-2、②の方策を合わせて基本工程から 25.2 ケ月短縮可

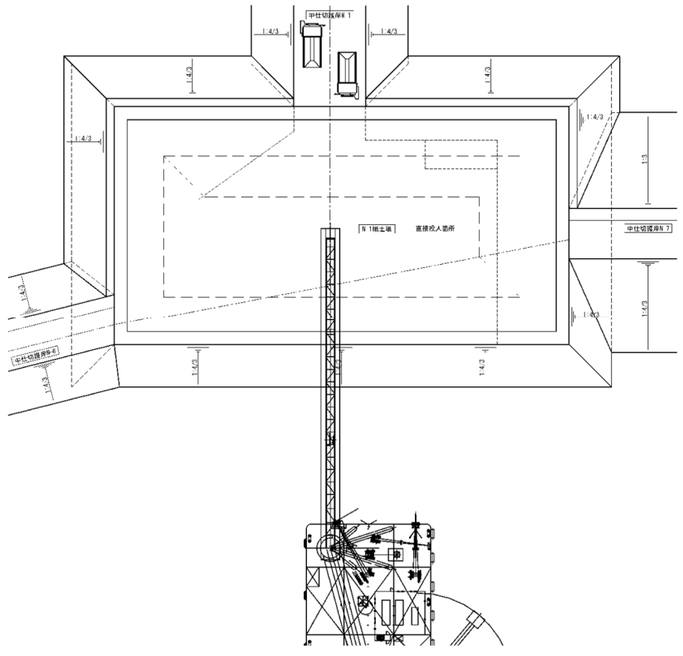
・埋立区域②、②-1 の埋立の早期完了及び埋立区域③-3、③-4 の早期埋立が可能である。

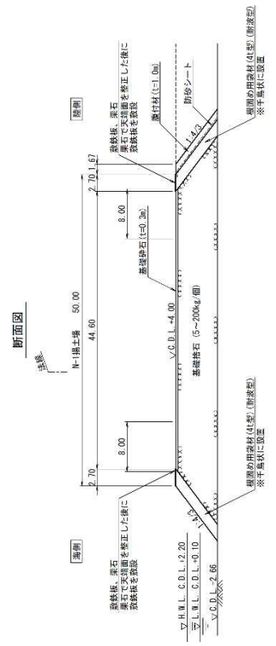


揚土場における揚土状況概念図



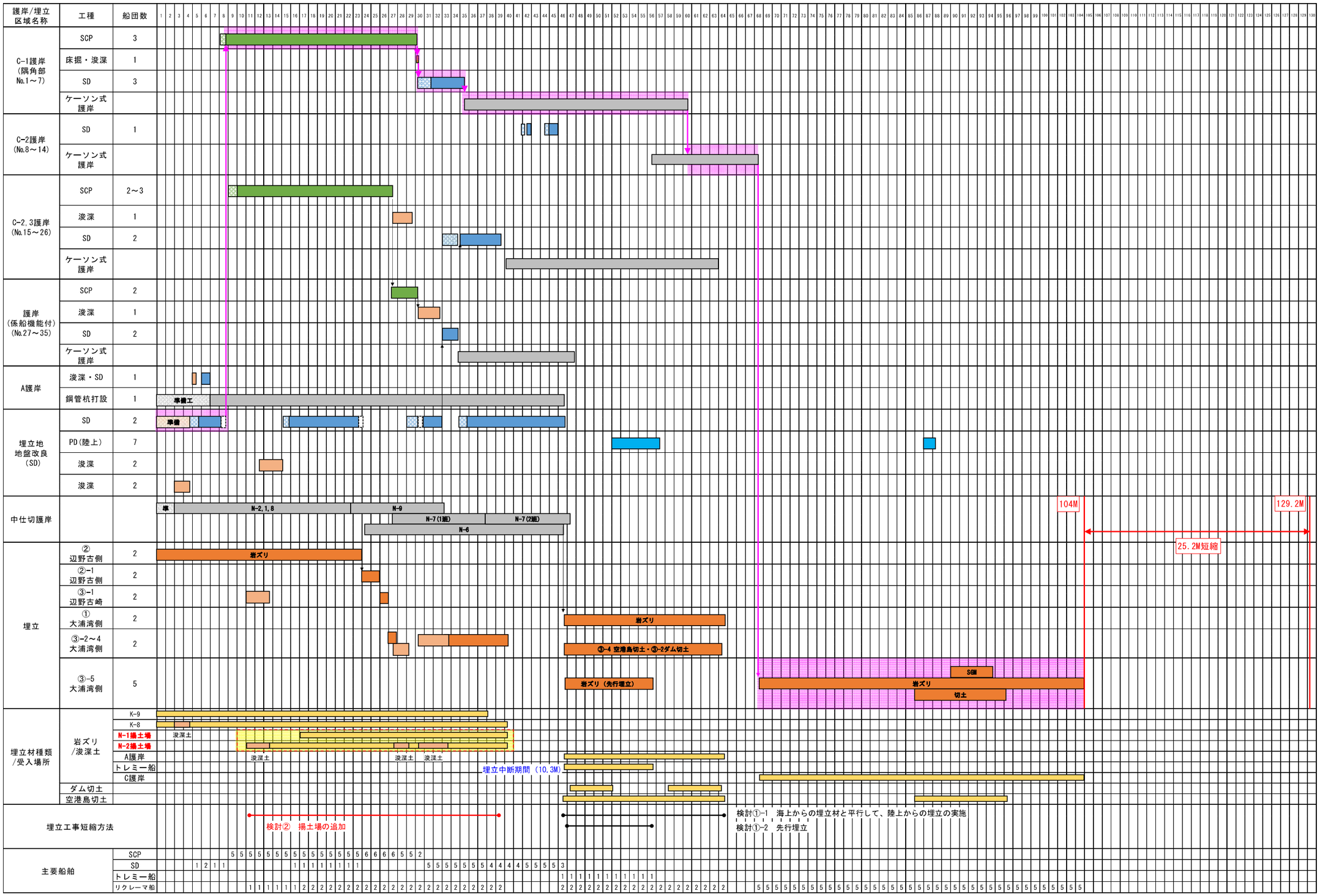
揚土場設置平面図



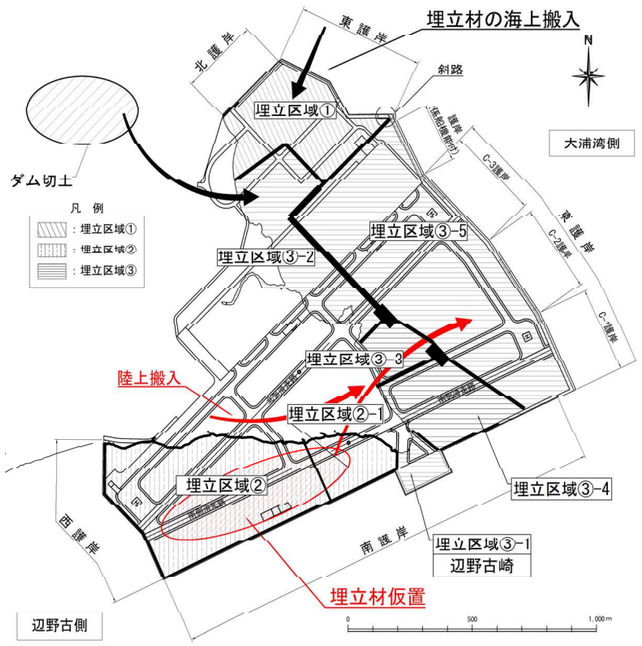


揚土場平面・断面図

工程表（検討②）揚土場の追加



検討③　方策：埋立材投入量の増加



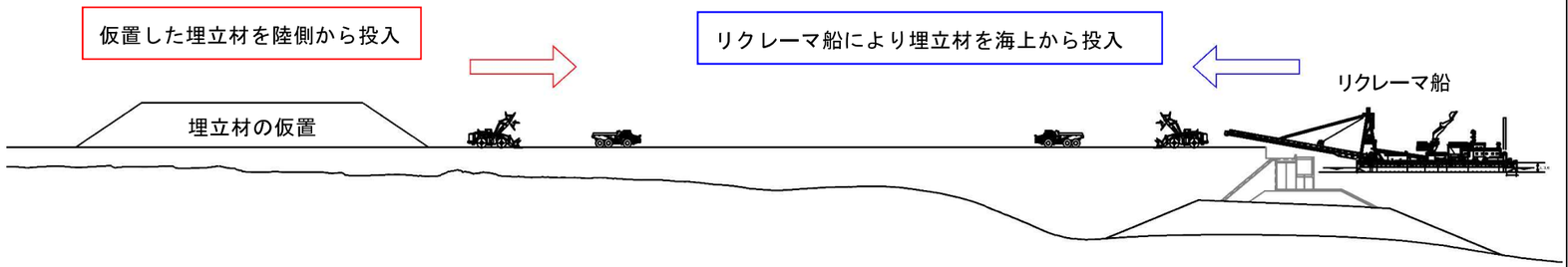
【具体策】

・埋立を海上及び陸上から行うため、埋立材の搬入、仮置を行い、埋立区域③-5 の埋立に使用する。

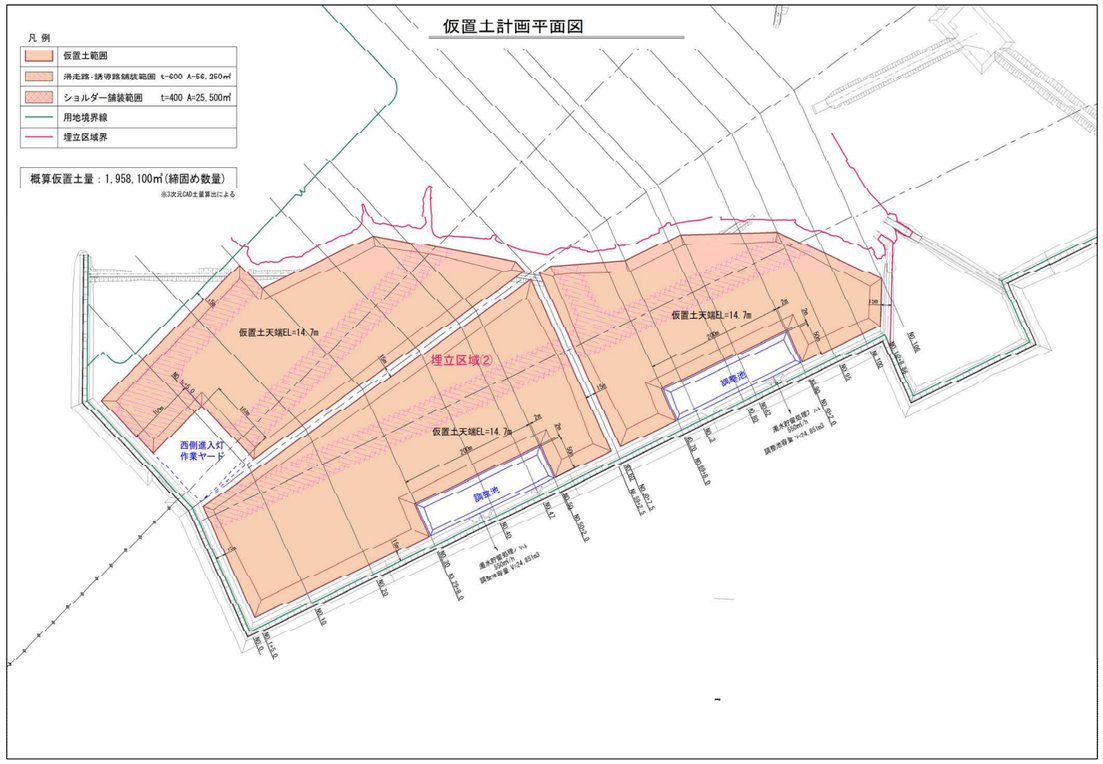
・埋立区域③-5 の埋立開始後も継続して陸上搬入を行い、埋立区域③-5 の埋立に使用する。

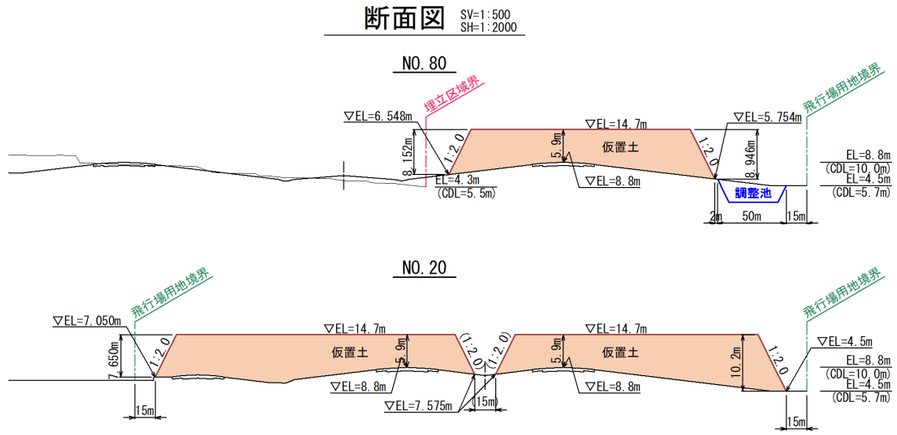
【工程短縮の効果】---検討①-1、①-2、②、③の方策を合わせて基本工程から 33.4 ケ月短縮可

・埋立材の仮置及び陸上運搬を行うことで、埋立区域③-5 の早期完了が可能となる。



埋立区域③-5 における埋立の概念図



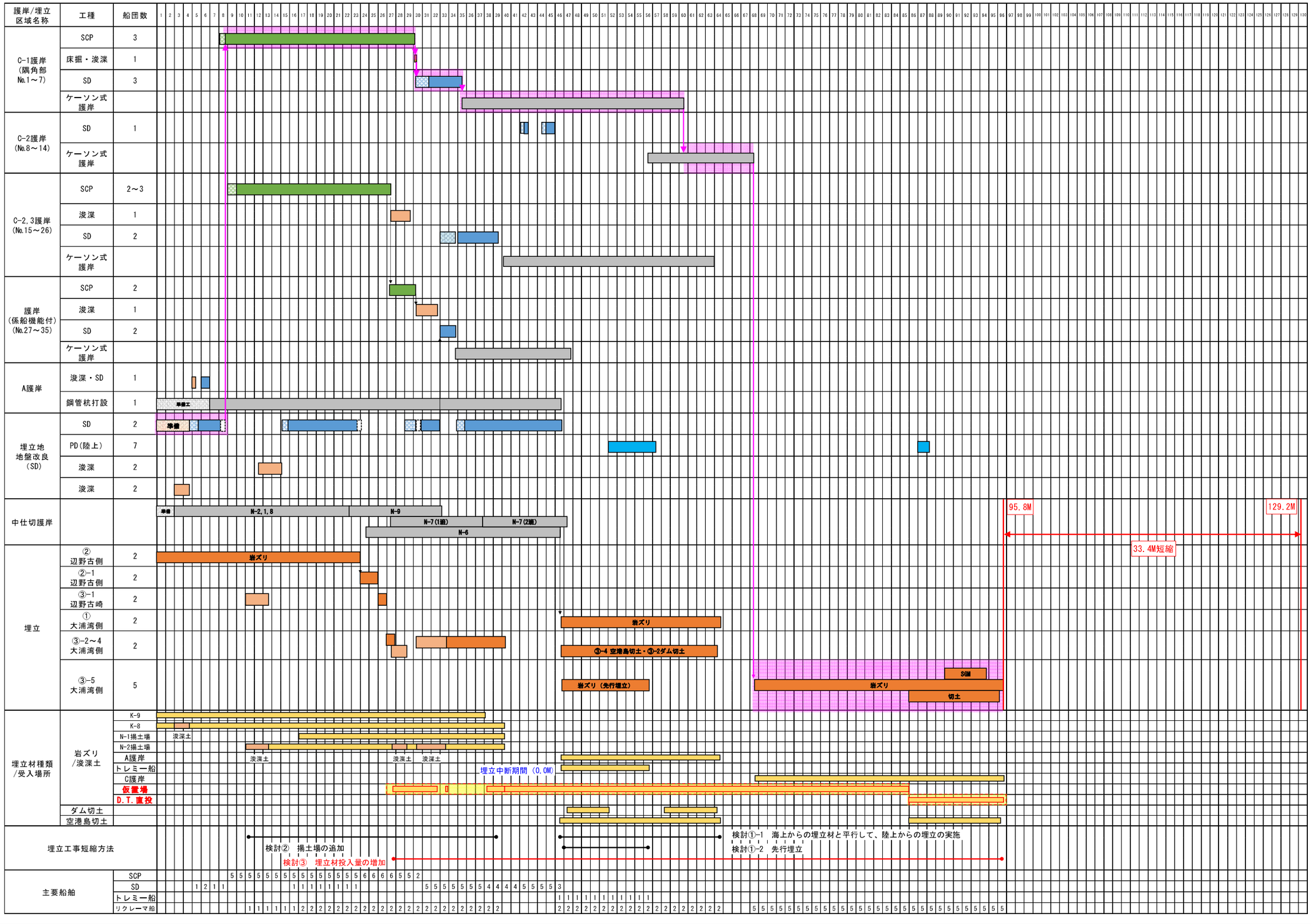


【埋立材仮置時の赤土等流出防止対策の考え方】

・沖縄県赤土等流出防止条例に基づき、適切に対処する。

・降雨時に濁水が発生した場合においては、仮置場所近傍に配置する調整池に一時貯留し、濁水中の土粒子を沈殿させて除去した後、SS 濃度 25mg/L 以下で放流する。

工程表（検討③）埋立材投入量による増加



5. 全体工程

5.1 全体工程の考え方

「3. 基本工程の作成」及び「4. 工程短縮の検討」を踏まえ、全体工程を設定するものとし、全体工程に対する埋立計画平面図を図 5.1-1 に示す。

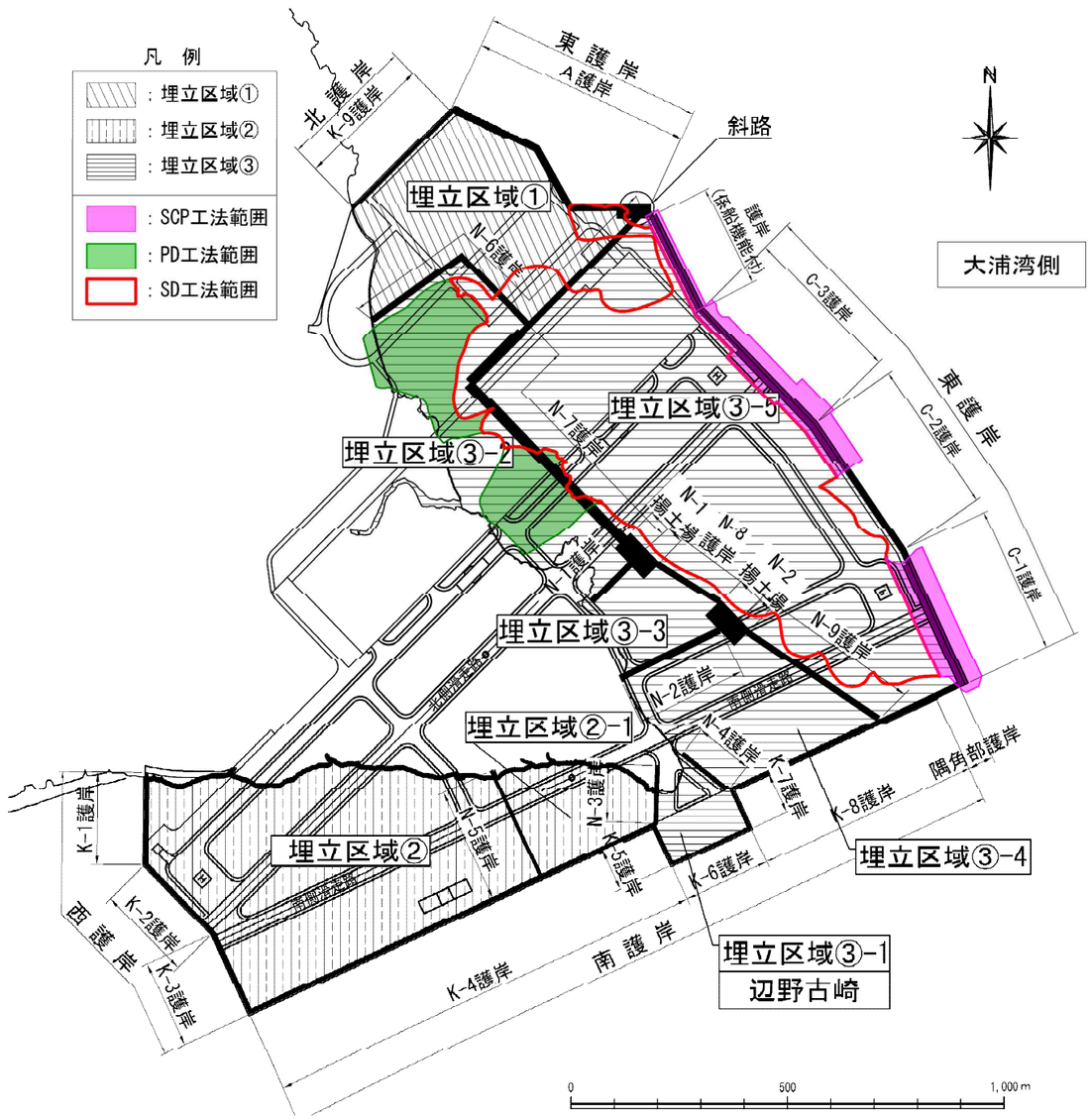


図 5.1-1 全体工程における埋立計画平面図

5.2 全体工程の設定

全体工程を表 5.2-1 及び表 5.2-2 に示し、全体工程の主な条件を以下に整理する。

(1) 地盤改良工（SCP 工法）

・全体工程のクリティカルパスとなる C-1 護岸は SCP 工法の船団を 3 船団配置する。
・C-2、C-3 護岸及び護岸（係船機能付）は順次施工し、C-1 護岸とほぼ同時期に終えるように SCP 工法の船団を C-2 及び C-3 護岸は 2 船団~3 船団、護岸（係船機能付）は 2 船団配置する。

(2) 地盤改良工（SD 工法）

・SD 船は SCP 船を艤装して使用することから、SD 工法の工程は、SCP 工法の船団数を考慮する。
・護岸直下の SCP 工法による施工を行った船団は、クリティカルパス上の工種である C-1 護岸背後の SD 工法による施工から開始する 3 船団と、C-2、C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の背後の SD 工法による施工から開始する 2 船団に分かれて施工する。

(3) 護岸工（ケーソン式護岸）

・HB ケーソンは、工程短縮を目的として、断面が大きくなる区間及び全体工程のクリティカルパスとなる C-1 護岸に設置するものとし、HB ケーソンは 13 函、RC ケーソンは 24 函とする。
・ケーソン据付は 2 班とし、ケーソン函の据付は月 2 函/班とする。

(4) 護岸工（A護岸）

・鋼管矢板打設は、ウォータジェット併用バイブロハンマ工法による。
・全体工程のクリティカルとならないため、鋼管矢板打設は 1 船団とする。

(5) 埋立工

・基本的には外周護岸閉合後にリクレーマ船で揚土し、所要の高さまでフローティングベルトコンベアにより直接投入・埋立後、ホイルローダ等にてダンプトラック・重ダンプトラックへ積込み、揚土箇所から埋立場所まで陸送する。
・海上埋立のリクレーマ船は、C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）に 5 船団、A 護岸は 2 船団配置する。
・外周護岸閉合後の埋立区域③-5 の埋立の工程の短縮を目的として、外周護岸閉合前に汚濁拡散低減効果のあるトレミー船による先行埋立を 1 船団で行う。

(6) 中仕切護岸

・工程短縮を目的として、大浦湾側浅瀬の埋立を早期に行うため、中仕切護岸 N-1、N-2、N-6～N-9 を設置し陸上から埋立を行う。
・ダム切土（締固め後土量 191 万 m^3）は、埋立区域③-2 の埋立材として利用し、早期に陸上から埋立する。
・埋立区域①及び埋立区域③-2 を先行して埋め立てることで、飛行場施設における建築工事の着手時期を早める。

(7) 埋立材受入

・N-1、N-2 護岸の先端部に揚土場を設置することで、埋立区域②、②-1 の埋立の早期完了、かつ、③-3、③-4 の早期埋立を図る。
・埋立材を陸上搬入し埋立区域②、②-1 に仮置、また、海上運搬した埋立材についても仮置をすることで、埋立区域③-5 の早期埋立を図る。
・埋立区域③-5 の埋立開始後も継続して陸上搬入を行うことで埋立区域③-5 の早期埋立を図る。
・埋立材を陸上搬入する車両の台数は、現埋立承認申請における陸上搬入車両の台数以下とする。

(8) その他

・各護岸又は埋立区域において、必要な準備工（作業船の艤装・曳航や工事着手前の事前測量等）の期間を考慮する。
・施工開始当初の埋立材の揚土は、ランプウェイ台船で行うものとし、その際の揚土場所及び揚土量を以下に示す。

K-9 護岸　34,715m^3/月
K-8 護岸　18,184m^3/月

・空港島切土から発生する建設残土は、埋立材として使用するものとし、その土量は締固め後の土量で 119 万 m^3 とする。
・A 護岸付近の浚渫土砂は、陸上ヤードへ仮置し、埋立区域③-1 の埋立材として使用する。その他の浚渫土砂は、埋立区域③-1 及び③-3 へ直接投入する。
・全体工程には、現埋立承認申請の内容から変更のない以下の項目を合わせて示す。

仮設工：工事用仮設道路
付帯工：美謝川の切替え／燃料桟橋工／進入灯工
飛行場施設：舗装工事／雨水排水工事／建築工事

表 5.2-1 全体工程表(1/2)

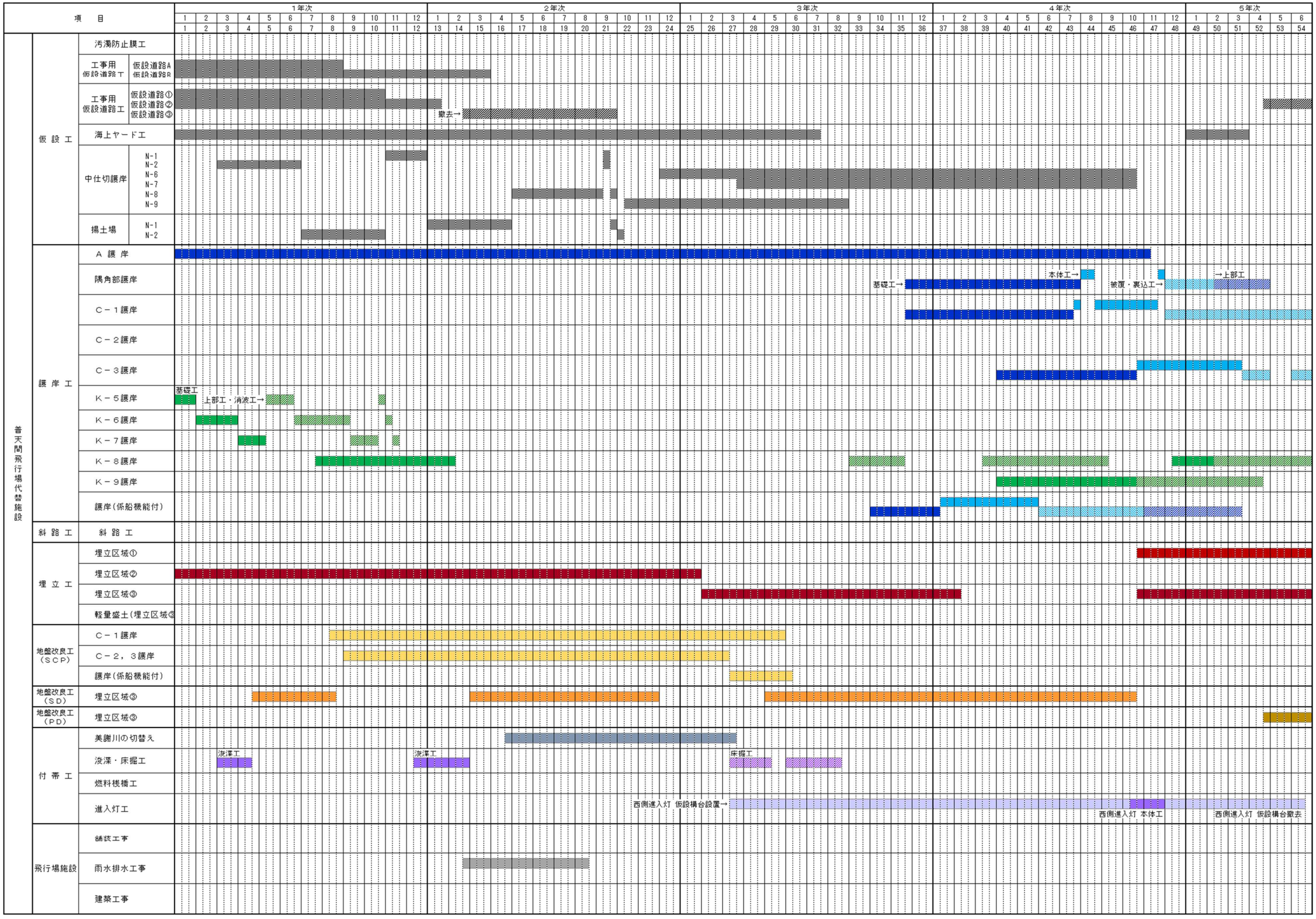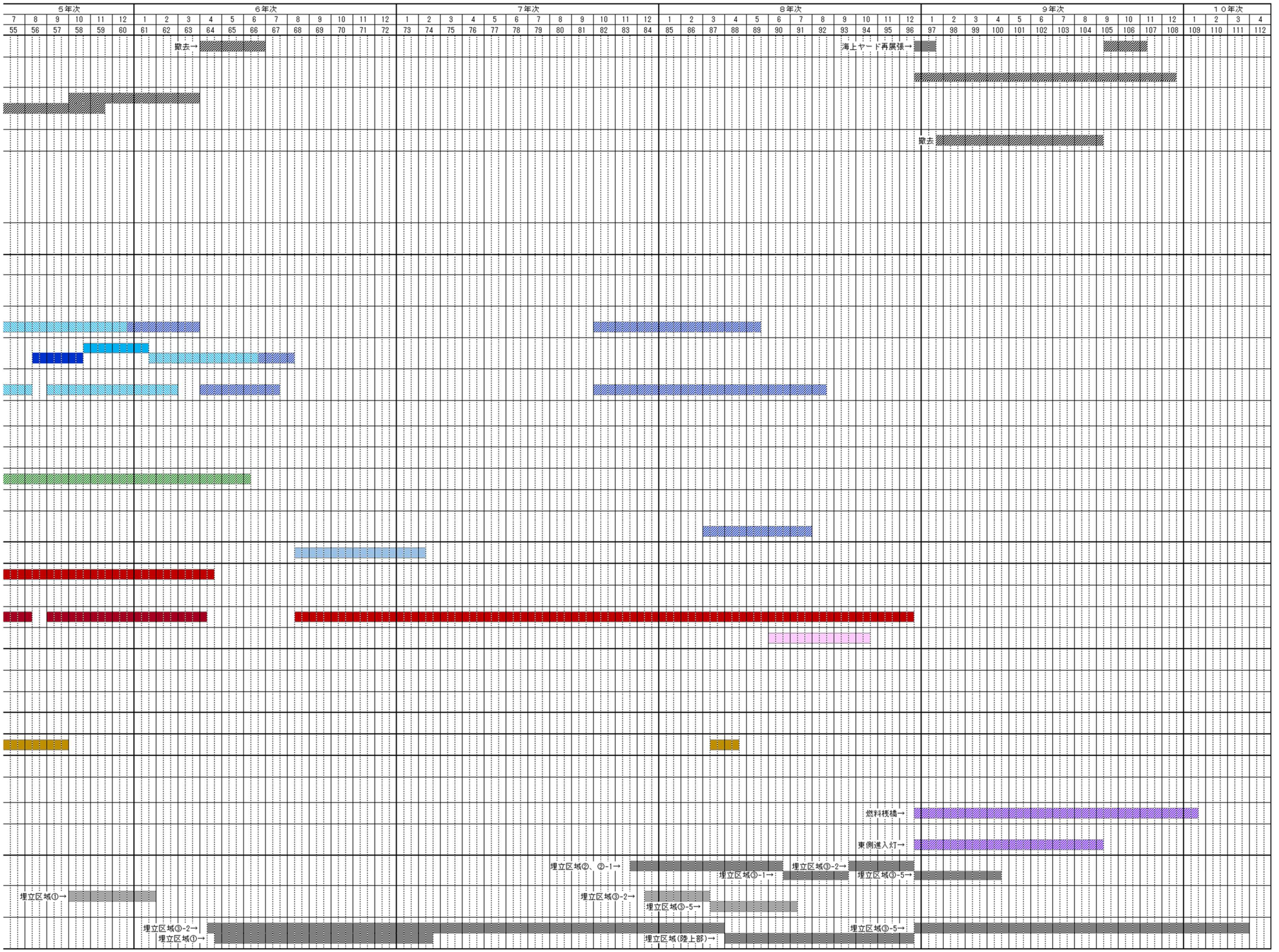


表 5.2-2 全体工程表(2/2)



6. 主要な資機材の調達

6.1 主要資材の調達

6.1.1 埋立材、基礎捨石・砕石

「5. 全体工程」による工程計画から必要量を整理した結果を図 6.1-1 に示す。

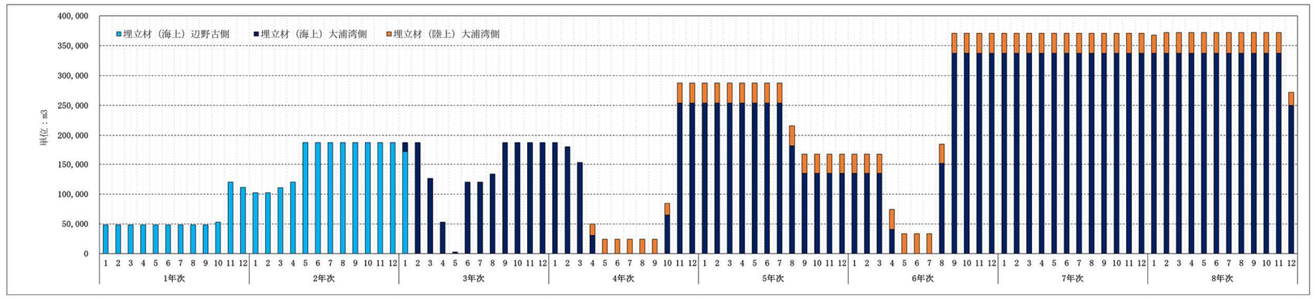
・図中の棒グラフは材料（埋立材、基礎捨石・砕石）、使用場所（辺野古側、大浦湾側）、輸送経路（海上輸送、陸上輸送）別の月当たり必要量を示す。

・図中の表は材料、輸送経路別の月当たり最大必要量と年間必要量を示す。

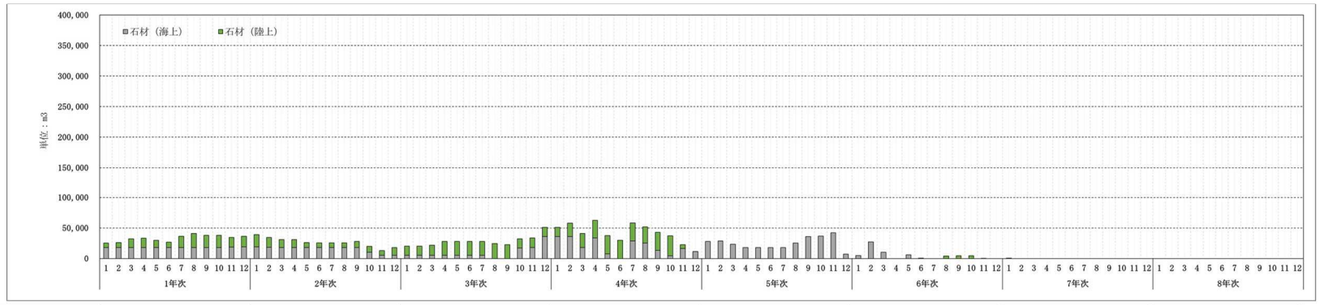
・埋立材の月当たりの最大必要量は、海上輸送が 6～8 年次の 337,315 ㎥、陸上輸送が 8 年時の 34,650 ㎥、海上輸送、陸上輸送の合計では 8 年次の 371,965 ㎥である。
年間必要量の最大は 7 年次の 4,450,380 ㎥となる。

・基礎捨石・砕石の月当たりの最大必要量は海上輸送が 5 年次の 42,165 ㎥、陸上輸送が 4 年次の 32,771 ㎥、海上輸送、陸上輸送の合計では 4 年次の 62,712 ㎥となる。
年間必要量の最大は 4 年次の 504,414 ㎥となる。

※ダム切土、空港島切土、浚渫土は含まない。



必要量		1年次	2年次	3年次	4年次	5年次	6年次	7年次	8年次
埋立材（海上）	月当たり最大(㎥)	120,362	187,825	187,825	253,948	253,948	337,315	337,315	337,315
	年間(㎥)	718,331	1,938,109	1,683,523	1,125,355	2,499,875	1,946,774	4,047,780	3,960,510
埋立材（陸上）	月当たり最大(㎥)	0	0	0	33,550	33,550	33,550	33,550	34,650
	年間(㎥)	0	0	0	226,805	402,600	402,600	402,600	398,638
合計	月当たり最大(㎥)	120,362	187,825	187,825	287,498	287,498	370,865	370,865	371,965
	年間(㎥)	718,331	1,938,109	1,683,523	1,352,160	2,902,475	2,349,374	4,450,380	4,359,148



必要量		1年次	2年次	3年次	4年次	5年次	6年次	7年次	8年次
基礎捨石・砕石（海上）	月当たり最大(㎥)	18,951	18,951	36,121	36,121	42,165	27,331	0	0
	最大(㎥)	219,129	185,248	108,062	231,253	299,151	49,107	0	0
基礎捨石・砕石（陸上）	月当たり最大(㎥)	22,837	20,258	24,505	32,771	0	0	0	0
	年間(㎥)	177,707	132,543	230,081	273,160	0	13,052	810	0
合計	月当たり最大(㎥)	40,968	39,209	51,114	62,712	42,165	27,331	810	0
	年間(㎥)	396,836	317,791	338,143	504,414	299,151	62,159	810	0

図 6.1-1　埋立材、基礎捨石・砕石の必要量

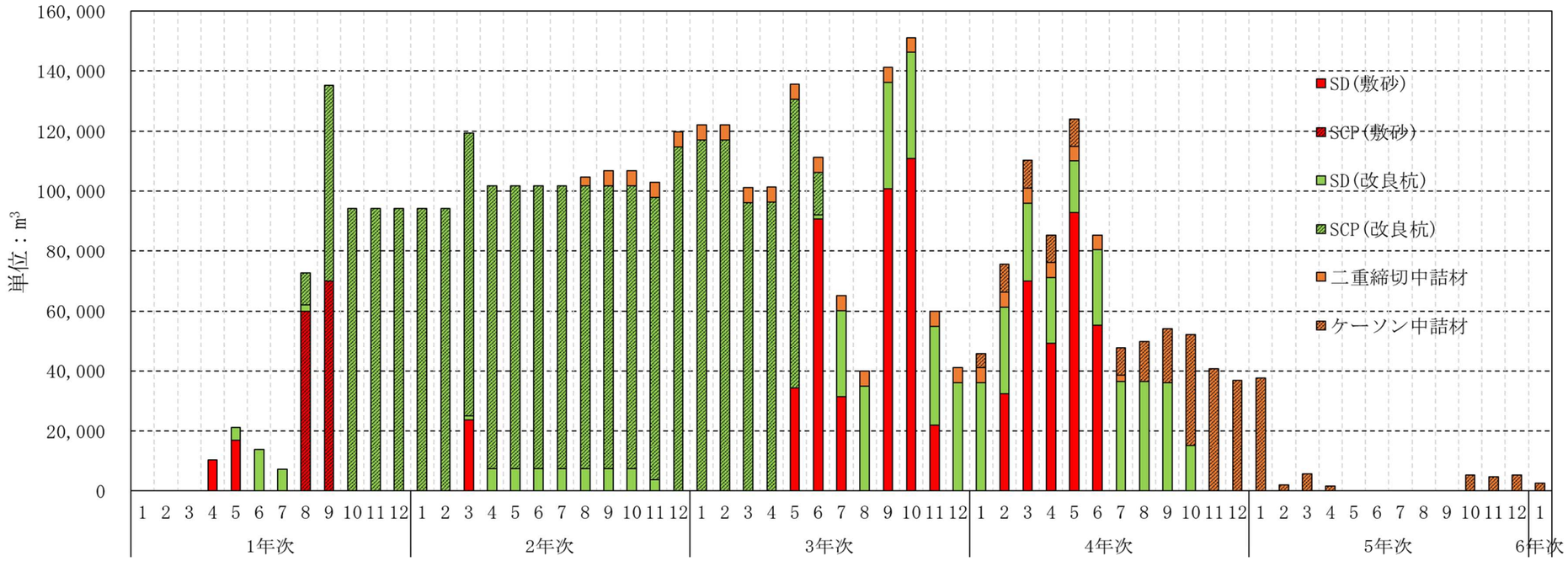
6.1.2 地盤改良材・中詰材

「5. 全体工程」による工程計画から必要量を整理した結果を図 6.1-2 に示す。

・図中の棒グラフは材料別の月当たり必要量を示す。

・図中の表は材料別の月当たり最大必要量と年間必要量を示す。

・地盤改良材、中詰材の月当たり最大必要量は、地盤改良材が 3 年次の 146,131 ㎥、中詰材が 4 年次の 40,597 ㎥、地盤改良材、中詰材の合計は 3 年次の 151,136 ㎥となる。
年間必要量の最大は 2 年次の 1,255,167 ㎥となる。



必要量		1年次	2年次	3年次	4年次	5年次	6年次
地盤改良	月当たり最大(m³)	135,246	119,425	146,131	109,927	0	0
	年間(m³)	543,158	1,232,144	1,131,504	579,286	0	0
中詰材	月当たり最大(m³)	0	5,005	5,005	40,597	37,576	0
	年間(m³)	0	23,023	60,060	228,319	61,940	2,627
地盤改良+中詰材	月当たり最大(m³)	135,246	119,782	151,136	124,119	37,576	0
	年間(m³)	543,158	1,255,167	1,191,564	807,605	61,940	2,627

図 6.1-2 地盤改良材・中詰材の必要量

6.1.3 必要量と調達可能量の比較

設計数量で整理した各材料の必要量と調達可能量※6.1-1の比較を行い、表 6.1-1 に整理した。
この結果、石材、海砂及び岩ズリの必要量は、十分調達可能である（沖縄県内でも調達可能）。

表 6.1-1 必要量と調達可能量の比較

		必要量 （扱い数量：m³）			調達可能量※6.1-1（月当たり最大：m³/月）（年間：m³/年）							
		総量(m³)	月当たり最大(m³/月) 年間(m³/年)		石材	海砂		岩ズリ※2		建設残土	リサイクル材	
											路盤材	土砂代替材
					県内	県内※1	県外	県内	県外	県内	県内	県内
護岸	基礎捨石	1,634,700	62,712 (4年次)		200,567 2,406,800	—	—	—	—	—	—	—
	砕石	258,300	504,414 (4年次)									
	中詰材(A護岸)	115,100	40,597 (4年次)		—	470,000 5,640,000	10,000 120,000	—	—	—	—	—
	中詰材(C護岸)	260,900	228,319 (4年次)	151,136 (3年次)								
地盤改良	SCP(敷砂・杭)	2,177,100	146,131 (3年次)	1,255,167 (2年次)								
	SD(敷砂・杭)	1,309,000	1,232,144 (2年次)									
埋立	辺野古側	2,395,100	371,965 (8年次)		—	—	—	409,745 4,916,943	1,002,750 12,033,000	277,800 (総量)	72,416 868,989	9,237 110,845
	大浦湾側	16,924,400	4,450,380 (7年次)									
	軽量盛土※3 (建設残土)	172,925 (66,961)	—		—	—	—	—	—		—	—

※1 那覇空港滑走路増設事業における海砂の使用実績は、月最大 201,083m³、年最大 1,427,239m³ であり、本事業の必要量はこれを下回っている。
※2 岩ズリの調達可能総量は、県内 44,763,450 m³　県外 48,403,000 m³
※3 軽量盛土の原料土は建設残土を想定する。

6.2　主要機材(船舶)の調達

「5. 全体工程」における工程計画より、主要船舶の最大使用隻数を表 6.2-1 に示す。また、「現有作業船一覧（2019)」及び業者へのヒアリング結果を整理した結果も併せて示す。

表 6.2-1　主要船舶の調達

船舶	検討で必要とする規格	最大使用隻数	現有作業船一覧2019 及びヒアリング
サンドコンパクション船 （サンドドレーン船兼用）	打込深度50m以上70m未満	3隻	5隻
	打込深度70m以上	3隻	3隻
砂撒船	撒出方式：トレミー方式 水深40m以深対応	1隻	1隻
リクレーマ船	2,200m^3/h級	5隻	7隻
起重機船(バイブロハンマ)	150～240kWバイブロ	1隻	16隻
グラブ浚渫船	鋼D 15m^3	1隻	16隻
	鋼D 30m^3	2隻	18隻
バックホウ浚渫船	鋼D 2.0m^3	2隻	24隻
	鋼D 3.0m^3	2隻	20隻
コンクリートミキサー船	鋼D 1.5m^3　バッチ式	4隻	9隻
	鋼D 2.5m^3　バッチ式	4隻	6隻

7. 施工に係る仮設工の検討

7.1 海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）の検討

7.1.1 海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）の必要性

ケーソンの据付は、基礎捨石の施工完了後連続的に行い、ケーソン 1 函の据付に要する期間は 4 日を想定している。

一方、沖縄県外で製作する HB ケーソン 1 函の運搬に要する期間は約 2 ヶ月を想定している。

上記を踏まえ、ケーソンの据付を連続的に行う観点から、ケーソン設置場所の近傍に海上ヤードを設置する。この海上ヤードを設置することで製作済のケーソンをあらかじめ運搬・仮置を行うことが可能となり、ケーソンの運搬待ちによって中断することなく、ケーソンの据付を連続的に行うことが出来る。

7.1.2 海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）の配置

海上ヤードの配置については、以下の条件に基づき、図 7.1-1 に示す位置に配置する計画とした。

① 現埋立承認申請における施行区域内で各種作業等の支障とならない位置とした。
② 環境調査において確認されているサンゴ等の生息に配慮した位置とした。
③ マウンドの厚さとケーソンの高さを考慮した水深が確保できる位置とした。

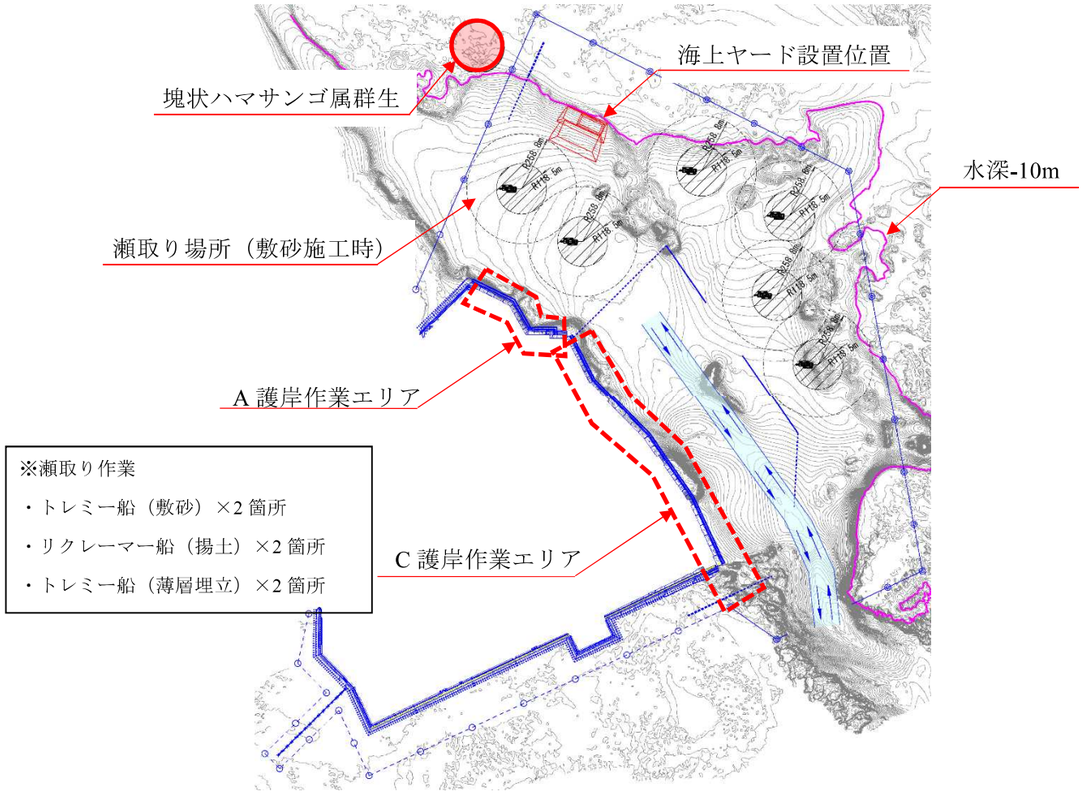


図 7.1-1 海上ヤード位置

7.1.3 海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）の形状の設定

海上マウンドの形状は、以下の項目から決定した。

① 仮置工程から、仮置するケーソンの喫水、H.W.L.時においてもケーソンが水没しない高さを考慮し、マウンドの天端高を設定した。[※7.1-1]
② 仮置工程から同時期に仮置するケーソンを考慮し、平面配置を設定した。なお、ケーソン端部と法肩の離隔は「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.924[※7.1-2] に準拠し、5m 以上かつ後述する地盤の安定性能照査基準を満足する幅とした。ケーソン間の離隔は、ケーソン端部と法肩の離隔を参考に 5m とした。[※7.1-3]
③ 地盤の安定性を確保できるマウンドの法勾配を設定した。

7.1.4 検討条件

(1) 設計波

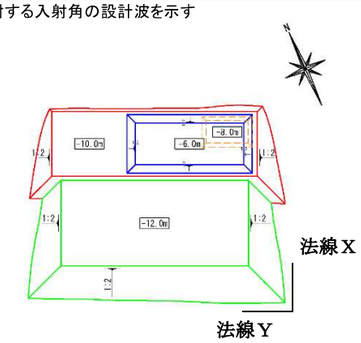
設計波は、第 1 回技術検討会において提示した 10 年確率の沖波諸元を用いて波高を算出し、各水深の海上ヤード位置において、最も波力が大きくなる条件を採用した。[※7.1-4]

波浪条件の一覧を表 7.1-1 に示す。

表 7.1-1 海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）における波浪条件一覧

マウンド	法線xy※1	波向き	潮位	有義波高 $H_{1/3}$(m)	最高波高※2 H_{max}(m)	周期 T(s)	補正後入射角 (°)
-6mマウンド	y方向	SE	H.W.L	1.9	3.5	14.9	22
	y方向	SSE	L.W.L	1.5	2.7	15.4	28
	x方向	SSE	H.W.L	1.8	3.3	15.4	19
	x方向		L.W.L	1.5	2.7	15.4	4
-8.0mマウンド	y方向	SE	H.W.L	1.9	3.5	14.9	22
	y方向	SSE	L.W.L	1.5	2.7	15.4	28
	x方向	SSE	H.W.L	1.8	3.3	15.4	19
	x方向		L.W.L	1.5	2.7	15.4	4
-10mマウンド	y方向	SE	H.W.L	1.9	3.5	14.9	22
	y方向	SSE	L.W.L	1.5	2.7	15.4	23
	x方向	SSE	H.W.L	1.8	3.3	15.4	19
	x方向		L.W.L	1.5	2.7	15.4	4
-12mマウンド	y方向	SE	H.W.L	1.9	3.5	14.9	40
	y方向		L.W.L	1.8	3.3	14.9	53
	x方向	SE	H.W.L	1.9	3.5	14.9	19
	x方向		L.W.L	1.8	3.3	14.9	8

※1 '法線xy方向に対する入射角の設計波を示す
※2 $H_{max}=1.8\times H_{1/3}$



(2) 土質条件

海上ヤードの土質条件は、海上ヤード設置位置近傍で実施されている土質調査結果を基に設定した。※7.1-5

ボーリング調査結果を基に設定した土質定数の一覧を表 7.1-2 に示す。

表 7.1-2 土質定数の一覧

土質区分	単位体積重量	非排水強度		排水強度		圧密特性
	γ_{sat} (kN/m^3)	Cu (kN/m^2)	ϕ (°)	C_D (kN/m^2)	ϕ_D (°)	Cv (cm^2/day)
Avf-s	18.9	－	－	0	35	489,300
Avf-c	18.3	19.2+2.94Z 注)	0	－	－	3,600
DK	20.5	－	－	0	30	－

注）Z の基準：GL±0.0

(3) 材料条件

使用する材料の特性値は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.447※7.1-6 に準拠し、設定した。

表 7.1-3 単位体積重量の特性値

材　　料	単位体積重量 γ (kN/m^3)
鉄筋コンクリート	24.0
無筋コンクリート	22.6

表 7.1-4 石材の特性値

材　　料	せん断抵抗角 ϕ (°)	単位体積重量	
		水面上 γ t (kN/m^3)	水　中 γ ' (kN/m^3)
基礎捨石	40	18.0	10.0

7.1.5 仮置時のケーソン及び海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）の安定性能照査

安定性能照査は、以下の項目に対して行った。また、各検討項目のモデルは次頁の表 7.1-6 に示すとおりとした。

① ケーソン仮置時の壁体の滑動、転倒及び基礎地盤の支持力に対する安定性能照査
② 円弧すべりによる地盤の安定性能照査

検討方法の詳細は注釈説明集※7.1-7 に示す。

なお、上記①の安定性能照査は、海上ヤードの沈下※7.1-8 を考慮したケースについても行った。

代表断面の検討結果を表 7.1-7 及び表 7.1-8 に示す。代表断面以外の検討結果は注釈説明集※7.1-9 に示す。検討の結果、各ケーソンとも H.W.L.時の押波時（沈下後）が最も厳しい結果となった（表中着色部）。

地盤の安定性能照査の検討方法及び検討結果は注釈説明集※7.1-10 に示す。

検討結果より決定した各マウンドの平面形状及び勾配を表 7.1-5 に示す。また、海上ヤードの平面配置図を図 7.1-2 に示す。現埋立承認申請における海上ヤードの設置に伴う改変面積（46,572m^2）よりも、本配置での改変面積（42,871m^2）は縮小する結果となった。

表 7.1-5 海上ヤードの平面形状及び法勾配

マウンド天端高	延長(m)	幅(m)	法勾配
C.D.L.-6m	104.0	40.0	1：2
C.D.L.-8m	40.0	21.3	1：2
C.D.L.-10m	197.2	62.0	1：2
C.D.L.-12m	180.0	82.0	1：2

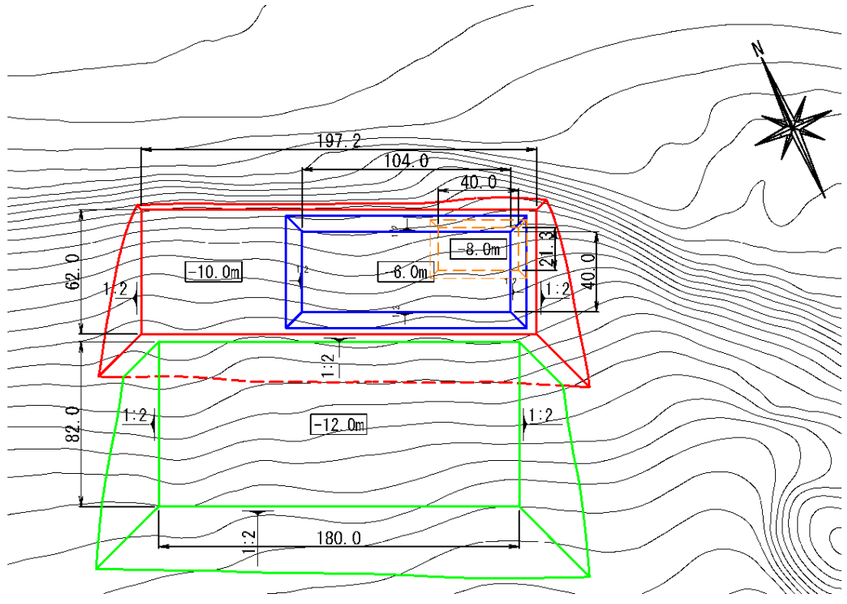
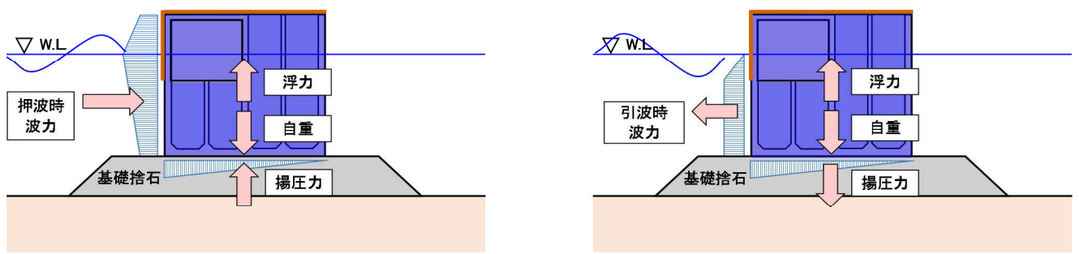
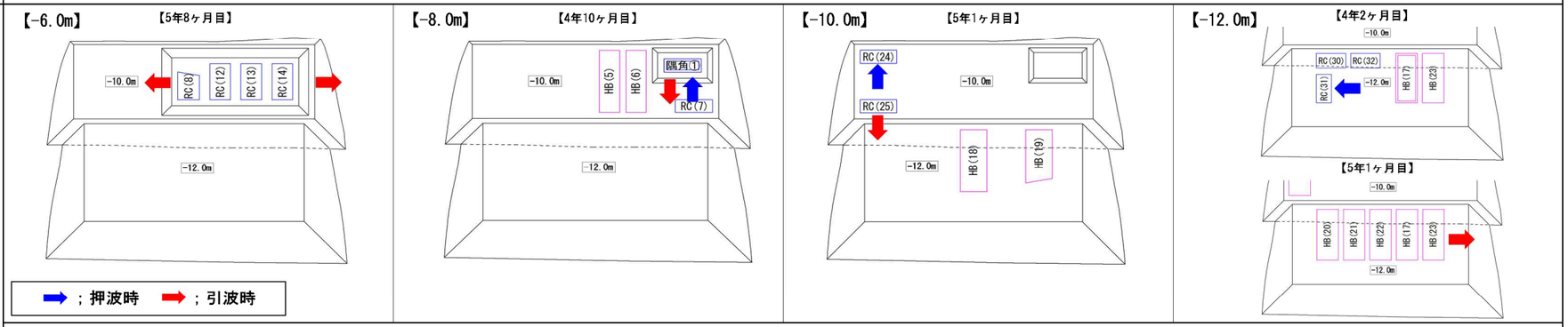
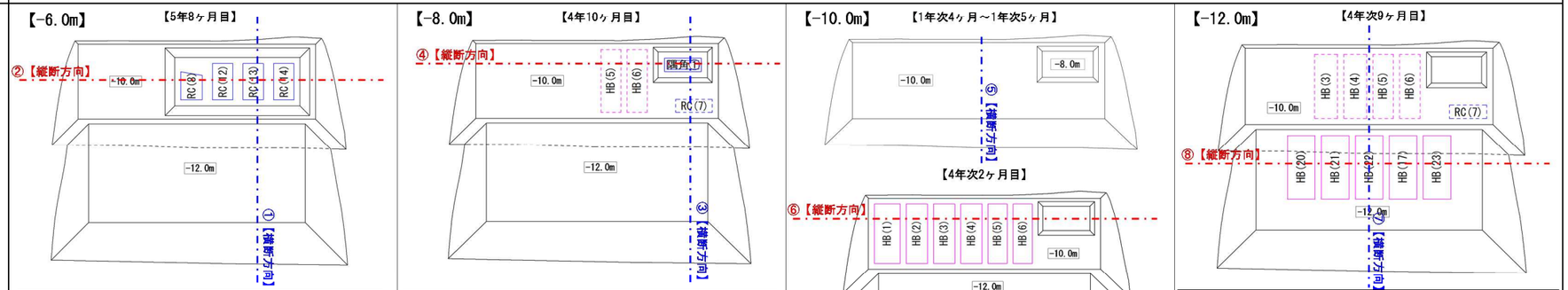


図 7.1-2 海上ヤード平面配置図

表 7.1-6 検討モデル

<table>
<tr><th>検討項目</th><th>検討モデル</th></tr>
<tr><td>滑動、転倒</td><td>
【押波時】　【引波時】


・ 検討は全てのケーソンを対象に、変動波浪（押波、引波）に対する照査を実施した。</td></tr>
<tr><td>基礎地盤の支持力</td><td>


・検討は各マウンドの法肩に近いケーソンを対象とした。
・検討は押波時と引波時の内、厳しいケースで行った。
・押波時は仮置時期に検討対象が直接波圧を受けないケースでは、偏心傾斜率が0.1未満となることから、検討はしないこととした。</td></tr>
<tr><td>円弧すべり</td><td>


・検討は各マウンドの縦断方向、横断方向を対象とした。
・図中番号は表7.1-9の検討ケースを示している。
・横断方向は水深が深くなる向きの検討を行った。
・縦断方向は水平成層を想定して検討を行った。
・各マウンドに作用する分布荷重は対象となるケーソンの内、最も大きくなる条件とした。
・載荷範囲は以下の条件とした。
【横断方向】法肩からの離隔をとったケーソン１函分とした。　【縦断方向】法肩からの離隔をとり、仮置の精度を考慮し、安全側に満載とした。</td></tr>
</table>

表 7.1-7 検討結果一覧（滑動・転倒）

マウンド天端高(m)	対象ケーソン	検討潮位	押波時				引波時				カウンターブロック	
			沈下前		沈下後【設計沈下量:0.5m】		沈下前		沈下後【設計沈下量:0.5m】		必要性	所要質量(t)
			滑動	転倒	滑動	転倒	滑動	転倒	滑動	転倒		
-6.00	No.14	H.W.L.	0.863 ≦ 1.0	0.339 ≦ 1.0	0.998 ≦ 1.0	0.405 ≦ 1.0	0.246 ≦ 1.0	0.068 ≦ 1.0	0.287 ≦ 1.0	0.085 ≦ 1.0	必要	212
		L.W.L.	0.402 ≦ 1.0	0.127 ≦ 1.0	0.457 ≦ 1.0	0.153 ≦ 1.0	0.108 ≦ 1.0	0.022 ≦ 1.0	0.125 ≦ 1.0	0.027 ≦ 1.0	不要	-
-8.00	隅角部(傾斜堤側)	H.W.L.	0.912 ≦ 1.0	0.635 ≦ 1.0	0.993 ≦ 1.0	0.705 ≦ 1.0	0.313 ≦ 1.0	0.160 ≦ 1.0	0.348 ≦ 1.0	0.189 ≦ 1.0	必要	678
		L.W.L.	0.446 ≦ 1.0	0.253 ≦ 1.0	0.492 ≦ 1.0	0.294 ≦ 1.0	0.159 ≦ 1.0	0.064 ≦ 1.0	0.178 ≦ 1.0	0.077 ≦ 1.0	不要	-
-10.00	No.25	H.W.L.	0.931 ≦ 1.0	0.743 ≦ 1.0	0.999 ≦ 1.0	0.808 ≦ 1.0	0.356 ≦ 1.0	0.230 ≦ 1.0	0.392 ≦ 1.0	0.264 ≦ 1.0	必要	763
		L.W.L.	0.506 ≦ 1.0	0.350 ≦ 1.0	0.551 ≦ 1.0	0.396 ≦ 1.0	0.193 ≦ 1.0	0.102 ≦ 1.0	0.212 ≦ 1.0	0.118 ≦ 1.0	不要	-
-12.00	No.31	H.W.L.	0.813 ≦ 1.0	0.555 ≦ 1.0	0.881 ≦ 1.0	0.610 ≦ 1.0	0.329 ≦ 1.0	0.178 ≦ 1.0	0.360 ≦ 1.0	0.203 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.571 ≦ 1.0	0.351 ≦ 1.0	0.618 ≦ 1.0	0.391 ≦ 1.0	0.214 ≦ 1.0	0.097 ≦ 1.0	0.234 ≦ 1.0	0.111 ≦ 1.0	不要	-

※カウンターブロックの所要質量は、沈下後に不足する耐力に相当する重量（作用耐力比が1になる重量）としている。
※作用耐力比はカウンターブロックを考慮した状態の値を示す。
※安定性照査の結果、最も厳しい結果に着色している。

表 7.1-8 検討結果一覧（基礎地盤の支持力）

マウンド天端高(m)	向き	対象ケーソン	検討潮位	押波時		引波時	
				沈下前	沈下後	沈下前	沈下後
				基礎の支持力			
-6.00	縦断方向	No.8	H.W.L.	-	-	0.275 ≦ 1.0	0.273 ≦ 1.0
			L.W.L.	-	-	0.285 ≦ 1.0	0.279 ≦ 1.0
		No.14	H.W.L.	-	-	0.631 ≦ 1.0	0.640 ≦ 1.0
			L.W.L.	-	-	-	-
-8.00	横断方向	隅角部(傾斜堤側)	H.W.L.	0.685 ≦ 1.0	0.733 ≦ 1.0	0.367 ≦ 1.0	0.373 ≦ 1.0
			L.W.L.	0.504 ≦ 1.0	0.514 ≦ 1.0	-	-
-10.00	横断方向	No.25	H.W.L.	-	-	0.418 ≦ 1.0	0.428 ≦ 1.0
			L.W.L.	-	-	0.371 ≦ 1.0	0.372 ≦ 1.0
		No.24	H.W.L.	0.933 ≦ 1.0	0.991 ≦ 1.0	-	-
			L.W.L.	0.611 ≦ 1.0	0.611 ≦ 1.0	-	-
-12.00	縦断方向	No.23	H.W.L.	-	-	0.592 ≦ 1.0	0.584 ≦ 1.0
			L.W.L.	-	-	-	-
		No.31	H.W.L.	0.572 ≦ 1.0	0.572 ≦ 1.0	-	-
			L.W.L.	0.578 ≦ 1.0	0.576 ≦ 1.0	-	-

※表中の"－"は偏心傾斜率が0.1以下となることから、検討は行っていない。

表 7.1-9 検討結果一覧（円弧すべり）

検討ケース	マウンド天端高(m)	向き	作用耐力比	
			マウンドのみ	仮置時
①	-6.00	横断方向	0.283 ≦ 1.0	0.562 ≦ 1.0
②		縦断方向	0.498 ≦ 1.0	0.649 ≦ 1.0
③	-8.00	横断方向	0.521 ≦ 1.0	0.523 ≦ 1.0
④		縦断方向	0.465 ≦ 1.0	0.701 ≦ 1.0
⑤	-10.00	横断方向	0.721 ≦ 1.0	- ≦ 1.0
⑥		縦断方向	0.545 ≦ 1.0	0.658 ≦ 1.0
⑦	-12.00	横断方向	0.996 ≦ 1.0	0.941 ≦ 1.0
⑧		縦断方向	0.624 ≦ 1.0	0.684 ≦ 1.0

※検討結果は沈下前の結果を示す。
なお、沈下後は地盤のせん断強度が増加し、安全側となるため、検討は省略した。
※-10.00mはケーソン仮置時には-12.00mマウンドが施工されているため、検討は行っていない。

7.1.6 被覆材の設定

設置する被覆材は、下記の内容に基づき設定した。

① 被覆材の所要質量は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.238～239[※7.1-11] に準拠し、被覆材の形状、勾配、被害率等によって決まる安定数 Ns によるハドソン式を用いて算出した。

② 安定数 Ns は、「港湾空港技術研究所報告,VOL43,NO.1,March2004」 P.59～68 に準拠し、設定した。

③ 仮設構造物であるため、根固用袋材により被覆するものとした（根固用袋材の規格は「ラブルネット積層工法 設計・施工マニュアル」P.98[※7.1-12] に準拠し、1t 用、2t 用、3t 用、4t 用とした。

④ 被覆材の規格は、施工速度の比較検討[※7.1-13] を行い、設定した。

検討結果[※7.1-14] を基に設定した被覆材の規格を表 7.1-10 に示す。

表 7.1-10 各マウンドにおける設定した被覆材の規格一覧

マウンド天端高	潮位	所要質量(t)	被覆材の規格(t 型)	
			所要質量による規格	施工速度による規格
C.D.L.-6m	H.W.L.	2.07	3	4
	L.W.L.	1.26	2	
C.D.L.-8m	H.W.L.	1.42	2	4
	L.W.L.	0.70	1	
C.D.L.-10m	H.W.L.	1.42	2	4
	L.W.L.	0.70	1	
C.D.L.-12m	H.W.L.	2.55	3	4
	L.W.L.	2.17	3	

（　白　紙　）

7.2 中仕切護岸及び揚土場の検討

前述の「4.2 工程短縮の方策及び効果」において、設置及び追加することとした中仕切護岸及び揚土場について検討を行う。

7.2.1 中仕切護岸及び揚土場の配置

中仕切護岸（N 護岸）及び揚土場の配置については、以下の考え方に基づき図 7.2-1 のように決定した。

① 海上施工である SD 工法による地盤改良に極力影響を与えないよう配置
② 陸上施工となる PD 工法を早期に行えるよう、その範囲を囲み中仕切護岸（N-1、N-6、N-7）を配置
③ 地盤の安定性から、基本的に礫質土層（Aco-g 層）上に配置
④ N-7 護岸は、礫質土層（Aco-g 層）上に配置できないため、Avf-s 層上に配置
⑤ 揚土場は、リクレーマ船による揚土に必要となる作業船（土運船）の喫水を考慮し、C.D.L.-6.0m[※7.2-1]を確保できる位置に配置

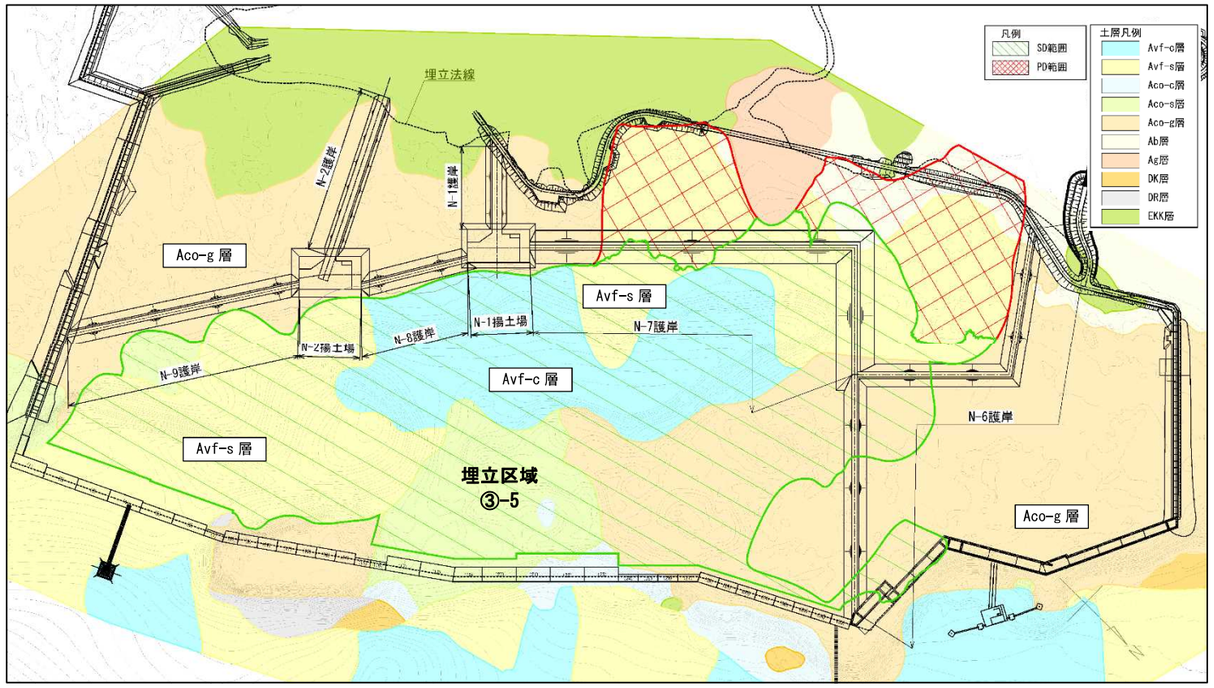


図 7.2-1 中仕切護岸及び揚土場の平面配置図

7.2.2 設計条件の設定

(1) 設計波

設計波は、第 1 回技術検討会において提示した 10 年確率の沖波諸元を用いて波高を算出し、各工区内において最も大きい波高を採用した[※7.2-2]。採用した設計波を表 7.2-1 に示す。

表 7.2-1 各工区における被覆材の所要質量の算出に使用する設計波

周期 T：SE：14.9(s)　SSE：15.4(s)

工区	波向	潮位	有義波高 $H_{1/3}$(m)	工区	波向	潮位	有義波高 $H_{1/3}$(m)
N-1	SE	H.W.L.	1.4	N-6	SE	H.W.L.	2.3
		L.W.L.	1.1			L.W.L.	1.6
N-1 揚土場	SE	H.W.L.	1.3	N-7	SE	H.W.L.	2.3
		L.W.L.	1.1			L.W.L.	1.5
N-2	SE	H.W.L.	1.5	N-8	SE	H.W.L.	1.6
	SSE	L.W.L.	1.0			L.W.L.	1.0
N-2 揚土場	SE	H.W.L.	1.9	N-9	SE	H.W.L.	2.0
		L.W.L.	1.1			L.W.L.	1.7

(2) 地盤条件

地盤条件は、第 1 回技術検討会において提示した値を用いた。土質定数を表 7.2-2 に示す。

表 7.2-2 中仕切護岸及び揚土場における土質定数

土質区分	単位体積重量(kN/m³)		φ(°)	c (kN/m²)
	飽和	湿潤		
Avf-s	18.5	17.6	-	14.4+3.07Z
Avf-c	18.4	18.2	-	11.4+1.62Z
Aco-g	19.3	18.4	40	-

注）Z の基準：GL±0.0

(3) 材料条件

使用する材料の特性値は「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.447、P498[※7.2-3]に準拠し設定した。材料の特性値を表 7.2-3 及び表 7.2-4 に示す。

表 7.2-3 単位体積重量の特性値

材　料	単位体積重量 γ (kN/m³)
無筋コンクリート	22.6

出典:　「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.447

表 7.2-4 石材の特性値

材　料	せん断抵抗角 φ（°）	単位体積重量	
		水面上 γ t(kN/m³)	水中 γ '(kN/m³)
基礎捨石	40	18.0	10.0
裏込石	40	18.0	10.0

出典:　「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.447,498

7.2.3 断面諸元の設定

施工方法及び設計波を基に、中仕切護岸及び揚土場の諸元を設定する。

(1) 天端高

天端高は「実際に役立つ港湾の計算例」P.90～91[※7.2-4]に準拠し、$H_{1/10}$[※7.2-2]を用いて以下のとおり、設定した。

天端高 ＝M.S.L.+1.5×$H_{1/10}$＝C.D.L.+1.30m+1.5×1.8＝C.D.L.+4.0m

(2) 中仕切護岸の天端幅

中仕切護岸の天端幅は、使用機械の作業が可能な幅[※7.2-5]により設定した。

N-1,N-2 護岸：15m（重ダンプトラック（アーティキュレートダンプ 40t 級）の対面通行が可能な幅）

N-6～9 護岸： 8m（クローラクレーン 150t 吊が作業可能な幅）

(3) 揚土場の平面形状

揚土場の平面形状は、使用機械の作業が可能な形状[※7.2-6]を設定した。

平面形状：95m×50m（リクレーマ船による揚土と中仕切護岸構築との同時施工が可能な平面形状）

(4) 被覆材の所要質量

被覆材は、所要質量を算出[※7.2-7,8,9]後、施工速度についてランク比較[※7.2-10]を行い規格を設定した。

施工速度を比較した結果、施工速度が速い 4t 型を採用した。

7.2.4 地盤の安定性能照査

中仕切護岸の背後地が埋立てられていない場合（施工時）及び埋立てられた場合（完成時）の検討ケース[※7.2-11]並びに検討条件[※7.2-12]を整理し、円弧すべり計算[※7.2-13]によって作用耐力比を計算し、照査した[※7.2-14]。

地盤の安定性能照査の結果、最も厳しい N-7 及び N-8 を代表とし、これらについての照査結果と断面及び揚土場の形状図[※7.2-15]を表 7.2-5、図 7.2-2、図 7.2-3、図 7.2-4 に示す。

表 7.2-5 地盤の安定性能照査結果

工区	作用耐力比	
	施工時	完成時
N-7	0.959≦1.0	0.988≦1.0
N-8	0.987≦1.0	0.963≦1.0

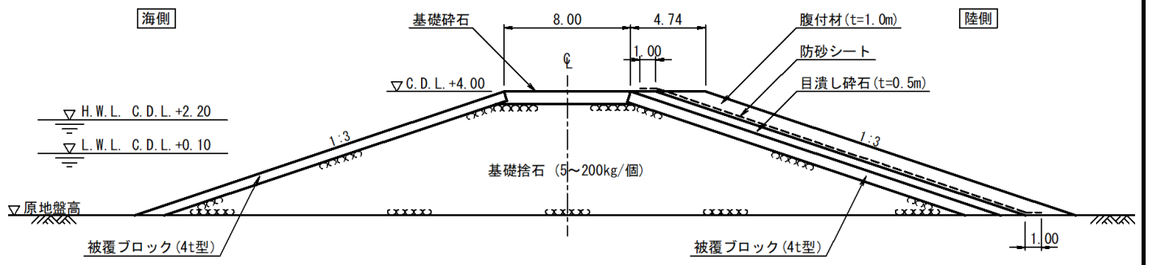


図 7.2-2 中仕切護岸断面図(1)
（中仕切護岸 N-7）

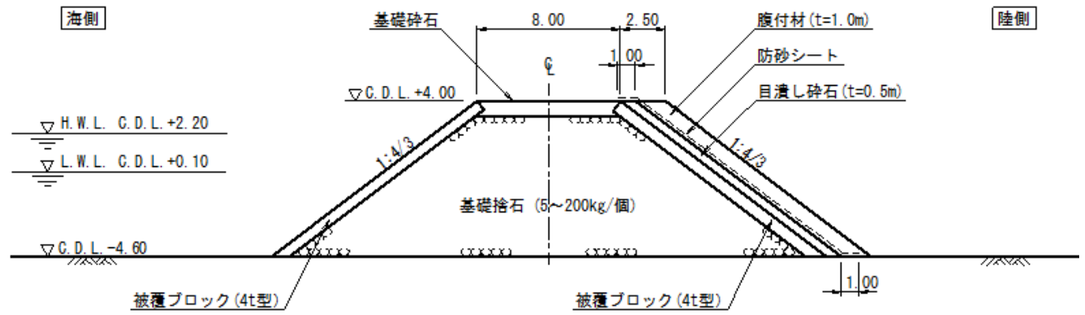


図 7.2-3 中仕切護岸断面図(2)
（中仕切護岸 N-8）

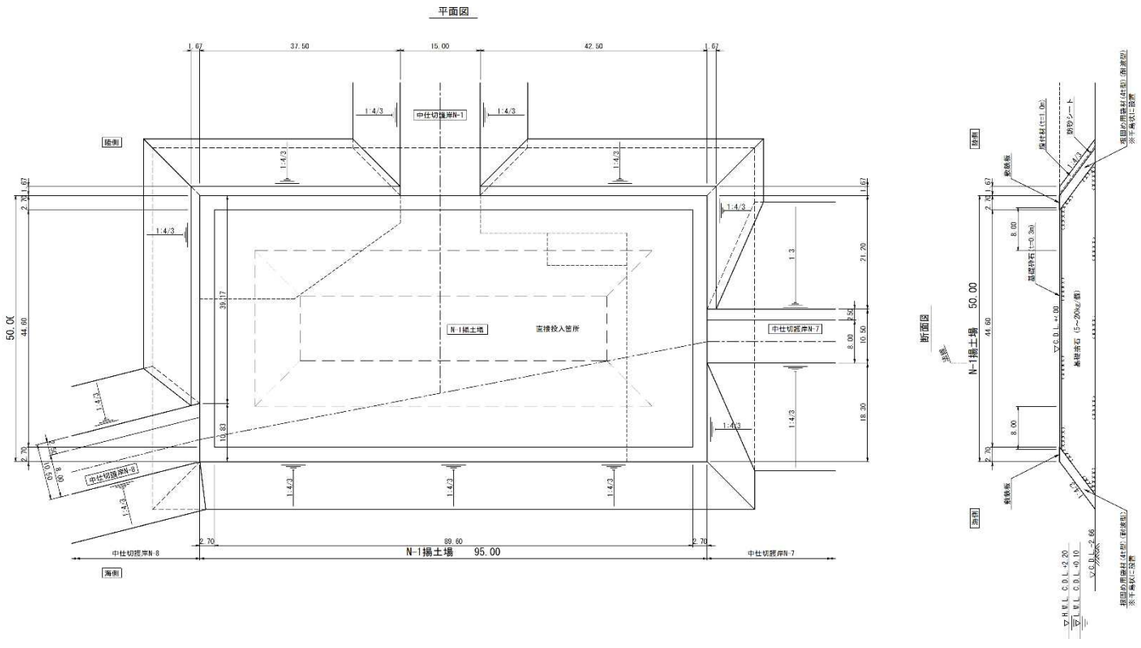


図 7.2-4 揚土場の形状図(N-1 揚土場)

7.3　陸上ヤード

護岸整備に用いる各種ブロックの製作・仮置に当たっては、製作・仮置後運搬待ちが生じ、結果、据え付け作業が中断されることがないよう、施工区域内においてその製作・仮置に必要となる陸上ヤードの確保を検討した。なお、陸上ヤードの面積は、各種ブロック等の製作個数を勘案し、必要最小限となるよう計画する。

7.3.1　ヤード必要面積の算定方法

傾斜堤護岸及びケーソン式護岸に用いるコンクリートブロックを製作・養生・仮置するヤード面積を図 7.3-1 に示すフローにより算定することとし、結果の詳細は注釈説明集※7.3-1 に示す。

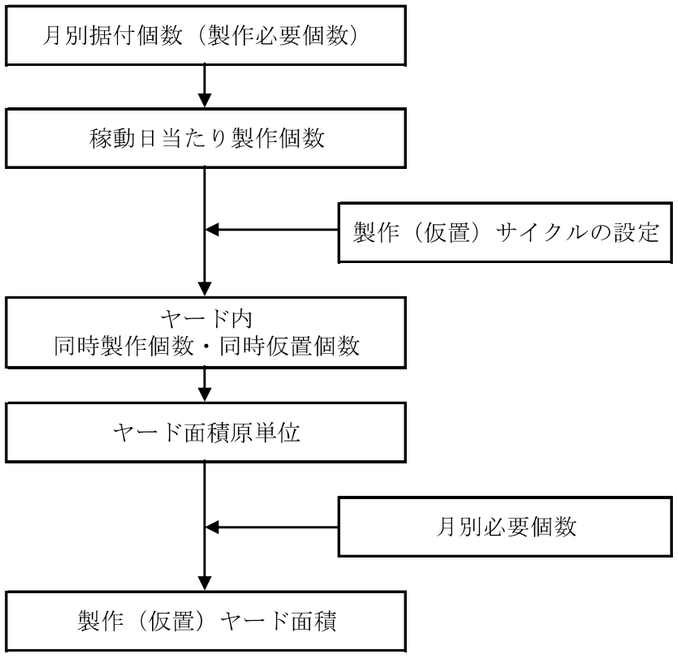


図 7.3-1　ヤード面積算定フロー

7.3.2　ヤード必要面積の算定結果

施工工程から陸上ヤードとして利用可能な面積を表 7.3-1 に示す。また、陸上ヤードとして必要な面積と陸上ヤードとして利用可能な面積を比較した結果を図 7.3-2 に示す。

ここで、10～26 ヶ月の間は、埋立区域③-1 の埋立が完了していないことから埋立区域②-1、②を暫定で使用することとする。しかし、埋立区域②-1 は、C.D.L.+4.0m の埋立途中に利用し、埋立区域②は埋立土砂の仮置として利用する予定であることから、27 ヶ月目以降の埋立区域③-1 に移行するまでの限定した期間で利用する。そのため、埋立区域②-1、②の利用可能面積は、埋立区域③-1 と同じ面積を上限として利用する計画とした。

表 7.3-1　陸上ヤードとして利用可能な面積

期間	利用区域	利用可能面積
1ヵ月目　～　10ヵ月目	敷地内陸上ヤード	6.5ha
11ヵ月目　～　22ヵ月目	埋立区域②-1	2.9ha
23ヵ月目　～　26ヵ月目	埋立区域②	2.9ha
27ヵ月目　～　33ヵ月目	埋立区域③-1	2.9ha
34ヵ月目　～　62ヵ月目	埋立区域③-1 ＋埋立区域③-3	7.2ha

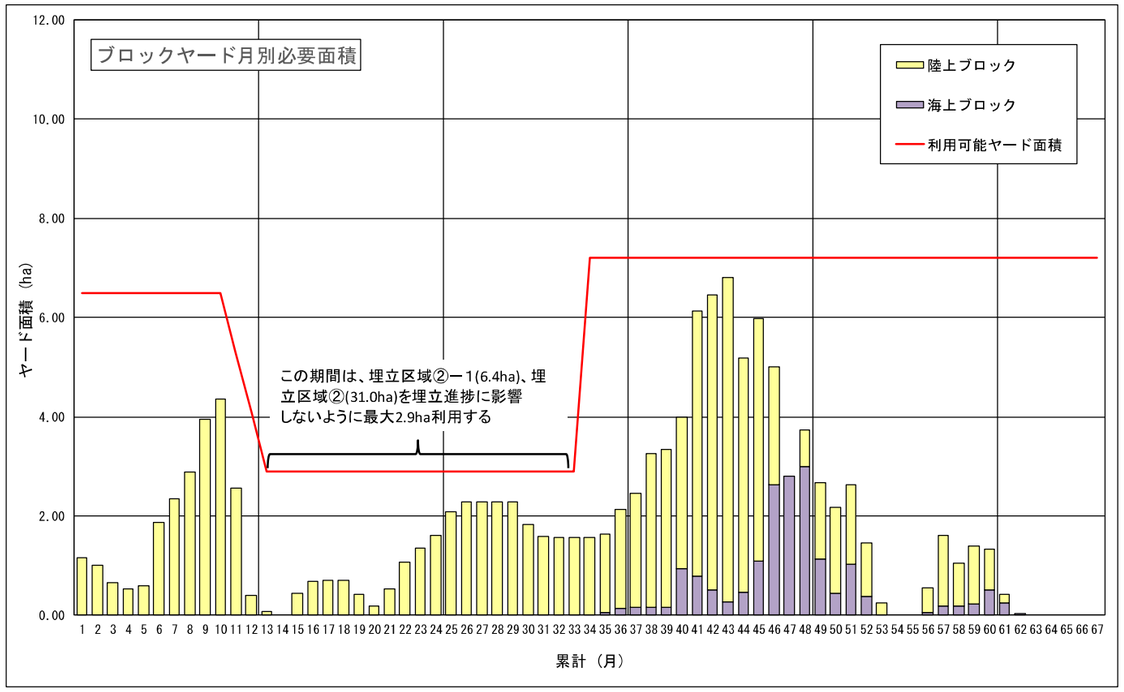


図 7.3-2　陸上ヤードとして必要な面積と利用可能な面積の比較

結果として、キャンプシュワブ敷地内で、陸上ヤードとして必要面積を確保できることが確認された。この検討結果から、現埋立承認申請で計画された辺野古ヤードの埋立は不要となる。

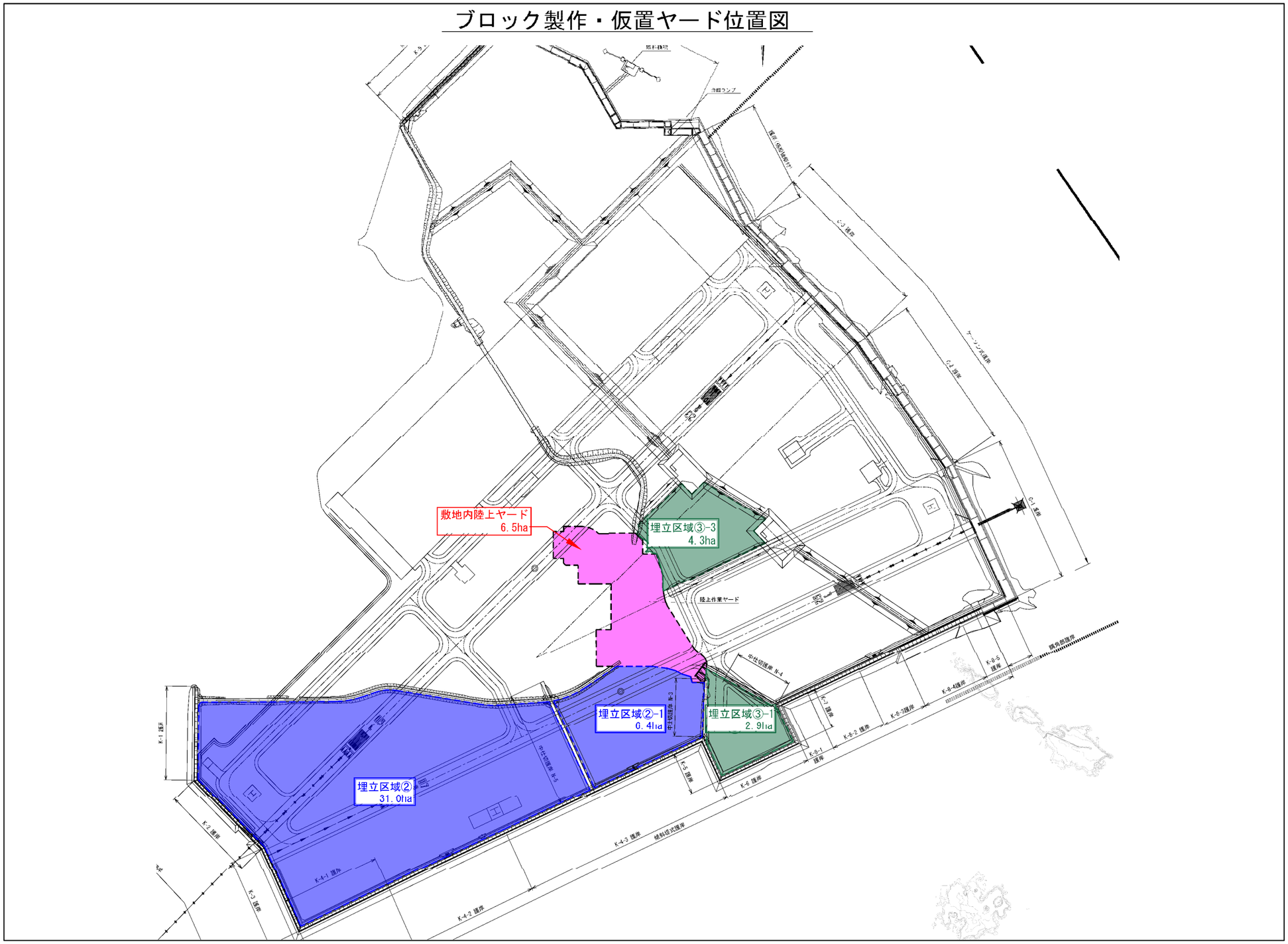


図 7.3-3　ブロック製作・仮置ヤード位置図

8. 施工工程を踏まえた C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の壁体及び地盤の安定性能照査

8.1 C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の設計フロー

第２回技術検討会において提示した、C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の設計フローを図 8.1-1 に示す。

本項目においては、⑫施工工程の検討を踏まえ、壁体及び地盤の安定性能照査を行う。なお、第 2 回技術検討会と同様に、C-1-1-1 工区を代表として、安定性能照査の考え方と結果を示す。

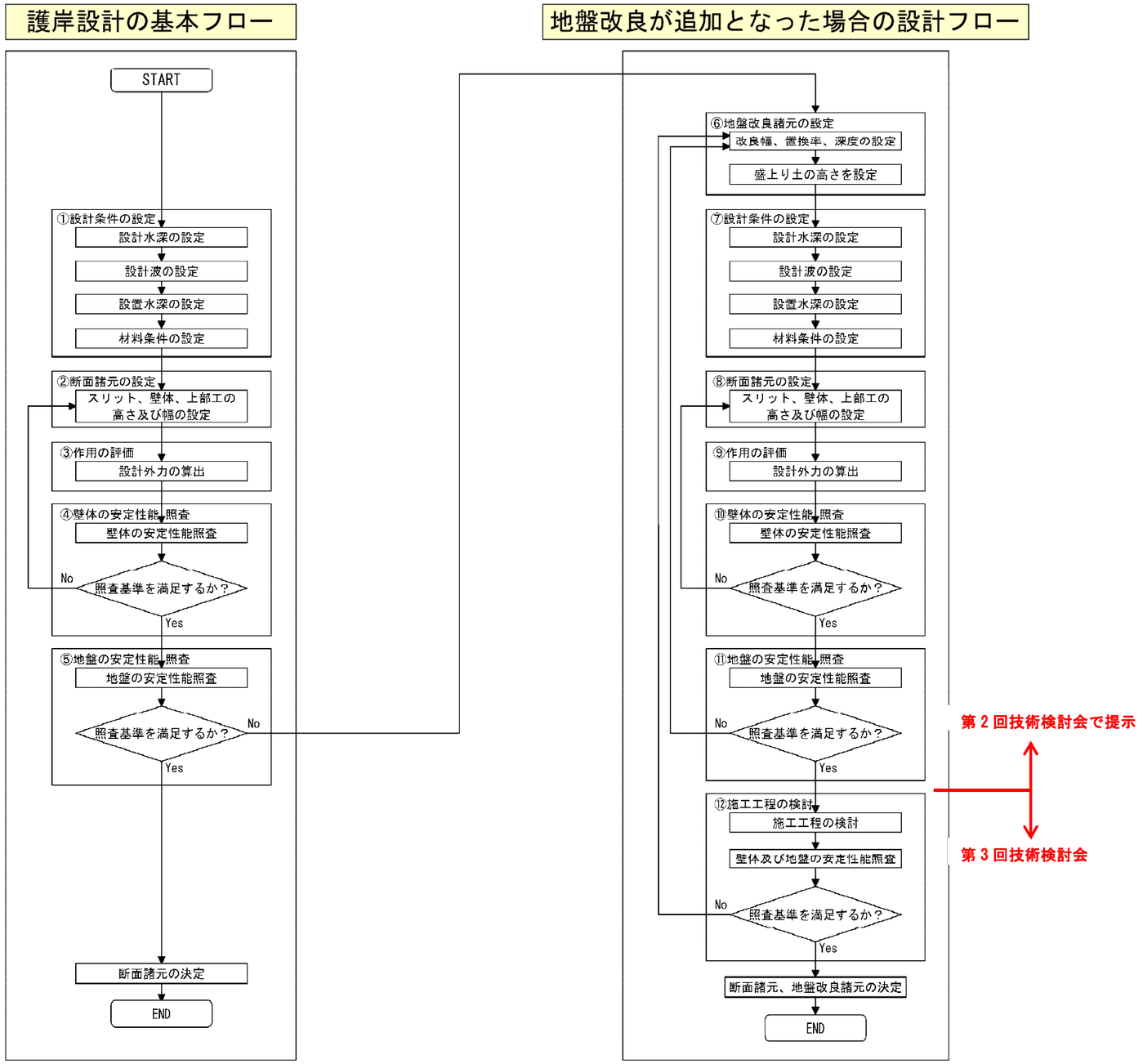


図 8.1-1 C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の設計フロー

8.2　壁体及び地盤の安定性能照査の考え方

8.2.1　施工工程を踏まえた照査

施工工程の検討結果を踏まえ、基礎捨石の設置や SCP 工法の施工に伴う盛上り土等の漸増荷重を考慮し、壁体及び地盤の安定性能照査を行った。

(1)　漸増荷重

検討に考慮した漸増荷重は以下のとおり。

■護岸部における漸増荷重

① ＳＣＰ工法の施工に伴う盛上り土（敷砂を含む）の荷重
② 基礎捨石の設置による荷重
③ スリットケーソンの据付による荷重
④ 根固・被覆・裏込石の設置による荷重
⑤ 上部工の施工による荷重

■埋立部における漸増荷重

⑥ 埋立土砂（敷砂及び軽量盛土を含む）の投入による荷重（下記の 3 区分で考慮） ・外周護岸閉鎖後の海上埋立：現地盤～C.D.L.-2.5m まで、C.D.L.-2.5m～C.D.L.+4.0m まで ・陸地化後の埋立　　：C.D.L+4.0m～C.D.L.+10m まで

■漸増荷重のイメージ及び載荷時期

	工程	開始 Y	開始 M	終了 Y	終了 M
護岸部	① SCP盛上り土	0	7.2	2	5.1
護岸部	② 基礎捨石	2	10.5	3	2.5
護岸部	③ スリットケーソンの据付	3	7.7	3	10.2
護岸部	④ 根固・被覆・裏込石	3	10.7	4	5.3
護岸部	⑤ 上部工	6	9.0	7	4.6
埋立部	⑥ 埋立土砂（海上埋立）(CDL-2.5mまで)	5	7.5	7	1.0
埋立部	埋立土砂（海上埋立）、軽量盛土 (CDL+4.0mまで)	7	1.0	7	2.4
埋立部	埋立土砂（陸地化後埋立）(CDL+4.0m～10.0m)	7	2.4	7	11.8

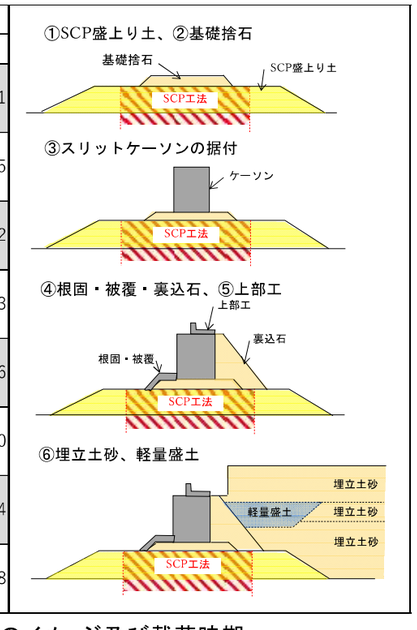


図 8.2-1　C-1-1-1 工区の築造に係る漸増荷重のイメージ及び載荷時期

(2)　地盤の沈下に対する照査

■照査方法

第２回技術検討会で提示した地盤の沈下に対する照査と同様の方法にて照査した。

なお、一次圧密沈下量の算出に用いる圧縮曲線（e-log p 曲線）は、図 8.2-1 の工種毎の施工工程を基に漸増荷重を考慮し、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.781[※8.2-1] に参考文献として示される「バーチカルドレーン工法の設計と施工管理」の漸増載荷時の沈下曲線の補正方法に準拠し補正した。

■照査結果

スリットケーソン据付から設計供用期間（埋立工事、飛行場施設整備及び飛行場認証等に必要な手続きを経た時点から 50 年間）末までに生じると予測される沈下量を表 8.2-1 に示す。

表 8.2-1　スリットケーソン据付から設計供用期間末までの予測沈下量(C-1-1-1)

土層		埋立法線 1次圧密 (cm)	埋立法線 2次圧密(cm) （前半）	埋立法線 2次圧密(cm) （後半）	埋立法線 計 (cm)
改良部	盛上り土	5	2	1	8
改良部	Avf-s	6	3	2	11
改良部	Avf-c	15	6	3	24
未改良部	Avf-c（未貫通SCP）	12	4	2	18
未改良部	Avf-c2（未貫通SCP）	29	11	7	47
沈下量計（平均）		67	26	15	108
沈下量計(割増後)		80	34	20	134

※第2回技術検討会において提示した地盤特性のバラツキを考慮した割増率
一次圧密（Avf-c：20%、Avf-c2：20%、Avf-s：20%）
二次圧密前半（Avf-c：30%、Avf-c2：30%、Avf-s：30%）
二次圧密後半（Avf-c：40%、Avf-c2：20%、Avf-s：40%）

■全工区の照査結果

表 8.2-2 のとおり、全ての工区[※8.2-2]において、今回の照査結果による沈下量が、第２回技術検討会において提示した設計沈下量の範囲内である結果となった。

よって、第２回技術検討会において提示した全ての工区の壁体の諸元を決定諸元とした。

表 8.2-2　C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の地盤の沈下に対する照査結果一覧

区分＼工区	C-1護岸		C-2護岸		C-3護岸			護岸（係船機能付）
	C-1-1-1	C-1-1-2	C-2-3-1	C-2-4-1	C-3-1-1	C-3-1-2	C-3-2-1	
今回の照査結果による沈下量[注1)](m)	1.34	0.61	0.25	0.26	0.30	0.34	0.19	0.09
第2回技術検討会提示の設計沈下量(m)	1.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.10

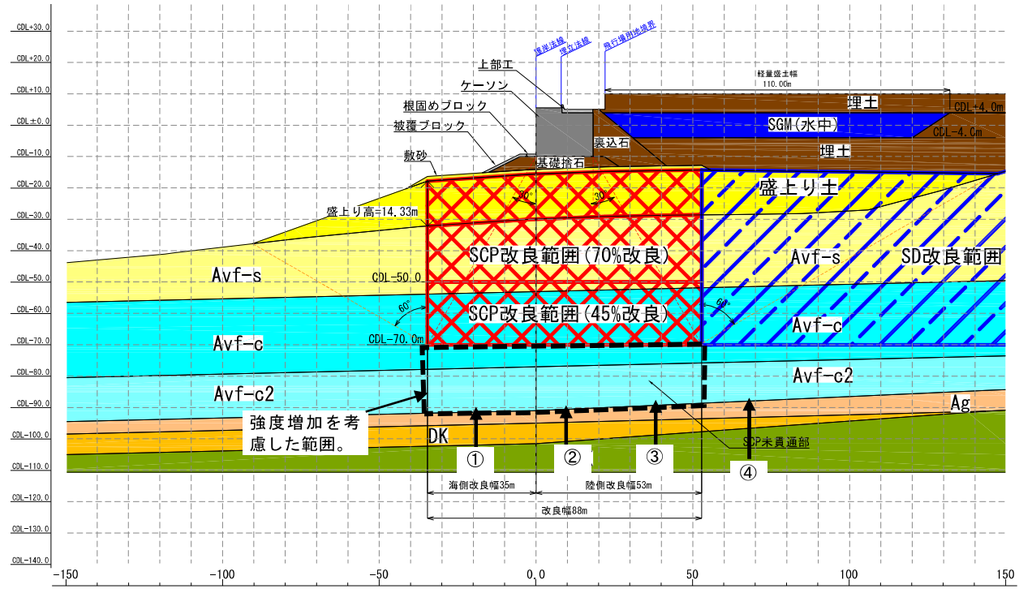
注1）バラツキを考慮した一次圧密沈下量及び二次圧密沈下量の合計値。

(3)　地盤の安定性能照査

■照査方法

第２回技術検討会で提示した地盤の安定性能照査と同様の方法にて照査した。

なお、ＳＣＰ改良部、ＳＣＰ未貫通部及びＳＤ改良部における圧密度は、図 8.2-1 の工種毎の施工工程を基に、漸増荷重を考慮し、図 8.2-2 のとおりとした。



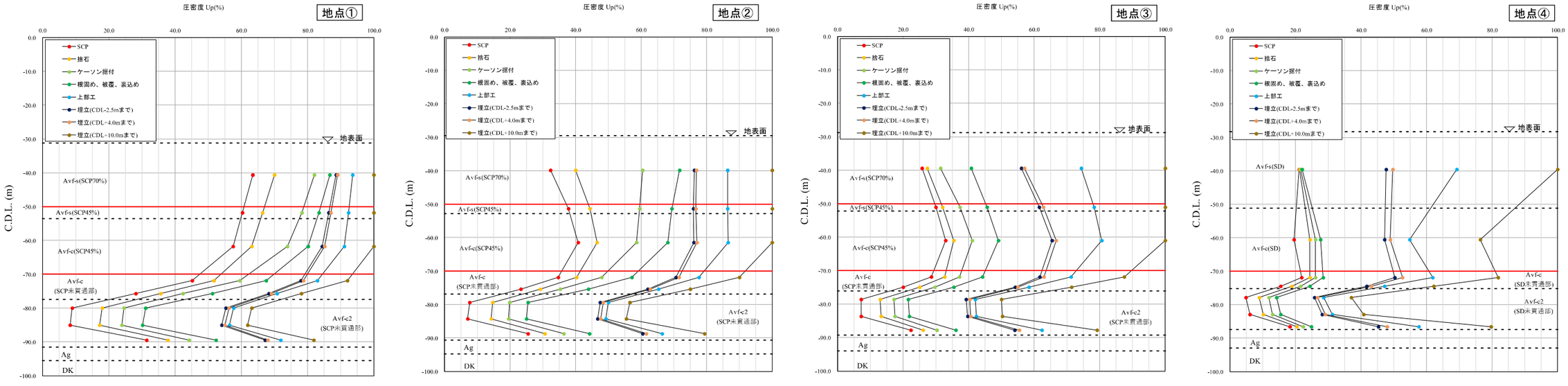


図 8.2-2　圧密度の算定結果

■照査結果

施工時及び完成時の照査結果を図 8.2-3 及び図 8.2-4 に示す。

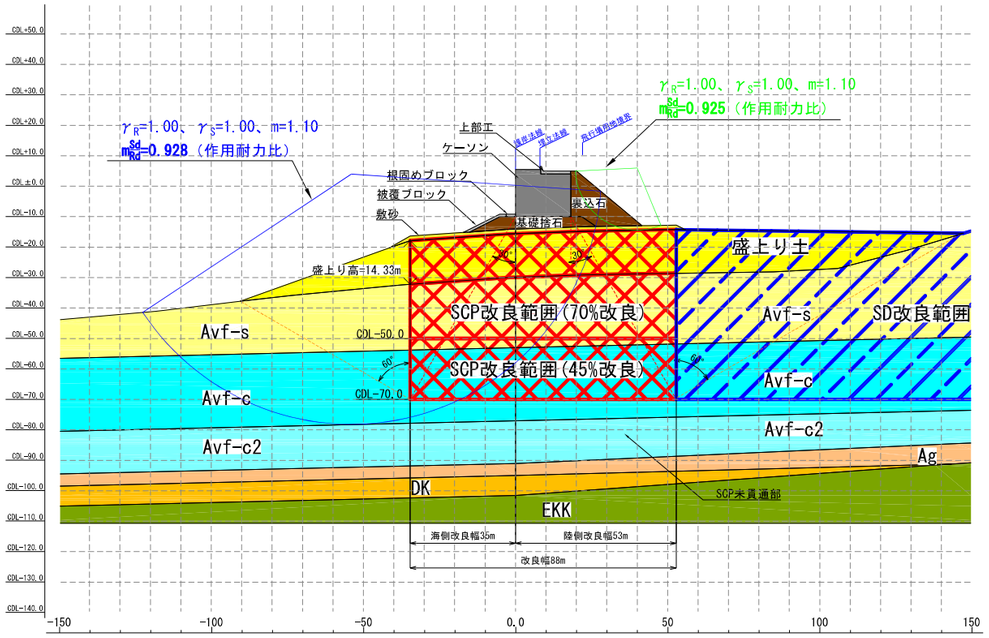


図 8.2-3 C-1-1-1 工区の地盤の安定性能照査結果（施工時）

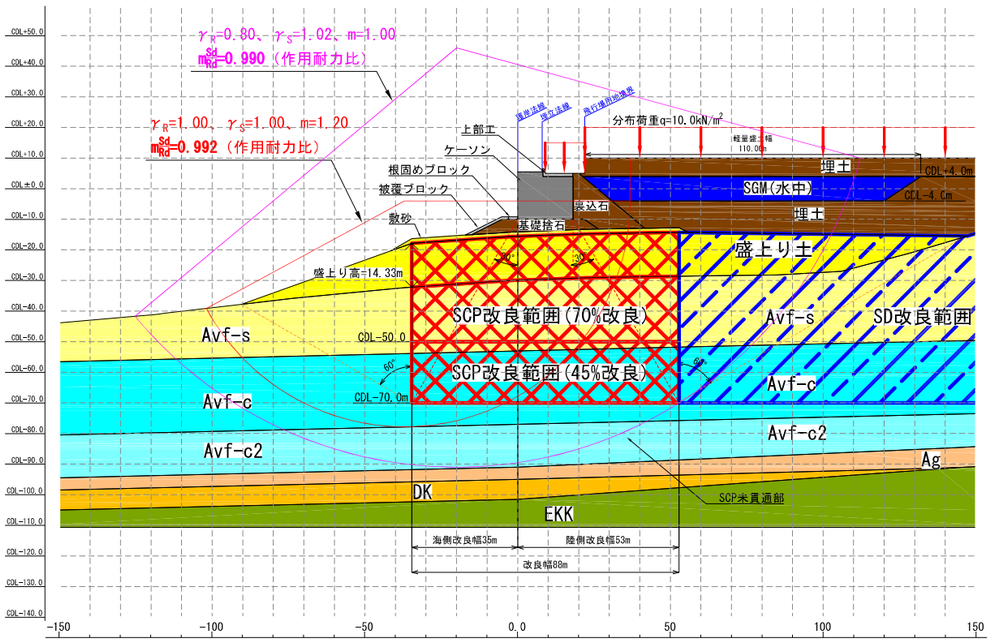


図 8.2-4　C-1-1-1 工区の地盤の安定性能照査結果（完成時）

■全工区の照査結果

全ての工区※8.2-3において、作用耐力比を満足（１.00 以下）する結果となった。

よって、第２回技術検討会において提示した全ての工区の地盤改良範囲及び深度を決定諸元とした。

表 8.2-3 C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の地盤の安定に対する照査結果一覧

区分＼工区	C-1護岸		C-2護岸		C-3護岸			護岸（係船機能付）
	C-1-1-1	C-1-1-2	C-2-3-1	C-2-4-1	C-3-1-1	C-3-1-2	C-3-2-1	
作用耐力比(施工時)	0.928	0.971	0.872	0.985	0.894	0.986	0.997	0.859
作用耐力比(完成時)	0.992	0.995	0.976	0.998	0.996	0.863	0.984	0.965

※完成時は、圧密度を考慮した強度増加を見込んでいるが、施工時は、強度増加は見込んでいない。

8.3　FEM 解析による変形照査

第 2 回技術検討会において、SCP 工法と SD 工法は地盤の剛性が異なるため、埋立時にはその境界部に応力集中が発生し、埋立地に一次元圧密沈下解析で予測できないような沈下が発生していないことを確認しておくよう助言を受けた。

また、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」の SCP 改良地盤の性能照査においては、低置換率の SCP 工法が対象ではあるが、構造物の全体安定性の検討は数値解析を行うなど、十分な注意が必要ともされている。

そこで、FEM 解析を用いて地盤の変形を照査し、確認した。

8.3.1　解析モデル

解析断面を図 8.3-1 に示す。粘性土及び中間土が堆積する C-1-1-1 工区において解析を行った。解析条件は注釈集[※8.3-1]に示す。

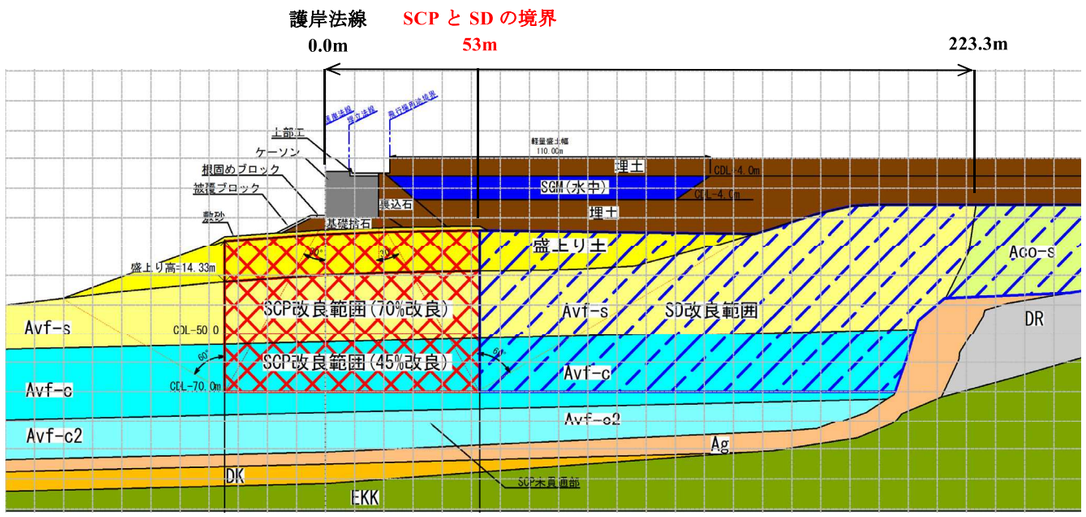


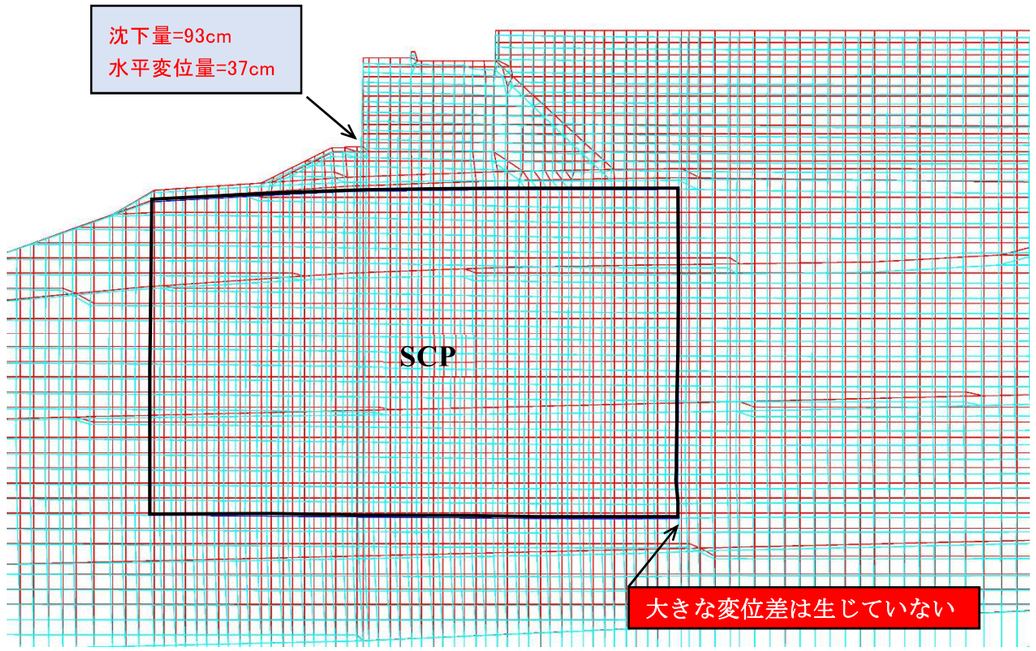
図 8.3-1　解析断面(C-1-1-1 工区)

8.3.2　変形照査結果

図 8.3-2 に示すとおり、護岸の沈下量は 93cm、水平変位量は 37cm であり、飛行場の運用に影響を及ぼすような護岸の変形は確認されなかった。

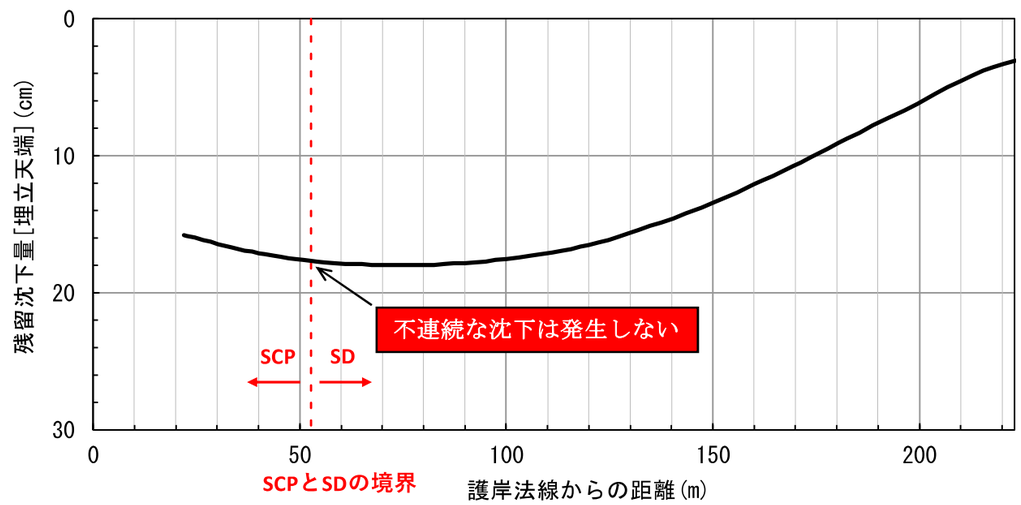
地中部においても現地盤、SCP 工法による改良部、SD 工法による改良部のそれぞれの境界に異常な応力集中による変形は確認されなかった。

なお、埋立地の残留沈下については、図 8.3-3 に示すとおり、SCP 工法による改良部と SD 工法による改良部との境界における不連続な沈下も確認されなかった。



スリットケーソン据付から設計供用期間末時点の変位図

図 8.3-2　変位メッシュ図



設計供用期間開始時点から設計供用期間末時点の残留沈下量

図 8.3-3　埋立地の残留沈下量

9. 施工工程を踏まえたＡ護岸の安定性能照査

9.1　A護岸の設計フロー

第２回技術検討会において提示した、Ａ護岸の設計フローを図 9.2-1 に示す。
本項目においては、⑧施工工程の検討を踏まえ、壁体の安定性能照査を行う。
なお、第２回技術検討会と同様、A-1-1-1 工区を代表として、安定性能照査の考え方と結果を示す。

9.2　壁体の安定性能照査の考え方

後述の埋立地内の沈下の検討において、粘性土及び中間土が堆積する箇所は、埋立完了後の残留沈下量の低減を目的として、SD 工法による施工を行う。

Ａ護岸の二重鋼管矢板構造の中詰部分（前背面２列の鋼管矢板の間の部分）においても同様に、粘性土及び中間土が堆積する箇所は、SD 工法による施工を行う。

壁体の安定性能照査においては、中詰部分及び護岸背後の埋立地の沈下により発生する鋼管矢板の周面に働く下向きの摩擦力（負の周面抵抗力：ネガティブ･フリクション）に対する安定性能照査を行う。

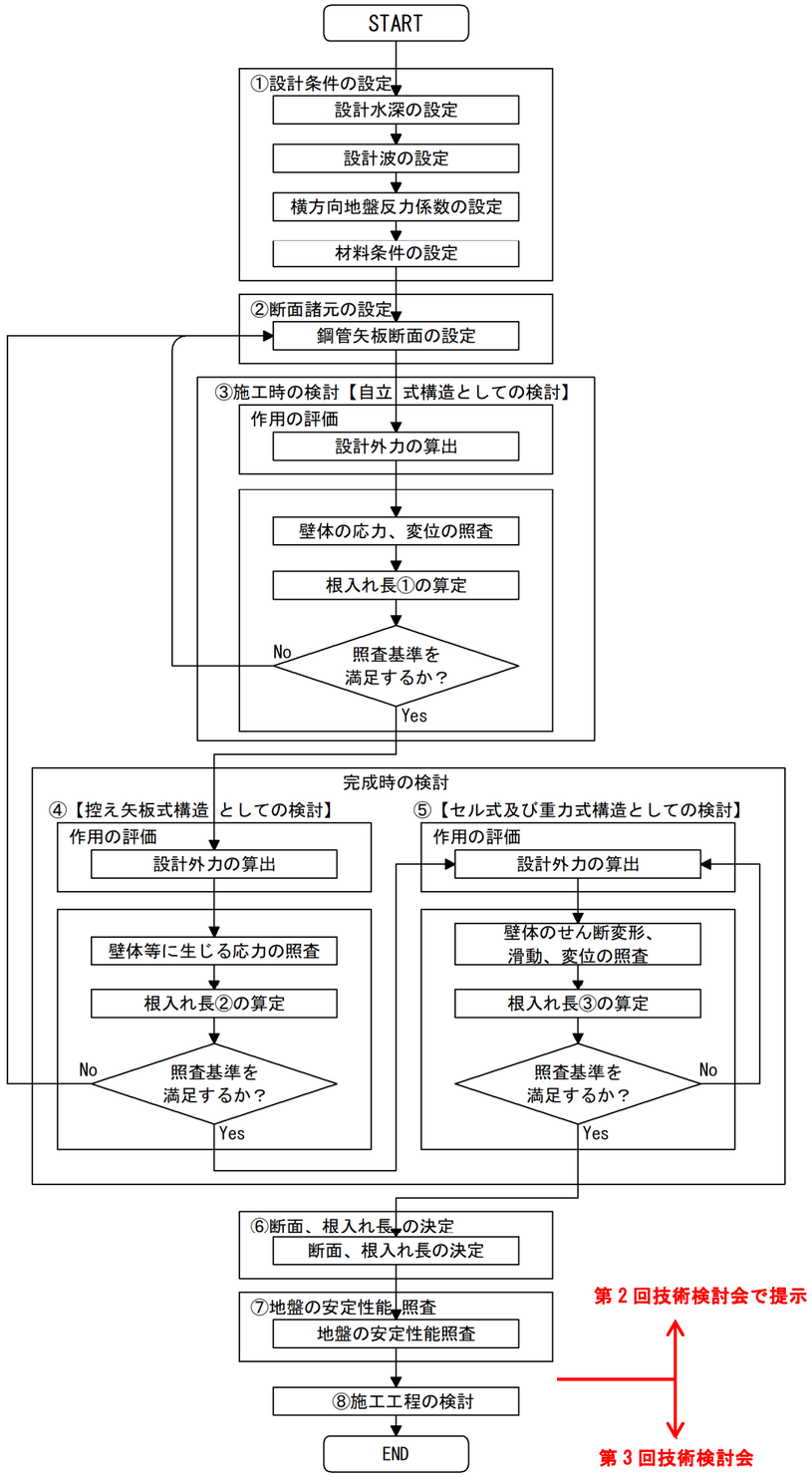


図 9.2-1　A護岸の設計フロー

9.2.1　壁体の安定性能照査

考え方

・壁体の安定性能照査項目と作用の組合せ

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合せを表 9.2-1 に、各設計状態のイメージを図 9.2-3 に示す。壁体の安定性能照査の項目は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.727～729 等※9.2-1 に準拠し、表 9.2-1 のとおりとした。

潮位は、残留水圧が設計外力として大きく作用することとなる L.W.L.とした。

表 9.2-1　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合せ

検討状態	設計状態	照査項目	潮位	作用（設計外力）の組合せ				
				軸方向力	ネガティブ・フリクション	土圧	上載荷重	残留水圧
完成時	主たる作用が土圧である永続状態	・鋼管矢板の支持力 ・鋼管矢板の応力	L.W.L.	○	○	○	○	○

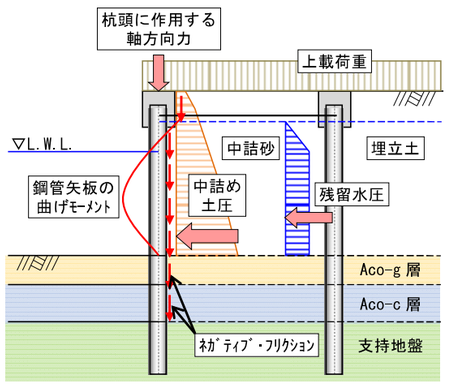
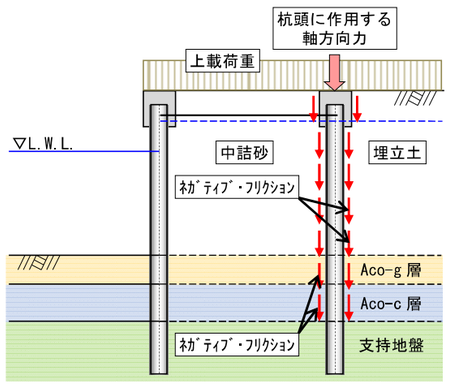
検討状態	完成時	
設計状態	主たる作用が土圧である永続状態	
対象部材	前面鋼管矢板	背面鋼管矢板
イメージ図		

図 9.2-3　設計状態のイメージ

・設計外力の算出

①土圧（完成時）、上載荷重（完成時）、残留水圧（完成時）

壁体に作用する土圧、上載荷重、残留水圧は、第２回技術検討会の護岸設計（A護岸）において提示した内容と同様とする。

②軸方向力

中間土は、砂質土としての特性も有するが、粘性土としてより安全な検討を行った。

壁体に作用する軸方向力は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.727～729 等※9.2-1 に準拠し設定した。

③ネガティブ・フリクション

壁体に作用するネガティブ・フリクションは、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.727～729 等※9.2-1 に準拠し算定した。

ネガティブ・フリクションは、前面鋼管矢板及び背面鋼管矢板の場合において、それぞれ以下に示すとおり作用することとした。

・前面鋼管矢板：中詰砂側の半周分に作用する。
・背面鋼管矢板：中詰砂側と埋立土側の全周分に作用する。

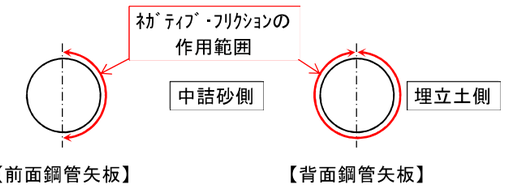


図 9.2-2　ネガティブ・フリクションの作用範囲（平面イメージ）

・壁体の支持力

壁体の支持力の算定及び照査

壁体の支持力の算定及び照査は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.727～729 等※9.2-1 に準拠し行った。

・壁体の応力

壁体の応力度の算定及び照査

壁体の応力度の算定及び照査は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.727～729 等※9.2-1 に準拠し行った。

結果

壁体の支持力の照査を行った結果を表 9.2-2 に、壁体の応力度の照査を行った結果を表 9.2-3 に示す。

表 9.2-2 壁体の支持力の照査結果（作用耐力比）

設計工区	永続状態	
	海側矢板	陸側矢板
A-1-1-1 工区	0.614 ≦ 1.0	0.724 ≦ 1.0
A-1-2-1 工区	0.633 ≦ 1.0	0.758 ≦ 1.0

表 9.2-3 壁体の応力度の照査結果（作用耐力比）

設計工区	作用耐力比の内訳	永続状態	
		海側矢板	陸側矢板
A-1-1-1 工区	曲げモーメントに対して	0.391	－
	ﾈｶﾞﾃｨﾌﾞ・ﾌﾘｸｼｮﾝに対して	0.264	0.311
	合　計	0.655 ≦ 1.0	0.311 ≦ 1.0
A-1-2-1 工区	曲げモーメントに対して	0.376	－
	ﾈｶﾞﾃｨﾌﾞ・ﾌﾘｸｼｮﾝに対して	0.283	0.339
	合　計	0.659 ≦ 1.0	0.339 ≦ 1.0

照査の結果、壁体の支持力及び壁体の応力とも照査基準を満足することから、第２回技術検討会において提示した標準断面図を決定断面とし、図 9.2-4、図 9.2-5 に示す。

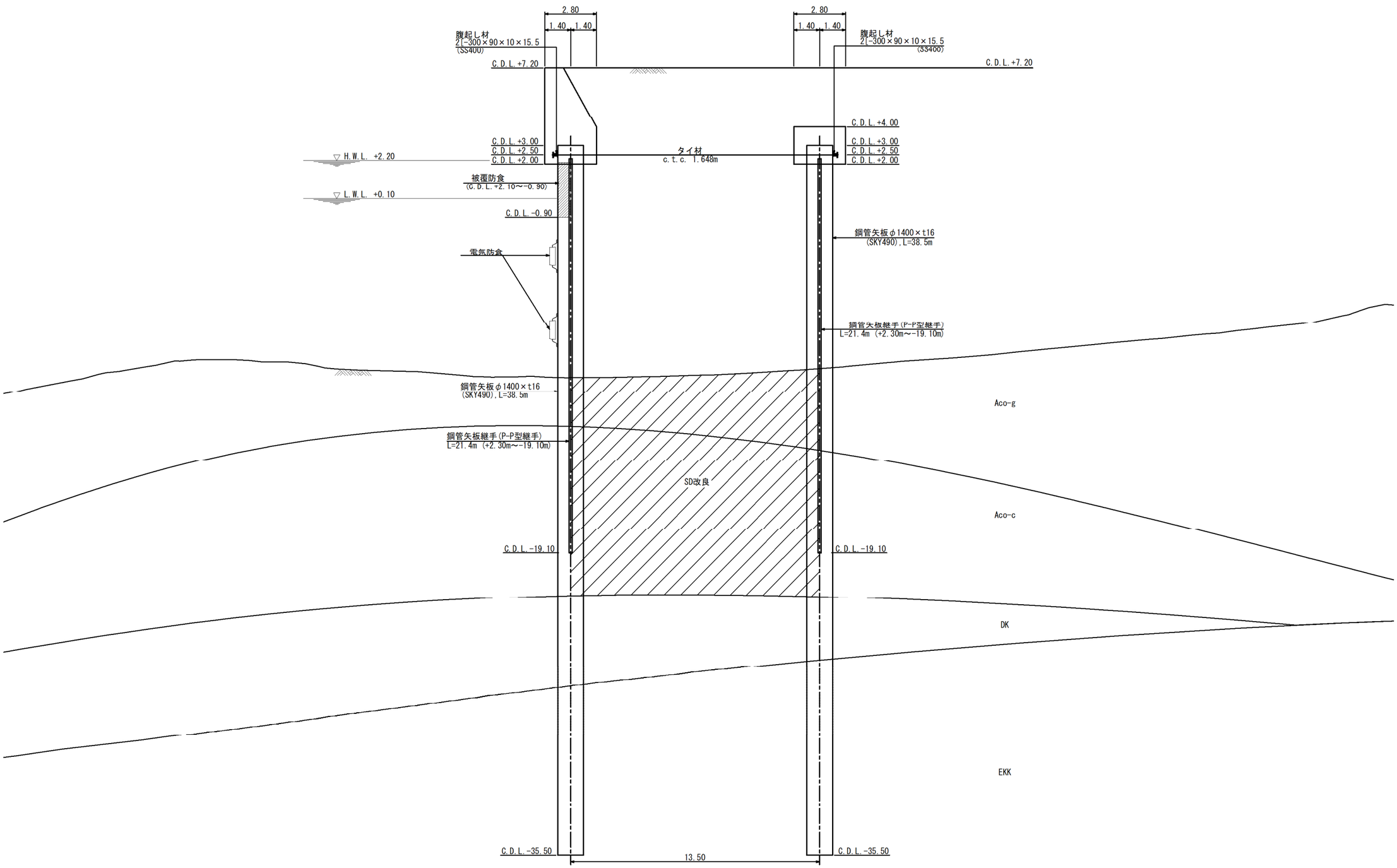


図 9.2-4 標準断面図(A-1-1-1 工区)

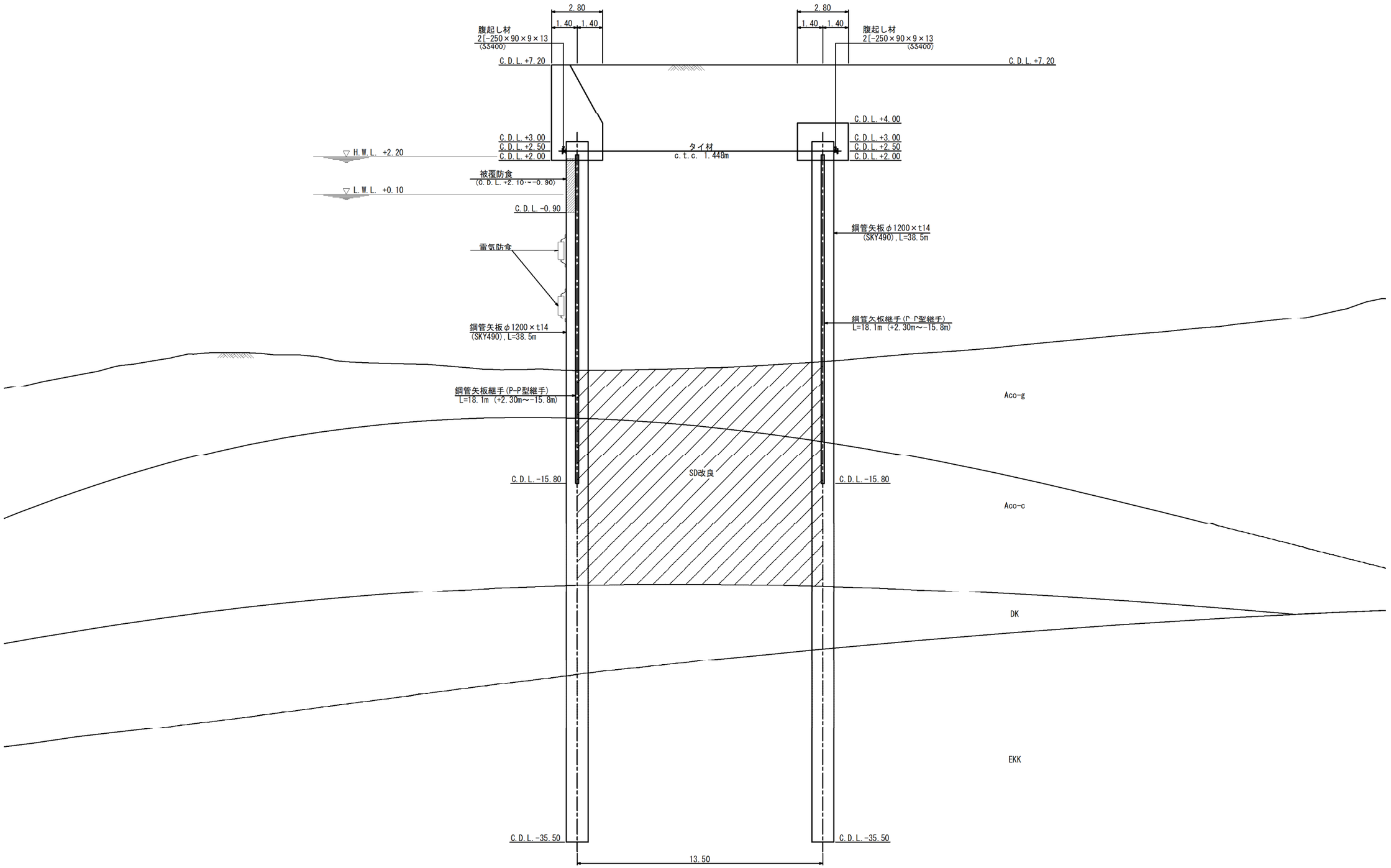


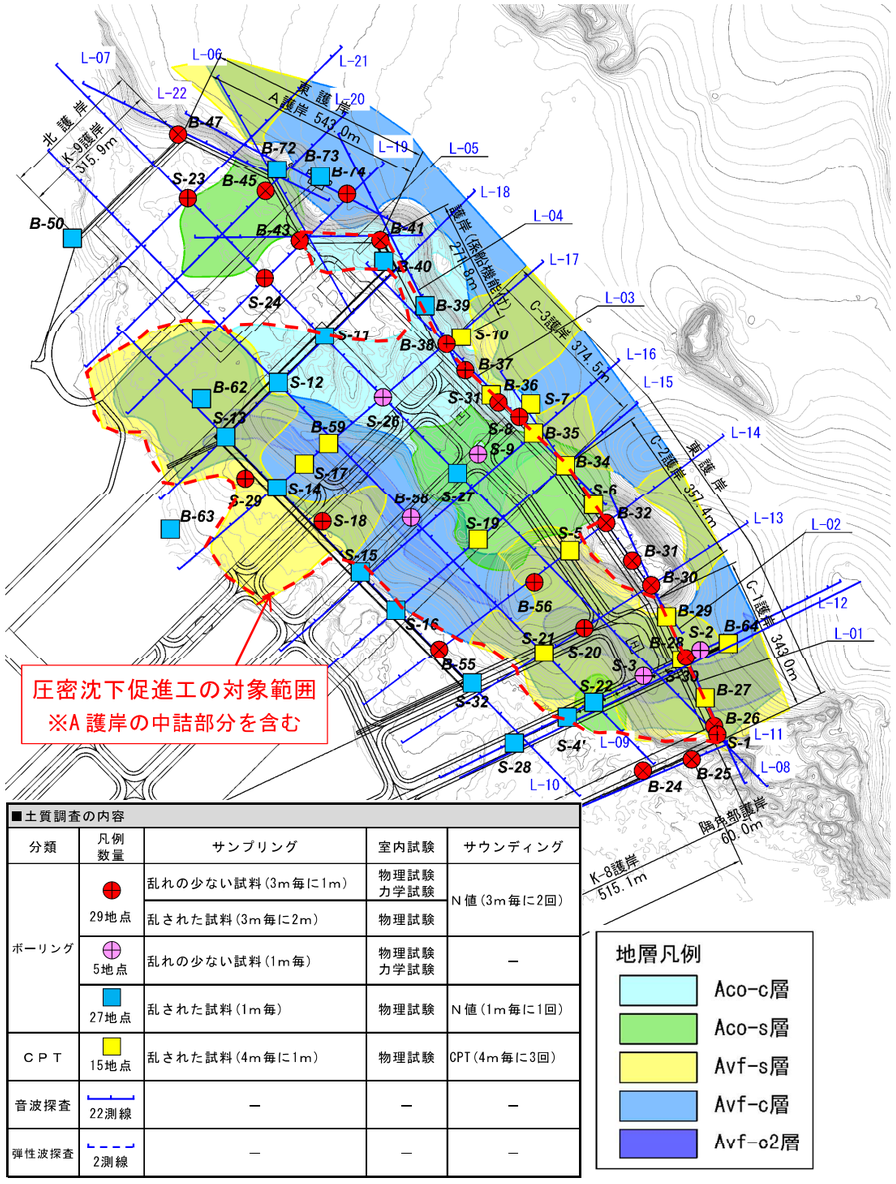
図 9.2-5 標準断面図(A-1-2-1 工区)

10. 埋立地における地盤改良等の検討

10.1 埋立地における地盤改良の考え方

埋立地内において、圧密による沈下が予測される範囲は、図 10.1-1 の粘性土である Avf-c 層及び Avf-c2 層、中間土である Aco-c 層 （Aco-s 層との漸移区間を含む。※10.1-1）及び Avf-s 層が分布している範囲である。

地盤改良未実施の場合、設計供用期間末時点の残留沈下量が図 10.2-1 に示す通り 101cm となることから、圧密沈下促進工法による地盤改良を行うこととした。



■土質調査の内容

分類	凡例 数量	サンプリング	室内試験	サウンディング
ボーリング	29地点	乱れの少ない試料（3m毎に1m）	物理試験 力学試験	N値（3m毎に2回）
		乱された試料（3m毎に2m）	物理試験	
	5地点	乱れの少ない試料（1m毎）	物理試験 力学試験	–
	27地点	乱された試料（1m毎）	物理試験	N値（1m毎に1回）
ＣＰＴ	15地点	乱された試料（4m毎に1m）	物理試験	CPT（4m毎に3回）
音波探査	22測線	–	–	–
弾性波探査	2測線	–	–	–

図 10.1-1 埋立地における地盤改良範囲

10.2 埋立地における地盤改良工法

埋立地における地盤改良工法は、第１回技術検討会において「主として圧密期間の短縮を目的とする埋立地等に適用」と評価し、バーチカルドレーン工法の代表として示したＳＤ工法及び「２．各工種の施工方法の検討」において陸上施工の実績から選定したＰＤ工法とした。

ＳＤの仕様は、施工実績※10.2-1 及び作業船のケーシング間隔（6m）から、杭径φ800mm、砂杭間隔は 4.25m※10.2-2 とした。

ＰＤの仕様は、施工実績※10.2-1、10-2-3 から人工排水材（砂杭換算径φ5cm）、ドレーン間隔は施工実績※10.2-1、10-2-3 の最大間隔として示される 2.5m と 2.0m から、安全側である狭いドレーン間隔となる 2.0m とした。また、ＰＤ工法による圧密沈下促進の性能はＳＤ工法と同等以上※10.2-4 とした。

ＳＤ工法による地盤改良の効果を、図 10.2-1 に示す。地盤改良を行わなかった場合は約 101cm の残留沈下が生じるが、地盤改良を行うことで二次圧密（後半含む）を見込んでも約 52cm に低減することが確認された。

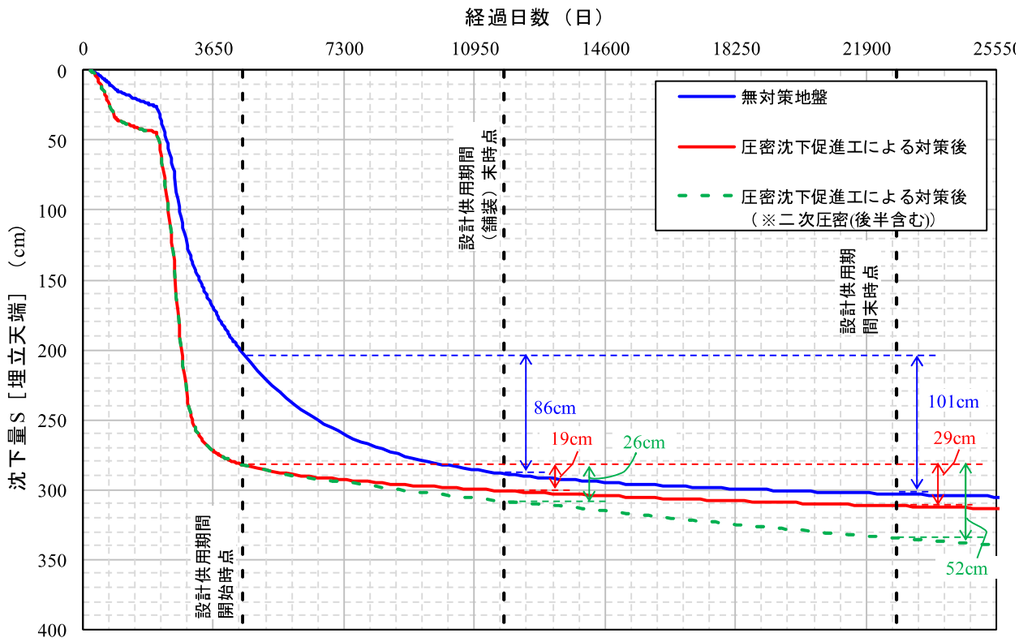


図 10.2-1 南側滑走路センターライン上で護岸法線から 100m 地点の予測沈下曲線
（滑走路センターライン上で最も沈下量の大きい箇所）

10.3 滑走路のメンテナンス方法の検討

10.3.1 滑走路縦断の沈下の検討

第 1 回技術検討会において提示した性能規定「滑走路の縦断方向に不陸により航空機の走行性が損なわれないこと。」及び許容値「不同沈下量が 30mm/45m を超えないこと。」に対する検討を行った。

検討を行った滑走路の縦断面図及び設計供用期間（舗装）（埋立工事、飛行場施設整備及び飛行場認証等に必要な手続きを経た時点から 20 年間）の沈下量を図 10.3-3 及び図 10.3-4 に示す。

10.3.2 滑走路縦断の不同沈下量とメンテナンス回数の検討

■不同沈下量

・滑走路端部（用地境界）から陸側に 10m 間隔で沈下量を計算し、45m 離れた地点との沈下量の差を求め不同沈下量とした（図 10.3-1）。なお、45m 離れた地点の沈下量は、40m 離れた地点と 50m 離れた地点の沈下量を線形補間した。検討に用いた沈下量は、設計供用期間（舗装）を考慮し、一次圧密と二次圧密（前半）を対象とした。

・北側滑走路及び南側滑走路における不同沈下量の算出結果を図 10.3-3 及び図 10.3-4 に示す。

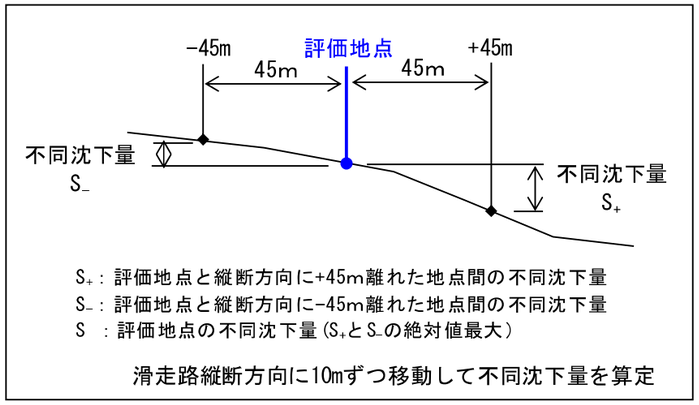


図 10.3-1 不同沈下量の概念図

■メンテナンス

・北側滑走路において不同沈下量が最大となる地点は、護岸法線から 322m の箇所で不同沈下量は 8cm と予測した。

滑走路縦断方向における不同沈下量の許容値が 30mm/45m であることから、舗装の設計供用期間である 20 年間に 2 回のメンテナンスが見込まれる。

・南側滑走路において不同沈下量が最大となる地点は、護岸法線から 172m の箇所で不同沈下量は 12cm と予測した。

滑走路縦断方向における不同沈下量の許容値が 30mm/45m であることから、舗装の設計供用期間である 20 年間に 4 回のメンテナンスが見込まれる。

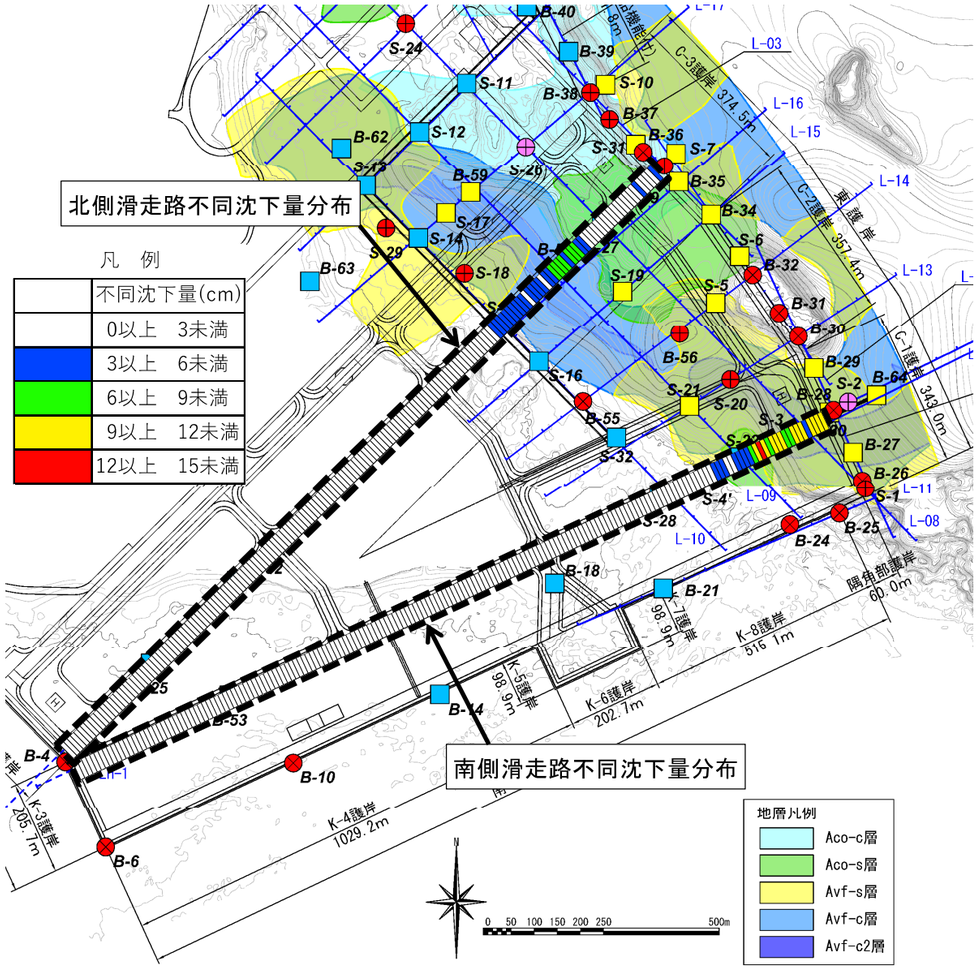
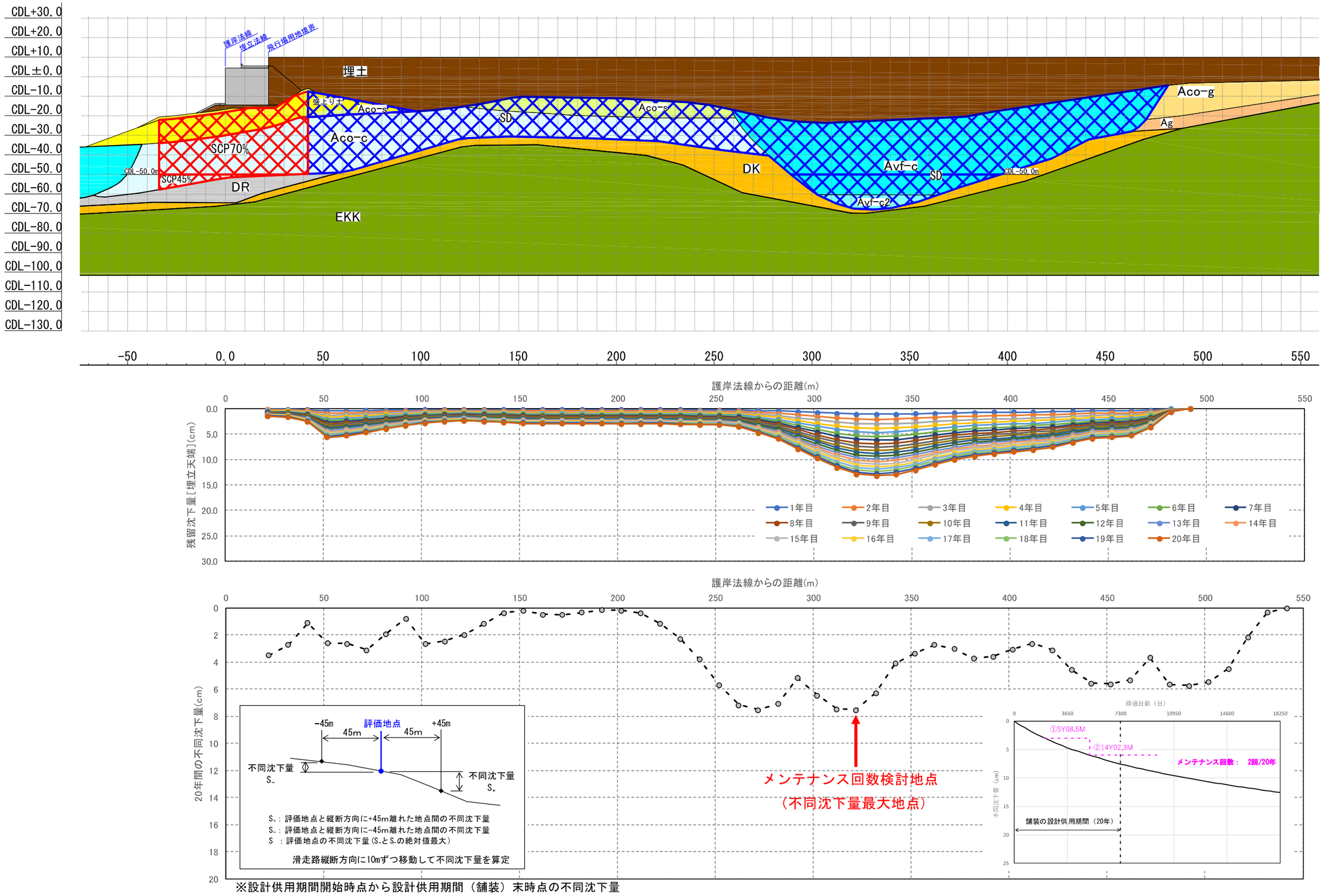
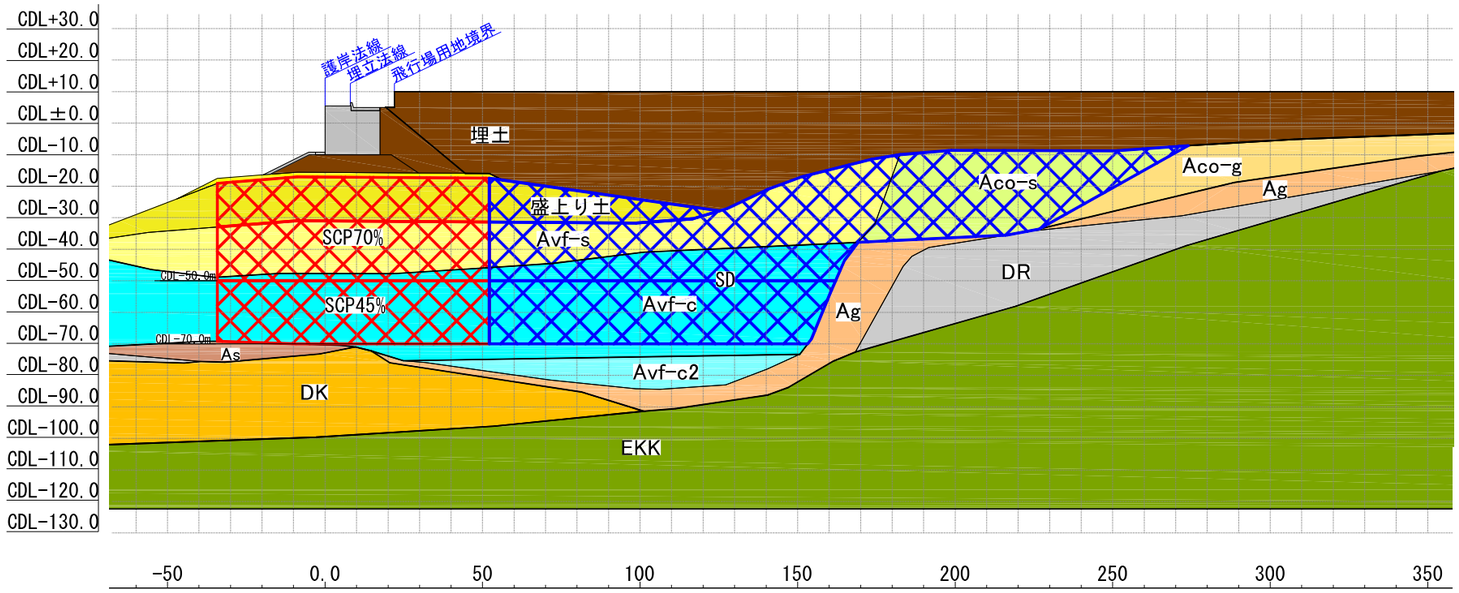


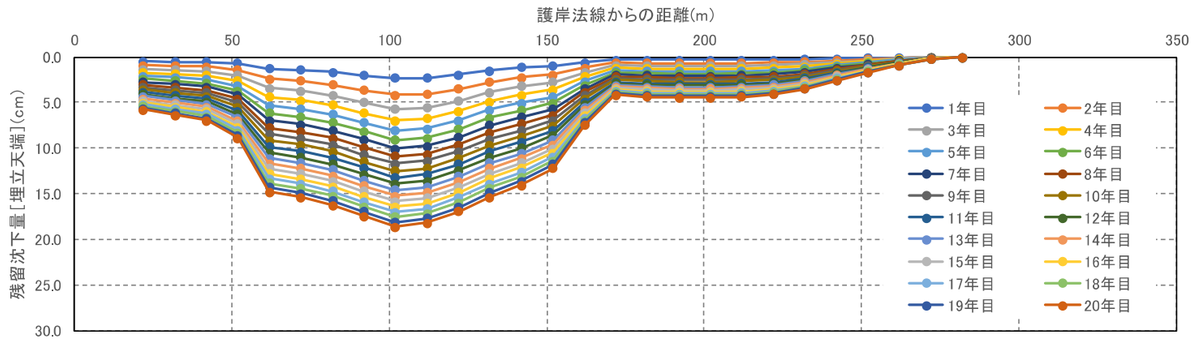
図 10.3-2 滑走路不同沈下量の分布

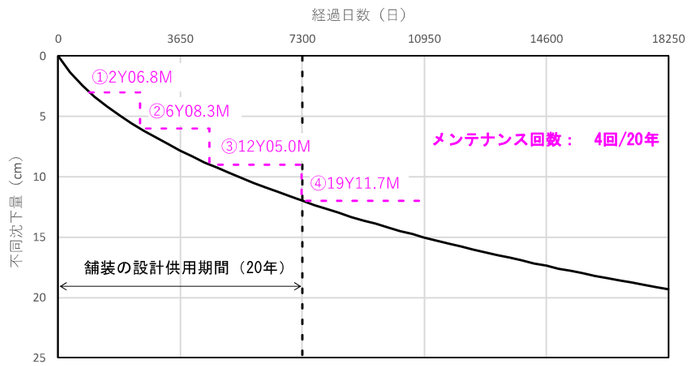


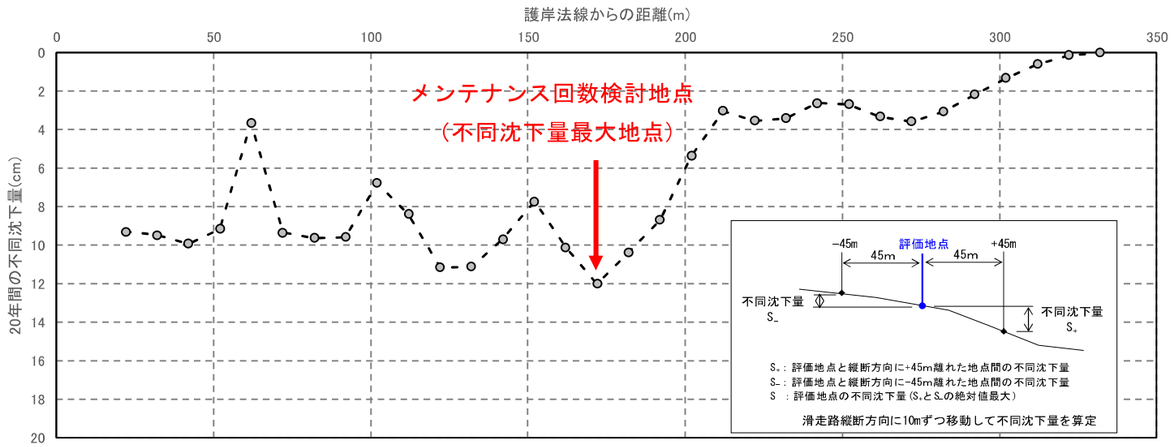
※設計供用期間開始時点から設計供用期間（舗装）末時点の不同沈下量

図　10.3-3　北側滑走路におけるメンテナンス回数の検討結果









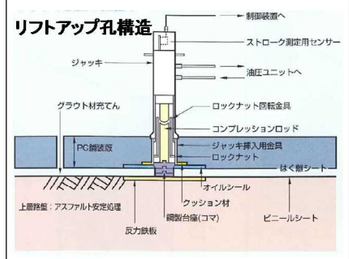
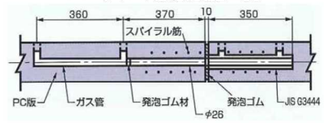
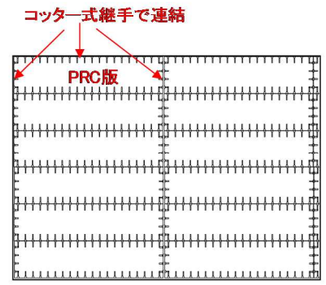
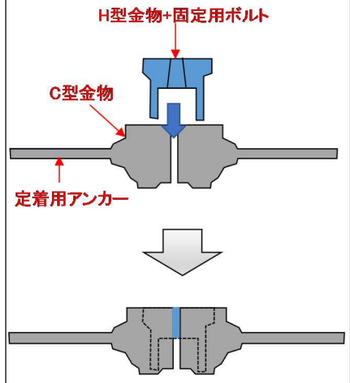
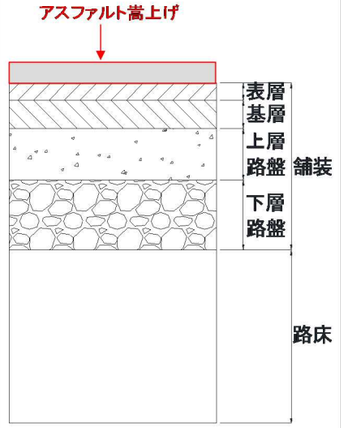
※設計供用期間開始時点から設計供用期間（舗装）末時点の不同沈下量

図 10.3-4 南側滑走路におけるメンテナンス回数の検討結果

10.3.3 滑走路のメンテナンス方法（案）

滑走路の沈下対策として考えられる舗装構造及び補修工法を表 10.3-1 に示す。
なお、選定に当たっては、補修による飛行場の運用停止期間を極力減らす観点から、短期間で対応可能なものとした。

表 10.3-1 舗装構造及び補修工法の事例

構造	舗装構造		プレキャストPC版（PPC版）		高強度プレキャストRC版(PRC版)		アスファルト舗装 ※将来的にプレキャスト版で打換え
	補修工法		ジャッキアップ	版撤去・不陸修正・再設置	ジャッキアップ	版撤去・不陸修正・再設置	アスファルト嵩上げ
概要	概要		PC構造のプレキャスト版。 ・大規模勾配補修に対しジャッキアップによる施工のため、日々復旧可能。 ・部分補修に対しプレキャスト版の取り換え施工のため、日々復旧可能。	PC構造のプレキャスト版。 ・大規模勾配補修、部分補修ともに、プレキャスト版の取り換え施工のため、日々復旧可能。	RC構造のプレキャスト版。 ・RC構造のプレキャスト版をコッター式継手により結合して平面的に一体化。 ・大規模勾配補修に対しジャッキアップによる施工のため、日々復旧可能。 ・部分補修に対しプレキャスト版の取り換え施工のため、日々復旧可能。	RC構造のプレキャスト版。 ・RC構造のプレキャスト版をコッター式継手により結合して平面的に一体化。 ・大規模勾配補修、部分補修ともに、プレキャスト版の取り換え施工のため、日々復旧可能。	民航空港滑走路舗装の一般的構造 ・大規模勾配補修、部分補修ともにアスファルト嵩上げ施工のため、日々復旧可能。
	概要図		  PS三菱カタログ	 プレキャスト版敷設施工例  水平ジョイント PS三菱カタログ	 高強度プレキャストRC版概要図	 脱着式コッター継手概要図	 アスファルト舗装嵩上げ断面概要図
個別評価	施工性	大規模勾配補修時	ジャッキアップによる施工であり版の撤去・再設置が不要なため、投入台数次第で施工スピードが速く、かつ端部のすりつけも不要であり、施工性に優れ、工事期間中の航空機走行性への影響も生じない（○）	版撤去・不陸修正・再設置を1日で実施する必要があり、かつ端部に段差が生じるため段差すりつけが必要となり、施工性および施工期間中の航空機走行性に劣る（△）	ジャッキアップによる施工であり版の撤去・再設置が不要なため、投入台数次第で施工スピードが速く、かつ端部のすりつけも不要であり、施工性に優れ、工事期間中の航空機走行性への影響も生じない（○）	版撤去・不陸修正・再設置を1日で実施する必要があり、かつ端部に段差が生じるため段差すりつけが必要となり、施工性および施工期間中の航空機走行性に劣る（△）	アスファルト舗装による嵩上げという一般的な施工であり、施工性に最も優れる（◎）
		部分補修時	水平ジョイントバーの切断・撤去・削孔等が必要となり、施工が煩雑(△)	同左	コッター継手による連結のため、コッター継手を外すことで、該当版の部分撤去・敷設替が比較的容易(○)	同左	アスファルト舗装による嵩上げという一般的な施工であり、施工性に最も優れる（◎）
		将来完成時	－	－	－	－	プレキャスト版の打換えは、舗装撤去・不陸修正・設置を1日で実施する必要があり、将来完成時に施工期間を要する(△)
	確実性（施工事例）	新設時	・PPC版：新設整備では事例なし ・現場打ちPC：東京国際空港（エプロン）で事例あり		新設整備では事例なし		民航滑走路の事例多数
		補修時	・PPC版のジャッキアップ：事例なし ・現場打ちPCのジャッキアップ：東京国際空港（エプロン）で事例あり	・打換え①（現場打ちPC→PPC版）：東京国際空港（エプロン）で事例あり ・打換え②（NC→PPC版）：厚木基地（滑走路）で事例あり ・打換え③（PPC版→PPC版）：事例なし ・打換え④（As→PPC版）：福岡空港,那覇空港（誘導路）他で事例あり	PRC版のジャッキアップ：東京国際空港（エプロン）の試験施工で事例あり	・打換え①（As,NC→PRC版）：硫黄島基地（滑走路）、東京国際空港等（エプロン、誘導路）で事例あり ・打換え②（PRC版→PRC版）：事例なし	
総合評価			日当り施工量に優れ施工事例（ただし現場打ちPC）もあり施工性、確実性に優れる。 一方で水平ジョイントバーによる連結のため、部分補修時にジョイントバーの切断・撤去等が必要となる。	施工スピードが遅くかつ日々の段差すりつけも必要であり、ジャッキアップ工法と比較して勾配補修の工事期間を要する。	日当り施工量に優れるが、ジャッキアップの空港事例（本施工）はない。 一方で脱着式のコッター継手による連結のため、部分補修時に撤去・布設替が比較的容易。	施工スピードが遅くかつ日々の段差すりつけも必要であり、ジャッキアップ工法と比較して勾配補修の工事期間を要する。	日当り施工量、実績ともに最も優れる。 一方で将来プレキャスト舗装で打換える際は、一定の工事期間を要する。 アスファルトの耐爆性、耐油性についての検討が必要。

11. 埋立材の液状化の検討

埋立に用いる主要材料である岩ズリは、最大粒径 300mm 以下の石材を主とした材料であり、その特性（粒径加積曲線）から液状化の可能性は著しく低いものであるが、念のため液状化について検討を行った。

11.1 埋立材の材料特性

■粒径加積曲線

現在埋立に使用している岩ズリの材料特性として、粒径加積曲線を図 11.1-1 に示す。

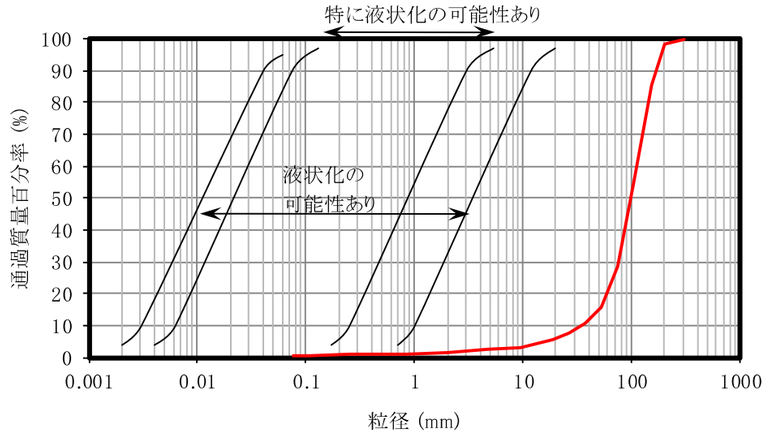
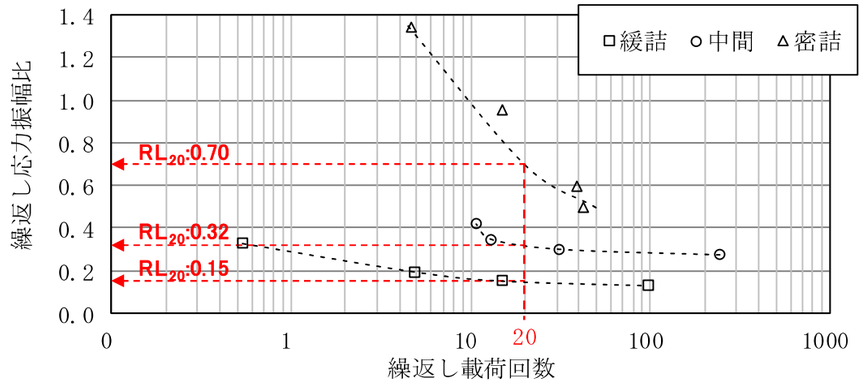


図 11.1-1 粒径加積曲線

■繰返し応力振幅比（RL20）

繰返し非排水三軸試験により求められる繰返し応力振幅比 RL_{20} を図 11.1-2 に示す。

繰返し非排水三軸試験は、37.5mm 以下の粒度の試料を 20cm 程度の高さから空中落下させた緩詰状態、十分な転圧（締固め度 Dc95%程度）を想定した密詰状態、中間状態の 3 ケースの供試体により実施した。結果、繰返し応力振幅比 RL_{20} の値は、緩詰状態で 0.15、中間状態で 0.32、密詰状態で 0.70 であった。



※RL_{20}：両振幅軸ひずみ DA5%の液状化強度曲線における繰返し載荷回数 20 回に対応する繰返し応力振幅比

図 11.1-2 液状化強度曲線

11.2 埋立材の液状化の予測・判定

(1) 予測・判定概要

レベル 1 地震動の作用に対し、埋立材の液状化の予測・判定を行った。

予測・判定は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.410 に示される手順※11.2-1 により行った。対象地点は、第 2 回技術検討会で提示した大浦湾側の埋立地内で液状化の予測・判定を実施した調査地点の計 17 地点とした

(2) 粒度による検討

岩ズリの粒径加積曲線と液状化の可能性のある範囲※11.2-2 を比較した結果、図 11.1-1 に示すとおり、粒径加積曲線の極一部分が液状化の可能性のある範囲に掛かる結果となった。

液状化の可能性は著しく低いと考えられるが、慎重な検討を行う観点から、「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」として繰返し三軸試験による予測・判定を行った。

(3) 繰返し三軸試験による予測・判定

繰返し三軸試験による予測・判定は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.416※11.2-3 及び「埋立地の液状化対策ハンドブック（平成 9 年 8 月）」P.126※11.2-4 により行った。

予測・判定に用いる RL_{20} は、安全側の予測・判定となるように図 11.1-2 の緩詰状態の 0.15 を使用した。

S-14 地点の予測・判定結果を表 11.2-1 に、S-14 地点以外の予測・判定結果は注釈説明集※11.2-5 に示す。結果、全ての地点において F_L 値は 1.0 以上の結果であり、「液状化する」に該当する部分がないことから、岩ズリを埋立材とする埋立地では液状化しないと判定した。

表 11.2-1 繰返し三軸試験による予測・判定結果（S-14）

No	地層区分	判定深度 (G.L.−m)	有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定※
1	埋立土	0.5	9.00	0.39	0.0431	0.164	3.80	液状化しない
2	埋立土	1.5	27.00	1.09	0.0403	0.164	4.06	〃
3	埋立土	2.5	45.00	1.60	0.0356	0.164	4.60	〃
4	埋立土	3.5	63.00	1.91	0.0304	0.129	4.23	〃
5	埋立土	4.5	81.00	2.49	0.0308	0.129	4.18	〃
6	埋立土	5.5	99.00	2.95	0.0298	0.164	5.49	〃
7	埋立土	6.5	117.00	3.16	0.0270	0.164	6.05	〃
8	埋立土	7.6	136.53	3.68	0.0270	0.164	6.07	〃
9	埋立土	8.6	151.21	4.10	0.0271	0.164	6.04	〃
10	埋立土	9.5	160.36	4.35	0.0271	0.164	6.03	〃
11	埋立土	10.5	170.36	4.85	0.0285	0.164	5.75	〃
12	埋立土	11.5	180.36	5.08	0.0282	0.164	5.81	〃
13	埋立土	12.5	190.36	5.33	0.0280	0.164	5.84	〃
14	埋立土	13.4	199.71	5.39	0.0270	0.164	6.06	〃

※$F_L \geqq 1.0$ の時　液状化しないと予測・判定する

$F_L < 1.0$ の時　液状化すると予測・判定する

12. 動態観測の考え方

12.1 動態観測の目的及び管理項目等

動態観測は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.1745～1746[※12.1-1]によると、以下の目的で実施することが考えられる。

① 仮設工を含む構造物の施工中の安全性の確認
② 掘削や地盤改良などの施工時における近接構造物への影響把握
③ 施工前に見込んでいた構造物の沈下量・変位量等の検証と設計・施工へのフィードバック
④ 構造物完成後の将来の沈下量・変位量等の予測と維持管理計画への反映
⑤ 変状を生じている構造物の安全性の確認
⑥ 地震等による被災を受けた構造物の進行性破壊による二次被害の防止

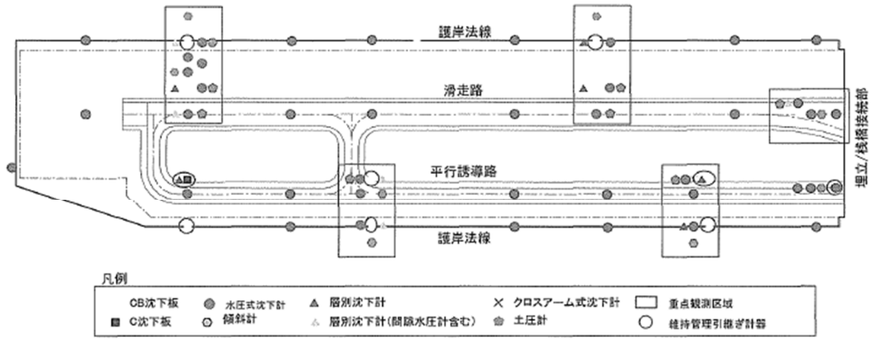
動態観測の管理項目及び計測機器として、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.1759～1761[※12.1-2]に記載されている事例を表 12.1-1 に示す。なお、計測機器の概要は注釈説明集[※12.1-3]に示す。

表 12.1-1 管理項目及び計測機器の例

管理項目	内　　容	計測機器等
地盤の沈下管理	・施工中の圧密進行状況の把握と検証 ・沈下量に基づいた各盛土施工天端の設定 ・圧密地盤定数の設定	C沈下板[A)] CB沈下板[B)] 水圧式沈下計 層別沈下計 間隙水圧計
護岸の安定管理	・地盤の強度増加の確認と安定解析による次施工盛土の施工可否判断 ・安定管理図表を用いた護岸の安定検討 ・リアルタイムGPSを用いた盛土地盤挙動の常時観測	RI-CPT 傾斜計 GPSによる変位計測
埋立層厚の履歴管理と長期沈下予測	・埋立層厚の管理 ・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 ・長期沈下予測や強度増加量などの解析に利用	GPS・深浅測量 HASP 土圧計
埋立/桟橋接続部の側方流動の管理	・鋼管井筒基礎の変形計測・解析 ・接続部背面の地盤の変位管理	CB沈下板 水圧式沈下計 傾斜計 間隙水圧計 層別沈下計
盛土の圧縮量の管理	・盛土層の施工中、盛土完了後の圧縮量の計測	クロスアーム式沈下計

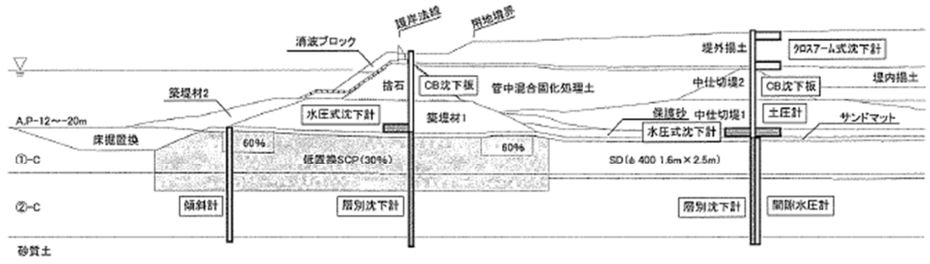
注）A）：仮沈下板（④ (a) 参照）
　　B）：チェックボーリング用ガイドパイプ兼用沈下板（④ (c) 参照）

計器配置は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.1759～1761[※12.1-2]の事例を図 12.1-1 及び図 12.1-2 に示す。



図－3.11.13　動態観測計器配置平面図

図 12.1-1 動態観測計器の配置例①（平面図）



図－3.11.14　動態観測計器配置断面図

図 12.1-2 動態観測計器の配置例②（配置断面図）

13. 注釈説明集

2. 各工種の施工方法の検討

※2-1 船舶諸元の整理

「現有作業船一覧（2019）」及び業者ヒアリングに基づき、作業船が航行可能な海底面標高、航行可能な幅及び単浮標泊の泊地の規模を設定した根拠となる船舶諸元を整理した結果を以下に示す。

船舶	仕様	最大使用隻数（隻）	隻数		船体主要寸法		作業船が航行可能な海底面標高の決定根拠								適用箇所
			現有作業船一覧2019	業者ヒアリング	平均		採用喫水 d(m)	係数[注6]	必要水深 D(m)[注6]	検討潮位 C.D.L.(m)	航行可能な海底面標高 h_1(m)[注6]	敷砂を考慮する場合			
					長(m)	幅(m)						敷砂厚(m)[注6]	出来形(m)[注6]	航行可能な海底面標高 h_2(m)[注6]	
サンドコンパクション船（サンドドレーン船兼用）	3連装、50m	3	6	**5**	63.2	26.7	2.5[注1]	1.15	3.0	0.1	C.D.L. -2.9	1.0	0.3	C.D.L. -4.2	SD工法の施工範囲及び埋立地内の浚渫範囲①に適用
	3連装、70m	3	3	**3**	70.3	32.0	2.3[注2]	1.15	2.8	0.1	C.D.L. -2.7	1.0	0.3	C.D.L. -4.0	埋立地内の浚渫範囲②に適用
ガット船	850m^{3}積 499GT相当	78	23	**121**	69.6	13.3	5.0[注3]	1.15	5.8	0.1	C.D.L. -5.7	-	-	-	C.D.L.-6.0m(0.5m単位で切り上げ)として、C-2護岸の一部の浚渫範囲に適用
土運船	2,000m^{3}級（1,800m^{3}超え）	20	**27**	－	78.5	17.6	5.2[注4]	1.15	6.0	0.1	C.D.L. -5.9	-	-	-	C.D.L.-6.0m(0.5m単位で切り上げ)として、揚土場の水深決定に適用
揚錨船	3t吊	5	**104**	－	10.4	3.8	1.0[注5]	1.15	1.5	0.1	C.D.L. -1.4	-	-	-	最深部水深C.D.L.-41.5mから、1層当たりの埋立厚を1.5mとした場合、27層以上埋立すると作業船の喫水を満足しないため、26層目天端の水深C.D.L.-2.5mを海上埋立と陸上埋立の境界とした。

注1）SD作業船8隻のうち、喫水が3.0m以上となる作業船は1隻のみであり、当該作業船により浚渫水深を深く設定すると浚渫量が増えるため、これを除く作業船の最大喫水2.5mを採用した。

注2）同様に、70m級の作業船3隻のうち、喫水が3.0m以上となる作業船を除く最大喫水2.3mを採用した。

注3）850m^{3}積（499GT相当）のガット船121隻のうち、90%程度が満足する満載喫水5.0mを採用した。

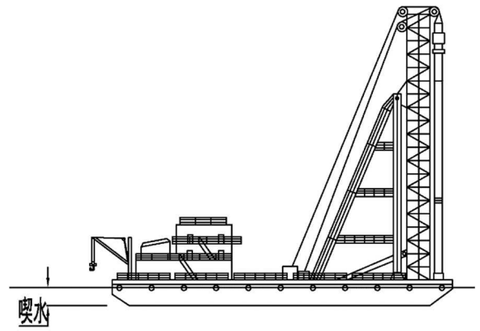
注4）2,000m^{3}級の土運船27隻のうち、90%程度が満足する満載喫水5.2mを採用した。

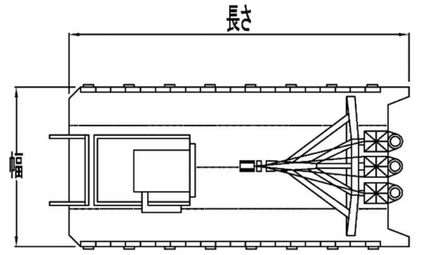
注5）3t吊の揚錨船104隻の喫水の平均値1.0mを採用した。

注6）次ページに示す。

船舶	仕様	最大使用隻数（隻）	隻数		船体主要寸法		作業船が航行可能な幅及び単浮標泊の泊地の規模の決定根拠		
			現有作業船一覧2019	業者ヒアリング	平均		押船長(m)[注7]	Loa(m)	① 作業船が航行可能な幅：Loa×0.5(m)[※3.2-3] ② 単浮標泊の泊地の規模：半径(Loa+25)(m)の円[※3.3-5]
					長(m)	幅(m)			
ガット船	850m^{3}積 499GT相当	78	23	**121**	69.6	13.3	-	69.6	① 69.6×0.5＝34.8≒35.0m
土運船	2,000m^{3}級（1,800m^{3}超え）	20	**27**	－	78.5	17.6	15.0	93.5	② 半径 93.5+25＝118.5m

注7）業者ヒアリングによる。





■必要水深 D

必要水深は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.859 を参考に設定した。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.859 より抜粋

2.2 航路水深

2.2.1 性能照査の基本

(1) 第 1 区分における必要な航路水深は、以下の値を用いることができる。

①うねり等の波浪の影響が想定されない港内等の航路	: $D = 1.10d$	
②うねり等の波浪の影響が想定される港外等の航路	: $D = 1.15d$	(2.2.1)
③強いうねり等の波浪が想定される外洋等の航路	: $D = 1.20d$	

ここに、

D　：航路水深 (m)

d　：対象船舶の係船状態等の静水状態における最大喫水 (m)

外周護岸が閉合されていない場合の海上施工においては、式(2.2.1)の②を用いる。なお、作業船の喫水が小さく、式(2.2.1)で算定した水深が喫水＋0.5m よりも小さい場合には、施工時波浪（作業中止基準 $H_{1/3}$＝1.0m）を考慮して、余裕水深として 0.5m を採用した。

■航行可能な海底面標高 h_1

L.W.L.（C.D.L.+0.1m）においても航行が可能となる海底面標高を以下のとおり設定した。

h_1 = C.D.L.+0.1m－D

■敷砂厚を考慮した場合の敷砂施工前に航行可能な海底面標高 h_2

所定の敷砂厚に対して、施工における敷砂均しの許容範囲を「港湾工事標準仕様書（平成 31 年 4 月）」P.3-7～3-8 に準拠し、±0.3m として考慮する。敷砂施工後にも航行が可能となるように、敷砂施工前の海底面標高を以下のとおり設定した。

$h_2 = h_1$－（敷砂厚+0.3m）

「港湾工事標準仕様書（平成 31 年 4 月）」P.3-7～3-8 より抜粋

工　種	管理項目	測定方法	測定密度	測定単位	結果の整理方法	許容範囲	備　考
1．サンドドレーン	位　置	自動位置決め装置又はトランシット及び光波測距儀により測定	移動毎及び監督職員の指示による。	1 cm	管理図に測定結果を記入し提出	±10cm	自動位置決め装置の作動状況が確認されていれば不要。
	天端高 先端深度	打込記録の確認	全　数	10cm	打込記録紙及び管理表を作成して提出	天端高 ＋規定しない －0 先端深度 ＋0 －規定しない	＋；設計値より浅い（高い）ことをいう。 －；設計値より深い（低い）ことをいう。 （　）は陸上。
	砂の投入量	打込記録の確認	全　数	0.1m^3	打込記録紙に砂の圧入量を記入し提出		
2．敷砂均し	延　長	スチールテープ、間縄、光波測距儀等により測定	施工完了後	10cm	管理図に延長を記入し提出	＋規定しない －0	様式・出来形1-1-2参照
	天端高 天端幅 法面勾配	陸上部；スチールテープ、レベル、光波測距儀等で測定	測線間隔20m以下 測点間隔10m以下	天端高 1 cm 天端幅10cm	管理図に天端高、法肩、法尻、天端幅及び法面勾配を記入し提出	天端高 ±30cm天端幅、法面勾配は㊟による。	
		水中部；スチールテープ、間縄、レッド又は音響測深機等により測定	測線間隔20m以下 測点間隔20m以下	10cm			
3．載荷土砂	延　長	スチールテープ、間縄等により測定	施工完了後	10cm	管理図に延長を記入し提出	＋規定しない －0	
	天端高 天端幅 法面勾配	陸上部；スチールテープ、レベル、光波測距儀等で測定	測線間隔20m以下 測点間隔10m以下	天端幅10cm 天端高 1 cm	管理図に天端高、法肩、法尻、天端幅及び法面勾配を記入し提出	天端高 ±50cm 天端幅、法面勾配は㊟による。	
		水中部；スチールテープ、間縄、レッド又は音響測深機等により測定	測線間隔20m以下 測点間隔20m以下	10cm			

■作業船の規格区分の範囲

作業船の規格区分の範囲は、「港湾土木請負工事積算基準（平成 31 年度改定版）」P.2-1-(14)～(15)のとおり、「港湾土木請負工事積算基準（平成 31 年度改定版）」で明示されていない場合には、「船舶および機械器具等の損料算定基準（平成 30 年度改訂版）」より設定した。

「港湾土木請負工事積算基準（平成 31 年度改定版）」P.2-1-(14)～(15)より抜粋

＜主作業船及び付属作業船＞

（別表Ａ欄に示す船種）

１）積算基準に明示されている規格等範囲の最小から最大の外にある場合

ａ基礎価格

原則として見積価格を採用する。ただしこの場合、記載の規格呼称、諸元における基礎価格と比較して、適当な額と判断できるもの。

ｂ諸数値

損料算定表の同じ種類、分類のものを準用する。

（別表Ｂ欄に示す船種）

１）損料算定表の種類・分類が同じであって、かつ規格呼称・諸元が最小規格から最大規格の間にある場合

損料算定表に規格が明示してある規格にみなすものとし、適用範囲は次のとおりとする。

最小規格の適用範囲は、最小規格から、直近上位規格との中間値以下まで

中間規格の適用範囲は、直近下位規格との中間値を超え、直近上位規格の中間値以下まで

最大規格の適用範囲は、直近下位規格との中間値を超え、最大規格まで

（適用例）

自航起重機船［旋回・ディーゼル式］

		適用範囲	
最小規格	50t吊 D	50t吊 D以上、	60t吊D以下まで
中間規格	70t吊 D	60t吊 Dを超え、	85t吊D以下まで
	100t吊 D	85t吊 Dを超え、	110t吊D以下まで
	120t吊 D	110t吊 Dを超え、	135t吊D以下まで
	150t吊 D	135t吊 Dを超え、	175t吊D以下まで
最大規格	200t吊 D	175t吊 Dを超え、	200t吊D以下まで

２）損料算定表の種類、分類が同じであって、かつ、規格呼称、諸元が最小規格から最大規格の外にある場合。

ａ基礎価格

原則として見積価格を採用する。ただしこの場合、記載の規格呼称、諸元における基礎価格と比較して、適当な額と判断できるもの。

ｂ諸数値

損料算定表の同じ種類、分類のものを準用する。

（別表Ｃ欄に示す船種）

１）損料算定表の種類・分類が同じであって、かつ規格呼称・諸元が最小規格から最大規格の間にある場合

ａ基礎価格

規格呼称、諸元の直近上下の基礎価格を比例按分して算定する。

ｂ諸数値（耐用年数、運転時間、運転日数、供用日数、維持修理費率、年間管理費率をいう。以下同じ）

損料算定表の同じ種類、分類のものを準用する。

２）損料算定表の種類、分類が同じであって、かつ、規格呼称、諸元が最小規格から最大規格の外にある場合。

ａ基礎価格

原則として見積価格を採用する。ただしこの場合、記載の規格呼称、諸元における基礎価格と比較して、適当な額と判断できるもの。

ｂ諸数値

損料算定表の同じ種類、分類のものを準用する。

＜作業船用付属品及び港湾工事用付属機器＞

１）損料算定表の種類、分類に該当する機器が無く、用途・規格・仕様等が近似しているもの。

ａ基礎価格

原則として見積価格を採用する。

ｂ諸数値

損料算定表の種類・分類または用途・規格・仕様等が近似しているものを準用する。

２）損料算定表の種類、分類に該当する機器が無く、用途・規格・仕様等が近似したものが無いもの。

ａ基礎価格

原則として見積価格を採用する。

ｂ諸数値

（注）日本建設機械化協会発行の「建設機械等損料算定表」を参照し、該当の機器、類似の機器があれば、これを準用する。又は公共的機関で発行している算定表があれば、これを準用する。

なお、これによりがたい場合は、過去の実績等を調査し、これらを基に決定する。

別　表　　主な港湾工事用作業船の積算基準上の扱い

船　　種	積算基準で規格区分の範囲が明示されている船種（A）	（A）以外の船種の扱い	
		（B）	（C）
（主作業船）			
ポンプ浚渫船	○		
グラブ浚渫船（硬土盤用含む）	○		
バックホウ浚渫船	○		
リクレーマ船	○		
バージアンローダ船			○
空気圧送船	○		
旋回起重機船（非航・自航）		○	
固定起重機船		○	
クレーン付台船		○	
杭打船		○	
コンクリートミキサー船		○	
ケーソン製作用台船			○
深層混合処理船	○		
サンドドレーン船		○	
サンドコンパクション船		○	
（付属作業船）			
揚錨船		○	
引船・押船		○	
交通船		○	
ガット船	○		
ガットバージ		○	
土運船・押航土運船	○		
台船		○	

■サンドコンパクション船（サンドドレーン船兼用）

「現有作業船一覧（2019）」より、3 連装、打込深度 50m 以上 70m 未満に該当する船舶（ピンク）及び 3 連装、打込深度 70m 以上に該当する船舶（ブルー）を以下に示す。

24　サンドコンパクション船

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数	船体主要寸法				動力種類	出力	公称		
					長	幅	深	喫水			砂杭径		打込深度
				(t)	(m)	(m)	(m)	(m)		全装備機関 (kW)	最小 (m)	最大 (m)	(m)
2400001	あおみ建設㈱	千葉港	KSC－K75	4,750	70.0	30.0	4.5	2.30	DE	5,150	0.8	2.0	55
2400002	㈱淺川組	木更津港	第80光号	4,090	66.0	27.0	4.5	2.40	DE	5,240	1.0	2.0	60
2400003	㈱東組	和歌山港	第33東組号	2,838	68.0	27.5	4.3	2.20	DE	3,780	1.2	2.0	51
2400004	㈱安藤・間	木更津港	第80光号	4,090	66.0	27.0	4.5	2.40	DE	5,240	1.0	2.0	60
2400005	井森工業㈱	柳井港	天成	2,838	68.0	27.5	4.3	2.20	DE	5,258	1.2	2.0	51
2400006	日本海工㈱	東播磨港	第1光号	7,199	71.0	36.0	5.0	3.00	DF	4,068	1.0	2.0	50
2400007	日本海工㈱	東播磨港	第60光号	3,600	61.0	27.0	4.0	2.30	DE	4,082	1.0	2.0	50
2400008	日本海工㈱	木更津港	第80光号	4,090	66.0	27.0	4.5	2.40	DE	4,281	1.0	2.0	50
2400009	㈱不動テトラ	江田島港	F－11号	2,640	60.0	22.0	3.5	2.00	DE	2,790	1.0	2.0	45
2400010	㈱不動テトラ	神戸港	ぱいおにあフドウ丸[注1)]	3,900	60.0	26.0	4.1	2.50	DE	3,825	0.8	1.3	25
2400011	㈱不動テトラ	船橋港	ぱいおにあ第30フドウ丸	4,830	70.0	30.0	4.6	2.30	DE	4,948	1.0	2.0	58
2400012	㈱不動テトラ	船橋港	第6不動号[注2)]	4,500	67.0	32.0	4.3	2.10	DE	3,266	1.0	2.0	30
2400013	㈱不動テトラ	神戸港	第31不動号	3,965	61.0	26.0	4.5	2.50	DE	5,110	1.0	2.0	45
2400014	㈱古川組	東京港	第1古川丸[注2)]	4,900	67.0	32.0	4.3	2.30	DH	2,940	1.0	2.0	55
2400015	みらい建設工業㈱	木更津港	第80光号	4,090	66.0	27.0	4.5	2.40	DE	4,281	1.0	2.0	50

能力					造杭方式	連装本数 (本)	櫓の高さ (m)	砂ホッパー容量 (m^3)	製造年	製造所	備考	保有形態
パイプ径		バイブロハンマー										
最小通常及び (mm)	最大 (mm)	モータ出力 (kW)	偏心モーメント (N·m)	振動数 (Hz)								
800	1,200	360x1	4,903	9	打戻工法	3	75	80	1997	富士海事工業	SD船兼用、改造により打込深度70m可能	自
800		300	3,923	9	打戻工法	3	65	140	1997	IHIアムテック	（日本海工）	用
800	1,200	150x2	3,923	9	VC	3	65	60	1996	富士海事工業	（中林建設、井森工業）	共
800		300	3,923	9	打戻工法	3	65	140	1997	IHIアムテック	（日本海工）	用
800	1,200	150x2	3,923	9	VC	3	65	60	1996	富士海事工業	（中林建設、東組）	共
800	1,200	300	3,923	9	打戻工法	3	65	140	1998	三菱重工業	SD船兼用、改造により70m打込深度可能	自
800	1,200	300	3,923	9	打戻工法	3	65	120	1995	IHIアムテック	SD船兼用	自
800	1,200	300	3,923	9	打戻工法	3	65	140	1997	IHIアムテック	SD船兼用	自
800	1,300	180	2,452	9	VC	3	55	150	1991	松庫工業	（興南工業）	共
700	700	45x2	(ｵｰｶﾞｰ)	9	SAVE	2	45	150	1975	警固屋船渠	SAVE船仕様(静的締固め砂杭工法)	自
800	1,300	300	4,903	9	VC	3	73	300	1993	三菱重工業	最大櫓高さ89.0m,最大打込深度70.0m	自
800	1,300	240	3,530	9	VC	3	53	60	1996	三菱重工業	最大櫓高さ65.0m,最大打込深度50.0m（古川組）	共
800	1,300	240	3,530	9	VC	3	64	60	1991	三菱重工業	最大櫓高さ75.0m,最大打込深度60.0m（興洋建設工業）	共
	1,000	300x3	3,822		VH	3	70	120	1996	二井造船	ｻﾝﾄﾞﾄﾞﾚｰﾝ船、深層混合処理船兼用	目
800		300	3,923	9	打戻工法	3	65	140	1997	IHIアムテック	（日本海工）	用

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（一部加筆）

注 1）業者ヒアリングの結果、改造により打込深度 50m 可能

注 2）業者ヒアリングの結果、外洋航行能力を有していないため対象から除外（第 6 不動号と第 1 古川丸は同一船）

■砂撒船

「現有作業船一覧（2019）」より、トレミー方式に該当する船舶（ピンク）を以下に示す。このうち、水深 40m 以上に対応可能な船舶は不明であるため、業者ヒアリングを行った。ヒアリングの結果、第三伯新が水深 40m 以深に対応可能であった。

25 砂撒船

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数 (t)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 (m)	動力種類	出力 全装備機関 (kW)	撒出方式	能力 撒出量 (m^3/h)	砂撒厚 (m)	ホッパー容量 (m^3)	製造年	製造所	備考	保有形態
2500001	青木マリーン㈱	千葉港	AOKI MAR 2001	3,480	93.0	28.0	3.5	1.30	D	2,470	トレミー方式	900	0.3	30x2	1989	新浜造船所	揚土船と兼用	自
2500002	栄臨建設㈱	大阪港	第3美砂丸	270	26.8	12.6	1.8	0.80	D	110	散布管方式	600	0.3		1990	阿部駿造船所	バージアンローダ船と海上管連結	共
2500003	㈱小島組	名古屋港	栄翔	2,390	60.0	21.0	4.0	2.10	DE	1,300	ラダー散布方式	1,200	1.5	155	1998	石川島播磨重工業		自
2500004	新総建設㈱	北九州港	WTS－1000	1,400	75.0	16.0	5.5	1.60	D	1,320	トレミー方式	1,000	1.0	200	1998	MECエンジニアリング	（若築建設）	共
2500005	セイホ工業㈱	堺泉北港	千亀利	965	60.0	20.0	3.5	1.70	DE	1,073	トレミー方式	1,000			2018	宗田造船	バックホウ(10㎥)1台搭載	自
2500006	大新土木㈱	千葉港	第三伯新	1,200	60.0	20.0	3.0	1.00	DE	1,033	トレミー方式	1,000		80x2	2007	宗田造船	バックホウ(10㎥)1台搭載	自
2500007	りんかい日産建設㈱	大阪港	第3美砂丸	270	26.8	12.6	1.8	0.80	D	110	散布管方式	600	0.3		1990	阿部駿造船所	バージアンローダ船と海上管連結（栄臨建設）	共
2500008	若築建設㈱	北九州港	WTS－1000	1,400	75.0	16.0	5.5	1.60	D	1,320	トレミー方式	1,000	1.0	200	1998	MECエンジニアリング	（新総建設）	共

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（一部加筆）

■リクレーマ船

「港湾土木請負工事積算基準（平成 31 年度改定版）」P.3-1-(18)より、公称揚土能力 2,200m³/h のリクレーマ船の規格区分の範囲は以下のとおりである。

1）主作業船の規格区分

リクレーマ船の規格呼称区分	公称能力の範囲	公称揚土能力
鋼DE 1,200PS型	500≦　＜1,000m³／h	750m³／h
鋼DE 2,800 〃	1,000≦　＜2,000m³／h	1,500m³／h
鋼DE 3,200 〃	2,000≦　＜2,400m³／h	2,200m³／h

「現有作業船一覧（2019）」より、揚土能力 2,200m³/h 級以上（2,000m³/h 以上）に該当する船舶（ピンク）を以下に示す。業者ヒアリングにおいても現有することを確認した。

11　リクレーマ船

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数 (t)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 (m)	動力種類	出力 全装備機関 (kW)	揚土設備用 (kW)	払出設備用 (kW)	揚土設備 種類	台数 (台)	製造所	揚土能力 (m³/h)	払出装置 型式	払出能力 (m³/h)	払出水平距離 (m)	払出高さ (m)	製造年	製造所	備考	保有形態
1100001	青木マリーン㈱	千葉港	AOKIMAR2001	3,480	93.0	28.0	3.5	1.30	D	2,470	720x2	960	BH	2	日立建機	2,400	BC	2,400	58	15.5	1989	新浜造船所		自
1100002	家島建設㈱	北九州港	太陽号	1,600	50.0	20.0	3.6	1.60	D	1,228	603	625	BH	1	小松製作所	800	BC	1,000	43	11.0	1993	富士海事工業		自
1100003	家島建設㈱	北九州港	天恵号	1,664	52.0	20.0	3.6	1.60	D	1,238	603	635	BH	1	小松製作所	800	BC	1,000	50	12.0	1994	富士海事工業		自
1100004	㈱OSW	大阪港	忠揚号	4,038	80.0	26.0	5.5	1.70	DE	2,720	630x2	550	BH			1,500	BC	2,500	50	19.0	1988	サノヤス・ヒシノ明昌		自
1100005	海洋開発興業㈱	大阪港	だいきち号	2,760	50.0	24.0	4.3	2.30	D	3,170	1,264	1,320	BH	2	コマツ	2,000	BC	2,000	50	11.7	1992	警固屋船渠	トレミー船兼用 （セイホ工業㈱）	共
1100006	株木建設㈱	袖ケ浦	第二東揚号	4,280	85.0	28.0	5.5	1.80	DE	2,684	728x2	1,030	BH	2	コマツ	2,500	BC	2,500	65	20.0	2000	神例造船	（東洋建設、トマック、タチバナ工業）	共
1100007	関門港湾建設㈱	下関港	オーシャン2号	3,682	73.0	26.0	4.3	2.00	DE	2,440	1,220	1,030	BH	1	日立建機	2,000	BC	2,000	60	14.5	1996	ｴﾑｲｰｼｰｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞｻｰﾋﾞｽ		自
1100008	関門港湾建設㈱	下関港	オーシャン3号	2,309	55.0	22.0	4.0	2.00	DE	1,580	690	760	BH	1	日立建機	1,500	BC	1,500	50	12.8	1996	ｴﾑｲｰｼｰｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞｻｰﾋﾞｽ		自
1100009	関門港湾建設㈱	下関港	オーシャン5号	2,685	65.0	26.0	4.5	2.20	DE	2,663	1,134	1,121	BH	2	日立建機	2,000	BC	2,000	60	16.0	2010	ｴﾑｲｰｼｰｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞｻｰﾋﾞｽ		自
1100010	関門港湾建設㈱	下関港	関星	5,040	80.0	32.0	4.8	2.00	DE	4,084	1,134	2,500	BH	2	日立建機	3,000	BC	3,000	65	16.6	2002	住友重機械工業		自
1100011	㈱白海	北九州港	大地号	715	45.0	15.0	3.0	1.10	D	550	290	240	BH	1	小松製作所	350	BC	350	35	11.0	1993	富士海事工業	ﾊﾞｯｸﾎｳ(4.2立米)式、ﾎｯﾊﾟｰ20立米、ｽﾊﾟｯﾄﾞ2基	自
1100012	セイホ工業㈱	大阪港	だいきち号		50.0	24.0	4.3	2.50	DE	1,710	460x2	280	BH	2	小松製作所	2,000	BC	2,000	50	11.5	2000	警固屋船渠	(海洋開発興業)	共
1100013	大新土木㈱	北九州港	天恵号	1,664	52.0	20.0	3.6	1.60	D	1,238	603	635	BH	1	小松製作所	800	BC	750	50	12.0	1994	富士海事工業	(家島建設)	共
1100014	東洋建設㈱	袖ケ浦	第二東揚号	4,280	85.0	28.0	5.5	1.80	DE	2,684	728x2	1,030	BH	2	コマツ	2,500	BC	2,500	65	20.0	2000	神例造船	2010年3月改造　環境対策船 (株木建設)	共
1100015	寄神建設㈱	神戸港	翔揚	4,356	85.0	25.0	4.5	2.00	DE	2,630	1,280	1,210	BH	2	日立建機	2,000	BC	2,000	55	18.0	1993	三菱重工業		自

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（一部加筆）

■杭打船（バイブロハンマ）

「現有作業船一覧（2019）」より、バイブロハンマモーター出力 150～240kW に該当する船舶を以下に示す。

17　杭打船

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数	船体主要寸法				動力種類	出力			櫓（リーダ）					ハンマ			バイブロハンマ				杭（最大）			製造年	製造所	備考	保有形態	兼用船
					長	幅	深	喫水		全装備機関	杭打機用	ハンマ用	形式	高さ	傾斜角		アウトリーチ	型式	ラム質重	打撃エネルギー	型式	起振力	モーター出力	杭径	長さ水面上	質量					
				(t)	(m)	(m)	(m)	(m)		(kW)	(kW)	(kW)		(m)	前(度)	後(度)	(m)		(t)	(kJ)		(kN)	(kW)	(m)	(m)	(t)					
1700015	㈱塩見組	北九州港	たかと６号	1,317	38.0	19.0	2.8	1.50	ＤＥ	382	159	108	直結	33	0	0	1.5	Ｈ	10.0	141	Ｅ	107	150	1.2	25	10	1995	三浦造船所		自	台
1700016	㈱塩見組	北九州港	たかと８号	1,317	38.0	19.0	2.8	1.50	ＤＥ	599	272	239	傾動	42	+10～	-15	10.0	Ｈ	15.0	235	Ｅ	165	200	1.5	30	10	1997	五幸造船		自	台
1700020	タチバナ工業㈱	玉島港	第８水島号		40.0	16.0	3.0	1.00	Ｄ	900	410	150	傾動	39	+20～	-20	13.3	Ｄ	7.2	211		1,049	150	1.5	35	15	1996	光洋工業	（前田組）	共	起
1700022	㈱ティー・シージャパン	大分港	第三十八大栄号	2,661	55.0	22.0	3.8	2.50	Ｄ	1,292	478		全旋回	60	+25～	-25		Ｈ	10.0	200			200	1.7	60	40	2004	ＳＫＫ　大旺造機	オーガーSMD-240H 外周オーガーD-150WP	自	起
1700023	㈱ティー・シージャパン	大分港	第八十八大栄号	4,910	70.0	26.0	4.7	3.00	ＤＥ	1,936	1,104		全旋回	77	+25～	-25		Ｈ	13.6	280			200	2.0	70	60	2016	ＳＫＫ　富士海事工業	スーパーオーガ-SA-SMD-240H オーバートップDN-1800	自	起
1700039	みらい建設工業㈱	森港	第５河野丸	480	36.0	15.0	3.0	1.20	Ｄ	560	257	427	旋回	50	+18～	-18	9.0	Ｈ	12.5	147	Ｅ	1,613	200	1.5	39	55	1980	川村造船	（河野組）	用	グ
1700045	洋伸建設㈱	水島港	８８ＺＥＮＳＨＩ	975	46.0	20.0	3.5	1.80	Ｄ	590	310	235	全旋回	50	+20～	-20	8.5	Ｈ	12.0	206	Ｅ	1,824	240	1.5	36	36	1996	光洋工業	（前田組）	共	起
1700046	吉野建設㈱	大阪港	第十五吉野号	2,600	55.0	24.0	3.0	1.80	ＤＥ	466	206		旋回	53	+15～	-15	2.0	Ｈ	4.5	90	Ｅ	1,432	200	1.5	50	40	1996	宗田造船	バイルキーパ±25° スパッド台船兼用	自	グ台
1700047	吉野建設㈱	大阪港	第十六吉野号	830	34.0	16.0	2.8	1.30	ＤＥ	432	272		旋回	30	+5～	0	1.0	Ｈ	4.5	90	Ｅ	1,432	200	1.5	25	30	1991	宗田造船	スパッド台船兼用	自	グ台
1700048	吉野建設㈱	大阪港	第二十一吉野号	830	34.0	16.0	2.8	1.30	ＤＥ	381	221		旋回	53	+7～	-7	2.0	Ｈ	4.5	90	Ｅ	1,432	200	1.5	45	30	1995	宗田造船	バイルキーパ±25° スパッド台船兼用	自	グ台
1700049	吉野建設㈱	大阪港	第二十二吉野号	1,400	45.0	23.0	2.5	1.50	ＤＥ	432	272		旋回	53	+15～	-15	2.0	Ｈ	4.5	90	Ｅ	1,432	200	1.5	50	40	1997	宗田造船	バイルキーパ±25° スパッド台船兼用	自	グ台
1700050	吉野建設㈱	大阪港	第二十五吉野号	3,600	60.0	30.0	3.7	1.80	ＤＥ	891	441		旋回	75	+15～	-15	2.0	Ｈ	13.6	280	Ｅ	1,824	240	2.0	60	80	1995	宗田造船	バイルキーパ±25° スパッド台船兼用	自	台
1700051	吉野建設㈱	大阪港	第二十七吉野号	2,100	50.0	23.0	3.5	1.80	ＤＥ	504	254		旋回	52	+15～	-15	2.0	Ｈ	13.6	280	Ｅ	1,824	240	1.6	52	40	2011	宗田造船	2分割船 スパッド台船兼用	自	台
1700052	吉野建設㈱	大阪港	第二十八吉野号	500	26.0	16.0	2.2	1.20	ＤＥ	267	147		旋回	30	+5～	0	1.0	Ｈ	4.5	90	Ｅ	1,094	150	1.2	27	20	1997	宗田造船	2分割船 スパッド台船兼用	自	台
1700053	吉野建設㈱	大阪港	第三十吉野号	500	26.0	16.0	2.2	1.20	ＤＥ	242	112		旋回	30	+5～	0	1.0	Ｈ	4.5	90	Ｅ	1,094	150	1.2	24	18	1997	宗田造船	2分割船 スパッド台船兼用	自	台
1700054	吉野建設㈱	大阪港	第三十八吉野号	3,700	63.0	28.0	4.0	1.80	ＤＥ	923	448		旋回	52	+15～	-15	2.0	Ｈ	13.6	280	Ｅ	1,824	240	1.8	55	50	2014	宗田造船	2分割船 スパッド台船兼用	自	台

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

■グラブ浚渫船

「港湾土木請負工事積算基準（平成 31 年度改定版）」P.3-1-24 より、鋼 D15m³ 及び鋼 D30m³ のグラブ浚渫船の規格区分の範囲は以下のとおりである。

1）主作業船の規格区分

グラブ浚渫船（普通地盤用）の規格区分	実装グラブ（普通地盤用）の範囲（m³）	摘　要
鋼D 2.5m³	1.5＜ ≦ 3.5	アンカー式
〃 5 〃	3.5＜ ≦ 7.0	〃
〃 9 〃	7.0＜ ≦11.5	〃
〃 15 〃	11.5＜ ≦18.0	スパッド式
〃 23 〃	18.0＜ ≦26.5	〃
〃 30 〃	26.5＜ ≦31.0	〃

注）なお、アンカー式およびスパッド式については、現場条件により別途考慮することができる。

「現有作業船一覧（2019）」より、グラブ容量 15m³（11.5m³ 超え 18.0m³ 以下）に該当する船舶を以下に示す。

8　グラブ浚渫船　　② 非 自 航

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数	船体主要寸法				動力種類	出力		公称能力		搭載設備		グラブ容量	泥倉		船体固定方式	製造年	製造所	備考	保有形態	兼用船
					長	幅	深	喫水		全装備機関	浚渫機械用	浚渫能力	最大浚渫深度	製造所	型式		型式	容量						
				(t)	(m)	(m)	(m)	(m)		(kW)	(kW)	(m³/h)	(m)			(m³)		(m³)						
0620010	㈱東組	和歌山港	第７東組号	2,000	60.0	22.0	2.0	1.80	D	1,770	1,140	500	40	ＳＫＫ	SKK-30012GDT	12.0			スパッド	2006	富士海事工業		自	起
0620041	㈱内間土建	伊江港	明星５５	1,700	43.0	18.0	3.5	2.30	ＤＥ	1,130	970	200	40	ＳＫＫ	15012GDT-F	12.0			スパッド	1988	警固屋船渠	ウルトラヘビー6m³	自	起
0620064	㈱おかむら	名古屋港	第１８おかむら丸	2,640	60.0	20.0	3.5	2.20	D	1,840	1,490	510	30	ＳＫＫ	25018GDT-L	18.0			スパッド	1999	大崎造船所		自	
0620103	久保建㈱	博多港	第一彰龍丸	2,110	65.0	23.0	4.0	1.70	ＤＨ	1,770	1,070	620	40	コベルコクレーン	F&G3111	16.0	甲板	1,750	スパッド アンカー	1998	臼杵造船所	オレンジバケット6m³、スーパーヘビー3.5m³	自	起
0620117	㈱小島組	名古屋港	第１６１良成丸	2,640	60.0	20.0	3.5	2.20	D	1,840	1,490	500	50	ＳＫＫ	SKK-25018GDT-L	12.0			スパッド	1999	大崎造船所	直巻能力70t 密閉グラブWL12m³(PL18m³)(幅広)WL20m³(PL20m³)(おかむら)	共	
0620118	㈱小島組	名古屋港	第２６１良成丸	2,460	60.0	20.0	3.5	2.00	ＤＥ	1,840	880×2	530	30	ＳＫＫ	SKK-25020EH	15.0			スパッド	1985	大崎造船所	直巻能力 100t 油圧バケットヘビータイプ WL15m³(PL20m³) 密閉二重構造グラブWL6m³(PL6m³)	自	
0620167	大旺新洋㈱	佐賀港（高知県）	第八広進丸	1,957	63.0	22.0	3.5	2.20	ＤＥ		1,180	650	50	ＳＫＫ	30015GDT-N	15.0			スパッド アンカ	1996	大旺造船	ヘビー7.5m³	共	起砕
0620178	大新土木㈱	北九州港	第２７大博号	2,419	56.0	21.6	4.0	2.00	D	1,960	1,470	600	50	ＳＫＫ	25018GDT-N	18.0			スパッド アンカー	1996	警固屋船渠	ヘビータイプ8m³×1（博多港管理）（ナイカイアーキット）	共	砕
0620180	高砂建設㈱	四日市港	あけぼの	1,570	63.5	20.0	3.5	1.50	D	1,290	960	500	40	ＳＫＫ	20011GDTN	12.0	箱型	428	アンカー	1994	東風造船		自	起
0620181	高砂建設㈱	四日市港	第２金剛	1,447	58.5	20.0	3.5	1.60	D	1,410	1,260	600	50	ＳＫＫ	16013GDTA	13.0			スパッド アンカー	1987	日立造船		自	起
0620203	㈱谷村建設	姫川港	第二翠龍号	2,004	55.0	21.4	4.0	2.00	D	2,104	1,471	540	50	ＳＫＫ	25018GDT-K	16.0			スパッド アンカー兼用	2009	富士海事工業	ミディアム10m³×50t	自	起
0620225	㈱西村組	紋別港	第３８西村号	2,338	61.0	22.0	4.5	1.80	D	1,640	964	160	50	ＳＫＫ	35011GDT-L	12.0	甲板	1,000	スパッド	2003	中之島造船	硬土盤用5.5m³× 1	自	起砕
0620226	㈱西村組	紋別港	第７５西村号	2,338	61.0	22.0	4.5	1.80	D	1,816	1,140	160	50	ＳＫＫ	35011GDT-L	12.0	甲板	1,000	スパッド	2011	富士海事工業	硬土盤用5.5m³× 1	自	起砕
0620229	日本港湾リース(株)	名古屋港	中工丸	2,640	60.0	20.0	3.5	2.20	D	1,817	1,471	500	50	ＳＫＫ	SKK-20018GDT-F	12.0			スパッド	1993	大崎造船所	直巻能力 70t（小島組）(共) 密閉グラブWL12m³(PL18m³)密閉グラブ幅広WL20m³(PL20m³)	自	
0620259	堀松建設工業㈱	留萌港	第１６堀松号	1,559	60.0	22.0	4.0	1.44		2,790	960	560	40	四国建機	30011GDT-L	12.0	甲板	456		2000	淡路共同造船	スパッド付、プッシャー式	自	起
0620293	㈱森崎建設工業	鹿児島港	第六十八愛夢丸	6,600	80.0	25.0	5.0	3.00	D	2,194	1,177	344	40	ＳＫＫ	50015GDT-L	13.0	甲板	1,018	スパッド	2004	熊本ドック	ヘビータイプ5.5m³	自	起砕

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

「現有作業船一覧（2019）」より、グラブ容量 30m³（26.5m³超え 31.0m³以下）に該当する船舶を以下に示す。

8　グラブ浚渫船　　② 非 自 航

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数 (t)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 (m)	動力種類	出力 全装備機関 (kW)	出力 浚渫機械用 (kW)	公称能力 浚渫能力 (m³/h)	公称能力 最大浚渫深度 (m)	搭載設備 製造所	搭載設備 型式	グラブ容量 (m³)	泥倉 型式	泥倉 容量 (m³)	船体固定方式	製造年	製造所	備考	保有形態	兼用船
0620005	家島建設㈱	大阪港	Harimanian青龍	3,450	60.0	25.0	4.0	2.30	D	3,018	1,840	1,000	60	ＳＫＫ	SKK-30030GDT-E	30.0			スパッド	2017	富士海事工業	環境対策型	自	
0620006	関門港湾建設㈱	下関港	第二関雄	3,721	64.0	24.0	5.0	2.80	ＤＥ	3,320	2,940	860	85	神戸製鋼所	GE-1500A	30.0			スパッドアンカー	1997	サノヤス・ヒシノ明昌	ヘビータイプ13㎥×1	自	砕
0620007	㈱青木組	水島港	ビッグブルー	1,910	56.0	23.0	4.2	2.50	D	2,280	1,840	1,100	60	ＳＫＫ	30030GDT-K	30.0			スパッド	2011	ＳＫＫ	サイドスラスター　2基 ヘビータイプ15㎥×1　ワイドバケット30㎥×1	共	起砕
0620057	㈱大滝工務店	東京港	大雅	2,000	60.0	24.0	4.0	2.00	D	2,441	1,840	1,200	60	ＳＫＫ	30030GDT-N	30.0			スパッドアンカー	2012	富士海事工業	ヘビータイプ15㎥×1	自	起砕
0620062	㈱青木組	東京港	第１１平成	1,910	56.0	23.0	4.2	2.50	D		1,840	1,000	50	ＳＫＫ	30030GDT-L	30.0			スパッド	1999	人旺造機	スーパーヘビー7.5㎥×1	自	起砕
0620063	㈱青木組	東京港	第１６平成	1,910	56.0	23.0	4.2	2.50	D		1,840	1,000	60	ＳＫＫ	30027GDT-L	30.0			スパッド	1998	大旺造機	サイドスラスター　1基 ヘビータイプ13㎥×1	自	起砕
0620091	関門港湾建設㈱	下関港	関雄	3,721	64.0	24.0	5.0	2.80	ＤＥ	3,320	2,940	770	85	神戸製鋼所	GE-1500A	27.5			スパッドアンカー	1994	住友重機械工業	ヘビータイプ13㎥×1	自	砕
0620109	京浜港湾工事㈱	東京港	第２８須山丸	2,962	56.0	23.0	4.2	2.30	D	3,138	1,838	1,000	60	ＳＫＫ	25025GDT-N	28.0			スパッドアンカー	1996	ＳＫＫ	15.0㎥(中硬土)、28㎥幅広密閉バケット、 28㎥普通密閉バケット	自	起
0620127	五洋建設㈱	千葉港	第２８五大	2,975	58.8	23.0	4.3	2.20	D	2,623	1,838	1,000	60	ＳＫＫ	30027 GDT-K	27.0			スパッドアンカー	2011	富士海事工業	(大新土木)ヘビ―9㎥　重錘53t	共	起砕
0620176	峰岸浚渫㈱	東京港	第２８周宏丸	1,948	60.0	23.0	4.0	2.50	D	2,360	1,840	1,100	50	ＳＫＫ	30025GDT-L	30.0			スパッド	2000	ＳＫＫ	ヘビータイプ11.5㎥×90t×1　25㎥幅広密閉バケット (エムエスマリン)	共	砕
0620180	大新土木㈱	竹原港	第三十八大新号	2,975	58.8	23.0	4.3	2.20	D	2,950	1,840	1,000	60	ＳＫＫ	30027 GDT-K	27.0			スパッドアンカー	2006	淡路共同造船	ヘビータイプ9.5㎥×1	自	起砕
0620185	高砂建設㈱	四日市港	２７金剛	2,671	70.0	24.0	4.5	2.30	D	2,420	1,840	707	60	ＳＫＫ	30027 GDT-L	27.0			スパッドアンカー	2001	大旺造船		自	起
0620194	タチバナ工業㈱	高松港	拓海	3,700	62.0	25.0	4.5	2.80	D	2,740	1,840	1,000	60	ＳＫＫ	30030GPT-EH	26.6			スパッドアンカー	2018	富士海事工業	(東洋建設)	共	起砕
0620256	㈱古川組	宿毛港	第５８共栄号	1,910	58.8	23.0	4.0	2.50	D	2,640	1,840	1,000	60	ＳＫＫ	30027GDT-K	27.0			スパッド	2009	富士海事工業	(山本建設工業)	用	起砕
0620268	松浦企業㈱	横浜港	第七金剛丸	3,900	61.0	24.0	4.4	2.50	D	3,628	2,206	1,000	60	ＳＫＫ	30030GDT-K	29.2			スパッドアンカ	2012	ＩＨＩ ＭＵ	ライト30㎥．ヘビー15㎥	自	起砕
0620279	大旺新洋㈱	高知港	第十五龍正丸	2,160	60.0	24.0	5.0	2.50	D	3,990	2,210	1,050	60	ＳＫＫ	30030GDT-K	30.0			スパッドアンカー	2015	富士海事工業	ヘビー10㎥	自	砕
0620311	山本建設工業㈱	宿毛港	第６８共栄号	1,910	58.8	23.0	4.0	2.50	D	2,640	1,840	1,000	60	ＳＫＫ	30027GDT-K	27.0			スパッド	2012	富士海事工業	ヘビータイプ9.5㎥(共栄海事工業)	用	起砕
0620324	若築建設㈱	北九州港	若鷲丸	2,933	60.0	24.0	4.3/4.1	2.10	D	3,220	1,840	1,000	60	ＳＫＫ	SKK-30027 GOT-EH	29.6			スパッドアンカー	2014	富士海事工業	特殊バケット29.6m×64t 普通27m×66t　ヘビー10m×90t	自	起砕

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

■バックホウ浚渫船

「港湾土木請負工事積算基準（平成 31 年度改定版）」P.3-1-(11)より、鋼 D2.0m³ のバックホウ浚渫船の規格区分の範囲は以下のとおりである。鋼 D3.0m³ は 2.5m³ を超えるものとした。

1）規格区分

バックホウ浚渫船の規格区分	実装バケットの範囲（m³）	摘　　要
鋼D　1.0m³	≦ 1.5	
〃　2.0〃	1.5＜ ≦ 2.5	

注）バックホウ浚渫船の退避が頻繁に生じ補助船舶が必要な場合、または航行船舶に支障のない区域にバックホウ浚渫船を一時退避する必要がある場合等、現場条件により引船を別途計上する（「本項　１－６　施工歩掛、１）(4) 浚渫船の一時退避に伴う運転時間の補正」参照）。

「現有作業船一覧（2019)」より、バケット容量 2.0m³（1.5m³ 超え 2.5m³ 以下）に該当する船舶を以下に示す。

8　バックホウ浚渫船

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数	船体主要寸法				動力種類	出力		公称能力			旋回型式	搭載設備		バケット容量	製造年	製造所	備考	保有形態
					長	幅	深	喫水		全装備機関	バックホウ用	浚渫能力	浚渫深度 最大	浚渫深度 最小		製造所	型式				
				(t)	(m)	(m)	(m)	(m)		(kW)	(kW)	(m³/h)	(m)	(m)				(m³)				
0800005	栄都建設㈱	東京港	第３武蔵丸	190	27.0	9.0	1.8	0.80	D		270		6	2	全旋回	住友	SH500 LHD-6	1.8	2016	住友建機		
0800006	栄都建設㈱	東京港	第５武蔵丸	180	25.0	9.0	2.0	0.80	D	300	230	140	8	2	全旋回	日立	EX450-5	1.8	2000	日立建機		自
0800011	栄臨建設㈱	草津市新浜	えいりん－１号	230	24.0	12.0	1.8	0.80	D	350	150	70	6	1	全旋回	日立	EX400	1.6	1984	杢兵衛造船所		自
0800015	海洋開発興業㈱	大阪港	第２清流	144	24.0	8.5	2.0	0.80	D	295	270	270	8		全旋回	コマツ	PC450	1.9	2007	宗田造船	転倒式スパッド２本	自
0800021	奇隆建設	大阪港	プロスパー	197	28.0	10.0	2.0	1.00	DH	413	345	90	7	2	全旋回	日立	ZX670	2.5	2009	宗田造船	㈱繁栄工業	共
0800071	三国屋建設㈱	鹿島港	常磐	173	24.0	9.0	1.8	0.80	D	74	260	35	9	1	全旋回	日立	ZX470H-3	2.0	2000	鹿児島ドック鉄工	スパッド2本(油圧低倒式) バックホウ1990年製	自
0800028	㈱呉屋組	糸満新漁港	バックホウ台船泰山２号	200	30.0	11.0	2.5	0.66	D		300	100	9	1	全旋回	小松	PC650	2.5	1995	日立造船		自
0800032	齋藤建設㈱	小泊港	第１２齋勝丸	397	30.0	15.0	2.5				469	60	8	2	全旋回	日立	ZX670LCH-3	2.5	2018	北浜造船鉄工		自
0800037	高林産業㈱	東京港	第二富士丸	77	20.0	7.3	1.5	0.70	D		170	120	6	1	全旋回	日立	ZX450	1.8	1994	安田造船		自
0800044	㈱どき	東京港	バックホウ台船Ｓ－２４号		24.0	9.0	1.8								全旋回	コマツ	PC400LC-7	1.9	2010		スパッド3本	自
0800046	㈱トマック	西宮港	白龍	200	24.0	9.0	2.0	0.95	D	513	309	100	7		全旋回	日立	EX700	1.8	1990			自
0800047	㈱中田組	鬼脇港	第１２中田号	700	30.0	15.0	2.5	1.25	DH	510	400	110	9		全旋回	日立	ZX870H-3	2.5	2011	稚内港湾施設	水中ブレーカ	用
0800048	㈱西園組	今和泉港	第１８西園号	116	20.4	9.0	1.8	0.90	D	300	210	96	8	1	全旋回	日立	EX400	1.6	1978	熊本ドッグ		自
0800049	㈱西村組	紋別港	第２７西村号	460	38.0	14.0	3.0	1.10	D	513	397	130	7	1	全旋回	日立	ZX870	2.5	2008	富士海事工業	スパット付、甲板積、最大掘削半径18.1m	自
0800050	丹羽建設㈱	頓別漁港	第１０丹羽号	280	24.0	11.0	2.4	1.10	D	180		100	7	1	全旋回	ＣＡＴ	345C	1.9	1978	稚内港湾施設	水中ブレーカ使用可	自
0800051	丹羽建設㈱	頓別漁港	第２８丹羽号	280	25.0	11.0	2.4	1.10	D		150	100	7	1	全旋回	日立	ZX470	1.9	1997	山本造船所	水中ブレーカ使用可	自
0800054	福丸建設㈱	佐世保港	ＦＫ－２５０	291	30.0	11.0	2.5	1.10	D	220	340	120	8		全旋回	日立	ZX870H	2.5	1996	宗田造船	水中ブレーカ使用可	自
0800026	紅陽建設㈱	横浜港	第５紅陽丸		25.8	9.0	2.0	0.80	D			120	7	1	全旋回	日立	EX400(3)	2.0	1995	安田造船		自
0800060	松原建設㈱	千葉港	松栄	46	14.9	4.5	1.3	0.70	D	80	41	26	5	1	全旋回			2.0	1980	マツバラ千葉	組立式　陸上輸送可	自
0800068	㈱マリン興業	東京港	ＭＲ－Ｂ１	166	25.0	10.0	1.8	0.65	D	300	260	120	8	1	全旋回	日立	ZX470 H-3	1.8	1990	安田造船	パックホウ新替(2009)	自
0800069	㈱マリン興業	東京港	ＭＲ－Ｂ３	149	25.0	9.0	2.0	0.65	D	300	260	120	8	1	全旋回	日立	ZX470 H-3	1.8	2007	隅田船舶工業	水中ブレーカー可	自
0800067	松原建設㈱	霞ヶ浦	松隆	300	30.0	10.0	1.8	1.00	D	330	130×2	120	9	1	全旋回	コマツ	PC600	2.0	1988	マツバラ千葉		自
0800072	㈱南組	歌別漁港	第八エンルム号	207	28.0	12.0	2.5	0.60	DE	370	280	80	6	1	全旋回	ＣＡＴ	350L	1.8	1988	富士海事工業	スパッド付	自
0800077	㈱横田海事	東京港	６５東庄丸	267	27.0	9.0	2.0	1.10	D	70	260	90	7	1	全旋回	日立	EX470H	1.9	1999	隅田船舶		自

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

「現有作業船一覧（2019）」より、バケット容量 3.0m³（2.5m³ 超え）に該当する船舶を以下に示す。

8　バックホウ浚渫船

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数 (t)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 (m)	動力種類	出力 全装備機関 (kW)	バックホウ用 (kW)	公称能力 浚渫能力 (m³/h)	浚渫深度 最大 (m)	浚渫深度 最小 (m)	旋回型式	搭載設備 製造所	搭載設備 型式	バケット容量 (m³)	製造年	製造所	備考	保有形態
0800001	㈱東江建設	浦添港	第三東和丸	262	30.0	11.5	2.2	1.00			370	100	7		全旋回	日立	EX-800	3.5	1996	日立建機		自
0800003	㈱ウオタニ	境港	太陽号	198	26.0	10.9	2.0	0.70	D				10			日立	EX800H-5	3.3	2003	小門造船鉄工所		自
0800004	㈱内間土建	那覇港	第２内間	371	35.0	12.0	2.5	1.00	DH	550	400	250	9	2	全旋回	小松	PC1000	3.3	1996	中国	水中ブレーカ搭載(NPKE-255)	自
0800012	㈱おかむら	四日市港	ちとせ８号	205	26.3	10.5	2.1	1.20	D	450	320	150	11	1	全旋回	日立	EX800H	3.0	1996	南平造船所	(藤村海事工業所)	用
0800022	㈱河野組	長万部	１８河野丸	417	29.0	12.0	2.8	1.20	D	440	310	180	11	1	全旋回	日立	EX700	3.0	1996	宗田造船	デッキ容量150㎡ 水中ブレーカー使用可	自
0800023	㈱河野組	銚子	１８８河野丸	450	31.0	12.0	2.5	1.20	D	642	482	250	13	1	全旋回	日立	EX1200-5C	5.0	2004	函東工業	デッキ容量200㎡ 水中ブレーカー使用可	自
0800024	㈱河野組	森	２３８河野丸	450	32.0	12.0	2.5	1.20	D	642	482	250	13	1	全旋回	日立	EX1200-5C	5.0	2010	冨士海事	デッキ容量200㎡ 水中ブレーカー使用可	自
0800025	㈱河野組	宮古	２５８河野丸	470	33.0	13.0	2.5	1.10	D	675	515	250	14	1	全旋回	コマツ	PC1250-8	5.0	2012	冨士海事	デッキ容量104㎡ 水中ブレーカー使用可	自
0800027	㈱小島組	名古屋	第２６良成丸	222	24.0	10.3	1.8	0.90	D		345	150	8		全旋回	日立	ZX670LCH	3.3	1992	石川島播磨重工業	0.5㎥密閉グラブバケットX1	自
0800033	山陽建設㈱	富津港	第２１山陽号	226	25.0	12.5	2.2	1.00	D	92	310	150	11	1	全旋回	日立	EX800	2.9	2000	富士海事工業		自
0800035	㈱菅原組	函館港	第１　すがわら号	556	35.0	15.0	3.0	1.20	D		567	250	12	1	全旋回	日立	EX1200-6	4.0	2014	日立建機	クレーン台船を改造(2016.1月)	自
0800039	谷開発㈱	浦河港	第３６成徳丸	290	30.4	12.0	2.3	1.30	D	338	338	85	13	3	180° 旋回	日立	ZX800	2.6	2002	日立建機	スパッド台船	自
0800040	東華建設㈱	塩釜港	第５５東華丸	291	28.0	14.0	2.5	1.00	D	143	345	120	11	1	全旋回	日立	ZX670LCH-3	2.9	1991	稚内港湾施設	掴み装置付き	自
0800041	東洋建設㈱	フィリピン	ＮＡＶＯＴＡＳ－３	96	20.0	12.0	1.8	0.40	D	450	316	230	7		全旋回	ボルボ	EC700	3.3	2014	Dansyco		自
0800042	東洋建設㈱	フィリピン	ＮＡＶＯＴＡＳ－５	168	28.0	12.0	2.2	0.50	D	450	316	230	7		全旋回	ボルボ	EC700	3.3	2014	Dansyco		自
0800052	ハヤカワ建設㈱	石狩湾新港	第３石狩号	832	42.0	17.0	3.3	1.90	D	456	502	250	12	1	全旋回	コマツ	PC1250	5.0	1987	函館どつく	(北弘機工)	共
0800055	㈱富士サルベージ	函館港	スパット台船１号	800	30.0	13.0	2.5	2.00	D	410	338	200	7	0	全旋回	小松	PC800	3.4	2004	富士サルベージ		自
0800057	堀松建設工業㈱	留萌港	第１８堀松号	450	30.0	12.0	2.5	1.20	DH	554	397	300	8	1	全旋回	日立	ZX870H	3.0	2012	富士海事工業	スパッド3本式	自
0800058	松浦企業㈱	横浜港	第三隆盛丸		30.0	12.0	2.5	1.30	D	589	397	180	10	2	全旋回	日立	ZX870-3	3.0	1998	山川造船鉄工		自
0800075	㈱森長組	福良港	第十豊号	328	32.0	10.0	2.5	1.00	D	390	331	100	12	1	全旋回	コマツ	PC750-6	2.8	1985	坂本造船所	水中ブレーカ搭載(ランマー油圧G100)	自

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

■コンクリートミキサー船

「船舶および機械器具等の損料算定基準（平成 30 年度改訂版）」P.船 7 より、1.5～2.0m³ 及び 2.5m³ のコンクリートミキサー船の規格区分の範囲は以下のとおりとした。

規格区分	適用範囲
1.5～2.0m³	1.25m³＜　≦2.25m³
2.5m³	2.25m³＜

「船舶および機械器具等の損料算定基準（平成 30 年度改訂版）」P.船 7 より抜粋

コンクリートミキサー船
［バッチ式］
DE　0.5 m³
DE　0.75m³
DE　1.0 m³
DE　1.5 m³
DE　2.0 m³
DE　2.5 m³

「現有作業船一覧（2019）」より、ミキサー容量 1.5～2.0m³（1.25m³ 超え 2.25m³ 以下）に該当する船舶（ピンク）及びミキサー容量 2.5m³（2.25m³ 超え）に該当する船舶（ブルー）を以下に示す。

18　コンクリートミキサー船　　① バッチ式

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数 (t)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 (m)	動力種類	出力 全装備機関 (kW)	ミキサー 容量 (m³)	能力 (m³/h)	材料貯蔵容量 砂利 (m³)	砂 (m³)	セメント (m³)	水 (m³)	製造年	製造所	備考	保有形態
1810001	アイエン工業㈱	今治港	うるま3号	830	37.0	18.0	3.5	1.30	DE	310	1.0	60	245	171	140	160	2001	富士海事工業	(洋伸建設)	共
1810002	大潮建設㈱	名護屋港	平成号	751	38.0	16.0	3.5	1.80	DE	240	1.0	50	364	227	160	180	1989	伊藤鉄工造船	(光洋)	共
1810003	門田建設㈱	生月港	第88すみよし	845	38.0	18.0	3.5	3.00	DE	240	1.0	60	420	300	160	114	1996	三浦造船		自
1810004	㈱金田建設	西郷港	第十二建生丸	2,565	47.4	16.0	4.0	3.30	DE	584	1.0	40	300	250	180	250	1989	西日本ドック		自
1810005	関門港湾建設㈱	神戸港	関栄	3,356	66.0	24.0	6.0	4.50	DE	2,022	3.0	200	860	860	480	392	2018	サノヤス造船	(共栄土木)	共
1810006	㈱黒瀬組	仙崎港	鳳凰号	1,230	46.5	17.0	2.9	2.60	DE	680	1.0	60	275	204	200	270	1978	小門造船鉄工		自
1810007	黒瀬建設㈱	萩港	第17黒潮号	476	36.0	15.0	2.5		DE	67	1.0	30	110	80	100	80	1984	東洋造船鉄工		自
1810008	㈱光洋	名護屋港	平成号	751	38.0	16.0	3.5	1.80	DE	240	1.0	50	364	227	160	180	1989	伊藤鉄工造船	(大潮建設)	共
1810009	㈱坂本組	青方港	第37すこやか号	1,470	51.0	21.0	4.0	3.70	DE	640	2.0	120	800	450	350	220	1989	熊本ドック		自
1810010	㈱三基	長崎魚港	グラバー	1,100	40.0	20.0	4.5	1.30	DE	560	2.0	110	420	300	200	140	2015	伊藤鉄工造船		自
1810011	山陽建設㈱	三原港	第8山陽号	2,330	55.0	24.0	5.0	4.00	D	680	3.0	150	800	750	450	770	1987	尾道造船		自
1810012	須工ときわ㈱	高知港	第十八龍馬	942	40.0	20.0	3.5	3.00	D	400	1.8	75	540	390	250	250	2004	大旺造機	(ときわ建工)	共
1810013	大旺新洋㈱	高知港	第十八龍馬	942	40.0	20.0	3.5	3.00	D	400		75	540	390	250	250	2004	大旺造機	(須工ときわ)	用
1810014	中田建設㈱	能代港	おおとり	1,430	44.0	18.0	3.5	1.95	DE	280	1.5	90	360	290	200	210	1985	伊藤鉄工造船		自
1810015	㈱なかはら	芦辺港	第28生長丸	741	40.0	15.0	3.5	1.50	D	640	2.0	95	360	240	160	100	1994	光洋工業㈱	(なかはら)	自
1810016	濵田海事工業㈲	門司港	はまゆう	2,800	40.0	18.0	4.0	2.00	DE	860	2.0	120	430	240	160	250	1991	日本造船鉄工		自
1810017	平尾建設㈱	郷ノ浦港	第11大豊号	920	43.0	18.0	3.3	1.40	D	52	1.5	60	250	150	150	200	1986	北川鉄工所		自
1810018	㈱本間組	直江津港	日本海号Ⅱ	3,800	51.0	21.0	4.0	3.50	DE	700	2.0	90	850	450	259	220	1985	熊本ドック		自
1810019	㈱みなと	酒田港	第五月山号	667	35.0	18.0	3.0	2.67	DE	350	1.0	50	230	190	60	55	1976	みなと		自
1810020	㈱森長組	福良港	第五豊号	691	45.0	18.0	4.5	3.70	D	670	1.5	90	360	270	160	260	1986	増井造船所		自
1810021	㈱森長組	福良港	第二十七豊号	1,179	54.0	21.0	5.0	4.00	D	1,410	2.0x2	110	652	577	320	390	1984	石川島播磨重工業		自
1810022	㈱森長組	福良港	第三十六豊号	1,427	55.0	24.0	5.0	4.00	D	1,695	2.8	120	784	645	340	442	2019	栗の浦ドック	IMO認証機	自
1810023	㈱屋部土建	運天港	久護850	5,280	55.0	24.0	5.0	4.00	DE	660	3.0	150	750	700	600	400	1987	北川鉄工所		共
1810024	寄神建設㈱	神戸港	第17神昭	6,088	60.0	22.0	5.5	4.50	DE	1,270	3.0	180	700	500	500	500	1987	川崎重工業		自

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（一部加筆）

■ガット船

ガット船については、「現有作業船一覧（2019）」の総隻数が、最大使用隻数を下回るため、日本船舶明細書に記載のある船舶のうち、ガット船について業者ヒアリングを行った。ヒアリングの結果、499GT（400GT 以上 500GT 未満）に該当する船舶を以下に示す。

日本船舶明細書					
	総トン	重量トン	全長	型幅	満載喫水
1	1,599	3,851	85	17.2	6.0
2	1,357	3,200	86	17.2	5.1
3	997	2,500	86	15.0	4.9
4	749	1,847	82	14.3	4.2
5	749	2,330	80	14.0	5.0
6	749	2,100	84	13.8	4.5
7	749	2,400	78	14.5	4.7
8	749	2,400	78	14.5	4.7
9	749	2,300	80	14.2	4.8
10	749	2,550	79	13.4	4.8
11	749	2,350	78	14.0	5.0
12	749	2,300	81	14.2	4.8
13	749	2,300	80	14.2	4.8
14	749	2,300	80	14.2	4.8
15	749	2,190	78	14.0	5.1
16	749	2,050	80	14.3	4.6
17	749	2,100	80	14.3	5.0
18	749	2,330	79	14.0	5.0
19	749	2,300	79	14.0	5.0
20	748	2,330	75	14.3	5.0
21	748	2,370	77	14.3	4.7
22	748	2,050	80	14.3	4.6
23	748	2,330		14.0	5.0
24	746	2,370	77	14.3	4.7
25	732	2,000	84	14.2	4.3
26	716	2,171	74	14.6	4.8
27	712	2,100	75	14.2	5.0
28	699	2,350	78	13.2	4.6
29	699	2,100	76	14.0	4.5
30	692	1,855	82	14.5	4.3

日本船舶明細書					
	総トン	重量トン	全長	型幅	満載喫水
31	691	2,053	79	13.5	4.7
32	690	2,050	79	13.5	4.7
33	682	2,100	79	13.5	4.8
34	499	1,600	69	13.4	4.2
35	499	1,750	70	13.2	4.4
36	499	1,750	70	13.2	4.4
37	499	1,600	70	13.0	4.4
38	499	1,750	64	13.2	4.6
39	499	1,400	72	13.0	4.1
40	499	1,641	71	13.2	4.4
41	499	1,635	70	13.2	4.4
42	499	1,730	70	13.2	4.4
43	499	1,700	63	13.2	4.6
44	499	2,095	71	13.2	4.6
45	499	1,780	68	13.3	4.5
46	499	1,640	69	13.0	4.4
47	499	1,640	69	13.0	4.4
48	499	1,600	71	12.5	4.4
49	499	1,600	69	13.1	4.4
50	499	1,800	71	13.5	3.5
51	499	1,488	68	13.2	4.4
52	499	1,447	72	13.5	4.1
53	499	1,600	66	13.2	4.4
54	499	1,377	67	13.2	4.3
55	499	1,548	68	13.2	4.5
56	480	570	51	10.5	3.3
57	498	1,730		13.2	4.5
58	498	1,640		13.2	4.4
59	498	1,800	65	13.2	4.5
60	498	1,600	66	13.2	4.4

日本船舶明細書					
	総トン	重量トン	全長	型幅	満載喫水
61	498	1,800	68	13.2	4.2
62	498	1,750	71	13.2	4.4
63	498	1,800	68	13.2	4.6
64	498	1,740	71	13.2	4.4
65	498	1,700		13.4	4.3
66	498	1,580	72	13.0	4.5
67	498	1,740	71	13.2	4.4
68	498	1,710	64	13.2	4.4
69	497	2,095	71	13.2	4.6
70	497	1,763	77	13.5	4.4
71	497	1,502	73	13.5	4.1
72	497	1,900	66	13.2	4.4
73	497	1,580	66	13.0	4.2
74	497	1,400	65	14.4	4.5
75	496	1,600	72	13.2	4.2
76	496	1,200	63	13.5	4.2
77	495	1,800	66	13.0	5.5
78	494	1,511	63	13.2	4.8
79	494	1,208	59	12.0	4.2
80	493	1,600	67	13.2	4.6
81	493	1,500	68	13.0	4.5
82	493	1,130	62	13.4	3.9
83	493	1,303	66	13.2	4.1
84	492	1,680	71	13.5	4.2
85	491	1,348	67	13.2	4.5
86	490	1,600	67	13.2	4.4
87	490	1,700	67	13.2	5.3
88	489	1,731	69	13.0	4.4
89	488	1,600	71	13.0	4.8
90	488	1,585	71	13.5	4.1

日本船舶明細書					
	総トン	重量トン	全長	型幅	満載喫水
91	488	1,650	71	13.0	4.1
92	488	1,600	72	13.0	4.1
93	488	1,640	69	13.0	4.4
94	488	1,449	71	13.5	4.1
95	487	1,650	74	13.5	4.2
96	487	1,500	65	13.5	4.2
97	487	1,390	66	13.0	4.5
98	487	1,000	50	10.5	3.6
99	487	1,276	65	13.2	4.4
100	486	1,712	71	13.5	4.2
101	486	657	50	10.5	3.6
102	484	1,381	66	13.2	4.5
103	483	1,356	58	12.5	4.5
104	483	1,348	65	13.2	5.2
105	482	1,750	66	13.5	4.3
106	477	719	51	10.7	3.9
107	467	699	52	10.6	3.3
108	465	1,200	66	13.0	4.1
109	460	1,440	66	13.0	4.4
110	459	1,001	58	13.5	4.3
111	456	736	50	10.5	3.2
112	455	1,350	67	13.5	3.9
113	453	950	63	12.0	3.5
114	451	1,500	60	13.0	3.7
115	448	726	50	10.5	3.4
116	446	1,300	68	11.8	3.9
117	435	1,313	59	11.5	4.7
118	431	1,328	64	12.0	3.4
119	427	981	59	14.2	3.8
120	409	1,130	58	12.0	3.8
121	407	1,200	62	12.0	4.0

※上表より、喫水が 5.0m よりも浅い船舶が全体の 90%程度を占めている。

■土運船

「港湾土木請負工事積算基準（平成 31 年度改定版）」P.3-1-51 より、鋼 1,300m³ 積の土運船の規格区分の範囲は以下のとおりである。1,800m³ 超えは鋼 2,000m³ 積と称す。

1）土運船の規格区分

土運船規格区分	土運船の積載量範囲	能力算定用基準積載容量	摘　　要
鋼　300m³積	160＜　≦　450m³	300m³	
〃　650　〃	450＜　≦　900〃	650〃	
〃 1,300　〃	900＜　≦1,800〃	1,300〃	

注）土運船（押航）は、鋼650m³積、鋼1300m³積のみである。

「現有作業船一覧（2019）」より、泥倉容量 1,300m³ 級（900m³ 超え 1,800m³ 以下）に該当する船舶を以下に示す。

34　土運船(押航土運船を含む)　　② 非 自 航

番　号	所　有　者	所在港	船　　名	排水トン数 (t)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 軽荷 (m)	喫水 満載 (m)	動力種類	全装備機関 (kW)	連結方式 (押航土運船のみ)	捨土可能最小水深 (m)	泥倉 型式	泥倉 容量 (m³)	製造年	製造所	備考	保有形態
3420026	㈱ＯＳＷ	大阪港	ＢＧ－３０１		51.5	13.0	4.5	1.00	3.85		34	ピン式		密閉	1,200	1992	大旺造機		自
3420027	㈱ＯＳＷ	大阪港	ＢＧ－３０２		51.5	13.0	4.5	1.00	3.85		34	ピン式		密閉	1,200	1992	大旺造機		自
3420028	㈱ＯＳＷ	大阪港	ＢＧ－３０３		51.5	13.0	4.5	1.00	3.85		34	ピン式		密閉	1,200	1992	大旺造機		自
3420029	㈱ＯＳＷ	大阪港	ＢＧ－７０１		69.9	14.0	5.7	0.95	4.50		250	ピン式		密閉	1,600	1997	大旺造機		自
3420040	海洋開発興業㈱	東京港	ＡＭＴ－１５１	2,400	60.0	14.0	4.0	0.70	3.50			ロープ式	3.0	密閉	1,500	2009	宗田造船		自
3420041	海洋開発興業㈱	若松港	ＡＭＴ－１５２	2,400	60.0	14.0	4.2	0.70	3.50			ロープ式	3.0	密閉	1,500	2009	宗田造船		自
3420045	海洋開発興業㈱	東京港	ＫＢ－２５５０	2,400	60.0	14.0	4.2	0.70	3.50			ロープ式	3.0	密閉	1,500	2011	宗田造船		自
3420046	海洋開発興業㈱	若松港	ＫＢ－２５５１	2,560	62.0	14.0	4.5	0.70	3.80			ロープ式	3.0	密閉	1,600	2013	宗田造船		自
3420047	海洋開発興業㈱	大阪港	ＫＢ－２５５３	2,560	62.0	14.0	4.5	0.70	3.80			ロープ式	3.0	密閉	1,600	2013	宗田造船		自
3420048	海洋開発興業㈱	大阪港	ＫＢ－２５５５	2,400	60.0	14.0	4.1	0.70	3.50			ロープ式	3.0	密閉	1,500	1996	宗田造船		自
3420049	海洋開発興業㈱	大阪港	ＫＢ－２５５６	2,400	60.0	14.0	4.1	0.70	3.50			ロープ式	3.0	密閉	1,500	1996	宗田造船		自
3420051	海洋開発興業㈱	大阪港	ＫＴ－６	2,400	60.0	14.0	4.0	0.70	3.50			ロープ式	3.0	密閉	1,500	1996	宗田造船		自
3420052	海洋開発興業㈱	大阪港	ＫＴ－７	2,400	60.0	14.0	4.0	0.70	3.50			ロープ式	3.0	密閉	1,500	1996	宗田造船		自
3420053	海洋開発興業㈱	東京港	ＫＴ－１７	1,900	53.5	13.0	4.1	0.60	3.60			ロープ式	3.0	密閉	1,200	1997	宗田造船		自
3420054	海洋開発興業㈱	大阪港	ＫＴ－１８	1,900	53.5	13.0	4.1	0.60	3.60			ロープ式	3.0	密閉	1,200	1997	宗田造船		自
3420060	海洋開発興業㈱	大阪港	ＫＹ－１５０１	240	60.0	14.0	4.0	0.70	3.50			ロープ式	3.0	密閉	1,500	2014	富士海事工業		自
3420061	海洋開発興業㈱	大阪港	ＫＹ－１５０２	2,400	60.0	14.0	4.0	0.70	3.50			ロープ式	3.0	密閉	1,500	2014	富士海事工業		自
3420073	九船建設㈱	北九州港	ＫＳ－１６０１	3,444	60.0	14.0	4.5	0.60	4.00	D	31			密閉	1,600	2007	宗田造船		自
3420074	九船建設㈱	北九州港	ＫＳ－１６０２	3,444	60.0	14.0	4.5	0.60	4.00	D	31			密閉	1,600	2007	宗田造船		自
3420075	九船建設㈱	北九州港	ＫＹ１６０１	3,444	60.0	14.0	4.5	0.60	4.00	D	31			密閉	1,600	2012	宗田造船		自
3420076	九船建設㈱	北九州港	Ｂ－１２	1,849	44.5	12.0	4.1	0.60	3.50	D	31			密閉	1,000	2003	宗田造船		自
3420077	九船建設㈱	北九州港	ＫＹ１６０２	3,444	60.0	14.0	4.5	0.60	4.00	D	31			密閉	1,600	2013	宗田造船		自
3420078	九船建設㈱	北九州港	ＫＹ１６０３	3,444	60.0	14.0	4.5	0.60	4.00	D	31			密閉	1,600	2014	宗田造船		自
3420079	九船建設㈱	北九州港	ＫＹ１６０５	3,444	60.0	14.0	4.5	0.60	4.00	D	31			密閉	1,600	2015	宗田造船		自
3420080	九船建設㈱	北九州港	ＫＹ１６０７	3,444	60.0	14.0	4.5	0.60	4.00	D	31			密閉	1,600	2016	宗田造船		自
3420081	九船建設㈱	北九州港	ＫＹ１６０８	3,444	60.0	14.0	4.5	0.60	4.00	D	31			密閉	1,600	2017	宗田造船		自
3420082	九船建設㈱	北九州港	ＫＹ１６１０	3,444	60.0	14.0	4.5	0.60	4.00	D	31			密閉	1,600	2017	宗田造船		自
3420083	九船建設㈱	北九州港	東栄－１６００	3,014	60.0	14.0	4.0	0.60	3.50	D	31			密閉	1,500	2000	東洋造船		自
3420088	寄隆建設㈱	神戸港	ＫＤ１５０１		60.0	14.0	4.4	0.70	3.87			ロープ式		密閉	1,500	1998	三神テック		自
3420089	日下部建設㈱	神戸港	ＫＩ－１号	1,160	56.0	14.0	4.2	0.75	3.50	D	42	ロープ式	3.5	密閉	1,200	1998	富士海事工業	（家島建設）	共

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

34　土運船(押航土運船を含む)　　② 非 自 航

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数 (t)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 軽荷 (m)	喫水 満載 (m)	動力種類	全装備機関 (kW)	連結方式 (押航土運船のみ)	捨土可能最小水深 (m)	泥倉 型式	泥倉 容量 (m³)	製造年	製造所	備考	保有形態
3420094	紅陽建設㈱	横浜港	紅１２００－Ｂ	1,007	53.0	13.0	4.1							ボックス	1,200	1992	宗田造船		
3420095	紅陽建設㈱	横浜港	紅１３０７	413	54.0	13.0	4.0	0.70	3.80					ボックス	1,300	1993	新来島どっく		
3420100	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－１００３	605	51.0	12.0	4.5	0.80	3.70			ロープ式	4.0	密閉	1,000	2012	汕頭造船所		共
3420101	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－１６０１	831	60.0	14.0	4.5	1.00	3.70			ロープ式	4.0	密閉	1,600	1994	大崎造船所		自
3420102	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－１６０２	831	60.0	14.0	4.5	1.00	3.70			ロープ式	4.0	密閉	1,600	1994	大崎造船所		自
3420103	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－１６０５	831	60.0	14.0	4.5	1.00	3.70			ロープ式	4.0	密閉	1,600	1994	大崎造船所		自
3420104	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－１６０６	831	60.0	14.0	4.5	1.00	3.70			ロープ式	4.0	密閉	1,600	1995	大崎造船所		自
3420118	㈱小島組	名古屋港	第１００１号	605	51.0	12.0	4.5	0.80	3.70			ロープ式	4.0	密閉	1,000	1986	大崎造船所	(日本港湾リース)	用
3420119	㈱小島組	名古屋港	第１００２号	605	51.0	12.0	4.5	0.80	3.70			ロープ式	4.0	密閉	1,000	1986	大崎造船所	(日本港湾リース)	用
3420123	㈱コンドー	博多港	はかた１５０１		60.0	14.0	4.1		3.80				4.0	密閉	1,500	1997	ナカニシマリン		自
3420124	㈱コンドー	博多港	はかた１５０２		60.0	14.0	4.1		3.80				4.0	密閉	1,500	1997	ナカニシマリン		自
3420138	三協産業㈱	木更津港	ＤＳ－１１５	2,300	51.0	12.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	30	ロープ式	3.5	密閉	1,100	1992	阿部駒造船所	四角(船底まで)水抜き付 φ300	自
3420139	三協産業㈱	木更津港	ＤＳ－１５２３	3,100	60.0	14.6	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	26	ロープ式	3.5	密閉	1,500	1998	新栄鉄工	(ダイワマリン) 四角(船底まで)水抜き付 φ600	共
3420140	三協産業㈱	木更津港	ＤＳ－１５２６	3,100	60.0	14.6	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	26	ロープ式	3.5	密閉	1,500	1998	阿部駒造船所	(ダイワマリン) 四角(船底まで)水抜き付 φ600	共
3420141	三協産業㈱	松永湾	Ｓ－１０６	2,300	51.0	12.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	30	ロープ式	3.5	密閉	1,100	1989	寺岡鉄工所	四角(船底まで)水抜き付φ300	自
3420142	三協産業㈱	阪神港	Ｓ－１０７	2,300	51.0	12.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	30	ロープ式	3.5	密閉	1,100	1989	松原工機造船所	四角(船底まで)水抜き付φ300	自
3420143	三協産業㈱	関門港	Ｓ－１０９	2,300	51.0	12.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	30	ロープ式	3.5	密閉	1,100	1990	寺岡鉄工所	四角(船底まで)水抜き付φ300	自
3420144	三協産業㈱	木更津港	Ｓ－１１２	2,300	51.0	12.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	30	ロープ式	3.5	密閉	1,100	1990	松原工機造船所	四角(船底まで)水抜き付φ300	自
3420145	三協産業㈱	日高港	Ｓ－１１７	2,300	51.0	12.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	30	ロープ式	3.5	密閉	1,100	1996	徳島タチバナ造船所	四角(船底まで)水抜き付φ300	自
3420146	三協産業㈱	木更津港	Ｓ－１１８	2,300	51.0	12.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	30	ロープ式	3.5	密閉	1,100	1996	阿部駒造船所	四角(船底まで)水抜き付φ300	自
3420147	三協産業㈱	京浜港	Ｓ－１３０１	2,700	54.0	13.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,300	1992	松原工機造船所	四角(船底まで)水抜き付φ350	自
3420148	三協産業㈱	松永湾	Ｓ－１３０２	2,700	54.0	13.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,300	1992	阿部駒造船所	四角(船底まで)水抜き付φ350	自
3420149	三協産業㈱	松永湾	Ｓ－１３０３	2,700	54.0	13.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,300	1993	阿部駒造船所	四角(船底まで)水抜き付φ350	自
3420150	三協産業㈱	阪神港	Ｓ－１３０５	2,700	54.0	13.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,300	1992	柿本造船所	四角(船底まで)水抜き付φ350	自
3420151	三協産業㈱	阪神港	Ｓ－１３０６	2,700	54.0	13.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,300	1993	阿部駒造船所	(第五工業) 四角(船底まで)水抜き付 φ350	共
3420152	三協産業㈱	阪神港	Ｓ－１３０８	2,700	54.0	13.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,300	1993	新来島ドック	四角(船底まで)水抜き付φ350	自
3420153	三協産業㈱	松永湾	Ｓ－１３０９	2,700	54.0	13.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,300	1993	阿部駒造船所	四角(船底まで)水抜き付φ350	自
3420154	三協産業㈱	千葉港	Ｓ－１３１１	2,700	54.0	13.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,300	1996	新来島ドック	四角(船底まで)水抜き付φ350	自
3420155	三協産業㈱	関門港	Ｓ－１３１２	2,900	55.0	13.5	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,400	1996	新栄鉄工	(大和海工) 四角(船底まで)水抜き付 φ350	共
3420156	三協産業㈱	木更津港	Ｓ－１３１３	2,900	55.0	13.5	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,400	1996	新栄鉄工	(大和海工) 四角(船底まで)水抜き付 φ350	共
3420157	三協産業㈱	松永湾	Ｓ－１３１４	2,900	55.0	13.5	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,400	1996	日立造船	四角(船底まで)水抜き付φ350	自
3420158	三協産業㈱	岩国港	Ｓ－１３１５	2,700	54.0	13.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,300	1996	阿部駒造船所	四角(船底まで)水抜き付φ350	自
3420159	三協産業㈱	松永湾	Ｓ－１３１７	2,900	55.0	13.5	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,400	1997	東風造船所	四角(船底まで)水抜き付φ350	自
3420160	三協産業㈱	木更津港	Ｓ－１３１８	2,900	55.0	13.5	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,400	1997	新栄鉄工	四角(船底まで)水抜き付φ350	自
3420161	三協産業㈱	徳島小松島港	Ｓ－１５２７	3,100	60.0	14.6	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	26	ロープ式	3.5	密閉	1,500	2000	新栄鉄工	四角(船底まで)水抜き付φ600	自
3420162	三協産業㈱	千葉港	Ｓ－１５２８	3,100	60.0	14.6	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	26	ロープ式	3.5	密閉	1,500	2000	新栄鉄工	四角(船底まで)水抜き付φ600	自
3420163	三協産業㈱	松永湾	Ｓ－１５２９	3,100	60.0	14.6	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	26	ロープ式	3.5	密閉	1,500	2009	新栄鉄工	四角(船底まで)水抜き付φ600	自
3420164	三協産業㈱	徳島小松島港	Ｓ－１５３０	3,100	60.0	14.6	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	26	ロープ式	3.5	密閉	1,500	2009	新栄鉄工	四角(船底まで)水抜き付φ600	自
3420165	三協産業㈱	松永湾	Ｓ－１５３１	3,100	60.0	14.6	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	26	ロープ式	3.5	密閉	1,500	2014	サノヤス・ヒシノ明昌	四角(船底まで)水抜き付φ600	自
3420166	三協産業㈱	徳島小松島港	Ｓ－１５３２	3,100	60.0	14.6	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	26	ロープ式	3.5	密閉	1,500	2018	光洋工業	四角(船底まで)水抜き付φ600	自

出典：現有作業船一覧 2019、(一社) 日本作業船協会 (該当船舶のみ掲載)

34　土運船（押航土運船を含む）　　② 非 自 航

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数 (t)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 軽荷 (m)	喫水 満載 (m)	動力種類	全装備機関 (kW)	連結方式（押航土運船のみ）	捨土可能最小水深 (m)	泥倉 型式	泥倉 容量 (m³)	製造年	製造所	備考	保有形態
3420167	三協産業㈱	木更津港	Ｓ－１６０３	3,400	60.0	14.0	4.5	0.85	4.00	ＤＨ	26	ロープ式	4.0	密閉	1,600	1989	肥後造船	四角（船底まで）水抜き付φ600	自
3420168	三協産業㈱	衣浦港	Ｓ－１６０６	3,400	60.0	14.0	4.5	0.85	4.00	ＤＨ	26	ロープ式	4.0	密閉	1,600	1991	松原工機造船所	四角（船底まで）水抜き付φ600	自
3420169	三協産業㈱	松永湾	Ｓ－１６０７	3,400	60.0	14.0	4.5	0.85	4.00	ＤＨ	26	ロープ式	4.0	密閉	1,600	1992	松原工機造船所	四角（船底まで）水抜き付φ600	自
3420170	三協産業㈱	松永湾	Ｓ－１６０８	3,400	60.0	14.0	4.5	0.85	4.00	ＤＨ	26	ロープ式	4.0	密閉	1,600	1993	新来島ドック	四角（船底まで）水抜き付φ600	自
3420171	三協産業㈱	松永湾	Ｓ－１６０９	3,400	60.0	14.0	4.5	0.85	4.00	ＤＨ	26	ロープ式	4.0	密閉	1,600	1995	阿部駒造船所	四角（船底まで）水抜き付φ600	自
3420179	三協産業㈱	千葉港	ＴＳ－１０８	2,300	51.0	12.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	30	ロープ式	3.5	密閉	1,100	1990	阿部駒造船所	四角（船底まで）水抜き付φ300（タチバナ工業）	共
3420180	三協産業㈱	松永湾	ＴＳ－１１６	2,300	51.0	12.0	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	30	ロープ式	3.5	密閉	1,100	1995	新来島ドック	四角（船底まで）水抜き付φ300（タチバナ工業）	共
3420181	三協産業㈱	関門港	ＴＳ－１３１０	2,900	55.0	13.5	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,400	1995	新来島ドック	四角（船底まで）水抜き付φ350（タチバナ工業）	共
3420182	三協産業㈱	松永湾	ＴＳ－１３１６	2,900	55.0	13.5	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	37	ロープ式	3.5	密閉	1,400	1997	新栄鉄工	四角（船底まで）水抜き付φ350（タチバナ工業）	共
3420183	三協産業㈱	千葉港	ＴＳ－１５２１	3,100	60.0	14.6	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	26	ロープ式	3.5	密閉	1,500	1997	新栄鉄工	四角（船底まで）水抜き付　φ600	自
3420184	三協産業㈱	木更津港	ＴＳ－１５２５	3,100	60.0	14.6	4.0	0.80	3.50	ＤＨ	26	ロープ式	3.5	密閉	1,500	1998	新栄鉄工	四角（船底まで）水抜き付φ600（タチバナ工業）	共
3420185	三協産業㈱	名古屋港	ＴＳ－１６０１	3,400	60.0	14.0	4.5	0.85	4.00	ＤＨ	26	ロープ式	4.0	密閉	1,600	1987	日立造船堺重工業	（タチバナ工業）四角（船底まで）水抜き付φ600	共
3420186	三協産業㈱	松永湾	ＴＳ－１６０２	3,400	60.0	14.0	4.5	0.85	4.00	ＤＨ	26	ロープ式	4.0	密閉	1,600	1988	日立造船堺重工業	（タチバナ工業）四角（船底まで）水抜き付φ600	共
3420197	三堂建設工業㈱	大阪港	ＳＤ－１６０３		66.0	14.0	4.8	1.00	4.20			固定式		密閉	1,600	1993	熊本ドック		自
3420198	三堂建設工業㈱	大阪港	ＳＤ－１６０５		66.0	14.0	4.8	1.00	4.20			固定式		密閉	1,600	1993	熊本ドック		自
3420202	大旺新洋㈱	高知港	Ｂ－１５０５住吉丸	783	62.0	15.0	4.5	0.90	3.60			ロープ式		密閉	1,500	1999	大旺造機		自
3420203	大旺新洋㈱	高知港	Ｂ－１５０６住吉丸	783	62.0	15.0	4.5	0.90	3.60			ロープ式		密閉	1,500	1999	大旺造機		自
3420204	大旺新洋㈱	北九州港	Ｂ－１５０７住吉丸		60.0	14.0	4.1	0.60	3.50	Ｄ	3	ロープ式		密閉	1,500	2000	宗田造船		自
3420213	高砂建設㈱	四日市港	ＢＯＸ１５１１	3,014	60.0	14.0	4.1	0.75	3.50	Ｄ		ロープ式		密閉	1,500	1997	千代田造船		自
3420214	高砂建設㈱	四日市港	ＢＯＸ１５１２	3,014	60.0	14.0	4.1	0.75	3.50	Ｄ		ロープ式		密閉	1,500	1997	千代田造船		自
3420215	高砂建設㈱	四日市港	ＢＯＸ１６０１	3,559	62.0	14.0	4.5	0.70	4.00	Ｄ		ロープ式		密閉	1,600	1988	日立造船		自
3420216	高砂建設㈱	四日市港	ＢＯＸ１６０２	3,559	62.0	14.0	4.5	0.70	4.00	Ｄ		ロープ式		密閉	1,600	1988	日立造船		自
3420280	二光商運㈱	東京都	二光　１５０１	1,500	60.0	14.0	4.0							密閉	1,500	1997			自
3420281	二光商運㈱	東京都	二光　１５０２	1,500	60.0	14.0	4.0							密閉	1,500	2003			自
3420282	二光商運㈱	東京都	二光　１５０３	1,500	60.0	14.0	4.0							密閉	1,500	2009			自
3420283	二光商運㈱	東京都	二光　１５０５	1,500	60.0	14.0	4.0							密閉	1,500	2010			自
3420287	㈱西村組	紋別港	第１２０１西村	3,150	53.5	16.0	4.0	0.70	3.60	Ｄ	30	ｱｰﾃｨｶｯﾌﾟﾙ	3.0	密閉	1,200	1998	宗田造船		自
3420288	㈱西村組	紋別港	第１２０２西村	3,150	53.5	16.0	4.0	0.70	3.60	Ｄ	30	ｱｰﾃｨｶｯﾌﾟﾙ	3.0	密閉	1,200	1998	宗田造船		自
3420304	富士海事工業㈱	北九州港	ＦＢ－１３０１	1,480	53.0	14.0	4.0	0.50	3.60		19	ロープ式	3.8	密閉	1,300	1998	富士海事工業		白
3420305	富士海事工業㈱	北九州港	ＦＢ－１５０７	1,600	60.0	14.0	4.0	0.50	3.60		19	ロープ式	3.8	密閉	1,500	2014	富士海事工業		自
3420343	洋伸建設㈱	能美町	ＫＤ－１５００	3,000	60.0	14.0	4.1	0.60	3.50	Ｄ	30	ロープ式	3.5	密閉	1,500	1996	宗田造船	（九船建設）	共
3420344	洋伸建設㈱	能美町	ＫＥ－１５００	3,000	60.0	14.0	4.1	0.60	3.50	Ｄ	30	ロープ式	3.5	密閉	1,500	1996	宗田造船	（九船建設）	共
3420345	㈱吉田組	袖ケ浦港	第１１芳石	3,108	60.0	14.0	4.3	1.00	3.80	ＤＨ	59	ロープ式		密閉	1,400	1996	ＩＨＩアムテック		自
3420346	㈱吉田組	袖ケ浦港	第１２芳石	3,108	60.0	14.0	4.3	1.00	3.80	ＤＨ	59	ロープ式		密閉	1,400	1996	ＩＨＩアムテック		自
3420356	和田内潜建㈱	七尾港	第六大和号	1,000	45.0	13.0	3.8	1.00	3.30			固定式	3.3	密閉	912	1992	光洋工業		自

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

「現有作業船一覧（2019）」より、泥倉容量 2,000m³ 級（1,800m³ 超え）に該当する船舶を以下に示す。

34　土運船（押航土運船を含む）　　② 非 自 航

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数 (t)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 軽荷 (m)	喫水 満載 (m)	動力種類	全装備機関 (kW)	連結方式（押航土運船のみ）	捨土可能最小水深 (m)	泥倉 型式	泥倉 容量 (㎥)	製造年	製造所	備考	保有形態
3420014	井森工業㈱	柳井港	栄福１号	1,588	50.0	20.0	4.5	1.00	3.80	D	587		4.5	密閉	2,000	1996	四国建機	ガットバージ船	自
3420058	海洋開発興業㈱	大阪港	ＫＴ－６００１	8,500	110.5	20.0	7.2	1.50	5.20			ピン式	4.5	密閉	6,000	1996	宗田造船		用
3420059	海洋開発興業㈱	大阪港	ＫＴ－６００２	8,500	110.5	20.0	7.2	1.50	5.20			ピン式	4.5	密閉	6,000	1998	宗田造船		用
3420062	海洋開発興業㈱	大阪港	ＴＫＲ－２０００	3,600	74.5	15.0	5.2	0.70	4.60			ロープ式	4.0	密閉	2,150	2001	警固屋船渠		自
3420063	海洋開発興業㈱	大阪港	ＴＫＲ－３５００	5,500	82.6	18.0	5.7	0.80	5.00			ロープ式	4.0	密閉	3,500	2000	警固屋船渠		用
3420065	関門港湾建設㈱	下関港	Ｋ－３００３	2,901	83.0	18.0	5.5	0.80	4.50	ＤＥ	73	ロープ式		密閉	3,400	1999	ＭＥＣエンジニアリング	押航可	自
3420066	関門港湾建設㈱	下関港	Ｋ－３００５	2,901	83.0	18.0	5.5	0.80	4.50	ＤＥ	73	ロープ式		密閉	3,400	1999	ＭＥＣエンジニアリング	押航可	自
3420067	関門港湾建設㈱	下関港	Ｋ－３５０１	3,924	95.0	18.0	6.5	2.50	5.00	ＤＨ	180	ピン式		密閉	3,500	2001	ＭＥＣエンジニアリング	押航可	自
3420068	関門港湾建設㈱	下関港	Ｋ－３５０２	3,924	95.0	18.0	6.5	2.50	5.00	ＤＨ	180	ピン式		密閉	3,500	2001	ＭＥＣエンジニアリング	押航可	自
3420105	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－３６０５	2,205	75.0	18.0	5.5	1.00	4.70			ロープ式	5.0	密閉	3,000	1999	大崎造船所		自
3420106	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－３６０６	2,205	75.0	18.0	5.5	1.00	4.70			ロープ式	5.0	密閉	3,000	2000	大崎造船所		自
3420107	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－３６０７	2,205	75.0	18.0	5.5	1.00	4.70			ロープ式	5.0	密閉	3,000	2000	大崎造船所		自
3420108	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－３６０８	2,205	75.0	18.0	5.5	1.00	4.70			ロープ式	5.0	密閉	3,000	2000	大崎造船所		自
3420109	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－３６１０	2,205	75.0	18.0	5.5	1.00	4.70			ロープ式	5.0	密閉	3,000	2000	大崎造船所		自
3420110	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－５６０１	2,574	90.0	22.0	6.0	1.50	5.00			ロープ式	5.5	密閉	5,000	1997	大崎造船所		自
3420111	㈱小島組	名古屋港	Ｋ－５６０２	2,574	90.0	22.0	6.0	1.50	5.00			ロープ式	5.5	密閉	5,000	1997	大崎造船所		自
3420126	二協産業㈱	松永湾	Ｄ－１３	4,500	66.5	15.0	5.0	0.90	4.50	ＤＨ	35	ロープ式	4.5	密閉	2,200	1986	山陽船渠	四角（船底まで）水抜き付φ800	自
3420127	三協産業㈱	松永湾	Ｄ－１５	4,500	66.5	15.0	5.0	0.90	4.50	ＤＨ	35	ロープ式	4.5	密閉	2,200	1987	山陽船渠	四角（船底まで）水抜き付φ800	自
3420136	三協産業㈱	松永湾	Ｄ－２７０１	5,700	70.0	16.5	5.5	1.10	5.00	ＤＨ	38	ロープ式	5.0	密閉	2,700	1999	新栄鉄工	四角（船底まで）水抜き付φ800	自
3420137	三協産業㈱	松永湾	Ｄ－２７０２	5,700	70.0	16.5	5.5	1.10	5.00	ＤＨ	38	ロープ式	5.0	密閉	2,700	1999	新栄鉄工	四角（船底まで）水抜き付　φ800	自
3420177	三協産業㈱	松永湾	ＴＤ－２７０３	5,700	70.0	16.5	5.5	1.10	5.00	ＤＨ	38	ロープ式	5.0	密閉	2,700	2009	新栄鉄工	四角（船底まで）水抜き付　φ800	自
3420178	三協産業㈱	松永湾	ＴＤ－２７０５	5,700	70.0	16.5	9.5	1.10	5.00	ＤＨ	38	ロープ式	5.0	密閉	2,700	2009	新栄鉄工	四角（船底まで）水抜き付　φ800	自
3420205	大旺新洋㈱	高知港	Ｂ－２００１住吉丸	986	67.0	15.0	5.0	0.75	4.50			ロープ式		密閉	2,000	1999	大旺造機		自
3420206	大旺新洋㈱	高知港	Ｂ－２００２住吉丸	986	67.0	15.0	5.0	0.75	4.50			ロープ式		密閉	2,000	1999	大旺造機		自
3420207	大新土木㈱	呉港	大新２１０１号	4,152	67.2	15.0	5.0	0.70	4.40			ロープ式		密閉	2,100	2001	宗田造船	安藤工業	共
3420208	大新土木㈱	呉港	大新２１０２号	4,152	67.2	15.0	5.0	0.70	4.40			ロープ式		密閉	2,100	2001	宗田造船		自
3420240	東洋建設㈱	西宮港	東１号	9,350	100.0	19.0	6.5	1.00	5.40			ピン式	5.4	密閉	4,500	2000	大阪造船所		自

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

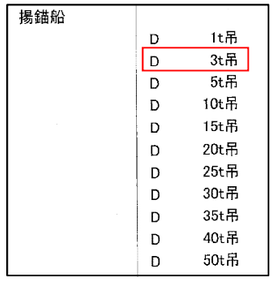
※上表より、土運船 1,300m³ 級で喫水が 4.0m よりも浅い船舶及び 2,000m³ 級で喫水が 5.2m よりも浅い船舶が全体の 90%程度を占めている。

■揚錨船

「船舶および機械器具等の損料算定基準（平成 30 年度改訂版）」P.船 9 より、3t 吊の揚錨船の規格区分の範囲は以下のとおりとした。

規格区分	適用範囲
3t 吊	2t＜　≦4t

「船舶および機械器具等の損料算定基準（平成 30 年度改訂版）」P.船 9 より抜粋



揚錨船		
	D	1t吊
	D	3t吊
	D	5t吊
	D	10t吊
	D	15t吊
	D	20t吊
	D	25t吊
	D	30t吊
	D	35t吊
	D	40t吊
	D	50t吊

「現有作業船一覧（2019）」より、3t 吊（2t 超え 4t 以下）に該当する船舶を以下に示す。

26　揚錨船

番号	所有者	所在港	船名	総トン数 (GT)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 (m)	動力種類	出力 全装備機関 (kW)	出力 推進器用 (kW)	速力 (kt)	航行区域	能力 揚錨 定格荷重 (t)	クレーン 定格荷重 (t)	クレーン アウトリーチ (m)	クレーン リフト (m)	製造年	製造所	備考	保有形態
2600002	アイエン工業㈱	今治港	第３アイエン丸	9.0	11.8	3.7	1.4	1.00	D		210	9.0	平水	3.0				1990	本瓦造船		自
2600015	朝日丸建設㈱	宇治山田港	第６８－Ⅱ朝日丸	7.0	11.0	3.5	1.1	1.30	D	260	260	9.0	限沿	3.0				1994	南平造船		自
2600026	石橋建設興業㈱	新川港	第２伏見丸	16.0	10.8	4.0	1.3	1.00	D	390	390	12.0	沿海	3.0	3.0	0.5	1.3	1993	千代田造船		自
2600035	㈱内間土建	浦添港	第十八明祥丸	16.0	11.9	5.0	1.7	1.00	D		310	9.0	沿海	4.0				1997	琉球造船鉄工		自
2600039	栄喜建設㈱	八戸港	第一増栄丸	10.0	11.3	4.0	1.4	1.20	D	520	520	8.0	限沿	3.0				1993			自
2600040	栄都建設㈱	東京港	第１２栄進丸	4.9	9.7	2.9	1.2	0.90	D	260	260	6.0	平水	3.0	3.0	0.5	1.0	1993	隅田船舶工業		自
2600054	㈱大滝工務店	片貝港	あずさ	4.5	9.3	3.0	1.1	0.85	D	180	180	9.0	限沿	3.0				2002	本瓦造船		自
2600055	㈱大滝工務店	中之作港	けやき	4.2	9.2	3.0	1.1	0.85	D	180	180	9.0	限沿	3.0				2003	本瓦造船		自
2600056	㈱大本組	萩港	松栄丸	12.0	12.0	4.0	1.8	1.20	D	570	570	12.5	限沿	3.0				1995	萩造船所		自
2600057	大山砕石㈱	舞鶴港	第３大安丸	4.9	10.0	3.2	1.5	1.00	D	310	310	9.0	沿海	4.0				1998	伊藤鉄工造船		自
2600059	岡本海洋建設㈱	姫路港	第五海峡	9.1	10.8	4.1	1.4		D	448	448		沿海	3.0				2016	宗田造船		自
2600063	海洋開発興業㈱	大阪港	かいみ	4.9	9.5	3.2	1.2	0.80	D	140	140	7.0	限沿	3.0	3.0			2007	宗田造船	引船兼用	自
2600072	株木建設㈱	土浦港	第一株木丸	8.0	11.2	3.4	1.0	0.40	D	36	36	4.0	平水	3.0	3.0			1964	大昌工業		自
2600073	株木建設㈱	土浦港	第八株木丸	8.0	11.2	3.5	1.0	0.40	D	36	36	4.0	平水	3.0	3.0			1964	大昌工業		自
2600076	㈱河崎海事	武豊港	第２２福徳丸	5.0	11.0	3.6	1.1	0.90	D	280		10.0	限沿	3.0				1991	川本造船所	（キヌウラリースエ業）	用
2600083	㈱木下建設	境港	第二海盛	4.9	9.3	3.2	1.1	0.60	D	210		9.0	限沿	3.0				1986		交通船兼用	自
2600089	極東建設㈱	那覇港	極東３６号	4.9	10.0	3.6	1.0	0.60	D		320	8.0	沿海	3.0				2001	川本造船	（デム工業）	用
2600090	極東建設㈱	那覇港	極東３７号	4.9	10.0	3.6	1.0	0.60	D		330	8.0	沿海	3.0				2001	川本造船	（デム工業）	用
2600091	極東建設㈱	那覇港	極東３８号	4.9	10.0	3.6	1.0	0.60	D		260	8.0	沿海	3.0				2001	川本造船	（デム工業）	用
2600096	黒瀬建設㈱	瀬戸港	第七十六魁丸	4.8	8.0	3.6	1.5	0.90	D		250	7.0	限沿	4.0				1991	三浦造船		自
2600117	㈱小島組	名古屋港	国翔	13.0	11.9	5.0	1.6	0.80	D		120	7.0	沿海	2.9				1996	大崎造船		自
2600118	㈱小島組	名古屋港	１６６０良成丸	13.0	11.9	5.0	1.6	0.80	D		120	7.0	沿海	2.9				1996	大崎造船		自
2600119	㈱小島組	名古屋港	１８００良成丸	13.0	11.9	5.0	1.6	0.80	D		120	7.0	沿海	2.9				1992	大崎造船		自
2600122	㈱小島組	名古屋港	５０００良成丸	12.0	12.0	5.0	1.6	0.80	D		120	7.0	沿海	2.9				1995	大崎造船		自
2600133	㈱コンドー	博多港	こんどう八号	4.9	8.0	3.6	1.5		D	180			沿海	4.0				1987	三浦海岸		自
2600143	山陽建設㈱	三原港	第５山陽丸	19.0	11.8	4.5	1.7		D	120		7.5	限沿	3.0				1978	本瓦造船		自

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

26　揚錨船

番号	所有者	所在港	船名	総トン数 (GT)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 (m)	動力種類	出力 全装備機関 (kW)	出力 推進器用 (kW)	速力 (kt)	航行区域	能力 揚錨 定格荷重 (t)	能力 クレーン 定格荷重 (t)	アウトリーチ (m)	リフト (m)	製造年	製造所	備考	保有形態
2600144	山陽建設㈱	三原港	第１１山陽丸	14.0	11.9	4.4	1.7		D	220		8.0	限沿	3.0				1995	本瓦造船		自
2600146	三和建工㈱	四日市港	第十六上星丸	10.0	11.5	4.2	1.5	1.20	D		210	8.0	沿海	3.0				1992	小池造船		自
2600148	三和建工㈱	四日市港	第三十三上星丸	13.0	12.0	4.5	1.5	1.20	D		290	10.0	沿海	3.0				1984	大旺建設		自
2600149	三和興業㈱	船川港	さくら	18.0	11.9	4.2	1.6	1.40	D	150	150	8.0	沿海	3.0				1981	内藤造船		自
2600152	㈱塩見組	北九州港	第十日吉丸	4.9	8.8	3.0	1.2	0.60	D	206	206	7.0	沿海	2.5	5.0	0.5	1.5	1994	橋本造船鉄工		自
2600153	㈱塩見組	北九州港	第十一日吉丸	4.9	8.8	3.0	1.2	0.60	D	206	206	7.0	沿海	2.5	5.0	0.5	1.5	1994	橋本造船鉄工		自
2600156	信幸建設㈱	川崎港	揚錨５８号	7.0	10.9	3.2	1.5	1.10	D	80	80	8.0	沿海	2.9				1997	東亜鉄工		自
2600157	信幸建設㈱	千葉港	揚錨５９号	7.0	11.0	3.2	1.5	1.10	D	80	80	8.0	沿海	2.9				1998	東亜鉄工		自
2600159	信幸建設㈱	東京港	揚錨６２号	19.0	13.3	5.7	1.9	1.50	D	440	220×2	8.0	平水	2.9				1999	東亜鉄工		自
2600161	信幸建設㈱	千葉港	揚錨６４号	4.9	9.3	3.2	1.1		D	140	140×2	9.0	平水	2.9	2.9			1998	松永造船		自
2600174	㈱関組	越前港	海隆丸	4.9	11.0	3.1	1.2	0.89	D	169	169	10.0	沿海	3.0	3.0	0.5	0.5	1997	福島造船鉄工所	(Chell Leving)	用
2600191	高砂建設㈱	四日市港	菊３号	12.0	11.0	4.5	1.7	1.50	D	260	130×2	9.0	限沿	3.0				1997	東海船舶		自
2600192	高砂建設㈱	四日市港	菊５号	12.0	11.0	4.5	1.5	1.70	D	260	130×2	9.0	限沿	3.0				1997	東海船舶		自
2600199	高原建設㈱	今切港	第一ＫＥＮＳＨＩＮ	4.9	7.5	3.2	1.3	0.90	DH	140	125	8.9	沿海	3.0				1993	浜田造船所		自
2600200	高原建設㈱	今切港	第二ＫＥＮＳＨＩＮ	4.9	7.5	3.2	1.3	0.90	DH	140	125	8.9	沿海	3.0				1995	浜田造船所		自
2600203	タチバナ工業㈱	高松港	せと	4.9	9.0	3.5	1.2		D	210	210	7.0	限沿	3.0				1997	津田造船		自
2600205	タチバナ工業㈱	水島港	りつりん	4.9	8.5	3.2	1.2		D	400	400	9.0	限沿	3.0				1996	大旺造機		自
2600206	㈱田中海事	土庄港	ニュー明友	14.0	11.8	4.5	1.8	0.95	D	331	331	11.0	限沿	2.9				1996	宗田造船		自
2600207	㈱田中海事	土庄港	明友	12.0	11.0	4.5	1.7	0.90	D	206	206	9.0	限沿	2.9				1999	中西機械工業所		自
2600208	㈱田中海事	土庄港	第五明友丸	4.9	8.5	3.2	1.2	0.80	D	260	260	8.0	限沿	2.9				1989	赤松鉄工所		自
2600209	㈱田中海事	土庄港	第三十二明友丸	10.0	11.0	4.5	1.7	0.90	D	280	280	8.0	限沿	2.9				2013			
2600210	㈱タナカ技建	境港	第三大幸丸	10.0	11.9	3.8	1.6	1.50	D	290	290	8.5	限沿	3.0				1987	本瓦造船	引船兼用	自
2600211	㈱タナカ技建	境港	第五大幸丸	17.0	11.9	4.8	2.2	2.00	D	400	400	9.0	限沿	3.0				1991	本瓦造船	引船兼用	自
2600212	㈱タナカ技建	境港	第十大幸丸	20.0	11.9	4.4	1.7	1.70	D	290	290	8.5	限沿	3.0				1980	日本造船	引船兼用	自
2600215	㈱種瀬組	四日市港	第十五御在所丸	7.0	10.5	3.2	1.6	1.40	D	150		8.5	平水	3.0				1992	伊藤造船	交通船兼用	自
2600232	東洋建設㈱	横浜港	さんご三号	4.0	9.5	3.0	1.2	0.70	D	52	52	6.0	限近	3.0				1988	小湊造船	（トマック）	用
2600237	東洋建設㈱	大阪港	ばらと丸	4.9	10.9	3.0	1.0	0.70	D	80	80	8.0	平水	3.0				1991	山田工業	（トマック）	用
2600240	徳畑建設㈱	西郷港	第１５べんてん丸	9.0	11.9	3.8	1.4	1.00	D	260	260	9.5	沿海	3.0	3.0		1.3	1990	本瓦造船所		自
2600247	㈱ナガシマ	桑名市	第十ナガシマ丸	4.0	10.0	4.9	1.1	0.80	D	90	90	5.0	平水	2.9	2.9	1.0	4.0	1982	愛知造船	可搬式	自
2600248	㈱ナガシマ	北九州市	第十七ナガシマ丸	4.0	10.5	5.5	1.1	0.80	D	240	240	5.0	限沿	2.9	2.9	1.0	4.0	1998	千代田造船	可搬式	自
2600249	㈱ナガシマ	桑名市	第一ナガシマ丸	4.0	10.0	4.7	1.0	0.80	D	90	90	5.0	平水	2.9	2.9	1.0	4.0	2001	丸新プラント	可搬式	自
2600251	㈱ナガシマ	桑名市	第三ナガシマ丸	4.0	10.0	4.9	1.1	0.80	D	90	90	5.0	平水	2.9	2.9	1.0	4.0	1982	愛知造船	可搬式	自
2600252	㈱ナガシマ	桑名市	第５ナガシマ丸	4.0	10.0	4.9	1.0	0.80	D	90	90	5.0	限沿	2.9	2.9	1.0	4.0	1999	丸新プラント	可搬式	自
2600253	㈱ナガシマ	桑名市	第六ナガシマ丸	4.0	10.0	4.8	1.1	0.80	D	90	90	5.0	平水	2.9	2.9	1.0	4.0	1985	愛知造船	可搬式	自
2600256	㈱ナガシマ	桑名市	第１０長島丸	4.0	10.2	5.5	1.0	0.80	D	200	200	5.0	平水	2.9	2.9	1.0	4.0	1993	千代田造船	可搬式	自
2600258	㈱ナガシマ	桑名市	第十八ナガシマ丸	4.0	10.3	4.7	1.0	0.80	D	150	150	5.0	平水	2.9	2.9	1.0	4.0	2000	丸新プラント	可搬式	自
2600260	㈱中筋組	河下港	第７八幡丸	4.9	8.5	3.2	1.2	0.60	D	169	169	9.0	限沿	3.0				1997	赤松造船		自
2600263	中野建設㈱	大西港	第５中野丸	4.0	9.9	2.5	1.4	1.20	D	37	37	15.0	平水	3.0				1978	川本造船		自
2600264	中野建設㈱	大西港	第１５中野丸	4.0	8.5	3.0	1.2	1.10	D	70	70	15.0	限沿	3.0				1993	伸和産業		自
2600266	㈱なかはら	芦辺港	第５生長丸	16.0	11.0	4.0	1.7	1.15	D	480	480	9.0	限沿	3.0	3.0	1.0	2.1	1981	広洋造船所		自

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

26　揚錨船

番号	所有者	所在港	船名	総トン数 (GT)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 (m)	動力種類	出力 全装備機関 (kW)	出力 推進器用 (kW)	速力 (kt)	航行区域	能力 揚錨 定格荷重 (t)	クレーン 定格荷重 (t)	クレーン アウトリーチ (m)	クレーン リフト (m)	製造年	製造所	備考	保有形態
2600268	㈱中元組	寺泊港	第８越浦丸	7.9	10.5	3.9	1.3	0.80	D	374	374		沿海	3.5				2017	江部鉄工所	交通船兼用	自
2600269	㈱中元組	寺泊港	第１１越浦丸	4.8	9.5	3.2	0.9	0.67	D	374	374		沿海	3.5				2017	江部鉄工所	交通船兼用	自
2600285	㈱半澤組	福井港	第１０汐見丸	7.3	11.0	3.5	1.3		D				沿海	3.0				1989	寺泊産業		自
2600308	福丸建設㈱	佐世保港	第２７福丸	6.0	9.5	3.0	1.4	1.80	D	44	44	8.0	限沿	3.0				1983	谷口造船所		自
2600311	藤建設㈱	稚内港	第七ふじ丸	4.9	9.9	2.9	1.0	0.70	D	120	120	9.0	限沿	3.0				2001	稚内港湾施設		自
2600312	藤建設㈱	船泊港	№２３ふじ丸	4.9	9.9	3.0	1.0	0.60	D	100	100	9.0	限沿	3.0				1987	山田工業		自
2600313	㈱富士サルベージ	函館港	第７新竜丸	14.0	11.9	4.5	1.7	0.90	D	670	670	8.0	限沿	3.0	3.0	1.0	2.0	1986	富士サルベージ	引船兼用	自
2600314	㈱富士サルベージ	函館港	第８新竜丸	14.0	11.9	4.4	1.7	0.90	D	260	260	9.0	限沿	3.0	3.0	1.0	2.0	1986	富士サルベージ	引船兼用	自
2600316	㈱宝栄建設	石巻港	北上丸三号艇	12.0	11.0	3.4	1.3		D		90		限沿	3.0				1978	今井造船		自
2600317	㈱宝栄建設	石巻港	第６６北上丸	14.0	11.8	4.5	1.9		D		420		限沿	3.0							自
2600318	㈱宝栄建設	石巻港	宝栄７号	5t未満	10.8	3.0	1.0		D		180		限沿	3.0							自
2600326	㈱本間組	岡津港	第１０越後丸	4.5	9.2	3.0	1.1	0.85	D	110	110	9.0	限沿	3.0				1992	本瓦造船所		自
2600331	松原建設㈱	千葉港	あさぎり２号	9.7	12.5	5.0	1.3	0.90	D		169	6.5	平水	3.0				2016	マツバラ千葉	組立式　可搬式	自
2600332	松原建設㈱	霞ヶ浦	あやめ	7.0	12.1	4.4	1.3	1.00	D		250	6.0	平水	3.0				1981	松原鉄工	組立式　可搬式	自
2600335	松原建設㈱	霞ヶ浦	あやめ５号	3.8	9.5	3.0	1.3	0.68	D		134	6.0	平水	3.0				2014	マツバラ千葉	組立式　可搬式	自
2600339	松原建設㈱	千葉港	さくら	7.0	11.3	4.4	1.3	1.00	D		90	6.0	平水	3.0				1981	松原鉄工	組立式　可搬式	自
2600341	松原建設㈱	高松港	瀬戸１号	3.8	9.0	4.1	1.0	0.80	D		134	6.0	平水	3.0				2013	マツバラ千葉	組立式　可搬式	自
2600344	松原建設㈱	相馬港	第３１利根号	5.0	7.8	2.4	0.9	0.70	D		55	6.0	限沿	3.0				1989	マツバラ千葉	可搬式	自
2600345	松原建設㈱	高松港	第３２利根号	5.0	7.8	2.4	0.9	0.85	D		55	6.0	平水	3.0				1989	マツバラ千葉	可搬式	自
2600351	松原建設㈱	高松港	第４５利根号	3.1	8.5	4.1	1.0	0.75	D		81	5.5	平水	3.0				2005	マツバラ千葉	組立式　可搬式	自
2600352	松原建設㈱	若松港	第４６利根号	3.1	8.5	4.1	1.0	0.75	D		81	5.5	平水	3.0				2005	マツバラ千葉	組立式　可搬式	自
2600353	松原建設㈱	霞ヶ浦	第５０利根号	3.6	9.0	3.0	1.0	0.66	D		81	5.5	平水	3.0				2007	マツバラ千葉	可搬式	自
2600354	松原建設㈱	相馬港	第５１利根号	8.0	12.0	5.0	1.3	0.85	D		169	6.5	平水	3.0				2007	マツバラ千葉	組立式　可搬式	自
2600355	松原建設㈱	霞ヶ浦	第５２利根号	3.6	9.0	3.0	1.0	0.66	D		81	5.5	平水	3.0				2008	マツバラ千葉	可搬式	自
2600358	松原建設㈱	相馬港	第２松川丸	8.0	12.5	2.8	1.3	0.90	D		169	6.0	平水	3.0				2013	マツバラ千葉	組立式　可搬式	自
2600362	松原建設㈱	霞ヶ浦	京３号	3.8	9.5	3.0	1.2	0.70	D		133	6.0	平水	3.0				2013	マツバラ千葉	組立式　可搬式	自
2600363	松原建設㈱	霞ヶ浦	武蔵	8.5	12.5	5.0	1.3	0.90	D		169	6.5	平水	3.0				2015	マツバラ千葉	組立式　可搬式	自
2600365	松原建設㈱	千葉港	若葉	3.1	9.0	4.1	1.0	0.70	D		147	6.0	平水	3.0				2016	マツバラ千葉	組立式　可搬式	自
2600368	㈱マリン興業	東京港	第５２安全丸	7.0	10.3	3.1	1.4	0.95	D	200	200	5.5	限沿	3.0				1983	マツバラ千葉	交通船兼用	自
2600371	丸尾建設㈱	石垣港	あさなぎ５号	5.4	8.5	3.5	1.2	1.00	D	240	235	8.0	限沿	3.0	3.0			1998	新糸満造船		自
2600372	丸尾建設㈱	石垣港	第３栄剛丸	15.0	11.9	4.8	1.8	1.70	D	400	201×2	8.0	限沿	3.0	3.0			1987	熊本ドック	(創進)	用
2600373	丸尾建設㈱	石垣港	第二栄進丸	19.0	11.9	5.2	1.8	1.80	D	660	330×2	8.0	限沿	3.0	3.0			1984	熊本ドック		自
2600380	㈱南組	様似港	第十八勢至丸	19.0	11.9	4.5	1.7	0.90	D	260	220	10.5	限沿	3.0	3.0	2.0	1.5	1979	中谷造船	引船兼用	自
2600384	村上建設工業㈱	下松港	第４１潜栄丸	5.0	9.2	3.0	1.1	1.10	D	350	350	15.0	限沿	3.0				1985	本瓦造船所		自
2600390	八代港湾工業㈱	八代港	第一かいもん丸	4.0	9.6	3.0	1.3	1.00	D		270	15.0	平水	3.0				1996	熊本ドック		自
2600392	八代港湾工業㈱	八代港	第７かいもん丸	4.0	9.6	3.0	1.3	1.00	D		430	15.0	限沿	3.0				1993	熊本ドック		自
2600396	やまこう建設㈱	鳥取港	第二やまこう丸	9.0	11.9	4.0	1.4	1.10	D	236	236	9.0	限沿	3.0				2003	本瓦造船		自
2600415	若松港湾工業㈱	北九州港	第１０若港丸	19.0	11.9	4.0	1.7	1.00	D	330	330	10.0	限沿	3.0				1979	富士海事工業		自

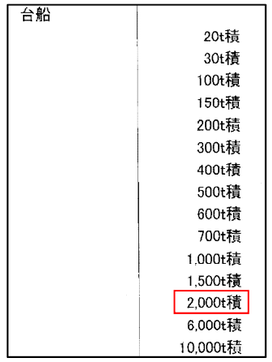
出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

■ランプウェイ台船

「船舶および機械器具等の損料算定基準（平成 30 年度改訂版）」P.船 11 より、2,000t 積（≒1,100m^3×1.8t/m^3）のランプウェイ台船の規格区分の範囲は以下のとおりとした。

規格区分	適用範囲
2,000t 積	1,750t＜　≦4,000t

「船舶および機械器具等の損料算定基準（平成 30 年度改訂版）」P.船 11 より抜粋



「現有作業船一覧（2019）」より、1,100m^{3}級（2,000t 積級（1,750t 超え 4,000t 以下））に該当する船舶を以下に示す。

35　台船・運搬船　　⑤ ランプウエイ付き台船

番号	所有者	所在港	船名	排水トン数 (t)	船体主要寸法 長 (m)	幅 (m)	深 (m)	喫水 軽荷 (m)	喫水 満載 (m)	連結方式	載荷質量 (t)	係留装置 スパッド数 「本」	係留ウインチ数 (台)	ホールド数 L×B×D (m×m×m)	揚荷車両 機種名	容量 (m³)	台数 (台)	グラブ容量 (m³)	製造年	製造所	備考	保有形態
3550003	㈱内間土建		第３内間		46.0	17.0	3.6	0.65	3.00	ロープ式	2,000		4	36.0×15.0×1.5	バックホウ	1.4	1					
3550009	岡田石材㈱	福山港	Ｓ－２３	1,386	59.9	16.0	3.1	1.00	3.20	ピン式	1,800	2	4	26.0×15.0×2.5	タイヤショベル	4.7	1		1993	神原造船	押船（22住力丸）（住力商事）	共
3550014	協栄海事土木㈱	那覇港	協栄１号		48.0	16.0	3.5	1.00	2.90	ロープ式	2,000		4	38.0×14.6×1.2	タイヤショベル	3.5	1		1994	琉球造船鉄工㈱		自
3550015	協栄海事土木㈱	那覇港	協栄２号		48.0	16.0	3.5	1.00	2.90	ロープ式	2,000		4	38.0×14.6×1.2	タイヤショベル	3.5	1		1995	琉球造船鉄工㈱		
3550016	協栄海事土木㈱	那覇港	協栄３０号		60.0	20.0	3.5	1.00	2.90	ロープ式	3,000		4	41.0×18.6×1.5	タイヤショベル	3.5	1		1997	琉球造船鉄工㈱		自
3550017	協栄海事土木㈱	那覇港	協栄３１号		60.0	20.0	3.5	1.00	2.90	ロープ式	3,000		4	41.0×18.6×1.5	タイヤショベル	3.5	1		1998	琉球造船鉄工㈱		自
3550018	極東建設㈱	那覇港	極東３０２号	2,346	46.0	17.0	3.5	0.60	3.00		2,000		2	34.5×15.4×1.2	バックホウ	1.4	1		2001	富士海事工業		自
3550019	極東建設㈱	平良港	極東３０３号		46.0	17.0	3.5	0.50	2.80		2,000		2	34.5×15.4×1.2	バックホウ	1.8	1		2002	富士海事工業		自
3550020	㈱小林組	今治港	鶴	1,370	74.0	18.5	4.3	1.30	3.81	ピン式	3,440	2	4	35.0×17.0×2.5	タイヤショベル	6.0	2	5.5	2003（改）	富士海事工業	押船〔第８神佑子丸　グ起兼用（150t吊）	共
3550023	㈱呉屋組	糸満新漁港	呉屋３号	450	46.0	17.0	3.6	0.40	3.20	ロープ式	2,000		4	34.0×15.4×1.3					2014	富士海事工業		自
3550024	㈱呉屋組	糸満新漁港	呉屋７号	470	46.0	18.0	4.0	0.40	3.70	ロープ式	2,000		4	34.0×16.4×1.3					2015	富士海事工業		自
3550026	座波建設㈱	那覇港	第一大福丸	580	50.0	19.0	3.3	0.50	3.30	ロープ式	2,000		5	43.5×17.0×1.5				10.2	2002	淡路共同	曳船（第一、五座波丸）	用
3550028	㈱七福組	呉港	こうけん		60.0	17.0	3.5	2.50	4.00	ロープ式	1,800	2	4	30.0×16.2×1.5	タイヤショベル	5.0	2	5.0	1996	中谷造船	押船（光健丸）	自
3550030	㈱砂川組	倉橋港	砂川組３号		100.0	20.0	4.2	4.00	1.60	ピン式	3,000	3	4	60.0×19.2×1.45	タイヤショベル	7.5	2		1947	神原造船	押船（昭栄丸）	自
3550036	㈱大米建設	平良港	大米３号台船	966	46.0	17.0	3.5		2.80	ローノ式	2,000		4						2007	富士海事工業		自
3550037	㈱大米建設	平良港	大米７号台船	900	50.0	16.0	3.5		2.80	ロープ式	2,000		4						1988	日立造船		自
3550038	㈱大米建設	平良港	大米８号台船	850	54.0	15.4	3.0		2.80	ロープ式	2,000		4						1993			自
3550043	㈱ナミカタ工業	今治港	鶴	1,370	74.0	18.5	4.3	1.30	3.81	ピン式	3,440	2	4	35.0×17.0×2.5	タイヤショベル	6.0	2	5.5	2003（改）	富士海事工業	押船（第八神佑丸）兼起（150t吊）グ　起兼用	共
3550053	向江建設㈱	広島港	１３０１大向	2,701	66.0	16.0	3.3	1.10	4.00	ピン式	1,860	2	4	36.0×15.0×1.8	タイヤショベル	5.0	2		1990	警固屋船渠	押船（大向丸）	自
3550054	向江建設㈱	広島港	２００２大向	2,852	67.0	18.0	3.3	1.20	4.00	ピン式	1,978	2	4	36.0×17.0×1.8	タイヤショベル	5.0	2	4.0	1988	警固屋船渠	押船（公喜丸）	自
3550057	㈱屋部土建	運天港（沖縄県）	屋部２号	2,200	46.0	17.0	3.5	0.60	3.20	ロープ式	2,000		4						2007	富士海事工業	引船（第八久護丸）	共
3550058	㈱屋部土建	運天港（沖縄県）	屋部３号	2,200	46.0	17.0	3.6	0.70	3.30	ロープ式	2,000		4						2014	富士海事工業	引船（第五久護丸）	自
3550059	㈱屋部土建	運天港（沖縄県）	屋部５号	2,200	46.0	17.0	3.6	0.70	3.30	ロープ式	2,000		4						2014	富士海事工業		自
3550060	㈱屋部土建	運天港（沖縄県）	屋部６号		48.0	17.0	3.5	0.60	3.30		2,000		4						1994	琉球造船		自

出典：現有作業船一覧 2019、（一社）日本作業船協会（該当船舶のみ掲載）

2.1　地盤改良工

※2.1-1

「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、（社）地盤工学会（平成 21 年 3 月）」 P.53 より抜粋

(4) サンドマットの必要性

SCP の改良目的に圧密沈下促進が含まれる場合には，粘性土の圧密に伴う排水を円滑に行うために地表面にサンドマットを設置し，SCP と連続させる必要がある。これは陸上施工と海上施工においても共通である。

陸上施工の場合，サンドマットは施工機の足場盛土の役目も果たす。盛土構造物で，盛土材料の透水性が低い場合にはサンドマットは原地盤と盛土の境にあって，沈下による排水を盛土の外側に導く役目を果たす。また，盛土の沈下によってサンドマットの排水性能が低下する場合があるので，盛土幅が広い場合にはサンドマット中に砕石溝を設置し，砕石溝の交差部にディープウェルなどの設備を設置する場合もある。

海上施工においても，低置換率の改良では SCP を打設した複合地盤の沈下促進と強度増加を期待する場合が多いので，圧密排水のためのサンドマットが必要である。海上施工では，サンドマットは原地盤の乱れや側方変位防止のための土被り圧増加の役割を果たすとともに，施工時の汚濁防止の役割も果たしている。

サンドマットの厚さは，陸上施工では通常 1 m，海上施工では通常 1～2 m としている。

※2.1-2　水質汚濁の防止対策

「港湾工事環境保全マニュアル Doctor of the sea（改訂第 3 版）、（一社）日本埋立浚渫協会（平成 27 年 3 月）」では、水質汚濁の防止対策の一つとして、トレミー管を使用することを防止対策の 1 対策として記載されている。

「港湾工事環境保全マニュアル Doctor of the sea（改訂第 3 版）、（一社）日本埋立浚渫協会（平成 27 年 3 月）」 P.2-71～2-72 より抜粋

2)　水質汚濁の防止対策

発生源からの汚濁の発生を極力少なくし、また、汚濁の拡散を防止するため次の対策が考えられる。

①投入材料に対しては、汚濁の原因となる微細粒子の含有量が少ない材料を使用する。

②投入材料の落下着底に対しては、トレミー管などの使用により衝撃を緩和すると同時に投入中の微細粒子の飛散を防止する。

③海上運搬に使用する土運船に対しては船体開閉部を事前に整備点検し、完全に閉鎖する。

④汚濁の拡散を防止する対策として、投入区域の周囲に汚濁防止膜を設置する。

⑤撒布船（砂撒船）を介して投入する場合は、撒布船の周囲に汚濁防止膜を設置する。また投入口を低くして水中放出する。

⑥作業中監視員を配置し、定期的に目視観測、濁度測定等を行って監視する。なお、敷砂の均し作業は、潜水士船、曳船による均し板の操作等によって行われるが、汚濁の発生度合が小さく、特に対策を講じない場合が多い。

※2.1-3

バーチカルドレーン工法は、砂を透水材料に用いたサンドドレーン工法と特殊加工されたプラスチック材等を用いたペーパードレーン工法の二つに大別することができる。

今回の検討では、これまでの施工実績を踏まえ、海上施工はサンドドレーン工法、陸上施工はペーパードレーン工法で行うことにした。

「軟弱地盤対策工法、（社）地盤工学会（昭和 63 年 11 月）」P.90～91 より抜粋

2.1　工法の概要

2.1.1　バーチカルドレーンとは

バーチカルドレーン工法は，軟弱な粘性土地盤中に人工の鉛直ドレーンを多数設置して，排水距離の短縮を図り，圧密を促進する工法である。

この工法は，砂を透水材料に用いたサンドドレーンや袋詰め砂杭（パックドレーン）と，特殊加工されたプラスチック材やそれらの複合材を用いた，プラスチックボードドレーンの二つに大別することができる。

これらの工法は，いずれも Terzaghi の圧密理論が示唆するところにそのアイディアの源を持つもので，いわば兄弟工法ともいえるものであるが，前者はアメリカに生まれ，後者はスウェーデンで生まれたものである。

袋詰め砂杭やサンドドレーンは，直径が 10～60 cm 程度までの円形断面を持つものであるが，プラスチックボードドレーンは，厚さ 3 mm，幅 10 cm 程度の長方形断面を持つものである。

プラスチックボードドレーンは，当初板紙に溝を付けたものを貼り合わせたカードボードドレーン（ペーパードレーンと呼んでいた）として開発されたもので，1965 年我が国に導入，極めて軟弱な埋立地の改良等に用いられた。しかし，バーチカルドレーンとして最も重要な要素である透水係数が，沈下による蛇行や目詰まり等によって著しく低下し，圧密に遅れを生ずるという致命的な欠陥を有していることが判明したため，改良につぐ改良を重ね現在のものへと発展してきたものである。

図-2.1 に両者の発展経緯と現在我が国で使用されているバーチカルドレーンの種類を示す。

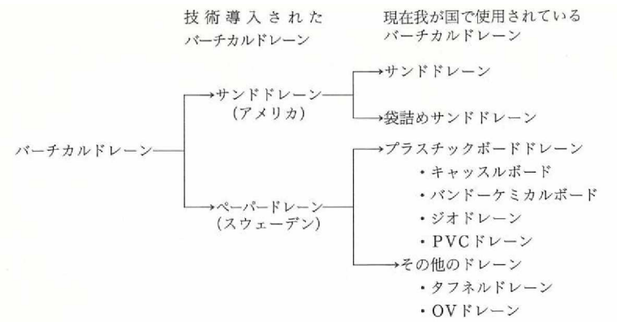


図-2.1

2.1.3　工法の適用

現在，我が国において多用されているバーチカルドレーン工法の施工実績（表-2.1）から本工法が適用されている現状を記す。

表-2.1　バーチカルドレーンの施工実績

（単位：万m）

種別＼年	57	58	59	60	61	計
キャッスルボード	486	307	289	226	821	2 129
P V C	104	111	64	94	120	493
ジオドレーン	－	31 (3)	55	205 (38)	378 (34)	669 (75)
バンドーケミカル	118	75	53	74	28	348
タフネルドレーン	264	414	108	192	104	1 082
パックドレーン	161	335	302	370	438	1 606
サンドドレーン	175 (164)	151 (129)	152 (116)	322 (274)	277 (255)	1 077 (938)
計	1 308 (164)	1 424 (132)	1 023 (116)	1 483 (312)	2 166 (289)	7 404 (1 013)

注：（　）内は海上施工分で内数を示す。

図-2.1 のペーパードレーン

図-2.1 のサンドドレーン

本工法は，図 2.3 に示すごとく陸上・海上いずれの工事にも用いられているが，臨海部における港湾施設の基礎地盤改良と，埋立地の改良工事が全体の約 1/3 を占めている。

サンドドレーン工法は，その 9 割近くが海上工事に用いられており，港湾施設の基礎地盤改良は，全てがこの工法である。逆に，その他の工法は，ほとんどが陸上工事として用いられている。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.757 より抜粋

③バーチカルドレーン工法

バーチカルドレーン工法は、圧密期間を短縮するために粘性土層中に鉛直の排水層（バーチカルドレーン）を人為的に設ける工法である[8]。圧密を発生させるためには載荷重が必要なため、プレローディング工法、サーチャージ工法または真空圧密工法と併用して行われるのが一般的である。ドレーンの効果で工期は格段に短くなるが、それでもなお全工期としては一年程度を必要とする場合が多く、また施工管理も比較的面倒である。

排水層として砂杭を用いるサンドドレーン工法が一般的であるが、砂杭の代わりに合成樹脂または不織布等のドレーン材（プレファブリケートドレーン）による工法も多く用いられている[8]。なお、サンドドレーンの施工管理を容易にし、超軟弱な地盤中での砂杭の連続性を確保するために、袋詰めの砂杭（パックドレーン）等も用いられている[9)10)11)]。性能照査法については、**本章5.4 バーチカルドレーン工法**を参照することができる。

※2.1-4　PD 工法

ペーパードレーン工法は、バーチカルドレーン工法の一種であり、ドレーン材として各種素材で作られた紙状の細長い材料を用いる工法である。サンドドレーン工法と異なり、砂を大量に使用しないことから、陸上工事を中心に使用されている。

陸上施工が可能な地盤改良深度

施工基面：C.D.L.+2.5m まで埋立

改良深度：41.5m（実績値）

陸上施工可能な地盤改良深度：C.D.L.+2.5m - 41.5m = C.D.L.-39m

PD 打設機の設定

PD 工法における打込み深度別のヒアリング結果を下表に示す。PD 打設機は、複数台で施工可能な最大の打込み深度である 41.5m と設定した。

打込み深度	機械台数	備考
L≦55m	1	A 社
L≦41.5m	7	B 社
L≦40.0m	9	A 社
L≦30.0m	10	B 社

※2.1-5

生分解性の材質であるドレーン材は以下のような例がある。なお、「ノーナルドレーン」は沖縄県内で施工実績がある。

鉛直ドレーン材仕様一覧

項目		単位	仕様		
			ジオドレーン	ジオドレーンR	ノーナルドレーン
構造		—	複合構造遊離型		
材質	芯材	—	ポリオレフィン樹脂	再生ポリオレフィン樹脂	生分解性樹脂
	フィルター	—	ポリエステル系不織布		生分解性不織布
寸法	厚	mm	3.5±0.5	3.9±0.5	3.3±0.5
	幅	mm	98.5±5.0		
	溝数	本	78		
引張強度[1)]	乾燥時	KN/製品幅	＞2.0	＞2.0	＞2.0
	湿潤時	KN/製品幅	＞2.0	＞2.0	＞2.0
面内透水係数[1)]		m/sec	＞5.0×10^{-2}(350kpa, i=1.0)		
通水量		m^3/年	＞500(350kpa, i=1.0)		
フィルター透水係数		m/sec	＞1.0×10^{-4}		

1)標準部

水平ドレーン材仕様一覧

項目		単位	仕様	
			SBドレーン	BSBドレーン
材質	芯材	—	硬質塩化ビニール	生分解性樹脂シート
	フィルター	—	ポリエステル系不織布	生分解性不織布
寸法	厚	mm	8.0	8.0
	幅	mm	305±3.0(T-300)	302±3.0(H-300)
			205±3.0(T-200)	177±3.0(H-175)
	長	m	50	
芯材圧縮強度		kN/m^2	＞200	＞200
面内透水係数		m/sec	＞5.0×10^{-2}(100kpa, i=0.5)	
フィルター透水係数		m/sec	＞1.0×10^{-4}	

出典：「ジオドレーン工法　パンフレット、ジオドレーン協会」P.4～5

2.3　A護岸工

※2.3-1

「鋼管杭ーその設計と施工ー（2009）」P.414、415、417 より

■騒音について

バイブロハンマの騒音は、打撃工法よりはるかに低い。また先行削孔はアースオーガにより行うが、アースオーガにより地盤を切削することがほとんどの中堀り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法の騒音レベルから、騒音レベルは比較的低いことが分かる。

■振動について

打撃工法やバイブロハンマ工法では振動はやや大きい。アースオーガにより地盤を切削することがほとんどの中堀り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法の騒音レベルから、振動レベルは比較的低いことが分かる。

※2.3-2

「バイブロハンマ設計施工便覧（平成 27 年 10 月）」P.134 より抜粋

表4-28　鋼管杭打施工法の比較

		打込み杭工法			埋込杭工法
		バイブロハンマ工法		打撃工法	中掘り根固め杭工法
		バイブロハンマ単独工法	ウォータージェット併用工法	油圧ハンマ工法	
打設概念		バイブロハンマの振動エネルギーで打込む	ウォータージェットの切削力を併用し、バイブロハンマの振動エネルギーで打込む	ハンマの落下エネルギーで打込む	管内を削孔しながら押し込み、杭先端をミルク等で根固めする
機械設備		設備が簡単	設備面積が比較的大きい	設備が簡単	設備が大規模
ベースマシン		クレーンもしくは三点支持式杭打機等必要吊上げ容量が確保されれば機械を選ばない	クレーンもしくは三点支持式杭打機等必要吊上げ容量が確保されれば機械を選ばない	クレーンもしくは三点支持式杭打機等必要吊上げ容量が確保されれば機械を選ばない	三点支持式杭打機等リーダー装着の機械が必要
適用杭	外径	φ 1,800 まで	φ 3,000 まで	φ 2,000 まで	φ 1,000 まで
	長さ	50m まで	80m まで	80m まで	60m まで
地盤制約条件		玉石・転石を多量に混入する地盤には適さない	転石を多量に混入する地盤には適さない	玉石・転石を多量に混入する地盤には適さない	玉石を多量に混入する地盤には適さない
作業条件		・台船による水上施工が可能	・台船による水上施工が可能	・台船による水上施工が可能	・空頭制限がないこと ・水上施工では作業講台が必要
振動・騒音		振動が大きく、騒音がやや大きい	低振動・低騒音	振動・騒音共に非常に大きい	振動・騒音共に小さい
その他の特徴		・斜杭施工が可能（要、保持治具） ・引抜きが可能のため精度調整が容易 ・作業半径が自由にとれる ・機械の調達性に優れる ・鋼管杭、鋼管矢板を対象とする	・斜杭施工が可能（要、保持治具） ・引抜きが可能のため精度調整が容易 ・作業半径が自由に取れる ・機械の調達性に優れる ・鋼管杭、鋼管矢板を対象とする	・斜杭施工が可能 ・機械の調達性に優れる ・打止めの確認が容易	・根入長に対し先端支持力が大きくとれる
工期の目安※1		80 ～	90 ～	100	150 ～ 200
工費の目安※2		80 ～	100 ～ 300	100	200 ～ 300

注 1）※ 1：工期の目安とは、一定条件の下で打撃工法を 100 とした時、他工法の工期を表す数値。
注 1）※ 2：工費の目安とは、一定条件の下で打撃工法を 100 とした時、他工法の工費を表す数値。

2.4　埋立工

※2.4-1　フローティングベルトコンベアの概要

フローティングコンベアシステム

FCS－200

天候や土質に左右されない安定稼動

リクレーマ船とFCSを組み合わせて埋立するため、降雨時でも搬送作業が続けられます。



薄層散布による均一な土砂投入が可能

前後方向の任意箇所から撒き出しできるトリッパコンベアと係船ウインチによる平行移動により埋立海面全面への均等な水中撒きだしが可能です。



一般土砂、浚渫シルト･粘土まで搬送可能



水面上への揚土が可能

スプレッダへの切り替えにより水面上＋4mまでの埋立も可能です。



施工実績

・みなとみらい21
・南本牧1･3ブロック
・本牧BC間
・瑞穂埠頭
・山之内埠頭
・H21南本牧埋立事業
　（中継所土砂揚土）



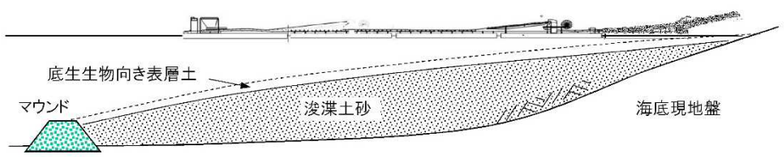
南本牧埋立事業



H21南本牧埋立事業（中継所土砂揚土）

適用可能なその他の用途

人工干潟の表層仕上げ時、連続的な撒き出しが可能



FCS-200

フローティングコンベアシステム

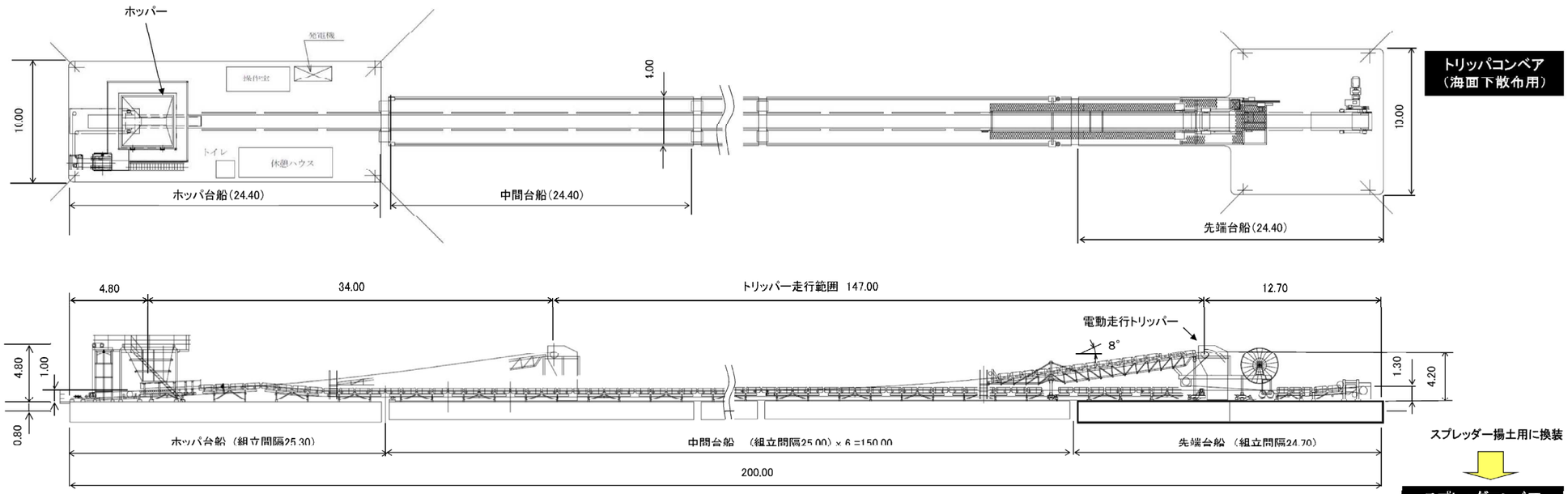
護岸内外の浅海面で2,000m3/hを誇る搬送能力

■現地条件に制約されず、どこからでも施工可能な柔軟な埋立工法。
■走行トリッパで薄く均一に撒き出し、超軟弱な地盤上の埋立に適応。
■降雨等に伴う作業条件の悪化なし。
■粉塵障害の心配なく、日常良好な作業環境を維持。



出典：パンフレット

フローティングコンベアシステム　FCS－200



海面散布～盛土の手順

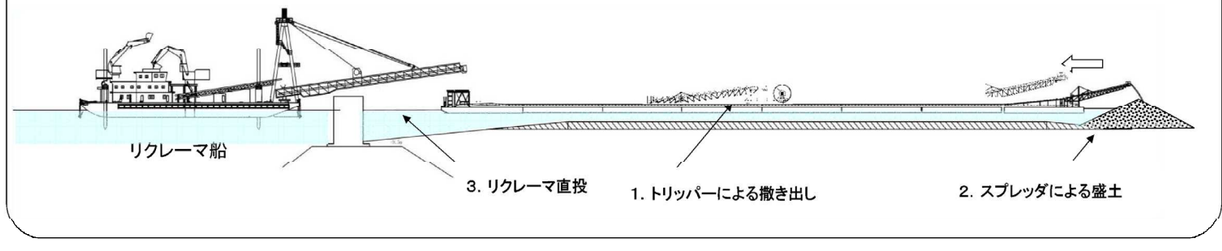
1. トリッパーによる撒き出し ⇒ 先端部の換装 ⇒ 2. スプレッダによる盛土 ⇒ FCS撤去 ⇒ 3. リクレーマ直投

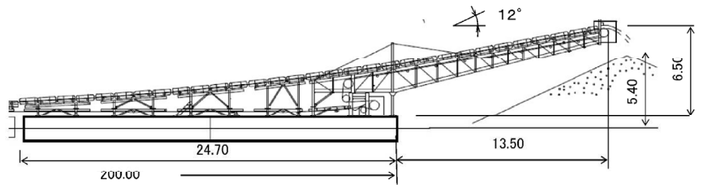
① 前後方向に走行するトリッパーにより、水面下へ薄く均一に撒き出します。
② 係船ウインチにより、次の撒き出し位置へ平行移動し平面的な埋立を行います。

③ 電動走行トリッパーを撤去し、先端台船にスプレッダを搭載します。

④次の手順によりスプレッダにより 水面上へ盛土します。
・先端部からの盛土が終了すると、ホッパ船を中心として旋回させ、円周方向にも盛土します。
・次に、中間台船を1隻づつ引抜きスプレッダ船位置を後退させ盛土を続けます。

⑤FCSによる盛土の終了後、FCSを撤去し、リクレーマ船で直投し、完了します。





船体	HULL		
寸　法	DIMENSIONS		
ホッパ台船	HOPPER BARGE	L=24.4m, B=10m, D=1.6m	1 隻
中間台船	MIDLE BARGE	L=24.4m, B=4m, D=1.4m	6 隻
先端台船	HEAD BARGE	L=24.4m, B=10m, D=1.6m	1 隻
甲板機械	DECK MACHINERY		
係船ウインチ	MOORING WINCH	3t x15m/minxΦ18 x200m 11kw ブレーキ付	10台
スパッド	SPUD	0.508x0.508x3.666m	1台
発電機	GENERATOR		
発電機	GENERATOR	440Vx300KVA IMO仕様	1台
コンベヤ	CONVEYOR		
型　式	TYPE	ベルトコンベア	
搬送能力	CARRYING CAPACITY	2,000m³/h	
トリッパー	TRIPPER	1,200mmx200m/minx193.7m	
スプレッダ	SPREADER	1,200mmx200m/minx208.7m	
揚程角度	ANGLE OF ELEVATION	12°（MAX）	

出典：パンフレット

3．基本工程の作成

※3.2-1 ケーソン製作実績

(1) RC ケーソン

RC ケーソン製作実績のうち、函長が長いものを表に取りまとめた。表の実績より、L=30m 程度を最長として本計画を行うものとした。

No.	寸法諸元		
	幅（m）	高さ（m）	長さ（m）
1	39.5	13.5	30.0
2	25.0	16.5	30.0
3	32.9	15.0	30.0
4	33.0	18.5	25.0
5	21.5	11.2	30.0
6	20.0	14.9	30.0

(2) HB ケーソン

HB ケーソン製作業者にヒアリングを行った結果を下表に示す。1 函当たりの延長は、50m 程度の実績が多い。

No.	寸法諸元			製作函数	備考
	幅（m）	高さ（m）	長さ（m）		
1	9.5～13.5	9.0～14.0	40.0～48.0	6	
2	22.5	17.5	63.0，69.0	2	
3	15.0	15.5～17.5	90.0	9	
4	14.7	13.5	50.0	2	
5	14.7	13.5	50.0	3	
6	20.3	19.5	50.0	2	半潜水式台船にて運搬

No.6 以外の事例は、運搬途中に避難港があり HB ケーソンを直接曳航したもの。

※3.2-2　ケーソン函の年間平均の据付可能函数

仮置場所からケーソン浮上、曳航、据付、中詰及び蓋コンクリート打設までの一連のケーソン据付工は、4 日以上の連続静穏条件（有義波高 1.0m 以下）を満足して施工可能とする。10 年間のデータより、4 日以上の連続静穏日を確認し、ケーソン据付サイクルより据付可能函数を算定した。なお、実際は、天気予報を確認して据付可能日を判断することから、天気予報の的中率で補正した。

その結果、年間 28 函が据付可能なことから、2 函/月（1 班当たり）とした。

ケーソン据付サイクル

連続静穏日	1日		2日		3日		4日		5日		6日		7日		8日		9日		10日	
ケーソン浮上･曳航	1函目						2函目						3函目							
ケーソン据付																				
中詰材投入																				
蓋ブロック据付																				
蓋コンクリート打設																				

連続静穏日（4 日以上）調査結果

	連続静穏日(4日以上) ※有義波高1.0m以下											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1995年	17日	19日	23日	5日			23日	10日	20日	4日		17日
			5日	7日			6日	11日	6日	5日		
			5日	5日					6日			
1996年	11日	6日	8日		5日	6日	9日	7日	7日	10日		8日
	5日	14日	4日		4日	8日	5日	6日	4日			
					5日							
1997年	12日	9日	14日	5日	7日	13日	5日	4日	8日	7日		4日
		7日	5日	4日			4日	5日		7日		
		8日					6日	5日				
1998年	5日	12日	12日	10日		15日	4日	12日	8日	4日	4日	6日
	5日		5日	5日		13日	12日	6日				7日
	8日			4日								
	9日											
1999年	7日	12日	6日	7日	4日	10日	4日	13日	4日	5日	7日	9日
		9日	6日	6日	11日	5日	10日	6日				
		5日										
2000年	5日	6日		4日		6日	9日	7日	4日	21日	5日	16日
	5日	10日				8日	5日	4日				4日
	5日	5日					5日					
	4日											
2001年	4日	4日	27日	8日	5日	16日	5日	8日		4日	6日	6日
	4日	12日		8日	14日		4日	7日		4日	15日	10日
	6日						7日	4日				
2002年	13日	13日	10日	4日		16日	4日	5日	9日	5日		4日
	8日			4日		4日		9日				
	5日											
2003年	7日	4日	5日	5日	6日		20日	4日	6日	6日		5日
	6日						4日	6日		4日		
	4日											
2004年	8日	6日	10日	5日	8日	14日	15日	21日	4日	7日		
	14日					6日			14日	5日		
										6日		

ケーソン据付可能函数

	据付可能函数												
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
1995年	5函	6函	7函	1函			7函	3函	6函	1函	1函	5函	54函
			1函	2函			1函	3函	1函	1函			
			1函	1函					1函				
1996年	3函	1函	2函		1函	1函	2函	2函	2函	3函		2函	32函
	1函	4函	1函		1函	2函	1函	1函	1函				
					1函								
1997年	3函	2函	4函	1函	2函	4函	1函	1函	2函	2函		1函	35函
		2函	1函	1函			1函	1函		2函			
		2函					1函	1函					
1998年	1函	3函	3函	3函		4函	1函	3函	2函	1函	1函	1函	41函
	1函		1函	1函		4函	3函	1函				2函	
	2函			1函									
	2函												
1999年	2函	3函	1函	2函	1函	3函	1函	4函	1函	1函	2函	2函	36函
		2函	1函	1函	3函	1函	3函	1函					
		1函											
2000年	1函	1函		1函		1函	2函	2函	1函	6函	1函	5函	34函
	1函	3函				2函	1函	1函				1函	
	1函	1函					1函						
	1函												
2001年	1函	1函	8函	2函	1函	5函	1函	2函		1函	1函	1函	49函
	1函	3函		2函	4函		1函	2函		1函	4函	3函	
	1函						2函	1函					
2002年	4函	4函	3函	1函		5函	1函	1函	2函	1函		1函	30函
	2函			1函		1函		2函					
	1函												
2003年	2函	1函	1函	1函	1函		6函	1函	1函	1函		1函	21函
	1函						1函	1函		1函			
	1函												
2004年	2函	1函	3函	1函	2函	4函	4函	6函	1函	2函			37函
	4函					1函			4函	1函			
										1函			
合計	44函	41函	38函	23函	17函	38函	42函	40函	25函	26函	10函	25函	369函
平均	4.4函	4.1函	3.8函	2.3函	1.7函	3.8函	4.2函	4.0函	2.5函	2.6函	1.0函	2.5函	37函
天気予報的中率	80%	80%	80%	80%	80%	80%	65%	65%	65%	80%	80%	80%	
補正後	3.5函	3.3函	3.0函	1.8函	1.4函	3.0函	2.7函	2.6函	1.6函	2.1函	0.8函	2.0函	28函

天気予報的中率

a) 1～6 月、10～12 月の的中率 80%設定について

気象庁 HP に掲載された天気予報の精度検証結果（1992～2018 年）を参照し、80%と設定した。下表参照。

b) 7～9 月の的中率 50%設定について

沖縄の地理的特性上、台風の発生から襲来までの期間が短く、また台風の進路を予測しにくいため、台風の発生が多い 7～9 月は気象庁 HP に掲載された天気予報の精度検証結果（1992～2018 年）を参照し、65%と設定した。下表参照。

表　天気予報的中率（翌日、7 日後）

	的中率		ケーソン据付に用いる的中率（%）
	翌日	7日後	
1月	79%		
2月	80%		
3月	82%		
4月	79%		
5月	79%		
6月	79%		
7月	78%	68%	
8月	74%	63%	
9月	75%	64%	
10月	77%		
11月	80%		
12月	81%		
通年	79%	65%	
1～6,10～12月	80%		80%
7～9月		65%	65%

月毎の的中率の値は下記の気象庁 HP より引用

気象庁 HP＜https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/kensho/reinen.html＞

※3.2-3　作業船間隔の設定

(1) SCP 船

SCP 船団間の最小離隔の検討は、原料砂を供給するために船団間を航行する海砂採取船（ガット船（499GT）相当）の航路確保する観点から、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.858（5）航路の性能規定　②航路の幅員　を参考に実施した。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.858 より抜粋

> 2）船舶が行き会う可能性のない航路の適切な幅
>
> 対象船舶及び航行環境を特定できない場合の船舶が行き会う可能性のない航路の性能照査に当たっては、対象船舶の全長の 0.5 倍以上の適切な幅とする。ただし、航路の幅員が対象船舶の全長を下回る場合には、船舶の航行を支援する施設の整備等の船舶の安全な航行を図るための十分な対策を検討する。

対象船舶　：　ガット船（499GT）

全長＝69.6m（調査結果の平均値）≒70m

全長×0.5＝35m

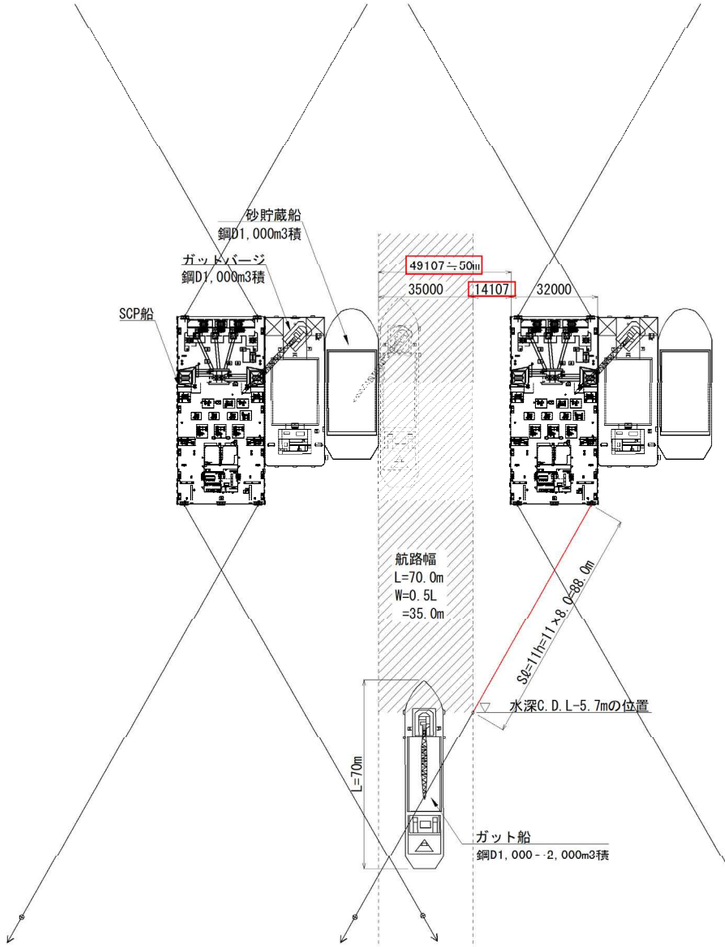
SCP 船のアンカー位置を考慮したガット船が航行できない幅：14.1m

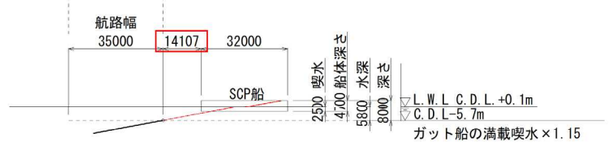
よって、船舶間の離隔は、50m とした。

船舶間の離隔＝35m＋14.1m＝49.1m≒50m

SCP船の場合

（平面図）





（断面図）

(2) リクレーマ船

各船団作業船間の離隔については、埋立材を供給する土運船が押船式であることを考慮し、リクレーマ船の間を自力で回頭できる水域を確保するものとし、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.904 を参考に、以下に示すとおり 280.5m に設定した。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.904 より抜粋

(b) 安全な回頭に支障を及ぼさない広さ

1) 泊地の性能照査における泊地の広さの設定に当たっては、安全な回頭に支障を及ぼさない広さとして、以下の値を用いることができる。なおこれらの値は広さの算定において船種や回頭性能、風速、地形等の条件を考慮しない安全側の数値である。

なお、十分な推力を有するスラスターを利用した回頭の場合については、曳船を利用した回頭の場合に準じる。

・自力による回頭の場合には、対象船舶の全長の3倍を直径とする円

・曳船を利用した回頭の場合には、対象船舶の全長の2倍を直径とする円

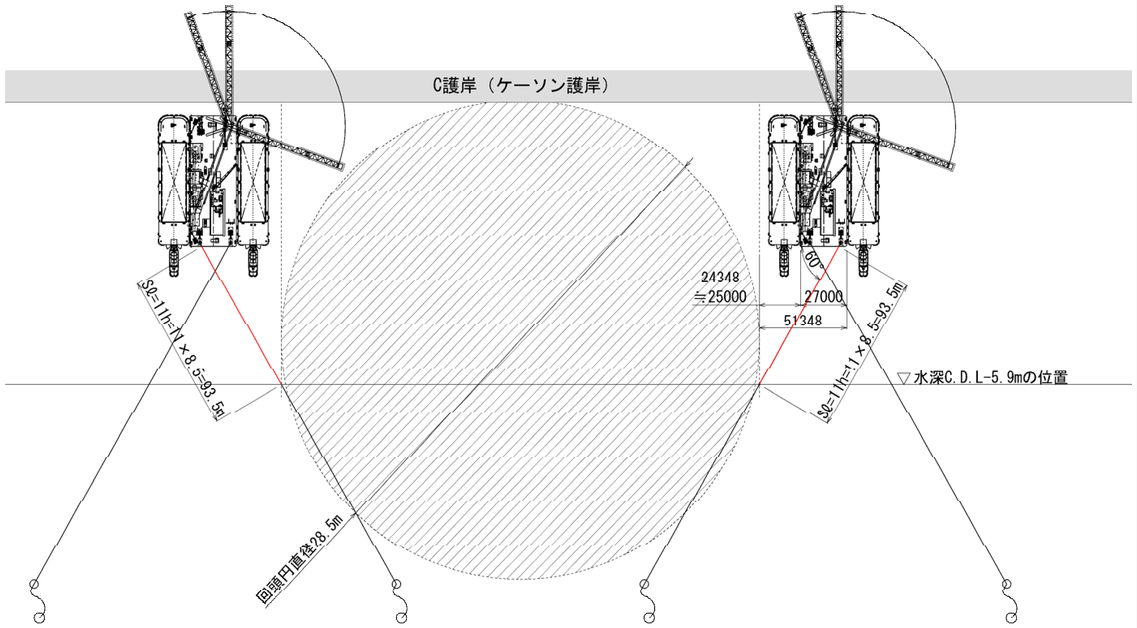
対象船舶：押船式土運船（2,000m^3 級）

全長＝93.5m（土運船（78.5m）＋押船（15m））

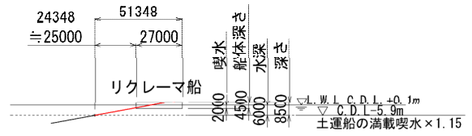
泊地の広さ　：　93.5m×3＝280.5m

リクレーマ船の場合

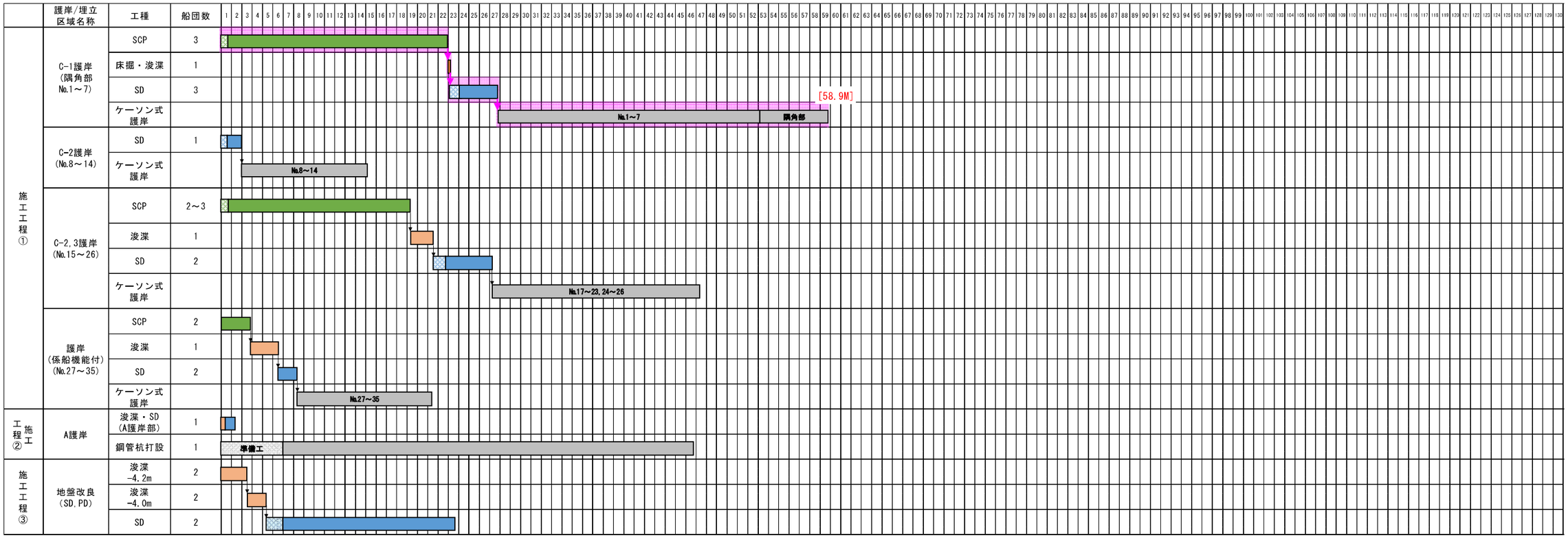
（平面図）



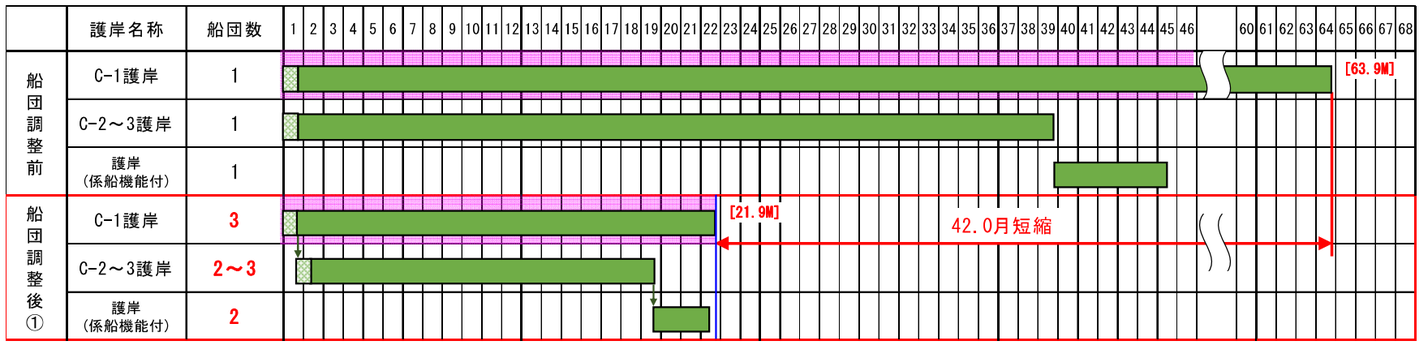
（断面図）



※3.2-4　C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の SCP 工法による施工工程



※3.3-1　C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の SCP 工法による施工工程



※3.3-2　HB ケーソン製作場所

１．HB ケーソンの諸元

HB ケーソンのうち大水深部の標準函の基本諸元を以下に示す。

・形状寸法　：　長さ(L)52m×幅(B)22m×高さ(H)19m
・喫水　　：　約 7m（バラスト、止水蓋等の艤装品を含む）

２．HB ケーソンの運搬

HB ケーソンの運搬は、半潜水式台船を用いて行う。半潜水式台船の諸元を以下に示す。

・船体寸法　　：　全長 141m×型幅 36m×型深さ 8.7m
・総トン数　　：　12,709GT
・積載重量トン数　：　24,000DWT
・満載喫水　　：　6.5m
・ステージ最深　：　-8.0m

３．製作場所候補地の選定条件

ケーソン諸元及び運搬を行う半潜水式台船の諸元等を考慮して、以下の条件で選定した。HB ケーソンや沈埋函等の海洋構造物（鋼コンクリート合成構造）の実績を持つものとしてリストアップした。

(1) 施設の種類

HB ケーソンの製作は、陸上ヤード、海洋ドック、造船ドックで行われるが、陸上ヤードの場合には、積込み機械やヤードの強度等、確認すべき点が多いことから、陸上ヤードは選定しないものとした。

(2) 施設の規模

HB ケーソン 1 函当たりに必要な面積は、70m×40m（ケーソン寸法に作業ヤードとして 10m 程度を想定）程度、深さは 7.5m（喫水＋0.5m とする）程度必要となる。必要な面積及び深さを満足できないものは選定しないものとした。

(3) 施設周辺の水深

海洋ドック及び造船ドックでは、ドック前面にケーソンを進水させ、半潜水式台船に積込みを行うこととする。周辺海域の水深は、約 7.5m（喫水＋0.5m）必要となる。そこで深さが不足するものは選定しないものとした。

上記の選定条件より、1 次選定した結果を表-1 に示す。

表-1　1 次選定結果

企業名	所在地	施設の種類	施設の規模	施設周辺の水深
A社	九州地方	造船ドック	991×100×14.5/9.5 傾斜あり	8m
A社	近畿地方	造船ドック	285×43×11.4	12m～8.0m
B社	近畿地方	造船ドック	408×62×12.5 (2号ドック)	10m
B社	近畿地方	海洋ドック	180×135×11.0 (3号ドック)	10m
C社	近畿地方	海洋ドック	150×220×17	9.5m
D社	関東地方	造船ドック	350×60×11.5 (1号ドック)	12.0m

1 次選定を行った結果から、標準函規模の製作実績のある候補地を選定した。結果を表-2 に示す。

表-2　HB ケーソン製作候補地（2 次選定結果）

企業名	所在地	施設の種類
B社	近畿地方	海洋ドック
C社	近畿地方	海洋ドック

※3.3-3　HB ケーソン製作工程

HB ケーソンの製作は、2 ヵ所で行うものとして、10 函同時製作と 3 函同時製作の製作工程についてのヒアリング結果を下表に示す。

表-1　10 函同時製作工程（C 社）

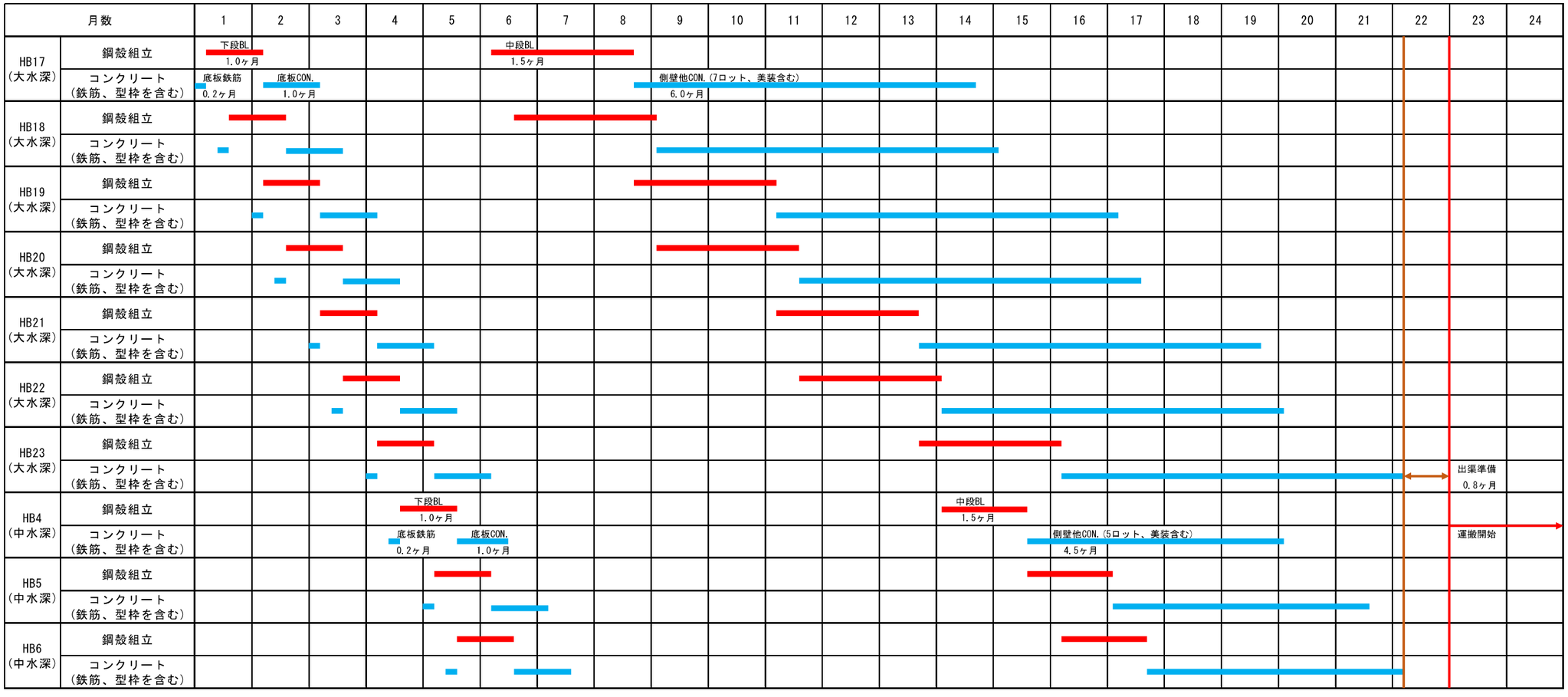
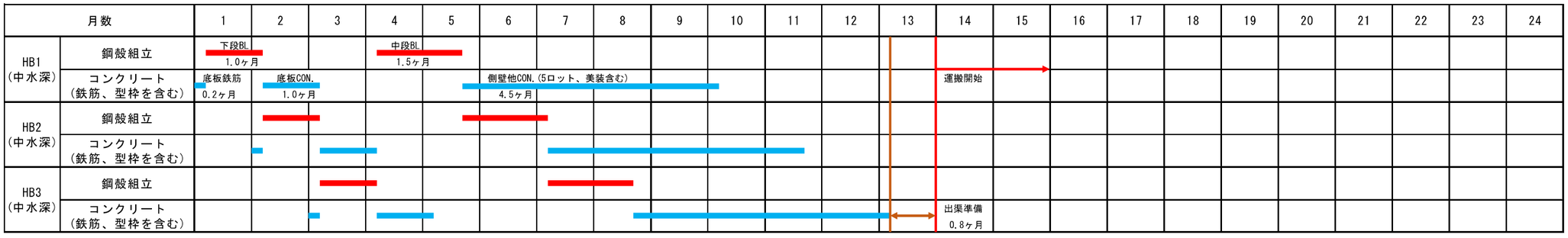


表-2　3 函同時製作工程（B 社）



※3.3-4　半潜水式台船による運搬日数のヒアリング結果

半潜水式台船による運搬日数について、ヒアリング結果を下表に示す。

作業内容	作業場所	日数	備考
半潜水式台船係留作業	製作工場沖（湾内）	3.30	
半潜水式台船沈降作業		3.30	
HBケーソン搭載作業		1.65	
半潜水式台船浮上作業		3.30	
半潜水式台船出航準備作業		1.65	
回航（往路距離：780マイル）	回航中	13.00	5ノット、16h/日
往路運搬計		26.20	
半潜水式台船係留作業	現場仮置ヤード周辺	4.90	
艤装解除作業（1函）		6.13	
半潜水式台船沈降作業		4.90	
HBケーソン進水・仮置作業		2.45	
半潜水式台船浮上作業		4.90	
半潜水式台船出航準備作業		1.23	
回航（復路距離：780マイル）	回航中	13.00	5ノット、16h/日
復路運搬計		37.51	
運搬合計		63.80	

※3.3-5　リクレーマ船 1 船団当たりの瀬取り場の検討

リクレーマ船 1 船団への土砂供給は、揚土能力を低下させないために瀬取り箇所の数について検討する。検討条件を以下に示す。

リクレーマ船の揚土能力（港湾土木請負工事積算基準（平成 31 年 4 月）p.3-1-(19)より）及び瀬取り施工能力（同上、p.3-4.1-59 より）を下表に示す。表よりリクレーマ船の揚土能力 5,434m^3/日を満足させるためには、ガット船の泥艙容量（850m^3/隻）より 6.4 隻（≒5,434/850）以上を土運船に瀬取りして供給する必要がある。

リクレーマ船揚土能力検討【岩ズリ】

項目				リクレーマ船　公称揚土能力		
				750m^3/ｈ	1,500m^3/ｈ	2,200m^3/ｈ
１時間当り基本揚土能力	q_1	m^3	レキ混じり土砂	324.0	551.0	849.0
作業時間区分能力係数	E_4		普通	0.80	0.80	0.8
１時間当り揚土能力	q_{02}	m^3/h		259.2	440.8	679.2
1日当り作業能力作業時間	T	h	積算標準	8	8	8
1日当り排出能力	Q'	m^3/日	q_{02}×T	2,074	3,526	5,434
年間稼働日数		日/年	作業限界波高：0.8m	149	149	149
供用係数				2.45	2.45	2.45
１月当り排出能力	Q'_1	m^3/月		25,744	43,780	67,458
適　用				積算標準	積算標準	積算標準

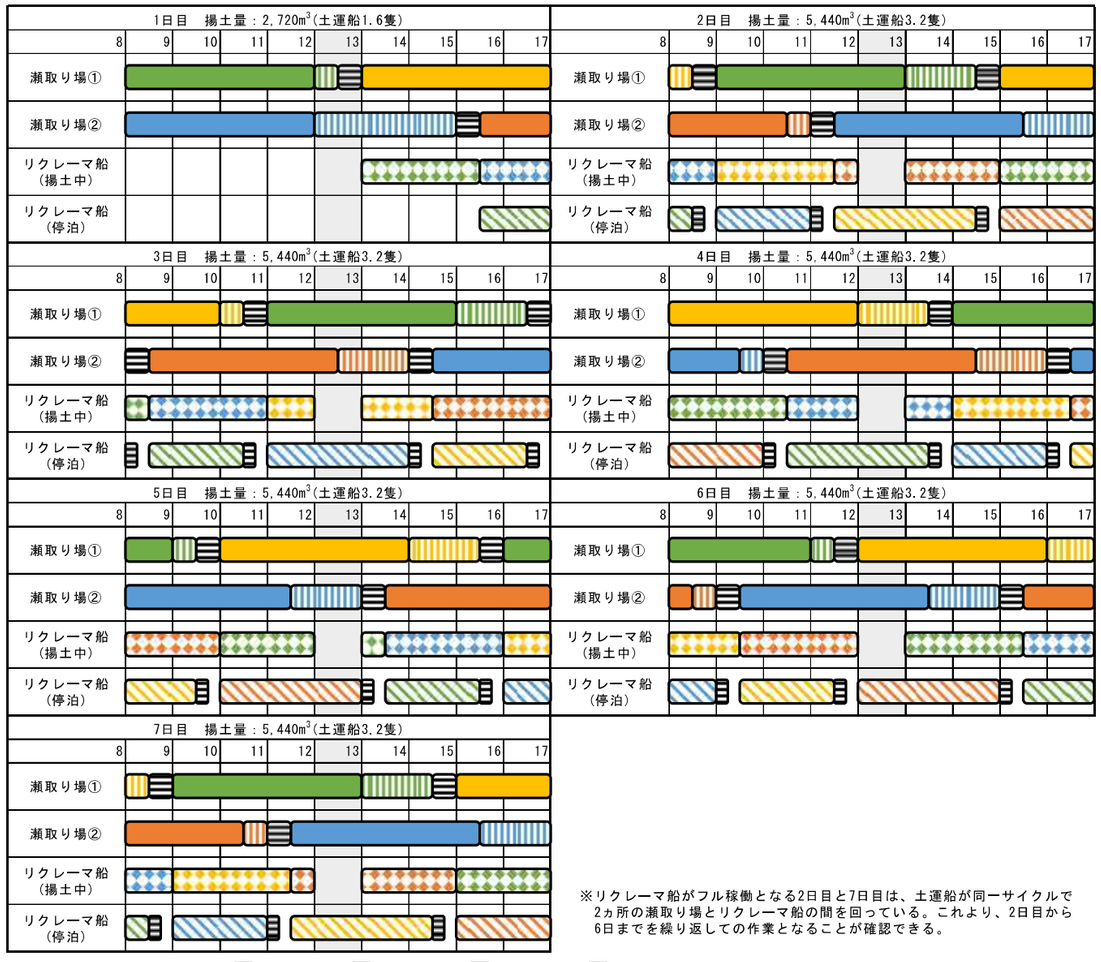
瀬取り施工能力検討

項　目				備考
材料	記号	単位	海砂	
使用機械（中詰運搬）			ガット船（499t級）	
使用機械（中詰投入）			ガット船（499t級）	
グラブ容量		m^3	3.0	
土運船・ガット船の泥艙容量	B	m^3	850	
1日当り運転時間	T	hr/日	8	
1時間当り作業能力	$q_{0'}$	m^3/h	310.9	グラブ容量3.0m3 砂質土砂 N値20～30
排出の施工区域区分能力係数	$E_{1'}$	－	0.80	普通
排出の海上条件区分能力係数	$E_{2'}$	－	1	普通
排出の水深区分能力係数	$E_{3'}$	－	1	水深10m未満
離接舷等の関連時間	t	hr/日	0.5	
1隻当り作業時間（瀬取り）		hr・隻	3.92	
離接舷を考慮した1時間当たり作業能力	Q	m^3/hr・隻	216.8	

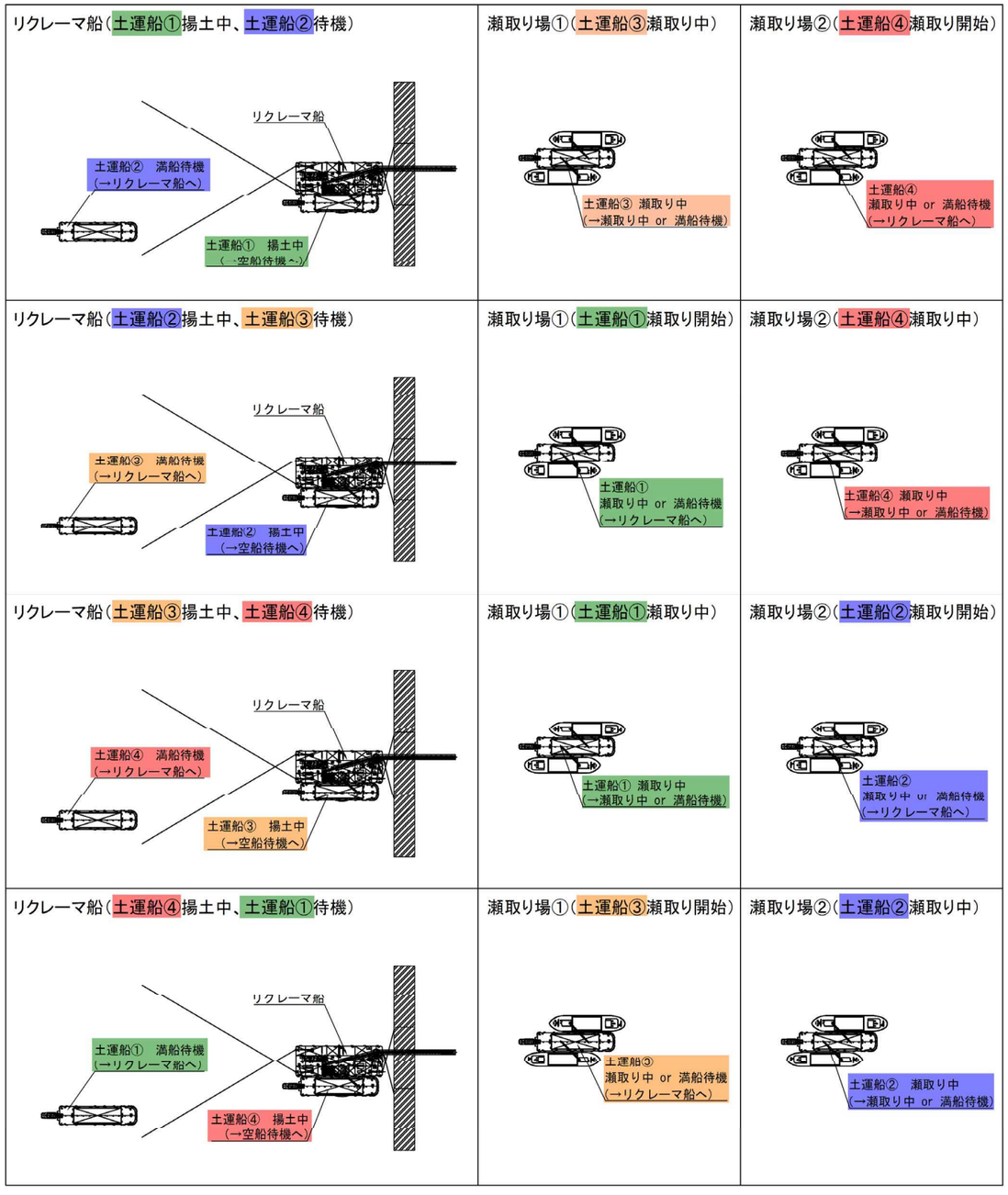
瀬取り場所から土運船 4 隻にて、リクレーマ船に供給するサイクルを以下の条件にて検討する。

・作業時間は 8 時～17 時の 9 時間とする。
・リクレーマ船は、8 時間運転とする。
・ガット船から土運船への瀬取りは、同時にガット船 2 隻に行うものとする。
・ガット船 2 隻分（850m^3×2 隻＝1,700m^3）で満船として土運船をリクレーマ船に移動する。
・瀬取りの施工能力は上記の表より、1 隻当り 216.8m^3/hr であることから、4 時間で完了するものとする。850(m^3)÷216.8(m^3/hr) = 3.92(hr)≒4(hr)

検討結果を以下に示す。定常状態となる２日目からリクレーマ船は、８時間フル稼働していることがわかる。また、その間２ヵ所の瀬取り場も同時に稼働していることが確認できる。瀬取り場所が２ヵ所必要となることが確認できる。なお、２日目から６日目までは、リクレーマ船および瀬取りの稼働パターンが異なるが、７日目は２日目と同じ稼働となり２日目から６日目までの稼働パターンが繰り返されることになる。



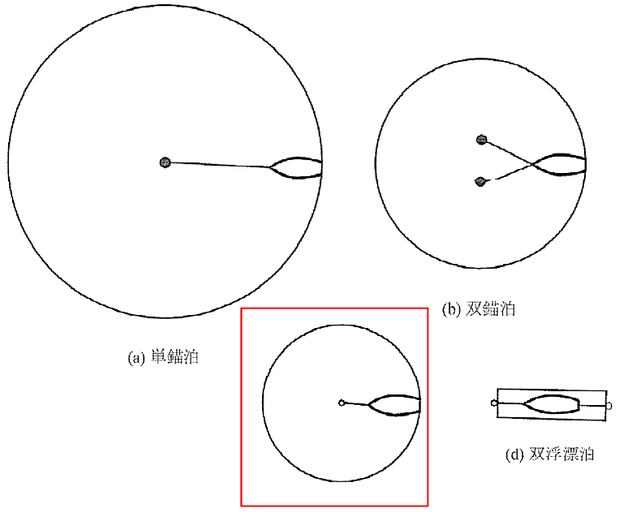
※リクレーマ船がフル稼働となる2日目と7日目は、土運船が同一サイクルで2ヵ所の瀬取り場とリクレーマ船の間を回っている。これより、2日目から6日までを繰り返しての作業となることが確認できる。



※3.3-6　瀬取り場の検討

瀬取り範囲の設定については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.906 に準拠し、土運船を単浮漂泊とした場合の泊地のエリアを確保するものとした。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.906 より抜粋



図－3.3.1　泊地の規模の考え方（1隻当たり）

表－3.3.2　浮標泊の用に供する泊地の規模

利用の方式	広　　さ
単浮漂泊	半径（L_{oa}+25）（m）の円
双浮漂白	（L_{oa}+50）（m）及びL_{oa}/2を辺とする長方形

注）L_{oa}：対象船舶の全長（m）

また、泊地間の航路の幅員として、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.858 に準拠し、対象船舶の全長の 1.5 倍の幅員を確保するものとした。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.858 より抜粋

②航路の幅員（供用性）

(a) 対象船舶及び航行環境を特定できない場合

1) 船舶が行き会う可能性のある航路の適切な幅

対象船舶及び航行環境を特定できない場合の船舶が行き会う可能性のある航路幅の性能照査に当たっては、対象船舶の全長以上の適切な幅として、以下の値を用いることができる。

・航路の距離が比較的長い場合には対象船舶の全長の１.５倍

・対象船舶同士が航路航行中に頻繁に行き会う場合には対象船舶の全長の１.５倍

・対象船舶同士が航路航行中に頻繁に行き会いかつ航路が比較的長い場合には対象船舶の全長の２.０倍

4. 工程短縮の検討

※4.2-1

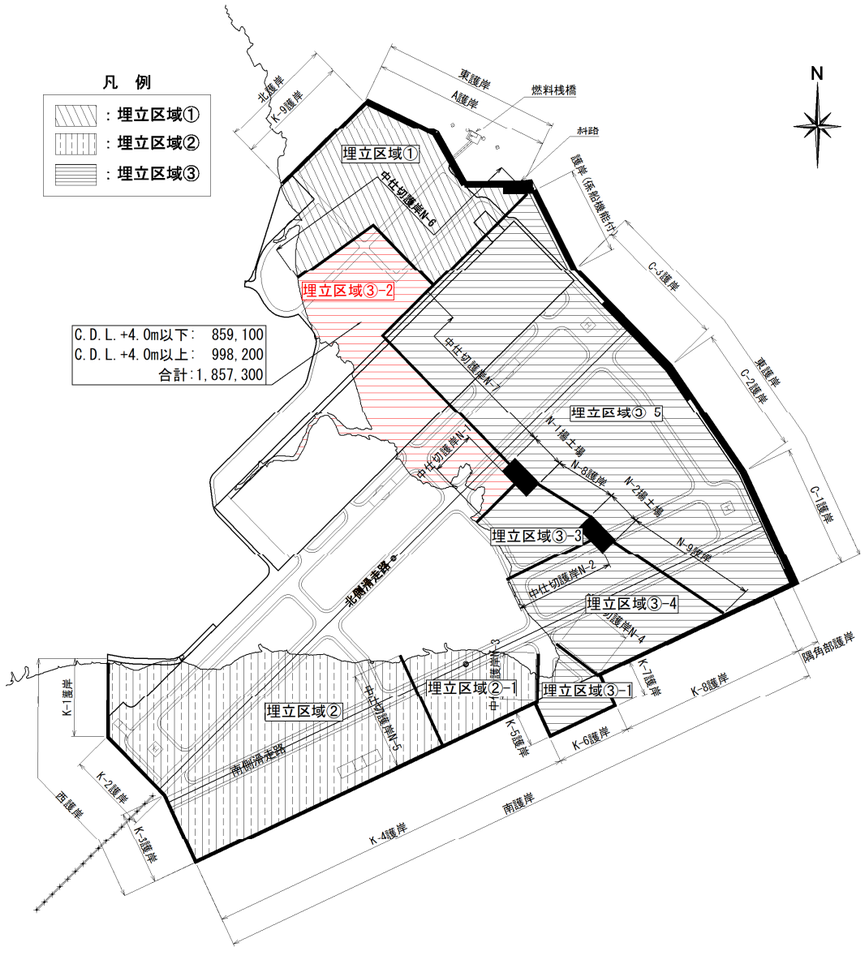
陸上から埋立を行うことができる埋立区域③-2 の埋立土量（締固め後土量）は約 186 万 m^3 である。

工程短縮の観点から、ダム周辺切土により陸上から埋立を行う計画としており、埋立土量が確保されるように土砂発生区域の切土範囲を検討する。

埋立土砂発生区域の発生土砂の軟岩及び粘性土土砂の割合 7:3 を考慮した換算締め固め率Ｃは 1.07（粘性土割合 33%：C=0.90、軟岩Ⅰ割合 67%：C=1.15 より、33%×0.90＋67%×1.15＝1.0675≒1.07）であることから、埋立土砂発生区域で必要となる地山土量は下式により約 1,735,800m^3 となる。ただし、当該数量には表土発生量は含まれない。

1,857,300m^3（埋立土量：締固め後土量）÷1.07＝1,735,794≒1,735,800m^3（地山土量）

※ただし、表土発生量は含まず。



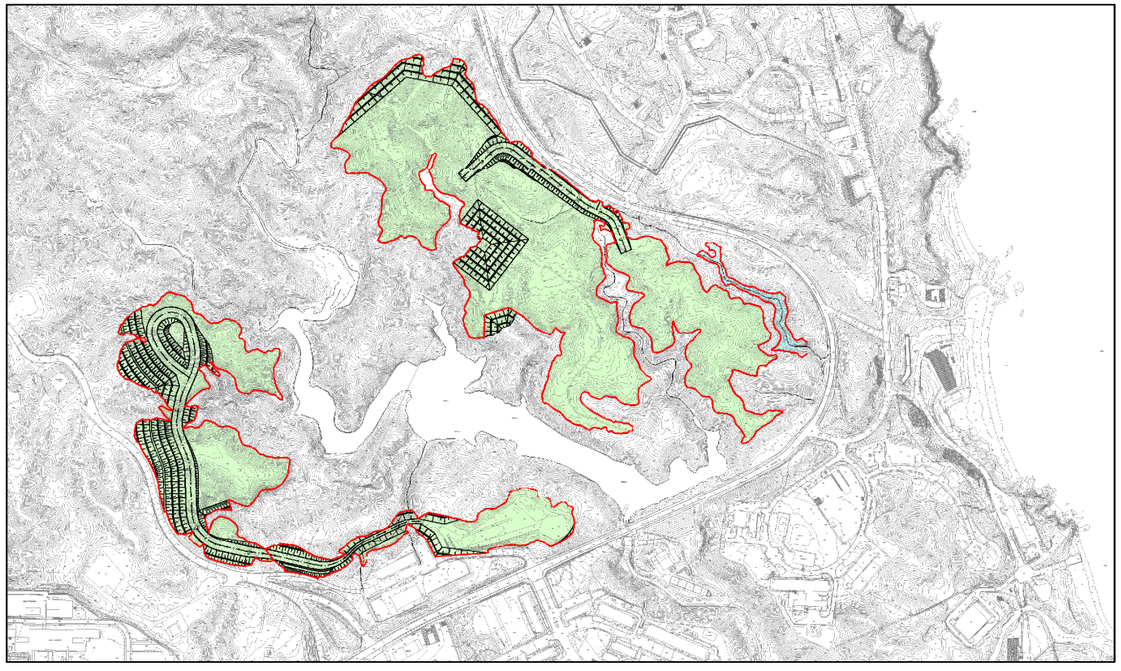
埋立区域③-2 における埋立土量（締固め後土量）

埋立土砂発生区域の改変範囲の設定に際して、約 1,735,800m^3 の土量が確保できるように検討するものとする。大土工における締固め率は設計段階と実施工段階において必ずしも一致しない場合が多いことや、必要土量が不足する事態は事業工程および環境影響評価に係る改変面積の点から避ける必要があることを考慮し、本検討に際しては 10%の割増しを見込んだ地山土量が確保されることを目標とした。

■埋立土砂発生区域の必要土量

1,735,800m^3（地山土量）×1.10＝1,909,380m^3≒1,910,000（地山土量）

下図に示す造成計画では約 191 万 m^3 の地山土量が確保される。本計画では目標とした地山土量を確保できることから埋立土砂発生区域の改変範囲を下図のように決定した。



ダム周辺切土の計画変更図

6. 主要な資機材の調達

※6.1-1 調達可能量

1. 調達可能量調査結果

調達可能量はアンケート調査結果

①岩ズリ

調査結果を表 1 に示す。

表 1 岩ズリ調達可能量調査結果

県	年間可能出荷量※1 (㎥/年)	月間可能出荷量※2 (㎥/月)
沖縄県	4,916,943	409,745
鹿児島県	10,223,000	851,917
熊本県	900,000	75,000
長崎県	860,000	71,667
佐賀県	50,000	4,167
県外計	12,033,000	1,002,750
合　　計	16,949,943	1,412,495

※1　当事業に対して年間で出荷できる量

※2　月間可能出荷量＝年間可能出荷量／12ヵ月で算出

②石材

調査結果を表 2 に示す。

表 2 石材調達可能量調査結果

県	年間可能出荷量※1 (㎥/年)	月間可能出荷量※2 (㎥/月)
沖縄県	2,406,800	200,567

※1　当事業に対して年間で出荷できる量

※2　月間可能出荷量＝年間可能出荷量／12ヵ月で算出

③海砂

(1) アンケート調査結果

調査結果を表 3 に示す。

表 3　海砂調達可能量調査結果

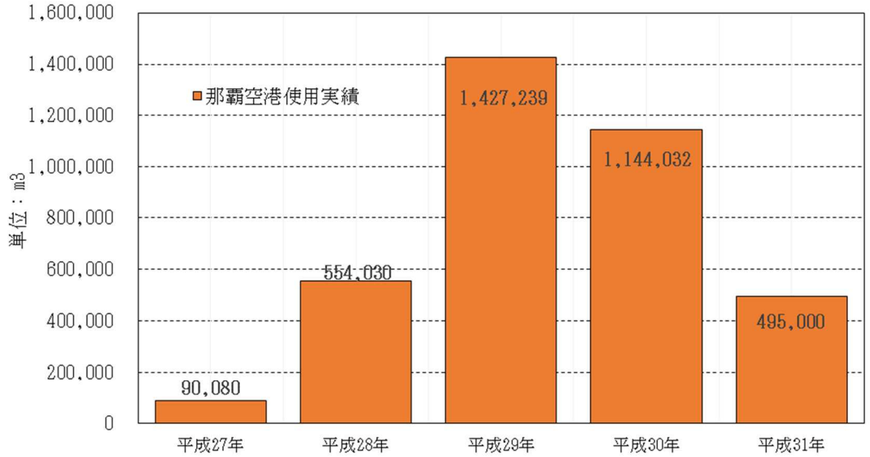
県	年間可能出荷量※1 (㎥/年)	月間可能出荷量※2 (㎥/月)
沖縄県	5,640,000	470,000
山口県	120,000	10,000
合　　計	5,760,000	480,000

※1　当事業に対して年間で出荷できる量

※2　月間可能出荷量＝年間可能出荷量／12ヵ月で算出

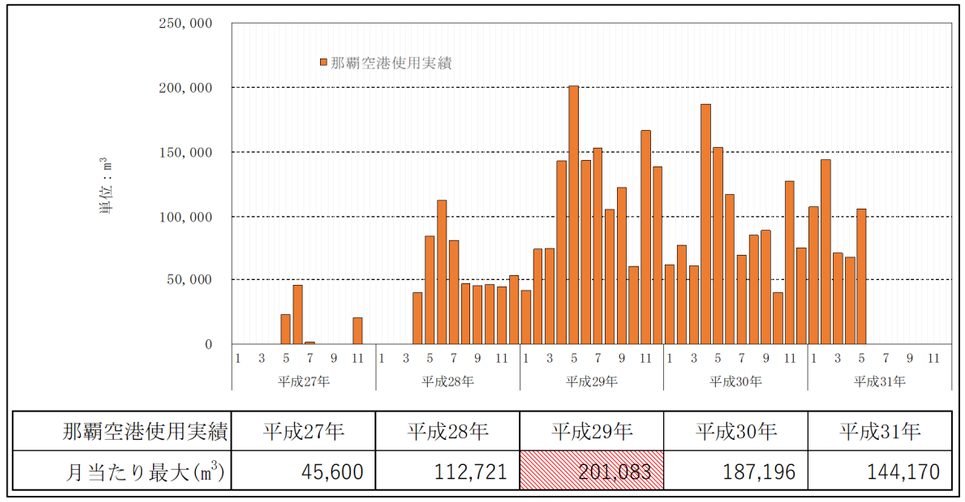
(2) 那覇空港滑走路増設事業における使用量から見た本事業での海砂調達可能量

那覇空港滑走路増設事業における海砂使用量のヒアリング結果を図 1 図 2 に示す。
那覇空港滑走路増設事業における海砂の使用量は、図 1 から年最大 1,427,239m³であり、図 2 から月最大 201,083m³である。



那覇空港使用実績	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	平成31年
年間(m³)	90,080	554,030	1,427,239	1,144,032	495,000

図 1 那覇空港滑走路増設事業における年別海砂使用量



那覇空港使用実績	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	平成31年
月当たり最大(m³)	45,600	112,721	201,083	187,196	144,170

図 2 那覇空港滑走路増設事業における月別海砂使用量

④ 軽量混合処理土

軽量盛土材としては、軽量混合処理土を想定。

(1) 設計数量

軽量盛土必要量は表 4 に示す、気中 6,029.0 ㎥、水中 166,895.6 ㎥の合計 172,924.6 ㎥である。

表 4 軽量盛土必要量

区分	数量
気中	6,029.0 ㎥
水中	166,895.6 ㎥
合計	172,924.6 ㎥

(2) 軽量混合処理土

SGM 協会提供の施工実績より、平成 30 年 3 月時点での SGM 工法の施工実績は 92 件である。このうち沖縄県内は 3 件（県発注 2 件、国発注 1 件）で、すべて気泡混合処理土であった。

これより、本検討では、沖縄県内で使用実績がある気泡混合処理土を想定した。

SGM 工法を想定した場合の材料必要量は表 5 に示すとおり。

表 5 使用材料の必要量

単位(㎥)

想定材料	原料土	固化材	起泡剤
	建設発生土	高炉セメント B 種	界面活性剤
水中配合	64,888	6,320	120
気中配合	2,073	251	6
合 計	66,961	6,571	126

(3) 原料土

原料土は建設発生土を想定する。必要量 66,961 ㎥に対し、調達可能量は県内の建設発生土として 277,800 ㎥が調達可能であり満足する。

(4) 固化材

固化材は高炉セメントB種を想定している。

表 6 に示すセメント協会 HP に記載されているセメント系固化材販売実績より、2018 年度において、全国は 8,454,415t、九州・沖縄は 920,125t と確認できる。固化材の必要量は 28,743t(3.05t/㎥)で、全国の 0.3%、九州・沖縄の 3%であり十分確保できると想定される。

表 6 セメント系固化材販売実績

（単位：t）

	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
北海道	145,356	132,357	157,450	102,241	130,584	143,795	159,400	114,545	119,000	128,637	185,194	167,436
東 北	510,073	523,683	440,863	480,142	650,158	907,895	961,603	1,031,276	922,858	1,054,413	1,123,880	1,256,437
関 東	2,074,420	2,306,630	1,977,380	2,082,635	2,217,946	2,362,230	2,681,036	2,532,509	2,280,811	2,504,508	2,637,516	2,479,346
北 陸	683,789	706,917	653,637	637,725	671,757	672,102	751,286	720,278	647,039	609,540	677,388	797,264
東 海	1,093,617	1,233,609	972,716	976,254	988,178	995,433	1,110,215	1,074,114	1,109,060	1,144,988	1,217,876	1,186,111
近 畿	1,018,672	1,031,723	945,669	969,363	983,652	970,700	1,137,553	1,100,670	1,116,711	1,096,338	1,074,900	1,122,623
四 国	103,821	86,958	88,727	85,970	105,789	110,122	99,789	99,912	121,801	124,667	153,571	122,155
中 国	352,588	339,971	274,413	268,332	318,586	317,886	349,432	360,780	361,147	416,077	399,297	402,917
九州･沖縄	555,714	524,446	478,727	506,116	504,665	543,752	683,587	675,911	659,216	750,207	824,544	920,125
計	6,538,050	6,886,294	5,989,582	6,108,778	6,571,315	7,023,915	7,933,901	7,709,995	7,337,643	7,829,375	8,294,166	8,454,415

(5) 起泡剤

調達必要量と調達可能量の比較結果より、調達必要量は 146.4 ㎥となるが、メーカーヒアリングより平均年間生産量は 300 ㎥となり、また、年間最大生産可能量は 500～600 ㎥であり満足する。

⑤建設発生土

沖縄防衛局管内の残土調査結果を以下に示す。

(1) 既住発生残土　35,223m^3

(2) 今後の発生残土（流用）予定のある土砂を除いた行き所がない見込み残土）　277,800m^3

⑥リサイクル材

調査結果を表 7 に示す。

表 7 リサイクル材調達可能量調査結果

区分		地区	年間可能生産量※1 (㎥/年)	月間可能生産量※2 (㎥/月)
再生資源含有路盤材		沖縄県	868,989	72,416
再生資源含有土砂代替材	汚泥改良土		35,900	2,992
	盛土材等		42,000	3,500
	再生砂等・石代替材		32,945	2,745
	合計		110,845	9,237
合計			979,834	81,653

※1　年間で生産できる量

※2　月間可能生産量＝年間可能生産量／12 ヵ月で算出

7. 施工に係る仮設工の検討

※7.1-1 海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）天端高の設定

表 1 に喫水から求まる天端高、水没しない天端高の一覧を示す。

なお、海上ヤードの天端高の決定根拠は右に示す。

表 1　天端高の設定

ケーソン形　式	工区名	HB/RC	外形寸法			① 喫水から求まる天端高 (C.D.L.m)	② 水没しない天端高 (C.D.L.m)	海上ヤード決定天端高 (C.D.L.m)
			L(m)	B(m)	H(m)			
TYPE-1（中水深）	C-1-1-1	HB	52.0	18.2	14.0	-7.00	-11.00	-10.00
TYPE-2（中水深）	C-1-1-2	HB	52.0	16.3	14.0	-7.00	-11.00	-10.00
TYPE-3（中水深）	C-1-2-1	RC	30.0	10.8	14.0	-10.00	-11.00	-10.00
TYPE-4（小水深）	C-2-1-1	RC	30.0	17.8	10.0	-6.00	-7.00	-6.00
TYPE-5（小水深）	C-2-2-1	RC	30.0	16.9	10.0	-6.00	-7.00	-6.00
TYPE-6（中水深）	C-2-3-1	RC	24.0	11.2	14.0	-10.00	-11.00	-10.00
TYPE-7（大水深）	C-2-4-～C-3-1-2	HB	52.0	22.0	19.0	-7.00	-16.00	-12.00
TYPE-8（中水深）	C-3-2-1	RC	30.0	11.0	14.0	-10.00	-11.00	-10.00
TYPE-9（中水深）	護岸(係船機能付)	RC	30.0	15.3	16.5	-11.00	-13.00	-12.00
TYPE-10（中水深）	隅角部(HB側)	RC	30.0	11.3	14.0	-10.00	-11.00	-10.00
TYPE-11（中水深）	隅角部(傾斜堤側)	RC	29.8	11.3	12.5	-8.00	-9.00	-8.00

※:①の条件は、L.W.L時に喫水＋余裕深さを満足する高さを設定。

※:②の条件は、H.W.L時に設計沈下量(0.5m)を考慮しても水没しない高さを設定。

※天端高の決定根拠

表 1 の①の条件にてマウンド高さを設定すると、図 1 に示すように５種類の高さのマウンドが必要となる。

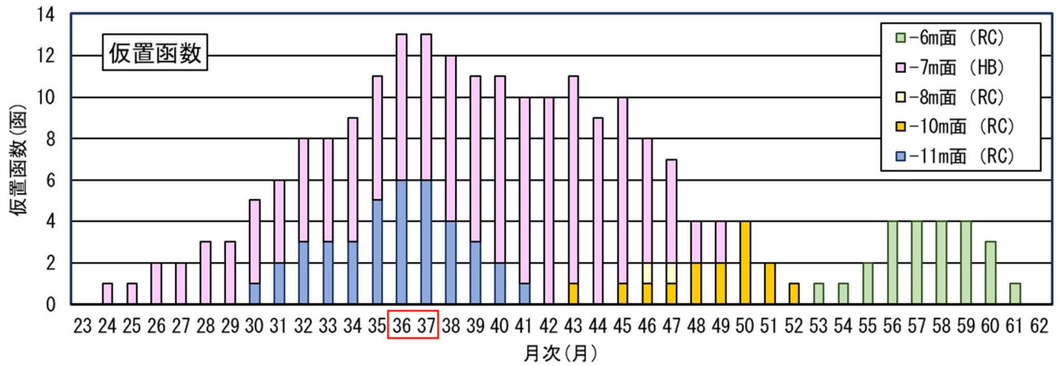
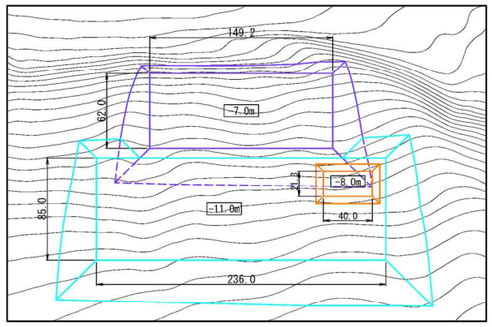
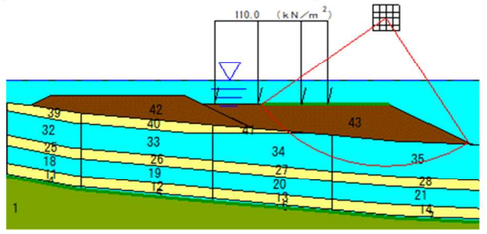
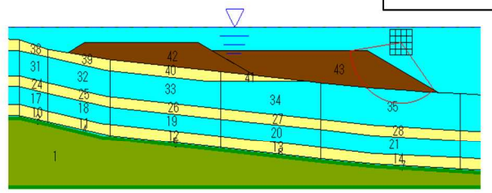
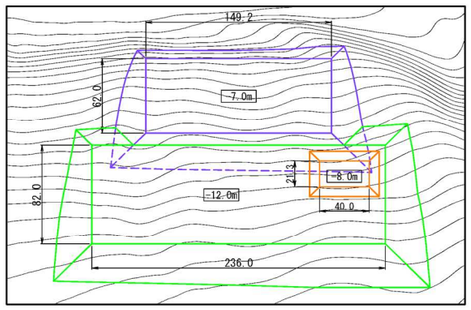
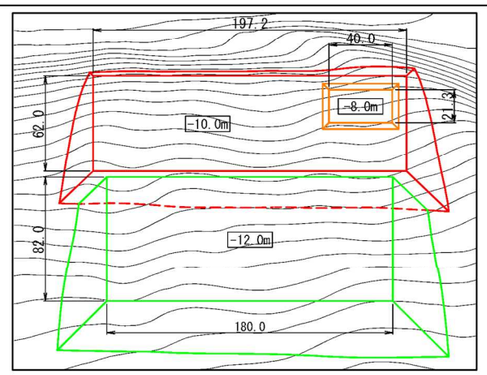
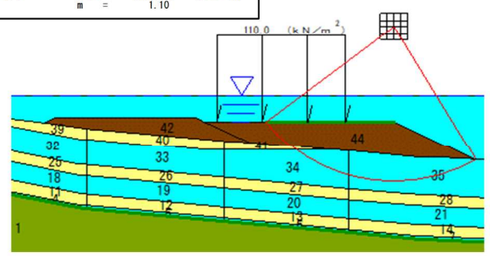


図 1　月次ケーソン仮置函数山積図(喫水による条件にて設定される設置高)

これらの結果を基に、マウンド設置高のグルーピングをし、環境負荷が小さくなるマウンド天端高の組合せの検討を行った。検討結果を図 2 に示す。

<table>
<tr><th>Case</th><th>平面形状</th><th>マウンド設置高のグルーピング</th><th>検討結果</th></tr>
<tr><td>1</td><td> 
</td><td>1)-7.0mマウンド
-7.0mマウンドを使用後、-6.0mマウンドを築造する。
2)-11.0mマウンド
-11.0mマウンド築造時に-8.0mマウンドを築造する。
喫水による条件が-10.0mのケーソンについては、-11.0mマウンドに仮置する。</td><td>基礎マウンドのみの安定性を照査すると、HBケーソン端部から法肩までの離隔28m（5m＋23m）を確保すると安定する。
基準作用耐力比 FS = 1.000
円弧すべり作用耐力比 = 0.920 ≦ 1.0 (OK)
円弧の中心 X = 72.00 (m)
Y = 30.00 (m)
半径 R = 70.400 (m)
抵抗モーメント MR = 369202.1 (kN・m)
起動モーメント MD = 339530.1 (kN・m)
調整係数 m = 1.10
 

基準作用耐力比 FS = 1.000
円弧すべり作用耐力比 = 0.993 ≦ 1.0 (OK)
円弧の中心 X = 91.00 (m)
Y = -7.00 (m)
半径 R = 28.400 (m)
抵抗モーメント MR = 49208.5 (kN・m)
起動モーメント MD = 48880.8 (kN・m)
調整係数 m = 1.10
 
環境負荷を低減することを目的とし、-11.0mを-12.0mに変更した場合について、検証する。
⇒ Case2へ</td></tr>
<tr><td>2</td><td> 
</td><td>1)-7.0mマウンド
-7.0mマウンドを使用後、-6.0mマウンドを築造する。
2)-12.0mマウンド
-12.0mマウンド築造時に-8.0mマウンドを築造する。
喫水による条件が-10.0mのケーソンについては、-12.0mマウンドを使用後、-10.0mマウンドを築造する。</td><td>-12.0mマウンド使用後に-10.0mマウンドを築造すると、捨石の量が多くなるため、環境負荷が大きくなる。
そのため、-7.0mマウンドを-10.0mマウンドとした条件で再検証する。
⇒Csse3へ</td></tr>
<tr><td>3</td><td> 
</td><td>1)-10.0mマウンド
-10.0mマウンド築造時に-8.0mマウンドも築造する。また、-10.0mマウンドを使用後、-6.0mマウンドを築造する。
2)-12.0mマウンド
-12.0mマウンド築造時に-8.0mマウンドを築造する。
喫水による条件が-10.0mのケーソンについては、-12.0mマウンドを使用後、-10.0mマウンドを築造する。</td><td>基礎マウンドの安定性を照査すると、HBケーソン端部から法肩までの離隔25m（5m＋20m）を確保すると安定する。
基準作用耐力比 FS = 1.000
円弧すべり作用耐力比 = 0.941 ≦ 1.0 (OK)
円弧の中心 X = 67.00 (m)
Y = 32.00 (m)
半径 R = 71.400 (m)
抵抗モーメント MR = 357954.0 (kN・m)
起動モーメント MD = 336956.1 (kN・m)
調整係数 m = 1.10
 

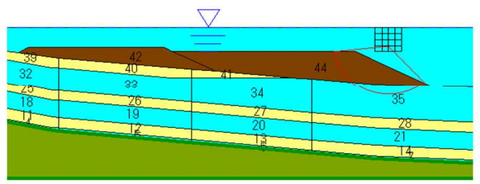
基準作用耐力比 FS = 1.000
円弧すべり作用耐力比 = 0.996 ≦ 1.0 (OK)
円弧の中心 X = 82.00 (m)
Y = -9.00 (m)
半径 R = 25.000 (m)
抵抗モーメント MR = 34395.7 (kN・m)
起動モーメント MD = 34255.1 (kN・m)
調整係数 m = 1.10
  </td></tr>
</table>

図 2 マウンド天端高の組合せの検討結果一覧

※7.1-2

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.924 より抜粋

(12) 捨石部の肩幅は、地盤のすべり、偏心傾斜荷重（[施] 第2章3.2.5偏心傾斜した作用に対する支持力参照）に対する所要の安定性を確保できるようにする。このほか、衝撃砕波の作用の影響ができるだけ小さくなるように、港外側ではフーチング部を含まない状態で少なくとも5m以上の幅をとるのが望ましい。なお、ハイブリッドケーソン等の特殊な構造形式の場合は、この限りではない。また、港内側の肩幅は港外側の2/3程度としてもよい。

※7.1-3 海上ヤード（ケーソン仮置マウンド）平面形状の設定

海上ヤードの平面形状は次頁の表 3 に示す仮置計画に基づき、仮置するケーソン函数が最大となる状態を想定してケーソン延長及び幅より、平面形状の初期値を設定した。

各天端高の海上ヤードにおける仮置函数最大時に基づく平面形状は表 2 のとおりとなる。この平面形状及び後述する法勾配（1：2）に対して、地盤の安定性能照査（円弧すべり）を行い、必要に応じて法勾配を緩くする、マウンド肩幅を拡げる対策にて安定を図るものとした。

表 2 各マウンドの仮置函数最大時の一覧

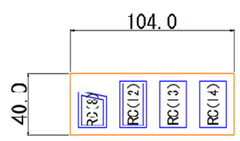
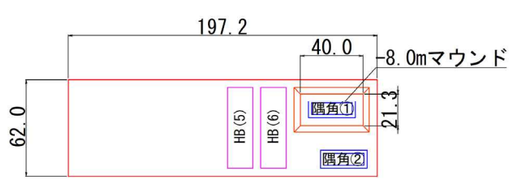
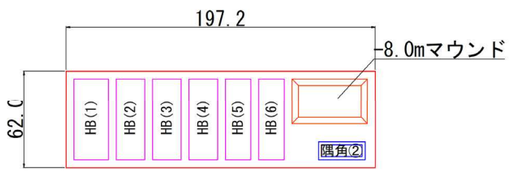
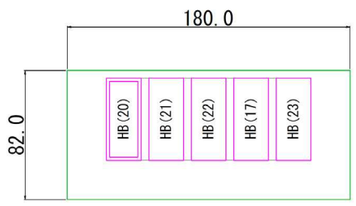
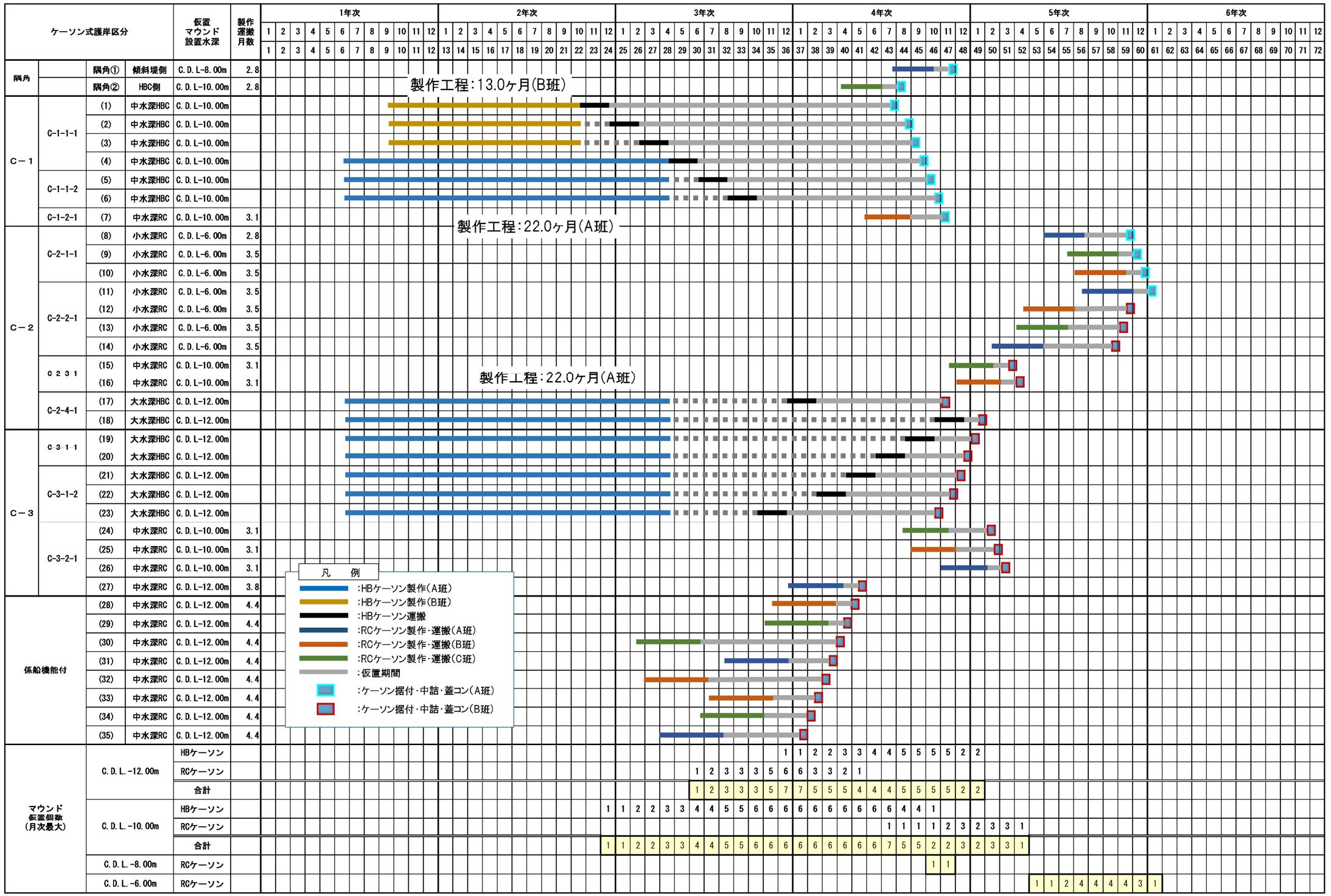
-6.0m マウンド（5 年次 8 ヶ月目）	-8m マウンド（4 年次 10 ヶ月目）
	
-10m マウンド（4 年次 7 ヶ月目）	**-12m マウンド（4 年次 8 ヶ月目）**
	

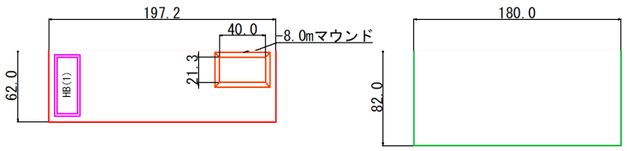
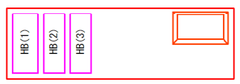
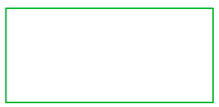
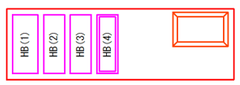
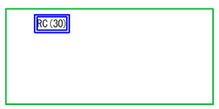
表 3 各ケーソンの仮置期間の設定一覧

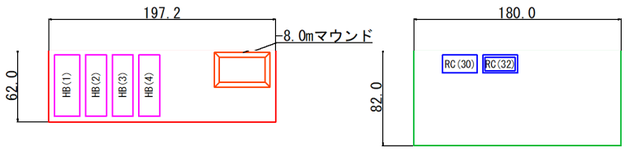
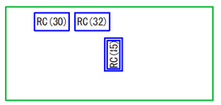
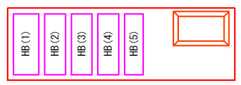
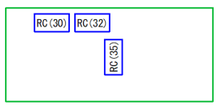
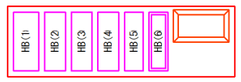
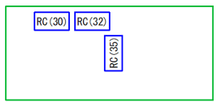
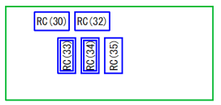
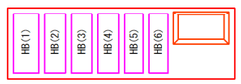
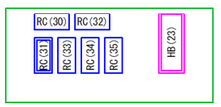
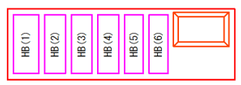
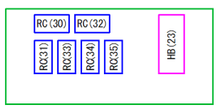
ケーソン式護岸区分				仮置マウンド設置水深	製作運搬月数
隅角		隅角①	傾斜堤側	C.D.L-8.00m	2.8
		隅角②	HBC側	C.D.L-10.00m	2.8
C－1	C-1-1-1	(1)	中水深HBC	C.D.L-10.00m	
		(2)	中水深HBC	C.D.L-10.00m	
		(3)	中水深HBC	C.D.L-10.00m	
		(4)	中水深HBC	C.D.L-10.00m	
	C-1-1-2	(5)	中水深HBC	C.D.L-10.00m	
		(6)	中水深HBC	C.D.L-10.00m	
	C-1-2-1	(7)	中水深RC	C.D.L-10.00m	3.1
C－2	C-2-1-1	(8)	小水深RC	C.D.L-6.00m	2.8
		(9)	小水深RC	C.D.L-6.00m	3.5
		(10)	小水深RC	C.D.L-6.00m	3.5
	C-2-2-1	(11)	小水深RC	C.D.L-6.00m	3.5
		(12)	小水深RC	C.D.L-6.00m	3.5
		(13)	小水深RC	C.D.L-6.00m	3.5
		(14)	小水深RC	C.D.L-6.00m	3.5
	C231	(15)	中水深RC	C.D.L-10.00m	3.1
		(16)	中水深RC	C.D.L-10.00m	3.1
	C-2-4-1	(17)	大水深HBC	C.D.L-12.00m	
		(18)	大水深HBC	C.D.L-12.00m	
C－3	C311	(19)	大水深HBC	C.D.L-12.00m	
		(20)	大水深HBC	C.D.L-12.00m	
	C-3-1-2	(21)	大水深HBC	C.D.L-12.00m	
		(22)	大水深HBC	C.D.L-12.00m	
		(23)	大水深HBC	C.D.L-12.00m	
	C-3-2-1	(24)	中水深RC	C.D.L-10.00m	3.1
		(25)	中水深RC	C.D.L-10.00m	3.1
		(26)	中水深RC	C.D.L-10.00m	3.1
		(27)	中水深RC	C.D.L-12.00m	3.8
係船機能付		(28)	中水深RC	C.D.L-12.00m	4.4
		(29)	中水深RC	C.D.L-12.00m	4.4
		(30)	中水深RC	C.D.L-12.00m	4.4
		(31)	中水深RC	C.D.L-12.00m	4.4
		(32)	中水深RC	C.D.L-12.00m	4.4
		(33)	中水深RC	C.D.L-12.00m	4.4
		(34)	中水深RC	C.D.L-12.00m	4.4
		(35)	中水深RC	C.D.L-12.00m	4.4
マウンド仮置個数（月次最大）		C.D.L.-12.00m	HBケーソン		
			RCケーソン		
			合計		
		C.D.L.-10.00m	HBケーソン		
			RCケーソン		
			合計		
		C.D.L.-8.00m	RCケーソン		
		C.D.L.-6.00m	RCケーソン		



ケーソン仮置マウンド　月別利用状況図(1/3)

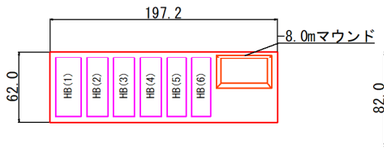
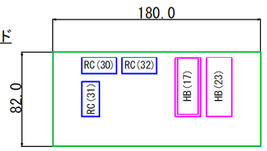
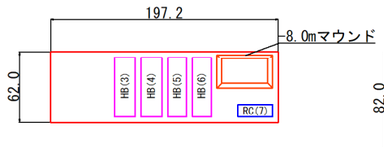
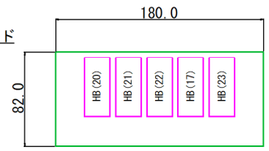
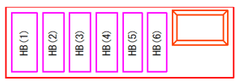
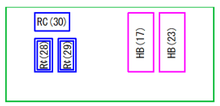
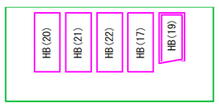
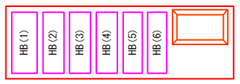
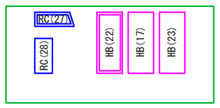
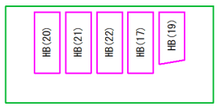
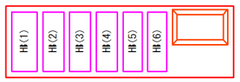
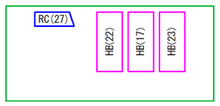
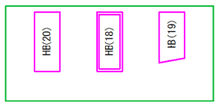
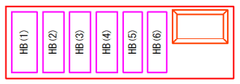
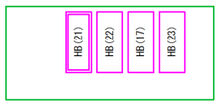
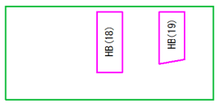
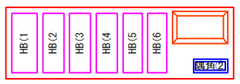
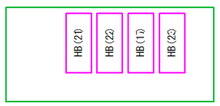
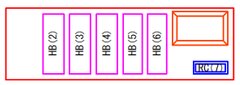
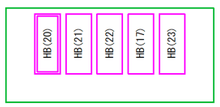
凡例
;HBケーソン据付　;RCケーソン据付
;HBケーソン仮置　;RCケーソン仮置

	-10mマウンド (-8mマウンド)	-12mマウンド
2年次 12ヶ月目		
3年次 1ヶ月目		
3年次 2ヶ月目		
3年次 3ヶ月目		
3年次 4ヶ月目		
3年次 5ヶ月目		
3年次 6ヶ月目		

	-10mマウンド (-8mマウンド)	-12mマウンド
3年次 7ヶ月目		
3年次 8ヶ月目		
3年次 9ヶ月目		
3年次 10ヶ月目		
3年次 11ヶ月目		
3年次 12ヶ月目		
4年次 1ヶ月目		

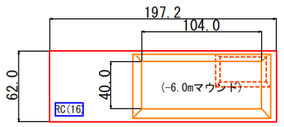
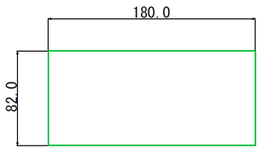
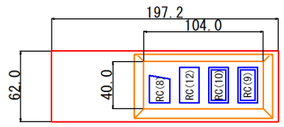
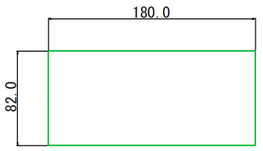
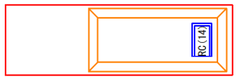
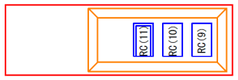
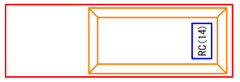
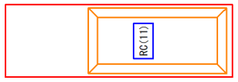
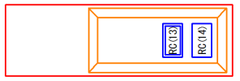
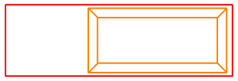
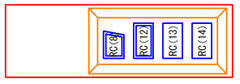
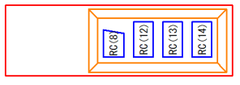
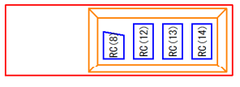
ケーソン仮置マウンド　月別利用状況図(2/3)

凡例
;HBケーソン据付　;RCケーソン据付
;HBケーソン仮置　;RCケーソン仮置

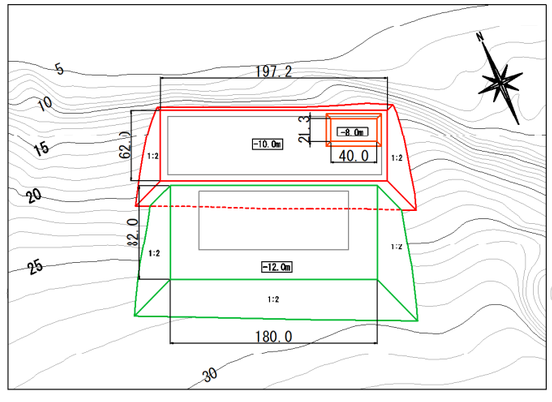
	-10mマウンド (-8mマウンド)	-12mマウンド		-10mマウンド (-8mマウンド)	-12mマウンド
4年次 2ヶ月目			4年次 9ヶ月目		
4年次 3ヶ月目			4年次 10ヶ月目		
4年次 4ヶ月目			4年次 11ヶ月目		
4年次 5ヶ月目			4年次 12ヶ月目		
4年次 6ヶ月目			5年次 1ヶ月目		
4年次 7ヶ月目			5年次 2ヶ月目		
4年次 8ヶ月目			5年次 3ヶ月目		

ケーソン仮置マウンド　月別利用状況図(3/3)

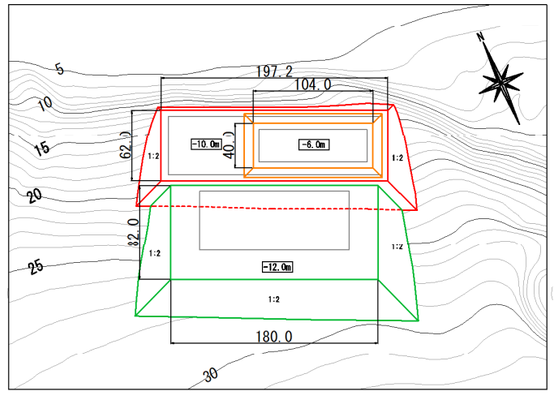
凡例
- ;HBケーソン据付
- ;RCケーソン据付
- ;HBケーソン仮置
- ;RCケーソン仮置

	-10mマウンド (-6mマウンド)	-12mマウンド		-10mマウンド (-6mマウンド)	-12mマウンド
5年次 4ヶ月目			5年次 11ヶ月目		
5年次 5ヶ月目			5年次 12ヶ月目		
5年次 6ヶ月目			6年次 1ヶ月目		
5年次 7ヶ月目			6年次 2ヶ月目		
5年次 8ヶ月目					
5年次 9ヶ月目					
5年次 10ヶ月目					

海上ヤード全体平面図(1)



海上ヤード全体平面図(2)
(-6.0mマウンド設置後)



※7.1-4　設計波

設計波算出ポイントを図 3 に示す。各ポイントにおける算出結果を表 4 に示す。各マウンド、法線方向の条件で波圧が大きくなる条件を採用（着色部）している。

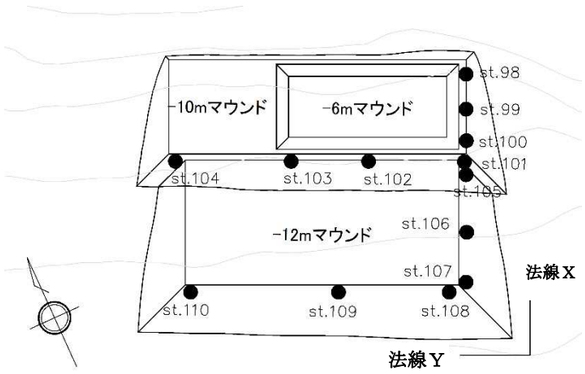


図 3 設計波算出ポイント（海上ヤード）

表 4 各ポイントにおける設計波及び波向きの算出結果（海上ヤード）

					−6, −10mマウンド						−10mマウンド	−12mマウンド					
					法線x方向に対する入射角			法線ｙ方向に対する入射角				法線x方向に対する入射角			法線ｙ方向に対する入射角		
				解析地点	st.98	st.99	st.100	st.101	st.102	st.103	st.104	st.105	st.106	st.107	st.108	st.109	st.110
SE	10年確率波	HWL	14.9s	$H_{1/3}$(m)	**1.9**	1.9	1.9	**1.9**	1.7	1.6	1.5	1.9	1.9	**1.9**	**1.9**	1.8	1.7
				H_{max}(m)	**3.5**	3.5	3.5	**3.5**	3.1	2.9	2.7	3.5	3.5	**3.5**	**3.5**	3.3	3.1
				θ(°)	**47**	52	52	**37**	43	47	50	52	46	**34**	57	**55**	60
		LWL		$H_{1/3}$(m)	**1.5**	1.5	1.5	1.5	1.5	**1.5**	1.4	1.5	1.7	**1.8**	**1.8**	1.7	1.6
				H_{max}(m)	**2.7**	2.7	2.7	2.7	2.7	**2.7**	2.6	2.7	3.1	**3.3**	**3.3**	3.1	2.9
				θ(°)	51	44	**39**	51	52	**49**	52	37	28	**23**	69	**68**	69
SSE	10年確率波	HWL	15.4s	$H_{1/3}$(m)	1.8	1.8	**1.8**	**1.7**	1.6	1.6	1.5	1.8	1.8	**1.8**	**1.9**	1.7	1.6
				H_{max}(m)	3.3	3.3	**3.3**	**3.1**	2.9	2.9	2.7	3.3	3.3	**3.3**	**3.5**	3.1	2.9
				θ(°)	44	39	**34**	57	55	**48**	**45**	32	26	**22**	**67**	69	68
		LWL		$H_{1/3}$(m)	**1.5**	1.4	1.5	1.4	**1.5**	1.4	1.4	1.5	1.6	**1.7**	**1.7**	1.7	1.6
				H_{max}(m)	**2.7**	2.6	2.7	2.6	**2.7**	2.6	2.6	2.7	2.9	**3.1**	**3.1**	3.1	2.9
				θ(°)	66	31	**19**	57	43	**43**	**38**	28	26	**20**	71	**67**	71
S	10年確率波	HWL	15.6s	$H_{1/3}$(m)	**1.7**	1.7	1.7	**1.7**	1.6	1.5	1.4	1.7	1.7	**1.8**	**1.8**	1.6	1.5
				H_{max}(m)	**3.1**	3.1	3.1	**3.1**	2.9	2.7	2.6	3.1	3.1	**3.3**	**3.3**	2.9	2.7
				θ(°)	41	41	**40**	**51**	56	53	56	35	27	**19**	72	78	**66**
		LWL		$H_{1/3}$(m)	**1.2**	1.2	1.2	**1.2**	1.2	1.2	1.1	1.3	1.3	**1.4**	**1.4**	1.3	1.3
				H_{max}(m)	**2.2**	2.2	2.2	**2.2**	2.2	2.2	2.0	2.4	2.4	**2.6**	**2.6**	2.4	2.4
				θ(°)	47	44	**43**	**48**	52	52	55	39	32	**27**	**64**	65	65
SSW	10年確率波	HWL	15.4s	$H_{1/3}$(m)	**1.1**	1.0	1.1	**1.1**	1.0	1.0	0.9	1.1	1.1	**1.1**	**1.2**	1.1	1.0
				H_{max}(m)	**2.0**	1.8	2.0	**2.0**	1.8	1.8	1.7	2.0	2.0	**2.0**	**2.2**	2.0	1.8
				θ(°)	50	28	**27**	67	66	**62**	**61**	21	**18**	24	**61**	72	62
		LWL		$H_{1/3}$(m)	**0.6**	0.6	0.6	**0.6**	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	**0.7**	**0.7**	0.7	0.7
				H_{max}(m)	**1.1**	1.1	1.1	**1.1**	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	**1.3**	**1.3**	1.3	1.3
				θ(°)	41	35	**35**	**50**	59	59	59	33	14	**13**	74	**66**	66

※7.1-5　土質条件

海上ヤードの土質条件は、海上ヤード設置位置近傍で実施されている土質調査結果（BK-1、BK-2、BK-3、BK-4 の 4 本のボーリング調査）を基に設定した。調査位置図及び推定した地層縦断図を図 4、図 5 に示す。

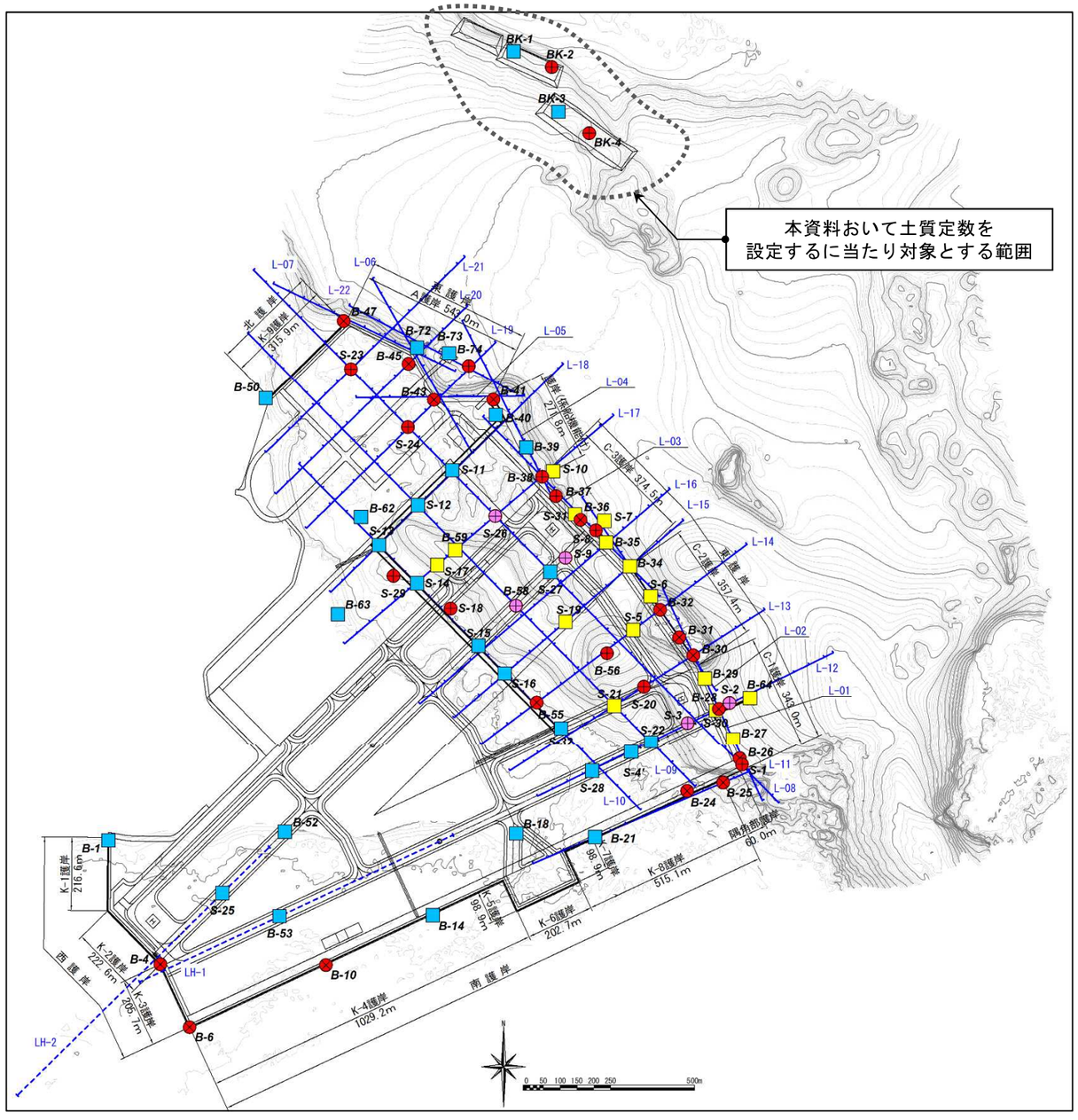
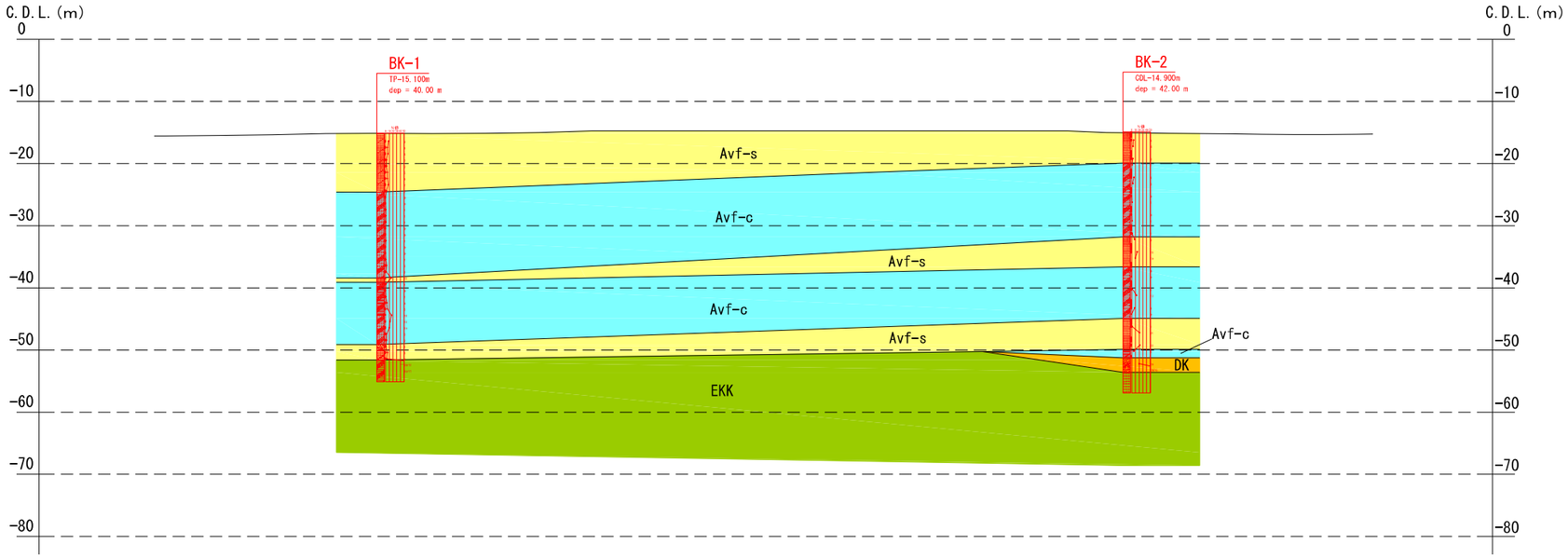


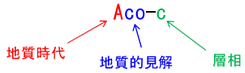
図 4　土質調査の実施箇所

表 5　海上ヤードの土質調査の内容

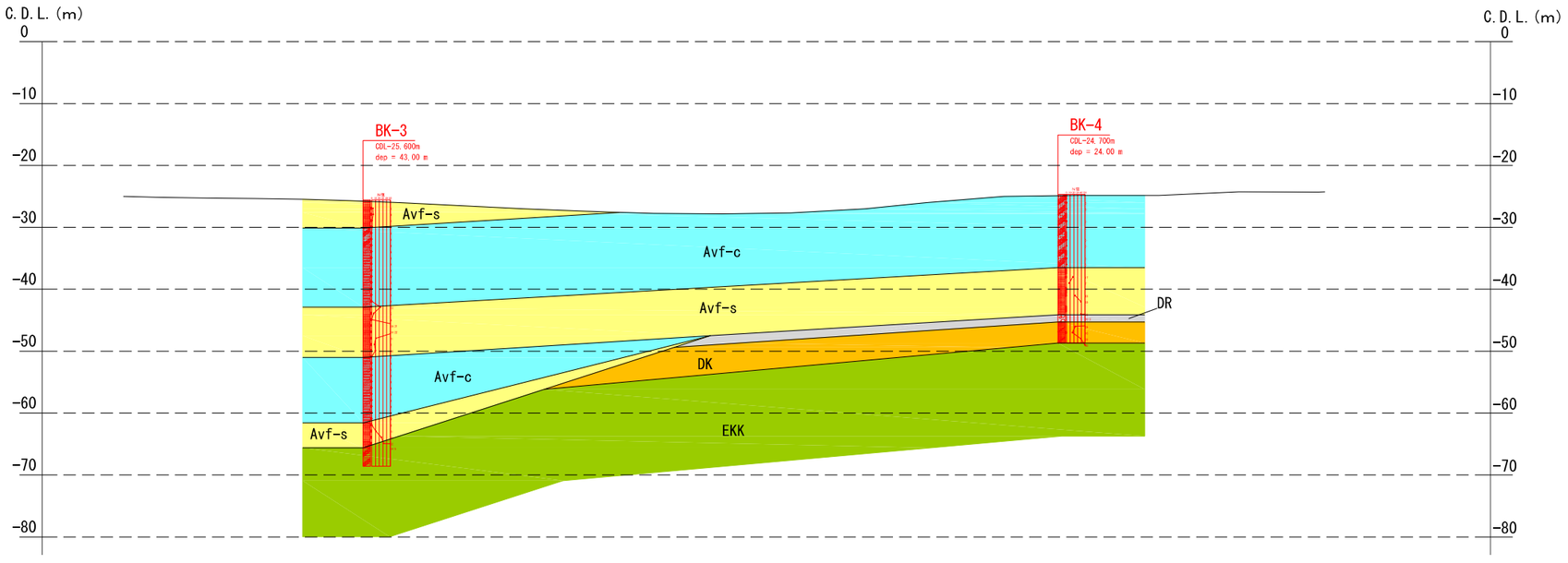
■ 土質調査の内容				
分類	凡例 数量	サンプリング	室内試験	サウンディング
ボーリング	⊕ 2地点	乱れの少ない資料（3m毎に1m）	物理試験 力学試験	N値（3m毎に2回）
		乱された資料（3m毎に2m）	物理試験	
	■ 2地点	乱された資料（1m毎）	物理試験	N値（1m毎に1回）



土質記号の命名規則



	記号	単語(英)	単語(和)
地質時代	A	Alluvium	沖積層
	D	Diluvium	洪積層
	E	Eocene	始新世
地質的見解	b	beach	海浜
	co	coral	サンゴ
	vf	valley-filled	谷埋め
	ts	top-soil	表土
	R	Ryukyu limestone	琉球石灰岩相当
	K	Kunigami Gravel bed	国頭礫層相当
	KK	Kunigami group, Kayo formations	国頭層群嘉陽層
層相	g	gravel	礫
	s	sand	砂
	c	clay	粘土



地質層序

地質時代			地層名	土質	土質記号
新生代	第四紀	完新世	サンゴ礫混じり土	礫質土	Aco-g
				粘性土	Aco-c
				砂質土	Aco-s
			谷埋堆積物	第1砂質土	Avf-s
				第1粘性土	Avf-c
				第2粘性土	Avf-c2
				礫質土	Ag
				第2砂質土	As
		更新世	琉球層群（石灰質）	砂質土	DR
			琉球層群（非石灰質）	砂質土	DK
	第三紀	始新世	嘉陽層	砂岩・頁岩	EKK

図 5 海上ヤード（仮置マウンド）の地層縦断図

（１）土質試験結果の概要

大浦湾側の土質調査結果より整理した地層別の土質試験結果の概要を表 6 に示す。構成する地層のうち、考慮すべき主要な地層として、粘性土と砂質土の中間的な性質を併せ持つ中間土がある。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.326～334 第 1 回技術検討会資料※14 では、以下のとおり、砂の含有量から粘性土地盤と砂質土地盤、中間土地盤が区分されており、中間土地盤については、さらに透水係数から粘性土地盤又は砂質土地盤に細分される。

せん断強度設定の区分

①粘性土地盤（砂の含有量が 50%未満 (Fc≧50%) のもの）

・中間土地盤（砂の含有量が 50～80% (Fc=20～50%) のもの）
→透水係数 k=1×10^{-4}(cm/s)以下では粘性土地盤として評価
→透水係数 k=1×10^{-4}(cm/s)以上では砂質土地盤として評価

②砂質土地盤（砂の含有量が 80%以上 (Fc＜20%) のもの）

これにより各地層を区分すると、粘性土に区分される層は、Avf-s 層、Avf-c 層、砂質土に区分される層は、DR 層、DK 層となるが、後述する図 11 に示す簡易 CUbar 試験結果より、Avf-s 層、Avf-c 層は、粘性土の挙動と砂質土の挙動を示すことから、中間土として区分される。しかし、このうち、Avf-s 層については、図 5 より砂分を多く含む部分が大半で、簡易 CUbar 試験結果から砂質土と評価できるため、強度設定においては、砂質土として評価した。

表 6 地層別土質試験結果の概要（海上ヤード）

地質時代			地層名	土質記号	層厚 (m)	N値 (換算N値*)	土粒子の密度 ρs(g/cm³)	細粒分含有率 Fc(%)	自然含水比 w_n(%)	間隙比 e	透水係数 k(cm/s)	設計上の土質区分
新生代	第四紀	完新世	谷埋堆積物	Avf-s	1～10m 平均4m	0～71	2.656～2.788 平均=2.718	6.2～96.1 平均=30.6	16.5～51.7 平均=30.4	0.601～1.434 平均=0.900	（圧密試験） 8.8×10^{-5}～1.7×10^{-5} 平均値=5×10^{-5}	砂質土
				Avf-c	12～24m 平均20m	0～23	2.691～2.774 平均=2.747	15.2～97.5 平均=73.6	22.1～48.7 平均=34.6	0.769～1.388 平均=1.066	（圧密試験） 1.7×10^{-4}～1.6×10^{-7} 平均値=2×10^{-6}	中間土
		更新世	琉球層群（石灰質）	DR	1m	500	－	－	－	－	－	砂質土
			琉球層群（非石灰質）	DK	2～4m 平均3m	16～94	2.659	12.0	17.1	－	（粒度推定） 5.6×10^{-3}	砂質土
	第三紀	始新世	嘉陽層	EKK	－	88～300	－	－	－	－	－	当該地の基盤岩 ※工学的基盤面相当

＊換算N値は、標準貫入試験の貫入量が30cm未満又は30cmを超えた場合に、その打撃回数を貫入量30cm当たりの打撃回数に換算した値を指す。CPT調査から換算式によって推定したN値も換算N値と呼ぶが、推定値であるため上表には含んでいない。

図 6 に土の工学的分類（三角座標）を示す。Avf-s 層は、細粒分含有率が 15～50%前後の細粒分質砂が主体となる。Avf-c 層は、細粒分含有率が 50%を超え、細粒土と区分される土質が大半を占める。

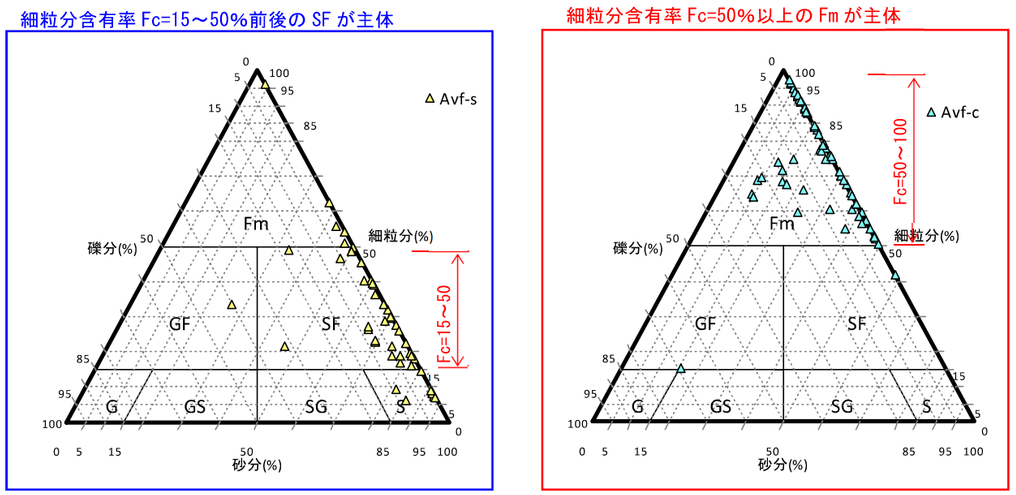
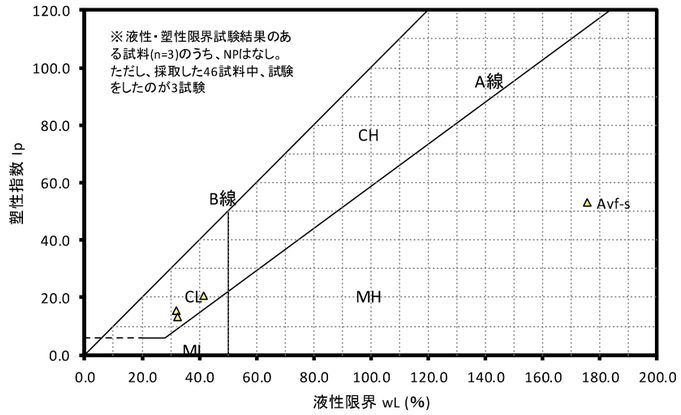
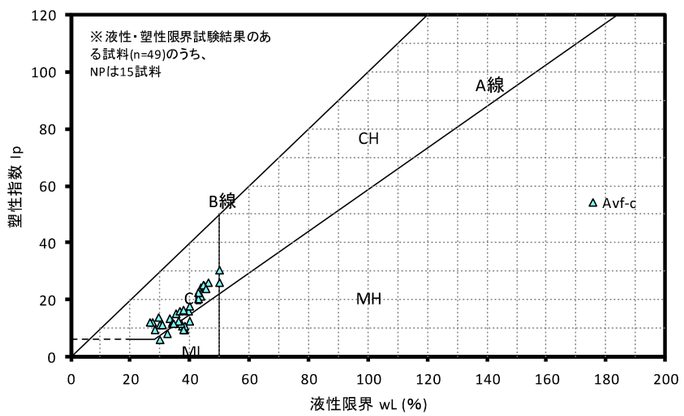


図 6 土の工学的分類（三角座標）（海上ヤード）

図 7 に土の工学的分類（塑性図）を示す。Avf-c 層は、大部分が低液性限界の粘土又はシルトに区分される。Avf-s 層は、大部分の試料が NP であった。





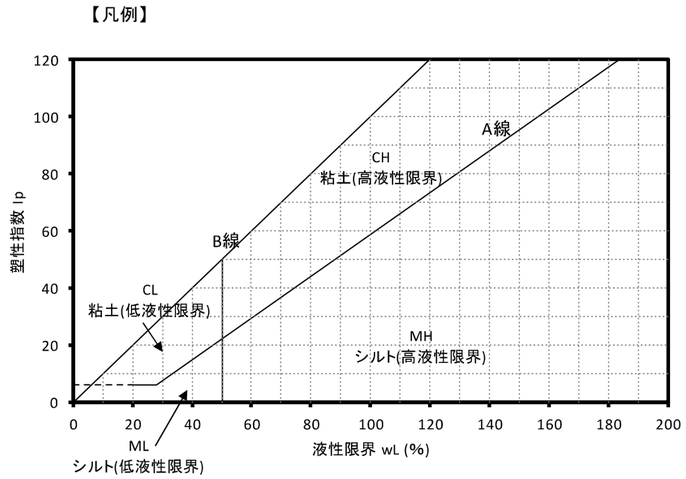


図 7 土の工学的分類（塑性図）（海上ヤード）

図 8 に Avf-s 層、Avf-c 層の物理・力学的特性を示す。「サンゴ礫混じり土調査・設計マニュアル（案）（平成 7 年 3 月）」[第 1 回技術検討会資料※15] によれば、サンゴ礫混じり土の土粒子の密度は、2.65～2.88 の範囲に分布しており、通常の粘性土（2.6～2.7）よりかなり大きめの値を示すとされている。Avf-s 層、Avf-c 層の各地層は、土粒子の密度が上記のサンゴ礫混じり土の土粒子の密度範囲と概ね同じであり、飽和密度も大きいことから、サンゴ由来の土質であると想定される。

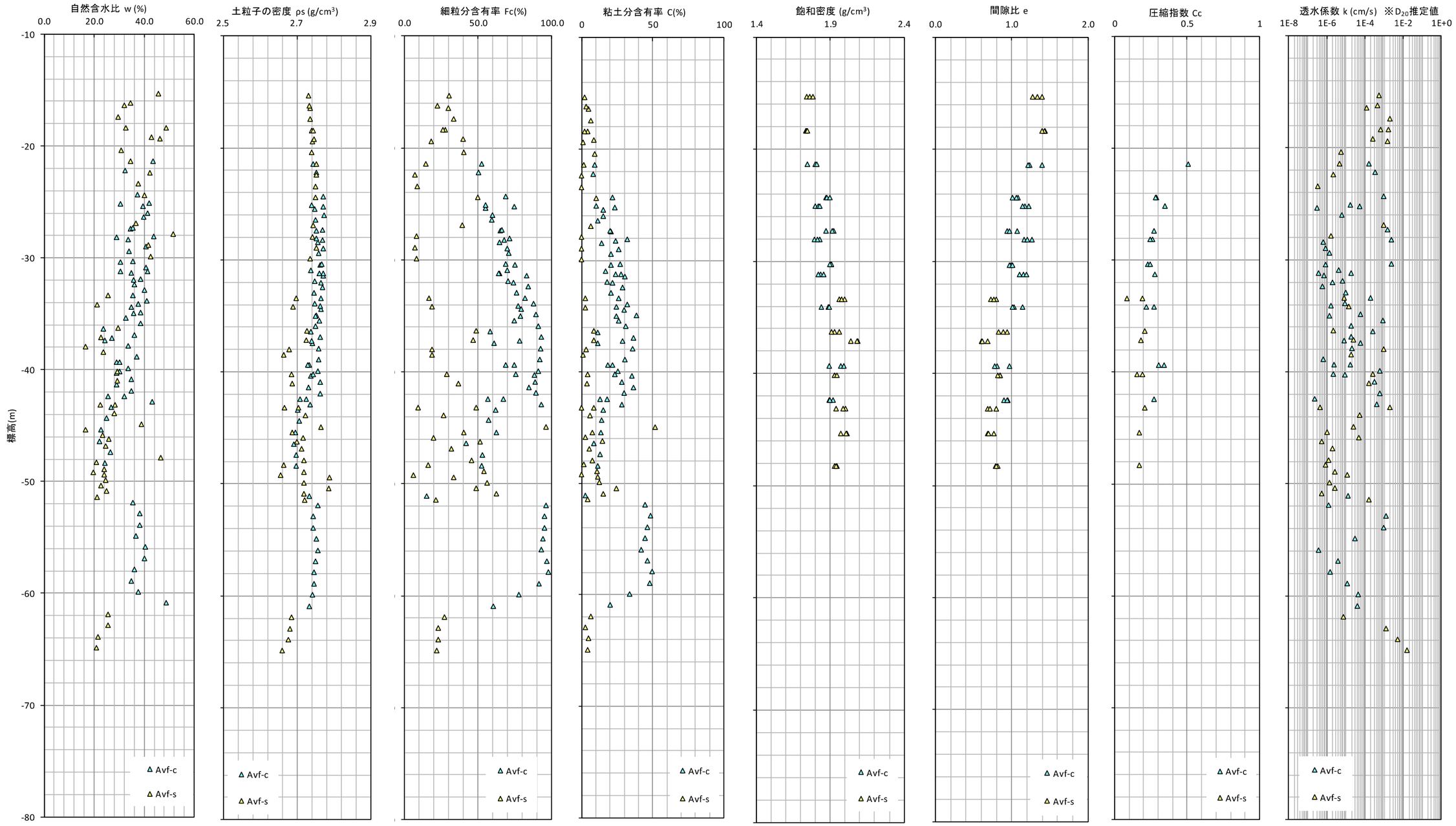


図 8 物理・力学的特性（海上ヤード）

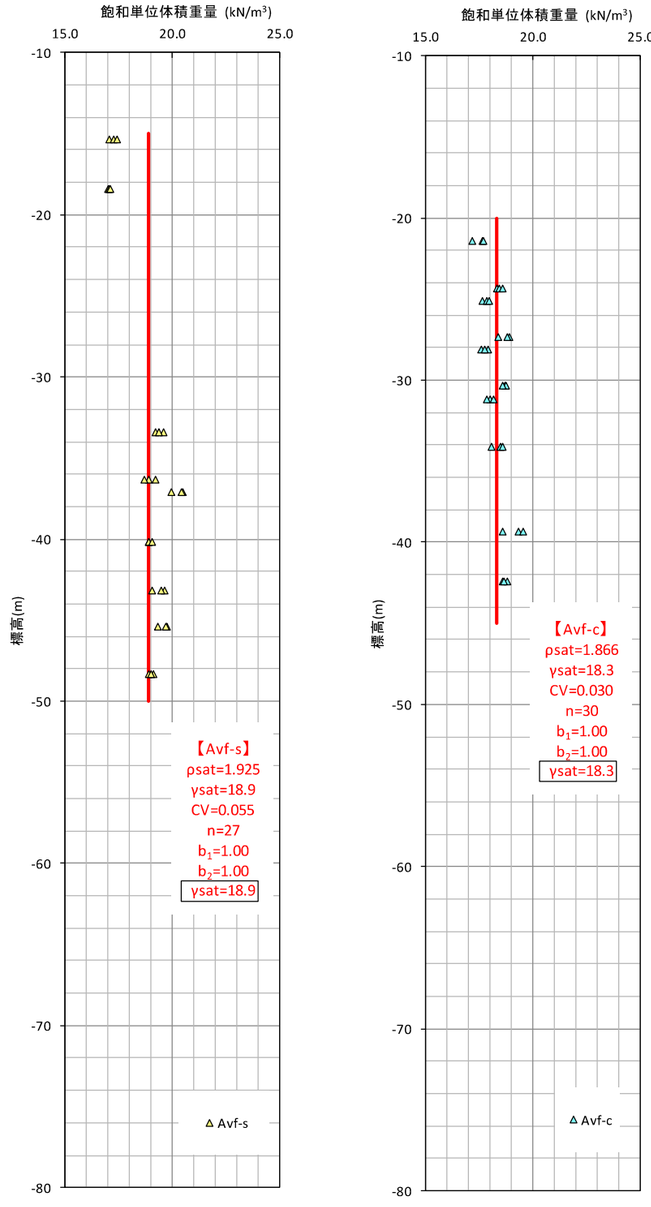
（２）土質定数の設定

１）土質定数の設定

本資料で整理した土質定数は、地盤の安定及び解析に必要となる飽和単位体積重量、せん断強度（粘着力、内部摩擦角）とした。設計に用いる土質定数は、第 1 回技術検討会資料（2.2.3 土質定数の設定）で提示した考え方に基づき設定した。

２）飽和単位体積重量

土質試験結果から得られた地層別の飽和単位体積重量と設計に用いる飽和単位体積重量を図 9 に示す。飽和単位体積重量は、密度に重力加速度を乗じ算出した。



：設計に用いる値

図 9 飽和単位体積重量（海上ヤード）

３）せん断強度

各地層に適用したせん断強度の設定の考え方を表 7に示す。設定において参考とした透水係数は、表 8 に示す。

中間土（Avf-c 層）のせん断強度のうち非排水状態として設定する設計用の強度は、海上ヤードが仮設構造物であり、施工中にある程度の沈下を許容できることから、簡易 CUbar 試験で得られる最大主応力差×0.75 を採用するものとした。ただし、ダイレーションによる強度の過大評価を避けるため、図 10 に示す概念図に示す完全排水強度を超えない範囲で採用することとした。このせん断強度は、図 10 に示す 4)の強度に相当する。

砂質土（Avf-s 層）のせん断強度は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説　（平成 30 年 5 月）」第 1 回技術技術検討会資料※14 に示される三軸 CD 試験結果より設定した。

中間土の設計に用いる非排水せん断強度を図 12 に示す。

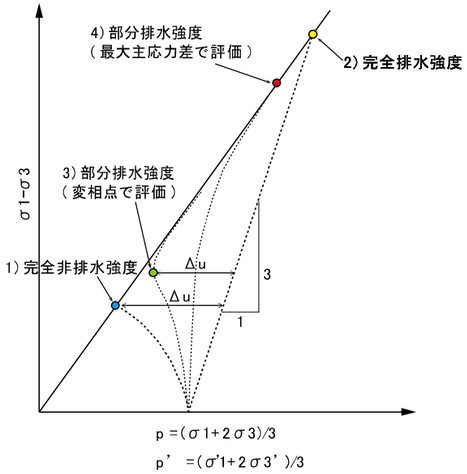
砂質土の設計に用いる排水せん断強度を図 13 に示す。

地層別の設計に用いるせん断強度を一覧表としてまとめたものを表 9 に示す。

表 7 せん断強度の設定の考え方（海上ヤード）

地層区分	強度設定区分	透水係数(cm/s)	強度設定方法	
			非排水	排水
Avf-s	砂質土	(圧密)1.7×10^{-5}～8.8×10^{-5}	三軸 CD	
Avf-c	中間土	(圧密)1.6×10^{-7}～1.7×10^{-4}	簡易 CUbar 試験	―
DK	砂質土	(粒度)5.6×10^{-3}	三軸 CD*	

*海上ヤードでの DK 層では試験結果がないが、DK 層は面的に広く連続していることから、埋立地内で設定した設計値を準用する。



■設定方法
1）非排水強度
・簡易 CUbar の最大主応力差×0.75
・一軸圧縮試験（qu 法）
2）排水強度
・三軸 CD のφd
・三軸 CUbar のφ’
3）中間土の非排水強度
・簡易 CUbar
（変相点（間隙水圧最大点））
※中間土の排水強度は上記 2）の排水強度として設定する。
4）中間土の非排水強度（変形許容）
・簡易 CUbar の最大主応力差×0.75
※ただし 2）の完全排水強度以下

図 10 せん断強度の設定の概念図

表 8 透水係数（海上ヤード）

	評価方法	統計値	土質		
			Avf-c	Avf-s	DK
透水係数(cm/s)	粒度推定（CreagerのD20からの推定）	平均	1.7E-05	3.2E-05	5.6E-03
		最大	2.4E-03	1.5E-02	5.6E-03
		最小	2.4E-07	3.4E-07	5.6E-03
		変動係数	0.24	0.29	-
		データ数	55	42	1
	現場透水	平均	-	-	-
		最大	-	-	-
		最小	-	-	-
		データ数	-	-	-
	室内透水	平均	-	-	-
		最大	-	-	-
		最小	-	-	-
		データ数	-	-	-
	圧密試験	平均	2.1E-06	5.4E-05	-
		最大	1.7E-04	8.8E-05	-
		最小	1.6E-07	1.7E-05	-
		変動係数	0.12	0.04	-
		データ数	10	7	-
	設定値		2E-06	5E-05	6E-03

* 透水係数の評価における優先順位は、現場透水試験、室内透水試験、圧密試験、粒度による推定、の順番とした。

設定値は、有効数字1桁の指数表示として四捨五入した値で示す。

① 現場透水試験 ：現地でボーリングを利用して実施した試験で、最も地盤全体を含む透水性を正しく評価していると解釈。

② 室内透水試験 ：室内の要素試験での透水係数の実測値であるため、現場透水試験に次ぐ優先順位として評価。

③ 圧密試験　　：圧密試験から得られる透水係数は、試験報告事項ではなく参考値であるため、透水試験に次ぐ優先順位とした。

④ 粒度推定　　：20%粒径からCreagerによる方法を用いた推定値であるため、採用優先順位は最も低くした。

中間土、砂質土の簡易 CUbar 試験結果を図 11 に示す。中間土である Avf-c 層は、せん断中に試験の大半が間隙水圧の低下あるいは負の間隙水圧を示し、ダイレーションによる影響を受けて最大主応力差が大きくなる傾向を示す。物理試験結果では中間土と評価される Avf-s 層は、せん断中に全ての試験で負の間隙水圧を示し、非排水せん断試験では強度が過大となっている。そのため、Avf-s 層は砂質土相当として三軸 CD 試験で強度を評価することが妥当と判断した。

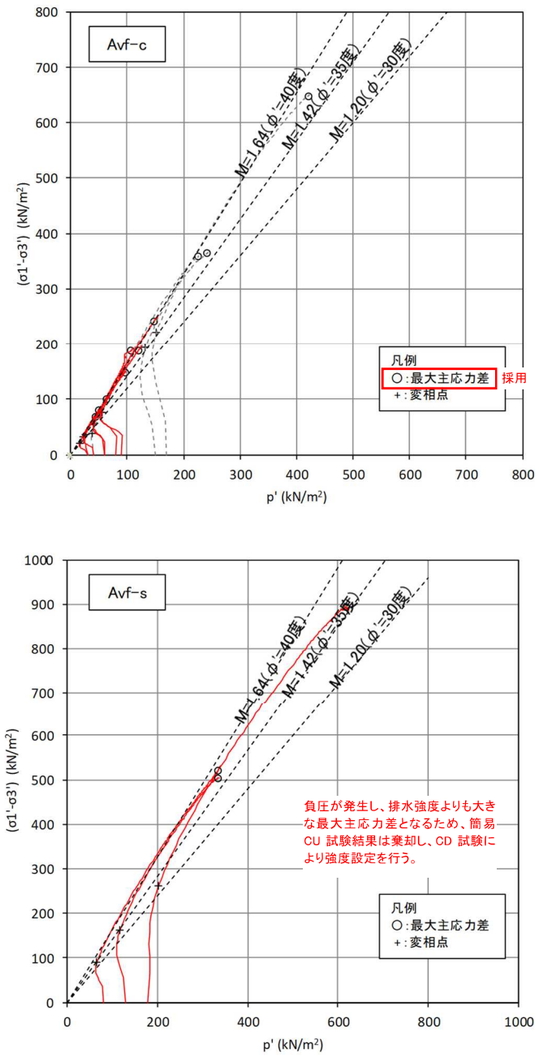
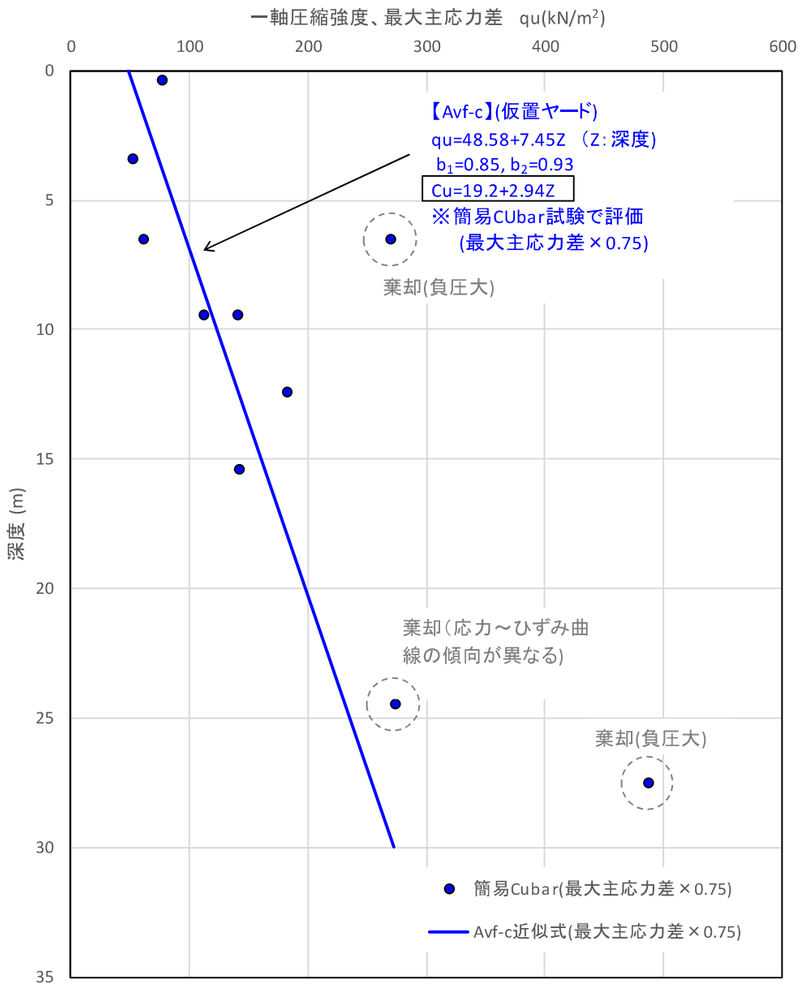


図 11　簡易 CUbar 試験結果（ストレスパス）（海上ヤード）



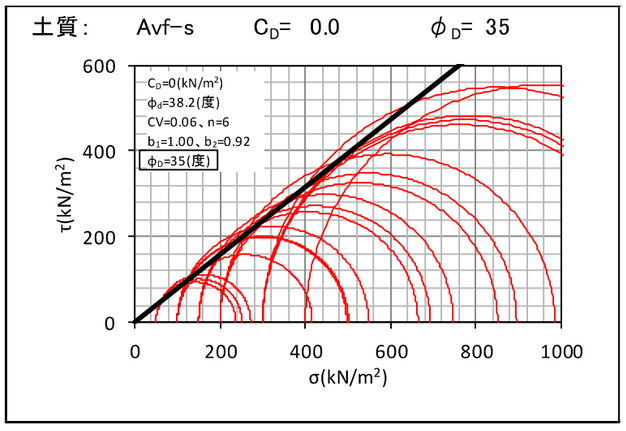
：設計に用いる値

図 12　中間土のせん断強度(非排水)（海上ヤード）

表 9　地層別の設計に用いるせん断強度（海上ヤード）

土質区分	強度設定の区分	非排水強度			排水強度		
		Cu (kN/m²)	φ (度)	設定の考え方	C_D (kN/m²)	ϕ_D (度)	設定の考え方
Avf-c	中間土	19.2+2.94Z (Zの基準：GL±0.0)	0	簡易CUbar (最大主応力差×0.75), (b1=0.85, b2=0.93), CV=0.31, n=7	—	—	
Avf-s	砂質土	—	—	—	0	35	三軸CD試験による強度 (b1=1.00, b2=0.92), CV=0.06, n=6

CV：変動係数



：設計に用いる値

（tan φ で補正を行い φ の少数第 1 位を切り捨て算出）

図 13　砂質土のせん断強度（排水）（海上ヤード）

４）圧密特性

図 14 に e-logp 曲線、図 15 に logp-logCv 曲線の集積図を示す。

一次圧密沈下量は、平均的な地盤の特性を用いて算出することとした。

圧密係数(Cv)は、想定荷重範囲（Δp=200（kN/m^2）※C.D.L.-10.0～-30.0ｍ範囲付近で盛土）内の平均的な圧密係数として、σ'v＋Δp/2 となる試験値の平均値を基に、設計に用いる値を設定した。

二次圧密沈下量は、仮設構造物であるため、考慮しないこととした。

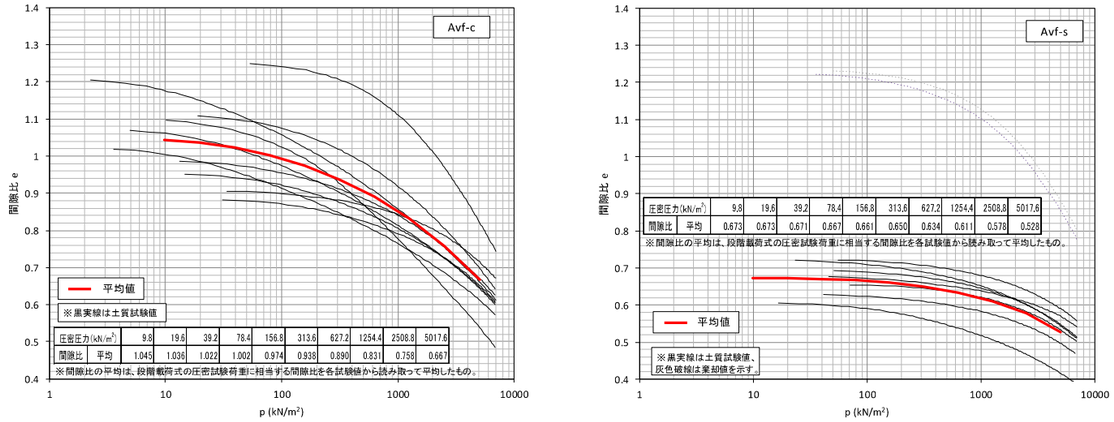


図 14　圧密特性(e-logp 曲線集積図)

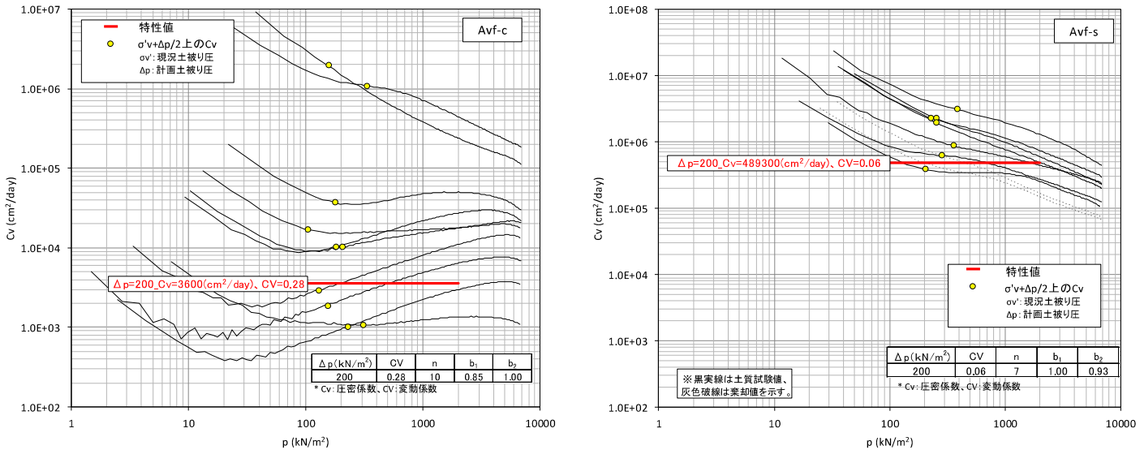


図 15　圧密特性(logp-logCv 曲線集積図)

※7.1-6

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.447 より抜粋

表－2.1.1　材料の単位体積重量の特性値[1)]

材　料	単位体積重量の特性値 (kN/m³)
鋼及び鋳鋼	77.0
鋳　鉄	71.0
アルミニウム	27.5
鉄筋コンクリート	24.0
無筋コンクリート	22.6
木　材	7.8
アスファルトコンクリート	22.6
石材（花こう岩）	26.0
石材（砂岩）	25.0
砂、砂利及び割ぐり石（乾燥状態）	16.0
砂、砂利及び割ぐり石（湿潤状態）	18.0
砂、砂利及び割ぐり石（飽和状態）	20.0

※7.1-7 安定性能照査の方法及び検討結果

１．安定性能照査

１．１　壁体の安定性能照査

（１）壁体の安定性能照査項目と作用の組合せ

壁体の安定性能照査の項目は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.920 に準拠し、設定した。

各検討状態、設計状態における安定性能照査の項目と作用の組合せを表 10 に、各検討状態のイメージを図 16 に示す。

表 10　各検討状態、設計状態における安定性能照査の項目と作用の組合せ

検討状態	設計状態	照査項目	潮位	作用（設計外力）の組合せ			
				自重	波力・揚圧力		浮力
					押波	引波	
施工時	主たる作用が変動波浪である変動状態（押波時・引波時）	・壁体の滑動・転倒 ・基礎地盤の支持力	H.W.L. L.W.L.	○	○	○	○

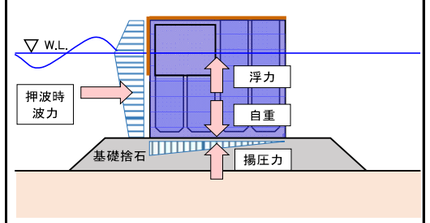
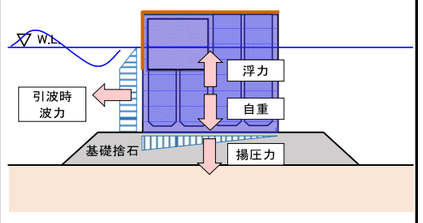
検討状態	仮置時	
設計状態	主たる作用が変動波浪である変動状態	
	押波時	引波時
イメージ図		

図 16　各検討状態のイメージ

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.920 より抜粋

(3) 重力式防波堤の性能規定（基準省令第14条第1項第2号、基準告示第35条関係の解釈）

① 主たる作用が自重である永続状態及び主たる作用が変動波浪、レベル1地震動である変動状態に対する、重力式防波堤の要求性能は使用性とする。また、その作用に対する性能照査項目及び限界値を定める標準的な指標は**別表10-3**のとおりである。なお、傾斜堤の場合は**別表10-4**に示すとおりである。

別表10-3　重力式防波堤（傾斜堤を除く）の性能照査項目及び限界値を定める標準的な指標

省令			告示			要求性能	設計状態			照査項目	限界値を定める標準的な指標
条	項	号	条	項	号		状態	主たる作用	従たる作用		
14	1	2	35	-	1	使用性	永続状態	自重	水圧	地盤の円弧すべり	円弧すべりに関する作用耐力比
					2		変動状態	変動波浪 〔レベル1地震動〕	自重、水圧	堤体の滑動、転倒、基礎地盤の支持力	滑動に関する作用耐力比 転倒に関する作用耐力比 支持力に関する作用耐力比

※〔 〕は設計状態について、主たる作用を置き換えていることを示す。

（２）外力の設定

１）波力・揚圧力

ケーソン仮置時は、スリット部に止水板を取り付けた状態のため、作用する波力及び揚圧力は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.213～215 に準拠し、合田式で算出した。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.213～215 より抜粋

6.2.2 壁面に波の峰がある時の重複波及び砕波の波力

(1) 合田式（一般）

直立壁に作用する最大波力及びそのときの揚圧力は、一般的に以下で表される合田式で算定する。合田式は、合田[8]が波圧実験結果及び現地防波堤に対する適用成果を勘案して提案した式に、波向きの効果などを修正したものである[9]。これによって、重複波圧、砕波圧を区別することなしに、直立壁に働く波力を連続的に求めることができる。しかしながら、急勾配海底面上の直立壁や、高マウンド上の直立壁にあって強大な衝撃砕波力が作用する条件に対しては、波力を過小に評価することがあり、衝撃砕波力の発生の危険性に留意して適用することが望ましい（**本章6.2.4 衝撃砕波力**参照）。本方式による波圧は静水時を基準とした波の作用による圧力を与えるものであり、波の作用以前の状態における静水圧については、必要に応じ別に考慮する。また、本方式による波力は直立壁体の安定性の検討のための波力を対象としたものであり、特に砕波が作用する場合には必ずしも各位置における最大波圧を表わすものではなく、部材としての検討などに際してはこうした点にも注意すべきである。

(2) 合田式による前面波圧

合田式における直立壁の前面に作用する波圧は、次の式 **(6.2.1)** によって表される η^* の高さで0、静水面の高さで次の式 **(6.2.2)** によって表される最大値 p_1、海底面で次の式 **(6.2.3)** によって表される p_2 となる直線的に変化する分布であり、直立壁底面から天端までの波圧を考慮する（**図－6.2.1**、**図－6.2.2**参照）。

$$\eta^* = 0.75(1+\cos\beta)\lambda_1 H_D \qquad (6.2.1)$$

$$p_1 = 0.5\left(1+\cos\beta\right)\left(\alpha_1\lambda_1 + \alpha_2\lambda_2\cos^2\beta\right)\rho_0 g H_D \qquad (6.2.2)$$

$$p_2 = \frac{P_1}{\cosh(2\pi h/L)} \qquad (6.2.3)$$

$$p_3 = \alpha_3 p_1 \qquad (6.2.4)$$

この式において、$\eta^*, p_1, p_2, p_3, \rho_0 g, \beta, \lambda_1, \lambda_2, h, L, H_D, \alpha_1, \alpha_2$及び α_3は、それぞれ次の数値を表すものとする。

η^*　：静水面上で波圧強度が0となる高さ（m）

p_1　：静水面における波圧強度（kN/m^2）

p_2　：海底面における波圧強度（kN/m^2）

p_3　：直立壁の底面における波圧強度（kN/m^2）

$\rho_0 g$　：水の単位体積重量（kN/m^3）

β　：波の主方向から±15°の範囲内で最も危険な方向と直立壁の法線の垂線が成す角度（°）

λ_1, λ_2　：波圧の補正係数（標準は、1.0）

h　：直立壁の前面における水深（m）

L　：水深hにおいて計算に用いる次の（4）に示す波長（m）

H_D　：計算に用いる次の（4）に示す波高（m）

α_1　：次式によって表される数値

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2}\left\{\frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)}\right\}^2 \qquad (6.2.5)$$

α_2　：次式によって表される数値

$$\alpha_2 = \min\left\{\frac{h_b - d}{3h_b}\left(\frac{H_D}{d}\right)^2, \frac{2d}{H_D}\right\} \qquad (6.2.6)$$

α_3　：次式によって表される数値

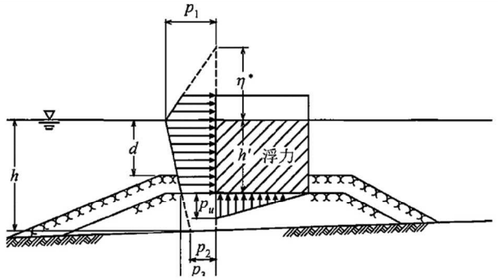
$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h}\left\{1 - \frac{1}{\cosh(2\pi h/L)}\right\} \qquad (6.2.7)$$

この式において、h_b, d及びh'は、それぞれ次の数値を表すものとする。

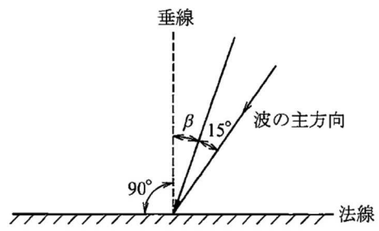
h_b　：直立壁の前面から沖側へ有義波高の5倍の距離の地点における水深（m）

d　：マウンドの根固め工または被覆工の天端のうち、いずれか浅い水深（m）

h'　：直立壁の底面の水深（m）



図－6.2.1　計算に用いる波圧分布



図－6.2.2　波の入射角 β のとりかた

(3) 直立壁の底面の揚圧力

合田式における直立壁底面の揚圧力は、直立壁の前趾において次式で与えられる p_u、後趾において0となる三角形分布である。

$$p_u = 0.5(1+\cos\beta)\alpha_1\alpha_3\lambda_3\rho_0 g H_D \qquad (6.2.8)$$

この式において、p_u及び λ_3は、それぞれ次の数値を表すものとする。

p_u　：直立壁の底面に作用する揚圧力（kN/m^2）

λ_3　：揚圧力の補正係数（標準は、1.0）

２）浮力

壁体に作用する浮力は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.926 に準拠し、算出した。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.926 より抜粋

⑦静水面以下の堤体には、浮力を考慮する必要がある。また、堤内外の静水面に差がある場合は、その両側の水位を結んだ水面以下の堤体について浮力を考慮することができる。

（３）仮置時のスリットケーソンの安定性能照査方法

仮置時のスリットケーソンの壁体重量は、スリットケーソンの鉄筋コンクリート重量に加え、スリットケーソン天端高まで海水を注水した状態の海水重量により検討した。そのため、施工時のスリットケーソンの滑動、転倒、及び基礎地盤の支持力照査は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説 （平成 30 年 5 月）」P.927～930 の混成堤の考え方に準拠し、壁体の重量による基礎マウンドの沈下前と沈下後（後述）について行った。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.927～930 より抜粋

(3) 変動状態（変動波浪）に関する堤体の全体安定性に対する性能照査

①一般

主たる作用が変動波浪である変動状態における、堤体の全体安定性に関する性能照査は、一般に堤体の滑動、堤体の転倒及び基礎地盤の支持力に対して検討する。

②堤体の滑動に対する検討

(a) 変動波浪に対する堤体の滑動に対する安定性の検討には、**式 (3.1.2)** を用いることができる。なお、以下において、添字k及びdはそれぞれ特性値及び設計用値を示し、当該式中における部分係数は**表－3.1.2**に示す数値を用いることができる。**表－3.1.2**において「－」と示された部分に関する値は、便宜上、()内の数値を用いて照査できることを示す。

$$m\cdot\frac{S_d}{R_d}\le 1.0 \quad R_d=\gamma_R R_k \quad S_d=\gamma_S S_k$$
$$R_k=\{f_k(W_k-P_{B_k}-P_{U_k})\} \qquad (3.1.2)$$
$$S_k=P_{Hk}$$

ここに、

f　：壁体底面と基礎との摩擦係数
W　：堤体の重量 (kN/m)
P_B　：浮力 (kN/m)
P_U　：揚圧力 (kN/m)
P_H　：水平波力 (kN/m)
R　：抵抗項 (kN/m)
S　：荷重項 (kN/m)
γ_R　：抵抗項に乗じる部分係数
γ_S　：荷重項に乗じる部分係数
m　：調整係数

表－3.1.2　堤体の滑動照査に用いる部分係数

照査対象	抵抗項に乗じる部分係数 γ_R	荷重項に乗じる部分係数 γ_S	調整係数 m
堤体の滑動 (変動波浪による変動状態)	0.83	1.08	- (1.00)

(b) **表－3.1.2**に示す部分係数は、過去の基準類における安全性水準を参考として設定した係数[5]である。なお、当該部分係数は、防波堤設置地点の海底勾配が1/30未満の海底地形を有する場合に対して設定した係数であり、これ以上の勾配を有する地点に設置する場合は、文献5）の記載を参考とし、部分係数を適切に設定する必要がある。

(c) 直立部の港内側を補強する場合の滑動照査については、以下の**本章3.1.6 直立部の港内側を補強する場合の性能照査及び留意事項**を参考とすることができる。

(d) 壁体の滑動、転倒、支持力照査を行う場合の潮位は、朔望平均干潮位（L.W.L）または朔望平均満潮位（H.W.L）を用いることが多い。

(e) ケーソンが海側と陸側の両側に長方形断面のフーチングを有する場合、浮力P_Bの算定には、次式を用いることができる。次式において、添字kは特性値を示す。なお、他の形状のフーチングやハンチ部等の浮力については適切に設定するものとする。

$$P_{B_k}=\rho_w g\{(wl_k+h)B_c+2h_f B_f\} \qquad (3.1.3)$$

ここに、

$\rho_w g$　：海水の単位体積重量 (kN/m^3)
wl　：潮位 (m)
h　：設置水深 (m)
B_C　：堤体幅 (m)
h_f　：フーチング高 (m)
B_f　：フーチング幅 (m)

(f) 波力の算定については**[作] 第2章6.2 直立壁に作用する波力**を参照することができる。

(g) 性能照査に用いる単位体積重量、摩擦係数などについては、**[作] 第10章 自重及び載荷重**、**[作] 第11章9 摩擦係数**を参照することができる。なお、直立部とマウンド面との摩擦係数を増大させるために、直立部底面に摩擦増大マットを敷設する場合もある。摩擦増大マットについては、**[作] 第11章9 摩擦係数**を参照することができる。

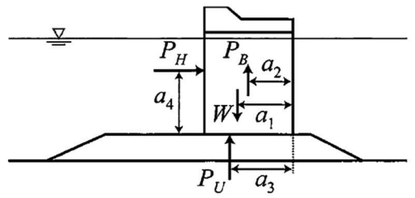
③堤体の転倒に対する検討

(a) 変動波浪に対する堤体の転倒に対する安定性の検討には、**式 (3.1.4)** を用いることができる。なお、以下において、添字k及びdはそれぞれ特性値及び設計用値を示し、当該式中における部分係数は**表－3.1.3**に示す数値を用いることができる。**表－3.1.3**において「－」と示された部分に関する値は、便宜上、()内の数値を用いて照査できることを示す。

$$m\cdot\frac{S_d}{R_d}\le 1.0 \quad R_d=\gamma_R R_k \quad S_d=\gamma_S S_k$$
$$R_k=(a_1W_k-a_2P_{B_k}-a_3P_{U_k}) \qquad (3.1.4)$$
$$S_k=a_4P_{H_k}$$

ここに、

W　：堤体の重量 (kN/m)
P_B　：浮力 (kN/m)
P_U　：揚圧力 (kN/m)
P_H　：水平波力 (kN/m)
a_1～a_4：各作用のアーム長 (m)（**図－3.1.5**参照）
R_k　：抵抗項 (kN・m/m)
S_k　：荷重項 (kN・m/m)
γ_R　：抵抗項に乗じる部分係数
γ_S　：荷重項に乗じる部分係数
m　：調整係数



図－3.1.5　モーメント算出時のアーム長

表－3.1.3　堤体の転倒照査に用いる部分係数

照査対象	抵抗項に乗じる部分係数 γ_R	荷重項に乗じる部分係数 γ_S	調整係数 m
堤体の転倒 （変動波浪による変動状態）	0.95	1.14	－ （1.00）

(b) **表－3.1.3**に示す部分係数は、過去の基準類における安全性水準を参考として設定した係数[5]である。なお、当該部分係数は、防波堤設置地点の海底勾配が1/30未満の海底地形を有する場合に対して設定した係数であり、これ以上の勾配を有する地点に設置する場合は、文献5）の記載を参考とし、部分係数を適切に設定する必要がある。

(c) ケーソンが海側と陸側の両側に長方形断面のフーチングを有する場合、浮力の特性値の算定には、**式(3.1.3)**を用いることができる。なお、他の形状のフーチングやハンチ部等の浮力については適切に設定するものとする。

④基礎地盤の支持力に対する検討

(a) 変動波浪に対する直立部の底面の基礎地盤の支持力に対する安定の検討は、分割法による円弧すべり計算法の一つである簡易ビショップ（Bishop）法（詳細は**[施] 第２章４斜面の安定**参照）によって照査することができる。簡易ビショップ法は、遠心場における実験などにより修正フェレニウス法や摩擦円法などと比較して、支持力に対する安定性を最もよく説明しうるモデルであることから採用されたものである[6]。

(b) 基礎地盤の支持力に対する性能照査を行う場合、簡易ビショップ法により得られる以下の**式(3.1.5)**を用いて照査することができる。**式(3.1.5)**中における部分係数は、**表－3.1.4**に示す数値を用いることができる。**表－3.1.4**において「－」と示された部分に関する値は、便宜上、() 内の数値を用いて照査できることを示す。なお、次式において、添字k及びdはそれぞれ特性値及び設計用値を示す。**式(3.1.5)**を用いる場合、まず補助パラメータF_fをR_k=F_f×S_kを満たすように、繰り返し計算（R_kの式中にF_fが含まれていることに注意）によって決定し、これによって得られるR_k及びS_kを用いて支持力の安定性照査を行う。

$$m\cdot\frac{S_d}{R_d}\le 1.0 \quad R_d=\gamma_R R_k \quad S_d=\gamma_S S_k$$

$$F_f=\frac{R_k(F_f)}{S_k} \qquad (3.1.5)$$

$$R_k=\sum\left[\frac{\{c'_k\,s+(w'_k+q_k)\tan\phi'_k\}\sec\theta}{1+\tan\theta\tan\phi'_k/F_f}\right]$$

$$S_k=\sum\{(w'_k+q_k)\sin\theta\}+\frac{dP_{H_k}}{r}$$

ここに、

P_H　：水平波力（kN/m）
c'　：粘性土地盤の場合においては、非排水せん断強さ、砂質土地盤の場合においては、排水条件における見掛けの粘着力（kN/m^2）
s　：分割細片の幅（m）
w'　：分割細片の有効重量（kN/m）（水面上で気中重量、水面下で水中重量）
q　：分割細片に作用する上載荷重（kN/m）
ϕ'　：有効応力に基づく見かけのせん断抵抗角（°）
θ　：分割細片の底面となす角（°）
F_f　：抵抗項と作用項の比を示す補助パラメータ
d　：水平波力P_Hのアーム長（円弧中心点から作用力ベクトルへの垂線の長さ）
r　：すべり円弧の半径（m）
R　：抵抗項（kN/m）
S　：荷重項（kN/m）
γ_R　：抵抗項に乗じる部分係数
γ_S　：荷重項に乗じる部分係数
m　：調整係数

表－3.1.4　堤体の支持力照査に用いる部分係数

照査対象	抵抗項に乗じる部分係数 γ_R	荷重項に乗じる部分係数 γ_S	調整係数 m
基礎地盤の支持力 （変動波浪による変動状態）	－ （1.00）	－ （1.00）	1.00

図 17 に施工時（仮置時）の安定性能照査モデルを示す。

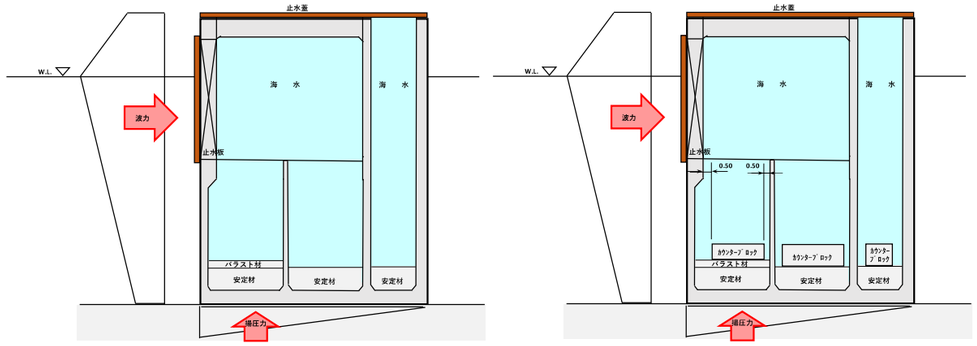


図 17　施工時（仮置時）の安定性能照査モデル（左図：海水注入時、右図：カウンターブロック設置時）

（４）施工時の部分係数・調整係数の設定

「港湾の施設の技術上の基準・同解説　（平成 30 年 5 月）」では施工時の壁体の安定性能照査における部分係数及び調整係数は設定されていない。そのため、「港湾の施設の技術上の基準・同解説　（平成 30 年 5 月）」P.25、27～28 に準拠し、「過去の経験に基づく方法」として、従来の安全率法における許容安全率に対応する値としてγ_S=1.00、γ_R=1.00、m=1.20 を設定した。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.25,27～28 より抜粋

④過去の経験に基づく方法

過去の経験に基づく方法とは、従来から利用されてきた安全率法や許容応力度法など、過去の適用事例が多く、十分に実績のある手法のことを指す。

(3) 調整係数

本章 3.9性能照査（解釈）に示すとおり、**本章3.9.1 (2)** ④に示す「過去の経験に基づく方法」（過去の適用事例が多く、十分に実績のある、従来から利用されてきた安全率法や許容応力度法）も、信頼性の高い方法と位置づけられる場合がある。この場合には、統計的解析により算出される部分係数を用いた照査とは異なることを明示するため、全ての部分係数を便宜上1.0とした上で、調整係数を用いて照査することができる。調整係数は、「過去の経験に基づく方法」によって規定される安全性の水準と同等の構造断面になるように調整するための係数であり、従来の安全率法や許容応力度法における許容安全率に対応する値である。なお、調整係数は、H19基準・同解説において構造解析係数で処理されていたものに相当する。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 11 年 5 月）」P.601 より抜粋

〔解説〕
(1) 波力の算定については**第 2 編5.2 直立壁に作用する波力** を参照するものとし，安全率は(a)～(c)を参考にして適切に設定するものとする。
(a) 滑り出しに対する安全率は波圧時1.2以上を標準とする。ただし，模型実験によって，堤体の安定性を確認した場合には，安全率が1.2を下回ってもよいが，1.0を下回ってはならない。
(b) 転倒に対する安全率は，波圧時1.2以上，地震時1.1以上を標準とする。
(c) 支持力に対する安全率は，波圧時について1.0以上を標準とする。

（５）施工時の基礎地盤の支持力照査における強度定数

海上ヤードの基礎マウンドはＣ護岸基礎マウンドと同等の材料にて築造する。そのため、施工時の基礎地盤の支持力照査における基礎捨石及び基礎地盤の強度定数は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説　（平成 30 年 5 月）」P.684～685 に準拠し、表 11 に示すとおりとした。

表 11 基礎地盤の支持力検討における強度定数

	せん断抵抗角 φ(°)	粘着力 C(kN/m²)
基礎捨石	35	20

（６）基礎地盤の支持力照査における検討モデル

基礎地盤の支持力の照査は表 12 に示すモデルについて、検討を行った。

表 12 検討モデル（基礎地盤の支持力）

検討項目	検討モデル
基礎地盤の支持力	【-6.0m】【5年8ヶ月目】 -10.0m RC(8) RC(12) RC(13) RC(14) -12.0m ；押波時 ；引波時 【-8.0m】【4年10ヶ月目】 -10.0m HB(5) HB(6) 隅角(1) RC(7) -12.0m 【-10.0m】【5年1ヶ月目】 RC(24) RC(25) -10.0m -12.0m HB(18) HB(19) ；押波時 ；引波時 【-12.0m】【4年2ヶ月目】 -10.0m RC(30) RC(32) RC(31) -12.0m HB(17) HB(23) 【5年1ヶ月目】 -10.0m HB(20) HB(21) HB(22) HB(17) HB(23) -12.0m 【※検討を省略（法肩に近いケーソンが波力を受けない）】（例） -10.0m RC(8) RC(12) RC(13) RC(14) ※波の入射方向にケーソンが仮置されているため、法肩に近いケーソンは直接波圧を受けない。
	・検討は各マウンドの法肩に近いケーソンを対象とした。 ・検討は押波時と引波時の内、厳しいケースで行った。 ・押波時は仮置時期に検討対象が直接波圧を受けないケースでは、偏心傾斜率が0.1未満となることから、検討はしないこととした。（【※】参照）

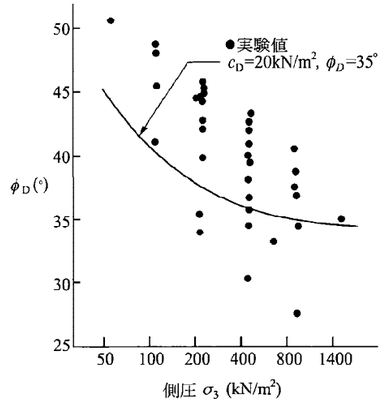
「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.684 より抜粋

(6) マウンド材及び基礎地盤の強度定数

①マウンド材

偏心傾斜した作用を受ける支持力の模型実験及び現地実験の結果によれば、三軸圧縮試験から求められた強度定数を用いて簡易ビショップ法による円弧すべり解析を行えば精度の高い結果が得られることが明らかになっている[5]。また、砕石の大型三軸圧縮試験から、粒径の大きい粒状体の強度定数は、均等係数の等しい相似粒度の材料から求められる値にほぼ等しいことが確認されている[6]。したがって、捨石の強度定数を正確に推定するには相似粒度の試料を用いた三軸圧縮試験を実施することが望ましいが、強度試験を行わない場合には、一般に用いられている通常の捨石に対する標準的な強度定数として粘着力 c_D＝20kN/m²、せん断抵抗角 ϕ_D＝35°の値が特性値として用いられている。実際の捨石においては現地での捨石の充填密度に対応して強度に相違が生じることが予想されるが、現地での捨石の状態を把握することは非常に困難であるので、標準的な強度定数の値を用いることができる。

標準値は砕石の大型三軸圧縮試験の結果からやや安全側に求めた値であり、既存防波堤及び係留施設の解析結果からも妥当な値である。なお、強度定数として粘着力 c_D＝20kN/m² としているが、これは砕石のせん断抵抗角 ϕ_D の拘束圧による変化（拘束圧の増加に伴うせん断抵抗角の低下傾向）を考慮するための見掛けの粘着力である。**図－3.2.8** は、各種の砕石に関する三軸試験結果について c_D＝0 を仮定して求めた ϕ_D をまとめたもの[5]であり、拘束圧が大きくなるとともに粒子破砕によって ϕ_D は減少している。図中に実線で示された値は見掛けの粘着力 c_D＝20kN/m²、ϕ_D＝35° とした計算値であるが、見掛けの粘着力を考慮することによって ϕ_D の拘束圧依存性が反映されている。母岩の一軸圧縮強さと強度定数の関連を調べた結果によると、これらの標準値が適用できるのは母岩の一軸圧縮強さが30MN/m²以上の石材である。母岩の強度が30MN/m²以下である弱い石材をマウンドの一部として用いる場合、強度定数はほぼ c_D＝20kN/m²、ϕ_D＝30° となる[7]。



図－3.2.8　ϕ_D と側方拘束圧 σ_3 の関係と見掛けの粘着力

※7.1-8 地盤の沈下に対する照査（一次圧密沈下量）

仮置沈下における仮置マウンドの圧密沈下量を算定した。

地盤の一次圧密沈下量は「港湾の施設の技術上の基準・同解説 （平成 30 年 5 月）」P.318～319、P.740 に準拠し、適用に制約条件がなく、幅広い条件に適用可能な「①圧縮曲線（e-logp 曲線）を用いる場合」の方法によって計算した。

仮置マウンドの圧密沈下量の算定結果を表 13 に示す。仮置期間中の圧密沈下量は最大で約 0.3m 程度であることから、バラツキを考慮して設計沈下量を 0.5m とし壁体の安定性能照査を沈下前、沈下後で行った。

表 13 圧密沈下計算結果

マウンド天端高	圧密沈下量 (m)
C.D.L.-6m	0.15
C.D.L.-10m	0.27
C.D.L.-12m	0.28

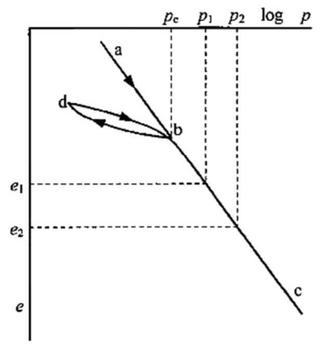
次頁に圧密沈下量の算定結果の根拠を示す。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.318～319 より抜粋

(3) 圧密による最終沈下量の算定

圧密試験における圧密圧力とその圧力で圧密を終了したとき（24時間後）の間隙比を片対数グラフ紙にプロットすると**図－2.3.2**に模式的に示すような、圧縮曲線（e–log$p$曲線）が得られる。e–log$p$曲線のabc部分は載荷の過程を示しほぼ直線となる。このabc部分で示される圧密の状態を正規圧密の状態と呼ぶ。一方、b点の状態から除荷を行い、減少した圧力のもとで平衡状態に達したときの間隙比と応力との関係はbdの経路をたどり、再び圧力を増加すると、dbの経路をたどる。bd及びdbで表される状態を過圧密状態と呼ぶ。圧密試験を実施すると初期状態は過圧密になっているため経路d→b→cをたどり、弾性変形を示すd→bと、塑性変形を示すb→cの境界となるb点が得られ、これに相当する圧力を圧密降伏応力p_cという。

図－2.3.2におけるabc部分（正規圧密領域）の間隙比eと圧力pとの関係は**式 (2.3.3)** で表される。



図－2.3.2　圧密におけるe–log$p$関係

$$e_2 = e_1 - C_c \log_{10}\frac{p_2}{p_1} \qquad (2.3.3)$$

ここに、C_cはabc部分の傾きを示す無次元数で圧縮指数と呼ばれ、対数（log）1サイクル当たりの間隙比の減少量として定義される。

圧密荷重によって最終的に発生する沈下量を計算するには、e–log$p$曲線から求める方法、C_cを用いる方法、体積圧縮係数m_vを用いる方法がある。

圧力が原位置における地盤の有効土被り圧σ'_{v0}から（$\sigma'_{v0}+\Delta p$）に増加する際の間隙比の減少Δeは、圧密試験によって得られたe–log$p$関係から直接読みとることによって得られる。あるいは、沈下量が過大評価になる（過圧密部分の沈下を正規圧密と同等の大きな値として評価するので安全側の評価になる）ことを期待する場合には、**式 (2.3.3)** に基づいた**式 (2.3.4)** によって評価することもできる。

$$\Delta e = e_{\sigma'_{v0}} - e_{\sigma'_{v0}+\Delta p} = C_c \log_{10}\frac{\sigma'_{v0}+\Delta p}{\sigma'_{v0}} \qquad (2.3.4)$$

e–log$p$曲線を用いて沈下量Sを求める場合は、直接読みとったΔeあるいは**式 (2.3.4)** で求められるΔeより、沈下量Sは次式で計算される。

$$S = h\frac{\Delta e}{1+e_0} \qquad (2.3.5)$$

ここに、

h　：層厚

C_cを用いて沈下量Sを求める場合は、**式 (2.3.6)** のようになる。

$$S = h\frac{C_c}{1+e_0}\log_{10}\frac{\sigma'_{v0}+\Delta p}{\sigma'_{v0}} \qquad (2.3.6)$$

この式は、**式 (2.3.4)** を**式 (2.3.5)** に代入したものと一致する。

体積圧縮係数m_vは沈下量の予測に用いられ、ある荷重増分によって生じる圧縮量はm_vに比例する。ただし、非線形性が強く現れる土に対して線形近似することになるので、m_vを一定と見なせる程度の小さな圧密圧力増分Δpに対してのみ有効となる。m_vを用いて沈下量Sを求めるには、**式 (2.3.7)** を用いる。

$$S = m_v \Delta p h \qquad (2.3.7)$$

ここに、

m_v　：圧密荷重が（$\sqrt{\sigma'_{v0}(\sigma'_{v0}+\Delta p)}$）のときの体積圧縮係数

一般に、圧密中のm_vの値は有効上載圧pの増大に伴って減少し、正規圧密状態では両対数グラフにプロットしたpとm_vの関係はほぼ直線となる。**式 (2.3.7)** で沈下量を計算するときのm_vは、地盤の有効上載圧がσ'_{v0}から（$\sigma'_{v0}+\Delta p$）に変化する間の平均値を用いる。通常は有効上載圧の相乗平均（$\sqrt{\sigma'_{v0}(\sigma'_{v0}+\Delta p)}$）における$m_v$を用いる。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.740 より抜粋

①圧縮曲線（e-log p 曲線）を用いる場合：

$$S = h\frac{\Delta e}{1+e_0} \qquad (3.5.13)$$

ここに、

S　：圧力増分Δpによる最終圧密沈下量（m）

h　：層厚（m）

Δe　：圧力増分Δpに対する間隙比の変化量（圧縮曲線から読み取る）

e_0　：初期間隙比

（１）概要

仮置マウンド及びケーソン荷重による圧密沈下計算については、横断方向断面にて実施した。

（２）計算条件

計算に用いた地盤の圧密条件は、受領した e-logp、logCv-logp 曲線を用いた。また、仮置マウンド及びケーソン荷重の載荷スケジュールは、現状の工程より、表 14 の条件とした。

また、マウンド完成時（捨石均し完了時）に目標天端高となるように、マウンドの載荷は 2 段階とし、マウンド造成中の沈下に相当する捨石層厚を考慮した。

なお、表中ケーソン荷重については除荷しているが、リバウンドについては考慮しない。また、荷重の分散はブーシネスク法を採用した。

表 14　荷重載荷スケジュール

工種	場所	開始日		終了日		期間	載荷	備考
捨石投入	-10m,-12mマウンド	5 年次　8 ヶ月	0	6 年次　3 ヶ月	210	210	漸増	天端高0.5m下げで載荷
捨石均し	-10m,-12mマウンド	6 年次　2 ヶ月	180	6 年次　7 ヶ月	330	150	漸増	天端高合わせで載荷
ケーソン仮置	-10mマウンド	6 年次　11 ヶ月	450	9 年次　1 ヶ月	1230	780	漸増	
ケーソン撤去	-10mマウンド			9 年次　2 ヶ月	1260	1260	放置	最大荷重で放置
ケーソン仮置	-12mマウンド	7 年次　5 ヶ月	630	8 年次　11 ヶ月	1170	540	漸増	
ケーソン撤去	-12mマウンド			9 年次　1 ヶ月	1230	1230	放置	最大荷重で放置
捨石投入	-6mマウンド	9 年次　3 ヶ月	1290	9 年次　4 ヶ月	1320	30	漸増	天端高0.5m下げで載荷
捨石均し	-6mマウンド	9 年次　4 ヶ月	1320	9 年次　5 ヶ月	1350	30	漸増	天端高合わせで載荷
ケーソン仮置	-6mマウンド	9 年次　5 ヶ月	1350	9 年次　11 ヶ月	1530	180	漸増	
ケーソン撤去	-6mマウンド			9 年次　12 ヶ月	1560	1560	放置	最大荷重で放置

（３）計算点

沈下計算を実施した計算点は、各マウンドのケーソン載荷幅に対して、中心とした。図 18、図 19 に計算地点を示す。なお、仮置マウンド-10m と-6m の中心は、共通である。

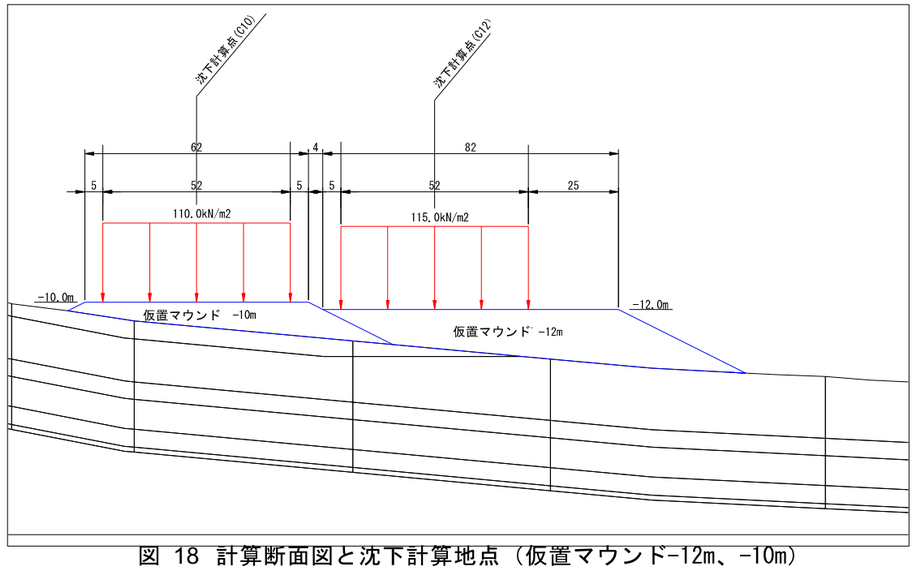


図 18　計算断面図と沈下計算地点（仮置マウンド-12m、-10m）

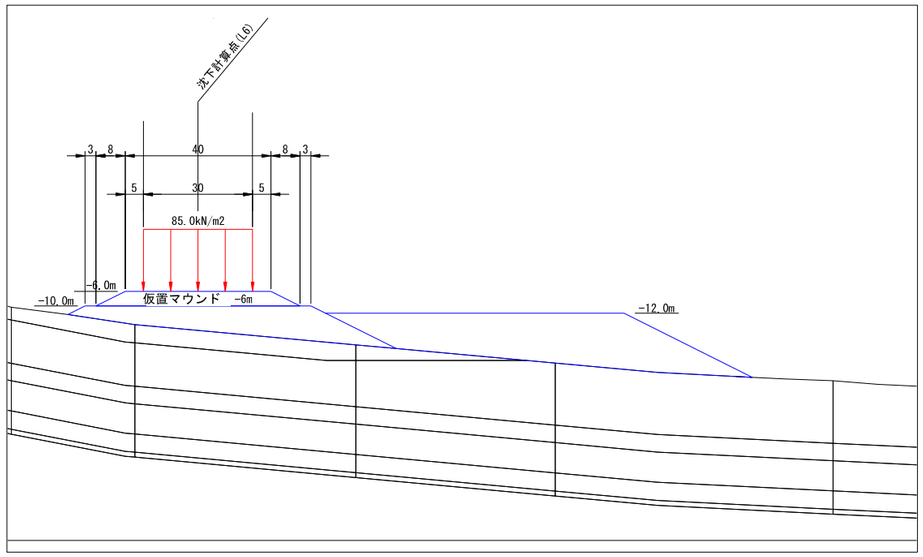


図 19　計算断面図と沈下計算地点（仮置マウンド-6m）

（４）計算結果

沈下計算点における計算結果の一覧表を表 15～表 17 に示す。なお、着目時期は、マウンド完成時（捨石均し完了時）とケーソン仮置完了時（ケーソン荷重撤去時）とした。また、結果の整理は、着目時期毎の天端高と全沈下量及びマウンド完成後（捨石均し完了）からの沈下量とした。

１）仮置マウンド -10m

仮置マウンド完成時の目標高さ(-10m)とすると、マウンド完成時点からケーソン仮置完了までの沈下量は 0.27m であり、マウンド天端高は-10.27m である。

表 15　沈下計算結果（仮置マウンド-10m）

仮置マウンド-10m		着目日（日）	中央 C10
天端高　（m）	マウンド完成時	330	-10.00
	仮置完了時	1260	-10.27
全沈下　（m）	マウンド完成時	330	0.26
	仮置完了時	1260	0.53
期間沈下（m）	仮置期間全体		0.27

２）仮置マウンド -12m

仮置マウンド完成時の目標高さ(-12m)とすると、マウンド完成時点からケーソン仮置完了までの沈下量は 0.28m であり、マウンド天端高は-12.28m である。

表 16　沈下計算結果（仮置マウンド-12m）

仮置マウンド-12m		着目日（日）	中央 C12
天端高　（m）	マウンド完成時	330	-12.00
	仮置完了時	1230	-12.28
全沈下　（m）	マウンド完成時	330	0.45
	仮置完了時	1230	0.73
期間沈下（m）	仮置期間全体		0.28

３）仮置マウンド -6m

仮置マウンド完成時の目標高さ(-6m)とすると、マウンド完成時点からケーソン仮置完了までの沈下量は 0.15m であり、マウンド天端高は-6.15m である。

表 17　沈下計算結果（仮置マウンド-6m）

仮置マウンド-6m		着目日（日）	中央 C12
天端高　（m）	マウンド完成時	1350	-6.00
	仮置完了時	1560	-6.15
全沈下　（m）	マウンド完成時	1350	0.63
	仮置完了時	1560	0.78
期間沈下（m）	仮置期間全体		0.15

※7.1-9　壁体の安定性能照査の結果の一覧

代表的な断面以外の壁体の安定性能照査結果一覧を表 18、表 19 に示す。検討の結果、各ケーソンとも H.W.L 時の押波時（沈下後）が最も厳しい結果になった。

表 18 壁体の安定性能照査結果一覧(代表的な断面以外)【押波時】

対象ケーソン	マウンド天端高(m)	検討潮位	沈下前		沈下後【設計沈下量:0.5m】		カウンターブロック	
			滑動	転倒	滑動	転倒	必要性	所要質量(t)
No.8	-6.00	H.W.L.	0.856 ≦ 1.0	0.302 ≦ 1.0	0.990 ≦ 1.0	0.361 ≦ 1.0	必要	142
		L.W.L.	0.397 ≦ 1.0	0.113 ≦ 1.0	0.452 ≦ 1.0	0.136 ≦ 1.0	不要	-
No.9～No.13		H.W.L.	0.863 ≦ 1.0	0.339 ≦ 1.0	0.998 ≦ 1.0	0.405 ≦ 1.0	必要	212
		L.W.L.	0.402 ≦ 1.0	0.127 ≦ 1.0	0.457 ≦ 1.0	0.153 ≦ 1.0	不要	-
No.1～No.4	-10.00	H.W.L.	0.869 ≦ 1.0	0.428 ≦ 1.0	0.973 ≦ 1.0	0.490 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.441 ≦ 1.0	0.181 ≦ 1.0	0.487 ≦ 1.0	0.208 ≦ 1.0	不要	-
No.5～No.6		H.W.L.	0.888 ≦ 1.0	0.494 ≦ 1.0	0.983 ≦ 1.0	0.558 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.467 ≦ 1.0	0.218 ≦ 1.0	0.514 ≦ 1.0	0.250 ≦ 1.0	不要	-
No.7		H.W.L.	0.931 ≦ 1.0	0.765 ≦ 1.0	0.998 ≦ 1.0	0.832 ≦ 1.0	必要	743
		L.W.L.	0.508 ≦ 1.0	0.361 ≦ 1.0	0.553 ≦ 1.0	0.408 ≦ 1.0	不要	-
No.15～No.16		H.W.L.	0.929 ≦ 1.0	0.737 ≦ 1.0	0.998 ≦ 1.0	0.804 ≦ 1.0	必要	578
		L.W.L.	0.503 ≦ 1.0	0.345 ≦ 1.0	0.548 ≦ 1.0	0.390 ≦ 1.0	不要	-
隅角部(HB側)		H.W.L.	0.928 ≦ 1.0	0.620 ≦ 1.0	0.997 ≦ 1.0	0.677 ≦ 1.0	必要	900
		L.W.L.	0.502 ≦ 1.0	0.290 ≦ 1.0	0.546 ≦ 1.0	0.328 ≦ 1.0	不要	-
No.17～No.18	-12.00	H.W.L.	0.568 ≦ 1.0	0.284 ≦ 1.0	0.619 ≦ 1.0	0.319 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.384 ≦ 1.0	0.165 ≦ 1.0	0.415 ≦ 1.0	0.185 ≦ 1.0	不要	-
No.19～No.20		H.W.L.	0.568 ≦ 1.0	0.284 ≦ 1.0	0.619 ≦ 1.0	0.319 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.384 ≦ 1.0	0.165 ≦ 1.0	0.415 ≦ 1.0	0.185 ≦ 1.0	不要	-
No.21～No.23		H.W.L.	0.568 ≦ 1.0	0.284 ≦ 1.0	0.619 ≦ 1.0	0.319 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.384 ≦ 1.0	0.165 ≦ 1.0	0.415 ≦ 1.0	0.185 ≦ 1.0	不要	-
No.27		H.W.L.	0.864 ≦ 1.0	0.764 ≦ 1.0	0.935 ≦ 1.0	0.842 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.516 ≦ 1.0	0.397 ≦ 1.0	0.561 ≦ 1.0	0.448 ≦ 1.0	不要	-

※カウンターブロックの所要質量は、沈下後に不足する耐力に相当する重量(作用耐力比が1になる重量)としている。
※作用耐力比はカウンターブロックを考慮した状態の値を示す。
※安定性照査の結果、最も厳しい結果に着色している。

表 19 壁体の安定性能照査結果一覧(代表的な断面以外)【引波時】

対象ケーソン	マウンド天端高(m)	検討潮位	沈下前		沈下後【設計沈下量:0.5m】		カウンターブロック	
			滑動	転倒	滑動	転倒	必要性	所要質量(t)
No.8	-6.00	H.W.L.	0.237 ≦ 1.0	0.061 ≦ 1.0	0.275 ≦ 1.0	0.076 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.104 ≦ 1.0	0.019 ≦ 1.0	0.121 ≦ 1.0	0.024 ≦ 1.0	不要	-
No.9～No.13	-6.00	H.W.L.	0.246 ≦ 1.0	0.068 ≦ 1.0	0.287 ≦ 1.0	0.085 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.108 ≦ 1.0	0.022 ≦ 1.0	0.125 ≦ 1.0	0.027 ≦ 1.0	不要	-
No.1～No.4	-10.00	H.W.L.	0.282 ≦ 1.0	0.116 ≦ 1.0	0.315 ≦ 1.0	0.137 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.151 ≦ 1.0	0.050 ≦ 1.0	0.168 ≦ 1.0	0.059 ≦ 1.0	不要	-
No.5～No.6		H.W.L.	0.298 ≦ 1.0	0.134 ≦ 1.0	0.332 ≦ 1.0	0.157 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.161 ≦ 1.0	0.059 ≦ 1.0	0.179 ≦ 1.0	0.069 ≦ 1.0	不要	-
No.7		H.W.L.	0.358 ≦ 1.0	0.233 ≦ 1.0	0.393 ≦ 1.0	0.267 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.194 ≦ 1.0	0.104 ≦ 1.0	0.213 ≦ 1.0	0.120 ≦ 1.0	不要	-
No.15～No.16		H.W.L.	0.354 ≦ 1.0	0.223 ≦ 1.0	0.389 ≦ 1.0	0.256 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.191 ≦ 1.0	0.099 ≦ 1.0	0.210 ≦ 1.0	0.114 ≦ 1.0	不要	-
隅角部(HB側)		H.W.L.	0.353 ≦ 1.0	0.218 ≦ 1.0	0.389 ≦ 1.0	0.251 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.190 ≦ 1.0	0.097 ≦ 1.0	0.209 ≦ 1.0	0.112 ≦ 1.0	不要	-
No.17～No.18	-12.00	H.W.L.	0.221 ≦ 1.0	0.083 ≦ 1.0	0.242 ≦ 1.0	0.094 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.145 ≦ 1.0	0.046 ≦ 1.0	0.158 ≦ 1.0	0.052 ≦ 1.0	不要	-
No.19～No.20		H.W.L.	0.221 ≦ 1.0	0.083 ≦ 1.0	0.242 ≦ 1.0	0.094 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.145 ≦ 1.0	0.046 ≦ 1.0	0.158 ≦ 1.0	0.052 ≦ 1.0	不要	-
No.21～No.23		H.W.L.	0.221 ≦ 1.0	0.083 ≦ 1.0	0.242 ≦ 1.0	0.094 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.145 ≦ 1.0	0.046 ≦ 1.0	0.158 ≦ 1.0	0.052 ≦ 1.0	不要	-
No.27		H.W.L.	0.400 ≦ 1.0	0.273 ≦ 1.0	0.438 ≦ 1.0	0.311 ≦ 1.0	不要	-
		L.W.L.	0.261 ≦ 1.0	0.149 ≦ 1.0	0.285 ≦ 1.0	0.171 ≦ 1.0	不要	-

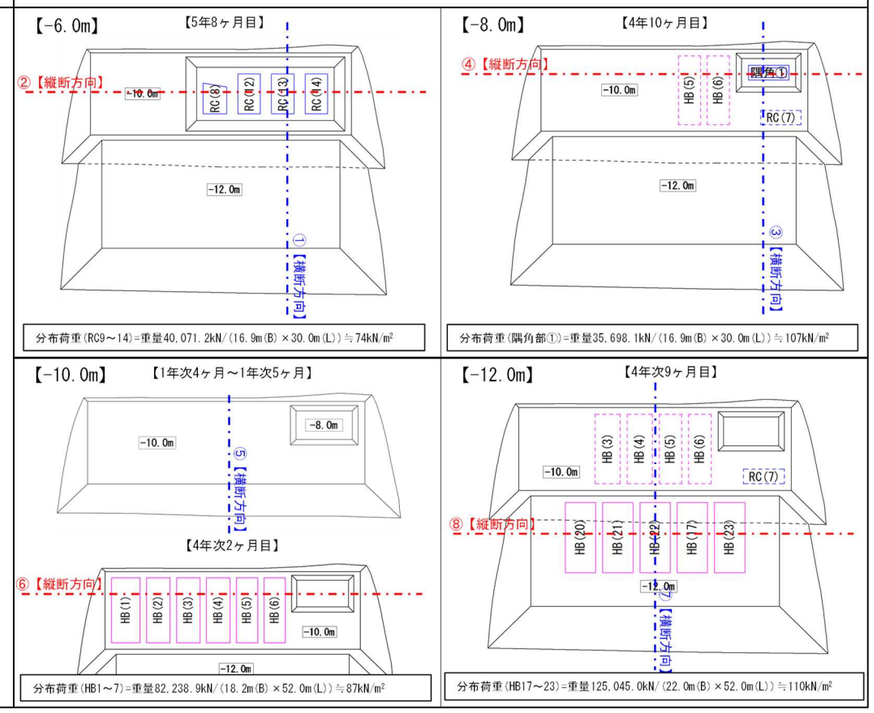
※7.1-10　地盤の安定性能照査

（１）検討方法

地盤の安定性能は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説　（平成 30 年 5 月)」P.1069～1070 に準拠し、円弧すべり計算（修正フェレニウス法）によって作用耐力比を計算し、照査した。

最も厳しい条件である C.D.L.-12m マウンドの横断方向の検討を行い、決定した法勾配の条件を全てのマウンドに適用した。各マウンドの検討モデルを表 20 に示す。

表 20 検討モデル

検討項目	検討モデル
円弧すべり	

調整係数は「港湾の施設の技術上の基準・同解説　（平成 30 年 5 月)」では仮設構造物の円弧すべり解析による安定解析における部分係数及び調整係数は設定されていない。そのため、「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年 5 月)」P.749 に準拠し、従来法に準じて $\gamma_s=1.00$、$\gamma_R=1.00$ と設定し、調整係数 m を従来の安全率相当の値に設定した。

安全率法を適用していた過去の「港湾の施設の技術上の基準・同解説 」において、仮設構造物の安全率は示されていないため、仮設構造物の計画安全率は、「道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年 6 月)」P.297 に示されている仮設 $F_{sp}=1.05$～1.10 を適用するものとし、安全側を考慮して $m=1.10$ とする。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年 5 月)」P.749 より抜粋

4.2 安定性の検討

4.2.1 円弧すべり面による安定解析

(1) 斜面の安定の検討は、地盤の特性に応じて、次式の修正フェレニウス（Fellenius）法による円弧すべり解析または**本章3.2.5 偏心傾斜した作用に対する支持力**に準じた適切な方法によって行うことができる。**式(4.2.1)**において、作用項に乗じる部分係数 γ_S、抵抗項に乗じる部分係数 γ_R、並びに調整係数 m は、施設の構造形式または改良地盤毎に提示されている部分係数を用いるものとする。なお、従来の安全率法による設計は γ_S=1.00、γ_R=1.00 と設定することに相当し、安全率に相当する m について、永続状態に対しては1.30以上、同一の地盤における実績等から照査に用いる定数の信頼性が高いと考えられる場合や、施工中に地盤の変位及び応力を観測する計測施工を実施する場合には、1.10以上の値を用いることができるとしていた[1]。これに倣って、部分係数 γ_S と γ_R が設定されていない場合には、従来法に準じて γ_S=1.00、γ_R=1.00 と設定し、調整係数 m を従来の安全率相当の値に設定して安定性を照査することができる。

$$m\cdot\frac{\gamma_S\cdot\left[\sum\left\{x\left(W_k+q_k\right)+aP_{Hk}\right\}\right]}{\gamma_R\cdot R\sum\left\{c_k\ell+\left(W'_k+q_k\right)\cos\theta\tan\phi_k\right\}}\le 1 \qquad (4.2.1a)$$

「道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年 6 月）」P.297 より抜粋

〔参考〕

設計は，崩壊が軽微な場合に適用される経験的設計法とそれ以外の安定計算による設計法とに分けられる。経験的設計法は，崩壊対策として標準勾配で切土をしたときに，深さ２ｍ程度の浅い崩壊または緩んだ岩塊の崩落が予測される場合に限って適用してよい。安定計算を省略した経験的設計諸元を参表 8－18 に示す。

安定計算による場合は，内的及び外的安定を検討する必要があり，これらは極限つり合い法により実施する。円弧すべりの場合の安定計算式を次に示す。

$$F_{sp}\leqq\frac{\sum c\cdot l+\sum(W-u\cdot b)\cos\alpha\cdot\tan\phi+P_r}{\sum W\cdot\sin\alpha} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (参\ 8-6)$$

ここに，F_{sp}：計画安全率（本設＝1.2，仮設＝1.05～1.10）

P_r ：補強材の抑止力

（$=T_m\cdot\cos\beta+T_m\cdot\sin\beta\cdot\tan\phi$）

T_m ：補強材の設計引張り力（$=\lambda\cdot T_{pa}$）

β ：補強材とすべり面となす角度

ϕ ：すべり面の内部摩擦角

λ ：補強材の引張り力の低減係数（＝0.7）

T_{pa} ：補強材の許容引張り耐力（$=min[T1_{pa}, T2_{pa}, T_{sa}]$）

（２）検討結果

円弧すべりに対する安定性を確保可能な法勾配及びケーソンとマウンド法肩との離隔及びその時の作用耐力比を表 21 及び表 22 に示す。

表 21 円弧すべりの検討結果（横断方向）

マウンド天端高	法勾配	法肩幅 (m)	作用耐力比＜1.0		判定結果
			マウンドのみ	仮置時	
C.D.L.-12m	1：2	25	0.996	0.941	OK
C.D.L.-10m	1：2	5	0.721	-	OK
C.D.L.-8m	1：2	5	0.521	0.523	OK
C.D.L.-6m	1：2	5	0.283	0.562	OK

※-10.00m はケーソン仮置時には-12.00m マウンドが施工されているため、検討は行っていない。

表 22 円弧すべりの検討結果（縦断方向）

マウンド天端高	法勾配	法肩幅 (m)	作用耐力比＜1.0		判定結果
			マウンドのみ	仮置時	
C.D.L.-12m	1：2	25	0.624	0.684	OK
C.D.L.-10m	1：2	5	0.545	0.658	OK
C.D.L.-8m	1：2	5	0.465	0.701	OK
C.D.L.-6m	1：2	5	0.498	0.649	OK

表 23　海上ヤードの円弧すべり計算結果【(横断方向)】

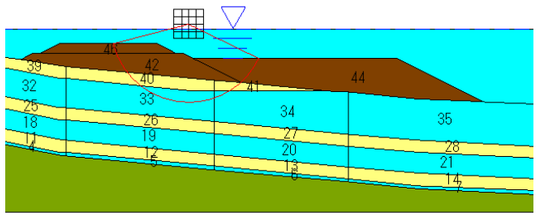
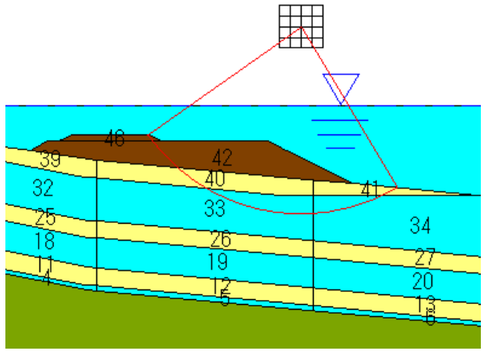
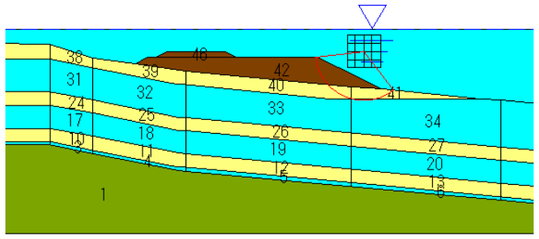
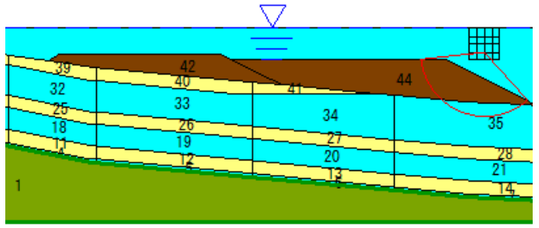
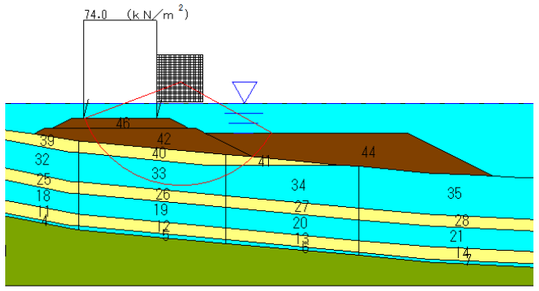
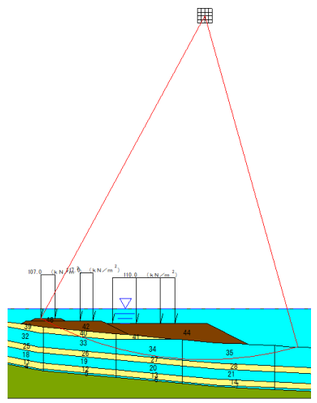
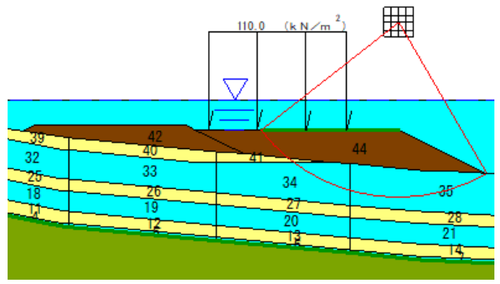
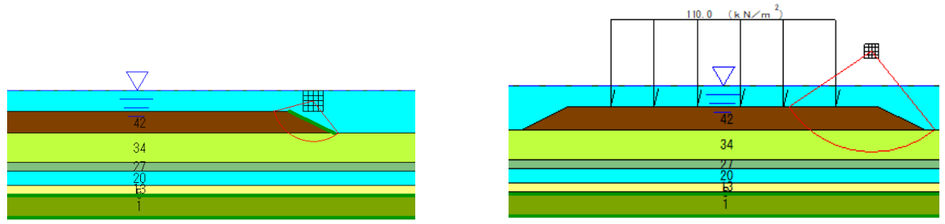
【-6m マウンド】 法勾配 1：2、法肩幅 5m、マウンドのみ	【-8m マウンド】 法勾配 1：2、法肩幅 5m、マウンドのみ	【-10m マウンド】 法勾配 1：2、法肩幅 5m、マウンドのみ	【-12m マウンド】 法勾配 1：2、法肩幅 25m、マウンドのみ
			
基準作用耐力比　Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比　= 0.283　≦ 1.0 (OK) 円弧の中心　X = -18.00 (m) Y = 2.00 (m) 半径　R = 32.000 (m) 抵抗モーメント　MR = 89719.2 (kN・m) 起動モーメント　MD = 25352.9 (kN・m) 調整係数　m = 1.10	基準作用耐力比　Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比　= 0.521　≦ 1.0 (OK) 円弧の中心　X = -11.00 (m) Y = 22.00 (m) 半径　R = 52.200 (m) 抵抗モーメント　MR = 146804.9 (kN・m) 起動モーメント　MD = 76433.8 (kN・m) 調整係数　m = 1.10	基準作用耐力比　Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比　= 0.721　≦ 1.0 (OK) 円弧の中心　X = -3.00 (m) Y = -8.00 (m) 半径　R = 17.800 (m) 抵抗モーメント　MR = 14729.5 (kN・m) 起動モーメント　MD = 10617.4 (kN・m) 調整係数　m = 1.10	基準作用耐力比　Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比　= 0.996　≦ 1.0 (OK) 円弧の中心　X = 82.00 (m) Y = -9.00 (m) 半径　R = 25.000 (m) 抵抗モーメント　MR = 34395.7 (kN・m) 起動モーメント　MD = 34255.1 (kN・m) 調整係数　m = 1.10
【-6m マウンド】 法勾配 1：2、法肩幅 5m、仮置荷重載荷	【-8m マウンド】 法勾配 1：2、法肩幅 5m、仮置荷重載荷	【-10m マウンド】 法勾配 1：2、法肩幅 5m、仮置荷重載荷	【-12m マウンド】 法勾配 1：2、法肩幅 25m、仮置荷重載荷
		—	
基準作用耐力比　Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比　= 0.562　≦ 1.0 (OK) 円弧の中心　X = -26.00 (m) Y = 9.00 (m) 半径　R = 42.720 (m) 抵抗モーメント　MR = 185261.1 (kN・m) 起動モーメント　MD = 104069.6 (kN・m) 調整係数　m = 1.10	基準作用耐力比　Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比　= 0.523　≦ 1.0 (OK) 円弧の中心　X = 66.00 (m) Y = 244.00 (m) 半径　R = 286.400 (m) 抵抗モーメント　MR = 3444474.3 (kN・m) 起動モーメント　MD = 1802358.6 (kN・m) 調整係数　m = 1.10	—	基準作用耐力比　Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比　= 0.941　≦ 1.0 (OK) 円弧の中心　X = 67.00 (m) Y = 32.00 (m) 半径　R = 71.400 (m) 抵抗モーメント　MR = 357954.0 (kN・m) 起動モーメント　MD = 336956.1 (kN・m) 調整係数　m = 1.10

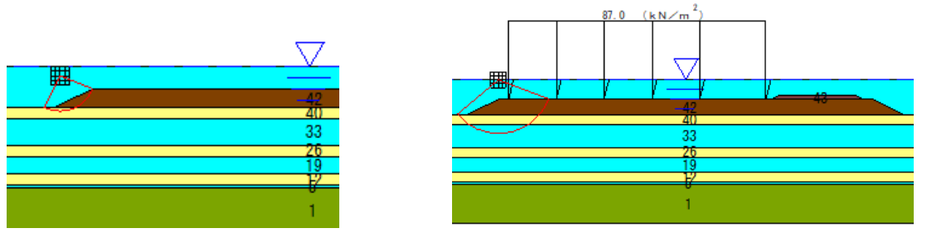
表 24　海上ヤードの円弧すべり計算結果【(縦断方向)】

【-12m マウンド】　法勾配 1：2、法肩幅 25m



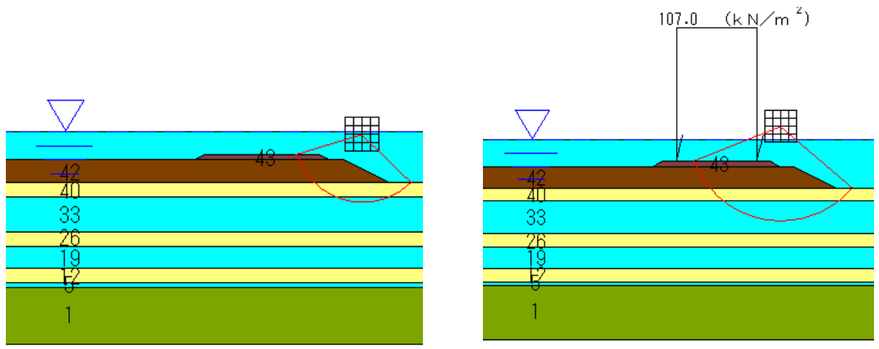
基準作用耐力比	Fs	=	1.000		基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.624	≦ 1.0 (OK)	円弧すべり作用耐力比		=	0.684	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	104.00	(m)	円弧の中心	X	=	86.00	(m)
	Y	=	-6.00	(m)		Y	=	20.00	(m)
半径	R	=	24.200	(m)	半径	R	=	57.800	(m)
抵抗モーメント	MR	=	40754.3	(kN・m)	抵抗モーメント	MR	=	321474.8	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	25414.0	(kN・m)	起動モーメント	MD	=	220021.9	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10		調整係数	m	=	1.10	

【-10m マウンド】法勾配 1：2、法肩幅 5m



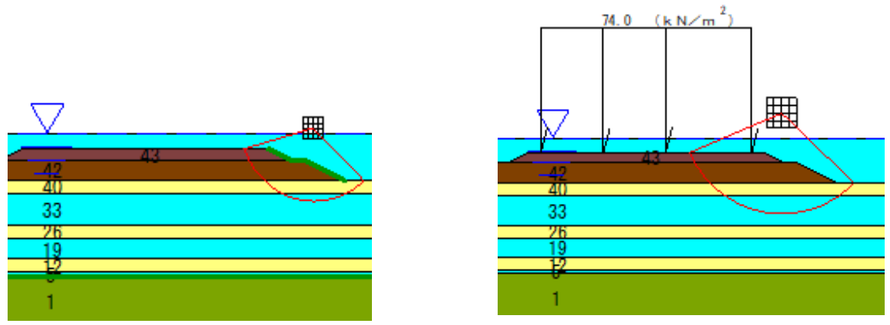
基準作用耐力比	Fs	=	1.000		基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.545	≦ 1.0 (OK)	円弧すべり作用耐力比		=	0.658	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	-112.00	(m)	円弧の中心	X	=	-98.00	(m)
	Y	=	-4.00	(m)		Y	=	0.00	(m)
半径	R	=	16.000	(m)	半径	R	=	28.200	(m)
抵抗モーメント	MR	=	7166.1	(kN・m)	抵抗モーメント	MR	=	82825.5	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	3907.1	(kN・m)	起動モーメント	MD	=	54529.3	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10		調整係数	m	=	1.10	

【-8m マウンド】法勾配 1：2、法肩幅 5m



基準作用耐力比	Fs	=	1.000		基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.465	≦ 1.0 (OK)	円弧すべり作用耐力比		=	0.701	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	104.00	(m)	円弧の中心	X	=	93.00	(m)
	Y	=	-1.00	(m)		Y	=	5.00	(m)
半径	R	=	24.200	(m)	半径	R	=	35.400	(m)
抵抗モーメント	MR	=	44711.0	(kN・m)	抵抗モーメント	MR	=	144220.3	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	20794.9	(kN・m)	起動モーメント	MD	=	101124.1	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10		調整係数	m	=	1.10	

【-6m マウンド】法勾配 1：2、法肩幅 5m



基準作用耐力比	Fs	=	1.000		基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.498	≦ 1.0 (OK)	円弧すべり作用耐力比		=	0.649	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	102.00	(m)	円弧の中心	X	=	92.00	(m)
	Y	=	2.00	(m)		Y	=	10.00	(m)
半径	R	=	27.800	(m)	半径	R	=	40.400	(m)
抵抗モーメント	MR	=	63561.9	(kN・m)	抵抗モーメント	MR	=	177127.8	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	31632.2	(kN・m)	起動モーメント	MD	=	115025.6	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10		調整係数	m	=	1.10	

※7.1-11　安定数 Ns によるハドソン式

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.238～239 より抜粋

6.6 波浪に対する被覆石及びブロックの安定性

6.6.1 斜面の被覆石及びブロックの所要質量[118) 119)]

(1) 一般

傾斜堤などの斜面被覆材は、内部の捨石を保護するものであり、それ自体が散乱しないように安定な質量を確保する必要がある。この安定な質量（所要質量）は、一般的に水理模型実験または適切な算定式によって求めることができる。

(2) 所要質量算定の基本式

波力を受ける傾斜構造物の表法面を被覆する捨石及びコンクリートブロックの所要質量の算定は、次式で示される安定数N_Sによるハドソン（Hudson）式を用いることができる[120)]。

$$M = \frac{\rho_r H^3}{N_S^3 (S_r - 1)^3} \qquad (6.6.1)$$

ここに、

M　：捨石またはコンクリートブロックの所要質量（t）

ρ_r　：捨石またはコンクリートブロックの密度（t/m^3）

H　：安定計算に用いる波高（m）

N_S　：安定数。主として被覆材の形状、勾配、被害率等によって決まる

S_r　：捨石またはコンクリートブロックの水に対する比重

※7.1-12　「ラブルネット積層工法　設計・施工マニュアル（平成 27 年 1 月）」P.9 より抜粋



解図－1.3 ラブルネット（袋体）の概観

解表－1.3　ラブルネット（袋体）の一般的な出来形

項　目	1ｔ用	2ｔ用	3ｔ用	4ｔ用
直　径(mm)	1,500~1,800	1,900~2,200	2,200~2,600	2,400~2,800
積層時の一段高さ(mm)	350~400	400~590	500~550	550~670

※7.1-13　施工速度の比較

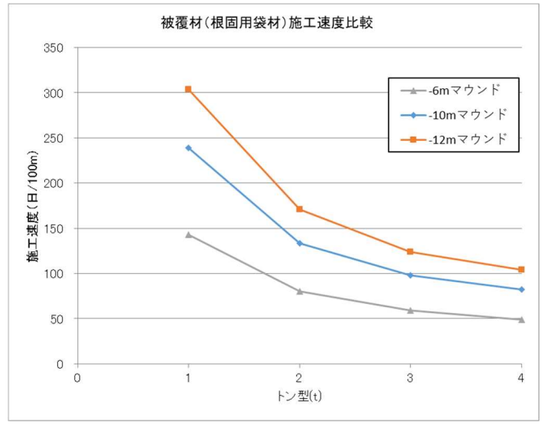


図 20　被覆材の施工速度比較

※7.1-14　所要質量の算定結果

表 25　各マウンドにおける被覆材の所要質量の算定結果

マウンド種類	検討潮位	d(m)	h(m)	B(m)	$L'_{1/3}$(m)	$B/L'_{1/3}$	d/h	Ns	$H_{1/3}$(m)	M(t)
-12m	H.W.L	14.2	28.2	25.0	168.2	0.15	0.50	1.4	1.9	2.55
	L.W.L	12.1	26.1	25.0	156.3	0.16	0.46	1.4	1.8	2.17
-10m	H.W.L	12.2	28.2	5.0	156.9	0.03	0.43	1.7	1.9	1.42
	L.W.L	10.1	26.1	5.0	148.9	0.03	0.39	1.7	1.5	0.70
-8m	H.W.L	10.2	28.2	5.0	156.9	0.03	0.36	1.7	1.9	1.42
	L.W.L	8.1	26.1	5.0	148.9	0.03	0.31	1.7	1.5	0.70
-6m	H.W.L	8.2	28.2	5.0	130.3	0.04	0.29	1.5	1.9	2.07
	L.W.L	6.1	26.1	5.0	117.0	0.04	0.23	1.4	1.5	1.26

※波長$L'_{1/3}$はマウンド天端上水深dにおける波長を示している。

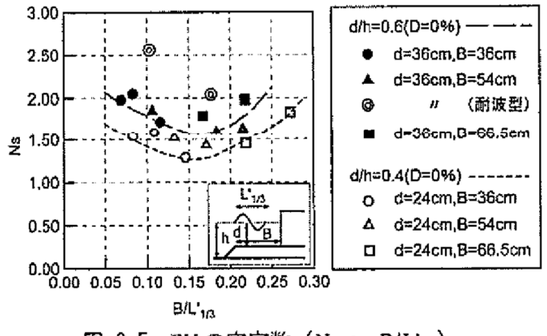


図-3.5　FU の安定数（Ns ～ $B/L'_{1/3}$）

港研報告p61

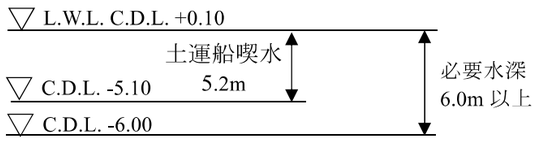
マウンド種類	最低規格
-12m	3t型
-10m	2t型
-8m	2t型
-6m	3t型

※7.2-1 揚土場に必要な水深

揚土場に必要な水深は、作業船（土運船 2,000m^3 級）の喫水 5.2m を考慮し設定した。

必要水深 ＝1.15×水深 ＝1.15×5.2＝5.98m ≒ 6.0m　であることから、

L.W.L.時に必要水深が確保できる海底地盤高は、C.D.L.-6.0m となる。



※7.2-2 設計波

設計波は、第 1 回技術検討会において提示した 10 年確率波の沖波諸元を用いて波高を算出し、各工区内において最も大きい波高を採用した（表 1 参照）。設計波一覧及び設計波算出ポイントを表 1 及び図 1 に示す。

表 1　設計波一覧表

| | | 工区 | N-9護岸 | | | | | | | | N-2揚土場 | | | N-8護岸 | | | | N-1揚土場 | | | N-7護岸 | | | | | | | |

※7.2-3 材料条件

使用材料は、港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.447、P498 に準拠し設定した。

表－2.1.1　材料の単位体積重量の特性値[1)]

材　料	単位体積重量の特性値 (kN/m^3)
鋼及び鋳鋼	77.0
鋳　鉄	71.0
アルミニウム	27.5
鉄筋コンクリート	24.0
無筋コンクリート	22.6
木　材	7.8
アスファルトコンクリート	22.6
石材（花こう岩）	26.0
石材（砂岩）	25.0
砂、砂利及び割ぐり石（乾燥状態）	16.0
砂、砂利及び割ぐり石（湿潤状態）	18.0
砂、砂利及び割ぐり石（飽和状態）	20.0

出典:　「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.447

表－5.3.1　裏込材の特性値

		せん断抵抗角 (°)	単位体積重量		法勾配
			残留水位上 (kN/m^3)	残留水位下 水中有効重量 (kN/m^3)	
割石	一般のもの	40	18	10	1:1.2
	もろい材質のもの	35	16	9	1:1.2
切込砂利		30	18	10	1:2～1:3
玉石		35	18	10	1:2～1:3

出典:　「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.498

※7.2-4

「実際に役立つ港湾の計算例」P.90,P.91 より抜粋

傾斜堤の天端高は、施工実績に基づく施工上の要因から設定する。

具体的には「実際に役立つ港湾の計算例」（土木施工設計計算例委員会編；山海堂）によるものとする。

ないので，防波堤ののりこう配は比較的急で，被覆消波ブロックののり肩の部分もあまり広くないが，砂層の厚い海岸では，かなりの洗掘沈下が予想されるので，たとえば以下に述べる方法などによって，対策を講じなければならない．

（イ） のりこう配をゆるやかにする．

（ロ） のり尻の部分に小段を設けて根固め工を施工する．

（ハ） 底面にグラベルマットを施工する．

（ニ） 被覆消波ブロックののり肩の部分を広くする（２～３個配置）．

ii） 稼 働 率

巻き出し工法は，陸上大形クローラクレーンを用いて堤体材料を投入していく工法である．したがって，下部工天端高は，それが高いほど施工に及ぼす影響が少ないが，そのかわり断面が大きくなり工費が増大する．一般に下部工天端高は，１年のうち特殊な期間（台風期または冬期）を除いて，平均 70 % 前後の稼働率が得られる高さとする場合が多い．

斜面への波の遡上高さについては多くの研究が行なわれ，堤脚水深が砕波水深より大きいときの，のりこう配 1：1～1：2 における平滑な斜面への波の遡上高さと沖波波高との比 R/H_0 は，外洋において稼働限界以下の波（周期 6 sec—12 sec，波高 2.0 m 以下）に対してはほぼ 2.0 程度であり[5),6)]，また消波ブロックで被覆された断面へのそれはほぼ 1.0 程度である[6),7)]．波がちょうど下部工天端に遡上するときが稼働限界となるので，R＝（下部工天端高）－（静水面）となる R が稼働限界遡上高となる．

いま，作業現場は，消波ブロックで完全に被覆された断面とはなっていないので，上記した平滑な斜面と消波ブロックで被覆された斜面の中間とみなして $R/H_0=1.5$ と考えると，波以外に休日や雨，風，濃霧などによる不稼働日が考えられるため，非超過出現率が 80～90 % となる $H_{0\,1/10}$ を求め，次式によって下部工天端高を求めると，一般には 70 % 前後の稼働率をうることができる．

$$h_{cL}=\mathrm{MWL}+1.5\,H_0{}'_{1/10}$$

ここに，h_{cL} は下部工天端高，MWL は平均潮位であ

表-1 陸上作業稼働率表（$H_{1/10}\leqq 1.8$ m）（計画）

月	暦日数 A(日)	公休日数 B(日)	出現率 $H_{1/10}\leqq 1.8$ m C(%)	降雨率 10 mm/day 以上 D(%)	吹風率 10 m/sec 以上 E(%)	稼働率 C－(D+E) F(%)	稼働日数 (A－B)×F G(日)	備考
1	31	4	84.5	5.5	3.7	75.3	20	年始休３日，定期休１日
2	28	1	82.4	7.5	2.2	72.7	20	定期休１日
3	31	1	70.2	7.9	5.5	56.8	17	〃
4	30	1	73.3	6.8	2.6	63.9	19	〃
5	31	1	74.2	8.6	2.5	63.1	19	〃
6	30	1	83.5	13.6	0.5	69.4	20	〃
7	31	1	88.3	11.2	0.2	76.9	23	〃
8	31	3	86.4	10.5	0.1	75.9	21	盆休２日，定期休１日
9	30	1	59.0	10.9	1.8	(46.3)	0	定期休１日
10	31	1	45.9	11.8	1.1	(33.0)	0	〃
11	30	1	78.5	5.9	1.3	71.3	23	〃
12	31	2	81.6	4.1	2.2	75.3	22	年末休１日，定期休１日
計	365	18					204	

（注） 降雨率，吹風率は，$H_{1/10}\leqq 1.80$ m 出現率に対する重複率である．現地波高記録は昭和 40 年度１カ年しかないので，それに小名浜港における観測記録を併用した．

表-2 海上作業稼働率表（$H_{1/10}\leqq 1.0$ m）（計画）

月	暦日数 A(日)	公休日数 B(日)	出現率 $H_{1/10}\leqq 1.0$ m C(%)	降雨率 10 mm/day 以上 D(%)	吹風率 10 m/sec 以上 E(%)	稼働率 C－(D+E) F(%)	稼働日数 (A－B)×F G(日)	備考
1	31	4	64.9	1.1	2.1	61.7	18	年始休３日，定期休１日
2	28	1	67.0	1.4	1.3	64.3	18	定期休１日
3	31	1	43.0	1.5	3.1	38.4	11	〃
4	30	1	29.7	1.3	1.5	26.9	8	〃
5	31	1	41.9	1.6	1.4	38.9	12	〃
6	30	1	44.3	2.6	0.3	41.4	12	〃
7	31	1	63.5	2.1	0.1	61.3	18	〃
8	31	3	58.8	2.0	0.1	56.7	16	盆休２日，定期休１日
9	30	1	26.2	2.1	1.0	(23.1)	0	定期休１日
10	31	1	10.1	2.3	0.7	(7.1)	0	〃
11	30	1	37.9	1.1	0.8	36.0	10	〃
12	31	2	42.8	0.8	1.3	40.7	12	年末休１日，定期休１日
計	365	18					134	

（注） 降雨率，吹風率は，$H_{1/10}\leqq 1.80$ m 出現率に対する重複率である．現地波高記録は昭和 40 年度１カ年しかないので，それに小名浜港における観測記録を併用した．

台風期の9、10月の稼働を0日としているが、この稼働を考慮すると全稼働日数は227日（18.9日／月）となり、実績値とほぼ一致している。

表-3 陸上作業稼働日数実績表（福島１号機防波堤工事）
S 42.1～S 44.5 南防波堤（S 42.4.27～S 43.2.10 は東防除堤）

月	日数（日）	稼働対象日数（日） 42年	43年	44年	平均A	稼働日数（日） 42年	43年	44年	平均B	稼働率 B/A (%)	作業時間（h） 42年	43年	44年	平均C	1日あたり平均作業時間 C/B (h)
1	31	27	25	26	26.0	24	23	24	23.7	91.2	237	238	259	244.7	10.3
2	28 (43年29)	28	27	28	27.7	23	17	20	20.0	72.2	250	153.5	206	203.2	10.2
3	31	29	29	30	29.7	27	23	20	23.3	78.5	292	233	214	246.3	10.6
4	30	29	28	28	28.3	24	19	18	20.3	71.7	265.5	185	194	214.8	10.6
5	31	29	29	29	29.0	25	17	27	23.0	79.3	260.5	162	286	236.2	10.3
6	30	28	29		28.5	21	24		22.5	78.9	226.5	250		238.3	10.6
7	31	29	29		29.0	27	20		23.5	81.0	279.5	233		256.3	10.9
8	31	28	28		28.0	18	21		19.5	69.6	181	211		196.0	10.1
9	30	30	29		29.5	8	12		10.0	33.9	83	113		98.0	9.8
10	31	29	—		29.0	19	—		19.0	65.5	191.5	—		191.5	10.1
11	30	28	29		28.5	22	23		22.5	78.9	225	253.5		239.3	10.6
12	31	29	29		29.0	19	17		18.0	62.1	185.5	170		177.8	9.9
計	365.3				342.2				245.3					2542.4	
平均					28.5				20.4	71.7				211.9	10.4

注） 1. 稼働対象日数とは暦日数から定休日を差し引いた日数である．
2. 作業または工程の都合上雨天などにおいても作業を行なった日があるが，そのなかで一般的に不稼働日と判断されるものは削除した．
3. この表は防波堤下部工施工の実績である．

る．なお波の指標として，$H_{1/3}$ を用いるとその波群のなかには $H_{1/3}$ を越える波が全体の 14 % もあって，かなりの時間，断続的に作業を中止しなければならない状態となり，事実上稼働不能である．また最大波を用いるのは，1 000～2 000 波中の１波に対してのみ作業不能となり，それではあまりに安全側すぎる．したがって，波の指標としては $H_{1/10}$ を用いる．

東電福島専用港工事においては，このような $H_{1/10}$ として 1.80 m を採用し，下部工天端高は OP +3.50 m（＝0.80 m＋1.5×1.80 m）と決定され，表-1，2 に示す稼働率を用いて施工計画を立案した．

また 表-3，4，5 は同工事における実績であり，両者は比較的一致している．

なお，海上作業稼働率表は，当工事において 25 t/個被覆テトラポッド（２層乱積）の据え付けのうち，陸上クローラクレーン（石川島コーリング 1295-S 25 t づり）では，据え付け不能な部分を 35 t づり自航式起重機船を使用したが，この自航式起重機船による被覆テトラポッド据え付け作業に適用するものである．

次に，福島地点における昭和 40 年２月～昭和 48 年３月の気象および海象観測（目視観測を含む）結果より，以下に示す稼働限界条件を用い，さらに昨今の労働事情より，日曜日を全休と考え，その他の特別休として，年始休３日，盆休３日，年末休２日を考慮して，月刊 土木施工誌（14 巻５号）の実際に役立つ港湾の計算例(VII)[8] で示した方法によって整理したものが 表-6，7 である．

表-4 陸上作業稼働日数実績表（福島５号機防波堤工事）北防波堤

年月	日数（日）	稼働対象日数 A（日）	稼働日 B（日）	稼働率 B/A (%)	作業時間（h）	1日あたり平均作業時間（h）
47.1	31	26	15	57.7	163.5	10.9
2	28	27	20	74.1	214.5	10.7
3	31	30	19	63.3	216	11.4
4	30	28	22	78.6	257.5	11.7
5	31	29	20	69.0	207	10.4
計	151	140	96		1 058.5	
平均			19.2	68.6	211.7	11.0

注） 1. 稼働対象日数とは，暦日数から定休日を差し引いた日数である．
2. 作業または工程の都合上，雨天などにおいても作業を行なった日があるが，そのなかで一般的に不稼働日と判断されるものは削除した．
3. この表は，防波堤下部工施工の実績である．

表-5 海上作業稼働日数実績表（福島１号機・防波堤工事）

月	日数（日）	稼働対象日数（日） 43年	44年	平均A	稼働日数（日） 43年	44年	平均B	稼働率 B/A (%)
1	31		26	26		12	12	46.2
2	28		27	27		10	10	37.0
3	31	29	29	29	15	11	13	44.8
4	30	28	28	28	10	10	10	35.7
5	31	29	29	29	9	16	12.5	43.1
6	30	28	30	29	12	17	14.5	50.0
7	31	29	30	29.5	14	18	16	54.2
8	31	28	28	28	17	19	18	64.3
9	30	29	28	28.5	5	11	8	28.1
10	31	—	29	29	—	8	8	27.6
11	30	28		28	13		13	46.4
12	31	29		29	7		7	24.1
計	365			340			142	
平均				28.3			11.8	41.8

陸上作業稼働限界条件
波　浪　　$H_{1/10}=1.80$ m

※7.2-5　中仕切護岸天端幅

N-1、N-2 護岸

「土木工事仮設計画ガイドブック（Ⅱ）平成 23 年改訂版」P.5 より抜粋

【参考：ダム工事における工事用道路】[6]

ダム工事における専用ダンプトラックの工事用道路幅員設定の例を以下に示す。

■道路の区分

・工事用道路（一車線）

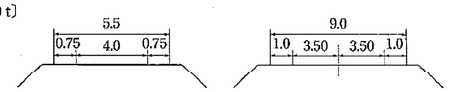
・工事用道路（二車線）

■道路の幅員構成

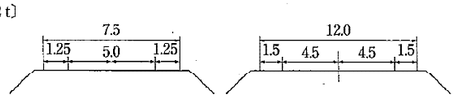
ダンプトラックの規格	幅員(m)	
	一車線	二車線
20t	5.5	9.0
32t	7.5	12.0
46t	8.0	13.0

注）上記幅員には保護路肩幅を含んでいないので必要に応じて計上する。

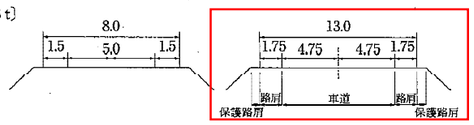
〔20 t〕



〔32 t〕



〔46 t〕



—5—

保護路肩に逸走防止用大型土嚢を配置し、天端幅 15.0m を用いた。（図 2 参照）

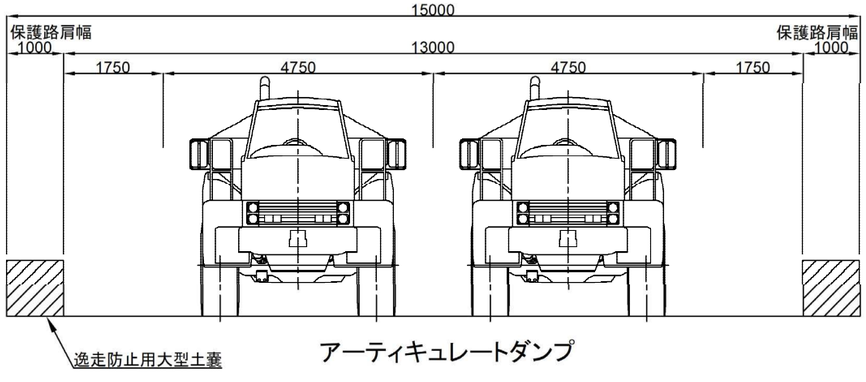


図 2　N-1, 2 護岸天端幅

N-6～9 護岸

クローラクレーン 150t 吊が作業可能な幅を用いた。（図 3 参照）

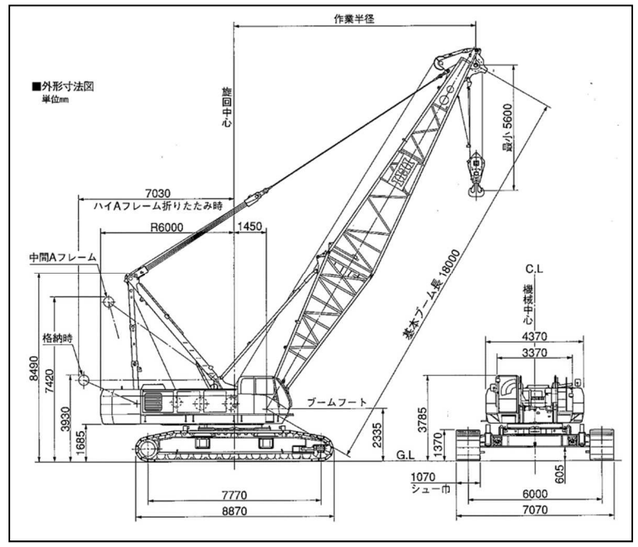


図 3　150t 吊クローラクレーンの外形図（一例）

※7.2-6　揚土場平面形状

揚土場の必要面積は、リクレーマ船による揚土と中仕切護岸（N-7、8、9）構築との同時施工が可能となるように決定した。

中仕切護岸構築のための石材運搬用の 10t ダンプトラックが転回できる幅 15m を確保した。

また、仮置土が置かれた状態で 40t 級アーティキュレートダンプ及びホイールローダが積込み、転回できるように幅 80m、奥行き 50m を確保した。

（図 4 参照）

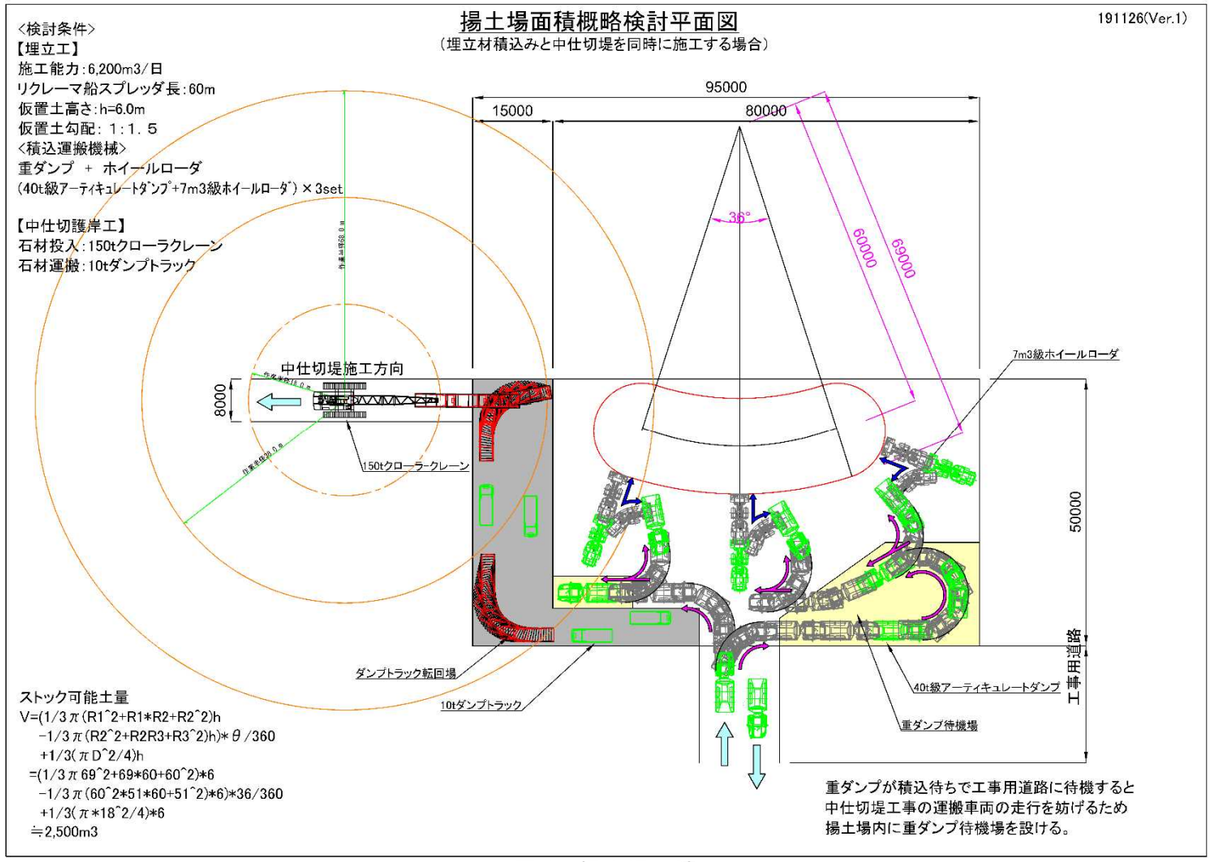


図 4　揚土場面積

※7.2-7

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.238 より抜粋

6.6 波浪に対する被覆石及びブロックの安定性

6.6.1 斜面の被覆石及びブロックの所要質量[118) 119)]

(1) 一般

傾斜堤などの斜面被覆材は、内部の捨石を保護するものであり、それ自体が散乱しないように安定な質量を確保する必要がある。この安定な質量（所要質量）は、一般的に水理模型実験または適切な算定式によって求めることができる。

(2) 所要質量算定の基本式

波力を受ける傾斜構造物の表法面を被覆する捨石及びコンクリートブロックの所要質量の算定は、次式で示される安定数N_Sによるハドソン（Hudson）式を用いることができる[120)]。

$$M = \frac{\rho_r H^3}{N_S{}^3 (S_r - 1)^3} \qquad (6.6.1)$$

ここに、

M　：捨石またはコンクリートブロックの所要質量（t）

ρ_r　：捨石またはコンクリートブロックの密度（t/m³）

H　：安定計算に用いる波高（m）

N_S　：安定数。主として被覆材の形状、勾配、被害率等によって決まる

S_r　：捨石またはコンクリートブロックの水に対する比重

※7.2-8

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.239 より抜粋

(6) 安定数N_SとK_D値

ハドソンは、1959年にイリバレンーハドソン（Iribarren-Hudson）式に代わるいわゆるハドソン式[120)]を発表した。このハドソン式は、**式（6.6.1）**をハドソン自身が発展させたものであり、

$$N_S{}^3 = K_D \cot\alpha \qquad (6.6.3)$$

として安定数N_Sの代わりに$K_D \cot\alpha$を用いた式である。

ここに、

α　：斜面が水平面となす角（°）

K_D　：主として被覆材の形状及び被害率などによって決まる定数

※7.2-9　被覆材の所要質量算定結果

各工区における被覆材の算定結果（所要質量による規格、施工速度による規格）を表 2 に示す。

傾斜堤の被覆材は、被覆ブロックを基本とするが、揚土場においては、揚土時及びブロック積出時に揚土場と使用船舶が接触する可能性を考慮し、揚土場と使用船舶への損傷の影響が小さい袋材とした。

表 2　各工区における被覆材の算定結果

工区	潮位	所要質量(t)	被覆材（被覆ブロック）の規格(t 型)	
			所要質量による規格	施工速度による規格
N-1	H.W.L.	0.25	0.5	4
	L.W.L.	0.12	0.5	
N-2	H.W.L.	0.31	0.5	4
	L.W.L.	0.09	0.5	
N-6	H.W.L.	1.13	2	4
	L.W.L.	0.38	0.5	
N-7	H.W.L.	0.50	1	4
	L.W.L.	0.14	0.5	
N-8	H.W.L.	0.38	0.5	4
	L.W.L.	0.09	0.5	
N-9	H.W.L.	0.74	1	4
	L.W.L.	0.46	0.5	
工区	潮位	所要質量(t)	被覆材（袋材）の規格(t 型)	
			所要質量による規格	施工速度による規格
N-1 揚土場	H.W.L.	0.28	1	4
	L.W.L.	0.17	1	
N-2 揚土場	H.W.L.	0.87	1	4
	L.W.L.	0.13	1	

・N-1

SE　H.W.L.

諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.4	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		非砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.25	t	

SE　L.W.L.

諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.1	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		非砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.12	t	

・N-2

SE　H.W.L.

諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.5	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.31	t	

SSE　L.W.L.

諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.0	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.09	t	

・N-6

SE　H.W.L.

諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	2.3	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		非砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	1.13	t	

SE　L.W.L.

諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.6	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		非砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.38	t	

・N-8

SE　H.W.L.

諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.6	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		非砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.38	t	

SE　L.W.L.

諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.0	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		非砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.09	t	

・N-1揚土場

SE　H.W.L.

諸元		数値	単位	適用
中詰材密度	ρ_r	2.40	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.3	m	10年確率波
安定数	K_D	6.00		
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.33		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.28	t	

SE　L.W.L.

諸元		数値	単位	適用
中詰材密度	ρ_r	2.40	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.1	m	10年確率波
安定数	K_D	6.00		
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.33		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.17	t	

・N-2揚土場

SE　H.W.L.

諸元		数値	単位	適用
中詰材密度	ρ_r	2.40	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.9	m	10年確率波
安定数	K_D	6.00		
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.33		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.87	t	

SE　L.W.L.

諸元		数値	単位	適用
中詰材密度	ρ_r	2.40	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.1	m	10年確率波
安定数	K_D	6.00		
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.33		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.17	t	

・N-7

SE　H.W.L.

諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	2.3	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		非砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	3.00		1:3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.50	t	

SE　L.W.L.

諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.5	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		非砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	3.00		1:3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.14	t	

・N-9

SE　H.W.L.

諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	2.0	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.74	t	

SE　L.W.L.

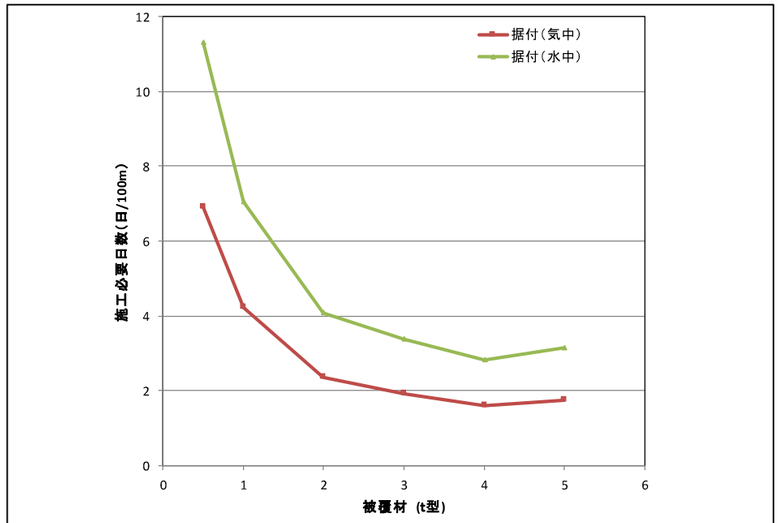
諸元		数値	単位	適用
コンクリート密度	ρ_r	2.30	t/m3	
安定計算に用いる波高	$H_{1/3}$	1.7	m	10年確率波
安定数	K_D	10.00		砕波の場合
斜面が水平となす角	cot α	1.33		1:4/3
海水に対する比重	S_r	2.23		
被覆ブロック所要質量	M_d	0.46	t	

安定数 K_D は、カタログより設定した。（被覆ブロック K_D=10、袋材 K_D=6.0）

※7.2-10　被覆材の施工速度によるランク比較

被覆材の所要質量を算出後、施工速度についてランク比較を行った。

被覆材の施工速度によるランク比較結果を図 5 に示す。結果より被覆材 4t 型の施工速度が速くなる結果となった。



被覆ブロック比較表（延長100m当たり）

規格	数量		能力		必要日数		
	据付(気中)（個/100m）	据付(水中)（個/100m）	据付(気中)（個/日）	据付(水中)（個/日）	据付(気中)（日/100m）	据付(水中)（日/100m）	据付(合計)（日/100m）
0.5	629.6	1,028.4	91.0	91.0	6.92	11.30	18.22
1.0	384.0	641.0	91.0	91.0	4.22	7.04	11.26
2.0	214.7	370.2	91.0	91.0	2.36	4.07	6.43
3.0	175.2	306.0	91.0	91.0	1.93	3.36	5.29
4.0	145.1	257.1	91.0	91.0	1.59	2.83	4.42
5.0	121.8	219.1	70.0	70.0	1.74	3.13	4.87

図 5　被覆材の施工速度比較

※7.2-11 検討ケース

地盤の安定性能照査を行う検討ケースを図 6 に示す。

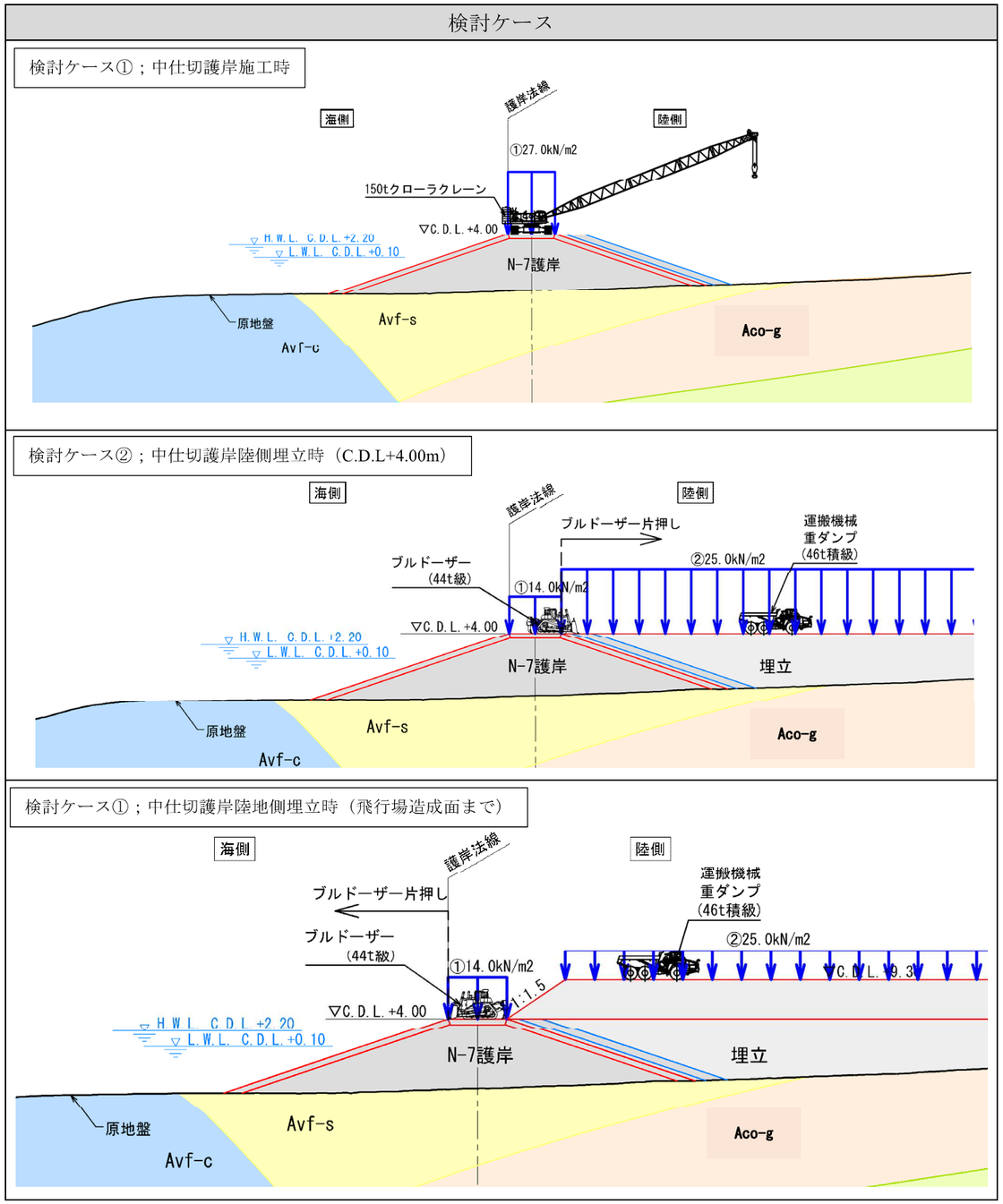


図 6　中仕切護岸における安定性照査の荷重ケース

※7.2-12 検討条件

検討に用いる上載荷重は、各検討ケースで最も荷重が大きくなる使用機械を用いた。揚土場は使用機械及び仮置土（高さ=6.0m、法勾配 1:1.5）の荷重を用いた。

各検討ケースに使用する上載荷重を表 3 に示す。

表 3　上載荷重

検討ケース	上載荷重(kN/m^2)	
中仕切護岸及び揚土場（施工時）	クローラクレーン(150t 吊)	27.0
中仕切護岸（陸地側埋立時）	重ダンプトラック(46t 積)	25.0
	ブルドーザー(44t 積)	14.0
揚土場（揚土時）	仮置土	0.0～108.0 (三角形分布荷重)

【施工重機荷重の整理】

① 150t クローラクレーン作業時荷重

施工時（本体築造時）の上載荷重は、150t 吊クローラクレーン（図 7 参照）の作業時荷重を考慮し次のとおりとした。

・クレーンの総重量　　：約 160t（カウンタウエイト込み）
・吊り荷重（基礎捨石投入時）：約 10t
・総 重 量　　：W≒170t
・クレーンの投影面積　　：A＝8.87m×7.07m≒62.71m^2
・上載荷重：Q＝W/A＝170t÷62.71m^2≒2.71t/m^2（2.71×9.81≒27.0kN/m^2）

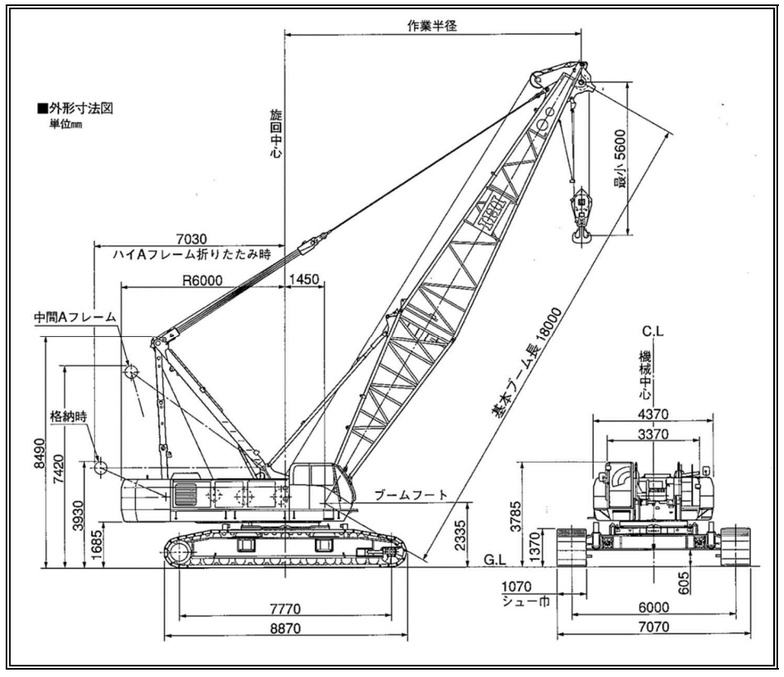


図 7　150t 吊クローラクレーンの外形図（一例）

② 重ダンプトラック（46t 積）

埋立土砂の運搬に使用する重ダンプトラック（46t 積）の荷重は 775G の値を参考とし、次のとおりとした。

・重ダンプの総重量　　：約 111.8t
・投影面積　　：A＝10.075m×4.41m≒44.43m^2
・上載荷重：Q＝W/A＝111.8t÷44.43m^2≒2.52t/m^2（2.52×9.81≒25.0kN/m^2）

外形図（単位：mm）

●図は773Gです。［ ］内の数値は775Gです。

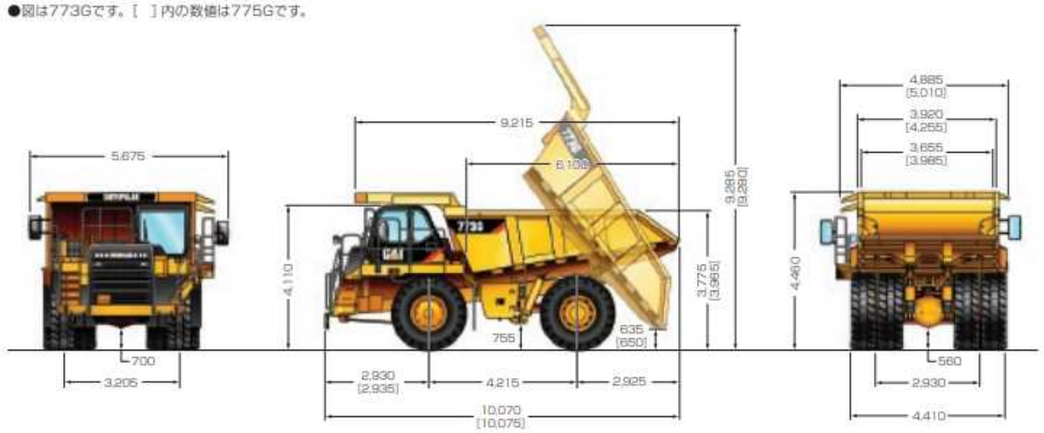


図 8　重ダンプトラックの外形図（一例）

③ アーティキュレートダンプ（40t 積）

埋立土砂の運搬に使用するアーティキュレートダンプ（40t 積）の荷重は次のとおりとした。

・重ダンプの総重量　　：約　72.75t
・投影面積　　：A＝10.89m×3.43m≒37.35m^2
・上載荷重：Q＝W/A＝72.75t÷37.35m^2≒1.95t/m^2（1.95×9.81≒20.0kN/m^2）

外形図　［単位：mm］

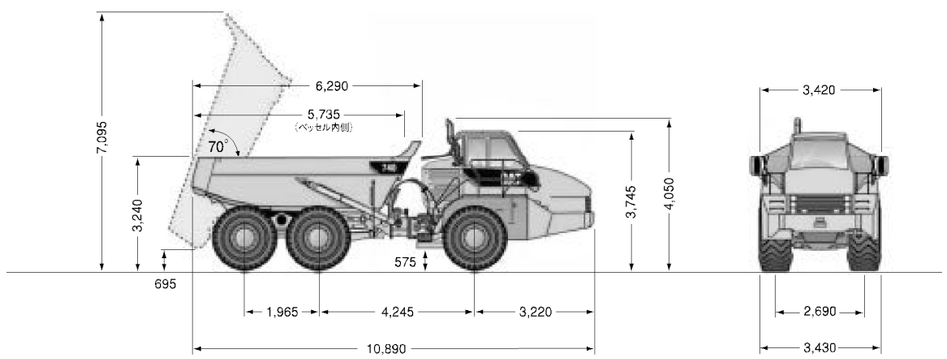


図 9　アーティキュレートダンプの外形図（一例）

重ダンプトラック（46t 積）

			773G	775G
定格出力(Net)		kW(PS)	546(/42)	584(/94)
定格積載量※1		ton	48	–
最大積載量※2		ton	52.2	60.6
最高速度		km/hr	67.6	
最小回転半径	最外輪中心	m	11.75	
	最外側	m	13.05	
重量	運転質量	kg	50,500	51,200
	最大車両総質量	kg	102,700	111,800
	重量配分 空車時(前軸/後軸)	%	50/50	49/51
	重量配分 積載時(前軸/後軸)	%	35/65	34/66
寸法	全長(全装備)	mm	10,070	10,075
	全タイヤ外幅	mm	4,410	
	全幅 ミラー等を含む	mm	5,675	
	全高 ベッセル上端	mm	3,775	3,965
	全高 キャノピ上端	mm	4,460	
	ホイールベース	mm	4,215	
	トレッド幅(前/後)	mm	3,205/2,930	
	フロントオーバーハング	mm	2,930	2,935
	リアオーバーハング	mm	2,925	
	最低地上高	mm	560	
エンジン	名称		CAT C27ディーゼルエンジン(ACERT)	
	形式		4サイクル直噴式、ターボチャージャ、空冷式アフタークーラ付	
	定格出力(Gross)	kW(PS)	578(786)	615(836)
	定格回転	rpm	2,000	
	シリンダ数−内径×行程		12−137mm×152mm	
	総行程容積	ℓ	27.0	
トランスミッション	トランスミッション形式		フルオートマチックプラネタリ式 ECPC電子制御	
	トルクコンバータ形式		3要素1段2相 ロックアップクラッチ付	
	速度段		前進7段 後進1段	
	走行速度 速度段		1	2	3	4	5	6	7
	走行速度 前進	km/h	10.8	15.1	20.4	27.4	37.0	50.5	67.6
	走行速度 後進	km/h	14.1	–	–	–	–	–	–

※1：定格積載量は、損傷等運転の使われ方を考慮し、車両総質量が最大車両総質量を超えないように定めた定格量です。
※2：最大積載量は、標準仕様車が積むことのできる最大値を示し、現場での加修やオプションの状況により異なります。車両総質量が最大総質量を超えないようにお使いください。

アーティキュレートダンプ（40t 積）

■ 主要諸元

		740
運転質量	kg	33,250
最大積載質量	kg	39,500
総質量	kg	72,750
寸法 全長	mm	10,890
寸法 全幅	mm	3,430
寸法 全高(キャブ上端まで)	mm	3,745
寸法 ホイールベース	mm	5,230
寸法 トレッド(前後輪とも)	mm	2,690
寸法 最低地上高	mm	575
寸法 荷台長さ	mm	6,290
寸法 荷台幅(外側)	mm	3,420
寸法 積込高さ	mm	3,240
寸法 ダンプ時最大高さ	mm	7,095
寸法 ダンプ時荷台後縁最低地上高	mm	695
寸法 最大ダンプ角度	度	70
寸法 最小旋回半径(車体最外側)	mm	8,600
エンジン 名称		CAT JDS-C15ディーゼルエンジン[ACERT]
エンジン 形式		4サイクル 水冷直列直噴式 ターボチャージャ・アフタークーラ付
エンジン シリンダ数−内径×行程		6−137mm×171mm
エンジン 総行程容積	ℓ	15.2
エンジン 定格出力	kW	327(445PS)
エンジン 定格回転数	min^{-1}	1,700(1,700rpm)

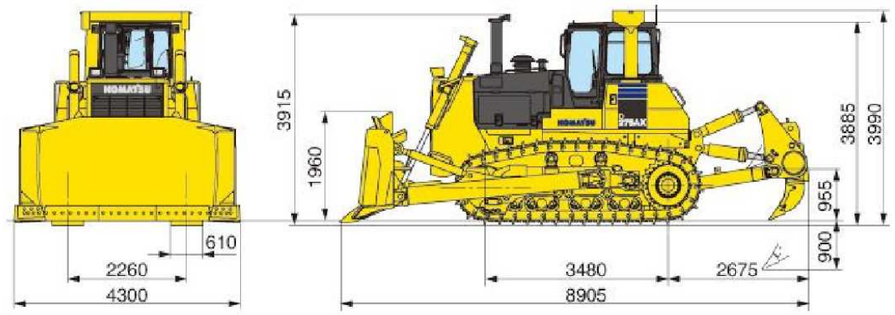
			740						
走行速度 速度段			1	2	3	4	5	6	7
走行速度 前進		km/h	8.9	12.1	16.4	22.0	29.9	40.3	54.7
走行速度 後進		km/h	8.4	11.6	–	–	–	–	–
トランスミッション 形式			プラネタリ式電子制御フルオートマチックパワーシフト						
トランスミッション 速度段			前進7段／後進2段						
トランスミッション トルクコンバータ形式			自動ロックアップ式						
ファイナルドライブ 形式			プラネタリギヤ式						
ファイナルドライブ ディファレンシャル形式			インターアクスルデフ＋クロスアクスルデフ						
タイヤサイズ			29.5R25 ラジアルタイヤ						
ブレーキ サービスブレーキ形式			密閉湿式多板ディスク						
ブレーキ 駐車ブレーキ形式			ドライブシャフト制動スプリング作動油圧解放式						
ブレーキ リターダブレーキ形式			エンジンコンプレッションリターダ（吸気リターダ）						
ステアリング 形式			フレーム屈折式パワーステアリング						
ステアリング 操向角度		度	45						
サスペンション 形式	トラクタ部		ニューマチックオイルサスペンション						
サスペンション 形式	トレーラ部		機械式バランスビームサスペンション						
荷台 容量	平積	m^3	18.5						
荷台 容量	山積	m^3	24.0						
荷台 ホイストスピード(上げ/下げ)		秒	12 / 7						
容量 燃料タンク(軽油)		ℓ	532						
容量 冷却水		ℓ	80						
容量 クランクケース		ℓ	38						

④ ブルドーザー（46t 級）

片押し施工による陸上撒き出しに使用するブルドーザー（46t 級）の荷重は次のとおりとした。

・ブルドーザーの総重量　　：約 54.44t
・投影面積　　：A＝4.300m×8.905m≒38.29m^2
・上載荷重：Q＝W/A＝54.44t÷38.29m^2≒1.42t/m^2（1.42×9.81≒14.0kN/m^2）

外形図



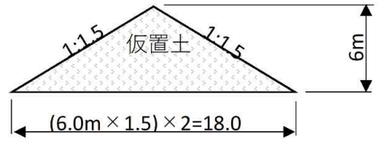
スペック表

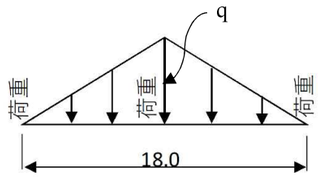
項目	単位	D275AX-5E0
機械質量	kg	50840
定格出力	kW	335
接地圧	kPa(kgf/cm^2)	118.0(1.20)
接地長	mm	3480
全長	mm	8905
全幅(本体)	mm	2925
全高	mm	3990
エンジン名称		SAA6D140E-5
総排気量	cc	15240
ブレード形式		セミUドーザ
ブレード幅	mm	4300
ブレード高さ	mm	1960
履帯幅	mm	610
特定特殊自動車届出型式		コマツ0D076
定格出力 ｸﾞﾛｽ(JIS D0006-1)	kW	337.0
エンジン指定型式		コマツSAA6D140E-5-A
低騒音／排ガス		少数・特

図 10　ブルドーザー(46t 級)の外形図・主要諸元（一例）

⑤ 仮置土

揚土場の検討に用いる仮置土は H=6.0m、法勾配 1:1.5 として次のとおりとした。





荷重

q=18.0(kN/m^3)×6.0（m）＝108.0（kN/m^2）

※7.2-13

「港湾の施設の技術上の基準・同解説　（平成 30 年 5 月）」では仮設構造物の円弧すべり解析による安定解析における部分係数及び調整係数は設定されていない。そのため、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.749 に準拠し、従来法に準じて γ_S＝1.00、γ_R＝1.00 と設定し、調整係数 m を従来の安全率相当の値に設定した。

なお、安全率法を適用していた過去の「港湾の施設の技術上の基準・同解説 」において、仮設構造物の安全率は示されていないため、仮設構造物の計画安全率は、「道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年 6 月）」P.297 に示されている仮設 F_{sp}＝1.05～1.10 を適用するものとし、安全側を考慮して m＝1.10 とする。

4.2 安定性の検討

4.2.1 円弧すべり面による安定解析

(1) 斜面の安定の検討は、地盤の特性に応じて、次式の修正フェレニウス（Fellenius）法による円弧すべり解析または**本章3.2.5 偏心傾斜した作用に対する支持力**に準じた適切な方法によって行うことができる。**式(4.2.1)** において、作用項に乗じる部分係数 γ_S、抵抗項に乗じる部分係数 γ_R、並びに調整係数 m は、施設の構造形式または改良地盤毎に提示されている部分係数を用いるものとする。なお、従来の安全率法による設計は γ_S=1.00、γ_R=1.00 と設定することに相当し、安全率に相当する m について、永続状態に対しては 1.30 以上、同一の地盤における実績等から照査に用いる定数の信頼性が高いと考えられる場合や、施工中に地盤の変位及び応力を観測する計測施工を実施する場合には、1.10 以上の値を用いることができるとしていた[1)]。これに倣って、部分係数 γ_S と γ_R が設定されていない場合には、従来法に準じて γ_S=1.00、γ_R=1.00 と設定し、調整係数 m を従来の安全率相当の値に設定して安定性を照査することができる。

$$m \cdot \frac{\gamma_S \cdot \left[\sum \left\{x\left(W_k + q_k\right) + aP_{Hk}\right\}\right]}{\gamma_R \cdot R \sum \left\{c_k \ell + \left(W'_k + q_k\right)\cos\theta \tan\phi_k\right\}} \leq 1 \qquad (4.2.1a)$$

「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年 5 月)」P.749

〔参考〕

設計は，崩壊が軽微な場合に適用される経験的設計法とそれ以外の安定計算による設計法とに分けられる。経験的設計法は，崩壊対策として標準勾配で切土をしたときに，深さ２ｍ程度の浅い崩壊または緩んだ岩塊の崩落が予測される場合に限って適用してよい。安定計算を省略した経験的設計諸元を参表 8－18 に示す。

安定計算による場合は，内的及び外的安定を検討する必要があり，これらは極限つり合い法により実施する。円弧すべりの場合の安定計算式を次に示す。

$$F_{sp} \leqq \frac{\sum c \cdot l + \sum (W - u \cdot b) \cos\alpha \cdot \tan\phi + P_r}{\sum W \cdot \sin\alpha} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (参\ 8-6)$$

ここに，F_{sp}：計画安全率（本設＝1.2，仮設＝1.05～1.10）

P_r ：補強材の抑止力

（＝$T_m \cdot \cos\beta + T_m \cdot \sin\beta \cdot \tan\phi$）

T_m ：補強材の設計引張り力（＝$\lambda \cdot T_{pa}$）

β ：補強材とすべり面となす角度

ϕ ：すべり面の内部摩擦角

λ ：補強材の引張り力の低減係数（＝0.7）

T_{pa}：補強材の許容引張り耐力（＝$min[T1_{pa}, T2_{pa}, T_{sa}]$）

「道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年 6 月）」P.297

※7.2-14 法面の安定勾配の検討

法面勾配は、円弧すべりに対し、安定する勾配とする。中仕切護岸及び揚土場の堤体高により安定する勾配が変わるため、堤体高を変化させて、必要となる法勾配を整理した。なお、中仕切護岸及び揚土場周辺の表層地盤は、Aco-g 層、Avf-s 層、Avf-c 層の 3 通りがあるため、それぞれの地盤に対し必要となる法勾配を整理した（図 12 参照）。

また、表 5 及び図 12 に安定計算結果より整理した法勾配と堤体高の関係性を示す。

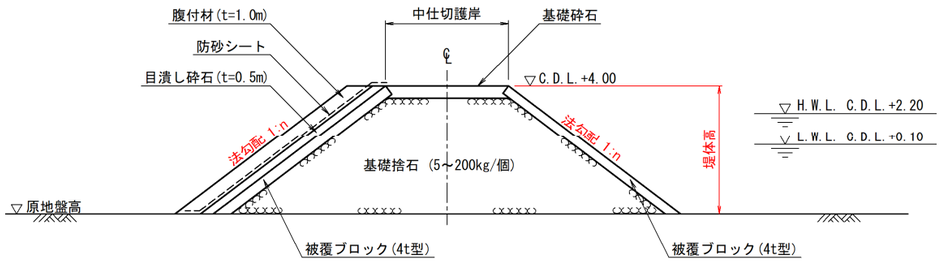


図 11　法勾配と堤体高の関係性

検討に用いる現地盤は、各工区の縦断図より最浅部及び最深部を設定した。

表 4 に中仕切護岸及び揚土場の現地盤高と堤体高を示す。

表 4　中仕切護岸及び揚土場の現地盤高と堤体高

工区	表層地盤	原地盤高 C.D.L.(m)			堤体高(m)		
N-1	Aco-g	-0.9	～	1.9	4.9	～	2.1
N-1 揚土場	Aco-g	-3.1	～	-1.0	7.1	～	5.0
N-2	Aco-g	-2.9	～	3.6	6.9	～	0.4
N-2揚土場	Aco-g	-4.0	～	-3.0	8.0	～	7.0
N-6	Aco-g	-9.4	～	-0.5	13.4	～	4.5
N-7	Aco-g,Avf-s	-6.6	～	-1.1	10.6	～	5.1
N-8	Aco-g	-6.1	～	-3.2	10.1	～	7.2
N-9	Aco-g	-6.6	～	-3.0	10.6	～	7.0

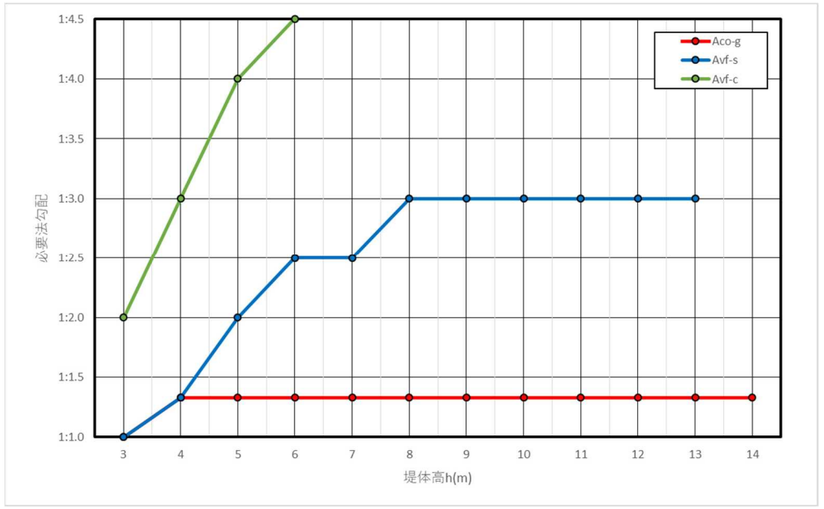


図 12　法勾配と堤体高の関係性

表 5　法勾配と堤体高の組み合わせ関係性結果

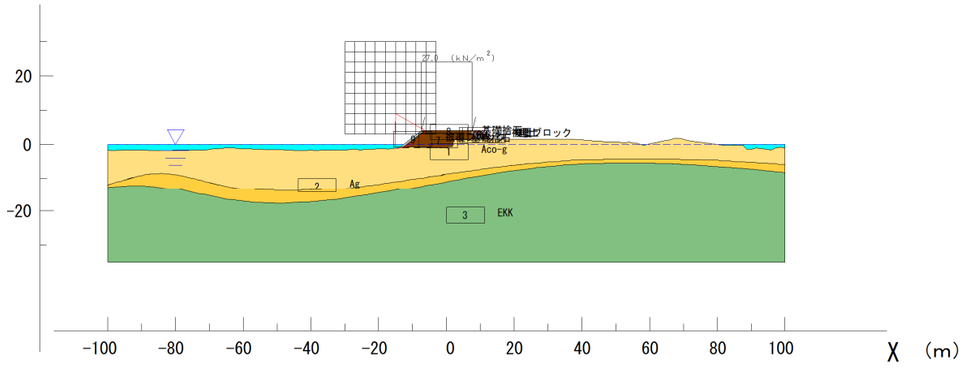
土層	盛土高	中仕切護岸施工時 検討ケース① 勾配 1:1.0	1:4/3	1:1.5	1:2.0	1:2.5	1:3.0	1:3.5	1:4.0	1:4.5	必要法勾配	中仕切護岸陸地側埋立時 C.D.L.+4.00mまで埋立 検討ケース② 勾配 1:4/3	飛行場造成面まで埋立 検討ケース③ 勾配 1:4/3	
Aco-g	3.0	0.634	-	-	-	-	-	-	-	-	1:1.0	-	-	
	4.0	1.035	0.862	-	-	-	-	-	-	-	1:4/3	0.338	0.855	
	5.0	-	0.912	-	-	-	-	-	-	-	1:4/3	-	-	
	6.0	-	0.969	-	-	-	-	-	-	-	1:4/3	0.964	0.964	
	7.0	-	0.989	-	-	-	-	-	-	-	1:4/3	-	-	
	8.0	-	0.980	-	-	-	-	-	-	-	1:4/3	0.967	0.967	
	9.0	-	0.998	-	-	-	-	-	-	-	1:4/3	-	-	
	10.0	-	0.984	-	-	-	-	-	-	-	1:4/3	0.974	0.966	
	11.0	-	0.976	-	-	-	-	-	-	-	1:4/3	-	-	
	12.0		0.956								1:4/3	0.968	0.968	
	13.0	-	0.975	-	-	-	-	-	-	-	1:4/3	-	-	
	14.0		0.974								1:4/3	0.957	0.957	
Avf-s	盛土高	1:1.0	1:4/3	1:1.5	1:2.0	1:2.5	1:3.0	1:3.5	1:4.0	1:4.5	必要法勾配	1:3.0	1:3.0	
	2.0	0.795	-	-	-	-	-	-	-	-	1:1.0	-	-	
	3.0	1.024	0.977	0.964	-	-	-	-	-	-	1:4/3	-	-	
	4.0	-	1.063	1.020	0.944	-	-	-	-	-	1:2.0	0.590	0.980	離隔：5m
	5.0	-	-	-	1.022	0.940	-	-	-	-	1:2.5	-	-	
	6.0	-	-	-	-	0.964	-	-	-	-	1:2.5	-	-	
	7.0	-	-	-	-	1.004	0.896	-	-	-	1:3.0	0.850	0.999	離隔：9m
	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1:3.0	-	-	
	9.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1:3.0	-	-	
	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1:3.0	-	-	
	11.0	-	-	-	-	-	0.929	-	-	-	1:3.0	0.891	0.991	離隔：14m
	12.0	-	-	-	-	-	0.910	-	-	-	1:3.0	0.894	0.997	離隔：14m
Avf-c	盛土高	1:1.0	1:4/3	1:1.5	1:2.0	1:2.5	1:3.0	1:3.5	1:4.0	1:4.5	必要法勾配			
	2.0	1.173	1.036	1.095	0.965	-	-	-	-	-	1:2.0			
	3.0	-	-	-	1.149	1.030	0.972	-	-	-	1:3.0			
	4.0	-	-	-	-	-	1.108	1.033	0.989	-	1:4.0			
	5.0	-	-	-	-	-	-	-	1.011	0.990	1:4.5			

※表中の　　は円弧すべりで安定

表 6　各工区の円弧すべり(1/4)

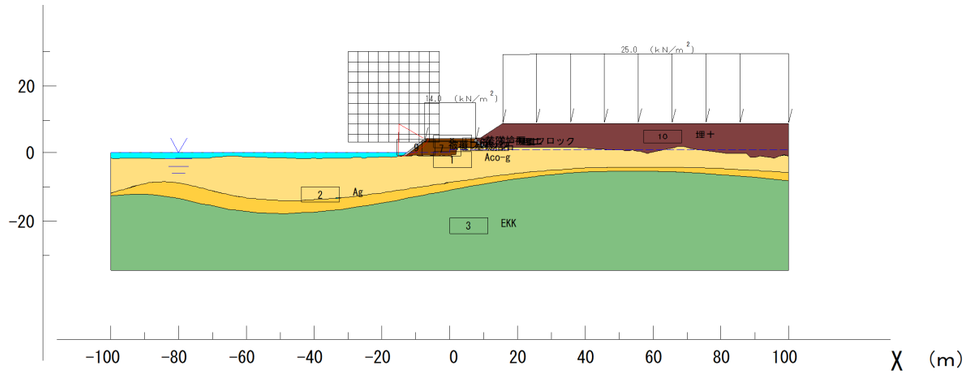
N-1 護岸

施工時



基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.953	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	-15.00	(m)
	Y	=	9.00	(m)
半径	R	=	10.100	(m)
抵抗モーメント	MR	=	1554.6	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	1480.8	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10	

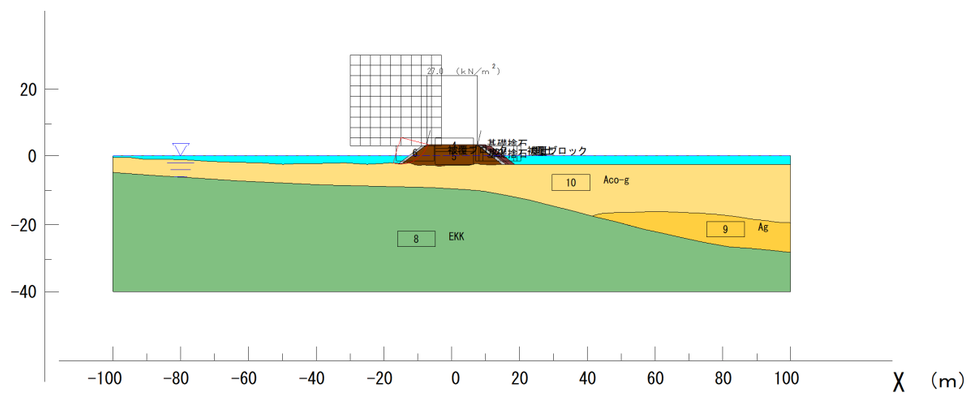
完成時（陸地側埋立時（飛行場造成面まで））



基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.905	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	-15.00	(m)
	Y	=	9.00	(m)
半径	R	=	10.100	(m)
抵抗モーメント	MR	=	1471.9	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	1332.5	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10	

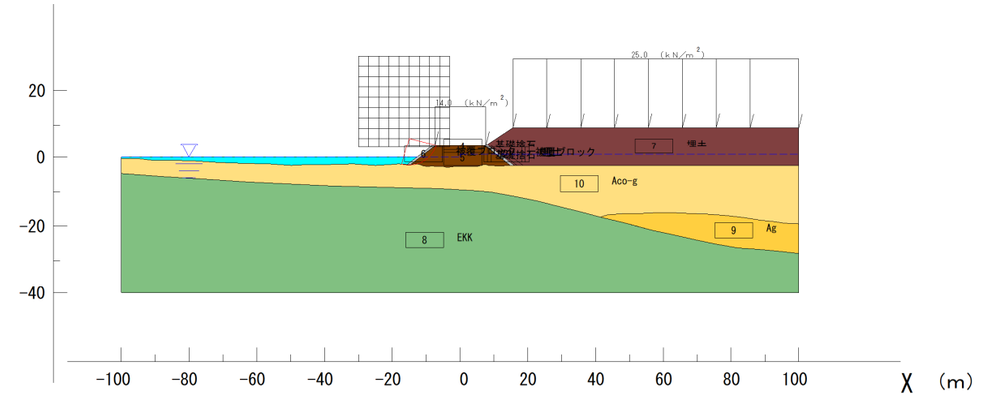
N-2 護岸

施工時



基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.980	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	-15.00	(m)
	Y	=	6.00	(m)
半径	R	=	8.400	(m)
抵抗モーメント	MR	=	1584.5	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	1553.6	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10	

完成時（陸地側埋立時（飛行場造成面まで））

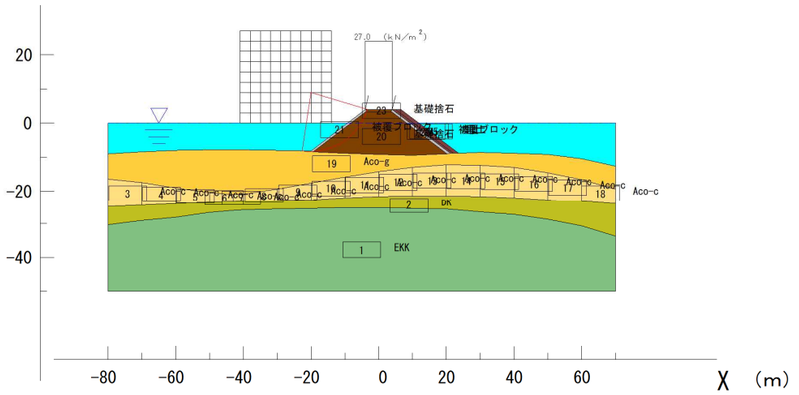


基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.947	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	-15.00	(m)
	Y	=	6.00	(m)
半径	R	=	8.400	(m)
抵抗モーメント	MR	=	1563.0	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	1480.0	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10	

表７　各工区の円弧すべり(2/4)

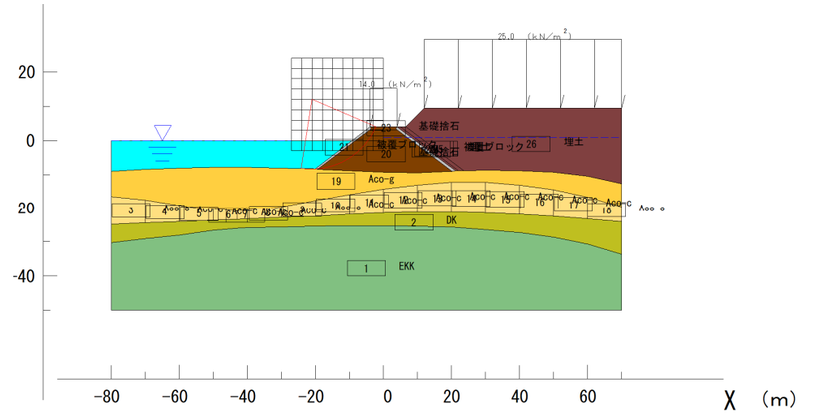
N-6 護岸

施工時



基準作用耐力比	Ｆｓ	＝	1.000	
円弧すべり作用耐力比		＝	0.970	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	Ｘ	＝	-21.00	(m)
	Ｙ	＝	12.00	(m)
半径	Ｒ	＝	20.400	(m)
抵抗モーメント	Ｍｒ	＝	9795.8	(ｋＮ・m)
起動モーメント	Ｍｄ	＝	9498.4	(ｋＮ・m)
調整係数	ｍ	＝	1.10	

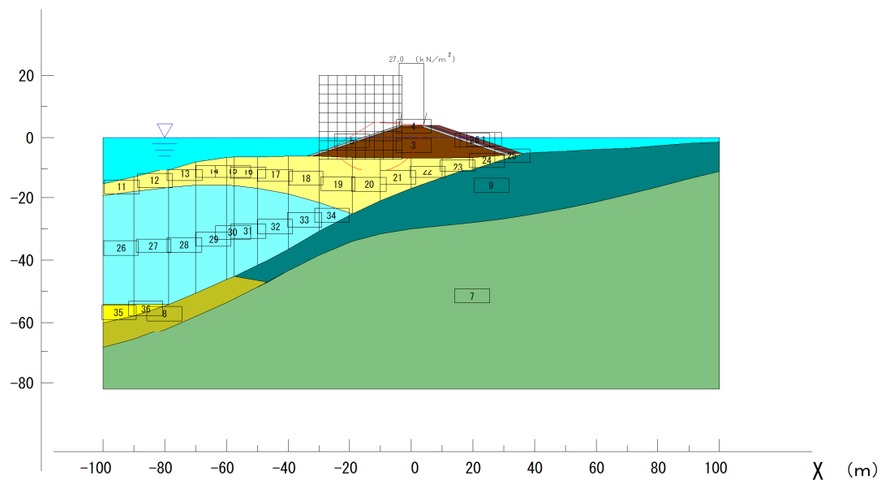
完成時（陸地側埋立時（飛行場造成面まで））



基準作用耐力比	Ｆｓ	＝	1.000	
円弧すべり作用耐力比		＝	0.970	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	Ｘ	＝	-21.00	(m)
	Ｙ	＝	12.00	(m)
半径	Ｒ	＝	20.400	(m)
抵抗モーメント	Ｍｒ	＝	9795.8	(ｋＮ・m)
起動モーメント	Ｍｄ	＝	9498.4	(ｋＮ・m)
調整係数	ｍ	＝	1.10	

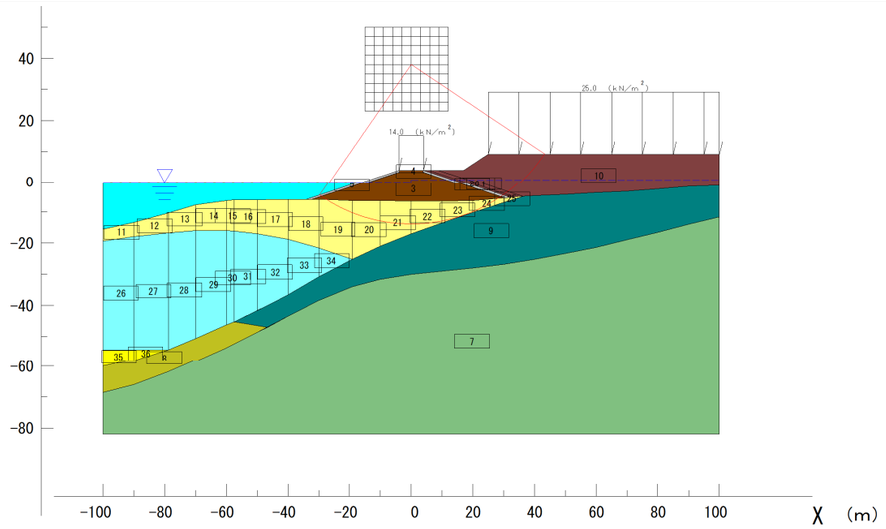
N-7 護岸

施工時



基準作用耐力比	Ｆｓ	＝	1.000	
円弧すべり作用耐力比		＝	0.959	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	Ｘ	＝	-12.00	(m)
	Ｙ	＝	5.00	(m)
半径	Ｒ	＝	16.000	(m)
抵抗モーメント	Ｍｒ	＝	14581.5	(ｋＮ・m)
起動モーメント	Ｍｄ	＝	13985.7	(ｋＮ・m)
調整係数	ｍ	＝	1.10	

完成時（陸地側埋立時（飛行場造成面まで））

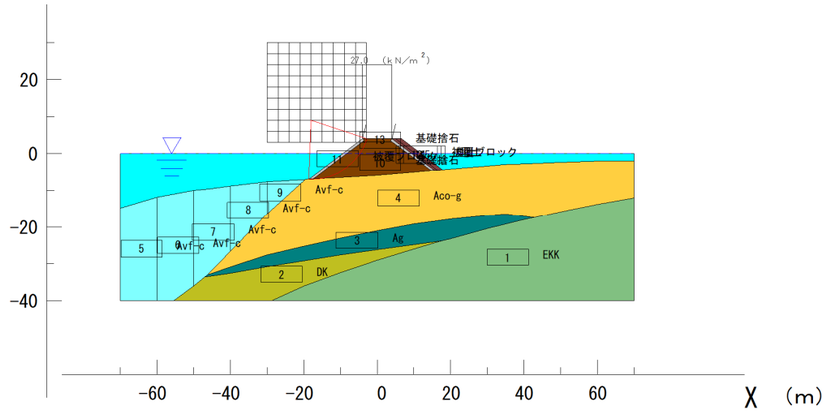


基準作用耐力比	Ｆｓ	＝	1.000	
円弧すべり作用耐力比		＝	0.988	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	Ｘ	＝	0.00	(m)
	Ｙ	＝	38.00	(m)
半径	Ｒ	＝	52.000	(m)
抵抗モーメント	Ｍｒ	＝	151265.0	(ｋＮ・m)
起動モーメント	Ｍｄ	＝	149511.3	(ｋＮ・m)
調整係数	ｍ	＝	1.10	

表 8　各工区の円弧すべり(3/4)

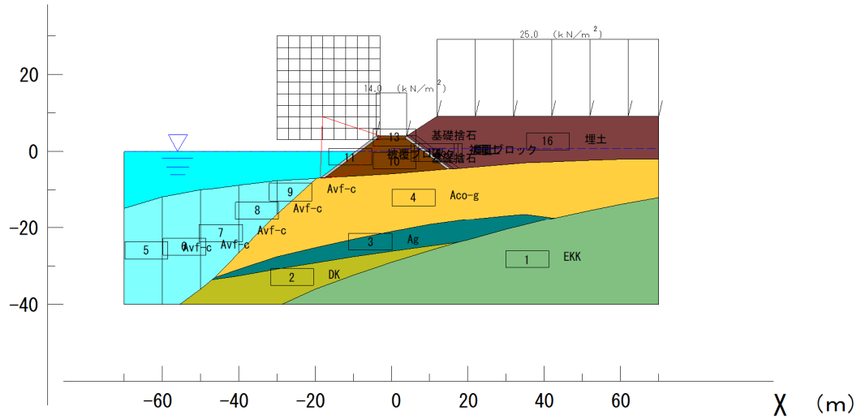
N-8 護岸

施工時



基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.987	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	-18.00	(m)
	Y	=	9.00	(m)
半径	R	=	15.900	(m)
抵抗モーメント	MR	=	6297.9	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	6216.1	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10	

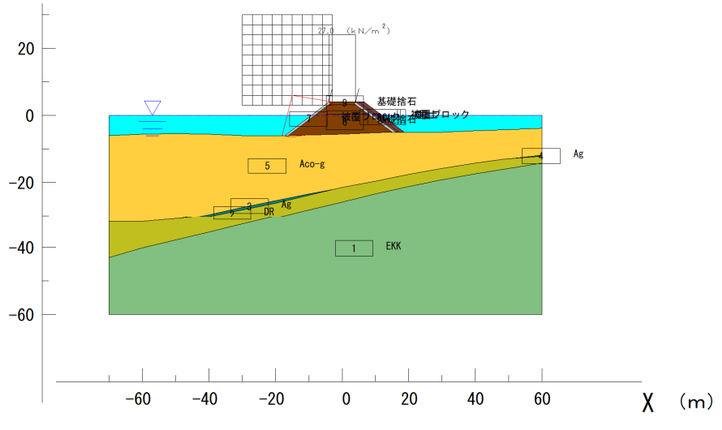
完成時（陸地側埋立時（飛行場造成面まで））



基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.963	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	-18.00	(m)
	Y	=	9.00	(m)
半径	R	=	15.900	(m)
抵抗モーメント	MR	=	6222.0	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	5988.9	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10	

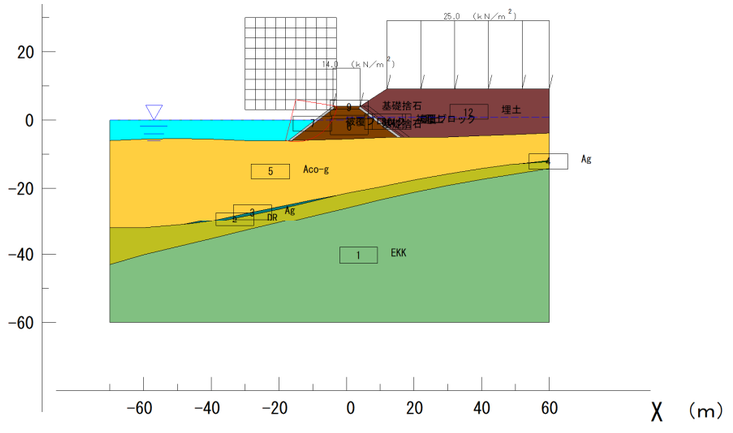
N-9 護岸

施工時



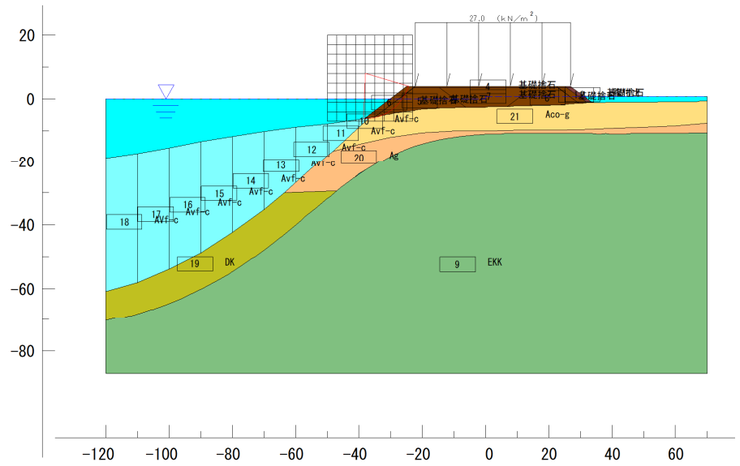
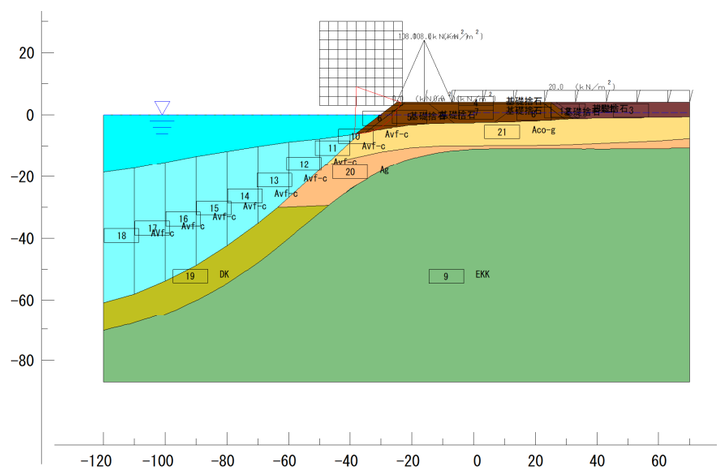
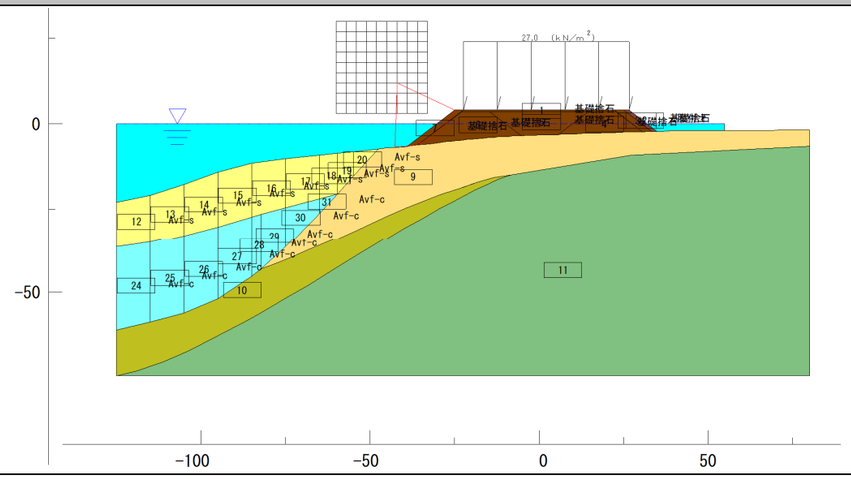
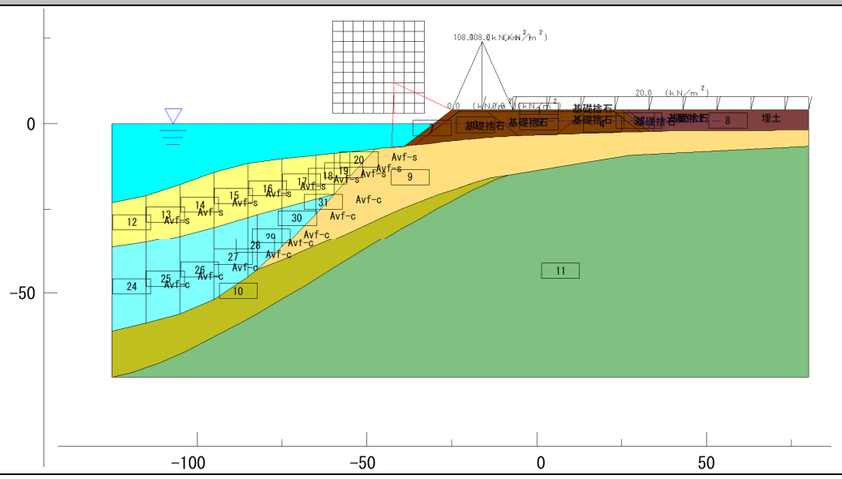
基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.934	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	-15.00	(m)
	Y	=	6.00	(m)
半径	R	=	12.350	(m)
抵抗モーメント	MR	=	5411.0	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	5052.8	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10	

完成時（陸地側埋立時（飛行場造成面まで））



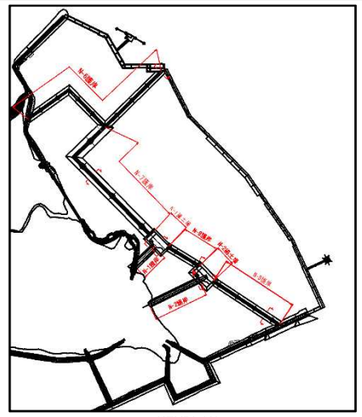
基準作用耐力比	Fs	=	1.000	
円弧すべり作用耐力比		=	0.906	≦ 1.0 (OK)
円弧の中心	X	=	-15.00	(m)
	Y	=	6.00	(m)
半径	R	=	12.350	(m)
抵抗モーメント	MR	=	5357.7	(kN・m)
起動モーメント	MD	=	4856.2	(kN・m)
調整係数	m	=	1.10	

表 9　各工区の円弧すべり(4/4)

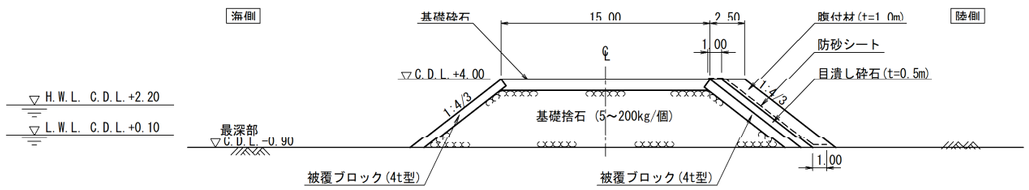
	施工時	完成時（揚土時）
N-1 護岸 揚土場		
	基準作用耐力比　Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比　= 0.920　≦ 1.0 (OK) 円弧の中心　X = -38.00 (m) Y = 8.00 (m) 半径　R = 14.200 (m) 抵抗モーメント　MR = 4424.4 (ｋＮ・m) 起動モーメント　MD = 4071.4 (ｋＮ・m) 調整係数　m = 1.10	基準作用耐力比　Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比　= 0.929　≦ 1.0 (OK) 円弧の中心　X = -38.00 (m) Y = 9.00 (m) 半径　R = 15.200 (m) 抵抗モーメント　MR = 5479.2 (ｋＮ・m) 起動モーメント　MD = 5091.9 (ｋＮ・m) 調整係数　m = 1.10
	施工時	完成時（揚土時）
N-2 護岸 揚土場		
	基準作用耐力比　Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比　= 0.987　≦ 1.0 (OK) 円弧の中心　X = -42.00 (m) Y = 12.00 (m) 半径　R = 18.900 (m) 抵抗モーメント　MR = 4107.3 (ｋＮ・m) 起動モーメント　MD = 4054.0 (ｋＮ・m) 調整係数　m = 1.10	基準作用耐力比　Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比　= 0.987　≦ 1.0 (OK) 円弧の中心　X = -42.00 (m) Y = 12.00 (m) 半径　R = 18.900 (m) 抵抗モーメント　MR = 4107.9 (ｋＮ・m) 起動モーメント　MD = 4055.7 (ｋＮ・m) 調整係数　m = 1.10

※7.2-15 中仕切護岸及び揚土場の決定断面

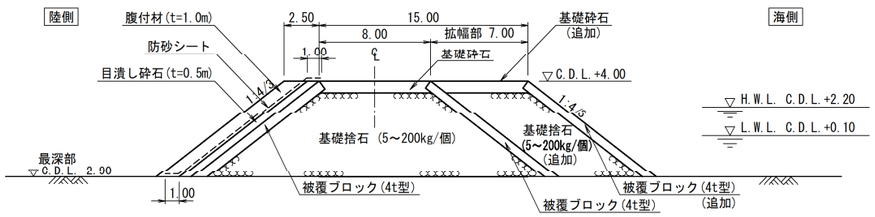
中仕切護岸の断面図及び揚土場の形状図を図 13～図 15 に示す。



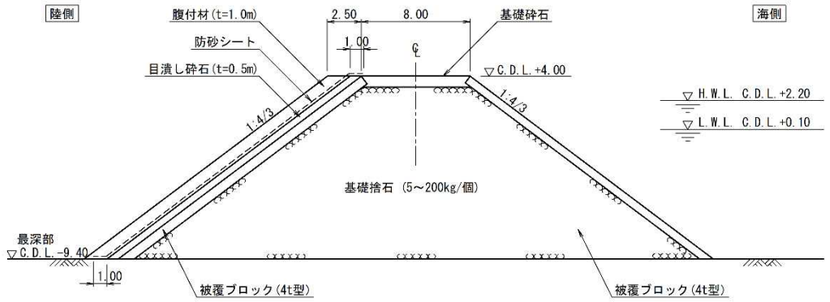
中仕切護岸 N-1



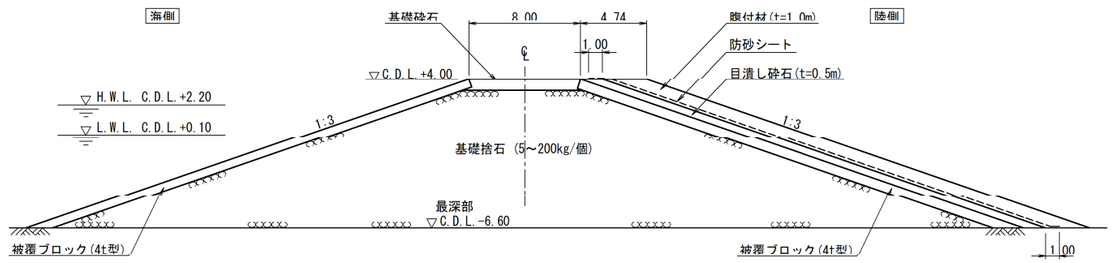
中仕切護岸 N-2



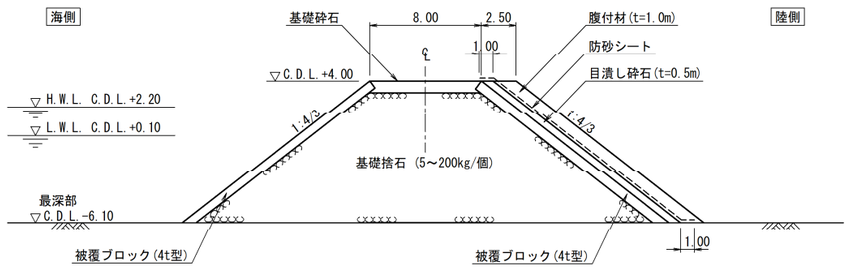
中仕切護岸 N-6



中仕切護岸 N-7



中仕切護岸 N-8



中仕切護岸 N-9

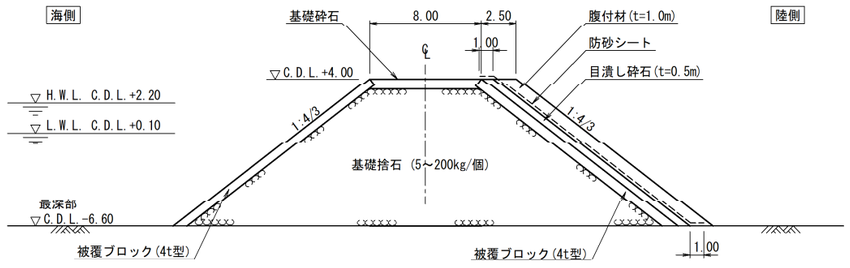


図 13　中仕切護岸断面図

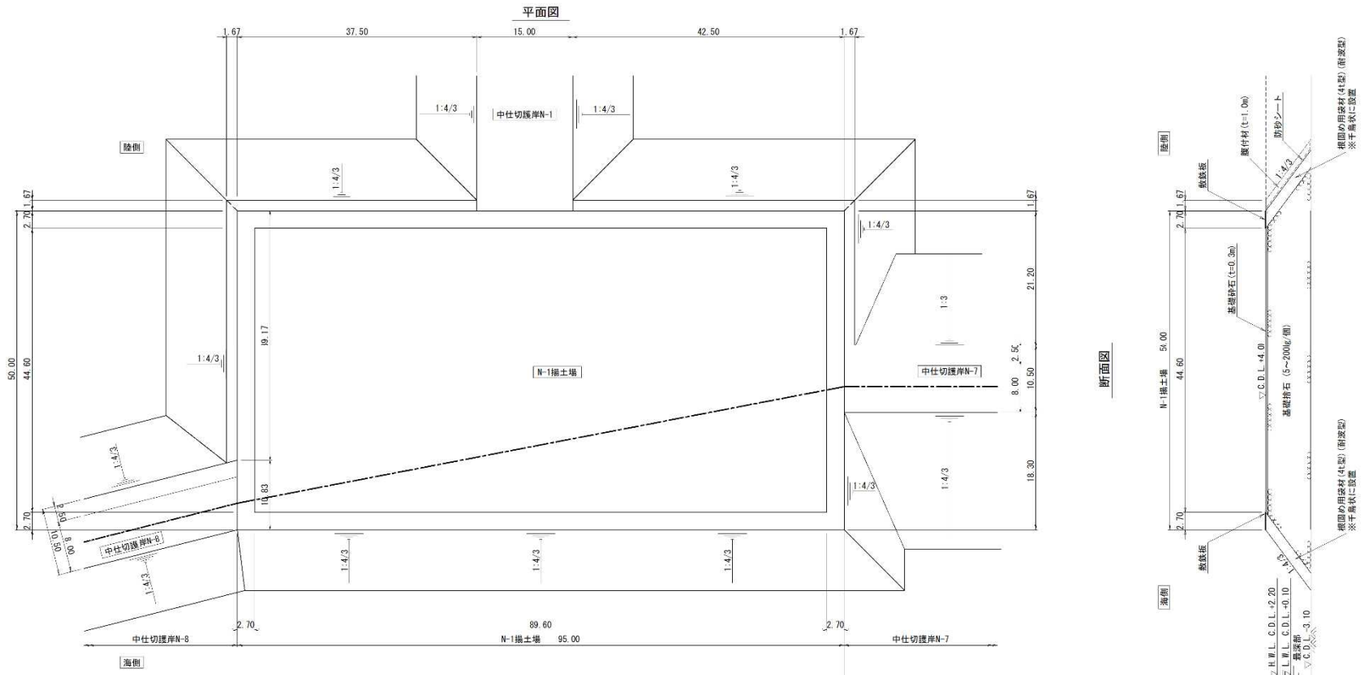


図 14　N-1 揚土場形状図

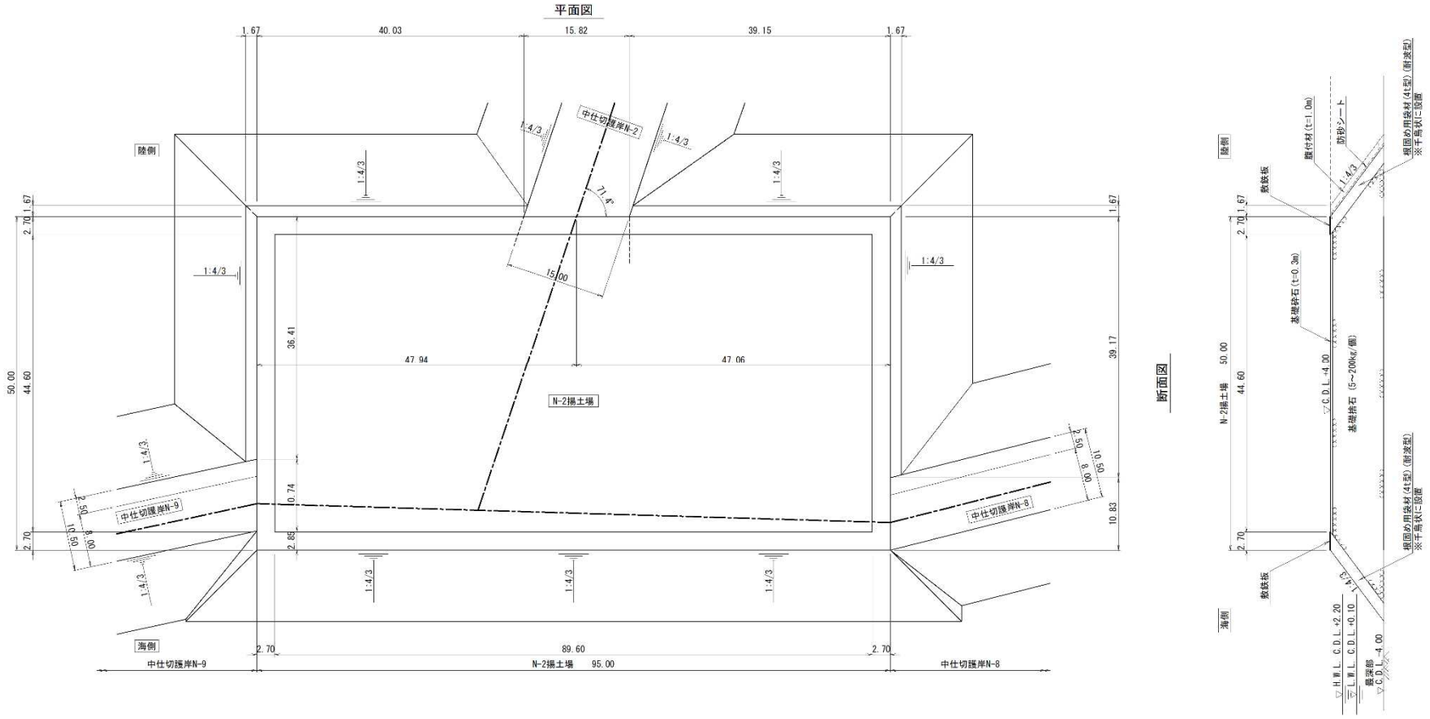


図 15　N-2 揚土場形状図

※7.3-1　ヤード必要面積の算定

1.　ヤード必要面積の算定方法

傾斜堤護岸及びケーソン式護岸に用いるコンクリートブロックを製作・仮置するヤード面積を図 1-1 に示すフローにより求める。

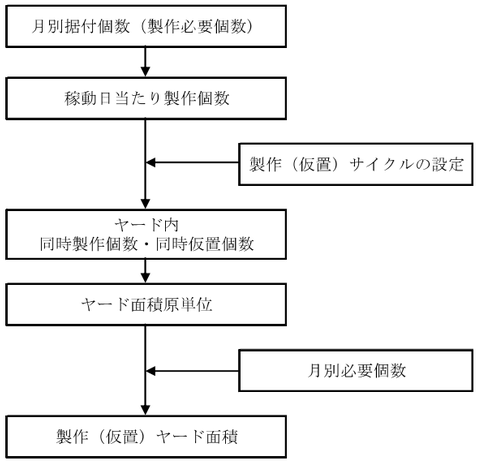


図 1-1 ブロックヤード面積算定フロー

各ブロックの製作は、据付に用いられる月別必要数量に間に合うよう、前月までに製作完了していることを想定する。各ブロックの月別必要個数から月当たり稼働日で除して日当たり製作個数を求め、製作１サイクルにおける同時製作個数を算定する。この１サイクルの同時製作個数の配置を定めることにより、ブロック製作ヤード面積を求める。

$$日当り製作個数 = \frac{月別・ブロック別必要個数}{月当り稼働日数}$$

製作ヤード面積 ＝ 日当たり製作個数×製作サイクル日数×ヤード面積原単位
養生ヤード面積 ＝ 日当たり製作個数×養生サイクル日数×ヤード面積原単位

同様に、仮置ヤードについてもブロック毎に仮置日数を設定し、月当たり仮置しなければならない個数を算定し、仮置ヤード面積を求める。ブロックヤード面積は、製作ヤード面積と仮置ヤード面積の和とし、月毎の必要面積を求める。

ストックヤード面積 ＝ 月当たりストック個数×ヤード面積原単位
ブロックヤード面積 ＝ 製作ヤード面積＋養生ヤード面積＋仮置ヤード面積

なお、各ヤード面積原単位には、資材置場や事務所用地等関連用地分の面積（ヤード全面積の 30%）を含むものとする。

2.　製作サイクルの設定

ブロックの製作サイクルはブロック種別により異なる。傾斜堤消波ブロックの製作サイクルを表 2-1 に示し、傾斜堤の被覆ブロック及びケーソン式護岸の被覆ブロック、根固ブロック及び蓋ブロック製作サイクルを表 2-2 に示す。

表 2-1 傾斜堤の消波ブロックの施工サイクル

ヤード種別	工　種	1	2	3 (σ_1)	4 (σ_2)	5 (σ_3)	6 (σ_4)	7 (σ_5)	8 (σ_6)	9 (σ_7)	10 (σ_8)	･･･	30 (σ_{28})
製作ヤード	型枠工	―											
	コンクリート工		―										
	養生			―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
	型枠解体						―						

表 2-2 傾斜堤の被覆ブロック及びケーソン式護岸の被覆･根固･蓋ブロックの施工サイクル

ヤード種別	工　種	1	2	3 (σ_1)	4 (σ_2)	5 (σ_3)	6 (σ_4)	7 (σ_5)	8 (σ_6)	9 (σ_7)	10 (σ_8)	･･･	30 (σ_{28})
製作ヤード	型枠工	―											
	コンクリート工		―										
	養生			―	―	―	―	―	―	―	―		
	型枠解体						―						
	転置										―		
養生ヤード	養生										―	―	―

被覆ブロック、根固ブロック及び蓋ブロックは、製作必要面積が広いため、コンクリート打設後から転置可能な強度に発現するまで製作ヤード内で養生し、転置後は材齢 28 日まで養生ヤードに保管し養生する。養生ヤードは製作ヤードより詰めた配置とし、被覆ブロック、根固めブロックは２段、蓋ブロックは３段積みとする。ここで、転置するのは材齢 7 日経過後とし、製作ヤードでの製作サイクル日数は 10 日、養生ヤードでの製作サイクル日数は 21 日とする。

また、傾斜堤消波ブロックの施工サイクルは、型枠組立からコンクリート打設後材齢 28 日まで製作ヤード内にて養生するものとする。各ブロックの施工サイクル日数を表 2-3 に示す。

表 2-3 各種ブロックの製作サイクル

施工区分	使用箇所	ブロック種別	製作サイクル日数	養生サイクル日数
陸上施工	緩傾斜護岸	被覆ブロック	10	20
		消波ブロック	30	
海上施工	ケーソン式護岸	被覆ブロック	10	20
		根固ブロック	10	20
		蓋ブロック	10	20

3.　ヤード面積原単位の設定

ブロックの製作及び仮置ヤードの必要面積を算定するに当たって、ブロック種別毎に単位面積を設定する。ここで、被覆・消波ブロックは 1000 個/月当たり、根固・蓋ブロックは 100 個/月当たりのヤード面積を原単位とし、その結果を表 3-1～表 3-24 に示す。

(1) 陸上施工用ブロック（傾斜堤護岸用 被覆・消波ブロック）

① 製作ヤードブロック配置

傾斜堤護岸に用いる被覆ブロックの製作ヤードは、図 3-1 示す配置として必要面積を求める。ここで、ブロックは 2 列配置としてブロック間隔 0.8m、作業用通路は使用するクレーンの規格（最大 300t 吊級）やコンクリートの打設スペース等を考慮して 10m 幅とする。

被覆ブロックは、横方向に 16 個を基本配置として実施することから、横距離は以下の和となる。

・ブロック寸法　：　(ブロック寸法：a)×16(個)
・ブロック間隔　：　(ブロック間隔：c=0.8m)×{16－(16／2 個)}
・必要通路幅　　：　(通路幅：10m)×(16／2 個)

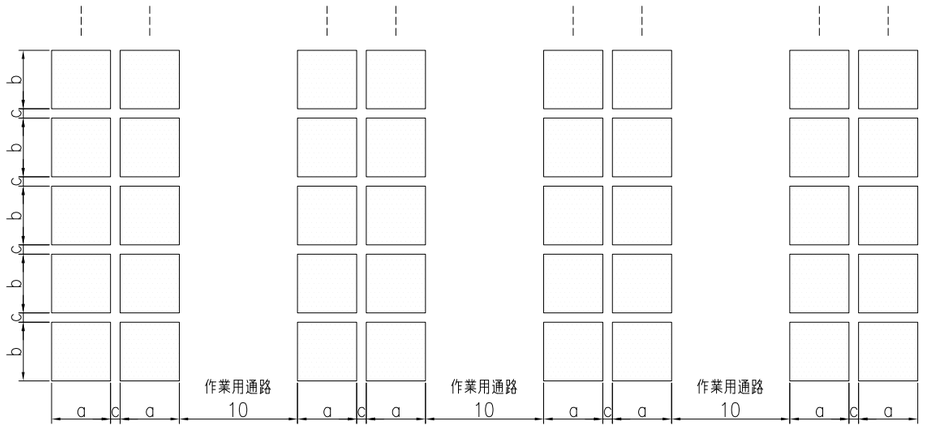


図 3-1 被覆ブロック製作ヤードの配置

消波ブロックの製作ヤードの配置は図 3-2 に示すように、最大 4 個並びとする。同様に横方向に 16 個を基本配置として実施することから、横距離は以下の和となる。

・ブロック寸法　：　(ブロック寸法：a)×16(個)
・ブロック間隔　：　(ブロック間隔：c)×{16－(16／4 個)}
・必要通路幅　　：　(通路幅：10m)×(16／4 個)

なお、ブロック間隔については、カタログ値より 12.5t 型については 0.8m、20t 型、25t 型、32t 型については 1.0m とした。

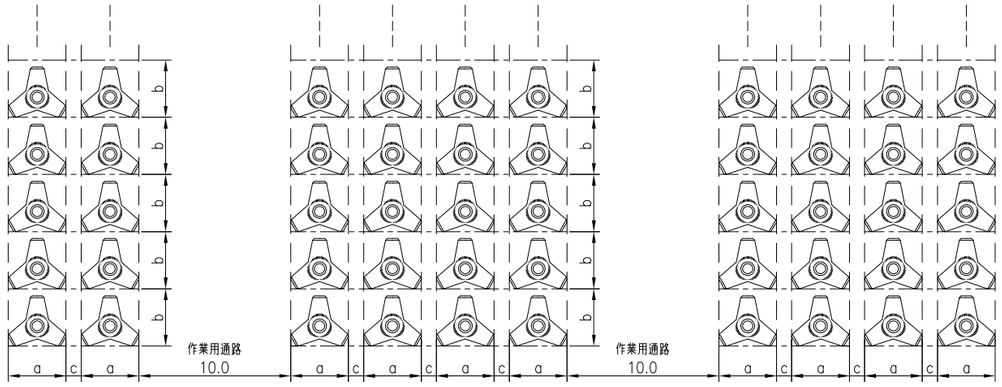


図 3-2 消波ブロック製作ヤードの配置

② 養生・仮置ヤードブロック配置

被覆ブロックの養生ヤードは、図 3-3 に示す配置として必要面積を求める。ここで、ブロックは最大 8 個並びとしてブロック間隔 0.8m、作業用通路 10m 幅とする。製作ヤードと同様に、横方向 16 個を基本配置として実施することから、横距離は以下の和となる。

・ブロック寸法　：　(ブロック寸法：a)×16(個)
・ブロック間隔　：　(ブロック間隔：c=0.8m)×{16－(16／8 個)}
・必要通路幅　　：　(通路幅：10m)×(16／8 個)

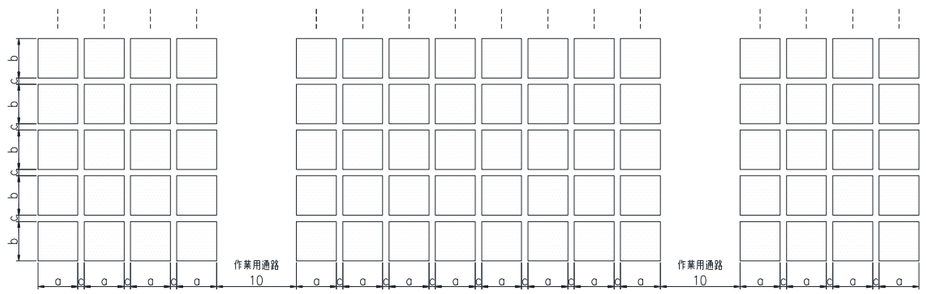


図 3-3 被覆ブロック養生・仮置ヤードの配置

消波ブロックの仮置ヤードは、図 3-4 に示す配置として必要面積を求める。ここで、ブロックは最大 2 段積 4 列並びとして、作業用通路 10m 幅とする。製作ヤードと同様に、横方向 16 列を基本配置として実施することから、横距離は以下の和となる。

・ブロック寸法　：　s×2 段×16(個)／b

s：ブロック 1 個当たりの必要面積

b：ブロック寸法

・必要通路幅　　：　(通路幅：10m)×(16／4 列)

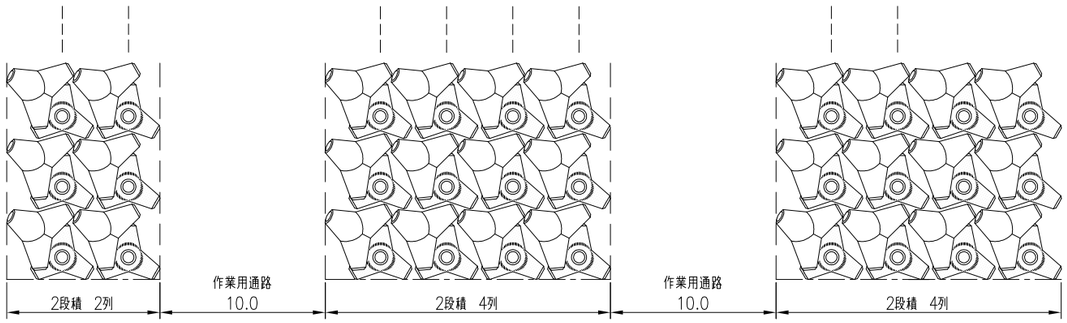


図 3-4　消波ブロック仮置ヤードの配置

＜テトラポッドカタログ抜粋＞

製作ヤード

ヤード所要面積

製作ヤードは、作業が安全確実に、しかも能率的に行えるよう十分な広さが必要です。
所要面積は、現場条件（テトラポッドのトン型、製作個数、型枠数量、コンクリート打設方法、養生方法、諸機械の能力等）の諸要素によって異なります。基本的には、打設ヤード、仮置ヤード、打設用道路に分けられ、必要に応じ転置ヤード、型枠作業ヤードを設けます。
さらに、テトラポッド運搬道路を設ける場合もあります。

1 打設ヤード

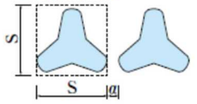
$$a = a' \cdot n \cdot (m+1)$$

$$a' = S \cdot (S+\alpha)$$

a：打設ヤード所要面積（m²）
a'：1個当り打設ヤード所要面積（m²/個）
n：1日当りの打設個数（個/日）
m：底枠脱型日数（日）

S：テトラポッド寸法（P3テトラポッドの諸元表参照）
α：余裕幅
- 0.5～4.0t型　0.5m
- 5.0～16.0t型　0.8m
- 20.0～80.0t型　1.0m

●底枠配置図



●1個当り打設ヤード所要面積　a'（m²/個）

トン型	0.5	1.0	2.0	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	32.0	40.0	50.0	64.0	80.0
a'	1.7	2.5	3.7	4.9	5.6	7.2	8.1	9.5	10.7	12.3	14.1	17.0	19.5	22.2	25.9	29.6	34.4	41.7

2 仮置ヤード

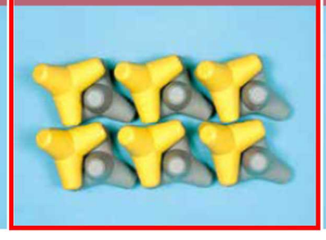
$$b = b' \cdot N$$

b：仮置ヤード所要面積（m²）
b'：1個当り仮置ヤード所要面積（m²/個）
N：製作個数（個）

●1個当り仮置ヤード所要面積　b'（m²/個）

トン型		0.5	1.0	2.0	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	32.0	40.0	50.0	64.0	80.0
b'	一段積	0.8	1.3	2.1	2.8	3.3	3.8	4.4	5.2	6.1	7.1	8.2	9.6	11.2	12.9	15.3	17.7	20.9	25.7
	二段積	0.6	1.0	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.9	4.5	5.3	6.2	7.2	8.4	9.7	11.5	13.3	15.6	19.3

●仮置状況

一段積	二段積	二段積
		

③ 原単位算定結果

表 3-1 ブロック製作ヤード必要面積原単位算定結果(陸上施工用ブロック)

項目		記号	単位	傾斜堤護岸											備考
				被覆ブロック			被覆ブロック				消波ブロック				
				4t	8t	20t	4t	8・9t	20t	25t	12.5t	20t	25t	32t	
月当たり必要個数			個/月	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
1日当り製作必要数		n	個/日	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	稼働率考慮
製作サイクル		t	日	10	10	10	10	10	10	10	30	30	30	30	
同時製作個数		N	個	393	393	393	393	393	393	393	1,180	1,180	1,180	1,180	N = n×t
ブロック寸法		a	m	1.800	2.310	2.910	2.050	2.550	3.450	2.440	3.130	3.655	3.945	4.240	
		b	m	2.160	2.772	3.492	2.050	2.550	3.450	3.590	3.130	3.655	3.945	4.240	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	消波ブロックはカタログ値
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
	縦方向	n_2	列	25	25	25	25	25	25	25	74	74	74	74	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	116	124	133	120	128	142	126	100	111	116	120	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	74	89	107	71	83	106	109	232	271	292	314	
製作ヤード必要面積		A_1	ha/月	1.12	1.43	1.85	1.11	1.38	1.96	1.79	3.02	3.91	4.40	4.90	$A_1 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-2 ブロック養生ヤード必要面積原単位算定結果(陸上施工用ブロック)

項目		記号	単位	傾斜堤護岸											備考
				被覆ブロック			被覆ブロック				消波ブロック				
				4t	8t	20t	4t	8・9t	20t	25t	12.5t	20t	25t	32t	
月当たり必要個数			個/月	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000					
1日当り製作必要数		n	個/日	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3					稼働率考慮
養生日数		t	日	21	21	21	21	21	21	21					
同時製作個数		N	個	826	826	826	826	826	826	826					N = n×t
ブロック寸法		a	m	1.800	2.310	2.910	2.050	2.550	3.450	2.440					
		b	m	2.160	2.772	3.492	2.050	2.550	3.450	3.590					
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8					
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	16	16	16	16	16	16	16					
	縦方向	n_2	列	26	26	26	26	26	26	26					
ブロック積重ね段数		n_3	段	2	2	2	2	2	2	2					
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	60	69	78	64	72	87	71					作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	77	93	111	74	87	110	114					
養生ヤード必要面積		A_2	ha/月	0.60	0.83	1.13	0.62	0.81	1.24	1.05					$A_2 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-3 ブロック仮置ヤード必要面積原単位算定結果(陸上施工用ブロック)

項目		記号	単位	傾斜堤護岸											備考
				被覆ブロック			被覆ブロック				消波ブロック				
				4t	8t	20t	4t	8・9t	20t	25t	12.5t	20t	25t	32t	
月当たり必要個数			個/月	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
1日当り製作必要数		n	個/日	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	稼働率考慮
ブロック寸法		a	m	1.800	2.310	2.910	2.050	2.550	3.450	2.440	3.130	3.655	3.945	4.240	
		b	m	2.160	2.772	3.492	2.050	2.550	3.450	3.590	3.130	3.655	3.945	4.240	
ブロック1個当り必要面積		s									5.3	7.2	8.3	9.7	2段積のカタログ値
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8					
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
	縦方向	n_2	列	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
ブロック積重ね段数		n_3	段	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	60	69	78	64	72	87	71	95	104	108	114	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	94	114	137	91	107	136	140	101	117	127	136	
仮置ヤード必要面積		A_3	ha/月	0.73	1.02	1.39	0.76	1.00	1.54	1.29	1.25	1.58	1.78	2.02	$A_3 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

(2) 海上施工用ブロック（ケーソン式護岸用 被覆・根固・蓋ブロック）

① 製作ヤードブロック配置

ケーソン式護岸に用いる被覆・根固・蓋ブロックの製作ヤードは、図 3-5 に示す配置として必要面積を求める。ここで、ブロックは 2 列配置としてブロック間隔 0.8m、作業用通路は使用するクレーンの規格（最大 300t 吊級）やコンクリートの打設スペース等を考慮して 10m 幅とする。

被覆ブロックは、横方向に 16 個を基本配置として実施することから、横距離は以下の和となる。

・ブロック寸法　：　(ブロック寸法：a)×16(個)
・ブロック間隔　：　(ブロック間隔：c=0.8m)×{16－(16／2 個)}
・必要通路幅　　：　(通路幅：10m)×(16／2 個)

根固・蓋ブロックは、横方向に 8 個を基本配置として実施することから、横距離は以下の和となる。

・ブロック寸法　：　(ブロック寸法：a)×8(個)
・ブロック間隔　：　(ブロック間隔：c=0.8m)×{8－(8／2 個)}
・必要通路幅　　：　(通路幅：10m)×(8／2 個)

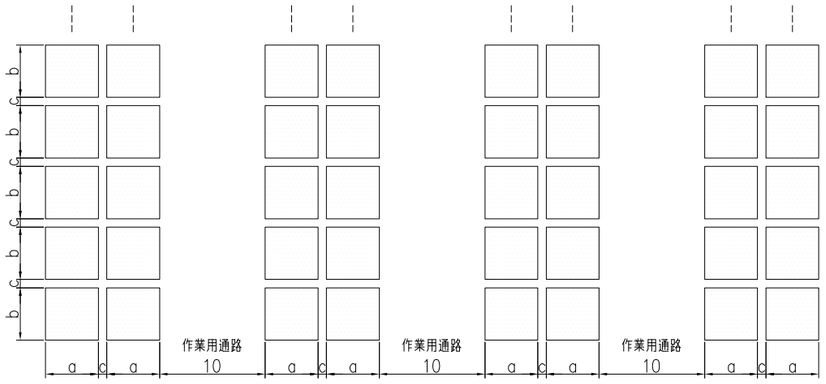


図 3-5 被覆・根固・蓋ブロック製作ヤードの配置

② 養生・仮置ヤードブロック配置

被覆ブロックの養生・仮置ヤードは、図 3-6 に示す配置として必要面積を求める。ここで、ブロックは最大 8 個並びとしてブロック間隔 0.8m、作業用通路 10m 幅とする。製作ヤードと同様に、横方向 16 個を基本配置として実施することから、横距離は以下の和となる。

・ブロック寸法　：　(ブロック寸法：a)×16(個)
・ブロック間隔　：　(ブロック間隔：c=0.8m)×{16－(16／8 個)}
・必要通路幅　　：　(通路幅：10m)×(16／8 個)

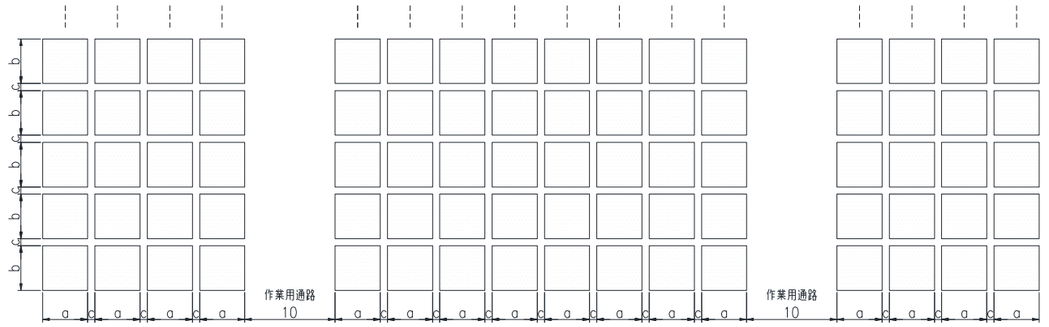


図 3-6 被覆ブロック養生・仮置ヤードの配置

根固・蓋ブロックの養生・仮置ヤードは、図 3-7 に示す配置として必要面積を求める。ここで、ブロックは最大 4 個並びとしてブロック間隔 0.8m、作業用通路 10m 幅とする。製作ヤードと同様に、横方向 8 個を基本配置として実施することから、横距離は以下の和となる。

・ブロック寸法　：　(ブロック寸法：a)×8(個)
・ブロック間隔　：　(ブロック間隔：c=0.8m)×{8－(8／4 個)}
・必要通路幅　　：　(通路幅：10m)×(8／4 個)

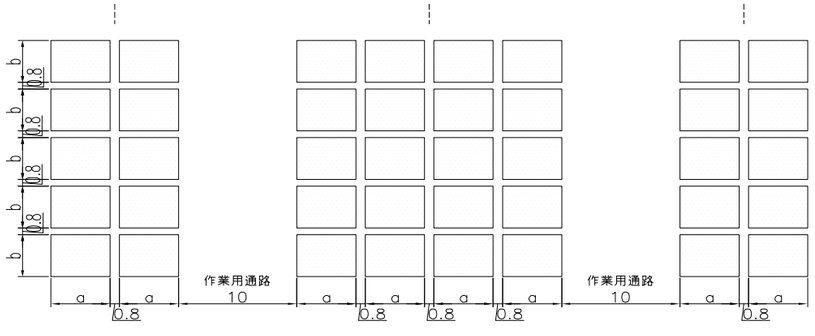


図 3-7 根固・蓋ブロック養生・仮置ヤードの配置

③ 原単位算定結果

表 3-4 ブロック製作ヤード必要面積原単位算定結果（海上施工用ブロック、被覆・根固ブロック）

項目		記号	単位	ケーソン護岸					
				被覆ブロック			根固ブロック		備考
				2t	3t	4t	2.5L×1.5B×0.8t	3.0L×2.5B×1.0t	
月当たり必要個数			個/月	1,000	1,000	1,000	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	39.3	39.3	39.3	3.9	3.9	稼働率考慮
製作サイクル		t	日	10	10	10	10	10	
同時製作個数		N	個	393	393	393	39	39	N = n×t
ブロック寸法		a	m	1.600	1.850	2.050	2.500	3.000	
		b	m	1.600	1.850	2.050	1.500	2.500	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	16	16	16	8	8	
	縦方向	n_2	列	25	25	25	5	5	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	112	116	120	64	68	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	60	66	71	11	16	
製作ヤード必要面積		A_1	ha/月	0.87	1.00	1.11	0.09	0.14	$A_1 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-5 ブロック養生ヤード必要面積原単位算定結果（海上施工用ブロック、被覆・根固ブロック）

項目		記号	単位	ケーソン護岸					
				被覆ブロック			根固ブロック		備考
				2t	3t	4t	2.5L×1.5B×0.8t	3.0L×2.5B×1.0t	
月当たり必要個数			個/月	1,000	1,000	1,000	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	39.3	39.3	39.3	3.9	3.9	稼働率考慮
養生日数		t	日	21	21	21	21	21	
同時製作個数		N	個	826	826	826	83	83	N = n×t
ブロック寸法		a	m	1.600	1.850	2.050	2.500	3.000	
		b	m	1.600	1.850	2.050	1.500	2.500	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	16	16	16	8	8	
	縦方向	n_2	列	26	26	26	6	6	
ブロック積重ね段数		n_3	段	2	2	2	2	2	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	57	61	64	45	49	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	62	69	74	13	19	
養生ヤード必要面積		A_2	ha/月	0.46	0.55	0.62	0.08	0.12	$A_2 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-6 ブロック仮置ヤード必要面積原単位算定結果（海上施工用ブロック、被覆・根固ブロック）

項目		記号	単位	ケーソン護岸					
				被覆ブロック			根固ブロック		備考
				2t	3t	4t	2.5L×1.5B×0.8t	3.0L×2.5B×1.0t	
月当たり必要個数			個/月	1,000	1,000	1,000	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	39.3	39.3	39.3	3.9	3.9	稼働率考慮
ブロック寸法		a	m	1.600	1.850	2.050	2.500	3.000	
		b	m	1.600	1.850	2.050	1.500	2.500	
ブロック1個当り必要面積		s							
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	16	16	16	8	8	
	縦方向	n_2	列	32	32	32	7	7	
ブロック積重ね段数		n_3	段	2	2	2	2	2	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	57	61	64	45	49	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	76	84	91	16	23	
仮置ヤード必要面積		A_3	ha/月	0.56	0.67	0.76	0.09	0.15	$A_3 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-7 ブロック製作ヤード必要面積原単位算定結果（海上施工用ブロック、蓋ブロック①）

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（１）								備考
				0.95L×2.75B×1.00H	1.742(2.214)L×2.75B×1.00H	2.30(2.772)L×2.75B×1.00H	2.85L×2.75B×1.00H	3.05L×2.75B×1.00H	3.10L×1.80B×1.00H	3.10L×2.10B×1.00H	3.10L×2.40B×1.00H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
製作サイクル		t	日	10	10	10	10	10	10	10	10	
同時製作個数		N	個	39	39	39	39	39	39	39	39	N = n×t
ブロック寸法		a	m	0.950	2.214	2.772	2.850	3.050	3.100	3.100	3.100	
		b	m	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	1.800	2.100	2.400	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	5	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	51	61	66	66	68	68	68	68	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	17	17	17	17	17	13	14	16	
製作ヤード必要面積		A_1	ha/月	0.11	0.13	0.15	0.15	0.15	0.11	0.12	0.14	$A_1 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-8 ブロック養生ヤード必要面積原単位算定結果（海上施工用ブロック、蓋ブロック①）

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（１）								備考
				0.95L×2.75B×1.00H	1.742(2.214)L×2.75B×1.00H	2.30(2.772)L×2.75B×1.00H	2.85L×2.75B×1.00H	3.05L×2.75B×1.00H	3.10L×1.80B×1.00H	3.10L×2.10B×1.00H	3.10L×2.40B×1.00H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
養生日数		t	日	21	21	21	21	21	21	21	21	
同時製作個数		N	個	83	83	83	83	83	83	83	83	N = n×t
ブロック寸法		a	m	0.950	2.214	2.772	2.850	3.050	3.100	3.100	3.100	
		b	m	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	1.800	2.100	2.400	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	6	6	6	6	6	6	6	6	
ブロック積重ね段数		n_3	段	2	2	2	2	2	2	2	2	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	33	43	47	48	50	50	50	50	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	21	21	21	21	21	15	17	19	
養生ヤード必要面積		A_2	ha/月	0.09	0.12	0.13	0.13	0.14	0.10	0.11	0.12	$A_2 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-9 ブロック仮置ヤード必要面積原単位算定結果（海上施工用ブロック、蓋ブロック①）

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（１）								備考
				0.95L×2.75B×1.00H	1.742(2.214)L×2.75B×1.00H	2.30(2.772)L×2.75B×1.00H	2.85L×2.75B×1.00H	3.05L×2.75B×1.00H	3.10L×1.80B×1.00H	3.10L×2.10B×1.00H	3.10L×2.40B×1.00H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
ブロック寸法		a	m	0.950	2.214	2.772	2.850	3.050	3.100	3.100	3.100	
		b	m	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	1.800	2.100	2.400	
ブロック1個当り必要面積		s										
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	5	
ブロック積重ね段数		n_3	段	3	3	3	3	3	3	3	3	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	33	43	47	48	50	50	50	50	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	17	17	17	17	17	13	14	16	
仮置ヤード必要面積		A_3	ha/月	0.07	0.10	0.10	0.11	0.11	0.08	0.09	0.10	$A_3 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-10 ブロック製作ヤード必要面積原単位算定結果（海上施工用ブロック、蓋ブロック②）

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（２）								備考
				3.10L×2.70B×1.00H	3.30L×2.10B×1.00H	3.30L×2.70B×1.00H	3.40L×2.10B×1.00H	3.40L×2.70B×1.00H	3.60L×2.75B×1.00H	3.70L×2.70B×1.00H	3.70L×1.80B×1.00H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
製作サイクル		t	日	10	10	10	10	10	10	10	10	
同時製作個数		N	個	39	39	39	39	39	39	39	39	N = n×t
ブロック寸法		a	m	3.100	3.300	3.300	3.400	3.400	3.600	3.700	3.700	
		b	m	2.700	2.100	2.700	2.100	2.700	2.750	2.700	1.800	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	5	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	68	70	70	71	71	72	73	73	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	17	14	17	14	17	17	17	13	
製作ヤード必要面積		A_1	ha/月	0.15	0.13	0.15	0.13	0.16	0.16	0.16	0.12	$A_1 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-11 ブロック養生ヤード必要面積原単位算定結果（海上施工用ブロック、蓋ブロック②）

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（２）								備考
				3.10L×2.70B×1.00H	3.30L×2.10B×1.00H	3.30L×2.70B×1.00H	3.40L×2.10B×1.00H	3.40L×2.70B×1.00H	3.60L×2.75B×1.00H	3.70L×2.70B×1.00H	3.70L×1.80B×1.00H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
養生日数		t	日	21	21	21	21	21	21	21	21	
同時製作個数		N	個	83	83	83	83	83	83	83	83	N = n×t
ブロック寸法		a	m	3.100	3.300	3.300	3.400	3.400	3.600	3.700	3.700	
		b	m	2.700	2.100	2.700	2.100	2.700	2.750	2.700	1.800	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	6	6	6	6	6	6	6	6	
ブロック積重ね段数		n_3	段	2	2	2	2	2	2	2	2	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	50	52	52	52	52	54	55	55	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	21	17	21	17	21	21	21	15	
養生ヤード必要面積		A_2	ha/月	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.15	0.15	0.11	$A_2 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-12 ブロック仮置ヤード必要面積原単位算定結果（海上施工用ブロック、蓋ブロック②）

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（２）								備考
				3.10L×2.70B×1.00H	3.30L×2.10B×1.00H	3.30L×2.70B×1.00H	3.40L×2.10B×1.00H	3.40L×2.70B×1.00H	3.60L×2.75B×1.00H	3.70L×2.70B×1.00H	3.70L×1.80B×1.00H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
ブロック寸法		a	m	3.100	3.300	3.300	3.400	3.400	3.600	3.700	3.700	
		b	m	2.700	2.100	2.700	2.100	2.700	2.750	2.700	1.800	
ブロック1個当り必要面積		s										
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	5	
ブロック積重ね段数		n_3	段	3	3	3	3	3	3	3	3	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	50	52	52	52	52	54	55	55	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	17	14	17	14	17	17	17	13	
仮置ヤード必要面積		A_3	ha/月	0.11	0.09	0.11	0.09	0.11	0.12	0.12	0.09	$A_3 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-13 ブロック製作ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック③)

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（３）								備考
				3.70L×2.10B×1.00H	3.70L×2.40B×1.00H	3.70L×2.70B×1.00H	0.90(1.502)L×3.50B×0.50H	1.691(2.275)L×3.40B×0.50H	1.70L×3.40B×0.50H	1.70L×3.50B×0.50H	2.413(1.562)L×2.70B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
製作サイクル		t	日	10	10	10	10	10	10	10	10	
同時製作個数		N	個	39	39	39	39	39	39	39	39	N = n×t
ブロック寸法		a	m	3.700	3.700	3.700	1.502	2.275	1.700	1.700	2.413	
		b	m	2.100	2.400	2.700	3.500	3.400	3.400	3.500	2.700	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	5	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	73	73	73	56	62	57	57	63	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	14	16	17	21	21	21	21	17	
製作ヤード必要面積		A_1	ha/月	0.13	0.15	0.16	0.15	0.17	0.16	0.16	0.14	$A_1 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-14 ブロック養生ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック③)

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（３）								備考
				3.70L×2.10B×1.00H	3.70L×2.40B×1.00H	3.70L×2.70B×1.00H	0.90(1.502)L×3.50B×0.50H	1.691(2.275)L×3.40B×0.50H	1.70L×3.40B×0.50H	1.70L×3.50B×0.50H	2.413(1.562)L×2.70B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
養生日数		t	日	21	21	21	21	21	21	21	21	
同時製作個数		N	個	83	83	83	83	83	83	83	83	N = n×t
ブロック寸法		a	m	3.700	3.700	3.700	1.502	2.275	1.700	1.700	2.413	
		b	m	2.100	2.400	2.700	3.500	3.400	3.400	3.500	2.700	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	6	6	6	6	6	6	6	6	
ブロック積重ね段数		n_3	段	2	2	2	2	2	2	2	2	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	55	55	55	37	43	39	39	45	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	17	19	21	25	25	25	25	21	
養生ヤード必要面積		A_2	ha/月	0.12	0.14	0.15	0.12	0.14	0.13	0.13	0.12	$A_2 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-15 ブロック仮置ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック③)

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（３）								備考
				3.70L×2.10B×1.00H	3.70L×2.40B×1.00H	3.70L×2.70B×1.00H	0.90(1.502)L×3.50B×0.50H	1.691(2.275)L×3.40B×0.50H	1.70L×3.40B×0.50H	1.70L×3.50B×0.50H	2.413(1.562)L×2.70B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
ブロック寸法		a	m	3.700	3.700	3.700	1.502	2.275	1.700	1.700	2.413	
		b	m	2.100	2.400	2.700	3.500	3.400	3.400	3.500	2.700	
ブロック1個当り必要面積		s										
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	5	
ブロック積重ね段数		n_3	段	3	3	3	3	3	3	3	3	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	55	55	55	37	43	39	39	45	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	14	16	17	21	21	21	21	17	
仮置ヤード必要面積		A_3	ha/月	0.10	0.11	0.12	0.10	0.12	0.11	0.11	0.10	$A_3 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-16 ブロック製作ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック④)

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（４）								備考
				2.868(3.455)L×3.40B×0.50H	3.60L×1.00B×0.50H	3.60L×2.30B×0.50H	3.60L×2.50B×0.50H	3.60L×3.40B×0.50H	3.60L×3.50B×0.50H	3.70L×1.00B×0.50H	3.70L×1.20B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
製作サイクル		t	日	10	10	10	10	10	10	10	10	
同時製作個数		N	個	39	39	39	39	39	39	39	39	N = n×t
ブロック寸法		a	m	3.455	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.700	3.700	
		b	m	3.400	1.000	2.300	2.500	3.400	3.500	1.000	1.200	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	5	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	71	72	72	72	72	72	73	73	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	21	9	15	16	21	21	9	10	
製作ヤード必要面積		A_1	ha/月	0.19	0.08	0.14	0.15	0.20	0.20	0.09	0.09	$A_1 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-17 ブロック養生ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック④)

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（４）								備考
				2.868(3.455)L×3.40B×0.50H	3.60L×1.00B×0.50H	3.60L×2.30B×0.50H	3.60L×2.50B×0.50H	3.60L×3.40B×0.50H	3.60L×3.50B×0.50H	3.70L×1.00B×0.50H	3.70L×1.20B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
養生日数		t	日	21	21	21	21	21	21	21	21	
同時製作個数		N	個	83	83	83	83	83	83	83	83	N = n×t
ブロック寸法		a	m	3.455	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.700	3.700	
		b	m	3.400	1.000	2.300	2.500	3.400	3.500	1.000	1.200	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	6	6	6	6	6	6	6	6	
ブロック積重ね段数		n_3	段	2	2	2	2	2	2	2	2	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	53	54	54	54	54	54	55	55	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	25	10	18	19	25	25	10	12	
養生ヤード必要面積		A_2	ha/月	0.17	0.07	0.13	0.13	0.18	0.18	0.07	0.09	$A_2 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-18 ブロック仮置ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック④)

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（４）								備考
				2.868(3.455)L×3.40B×0.50H	3.60L×1.00B×0.50H	3.60L×2.30B×0.50H	3.60L×2.50B×0.50H	3.60L×3.40B×0.50H	3.60L×3.50B×0.50H	3.70L×1.00B×0.50H	3.70L×1.20B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
ブロック寸法		a	m	3.455	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.700	3.700	
		b	m	3.400	1.000	2.300	2.500	3.400	3.500	1.000	1.200	
ブロック1個当り必要面積		s										
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	5	
ブロック積重ね段数		n_3	段	3	3	3	3	3	3	3	3	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	53	54	54	54	54	54	55	55	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	21	9	15	16	21	21	9	10	
仮置ヤード必要面積		A_3	ha/月	0.14	0.06	0.11	0.11	0.15	0.15	0.06	0.07	$A_3 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-19 ブロック製作ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック⑤)

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（５）								備考
				3.70L×1.35B×0.50H	3.70L×1.50B×0.50H	3.70L×1.95B×0.50H	3.70L×2.15B×0.50H	3.70L×2.30B×0.50H	3.70L×2.50B×0.50H	3.70L×2.70B×0.50H	3.70L×3.40B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
製作サイクル		t	日	10	10	10	10	10	10	10	10	
同時製作個数		N	個	39	39	39	39	39	39	39	39	N = n×t
ブロック寸法		a	m	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	
		b	m	1.350	1.500	1.950	2.150	2.300	2.500	2.700	3.400	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	5	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	73	73	73	73	73	73	73	73	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	10	11	13	14	15	16	17	21	
製作ヤード必要面積		A_1	ha/月	0.09	0.10	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.20	$A_1 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-20 ブロック養生ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック⑤)

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（５）								備考
				3.70L×1.35B×0.50H	3.70L×1.50B×0.50H	3.70L×1.95B×0.50H	3.70L×2.15B×0.50H	3.70L×2.30B×0.50H	3.70L×2.50B×0.50H	3.70L×2.70B×0.50H	3.70L×3.40B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
養生日数		t	日	21	21	21	21	21	21	21	21	
同時製作個数		N	個	83	83	83	83	83	83	83	83	N = n×t
ブロック寸法		a	m	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	
		b	m	1.350	1.500	1.950	2.150	2.300	2.500	2.700	3.400	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	6	6	6	6	6	6	6	6	
ブロック積重ね段数		n_3	段	2	2	2	2	2	2	2	2	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	55	55	55	55	55	55	55	55	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	13	13	16	17	18	19	21	25	
養生ヤード必要面積		A_2	ha/月	0.09	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.18	$A_2 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-21 ブロック仮置ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック⑤)

項目		記号	単位	ケーソン護岸								
				蓋ブロック（５）								備考
				3.70L×1.35B×0.50H	3.70L×1.50B×0.50H	3.70L×1.95B×0.50H	3.70L×2.15B×0.50H	3.70L×2.30B×0.50H	3.70L×2.50B×0.50H	3.70L×2.70B×0.50H	3.70L×3.40B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
ブロック寸法		a	m	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	3.700	
		b	m	1.350	1.500	1.950	2.150	2.300	2.500	2.700	3.400	
ブロック1個当り必要面積		s										
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	5	
ブロック積重ね段数		n_3	段	3	3	3	3	3	3	3	3	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	55	55	55	55	55	55	55	55	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	10	11	13	14	15	16	17	21	
仮置ヤード必要面積		A_3	ha/月	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11	0.12	0.15	$A_3 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-22 ブロック製作ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック⑥)

項目		記号	単位	ケーソン護岸							
				蓋ブロック（６）							備考
				3.80L×2.55B×0.50H	3.80L×3.40B×0.50H	3.80L×3.50B×0.50H	3.80L×3.50B×0.50H	4.20L×2.55B×0.50H	4.20L×3.40B×0.50H	4.20L×3.50B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
製作サイクル		t	日	10	10	10	10	10	10	10	
同時製作個数		N	個	39	39	39	39	39	39	39	N = n×t
ブロック寸法		a	m	3.800	3.800	3.800	3.800	4.200	4.200	4.200	
		b	m	2.550	3.400	3.500	3.500	2.550	3.400	3.500	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	74	74	74	74	77	77	77	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	16	21	21	21	16	21	21	
製作ヤード必要面積		A_1	ha/月	0.15	0.20	0.20	0.20	0.16	0.21	0.21	$A_1 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-23 ブロック養生ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック⑥)

項目		記号	単位	ケーソン護岸							
				蓋ブロック（６）							備考
				3.80L×2.55B×0.50H	3.80L×3.40B×0.50H	3.80L×3.50B×0.50H	3.80L×3.50B×0.50H	4.20L×2.55B×0.50H	4.20L×3.40B×0.50H	4.20L×3.50B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
養生日数		t	日	21	21	21	21	21	21	21	
同時製作個数		N	個	83	83	83	83	83	83	83	N = n×t
ブロック寸法		a	m	3.800	3.800	3.800	3.800	4.200	4.200	4.200	
		b	m	2.550	3.400	3.500	3.500	2.550	3.400	3.500	
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	6	6	6	6	6	6	6	
ブロック積重ね段数		n_3	段	2	2	2	2	2	2	2	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	56	56	56	56	59	59	59	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	20	25	25	25	20	25	25	
養生ヤード必要面積		A_2	ha/月	0.15	0.18	0.18	0.18	0.15	0.19	0.19	$A_2 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

表 3-24 ブロック仮置ヤード必要面積原単位算定結果(海上施工用ブロック、蓋ブロック⑥)

項目		記号	単位	ケーソン護岸							
				蓋ブロック（６）							備考
				3.80L×2.55B×0.50H	3.80L×3.40B×0.50H	3.80L×3.50B×0.50H	3.80L×3.50B×0.50H	4.20L×2.55B×0.50H	4.20L×3.40B×0.50H	4.20L×3.50B×0.50H	
月当たり必要個数			個/月	100	100	100	100	100	100	100	
1日当り製作必要数		n	個/日	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	稼働率考慮
ブロック寸法		a	m	3.800	3.800	3.800	3.800	4.200	4.200	4.200	
		b	m	2.550	3.400	3.500	3.500	2.550	3.400	3.500	
ブロック1個当り必要面積		s									
余裕幅		c	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ブロック並び個数	横方向	n_1	列	8	8	8	8	8	8	8	
	縦方向	n_2	列	5	5	5	5	5	5	5	
ブロック積重ね段数		n_3	段	3	3	3	3	3	3	3	
ヤード必要寸法	横距離	L_1	m	56	56	56	56	59	59	59	作業通路幅(10m)考慮
	縦距離	L_2	m	16	21	21	21	16	21	21	
仮置ヤード必要面積		A_3	ha/月	0.12	0.15	0.15	0.15	0.12	0.16	0.16	$A_3 = L_1 \times L_2 \times 1.3$

4. ヤード必要面積の検討

(1) 必要面積算定のためのブロック個数

ブロックヤードの必要面積は、各ブロックを使用する時期と個数より前章に示した原単位を用いて月毎に算定する。算定に先立ち、製作時期、仮置時期、使用時期の関係を整理した。各ブロックは使用月の前月までに所定の養生期間を終える必要があるものとし、2 ヵ月前に製作することとする。そこで、製作・養生・仮置の各ヤード面積を算定するためのブロック個数は、以下のとおりとする。

製作個数　：　2 ヵ月後の使用個数
養生個数　：　製作個数
仮置個数　：　（前月仮置残数）＋（前月製作個数）

なお、ヤード必要面積が確保可能なヤード面積が超える場合には、製作を前倒しし、据付工程に影響が出ないように検討する。

(2) 想定する利用可能な区域と時期

着工１ヵ月目以降、埋立の進捗に伴い利用可能な区域が異なる。ブロックヤードとして利用可能な区域（図 4-1、参照）を表 4-1 に整理した。

表 4-1 ブロックヤードとして利用可能な区域と時期

区域	広さ	時期	備考
敷地内ヤード	6.5ha	1ヵ月目～10ヵ月目	N-1、N-2揚土場利用のため11ヵ月目から漸減する
埋立区域②－１	6.4ha	11ヵ月目～22ヵ月目	埋立区域③－１への移行期間のため利用は2.9ha以下とする。
埋立区域②	31.0ha	23ヵ月目～26ヵ月目	埋立区域③－１への移行期間のため利用は2.9ha以下とする。
埋立区域③－１	2.9ha	27ヵ月目～89ヵ月目	
埋立区域③－３	4.3ha	34ヵ月目～	

敷地内ヤードについては、N-1、N-2 揚土場からリクレーマ船にて揚土を開始した段階で使用が困難となる。先行する N-2 揚土場からの揚土開始（11 ヵ月目）から N-1 揚土場での揚土開始（13 ヵ月目）までの間に漸減するものとした。

埋立区域②-1 については、C.D.L.+4.0m の時期に 11 ヵ月目から上層の埋立が始まる 22 ヵ月目まで利用可能である。

埋立区域②については、埋立が完了す 23 ヵ月目から埋立材の仮置が始まる 26 ヵ月目まで利用可能である。

埋立区域③-1 は、埋立が完了した 27 ヵ月目から舗装開始の 89 ヵ月目まで利用が可能である。

埋立区域③-3 は、埋立が完了した 34 ヵ月目から利用可能である。

埋立の進捗などを考慮し、表 4-2 に示すようにブロックヤードの利用計画を設定した。

表 4-2　ブロックヤード利用面積の設定

期間	利用面積	利用区域	備考
1ヵ月目　～　10ヵ月目	6.5ha	敷地内陸上ヤード	11ヵ月目は、仮置分(0.16ha)のみ利用
11ヵ月目　～　22ヵ月目	2.9ha	埋立区域②－１	23ヵ月目は、仮置分(0.37ha)のみ利用
23ヵ月目　～　26ヵ月目	2.9ha	埋立区域②	27ヵ月目は、仮置分(0.69ha)のみ利用
27ヵ月目　～　33ヵ月目	2.9ha	埋立区域③－１	ブロックヤードは62ヵ月目まで必要
34ヵ月目　～　62ヵ月目	7.2ha	埋立区域③－１＋埋立区域③－３	ブロックヤードは62ヵ月目まで必要

(3) 必要面積の山積

ブロックヤードとして月毎に必要な面積を図 4-2 に示す。

同図より、10 ヵ月目、42 ヵ月目、45 ヵ月で利用可能な区域の面積を超過していることが確認された。このため、ブロックの製作時期を早める等の調整を行った。

その結果を図 4-3 に示す。同図より、全ての月で表 4-2 で設定したブロックヤード利用面積内に収まっていることが確認できる。なお、表 4-3 と表 4-4 にピーク調整前後の必要面積と利用可能なヤードの面積を一覧表に示す。

ブロック製作・仮置ヤード位置図

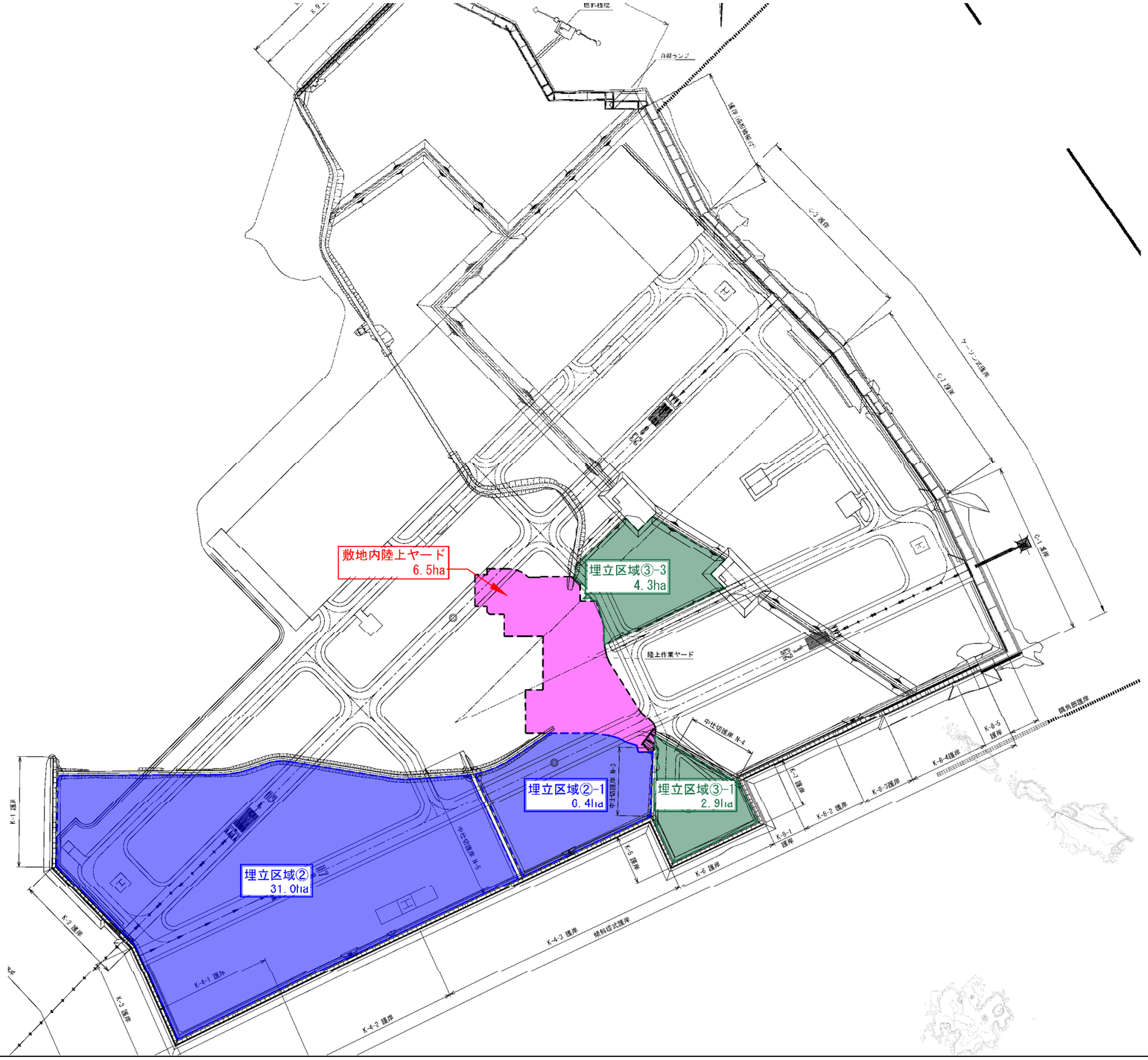
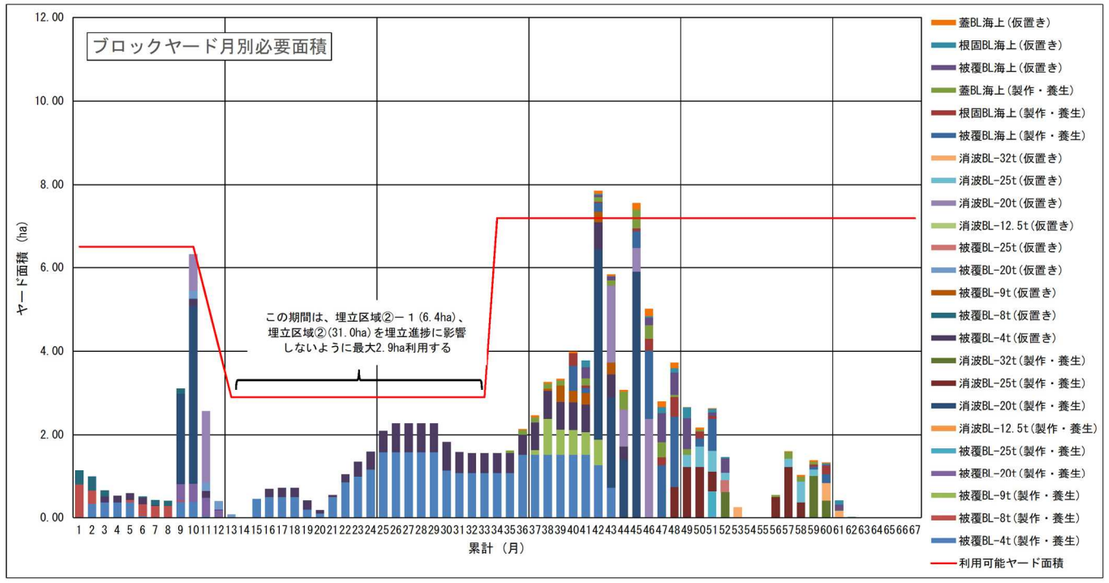
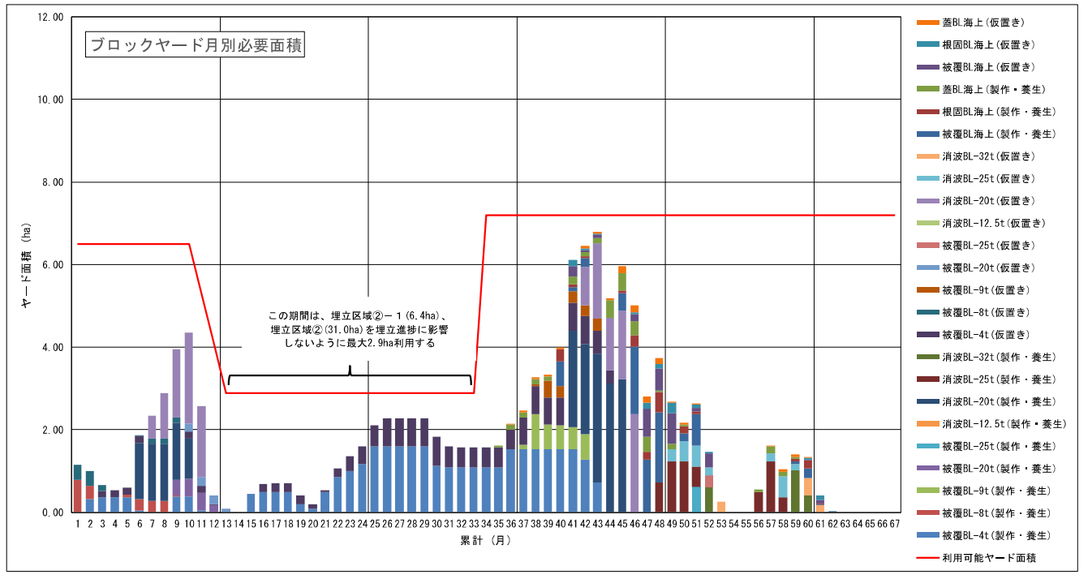


図 4-1 ブロック製作・仮置ヤード位置図





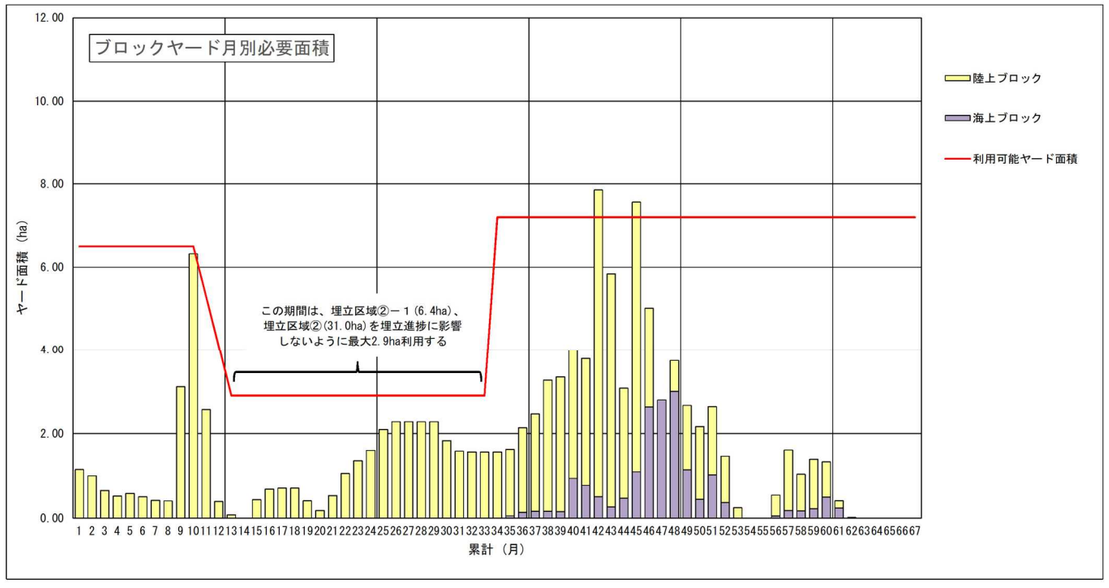


図 4-2 ブロックヤード必要面積の推移(ピーク調整前)

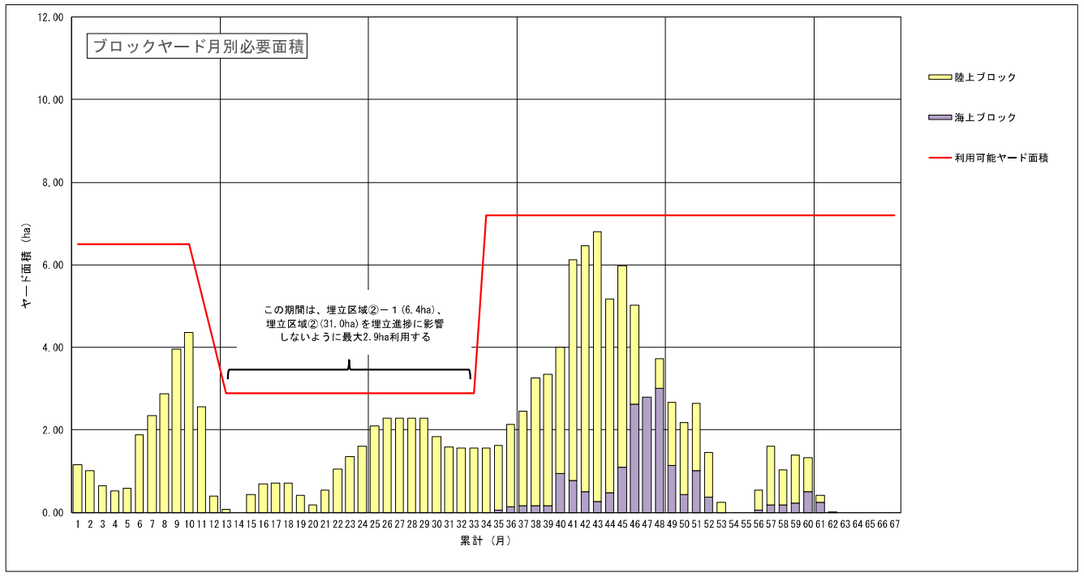


図 4-3 ブロックヤード必要面積の推移(ピーク調整後)

表 4-3 必要面積と利用可能面積の一覧（ピーク調整前）

月次		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	1.15	1.01	0.66	0.53	0.59	0.51	0.43	0.41	3.11	6.32	2.57	0.40	傾斜堤用
	海上ブロック	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ケーソン堤用
	計	1.15	1.01	0.66	0.53	0.59	0.51	0.43	0.41	3.11	6.32	2.57	0.40	
ヤード面積(ha)		6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	5.30	4.10	
月次		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	0.08	0.00	0.45	0.69	0.71	0.71	0.41	0.19	0.54	1.06	1.36	1.60	傾斜堤用
	海上ブロック	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ケーソン堤用
	計	0.08	0.00	0.45	0.69	0.71	0.71	0.41	0.19	0.54	1.06	1.36	1.60	
ヤード面積(ha)		2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	
月次		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	2.10	2.28	2.28	2.28	2.28	1.83	1.59	1.57	1.57	1.57	1.57	2.00	傾斜堤用
	海上ブロック	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.14	ケーソン堤用
	計	2.10	2.28	2.28	2.28	2.28	1.83	1.59	1.57	1.57	1.57	1.63	2.14	
ヤード面積(ha)		2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	7.20	7.20	7.20	
月次		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	2.30	3.10	3.18	3.05	3.00	7.35	5.57	2.60	6.47	2.38	0.00	0.73	傾斜堤用
	海上ブロック	0.16	0.16	0.16	0.94	0.78	0.51	0.27	0.47	1.10	2.63	2.80	3.00	ケーソン堤用
	計	2.46	3.26	3.34	3.99	3.78	**7.86**	5.84	3.07	**7.57**	5.01	2.80	3.73	
ヤード面積(ha)		7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	**7.20**	7.20	7.20	**7.20**	7.20	7.20	7.20	
月次		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	1.52	1.72	1.61	1.10	0.25	0.00	0.00	0.49	1.43	0.87	1.17	0.83	傾斜堤用
	海上ブロック	1.14	0.45	1.02	0.37	0.00	0.00	0.00	0.06	0.19	0.18	0.23	0.51	ケーソン堤用
	計	2.66	2.17	2.63	1.47	0.25	0.00	0.00	0.55	1.62	1.05	1.40	1.34	
ヤード面積(ha)		7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	
月次		61	62	63										備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	0.17	0.00	0.00										傾斜堤用
	海上ブロック	0.24	0.02	0.00										ケーソン堤用
	計	0.41	0.02	0.00										
ヤード面積(ha)		7.20	7.20	7.20										

表 4-4 必要面積と利用可能面積の一覧（ピーク調整後）

月次		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	1.15	1.01	0.66	0.53	0.59	1.88	2.35	2.89	3.96	4.36	2.57	0.40	傾斜堤用
	海上ブロック	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ケーソン堤用
	計	1.15	1.01	0.66	0.53	0.59	1.88	2.35	2.89	3.96	4.36	2.57	0.40	
ヤード面積(ha)		6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	5.30	4.10	
月次		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	0.08	0.00	0.45	0.69	0.71	0.71	0.41	0.19	0.54	1.06	1.36	1.60	傾斜堤用
	海上ブロック	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ケーソン堤用
	計	0.08	0.00	0.45	0.69	0.71	0.71	0.41	0.19	0.54	1.06	1.36	1.60	
ヤード面積(ha)		2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	
月次		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	2.10	2.28	2.28	2.28	2.28	1.83	1.59	1.57	1.57	1.57	1.57	2.00	傾斜堤用
	海上ブロック	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.14	ケーソン堤用
	計	2.10	2.28	2.28	2.28	2.28	1.83	1.59	1.57	1.57	1.57	1.63	2.14	
ヤード面積(ha)		2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	7.20	7.20	7.20	
月次		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	2.30	3.10	3.18	3.05	5.34	5.95	6.52	4.71	4.88	2.38	0.00	0.73	傾斜堤用
	海上ブロック	0.16	0.16	0.16	0.94	0.78	0.51	0.27	0.47	1.10	2.63	2.80	3.00	ケーソン堤用
	計	2.46	3.26	3.34	3.99	6.12	6.46	6.79	5.18	5.98	5.01	2.80	3.73	
ヤード面積(ha)		7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	
月次		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	1.52	1.72	1.61	1.10	0.25	0.00	0.00	0.49	1.43	0.87	1.17	0.83	傾斜堤用
	海上ブロック	1.14	0.45	1.02	0.37	0.00	0.00	0.00	0.06	0.19	0.18	0.23	0.51	ケーソン堤用
	計	2.66	2.17	2.63	1.47	0.25	0.00	0.00	0.55	1.62	1.05	1.40	1.34	
ヤード面積(ha)		7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	
月次		61	62	63										備考
必要面積(ha)	陸上ブロック	0.17	0.00	0.00										傾斜堤用
	海上ブロック	0.24	0.02	0.00										ケーソン堤用
	計	0.41	0.02	0.00										
ヤード面積(ha)		7.20	7.20	7.20										

8. 施工工程を踏まえた C-1～C-3 護岸及び護岸（係船機能付）の壁体及び地盤の安定性能照査

8.2 壁体及び地盤の安定性能照査の考え方

※8.2-1　漸増載荷時の沈下曲線の計算方法

「港湾の施設の技術上の基準・同解説　（平成 30 年 5 月）」P.781 より抜粋

(i) 漸増荷重による圧密[102)]

圧密荷重として盛土を用いる場合には、実際の工事では盛土の建設が段階施工になりかなりの時間を要することが多い。そのため、圧密荷重は時間とともに漸増した後一定となる。漸増荷重の場合の圧密過程に関して簡易計算法[102)]が提案されており参考にすることができる。

102) 吉國洋：バーチカルドレーン工法の設計と施工管理，技報堂，pp.29～76，1979.

「バーチカルドレーン工法の設計と施工管理」P.72～73

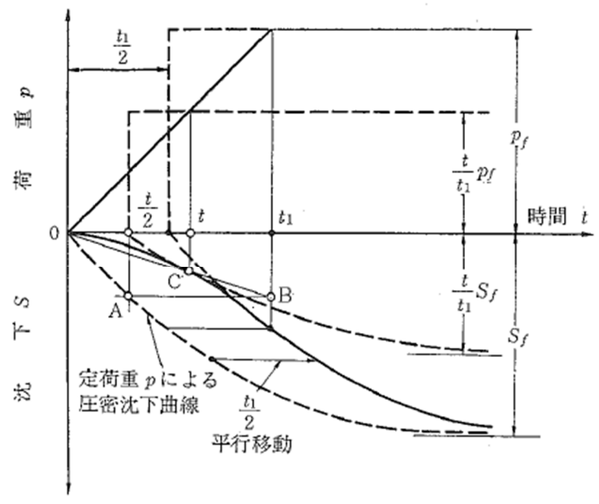


図-3.23　定率漸増載荷圧密の図式解法

載荷期間（$0 \leqq t \leqq t_1$）で

$$S(t)=m_v\,p(t)U\left(t-\frac{1}{2}t\right)H \qquad (3.108)$$

$$=m_v\,\frac{t}{t_1}p_f U\left(t-\frac{1}{2}t\right)H \qquad (3.109)$$

$$=\frac{t}{t_1}S_f U\left(t-\frac{1}{2}t\right) \qquad (3.110)$$

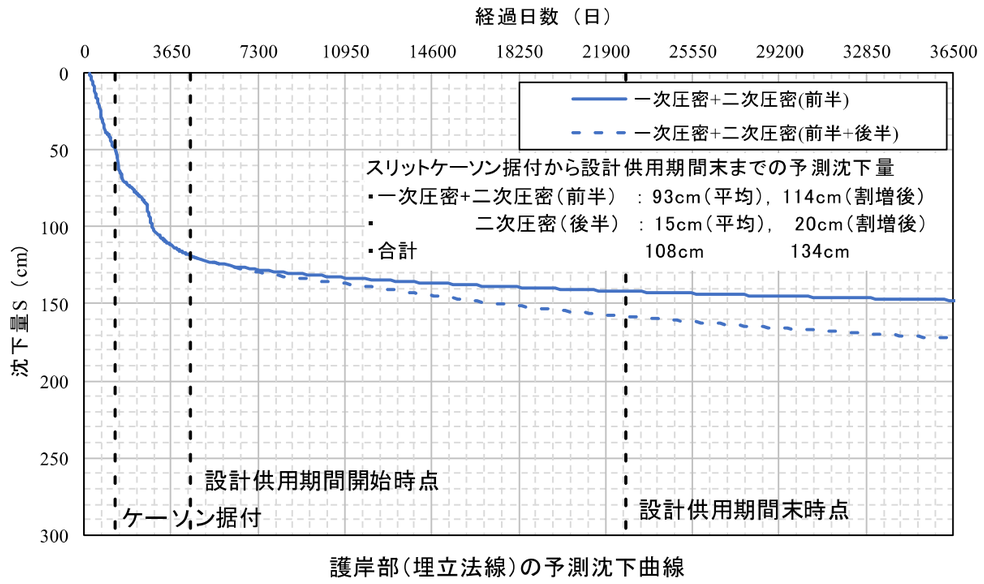
放置期間（$t \geqq t_1$）で

$$S(t)=S_f U\left(t-\frac{1}{2}t\right) \qquad (3.111)$$

漸増載荷時の沈下曲線の補正方法

※8.2-2　地盤の圧密沈下計算結果

沈下計算（C-1-1-1 工区：標準断面①）

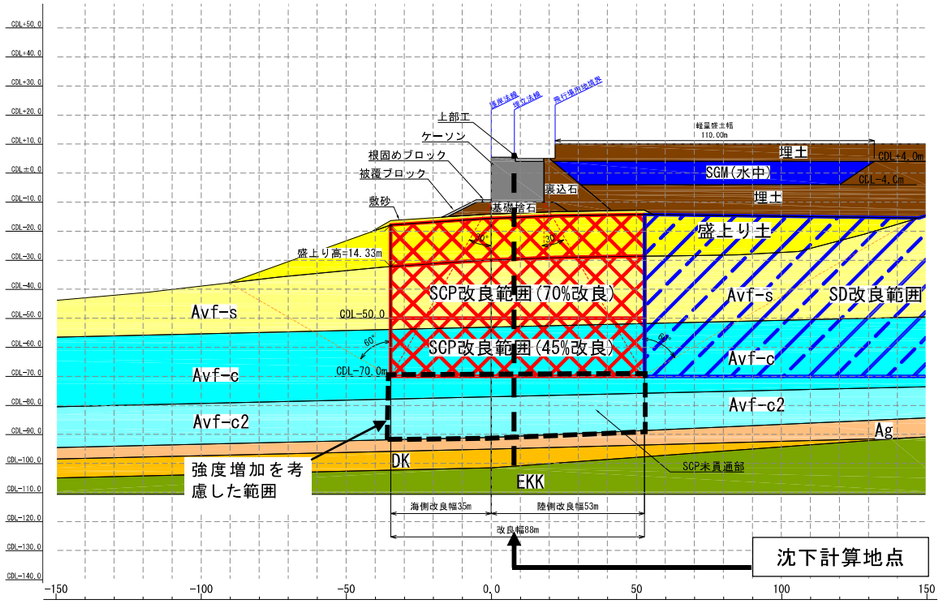


護岸部（埋立法線）の予測沈下曲線

スリットケーソン据付から設計供用期間末までの予測沈下量

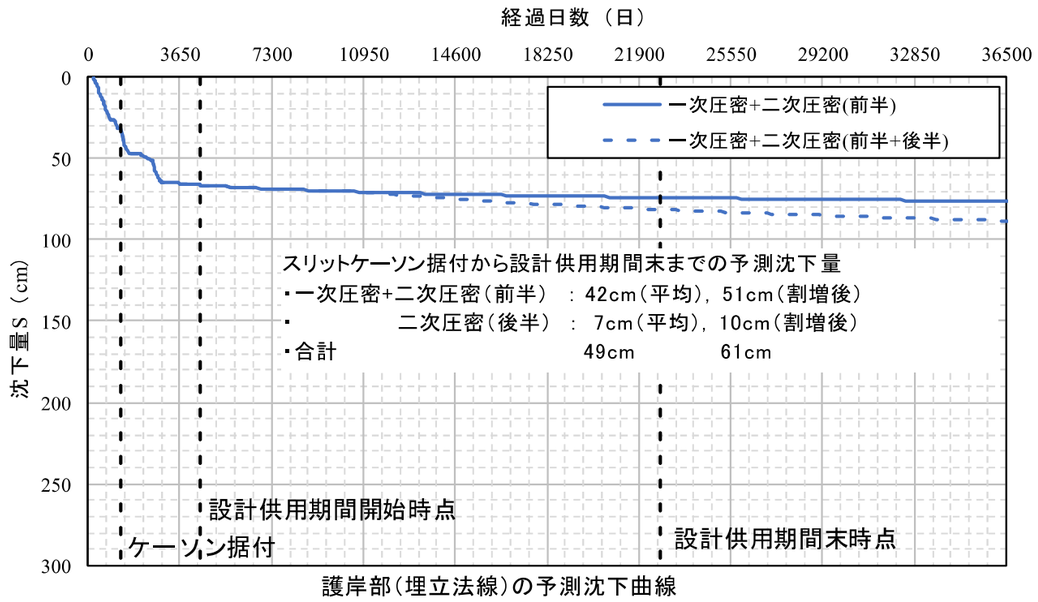
土層		埋立法線			
		1次圧密 (cm)	2次圧密(cm)		計 (cm)
			（前半）	（後半）	
改良部	盛上り土	5	2	1	8
	Avf-s	6	3	2	11
	Avf-c	15	6	3	24
未改良部	Avf-c（未貫通SCP）	12	4	2	18
	Avf-c2（未貫通SCP）	29	11	7	47
沈下量計（平均）		67	26	15	108
沈下量計(割増後)		80	34	20	134

※第2回技術検討会において提示した地盤特性のバラツキを考慮した割増率
一次圧密（Avf-c：20%、Avf-c2：20%、Avf-s：20%）
二次圧密前半（Avf-c：30%、Avf-c2：30%、Avf-s：30%）
二次圧密後半（Avf-c：40%、Avf-c2：20%、Avf-s：40%）



沈下計算モデル断面

沈下計算（C-1-1-2 工区：標準断面②）

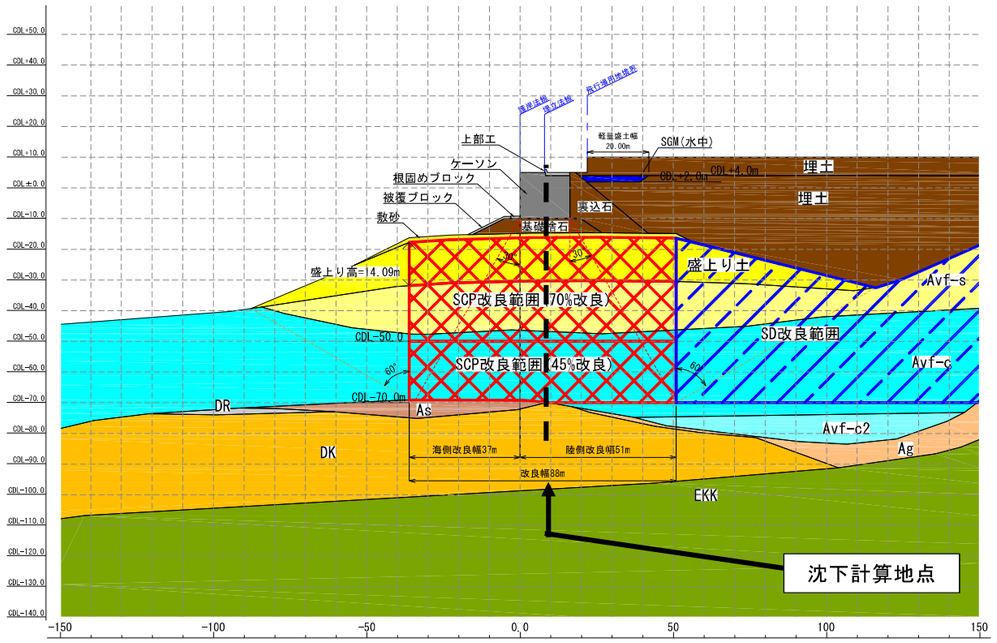


護岸部（埋立法線）の予測沈下曲線

スリットケーソン据付から設計供用期間末までの予測沈下量

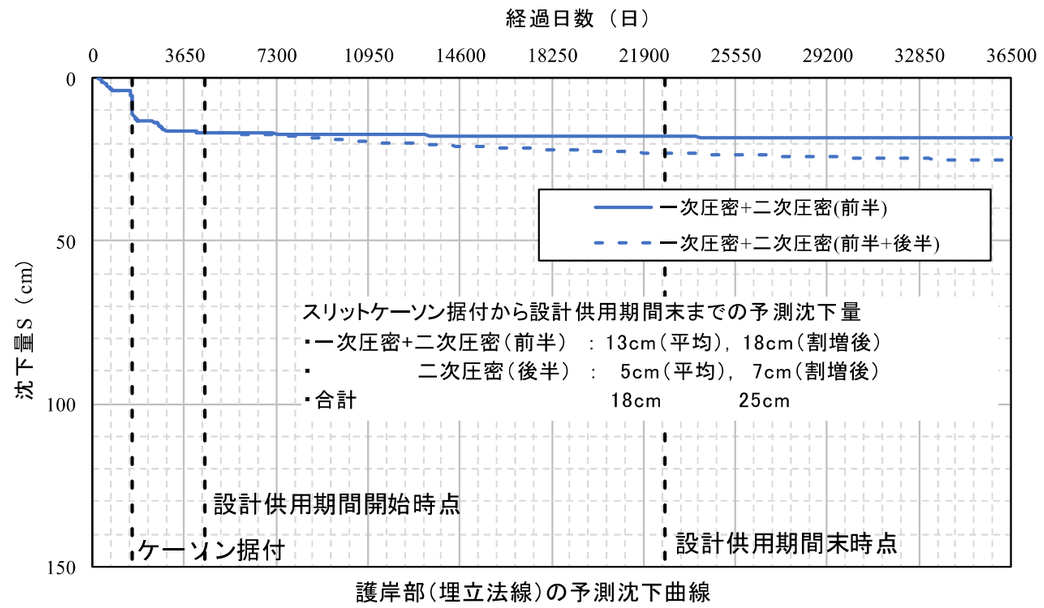
土層		埋立法線			
		1次圧密 (cm)	2次圧密(cm)		計 (cm)
			（前半）	（後半）	
改良部	盛上り土	5	2	1	8
	Avf-s	4	2	2	8
	Avf-c	22	7	4	33
沈下量計（平均)		31	11	7	49
沈下量計(割増後)		37	14	10	61

※第2回技術検討会において提示した地盤特性のバラツキを考慮した割増率
一次圧密（Avf-c：20%、Avf-s：20%）
二次圧密前半（Avf-c：30%、Avf-s：30%）
二次圧密後半（Avf-c：40%、Avf-s：40%）



沈下計算モデル断面

沈下計算（C-2-3-1 工区：標準断面⑥）

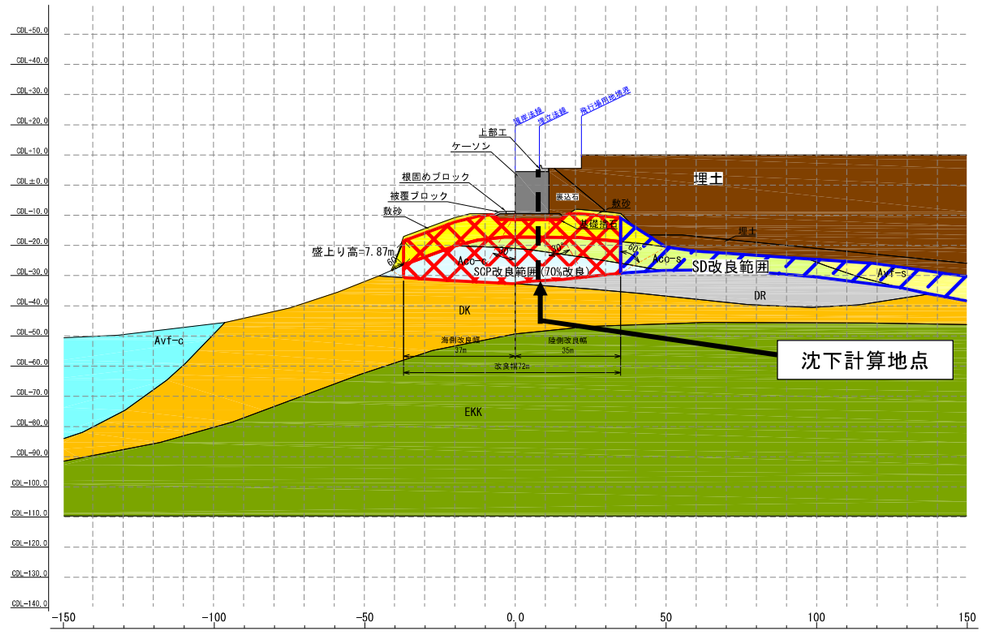


護岸部（埋立法線）の予測沈下曲線

スリットケーソン据付から設計供用期間末までの予測沈下量

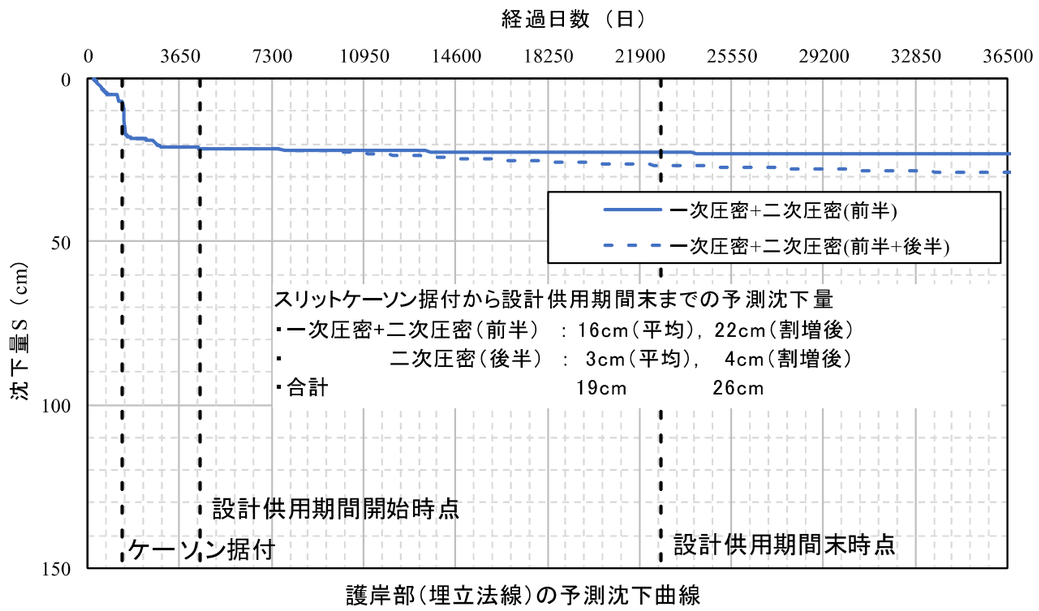
土層		埋立法線			
		1次圧密 (cm)	2次圧密(cm)		計 (cm)
			（前半）	（後半）	
改良部	盛上り土	4	1	1	6
	Aco-c	4	1	2	7
	Aco-s	2	1	2	5
沈下量計（平均）		10	3	5	18
沈下量計(割増後)		13	5	7	25

※第2回技術検討会において提示した地盤特性のバラツキを考慮した割増率
一次圧密（Aco-c：30%、Aco-s：30%）
二次圧密前半（Aco-c：50%、Aco-s：50%）
二次圧密後半（Aco-c：30%、Aco-s：30%）



沈下計算モデル断面

沈下計算（C-2-4-1 工区：標準断面⑦）

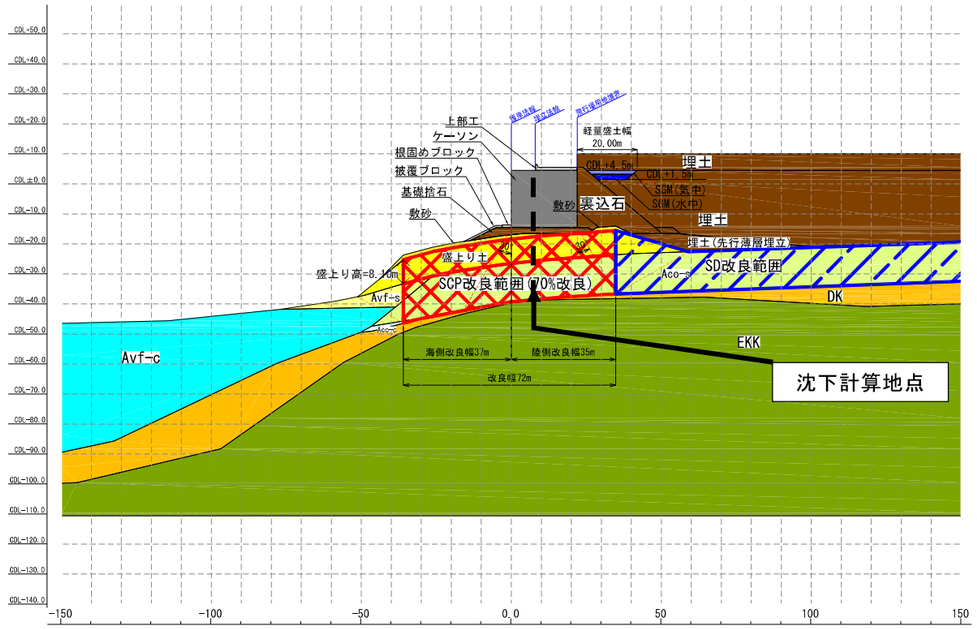


護岸部（埋立法線）の予測沈下曲線

スリットケーソン据付から設計供用期間末までの予測沈下量

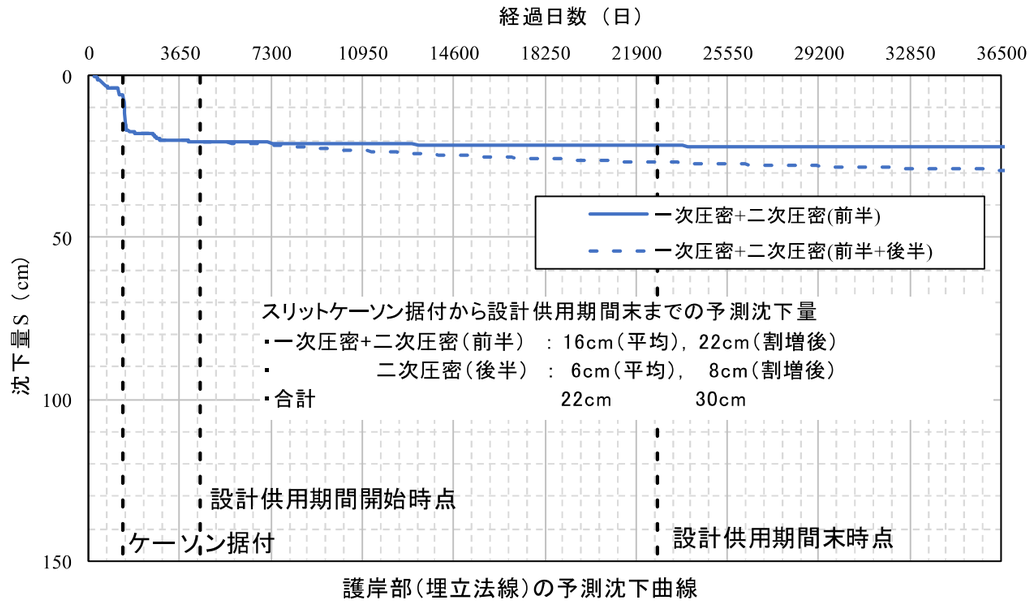
土層		埋立法線			
		1次圧密 (cm)	2次圧密(cm)		計 (cm)
			（前半）	（後半）	
改良部	盛上り土	6	1	1	8
	Aco-s	7	2	2	11
沈下量計（平均）		13	3	3	19
沈下量計(割増後)		17	5	4	26

※第2回技術検討会において提示した地盤特性のバラツキを考慮した割増率
一次圧密（Aco-s：30%）
二次圧密前半（Aco-s：50%）
二次圧密後半（Aco-s：30%）



沈下計算モデル断面

沈下計算（C-3-1-1 工区：標準断面⑧）

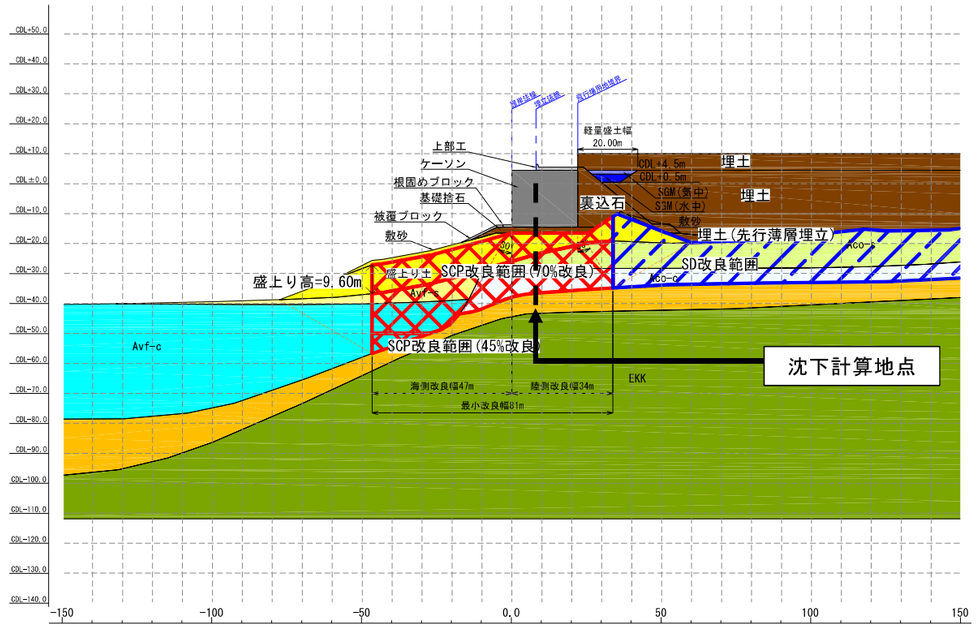


護岸部（埋立法線）の予測沈下曲線

スリットケーソン据付から設計供用期間末までの予測沈下量

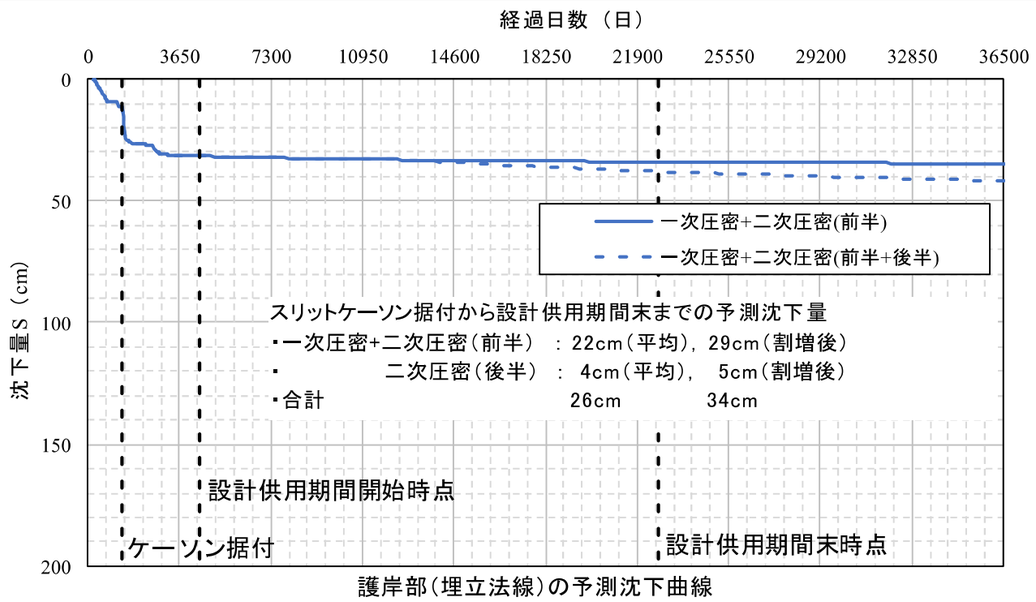
土層		埋立法線			
		1次圧密 (cm)	2次圧密(cm)		計 (cm)
			（前半）	（後半）	
改良部	盛上り土	6	1	2	9
	Aco-c	4	1	2	7
	Aco-s	3	1	2	6
沈下量計 （平均）		13	3	6	22
沈下量計(割増後)		17	5	8	30

※第2回技術検討会において提示した地盤特性のバラツキを考慮した割増率
一次圧密 （Aco-c：30%、Aco-s：30%）
二次圧密前半 （Aco-c：50%、Aco-s：50%）
二次圧密後半 （Aco-c：30%、Aco-s：30%）



沈下計算モデル断面

沈下計算（C-3-1-2 工区：標準断面⑨）

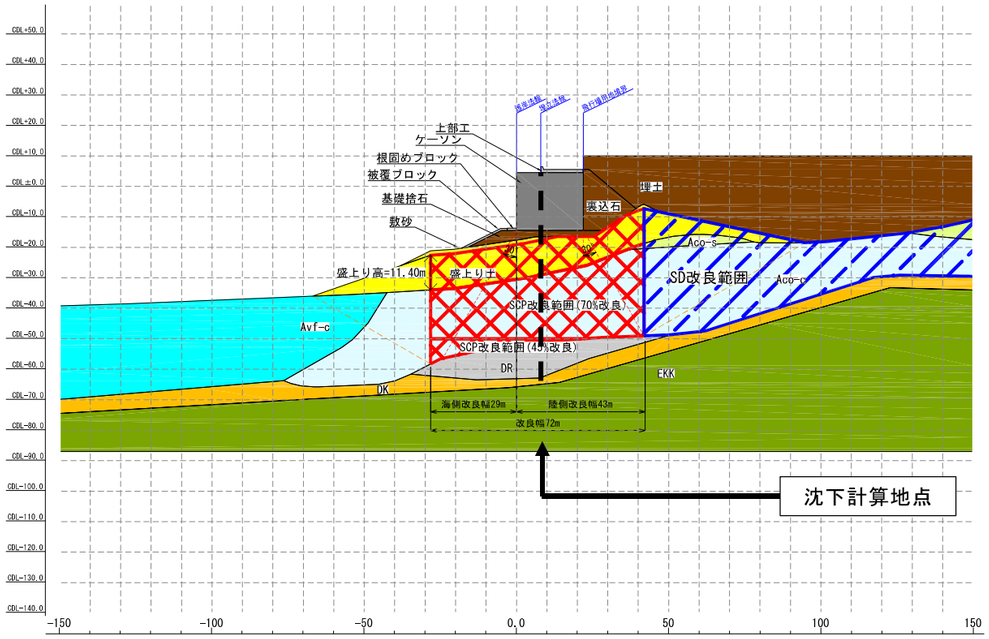


護岸部（埋立法線）の予測沈下曲線

スリットケーソン据付から設計供用期間末まで予測沈下量

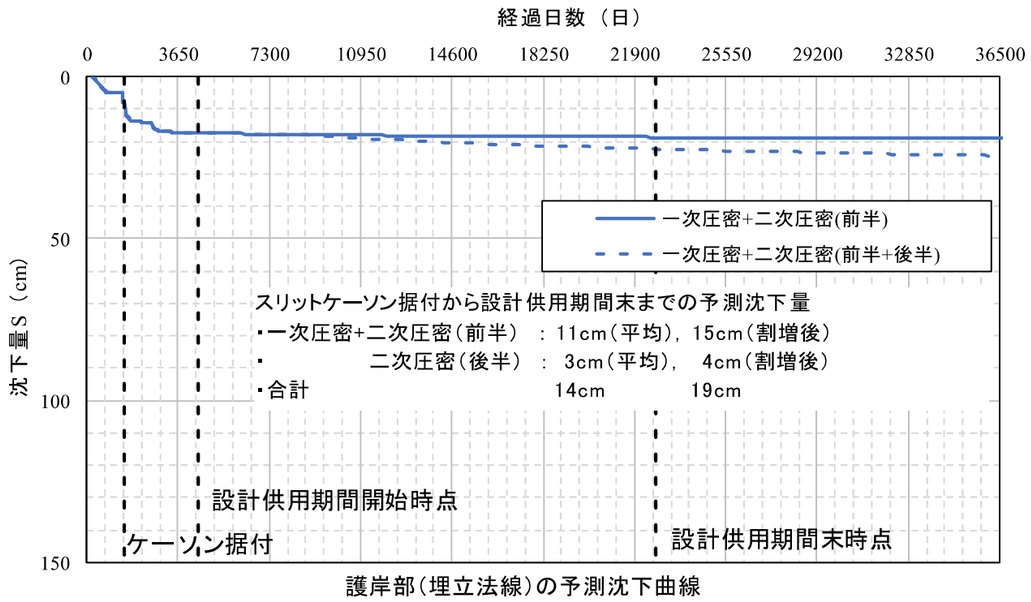
土層		埋立法線			
		1次圧密 (cm)	2次圧密(cm)		計 (cm)
			（前半）	（後半）	
改良部	盛上り土	8	1	1	10
	Aco-c	10	3	3	16
沈下量計（平均）		18	4	4	26
沈下量計(割増後)		23	6	5	34

※第2回技術検討会において提示した地盤特性のバラツキを考慮した割増率
一次圧密（Aco-c：30%）
二次圧密前半（Aco-c：50%）
二次圧密後半（Aco-c：30%）



沈下計算モデル断面

沈下計算（C-3-2-1 工区：標準断面⑩）



護岸部（埋立法線）の予測沈下曲線

スリットケーソン据付から設計供用期間末までの予測沈下量

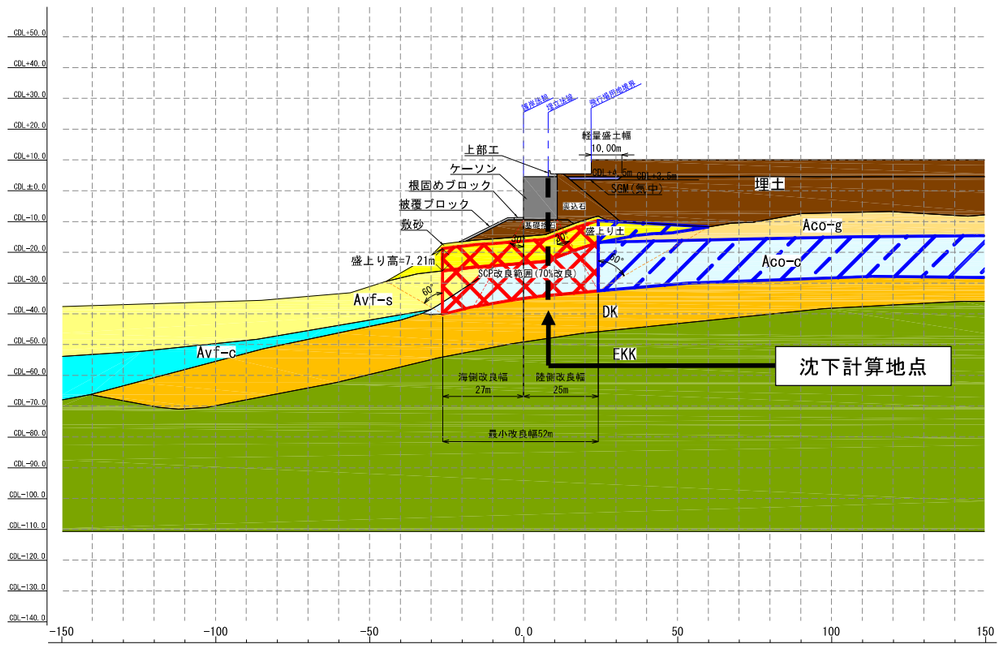
土層		埋立法線			
		1次圧密 (cm)	2次圧密(cm)		計 (cm)
			（前半）	（後半）	
改良部	盛上り土	4	1	1	6
	Aco-c	5	1	2	8
沈下量計（平均）		9	2	3	14
沈下量計(割増後)		12	3	4	19

※第2回技術検討会において提示した地盤特性のバラツキを考慮した割増率

一次圧密（Aco-c：30%）

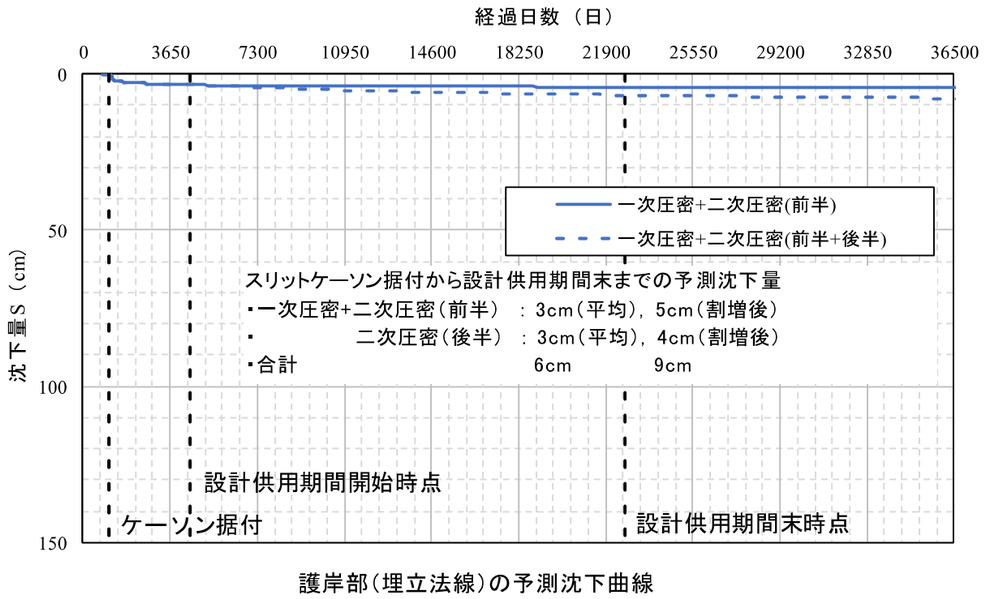
二次圧密前半（Aco-c：50%）

二次圧密後半（Aco-c：30%）



沈下計算モデル断面

沈下計算（護岸（係船機能付）工区：標準断面⑪）



護岸部（埋立法線）の予測沈下曲線

スリットケーソン据付から設計供用期間末までの予測沈下量

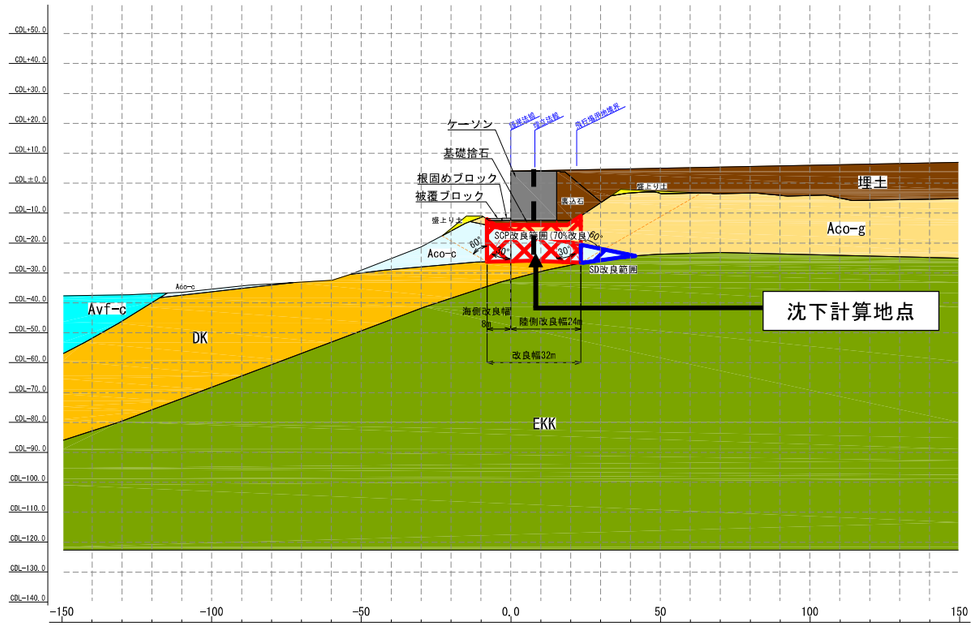
土層		埋立法線			
		1次圧密 (cm)	2次圧密(cm)		計 (cm)
			（前半）	（後半）	
改良部	Aco-c	2	1	3	6
沈下量計（平均）		2	1	3	6
沈下量計(割増後)		3	2	4	9

※第2回技術検討会において提示した地盤特性のバラツキを考慮した割増率

一次圧密（Aco-c：30%）

二次圧密前半（Aco-c：50%）

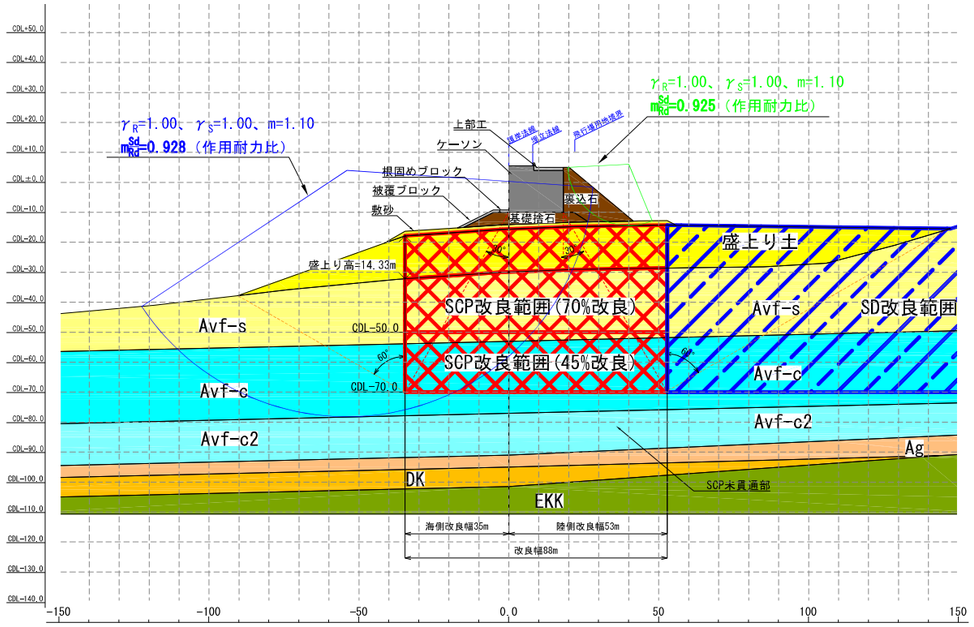
二次圧密後半（Aco-c：30%）



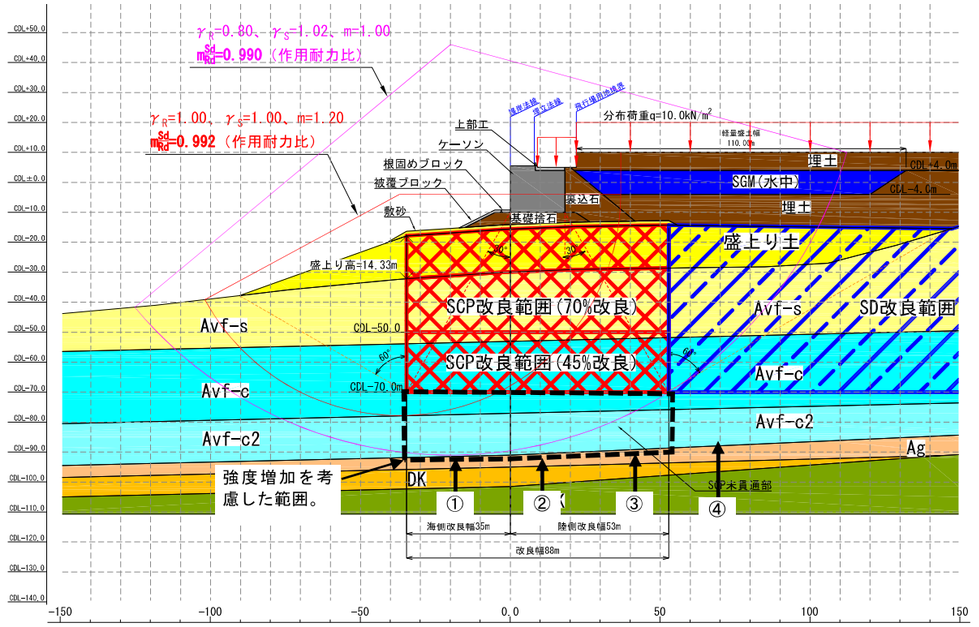
沈下計算モデル断面

※8.2-3　地盤の安定性性能照査結果

施工時安定検討

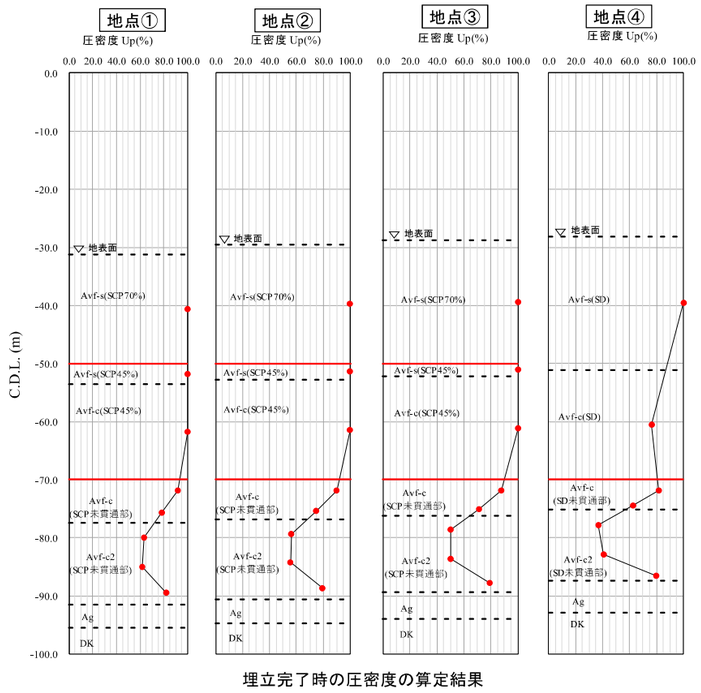


完成時安定検討



土質区分	施工時検討					完成時検討				
	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)
埋土	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
SGM(水中)	11.5	11.5	100.0	—	0.0	11.5	11.5	100.0	—	0.0
根固め・被覆・上部工	22.6	22.6	—	—	—	22.6	22.6	—	—	—
裏込石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
ケーソン	17.1	17.1	—	—	—	17.5	17.5	—	—	—
基礎捨石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
SCP砂杭、置換率=70%	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2
SCP砂杭、置換率=45%	20.0	18.0	0.0	—	30.0※2	20.0	18.0	0.0	—	30.0※2
敷砂	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
盛上り土	18.5	17.6	14.4+3.07Z	0.28	0.0	18.5	17.6	0.0	—	37.0
Avf-s	18.5	17.6	14.4+3.07Z	0.28	0.0	18.5	17.6	0.0	—	37.0
Avf-c	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0
Avf-c2	17.5	17.0	53.0+1.58Z	0.18	0.0	17.5	17.0	53.0+1.58Z	0.18	0.0
Ag	20.7	20.2	0.0	—	34.0	20.7	20.2	0.0	—	34.0
DK	20.5	19.9	0.0	—	30.0	20.5	19.9	0.0	—	30.0

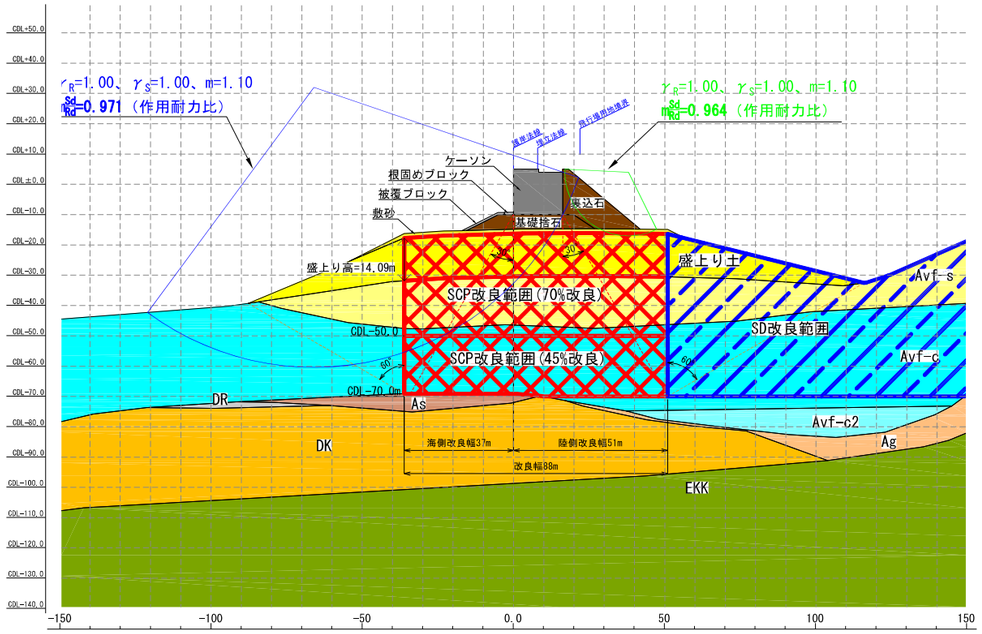
※1：Zの基準値：深度±0.0m
※2：SCP砂杭の応力分担比nは、置換率=70%ではn=1、置換率=45%ではn=2とした。



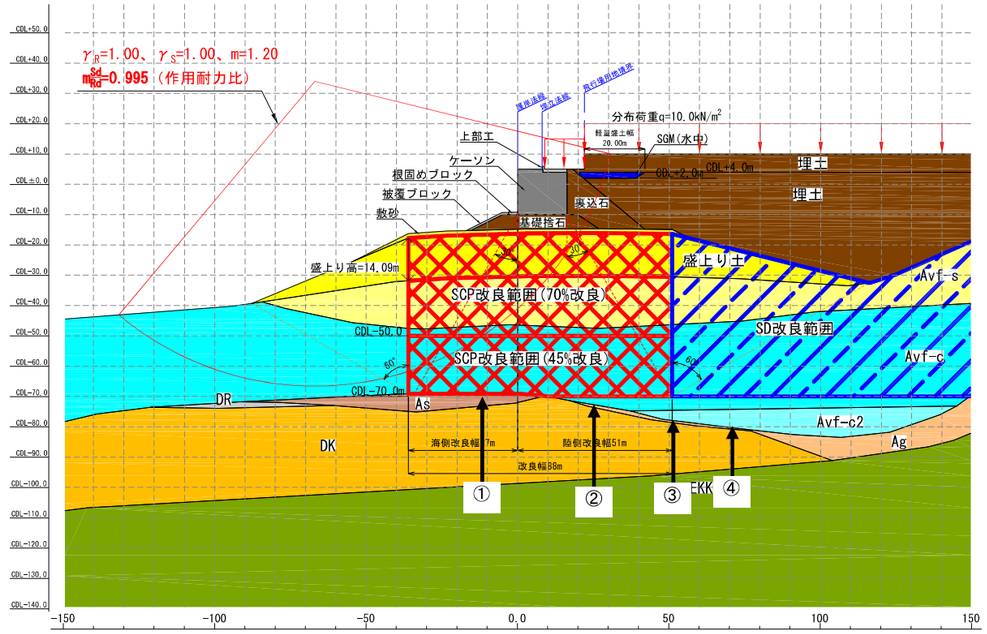
埋立完了時の圧密度の算定結果

安定性能照査結果（C-1-1-1 工区：標準断面①）

施工時安定検討



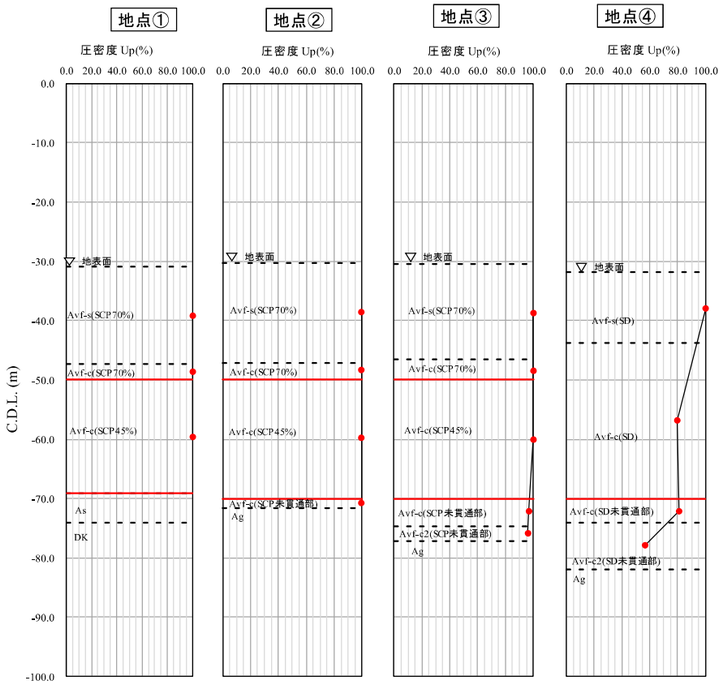
完成時安定検討



土質区分	施工時検討					完成時検討				
	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)
埋土	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
SGM(水中)	11.5	11.5	100.0	—	0.0	11.5	11.5	100.0	—	0.0
根固め・被覆・上部工	22.6	22.6	—	—	—	22.6	22.6	—	—	—
裏込石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
ケーソン	17.1	17.1	—	—	—	17.4	17.4	—	—	—
基礎捨石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
SCP砂杭、置換率=70%	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2
SCP砂杭、置換率=45%	20.0	18.0	0.0	—	30.0※2	20.0	18.0	0.0	—	30.0※2
敷砂	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
盛上り土	18.5	17.6	14.4+3.07Z	0.28	0.0	18.5	17.6	0.0	—	37.0
Avf-s	18.5	17.6	14.4+3.07Z	0.28	0.0	18.5	17.6	0.0	—	37.0
Avf-c	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0
Avf-c2	17.5	17.0	53.0+1.58Z	0.18	0.0	17.5	17.0	53.0+1.58Z	0.18	0.0
Ag	20.7	20.2	0.0	—	34.0	20.7	20.2	0.0	—	34.0
DR	20.2	19.7	0.0	—	32.0	20.2	19.7	0.0	—	32.0
As	19.8	19.5	0.0	—	32.0	19.8	19.5	0.0	—	32.0
DK	20.5	19.9	0.0	—	30.0	20.5	19.9	0.0	—	30.0

※1：Zの基準値：深度±0.0m

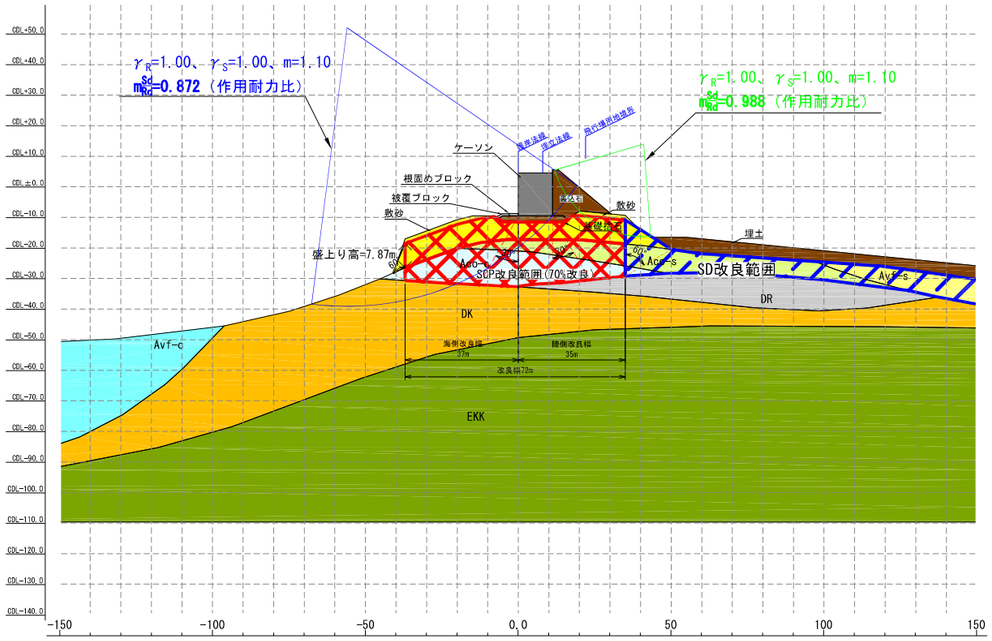
※2：SCP砂杭の応力分担比nは、置換率=70%ではn=1、置換率=45%ではn=2とした。



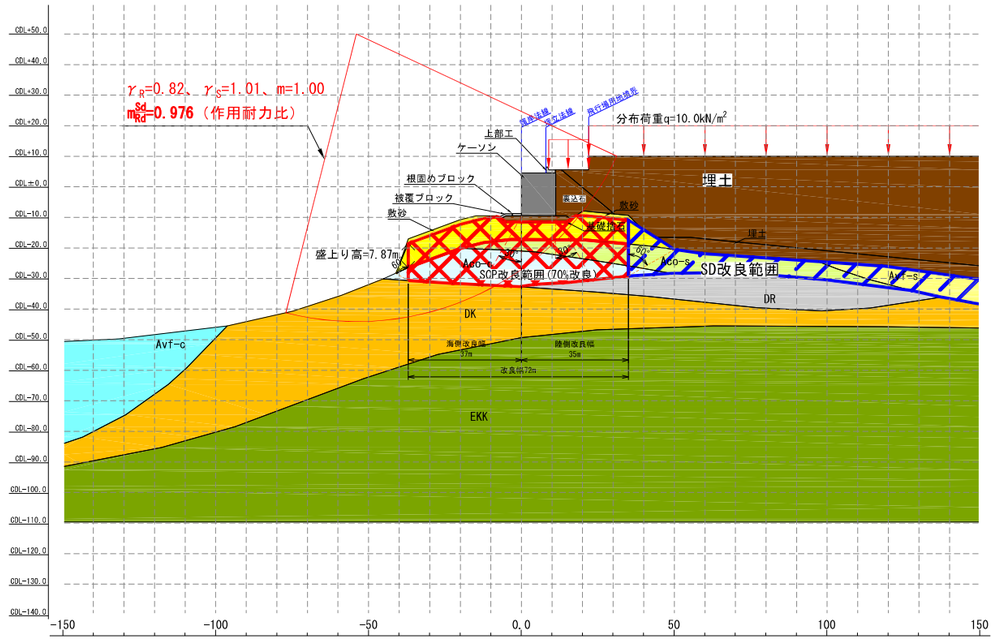
埋立完了時の圧密度の算定結果

安定性能照査結果（C-1-1-2 工区：標準断面②）

施工時安定検討



完成時安定検討

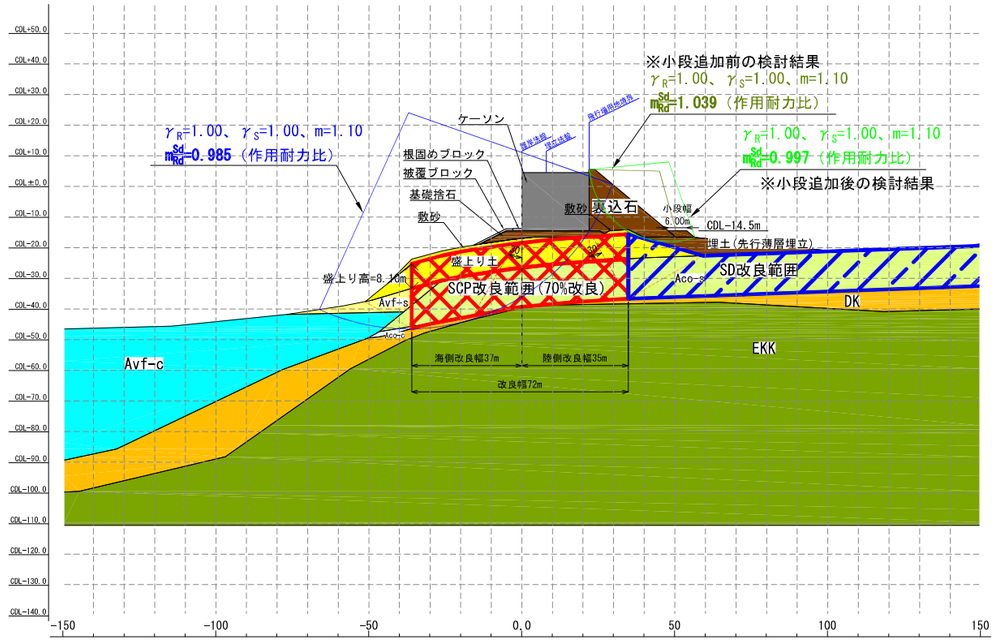


土質区分	施工時検討					完成時検討				
	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_t (kN/m^3)	C※1 (kN/m^2)	変動係数CV	ϕ (度)	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_t (kN/m^3)	C※1 (kN/m^2)	変動係数CV	ϕ (度)
埋土	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
根固め・被覆・上部工	22.6	22.6	—	—	—	22.6	22.6	—	—	—
裏込石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
ケーソン	15.8	15.8	—	—	—	16.0	16.0	—	—	—
基礎捨石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
SCP砂杭、置換率=70%	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2
敷砂	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
盛上り土	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.2	18.3	0.0	—	33.0
Avf-s	18.5	17.6	14.4+3.07Z	0.28	0.0	18.5	17.6	0.0	—	37.0
Avf-c	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0
Aco-s	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.2	18.3	0.0	—	33.0
Aco-c	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.2	18.3	0.0	—	33.0
DR	20.2	19.7	0.0	—	32.0	20.2	19.7	0.0	—	32.0
DK	20.5	19.9	0.0	—	30.0	20.5	19.9	0.0	—	30.0

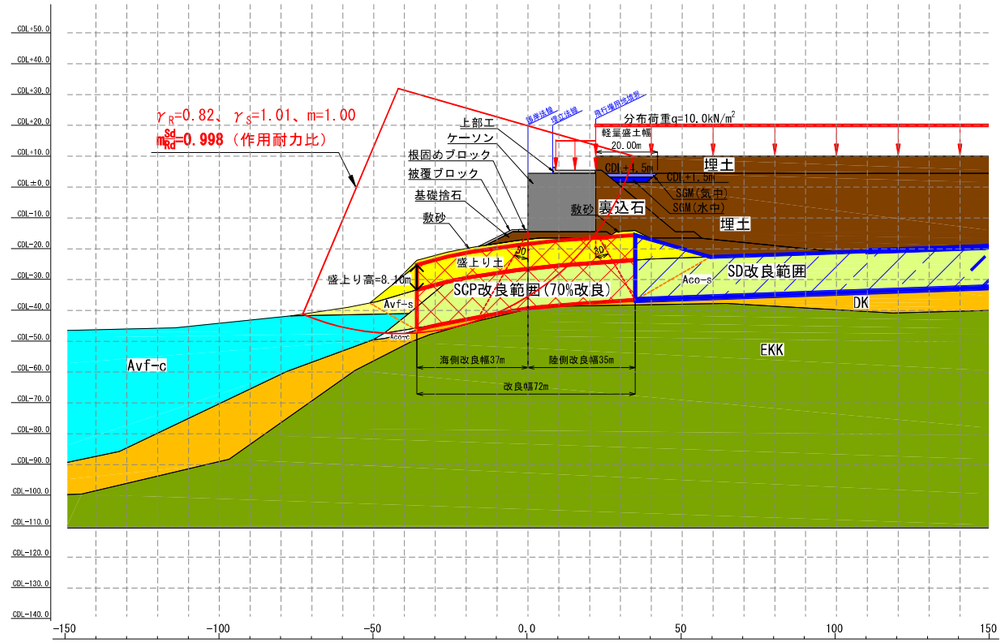
※1：Zの基準値：深度±0.0m
※2：SCP砂杭の応力分担比nは、置換率=70%ではn=1とした。

安定性能照査結果（C-2-3-1 工区：標準断面⑥）

施工時安定検討



完成時安定検討

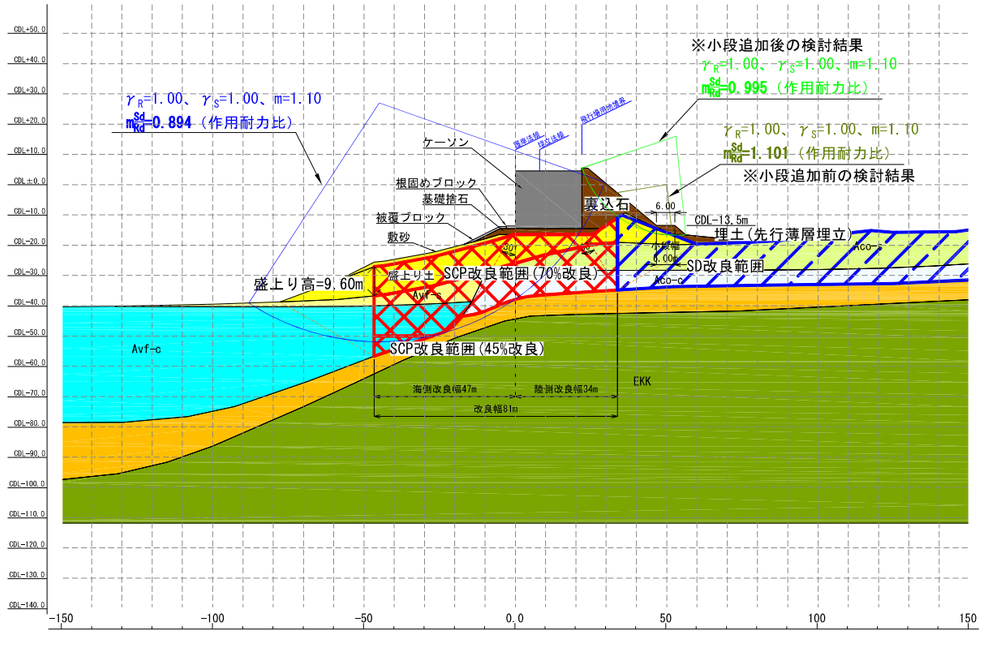


土質区分	施工時検討					完成時検討				
	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)
埋土	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
SGM(気中)	10.0	10.0	100.0	—	0.0	10.0	10.0	100.0	—	0.0
SGM(水中)	11.5	11.5	100.0	—	0.0	11.5	11.5	100.0	—	0.0
根固め・被覆・上部工	22.6	22.6	—	—	—	22.6	22.6	—	—	—
裏込石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
ケーソン	18.7	18.7	—	—	—	19.1	19.1	—	—	—
基礎捨石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
SCP砂杭、置換率=70%	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2
敷砂	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
盛上り土	18.5	17.6	14.4+3.07Z	0.28	0.0	18.5	17.6	0.0	—	37.0
Avf-s	18.5	17.6	14.4+3.07Z	0.28	0.0	18.5	17.6	0.0	—	37.0
Avf-c	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0
Aco-s	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.2	18.3	0.0	—	33.0
Aco-c	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.2	18.3	0.0	—	33.0
DK	20.5	19.9	0.0	—	30.0	20.5	19.9	0.0	—	30.0

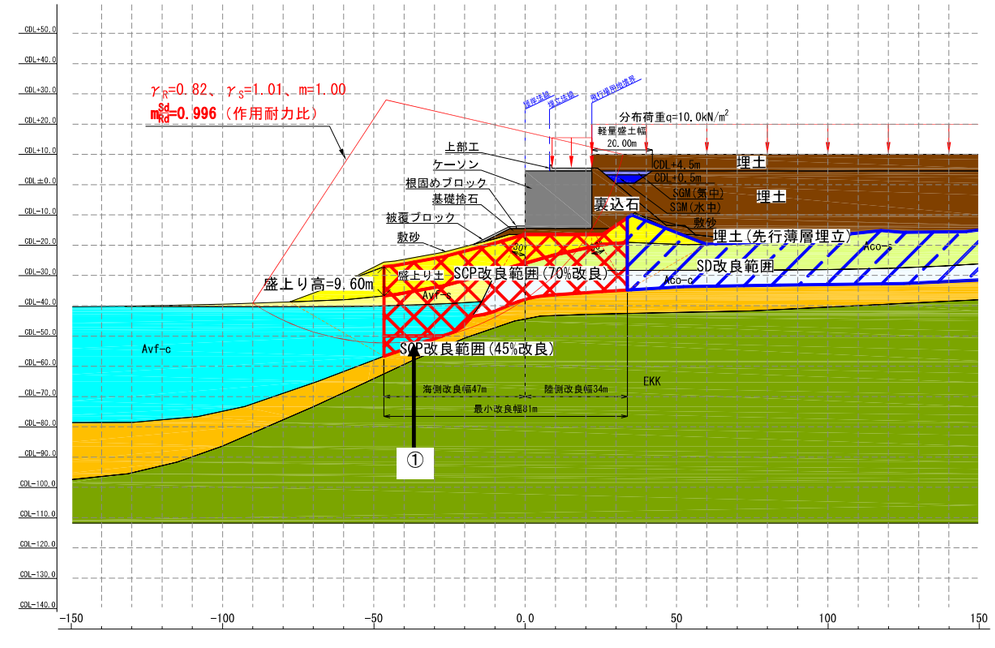
※1：Zの基準値：深度±0.0m
※2：SCP砂杭の応力分担比nは、置換率=70%ではn=1とした。

安定性能照査結果（C-2-4-1 工区：標準断面⑦）

施工時安定検討



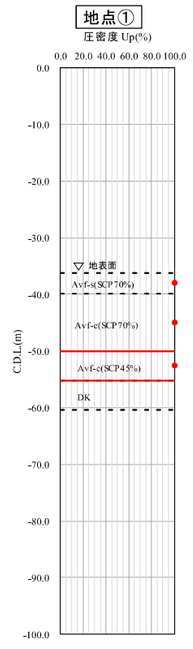
完成時安定検討



土質区分	施工時検討					完成時検討				
	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)
埋土	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
SGM(気中)	10.0	10.0	100.0	—	0.0	10.0	10.0	100.0	—	0.0
SGM(水中)	11.5	11.5	100.0	—	0.0	11.5	11.5	100.0	—	0.0
根固め・被覆・上部工	22.6	22.6	—	—	—	22.6	22.6	—	—	—
裏込石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
ケーソン	18.7	18.7	—	—	—	19.1	19.1	—	—	—
基礎捨石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
SCP砂杭、置換率=70%	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2
SCP砂杭、置換率=45%	20.0	18.0	0.0	—	30.0※2	20.0	18.0	0.0	—	30.0※2
敷砂	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
盛上り土	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.2	18.3	0.0	—	33.0
Avf-s	18.5	17.6	14.4+3.07Z	0.28	0.0	18.5	17.6	0.0	—	37.0
Avf-c	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0
Aco-s	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.2	18.3	0.0	—	33.0
Aco-c	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.2	18.3	0.0	—	33.0
DK	20.5	19.9	0.0	—	30.0	20.5	19.9	0.0	—	30.0

※1：Zの基準値：深度±0.0m

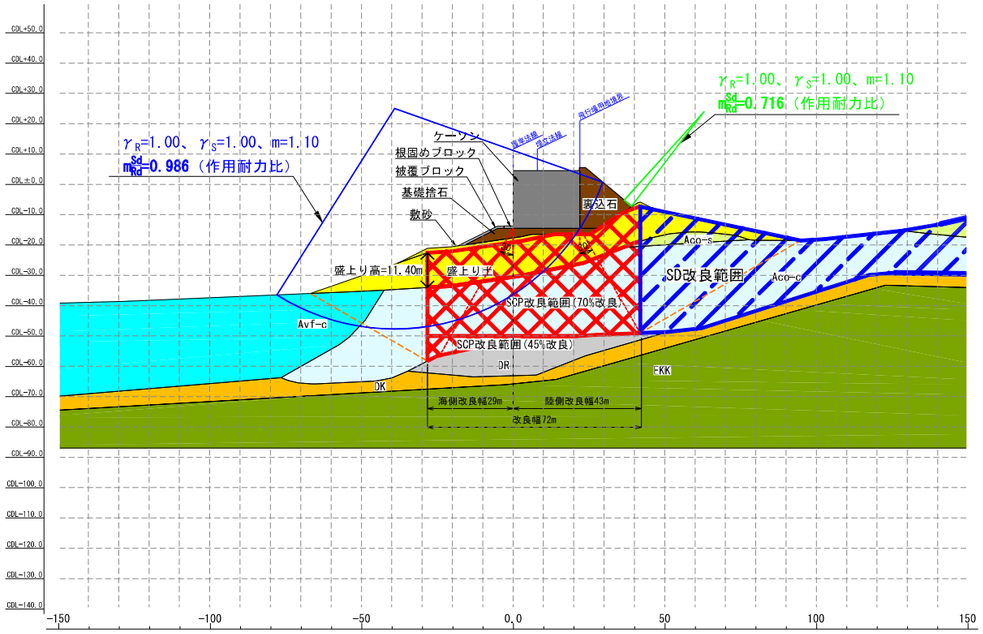
※2：SCP砂杭の応力分担比nは、置換率=70%ではn=1、置換率=45%ではn=2とした。



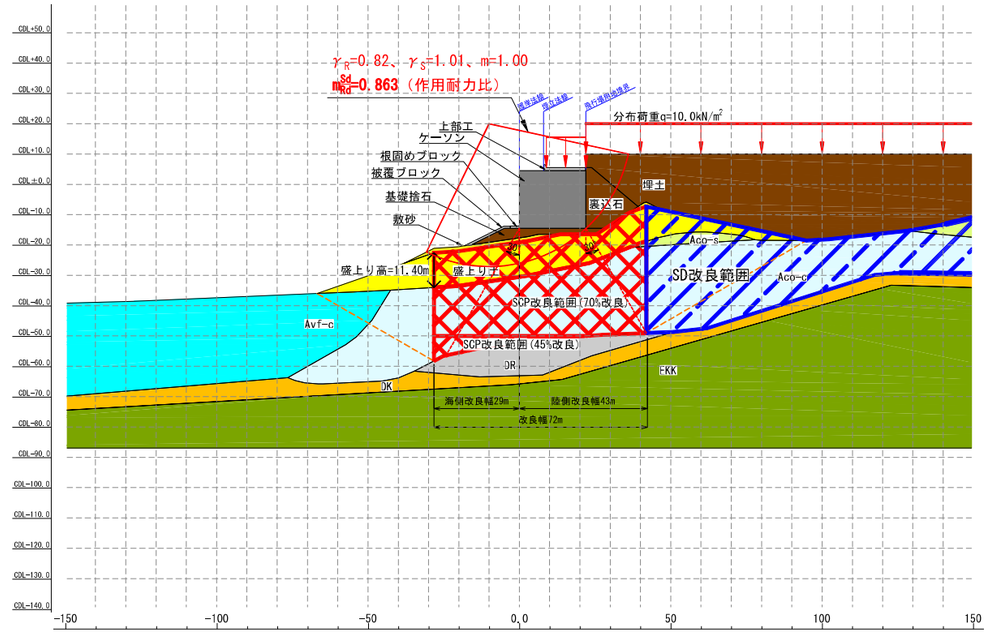
埋立完了時の圧密度の算定結果

安定性能照査結果（C-3-1-1 工区：標準断面⑧）

施工時安定検討



完成時安定検討

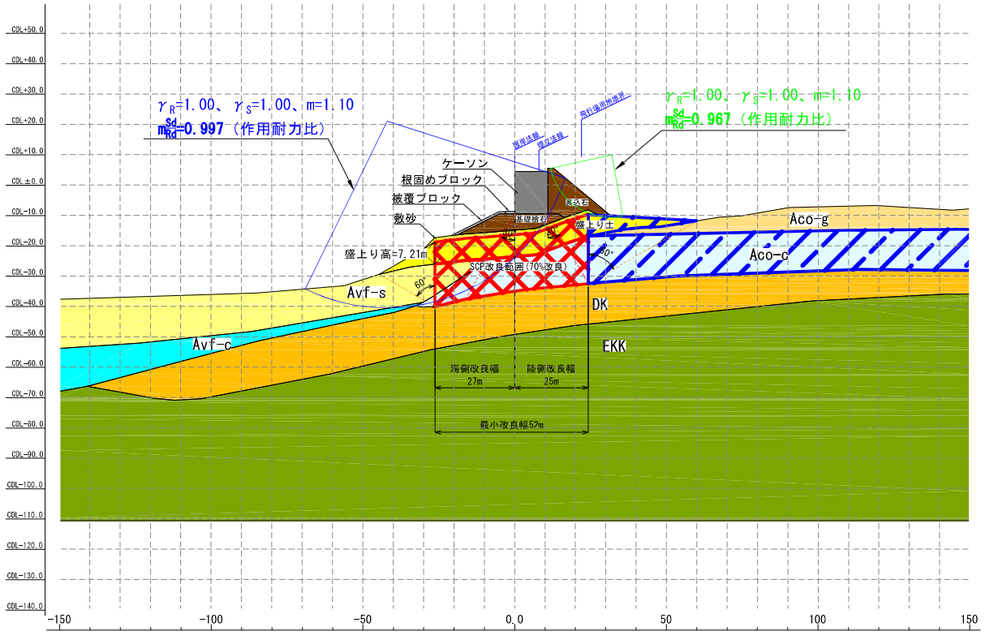


土質区分	施工時検討					完成時検討				
	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)
埋土	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
根固め・被覆・上部工	22.6	22.6	—	—	—	22.6	22.6	—	—	—
裏込石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
ケーソン	18.7	18.7	—	—	—	19.1	19.1	—	—	—
基礎捨石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
SCP砂杭、置換率=70%	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2
SCP砂杭、置換率=45%	20.0	18.0	0.0	—	30.0※2	20.0	18.0	0.0	—	30.0※2
敷砂	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
盛上り土	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.0	18.4	0.0	—	36.0
Avf-c	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0
Aco-s	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.2	18.3	0.0	—	33.0
Aco-c	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.0	18.4	0.0	—	36.0
DR	20.2	19.7	0.0	—	32.0	20.2	19.7	0.0	—	32.0
DK	20.5	19.9	0.0	—	30.0	20.5	19.9	0.0	—	30.0

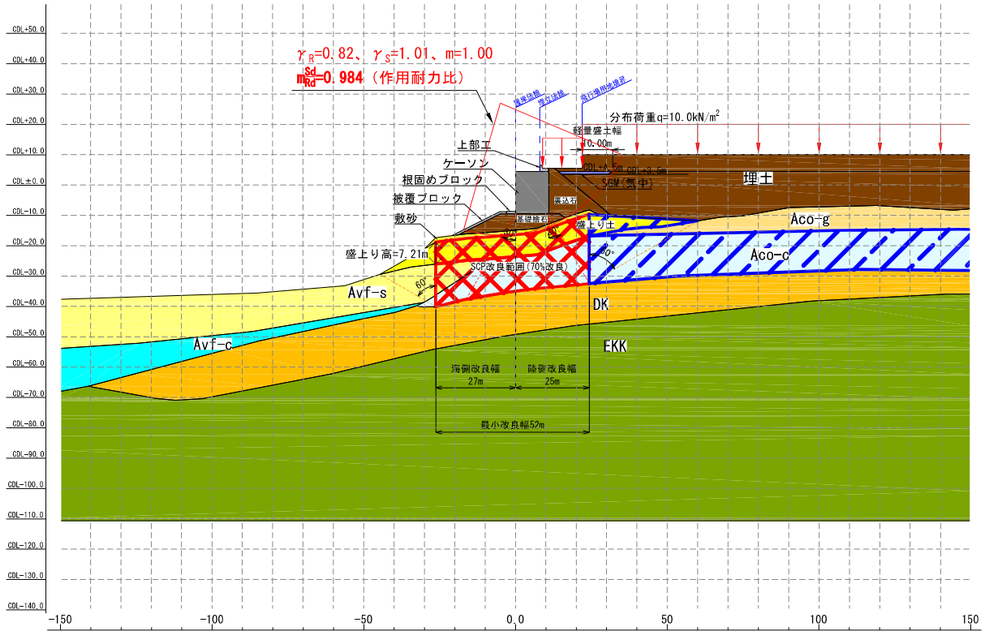
※1：Zの基準値：深度±0.0m
※2：SCP砂杭の応力分担比nは、置換率=70%ではn=1、置換率=45%ではn=2とした。

安定性能照査結果（C-3-1-2 工区：標準断面⑨）

施工時安定検討



完成時安定検討



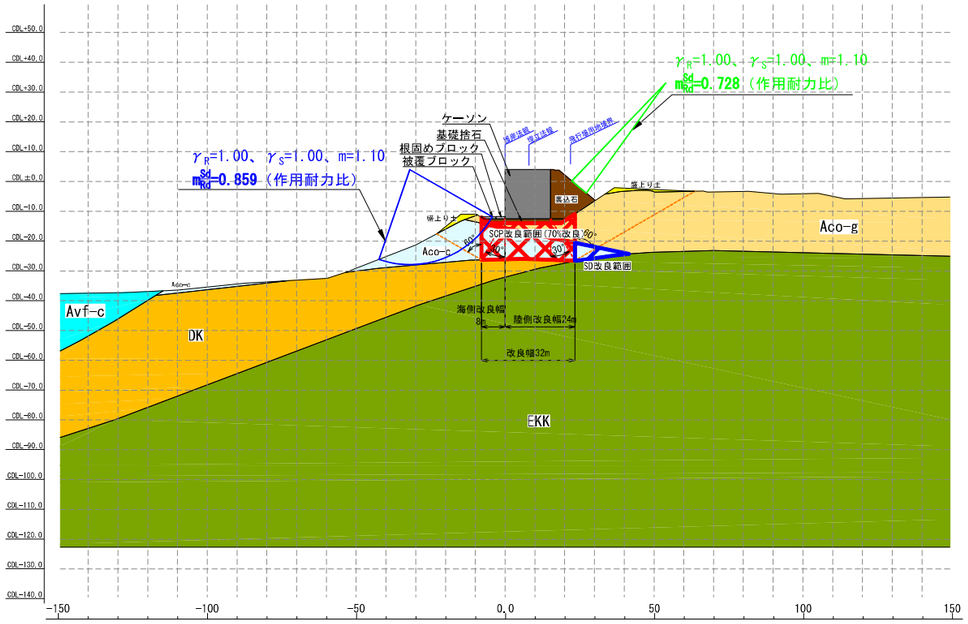
土質区分	施工時検討					完成時検討				
	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)
埋土	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
SGM(気中)	10.0	10.0	100.0	—	0.0	10.0	10.0	100.0	—	0.0
根固め・被覆・上部工	22.6	22.6	—	—	—	22.6	22.6	—	—	—
裏込石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
ケーソン	15.8	15.8	—	—	—	15.9	15.9	—	—	—
基礎捨石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
SCP砂杭、置換率=70%	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2
敷砂	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
盛上り土	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.0	18.4	0.0	—	36.0
Avf-s	18.5	17.6	14.4+3.07Z	0.28	0.0	18.5	17.6	0.0	—	37.0
Avf-c	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0
Aco-c	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.0	18.4	0.0	—	36.0
Aco-g	19.3	18.4	0.0	—	40.0	19.3	18.4	0.0	—	40.0
DK	20.5	19.9	0.0	—	30.0	20.5	19.9	0.0	—	30.0

※1：Zの基準値：深度±0.0m

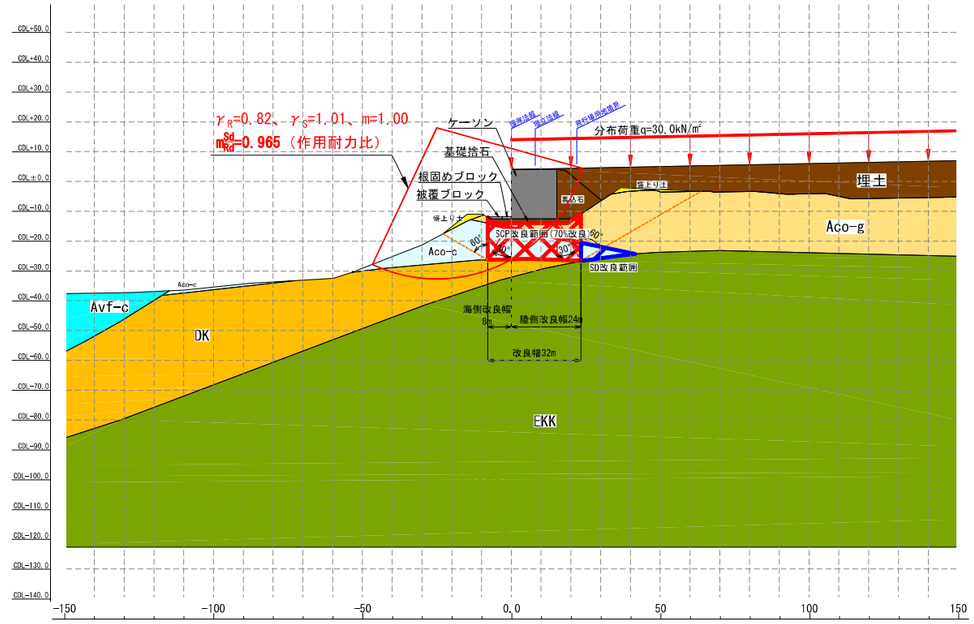
※2：SCP砂杭の応力分担比nは、置換率=70%ではn=1とした。

安定性能照査結果（C-3-2-1 工区：標準断面⑩）

施工時安定検討



完成時安定検討



土質区分	施工時検討					完成時検討				
	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)	γ_{sat} (kN/m³)	γ_t (kN/m³)	C※1 (kN/m²)	変動係数CV	ϕ (度)
埋土	20.0	18.0	0.0	—	30.0	20.0	18.0	0.0	—	30.0
根固め・被覆	22.6	22.6	—	—	—	22.6	22.6	—	—	—
裏込石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
ケーソン	19.5	19.5	—	—	—	19.9	19.9	—	—	—
基礎捨石	20.0	18.0	0.0	—	40.0	20.0	18.0	0.0	—	40.0
SCP砂杭、置換率=70%	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2	20.0	18.0	0.0	—	35.0※2
盛上り土	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.0	18.4	0.0	—	36.0
Avf-c	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0	18.4	18.2	11.4+1.62Z	0.11	0.0
Aco-c	19.0	18.4	12.0+2.07Z	0.33	0.0	19.0	18.4	0.0	—	36.0
Aco-g	19.3	18.4	0.0	—	40.0	19.3	18.4	0.0	—	40.0
DK	20.5	19.9	0.0	—	30.0	20.5	19.9	0.0	—	30.0

※1：Zの基準値：深度±0.0m
※2：SCP砂杭の応力分担比nは、置換率=70%ではn=1とした。

安定性能照査結果（護岸（係船機能付）工区：標準断面⑪）

8.3 FEM 解析による変形照査

※8.3-1　FEM 解析の解析条件

（1）解析条件

解析条件を表 8.3-2-1 に示す。構成則は、圧密やせん断変形が課題となる中間土及び粘性土を弾粘塑性（関口・太田）とし、砂質土・石材・軽量盛土等を線形弾性とした。SCP 改良地盤モデルについて、図 8.3-2-1 に示すとおり、置換率 70%の SCP は一様な砂地盤とした線形弾性モデルとし、置換率 45%の SCP は一様な粘土地盤における砂杭による沈下低減効果を考慮した弾粘塑性モデルとした。また、SD については、圧密速度の遅れを考慮するためにウェルレジスタンスを考慮した。

表 8.3-2-1　FEM 解析条件

項目	仕様		摘要
解析断面	C-1-1-1工区		浮き型SCP改良地盤
構成則	弾粘塑性 (関口・太田)	Aco-c、Avf-s、Avf-c、Avf-c2	中間土、粘性土
		置換率45%のSCP(SCP45%)	SCP改良地盤
	線形弾性	Aco-s、Aco-g、Ag、DR、DK、盛上り土、埋立土、基礎捨石、裏込石、敷砂、ケーソン、被覆ブロック、根固めブロック、軽量盛土	砂質土、石材、 構造物、軽量盛土
		置換率70%のSCP(SCP70%)	SCP改良地盤
SCP モデル	SCP70%	一様な砂地盤として線形弾性でモデル化	
	SCP45%	一様な粘土地盤として砂杭による沈下低減効果(β)を考慮した弾粘塑性でモデル化	
SDモデル	圧密速度の遅れを考慮するために、ウェルレジスタンスを考慮		
設計水位	C.D.L　+0.80m（R.W.L）		重力式構造

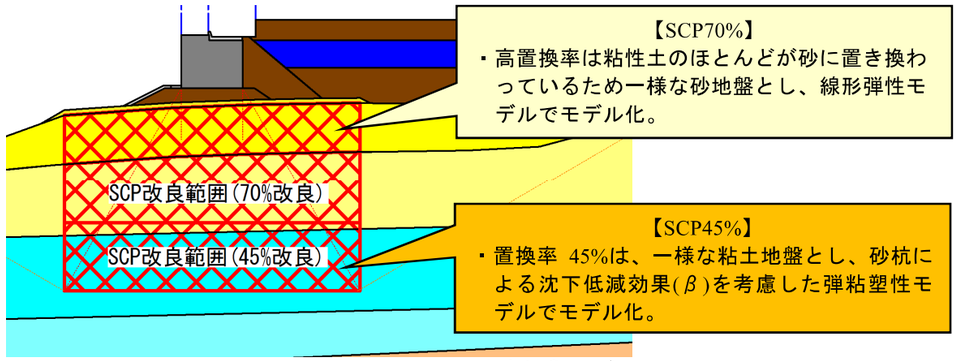


図 8.3-2-1　SCP 改良地盤モデル

（2）地盤定数

1）現地盤

①中間土及び粘性土

中間土及び粘性土の地盤定数を表 8.3-2-2 に示す。弾・粘塑性(関口・太田)のパラメータは、図 8.3-2-2 に示す「地盤工学ハンドブック」を参考に、各種室内土質試験結果から求めた。

表 8.3-2-2　中間土及び粘性土の地盤定数（弾粘塑性：関口・太田）

地層区分			Avf-s	Avf-c	Avf-c2	設定方法
飽和単位体積重量	γ_{sat}	kN/m^3	18.5	18.4	17.5	湿潤密度試験結果の平均値
湿潤単位体積重量	γ_t	kN/m^3	17.6	18.2	17.0	湿潤密度試験結果の平均値
ダイレタンシー係数	D		0.044	0.051	0.076	$D=\lambda\ \Lambda/\{M(1+e_0)\}$
非可逆比	Λ		0.90	0.90	0.90	$\Lambda=1-\kappa/\lambda$
破壊時応力比	M		1.55	1.29	1.33	$M=6\sin\phi'/(3-\sin\phi')$
ポアソン比	ν		0.28	0.32	0.32	$\nu=K_0/(1+K_0)$
先行静止土圧係数	K_0		0.38	0.47	0.46	$K_0=1-\sin\phi'$
現在静止土圧係数	Ki		2.72	0.48	0.52	$K_i=K_0(OCR)^{0.54\exp(-Ip/122)}$
せん断抵抗角	ϕ'	°	38	32	33	三軸試験結果の平均値
塑性指数	Ip		5.1	18.0	31.5	液・塑性試験結果の平均値
過圧密比	OCR		44.69	1.05	1.33	圧密試験結果の平均値
圧縮指数	Cc		0.31	0.33	0.53	圧密試験結果の平均値
	λ		0.135	0.143	0.230	$\lambda=0.434Cc$
膨潤指数	κ		0.014	0.014	0.023	$\kappa=\lambda/10$
間隙比	e_0		0.79	0.94	1.06	圧密試験結果の平均値
透水係数	k	cm/s	6E-05	3E-06	1E-06	室内透水試験結果の平均値
透水係数変化指数	λ_k		0.12	0.21	0.18	圧密試験結果の平均値
二次圧縮指数	$c_{\alpha\varepsilon}$		0.0012	0.0023	0.0032	長期圧密試験結果の平均値
初期体積ひずみ速度	V_0		2E-04	1E-06	1E-06	$V_0=\alpha/t_c$

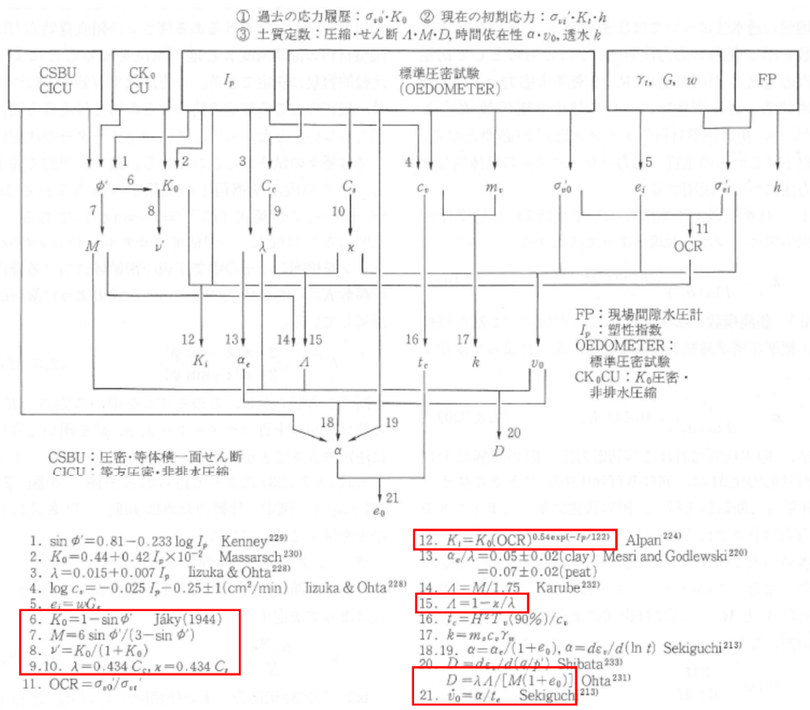


図 8.3-2-2　関口・太田モデルのパラメータ　「地盤工学ハンドブック(平成 11 年 3 月)」P.126

②砂質土・礫質土及び盛上り土

砂質土・礫質土及び盛上り土の地盤定数を表 8.3-2-3 に示す。地盤としてモデル化を行っているが N 値=50 以上で沈下が問題とならない硬い地盤の変形係数は、せん断弾性波速度 Vs からせん断剛性 $G(=\rho \times Vs^2)$を算定し、$E=2(1+\nu)G$ の関係から求めた。また、盛上り土については現地盤の同等の物性値(第 2 回技術検討会)とし、Avf-s 層の粘着力から変形係数を E=210cu より推定した。

表 8.3-2-3 砂質土・礫質土及び盛上り土の地盤定数(線形弾性)

地層区分			Aco-s	Aco-g	Ag	DR	DK	EKK	盛上り土	設定方法
N値			12.0	14.6	33.4	50以上	50以上	50以上	－	標準貫入試験結果の平均値
せん断弾性波速度	Vs	m/s	－	－	－	251	337	522	－	Ps検層試験結果の平均値
現地盤の粘着力	cu	kN/m^2	－	－	－	－	－	－	42.8	三軸試験結果の平均値
飽和単位体積重量	γ_{sat}	kN/m^3	19.2	19.3	20.7	20.2	20.5	22.3	18.5	湿潤密度試験結果の平均値
湿潤単位体積重量	γ_t	kN/m^3	18.3	18.4	20.2	19.7	19.9	22.1	17.6	湿潤密度試験結果の平均値
変形係数	E	kN/m^2	8,400	10,220	23,380	345,070	631,280	1,647,620	8,980	Aco-c・Aco-g・Agは700N、N値50以上のDR・DK・EKKはVsより、盛上り土は210cuより推定
ポアソン比	ν		0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.28	盛上り土はAvf-sと同等、盛上り土以外はK_0=0.5として$K_0/(1+K_0)$で設定
透水係数	k	cm/s	4E-03	6E-03	1E-02	5E-03	2E-03	1E-03	6E-05	各種試験結果の平均値

2）埋立

①石材・敷砂及び構造物の地盤定数

石材・敷砂及び構造物の地盤定数を表 8.3-2-4 に示す。試験値のない、粒径が大きい埋立土や石材、また敷砂の物性値は、「東京国際空港 D 滑走路建設外工事(平成 18 年 2 月)」を参考に設定した。

表 8.3-2-4 石材及び構造物の地盤定数(線形弾性)

地層区分			埋立土	基礎捨石	裏込石	敷砂	ケーソン	被覆ブロック	根固ブロック	設定方法
飽和単位体積重量	γ_{sat}	kN/m^3	20.0	20.0	20.0	20.0	17.5	22.6	22.6	ケーソン以外は港湾基準の値
湿潤単位体積重量	γ_t	kN/m^3	18.0	18.0	18.0	18.0	17.5	22.6	22.6	ケーソン以外は港湾基準の値
変形係数	E	kN/m^2	10,500	26,780	19,510	9,100	2.80E+07	2.80E+07	2.80E+07	埋立土・敷砂は羽田D滑走路の等価N値(埋立土=10、敷砂=7)を参考にN値を算定して700Nより設定、石材は羽田D滑走路で用いられている算式を参考に設定、ケーソン・ブロックは一般値
ポアソン比	ν		0.33	0.33	0.33	0.33	0.20	0.20	0.20	ケーソン・ブロックが一般値、以外をK_0=0.5として$K_0/(1+K_0)$で設定
透水係数	k	cm/s	1E-01	1E+00	1E+00	1E-03	1E-09	1E+00	1E+00	羽田D滑走路の設計値を参考

表 4-8-18 盛土材(石材)の地盤定数(線形弾性モデル)

土層名		捨石	被覆石	背面押え盛土	中詰土	消波ブロック	設定方法
構成則		線形弾性	線形弾性	弾塑性(モール・クーロン)	線形弾性	線形弾性	
湿潤単位体積重量	γ_t(kN/m^3)	18.0	18.0	18.0	18.0	11.6	「Ⅰ埋立部 2-3-1設計定数に準じる」
飽和単位体積重量	γ_{sat}(kN/m^3)	20.0	20.0	20.0	20.0	16.4	「Ⅰ埋立部 2-3-1設計定数に準じる」
水中単位体積重量	γ'(kN/m^3)	9.9	9.9	9.9	9.9	6.3	海水の比重を考慮して、$\gamma'=\gamma_{sat}-10.1$(kN/m^3)に設定
弾性係数	E(kN/m^2)	「電力中央研究所報告 研究報告:384030」中にある基礎捨石の変形係数E_{50}と平均主応力σ'の関係式(※1)から算定					
ポアソン比	ν'	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	一般的な値としてK_0=0.5とし、$\nu'=K_0/(1+K_0)$より算定
粘着力	C(kN/m^2)	－	－	－	－	－	－
内部摩擦角	φ(度)	－	－	35.0	－	－	「Ⅰ埋立部 2-3-1設計定数に準じる」
水平方向透水係数	kx(cm/sec)	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	「Ⅰ埋立部 2-3-1設計定数に準じる」
鉛直方向透水係数	ky(cm/sec)	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	「Ⅰ埋立部 2-3-1設計定数に準じる」

※1)石材の弾性係数 $E_{50}=230\times\sigma'^{0.5}$(kgf/cm^2)

「東京国際空港 D 滑走路建設外工事(平成 18 年 2 月)」②設計計算書Ⅰ_4-8-23

②軽量盛土

軽量盛土の地盤定数を表 8.3-2-5 に示す。変形係数及びポアソン比は、「港湾・空港における軽量混合処理土工法技術マニュアル(平成 20 年 7 月)　財団法人　沿岸技術研究センター」を参考に設定した。また、マニュアルで設定されていない透水係数は、「東京国際空港 D 滑走路建設外工事(平成 18 年 2 月)」を参考に設定した。

表 8.3-2-5 軽量盛土の地盤定数(線形弾性)

地層区分			気中部	水中部	設定方法
飽和単位体積重量	γ_{sat}	kN/m^3	10.0	11.5	設計値
湿潤単位体積重量	γ_t	kN/m^3	10.0	11.5	設計値
一軸圧縮強度	qu	kN/m^2	200	200	設計値
変形係数	E	kN/m^2	30,000	30,000	軽量混合処理土工法技術マニュアルのE=100～200quの中間E=150qu
ポアソン比	ν		0.10	0.10	軽量混合処理土工法技術マニュアルより設定
透水係数	k	cm/s	1E-05	1E-06	羽田D滑走路の設計値を参考

※C-1-1-1 工区の単位体積重量は水中部の γ=11.5kN/m^3。

(3)変形係数

小さな変形量の測定，供試体端部の仕上げなど細かい点にまで配慮された試験を実施できる場合，試験値から変形係数 E_{50} を設定する。

試験を実施できない場合，一軸圧縮強さ q_u の値から次式を用いて推定することができる。

$E_{50}=100\sim200\ q_u$　(3.7)

ここに，

E_{50} ：変形係数（kN/m^2）

q_u ：一軸圧縮強さ（kN/m^2）

なお，上記の変形係数はひずみレベル 0.3～1.0%に相当する値である。

(4)ポアソン比

ポアソン比は必要に応じて試験を行って求めることを原則とする。こうした試験ができない場合は，既往の測定例[7)]から，おおむね次の値を用いることができる。

気泡混合処理土　$\nu=0.05\sim0.15$　(3.8)

発泡ビーズ混合処理土　$\nu=0.10\sim0.20$　(3.9)

なお，上記は圧密降伏応力以下で，ひずみレベルが 1.0～2.0%の範囲での値である。

ポアソン比の値は，応力の大きさ及びピーク強度を発揮する前か後かなどで変化するが，通常は次の値を用いることができる。

気泡混合処理土　$\nu=0.10$　(3.10)

発泡ビーズ混合処理土　$\nu=0.15$　(3.11)

港湾・空港における軽量混合処理土工法技術ﾏﾆｭｱﾙ(平成 20 年 7 月)（財)沿岸技術研究センター　P.20、21

2) 軽量混合処理土の単位体積重量

軽量混合処理土（以下 SGM と称す）の単位体積重量については下記に示す根拠により飽和単位体積重量 11.5kN/m³と湿潤単位体積重量 10.0kN/m³に設定する。

(a) 水中に打設される SGM（飽和単位体積重量）

水中に打設される SGM の目標打設密度については、水中で大きな動水勾配が発生した場合においても密度変化がほとんど発生しない密度として、ρ=1.10g/cm3 （透水係数=1.0×10-6 程度に相当）と設定した。

なお、既往の施工実績（図 2-3-2）おける、目標打設密度ρ=1.10g/cm3 に対する施工上のばらつきは、ρ=1.09（平均）±0.06（2σ）g/cm3 程度である。水中（海中）打設時にSGMが浮上しない密度の下限値は海水密度の 1.03g/cm3 以上であるが、施工のばらつきの実績からも、この下限値を満足して施工することは可能であるといえる。

設計に用いる SGM の密度は、軽量混合処理工法技術マニュアルに基づき、現場の目標打設密度（ρ=1.10g/cm3 ）に水の浸透による密度増加分（⊿ρ=0.05g/cm3）を加算したρ=1.15g/cm3 とした。なお、気中に打設した後に現地盤の圧密沈下により、残留水位以下に没する部分のSGMについても、水中打設と同じ目標打設密度（ρ=1.10g/cm3 ）と設計密度（ρ=1.15g/cm3）を用いるものとする。

(b) 気中に打設される SGM（湿潤単位体積重量）

気中に打設される SGM については、難透水性の目安となる透水係数 1.0×10-5cm/s の確保を可能とするためにρ=1.00g/cm3 を目標密度として設定した。

現場の目標打設密度は、上記目標密度（ρ=1.00g/cm3 ）と同一した。なお、設計に用いる SGM の密度は、水中部と異なり水の浸透はほとんど発生しないと考えられるため、水中部で考慮した水の浸透等による密度増加は考慮せず、現場の目標打設密度と同一の値（ρ=1.00g/cm3 ） とした。

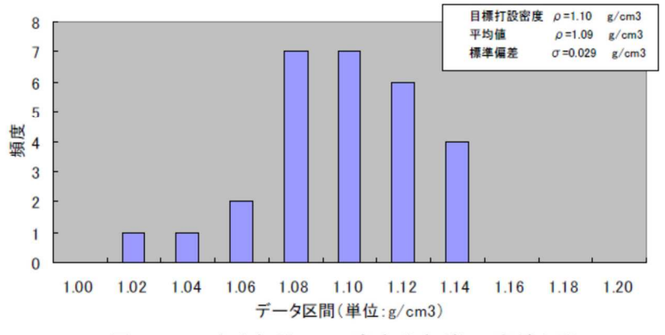


図 2-3-2 水中打設 SGM 密度分布（施工実績より）

「東京国際空港 D 滑走路建設外工事(平成 18 年 2 月)」②設計計算書Ⅰ_2-3-4

3) SCP 改良地盤

SCP70%の地盤定数を表 8.3-2-6 に、SCP45%の地盤定数を表 8.3-2-7 に示す。SPC70%を線形弾性モデルとし、SCP45%を砂杭による沈下低減効果を考慮した弾粘塑性モデルとし、地盤定数の設定方法は「東京国際空港 D 滑走路建設外工事(平成 18 年 2 月)」を参考にした。また、SCP の単位体積重量や N 値は「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」を参考に設定した。SCP の N 値は、拘束圧の影響を考慮し、表層の土被り圧が小さい盛上り土を N 値=12.6 とし、現地盤中の Avf-s 層については N 値=23 とした。

表 8.3-2-6 SCP70%の地盤定数（線形弾性）

モデル化			一様地盤		一様地盤		設定方法
区分			SCP70%		SCP70%		
			盛上り土	砂杭	Avf-s	砂杭	
置換率	ap	%	30	70	30	70	―
N値			―	12.6	―	23.0	地盤工学会のN値
現地盤の粘着力			42.8	―	53.2	―	三軸試験結果の平均値
変形係数	E	kN/m²	8,988	8,820	11,174	16,100	現地盤と砂杭の複合地盤として設定、砂杭のEは700N、現地盤のEは210cu
			8,870		14,620		
飽和単位体積重量	γ_{sat}	kN/m³	20.0		20.0		地盤工学会の値
ポアソン比	ν		0.33		0.33		K_0=0.5として$K_0/(1+K_0)$で推定
透水係数	k	cm/s	7E-04		7E-04		現地盤と砂杭の複合地盤として設定

表 8.3-2-7 SCP45%の地盤定数（砂杭による沈下低減係数を考慮した弾粘塑性）

区分			SCP45% 沈下低減係数を考慮		設定方法
			Avf-s	Avf-c	
置換率	as	%	45	45	―
飽和単位体積重量	γ_{sat}	kN/m³	19.2	19.1	SCP70%は地盤工学会の値、SCP45%は砂杭と現地盤との複合地盤として設定
応力分担比	n		3	3	地盤工学会の沈下に対する設計法
沈下低減係数	β		0.53	0.53	β=1/(1+(n-1)×as)
圧縮指数	λ		0.072	0.076	β×λ（現地盤）
膨潤指数	κ		0.007	0.007	β×κ（現地盤）
二次圧縮指数	$c_{\alpha\varepsilon}$		6.36E-04	1.22E-03	β×$C_{\alpha\varepsilon}$（現地盤）
破壊時応力比	M		2.0	2.0	砂杭の剛性を考慮
透水係数	k	cm/s	6E-05	3E-06	安全側に現地盤と同等とした

4) SCP 改良部

埋立／桟橋接続部におけるサンドコンパクションパイル(SCP)改良部は、高置換率部(改良率 70%以上)と低置換率部(改良率 30%)に分類される。

高置換率部は粘性土のほとんどが砂材に置き換わっていることから、線形弾性モデルとしてモデル化することとした。

低置換率部は、砂杭の応力分担による沈下低減を粘性土の解析地盤定数として考慮する。すなわち、弾・粘塑性モデル(関口・太田モデル)を構成する地盤定数のうち、圧縮指数(λ)および膨潤指数(κ)に、応力分担比(n=3)および改良率(as=30%)から、$\beta=1/\{1+(n-1)as\}$によって計算される沈下低減係数βを乗じて沈下低減を表現する[2)]。以上のように低置換率部は一様な粘性土としてモデル化するため、砂杭の剛性が見込まれていない。そこで、本検討では既往の文献[6)]を参考に、砂杭の剛性効果を破壊時応力比に反映させ、改良率 30%の SCP 改良部は M=2.0 とした。

粘性土としてモデル化する低置換率部における砂杭の集排水効果は、SCP 改良範囲の上下端に排水境界を設けて表現し(図 4-8-7)、鉛直方向の圧密係数を換算した。圧密係数の換算方法は、前項の SD 改良の場合と同様の計算方法である。表 4-8-13 および表 4-8-14 に SCP(高置換率部)および SCP(低置換率部)の地盤定数を示す。

表 4-8-13 SCP(高置換率部)の地盤定数(線形弾性モデル)

土層名		①-H	①-C-1	①-C-2	設定方法
飽和単位体積重量	γ_{sat}(kN/m^3)	20.0	20.0	20.0	一般的な値を採用
水中単位体積重量	γ'(kN/m^3)	9.9	9.9	9.9	海水の比重を考慮して、$\gamma'=\gamma_{sat}-10.1$(kN/m^3)に設定
弾性係数	E(kN/m^2)	9890	12860	17600	砂杭と原地盤の複合地盤として改良率に応じて設定。砂杭のEは類似地盤のSCP施工の平均値とし、原地盤のEはE=210Cuとした。
ポアソン比	ν'	0.33	0.33	0.33	一般的な値としてK_0=0.5とし、$\nu'=K_0/(1+K_0)$より算定
水平方向透水係数	kx(cm/sec)	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	砂杭(1×10^{-3}cm/sec)と原地盤(1×10^{-7}cm/sec)の複合地盤として改良率に応じて等価な透水係数を設定するが、不確定要素を考慮し安全側の設定として1×10^{-4}cm/secとする。
鉛直方向透水係数	ky(cm/sec)	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	

表 4-8-14 SCP(低置換率部)の地盤定数(弾・粘塑性モデル)

土層名		①-H	①-C-1	①-C-2	②-C	設定方法
飽和単位体積重量	γ_{sat}(kN/m^3)	17.2	15.5	16.5	18.6	砂杭と原地盤の複合地盤として改良率に応じて設定。
水中単位体積重量	γ'(kN/m^3)	7.1	5.4	6.4	8.5	海水の比重を考慮して、$\gamma'=\gamma_{sat}-10.1$(kN/m^3)に設定
応力分担比	n	3	3	3	3	設計値
沈下低減係数	β	0.63	0.63	0.63	0.63	$\beta=1/[1+(n-1)\times as]$、asは改良率
圧縮指数	λ	0.136	0.382	0.353	0.106	$\beta\times\lambda$(原地盤の値)
膨潤指数	κ	0.014	0.038	0.035	0.011	$\beta\times\kappa$(原地盤の値)
破壊時応力比	M	2.0	2.0	2.0	2.0	砂杭の剛性を考慮。既往文献6)を参考に設定
水平方向透水係数	kx(cm/sec)	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	「Ⅰ埋立部 2-3-2設計定数の設定根拠」に準ずる
鉛直方向透水係数	ky(cm/sec)	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	「Ⅰ埋立部 2-3-2設計定数の設定根拠」に準ずる
圧密係数	Cv(cm^2/day)	100	100	100	1000	提示資料(※1)どおりとする

「東京国際空港 D 滑走路建設外工事(平成 18 年 2 月)」②設計計算書Ⅰ_4-8-21

単位体積重量

SCP の設計定数には，SCP の単位体積重量，せん断抵抗角などがある。SCP の飽和単位体積重量は，よく締まった砂地盤として設計上$\gamma_{sat}=20$ kN/m^{3}とし，水中での単位体積重量を$\gamma'=10$ kN/m^{3}と設定する。

現地盤中(Avf-s)の SCP の N 値

SCP のせん断抵抗角は，過去に打戻し方式で実施された SCP の杭芯 N 値の調査データに基づいている。図-2.11 に SCP の杭芯 N 値の分布を示す[52)]。置換率により差はあるが，SCP の杭芯 N 値は 10～30 が多く，平均では 20 程度である。設計においては N 値を 10～15 として，ダナムの式$\phi=\sqrt{12N}+20$（粒度分布がよく丸い粒子あるいは粒度が一様で角ばった粒子の場合）から，せん断抵抗角を$\phi_s=30\sim35°$と設定する。逆にいえば，所定のせん断抵抗角を設定すると，その値を満足するために必要な杭芯 N 値が求められる。

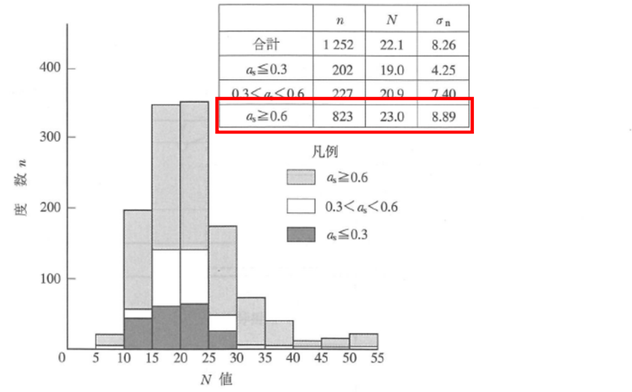
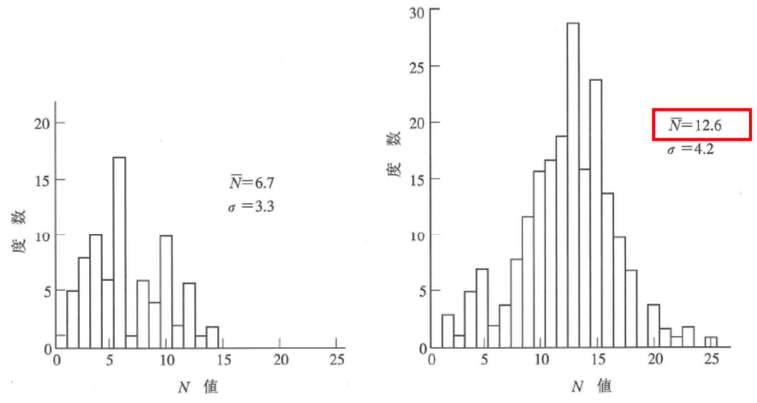


図-2.11 SCP の杭芯 N 値と置換率との関係[52)]

盛上り土中の SCP の N 値



(a) 隆起地盤中のサンドドレーン用砂杭　(b) 隆起地盤中の締固め砂杭

図-2.20 盛り上り土と原地盤部の土性の比較[61)]

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(平成 21 年 3 月)
地盤工学会　P.30、P37

（3）解析ステップ

C-1-1-1 工区の解析ステップは図 8.3-2-3 に示すとおりであり、図中の灰色が各ステップである。なお、上部工は、⑦埋立～⑨埋立の期間において施工される計画ではあるが、解析では施工を分割した入力できないために、⑧埋立の期間に含めた。

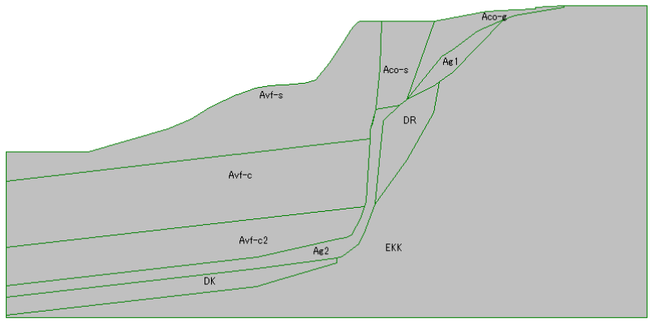
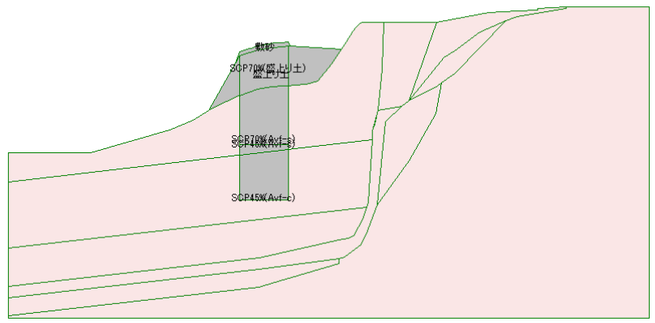
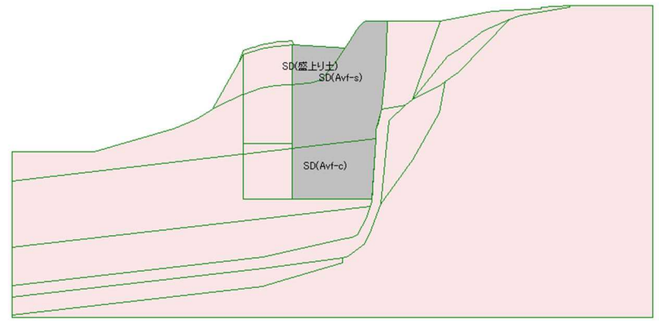
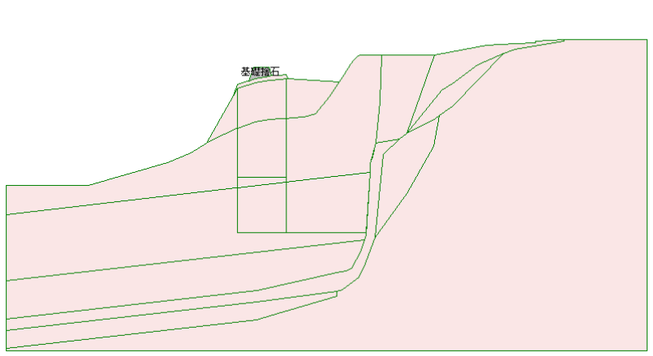
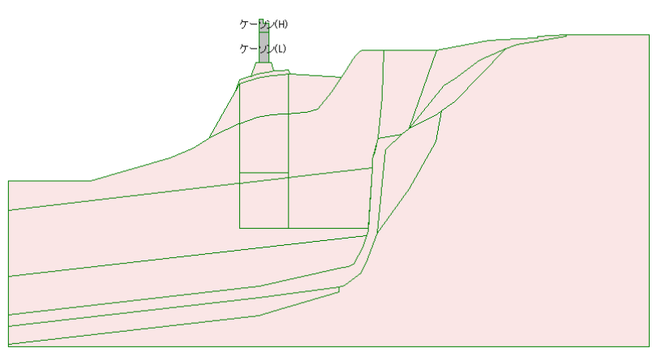
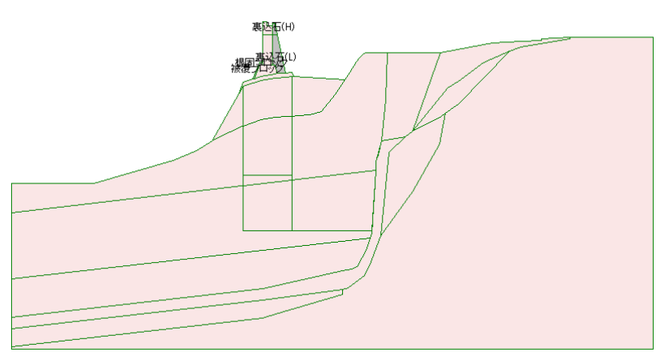
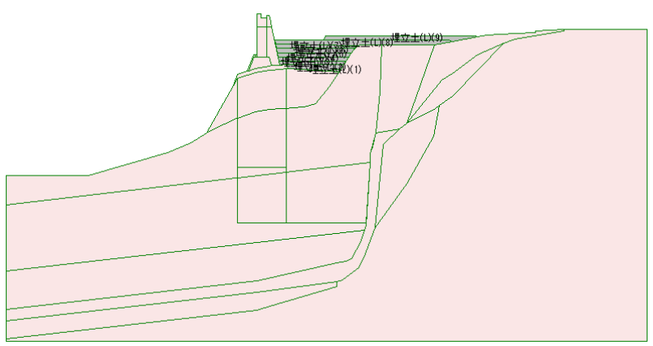
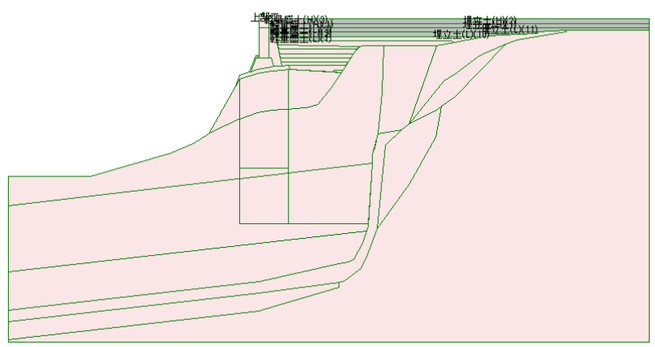
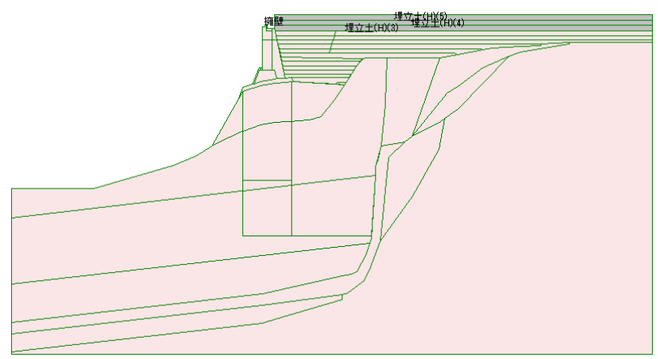
①現地盤	②SCP(0Y7.2M～2Y5.1M)	③SD(2Y5.1M～2Y10.5M)
		
④基礎捨石(2Y10.5M～3Y2.5M)	⑤スリットケーソンの据付(3Y7.7M～3Y10.2M)	⑥根固・被覆・裏込石(3Y10.7M～4Y5.3M)
		
⑦埋立(CDL-2.5m まで)(5Y7.5M～7Y1M)	⑧埋立・軽量盛土(CDL-2.5～+4.0m)及び上部工(7Y1M～7Y2.4M)	⑨埋立(CDL+4.0～+10.0m)(7Y2.4M～7Y11.8M)
		

図 8.3-2-3　C-1-1-1 工区の解析ステップ

9. 施工工程を踏まえたA護岸の安定性能照査

※9.2-1

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成30年5月）」P.727～P.729より抜粋

3.4.11 負の周面抵抗力

(1) 支持杭が、圧密を生じる可能性のある地盤を貫いている場合は、杭の軸方向抵抗力を検討する際に負の周面抵抗力の影響を考慮する必要がある。

軟弱層を貫いて支持層に根入れされた支持杭において、軟弱層が圧密沈下する場合を考える。杭は支持層に支持されてほとんど沈下しないため、軟弱層中では杭を押し込む方向への摩擦力が働く（**図-3.4.14**参照）。このように、杭の周面に働く下向きの摩擦力を、負の周面抵抗力（ネガティブ・フリクション）という。

このとき、圧密沈下する軟弱層にはさみ込まれた砂層や、軟弱層の上部に存在する砂層等も杭に対して相対的に沈下することとなる。そのため、軟弱層の下端よりも浅く位置する土層中においては、土質に関わらず負の周面抵抗力が作用する可能性があることに注意が必要である。

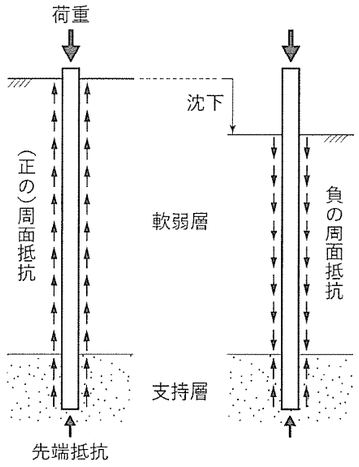


図-3.4.14　負の周面抵抗力

(2) 負の周面抵抗力は、沈下する地盤と杭との相対変位によって生じるものである。一般に、負の周面抵抗力は地盤の沈下量が大きい地表面付近から発生し、地盤沈下の進行とともに負の周面抵抗力の作用する範囲が深度方向に広がっていく。負の周面抵抗力が作用している範囲と、その下方で正の周面抵抗力が作用する範囲の境界点を中立点という。

杭先端が軟弱層の直下で非常に硬い岩に根入れされている場合などでは、杭に大きな荷重が作用しても杭先端はほとんど変位（沈下）しないので、中立点は軟弱層の下端（硬い岩層の上端）深度に位置することになる。しかしながら、通常の場合、負の周面抵抗力による軸力の増加に伴って、杭先端が地盤に貫入されるため、地盤沈下が最大限進行した状況においても、地表面から軟弱層下端までの全域で負の周面抵抗力が発生する状況には至らず、中立点は地表面から杭先端の間のどこかに落ち着く。中立点の深さは地盤の特性により異なるが、過去の実測結果によると（0.70～0.95）L_a程度の値が得られている[71]。ここで、L_aは軟弱層下端の深さである。しかしながら、特別に調査結果等が存在する場合以外は、中立点の深さはL_aと考えてよい。

(3) 杭の支持力を検討するにあたって、負の周面抵抗力をどのように考慮するかについては不明な点が多い。しかしながら、通常は、単杭に作用する負の周面抵抗力の特性値を**式（3.4.55）**により求めてもよい。

$$R_{nfk} = \left(2\bar{N}L_S + \frac{\overline{q_u}}{2}L_C\right)\varphi \qquad (3.4.55)$$

ここに、

R_{nfk}　：単杭に作用する負の周面抵抗力の特性値（kN）

L_S　：深さL_aまでに含まれる砂層の厚さ（m）

L_C　：深さL_aまでに含まれる粘性土層の厚さ（m）

L_a　：軟弱層下端の深さ（m）

$L_a = L_S + L_C$

$\bar{N}$　：深さL_aまでに含まれる砂層の平均N値

$\overline{q_u}$　：深さL_aまでに含まれる粘性土層の平均一軸圧縮強さ（kN/m^2）

φ　：杭の周長（H形鋼杭では閉鎖周長とする）（m）

杭の支持力の検討では、負の周面抵抗力に対する照査として、杭頭に作用する軸方向押込み力と負の周面抵抗力の特性値の和に対し、中立点（一般には軟弱層の下端と考える）以深の杭の周面抵抗力と先端抵抗力の特性値の和が大きいことを確認する（**図-3.4.14**参照）。杭頭に作用する軸方向力としては、杭の軸方向押込み抵抗力の設計用値を用いるのが一般的である。杭の軸方向押込み抵抗力、周面抵抗力及び先端抵抗力の特性値については**本章3.4.3 杭の軸方向押込み抵抗力**を参照することができる。照査にあたっては、安全上の余裕を見込む必要がある。安全上の余裕として、かつては1.2程度の安全率が用いられており、参考とすることができる。

あわせて、杭体の破壊に対する照査を行う。杭体の破壊に対する照査は、杭頭に作用する軸方向押込み力と負の周面抵抗力の特性値の和から中立点で作用する軸力を求め、杭体に生じる応力が杭材の降伏応力の特性値を超えないことを確認するのが一般的である。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成30年5月）」P.693～P.694より抜粋

3.4.3 杭の軸方向押込み抵抗力

(1) 一般に、杭の軸方向押込み抵抗力の特性値は、杭頭に軸方向押込み力が作用することにより地盤が破壊状態に達するときに発揮されている杭の軸方向押込み抵抗力を基準として決定する。通常は、杭の第二限界抵抗力（**[参（作）] 第1章3.10.5 杭の押込み試験**参照）を特性値とする。杭基礎が支持する構造物の種類や目的によっては、杭の軸方向押込み抵抗力が降伏状態となる第一限界抵抗力（**[参（作）] 第1章3.10.5 杭の押込み試験**参照）を特性値としてもよい。

(2) 杭の軸方向押込み抵抗力の特性値は、**式（3.4.1）**に示すように、杭の先端抵抗力の特性値と周面抵抗力の特性値の和として表される。

$$R_{tk} = R_{pk} + R_{fk} \qquad (3.4.1)$$

ここに、

R_{tk}　：杭の軸方向押込み抵抗力の特性値（kN）

R_{pk}　：杭の先端抵抗力の特性値（kN）

R_{fk}　：杭の周面抵抗力の特性値（kN）

(4) 杭の支持力の照査の際は、杭の軸方向押込み抵抗力の特性値を基に安全上の余裕を考慮して決定した設計用値を用いる。見込むべき安全上の余裕は、基礎が支持する施設の種類や目的により異なる。

この安全上の余裕は、地盤条件、杭の条件、施工条件、載荷条件等に含まれる不確実性を考慮するためのものである。従って、安全上の余裕の見方は、与えられている情報の質と量、解析方法などに応じて適切に設定すべきものである。なお、一般に、杭の載荷試験を実施した場合は、推定式を用いる場合に比べ軸方向押込み抵抗力の特性値の推定精度が高いことから、それを考慮して安全上の余裕の見方を変更することが提案されている[14)]。

かつては、常時の荷重に対しては2.5以上、地震時の荷重に対しては支持杭の場合1.5以上、摩擦杭の場合2.0以上といった安全率を設定し、安全上の余裕を考慮してきた。これらの値は、普通に考えられる港湾の施設の性能照査においては安全側の結果を与えるものと考えられ、参考とすることができる。なお、これらの安全率は、地盤が破壊状態に達するときの杭の軸方向押込み抵抗力に対応して定めたものである。常時の安全率2.5を用いることで、降伏状態に対して2.0程度の安全率を確保していることになるとされている。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 11 年 4 月）」P.447 より抜粋

(4) **杭の軸方向許容支持力を求めるに当たって，負の周面摩擦の影響をどのように考慮するかについて不明な点が多いが，現在の段階では負の周面摩擦を十分に考えた場合，杭の先端に伝わる力が杭先端における地盤の降伏荷重値及び杭材断面の降伏圧縮力を超えないことを検討する方法がある。すなわち、常時における軸方向許容支持力をR_aとするとき，R_aが通常の荷重に対して所定の安全率を確保する以外に，式（4.1.15），式（4.1.16）を満足するようにする。**

$$R_a \leqq \frac{1}{1.2} R_p - R_{nf,\max} \qquad (4.1.15)$$

$$R_a \leqq \sigma_f A_e - R_{nf,\max} \qquad (4.1.16)$$

ここに，

R_a；軸方向許容支持力（常時）（kN）
R_p；杭の先端支持力（極限値）（kN）
$R_{nf,\max}$；負の周面摩擦の最大値（kN）（単杭の場合と群杭の場合の小さい方の値をとる。）
σ_f；杭の降伏点圧縮応力度（kN/m²）
A_e；杭の有効断面積（m²）

先端支持力R_pの値としては式（4.1.2）の中の$300NA_p$をとればよい。もし，杭が支持層中に貫入しているときは，その部分における周面摩擦は先端支持力の中に含ませる（図ー参4.1.8参照）。

$$R_p = 300NA_p + 2\overline{N_{s1}} L_{s1} \phi \qquad (4.1.17)$$

ここに，

R_p；杭の先端支持力（極限値）（kN）
N；杭先端地盤のN値
A_p；杭の先端面積（m²）
$L_{s1}=L_1$；杭が支持地盤（砂質地盤）中に貫中している長さ（m）
$\overline{N_{s1}}$；L_{s1}の区間での平均N値
ϕ；杭の周長（m）

以上より、ネガティブ・フリクション作用時の支持力及び応力度の照査は以下により行う。

・支持力照査式：1.2(Ra+Rnf,max)/Rp ≦ 1.0
・応力度照査式：{1.0(Ra+Rnf,max)/Ae}/σf ≦ 1.0

ここに、

Ra：杭の軸方向押し込み抵抗力の設計用値（=(先端抵抗力＋周面摩擦力)/2.5(常時)）（kN）
Rnf,max：杭に作用する負の周面摩擦力（kN）
Rp：杭の先端支持力（kN）
Ae：杭の有効断面積（m²）
σf：杭の降伏点圧縮応力度（kN/ m²）

A 護岸の鋼管矢板は、ウォータージェット併用バイブロハンマ工法により打設することから、先端支持力・周面摩擦力の算定に当たっては、以下の低減を見込む。

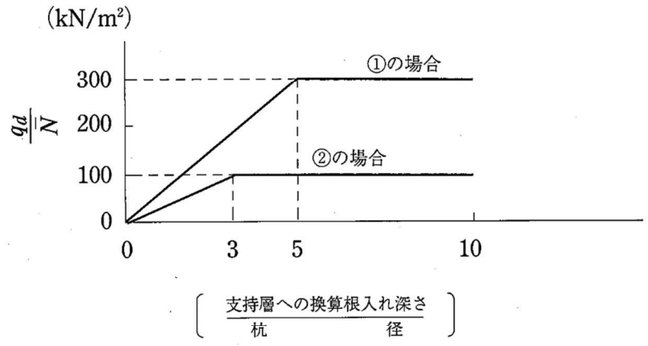
「バイブロハンマ設計施工便覧（平成 27 年 10 月）」P.135 より抜粋

(1) 設計法

本工法の設計法（支持力推定式）の基本的な考え方を**表4-29**の示す。

なお、本工法の支持力推定手法は、現時点では確立されていないため載荷試験で確認することを原則とする。

表4-29　ウォータージェット併用バイブロハンマ工法の設計法

道路橋示方書・同解説の支持力推定式の構成に準拠し、杭先端及び周面の２種に分類する		
工　　法		ウォータージェット併用バイブロハンマ工法
工法概要		①支持層への打ち込みをバイブロハンマ単独で行う場合 ②支持層へのウォータージェット併用の場合
支持力推定式	基本式	$Ru=qdA+U\sum \ell i fi$
	先端支持力度	 ウォータージェット併用の場合、300NAp が 100NAp となる。
	周面摩擦力度	fi (kN/m²) ：砂質度　N（≦ 50） ：粘性土　$0.5C$ または $5N$（≦ 100） ウォータージェット併用の場合、2N が N、C が 0.5C となる。

10. 埋立地における地盤改良等の検討

10.1 埋立地における地盤改良の考え方

※10.1-1　埋立地の圧密沈下検討における Aco-s 層の評価

【Aco-s 層】

沈下対策：実施しない。

理由：Aco-g 層と境界が遷移する区間であり、Aco-s 層となっても Aco-g 層となっても粗粒土評価であるため残留沈下の懸念はない。

【Aco-s 層】

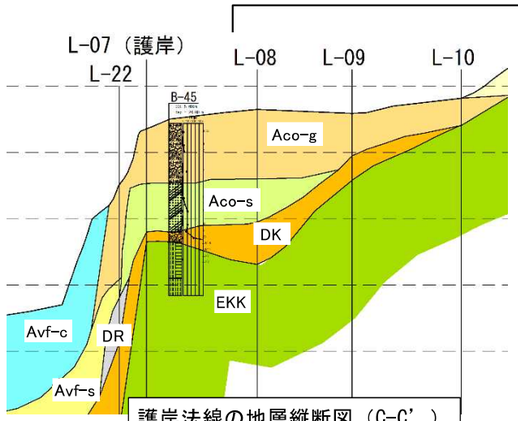
沈下対策：実施する。

理由：Aco-c 層と境界が遷移する区間であるため、安全側に中間土である Aco-c 層として対策を実施。

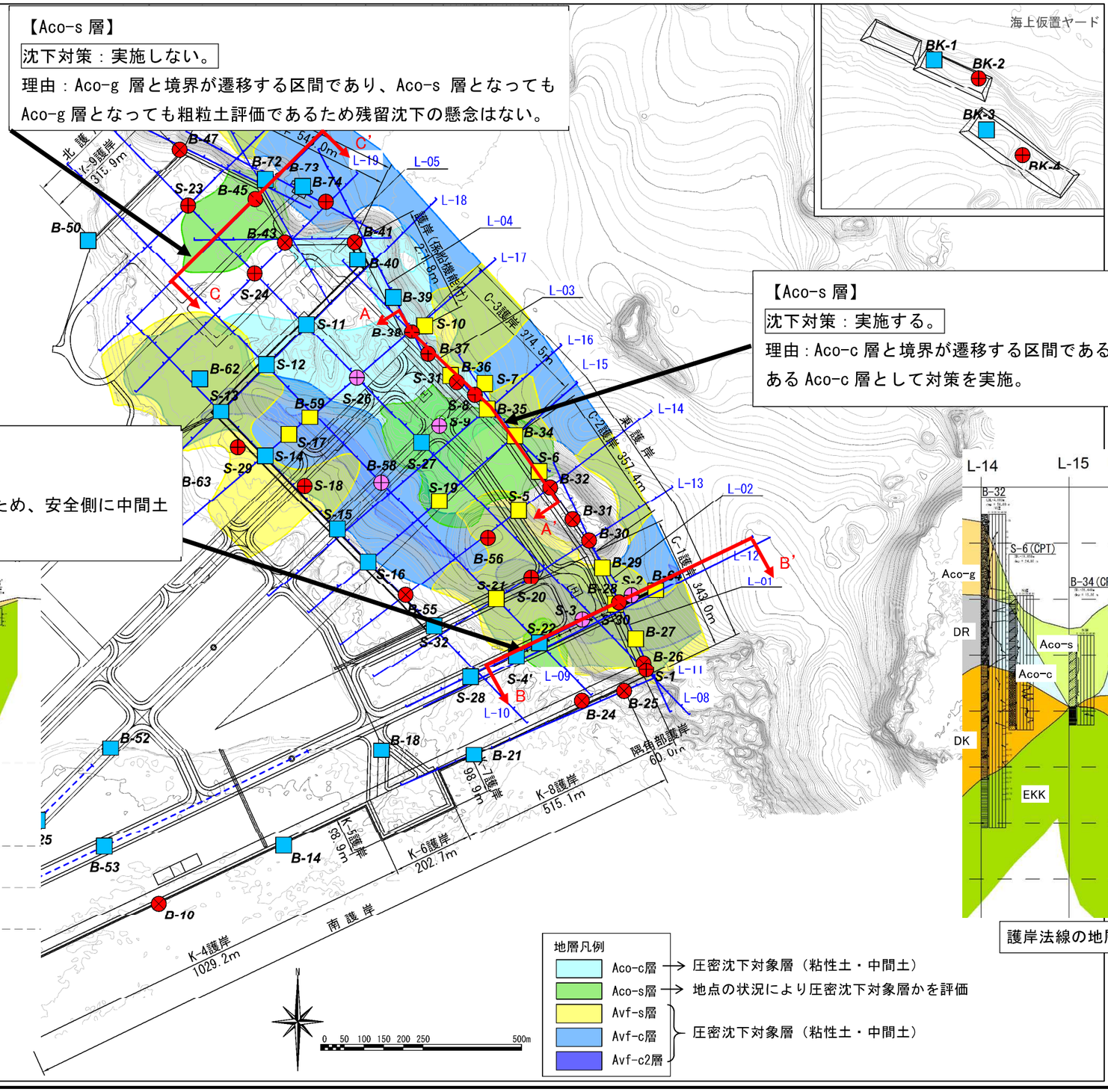
【Aco-s 層】

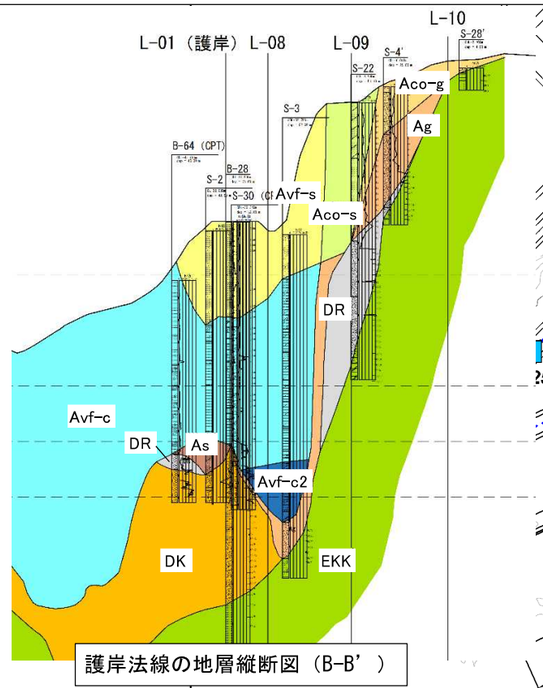
沈下対策：実施する。

理由：Avf-s 層と境界が遷移する区間であるため、安全側に中間土である Avf-s 層として対策を実施。

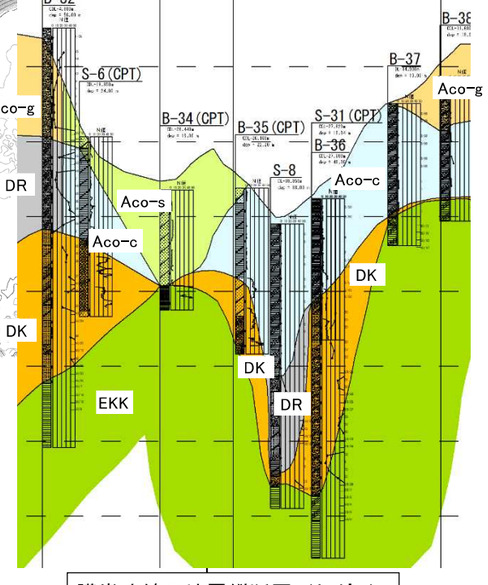


護岸法線の地層縦断図（C-C’）





護岸法線の地層縦断図（B-B’）



護岸法線の地層縦断図（A-A’）

10.2 埋立地における地盤改良工法

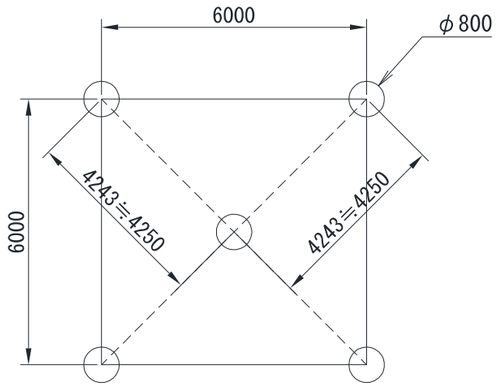
※10.2-1

「軟弱地盤対策工法 -調査・設計から施工まで-　（社）地盤工学会」P.91 より抜粋

サンドドレーン工法は，その９割近くが海上工事に用いられており，港湾施設の基礎地盤改良は，全てがこの工法である。逆に，その他の工法は，ほとんどが陸上工事として用いられている。

ドレーンの打設間隔としては，サンドドレーンが 1.5～4.5ｍの範囲にあるが，2.0～2.5ｍの範囲が最も多く約７割を占めている。プラスチックボードドレーンの場合は，0.5～2.5ｍの範囲にあるが，1.0～1.5ｍの範囲が最も多く約７割を占めている。

※10.2-2　ケーシング間隔が 6ｍのサンドコンパクションパイル船でのドレーン打設間隔の例



※10.2-3

「港湾の施設の技術上の基準・同解説　（平成 30 年 5 月）」P.779 より抜粋

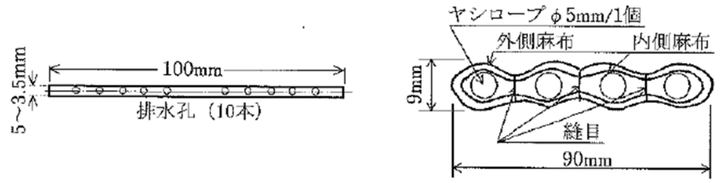
(d) プレファブリケートドレーン等の材料

ドレーンとして砂を用いる代わりに、不織布や合成樹脂をコアとした不織布による袋状のフィルターを有する複合構造のもの、ポリ塩化ビニールを特殊加工した多孔質単一構造のもの等が多数開発され、一般にプレファブリケートドレーンと呼ばれている。このような帯状ドレーン（一般に、幅約10cm、厚さ約5mm）の性能照査にあたっては、同じ外周長を有する円形ドレーンに換算する。通常直径5cmの砂杭と等価であるとしてサンドドレーンに準じて性能照査を行うことが多い[101]。なお、ドレーンの排水能力が小さい場合には、バーチカルドレーン先端部（圧密層下部）での圧密の時間遅れが生じることに留意する必要がある[102]。

「道路土工－軟弱地盤対策工指針（平成 24 年 8 月）」P.259 より抜粋

(2) 設計

PVD 工法の設計は，サンドドレーン工法と同じ方法による。一般に使用されている PVD の例を**解図 6－58** に示す。



(a) カードボード　　(b) ファイバードレーン材

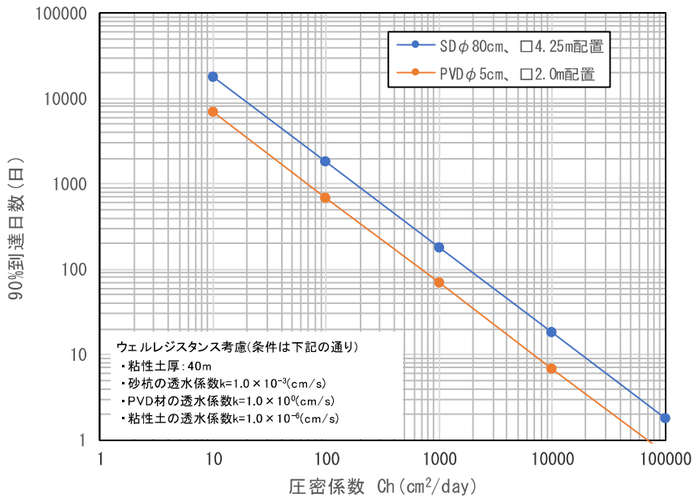
解図 6－58　PVD の例

解図 6－58 に示すような PVD が直径 5cm のサンドドレーン（d_w = 5cm）に相当した効果を発揮するものとし，**解図 6－59** を用いて圧密速度の計算を行うことができる。なお，PVD の間隔は 0.6 ～ 2.0m 程度であり，1.0 ～ 1.5m 程度の実績が多い。

※10.2-4　PD 工法と SD 工法の性能比較

圧密沈下促進工法による改良対象層厚を 40ｍと仮定して、PD 工法の性能が SD 工法に比べて劣らないかについて、90%圧密到達時間を比較して確認した。

圧密係数 Cv に対する 90%圧密到達日数の関係図を下図に示す。同図より PD 工法（φ5cm、□2.0ｍ）は SD 工法（φ80cm、□4.25ｍ間隔）と比べて、90%圧密到達日数が短く、安全側である。

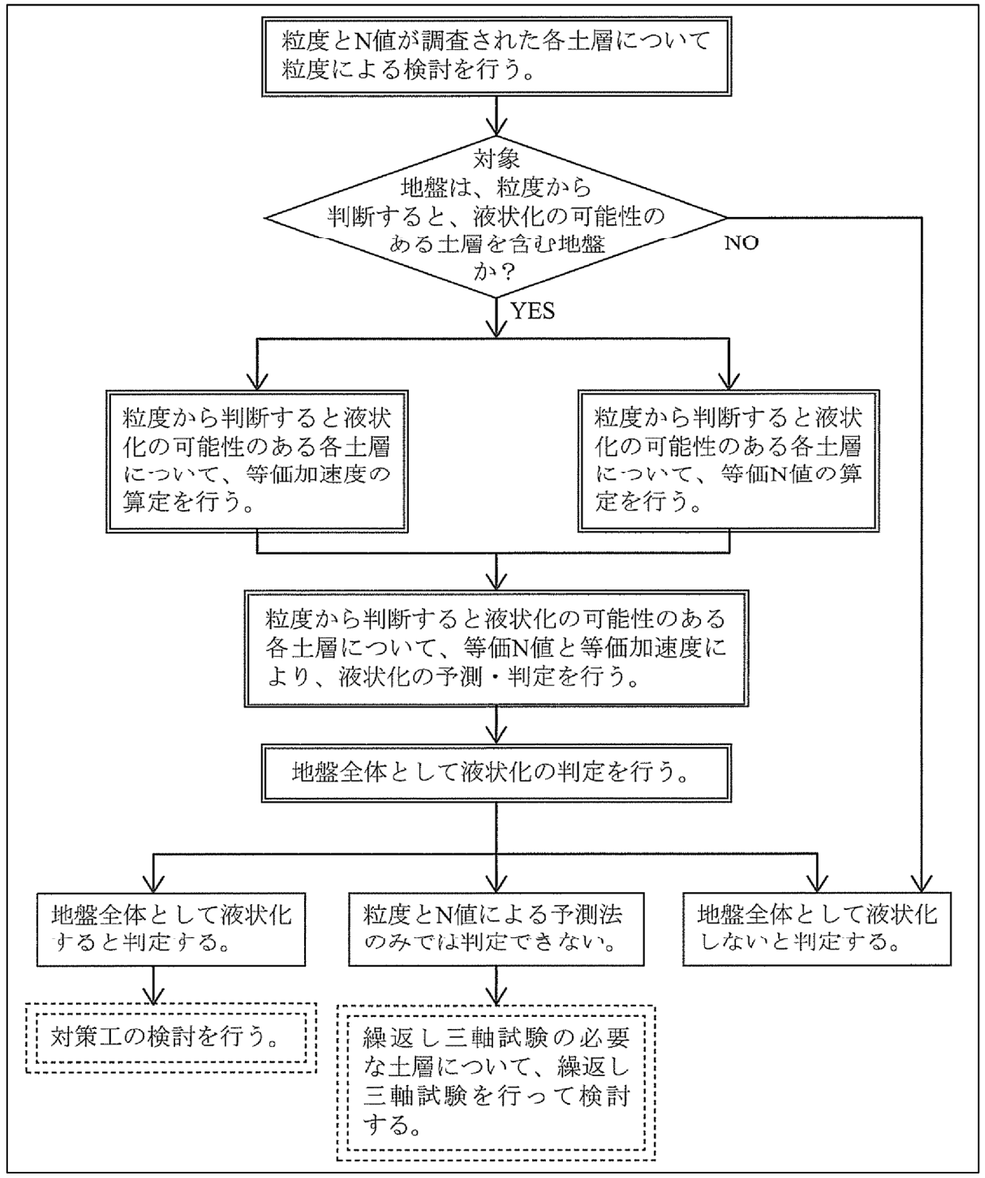


11. 埋立材の液状化の検討

11.2　埋立材の液状化の予測・判定

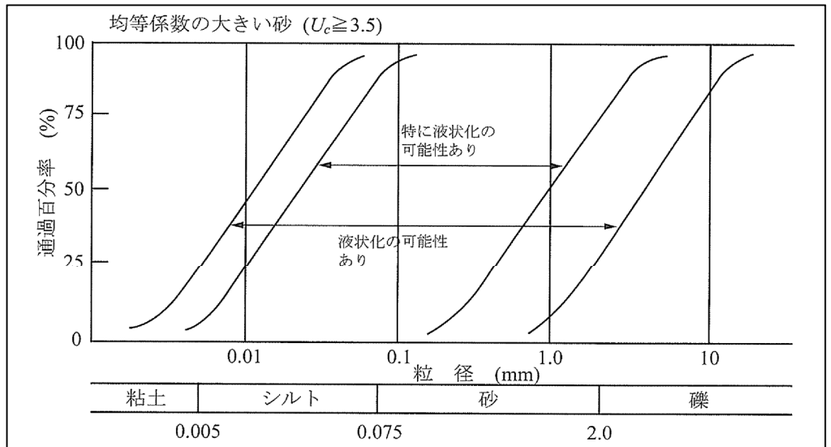
※11.2-1

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.410 より抜粋

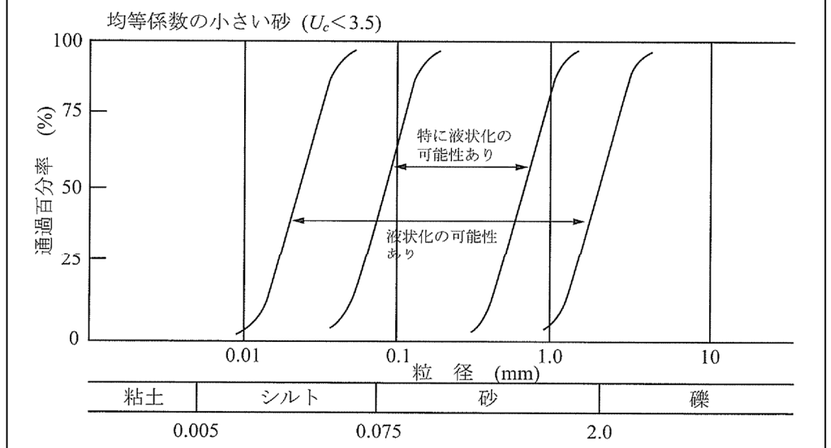


※11.2-2

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.411 より抜粋



図－2.1.3 (a)　液状化の可能性のある範囲 ($U_c \geq 3.5$)



図－2.1.3 (b)　液状化の可能性のある範囲 (U_c<3.5)

※11.2-3

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.416 より抜粋

(5) 繰返し三軸試験結果による予測・判定

①粒度とN値により検討対象地盤が液状化するか否かを予測した結果、液状化の有無が予測・判定できない場合には、地盤の地震応答計算及び乱さない試料の繰返し三軸試験を実施し、地盤の液状化を予測・判定する必要がある。

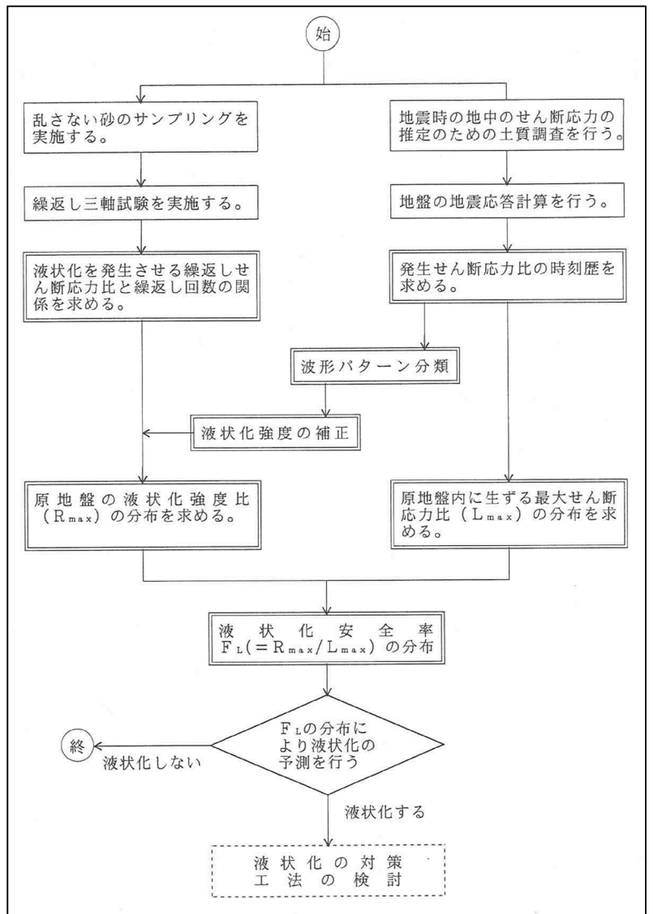
②地盤の地震応答計算結果及び繰返し三軸試験結果が実際の地盤内の現象を表すよう、地中の応力状態や地震動による作用の不規則性などを適切に考慮することが重要である。

(6) 地盤全体の液状化の判定

地盤全体としての液状化の判定にあたっては、各土層についての判定に基づいて総合的に判断すべきである。

※11.2-4

「埋立地の液状化対策ハンドブック（平成 9 年 8 月）」P.126 より抜粋



図－4.5.8　繰返し三軸法による液状化の予測の手順

※11.2-5　繰返し三軸試験による予測・判定

最大せん断応力比は、レベル 1 地震動を入力地震動とした一次元等価線形解析を実施し、算定したせん断応力を用いて算定した。一次元等価線形解析における岩ズリのせん断剛性は「岩ズリを用いた岸壁の地震時挙動に関する実験および解析　港湾空港技術研究所　報告　054-02-3(平成27年9月)」P.90 を参考に設定した。岩ズリの動的変形特性は、「埋立地の液状化対策ハンドブック（平成 9 年 8 月)」P.67～69 より設定した。

繰返し三軸試験による予測・判定結果を表 1～表 17 に示す。

表 1　液状化の予測・判定結果(B-55)

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.37	0.0407	0.164	4.02	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.02	0.0376	0.164	4.35	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.52	0.0337	0.164	4.86	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	1.91	0.0303	0.164	5.41	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.48	0.0306	0.129	4.20	液状化しない	
6	埋立土	5.5	98.10	2.87	0.0292	0.129	4.40	液状化しない	
7	埋立土	6.3	113.40	3.14	0.0277	0.164	5.90	液状化しない	
8	埋立土	7.3	126.60	3.66	0.0289	0.164	5.66	液状化しない	
9	埋立土	8.5	138.10	4.06	0.0294	0.164	5.57	液状化しない	
10	埋立土	9.5	148.60	4.39	0.0296	0.164	5.53	液状化しない	
11	埋立土	10.5	158.60	4.69	0.0296	0.164	5.53	液状化しない	
12	埋立土	11.4	167.60	4.93	0.0294	0.164	5.56	液状化しない	

表 2　液状化の予測・判定結果(B-63)

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.45	0.0505	0.129	2.55	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.17	0.0433	0.129	2.97	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.54	0.0342	0.129	3.76	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	1.93	0.0306	0.129	4.20	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.35	0.0290	0.164	5.65	液状化しない	
6	埋立土	5.4	97.42	2.61	0.0268	0.164	6.10	液状化しない	
7	埋立土	6.2	112.27	2.84	0.0253	0.164	6.46	液状化しない	

表 3　液状化の予測・判定結果（S-4'）

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.34	0.0379	0.129	3.39	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	0.98	0.0364	0.164	4.49	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.52	0.0338	0.164	4.84	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	1.95	0.0310	0.164	5.28	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.45	0.0303	0.164	5.40	液状化しない	
6	埋立土	5.5	99.00	2.95	0.0298	0.164	5.49	液状化しない	
7	埋立土	6.5	117.00	3.30	0.0282	0.164	5.80	液状化しない	
8	埋立土	7.5	135.00	3.66	0.0271	0.164	6.04	液状化しない	
9	埋立土	8.6	154.80	4.13	0.0267	0.164	6.14	液状化しない	
10	埋立土	9.6	169.60	4.42	0.0261	0.164	6.27	液状化しない	
11	埋立土	10.5	178.60	4.87	0.0272	0.164	6.01	液状化しない	
12	埋立土	11.5	188.60	5.19	0.0275	0.164	5.94	液状化しない	
13	埋立土	12.5	198.60	5.42	0.0273	0.164	6.00	液状化しない	
14	埋立土	13.5	208.60	5.57	0.0267	0.164	6.13	液状化しない	
15	埋立土	14.5	218.60	5.49	0.0251	0.164	6.52	液状化しない	
16	埋立土	15.5	228.60	5.42	0.0237	0.164	6.90	液状化しない	

表 4　液状化の予測・判定結果（S-11）

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.37	0.0409	0.164	4.00	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.05	0.0388	0.164	4.21	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.59	0.0354	0.164	4.62	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	2.02	0.0321	0.164	5.09	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.56	0.0316	0.164	5.17	液状化しない	
6	埋立土	5.6	101.43	3.12	0.0308	0.164	5.32	液状化しない	
7	埋立土	6.9	124.29	3.62	0.0291	0.164	5.63	液状化しない	
8	埋立土	7.9	139.37	3.98	0.0286	0.164	5.73	液状化しない	
9	埋立土	8.6	146.67	4.14	0.0283	0.164	5.79	液状化しない	
10	埋立土	9.5	155.32	4.40	0.0283	0.164	5.78	液状化しない	
11	埋立土	10.5	165.32	4.71	0.0285	0.164	5.74	液状化しない	
12	埋立土	11.5	175.02	4.98	0.0284	0.164	5.76	液状化しない	

表 5　液状化の予測・判定結果（S-12）

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.35	0.0390	0.164	4.19	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	0.99	0.0366	0.164	4.47	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.51	0.0335	0.164	4.88	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	1.93	0.0306	0.129	4.20	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.58	0.0319	0.164	5.14	液状化しない	
6	埋立土	5.5	99.00	3.08	0.0311	0.164	5.25	液状化しない	
7	埋立土	6.4	115.65	3.38	0.0292	0.164	5.61	液状化しない	
8	埋立土	7.3	130.95	3.78	0.0289	0.164	5.67	液状化しない	
9	埋立土	8.3	144.35	4.25	0.0294	0.164	5.56	液状化しない	
10	埋立土	9.4	155.85	4.63	0.0297	0.164	5.51	液状化しない	
11	埋立土	10.5	166.60	5.06	0.0304	0.164	5.39	液状化しない	
12	埋立土	11.5	176.60	5.30	0.0300	0.164	5.45	液状化しない	
13	埋立土	12.7	188.60	5.45	0.0289	0.164	5.67	液状化しない	

表 6　液状化の予測・判定結果（S-13）

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.38	0.0425	0.164	3.85	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.11	0.0412	0.164	3.98	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.75	0.0388	0.164	4.21	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	2.31	0.0366	0.164	4.47	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.93	0.0362	0.164	4.52	液状化しない	
6	埋立土	5.5	99.00	3.42	0.0345	0.164	4.74	液状化しない	
7	埋立土	6.5	116.55	3.92	0.0336	0.164	4.87	液状化しない	
8	埋立土	7.4	133.56	4.30	0.0322	0.164	5.08	液状化しない	
9	埋立土	8.4	147.32	4.64	0.0315	0.164	5.19	液状化しない	
10	埋立土	9.5	157.87	4.97	0.0315	0.164	5.20	液状化しない	
11	埋立土	10.6	169.07	5.09	0.0301	0.164	5.43	液状化しない	

表 7　液状化の予測・判定結果（S-14）

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.39	0.0431	0.164	3.80	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.09	0.0403	0.164	4.06	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.60	0.0356	0.164	4.60	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	1.91	0.0304	0.129	4.23	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.49	0.0308	0.129	4.18	液状化しない	
6	埋立土	5.5	99.00	2.95	0.0298	0.164	5.49	液状化しない	
7	埋立土	6.5	117.00	3.16	0.0270	0.164	6.05	液状化しない	
8	埋立土	7.6	136.53	3.68	0.0270	0.164	6.07	液状化しない	
9	埋立土	8.6	151.21	4.10	0.0271	0.164	6.04	液状化しない	
10	埋立土	9.5	160.36	4.35	0.0271	0.164	6.03	液状化しない	
11	埋立土	10.5	170.36	4.85	0.0285	0.164	5.75	液状化しない	
12	埋立土	11.5	180.36	5.08	0.0282	0.164	5.81	液状化しない	
13	埋立土	12.5	190.36	5.33	0.0280	0.164	5.84	液状化しない	
14	埋立土	13.4	199.71	5.39	0.0270	0.164	6.06	液状化しない	

表 8　液状化の予測・判定結果（S-15）

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.35	0.0394	0.164	4.15	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.00	0.0370	0.164	4.43	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.51	0.0336	0.129	3.83	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	1.89	0.0300	0.129	4.29	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.48	0.0306	0.129	4.20	液状化しない	
6	埋立土	5.5	99.00	2.97	0.0300	0.164	5.46	液状化しない	
7	埋立土	6.5	117.00	3.25	0.0278	0.164	5.90	液状化しない	
8	埋立土	7.6	135.90	3.76	0.0277	0.164	5.92	液状化しない	
9	埋立土	8.7	155.70	4.21	0.0270	0.164	6.05	液状化しない	
10	埋立土	9.7	170.10	4.44	0.0261	0.164	6.26	液状化しない	
11	埋立土	10.6	179.10	4.83	0.0270	0.164	6.06	液状化しない	
12	埋立土	11.5	188.60	5.08	0.0269	0.164	6.08	液状化しない	
13	埋立土	12.5	198.60	5.35	0.0269	0.164	6.07	液状化しない	
14	埋立土	13.4	207.10	5.41	0.0261	0.164	6.26	液状化しない	

表 9　液状化の予測・判定結果（S-16）

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.35	0.0392	0.129	3.28	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.00	0.0371	0.164	4.41	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.50	0.0334	0.164	4.89	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	2.01	0.0319	0.164	5.13	液状化しない	
5	埋立土	4.4	79.87	2.43	0.0305	0.164	5.37	液状化しない	
6	埋立土	5.3	95.62	2.90	0.0303	0.164	5.40	液状化しない	
7	埋立土	6.3	109.12	3.49	0.0320	0.164	5.11	液状化しない	
8	埋立土	7.4	120.37	3.97	0.0330	0.164	4.96	液状化しない	
9	埋立土	8.7	133.25	4.23	0.0317	0.164	5.16	液状化しない	

表 10　液状化の予測・判定結果（S-18）

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.35	0.0386	0.164	4.24	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.00	0.0370	0.164	4.43	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.54	0.0341	0.164	4.79	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	2.00	0.0317	0.164	5.17	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.64	0.0326	0.164	5.02	液状化しない	
6	埋立土	5.6	100.80	3.17	0.0315	0.164	5.20	液状化しない	
7	埋立土	6.8	122.40	3.56	0.0291	0.164	5.62	液状化しない	
8	埋立土	7.8	137.20	4.06	0.0296	0.164	5.54	液状化しない	
9	埋立土	8.6	145.20	4.34	0.0299	0.164	5.47	液状化しない	
10	埋立土	9.5	154.20	4.78	0.0310	0.164	5.28	液状化しない	
11	埋立土	10.5	164.20	5.15	0.0314	0.164	5.22	液状化しない	
12	埋立土	11.5	174.20	5.33	0.0306	0.164	5.35	液状化しない	
13	埋立土	12.5	184.20	5.44	0.0295	0.164	5.55	液状化しない	
14	埋立土	13.4	192.70	5.36	0.0278	0.164	5.88	液状化しない	

表 11　液状化の予測・判定結果（S-20）

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.27	0.0304	0.164	5.38	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	0.81	0.0298	0.164	5.48	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.29	0.0288	0.164	5.69	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	1.72	0.0274	0.164	5.98	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.09	0.0258	0.164	6.33	液状化しない	
6	埋立土	5.6	101.25	2.54	0.0250	0.164	6.53	液状化しない	
7	埋立土	6.9	123.75	3.11	0.0251	0.164	6.51	液状化しない	
8	埋立土	7.9	138.75	3.52	0.0253	0.164	6.46	液状化しない	
9	埋立土	8.6	146.25	3.78	0.0258	0.164	6.33	液状化しない	
10	埋立土	9.5	155.00	4.02	0.0260	0.164	6.31	液状化しない	
11	埋立土	10.5	165.00	4.38	0.0265	0.164	6.17	液状化しない	
12	埋立土	11.5	175.00	4.76	0.0272	0.164	6.02	液状化しない	
13	埋立土	12.5	185.00	5.02	0.0272	0.164	6.03	液状化しない	
14	埋立土	13.5	195.00	5.46	0.0280	0.164	5.84	液状化しない	
15	埋立土	14.5	205.00	5.88	0.0287	0.164	5.71	液状化しない	
16	埋立土	15.5	215.00	6.25	0.0291	0.164	5.62	液状化しない	
17	埋立土	16.5	225.00	6.57	0.0292	0.164	5.61	液状化しない	
18	埋立土	17.5	235.00	6.83	0.0291	0.164	5.63	液状化しない	
19	埋立土	18.5	245.00	7.08	0.0289	0.164	5.66	液状化しない	
20	埋立土	19.5	255.00	7.34	0.0288	0.164	5.69	液状化しない	
21	埋立土	20.5	265.00	7.53	0.0284	0.164	5.76	液状化しない	
22	埋立土	21.5	275.00	7.67	0.0279	0.164	5.87	液状化しない	
23	埋立土	22.5	285.00	7.92	0.0278	0.164	5.89	液状化しない	
24	埋立土	23.5	295.00	8.13	0.0276	0.164	5.94	液状化しない	
25	埋立土	24.5	305.00	8.29	0.0272	0.164	6.02	液状化しない	
26	埋立土	25.5	315.00	8.40	0.0267	0.164	6.14	液状化しない	
27	埋立土	26.5	325.00	8.47	0.0261	0.164	6.28	液状化しない	
28	埋立土	27.5	335.00	8.54	0.0255	0.164	6.42	液状化しない	
29	埋立土	28.5	345.00	8.70	0.0252	0.164	6.49	液状化しない	
30	埋立土	29.5	355.00	8.80	0.0248	0.164	6.60	液状化しない	
31	埋立土	30.5	365.00	8.88	0.0243	0.164	6.73	液状化しない	
32	埋立土	31.7	376.65	8.90	0.0236	0.164	6.93	液状化しない	

表 12　液状化の予測・判定結果（S-22）

No	地層区分	判定深度（G.L.-m）	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧（kN/m^2）	最大せん断応力（kN/m^2）	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.40	0.0443	0.164	3.69	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.17	0.0433	0.164	3.78	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.86	0.0413	0.164	3.96	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	2.45	0.0389	0.164	4.21	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.95	0.0364	0.164	4.50	液状化しない	
6	埋立土	5.5	99.00	3.52	0.0355	0.164	4.61	液状化しない	
7	埋立土	6.5	117.00	4.14	0.0354	0.164	4.63	液状化しない	
8	埋立土	7.5	135.00	4.64	0.0343	0.164	4.76	液状化しない	
9	埋立土	8.6	154.80	5.05	0.0326	0.164	5.02	液状化しない	
10	埋立土	9.6	169.60	5.53	0.0326	0.164	5.02	液状化しない	
11	埋立土	10.5	178.60	5.90	0.0330	0.164	4.95	液状化しない	
12	埋立土	11.5	188.60	6.20	0.0329	0.164	4.98	液状化しない	
13	埋立土	12.5	198.60	6.65	0.0335	0.164	4.89	液状化しない	
14	埋立土	13.5	208.60	7.10	0.0340	0.164	4.81	液状化しない	
15	埋立土	14.5	218.60	7.37	0.0337	0.164	4.85	液状化しない	
16	埋立土	15.5	228.60	7.49	0.0328	0.164	4.99	液状化しない	
17	埋立土	16.5	238.60	7.59	0.0318	0.164	5.14	液状化しない	
18	埋立土	17.5	248.60	7.64	0.0307	0.164	5.32	液状化しない	
19	埋立土	18.5	258.10	7.52	0.0291	0.164	5.62	液状化しない	

表 13　液状化の予測・判定結果（S-23）

No	地層区分	判定深度（G.L.-m）	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧（kN/m^2）	最大せん断応力（kN/m^2）	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.38	0.0420	0.164	3.90	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.05	0.0389	0.164	4.21	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.54	0.0341	0.164	4.79	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	1.92	0.0304	0.164	5.37	液状化しない	
5	埋立土	4.6	82.80	2.55	0.0308	0.164	5.32	液状化しない	
6	埋立土	5.8	104.40	3.02	0.0289	0.164	5.65	液状化しない	
7	埋立土	6.8	119.20	3.61	0.0303	0.164	5.40	液状化しない	
8	埋立土	7.6	127.20	3.97	0.0312	0.164	5.25	液状化しない	
9	埋立土	8.5	136.20	4.19	0.0307	0.164	5.32	液状化しない	
10	埋立土	9.5	145.70	4.44	0.0304	0.164	5.37	液状化しない	
11	埋立土	10.4	154.70	4.63	0.0299	0.164	5.47	液状化しない	

表 14　液状化の予測・判定結果（S-24）

No	地層区分	判定深度（G.L.-m）	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧（kN/m^2）	最大せん断応力（kN/m^2）	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.38	0.0417	0.164	3.92	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.05	0.0387	0.164	4.23	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.56	0.0347	0.164	4.71	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	1.94	0.0308	0.164	5.31	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.50	0.0308	0.164	5.31	液状化しない	
6	埋立土	5.5	98.10	2.90	0.0296	0.164	5.53	液状化しない	
7	埋立土	6.5	111.70	3.41	0.0306	0.164	5.35	液状化しない	
8	埋立土	7.5	122.20	3.95	0.0323	0.164	5.06	液状化しない	
9	埋立土	8.5	132.20	4.23	0.0320	0.164	5.12	液状化しない	
10	埋立土	9.5	141.70	4.45	0.0314	0.164	5.21	液状化しない	
11	埋立土	10.4	150.70	4.62	0.0307	0.164	5.34	液状化しない	

表 15　液状化の予測・判定結果（S-27）

No	地層区分	判定深度（G.L.-m）	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧（kN/m^2）	最大せん断応力（kN/m^2）	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.37	0.0406	0.164	4.03	液状化しない	液状化しないと判定する
2	埋立土	1.5	27.00	1.05	0.0389	0.164	4.20	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.63	0.0363	0.164	4.51	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	2.12	0.0336	0.164	4.87	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.52	0.0311	0.164	5.27	液状化しない	
6	埋立土	5.5	99.00	3.03	0.0307	0.164	5.34	液状化しない	
7	埋立土	6.5	117.00	3.63	0.0311	0.164	5.27	液状化しない	
8	埋立土	7.6	135.90	4.11	0.0302	0.164	5.41	液状化しない	
9	埋立土	8.7	155.70	4.45	0.0286	0.164	5.72	液状化しない	
10	埋立土	9.7	170.10	4.81	0.0283	0.164	5.79	液状化しない	
11	埋立土	10.6	179.10	5.31	0.0297	0.164	5.52	液状化しない	
12	埋立土	11.5	188.60	5.75	0.0305	0.164	5.37	液状化しない	
13	埋立土	12.5	198.60	6.04	0.0304	0.164	5.38	液状化しない	
14	埋立土	13.5	208.60	6.54	0.0313	0.164	5.22	液状化しない	
15	埋立土	14.5	218.60	6.94	0.0317	0.164	5.16	液状化しない	
16	埋立土	15.5	228.60	7.17	0.0314	0.164	5.22	液状化しない	
17	埋立土	16.5	238.60	7.39	0.0310	0.164	5.28	液状化しない	
18	埋立土	17.5	248.60	7.60	0.0306	0.164	5.35	液状化しない	
19	埋立土	18.5	258.60	7.64	0.0295	0.164	5.54	液状化しない	
20	埋立土	19.5	268.60	7.44	0.0277	0.164	5.91	液状化しない	
21	埋立土	20.3	276.10	7.31	0.0265	0.164	6.18	液状化しない	

表 16　液状化の予測・判定結果（S-29）

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.34	0.0378	0.129	3.40	液状化しない	
2	埋立土	1.5	27.00	0.98	0.0362	0.129	3.55	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.50	0.0334	0.164	4.89	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	1.92	0.0305	0.164	5.37	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.45	0.0303	0.164	5.40	液状化しない	
6	埋立土	5.5	99.00	2.96	0.0299	0.164	5.48	液状化しない	
7	埋立土	6.7	119.70	3.33	0.0278	0.164	5.88	液状化しない	
8	埋立土	8.0	143.10	3.89	0.0272	0.164	6.03	液状化しない	液状化しないと判定する
9	埋立土	9.0	158.30	4.28	0.0270	0.164	6.06	液状化しない	
10	埋立土	9.7	165.30	4.52	0.0273	0.164	5.99	液状化しない	
11	埋立土	10.5	173.80	4.93	0.0284	0.164	5.77	液状化しない	
12	埋立土	11.5	183.80	5.22	0.0284	0.164	5.77	液状化しない	
13	埋立土	12.5	193.80	5.43	0.0280	0.164	5.84	液状化しない	
14	埋立土	13.5	203.80	5.55	0.0272	0.164	6.01	液状化しない	
15	埋立土	14.6	215.25	5.39	0.0250	0.164	6.54	液状化しない	

表 17　液状化の予測・判定結果（S-32）

No	地層区分	判定深度 (G.L.-m)	繰返し三軸試験による予測・判定						
			有効上載圧 (kN/m^2)	最大せん断応力 (kN/m^2)	最大せん断応力比 Lmax	液状化強度比 Rmax	F_L	判定	土層の判定
1	埋立土	0.5	9.00	0.42	0.0469	0.164	3.49	液状化しない	
2	埋立土	1.5	27.00	1.15	0.0424	0.164	3.86	液状化しない	
3	埋立土	2.5	45.00	1.58	0.0350	0.164	4.67	液状化しない	
4	埋立土	3.5	63.00	1.93	0.0306	0.164	5.34	液状化しない	
5	埋立土	4.5	81.00	2.64	0.0326	0.164	5.02	液状化しない	
6	埋立土	5.5	99.00	3.00	0.0303	0.129	4.25	液状化しない	
7	埋立土	6.6	118.80	3.31	0.0278	0.164	5.88	液状化しない	液状化しないと判定する
8	埋立土	7.8	140.40	3.81	0.0272	0.164	6.03	液状化しない	
9	埋立土	8.8	158.40	4.03	0.0254	0.164	6.43	液状化しない	
10	埋立土	9.6	169.60	4.19	0.0247	0.164	6.63	液状化しない	
11	埋立土	10.6	179.60	4.49	0.0250	0.164	6.54	液状化しない	
12	埋立土	11.8	191.75	4.80	0.0251	0.164	6.53	液状化しない	

12. 動態観測の考え方

12.1 動態観測の目的及び管理項目等

※12.1-1

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.1745～1746 より抜粋

3.11 動態観測

3.11.1 一般

(1) 動態観測の定義

比較的やわらかい地盤上に盛土したり構造物を構築すると、構造物や盛土自体が沈下したり地盤が側方に移動するような現象が生じることがある。一方、やわらかい地盤を掘削すると、掘削面が孕み出したり、掘削した底面が盛り上がってくるなどの現象が起こることがある。

動態観測とは、以下の (2) に示す目的のために、施工中及び施工後の構造物本体・基礎地盤・周辺地盤・隣接構造物などの変位や応力を時系列的に把握するために行う観測のことをいう。

(2) 動態観測の目的

地盤上に構造物を構築する場合、あるいは地盤を掘削する場合、仮設工を含む構造物の安全性の確保を図ることはもとより、近接する構造物や施設に対する影響を最小限に抑えることが必要である。また、施工中の構造物の沈下量・変位量などを計測し、施工前に見込んでいた値と比較することにより、設計の見直しを行い、より確実な施工を行うことも必要である。さらに、施工中の構造物の沈下量・変位量などの計測結果をもとに、構造物完成後の将来の沈下量・変位量などをより正確に予測し、その結果を円滑な維持管理に役立てることも重要であり、経年変化等によって変状を生じている構造物や地震等による被災を受けた構造物の安全性の確認等の必要性も増している。

動態観測の目的としては次の事項が考えられる。

①仮設工を含む構造物の施工中の安全性の確認
②掘削や地盤改良などの施工時における近接構造物への影響把握
③施工前に見込んでいた構造物の沈下量・変位量などの検証と設計・施工へのフィードバック
④構造物完成後の将来の沈下量・変位量などの予測と維持管理計画への反映
⑤変状を生じている構造物の安全性の確認
⑥地震等による被災を受けた構造物の進行性破壊による二次災害の防止

ここで、地震等による被災を受けた構造物の進行性破壊としては、地震による被災を受けた岸壁が吸い出しを受け背後に陥没が生じる現象などがある。

(3) 動態観測の手法

動態観測は、施工中及び施工後の構造物本体・基礎地盤・周辺地盤・隣接構造物などの変位や応力を時系列で計測するものであり、構造物本体の沈下や地盤の沈下・側方移動などの変位に関する計測と、構造物に作用する土圧や構造物の応力などの計測がある。動態観測の主な観測項目と一般的な観測機器・手法を**表－3.11.1**に示す。

表－3.11.1　動態観測の主な観測項目と一般的な観測機器・手法

観測項目		観測機器・手法
構造物	変位	傾斜計（多段式、挿入式）、測量
	荷重・応力	荷重計、土圧計、水圧計、ひずみ計
地盤	変位	沈下板、沈下計（層別、水圧式）、傾斜計
	応力	土圧計、間隙水圧計
その他		水位計、振動計

(4) 動態観測計画

沿岸域での建設事業において動態観測が必要となる場合として例えば以下のような場合がある。

関西国際空港や東京国際空港Ｄ滑走路の建設工事のように短期間に大規模な埋立を伴う工事では、埋立護岸の築造や埋立地の造成に際し、構造物の安定を図るとともに将来に亘る沈下量を正確に予測するためにも動態観測が行われる[68]。特に、載荷重による圧密促進効果を期待した設計・施工を行う場合には、構造物建設過程での安定と沈下管理のために動態観測を行う必要性が高い。

海底トンネルの陸上取り付け部や換気塔の施工に際しては、陸上部を大規模に掘削して構造物を築造するため、必要に応じ動態観測が実施される。

新形式の岸壁や護岸の施工においては、構造物の安定性の確認及び設計法確立のための基礎資料の取得を目的として動態観測が実施されることが多い。例えば、釧路港東港区-9ｍ耐震強化岸壁の施工に際しては、水際線で行われた地盤改良の固化改良体による自立土留壁の安定確認のために動態観測が実施された[69]。また、釧路港東港の水中ストラット式鋼製岸壁の施工に際しては、構造物の安定性の確認と設計法確立のための基礎資料の取得を目的とした計測が行われた[70]。ここでは岸壁の一部において、裏込部を含む地盤一鋼構造全体系としての力学的挙動の計測調査が実施された。さらに、東京港大井ふ頭のコンテナ桟橋に採用されたジャケット式桟橋に関しては、地震時の挙動を観測するための地震時動態観測計画が策定されている[71]。

一方、桟橋の鋼管杭の間にマウンドとなる捨石などを施工する場合、杭の移動や変形などを監視するために動態観測が行われる場合がある。

以上のように、動態観測の実施場所、目的、手法、頻度、結果の判定方法等は様々であり、一律に規定できるものではなく、個々の事業に応じて適正に計画する必要がある。ただし、動態観測における一般的な注意事項としては以下の点を挙げることができる。

・近接施工の問題点の有無を早期に把握すること。
・施工に先立って監督・管理の計画を、事業者・設計者・施工者間で合意しておくこと。
・観測目的によってはあらかじめ変位や応力等の管理値を設け適正に管理を行っていくこと。
・管理値を超える値が観測された場合の対処方法をあらかじめ検討しておくこと。
・予測値と観測値にずれが生じた場合の設計・施工へのフィードバック方法をあらかじめ検討しておくこと。
・観測結果に基づいて柔軟に変更可能な観測計画を立案しておくこと。
・施工時に計測機器が損傷しやすい場合には、あらかじめ取付点数を増やしておくなどの対処を行うこと。

本章3.11.2 動態観測事例に動態観測が有効であった二つの事例を紹介し、動態観測がどのように計画され、活用されたかについて具体的に述べる。

※12.1-2

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.1759～1761 より抜粋

③動態観測の管理項目と計測機器

本事業における動態観測及び情報化施工は、

・施工中の沈下及び安定管理

・沈下予測に基づく埋立最終天端高さの設定

・供用開始後の維持管理計画の策定

・埋立/桟橋接続部の側方流動の計測

を目的として実施された。埋立地の供用開始時には圧密が完了していないため、供用開始後に0.7～1m程度の残留沈下が予測された。そのため、施工中の載荷履歴・沈下量を元に地盤定数を設定し、将来沈下量からかさ上げ量を決定する必要があった。また、供用後30年間の維持管理を含んだ契約であるため、維持管理計画策定のためのデータとして重要な位置づけがなされていた。これに加えて埋立/桟橋接続部背面の側方流動の計測・管理も行われた。

動態観測及び情報化施工による管理項目は

1) 地盤の沈下管理

2) 護岸の安定管理

3) 埋立層厚の履歴管理と長期沈下予測

4) 埋立/桟橋接続部の側方流動の管理

5) 盛土の圧縮量の管理

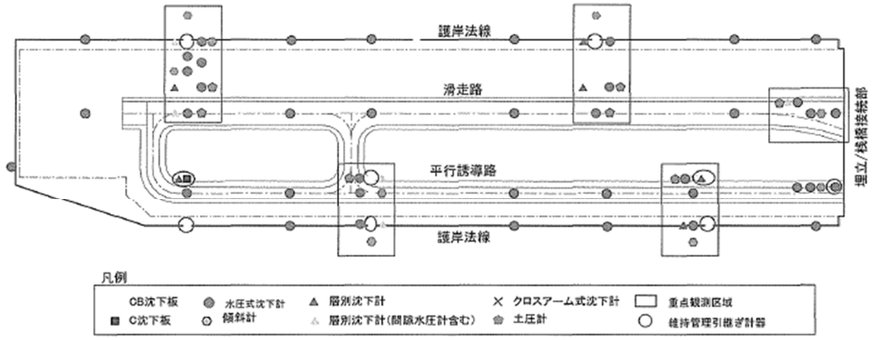
に大別される。管理項目及び計測機器の一覧を**表－3.11.11**に示す。**図－3.11.13**は、計測機器の配置平面図、**図－3.11.14**は計測機器の標準的な配置断面図である。計器の配置は、埋立部L=2,020mにわたり約500m間隔で重点観測区域を設定し、補完するように約250m間隔で簡易観測区域を設定した。また、埋立地中心には約250m間隔で水圧式沈下計を設置している。**図－3.11.15**は観測区域設定フローである。なお、各施工ステップでラジオアイソトープコーン貫入試験（以下、「RI-CPT[77]」という。）による地盤調査を行い、地盤強度確認を行ってから次ステップに移る計画とした。

表－3.11.11　管理項目及び計測機器一覧

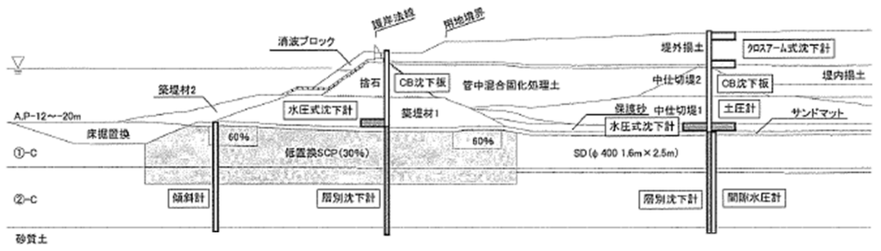
管理項目	内　　容	計測機器等
地盤の沈下管理	・施工中の圧密進行状況の把握と検証 ・沈下量に基づいた各盛土施工天端の設定 ・圧密地盤定数の設定	C沈下板[A)] CB沈下板[B)] 水圧式沈下計 層別沈下計 間隙水圧計
護岸の安定管理	・地盤の強度増加の確認と安定解析による次施工盛土の施工可否判断 ・安定管理図表を用いた護岸の安定検討 ・リアルタイムGPSを用いた盛土地盤挙動の常時観測	RI-CPT 傾斜計 GPSによる変位計測
埋立層厚の履歴管理と長期沈下予測	・埋立層厚の管理 ・土砂投入手順の管理と投入箇所のすべり破壊挙動の監視 ・長期沈下予測や強度増加量などの解析に利用	GPS・深浅測量 HASP 土圧計
埋立/桟橋接続部の側方流動の管理	・鋼管井筒基礎の変形計測・解析 ・接続部背面の地盤の変位管理	CB沈下板 水圧式沈下計 傾斜計 間隙水圧計 層別沈下計
盛土の圧縮量の管理	・盛土層の施工中、盛土完了後の圧縮量の計測	クロスアーム式沈下計

注）A）：仮沈下板（④（a）参照）

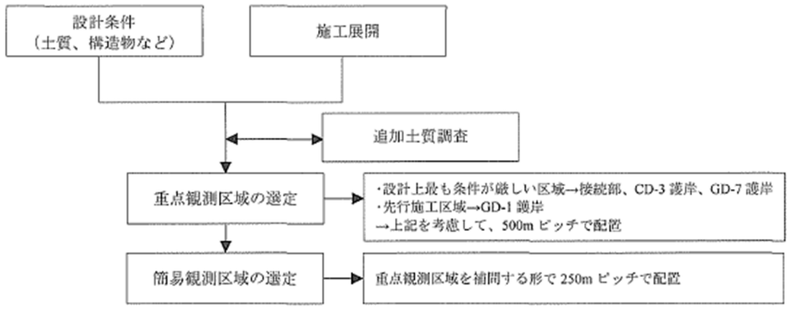
B）：チェックボーリング用ガイドパイプ兼用沈下板（④（c）参照）



図－3.11.13　動態観測計器配置平面図



図－3.11.14　動態観測計器配置断面図



図－3.11.15　観測区域設定フロー

※12.1-3
「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）」P.1759～1761 より抜粋

④地盤の沈下管理

埋立工事に伴う圧密沈下量は、工事開始から供用開始100年後までの期間で最大8.0mと予測されていた。また、供用開始から100年間の沈下量は0.7m～1m程度と予測されていた（工事完了時の再計算では0.5～0.7m）。沈下の計測には、従来から実績のあるCB沈下板（**図－3.11.16**）を採用したが、埋立地左右の護岸間隔が約500mしかなく、CB沈下板を多数設置すると作業船が稼働できない事態に陥ることが想定された。そのため、磁気伝送システム[78]と水圧式沈下計を工事区域内に細かく配置し、CB沈下板は水圧式沈下計のキャリブレーションを行う補完的な位置づけとした。CB沈下板の配置箇所は、計画時に施工が先行する箇所を選定した。また、圧密対象層が①層及び②層であるため、各層の圧密度を把握するために層別沈下計及び間隙水圧計を設置した。

(a) C沈下板

圧密沈下は地盤改良直後から始まっているが、海上には地盤改良作業船が展開しているためCB沈下板や水圧式沈下計を設置することは困難である。そのためサンドドレーン施工直後からC沈下板（**図－3.11.17**）を設置して初期の沈下量を計測した。計測方法は、C沈下板設置後、潜水士が手持ち型の水圧計でC沈下板の水深を計測し、潮位から標高に直し、これを正規の計測機器を設置するまで行った。

(b) 磁気伝送システム＋水圧式沈下計

磁気伝送システムは、波長の長い磁気を利用してデータを伝送するもので、通信距離は100m程度と短いが地中及び海水中の導電率の高い媒質中でも通信可能[78]であるため、無線で地盤中の各計測機器のデータ取得が可能である。そのため、沈下計だけにとどまらず、傾斜計・間隙水圧計・層別沈下計を同システムに接続しデータ回収を行った。**図－3.11.18**はデータ回収の概念図である。図は海上での回収を示したものであるが、気中まで埋立が進んだ場合は測量車などで当該箇所まで行きデータ回収を行った。水圧式沈下計の外観を**図－3.11.19**に示す。計測時の潮位を考慮し水圧から標高を求めた。

(c) CB沈下板

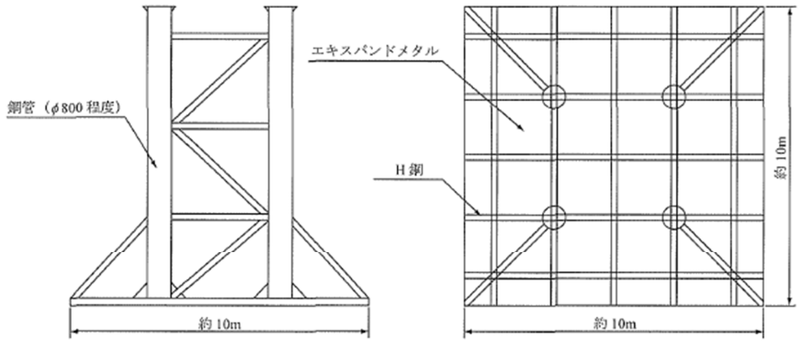
チェックボーリングの導管と沈下板を兼ねており、ϕ800の鋼管を複数本組合わせた構造となっている。**図－3.11.16**がCB沈下板の外観図である。沈下に合わせて鋼管を継いでいった。

(d) 層別沈下計

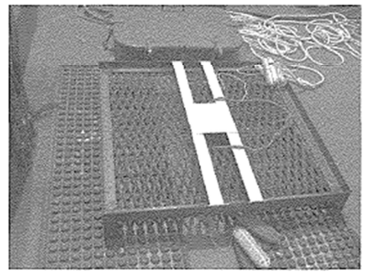
層別沈下計は、1本のボーリング孔にアンカーロッド式の沈下計を挿入し、前述の磁気伝送システムでデータ転送を行った。傾斜計及び層別沈下計にはプローブを挿入し手動によりデータ回収を行うタイプがあるが、計測用ガイドパイプが地盤変位により移動し、下部の挿入パイプを切断する障害リスクがあったため採用しなかった。層別沈下計の設置位置は**図－3.11.20**のように①-C-1～①-C-2層の中間、①②層境界、②層の粘土層・砂層の境界、②③層境界、③層の粘土層・砂層の境界、③-C-1～③-C-2層の中間、③-C-2～③-C-1層の中間、③④層境界の計8カ所とした。③④層の境界は不動点としての位置づけである。

(e) 間隙水圧計

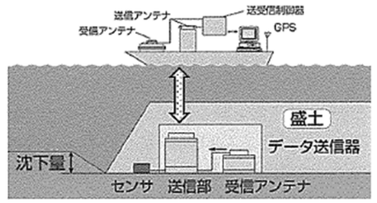
間隙水圧計は、ボーリングを行ったのち現地盤の所定の深度に挿入する押し込み型の間隙水圧計を採用した。設置深度は、**図－3.11.21**に示した位置である。一計測機器毎に地盤に挿入するため、間隙水圧計の数と同じ本数のボーリングが必要となる。1カ所のボーリング孔に複数の間隙水圧計を設置する案が検討されたが、止水性を確保することができなかったため採用せず、1本のボーリングに1計測器の設置とした。



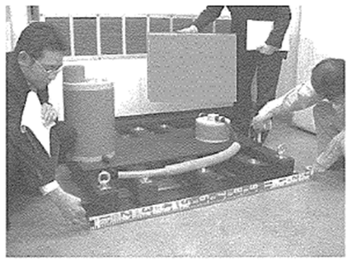
図－3.11.16　CB沈下板



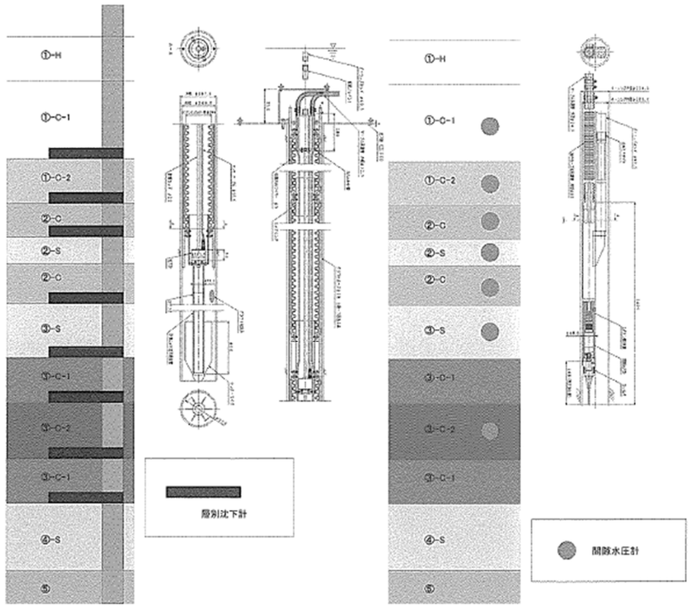
図－3.11.17　C沈下板



図－3.11.18　磁気伝送システムによるデータ回収（海上での場合）



図－3.11.19　水圧式沈下計（磁気伝送式）

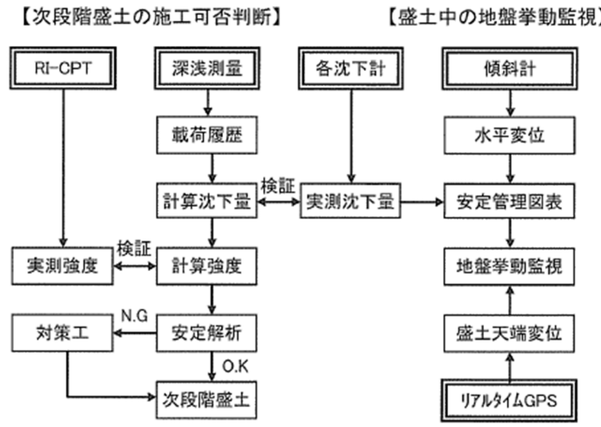


図－3.11.20　層別沈下計

図－3.11.21　間隙水圧計

⑤護岸の安定管理

本埋立工事では、施工期間の制約から、最小の圧密放置期間（施工後2ヶ月、圧密度U=50％）による粘性土の強度増加を考慮して護岸及び中仕切堤の設計を行った。参考までに関西国際空港の事例では放置期間は4ヶ月、圧密度はU=80％であった。安全率（本書における調整係数mに相当）は、完成時で円弧が複合地盤を切る場合Fs≧1.2、円弧の大部分が粘性土層を切る場合はFs≧1.3とし、施工時は、施工ステップ毎に現地盤の強度を原位置試験で確認する「RI-CPTによる非排水強度の推定」を用いることを前提として安全率を1.1≦Fs≦1.3とし、護岸断面のカウンターの縮小と工程短縮を図った。護岸断面の施工中の安定管理のため、護岸には傾斜計を設置し、護岸完成後は護岸天端でGPSによる水平変位観測を常時行い安定管理を行った。護岸の安定管理のフローを**図－3.11.22**に示す。



図－3.11.22　護岸の安定管理のフロー

(a) ラジオアイソトープコーン貫入試験（RI-CPT）による非排水強度の推定

RI-CPTは、電気式静的コーン貫入試験と同様、コーン形状のプローブの先端に複数のセンサー（**図－3.11.23**）を搭載し低速度で地盤に貫入させる調査法である。電気式コーンと同様に先端抵抗、間隙水圧の測定ができることに加え、先端にラジオアイソトープを搭載し、地盤の湿潤密度を計測する。飽和した地盤では、あらかじめ求めた土粒子密度と湿潤密度から間隙比を算出できる。

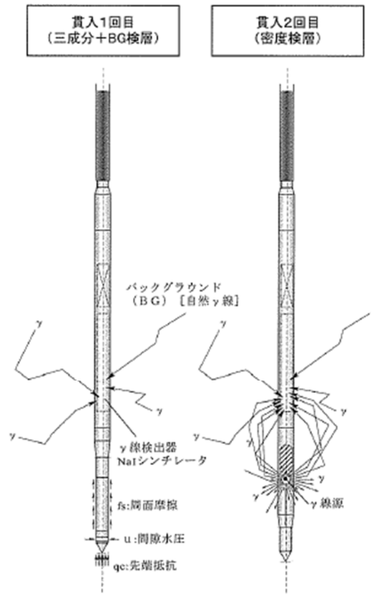
本埋立工事では、事前の地盤調査時にRI-CPTの計測結果と定体積一面せん断試験結果との相関性を求めて土層の判別や地盤定数の設定を行った。施工段階ではRI-CPTを用いて先端強度より地盤のせん断強度を求める調査法[79) 80)]を採用した。RI-CPTによる地盤調査は、**図－3.11.22**に示すように、施工可否判断が必要となる各盛土工種の前段階で実施した。これに間隙比の情報を加えて、多くの地盤情報から圧密の進行状況を把握し地盤の変形管理を行った。

(b) 傾斜計による護岸の安定管理

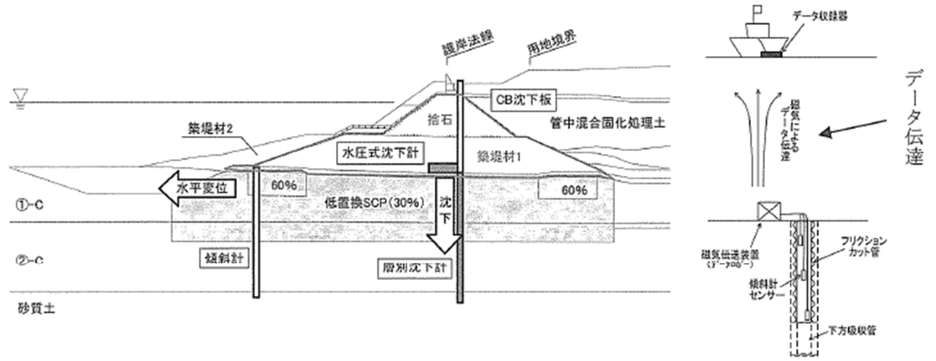
傾斜計は、水圧式沈下計及び層別沈下計と同様に磁気伝送システムを用いてデータ転送を行った。計測はあらかじめボーリング孔に傾斜計を設置（**図－3.11.24**）し、自動的に地盤変位を計測する方法をとった。護岸構築中は、護岸中央の沈下と法先部の水平変位から各種安定管理図（富永法、松尾・川村法、水平変位速度法）を用いた安定管理を行うものとした。ただし、安定管理図は無改良地盤上の道路のような台形帯状の盛土を対象としているため、護岸の安定管理を行う上では、精度及び適応性は高くない結果となった。

(c) GPSリアルタイム変位観測

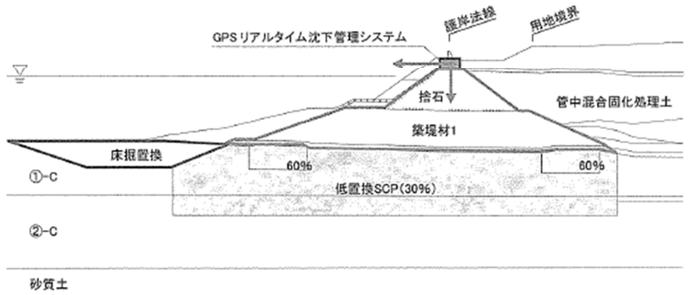
護岸完成後、護岸の水平変位・沈下を把握するためGPSリアルタイム管理システムにより定時定点観測を行った。GPSリアルタイム管理システムは、無線LANを用いて監視センターにデータ転送をすることで、沈下量や水平変位量を連続的にモニタリングするものである。護岸前面の床掘時に護岸上部の変形挙動の常時監視を行った（**図－3.11.25**）。陸化後の計器配置であるため、精度が確保でき安定管理に適した管理法であった。



図－3.11.23　RI-CPTのプローブ



図－3.11.24　傾斜計と沈下計による安定管理



図－3.11.25　GPSによるリアルタイム安定管理

⑥埋立層厚の履歴管理と長期沈下予測

埋立による長期沈下予測や安定管理のため、埋立層厚の履歴情報を的確に把握することが重要である。本埋立工事では、GPS測量等による埋立履歴管理の情報より沈下計算プログラムから滑走路のかさ上げ高を設定した。

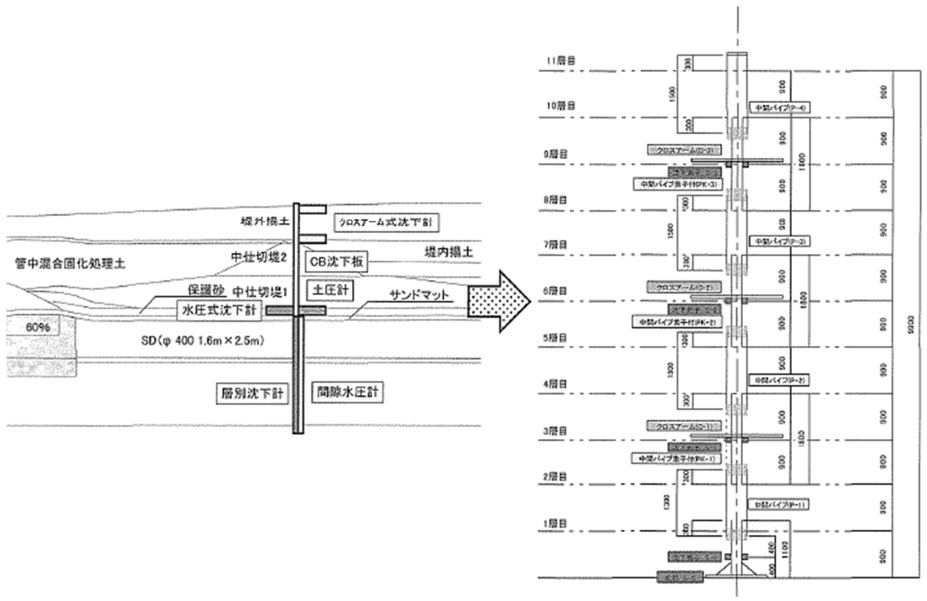
(a) GPS測量

本埋立地では、埋立層厚の履歴管理として、海中ではGPSを併用した深浅測量、気中では測量車（バギー）によるGPS計測により層厚を管理した。GPSを併用した深浅測量（**図－3.11.26**）は、測量船に動揺の少ない双胴船を採用し、計測方法はナローマルチビーム方式の深浅測量システムを採用した。GPSはRTK（リアルタイムキネマティック）方式を採用し、測量船の動揺補正装置を組合わせることで測量精度を向上させた。気中は、RTK-GPSを搭載した測量車を車幅毎に毎日走行させて面的に高さを計測した。海中の計測結果の例が**図－3.11.27**である。毎日の計測を重ねることにより、埋立履歴に加え面的な沈下傾向を確認することができた。

⑧盛土の圧縮量の管理

埋立・盛土の施工層厚や載荷履歴は深浅測量等により把握できるが、埋立土そのものに生じる即時沈下・クリープを勘案し、表面沈下量と原地盤の沈下を分離するために埋立土の圧縮量の測定を行った。その方法として、盛土内にクロスアーム式沈下計を設置し盛土の圧縮量を測定した。原地盤の沈下と整合をとるため、クロスアーム式沈下計の直下に原地盤の沈下を計測するため水圧式沈下計を設置した。

図－3.11.31が設置の概略図である。クロスアーム式沈下計は、鉛直管に塩ビ管を使用し観測井を兼ね、埋立地内水位の観測も行った。**図－3.11.32**は盛土の圧縮量の経時変化であるが、盛土完了後（970日以降）の圧縮量は $\Delta\varepsilon=0.1\sim0.2\%$ となった。



図－3.11.31　クロスアーム式沈下計配置図

■埋立材仮置時におけるＫ護岸の地盤の安定性照査

埋立材仮置時における K 護岸（K-2、K-3、K-4 護岸）の地盤の安定性能照査を行う。地盤の安定性能照査は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年 5 月)」P.749 に準拠し、部分係数（γ_s=1.00、γ_R=1.00）、調整係数（m=1.30）を用いて円弧すべり計算により行った。

① 位置図

Ｋ護岸（K-2、K-3、K-4 護岸）の位置を図 1 に示す。

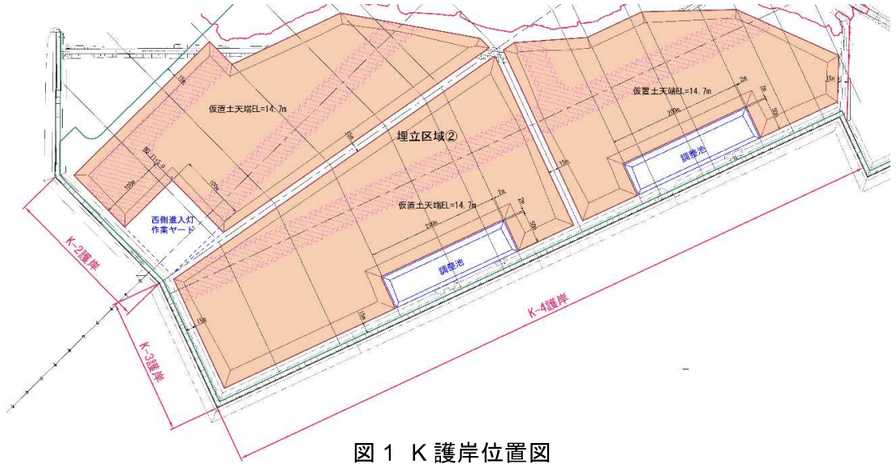


図１ Ｋ護岸位置図

② 検討条件

土質条件は、既往の土質調査結果を基に設定された、表 1 に示す値を用いた。

表１ 中仕切護岸及び揚土場における土質条件

土質区分	単位体積重量(kN/m³)		φ(°)	c (kN/m²)
	飽和	湿潤		
Ag1	19.8	19.3	40	-
R l	22.3	21.3	42	-
Kks	21.7	20.7	41	-

③ 材料条件

使用する材料の特性値は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月)」に準拠し、設定した。材料の特性値を表 2 及び表 3 に示す。

表２ 単位体積重量の特性値

材　料	単位体積重量 γ (kN/m³)
無筋コンクリート	22.6

出典:　「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月)」P.447

表３ 石材の特性値

材　料	せん断抵抗角 φ（°）	単位体積重量	
		水面上 γ t(kN/m³)	水中 γ '(kN/m³)
基礎捨石	40	18.0	10.0

出典:　「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月)」P.447,498

④ 荷重条件

検討に用いる上載荷重は、各検討ケースで最も荷重が大きくなる使用機械を用いた。

各検討ケースに使用する上載荷重を表 4 に示す。

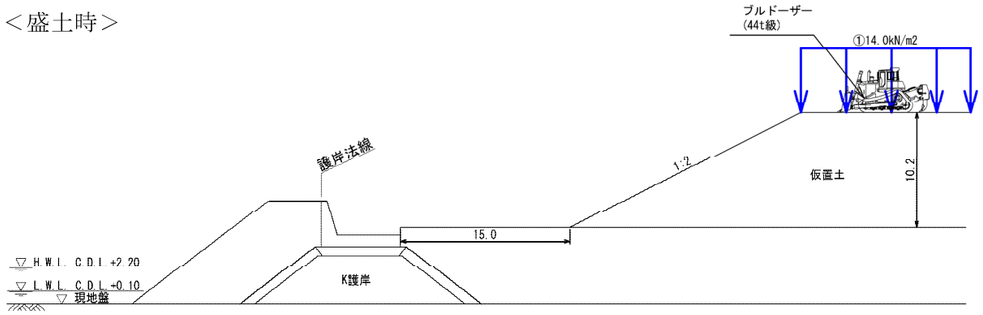
表４ 上載荷重

検討ケース	上載荷重(kN/m²)	
盛土時	ブルドーザー(46t 級)	14.0
切土時	ブルドーザー(46t 級)	14.0
	重ダンプトラック(46t 積)	25.0

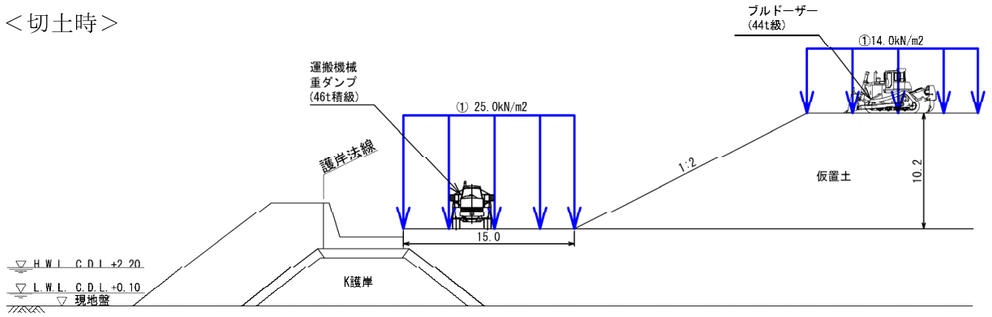
⑤ 検討ケース

地盤の安定性能照査を行う検討ケースを以下に示す。

＜盛土時＞



＜切土時＞

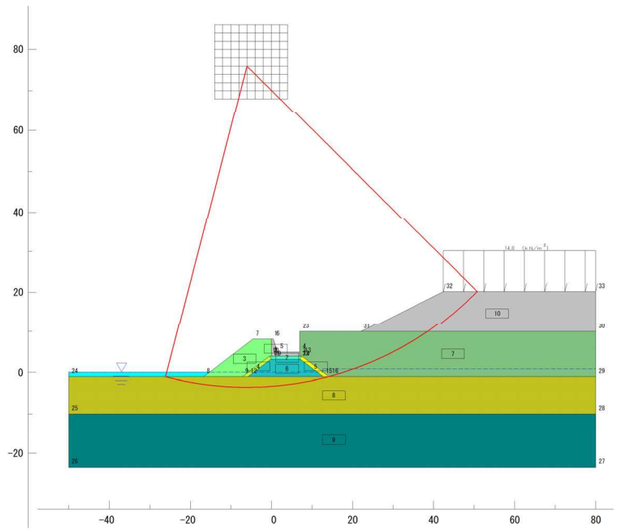
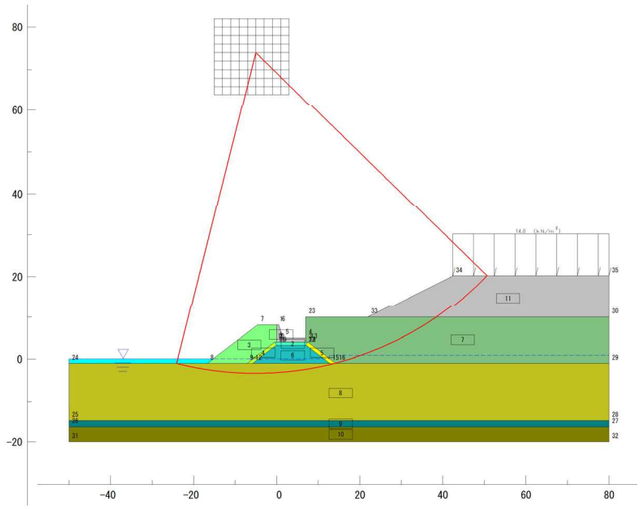
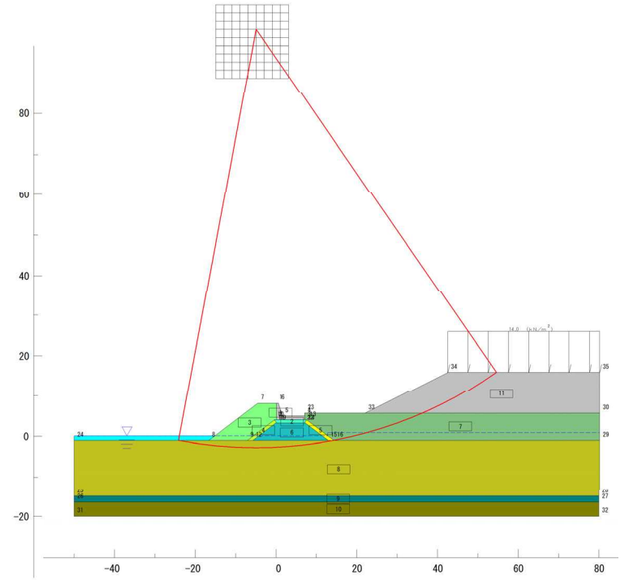
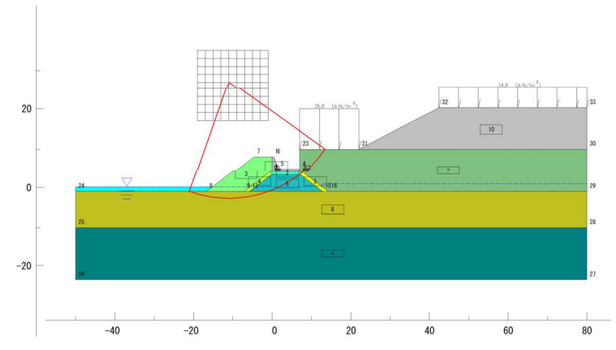
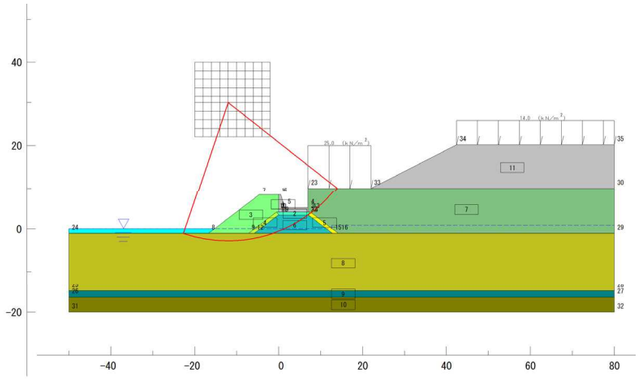
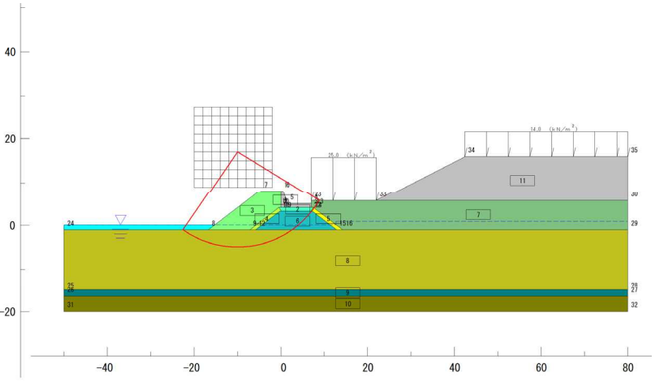


⑥ 安定検討結果

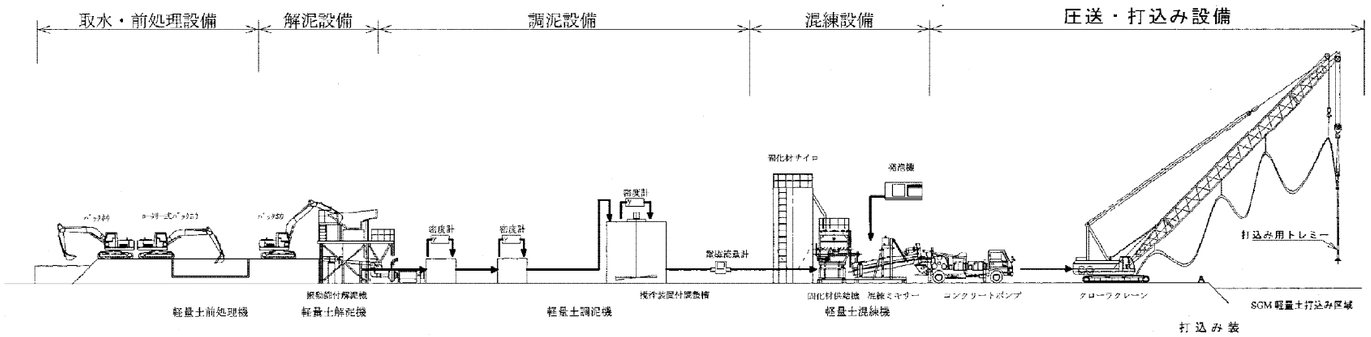
円弧すべりを行った結果、K 護岸（K-2、K-3、K-4）護岸は埋立材を護岸背後に仮置した場合、安定する結果となった。安定検討結果を表 5 に示す。

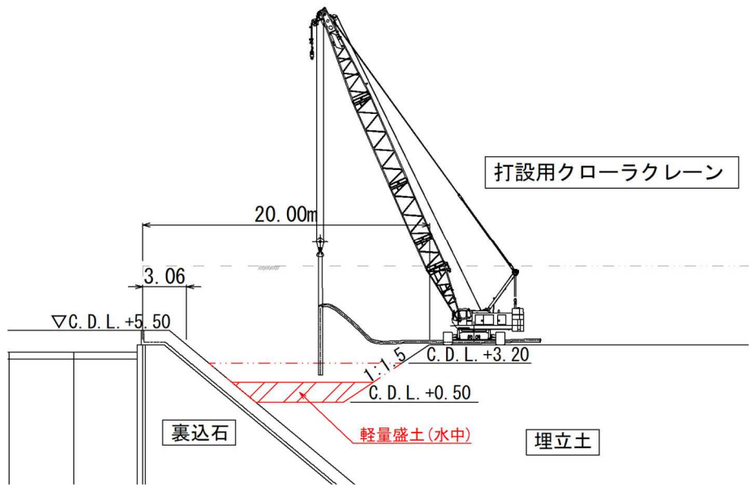
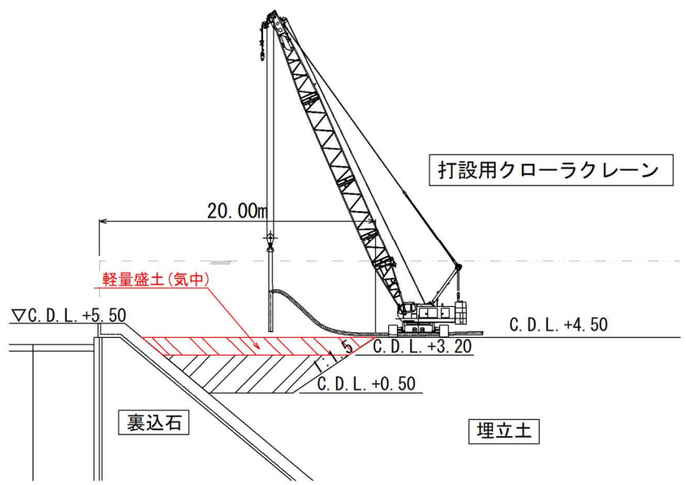
表５ 安定検討結果

検討ケース	護岸名		
	K-2 護岸	K-3 護岸	K-4 護岸
盛土時	0.616 ≦ 1.0	0.617 ≦ 1.0	0.472 ≦ 1.0
切土時	0.657 ≦ 1.0	0.655 ≦ 1.0	0.493 ≦ 1.0

検討ケース	護岸名		
	K-2 護岸	K-3 護岸	K-4 護岸
盛土時			
	基準作用耐力比 Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比 = 0.616 ≦ 1.0 (OK) 円弧の中心 X = -6.00 (m) Y = 76.00 (m) 半径 R = 79.600 (m) 抵抗モーメント MR = 462437.7 (kN・m) 起動モーメント MD = 285024.8 (kN・m) 調整係数 m = 1.30	基準作用耐力比 Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比 = 0.617 ≦ 1.0 (OK) 円弧の中心 X = -5.00 (m) Y = 74.00 (m) 半径 R = 77.400 (m) 抵抗モーメント MR = 444348.8 (kN・m) 起動モーメント MD = 273948.8 (kN・m) 調整係数 m = 1.30	基準作用耐力比 Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比 = 0.472 ≦ 1.0 (OK) 円弧の中心 X = -5.00 (m) Y = 101.00 (m) 半径 R = 103.800 (m) 抵抗モーメント MR = 491876.4 (kN・m) 起動モーメント MD = 232366.8 (kN・m) 調整係数 m = 1.30
切土時			
	基準作用耐力比 Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比 = 0.657 ≦ 1.0 (OK) 円弧の中心 X = -11.00 (m) Y = 27.00 (m) 半径 R = 29.800 (m) 抵抗モーメント MR = 52664.0 (kN・m) 起動モーメント MD = 34606.5 (kN・m) 調整係数 m = 1.30	基準作用耐力比 Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比 = 0.655 ≦ 1.0 (OK) 円弧の中心 X = -12.00 (m) Y = 30.00 (m) 半径 R = 32.800 (m) 抵抗モーメント MR = 58992.6 (kN・m) 起動モーメント MD = 38648.6 (kN・m) 調整係数 m = 1.30	基準作用耐力比 Fs = 1.000 円弧すべり作用耐力比 = 0.493 ≦ 1.0 (OK) 円弧の中心 X = -10.00 (m) Y = 17.00 (m) 半径 R = 22.000 (m) 抵抗モーメント MR = 41368.6 (kN・m) 起動モーメント MD = 20408.6 (kN・m) 調整係数 m = 1.30

■軽量盛土の施工要領（SGM の例）

工　種	① プラント設置、② 解泥、調泥、混錬
概 要 図	公称製造能力 200m³/h の場合の機械構成例  出典：「港湾・空港における軽量混合処理土工法技術マニュアル（改訂版）、（財）沿岸技術研究センター（平成 20 年 7 月）」P.74
施工要領	1）埋立地内に、解泥機、調泥機、混錬機で構成されるプラント（製造能力 200m³/h）を設置する。 2）原料土をホッパーへ投入し、10mm 程度のスクリーンにより、木片などの異物を除去する。 3）解泥装置により、原料土を解きほぐす。含水比が低い場合は加水して解泥作業を行う。 4）調整した泥土と固化材、起泡剤を混合する。

工　種	③ 水中部打ち込み	④ 気中部打ち込み
概 要 図		
施工要領	1）クローラクレーンにて、圧送管筒先を所定の位置に誘導し、打設する。 2）水中打設は 1 層当たり 2m 以内とする。なお、水深が深い箇所はトレミー管を用いる。	1）クローラクレーンにて、圧送管の筒先を所定の位置に誘導し、打設する。 2）気中打設は 1 層当たり 1m 程度とする。

SGM の使用機械構成表

種別・細別	使用船舶機械	形状寸法	1班当たり
取水・前処理設備	バックホウ	山積1.4m³	1 台
	ロータリー式バックホウ	山積1.0m³級	1 台
	軽量土前処理機	200m³/h	1 台
解泥設備	バックホウ	山積1.4m³	1 台
	軽量土解泥機	200m³/h	1 台
調泥設備	軽量土調泥機	200m³/h	1 台
練混設備	軽量土練混機	100m³/h	2 台
	空気圧縮機	2.5m³/min 19kW	2 台
圧送打設設備	打設装置	口径200mm	2 台
	コンクリートポンプ車	70m³/h	4 台
	クローラークレーン	100t吊	2 台
	圧送管等	管径100mm	1 台
その他	発動発電機	300kVA	4 台