

## <資料3-1(参考)> 高波浪時における敷砂(海砂)及び埋立材(岩ズリ)の安定性に関する検討

### ■概要

台風襲来時の地盤改良工事の敷砂(海砂)や埋立工事(砂撒船(トレミー方式)を用いた薄層埋立)の埋立材(岩ズリ)の安定性について検討。

### ■検討方法

敷砂(海砂)や埋立材(岩ズリ)の施工時期において、護岸工事や埋立工事の進捗を踏まえた地形条件を整理した上で、当該時期の海底面のシルズ数<sup>注1)</sup>分布を算出し、底質の安定性を検討する(巻き上げが発生する最大粒径を算出)。また、水の濁りとなるシルト・粘土分の巻き上げ量<sup>注2)</sup>についても、シルズ数分布から概算を行い、施工を行う前の現地盤の場合との比較を行う。

波浪条件は、数年に1回程度発生するレベルの高波浪(異常波浪)とし、中城湾における波高(ナウファス)を辺野古沖に換算したもの<sup>注3)</sup>を用いる。

### ■検討結果

#### 1. 敷砂(海砂)の安定性【施工時期 4年次7ヶ月目】(敷砂の施工が完了している時期)

○ 底質条件(粒径)を変化させ、シルズ数分布を算出したところ、敷砂(海砂)の施工範囲において、粒径1.5mm以上のものが巻き上がる場所はみられなかった。粒径1.5mm以上のものが占める割合は約10%(海砂の粒径加積曲線<sup>注4)</sup>)であるが、最大侵食厚は約23mmであり、巻き上がりが生じるのは、施工厚のごく表層のみ。

○ 台風時(異常波浪)における敷砂に含まれるシルト・粘土分の巻き上げ量を算出し、敷砂を行う前の状態(現地盤)との比較を行った結果は以下のとおり。

- ・敷砂に含まれるシルト・粘土分の巻き上げ量： 約 **1,063トン**
- ・現地盤に含まれるシルト・粘土分の巻き上げ量： 約 **3,467トン** (上記の敷砂の巻き上げ範囲内)

よって、台風襲来時のシルト・粘土分の巻き上げ量は、敷砂施工完了時において、現地盤のままの状態の1/3程度に抑制される。

#### 2. 埋立材(岩ズリ)の安定性【施工時期 5年次8ヶ月目】(薄層埋立が完了している時期)

○ 底質条件(粒径)を変化させ、シルズ数分布を算出したところ、砂撒船(トレミー方式)を用いた薄層埋立の施工範囲において、粒径1.0mm以上のものが巻き上がる場所はみられなかった(粒径1.0mm以上のものが占める割合は約98.5%(岩ズリの粒径加積曲線<sup>注4)</sup>)。

○ 台風時(異常波浪)における埋立材(岩ズリ)に含まれるシルト・粘土分の巻き上げ量を算出し、薄層埋立を行う前の状態(現地盤)との比較を行った結果は以下のとおり。

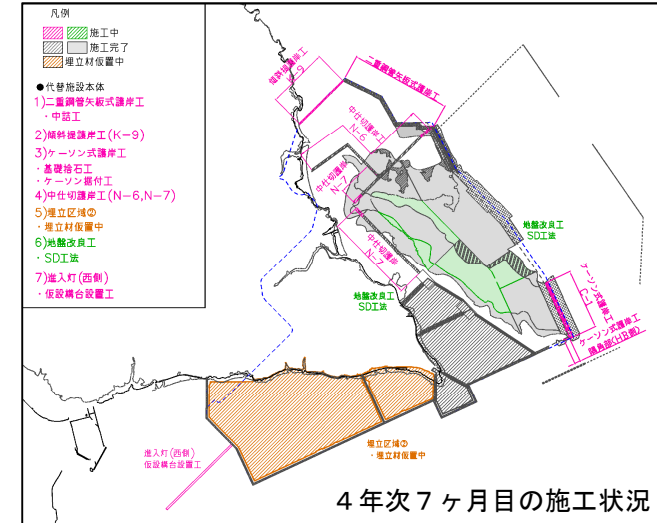
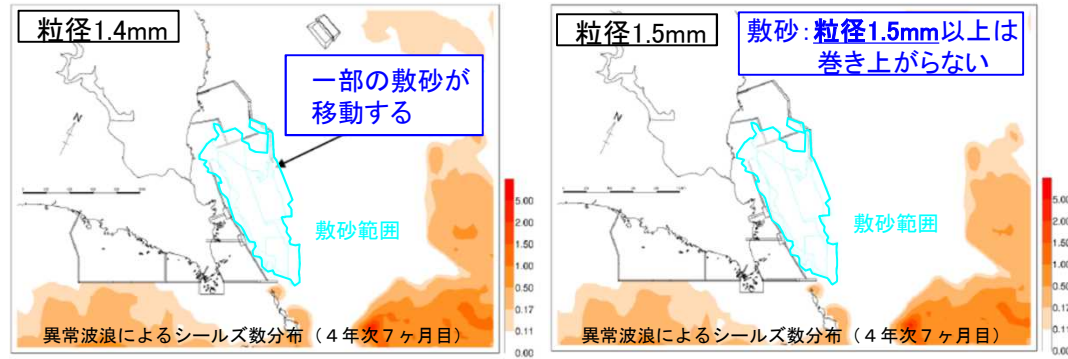
- ・岩ズリに含まれるシルト・粘土分の巻き上げ量： 約 **5.1トン**
- ・現地盤に含まれるシルト・粘土分の巻き上げ量： 約 **79.4トン** (上記の岩ズリの巻き上げ範囲内)

よって、台風襲来時のシルト・粘土分の巻き上げ量は、薄層埋立施工完了時において、現地盤の状態の1/16程度に抑制される。

# 1. 敷砂(海砂)の安定性【施工時期 4年次7ヶ月目】

## ◆ 敷砂が巻き上がる最大粒径

・異常波浪（沖波波高8.4m）時に、敷砂が巻き上がる最大粒径をシールズ数分布を基に算定。



## ◆ 底質(シルト・粘土分)の巻き上げ量の算定

※1: 4年次7カ月目の敷砂の濁りの巻き上げ範囲に相当する現地盤の範囲

検討ケース:

粒径: 0.075mm

- 1) 敷砂 (シルト・粘土分: 8.5%)
- 2) 現地盤 (シルト・粘土分(敷砂の巻き上げ範囲内※1) 平均値 8%~39%)

施工状況: 護岸・地盤改良工事等を実施中(敷砂の施工が完了)

波浪条件: 異常波浪 (沖波波高8.4m)が8時間継続

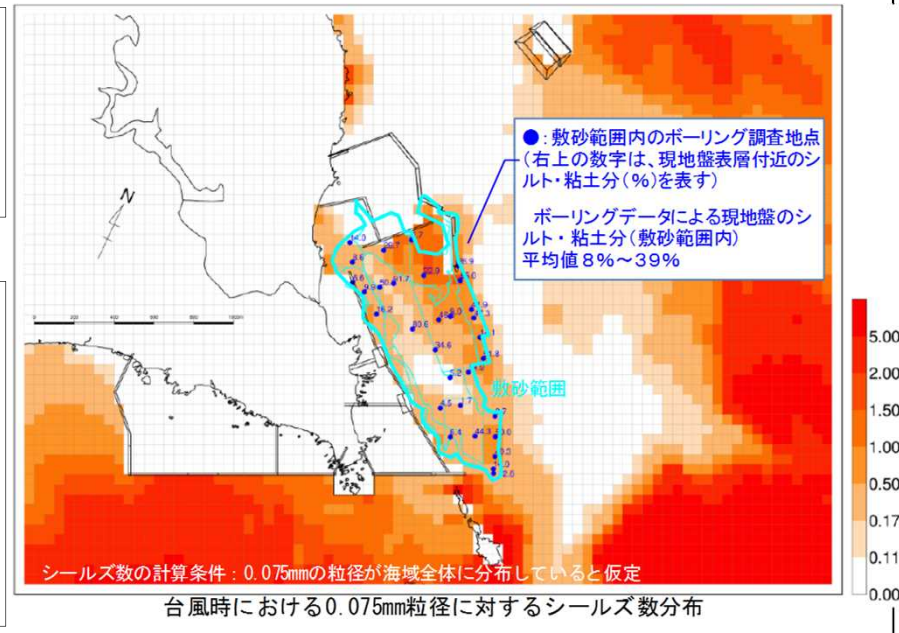


計算結果:

・4年次7ヶ月目において、敷砂の施工範囲では、シールズ数0.17を超える範囲が広くみられ、敷砂に含まれるシルト・粘土分の巻き上げが生じると考えられる。

・土質調査結果から、現地盤のシルト・粘土分は、平均値8%~39%であり、敷砂として使用する海砂のシルト・粘土分より大きいいため、敷砂を施工した方が現地盤のままの状態より、シルト・粘土分の巻き上げ量は小さくなる。

- 1) 敷砂に含まれるシルト・粘土分の巻き上げ量: 約 1,063t
- 2) 現地盤に含まれるシルト・粘土分の巻き上げ量: 約 3,467t



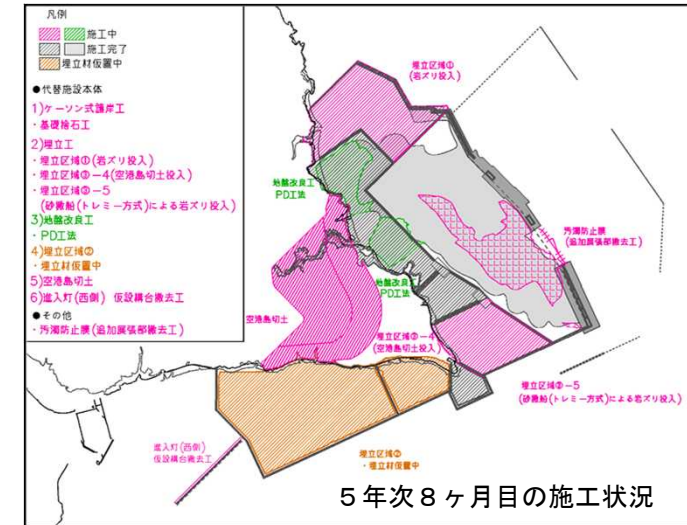
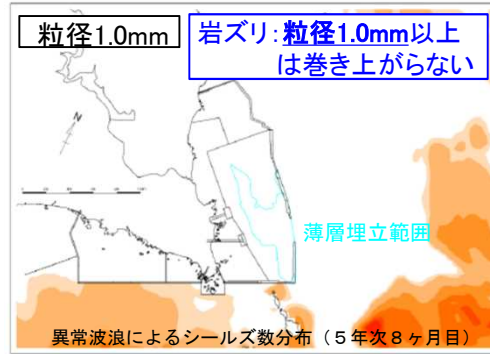
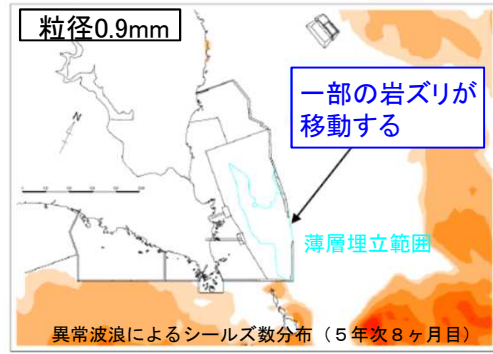
よって、台風襲来時のシルト・粘土分の巻き上げ量は、敷砂施工完了時において、現地盤のままの状態の1/3程度に抑制される。

なお、敷砂の巻き上がる最大粒径やその巻き上げ量から、敷砂の最大侵食厚を算出<sup>注5)</sup>したところ、約23mmであり、施工厚を踏まえると表層のごく一部のみであると考えられる。

## 2. 埋立材(岩ズリ)の安定性【施工時期 5年次8ヶ月目】

### ◆ 岩ズリが巻き上がる最大粒径

・異常波浪（沖波波高8.4m）時に、岩ズリが巻き上がる最大粒径をシールズ数分布を基に算定。



### ◆ 底質(シルト・粘土分)の巻き上げ量の算定

※5年次8カ月目の岩ズリの濁りの巻き上げ範囲に相当する4年次7ヶ月目の現地盤の範囲

検討ケース:

粒径: 0.075mm

- 1) 岩ズリ (シルト・粘土分: 0.8%)
- 2) 現地盤 (シルト・粘土分: 14.9% (岩ズリの巻き上げ範囲内\*))

施工状況: 護岸工事等を実施中(薄層埋立が完了)

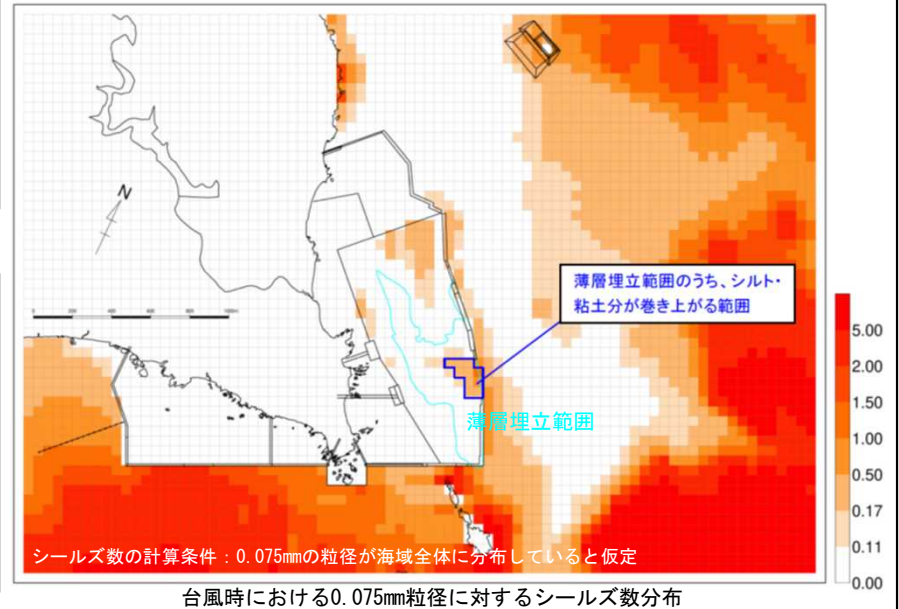
波浪条件: 異常波浪 (沖波波高8.4m)が8時間継続

計算結果:

・5年次8ヶ月目において、薄層埋立範囲では、シールズ数0.17を超える範囲が一部にみられ、岩ズリに含まれるシルト・粘土分の巻き上げが生じると考えられる。

・護岸工事の進捗により埋立区域内の波高が減少すること、また、現地盤より岩ズリのシルト・粘土分が小さいことから、5年次8ヶ月目におけるシルト・粘土分の巻き上げが生じる範囲は狭く、その量も現地盤に比べ、小さくなる。

- 1) 岩ズリに含まれるシルト・粘土分の巻き上げ量: 約 5.1t
- 2) 現地盤に含まれるシルト・粘土分の巻き上げ量: 約 79.4t



よって、台風襲来時のシルト・粘土分の巻き上げ量は、薄層埋立施工完了時において、現地盤の状態の1/16程度に抑制される。

なお、岩ズリの巻き上がる最大粒径やその巻き上げ量から、岩ズリの最大侵食厚を算出<sup>注5)</sup>したところ、約1mmであり、施工厚を踏まえると表層のごく一部のみであると考えられる。

## (注釈集)

### 注1) シールズ数 $\psi$

$$\psi = \frac{1}{2} \frac{f_w \hat{u}_b^2}{sgd}$$

$f_w$ : 摩擦係数

$\hat{u}_b$ : 波による境界層外縁での流速  $u_b$  の振幅

$s$ : 砂の水中比重

$g$ : 重力加速度

$d$ : 底質粒径

### 注2) 底質の巻き上げ量の算定方法(海底地形変化予測と同様の方法)

海底面における底質の巻き上げ量  $E_m$ :

$$E_m = M \left( \frac{\tau_b}{\tau_e} - 1 \right) = M \left( \frac{\psi}{\psi_e} - 1 \right)$$

$M$ : 巻き上げ係数

$\tau_b$ : 底面せん断応力

$\tau_e$ : 巻き上げ限界せん断応力

$\psi$ : シールズ数

$\psi_e$ : 巻き上げ限界シールズ数

海底地形変化予測における現況再現計算結果より:

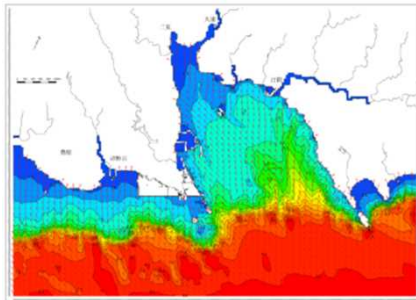
$M = 0.03 \text{ kg/m}^2/\text{min}$ . (砂分及びシルト・粘土分ともに同一)

$\tau_e = 0.25 \text{ Pa}$  ( $\psi_e = 0.11$ )...砂分

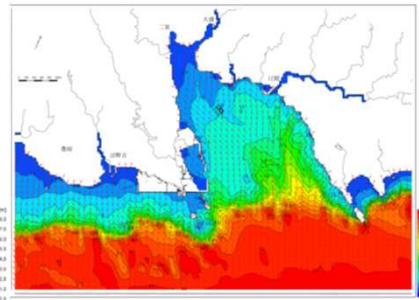
$\tau_e = 0.05 \text{ Pa}$  ( $\psi_e = 0.17$ )...シルト・粘土分

### 注3) 波浪条件

外力レベル	沖波波高	周期	波向(沖波)	備考
異常波浪	8.4m	11.5秒	ESEとSEの間	継続時間は8時間を想定



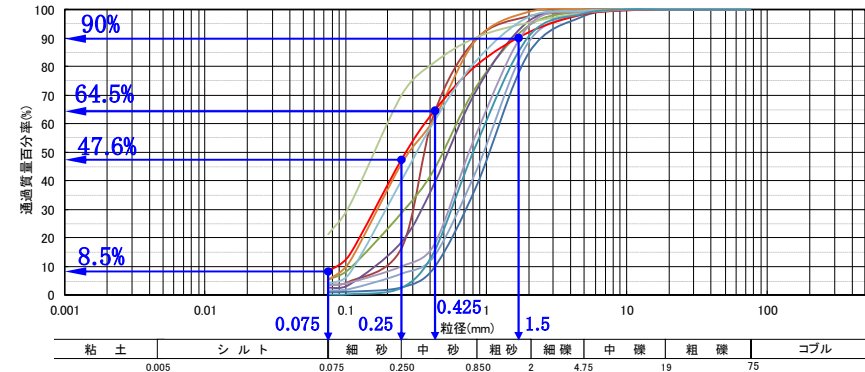
台風時の波高と波向の平面分布(4年次7ヶ月目)



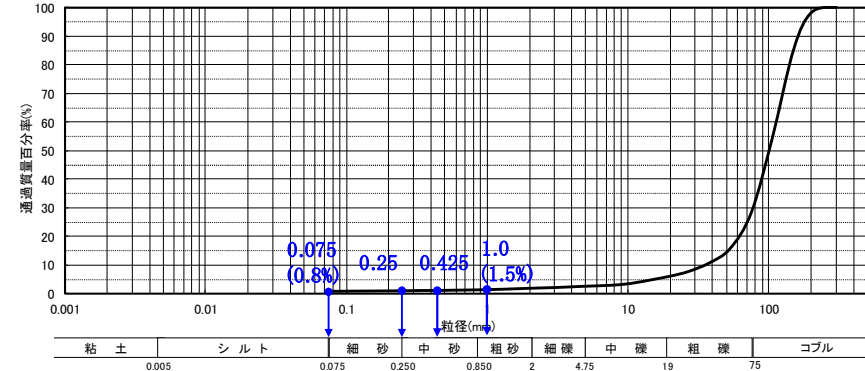
台風時の波高と波向の平面分布(5年次8ヶ月目)

### 注4) 粒径加積曲線

【敷砂(海砂)】



【埋込材(岩ズリ)】



### 注5) 最大侵食厚

$$C = \frac{E_{m1} t}{\rho_s (1 - \varepsilon)}$$

$C$ : 最大侵食厚(m)

$E_{m1}$ : 海底面  $1\text{m}^2$  あたりの底質の巻き上げ量の最大値( $\text{kg/m}^2/\text{min}$ )

$\rho_s$ : 土粒子密度 ( $=2,650 \text{ kg/m}^3$ )

$\varepsilon$ : 空隙率( $=0.4$ )

$t$ : 外力作用継続時間(min)