

# 新門司沖土砂処分場のVDにおける沈下挙動動態観測結果について

川原 修\*・片桐 雅明\*\*・梅山 崇\*\*\*

\* (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* (株) 日建設計シビル 地盤設計部門 技術長

\*\*\* 国土交通省 九州地方整備局 北九州港湾・空港整備事務所 第二工務課第一工務係長

関門海峡の関門航路東側に位置する周防灘の海底地盤には軟弱な細粒土が堆積している。現在、航路の増深・拡幅のために浚渫される海底土砂のほとんどは、近接する新門司沖土砂処分場（3工区）に高含水比のまま埋立処分されているが、その受入可能容量が少なくなっている。現計画では新規処分場が稼働するまで現処分場を使用する必要があり、現在も、そのための各種受入容量拡大方策が行われている。その方策の一つとして、鉛直排水材を堆積土砂内に打設し、地盤内の過剰間隙水圧を消散させ、圧密沈下させることにより容量を確保する方策を実施している。その動態観測結果を報告する。

キーワード: 土砂処分場, 減容化, 埋立予測解析, PBD, 動態観測

## 1. はじめに

現在、関門航路周辺において、物流の効率化及び通航船舶の安全性向上のため、航路・泊地の浚渫工事が実施されている。これまでに浚渫された土砂のほとんどは、苅田港沖合 3.5km の海上に構築された土砂処分場に埋立処分された。現在、浚渫土砂はその中の新門司沖土砂処分場（3工区）に投入している。

しかしながら、現処分場の受入可能容量が少なくなり、新規処分場が稼働するまで現処分場を使い続ける必要がある。そのため、3工区の受入容量を拡大するための各種方策が行われており、その方策の一つとして、堆積した浚渫土砂にバーチカルドレーン（VD）を打設することによる圧密促進工法が実施されている。

本稿では、「平成 26 年度 新門司沖土砂処分場（3工区）技術検討調査」のうち、2013年7月のVDの施工開始から2015年1月までのVDの効果による地盤沈下の動態観測結果を報告する。

## 2. 土砂処分履歴について

図-1 に対象とする土砂処分場と浚渫事業を行っている航路等の位置関係を示す。

図-2 に現在土砂処分場として稼働している新門司沖土砂処分場3工区の詳細を示す。同図には、平成25年から平成27年までの3年間のVD施工エリアの区分を示してある。なお、南北の掘削部は、空港整備の1,2工区の埋立柱材とするために、DL-7m程度の旧海底面をDL-22m程度まで掘削した部分である。旧海底地盤は洪積粘土層が5~7mの厚さで堆積し、その下に洪積砂層が続いている。

投入された浚渫土砂のほとんどは、ドラグサクシオン

船によって浚渫され、当初は直捨てで南側最深部から埋め立てられ、開口部が締め切られた2003年以降は、排砂管が用いられた。また、2005年~2009年にはグラブ浚渫土砂が西護岸からリクレーマ船によって揚土された。

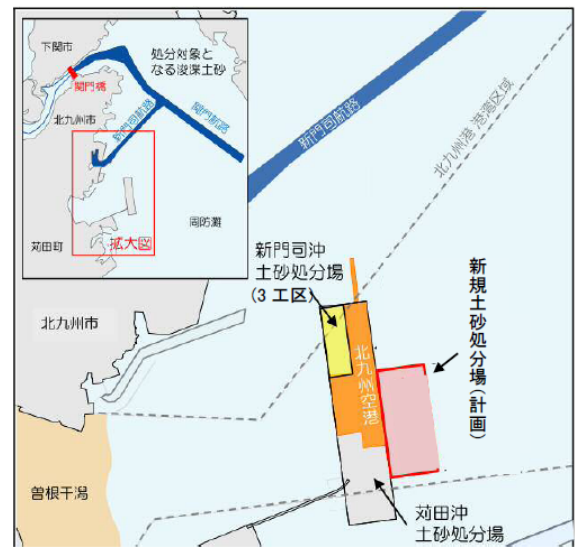


図-1 新門司沖土砂処分場位置図

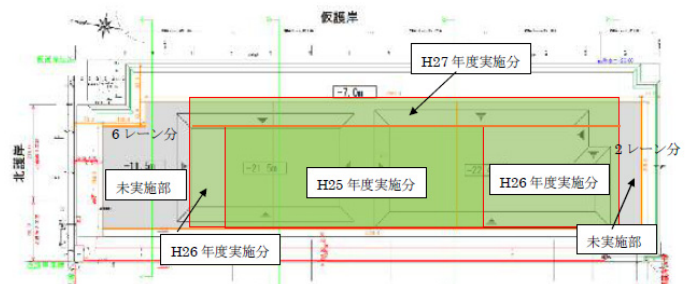


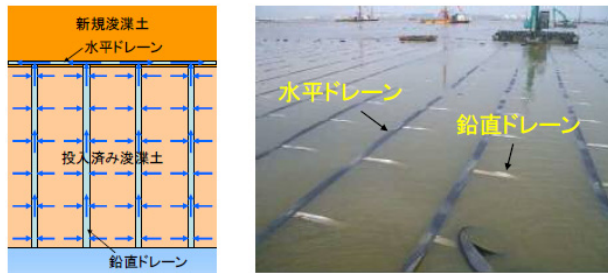
図-2 新門司沖土砂処分場3工区と施工エリア

### 3. VDによる受入容量拡大方策

#### 3.1 採用方策の概略検討

当該処分場のように、継続的に浚渫土砂が投入されると、一旦形成された堆積層の上に新たな堆積層が積み重なり、堆積層が厚くなっていく。ただし、下方の堆積層はその上に堆積する粘土層の自重が作用するため、有効上載圧は徐々に増加していく。堆積層が高塑性の粘性土の場合にはその透水係数は低く、有効上載圧が作用した時に発生する過剰間隙水圧は消散されず、蓄積される。この過剰間隙水圧を消散させ圧密沈下を促進させるためVDを打設する地盤改良としてプラスチックボードドレーン工法が採用された。

浚渫土砂を受け入れながらVDを打設するため図-3(a)に示すように、打設面には新たな浚渫土砂が堆積していく。そのため、VDから確実に排水するためのシステムが必要となる。当該処分場では図-3(b)に示すように、プラスチックボードドレーン（以下PBDという）を水平に敷設し、VDと結合させる水平方向ドレーンを採用した。さらに、暗渠材を組み込み、釜場を設けて排水させた(図-4)。



(a) 間隙水の流れ (b) 水平ドレーンの接合例  
図-3 水平ドレーンの機能と実施例

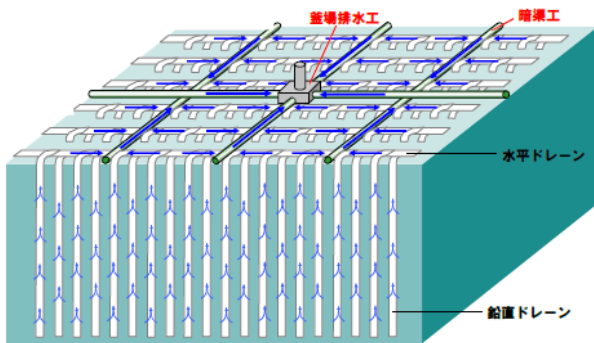


図-4 暗渠と釜場の設置方法

図-5 は平成 25 年度実施分における暗渠と釜場の位置を示す。

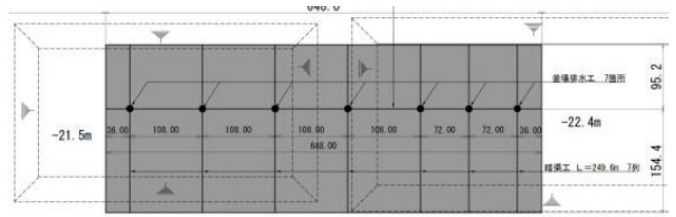


図-5 暗渠・釜場位置

#### 3.2 地盤改良設計の概要

処分場には継続的に浚渫土砂が投入されるため、設計時点の地盤高さと実際にPBDを打設する時点の地盤高さは異なる。そのため、PBD打設時の地盤状況を予測する必要がある。ここでは、埋立予測解析を実施し、PBD打設時の地盤高さ、地盤内性状（含水比、有効応力）を求め、それをベースに地盤モデルを設定することにした。図-6に地盤モデル設定のためのフローを示す。

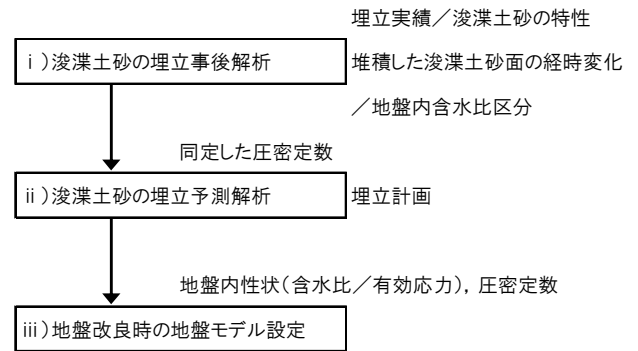


図-6 地盤モデル設定のためのフロー

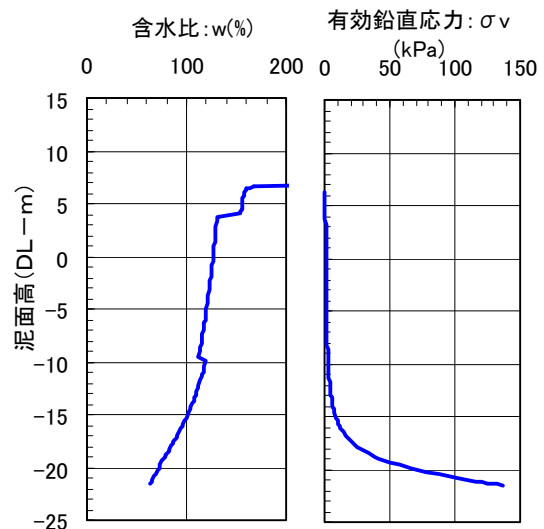


図-7 予測したPBD打設時の地盤状態

図-6に示すように、i) 現時点までに投入されてきた浚渫土砂の埋立履歴を事後解析して、圧密パラメータを同定し、ii) その同定した圧密パラメータを用いて埋立計画に基づいた予測解析を行い、PBD 打設時の地盤条件を推定し、iii) 推定した地盤条件から地盤モデルを設定するという手順となる。PBD を用いたVD の設計には、Cc 法と Barron の式を用い、PBD の換算直径、有効直径を考慮した。また、打設間隔  $d$  と水平方向圧密係数比  $Ch/Cv$  の関係は、北九州空港建設時に設定・確認された、 $Ch/Cv = 0.77 \times d - 0.24$  を用いた。

図-7に、埋立予測解析で求めたPBD 打設時の地盤性状(含水比、有効応力)を示す。得られた地盤性状から1層あたり3m程度に分割した地盤モデルを設定した。なお、PBD の打設間隔は1.6mとした。

## 4. 沈下挙動の評価

### 4.1 動態観測の概要

PBD 打設後の地盤沈下挙動ならびに地盤性状を計測するために、21か所の沈下板と3深度4地点の地中に間隙水圧計を設置した。その位置を図-8から図-10に示す。

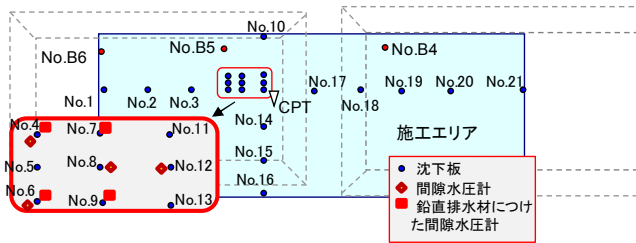


図-8 施工エリア内の動態観測位置

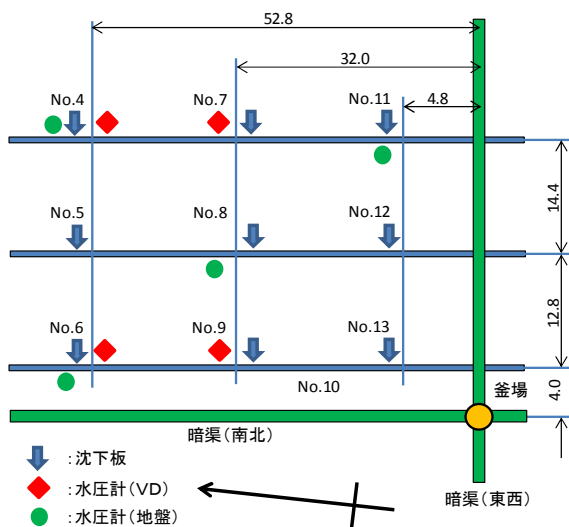


図-9 モニタリング機器設置位置 (平面図)

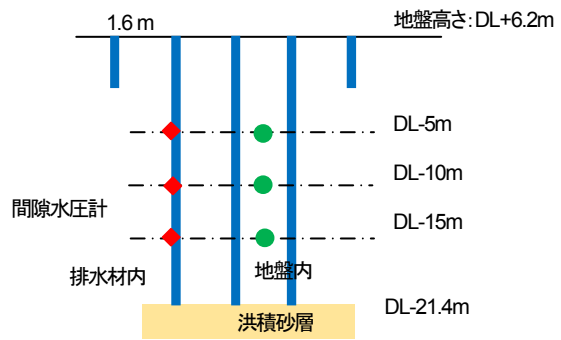


図-10 鉛直排水材、地盤内の間隙水圧計の設置深度

設置方法としては、所定の深度に設置できるように、あらかじめ間隙水圧計をPBDの芯材に取り付け、打設した通常のPBDの間にこれを打ち込んで設置した。それとは別に、PBD内のレジスタンスを評価する試みのために、PBD そのものに間隙水圧計を3つ取り付けたものを4か所に打設した。



図-11 間隙水圧計の取り付け方法

### 4.2 打設直後の地盤内性状

図-12は、PBD 打設1日後の地盤内ならびにPBD内で測定した水圧と埋立解析で設定した地盤モデルにおける間隙水圧分布ならびに静水圧分布である。ここで、間隙水圧分布は、埋立予測解析結果として算出された全応力分布から有効応力分布を差し引いたものである。なお、DL-22 m付近で地盤モデルの間隙水圧が静水圧と一致しているのは、この浚渫土砂層下面を排水条件と設定したためである。

打設直後の計測結果であることから、間隙水圧計の深度は間隙水圧計の設置位置にプロットした。これを見ると、ドレーン材の水圧は、静水圧とほぼ同じか若干大きめであることがわかる。それに対して、地盤内に設置した間隙水圧計では、深度方向に増加する傾向にあり、DL-15 m付近では50 kPa程度の過剰間隙水圧にあたる値が測定された。DL-5 m程度の浅い部分では、静水圧に近い値も観測された。

このように、地盤モデルにおける間隙水圧分布は、地盤内で計測した間隙水圧を表現していることがわかる。すなわち、埋立解析から設定した地盤モデルの妥当性が確認できたものと判断できる。

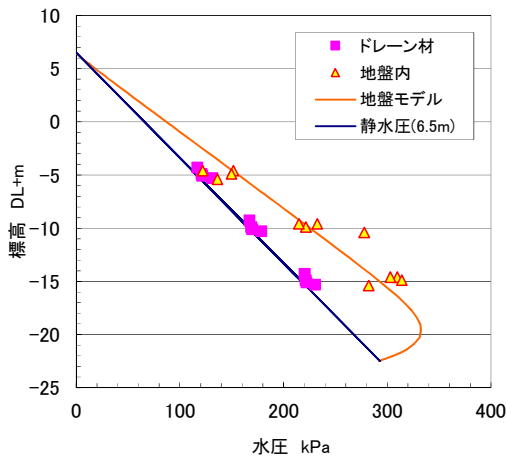


図-12 PBD 打設 1 日後の PBD 内と地盤内の間隙水圧

### 4.3 沈下モニタリング結果の評価

図-13 はモニタリングエリアの PBD 打設後からの沈下挙動, 場内水位, 新たに投入された浚渫土砂が堆積した泥面高さの経時変化である。

また、沈下板によって求めた施工エリア内の沈下-時間関係図を図-14 に示す。図中には設計時の地盤モデルに対して地盤改良を実施した時のモニタリングエリアに相当する領域の沈下予測を示している。1500 日付近で、沈下予測結果が折れ曲がっているのは、設計条件として VD の寿命を打設後 4 年間と設定しているためである。また、もう 1 つの実線「過剰間隙水圧の消散」は図-12 に示した地盤モデルの過剰間隙水圧が消散する際の挙動条件を予測したものである。ここで、地盤の圧縮指数 (Cc) と圧密係数 (Cv) は、それぞれ、0.95, 80cm<sup>2</sup>/day とした。これらの計測結果から、現在までの状況は予測値と実測値がよく対応しており、設定した方法ならびに地盤定数の設定方法が妥当であったと評価できる。

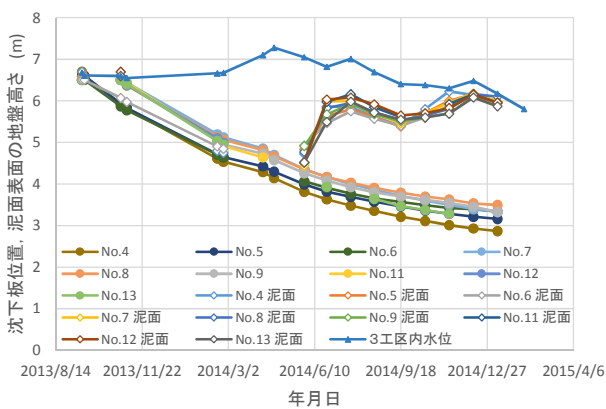


図-13 沈下板, 泥面高さの経時変化

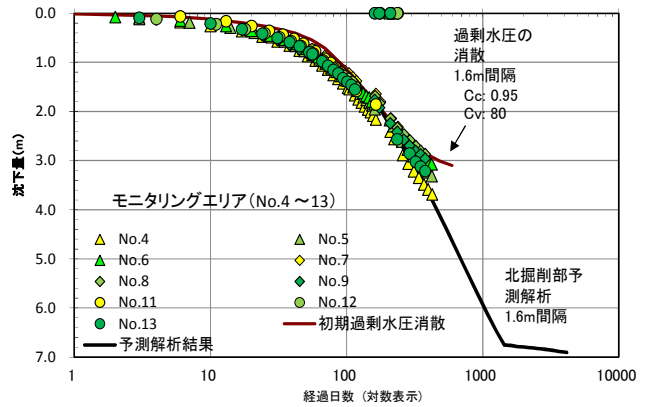


図-14 施工エリア内で計測された沈下挙動

## 5. まとめ

土砂処分場の受入容量拡大方策の一つとして実施している地盤改良工事の設計と施工及び、施工後実施したモニタリングの 7 か月程度までの観測結果により、次の知見が得られた。

1) PBD 打設後に測定した地盤内の間隙水圧は、埋立解析によって求めた PBD 打設時の間隙水圧分布とほぼ一致した。このことは、浚渫土砂が投入されている土砂処分場に地盤改良する際の地盤モデルとして、今回行った埋立解析を用いる方法が妥当であることを意味している。

2) PBD 打設後の沈下挙動については、埋立解析で設定した地盤モデルと同日定した圧密パラメータを基に設定した圧密定数を、Cc 法と Barron 式を用いた方法に組み込んだ予測値が実測値とよく対応していた。このことは、解析手法、初期状態ならびに圧密定数が妥当であったことを意味する。

今後も継続して計測するとともに、沈下挙動のデータを評価・検討することにより、予測手法の高度化につなげる必要がある。

## 謝辞

本稿は、北九州港湾・空港整備事務所発注の「平成 26 年度 新門司沖土砂処分場 (3 工区) 技術検討調査」での成果の一部をまとめたものである。本業務の検討にあたり新門司沖土砂処分場 (3 工区) 技術検討委員会 (委員長: 善功企九州大学大学院特任教授) から貴重なご助言をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 中道正人, 河野正文, 梅山崇, 山本修司, 川原修, 片桐雅明, 大石幹太, 吉福司: 新門司沖土砂処分場の受入容量拡大プロジェクト, pp. 667-674, 第 59 回地盤工学シンポジウム, 2014.
- 2) 吉田秀樹ら; 浚渫粘土埋立地盤の状態と圧密定数の設定方法, 土木学会論文集, 部門 C, Vol. 64, No. 1, pp. 111-126, 2008