

# 新門司沖土砂処分場に用いた排水系の有効性の考察について

井上吉弘\*・森晴夫\*\*・片桐雅明\*\*\*・西野智之\*\*\*\*・川端稔教\*\*\*\*\*

\* (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* (一財) 沿岸技術研究センター 調査役

\*\*\* 株式会社 日建設計シビル

\*\*\*\* 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 工務係長

新門司沖土砂処分場（3工区）では、浚渫土砂の受入容量拡大方策の一つとして、鉛直排水材を堆積土砂内に打設し、圧密沈を促進させる地盤改良工事を実施している。その改良効果の把握のために地盤改良部上部に沈下板を設置し地盤の沈下挙動を把握している。また、ドレーン材とドレーン材の間の地盤に間隙水圧計を設置し、ドレーン打設後の間隙水圧の経時変化を把握している。

本稿ではドレーン部と地盤内の間隙水圧の経時変化および堆積土砂沈下挙動をもとに、排水系の有効性を考察した結果を報告する。

キーワード： 圧密沈下解析, 埋立層の地盤改良, 土砂処分場の容量拡大, 排水系の有効性

## 1. はじめに

周防灘の西側に位置する新門司沖土砂処分場3工区（以下、3工区）は、関門航路等の周辺の航路整備事業で発生する浚渫土砂を2002年から本格的に受け入れてきた。現在、新規処分場の整備が進められており、それが稼働するまでの間、航路整備事業で発生する浚渫土砂を受け入れる予定である。

3工区では、ドレーン打設で受入容量拡大を図り、地盤改良部上部に沈下板を、ドレーン打設部とドレーン間の地盤に間隙水圧計を設置し、モニタリングを実施してきた。

本稿では、モニタリングによって得られた間隙水圧の経時変化および堆積土砂の沈下挙動を基に排水系の有効性について考察した。

## 2. 3工区の概要

図-1に3工区と浚渫事業の対象である関門航路及び新門司航路の位置関係を示す。

新門司沖土砂処分場は3エリアに分かれ、すでに2つのエリアは浚渫土砂の受入が完了して、その跡地に北九州空港が整備されている。

対象の3工区は、南北約1500m、東西約480mの護岸に囲まれた土砂処分場である。護岸高さ、計画受入高さは、それぞれDL+8.0m、DL+7.5mで、在来の海底地盤高さは、DL-7.0m程度であった。空港造成に用いるために、処分場内の海底地盤を浚渫し、南北2か所に深さ15m程度の深堀部がある。2002年から本格的に浚渫土砂を受け入れはじめ、2004年までは直捨てで深堀部を中心に投入され、それ以降は、ドラグサクシオン船で浚渫された土砂は北側から排砂管で、

グラブ浚渫された土砂は西側からリクレーマ船で揚土された。

3工区の受入容量を拡大する事業として、浚渫粘土を原料に作製した機械脱水処理土を用いて嵩上げ堤体を構築する工事が2010年から始まり、高さ4mの嵩上げ堤体は、2014年までに概成した。さらに、受入容量を拡大するために、堆積している浚渫土層に鉛直ドレーンを打設して圧密促進を図る地盤改良工事が、2013年から3年間行われた。その打設範囲は図-2に示すとおりである。

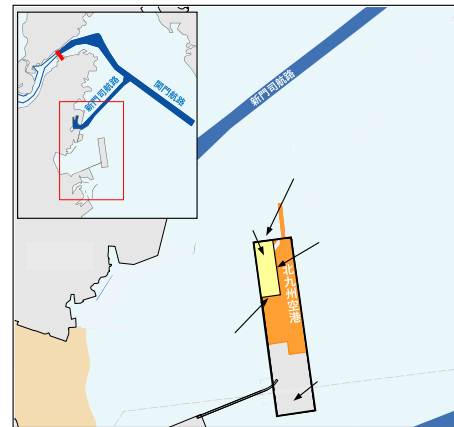


図-1 対象とする処分場と整備する航路の位置関係

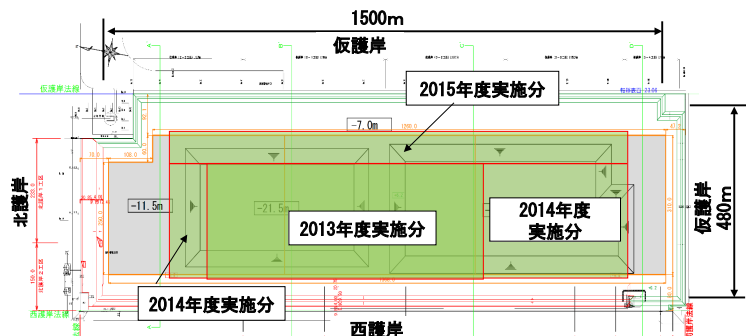


図-2 3工区の概要と地盤改良範囲

### 3. 圧密促進のための地盤改良<sup>1)</sup>の概要

浚渫土砂の受入途中で地盤改良工事をを行い、投入済み浚渫土を圧密促進させる工事は、3工区内の泥面高さがDL+6.4 m程度の2013年から始まった。図-3は、実施した地盤改良工事の排水系を模式的に示したものである。1.6mピッチで打設した鉛直ドレーンと水平ドレーンを繋ぎ、さらに直径0.3mの暗渠を最大108mの間隔で東西方向に配置し、その中間で南北方向の暗渠と接合させた。東西方向の3系統暗渠分の面積に1か所の釜場排水工を南北方向の暗渠が接合する部分に配置する形で構成している。

排水系を設置した後、新たな浚渫土砂が投入されると、図-4のように新規浚渫土砂が排水系上部に堆積し、それが載荷圧になって圧密が進行していくことになる。

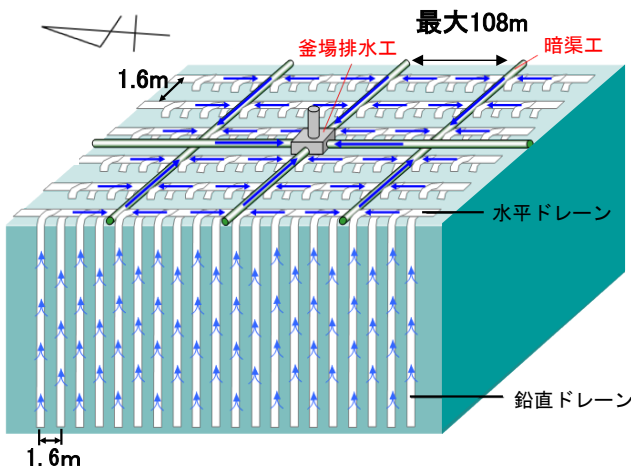


図-3 実施した排水系

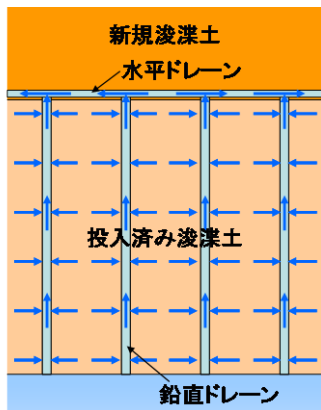
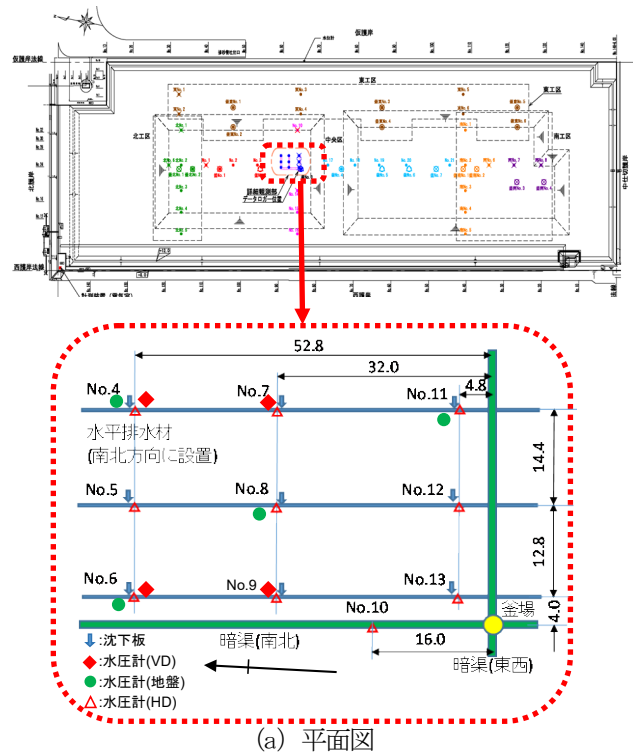


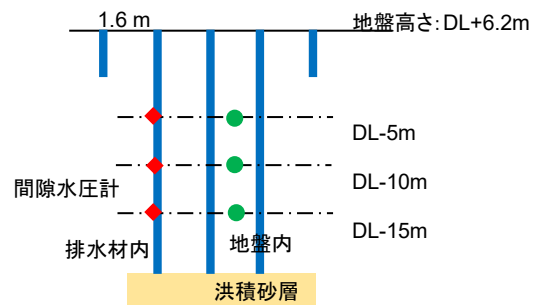
図-4 ドレーン打設後の排水系

### 4. 間隙水圧の計測結果<sup>2)</sup>

地盤改良後の地盤沈下挙動ならびに地盤性状を計測するために、沈下板と間隙水圧計を設置した。沈下板は暗渠からの距離4.8m, 32.0m, 52.8mにそれぞれ3カ所に設置し、合計9カ所設置した。水平ドレーン内の間隙水圧計も同様に設置した。鉛直ドレーンおよび地盤内の間隙水圧計はそれぞれ4カ所設置し、その深度はDL-5m, DL-10m, DL-15mの3深度であった。その設置位置を図-5(a)平面図および(b)断面図に示す。



(a) 平面図



(b) 断面図

図-5 モニタリングエリアにおける計測機器設置位置

### 4.1 堆積厚の経時変化

図-6にモニタリングエリアに設置した沈下板と泥面表面の地盤高さの経時変化を示す。3工区内の平均地盤高さの上昇に伴い、沈下板の沈下量が増大しており、堆積厚が増大していることがわかる。

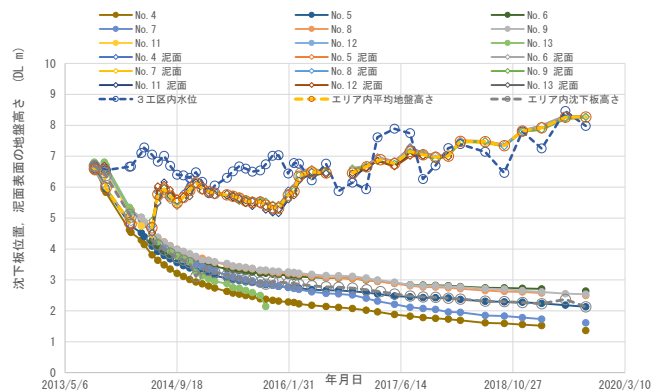


図-6 沈下板と地盤高さの経時変化

### 4.2 鉛直ドレーンの間隙水圧の経時変化

鉛直ドレーンおよび地盤の間隙水圧を、設置時（2013年9月）～78ヶ月後（2020年3月）まで継続的に計測を行ってきた。

図-7では、DL-15mに設置した間隙水圧の経時変化を示す。設置時に鉛直ドレーン内と地盤内の水圧に差がみられたが、時間の経過とともにその差がなくなっていることが確認できる。

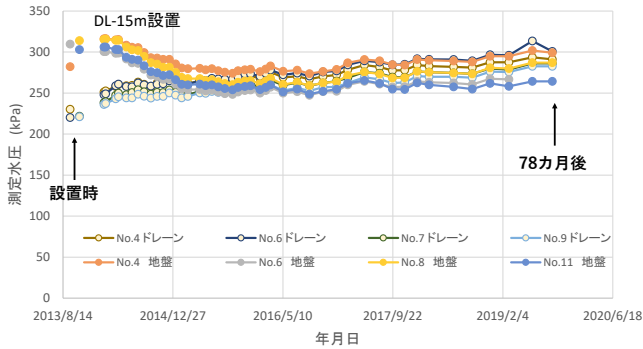


図-7 地盤の間隙水圧の経時変化

図-8に鉛直ドレーン内および地盤内の間隙水圧分布の設置時(a図)と78カ月後(b図)を示す。設置時に赤線で示す曲線は、地盤モデルを設定した際に埋立予測解析から求めた地盤内の過剰間隙水圧の分布<sup>2)</sup>であり、実測値(地盤内間隙水圧: 図中△)と概ね対応している。78ヶ月経過後では、地盤内の過剰間隙水圧の実測値はドレーン内の実測値に近づいている。また、水圧計の設置深度により水圧が異なることから鉛直ドレーンに目詰まりは発生しておらず、ドレーンの機能が働いていると考えられる。

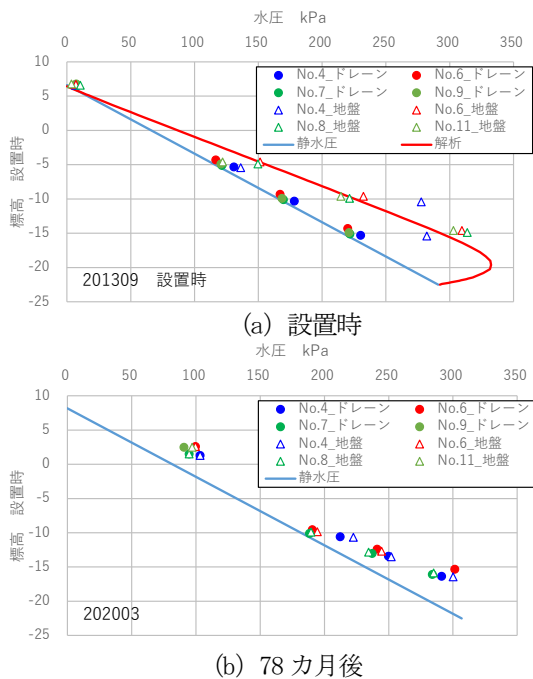


図-8 地盤内の間隙水圧の変化

### 4.3 水平ドレーンの間隙水圧の経時変化

図-9に水平ドレーンに設置した間隙水圧計の経時変化を示す。2020年に計測された水圧は、2019年に比べ大きな変化は見られなかった。暗渠から離れた位置のNo.4, 5, 6の水圧は高く、暗渠から近い箇所のNo.11, 12, 13は水圧が低い傾向にあった。

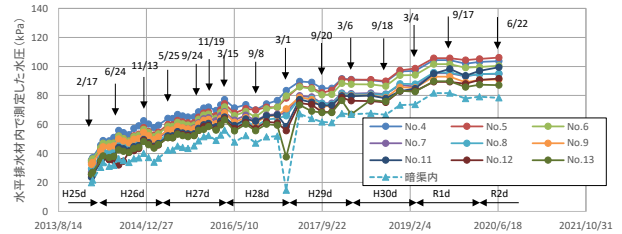


図-9 水平ドレーン内で計測した水圧の経時変化

図-10に水平ドレーン設置時～81カ月後(2020年6月)まで計測した間隙水圧と水圧計の水深の関係を示す。水平ドレーン内の水圧は時間経過とともに、静水圧との差異が大きくなる傾向にある。その要因としてはドレーン材の目詰まり等による排水機能の低下や静水圧を推定する沈下予測の誤差が考えられる。

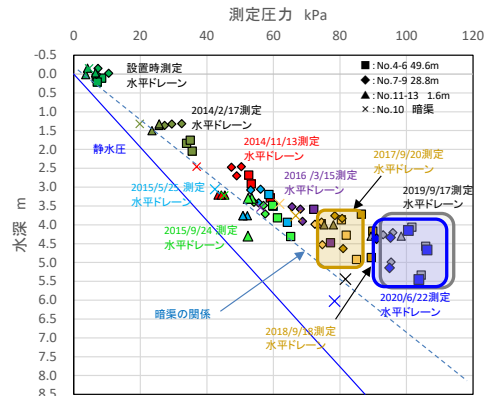


図-10 測定水圧と水深の関係

このため、水位計の沈下量によって静水圧が異なることから、計測した水圧からその水深における静水圧を差し引いた値と暗渠からの距離の関係を図-11に示す。暗渠からの距離に応じて水圧が高くなっているのは、暗渠に向かって排水されており、排水機能が維持していると考えられる。

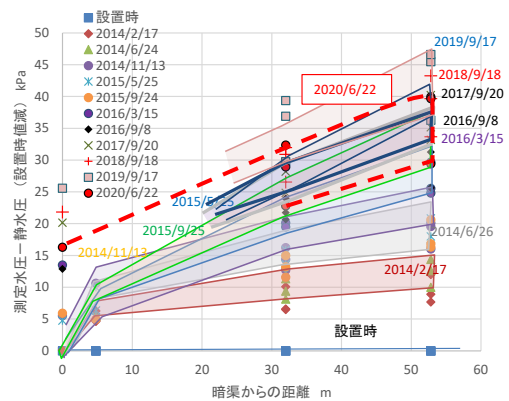


図-11 測定水圧-静水圧と暗渠からの距離の関係

### 5. 沈下挙動の考察

図-12に、2013年に施工した南掘削部の沈下板の高さ(図中○)と堆積した浚渫土砂厚の実測値(図中△)の経時変化を示す。堆積厚は投入された浚渫土砂表面の深淺測量を行い、沈下板の高さとの差で算出した。DL+6.4mに設置した沈下板は、現在(2020.9)、DL-0~+2mまで沈下し、堆積した浚渫土砂厚は7m程度となった。

図-13(a)は、図-12に示したドレーン打設時からの堆積した実際の浚渫土砂厚と圧密促進を加味した埋立解析の結果の比較を示す。排水系の有効期間を16年とした解析

結果を緑の実線で示しており8年のそれと重なっていた。解析値と実測値を比較するとやや解析値の方が厚めとなっていた。ここで、解析値の有効期間4, 8, 16年は、それぞれ、排水系の機能が4, 8, 16年でなくなり、完全に詰まった解析としている。

図-13(b)は、図-12に示した鉛直ドレーン打設時からの沈下板の沈下挙動と修正予測した当エリアの解析値を示したものである。解析値では、有効期間を過ぎると、沈下量が少なくなり、折れ曲がった状態になる。解析結果と実際の結果を比較すると、折れ曲がった後の挙動が異なっており、まだ沈下が進んでいる。

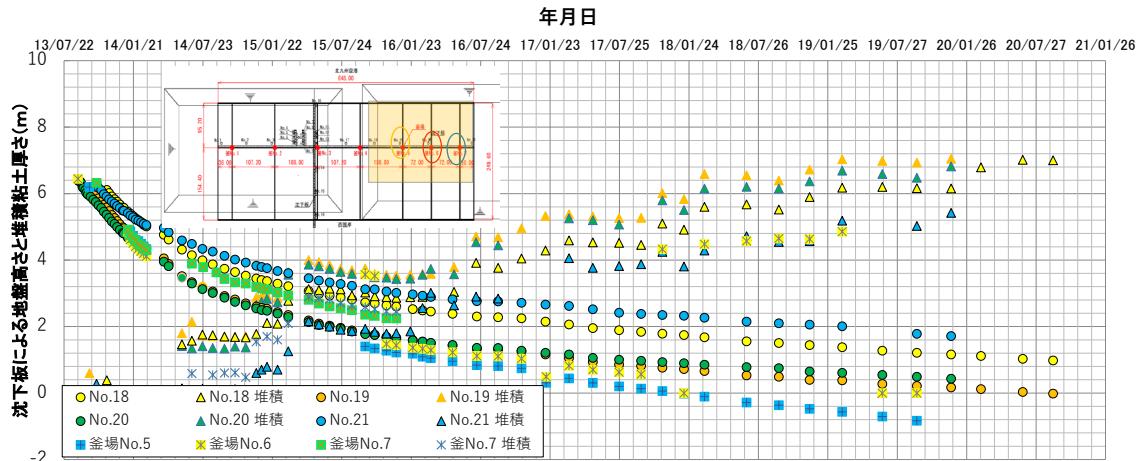


図-12 南ポンプ部の沈下板による地盤高さと堆積粘土厚さの経時変化

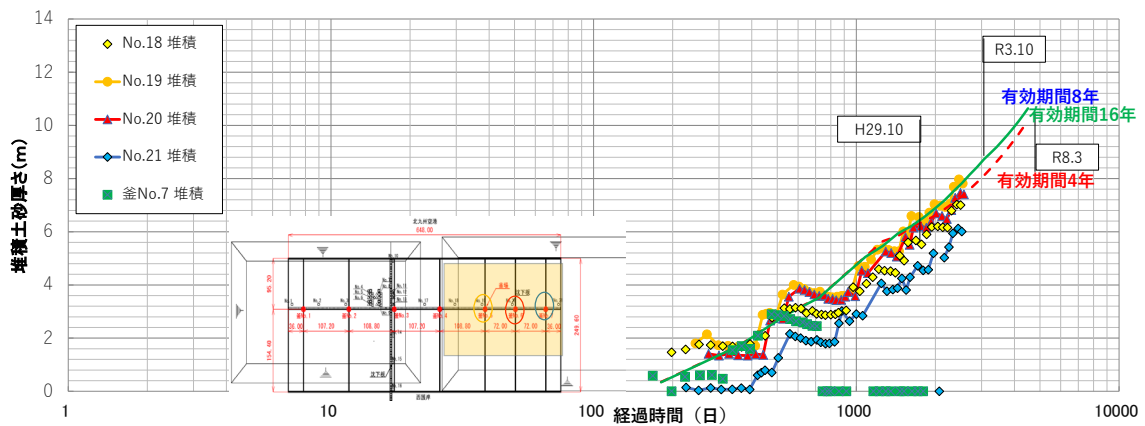


図-13(a) 南ポンプ部の堆積浚渫土砂厚さの経時変化

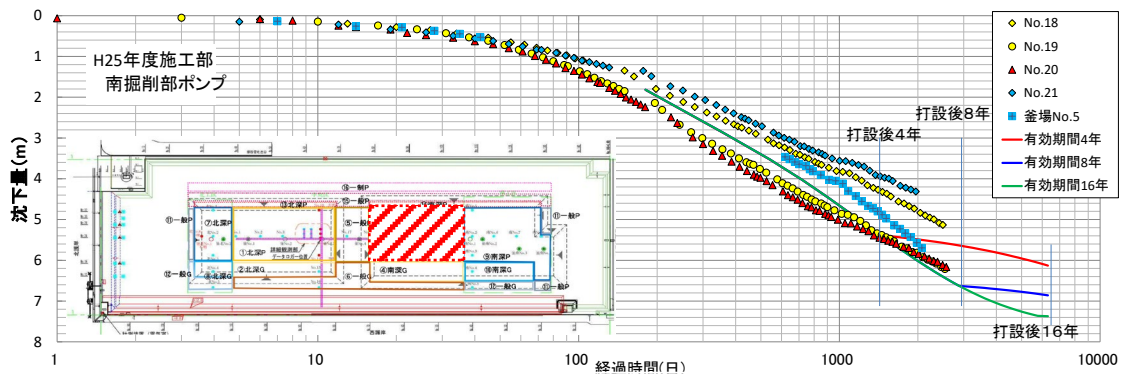


図-13(b) 南ポンプ部の沈下板の挙動と埋立解析結果の比較

図-14 は、図-13(b)に示した排水系の有効期間を4年、8年、16年の解析結果の変位速度(=沈下量の差/計測時間間隔)と、実測値での変位速度(=計測沈下量の差/計測時間間隔)の経時変化を示す。打設直後から2000日を過ぎた現時点まで、解析結果の変位速度の経時変化と実測値のそれは1000日前後で実測値の変位速度が解析値よりもやや低い部分もあるが、全域でよい対応があることが確認できる。

有効期間を変化させた解析結果を比較すると、有効期

間を4年(1460日)とした場合には、変位速度は実測値のそれの1オーダー程度低くなり、実際の挙動と乖離していると判断してもよいと思われる。有効期間を8年、16年とした両解析結果は、現時点が鉛直ドレーンを打設してから7年程度経過した状況であり、これらと実際を比較すると、ほぼ解析値に実測値が重なった。このことはまだ排水系の機能が保たれていると判断できる。

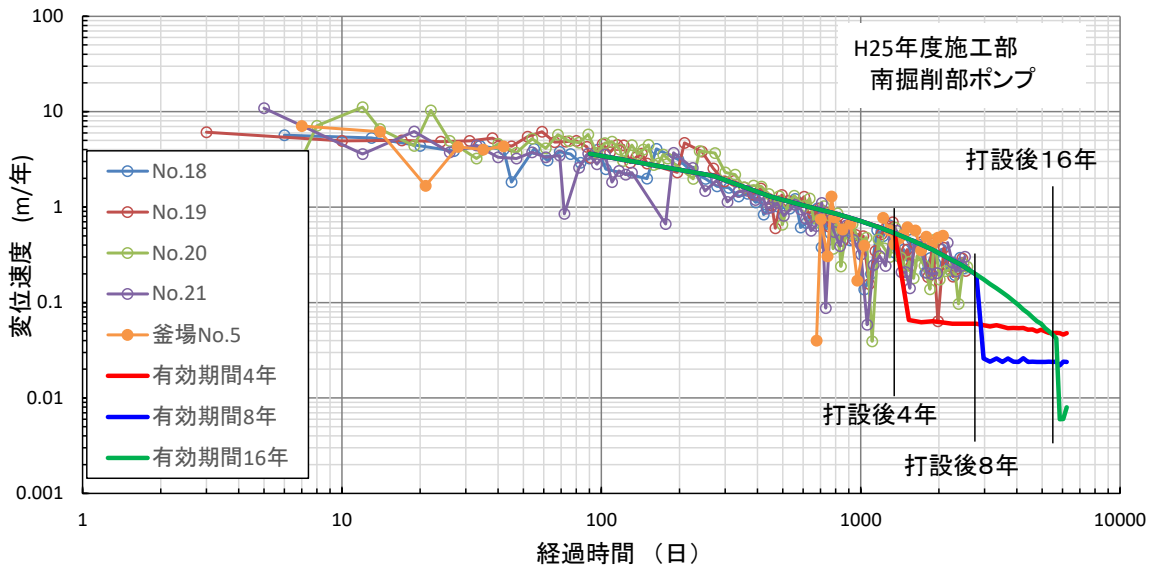


図-14 南ポンプ部の沈下板の変位速度に対する実測値と解析値の比較

## 6. まとめ

本稿では、3工区において7年前に打設した鉛直ドレーンを含む排水系の有効性を評価するために、沈下板による堆積土砂の沈下挙動、水圧の測定によるドレーン内と地盤内の過剰間隙水圧の経時変化ならびに解析結果の変位速度(沈下量の差/計測時間差)の経時変化を検討してきた。

その結果、沈下挙動は鉛直ドレーン打設時から7年経過した現在でも沈下速度の大きな低下は見られず、排水系の有効性がまだ期待できる状況にあることが確認できた。

今後も継続して計測し、評価・検討することにより、排水系の有効性について更なる検証を行うことは有効であると考えられる。

## 謝辞

本稿は、国土交通省九州地方整備局発注の「令和2度新門司沖土砂処分場(3工区)技術検討業務」での成果の一部をまとめたものである。本業務の実施にあたり技術検討会(委員長:善功企 九州大学名誉教授)において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) 中道ら:新門司沖土砂処分場の受入容量拡大プロジェクト,第59回地盤工学研究発表会,pp.667-674.(2014)
- 2) 中道ら:VDによる土砂処分場の堆積土砂の沈下挙動の計測と評価「土木学会論文集B3(海洋開発)」特集号(Vol.71, No.2), pp.1\_1115-1\_1120,(2015)