

# 泥炭性軟弱地盤における 真空圧密ドレーン工法について

札幌開発建設部 江別河川事務所 工務課 ○千葉 俊文  
調査課 佐々木 努  
工務課 石谷 隆始

千歳川の治水対策として流域4市2町で整備を進めている千歳川遊水地群のうち、江別市に位置する江別太遊水地では泥炭性軟弱地盤が広範囲かつ厚く堆積しており、周囲堤盛土の際には地盤改良が必要である。平成31年度の完成へ向けて限られた工期やコスト縮減の観点から真空圧密ドレーン工法で地盤改良を実施している。本報は地盤改良工法の選定、地盤改良の範囲、施工中の盛土挙動観測等について報告するものである。

キーワード：泥炭性軟弱地盤、地盤改良、コスト縮減

## 1. はじめに

千歳川は、支笏湖を源とする幹川流路延長 108km、流域面積 1,244km<sup>2</sup>の石狩川の1次支川である。

札幌開発建設部では、石狩川の高い水位の影響を長時間かつ長い区間に亘って受ける千歳川において、洪水のピーク水位を計画高水位以下となるよう、洪水調節容量が概ね5千万m<sup>3</sup>の遊水地群を千歳川本支川に分散して整備する事業を行っている。そのうち、江別太遊水地は最下流の江別市に位置し(図-1)、泥炭性軟弱地盤が広範囲かつ厚く堆積する箇所となっている。



図-1 事業位置図

本報告は、江別太遊水地の周囲堤盛土において工期やコスト縮減の観点から地盤改良工法の選定理由、地盤改良の範囲、施工中の盛土挙動観測及び施工後の解析結果について報告するものである。

## 2. 地盤改良工法の選定

江別太遊水地箇所の地層としては、後背湿地堆積物が厚く堆積し、主に泥炭、粘性土で構成されており、遊水地周囲堤を整備するにあたり地盤改良が必要となる。工法の候補として①押え盛土工法+緩速段階施工、②真空圧密ドレーン工法、③深層混合処理工法について、その適応性や工法特性、経済性を総合的に比較検討を行い、結果、真空圧密ドレーン工法を選定した(表-1)。

表-1 工法選定一覧

工法名	① 押え盛土工法 +緩速段階施工	② 真空圧密工法 (真空圧密ドレーン工法)	③ 深層混合処理工法
工法特性	・すべり対策・沈下対策ともに効果がある。 ・押え盛土幅に応じた用地を確保する必要がある。	・短期間で地盤を圧密改良(真空+載荷盛土)する。すべり対策、沈下対策ともに効果的である。 ・周辺地盤の変位・地下水低下に留意する必要がある。	・軟弱地盤をセメント系固化剤で固結する。すべり対策・沈下対策ともに効果がある。 ・施工時の地盤の側方変位に留意する必要がある。 ・事前に配合試験が必要である。
経済性	用地が必要となり、工期が長い、土工のみなので経済性はよい。	鉛直ドレーン打設費、真空ポンプ稼働費等がかかり経済性にやや劣るが、短期間に盛土を完成できる。	一般的に高価な対策工であり経済性は劣るが短期間に盛土を完成できる。
適応性	用地内では必要な押え盛土幅を確保できず所要のすべり安全率を満足できない区間がある。	すべり安全率を満足できる。また、周辺地盤に対する影響も小さい。	すべり安全率を満足できるが、周辺地盤の側方変位に留意する必要がある。
総合評価	すべり・沈下対策として効果があり、経済性が高いが、工期が長い。 所要のすべり安全率を満足できない。	すべり・沈下対策として効果があり工期も短縮できる。 すべり対策として実施した場合は、沈下に対して余盛土もしくは1年程度の放置期間を要する。	すべり・沈下対策として効果があり工期も短縮できるが、経済性は大きく劣る。 すべり対策として実施した場合は、沈下に対して余盛土もしくは1年程度の放置期間を要する。
判定	△	◎	○

真空圧密ドレーン工法は、地盤に鉛直ドレーン材を介して負圧を作用させ、その圧力差を圧密応力として地盤を圧密改良する工法である(図-2)。負圧による圧密では、せん断破壊を生じにくい特性を持つ工法である。

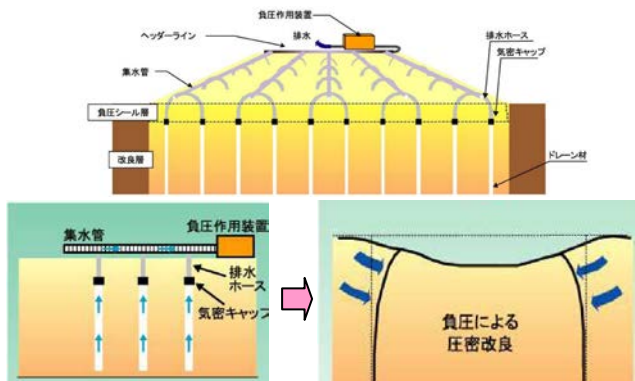


図-2 真空圧密ドレーン工法概要

### 3. 地盤改良範囲の決定

地質調査結果から得られた土質定数により決定した地盤対策工区分を以下に示す。押え盛土+緩速段階施工では、所要の安全率を確保できない範囲について真空圧密ドレーン工法を採用した(図-3)。

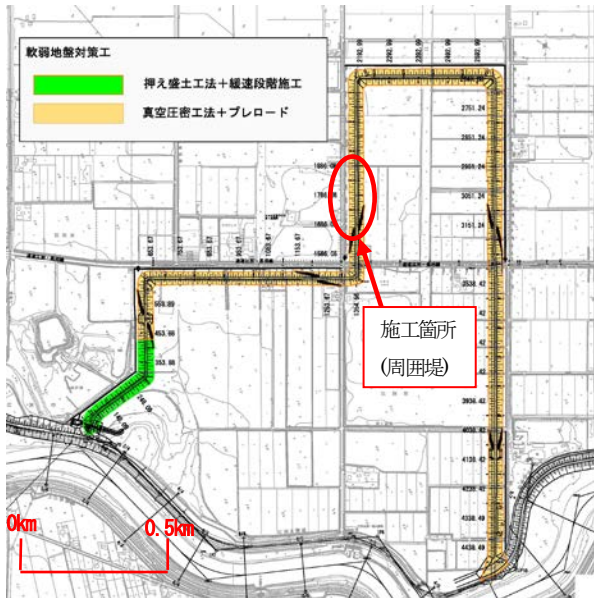


図-3 周囲堤軟弱地盤対策工区分図

### 4. 地盤改良深度の決定

当該箇所における土層構成を以下に示す(図-4)。

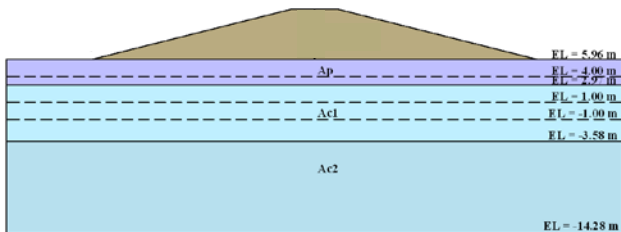
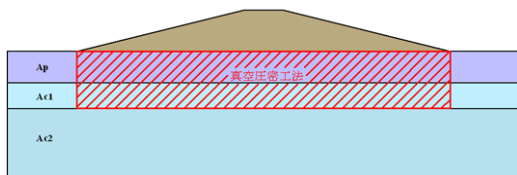


図-4 土層構成図

沈下対象層はAp層(泥炭)、Ac1層(粘性土)、Ac2層(粘性土)を合わせ約20m程度となっている。

一般的に真空圧密ドレーン工法では、沈下対象層のすべてを改良するが、当該箇所では改良深度をすべり破壊対象の上部粘性土層(Ac1)までとし、ドレーン材を短くすることでコスト削減を図った。未改良となる下部粘性土層(Ac2)については圧密沈下対策としてプレロード盛土及び放置期間を設けた(図-5)。



- すべり対象層であるAc1層まで改良を行う。
- 未改良のAc2層の圧密沈下対策として必要盛土厚相当のプレロード盛土および放置期間を設ける。

図-5 地盤改良断面図

### 5. 設計条件

当該箇所における真空圧密ドレーン工法の各設計条件を以下に示す。

#### (1) 設計負圧

真空圧密ドレーン工法技術資料<sup>1)</sup>(以下、技術資料という)では60kN/m<sup>2</sup>が標準となっているほか、過去の実績を踏まえ、当該箇所においても60kN/m<sup>2</sup>を設定した。

#### (2) 設計圧密度

技術資料より目標圧密度は90%が標準であるため、すべり安定計算における強度増加量の算定で用いる圧密度の最大値は90%とした。

#### (3) 改良深度及び打設間隔

本報告箇所では主にすべり対策を目的として、すべり破壊の対象となるAc1層までの改良とし、ドレーン材長は8.5mとした(図-6)。

ドレーン材打設間隔については、盛土すべりの安全率を満足することを条件に1.0mに決定した(図-6)。

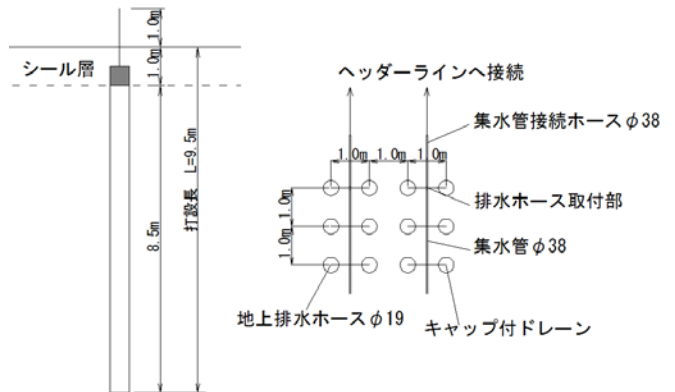


図-6 ドレーン材深度及び配置図

#### (4) 盛土施工速度

軟弱地盤上における盛土施工速度については泥炭性軟弱地盤対策マニュアル<sup>2)</sup>(以下、マニュアルという)の中で軟弱層の厚さにより決められている(表-2)。

当該箇所は軟弱層厚が約20mとなっており、軟弱層厚5m以上の30cm/10day(10日に1層施工)に該当する。しかし、真空圧密ドレーン工法を実施することで地盤の安定性が向上することから盛土施工速度は50cm/10day(6日に1層施工)を基本とし、実際の施工速度は盛土動態観測を実施しながら都度判断することとした。

表-2 盛土施工速度

軟弱層厚	盛土速度(盛土厚cm/10日)	盛土1層当りに換算
5m以上	30	10日に1層施工
3~5m	50	6日に1層施工
3m未満	100	3日に1層施工

### (5) 盛土断面

当該箇所における盛土断面を以下に示す(図-7)。

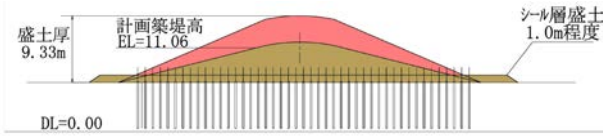


図-7 盛土断面図

沈下量は解析結果で、ポンプ停止時の沈下量 272cm、最終沈下量 347cm となり、沈下を含めた必要盛土厚を 9.33m とした。

真空圧密ドレーン工法では、ドレーン内の気密性を保持するため、表層の粘性土 1.0m 程度を負圧シール層として利用するが、本工事では表層の軟弱な泥炭層(Ap層)を改良するため、原地盤上に被覆難透水性盛土(シール層盛土)をドレーン内気密性保持の目的で 1.0m 程度を設定した。

施工手順としては 1 年目にドレーン材打設、その後の 2 年で盛土を施工し、計 3 年間で施工することとした。

### (6) 真空圧密単独載荷期間の設定

盛土開始前に先行して負圧を作用させることにより地盤強度を増加させ、その後の盛土荷重による地盤破壊を抑制する目的で、施工前単独載荷を過去の実績から 20 日間を目安に設定した。

盛土完了後のポンプ運転期間については、盛土荷重による過剰間隙水圧が消散するまでの期間とし、30 日を目安に設定した。実際の真空ポンプ停止の判断は間隙水圧、沈下量、圧密度、地盤の強度増加を確認し、盛土の安定性を確認した後の停止とした。

## 6. 真空圧密ドレーン工法の施工結果

盛土は動態観測を行いながら施工した。観測の項目及び結果を以下に示す(図-8)。

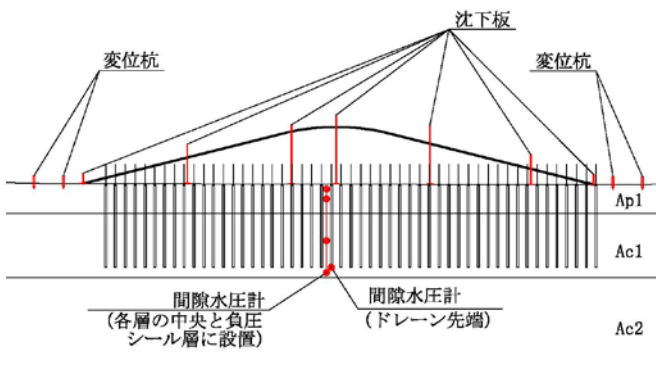


図-8 動態観測断面図

### (1) 作用負圧

盛土施工中は設計負圧の  $60\text{kN/m}^2$  が概ね確保された。盛土前の真空圧密単独載荷期間では、日数経過に伴い作用負圧が一次的に低下した。これは原地盤からの漏気が要因であると推定され、この現象は盛土開始による気密性向上により解消された(図-9)。

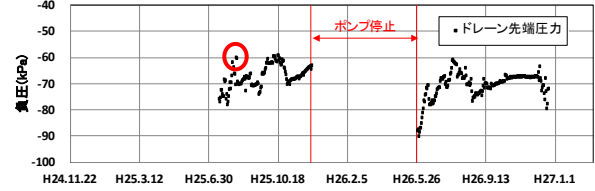


図-9 ドレーン先端圧力

### (2) 沈下量

真空ポンプ停止時における盛土天端部の沈下量は 310cm であった。沈下の挙動は理論沈下曲線と概ね一致する結果となった(図-10)。

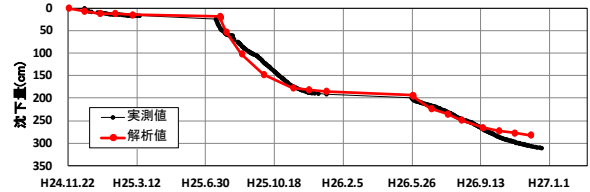


図-10 沈下量

### (3) 間隙水圧

真空圧密単独載荷期間における間隙水圧は負の値で推移し、盛土工を開始すると上昇に転じていることが確認された。平成 25 年工事に於いて若干の過剰間隙水圧が発生しているが、工事期間中はほぼ静水圧以下で推移しており、盛土期間中の安定が確保されていることが確認された(図-11)。

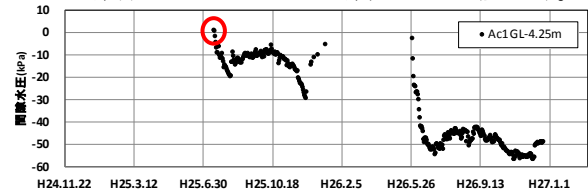


図-11 間隙水圧

### (4) 盛土安定管理図(水平変位量、沈下量)

真空圧密単独載荷期間では盛土内側に引き込む変位が発生し、盛土施工の開始で押し出す変位が発生した。全般的に若干の引き込み変形となり、盛土外側への側方流動(せん断変形)が抑制され、安定して施工を進めることができた(図-12)。

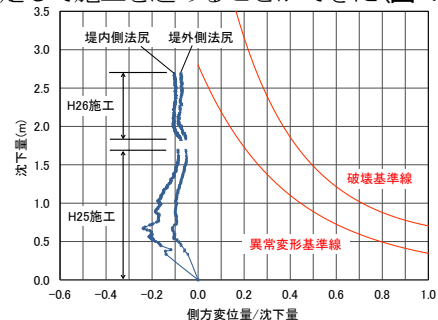


図-12 盛土安定管理図

### (5) 地盤強度

盛土完了後、オランダ式コーン貫入試験を実施し、地盤強度の確認を行った。施工前と比較し改良範囲において明確な強度増加が確認された(図-13)。

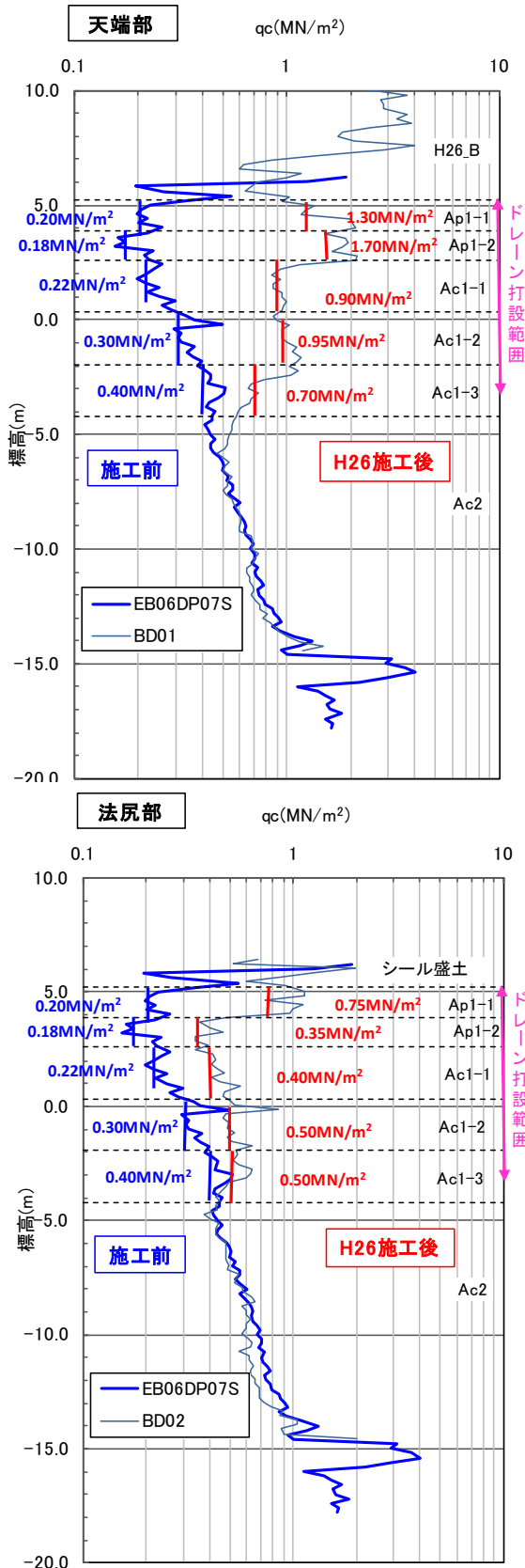


図-13 強度確認結果

### 7. すべり安定解析

事後調査から得られた結果を元にすべり安定計算を実施した。安全率について十分満足しており今回施工した遊水地周囲堤は良好な状態が保たれていることが確認された(図-14)。

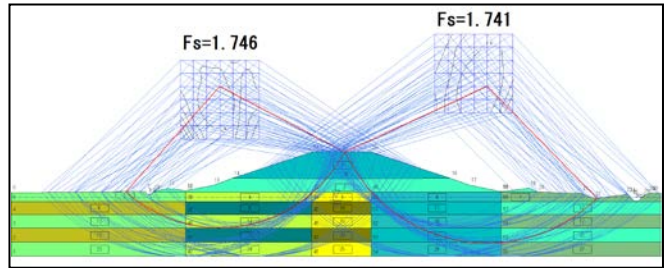


図-14 すべり安定解析結果

### 8. 今後の課題

盛土は良好な状態となっているが、地盤改良深度をすべり対象層までとしたことで、未改良部の残留沈下を想定している。現時点では計画築堤高を確保できる予測となっているが、今後も動態観測を継続する必要がある。

今回施工した周囲堤は1年目にドレーン材打設、盛土期間として施工速度の制約上2年、計3年を要している。

盛土施工速度については50cm/10dayで行ったが、安定した状態で施工できたため、今後は施工速度を速めて、工期短縮を図ることも可能と考えられる。

### 9. おわりに

今回、泥炭性軟弱地盤において真空圧密ドレーン工法を用いて周囲堤の施工を行った。すべり対象層のみを改良した結果、盛土の安定性を確保でき、コスト削減できたことは一定の成果であると考えられる。

今回得られた成果や課題を踏まえ、平成31年度の江別太遊水地完成に向け、今後とも周囲堤の整備促進を図っていきたい。

### 参考文献

- 1) 真空圧密ドレーン工法-キャップ付ドレーンを用いた圧密排水工法-技術資料(設計・施工編)(平成23年5月 真空圧密ドレーン工法研究会著)
- 2) 泥炭性軟弱地盤対策マニュアル(平成23年3月 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所著)