

真空圧密工法による既存土砂処分場減容化技術開発

Development of the New Vacuum Forced Consolidation Technique Applicable to Dredged Soils in Reclaimed Land

伊藤理*
ITOU, Osamu

* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 研究員

This paper is that introduced a part of the decrease experiment result of present sediment disposal place with the vacuum consolidation method. And, as the example the Nagoya port island, it is the one that calculates the preliminary of settlement quantity and inspected the efficacy of this method.

Key Words : the vacuum consolidation method, sediment disposal place

1. はじめに

港湾では、従来より水域施設（航路、泊地）の浚渫に伴って発生する土砂を埋立地に投入してきたが、近年の社会情勢の変化により新たな土砂処分場の確保が難しくなっている。

他方、中枢・中核国際港湾においては岸壁の大水深化が進み、航路、泊地などの浚渫事業に対する要請が高く、浚渫土砂は毎年多量に発生しており、長期的な観点から、現在、実施・計画されている処分場以外に、さらなる処分場の確保が求められてくる。

このような状況を踏まえ、土砂処分場能力を高める方策の一つとして、既存の土砂処分場の減容化、すなわち処分場の地盤沈下の促進を図ることで、土砂処分場の延命（容量の拡大）を高める方法が考えられた。

そこで、名古屋ポートアイランドにおいて、減容化に有効と考えられる真空圧密工法の現地実験が行われ、減容化効果の検証を行った。

本論文は、その現地実験の結果の一部を紹介するとともに、名古屋港ポートアイランド全体をケーススタディーとした沈下量の予測計算を行い、本工法の減容化工法としての有効性について検討したものである。

2. 実験に用いた真空圧密工法の特徴

真空圧密工法の中から、工費的に有利と評価された『キャップ付き鉛直ドレーン工法』と『水平排水材+密封シート工法』を採用した。

以下に両工法の特徴を示す。

2.1 キャップ付き鉛直ドレーン工法（A工法）

キャップ付き鉛直ドレーンを利用した真空圧密工法で、粘土層の上部を負圧シール層として利用し、その下の粘土層を圧密させる工法である。通常の真空圧密工法では地盤表面を密封シートで覆う必要があるが、本工法では、上部粘土層の密封性を利用することにより、密封シート

が不要になることが特徴である（図-1 参照）。

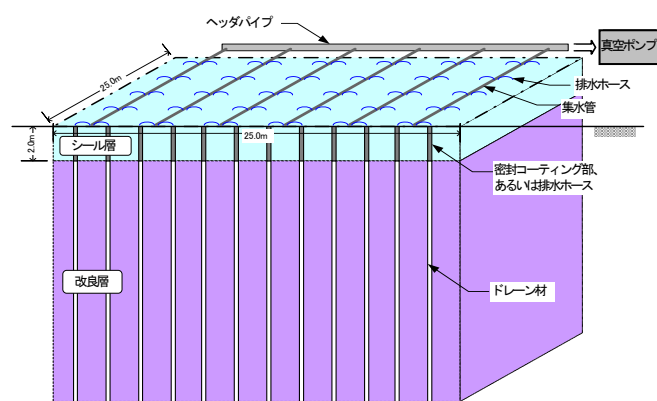


図-1 A工法概念図

2.2 水平排水材+密封シート工法（B工法）

真空ポンプによって、鉛直ドレーン、水平ドレーン材、有孔集水管を経由して地中の水と空気を排出する真空圧密工法で、負圧をシールするために載荷エリアを気密シートで被服することが特徴である（図-2 参照）。

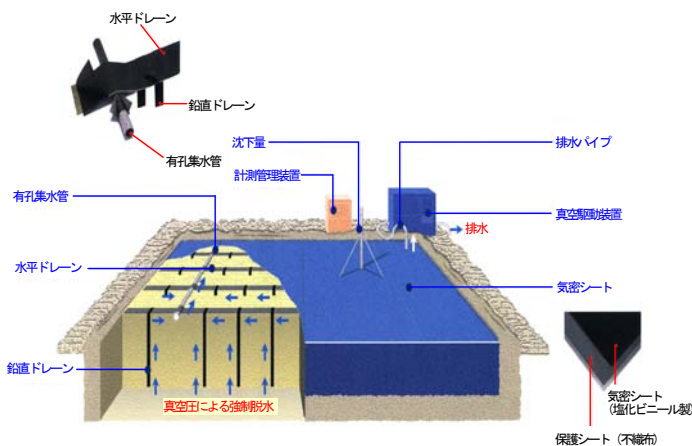


図-2 B工法概念図

3. 現地実験

3.1 実験場所および規模等

(1) 実験場所

名古屋港第2ポートアイランド内 (図-3 参照)

(2) 実験規模

25m×25mの正方形区画 (図-3 参照)

(3) 鉛直ドレーン

打設長 : 20 m
打設間隔 : 1.0m
材料 : プラスチックドレーン

(4) 負圧荷重時間

負圧期間 : 60 日
目標負圧荷重 : 50kPa

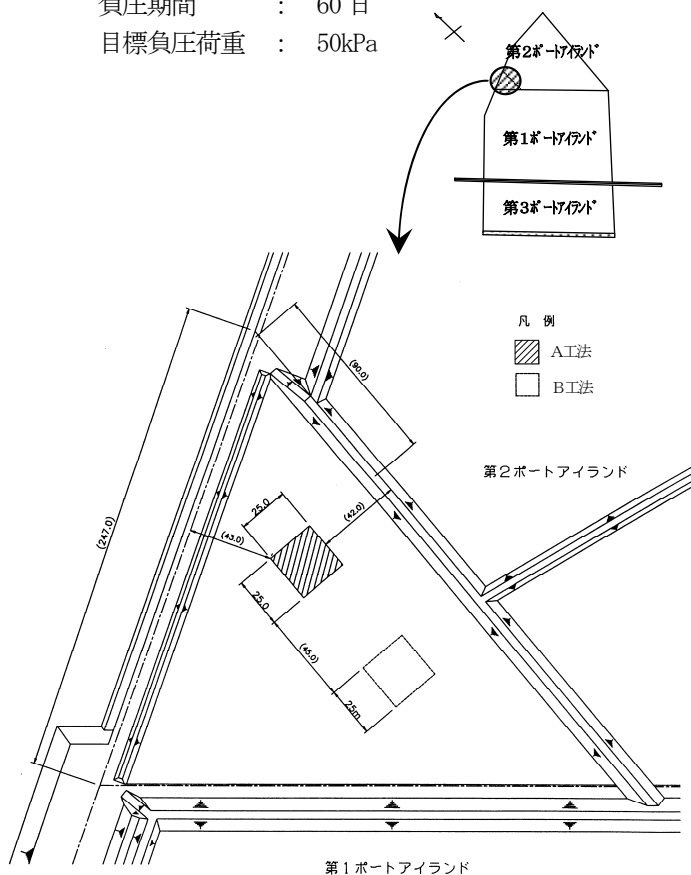


図-3 試験場所及び試験規模

3.2 地盤条件

名古屋港第2ポートアイランドは、1985年から土砂処分が開始されていて、実験場所の標高は+4.5mになっている。もとの海底面は-7.3~-7.7mで、在来地盤は粘土層である。鉛直ドレーン長が20mであるので、圧密層厚は、埋立土層が約12m、在来粘土層が約8mになる。

実験に先立って実施したコーン貫入試験結果によれば、

埋立土層は、シルトおよび砂混じりシルトのところと、シルト混じり砂のところがあり、B工法の実験工区 (B工区)の方がシルト混じり砂が多い。シルト混じり砂の層厚は、多いところでA工区で3m、B工区で6.5mであった。なお、A工区では砂層対策を施したがB工法では対策を施していない。また、在来粘土層は過去に砂が仮置きされたとの報告があり、過圧密状態にある。

3.3 計測項目

真空圧密工法による減容化効果を調べるために、表-1に示す項目について測定をおこなった。

表-1 計測項目

測定項目	試験法	備考
沈下量	水準測量	沈下量の測定
間隙水圧	間隙水圧計による測定	真空ポンプ運転による間隙水圧の変化

3.4 実験結果

(1) 沈下量

今回の試験における沈下量は、鉛直ドレーン打設後から真空ポンプ運転開始までの沈下量と真空ポンプ運転による沈下量の和として表される。図-4にA、B両工区の沈下量を示す。

また、図より求めた全体の平均沈下量 (減容化量÷平面積) を表-2に示す。

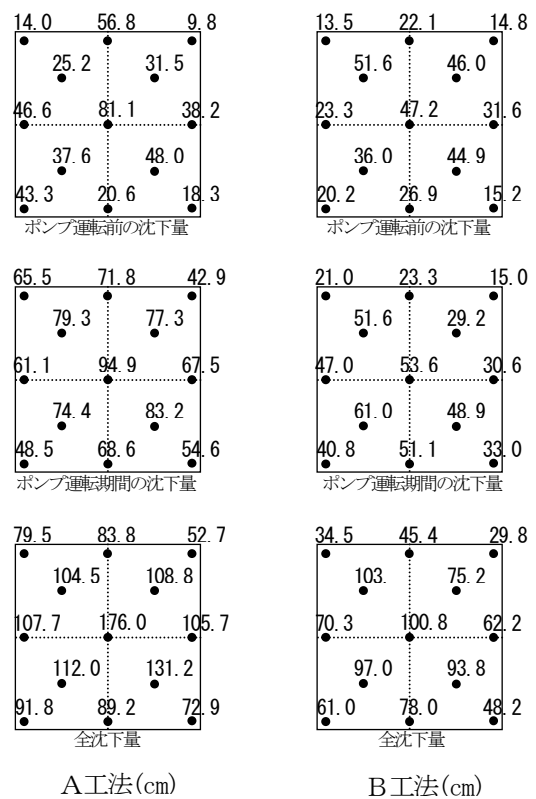


図-4 各工法の沈下量の分布

表-2 平均沈下量

	A工区	B工区
真空ポンプ運転前の平均沈下量	37.0cm	34.2cm
真空ポンプ運転による平均沈下量	71.9cm	42.8cm
総平均沈下量	108.9cm	77.0cm

真空ポンプ運転前の沈下量は、表層地盤の改良に用いた土砂等の荷重と鉛直ドレーンの効果による沈下量で、両工法とも同様な値を示している。これに対して、真空ポンプ運転による沈下量は、A工区のほうがB工区より約1.7倍大きい。図-4及び図-5よりポンプ運転による沈下量の分布をみると、A工区では改良域の中央部で沈下量が大きく、周辺部で小さくなっており、その変化傾向はどの方向にもほぼ同様である。

一方、B工区では中央部の沈下が大きく周辺部の沈下が小さい傾向はA工区と同じであるが、区域を4分割してみると左下側の沈下量が大きく、右上側の沈下量が小さくなっている。なお、この工区の右上側は、砂層が厚く堆積している箇所であった。

(2) 間隙水圧

真空ポンプ運転中の間隙水圧の経時変化を図-5 (A工区) と図-6 (B工区) に示す。

A工区の間隙水圧は、図-6より、ポンプのトラブルと思われる期間を除いて、経過時間とともに低下し、運転終了時点ではGL-10mで60kPa、GL-20mで40kPaの間隙水圧の低下が生じている。したがって、同工区では当初予定していた負圧50kPaが発揮されていたと考えられる。

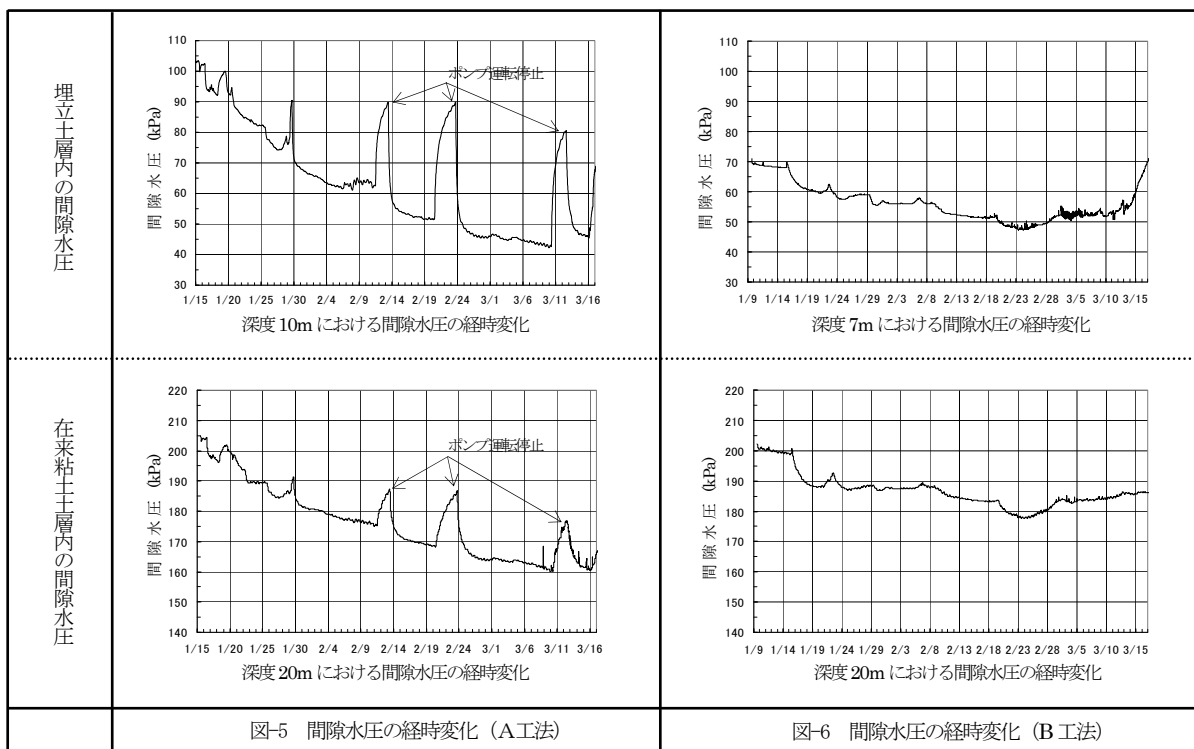
一方、B工区の間隙水圧は、図-6より、時間とともに低下する傾向はあるが、低下率がA工法より小さく、運転終了時点でもGL-7mで20kPa、GL-20mで20kPa程度しか間隙水圧が低下していない。したがって、同工区では当初予定していた50kPaの負圧は発揮されていなかったのではないかと考えられる。

(3) 実験結果の考察

現地試験を行った結果から、沈下量や間隙水圧の低下を確認した。

しかしながら、厚いシルト質砂層が介在したB工区は当初予定していた沈下量や負圧が発揮されなかった。この原因としては、砂層対策の有無とシルト質砂の層厚が影響していると考えられる。すなわち、B工法は、砂層対策を施さなかったため砂層からの水を吸い上げてしまい負圧のロスが多かったことと、砂層が厚いために圧密層厚が少なかったことが原因と考えられる。しかし、砂層対策を施した陸上における他の実験事例から判断すると、適切な対策さえ行えば、B工法でも十分な改良効果が期待できるものと思われる。

今回の実験に用いたA工法とB工法は、ドレーン材を介して地中の水と空気を真空ポンプで強制的に排出するので、基本的な原理は同じである。つまり、真空圧密工法は、砂層の影響を大きく受けることが考えられる。実用化に向けては、施工前に適切な地盤調査を行って土層構成を把握し、途中に介在する砂層部分に遮水シーลを取り付ける等、何らかの対策を講じることが重要であることがわかった。



4. 名古屋港ポートアイランドのケーススタディー

名古屋港ポートアイランド（第1，第2，第3）において，地盤条件や埋立地盤の状態を想定し，真空圧密工法を用いた場合の沈下量予測をCc法を用いて検討した。

4.1 現状および将来計画

名古屋港ポートアイランドにおける現状と将来計画から，減容化対象層厚を全埋立層厚とした。

表-2 将来計画

処分場	将来天端高 (m)	現天端高 (m)	在来地盤高 (m)	現埋立層厚 (m)	将来埋立層厚 (m)	全埋立層厚 (m)
第1PI	+14.5	+10.0	-6.5	16.5	4.5	21.0
第2PI	+11.0	+8.0	-5.5	13.5	3.0	16.5
第3PI	+6.5	+5.0	-8.0	13.0	1.5	11.0

4.2 減容化開始時の埋立地盤の状態

浚渫された高含水比の土砂は，すぐに自重圧密を開始し，比較的短期間で正規圧密状態に落ち着くものと推定される。さらに，現埋立土厚は層厚が厚いため排水に時間がかかり，何も施さなければ，埋立完了直後は，まだ新規埋立土荷重に対する過剰間隙水圧が残っていると推定される。しかし，本工法を適用することによって，短期間で排水され，圧密が促進されるため，将来埋立土荷重に対する現埋立土層の圧密沈下も本工法による効果と見なした。地盤モデルを図-7に示す。

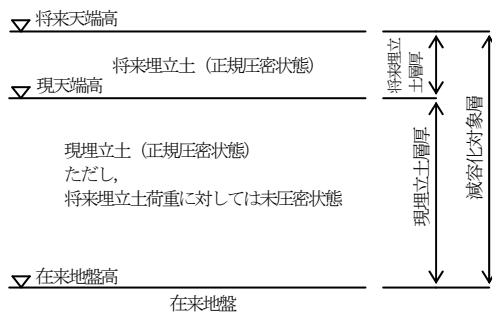


図-7 埋立地盤のモデル

4.3 地盤条件

名古屋港ポートアイランドの地盤調査データで，圧密沈下計算に使用できるものは少ないが，ここでは，物理試験のデータや海成粘土に関する既往の研究成果等を参考にして，表-3に示すような地盤定数を仮定した。

表-3 地盤条件

	平均値
湿潤密度 (ρ_d)	1.6 g/cm ³
圧縮指数 (Cc)	0.9
間隙比 (e_0)	1.9
含水比 (w_0)	71 %
塑性指数 (Ip)	44
圧密係数 (Cv)	0.1cm ² /min

4.4 計算結果

負圧を50kPa～80kPaまで10kPaごとに载荷した時の計算結果を表-4に示す。

表-4 沈下量の計算結果

	50kPa	60kPa	70kPa	80kPa
第1PI	2.60 m	2.82 m	3.01 m	3.19 m
第2PI	2.14 m	2.33 m	2.49 m	2.64 m
第3PI	1.86 m	2.03 m	2.18 m	2.32 m

4.5 考察

今回仮定した条件のもとでは，2～3メートルの沈下量が期待できることが確認され，本工法を適用した場合の目安値を得ることができた。ただし，中間砂層の有無や地盤条件，減容化開始時期の埋立地盤の状態等によって，沈下量は大きく変わってくる。したがって，実用化の際の沈下予測は，これらの条件を事前に詳しく把握することが必要である。

5. おわりに

現地試験を行った結果から，沈下量や間隙水圧の低下がみられ，真空圧密工法は浚渫土砂埋立土層（粘性土層）の減容化に適用できることが初めて確認でき，減容化工法としての有効性が証明された。また，仮定の条件のもとであるが，名古屋港ポートアイランドにおける沈下量の目安値を得ることができた。

また，別途，両工法の概略コストの算出し，新たに処分場を建設した場合とのコスト比較を試みたが，新規処分場に伴って発生する環境上の問題や漁業補償の問題等，容易には定量化しにくい問題が含まれていることから，単純な評価は難しいため，本稿からは割愛した。しかしながら，環境アセスメント等の調査や漁業補償の交渉等を経て，許可されるまでに長時間を要することになれば，現在の土砂処分場が容量不足で対応できなくなることも考えられるので，次善の策として本工法を適用して処分スペースを確保する必要が生じることも考えられる。

謝辞

本稿は，「平成12年度浚渫土砂減容化技術開発調査」ならびに「平成13年度既存土砂処分場減容化技術開発調査」（国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所発注）において実施された研究成果の一部をとりまとめたものである。本稿をまとめるにあたり，ご指導ご協力頂いた方々へ，厚く御礼申し上げます。