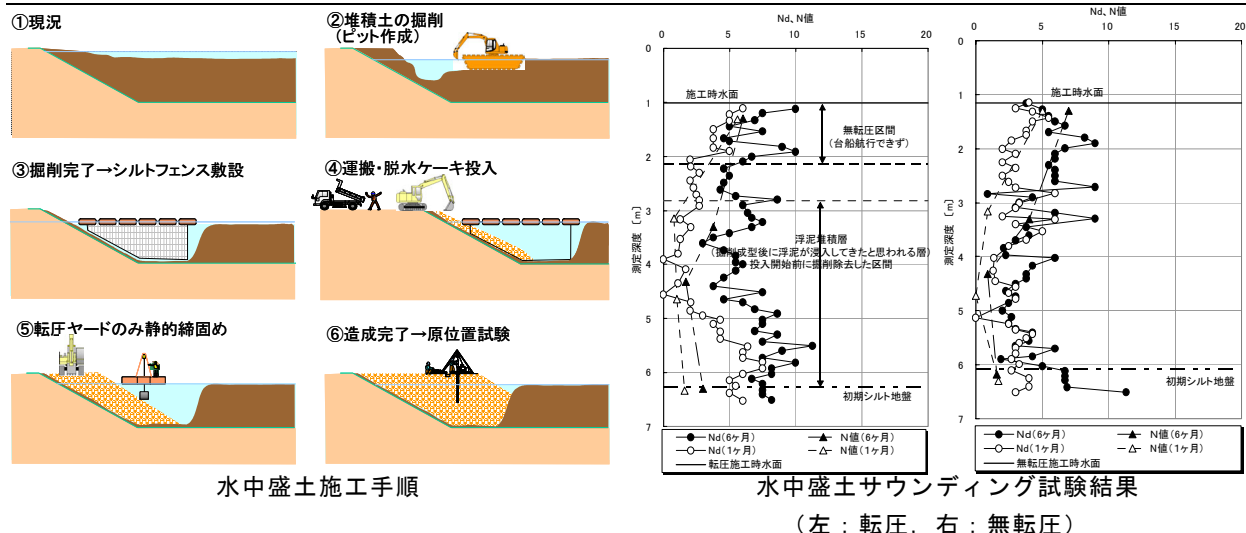


浚渫土の有効利用に関する検討

野田 兼司・飯島 健・勝又 正治・清水 英樹*1

Study on Effective Use of Dredged Soil

Kenji NODA, Takeshi IJIMA, Masaharu KATUMATA, Hideki SHIMIZU



研究の目的

港湾や河川、長期経過したダム調整池、ため池などでは、堆砂・底泥問題が顕在化してきており、貯留容量や流域面積の低下、船舶運航の障害、水域環境悪化などの問題を生じている。その問題解決のために、底泥の浚渫が実施されるが、浚渫土砂の処分地不足もまた問題となっている。そこで真空加圧脱水装置（スーパー・バキューム・プレス）を用いて浚渫土を減容化し、その脱水ケーキを用い水中盛土を行うことにより、ため池等の諸環境の改善と浚渫土砂の処分場問題を同時に解決する方法として、サイト内有効利用による浚渫土の処分技術の提案を目的として検討を実施した。

技術の説明

スーパー・バキューム・プレスにより処理された脱水ケーキを用い、実規模の水中盛土実験を行った。また、同じ脱水機構をもつ簡易脱水機での室内実験も行い、脱水ケーキの養生日数による盛土性状の違いの検討も行った。

実規模実験では、前日発生したケーキ約 100m³を翌日まとめて集中的に搬送・投入した。脱水ケーキの投入は、無転圧ヤードと転圧ヤードを設け、転圧の有無による盛土性状の違いを把握するものとした。搬送した脱水ケーキは、一旦実験ピット脇に仮置きし、それぞれ1日約 50m³づつ投入した。

できあがった盛土についてポータブルコーン貫入試験（1日後～2週間程度）、標準貫入・動的貫入試験（1ヶ月後・6ヶ月後）を実施した。

室内実験では、脱水ケーキの養生期間と強度・透水性の関係を把握した。

主な結論

水中投入後の盛土の性状は、5日程度でダンプトラックが走行できる程度の qc 値を確保でき、6ヶ月経過後でもスレーキングの発生による強度低下も認められず、強度的に問題ない状態であることを確認した。

また、真空加圧脱水装置と同機構による簡易装置で室内実験を行った結果、気中養生期間が長いほど強度が小さくなり、透水性は大きくなる傾向が見られ、脱水ケーキ作成後の養生期間により強度発現、透水性に変化が現れることを確認した。このことより、養生期間を管理することにより、所定の強度や透水性を満足する盛土の構築が可能になると考えられる。

*1 本店 技術本部 技術部

浚渫土の有効利用に関する検討 (報告)

野 田 兼 司 飯 島 健
勝 又 正 治 清 水 英 樹*¹

要 旨

港湾や河川，長期経過したダム調整池，ため池などでは，堆砂・底泥問題が顕在化してきており，船舶運航の障害や流域面積の低下，貯留容量低下，水域環境悪化などの問題を生じている．その問題解決のために，底泥の浚渫が実施されるが，浚渫土砂の処分地不足もまた問題となっている．そこでスーパー・バキューム・プレスを用いて浚渫土を減容化し，その脱水ケーキを用い水中盛土を行うことにより，ため池等の諸環境の改善と浚渫土砂の処分場問題を同時に解決する方法として，サイト内有効利用による浚渫土の処分技術の提案を目的として検討を実施した．

その結果，水中投入後の盛土の性状は，6ヶ月経過後でもスレーキングの発生による強度低下も認められず，強度的に問題ない状態であることを確認した．また，簡易装置で室内実験を行った結果，気中養生期間が長いほど強度が小さくなり，透水性は大きくなる傾向が見られ，脱水ケーキ作成後の養生期間により強度発現，透水性に変化が現れることを確認した．

キーワード ため池／浚渫土／堆砂・底泥処理／水中盛土／SVP／

目 次

- | | |
|----------------------|--------------|
| 1. はじめに | 4. 実規模水中盛土実験 |
| 2. 浚渫土の現状と処理技術 | 5. 室内実験 |
| 3. 真空加圧脱水装置(SVP)について | 6. おわりに |

STUDY ON EFFECTIVE USE OF DREDGED SOIL

Kenji NODA Takeshi IIJIMA
Masaharu KATUMATA Hideki SHIMIZU

Synopsis:

In harbor and river, long term dam balancing reservoir, the reservoir which passed, a bottom mud problem clearly exists and produces problems such as a retention capacity and drop of area of basin, barrier of ship navigation, aquatic environment aggravation. For the problem settlement, they carry out dredging of bottom mud. However, disposal place shortage of dredged material sand becomes a problem. Thus we reduced volume of dredged material with S V P and did fill placed under water with the dehydrated cake. We executed analysis as object in offer of an approach to solve an environmental improvement and a disposal field problem of dredged material sand of reservoirs in coincidence.

As a result, the property of banking after underwater charge confirmed that there was not strength degradation after progress for six months. In addition, as a result of having done an indoor experiment, we confirmed that a change appeared in coke strength, permeability by curing period after dehydrated cake preparation.

* 1 本店 技術本部 技術部

1. はじめに

港湾や河川、長期経過したダム調整池、ため池などでは、堆砂・底泥問題が顕在化してきており、貯留容量や流域面積の低下、船舶運航の障害、水域環境悪化などの問題を生じている。その問題解決のために、底泥の浚渫が実施されるが、浚渫土砂の処分地不足もまた問題となっている。そこで真空加圧脱水装置（スーパー・バキューム・プレス：SVP）により処理された脱水ケーキを用いた水中盛土によるサイト内有効利用による浚渫土の処分を検討した。その際の実規模実験の結果と室内実験の結果について報告する。

2. 浚渫土の現状と処理技術

港湾工事により発生する浚渫土砂について限定した場合、発生する浚渫土砂は、平成 14 年度において約 4,000 万トンであり、その多くは、港湾施設用地の埋め立て用材として利用されるか、砂浜造成、干潟造成、覆砂等により有効利用されている。また、全体発生量の 3% に相当する約 100 万トンが海洋投入されている。今後ロンドン条約批准・海防法の改定により海洋投入は困難になることが予想され、更なる有効活用の促進が図られると思われる¹⁾。

現在の浚渫土の処理技術について、浚渫から埋立までの一連の流れの中で、浚渫土の有効利用に関連した工法技術を整理すると図-1²⁾のように表すことが出来る。

このように浚渫土砂の処理技術には多様の技術が存在しており、様々に活用されている。

本報告で用いた真空加圧脱水装置（SVP）は、この浚渫土砂の処理工法のうち機械脱水の装置にあたる。

3. 真空加圧脱水装置（SVP）について

真空加圧脱水装置（スーパー・バキューム・プレス）（以下 SVP と略す）は、当社が開発した機械脱水装置で、通常のフィルタープレスにない真空を併用するタイプのプレス機であり、凝集剤にセメントを使用する画期的なプレス機である。

当脱水装置を写真-1 に示し、当脱水装置の構造を図-2 に示す。

当脱水機は、フィルター部にパンチングメタルとポリプロピレン製ろ布を用いた”ろ板”をジャッキによって各々重ね合わせることで、ろ板間に厚さ 30mm の空間をつくり、このろ板間の空間に上部投入口からセメントを添加した汚泥を圧入する構造になっている。

さらに、ろ板内の圧力が 0.25MPa 程度となった時点でこの圧力を保持したまま真空ポンプを稼働させ、負圧（約 93KPa）を作用させ真空脱水を同時に行う。

圧入と真空によって脱水されたる液はこのフィルター部でろ過された後、ろ板背面を通して下部排水口より排出される。

真空ポンプを稼働させるとフィルター背面全体が真空ゾーンとなる構造のため、ろ板内に圧入された汚泥全面に負圧が作用する仕組みとなっている。よって、圧入された汚泥の全面から負圧による脱水が行われるため、高効率な脱水が可能となる。

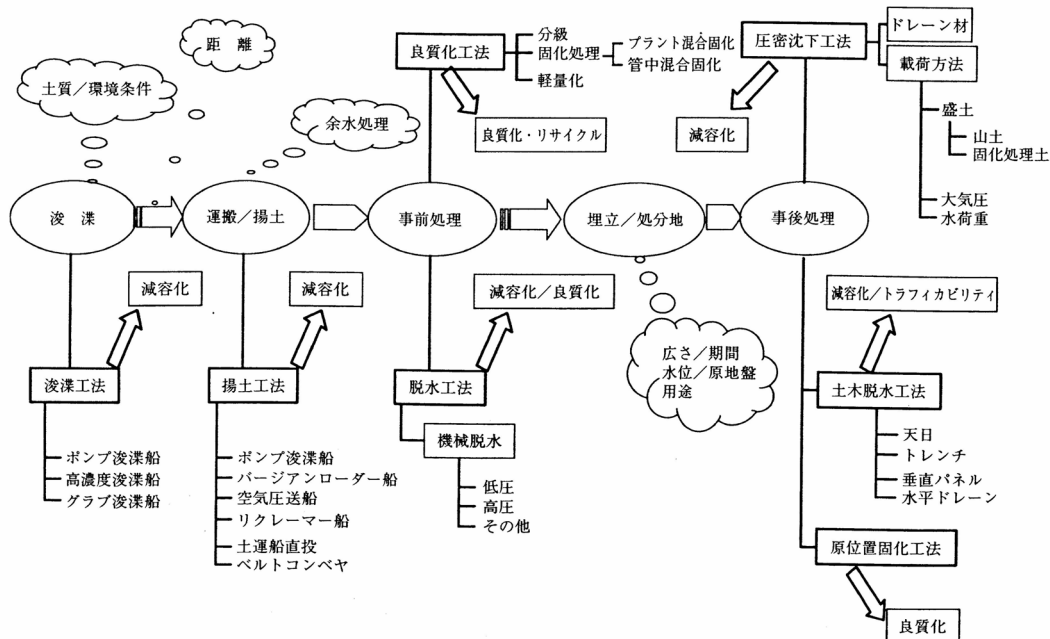


図-1 浚渫土のリサイクル・減容化技術²⁾

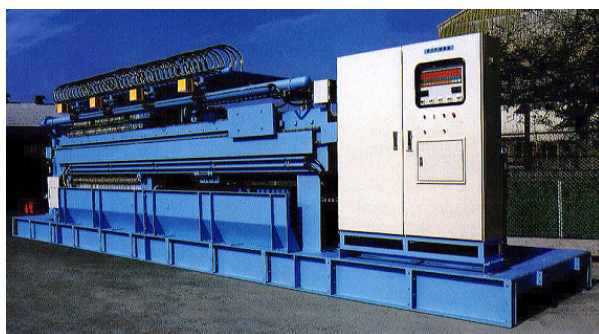


写真-1 真空脱水装置（SVP）2m³タイプ

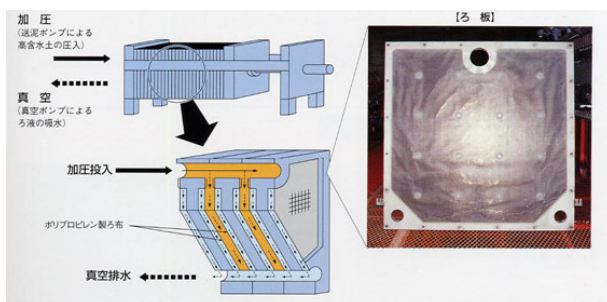


図-2 真空脱水装置の構造

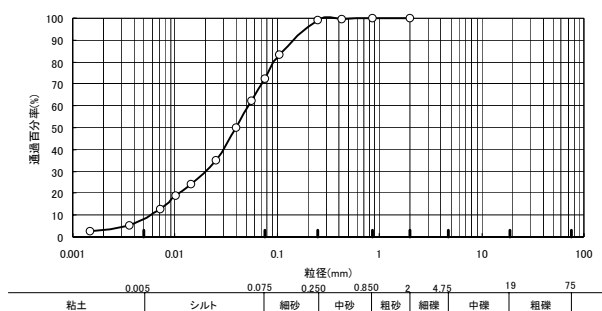


図-3 処理前泥水の粒度分布

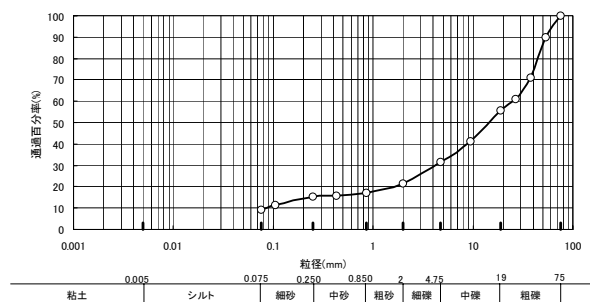


図-4 処理後脱水ケーキの粒度分布

4. 実規模水中盛土実験

4.1 目的

SVPは、汚泥や浚渫土などの泥土の「減容化」と「安定化」処理を同時に行える装置として、脱水ケーキのリサイクル利用を伴った場合に高い優位性を発揮する工法である。このような優位性を反映して、これまでもいくつかのリサイクル事例を有している。しかし、更なる用途拡大のため、厳しい条件である水深の深い場所で水中盛土の築堤材料として用いた場合の性能を確認する必要がある。室内規模での土層実験や一面せん断等の要素実験からだけでは、判断できない部分が多く、できるならば実規模実験を行うことが望ましい。

そこで、SVP脱水ケーキによる実規模の水中盛土実験を行い、地盤としての性能を確認することを目的として、当実規模実験を実施した。

4.2 実験場所

水中盛土実験は、福島第二原子力（作）内B沈澱池にて実施した。

4.3 使用した材料の粒度分布

今回、SVPに投入される前のスラリー槽から採取した泥水の粒度分布を図-3に示す。また、ダンプトラックで運搬されてきたSVP処理後の材料をサンプリングし、自然乾燥させた後、団粒化した部分を軽く手でほぐす程度に破碎し、ふるい分けを行った際の粒度分布を図-4に示す。これは水中盛土材とするために破碎した脱水ケーキの水中投入直前の粒度分布を示している。

4.4 実験方法と実験ケース

SVP脱水ケーキを盛土材料として有効利用する場合に、十分な仮置ヤードが確保できない施工環境を想定し、前日発生したケーキ約100m³を翌日まとめて搬送・投入する実験を行った。

脱水ケーキの投入・締固めは、無転圧ヤードと転圧ヤードを設け実施し、転圧の有無による盛土性状の違いを把握するものとした。以下に無転圧ヤードと転圧ヤードの施工方法を示す。搬送した脱水ケーキは、一旦実験ピット脇に仮置きし、それぞれ1日約50m³投入した。

転圧ヤード：

脱水ケーキをロングアームバックホウにより水中へ投下した後、随時、台船上から重錘を静的に下ろして載荷を行う。水位面以浅は、無転圧ヤード同様にバックホウの往来によるキャタピラ転圧以外の特別な転圧は施さない。

無転圧ヤード：

脱水ケーキをロングアームバックホウにて水中に盛りこぼすように投入し、最終仕上がり法面のみバケットで整形する。水位面以浅は、やむを得ず作用するバックホウの往来によるキャタピラ転圧以外の特別な転圧は施さない。

水中盛土試験ピットの転圧ヤード、無転圧ヤードの割付を図-5に示す。転圧ヤードの盛土断面図を図-6に示す。ここで、処理土の投入は道路側（図中右）からとした。

転圧方法は図-6に示す台船から吊り下げた重錘を上下動させて行った。転圧ヤードでの撒き出し厚さは、施工性および一般的な土工事における撒き出し厚等を勘案して50cm程度を目標とした。転圧ヤードへの投入は、ロン

グアームバックホウで転圧範囲に直接投入できる位置まで栈橋状に盛土を行い、SVP脱水ケーキを投入した。転圧範囲は、池内掘削部の法尻から奥行き 2.2m、幅 4.0m の範囲を転圧範囲とした。無転圧ヤードは、転圧ヤードに投入した土量と同じとした。

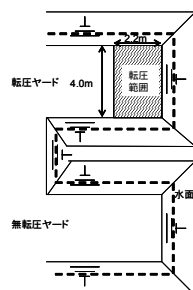


図-5 転圧・無転圧ヤードの割付け図

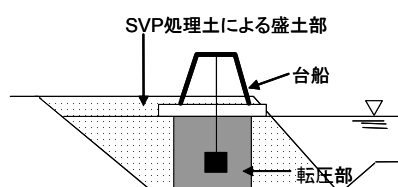


図-6 転圧ヤード盛土断面図

4.5 実験（盛立て）施工手順

図-7 に実験ピットの構築から盛土完成までの施工手順を示す。また写真-2 に盛立て状況を示す。

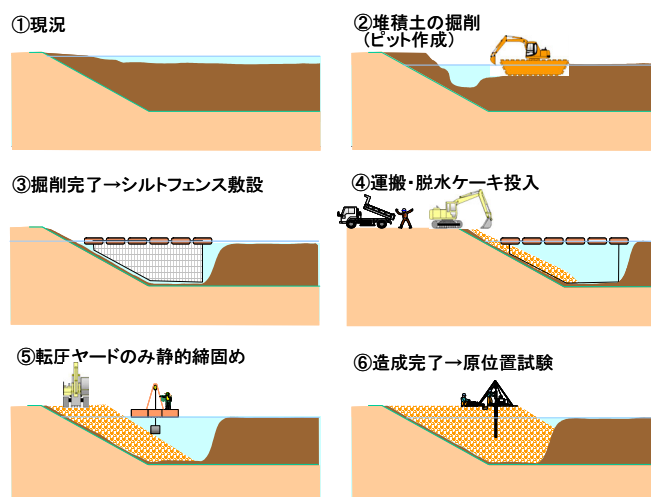


図-7 盛立施行手順

4.6 実験結果

盛土構築後、7日目に平板载荷試験を実施し、その後第1層投入から28日後（盛土構築後20日）にサウンディング試験（標準貫入試験、動的貫入試験）を行い、地盤強度の深度分布を調査した。

サウンディング試験は、平面位置を図-8 に示す転圧範囲の中心、および無転圧ヤードでは投入箇所の中心になる位置とした。深度方向は、盛立終了地盤面から1m深度までは、水面上での盛立てのため試験範囲から外し、1.1m～6m程度とした。また、簡易的にポータブルコーンによる貫入試験も実施した。

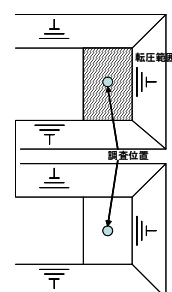


図-8 サウンディング試験位置

(1) 盛土構築7日後の強度について

若齢時の埋立地盤への車両進入の可否を検討するために、ポータブルコーン貫入試験、平板载荷試験を実施した。

①ポータブルコーン貫入試験

転圧ヤード、無転圧ヤードの栈橋状区間において試験を行った。栈橋状区間は、転圧ヤードではバックホウのバケット部での締め固めを行い、無転圧ヤードでは強制的な転圧は行わず、バックホウの走行のみで締め固められている程度である。

試験を行った地点の施工日から材令を算出し、材令とコーン指数の関係を図-9 に示す。また、建設機械の走行



写真-2 盛立状況

に必要なコーン指数を表-1 に併せて示す。

両ヤードでの施工法の違いの影響により q_c 値は若干転圧ヤードの方が大きくなっているものの5日程度経過した後であれば、転圧・無転圧に係わらず、ダンプトラックが走行可能となるコーン指数($q_c=1176\text{kN/m}^2$ 以上)が得られた。

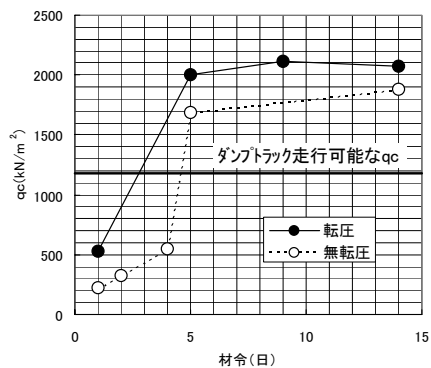


図-9 コーン試験結果

表-1 建設機械の走行に必要なコーン指数³⁾

建設機械の種類	コーン指数 q_c (kN/m^2)
超湿地ブルドーザー	196以上
湿地ブルドーザー	294以上
普通ブルドーザー(15t級程度)	490以上
普通ブルドーザー(21t級程度)	686以上
スクレーパー	588以上(超湿地型は392以上)
被けん引式スクレーパー(小型)	686以上
自走式スクレーパー(小型)	980以上
ダンプトラック	1176以上

(2) 1ヶ月および6ヶ月経過後の地盤強度

第1層盛立てから1ヶ月後(盛立て終了後20日)および6ヶ月後の地盤強度を測定するためにサウンディング試験(標準貫入試験, 動的貫入試験)を実施した。

図-10 に転圧・無転圧ヤードそれぞれの試験結果を示す。N値は標準貫入試験の結果, Nd値は動的貫入試験の結果を示す。

1ヶ月後の無転圧ヤードでのNd値は, 深度方向でNd=3程度とほぼ一定であるが, 転圧ヤードでは深い位置(5m~6m)でNd値が5ないし6程度まで上昇している。このことより深い位置で, 転圧の効果があるものと考えられる。

深さ3.0m~4.5mではNd値が無転圧ヤードに比べ, 転圧ヤードの方が同等程度から小さくなっている箇所があるが, これは投入前に浮泥を壺堀した際の上の部分にあたり, 下の部分と異なり拘束の効果も小さいゾーンであり, 転圧により繰り返しの現象を起こし, 強度が小さくなった可能性が考えられるが, 詳細は不明である。

深さ1m~2m区間では, 台船の底が着き, 転圧ヤードでも転圧しておらず, 両ヤードでの施工法の差異がないため同等程度のNd値, q_u 値を示している。

6ヶ月後のデータの比較では, Nd値については, 1ヶ月

月後に比べ転圧ヤードでは固くなる傾向があるものの, 無転圧ヤードではその傾向は見られない(上部では硬化傾向有り)。転圧ヤードでは, 繰り返すことにより低下した強度が再固結して増加したと考えられる。

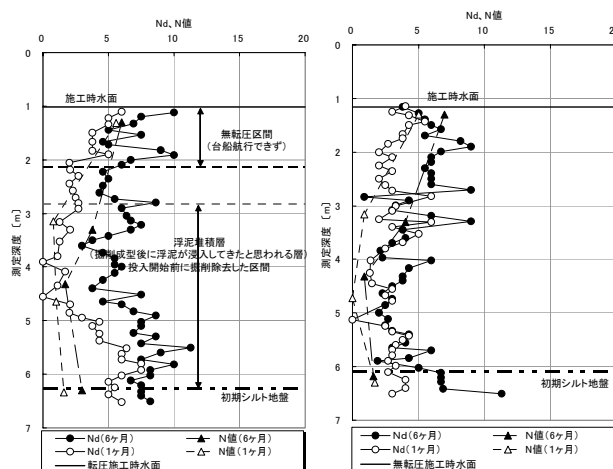


図-10 サウンディング試験結果

(左: 転圧ヤード, 右: 無転圧ヤード)

4.7 実規模水中盛土実験まとめ

SVP脱水ケーキにより構築された水中盛土は, 転圧・無転圧に限らずスレーキングによる強度低下は認められず, 地盤の硬さ, 締まり具合は増加する傾向にあり, 6ヶ月程度の耐久性には問題がないことが確認できた。

5. 室内実験

5.1 目的

水中盛土工法の基礎資料に資するために, SVP脱水ケーキの水中投入までの養生期間を変化させた室内実験を行い, 養生期間と盛土物性との関係把握を行った。

5.2 実験概要

(1) 使用底泥の土質について

使用した底泥は関門海峡の底泥であり, 実規模実験とは違う場所の底泥を用いた。室内実験で用いた底泥の粒度分布を図-11 に示す。

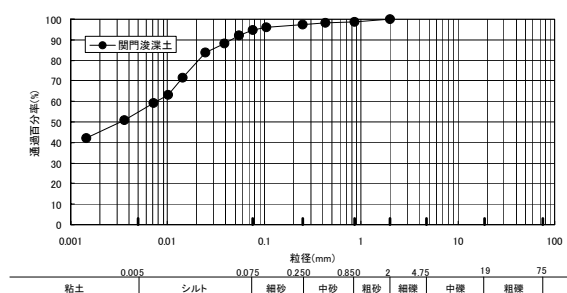


図-11 室内実験で使用した底泥の粒度分布

(2) 実験方法

底泥試料の含水比を約 300%に調整し、SVP小型脱水機を用いて脱水ケーキを作成した。SVP脱水時のセメント添加量は予め実施した卓上実験結果から泥水重量に対し5%とした。

SVP脱水ケーキを用い、水中投入までの養生期間を直後、1日、4日として試料を作成した。投入時の処理土の粒度分布を合わせるため、小型ミキサで気中養生後のケーキを攪拌解砕（練り返し）した。その粒度調整（練り返し）したものを水で満たしたモールドに投入し、湿潤密度 1.5g/cm^3 になるように突き固めた。作成した供試体は水中養生した。

5.3 実験結果

(1) 一軸強度試験

水中養生日数 28 日迄の強度変化を図-12 示す。ケーキ片をそのまま水中に養生（脱水直後に水浸）したものを針貫入試験機により強度測定したものを併記する。

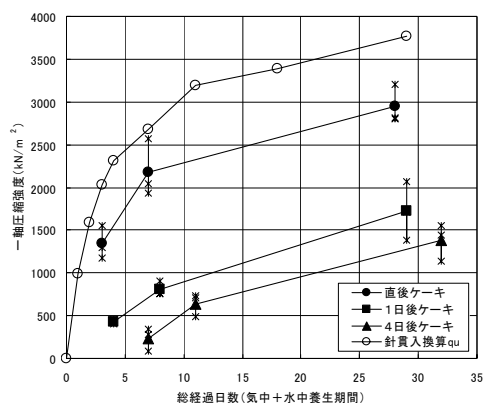


図-12 養生日数と一軸強度の関係

ケーキそのものの強度に比べ供試体にした時の強度は低くなった。これは練り返しによる強度低下であると考えられる。また、ケーキの気中養生日数の違いによる強度は、直後に供試体作成を行った場合の方が1日後ケーキ、4日後ケーキで供試体を作成したものより強く、気中養生日数が多い程強度が低いという傾向が見られた。これは、気中養生中に固化反応が進み、供試体として作成したときの個々の粒子の結合が弱くなったためと思われる。

この他に脱水ケーキ片そのものを気中養生日数を変化させてケーキ強度の確認を行ったが、ケーキ片そのものの強度は水浸するまでの期間を変えても変化は見られない結果となった。

(2) 透水試験

SVP処理土による水中盛土を行った場合の盛土の透水係数の把握のため 28 日水中養生後供試体での透水試験を

実施した。透水試験はアウトプット法で実施した。

図-13 に結果を示す。直後ケーキ（養生日数0日）の場合、2日間透水を実施しても通水しなかったため、便宜的に $1 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ にプロットした。この結果からもケーキの養生日数の増加により破砕したものの結合が弱くなり、そこに水みちを作り、透水性が大きくなったものと思われる。

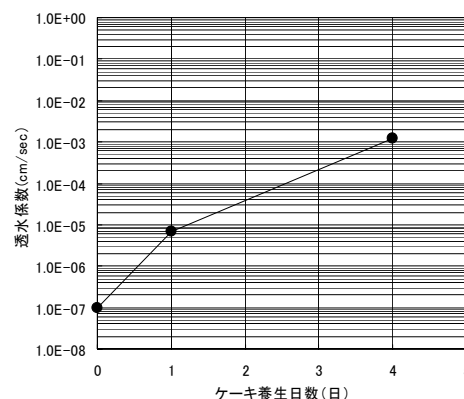


図-13 養生日数と透水係数の関係

5.4 室内実験まとめ

本室内実験では脱水ケーキを破砕して突き固めるという作成方法にて盛土（供試体）を作成した。

その結果、気中養生日数により強度や透水性に変化が見られることが確認でき、気中養生日数の管理により、所定の強度や透水性を持つ盛土を構築することが可能となることが確認できた。

6. おわりに

浚渫土の処分方法として、脱水して減容化したのちに盛土材料として有効利用する方法について、実規模の実験と室内実験を行い、真空加圧脱水装置（スーパー・バキューム・プレス：SVP）により処理された浚渫土が盛土材として有効活用できることを確認した。

謝辞：実規模水中盛土実験においては、東北支店福島第二（作）の諏訪所長（現土木営業第三部副部長）、内田所長、重藤主任（現北海道支店泊原子力堀株（作）土木課長）、他職員の関係各位に多大なるご協力をいただきました。末筆ながら謝意を表します。

参考文献

- 1) 東山茂：浚渫土砂の発生・処分の実態と今後の展望について、へドロ、No.90, pp.14-16, 2004.
- 2) 北詰昌樹：浚渫土の再利用技術，基礎工，pp.24-27, 2004.8.
- 3) （社）日本道路協会：道路土工施工指針，p.47, 1986.11.