

大林組技術研究所 正員 斉藤 二郎
 大林組技術研究所 〇正員 西林 清茂
 大林組技術研究所 正員 松尾 龍之

1. ま え が き

一般に浄水場の浄水処理過程で発生した大量の沈澱汚泥は山間の谷間、窪地あるいは掘削ピット内に投棄処分され、そのまま放置されているのが現状である。現在では、沈澱池内から取り出した汚泥そのものを処分することは少なく、薬品添加処理した後、真空脱水法で含水比低下をはかった上で処分することが多い。しかし、真空脱水されてもなお高含水で軟弱なヘドロ状であるため、最近では固結した土塊状に処理できるフィルタープレス法、焼結脱水法も試験的に使用されつつあるが、処理能力、コストの面に問題があり、大量の沈澱汚泥を処理するまでにはいたつておらず、真空脱水程度で処理されているのが大部分である。

ここに述べる浄水場発生汚泥地盤の改良試験工事は東京都水道水の3分の1を供給する朝霞浄水場から発生する汚泥に関するものであるが、この浄水場では真空脱水された含水比 $W=220\sim 280\%$ の汚泥を日産 200 m^3 も産出しており、附近の谷間に投棄処分していた。しかし、処分された汚泥は表面こそ天日で乾燥固結するが、 $0.5\sim 1.0\text{ m}$ 以深では長年月にわたつて軟弱な状態を続け、危険でもあり、一種の環境破壊にもつながる恐れがある。

筆者らは、この汚泥を土質工学的に検討した結果、通常の粘性土と同様の性質を示すことに着眼し、載荷圧密促進による土木的地盤改良工法が適用できると判断した。この実験工事は上記の土木的処理方法の可否を実際に確認するために実施したもので、汚泥地盤を木造家屋程度の宅地、公園、グラウンドなどに使用できる程度に改良する目標を達成することができた。

この方法は今回の浄水場発生汚泥のみに限らず、他の工法を併用することによつて、最近問題となつている各種の産業廃棄物“ヘドロ”処理に適用できる。現に数件の産業廃棄物処理計画を進めている。

2. 汚泥処理の基本的考え方

沈澱汚泥は河川水に浮遊する微細土粒子が主体であるが、土質試験の結果ではシルト、粘土等の粘性土に分類され、圧密特性も冲積粘性土と同等かそれ以上の値を示す。したがつて、粘性土地盤の改良に用いる地盤改良工法が適用でき、汚泥の場合には高含水であるので、載荷圧密促進工法が適当と考えられる。このような土木的処理方法であれば、大量の汚泥であつても処理でき、処理した跡地を有効利用できるので、利用価値の少ない谷間、窪地を処分地区に選定することによつて、土地造成する考え方も成り立つ。

産業廃棄物の中には有害物質を含むものもあつて地下水への浸透が懸念される場合もあるが、不透水性シート、連続止水壁の併用も考えられ、又、長期にわたつて汚泥処分する場合には、水平ドレーン層によつて処分中にも地盤改良を行なう考え方もできる。

3. 発生汚泥の土質工学的性質

沈澱汚泥は沈澱池から廃出された後、口過助剤処理として、酸処理、アルカリ処理を受けた後、真空脱水される。

3. 1 汚泥の鉱物組成

汚泥の組成鉱物を明らかにするために実施したX線分析の試験結果を表-1に示す。

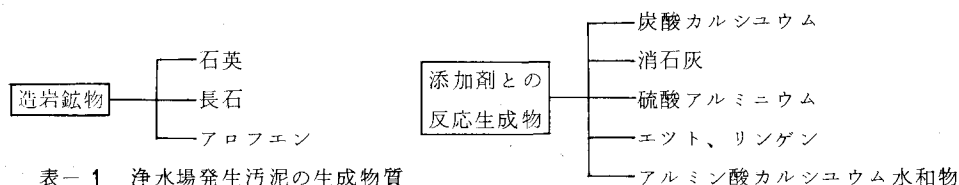


表-1 浄水場発生汚泥の生成物質

浄水場発生汚泥の中には土に由来する造岩鉱物と浄水処理過程で添加した消石灰、硫酸アルミニウムと土粒子との反応生成物の2種類があつた。

3. 2 汚泥の土質性状

汚泥を土質工学的に見れば、図-1に示すようにシルト・粘土分が主体でシルト以下が94%以上を占める。含水比は $W=220\sim280\%$ と高含水で液性限界 $LL=140\sim190\%$ 以上であり、非常に不安定な状態にある。圧密特性のうち、圧密係数は $C_v=2\sim3\times10^{-7}cm^2/sec$ 程度であり、冲積粘性土と同様の値を示し、圧密促進工法による地盤改良が十分可能である。又、圧縮指数 $C_c=1.7$ 、体積圧縮係数 $M_v=1\sim3\times10^{-7}cm^3/kg$ と、圧密沈下も大であると推測される。その他、三軸圧縮試験による強度増加率は $C_u/P=0.30\sim0.36$ であつた。

4. 試験工事

試験工事地区は平地を3~4m程度掘削し、周囲に高さ3m程度の築堤を行なつた面積 $5,800m^2$ 、汚泥投棄可能容量 $2,500m^3$ の規模であり、掘削敷下には不透水性の粘性土が分布している。試験工事の施工順序を図-3に示す。

4. 1 汚泥運搬と投棄方法

汚泥運搬は落泥、落水を防止した水密荷台のダンプトラックを使用した。施工地区内への汚泥投棄方法は、初期段階で汚泥の流動性を利用した自然流下方式、ついでクラムバケットによる移転を行なつた。

4. 2 汚泥地盤表層処理

約 $2,500m^3$ の汚泥投棄終了後、施工地区中央部を周囲より1.00~1.50m高めて表面を敷きならす作業をドラグライン装着の水陸両用車で実施した後、地盤改良用施工機械のトラフイカビリタイ確保のために、シート工法による地盤表層処理を行なつた。シート（引張り強度 $120kg/3m$ 巾）上へのまき出し土の第一層は層厚30cmの良質川砂として、再度同一シートを被覆し、サンドマットとした。その上に50cmの良質山土をまき出して地盤表層とした。なお、土砂まき出し作業は自重3t程度の小型ブルドーザーで行ない、さらに、サンドマット内には、排水機能を上げるために約10mピッチに $\phi 120mm$ の多孔集水パイプを設置している。

4. 3 地盤改良

試算によれば、汚泥地盤をこのまま放置した場合、圧密に数十年を要することになる。したがつて、圧密促進のために鉛直ドレーン工法を適用した。用いた工法はベ

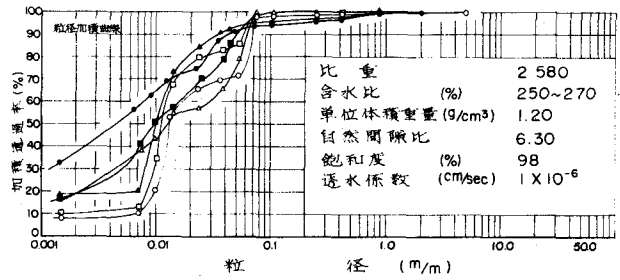


図-1 汚泥の粒度分布および土質性状

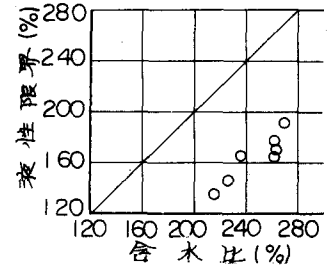


図-2 汚泥の含水比と液性限界の関係

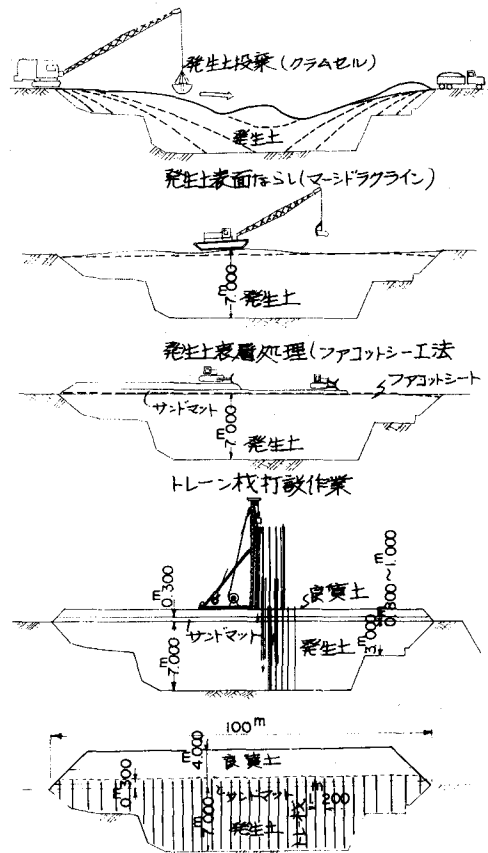


図-3 発生汚泥の土木処理施工順序

ーパドレーン工法に属するものであるが、ドレーン材が従来のパルプ製カード・ボードと異なつて耐酸、アルカリ、耐菌にすぐれた性質を有し、透水性能の良い高分子多孔質ドレーン材であり、打設方法も振動杭打複数打設方式のPVCドレーン工法である。鉛直ドレーンの仕用を表-2に示す。

ドレーン材の打設が終つた後、単位体積重量 $\gamma_t = 1.40 \text{ g/cm}^3$ の山土による高さ約4mの载荷盛土を約2ヶ月で実施した。圧密に伴う間隙水の排水は築堤に設けた盲暗渠を主体とし、施工地区中央に補助排水用の井戸（ $\phi 500 \text{ mm}$ の有孔塩ビパイプ）を設けた。

5. 試験工事結果

地盤表層処理時点で実施した地盤強度は一軸圧縮強度 $q_u = 0.05 \sim 0.1 \text{ kg/cm}^2$ と供試体成形可能限界の値であり、現位置試験であるオランダ二重貫式コーンペネトロメーターの値も図-4に示すように、コーン指数 $q_c = 0.8 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$ と小さい値であつた。地盤改良を実施し、盛土施工完了1週間後の施工中行なつた値は $q_c = 2 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$ であり、はやくも圧密改良効果が現われている。载荷圧密放置期間2ヶ月を経過した時点では、 $q_c = 3 \sim 4.5 \text{ kg/cm}^2$ とさらに強度は増加し、この時点で実施した一軸圧縮強度も $q_u = 0.36 \sim 0.4 \text{ kg/cm}^2$ であつた。なお含水比も $W = 130 \sim 180 \%$ 程度に低下している。

図-5は施工管理のために実施した圧密沈下量の時間経過を示したものであるが、理論曲線とほぼ似た形状で沈下が続けている。しかし载荷後2ヶ月経過時点でも、なお若干継続する傾向を示していることと、沈下量も計算値100cmに対し、80~100cmと若干小の部分もあることから原因を考えると、圧密沈下に伴う载荷盛土の地下水浮力による荷重軽減の影響であつたと考えている。

6. あとがき

公害問題に発展する恐れのある大量の汚泥処理も土木的に処理可能であることが確認できた。この実験にあつて協力いただいた東京都朝霞浄水場関係者に感謝の意を表します。

ドレーンピッチ	ドレーン長	本数	u=90%計算値
1.20m	4~7m	2910本	56日

表-2 PVCドレーン工法の仕用

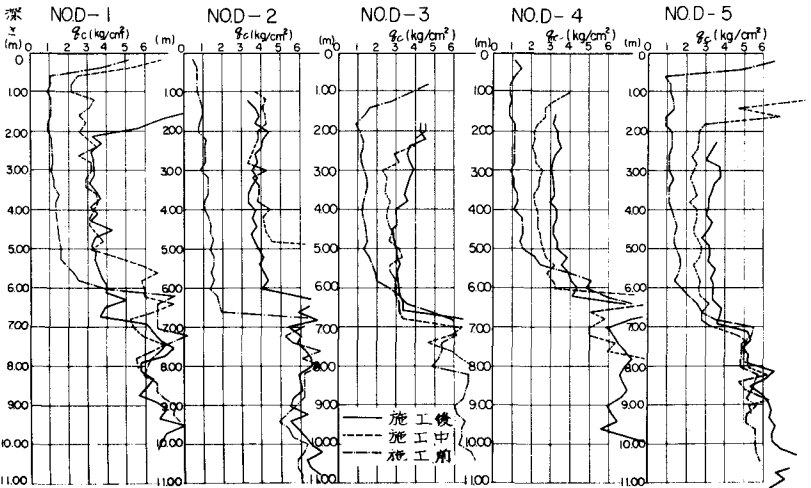


図-4 発生汚泥地盤の圧密改良強度（オランダ二重管式コーン）

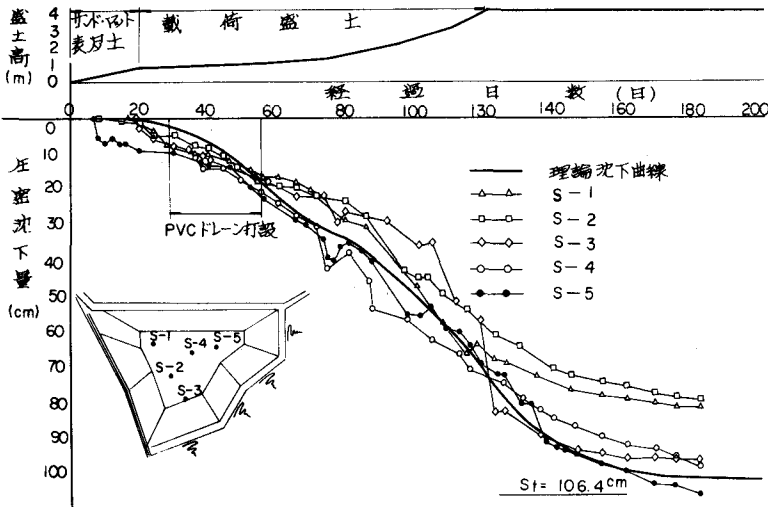


図-5 圧密沈下量 — 時間の関係