

東北大学 学生員・西村 修
正員 後藤 光範
学生員 越智 孝敏

1 はじめに

本報告は、上水汚泥の天日乾燥における重力脱水機構について、実験的に考察を加えたものである。

2 実験方法

実験に用いた試料は、岩沼市玉崎浄水場沉殿濃縮槽より採取した上水汚泥で、実験開始時の含水率は97.46%、粒子密度 $\rho_s = 2.5 \text{ g/cm}^3$ である。実験装置の概略図を図-1に示す。内径12cmのカラムに、材材として有効径0.84、均等係数1.0の砂を40cm充填し、上水汚泥は40cm打ち込んだ。カラム底部より、外径2mm、内径1mmのステンレス管を、砂層面より0, 0.5, 1.0, 3.0, 7.0cmの位置に先端がくるように設置した。これを用いて、汚泥内部の圧力水頭を小型圧力変換器で検出した。また、汚泥打ち込み直後、外部より磁力により固定したマーカー（直径約5mmの球状のウキに針金を取り付け、汚泥の比重に近づけたもの）を適当な位置に配置し、作用している磁力を切った。このマーカーは、汚泥の濃縮につれて汚泥の固相成分とともに移動する。これにより汚泥の固相成分の動きが求められる。

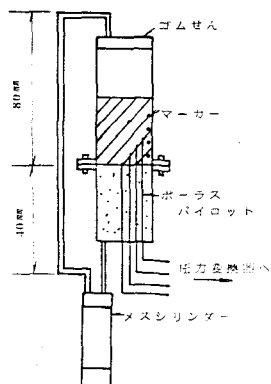


図-1 実験装置概略図

3 実験結果及び考察

重力脱水中の水面、汚泥界面、及びマーカーの位置より求めた汚泥固相の移動状態の実測例を、図-2に示す。この図より、下方の汚泥は比較的短時間うちにかなり脱水されることがわかる。上方の汚泥は沈降により濃縮し上澄水が生じていることから、約20時間過ぎまでは固相と液相の相対速度によって液相は上向流を生じており、脱水では下向流が生じることを考えれば、脱水は進行していないといえる。このことを明確にするために、図-3にマーカーにはさまれた部分の層厚の変化を示す。縦軸は初期層厚で仕巻の時間の層厚を除いたひずみ量をとっている。マーカーは、初期状態での4.5cm②、9.5cm⑤、21.2cm⑥、25.5cm⑧、35.4cmである。これにより、鉛直方向の濃度の度合いの違いがより明確になる。たとえば、ひずみが50%になるまでの時間を比較すると、砂面マーカー①の層で約2時間マーカー①-②の層で8~9時間、マーカー⑤-⑥の層で約43時間となり大幅に異なる。また、最下層の曲線は、他の曲線に比較して急激にひずみが大きくなり、このことから砂面近くの汚泥の脱水言い換えれば空隙率の減少が透水性(ろ過速度)に及ぼす影響を及ぼすといえる。図-4には図-3及び初期含水率、粒子密度より求めた空隙率の時間的変化を示す。初期空隙率は0.990である。また、各時間での空隙率の曲線は、図-3の層厚の変化に基に算定している。この曲線群は下に凸の形を示し、圧縮性

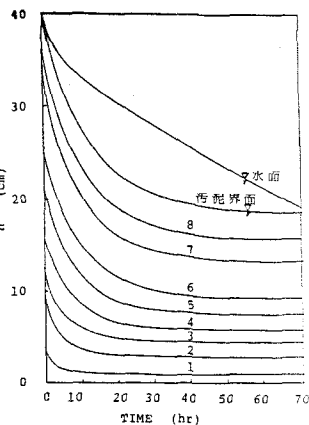


図-2 脱水曲線と固相の動き

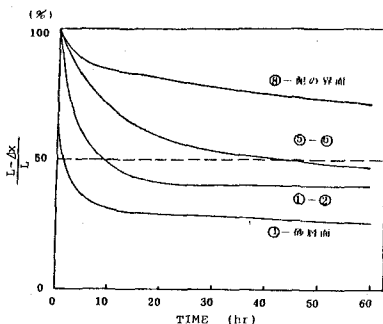


図-3 各層のひずみの変化

汚泥の特徴を表わしている。空隙率は砂層近くで、0から5時間の間に急激に減少している。その間の上方の汚泥の空隙率は、初期空隙率にほとんど等しく近似でき、脱水の機構から考えると下方の汚泥の抵抗に對し上方の汚泥はハットとして働いているといえる。

図-5は、砂面上0, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0の点で汚泥中の間隙水圧を測定した結果をもとに、水面で圧力0の点となめらかに結び汚泥中の間隙水圧の分布を推定したものである。砂層内の圧力は、 $H=0\text{ cm}$ の間隙水圧を測定したデータでは、かなりの時間経過してもとはならず、砂層の抵抗は無視できないことがわかる。図中点線を描いた曲線は汚泥の全圧力(汚泥の増加重量)を表わしている。初期状態で間隙水圧の分布は、ほとんど全圧力分布に一致している。最底には、自重による沉降濃縮によっても有効応力は生じるが、その後時間の経過とともに点線と実線が離れる部分が上方へ移動している。全層が有効応力を無視できなくなるのは、46時間前後である。この図より近似的に汚泥内部では有効応力を無視できる領域と無視できない領域に分けよとができると考える。

図-6は有効応力 $(1-\varepsilon)$ 及び、全圧力をパラメータ $W(=\int_0^x (1-\varepsilon)\rho d\alpha)$ 排水面で $W=0$ 、汚泥表面で $W=1.03$)を用いて表わしたものである。全圧力($W=0.2150$)の曲線が0~5時間ではほとんど変りしないのは、初期にこの位置にあった汚泥より上方の汚泥の全質量は変化しないことを示している。汚泥内部で固相と液相の相対速度が0となる点を境界として、それより下方では脱水が進行し、上部の汚泥は脱水されない。有効応力は時間の経過とともに全圧力に近づくが、全圧力は時間とともに減少する結果有効応力も減少する。すなわち、脱水初期では、有効応力の増加に伴ない $(1-\varepsilon)$ も増加している。しかし、時間が経過するにつれ有効応力が減少しても $(1-\varepsilon)$ は増加する現象が見られる。一般に有効応力と $(1-\varepsilon)$ は正の相関をもち固相にかかる応力に對応して空隙率は変化すると考えられるが、実験結果をこの関係では説明できない。現在検討中である。

図-7は以上のデータをもち、Kozeny型で表わした空隙率と透水係数の関係と直線に近似できることがわかった。

4 おわりに

上汚泥の重力脱水過程の機構は非常に複雑であり、より脱水を進行させるための有効な改善方法を見出すために現象を数式化して表現することを、今後検討していきたい。最後に、実験等に協力して頂いた、松原国治、佐藤誠(東北大学大学院生)に感謝の意を表す。

参考文献) 楠田、古賀、栗谷「汚泥の沉降濃縮に関する研究」土木学会論文集第294号

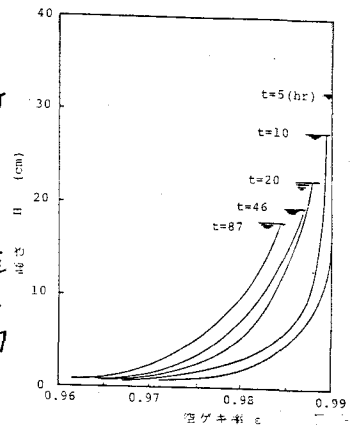


図-4 密度分布

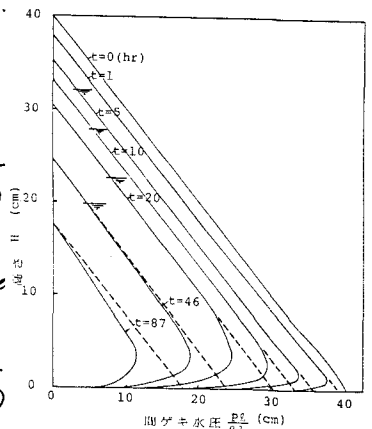


図-5 間隙水圧の分布

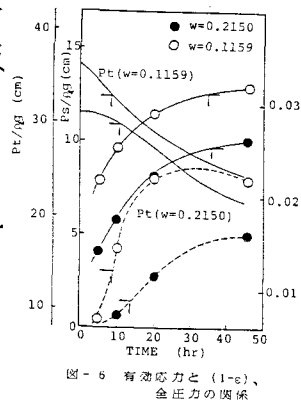


図-6 有効応力と $(1-\varepsilon)$ 、全圧力の関係

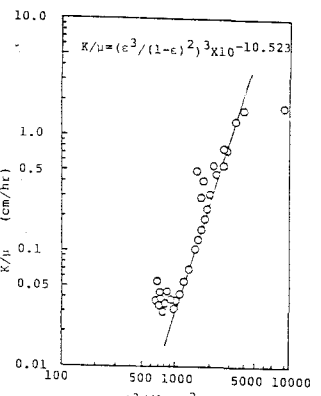


図-7 透水係数と密度の関係