

汚泥の圧搾脱水過程の数値解析

九州工業大学 学生員 ○大上 勉

九州工業大学 学生員 顧納新

九州工業大学 正会員 藤崎一裕

1. はじめに

下水処理や産業廃水処理で生じる汚泥は産業廃棄物の4割以上を占めるため、その効率的な処理は重要な課題である。本研究では独自に開発した装置を用いて水分率が非常に高い汚泥の脱水過程に対する解析を行った。

2. 実験方法

図1に実験装置の概略を示す。まず図2に示されているセルC内に汚泥試料を投入して密封する。次にコンプレッサーからの圧搾空気を減圧弁Vpでそれぞれ所定の圧力に調圧してセルCに流入する。そして、装填した試料が空気圧により加圧脱水されていく過程をメスシリンダーに蓄積される濾液量の増大過程として電子天秤とコンピューターとの自動計測システムで記録した。試料には北九州市のH浄化センターで採取した濃縮余剰汚泥を用いた。

3. 圧搾脱水過程の解析

初期濃度が非常に低い場合の脱水過程を次の2つの段階に分けて取扱う。（図3参照）

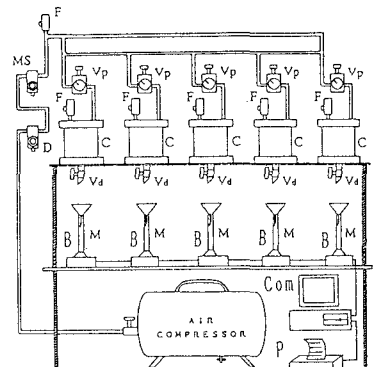
第1段階：ケーキの比抵抗はケーキの厚さに比例し、凝集体の圧縮は無視できる。第2段階：ケーキを構成する凝集体の圧搾により比抵抗が増加する。第1段階はいわゆるRuthの手法がそのまま適用され、第2段階では非線形圧密の理論による解析が可能である。

この解析法では粒子に有効応力が作用しはじめるときの濃度（ $1 - \varepsilon_*$ ）の決定が重要である。この値を以下の2つの式により求めた。

$$\int_0^x (1 - \varepsilon_*) dx + (h - x_*)(1 - \varepsilon_0) = H_0(1 - \varepsilon_0) \quad (1)$$

$$\frac{dh}{dt} = u = -\frac{1}{\mu} K(\varepsilon_*) \frac{\Delta P}{x_*} \quad \Delta P: \text{圧搾圧力} \quad (2)$$

(1) は汚泥粒子の保存則、(2) 式はケーキ部に Darcy



D: ドレインキャッチ MS: ミストセパレータ F: フィンガバルブ
Vp: 減圧弁 C: 加圧脱水装置 Vd: 脱水用バルブ
M: メスシリンダー Com: コンピューター B: 電子天秤
P: プリンター

図1 圧搾脱水試験機

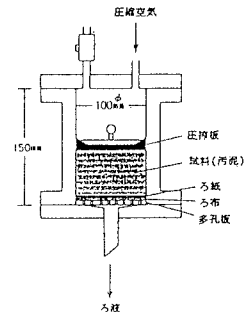


図2 加圧濾過容器

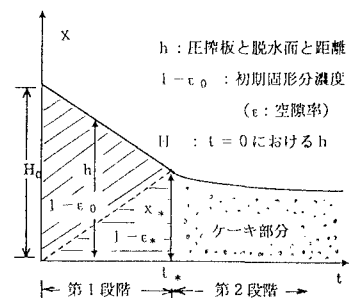


図3 座標系

キーワード：下水汚泥、Ruth の定圧ろ過の式、圧密脱水の理論

連絡先：〒804 北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel.(093)884-3000 Fax(093)884-3100

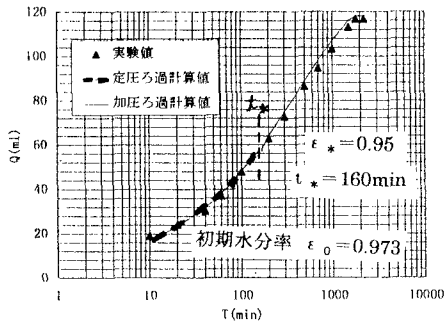


図 4-1 圧搾脱水過程（圧搾圧力 $P_s=0.2\text{kgf/cm}^2$ ）

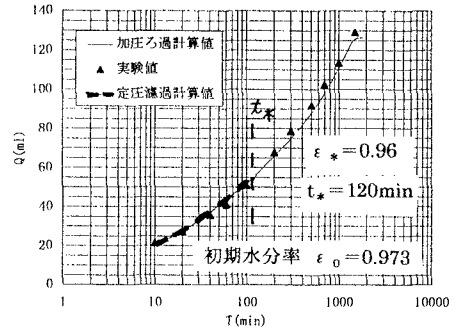


図 4-2 圧搾脱水過程（圧搾圧力 $P_s=1\text{kgf/cm}^2$ ）

則を当てはめたものである。（１）、（２）式を連立させて図 3 の ε_* と x_* を求めた。

4. 解析結果

図 4-1～図 4-3 にプロットした点は圧搾脱水過程の進行にともなう排出液量の増加過程を表わす。この実験結果から Ruth の式の成立範囲 t_* を推定して ε_* を決めた。

$0 < t < t_*$ の区間に Ruth の定圧濾過の式

$$\frac{t}{Q} = \frac{Q}{K_R} + \frac{2Q}{K_R} \quad K_R, Q_0 : \text{定数} \quad (3)$$

上式において Q_0 は濾材抵抗に等しい抵抗を示す仮定のケーキを形成するに要する濾液量である。また、 K_R は Ruth の定圧濾過係数と呼ばれる。

$t > t_*$ の区間にケーキの圧縮性を取り入れた次の式¹⁾

$$\left(\frac{\partial P_x}{\partial t} \right) = - \frac{\rho_s (1 - \varepsilon)^2}{d\varepsilon/dP_s} \frac{\partial}{\partial w} \left\{ \frac{K}{\mu} (1 - \varepsilon) \rho_s \frac{\partial P_x}{\partial w} \right\} \quad (4)$$

上式において P_x : 過剰間隙水圧 P_s : 有効応力 w : ケーキ質量

を用いて計算した結果を図 4-1～図 4-3 に示す。（透水係数は Kozeny-carman の式を仮定した。）また、（４）式において、

$$1 - \varepsilon = a P_s^b, \quad a = 0.21 \quad b = 0.24 \quad (5)$$

であり、（５）式の a 、 b の値は圧搾終了時の有効応力と空隙率の関係から求めた。

なお、厳密には脱水開始段階から濾布近傍ではケーキが圧縮されていることが考えられるが、この方法では取扱いを簡便にするために $\varepsilon > \varepsilon_*$ の時の圧縮性を無視している。しかしながら、図 4-1～図 4-3 に示されているように、計算値は実測値を満足できる程度に再現している。このことから、数値計算を定圧濾過と圧搾脱水の２段階に分ける手法が十分有効であると考えられる。ただし、計算数が少ないために ε_* の値についての一般的な結論が得られなかった。

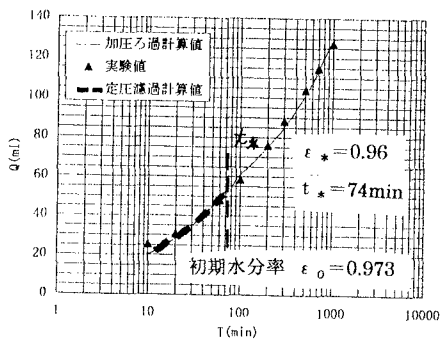


図 4-3 圧搾脱水過程（圧搾圧力 $P_s=2\text{kgf/cm}^2$ ）