

VII-244

真空脱水過程に関する基礎的検討

九州工業大学 学生員 ○大上 勉

九州工業大学 正会員 藤崎 一裕

1. はじめに

本研究では、真空脱水の速度過程を調べ、その数式モデルについて検討した。真空脱水は、脱水装置内の圧力を下げることによって生じる圧力勾配を利用するものであるが、本研究では吸引圧に相当する空気圧をかけることによって生じる圧力勾配を利用して現象の解析を試みた。

2. 実験方法

図1に示すように内径11mm（内面積 $A=0.95\text{cm}^2$ ）の亚克力パイプに試料（硅砂粉平均粒径約 $6\mu\text{m}$ を水に混ぜたもの）を所定の長さ（ $L=5, 7, 10\text{cm}$ ）に充填し、空気圧（圧力 $=0.1, 0.2, 0.3, 0.4\text{kgf/cm}^2$ ）により脱水を行い、時間の進行に伴う脱水液量の増大過程を調べた。

この現象の特色は、脱水のための圧力は一定であるが、この圧力が常に充填層内の流体に作用し、圧力が作用する区間（図1の L ）が脱水の進行とともに減少して、最終的には層内の液体の大部分が空気により押し出されることである。

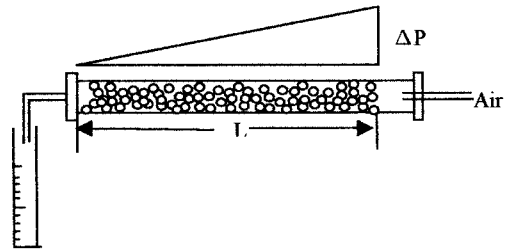


図1 脱水試験装置

3. 実験結果

実験結果の一部を以下の図2、図3に示す。

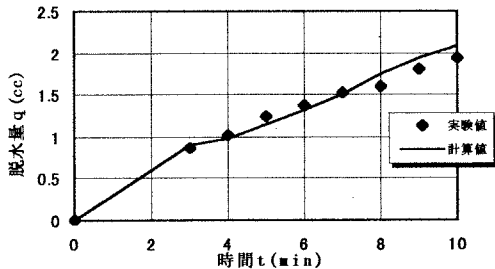


図2 脱水過程（7cm, 0.2kgf/cm²）

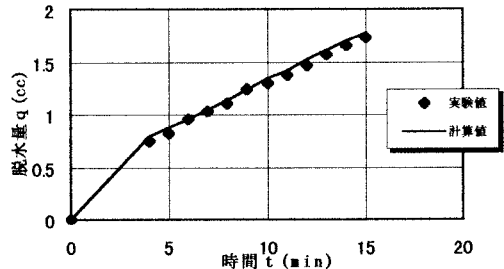


図3 脱水過程（7cm, 0.1kgf/cm²）

図2、図3は時間の進行に伴う排出液の増大過程を示している。図中の曲線は理論的予測値で、その求め方を次に示す。

4. 脱水過程の解析

流速と圧力勾配との間にはDarcyの式（1）を仮定する。また、排出液量 q と液残留長さ L との間には式（2）が成り立ち、流速（空塔） u と排出液量 q との関係は式（3）のようになる。

$$u = \kappa \Delta P / L \cdots (1) \quad q = A \varepsilon (L_0 - L) \cdots (2) \quad Au = dq / dt \cdots (3)$$

ここで、 u ：排出流速（cm/s）、 q ：排出液量（cc）、 κ ：透水係数（ $\text{cm}^3/\text{s/g}$ ）、 ΔP ：空気圧（ dyne/cm^2 ）、
キーワード：真空脱水、Darcyの式、kozeny-Carmanの式

連絡先：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1 TEL：093-804-3106 FAX：093-884-3100

L ：脱水が進行中の充填層含水部の長さ（cm）、 A ：充填層の断面積（ cm^2 ）、 ε ：空隙率である。以上の式（1）、（2）、（3）より

$$-\frac{dL}{dt} = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \kappa \Delta P \cdot \frac{1}{L} = \kappa' \frac{1}{L} \dots (4)$$

$$\kappa' = \frac{1}{\varepsilon} \kappa \Delta P \dots (5)$$

式（4）を積分して、

$$L^2 = L_0^2 - 2\kappa't, \quad L = L_0 \sqrt{1 - 2\kappa't/L_0^2} \dots (6)$$

この式（6）の関係をグラフにしたものが以下の図4、図5である。

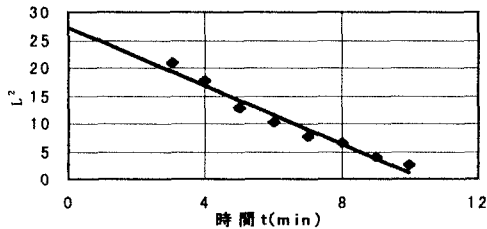


図4 t と L^2 の関係（7cm, 0.2kgf/cm²）

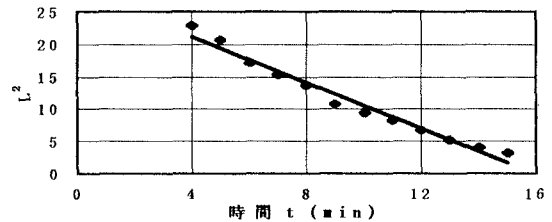


図5 t と L^2 の関係（7cm, 0.1kgf/cm²）

式（6）を式（2）に代入して、流出流量を与える式（7）が得られる。

$$q = A\varepsilon L_0 \left(1 - \sqrt{1 - 2\kappa't/L_0^2} \right) \dots (7)$$

ここで、透水係数に Kozeny-Carman の式（8）を用いると、式（9）が得られる。

$$\kappa = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1}{5S_v^2} \cdot \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2} \dots (8)$$

$$\kappa' = \frac{1}{\varepsilon} \kappa \Delta P = \frac{\Delta P}{\varepsilon} \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1}{5S_v^2} \cdot \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2} \dots (9)$$

よって、式（9）中の物理量が与えられると式（7）より脱水過程の予測が可能となる。図2、図3に示しているように式（7）で求めた脱水過程は実験値をよく再現しており、この解析法が現象解明の第一段階として有効であることを示している。一方、実験により q と t の関係が分かるとこの試料の透水係数や平均径などの物理量の推定が可能となる。本実験の場合、珪砂粉末試料（平均粒子径 $6 \mu\text{m}$ ）についての12回の実験結果から平均径を逆算すると $6.99 \mu\text{m}$ （標準偏差 $0.54 \mu\text{m}$ ）となり、ほぼ妥当な結果が得られた。

5. 脱水平衡時のケーキ水分率について

実験条件の変化に伴う実験終了時（脱水平衡時）のケーキ水分率 ε_∞ の違いを図6に示す。図6より、圧力 ΔP 増すと空気と入れ替わらずに残っている水の部分が少なくなることが分かる。また、 ε_∞ は試料の初期長さ L_0 の影響はあまり受けないことも示されている。

今後は類似の実験を試料などの条件を変えて多数行い真空脱水過程の様子をさらに調べる必要がある

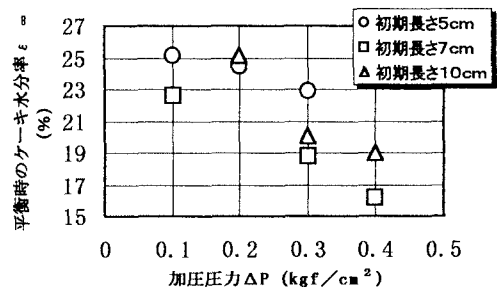


図6 実験条件による ε_∞ の変化