粒子層の脱水操作に関する研究

森 英 利*
Hidetoshi MORI

1. 研究を始めた動機

私は、修士課程まではろ過・圧搾を中心とした固液分離の研究を行っている白戸研究室において、唯一の固気系のテーマすなわち粒子充てんフィルターを用いたエアロゾルの捕集に関する研究に従事しておりました。しかし、データの蓄積ばかりで大きな成果を得ることができず、学位論文のテーマとしては研究室として最も実績のある固液系のテーマに変更することを余儀なくされました。

当研究室におけるろ過・圧搾の研究は進んでおりますが、その後処理としても重要な過ケーキの洗浄、脱水についてはほとんど理論的な取り扱いがされておませんでした。そこで、これまでの研究の中で粒状層、特に充てん層内の液流れ、気液二相流れに興味を持っておりましたので、論文のテーマとして粒子層の脱水操作を選ぶことにしました。

2. 研究の進め方

脱水操作の理論的な取り扱いに関しては、従来より2つの大きな問題が考えられております。その1つは最終の脱水平衡状態における粒子層内含液率分布、他の1つは脱水過程すなわち脱水量および層内含液率分布の時間変化の問題です。脱水平衡からは、理論的に脱水操作に必要な推進力や機械的脱水法によって達成できる最小含液率を知ることができ、また脱水過程の解析からは、脱水操作の設計やそのスケールアップの方法についての指針を得ることができます。これまで粒子層の脱水操作に関する理論的な研究はきわめて少なく、脱水過程における層内含液率分布などについては、その取り扱い法が皆無であり、また脱水の方式によっても、平均含液量の解析方法も異なっております。そこで本研究では、まず重力脱水過程における粒子層内部の脱水機構の詳細な理論的・実験的解析方法を与え、これを脱水の一般的解析法

の基礎として、工業的に広く利用されている通気脱水並びに遠心脱水過程の解析に適用することを主たる目的としました。

3. 主な成果

論文の構成は次の通りです。

- 第1章 粒子層の脱水操作に関する既往の研究
- 第2章 粒子層の毛管ポテンシャル曲線
- 第3章 粒子層の重力脱水過程の推定
- 第4章 粒子層の通気脱水過程の推定
- 第5章 粒子層の遠心脱水過程の推定

重力脱水過程は、通気脱水や遠心脱水など工業的に広く利用されている脱水操作の設計に対し多くの指針を含むにもかかわらず、脱水量や含液率分布についての理論的な取り扱いについて不十分な点が多く残されています。本研究では、重力脱水における層内部のより簡便な脱水機構の解析法を得るために、粒子層内を流下する液が毛管液と不飽和域の粒子表面を膜状を成して流下する

Fig.1 Time changes in S-distribution
(Gravitational drainage)

昭和57年3月30日受付

*名古屋大学工学部化学工学科(〒464 名古屋市千種区不老町)
TEL 052-781-5111

Fig. 2 Time changes in S-distribution
(Air blow drainage)

Fig. 3 Time changes in S-distribution
(Centrifugal drainage)

膜流れ液とから成ると考え、脱水速度に及ぼす膜流れの影響を実験的に補正して脱水量の推定式を導きました。また、粒子層の空隙構造を種々な管径の毛細管群で表し、各毛細管内を流下する液も毛管流れ液と膜流れ液から成ると考えれば、飽和度 S なる断面の液面降下速度は、その断面内に存在する膜流れ液量に相当する飽和度 ΔS だけ S よりも小さな値 $S' (= S - \Delta S)$ に対応した毛細管内の毛管流れ速度で近似することができ、各毛細管内における液面降下を逐次計算してゆくことにより、任意時間の層内含液率分布が、毛管上昇高さ VS 、飽和度の関係を用いて求めることができます (Fig. 1)。この解析法

によれば、粒子層内含液率分布および脱水量の時間変化や平均残留平衡飽和度が簡単に、しかも精度良く推定することができます。

通気脱水機構は他の脱水法と異なり、粒子層内を流れる気液二相流の問題と考えられ、その取り扱いが容易ではありません。一般に粒子層にある値以上の通気圧を作用させると、Fig. 2 のように脱水開始後間もなく粒子層内から飽和液面が消滅し、含液率分布は徐々に減少してゆき遂にはある最終の平衡分布に到達します。この含液率分布の時間変化は、層内の圧力降下の影響が比較的小さい場合には、脱水速度に及ぼす空気流の影響を空気圧の存在を考慮して粒子層の仮想高さで表し、重力脱水過程の推定法を拡張して求められます。充てん粒子がより微細となると、脱水速度に及ぼす層内の圧力降下の影響が著しくなりますが、この場合にも、脱水平衡時の層内空気圧分布が既知であれば、この推定法が適用できます。また通気脱水による最終含液率分布は、平均残留平衡飽和度の測定から通気脱水と重力脱水における最終脱水量の差を補正して重力脱水層の最終分布曲線 (毛管ポテンシャル曲線) から近似的に推定でき、この近似曲線は通気脱水過程推定の計算データとして使用できます。

遠心脱水過程においては重力脱水におけるよりも膜流れの影響が著しいが、この影響を考慮して粒子層を毛細管群で表し、各毛細管の遠心効果の最終値で重力脱水時の最終含液率分布の値を除けば、遠心場での最終含液率分布が定まります。この最終分布を用い、脱水の推進力が重力脱水の場合より初期遠心効果倍だけ増加するとして飽和度 S なる断面の液面降下速度を求めれば、任意時間の層内含液率分布が Fig. 3 のように定まります。

4. 研究を終えて

本研究で得られた結果は、脱水操作のみならず、毛管上昇現象の関与する粒子層内の一般の流れにも適用ができるものと考えております。そして現在、これらの知見を基にして、気液並流充てん層内の局所的な液滞留率分布の測定を行い、またヒートパイプや太陽熱利用海水淡水化装置などに広範に利用されているウィック内の透水流れに適用し、これらのプロセスについての考案や改良における現象の予測を行っております。

(学位授与は1981年11月名古屋大学)