

大阪産業大学 菅原 正孝  
 村本建設(株) 堀中 俊治 ○北村 明洋  
 (株)ベストエンジニアリング 安部 雅彦 碓井 真理子  
 奥村組土木興業(株) 作原 陽一 瓜生 孝志  
 建設汚泥リサイクル研究会

## 1. はじめに

建設汚泥リサイクル研究会(民間7社)では、資源の有効利用と環境保全に寄与することを目的に、建設工事において発生する汚泥の処理、および脱水ケーキのリサイクルの調査、研究、開発を行っている。汚泥の処理は、移動式ベルトプレス型脱水機を用いて固液分離を行っている。この脱水機より発生する浮遊物質を含んだろ過液は、放流に際してときには排水基準内に治まらない場合も考えられる。そこで著者らは、ろ過液の処理対策としてクロスフローろ過法を用いて、ろ過液の浮遊物質の低減化を計るとともに、ろ過速度を向上させるために膜面を外部から打撃する方法(以下打撃法と称する)を考案し実験を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 実験概要

クロスフローろ過は、膜面に付着した粒子を管状膜内の流れ(掃流力)により除去し、高いろ過速度を維持しながらろ過を行うものである。この実験に用いたろ過膜は、木綿の不織布(80g/m<sup>2</sup>)であり、天然繊維のため起毛の発達した繊維間の空隙がろ過に有効に働き大きなろ過面積が期待できる。その反面、不織繊維は空隙内に入りこんだ粒子が取れ難く目詰まりは避けられない欠点を持ち、ろ過速度は時間の経過とともに急減する。このため、実用化にあたっては、大量の濁水を効率良く連続的に処理する必要がある。その一方法として打撃エネルギーによる膜面上および膜内に形成されるケーキ層、ゲル層の発達を抑制する実験を行った。

### 2.2 実験目的

- (1) 実験A 基本的な条件を設定し、打撃法がどの程度有効か確認する。
- (2) 実験B 打撃法による濁水処理が実用可能か確認する。

### 2.3 実験装置の構成

(1) 膜モジュールと打撃装置 図-1に膜モジュールと打撃装置の構成を示す。膜は、木綿の不織布を接着剤(シリコン系)で円筒形に接合して二重にしたもので、ろ布の支持体として外径にプラスチック製ネットを用いた。打撃装置は図-1に示すように回転運動を上下運動に変えるカムとおもり、および、面板

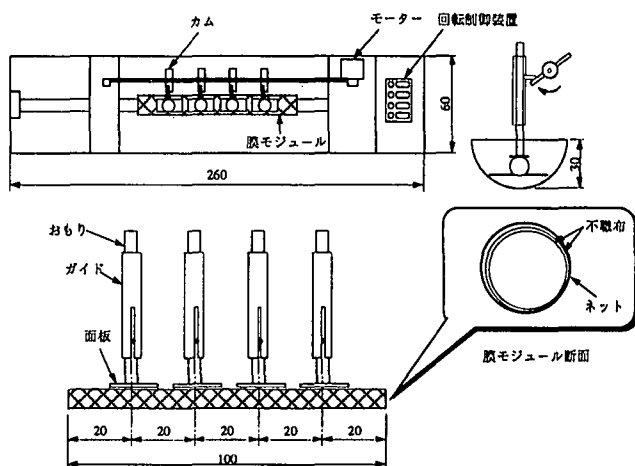


図-1 膜モジュールと打撃装置 (単位 cm)

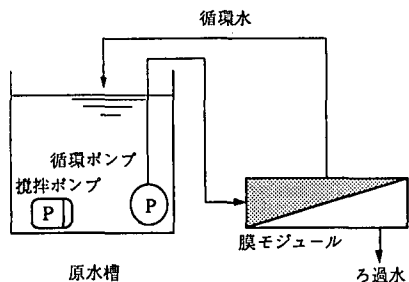


図-2 実験装置（実験A）

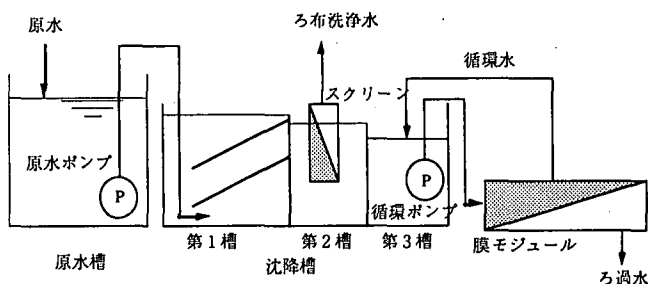


図-3 実験装置（実験B）

よりなる。

(2) 実験A 実験装置を図-2に示す。実験に供した膜モジュールは、直径60mm、長さ1mである。

(3) 実験B 実験装置を図-3に示す。現場への応用を想定して実験Aの構成に沈降槽を加えた。実験に供した膜モジュールは、直径40, 50, 60mm、長さ1mである。

## 2. 4 実験試料

(1) 実験A 試料はベントナイト（群馬産、250mesh）を用いた。

(2) 実験B 試料はベルトプレス型脱水機より排出した脱水ケーキを用いた。

## 2. 5 実験方法

(1) 実験A 原水槽内で初期濃度50, 100, 150mg/Lのベントナイト泥水を1m<sup>3</sup>作り、原水槽内を攪拌し、円筒内流速を各濃度とも24.8m/minで循環させた。また、凝集剤としてポリ塩化アルミニウム（PAC）2%溶液をそれぞれ0.4, 0.5, 0.65%添加した。打撃は、60回/min（15分経過後～）、100回/min（60分経過後～）、140回/min（120分経過後～）、180回/min（180分経過後～）、220回/min（240分経過後～）、260回/min（300分経過後～360分）とし、ろ過の運転時間は6時間とした。なお、実験中に原水槽のベントナイト泥水がなくなれば、初期濃度と同じ泥水を加えた。

(2) 実験B 脱水ケーキを原水槽内で初期濃度10000mg/Lになるよう調整し、図-3に示す沈降槽へ流した。膜モジュールへ流す沈降槽内は攪拌せずできるだけ土粒子を沈降させるようにした。打撃については、打撃回数を64～264回/minの範囲でランダム（ろ過速度の減少時：表-1）に増加させた。円筒内流速は、打撃を行わない場合は、直径40, 50, 60mmそれぞれ23.9, 30.6, 28.3m/minで、打撃を行う場合はそれぞれ31.8, 30.6, 24.8m/minで循環させた。

表-1 実験B打撃回数（回/min）

| 経過時間<br>直径 (mm) | 10 | 15 | 25 | 30  | 45 | 65  | 75  | 90 | 135 | 150 | 180 | 195 | 240 | 255 | 315 | 360 |
|-----------------|----|----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| φ40             | 96 |    |    |     |    | 144 |     |    |     | 192 |     |     | 終了  |     |     |     |
| φ50             |    |    |    | 72  |    |     |     | 96 |     | 120 | 144 | 192 |     | 216 | 240 | 終了  |
| φ60             |    |    | 64 | 120 |    | 192 | 240 |    | 264 |     |     |     |     |     |     | 終了  |

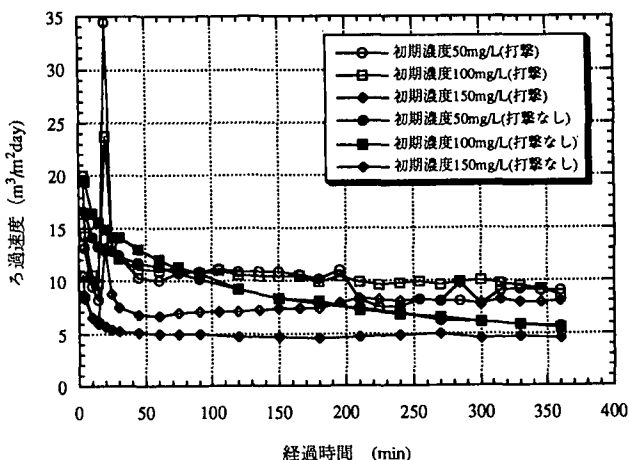


図-4 ろ過速度と経過時間の関係（実験A）

(3) 測定項目 ろ過運転中のろ過速度、ろ過液の濁度 (セントラル科学社製積分球式濁度計)、原水槽内の濁度を測定した。また、実験Aではろ布への土粒子の付着量も測定した。

### 3. 実験結果と考察

#### 3. 1 実験 A

ろ過速度の経時変化を図-4に示す。ろ過速度は、いずれもろ過初期の5~10分間で急激に減少する。打撃しない場合は、その後なだらかな減少を続け最終的に定常状態に達している。一方、打撃法の場合は、最初の打撃時 (経過時間15分後) にろ過速度の大きな回復があり、その後の周期的な打撃回数の増加にともない、ろ過速度の全体的な上昇を認めることができる。なお、不織布の不均質性に起因して、ろ過初期のろ過速度に若干のバラツキがみられた。

阻止率  $R$  を  $R = 100 (1 - C_p/C_b)$ 、( $C_p$ : ろ過水の濁度、 $C_b$ : 原水槽内の濁度) とした経時変化を図-5に示した。打撃法の場合においても阻止率  $R$  は、74~100%の範囲を示し、濁度はほぼ20mg/L以下であった。また、打撃によって、ろ布への土粒子の付着量の減少 (20~60%) がみられたことより、膜近傍に形成されるケーキ層、ゲル層の発達を抑制していることがわかる。

#### 3. 2 実験 B

この実験では、沈降槽により土粒子を沈降処理 (脱水ケーキは凝集剤がよくきいている) している。したがって、送る側の濁度も低くなっており (濁度100~200mg/L)、効率よくろ過ができた。これは、図-6に示すように打撃を用いた場合、しない場合に比べろ過速度が8~18倍に増加していることから理解できる。以上の実験結果より、打撃法はクロスフローろ過において管内の流れによる掃流力だけでは不十分な膜近傍でのケーキ層発達の抑制をよりおぎない、さらに膜の目詰まり防止にもある程度の効果があることがわかった。

#### 4. おわりに

打撃法を併用したクロスフローろ過法は、ろ過速度を高い状態に保ちながら連続ろ過が可能であることが確認できた。また、ろ過膜に不織布を用いたこともあり、ろ過液の清澄性が維持できた。今後、打撃法の適切な条件 (おもりの重さ、回数、落下高、打撃面の面積) を求め、ろ過のエネルギー消費をできるだけおさえる形のシステムを考えたい。

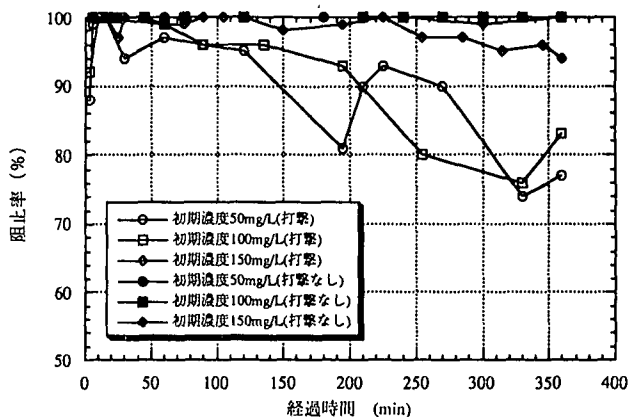


図-5 阻止率と経過時間の関係 (実験A)

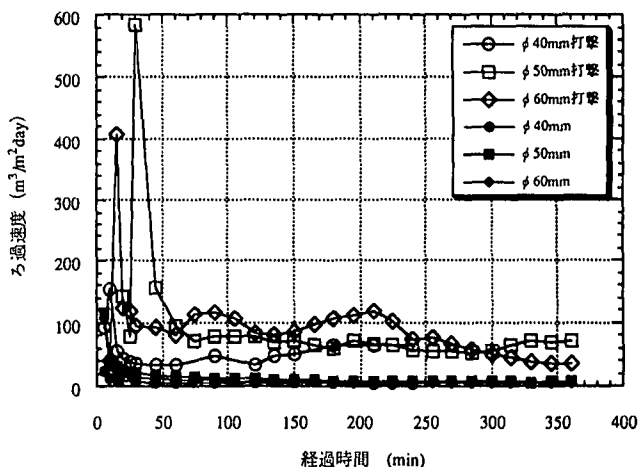


図-6 ろ過速度と経過時間の関係 (実験B)