

# 제지 슬러지 재활용에 의한 압착 탈수

## Study on the Expression Dehydration by recycling of paper sludge

조정원 · 조준형

강원대학교 제지공학과

### 1. 서 론

국내 제지 공장에서 발생하는 제지 슬러지는 지속적인 종이 시장의 증가로 인하여 매년 그 발생량이 증가하고 있는 추세이며, 현재 대부분의 슬러지들은 소각이나 매립의 방법으로 처리되고 있으며 소각시 발생하는 대기오염 문제와 매립시 수질 및 토양 오염 문제가 발생되어 슬러지 처리 방법에 대해서 많은 연구가 필요한 시점이다<sup>1,2)</sup>.

슬러지 처리 공정상에서 탈수 공정은 처리 비용이 클 뿐만 아니라 전체 공정중에서 중요한 공정중에 하나이다<sup>3)</sup>. 폐슬러지는 일부 재활용되는 것을 제외하고는 슬러지 무게에 따라 계산되어 처리되는데 이에 따라 처리업체에서는 슬러지의 부피 및 중량을 최대한 줄이는 것이 최대의 관심사이다<sup>4)</sup>. 그래서 본 연구에서는 경제적 가치가 없이 폐기되어 버리는 제지용 폐슬러지를 활용하여 환경소재로 사용될 수 있는 가능성을 부여함으로써 폐자원의 효율을 극대화할 수 있는 방법에 대해 검토하고자 한다.

### 2. 재료 및 방법

#### 2.1 공시 재료

본 실험에 사용된 슬러지는 화장지를 생산하는 G제지회사, 신문지를 생산하는 P제지회사, 판지를 생산하는 J제지회사의 슬러지를 채취하여 사용하였으며 슬러지의 성분은 Table 1과 같다.

Table1. TSS, VSS, FSS percent.

	TSS	VSS	FSS
Tissue paper	25,524	7,274.4 (28.5%)	18,249.6 (71.5%)
Newsprint paper	23,854	9,136.1 (38.3%)	14,717.9 (61.7%)
Board paper	24,952	8,857.9 (35.5%)	16,094.1 (64.5%)

TSS: Total suspended solid, mg/ℓ

VSS: Volatile suspended solid, mg/ℓ

FSS: Fixed suspended solid, mg/ℓ

## 2.2 실험 방법

### 2.2.1 첨가제 제조

지종별(화장지, 신문지, 판지) 슬러지를 건조 시킨 후 willy mill로 분말화 시켰으며 N&M KOREA사의 과립기 NMG 1L을 이용해 슬러지 분말을 과립형으로 제조하여 함수율을 측정하여 기밀용기에 저온으로 보관하여 첨가제로 준비하였다.

### 2.2.2 실험 장치

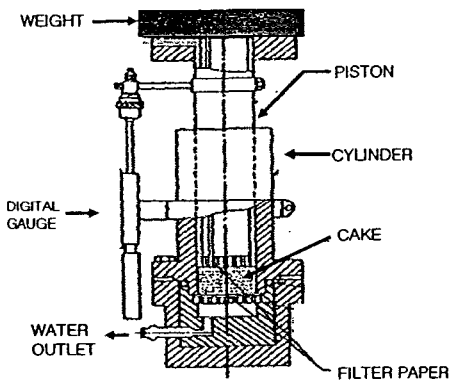


Figure.1. Schematic diagram of expression experimental apparatus

실험 장치의 개요를 Fig. 1에 나타내었다.

실린더안에 5%농도의 슬러리 100ml를 주입한 후 각각의 지중별 슬러리로 제조한 과립형 슬러지를 첨가하여 49~147kPa 으로 압력을 가하고 시간 변화에 따른 슬러리의 높이를 디지털 게이지로 측정하면서 케이크의 압축 상태를 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 첨가제 투입량에 따른 압착

슬러리에 과립형으로 만든 지중별 슬러지를 농도 대비 2, 5, 7, 10% 로 변화를 주어 여과 압착 진행도를 측정하였다.

Fig. 2 에서 볼 수 있듯이 화장지로 만든 첨가제를 5% 첨가했을시 압착 탈수 효율이 가장 우수하였다. 또한 빨리 이루어지는 것을 알 수 있었으며, 신문지나 판지로 만든 첨가제의 경우 7%로 첨가했을때 가장 빠른 압착 탈수가 이루어졌다. Fig. 3은 여과 기간의 종료시간 및 그때의 시료 두께를  $L$ 과  $\theta$ 의 관계로 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 실험초기에는 여과가 진행하다 일정 시간 이후에는 압착기간으로 진행함을 알 수 있었다.

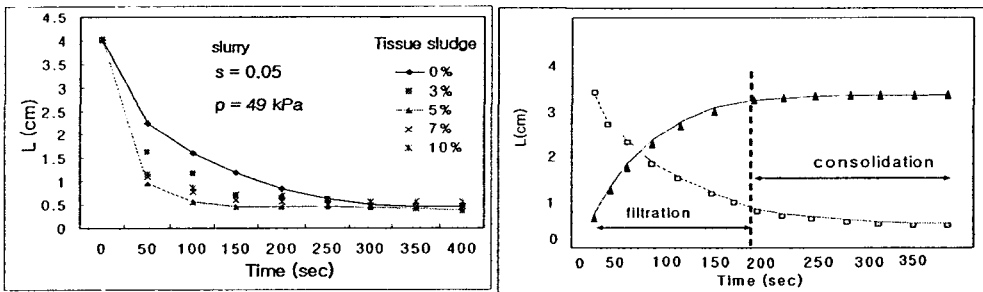


Fig. 2. effect of retention time on Fig. 3. filtration-expression of cake thickness of cake

#### 3.2 압력에 따른 압착 실험

압력 변화에 따른 압착 탈수 특성은 Fig. 4에 나타내었다.

화장지 슬러지로 만든 첨가제 투입량을 5%에서 압력 49, 98, 147kPa로 변화를 주

면서 여과 압착 실험을 행한 결과  $p=147\text{kPa}$ 에서 가장 빠른 압착 탈수가 이루어졌다. 이것은 압력이 커질수록 압착이 빨리 이루어짐을 알 수 있었다. 잘 이루어진다는 것을 알 수 있다. 그러나 일정한 시간이 지나면서 압력에 의한 압착의 차이값들은 점차로 줄어드는 것을 볼 수 있겠다.

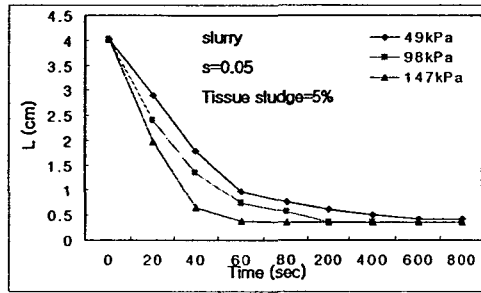


Fig. 4. Effect of each pressure on thickness of cake

### 3.3 압착에 따른 압밀비

Fig. 5는 시료에 첨가제 투입량을 변화시켜 구한 압밀비  $U_C$ 를  $i\sqrt{\theta_c}/\omega_0$  대해 표시하였다. 실선은 fitting method에 의해 결정한 수정압밀계수값을 이용한 이론치이다. 그림에서 알 수 있듯이 화장지 슬러지 첨가제 5%를 첨가 하였을 때 가장 우수한 압착 진행도르 나타내었다. Fig. 6은 과립형 슬러지 첨가제 양을 5%로 일정하게 하고 압력의 변화를 주어 측정된 그래프이다. 일정한 시간에서 압력이 증가할수록 압밀비 값이 증가함을 알 수 있었다.

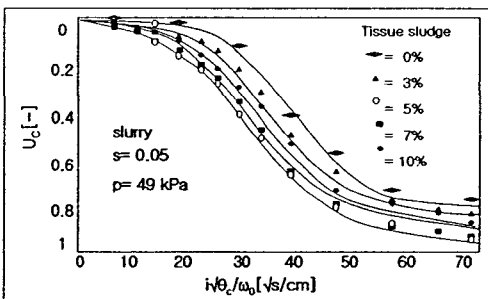


Fig. 5. Relation between  $U_C$  and additive dosage

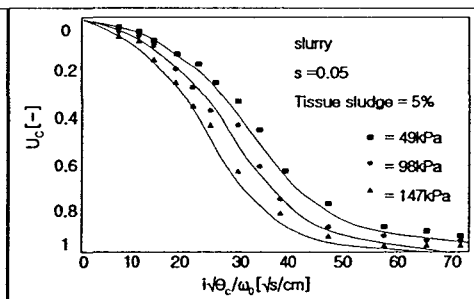


Fig. 6. Relation between  $U_C$  and each pressure

### 3.4 첨가제율에 따른 공극률

슬러지 과립형 Fig.7은 농도별로 주입하여 일정 압력하에서 압착 실험을 행하여 케이크내의 공극율 분포를 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 초기 상태의 압밀 기간에는 케이크 내의 공극률 값이 현저히 감소하나, 압밀 평형 상태에 이르게 되면 케이크 내부에 존재하는 수분이 점차로 탈수 되어 공극율 변화가 거의 일어나지 않는다. 따라서 압착 과정에서의 공극율과 함수율과는 서로 비례관계에 있다고 사료된다.

Fig.8은 압력 변화에 따른 공극율의 변화값을 나타내었다.  $p=147\text{kPa}$ 의 경우 공극율 감소율이 가장 높음을 알 수 있다.

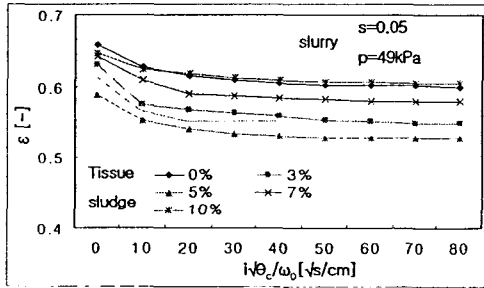


Fig. 7. Effect of additive dosage on porosity of cake

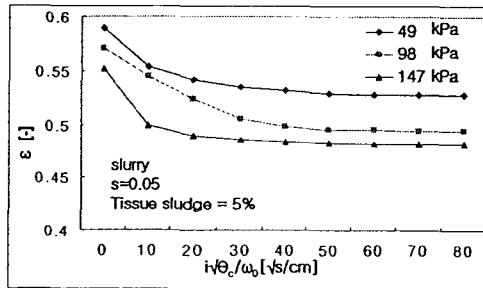


Fig. 8. Effect of each pressure on porosity of cake

## 4. 결 론

지종별 슬러지를 과립형 첨가제로 만든후 첨가량 변화와 압력 변화에 따른 압착 탈수 실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 첨가제의 투입량에 따라 슬러리가 탈수 되면서 압착이 진행되는데, 화장지는 5%, 신문지와 판지는 7%에서 압착진행도가 빠르게 나타났다.
2. 첨가제의 투입량을 일정하게 하고 압력을 변화시키면서 압착 진행 실험을 한 결과

압력이 증가함에 따라 압착 진행도도 증가하는 것으로 나타났다.

3. 첨가량 변화에 따른 압밀비 실험을 한 결과 화장지 첨가제 5%를 첨가한 경우 압밀비가 가장 높게 나타났으며 압력이 클수록 압밀비가 증가하였다. 화장지첨가제를 투입한 경우가 신문지나 판지 첨가제를 투입한 경우보다 압밀비가 높게 나타났다.

4. 공극율은 압력이 증가함에 따라 감소되는 경향이 나타났다. 화장지 첨가제 5%를 첨가했을 시 가장 낮은 공극률을 보여줬다. 공극율은 탈수성이 커질수록 작아지는 경향을 나타내기 때문에 공극률의 변화를 통해 조건별 슬러지의 탈수성을 파악해 볼 수 있다.

이와 같은 결과를 통해 제지 슬러지를 첨가제로 사용하여 압착하였을 시 탈수 성이 증가되는 것을 알 수 있었으며 제지 슬러지를 재활용 할 수 있는 가능성을 제시 할 수 있었다.

## 5. 인용 문헌

1. J. H. Cho, Pulp and paper wastewater treatment technology, Kangwon national university press, 9~11p, 2000.
2. M. Shirato, T. Murase, H. Kato and S. Fukaya, Studies on the expression of slurries under constant pressure, Kagaku Kogaku, 31, 1125p, 1967.
3. N. J. Kim, Study on the determination of optimum conditions for the pretreatment of sludge dewatering, Journal of Korean Society of Water and Wastewater, 1~3p, 1998.
4. S. H. LEE., and T. J. Lim., and J. H. Cho. Korea TAPPI 34(2):95 (2002)