

CST측정법에 따른 최적주입량 결정에 관한 연구

강미란 · 조준형

강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과

1. 서 론

폐수처리의 대상인 오염물질들은 부유성 고형물과 용존성 물질의 혼합체이며 고액분리과정은 폐수처리 공정중 중요한 단위공정이다. 고액분리 과정에서 상당량의 슬러지가 발생하며, 이러한 슬러지는 중금속이 포함되어 있고 함수율이 높은 문제점을 가지고 있다. 현재 대부분의 폐수처리장에서 발생된 슬러지는 주로 매립처분에 의존하고 있으나 각종 환경규제가 엄격해짐에 따라 슬러지 처분에 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다.

여과는 슬러지 탈수방법 중 널리 이용되는 공정으로 폐수처리 전체 공정에서 매우 중요한 비중을 차지하고 있으며, 일반적으로 수처리 전체 공정 운전비용의 45%가 슬러지 처리비용으로 지출되고 있다. 이중 슬러지의 탈수를 위한 약품 투입비가 상당부분을 차지하고 있으며, 슬러지 개량제의 비적정 투입에 따른 슬러지 함수율의 증가에 의한 슬러지 처리비가 필요이상으로 증가하고 있는 실정이다. 슬러지 처리비용의 절감과 슬러지 처리를 보다 효율적으로 하기 위해서는 슬러지 자체에 함유되어 있는 수분을 최소화시키는 감량화과정이 중요하다. 따라서 슬러지 감량화를 위해서는 슬러지 탈수효율의 증대가 이루어져야 한다.

따라서 본 실험에서는 슬러지의 최대 탈수효율을 위한 최적의 전처리 조건을 찾고자 하였으며, 응집제의 종류 및 투입량, 투입방법, pH 등의 조건에 대한 영향을 조사하였다. 또한 탈수특성 측정에 있어서 실험시간이 오래 걸리고, 실험자의 능숙성이 요구되는 SRF(specific resistance of filtration) 측정법을 대신하여, 빠르고 간단하게 측정할 수 있는 CST(sapillary suction time) 측정법을 사용하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 실험은 화장지, 신문용지 그리고 백상지 공장의 원폐수를 사용하였으며, 원폐수의

성상은 Table 1.과 같다.

pH 조절 및 응결을 위해 alum을 사용하였고, 고분자응집제로는 양이온성 PAM(polyacrylamide)과 음이온성 PAM을 사용하였다.

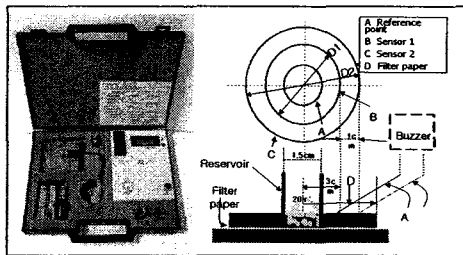
Table. 1 Characteristics of wastewater used in this study

Item	tissue	printing	newsprint
pH	7.17	7.87	7.27
COD(ppm)	420	432	630
SS(ppm)	2350	1500	1750
CST(sec)	91	54	72
Turbidity(NTU)	140	230	145

2. 2 실험장치 및 방법

2. 2. 1 CST(모관흡인시간, Capillary Suction Time) 측정방법

Figure 1. Composition of CST tester



CST 측정 원리는 여지의 모세관 흡인 압력 ($P=15kPa$)에 의해 흡입되어, 일정면적의 여지가 여액에 의해 포화되는 시간을 측정하는 것이다. 여액이 여지 내에서 확산되는 속도는 슬러지의 여과특성과 밀접한 관계가 있으며 측정된 모세관흡인시간에 의해 슬러지의 여과 탈수성이 판정된다.

측정된 CST 값이 높으면 슬러지의 탈수성이 불량하며, CST값이 낮으면 슬러지의 탈수성이 양호하다고 판단한다. CST 측정 장치는 그림에서 보는 바와 같이 내경 1.5cm의 관에 6ml의 시료를 넣고 수분이 first sensor 통과 시부터 second sensor 도달했을 때까지의 시간을 측정하는 것이다. 여과지에 일정한 압력을 주기 위해 윗 관에 100g의 추 4개를 액주를 중심으로 네 방향으로 일정한 위치에 놓는다. CST 장치는 figure 1.과 같으며 CST에 관한 식은 다음과 같다.

$$CST = \frac{Va^2}{2P} \cdot rC \cdot \frac{Ra_x^4 - Ra_1^4}{Ra_0^4}$$

- Va : 여과지 면적당 여액량 값(m^3/m^2),
- P : 여지의 흡인압력(N/m^2),
- r : 걸보기 비저항값(m/kg),
- C : 고형물 농도(kg/m^3),
- Ra_0, Ra_1, Ra_2 : 슬러지 용기의 내경 및 측정 ring의 반경(m)

3. 결과 및 고찰

3. 1 교반시간과 교반속도에 따른 CST 변화

3. 1. 1 급속 교반에 따른 CST 변화

폐수 속 슬러지의 여과성을 개선하기 위한 목적으로 응집제를 주입한다. 이 교반 과정에서 일어나는 슬러지의 여과성변화는 응집제의 종류와 주입량을 결정하는 중요한 요인이 된다. 이 실험은 일정량의 폐수를 취하고 응집제의 일정량을 가하면서 표준 전단력 교반기를 사용하여 시간에 따른 CST 변화 값을 알아보았다.

Figure. 2에서 보는 바와 같이 교반을 300rpm에서 2분간 교반했을 시 가장 낮은 CST값이 나타났다.

Figure 2. Relationship between CST and Rapid mixing time

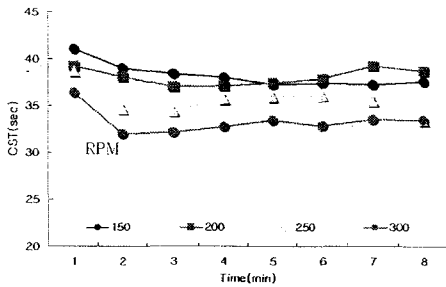
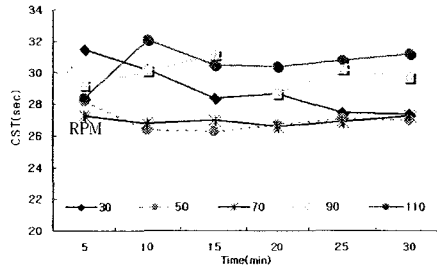


Figure 3. Relationship between CST and Slow mixing time



3. 1. 2 완속 교반에 따른 CST의 변화

급속교반을 300rpm으로 2분간 교반한 후 완속 교반을 행한 후 CST값의 변화 추이를 알아보았다. CST수치는 50rpm으로 10분간 교반했을 시 가장 낮은 값을 나타내었으며, 결과값은 figure 3.에 나타내었다. 따라서 본 실험의 모든 교반조건은 급속교반 300rpm 2분, 완속교반 50rpm 10분으로 동일하다.

3. 2 pH에 따른 CST 변화

pH는 폐수 속 현탁물질의 응집에 매우 큰 영향을 미친다. 응집제 사용 시 응집제의 종류별로 최적의 pH가 있으며 이것은 응집제의 응집효율을 최대로 할 수 있다.

pH 7.0에서 CST의 수치가 가장 낮은 영향을 보였으며, pH 6.5~7.5에서 CST 변화

폭이 적음을 figure 4.에서 볼 수 있다.

Figure 4. Relationship between CST and pH

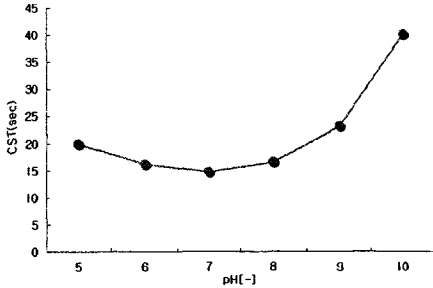
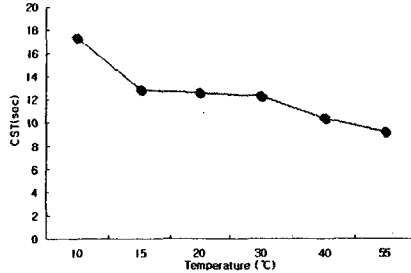


Figure 5. Relationship between CST and temperature



3. 3 온도에 따른 CST 변화

온도가 상온(20~30 °C)에서보다 고온으로 조절했을 때 CST값이 더 낮게 나타나는 것을 figure 5.에서 볼 수 있다.

이것은 온도가 올라갈수록 점도가 낮아져서 탈수에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

3. 4 고분자 응집제 단독 주입 시 CST

Figure 6. 7. 8.에 지중별 폐수에 두 종류(양이온성 PAM, 음이온성 PAM)의 고분자 응집제를 주입 했을 때, 주입량에 따른 CST의 변화 값을 나타내었다. 세 종류의 폐수 모두에서 음이온성 고분자응집제 보다는 양이온성 고분자 응집제가 폐수 속 입자의 탈수에 더 효과적인 것으로 나타났다. 또한 백상지 폐수의 탈수성이 가장 좋았으며, 화장지 폐수의 탈수성이 가장 불량한 것을 볼 수 있다. 그러나 세 종류의 폐수 모두에서 응집제 단독 주입에 따른 COD 제거효율은 약 70%정도에 그쳤으며, 이는 두 고분자 응집제의 적당량 혼합사용이 필요하다고 판단되었다.

Figure 6. CST of the tissue paper wastewater by single dosage

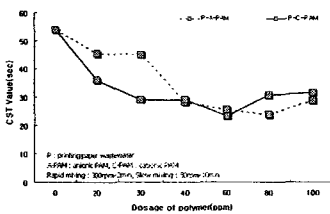


Figure 7. CST of the printing paper wastewater by single dosage

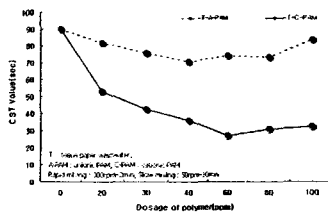
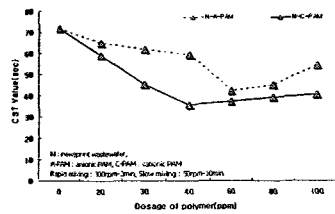
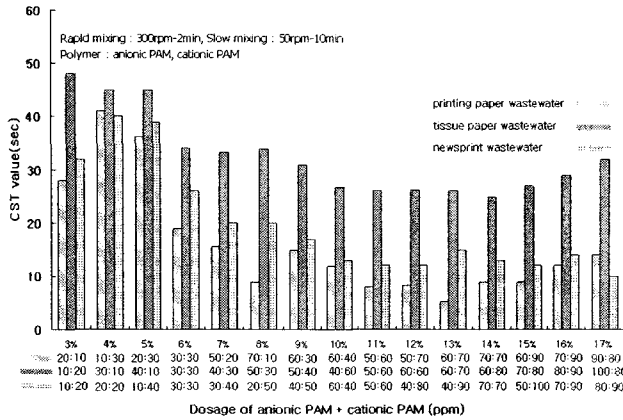


Figure 8. CST of the newsprint wastewater by single dosage



3. 5 고분자 응집제 혼합 주입 시 CST의 변화

Figure 9. CST by mixing dosage

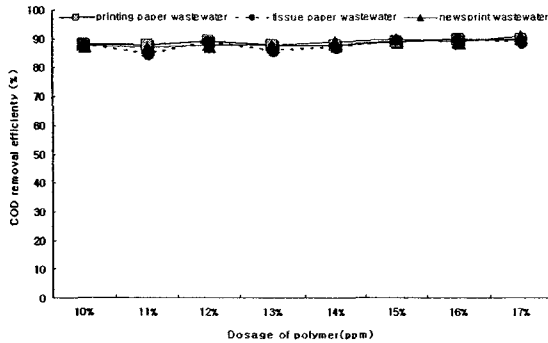


혼합투입은 시료에 대하여 음이온성 고분자와 양이온성 고분자의 혼합 투입율을 1%에서 20%까지 늘렸으며, 각 투입율에 대하여 투입량 비를 다르게 하였다. 투입순서는 음이온성 고분자 투입 후 양이온성 고분자를 투입하는 순서로 실험을 행하였다. Figure 9.에서 볼 수 있듯이

백상지 폐수의 경우 투입율이 11~15%일 때, 낮은 CST 값을 나타내었으며, 그중에서도 투입율 13%, 투입량 비 60:70에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 화장지 폐수의 경우에는 10~15%에서 낮은 CST 값을 나타내었고, 그 중 투입율 14%, 투입량 비 60:80에서 가장 낮은 CST 값을 나타내었다. 마지막으로 신문용지 폐수는 투입율 17%, 투입량 비 80:90에서 가장 낮은 CST 값을 나타내었으며, 이 때 슬러지의 탈수성이 가장 양호한 것으로 판단된다.

3. 6 고분자 응집제 혼합 주입 시 COD 제거효율

Figure 10. COD removal efficiency by mixing dosage



고분자 응집제 혼합 주입에 따른 COD 제거효율의 경우 세 종류의 폐수 모두 응집제를 단독으로 사용할 때보다 약 20% 상승하여, 90%의 효율을 나타내었다.

그 결과는 figure 10.에 나타내었다.

4. 결 론

고분자 응집제의 주입량이 슬러지의 탈수성에 미치는 영향을 조사함으로써 슬러지 탈수 공정의 최적 조건을 찾기 위한 목적과 신속하고 정확한 탈수성 평가 방법을 제시하고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 급속(300rpm) 2분, 완속(50rpm) 5분의 교반조건에서 가장 낮은 CST 값을 나타내었으며, 또한 pH 6.5 ~ 7.5범위에서 낮은 값을 나타내었다. 온도는 상승함에 따라 점도의 영향에 의해 CST 값이 낮아지는 것을 확인 할 수 있었다.
- (2) 고분자 응집제의 단독 사용 시 세 종류(백상지, 화장지, 신문용지)의 폐수 모두에서 음이온성 고분자 보다는 양이온성 고분자가 더 효과적이었지만, CST값과 COD 제거효율이 불량하여, 두 응집제의 혼합사용이 필요하다고 판단하였다.
- (3) 세 종류의 폐수에서 응집제의 혼합 주입량이 다르게 나타났으며, 이는 폐수 내의 물질들의 특성의 차이에 의한 것이라고 사료된다.
- (4) 최적의 고분자 응집제 혼합주입범위에서 COD 제거효율은 단독주입 시 보다 약 20% 상승하였다.

5. 참고문헌

1. 김태웅, 응집시의 교반강도(G) 및 교반시간(T)을 이용한 응집제별 최적응집조건에 관한 연구, 영남대학원(2005).
2. 원성연, 슬러지 개량시 슬러지성상과 교반상태가 탈수특성에 미치는 영향, 충북대학원(1995).
3. 정호진, 김종규, 이종환, CST를 이용한 하수 슬러지의 탈수특성에 관한 연구, 산업기술연구소논문보고집 26(1), 325-331pp(2003).
4. Scholz, M.; Tapp, J, Development of a Revised Capillary Suction Time(CST) Test, WATER CONDITIONING AND PURIFICATION INTERNATIONAL 26, (2006).