

지종별 폐수의 응집제 혼합주입량 결정에 관한 연구

조준형 · 강미란

강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과

Optimal mixing dosage of Coagulants for paper wastewater

Jun-Hyung Cho · Mee-Ran Kang*

Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest Sciences,

Kangwon National University

1. 서 론

폐수처리의 대상이 되는 오염물질들은 부유성 고형물과 용존성 물질의 혼합체로 이루어지므로 고액분리과정은 폐수처리 공정 중 중요한 단위공정이다.¹⁾ 이러한 고액분리과정 중 상당량의 슬러지가 발생하며, 대부분의 폐수처리장에서 발생된 슬러지의 처분은 주로 매립에 의존하고 있으나 각종 환경규제가 엄격해짐에 따라 슬러지 처분에 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 일반적으로 슬러지 전체공정 운전비용의 약 45%가 슬러지 처리비용으로 지출되고 있으며, 이중 슬러지의 탈수를 위한 약품 투입비가 상당부분을 차지하고 있다. 따라서 슬러지 처리비용의 절감과 슬러지 처리를 보다 효율적으로 하기 위해서 슬러지 개량 전 단계에서 슬러지 자체에 함유되어 있는 수분을 최소화시키는 감량화과정이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 슬러지 처리 전 단계에서 약품을 사용하여 폐수 속의 부유물을 분리하는 화학 처리법을 실시하였으며, 적정량의 약품의 사용으로 발생하는 floc의 여과성, 침전성, 강도 등의 특성을 조사하였다.¹⁾ 실험폐수로는 백상지, 화장지, 신문용지를 생산하는 공장의 원폐수를 사용하였으며, 전하밀도, CST(Capillary Suction Time)^{3,5)}, floc 강도⁴⁾, COD 제거효율 등의 특성을 관찰하여, 고분자 응집제의 최적주입량을 결정하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 실험은 화장지, 신문용지, 백상지 공장의 원폐수를 사용하였으며, 원폐수의 성상은 table 1.과 같다. Alum은 pH 조절 및 응집 전 응결을 위하여 사용하였고, 고분자응집제로는 양이온성PAM(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

Table 2. Analytical apparatus

Item	Apparatus
Mixing	Jar-tester
CST	Type 304B Capillary Suction Time tester(CST)
COD	KMnO ₄
pH	pH meter
Turbidity	Spectrophotometer
Charge density	Particle Charge Detector 03 (PCD 03)

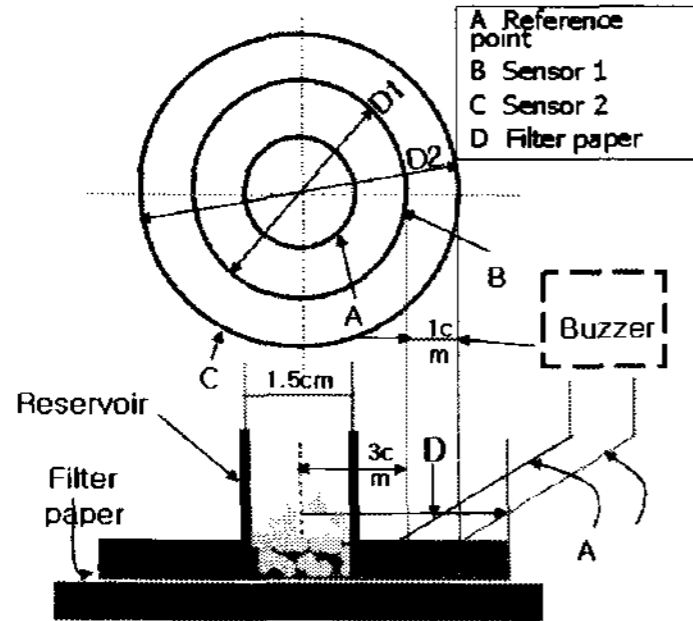
2. 2 실험장치 및 방법

2. 2. 1 CST(모관흡인시간, Capillary Suction Time) 측정방법³⁾

CST 측정 원리는 일정압력 하에서 일정면적의 여지가 여액에 의해 포화되는 시간을 측정하는 것으로 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.

Fig 1. Composition of CST tester



$$t = ((D_2^2 - D_1^2) \left(\frac{\pi d}{AP} \right)) \cdot \left(\frac{\mu C}{\chi} \right)$$

- d : 여지의 두께(m) · A : 액주의 바닥면적(m²)
- P : 모세관 현상에 의한 여지의 흡인압력(N/M²)
- C : 고형물 농도(kg/m³) · t : CST(sec)
- μ : 여액의 점성 계수(kg · m-sec)
- χ : 실험 조건에 따른 계수(kg/m²-sec²)
- D₁, D₂ : 슬러지 용기의 내경 및 측정 ring의 반경(m)

2. 2. 2 플럭강도 측정방법⁴⁾

Floc의 강도를 측정하기 위해 현탁액을 응집처리 한 다음 탁도를 측정하고, 형성된 floc을 500rpm에서 30초간 파괴하고 30분간 응집체를 침전시킨 후 상등액의 탁도를 다시 한번 측정하여, 파괴 전과 후의 탁도를 비교하였다.

이로써 파괴전과 후의 차이가 크면, floc의 강도가 불량하고, 차이가 적으면, floc의 강도가 양호한 것으로 판단하였다.

* Floc Strength

$$= \text{Turbidity after breakage with 500 rpm and 30min sedimentation} - \text{Turbidity before breakage}$$

3. 결과 및 고찰

3. 1 응집제 투여에 따른 전하 밀도

Fig 2. Charge density by the dosage

Figure 1.에서 각 지종별 폐수에 응집제 투여에 따른 전하밀도의 변화 값을 볼 수 있다. 각 지종별 슬러리에서 적정 응집제 투여 이후에는 폐수의 전하가 음전하에서 양전하로 변화한 것을 알 수 있다. 이것은 폐수가 음이온을 띠고 있고, 여기에 양이온성 응집제를 투여하면서 폐수의 전하 값이 양으로 변하기 때문이다.

3. 2 고분자 응집제 단독 주입 시 CST

Figure 3, 4, 5에 지종별 폐수에 두 종류(양이온성 PAM, 음이온성 PAM)의 고분자응집제를 주입 했을 때, 주입량에 따른 CST의 변화 값을 나타내었다. 세 종류의 폐수 모두에서 음이온성 고분자응집제 보다는 양이온성 고분자 응집제가 폐수 속 입자의 탈수

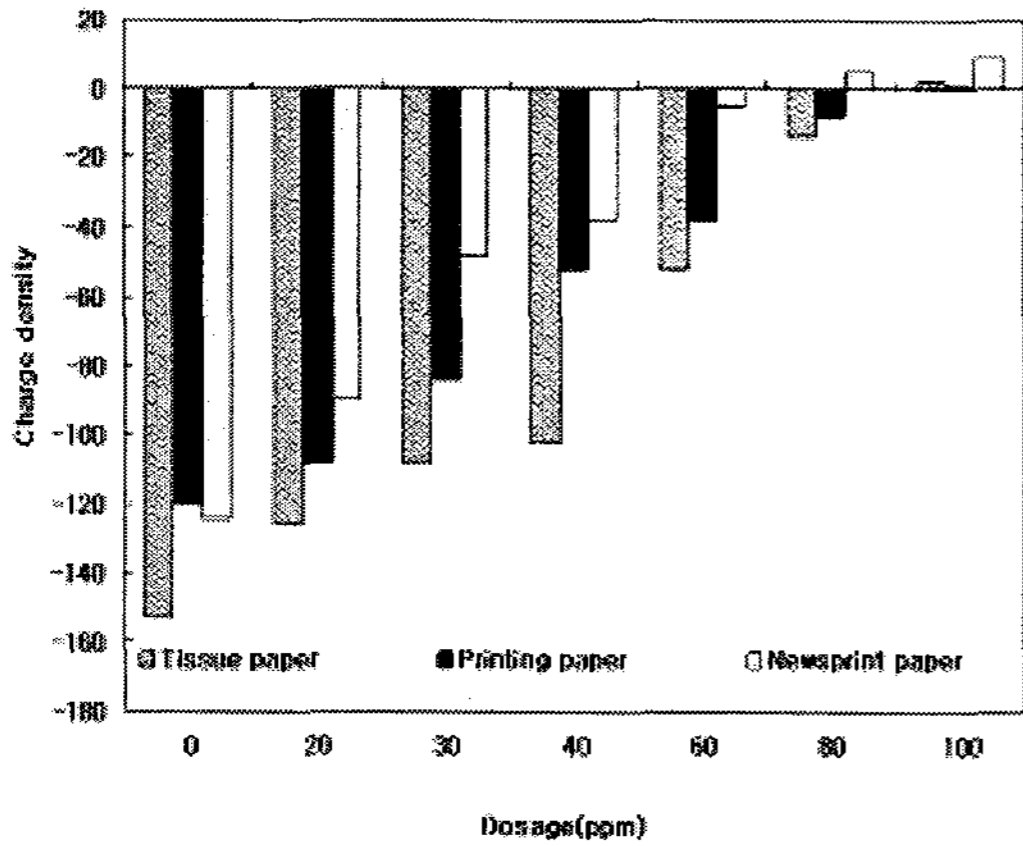


Fig 3. CST of the tissue paper wastewater by single dosage

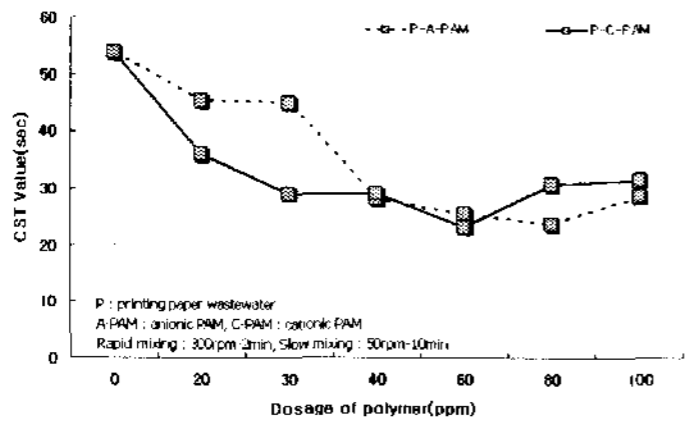


Fig 4. CST of the printing paper wastewater by single dosage

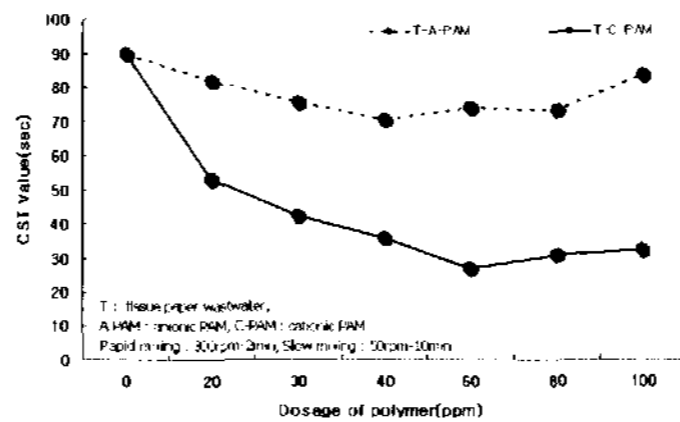
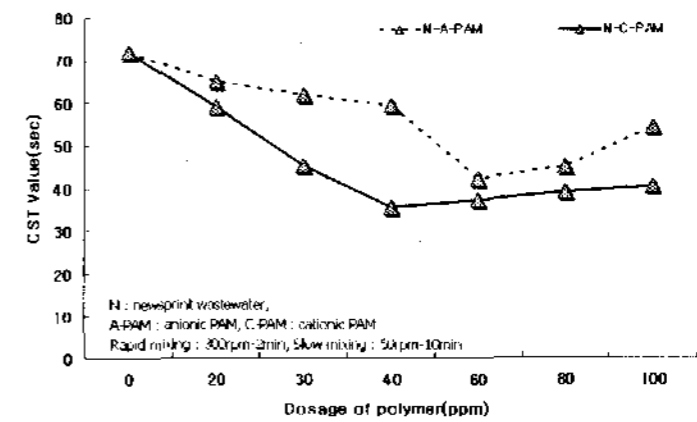


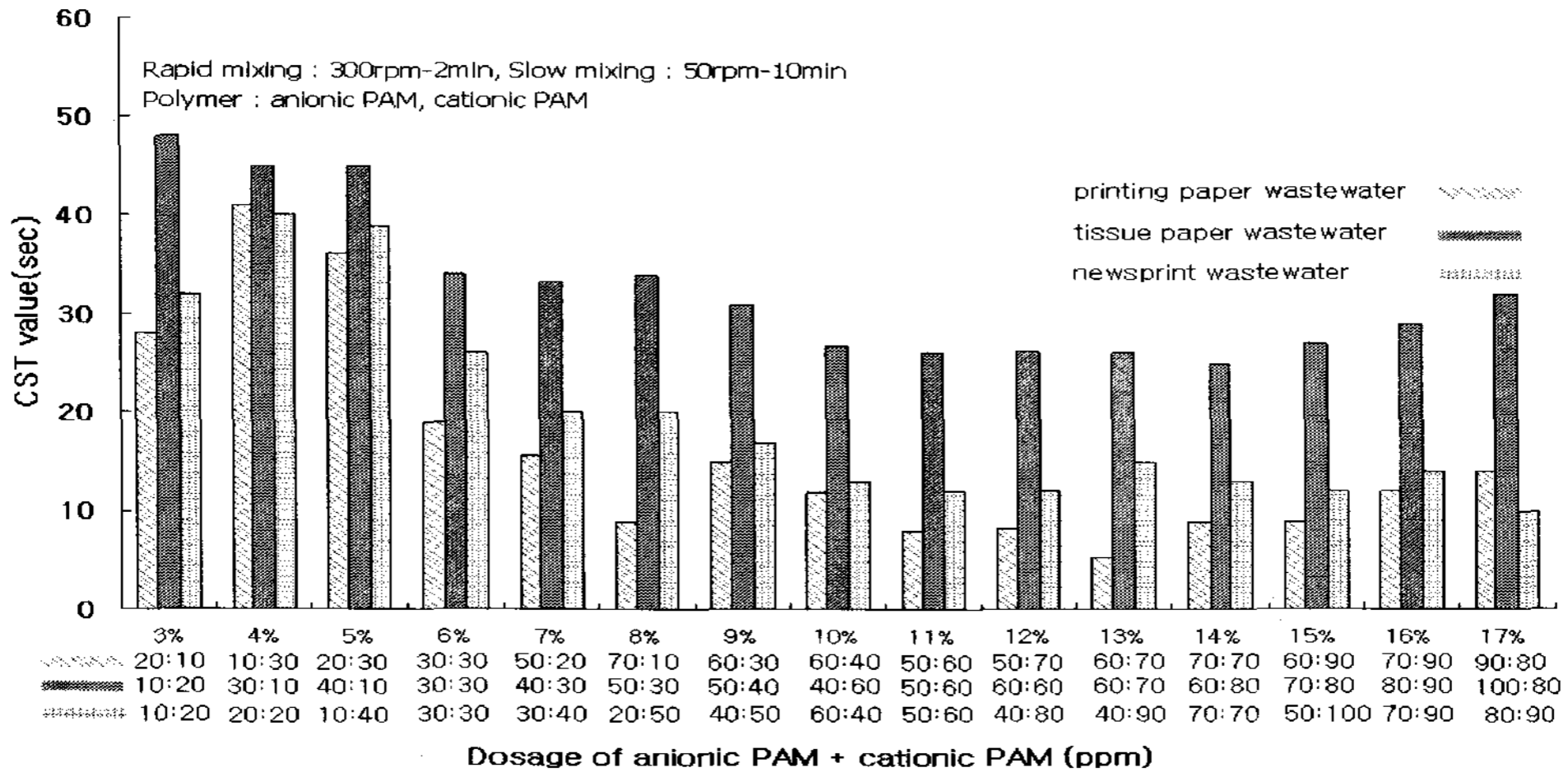
Fig 5. CST of the newsprint wastewater by single dosage



3. 3 고분자 응집제 혼합 투입 시 CST의 변화

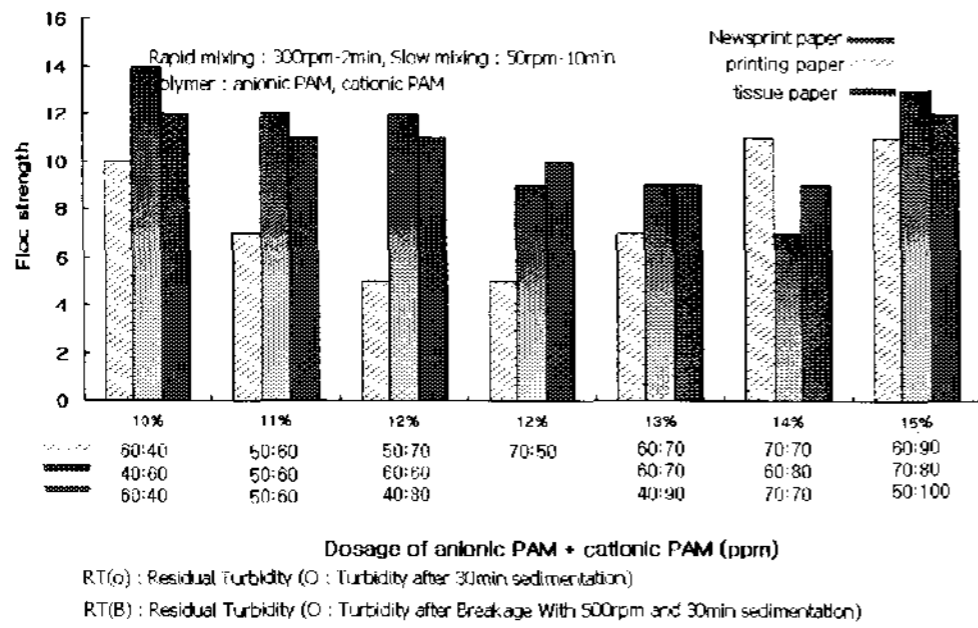
혼합투입은 시료에 대하여 음이온성 고분자와 양이온성 고분자의 혼합 투입율을 1%에서 20%까지 늘렸으며, 각 투입율에 대하여 투입량 비를 다르게 하였다. 투입순서는 음이온성 고분자 투입 후 양이온성 고분자를 투입하는 순서로 실험을 행하였다. Figure 6.에서 볼 수 있듯이 백상지 폐수의 경우 투입율이 11%~15%일 때, 낮은 CST 값을 나타내었으며, 그중에서도 투입율 13%, 투입량 비 60:70에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 화장지 폐수의 경우에는 10%~15%에서 낮은 CST 값을 나타내었고, 그 중 투입율 14%, 투입량 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.

Fig 6. CST by mixing dosage



3. 4 지종별 폐수의 응집제 혼합투입에 따른 floc 강도⁴⁾

Fig 7. Floc strength

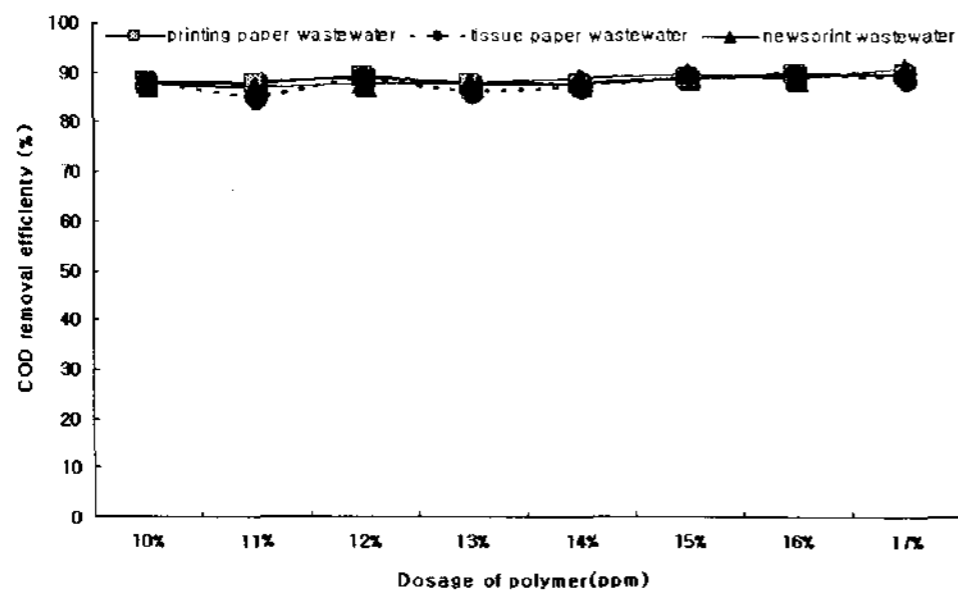


두 종류의 고분자 응집제(음이온성, 양이온성)를 혼합하여 투입할 경우 양호한 floc의 강도를 나타내었다(figure 7.).

백상지 폐수, 화장지 폐수, 신문용지 폐수 모두 투입률이 10%~15%일 때, 가장 양호한 floc 강도를 나타내었다.

3. 5 고분자 응집제 혼합 투입 시 COD 제거효율

Fig 8. COD removal efficiency by mixing dosage



고분자 응집제 혼합 투입에 따른 COD 제거효율의 경우 세 종류의 폐수 모두 응집제를 단독으로 사용할 때보다 약 20% 상승하여, 90%의 효율을 나타내었다. 그 결과는 figure 8.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) 고분자응집제를 혼합하여 주입할 경우 투입률이 10%에서 15%일 때, floc의 강도가 가장 양호하였다.
- (5) 고분자 응집제를 단독으로 주입했을 보다 두 응집제를 적정량 혼합하여 사용했을 때 COD 제거 효율이 약 20%정도 상승하였다.

5. 참 고 문 헌

- 1) 조준형, 정원구, 김준환, 제지폐수의 응집특성에 관한 연구, 山林科學研究, No. 14, 101~111pp(1998)
- 2) 원성연, 슬러지 개량시 슬러지성상과 교반상태가 탈수특성에 미치는 영향, 충북대학원(1995).
- 3) 조준형, CST장치를 이용한 슬러지 탈수 개선에 관한 연구, 펄프·종이 기술, 36(1)
- 4) 윤태일, 화학적 플러의 기계적 강도의 평가에 대한 연구, 대한환경공학회지, 14권, 4호, 309p~
- 5) 조준형, CST시험법에 의한 최적 응집제 첨가량의 결정에 따른 잔류고분자 응집제의 영향, 펄프·종이기술, 21(4), 16~20pp
- 6) Latterman, R. D., et al., Influence of Rapid-Mix Parameters on flocculation. J. AWWA 65, 11, 716p(1973)