

섬유 저감을 위한 충전물 구조화 시, 공정 변수가 수초지 물성에 미치는 영향

서동일, 임완희, 이학래, 윤혜정
서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부

The effects of process variables in the manufacturing of structured filler on handsheet properties

Dongil Seo, Wan Hee Im, Hak Lae Lee and Hye Jung Youn
Dept. of Forest Sciences, CALS, Seoul National University

1. 서 론

섬유 저감을 위한 대표적인 하이로딩 기술 중 하나로서 충전물 구조화 기술이 널리 연구되어왔다. 선응집 기술에 의해 구조화된 충전물은 응집체의 크기가 커짐에 따라 보류도¹⁾와 종이의 인장강도를 증가시키고, 백색도를 감소시킨다²⁾. 그동안 종이에 영향을 미치는 최적의 입도 조건을 찾고자하는 많은 선행연구가 있었다. 충전물의 응집에 미치는 전단력의 영향^{3),4)}을 평가하거나 고분자의 종류⁵⁾에 따른 영향을 살펴보는 연구가 주를 이루었다. 선응집 기술이 적용되는 충전물의 대상이 기존의 중질탄산칼슘(GCC)에서 탈크⁶⁾나 경질탄산칼슘⁷⁾으로 이어지기도 하였다.

본 연구에서는 GCC를 이용한 충전물 구조화에 있어서 재료의 농도, 용수의 경도와 같은 공정 변수가 충전물 구조화에 미치는 영향을 살펴보았다. 또한, 다양한 공정 변수 조건에서 제조된 충전물 구조체를 수초지에 적용하여, 이것이 종이의 물성에 영향을 미치는 바를 알아보려고 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

충전물로 무림P&P(주)에서 분양받은 GCC Hydrocarb 75F를 사용하였다.

수초지 제작에 사용된 펄프 섬유는 활엽수(유칼립투스) 표백 크라프트 펄프를 사용하였다. 건조된 펄프를 해리시켜 여수도 350 ml CSF가 되도록 고해하였다. 고해 후 섬유의 농도는 0.5%로 조절하였다.

응집제 및 보류제로는 BASF사의 Percol 63, Percol 182를 사용하였다. 이들은 Cationic polyacrylamide(C-PAM)류의 고분자전해질로서 분자량은 각각 700만, 1200만이며, 각각의 전하밀도는 +1.2, +0.5 meq/g이었다.

2.2 실험방법

2.2.1 고분자전해질 농도의 영향 평가

본 실험에서는 응집제와 보류제로 Percol 182를 사용하였다. 50% 고형분 함량의 GCC 슬러리에 농도 0.05, 0.10, 0.20%의 응집제(Percol 182)를 투입한 후, 교반 속도 2000 rpm에서 60초간 반응을 거쳐 구조화 충전물이 제작되었다. 반응이 완료되면 농도 0.05%의 보류제(Percol 182)를 투입하였다.

2.2.2 GCC 농도의 영향 평가

본 실험에서는 응집제로 Percol 182, 보류제로 Percol 63을 사용하였다. 10, 30, 50% 고형분 함량의 GCC 슬러리에 농도 0.05%의 응집제(Percol 182)를 투입한 후, 교반 속도 2000 rpm에서 60초간 반응을 거쳐 구조화 충전물을 제조하였다.

2.2.3 용수의 염농도 및 경도 영향 평가

본 연구에서는 응집제인 고분자전해질을 0.05%로 희석할 때 사용되는 용수의 염 농도 및 칼슘 경도가 충전물 구조화에 미치는 영향을 관찰하였다. 희석수의 염 농도를 0.001, 0.01, 0.1, 0.2 M으로 조절하였고, 칼슘 경도는 500, 1000, 1500 ppm으로 변화를 주었다. 고분자의 투입량은 전건 GCC 대비 0.03%, 교반속도는 2000 rpm으로 60초 동안 교반하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 고분자전해질 농도의 영향

응집체의 농도가 0.05%일 때 15 μm , 0.10%일 때 25 μm , 0.20%일 때 43 μm 의 평균 입도를 나타내었고, 분포를 통한 상대표면적은 0.05%일 때 2.3%, 0.10%일 때 0.8%, 0.20%일 때 0.8%를 나타내었다.

응집체 농도 변화에 따른 구조체 입도 변화는 그 영향이 수초지의 물성에까지 이어졌는데, 일반 충전물이 보류된 종이는 충전물 함량이 22.0%일 때, 24.0 N·m/g의 인장 강도를 지녔다. 이 수치는 농도 0.05%의 응집체에 의해 구조화된 충전물이 투입된 종이의 경우 충전물 함량 26.8%에 해당하는 값으로 충전물 구조화를 통해 약 4.8%의 회분 증가가 가능하였다. 마찬가지로 방법으로 농도 0.10%에서는 6.5%, 농도 0.20%에서는 4.0%의 증가가 가능하였다. 충전물 함량이 22.0%로 같을 때, 충전물 구조화에 따라 인장강도는 농도 0.05% 조건에서 12.9%, 농도 0.10% 조건에서 22.9%, 농도 0.20% 조건에서 7.5% 향상되었다. 이를 통해 평균 입도가 가장 컸던 농도 0.20% 조건이 수초지의 물성 향상에 가장 좋은 조건은 아니라고 판단하였다. 지속적인 충전물 입도의 증가가 강도적 성질의 지속적인 증가를 일으키기보다는 오히려 악영향을 미치는 것으로 보여, 충전물의 구조화에 있어 적절한 크기로의 조절이 필요하다고 판단되었다.

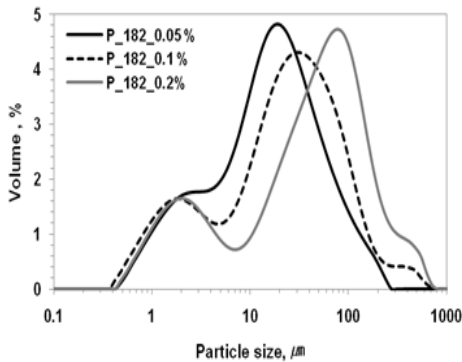


Fig. 1. 응집체 농도를 달리한 구조체의 입도 분포.

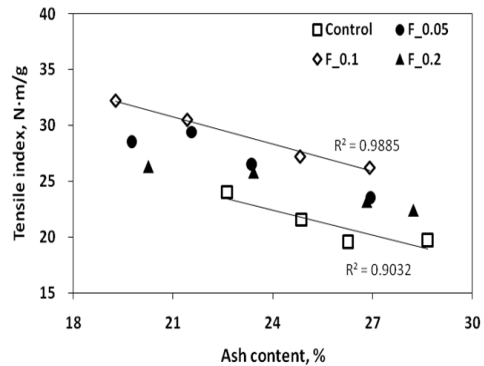


Fig. 2. 응집체의 농도별 충전물 함량에 따른 인장 지수.

3.2 GCC 농도의 영향

응집체의 농도 변화와 마찬가지로 GCC의 농도 변화도 구조화 충전물의 입도에 영향

을 주었다. 이것이 수초지의 물성에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. GCC 슬러리의 농도는 10, 30, 50%로 달리한 상태에서 구조체가 제조되었다. GCC 농도 50% 조건에서 가장 큰 평균 입도인 15 μm 를 나타내었다. 충전물 농도 10, 30% 조건에 해당하는 평균 입도는 각각 9, 8 μm 로 거의 차이가 없었다.

응집체 농도와 달리 GCC 농도 변화를 통해서서는 수초지의 기계적 성질의 변화를 관찰할 수 없었다.

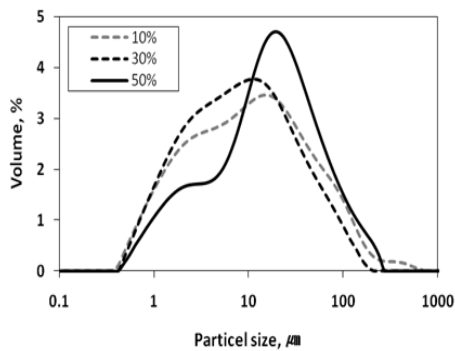


Fig. 3. 충전물 농도를 달리한 구조체의 입도 분포.

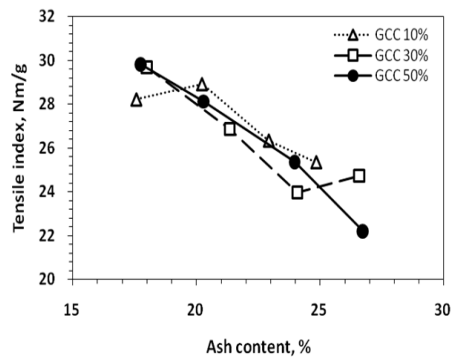


Fig. 4. 충전물의 농도별 충전물 함량에 따른 인장 지수.

3.3 용수의 염농도 및 경도 영향

Fig. 5와 6은 각각 응집체 희석수의 염 농도와 칼슘 경도 조건에 따른 충전물 응집체의 입도 변화를 나타낸다. 고분자 희석을 위한 희석수의 염 농도나 칼슘 경도의 증가는 GCC 구조체의 형성에 부정적인 영향을 미쳤다. 물 속 이온의 증가는 이온성 고분자의 전하 특성에 영향을 미쳤고, 충전물과의 이온 결합을 위한 부분이 줄어드는 결과를 가져왔다. 고분자전해질의 작용기 감소는 충전물과 결합할 수 있는 능력을 감소시켜 결국 응집체의 입도를 감소시킨 것으로 생각된다. 게다가 염과 칼슘은 고분자의 이온성 작용기간의 척력을 감소시켜 Fig. 7에 나타난 바와 같이 점도의 감소를 일으켰다. 고분자전해질의 점도 감소는 결국, 동일한 교반 조건에서 구조체에 가해지는 전단 속도의 세기를 상대적으로 증가시키는 효과마저 가져와 응집체의 입도를 작게 하는 요인으로 작용한 것으로 판단된다.

섬유 저감을 위한 충전물 구조화 시, 공정 변수가 수초지 물성에 미치는 영향

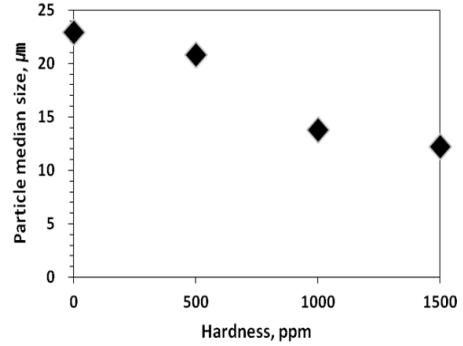
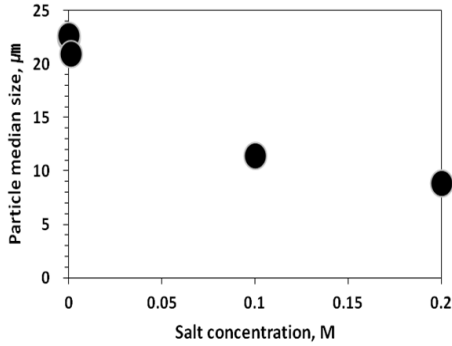


Fig. 5. 응집제의 염 농도 조건에 따른 충전물 응집체 입도.

Fig. 6. 응집제의 경도 조건에 따른 충전물 응집체 입도.

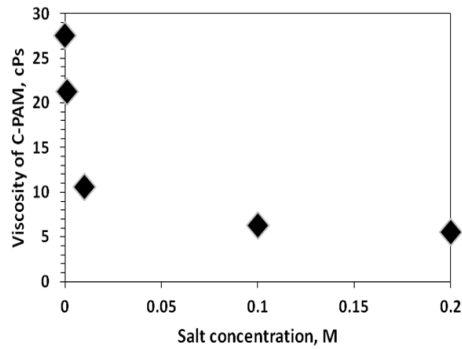


Fig. 7. 응집제의 염 농도 조건에 따른 응집제 용액의 점도.

4. 결 론

충전물을 구조화시키는 응집제 농도의 증가는 구조체의 입도를 증가시켰다. 하지만 가장 큰 구조체가 종이에 가장 좋은 영향을 미치는 것은 아니었다. 지속적인 충전물 입도의 증가가 강도적 성질의 증가를 일으키기보다는 오히려 악영향을 미치는 것으로 보여, 충전물의 구조화에 있어 적절한 크기로의 조절이 필요하다고 판단되었다.

GCC 농도의 변화를 통해서도 제조되는 구조체의 입도를 변화시킬 수 있었으나, 그 영향이 수초지의 물성에까지 미치지 않는다고 판단되었다.

고분자를 용해 또는 회석하기 위한 용수의 염 농도나 칼슘 정도의 증가는 구조화 충전물의 크기를 감소시키는 결과를 야기하였다. 이를 통해 과도한 공정의 폐쇄화는 충전물 구조화에 악영향을 줄 수 있음을 알 수 있었다.

이를 통해 충전물 구조화 시, 구조체 및 종이 물성에 미치는 공정 변수의 영향을 알아볼 수 있었고, 전단력의 변화가 제약적인 조건에서 고분자전해질 농도의 변화를 통해 응집체의 입도 변화를 유도할 수 있음을 확인하였다.

사 사

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원 (KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 2010T100200471)

인용문헌

1. 이학래, 윤희정, 김종민, 이경호, 선웅집 충전물의 입도와 보류도에 따른 종이 물성 분석, 한국펄프종이공학회 2004년 추계학술발표논문집, pp.238-241(2004).
2. 이학래, 윤희정, 김종민, 이경호, 충전물 선웅집이 종이의 물성에 미치는 영향, 한국펄프종이공학회 2004년 추계학술발표논문집, pp.193-197(2004).
3. 이학래, 서동일, 선웅집 기술을 적용한 충전물의 크기에 따른 수초지의 물성 평가, 한국펄프종이공학회 2009년 추계학술발표논문집, pp.315-322(2009).
4. 서동일, 이학래, 윤희정, 충전물의 응집에 미치는 전단력의 영향과 그에 따른 수초지의 물성, 한국펄프종이공학회 2010년 추계학술발표논문집, pp.171-177(2010).
5. 이경호, 이학래, 양이운성 PAM과 양성전분에 의한 GCC의 선웅집과 이들의 투입량과 전단속도가 선웅집체의 크기에 미치는 영향, 펄프종이기술 38(4):1-9(2006).
6. 이상훈, 정영빈, 이학래, 박시한, 탈크의 특성과 선웅집체로서의 가능성 평가, 한국펄프종이공학회 2007년 추계학술발표논문집, pp.237-242.
7. 서동일, 이학래, 양이운성 고분자 첨가에 의한 경질탄산칼슘의 응집 현상, 한국펄프종이공학회 2010년 추계학술발표논문집, p.178(2010).