

# 고해가 종이의 응력-변형 특성에 미치는 영향

원종명 · 김시영

강원대학교 제지공학과

## 1. 서 론

대부분의 경우에 있어서 공정 및 종이 품질 관리의 목적을 위하여 종이의 광학적 성질, 구조적 성질 이외에 일반적인 기계적 성질, 즉 인장강도, 인열강도, 파열강도, 찢뺨이(휨감도, 강성), 내절도 등이 측정 관리되고 있다. 그러나 이들 성질들은 여러 가지 원료 자체의 특성과 종이의 구조적 성질 및 섬유간 결합 특성 등이 조합되어 나타난 종합적인 종이의 물성 특성을 지닌다. 물론 이들 성질을 측정함으로써 종이의 성질을 대부분 이해할 수는 있으나 근본적인 성질을 알 수는 없기 때문에 공정 및 품질 관리를 효과적으로 하기 어렵다. 따라서 공정 및 품질 관리를 효율적으로 하기 위해서는 종이의 기초적 성질에 해당되는 응력-변형 특성에 대한 충분한 이해가 필요하다.

응력-변형 곡선은 종이의 인장시험을 통하여 얻는 하중-신장 곡선이다. 평량, 섬유의 배향과 같은 초지와 관련된 변이 및 기타 여러 인자들에 의하여 종이에서의 응력과 변형이 불균일하여 응력과 변형이 종이의 모든 부위에서 일정하지 않기 때문에 엄격히 말하자면 응력-변형 곡선이라고 할 수 없지만 하중-신장 곡선과 함께 널리 사용되고 있다. 이러한 응력-변형 곡선은 종이가 파괴되기 전까지 일어나는 기계적 성질과 관련된 거동을 보여주기 때문에 실용적인 측면에서의 매우 유용하게 활용될 수 있다. 그러나 일반적인 기계적 성질과는 달리 숫자로 표시되지 않고, 곡선의 형태로 나타내기 때문에 종이 성질의 정량화를 수단으로 거의 사용되지 않고 있다.

그러나 Fig. 1에서 보는 바와 같이 지종에 따라 다른 형태의 응력-변형 곡선을 나타내는데, 이러한 특성들은 지료 및 제지 공정에서 어떠한 처리가 적용되었는가에 따라 결정된다고 할 수 있다. 즉, 신문용지의 MD 방향에서는 종이가 파괴될 때까지 응력-변형 곡선이 거의 직선을 나타내지만, CD 방향에서는 완만한 곡선의 형태를 이루며 세 배 이상의 변형을 나타낸다. 복사지의 경우에는 이와 달리 MD와 CD 방향에서 모두 2개의 직선부로 구

성되면 단지 CD방향에서의 2배 이상의 높은 변형률을 나타낸다. 한편 글라신지의 경우에는 비록 다소 다른 형태의 응력-변형 곡선의 형태를 나타내기는 하지만 MD와 CD 방향에서의 변형률의 차이가 다른 일반 지중에 비하여 큰 차이를 나타내지 않는다. 마지막으로 미세 주름을 도입시킨 지대용지의 경우에는 MD 방향에서 매우 높은 변형률을 나타내며, 위로 굽은 형태의 곡선을 이룬다. 이와 같이 각 지중별 응력-변형 곡선은 사용된 원료 및 종이 제조 시 적용된 각종 처리 방법 및 조건에 의하여 매우 다양한 성질을 지니는 종이로 얻어짐을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 종이의 응력-변형 특성에 영향을 미치는 여러 가지 인자 중 특히 가장 큰 비중을 차지할 수 있는 고해의 영향을 조사하기 위하여 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

펄프의 종류 및 고해 조건이 종이의 응력-변형 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 고해 농도(1%, 0.5%) 및 고해 수준(500, 400 및 500 ml CSF)을 달리하여 침엽수 및 활엽수 표백 크라프트 펄프의 고해를 실시한 후 평량 60 g/m<sup>2</sup>의 수초지를 제조하고, 항온항습실에서 TAPPI Standard T402 sp-03에 의거 조습처리를 실시한 후 만능시험기를 이용하여 수초지의 응력-변형 특성을 측정하였다. 또한 섬유간 결합에 크게 기여하는 것으로 알려져 있는 미세분의 영향을 조사하기 위하여 200 mesh 망을 이용하여 미세분을 제거한 것과 제거하지 않은 펄프로 제조된 수초지의 응력-변형 특성에 대하여도 검토되었다.

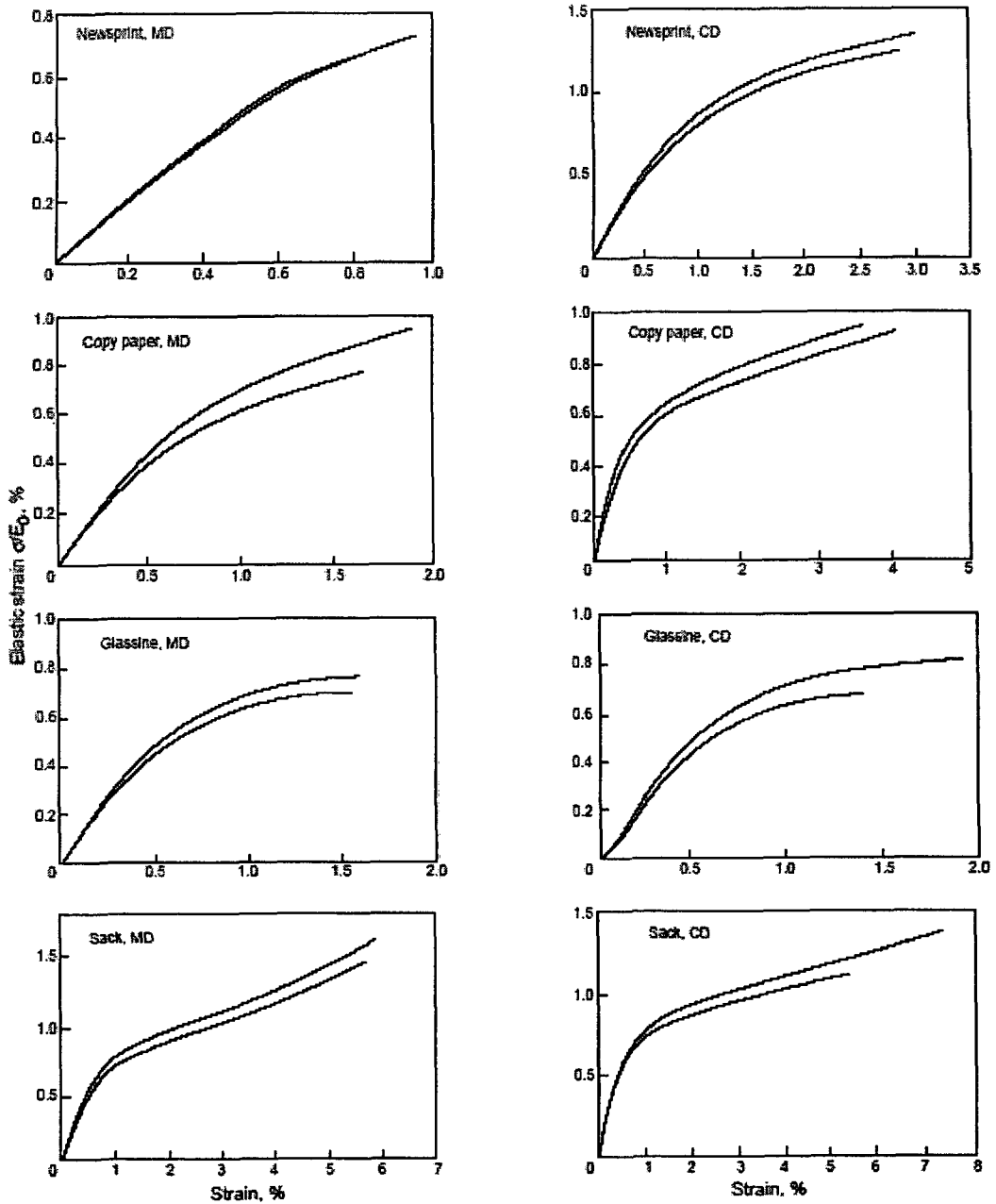


Fig. 1. Characteristic load-elongation curves of machine-made paper grades in MD and CD. Load is expressed as elastic strain ( $\epsilon_{el} = \sigma/E$ ).<sup>1)</sup>

### 3. 결과 및 고찰

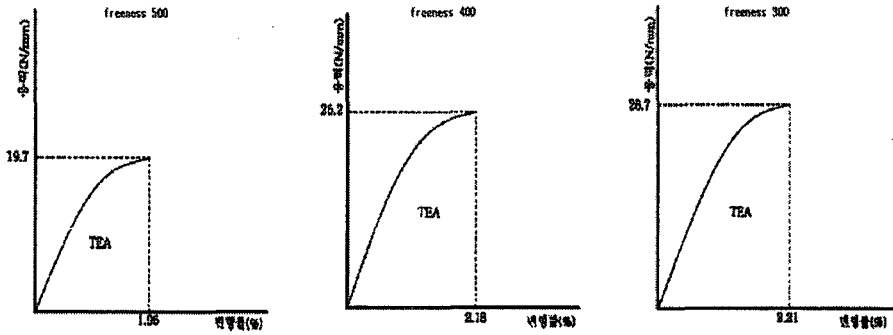


Fig. 2. Stress-strain curves for HwBKP refined at 1% consistency.

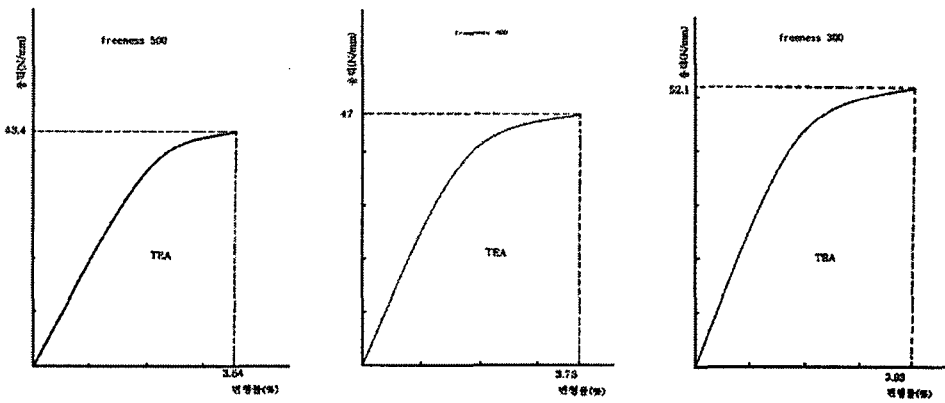


Fig. 3. Stress-strain curves for SwBKP refined at 1% consistency.

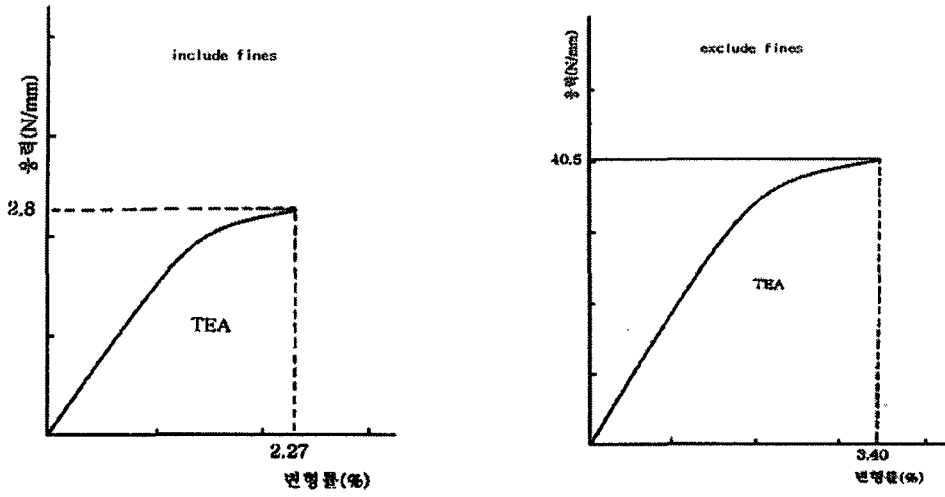


Fig. 4. Effect of fines on the stress-strain curves for SwBKP refined at 1% consistency(400 ml CSF).

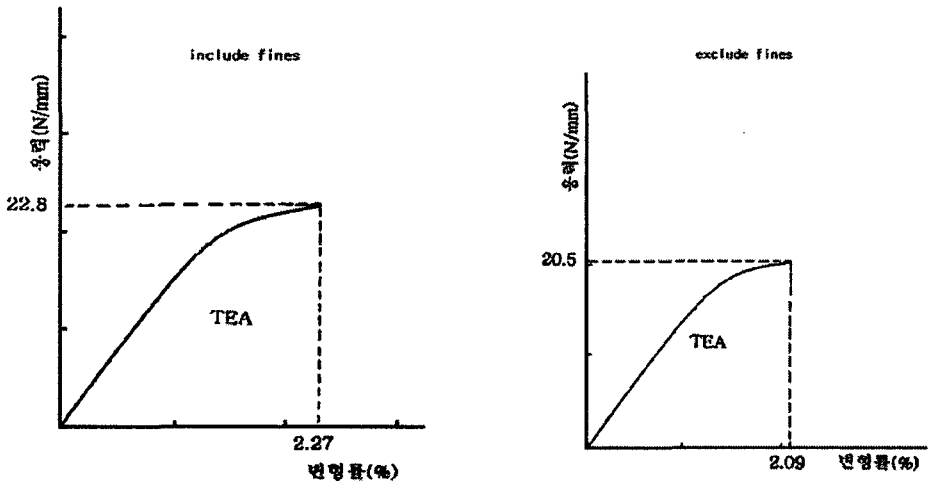


Fig. 5. Effect of fines on the stress-strain curves for HwBKP refined at 0.5% consistency(500 ml CSF).

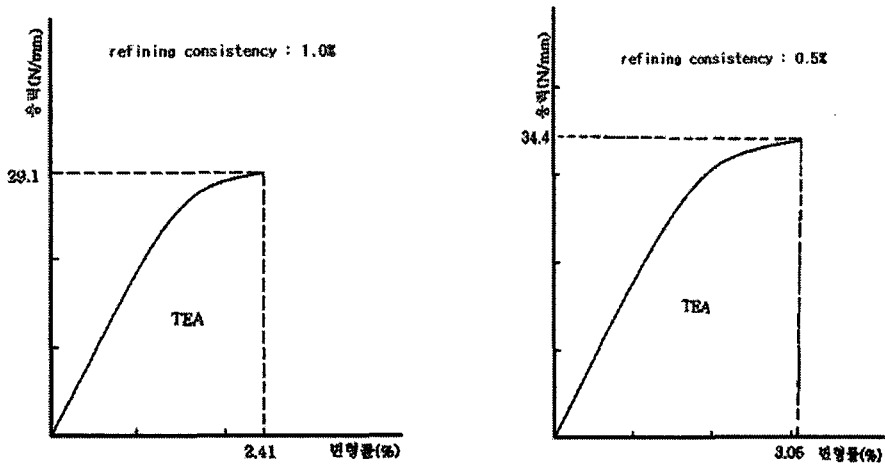


Fig. 6. Effect of refining consistency on the stress-strain curves for HwBKP refined(300 ml CSF).

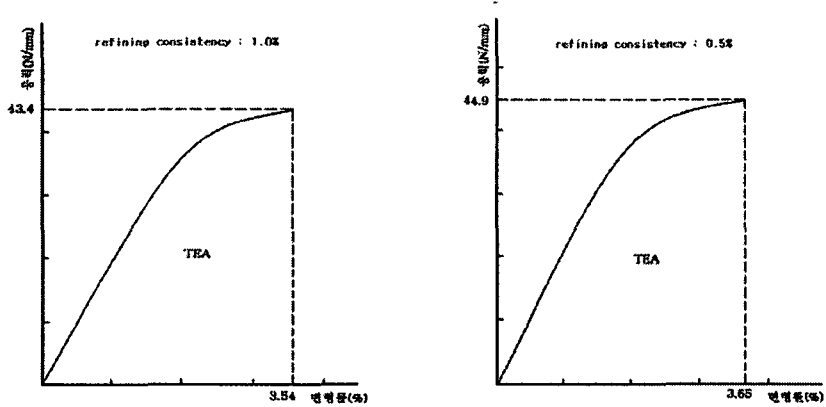


Fig. 7. Effect of refining consistency on the stress-strain curves for SwBKP refined(500 ml CSF).

## 4. 결 론

펄프의 고해는 침엽수뿐만 아니라 활엽수의 경우에도 모두 고해가 진행됨에 따라 변형률과 파괴시 인장 하중이 증가하는 경향을 나타내었으며, 미세분의 존재도 종이의 인장 응력과 변형률에 큰 영향을 미침이 확인되었다. 침엽수 펄프의 고해를 통하여 얻어진 파괴시 하중과 변형률의 절대치는 모두 활엽수 펄프의 고해로부터 얻어진 값보다 높게 나왔으며, 또한 주 경우 모두 미세분 존재 시 훨씬 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 인장-응력 특성이 섬유간 결합과도 매우 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 0.5% 농도에서 고해하여 얻어진 파괴 시 인장 하중과 변형률이 모두 1% 고해 농도에서 얻어진 것보다 높게 나왔으며, 이러한 경향은 고해가 진행될수록 더욱 뚜렷하게 나타났다.

## 5. 참고문헌

1. Niskanen, Kaarlo, Papermaking Science and Technology, Book 16. Paper Physics, p. 160(1998).