

# 컴퓨터 모사를 이용한 로프 및 브레이드의 역학적 특성 예측 모델

김주용, 홍철재, 조항진  
 숭실대학교 유기신소재.파이버공학과

## Prediction Model of Mechanical Properties in Rope and Braid Using Computer Simulation

Jooyong Kim, Cheoljae Hong, and Hangjin Cho

Department of Organic Materials and Fiber Engineering, Soongsil University, Seoul, Korea

### 1. 서론

Hearle 등은 꼬임실의 인장특성을 에너지의 원리를 응용하여 인장특성을 고찰하였다[1]. 본 연구에서는 다수의 꼬임실로 구성된 로프사와 브레이드(braid)사의 인장특성을 에너지 방법을 이용하여 유도하였다. 로프 및 브레이드사의 인장특성은 기초구성물질인 섬유로부터 시작하는데, 이를 위해 먼저 로프 및 브레이드사를 구성하는 단사의 인장거동을 유도하여야 한다. 단사의 인장거동은 주어진 기본 구성체인 섬유의 거동으로부터 에너지 방법을 이용하여 이론적으로 유도할 수 있다. 이와 같이 유도된 단사의 인장거동과 단사로 구성된 로프와 브레이드의 구조로부터 에너지 방법을 이용하여 최종적으로 로프 및 브레이드사의 인장거동을 모사할 수 있다. 본 연구에서 구하여지는 로프와 브레이드에서의 역학적 특성은 최대 응력과 신도이다.

### 2. 실험

#### 2.1. 시료

본 실험에서는 1000/90 (denier/filament) Polypropylene의 원사를 이용하여 꼬임을 3단계로 하여 실과 로프 및 브레이드사를 제작하였다. 실은 원사에 초연을 부여하였고, 로프는 꼬임의 부여된 5개의 실에 재연을 부여하여 제작하였다. 브레이드는 1개의 심사와 4개의 커버링사를 가지는 브레이드사를 제작하였는데, 로프와 비교하기 위하여 로프의 최외각에 위치하는 구성섬유의 꼬임각을 브레이드각으로 하여 브레이드사를 제작하였다 [2].

#### 2.2. 모사(simulation)

로프와 브레이드의 인장거동을 모사하기 위해서는 먼저 이들의 단위 구성체인 실의 인장거동을 알아야 한다. 로프와 브레이드의 구성 실은 꼬임이 주어진 필라멘트 사로 이들의 인장거동은 에너지 방법에 의해 유도될 수 있다. 에너지 방법에 의한 꼬임이 주어진 실의 모사는 다음과 같은 절차를 따른다. (1) 실의 인장신도가 주어진다. (2) 주어진 실의 인장신도에서 포아송비를 고려하여 서로 다른 꼬임에 위치한 섬유들의 신도들을 계산한다. (3) 섬유의 응력-신도 곡선으로부터 계산된 섬유신도에 해당하는 응력을 구한다. (4) 섬유의 응력을 합하여 실의 응력을 계산한다. (5) 실의 인장신도를 단계별로 증가시키며, 위의 절차를 반복한다. 이와 같은 방법으로 모사를 하면 완전히 실이 절단될 때까지 실의 응력-신도곡선을 구할 수 있다. 최종적으로 로프와 브레이드의 인장거동은 앞서 유도된 구성사의 응력-신도곡선을 기초로 위와 같은 모사절차를 반복하여 유도될 수 있다.

### 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 실(yarn)

모사결과에 따르면 꼬임수가 증가 할수록 최대강력은 감소하고, 파단 신도는 증가한다고 한다. 모사에 따른 결과 값과 실제 결과 값 모두 꼬임이 증가 할수록 최대강력은 증가하는 경향을 보였다. 하지만 모사 값은 감소폭이 완만한데 비해 실제 결과 값은 감소폭이 매우 컸다. 한편 파단신도는 꼬임이 증가할수록 모사 값은 증가하는데 비해 실제 결과 값은 오히려 감소하는 경향을 보였다. 이는 실에 꼬임을 주는 연사공정에서 구성섬유들이 마찰을 받아 손상을 받기 때문이다 (Figure 1).



Figure 1. Frictional damage of filament by twisting

### 3.2. 로프(rope)

로프는 초연을 부여한 실 5가닥으로 제작하였다. 로프의 모사 값을 구할 때, 구성섬유의 응력-신도 곡선으로 구한 실의 계산 값을 쓴 경우(simulation 2step)와 실의 실제 응력-신도 측정값을 쓴 경우(simulation 1step)로 모사하였다. Figure 2의 (a)에서는 꼬임수에 따른 로프의 최대강력을 나타내었다. 로프 역시 꼬임수가 증가 할수록 최대강력은 모두 감소하는 경향을 보였다. 그러나 순수 모사 값(simulation 2step)은 초연의 손상 때문에 실제 값과 차이를 보였는데, 실제 측정된 실의 응력-신도곡선을 사용하여 모사한 값(simulation 1step)은 실제 로프의 측정값과 거의 비슷했다. 절단 신도는 꼬임수가 증가 할수록 증가하였다.

### 3.3. 브레이드(braid)

브레이드사는 4개의 커버링사 안에 무연인 심사를 넣어 모두 5개의 strand로 제작하였다. Figure 2의 (b)에서는 브레이드사의 최대강력을 나타내었다. 브레이드사 또한 브레이드각이 증가 할수록 최대강력은 모두 감소하였다. 한편 꼬임수가 증가할수록 절단신도는 증가하였다. 그러나 2 step의 모사값과 실제 값은 매우 큰 차이를 보였다. 이는 초연에서 오는 실의 손상과 더불어 외부의 힘에 의해 최대한 packing 되어 구성섬유들이 급격히 절단되기 때문이다.

## 4. 결론

낮은 꼬임수의 로프 혹은 브레이드의 구조물의 경우 인장특성 값들은 모사 값들과 잘 일치한다. 하지만 높은 꼬임을 갖는 구조물은 연사할 경우 손상을 받아 최소 구성단위인 섬유로부터 모사된 값과 차이를 보였다. 그러나 로프와 브레이드에서 구성사로부터 모사할 경우 모사값과 측정값이 잘 일치하였다.

## 참고문헌

1. J. W. S. Heale, "Structural Mechanics of Fibers, Yarn Structure and Strength", Vol 1, John Wiley & Sons, Inc., 1975, pp. 175~253.
2. J. S. Lee, Fiber Technology and Industry, 7, 190(2003)

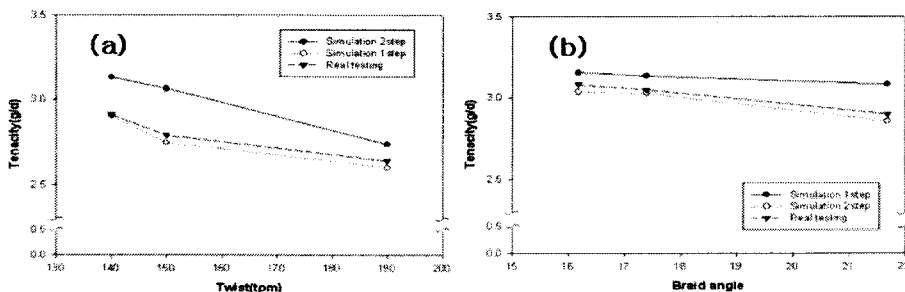


Figure 2. Simulation results are compared with real testing results (a) rope (b) braid