

섬유수학

- 실 (11) -

8. 실의 꼬임

8.1 연계수(twist factor)

방적사에 있어서 꼬임은 실에 권합성을 주는 중요한 역할을 한다. 실을 원통형이라고 가정해 보자. 이러한 가정은 물론 정확하게 맞지 않지만 사실에 접근하는 방법으로 적합하다. <그림 24>에서는 실의 이상적인 요소를 나타냈는데, 여기서 실의 표면에 있는 섬유 나선을 따라 실의 축 주위를 한바퀴 돌게 된다. 꼬임각 θ 는 이 나선의 접선과 실의 축이 이루는 각이다. 표면층을 펼쳐보면 섬유는 직각 삼각형의 빗변에 위치한다.

실의 직경을 d cm라 하고 한번 꼬인 실의 길이를 l cm라 하자. 그러면

$$\tan \alpha = \frac{\pi d}{l} = \pi d \times \frac{1}{l} \dots \dots \dots (14)$$

꼬임수/cm = $\frac{1}{l}$ 이므로

$$\tan \alpha \propto d \times \text{꼬임수/cm} \dots \dots \dots (15)$$

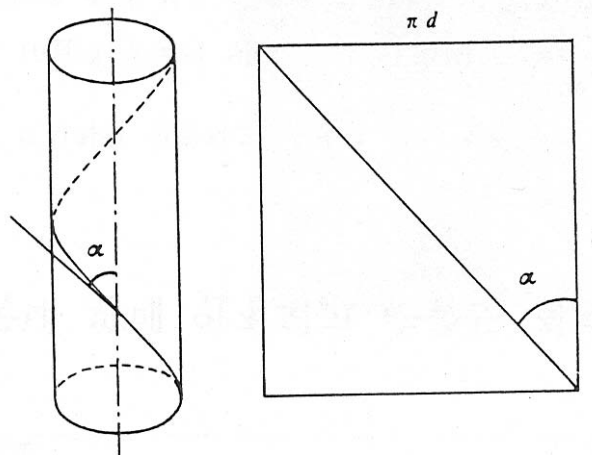
실의 직경 d 는 $\sqrt{\text{선밀도(tex)}}$ 에 비례하므로 식(15)을 다시 쓰면

$$\tan \alpha \propto \sqrt{\text{선밀도(tex)}} \times \text{꼬임수/cm} \dots \dots \dots (16)$$

비례를 나타내는 기호를 없앤 방정식을 사용하기 위해

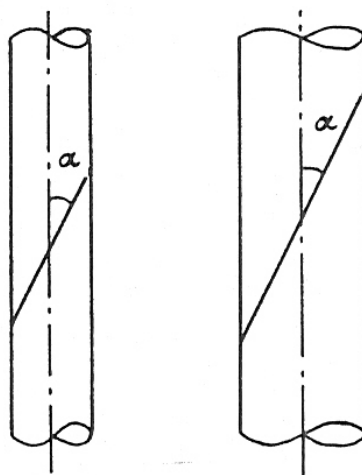
$$K = \sqrt{\text{선밀도(tex)} \times \text{꼬임수/cm}} \dots\dots\dots (17)$$

여기서 K를 연계수라 하며 꼬임의 정도를 나타내는 데 사용한다. 연계수 K = 20인 실은 약연사(soft twist yarn)로 볼 수 있고, K = 60 정도면 약연사(hard twist yarn)로 볼 수 있다. (이 값은 재래의 면방식 연계수로는 대략 2.1과 6.3에 해당함)



<그림 24> 실의 꼬임

<그림 25>는 선밀도가 서로 다른 두 실에서도 꼬임각 가 같기 때문에 동일한 연계수를 갖는다는 것을 보이고 있다.



<그림 25> 실의 선밀도와 꼬임

[예제 34]

25tex인 실의 연계수가 30일 때 이 실의 꼬임수/cm는 얼마인가?

$$K = \sqrt{\text{선 밀도(tex)} \times \frac{\text{꼬임수}}{\text{cm}}} \text{ 이므로}$$

$$\text{꼬임수/cm} = \frac{K}{\sqrt{\text{선 밀도(tex)}}}$$

그러므로

$$\text{꼬임수/cm} = \frac{30}{\sqrt{25}} = \frac{30}{5} = 6(\text{꼬임수/cm})$$

[예제 35]

36tex인 실의 1cm당 꼬임수가 5일 때 [예제 34]에서의 25tex 실과 비교하여 꼬임편도가 큰가 혹은 작은가?

$$K = \sqrt{\text{선 밀도(tex)} \times \text{꼬임수/cm}} \text{ 이므로}$$

$$K = \sqrt{36} \times 5 = 30$$

연계수가 동일하므로 꼬임경도도 같다고 할 수 있다.

결론적으로 꼬임의 정도는 실의 선밀도의 어떤 특정한 의미를 생각하지 않고도 단지 연계수만으로 나타낼 수 있다. 방적기술자들은 서로 다른 형태의 섬유가 각각 다른 연계수에서 최대의 강력을 갖는다는 사실을 알고 있다. 예를 들어 Sakel 면으로 뽑은 면사는 연계수가 약 33일 때 최대강력을 가지는 반면 비스코스 레이온 방적사는 약 26에서 최대강력을 보인다.

여기서 생각해 봐야 할 문제는 마치 섬유가 실의 표면에서 나선을 따라 위치하는 것처럼 오직 표면꼬임각(surface twist angle)만을 고려했다는 점이다. 그러나 실

제로는 그렇지가 않다. 즉, 그 섬유가 벗겨져서 소용이 없게 될지도 모른다. 섬유는 표면에서 내부로 이동도 하며 매우 복잡한 경로를 따른다.

8.2 연계수를 나타내는 다른 방법

SI 단위 즉, 길이는 m, 무게는 kg으로 나타내보자

<그림 24>에서와 같은 이상적인 실을 생각해보자, 여기서 $\tan \alpha = \pi d/l$ 앞에서 유도되었다. T를 단위길이(m)당의 꼬임수라고 하면,

$$T = \frac{1}{l}$$

그리고

$$\tan \alpha = \pi dT \dots\dots\dots (18)$$

C를 실의 선밀도라 하면, 선밀도, 즉, 단위길이당의 무게는 단위길이당의 부피에 실의 밀도를 곱한 것과 같다. 실의밀도를 ρ_y 라 하면

$$C = 1 \times \pi \frac{d^2}{4} \times \rho_y$$

위의 식에서 d^2 은

$$d^2 = \frac{C \times 4}{\rho_y \times \pi} \dots\dots\dots (19)$$

실의 밀도의 역수는 비체적 V_y 이다. 식(19)에서 $1/\rho_y$ 대신 V_y 를 쓰면

$$d^2 = \frac{C \times 4 \times V_y}{\pi}$$

양변의 제곱근을 구하면

$$d = C^{\frac{1}{2}} \times 2 \times V_y^{\frac{1}{2}} \times \pi^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (20)$$

여기서 d대신에 식 (18)을 대입하면

$$\tan \alpha = 2 \times \pi^{\frac{1}{2}} \times C^{\frac{1}{2}} \times V_y^{\frac{1}{2}} \times T$$

$$T = \frac{\tan \alpha}{2\pi^{\frac{1}{2}}C^{\frac{1}{2}}V_y^{\frac{1}{2}}}$$

상수 2, $\pi^{\frac{1}{2}}$, $V_y^{\frac{1}{2}}$ 은 하나의 상수 k로 나타낼 수가 있으므로

$$T = \frac{k \tan \alpha}{C^{\frac{1}{2}}}$$

표면꼬임각이 α 인 경우, k와 $\tan \alpha$ 를 곱한 K를 연계수로서 취급할 수 있다.
그래서

$$T = \frac{K}{C^{\frac{1}{2}}}$$

T를 꼬임수/cm, C를 tex로 할 경우, 연계식은

$$\text{꼬임수/cm} = \frac{\text{연계수}}{\sqrt{\text{선 밀도(tex)}}} \dots\dots\dots (21)$$

[예제 36]

링 정방기에서 실의 송출속도는 10m/min 이고 스핀들 속도는 10,300rpm이다.
권취주기가 10cm일 때 실에 가해지는 꼬임수를 계산하라. 만일 더 큰 원주로 권취한다면 그 때 가해지는 꼬임수는 위와 같은가?

10cm의 실을 감기 위해서 패키지의 원주가 10cm일 때 트래블러는 패키지 주위를 100회 회전할 것이다.

$$\text{1분당 송출된 길이} = 10 \times 100\text{cm}$$

$$\text{패키지 원주} = 10\text{cm}$$

$$\text{구하려는 권취회전수} = \frac{10 \times 100}{10} = 100\text{rpm}$$

이 100회의 권취회전은 꼬임을 주는 데 반대의 효과를 나타내므로 스핀들 회전수에서 빼야한다. 그래서 꼬임을 주는 데 필요한 rpm은 $10,300 - 100 = 10,200\text{rpm}$ 이 된다. 만일 꼬임 때문에 생기는 실 길이의 감소를 무시한다면 꼬임수/cm는

$$\frac{\text{꼬임 회전수/min}}{\text{송출속도(cm/min)}} = \frac{10,200}{10 \times 100} = 10.2$$

만일 권취원주가 20cm라면 요구되는 권취회전수는 다음과 같이 된다.

$$\frac{10 \times 100}{20} = 50$$

그러므로 꼬임을 주는데 유용한 회전수는 $10,250/\text{min}$ 가 되어 꼬임수/cm 약간 많아지게 된다. 즉

$$\frac{10,250}{10 \times 100} = 10.25\text{꼬임수/cm}$$

[예제 37]

위의 예제에서 실의 선밀도가 16tex라면 연계수는 얼마인가?

$$\text{꼬임수/cm} = \text{연계수} / \sqrt{\text{선밀도(tex)}} \text{ 이므로}$$

$$10.2 = \frac{\text{연계수}}{\sqrt{16}}$$

$$\text{연계수} = 10.2 \times 4 = 40.8$$

[예제 38]

방적공장에서는 연계수 K를 다음과 같이 정의한다.

$$\frac{\text{꼬임수/in(tpi)}}{\sqrt{\text{면사변수}}}$$

공장에서는 tex식을 사용하여 연계수를 T를 주로 쓰기 때문에 꼬임수/in 대신 꼬임수/m로, 선밀도는 면사변수 대신에 tex로 나타내는 경향이 많다. 1m = 39.4in, tex = 590.5/면사변수 라고 주어질 때 T를 K로 나타내라.

$$K = \left(\frac{\text{꼬임수/m}}{39.4} \right) \div \left(\sqrt{\frac{590.5}{\text{선밀도(tex)}}} \right)$$

$$= \frac{\text{꼬임수/m} \times \sqrt{\text{선밀도(tex)}}}{39.4 \times \sqrt{590.5}}$$

$$= \frac{T}{39.4 \times 24.39} = \frac{T}{961}$$

$$\text{그러므로 } T = 961 K$$

만일 꼬임수/cm로 나타낼 경우 다음과 같은 관계식이 된다.

Tex식 연계수, $T' = 9.61 \times \text{면사식 연계수}$