

섬 유 수 학

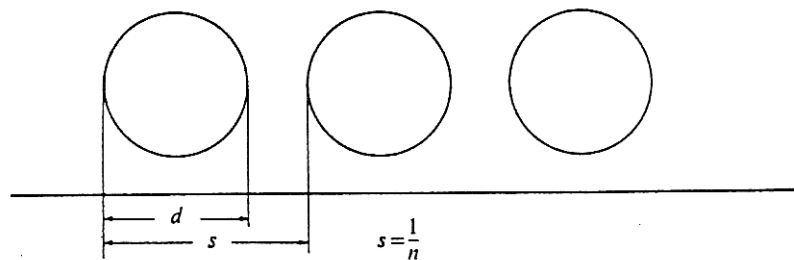
직물과 편성포 <2>

1 직물의 구조(woven fabric structure)

1.5 직물의 피복성(fabric cover)

1.5.1 프랙셔널 커버(fractional cover)

부직포와 달리 실로 구성된 직물에서 프랙셔널 커버란 직물을 구성하고 있는 실에 의해 피복되는 직물의 면적을 분수로 표시한 것이라고 할 수 있다. 직물에 대한 개념을 아주 단순화시켜 <그림 2>에 나타내었다.



$$\text{프랙셔널 커버} = \frac{d}{s} = dn$$

<그림 2> 프랙셔널 커버(fractional cover)

여기서 실은 원형의 단면으로 지름이 d 이고, 인접한 실과의 거리는 s 이다. 이때 프랙셔널 커버는 d/s , 또는 백분율로 해서 $100d/s$ 가 된다. 이상적인 모델에서는 $s=1/n$ 이 되며 여기서 n 은 단위 길이당 실의 올수를 나타내게 된다. 따라서 프랙셔널 커버를 d 와 n 으로 표시할 수 있다. 즉,

$$\text{프랙셔널 커버} = d \times n$$

모노필라멘트 실인 경우에 단면이 원형이고 섬유 밀도를 알고 있다면,

이 실의 지름을 계산해 낼 수 있다. 모노필라멘트의 실이 나일론으로 섬유의 밀도가 1.14g/cm³이고 변수가 30tex라 하자.

그러면,

모노필라멘트에서 10⁵cm(1km)의 무게 = 30g

$$= \text{부피} \times \text{밀도}$$

따라서,

$$30 = \frac{\pi d^2}{4} \times 10^5 \times 1.14$$

$$d^2 = 30 \times \frac{4}{\pi} \times \frac{1}{10^5} \times \frac{1}{1.14}$$

$$d = \frac{\sqrt{3.35}}{10^4} = 0.0183\text{cm}$$

만일, 직물의 밀도가 35올/cm이라면, s는 1/35이 되고 따라서 d/s는 35 × 0.0183 = 0.64 또는 백분율로 해서 64%가 된다.

위의 계산과정을 공식으로 만들면,

$$\begin{aligned} \text{모노필라멘트사의 지름} &= \sqrt{\frac{4}{\pi \times 10^5}} \times \sqrt{\frac{\text{선밀도(tex)}}{\text{섬유의 밀도(g/cm}^3)}} \\ &= \frac{3.57}{10^3} \times \sqrt{\frac{\text{선밀도}}{\text{섬유의 밀도}}} \end{aligned}$$

앞서 프렉셔널 커버 = d × n이라는 것을 알았다. 따라서,

$$\text{프렉셔널 커버} = \frac{3.75}{10^3} \times \sqrt{\frac{\text{선밀도}}{\text{섬유의 밀도}}} \times \text{실의 올수/cm}$$

또는 백분율로 해서,

$$\text{프렉셔널 커버 \%} = 0.357 \times \sqrt{\frac{\text{선밀도}}{\text{섬유의 밀도}}} \times \text{실의 올수/cm}$$

물론 직물에서는 프렉셔널 커버의 값이 2개 필요하다. 하나는 경사에 대한 값이고 또 하나는 위사에 대한 값이다.

위에서는 단면이 원형인 모노필라멘트에 관해서 언급하였다. 직물상에서

편평하게 되어 원형의 단면이 아닌 스프사나 멀티필라멘트사라면 어떤 문제가 생기는가?

이 문제에 접근하는 한가지 방법은 단면이 아직까지 원형이라고 가정하는 것이며, 실의 지름을 구하는 공식으로부터 유도하는 것이다.

$$d = 4.44\sqrt{\text{선 밀도(tex)}/\text{섬유의 밀도}} \times 10^{-3}$$

그리고 프렉셔널 커버 = $d \times n$ 이므로 프렉셔널 커버를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

프렉셔널 커버, C_f

$$= 4.44\sqrt{\text{선 밀도(tex)}/\text{섬유의 밀도}} \times 10^{-3} \times \text{실의 올수/cm}$$

[예 제 4]

경사밀도가 35올/cm인 직물을 30tex의 실로 제작한다면, 경사의 프렉셔널 커버는 얼마인가 이 때의 섬유밀도는 1.5g/cm³이다.

$$\begin{aligned} C_f &= 4.44\sqrt{30/1.5} \times 10^{-3} \times 35 \\ &= 4.44\sqrt{20} \times 10^{-3} \times 35 \\ &= 0.695 \end{aligned}$$

직물의 피복성을 설명해주는 이런 방법을 인정한다면, 프렉셔널(fractional)이라는 형용사는 없앨 수 있으며, 이 값도 C라는 기호를 사용하여 단순히 커버(cover)라고 할 수 있다. 경사의 커버를 C_1 , 위사의 커버는 C_2 라 할 수도 있다.

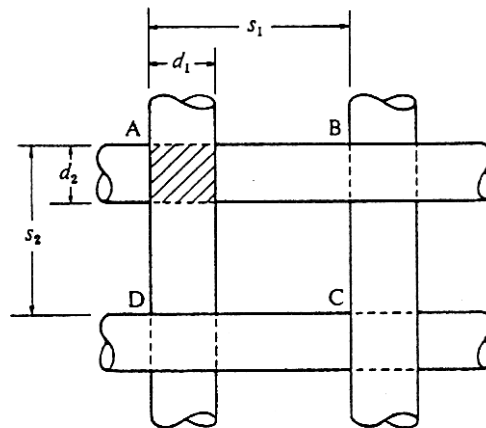
Grosberg가 제안한 또 하나의 공식은 4.4라는 계수 대신에 4라는 계수를 사용한 것으로, 이를 ‘공칭커버(nominal cover)’라 한다.

$$\text{공칭커버} = 4\sqrt{\text{선밀도(tex)}/\text{섬유의 밀도}} \times 10^{-3} \times \text{실의 올수/cm}$$

Grosberg의 주장에 의하면, 단지 공칭커버에 대해서만 정의를 내리고 있고 참 커버(true cover)에 대해서는 정의를 내리고 있지 않으므로 4라는 계수를 사용함에 있어 반대할 이유가 없다고 한다. 앞으로 나오는 예제에서 계수가 4.44인 공식을 선택했지만, 그 원리에는 전혀 영향을 미치지 않는다.

1.5.2 총커버(total cover)

직물의 피복성을 정의하는 데는 어려움이 있지만 <그림 3>을 생각해 보기로 한다. <그림 3>에서는 평직에서 기본이 되는 단위격자(unit cell)로 단순화시켰다. 여기서 단위격자는 사각형 ABCD이다. 빗줄친 부분이 전체 면적중에서 경위사에 의해 피복되는 면적이므로, 경사 커버값과 위사 커버값을 합하여 총커버로 한다. 빗줄친 부분의 면적은 각각 $d_1 \times d_2$ 이며, 격자의 전체면적은 $s_1 \times s_2$ 이다.



<그림 3> 평직에서 기본이 되는 단위 격자

정의에 의하면, 프랙셔널 커버 = d/s 이므로,

$$d_1 = C_1 s_1$$

$$d_2 = C_2 s_2$$

따라서,

$$d_1 d_2 = C_1 C_2 s_1 s_2$$

이를 전체면적 $s_1 s_2$ 에 대한 분수로 나타내면, 빗줄친 부분의 면적은 다음과 같다.

$$d_1 d_2 = \frac{C_1 C_2 s_1 s_2}{s_1 s_2} = C_1 C_2$$

$C_1 C_2$ 는 C_1 와 C_2 의 합에서 공제해야 하므로,

직물에서 총 프렉셔널 커버 = $C_1 + C_2 - C_1 C_2$

[예 제 5]

평직 면직물을 다음과 같이 제작하였다. 경사 : 20tex(Ne 30), 28올/cm, 위사 : 35tex(Ne 17), 25올/cm(면섬유의 밀도는 1.52g/cm^3). 이 직물의 총커버는 얼마인가?

경사의 커버와 위사의 커버를 구하면,

$$\text{경사커버} : C_1 = 4.44\sqrt{20/1.52} \times 10^{-3} \times 28 = 0.451$$

$$\text{위사커버} : C_2 = 4.44\sqrt{35/1.52} \times 10^{-3} \times 25 = 0.533$$

$$\text{그러므로 총커버는, } C_1 + C_2 - C_1 C_2 = .451 + 0.533 - 0.451 \times 0.533$$

$$= 0.984 - 0.24$$

$$= 0.744$$

따라서 면시이팅(cotton sheeting)에서 이론적으로는 전체면적의 약 74%가 실로 피복되어 있다.

1.5.3 커버와 커버팩터(Peirce)

초기에 직물의 기하학을 연구할 때, 실의 지름을 구하는 공식은 다음과 같았다.

$$d(\text{inch}) = \frac{1}{28\sqrt{N}}$$

여기서 N 은 영국식 면사변수이다.

만일 s 가 실간의 간격이라면, 프랙셔널 커버는 다음과 같다.

$$\frac{d}{s} = \frac{1}{28s\sqrt{N}}$$

더욱이 $1/s=n$, 즉 실의 올수/in이기 때문에,

$$\frac{d}{s} = \frac{n}{28\sqrt{N}} \dots\dots\dots (8.1)$$

식(8.1)에 28을 곱하면, 커버팩터가 된다.

$$\frac{n}{\sqrt{N}}$$

즉, in당 실의 올수를 영국식 면사변수의 제곱근으로 나눈 값이 된다.

1.5.4 Peirce의 커버팩터와 SI단위의 커버팩터

Peirce의 커버팩터와 같은 것으로서 영국식 단위와 전통적으로 사용해온 면사변수를 미터식 단위로 바꾼 커버팩터가 1973년에 ‘The Textile Institute and Industry’지에 발표되었다. SI단위에서 직물의 커버팩터는 (cm당 실의 올수) $\times \sqrt{\text{tex}} \times 10^{-1}$ 이다. 따라서 경사변수가 20tex이고 경사밀도가 28올/cm인 직물의 경우에 커버팩터는 다음과 같다.

$$28 \times \sqrt{20} \times 10^{-1} = 12.5$$

Peirce의 커버팩터를 SI단위의 커버팩터로 바꾸는 환산계수는 0.957이며, 이 계수의 역수인 1.045를 SI단위의 커버팩터에 곱하면 Peirce의 커버팩터가 된

다. 그러므로 위의 예에서 Peirce의 커버팩터는 다음과 같이 된다.

$$12.5 \times 1.045 = 13.01$$

이 값은 SI단위의 커버팩터와 그다지 차이가 없다. T.I.I지에 발표되었던 내용에 의하면 Peirce의 커버팩터와 비슷한 값을 갖도록 환산계수를 유도하였기 때문에 10^{-1} 이라는 계수가 포함되어 있는 것이라고 한다.

1.5.5 Peirce의 프렉셔널 커버와 절충식 프렉셔널 커버와의 비교

다음 식에서 환산계수를 유도하여 Peirce의 커버팩터를 새로이 대신할 수 있는 커버팩터로 바꾸고자 한다. 만일 환산계수를 F라 하면 다음과 같이 할 수 있다.

$$\frac{n}{28\sqrt{N}} \times F = 4.44\sqrt{T/\rho} \times 10^{-3} \times n'$$

여기서, N = 실의 올수/in

T = 선밀도(tex)

P = 섬유의 밀도(g/cm^3)

n' = 실의 올수/cm

따라서 위의 식은 다음과 같다.

$$F = 4.44 \frac{\sqrt{T}}{\sqrt{\rho}} \times 10^{-3} \times n' \times \frac{\sqrt{590.5}}{T} \times \frac{28}{n' \times 2.54} = \frac{1.19}{\sqrt{\rho}}$$

여기서 구한 계수를 Peirce의 프렉셔널 커버에 곱하면 절충식 프렉셔널 커버가 된다.

Peirce의 커버팩터에서 새로운 방식의 프렉셔널 커버를 구하기 위해 필요한 환산계수는 다음과 같다.

$$\frac{1.19}{28} \times \frac{1}{\sqrt{\rho}} = \frac{0.0425}{\sqrt{\rho}}$$

[예 제 6]

평직 면직물에서 경사 커버팩터가 Peirce방식으로 14일 때, 새로운 방식의 프렉셔널 커버를 구하라(면섬유의 밀도 = 1.52g/cm³).

$$\text{프렉셔널 커버} = \frac{14 \times 0.0425}{\sqrt{1.52}} = \frac{0.595}{1.233} = 0.483$$

Peirce의 프렉셔널 커버는 14/28, 즉 0.5이다. 만일 모든 실이 완전히 접한다 할지라도 커버팩터는 28이기 때문이다.

[예 제 7]

Peirce의 커버팩터 K와 새로운 방식의 프렉셔널 커버 C사이의 관계는 다음과 같다.

$$K \times \text{환산계수} = C$$

$$\text{환산계수} = \frac{0.0425}{\sqrt{\square \square \square \square \square \text{ (g/cm}^3\text{)}}}$$

다음의 면(섬유의 밀도 = 1.52g/cm³), 양모(섬유의 밀도 = 1.31g/cm³), 나일론(섬유의 밀도 = 1.14g/cm³) alc 오울론 아크릴섬유(섬유의 밀도 = 1.19g/cm³)에 대해서 각각의 환산계수를 구하라.

또한 프렉셔널 커버 C로 커버팩터 K를 얻을 수 있는 환산관계식을 구하고, 이런 관계를 면, 양모, 나일론 및 오울론의 경우에 대해서 각각 나타내 보아라.

각각의 경우에 대한 환산계수를 아래와 같이 계산하면,

$$\begin{aligned} \text{면} : \frac{0.0425}{\sqrt{1.52}} &= 0.0345, & \text{양모} : \frac{0.0425}{\sqrt{1.31}} &= 0.0372, \\ \text{나일론} : \frac{0.0425}{\sqrt{1.14}} &= 0.0398, & \text{오울론} : \frac{0.0425}{\sqrt{1.19}} &= 0.0389 \end{aligned}$$

그리고 K와 C의 관계식은

$$K = C \times \frac{\sqrt{\text{섬유의 밀도}}}{0.0425}$$

그러므로 구하고자 하는 환산계수는 첫번째 해답에서 얻은 값의 역수이다.

즉, 면 : 29.0, 양모 : 26.9, 나일론 : 25.1, 오울론: 25.7

여기서 주의해야 할 점은 총 프렉셔널 커버를 환산 할 때는 이러한, 환산 계수를 사용할 수 없다는 점이다. 따라서 $(C_1+C_2-C_1C_2)$ 라는 식에서 각각의 값을 계산해야만 한다.

[예 제 8]

Peirce의 커버팩터에서 직물의 총 커버팩터 K_c 는 다음과 같다.

$$K_c = K_1K_2 - \frac{K_1K_2}{28}$$

여기서 K_1 과 K_2 는 각각 경사커버팩터와 위사커버팩터이다.

면직물에서 $C_1 = 0.426$, $C_2 = .475$ 인 경우에 직물의 총커버팩터 K_c 를 구하라.

$$K_1 = 29 \times 0.426 = 11.35$$

$$K_2 = 29 \times 0.475 = 13.78$$

그러므로,

$$K_c = 11.35 + 13.78 - \frac{11.35 \times 13.78}{28}$$

$$= 25.13 - 5.58$$

$$= 19.55$$

1.5.6 직물에서 커버의 측정

섬유에 대해 실제 경험이 풍부한 사람으로서 많은 전문가로부터 자문을 받았다면, 이렇게 생각할 수도 있다. 추론에 너무 많이 기초를 둔 직물의 커버값에는 중대한 결점이 있을지도 모른다고 말이다. 이런 사람은 또 이렇게

말할 수도 있을 것이다. 직물상태에서 실의 지름을 측정하여 직물의 커버를 구하는 것이 어떨겠느냐고 말이다. Elmasri는 커버를 이런 관점에서 보고 있다. Elmasri가 주장하는 바에 의하면, 직물에서의 실의 굵기는 눈금이 있고 조절 가능한 스크린이 부착된 투영현미경으로 측정해야 한다는 것이다.

측정한 경사의 굵기는 d_e , 경사간의 간격은 $1/e$ 로 나타내기로 한다. 여기서 $1/e$ 은 경사율수/cm의 역수이다. 이렇게 하면, d_e 는 d/s 에서 d 를 대신하고, $1/e$ 은 s 를 대신하게 된다.

따라서 프렉셔널 커버는 다음과 같다.

$$K_e = \frac{de}{1/e} = ed_e$$

백분율로 하면,

$$K_e\% = 100ed_e$$

위사의 경우도 마찬가지로,

$$K_p = \frac{d_p}{1/p}$$

여기서 d_p 는 측정한 위사의 굵기이며 p 는 위사율수/cm이다. 그러므로, 앞서와 같이,

$$K_p = p d_p$$

$$K_p\% = p d_p \times 100$$

따라서 실이 교차되는 부분을 공제하면 총 프렉셔널 커버는 다음과 같다.

$$K = K_e + K_p - K_e K_p$$

백분율로 해서,

$$K\% = K_e + K_p - K_e K_p \times 100$$

이 식의 이점을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 명확하고 포괄적인 용어로서 직물의 피복성을 보여주고 있다.

② 계산하기가 쉽다(섬유의 밀도 등이 전혀 관련되어 있지 않으므로).

③ 변수(선밀도)는 같지만 지름이 다른 실로 만든 동일 밀도의 직물들을 구별할 수 있다.