

섬유수학

- 실 (10) -

7.1.1 환산계수와 상수의 계산

가. 계수(multiplier)

직접법은 변수를 계산할 때 단위 길이당 무게를 사용한다. <표 9>에서 몇가지 변수 계산방법에 대한 단위 무게와 표준길이가 나타나 있다. 선밀도를 tex로 표시할 경우, 1km당의 무게를 g으로 표시하기 때문에 전에 사용하던 변수계산법의 길이와 무게의 단위는 g과 m로 고쳐져야 한다.

$$1\text{lb} = 0.45359237\text{kg}, \text{약 } 453.6\text{g}$$

$$1\text{oz} = 0.0283495\text{kg}, \text{약 } 28.3\text{g}$$

$$1\text{dram} = 1.77185\text{g}, \text{약 } 1.772\text{g}$$

$$1\text{yd} = 0.9144\text{m} \text{ 또는 } 914.4\text{m} \times 10^{-3}$$

$$1\text{grain} = 64.7989\text{mg}$$

[예제 26]

방모사 변수를 tex로 환산하기 위한 계수를 결정하라

<표 9>로부터 직접법에 의한 변수 계산시의 무게 단위는 lb임을 알 수 있으며 단위길이는 14,400yd이다. 그러므로 어떤 Ns의 방모사(Aberdeen)는 14,400yd가 1lb이다. 이 경우 1km 또는 1,000m일 때 무게는 몇 g인가?

$$14,400\text{yd} = 14,400 \times 0.9144\text{m}, N\text{ lb} = N \times 453.6\text{g} \text{ 이므로}$$

$$1,000\text{m의 무게} = \frac{N \times 453.6 \times 1,000}{14,400 \times 0.9144} = N \times 34.45\text{g}$$

<표 9> 직접법의 단위무게와 표준길이

변수법	단위무게	표준길이
Tex	G	Km
Denier	G	9,000m
아마(건방사)	lb	14,400yd(spindle)
대마	lb	14,400yd(spindle)
황마	lb	14,400yd(spindle)
견	Dram	1,000yd
방모사(Aberdeen)	Lb	14,400yd
방모사(American grain)	grain	20yd

<표 10> 간접법의 단위무게와 표준길이

변수법	단위무게	표준길이
석면(미국식)	lb	100yd
석면(영국식)	lb	50yd
면범프(bump)사	oz	1yd
면(영국식)	lb	840yd(hank)
면(대륙식)	0.5kg	1,000m
유리	lb	100yd
아마	lb	300ysd(lea)
공통식(metric)	kg	Km
견방사	lb	840yd
방모사(Alloa)	24lb	11,520yd(spindle)
" (American cut)	lb	300yd(cut)
" (American run)	oz	100yd
" (Dewsbury)	Oz	1yd
" (Galashiels)	24oz	300yd(cut)

" (Hawick)	24oz	300yd(cut)
" (영국서부)	lb	320(snap)
" (Yorkshire)	lb	320yd(skein)
" (Yorkshire)	dram	1yd
소모사	lb	560yd(hank)

그러므로 N_s 의 방모사는 $34.45 \times N_{\text{tex}}$ 가 되기 때문에 그 계수는 34.45이다.

나. 상수(constant)

두번째 예로서 간접법인 경우를 예로 들어보자

[예제 27]

소모사 변수법에서 무게단위는 lb이고 단위길이는 560yd이다. 1lb의 무게에 해당하는 길이가 560yd의 몇 배인가가 소모사 변수이므로, N_s 의 소모사는 $N \times 560\text{yd}$ 의 무게가 1lb이다. 그러면 1,000m의 무게는 몇 g인가?

$N \times 560 \times 0.9144\text{m}$ 가 453.6g이므로

$$1,000\text{m의 무게} = \frac{453.6 \times 1,000}{N \times 560 \times 0.9144} = \frac{885.8}{N} \text{g 이다.}$$

그러므로 N_s 의 소모사는 $885.8/N_{\text{tex}}$ 이고 그 상수는 885.8이다.

위의 계산 예로부터 두가지 공식이 유도될 수 있다.

직접법에 의한 변수를 tex로 환산하기위해서

$$\text{tex로 표시한 선밀도} = \text{변수} \times \frac{1,000 \times \text{g으로 환산한 단위무게}}{\text{표준길이를 m로 환산한 값}}$$

간접법의 경우에 tex로 환산하면

$$\text{tex로 표시한 선밀도} = \frac{1}{\text{번수}} \times \frac{1,000 \times \text{g으로 환산한 단위무게}}{\text{표준길이를 m로 환산한 값}}$$

위 2가지 공식의 차이점은 재래식 번수의 위치라는 것을 주목해야 한다.

[예제 28]

Denier를 tex로 환산하라. 다만, denier는 직접법이다.

Denier의 경우 단위무게는 g이고, 표준길이는 9,000m이므로,

$$N \text{ denier} = \frac{1,000 \times 1 \times N}{9,000} = 0.1111N \text{tex}$$

[예제 29]

영국식 면사번수를 tex로 환산하라. 다만, 면사번수는 간접법이다.

면사의 표준무게는 lb이고 단위길이는 840yd이므로,

$$N_s = \frac{1,000 \times 453.6}{840 \times 0.9144} \times \frac{1}{N} \text{tex} = \frac{590.5}{N} \text{tex}$$

7.1.2 선밀도의 측정

Tex의 개념이 간단하다고 해서 그 측정도 마찬가지로 간단할 것이라고 오해할 수 있다. 간단히 측정해서, 어떤 실 100m가 있을 때 그 무게를 g으로 재고 그 값을 10을 곱하므로써 선밀도를 tex로 구할 수 있다. 그러나 이것은 근본적으로 방법일 뿐이며 거기에 몇 가지 요인이 고려되어야 한다.

첫째, 측정할 시료는 부편장시료 즉, 무작위추출시료(random sample) 이어야 한다.

둘째, 시료 100m 측정시에 가해지는 장력이 실을 연신시켜서는 안되며 길이측정기구도 정확해야 한다. 이미 팽팽하게 된 실은 먼저 느슨한 형태로 이완시키면서 감고 최소한 3시간 후에 다시 감아야 한다. 길이 측정은 정확성이 기본이다.

셋째, 정확히 측정한 100m의 무게도 정확해야 한다. 사용할 저울은 정기적으로 점검되어야 한다. 무게 측정시 고려해야 할 중요한 요인으로서 대부분의 섬유는 수분을 흡수하며, 그것도 형태에 따라 다르다는 사실을 어떻게 감안할 것인가 하는 것이다. 어떤 시료에 있어서 수분의 양은 수분율(regain)으로 표시될 수 있다. 선밀도 계산시의 무게는 표준수분율을 함유한 시료의 무게이다. 또 다른 방법은 상대습도 65%, 온도 20℃에서 수분평행에 도달할 때까지 시료를 방치한 후에 무게를 측정하는 것이다.

[예제 30]

길이가 각각 100m인 면사 10개의 타래(skein)의 평균무게는 2.75g이다. 항중이 될 때까지 오븐에서 105℃로 건조후의 평균무게는 2.4g이다.

(a) 수분율, (b)실의 평균선밀도 tex로 계산하라(수분율 8.5%)

(a) 각 타래의 평균수분량 : $2.75 - 2.4 = 0.35\text{g}$

0.35g을 오븐건조무게 2.4g에 대한 백분율로 표시하면,

$$\text{수분율} = \frac{0.35}{2.4} \times 100 = 14.6\%$$

(b) 선밀도 계산시에 오븐건조무게에 수분율 85%를 가산한 무게를 타래의 평균 무게로 해야 한다.

수분율 85%인 때 타래의 평균무게 =

$$2.4 \times \frac{100 + 8.5}{100} = 2.064\text{g}$$

이 무게가 100m의 무게이므로 1km의 무게는 26.04g이 된다. 그러므로 평균 선

밀도는 26tex(대략적인 값)가 된다. 실제로(b)의 경우에 계산은 다음과 같이 간단히 할 수 있다.

$$\frac{2.75 - 2.4}{2.4} \times \frac{108.2}{100} \times 10 = 26.04 \text{ w즉 } 26\text{tex.}$$

7.2 실의 직경

7.2.1 실 직경이 표현

대부분의 섬유기술자들은 실의 단면이 원이 아니기 때문에 실은 직경을 갖지 않는다고 하는데, 실제로 실의 단면을 촬영하면 충분히 그 말을 수긍할 수 있다. 직물의 기하학적 연구의 경우에도 타원형과 모서리가 약간 원형인 직사각형과 같은 다른 모형도 제시될 수 있으나 여기서는 실의 단면을 원형으로 간주하고 SI단위를 사용하기로 한다.

$$C \text{ tex인 실 } 1\text{kg의 길이} : \frac{10^6}{C} \text{m} \dots\dots\dots (6)$$

V_y 를 m^3/kg 으로 표시하는 실의 비체적이라고 하면 식(6)에서 $(106/C)\text{m}$ 는 무게가 1kg이고, 부피는 $V_y\text{m}^3$ 이다. 만약 실의 직경을 d 라면 부피는

$$V_y = \frac{\pi}{4} d^2 \times \frac{10^6}{C} \dots\dots\dots (7)$$

식(7)에서 d^2 을 유도하면

$$d^2 = V_y \times \frac{4}{\pi} \times \frac{C}{10^6} \quad d = \sqrt{V_y \times C \times \frac{1.128}{10^3}} \text{m} \dots\dots\dots (8)$$

비체적은 cm^3/g 으로 표시하는 것이 더 보편적이므로 이 단위로 표를 계산하면 식(8)에서 V_y 값에 1,000배를 해주면 되며 이 경우에 d 의 값은 $d\sqrt{1,000}$ 으로 정리할 수 있고, 여기서 $\sqrt{1,000}$ 값은 $\sqrt{V_y}$ 에 기인한 것이다 더 나아가서 만약 d 를

mm로 환산하면 식(7)의 오른쪽에 1,000배를 해주어

$$d(\text{mm}) = \sqrt{V_y \times C \times \frac{1.128}{10^3} \times \frac{1,000}{\sqrt{1,000}}} = \sqrt{V_y \times C \times 0.0357}$$

$$\text{즉, } d(\text{mm}) = 0.0357 \sqrt{V_y \times \text{선 밀도}(\text{tex})} \dots\dots\dots (9)$$

이상과 같이 실의 비체적을 V_y 로 사용하였으며 이것은 실의 밀도 ρ_y 의 역수이다.

만약 실을 고체 실린더라고 생각하면 ρ_y 는 섬유밀도 ρ_f 같게 될 것이다. 이 경우에 실의 단면은 섬유단면이 모인 상태가 된다. 실제로 꼬임에 의해 가해진 압력에도 불구하고 섬유간에는 공기틈새가 있다. 실에서의 섬유 밀집정도를 나타내기 위해서 충전도(packing fraction) ϕ 다음과 같이 정의한다.

$$\phi = \frac{\text{실에서의 섬유의 체적}}{\text{실의 체적}}$$

$$\text{이 값은 } \frac{\text{실의 밀도}}{\text{섬유의 밀도}} = \frac{\rho_y}{\rho_f} \text{와 같아질 것이다.}$$

만약 우리가 밀도의 역수를 사용한다면

$$\phi = \frac{\text{섬유의 비체적}}{\text{실의 비체적}} = \frac{V_y}{V_f} \text{가 된다.}$$

$$\text{그러므로 실의 비체적 } V_y = V_f / \phi = \frac{\text{섬유의 비체적}}{\text{충전도}} \text{ 이 된다.}$$

여러 형태의 방적사의 값이 발표되었는데 그 값은 면의 경우 0.53에서

1.5denier(1.67dtex) 레이온의 0.61에 이르기까지 그 대략적인 평균치는 약 0.57이다. 면섬유의 비체적이 0.65로 주어졌다면 면사의 비체적은 0.65/0.53 즉, 1.22가 될 것이다. 만일 우리가 Peirce가 계산한 1.1 대신에 이 값을 사용하여 면사의 직경을 mm로 표시하면

$$d = 0.0357\sqrt{1.22 \times \text{tex}} = 0.0394\sqrt{\text{tex}} \text{가 된다.}$$

그러므로 0.0357 대신에 0.0394라는 값을 얻게 된다. 아크릴사의 경우 $V_y = 1.61$ (hamilton이 계산)이고 이의 계수는 0.0453이 된다.

7.2.2 실의 직경 계산 및 기타 계산

몇가지 예를 다음에 들어보자

[예제 31]

권사기편람에는 기계식 양 클리어러(yarn clearer)는 $1.8 \times$ 실의 직경에 고정시켜야 한다고 쓰여있다. 실의 직경을 mm로 계산시의 식이 $0.0357\sqrt{V_y \times \text{선밀도(선밀도} = \text{tex})}$ 로 주어졌을 때, 20tex인 실의 경우 클리어러가 0.33mm에 고정되었다면 실의 비체적은 얼마인가?

$$0.38 \text{ mm} = 1.8 \times \text{직경}, \text{ 직경} = 0.33/1.8 = 0.183 \text{ mm}$$

$$\text{위 식에 대입하면 } 0.183 = 0.0357\sqrt{V_y \times 20}$$

$$\sqrt{V_y} = \frac{0.183}{0.0357 \times \sqrt{20}} = \frac{0.183}{0.0357 \times 4.472} = 1.15$$

[예제 32]

더블 플랜지 보빈(double flange bobbin)에 비체적이 1.45인 40tex의 실이 감겨 있

다. 만약 플랜지 사이의 간격이 12cm이면 트래버스당 요구되는 코일 수는 얼마인가? 여기서 실은 원형이고, 튜틀링 없이 서로 접촉한다고 가정한다.

$$\text{실의 직경(mm)} = 0.0357\sqrt{1.45 \times 40} = 0.272\text{mm}$$

그리고 트래버스당의 코일수는

$$\frac{\text{플랜지 사이의 거리(mm)}}{\text{실의 직경(mm)}} = \frac{120}{0.272} = 442\text{코일}$$

[예제 33]

비체적인 1.4인 30tex의 위사로 직물이 제작되어 있다. 만약 위사수가 25올/cm이면 직물에서의 면적은 얼마나 될까?

이 계산에서 경사의 효과를 무시하면

$$\text{실의 직경(mm)} = 0.0357\sqrt{1.4 \times 30} = 0.243\text{mm}$$

$$25\text{올의 위사가 차지하는 폭} = 25 \times 0.243 = 6.075\text{mm}$$

이것은 직물의 1cm내에서의 0.6075에 해당하므로 위사는 직물면적의 반 이상을 차지하게 된다.

7.2.3 실의 직경 : Grosberg의 공식

앞의 공식에서 실의 직경(cm) :

$$d = 3.57\sqrt{V_y \times \text{선 밀도(tex)} \times 10^{-3}}\text{cm} \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{비체적 } V_y = \frac{1}{\text{실의 밀도}} \text{ 이므로}$$

실의 밀도 = 실의 기공도(porosity) × 섬유의 밀도인데, 여기서 실의 기공도는 충전도를 달리 표현한 것이다.

식(10)에 표를 V_y 대입하면

$$d = 3.57 \sqrt{\frac{\text{선 밀도(tex)}}{\text{기공도} \times \text{섬유의 밀도}}} \times 10^{-3} \text{ cm} \dots\dots\dots (11)$$

직물의 경우에 실의 기공도는 0.55~0.75이며 평균치는 0.65이다. 대부분의 실의 경우

$$d = 3.57 \sqrt{\frac{\text{선 밀도(tex)}}{\text{섬유의 밀도} \times 0.65}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (12)$$

여기서 상수를 뽑아내면 계수는 3.57은 다음과 같이 변한다.

$$3.57 \sqrt{\frac{1}{0.65}} = 3.57 \times \frac{1}{0.806} = 4.43$$

Grosberg는 계수를 4.44로 설정하였으며 실의 직경계산은 다음과 같다.

$$d = 4.44 \sqrt{\frac{\text{선 밀도(tex)}}{\text{섬유의 밀도}}} \times 10^{-3} \text{ cm} \dots\dots\dots (13)$$

그러므로 64 tex인 면사의 직경 :

$$d = 4.44 \times \sqrt{\frac{64}{1.52}} \times 10^{-3} = 0.029\text{cm}$$

또한 64tex인 소모사의 직경 :

$$d = 4.44 \sqrt{\frac{64}{1.31}} \times 10^{-3} = 0.031\text{cm}$$

위에서의 면사의 계산치를 양모에 적용하면,

$$d(\text{양모}) = 0.029 \sqrt{\frac{1.52}{1.31}} = 0.031\text{cm}$$

이 계산은 실의 직경의 섬유밀도의 제곱근에 반비례한다는 사실을 이용한 것이다.