

섬 유 수 학

직물과 편성포 <3>

2 제직 메커니즘

2.1 주운동과 부운동

제직 메커니즘에 대해 자세히 다루려면 많은 양이 필요하므로 여기서는 간단히 재래식 직기의 메커니즘에 대해 2가지 부류로 대별하여 알아 보고자 한다.

가. 주운동(primary motion)

① 개구운동(shedding)은 종광의 운동에 의해 경사를 위 아래로 벌려서 위 사운반체, 즉 북이 지나갈 수 있도록 공간을 만드는 운동이다. 태핏(캠)장치는 간단한 제직에 사용되며, 도비장치는 종광이 많이 필요한 보다 복잡한 제직에 사용되고, 문직에는 자카드장치가 사용된다.

② 북침운동(picking)은 위사운반체를 개구사이로 통과시키는 운동이다. 재래식 직기에서 위사운반체는 북이지만 현대식 직기에서는 금속으로 만든 작은 그리퍼, 워터제트 및 에어제트가 이에 해당한다.

③ 바디침운동(beat-up)은 슬레이의 본체에 붙어있는 바디로 위사를 클로드 펠(cloth fell)까지 이동시키는 운동이다.

나. 부운동(secondary motion)

① 송출운동 (warp-let-off motion)은 제직되면서 경사빔으로부터 경사를 공급하는 속도를 조절하면서 송출하는 운동이다.

② 권취운동(cloth-take-up motion)은 이 말이 뜻하는 것처럼 클로드 롤러에 직물을 권취하며, 감는 속도를 조절하는 운동이다.

③ 여러가지 장치들의 북의 운동을 제어하기 위해 설치되는데, 예를 들어

чек 스트랩(check strap) 또는 버퍼와 같은 것이다. 템플은 직물을 올바른 폭으로 잡는데 사용된다. 종광복귀장치는 종광의 운동을 제어하기 위해 개구운동과 연결되어 작동한다. 위사보급장치는 일정하게 위사를 보급해준다. 이런 장치들의 운동 모두를 부운동, 즉 말뚝 그대로 2차적인 운동으로 간주할 수 있지만 직물을 성공적으로 제작해 내는 데 있어서는 중요한 것이다.

2.2 직기의 속도(loom speed)

2.2.1 일반사항

재래식 직기에서 크랭크축은 보통 전기모터에 의해 기어나 V벨트를 경유한 후 클러치를 통해 회전하게 된다. 따라서 모터의 속도와 치차비(또는 V형 폴리에서 피치간의 지름비)를 알면 직기의 속도를 쉽게 계산해 낼 수 있다.

[예 제 9]

모터속도가 960rpm이며 모터축에 있는 폴리의 피치지름이 8cm, 크랭크축에 있는 폴리의 피치지름이 35cm인 경우에 직기의 속도를 구하라.

직기의 평균속도(벨트의 미끄러짐은 전혀 무시하고)

$$= 960 \times \frac{8}{35}$$

$$\approx 220\text{rpm}$$

직기를 이루고 있는 장치들이 크랭크축의 매회전을 정확히 수행하도록 아주 정밀하게 작동하는데, 크랭크축이 1회전하는 데 걸리는 시간을 알아 보는 것은 흥미있는 일이다.

[예 제 10]

직기의 속도가 220rpm일 때, 크랭크축이 1회전하는 시간을 구하라.

직기의 속도가 220rpm이라면 한번 회전하는 데 1/222분, 즉 60/222초가 걸린다. 그러므로 크랭크축이 1회전 하는 데 0.2728초가 걸린다. 아울러 크랭크축의 1회전은 대개 북침 2회로 간주한다.

크랭크축이 1회전하는 동안에 직기를 구성하고 있는 여러 장치들은 각기 다른 시간대에서 그 기능을 수행하며, 작동하는 시간도 각각 다르다. 이런 시간대의 위치를 선정하고, 나타내는 방법으로 클랭크축의 회전을 시계의 형태처럼 만들어서 사용하는 방법이 있다. 즉 0시는 슬레이가 전심(front center)에 위치가 순간이다. 따라서 그밖의 모든 운동시간은 전심으로부터의 각도로써 나타낼 수 있다.

[예 제 11]

220picks/min(220rpm)의 속도로 가동하고 있는 직기에서 바디침이 끝난 후, 100° 되는 지점에서 북이 움직이기 시작하여 225° 되는 지점에서 정지하였다. 이 때, 북이 운동한 시간을 구하라.

이 경우에 크랭크축이 360° 회전하는 데 걸리는 시간은 0.2728초(예제 10에서 계산되었음)이다. 북의 운동이 차지하는 각은 225° - 100° = 125° 따라서 걸리는 시간은

$$0.2728 \times \frac{125}{360} = 0.0947 \text{ 초}$$

만일, 이 예제에서 북이 운동한 거리가 130cm라면 북의 평균속도는,

$$\frac{\text{거리}}{\text{시간}} = \frac{130}{0.0947} \text{ cm/s}$$

$$\text{평균속도} = 1,090 \text{ cm/s}$$

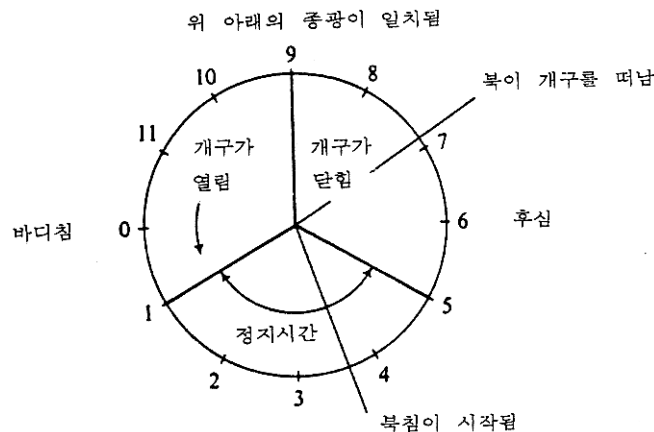
$$= 10.9 \text{ m/s}$$

$$\approx 66 \text{ km/h}$$

[예 제 12]

평직물을 제작하는 직기의 타이밍 다이어그램이 <그림 4>(a)에 주어졌다. 만일 경사의 개구 운동이 변위 8cm로 단진동운동(simple harmonic motion)을 한다면, 이 때의 제직상태를 보여주는 경사변위의 다이어그램을 만들어라.

타이밍 다이어그램은 눈금 하나가 30° 가 되도록 나누어져 있는데, 즉 북침 1회를 나타내 주고 있는 원을 2등분한 것이다. 정지기간은 1에서 시작하여 5까지 계속되며)1회 북침에서 정지기간은 타이밍 다이어그램에서 1/3), 종광은 9에서 서로 평행을 이룬다. 바디침운동은 0에서 시작하여 6에 있는 후심(back center)까지 계속된다(실제로는 슬레이 운동성분의 기하학적 크랭크가 가장 말단에 있게 되는 지점은 6보다 조금 이전이거나 조금 지난 뒤가 될 수 있지만, 이 예문에서는 6이 정확한 후심이라고 가정한 것임).

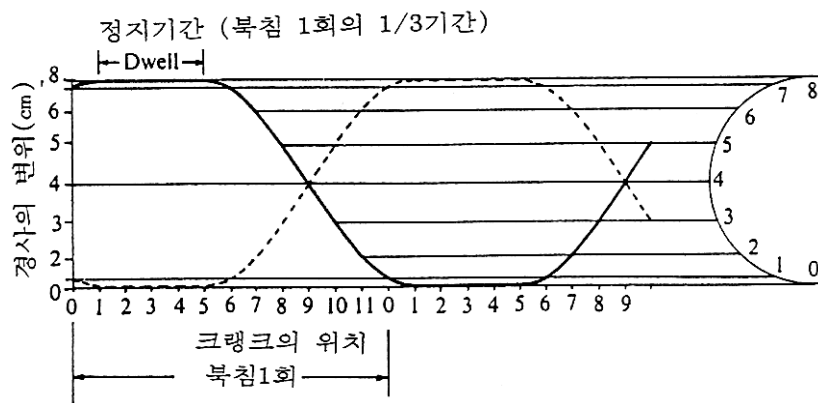


<그림 4>(a) 직기의 타이밍 다이어그램

경사변위의 다이어그램<그림 4>(b)에서 세로축은 경사의 운동을 나타내고 가로축은 12등분으로 나누어져 크랭크축의 회전을 나타내는데, 1에서 5까지는 정지기간이기 때문에 변위곡선은 수평으로 되어 있다. 세로축에서 경사의

운동은 단진동운동(SHM)을 하며 8등분으로 되어 있다. 따라서 오른쪽의 반 원도 8등분으로 되어 있다. 그림에서처럼 직각으로 수평선을 그어 보면 SHM곡선의 위치를 찾아낼 수 있다.

점선으로 된 곡선은 또 다른 경사의 운동을 가리키고 있다. 이 2개의 경사는 크랭크위치 9에서 서로 만난다.



<그림 4>(b) 경사변위의 다이어그램

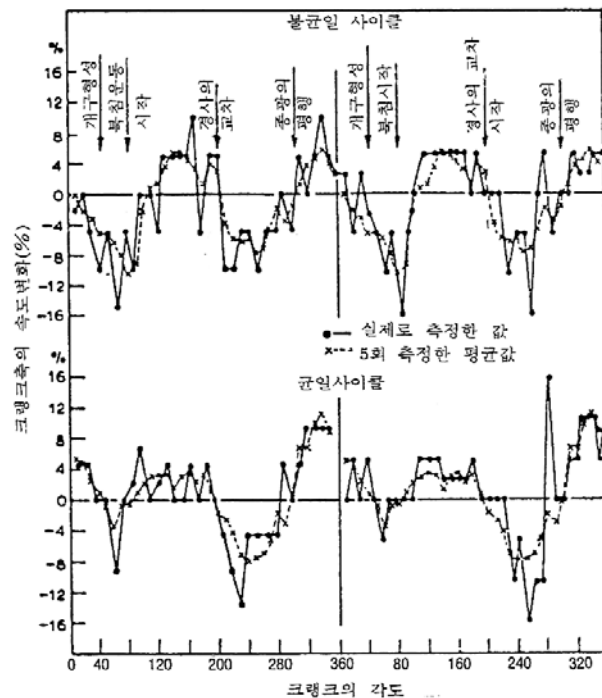
이 예제는 전개구(open shedding)를 보여 주고 있는데, 전개구에는 경사의 어떤 불필요한 운동도 없다. 전개구는 원래 대부분의 태핏에서, 그리고 현대에 와서는 도비로 하는 개구운동에서 얻을 수 있는 운동형태이다. 여기서 주목할 점은 7의 지점에 이르기까지 복이 경사를 통과하고 있으며, 위 아래의 경사는 위입이 끝난 뒤로 서로 교차되어 0의 지점에서 바디침을 한다는 것이다.

2.2.2 직기속도의 변동(loom speed variation)

크랭크축의 회전각을 계산할 때, 크랭크축의 각속도(angular velocity)는 일정하다고 가정해 왔다. 예컨대 60° 의 각운동을 할 때 60° 가 전심에 있거나,

후심에 있거나 또는 타이밍 원의 어느 곳에 있거나 똑 같은 시간이 걸린다고 가정한 것이다. 사실, 이러한 가정은 맞지 않는다.

Load와 Mohamed가 연구하여 지적하는 바는 북침운동을 할 때, 직기의 속도가 변한다면 북침의 속도도 변한다는 것이다. 다시 말해, 북이 개구를 통과하는 동안에 직기의 속도가 빨라진다면, 이로 인해 직물에 결점이 생길 수도 있으며 바디침운동을 할 때에도 속도가 변한다면 위단(weft bar)이 생길 수 있다. 위의 설명중 하나를 <그림 5>에 나타내 보았다. 크랭크축의 속도변화를 크랭크 위치에 대한 평균속도의 백분율로 플롯하였다. 사이클내의 변동에 덧붙여 불균일 사이클과 균일 사이클 사이의 차이에 주목하기 바란다. <그림 5>는 북이 1개인 86in 바디폭(218cm 바디폭)의 자동직기를 평균 154ppm의 속도로 가동시켜 얻은 시험결과이다.



<그림 5> 직기의 속도변동

2.2.3 직기와 직기간의 변동

보통 같은 속도로 가동되는 서로 비슷한 직기사이에서도 평균속도에서는 차이가 있다. 이 같이 평균속도에 차이가 나는 것은 벨트로 동력을 전달하며 미끄러짐의 정도가 직기마다 서로 틀리는 데 있다. 직기의 생산량을 계산할 때, 현장경험이 풍부한 사람이라면 단순히 이론적인 계산에 의존하기보다는 오히려 회전속도계(tachometer)를 사용하여 직기의 속도를 직접 측정해 볼 것이다.

2.2.4 직기속도의 선택

직기의 종류는 매우 다양하여 조직이 간단한 직물로부터 복잡한 직물 모두를 제작해 낼 수 있다. 각각의 제작조건에 대해 가장 경제적인 방법으로 직물을 제작할 수 있는 직기의 속도가 있게 된다. 대개 그 직기에서 낼 수 있는 최고속도라고 해서 가장 경제적인 속도가 되지는 않는다. 속도가 빨라지면 경사와 위사의 사절률이 많아지고, 직기의 메커니즘에서 볼 때 급속히 마모와 손상이 일어남에 따라 기계에 고장이 생기고, 따라서 비싼 수리비를 초래하기 때문이다. 몇 개의 팩터로써 직기의 속도가 결정되는데, 이 팩터에는 바디폭, 개구의 종류, 북집운동의 종류, 직물의 특성과 직기가 자동직기인지 아닌지의 여부가 포함된다. <표 4>에 형태별에 따른 대표적인 직기들과 이 직기의 속도가 나와 있다. 유사한 형태의 직기에서는 정확한 속도에 비슷한 값을 역제곱근의 법칙(inverse square root rule)을 이용하여 계산할 수 있다. 여기서 역제곱근법칙이란 직기의 속도는 바디폭의 제곱근에 반비례한다는 법칙이다.

<표 4> 직기의 속도(예)

직기의 형태	바디폭(cm)	직기의 속도(ppm)
Saurer 100W(북)	120	236
Northrop M(북)	130	216
Northrop Sensimatic(북)	165	240
Northrop Sensimatic(북)	343	158
Picanol President(북)	130	240
Picanol MDC(북)	132	220
Picanol MDC(북)	320	165
Ruti C(북)	115	325
Ruti C(북)	312	185
Nissan(위 터제트)	133	1000
Ruti te Strake(에 어제트)	180	400
Sulzer(멀티 그리퍼)	389	820
Draper(레 피어)	102	285
Draper(레 피어)	163	200
Mackie(레 피어)	470	135
Picanol(레 피어)	200	230

[예 제 13]

바디폭이 114cm인 직기가 200ppm의 속도로 가동되고 있다. 횡폭의 직기로 바디폭이 228cm라면 이 직기는 얼마만큼의 속도로 가동하겠는가?

바디폭이 228cm인 직기의 속도

$$= \text{바디폭이 114cm인 직기의 속도} \times \sqrt{\frac{114}{228}}$$

$$= 200 \times \sqrt{0.5}$$

$$= 141\text{ppm}$$

바디폭이 114cm인 직기의 수입속도는,

$$200 \times \text{바디폭} = 200 \times 114\text{cm/min} = 228\text{m/min}$$

횡폭직기의 겨우 수입속도는,

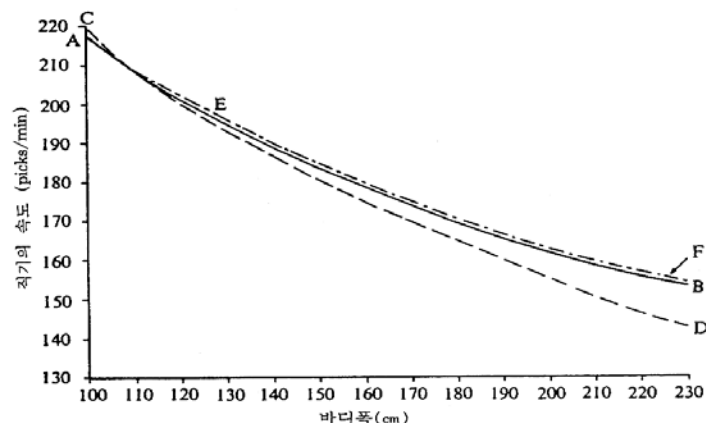
$$141 \times 228 \text{cm/min} = 321 \text{m/min}$$

바디폭이 큰 직기는 바디폭이 작은 직기보다 직기속도에 있어서 59ppm이 느린 반면에 수입속도는 약 41% 빠르다.

2.2.5 직기속도와 바디폭(loom speed and reed width)

<그림 6>의 그래프는 직기의 속도와 바디폭과의 관계를 나타낸 것이다. 여기서 곡선 AB는 직기메이커의 권장속도에 대해서 바디폭을 플롯함으로써 얻은 곡선으로 거의 곧게 펼쳐져 있다. 예를 들어 바디폭이 110cm인 직기는 209ppm의 속도로 가동되도록 조절하였고, 바디폭이 보다 큰 직기로서 220cm인 경우에는 155ppm의 속도로 가동하도록 조절하였다. 곡선 CD는 바디폭이 110cm인 직기를 기준으로 하여 바디폭이 다른 직기의 속도를 역제곱근법칙으로 계산하여 구한 것이다. 곡선 CD에서 구한 속도는 직기메이커의 추천속도보다 낮다. 역제곱근법칙은 북에서 평평한 부분의 길이를 포함 한다면 약간 수정이 된다. 이 평평한 부분의 길이가 28cm라고 하자. 바디폭이 160cm인 직기의 경우에서 속도를 구하면 다음과 같다.

$$\text{바디폭이 110cm인 직기의 속도} \times \sqrt{\frac{110+28}{160+28}}$$



<그림 6> 직기의 속도와 바디폭과의 관계

$$= 209 \times \sqrt{\frac{138}{188}}$$

$$= 179\text{ppm}$$