

섬 유 수 학

직물과 편성포 <4>

2 제직 매커니즘

2.3 개구운동(shedding)

2.3.1 종광운동의 계산

개구는 경사가 제직동작에서 위아래로 분리되어 형성되는 공간이다. 경사가 위아래로 분리함으로써 북이 분리된 이들 경사사이로 직기를 가로질러 통과할 수 있게 된다. 경사를 분리하는 방법으로서 태핏, 도비, 자카드를 이용하는데, 이들을 수학적으로 다룰 수 있는 개구에 관한 일반적인 문제를 몇 가지 생각해 보기로 한다.

<그림 7(a)>에서 클로드 펠, 바디, 종광, 경사 및 북을 상호위치에 따라 다 이어그램으로 간단히 나타내었다. 크랭크축에 의해서 슬레이는 후심의 위치로 이동한다. 이때, 슬레이는 12° 이동한다. 레이스 보드와 바디 사이의 각도는 87° 이며, 따라서 아래의 개구선과 수평선 사이의 각도 CFD는 15° 이다 [<그림 7(b)>를 보고 삼각형에서 3각의 합은 180° 임을 상기한다].

클로드 펠 F로부터 북의 앞면까지는 11.5cm이고 북의 높이는 3.75cm이다. 북의 앞면 모서리와 위에 있는 개구선 사이의 빈틈은 0.5cm이다. 따라서 개구의 전체각도인 $\angle EFD$ 는 다음과 같다.

$$\tan EFD = \frac{3.75 + 0.5}{11.5} = \frac{4.25}{11.5}$$

이로부터 $\angle EFD$ 는 $20^\circ 17'$ 이 된다.

$20^\circ 17'$ 에서 15° 를 빼면 위에 있는 개구선과 수평선 사이의 각도인 $\angle EFD$ 를 구하게 된다. 그러므로 $\angle EFD$ 는 $5^\circ 17'$ 이 된다.

그러므로 종광의 전체 운동거리는 $8.71+3=11.71\text{cm}$ 가 된다.

이 같이 계산하면 종광 BB의 운동거리도 계산해 낼 수 있다. 종광 BB의 운동거리는 $\overline{GK}$ 와 $\overline{HK}$ 를 더한 것이지만, $\triangle EDF$ 와 $\triangle GHF$ 는 닮은꼴이므로,

$$\frac{GH}{ED} = \frac{37.5}{32.5}$$

$$\text{그리고, } \overline{GH} = 11.71 \times (37.5 / 32.5) = 13.2\text{cm}$$

경사가 통과하는데 필요한 개구각을 얻기 위해서 종광 AA와 BB는 각각 11.71cm 와 13.2cm 의 거리를 운동해야 한다. 경사는 정확히 종광과 일치하여 운동한다고 생각되지만, 종광눈의 크기로 인해 약간의 차이는 있다. 종광눈의 길이가 1cm 라고 하면 종광의 운동거리는 최종적으로 다음과 같게 된다.

종광 AA : 12.71cm , 종광 BB : 14.2cm

종광의 운동을 유발시키는 것으로 태핏이 있는데, 종광과 태핏 사이에는 어떤 특정비로 서로 관계를 맺고 있다. 이 비가 1.8이라고 가정해보자. 그러면 태핏이 1cm 이동(stroke)하는데 종광은 1.8cm 움직일 것이다. 종광 AA에서 태핏의 이동거리는 다음과 같다.

$$\frac{12.71}{1.8} \doteq 7.1\text{cm}$$

종광 BB의 경우에 직기설계에 따라 이 비는 약간 적을 수 있다. 이 비를 1.5라고 하면, 종광 BB에 대해 태핏의 이동거리는 다음과 같다.

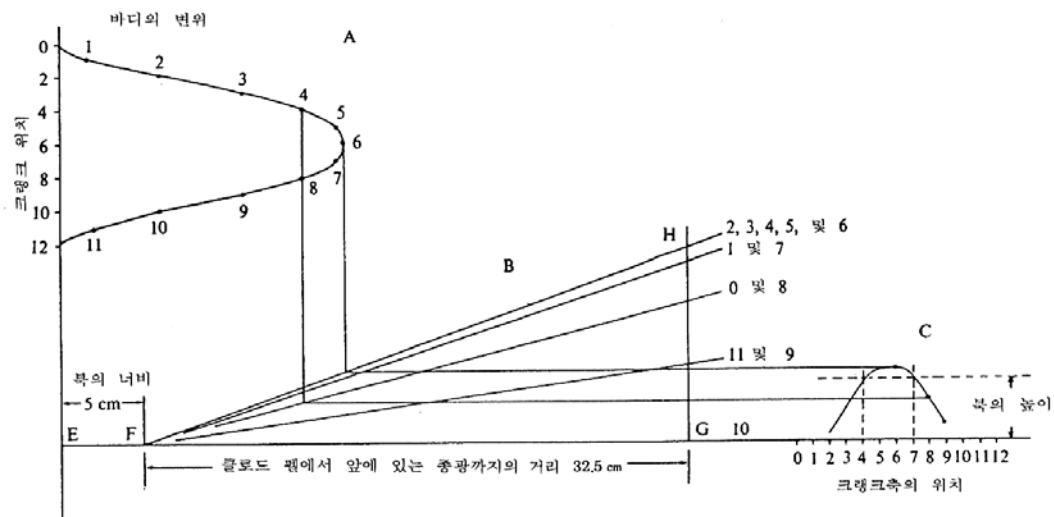
$$\frac{14.2}{1.5} \doteq 9.4\text{cm}$$

형태가 다른 개구장치에서도 이와 비슷한 방법을 사용할 수 있다.

2.3.2 개구운동과 복침운동

앞에서는 개구운동을 후심위치에 있는 바디와 개구를 통과하고 있는 복에

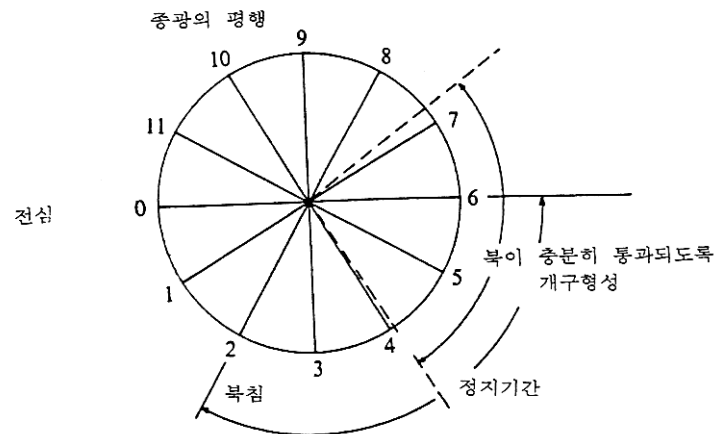
관련시켜 설명하였다. 다음과 같은 질문이 있을 수 있도록 개구가 열려지는 것은 크랭크축이 어떤 지점을 회전할 때인가라고 말이다. 이 지점을 구하는 한가지 방법으로 눈금을 그려 구하는 방법이 있다. 이 방법은 절대적으로 정확한 방법은 아니다. 왜냐하면 이 방법에서 사용한 가정 가운데 어떤 사실과 약간 틀리다. 가령 바디는 수직으로 되어 있으며, 수평으로 운동한다고 하기 때문이다. 이러한 단점이 있지만 그런 방법을 통하여 개구운동과 복침운동과의 관계를 평가할 수 있다. 작동하고 있는 직기에서 고속사진 촬영기법을 이용하여 실제로 조사해 보면 이론치와 실제치를 비교할 수 있다.



<그림 8> 종광운동과 슬레이 운동사이의 관계를 분석하기 위한 구조도

앞의 문제를 해결하기 위한, 한 예로써 사용한 직기를 생각해 보기로 한다. 적당한 그래프용지에 눈금을 알맞게 그린다. <그림 8>에서 그래프 A는 바디의 변위를 나타내는 곡선으로 다소 편심적인 조화운동을 하고 있다. 변위의 총 길이는 바로 앞의 예에서 구할 수 있는데, 즉 16.5cm이다. 곡선 A밑에는

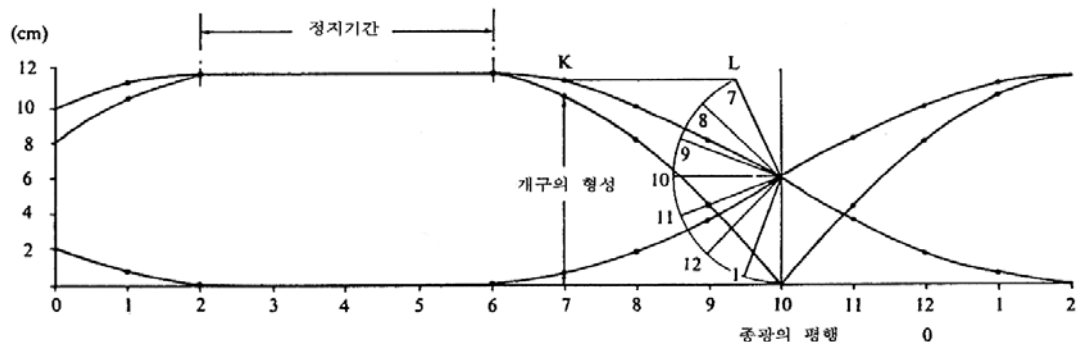
개구가 만들어지는 과정을 보여 주는 선들이 있다. 여기서 클로드 펠은 점 F이며, 바디의 변위가 0이 되는 선에서부터 북의 너비, 즉 $\overline{EF}$ 만큼 떨어져 위치하고 있다. 이 그림에서 개구가 정지하는 기간은 1회 북침에서 1/3이 되는 기간, 즉 타이밍 다이어그램<그림 9>에서 2~6까지이다. 그리고 $\overline{FG}$ 는 경사선이 가장 높을 대의 개구를 나타내고 있다. $\overline{FG}$ 는 클로드 펠로부터 첫째 종광까지의 거리이며, 바로 앞서의 예를 든다면 32.5cm이다. 이와 마찬가지로 첫째 종광이 운동하는 데 필요한 거리 $\overline{GH}$ 는 11.7cm가 된다. 위 아래로 있는 경사선이 SHM과 거의 일치한다고 가정한다. 그러면 크랭크의 위치가 1과 7일 때, 0과 8일 때 11과 9일 때 그리고 10일 때, 개구는 닫히게 되는데, 여기서 10의 위치는 위 아래에 있던 개구선이 일치하여 개구가 되는 지점이다.



<그림 9> 타이밍 다이어그램

개구를 측정하기 위해서 그 구조를 그린 것이 <그림 10>이다. 이 그림에서 정지기간은 크랭크축의 위치가 2에서 6일 때까지이다. 한편으로 위아래의 경사선은 크랭크 위치가 6에서부터 다음 2사이에서 교차한다. 양쪽 경사선의

변위는 지름이 11.7cm인 반원을 8등분(6에서 다음 2까지의 크랭크축의 위치는 8개)하여 구한 다음, 상응하는 점을 플로트한다. 가령 K는 크랭크축의 위치 7과 상응한다.



<그림 10> 슬레이 위치에 대한 개구 형성(크랭크축의 회전에 따른)

개구의 높이는 위에 있는 개구선의 변위에서 아래에 있는 개구선의 변위를 뺀 것이다. 따라서 개구의 높이는 <그림 8>에서 보면 $\overline{GH}$ 이다.

<그림 8>에서 2개의 다이어그램 A와 B를 사용하여 다이어그램 C를 만들었다. 다이어그램 C에서 곡선은 크랭크축의 각기 다른 위치에서의 개구높이를 나타낸다. 이 곡선은 바디로부터 북의 너비와 같은 길이에서 측정하였다. 바디의 변위곡선에서 크랭크축의 위치는 정해져 있으며 수직선을 따라 내려오면 이에 대응하는 개구선을 만나게 된다. 예를 들어 크랭크축의 위치가 2~6인 경우에 모든 수직선은 위에 있는 개구선과 만나게 된다. 이 기간동안 개구운동은 정지해 있기 때문이다. 그리고 나서 왼쪽으로 가로질러 수평선을 그리고 만나는 점들을 플로트 한다.

다이어그램 C에서 최고높이는 크랭크축이 6의 위치, 즉 후심에 있을 때이다. <그림 7>에서 개구의 최고높이는 4.25cm이다. 곡선 C를 가로지르는 수평

선은 기준선에서 볼 때 북의 높이와 같은 길이로 개구가 북을 충분히 통과시킬 수 있는 두 점 사이에 위치하고 있다. 이 두 점은 대략 크랭크축의 위치가 4일 때와 7을 조금 지난 위치에 해당된다. 이들 두 위치 상에서 그 차이는 약 3.2정도이다. 이 그림에서 크랭크축이 회전할 때 30° 마다 위치의 변화를 나타내고 있다. 크랭크축이 회전하는 각도는 $3.2 \times 30^\circ$, 즉 96° 로 북이 통과하기에 충분한 개구를 만들어 주고 있다.

북집에서 북을 투사시켜 개구 속을 통과시키는 타이밍은 직기에서 조정할 요소로 분명히 중요한 사항이다. 만일 북침이 너무 일찍 일어나면 북은 완전히 열려지지 않은 개구 속을 통과해야 한다. 따라서 실과의 과도한 마찰로 사절이 일어나게 된다. 물론 이러한 손상은 북의 옆면으로 인해 어느 정도 방지된다.

2.4 북침과 바디침운동(picking and beat-up)

2.4.1 개 요

힘과 관련해서 북침운동의 메커니즘과 바디침운동에 관련된 문제들은 대부분 이 책에서 다루고 있는 범위를 벗어나서 생각해야 하는 문제들이다. 이와 같이 직기의 중요한 항목을 다루는 응용역학분야는 여기서는 생략하기로 한다.

2.4.2 북의 평균속도와 최고속도

북이 개구를 통과하는 동안에 북과 레이스 보드와의 마찰, 북과 바디와의 마찰, 북과 위에 있는 개구선과의 마찰 등 여러가지 마찰 때문에 북의 이동속도(위입속도)는 어느 정도 떨어지게 된다. 북의 이동경로는 복잡하다. 그 이유는 북이 슬레이를 가로질러 가는 데다가 슬레이 자체도 운동하기 때문

이다. 직기에 대해서 행한 실험에 의하면, 북이 경사를 통과할 때의 최고속도와 최저속도 사이에는 많은 차이가 있지 않음을 보여주고 있다.

[예 제 14]

바디에서의 실의 길이는 100cm이고 북의 길이는 굵은 끝부분을 무시하고 30cm이다. 직기속도는 200ppm이며 북이 개구를 왕복하는 데 크랭크축의 회전각은 100° 가 소요된다. 감속도가 950cm/s^2 인 경우에 (a)평균속도, (b)최고속도, (c)최저속도(북이 북집에 들어가기 직전의 속도)를 구하라

(a) 200ppm의 속도로 북이 통과하는 데 걸린 시간은,

$$\frac{60}{200} \times \frac{100}{360} = \frac{1}{12} \text{ 초}$$

이 시간동안에 이동한 거리는 바디에서의 실의 길이에 북의 길이(굵은 끝부분을 제외한 길이)를 더한 거리,

$$\text{즉, } 100+30=130\text{cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평균속도} &= \text{거리/시간} = \frac{130}{1/12} \text{cm/s} \\ &= 15.6\text{m/s} \end{aligned}$$

(b) 여기는 운동방정식(equation of motion)을 이용한다.

$$S = ut + \frac{1}{2}at^2$$

거리는 130cm, 시간은 $1/12\text{s}$ 이며 처음속도 u 는 얻고자 하는 최고속도이다. 가속도 a 는 -950cm/s 인데, 이는 속도가 떨어지기 때문이다. 이런 조건을 운동방식에 대입하면,

$$\begin{aligned} 130 &= \frac{u}{12} - \frac{950}{2 \times 12^2} \\ &= \frac{24u - 950}{2 \times 144} \end{aligned}$$

$$130 \times 288 = 24u - 950$$

따라서, $u = \frac{38,390}{24} = 1,600 \text{ cm/s}$ (근사값)

그러므로 최고속도는 16m/s이다.

(c) 최저속도는 다음의 운동방정식을 사용하여 계산한다.

$$v = u + at$$

위의 조건을 대입하면,

$$v = 1,600 - \frac{950}{12}$$

$$= 1,600 - 79$$

$$= 1,521 \text{ cm/s}$$

그러므로 최저속도는 15.2m/s이다.