

◆특집◆ 섬유기계

직기와 장력

신재균*

Tensions in Weaving Machines

Jae Kyun Shin*

Key Words : Loom(직기), Tension(장력), Beat-up force(바디칩력), Fabric cell model(제직모델), QSC(Quick Style Change)

1. 서론

직기는 경사와 위사를 직각방향으로 엮어 천을 만들어 내는 기계를 말한다. 동서양을 막론하고 수 천년 동안에 걸친 수직기(Hand loom)의 시대가 1785년 카아트라이트가 동력을 사용한 역직기(Power loom)를 발명함으로써 끝난 이후, 오늘날까지 여러 가지 형태의 역직기가 개발되었다. 복을 자동으로 교환하는 자동복직기, 레피어직기나 켓트 직기 등 복이 없는 혁신직기에 이르기 까지 제직하고자 하는 직물의 종류나 지역적인 선호도에 따라 다양한 형태의 직기가 사용되고 있다. 직기는 지금 현재도 고속화, 자동화, 광폭화, 제직물의 다양화 등의 목표들을 추구하고 지속적으로 발전하고 있다. 얼마전까지만 하여도 대량생산을 위한 고속화가 직기 개발 경쟁의 방향을 요약하는 핵심이었으나, 최근 들어 직물생산 유형이 다품종 소량 생산 체제로 전환됨에 따라 최근에는 소위 QSC(Quick style change)에 적합한 직기를 개발하기 위한 연구가 왕성히 진행되었다.

직기의 경우는 대부분의 연구가 이탈리아, 독일, 스위스, 일본 등의 직기업체들을 중심으로 진행되고, 그 결과는 ITMA, OTEMAS 등의 국제국제섬

유기계 전시회를 통하여 앞다투어 발표되고 있다.

기술적인 측면에서 보면, 하나의 직기는 보통 약 2000개의 부품으로 구성되며, 직기를 만드는 데는 항공기를 만드는 것과 같은 정밀도가 요구된다고 흔히 이야기 된다. 예를 들어, Rapier 직기에서 위사를 운송하는 한 쌍의 Carrier는 약 1.2m의 행정을 500 RPM이상의 속도로 직선 왕복운동을 하면서, 직경 수십 μ 의 실을 착오 없이 주고 받아야 한다. 또한, 1년 365일, 하루 24시간 쉬지 않고 가동되어야 하며, 제직과정에서 발생하는 먼지 등으로 인하여 기계가동환경도 양호하지 못하다. 고속화 등이 야기하는 여러가지 문제점들이 있을 수 있으며, 운전인건비를 절약하기 위한 다양한 자동화의 과제도 있겠으나, 아직도 모방설계라는 후진성을 면하지 못하고 있는 우리나라와 같은 여건에서는 보다 근본적인 설계기술, 소위 원천설계기술을 확보하는 것이 무엇보다 중요한 과제로 보인다. 직기의 최종 목표는 직물을 만드는 것이므로, 원천설계기술을 확보하기 위해서는 우선 직물형성과정에 대한 충분한 이해가 요구된다. 즉, 직물형성과정에 기여하는 섬유관련 혹은 기계관련 제반 파라메타들의 영향을 이해하고, 이를 바탕으로 요구하는 특성의 직물이 얻어지도록 직기를 설계·제작하고, 또한 운전조건을 설정하는 것이다.

본고에서는 직기의 설계에 응용될수 있는 기본적인 이론들을, 특히 장력과 관련된 부분에 대하여 조사하고 그 의미들을 분석해 보고자 한다. 장력을

* 영남대학교 기계공학부
Tel. 053-810-2467, Fax. 053-813-3703
Email jkshin@yu.ac.kr

위주로 본고의 내용을 구성하는 이유는, 여타 섬유 기계들과 마찬가지로 직기의 경우에 있어서도 제직 과정 중에 실의 장력들을 어떻게 조절하느냐 하는 것이 생명이기 때문이다. 예를 들어 Fig. 1에 보인 두 종류의 직물을 살펴보자. 동일한 직기에서 제직된 이 평직물은, 날염에 사용되는 스크린 직물로서 규칙적인 정사각형 조직을 생명으로 한다. Fig. 1(b)에 보인 조직의 경우 의도하는 바와 전혀 다른 조직이 얻어졌으며, 이러한 문제점은 제직시에 경사 및 위사의 장력이 직기의 폭 방향으로나 시간적으로 규칙적으로 제어되지 못한 탓으로 추측된다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 문제점의 원인을 정확히 밝히는 것이 무엇보다 우선되어야 할 것이다.

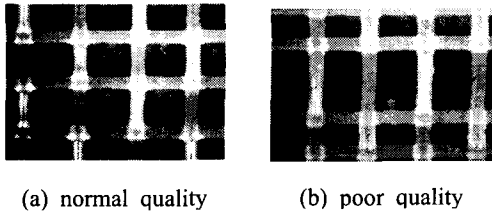


Fig. 1 Samples of screen fabrics woven on a shuttle-loom

2. 직기의 기본 구조¹⁷⁾

직기가 제직을 하기 위해 수행하는 운동은 크게 주운동과 부운동 및 보조운동으로 나눈다. 개구운동(Shedding motion), 위입운동(Picking motion), 바디침운동(Beating motion)은 조직을 만들어 내는 3대 주운동을 형성한다. 부운동으로는 주운동의 결과로 제직된 천을 감는 권취운동(Take-up motion), 경사를 경사 비임에서 풀어주는 송출운동(Let-off motion) 등이 있다. 주운동과 부운동은 모든 직기에서 어떠한 형태로든 필수적으로 존재하나, 보조운동은 그렇지 않다. 다만, 직기를 고속화하거나 고급화 혹은 자동화하기 위해 여러 가지 보조운동장치가 활용되는데 위사공급장치(Weft-feeder), 경사정지장치(Warp-stop motion) 등 여러 가지가 있으나 자세한 언급은 생략하겠다.

2.1 주운동

개구운동은 종광(Hearld)을 이용하여 경사를 위

와 아래로 구분하고, 그 사이를 위입장치가 통과하도록 개구를 만드는 운동이다. 직물의 다양한 조직은 개구를 만들 때 경사를 상하로 나누는 방식에 따라 결정되므로, 종광을 구동하는 개구장치는 목적에 따라 다양한 형태를 띠게 된다. 가장 단순한 조직인 평직을 만들며 한꺼번에 2-4매의 종광들을 구동하는 Tappet 장치로부터, 보통 16매의 종광을 구동할 수 있는 Dobby 장치, 수천가닥의 경사를 한 올씩 별도로 제어하여 복잡한 무늬를 제직할 수 있는 Jacquard 장치 등이 이들 개구장치의 사례들이다. Fig. 2에는 한 쌍의 Tappet 캠으로 2조의 종광들을 구동하는 개구장치를 나타내었다.

위입(Picking)은 경사에 의해 형성된 개구 사이로 통상적으로 한 가닥의 위사를 투입하는 과정을 말한다. 일반적으로 직물의 폭은 190cm 혹은 그 이상에 달하므로 위사를 투입하기 위해서는 필연적으로 적절한 운반수단이 요구된다. 흔히 알려져 있는 북직기(Shuttle loom)나 혁신직기(Shuttleless loom) 등 직기의 종류는 모두 위사를 운송하기 위한 수단의 차이에 의해 결정된다. 혁신직기로는 레피어 직기, 워터젯 직기, 에어 젯 직기 및 Projectile 직기 등이 있다. 이들 직기는 그 종류에 따라 제직가능한 천의 종류나 제직 속도 등이 달라지며, 기계적인 구조도 약간씩 달라져야 한다. Fig. 2에서 위사는 지면에 대해 수직으로 투입되며, 위입을 위해 사용된 구체적인 장치는 나타나지 않았다.

개구 속에 위입된 위사를 클로드펠(Cloth fell)까지 밀어 주어 경사와 위사의 조직을 완성시키는 운동이 바디침 운동이다. 바디침운동은 바디를 탑재한 슬레이(sley)를 요동운동(Oscillation) 시키는 구체적인 기구의 형태에 따라 크랭크 방식과 캠 방식으로 구분된다. 크랭크 방식은 바디의 운동에 정체구간이 요구되지 않는 북직기나 Jet 직기 등에서 활용되며, 4절 크랭크 로커기구나 6절 기구가 활용된다. 정체구간이 요구되는 Rapier직기에서는 주로 캠방식이 활용된다. Fig. 2에는 4절기구 방식의 바디침 기구를 나타내었다.

2.2 부운동 및 보조운동

부운동 장치로서 송출 및 권취 운동이 있다. 송출 및 권취부는 경사와 천의 운동을 제어하기 위한 부분으로서, 기계식과 전자식이 있다. 이들 장치에서는 일정한 위입간격이 유지되도록, 또한 경사의 장단기적인 장력변동이 최소화되도록 송출 및 권

취량을 조절하는 것이 목표이다. 위입간격은 권취량에만 의존하므로 큰 문제가 아니지만, 송출량을 조절하지 못하여 권취량과의 차이가 생기면 이들 차이의 누적분만큼 경사의 유효길이가 변하고, 그 결과 경사의 장력이 변동할수 있으므로, 결국 송출장치에서는 경사 빔의 직경이 경사소모에 따라 점점 줄어들더라도 송출량이 일정하도록 경사빔의 회전속도를 조절하여야 한다. 최근 전자식 송출장치에서는 송출량을 제어하지 않고, 경사의 장력을 직접 제어하는 방식을 택하고 있다. 특히, 사고로 인하여 직기가 정지하였을 때 천에 나타나는 정지단을 없애려는 노력은 전자식 송출장치와 관련된 핵심적인 연구과제의 하나이다.

보조운동을 위한 장치로서는 혁신직기에서의 위사공급장치(Weft Feeder), 절단된 경사를 감지하기 위한 Warp stop motion 등이 있다.

3. 장력과 조직의 형성

직기에 있어 가장 기본적인 기능은 경사와 위

사를 엮어 조직을 만들어 내는 일이다. 훌륭한 직기를 만들고 또한 이를 적절히 운영하기 위해서는 무엇보다 제직 과정에 대한 충분한 이해가 바탕이 되어야 한다. 제직과정에는 크게 두 그룹의 파라메타들이 관여한다고 볼 수 있다. 그 하나는, 직기의 여러 가지 기계적인 파라메타들로서 예를 들면 위입속도, 폐구 timing, 바디칩 운동의 형태 등이다. 또 하나는 실과 천에 관련된 파라메타들로서 예를 들면 경사나 위사의 탄성계수, 마찰계수 및 제직 밀도 등이 있다. 훌륭한 제직물을 얻는다는 것은 시간적으로나 공간적으로-천 내부에서의 위치에 관계없이- 균일한 직물을 얻는 것이 하나의 필요조건이다. 이를 위하여 실의 품질을 균일하게 유지하며, 동시에 기계의 상태 혹은 제직에 미치는 주요 파라메타들의 상태를 항상 균일하게 유지하는 것이 요구된다. 이를 위해서는 우선 직물의 형성에 기여하는 기계적인 파라메타들을 파악하는 것이 필요하며, 이러한 파라메타들이 항상 원하는 값을 유지할 수 있도록 직기를 제작하고 운전조건을 유지할 수 있어야 한다.

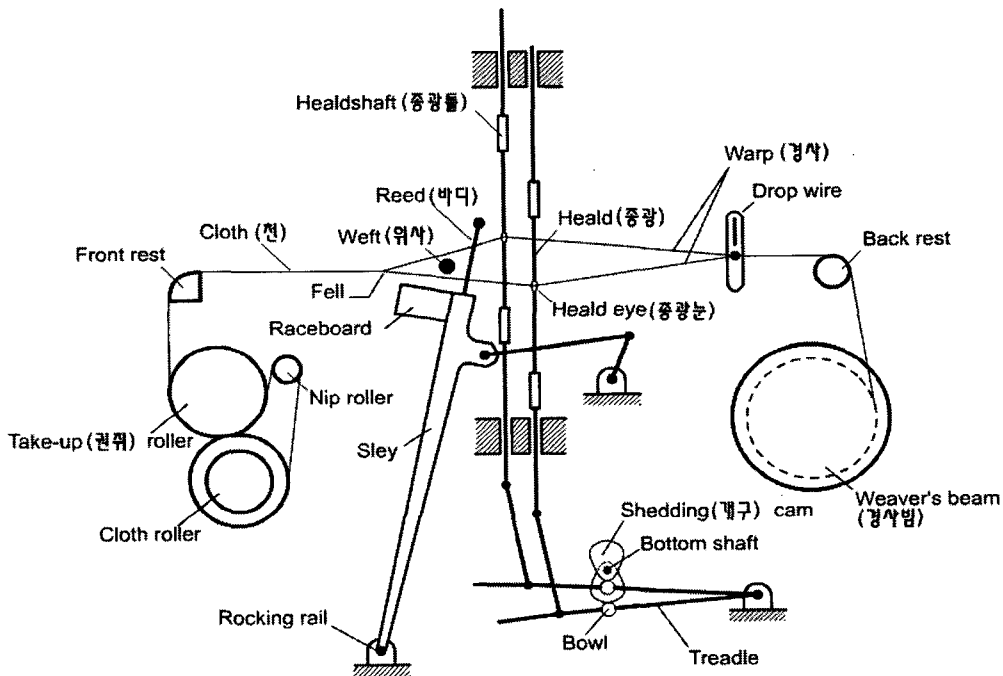


Fig. 2 Typical loom structure

제직과정에 관련된 파라메타들과 이들이 구체적으로 직물의 형성과정에 기여하는 영향을 규명하기 위한 연구는 주로 영국의 Leeds 대학을 중심으로 진행되어 왔다. 이러한 연구들이 진행된 데에는 하나의 실용적인 목적이 있었으며, 그것은 ‘어떻게 하면 조밀한 직물을 제직할수 있겠는가’ 하는 것이었다. 이 목표를 달성하기 위해 연구자들은 주어진 조직을 얻기 위해 요구되는 바디침력(Beat-Up Force: BUF)을 줄이고자 노력하였다.

직기에서 BUF를 줄임으로서 얻어지는 잇점은 크게 두 가지로 요약된다. 그 하나는 BU에 의해 발생하는 힘은 직기의 각 부분에 전달되므로, 그 크기를 줄임으로써 직기의 진동이나 소음 등을 줄일 수 있다는 것이다. 아마도 보다 중요한 또 하나의 잇점은 주어진 직기를 활용하여 보다 고밀도의 조직을 제직할수 있다는 것이다.

주어진 직기에서 얻을 수 있는 밀도에 한계가 있는 것은 이론적으로 설명이 가능하다. 이러한 관점에서 BUF와 관련된 이론으로는 소위 과도장력이론(Excess tension theory)^[17]이 있다. 과도 장력이론은 BUF가 발생하는 원인을 설명하기 위한 이론의 하나이다. 이 이론에 의하면 BUF는 바디침에 의해 클로드펠(Cloth fell, CF)이 직기 전면으로 이동하게 되면, 평소 평형을 이루고 있던 경사의 장력과 천의 장력이 변동하게 된다. 이 때 경사는 인장되므로 장력이 증가하게 되고, 천은 수축함으로써 장력이 줄어들게 된다. 경사의 장력과 천의 장력의 차이만큼 바디에 의해 가해지는 BUF라는 설명이며, 이는 정역학적인 평형조건을 생각할 때 당연하다. 조밀한 직물을 얻기 위하여 보다 높은 BUF가 요구된다는 것은 실험적으로 확인된 바 있다^[15,16]. 주어진 조건에서 높은 BUF를 얻으려면 결국 과도장력의 크기가 증가되도록 CF의 위치가 직기 후방으로 밀려나게 된다. 이와 같이 CF이 직기 후방으로 밀려나는 현상은 소위 앞채임이라 불리우며, 앞채임이 과도하게 발생하게 되면 개구와 CF사이의 위입공간의 크기가 줄어들고, 그 결과 정상적인 제직이 불가능해진다. 따라서, 앞채임의 증가로 인하여 얻을 수 있는 BUF의 크기에는 한계가 있으며, 제한된 BUF의 크기로 얻을수 있는 위사의 밀도에는 또한 한계가 있다.

과도장력이론은 BUF의 발생요인을 잘 설명하기는 하지만 이 이론만으로 조직의 형성과정을 모두 설명하기에는 한계가 있다. 이 이론은 BUF의 크

기를 정적인 평형조건으로 설명하지만, 바디침이 진행되는 동안에 일어나는 각종 동적인 변동사항을 설명하지 못한다. 예를들어 바디침이 진행되는 동안 바디의 운동을 시간적으로 나타낸 이른바 바디침곡선의 형태가 BUF에 끼치는 영향 등은 정적인 과도장력이론으로 설명이 부족한 것이다. 바디침곡선이 BUF의 크기에 미치는 영향은 Sternheim^[9]의 실험적 연구에서 잘 나타난다. 이 연구에서는 유압장치를 사용하여 바디의 운동을 다양한 형태로 제어함으로써, 여러 가지 형태의 바디침곡선에 따라 BUF가 어떻게 나타나는지를 조사하였다. 그 결과 바디침시에 바디가 최전방에 도달하였을 때 다소의 정지각을 줌으로써 최대 BUF의 크기가 줄어들었다는 것이다(Fig. 3참조). 이 연구의 결과는 설계자가 바디침 기구를 설계할 때 참조할수 있는 유력한 기초자료로 활용될수 있을 것이다.

Fig. 3에 나타낸 바와 같이 바디침시 바디의 운동이 BUF의 크기에 끼치는 영향을 이해하기 위해서는 바디침시 위사와 경사 및 바디의 상호작용에 의해 조직이 형성되는 과정에 대한 이해를 필요로 한다. 실제로 Sternheim은 바디에 정체운동이 가해질 때 BUF가 감소하는 원인을 Plate 등의 연구결과^[13,14]를 인용하여 설명하였다. Plate 등은 바디침력(Beat-up Force:BUF)의 크기를 이론적으로 계산하고, 이를 실험적으로 검증하고자 하였다. 이들은 평직물의 제직과정을 연구하면서, 경사를 곱힘강성을 가진 탄성체로, 위사를 강체로 가정하였고, 경사와 위사 사이의 마찰력, 경사의 장력, 개구각(Shed angle) 등이 고려된 제직모델을 제안하였다. 이러한 제직모델을 통하여 최근 투입된 몇 개의 위사가 조직내에서 이동하는 현상을 성공적으로 해석하였다. 특히, 바디침할 때 전진하였던 이들 위사들이 바디가 후진할 때 바디와 함께 후진하며, 이들 후진한 위사들은 다음 위사에 위해 다시 앞으로 밀려 들어가는데, 이와 같이 후진한 위사들을 다시 밀어 넣기 위하여 BUF가 급격히 증가한다고 하였다. 또한, 정상적인 상태에서 위사간의 간격이 작아질수록 요구되는 BUF의 크기가 증가하는 현상에 대한 이론적인 설명도 가능하였다. 이들의 연구는 제직과정에서 경사의 장력, 마찰력, 개구각, 경사와 위사의 탄성계수(Young's modulus) 등과 같이 제직과정에 기여하는 기초적인 파라메타들과 이들이 BUF의 크기에 미치는 영향을 이론적으로 밝힌 연구로서 중요한 의미를 가

진다고 할 것이다. 그러나, 이들이 위사를 강제로 가정함으로써 위사의 탄성에 의한 영향이 완전히 배제된 점은 개선하여야 할 것으로 보인다. 또한, 제직과정 중에 경사의 장력은 급격히 변동하기 때문에 어떠한 시기의 장력을 기준으로 이론을 적용하여야 하는가 하는 문제점도 남는다.

조직형성과 관련된 이론적인 연구결과들을 토대로 바디침 기구를 개조하는 방안이 구체화 되기도 하였다. BUF가 증가하는 이유가 Plate의 이론에서 처럼, 후진한 위사를 다시 밀어넣기 위해서라면, 위사의 후진을 최대한 억제하면 좋을 것이다. 이러한 맥락에서 1회 위입시에 두 번의 바디침을 실시하는 이중바디침기구나 비슷한 개념의 진동형바디침기구 등은 이러한 목적을 위하여 개발되었다고 할 수 있다^[11]. 물론 유압장치를 사용한 실험에서 바디가 정체하게 되면, 이것이 위사의 후진을 막아 BUF가 감소하는 것으로 설명할 수 있다.

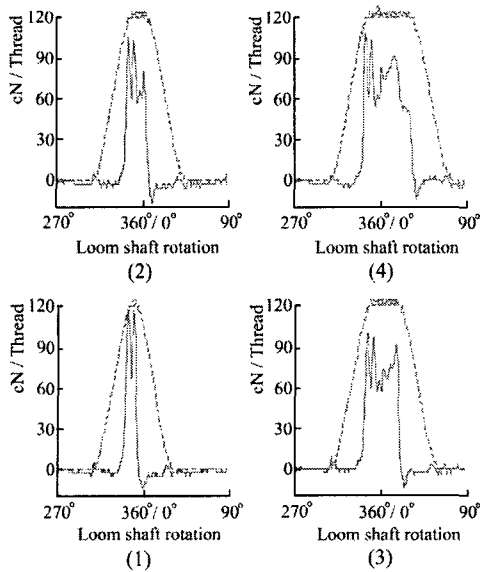


Fig. 3 Beat-up curve(--) and beat-up forces(-)

주어진 직기에서 위사의 밀도를 높일 수 있는 또 하나의 방법으로는 비대칭 개구를 활용하는 것이다. 직기에서 일반적으로 개구는 상하 두 조의 경사들에 의해 형성된다. 이 때, 상하 경사들은 개구를 형성하기 위한 종광의 수직운동에 의해 그 길이가 인장되며, 이 인장된 길이에 따라 장력이 변

동한다. 만약, 상하 두 조의 경사들이 비슷한 인장 상태를 겪게 되어 장력 상태가 비슷한 수준으로 유지되면 이를 대칭개구라고 일컫는다. 그러나, 상하 경사가 겪는 장력의 상태가 동일하지 않을 때를 비대칭 개구라한다(Fig. 4 참조). 비대칭 개구를 활용하면, 주어진 직기에서 상대적으로 높은 위사밀도를 얻을 수 있음은 제직실험을 통하여 확인된 바 있다. Ding의 Shuttle 직기를 이용한 제직실험결과 의하면 상하 두 경사의 기본 장력비가 1:6이 되는 비대칭 개구를 활용하였을 때, 그 비를 1:1.2로 한 경우에 비해 위입밀도가 20%정도 높일수 있었다고 보고하였다^[10]. 그러나, 대부분의 직기의 기하학적 구조상 이와 같이 높은 비율의 비대칭 개구를 얻는 것은 불가능하므로, 이러한 연구결과를 수용하려면 직기의 구조를 상당히 개조하여야 할 것이다.

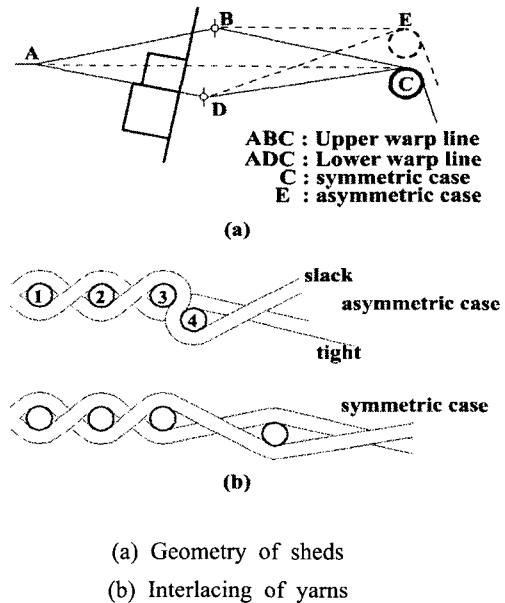


Fig. 4 Effect of asymmetric shed

지금까지 BUF 혹은 경사장력들과 관련된 제반 연구 결과와 이들이 직기 설계에 활용된 예들을 살펴봐왔다. 이러한 다양한 연구들에도 불구하고, 아직까지 제직과정에 대한 충분한 이해가 부족하다고 평가된다. 조직형성과정을 보다 충실히 이해하기 위해서는 Plate의 연구에서 보는 바와 같은 제직 모델을 보다 사실에 가깝게 개선할 필요가 있으며, 이를 위하여는 최근 복합재료의 섬유배열과 관련

하여 제안되고 있는 유한요소모델^[1,2]을 활용하는 것도 한 방안일 것이다.

4. 경사장력모사 기술과 QSC

직기와 관련된 최근의 또 하나의 연구분야는 소위 QSC(Quick style change)와 관련된 것이다. QSC란 다품종 소량생산체제에서 직물의 종류를 전환할 때 최단시간안에 직기의 운전조건을 찾아내어 직기의 가동 효율을 높이는 개념이다. 주어진 직물에 따른 직기의 운전조건은 오늘날까지도 노련한 직수의 경험을 바탕으로 시행착오를 거쳐 찾아지는 것이므로 상당한 시간적인 노력이 필요하다. 더구나, 노련한 직수가 언젠가는 은퇴하게 되면, 그 직수의 경험은 그와 함께 사라지게 될 것이 염려된다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 하나의 방법은 직수의 경험속에 포함된 추상적인 정보를 섬유/기계적인 제반 물리량을 표현수단으로 하는 데이터베이스를 구축하는 것이다. 어떤 경우이던 직수가 조절하는 것은 직기의 운전 조건이고, 직기의 운전 조건은 결국 장력이나 개구량 등 직물형성에 관여하는 기하학적인 변수 혹은 물리량으로 귀착되기 때문이다. 예를 들어 여러 가지 직물들을 제작할 때의 설정조건들을 직기의 제어부에 기억시켜두고, 추후 특정 직물을 제작할 때 이전의 기억된 자료들 중 가장 비슷한 경우를 불러서 직기를 설정하면 될 것이다. 그러나, 직물의 종류는 무수히 많고, 하나의 직기에서 구축된 자료가 다른 모델의 직기나 심지어는 동일한 모델의 다른 직기에 대해서도 반드시 적용된다는 보장이 없으므로, 기존의 경험을 그대로 활용하는 것이 쉽지만은 않다. 이러한, 이유에서 최근에는 직기의 핵심부를 컴퓨터로 모델링하여 직기의 주요 설정조건들의 영향을 분석하는 모사기술을 개발하려는 연구가 독일, 스위스 등의 주요 직기메이커들과 대학들을 중심으로 진행되었다. 이러한 모사기술에서는 특히 주어진 설정조건들에 대해 경사의 장력이 어떻게 변동하는지 하는 것에 초점이 모아진다. 이는 앞의 과도장력이론이나 Plate의 제직모델등에서 나타나는 바와 같이 경사의 장력은 직물의 조직 형성에 커다란 기여를 하게 되기 때문이다. 예를 들어 경사의 장력이 지나치게 높으면, 경사가 절단되어 직기운행과 관련된 대표적인 문제점이 발생할 확률이 높아진다. 최선의 직기란 결국 경사의 장단기적인 장력변동이 최소화 된 직기일

것이다. 참고로 Fig. 5에는 실제 제직과정에서 측정 한 경사의 전형적인 장력 곡선을 나타내었다.

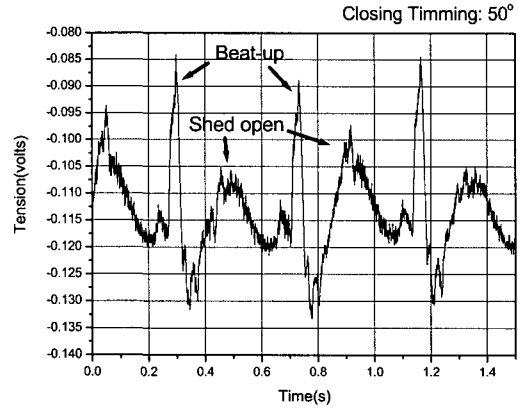


Fig. 5 Typical warp tension curve as measured on a shuttle loom experiment

독일 Aachen 공대의 ITT(Institute of Textile Technology)에서는 1990년대에 컴퓨터로 경사의 장력변동을 모사하는 방법을 제안하였다^[7,8]. 모사작업에는 Fig. 6에 보인 바와 같이 경사, 경사 빔, 송출모터, 백레스트, warp stop motion, 종광틀, 개구장치, 바디, 클로드벨, 권취장치, 송출제어부 등이 종합적으로 고려되어, 실제 제직과정에서 변동하는 경사 장력을 성공적으로 계산해 내었다. 이러한 모사 기술을 활용하여 경사 장력 조절을 목적으로 하는 부분인 백레스트와 드롭와이어의 위치를 직물의 종류에 따라 자동으로 설정하는데 활용할 수 있음을 보였다. 그 결과 백레스트의 수직위치나 드롭와이어의 수평위치를 스텝모터를 이용하여 이동시키고, 이들 이동 작업을 컴퓨터로 제어함으로써 직물변경(Style change)에 따른 직기의 초기 설정작업 작업을 5분 이내에 수행할 수 있었다고 보고하였다. 또한, 특정 직물(Style)에 대한 설정 내용을 저장하고, 필요할 때에는 호출하여 사용할 수 있도록 하였다. 또한, Swiss에서도 현대적인 다물체계 모사기술을 접목하여 전체 제직과정에 대한 이해를 목표로 백레스트 시스템에 대한 컴퓨터 모사기술을 개발하였다^[3]. 특히, 실의 관성이나 deflection beam들에서의 마찰력을 고려하였고, deflection beam의 회전이나 병진운동을 고려함으로써 장력과 직기의 동적 거동을 성공적으로 결합시켰다. 유사한 모사기술은 독

일의 ITV(Institute of Textile and Processing Technology)에서도 수행되어 그 결과 WARPSIM이라는 소프트웨어를 개발하였다^[4,5].

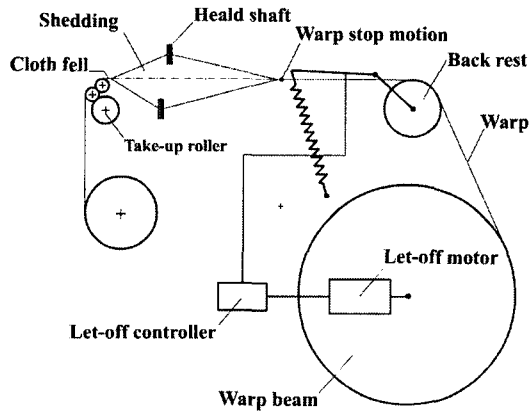


Fig. 6 Warp tension control system

5. 위사장력

장력이란 관점에서 위사는 경사에 비해 덜 주목을 받고 있는 듯하다. 복직기에서 위사의 장력을 무선으로 측정하거나^[12], Rapier 직기에서 위사의 장력에 대한 연구결과들도 보고된 바 있다^[6]. Fig. 7에는 Rapier 직기에서 측정된 위사의 장력을 위사의 운송속도에 대비하여 나타내었다^[6]. Rapier직기나 Projectile직기 등에서는 위입 초기에 위사의 장력이 지나치게 커서 위사가 절단될 위험성을 갖고 있으므로 이에 대한 대책이 요구된다. 대부분의 혁신직기에서는 위사공급장치(Weft feeder)가 사용되어, 위사의 길이를 측정하여 매 위입시에 일정량 공급하는 기능을 수행하고 있으나, 이들 자동공급장치가 위사의 장력에 기여하는 바에 대한 자료는 찾을 수 없었다. 또한, 위사의 장력을 조직형성과 연관 지으려는 노력은 제한적으로 이루어진 것으로 조사되었다. 복직기 실험을 통해 폐구시 위사의 장력이 조직에 영향을 끼친다는 정성적인 보고가 있으나^[16], 제한된 범위에서의 실험결과를 일반화할만한 이론적인 연구나 어떠한 정량적인 설명도 시도된 바 없다. Plate 등의 제직 모델에서도 위사는 강체로 취급되어 위사의 장력이 개입할 여지는 없다. 위사의 장력에 대한 연구가 비교적 소홀히 취급된

이유는 경사의 장력거동에 비하여 비교적 직기의 정상적인 가동에 끼치는 영향이 작았기 때문으로 추측된다.

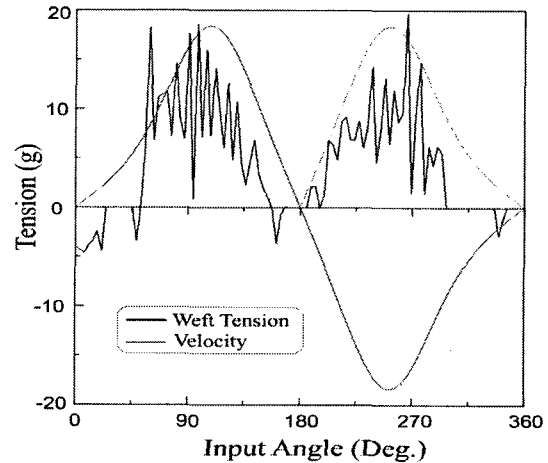


Fig. 7 A typical weft tension system

6. 결론

직기에서 경사나 위사 등의 장력이 갖는 의미와 이들을 적절히 조절하여 우수한 직물을 얻고자 하는 주요 연구사례들을 조사해 보았다. 위사나 경사는 어떤 형태로든 장력의 변동을 겪으며, 그 변동 폭에 따라 일차적으로 파손의 위험이 따른다. 특히 이들 장력은 조직형성과정에 기여함으로써, 궁극적으로 제직물의 품질을 결정하는 핵심적인 요인으로 작용한다. Plate의 연구 등에서는 평직의 역학적 해석을 위한 제직모델을 제시하고 해석함으로써 경사의 장력이나 실의 물성치 등 조직형성과정에 기여하는 주요 파라메타들을 성공적으로 규명하였다. 특히, 이러한 연구결과가 여러 가지 형태의 바디침기구에 대한 이론적인 배경을 제시한 것은, 기초적인 연구를 토대로 설계기술이 발전하는 바람직한 도식이 직기의 개발에 있어서도 예외가 아님을 보여준다고 하겠다. 그러나, 현재까지 이 분야에 대한 연구는 제한적으로 이루어져 있으므로, 앞으로 더 많은 연구가 진행되어야 할 것이다. QSC와 관련된 외국의 연구 결과는 조만간 유럽의 주요 직기 메이커들이 도입할 것으로 예측된다. 이러한, 연구들이 대부분 대학이나 전문 연구소와 직기 업체가 공동으로 추진되었기 때문이다. 우리나라의 경우 여태

까지 섬유기계분야의 경우 이러한 산학협동연구 사례가 드물고, 대학에서도 섬유기계분야의 연구에 대한 참여도가 높지 않았던 것이 현실이다. 최근 설립된 섬유기계연구센터를 중심으로 이러한 산학협동연구가 활성화 되기를 기대하는 바이다.

참고문헌

1. M. Tarfaouri, A. Akesbi, "A finite element model of mechanical properties of plain weave," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Eng. Aspects*, 187-188, pp. 439-448, 2001.
2. J. Page and J.Wang, "Prediction of shear force using 3d non-linear FEM analysis for a plain weave carbon fabric in a bias extension state," *Finite Elements in Analysis and Design*, 2001.
3. M. Beitelschmidt, et al., "Simulation of warp and cloth forces in weaving machines," *Melliand International*, pp. 43-46, 2000(6).
4. H. Weinsdorfer, "Warp tension simulation in weaving," *Melliand International*, p. E148-, 2000(7-8).
5. H. Weinsdorfer, "Influence of weaving machine setting on performance," *Melliand English*, 1994(7-8).
6. 신재균 외 4인, "레피어 직기의 위입구동부에 대한 기구학적 고찰," *한국섬유공학회지*, 34(11), pp. 801-808, 1997.
7. T. Osthus, et al. "Automated setting of backrest and drop-wires in mill trial," *Mellian English*, pp. 207-E209, 1995(10).
8. Wulfhorst, et. al. , "Computer simulation of warp yarn loading in the weaving process," *Melliand English*, pp. E237-E239, 1993(7).
9. A. Sternheim, "The control of beat-up force using a microprocessor controlled hydraulic actuator," Ph.D. Thesis, Univ. of Leeds, 1989.
10. X. Ding, "The influence of fabric-cell assymetry in weaving resistance," Ph.D. Thesis, Univ. of Leeds, 1986.
11. O. Talavasek & V. Svaty, *Shuttleless weaving machines*, Elsevier Science Publishing Company, 1981.
12. B.V. Holcombe, et al., "The application of radio-telemetry to the measurement of the weft tension during the weaving cycle," *J. of the Textile Institute*, Vol.67, pp. 434-439, 1976.
13. D.E.A. Plate & K. Hepworth, "Beat-up forces in weaving, Part II," *J. of the Textile Institute*, Vol. 64(5), pp. 233-249, 1973.
14. D.E.A. Plate & K. Hepworth, "Beat-up forces in weaving, Part I," *J. of the Textile Institute*, Vol. 62(10), pp.515-531, 1971.
15. K. Greenwood & G.N.Vaughan, "The beat-up force and pick-spacing," *J. of the Textile Institute*, Vol.48, T39-T53, 1957.
16. K.Greenwod & G.N. Vaughan, "Weft tension during weaving," *JTI*, v.47, T247-T264, 1956.
17. 옥영수, 송석규, *제직공학*, 문운당, 1999.