

## 분리구동형 Let-off System에 의한 경사장력 제어에 관한 연구

문승룡, 허유, 장승호, 이석규\*, 이재원\*\*, 박정일\*\*\*

경희대학교 공과대학 섬유공학과  
 영남대학교 공과대학 전기공학과\*  
 영남대학교 공과대학 기계공학과\*\*  
 영남대학교 공과대학 전자공학과\*\*\*

### 기 호 설 명

A : 경사 단면적	E : 탄성계수
K : 속도상수	L : 경사빔과 권취롤 사이의 거리
R : 경사빔의 반지름	s : 라플라스 오퍼레이터
t : 시간	$T_n$ : 정상상태 장력 값으로부터의 장력변화
$U_n$ : 정상상태 값으로부터의 입력변화	$v_{n0}$ : 경사속도의 정상상태값
$V_n$ : 경사속도의 정상상태 값으로부터의 변화	$v_n$ : 경사의 진행속도

### 하첨자

0 : 정상상태  
 n : 0, 1, 2, ...  
 x, y, z : 직각좌표계

### 1. 서론

제직은 서로 수직으로 배열된 경,위사를 동일한 평면에 교차 시킴으로써 이루어진다. 이를위해 주동작으로써 위사가 통과할 공간제공(shedding motion)과 위사투입(picking motion), 그리고 새로이 투입된 부분을 직전 clothfell 위치까지 밀어주며(beating motion), 짚여진 직물을 감고(take-up motion), 경사를 풀어주는(let-off motion)것이 필요하다. 이와같은 여러 가지 운동들은 제직공정중 경사장력을 연속적으로 변화시킨다. 특히 계속되는 위입속도 증가에 따라 직기의 구성요소들은 각기능의 안정화와 동작의 정확성에 대한 요구가 점차 증가되었으며, 특히 경사송출의 경우 위사 1가닥이 공급될 때마다 직물권취에 대응하여 경사장력을 일정하게 유지하기위하여 경사를 일정한 길이로 정확히 공급해야한다. 또한 직물의 결합으로 나타나는 정지단 발생을 억제하기 위하여는 빠른 응답속도와 안정된 동작을 할 수 있는 경사송출기구 및 장력제어 시스템의 성능향상이 필요하다<sup>(1),(4)</sup>

따라서 본 연구에서는 직기의 main motor와, 개별적으로 경사빔을 구동시키는 분리구동형 let-off mechanism을 이용해 경사장력을 제어하기 위해 제직공정중 입력단인 분리구동모터로 입력되는 전압과 출력단인 경사장력과의 관계를 수학적으로 modeling 하였으며 이를 실험적으로 확인하였다.

## 2. 모델링

제직구간을 Fig.1에 주어진 바와 같이 송출 및 경사빔으로 구성된 2 roll 시스템으로 단순화하면 두 roll 사이에 경사선을 따라 경사 sheet가 움직인다고 생각하였다. 수학적 모델을 용이하게 하기 위하여 다음과 같은 가정을 하였다.

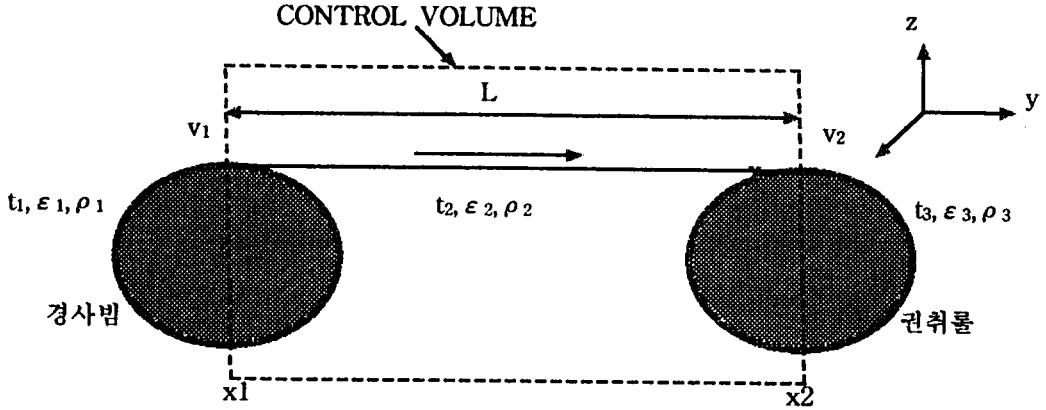


Fig.1 Schematic of control volume

- (1) 경사의 굽기는 롤러 직경에 비해 아주 작다.
- (2) 경사와 롤러 사이에는 미끄러짐이 없다.
- (3) 경사의 단면적은 일정하다.
- (4) 경사의 인장 변형도는 아주 작다.
- (5) 제직구간내 경사의 변형도는 고르게 분포되어 있으며 선형탄성은 변한다.
- (6) 제직구간내 경사의 밀도와 탄성계수는 변하지 않는다.

이러한 가정하에 두 roll 사이를 움직이는 web 장력과 송출속도 및 권취속도의 관계는

$$L \frac{dT_2(t)}{dt} = V_2(t)(EA - T_2(t)) - V_1(t)(EA - T_1(t)) \quad (1)$$

으로주어진다.<sup>(2),(3)</sup>

경사송출기구를 위한 서보모우터 입력신호와 경사비임의 선속도와와의 관계는

$$V_1 = KR U(s) \quad (2)$$

와 같이 표현할 수 있다. 또한 경사진행 속도는 대단히 느리므로 경사비임상의 경사 장력은 제직구간내의 경사장력과 같은 거동을 한다고 가정하고, 정상상태에서 경사 비임과 권취롤의 선속도를 같다고 하면 식 (1)은 식 (3)과같이 나타나므로 식(2)와 식(3)을 조합하고 이를

$$L \frac{dT_2}{dt} = V_2(EA - T_{20}) - V_1(EA - T_{20}) \quad (3)$$

라플라스 변환하면

$$T_2(s) = \frac{(EA - T_{20})}{L_s} V_2(s) - \frac{KR(EA - T_{20})}{L_s} U(s) \quad (4)$$

와 같이 나타낼 수 있다. 따라서 권취속도가 일정한 경우 제어구간(분리구동모터~경사장력)의 동특성은

$$T_2(s) = -\frac{KR(EA - T_{20})}{L_s} U(s) \quad (5)$$

와 같이 나타낼 수 있으며 intergrating system으로 작동함을 알 수 있다.

### 3. 실험

분리구동형 let-off system을 이용한 경사장력 제어를 위해 Fig.2와 같은 실험시스템을 구축하였다.<sup>(4),(5)</sup> 실험에 사용한 제직 시뮬레이터에는 실험용 소형 소폭직기에 주모터와 개별적으로 동시에 경사빔을 구동시킬 수 있도록 servo motor에 감속기를 부착하고 이를 경사빔과 타이밍 벨트로 연결하였다. 주모터와 서보모터는 컴퓨터에 의해 속도조절이 가능하게 설계하였다. 경사장력 측정을 위해서는 load cell을 이용한 새로운 측정장치를 back rest부위에 설치하여 경사에 부과되는 하중을 측정하였다. 분리구동모터의 입력단과 경사장력의 출력단의 동특성을 파악하기 위해 주파수응답법을 이용하여 제어구간의 입력단 즉, 분리구동모터에 sinusoidal input을 주었을 때 경사장력의 거동을 살펴 보았다. 실험 결과 나타나는 bode diagram에 의하면(Fig.3) 경사장력은 입력주파수에 따라 logarithm scale상에서 일정한 기울기를 가지며 지속적으로 감소함을 알 수 있었다. 이는 제어구간이 integrating system으로 동작함을 의미한다.

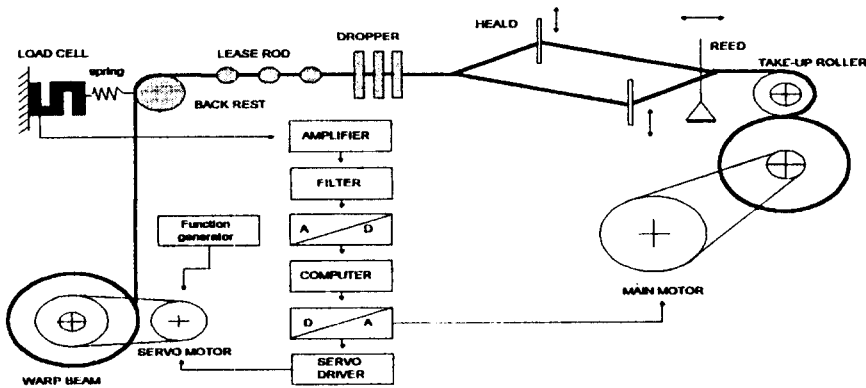


Fig.2 Weaving system

### 4. 결론

제직공정중 연속적으로 변화하는 경사장력은 개구, 위입, 바디침운동과 송출, 권취운동, 그리고 경사간의 마찰 등에 기인한 것이다. 이러한 여러가지 운동중 제직공정 효율 및 직물의 품질에 직접적으로 영향을 주는 것은 송출과 권취운동의 불일치로 인한 경사장력의 불안정한 거동이다. 이와같은 경사장력의 변화를 일정하게 유지하기 위해서, 본연구에서는 분리구동형 let-off system을 대상으로 장력거동을 수학적으로 모델링해 본 결과 장력은 식(6)과같

이 거동함을 알 수 있었다.

$$T_2(s) = -\frac{KR(EA - T_{20})}{LS} U(s) \quad (6)$$

이는 제어구간(분리구동모터~경사장력) 동특성이 integrating system으로 동작함을 의미하며 실험적으로 확인해 본 결과 모델링된 결과와 유사하게 나타남을 확인하였다.

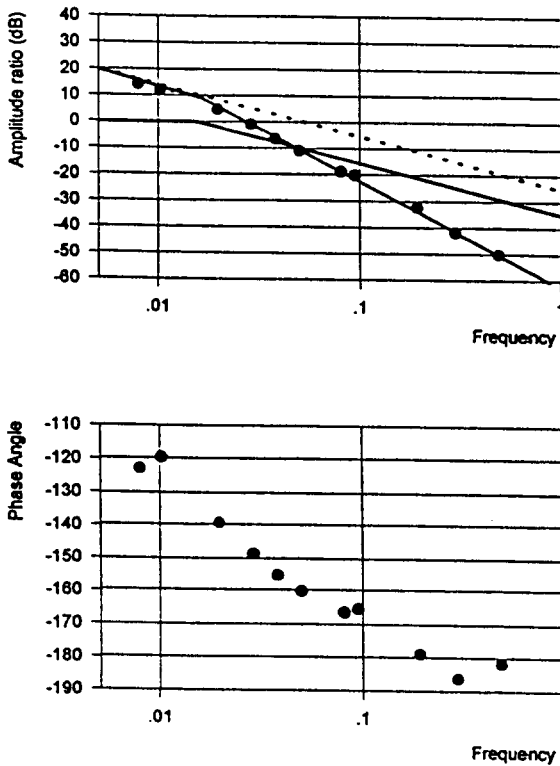


Fig.3 Result of the frequency response

참고문헌

- (1) Y. Huh, J. W. Lee, S. G. Lee, "Development of Tension Control System for Warp Let-off and Take-up", KSME, 1, Vol 35, 46~52, 1995
- (2) Shin. K, " Tension Control in a Moving Web", Unpubl. M. S Report, Oklahoma stste Univ. 1986
- (3) Karl N. read, Ku-Chin Lin, "Control of Longitudial Tension Mult-span Web Transport systems During start up" Pro. on 3rd. Int. Conf. on Web Handling, pp. 77 ~95, 1995
- (4) Y. Huh, S. t. Lee, W. Y. Ryu, and J. W. Woo, "Effect of Starting up Conditions on the Product Quality in the Weaving Process", J. Korean Fiber Soc., 31, No.2, 111~117, 1994
- (5) Y. Huh, "A Study on the Tension Variation of Warp Group as a Process Parameter in Accordance with the Initial Loading", J. Korean Fiber Soc., 27, 49~55, 1990