

실의 타래변수 변동

본고는 Textile Research Journal 72년 5월호에 게재된 T. V. RATNAN 외 2인의 논문 Lea Count Variation in yarn을 옮긴 것이다.

I. 서 언

타래변수변동의 중요성은 오래 전부터 잘 알려져 있다. 이것은 사강력변동과 정방(사절 등) 및 직물외관에 직접적인 영향을 준다. 그리고 공정의 단순화는 변수변동의 관리에 있어서 전방공정의 중요성을 증가시켰다.

II. 실험내용

STRA 실험공장(Pilot mill)에서 실의 타래변수변동이 앞 공정의 원료변동과 어떤 관계를 갖는가에 대한 예비적인 연구가 행하여졌다. Mwanza 면으로 10~30 tex(약 20's~60's)의 실을 방출했는데, 이 때 기계를 잘 정비하여 기계적인 결함, 기계의 차이 등으로 인한 변수변동이 최소가 되도록 했다. 타래변수변동과는 별도로, 로빙과 Finisher슬라이버의 C. V %도 평가되었다. 이때 로빙 슬라이버의 길이는 각각의 무게가 실의 타래 무게와 일치하도록 잡았다. 또 70개 공장에서 나온 비슷한 데이터를 기초로 하여, 각 공정별로 변수변동에 미치는 영향을 분석했다.

또한 STRA에서 행한, 소면의 오토레벨러(Auto-leveller), 조방기에서의 로빙연신(ratching), 정방기의 로빙 2본공급에 대한 연구 결과가 이용되었다.

III. SITRA실험공장 연구결과

기계적인 결함이 없을 때, 타래변수변동은 주로 타래 하나길이를 정방 드래프트로 나눈 길이의 로빙변동으로 설명될 수 있다.

<표 1>과 마찬가지로 로빙변동은 타래 하나 길이를 정방과 조방의 드래프트적으로 나눈 길이의 슬라이버 변동과 밀접한 관계가 있다.

<표 1> 변수 C.V. % 및 이와 동일한 길이의 로빙과 슬라이버 C.V. %

Tex(番手)	타래番手 C.V. %	로빙 C.V. %	연조 finisher 슬라이버 C.V. %
30 (20 1/8)	2.99	2.83	2.65
25 (26 1/8)	3.18	3.00	2.79
20 (29.5/8)	2.59	2.65	2.12
16 (37 1/8)	2.30	2.65	2.30
12 (49 1/8)	3.38	3.16	2.65
10 (59 1/8)	3.15	3.32	2.92

「보빈내」 및 「보빈간」 변수변동의 원인은 실의 한 타래 또는 한 개 보빈에 상당하는 중간제품의 길이에 의하여 가장 잘 탐구할 수 있다. <표 1>에는 top-arm drafting 정방기, 단방(Single Process) 조방기를 가지며 연조에서 36doubling으로 2Passage를 거치는 공장에서의 카드사의 중간제품 상당길이를 보여주고 있다.

<표 2>의 둘째 칸에 있는 길이 보다 작은 길이에서의 변동은 타래와 타래 사이가 아닌 한 타래 내에서 발생하는 것이므로 변수변동에 아무런 영향을 주지 못하게 된다. 따라서 이 숫자는 타래변수변동을 일으키는 최소 길이로 생각할 수 있다. 마찬가지로 <표 2>의 셋째 칸 숫자는 「보빈간」 변동의 최소길이 이다.

<표 2> 한 개 타래 또는 보빈에 해당하는 원료의 길이

工 程	한 개 타래당 110m (120y)	한 개 보빈당 70 g
粗 紡	4 ~ 6 m	120 ~ 400m
연 조 II	0.25 ~ 0.65m	14 ~ 30m
연 조 I	5 ~ 10 cm	2 ~ 5 m
梳 綿	7 ~ 18 mm	0.4 ~ 0.8m
混 打 綿	0.06 ~ 0.20 m	4 ~ 7 mm

IV. 현장 연구결과

<표 3>은 여러 공정이 비분산(relative variance : 즉, 변수 C. V. % 의 제곱)에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

Finisher 연조, 로빙, 정방에서 영향은 현장의 실제 데이터를 기초로 한 반면 finisher연조보다 앞의 것은 랩과 소면슬라이버 U%에 있어 인치간 변동을 표준으로 하여 선정한 것이다. 예를 들면, 랩의 인치간 C. V. 가 3.75%일 때 연조에서 36doubling을 가정하면 랩의 인치간 변동은 실의 비분산에 $0.39 = [3.75]^2/36$ 의 영향을 준다. 변수 C.V. 3.5%에 대하여서는 이 영향은 $3.18\% = 0.39/[3.5]^2$ 가 된다.

<표 3> C.V.%에 영향을 주는 요인

要 因	構 成 %	C. V. %
混打綿 變動		
랩 중량	0.15	0.8
야드당 (Yard-to-yard)	0.51	1.5
인치당 (inch-to-inch)	3.18	3.75
梳綿 變動		
스트립핑	5.44	7.00
카드檢間 落綿率	0.02	0.33
슬라이버 U% (Uster)	5.67	5.0
混打綿과 梳綿의 기타變動	7.72	-

要 因	構 成 率	C. V. 率
연 조 1, 2 變 動	41.32	2.8 (finisher head (0.4m))
로 빙 變 動	19.59	3.2 (5m)
精紡 變 動	16.40	—
보빈 內 (Within bobbin)	—	2.5
보빈 間 (Between ")	—	2.5
全 体	100.00	3.50

최적조건에서 전체 변수 C. V.는 3.5%이었다. 변수의 비분산에 대하여 혼타면과 소면은 약 22.5%, 연조는 약 40%, 조방은 20%, 정방은 16%의 영향을 준다.

다음에 공정별로 변동의 요인과 그 영향을 기술한다.

1. 혼타면

랩중량과 야드간 변동<표 3>은 타래변수변동에 중대한 영향을 주지 않는다. 이것은 현장 연구[4]로서 확인되었다.

랩의 인치간 변동이 변수변동에 미치는 영향은 정상적인 랩에서는 작으나 (3.2%) 인치간 C.V.가 10%일 때는 그 영향이 20%로 커진다. 실제의 연구로서 랩의 U%가 3.7에서 6.3으로 증가할 때 변수 C.V.는 3.08에서 3.34로 증가하는 것이 확인되었다. 보빈간 변수변동을 낮추기 위하여서는 랩의 인치간 변동을 관리하는 것이 매우 중요하다. 또한 솜덩어리(tuft)의 크기[5]의 변동, 특히 동일한 랩에 아주 크고 작은 솜덩어리가 섞여 있을 때의 높은 변수변동을 일으킨다.

2. 소면

소면에서 변동을 일으킬 수 있는 요인은 스트립핑(Stripping), 카드기사이의 낙면울변동 및 슬라이버의 단주기변동이다. 현장에서의 연구는 일반적으로 스트립핑주기(Stripping cycle)가 소면슬라이버 4.5m의 C.V. %를 5~7% 증가시킨다는 것을 보여준다. 스트립핑에 의한 영향은 다만 보빈간 변동에 나타나지만, $0.67 = [7^2 - 5^2]/36$ 이다. 이것은 전체 비분산의 약 5%이다. 그리고 소면슬라이버 U%가 균제시 전체 비분산에 6%, 불균제시 11%의 영향을 준다고 하면, 카드기 사이의 낙면울변동에 의한 영향은 비록 적지만, 혼타면과 소면에 의한 영향의 약 25%가 된다. 그러나 슬라이버의 야드간 변동에 대한 개선이 일정한 한계<표 4>를 넘으면 타래변수변동을 그렇게 많이 감소시키지 못한다. 이것은 공급 원료의 변동이 낮을 때는 doubling의 효과가 적은 까닭이다.

<표 4> 소면슬라이버 C. V.의 감소효과

Tex (番手)	梳綿슬라이버 C.V. % (0.9 m)	U %	Finisher 연조슬라이버 C.V. % (0.9m)
30 (20' B)	4.80	3.13	1.43
	0.44	3.48	1.28
30 (20' B)	3.09	3.22	1.54
	0.60	3.28	1.61
20 (29.5' B)	2.44	2.65	1.32
	0.74	2.98	1.20

※ _은 auto-leveller를 사용하여 감소된 슬라이버변동임.

소면에서 발생하는 기타 변동은 혼타면의 1in(2.54cm)이하의 길이에서의 변동과 함께 전체 분산의 약 8%에 달한다. 그런데 양호한 조건하의 소면에서는 상기한 것 이외의 다른 변동이 발생하지 않으므로 이 변동이 대부분이 혼타면에 기인하다. [2]

3. 연 조

재래식 연조기에서 웹텐손드라프트(web tension draft)가 1에서 1.1로 증가하면 변수 C.V.가 3.8%에서 5.3%로 급격히 증가되었다. 그러나 웹텐손드라프트가 1.02에서 1.06으로 증가했을 때는 변수변동이 식별할 수 있을 정도로 증가하지는 않았다.

Finisher 연조기의 슬라이버 불균제도가 상당히 증가하더라도<표 5> 고변수에서의 변수변동은 다만 약간의 증가를 보일 따름이다. 그러나 이것은 finisher 슬라이버의 U%가 중요하지 않다는 뜻은 아니다. 이 영향은 타래보다 짧은 길이에 나타나게 된다.

<표 5> 변수 C.V.에 미치는 finisher 연조슬라이버의 영향

7.5 tex (79's)	슬라이버 U%	3.65	6.30	8.91
	타래잡手 U.V %	2.78	3.13	3.66
10 tex (59's)	슬라이버 U%	3.54	6.65	7.66
	타래잡手 U.V %	2.96	3.07	3.81
30 tex (20's)	슬라이버 U%	3.91	4.69	7.80
	타래잡手 U.V %	2.72	2.90	2.79

롤러의 미끄러짐(Slippage), 맞지않는 피니언의 교환 그리고 breaker 슬라이버의 심한 불균제느 연조에서 변동의 다른 원인이 된다. 연조슬라이버에서의 변동은 전체의 약 65%에 달하므로 공급 원료의 변동정도[1]에 따라서 롤러 속도를 자동적으로 수정하는 것이 매우 유용할 것이다. 또한 연조기는 수정할 지점이 별로 없고 공정의 중간에 속하므로 자동적인 수정을 이용하기에 적당한 지점이다.

4. 조방기

조방기에서의 불균제는 로빙이 드래프트장치의 프런트 롤러를 떠난 후에 주로 발생한다. 또 조방기를 비록 정확하게 세팅하더라도 연조슬라이버를 직접 실로 방출하는 것 보다는 변수변동을 더 증가시킨다는 것이 보고되어 있다. [3]

로빙의 120~140m내에서 발생하는 연신(ratching)은 보빈내 C.V.에 영향을 주며 이보다 길이가 길 때는 보빈간 C.V.에 영향을 준다.

로빙연신에 의한 로빙 행크의 신장을 S 라고 하고 이 신장이 보빈내의 로빙 전장에 걸쳐서 균일하게 분포된다면 이 신장에 의한 부가적인 비분산은 대략 $S^2/12$ 로 나타낼 수 있다. 상세히 설명하면, 실의 C.V.가 3.5%인 정상 로빙이 연신으로 5% 더 가늘어지면 실의 변수변동은 17% 증가한다.

권취휠의 부정확한 선택은 변수 C.V.를 급격히 증가시킨다.

<표 6> 권취휠이 C.V. %에 미치는 영향

撚 取 輪	17 (正 常)	19	22
5.5m 當 무게 (g)			
Front, row	3.31	3.22	3.07
Back row	3.30	3.30	3.16
5.5m 의 C.V. %			
Front row	2.52	4.08	6.70
Back row	2.26	3.18	6.67
실의 타매齒手	3.14	3.54	6.91

<표 6> 또 보빈 직경의 변동은 로빙연신을 일으키게 한다. 몇몇 시험으로 보빈직경은 4.03cm에서 4.20cm까지 약 4% 이상의 변동을 보임이 나타났다.

또 평균 행크에 영향을 주는 것과는 별도로, 보빈직경이 크면 C.V. %가 0.3~0.5 정도 약간 증가하는 것이 알려졌다. 이것은 실의 비분산에 있어서는 15%라는 상당한 증가를 뜻한다. 또한 부정확한 권취율은 스핀들열 사이에 행크 차이가 생기는 원인이 된다.

5. 정방기

전체 변수변동의 약 60%는 보빈간 변동의 결과이며, 나머지 40%는 보빈 내 변동의 결과이다. 여러 변수에서 보빈간 변동과 전체 변수변동 사이에 높은 상관성($\gamma = 0.70 \sim 0.95$)을 보였다. 이것은 어떤 공장의 높은 변수변동은 주로 높은 보빈간 변동에 의한다는 것을 뜻한다. 기계별 및 일별 차이는 전체 변동에 약 15%의 영향을 준다. 기계에 따라 틀리는 피니언, 부정확한 피니언의 교환, 습도의 변화, 크릴 드래프트의 변동 및 스핀들 사이의 장력 차이 등은 변수변동의 원인이 된다.

정방기 드래프트의 증가는 타래 하나에 상당하는 로빙 길이의 감소를 뜻하는 반면 로빙이 더 굵다는 것도 의미한다. 로빙의 길이가 짧다는 것은 높은 변동을 뜻하지만 <표 7>, 이것은 항상 낮은 변동을 갖는 굵은 로빙으로 연결된다.

<표 7> 로빙의 길이와 행크가 C.V.%에 미치는 영향

로빙 길이 m	C.V. %	로빙 행크 tex	C.V. %
1.82	3.34	146	3.44
3.64	2.39	174	2.97
5.46	1.75	306	1.98
		413	1.47

<표 8>에서 정방기 드래프트는 실제 타래번수 C.V.%에 아무런 영향도 주지 않음을 볼 수 있다. 이것은 가는 로빙의 높은 변동이 긴 길이에서 오는 낮은 변동으로 보상되는 것을 나타낸다.

<표 8> 정방기 드래프트가 타래번수 C.V.%에 미치는 영향

Tex (番手)	精紡機 드래프트	타래番手 C.V. %
12 (49's)	13	2.43
	20	3.38
	40	2.87
10 (59's)	10	2.94
	15	2.30
	30	3.01
7.5 (79's)	27	2.59
	32	2.62
	40	2.56

6. 번수 차이에 의한 C.V.%

로빙의 장주기 변동은 로빙 행크와 같이 증가함으로 그 번수변동은 고번수에서 더 커진다. 그것은 가는 로빙이 항상 고번수 방출에 사용되는 까닭이다. 또 고번수에서는 슬라이버도 가늘고 실의 타래 하나에 해당하는 슬라이버 길이도 더 짧다. 랩핑시험(Wrapping Test)은 연조기 슬라이버의 C.V.%가 슬라이버 길이의 평방근에 다소 비례하여 변함을 보여주고 있다. <표 9> 또 가는 슬라이버가 높은 변동을 보이는 약간의 경향이 있다.

번수 C.V.%가 30tex(약 20's)에서 3.3%라고 하면, 7.5tex(약 80's)에서 4.2%로 높아짐을 보인다. 또한 이것은 70개 공장의 300회 시험으로 평균 번수 C.V.가 10 tex(59's)에서 4.7%이었으며 16tex(37.5's)에서 4.1%이었다는 사실에 의하

여 확인된다.

<표 9> finisher 연조 슬라이버의 길이 및 행크 별 C.V %

슬라이버 행크 Tex	슬라이버 길이, ㎞			
	0.1	0.2	0.4	0.6
5900	5.11	3.79	2.30	2.19
3700	5.62	3.91	2.70	1.87
2600	6.07	3.85	2.68	1.95
2350	5.65	4.22	3.33	2.43

7. Doubling

SITRA의 연구는 정방기에서의 doubling은 변수변동을 감소시키는데 크게 도움이 되지 않음을 보인다. 정방기에 두가닥의 로빙이 들어가면 이것은 한 가닥이 들어갈 때보다 가는 로빙의 공급 또는 보다 큰 정방기의 드라프트를 의미하게 된다. 그리고 이 경우에는 로빙에 의한 변동이 증가하면 (짧은 길이에 대한 것 만큼 가는 로빙에 대하여서도 변동은 증가한다) 이것은 doubling에 의한 불균제도의 감소 정도와 거의 맞먹는다.

8. 변수 C.V.와 강력 C.V.의 관계

일반적으로 공정변수와 약간 차이가 있는 것은 다음 공식으로 수정할 수 있다.

$$CS = \sqrt{\frac{C_1}{C}} \cdot C_1 S_1 \dots\dots\dots (1)$$

$$CS = C_1 + S_1 + 18(C_1 - C) \dots\dots\dots (2)$$

위 식에서 C와 S는 공정변수와 보정강력을 C₁과 S₁은 실변수와 실강력을 각각 나타낸다. 식(1)을 이용하여, 타래변수 C.V.에 대한 타래강력 C.V.의 이론적인 기대비율(expected ratios)을 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$S_1 = \left(\frac{C}{C_1}\right)^2 S$$

$$S_1 \text{의 분산} = V(S_1) = C^3 S^2 V(C_1^{-\frac{3}{2}})$$

$$= C^3 S^2 V(C_1) \left(\frac{aC^{-\frac{3}{2}}}{aC_1}\right)^2$$

$$= \frac{9}{4} \frac{C^3 S^2 V(C_1)}{C_1^5}$$

$$C.V.^2(S_1) S_1^2 = \frac{9}{4} \frac{C^3 S^2}{C_1^3} C.V.^2(C_1)$$

$$C^3 S^2 = C_1^3 S_1^2 \text{ 이므로}$$

$$C.V.(S_1) = \frac{3}{2} C.V.(C_1) \dots\dots\dots (3)$$

똑 같은 방법으로

$$C.V.(S_1) = \frac{S_1 + 18}{S_1} C.V.(C_1) \dots\dots\dots (4)$$

식(4)에서 S₁에 대한 표준치를 대입함으로써(S₁+18)/S₁의 값은 1.3에서 1.7까지 변하게 될 것이다. 따라서 식(1)과 (2)에서 얻어진 타래변수 C.V.에 대한 타래강력 C.V.의 이론적인 기대비율(expected ratios)은 거의 일치한다.

따라서 강력 C.V.는 변수 C. V.의 약 1.5배가 된다. 그러나 대다수 공장의 데이터는 변수 C.V.에 대한 강력 C.V.의 비가 2.3으로 높음을 보였다. 습도의

변동이 매우 높은 강력변동의 중요한 한 원인이다. 이것은 표준대기상태하의 몇 개 공장에서 시험한 결과, 강력 C. V.가 변수 C.V.의 1.85배 밖에 되지않는 사실(이 비율은 변수와 관계없음)로서 확인되었다.