습도감지에 의한 HVI 강력가변성의 감소

1. 서 언

ASTM D1776-79에 나타나 있는 것처럼 고속 원면시험장치(high volume instrument)로 원면의 물성을 시험할 때 면섬유의 샘플 컨디셔닝은 복잡하고 시간이 많이 걸리는 일이다. 대기습도의 변화에 따른 면섬유 강력의 감도에 대한 연구보고는 이미 많이 발표된 바 있다. Brown은 벌키 상태의 면섬유 샘플 내부로 공기를 강제로 흐르게 함으로써 수분율이 신속하게 변하거나 수분평형에 이를 수 있음을 보여주었다. Burley와 Rouse는 습도가 10% 정도 변하면, 0게이지의 프레슬리 강력시험기에서 2%정도 강력이 증가된다고 보고하였다. 상대습도의 변화가 실험실에서 섬유의 물성을 측정하는 데 미치는 영향에 대해 Lawson 등은 상대습도가 1% 증가하면 3.2mm(1/8in) 게이지의 스텔로미터에서 비강도가 1.86mN/tex(0.19gf/tex)만큼 증가한다고 보고하였다. 그들은 평균 비강도가 196mN/tex(20gf/tex)인 다섯 가지 원면을 사용하여 전 습도범위에 걸쳐서 나타는 비강도의 변화가 본질적으로 선형의 거동(즉, 1%RH 변화에 대해 0.95% 비강도 변화)이라고 추정하였다.

Graham과 Taylor는 HVI 시스템의 실험적인 설계변경을 위한 보고 중에서 상대습도가 1%변화하면 면섬유의 비강도는 0.78%정도 변할 수 있다고 설명하였다. 그들은 표준형 Motion Control HVI 시스템을 사용하여 23가지 원면을 시험하였다. Wilde는 Spinlab 모델 900 HVI 시스템을 사용할 때, 습도 조절인자를 이용하여 습도 순환조건이 면섬유의 비강도에 미치는 영향을 상당히 감소(즉, 1%RH 변화에 대해 0.62% 비강도 변화)시킬 수 있다고 보고하였다.

상대습도와 온도는 모두 면섬유의 시험에 영향을 미치기 때문에 ASTM(American Society of Testing Materials)에서는 21±1℃, 65±2%RH의

Testingd Materirials)에서는 21℃±, 65×2%RH의 공기 중에서 샘플이 평형상태를 이루도록 권하고 있다. ASTM에서는 또한 건조한 공기(5~25%RH, 50℃이하)에서 샘플을 예비 컨디셔닝하여 건조한 상태로부터 평형상태에 도달할 것을 권하고 있지만, 현재는 이러한 예비 건조과정이 생략되고 있다. 기타 또 다른 컨디셔닝 규정들도 만족시키기 위하여 원면시험실은 값비싼 에어컨디셔닝 시스템을 유지해야 하고, 원면의 물성을 시험하기 전에, 규정된 표준 대기조건에서 24시간 동안 면 샘플을 펼쳐 놓아 보관하여야 한다. 실제로 이와 같은 엄격한 요구사항을 만족하는 HVI 시험실은 거의 없다.

HVI시험실 및 기타 다른 섬유시험실에 사용하려는 공기처리 시스템은 국부적으로 표준상태가 안되는 것을 방지하기 위하여 리턴 에어의 상태를 정밀하게 제어해야 한다. 너무 과도한 습기에 노출되어 있으면, 시험관리 프로그램이 손상을 입을 것이다. 대기에 열이 가해지면 본질적으로 상대습도는 낮아진다(즉, 온도가 5°F 증가하면 65%RH에서 55%RH로 감소됨). HVI 시스템은 샘플을 준비하고 시험할 때 열을 발생하므로 국부적으로 상대습도가 강력의 측정에 미치는 영향을 반드시 고려해야 한다. 본고에서는 HVI 브러싱 스테이션(brushing station) 근처의 습도를 감지하여 상대습도의 변화가 HVI에서 섬유강력의 측정에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 이를 위하여 단주기 습도 사이클(short-term humidity cycles) 중에서와 여러 습도상태에서 수분평형을 이루고 있는 몇 가지 품종의 면섬유들을 측정하였다.

2. 시료 및 방법

본고에서는 두 가지 모델의 HVI 시스템, 즉 하나는 Motion Control사(MCI)에서 제작한 시스템이고, 또 하나는 Spinlab/Uster사에서 제작한 시스템을 사용하여 면섬유의 강력을 측정하였다. 각 HVI 시스템에는 그 제작업체로부터

구입할 수 있는 선택사양으로 온도 및 습도 센서가 부착되어 있다. MCI3500 시스템은 General Eastern 모델 850-242센서를 사용하였고, Spinlab 900B 시스템은 전기의 용량을 변화시킴으로써 수증기의 변화에 반응하는 얇은 막의 폴리머 축전기(capacitor)이다. 본 실험에서는 온습도 센서를 각 HVI 시스템의 섬유 브러싱 스테이션 근처에 설치하였다.

서로 다른 품종의 면섬유 샘플들이 USDA AMS 품선사무소에 의해 미국 전역으로부터 수집되었다. 각 품선사무소에서는 그 지역의 주된 품종임을 나타내는 서로 다른 베일로부터 다섯 종류의 샘플을 제공하였으며, 전체 품종수는 <표 1>과 같이 26종류가 되었다. 몇몇 품종들은 7군데의 지역으로부터 수집되기도 하여 결과적으로 시험할 원면의 수가 산지까지 고려할 때 57종류나 되었다. 각각 두 그룹씩의 단섬유 및 장섬유 HVI 캘리브레이션 원면(각각 5개의 샘플)도 포함되어 있으므로 전체적으로 샘플은 305개나 되었다.

<표 1> 시험된 면섬유의 품종

품종명	수	품종명	수	품종명	
DPL 20	6	GC 510	2	McNair 220	1
DPL 41	1	M 5	3	STV 825	3
DPL 50	7	Coker 315	2	STV 453	3
DPL 61	1	Coker 304	1	STV 506	1
DPL 77	1	Dunn 400	1	1517-77	1
DPL 90	7	C 40	1	1517-75	1
DP 3	2	C 37	1	1517-88	1
DES 119	3	C 32	2	SJ2	2
GC 356	2	McNair 235	1	계	57

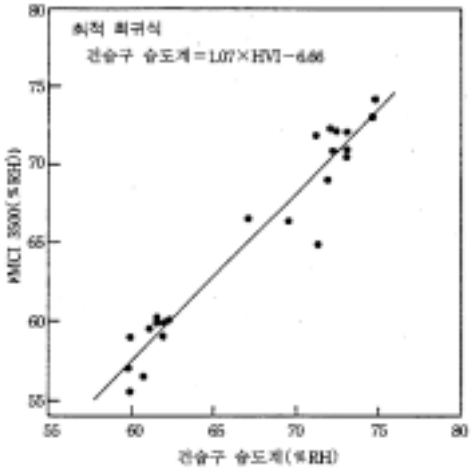
주) 각 품종은 다섯 베일로부터 채취한 면섬유 샘플을 포함함.

두 가지 형의 HVI시스템이 습도가 제어된 동일한 시험실 내에서 나란히 놓여진 채 작동되었다. 어떤 샘플이 한 HVI 시스템에서 시험되고 나면, 즉시

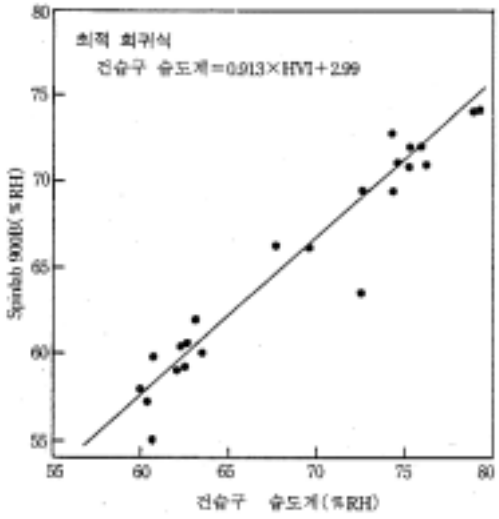
그 샘플은 또 다른 HVI 시스템으로 옮겨져 시험되었다. 4가지의 습도조건에 따라 305개의 샘플에 대하여 물성의 측정이 이루어졌으며, 각 습도조건별로 각각 4일의 시험기간이 소요되었다 : (1) 표준상태 : 65%RH, 70°F(21°C), (2) 저습상태 : 약 58%RH, 70°F, (3) 다습상태 : 약 72%RH, 70°F, (4) 순환습도상태 : 55~72%RH, 70°F(대략 1시간 사이클).

모든 면섬유 샘플들은 앞으로의 시험조건에서 3일간 예비 컨디셔닝되었다. 단, 순환습도상태의 시험에 대한 면섬유 샘플의 예비 컨디셔닝은 표준상태인 21±2°C와 65±2%RH에서 48시간으로 하였다.

센서의 캘리브레이션을 위해 58% 및 72%RH(시험조건 번호 2와 3)에서 시험하는 동안 전동화된 슬링 건습구 습도계(motorized sling psy chrometer)를 각 습도 센서의 근처에 주기적으로 위치시켰다. 이와 같은 데이터들은 나중에 회귀분석에 의하여 각 RH센서에 대한 캘리브레이션 식을 만드는 데 사용되었다(<그림 1> 및 <그림 2> 참조). 그림에서 제시된 식들은 4가지의 모든 시험조건으로부터 HVI센서에 의해 읽은 값을 건습구 습도계의 값으로 조절하는 데 사용되었다.

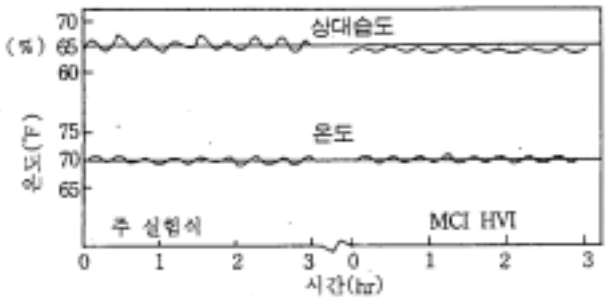


<그림 1> 전동화된 슬링 건습구 습도계를 사용한
MCI RH 센서의 캘리브레이션(R^2=0.94)



<그림 2> 전동화된 슬링 건습구 습도계를 사용한

Spinlab/Uster RH센서의 캘리브레이션(R^2=0.90)



<그림 3> 상대습도 및 온도기록의 예

3. 시험결과

본 시험실의 습도제어 시스템이 기본적으로 동작하기 위해서는 제어 센서에 의해 측정되는 상대습도가 공기처리 및 순환 시스템에 의해 수분의 첨가율 혹은 제거율을 조정하기 전에 최고 및 최저 설정치의 한계에 도달해야만 한다. 따라서, 온도와 습도 모두 일정하게 순환하는 경향이 나타났다. MCI HVI 시스템에서 사용되고 있는 것(앞서 밝힌 General Eastern 모델 850-242)과 동일한 휴대형 습도 센서를 사용해 측정한 결과, <그림 3>과 같은 자연적인

온습도의 순환효과(natural cycling effect)가 나타남을 알 수 있었다. 특히, 그 센서가 HVI 센서 근처에 놓여져 있을 때는 HVI시스템 주위에서 공기의 순환이 감소됨으로써 상대습도의 진폭이 작아졌다. 두 가지 HVI시스템의 센서가 놓여져 있는 지점에서도 이와 비슷한 습도 사이클이 기록되었다.

가. 습도의 변동

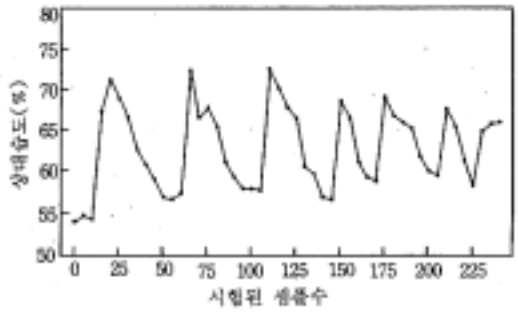
시험중에 기록된 RH 센서에 의한 데이터들의 통계적 평가에 의하면, <표 2>와 같이 유사한 습도 데이터가 나타났다. 본 시험실 시스템은 65%RH(즉, 표준상태의 습도)를 갖도록 세팅된 것에 비해 Spinlab 시스템에 의해 감지된 평균 습도는 60.9%였다. 이 실험에 대한 모든 습도값들은 섬유시험에 있어서 습도의 허용한계인 ±2%RH를 초과하였다. 이와 비슷한 RH의 변동은, 시험실의 습도제어가 저습 및 다습도의 시험을 위해 세팅되어 있을 때에도 발생하였다. 고정된 습도(저습상태 또는 다습상태)로 시험실의 습도가 제어될 때는 RH의 표준편차가 두 HVI 시스템에 있어서 0.723~1.19%에 이르렀다. 반면에 시험실의 습도제어 시스템을 순환상태로 하면, 두 HVI 시스템에 대한 습도변동은 급격하게 커졌다(즉, Spinlab 시스템은 4.24%, MCI 시스템은 5.05%RH). 습도의 순환조건에서 연속적으로 기록된 데이터에 의하면, 시험실의 순환습도가 증가할수록 HVI 시스템의 센서에 의한 습도의 급격한 증가가 있음을 알 수 있는데 이는 <그림 4>에서 보는 바와 같은 경향을 나타내며, 본 실험실 시스템에서 가습하는 데 쓰이는 증기분사 시스템(steam injection system)의 용량에 기인한다. RH 측정값이 점차로 감소하는 것은 공기로부터 습기를 제거하는 데 사용되는 냉각수 냉각 시스템의 용량이 한정되어 있기 때문이다. 습도 측정값의 진폭은 시스템에 대한 외부에서의 가열부하 때문에 날이 갈수록 감소되었다.

<표 2> 350개 면섬유 샘플을 시험할 때의 HVI

습도 센서에 의한 습도값

시험실조건	상 대 습 도(%)			
	최소값	최대값	평균	표준편차
MCI 3500				
표준 RH*				
저 RH	55.0	60.2	57.1	1.12
고 RH	67.8	72.3	69.6	1.09
순환 RH	54.0	72.8	61.9	5.05
Spinlab/Uster				
900B				
표준 RH	59.2	62.8	60.9	.820
저 RH	56.5	59.9	58.3	.723
고 RH	69.5	74.7	71.5	1.19
순환 RH	55.9	71.5	62.5	4.24

* 센서없음



<그림 4> 습도의 순환조건에서 시험할 때의 MCI

HVI 습도 센서에 의한 측정값

나. 강력의 변동

실험에서 구한 HVI강력 데이터를 통계적으로 평가하면, <표 3>에서 보는 바와 같이 다소 흥미있는 결과가 나타난다. 두 가지 HVI 시스템 모두 동일한 두 종류의 원면으로 캘리브레이션 되었는데, 표준상태에서조차 두 HVI 시스템에서의 평균강력은 1.5gf/tex만큼 차이가 있었다(즉, 27.3gf/tex와

25.9gf/tex). 캘리브레이션 원면을 시험용 샘플로 사용하여 측정했을 때 두 HVI 시스템에서의 강력차는 1.0gf/tex이내 였다. 두 HVI 시스템 간의 준위차(level difference)는 기계설계상의 함수일 뿐 습도에는 영향을 받지 않는다. 4가지 습도조건에 따른 강력시험에 앞서서, 각 HVI시스템에 대해 단 한번씩의 캘리브레이션이 행해졌다. 서로 다른 습도에서 캘리브레이션을 다시 한다는 것은 데이터를 더욱 혼란스럽게 할 뿐이기 때문이었다. 예상한 바와 같이 시험실의 습도가 낮으면 두 HVI시스템에서의 강력은 작아지고, 습도가 높아지면 그 강력은 커졌다.

<표 3> 품종 및 산지에 의한 평균 HVI 강력(5베일/종자/산지)

시험실 조건	품종별 강력(gf/tex)		
	최소값	최대값	평균
MCI 3500			
표준 RH	19.2	31.9	27.3
저 RH	18.1	30.3	26.0
고 RH	25.3	36.5	32.1
순환 RH	19.2	32.5	28.1
Spinlab/Uster 900B			
표준 RH	18.7	32.8	25.9
저 RH	19.2	32.7	24.5
고 RH	22.7	39.8	29.3
순환 RH	20.3	35.6	26.2

캘리브레이션 원면	단섬유	장섬유
AMS 베일(번호)	25,982	26,163
섬유장(UHM, in)	0.885	1.161
균제도(UI, %)	78.3	84.3
마이크로네어(M)	3.94	4.34
강력(gf/tex)	19.1	32.0

동일한 품종 및 산지로부터 취한 베일 다섯개씩에 대한 HVI 강력의 표준편차를 보면, 그 품종 내에서는 강력이 일정함을 알 수 있다. <표 4>에서는 모든 61개의 시험용 샘플에 대한 강력 표준편차의 평균값이 0.95~1.03gf/tex로 나타나 있다. 표준상태에서 시험이 행해졌을 때에는 19개 내지 27개의 샘플

에서 강력의 가변성이 1.0gf/tex를 넘어섰고, 시험실의 습도가 순환될 때는 두 HVI 시스템 모두 강력의 가변성과 1.0gf/tex 수준을 넘어선 샘플의 숫자가 매우 급격하게 증가하였다. 이 경우 <표 4>에 의하면, 강력 표준편차의 평균값이 1.32와 1.71gf/tex로 증가되었고, 가변성이 1.0gf/tex를 넘어선 면섬유 샘플의 숫자가 각각 42개와 54개가 됨을 알 수 있다.

<표 4> 61개의 면섬유 품종의 산지에 대한 HVI

강력가변성(5베일/종자/산지)

시험실 조건	표준편차(gf/tex)			Cottons*
	최소	최대	평균	>1.0
MCI 3500				
표준습도상태	0.15	2.29	0.95	19
순환습도상태	0.33	3.42	1.32	42
Spinlab/Uster 900B				
표준습도상태	0.22	3.14	1.03	27
순환습도상태	0.53	4.76	1.71	54

* 강력의 표준편차가 1.0gf/tex이상 되는 원면의 품종-산지별샘플 수

다. 단주기 습도 사이클의 조정

순환습도상태에서 시험된 각 원면 샘플에 대해 측정한 HVI 상대습도(HVI 섬유속 강력(MSTR)으로부터 조정된 강력(STR)을 계산하는 컴퓨터 프로그램을 사용하였다. 강력을 조정하는 방법으로는 다음과 같은 두 가지 방법이 있다.

(1) 준위조정법(level adjustment method)

STR = MSTR + A(STD RH-HVI RH)

단, A = gf/tex/%RH

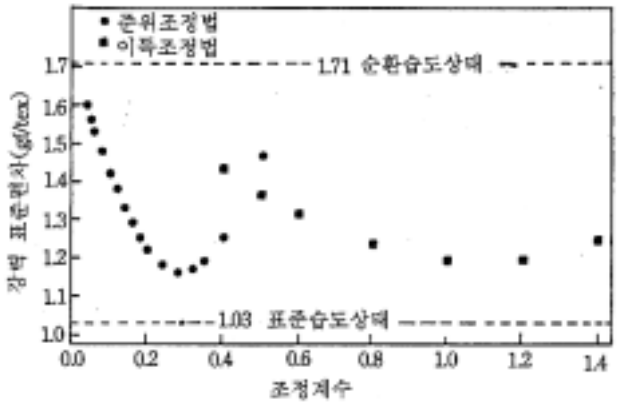
(2) 이득조정법(gain adjustment method)

STR = MSTR[1+(K/100)(STD RH-HVI RH)]

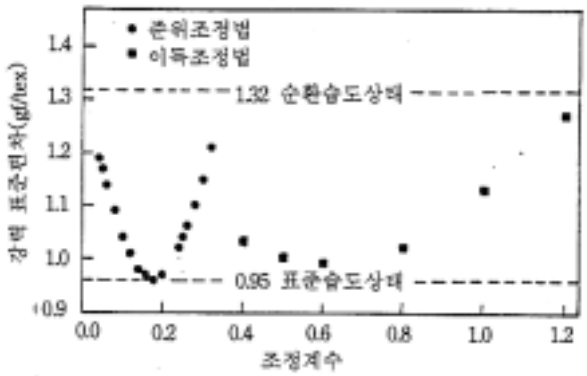
단, K = %gf/tex/%RH

이 계산에 사용된 표준습도(STD RH)는 65%로 하였다.

각 섬유속의 강력가변성을 측정하기 위해서 각 원면 샘플(다섯 가지 베일 상품)로부터 조정된 강력의 표준편차를 계산하였다. 모두 61개의 원면 샘플 그룹에 대해 전체적인(즉, 평균적인)강력가변성을 계산하였다. 강력조정식에 있는 계수 A와 K는 변화하며, 최적계수가 될 때까지 그 과정은 반복된다. <그림 5>와 <그림 6>에서 보는 바와 같이 모든 61개의 원면 샘플 그룹에 대해 조정된 강력가변성이 최소로 될 때 계수 A와 K의 최적화가 이루어진다. 각 HVI시스템 및 각 습도조정법에 대한 최적 단주기 순환계수(optimum short-term cycling coefficient)가 <표 5>에 나타나 있다. 이 데이터에 의하면 모든 습도조정법은 강력가변성을 감소시키고 있음을 알 수 있으나, 어떠한 방법도 표준상태에서 원면을 시험했을 때와 같은 동일한 정밀성을 나타내지 못함을 알 수 있다.



<그림 5> 두 가지 강력조정법에 대한 품종별 강력 표준편차의 비교(Spinlab/Uster 900B)



<그림 6> 두 가지 강력조정법에 대한 품종별 강력 표준편차의 비교(MCI 3500)

<표 5> 단주기 습도 사이클 및 평형상태에서의 HVI강력-습도계수의 비교

방 법	순환습도상태 (최적)	평형상태 데이터			CV,%	범위,%	Amt.above 사이클링,%
		최소	최대	평균			
MCI 3500							
준위(A)	0.18	0.39	0.65	0.49	13.6	53	172
이득(K)	0.60	1.39	2.37	1.81	12.0	54	202
Spinlab/Uster 900B							
준위(A)	0.29	0.20	0.64	0.37	22.2	119	28
이득(K)	1.15	0.84	2.26	1.42	17.7	100	23

*준위조정법(gf/tex/%RH), $A=\frac{STRHI-STRLO}{RHHI-RHLO}$ 이득조정법(%gf/tex/%RH), K=A/STRSTD/100

라. 면섬유의 평형강력

각 품종의 산지별 원면에 대한 강력 – 습도감도계수를 계산하기 위해 저습 및 다습 상태의 시험중에 기록된 강력 및 습도를 이용하였다. 이와 같은 강력 데이터는 시험조건에 있어서의 변화 뿐만 아니라, 샘플 컨디셔닝 중의 습도차이에 의한 변화도 내포하고 있다. 각각 다섯개 샘플의 그룹화에 있어서 두 가지 강력조정법에 대한 계수를 계산하고, 그 결과를 <표 5>에 요약해 놓았다. 서로 다른 습도준위(level)에서 시험하면, Spinlab HVI 시스템이 품종간의 차이에 더욱 민감한 반응을 보였다(즉, 감도계수가 MCI 시스템은 53%

범위인데 비해 Spinlab 시스템은 100%범위). 그러나, 평형시험 데이터는 최적 값이 순환습도시험으로부터 결정되었기 때문에 거의 동일한 평균계수를 나타내었다(즉, 1.15에 대해 1.42를 비교하면 단지 23%의 증가). 평형강력시험 데이터에 의하면, 또한 MCI 시스템에 대한 강력을 조정할 때 샘플의 상태를 감지하는 것이 필요할지도 모른다는 것을 암시하고 있다(0.60에 대해 1.81은 평균평형 데이터가 최적 순환값의 200%이상이 됨을 의미함).

<표 6> 면섬유 품종별 평형상태 강력-습도 계수의 비교

품 종 명	수	MCI 3500		Spinlab/Uster 900B	
		준위	이득	준위	이득
DPL20	6	0.45	1.73	0.29	1.23
DPL41	1	0.42	1.64	0.39	1.67
DPL50	7	0.48	1.86	0.29	1.26
DPL61	1	0.50	2.12	0.41	1.83
DPL77	1	0.49	1.82	0.37	1.38
DPLA90	7	0.51	1.82	0.39	1.46
PD3	2	0.57	1.97	0.39	1.43
DES119	3	0.46	1.64	0.30	1.21
GC356	2	0.51	1.80	0.44	1.56
GC510	2	0.61	2.07	0.41	1.37
M5	3	0.57	1.81	0.45	1.45
Coker315	2	0.42	1.61	0.37	1.53
Coker304	1	0.44	1.73	0.38	1.58
Dunn400	1	0.50	1.81	0.28	1.03
C40	1	0.53	2.02	0.34	1.41
C37	1	0.60	1.90	0.47	1.47
C32	2	0.43	1.48	0.51	1.58
McNair235	1	0.48	1.76	0.48	1.84
McNair220	1	0.42	1.59	0.36	1.36
STU825	3	0.51	1.90	0.33	1.37
STU453	3	0.43	1.62	0.33	1.37
STU506	1	0.53	1.92	—*	—*
1517-77	1	0.39	1.39	0.42	1.45
1517-75	1	0.49	1.76	0.42	1.44
1517-88	1	0.40	1.39	0.43	1.57
SJ2	2	0.57	1.97	0.35	1.29
최소		0.39	1.39	0.29	1.03
최대		0.61	2.12	0.51	1.84
CV, %		12.6	10.8	16.1	12.6
범위,(평균%)		44.9	40.3	59.3	72.5

*자료 없음

<표 7> Deltapine 50(DPL 50) 평형상태 강력-습도계수의 비교

지 역	MCI 3500		Spinlab/Uster 900B	
	준위	이득	준위	이득
남동부	0.49	1.92	0.22	0.94
중남부	0.48	1.92	0.35	1.50
중남부	0.40	1.56	0.32	1.43
중남부	0.53	1.99	0.33	1.40
중남부	0.44	1.71	0.20	0.88
중남부	0.55	1.95	0.29	1.24
서 부	0.46	1.93	0.31	1.41
최 소	0.40	1.56	0.20	0.88
최 대	0.55	1.99	0.35	1.50
CV, %	10.8	8.5	19.7	19.9
범위,(평균%)	30.6	23.8	40.5	43.7

<표 8> Deltapine Acala 90(DPLA 90) 평형상태 강력-습도계수의 비교

지 역	MCI 3500		Spinlab/Uster 900B	
	준위	이득	준위	이득
남동부	0.56	1.96	0.41	1.50
남동부	0.45	1.43	0.42	1.43
중남부	0.54	2.01	0.42	1.59
중남부	0.59	1.93	0.42	1.49
중남부	0.53	1.87	0.31	1.18
서 부	0.47	1.82	0.42	1.64
서 부	0.45	1.72	0.35	1.39
최 소	0.45	1.43	0.31	1.18
최 대	0.59	2.01	0.42	1.64
CV, %	11.0	10.8	11.4	10.3
범위,(평균%)	28.6	32.1	29.7	32.4

<표 9> 산지별 평형상태 강력-습도계수의 비교

지 역	수	MCI 3500		Spinlab/Uster 900B	
		준위	이득	준위	이득
남동부	10	0.36	1.39	0.49	1.78
중남부	28	0.34	1.35	0.47	1.73
서 부	19	0.40	1.46	0.53	1.87
셀리브레이션 원 면	4	0.44	1.81	0.51	2.08

품종별로 평형강력-습도계수를 분류할 때, 몇 가지 면섬유에 대해 강력-습도의 감도가 차이가 남을 알 수 있었다. 예를 들어, <표 6>의 이득법(gain method)을 보면, MCI 시스템의 강력계수의 범위는 40.3%인데 반해, Spinlab 시스템의 계수범위는 72.5%였다. 습도감도의 범위는 <표 7>의 DPL50, <표 8>의 DPL 90과 같이 동일한 품종의 베일을 고려할 때 감소하는 경향을 나타내었다. 습도의 감도 데이터는 <표 7>의 DPL 50과 <표 8>의 DPL 90과 같은 원면산지로부터의 영향을 나타내지는 않는다. 그러나 <표 9>와 같이 습도의 감도 데이터를 산지별로 분류할 때, 서부지역의 원면이 더 놓은 강력-습도계수를 갖는 경향이 있음을 알 수 있다. 이와 같은 경향은 그 지역에서 경작된 면섬유의 품종에 상당히 원인이 있는 듯하다.

4. 결 론

측정된 HVI 강력의 가변성은 국부적인 습도에 의해 야기된 준위변화에 대한 개개의 강력을 조정함으로써 감소시킬 수 있다. 그러나 가장 좋은 조정계수는 HVI 시스템마다 다르다(즉, MCI 3500 시스템은 0.60%gf/tex/%RH이고, Spinlab 900B 시스템은 1.15%gf/tex/%RH임.) 모든 경우에 있어 조정된 강력은 표준상태에서 HVI시험에 의해 관측된 값보다 가변성이 더욱 큰데, 이것은 사용된 면섬유의 습도에 대해 감도차가 있기 때문이다.

각 품종들마다 습도의 변화에 따른 강력의 감응이 다르게 나타났다. 면섬유에 대한 감응계수는 평형상태에서 시험함으로써 설정되었는데, 그 값은 MCI 3500 HVI 시스템의 경우에 3.6%CV에서 53%, Spinlab/Uster 900B HVI 시스템의 경우는 17.7%CV에서 100%이었다. 평형상태에서의 시험에 의하면, 두 HVI 시스템 모두 강력-습도계수가 단주기 습도 사이클에서 결정된 최적값보다 훨씬 크게 나타났다(즉, 23%에서 최상의 습도순환조건에서의 계수보다 더

욱 큰 202%까지).

서부지역에서 경작된 면섬유의 강력은 습도의 변화에 민감성을 보였으며, 이와 같은 반응은 경작지역의 환경보다는 선택된 원면의 품종 그 자체에 더 큰 원인이 있는 듯하다.

이득조정법(gain adjustment method)을 사용한 강력-습도계수의 가변성은 준위조정법(level method)으로 평가한 것보다 보통 낮은 편이었다. 따라서, 이득조정법이야말로 보다 신빙성있는 강력 데이터 조정법이라 하겠다. 면섬유의 강력에 비례하여 이득이 조정되는 이득법이 선호되고 있는 편이다.