

## 繭絲의 彈性的 性質에 關한 研究

### Ⅲ. 伸張變形過程에 있어서의 引張強度 및 Elasticity Index 에 대하여

南 重 熙

(서울 大學校農科大學)

#### Reological Studies on Cocoon Filament

### Ⅲ. Stretching Strength and Elasticity Index of

#### Cocoon Filament in Stretching Transformation

J.H. Nahm

(College of Agri., Seoul National Univ.)

#### Summary

Strength, elongation and elasticity are essential properties with regard to the tensile properties of raw silk thread.

The reasonable harmony of the above three physical charcters appears to be the specific nature of the raw silk thread and the dynamical functions are determined by the cocoon filament forming the raw silk.

From such viewpoint, the author has studied the tensile property of the thread when the cocoon filament is stretched and transformed.

The results obtained are as follows:

- 1) The stretching strength of the inner layer filament is stronger than that of the outer and medium layer ones.
- 2) The stretching strength of the filaments is influenced by the moisture-heat denaturalization of cocoon layer sericin in the drying process.
- 3) The more transformed functions by the stretching become, the lower the elasticity index of the cocoon filament was shown.
- 4) When cocoon layer sericin is denatured by moisture and heat, elasticity index of the filament is decreased.

#### I. 緒 言

第1報에서는 繭層部位別繭絲의 抗張性的 차이<sup>(5)</sup>와 第2報에서는 引張速度 및 膨潤에 따른 破壞強伸度の 變化<sup>(6)</sup>를 보고한바 있다.

本實驗에서는 繭絲로 만드려진 生絲의 抗張性에 關與되는 要因이 많고 또 그 要因別로 解析이 쉽지가 않은 點을 고려하고 최근 自動繰絲機의 개발에 따른 製絲工程의 획기적인 변혁과 生絲用途의 織物面의 전환등 生絲의 特性을 최대로 發揮하기 위한 基礎條件으로서 伸

張變形過程에 있어서의 抗張性에 대하여 실험한 바를 보고한다. 繭絲纖維는 다른섬유와는 달리 fibroin 과 sericin 으로 構成되어 있으며 fibroin 은 macrofibril 이 集合된 fibril 로 이루어지며 fibril 의 外面은 sericin 에 의해 피복되어있다.

이 sericin 은 繭絲纖維의 界面的性質<sup>(1)</sup>까지를 支配한다고 한다.

그리고 繭層部位別繭絲는 強度, 伸度 및 初期引長抵抗度에까지 차이가<sup>(6)</sup> 있고 繭의 二大成分의 하나인 sericin 이 熱變性을 받게 되면 不溶性sericin<sup>(2)</sup>의 量이

增加한다고 한다.

이상과 같이 絹의 彈性的性質에 影響하는 要因이 多樣하지만은 上述한 바와 같은 部位別繭絲의 特性의 차이와 sericin 이 濕熱에 의해 變性되었을 경우의 두 가지 處理가 伸張變形過程에 있어서 彈性的性質에 어떻게 作用하는가를 檢討하였다.

## II. 實驗材料 및 方法

### 1. 供試繭:

Shun Ray×Shogetsu

### 2. 繭層別繭絲의 採取:

慣行煮繭法에 의해 삶은 후 一粒繰用 Panel 卷取用檢尺機를 써서 部位別繭絲를 채취함.

### 3. 繭層의 濕熱處理에 의한 Sericin 의 變性

일반 乾燥器中에서 120 分間 殺蛹乾燥를 行하다가 佐竹化學機械工業(株)製 恒溫恒濕槽(LRH-SN)를 이용하였으며 處理條件과 乾繭結果는 다음 제 1표와 같다.

Table I. Drying conditions and its results of fresh cocoon

Treatment	No. of cocoons	Temp. (°C)	R.H (%)	Drying Ratio (%)	Drying Period (min.)
1	50	75	80	55.8	540
2	50	75	60	41.4	420
3	50	75	40	41.0	360
4	50	75	20	42.2	240
5	50	control			

### 4. 測定機器

織度: Deniroscope D-25-D 型

強伸度: Tensilon UTM-III 型

### 5. 測定方法 및 條件

Load Cell (full scale): 15 g.

Cross Head Speed: 20 mm/min.

Chart Speed: 100 mm/min.

기타: 室溫의 水中에서 試料를 水沈시킨 채 측정하였다.

### 6. 測定結果의 산출

切斷強伸度는 前第 및 第 II 報에 따랐으며 elasticity index<sup>(8)</sup>는 다음과 같이 산출하였다.

Elasticity Index(%)

$$= \frac{\text{實測曲線下的 면적}}{1:1 \text{의 理想直線下的 면적}} \times 100$$

단 實測曲線下的 면적과 理想直線下的 面積의 산출은 다음과 같다.

다음 Fig. 1에서 보는 바와 같이 Cross Head

Speed와 Chart Speed의 比(本測定에서  $\frac{H.S}{C.S}$ 는 1/5)를 1:1로 환산한 경우에 나타난 면적 즉 OABC를 理想直線下的 면적으로 하고, 실제 주어진 伸長變形限界點下에서 나타난 線 OBC의 면적을 實測曲線下的 면적으로 하였다.

그리고 Fig. 1에서 A, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>는 理想直線下的 면적을 求함에 있어서 設定된 變形의 限界點을 나타내고, B, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>는 일정한 變形限界點까지 負荷하였다가 순간적으로 除荷시킨 點을 나타낸다.

한편 O<sub>1</sub> 및 O<sub>2</sub>點은 순간적으로 除荷한 후 負荷가 始作된 직후부터의 荷重伸長曲線의 最初의 點을 나타내고 있다.

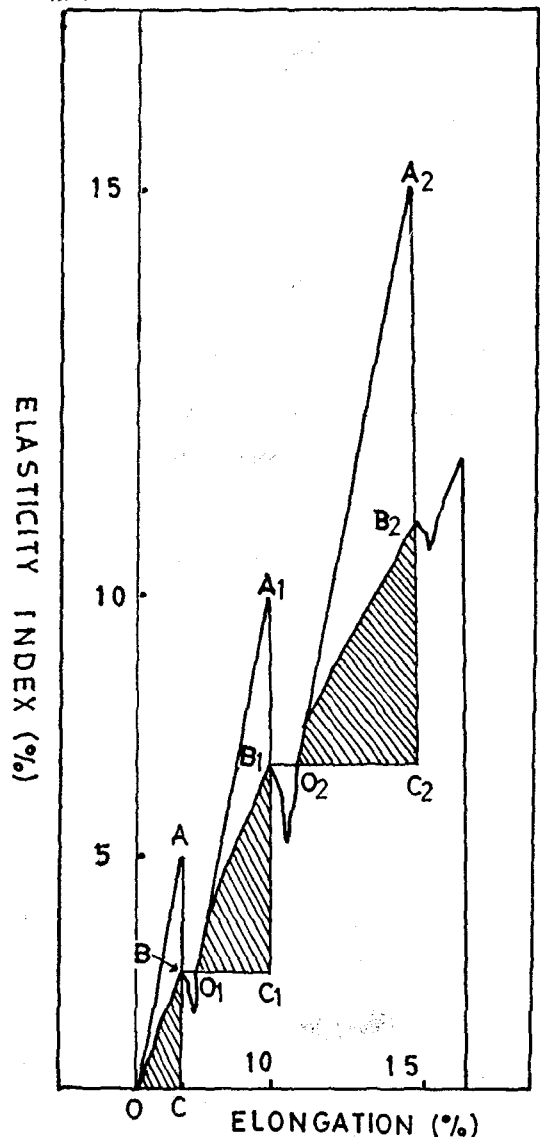


Fig. 1. Calculus model for elasticity index

## III. 實驗結果 및 方法

### 1. 伸長變形過程에서의 抗張性

#### (1) 繭層部位別 繭絲

生絲의 品質을 지배하는 要因은, 強伸度, 彈性 등이 라고 할 수 있다. 그리고 위와 같은 여러 特性은 蠶品種, 고치의 生産季節 및 粒間의 變異以外에도 繭絲自體에 의해 달라진다.

즉 外層繭絲로 만들어진 生絲의 切斷強度(g/d), 反撥度, 剛硬度 등은 他部位의 繭絲로 만들어진 것에 비하여 작고 內層部繭絲로 繰製된 生絲에서 크며 中層部位의 것은 中間에 있다고 보고되어 있다.

반대로 伸度는 以上の 反對의 關係에 있다고 한다.<sup>(7)</sup> 따라서 生絲는 實用上 均質의 絲條일 것이 要求되며 실커기에 당하여서는 繭層各部位의 繭絲가 恰當히 配合되어 混繰로 될 것이 必要하게 된다.

여기서는 生絲의 彈性的性質을 考우하는 한 가지 要件으로 繭層別繭絲의 伸長變形過程에 있어서의 引張抵抗性을 測定하였다.

즉 繭層別繭絲를 10%, 15% 伸張하였을 경우 다음 Fig. 2에서 보는 바와 같이 주어진 伸長變形限界點에 있어서의 抗張力은 外層에서 제일적게 나타나 있으며 內層繭絲에서 제일 컸으며 中層部繭絲가 中間値를 나타내었다.

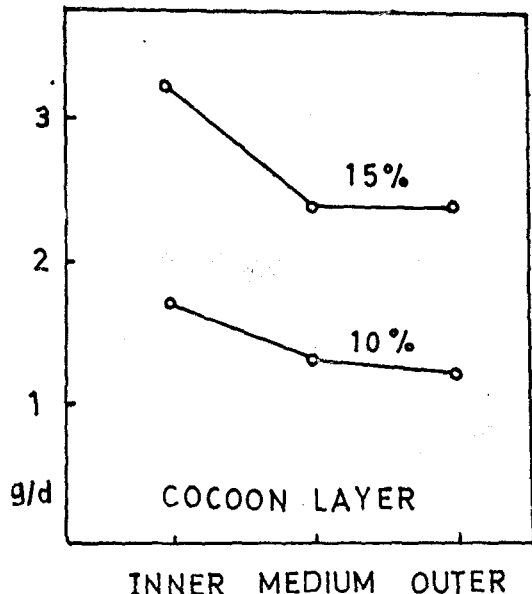


Fig. 2. Stretching strength of cocoon layer filament in stretching 10%, 15%

위에서와 같은 결과는 應力集中機構面<sup>(8)</sup>에서 생각할 때에 첫째, 微細構造上 不均一性에 기초를 두고 있는 것으로 伸長變形過程에 있어서 어느 部位에는 應力이 크게 加하여지나, 다른 部位에는 應力이 弱하게 加하여지게 되는 현상이 아닌가 생각 된다.

물체로 繭纖維의 破壞過程에 있어서 衝擊波의 傳播와 反射에 의한 應力集中의 차이가 생기게 되는 것이 아닌가도 고찰되며, 셋째로는 材料內에 空孔이 나타나서 繭層部位別로는 空孔이 나타나서 그에 대한 應力集中의 차이가 생기는 등 세 가지 要因이 위와같은 효과를 초래하였다고 생각된다.

以上 伸長變形過程에 있어서 繭絲는 위의 세 가지 微細的破壞機構中 어느 要因이 제일크게 作用하였는지의 與否는 알 수 없다.

그러나 繭層別繭絲는 乾燥 및 물에 의한 膨潤程度別로 切斷強伸度의 차이가<sup>(6)</sup> 있고 本實驗結果에서 보더라도 繭層部位別로는 微細構造上 차이가 있음은 확실하다고 생각 된다.

이와 같은 사실은 進士<sup>(7)</sup>의 生絲의 탄성적연구 및 飯塚<sup>(9)</sup>의 X-선연구와도 일치하고 있다.

#### (2) 濕熱에 의한 sericin 이 變性한 繭絲

담백질섬유의 抗張力에 영향을 미치는 환경조건 溫度 및 濕度の 차이가 生絲의 탄성적성질을 지배하는 일에 대하여는 널리 알려져 있다.

進士<sup>(7)</sup>는 주위온도의 상승에 따라 생사는 수축하고 下降하면 伸長한다고 한다.

온도의 영향을 제외한 습도만의 영향은 습도가 높은 때에 생사는 늘어나고 낮아지면 수축한다.

생사의 이러한 성질은 分子鎖에 屈曲性이 풍부한 骨格을 지니고 나아가서는 여러가지 화학적성질과 極性을 가진 原子團(OH, NH<sub>2</sub>, COOH, NH)<sup>(10)</sup>이 존재하고 이러한 原子團이 水素結合, Ion 結合 및 共有的인 橫結合을 형성함으로써 生絲의 Resilience 을 크게 지배하는 점에 起因된다고 생각 한다.

한편 親水性인 섬유는 二次結合形成部分에서 破壞가 일어나며, 可塑性的인 效果를 현저하게 發現한다고 하는데 fibroin 을 피복한 sericin 은 親水性임과 동시에 可塑性的作用을 한다.

더욱 濕熱로서 分子相互作用을 저하시킨 경우는 伸長變形過程에 있어서 어떠한 變化를 일으킬 것이 기대된다.

實際 製絲工程中 乾繭處理는 生繭層이 濕熱에 접촉되므로 sericin 分子相互間의 作用을 억제하는 결과가 된다.

本項에서는 濕熱處理 즉 접촉온도는 一定하게 하고 접촉습도만을 변화시켰을 경우 繭絲의 伸長變形過程에 있어서의 強伸度(切斷點)를 측정할 결과 다음 Fig. 3 과 같은 측정치를 얻었다.

Fig. 3에서 濕熱變性處理를 받게 된 경우 切斷強度는 處理濕도가 감소함에 따라 增大하는 경향을 나타냈지만

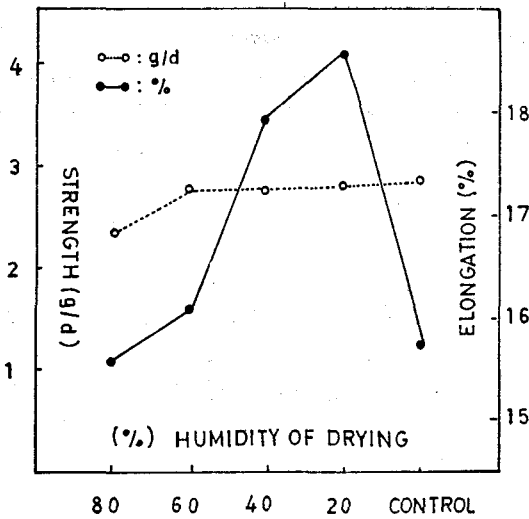


Fig. 3, Breaking Strength and elongation of cocoon filament denatured by wet-heating treatment

는 切斷伸度는 접촉습도가 제일 낮은 20%인 때 높았다.

以上の 결과는 습열처리를 받을 경우 多濕熱處理의 경우보다 乾熱인 처리가 sericin의 非結晶性部位의 二次結合을 形成시키고 그의 被覆膠着狀態를 再組織化<sup>(7)</sup>시킨 결과가 아닌가 생각된다.

이러한 현상은 羊毛纖維의 應力伸長曲線<sup>(8)</sup>의 濕度依存性과의 결과와 일치하고 있다.

한편 繭層加熱에 의한 sericin의 熱變性程度와 發生量 및 繭層溶解量과의 결과<sup>(4)</sup>로 고찰한다면 견충의 가열정도가 심하면 NH<sub>3</sub>의 發生量이 增加하는 반면에 견충용해량은 逆比例하는 點에서 견충의 가열변성정도가 심하면 그의 被覆狀態를 크게 한다고 생각된다.

다만 繭層의 sericin을 濕熱에 접촉시켜 變性시켰을 경우 온도와 습도의 두 要因中 어느 要素가 그의 변성정도를 크게 左右하느냐의 課題는 앞으로 檢討를 要한다.

繭絲의 濕熱處理에 의한 견충 sericin의 변성정도와 繭絲의 탄성적거동을 다른 角度에서 해석하려는 뜻에서 설정된 伸長變形限界 즉 5%, 10% 15% 및 切斷點에 있어서의 抗張力을 測定한 결과는 다음 Fig 4와 같다.

Fig. 4, 에서 보는 바와 같이 低伸長變形인 5% 및 10% 以內에서는 抗張力(gld)는 各處理區에 있어서 큰 變化는 인정할 수 없지마는 15% 및 切斷點에서의 強度는 上述한 바와 같이 繭層을 低濕으로 접촉변성시켰든 20% 區에서 높은 결과를 얻었다.

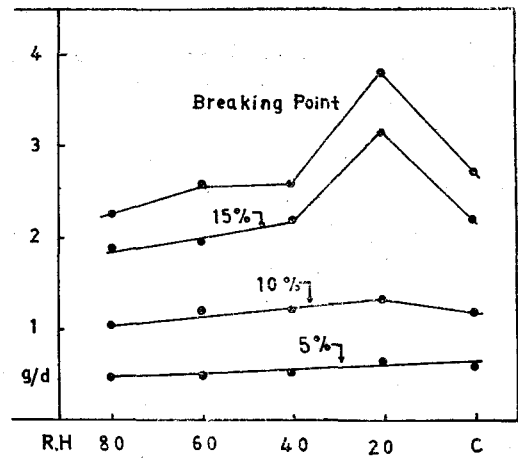


Fig. 4, Stretching strength of cocoon filament in each stretched point, when cocoon layer is denatured by wet-heating treatment

## 2. 繭層部位別繭絲 및 濕熱에 의한 繭層 Sericin 變性繭絲의 Elasticity Index,

섬유의 彈性的舉動을 表示하는 方法은 實用的인 目的에 의하여 여러가지 해석방법이 쓰여지고 있다.

어느 해석방법에 다르더라도 측정조건의 영향을 고려하지 않으면 안된다.

이러한 의미에서 回復舉動을 고려해 놓지 않고 단지 荷重伸長關係에 따른 표현법으로서 설정된 變形量에 있어서 瞬間彈性變形的 한 가지 해석방법인 elasticity index<sup>(9)</sup>를 求한 결과는 다음과 같다.

Table 2, Elasticity Index of cocoon layer filament in stretching transformation.

Treatment	cocoon layer		
	outer	medium	inner
Stret ching			
10%	92	86	77
15%	49	49	35

Table 2, 3에서 보는 바와 같이 伸長變形量의 增大에 따라서 elasticity index의 量은 감소하였는데 이러한 현상은 生絲 羊毛 및 化學纖維의 測定結果<sup>(8)</sup>와 一致한다.

그러나 繭層部位別繭絲의 elasticity Index는 低伸長變形限界內에서는 外層繭絲가 他部位의 그것보다 크게 나타나 있으나 그 이상의 伸長變形點을 넘게 되면 일정

**Table 3. Elasticity index of cocoon filament denatured by wet-heating in stretching transformation.**

Drying RH(%)	I.E.D.	(%)			
	S.R.(%)	5	10	15	B.P.
80		56	41	38	26
60		56	47	40	33
40		59	55	54	48
20		73	60	45	43
fresh cocoon		89	58	54	51

\* I.E.D.; Elasticity Index

\* S.R.; stretching Rate

한 경향을 인정할 수 없었다.

한편 繭層이 습열변성된 경우, 견사는 접촉습도가 높은 경우에 生繭의 繭絲에 비해 elasticity index의 양이 감소하고 접촉습도가 높아짐으로서 그의 양이 증가하는 경향이였다.

이러한 현상은 주어진 伸長變形過程에 있어서 引張抵抗力(g/d)과 같은 결과를 나타내고 있는데 이것은 fibroin을 피복한 sericin 변 성하게 면되 견사의 elasticity index 내지는 compliance<sup>(8)</sup>를 변화시키는 것으로 생각 된다.

#### IV. 摘 要

生絲의 抗張性에 관여하는 基本的인 성질은 強力 伸度 및 彈性이다.

그리고 이들 三者間의 적당한 調和가 生絲의 特性을 發顯한다.

또 生絲의 이러한 力學的 舉動은 이를 構成하고 있는 繭絲가 支配하는 것이다.

이러한 見地에서 著者는 繭絲의 伸長變形過程에서의

抗張性에 관하여 研究하고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 繭層別繭絲의 引張強力은 內層繭絲가 外層 및 中層繭絲보다 높았다.

2. 繭乾燥過程에 있어서 繭層 sericin의 濕熱變性은 繭絲의 引張強力을 變化시킨다.

3. 伸長過程에 있어서 繭絲의 變形量이 增加하면 elasticity index가 감소한다.

4. 多濕熱에 의한 繭層 sericin의 變性은 繭絲의 elasticity를 감소시킨다.

#### 參 考 文 獻

1. 青木一三 (1972); セリシンに関する研究(第1報), Nds 蠶の繭層と絹絲腺内容物の二, 三の性質について, 日蠶雜誌 41 (6) 429~436.
2. 伊藤武男 (1952); 絹絲の構造, 千曲出版(株) 337~338.
3. 飯塚英策 (1967); 絹の物理化學, 生化學 39 (4) 188~214.
4. 小塚多吉, 有本肇, 弓削治 (1955); 加熱絹層に際してアンモニアの發生量と繭層溶解窒素量との關係について, 日蠶雜誌 24 (2) 127~131.
5. 南重熙 (1972); 繭絲의 彈性的 性質에 관한 研究, I 繭層部位別繭絲의 抗張性, 韓蠶學誌 14 (1) 43~47.
6. \_\_\_\_\_ (1972); 繭絲의 彈性的性質에 관한 研究, II, 引張速度 및 膨潤에 따른 破壞強伸度の 變化 韓蠶學誌 14 (2) 105~112.
7. 進士安治 (1965); 絹纖維の抗張性に関する研究, 京都工藝纖維大學 學術報告 4 (3), 443~454.
8. 日本纖維學會編 (1962); 纖維物理學 (丸善), 207, 253, 255~256, 298~299