

# 고 무 용 纖 維

## (I)

協 會 技 術 部

### 基 礎 篇 -1-

#### 1. 序 言

고무製品, 예컨대 타이어, 콘베이어 벨트, 호스, 고무리브 등에는 고무와 複合되어 多量의 纖維材料가 使用되고 있으며, 이것이 製品의 強度, 壽命, 材料費 등을 支配하는 重要한 因子로 되어 있다.

고무配合의 性能向上은 물론 큰 役割을 하였으나, 새로운 뛰어난 性能을 가진 纖維材料를 사용함으로써 고무製品의 性能, 重量, 壽命 등이 비약적으로 改善된 것은 틀림없는 사실이다. 한편, 材料費에서 보면 고무工業의 主力인 타이어에서는 35~40%, 벨트에서는 約 60%가 纖維이다. 또 고무工業에서 約 70%는 纖維를 使用하고 있다. 이러한 點으로 보아서 이제는 纖維없이는 고무工業(타이어, 벨트, 호스, 고무리브, 신발 등)이 發展될 수 없다고 하여도 過言은 아니다. 그러므로 現在의 고무工業이라고 하는 것보다는 오히려 現實的으로는 고무와 纖維의 工業이라고 하는 것이 더욱 相應된 表現이 아닌가 생각된다.

周知하는 바와 같이 纖維를 補強材로 使用한 고무製品은 多種多樣하다. 이들 多數의 製品을 하나하나 들어서 製品의 構造, 用途와 各種 纖維에 要求되는 性能 및 其他에 대해서 자세히

說明한다는 것은 매우 어려운 일이다. 그러나 고무용 纖維에는 거의 共通된 몇가지 性能만이 오랜 동안의 經驗과 理論을 통하여 重要視되고 있다. 즉, 大別하면 다음의 6項目으로 要約할 수 있다.

- ① 強度, 彈性率
- ② 耐熱性, 耐老化性(藥品 등을 포함)
- ③ 耐被勞性
- ④ 尺寸安定性(加熱 또는 外力에 의해 伸縮되지 않음)
- ⑤ 고무와의 接着性
- ⑥ 價格(性能이라고는 말할 수 없으나 重要要素이다)

이들은 高性能을 必要로 하는 타이어, 호스, 벨트 등에는 빼놓을 수 없는 重要性能이다. 한편, 고무용 纖維素材의 選定에 있어서는 商品인 이상 많은 고무製品 중에서는 예컨대, 價格을 優先하고 性能을 다소 희생시키든가, 또는 強度보다는 外觀, 크기, 作業性 등을 優先하는 경우도 있다. 이들은 使用目的이나 品質, 價格 등 많은 因子를 고려하지 않으면 안되므로 千差萬別이며, 여기에 또 企業의 노하우의 要素나 秘密까지도 따라야 하므로 매우 複雜한 것이다.

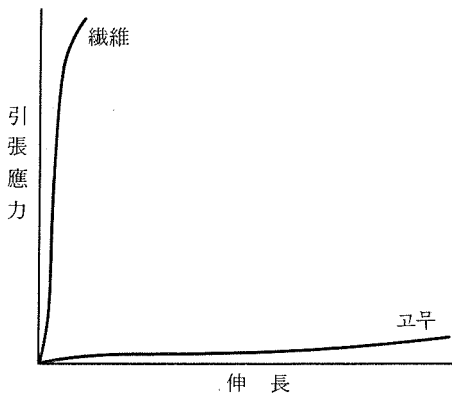
그러므로 本稿에서는 고무용 纖維에서 가장 重要한 위의 6개 項目 중에서 重要性能 및 關聯事項 등에 대해서, 가급적 數式을 쓰지 않고 알기 쉽도록 基礎的인 說明을 하고자 한다. 즉, 그 內容의 概略을 먼저 들어보면, ① 理解하기

쉽고, 初步的인, 고무用 纖維에 必要하고도 중요한 基礎的事項, ② 要求되는 纖維性能, 各種 素材 등에 대한 個別解說, ③ 특히 濕氣와 크게 關係되는 Nylon, Polyester, Kevlar 등의 濕熱劣化와 微細構造變化 및 纖維의 被勞, 昇溫時의 熱作用 등이다.

## 2. 고무工業에서 纖維材料의 使用 目的

고무가 材料로 사용되는 중요한 性質중의 하나는 外力에 의해 많이 伸縮되는 한편 柔軟하기 때문이다. 그러므로 고무는 外力에 대한 緩衝材, 保護材로서 옛날부터 多量으로 使用되어 왔다. 그러나 고무單獨으로는 用途에 따라 중요한 問題點들이 惹起되었다. 즉, 제일 큰 問題點의 하나는 強度가 다른 材料에 비해 弱하다는 것이다. 그리고 두번째 問題는 잡아당길 때에 너무나 많이 늘어난다는 것이다. 즉, 이 性質은 고무의 큰 利點인 同時에 고무製品을 實用할 경우, 外力에 의해 變形되기 쉬우므로 形態를 維持하기가 어렵다는 것이다. 즉, 單獨으로 고무를 使用할 경우에는 用途에 따라 고무 自體가 矛盾된 特性을 갖고 있는 것이다.

예컨대, 장난감 고무風船을 입으로 불게 되면 고무風船은 壓力에 따라 처음 容積의 數百倍로 膨張되어 限度를 넘게 되면 破裂되고 만다. 즉, 이것은 이러한 點에 好奇心을 둔 장난감으로서의 役割을 한 것이다. 그러나 만일 이것이 自動



(그림 1) 纖維와 고무의 引張應力-伸長曲線

車타이어의 경우였다면 어떻게 될까. 타이어의 空氣壓을 높이기 되면 膨張하여 車體에 닿게 되면서 車가 움직일 수 없게 되며, 또 쉽게 破裂된다고 한다면 다시 實用할 수 없게 된다. 反對로 空氣를 빼게 되면 全體的으로 타이어의 形態가 維持되지 않는다.

그러므로 고무의 獨특한 性質을 살리고 이러한 問題點을 가급적 補完하기 위하여, 고무보다는 強度와 彈性率이 크고 伸長率은 작으며 또한 고무와 같이 屈曲性이 있는 強韌한 纖維材料를 고무와 複合시켜 製品化하는 것이 오래 전부터 經驗的으로 생각되었던 것이다.

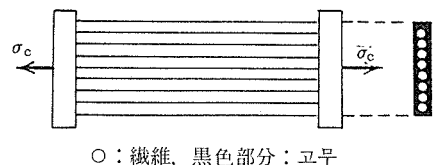
## 3. 纖維와 고무의 引張-伸長 曲線의 比較 및 考察(複合則)

위에서 說明한 重要部分을 다시 引張應力-伸長 曲線을 利用하여 定性的으로 說明을 더하고자 한다.

그림 1의 그래프는 고무와 纖維에 대한 각각의 引張應力-伸長의 關係曲線을 함께 表示하여 比較한 것이다. 이 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 고무의 伸長은 纖維에 비해 현저하게 크나 引張強度는 훨씬 작다. 反對로 纖維의 伸長은 고무에 비해 훨씬 작으나 強度는 매우 크다는 것을 알 수 있다. 이 曲線의 初期의 기울기는 그 物質의 彈性率의 大小를 表示하는 것이다. 즉, 纖維의 彈性率은 分明히 고무보다 훨씬 크다는 것을 알 수 있다.

彈性率은 纖維나 고무에서는 다같이 重要한 것이므로 위에서 表를 만들어 그 概略을 說明하기로 한다.

다음에는 그림 2에 表示된 바와 같이 고무속에 直線狀의 纖維를 넣은, 즉 고무-纖維의 複合材(纖維方向으로만 強化된 고무라는 뜻으로



(그림 2) 一方向強化材의 引張強度

一方向強化고무라고 한다)에 纖維方向으로 引張應力を 加한 경우를 생각해 보면, 앞에서 說明한 바와 같이 纖維의 彈性率의 고무에 비해 매우 크므로 引張應力의 負擔率의 大部分이 纖維에 걸리게 된다는 것도 쉽게 理解할 수 있다. (註: 參照).

다시말하면 고무製品, 예컨대, 콘베이어 벨트의 引張強度의 대부분은 纖維에 의한 것이다. 이와같이 纖維材料는 主要고무製品의 重要特性인 強도와 伸長을 支配하며 荷重을 지탱하는 同時에 寸數, 形態, 安定性에 크게 寄與하고 있음을 理解할 수 있을 것이다.

이와같은 理由로 纖維는 주로 고무工業에는 없어서는 안될 主要材料이다. 고무용 纖維에 대해서는 앞으로 자세히 說明하겠지만, 要件대, 纖維는 타이어, 콘베이어 벨트, 호스, 其他 고무製品의 強度, 破裂抵抗, 寸數, 形態의 安定性(예컨대, 空氣 등을 壓入하여도 膨脹하지 않고, 벨트에서는 張力을 가해도 늘어나지 않는다), 疲勞抵抗, 荷重輸送能力 등에 密接한 關係가 있다.

[參考] 補強材로서는 纖維의 強度가 될 수 있는 限 큰 것이 좋다. 現在 가장 使用量이 많은 強力 나일론 필라멘트의 強度는 9.5g/d이며, 最強은 22g/d인 Kevlar 이다.

그러나 最近에는 強度 55g/d, 彈性率 1,400 g/d의 폴리에틸렌이 Fibril狀 結晶의 延伸으로

만들어졌다. 또 17g/d인 나일론 6도 溶融紡糸~延伸法에 의해 만들어졌다. 現在, 研究中이나 폴리에틸렌의 경우, 이것은 理論強度의 約 1/5, 理論彈性率의 約 2/3(表 1의 폴리에틸렌列 參照)로서, 이러한 高強度, 高彈性率에는 高分子學者나 纖維메이커에서는 注目할만한 일이다. 그러나 고무用으로는 強度만으로는 充分하지 못하고 다른 諸性能이 問題이다. 처음에도 說明된 바와같이 고무用에 있어서는 強度以外에 耐疲勞性, 耐熱性, 寸數安定性, 고무와의 接着性 등의 諸特性이 잘 갖추어져 있는지 充分히 檢討, 研究하지 않으면 안된다. 아무리 強度가 뛰어난 다 해도, 예컨대, 耐疲勞性이 떨어진 纖維는 고무와 複合되어 屈曲運動이 심한 곳에서는 強度가 빨리 低下되어 切斷되므로 補強材로서의 機能을 완전히 잃게 된다. 또 融點이 낮다하여도 熱과 관련된 곳에서는 적합하지 않다. 따라서 纖

纖維의 強度와 彈性率

(表 1)

	強 度(g/d)		彈 性 率(g/d)	
	理 論	實 際	理 論	實 際
폴리에틸렌	250	23	2060	430
폴리에스테르 2G-T	200	10	950	150
나일론 66	215	10	1780	50
p-配向芳香族폴리아미드	165	(~28)	1500	1400
m-配向芳香族폴리아미드	—	—	950	175
셀룰로스	—	—	400	200

[註] 一方向強化材의 平均應力과 平均彈性率(複合則)에 대하여(그림 2 참조)

平均應力: 일반적으로 一方向強化材를 그 纖維方向으로 잡아당길 때의 平均應力  $\sigma_c$ 는 纖維의 體積含有率을  $V_f$ , 纖維의 應力을  $\sigma_f$ , 母材(Matrix... 여기서는 고무)의 應力을  $\sigma_m$ 이라 하면

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m (1 - V_f) \dots \dots \dots (1)$$

로 表示된다. 즉, 補強材인 纖維의 應力 및 含有率이 클수록 一方向強化材의 平均應力은 커진다.

平均彈性率: 纖維와 母材(고무)의 伸長( $\epsilon$ )이 같다고 하면 彈性限度內에서는 다음과 같은 Hooke의 法測이 成立한다.

$$\text{應力}(\sigma) = \text{彈性率}(E) \times \text{伸長}(\epsilon)$$

(表 2의 彈性率의 項 參照)

따라서, 平均應力  $\sigma_c = E_c \cdot \epsilon$

纖維의 應力  $\sigma_f = E_f \cdot \epsilon$

이것을 式(1)에 代入하면  $\epsilon$ 이 消去되므로 一方向強化材의 平均彈性率  $E_c$ 는

$$E_c = E_f V_f + E_m (1 - V_f) \dots \dots \dots (2)$$

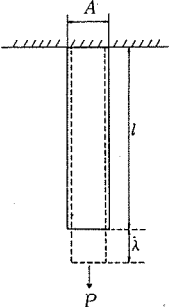
이다. 이 式(1),(2)을 각각 應力, 彈性率의 複合則(Law of Mixture)이라고 한다.

단, 纖維-고무系 複合材(纖維로서 強化된 고무(Fiber Reinforced Rubber), 一般的으로 FRR)에서는 纖維의 彈性率( $E_f$ )은 고무의 彈性率( $E_m$ )에 비해 월등히 크므로( $E_m \ll E_f$ ), 고무의 彈性率을 거의 無視한다면  $E_c \approx E_f \cdot V_f$ 이다. 즉, 平均彈性率은 纖維의 彈性率과 體積含有率에 의해서 大部分 決定된다.

[參考] 위에서 說明한 一方向強化고무材는 그림 3(a)와 같이 Bias 타이어에서는 30~40° 角度로 서로 겹치게 붙여서 使用되고 있다.

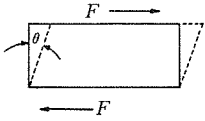
〈表2〉-①

彈性率과 Young 率

	彈性率(Elastic Modulus)	Young 率 (Young's Modulus)
摘要	<p>主要 彈性率에는 Young 率, 剛性率, 體積彈性率* 등이 있다.</p>	<p>Young 率이란 材料를 당겨서 늘어나게 할 때, 彈性限界內에서의 縱(伸長)彈性率이다. Young 率을 初期彈性率, 또는 간단히 彈性率이라고도 하는데, 纖維의 變形에 대한 抵抗, 즉 硬도를 나타내는 指標가 된다.</p>
說明	<p>彈性體의 變形에 있어서 彈性限度** 內에서는 應力(<math>\sigma</math>)과 變形(<math>\epsilon</math>)의 比(<math>\sigma/\epsilon</math>)는 物質特有的 定數이며, 이것을 彈性率(<math>E</math>)이라 한다. 이 關係를 式으로 表示하면,</p> $\text{應力}/\text{變形} = \sigma/\epsilon = \text{一定} = E$ <p>따라서 <math>\sigma = E \cdot \epsilon</math>이다. 즉, 彈性限度內에서는 彈性體의 變形은 應力에 比例한다. 이것을 Hooke의 法則이라 한다.</p> <p>예전대, 그림 1의 引張曲線에서 잡아당길 때의 一定한 應力에 대한 伸長(變形)이 纖維에서는 작으므로 曲線初期의 기울기가 크나, 고무에서는 伸長이 크므로 曲線의 기울기가 작다. <math>\sigma/\epsilon = E</math>에서 纖維의 彈性率(<math>E</math>)은 고무보다 대단히 크다는 것을 알 수 있다.</p> <p>[參考] 纖維, 플라스틱, 金屬 등에서는 彈性率이라 하면 위에서 說明한 바와 같이 應력과 變形이 比例하는 領域(그림 1, 纖維曲線初期의 直線部分)의 比例定數를 말하는 것이나, 고무에서는 그림 1의 고무曲線과 같이 非線型이므로 微小變形下의 彈性率이 存在하여 明確하지 않다. 이와같은 경우는 彈性率을 比較하는 尺度로서 어떤 變形에 必要한 引張應力을 사용하고 있다(Modulus 項參照).</p> <hr/> <p>*體積彈性率: 體積 <math>V</math>인 物體가 그 表面에 垂直으로 <math>p</math>인 壓力(또는 張力)을 받아 <math>v</math>만큼 體積이 變化되었다고 하면 彈性限度內에서는 <math>p = kv/V</math>의 關係가 있다. 이 式의 <math>k</math>를 體積彈性率이라 한다. 單位는 Young 率의 單位와 같다. 體積彈性率의 逆數를 壓縮率이라 한다.</p> <p>** 彈性限度: 固體에 힘을 加하여 變形시킬 때, 應力이 작으면 힘을 除去하는 同時에 物體는 本形態로 되돌아 가나, 應力의 크기가 어느 限度를 넘게 되면 外力을 없애도 變形이 없어지지 않는다. 이 때의 應力을 彈性限度라 한다.</p>	<p>彈性率의 一種으로 材料에 引張荷重을 加했을 때, 彈性限度內에서의 應력과 變形 사이의 一定한 關係를 말한다. Young's modulus, 縱彈性率(伸長彈性率)이라고도 한다.</p>  <p>그림과 같이 길이 <math>l</math>, 斷面積 <math>A</math>인 막대에 荷重 <math>P</math>를 가하여 <math>\lambda</math>만큼 늘어났다고 할 때, 길이가 늘어남에 따라 橫方向은 收縮되나 伸長만을 생각한다면,</p> $E(\text{Young 率}) = P/A \times l/\lambda$ <p>로 表示된다. 즉, 一定한 變形을 일으키는데 要하는 單位面積에 대한 힘으로서, 單位는 보통 <math>\text{kg}/\text{cm}^2</math>을 사용한다.</p> <p>纖維의 경우는 denier 當 應力으로 表示하는 경우가 많다.</p> <p>타이어 코드의 경우, 荷重-伸長率曲線의 原點 近處에서 伸長變化에 대한 荷重變化의 最大點을 求하고, 그 點에 있어서의 接線으로 初期引張 抵抗度(<math>g/d</math>)를 算出하여 Young 率(<math>\text{kg}/\text{mm}^2</math>)을 計算한다.</p>

〈표 2〉 - ②

剛性率 (Shear Modulus) 과 Modulus

	剛性率 (Shear Modulus) [剛性 : Rigidity]	Modulus
摘 要	剛性率は變形彈性率 또는 剪斷彈性率이라고도 한다.	Modulus란 纖維의 경우는 Young's modulus의 略語이고, 고무의 경우는 試驗片에 特정한 伸長을 주었을 때의 引張應力을 말한다. 混同되기 쉬우므로 注意하여야 한다.
說          明	 <p>彈性率의 일종으로 變形彈性率 또는 剪斷彈性係數라고도 한다. 위의 그림과 같이 彈性體인 正4角柱의 底面과 그 平行面에 크기 <math>\tau</math>인 反對方向의 變形應力 (<math>F</math>)을 作用했을 때, 斷面이 꼭지각 <math>90^\circ \pm \theta</math>인 마름모꼴로 變形되었다면 比例(彈性)限度內에서 <math>\tau = n \cdot \theta</math>인 關係가 成立한다. 이와같이 剪斷變形에서 應力 <math>\tau</math>와 變形 <math>\theta</math>사이의 比例關係가 成立할 때, 그 係數 <math>n = \tau/\theta</math>를 剛性率이라고 한다 (<math>n</math>을 <math>G</math>로 表示하기도 한다).</p> <p>〔參考〕 剛性率 (<math>G</math>), Young 率 (<math>E</math>), 體積彈性率 (<math>k</math>), Poisson 比 (<math>\mu</math>)*** 에는 다음과 같은 簡單한 關係가 있다.</p> $G = \frac{E}{2(1+\mu)} \dots (a) \quad k = \frac{E}{3(1-2\mu)} \dots (b)$ <p>예컨대, 고무의 경우는 Poisson 比가 <math>\mu \approx 0.5</math>이므로 (a)式에서 <math>E = 3n</math>이다. 이상과 같이 剛性率에서 고무의 彈性率을 計算할 수 있다.</p> <p>剛性 (Rigidity) : 彈性體에 外力을 加하면, 變形이 일어나나, 그 量은 힘의 크기뿐 아니라, 彈性體의 치수, 材料의 彈性係數에 따라 다르다. 이 彈性變形에 대한 抵抗性, 즉 變形시키기  어려운 本性을 剛性이라고 한다. 單位變形量에 대한 外力의 크기로 이것을 表示한다. 材料力學的으로 보면 剛性에는 伸長剛性, 曲屈剛性 등이 있다. 이들을 綜合하여  고무製品 및 材料에서는 剛性이라는 用語가 잘 쓰이고 있다.</p> <p>*** Poisson 比 : 物體의 한 方向으로 單純伸長의 變形이 주어졌을 때 이 物體는 그 方向으로 伸長되고, 그와 垂直方向으로는 收縮된다 (Young 率의 그림 參照). 즉, 軸方向의 單位길이當 伸長을 <math>a</math>, 橫方向의 單位길이當 收縮을 <math>b</math>라 할 때, <math>b/a</math>를 Poisson 比라 한다.</p>	<p>① 率, 係數를 말한다.          ② Young's modulus의 略語로 使用한다.          ③ 고무狀 彈性을 갖고 있는 材料의 物性試驗에서 試驗片에 特정한 伸長을 주었을 때의 引張應力을 말한다.</p> <p>單位는 <math>\text{kg/cm}^2</math>이며, 보통 100% 伸長時의 Modulus를 100% Modulus, 300% 伸長時의 Modulus를 300% Modulus라고 稱한다. Modulus值는 硬度 (Stiffness)의 尺度이며, 充填劑量, 硬化 (加黃) 狀態, 材質 등에 의해 影響을 받게 된다.</p> <p>〔參考〕 고무狀 物質에서는 左記 彈性率에서 說明된 바와 같이 非線型性이므로 몇가지의 彈性率이 存在하여 (變形의 크기에 따라 變하므로) 明確하지 않다. 그러므로 實際的으로는 위에서와 같이 試驗片에 定정한 伸長을 주었을 때의 힘을 原斷面積으로 나눈 것을 가지고 加黃度와 彈性率의 크기를 表示하는 하나의 尺度로 사용하고 있다.</p> <p>이 測定은 試驗片의 形狀, 크기 등의 影響은 별로 받지 않는다는 利點이 있다. 일반적으로는 100%, 300% 伸長時의 引張應力을 測定하는 경우가 많다 (舊, JIS 規格의 記號에서는 <math>M_{100}</math>, <math>M_{300}</math>과 같은 表示方法으로 統一되어 있다).</p>

維의 強度만을 過大視하는 것은 매우 危險한 일이며, 實用上에 있어서는 用途에 따라 다른 性能을 充分히 確認하지 않으면 안된다.

#### 4. 彈性率

일반적으로 彈性率에는 Young 率, 剛性率, 體積彈性率, 緩和彈性率, 平衡彈性率, 複素彈性率 등 여러가지가 있다. 또 纖維 및 고무에 關聯된 慣用語로서는 Modulus 가 있어 이들이 混同되는 경우가 많다.

그러므로 이들을 整理하여 主要한 Young 率, 剛性率, Modulus 및 參考事項 등을 表 2 에 綜合하여 說明하였다. 그 結果 纖維만을 주로 取扱하는 本稿에서는 다음과 같이 정한다.

① 彈性率이란 材料를 당겨서 늘어나게 했을 때의 彈性限度內的 Young 率(初期彈性率, 縱彈性率)을 의미한다. 伸長剛性에 關連된다.

② Modulus는 纖維의 경우는 Young's modulus 의 略號이고, 고무의 경우는 試驗片에 特定한 伸長이 주어졌을 때의 引張應力을 말한다.

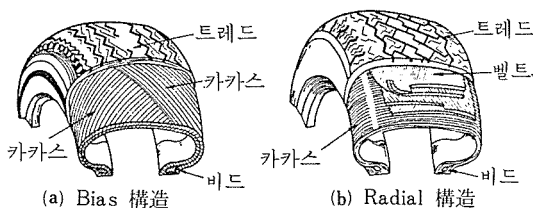
이와같이 Modulus 單獨으로는 混同되기 쉬우므로 여기서는 쓰지않기로 한다.

[參考] 彈性에는 엔트로피彈性(고무彈性), 에너지彈性(結晶彈性), 粘彈性 등이 있다. 이들에 대한 說明은 必要에 따라 다음에 하기로 한다.

#### 5. 타이어의 構造와 纖維

主要 고무 製品에 있어서는 어디에 纖維가 使用되고 있는지 予備的으로 살펴보기로 한다.

그림 3 (a) 는 過去에 使用하던 Bias 타이어構造로서, 카카스部에는 纖維(타이어 코드)로 補強된 一方向強化 고무層이 비스듬(Bias)히 붙



(그림 3) 타이어의 構造

어 있는 것을 알 수 있다.

그림(b)는 最近에 많이 使用하고 있는 Radial 타이어 構造이다. 카카스部에는 타이어의 回轉方向과 거의 直角으로 타이어 코드로 補強된 一方向強化 고무層이 配置되어 있고, 또 타이어의 回轉方向과 거의 같은 方向으로 카카스의 外周에 따라 桶에 두른 테모양으로 코드方向이 配置된 一方向強化 고무層이 配置되어 있다. 물론 周知하는 바와 같이 Belt 層과 카카스層에 使用되는 타이어 코드의 要求特性은 다르다.

타이어用으로는 Nylon, Polyester, Steel, Rayon, Kevlar 등이 使用되고 있다.

素材別 消費量을 보면 日本의 경우 82年度 타이어 코드用으로는 Nylon 이 70,991톤으로 가장 많고, 다음이 Polyester 19,174톤이다. 82년에는 79년의 타이어코드 消費量 103,184톤보다 10% 減少된 93,272톤이었다. 한편 타이어용 스틸 코드 消費量은 82年度에 約 73,400톤으로 79년의 約 51,800톤보다는 41% 增加하였다. 타이어용 Steel코드는 주로 黃銅鍍金된 것이 많이 使用되고 있다.

#### 6. 고무製品用 纖維素材의 共通性

고무用 纖維에 있어서는 大部分이 타이어용(約 80%)으로 使用되고 있으며, 其他 各種벨트, 고무引布, 호스 등(約 20%)에 使用되고 있다. 앞으로 자세한 說明을 하겠지만, 타이어의 性能을 크게 支配하는 要因의 하나는 타이어 코드이다. 따라서 타이어 코드는 특히, 強度, 耐熱性, 耐疲勞性 등의 諸性能이 우수하고 現在

타이어코드用 纖維資材消費量(日本)

(表 3) (單位: 톤)

品 目	1977	1979	1982
強力人絹	4,983	3,818	2,216
Nylon	79,397	82,296	70,991
Polyester	8,555	16,231	19,174
其 他	115	839	891
計	93,050	103,184	93,272

註: Steel 纖維는 除外

資料: 日本고무工業會 月報 2月號(83年)

大量生産되고 있으므로 價格面에서도 有利하다. 그러므로 이와같은 우수한 性能을 가질뿐 아니라 價格面에서 有利한 纖維(특수한 경우는 除外)를 다른 各種 高性能 벨트나 호스 등 고무製品의 補强材에 使用하게 되면 보다 有利하게 될 것이다.

따라서 타이어用으로 多量 使用되고 있는 Nylon, Polyester, Steel, Kevlar, Rayon, Vinyon 등과 같은 素材의 코드의 撚數를 바꾸는가 또는 構造를 바꾸어서 各種 벨트나 호스 등에 使用되고 있다.

具體적인 說明은 앞으로 코드의 撚數와 物性과의 關係에서 說明되겠지만, 코드의 撚數를 增加시키면 強度는 低下되고 伸長率과 耐疲勞性은 增加된다. 逆으로 撚數를 줄이면 強度는 增加되나 伸長率과 耐疲勞性이 低下된다. 그러므로 벨트, 호스 등에서는 性能上的 使用目的과 場所등을 考慮하여 코드의 撚數나 構造 등을 바꾸어서 使用한다.

예컨대, 타이어만큼 耐疲勞性을 必要로 하지 않는 콘베이어벨트나 호스에서는 強度를 크게 하고 伸長率을 작게 하기 위하여 表 4 에서와 같이 코드의 撚數를 적게 하고 있다. 물론 反對의 경우도 있다. 이러한 것은 많은 經驗을 토대로 하고 있으며, 各社 特有의 技術問題이다.

나일론 6 타이어코드의 撚數

用途	構造	(10 cm 間隔)	
		1260d/2	840d/2
타이어用		35~40	45~50
콘베이어벨트및 호스用		10~15	12~20

이상으로 高性能의 타이어, 벨트, 호스 등에 使用되고 있는 主要纖維素材는 共通의으로 同一하다는 것을 알 수 있다. 한편 天然纖維인 綿은 타이어에는 全然 使用되지 않고 있으나, 부피가 많고 接着性이 有利하므로 신발類, 벨트, 호스, 고무引布 등의 一部에 使用되고 있다.

타이어 코드의 性能은 世界各國에서 競爭의으로 最新의 研究와 技術을 應用하여 開發하고 있으며, 모든 纖維중에서 가장 優秀한 性能을 가진 것으로 大量生産되고 있다.

基礎篇 - 2 -

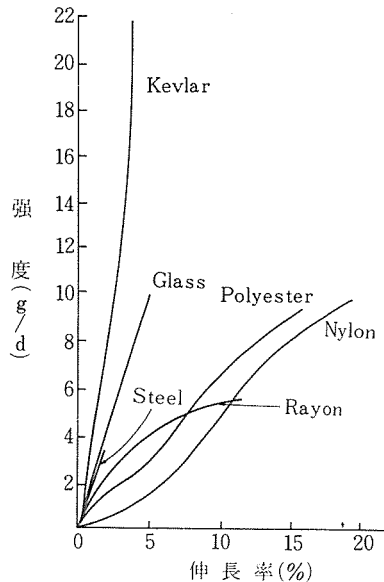
고무用纖維에는 性能 및 種類가 다른 여러가지의 素材가 使用되고 있다. 이것을 明確히 하기 위하여 基礎的으로 各種 纖維의 應力-伸長 曲線, 分類, 定義, 呼稱, 性能, 用途 등을 간단히 살펴보고 또 고무用纖維의 發展과 世界各國의 消費量推移 및 展望, 그리고 代表的인 타이어의 構造와 纖維 등에 대하여 說明하고자 한다.

1. 各種纖維의 S-S 曲線, 分類, 定義, 用途 등의 概要

(1) 各種纖維의 應力-伸長 曲線의 特徵

纖維를 引張시켰을 때의 應力-伸長 曲線(Stress Strain Curve), 즉 S-S 曲線은 纖維의 特性을 나타내는 가장 重要한 그래프이다. 各種纖維의 S-S 曲線을 보면 그림 1 과 같다. 이들 曲線을 比較하여 各纖維의 特徵을 알아본다.

Kevlar : 強度가 22g/d 로 最大이고 彈性率이 大端히 크다. 또 Kevlar 는 다른 性能에 있어



[그림 1] 타이어用 各種纖維의 應力-伸長 曲線

서도 뛰어나므로 世界的으로 注目되고 있다.

Nylon : 強度가 9.5g/d로 상당히 높고 伸長率도 크나, 彈性率은 낮다. 또 이 그래프에서, 나일론은 切斷하는데 必要한 에너지(일의 量), 즉 Toughness\*가 最大로서 이것이 나일론의 큰 長點임을 알 수 있다. 그러나 彈性率이 낮고 伸長率이 크기 때문에 늘어나기가 쉬우므로 問題가 되기도 한다.

Polyester : 나일론보다 強度는 다소 낮으나, 彈性率이 나일론보다 크고 有利하다.

Rayon : 強度는 낮으나 彈性率이 나일론이나, 폴리에스테르 보다도 크고 有利하다.

Steel : 強度는 約 3.5g/d로 낮으나, 彈性率은 높고 耐熱性이 뛰어나다. 그러나 Steel의 強度는 單位面積當으로 換算하면 270kg/mm<sup>2</sup>으로 높다.

Glass : 強度 및 彈性率은 높으나, 耐疲勞性에 問題가 있다.

應力-伸長曲線의 기울기의 大小는 纖維의 彈性率의 大小에 따른 것이다. 고무用纖維는 고무의 伸長을 억제하고 있으므로 彈性率이 큰 것이 좋다. 그러나 耐疲勞性에 問題가 생기는 경우가 있다.

## (2) 各種纖維의 分類, 定義 및 用途

### ① 再生纖維

#### ○셀룰로스系(Rayon)

비스코스(Viscose)法에 의해 製造된 再生셀룰로스를 主成分으로 하는 纖維(表 1, 2 參照)이다. 특징은 그림 1에 表示된 바와 같이 比較的 彈性率은 높고, 數安定性이 良好(伸縮性이 적음)하다. 現在에도 유럽에서는 많이 使用하고 있으나 美國에서는 使用량이 적다.

\*Toughness : 強韌性이라고도 한다. 材料를 切斷하는데 必要한 에너지(일의 量), 즉 다음과 같은 그래프에서 應力-伸長曲線이 둘러싼 OACE의 面積으로 表示된다.

[參考] ① 平均 Toughness : 어떤 物體의 破壞荷重 P와 破壞變形 E를 곱한 다음 2로 나눈 값이다. 즉 그림에서  $OP \times OE / 2 = \triangle OCE$ 의 面積으로 表示된다.

② 앞으로는 産業資材用으로 高強度, 高Toughness, 高彈性率纖維로서 強度 40g/D, Toughness 300g-%/D,

일반적으로 乘用車用타이어, 고무리布, 호스 등에 使用되고 있다. 특히 彈性率과 強度를 높인 Polynosic rayon은 Radial타이어의 벨트材料로 適合하여 한때 注目되었으나 價格이 높은 관계로 결국 使用되지 않았다.

### ② 合成纖維

#### ○폴리아미드系(Nylon)

아미드(Amide)結合(-CO·NH-)에 의한 長鎖狀高分子 纖維로서, 나일론 6, 나일론 66, 芳香族 나일론(例컨대, 노멕스, 케브라 등) 등이 있다. 나일론 6이나 나일론 66은 耐疲勞性이 良好하고, Toughness가 크며 더욱이 強度當 코스트도 有利하므로 現在 日本에서는 타이어 코드에서 主流를 이루고 있다. 한편 伸縮性이 있어서 數安定性이 問題되는 경우가 있다.

일반적으로 트럭用타이어, 航空機用타이어, 交換用乘用車타이어, 콘베이어벨트, 工業用品 등에 使用되고 있다. 芳香族 나일론인 Kevlar는 超高強度, 高彈性率, 高耐熱性이고 또한 數安定性이 良好하므로 특히 注目되고 있다. 高強力이기 때문에 타이어가 가벼워질 수 있는 利點이 있고 또 乘車感도 좋다.

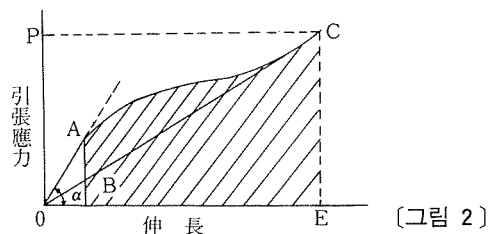
#### ○폴리에스테르系(Polyester)

Ester結合(-CO·O-)에 의한 長鎖狀高分子 纖維이다. 특징으로는 強度가 높고(나일론만은 못하다), 耐疲勞性도 良好하다. 彈性率도 比較的 크고 強度當 코스트도 有利하다. 乘用車用타이어, 콘베이어벨트, V 벨트, 호스 등에 使用되고 있다. 특히 高強力, 高彈性率인 것은 Radial타이어의 벨트用으로 使用되고 있다.

#### ○폴리비닐알콜系(Vinylon)

비닐알콜單位(-CH<sub>2</sub>·CHOH-)가 65%以上 包含된 長鎖狀高分子 纖維이다. 強度가 높고 比

彈性率 2000g/D 정도의 纖維開發이 要望되고 있다.





較的 彈性率도 높으며 強度當 코스트도 有利하다. 호스 및 콘베이어 벨트 등 工業用品에는 多量으로 使用되고 있다. 특히 高強力, 高彈性率인 것은 Radial타이어의 벨트材料, 工業用品 등에 一部 使用되고 있다.

③ 天然纖維(木綿)

부피가 크며 호스, 벨트, 신발類, 고무引布, 타이어코드의 簾織物에서 橫系(씨실) 등으로 使用되고 있다.

④ 無機纖維(Glass)

無機纖維의 特徵은 強度, 彈性率, 耐熱性 등은 크나 耐屈曲性, 耐水性에 問題가 있다.

〈表 1〉 纖維의 分類

紡織纖維 Textile Fiber

化學纖維 Chemical Fiber or Man-made Fiber

再生纖維 Regenerated Fiber

셀룰로스系

- (Rayon) [비스코스레이온]
  - 普通 레이온
  - (Polynosic)
- 큐프라 [銅암모니아레이온]

半合成纖維 Semi Synthetic Fiber

- 셀룰로스系
  - (아세테이트)
    - 아세테이트
    - (트리아세테이트)
- 蛋白質系
  - (프로믹스)

合成纖維 Synthetic Fiber

- 폴리아미드系(나일론) — 나일론 6, 나일론 66, 芳香族 나일론
- 폴리비닐알콜系(비닐론)
- 폴리鹼化비닐리멘系(비닐리멘)
- 폴리鹼化비닐系(폴리鹼化비닐)
- 폴리에스테르系(폴리에스테르)
- 폴리아크릴로니트릴系(아크릴) — 아크릴(아크릴系)
- 폴리에틸렌系(폴리에틸렌)
- 폴리프로필렌系(폴리프로필렌)
- 폴리우레탄系(폴리우레탄)
- 폴리알킬파라옥시벤조에이트系(벤조에이트)
- (폴리크랄)
- 其他 — 페놀系, 폴리플루오르에틸렌系

無機纖維 Inorganic Fiber — glass纖維(glass), 炭素纖維

天然纖維 Natural Fiber

- 植物纖維 Vegetable Fiber — 綿, 亞麻, 苧麻, Ramie, 마닐라麻
- 動物纖維 Animal Fiber — 羊毛, 絹
- 鑛物纖維 Mineral Fiber — 石綿[아스베스트]

註: ( ) 内는 品質表示法에 의한 호칭

[ ] 内는 別名

Belted Bias 타이어의 벨트 材料로 使用되어 왔으나 Radial 타이어의 벨트 材料에도 一部 使用되고 있다. 原料로서는 石油를 使用하지 않는다는 點에서 많이 注目되고 있다.

⑤ Steel

特徴은 高彈性率, 耐熱性, 寸數安定性 등이 뛰어나다. 斷面積當의 強度(kg/mm<sup>2</sup>)는 대단히 크나, 그림 1에 表示된 바와 같이 重量當強度

(表 2)

化學纖維의 定義와 呼稱

呼 稱	定 義
레이온 (폴리노직)	비스코스법에 의해 製造된 再生 셀룰로스를 主成分으로 하는 纖維. 단, 平均重合度 400以上の 結晶化도가 높은 纖維로서 纖維의 斷面이 均一한 圓形인 경우는 "폴리노직"의 호칭을 쓸 수 있다.
큐프라	銅안모니아법에 의해 製造된 再生 셀룰로스를 主成分으로 하는 纖維
아세테이트 (트리아세테이트)	錯化度 45.0% 以上인 錯酸셀룰로스로 된 纖維. 단, 錯化度 59.5% 以上인 醋酸셀룰로스로 된 纖維인 경우에는 "트리아세테이트"의 호칭을 사용할 수 있다.
프로믹스	蛋白質을 重量比率로 30% 以上~60% 未滿 含有하고, 其他 成分으로는 비닐系 單位(-CH <sub>2</sub> ·CHR-)가 含有된 蛋白質을 含有한 高分子로 된 纖維
나일론	單量體 相互의 結合部分이 主로 아미드結合(-CO·NH-)에 의한 長鎖狀 合成高分子로 된 纖維
비닐론	비닐알콜單位(-CH <sub>2</sub> ·CHOH-)를 重量比率로 65% 以上 含有한 長鎖狀 合成高分子로 된 纖維
비닐리덴	鹼화비닐리덴單位(-CH <sub>2</sub> ·CCl <sub>2</sub> -)를 主成分으로 하여 形成된 長鎖狀 合成高分子로 된 纖維
폴리鹼화비닐	鹼화비닐單位(-CH <sub>2</sub> ·CHCl)를 重量比率로 65% 以上 含有한 長鎖狀 合成高分子로 된 纖維
폴리에스테르	單量體 相互의 結合部分이 主로 에스테르 結合(-CO·O-)에 의한 長鎖狀 合成高分子로 된 纖維
아크릴	아크릴니트릴單位(-CH <sub>2</sub> ·CHCN-)를 主成分으로 하여 形成된 長鎖狀 合成高分子로 된 纖維
아크릴系	아크릴니트릴 單位를 重量比率로 40% 以上~50% 未滿 含有하는 長鎖狀 合成高分子로 된 纖維
폴리에틸렌	에틸렌 單位(-CH <sub>2</sub> ·CH <sub>2</sub> -)를 主成分으로 하여 形成된 長鎖狀 合成高分子로 된 纖維
폴리프로필렌	프로필렌 單位(-CH <sub>2</sub> ·CHCH <sub>2</sub> -)를 主成分으로 하여 成立된 長鎖狀 合成高分子로 된 纖維
폴리우레탄	單量體 相互의 結合部分이나 또는 基本이 되는 基材重合體 相互의 結合部分이 主로 우레탄結合(-O·CO·NH-)에 의한 長鎖狀 合成高分子로 된 纖維
폴리크랄	鹼화비닐 單位(-CH <sub>2</sub> ·CHCl-)를 重量比率로 35% 以上~65% 未滿 含有하고, 其他 成分으로는 主로 비닐알콜 單位(-CH <sub>2</sub> ·CHOH-)를  함유한 長鎖狀 合成高分子로 된 纖維
벤조에이트	알킬렌과라옥시벤조에이트單位(-O-  -COO(CH <sub>2</sub> ) <sub>m</sub> -)를 主成分으로 形成된 에테르結合(-O-)과 에스테르結合(-CO·O-)이  번갈아 들어있는 長鎖狀 合成高分子로 이루어진 纖維

(g/d)로 換算하면 다른 纖維보다 낮다. 따라서 타이어가 무거워질 缺點이 있다.

트럭 및 乘用車용타이어의 Radial타이어용으로 急速히 많이 使用되고 있으며, 콘베이어 벨트, 高壓호스 등에도 使用되고 있다.

各種纖維의 主要用途를 보면 表 3 과 같다.

## 2. 고무用纖維의 發展과 各國 消費量推移

### (1) 發展過程

1888년에 Dunlop 이 처음으로 空氣入 고무 타이어를 만들었을 때에는 補強材로서 亞麻를 使用했다고 한다. 亞麻는 強度는 좋으나 生産費가 높고 物量確保가 어려웠다. 그래서 量的으로나 品質의으로도 使用하기 쉬운 綿으로 代替하게 되었다. 그 무렵에는 綿코드의 平織物을 使用하였다.

그후 自動車의 實用化가 進展되면서 積載量이 많아지고 速度가 高速化됨에 따라 綿코드平織物의 縱糸·橫糸間의 摩擦이 커지고 發熱이 많아져 纖維는 심한 損傷을 입게 되었으며, 따라서 타이어 壽命이 많이 短縮되었다.

이러한 短點을 改善하기 위하여 1915~1920년에는 縱糸에는 굵은 타이어 코드를 사용하고 橫糸에는 가는 綿糸를 사용한 簾織物을 兩面 고무 토핑한 一方向強化고무를 어떤 角度로 붙여서 만든 타이어(그림 14 左)가 나타나게 되자 타이어 壽命은 많이 延長되었다. 즉, 簾織物을 어

떤 角度로 서로 엇갈리게 붙여서, 縱橫, 어느 方向의 힘에 대해서도 兩面의 코드 張力에 의해 耐久力이 強할뿐 아니라 고무가 織物의 실사이에 浸透되어 있으므로 실과 실사이의 摩擦로 인한 切傷이 없어 타이어의 耐久力은 한층 向上되었다.

1937년까지 木綿은 유일한 타이어용 纖維이고, 綿코드의 物理的 性質을 向上시키기 위한 撚糸方法, 處理方法 등의 研究가 盛行하였다. 1936年頃에 유럽에서는 타이어용으로 스틸코드가 導入되었다. 또 1938년에는 再生셀룰로스의 레이온이 採用되었고, 1942년에는 나일론이 軍用타이어에 使用되기 시작하여 1947년에는 一般自動車용타이어에도 사용하게 되었다.

그 후 1955년에 美國에서 Steel이 나타났으며, 1962년에는 Polyester 이 採用되었고, 1967년에는 Fiber-glass가, 또 1972년에는 Kevlar가 出現되어 오늘날과 같이 多樣化되었다.

### (2) 고무用纖維의 各國 消費量推移

世界 및 主要國의 各種 고무用纖維의 消費量推移(1946~1974)를 보면 다음 그림 3~6 과 같다. 이들 圖表에서, 앞에서도 說明한 바와같이 타이어 코드는 初期의 天然纖維인 木綿 時代로부터 再生纖維인 레이온, 合成纖維인 나일론, 폴리에스테르로 크게 變遷하여 最近에는 스틸, 글라스 등의 無機纖維나 또는 超高強力の 有機纖維인 Kevlar 까지 出現되어 多樣化되고 있음을 알 수 있다.

〈表 3〉

各種纖維의 主要用途

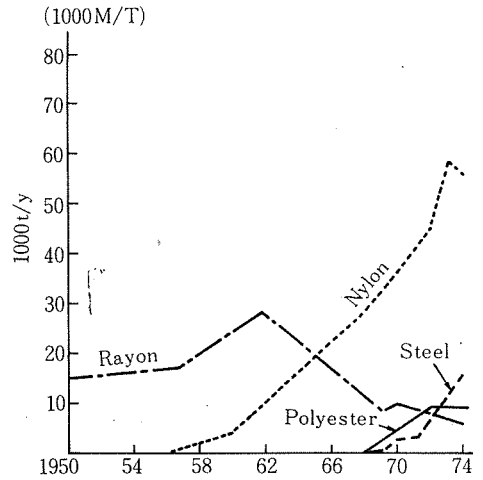
纖維의 種類	主 要 用 途	主 要 特 性
綿	호 스	부피 / 價格
레이온	乘用車용타이어, 고무引布	強度 / 價格, 부피, 彈性率
나일론 6	트럭용타이어, 콘베이어 벨트	強度 / 價格, Toughness
나일론 66	트럭, 航空機용타이어, 콘베이어 벨트	強度 / 價格, Toughness
폴리에스테르	乘用車용타이어, V-벨트, 콘베이어 벨트, 호스	強度 / 價格, 彈性率
비닐론	콘베이어 벨트, 호스	強度 / 價格, 彈性率
스틸	트럭, 乘用車용타이어, 콘베이어 벨트	強度, Stiffness, 彈性率
글라스	Radial타이어의 벨트	強度, 彈性率, Stiffness
아라미드	타이어, 호스	彈性率, 強度

또 消費量推移를 보면 유럽, 美國, 日本 등에서 각각 다른 消費傾向을 나타내고 있음을 알 수 있다. 즉, 유럽(그림 4)에서는 스틸(특히, 프랑스의 Michelin社)이나 레이온이 많고, 나일론, 폴리에스테르는 적은 편이다. 한편 美國(그림 6)에서는 나일론, 폴리에스테르가 많고 最近에는 특히 스틸이 많이 進出되고 있음을 알 수 있다. 이것은 스틸 래디알 타이어의 生産量이 急速히 增加되고 있음을 反映하고 있다. 日本은 그림 5에서 알 수 있는 바와 美國과 비슷한 傾向을 나타내고 있다.

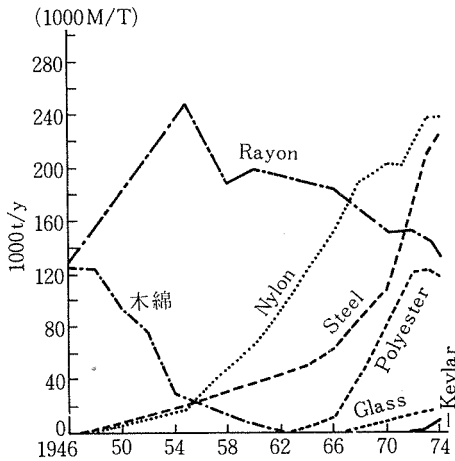
이와같은 差異는, 유럽에 있어서는 타이어의 Radial化가 比較的 일찍 이루어진데 對해 美國과 日本에서는 Radial化가 遲延되었기 때문이라고 생각할 수 있다.

그림 7은 1973年~1981年 사이에 日本에서

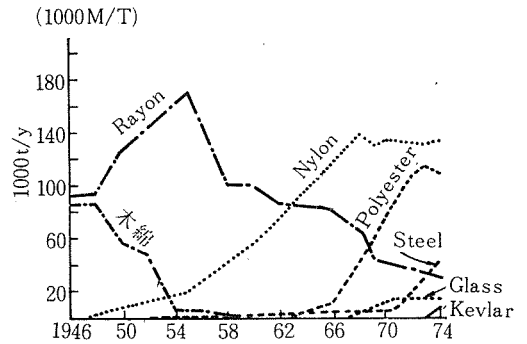
消費된 타이어코드의 素材別 消費量推移를 나타낸 것이다. 同그래프에 의하면 最近에는 스틸이 많이 伸長되고 있음을 알 수 있다. 또 그림



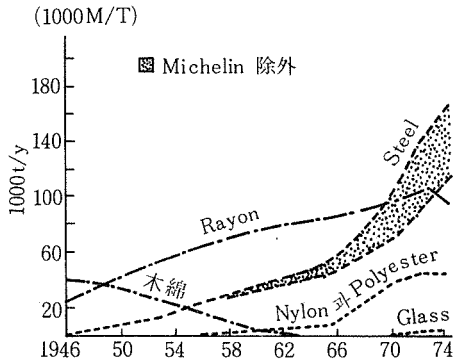
[그림 5] 日本 고무補強材 使用量推移



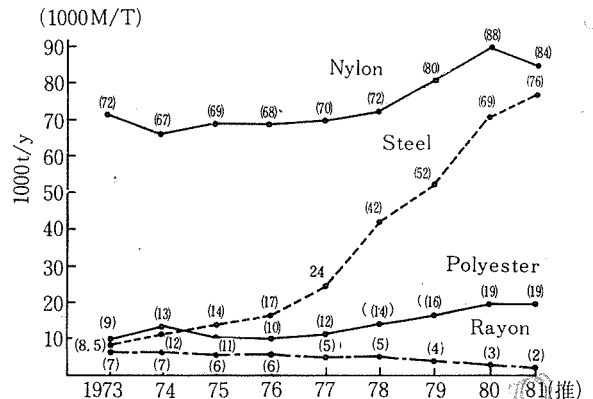
[그림 3] 世界 고무用 補強材 消費動向



[그림 6] 美國 고무補強材 使用量推移



[그림 4] 유럽 고무補強材 使用量推移

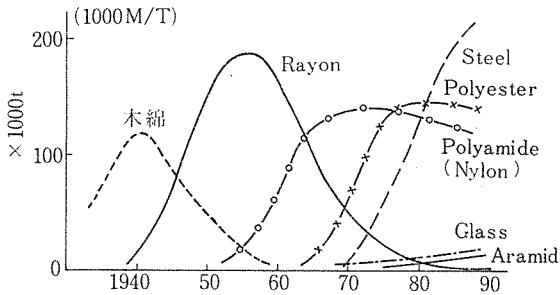


[그림 7] 日本 타이어코드 素材別 消費量推移

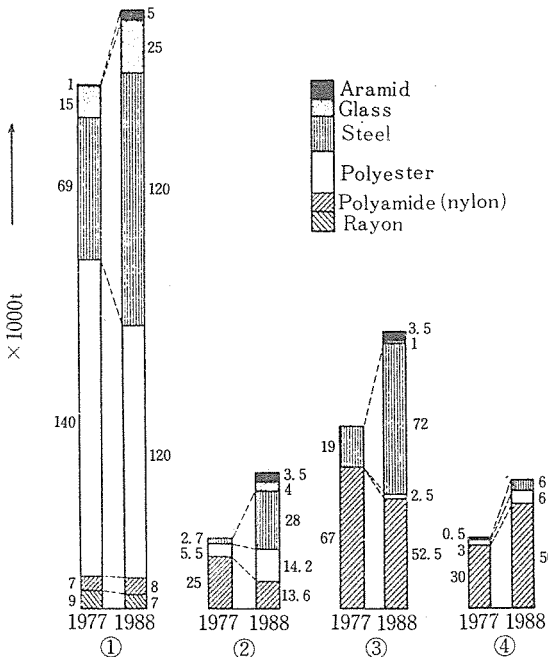
8은 美國의 1940~1990年 사이의 타이어코드의 라이프사이클(lifecycle)을 表示한 것이다(일부 予測을 包含).

### 3. 各國의 素材別 고무用纖維의 展望과 消費量予測

그림 9~12는 美國 및 유럽에서 乘用車, 各種트럭, 其他(工業用, 航空機, 모터사이클, 農業, 建設用)에 使用되고 있는 纖維의 1977年度와 1988年度의 消費量予測을 素材別로 對比하고 또 素材別 消費量推移를 表示한 것이다.

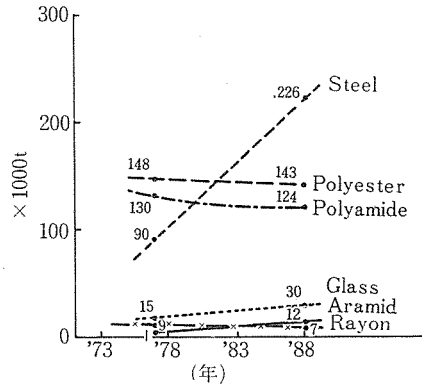


[그림 8] 美國 纖維使用量の Life cycle

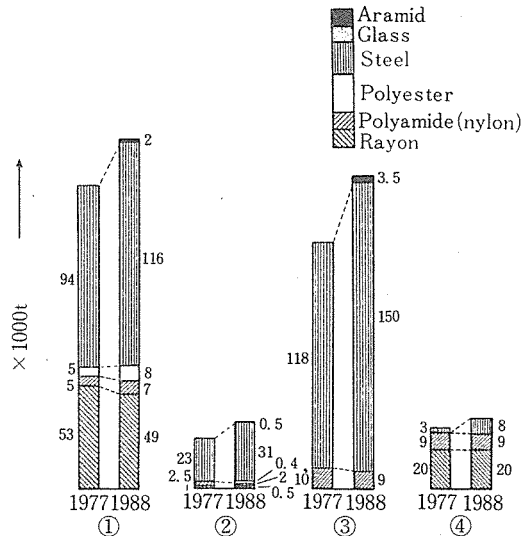


[그림 9] 美國의 타이어用纖維의 消費動向 및 豫測

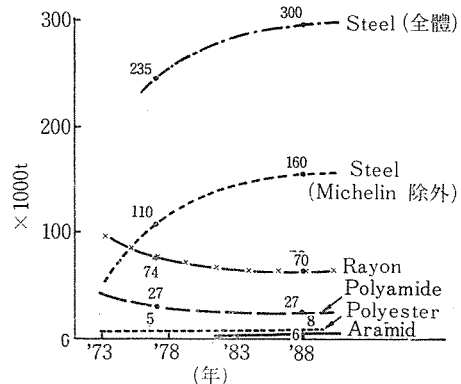
① 乘用車 ② 輕트럭 ③ 中大型트럭  
④ 其他(工業用, 항공기, 모터사이클, 農業用, 建設用)



[그림 10] 美國의 타이어用纖維 消費動向



[그림 11] 유럽의 各種 타이어用纖維의 消費動向 및 豫測 (①~④ 그림 9와 同一)



[그림 12] 유럽의 타이어用纖維 消費動向

將來의 消費量豫測은 매우 重要한 것이므로 1977年度와 1988年度의 消費量豫測을 比較하면서 主要한 乘用車用과 中·大型 트럭 타이어用에 대해서 整理해보기로 한다.

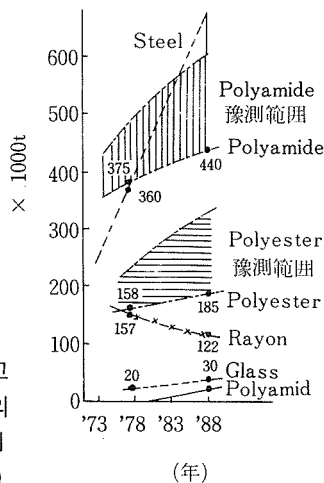
美國(그림 9) : 乘用車用에서는 폴리에스테르가 140(×1000톤...以下同)에서 120으로 減少되고, 스틸이 69에서 120으로 大幅 增加되고 있다. 글라스는 15에서 25로 增加되고 아라미드(Kevlar)가 導入되고 있다. 또 中·大型 트럭用에서도 스틸이 19에서 72로 大幅 增加되고, 폴리에스테르는 67에서 52.5로 減少되었으며, 아라미드도 進出되고 있다.

유럽(그림 11) : 乘用車用에서는 스틸이 94에서 116으로 增加되고, 레이온은 53에서 49로 되었으며, Kevlar도 나타나고 있다. 한편, 中·大型 트럭用에서는 스틸이 118에서 150으로 增加되고, Kevlar가 導入되었으며, 폴리아미드(나일론)는 거의 같은 水準으로 나타났다.

以上으로 알 수 있는 바와 같이 모든 國家에서 스틸의 需要量이 다같이 增加되고 있으나 타이어의 重量이 무거워질 염려가 있다.

共產圈을 除外한 全世界의 고무補強用纖維의 消費量動向 및 豫測(그림 13)을 보면, 世界的으로 보아 스틸, 폴리아미드(나일론), 폴리에스테르가 고무用纖維에서 主流를 이룰 것으로 豫測되고 있다.

現在 고무用纖維에는 多種多樣한 纖維가 使用



(그림 13) 全世界 고무補強用纖維의 消費量 및 豫測 (共產圈 除外)

되고 있으나, 이들 纖維도 다 完全한 性能을 갖추지는 못하고 一長一短이 있으므로, 各素材의 特性을 살려서 各種 고무製品에 使用되고 있는 實情이라고 볼 수 있다.

#### 4. 타이어의 構造와 纖維

타이어의 構造는 大略 그림 14와 같으며, 고무製品 중에서도 타이어가 代表的인 것이므로 타이어 各部의 構造와 纖維에 대해서 간단히 살펴보기로 한다.

트레드: 直接 路面과 接觸하여 카카스를 保護하는 役割을 하고 있으나, 타이어의 牽引力을 增加시키고 制動效果를 좋게 하기 위하여 홈이 들어있는 패턴으로 되어 있다. 또 耐磨耗性이 좋은 고무가 使用되고 있다.

카카스: 타이어의 核心으로서 内部의 高壓 및 荷重을 충분히 유지할 수 있도록 하기 위하여 앞에서 說明한 兩面에 고무 토핑한 코드補強層(一方向強化고무)을 타이어의 크기, 荷重 등에 따라 枚數를 增加시켜 사용하고 있다. 예컨대, 有機코드의 경우, 乘用車用에서는 1~4枚 정도이나, 大型建設車輛用에서는 20枚以上에 達하고 있다. 스틸코드에서는 枚數가 적다. (보통 1枚).

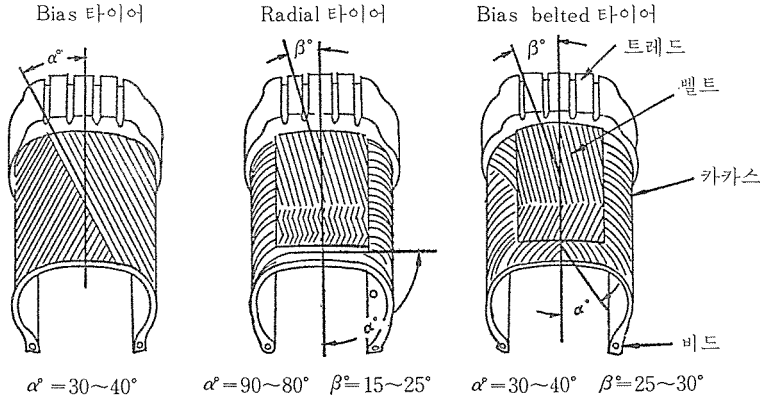
비드와이어(스틸): 코드를 여기에 固定시켜 타이어의 強度와 形狀을 維持하는 동시에 타이어와 림(rim)과의 結合을 공고하게 하는 役割을 한다.

##### (1) 타이어 構造의 種類와 特徵

###### ① Bias 타이어

過去에 주로 使用되어온 標準的인 型이다. 이 型은 그림 14(左側)에 表示된 바와 같이 一方向 強化고무層의 코드가 비드에서 비드까지 타이어를 비스듬(Bias)히 가로질러서 둘러싸고 있으며, 타이어의 中心線과 코드의 角度는 約 30°~40°이다.

코드 補強層은 다음 補強層과 코드가 交叉되도록 붙여서 타이어를 成形하므로 크로스플라이(Cross ply) 타이어라고도 한다.



[그림 14] 乘用車用 타이어의 構造

② Radial 타이어

Radial 타이어는 最近에 프랑스의 Michelin社가 實用化하였으며 그후 各國에서 開發되었다. 構造의 特色은 그림 14(中)에 表示된 바와 같이 Radial 方向, 즉 타이어의 回轉方向에 거의 直角( $90 \sim 80^\circ$ )인 斷面方向으로 카카스의 코드가 비드에서 비드로 配置되어 있고, 또 타이어의 回轉面에 가까운 方向( $15 \sim 25^\circ$ )으로 카카스의 外周에 따라 코드方向이 配置된 벨트層이 있다.

벨트層에 使用되는 코드는 타이어의 成長을 抑制하고 性能을 좋게 하기 위하여 특히 彈性率이 높고, 伸長率이 낮은 것이 要求되고 있다. 예컨대, 레이온, 스틸 등이 使用되고 있으나, 글라스, Kevlar, EHM (Extra High Modulus) 비닐론, EHM 폴리에스테르 등도 開發되어 일부에서는 使用되고 있다. 彈性率이 낮은 나일론은 使用되지 않고 있다.

카카스 코드는 카카스部가 變形될 때에 屈曲 疲勞되므로 耐疲勞性이 要求되고 있다.

다음에는 Radial 타이어의 長點과 問題點 등을 들어보기로 한다.

長點: ① 高速耐久性이 良好하고 스텐딩웨이브가 發生하지 않으며 또 操縱性, 安定性이 매우 좋다. ② 耐磨耗性이 良好하며 壽命이 길다. ③ 燃料費가 節約된다. ④ 牽引力, 制動力이 良好하다. ⑤ 屈曲性이 크고, 鋪裝路에서는 乘車感이 좋다. ⑥ 騒音이 적다. ⑦ 슬립되지 않는다. ⑧ 發熱이 적고 카카스가 얇으므로 放熱이 잘 된다.

問題點: ① 路面이 이어진곳 등에서는 타이어 振動이 甚하다. ② 非鋪裝(惡)路에서는 外傷(cut)을 받기 쉽다. ③ 價格이 高價이다. ④ 製造하기 힘들다. 그러나 이와같은 問題點들은 많이 改善되었다. 그리고 Radial 타이어는 性能이 우수하므로 最近에는 世界的으로 急速히 普及되고 있다.

③ Bias belted 타이어

앞에서 說明한 Radial 타이어와 같이 타이어 外周에 낮은 角度( $25 \sim 30^\circ$ )의 벨트層이 있는 타이어이다(그림 14 右側).

Radial 타이어와 다른 點은 카카스의 코드가 從來의 Bias 타이어와 같이 비스듬( $30 \sim 40^\circ$ )히 配置되어 있는 點이다. 이 타이어의 性能은 Radial 타이어만은 못하나, 從來의 타이어 成型機를 使用할 수 있으므로 Radial 타이어 보다는 값이 싸게 만들 수 있다는 利點이 있다. 이 타이어의 構造는 比較的 새로운 開發로서 1967년에 Goodyear社에서 商業的으로 使用되기 시작하였으며 벨트材料에는 glass 코드가 使用되었다.

[參考] Steel Radial 타이어는 ① 벨트 및 카카스가 全部 Steel 코드製인 것과, ② 벨트는 Steel, 카카스는 有機纖維 즉, 레이온, 나일론, 폴리에스테르 코드 製 등이 있다.

最近에는 Steel 벨트의 外側에 Kevlar 層을 配置하여 操縱安定性, 高速耐久性 등을 增加시키고 路面이 이어진 곳 등을 通過할 때의 振動이나 音を 緩和하는 新型 타이어가 製造되고 있다. 특히 Steel 타이어는 Radial 構造를 導入함으로써 成功한 것이다.