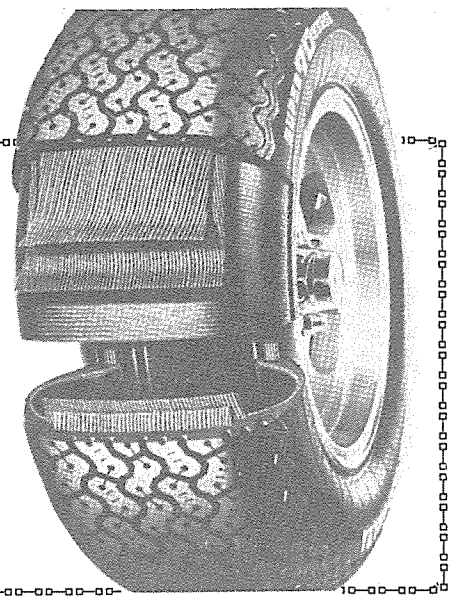


# 타이어의機能

## (I)

協會 技術 部



### 1. 概 要

얼핏 보기에는 검고 둥글며 간단한 것으로 밖에 보이지 않는 타이어도實은 複雜多様な 역할을 하고 있는 것이다. 첫째로 타이어는自動車(各種車輛 包含)의 발로서 그 무게를 지탱하지 않으면 안된다. 全重量 1톤 정도의比較的 가벼운車輛에서도 타이어 1本당 荷重은 平均 250kg이며, 大型트럭에서는 타이어 1本당 平均 3톤 정도의 荷重을 받게 된다. 또 나아가서 보잉 747 점보機 같은데에서는 平均 1本당 20톤以上 되며, 200톤 덤프트럭의 타이어 40.00-57에서는 1本당 約 50톤의 荷重을 받고 있다. 즉 타이어가 지탱하는 힘이란 單純한 것이 아니라 매우 크다는 것을 알 수 있다.

다음은 타이어의 “스프링”機能에 대하여 살펴 보기로 한다. Solid 타이어나 鐵輪을 낀自動車는 乘車感이 얼마나 나쁘고, 抵抗이 얼마나 큰지는 使用해본 사람이면 누구나 알 수 있는 것이다. 여기서 만일 空氣入 타이어를 생각해 본다면 多少 凹凸이 심한 惡路라 할지라도 比較的 무난하게 走行할 수 있을뿐 아니라 乘車感도 상당히 좋을 것이다. 엔진이나 브레이크의 힘을 傳達하는 能力이 좋은 것도 고무 타이어의 큰 特徵이며, 이러한 點은 다른 어떠한 車輪에서도 찾아볼 수 없는 것이다. 특히 自動車가 電車나 汽車보다도 加·減速의 性能이 우수하다는 것도 틀림없이 空氣入 타이어

를 使用하고 있기 때문인 것이다.

또 自動車를 操縱하는데 있어서도 타이어의 能力은 뛰어나며, 專門的으로는 타이어의 코너링 特性이라고 한다. 핸들을 잡아 車輪이 進行方向에서 빗나가게 되면 自動車를 커브시키는 힘이 發生하게 된다. 電車나 汽車같은 軌道車의 鐵輪에는 이와같은 能力이 없으므로 미리 정해진 레일 위를 走行하게 되는 것이다.

이와 같은 타이어의 作用을 종합해 보면 대략 다음과 같은 4가지 機能으로 集約될 수 있다.

- 荷重을 지지한다.
- 스프링 作用을 한다.
- 驅動力, 制動力을 傳達한다.
- 自動車를 操縱하기 쉽게 한다.

### 2. 타이어의 荷重負擔機能

타이어의 펑크를 經驗해본 사람이면 누구나 알 수 있는 바와 같이 타이어는 空氣가 빠지게 되면 동시에 모든 機能이 상실되기 때문에 즉시 交換하지 않으면 안되므로 많은 어려움을 겪게 된다. 즉, 荷重負擔의 能力도 타이어가 어느정도로 內壓을 維持하고 있어야만 荷重을 지탱할 수 있는 것이다. 그러면 왜 타이어와 같은 空氣를 넣은 고무袋가 큰 荷重을 지탱할 수 있는지, 이에 대해서는 먼저 內壓은 充分하나 荷重이 걸리지 않은 無負荷狀態의 타이어를 생각해 본다(그림 1).

内壓은 타이어 内面에서 모든 方向으로 作用하고, 또 内周部에서는 림의 底面에 各方向으로 均等하게 作用하여 각각 平衡을 유지하고 있으므로 타이어의 外部에는 아무런 影響도 미치지 않는다. 다음에는 이 타이어를 세워서 車軸으로 힘을 주어서 路面으로 눌러보면 타이어의 接地部는 上下方向으로 屈曲되며 그 部分의 타이어 外面은 變形되어 어떤 넓이(面積)로 路面에 接하게 된다(그림 2).

그러나 内壓은 여전히 各部分에 作用하여 接地面의 内側部分에 작용되는 内壓은 地面으로부터의 反力과 平衡을 이루게 되므로 타이어의 나머지 部分에 作用하는 總内壓을 구해보면 이 平衡된 部分만이 unbalance 되어 全体的으로는 上向의 힘이 남게 되는 것이다. 따라서 이 힘이 바로 車軸을 누르는 힘과 平衡을 유지하게 되는 것이다. 그러므로 荷重을  $W$ , 内壓을  $P$ , 接地面積을  $A$ 라 하면

$$W = P \cdot A \dots\dots\dots(1)$$

의 關係가 成立한다.

이 式은 타이어를 極도로 單純化하고 flexible한 空氣袋로 볼 때에 成立하는 것이고, 實際의 타이어에서는

- 接地面積을 어떻게 정할 것인지?
- 타이어가 屈曲됨으로써 内壓上昇은 없는지?
- 타이어의 사이드 部分이 어느 정도 剛함으로써 荷重을 지탱하는 것은 아닌지?
- 接地面壓에는 트레드의 存在로 인한 影響이 크지나 않은지?

등의 여러가지 疑問이 생기게 되나, 엄밀한 理論으로 들어가지 않는 限 타이어의 荷重負擔能力은 대체로 이러한 메카니즘에 의한다고 볼 수 있다.

이와같이 생각하면 타이어가 荷重을 지탱하고 있는 것은 실제로 地面에 接하지 않은 部分의 内壓에 의해서 림 및 車軸이 支持되고 있기 때문이라고 볼 수 있다. 그리고 타이어 内壓의 垂直分力の 總合이 unbalance 된 만큼의 힘이 最終적으로 비드 와이어를 통하여 림에 걸리는 軸荷重과 平衡을 이루게 된다. 또 이렇게 생각하면, 고무 기둥의 壓縮으로 荷重을 支持하는 Solid 타이어 등에 比하면 空氣 타이어가 얼마나 쿠션이 더 좋은가를 알 수 있을 것이다.

다음에는 타이어의 荷重負擔을 數量的으로 다루어 보기로 한다. 먼저 위에서 說明한 바와 같이 타이어를 flexible한 圓斷面으로 된 圓環으로 생각할 때,

- 타이어의 外徑을  $D$
- 타이어의 斷面積을  $B$
- 타이어의 屈曲을  $h$
- 타이어의 内壓을  $P$

타이어의 接地面積을  $A$ 라고 하면,

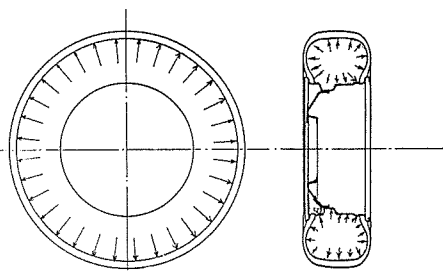
$h$ 가  $B$ 나  $D$ 에 比해 작을 경우에는 타이어의 接地面은 거의 橢圓形으로 되며 그 面積은

$$A = \pi h \sqrt{D \cdot B} \text{ 이므로 式(1)은}$$

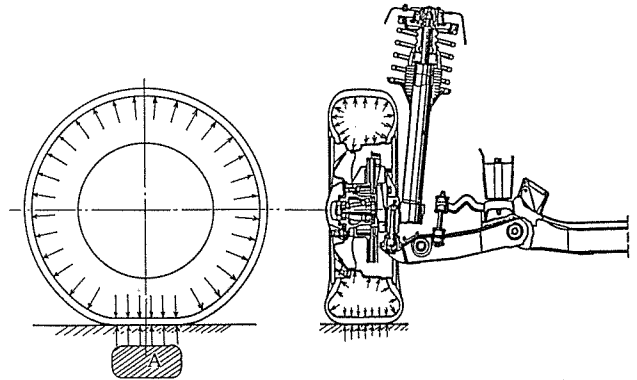
$$W = P \pi h \sqrt{D \cdot B} \dots\dots\dots(2)$$

로 된다.

이 關係는 위에서 說明한 여러가지 假定에 따른 것으로 타이어의 負荷能力에 대해서 여러



[그림 1] 内壓充填 · 無負荷時의 타이어



[그림 2] 内壓充填 · 負荷時의 타이어

가지 要素의 本質의인 關係를 나타내고 있다. 즉, 타이어의 荷重은 內壓, 屈曲度, 타이어 사이즈 등에 比例關係가 있다는 것을 알 수 있다.

즉, 타이어가 支持할 수 있는 荷重은

- 內壓이 높을수록
- 屈曲이 클수록
- 타이어 사이즈(外徑 및 斷面幅 등)가 클수록 커진다는 것을 알 수 있다.

그러나 타이어의 耐壓強度나 乘車感으로 보아 內壓을 無制限 높일수는 없으며, 또 屈曲이 너무 甚하게 되면 타이어가 너무 많이 찌부러지게 되어 카카스의 壽命이 단축되고 만다. 보통 타이어는 대체로 實用的인 商品으로, 어느 정도의 耐久性은 당연히 있으므로, 타이어의 負荷能力을 생각할 때에는 單純히 最大負荷能力을 구하는 것이 아니라 耐久性和 Balance 가 맞는 負荷能力이 問題인 것이다.

타이어를 사용하는 입장에서는 타이어가 種類, 形狀, 用途別 등으로 系列化되어 그 중에서 自己가 만드는 車 또는 갖고 있는 車에 잘 맞는 타이어를 택할 수 있게 되기를 바라고 있다. 現在의 타이어 規格도 그러한 趣旨로 만들어지고는 있으나, 이와같은 規格을 정하는 데에도 어떤 統一된 基準에 의한 實用的인 荷重計算式이 必要하다는 것이다.

1930年代 美國의 타이어業者의 團體인 TRA 에서는 그 當時 市場에 나온 많은 타이어들을 대상으로 타이어의 外徑, 斷面積, 斷面높이, 플라이數, 림徑 등의 타이어 設計諸元과 內壓, 荷重, 屈曲 등의 使用條件을 調查·分析하여, 荷重計算式, 許容內壓, 또 式에는 나타나 있지 않지만 基本的으로 重要的인 타이어의 負荷에 따른 屈曲率(屈曲量÷斷面높이)과 타이어 플라이數 및 斷面幅의 關聯 등을 求하였다.

여기서 求한 타이어의 斷面幅, 使用림徑, 內壓과 負荷能力의 關係는

$$\begin{aligned}
 & \text{타이어 內壓을} && P \text{ (lbs/in}^2\text{)} \\
 & \text{타이어 斷面幅을} && S \text{ (in)} \\
 & \text{림 徑을} && D_r \text{ (in)} \\
 & \text{타이어 荷重을} && W \text{ (lbs)} \text{ 라 하면,} \\
 & W = 0.425 \times P^{0.585} \times S^{1.39} \times (D_r \times S) \dots (3)
 \end{aligned}$$

이다. 어떤 사이즈의 타이어의 負荷能力을 구할 경우에는 斷面幅  $S$ 와 림徑  $D_r$ 는 주어지나 內壓  $P$ 를 어떻게 擇하느냐가 問題이다.

圓筒形이나 圓環形의 壓力容器에서는 壁內的 張力이  $P \times S$ (內壓×幅)에 比例하므로 이것을 타이어의 플라이數  $n$ 의 2倍로 나눈  $P \cdot S / 2n$ 을 TRA에서는 Stress Factor 라고 하였다. 이것을 타이어 카카스의 코드層 1層, 즉 1플라이가 負擔하는 張力으로 정하고, 어떤 크기와 어떤 플라이數의 타이어의 內壓을 정할 때는 이 값을 調整하여 許容最高內壓을 求하는 것이다. 따라서 式(3)의 右邊이 전부 주어지므로 荷重  $W$ 를 算出할 수 있다.

現在의 타이어 規格의 形式은 車種別로 分類된 어떤 타이어에 대해 먼저 림徑만을 몇 種類로 정하고 거기에 裝着되는 타이어幅을 段階의 으로 바꾸어서 그 組合으로써 몇 種類의 타이어 사이즈를 정한 다음 그 각각에 대해서 內壓과 荷重의 關係를 表로 作成하게 된다. 이 때에는 統一의인 計算式을 사용하여 形式的으로도 矛盾이 없는 荷重值가 算出되므로 規格作成에는 매우 便利한 式이라고 볼 수 있다.

타이어 規格은 타이어의 開發에 따른 新시리즈가 나오고, 自動車메이커 側의 要求에 따른 사이즈가 開發되고, 또 自動車 以外的 各種 車輛에서의 타이어 利用의 擴大 등으로 廣範圍하게 規格의 擴充, 制定이 必要하게 되었다. 따라서 TRA의 實驗式을 基本으로 式(3)을 미터法 單位로 바꾸는 동시에 車種·車速, 其他 使用條件에 따른 荷重調整을 하기 위하여 荷重係數를 導入하면,

$$W = K \times 4.0 \times 10^{-4} \times P^{0.585} \times S^{1.39} \times (D_r + S) \dots (4)$$

여기서  $K$ : 荷重係數

$P$ : 空氣壓 (kg/cm<sup>2</sup>)

$S$ : 標準림에 裝着했을 때의 斷面幅 (mm)

$D_r$ : 림徑×254 (mm)

이다. 또  $S$ 를 求하면

$$S = S_1 \left\{ 180^\circ - \sin^{-1} \frac{W_1}{S_1} \right\} / 141.3^\circ \dots (5)$$

이며, 여기서

$S_1$  : 림幅  $W_1$ 인 림에서의 타이어 斷面幅(mm)

$W_1$  : 上記 測定用 림幅(mm)

이다.

위의 式(5)는 림幅  $W_1$ 인 림에 끼었을 때의 타이어幅  $S_1$ 에서, 림幅과 斷面積의 比가 0.625가 되는 림에 끼었을 때의 假想圓斷面 타이어의 幅  $S$ 를 구하기 위한 式이다.

그런데, 最近에는 타이어가 많이 偏平化되어 1.0에 가까웠던 偏平比가 점점 내려가 0.5정도까지 나타나고 있는 實情이다. 이렇게 되면 荷重計算式도 修正되지 않으면 안되므로 이러한 경우에는 式(5)의  $S$  대신에

$$Sd = S - 0.637d \dots \dots \dots (6)$$

로 定義되는  $Sd$ 를 導入함으로써 解決할 수 있다. 여기서  $d$ 는 斷面이 比較的 圓形에 가까운 타이어로서, 斷面높이/斷面幅의 比가 0.96, 림幅이 타이어 斷面幅의 70%인 타이어를 생각하여 이것과 偏平타이어의 斷面높이의 差이다. 이렇게 修正됨으로써 偏平타이어의 경우는 荷重計算에 쓰이는 修正幅(值)이 작아지고 荷重值도 작은 쪽으로 修正된다. 그리고, 式(5), (6)의 方法도 TRA에 의해서 誘導된 것이다.

같은 荷重條件에서도 走行速度가 變하면 당연히 타이어의 耐久性(走行距離나 使用時間으로 表示됨)이 變하게 되므로 타이어의 經濟성을 생각하면 車輛의 設計나 使用條件 등으로 速度에 限度가 있는 用途의 경우에는 荷重을 割增

할 수 있다고 볼 수 있다. 다시 말하면 速度가 느리고 耐久性이 좋아진 만큼 荷重負擔을 增加시킬 수 있다는 것이다.

앞에서 說明한 TRA의 實驗式은 高速道路上에서의 走行을 基準으로 하고 있으므로 이것을 본받은 JIS D 4202(自動車用 타이어 規格)에서도 基本表에 실려 있는 數値는 持續最高速度 80~100km/h인 때의 基準値로 하고, 以下 持續最高速度가 낮은 경우에 대해서는 다음에 例示된 것과 같이 割增率을 두게 하였다. 同規格의 一例(同規格 4·6·4項 表 7)를 들면 荷重割增係數가 表 1과 같이 정해져 있다.

위에서 說明한 式(3)~(6)은 전부 實驗式으로 求해진 것으로 반드시 理論的인 說明이 있어서 그런 것은 아니나, 世界的으로 타이어 規格이 대부분 이와 같은 方法으로 정해지고 있는 現狀이고, 또 특별히 차임새가 없는 方法도

速度에 따른 荷重割增係數의 一例

(JIS D 4202 規格에서)

〈表 1〉

타이어 區分	持續最高速度 (使用條件) km/h	係 數		
		持續最高速度 (타이어能力) (km/h)		
		80	60	50
트럭 및 버스용 大型 타이어	80	1.00	—	—
	70	1.06	—	—
	60	1.09	1.00	—
	50	1.12		1.00
	40	1.15		

空氣壓—荷重 對應表의 例

〈表 2〉

① 乘用車用 Radial ply 타이어 82시리즈에서

사이즈 175 SR14

內壓(kgf/cm <sup>2</sup> )	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
荷重(kg)	400	415	430	450	465	475	495	505	520

② 트럭 및 버스용 Radial ply 타이어에서

사이즈 10.00-20-14PR

內壓(kgf/cm <sup>2</sup> )	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	
S	2,120	2,190	2,255	2,320	2,385	2,450	2,510	2,570	2,630	2,700	
荷重(kg)	D	1,915	1,975	2,035	2,095	2,155	2,210	2,265	2,320	2,370	2,425

※ S는 單輪使用, D는 複輪使用인 경우에 適用

(JIS 規格에 의한 것임)

아니며, 그대로 사용되고 있는 것으로 보아 實用的인 것으로 評價되고 있다.

타이어를 실제로 사용할 경우에는 自動車의 여러가지 條件으로 보아 타이어 사이즈를 정하고 또 自動車의 仕様, 使用方法에 따라 타이어의 內壓을 정하게 되므로 內壓을 다르게 할 경우 타이어의 荷重負擔이 어떻게 變하느냐 하는 것은 타이어의 負荷特性으로서 하나의 중요한 포인트이다. 荷重이 걸린 타이어를 보면 알 수 있듯이 타이어는 負荷에 따라 그 方向(水平路面上에서는 上下-縱方向)으로 屈曲되며 接地部分에 가까운 타이어의 사이드部는 橫方向으로 屈曲된다. Radial타이어의 경우에는 이와같은 橫方向의 屈曲은 Bias타이어의 경우보다 더 크다. 이와 같은 負荷에 따른 타이어의 變形은 自動車의 關聯部分과의 Clearance 나 地上높이 등에 관계되므로 車輛設計를 위한 Engineering data에서는 이와 같은 特性이 表示되지 않으면 안된다. 다음에는 이러한 特性의 表示方法에 대해서 살펴보기로 한다.

(1) 內壓과 荷重, 最大許容內壓과 最大許容荷重

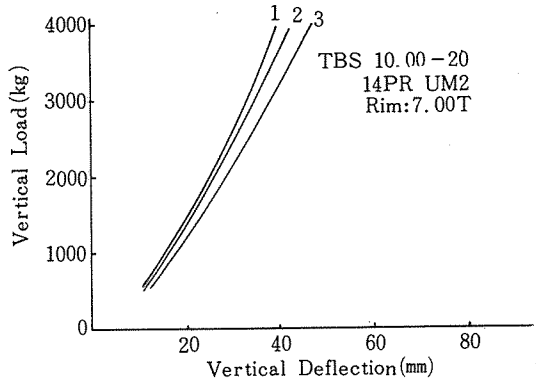
보통 이들 데이터는 타이어의 規格에 表로 作成되어 있다. 예컨대, 乘用車用 Radial Ply 타이어 82 시리즈에서 175SR14와 또 트럭·버스용 타이어에서 10.00-20-14PR의 空氣壓-荷重 對應表를 보면 表2와 같다.

(2) 타이어의 荷重負擔에 관련된 諸特性

타이어의 負荷時의 諸特性을 表示할 때 일반적으로 사용되는 資料에는 다음과 같은 것이 있다.

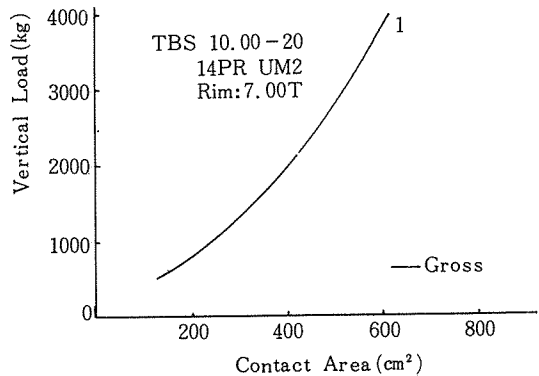
- ① 荷重-縱屈曲 그래프(內壓을 Parameter로 한 몇가지 데이터를 表示함(그림 3))
- ② 荷重과 타이어의 接地面積의 그래프(그림 4)
- ③ 負荷로 인한 타이어의 幅屈曲(幅增加量) 그래프(그림 5)

또한 縱屈曲, 幅屈曲을 그림으로 表示하면 그림 6과 같다.



Curve No.	I.P. (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical Load (kg)	Vertical Def. (mm)	Vertical Stiff. (kg/mm)
1	7.75	2,700	29.9	129.1
1	7.75	2,425	27.7	124.8
2	6.75	2,700	31.7	119.8
2	6.75	2,425	29.4	116.2
3	5.75	2,700	34.5	105.5
3	5.75	2,425	31.9	103.1

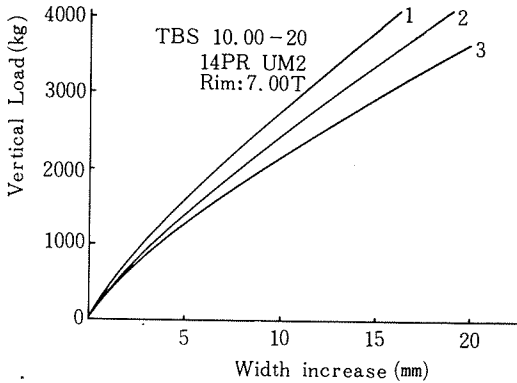
(그림 3) 荷重-縱屈曲 그래프의 例



Curve No.	I.P. (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical Load (kg)	Net (cm <sup>2</sup> )	Gross (cm <sup>2</sup> )
1	6.75	2,700		484.7
1	6.75	2,425		452.2

(그림 4) 荷重-接地面積 그래프의 例

①에서는 타이어의 靜荷重半徑(평면상에서 타이어에 荷重이 걸릴 때의 타이어의 軸中心에서 그 平面까지의 距離)을 求할 수 있다. 또 이 그래프의 기울기는 縱스프링 定數를 나타내며

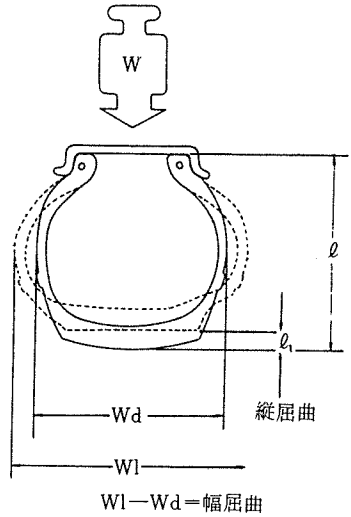


Curve No.	I.P. (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical Load (kg)	Width Increase (mm)
1	7.75	2,700	9.7
1	7.75	2,425	8.5
2	6.75	2,700	11.3
2	6.75	2,425	9.9
3	5.75	2,700	13.4
3	5.75	2,425	11.6

[그림 5] 荷重—幅屈曲 그래프의 예

로 스프링 特性에 있어서도 重要한 데이터이다.

②는 어떤 荷重이 負荷되었을 때의 타이어의 接地面積을 나타내고 있으나, 習慣的으로 타이어의 트레드 Element의 接地痕(흔적)으로 나



[그림 6] 타이어의 縱屈曲과 幅屈曲

타난 面積(겉보기 面積)을 취하고 있다.

③은 주로 타이어가 複輪으로 사용될 때 問題되는 量으로, 複輪의 間隔을 정하는 데에 필요한 것이다. 타이어의 規格에도 輕·小型트럭用, 트럭·버스用, 同大型 타이어 등에서 複輪으로 사용되는 타이어에 關해서는 이러한 幅屈曲을 고려하여 定한 最小複輪間隔이 記載되어 있다.

(다음 號에 계속)

☆

☆

☆

----- <p.24의 계속> -----

上記 以外의 것은 技術課가 中心이 되어 關聯된 各課와 每週 1회씩 會合하고 많은 件數를 다루게 된다(대부분 初品の 範圍에 속하는 것).

이와 같은 方法으로 初品管理를 實施하게 되면 工場의 整理·整頓과 함께 標準化(材料, 製造, 檢査 등) 상태에서 과거의 事例 研究도 감안, 클레임은 감소되어 간다고 確信할 수 있다. 中小企業에 있어서는 方法의 簡素化는 必要하

나 幹部陣부터 그러한 마음가짐으로 重點을 잊지 않고 實施한다면 반드시 좋은 成果를 얻을 것으로 본다.

参 考 文 献

- (1) 品質管理, 特別企画PPM管理號Vol.31, No.9
- (2) 日科技連, FMEA, FTA의 解説 1979