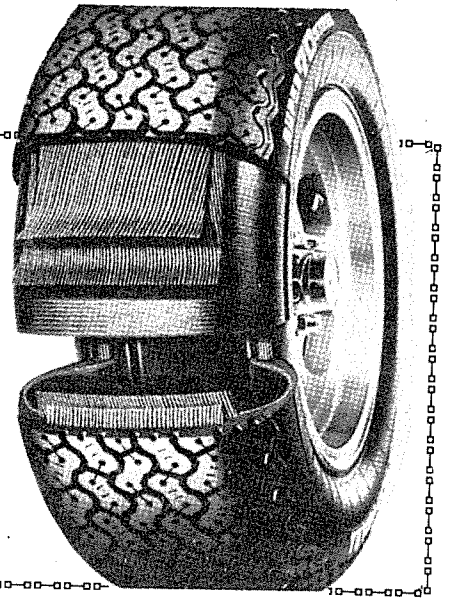


타이어의機能

(II)

協會 技術 部



3. 타이어의 스프링 機能

一般的으로 自動車는 처음부터 타이어를 낀 車라던 良路이든 惡路이든간에 달리게 되어 있으며, 路面의 凹凸이나 여러가지 障害物 등으로 地面으로부터 衝激을 받는 경우가 많다. 이러한 衝激이 그대로 직접 車나 사람 또는 荷物 등에 傳達되어서는 안되므로 車에는 보통 어떠한 緩衝裝置가 되어 있다. 일반적으로 自動車에서는 車의 Suspension 機構와 타이어가 그 役割을 하게 된다. 특히 간단한 車나 建設車輛 같은 것은 타이어만이 쿠션(Cushion)作用을 하는 예가 많다.

空氣入 타이어는 정도의 差異는 있지만 약간의 可撓性을 가진 壓力容器이므로 여러 方向으로부터 荷重이나 Torque가 걸리게 되면 타이어 自体가 變形되어 그 外力에 대해 低抗하게 된다. 그 變形은 대체로 負荷된 外力에 比例하고, 이에 따라 反力도 增加되므로 하나의 스프링 作用을 하게 된다.

일반적으로 이와같은 物體에 대해서 外力과 變形의 關係, 즉 스프링의 性質로 생각할 경우에는 어떤 直交座標軸에 따른 方向과 그 둘레의 모멘트로 나누어서 생각하는 것이 좋다. 타이어의 경우, 座標軸으로서 알기 쉬운 것은 먼저 타이어의 平面上에 上下·前後의 두 軸을 생각하고 나머지 한 軸은 左右方向, 즉 타이어의 回轉軸方向을 취한 다음, 그 3 軸方向의 힘과

그 3 軸 둘레의 모멘트를 생각하는 方法이다. 즉, 各方向의 힘과 各軸 둘레의 모멘트는 다음과 같다.

X方向의 힘 F_x 는 타이어를 前進시키는 힘 (Tractive force)

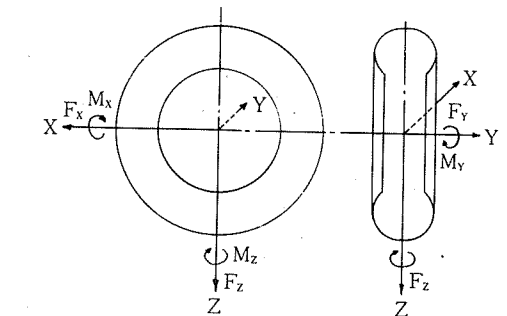
Y方向의 힘 F_y 는 타이어를 側面에서 미는 힘 (Side force)

Z方向의 힘 F_z 는 타이어를 위에서 누르는 힘 (Normal force, 즉 타이어에 걸리는 荷重)

X軸둘레의 모멘트 M_x 는 타이어를 옆으로 넘어뜨리는 모멘트(Over turning moment)

Y軸둘레의 모멘트 M_y 는 타이어를 軸 둘레로 回轉시키는 모멘트(Rolling resistance moment 등)

Z軸둘레의 모멘트 M_z 는 타이어의 回轉面을 回轉시키는 모멘트(타이어의 Self-aligning torque 등)



(그림 7) 타이어에 作用하는 힘과 모멘트

만 되나, 이 중 Over turning moment의 屈曲과 타이어軸 둘레의 모멘트 方向의 屈曲은 각각 타이어의 前後力, 左右力에 의한 스프링과 거의 같은 것이므로 여기서는 나머지 3 方向의 힘과 垂直方向의 屈曲 등 4 要素에 대해서만 생각하기로 한다. 또 타이어가 스프링으로서의 特性을 나타낼 수 있는 것은 당연히 타이어가 움직이고 있을 때이나, 타이어는 그 自体가 하나의 粘彈性을 나타내는 物体이므로 動的인 負荷가 걸려를 경우에는 에너지 로스가 發生하여 減衰作用을 갖게 된다. 그러나 타이어의 特性을 說明하는 데는 보통 上記 4 要素에 대한 靜的인 스프링 特性을 들고 있으므로 여기서는 먼저 이 4 개의 靜的 特性에 대해서 說明하고 다

움에 動的 特性 및 其他에 대해 약간씩 說明하기로 한다. 그러면 먼저 타이어가 어째서 스프링 作用을 하게 되느냐에 대해서 생각해 보기로 한다.

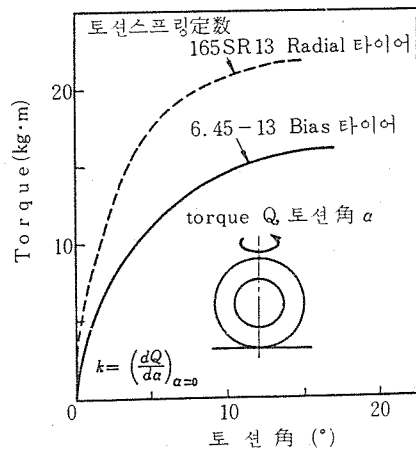
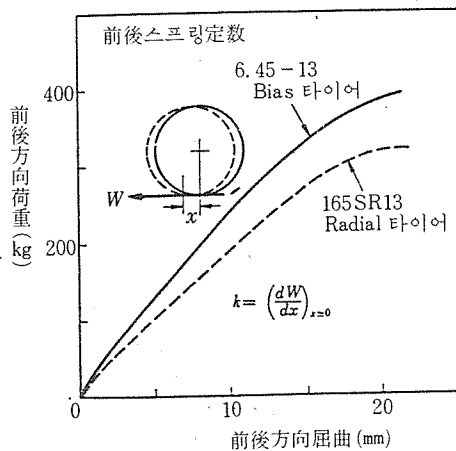
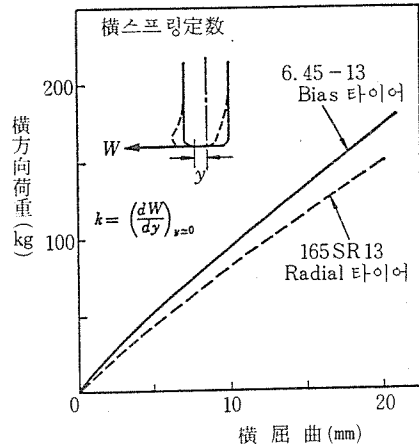
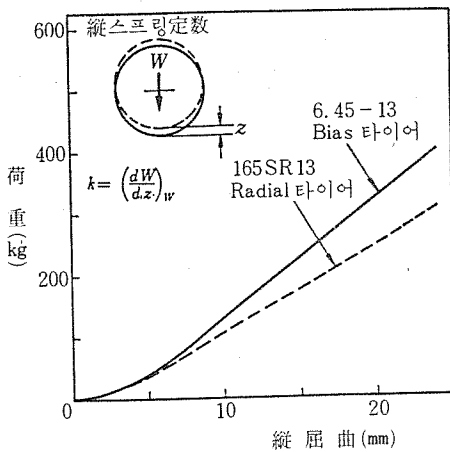
타이어의 스프링 作用 중에서도 自動車의 乘車感 등에 대해서 基本的으로 중요한 要素는 上下方向의 이른바 縱스프링이다. 縱스프링은 結局 上下方向의 變位差에 대한 反力을 나타내는 것이므로, 式(1)에서 兩邊의 變位(屈曲) z 에 대한 變化率을 구한다(兩邊을 z 로 微分).

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

단, P 는 內壓, A 는 接地面積임.

$$dW/dz = P \cdot dA/dz + A \cdot dP/dz \dots\dots (7)$$

단, z 는 타이어의 上下方向의 屈曲이다.



[그림 8] 各種 靜的 스프링 定數의 測定方法과 荷重—變位曲線의 例

屈曲의變化에 대해서 内壓은 거의變化되지 않으므로 제 2項을 0으로 생각하면 式(7)은, dW/dz 는 스프링 定數 k 이므로,

$$k = dW/dz = P \cdot dA/dz \dots\dots\dots (8)$$

이다. 이것은 스프링定數가 内壓과 接地面積의 變化率에 比例함을 뜻하고 있다.

물론 式(1)은 타이어를 薄膜으로 보고 사이드월의 剛性 등을 無視하고 있으며 數值的인 檢討는 할 수 없으나, 定性的인 의미로 本質을 나타내고 있다고 해도 좋을 것이다. 또 실제의 타이어에서는 材料의 特性도 있고 各部의 變形狀態도 屈曲이 늘어남에 따라 變化하는 등, 非線型的인 영향으로 일반적인 金屬製 스프링과 같은 直線性은 없다. 타이어의 荷重-屈曲曲線을 일종의 指數函數로 보아 여러가지 理論이 展開되고 있으나 타이어의 縱스프링으로서의 本質을 論議하는 데에는 별로 새로운 點이 없으므로 여기서는 省略한다.

左右·前後 두 方向의 스프링과 上下軸 둘레의 토션 스프링은 縱스프링과는 달리 内壓을 넣은 圓環體形의 剛性에 기인된 것이므로 上下스프링과 같은 간단한 모델이 設定되기는 어려우므로 대략 어느 정도의 크기인가를 알기 위하여 縱스프링을 포함해서 乘用車用 Bias 타이어와

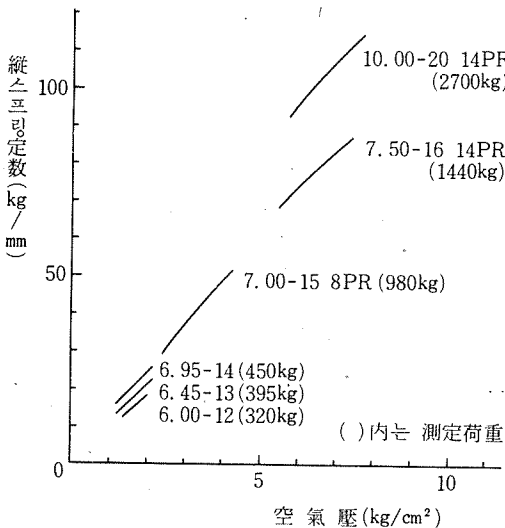
같은 정도의 사이즈인 Radial 타이어에 대해서 實測한 그래프를 例로서 表示하고 다음에 약간의 補充說明을 加하고자 한다(그림 8).

4. 스프링 定數

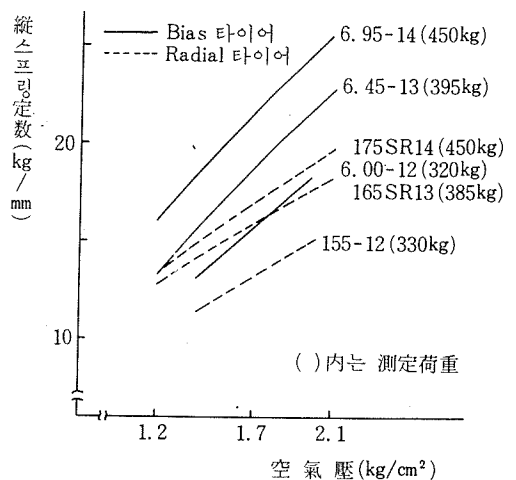
(1) 縱 스프링 定數

타이어의 縱 스프링 定數를 구하자면 앞에서 說明한 바와 같이 타이어의 荷重과 縱屈曲의 關係를 그래프로 表示한 다음 필요한 點에 대해서 그 曲線의 기울기를 구하면 된다. 보통 이 曲線은 非線型이므로 기울기가 場所에 따라 變하기 때문에 일반적으로 타이어의 最大荷重點에서의 切線勾配를 代表的으로 사용하는 경우가 많다.

이 方法으로 乘用車用, 小型트럭用 및 트럭 버스用의 代表的인 사이즈의 縱 스프링 定數를 測定하여 内壓과 縱스프링 定數의 關係 그래프를 그려보면 그림 9와 같다. 이 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 타이어의 種類, 構造 등은 약간 다르나 타이어의 縱스프링 定數에는 内壓이 支配的인 影響을 미치고 있다는 것을 알 수 있다. Radial 타이어와 Bias 타이어는 構造가 根

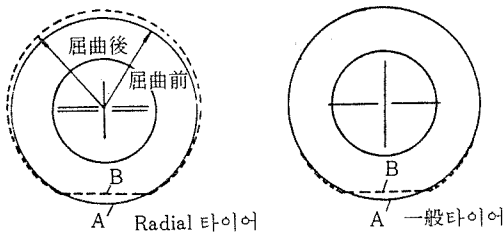


[그림 9] 各種 타이어의 内壓 - 縱스프링 定數의 關係



[그림 10] Radial 타이어와 Bias 타이어의 縱스프링 定數 比較



本的으로 다르므로 荷重에 대한 타이어의 變化도 달라 일반적으로 Radial 타이어가 同一荷重, 内壓에서 縱스프링定數가 낮다(그림10). 이것은 사이드월의 剛性이 낮고, 벨트의 剛性이 높으므로 荷重에 의한 트레드부의 可撓性이 적고 全体的으로 偏心を 일으키는 屈曲을 나타내기 때문이다. 그림11은 Radial 타이어와 Bias 타이어의 縱屈曲 상태를 比較한 것이다. 이 屈曲 상태의 差는 Radial 과 Bias 의 性能差의 큰 原因이 되고 있다. 縱스프링定數의 内壓依存性도



[그림11] Radial 타이어와 Bias 타이어의 屈曲狀態 比較

그림10에서와 같이 역시 Radial 타이어가 작다. 縱스프링定數는 타이어를 平面에 짊 눌러서 測定하게 되나 실제로 타이어가 使用되는 경우에 對해, 道路의 이은곳, 건널목, 道路上의 突出物 등 局部的으로 트레드의 屈曲을 일으킬 수 있는 것이 乘車感에 影響을 주는 要素로서 問題되는 경우가 있다. 이 性質을 評價하기 위하여 上記方法 이외에 棒을 平面에 놓고 그기에 타이어를 눌러서 線剛性을 測定하게 된다. 表3은 Bias 타이어와 Radial 타이어에 대한 面剛性, 線剛性의 測定結果의 한 例를 表示한 것이다.

Radial 타이어와 Bias 타이어의 面剛性, 線剛性 比較
(表 3)

타이어	接地狀態		
		面剛性	線剛性
Bias 타이어 6.45-13		24.7 kg/mm	8.4 kg/mm
Radial 타이어 165SR13		19.1 "	9.5 "

Radial 타이어는 벨트의 剛性이 높아 接地面 内の 棒을 둘러싸는 能力(Enveloping Power) 이 작으므로 線剛性은 Bias 타이어보다 높다. 이것이 Radial 타이어가 低速走行으로 突出物 등을 통과할 때 소리가 나는 原因이 되는 것이다. 各種 타이어의 縱스프링定數를 생각하는데로 적어보면 다음과 같다.

	(内壓)	(荷重)(縱스프링定數)	
오토바이 타이어			
前 3.25H19	2.8kg/cm ²	214kg	19.6kg/mm
後 4.00H18	2.8kg/cm ²	280kg	23.7kg/mm
農耕機用超低壓타이어			
18×9.0-8	0.25kg/cm ²	90kg	3.3kg/mm
乘用車用Radial 타이어 82시리즈			
175 SR14	1.7kg/cm ²	450kg	18.4kg/mm
트럭·버스用 Radial 타이어			
10.00 R20	7.25kg/cm ²	2,700kg	88.7kg/mm
建設機用타이어(Wide base)			
37.5-39	3.85kg/cm ²	23,775kg	227.1kg/mm
航空機用타이어			
49×17	13.7kg/cm ²	21,185kg	262.0kg/mm

(2) 橫 스프링 定數

橫스프링定數는 타이어의 橫方向變形에 대한 剛性으로 타이어의 Cornering 特性과 關係된다. 縱方向의 屈曲曲線과는 달리 垂直荷重이 주어진 채로 路面을 橫方向으로 移動하면 線型으로 나타나고 이 부분의 橫變位에 대한 橫荷重의 기울기로 橫스프링定數를 表示한다. 代表的인 타이어의 橫스프링定數를 그림12에, 또 乘用車用 타이어에 대한 Bias 와 Radial 構造의 比較를 그림13에 각각 表示하였다.

그림에서 알 수 있는 바와 같이 橫스프링定數도 内壓에 依存한다. Bias 와 Radial 의 比較에서는 대체로 對應되는 사이즈를 택했을 경우 Radial 타이어가 橫스프링定數가 낮고, 또 内壓 依存性도 작다. 縱스프링定數와 거의 같은 傾向이라고 볼 수 있다.

(3) 前後 스프링 定數

이것은 타이어의 軸둘레의 回轉方向 혹은 前

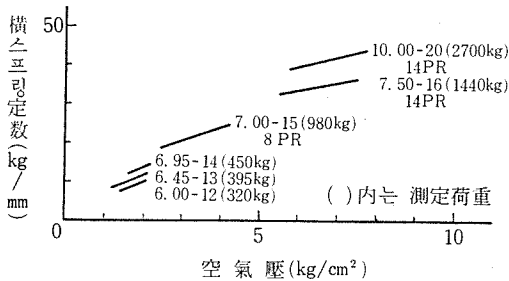
後方向의 振動에 관계되는 特性으로 橫스프링 定數와 같이 垂直荷重이 주어진 상태에서 變位 0에서의 前後荷重의 기울기로 表示한다. 그림 14에 例示된 바와 같이 Bias 타이어가 前後스프링 定數도 높다. 橫스프링 定數와 前後스프링 定數가 다같이 Bias 타이어가 Radial 타이어 보다 높은 것은 사이드월의 剛性의 差에 의한 것으로 생각된다(그림14).

(4) 토션 스프링 定數

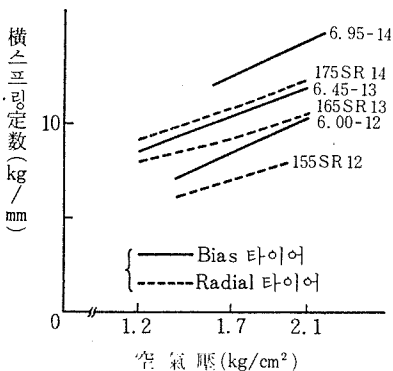
이것도 例示하는 정도이겠으나 토션스프링 剛性에 限해서는 Radial 타이어가 剛性이 높다. 이것은 벨트面內에서의 屈曲剛性이 크므로 사이드월의 變形이 잘 일어나지 않기 때문이다. (그림15)

(5) 動的 스프링 定數

自動車의 스프링 特性은 항상 自動車가 走行



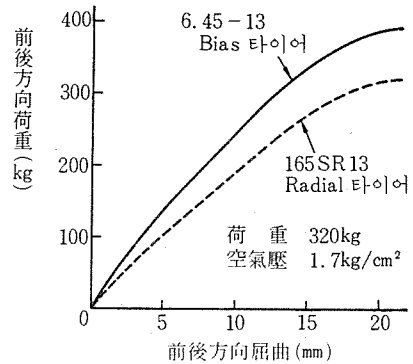
[그림12] 各種 타이어의 內壓과 橫스프링 定數의 關係



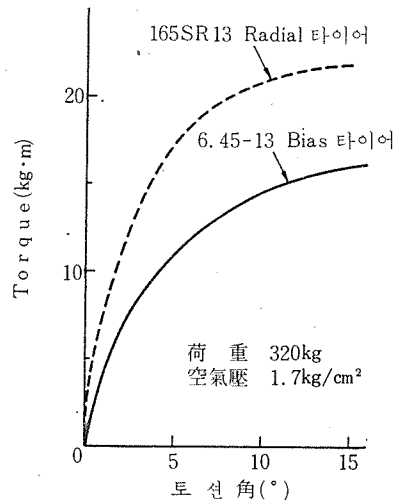
[그림13] Bias 타이어와 Radial 타이어의 橫스프링 定數의 內壓依存性

하고 있을 때 問題되는 것이므로 使用狀態에 밀접한 스프링 特性으로는 타이어가 回轉하고 있는 동안의 소위 動的 스프링 特性이다.

앞에서도 說明한 바와 같이 타이어는 粘彈性 體이므로 動的인 變位를 주게 되면 内部減衰가 作用하여 動的特性과는 다른 特性을 나타내게 된다. 이 動的特性은 일반적으로 動的 스프링 定數와 減衰係數의 두 因子로 表示된다. 이것을 數量的으로 구하기 위해서는 타이어의 경우에도 一般인 粘彈性物體를 取扱하는 方法에 準하면 되므로, 타이어에 自由振動을 일으켜서 그 減衰狀況으로 이 두 特性을 구하는 自由振



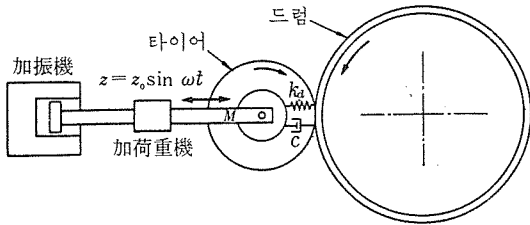
[그림14] Radial 타이어와 Bias 타이어의 前後方向 스프링 特性



[그림15] Radial 타이어와 Bias 타이어의 토션 스프링 特性

動法과, 또 어떤 週期的 強制振動을 주어 그기에 대한 反應으로 求하는 強制振動法이 있다.

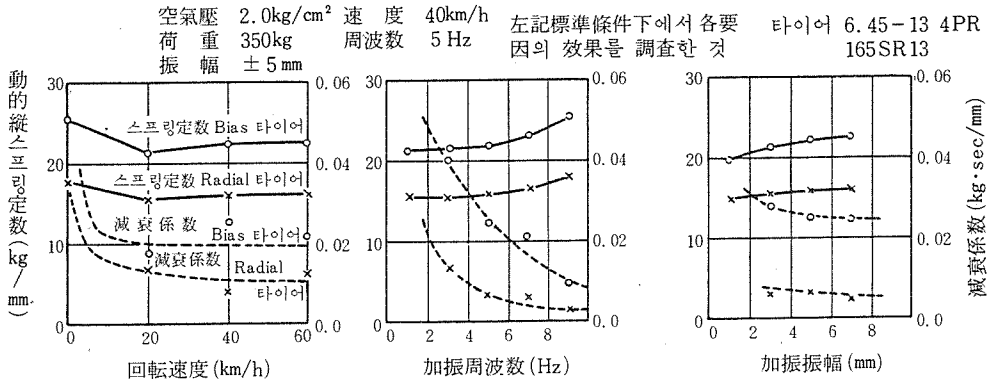
상세한 說明은 하지 않겠으나 보통 그림16과 같은 裝置로 希望하는 表面速度로 回轉하는 드



(그림16) 動的 스프링 定數 測定法 概要

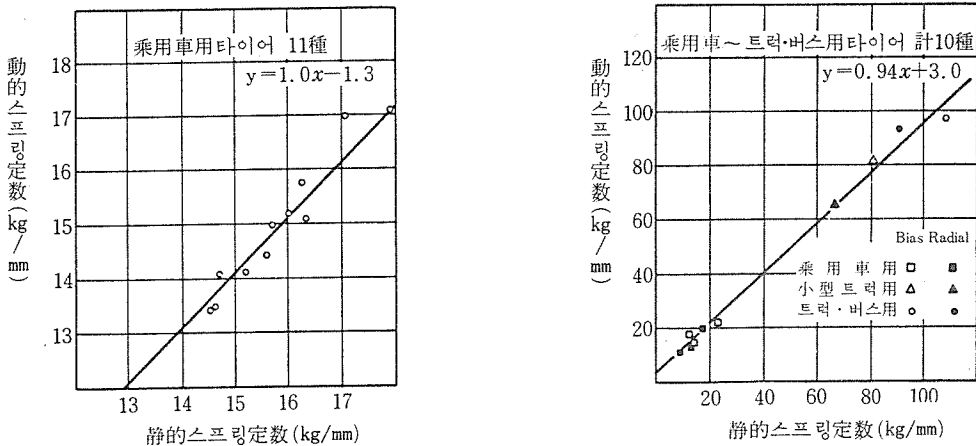
럼 위에 타이어를 荷重을 加하여 밀어붙인 다음 Sin 波荷重을 주어 나타나는 變位와 反力 및 그位相差로써 動的 스프링 定數와 減衰係數를 구한다. 試驗速度, 荷重, 加振周波數 등을 바꾸어가며 여러가지 데이터를 구할 수 있다. 한 例로서 乘用車用 타이어에 대한 速度, 振幅, 加振周波數 등을 바꾸어 가며 測定한 結果를 그림 17에 表示하였다. 速度 0, 즉 静止된 타이어에 動的인 縱方向變位를 주게 되면 接地面内の 트레드 Element는 面에 따른 摩擦 때문에 스프스하게 움직이지 않고 靑 눌러서 變形에 抵抗하는 傾向이 있어 스프링 定數가 높게 된다.

..... <p. 21에 계속>



(그림17) 縱方向 動的 스프링 定數의 速度, 加振周波數, 振幅依存性

動的 스프링 定數 測定條件 : 速度 40km/h
 加振周波數 5Hz
 加振 振幅 ±5mm



(그림18) 縱方向 靜的 스프링 定數와 動的 스프링 定數의 相關關係

年 사이의 타이어 輸入國 랭킹을 볼 때 急上昇하고 있는 나라가 사우디아라비아로 76年の 8位에서 80년에는 2位로 上昇하였다. 다음에 나이지리아가 10位에서 6位로, 이라크가 9位에서 7位로, 멕시코가 20位 以下에서 9位로 각각 上昇하였다. 이들 國家는 全部 產油國들이다. 또 自動車保有臺數의 動向을 보면 小型트럭을 包含하면 트럭保有臺數의 伸長率이 乘用車保有臺數의 增加率보다 높다. 특히 開發途上 國家에서 그러하다.

開發途上國은 國民所得이 낮으므로 乘用車保有臺數의 伸長率은 낮으나 國家的인 經濟發展을 위하여 産業化하고 있으므로 이런 경우에는 建設費用이 많이 드는 鐵道보다는 트럭 輸送이 여러 모로 便利하므로 트럭 輸送에 注力하게 된다. 이러한 傾向은 80年代에도 계속될 것으로 보아 트럭用 타이어 輸出은 乘用車用 타이어 輸出보다는 많이 늘어날 것으로 豫測된다.

7. T·B用 타이어의 Radial化 展望

現在 트럭·버스用 타이어도 着實하게 Radial化 方向으로 轉向되고 있는 것은 틀림없으나 Bias 타이어도 豫想한 것보다는 더 需要基盤이 튼튼한 것은 事實이다. Radial化 問題는 타이어메이커의 主導問題로 되어 있다. 使用條件으로 보아 中東, 東南아시아, 아프리카, 中南美

의 Radial化는 제일 늦어질 것으로 생각해 왔으나 지금 中東市場에 Michelin이 積極的으로 Radial을 販賣하고 있어 豫想외로 Radial化가 急進展되고 있다. 또 말레이시아에서는 Good-year가 Radial을 生産한다는 情報도 있다. 그리고 開發途上國에서는 新車에 끼어 있는 타이어를 選好하는 傾向이 있으므로 트럭에 Radial타이어를 끼게 된다면 앞으로 Radial化가 急速度로 進展될 가능성이 많다.

中東地域에서 Michelin이 伸長되고 있는 原因은 벤츠의 트럭에 Michelin의 Radial타이어가 끼어 있으므로 그 影響이 크다. 단지 앞바퀴는 Bias가 乘車感이 더 좋다는 理由로 Bias타이어를 사용하는 경우가 있으나 最近에는 Michelin이 前輪用 Radial타이어를 開發하여 積極的으로 販賣促進을 하고 있으므로 이것이 만일 成功한다면 中東地域은 急速히 Radial化가 進展될 가능성이 많다.

開發途上國에는 대체로 惡路가 많으므로 惡路用 Radial타이어가 開發되기는 하였으나 지금까지 惡路에 適應力이 높은 Bias타이어에는 미치지 못하고 있다. 따라서 Bias타이어의 需要基盤이 튼튼하다는 것도 이러한 점에 있으나 앞으로 Bias의 利點까지 갖춘 Radial타이어가 開發된다면 Radial化의 進展은 더욱 加速될 것으로 豫想된다.

☆

☆

☆

〈p.35의 계속〉

타이어가 回轉하고 있으면 트레드 Element가 차례로 接地面內로 들어가게 되어 이같은 버티는 作用에 의한 拘束이 작아지므로 動的스프링定數 및 減衰係數가 다같이 靜的스프링의 경우보다도 작아진다. 巨視的으로 본다면 얼핏 보기에 보통 減衰現象이 나타나는 스프링과 反對的인 傾向으로 보일 것이다. 또 타이어를 回轉시키면 카카스部는 屈曲現象이 反復되므로 Hysteresis loss에 의해 熱이 발생하고 内部의 空氣溫度도 上昇되어 內壓이 上昇된다. 이것을 調

整하게 되면 스프링定數는 더 낮아지게 된다.

그림 17에 해당하는 사이즈의 Bias타이어와 Radial타이어에 대해서 速度와 動的스프링定數, 減衰 및 이들 두 特性의 周波數와 振幅依存性을 測定한 데이터를 記載한다. 이와같이 動的스프링特性의 測定에는 특수한 研究가 필요하나, 오직 縱스프링特性에 限해서는 動的스프링定數와 靜的스프링定數의 相關關係가 극히 강하며, 스프링特性의 本質에 있어서는 같다는 것을 말하고 있다(그림18).