



設置된 마이크로폰 앞으로 惰行시킬 때 發生하는 音을 모두 타이어의 騒音으로 간주하는 方法이다. 이외에도 타이어의 다른 試驗에서도 종종 쓰고 있는, 代用路面으로 利用하는 回轉드럼을 사용하여 發生하는 音을 測定하는 方法도 있다. 그리고 騒音測定用 トレ일러를 利用하는가 또는 自動車에 마이크로폰을 裝置하는 등 여러가지 方法이 研究되고 있다.

타이어의 室内走行(드럼) 試驗은 實車의 惰行試驗보다도 反復하기도 쉽고 周波數分析 등도 便利하므로 타이어 騒音의 研究에는 매우 有用한 方法이라고 할 수 있다. 그림 86은 乘用車用 Radial타이어와 Bias타이어 그리고 小型트럭用 타이어에서 각각 두 가지 패턴에 대해서, 試驗用 드럼의 表面이 平滑한 金屬面 그대로인 경우와 Safety Walk(실제의 非鋪裝路面과 같이 드럼의 金屬表面에 鉄板같은 것을 잘라서 붙인 것)인 경우에 대해서 比較한 것이다.

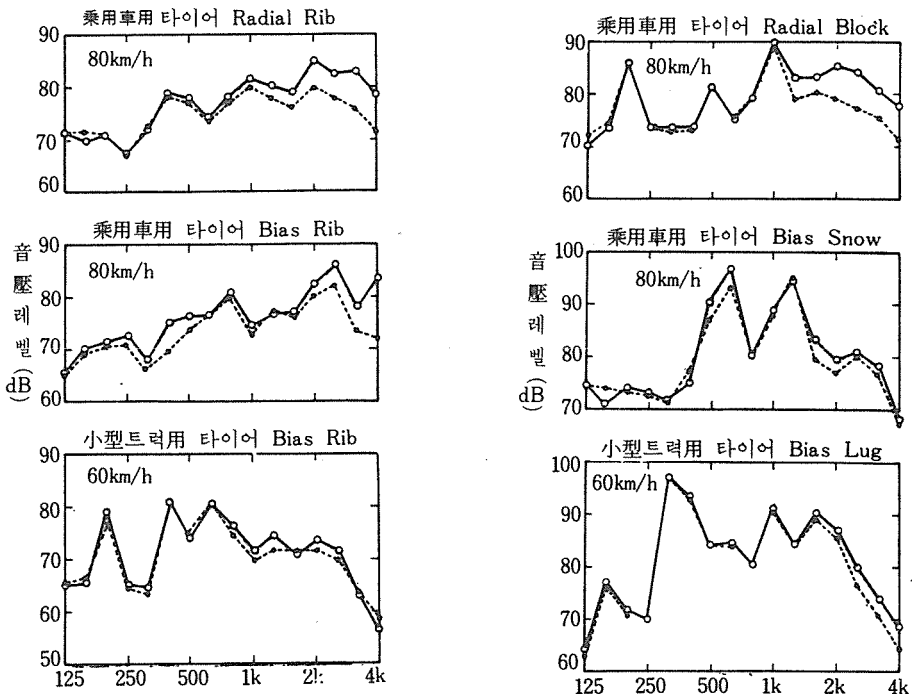
각 周波數의 音壓레벨은 dB로 表示하였다. Lug 및 Block型 패턴이나 또는 Snow 패턴에서는 音壓이 높고 더욱이 特定周波數로 集中되어 있음을 잘 알 수 있다. 또 그림 87은 트럭·버스用 Bias타이어의 周波數特性 그래프이다.

騒音에 관한 限 Lug型 패턴보다는 Rib型이 더 좋으며, Rib型中에서도 航空機用 타이어와 같은 스트레이트 리브가 가장 좋다는 것을 알 수 있다.

② 타이어 騒音의 發生原因

a) Pattern Noise

타이어에서 發生하는 騒音 중 가장 支配的인 것이 이 Pattern Noise이다. 이 騒音은 타이어가 回轉하여 地面으로부터 떨어지게 될 때나 혹은 地面과 接하게 될 때에 타이어 트레드 패턴의 홈에 있는 空氣가 外部로 排出되면서 나는 소리로서, 이른바 콤프作用에 의한 것이다. 이러한 作用으로 發生하는 音은 그 原因에서



1/3 옥타브밴드 中心周波數(Hz)

----- Safety walk 첨부      ○— Steel 表面

[그림 86] 타이어의 室内走行試驗에 의한 各種 타이어의 發生騒音의 周波數特性

생각할 수 있는 바와 같이 패턴의 피치(pitch)와 타이어의 회전速度에 關係되는 것이며, 大略 200~1000Hz의 基本波와 그 高周波로 이루어지는 比較的 깨끗한 音이다. 앞에서 說明한 古典的 分類에서 있었던 Hum이 대체로 이 P-pattern Noise에 의한 것으로 생각된다.

b) 彈性振動音, 接地音

走行中인 타이어는 트레드 패턴에 의한 局部的인 剛性變動, 路面의 凹凸, 타이어의 Uniformity 不良 등으로 路面이나 타이어 自身에 의해 加振되어 트레드·카카스 또는 路面이 갖는 固有振動數와 一致하게 되면 共振을 일으킨다. 이 振動의 振動數는 여러가지 條件에 따라 다르나 大略 200Hz 以下라고 한다. 이밖에 트레드 블록이 接地面內의 各部分에서 局部的인 슬립 現象을 일으켜서 強制振動音을 내기도 한다. 타이어의 振動에서 說明한 Road Noise 등도 이러한 것에 屬한다고 볼 수 있다.

c) 바람과 마주치는 소리

타이어가 空氣中을 헤치고 走行할 때 나는 소리이다. 앞에서 說明한 바와 같이 b), c)에 의한 音은 a)의 pattern noise보다 작다.

d) 스컬(Squeal)

平滑하고 乾燥한 路面에서 急發進, 急制動 또는 急回轉할 때에 發生하는, 이른바 타이어의 “우는 소리”를 말한다. Squeal은 이와같은 急激한 操作으로 接地面內의 일부에서 部分的으로

슬립 限界를 넘을 때 發生하는 트레드 블록 自體의 振動으로 나는 소리이다.

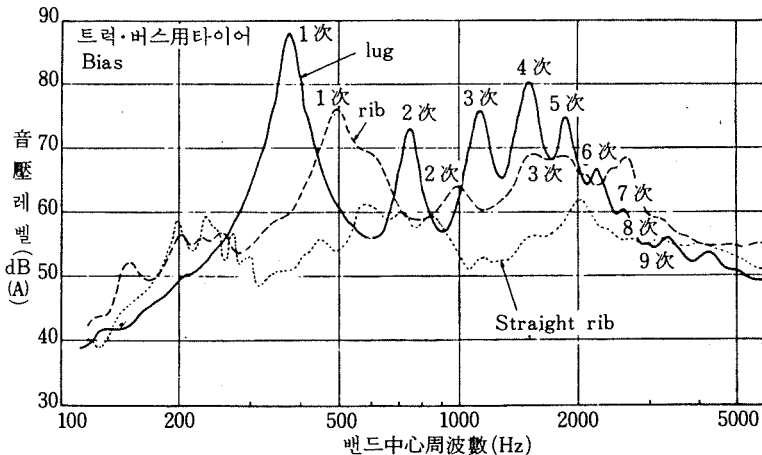
스컬의 振動數는 패턴 剛性이나 고무質 등에도 左右되나 大略 500~1,000Hz 정도의 날카로운 소리이다. 回轉時에 스컬이 發生하는 것은 앞에서 說明한 바와 같이 部分的으로 스립 現象이 過度함을 가리키는 것이므로, 타이어의 正常的인 使用限界를 벗어나고 있음을 알리는 일종의 警報라고도 볼 수 있다. 될 수 있는 限 타이어에서는 이상한 소리(우는 소리 등)가 나지 않도록 하는 것이 타이어를 잘 使用하는 것이라고 한다.

③ 타이어 騒音에 대한 諸因子의 影響

a) 트레드 패턴

트럭·버스用 타이어에서는 특히 外部에 대한 騒音으로 注目되고 있다. 일반적으로 使用되고 있는 여러가지의 트레드 패턴과 그들의 實車情形試驗에 의한 音壓 레벨의 測定値를 보면 그림 88, 89와 같다.

앞에서 說明한 騒音의 發生機構에서도 알 수 있는 바와 같이, 패턴이 없는 Smooth tread에서 騒音이 가장 적고, 模樣이 복잡하지 않고 타이어 周上의 剛性變動이 적은 Straight rib가 그 다음으로 騒音이 적으며 Snow 타이어나 lug型 패턴에서 音壓 레벨이 가장 높고 騒音이 많다. 즉, air pumping音, 振動音 등의 Pattern noise가 가장 크기 때문이라고 생각된다.

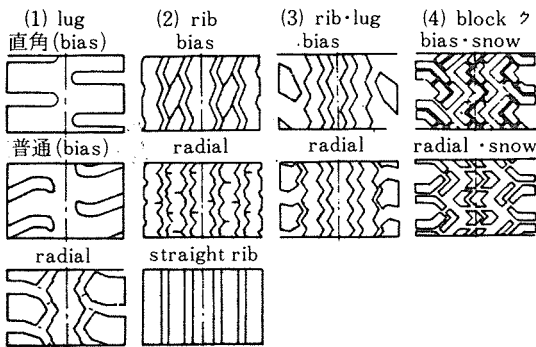


[그림 87] 室内走行試驗에 의한 트럭·버스용 Bias 타이어 騒音의 周波數特性

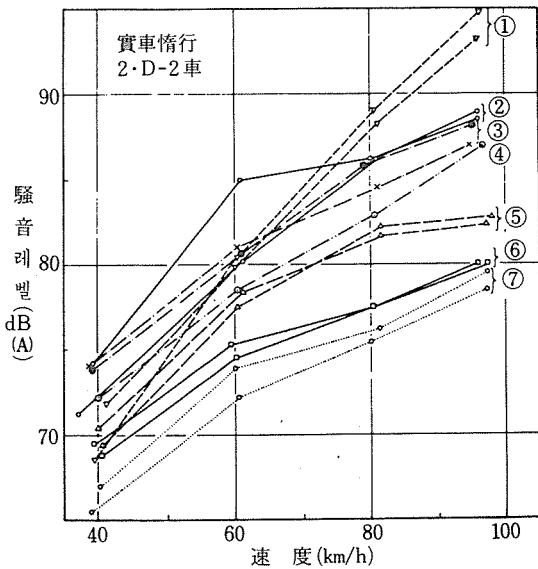
乘用車用 타이어의 패턴은 일반적으로 섬세하고 홈의 容積이 적고, 트레드의 剛性이 낮으므로 接地音이 더 크게 된다. 그림 90은 여러 가지 種類의 타이어의 騒音 레벨을 表示한 것이다. Radial이 일반적으로 낮은 水準이고 역시 Smooth 트레드가 가장 낮다.

b) 타이어의 内部構造

일반적으로 말하면 Bias 構造의 타이어는 Radial 構造에 비해 트레드부의 剛性이 낮고 接地面内에서 트레드블록의 움직임이 크므로 air pumping 音과 接地音이 다같이 크다. 그러나 실



[그림 88] 代表的인 트럭·버스용 타이어의 트레드 패턴



① 直角 lug, ② lug, ③ snow, ④ rib, lug, ⑤ rib, ⑥ straight rib, ⑦ smooth tread

[그림 89] 트럭·버스용 Bias 타이어의 騒音레벨

제로 Radial타이어와 Bias 타이어를 比較할 때에는 타이어의 패턴, 치數諸元, 홈의 形狀, 또는 材料 등이 각각 다르므로, 한 마디로 카카스 構造만으로 그 差를 論한다는 것은 잘못된 것이라고 볼 수 있다.

c) 타이어의 磨耗

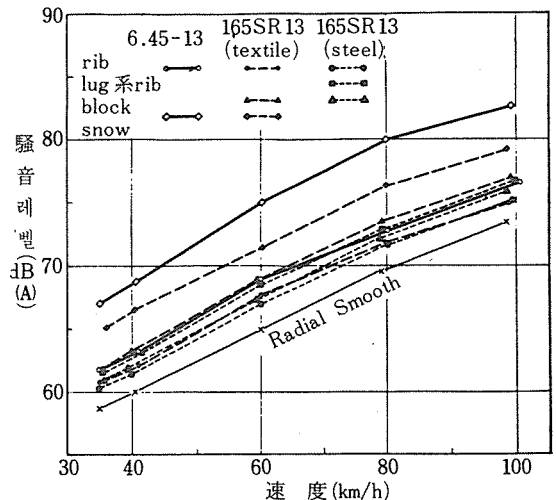
新製타이어는 점차 磨耗됨에 따라 트레드 홈의 깊이가 줄어들고 패턴도 變해간다. 즉, 接地面의 曲率도 變하고, 異常磨耗가 있으면 表面에 凹凸이 생기기도 한다. 실제로는 이러한 모든 現象들이 여러가지로 複合되어 騒音發生에 미치는 影響이 복잡하다. 대체적으로 말해서 타이어가 어느정도까지 磨耗될 때까지는 騒音이 增加되는 傾向이 있는데, 특히, Lug型에서 그 傾向이 현저히 나타난다고 한다.

d) 車 速

지금까지의 타이어 騒音의 發生原因으로 되어 있는 事項은 모두 타이어의 回轉速度가 커질수록 增加되는 것이다. 速度에 의한 增加率은 패턴에 따라 다르나 Pattern noise가 많은 것일수록 騒音이 크다. 즉; Snow 타이어나 lug型 등이 速度에 따른 騒音發生이 甚하다는 것이다.

e) 路 面

타이어 騒音의 大部分은 路面과의 接觸部에서 發生하게 되므로, 路面도 타이어의 種類와 더



[그림 90] 乘用車用 타이어의 騒音 레벨

불어 중요한 騒音因子라고 볼 수 있다.

에어컴핑音은 密封性이 좋은 平滑한 路面에서 크나, 接地音은 반대로 粗雜할수록 加振力이 커져서 騒音이 커지게 된다. 또한 Road noise도 당연히 路面이 조잡할수록 크다. 예컨대, 道路工事 등에서 假設되어 있는 슬립 防止用 鋼板(表面이 울퉁불퉁한 모양) 위에서 異常하게 큰 道路騒音이 나는 것을 많이 경험하고 있다.

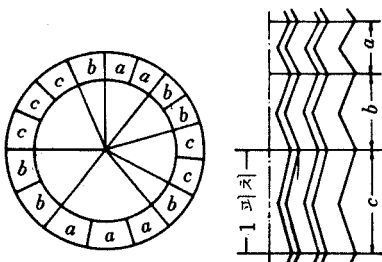
④ 타이어騒音を 줄이는 方法

騒音의 發生原因에서도 알 수 있듯이 타이어 自體만으로 타이어 騒音을 줄인다는 것은 다른 要求性能에 대한 均衡이 맞지 않게 되므로 매우 어려운 일이다. 그러나 騒音의 主力으로 볼 수 있는 Pattern noise에 대해서는 패턴의 피치(pitch)를 다르게 하여 發生하는 音의 周波數를 分散시키는 方法을 利用하여 많은 效果를 얻고 있다. 즉, 일종의 周波數變調로서 音의 에너지는 줄일 수 없으나, 騒音의 周波數를 널리 分散시켜서 騒音을 弱화시킨다는 것이다. 실제의 方法으로서는 그림 91에서와 같이 타이어 周上に 3가지 정도의 피치를 不規則하게 配列하는 方法이 광범위하게 使用되고 있다.

道路鋪裝이 많이 된 오늘날, 磨耗面만으로 볼 때에는 다소 良好하다고 할 수 있는 Lug型이 路線 트럭·버스用으로는 별로 使用되지 않고 있는 것은 여러가지의 다른 原因도 있겠으나, 무엇보다도 騒音 때문에 Lug型 패턴을 많이 使用하지 않고 있는 것이다.

(4) Uniformity의 問題

自動車는 타이어 위에 車體가 놓여 있기 때



[그림 91] 피치 配列의 例

문에 타이어가 回轉하여야 비로서 自動車가 走行하게 되므로 自動車의 振動과 乘車感을 좋게 하고 騒音을 적게 하기 위해서는 타이어의 全圓周上이 完全히 均一하여야 한다. 또한 타이어가 均一하다고 하는 것은, 單純히 모양으로만 보아 完全한 圓形이라는 뜻이 아니라, 타이어 周上の 어느 점에 있어서도 같은 荷重에 대한 屈曲이 같아야 하고, 또 一定한 屈曲下에서 回轉했을 때의 反力이 같아야 한다는 것이다. 이러한 意味에서의 同一性 또는 均一性을 타이어의 Uniformity라 한다. 最近에는 自動車 특히 乘用車의 振動, 乘車感 및 騒音에 대한 研究가 많이 進行됨에 따라 이 Uniformity가 크게 注目을 받게 되었다.

① Uniformity와 그 測定

타이어의 全圓周上이 均一하게 되어 있는지의 여부는, 外徑이나 一定한 屈曲에 대한 反力을 測定함으로써 알 수 있다. 現在에는 Radial 타이어의 普及 등으로 Uniformity의 測定도 여러가지로 複雜한 方法을 쓰게 되었다.

a) Run out

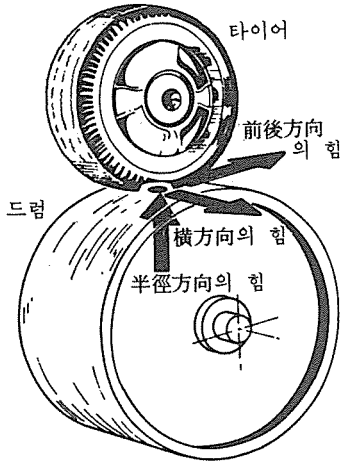
이것은 타이어의 外周가 흔들리는 것을 말한다. 이 Run out는 타이어를 림에 끼워 回轉시켜서 適當한 마이크로미터나 또는 計測器로 測定하게 된다. 일반적으로는 타이어外周의 振動과도 타이어의 最大幅 附近에서의 橫振動을 同時에 測定한다. 外周의 振動을 Radial Run out (RR로 약칭)라 하고, 側面의 振動은 Lateral Run out(LR)라고 한다. 이들은 모두 타이어 形態上의 對稱性 問題이다.

b) Force Variation(FV로 略稱)

回轉드럼上에서 타이어 規格에 따라 정해진 荷重을 負荷시킨 다음, 타이어軸과 드럼軸間의 距離를 固定시키고 타이어軸을 回轉시킬 때 드럼軸에 加해지는 反力을 測定한다. 일반적으로 半徑方向, 橫方向 및 前後方向의 3개의 反力과 그 周上の 變動을 測定한다. 즉, 半徑方向의 反力の 變動을 Radial Force Variation(RFV), 橫方向의 反力の 變動을 Lateral Force Variation(LFV), 前後方向의 反力の 變動을 Traactive Force Variation(TFV)이라고 한다.

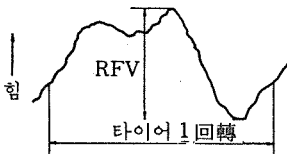
橫方向의 힘은 理想的으로는 모든 곳에서 0 이 되어야 하나, 타이어의 不均一性으로 周上에서의 平均値를 취해보면 보통 0으로 되지 않는다. 이 平均値를 Lateral Force Deviation (LFD) 이라고 한다.

測定機나 測定方法에 대해서는 타이어의 試驗에서 說明하기로 하고 여기서는 省略하겠으나, 測定機의 概念圖와 測定結果의 例를 보면

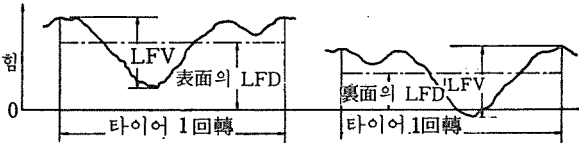


[그림 92] 타이어에서 發生하는 3軸 方向의 힘

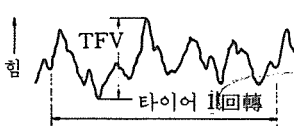
① 半徑方向의 힘



② 橫方向의 힘



③ 前後方向의 힘



[그림 93] 타이어에서 發生하는 힘의 變動波形

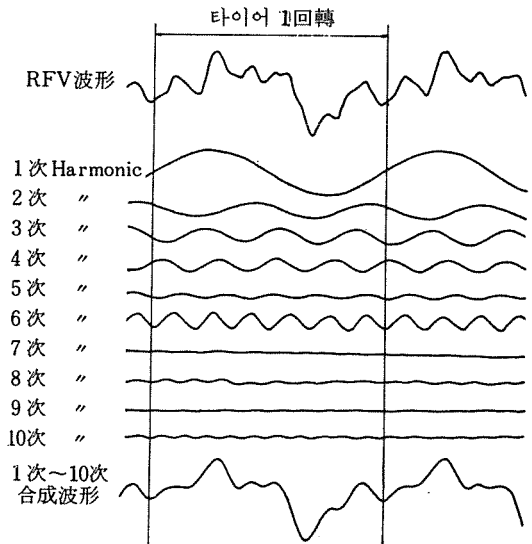
그림 92, 93과 같다. 이와같은 Uniformity의 測定으로 타이어의 各構成要素 및 그 配置, 配列 등의 不均一性を 檢出 또는 推定할 수가 있다. 또 Uniformity의 測定結果를 다시 Fourier 解析으로 Variation 波形의 高次成分을 求할 수도 있다. 이 高次成分은 自動車의 車内の 不快한 振動이나 소리 등의 原因分析에 重要な 자료가 된다(그림 94).

일반적으로 Uniformity의 評價나 工場에서 製品檢査를 할 때에는 타이어를 低速으로 回轉시켜서 測定하게 되나, 타이어의 實際速度와 같은 高速으로 回轉시켜서 Force Variation을 測定하게 되면 또다른 不均一성이 檢出되므로 車內音을 評價하는 데에는 좋은 方法이라고 할 수 있다(그림 95).

c) Conicity와 Ply steer

앞에서 說明한 LFD는 試驗機上에서 슬립角이나 캠버角이 없는 타이어에서 發生하는 橫方向의 힘인데, 最近 많이 보급되고 있는 Radial 타이어의 경우에는 伸縮성이 없는 剛直한 벨트構造가 트레드를 支持하고 있으므로 이 벨트를 設計, 製造할 때에 만일 벨트의 位置가 均一하지 못하면 그로 因한 LFD가 問題되기도 한다.

LFD를 두 成分으로 分類하여 생각한다면,



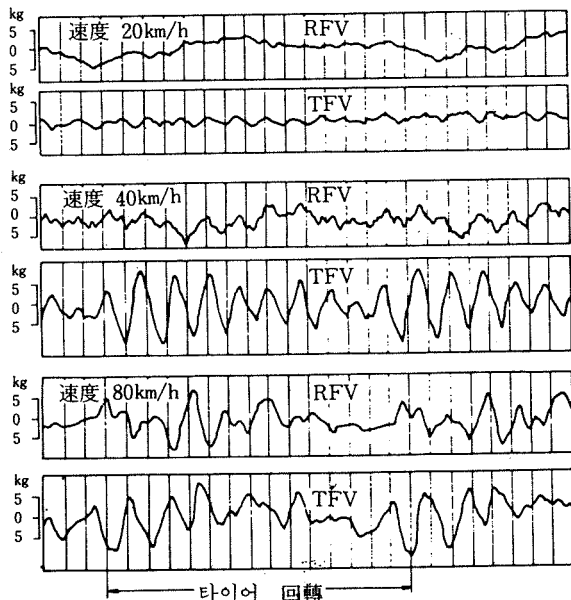
[그림 94] FV 波形의 Fourier 解析例

타이어의 進行方向에 關係없이 發生하는 橫方向의 힘과 타이어의 進行方向에 따라 方向이 左右로 變하는 橫方向의 힘으로 나눌 수 있다. 前者는 마치 円錐形을 굴렸을 때와 같이 언젠가나 일정한 方向의 橫力이 發生하므로 Conicity 라고 하며, 後者는 핸들을 잡고 슬립角을 주었을 때와 같은 橫力으로서, 벨트의 最外層 플라이의 角度나 方向에 따라 支配되므로 Ply Steer 라고 부르고 있다. 이들을 檢出하는데는 타이어의 表·裏面을 2回 測定하여야 하며, 이들은 自動車의 直進性에 關係되는 것이다.

② 自動車에 대한 影響

타이어의 不均一性으로 發生되는 振動은 乘車員과 직접 接觸되어 있는 車輛의 바닥, 시트, 핸들 등의 振動 또는 音으로서 感知된다. 즉, Shake, Thump, Roughness 라고 하는 것들이 다.

대체적으로 말하면, Shake 란 RFV, LFV, 타이어의 重量 언밸런스 등이 原因이며, 그 1次 또는 2次成分이 車體全體 또는 一部分의 各種 固有振動數와 共振를 일으키게 될 때에 느끼게 되는 振動이다. 代表的인 例로는 트럭 등에서 運轉席이 縱橫으로 흔들리는 경우를 들 수



[그림 95] 고속 Uniformity 波形的 例

있다.

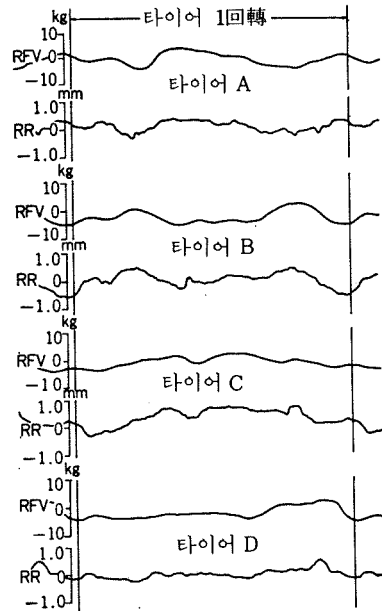
Thump 는 RFV 에 凸部가 펄스적으로 있을 때나, 또는 高速 Uniformity 波形이 일정하지 못할 때에 느끼게 되는 쿵쿵하는 소리이다. 振動에서 說明하였던 Harshness 는 路面의 이은 매 등에서 發生하는 衝擊力이 問題였으나, Thump 는 이와 같은 問題와 타이어 自體에 內在한 不均一性으로 야기되는 것이라고 볼 수 있다. 그리고 Roughness 는 FV의 高次成分에 의한 車內音으로 感知되는 것으로, Thump 가 6 ~ 8 Hz 정도의 頻度로 나오는 打音인데 비해 이것은 더 連續적으로 들리게 된다.

실제로는 이들 振動, 騒音의 傳達은 車輛의 構造와 剛性 등의 特性에 의해 다르므로 어떤 自動車에서는 가장 좋다고 好評받던 타이어가 같은 수준의 他社의 自動車에서는 클레임이 제기되는 수가 있다고 한다.

③ Uniformity 의 修正

a) Tread buff 修正

Uniformity 가 希望한 水準만큼 달하지 못했을 경우에는 トレ드고무를 극히 얇게 깎아냄으로써 그 水準을 向上시킬 수 있다. 大部分의 경우 外形으로 보아 不均一한 RR (Radial Run



[그림 96] Run out 와 FV 波形的 關係

out) 波形과 RFV 波形에는 어느 정도의 關係가 있으므로 外徑 치數를 切削함으로써 修正할 수 있다.

不均一한 外徑을 修正하는데는 buff 用 Run out 修正 그라인더와 FV 를 檢出하면서 buff 하는 FV 修正 그라인더가 있으나 後者の 效果가 크다. Run out 와 FV 波形의 關係, Force grinder 의 概念 및 FV 修正의 效果 등의 例를 그림 96, 97, 98에 圖示하였다. 그러나 이와같은 方法에 의해서도 RFV 가 큰 타이어는 完全히 修正할 수는 없으므로, 물론 當然한 일이겠으나, 될수 있는 限 처음부터 FV 가 작은 타이어를 만드는데 努力하여야 한다.

b) 림에 끼울 때 位相을 맞춘다

타이어를 끼우는 휠(wheel)에도 製造上 어느 정도의 精密하지 못한 점이 있다. 그러므로 휠에서 비드(bead)가 들어가는 자리의 RR(Radial Run out : 外周振動)을 檢出하여, 그 1次成分의 골(谷)과 精密한 림에서 測定한 타이어 RFV 의 1次 피크의 位置를 맞추어서 Wheel Assembly 로 RFV 를 改善하는 方法도 있다.

④ 나일론 타이어의 플랫스팟

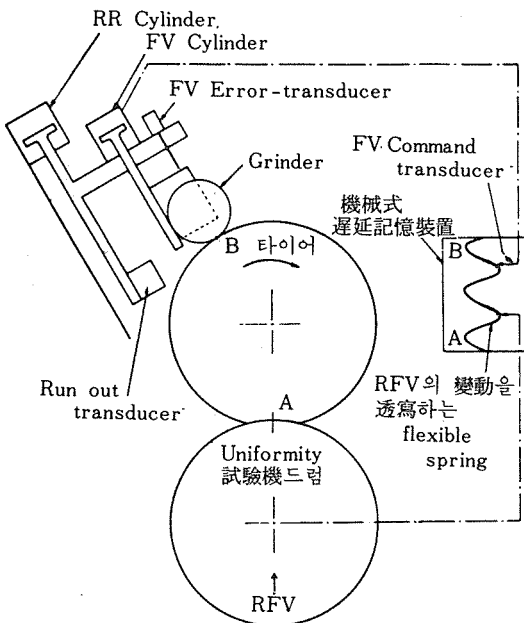
나일론 코드를 사용한 Bias 타이어에서 發生하는 특이한 問題로서, 이른바 플랫스팟(flat spot)에 의한 Thump 現象이다. 이것은 走行 후 發熱으로써 溫度가 올라간 상태에서 自動車를 放置해 두게 되면 타이어의 接地部分의 變形이 그대로 남게 되어, 다음 走行時에 Thump 現象을 일으키게 되는 것이다. 마치 옷감같은 것을 다리미 질하여 줄을 세우는 것과 같은 것으로 생각할 수 있다.

이와같은 變形은 타이어가 回轉하여 다시 溫度가 올라가게 되면 점차 없어지게 되나, 走行할 때와 放置해둘 때의 溫度差가 클수록 심하므로 특히 寒冷地에서 더욱 나타나기 쉽고, 또 自動車가 밤 늦게 돌아와서 駐車하였다가 다음 날 아침에 走行하게 되면 덜컹덜컹하는 이른바 Morning Thump 가 일어나게 된다.

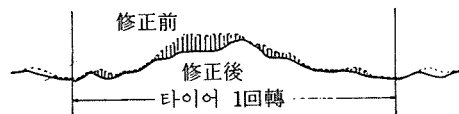
이와같은 플랫스팟의 現象은 폴리에스테르 코드에서도 간혹 나타나게 되나, 레이온 코드 타이어에서는 거의 全然 나타나지 않는다고 한다. 이러한 現象이 美國에서는 특히 乘用車에서만 問題되었다고 하는데, 日本에서는 ply 數가 높은 7.50-16-14 PR 와 같은 타이어에서도 클레임이 발생했다고 한다. 다행히 이 플랫스팟 現象이 타이어 壽命 등에는 별 影響이 없다고 하나, 乘車感이나 騒音 등의 快適性에 比重을 두고 있는 오늘날에는, 그 現象을 理解하지 않으면 안될 것이다.

⑤ 언밸런스(重量 Unbalance)

타이어 周上에 重量이 均一하지 못한 곳이 있으면 走行할 때 1回轉에 1回씩 加振力이 作用하여 車輛全體나 핸들에 振動이 온다는 것은 잘 알고 있는 現象이다. 1956年頃 美國에서는 타이어 製造工場의 마무리 과정에서 重量 언밸런스를 測定하는 언밸런스 測定機를 設置하여



[그림 97] Force grinder 의 概念圖



[그림 98] FV 波形의 修正例



타이어의 가벼운 곳에 標識가 찍혀나오도록 하였다. 航空機用 타이어 등에서는 언밸런스가 큰 경우에는 타이어內面에 밸런스 패치(Balance patch)를 붙여서 重量의 밸런스를 맞추고 있다. 물론 이와같은 方法은 靜的인 面에서는 밸런스를 잡을수는 있으나, 타이어의 Uniformity 改善에는 아무런 역할을 하지 못한다.

림에 타이어를 끼워서 回轉시키면서 언밸런스를 測定하는 動的 언밸런스 測定에서는 타이어의 幅(橫)方向의 重量 언밸런스도 檢出할 수 있다. 周方向의 重量 언밸런스는 RFV, TFV

에 영향이 미치고, 橫方向의 언밸런스는 LFV 에 영향이 미치게 된다.

타이어의 Uniformity 에 대해서는 별로 자세한 說明을 하지 못한 것 같으나, 어쨌든, 完全한 圓形이면서도 均一해야만 하는 타이어에도 製造工程上의 必然的인 不均一性으로 不快한 振動이나 騒音을 일으키게 되는 原因이 內包되어 있으므로 現在에는 이러한 問題를 解決하기 위하여 타이어 製造設備나 方法에 있어서 많은 研究가 꾸준히 계속되고 있다.



〈p. 39의 계속〉

이 그림(그림 2)에서도 나타난 바와 같이 日本系企業과 美國系企業과의 差가 좁아지고 있음을 알 수 있다. 美國系企業이 지금까지 日本系企業에 크게 뒤지고 있었던 生産性에 있어서도 이제 本格的인 반격작전으로 그 效果가 나타나기 시작했다고 볼 수 있다. 그림 3은 Bridgestone, Goodyear, Michelin, Goodrich, General 등의 1人當 利益額의 推移를 75년부터 比較해본 것이다. 특히 高收益性을 자랑하던 Bridgestone 이 最全盛期에 비해 1/2 以下の 水準까지 떨어졌다.

表 4는 表 1의 各社 賣出額을 토대로 한 타이어 部門의 賣出額 排名이다. 1位는 Goodyear 約 60억달러, 2位는 Michelin 約 52~48억

달러, 3位는 Firestone 約 27억달러, 4位는 Bridgestone 約 20억달러, 5位는 Pirelli 約 17억달러…… 등의 順位로 排名은 前年과 變動이 없다. 단, Dunlop·Olympic 의 타이어 部門 比率이 40%라면, Toyo 와 Dunlop·Olympic 의 順位가 바뀌게 된다. 그러나 이것 또한 推定에 불과하다.

以上으로 Fortune 誌에서 調査한 資料를 토대로 하여, 『82年 世界 타이어·고무 메이커 排名』에 관한 說明을 끝냈으나, 한마디로 말해서, 82年度 타이어産業 業績은 『世界的인 過當競爭으로 全體的으로는 赤字經營이었다』고 말할 수 있다.