

고무 제품의 摩耗(II)

金 駿 洙 編 譯

1. 序 言
2. 試驗方法과 實用的 比較
3. 摩耗現象과 機構
4. 結 言

3-2. 摩擦係數(μ), Slip 와 摩耗

式(1)에 依해서 摩擦力은 :N 과 μ 의 積으로 表示된다. 따라서 μ 는 摩耗에서 重要的 값이지만 N과 달라 아주 많은 要因에 支配된다. 크게 나누어서 a. 相接하는 그 物體의 物性, b. 接觸面의 狀態, c. Slip의 셋으로 나눌 수 있다.

a. 物性的 影響

고무제품의 物性は 고무제품이 많은 物質의 複合體이기 때문에 여러가지이고 또 加黃한 것이기 때문에 加黃度의 影響을 받고 粘強性體이기 때문에 外力에 依하여 變形을 일으켜 應力의 分布를 複雜하게 한다. 實用製品으로서 Tire, 靴類는 形狀의 效果가 Tire belt에서는 Cord의 存在가 또한 Tire에서는 全體 構造의 影響이 外力의 分布를 아주 複雜하게 한다. Ames와 Lauterbach는 內壓과 荷重을 附與했을 때의 Carcass上的 各部分의 永久歪, 歪力分布를 求하였고, Hofferberth는 Tire全體로서의 Slip角과 側面力(Side force), 荷重과 變形을 求하고, Schallamach는 接地面에서의 變形을 實驗하였다. Tire 모양의 影響을 보기 위한 Model로서

Zapp는 Lambourn 試驗機에서 보통 試驗片과 圓周에 따라 3줄의 홈을 판 試驗片에 對해서 Carbon black의 配合量을 40部와 60部로 한 Butyl고무의 Tread配合物을 試驗한 結果 홈을 판 것과 안판 것은 Carbon配合量의 影響이 逆轉하였다고 한다. Grosch와 Schallamach는 平平한 고무試料를 一定한 荷重을 걸어서 摩耗紙上에 걸게하고 摩耗紙(Silicon carbide紙)를 一定速度로 달리게하는 裝置에 依하여 溫度를 廣範圍하게 變更하여 1cm/sec의 速度로 各種고무의 純고무 및 Carbon black配合고무에 對하여 摩耗量과 摩擦係數(摩擦力을 Spring式 Dynamometer로 測定하고 그것과 荷重에서 算出)를 測定했다. 摩耗量을 單位荷重當, 單位摩耗距離當의 摩耗容積으로 表示하고 그 값을 摩耗係數(Abrasion coefficient) A로 表示하고 A와 μ 의 比 A/μ 을 荷重에 獨立한 값으로서 Abradibility라 했다.

A/μ 은 또 單位 Energy消費當의 摩耗容積을 表示하는 것도 된다. μ 의 溫度에 依한 變化는 非結晶性고무의 純고무配合物에서 顯著하고, 結晶性 및 補強劑充填고무에서는 變化가 적다. 어떤 경우에도 溫度의 低下와 더불어 徐徐히 μ 값은 크게되고 脆化點附近에서 急히 커져서 最大值가 되고 그 以下가 되면 急減한다. 그래서 μ 이 最大가 되는 附近(高溫側)에서 Abrasion pattern(摩耗方向에

直角인 破形模樣)이 빨리된다. 다시 말하면 Butyl 고무의 純고무 加黃物에서는 不過 35 cm의 摩耗距離에서 Abrasion pattern이 나타난다. Abrasion pattern이 되는 것은 純고무加黃物에서 顯著하고 充填劑 添加物에서는 그렇지 않다. 또 脆化點以下の 溫度域에서는 摩耗面은 金屬이나 Plastics의 摩耗面에 相似한 굽힌 모양(摩耗方向에 홈이 생긴다), 또 溫度가 올라가면 μ 은 漸減하므로 摩耗量이 急速히 增加하는 것은 溫度의 上昇과 더불어 고무의 強度가 低下하기 때문이라고 說明하고 있다.

고무의 物性에서 또 하나 問題가 되는 것은 Hysteresis, 疲勞에 依한 變化다. 使用中 變形이 반복됨으로 因해서 고무의 物性は 變化한다. Rudakov 등은 고무의 摩耗는 Schallmach의 針에 依한 굽는 試驗에서 代表될 만한 機構만이 아니고 平滑한 面으로 摩擦해도 疲勞에 依하여 摩耗가 일어나는 것을 特殊한 裝置를 使用하여 表示했다. 即 尖端이 曲率 0.1 mm 程度의 둥근 Steel製의 Indenter를 平滑한 고무面에 垂直으로 一定壓(고무에 對한 接觸壓은 10 kg/cm² 前後)으로 누르고 고무面에 水平으로 Indenter를 50 cps 前後의 週기로 往復運動시켜 Indenter의 움직임과 Synchronize된 Camera로 고무表面을 撮影, 또 따로 顯微鏡으로 觀察할 수 있도록 했다. 고무로서는 Tread配合의 SBR, BR, IIR, NR, IR 및 純고무配合의 IR과 CR을 使用했다. Indenter의 運動을 開始하여 暫時동안은 고무表面이 變化하지 않으나 一定한 誘導期間이 지나면 Schallmach 등의 觀測과 비슷한 Abrasion pattern이 되고 Abrasion pattern이 생기기 始作하면 急히 摩擦力이 增大한다. 또 Abrasion pattern이 나타나기 始作하

기까지의 誘導期間은 고무의 種類, 接觸壓의 크기에 따라 Indenter의 通過回數로서 100~10⁶으로 變化한다. 또 고무表面이 確實히 粘着性이 되어 잡아늘어져 Roll狀으로 감겨지는 것, 天然고무나 SBR에서는 通過回數 10⁵~10⁶附近에서 液狀物로 보이는 빛난 斑點이 보이는 것, He中에서 行하면 이 斑點이 없어지는 것 등을 觀察하고 고무가 疲勞에 依해서 摩耗하는 것, 平滑한 面에서는 天然고무는 酸化에 依한 劣化도 關與되어 있음을 報告하였다.

以上 고무의 特性에 對해서 記述했으나 前에도 記述한 바와 같이 μ 는 相接하는 2物體의 特性에 依하므로 당연히 서로의 物質(Tire, 靴類에서는 道路)의 物性에도 依存한다.

b. 接觸面의 狀態

Tire나 靴類에서 路面이 平滑한 Asphalt이거나, 거치른 Concrete이거나, 砂利盆이거나, 자갈길이나에 따라 μ 이 變化하고 따라서 摩耗가 變化하는 것은 잘 알려져 있다. 또 Belt의 경우에 홈을 運搬하는 경우, 모래를 運搬하는 경우, 鑛石을 運搬하는 경우에 따라서 變化하는 것도 역시 같다. 이에 對해서는 다음에 苛酷度에서 取扱하지만 平滑한 面이나, 突起가 많은 面이나에 따라 a.에서 記述한 Schallmach에 代表할만한 굽는 機構即, 고무의 引裂強度나 引張強度가 크게 支配하는 破壞나 摩耗에 依한 고무의 破壞機構가 變化하는 것으로 생각된다.

또 하나의 因子로서 表面이 젖은 問題가 있다. 表面이 젖으면 부풀게 되기 쉽다는 것은 잘 알려져 있고 또 위에서 記述한 바와 같이 Tire에 對해서 測定되고 있다. Schallmach는 젖음에 依한 摩耗의 減少를 路面溫度의 低下에 基因된다고 하나 摩擦係

數가 減少하면 同一 荷重下에서는 摩擦力도 減少하고 따라서 고무의 破壞도 적게되어 摩擦耗가 減少하게 되기 때문에 溫度의 影響만으로 단정하는 것은 疑問이 있다.

또 實用上에 있어서 때로 看過해 버리기 쉬운 要因으로서 路面의 티끌 먼지가 있다. 이는 거의 摩擦試驗機에서 Dusting 의 問題와 같은 效果를 준다고 생각된다. Schallmach 는 前述한 a.의 裝置를 使用하여 各種 粉末을 試驗하여 Emery 粉, Silicon carbide 粉, Slat 粉等은 不適當하다고 하며 Magnesia, 후-라土, French chalk 가 좋고 그 中에서도 Magnesia 가 가장 適合하다고 하며 Magnesia 에 對해서 그 添加量을 變化해서 20°C 와 95°C 에서 μ 과 A/μ 을 測定하고 또 고무에서의 汚染物의 浸出을 考慮하여 Acetone 抽出의 影響도 調査했다. Powell 等은 定 Power 式의 Lambourn 試驗機에서 摩擦粉의 汚染의 除去 때문에 물의 Spray, Wire brush, Emery 粉, French chalk, Carbolundum 等を Test 하고 120 grit 의 Crystrone 과 Emery 粉의 混合物이 가장 適合하다고 報告하였고, Pigo 試驗機에 對해서는 前述(2.4)했다.

c. Slip.

앞에서도 記述한 바와같이 接觸面에서의 그 物體의 相對速度를 Slip 라하면 Slip 의 存在는 摩擦耗가 일어나기 위한 必須條件이다. Tire 를 例로들면 直線 Course 를 一定速度로 定常狀態에서 走行하여도 荷重, 速度, Tire, 路面狀態에 따라서 一定한 Slip 가 생긴다. 이 Slip 는 Curve(Cornering), 加減速, 停止作動(Braking)에 있어서는 더욱 增加된다. 前者의 경우(直線 Course 의 定速走行)에도 Slip 은 速度, 荷重 Tire 와 路面의 狀態等 모두가 關係되고 同一 道路를 같은 車로 달렸을 때

만이 Slip 와 速度는 一定한 關係를 갖는다. 이와같이 實用에 있어서 Slip 은 複雜하므로 走行試驗에 있어서는 直接으로는 測定되지 않고 速度, 荷重, 路面狀態等의 影響으로서 摩擦耗現象을 把握하고 있다.

한편 試驗機에서는 Slip 은 容易하게 把握됨으로 어느 試驗機에서든지 Slip 의 影響이 調査되고 있다. Towing 法은 實走에 있어서 Slip 의 影響을 主體로 摩擦耗를 調査하려는 試驗이다.

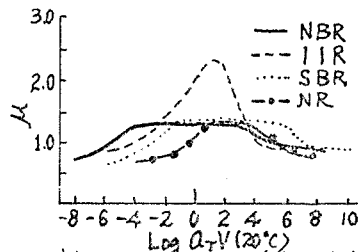


Fig. 2. HAF 50部配合한 各種고무의 速度와 摩擦係數 (여러저溫으로 測定한 A_T 를 使用, 20°C로 換算)

摩擦係數는 Slip(또는 相對速度)에 따라 달라진다. Grosch 의 測定을 (Fig. 2)에 보인다.

橫軸의 a_T 는 溫度에 關한 Parameter 로서 溫度에 依한 Slip 와 μ 의 關係가 Family 를 이루는 曲線이 됨으로(Gerry transform 또는 WLF transform) 溫度換算에 關한 Parameter a_T 를 使用하여 溫度의 影響도 包含해서 一本의 曲線으로 綜合한 것이다. Bulgin 等은 窒쇠의 Drum 에 고무圓盤을 接觸시켜서 같은 測定을 하여 (Fig. 2)와 같은 Graph 를 얻었다. 硬度和 μ 과의 關係를 (Fig. 3)에 보인다. Boggs 等은 Lambourn 型의 試驗機에서 Slip 率(相對速度/試料速度×100)에 對한 摩擦力和 摩擦耗量을 求했고(Fig. 4) 網島는 Belt 에 對해서 Pully 速度와 μ 의 關係를 求했고 (Fig. 5) 아주 다른 測定인 (Fig. 4)의 摩擦力的 曲線과 (Fig. 5)의 μ 의 曲線과의 形이 대개 同一한 것은 Belt 와 Tire 와의 摩擦耗가 本質적으로는 같은 것임을 나타내고 있다.

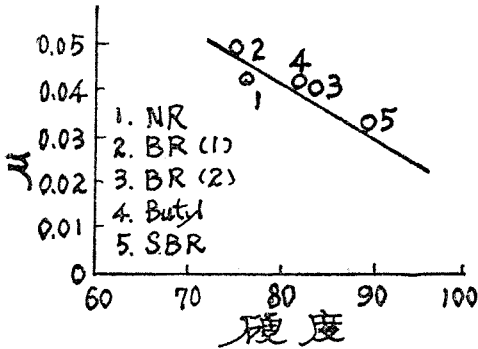


Fig. 3. 硬度斗摩擦係數(μ)

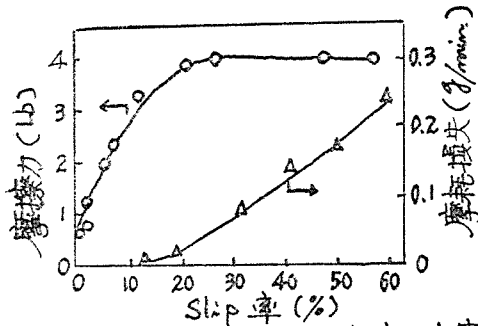


Fig. 4. Slip率은 變換한 場合의 摩擦力斗 摩耗 (SBR 配合物)

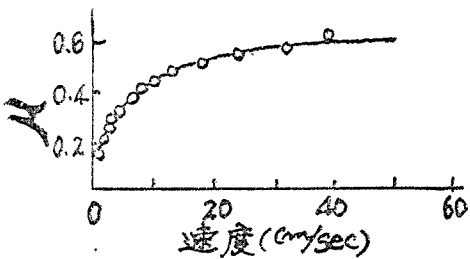


Fig. 5. Belt 速度斗 摩擦係數(μ)

위에서 記述해은 바와같이 實用에서의 摩耗는 아주 廣範圍에 걸친 많은 因子에 依해서 일어난다. 이들 各 因子에 依한 影響을 調査한다는 것은 勿論 重要하지만 摩耗試驗의 實用的인 見地에서 이들의 因子를 一括해서 結果로서의 摩耗損失의 大小를 條件의 尺度로 하려는 傾向이 있다. 이것이 苛酷度(Severity)의 考察方法으로서 이 考察方法은

SBR 이 實用되기 始作하여 使用條件의 苛酷度에 따라 從來의 天然고무와의 耐摩耗性的 順位가 逆轉함을 알고서부터 일어났다.

SBR 과 天然고무와의 上記 事實을 最初로 報告한 것은 Biard 와 Svetlik 이다. 天然고무 Tire 의 摩耗損失을 苛酷度の 尺度로 取하여 2種의 Hot SBR Type 의 摩耗指數를 나타내면 (Fig. 6) 과 같이 된다.

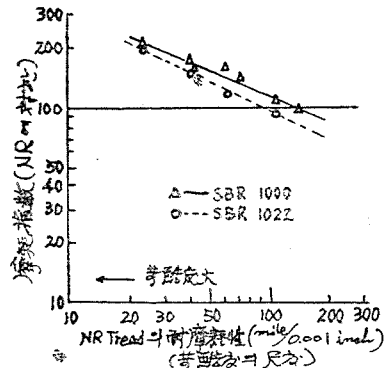


Fig. 6. 苛酷도가 다음에 依는 天然고무와 hot SBR 의 摩耗性.

苛酷度の 考察을 最初로 取하여 試驗할 것을 提案한 것은 Greesink 와 Prat 이다. 이들은 어떤 試驗配合의 加黃物의 摩耗損失을 試驗機와 道路에서 測定하고 同時에 道路에서 試驗한 標準試料의 摩耗損失에 對하여 Plot 하면 不連續點이 나타나지 않음을 實驗으로 나타내고 標準試料의 摩耗損失을 苛酷度の 尺度로 할 것을 提案했다. 即, 標準試料의 實走行試驗의 摩耗損失과 같은 摩耗量을 주는 條件으로 試驗機에서도 比較하면 試驗機의 結果와 道路試驗의 結果를 一致시킬 수 있다고 했다. Ginn 等은 標準試料의 摩耗損失을 苛酷度の 尺度로 할 때 苛酷度の 純粹와 不純(얼마간의 純粹한 苛酷도가 混合되어 있음)을 問題로 했다. 即, 苛酷도에 依해서 摩耗性的 變化가 다른 配合物을 比較할 때 다른 苛酷度(純粹)가 混合되어 있는 條件으로 比較하면 그 混合比率에 따라 結果는 變

화한다. 따라서 純粹한 苛酷度에서 試驗하지 않으면 안된다는 것을 指摘하고 있다. 確實히 이것은 重要的 것이지만 苛酷度の 純粹性이라고 하는 것을 嚴密히 Check 해보면 3-1, 3-2 에서 記述한 各 要因의 檢討라는 것이 된다.

試驗機에서 苛酷度を 選定하려고 할 때 같은 配合物의 道路試驗에서의 摩耗指數와 對應하는 값을 될 수 있는대로 小數의 試料에서 얻을 수 있도록 選擇하여야 하나 이 對應性은 때때로 偶然的인 것이 있어 試驗材料의 評價를 誤認할 때가 많다. 보통 試驗條件을 一定하게 한 것만으로 同一 苛酷度라고 생각하기 쉬우나 實際 使用條件에서의 要因을 생각하여 條件의 選定을 하지 않으면 안된다.

또 많은 試驗機는 實用보다도 아주 苛酷한 條件으로 操作되어 있어 外插으로 實用條件의 舉動을 推定하려해도 外插의 거리가 길기 때문에 正確도가 떨어진다. Davison 에 依하면 7.50×14 의 SBR Tire 에서 California 의 Free way 에서의 走行摩耗量은 43 cm/1000 mile 이 있으나 이에 相當하는 그의 試驗에서의 摩耗量은 6×10^{-4} ml/hr 가 되어 아무래도 보통 試驗機의 苛酷도가 높음을 나타내고 있다.

Davison 은 Tire 에 對해서 走行條件과 恰似한 條件으로써 苛重과 傳達 Power 를 採用하고 또 試驗機를 自動制御로 해서 道路條件을 包含한 낮은 苛酷度の 試驗이 되도록 했다. 또 試驗과 道路試驗과의 苛酷度を 比較하기 위하여 比摩耗係數(Specific abrasion coefficient)라고 하는 量을 생각했다. 即 Tire 의 接地部分의 單位面積이 走行距離(Tire 가 走行한 거리가 아님)에 따른 單位面積當의

摩耗量으로서 接觸比(Contact ratio)를 接地面積/全 Tread 面積으로 表示하고 Tire 의 摩耗損失을 $T(\text{ml}/1000 \text{ mile})$ 라 하면

$$\text{比摩耗係數} = T / 1.61 \times 10^5 (1000 \text{ mile}) \times \text{接觸比} \times \text{全 Tread 面積}$$

이 되고 <表 6>의 Tire 에 對해서

$$\text{比摩耗係數} = 3.65 \times 10^{-11} T \dots\dots\dots (2)$$

가 된다. 한편 試驗機에서는 摩耗量은 ml/hr 로 表示하는 것이 便利하고 <表 6>으로부터 試片의 1時間當의 走行距離는 $5.0 \times 10^5 \text{ cm}$ 가 된다. 따라서 等苛酷度を 얻기위한 試驗機에서의 摩耗量을 $S(\text{ml}/\text{hr})$ 라 하면

$$S = \text{比摩耗係數} \times 1 \text{ 時間의 走行距離} \times \text{接觸比} \times \text{Tread 的 面積}$$

이 되고 具體的으로 數値를 代入하면

$$S = 1.4 \times 10^{-5} T \dots\dots\dots (3)$$

이 된다. 이 式에 依하여 等苛酷度が 決定된다.

<表 6> 試驗 Tire 와 摩耗輪의 諸元(Davison 의 試驗)

試驗 Tire	摩耗輪
Size 7.50×14	回轉數 600 rpm
直徑 60 cm	直徑 4.44 cm
幅 11.4 cm	幅 0.953 cm
Tread 面積 1810 cm ²	全 Tread 面積 13.25 cm ²
接觸比 0.094	接觸比 0.0573

試驗機와 道路試驗의 Data 가 잘 一致하는 것은 試驗機의 條件이 適切했던 것과 California 의 Root 가 純苛酷도가 있음을 나타내고 있다. 이에 對하여 Texas 와 California 의 Root A 와의 道路試驗結果의 異常性은 Texas 쪽이 苛酷도가 높다고 생각해서는 說明이 안되고 Texas 의 경우는 苛酷도가 不純하다고 說明할 수 있을 것이다. 即, 路面의 寫眞으로부터 California 의 Root A 는 路面이 平滑한데 比해서 Texas 의 路面은 Asphalt 凝集塊의 突起가 存在한다. 이러한 경우 Tire 는 突起上에 연친 狀態에서 走行되어 突起가 아닌 部

分은 弱한 接觸이 된다. 그래서 突起에 연 隣部分은 高苛酷度이다. 全體의 接觸面에 對한 比率는 적다. 突起가 아닌 部分의 接觸은 面積은 크나 苛酷度는 낮다. 即, 적은 比率의 苛酷도와 大部分의 低苛酷도의 混合狀態라고 생각되고 兩者의 比率, 苛酷度の 數值(ml/1000 mile 로 表示)를 假定하고, 兩苛酷度の 構成을 線型으로해서 California 에서의 Data 를 使用하면 Texas 의 數値가 얻어진다. 위의 假定은 數値를 合치기 위한 任意的인 것이나 苛酷度の 不純度の 說明은 되지 않는다고 본다.

또 天然고무의 低苛酷度에서의 摩耗가 高苛酷度の 경우보다 큰 것은 接觸面에서의 單位面積을 생각하면 低苛酷度の 便이 高苛酷度の 경우 또 道路試驗에서의 低苛酷度の 경우보다도 空氣에 조이고 있는 時間이 긴 것 등에서 天然고무의 酸化의 影響이라 하고 있다.

3-3. 其 他

3-2 의 a. 에서 고무配合物의 物性이 復雜하게 摩耗 및 摩擦에 影響을 미친다고 했다. 또 고무種類的 影響도 여러 가지 取扱

하였다. 그 以外 充填劑油의 種類, 配合量도 고무物性에의 影響으로서 마땅히 摩耗에 關係한다. 特히 粒子가 작은 Carbon black 은 耐摩耗性 製品에는 必要不可欠한 資材이다. 一般的으로 말해서 粒子가 작을 수록 耐摩耗性은 좋아지지만 分散性에 制約이 있어서 SAF 가 限界가 되어 있다. 또 最近 Furnace black 으로 各種 Structure 의 것이 製造할 수 있게 되었다. Structure 의 影響은 또 넓은 範圍에 걸친 詳價는 끝나지 않았으나 傾向의 으로 Structure 가 높을 수록 耐摩耗性은 좋다.

또 油에 對해서는 最近 油展 SBR, BR, EPT 의 開發과 더불어 多量配合를 할 수 있게 되고 芳香性이 높은 것이 摩耗에 좋다고 한다.

補強性이 큰 充填劑의 影響에서 無視해서는 안될 것은 分散問題이다. 特히 最近과 같이 Oil 의 多量配合이나 너무 軟하게 구불어지는 合成고무의 使用에 있어서 重要하게 되었다. 一般的으로 1~10 μ 以上の 凝集塊가 惡影響을 준다고 하며 特히 摩耗 引張強度, Hysterisis 에 影響이 미친다고 한다.

<表 7> HAF 및 ISAF 天然고무乘用車 Tire 의 國際的 道路試驗

道 路	走行距離 (km)	速 度 (km/hr)	ISAF Tire 의 摩耗指數 (HAF Tire 에 對한)	95% 信賴限界	Tire 構 成	試 驗 本 數
Nürburgring	(獨) 1,825	70	138.1	± 4.2	Half*1	4
"	(") 1,460	70	142.2	± 5.4	Whole	4
通常 道路	(") 16,000	變動	117.7	± 3.8	Half	4
英國 西北部	(英) 15,100	變動	118.8	± 8.9	Half	4
San Antonio, Texas	(美) 20,900	97	114.6	± 4.7	Half	4
西部 Texas	(美) 21,300	97	105.0	± 8.5	Half	6
Zandvoort race course(Holland)	{ 672	72	138.6	± 7.8	Whole	4
	{ 672	72	138.3	± 11.0	Half	4
通常 道路	(佛) 1,920	{60	104	± 16	Whole	4
		{80	102	± 9		
Montlhèry race course	(佛) 200	{47	125	± 26	Whole	4
		{65	127	± 10		

*1. Half : Half Tread 로서 1 本의 Tire Tread 의 半分을 ISAF, 다른 半分을 HAF 의 配合物로 해서 加黃한 것, 道路, 運轉狀況의 分布를 包含해서 2 者를 比較할 수 있는 便利가 있다. 이에 對하여 Whole 은 Whole Treads 로서 보통의 Tire 를 말한다.

以上 記述한 資材의 影響은 實際로 使用하는 경우 使用條件에 따라 크게 變化한다. Cabot, Degussa, France 고무協會, 오란다의 N. V. Rubber Fabrick 의 共同으로 天然고무의 HAF 및 ISAF 配合의 乘用車 Tire 에 對해서 歐州의 7個所, 美國의 2個所에서 充分한 統計的 管理下에서 行한 道路試驗의 結果는 <表 7>과 같다.

ISAF 의 HAF 에 對한 摩耗指數가 102~142 와 같이 大端히 넓은 範圍를 나타내고 있다. 配合는 同一하고, Tire size, 車도 大略 同一하므로 道路의 苛酷도가 다르다고 할 수 있다. 即 苛酷도가 크면 ISAF 의 優位性이 크게 나타난다고 한다.

4. 結 言

以上 摩耗現象에 어떤 因子가 含有하느냐 이에 依하여 어떻게 影響이 미치느냐等 主要한 問題에 對해서 記述해 왔다. 우리가 實用上 摩耗를 問題로하는 경우는 資材의 變更, 配合의 變更等에 依한 影響을 求하는 경우가 많다.

이러한 경우 極端으로 耐摩耗性이 다른 경우는 적고 대개는 數 10% 以下の 耐摩耗性의 變化가 問題가 된다.

이를 摩耗試驗에 依해서 判斷해야 하나 그 경우의 注意를 위에서 記述해온 것으로부터 綜合해 보고자 한다.

4-1. 그 製品의 使用狀況, 既製品의 摩耗, Data 의 統計的 把握, 말을 바꾸면 苛酷度の 把握 :

이것은 實際로는 相當히 困難하나 어떤 形에서 잡는 것은 摩耗試驗의 前提條件이다.

4-2. 使用試驗機의 特性檢討 :

그 試驗機가 目的한 製品使用時의 苛酷

度에 가깝다. 또 그것을 어떤 正確度を 推定할 수 있는 條件을 주는데는 어떤 試驗條件을 選擇하면 좋은 가를 檢討한다. 경우에 따라서는 摩耗面을 바꿈으로서 解決할 수 있다고 생각한다.

4-3. 實驗의 實施에 있어서 :

a. 摩耗面의 汚染防止(Power free brush), 옛날부터 傳해온 것이나 特히 最近과 같이 Oil 의 高配合, Polybutadiene 고무의 使用에 있어서는 아직 完全한 解決方法은 없는 것 같다.

b. 苛酷도를 變更한 試驗, 實用과 等苛酷度라해도 困難하다. 따라서 實用의 苛酷도에 가까운 附近을 좁혀서 2, 3點의 苛酷度에서 測定한다. 또 實用의 苛酷도에 對한 判定基準으로서 標準試料(從來 使用해온 配合를 標準으로 하는 것도 하나의 方法)의 同時試驗을 한다. 苛酷도를 變更한 試驗을 하는 것은 (1)의 實用上의 苛酷도를 잘 알 수 없을 때 도 大端히 便利하다.

c. 加黃度, 새로운 고무, 새로운 資材의 경우, 最適 加黃點의 把握이 困難하다. 故로 加黃度を 적어도 2點位를 取해서 試驗한다(類似한 配合의 摩耗試驗을 할 때 加黃時間에 依해 結果가 逆轉하는 것은 가끔 經驗한다).

以上 主要하다고 생각되고 또 從來 너무 實施되지 않았던 그리고 公表되지 않은 點에 關한 注意를 記述했다. 特히 (1)(2)項에 關해서는 相當한 豫備調査, 豫備試驗이 重要하다고 생각된다.

以上の 點에 留意해서 試驗을 하면 試驗機의 種類에 그렇게 구애받지 않아도 되리라고 생각된다.

(譯者 : 陸軍技術研究所 고무研究室長)