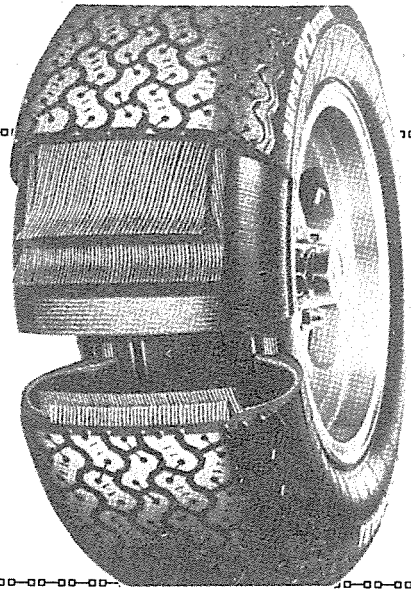


# 타이어의機能

## (IV)

協會 技術 部



### 6. Hydroplaning 現象

高速走行時 路面과 타이어間的 摩擦問題 中 가장 注目되는 特異한 現象은 Hydroplaning 問題이다. 이것은 타이어의 接地面의 1部 또는 全部에 걸쳐 路面과 타이어 表面 사이에 물(層)이 들어가 타이어와 路面間的 힘의 傳達機能이 상실되는 現象을 말한다. 完全한 Hydroplaning 狀態에서는, 마치 高速 모터보트가 水面위에 半쯤 떠서 水面을 滑走하는 것과 같이 타이어가 完全히 물 위에 있게 되어 떠있는 것과 같은 狀態에 있으므로 이와같은 명칭(Hydroplaning - 水上滑走)이 붙게 된 것이다.

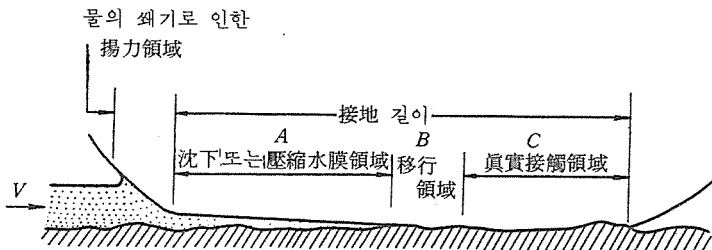
이와같은 現象이 注目を 끌게 된 것은 물이 낀 滑走路에 飛行機가 着陸할 때 Over-run 事故가 가끔 發生한 데에서 發端되었으며, 其後부터 美國의 航空宇宙研究所(NASA)와 英國의 王立航空技術研究所(RAE)에서 廣汎한 研究를 하게 되었다. 단, 여기서는 NASA의 研究資料

에서 拔萃한 것을 紹介하고자 한다.

타이어가 물이 낀(어느 정도의 깊이로) 곳을 走行할 때, 타이어의 接地面內에서의 타이어와 路面의 接觸狀況이 進行方向에 따라 어떻게 되어 있는가를 模型의으로 表示해 보면 大略 그림 29와 같다.

첫째, 타이어 接地面의 前緣部는 Hydroplaning이 아직 일어나지 않은 이 그림의 경우와 같다고 할 수 있으나, 썸기 모양으로 물이 接地面에 들어가 있으므로, 타이어가 回轉함에 따라 점차 타이어의 接地壓力에 의해 물이 排除되면서 水膜이 얇아지고(A部), B部로 들어가면 路面의 突出部는 水膜을 부수고 트레드 고무 블록과 直接 接觸하게 되며, 다시 C部로 가면 水膜이 完全히 없어지고 고무블록은 路面과 完全히 接觸하게 된다. 그림 30은 試驗路上에서 특수한 裝置로 이 現象을 實驗한 것이다. 즉, 接地部 前半의 물의 浸入, 트레드 홈을 통한 물의 側·後方의 排出 등을 알 수 있다.

車速이 빨라짐에 따라 A, B部에서의 排水가



(그림 29) 接地面內의 3領域 (Hydroplaning이 발생되지 않은 경우) (Moore)

점차로 미쳐 밀려나지 못하여 C부의 領域이 적어지고, 반대로 물의 썩기로 인한 動的인 揚力이 커진다. 그리고 어떤 限界速度에 달하면 타이어 接地面內의 水膜은 接地面 全體에 남게 되어 드디어 타이어 荷重은 물의 動的 揚力에 의해 100% 지탱되고 만다. 즉, 이것이 이른바 Hydroplaning이며, 타이어는 完全히 물 위에 있게 되는 것이다.

Hydroplaning은 이와같이 물의 動壓에 의한 揚力으로 타이어의 荷重을 지탱하는 現象이므로, 大略 물의 密度와 速度의 제곱을 곱한 動壓에 그 動壓의 作用面積(타이어의 接地面積)을 곱하고, 여기에 또 揚力係數(比例常數)를 곱한 動的 揚力과 타이어 荷重을 같게 놓아서 限界速度를 求할 수 있다.

한편 타이어의 荷重은 內壓과 接地面積의 곱에 거의 比例한다고 보아도 좋으므로 이 兩者를 같다고 놓으면, 接地面積의 項이 없어지게 되므로 限界速度와 타이어 內壓의 關係가 간단하게 表示된다.

NASA에서 求한 式을 보면, 速度를 knot (1 knot=1.853km/h), 內壓을 psi 單位로 하면,

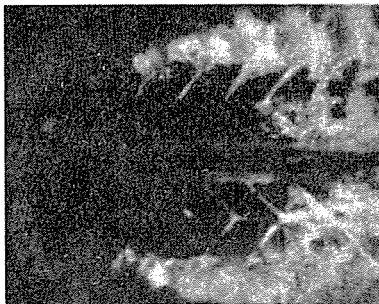
$$V_{cr} = 9\sqrt{P} \text{ (knot)} \dots\dots\dots (9)$$

여기서

$V_{cr}$  : Hydroplaning 限界速度 (knot)

$P$  : 타이어 內壓 (psi)

이 式으로 구한 計算値와 實驗値를 比較하면 그림 31과 같다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 이 限界速度의 式은 近似式으로서는 매우 잘 맞는 式이라고 볼 수 있다.



이 式을 다시 m單位로 換算하면 式(9)는 다음과 같이 된다.

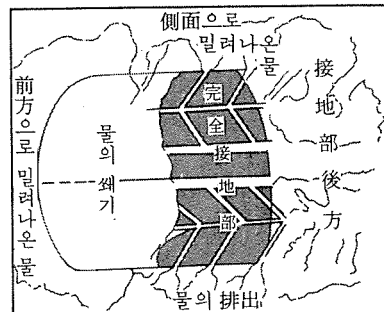
$$V_{cr} = 63\sqrt{P} \dots\dots\dots (10)$$

단,  $V_{cr}$  : Hydroplaning 限界速度 (km/h)

$P$  : 타이어 內壓 (kgf/cm<sup>2</sup>)

이 式은 內壓 1.0kgf/cm<sup>2</sup>의 타이어를 乘車輻인 경우, 水深이 어느정도 以上되면 不過 60 km/h 정도의 車速에서도 Hydroplaning이 일어난다는 것을 表示하고 있다. 이와 같은 方法으로 생각하게 되면 路面上의 流體의 密度가 크면 限界速度가 低下되므로 흙탕물이나 녹고 있는 눈위에서는 더욱 限界速度가 낮게 된다. 또 이러한 現象은 타이어 接地面에서 물이 排出되는 정도에 따라 일어나게 되므로 물이 排出되지 않게 되면 비로소 Hydroplaning이 일어나게 된다. 따라서 水深이 매우 낮을 경우에는 速度가 빨라지더라도 接地面內의 물이 밀려나게 되므로 動壓이 발생되지 않는다. 다시 말하면 Hydroplaning의 發生條件은 接地面內에 排出되지 않은 물이 남아 있어야 한다는 것이다. 그러므로 Hydroplaning이 發生되기 위한 最低水深을 생각하지 않을 수 없다.

이와같은 水深은 타이어와 路面의 排水能力에 달려 있으므로 接地面內의 물의 通路의 크기에 左右된다. 타이어의 트레드 模樣은 이러한 點에서도 뜻이 있는 것이다. 航空機 타이어와 같은 周方向의 홈은 前後方으로 물을 排出시키기 위한 것이고, 乘用車타이어 등에서는 前後方뿐만 아니라 옆쪽으로도 홈이 파인 模樣(블록型)이 많이 使用되고 있다(그림 30).

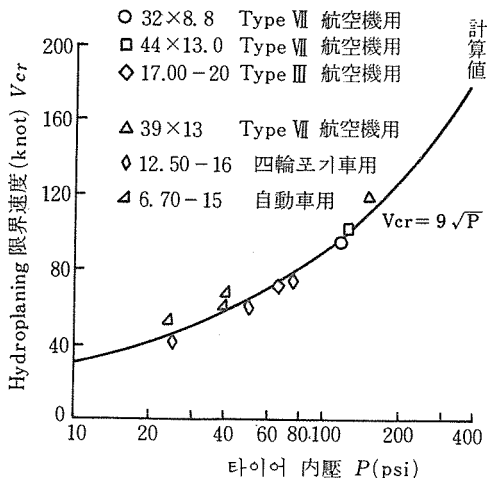


[그림 30] 물이 끈 路上을 走行하는 타이어의 接地面

이러한 觀点에서 競技用 타이어를 다시 한번 생각해 보면 雨天用 트레드 패턴의 意味를 다시 發見할 수 있을 것이다. 道路面에서도 排水의 重要性은 충분히 알 수 있으므로 路面은 構成하는 骨材나 바인더의 使用方法, 路面의 加工 등 여러가지 研究가 계속되고 있다.

實際의 路面上에서는 더욱 낮은 速度에서 摩擦係數가 低下되는 경우를 發見할 수 있는데, 이것은 처음에 設明한 바와 같이 排水가 미처 되지 못하여 생기는 動的揚力에 의한 荷重負擔의 增加로 진짜 接地部의 垂直荷重의 比率이 줄게 되어 자연히 接線力이 減小되는 것과 또 그림 29에서 A 部의 排水에서 排除되지 않은 물의 薄膜으로 인한 일종의 潤滑效果에 기인된 것이라고 생각할 수 있다. 水膜이 얇아지면 겉보기의 粘性이 增加되어 接地面에서 밀려나기가 어렵게 된다. 이러한 點으로 보아서도 油·흙탕물 등에 더러워지거나 또는 融雪같은 것은 좋지 않은 것이다. 이러한 摩擦係數의 低下는 타이어의 荷重이나 內壓에는 左右되지 않는다.

Hydroplaning 現象이 일어나면 타이어에서 밀려나오는 물보라는 앞쪽으로는 전연 튀어나오지 않고 接地面의 뒷쪽과 옆쪽으로 심하게 밀려나온다. 타이어는 完全히 물위에 뜨게 되어 브레이크나 핸들이 듣지 않게 되므로 오일이나 水板 위에서와 같은 느낌을 갖게 된다.



(그림 31) 限界速度의 計算値와 實驗値의 比較

高速道路上에서 高速버스가 갑자기 내리는 소낙비로 핸들이 듣지 않아 發生한 事故의 原因調査에서도 거의 大部分 Hydroplaning 이 그 原因으로 나타났다고 한다. 不過 60km/h 정도로 非鋪裝路나 또는 險한 鋪裝路를 走行하던 때에는 想像조차 할 수 없었던 Hydroplaning 이 實際問題로 등장하게 되자 道路交通史上 革命을 가져오게 한 高速道路時代의 막이 올랐다고 할 수 있다.

Hydroplaning 에 의한 事故를 未然에 防止하기 위해서는, 위에서 說明한 바와 같이 內壓을 높여 限界速度를 높이는 것도 重要하겠지만, 接地面內의 排水效果를 높이기 위한 트레드 模樣의 選定 등도 重要하다. 또 粘性에 따른 影響을 막기 위해서는 局部的으로 높은 接地壓部를 만들든가 트레드블록의 움직임을 크게 하여 粘性水膜을 破壞시키는 것도 有效하며 또 트레드블록을 細分化하는 것도 특히 高速으로 많이 사용되는 乘用車用 타이어 등에는 많이 利用되고 있다.

磨耗된 타이어는 앞에서 說明한 最小 水深이 낮게 되어 적은 물에서도 Hydroplaning 을 일으키기 쉬우므로 危險하다. 또 앞式에서 表示된 바와 같이 低內壓인 乘用車用 타이어는 이러한 點에서는 트럭用타이어 보다는 限界速度가 낮으므로 역시 물이 피어 있으면 무엇보다도 먼저 速度를 줄이는 것이 가장 重要한 일이다.

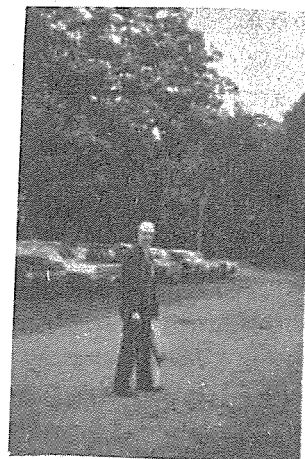


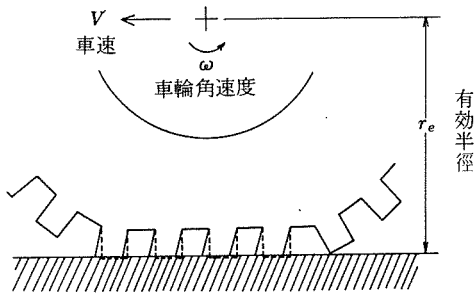
그림 32] 고무·타이어의 摩擦의 權威者, W.E. Meyer氏 (Pennsylvania州 State College에서)

## 7. 驅動力·制動力을 傳達하는 타이어

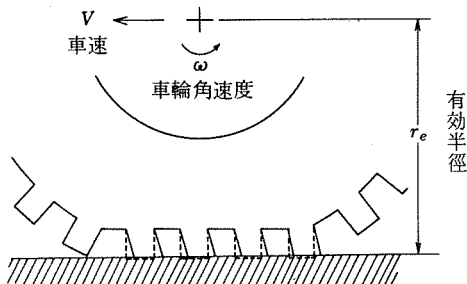
앞에서 說明한 바와 같이 車의 發進·加減速·停止 등을 自由自在로 하기 위해서는 타이어를 통하여 路面과 車輛間에 힘의 交換(힘을 주고받는)이 이루어져야 한다. 이 問題에 대해서는 앞에서 나온 타이어의 摩擦에서 자세히 說明되었으므로 여기서는 가급적 重複되지 않는 간단한 事實만을 紹介하고자 한다.

### (1) 타이어의 슬립 現象

驅動 torque 나 制動 torque 가 걸리지 않은 從動輪(보통의 後輪驅動自動車의 前輪 등)을 생각해 본다. 이런 경우, 타이어의 トレッド外周上の 어떤 한 點의 運動을 생각해 보면 車가 前進함에 따라 이 點은 타이어의 接地面內로 들어가 자마자 곧 나오게 된다. 이 동안에 그 點은 路面에 따라 移動하는 것은 없다. 그러나 이와같은 움직이고 있는 車에 브레이크를 걸면 車輪의



(그림 33) (a) 미끄러지고 있는 車輪 (1) 驅動時  
 $V < r_e \omega = v$  ( $v$ 는 타이어의 周速)



(그림 33) (b) 미끄러지고 있는 車輪 (2) 制動時  
 $V > r_e \omega = v$

回轉이 妨害되는 한편, 車는 지금까지의 慣性으로 前進해 가므로 車輪은 地面上에 끌리게 된다. 이와같이 끌리는 現象을 슬립(slip)이라 하며, 그 정도를 나타내는 것이 슬립率이다.

타이어의 屈曲을 考慮한 接地面에서의 周速(타이어의 有效半徑과 車輪의 回轉數로 算出됨)을  $v$ , 車의 速度를  $V$ 라 하면 슬립이 없는 狀態에서는  $V = v$ 이나 驅動時에는  $V < v$ 이고, 制動時에는  $V > v$ 로 된다. 여기서  $V - v$ 를 “슬립”이라 하고, 이것을 基準速度로 나눈 것을 “슬립率( $S$ )”이라 한다(%로 表示하기도 한다).

現在  $S$ 의 算出式으로 사용되고 있는 것은,

$$\text{驅動時에는 } S = (V - v) / v$$

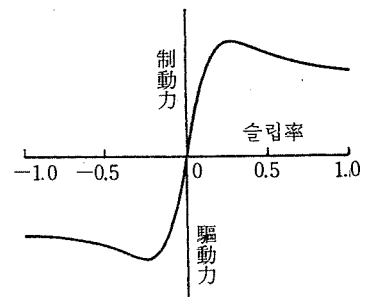
$$\text{制動時에는 } S = (V - v) / V$$

이다. 타이어가 쏠려 미끄러지지 않고 回轉하게 되면  $S = 0$  이고, 驅動되어 한 點에서 空轉하고 있을 때에는  $S = -1$ 이다. 또 制動되어 完全히 바퀴가 停止되면  $S = 1$ 로 된다.

슬립되고 있는 타이어의 狀況을 模型的으로 圖示하면 그림 33과 같다. 또 슬립率과 驅動力, 制動力의 關係는 그림 34와 같으며, 일반적으로  $S = 0.20$  近傍에서 最大値가 된다.

### (2) 驅動力·制動力의 表示方法과 制動力係數

一般的으로 驅動力, 制動力을 타이어에 加해진 垂直負荷荷重으로 나눈 값을 각각 驅動力係數, 制動力係數라 하며, 最大値를 피크(peak)值, 制動으로 完全 로크된  $S = 1$ 에서의 값을 로크(lock)值라고 한다. 한편 單純히 타이어에 걸리는 接線力과 垂直力의 比라는 뜻에서 摩擦



(그림 34) 슬립率과 制動力·驅動力

係數라고 하기도 한다.

그림 34에서 알수 있는 바와 같이 曲線의 모양은 原點에 대해서 對稱形이므로, 일반적으로 實驗·測定하기 쉬운 制動時의 데이터가 壓倒적으로 많다. 本稿에서도 앞으로는 주로 制動時의 경우에 대해서 說明해 나가고자 한다.

各 타이어에 대한 制動力係數는 당연히 接地部分의 고무와 路面의 摩擦係數에 左右된다. 따라서 接地面內의 接地壓分布, 局部的인 미끄름 速度, 路面의 狀態 및 溫度 등에 의해 影響을 받게 되는 것은 앞에서 說明한 바와 같다.

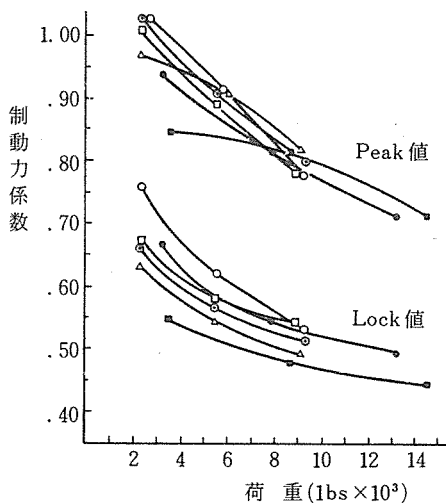
乾燥한 路面上에서 各種 타이어의 制動摩擦係數의 피크值, 로크值를 測定한 結果, 一般

的으로 타이어의 負荷荷重이 增加될수록, 또 速度가 높아질수록 이들 值가 다같이 減少되는 傾向이 있다(그림 35, 36). 이러한 傾向은 고무의 摩擦特性으로 說明할 수 있다.

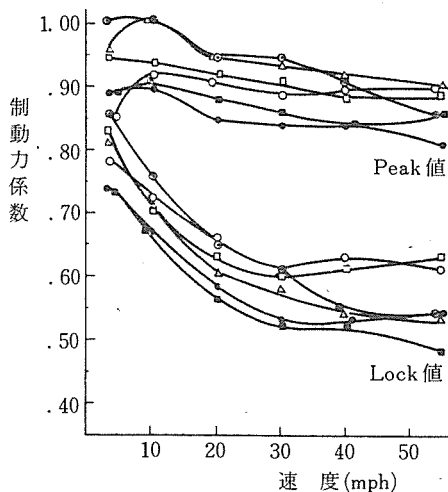
路面이 粗雜해질수록 荷重依存性은 작아지고, 또 Hysteresis 成分의 寄與가 커지므로 速度依存性도 작아지나, 圖示된 한 例에서는 어느 정도 增加되고 있다(그림 37).

또 타이어의 內壓을 줄이는 것은 接地面積을 늘려서 平均接地壓을 내리는 것이므로 制動力係數의 增加에 有效하다(그림 38).

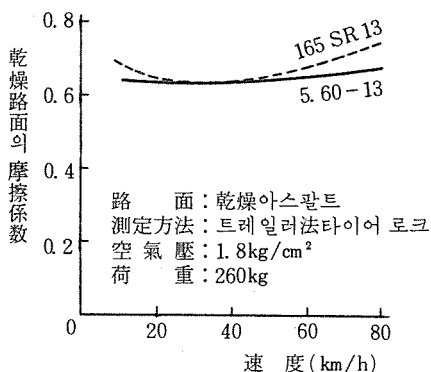
경주용 타이어와 같이 타이어幅을 넓혀서 平滑한 表面으로 하는 것은 接地面積을 늘려서 乾



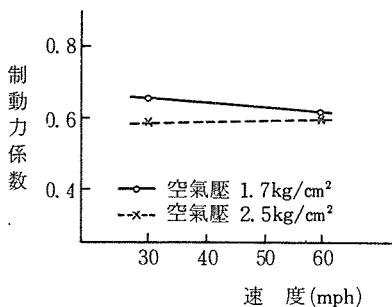
[그림 35] 荷重에 의한 制動力係數의 變化



[그림 36] 速度에 의한 制動力係數의 變化



[그림 37] 乾燥路面에서의 制動力係數의 速度依存性



[그림 38] 乾燥路面에서의 制動力係數에 대한 空氣壓의 影響

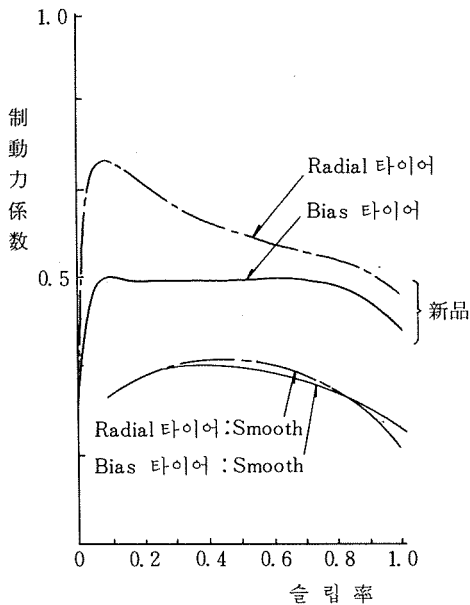
乾燥路面上에서의 摩擦을 確保하는 것이므로 매우 有效한 方法이라 할 수 있다.

(3) 젖은 路面上에서의 制動性能

타이어의 制動性能에서 重視하지 않으면 안 될 것은 젖은 路面上에서의 性能이다. 路面이 젖어 있든가 또는 Hydroplaning 은 일으키지 않으나 若干의 물이 낀 路面上에서는 타이어의 카카스 構造나 트레드 模樣 등이 어떠한 影響을 받게 될지 運轉技士들로서는 큰 關心事가 아닐 수 없다.

그림 39는 가장 일반적인 슬립率과 制動力係數의 關係를, 1mm 깊이로 물이 깔린 路面上에서 구한 것인데, 얼핏 알 수 있는 바와 같이 Radial 타이어의 優位性이 歷然하다. 그러나 많이 닳은(Smooth) 타이어에 있어서는 Radial 타이어와 큰 差異가 없다.

한편 그림에는 나타나지 않았으나, 타이어를 偏平하게 하는 것은 接地面을 보다 幅 넓게 하고



타이어 : 165HR 13 荷重 : 300kg  
 6.45-13 4 P.R  
 空氣壓 : 1.7kg/cm<sup>2</sup> 速度 : 60km/h  
 水深 : t=1mm 路面面 : 세이프티 위크

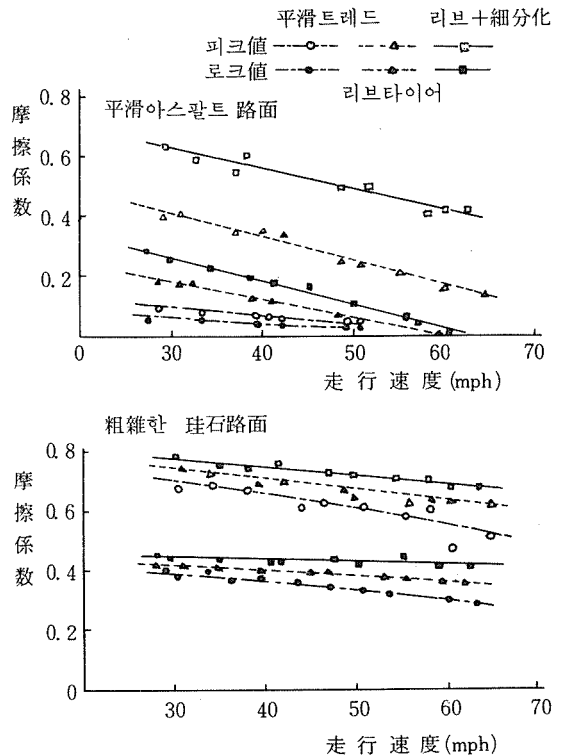
[그림 39] 타이어 構造의 比較

길이를 짧게 하는 것이므로 앞에서 說明한 물의 粘性效果와 動壓의 效果에 대해서는 不利한 作用을 하게 된다.

타이어의 트레드 패턴의 役割은 타이어와 路面間의 물을 빨리 排除시키고 트레드 블록과 路面間의 그림을 確保하는 것이므로 패턴의 效果를 알기 위해서는 물이 若干 있는 路面上에서 試驗해 보는 것이 좋다. 그림 40은 0.1mm~2mm 정도의 水深에서 Hydroplaning 을 일으키지 않는 條件에서 試驗한 것으로, 平滑한 아스팔트 鋪裝과 粗雜한 珪石路面上에서 Smooth 트레드, 6本-리브型 패턴 및 그보다 더 細分된 패턴의 3가지 타이어를 여러가지 速度에서 比較한 結果이다.

路面自身の 排水性이 좋지않은 아스팔트 路面上에서는 패턴 效果가 매우 크나, 粗雜한 路面上에서는 그렇지 않다는 것을 잘 알 수 있다.

트레드 고무質에 대한 摩擦係數의 關係를 보면 表3과 같다. .... (p.26에 계속)



[그림 40] 트레드 패턴의 效果

에 따라 83年度 부터는 현재의 關稅率에서 일률적으로 5%로 下向 調整되며, 85年度에는 이것마저 完全撤廢되기 때문에 우리나라產 타이어의 對핀란드 進出의 가장 큰 장애요인으로 作用하고 있다.

## 2. 市場開拓 및 弘報活動

그러나 日本產은 우리나라와 같은 關稅上의 條件임에도 불구하고 계속 進出하고 있는 만큼 우리나라產의 對핀란드 市場進出을 위해서는

첫째, 中級品市場 開發이 급선무인데, 핀란드는 西歐產 및 國內產의 高級品과 東歐產의 下級品으로 양분되어 있고 中級品 타이어 市場이 形成되어 있지 않은 것이 특징이다.

西歐產은 國內產 Nokia와 品質 및 價格面에서 심한 競爭關係에 있고, 이들 製品은 既存市場의 확보 내지는 확장을 위해서 品質의 高級化(特殊 타이어의 開發을 포함하여)는 물론 經營 合理化를 통한 경쟁가격 유지에 노력하고 있으므로 이들 西歐產製品 市場의 췌어 잠식은 現實적으로 어려운 立場에 있다고 볼 수 있다.

한편 東歐產은 이들 西歐產에 비해 약 25~40% 정도 價格이 低廉하기는 하나 品質이 극히 떨어지고 있어서 安全과 耐久性을 중요시 하고 있는 이곳 需要者에게 점차 외면을 당하고 있는 傾向에 있고, 최근 東歐輸出國들이 종전 輸出價格보다 10~65%까지 價格을 인상하고 있을 뿐만 아니라 濟通貨를 주로 美달러로 요구하고 있어, 東歐產 타이어의 市場 췌어가 急激히 감소한 바 있다.

이러한 市場構造 및 추세에서 볼 때 우리나라는 品質 및 價格面에서 西歐產과 東歐產의 中間水準을 유지할 수 있는 마케팅 戰略으로 진출을 시도한다면 差等輸入關稅에도 불구하고 對핀란드 타이어 市場 開拓이 가능하다고 볼 수 있다.

둘째, 우리나라產 타이어의 弘報活動을 강화시키기 위해 핀란드 國內의 타이어 專門誌인 「Teknikan Maailma」 등에 夏季와 冬季로 구분하여 최소한 2회 이상의 廣告, 宣傳이 필요하며, 우리나라產 타이어 取扱 專門 에이전트를 물색하고 이들을 통한 弘報活動이 極히 有利할 것으로 보인다.

(KOTRA 海外市場 1983. 1. 13)

☆

☆

☆

〈p. 22의 계속〉 .....

주로 잘 나타나는 特性은 Hysteresis 特性이고 또 고무의 硬度도 路面의 凹凸에 대한 順應性에서는 有利하다. 단, 速度가 빠르게 되면 너무 柔軟한 고무는 水膜을 形成하기 쉬울 뿐 아니라 또 패턴의 edge 效果가 減少되어 도리

어 摩擦係數가 低下되는 傾向이 있으므로 使用條件을 감안하여 고무 選定을 하는 것이 바람직하다.

以上 說明한 바와 같이 濕한 路面上에서의 驅動·制動에 대해서는 摩擦係數가 低下되는 여러가지의 要因이 있으므로 Radial 타이어와 같은 보다 餘裕있는 타이어를 使用하고 또한 트레드 홈 깊이에 留意하는 한편, 특히 基本的인 運轉에 細心한 注意가 要望되는 것이다. 또 이 問題에 대한 路面狀態의 影響도 매우 크다. 最近에는 道路工學이 進歩됨에 따라 이 問題가 많이 發展하게 된 것은 交通安全上 대단히 기쁜 일이라 아니할 수 없다. (다음號에 계속)

〈表 3〉 고무質과 摩擦係數의 一例

고 무 質	Resilience	硬 度	Wet 摩擦係數比
BR	62	62	100
NR/BR	46	57	110
SBR/BR	33	55	114
SBR	34	52	119
IIR	9	40	138