

# 타이어의 異常發熱에 의한 損傷

李 源 澤\*

이 資料는 日本自動車타이어協會에서 타이어의 異常發熱에 의한 損傷, 즉 트럭 및 버스用 타이어의 Heat Separation Burst의 發生要因을 糾明하기 위해 실제의 使用條件에서 再現試驗을 실시하여 얻은 結果를 토대로 作成한 報告書이다. 이 試驗의 目的은 타이어의 異常發熱에 의한 損傷의 發生要因을 解析함과 同時에 安全走行을 확보하기 위한 타이어의 올바른 使用法の 啓蒙資料로서 活用하려는 데 두었다. 이번 號에 그 內容을 翻譯·轉載한다. <編輯者註>

## 1. 序 言

經濟가 성장·발전함에 따라 自動車輸送量은 눈부시게 伸張하였으며, 그에 따라 高速道路나 一般國道の 整備도 빠른 速度로 進行되어 가고 있다.

非舗裝道路에서 低速으로 走行하던 時期에 있어서의 타이어 損傷은 外傷이 대부분을 차지하였으나, 최근 도로 사정이 좋아짐에 따라 良路에서 高速走行을 함으로써 異常發熱에 起因한 損傷의 비중이 높아지고 있다.

이는 말할 것도 없이 자동차의 중요한 安全部品인 타이어가, 高速走行時에 driver가 미처 豫想치 못한 損傷을 일으킴으로써 走行時의 安全確保에 中대한 影響을 미치고 있기 때문이다.

이러한 점에 着眼하여 타이어의 異常發熱에 의한 損傷에 대하여 記述하고자 한다.

## 2. 異常發熱에 의한 損傷

### (1) 普通發熱과 異常發熱

타이어는 走行中 接地에 의한 變形과 復元이 주

\* 大韓타이어工業協會 會誌課長

기적으로 되풀이되고 있는데, 타이어에 사용되는 고무나 코드 등의 材料는 粘彈性體이기 때문에 變形을 되풀이하게 되면 hysteresis에 의해 發熱한다.

또 이들 材料는 熱의 不良導體이기 때문에 放熱이 적어 타이어 안에 蓄積되는데, 알맞은 條件下에서의 發熱은 타이어에 支障을 주지 않는다. 그러나, 空氣壓不足, 過積載 또는 타이어의 能力을 超過하는 速度로 走行하거나 한 경우에는 타이어의 内部溫度가 더욱 높아져 限界를 넘게 되며, 이렇게 되면 타이어를 구성하는 고무나 코드 등의 재료의 強度低下 및 接着力低下를 초래함으로써 타이어의 耐久力을 低下시키게 된다. 게다가 突發的인 Separation이나 Burst를 일으킬 위험이 있어 큰 事故를 誘發하는 原因이 된다.

타이어의 發熱은 타이어의 空氣壓, 荷重, 自動車의 速度, 連續走行時間, 타이어의 흠깊이 및 타이어의 構造 등에 影響을 미친다.

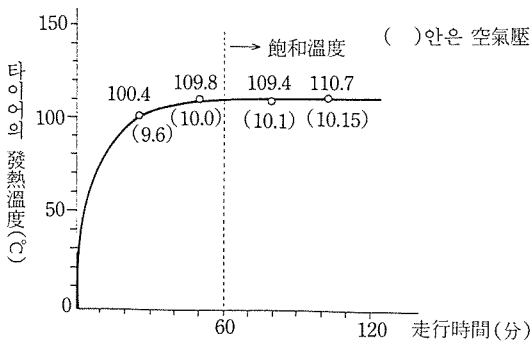
### (2) 飽和溫度

타이어는 發熱하는 한편, 外氣 등에 의해 冷却되어 트럭 및 버스用 타이어의 경우 약 1시간 정도 連續해서 走行하면 어떤 溫度에서 發熱量과 放熱

량이 同一하게 되어 타이어 溫度가 平衡을 이루게 된다. 空氣壓 또한 같은 경향을 나타내고 있어, 타이어의 發熱水準을 推定한 뒤에는 空氣壓點檢과 그 上昇程度에 따라서 概略의 水準을 알 수 있다.

타이어의 飽和溫度는 타이어의 構造, 트레드 gauge의 두께, 코드材質, 고무質 등에 따라서도 다르지만, 같은 타이어에 있어서도 트레드의 磨耗率, 荷重, 走行速度, 空氣壓, 外氣溫度 등 外部要因에 따라서도 變化한다.

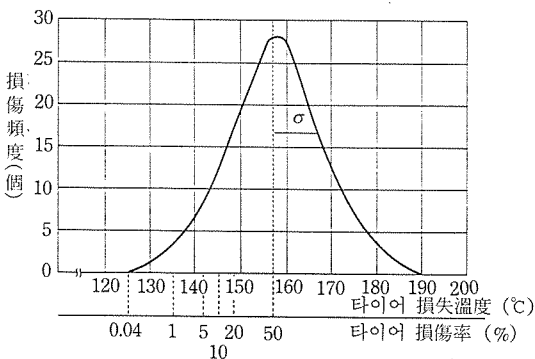
[그림 1]은 飽和溫度에 이르는 狀況을 나타낸 것이다.



[그림 1] 포화온도의 상황

### (3) 타이어의 溫度와 損傷

타이어가 發熱에 의해 損傷을 일으키는 頻度는



타이어 : 10.00-20 14PR (나일론)  
 n : 136個,  $\bar{x}$  : 157.6°C  
 $\sigma$  : 9.8°C  
 氣溫 : 38°C

[그림 2] 타이어의 손상발생 온도분포

[그림 2]와 같은 分布로 되어 있다. 즉, nylon 타이어인 경우의 損傷은 타이어 溫度가 브레카상에서는 125°C에서 發生하기 시작하여 158°C에서는 50%가 損傷이 發生한다.

### (4) Heat Separation의 意味

타이어의 耐熱溫度는 前述한 바와 같이 一般的으로 브레카상에서는 125°C정도이며, 이 이상 發熱한 경우에는 고무나 코드의 熱劣化나 接着力の 低下가 심하여 發熱로 인한 剝離損傷의 危險率이 높아진다.

이와 같은 異常發熱에 起因한 剝離를 Heat Separation이라고 부르며, 損傷을 받은 타이어의 狀態를 보면 剝離한 部分이 異常發熱에 의해 고무 및 코드가 溶解되어 있다.

## 3. 疎明結果要約

이번 試驗은 異常發熱에 起因하는 損傷을 再現하고 空氣壓, 荷重, 速度 등 使用條件과 損傷과의 關係를 조사·분석한 것으로 그 要約은 다음과 같다.

그리고, 本試驗에 사용된 타이어는 「바이어스 構造의 10.00-20 14PR 一般용(H.T; Heavy Tread), 러그型 패턴」이다. 따라서, 타이어의 規格, 구조, 코드材質 및 使用조건이 다른 경우에는 이 결과를 그대로 적용시키지 않았으나, 異常發熱로 因한 損傷傾向은 충분히 이해할 수 있을 것이다.

1) 이번의 試驗結果에서는 정상적인 상태로 사용된 타이어의 損傷發生은 전혀 없었으며, 過荷重, 空氣壓不足, 過速 등 不當하게 사용하지 않으면 發熱로 인한 損傷은 發生하지 않았다.

2) 타이어의 發熱에 미치는 영향으로는 負荷荷重과 走行速度를 곱한 타이어의 作業量이 가장 큰 要因이며, 使用空氣壓, 外氣溫度, 複輪外徑差, 車軸管曲 등 모든 要因이 相乘하여 영향을 미치고 있다.

3) 各種要因과 그 타이어 溫度에 미치는 영향은 다음과 같다.

① 타이어의 發熱에 미치는 要因과 그 變化量

項 目	條件變化量	타이어 溫度에의 영 향 도
荷 重	10%	5.6%
速 度	10km/h	9.3%
外 氣 溫 度	10℃	6.4℃
空 氣 壓	1 kgf/cm <sup>2</sup>	4.0%
複 輪 外 徑 差	10 mm	5.0%
車 軸 管 曲	10%	2.8%
타이어 홈깊이	1 mm	2.7℃

② 上記 變化量을 主要項目만 選別하여 타이어 溫度를 算出하면 다음과 같이 된다.

項 目	條 件	타이어 溫 度	變化條件	타이어 溫 度	變化量
荷重	100%	105℃	120%	115℃	+10℃
速度	60km/h		80km/h	123℃	+18℃
空氣壓	6.75kgf/cm <sup>2</sup>		5.5kgf/cm <sup>2</sup>	109℃	+4℃
外氣溫度	20℃		30℃	112℃	+7℃

註：전체의 變化條件이 더해진 경우는 150℃로 된다.

4) 그 결과, 使用條件에 알맞는 適正한 타이어의 選定 및 使用에 徹底를 期함으로써 타이어의 損傷 發生을 未然에 防止할 수 있을 것이다.

#### 4. 타이어 發熱試驗結果

타이어의 發熱에 미치는 要因은 負荷荷重, 走行 速度를 비롯해서 氣溫, 트레드 홈깊이 등 여러가 지를 考慮할 수 있다. 그리하여, 그들 要因에 의한 影響을 하나하나 試驗한 結果를 보면 다음과 같다.

##### (1) 發熱과 WS值(LS值)

타이어의 發熱은 그 타이어가 行한 作業量이 熱로 變換되는 데 起因하는 것이 주된 要因이며, 그것은 그 타이어에 걸리는 荷重(ton)과 走行速度(km/h)의 積으로 나타낼 수 있다.

註：1. WS值는 150~250ton·km/h의 범위에서 적 용한다. 더우기, 荷重 또는 速度가 타이어의 能力을 크게 초과한 경우는 해당되지 않는다.

2. WS值는 LS值로 表示하기도 한다.

(W=Weight, L=Load, S=Speed)

$$T=a(W \cdot S)+b$$

T : 타이어 内部에서의 發熱溫度(℃)

W : 타이어 1個當 負荷荷重(ton)

S : 車輛의 走行速度(km/h)

a, b : 타이어의 구조 등에 의해 결정되는 定數

이 WS值의 思考方式은 타이어의 發熱에 대한 耐久力의 指數로서 생각할 수 있다. 더우기, 타이어의 WS值는 트레드의 홈깊이, 트레드 패턴, 外氣溫度 등에 의해 좌우되며, 일반적으로는 外氣溫度가 38℃일 때의 新品 타이어의 WS值로서 表示하고, 使用條件의 WS值가 타이어의 WS值以下로 되는 것이, Heat Separation 損傷을 防止하기 위한 前提 條件이다.

(具體的인 WS值 計算例)

○車 輛…………트럭

○타이어 規格…………10.00-20 14PR }의 경우

○走行 速度…………80 km/h

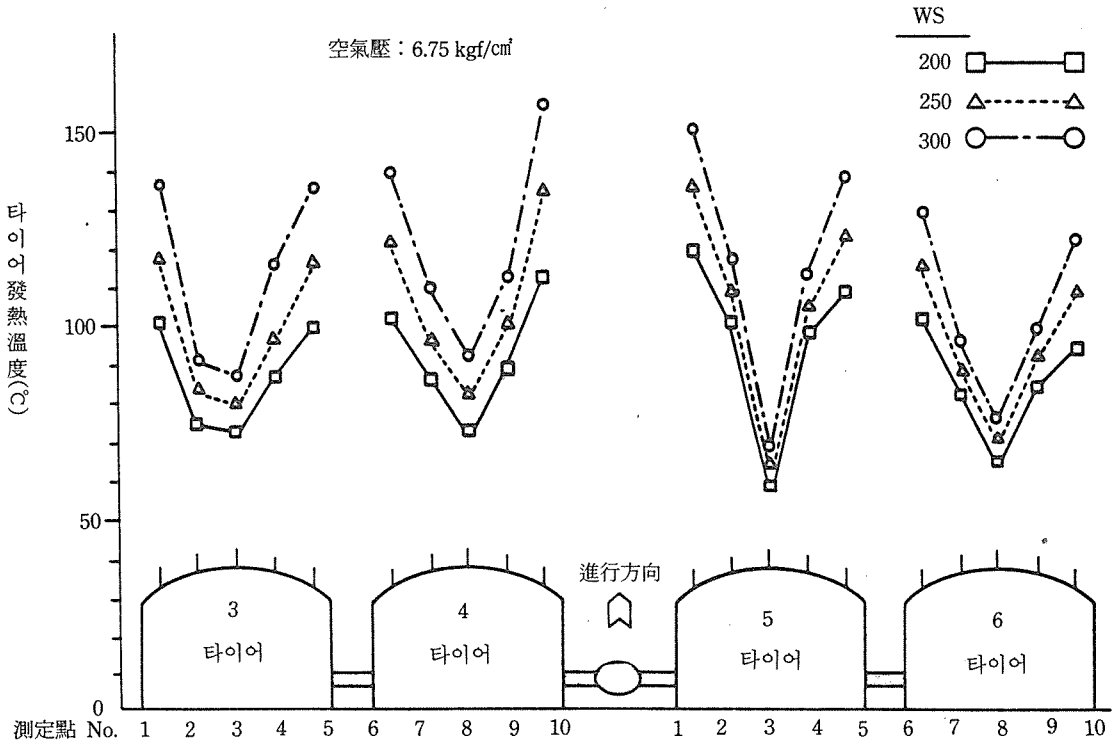
JIS 最大荷重(2,700kg; 單輪使用의 경우)×走行速度(80km/h)=(216ton·km/h)

즉, 上記 使用條件에 있어서는 216ton·km/h 이 상의 WS值를 保有하는 타이어를 選定하면 좋다. 그렇지만, 타이어의 發熱要因은 많아 단순히 上記의 計算만으로 判斷하는 것은 다음에 나타난 바와 같이 危險을 隨伴하는 경우가 있기 때문에 注意하지 않으면 안된다.

##### (2) 發熱溫도와 位置

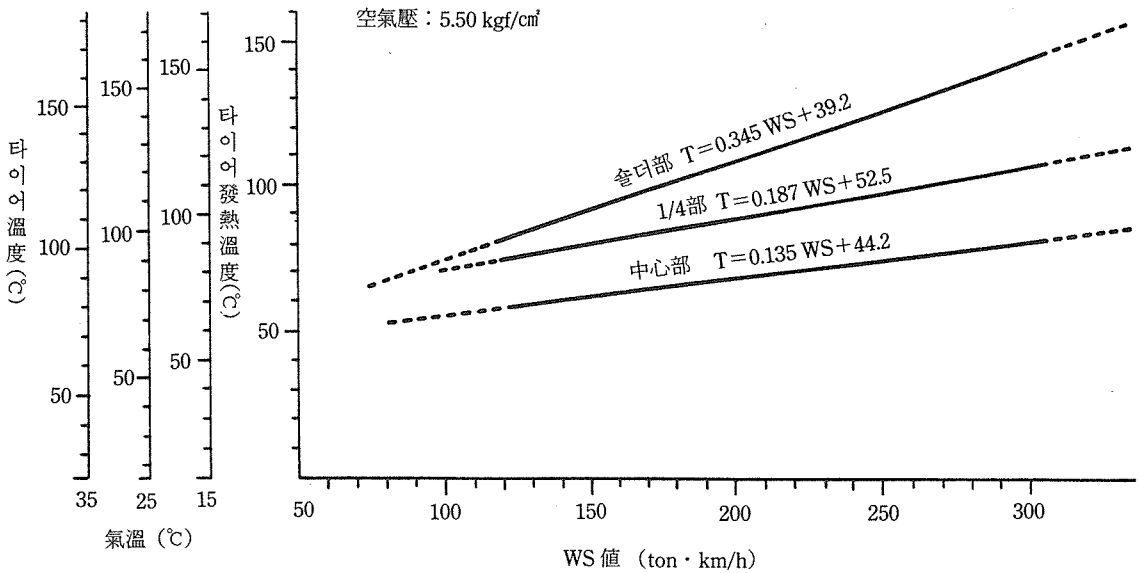
타이어의 發熱位置는 (그림 3)에 나타난 바와 같이 타이어의 솔더部가 가장 높고, 또 타이어 發熱溫度測定結果에서 導出한 타이어 發熱溫도와 WS值結果(그림 4~6 참조)에 있어서도 솔더部의 溫度上昇이 가장 높다. 이것은 試驗結果 타이어의 損傷發生位置가 모두 솔더部에 集中하고 있는 것에서도 증명된다.

솔더部의 發熱이 가장 큰 要因으로서 이 부분의 트레드 고무 gauge가 두껍게 되어 있으며, 그 때문에 發熱에 寄與하는 고무量이 많은 데다, 다른 부분에 비하여 솔더部는 放熱이 잘 되지 않아 熱을 蓄積하기 쉽기 때문이다.

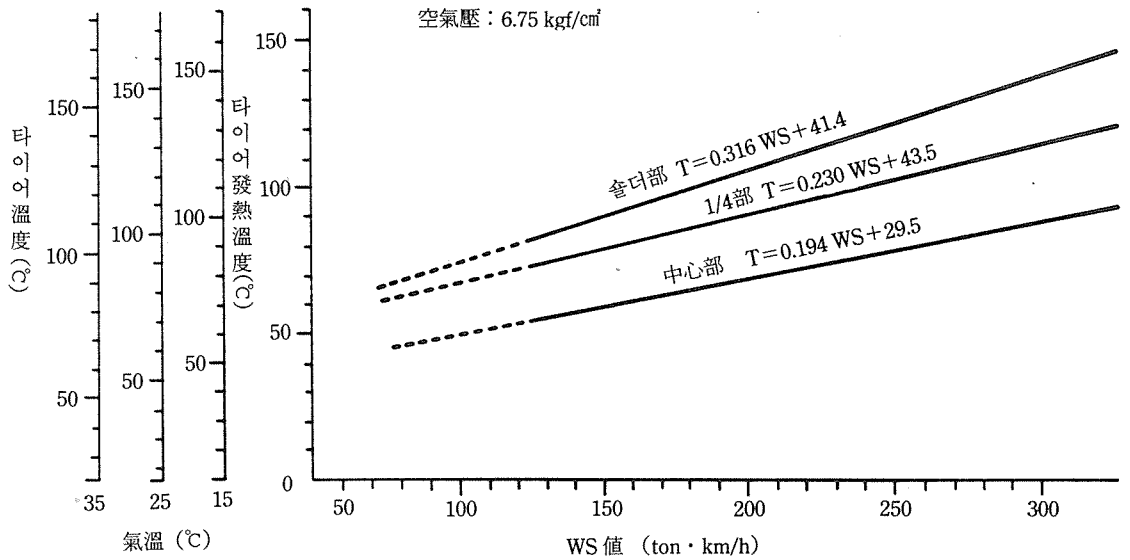


\* 溫度測定點은 트레드部の 5個所로 했다. 어느것이 나 솔더部の 發熱溫度가 높고, 크라운 中心部가 낮은 'V'字形分布를 보이고 있다.

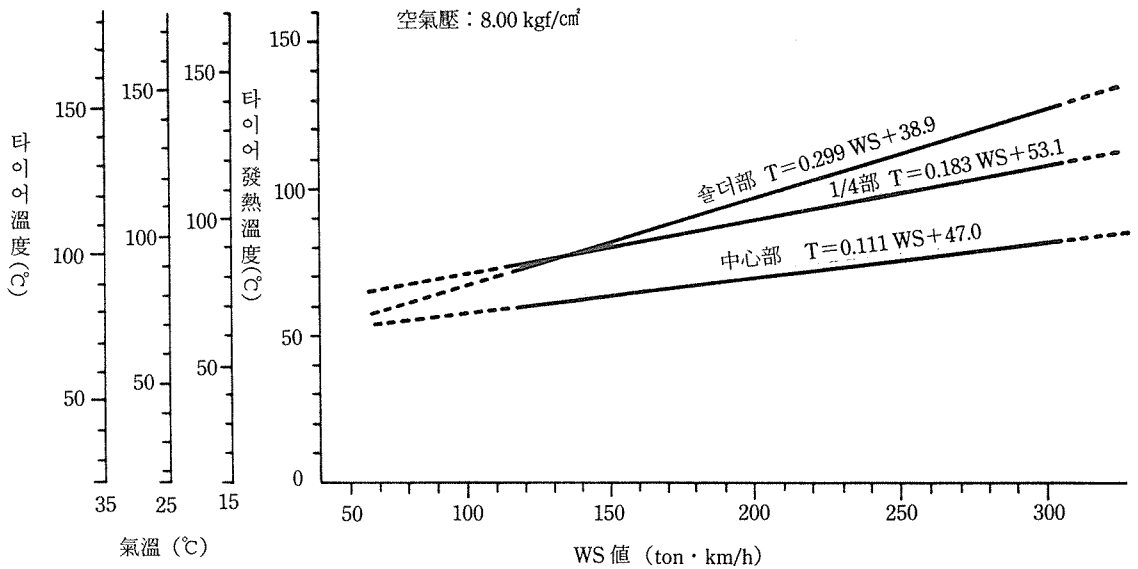
[그림 3] 타이어 발열온도분포 (구동축)



[그림 4] 타이어 발열온도(°C)와 WS 치



[그림 5] 타이어 발열온도(°C)와 WS 치



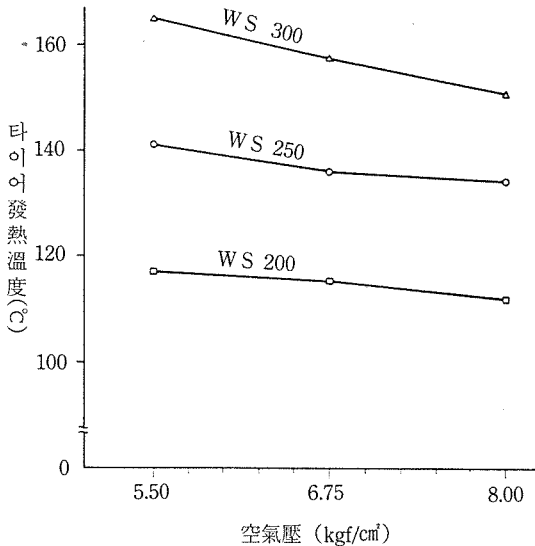
[그림 6] 타이어 발열온도(°C)와 WS 치

(3) 空氣壓과 타이어 溫度

타이어의 發熱溫도와 空氣壓과의 관계를 보면, 空氣壓이 낮아질수록 타이어의 發熱溫도는 上昇하고 있다. 空氣壓이 타이어의 發熱에 미치는 영향은, 空氣壓이 1.25kgf/cm<sup>2</sup> 變化함에 따라 타이어 溫度에 5% 정도의 영향을 미치고 있다.

이는 定量을 積載하더라도 空氣壓이 不足한 車使用하면 結果적으로 over deflection을 일으켜 타이어의 發熱溫도를 높일 뿐만 아니라 限界溫度에 接近함을 의미하고 있다.

반대로 空氣壓을 높게 하면 타이어 전체의 움직임이 적어져 發熱을 억제할 수 있다. 그러나, 지나치게 空氣壓을 높이면 트레드 中心部の 接地壓이 솔더部に 비해 높아져 中心部の 異常磨耗나 Heat Separation, Shock Burst 등의 損傷도 발생하기 쉽게 되므로 定해진 荷重에 對應하는 空氣壓을 넣어 사용하는 것이 바람직하다.



[그림 7] 공기압과 발열온도

(4) 荷重과 타이어 溫度

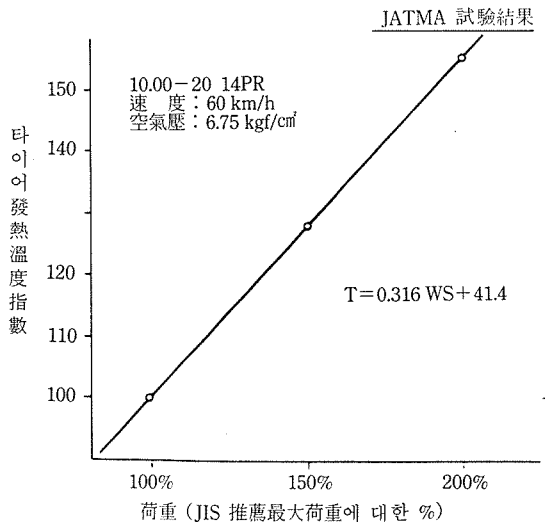
荷重은 타이어의 發熱에 미치는 要因으로서 速度와 함께 큰 비중을 차지하고 있다. 이는 WS值의 思考方式에서도 밝혀진 바와 같이, 荷重의 增加에 따라 타이어의 溫度는 높아지고 있다.

試驗結果를 보면, 荷重 100%인 경우의 發熱溫度指數를 100으로 하면, 150%인 경우는 128로 되며, 荷重이 10% 增加할 때마다 5.6%의 增加를 보인다.

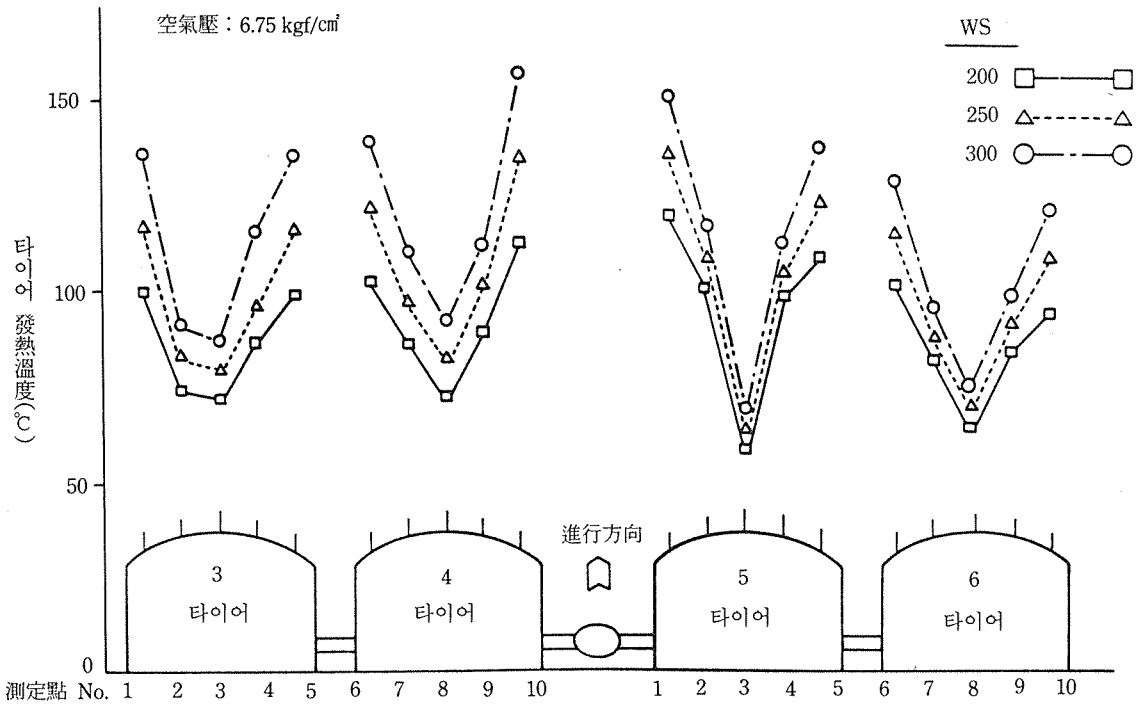
또한 發熱溫度分布를 보면 前記 (2)項에서 言及한 바와 같이 솔더部の 溫度上昇이 뚜렷하며, 특히 複輪의 안쪽에 裝着된 타이어의 안쪽 솔더部가 가장 높은 溫度를 나타내고 있다.

이는 自動車의 車軸管曲에 의한 영향으로 推定되고 있으며, 車軸管曲은 過積載에 의한 車軸管의 塑性變形과 彈性變形이고, 한 번 그 狀態에 놓이게 될 경우 이 경향은 오래 남는다고 한다.

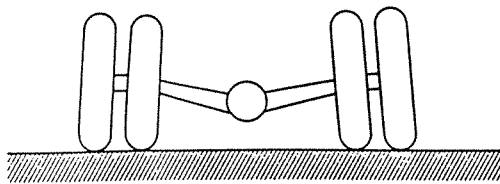
일반적으로 안쪽 타이어와 바깥쪽 타이어의 負荷荷重의 차이는 3~15% 정도라고 한다.



[그림 8] 하중과 타이어 온도



(그림 9) 타이어 발열온도분포 (구동축)



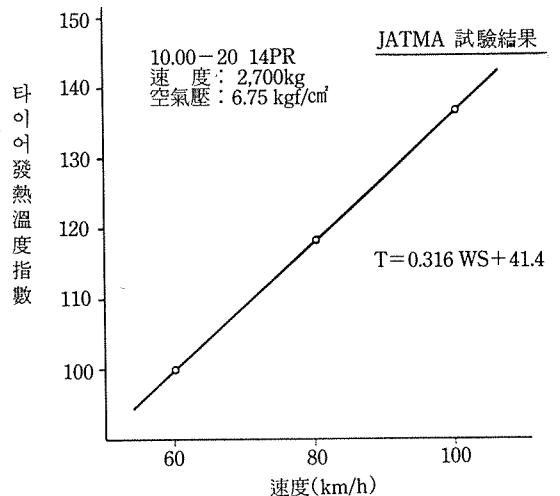
(그림 10) 차축관곡(車軸管曲)

(5) 速度와 타이어 溫度

前記 (4)項의 荷重에 의한 영향과 같이 速度에 대해서도 WS值의 思考方式에서와 같은 경향을 보여, 速度가 上昇함에 따라 發熱溫度 또한 上昇한다. 이 경우에도 速度 60km/h를 100으로 하면 20km/h 增加할 때마다 溫度는 18.5% 上昇하게 된다.

(6) 氣溫과 타이어 溫度

타이어의 發熱溫度와 外氣溫度의 관계는, '氣溫 1°C의 變化에 대해 트럭 및 버스用 타이어는 0.64°C 變化한다.'는 사실이 判明되었다.



(그림 11) 속도와 타이어 온도

이는 (4)項에서 說明한 WS值로부터, 限界 WS值 (安全限界溫度 125°C에 달한 WS值)를 算出하면 다음 표와 같다.

空氣壓 kgf/cm <sup>2</sup> 氣溫 °C	5.50	6.75	8.00
35	182	192	219
25	198	213	232
15	215	234	260

이와 같이 氣溫이 上昇하면 限界 WS値는 내려가며, 氣溫이 低下하면 限界 WS値는 올라가게 된다.

이 事實에서 Heat Separation은 氣溫이 높은 여름철에 集中되어 있음을 알 수 있다.

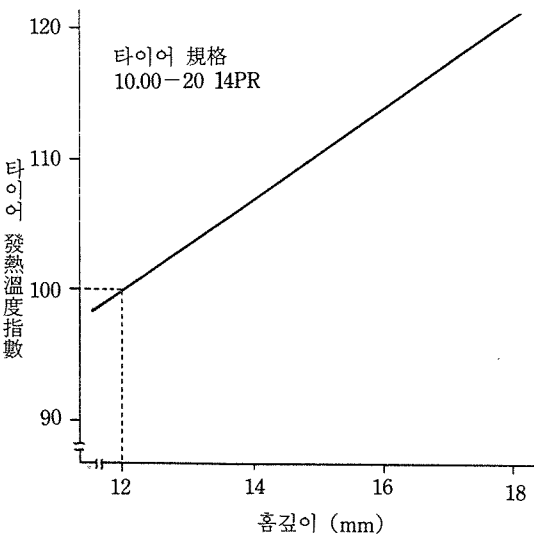
(7) 홈깊이와 타이어 溫度

홈깊이와 타이어 溫度의 관계는 '타이어 發熱位置'에서 記述한 바와 같이 트레드 고무량이 많을수록 타이어의 發熱溫度는 上昇한다.

트럭 및 버스用 타이어의 경우 트레드 고무 gauge가 1mm 變化할 때마다 타이어 溫度는 平均 2.7 °C 變化한다. 이 變化量은, 트레드 中心部는 5°C, 솔더部는 1.5°C로 되어 있다.

이는 前記 (2)項에서 記述한 바와 같이 솔더部の 發熱溫度는 높고, 홈깊이에 의한 영향은 적기 때문에 타이어의 磨耗가 進行되더라도 溫度低下는 적다.

타이어의 發熱로 인한 損傷은 트레드 고무 gauge가 두꺼운 타이어일수록 그 危險率이 높다.



(그림 12) 홈깊이와 타이어 온도

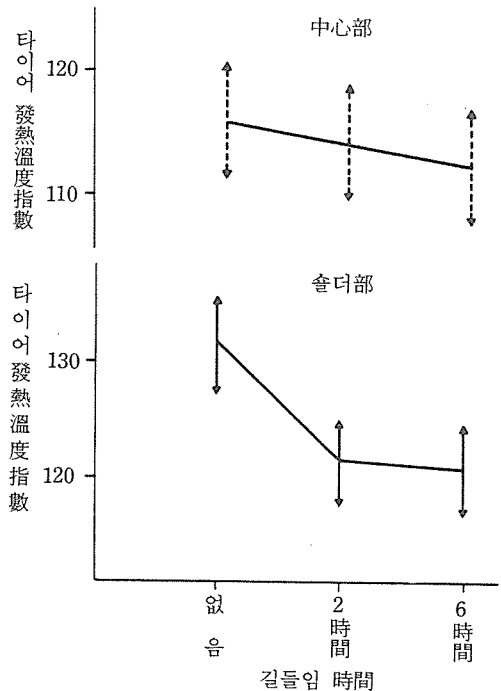
(8) 길들임 走行과 타이어 溫度

新品 타이어는 使用初期에 타이어가 成長을 한다. 이 타이어의 成長은 타이어 코드의 creep現象 및 카카스層間的 ply의 荷重分擔을 均一하게 하며, 일정한 負荷에 對해서의 成長度는 時間의 指數函數의 變換한다.

또한 트레드 고무에 있어서도 고무 分子의 再配列이 進行되어 트레드 고무의 殘留應力을 緩和시킨다. 따라서, 카카스(코드)의 creep現象과 트레드 고무의 配向現象을 促進시켜 安定된 狀態가 되도록 하는 것을 길들임 走行이라고 한다.

이 때 길들임 走行을 하지 않고 急激하게 사용하면 극단적인 應力 또는 變形의 集中에 의해 損傷을 發生하는 일이 있다.

(그림 13)은 길들임 走行의 效果를 보인 것이다.



타이어=11.00-20 12PR 리브  
 空氣壓=6.0 kgf/cm<sup>2</sup>  
 荷重=2.5 ton  
 速度=길들임 走行時……50 kg/h  
 테스트時……80 kg/h  
 試驗方法=室內 드림試驗  
 (實溫 38°C)

(그림 13) 길들임 주행과 타이어 온도



길들임 走行을 한 타이어는 타이어 發熱溫度가 약 10% 내려가고 있음을 보이고 있어 길들임 走行의 중요성이 判明되었다.

(9) 複輪 타이어의 外徑差와 타이어 溫度

複輪을 裝着한 타이어에 外徑差가 있는 경우, 外徑이 큰 타이어에 보다 많은 荷重이 걸리며, 負荷荷重의 變化에 따라서 타이어의 發熱溫度도 變化하는 것이 일반적으로 알려져 있다.

그 變化量은 타이어의 外徑差와 타이어가 가지고 있는 彈力定數(타이어의 종류, 使用空氣壓에 따라 다름)로 算出할 수 있다.

外徑이 큰 타이어에 지나치게 걸린 荷重  
= 彈力定數 × 半徑差

그런데, 트럭 및 버스用 타이어의 彈力定數는 規定空氣壓을 充塡한 상태에서는 약 95~110kg/mm이며, 5mm의 半徑差가 있는 경우 外徑이 큰 타이어에 약 500kg의 重量이 지나치게 걸리게 된다.

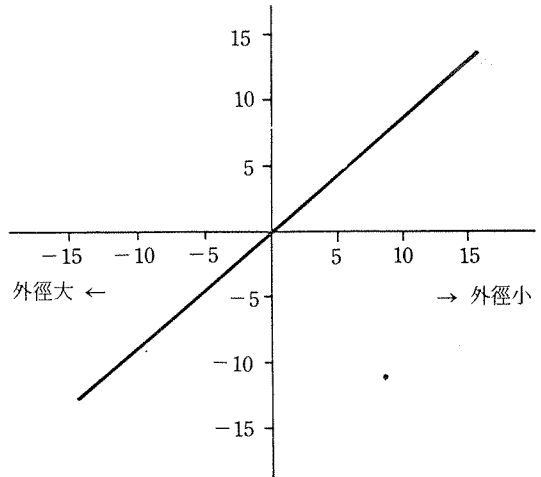
○ 外徑差가 있는 경우의 負荷荷重分布例 (外徑差-10 mm, 半徑差-5 mm)

	JIS 最大荷重	實質負荷荷重
外徑이 큰 타이어	2,425 kg	2,675 kg
外徑이 작은 타이어	2,425 kg	2,175 kg

以上の 思考方式을 토대로 負荷荷重의 變化를 실제로 측정한 결과, 다음과 같이 거의 同等한 數值가 얻어졌다.

試驗타이어 : TB 10.00-20 14PR HT 리브  
 試驗條件 : 車 種=Isuzu BH20P  
 荷 重=軸重10 ton (drive)  
 空氣壓=6.5kgf/cm<sup>2</sup>

試驗 結果  
 複輪外徑差와 負荷荷重變化率  
 Y : 負荷荷重變化率(%)  
 X : 複輪外徑差 (mm)  
 (外徑大-外徑小)  
 回歸式  
 Y=0.897X



上記의 負荷荷重變化率에서 타이어 溫度에 미치는 영향은 (4)項에서 言及한 바와 같이 荷重이 9% 增加하면 타이어 溫度를 5% 增加시키게 된다.

5. 各種要因의 加算에 의한 영향

前述한 바와 같이 Heat Separation을 발생시키는 要因은 여러가지가 있는데, 실제로 使用中에 발생하고 있는 Heat Separation은 이들 要因이 複合하여 발생하고 있는 것이 대부분이라고 생각된다.

이 경우 各要因을 個別的으로 해석하면 損傷에 이르지 않는 경우가 있다. 그러나, 現實적으로 損傷은 발생하고 있으며, 이 個個의 要因이 加算됨에 따라 發生한 損傷例를 解明하고자 한다.

註 : 要因이 複合된 경우는 相乘的인 영향을 미칠 수 있다고 생각되나, 이번에는 단순히 加算하는 데 그치기로 한다.

[例 1] 10 ton車로 30%의 over load를 하고, 高速道路를 持續最高速度 75km/h로 走行한다.

① WS值는 4-(1)項을 토대로 算出

$$JIS 100\% \text{ 荷重} \times \text{over road率} \times \text{速度} = WS\text{值}$$

$$2,425(\text{後軸}) \times 1.3 \times 75 = 236$$

註 : over load인 경우 over load率을 그대로 곱하면 실제의 負荷荷重(타이어 1個當)과 다른데, 간단한 방법을 採用하였다.

② 타이어의 發熱溫度는 4-(2)項의 [그림 4~6]의 回歸式에서 솔더部로 算出

空 氣 壓	回 歸 式	타이어 發熱溫度
8.0 kgf/cm <sup>2</sup>	T=0.299 WS + 38.9	109.5℃
6.75 kgf/cm <sup>2</sup>	T=0.316 WS + 41.4	116.0℃
5.5 kgf/cm <sup>2</sup>	T=0.354 WS + 39.2	122.7℃

③ 外氣溫도의 영향

4-(6)項에서 外氣溫도를 30℃로 假定하면 1℃當 0.64℃ 變化하므로 19.2℃ 더 上昇하게 된다.

空 氣 壓	外氣溫度修正	上昇溫度	修正後 타이어溫度
8.0 kgf/cm <sup>2</sup>	109.5℃ + (30℃ × 0.64)	+ 19.2℃	128.7℃
6.75 kgf/cm <sup>2</sup>	116.0℃ + (30℃ × 0.64)	+ 19.2℃	135.2℃
5.5 kgf/cm <sup>2</sup>	122.7℃ + (30℃ × 0.64)	+ 19.2℃	141.9℃

以上과 같이 使用條件을 荷重, 走行速度, 空氣壓, 그리고 外氣溫도와 一般의인 要因으로 限定한 경우에도 荷重이 30% overload의 事例에서 安全限界溫度인 125℃를 超過하였고, 더우기 空氣壓이 5.5kgf/cm<sup>2</sup>로 낮은 경우에는 141.9℃에 달하고 있다.

以上の 것 외에 다음의 要因을 생각할 수 있기 때문에, 합쳐서 解明하기로 한다.

④ 外徑差의 영향

4-(9)에서 外徑差의 영향은, 外徑差가 10mm 있으면 外徑이 큰 타이어의 溫度는 5% 增加한다. 前記 ③項의 條件에 外徑差의 影響을 적용시키면 다음과 같이 된다.

空 氣 壓	外徑差의 影響	上昇溫度	修正後 타이어溫度
8.0 kgf/cm <sup>2</sup>	128.7℃ × 1.05	+ 6.4℃	135.1℃
6.75 kgf/cm <sup>2</sup>	135.2℃ × 1.05	+ 6.8℃	142.0℃
5.5 kgf/cm <sup>2</sup>	141.9℃ × 1.05	+ 7.1℃	149.0℃

⑤ 車軸管曲의 영향

4-(4)項에서 車軸管曲의 영향이 10% 발생하였다고 假定하면, 안쪽 타이어에 걸리는 負荷荷重은 5% 增加하게 되고, 타이어 溫度는 2.8% 增加한다. 前記 ③項의 條件에

車軸管曲의 影響을 적용시키면 다음과 같이 된다.

空 氣 壓	車軸管曲의 影響	上昇溫度	修正後 타이어溫度
8.0 kgf/cm <sup>2</sup>	128.7℃ × 1.028	+ 3.6℃	132.3℃
6.75 kgf/cm <sup>2</sup>	135.2℃ × 1.028	+ 3.8℃	139.0℃
5.5 kgf/cm <sup>2</sup>	141.9℃ × 1.028	+ 4.0℃	145.9℃

以上 記述한 要因을 모두 最惡條件으로 加算하면 다음과 같은 發熱溫度로 된다.

發 熱 要 因	타이어溫度 및 上昇溫度
130%荷重, 速度75km/h, 空氣壓5.5kgf/cm <sup>2</sup> 에서의 發熱溫度	122.7℃
上記條件에 外氣溫度 30℃의 影響	+ 19.2℃
∴ 外徑差 10mm의 影響	+ 7.1℃
∴ 車軸管曲 10%의 影響	+ 4.0℃
타이어溫度	153.0℃

이 153.0℃의 타이어 溫度는 타이어를 損傷시키는 溫度分布圖에서 보면, 약 50%의 發生率을 나타내며, 2個 중 1個는 損傷이 發生할 危險이 있는 것으로 나타나고 있다.

[例 2] 10 ton 車로서 定量을 積載하고 高速道路를 持續最高速度 80km/h로 走行한다.

① WS値는 4-(1)項을 토대로 算出

$$2,425\text{kg} \times 1.0 \times 80\text{km/h} = 194$$

② 타이어의 發熱溫度는 4-(2)項의 [그림 4~6]의 回歸式에서 솔더部로 算出

空 氣 壓	回 歸 式	타이어發熱溫度
8.0 kgf/cm <sup>2</sup>	T=0.299 WS + 38.9	96.9℃
6.75 kgf/cm <sup>2</sup>	T=0.316 WS + 41.4	102.7℃
5.5 kgf/cm <sup>2</sup>	T=0.354 WS + 39.2	107.9℃

③ 外氣溫도의 영향

4-(6)項에서 外氣溫도를 30℃로 假定하면 1℃當 0.64℃ 變化하기 때문에 19.2℃ 더 上昇하게 된다.

空 氣 壓	外氣溫度修正	上昇溫度	修正後 타이어溫度
8.0 kgf/cm <sup>2</sup>	96.9°C + (30°C × 0.64)	+19.2°C	116.1°C
6.75 kgf/cm <sup>2</sup>	102.7°C + (30°C × 0.64)	+19.2°C	121.9°C
5.5 kgf/cm <sup>2</sup>	107.9°C + (30°C × 0.64)	+19.2°C	127.1°C

以上과 같이 使用條件을 荷重, 走行速度, 空氣壓, 그리고 外氣溫도와 一般의인 要因으로 限定한 경우에도 空氣壓이 낮고, 走行速度가 80km/h로 되면 危險溫度範圍인 127.1°C에 달하고 있다. 以上の 것 外에 前項과 같은 要因이 加味되면 다음과 같이 된다.

④ 外徑差의 영향

外徑差가 5mm 있다고 假定하면, 4-(9)項에서 타이어溫度는 2.5% 영향을 받는다. 前記 ③項의 條件에 外徑差의 영향을 적용시키면 다음과 같이 된다.

空 氣 壓	外氣差의影響	上昇溫度	修正後 타이어溫度
8.0 kgf/cm <sup>2</sup>	116.1°C × 1.025	+2.9°C	119.0°C
6.75 kgf/cm <sup>2</sup>	121.9°C × 1.025	+3.0°C	124.9°C
5.5 kgf/cm <sup>2</sup>	127.1°C × 1.025	+3.2°C	130.3°C

⑤ 車軸管曲의 영향

車軸管曲의 영향이 10% 발생하였다고 假定하면, 4-(4)項에서 안쪽 타이어에 걸리는 負荷荷重은 5% 增加하고, 타이어溫度는 2.8% 增加한다. 前記 ③項의 條件에 車軸管曲의 영향을 적용시키면 다음과 같이 된다.

空 氣 壓	車軸管曲의影響	上昇溫度	修正後 타이어溫度
8.0 kgf/cm <sup>2</sup>	116.1°C × 1.028	+3.3°C	119.4°C
6.75 kgf/cm <sup>2</sup>	121.9°C × 1.028	+3.4°C	125.3°C
5.5 kgf/cm <sup>2</sup>	127.1°C × 1.028	+3.5°C	130.6°C

以上 記述한 要因을 모두 最惡條件에서 加算하면 다음과 같은 發熱溫度로 된다.

發 熱 要 因	타이어溫度 및 上昇溫度
100%荷重, 速度80km/h, 空氣壓5.5kgf/cm <sup>2</sup> 에서의 發熱溫度	107.9°C
上記條件에 外氣溫度 30°C의 影響	+19.2°C
〃 外徑差 5mm의 影響	+3.2°C
〃 車軸管曲 10%의 影響	+3.5°C
타이어溫度	133.8°C

이 133.8°C의 타이어溫度는 타이어를 損傷시키는 溫度分布圖에서 보면 약 1%의 發生率을 나타내고, 100個 중 1個는 損傷을 發生할 危險이 있는 것으로 나타나고 있다. 또 上記條件은 一般의으로 實際 타이어 使用時 볼 수 있는 狀況인 만큼 充分한 認識이 필요하다.

더우기 上記試算은 어디까지나 이번에 試算을 실시한 HT-LUG 타이어의 資料를 토대로 算出한 것이며, 타이어의 종류가 다르면 당연히 發熱水準은 달라져 왔다.

註: 같은 HT-LUG 타이어라도 타이어規格, 使用目的 등에 따라 發熱水準은 약간의 차이가 생기기도 하는데, 이번의 試驗結果를 基準值로 하여 取扱하여도 별 問題는 없다고 생각한다.

6. 實車에 의한 타이어 損傷發生 試驗結果

前述한 바와 같이 試驗結果를 토대로 타이어의 發熱에 대해서 解明했으나, 實車에 의한 타이어 損傷發生에 대한 試驗도 실시하였으므로 그 結果를 다음에 記述한다.

1) 試驗條件

타 이 어 : 前 輪 = 10.00-20 14PR HW  
리브  
後 輪 = 10.000-20 14PR  
HT 리그  
(試驗對象)

試驗車：車 種=Nissan 디젤 UD-5  
 TWDC 18D, Mitsubishi 후소우 T951D  
 車輪配列=2. D-4 덤프  
 最大積載量=10.5ton  
 試驗場所：日本自動車研究所

조)이고, 발생한 위치는 驅動軸의 左內側의 타이어이다.  
 ③ JIS推薦荷重의 範圍內에 있으면 空氣壓이 5.5 kgf/cm<sup>2</sup>라도 損傷은 發生하지 않는다. 그러나, 荷重이 150%로 되고 60km/h, 80km/h로서 空氣壓이 낮은 경우에는 發生하였다.  
 ④ 이번의 試驗結果에서 適正한 使用條件下에서 是 損傷이 發生하지 않으나, 過荷重 및 空氣

2) 試驗結果

積載量	荷重	空氣壓 kgf/cm <sup>2</sup>	速度km/h	40	50	60	80
			位置	驅動輪	驅動輪	驅動輪	驅動輪
10.2 ton	ton/個 2.4 (JIS 100%)	5.50	5.50			○	○
			6.75			○	○
			8.00			○	○
19.8 ton	ton/個 3.6 (JIS 150%)	5.50	5.50			◎	◎
			6.75			○	◎
			8.00			○	○
29.4 ton	ton/個 4.8 (JIS 200%)	5.50	5.50				
			6.75	○	◎	◎	
			8.00	○	○	◎	

○：損傷發生하지 않음.  
 ◎：損傷發生.

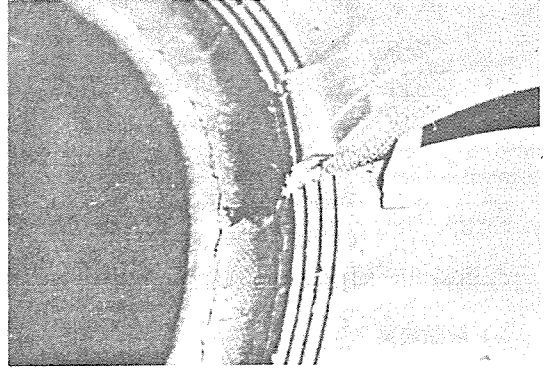
- ① 各種의 組合에 의해 試驗한 結果 윗표와 같이 일부 條件에 있어서 損傷이 發生하고 있다.
- ② 損傷의 형태는 모두 Heat Separation(사진 참

壓不足 등 不當하게 使用하는 경우에 타이어는 損傷을 일으키기도 한다.

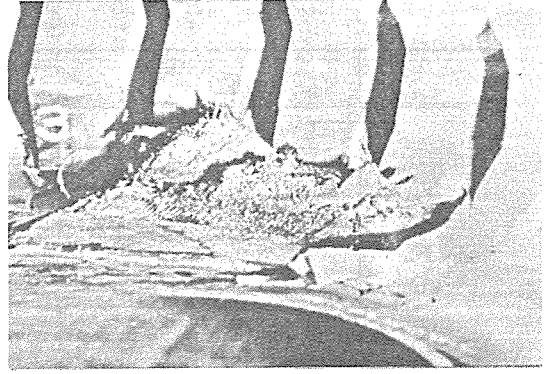
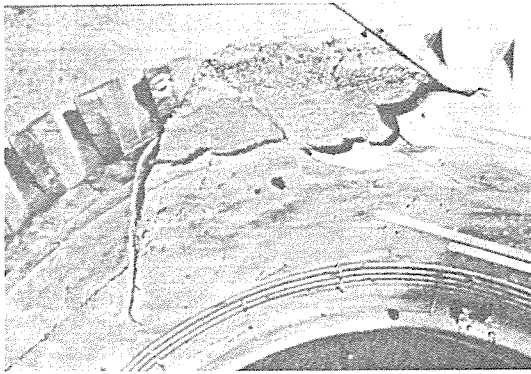
〈參考〉 타이어 損傷寫眞



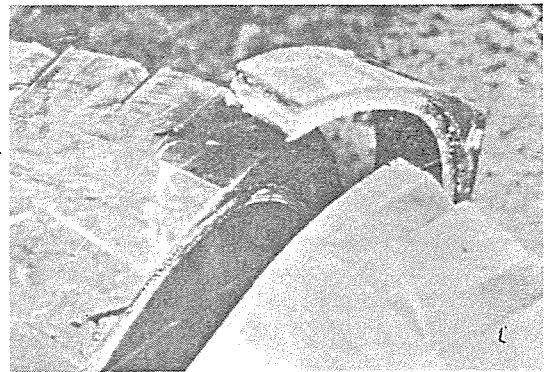
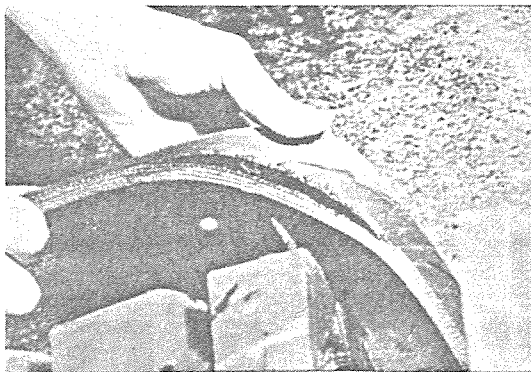
(空氣壓 8.00 kgf/cm<sup>2</sup> 荷重 4.8 ton 速度 60km/h)



(空氣壓 6.75 kgf/cm<sup>2</sup> 荷重 4.8 ton 速度 50km/h)



(空氣壓 6.75 kgf/cm<sup>2</sup> 荷重 4.8 ton 速度 60km/h)



(空氣壓 6.75 kgf/cm<sup>2</sup> 荷重 4.8 ton 速度 60km/h)