타이어의 發熱에 의한 損傷

—트럭·버스用 타이어의 heat separation burst의 發生原因

協會 技術 部

◇…**編者註**：本資料는 日本自動車타이어協會(JATMA)에서 高速道路에서 發熱로 인한…◇
◇…타이어 損傷을 實際使用條件下에서 試驗하여 그 要因을 分析함으로써 安全走行을…◇
◇…爲하여 타이어使用法을 계몽하고자 한 것이다. 只今까지 發表된 많은 資料 중에서…◇
◇…도 가장 參考될 點이 많을 것으로 看做되어 그 內容을 紹介한 것입니다. ……◇

1. 序 論

國家經濟의 高度成長과 發展에 따라 自動車의 輸送量이 날로 伸長하여 高速道路나 一般國道의 整備도 急速度로 進陟되고 있다.

日本 自動車타이어協會에서 蒐集한 타이어 損傷別集計(表 1 참조)를 보면 從前에는 比較的 低速, 非鋪裝路走行時의 損傷인 外傷 등이 壓倒的으로 많았으나 最近에는 鋪裝路, 高速道路上에서 高速走行을 함으로써 發熱로 因한 損傷이 많이 發生하고 있다.

自動車의 가장 重要한 保安部品인 타이어가 高速走行時에 豫期치 않은 損傷을 일으킨다면, 安全走行自體에 重大한 影響을 미치게 된다.

이러한 點을 감안하여 本協會에서는 發熱로 因한 타이어 損傷을 實際使用條件에서 試驗하여 그 原因을 分析함으로써 安全走行을 爲한 타이어 使用法을 계몽하고자 한다.

<표 1> 타 이 어 損 傷 狀 況

區 分	順位		全 Claim에 對한 比率
使用上의 原因에의 한 損傷	1	空氣壓 不足, 過荷重으로 因한 코드切斷	11.6
	2	Heat Separation	11.3
	3	空氣壓不足, 過荷重으로 因한 Separation	8.3
使用上의原因에依한損傷이라고實證하기가不可能하여交換해준損傷	1	Tread Separation 및 Burst	13.5
	2	코드 切斷	2.5
	3	Bead部의 Separation	2.1

2. 疏明結果要約

(1) 本試驗은 트럭·버스用 타이어, Bias 構造의 10.00—20 14PR HT-LUG型으로 實施하였으며, 本資料는 모두 同타이어에 대한 데이타를 토대로 하여 解析한 것이다. 따라서 타이어의 種類나 構造 등이 다르면 하나하나의 數値가 다르게 될 것이며, 또 같은 種類의 HT-LUG型 타이어에 있어서도 使用目的, 商品名 등이 다르면 자연히 그 特性이 變化될 것으로 判斷된다.

(2) 따라서 本資料는 HT-LUG型의 一般的인 條件下에서의 데이타임을 알 수 있으며, 트럭·버스用 타이어에 있어서의 發熱에 관한 特性의 傾向으로 活用될 수 있다.

(3) 이 試驗으로써 타이어의 發熱은 荷重과 走行速度를 종합한 타이어의 일量이 가장 큰 原因

이 되나, 使用空氣壓, 外部氣温, 複輪外經差 등 여러 가지 複合的인 原因도 있다.

(4) 各種要因과 타이어 温度에 미치는 影響은 다음과 같다.

① 타이어의 發熱에 미치는 要因과 그 變化量

要因	條件變化量	타이어 温度에 미치는 影響
荷重	10%	5.6%
速度	10km/h	9.3%
外部氣温	10°C	6.4°C
空氣壓	1kg/cm²	4.0%
複輪外徑差	10mm	5.0%
車軸管屈撓	10%	2.8%
타이어 skid 깊이	1mm	2.7°C

② 위의 變化量을 主要因에 대해서만 타이어 温度를 算出하면 다음과 같다.

主要因	條件	타이어温度	變化條件	타이어温度	變化量
荷重	100%	105°C	120%	115°C	+10°C
速度	60km/h		80km/h	123°C	+18°C
空氣壓	6.75kg/cm²		5.5 kg/cm²	109°C	+4°C
外氣温度	20°C		30°C	112°C	+7°C

註 : 모든 變化條件이 더해진 경우는 150°C로 된다.

(5) 本試驗結果로서도 正常狀態에서 使用된 타이어의 損傷發生은 전혀 없다는 것이 實證되었으며, 過荷重, 空氣壓의 不足, 過速 등 不當使用이 없으면 發熱에 依한 損傷은 發生하지 않는다고 볼 수 있다.

(6) 이 結果로써, 日本自動車타이어協會의 使用基準에 표시되어 있는 使用條件에 맞는 適正타이어의 選定과 適正한 使用의 嚴守를 指導 계몽하는 것이 損傷發生을 防止하는 것이라고 할 수 있다.

3. 發熱에 依한 損傷

3.1 發熱理由

타이어는 走行中에는 變形과 復元이 周期的으로 반복되고 있으나 타이어에 使用되고 있는 고무, 코드 등의 材料는 粘彈性體이므로 反復되는 變形을 받으면 Hysteresis loss에 의해 熱이 發生한다.

또 이들 材料는 熱의 不良導體이므로 放熱이 적으며 점점 蓄積된다.

타이어의 內部温度가 높아지면 타이어를 구성하는 고무, 코드 등의 材料의 强度低下나, 接着力低下를 초래하여, 타이어의 耐久力을 低下시켜 다시 突發的인 Separation이나 Burst를 일으킬 危險이 있으며 큰 事故를 誘發시킬 原因이 된다.

타이어의 發熱은 타이어의 空氣壓, 荷重, 自動車의 速度, 繼續走行時間, 타이어의 skid 깊이 및 타이어의 構造 등의 影響을 받는다.

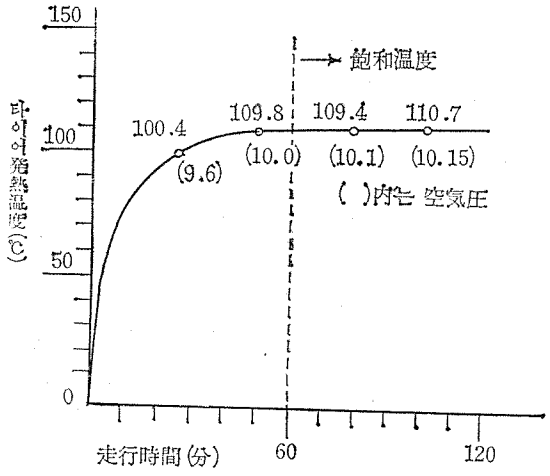
3.2 飽和温度

타이어는 發熱하는 한편 外氣 등에 의해 冷却도 된다. 트럭·버스用 타이어의 경우 약 1時間 동안 繼續走行하게 되면 어떤 温度에서 發熱量과 放熱量이 같게 되어 타이어의 温度가 平衡狀態에 達한다.

한편 空氣壓도 이와 같은 傾向을 나타내고 있으므로 타이어의 發熱水準을 推定·判斷하는 데는 空氣壓點檢과 그 上昇程度에 따라 大體的인 水準을 알 수도 있다.

타이어의 飽和温度는 타이어의 構造, 트레드의 두께, 코드材質, 고무質 등의 종류에 따라서도 다르나, 同一타이어라 할지라도 트레드의 磨耗率, 荷重, 走行速度, 空氣壓, 外氣温度 등의 外部原因에 의해서도 變化한다.

그림 1은 飽和温度에 達하는 狀況을 나타낸것이다.

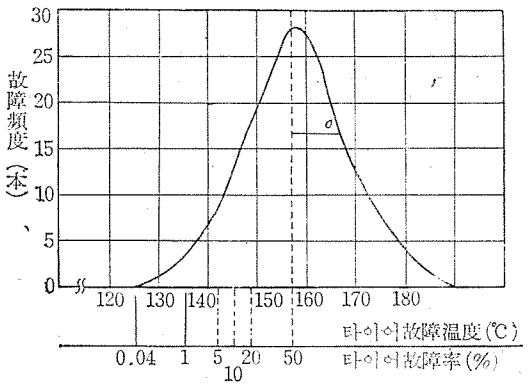


[그림 1] 飽和温度의 狀況

3.3 타이어의 温度와 損傷

타이어가 發熱로 因하여 損傷을 일으키는 頻

度는 그림 2와 같은 分布를 하고 있다. 즉, 나이론 타이어의 경우의 損傷은 타이어의 溫度가 Breaker상에서 125°C 정도에서 發生하기 시작하여 158°C 부근에서는 50% 정도가 故障을 일으킨다.



타이어 : 10.00-20 14-PR(나이론)
n : 136本 $\bar{X}$: 157.6°C
σ : 9.8°C 氣溫 : 38°C

〔그림 2〕 타이어의 故障이 發生하는 溫度分布

3.4 Heat Separation

타이어의 發熱에 대해 견디어 낼 수 있는 溫度는 앞에서도 說明한 바와 같이 보통 breaker상에서 125°C 정도이며 그 以上 發熱할 경우에는 고무나 코드의 熱劣化 및 接着力의 低下가 심하며 發熱로 인한 剝離損傷의 危險率이 높아진다.

이와 같은 異常發熱에 依한 剝離를 heat separation이라 하며, 損傷된 타이어의 現象은 剝離된 곳이 異常發熱에 의해 고무 및 코드가 溶解되어 있는 것이 특징이다.

4. 타이어 發熱試驗結果

타이어의 發熱의 原因이 되는 것은 荷重, 走行速度를 비롯하여 氣溫, 트레드 skid 깊이 등 여러 가지가 있다.

그러므로 이와 같은 要因들에 의한 影響을 하나하나 考慮하면서 試驗한 結果를 보면 다음과 같다.

4.1 發熱과 WS 値(LS 値)

타이어의 發熱은 그 타이어가 한 일의 量이 熱로 變換되는 것이 主要因이며, 그것은 그 타이어에 負荷되는 荷重(ton)과 走行速度(km/h)의 곱으로 나타낼 수 있다.

註 : ① 단, WS値가 150~250ton·km/h의 範圍에서 適用된다. 荷重 또는 速度가 極端的으로 클 경우는 該當되지 않는다.

② WS値를 LS値로 나타내기도 한다.

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

T : 타이어 內部의 發熱溫度(°C)

W : 타이어 1本當 負荷荷重(ton)

S : 車輛의 走行速度(km/h)

a,b : 타이어의 構造 등에 따라 정해지는 定數

이 WS値는 타이어의 發熱에 對한 耐久力의 指數로 생각할 수 있다. 타이어의 WS値는 트레드 skid깊이, 트레드 패턴, 外部氣溫 등에 의해 左右되며, 一般的으로 外部氣溫 38°C 때의 新品타이어의 WS値로 表示된다. 使用條件의 WS値가 타이어의 WS値 以下로 되는 것이 heat separation 損傷을 防止하기 위한 前提條件이다.

<具體的인 WS値 計算例>

- 車 輛 : 트럭
- 타이어 사이즈 : 10.00-20 14PR
- 走行速度 : 80km/h

} 의 경우

JIS最大荷重(單輪使用의 경우 2700kg)

×走行速度(80km/h)=(216ton·km/h)

즉, 위의 使用條件에서는 216ton·km/h 以上의 WS値를 가진 타이어를 選定하면 된다.

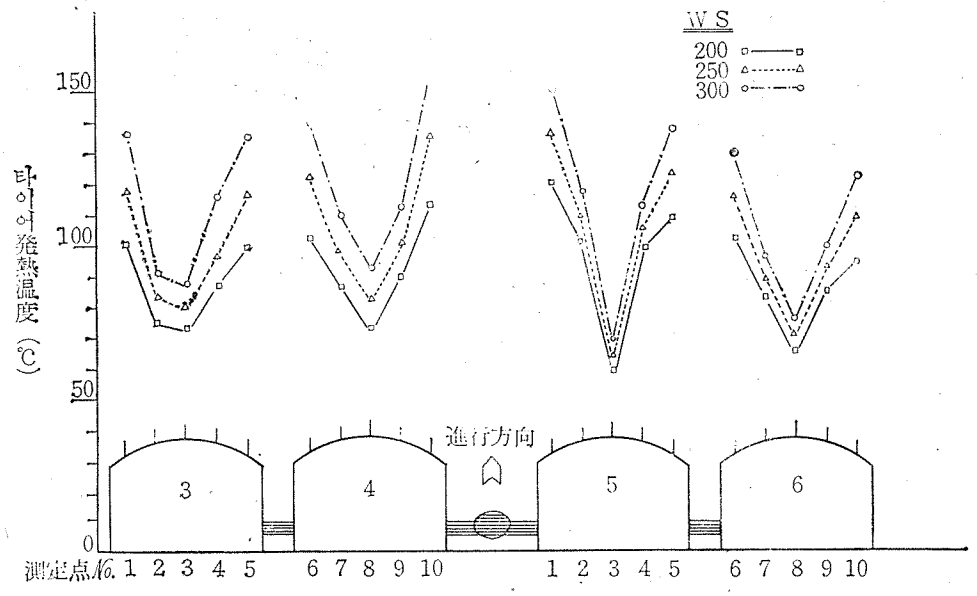
그러나 타이어가 發熱에 미치는 要因은 많으므로 單純히 이와 같은 計算만으로 判斷하는 것은 다음과 같은 危險이 따를 경우가 있으므로 주의하지 않으면 안 된다.

4.2 發熱溫度와 位置

타이어의 發熱位置는 그림 3에 표시된 바와 같이 타이어의 Shoulder部가 가장 높으며, 또 타이어의 發熱溫度 測定結果로써 유도한 타이어의 發熱溫度와 WS値의 結果(그림4, 5, 6)에 있어서도 Shoulder部의 溫度上昇이 가장 높다.

이것은 試驗結果, 타이어의 損傷發生位置가 모두 Shoulder部에 集中되어 있다는 事實로서도 證明될 수 있다.

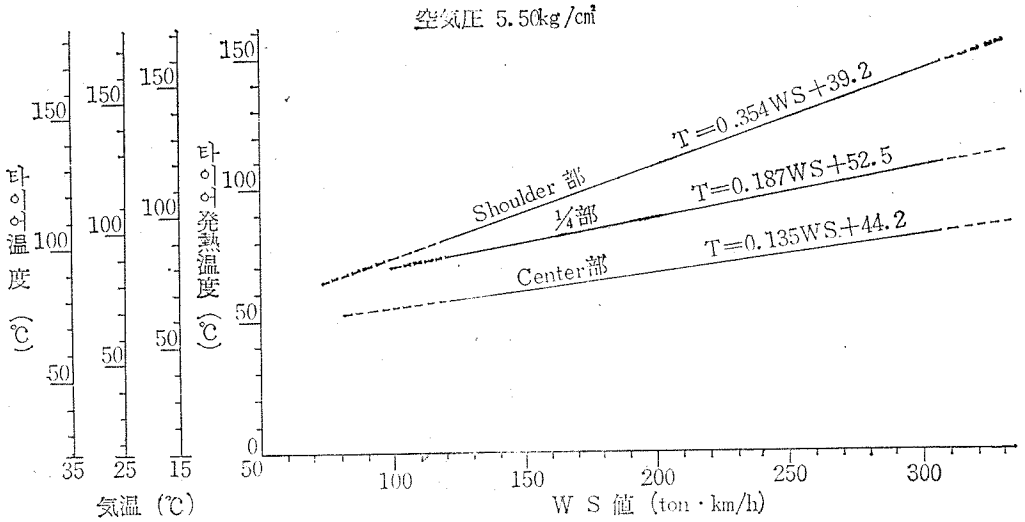
Shoulder部가 가장 많이 發熱하는 要因은, 이 部分의 트레드 고무 두께가 두껍기 때문에 發熱에 寄與하는 고무 Volume이 크고 또 他部에 比해서 Shoulder部는 放熱이 잘 되지않고 熱을 蓄積하기 쉽기 때문이라고 한다.



(空氣壓 6.75 kg/cm²의 경우)

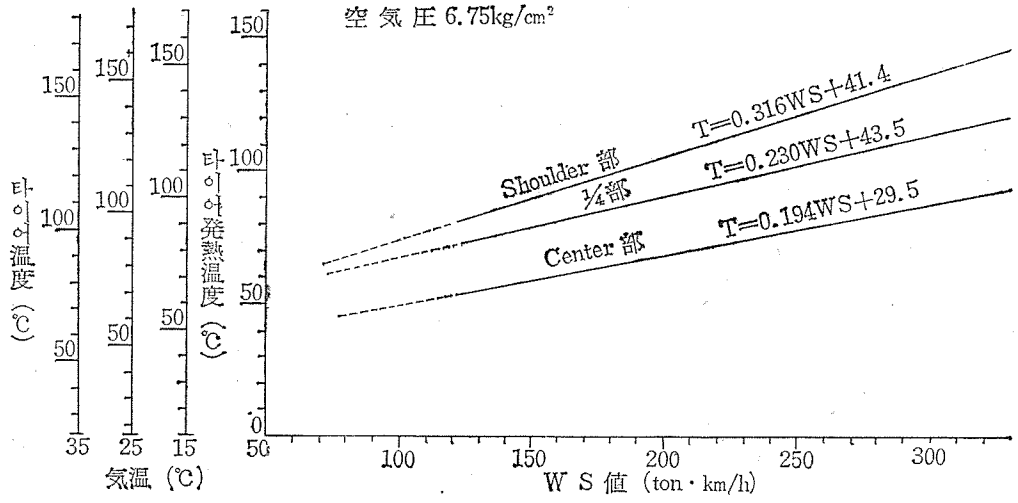
〔그림 3〕 타이어 發熱溫度分布(驅動軸)

(測定點은 兩 Shoulder部, 兩 ¼點, Crown center部의 5點, 어느 경우든 Shoulder部의 發熱溫度가 높고, Crown center部가 낮은 V字型 分布를 나타내고 있다.)



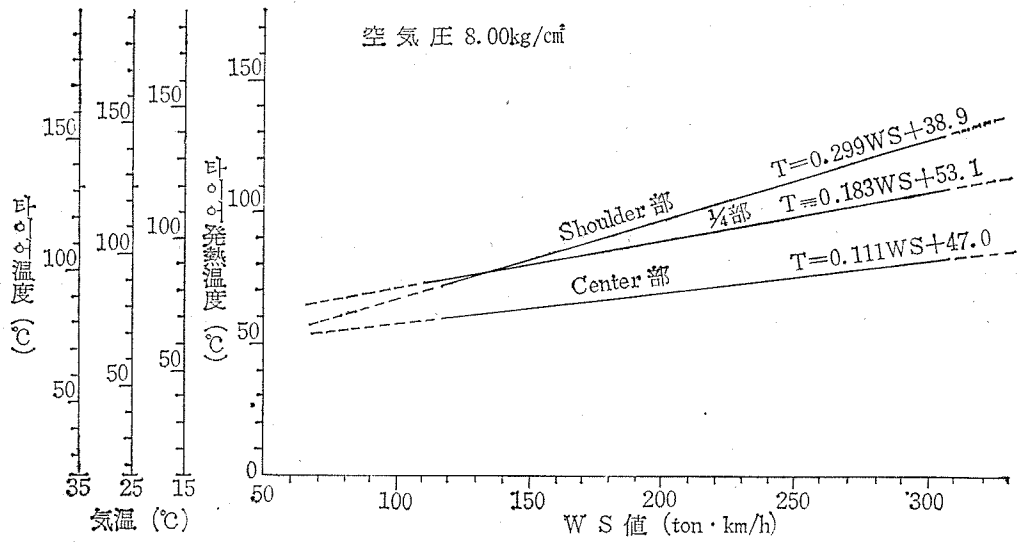
(空氣壓 5.50 kg/cm²의 경우)

〔그림 4〕 타이어 熱發溫度와 WS値



(空氣壓 6.75 kg/cm²의 경우)

〔그림 5〕 타이어 發熱温度와 WS値



(空氣壓 8.00 kg/cm²의 경우)

〔그림 6〕 타이어 發熱温度와 WS値

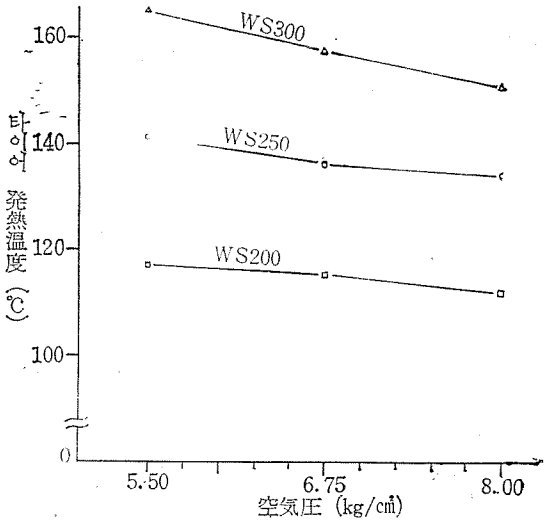
4.3 空氣壓과 温度

타이어의 發熱温度와 空氣壓의 관계는 空氣壓이 낮을수록 타이어 發熱温度는 上昇하고 있다. 空氣壓이 타이어의 發熱에 미치는 影響은 空氣壓 1.25kg/cm²의 變化에 따라 타이어 温度에 5%의 影響을 미치고 있다.

이것은 定量積載라 할지라도 空氣壓不足으로 使用하면 結果的으로 over deflection를 일으켜 타이어의 發熱温度가 높게 되어 限界温度에 가까워지고 있다는 것을 意味한다.

反對로 空氣壓을 높게 하면 타이어 全體의 움직임이 적어져 發熱을 낮게 억제할 수 있다.

그러나 空氣壓을 너무 높게 하면 트레드 센터部의 踏面壓이 Shoulder部에 比해 너무 높게 되어 센터部의 heat separation이나 衝擊破裂, 센터摩耗 등 異常損傷이 생기게 되므로 荷重에 맞는 空氣壓으로 사용하는 것이 바람직하다.



〔그림 7〕 空氣壓과 發熱溫度

4.4 荷重과 溫度

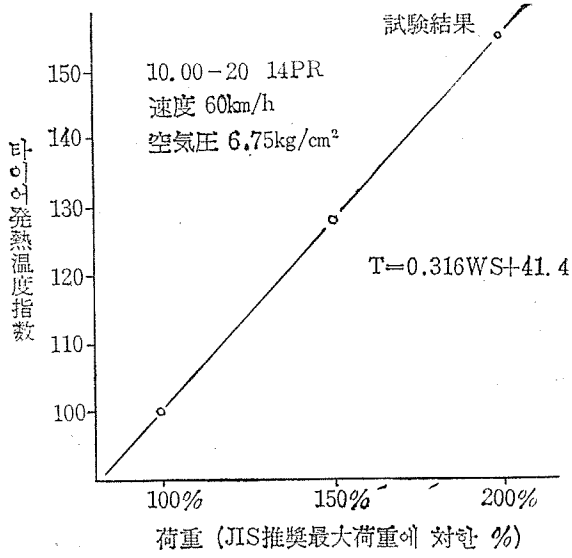
荷重은 速度와 함께 타이어 發熱의 가장 큰 要因이다. 이것은 WS値로 생각하여도 明白한 바와 같이 荷重의 增加에 따라 타이어의 溫度는 높아지고 있다.

試驗結果로는 荷重 100%의 경우 發熱溫度指數를 100으로 하면 150%의 경우는 128로 되며 荷重이 10% 增加할 때마다 5.6%씩 增加하게 된다.

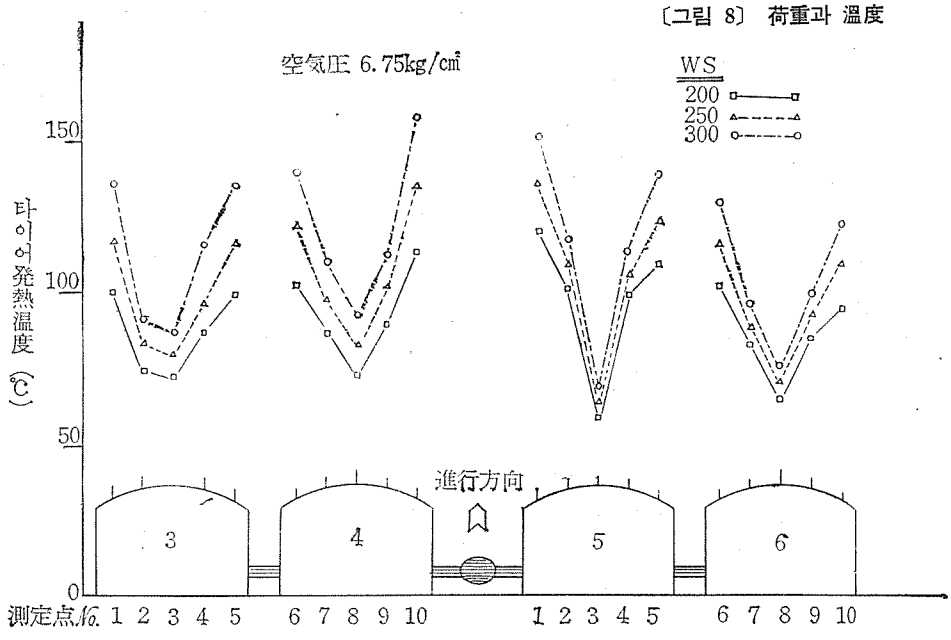
發熱溫度分布를 보면 앞(4.2)에서 說明한 바와 같이 Shoulder部의 溫度上昇이 현저하나, 특히 複輪의 內側에 裝着된 타이어의 內側 Shoulder部가 가장 높은 溫度로 나타났다.

이것은 車의 車軸管屈撓의 影響으로 推測된다. 車軸管屈撓는 車輛의 過荷重積載로 因한 車軸管의 塑性變形과 彈性變形이며, 이러한 傾向은 한번 나타나게 되면 永續的으로 남게 된다고 한다.

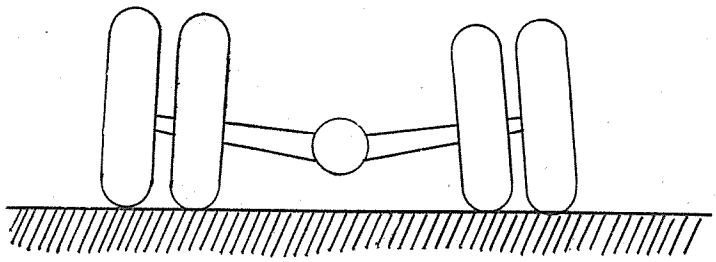
일반적으로 內側타이어와 外側타이어의 負荷荷重의 差異는 3~15% 정도 있다고 한다.



〔그림 8〕 荷重과 溫度



〔그림 9〕 타이어 發熱溫度分布(驅動軸)

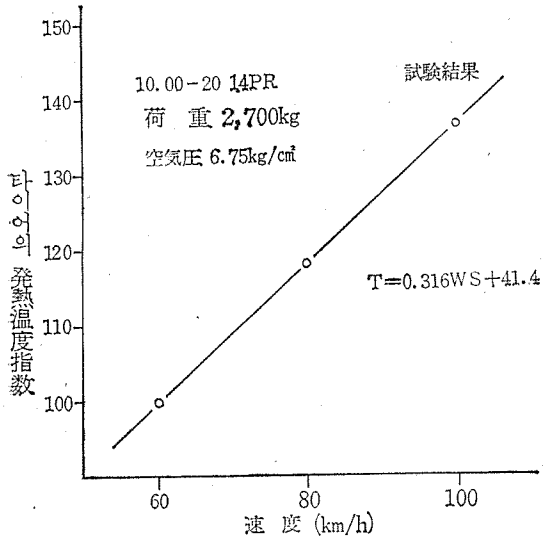


〔그림 10〕 車 軸 管 屈 撓

4.5 速度와 温度

荷重에 依한 影響과 같이 速度에 있어서도 WS値의 方法과 같은 傾向으로 速度上昇에 따라 發熱温度도 上昇한다.

여기서도 速度 60km/h를 100으로 하면 20km/h 增加할 때마다 温度上昇이 18.5%이다.



〔그림 11〕 速 度 와 温 度

4.6 氣温과 타이어 温度

타이어의 發熱温度와 外部氣温의 關係는 「氣温 1°C의 變化에 對해서 트럭·버스用 타이어는 0.64°C 變化한다」는 것이 判明되었다.

이 聯關性은 前述한 WS値로부터 限界 WS値(安全限界温度 125°C에 達하는 WS値)를 算出하면 다음 表와 같다.

이와 같이 氣温이 上昇하면 限界 WS値는 減少되며, 氣温이 低下되면 限界 WS値는 增加하게 된다.

氣温과 限界 WS値

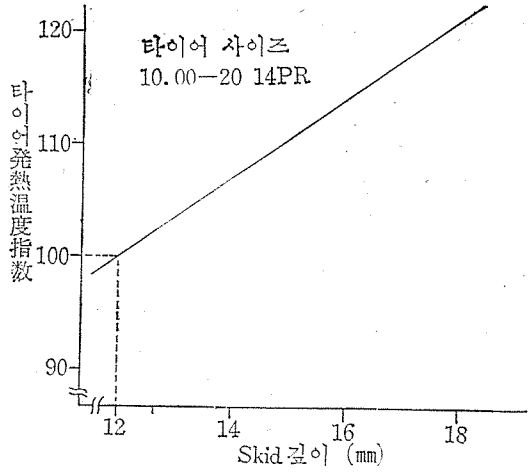
空氣壓 kg/cm² / 氣温 °C	5.50	6.75	8.00
35	182	195	219
25	198	213	232
15	215	234	260

따라서 heat separation 損傷은 氣温이 높은 夏節에 集中發生한다는 것도 理解할 수 있다.

4.7 Skid 깊이와 타이어 温度

Skid 깊이와 타이어 温度의 關係는 타이어의 發熱位置에서 說明된 바와 같이 트레드 고무 Volume이 많을수록 타이어의 發熱温度는 上昇한다.

트럭·버스用 타이어의 경우, 트레드 고무 두께가 1mm 變化하는 데 對해서 타이어 温度의 平均變化는 2.7°C이며, 이 變化量은 Tread center 部가 5°C이고 Shoulder部가 1.5°C로 되어 있다. (drum 試驗 結果)



〔그림 12〕 Skid 깊이와 타이어 温度

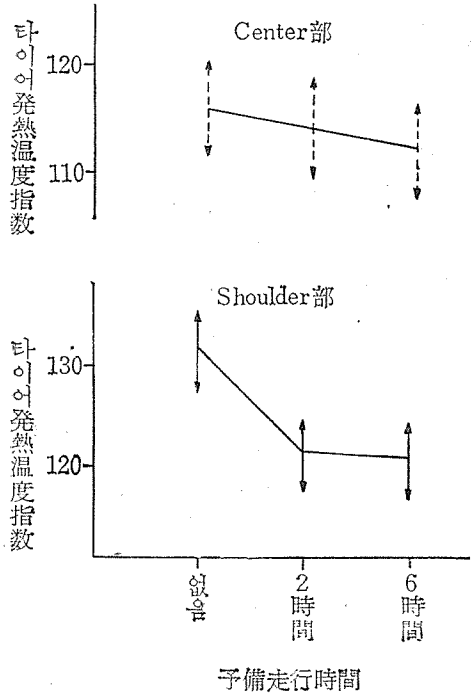
그러므로 Shoulder部는 앞에서 說明한 바와 같이 發熱溫度는 높고 skid 깊이에 의한 影響은 작으므로 타이어 摩耗에 따른 溫度低下는 작다고 할 수 있다.

타이어의 發熱에 依한 損傷은 트레드 고무 두께가 두꺼운 타이어일수록 그 危險率이 높아지므로, 일반적으로 使用基準에 있어서 用途別 추천 타이어를 skid 깊이에 따라 區分하여 損傷發生의 防止를 도모하고 있다.

4.8 豫備走行과 溫度

新品 타이어는 使用初期에 成長現象이 나타난다. 이 타이어의 成長은 타이어 코드의 creep 現象 및 carcass層間의 ply의 荷重分擔을 均一하게 하는 것이며, 一定한 負荷에 對한 成長度는 時間의 指數函數的으로 變化한다.

또 트레드 고무에 있어서도 고무 分子의 再配列이 나타나 트레드 고무의 殘留應力이 緩和된다.



〔그림 13〕 豫備走行과 溫度

타 이 어 : 11.00-20, 12PR Rib
空 氣 壓 : 6.0 kg/cm²
荷　　重 : 2.5 ton
速　　度 : 豫備走行時…50km/h
　　試驗走行時…80km/h
試驗方法 : 室內 drum試驗(室溫 38°C)

따라서 carcass(코드)의 creep 現象과 트레드 고무의 配向現象을 促進시켜 安定된 狀態로 하는 것이 豫備走行이라고 할 수 있다.

그러므로 豫備走行없이 使用하게 되면 極端的인 應力과 또는 歪曲의 集中으로 損傷을 일으키는 수가 있다.

그림 13은 豫備走行의 效果를 본 것이다. 豫備走行을 한 타이어는 約10% 정도 타이어 發熱溫度가 내려가고 있음을 나타내고 있어, 豫備走行의 重要性을 알 수 있다.

4.9 複輪 타이어의 外徑差와 溫度

複輪裝着 타이어에 있어서 外徑差가 있을 경우 外徑이 큰 타이어에 보다 많은 荷重이 걸려 負荷荷重의 變化에 따라 타이어 發熱溫度도 變化한다는 것이 일반적으로 알려져 있다.

그 變化量은 타이어의 外徑差와 타이어 固有의 Spring常數(타이어의 種類, 使用空氣壓에 따라 다르다)로써 算出할 수 있다.

外徑이 큰 타이어에 餘分으로 걸리는 荷重
=Spring常數×外徑差

그러므로 트럭·버스用 타이어에 있어서 Spring常數는 規定된 空氣壓狀態에서는 約 95～110 kg/mm이며, 半徑差가 5mm인 경우에는 約 500 kg 정도가 外徑이 큰 타이어에 餘分으로 負荷된다.

• 外徑差가 있을 경우 負荷荷重의 分布例(外徑差 10mm, 半徑差 5mm)

	JIS 最大荷重	實質負荷荷重
外徑大 타이어	2,425kg	2,675kg
外徑小 타이어	2,425kg	2,175kg

以上과 같은 方法으로 負荷荷重率의 變化를 實測한 結果, 다음과 같이 거의 同等한 數値를 얻었다.

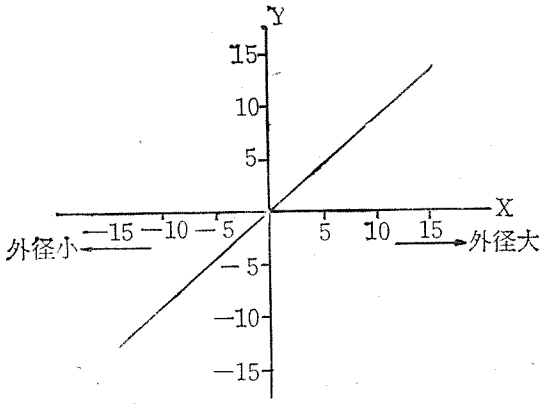
試驗타이어　TB 10.00-20 14PR HT-RIB
試驗條件　車種 이스즈 BH 20P 에어서스 버스
　　荷重 軸重 10ton 드라이브 軸
　　空氣壓 6.5kg/cm²
試驗結果

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 $Y=0.897X$



위의 負荷荷重變化率로부터 타이어의 溫度에 미치는 影響을 보면(4.4 荷重과 溫度 참조), 9%의 荷重增加는 타이어의 溫度를 5% 增加시키게 된다.

5. 各種要因의 加算性

只今까지 記述된 heat separation을 發生하게 하는 個別要因은 여러 가지 있으나 實際 使用時에는 이들 要因들이 複合되어 故障을 일으키는 것이 一般的이다.

이런 경우 各 要因들을 個別로 解析해보면 故障까지 가지 않는 경우가 있다. 그러나 故障이 發生하였을 때, 이 개개의 要因을 加算함으로써 要因의 複合에 依한 故障發生의 例를 풀이해 보고자 한다.

註 : 要因의 複合이 있을 경우는, 相乘的인 影響이 미칠 것으로 생각되나, 여기서는 單純히 加算하기로만 한다.

〔例 1〕 10톤車가 30%의 過荷重으로 高速道路를 最高速度 75km/h로 繼續走行한다.

① WS値는(4.1 發熱과 WS値 참조)

JIS 100%荷重×過荷重率×速度=WS値

2,425(後軸)× *1.3 × 75=236

* 過荷重이 있을 경우 過荷重率을 그대로 곱하는 것은 實際의 負荷荷重(타이어 1本當)과는 다르나 簡略한 方法을 擇하였다.

② 타이어의 發熱溫度는 그림 4~6의 回歸式으로 Shoulder部에서 算出하면 다음과 같다.

空氣壓	回歸式	타이어 發熱溫度
8.0kg/cm²	$T=0.299WS+38.9$	109.5°C
6.75kg/cm²	$T=0.316WS+41.4$	116.0°C
5.5kg/cm²	$T=0.354WS+39.2$	122.7°C

③ 外氣溫의 影響

外氣溫을 30°C로 假定하면 1°C마다 0.64°C 變化하므로 19.2°C가 다시 上昇하게 된다.

(4.6 氣溫과 타이어 溫度 참조)

空氣壓	外氣溫修正	上昇溫度	修正後타이어溫度
8.0kg/cm²	109.5°C+(30°C×0.64)	+19.2°C	128.7°C
6.75kg/cm²	116.0°C+(30°C×0.64)	+19.2°C	135.2°C
5.5kg/cm²	122.7°C+(30°C×0.64)	+19.2°C	141.9°C

이상과 같이 使用條件이 荷重, 走行速度, 空氣壓, 그리고 外氣溫과 一般的인 要因에 限定된 경우에 있어서도 荷重이 30% 過荷重일 경우는 安全限界溫度인 125°C를 넘으며, 다시 空氣壓이 5.5kg/cm²으로 낮은 경우는 141.9°C에 달하고 있다.

以外에도 다음과 같은 要因을 아울러 설명하기로 한다.

④ 外徑差의 影響

外徑差의 影響은, 外徑差가 10mm 있으면 外徑이 큰 타이어의 溫度는 5% 增加한다. (4.9 複輪타이어의 外徑差와 溫度 참조)

前記 ③項의 條件에 外徑差의 影響을 고려하면 다음과 같다.

空氣壓	外徑差의 影響	上昇溫度	修正後타이어溫度
8.0kg/cm²	128.7°C×1.05	+6.4°C	135.1°C
6.75kg9cm²	135.2°C×1.05	+6.8°C	142.0°C
5.5kg/cm²	141.9°C×1.05	+7.1°C	149.0°C

⑤ 車軸管屈撓의 影響

車軸管屈撓의 影響(4.4 荷重과 溫度 참조)이 10% 있다고 假定하면 內側 타이어의 負荷荷重은 5% 增加되며, 타이어 溫度는 2.8% 增加한다.

前記 ③項의 條件에 車軸管屈撓의 影響을 고려하면 다음과 같다.

空氣壓	車軸管屈撓의 影響	上昇溫度	修正後타이어溫度
8.0kg/cm²	128.7°C×1.028	+3.6°C	132.3°C
6.75kg/cm²	135.2°C×1.028	+3.8°C	139.0°C
5.5kg/c_m²	141.9°C×1.028	+4.0°C	145.9°C

以上과 같은 要因을 모두 最惡條件에서 加算하면 發熱溫度는 다음과 같다.

發熱要因	타이어 溫度 및 上昇溫度
130%荷重, 速度 75km/h, 空氣壓 5.5 kg/cm²에서의 發熱溫度	122.7°C
위의 條件에 外氣溫 30°C의 影響	+19.2°C
〃 外徑差 10mm의 影響	+7.1°C
〃 車軸管屈撓 10%의 影響	+4.0°C
타이어 溫度	153.0°C

이 153.0°C의 타이어 溫度는 타이어의 故障이 發生하는 溫度分布圖에서 보면 故障發生率이 約 50%로서, 2本 중 1本은 故障이 發生할 危險이 있다고 볼 수 있다.

〔例 2〕 10톤車가 定量積載로 高速道路를 最高速度 80km/h로 계속 走行한다.

① WS 値는(4.1 發熱과 WS値 참조)

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

② 타이어의 發熱溫度는 그림 4~6의 回歸式으로 Shoulder 部에서 算出하면 아래와 같다.

空氣壓	回歸式	타이어 發熱溫度
8.0kg/cm²	$T=0.299WS+38.9$	96.9°C
6.75kg/cm²	$T=0.316WS+41.4$	102.7°C
5.5kg/cm²	$T=0.354WS+39.2$	107.9°C

③ 外氣溫의 影響

外氣溫을 30°C로 假定하면 1°C 마다 0.64°C 變化하므로, 19.2°C가 다시 上昇하게 된다.

空氣壓	外氣溫修正	上昇溫度	修正後타이어溫度
8.0kg/cm²	96.9°C+(30°C×0.64)	+19.2°C	116.1°C
6.75kg/cm²	102.7°C+(30°C×0.64)	+19.2°C	121.9°C
5.5kg/cm²	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과 一般的인 要因에 限定한 경우에 있어서도 空氣壓이 낮고, 走行速度가 80 km/h로 되면 危險溫度範圍인 127.1°C에 達하고 있다.

以外에도 前項과 같이 다음과 같은 要因을 더 한다.

④ 外徑差의 影響

外徑差가 5mm 있다고 假定하면 타이어의 溫度는 2.5%의 影響을 받는다. (4.9 複輪타이어의 外徑差와 溫度 참조)

前記 ③項의 條件에 外徑差의 影響을 고려하면 다음과 같다.

空氣壓	外徑差의 影響	上昇溫度	修正後타이어溫度
8.0kg/cm²	116.1°C×1.025	+2.9°C	119.0°C
6.75kg/cm²	121.9°C×1.025	+3.0°C	124.9°C
5.5kg/cm²	127.1°C×1.025	+3.2°C	130.3°C

⑤ 車軸管屈撓의 影響

車軸管屈撓의 影響을 10%라고 假定하면 內側 타이어에 걸리는 負荷荷重은 5% 增加하며 타이어 溫度는 2.8% 增加한다. (4.4 荷重과 溫度 참조)

前記 ③項의 條件에 車軸管屈撓의 影響을 고려하면 다음과 같다.

空氣壓	車軸管屈撓의 影響	上昇溫度	修正後타이어溫度
8.0kg/cm²	116.1°C×1.028	+3.3°C	119.4°C
6.75kg/cm²	121.9°C×1.028	+3.4°C	125.3°C
5.5kg/cm²	127.1°C×1.028	+3.5°C	130.6°C

以上의 要因을 모든 最惡條件에서 加算하면, 發熱溫度가 다음과 같이 된다.

發熱要因	타이어溫度 및上昇溫度
100%荷重, 速度 80km/h, 空氣壓 5.5 kg/cm²에서의 發熱溫度	107.9°C
위의 條件에 外氣溫 30°C의 影響	+19.2°C
〃 外徑差 5mm의 影響	+3.2°C
〃 車軸管屈撓 10%의 影響	+3.5°C
타이어 溫度	133.8°C

이 133.8°C의 타이어 溫度는 타이어가 故障을 發生하는 溫度分布圖에서 보면 約 1%의 發生率이다. 즉, 100本에 1本은 故障이 發生할 危險이 있다고 볼 수 있다.

또 上記條件은 一般的인 使用條件으로 볼 수 있는 狀況에 있는 것으로 充分한 認識이 必要하다고 判斷된다.

上記試算은 어디까지나 今般 試驗을 實施한 HT-LUG 타이어의 데이타를 토대로 算出한 것이며, 타이어의 種類가 다르면 당연히 發熱 레벨은 다르다고 볼 수 있다.

註) 같은 HT-LUG 타이어에 있어서도 商品名이나 使用目的 등에 따라 發熱 레벨이 若干씩 差異가 생기기는 하나, 傾向으로서는 이 試驗結果를 基準値로 하여, 取扱하여도 問題는 없을 것으로 생각된다.

6. 實車試驗에 의한 타이어 故障 發生結果

以上과 같이 試驗結果를 토대로 타이어의 發熱에 對하여 풀이하였으나, 實車에 의한 타이어 故障發生의 試驗도 實施하였으므로, 그 結果를 보면 다음과 같다.

(1) 試驗條件

① 타이어

前 輪 10.00-20 14PR HW RIB

後 輪 10.00-20 14PR HT LUG(試驗對象)

② 試驗車

車 種 日産 디젤 UD-5T WDC18D 三菱후소 T951D

車輪配列 2.D-4 덤프

最大積載量 10.5 ton

③ 試驗場所 日本自動車硏究所

(2) 試驗結果

① 여러 가지 종합된 試驗結果, 다음 表와 같이 一部條件에 있어서 故障이 發生하고 있다.

② 故障現象은 다음 別添寫眞과 같이 모두 heat separation이며 發生位置는 驅動軸의 左內側 타이어이다.

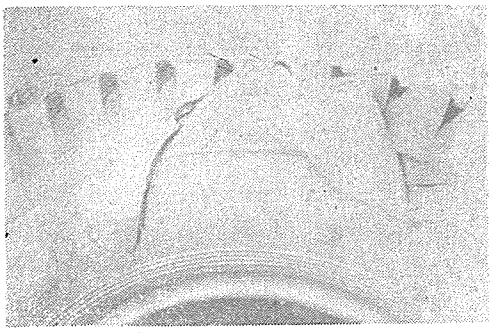
積載量 ton	荷重 ton/本	空氣壓 kg/cm²	速度 km/h 40 驅動輪	50 驅動輪	60 驅動輪	80 驅動輪
10.2	2.4 (JIS100%)	5.50			○	○
		6.75			○	○
		8.00			○	○
19.8	3.6 (JIS150%)	5.50			◎	◎
		6.75			○	◎
		8.00			○	○
29.4	4.8 (JIS200%)	5.50				
		6.75	○	◎	◎	
		8.00	○	○	◎	

○ 試驗實施, 故障 없음 ◎ 試驗實施, 故障發生

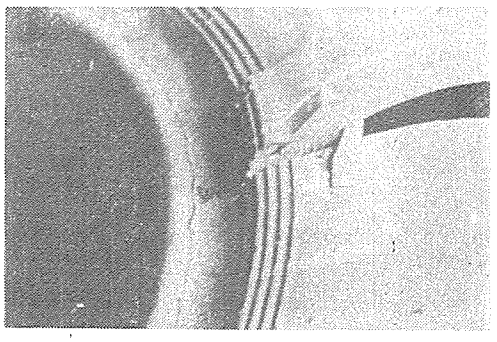
③ JIS 推奬荷重의 範圍內에서는 空氣壓이 5.5 kg/cm²이라도 故障은 發生하지 않는다. 그러나, 荷重이 150%가 되면 60km/h, 80km/h에서 空氣壓이 낮은 경우에 發生한다.

④ 이 試驗結果로써, 適正한 使用條件下에서는 故障이 發生하지 않으나 過荷重 및 空氣壓不足 등의 不當使用이 있을 경우에는 타이어 故障이 發生한다고 볼 수 있다.

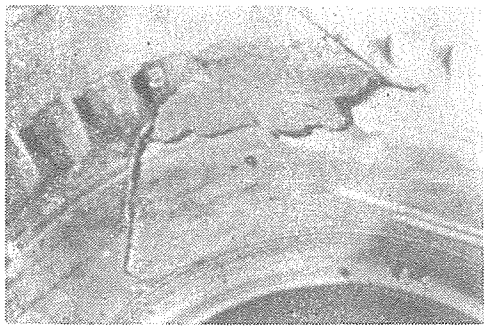
타 이 어 故 障 寫 眞



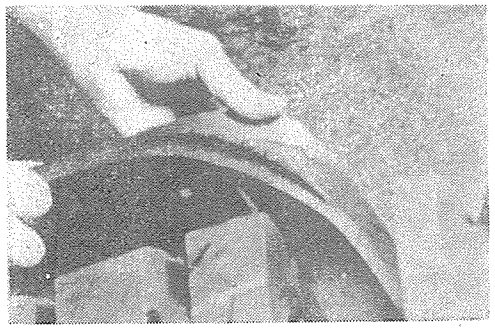
〔空氣壓 8.00 kg/cm², 荷重 4.8 ton, 速度 60 km/h〕



〔空氣壓 6.75 kg/cm², 荷重 4.8 ton, 速度 50 km/h〕



〔空氣壓 6.75 kg/cm², 荷重 4.8 ton, 速度 60 km/h〕



〔空氣壓 6.75 kg/cm², 荷重 4.8 ton, 速度 60 km/h〕