

자동차용 타이어의 연구 (6)

李 源 澤* 譯

이 자료는 1998년 3호 「타이어」지의 자동차용 타이어의 연구(5)에 이어 연재하는 내용임.
 (編輯者註)

3.1 공기압에 대한 負荷能力

3.1.1 負荷能力算定式

負荷能力이란 공기압이 充塡된 상태에서 타이어가 감당할 수 있는 하중을 말한다. 이 하중은 공기압에 대응한 값을 구하여 공기압에 대응한 負荷能力을 나타내고 있다. 주요 규격은 <표 3-1>과 같다. 또한 ISO 규격(ISO 4000-1)에는 하중과 속도에 대한 규정만 있고 공기압에 대한 규정은 없다.

이와 같은 규격에 나타나 있는 수치는 타이어가 부하되어 회전할 때 견딜 수 있는 값이며, 한계가 있기는 하지만 靜的으로는 더 큰 하중과 공기압을 지탱할 수 있다.

JIS규격(JIS D 4202)에 나타나 있는 타이어의 負荷能力算定式の 기본형은 다음의 식과 같다.

$$W = K \times 4.0 \times 10^{-4} \times P^{0.585} \times (D \times S) \times S_1^{1.39}$$

$$S = S_1 [180^\circ - \sin^{-1}(W_1/S_1)] / 141.3^\circ$$

W : 負荷能力(kg)

K : 負荷能力係數

P : 空氣壓(kg/cm²)

D : 림 직경의 호칭 × 25.4(mm)

S₁ : 단면폭(mm)

W₁ : 림폭(mm)

위의 식은 림폭 W₁에 장착한 타이어 폭

이 S₁인 타이어를 그 단면이 원형이라고 가정하고 타이어 폭의 62.5% 림에 장착한 假想幅 S를 기준으로 한 것이다.

<표 3-1> 타이어 규격

지 역	국 가	국제조직의 규격	국가·정부 규격	민간단체의 규격
세 계		ISO		
아시아	일 본		JIS	JATMA
북 미	미 국		FMVSS	TRA
	캐나다		CMVSS	CSA
대양주	오스트레일리아		ADR	ATRA
유 럽		ECE		ETRTO
	독 일		DIN	
	영 국		BS	
	프랑스		NF	
	이탈리아		UNI	

주 : ISO : International Organization for Standardization
 JIS : Japan Industrial Standard
 JATMA : Japan Automobile Tire Manufacturers Association
 FMVSS : Federal Motor Vehicle Safety Standards
 TRA : Tire and Rim Association Standards
 CSA : Canadian Standard Association
 CMVSS : Canadian Motor Vehicle Safety Standards
 ADR : Australian Design Rule
 ATRA : Australian Tire and Rim Association Standards
 ECE : Economic Commission for Europe
 ETRTO : European Tire and Rim Technical Organization
 DIN : Deutsches Institut Für Normung
 BS : British Standards
 NF : Norme Francaise
 UNI : Enti Nazionale Italiano di Unifiazione

* 前 大韓타이어工業協會 會誌次長

여기에서 質量單位인 負荷能力을 힘의 단위인 荷重(kN)으로 바꾸는 것은, 負荷能力(kg) × 9.80665 × 10⁻³(m/s²)이며, 같은 힘의 단위인 공기압(kPa)은, 공기압(kgf/cm²) × 98.0665(m/s²)이다.

이 算定式은 옛날부터 사용되고 있는 것으로서 편평비가 1에 가까운 타이어에 적용되어온 것이지만 최근 편평비가 내려가고 있음에 따라 負荷能力算定式도 다음과 같은 修正式이 사용되고 있다.

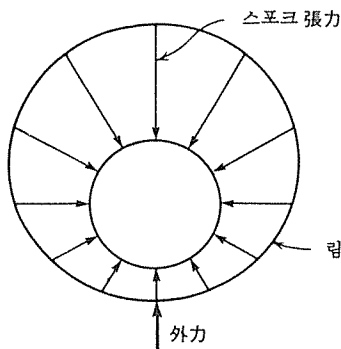
$$S_d = S_o - 0.637 \times d_1$$

여기에서 S_d는 S 대신 사용되고 S_o는 타이어 단면폭의 75%에 가까운 림에 타이어를 장착한 경우의 타이어 단면폭이며, d₁은 종래의 편평비가 1에 가까운 타이어의 단면높이와 편평타이어의 단면높이의 차이이다.

負荷能力係數는 타이어의 종류나 單輪·複輪 등의 사용구분에 따라 다른 값이 정해져 있다. 승용차용 타이어에서는 1.36~1.60 정도, 소형트럭용 타이어에서는 1.05~1.57 정도, 트럭·버스용 타이어에서는 1.05~1.42 정도이다.

또한 이 식에 사용되고 있는 定數는 이론적으로 구한 것이 아니라 실험이나 경험에 따라 정해진 것이다.

타이어가 荷重을 지탱하는 구조를 [그림 3-1]에 나타냈다. 타이어가 실제로는 약간



[그림 3-1] 外力과 균형을 이루는 스포크張力分布狀態¹⁾

의 屈曲剛性을 갖고 있어 그것이 하중의 일부를 부담하지만, 타이어를 얇은 막(屈曲剛性을 갖고 있지 않는)이라고 가정하면 사이드월 부분을 자전거의 스포크(spoke)라고 가정한 경우에 해당되어 하중을 이 스포크에서 지탱하게 된다. 즉, 타이어는 공기압을 사이드월 부분의 카카스 코드에 걸리는 張力으로 置換하여 이 張力에서 하중을 받고 있는 얇은 막이라고 생각하여도 틀림이 없다.

하중 W는 타이어를 얇은 막이라고 가정한 것이기 때문에 예[그림 3-2]를 참조하여

$$W = A \cdot p$$

이다. 여기에서 A는 접지면적, p는 내부압력이다. 타이어를 둥근고리라고 가정하면 타이어 外徑을 D, 타이어 폭을 S로 하여

$$A = \pi \cdot h \cdot (D \cdot S)^{1/2}$$

이 된다.

$$\text{변형량 } h = \delta \cdot H \text{라고 하면}$$

$$W = \pi \cdot p \cdot \delta \cdot H \cdot (D \cdot S)^{1/2}$$

이 된다.

타이어의 단면이 닳은꼴이라면 H/S는 일정하기 때문에

$$W = \kappa \cdot p \cdot \delta \cdot D^{1/2} \cdot S^{3/2}$$

로 나타낼 수 있다.(κ는 定數).

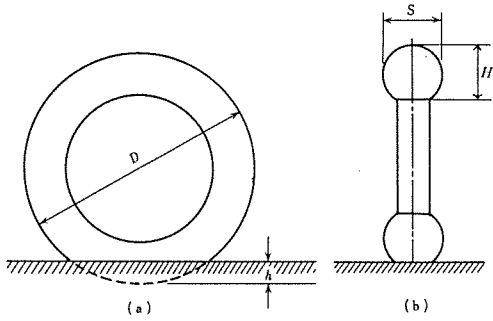
따라서 타이어 外徑보다 타이어 폭을 크게 하는 것이 타이어의 負荷能力을 크게 할 수 있다.³⁾

여기에서 타이어의 단면형상이 닳은꼴인 경우를 보았지만, 닳은꼴로 보면 엄밀히 外徑, 림 직경도 닳은꼴인 경우에 칫수(타이어 폭의 제곱)에 비례한 하중을 지탱할 수 있다.⁴⁾

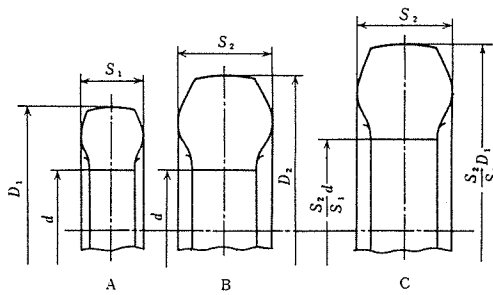
예를 들면 [그림 3-3]을 참조하여 타이어 A와 닳은꼴인 타이어 C를 비교하면 타이어 C의 하중 W_C가

$$W = (S_2/S_1)^2 W_A$$

인 경우 負荷能力은 타이어 A와 같게 되어



[그림 3-2] 접지상태 모델²⁾



[그림 3-3] 동일한 림 직경에서 프로파일(profile)이 다른 타이어의 하중과 內壓의 기준⁵⁾

큰 타이어는 큰 하중을 지탱할 수 있다.

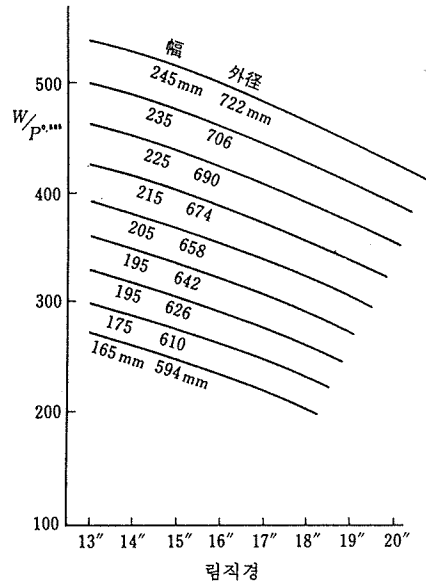
림 직경이 같고 타이어 형상이 닳은꼴인 타이어 B에서는 하중 W_B 가

$$W_B = (S_2/S_1)^2 W_A$$

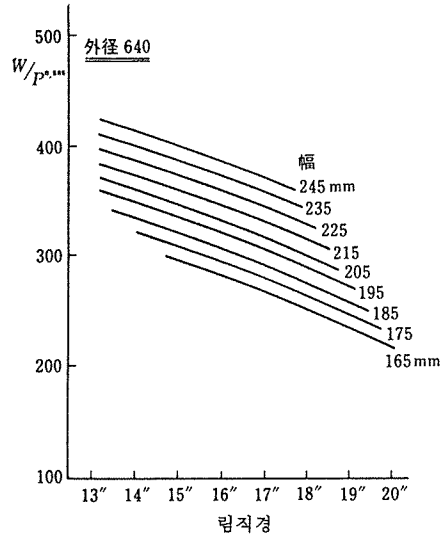
에서는 負荷條件으로서의 타이어 C보다 나쁘다. 때문에 타이어 C보다 하중을 적게 받도록 하지 않으면 안된다. 즉, 단지 타이어 단면형상만 닳은꼴이어서는 타이어 폭의 제곱에 비례한 하중이라고는 할 수 없다.

또한 닳은꼴 타이어가 칫수에 비례한 하중을 지탱할 수 있다는 것은 변형률 δ 가 일정하다는 것과 같다(실제로는 완전히 같지는 않음).

타이어가 변형률이 일정하게 되도록 하중을 지탱할 수 있는 칫수를 사용하고 있는 것은 負荷能力이 갖게 될 수 있도록 만들었다고 할 수 있다.



(a)



(b)

[그림 3-4] 타이어의 外徑, 폭, 림 직경에 대한 負荷能力

앞에서 설명한 負荷能力算定式에서는 타이어 外徑과 폭을 일정하게 하고 림 직경만 크게 하면 [그림 3-4(a)]와 같이 負荷能力이 低下한다. 타이어 外徑을 일정하게 하고

림 직경만 크게 할 경우에는 負荷能力을 맞추기 위해서는 타이어 폭을 넓게 한 것을 사용하여야 한다. 이것을 [그림 3-4(b)]에 나타냈다.

[그림 3-4]의 세로축은 타이어 內壓에 대한 負荷能力이다.

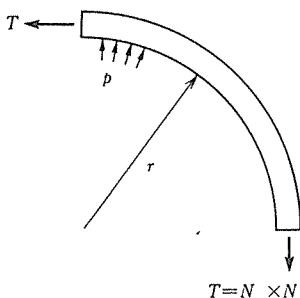
3.1.2 스트레스 팩터(stress factor)

負荷能力算定式에서는 공기압이 증가할수록 지탱하는 負荷能力도 커져서, 한계가 없는 것 같지만 실제로는 일종의 壓力容器인 타이어에는 한계가 있으며 안전상의 최고공기압이 존재한다.

이 안정상의 최고공기압은 타이어가 지탱할 수 있는 최대한의 압력에 대해 1/6~1/10 정도이며(靜的安全率 6~10) 단지 靜的破壞壓力에 대한 안정상의 공기압이 아니라 荷重을 지탱하는 것도 포함되어 있다. 즉, 사용공기압을 높게 하면 負荷能力도 커지겠지만 이때 타이어 내부의 應力이 증가하여 타이어 사고가 발생하기 때문이다.

타이어의 케이싱(casing)은 1층 이상의 補強層(카카스)으로 이루어져 있는데, 그 카카스의 枚數에 따라서 內壓封入時의 1층당 스트레스(應力)가 다르다.

여기에서 N층의 카카스로 된 타이어 膜의 일부를 꺼내고 曲率半徑 r부분에 압력 p를 가한 경우를 생각할 수 있다(그림 3-5 참조).



[그림 3-5] 카카스층의 모델

膜力 T는 $T=p \times r$ 이며 카카스 1층 당의 膜力 N_ϕ 는 $N_\phi=p \times r/N$ 이 된다.

단면을 원으로 가정하여 $2r=S$ 에서 $N_\phi=pS/(2N)$

이 된다.

이 N_ϕ 를 스트레스 팩터(SF)라고 부른다. 또한 N을 플라이레이팅(PR; ply rating)이라고 부른다. 뒤에 다시 설명하겠지만, PR은 실제로는 實枚數가 아니다.

동일한 內壓에서는 카카스 枚數(플라이수)가 많을수록, SF는 작고(타이어의 부담이 적어진다), 또한 동일한 SF로 타이어를 사용할 경우에는 플라이수가 많을수록 큰 內壓을 넣을 수 있어 큰 荷重을 지탱할 수 있다.

일반적으로 승용차용 타이어에서는 SF가 작고 트럭·버스 등의 타이어에서는 SF가 크다.

3.1.3 플라이레이팅

타이어의 카카스 플라이에는 카카스코드가 어떤 밀도를 가지고 들어있으며, 코드 1개당 膜力 t는

$$t=T/(\text{플라이 수} \times \text{코드 갯수})$$

가 된다.

$t >$ 코드 強度 t_b 인 경우 타이어 케이싱이 파괴된다. 즉, 타이어 케이싱의 強度 N_b 는

$$N_b=(\text{플라이 수 } N) \times (\text{1층당 코드 갯수 } m) \times (\text{코드의 強度 } t_b)$$

이며, m, t_b , N에 따라 변화한다.

타이어가 실용화되었을 무렵에는 m, t_b 도 종류가 적어서 N_b 는 플라이 수 N에 따르고 있었다. 따라서 타이어의 強度는 實플라이 수 N_b 로 나타내려고 하는 생각으로 바뀌어 왔다.

현재는 타이어 코드가 발전함에 따라 實플라이 표시는 실제 타이어의 강도를 나타내지 않게 되었다. 이 때문에 타이어의 강도를 N_b 로 표시하려고 하는 생각으로 바뀌

었다. 이것이 현재의 플라이레이팅(PR)이다.

예를 들면 6PR로 표시한 타이어는 실제 플라이 수는 2枚 정도이다. 前項의 플라이레이팅은 実플라이가 아니라는 의미는 이것을 나타낸다.

예를 들면 32PR 비포장로용 타이어의 예는 <표 3-2>와 같이 플라이 수가 변화한다.

위와같은 방법에 의거하여 결정하고 있는 각종 타이어의 공기압과 하중의 관계를 나타내는 한가지 예를 <표 3-3>에 나타냈다.

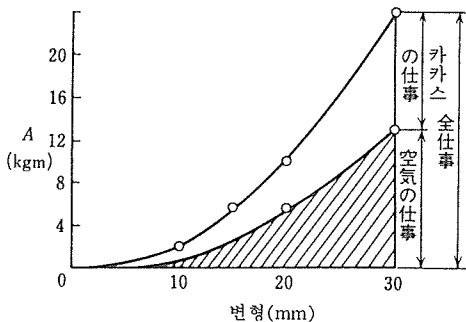
<표 3-2> 비포장로용 타이어의 플라이 수⁶⁾

카카스 코드의 구조	플라이 수
840/2	26
1260/2	22
1260/3	16
3360/2	12
6720/3	6
15120/3	4
37800/3	2

<표 3-3> 공기압·부하능력대응표의 예

타이어 호칭	플라이레이팅	최대공기압 kgf/cm ² (kPa)	최대하중 kg
7.50R 16LT	8	4.75(475)	1,175
	10	5.75(575)	1,330
	12	6.50(650)	1,440
	14	7.00(700)	1,510
12,00R 20	16	7.25(725)	3,115
	18	7.75(775)	3,250

<JATMA YEAR BOOK>



[그림 3-6] 900-20 타이어를 압박할 때의 全仕事와 内腔空氣의 압축仕事와 변형과의 관계⁷⁾ (p=4.0kgf/cm²)

ISO 타이어 표시에서는 위와같은 플라이레이팅에 의한 타이어 사용능력의 표시가 아니라 최대부하능력(荷重)을 road index로 나타내는 표시방법을 사용하고 있다.

예를 들면 195/85R 16 114/112L로 표시한 타이어에서는 114/112가 單輪/複輪을 사용한 road index로서 1,140kg/1,120kg을 나타낸다.

3.2 타이어의 耐久性

3.2.1 타이어의 내부변형

타이어에는 ①内壓이 充填되고 ②荷重이 負荷되며, ③고속주행시에는 원심력이 걸리고, ④코너링시에는 타이어가 비틀리는 負荷가 걸린다.

타이어의 負荷能力에서 설명한 것과 같이 타이어는 공기압에 따라 하중을 지탱하고 있다.

타이어가 하중 W에 의해 변형 h를 받았을 때 공기의 압축仕事 A_B는

$$A_B = p \cdot \Delta V$$

ΔV : 容積變化

p : 内壓

이며, 타이어가 변형될 때 소비되는 全仕事 A는

$$A = \int W \cdot dh$$

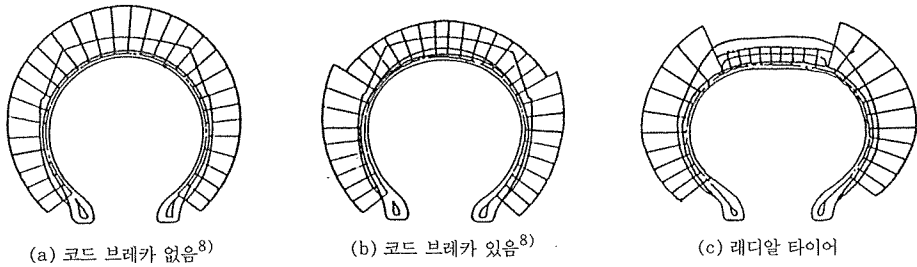
이므로

A와 A_B의 차가 타이어 재료의 변형으로 소비되는 仕事

$$A_M = A - A_B$$

가 된다. 이와 같은 관계의 한가지 예가 [그림 3-6]에 나타나 있다.

이 타이어 재료의 변형에 소비되는 仕事량의 일부가 타이어 발열로 바뀌고 주위 온도 등의 영향으로 인한 熱放射나 熱傳導와의 平衡에 의해 타이어 飽和溫度가 된다. 또한 타이어 재료의 변형은 내부응력을 발생시켜 재료를 피로하게 하고 強盜의 劣化를 초래한다.



[그림 3-7] 타이어 프로파일에 따른 카카스 코드에 작용하는 힘의 변화

이상과 같이 타이어의 耐久性을 온도와 변형의 문제라고 할 수 있다.

파괴에 이르기까지 변형을 받는 반복수 (고장수명) N 은 변형을 S , 타이어 온도를 T 로 하여

$$\log N = a - bS - cT$$

a, b, c 는 定數

로 나타낸다.

타이어에 內壓을 가하면 카카스 코드에 張力이 발생하는데, 타이어 구조에 따라 [그림 3-7]과 같이 張力分布狀態가 다르다.

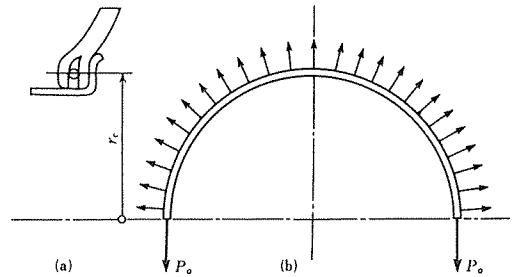
또한 이 카카스 코드 張力을 지탱하는 半徑 r_c 의 비드 묶음에는 비드 張力 P_0 가 발생한다(그림 3-8 참조).

래디알 타이어의 경우는 剛性이 높은 벨트(예를 들면 스틸벨트)가 사용되고 있는데, 이 벨트는 여러점의 각도로 된 보강층으로 되어 있다. 이와 같은 보강층에서는 벨트가 어떤 변형(應力)상태에 놓이면 보강층간에 끝부분이 커지는 層間剪斷變形이 발생한다.

[그림 3-9]에 유한요소법을 사용한 컴퓨터에 의한 타이어 내부의 應力解析例를 나타냈는데, 최근 이와 같은 해석도 많이 하고 있다.

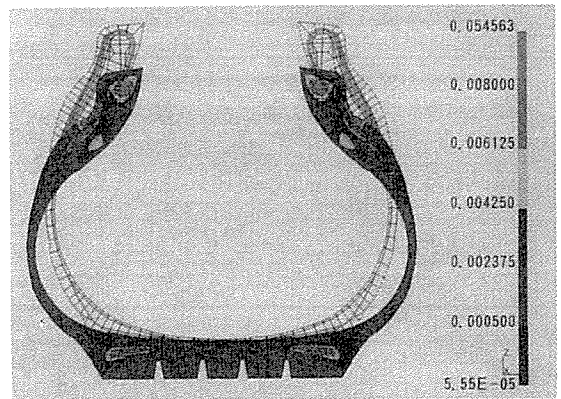
3.2.2 타이어의 荷重限界

앞에서 설명한 것과 같이 하중을 받은채 주행함에 따라 변형이 반복되면 발열하는데 그 변형량은 주행속도와도 관계가 있다. 그



(a) 타이어 비드 (b) 링 半分の 平衡

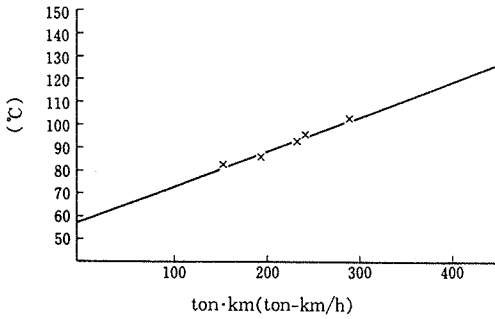
[그림 3-8] 비드링에 작용하는 힘⁹⁾



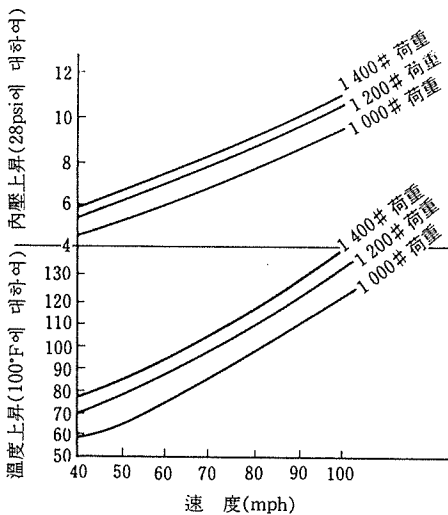
[그림 3-9] 접지중심 단면에서의 변형 에너지 분포¹⁰⁾

래서 重荷重用 타이어는 타이어 사고 없이 사용하는 것을 목표로 하여 “ton·km” (TKPH)值를 사용하고 있다. ton·mile (TMPH)值를 사용하기도 한다.

TKPH란 단위시간당 하중 W (ton)로 주행거리 L (km)을 연속주행하였을 때 W 와 L 의 積을 표시하고 이 값은 타이어 온도에



[그림 3-10] ton·km와 타이어 온도

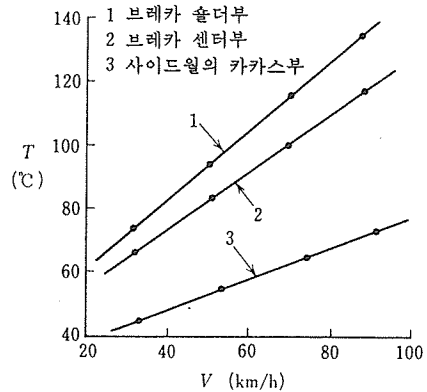


[그림 3-11] 속도에 대한 充塢空氣溫度와 압력상승(8.25~14. road range B, 28psi, 실내 테스트)

비례하기 때문에 타이어의 耐久能力을 판단하는 하나의 요소가 된다. [그림 3-10]에 한가지 예를 나타냈다.

[그림 3-10]에 나타난 온도는 타이어 트레드의 솔더부 내부온도로서 熱電對溫度計로 측정된 결과이다. 또한 ton.km値는 하중과 속도를 임의로 변경하여 테스트하였을 때의 값이다.

예를 들면 타이어 내부온도의 안전한계온도(타이어에 따라 다름)에서 ton·km値가 320인 타이어의 경우 속도 80km/h로 연속 주행할 수 있는 최대하중은 4ton(타이어마



[그림 3-12] 속도와 타이어 온도의 관계. 타이어 260R 508 (하중=1,850kgf, 内壓=6.0kgf/cm²)¹²⁾

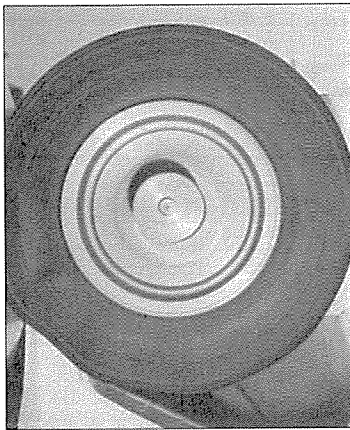
다)이 된다. 이것은 사용상태가 변하지 않는 경우로서 타이어 飽和溫度가 일정하게 되기 때문인데, 타이어 飽和溫度는 주위온도에 따라 다르기 때문에 실질적으로는 계절 등에 따라 “ton·km”에 대한 생각을 바꿀 필요가 있다.

타이어 온도의 예로서 속도가 증가함에 따라 온도가 상승하는 승용차용 타이어의 예를 [그림 3-11]에, 대형타이어의 예를 [그림 3-12]에 나타냈다. 타이어가 장소에 따라서 온도가 다른 것, 온도와 상승함에 따라 内壓이 상승하는 것이 있다.

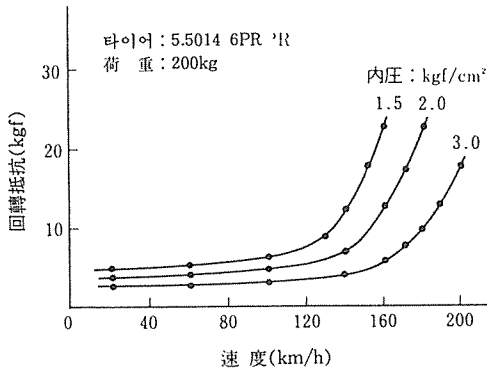
3.2.3 타이어의 高速耐久性

타이어의 負荷에는 앞에서 설명한 하중 이외에 속도가 있다. 重荷重用 타이어가 아닌 타이어도 耐久性에 대한 문제는 온도와 변형에 달려 있으며, 이것에 영향을 미치는 것은 주행속도이다.

타이어의 주행속도를 높여갈 때 어떤 속도 이상이 되면(한계속도) 타이어에 물결현상이 발생한다. 이것은 타이어의 주행속도가 타이어의 굴곡으로 인해 변형속도 이상이 되면 발생하는 것으로서 변형이 이동하는 상태가 마치 정지해 있는 것처럼 보이기 때문에 스탠딩웨이브(standing wave; 定常



[그림 3-13] 스탠딩웨이브 현상



[그림 3-14] 회전저항의 속도에 의한 변화¹³⁾

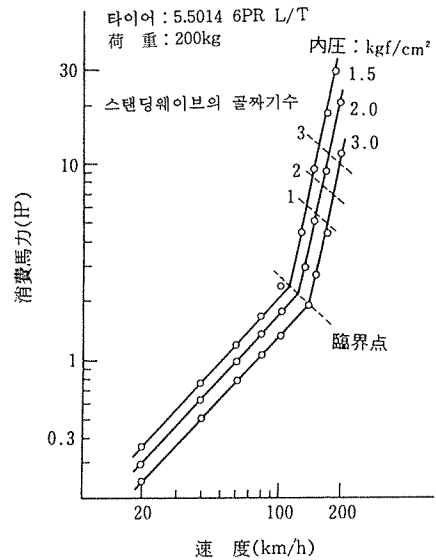
波)라고 부르고 있다(그림 3-13 참조).

스탠딩웨이브가 발생하면 타이어 내부마찰의 異常增加에 따른 異常發熱에 의해 타이어가 급격히 피로해진다. 이와같은 이상증가는 타이어의 회전저항을 크게 하는데(그림 3-14 참조), 스탠딩웨이브 발생 한계속도는 [그림 3-15]와 같이 정리하면 이해하기 쉽다.

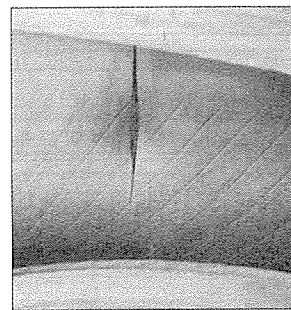
스탠딩웨이브는 타이어를 얇은 막이라고 생각하여 그 변형력의 균형에서

$$\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = S \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$$

가 導出된다.¹⁴⁾ 여기에서 ρ 는 질량, S 는 얇



[그림 3-15] 한계속도와 스탠딩웨이브 발생속도의 관계



[그림 3-16] 충격에 의한 파열¹⁵⁾

은 막의 張力, w 는 變位置量, x 는 直行方向座標, t 는 시간이다.

여기에서 한계속도 $V_p = (S/\rho)^{1/2}$ 이 되며, 張力의 제곱근에 비례한다. 때문에 높은 內壓이 스탠딩웨이브에 유리하다.

스탠딩웨이브에 대하여는 P.M. Turner¹⁵⁾(영국), F. Böhm¹⁶⁾(독일), 赤坂¹⁷⁾(일본) 등의 연구논문이 있다.

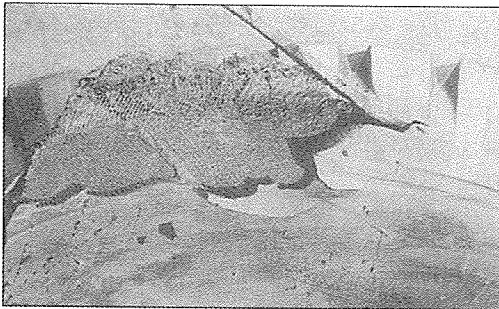
종래의 승용차용 바이어스 타이어는 발생 한계속도가 80~140km/h로 낮지만, 승용차용 래디알 타이어는 타이어의 속도범위

(S, H, V)에 의하여 200km/h 이상의 속도로 되어 있는 것도 있으며, 현재로서는 문제가 되고 있지 않다.

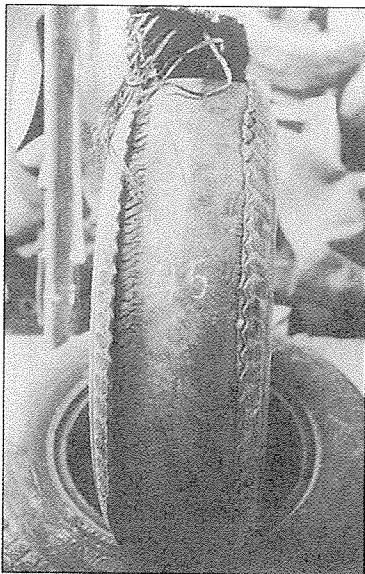
3.2.4 기타 耐久性

타이어를 더 이상 사용할 수 없게 되는 것은 트레드가 마모되거나 사고가 발생하였을 경우이다. 사고발생과 관계가 있는 耐久性은 실제 주행조건에 크게 영향을 미치며 그 종류는 여러가지가 있다.

예를 들면 트레드 세퍼레이션, 카카스파괴, 카카스層間 分離, 切傷 등이 있다.



[그림 3-17] 트레드 세퍼레이션²⁰⁾

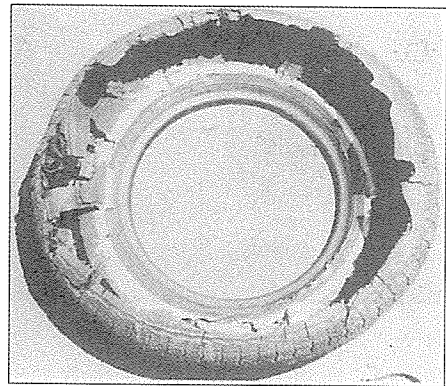


[그림 3-18] 트레드 세퍼레이션

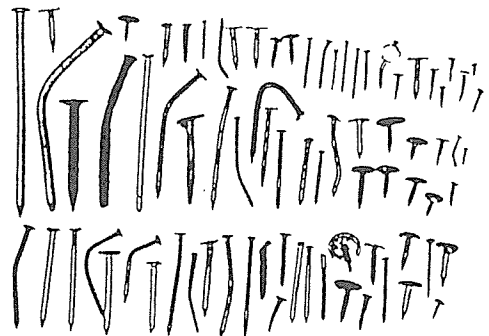
이와 같은 사고의 원인은 여러가지가 있는데, 그 원인의 하나로 타이어의 정비불량이 있다. 타이어의 정비불량상태를 조사한 예를 <표 3-4>에 나타냈다.

이 가운데 공기압부족은 대부분 공기압부족이다. 공기압부족이 원인이 되어 사고가 나는 것으로는 앞에서 설명한 荷重耐久性, 高速耐久性이 있다.

過積載나 공기압부족은 타이어 발열을 촉진시켜 한계온도에 이르게 한다. 고온상태에서 고속으로 돌출물 등에 부딪치면 그 충격으로 타이어가 파열(burst)되는 일이 있다(그림 3-16 참조). 또한 지나치게 공기압이 과다하여도 충격에 의해 파열되기 쉽다.

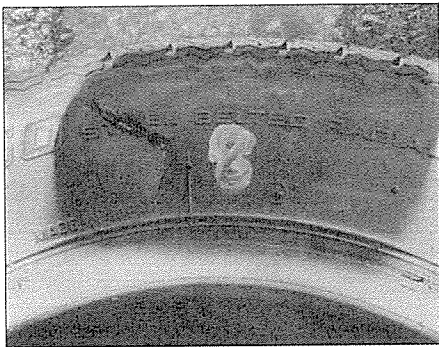
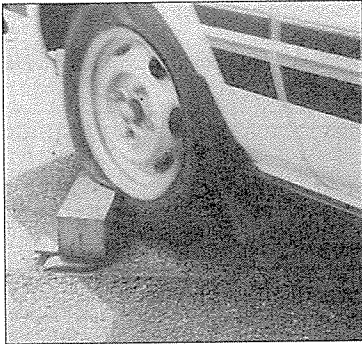


[그림 3-19] 코드 절단(C.B.U)



[그림 3-20] 펑크난 타이어에서 빼낸 여러가지 못²²⁾

調 査 例	(1)	(2)	(3)	(4)
原因이 되는 것	%	%	%	%
연석	29	70	5	27
돌출물(못 등 포함)	69	26	85	73
찢린 상처	0	3	10	0
기타	2	1	0	0



[그림 3-21] 연석에 의한 파열

低壓狀態로 고속주행하면 스탠딩웨이브 발생속도에 이르게 되어 발열이 많이 될 뿐만 아니라 변형이 커지게 됨에 따라 벨트層間 剪斷變形이 증가함과 동시에 벨트나 트레드가 벗어져 떨어지는 사고(세퍼레이션)가 나기 쉽다(그림 3-17, 18 참조).

또한 극도로 공기압이 부족하면 하중을 지탱하는 카카스 코드가 지나치게 많이 변형되어 그 때의 열과 변형 때문에 코드가 끊어져 파열되는 일도 있다(bleeding CBU 그림 3-19 참조).

그밖의 정비불량으로는 外傷(못, 이물에 찢림)이 있다. 도로상에는 外傷의 원인이

되는 것이 여러가지 있다(표 3-5 참조). 이 <표 3-5>의 障害物중에서 타이어의 外傷에 영향을 크게 미치는 것을 예를 들면 鐵板類, 쇠파이프, 角材, 돌, 강통 등이 있다. 이와 같은 것은 전체의 약 14% 정도이다.

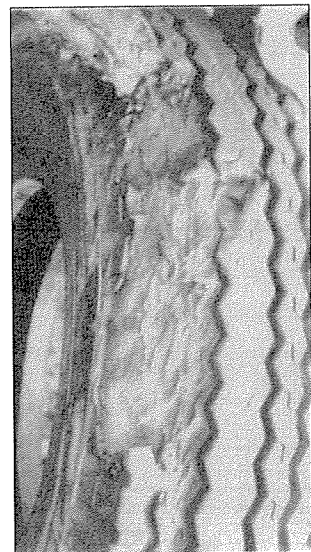
또한 못에는 [그림 3-20]과 같은 것이 있다.

外傷은 크게 나누어 코드 절단, 충격에 의한 상처, 찢린 상처가 있다. 外傷의 종류는 대부분이 연석을 타고 넘을 때 입는 상처와 돌출물(장해물)과의 충격에 의한 상처이다(표 3-6 참조).

연석을 타고넘을 때에는 타이어의 사이드월이 절단된다(그림 3-21 참조).

또한 리브형 타이어는 트레드의 리브가 연석에 걸려서 트레드 고무 홈부분이 갈라지는 일도 있다(리브 tear, 그림 3-32 참조).

타이어 耐久性試驗은 타이어가 안전한지 어떤지를 보는 것이 가장 큰 목적이다. 미국이 타이어 안전기준을 처음으로 발행하였는데(1968, FMVSS 109), 일본도 안전기준(JIS D 4230)을 발행하였다.



[그림 3-22] 리브타이어²³⁾

〈표 3-4〉 노상타이어점검결과(JATMA)¹⁸⁾

연 도		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
내용 %	검검차량 A대	11,503	17,581	19,806	29,442	30,912	33,227	44,708	39,613	44,258	43,791	51,771	44,266	35,896	36,173	31,987	27,767	41,559	28,155
	타이어 정비불량차 B대	3,932	4,944	5,144	6,923	7,506	8,322	8,119	7,570	8,135	7,787	9,539	7,923	6,043	5,917	4,725	4,136	6,066	4,039
	불량률 B/A %	34.2	28.1	26.0	23.5	24.3	25.0	18.2	19.1	18.4	17.8	18.4	17.9	16.8	16.4	14.8	14.9	14.6	14.3
	흡부족	21.7	15.2	15.5	14.5	15.0	16.6	11.3	12.8	12.6	12.3	12.4	12.0	11.3	10.6	9.2	12.2	8.5	8.0
	이상마모	4.7	4.8	4.1	4.9	5.1	4.7	4.2	3.7	3.6	3.3	3.6	3.4	3.5	3.6	3.4	2.8	3.6	3.7
외상	3.7	2.6	2.4	2.4	1.9	2.1	1.2	1.3	1.0	1.0	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	
못·이물절림	3.2	1.6	1.2	0.9	0.7	0.9	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	
공기압부족	8.6	7.8	5.9	3.6	3.9	3.1	1.7	1.4	1.2	1.2	1.3	1.5	1.5	1.3	1.5	1.2	1.8	1.7	
기 타	1.2	0.8	0.6	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.4	1.5	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.9	

〈표 3-5〉 노상장해물처리건수(1991) (일본도로공단조사)²¹⁾

No	種 類	內 容	道 路 地 區																					
			北海道		東 北		關 東		東名神		信 州		北 陸		伊 勢		近 畿		中 國		四 國			
			合計	비율%	件數	%	件數	%	件數	%	件數	%	件數	%	件數	%	件數	%	件數	%	件數	%		
1	動物	너구리, 개 등	14,930	4.897	967	9.77	3,715	6.34	1,859	2.80	1,002	2.33	980	4.40	2,397	6.70	416	6.45	373	2.10	2,696	6.68	525	10.9
2	木材類	角材	13,964	4.580	123	1.24	1,308	2.23	3,198	4.83	3,002	6.98	1,439	6.46	1,532	4.28	362	5.61	1,344	7.59	1,593	3.94	63	1.31
		기타, 합판 등	29,776	9.766	657	6.64	4,280	7.30	7,340	11.0	5,835	13.5	2,091	9.38	2,475	6.92	752	11.6	2,586	14.6	3,443	8.53	317	6.61
		計	43,740	14.34	780	7.88	5,588	9.53	10,538	15.9	8,837	20.5	3,530	15.8	4,007	11.2	1,114	17.2	3,930	22.2	5,036	12.4	380	7.92
3	布 類	毛布, 로프 등	71,202	23.35	2,164	21.8	14,744	25.1	16,301	24.6	10,241	23.8	4,798	21.5	7,952	22.2	1,780	27.6	4,063	22.9	8,135	20.1	1,024	21.3
4	鐵 類	쇠파이프	3,163	1.037	41	0.41	398	0.67	462	0.69	824	1.91	276	1.23	405	1.13	50	0.77	306	1.72	378	0.93	23	0.47
		강종類	14,050	4.608	184	1.85	5,320	9.08	2,149	3.24	216	0.50	274	1.23	2,418	6.76	70	1.08	178	1.00	3,100	7.68	141	2.94
		합석, 鐵板	8,135	2.668	176	1.77	1,133	1.93	1,485	2.24	1,545	3.59	764	3.43	1,086	3.03	114	1.76	835	4.72	947	2.34	50	1.04
		타이어체인	3,020	0.990	33	0.33	515	0.87	419	0.63	287	0.66	329	1.47	589	1.64	13	0.20	105	0.59	730	1.80	0	0
		기타	13,170	4.319	254	2.56	812	1.38	2,481	3.74	2,787	6.48	1,138	5.10	1,692	4.73	212	3.28	1,350	7.63	2,270	5.62	174	3.63
計	41,538	13.62	688	6.95	8,178	13.9	6,996	10.5	5,659	13.1	2,781	12.4	6,190	17.3	459	7.12	2,774	15.6	7,425	18.4	388	8.09		
5	自動車	自動車附屬品	9,372	3.074	363	3.66	1,242	2.12	1,581	2.38	1,852	4.31	713	3.20	1,774	4.96	108	1.67	332	1.87	1,340	3.32	67	1.39
6	部品類	타이어, 튜브	21,793	7.148	232	2.34	3,979	6.79	3,308	4.99	5,095	11.8	1,528	6.86	2,579	7.21	286	4.43	842	4.75	3,794	9.40	150	3.13
		기타	5,871	1.928	212	2.14	716	1.22	904	1.36	1,704	3.96	470	2.11	391	1.09	253	3.92	418	2.36	657	1.62	146	3.04
		計	36,939	12.11	807	8.15	5,937	10.1	5,793	8.75	8,651	20.1	2,711	12.1	4,744	13.2	547	8.48	1,592	8.99	5,791	14.3	363	7.57
7	기타	돌, 자갈	2,047	0.671	101	1.02	210	0.35	358	0.54	235	0.54	205	0.92	456	1.27	31	0.48	117	0.66	277	0.68	57	1.18
		기타, 골판지 등	94,471	30.98	4,386	44.3	20,205	34.4	24,322	36.7	8,327	19.3	7,267	32.6	9,981	27.9	2,099	32.5	4,841	27.3	10,988	27.2	2,055	42.8
計	96,518	31.65	4,487	45.3	20,415	34.8	24,680	37.2	8,562	19.9	7,472	33.5	10,437	29.2	2,130	33.0	4,958	28.0	11,265	27.9	2,112	44.0		
합 계		304,864	100	9,893	100	58,577	100	66,167	100	42,952	100	22,272	100	35,727	100	6,446	100	17,690	100	40,348	100	4,792	100	

地 域	延長距離	道路名	〈延長距離는 '92년 5月號(高速道路와 自動車)에서〉 km	地 域	延長距離	道路名	〈延長距離는 '92년 5月號(高速道路와 自動車)에서〉 km
北海道	233.8	道央道 209.2	札幌道 24.3	伊 勢	82.7	東名阪 61.6	伊勢道 21.1
東 北	857.1	東北道 679.4	磐越道 32.3			近 畿	109.2
關 東	500.4	關東道 246.5	東關·新空 78.4	中 國	596.6	舞鶴道 53.5	中國道 543.1
東名神	536.1	東 名 346.6	名神 189.5			四 國	70.4
信 州	398.5	中央道 365.5	長野道 33.0	計	3,898.4km		高知道 21.0
北 陸	493.6	北陸道 474.4	東海北陸 19.2				