

# Radial 타이어의 설계

W.S. UDALL

DUNLOP CO. LTD., BIRMINGHAM, ENGLAND

Radial 타이어의 제조에는 부레카, 케이싱, 비이드의 설계 및 Aspect Ratio와 같은 중요 관련 부위에 특별한 주의가 요청된다.

1888년 J.B Dunlop씨가 타이어를 발명 하였을 때는 지금과 같은 타이어가 만들어 지리라고는 예측하지 못하였을 것이다.

그후 타이어 공업은

- (1) 코오드에 의한 면포의 대치
- (2) 철선 Bead의 사용
- (3) 내압, 단면, Rim경의 변천
- (4) Tapered Ledge Rim의 사용
- (5) Tubeless구조의 등장
- (6) Radial-ply 구조의 개발

등 일련의 현저한 발전 과정을 거쳐왔다.

Radial ply의 개념은 1913년에 Palmer Rubber Co의 Gray 와 Sloper씨에 의해서 최초로 발명, 특허를 받았다.

Radial ply 타이어가 시장에 등장한 것은 그 후 약 20~30년후이었는데 그동안에는 이와같은 원리에 기초를 둔 많은 특허가 쏟아져 나왔다.

당초 계획은 Front Wheel Drive-Front Engine의 자동차가 소개 됨으로써 급격한 트레드의 마모에 대처하기 위해 생산케 되었든 것은 분명한 사실이지만 다른 특성들이 수년후에 인정되었고 오늘날 Radial의 위치는 서구에서 대다수의 자동차에 채용되는 정도로 개발되었다.

주요 자동차 생산국인 불란서와 이태리에서는 거의가 Radial로 전환 되었으며 신규 차량의 타이어는 모두 Radial을 장착하고 있다.

그의 영국, 서독그리고 서구의 기타 주요 자동차 생산국에서도 신차량에는 Radial Tire 를 장착하는 경향으로 기우러져 가고 있다.

## 1. 타이어의 기본 원리

이를 다루기전에 최근 Pneumatic 타이어의 기능을 정의 할 필요가 있겠다.

그러기 위해서 타이어는 차량과 지면을 잇는 최종 연결 부위 임을 인정하여야 하며 그러므로서 타이어가

차량의 안전에 미치는 여러가지 작용을 수행하고 있다고 보아야만 할 것이다.

타이어의 기능을 열거하면 다음과 같다.

- (1) 하중의 지탱
- (2) 모든 조건하에서 안전운행을 위한 Guiding Force 의 제공
- (3) Cushioning Capacity
- (4) 최소의 동력 소모
- (5) 소음의 감소
- (6) 충분한 주행 거리의 제공
- (7) 진동에 무영향

등이다.

그러므로 각 타이어 제품은 이상의 특성들을 결충하고 있음은 당연하다.

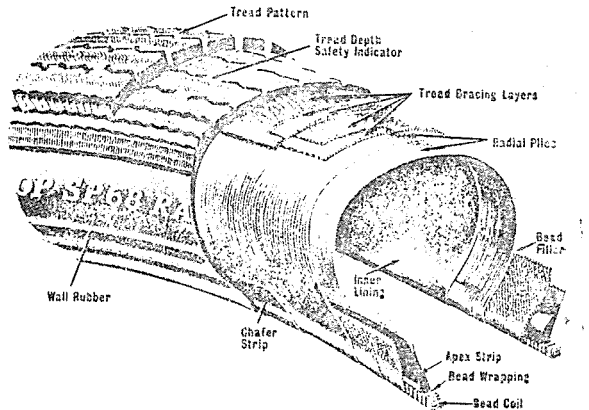


그림 1. Typical radial ply design.

## 2. Design 및 구조

그림 1은 대표적인 Radial ply Design 을 나타내며 주요 부분은 Breaker, Casing, Bead 와 Aspect Ratio 와 관련이 있다.

### (1) Breaker

우수한 Breaker 설계에 있어서 목표로 하고 있는 것들중의 하나는 Belt에 있어서 최대의 횡적인 강도를 얻는데 있다.

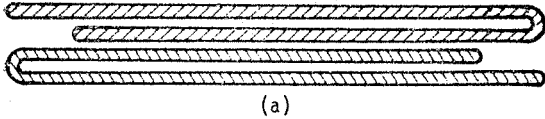
이와 같은 용도로서는 실제적으로 두가지의 Belt 재질 즉 Rayon 과 Steel의 선택이 있을 뿐이다.

(a) 섬유 Belt

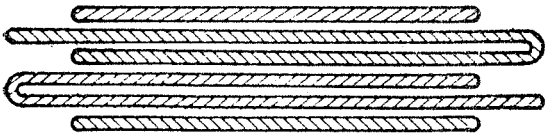
섬유 Belt는 보통 반대 방향으로 접어서 층을 이룬 낮은 Modulus의 Rayon으로 만들어져 있다.

흔히 쓰이는 모양은 양끝을 접어서 만든 4겹의 Breaker이다. 이들 대표적인 모양을 나타내면 그림 2와 같다.

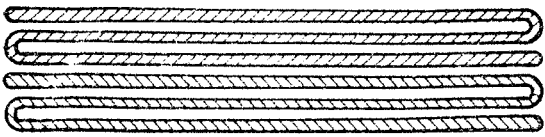
보통 Bias Angle은 타이어에서 요구되는 성능에 따라 13~24°의 범위내의 각(角)이다.



(a)



(b)



(c)

그림 2. Textile breaker construction.

재질의 Modulus, Packing Factor, 와 Breaker의 폭은 고려해야 할 설계상의 유의사항들이다.

(b) Steel Belt

유유럽에서는 Belt에 강철선을 채택하는 방향인데 그 경향이 점차 높아가고 있으며 미국내의 각종 보고서로 미루어 보아도 Steel Belt로 된 Radial Tire들이 신규 차량용으로 그리고 시장 판매에서 호평을 받고 있는 경향이 있다. 포층과 접는 방법에 있어서 여러가지 형태로 된 Steel Belt에 관한 많은 특허 구조가 있다. 그렇지만 가장 널리 사용되고 있는 시스템은 서로 반대각(+17°대-17°)으로 두층의 Steel Cord로 된 것이다.

대표적인 Steel Cord의 규격은 표 1에 소개하였다.

기타 재질로서 Fiber B, 와 Fiber Glass는 관심을 갖게 하는 특성을 보유하고 있어서 Belt 용으로 연구 검토되고는 있으나 오늘날 까지 공업적으로 응용된 사례는 소개되지 않고 있다.

표 I—Steel Breaker Materials

	4Strand	6Strand	9Strand
Single Gauge	0.22mm	0.22mm	0.15mm
Build-Up	1×4	2×3	3×3
Total Gauge	0.82mm	0.89mm	0.60mm
Breaking Strength	40kg	45kg	43kg
Lay of Cord	9.55mm	7.65mm	8.65mm
Lay of Stand	—	9.52mm	8.12mm

표 II—Spring Rates: 80—70—60 Series

185R15	1020 lbs. per in.
ER 70 R 15	1037 lbs. per in.
245/60 R 15	1081 lbs. per in.

(2) Casing

승용차 타이어에서 Casing은 보통 Rayon, Polyester 혹은 Nylon으로 약 90°각의 Bias Angle을 갖도록 설계된 1 혹은 2 포층이다.

(3) Bead

우수한 Bead 설계를 위한 기술은 90° Casing의 강도 결핍을 보충기 위해서 Bead부를 더욱 경화시킨 것이외에는 능직 타이어(Diagonal Tire)에서와 동일하다.

여러가지 실증에서 증강된 정도(Stiffness)는 직물과 경질 고무의 층들을 겹치게 함으로써 얻어진다.

어떤 경우에는 Bead의 경화범위를 Mid-Wall 부위까지 연장하는데 이는 Side-Wall 부위를 짧게 하여 안전도를 개선하는 효과를 갖는다.

(4) Aspect Ratio

초기의 타이어들은 거의가 약 80%의 Aspect Ratio를 가지고 있었다.

그러나 최근 Diagonal 과 Belted Bias 타이어들과 같이 "Squatter Ratio"를 주기 위해서 단면의 층을 낮추는 방향으로 기술어지고 있다.

유유럽에서는 "70"이 보통이며 어떤 차종은 60이 적할 수 있다. 대표적인 "Squattness Ratio"들은 그림

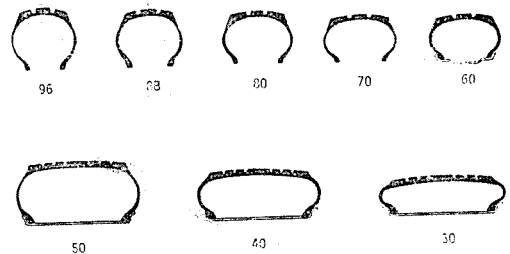


그림 3—Typical squattness ratios.

3에 표시 하였다.

단면이 낮은 것들의 잇점들중에 그 하나는 일정타이어 외경에 대하여 제동면(Brake Space)을 늘려주는 것

이다.

Bias 와 Belted Bias 타이어들과는 달라서 비율을 낮게 하여 Radial 타이어의 Sidewall을 축소 시킴으로써 Spring Rate에는 영향을 거의 주지 않으며 결과적으로 승차감에도 별로 불편한점을 주지 않는다. 반면에 안정도와 안전도는 개선된다.

이것은 동일 의경을 갖는 80, 70 그리고 60의 3가지 종류의 타이어에서 시험결과에 의해 입증 되었다.

실질적으로 동일한 구조를 갖는 이들 타이어의 Spring Rate가 표 II 에 소개 되었다.

Spring Rate들은 거의 비슷(5% 이내)하며 차량에서의 안락감의 차이는 충격, 소음등을 참작 하더라도 아주 적다.

이에 반해서 다소간 Cornering Force(그림 5)에는

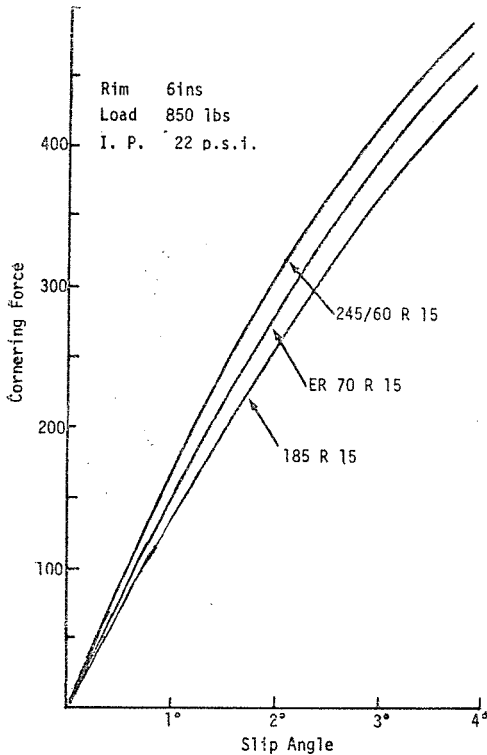


그림 4—Cornering force characteristics.

영향을 주지만 Aspect Ratio가 저하된 타이어 Casing의 Lateral Stiffness를 증가시킨 것은 안전도의 개선에 대단히 중요한 것이었다.

또한 단면 높이가 낮은 Radial 타이어들은 내압 변화에 비교적 영향을 받지 않는 Cornering 특성을 가지고 있다(그림 6참조)

아마도 이것은 Oversteer-Understeer 특성을 조절하기 위해 내압을 변화 시키려드는 Suspension Designer에게는 달갑지 않은 특성이다. 그러나 한편으로는 압

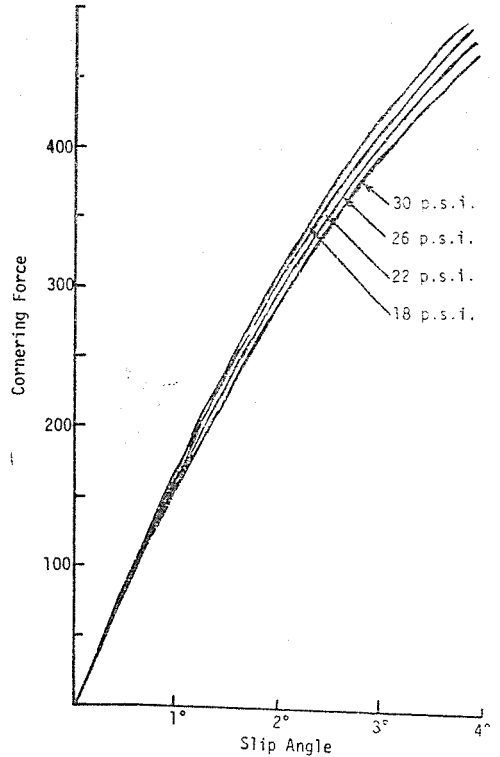


그림 5—Inflation pressure changes.

력의 변화에도 불구하고 일정하게 차를 모는 사용자에게는 유익한 현상이다. 이런 관점에서 Radial 타이어는 현대식 경주용 타이어와 흡사하다.

### 3. 내구성 인자

Radial 타이어는 동일 규격의 Cross-ply 혹은 Belted-Bias 타이어에 비해서 보다 큰 하중 운반 능력이 있음이 유우림에서 입증 되었다.

이같은 사실은 유우림 타이어—림 공업 기구의 하중표(Loading Table)에 반영 되었고 D.O.T의 내구 시험에서도 잘 나타났다. 더우기 다른 타이어와 같이 Radial 타이어는 공기 주입식이지만 D.O.T에서 밝힌 바와 같이 순수한 내부 압력 과 외부 충격에 의한 파열 강도는 별 문제가 되고 있지 않다.

그럼에도 불구하고 여러 가지 문제점들이 존재하고 있으며 다음과 같은 사항은 특히 Radial ply 설계자에게는 문제점으로 대두 되고 있다.

#### (1) Breaker 모서리의 결함

이것은 Breaker의 끝에서 접합부에 들인 변화와 특히 회전(Cornering)시에 상승하는 응력에 의해서 발생한다.

그러나 수년간에 걸친 배합기술의 개발과 세밀한 Breaker 설계에 의해서 제거 되었다.

(2) Bead Performance

특히 미국의 대형 차량에서 Rim Chafing 성능이 문제가 될 수 있다.

여기에 대해서는 Rim에 끼워진 타이어, Bead Design, 과 사용된 고무재질이 관건이 되고 있다.

(3) Sidewall의 위험

한때 문제가 되었으나 지금은 해결된 것으로 판명되었다.

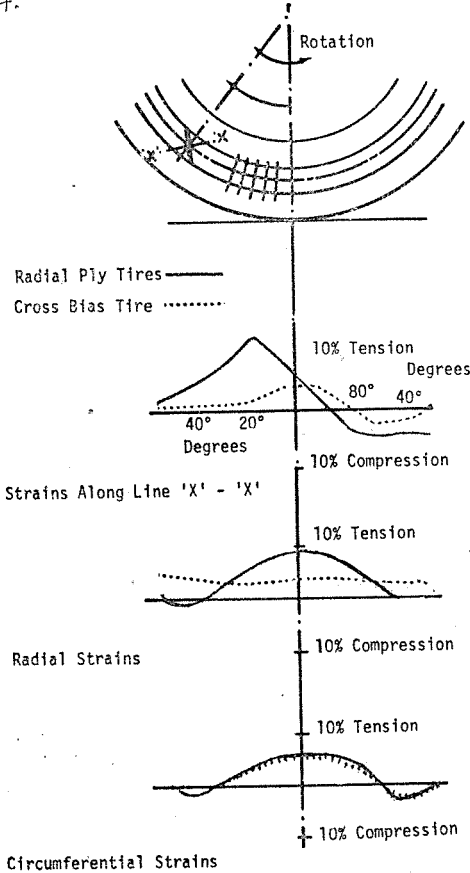


그림 6—Strains in radial ply sidewall when loaded.

(4) Sidewall의 균열 성능

이 성능은 Radial의 표면 능력을 측정함으로써 알게 되었는데 대표적인 결과를 그림 7에 표시하였다.

비교 해보기 위해서 Diagonal Tire에서 얻어진 결과와 대비하여 나타내었다.

(5) Tread 마모

오늘날 Radial ply Tire는 Aspect Ratio, 트레드의 배합, Pattern의 길이, 트레드의 곡률등이 동일하다고 가정할 때 Cross ply 타이어의 수명에 비해서 2배 이상 임이 입증되

었다.

이것은 어느 정도 Radial ply 타이어에 의해 진화된 높은 Cornering Power에 기인하고 있다고 생각 한다.

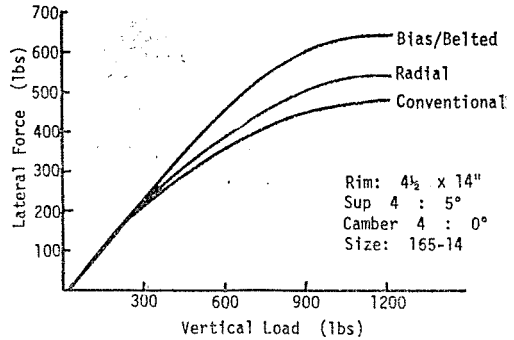


그림 7—Tread wear characteristics

그림 8은 트레드 마모 특성을 그린 도표이다.

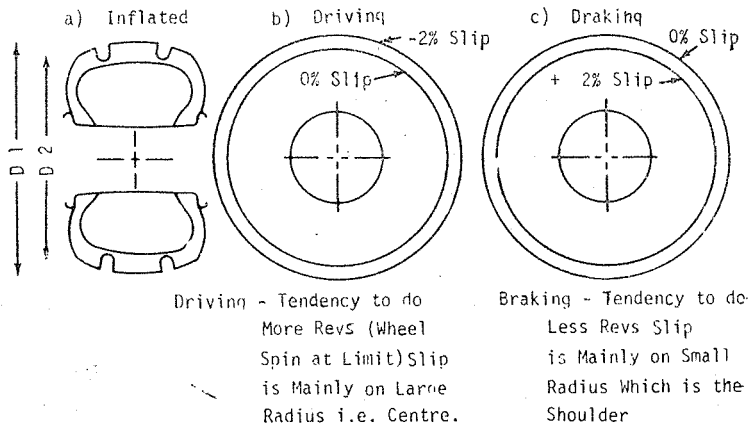
4. "Row" Wear와 "W" Wear

미국 내에서 "Row" Wear 와 "W" Wear에 관한 문제는 몇몇 타이어 중에서 알려진 것인데 이와 비슷한 문제들은 Radial Design에서 피할 수 있어야만 하겠다 이와같은 문제를 조사하는 간단한 방법중의 하나는 골은 길에서 주행 과 제동시킨 타이어를 관찰하는 것이다.

그림 9 a는 직경이 D<sub>1</sub>인 Center Rib과 직경이 D<sub>2</sub>인 Shoulder Rib로 설계된 간단한 3Rib 형 타이어를 나타낸다.

여기서 D<sub>1</sub>과 D<sub>2</sub>의 차이는 약 2% 정도이다.

주행시에는 더욱 공전(公轉)하려는 경향이 있다. 그러므로 Slip은 주로 반경이 큰 즉 중심부에서 존재한다. (그림 9b) 제동(braking) 즉 이 조건에서는 공전 하려는 경향이 적으며 Slip 현상은 거의 Shoulder 쪽에 보다 작은 반경에서 존재한다. (그림 9c) 접착점에서 현저한 차이가 있는 Slip 현상은 Radial 타이어의



Driving - Tendency to do More Revs (Wheel Spin at Limit) Slip is Mainly on Large Radius i.e. Centre.

Braking - Tendency to do Less Revs Slip is Mainly on Small Radius Which is the Shoulder

그림 8—Schematic representation of differential tire slip (56 p로)