

타이어의 故障

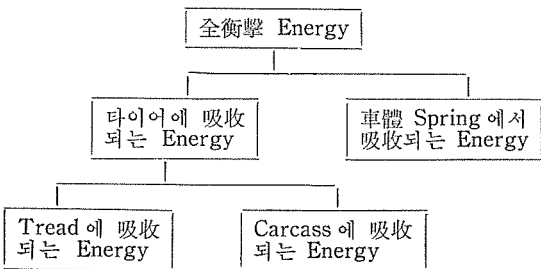
차 레	I. Cut II. Separation III. Cord Cut	IV. Shock Burst V. Cracking VI. Bead의 故障
--------	-------------------------------------------	------------------------------------------------

本會 技術部 編譯

타이어의 故障를 大別해 보면 ① 커트(外傷), ② 세퍼레이션(Separation), ③ 쇼크 버스트의 切斷, ④ 쇼크 바이스트(Shock Burst), ⑤ 크래킹(Cracking), ⑥ 비이드(Bead) 故障의 여섯 가지로 나눌 수 있다.

트레드(Tread) 고무가 路面으로 부터 限界量 以上の 衝擊 Energy를 받게 되면 커트를 發生하게 된다. Tread 고무가 吸收하는 衝擊 Energy의 量은 自動車 全體에서 보면 [그림 1]과 같다.

[그림 1] 衝擊 Energy의 吸收圖



自動車を Tire와 Spring系의 두가지로 簡略하게 생각하면 어느 衝擊 Energy가 自動車에 加해졌을 때, Tread에 吸收되는 Energy는 Spring이 부드러울수록 또는 타이어의 內壓이 낮을수록 작어지고, 耐 Cut性이 좋아진다. 또 Tread에 加해지는 Energy가 一定한 境遇, 타이어는 Cut를 받기 쉬운가를 調査해 보면 다음과 같다.

障害物과 尖銳度 障害物이 銳利할수록 작은 Energy로도 타이어를 찢른다.

障害物과 타이어의 接觸摩擦 摩擦이 작을수록 Cut가 發生하기 쉽다. 예를 들면 젖은 路面이 乾燥한 路面보다 타이어는 Cut를 받기 쉽다.

Cut에 對한 抵抗力 障害物에 依해 타이어는 局部的으로 變形을

받게 되므로 硬度가 높은 고무는 얇은 고무보다 Cut를 받기 쉽다. 等等을 들을 수 있다. 이와 같은 Tread Cut外에 어떠한 Cut가 있는가를 列舉해 보면,

사이드·월(Side wall) Cut

타이어의 接地面은 鋪裝路에서는 Tread에 局限되나 惡路에서는 路面의 凹凸에 依해 맷트레스部인 Side wall도 路面과 接觸하게 된다. 또 돌을 튀기거나, 障害物에 依한 擦過等도 Tread와 같이 Side wall部에도 相當한 傷處를 줄 때가 있다. Side wall部는 Tread와 달리 고무層이 얇으므로 조그마한 傷處로도 問題가 될 境遇가 많다.

山間地에서의 Cut

一般的으로 山間地의 자갈길에서는 Cut를 받기 쉽다. 타이어의 Shoulder部에서 荷重을 받을 機會가 많아져 Shoulder部 뿐만 아니라 Side Wall部까지도 損傷을 받을 憂慮가 많다.

Groove(홈)에 돌이 박히거나 못을 밟을 때

Pattern의 Groove에 돌이 박혔을 때, 못에 걸렸을 때 그대로 放置하면, 漸次 内部로 侵入하여 고무를 후벼낼 뿐더러 타이어 内部까지 쑤시고 들어가서 타이어의 壽命을 크게 短縮시키는 結果를 낳는다. 이 때문에 될 수 있는 대로 타이어의 點檢에 留意하여 물고 있는 돌이나 박혀 있는 못을 빨리 除去하는 일이 重要하다.

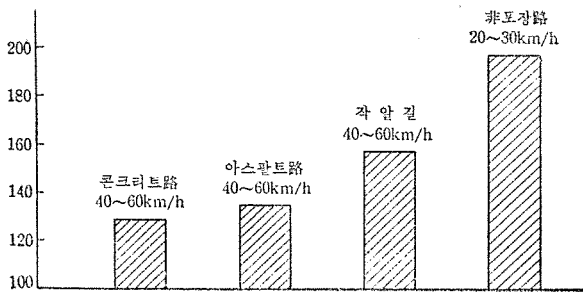
複輪 사이에 낀 돌

자갈길에서는 메트로 複輪 사이에 돌이 끼어, 이것이 原因이 되어 Side Wall에 損傷을 줄 때가 있다. 이 외에도, 헨다가 휘어 타이어를 훑치거나 冬季 체인을 잘못 끼워 타이어에 傷處를 주는 등 自動車의 不整備가 原因이 되어 Cut를 주는 일이 往々 있다.

② Cut 發生에 對한 使用上의 注意

路面 [그림 2]는 路面 條件에 依한 動荷重의 相違點을 表示한 것으로 路面의 條件에 依해 如何히 큰 衝擊 Energy가 타이어에 걸리는가를 確實히 알 수 있

다. 이와 같은 動荷重의 狀態로 銳利한 모서리를 가진 자갈이 깔린 자갈길을 走行하면 타이어는 Cut를 받기 쉬운 狀態에 놓여 있는 꼴이 된다.



[그림 2] 各種 路面과 動荷重

速度와 內壓

惡路일수록 速度가 빨라짐에 따라 動荷重도 급카아브에서 上昇하고, Cut도 甚해진다. 道路 條件이 나쁠 때는 Speed를 낮추어 走行하는 것이 타이어의 壽命을 延長시키는 要素가 된다. 內壓이 低下하면, Tread가 吸收하는 Energy도 減少하므로 Cut에 對해서는 有利하여 惡路에서 低壓走行은 Cut防止에 效果가 있다고 볼 수 있다. 反對로 壓力이 높아지면는 接地壓이 Tread Crown의 Center에 集中하게 되므로 여기에 Cut가 集中해서 發生하는 傾向이 있다.

荷重 當然한 이야기겠으나 荷重在 늘면 接地壓이 높아진다. 接地壓은 타이어가 꾸그러지면 Shoulder部에 第一 強하게 作用하여 이 部分에 Cut가 發生한다. 反面 Cut를 막기 爲해 內壓을 無利하게 낮혀서 使用하면, Separation이나 Cord의 切斷을 誘發하기 쉽게 된다. 荷重에 對해 標準空氣壓 附近이 타이어에 適合하고, 故意로 空氣壓을 높이거나 낮출 必要가 없다. 그러나 山間 惡路에서는 積載量에 따라 內壓을 變更시키는 것이 理想의 일 것이다.

⑥ Cut와 타이어 構造와의 關係

타이어 Carcass의 剛性

그렇게 큰 要素는 되지 못하나 接地壓에는 타이어의 內壓外에도 Carcass의 剛性도 影響을 주는 것이다. 그러한 意味로는 가늘면서도 질긴 Nylon Cord를 使用한 타이어는 Rayon Cord를 使用한 타이어보다 특히 山間惡路를 走行할 때는 耐Cut性이 좋다.

接地面積

接地面積이 넓은 타이어는 接地壓이 低下하므로 耐Cut性이 優秀하다. 따라서 惡路를 走行하는 타이어를 設計할 때는 接地面積을 可及의 넓게 設計하고 있는 것도 그러한 理由에 緣유하고 있다.

Pattern

岩石路를 走行할 때는 Pattern의 지구멘트를 잘게 設計하여 Cut에 對한 抵抗力을 높인다. 反對로 크고 툽툽하게 設計하면 타이어는 Slip하기 쉽게 된다. 또 Groove의 形狀과 크기도 돌을 무는 것과 Cut와 깊은 關係가 있는 것이다.

Tread의 두께

두께가 增加하면, 路面으로부터 받는 Shock를 잘 緩和해 주고, 萬一 Tread가 損傷을 입었을 때는 그 傷處의 크기가 變지 促進되 나가는 것을 防止해 주는데 效果가 있다. 그러나 反面에 타이어의 溫度의 上昇이 빠르고, 그 위에 高溫이 되므로, 熱에 依한 故障을 誘發하므로 不利한 點도 있다.

2. 세퍼레이션(Separation)

Separation의 種類를 分類해 보면 Ply Separation과 Tread Separation 其他의 三種類로 나뉜다. 其他에는 Chefer Separation과 Bead Separation 등이 있다.

Ply Separation은 Separation을 일으킨 位置에 따라 그 場所를 表示하는 符號가 있다. 例를 들면 1ply와 2ply 사이의 Separation을 「C₁LC₂」과 같이 表示한다. 此外에 Tread 고무와 Breaker 사이의 Separation을 「T·L·B」, Breaker와 Breaker 사이의 Separation을 「B·L·B」, Breaker와 Carcass 사이의 Separation을 「B·L·C」의 符號를 一般의 使用하고 있다. T는 Tread, B는 Breaker, L는 Leaving, C는 Carcass 頭文字이다.

④ Separation의 原因

Separation의 發生은 타이어設計, 使用材料, 水分, 氣溫과 같은 環境, 地形, 地理 등의 使用 條件等 여러 가지 原因을 생각할 수 있으나, 타이어의 設計, 製造 등의 條件은 技術의 向上, 製造工程管理의 徹底 등으로 現在로는 거의 없고, 無理하게 使用하지 않는 限 Separation은 于先 일어나지 않는다고 보아도 된다.

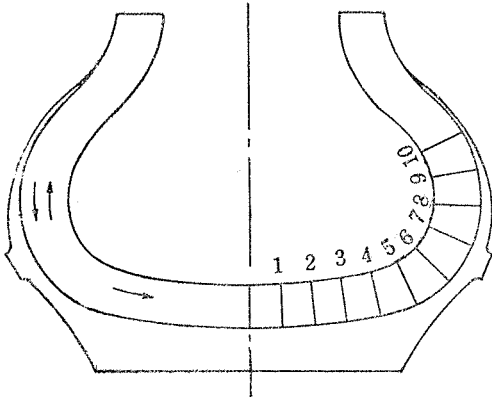
Separation을 發生한 타이어를 詳細히 調査해 보면 ① 甚한 過荷重, ② 타이어의 過熱, ③ 部分的인 Ply Cord의 密度가 높았을 때, ④ 水分의 影響 등의 原因을 들을 수 있다. 그러나 現在로서는 타이어 Cord로서 Nylon만 使用하고 있으므로 水分에 依한 Separation과 Cord의 密度로 因한 Separation은 없다 해도 過言이 아니고, Cut된 傷處로부터 水分이 侵入해서 Cord를 腐蝕시키므로서 發生하는 「T·L·B」, 「T·L·C」도 매우 줄고 있다. 그러므로 過荷重에만 注意하고 있으면 Separation을 避할 수 있다고 생각되므로 이 點만을 더 깊이 생각해 보기로 한다.

過積載와 Separation

지금까지의 調査에 依하면 走行時速 平均 40 km 로 2 ton 小型 Truck 에 平均 5 ton 의 荷物을 실었을 때 Separation 이 發生하기까지의 平均 壽命은 12,000 km 로 매우 짧은 平均 壽命을 보여주고 있다. 이것만 보아도 過積載가 타이어에 주는 惡影響이 어떠한가를 엿볼 수가 있다.

이와 같이 過積載로 타이어를 使用하면 Ply Separation 을 發生하기 쉬우나 그 理由는 타이어에 荷重이 걸리면 [그림 3]의 화살표가 가리키는 바와 같이 타이어의 內側과 外側사이에 서로 反對 方向으로 剪斷歪와 剪斷應力이 생긴다.

이 剪斷歪가 第一 크게 [그림 3]의 3~4(Shoulder 部の 內側)과 6~8(Side wall 部の 內側)部分의 各 Ply 層이다. 이 剪斷歪(Shear)는 荷重의 增加에 比例해서 急激히 增加하고, 剪斷應 때문에 이 部分에서 Separation



[그림 3] 剪斷歪와 剪斷應

tion 이 發生하기 쉬운 狀態로 된다. 그러나 이 剪斷歪(Shear)와 剪斷應力은 荷重外에도 Ply 數, Rim 幅, 動荷重, 惡路走行時의 振動 等の 影響에 依해서도 일어나는 것이다.

타이어發熱과 Separation

Nylon Cord 타이어로 接着性 Test 를 한 結果에 依하면, 130°C(24°C 를 100 으로 보았을 때)에서 約 48%로 低下된다. 이와 같이 고무와 Cord 間의 接着性은 溫度에 따라 變化하나, 實際로 走行中에 있는 타이어는 過酷한 使用 條件에서는 溫度가 140°C 부터 150°C 까지 높아지므로 剝離力이 低下되고 Separation 에 對한 抵抗力이 매우 危險한 狀態로 된다. 夏季 Ply Separation 事故가 增加하는 것은 이와 같은 發熱이 作用하기 때문이다.

Ply 數의 多少, Carcass 의 두께, 速度內壓, 荷重 等の 使用條件, 氣溫, 濕度 等の 氣候條件은 어느 것이

나 타이어의 發熱이 크게 左右하므로 夏季의 高速走行에는 特別히 注意를 할 必要가 있다.

接地壓과 Separation

積載量이 많으며는 Carcass 部와 Tread 고무 사이에서 Separation 을 發生할 때가 많다. 實車 Test 에 依할것 같으며는 타이어의 內壓을 前後輪 보다 6.35 kg/cm² 로 하였을 때 複輪中의 안쪽 타이어는 裝着數의 約 70 %가 Carcass 部와 Tread 고무 사이에서 Separation 을 일으켰다.

接着과 Separation

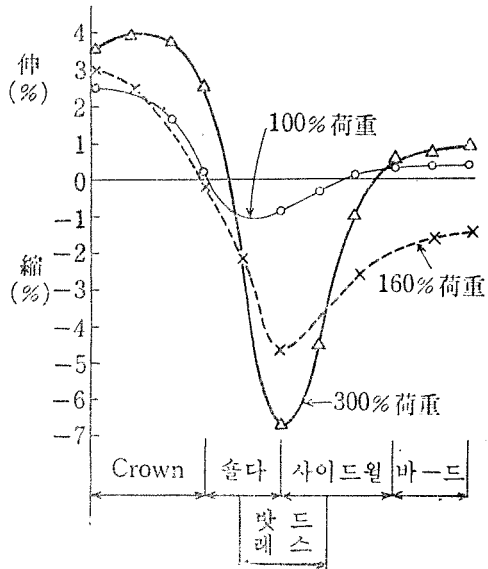
타이어 Cord 의 密度를 높게 하면, Cord 사이 的 間隔이 좁아서 接着性이 弱하여 Separation 發生의 原因이 된다. 「타이어의 製造는 接着에서 始作하여 接着에서 끝난다」고 말하듯 接着의 良否가 即 타이어의 品質을 決定한다. 이 때문에 各 Maker 의 타이어의 接着疲勞狀況을 알려주는 古타이어의 Tread 와 Ply 層을 베껴 보면 한 눈으로 判斷할 수 있다.

3. Cord 의 切斷

一般的으로 Bus 用 타이어에서는 念慮가 없고, 過荷重으로 使用하는 일이 많은 Truck 用 타이어에서 發生하는 케이스가 많다. 過荷重은 Cord 切斷의 큰 原因이 되나 이 外에 內壓, 衝擊 等에도 原因이 있다.

荷重과 Carcass 의 關係

타이어 Cord 에 걸리는 伸縮은 荷重에 依해 어떠한 影響을 받는가를 調査해 볼 것 같으면 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 荷重別 Cord 의 伸縮比較

이것은 7.50-20(12 PR) Rayon Cord, 內壓은 標準

荷重은 100%, 160%, 200%의 三種類에 對해서 Test 한 結果로, 이 값은 타이어 내부의 1 Ply 當의 것이다. [그림 4]에 依할 것 같으면 Crown Center의 Cord 張力의 크기는 荷重의 影響을 그리 받지 않고 있으나, Shoulder가 받는 壓縮力은 過荷重이 되면 될수록 急激히 增加하여 最大值는 軋트레스部로부터 Side Wall 部에 集中되어 있음을 알 수 있다. 이것으로 Cord의 疲勞는 一般的으로 屈曲이 크게 걸리는 位置이므로 Side Wall에 있어서의 Cord의 疲勞가 他部에 比較해서 크고, 따라서 Cut를 받기 쉽다는 것을 알 수 있다.

內壓과 Cord의 切斷

이 關係를 簡單히 記述하면 타이어가 低內壓일 때는 Cord 壓縮疲勞가 일어나고, 高內壓일 때는 反對로 伸張에 依해 Cord Cut가 發生한다. 內壓은 높아도, 낮아도 Cord Cut의 原因이 되는 것이다.

衝擊에 依한 Cord의 切斷

이 때는 Tread 部에 發生하기 쉽고, ① 衝擊을 받아 瞬間적으로 모든 Cord가 切斷된다. ② 外側의 Cord가 多少 切斷된다. 이것이 原因이 되어 漸次 內則의 Cord도 切斷되어 간다. 그러나 어느 것이나 亂暴한 運轉만 避한다면 防止할 수 있는 事故이다.

水分에 依한 Cord Cut의 促進

Rayon Cord의 Cycle 타이어로 實驗하면, 타이어를 물에 充分히 담근 것과 그렇지 않은 것을 比較하면 물에 담구었던 타이어는 約半밖에 耐久力이 없다. 이것으로 判斷해서 實際로 走行할 때 當然 水分에 依한 惡影響을 생각할 수 있다. 自動車用 타이어는 Cycle用 타이어만큼 水分의 惡影響을 받지는 않더라도 어느 程度의 影響은 받는다. 第一 水分이 侵入하기 쉬운 곳은 Chefer의 Bead Toe이므로 이 部分의 水分 管理를 잘 하는 것이 重要하다.

4. Shock Burst

타이어는 內壓에 壓縮空氣를 充塡하여 使用하므로, 一種의 壓力容器나 같다. 普通 타이어는 어느 程度의 強度를 갖고 있는가 하면, 通常 使用하는 內壓으로 보면 乘用車타이어는 8~10倍, 小型 Truck타이어는 4~6倍, 航空機用타이어는 最低 4倍 以上の 壓力에 견딜 수 있게 安全性을 保證하고 있다. 따라서 타이어의 使用法을 어기거나 惡路나 障害物로 大端한 衝擊을 받지 않는 以上 그리 簡單히 Shock Burst는 일어나지 않는다.

Shock Burst란 타이어가 어떤 Shock를 받아 고무와 Cord가 部分的으로 伸張되어 結局은 Cut되고 마는 現象을 말하는 것이다 破壞狀況은 거의 大同小異하

여 타이어 內쪽에서 보면, 直角으로 X字型 또는 L字型으로 찢겨진다. 이 原因은 千差萬別하나 大別하면 大體로 다음과 같다.

Crocon Center의 X字型 Burst

典型的인 Shock Burst의 例로 Crown 部의 強度不足 外에 ① Crown Center가 받은 銳利한 Cut 貫通 또는 못을 밟아서 일어나는 境遇, ② Tread가 받은 Cut가 漸次 內部로 進行해서 Breaker와 外側의 Cord를 破損하여 結局은 強度不足이 된 것, ③ 發熱에 依해 剝離 또는 Cord가 녹아서 強度不足이 된 것 등을 들 수 있다.

Shoulder로부터 Side Wall의 X字型 Burst

이 原因은 ① 屈曲에 依한 Cord의 疲勞로 強度가 低下된 것, ② 못을 밟아 銳利한 Cut에 依한 것, ③ Side Cut 또는 Crack의 成長 ④ Side wall의 Separation에 依한 것 등이 있다.

5. Cracking

타이어에 있어서 Cracking이라 말하는 種類는 ① 타이어 壽命에 影響을 주지 않는 것, ② 成長하여 Carcass에 惡影響을 미쳐 Cord Cut를 發生시키는 것 ③ 再生하지 못하는 것 등 여러 가지가 있고, 타이어 故障 中에서도 重要한 것 中의 하나이다. 또 Cracking이 發生하는 位置에 따라 Groove Cracking, Side wall cracking의 두 種類로 나눈다. 發生要因으로는 Flex cracking, Ozon Cracking으로 分類한다. Groove cracking은 Chanel cracking이라고도 한다. 이 現象은 Rib Type의 Pattern에서 흔히 볼 수 있다. Side wall cracking이란 글자 그대로 Side wall에 잔금이 가는 것을 말한다. Flex Cracking이란 屈伸에 依해 생기는 것을 말하며, Ozon Cracking이란 大氣中의 Ozon으로 타이어가 風化되서 생기는 Cracking을 말한다.

Groove Cracking의 發生要因

타이어 Tread와 一部가 路面에 接觸할 때 最初는 內壓의 應力만을 받으나 그 部分이 回轉해서 再次 路面에 近接觸에 따라 이번에는 Carcass의 屈曲으로 路面과 타이어 사이의 힘이 加重해서 Pattern의 各部分은 路面에 對해서 작은 運動을 일으킨다. 더구나 그 힘이 加해지는 狀態는 언제나 接地面으로부터 타이어의 中心으로 向하게 된다. 이러한 結果로 Rib type의 타이어나 Lug type의 타이어도 타이어의 斷面方向의 收縮과 同時에 圓周方向으로도 收縮을 일으킨다. 斷面 方向의 收縮도 Rib type의 Pattern에서는 Groove(홈) 部分의 屈曲運動에 依해 Groove의 幅이 收縮하고 그 屈曲은 타이어가 回轉할 때마다 되풀이된다. 이러한 屈曲의 結果 疲勞가 생겨 타이어는 Groove

Cracking을 발생하게 되는 것이다.

이 수축률을 보면, Tread幅이 같은 타이어에서는 Groove의 수가 많을수록 1本の Groove의 수축률이 작게 된다. 또 Groove의 形狀이 같은 것이라면 2本の Groove보다 4本の Groove쪽이 수축률이 작다. 이러한 點에 注意해서 Tread pattern의 撰擇을 하도록 配慮하여야 한다.

Groove Cracking의 防止法

Groove Cracking은 前述한 바와 같이 Rib type의 Pattern에서 생기기 쉬우므로 타이어의 設計나 製造工程에서 防止策을 充分히 講具되어 있다.

그러나 타이어를 使用할 때, 그 方法이 나쁘면 Maker의 이와 같은 努力도 許事가 되고 마는 것이다. Groove의 수축률은 內壓이 같은 타이어에 있어서는 荷重이 클수록 크고, 荷重도 같을 때는 內壓이 낮을수록 크게 된다. 卽 타이어의 Shear와 깊은 關係가 있어 Shear에 比例해서, Groove의 수축률이 커지는 것이다.

따라서 Groove의 수축을 작게 하고자 하면, 低內壓 過荷重으로 타이어를 使用치 말아야 할 것이다. 이 外에 돌을 물어 Groove의 깊은 곳에 損傷을 주어 그 傷處가 成長하여 Groove Cracking을 생기게 하는 일도 있으므로 우리 나라와 같이 道路事情이 나쁜 곳에서는 돌을 무는 것을 防止하는 것을 防止하는 것이 不可能하므로 發見되는 대로 바로 돌을 除去하는 일이 重要하다.

6. Bead 部의 故障

Bead 部의 故障은 ① Rim 摩擦, ②Bead Separation ③ Rim Cut, ④ Bead Burst의 4種類로 나눈다. 그러나 Rim 摩擦과 Rim Cut가 同時에 進行되면 大部分의 境遇 Bead Separation, Bead burst를 誘發하게 되

므로 Bead 故障의 原因은 實際로는 여간 區別하기 힘든 것이 아니다. 故障發生의 原因은 ① Rim에 關한 問題, ② 內壓, 荷重, 速度, ③ 熱의 影響, ④ 道路狀況의 種類를 생각할 수 있다.

이제부터 이들 故障의 原因에 關해서 說明하겠으나 그 前에 타이어에 荷重이 加해지면 Bead 部는 어떻게 運動을 하는가를 調査해 보기로 한다.

Bead 部의 運動

Bead 部의 構造와 名稱은 [그림 5]과 같다. 이것을 參考로 해서 說明을 하면, 타이어에 荷重을 걸면 一般적으로 Bead toe, Bead heel보다 Rim에서 떨어져 Bead 部는 回轉하여, Rim Flange와 摩擦을 하면서 移動하고 있다고 생각된다. 따라서 이 움직임이 커지면 Rim 摩擦, Rim Cut의 原因이 되어 나중에는 Bead separation, Bead burst를 發生케 한다.

內壓, 荷重, 速度와 Bead 故障

타이어에 空氣를 넣고 荷重을 걸고 走行하면, 그때 그때의 條件에 따라 타이어 各部에 여러 가지 變形을 일으켜 應力이 加해진다. 그것에 隨伴해서 Bead wire에도 커다란 引張強度가 作用하여 Bead가 運動을 하게 된다. 따라서 內壓, 荷重의 올바른 管理는 타이어故障 全般에 共通된 點보다 重要한 要素이고 Bead 故障과도 깊은 關係가 있는 것이다.

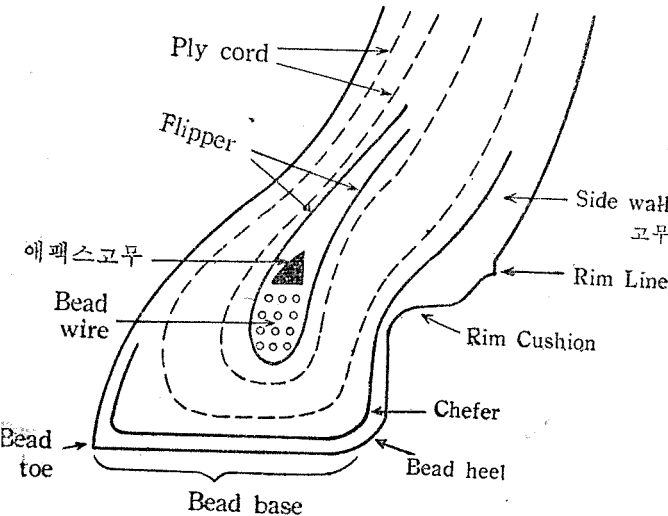
熱과 Bead 故障의 關係

타이어는 走行中 고무와 Cord의 Hysteresis loss가 熱로 還元되므로 타이어溫度가 上昇하는데 一般적으로 溫度가 第一 높아지는 곳이 Shoulder 部이다. 그러나 航空機用타이어에서는 Bead의 溫度가 最高가 된다

自動車타이어에 있어서는 높은 內壓, 過酷한 荷重으로 走行을 하면, Shoulder 部나 Crown 部보다 Bead 部의 溫度쪽이 더 높아지므로 여기서 Separation을 發生하게 한다. 또 하나 注意할 點은 Break drum의 溫度이다. 高內壓, 超過荷重일 때도 그렇지만, 특히 언덕 길을 走行할 때는 Break를 使用하는 일이 頻繁하므로, 當然 Break drum의 溫度는 上昇하여 Rim를 통해서 Bead 部의 溫度를 높게 하는 原因이 된다. 이와 같이 Break의 發熱은 Bead Separation, Bead burst의 要因이 되므로 內壓, 荷重 등에 注意를 하여야 한다.

Bead 故障 防止의 要點

Bead 故障 防止에는 ① 치수 形狀이 規格에 맞고, 變形되지 않고, 녹슬지 않은 正確한 Size의 Rim을 使用할 것, ② 高內壓, 高荷重은 可及의 避하고, 適正 內壓과 荷重을 嚴守할 것, ③ 타이어의 溫度가 올라가지 않도록 使用할 것, ④ 카-브가 많은 道路를 高速으로 走行치 말 것 등의 네 가지를 忠實히 지키는 것 등이 重要하다.



[그림 5] Bead 部의 名稱