

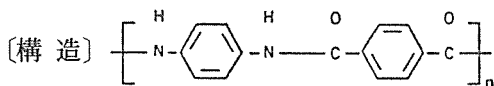
새 世代의 타이어 코드 『케 블 라』

協 會 李 光 宰

1. 概 要

21世紀의 纖維로서 지금 世界的으로 脚光을 받고 있는 것은 아라미드(Aramid) 纖維인 “케블라(kevlar)”이다. 이 纖維는 타이어 部門에서도 특히 高級 및 高性能 타이어에 限해서 使用되고 있다.

『케블라』 아라미드 纖維(構成은 그림 1 참조)



[原料] • *p*-phenylenediamine
• Terephthalic acid chloride

[그림 1] para系 全芳香族 polyamide (Aramid)

는 1972年項에 처음으로 紹介된 芳香族 폴리아미드(polyamide) 纖維로서, 輕量, 高強度, 低伸長, 高모듈러스(modulus), 耐熱性 등을 갖추고 있으므로, 天然纖維, 合成纖維, 글라스(glass) 纖維, 炭素纖維, 石綿(asbestos), 스틸(steel) 등의 分野에 幅넓게 應用될 수 있다.

現在 주요한 用途로 쓰이고 있는 『케블라』는 다음과 같다.

- ① 타이어·고무 資材用으로는 “Kevlar”
- ② 로프, 케이블, 織布 등에는 “Kevlar 29”
- ③ 플라스틱 補強材用으로는 “Kevlar 49”

『케블라』의 物性和 其他資料를 比較分析해 보면 表 1, 그림 2, 3과 같다.

『케블라』의 用途는 타이어 以外에도 多樣하나, 美國, 유럽, 日本 등 世界的인 需要趨勢를 보면 역시 타이어 部門에서 使用량이 가장 많은 것 같다.

케 블 라® 의 性 能

<表 1>

項 目	케블라® 29	케블라® 49	E글라스	스틸와이어	나 일 론	炭素纖維
密 度 g/cm ²	1.44	1.54	2.54	7.86	1.14	1.75
引張強度(dry yarn)kg/mm	282	282	-	200	130	-
(樹脂含浸) kg/mm ²	-	370	245	-	-	360
引張彈性率 kg/mm ²	5,980	13,380	7,030	20,000	630	23,500
切斷時伸長率 %	4.0	2.4	4.0	1.1	19.0	1.5
耐 熱 性	-251℃~240℃에서 安定					
燃 燒 性	自己消火性·非溶解性·400℃強에서炭化					

乘用車用 Radial 타이어에서는 『케블라』를 벨트材로 사용한 고성능 타이어가 世界의 交換用市場을 中心으로 계속 販賣되고 있다. 케블라는 또 벨트材 뿐만 아니라 OTR用 타이어 또는 競技用 타이어에서도 케블라의 사용량은 계속 늘어나고 있다.

2. 타이어 코드材의 歷史

— 綿에서 케블라까지 —

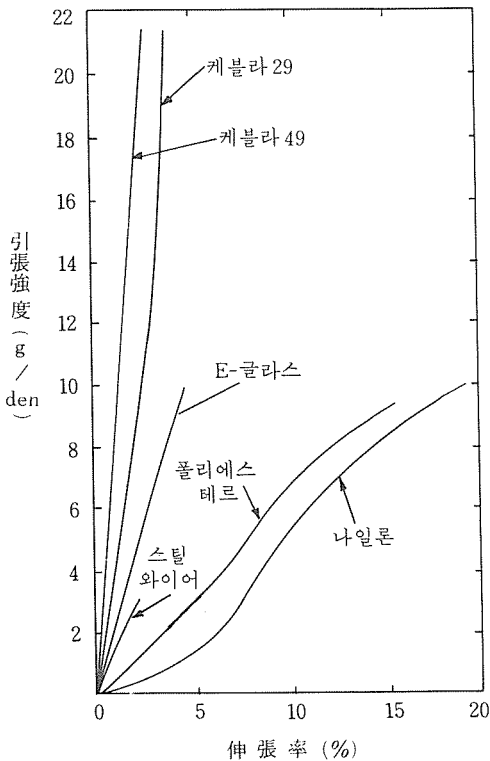
타이어 코드材의 歷史는 綿 코드에서 시작하여 1938年 後半부터는 레이온, 그리고 1950年 頃부터는 最初의 合成 纖維인 나일론을 사용하는 등 技術革新이 계속되었고, 그 후 폴리에스테르, 스틸, 파이버 글라스 등의 새로운 補強材가 계속 出現되었다. 그리고 1969年末에 Du Pont社에서 “Fiber B”라는 商標로 紹介된 것이 아라미드(Aramid) 纖維이다. 이것은 그 후

改良을 거듭하여 『Kevlar』라는 名稱으로 市販되었다.

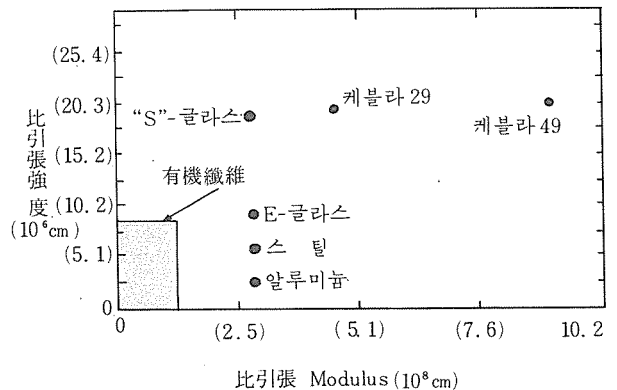
타이어 메이커에서 실제로 새로운 타이어 코드材로 『케블라』를 샘플로 사용하기 시작한 것은 1971~72年頃이었다. 이 무렵에는 아직 『케블라』의 生産能力도 적고 샘플링 段階에 있었다. 1974년에는 美國聯邦公正去來委員會에 의해 正式으로 “Aramid”라는 一般名이 붙게 되었고, 또 7.0%라는 公定水分率 등이 決定되었다. 그리고 同年에 Goodyear社에서는 케블라 벨트를 사용한 乘用車用 Radial 타이어 “Double Eagle”을 만들어서 商品化하였다. 其後 Dunlop에서는 퍼트롤 카(Patrol Car)용으로 케블라 벨트 타이어를 販賣하였고, 또 Kleber社에서는 케블라를 사용한 乘用車用 Radial 타이어 “V12GT”를 販賣하였다. 그리고 이 때부터 케블라의 生産能力도 增加되었다.

1976년에는 Goodyear가 “American Eagle”을 販賣하였는데, 이것은 케블라 벨트 타이어가 처음으로 大量生産 라인에 들어섰던 것이다. 그 후로 乘用車用 Radial 타이어에서는 많은 타이어 메이커들이 케블라 벨트 타이어를 市販하게 되었다.

특히 日本에서는 最近 『케블라』를 사용한 고성능(High Performance) 타이어의 人氣가 急上昇하고 있고 또 二輪車(Motorcycle)用 타이어에도 사용하고 있다. 美國, 유럽, 日本에서



[그림 2] 應力-變形曲線



[그림 3] 케블라 29, 49 및 其他材料의 比引張強度와 比引張 Modulus

『케블라』를 사용한 타이어 現況을 보면 表 2 와 같다.

또 1975年頃부터는 타이어 메이커 各社에서 『케블라』 카카스의 트럭·버스用 Radial 타이어 도 開發하기 시작했다.

케블라를 사용한 乘用車用 Radial
〈表 2〉 타이어 一覽

美 國		
• Armstrong	Assurance	
	Formula Road & Trac	
	Formula Road & Trac H	
	Tru Trac 60	
	Tru Trac 70	
• Bilt Mor	Maxi Trac Radial 60	
	Maxi Trac Radial 70	
• Kelly-Springfield	Voyager 1000	
• Kleber	V12 GTS C-4 C-20H	
	C-50H	
• Michelin	TRX TRXA	
• Montgomery Ward	Grappler II	
• Sears	Roadhandler "Tredloc"	
	Superguard Response	
	Superguard Response SCR	
	Silent Response	
	Response High Performance	
• Vanderbilt	MVP	
• Vogue	Aramid Belted Radial	
• Western Auto	American Spirit Radial	
유 럽		
• Michelin	TRX TRXA	
• Kleber	V 12 GTS	
• Pirelli	High Speed P/C Tire	
日 本		
• Bridgestone		
REGNO	GR-02	(벨트材)
"	GR-04	(")
"	GR-11	(")
"	GR-13	(")
• Yokohama		
ASPEC	AX-320	(벨트材)
"	AX-324	(")
• Sumitomo·Dunlop		
WINDSOR	60, 65, 70 시리즈	(벨트材)
LE MANS 其他		(비드補強材)

3. 케블라 타이어의 特徵

(1) 乘用車用 타이어(벨트材)

高性能 乘用車用 Radial 타이어의 벨트材로 『케블라』를 使用하게 되면 무엇보다도 乘車感이 좋아진다는 것이다. 케블라는 스틸(Steel)과 같은 強度를 가지면서도 獨特한 柔軟性이 있으므로 路面과의 衝擊을 잘 吸收하게 되고, 또 振動의 吸收力 뿐만 아니라, 騒音도 減少시킬 수 있으므로 乘車感이 더욱 좋아지는 長點이 있다.

이와같이 케블라 벨트 Radial 타이어는 스틸 벨트 Radial 타이어에서는 達成하지 못했던 運動性能과 乘車感을 다같이 兩立시킬 수 있게 되었고 또한 操縱安定性과 高速耐久性도 向上되어 Radial 타이어의 새로운 局面을 擴大시키게 되었다. 그리고 『케블라』는 스틸과 比較하여 같은 重量으로도 5배의 強度를 가지고 있으므로 타이어의 輕量化도 가능하다.

이와같이 『케블라』를 使用하게 됨으로써 여러가지의 우수한 特性을 가진 타이어를 開發할 수 있게 되었다.

(2) 트럭·버스用 타이어(카카스材)

『케블라』의 用途로 또하나의 큰 可能性이 있는 것은 트럭·버스用 Radial 타이어의 카카스材

케블라를 Radial 타이어의 카카스 코드로
使用했을 때의 性能比較

〈表 3〉

타이어	Kevlar	Steel	差
① 타이어 重量 (kg/個)			
11R 22.5	50.7	53.1	△2.4
11R 24.5	57.0	62.2	△5.2
② C A T (°C)			
10.00R 20	79	83	△4
11R 22.5	76	81	△5
③ 回轉抵抗(daN)			
11 R 22.5	10.05	10.84	△0.79
④ 트레드 壽命 (2.4 mm에서 再生할 때까지의 走行距離km)			
10.00R 20	272,000	238,000	△34,000

이다. 지금까지는 Goodyear 의 모로코 工場에서 少量으로 生産되고 있을 뿐인데, 世界 主要 타이어 메이커들은 『케블라』 카카스의 트럭·버스用 Radial 타이어 開發을 서두르고 있으며, 멀지않아 商品化될 것 같다. 카카스材로 케블라를 使用한 타이어를 스틸 타이어와 比較하여 그 特徵을 綜合해 보면 다음과 같다(表 3 참조).

- ① 타이어의 重量이 個當 2~5kg 輕量化된다.
- ② 타이어의 内部空氣溫度(CAT)가 4~5°C 低下된다.
- ③ 回轉抵抗이 10%(弱) 정도 좋아진다.

이와같은 CAT와 回轉抵抗의 長點은 『케블라』의 Bending stiffness가 Steel보다 낮고, 輕量化되었기 때문이다. 또한 트레드 壽命도 10~14% 정도 延長되었다(Du Pont社의 約 100個의 『케블라』 使用 타이어의 試驗結果). 그밖에 乘車感에서도 케블라 타이어가 더 좋다고 하며, 操縱性에서는 스틸 타이어와 같다는 報告도 있다. 그리고 燃料費面에서는 케블라 타이어가 스틸 타이어보다 1~1.4% 節約된다고 한다(EG&G Automotive Research社 試驗結果).

이와같이 케블라를 트럭·버스用 Radial 타이어의 카카스材로 使用할 경우에도 많은 長點이 나타나고 있다.

(3) 其他 타이어의 경우

其他 타이어에서는 建設用 타이어에 『케블라』를 使用한 例가 있는데, 外側의 플라이 코드에 이러한 纖維 코드를 使用함으로써 타이어의 耐cut性이 좋아졌다고 한다. 또한 競技用 타이어 등에도 輕量化되는 長點을 살려서 케블라를 使用한 것이 開發되고 있다.

其他 二輪車用 Radial 타이어, 自轉車用 타이어 등에도 케블라 應用이 活發해지고 있다. 특히 自轉車用 타이어에서는 『케블라』의 織物을 벨트 部門에 使用하여 耐cut性, 耐衝擊性이 良好한, 펑크가 나지 않는 安全타이어(non puncture tire)를 만들 수 있고, 또 스틸 비드 代身에 케블라 비드를 使用하여 간단하게 접어서 가져다닐 수 있는 交換用 타이어도 만들어서 市販하고 있다.

4. 케블라의 改善課題

『케블라』는 이와같이 타이어用 補強材로 널리 使用되고 있으며, 앞으로도 需要가 擴大될 것으로 豫상되고 있다. 그러나 앞으로의 需要擴大를 위해서는 실(糸)로서나 또는 加工技術面에서나 다소 改善되어야 할 點이 있다.

이 點에 있어서는 무엇보다도 고무와의 接着性 問題인데, 현재 상태의 用途에 있어서는 거의 문제될 것이 없으나, 高溫에서의 接着性, 耐水接着性, 長期接着信賴性 등에 關한 改善問題

케블라의 接着處方

〈表 4〉

(a) 1次浸漬組成

		Parts
Epoxide :		
Diglycidyl ether of glycerol	=	2.22
Catalyst :		
10% Na ₂ CO ₃ (anhydrous)	=	0.37
Wetting Agent :		
5% "Areosol" OT (75% solids)	=	0.56
Water :		
At room temperature ~25°C	=	$\frac{96.85}{100.00}$

(b) 2次浸漬組成

		Parts	
		Wet	(dry)
Water		141	
Ammonium Hydroxide (28%)		6.1	
Preformed RF Resin (75%)		22	(16.5)
Mix and add without ageing to Vinylpyridine Latex (41%)		244	(100)
Mix and add			
Formaldehyde (37%)		11	(4.1)
Water		58	
Age 12 hours at 25°C, Store, To use add			
HAF Black Dispersion (25%)		60.3	(15.1)
Wax dispersion (4% solids basis)			
		542.4	(135.7)

케블라의 用途 및 特性

〈表 5〉

項 目			케블라의 機能 및 製品特性											
			輕 量 化	高 強 度	高 彈 性	衝 擊 吸 收 性	치 數 安 定 性	耐 熱 性	耐 切 斷 性	耐 疲 勞 性	耐 腐 蝕 性	非 研 磨 性	非 導 電 性	振 動 減 衰 特 性
用 途	고무 資材	타이어 코트 V, 타이밍 벨트 호 스	○	○	○	○	○	○				○		
	케밋 이로 블프	靜 索 動 索 OPF 텐션멤버	○	○	○						○		○	
	防 護	安全 장갑 騎馬(手)服		○					○	○				
	摩 擦 材	브레이크 클 러 치 가 스 켓	○	○					○		○		○	○
	複 合 材	헬 멧 車 体 射出成型品	○	○	○	○						○		○

등이 檢討되고 있다.

表 4는 『케블라』와 고무의 一般的인 接着處方의 한 例이나, 이 處方을 토대로 여러가지로 改善되고 있다. 또 壓縮應力이 걸리는 部分의 疲勞性에 관한 問題도 있다. 『케블라』의 疲勞性 改善에 관해서도 多方面으로 研究되고 있다. 最近에는 또 現在의 케블라보다도 Modulus 가 높은 『케블라 149』가 開發되었으며, 그리고 앞으로는 더욱 여러가지 性能이 改善된 케블라가 紹介될 것으로 豫測된다.

5. 케블라의 其他 應用例

『케블라』를 타이어 以外에 應用한 例를 特性에 따라 綜合해보면 表 5와 같다. ① 고무 資材에서 V벨트, 타이밍 벨트에는 現在 광범위하게 使用되고 있으며, 콘베이어벨트, CVT 벨트의 補強材로서도 開發되고 있는데, 콘베이어 벨트

는 일부 商品화된 것도 있다. ② 케이블밋 로프類 등의 張力을 받는 材料로 『케블라』는 適合하다. ③ 防護, 防彈 資材로서는 장갑, 騎馬服 뿐만 아니라 防彈 조끼 등에도 利用하고 있다. ④ 摩擦材分野에서는 石綿規制가 심하게 되어 이分野는 將來가 有望하다. ⑤ 複合材에 있어서는 最新 航空機部材, 宇宙開發, 스포츠用品 등 광범위하게 使用되고 있다.

6. 結 言

『케블라』는 높은 引張強度와 引張彈性率을 가진 Super-Aramid 纖維로서 用途는 타이어 뿐만 아니라 다른 分野에도 널리 使用되고 있다.

앞으로는 製品의 輕量化, 耐熱性, 壽命延長 등 要求特性이 점점 多樣化되고 있으므로 케블라와 같은 均衡이 잡힌 物性を 가진 補強材의 用途는 더욱 擴大되어 갈 것으로 展望된다.