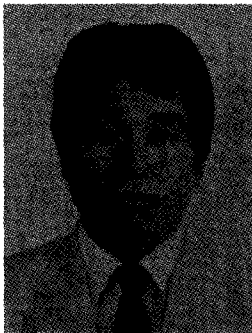


스포츠用具의 尖端 複合材料應用



金 弘 球
(산업기술정보원 責任研究員)

目 次

- 1. 序 論
- 2. 스포츠用具에 사용되는 ACM
- 3. 스포츠用具의 特性과 素材
- 4. 結 論

〈이번호에 전제〉

1. 序 論

스포츠用具用 素材는 플라스틱, 金屬, 纖維, 皮革, 고무, 木材 등 여러 종류가 있지만, 그중에서도 尖端 複合材料(ACM; Advanced Composite Materials)는 스포츠用具의 구성 소재로서 중심적인 재료이며, 주로 纖維強化 플라스틱(FRP; Fiber Reinforced Plastics)이다. FRP의 강화섬유로서는 炭素纖維와 유리纖維 등이 사용되며, Matrix(母材)에는 熱景化性 에폭시 樹脂가 주로 사용되고 있다. 스포츠用具는 소비자들의 성능 향상 요구 때문에 해마다 신제품이 개발되고 있으며, 이를 위해서는 設計技法이나 製造技術의 연구 및 재료특성의 향상이 필요하며, 특히 ACM의 進步는 스포츠用具의 성능 향상에 크게 기여하고 있다. 따라서 本稿에서는 스포츠用具를 크게 골프, 스키 및 테니스用具로 나누어 각각에 요구되는 성능을 ACM의 관점에서 언급하기로 한다.

2 스포츠用具에 사용되는 ACM

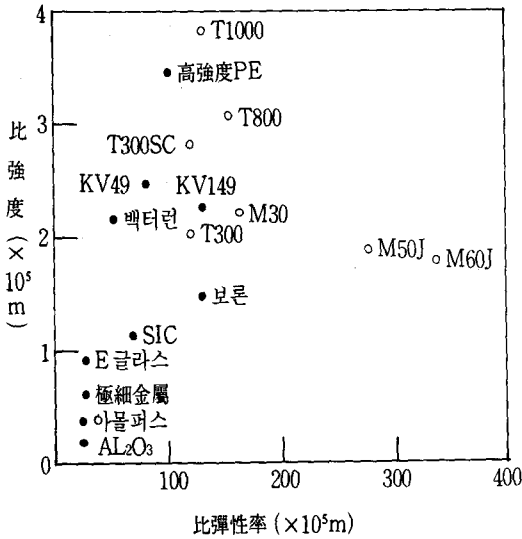
ACM은 2개 이상의 재료를 물리적으로 일체화하는 것이지만 스포츠분야에서는 섬유 강화 플라스틱(FRP)을 ACM이라고 부를 때가 많다. FRP는 Matrix와 강화재의 복합형을 취하기 때문에, 각각의 장점을 살릴 설계가 가능한 재료이다. Matrix에는 플라스틱을 선두로 금속, 세라믹, 고무 등이 사용되고 있다.

플라스틱에는 열경화성 수지(페놀, 폴리에스텔, 폴리이미드, 에폭시 등)와 열가소성 수지(나일론, 폴리카보네이트, 폴리아세탈, ABS 등)이 있다. 현재 FRP가 사용되고 있는 스포츠用具 중에는 야구 배트, 스키판, 골프 샤프트, 테니스 라켓 등은 거의 대부분 열경화성 수지의 에폭시 수지가 사용되고 있다.

강화재로서는 탄소섬유, 유리섬유, 아라미드 섬유, 보론 섬유 등이 사용되고 있고, 최근에는 금속섬유나 폴리에틸렌 섬유도 사용되는 경우가 있다.

스포츠용구에 요구되는 특성으로서는 특히 경량화가 있으며, 이를 위해서는 강도와 강성을 각각 비중(밀도)로 나눈 비강도와 비탄성의 값이 중요하다. <圖 1>에 현재 사용되고 있는 FRP 각종 섬유유리의 비강도와 비탄성을 나타냈는데, 탄소섬유가 比強度, 比彈性的 수치가 크고, 밸런스가 우수한 재료인 것을 알 수 있다.

〈圖 1〉 각종 섬유유리의 비강도, 비탄성률
(0는 탄소섬유를 나타냄)



3 스포츠용구의 특성과 소재

(1) 골프

골프 그라프는 샤프트, 헤드, 그립의 3개로 분류할 수 있으며, <表 1>에 골프 그라프에 사용되고 있는 소재를 나타냈다.

골프 샤프트는 골프 헤드와 인간의 손을 연결 시키기 위해 개발되었다. 소재의 변천에 따라 골프 샤프트의 위치도 변하기 때문에 재질이 목재에서 금속재나 FRP로 변함에 따라 볼을 멀리 변하기 위한 도구로 바뀌었다.

금속재 샤프트는 스틸, 알루미늄 합금, 티타늄 합금이 있는데, 현재 금속재 샤프트의 주류인 스틸 샤프트 소재로서는 다음과 같은

〈表 1〉 골프 클럽과 新素材

부분	사용 소재	종래 소재	사용 이유
샤프트	FRP(HMCF, AF, SiCF, 알루미늄, 비정질 금속, 극세 금속)	탄소강 합금강 FRP(CF)	경량화(비탄성, 비강도)진동 특성
헤드본체	FRP(CF, AF, 전방향족 폴리에스테르)	스테인리스강	탄성강도 반발성 비중
	FRM(SiC 위스커, SiC 파티클)	탄소강 스테인리스강	비중 강도
	Ti 합금	탄소강 스테인리스강	비중 강도
	Mg 합금	탄소강 스테인리스강	비중 강도
	CU 합금(Be-Cu, Silzin Bronze)	탄소강 스테인리스강	비중 강도 색
FRP 헤드내부	세라믹(ZrO ₂)		강성, 강도, 반발성
페이스 인서트	FRP(CF, AF, 티탄산 칼륨 위스커) FRP(CF) FRP(SICF)	ABS	반발성 정도

강재가 주로 사용되고 있다.

탄소강(탄소 함유율 0.4-0.9%)

망간 강

크롬-몰리브덴 강

크롬-바나듐 강

스틸 샤프트에 요구되는 특성은 높은 인장강도(140 ~ 189kgf /mm²)와 인성이고, 샤프트 중량이 가벼워 질수록 고강도, 고인성의 재료가 요구된다. 스틸 샤프트와 같이 현재 골프트의 주류가 되고 있는 CFRP제 샤프트는 1972년에 개발되어 오늘날의 신소재 모체가 되었다. CFRP 샤프트가 급속히 퍼진 이유

는 샤프트 중량의 경량화이다.

이와 같이 CFRP 때문에 샤프트 중량이 가벼워지고 헤드 중량은 무겁게하여 클럽 중량을 가볍게 할 수 있다. 그렇게 되면, 무거운 헤드로 빨리 휘두를 수 있게 되고 헤드의 운동 에너지가 크게 되기 때문에 타구시 붙어주는 운동 에너지가 크게 된다. 그 결과 붙어 잘 나르게 되며, FRP 샤프트를 구성하는 강화재는 대부분 탄소 섬유이다. 그의 보론 섬유, 아라미드 섬유, 금속 섬유 등은 탄소 섬유와 Hybrid 형태로 사용되고 있다. 이들 섬유는 비강도, 비탄성의 관점에서 탄소 섬유에 뒤떨어지나 진동 특성 등의 소재 장점을 살리는 연구가 진행중이다.

한편 골프 헤드중에서 우선 Wood 용 커본 클럽 헤드에 대해 언급하기로 한다. 클럽 헤드는 다른 스포츠 용구와는 달리 필요한 중량이 거의 정해져 있기 때문에 경량화에 염두를 둘 필요는 없다. 헤드에 요구되는 특성은 Impact 시의 충격력(프로의 Shot 로 약 2톤)에 견디고 정해진 중량내에서 보다 큰 헤드 중심 둘레의 관성 모멘트, 저 중심화 등이다. 커본 헤드의 주 재료는 탄소 섬유와 에폭시 수지이다. 대표적 제조방법은 Sole 부재와 심재가 되는 발포재 및 에폭시 수지를 함침시킨 탄소 섬유를 금형에 세트, 가열하여 프레스 성형하는 방법이다. 이 구조에 의해 헤드의 내부가 가볍고 주변부로 중량이 배분되기 때문에 헤드의 중심 둘레 관성 모멘트가 크게되어 타구의 방향성이 좋게 된다.

(2) 스키

스키 용구는 스키판, 스키 포울, 스키 부츠 등으로 분류되며, 사용되고 있는 각종 신소재를 <表 2>에 나타냈다. 이 표에 의하면 FRP가 사용되고 있는 것은 스키판의 상면재, 본체 및 스키 포울이다.

스키판의 재료는 단층-합판-메탈-FRP의 순서로 변화했으며, FRP의 강화재로는 탄소, 아라미드, 보론, 금속, 고강도 폴리에틸

<表 2> 스키用具와 新素材

	사용부분	사용소재	종래소재	사용이유
스키판	활주면	UHMWPE	HMWPE	활주성
		graphite 첨가 UHMWPE	HMWPE	활주성 정전기방지
	상면재		ABS수지	진동흡수성
	본체	FRP(CF, AF, SiCF, BF, 고강도 폴리에틸렌)	FRP(GF)	비강도 비탄성 진동특성
스키 포울	포울본체	FRP(CF) 세라믹(서어멧)	Al 합금 Steel	경량화 내마모성
스키 부츠			TPU	내한성 반발성

렌 등의 섬유가, 유리 섬유와 복합된 형태로 사용되고 있다. 탄소 섬유는 주로 스키판의 강성 향상을 위해 사용되며, 아라미드 섬유, 폴리에틸렌 섬유는 점탄성 특성, 즉 진동 감쇄성 향상을 위해 사용되고 있다. 이들 섬유는 직물(平織, 綾織)이나 UD(一方向性) 프리프레그 형태로 스키 내부에 조입된다.

스키판의 구조는 샌드위치 구조, 박스 구조, 오메가 구조의 세 종류로 분류할 수 있다. 샌드위치 구조는 평판을 적층해 가는 비교적 쉬운 방법이기 때문에 스키판 휘어짐의 설계를 쉽게 변경하여 성능을 향상시킬 수 있다. 박스나 오메가 구조는 스키판 심재의 둘레가 탄소 섬유나 유리 섬유로 둘러 싸여 있기 때문에, 가볍고, 강한 스키판을 만들 수가 있다.

스키판에 요구되는 특성으로서는 굽힘 강성, 비틀림 강성, 점탄성, 관성 모멘트, 중량 등을 들 수 있다. 이들 특성의 밸런스를 좋게 하기 위해서는 단일재로 쉽게 이룰 수 없다. 따라서 탄소 섬유와 아라미드 섬유를 조합시키거나, 탄소 섬유와 유리 섬유를 조합시켜 Hybrid화 하는 방법을 택한다.

(3) 테니스

테니스 용구는 테니스 라켓, 테니스 용 네트

〈表 3〉 테니스用具와 新素材

	사용부분	사용소재	종래소재	사용이유
Racket	Frame, Shaft	FRP(HMCF, AF, BF, SICF)	FRP(CF, GF)	탄성, 강도, 진동특성
		FRTTP (CF, AF)		진동감쇄성
	Cut	REEK	Nylon	반발성, Creep
경식 테니스용 Net	Rope	AF	Stainless Steel	비중, 강도, 내후성

로 분류할 수 있으며, 테니스나 배드민트에 사용되고 있는 신소재를 〈表 3〉에 나타냈다.

Racket 본체는 Frame 이외에 Cut Sleeve, Head Protector, Grip재, Grip Leather, Grip End Cap으로 분류되며, Racket Frame은 FRP로 되어 있음으로, 그 이외 신소재가 사용되고 있는 주된 예를 소개한다. Cut Sleeve는 Frame과 Cut 사이에 위치한 Frame과 Cut를 보호하는 것이 목적이다. FRP는 아주 단단하기 때문에 직접 Cut를 팽팽하게 걸면 곧 끊어져 버린다. 따라서 가벼우면서도 유연성이 있는 내한성 재료인 Super tough 나일론이 제일 많이 사용된다. Head Protector는 Racket Frame 끝단이 Court면에 접촉 하였을 때 FRP가 깎이거나 충격에 의해 금이 가는것을 방지하기 위한 것으로 Cut Sleeve의 기능에다 내마모성이 좋아야 한다. Super Tough 나일론 이난 폴리에스테일 에라스토타 등이 사용된다.

현재 사용되고 있는 형상의 Racket는 19세기 후반에 등장하였으며, 이때는 목재의 단층을 사용하였으며, 그 후 단재를 6~7층 라미네이트 시킨 것이 주류를 이루었다. 1960년대 말부터 Matal Racket이 사용되기 시작하여, 1980년대 제1차 Racket 혁명이라고도 불리는 FRP제 Racket가 등장 하였는데, 이 Racket는 타구면이 크고 Sweet

Spot가 넓기 때문에 Miss Shot가 적고 성능이 향상 되었다.

1987년대 말에는 제2차 Racket 혁명의 두꺼운 Racket가 등장했는데, 이 Racket는 측면의 치수를 종래의 것보다 30~80% 두껍게 하여 Racket의 강성을 종래보다 높게 하여 타격시 Ball Speed를 향상시키는데 적합하다.

Racket Frame의 성형법은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 그 하나는 심재를 사용하여 외압에 의해 압력을 가압하여 성형하는 방법(외압법)이고, 다른 하나는 내부를 주공으로 만든 후 그 속에 Air에 의해 압력을 가압하여 성형하는 방법(내압법)이 있다.

최근에는 RIM(Reaction Injection Molding) 성형을 이용한 방법도 있는데, 이 방법에 의해 만들어진 Racket는 종래의 외압, 내압 성형품에 비해 성형시 살 두께 주름이 적어서 안정된 품질의 제품을 만들 수 있다.

한편 테니스용 네트의 Rope로는 종래 스테인리스강이나 스틸 와이어 등이 사용되었으나, 이것은 무거울 뿐아니라 사용중 Rope가 갈라져서 끊어질 염려가 있기 때문에 조작면이나 안전면을 위해 아라미드섬유를 폴리에틸렌으로 피복한 Rope를 최근 많이 사용한다.

4. 結 論

스포츠용구는 매년 신제품의 전시장이 되어, 새로운 기능을 첨가한 제품을 보이지 못하는 업체는 도태될 정도로 경쟁이 치열하다. 위에서 살펴본 바와 같이 신제품의 개발은 설계와 제조 기술이 수반되어야 하는데 이를 위해서는 첨단 신소재의 개발이 필수적이다.

스포츠용구의 궁극적 목표 중의 하나는 한없이 가볍게 만드는 것이다. 경량화를 위해서는 비강도, 비탄성이 큰 재료가 필요하다. 그런 의미에서 스포츠용구 개발에 있어서 첨단 복합재료의 역할은 더욱 더 커질 것으로 사료된다. <♣>