

미드솔의 경도 및 두께가 스포츠화의 굽힘 특성에 미치는 영향

박 차 철

동서대학교 응용공학부

(2006년 5월 22일 접수, 2006년 6월 14일 수정 및 채택)

The Effects of Hardness and Thickness of Midsole on the Bending Properties of Footwear

Chacheol Park

Faculty of Applied Engineering, Dongseo University,
san69-1, churey-dong, sasang-gu, Pusan, 617-716, Korea

(Received May 22, 2006, Revised & Accepted June 14, 2006)

요약 : 폴리우레탄(PU) 과 폴리에틸렌비닐아세테이트(EVA) 미드솔이 스포츠화의 굽힘 강성에 미치는 영향을 이해하기 위하여 두께와 경도가 다른 중창으로 스포츠화를 제조하여 중창이 스포츠화의 굽힘특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 스포츠화의 굽힘 모멘트는 굽힘 각도 19°에서 나타나기 시작했으며, 이 초기 굽힘각도는 중창의 경도나 두께에 무관한 것으로 나타났다. 중창의 경도 및 두께가 증가함에 따라 스포츠화의 굽힘 모멘트의 값은 현저하게 증가하는 경향을 나타내었다. 발포체 시트나 미드솔 자체만으로 비교하였을 때보다 스포츠화의 굽힘 강성이 미드솔의 두께나 경도 등 신발의 설계에 따라 더욱 크게 영향을 받는 것으로 나타났다.

ABSTRACT : To understand the effect of midsole on the bending stiffness of footwear, bending moment is studied with various hardness and thickness of polyurethane(PU) and poly(ethylene-co-vinylacetate)(EVA) foams which composed in footwear midsole. The initial bending moment of footwear was appeared at 19° on bending angle of footwear, and this bending angle was not depend on thickness and hardness of midsole. The bending moments of footwear were also increased with increase of the hardness and thickness of misole which were composed in footwear. Increased hardness and increased thickness of foam and midsole also cause a greater bending moment of the sports shoe, respectively.

Keywords : bending footwear, hardness, midsole, footwear

I. 서 론

스포츠화는 크게 윗부분인 갑피와 바닥부분인창으로 나눌 수가 있다. 갑피부분은 디자인상 생산성과 작업성, 재질의 신축성 등을 바탕으로 경기특성에 맞게 발놀림과 끈의 관계, 통기성과 굴곡성, 내수성 등을 고려해야 한다. 창 부분은 발바닥부분을 보호하고 발의 충격을 최소화하고 피로를 방지

하여 주행기능을 최대한으로 높일 수 있는 합리적인바닥디자인 구조가 요구되며 안창, 중창, 밑창 등으로 구분 된다.¹⁻⁷

일반적으로 보행 과정은 발바닥 전체가 지면에 접촉되어있는 상태와, 에서 몸을 앞으로 이동시키기 위해 전족부만 지면에 접촉되고 후족부가 지면으로부터 들려지면서 보행의 추진력을 부가하는 상태, 지면으로부터 완전히 분리된 발의 뒷굽치 부분이 지면에 접촉하는 과정으로 나눌 수 있다. 보행에서 발이 신발을 굴곡시키는 과정은 보행의 추

†대표저자(e-mail : ccpak@dongseo.ac.kr)

진력을 부가하기위하여 전족부는 지면에 접촉되어 있으나 뒤꿈치 부분이 지면으로부터 들려지는 과정이다. 즉 이 과정에서는 지면에 접촉되어있는 전족부를 축으로 하여 발이 회전운동을 하게 되면서 스포츠화를 굴곡시키게 된다.⁸

보행이나 주행 시 뒤꿈치로부터 착지하여 발끝으로 지면을 차기까지의 동작 동안에 스포츠화의 앞부분은 크게 굴곡 된다. 이 때 스포츠화의 앞부분의 굴곡 모멘트가 높은 경우 굴곡에 필요한 힘이 증가하기 때문에, 보행이나 주행시 스포츠화의 굴곡 모멘트에 해당하는 만큼의 에너지가 더 필요하게 되고 따라서 착용감이 나빠지며 빨리 피로해진다. 또한 발바닥의 족저근막이나 아킬레스건에 큰 부담을 주게 되어 경기 능력을 저하시킨다. 굴곡모멘트가 낮은 굴곡특성이 우수한 스포츠화는 발바닥을 편하게 하여 착용감이 우수하며, 쉽게 피로를 유발하지 않기 때문에 운동 경기 능력의 향상을 가져온다.^{9,12}

스포츠화의 유연성은 피로도와 많은 연관이 있다. 일반적으로 등산과 같이 장시간 비포장 도로에서 착용하는 스포츠화는 굴곡이 잘 일어나지 않는 것이 좋고, 쟁쟁화나 러닝화와 같이 비교적 단시간이고 포장된 도로위에서 착용하는 경우는 굴곡이 용이한 스포츠화가 피로유발을 억제하여 준다. 그러나 유사한 외형조건으로 제작된 스포츠화일지라도 소재나 디자인의 미세한 차이에 따라 스포츠화의 굴곡특성이 달라질 수 있다.

스포츠화의 굴곡성에 영향을 미치는 인자로서는 스포츠화의 갑피의 재질과 디자인, 중창이나 깔창을 형성하는 발포체 및 고무의 화학구조, 경도 및 디자인 등이 있다. 스포츠화의 굴곡특성을 향상시키기 위한 디자인적인 방법으로서는 (1) 굴곡부의 절개, (2) 부접지면을 도려내는 방법, (3) 바닥창에 수평홀을 만들어 패턴 효과를 노려 힘의 낭비를 없애는 방법, (4) 적절한 탄력성이 있는 스폰지 소재나 중창에 구멍을 뚫어 굴곡성을 강화하는 방법, 등이 있다.

발포체가 스포츠화의 압축특성에 미치는 영향¹³⁻¹⁵ 및 스포츠화의 유연성 측정을 위해 스포츠화를 바닥에 고정시킨 상태에서 스포츠화의 앞부분

을 텐션 게이지에 연결하여 구부러지는 각도가 45°가 될 때까지 잡아 당겨서 그 장력을 측정하는 방법이 보고되었으나,¹⁶ 중창의 재질, 경도 및 두께 등이 스포츠화의 굴곡특성에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 보고되지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 스포츠화의 중창으로 사용하는 PU 및 EVA 발포체로 경도와 두께가 다른 중창을 제작하고 각 중창의 조건이 운동화의 및 중창의 굽힘특성에 미치는 영향을 고찰하였다.

II. 실험

1. 발포체 및 중창 제조

PU 발포체는 폴리올(국내 동성화학 MR-83320)과 이소시아네이트(국내 동성화학 MP-3200)를 혼합 후 몰딩에서 성형하여 발포체를 제조하였다. EVA 발포체는 비닐아세테이트의 함량이 22 mol%, 용융지수가 2.0인 EVA를 발포체 및 기타조제를 사용하여 1차 발포한 발포체를 가열압착 성형하여 발포체 및 중창을 제조하였다. PU 및 EVA 발포체는 경도 45±2, 52±2, 59±2 및 66±2로 제조하였으며, 제조된 각 발포체의 특성은 Table 1과 같다.

2. 굽힘 각도 측정

보행실험을 위한 피험자는 하지에 어떠한 상해의 경험도 없고 주행자세가 일반적인 피험자를 선

Table 1. Physical Properties of PU and EVA Foams with Various Hardness

Properties Hardness	Compression set(%) ¹⁾	Specific gravity	Rebound resilience(%) ²⁾
PU	45	0.36	32
	52	0.37	27
	59	0.38	27
	66	0.38	28
EVA	45	0.16	36
	52	0.17	38
	59	0.19	36
	66	0.20	33

1) compression set(%) at 50 °C for 6 hrs.

2) rebound resilience(%) at 25 °C.

정하여 스포츠화의 측면에 굴곡이 일어나지 않는 부위에 표시점을 부착하여 측정을 용이하게 한 후, 트레드밀 위에서 10 km/h의 속도로 보행을 실시하였다. 이 때, 측면에서 고속카메라(DVC-9800, JVC, Japan)를 이용하여 초당 120 frame으로 촬영을 실시하고, 전족부위의 굴곡각도의 변화를 동작분석기(motion analyzer, APAS system 2002, Ariel, U.S.A.)를 이용하여 분석하였다. 굴곡이 일어나는 동작은 뒤꿈치가 바닥에 착지하는 순간(heel-strike)부터 발가락이 지면에서 떨어지는 순간(toe-off)까지를 측정하였다. 보행 실험에 사용된 스포츠화는 경도 52이며 중창의 전족부의 두께가 10 mm이며 후족부가 20 mm로 제작하였다.

3. 굽힘력 측정

굽힘력 측정은 실온에서 등속원운동을 하는 운동화 굽힘력 측정장치(Shoe Bending Moment measurement, D107, 한국)로 측정하였다. 측정 대상 스포츠화를 지그로 굽힘모멘트 측정 장치에 장착한 후 굽힘 속도 100 rpm으로 굽힘각도 0°에서 50°사이의 굽힘 모멘트를 측정하였으며, 5회 반복측정한 평균값을 취하였다. 반복측정 시 회복시간은 3 초로 하였다. 굽힘모멘트 측정을 위하여 운동화 내부에 발모양의 모형을 삽입하여 운동화내부를 보행 시와 유사한 환경을 유지하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 중창 두께가 스포츠화의 굽힘특성에 미치는 영향

실험에서 사용된 스포츠화의 경우 토우스프링이라고 하는 스포츠화의 앞부분 들림 각도가 18°로 제작되었다. 실험에서 제작된 스포츠화를 착용하고 시속 10 km의 속도로 등속 주행하는 경우, 착지상태에서 운동화 앞부분의 굴곡각도는 19.9°, 뒤꿈치가 지면으로부터 들어올려진 상태에서의 굴곡각도는 46.5°를 나타내었다. PU 및 EVA 발포체로 제조된 스포츠화는 중창의 두께나 경도에 무관하게 굽힘각도 18°까지는 모든 스포츠화에서 굽힘모멘트

가 나타나지 않았으며, 이러한 초기 굽힘각도는 스포츠화의 앞부분 들림 각도 18° 및 동작분석으로 측정한 굴곡각도 19.9°와 거의 일치하였다. 굽힘각도 18도까지 굽힘모멘트가 나타나지 않는 현상은 스포츠화의 구조적 형상에 기인하는 것으로 이해할 수 있다. 즉 토우스프링이라고 하는 스포츠화의 앞부분 들림 현상으로 토우스프링에 해당하는 각도 만큼에서는 굽힘모멘트가 나타나지 않게 된다. 스포츠화의 토우스프링 각도는 디자인에 의존하는 고유의 값으로서 본 실험에서 사용된 스포츠화의 경우 토우스프링 각도와 초기 굽힘각도가 18°로 일치하였다.

2. 중창 경도가 스포츠화의 굽힘특성에 미치는 영향

PU 발포체로 제조된 중창의 전족부 두께가 8 mm, 10 mm 및 12 mm인 중창으로 제조된 스포츠화에서 중창의 경도가 스포츠화의 굽힘모멘트에 미치는 영향을 Figure 1에 나타내었다. 굽힘각도 50°에서의 굽힘모멘트는 PU 발포체의 경도가 증가함에 따라 스포츠화의 굽힘 모멘트는 현저하게 증가하는 경향을 나타내었다. 그리고 전체 경도에서 중창의 두께가 증가에 따른 굽힘 모멘트의 증가 역시 현저한 것으로 나타났다. 중창의 두께가 8 mm인 경우 경도가 45에서 66으로 증가함에 따라 굽힘모멘트는 약 24% 증가하였으며, 중창 전족부의 두께가 12 mm인 경우에는 약 42% 증가하였다. 이러한 현상은 중창을 형성하고 있는 발포체의 경도가 높아짐에 따라 중창의 굽힘에 대한 저항력이 증가하기 때문으로 이해할 수 있다.

EVA 발포체로 제조된 중창의 전족부 두께가 8 mm, 10 mm 및 12 mm인 중창으로 제조된 스포츠화에서 중창의 경도가 스포츠화의 굽힘모멘트에 미치는 영향을 Figure 3에 나타내었다. EVA 발포체의 경우에도 PU의 경우와 유사하게 경도 및 두께가 증가함에 따라 전반적으로 스포츠화의 굽힘모멘트가 증가하는 현상을 나타내었다. 중창의 두께가 8 mm인 경우 경도가 45에서 66으로 증가함에 따라 전반적으로 굽힘모멘트는 약 20% 증가하였으며, 12 mm인 경우에는 약 30% 증가하였다.

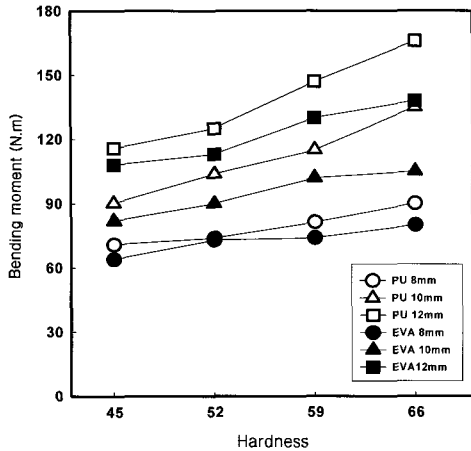


Figure 1. The effect of hardness of PU and EVA midsole on the bending force at 50° of footwear with various thickness of midsole.

3. 발포체의 경도가 중창의 굽힘특성에 미치는 영향

두께가 10 mm인 시트형태의 PU 및 EVA 발포체에 있어, 발포체의 경도가 굽힘 모멘트에 미치는 영향을 Figure 2에 나타내었다. 발포체 시트의 경우 굽힘모멘트의 값 자체가 약 20 N·m 이하로서 스포츠화의 굽힘모멘트에 비하여 현저히 낮은 값이기 때문에 발포체시트의 종류나 경도에 따른 굽힘모멘트의 절대 값은 아주 미소한 것으로 나타났다.

전족부 두께가 8 mm, 10 mm 및 12 mm인 PU 발포체로 제조된 중창에서 발포체의 경도가 중창의 굽힘모멘트에 미치는 영향을 Figure 3에 나타내었다. 중창의 경우에는 전반적으로 동일한 경도 및 두께에서 발포체 시트(Figure 2)보다 높은 굽힘모멘트를 나타내었다. 발포체의 경도가 증가함에 따라 중창의 굽힘모멘트가 다소 증가하는 경향을 나타내었으며, 두께에 따른 굽힘모멘트의 증가도 보다 현저한 것으로 나타났다. 발포체 시트보다 중창이 높은 굽힘모멘트를 갖는 이러한 현상은 중창의 구조적 형상에 기인한다. 즉 중창의 경우에는 압피와의 효과적인 접착을 위하여 중창의 양측 가장자리 부위에 10 mm정도 상부로 돌출된 얇은 날개가 형성되어 있기 때문에 발포체 시트보다 높은 굽힘모멘트를 갖는 것으로 이해된다.

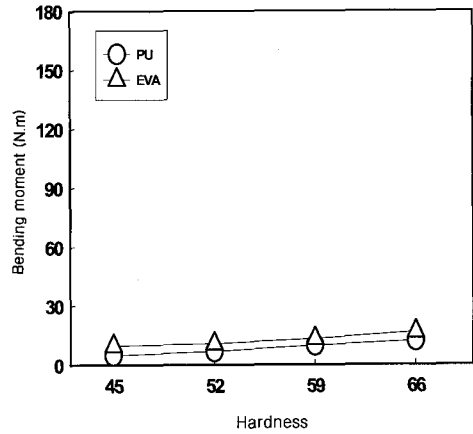


Figure 2. The effects of hardness of PU and EVA foams on the bending moment of sheet with 10mm thickness.

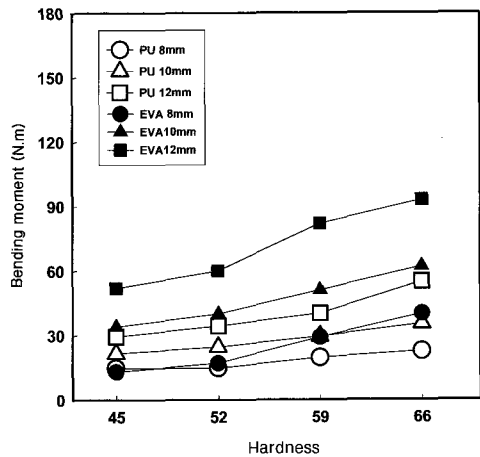


Figure 3. The effects of hardness of foams on the bending moment of PU midsole with various thickness.

전족부 두께가 8 mm, 10 mm 및 12 mm인 EVA 발포체로 제조된 중창에서 발포체의 경도가 중창의 굽힘모멘트에 미치는 영향은 전반적으로 PU 중창의 경우와 유사한 경향을 나타내었다.

4. 발포체의 경도가 시트, 중창 및 스포츠화의 굽힘특성에 미치는 영향

두께 10 mm로 제조된 PU 및 EVA 발포체의 시트, 중창 및 스포츠화에 있어, 발포체의 경도가 각각의 굽힘특성에 미치는 영향을 Figure 4에 나타내

었다. 전체적으로 경도가 증가함에 따라 굽힘모멘트가 증가하는 경향을 나타내었으며, 발포체시트와 중창의 경우 유사한 경향을 나타내었다. 발포체시트의 경우 전체 경도에서 약 10 N·m 전후의 굽힘모멘트를 나타내었으며, 중창의 경우에는 약 20-40 N·m 굽힘모멘트를 나타내었다. 그러나 스포츠화의 경우 발포체시트나 중창의 경우에는 대조적으로 높은 굽힘모멘트 값을 나타내었으며, 경도가 증가함에 따라 굽힘모멘트가 현저하게 증가하는 경향을 나타내었다. 스포츠화의 경우 발포체시트나 중창의 경우에는 대조적으로 높은 굽힘모멘트를 나타내는 현상은 운동화의 구조적인 형상에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 일반적인 경우 스포츠화의 경우 중창의 아랫부분은 고무로 형성된 걸창과 접착하고 중창의 윗부분은 감피와 접착하여 제조하기 때문에 중창의 굽힘모멘트 보다 현저하게 높은 값을 갖게 된다. 그리고 접착제를 사용하여 각 부분을 상호 접착시키기 때문에 중창의 굽힘모멘트와 걸창과 감피의 굽힘특성이 상호 작용을 하여 큰 영향을 나타내는 것으로 이해할 수 있다. 그리고 발포체시트나 중창 자체로는 적은 굽힘모멘트값을 지니더라도 스포츠화의 굽힘모멘트에는 매우 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 따라서 마라톤화나 런닝화 등과 같이 반복 굽힘이

필요한 용도의 경우 스포츠화의 굽힘모멘트를 낮추어 운동 경기력에 기여하거나 착화감이 우수하게 하기 위하여서는 중창의 두께나 경도가 큰 영향을 미친다는 것을 염두에 두어야 할 것이다.

IV. 결 론

PU 및 EVA 발포체를 사용하여 세 가지 종류의 두께와 네가지 종류의 경도로 발포체 시트, 중창 및 동일한 중창으로 스포츠화를 제조하여 중창이 스포츠화의 굽힘특성에 미치는 영향을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

스포츠화의 굽힘 모멘트는 굽힘 각도 19°에서 나타나기 시작했으며, 이 초기 굽힘각도는 중창의 경도나 두께에 무관한 것으로 나타났다. 중창의 경도 및 두께가 증가함에 따라 스포츠화의 굽힘모멘트의 값은 현저하게 증가하는 경향을 나타내었다. 전체적으로 동일한 경도 및 두께에서 발포체 시트보다 중창의 경우가 높은 굽힘모멘트를 나타내었으며, 스포츠화의 경우는 중창보다 현저히 높은 굽힘 모멘트를 나타내었다. 발포체의 두께 및 경도는 발포체시트나 중창의 경우보다 스포츠화의 굽힘모멘트에 더욱 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 신발기초기술개발 연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. P. R. Cavanagh, "Biomechanics of Distance Running", pp. 35-55, Human Kinetics Books, Illinois, 1990.
2. K. G. M. Gerritsen, A. J. Bogert, and B. M. Nigg, *Journal of Biomechanics*, **28**(6), 661 (1994).
3. S. T. McCaw, M. E. Heil, and J. Hamill, "The effect of comments about shoe construction on impact forces during walking", pp. 1258-1264, *Medicine & Science in Sports & Exercise*. New York, 2000.
4. N. E. Jarboe and P. M. Quesada, "The effects of cycling shoe stiffness on forefoot pressure", *Foot &*

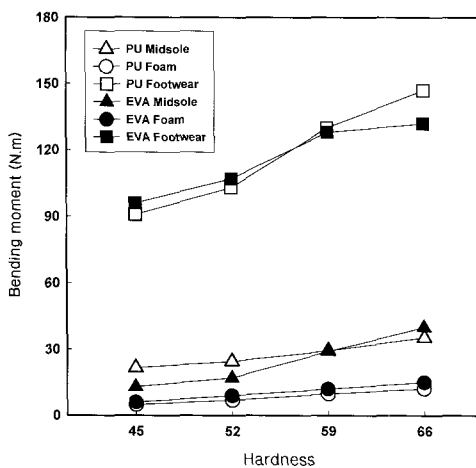


Figure 4. The effects of hardness on the bending moment at 50° of foam, midsole and footwear made of PU and EVA midsole with thickness in 10mm.

- Ankle International*, **24**(10), 784 (2003).
5. 곽창수, “운동화 중저의 경도가 주행시 발바닥의 압력분포와 충격흡수에 미치는 영향”, 서울대학교 대학원 박사학위논문, p. 25 (1993).
 6. 김완태, “발 뒷꿈치 높이에 따른 전신반응시간 분석”, 충남대학교대학원 석사학위논문, p. 11 (1992).
 7. 김대형, “에어로빅스 하이킥시 운동화 중저의 경도에 따른 지면반력의 변화 및 발의 안정성에 관한 연구”, 서울대학교 대학원 석사학위논문, p. 7 (1996).
 8. 조맹섭, “인체(발)계측 및 운동화(Jogging Shoes)의 화형설계기준설정에 관한 연구보고서”, 한국과학기술원부설 시스템공학센터, p. 1 (1985).
 9. 박승범, “한국성인 남자의 조깅화 표준화형 설계를 위한 기초연구”, 부산대학교대학원 석사학위논문, p. 1 (1997).
 10. 부진후, “던닝 시 충격에 의한 신체 각 부위의 가속도 전달 특성”, 동아대학교대학원 박사학위논문, p. 1 (2000).
 11. 안성규, “스포츠화 힐의 높이에 따른 보행자세의 운동역학적 분석”, 제주대학교대학원 석사학위논문, p. 15 (1997).
 12. 오정환, “동일한 트레드밀 속도상에서 경사변화에 따른 보행과 조깅시의 산소소모량과 심박출량의 변화”, 연세대학교대학원 박사학위논문, p. 3 (1992).
 13. 박차철, “중창용 발포체의 경도가 압축특성에 미치는 영향”, *Elastomer*, **39**(3), 186 (2004).
 14. 박차철, “반복압축이 스포츠화용 발포체의 피로특성에 미치는 영향”, *Elastomer*, **40**(4), 242 (2005).
 15. 박차철, “일정응력 반복압축이 발포체의 압축특성에 미치는 영향”, *Elastomer*, **40**(4), 258 (2005).
 16. 오준석, “운동화의 기능학적 특성에 관한 연구”, 연세대학교대학원 석사학위논문, p. 9 (1984).