

여성화 건강제화용 기능성 라스트 개발연구

황인극* · 김진호*

A Study for the Development of a Optimal Last for Woman's Healthy Shoes

Hwang Inkeuk* and Kim Jin Ho*

Abstract The purpose of the present study is to find design factors that have an effect on man's foot, and to develop an optimal last for man's functional shoe design based on these factors. Anlalyzing 4000 men's foot data, three men were selected for fitting test with the last and shoes manufactured in the present work. Based on the results of the fitting test, the modifications of last for the optimal design have been made using CAD/CAM technologies.

Key Words : 여화, CAD/CAM, 구두설계, 구두골, 착화실험, 기능성제화

1. 서 론

인간의 발은 26개 조각의 뼈로 구성되어 있다. 이렇게 복잡한 구조를 이루고 있는 이유는 직립 보행으로 발생되는 체중의 수직하중을 올바르게 분산하고, 최적으로 보행하기 위한 것으로써 생체 역학적으로 가장 적절한 구조로 발전되어 왔다. 그러나 인간이 발을 보호하기 위한 신발을 사용하기 시작하면서 최적화된 발의 구조가 제 기능을 발휘하지 못하게 되었고, 이로 인하여 잘못된 보행패턴 및 올바르지 못한 근골격 구조가 생기게 되었다. 또한 최근 들어 급격히 증가하고 있는 당뇨병 환자에 있어서 발의 관리는 무엇보다 중요하게 인식되고 있으며, 소아나 청소년들에 있어서도 잘못된 신발의 착용이 잘못된 골격구조로 발전되고 있으며 이는 성인이 되었을 때 심각한 병적 증세로 발전하고 있다.

최근의 설계되어지는 제품의 특성을 살펴보면 사용자의 신체 특성에 적합한 제품 개발이나 고기능성을 강조하는 경우가 많다. 신발의 경우 체육학의 스포츠靴, 재활의학의 보조기능을 위한 보조靴, 노년층을 위한 효도靴 등 기능성을 강조한 신발설계가 이루어지고 있다. 그러나 이러한 기능화된 신발을 설계하기 위해서는 신체특성(보행분석을 위한 신체 모멘트측정이나 모델링 등)에 관련된 연구가 선행되어야 하나 외국에 비해 미흡한 상태이다.

발의 불편함은 신체의 건강에 직, 간접적으로 해가 되며 발은 제2의 심장으로서 불릴 만큼 중요한 역할을 맡

고 있다. 최근 한국인에 대한 구두골(라스트, 화형; last, 靴型)을 개발하기 위한 노력을 하고 있으나 아직까지 대다수 소비자들로 하여금 발에 적합한 구두를 신는 것이 상당히 제한되어 있다. 또한 발병한 환자들에게 적합한 건강기능성 제화가 없어 많은 불편을 겪고 있다. 이러한 건강기능성 제화는 대부분 insole(깔창)을 넣고 신을 수 있도록 설계된 구두골에 의해 제작되어야 함에도 불구하고 국내 기성화는 이러한 점을 고려하여 설계 제작하지 못하고 있다. 그리고 제화 구두골 설계·제작은 제화공정에서 가장 중요한 부분이며 과학적이고 복잡한 분야로서 이러한 원천기술은 미국, 독일, 이태리, 일본 등의 선진국에 매우 뒤져 있으며 많은 수요자층을 확보하고 있는 건강기능성 제화시장에 경쟁력을 갖추지 못하고 있는 실정이다. 따라서 발에 편안한 착화감을 주는 깔창을 고려한 건강기능성 구두골을 제작할 수 있는 구두골 설계 기술을 개발하는 것은 매우 중요하고 필요하다.

이 논문의 목적은 중, 고가(15~20만원) 건강제화상품의 실제 수요자 그룹(40세 이상의 일반인 및 발병 관련 환자 포함)을 설정하고 이들의 발 측정 자료를 근거로 하여 기존의 건강제화용 LAST를 체계적으로 분석하여 주요 LAST 설계인자들을 도출하고, 이들 설계인자들을 고려하여 건강 제화용 라스트를 개발하는데 있다.

2. 연구방법

본 연구에서는 구두의 적합성에 영향을 주는 주요 인

*공주대학교 산업시스템공학과

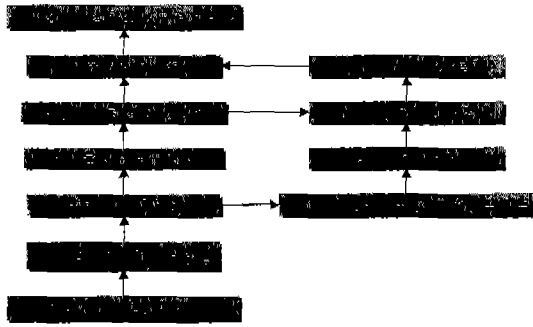


그림 1. 착화테스트에 의한 건강기능성을 갖는 제화 설계 과정.

자를 찾아내고, 이들에 대한 평가 방법을 개발하여 인간공학 실험을 실시하였다. 이 결과를 바탕으로 새로 개발된 구두꼴을 평가하여 보다 편리하고 기능성이 향상된 구두를 제작할 수 있는 한국형 구두꼴을 설계하였다. 아래의 그림 1은 착화테스트에 의한 건강기능성을 갖는 제화 설계 과정을 나타낸 것이다

3. 연구내용

3.1 여자 발 치수

라스트는 발의 몇 가지 부위의 치수로 만들어지지 않는다. 전문가들에 의하면 최소 10여 부위의 치수를 알고 있어야 적절한 라스트를 제작될 수 있다고 한다. 그러므로 다양한 발치수에 관련된 데이터를 얻기 위해 고부가가치 산업(2001, 과기부)프로젝트 과정에서 얻어진 자료를 바탕으로 데이터를 분석하였다.

발은 직선이 없는 곡선으로 이루어진 복잡한 3차원 형상으로 발에 적합한 라스트 설계를 하는 것은 매우 어렵다. 특히 개개인마다 구두의 어느 특정 부위별로 편안하다는 느낌의 정도에 차이가 있으며, 이에 따라 최적설계기준을 찾는 것은 어느 정도는 주관적이고 매우 힘든 작업이다. 보다 많은 데이터는 착화감 실험을 통해 구체적인 사항들이 도출되는데 도움이 될 수 있으며, 또한 분석된 데이터는 현재 남자 255 mm, 여자 235 mm의 라스트를 만들고 수정하는데 사용될 뿐만 아니라 이후 다른 치수의 라스트를 만드는 데 중요한 비교 자료가 될 것이다. 분석되어진 자료는 다음과 같다. 단위는 mm 이다.

3.2 건강 기능성 구두의 착화시험 및 CAD/CAM을 이용한 라스트 제작

라스트는 3차원 곡면으로 3차원의 발에 적합한 형상을 갖추기 위해서는 가능한 한 많은 점에서 발측정치가

고려되어야 한다. 라스트설계에 활용되는 많은 측정치 중에서도 대표적인 중요설계인자는 발윤곽선으로 얻을 수 있는 종창형상, 굽높이에 대한 허리곡선길이, 볼볼레, 가슴볼레, 발등볼레, 짧은 굽볼레, 긴 굽볼레, 짧은 굽너비, 긴 굽너비 등을 들 수 있다. 다음 그림은 일반적인 라스트의 중요부위를 보여주고 있다

참여업체에서 기존에 보유중인 건강제화 라스트에 대한 과학적/계량적 분석을 위하여 3차원 측정을 시행하고 이 측정치를 이용하여 3-D CAD 모델링을 수행함으로써 향후 반복적인 착화테스트를 통하여 최적의 건강기능성 제화 제작을 위한 자료로 활용된다.

착화 테스트에 사용될 구두제작을 위하여 계속적으로 라스트가 수정되어야 하는데 기존의 라스트 제작 방법은 숙련공의 경험을 통한 수작업에 의해 가공이 되거나 제화 선진국의 고가의 S/W에 의한 라스트 설계 및 이의 가공을 위한 전용 4축 CNC 기계에 의존해 왔다. 그러나 국내 제화업체의 열악한 경제적 상황으로는 도저히 고가의 장비를 구입할 수 없는 상황이고 또한 숙련된 기능공에 의한 수작업은 라스트 형상 데이터의 일관성이 없을 뿐만 아니라 기능공에 대한 의존도를 심화시켜 체계적이고 지속적인 기술개발이 이루어지지 못하였다.

이러한 3-D CAD에 의해 도출되고 수정된 라스트를 계량적으로 정확히 제작하기 위하여 범용 CNC-Milling 기계가 사용되어짐으로서 체계적인 라스트 개발이 가능하도록 하였다.

3.3 라스트의 3-D 측정

제품이나 목업 등의 실물모형으로부터 3D 데이터를 얻는 역설계(Reverse Engineering)의 과정으로, 3D 스캐닝을 통해 스캔 데이터를 구하는 단계이다. 기존 LAST에 대한 측정은 사진과 같다.

스캐닝 과정은 다음과 같다.

먼저 스캐닝 작업 준비하고, Tooling ball 및 지그를 부착한다. 그 다음 파트 스캐닝을 하는데 방향에 따라 보이는 볼을 3개 이상씩 스캔한다. 스캐닝을 할 때 여러 방향에서 찍을수록 매치 오차가 커지므로 가능한 측정 횟수를 줄여야 한다. 파트 스캐닝이 끝나면 Ball 중심값 구하기를 하고 그리고 끊어진 데이터를 이어주거나 불필요한 부분을 삭제하고 데이터양을 줄여주기 위해 데이터를 에디팅한다. 에디팅 작업이 끝난 후 세 점의 중심점을 이용하여 전후좌우의 모양을 전체 모형으로 짜집기 하기 위해 데이터 매칭 작업을 하고, 3D 모델링을 거쳐 3D 데이터를 얻을 수 있도록 데이터 변환 작업을 수행한다. 최종 스캐닝 과정을 마친 결과는 다음과 같다.

표 1. 여자 발 치수

여자	220 mm	225 mm	230 mm	235 mm	240 mm	245 mm	250 mm
체중	51.52	53.32	54.57	56.65	58.99	60.84	60.53
신장	152.99	155.04	157.48	159.65	160.90	162.36	163.84
엄지발길이	220.32	225.15	230.05	234.94	239.65	244.34	249.74
검지발길이	216.72	220.84	225.82	230.04	235.11	239.48	243.23
중지발길이	208.14	211.86	216.78	221.07	225.41	229.34	233.38
약지발길이	195.99	199.19	203.96	207.85	211.88	215.22	218.56
새끼발길이	180.11	183.09	187.56	190.79	194.96	198.05	201.05
복시점발바닥걸림길이	140.63	142.76	146.27	148.82	151.76	154.37	157.69
발뒤꿈치너비	55.45	63.24	56.97	58.04	58.83	59.24	59.83
발등최소둘레	215.32	220.75	219.74	222.69	225.94	227.50	229.44
발등중간둘레	215.45	218.07	220.30	223.25	226.00	227.86	229.24
발등굽최단둘레	326.06	331.54	336.63	341.65	348.69	353.34	357.17
Shot Heel 둘레	291.96	295.58	300.12	304.85	308.85	314.74	317.11
발목 둘레1	203.00	205.92	207.65	210.86	214.92	217.89	217.76
발목 둘레2	232.62	235.56	241.81	242.52	247.50	251.56	249.30
발뒤꿈치높이1	21.36	21.69	21.99	22.38	22.75	22.73	24.37
발뒤꿈치높이2	55.80	57.04	57.91	58.81	59.43	60.35	60.79
외과높이	61.14	61.57	62.57	62.96	63.59	64.68	64.19
외과밑높이	46.01	46.42	47.02	47.53	47.88	48.41	48.22
발등높이	50.17	50.38	51.22	51.42	52.19	52.44	51.99
엄지발가락높이	18.14	18.29	18.58	18.75	19.08	19.42	18.41
새끼발가락높이	16.93	17.13	17.35	17.41	17.56	18.04	17.77
척골높이	31.20	31.52	32.03	32.35	32.90	33.41	33.26
야차최대높이	21.02	20.87	20.68	20.70	20.97	21.30	20.16

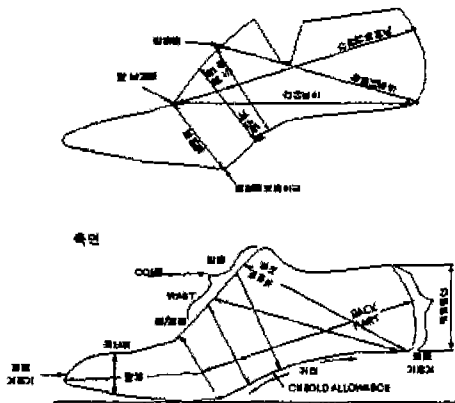


그림 2. 라스트의 중요부위.



그림 3. 기존 건강제화 라스트.

3.4 착화테스트

1) 착화감 실험

본 실험에서는 표준 구두(여자 235E)에 해당하는 사람을 대상으로 하였으며, 여자 3명을 피험자로 사용하여 구두꼴의 적합성을 실시하였다. 피험자는 성인을 대상으로 하였으며, 발 및 다리에 외상이 없으며 구두를



그림 4. Scanning 결과.

신고 하루 2시간 정도 걸을 수 있는 사람으로 하였다. 실험에 참여한 피험자의 발 특성은 표 2와 같다. 본 실험에 사용한 구두골은 건강 구두 제화 전문업체인 내외테크(주)에서 제품 생산에 사용되고 있는 구두골이다. 구두골을 설계하기 위해서는 발의 치수 뿐만 아니라 구두 소재, 모양(디자인), 구두의 종류(굽의 높이) 등이 고려되어야 한다. 이번 평가에서는 발의 적합성(편안함)을 최적으로 하는 구두를 제작하는 것을 목표로 하였기 때문에 나머지 변수들은 고려하지 않고 발의 치수와 형태만을 고려하기로 하였다.

착화감 실험은 10일에 걸쳐 실험실이 이루어졌다. 실험 전에 실험의 목적, 평가 방법 및 주의사항에 대한 교육을 실시하였다. 피험자는 평가 기간 동안은 다른 신발을 신지 못하도록 하였고, 평가용 구두를 착용하고 하루 평균 2시간 이상 보행하도록 하였다.

평가 방법은 평가지를 이용하여 주관적으로 느낀 착화감 관련 문항을 직접 작성하도록 하였다. 평가지는 총 5회(1일, 2일, 4일, 7일, 10일)로 구성되었다.

2) 착화감 실험 결과

본 연구에서는 크게 2가지의 관점에서 착화감 분석이 이루어졌다. 먼저 구두골 설계에 반영된 9개 주요 부위와 착화감 사이의 상관성이 분석되었다. 두번째는 피험자별로 전체적인 착화감 평가 결과를 시계열적으로 요약하였다. 그 결과는 부위별 만족도를 그림으로 정리

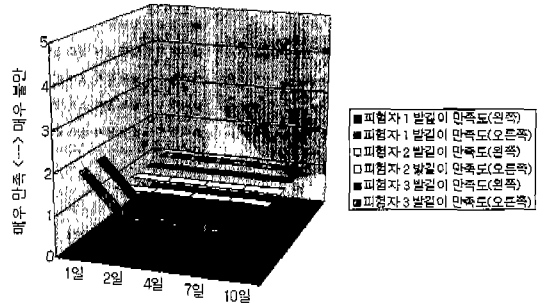
표 2. 피험자의 특성

피험자	발 측정치의 특성
여자 피험자 1	실험용 구두에 적합한 체형
여자 피험자 2	실험용 구두에 적합한 체형
여자 피험자 3	실험용 구두에 적합한 체형 (평균에 비해 약간 작은 볼 돌레를 가지고 있음)

되었다. 두가지의 결과를 고려하여 구두를 평가하였으며, 결론적으로 단기 착화감을 고려한 구두골 치수를 수정, 개선하였다.

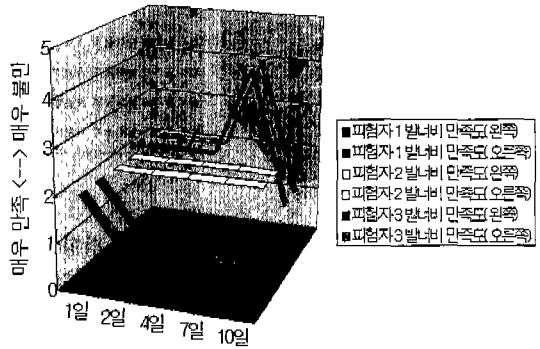
① 주요 구두골 부위에 대한 착화감 평가 결과

i) 구두길이의 압박성과 만족감



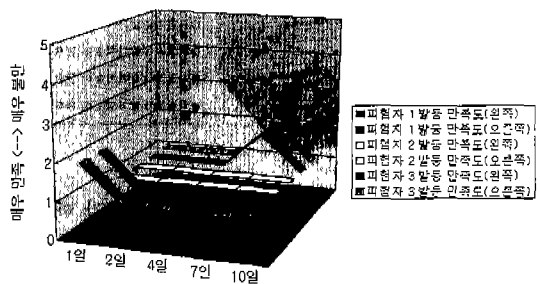
- 구두길이에 있어서는 피험자 모두 만족도가 매우 높은 것으로 나타났음.

ii) 구두너비의 압박성과 만족감



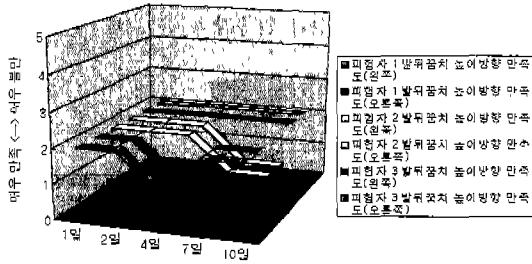
- 피험자 3의 경우에 구두너비가 약간 헐렁한 것으로 나타났으나, 그 원인은 구두에 비해 들레 부위가 약간 적은 체형이기 때문이었음. 다른 피험자는 모두 만족함.

iii) 구두 발등 압박성과 만족감



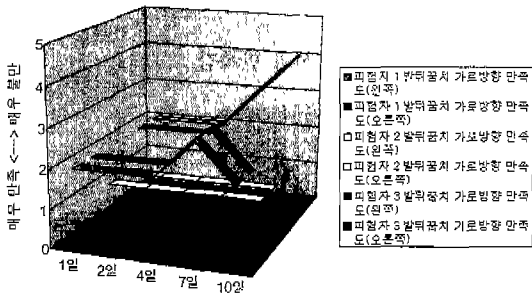
- 구두 발등 높이는 피험자 모두 만족도가 매우 높은 것으로 나타났음.

iv) 구두 발뒤꿈치(높이 방향)의 압박성과 만족감



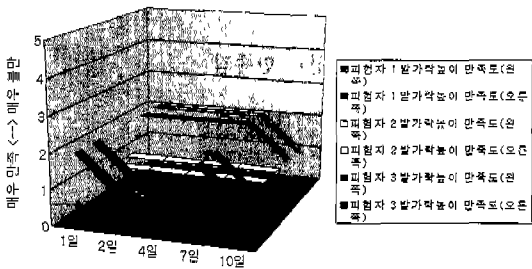
- 구두 발뒤꿈치(높이 방향)는 피험자 모두 만족도가 매우 높은 것으로 나타났음.

v) 구두 발뒤꿈치(가로 방향)의 압박성과 만족감



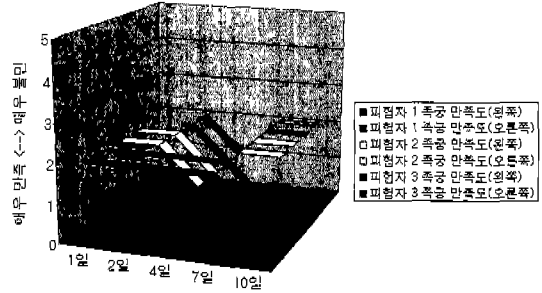
- 피험자 3의 경우에 구두 발뒤꿈치(가로 방향)이 약간 헐렁하여 불만족한 것으로 나타났으나, 그 원인은 구두에 비해 들레 부위가 약간 적은 체형이기 때문이었음. 그러나 다른 피험자는 모두 만족하였음.

vi) 구두 발가락 높이의 압박성과 만족감



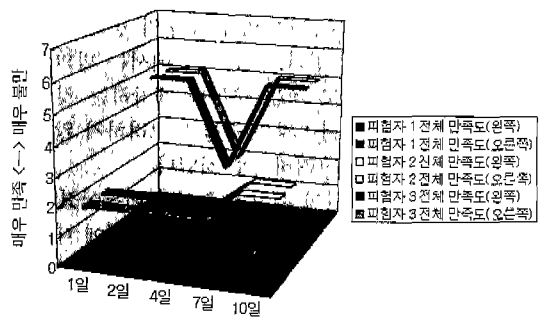
- 구두 발가락 높이는 피험자 모두 만족도가 매우 높은 것으로 나타났음.

vii) 구두 족중부위의 적합성과 만족감



- 구두의 족중 부위는 피험자 모두 만족도가 매우 높은 것으로 나타났음. 특히 다른 구두골에 비하여 족중 부위를 적절히 압박함으로 인하여 발이 편하다는 느낌을 많이 주었음.

② 실험 구두의 종합적인 평가



- 피험자 3은 구두가 전체적으로 크다는 느낌을 주고 있으므로 만족도는 낮게 나타났음. 그러나 이는 구두에 비해 들레 부위가 약간 적은 체형이기 때문인 것으로 판단됨. 그러나 다른 피험자는 모두 높은 만족도를 가지고 있음. 단, 구두의 뒷꿈치부분의 가로 방향은 약간 헐렁한 느낌을 주고 있음. 따라서 뒷꿈치부분의 가로 방향에 있어서 너비 부분을 약 1~2 mm 정도의 축소가 요구됨.

- 구두의 외과-밑높이 부분이 높아 복숭아 부분이 구두에 닿았으며 초기에 신고 다니는데 불편하였음. 구두의 뒷 높이를 약간(2~3 mm 정도) 낮출 필요가 있음. 구두골의 문제는 아님.

3.5 라스트 수정

라스트를 이용하여 착화테스트를 위한 구두를 제작하여 착화테스트를 수행하고, 착화감 평가 결과로부터 기존 라스트에 대한 3D CAD 데이터를 이용하여 라스

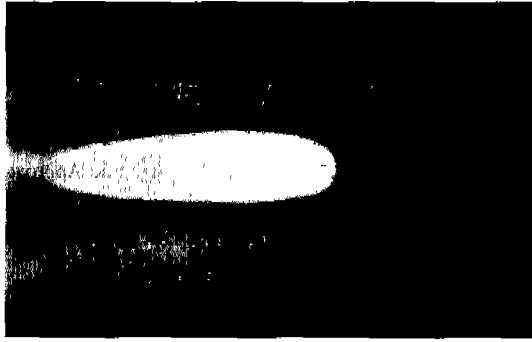


그림 5. 라스트 수정부위 및 치수(평면도).



그림 7. 라스트 수정부위 및 치수(배면도).

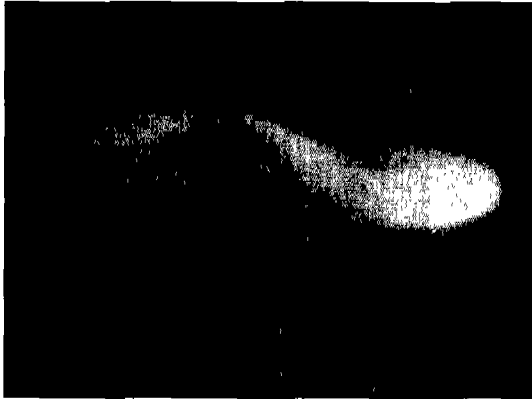


그림 6. 가공완료된 라스트.

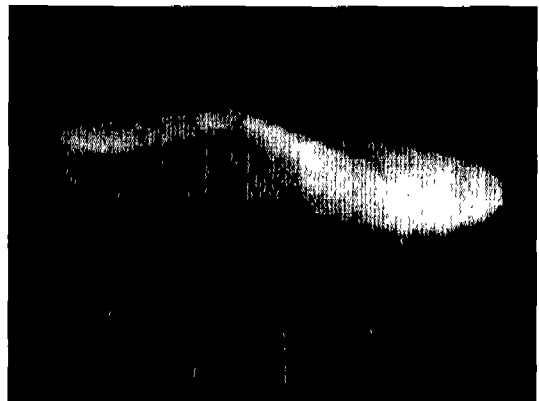


그림 8. 가공완료된 라스트.

트의 수정이 이루어졌다.

그림 5~6에서 보는 것처럼 뒤축부위의 치수를 CAD modeller을 이용하여 65.78에서 68.35로 수정하고, 수정된 라스트 CAD 데이터로부터 가공을 위한 CAM 데이터가 준비된다.

CNC 가공을 하기 위한 전단계 공정으로 우선 3-D CAD Modeller로부터의 3-D CAD 데이터를 컴퓨터에서 CAM 전용 S/W 인 NCG 를 이용하여 형상에 적합한 각종 조건(공구선택, 정밀도 및 가공여유 등)을 부여하고 Toolpath를 생성한다. 그리고 CNC 머시닝센터를 이용하여 가공한다.

4. 결 론

고객들의 발치수자료에 근거한 통계분석을 통하여 여화사이즈 235, 240에 가장 많은 소비자층을 형성하고 있을 것으로 고려되는 바 건강제화 생산은 기성화 판매전략상 이 가장 사이즈에 가장 많이 할당하는 것이 바람직하다. 따라서 이에 대한 라스트 설계에 핵심을 두고 연구하여야 함을 파악하였다. 그리고 통계분석결

과 상대적으로 발볼둘레와 발등둘레 사이의 상관관계 정도가 가장 크다는 것을 알 수 있었다.

기존의 라스트에 대하여 전용 라스트 가공기계를 사용하지 않고 일반 범용 CNC 기계를 이용하여 가공할 수 있는 방법을 연구함으로써 향후에 수행되어질 반복적인 착화시험 결과로부터 수정된 라스트를 손쉽게 가공할 수 있도록 하였다. 이렇게 함으로써 최적의 라스트 설계를 위한 모든 데이터가 체계적으로 정리되고 분석됨으로서 과학적이고 지속적인 연구가 가능하게 되었고, 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 기성 건강제화 생산은 여화사이즈 235, 240에 주력함이 가장 경제적이다.
- 2) 인체의 신장과 발길이 혹은 체중과 발길이의 상관관계보다는 발볼둘레와 발등둘레의 상관관계 더욱 크므로 구두제작시 발볼둘레와 발등과의 관계를 이용하는 것이 좋다.
- 3) 범용 CNC 기계를 이용한 완전 3차원 라스트의 제작이 가능하다.
- 4) CAD/CAM을 이용한 변환 과정을 이용하여 최적

라스트의 체계적인 설계를 이룩할 수 있다.

5) 사람의 특성과 기호에 따른 모델 변경에 대한 신속한 대응을 할 수 있다.

참고문헌

- [1] 강동화, 주문형 신발 제작을 위한 발의 3차원 형상 측정 시스템의 개발, 서울대학교 대학원 석사논문, 1999.
- [2] 강희석, 물리적 거동 효과가 포함된 모델링 기법을 이용한 주문형 신발 제작용 구두꼴의 설계, 서울대학교 대학원 석사논문, 1999.
- [3] 조맹섭, 김현빈, 조창석, 김치용, 최숙희, 인체(발) 계측 및 운동화(Jogging Shoe)의 화형설계기준설정에 관한 연구보고서, 한국과학기술원, 1985.
- [4] 최선희, 한국 성인 여성의 발 형태와 구두 착용 실태에 관한 연구, 연세대학교 대학원 석사논문, 1998.
- [5] 日本皮革産業聯合會, 足型研究開發事業 報告書, 昭和 63年.
- [6] 日本皮革産業聯合會, 靴適合性向上研究會 研究 事業 報告書, 平成 4年.
- [7] C. Jordan and R. Bartlett, Pressure Distribution and Perceived Comfort in Casual Footwear, Gait & Posture, Vol. 3, No. 4, 1995.
- [8] F. T. Cheng and D. B. Perng, A Systematic Approach for Developing a Foot Size Information System for Shoe Last Design, International J. of Industrial Ergonomics, Vol. 25, 1999.
- [9] M. Kouchi, Analysis of Foot Variation based on the Medial Axis of Foot Outline, Ergonomics, Vol. 38, No. 9, 1995.
- [10] R. S. Goonetilleke and A. Luximon, Foot Flare and Foot Axis, Measurements, Human Factors, December 1999.
- [11] R. S. Goonetilleke, Footwear Cushioning: Relating Objective and Subjective Measurements, Human Factors, June 1999.