

인 라인 스케이트 프레임의 형상 설계

김수철*, 지해성**

Shape Design for a Inline-Skate Frame

Kim, S. C.* and Jee, H. S.**

ABSTRACT

In-line skate generally consists of four major parts: boot, frame, bearing and wheel, and the most important part among those for necessary functionality is the frame. It is the most expensive, and it also makes a decisive role in practical race skating. The functional behavior of a frame is greatly affected by external dynamic forces as well as the static weight of a skater. We are proposing a new inline speed-skating frame design that has been improved in structural strength and weight for providing optimum speed in 20~40 km marathon skating.

Key words : Inline-Skate, Frame, Design, FEA

1. 서 론

2000년 통계청의 자료에 의하면 국내 스포츠 및 레저 관련 서비스업의 시장규모는 약 8조원으로 추산된다¹⁾. 또한 주 5일 근무제의 도입과 더불어 레저용 스포츠 시장은 작년 대비 급격한 성장세를 나타내고 있는데 국내 시장의 규모는 스위스 시장과 더불어 세계 최대 규모로 전망되고 있다²⁾. 대표적인 레저용 스포츠 장비인 인 라인 스케이트는 그 부품의 대부분이 해외에서 수입되고 있는 형편이며 국내에서 제작되고 있는 부품의 수준은 저가의 아동용을 제외하면 수입품에 비해 현저히 떨어지고 있는 실정이다.

인 라인 스케이트는 부츠, 프레임, 베어링, 휠 이렇게 4가지 주요 구성 부품으로 이루어진다(Fig. 1). 이와 같은 4가지 부품 중에서 단일 부품으로서는 프레임이 가격(20~100만원)과 기술 집적도가 가장 높은 부분이며 각 장비 제조업체별로 자사의 연구파트에 의하여 직접 개발되고 제작되고 있는 고부가가치 제품이라고 할 수 있다.

프레임은 인 라인 스케이트 선수의 운동효율면에서도 가장 큰 변수로 작용한다. 20~40 km의 속도의 범위에서 이루어지는 실제 인 라인 스케이트 동작 시 스

케이터의 동작에 따라 3차원 동적 하중과 스케이터의 몸무게인 정적 하중이 함께 프레임 측면과 상부에 복합적으로 작용하며 이와 같은 3차원 복합 동적 하중에 의하여 프레임 내에서는 탄성영역 내에서의 변형 및 복원과정이 수 없이 반복된다. 따라서 인 라인 스케이트 프레임의 설계 시에는 여러가지 형상구조와 사용재료의 다양한 적용을 통해 그 설계효율성을 증가하려는 시도가 이루어지고 있다. 일반적으로 프레임의 구조는 단순한 사각형 형태에서 튜브 형 구조까지 다양하며, 재료에 있어서도 일반 알루미늄에서 항공기용 7,000계열 알루미늄까지 다양하게 사용되고 있는데 본 논문에서는 디자인 프로세스이론의 일부 기법을 적용하여³⁾ 기존 일부 상용 프레임보다 하중강도는 높고 무게는 경량화된 새로운 프레임의 형상구

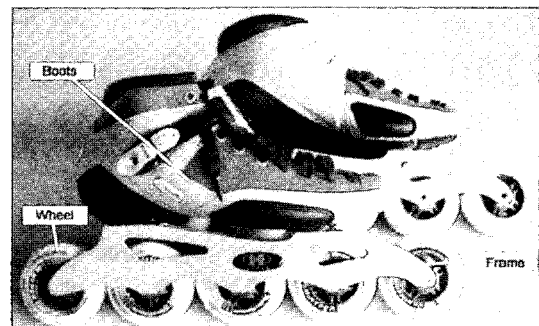


Fig. 1. Configuration of a inline skate.

*학생회원, 홍익대학교 기계공학과 대학원

**종신회원, 홍익대학교 기계공학과

- 논문투고일: 2004. 05. 31

- 심사완료일: 2004. 09. 15

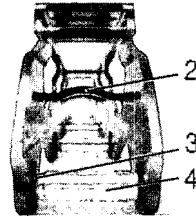
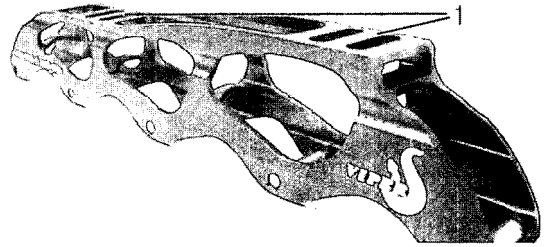
조 개발과정을 소개하고 그 결과로 얻어진 프레임의 디자인 형상을 제시하고자 한다.

2. 프레임 디자인을 위한 과정

본 절에서는 앞에서 언급한 일반적인 디자인프로세스이론에서 적용되는 몇 가지 기법을¹⁾ 본 논문에서의 프레임의 형상설계에 적용하는 과정을 서술하고자 한다.

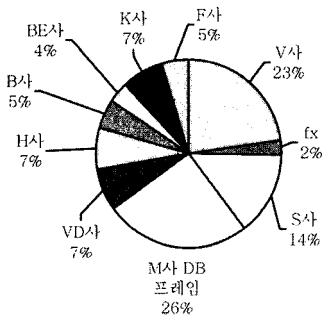
2.1 인라인 스케이트 프레임의 기본적인 구조 소개

Fig. 2는 상용 스케이트 프레임의 기본적인 구조를 보여주고 있는데 프레임과 부츠는 일반적으로 그림에서 1번으로 표시된 마운팅 슬롯(mounting slot) 부분에서 나사를 이용하여 결합된다.

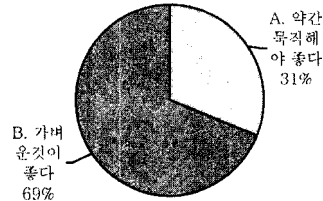


- 1. mounting slot
- 2. cross brace
- 3. bearing shoulder
- 4. axle

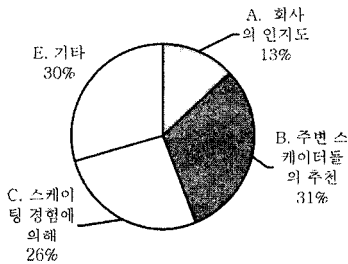
Fig. 2. Inline skate frame (courtesy of Inlinehouse).



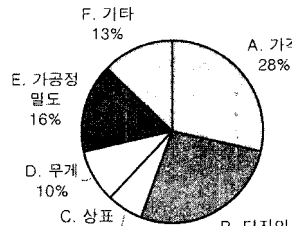
a) 현재 사용하고 있는 프레임의 종류



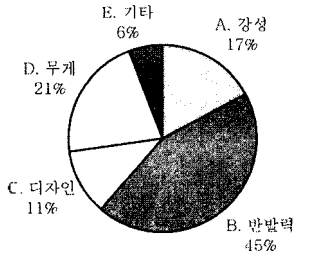
d) 프레임의 무게에 대한 선호도



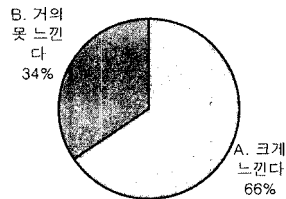
b) 사용하는 프레임의 선택 이유



e) 프레임 구입시 선호도



c) 프레임이 갖추어야 할 주요기능의 선호도



f) 프레임에 대한 원경도

Fig. 3. Research survey of user requirements for inline skate.

또한 하부에 위치한 여러 개의 구멍을 기준으로 안쪽에 축(axle)을 설치하여 베어링 손더(bearing shoulder: 베어링과 프레임이 닿는 부분)와 결합되며 이 때 프레임의 축의 소재는 프레임과 흡사한 6,000계열 알루미늄이 가장 많이 사용된다.

2.2 사용자 요구사항에 대한 분석

디자인프로세스 초기과정인 컨셉도출과정에 필요한 사용자 요구사항을 얻기 위해 설문조사를 수행하였다. 사용자들이 선호하는 스케이트 프레임에 대한 설문조사는 인 라인 포털 사이트인 인 라인 시티(spark.dreamwiz.com)에서 약 100명 가량의 스케이터들을 대상으로 실시하였다.

우선 Fig. 3(a)의 결과를 살펴보면 현재 응답자들이 가장 많이 사용하고 있다고 응답한 프레임은 M社의 DB 구조 프레임으로 조사인원의 26%를 차지하고 있다. 두 번째로 많이 사용되는 프레임은 국내 브랜드인 V社의 프레임이 23%로 그 뒤를 잇고 있으며 이후 S社 프레임, VD社 프레임의 순으로 많이 사용되고 있다. 이와 같은 결과를 바탕으로 약 80% 이상의 응답자가 외산 스케이트를 사용하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 3(b)의 설문결과 항목은 현재 사용하는 프레임을 선택한 이유를 질문한 데에 대한 응답인데 대부분 주변 스케이터들의 추천에 의해 결정하였다고 응답하였으며(31%), 다음으로 자신의 스케이팅 경험에 의한 선택이 뒤를 잇고 있어(26%), 프레임 선택의 주된 이유가 주변 동료 스케이터의 추천과 시승을 통한 자신의 경험에서 비롯됨을 알 수 있다.

Fig. 3(c)의 설문결과 항목은 응답자들이 프레임에서 가장 중요하게 느끼는 부분에 대한 질문인데 가장 많은 응답이 프레임의 반발력(rebound)인 것으로 조사되었다(45%), 스케이팅에서 반발력이란 스케이터가 추력을 최대한으로 낼 때 프레임이 탄성영역에서 변형을 하게 되는데 이때 변형이 체자리로 되돌아 오는 과정에서의 탄성에너지에 의해서 발생하는 힘을 의미한다. 즉, 프레임은 적당한 탄성변형을 통해 충분한 반발력을 제공하도록 설계되어야 함을 의미한다.

Fig. 3(d)의 설문결과 항목을 보면 무게에 대한 설문에서는 가벼워야 한다는 의견이 압도적인 비율을 차지하여(69%) 경량화 작업이 중요한 설계 요소임을 알 수 있다. 그 밖의 Fig. 3(e)의 설문결과항목은 응답자들이 프레임을 구입할 때 우선적으로 고려하는 사항에 대한 응답 결과이다. 많은 응답자들이 첫 번째로 고려하는 사항은 가격이며(28%), 그리고 두 번째로 디자인을(27%) 중요시 하는 것으로 응답하였다. 또한 프

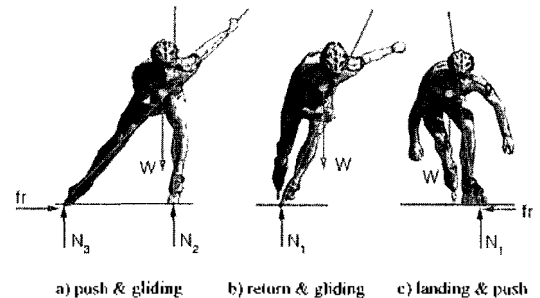
레이밍의 가공정밀도(16%), 또한 소비자가 프레임을 구매하는데 있어서 매우 중요한 고려 사항을 판단 할 수 있다. 마지막으로 Fig. 3(f)의 설문결과항목은 사용자가 느끼는 프레임의 영향도이다. 70%에 해당하는 응답자들이 프레임의 영향을 크게 느낀다고 대답하였다. 이와 같은 응답 설문결과들을 검토한 결과 본 논문의 프레임설계에서 반영하고자 하는 설계개선요소는 다음과 같다.

- 가. 충분한 강성과 적당한 반발력(rebound)
- 나. 경량화중
- 다. 새로운 구조와 형태

2.3 인 라인 스케이트 프레임의 새로운 컨셉 도출

2.3.1 인 라인 스케이트의 운동역학과 프레임 설계사항
 프레임은 Fig. 4와 같이 스케이터가 밀기(push), 미끄러짐(gliding: 몸을 지지하는 다리가 미끄러지는 것), 복귀, 착지(발을 복귀동작 후 땅에 내려놓는 것) 동작을 반복하는 과정에서 스케이터의 체중이 실린 정적/동적 하중을 받게 된다. 일반적으로 표준 몸무게의 스케이터가 밀기 동작을 할 때는 최대 약 1000N 가량의 동적하중이 유발되는 것으로 보고된다^[4]. 이때 신체의 모든 체중과 힘은 프레임에 실려 휠에 전달되고 휠은 바닥과의 마찰로 회전함으로써 스케이터는 앞으로 진행하게 되며 신체중심의 이동과 밀기 동작에 대응하는 마찰력의 작용으로 속도가 증가하게 된다.

이때 프레임에는 전술한 정적/동적 외부하중에 상응하는 압축력과 전단력, 비틀림, 굽힘 등의 하중이 가해지는데 그 결과로 프레임의 탄성 변형이 발생된다. 이에 따라 프레임은 스케이터가 밀기 동작을 할 때 하중을 잘 견디어야 하며, 밀기의 마지막 순간에 적당한 반발력을 제공함으로써 스케이터의 복귀동작이 용이



W: body weight N1: normal force by body weight N2+N1=N3 fr: friction force

Fig. 4. Free-body diagram for a inline skator.

하게 수행되도록 보조하는 기능을 제공하여야 한다는 것은 전술한 바와 같다. 또한 장거리 주행에서는 복귀 동작에서의 큰 피로를 최소화 하여 큰 피로의 축적을 방지 해야 하는데 이는 프레임의 경량화와 진동방지에 달려있다. 이를 위해 프레임 소재는 물론 전체적인 스타일링의 관점에서 프레임의 경량화가 추구되어야 한다.

새로운 프레임 설계 사양은 따라서 기존의 프레임 보다 하중과 구조강도적인 측면에서 개선된 안을 도

출해야 하며 이 밖에도 생산과정에서의 가공정밀도와 가공순서, 그리고 유지 보존성도 고려되어야 한다. 본 논문에서 스케이트 프레임의 설계사양을 반영하는 컨셉 디자인의 기본 형상은 100 mm 휠의 4륜 프레임으로 설정하였는데 이는 전술한 스케이터를 대상으로 한 응답 설문에서 50%의 응답자가 100 mm 휠 4륜 프레임이 그리고 36%의 응답자는 84 mm와 100 mm 휠을 사용하는 프레임이 주도하게 될 것이라 예측한 설문 결과를 토대로 한 것이다¹⁾.

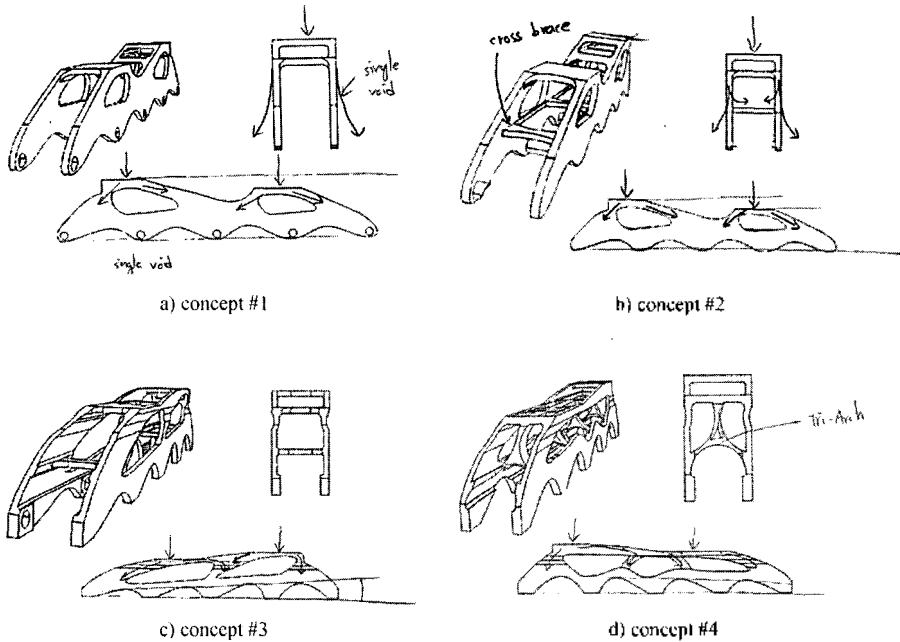


Fig. 5. Initial design concepts for inline skate frame.

Table 1. Decision matrix table for evaluating frame design concepts

Requirements	Wt	Types of Concept				datum
		I	II	III	IV	
A	9	S	+	+	+	D
B	3	-	+	+	+	A
C	7	+	S	-	S	T
D	6	-	-	+	+	U
E	4	+	S	+	S	M
F	7	-	+	-	+	
Total +		2	3	4	4	
Total -		3	1	2	0	
Overall total		-1	2	2	4	
Weighted total		-5	13	8	25	

A: 충분한 강성 유지, B: 반발력(rebound), C: 장거리에서 큰 피로 축적 방지, D: 날렵한 형태와 새로운 구조, E: 가공 정밀도 유지, F: 안정성 유지

2.3.2 컨셉의 도출과 선택

본 논문에서는 여러가지 스케이트 프레임의 형상 컨셉들을 도출한 후에 산업디자인의 관점을 토대로 한 직관적인 검토를 거쳐 이들 컨셉들이 Fig. 5와 같은 4가지 기본 안으로 압축되도록 하였다.

첫 번째 컨셉은 중간에 가로지지보가 없는 단일空洞(single void) 구조이다. 중간에 가로지지보가 없으므로 해서 무게가 가볍다는 장점을 갖는다.

두 번째 컨셉은 현재 유통되는 가장 일반적인 구조의 프레임으로 이것은 중간에 가로지지보가 있는 이중空洞(double void)구조를 취하고 있다.

세 번째 컨셉은 두 번째 컨셉에 대하여 프레임의 크기와 외부형상이라는 관점에서 다소 차이를 둔 것으로 중간에 가로 지지보가 있는 이중空洞구조이면서 측면구조를 단순화시킨 점이 특징인데 이는 최근에 널리 이용되는 상용프레임의 구조와 매우 흡사하다.

네 번째 컨셉은 세 번째 컨셉과는 topology의 관점에서 좀 더 다른 형태로서 단순한 사각공간 형태인 기존의 단일空洞구조나 이중空洞구조와는 달리 삼각아치 형태의 구조를 지닌다.

다음에는 이와 같은 4가지 형상 컨셉들을 기준으로 디자인프로세스 이론에 입각한 컨셉평가를 수행하였다. 컨셉의 평가기준 조건은 Table 1과 같이 전문한 응답자들의 설문결과와 간단한 강도 해석을 반영하여 설정하며 이 기준들을 정량적으로 비교한 후에 가장 좋은 평가를 받는 컨셉을 찾는다. 우선 설문결과를 기준으로 하여 이들 4가지 컨셉들을 평가하는 과정은 참고문헌에서 제시되었던 decision matrix 기법을 사용하였다. Decision matrix 기법은 비교평가의 기준이 될 조건들을 먼저 선정하여 이들에 대해서 가중치를 부여한다. 다음 비교 대상이 될 목표 항목들 중에서 평균적인 목표항목을 정하고 이를 기준 datum) 목표항목으로 선정한다. 다음 단계에서는 미리 가중치를 부여해두었던 비교 평가기준들을 참고로 하여 선정된 기준목표항목을 나머지 목표항목들과 일대일로 차례 차례 비교한다. 이때 특정한 비교평가기준에 대하여 임의의 목표항목이 기준목표 항목보다 더 우수하다고 평가되면 '+'을 우수하지 못하면 '-', 그리고 두 항목이 같은 정도라고 판단되면 'S'로 표기하게 되며 각각 1, -1, 0의 점수를 할당한다. 여기에 전문한 가중치를 곱하면 이것이 곧 해당 목표항목의 최종 점수가 된다. 이와 같은 방식으로 산출된 각 목표항목들의 최종 점수를 비교하면 가장 높은 점수를 받은 최적의 컨셉을 결정할 수 있다^[2]. 본 논문에서 수행한 4가지 형상컨셉에 대한 비교평가기준은 전문한 2.2.1의 설문에서

나온 기능적 요구사항을 바탕으로 정의하였으며 4가지 컨셉중에서 datum으로는 설문에서 가장 많은 사용자가 선호하는 M社의 DB 프레임으로 설정하여 평가를 수행하였다. Table 1의 비교평가의 결과로 가장 높은 점수를 받은 컨셉은 컨셉 IV이며 이를 편의상 "T.A.(tri-arch)"로命名하기로 한다.

한편 평가의 신뢰성을 높이기 위해, 두 번째로 높은 점수를 받은 컨셉 II를 다음 평가 단계인 공학적인 평가단계에서 컨셉 IV와 함께 보다 상세한 비교평가를 받도록 하였다. 이는 특히 컨셉 II가 현재 널리 사용되는 상용프레임과 매우 흡사한 형태라는 점에서 의미가 있다고 사료된다. 따라서 다음 절의 상세 설계단계에서는 컨셉 IV의 형상을 구체화함과 동시에 컨셉 II는 이와 흡사한 일반 상용 프레임의 형상을 선정, 대체시켜 이 두 가지 프레임 형상에 대한 정량적인 비교평가를 수행함으로써 공학적인 관점에서도 컨셉 IV가 컨셉 II보다 우수한지에 대해서도 검증하고자 한다.

2.4 인라인 스케이트 프레임의 최종 설계안 도출

전술한 바와 같이 2.3.2절에서의 컨셉평가에서 컨셉 IV, 즉 T.A.는 가장 높은 점수를 받았지만 컨셉 평가 과정이 직관에만 의존된 과정이므로 최적컨셉으로서의 객관성을 확보하였다고 판단하기 어렵다. 따라서 본 절의 상세설계단계에서는 T.A.의 형상을 수정보완하여 최종 설계 안으로 완성해나감과 동시에 T.A.가 컨셉평가에서 두 번째로 높은 점수를 받은 컨셉 II보다 공학적인 관점에서도 우수한 컨셉임을 검증하고자 한다. 이를 위해 본 논문에서는 컨셉 II의 형상과 가장 흡사한 상용 프레임을 선정하여 정확한 형상자료를 생성한 후에 이를 응력해석을 위한 비교분석대상으로 삼고자 한다. 본 논문에서 선정된 상용프레임은 가장 최근에 개발된 V社의 W340(Fig. 6)으로서 기존의 프레임보다 높은 강성과 탄성 그리고 가벼운 무게를 가지고 있어 일반적으로 널리 사용되고 있다. 또한 W340 프레임은 전문한 컨셉 II와 같은 이중 정면

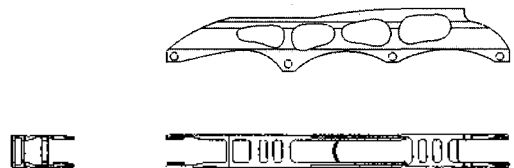


Fig. 6. Illustration images of a commercialized frame (W340).

Table 2. Simple specification of a commercialized frame (W340)

Material	AL 7075-T6
Weight (g)	174.5
Length (mm)	355
Height (mm)	64.5
Width (mm)	34

Table 3. A simple stress analysis result for a static load on W340 frame (1,000N)

	Max stress (MPa)	Min stress (MPa)
Static Load	17.2	0.119

洞 구조를 채택한 제품이라는 점에서 비교분석의 기준제품으로 적합하다고 평가되었다. W340 프레임에 대한 제원은 Table 2에 나타나 있으며 Table 3에서는 W340프레임의 정적응력 해석 결과를 표기하였다. 해석과정은 정적 하중이 마운팅 슬롯 상부에 수직으로 1,000 N이 작용하고, 프레임 하단면은 고정시켰다고 가정한 상태에서 수행되었다.

2.4.1 T.A. 컨셉의 정면형상 구조의 수정과 보완

최근 실제 시판되는 대부분의 프레임은 알루미늄 새시와 같은 방식으로 압출이 된다⁶⁾. 즉 압출된 알루미늄을 적당한 크기로 자르고 이를 추가로 가공하여 프레임으로 완성된다. 현재 7000계열의 알루미늄의 압출 한계는 약 2.5 mm라고 알려져 있다. 그러므로 기본적인 설계에서 프레임의 두께는 2.5 mm 이상으로 설정해야 한다.

Fig. 7은 전술한 T.A. 컨셉의 정면형상을 수정, 보

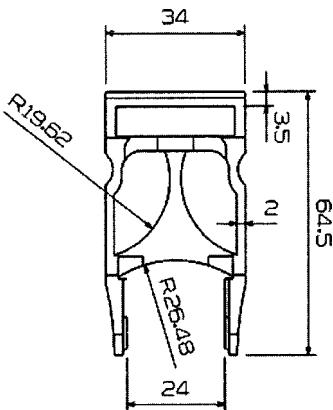


Fig. 7. An illustration image of a refined front shape for inline skate frame.

완하여 도출된 기본적인 설계 압출 형상을 도식하고 있다. 최적 컨셉으로 결정된 형상구조는 과도한 반발력과 진동을 방지하기 위해 측면에 라운드 홈 구조를 추가하였다. 측면을 평평하게 압출하는 대신 이치럼 라운드 처리를 하여 압출을 수행하게 되면 약 1.5%의 무게가 추가되는 단점이 있지만 바닥을 통한 진동이 있을 때 스케이터에게 진동이 덜 전달되는 잇점이 있다. 또한 이 구조로 인하여 프레임의 강성이 낮아지면 스케이터가 장거리를 주행하며 밀기를 해나갈 때 충격을 흡수하여 피로도를 감소시킨 것으로 예상된다.

2.4.2 T.A. 컨셉의 측면형상 구조의 수정과 보완

T.A. 프레임의 측면 형상구조의 수정과 보완은 정면 형상구조와는 달리 W340상용프레임과의 사양비교를 통하여 3가지 단계를 거쳐 수행되었다(Fig. 8).

첫 번째 측면설계형상은 프레임 휠 파트를 제외하 나머지 형상이 주로 보완된 것이다.

두 번째 측면설계형상은 프레임의 무게를 줄이고자 첫번째 형상에서 불필요한 부위를 제거하는 데에 중점을 두고 보완된 것이다.

세 번째 측면설계형상은 무게 및 응력감소와 함께 스타일링을 고려하여 보완된 것이다.

CATIA V5 R7을 이용하여 수행된 응력해석은 W340 프레임의 정적해석과 동일한 조건으로 수행하기 위해 AL 7075-T6 재질을 입력¹⁷⁾ 하였으며 베어링 슬롯 부분에서 고정용 시킨 상태로 마운팅 슬롯에서 1000 N의 힘이 작용하는 것으로 모델링 하였다.

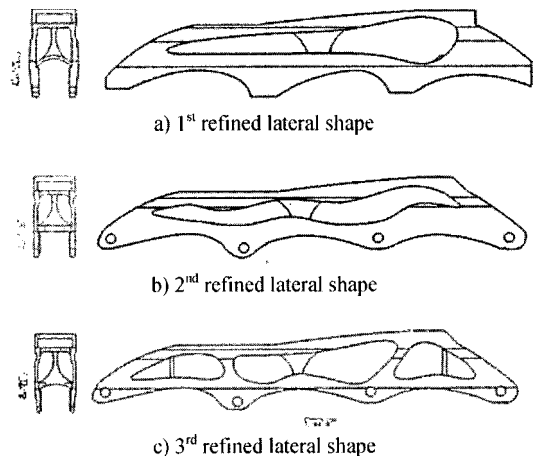
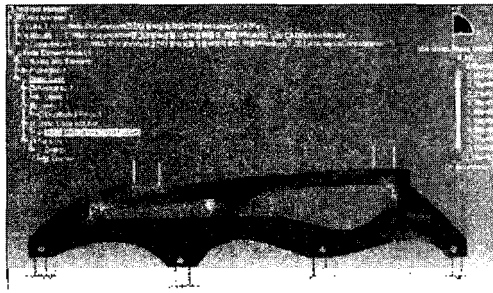


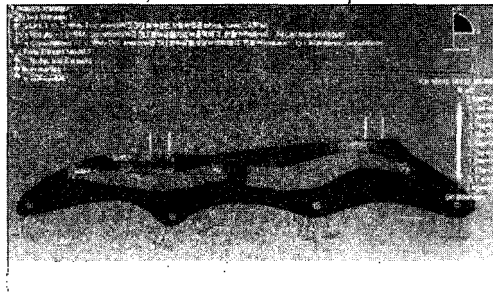
Fig. 8. Illustration images of refining the lateral shape for inline skate frame.

Table 5. A simple stress analysis result for a static load on three different lateral shapes for inline skate frame (1,000 N)

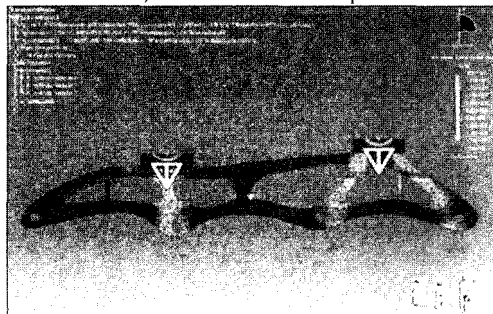
	Max stress (MPa)	Min stress (MPa)
1st refined shape	29.5	0.223
2nd refined shape	53.1	0.095
3rd refined shape	16.3	0.123



a) 1st refined lateral shape



b) 2nd refined lateral shape



c) 3rd refined lateral shape

Fig. 9. Computer images of stress analysis for three different lateral shapes of inline skate frame.

응력해석 수행결과에 따른 각 단계별 최대 응력과 최소응력의 값은 Table 5와 같으며 Fig. 9는 보완 단계별 각 설계형상에 대한 진산해석이미지를 도시하고 있다.

한편 AL 7075-T6 재료의 항복응력 값(503 Mpa) 과 비교해 볼 때, 응력해석결과로 얻어진 최대응력 값들은 항복응력 값의 10분의 1정도로서 항복에 의한 파손은 발생하지 않는다. 그러나 스케이트 프레임은 교번 하중이 작용하며 피로하중효과로 인한 크랙이나 변형이 발생할 수 있다. 3차 보완형상에서는 응력과 무게를 줄이는데 중점을 두었으므로 결과적으로 이전 단계보다 상대적으로 낮은 최대응력과 응력집중을 갖고있는 것으로 평가되었고 이에 따라 이를 가장 적합한 설계 형상으로 판단하였다.

2.4.3 T.A. 컨셉의 동적하중의 고려

본 절에서는 지금까지 수행한 정적응력 해석을 통하여 수정, 보완된 최종 설계 안을 기준으로 스케이터의 자세 및 동작에 따른 동 하중이 고려한 동적 응력 해석을 수행하여 설계의 적합성을 추가로 검증하고자 한다. 우선 동적 응력 해석결과를 비교하기 위하여 전술한 W340프레임을 다시 사용한다. 최종 설계 안으로 보완된 T.A. 프레임과 W340프레임의 주요 제원 비교는 Table 6과 같다. W340 프레임의 무게는 현재 시판되는 대부분의 100 mm 프레임의 무게가 200 g 정도임을 감안할 때 상당히 가벼운 무게이며 이를 고려할 때 최종 설계 안으로 보완된 T.A. 프레임의 무게는 이보다 더 가볍도록 설계하였다. 또한 무게중심도 W340 프레임보다 축 방향으로는 같은 위치에 있지만 수직방향으로는 약 6 mm 정도 하부에 위치하도록 설계하였다.

동 하중을 고려한 응력해석과정은 다음과 같다. 우선 스케이터가 수행하는 초기 밀기 동작에서는 측면 방향으로 미는 힘과 재중이 복합하중의 형태로 동시에 하체를 통하여 프레임에 가해지며 후기 밀기 동작에서는 스케이터의 체중이 중심 위치쪽 다리에 작용하되, 일종의 뺏는 힘의 형태인 미는 힘은 오히려 밀기 동작이 이루어지는 반대쪽 다리에 작용하게 된다. 근육골격 시스템에 대한 신체운동학의 자료에 따르면 다리를 골반에서 옆으로 미는 힘, 즉 외전(abduction)에 의한 힘과, 무릎을 굽혔다가 펼 때 작용하는 힘

Table 6. Simple specification of a commercialized frame (W340) and the new frame design (tri-arch)

Specification	W340	T.A.
Weight (g)	174.5	173
Length (mm)	355	355
Height (mm)	64.5	64.5
Width (mm)	34	34

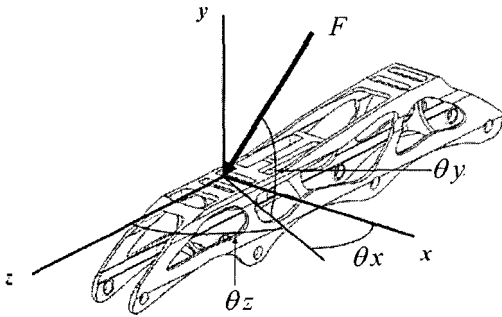


Fig. 10. Dynamic loads on a inline skate frame.

Table 7. Poses of a skater and different dynamic loads

Position	θ_x (deg)	θ_y (deg)	θ_z (deg)	F (N)
1	0	90	90	1000
2	5	80	85	833
3	10	70	80	666
4	15	60	75	500
5	20	50	70	333

(extension)은 각도에 따라 선형적으로 작용하는 것으로 보고되었다¹⁹⁾. 그러므로 프레임에 작용하는 힘은 Fig. 10에 도시된 바와 같이 스케이터의 동작에 따라 양쪽다리에 의해 변갑아 지지되는 몸무게의 변화량과 스케이터의 자세의 변화(θ)로 인하여 발생하는 힘의 합력으로 계산되고 이를 동적 하중(F)으로 정의한다. Table 7은 스케이터의 자세에 따른 밀기 동작을 5단계로 구분하고 이에 따라 프레임에 작용하는 동적 하중을 계산한 결과이다. 한편 Fig. 11은 밀기 동작 5단계를 기준으로 계산된 동적 하중을 W340 프레임과 T.A. 프레임에 각각 적용하여 응력해석을 수행한 결과로 얻어진 전산이미지를 도시한 것이다.

응력해석결과로 얻어진 응력값들을 Table 8에서 기술된 수치자료를 기준으로 비교해보면, 본 논문에서 설계/제안된 T.A. 프레임이 스케이팅 자세의 변화에 따른 최대 응력 값에 있어서 W340프레임보다 평균 6% 정도 낮게 계산되었다. 또한 스케이터의 5가지 자세에 대한 최대응력과 최소응력 값간의 차이도 T.A. 프레임이 W340 프레임보다 상대적으로 고르게 떨어져 하중의 급격한 변화에 의한 잔동이라는 관점에서 유리하다고 판단된다. 이는 각 자세별 프레임의 최대 변형량을 살펴보면 보다 명확하게 알 수 있는데 Fig. 12를 보면 5가지 스케이터의 자세변화에 따른 최대 변형량의 변화가 도시되어 있다. 도시된 결과를 비교해보면 T.A. 프레임이 W340프레임보다 상대적으로 작

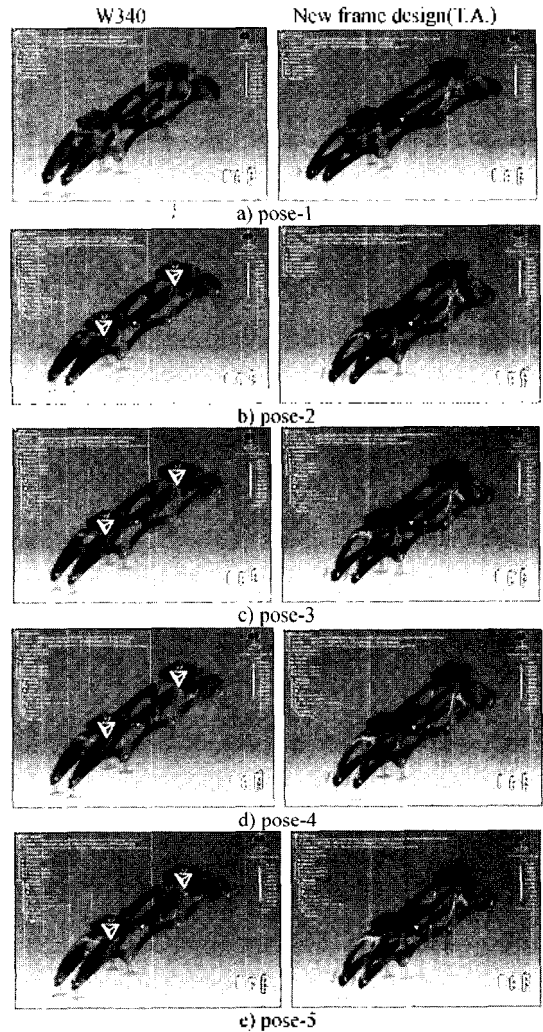


Fig. 11. Computer images of stress analysis for new frame design in five different skater poses.

Table 8. Simple stress analysis results for dynamic loads both on W340 frame and T.A. frame in five different skater poses

Position	Max stress (MPa)		Min stress (MPa)	
	W340	T.A.	W340	T.A.
1	17.2	16.3	0.119	0.123
2	22.3	19.8	0.106	0.171
3	24.6	23.7	0.145	0.208
4	23.1	22.8	0.136	0.167
5	17.6	18.0	0.101	0.117

은 변형량을 갖고 있으므로 그에 의한 진동효과도 작다고 예상되며 이에 따라 프레임의 운동 안정성 측면

에서 W340프레임보다 유리하다고 판단된다. 종합하여 판단해 보면 본 논문에서 설계, 제안된 T.A. 프레임은 W340 상용 프레임보다 무게, 하중강도, 그리고 운동 안정성의 관점에서 다소 우수한 것으로 평가되었다.

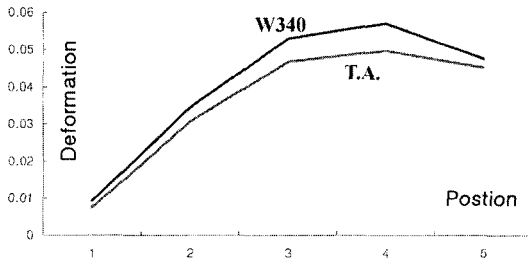


Fig. 12. An illustration of deflection curves for W340 frame and new frame design in five different skater poses.

2.5 시제품 제작

2.5.1 가공공정

본 절에서는 최종 설계안인 T.A. 프레임의 설계형상을 기준으로 압출균형을 설계하여 알루미늄 압출을 하는 과정을 소개한다(Fig. 13), 알루미늄 압출과정을 거친 원자재는 프레임 길이에 맞게 절단된 후에 측면, 윗면, 아래의 순서대로 절삭가공이 이루어진다. 이 때 T.A. 프레임의 중간부분을 가공할 때 밀링 머신닝을 위해 z축으로 원을 그린다음 그 원에 맞추어 가공을 하는 단계에서 특히 가공 오류가 많이 발생하였고 또한 정밀함을 요구하는 베어링숄더(bearing shoulder) 가공단계에서도 가공비용이 기존 상용 제품보다 다소 높게 산출되었다. 따라서 양산화 단계에서는 새로운 설계형상에 맞는 보다 효율적인 절삭가공을 위한 설계 수정과 공정 분석이 추가로 요구된다고 사료된다.

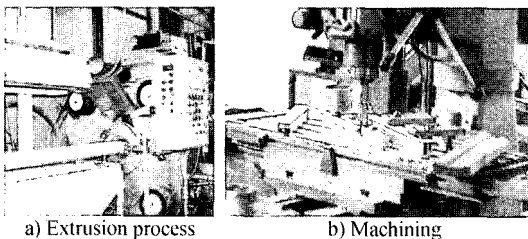


Fig. 13. Machining process of the new skate frame.

2.5.2 테스트 및 평가

최종 설계 안은 Fig. 14와 같이 시제품형태로 제작되었고 현재 장거리 테스트와 인터벌 테스트를 통해

서 내구성과 프레임의 기본적인 성능에 대한 검증을 진행하고 있는 상태이다. 이후 양산을 위한 검증과정도 진행될 예정이다.

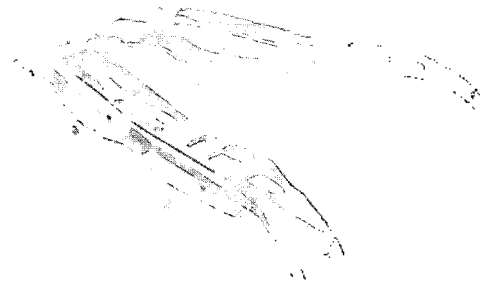


Fig. 14. A photo of manufactured parts for new frame design.

3. 결 론

본 논문에서는 최근 레저용 스포츠로서 일반대중에게 선호도가 높은 인 라인 스케이트의 중요한 부품 중의 하나인 스케이트 프레임을 대상으로 하여 이론적인 디자인 프로세스 기법을 적용하고 그 결과로써 새로운 프레임 형상설계 안을 도출하고자 하였다. 설계의 결과로 제시된 프레임 형상은 실제로 제작되어 널리 사용되고 있는 일반상용 프레임 제품과 비교한 결과, 무게는 가벼우면서도 하중강도와 운동안정성의 관점에서도 비교적 우수한 성질을 갖고있는 것으로 평가되었다. 한편 프레임의 반발력은 이를 정량적으로 측정하고 비교할만한 장비가 없어 스케이팅 선수들의 관능평가에만 의존하였기 때문에 비교결과여부를 정량적으로 확인하지 못하였고 프레임의 가공비용은 오히려 기존 상용 제품보다 다소 높은 것으로 조사되었다.

본 논문의 기술적인 의의는 간단한 디자인 프로세스 이론의 적용만으로도 중소규모의 스포츠, 레포츠 업체에서 보다 개선된 기능을 가진 새로운 레저용 스포츠용품의 설계가 가능하다는 점을 제시하고자 한데에 있으며 이에 따라 새로운 설계된 프레임 형상도 함께 소개하였다.

감사의 글

이 논문은 2004학년도 홍익대학교 교내연구비에 의하여 지원되었음.

참고문헌

1. 통계청 "한국표준산업분류 도·소매업: 오락, 문화 및 운동관련 서비스업 중 운동관련 서비스업 매출액에 관한 통계", 2000.
2. Sabb Salomon Inline Skate Speed Magazine, "What a Fantastic Way to Start the Season", Sabb Salomon World Team Column, April 2003.
3. David G Ullman, "The Mechanical Design Process", McGraw-Hill, Third Edition, pp. 67-284, 2003.
4. Barry Publow, "Speed on Skates", Human Kinetics Pub. Co, 1999.
5. Dr. Spark Homepage, "100 mm 프레임이 대세가 될 것인가", <http://spark.dreamwiz.com>, September 2003.
6. Ostwald Munoz, "Manufacturing Processes and Systems", John Wiley & Sons, pp. 382-393, 1997.
7. R. C. Hibbeler, "Mechanics of Materials", Prentice Hall, Fourth Edition, 1997.
8. Donald R. Asklund, "The Science and Engineering of Materials", PWS Pub. co., Third Edition, pp. 382-393, 1998.
9. Donald A. Neumann, "Kinesiology of the Musculoskeletal System", Mosby, pp. 403-459, 2002.



김 수 철

2004년 홍익대학교 기계공학과 학사
 현재 홍익대학교 기계공학과 대학원 석사
 과정



지 해 성

1986년 서울대학교 공과대학 기계설계학과 학사
 1988년 서울대학교 공과대학원 기계설계학과 석사
 1996년 미국 MIT 대학원 기계공학과 박사
 1988년~1992년 한국과학기술연구원 (KIST) CAD/CAM 연구실 연구원
 1996년~1997년 미국 상무성산하 국제표준연구소(NIST) 연구원
 1997년~현재 홍익대학교 기계공학과 부교수
 관심분야: Digital Manufacturing, Tolerance Design, Rapid Prototyping