

벨로우즈를 이용한 인라인스케이트의 브레이크 시스템 개발

이은준*, 박명관**, 주동우***

A Development of Brake System for Inline Skate using Bellows

Eun Jun Rhee*, Myeong Kwan Park**, and Dong Woo Joo***

ABSTRACT

This paper represents the development of the brake system for the inline skate using bellows. The inline skate that is used at present has defects due to frequent impulse, which weakens the braking force by damaging the parts. Therefore to solve these problems a brake system for the inline skates using hydraulics is suggested. To solve the oil leakage problems, bellows is used. Also to prevent the brakes from not touching the ground when skating the bellows is placed at the heel, high as possible. To obtain fast response speed, the ratio of inner diameter of the bellows is changed so that with only a small displacement from the bellows the rubber pad attached to the bellows will touch the ground fast. The performance of the brake system using bellows depends on the optimal design of the bellows. Therefore the parameters that changes the form of the bellows are tested and also the interaction between the forces are investigated. The performance of new model brake system with bellows and old model system with only a rubber pad without bellows was estimated through observation of braking posture.

Key Words : bellows(벨로우즈), inline skate(인라인 스케이트), braking force(제동력), oil leakage problems(누유 문제), rubber pad(고무패드)

1. 서론

최근 청소년층에서 폭발적인 인기를 누리기 시작하고 있는 인라인 스케이트의 보급이 점차 확산됨에 따라 인라인 스케이트로 인한 안전사고가 점

점 증가하고 있는 추세이다. 인라인 스케이트로 인한 안전사고는 초보자의 제동 동작의 미흡으로 인한 것이 대부분을 차지하고 있는데, 인라인 스케이트의 제동은 사용자의 숙련된 기술적인 동작

* 부산대학교 대학원

** 부산대학교 기계공학부 및 기계기술연구소

*** 양산대학 자동차과

에 의한 것과 인라인 스케이트의 뒤축에 부착된 고무패드로 구성된 브레이크 시스템에 의한 것으로 이루어진다. 기존의 제품 경우 인라인 스케이트의 뒤축에 고무패드를 부착시킨 것이 주종을 이루고 있는데 초보자의 경우에 제동의 발생은 대부분 스케이트 뒤축에 부착된 고무패드를 지면에서 밀착시키는 동작을 취함으로써 이루어지고 있다.

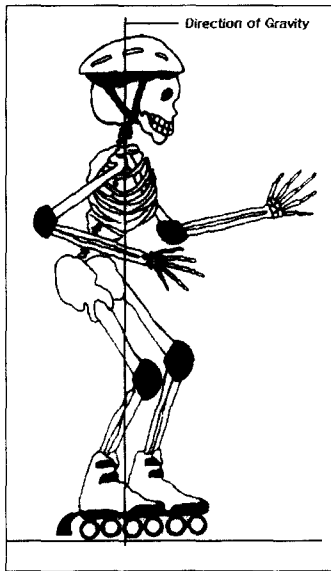


Fig. 1 Running posture

Fig. 1은 뒤축에 고무패드가 부착된 브레이크 시스템을 가진 인라인 스케이트를 타고 주행하는 모습을 나타내고 있다. 이런 종류의 브레이크 시스템은 브레이크의 고무패드를 인라인 스케이트의 뒤축부분에 장착할 때 지면에서 높이 장착하면 주행 중 제동 시 인라인 스케이트의 4개 바퀴 중 3개가 지면으로부터 많이 떨어지게 되므로 사용자의 자세가 불안정하여 힘이 제대로 전달되지 않기 때문에 브레이크의 고무패드를 지면에서 불과 수 mm 떨어진 높이에 장착하게 되는데 이 경우 사용자가 인라인 스케이트를 탈 때 노면이 고르지 못하면 브레이크 패드가 노면의 요철 부분과 순간적으로 접촉하여 사용자가 중심을 잃고 넘어질 수 있는 단점을 가지고 있다. 또한 시간이 경과하면 제동 시 고무패드의 마모로 인한 자세의 불안정 요소가 심화되는 문제가 발생하고 있다. 따라서

인라인 스케이트가 약 60 km/h까지의 속력을 낼 수 있다는 점을 감안한다면 이것은 사용자의 안전에 매우 위협적인 요소라고 할 수 있을 것이다. 그러므로 브레이크를 인라인 스케이트에 장착할 경우엔 사용자가 인라인 스케이트를 타고 달리는 동안 브레이크의 고무패드가 노면의 영향을 적게 받도록 가능한 한 인라인 스케이트의 상부에 장착하여야 하며 제동 시엔 응답속도가 빠르고 힘이 정확하게 노면에 전달되어 제동거리가 짧아지도록 하여야 할 것이다. 그리고 제동 시 사용자의 주행 자세가 안정적이기 위해선 제동 시 인라인 스케이트의 바퀴가 지면에서 떨어지는 상태가 발생되지 않도록 하여야 할 것이다.

따라서 본 연구의 목적은 인라인 스케이트 브레이크의 고무 패드를 가능한 한 지면에서 높이 장착하여 주행 시 노면 상태의 영향을 적게 받도록 하고 제동 시엔 사용자의 자세가 안정되어 제동 동작이 순조롭게 이루어 질 수 있는 인라인 브레이크 시스템의 구현에 있다. 그러므로 인라인 스케이트의 브레이크 시스템에 단면이 축소하는 복동 실린더의 원리를 사용하여 고무패드를 가능한 한 지면에서 높이 장착하여 주행 시는 노면의 영향을 적게 받도록 하고 제동 시는 4개의 바퀴 모두를 지면에 붙게 함으로써 사용자의 제동 자세를 안정하게 하여 제동 동작을 정확하고 신속하게 이루어 낼 수 있도록 유압을 이용한 시스템을 구현하였다. 그러나 브레이크 시스템에 복동 실린더만을 사용하였을 경우 반복동작에 의한 피스톤과 실린더 내부 벽면의 마모로 인한 누유의 문제점이 예상되므로 이러한 문제점을 해결하기 위하여 실린더 내부에 실린더의 형상과 동일한 벨로우즈를 설치하였다. 그런데 본 연구에서 사용하는 벨로우즈는 사용의 특성 상 소형이므로 벨로우즈 산의 형상과 크기, 내경, 외경 등의 조건에 의하여 하중을 받았을 때 신축의 작용이 원만하지 못하고 중간부분에서 좌굴과 특정부위가 구겨지는 현상이 쉽게 발생할 수 있으며 반복하중을 받게되면 구겨짐에 의해 벨로우즈가 찢어져 누유가 발생하게 되면 브레이크 시스템의 성능에 치명적인 문제점을 발생시킬 수 있다. 그러나 벨로우즈를 설계하는 매개변수들과 벨로우즈의 거동과의 관계는 매우 복잡하여 아직까지 설계를 위한 벨로우즈의 구성하는 인자들과 벨로우즈의 거동의 관계를 밝히는 연구^{[1]-[3]}와 거시적인 관점에서 벨로우즈의 동적

특성을 해석하는 연구들^{[14]-[16]}이 진행되고 있는 상태이다. 실린더 내부에 설치된 벨로우즈의 거동은 매우 복잡하게 이루어지므로 이미 진행된 연구를 기초로 하여 8mm의 입력변위에 20mm의 출력 변위를 가지는 벨로우즈를 제작한 후 이를 이용하여 브레이크 시스템의 동적 특성과 벨로우즈의 거동을 고찰하여 각 인자들이 벨로우즈에 미치는 영향을 조사하고자 한다.

그리고 현대의 각종 스포츠의 경우, 효율적인 경기력 향상을 위하여 인체 공학적인 면을 많이 부각시키고 있는데 스키의 경우, 스키의 형태에 의하여 선수의 자세가 변화하는 과정을 분석하여 운동할 때 가장 무게 중심을 잡기 쉬운 안정적인 자세가 될 수 있도록 스키를 설계하고 선수의 자세를 교정하는 연구^{[7]-[8]}가 이미 일반화되어 있다. 따라서 이러한 연구들을 응용하여 벨로우즈의 거동에 관한 실험결과를 이용한 최적의 조건을 만족하는 벨로우즈를 제작하고 이것을 이용하여 브레이크 시스템을 구현하고 기존의 브레이크 시스템과 주행 시험을 거쳐 주행자가 가장 안정적인 주행자세를 취할 수 있도록 인체 공학적으로 설계된 인라인 스케이트의 브레이크 시스템을 제시하고자 한다.

2. 인라인 스케이트의 브레이크 시스템

2.1 벨로우즈의 설계

Fig. 2과 같은 벨로우즈를 사용하여 인라인 스케이트의 브레이크 시스템을 구현하였다. 브레이크는 사용자가 달리는 도중엔 노면의 상태에 영향을 적게 받아야만 하므로 가능한 한 인라인스케이트 뒤축의 상부에 장착되어야 한다. 따라서 노면과 가깝게 부착되어진 기존의 브레이크에 비교하여 볼 때 브레이크 패드를 노면에 접촉하여 제동력을 얻기까지 더 많은 변위입력이 요구되므로 응답시간이 더 길어질 수 있다. 이를 해결하기 위해서 상부 벨로우즈의 단면적을 크게 하고 하부 벨로우즈의 단면적을 작게 하여 작은 입력변위로 출력변위가 커지도록 하였다. 브레이크의 설계조건이 8mm의 상부 변위로 20mm의 하부 변위를 발생하도록 Table. 1과 같은 3 가지 형의 벨로우즈를 설계하였다.

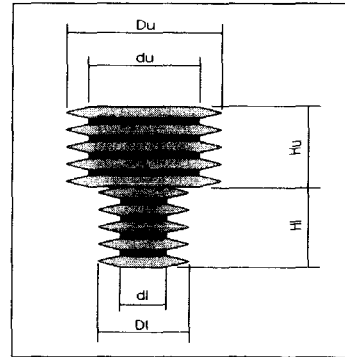


Fig. 2 Shape of bellows

Table. 1 Bellows pattern and design variable

형태		TYPE A	TYPE B	TYPE C
구분				
고무 두께 (mm)	상부	1	1	1
	하부	1	1	1
산의 수 (개)	상부	5	5	5
	하부	6	5	5
산의 길이 (mm)	상부	3	2	3
	하부	3	2	3
내경 (mm)	상부	18	28	28
	하부	10	14	14
산의 형태	U 자형	이등변 삼각형	이등변 삼각형	
벨로우즈의 형상				
고무의 인장강도	90 kg/cm ²			

2. 2 벨로우즈의 운동

상부 벨로우즈의 운동에 대한 하부 벨로우즈의 운동을 간단히 해석하기 위해 벨로우즈의 산의 영향을 무시하고 모델을 Fig. 3과 같이 축소판의 실린더 형태로 단순화시킨 뒤 이것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2 \quad (1)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2)$$

$$A_1 \frac{x_1}{\Delta t} = A_2 \frac{x_2}{\Delta t} \quad (3)$$

$$x_2 = \frac{A_1}{A_2} x_1 \quad (4)$$

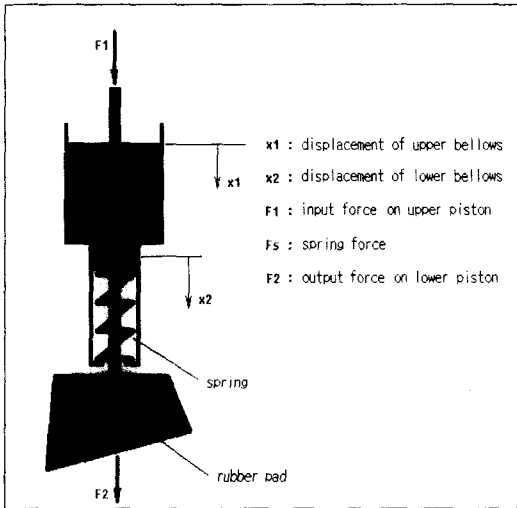


Fig. 3 Brake system using bellows

여기서 우리는 상부 벨로우즈의 운동에 대한 하부 벨로우즈의 근사한 운동 비를 식(4)와 같이 구할 수 있다. 상부 벨로우즈에 작용한 힘 F_1 에 대한 하부 벨로우즈의 출력 F_2 를 나타내기 위해 입력 F_1 에 의해 작용된 벨로우즈의 내부 압력을 P 라 하고, 이 때 스프링은 입력하중이 제거되어 있을 때 고무 패드를 원래 위치로 복원시켜 주는 역할을 하므로 출력 F_2 에 스프링에서 작용하는 힘 F_s 가 미치는 영향은 매우 작다고 가정하

여 생략하면 파스칼의 원리에 의해

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (5)$$

가 되므로 출력은

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{A_2}{A_1} = F_1 \cdot \left(\frac{dl}{du}\right)^2 \quad (6)$$

여기서 $A_1 = \frac{\pi \cdot du^2}{4}$, $A_2 = \frac{\pi \cdot dl^2}{4}$

로 나타낼 수 있다.

2.3 벨로우즈의 성능 실험 장치 및 고찰

Table. 1에서 제시한 3 가지 형태의 벨로우즈를 브레이크에 장착한 후 Fig. 4과 같이 공기압 실린더로 2.5초 간격으로 브레이크 상부에 80 kgf의 힘을 가하고 하부 벨로우즈의 팽창 시 원주 방향으로의 벨로우즈 팽창을 막기 위하여 벨로우즈의 골 부분에 o-ring을 설치한 후 브레이크 하부에 설치된 로드셀을 이용하여 그 응답력을 고찰하였다. 또한 벨로우즈 내부에는 작동유로써 실리콘 오일을 주입하였다.

식(6)을 이용하여 주어진 입력하중에 대한 이론 하중을 구한 뒤 실험하중과 비교하여 벨로우즈의 산의 형태나 크기와 힘의 감소작용 사이의 관계를 고찰하였다. 로드셀에 의해 출력하중을 실시간 관측할 수 있도록 인디케이터를 설치하였으며 그 신호를 컴퓨터로 측정하여 실린더에서 측정된 입력하중과 비교하였다.

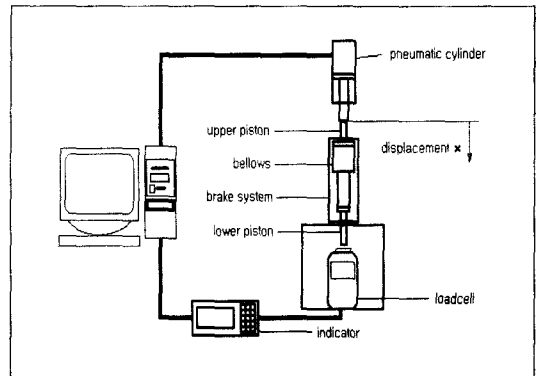


Fig. 4 Experimental setup

먼저 8mm 입력 변위에 대한 출력 변위는 Table. 2에서 보는 바와 같이 벨로우즈 산의 크기가 작을 경우는 벨로우즈의 재질인 고무가 소성체와 같은 역할을 하여 벨로우즈의 산 부분의 팽창이 거의 없으며 산의 크기가 커질수록 상부 벨로우즈에서 감소한 유체가 하부 벨로우즈에 수직 방향으로 전달되지 않고 벨로우즈의 산과 산 사이에 유입되어 하부 벨로우즈의 변위가 단면축소 실린더로 가정되었을 때의 변위 보다 많아 작아짐을 알 수 있다.

Table. 2 Displacement response of bellows

구 분 \ 형 태	TYPE A	TYPE B	TYPE C
입력 변위 [mm]	8	8	8
이론 출력 변위 [mm]	24	30	30
실제 출력 변위 [mm]	18	20	20

Fig. 5는 A형 벨로우즈의 경우 입력하중에 대한 이론하중과 출력하중을 비교한 그래프이다. A형 벨로우즈에 힘을 가하였을 때는 이론하중보다 출력하중이 약 4~5 kg_f 감소하였다.

Fig. 6과 Fig. 7은 각각 B, C형의 벨로우즈에 입력하중을 가했을 때 이론하중과 출력하중을 나타낸 그래프이다. B형의 벨로우즈는 산의 크기가 작아 고무가 소성체에 가까운 작용을 함으로써 이론하중과 출력하중의 차가 거의 나지 않음을 알 수 있고 C형 벨로우즈는 B형 벨로우즈 보다 산의 길이가 1mm 더 길어서 이론하중과 출력하중의 차가 약 1 kg_f 정도 발생하였다.

이들 결과를 비교하여 볼 때 산의 형태가 이등변 삼각형의 산보다 U 자형의 산에서 감쇠 작용이 더 많이 발생하며 산의 크기가 길어질수록 힘의 감쇠가 더 발생한다는 것을 알 수 있다. 그러나 A형은 상부 벨로우즈의 작동에 대한 하부 벨로우즈의 작동이 원활한 반면 B와 C는 상·하부 벨로우

즈의 상호작용이 원활하지 못하며 벨로우즈에 힘이 가해질 경우 산의 형상대로 움직이지 못하고 벨로우즈의 중간 부에서 좌굴현상이 발생한다.

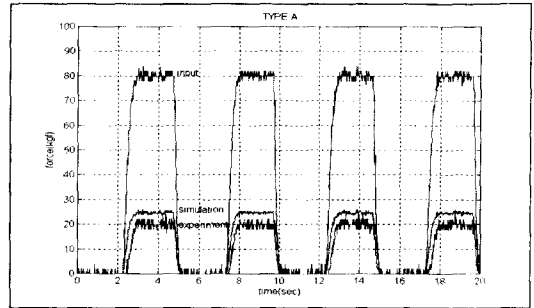


Fig. 5 Comparison between experiment and simulation (TYPE A)

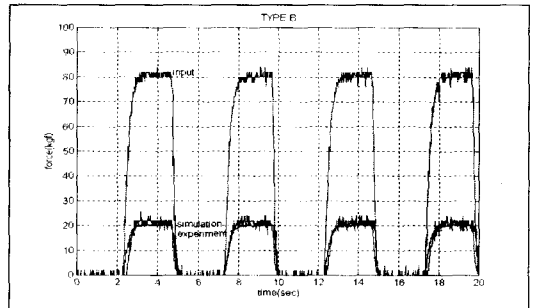


Fig. 6 Comparison between experiment and simulation (TYPE B)

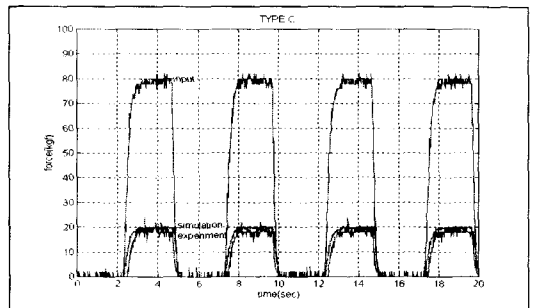


Fig. 7 Comparison between experiment and simulation (TYPE C)

그러므로 이상의 실험을 통해 벨로우즈의 거동에 영향을 미치는 인자들에 관한 특성을 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 벨로우즈의 산의 형태는 이등변 삼각형 보다 U자형에서 힘의 감쇠 작용이 더 발생하지만 U자형 보다 이등변 삼각형이 원활하지 못한 작동을 한다.
2. 산의 크기가 큰 만큼 벨로우즈의 재질인 고무의 팽창 정도가 커져 힘의 감쇠작용이 증가하므로 이를 줄이기 위하여 벨로우즈의 산의 끝 부분마다 o-ring을 설치하면 원주방향으로의 팽창을 억제하여 힘의 감쇠를 최소화 할 수 있다.
3. 벨로우즈의 내경 d 에 대해 산의 길이 l 의 비가 일정량보다 클 경우 벨로우즈의 운동은 산에 의해 진행되는 것이 아니라 고무의 팽창에 의해서 진행되며 벨로우즈가 수축할 때는 벨로우즈 높이의 중간 부에서 좌굴현상이 발생하여 고무가 구겨지는 현상이 발생하므로 벨로우즈 제작 시 이것을 가장 유의하여야 한다.

2. 4 벨로우즈의 최적설계 사양제시

이상의 실험들을 통하여 벨로우즈의 산의 형상과 산의 크기가 힘의 전달에 미치는 영향을 고찰할 수 있었다. 즉 벨로우즈 산의 형상이 U자형 일 경우는 이등변삼각형의 형상보다 힘의 감소가 많이 발생하는 단점이 있는 반면 작동이 원활하게 이루어지므로 이등변삼각형의 산 형상을 가진 벨로우즈처럼 벨로우즈의 중간 부에서 좌굴현상이 일어나 구겨지는 현상이 발생하지 않는 장점이 있으므로 이들을 보완할 수 있도록 두 형상을 조합하였다. 벨로우즈의 이용한 브레이크 시스템이 단면이 축소하는 실린더의 형태로 해석 가능하도록 최대한 힘의 감소현상을 줄여야 하므로 산의 기본적 형태를 이등변삼각형의 형태로 하였으며 작동을 원활히 하기 위하여 벨로우즈의 산부분과 끝부분에 각각 라운드를 주었다. 또 산의 크기는 작동에 필요한 가장 최소의 길이를 선정하기 위하여 3mm로 하였으며 상부 벨로우즈의 내경은 22mm, 하부 벨로우즈의 내경은 12mm로 하였다.

D형 벨로우즈의 실험결과, Fig. 8에서 나타난 것처럼 80 kgf의 입력에 대하여 24~25 kgf의 응답출력이 발생하여 기존의 벨로우즈 보다 약 3~5

kgf의 응답성능이 향상되었다. 또한 산의 형상이 이등변 삼각형의 형상에 산과 끝 부분에 라운드를 준 이등변 삼각형과 U자형의 조합형으로 만든 결과, 작동이 원활한 반면 응답 시험의 감소가 거의 일어나지 않는 것으로 나타났다.

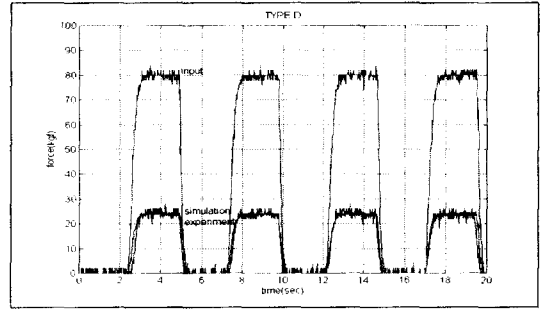
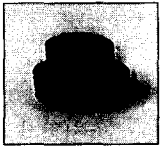


Fig. 8 Comparison between experiment and simulation (TYPE D)

Table. 3 Bellows pattern and design variable of the TYPE D

설계변수 및 크기		
고무 두께	상부	1 mm
	하부	
산의 수	상부	5 개
	하부	
산의 길이	상부	3 mm
	하부	
내 경	상부	22 mm
	하부	12 mm
산의 형태	이등변삼각형 + U자형	
인장 강도	90 kg/cm ²	
벨로우즈의 형상		

3. 인라인 스케이트의 브레이크 시스템 성능 평가

최적 설계사양의 벨로우즈를 단면이 축소하는 복동 실린더 내부에 삽입하고 벨로우즈 내부에 작동유로서 실리콘 오일을 주입하여 제작한 인라인 스케이트 브레이크의 시스템의 성능평가를 실시하였다.

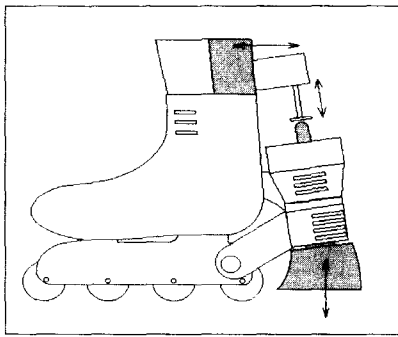


Fig. 9 Inline skates with brake system

먼저 Fig. 9와 같이 벨로우즈를 사용한 브레이크 시스템을 인라인 스케이트 뒤축에 장착하고 건조한 아스팔트 바닥에서 기존의 고무패드가 부착된 인라인 스케이트와 번갈아 가며 주행시험을 하였다. 브레이크의 성능은 제동 시 사용자의 안정적인 자세와 짧은 제동거리에 달려 있으므로 사용자를 약 3m/s 속도로 달리게 한 후 주행자세를 카메라로 연속 촬영하여 제동자세를 분석하였고 제동거리를 측정하였다. 또한 실험의 결과치는 사용자의 신체조건이나 인라인 스케이트의 숙련 정도에 따라 다르고 같은 사용자라 하더라도 주행 중에 노면에 가해지는 제동력은 운동 중에 발생하는 것이므로 매 순간마다 일정량의 오차를 수반하기 때문에 실험의 신뢰도를 높이기 위하여 같은 조건하에서 실험을 30회 반복하여 그 평균치를 다음과 같이 구하였으며 주행자의 신체조건이 몸무게가 80kg 이고 신장이 178cm인 사람으로 설정하여 반복실험을 하였다.

주행시의 초기자세는 두 모델 다 θ_1 이 20° , θ_2 는 -10° , θ_3 는 0° 로서 같게 설정하였으나 제동 시엔 제동자세가 두 모델의 경우에 각각 다

르게 나타난다. Fig. 10은 기존 인라인 스케이트의 제동 시 모습을 나타낸다. Fig. 10에서와 같이 제동 시 자세는 $\theta_1=25^\circ$, $\theta_2=20^\circ$, $\theta_3=10^\circ$ 로 바뀌게 되고 제동거리는 2.8m이다. 이 결과를 통해 사용자의 제동자세가 매우 불안정한 것을 알 수 있는데 특히 바퀴가 지면에서 떨어진 정도를 나타내는 θ_3 의 각도가 커지고 주행속도가 빨라지면 사용자의 주행 중 무게중심이 운동방향의 반대 쪽으로 이동되므로 주행자세는 더욱 불안정하게 되기 때문에 고무패드에 미치는 힘이 제대로 전달되지 않게 되어 제동거리는 더 길어진다. Fig. 11은 벨로우즈를 이용한 브레이크 시스템을 장착한 인라인 스케이트의 제동 시 모습이다. 이 때의 제동자세는 Fig.11에서 나타난 바와같이 $\theta_1=13^\circ$, $\theta_2=5^\circ$, $\theta_3=0^\circ$ 로 변화하여 기존의 경우보다 훨씬 제동자세가 훨씬 안정적으로 바뀐 모습을 볼 수 있다. 또한 제동거리는 2.5m로 기존의 제품보다 약 8-9%향상된 것을 발견할 수 있는데 이것은 단면이 축소하는 복동 실린더 모델로 해석하면 단면적 비에 의해서 입력의 30%밖에 전달되지 않음에도 불구하고 안정된 제동 동작에 의해 응답력이 기존의 모델보다 더 크게 전달된 것으로 추정된다.

4. 결론

본 연구에서는 기존의 브레이크 시스템에서 주행 시나 제동 시 발생하는 문제점을 개선하기 위하여 브레이크에 벨로우즈를 사용하여 유압을 이용한 시스템을 제안하였다. 본 연구를 통해 제시한 벨로우즈를 사용하기 위해 벨로우즈의 거동에 영향을 미치는 인자들을 실험을 통하여 알아낸 후 최적의 설계사항을 제시하였으며 최적의 설계사항으로 제작한 벨로우즈를 사용하여 인라인 스케이트의 브레이크 시스템을 구현함으로써 단순하고 소형제작이 가능하며 사용이 편리한 인라인 스케이트 브레이크 시스템을 제작하였다. 또한 기존의 인라인 스케이트의 브레이크 시스템과 본 연구에서 제안한 벨로우즈를 사용한 인라인 스케이트의 브레이크 시스템의 성능 평가를 통하여 기존의 브레이크 시스템 보다 본 연구에서 제안한 브레이크 시스템이 제동 시 훨씬 안정된 자세에서 쉽게 제

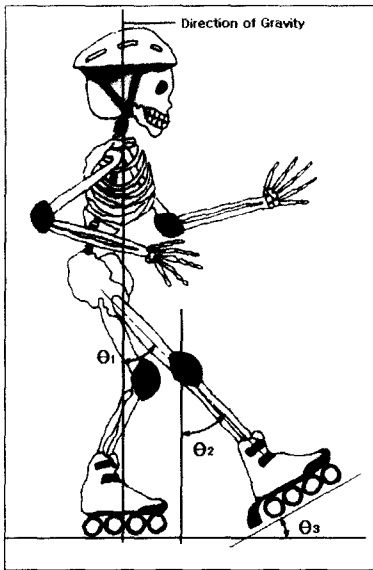


Fig. 10 Braking posture of an old model

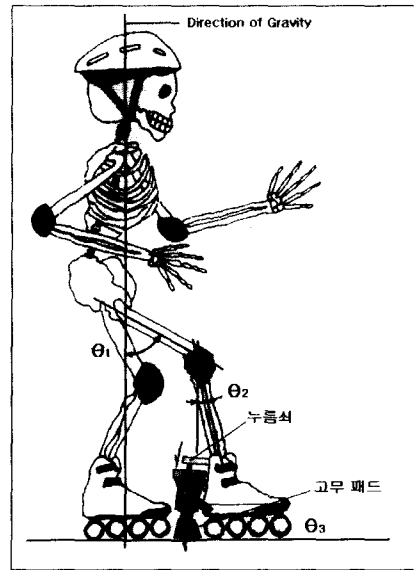


Fig. 11 Braking posture of a new model with bellows

동력을 얻을 수 있음을 확인하였다.

그러나 브레이크 시스템의 형태와 크기 및 무게 등이 사용자의 착용감에 크게 영향을 미치므로 향후 과제로서 브레이크 시스템의 크기를 작게 하여 무게를 줄일 수 있는 방법을 모색하여 착용감을 향상시킬 수 있는 방법과 벨로우즈의 원료가 되는 고무의 재질, 벨로우즈 내부에 주입되는 기름의 종류 및 양 등 벨로우즈의 수명에 미치는 인자들에 관한 연구가 필요하다.

참고 문헌

1. 박 상근, “벨로우즈 거동에 영향을 미치는 인자들에 관한 연구,” 공학석사학위논문, 한양대학교, 1987.
2. 김 준태, “축방향으로 고신장 변형을 받는 벨로우즈 조인트의 응력해석,” 공학석사학위논문, 한양대학교, 1986.
3. 고 병갑, “벨로우즈의 굽힘문제에 관한 연구 - 외팔보 중심으로 -,” 공학석사학위논문, 한양대학교, 1989.
4. 이 완익, 김 태환, “벨로우즈 문제 해석을 위한 수정 에너지론,” 한국자동차공학회지, 제 11권 제 2호, pp. 55-65, 1989.

5. Tsukimori, K. et al, “ Fatigue and Creep -Fatigue Life Evaluation of U-shaped Bellows,” Transation of the ASME, Journal of Pressure & Vessels Technology, Vol. 114, pp 280-291, 1984.
6. Lee, W. I., Koh, B. K. and Park, G. J., “ An Optimal Design of the Bellows in the Automobile Exhaust System,” The 6th International Pacific Conference on Automotive Engineering, Vol. 1, pp. 401-411, 1991.
7. Hiroyuki Kagawa, Takeshi Yoneyama, Akio Okamoto, Hirokazu Komatsu, “ Development of a Mearsuring System for Joint Angle of a Skier and Applied Forces during Skiing,” JSME International Journal. Vol. 41. No. 2, pp214-219. 1998.
8. Hasegawa K, Shimizu S, “ Basic Mechanism of Skiing Turn Seen from the Viewpoint of Ski Board,” Prepr. of Jpn. Soc. Mech. Eng., No. 95-45, p57, 1995.