지하철 승강구 안전발판장치의 설계 및 제작

Design and Manufacture of a Safety Footboard Device at a Subway Entrance

이창조 [1], 곽서 [1], *황인욱 [2], 반보석 [2], 이정모 [2], #최영휴 [3]
C. J. Lee[1], R. Guo[1], *I. W. Hwnag[2], B. S. Ban[2], J. M. Lee[2], #Y. H. Choi(yhchoi@changwon.ac.kr)[3]
[1] 창원대학교 대학원 기계설계공학과, [2] 창원대학교 기계설계공학과, [3] 창원대학교 메카트로닉스공학부

Key words : Safety footboard, Subway entrance, Solenoid valve

1. 서론

우리의 일상생활에서 지하철은 유용한 교통수단으로 자리잡고 있으며, 매년 지하철의 이용승객수가 늘어나고 있는 추세이다. 이에 따라 승객들의 안전사고에 대한 예방은 필수적이며, 다양한 안전장치들이 고안되고 있는 실정이다. 예를 들어, 지하철 선로로 뛰어들거나 떨어지는 승객들을 보호하기 위해 지하철 플랫폼에 설치된 스크린도어, 긴급사고에 대비한 지하철 도어의 수동개폐장치, 객차와 승강장 사이의 넓은 간격으로 발이 빠지는 것을 예방하기 위한 안전발판장치 등이 있다. 그러나 다양한 안전장치들의 설치에도 불구하고 안전발판장치의 사용은 아직까지 미흡한 실정이며, 객차와 승강장 사이의 간격이 넓은 역에서는 승객들의 발이 빠지는 사고가 종종 일어나고 있다. 그리고 휠체어를 타거나, 몸이 불편한 사람들에게 있어서 객차와 승강장의 간격이 많이 떨어진 경우에는 주위 사람들의 도움 없이는 승차하기 힘든 경우가 많다. 이를 위해 다양한 형태의 안전발판장치가 고안되고 있다. 최시행[(1)]은 암(arm)과 스프링을 이용한 기구장치로 비동력식 안전발판장치에 대한 연구를 하였으며, Mun[(2)]은 체인 연결 구동장치를 이용해 안전발판장치를 개발하였다. 그러나 본 연구에서는 대부분의 객차 도어가 공압으로 구동되는 것에 착안하여 공압을 이용하고 구조와 설치가 간단한 안전발판장치를 설계하고 개발하였다. 따라서, 본 연구에서는 지하철 승강구 안전발판장치가 공압에 의해 구동될 수 있도록 공압회로 및 발판구조를 설계하고 제작하였으며, 안전발판의 정적구조해석을 통해 발판의 성능을 평가하였다.

2. 지하철 승강장 안전발판장치 설계

본 연구의 지하철 승강장 안전발판장치는 공압을 이용하고 지하철 객차 출입문 하단에 설치가 될 수 있도록 개념설계를 하였다. 기존의 지하철 안전발판장치 중에서 플랫폼에 설치된 안전발판장치는 객차의 출입문과 플랫폼의 안전발판장치가 일치하지 않을 경우, 안전사고의 위험을 유발할 수 있다. 이에 Fig. 1 과 같이 지하철 출입문 하단부에 안전발판장치가 부착되도록 고안하였으며, 객차가 정차한 후에 출입문이 열리면 안전발판장치가 작동하도록 고안하였다.

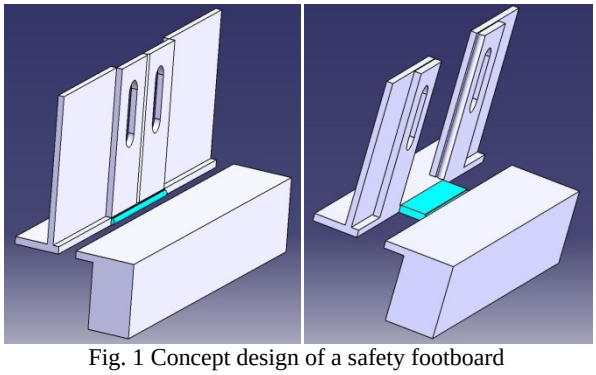


Fig. 1 Concept design of a safety footboard

또한, 본 연구의 안전발판장치는 현재 운행되고 있는 대부분의 지하철 객차가 공압으로 출입문을 개폐한다는 점에 착안하여 공압으로 구동되도록 회로장치를 설계하여 출입문과 더불어 시퀀스 제어가 가능하도록 설계하였다. 이는 기존의 출입문과 커플링된 기구장치에 의한 안전발판장치가 고장 날 경우, 출입문 자체의 개폐가 어려워지는 점도 보완하는 방법이라 여겨진다. Fig. 2 는 공압을 이용한 안전발판장치의 CAD 설계도면을 나타내고 있다.

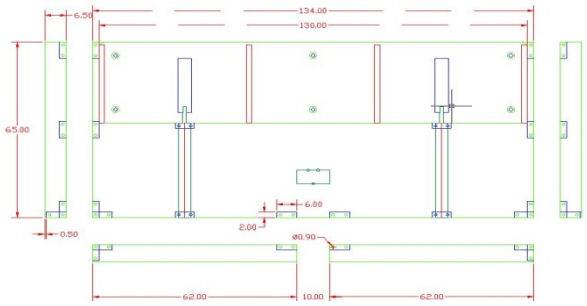


Fig. 2 CAD drawing of a safety footboard device

3. 작동원리 및 제작

3.1 작동원리

안전발판을 구동하기 위한 구성품으로는 근접센서, 공압실린더, 솔레노이드 밸브가 있다. 출입문의 개폐여부를 확인하기 위한 근접센서는 한국 Autonics 의 고주파 발진형 근접센서(모델명: PR18-8AO)를 사용하였다. 공압실린더와, 솔레노이드 밸브는 한국 케이시시정공의 ACS3 와 KS320 을 사용하였으며 공압실린더의 최대 행정길이는 150 mm 이고, 실린더의 작동으로 발판의 전진, 후진 동작이 일어난다.

(a) Air cylinder (b) Solenoid valve

Fig. 3 Components of a safety footboard device

Fig. 3 은 안전발판장치의 작동원리를 나타낸 개념도이다. 지하철이 정차하고 출입문이 열리면 근접센서가 출입문을 감지하게 되고 솔레노이드 밸브가 작동하여 에어실린더가 전진하게 된다. 이에 따라 에어실린더에 장착된 안전발판이 지하철 플랫폼 쪽으로 나가게 되어 객차와 승강장 사이의 공간을 매워준다. 지하철 출입문이 닫히면 근접센서의 신호가 나오지 않아 솔레노이드 밸브의 방향이 반대로 바뀌고 에어실린더가 후진하게 된다. 이로써 출입문이 닫힘과 동시에 안전발판장치 또한 들어가게 된다.

또한, 각 역의 승강장과 출입문 사이의 간격이 일정하지 않기 때문에 간격이 좁은 곳에서 안전발판이 작동할 때,

에어실린더에 큰 부하가 걸리지 않도록 에어실린더 전단부에 과부하방지 스프링을 장착하였다.

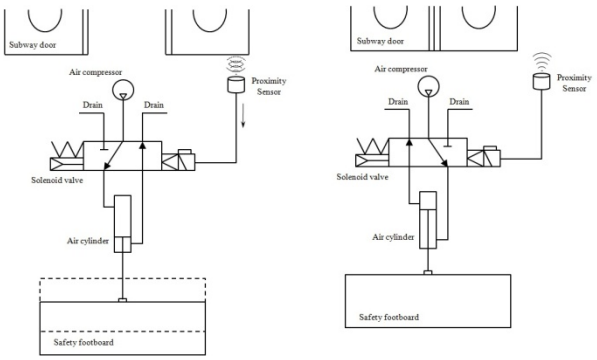
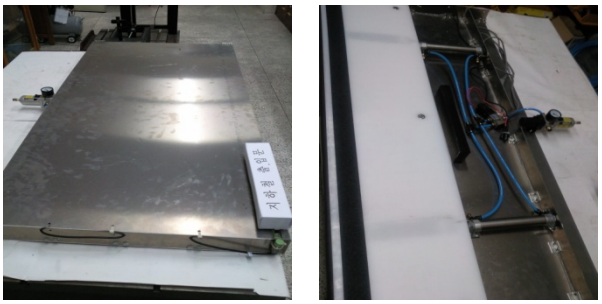


Fig. 4 The principle of a system

3.2 안전발판장치 제작

안전발판장치 구조물의 경량화를 위해 안전발판부분은 폴리에틸렌을 사용하였고, 외관은 외부로부터의 충격을 방지하기 위해 AL-6061-T6 를 사용하였다.

Fig. 5 는 실제 제작된 안전발판장치와 그 내부를 나타내고 있다.



(a) Exterior (b) Interior

Fig.5 Prototype of a safety footboard device

4. 안전발판장치의 성능해석

본 장에서는 제작된 안전발판장치의 구조성능을 평가하기 위하여 유한요소해석을 수행하였다. 상용구조해석 소프트웨어인 ANSYS 를 이용하여 안전발판장치를 FE 모델링하였다. 안전발판 상부에 성인 1.5 명 정도의 무게인 100 kg 의 하중이 작용한다고 가정하고, 안전발판 상부의 특정면에 분산하중을 주었다. 안전발판의 폴리에틸렌 재질에 대한 물성치를 Table 1 에 나타내었고, 안전발판에 대한 정적해석 결과를 Fig. 6 ~ 7 과 Table 2 에 나타내었다.

Table 1 Material property of high density polyethylene

Modeling data	Value
Density	955(kg/m^3)
Young's modulus	2,070(MPa)
Poisson ratio	0.4

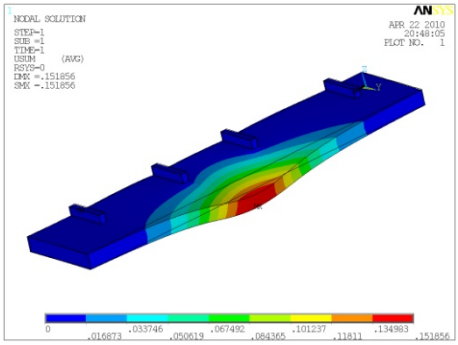


Fig. 6 The result of static deflection

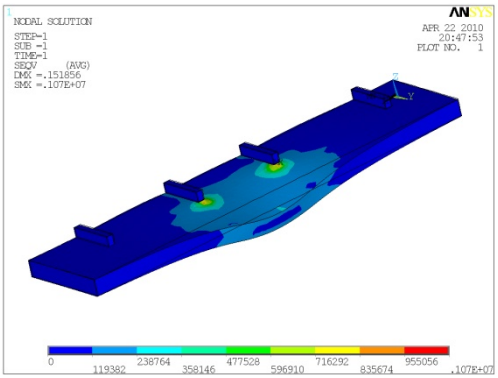


Fig. 7 The result of equivalent stress

Table 2 The results of static analysis

Maximum displacement (mm)	Maximum stress (Pa)
0.15	1,070

정적 해석 결과, 하중에 대한 최대 등가응력(von Mises stress)는 1.07 Pa 이며, 이는 폴리에틸렌의 항복강도인 2,300 Pa 에 대하여 2.15 의 안전률을 가지며, 충분히 안전한 설계가 이루어진 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 지하철 승강장 안전발판장치를 공압으로 구동되도록 설계 및 제작을 하였으며, 정적해석을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 공압으로 구동되는 지하철 승강장 안전발판장치를 설계 및 제작하였다.
2. 공압구동을 위해 솔레노이드 밸브와 에어실린더를 이용하여 공압회로를 설계하고 제작하였다.
3. 지하철 객차 도어의 개폐에 따라 안전발판장치가 구동되도록 하기 위해 개폐유무를 검지할 수 있는 근접센서를 장착하였다.
4. 정적 구조해석을 통해 발판에 100 kg 의 하중이 작용할 때, 발생하는 등가응력을 구하였다. 그 결과 안전률 2.15 를 얻었다.

이를 통해 충분한 안정성과 실용성을 가진 지하철 안전발판장치를 제작하였으며, 향후 지하철 안전사고를 방지하기 위한 안전장치로 실제 응용될 수 있을 것으로 사려된다.

후기

본 논문은 창원대학교 교육역량강화사업의 캡스톤설계과제의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 최시행, 양회성, 추돈호, 차관봉 "도시철도차량의 안전발판에 관한 연구" 한국철도학회 학술발표대회논문집,667-672,2009
2. 문형석, 엄기영, 구동회 "Development of passenger safety board for railway vehicle use," 한국 철도학회 학술발표대회 논문집, 287-294, 2003.