

보행 기구 높이에 따른 구조해석을 통한 융합 기술연구

이정호*, 조재웅**

*공주대학교 대학원 기계공학과, **공주대학교 기계자동차공학부

Study on Convergence Technique through Structural Analysis due to the Height of the Walker

Jung-Ho Lee*, Jae-Ung Cho**

*Department of Mechanical & Automotive Engineering, Graduate School, Kongju University

**Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

요약 오늘날에는 산업재해로 인한 장애나 하반신 마비로 자발적으로 움직이지 못하는 사람들이나 재활치료를 받는 사람들이 증가하고 있다. 본 연구에서는 몸이 불편한 사람들이나 노인들을 위한 보행기구를 연구하였으며, 높이에 따른 보행기구를 설계하고 시뮬레이션 구조 해석을 수행하였다. 보행기구 연구모델들은 CATIA 프로그램으로 3D 모델링하였으며, ANSYS 프로그램을 사용하여 해석을 수행하였다. 해석 결과 항복 응력보다 Model 1, 2 및 3의 최대등가응력이 상당히 작게 나타나서 탄성변형이 일어났고, 본 연구 모델 중 최대 변형량이 가장 작게 나타난 Model 3가 내구성이 가장 좋은 것으로 사료된다. 이러한 본 연구의 결과를 바탕으로 하여 보행기구 모델의 안전성을 예측할 수 있으며, 이 결과를 보행기구의 설계에 응용한다면 그 파손을 방지하고 내구성을 검토할 수 있고 디자인 면에서의 융합 기술로의 접목도 가능하여 미적인 감각을 나타낼 수 있다.

• **주제어** : 보행기, 구조해석, 항복 응력, 등가응력, 내구성, 융합 기술

Abstract Nowadays, the number of people who do not move actively or are treated for rehabilitation is increasing because of the disorder or the paralysis of their own lower body by the industrial disaster. In this study, the walker for the people whose bodies are not convenient or the old is investigated. The walkers due to the height of walker are designed and the structural simulation analysis is carried out. The study models of walker are modelled with CATIA program and analyzed with ANSYS program. As the analysis result, the models of 1, 2 and 3 have the maximum stresses extremely below the yield stress of this model and the elastic deformations at these models occurs. Among these models, As the maximum deformation of model 3 has the least value among these models, models 3 is thought to have the best durability. The safety of walker model can be estimated by the basis of the result of this study. The damage can be prevented and the durability is examined by applying this result into the design of walker. And it is possible to be grafted onto the convergence technique at design and show the esthetic sense.

• **Key Words** : Walker; Structural analysis; Yield stress; Equivalent Stress; Durability; Convergence technique

**교신저자 : 조재웅(jucho@kongju.ac.kr)

접수일 2015년 2월 21일

수정일 2015년 3월 27일

게재확정일 2015년 4월 20일

1. 서론

최근 들어 유해 가스의 규제와 친환경 자동차의 개발에 부응하여 차체 및 새시 부품의 경량화에 대한 중요성이 부각되고 있다. 자동차 부품의 경량화를 구현하기 위한 접근 방법으로서 재료개발과 설계 제조기술의 적용으로 분류할 수 있어 완성차업체나 부품업체의 현장에서도 이의 중요성을 이미 파악하고 있는 상태이다. 그러나 현장에서 구조설계에 의한 강도 해석기법을 적용하기에는 제약이 따르고 있다. 이는 구조설계가 유한요소 해석에 기초를 하고 있어 해석에 있어 타당한 정의와 정확한 결과가 요구되기 때문이다. 현재 타이로 드를 생산하는 부품업체에서는 강을 사용한 단조품으로 타이로드를 제작하고 있다[1,2,3]. 자동차에서는 경량화된 알루미늄으로 교체하려고 하고 있다고 하지만 가격이나 강도 면에서 알루미늄은 가격도 강보다 높고 강도 면에서 일반적으로 떨어진다. 인간의 하체는 인간이 수행하는 운동의 대부분 차지하는 기관이다 상체와 하체는 인간이 살아가는데 가장 필요한 기본적인 동작을 담당한다. 이러한 상체와 하체의 부상은 일상생활에서 큰 문제를 야기 시킨다. 그런데 현대사회가 고령화 사회로 접어들어 따라 상체 및 하체를 부상당하는 노인의 수도 증가하고 있다. 특히, 다수의 노인들은 관절 통증, 하지 근력 약화 또는 질병으로 인하여 자발적인 보행이 불가능해지는 경우를 경험하게 된다[4,5,6,7,8]. 또 산업이 발전함에 따라 산업재해로 인한 장애나 하반신 마비 등 자발적으로 움직이지 못하는 사람들이나 재활치료를 받는 사람들이 증가하고 있다. 이러한 경우 재활치료를 위한 보행보조기구를 사용하게 되며, 노인들은 신체활용 유지를 위해 보조 기구로 지팡이나 보행 기구를 사용하게 된다. 특히, 보행 기구는 노인들이나 장애인 환자들의 관절 통증을 줄여주며 하지 근력이 약한 노인들에게 하지 근력 발달에 도움을 주어 자발적인 보행이 가능하게 한다[9,10,11,12]. 보행기는 이를 사용함으로써 안정성을 향상시켜주어 노인들이 안정감 있게 서있을 수 있게 되고 걷는 데에도 도움을 준다. 하지만, 이러한 장점에도 불구하고 보행보조기구의 안정성은 완벽하다고 할 수는 없다. 노인들의 근력이나 몸무게, 체형 등이 다르기 때문에 자신에게 적합한 보행기를 쓰는 것이 바람직하다. 보행 기구를 사용하는 키가 크거나 작은 사람에 대하여 안정성 및 내구성을 파악이 필요함으로서 구조 해석을 수행하였다. 그 다음 절차로 미적인 감각을 접목시켜서 디자인 설계가 가능하다. 이는 무조

건 미적인 감각을 두각시키기 위하여 디자인 설계를 한다면, 그 내구성을 보장할 수는 없다고 사료된다. 따라서 본 연구에서는 CATIA를 이용하여 보행 기구를 모델링한 뒤, ANSYS를 활용하여 보행 기구의 높이에 따른 피로 해석 및 진동해석을 수행하여 안정성 및 내구성을 알아보고자 하였다. 그리고 디자인 면에서의 융합 기술로의 접목도 가능하여 미적인 감각을 나타낼 수 있다.

2. 본론

2.1 해석모델

본 연구에서의 연구모델로서 보행 기구는 네 개의 지지대와 한 개의 손잡이, 한 개의 연결부위로 이루어져 있으며, 알루미늄으로 된 모델로 손잡이 부분에 우리나라 성인 남자들의 평균체중인 70Kg의 하중을 주어 해석을 수행하였다. 이 때 발생하는 등가 응력과 전변형량을 확인하고, 피로 해석을 수행하여 보행 기구의 수명을 예측하였다. 첫 번째 해석모델은 직경이 1 cm이고 높이가 80cm인 Model 1, 두 번째 해석 모델로 직경이 1cm, 높이가 75cm인 Model 2, 세 번째 해석 모델로는 직경이 1cm, 높이가 70cm인 Model 3으로 설계하고 높이에 따른 시뮬레이션해석을 수행하였다. 다음에 도시된 [Fig. 1]에 각 모델에 적용된 mesh를 나타내었다. 본 연구의 해석 모델은 육면체 요소로 분할하였으며, 각 모델의 절점 및 요소 수는 <Table 1>에 표기되어 있다.



[Fig. 1] Mesh of model 1

<Table 1> Nodes and elements of models

	Model 1	Model 2	Model 3
Nodes	6360	6626	6509
Elements	2369	2828	2781

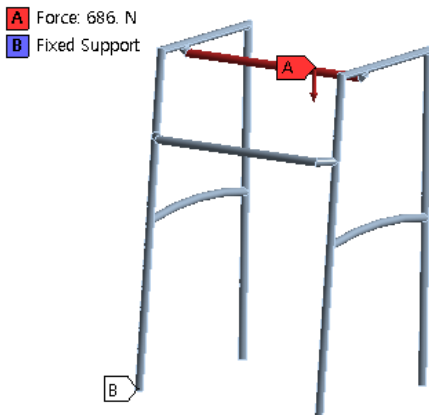
2.2 구속조건

각 모델은 소재로써 알루미늄 합금을 사용하였다. 이에 대한 물성치는 <Table 2>에 표기되어 있다.

<Table 2> Material property

Young's Modulus	71000Mpa
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	280Mpa
Compressive Yield Strength	280Mpa
Tensile Ultimate Strength	310Mpa
Compressive Ultimate Strength	0Mpa
Density	2770kg/m ³

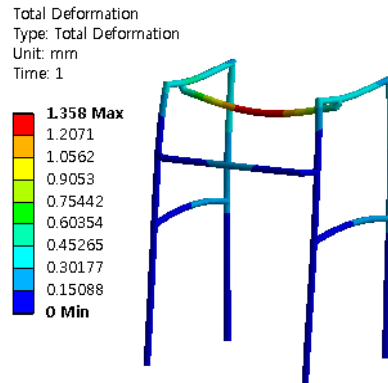
다음에 도시된 [Fig. 2]에 각 보행 기구 모델에 적용된 시뮬레이션 해석 경계조건이 나타나 있다. 시뮬레이션 해석에 앞서 노약자들이 보행기구를 이용하여 노면 위를 걷고 있다고 가정하여 노약자들의 발이 노면에서 떨어지는 순간, 보행기구에 가해지는 하중과 변형을 관찰하고자 하였다. 이를 시뮬레이션 해석으로 나타내기 위해 Model 1, 2, 3 모두 동일한 경계조건을 부여하였으며, 손잡이 부분에 아래방향으로 686N의 하중을 주었고, 지지대의 바닥 네 부분을 Fixed support 조건으로 고정하여 해석을 수행하였다.



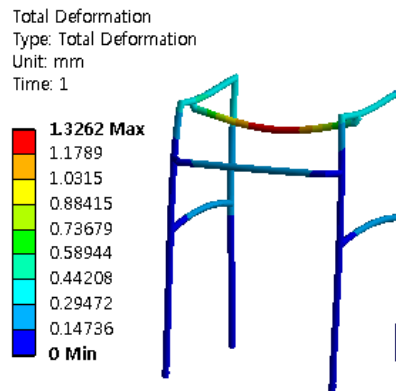
[Fig. 2] Boundary condition of model 1

2.3 구조해석 결과

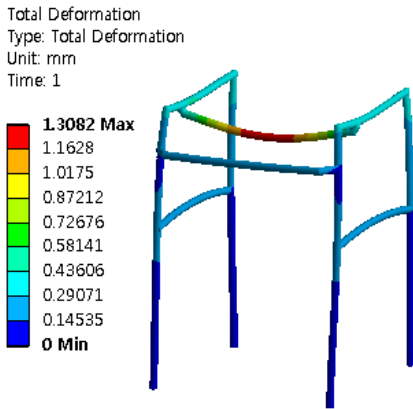
다음의 [Fig. 3]은 Model 1, 2, 3에 대한 각각의 전변형량을 나타낸 것이고, [Fig. 4]는 Model 1, 2, 3에 대한 각각의 등가 응력 분포를 나타낸 것이다. 그림들을 보면, Model 1은 경우 36.646MPa의 최대 등가 응력과 1.358mm의 최대 변형량을 보이고, Model 2는 35.776MPa의 최대 등가 응력과 1.3262mm의 최대 변형량을 보이고 있으며 마지막으로 Model 3은 36.303MPa의 최대 등가응력과 1.3082mm의 최대 변형량을 보이고 있음을 알 수 있다. 구조 해석 결과, Model 3의 경우가 Model 1과 Model 2과 비교하였을 때 변형 적게 일어나는 것을 알 수 있다. 등가 응력의 경우 Model 1의 등가응력이 가장 크게 발생하는 것으로 나타났으며, Model 2가 등가 응력이 가장 작게 발생하는 것으로 나타났다. 알루미늄 합금의 항복응력은 280Mpa로, Model 1, 2, 3의 등가 응력은 항복응력보다 상당히 작게 나타나서 탄성변형이 일어났다.



(a) Model 1

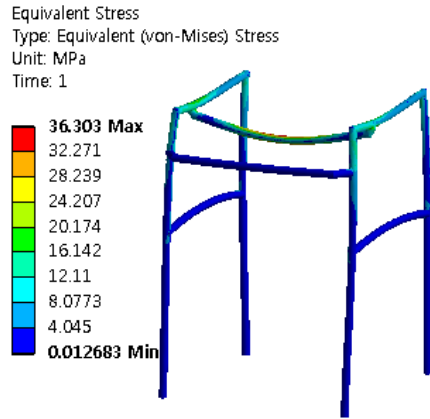


(b) Model 2



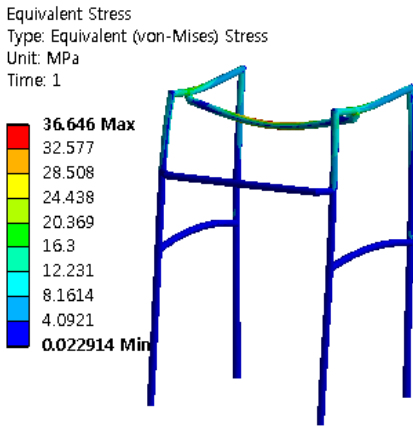
(c) Model 3

[Fig. 3] Contours of total deformations

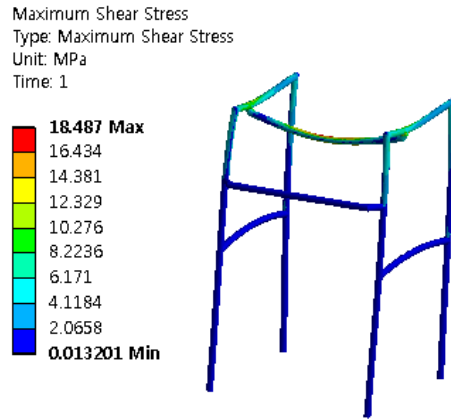


(c) Model 3

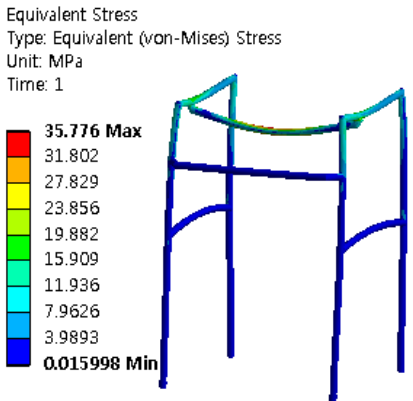
[Fig. 4] Contours of equivalent stresses



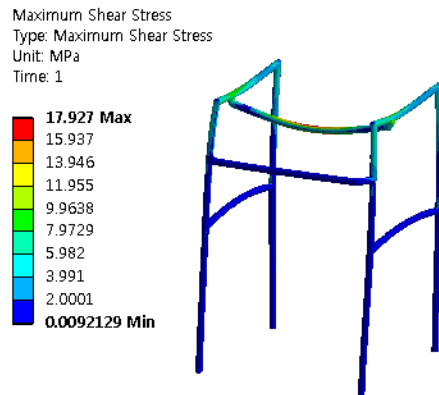
(a) Model 1



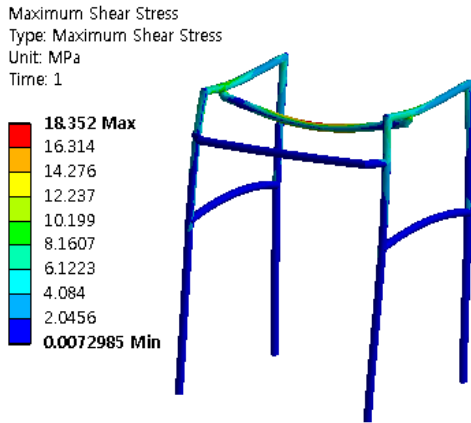
(a) Model 1



(b) Model 2



(b) Model 2



(c) Model 3

[Fig. 5] Contours of maximum shear stresses

위의 [Fig. 5]는 Model 1, 2, 3에 대한 최대 전단 응력을 나타낸 것이다. 그림을 살펴보면 Model 1의 경우 18.487MPa의 최대 전단 응력이 발생하였고, Model 2의 경우 17.927MPa의 최대 전단 응력이 발생하였으며, Model 3의 경우 18.352MPa의 최대 전단 응력이 발생하였다. 앞서 언급된 등가응력 해석결과와 마찬가지로 Model 1의 전단 응력이 가장 큰 것으로 나타났으며, Model 2의 전단 응력이 가장 작은 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 [Fig. 4]와 [Fig. 5]를 종합하였을 때 모두 손잡이 부분에서 최대 응력이 발생한 것을 확인하였으며, 손잡이 부분에 대한 보강과 개선이 필요한 것으로 사료된다.

3. 결론

본 연구는 보행 기구의 높이에 따른 시뮬레이션 구조 해석을 수행하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) Model 1은 36.646MPa의 최대 등가 응력과 1.358mm의 최대 변형량을 보였으며, Model 2는 35.776MPa의 최대 등가 응력과 1.3262mm의 최대 변형량을 보였다. 마지막으로 Model 3은 36.303MPa의 최대 등가응력과 1.3082mm의 최대 변형량을 보였다. 이러한 구조 해석 결과, Model 3이 Model 1과 Model 2보다 더 튼튼하고 안정됨을 확인할 수 있다.
- 2) Model 1은 18.487MPa의 최대 전단 응력 보였고, Model 2는 17.927MPa의 최대 전단 응력 보였다.

- 3) 알루미늄 합금의 항복 응력은 280Mpa로 Model 1, 2, 3의 등가 응력과 전단 응력은 항복 응력보다 상당히 작게 나타나서 탄성 변형을 일으킨다고 판단하였다. 이러한 결과들을 종합하여 최대 변형량이 가장 작게 나타난 Model 3의 내구성이 가장 좋다고 판단하였다.
- 4) 손잡이 부분에서 최대 응력이 발생한 것을 확인하였으며, 이에 대한 보강과 개선이 필요한 것으로 사료된다.
- 5) 본 연구의 결과를 종합하여 보행기구의 부품 설계에 응용한다면 그 파손 방지 및 내구성을 검토할 수 있고 설계에 있어 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 디자인 면에서 융합 기술로의 접목도 가능하여 미적인 감각을 나타낼 수 있다.

REFERENCES

- [1] M. S. Han and J. U. Cho, "Study on Bike Frame due to Nonuniform Fatigue Loads", Transaction of KASE, Vol. 20, No. 3, pp. 133-140, 2012.
- [2] K. S. Koo and D. J. Kweon, "The analysis on audible noise level and cooling performance for the low noise cooling fan of power transformers", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 23, No. 8, pp. 110-115, 2009.
- [3] J. U. Cho and M. S. Han, "Analysis of the Sir Flow due to the Number of Electric Fan Blades", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 1, pp. 107-112, 2012.
- [4] J. U. Cho and M. S. Han, "Structural Durability Analysis According to the Thickness of Bicycle Frame Tube", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 3, pp. 122-129, 2012.
- [5] J. M. Kim, K. T. Lee and H. Y. Kim, "Numerical

Modeling to Evaluate Reat Crashworthiness for Round Recliner of Automotive Seats”, Transactions of KSAE, Vol, 17, No. 1, pp. 64-71, 2009.

- [6] T, K, Lee and B, S, Kim, "The structure of an Automotive Woofer Speaker", Journal of Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 14, No. 2, pp. 19-24, 2012.
- [7] B. C. Yu and G. S. Lee, "A Study on the Development of Skateboard by Motion Capture and Theory of Inventive Problem Solving(TRIZ)", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 24, No. 7, pp. 83-89. 2007.
- [8] J. S. Lee, "Design Parameters for Supporting Frame in a Twist screen", Journal of Korean Soc. of Mechanical Technology, Vol. 15, No. 2, pp. 85-91, 2013
- [9] H. K. Choi and J. U. Cho, "Structural Analysis on the Fracture of Bonded Double Cantilever Beam Model", Jou. of Korean Soc. of Mechanical Technology, Vol. 14, No. 4, pp. 41-47, 2012.
- [10] J. H. Kim, I. S. Jung, J. M. Seo, N. K. Hur and J. H. Jung, "An investigation on development of bus electrical cooling fan system", Journal of Korean Society for New and Renewable Energy, pp. 144.1-144.1, 2010.
- [11] J. U. Cho and M. S. Han, "Structural Durability Analysis According to The Thickness of MTB Frame Tubes", Journal of the society of Machine Manufacturing, No. 11, Vol,3, pp. 122-129, 2012.
- [12] J. U. Cho and M. S. Han, "Structural Durability Analysis Related to Shape and Direction of Bicycle Frames", Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, No. 22, Vol. 6, pp. 969-975, 2013.

저자소개

이 정 호(Jung-Ho Lee)

[학생회원]



- 2015년 2월 : 공주대학교 기계자동차공학부(공학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 대학원 기계공학과(공학석사 과정)

<관심분야> : 기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 피로 또는 충돌 시 동적 해석

조 재 응(Jae-Ung Cho)

[종신회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1986년 8월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)

· 1988년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야> : 기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 피로 또는 충돌 시 동적 해석