

휴대하기 편리하며 가벼운 셀카봉 디자인

저자 1 박강재¹ · 저자 2 민준희^{2†} · 저자 3 제승우³
한국과학기술원 기계공학과¹, 한국과학기술원 산업디자인학과² 한국과학기술원 산업디자인학과³

Design of light & easy carrying Selfie Stick

Author 1 Kangjae Park¹, Author 2 Joonhee Min^{2†}, and Author 3 Seungwoo Je³

¹ Dept. of Mechanical Engineering, KAIST.

² Dept. of Industrial Design, KAIST.

³ Dept. of Industrial Design, KAIST.

ABSTRACT:

In this paper, the selfie stick which can involved in small bag is designed to make easier and smaller. Model the diameter of the selfie to achieve light weight for the fixed length using FreeCAD. After modeling, check durability using 'Netgen' and 'Calculix'

Key Words: Bending moment, Selfie stick

1. 서론

우리 일상생활에서 심심찮게 셀카봉의 사용을 찾아볼 수 있다. 다양한 셀카봉의 출시 속에서 저가의 셀카봉들의 문제점이 지적되고 있다. 시중에 출시되어 있는 셀카봉들의 접힌 길이가 길어 휴대성이 떨어지며, 무게가 무거운 문제점들이 발견되었다. 내구성에 대한 고려가 되지 않아 스마트폰의 무게로 휘는 경우도 발생하였다. 우리는 여성의 클러치백을 기준으로 휴대성을 고려하여 길이를 정하였으며, 길이를 기준으로 가벼운 셀카봉 대를 디자인 하였다. 또한 FreeCAD 를 이용하여 모델링한 후 Netgen 과 Calculix 으로 내구성을 분석해보았다.

2. 셀카봉 디자인

2.1 셀카봉의 길이 및 무게

휴대성을 높이기 위한 기준으로서 셀카봉 손잡이의 길이를 여성들의 가방인 클러치 백을 기준으로 15cm 로 정하였다. 이를 기준으로 각 마

디도 늘어날 수 있는 최대 길이를 15cm 로 두어 계산하였다. 또한 마지막 마디의 바깥지름은 휴대폰 거치대의 연결을 고려하여 1cm 로 설정하였다.

셀카봉을 단순한 막대로 생각하였을 때, 셀카봉이 받을 수 있는 힘은 수직응력과 전단응력으로 볼 수 있다. 이 때, 수직응력은 막대 끝에 달린 핸드폰과 거치대의 무게로 인해 발생된다. 셀카봉과 같이 단면이 작고 길이가 긴 막대의 경우, 굽힘 힘에 의한 수직응력의 크기가 주를 이루게 된다. 그러므로 셀카봉을 수평한 상태로 둔 뒤, 손잡이 부분을 고정하고 셀카봉 머리 끝 부분에 하중이 작용하여 셀카봉이 굽힘 힘을 받는 상황을 설정하였다. 견딜 수 있는 하중의 최대 크기는 50N 으로 약 5kg 의 무게와 같으며 셀카봉에 장착되는 핸드폰과 거치대의 평균적인 무게인 0.3kg 에 비하면 다소 큰 상황을 설정하였다. 이는 셀카봉에 핸드폰을 고정시키고 난 뒤 작용하는 외력을 고려하여 설정한 값이다.

2.1.1 방법

막대의 한 기준점이 굽힘 힘에 의해 받는 최

대 수직응력의 크기는 $\sigma_{max} = \frac{M \times c}{I}$ 로 이 때, M, c, I 는 각각 굽힘모멘트, 막대 단면의 수평축으로부터 떨어진 최대거리, 수평축의 관성모멘트이다. 굽힘모멘트(M)는 셀카봉의 머리에 작용하는 하중과 셀카봉 자체의 무게에 의해 생성된다. 하지만 셀카봉 자체의 무게는 50N 으로 가정한 머리에 작용하는 하중보다 매우 작아 무시하였다. 또한 기준점과 셀카봉 머리 사이의 거리가 멀어질수록 굽힘모멘트의 크기는 커진다. c 의 경우, 셀카봉 막대의 외반경으로 외경의 $1/2$ 이며 두께가 있는 링 모양의 관성모멘트(I)는 내경과 외경을 각각 d_i, d_o 이라 할 때, $I = \frac{\pi}{64}(d_o^4 - d_i^4)$ 으로 계산된다. 즉, 계산에 이용된 최대 수직응력의 크기

$$\sigma_{max} = 50 \times l \times \frac{32d_o}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} (Pa) \quad \text{로 나타낸다. (1은 셀카봉 머리부분과 떨어진 거리)}$$

셀카봉에 항복강도를 넘어서는 응력이 작용하면 셀카봉이 파손된다고 볼 수 있다. 그러므로 $\sigma_{max} < \text{항복강도}$ 가 항상 만족해야하며 외력의 크기를 정확히 예측할 수 없으므로 1 보다 큰 수인 안전계수를 추가하여 " $\sigma_{max} \times \text{안전계수} = \text{항복강도}$ "가 되도록 한다. 셀카봉은 무게를 보다 가볍게 만들어 사용하는데 불편함이 없어야하므로 안전계수를 1.5로 설정하였다.

Table 1 Mechanical properties of aluminum

	Density (g/cm ³)	Yield strength (Mpa)
Al-6061-T6	2.7	240

또한 셀카봉의 재질은 가볍게 하기위해 알루미늄 6061-T6 을 이용하였고 기계적 성질은 다음과 같다.

2.1.2 결과

위의 내용을 종합하여 식을 세우면

$$50 \times l \times \frac{32d_o}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} \times 1.5 = 240 \times 10^6 \quad \text{로 각 마디의 안지름과 바깥지름을 구할 수 있다.}$$

마지막 마디는 바깥지름을 1cm 로 두어 계산을 간단하게 했다. 또한 서로 연결되는 마디의 간격은 0.1cm 로 연결되는 마디의 안지름과 바깥지름의

차이는 0.2cm 로 두었다. 마디의 개수가 증가할수록 셀카봉의 무게는 무거워지며 안정성 또한 떨어진다. 그러므로 마디의 개수에 따른 셀카봉의 무게를 비교해 그래프를 그려 가장 적절한 마디를 선정하였다.

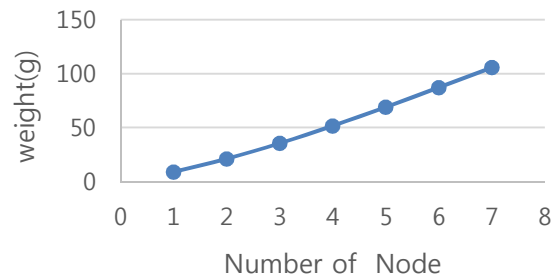


Fig. 1 Correlation between number of nodes and weight of selfie stick

그래프에서 마디가 하나씩 늘어날 때마다 무게가 증가하는 것을 볼 수 있으며 그 증가폭이 점점 커지는 것을 확인 할 수 있다. 또한 셀카봉의 마디 고정 방식이 각 마디를 돌려 고정하는 것으로 마디가 많아질수록 더 많은 손길이 필요하다. 결과를 토대로 총 마디의 개수는 4 개로 설정하였고 각 마디의 외경과 내경은 다음 표와 같다.

Table 2 Diameter and area of each selfie stick node

Node	1	2	3	4
Outer diameter (cm)	2.02	1.69	1.35	1
Minor diameter (cm)	1.89	1.55	1.2	0.85
Area (cm ²)	0.40	0.36	0.30	0.22

위의 표를 이용하여 막대만의 무게를 계산할 수 있으며 막대만의 무게는 51.56g 이다.

2.2 셀카봉 모델링과 구조해석

앞서 계산한 셀카봉의 수치를 이용하여 FreeCAD 로 모델링을 한다. 실제 셀카봉의 경우, 각 마디의 연결부가 존재하기 때문에 이 연결부도 FreeCAD 를 이용하여 모델링하였다. 이

후, 각 마디를 연결하고 끝까지 펼친 셀카봉의 끝에 힘이 작용할 때 응력의 분포를 살펴 막대가 받는 응력을 Netgen 과 Calculix 를 이용하여 알아본다. 또한 응력이 크게 작용하는 부분에 대한 해결법을 모색하여 보다 안정적인 셀카봉 디자인 방법을 알아본다.

2.2.1 셀카봉 모델링

FreeCAD 를 이용하여 모델링을 하였다. 수치는 앞서 구한 4 단을 기준으로 모델링하였다.

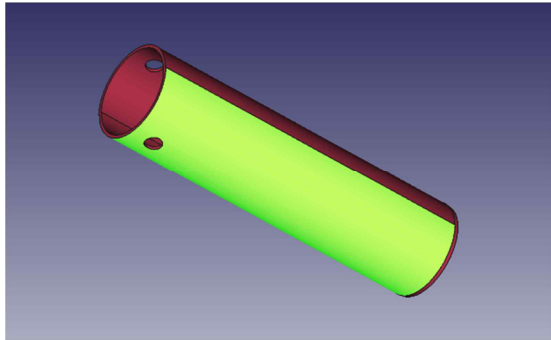


Fig. 2 Modeling of the Selfie Stick Grip

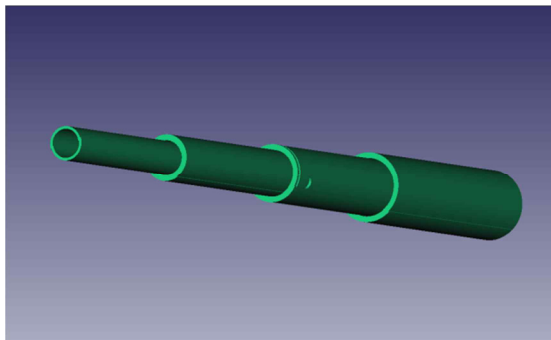


Fig. 3 Modeling of the Selfie Stick

그림과 같이 계산한 수치를 이용하여 셀카봉을 모델링 할 수 있었다.

2.2.2 셀카봉 구조해석

위의 모델링을 바탕으로 Netgen 을 이용하여 Mesh 를 생성하였다.

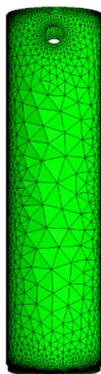


Fig. 3 Selfie Stick Grip with Mesh Using Netgen

Mesh 를 생성한 모델링에서 Calculix 를 이용하여 구조해석을 수행하였다. 그 결과, 굽힘에 의해 각 마디의 끝부분은 응력을 최대로 받고 있는 것을 확인 할 수 있었고 중심부로 갈수록 그 크기가 작아지는 것을 확인하였다. 이는 굽힘에 의해 나타나는 현상으로 외경과 내경의 차이를 크게 들수록 응력이 작아진다. 허나 무게를 중점으로 둔 셀카봉의 경우, 최저무게는 허용응력이 넘어가지 않는 선에서 만들어진다. 그러므로 모델링한 셀카봉은 가장 가벼운 이상적인 셀카봉이라고 할 수 있다.

3. 결 론

셀카봉이 받게되는 힘은 굽힘 힘으로 굽힘에 의한 전단응력이 허용응력을 넘지 않게 셀카봉의 막대를 디자인하였다. 이 뿐만 아니라, 휴대성을 높이기 위해 셀카봉의 길이를 15cm 로 두어 작은 가방에도 들어가게 만들었으며 마디의 개수를 4 개로 정하고 총 길이를 60cm 로 줄여 시중에 판매되는 셀카봉에 비해 작지만 더 가볍게 셀카봉을 디자인하였다. 굽힘 힘을 가정하여 각 마디의 외경과 내경을 계산하였고 모델링하여 구조해석 한 결과, 허용응력을 넘지 않는 것을 확인할 수 있었다.

감사의글

에디슨에서 다운받은 FreeCAD_Compact ver 1.1 과 FreeCAD 매뉴얼을 이용하여 모델링을 할 수 있었다.

참고문헌

1. Suri, R. and Hidebrant, R., 1997, Modeling Flexible Manufacturing System, *Journal of Manufacturing Systems*, 3(1), pp. 27-38.
2. Lee, K. and Kwon, B.W., 1992, Efficient Modeling Method of Sheet Objects, *Proceedings ASME Computers in Engineering Conference*, San Francisco, CA, USA, pp.437 - 446.
3. Weiler, K., 1986, *Topological Structures for Geometric Modeling*, Ph.D. Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute.