

FreeCAD를 이용한 셀카봉 모델링

[글] 성광원¹, 김영기²
¹영남대학교 기계공학부
²한국과학기술원 해양시스템공학전공
 kimyg5415@kaist.ac.kr

ABSTRACT:

Corresponding to the high consumption rate of the selfie stick for cell phone camera, the design of the product is becoming diverse. However, relatively low cost selfie stick models are not strong enough to stand the weight of the cell phone. This results into a bending of the stick or the accidental fall of the cell phone by the failure of the holding unit. As a solution to the problem, design of selfie stick that is structurally strong enough to stand the weight of the cell phone with the minimum weight for the portability is proposed in this paper.

Key Words : CADCAE, CSG, FreeCAD, Parametric modeling, Selfie stick

1. 서 론

2011년 즈음에 디지털 카메라의 액세서리 제품으로 삼각대를 단순화시킨 모노팟(monopod)이라는 제품이 출시되었다. 하지만 당시에 많이 사용되던 카메라는 DSLR과 같은 크고 무거운 제품이 대부분이어서 모노팟(monopod)에 장착하여 사용할 경우 모

노팟(monopod)의 봉이 휘거나, 촬영자의 팔 힘이 받쳐주지 못하면 떨어뜨리는 상황이 발생한다. 이 때문에 많은 사람들의 관심을 받지 못하였다. 하지만 카메라의 성능이 좋고 가벼운 스마트폰의 사용이 대중화되고 중거리 촬영이 가능해지면서 “모노팟(monopod)에 스마트폰을 부착하여 사용하면 어떨까”라는 발상의 전환과 셀카카메라(이하 셀카)를 좋아하는 한국인의 스마트폰 이용습관이 결합하면서 셀카봉(selfie stick)이라는 새로운 제품이 탄생하였다.

셀카봉의 보급으로 수요가 늘어남에 따라 셀카봉 자체에 촬영버튼을 내장하는 제품, 블루투스 리모컨을 이용하는 제품 등 다양한 제품이 출시되고 있다. 셀카봉의 보급이 늘어남과 동시에 그에 따른 위험성도 늘어나고 있다. 저가의 셀카봉을 사용하게 되면 스마트폰과 셀카봉의 홀더가 적절히 부착되지 않아 낙하하거나 셀카봉의 봉부분이 스마트폰의 무게를 견디지 못하고 휘는 경우도 빈번하게 발생하게 된다. 또한, 장시간 셀카봉을 사용하게 되면 촬영자의 팔에 무리가 가게 된다. 이처럼, 아직까지는 많은 문제점을 가지는 제품이 상당수 존재한다.

본 연구를 통해 최근 이슈가 되고 있는 셀카봉의 무게를 가볍게 하거나 휴대성을 증대시킬 수 있는 방향 및 튼튼한 내구성을 가지는 제품으로서의 설계를 진행하고자 한다.

2. Modeling

2.1 형상모델링 시스템

컴퓨터 그래픽스의 세부 분야 중 기하학적 모델링(Geometric modeling)분야는 일반 자연과학이나 공학 또는 산업계의 응용 분야에서 3차원 고형체의 기하를 다루기 위해 컴퓨터를 이용하여 3차원 형상을 모델링하는 것이다. 일반적으로 형상 모델링 시스템은 아래와 같이 세 가지 종류로 분류된다.

- 와이어프레임 모델링
- 곡면 모델링
- 솔리드 모델링

솔리드 모델링은 단순히 모양만이 아닌 물체의 다양한 성질을 더 명확하고 정확하게 표현하기 위해

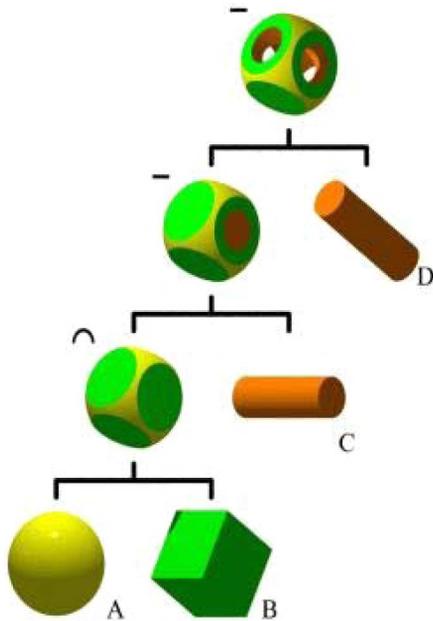


Fig. 1. CSG tree

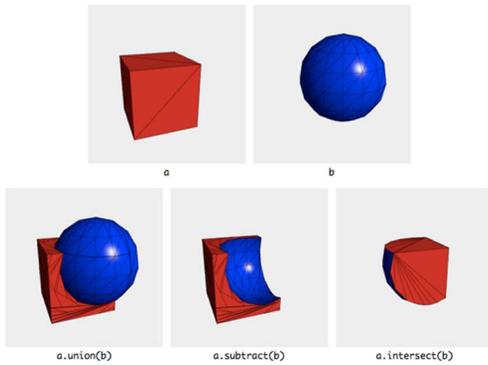


Fig. 2. Boolean operation of CSG

고안된 방법이다. 솔리드 모델링기법에서는 빈 공간 (Half-space)의 집합으로 물체를 표현하며 실제로는 방향성을 가지는 곡면으로 물체의 표면만을 표현하여 모델의 내부와 외부를 구분한다. 이러한 방법으로 정의된 물체가 솔리드 모델이라 한다. 솔리드 모델링을 위한 대표적인 방법으로 CSG(Constructive Solid Geometry), B-rep(Boundary-representation),

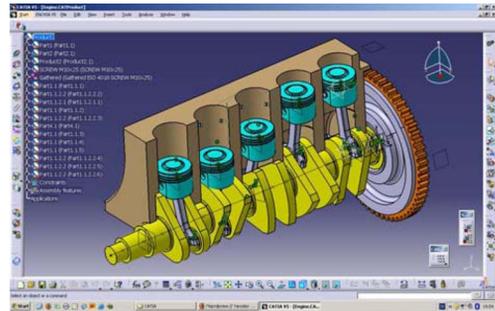


Fig. 3. Example of feature-based modeling

Decomposition방법 및 특징형상기반(Feature-based modeling)방법이 있다.

본 연구에 사용되는 FreeCAD에는 솔리드 모델링의 방법 중 CSG(Constructive Solid Geometry)와 특징형상기반(Feature-based modeling)방법을 사용한다.

2.1.1 CSG(Constructive Solid Geometry)방법

CSG는 이해하기 쉽고 간단한 방법으로 모델링이 가능하기 때문에 초기의 솔리드 모델링 시스템에서 널리 사용되었다. CSG는 경계가 잘 정의되는 단위형상(Primitive)의 조합으로 솔리드를 표현하는 방법으로 단위형상의 조합을 합과 차의 개념으로 정의하기 위해 Tree구조로 구성되고 각 단계의 단위형상을 저장한다. CSG방법으로 표현된 모델은 항상 실물로 형상화할 수 있으며 단위형상을 이용하기 때문에 사용자 인터페이스를 구현하기에도 용이하다. 하지만, 단순한 단위형상만으로 부드러운 곡면을 표현하기 힘들다는 한계점을 가진다. Fig. 1은 CSG방법의 트리구조를 나타내고 Fig. 2는 CSG방법에 사용되는 합과 차의 개념을 도식화한 것이다.

2.1.2 특징형상기반(Feature-based modeling)방법

특징형상기반방법은 공학적 의미를 부여한 형상단위로, 예를 들어 Extrusion, Sweeping, Revolve, Fillet 등 솔리드모델을 효율적으로 생성하는 방법이다. 일반적으로 이런 형상 단위에는 상응하는 인자들이 존재하는데 이러한 인자들을 통하여 모델 형상을 변경



Fig. 4. Real model

할 수 있다. 아래의 Fig. 3은 특징형상기반방법을 나타낸다.

2.2 대상 모델

본 연구에 사용되는 셀카봉은 시중에서 판매되고 있는 일반적인 모델을 선정하였으며, 셀카봉은 아래와 같이 두 가지의 파트로 구분한다.

- Holder
- Bar

Holder는 스마트폰을 고정하고, 셀카봉의 손잡이 역할을 하는 Bar와 연결하는 connector로 구성되어 있으며 Bar는 3단으로 길이를 조절할 수 있도록 설계되어 있다. 본 연구에서는 주어진 하중에 대하여 가장 취약한 거동을 나타낼 것으로 예상되는 Bar를 최대한 펼친 형상을 모델링한다. 모델링에 사용될 실제 형상은 Fig. 4와 같다. Fig. 4의 형상은 Bar를 최소한으로 줄인 상태의 모습이다.

2.2.1 Smartphone holder



Fig. 5. Several view of Holder (front, side and bottom)



Fig. 6. Several view of Connector (front, side and bottom)

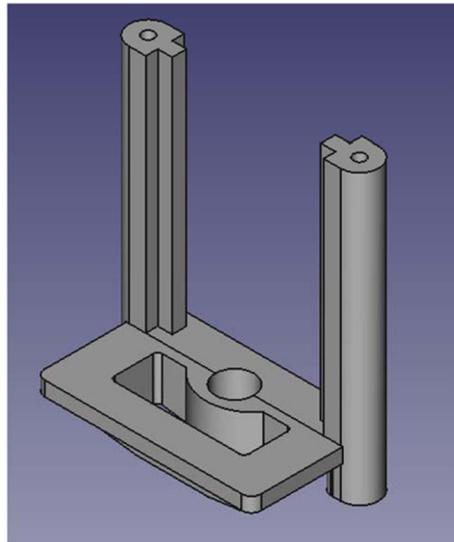


Fig. 7. Holder part

셀카봉을 구성하는 파트 중 하나인 Holder는 스마트폰을 고정하는 holder와 셀카봉의 Bar와 연결하는 Connector로 구성이 되어있다. 본 연구에 사용되는 셀카봉의 치수는 실측에 의해서 측정되었다. Fig. 5

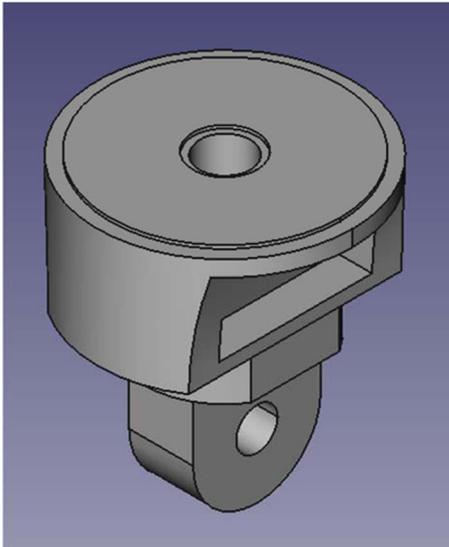


Fig. 8. Connector part

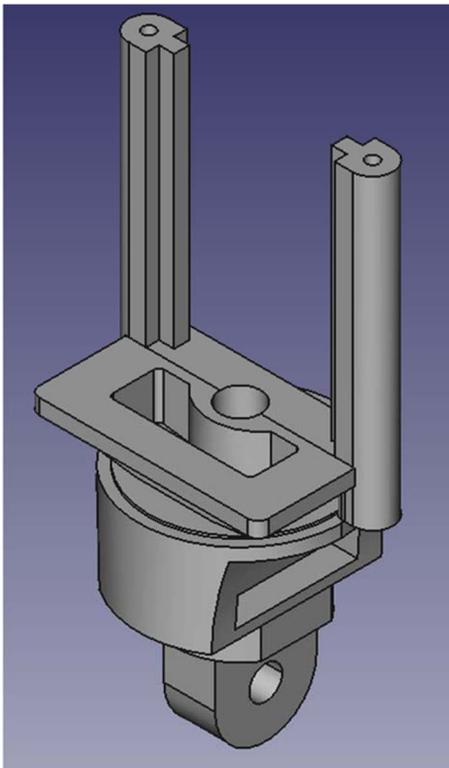


Fig. 9. The result of Boolean operation (Union)

와 Fig. 6은 Holder와 Connector를 3가지 각도(정면, 측면, 하부)에서 촬영한 사진이다.

본 경진대회에서 사용하는 FreeCAD를 이용하여 Smartphone holder 파트를 그렸다. 모델링의 용이성과 향후 해석에서 불필요할 것으로 판단되는 Holder의 상부 철제 고정부분은 모델링에서 제외하였다. 현재 개발된 FreeCAD compact version 1.0에서는 Assembly가 아직 구현되지 않아 각각의 단품들 (Holder, connector)을 모델링하기 위해 단품들이 연결되는 면들의 좌표를 설계자가 인지하고 있어야 하는 단점이 있다. 아래의 Fig. 7은 FreeCAD를 이용하여 모델링한 Smartphone holder의 단품인 Holder이며, Fig. 8은 Connector이다.

본 연구에서는 Holder와 Connector를 하나의 파트로 사전에 정의하였기에, FreeCAD의 Part 모듈의 Boolean operation중 Union operation을 이용하여 따로 모델링된 두 개의 파트를 하나의 형상으로 생성하였다. Fig. 9는 Union operation에 의해 합쳐진 Smartphone holder를 나타낸다.

2.2.2 Main bar

셀카봉을 구성하는 다른 파트인 Main bar는 Smartphone holder와 연결되는 Connector와 긴 봉으로 구성되어 있다. Smartphone holder와 마찬가지로



Fig. 10. Connector of Main bar (front view and side view)



Fig. 11. Main bar real model

Main bar를 구성하는 형상의 치수는 실측에 의해서 측정되었다. Fig. 10는 Main bar에 설치되어 있는 Connector의 실제형상이며, Fig. 11은 Bar가 최소길 이로 접힌 상태의 사진이다.

Main bar 및 Connector의 경우 형상을 모델링할 때, 크게 두 가지 방법을 이용하여 생성할 수 있다.

- Pad
- Revolve

하지만, FreeCAD compact version 1.0과 Free CAD 0.14 version에서의 Revolve에서는 회전축을 사용자가 선택하지 못하는 한계점을 가진다. 본 연구에서 생성한 모델의 경우 Smartphone holder와 Main bar를 연결하는 구멍이 XY평면을 기준으로 Y 방향으로 4 mm 오프셋이 되어 있는 상태로 모델링

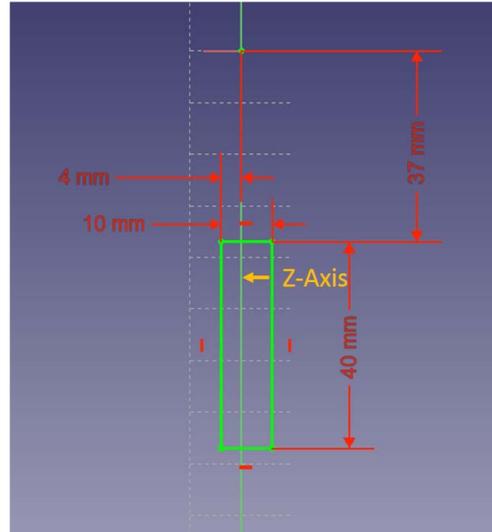


Fig. 12. Revolve problem in the FreeCAD

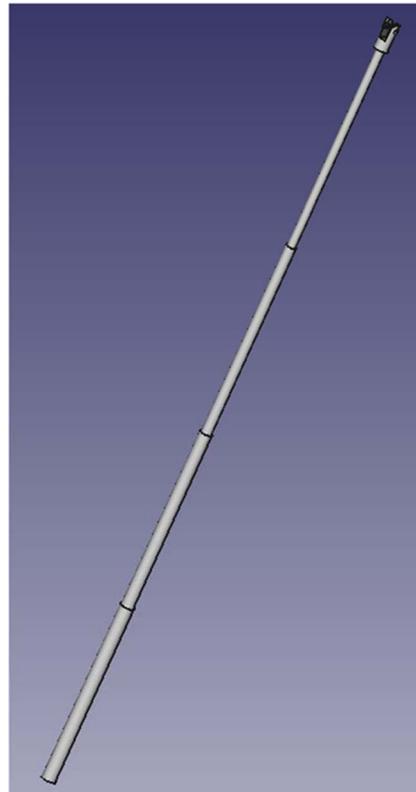


Fig. 13. Main bar model made by FreeCAD

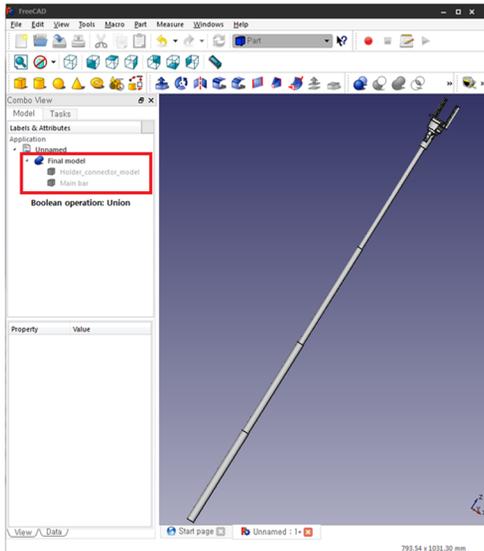


Fig. 14. Final model

이 되었다. 즉, Fig. 12에서 나타난 것과 같이 Revolve를 위한 회전축(Z축)이 스케치 내부에 존재하게 되어 Revolve기능을 사용할 수 없다. 따라서, Main bar를 모델링하기 위해 Connector의 하부면을 스케치평면으로 선택하여 스케치를 생성하고 Pad를 이용하여 bar를 그리는 방식을 채택하였다.

아래의 Fig. 13은 2.2절에서 소개하였듯이 동일하중에 대하여 가장 취약할 것이라 예상되는 Bar를 최대한 펼쳤을 때의 형상을 FreeCAD compact version 1.0을 이용하여 모델링하였다.

2.2.3 Final model

FreeCAD를 이용하여 생성된 모델을 해석 소프트웨어와 연동 유/무를 확인하기 위하여 STEP혹은 IGES파일로 Export해야한다. 하지만 현재 사용중인 FreeCAD compact version 1.0에서는 아직 Import/Export기능이 동작하지 않아 불가피하게 FreeCAD 0.14 version을 이용하여 STEP파일로 Export하여 2.2.1절과 2.2.2절에서 생성한 모델을 하나의 STEP 파일로 합치고(Boolean union operation) 최종 STEP

파일로 Export하였다. Fig. 14는 Union operation을 통해 완성된 최종 형상을 나타낸다.

3. Analysis

3.1 Analysis

이번 해석에서는 셀카봉의 각 part별로 해석을 수행하는 것에 주 목적을 두었다. 2장에서 생성한 모델들을 이용해 해석을 수행하였으며,

Part별로 해석 시 Smartphone holder에 스마트폰이 장착되었을 때 main bar에 수직인 방향으로 힘을 받을 때가 가장 취약하다고 판단하여 x, y 두 방향으로 해석을 수행 및 비교하였다.

스마트폰의 무게는 시중에 나와있는 Galaxy Mega (205 g)의 약 2.5배인 500 g으로 가정하여 해석하였다.

3.2 Connector analysis

Smartphone holder의 구성 part중 하나인 connector 해석에 있어서 실제 connector의 재질인 플라스틱을

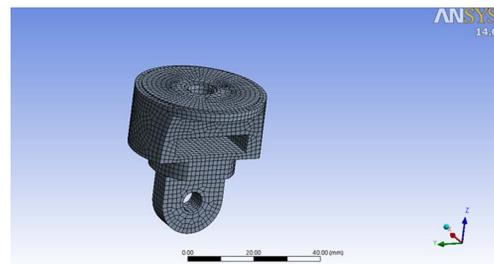


Fig. 15. Hex Dominant Method

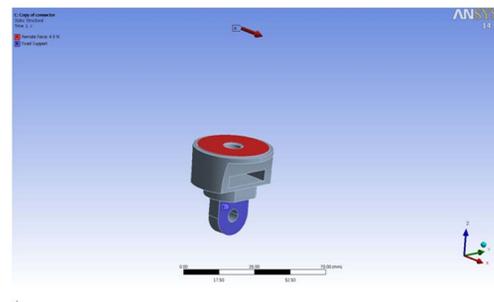


Fig. 16. Boundary conditions-x

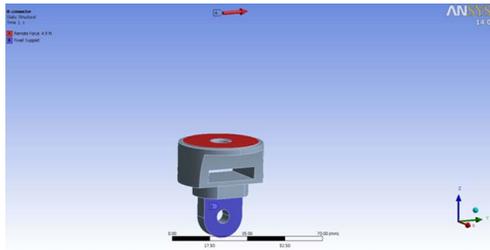


Fig. 17. Boundary conditions-y

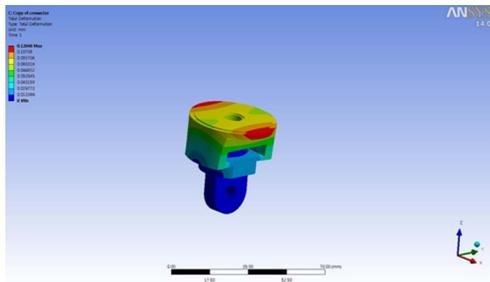


Fig. 18. Total deformation-x

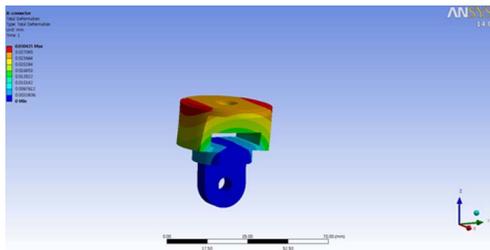


Fig. 19. Total deformation-y

적용하였으며, ANSYS 14.0의 polyethylene을 사용하였다.

Connector part형상이 단순하기 때문에 Auto meshing을 이용하지 않고 더욱 정확한 해석을 위해 Hex Dominant Method (Element size 1.5 mm)를 이용하여 Mesh를 생성하였다. 경계조건은 Fixed support와 Remote force를 적용하여 해석하였으며, 이때 Holder part에 스마트폰이 장착 되어있다는 가정 하에 Holder part의 길이인 60 mm 위치에 중력 가속도를 고려한 500 g의 스마트폰의 무게(4.9 N)를 적용하였다. Fig. 15는 Hex Dominant Meshing이 적

용된 형상을 나타내고, Fig. 16, Fig. 17은 경계조건을 나타내며 x, y는 Remote force의 작용 방향에 따라 구분한 것이다.

위와 같은 경계조건을 적용하여 해석을 수행한 결과는 다음 Fig. 18~Fig. 23의 그림과 같다.

위 그림 Fig. 18, Fig. 19는 connector의 변형을 나타낸 것이다. x축, y축 각각의 변형을 보면 힘을 받는 방향 쪽으로 변형이 크게 일어남을 확인 할 수 있다.

위의 두 그림 Fig. 20, Fig. 21는 x축, y축 각각의 등가응력(equivalent stress)을 나타낸다.

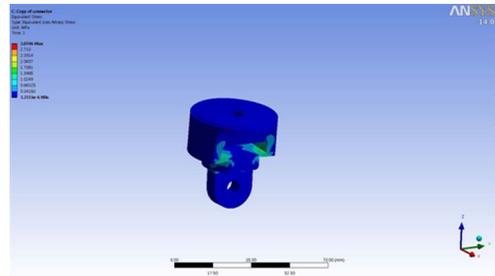


Fig. 20. equivalent stress-x

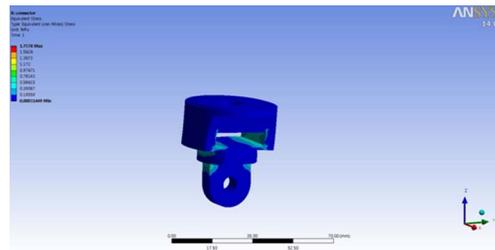


Fig. 21. equivalent stress-y

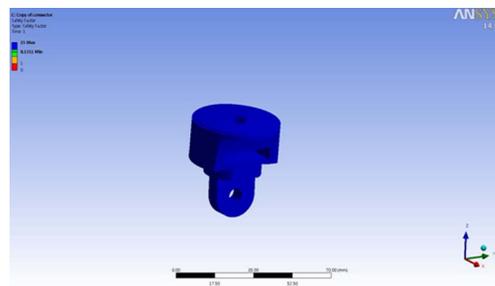


Fig. 22. safety factor-x

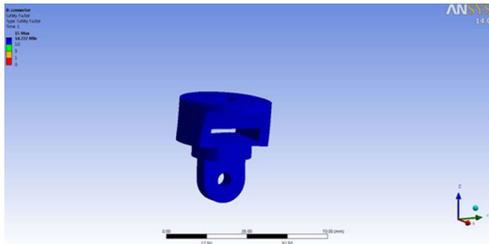


Fig. 23. safety factor-y

Table 1. Results of the connector analysis

	x	y
Deformation(max)	0.12 mm	0.03 mm
Stress (max)	3 Mpa	1.7 Mpa
Safety factor (min)	8.1	14

위의 두 그림 Fig. 22, Fig. 23 은 각각의 안전율을 나타낸 것이다.

위의 Table.1은 앞의 해석 결과를 통해 얻은 Deformation, Stress, Safety factor 의 최대값, 최소값을 x, y 방향에 따라 나타낸 것이다. 해석 결과를 보면 connector의 x축으로 힘이 작용할 때, 최대 응력 및 변형이 발생한다. 2.2절에서 Bar가 최대로 펼쳐졌을 때 가장 취약할 것이라 예상하였으며 connector의 재질이 polyethylene인 상황에서도 안전율이 최소 8.1로 일반적으로 채택되는 안전율 2보다 훨씬 상회하는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 해석에 사용된 하중이상의 힘이 가해지더라도 connector가 충분히 견딜 것이라 예상된다.

3.3 Holder analysis

Smartphone holder의 구성 part중 하나인 Holder part해석 또한 앞의 connector와 마찬가지로 재질이 플라스틱로 되어있기 때문에 물성치는 polyethylene을 사용, Hex Dominant Method (Element size 1.5 mm)를 이용하여 Mesh구조를 만들었다. 경계조건은 Fixed support와 Pressure를 적용하여 해석하였으며, Fig. 25, Fig. 26의 압력이 작용하는 부분의 면적이 50 mm × 3.5mm × 2인 것을 고려하여 0.014Mpa를 적용하였다. 이때, Holder part에 스마트폰이 장착 되

어있다는 가정 하에 Holder part의 길이인 60 mm 위치에 500 g의 스마트폰의 무게와 중력가속도를 고려하여 4.9 N의 힘을 적용하였다. Fig. 24는 Hex Dominant Meshing이 적용된 형상을 나타내고, Fig. 25, Fig. 26은 경계조건을 나타내며 x, y는 Pressure의 작용 방향에 따라 구분한 것이다.

위와 같은 경계조건을 적용하여 해석을 수행한 결과는 Fig.27~Fig.32의 그림과 같다.

위의 두 그림 Fig. 27, Fig. 28는 Holder의 변형을 나타낸 것이다.

위의 두 그림 Fig. 29, Fig. 30은 x축, y축 각각의 등가응력(equivalent stress)을 나타낸다.

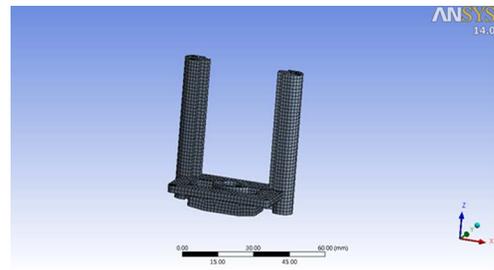


Fig. 24. Hex Dominant Method

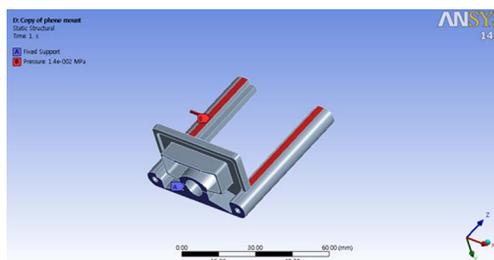


Fig. 25. Boundary conditions-x

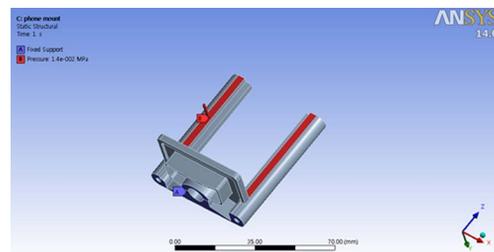


Fig. 26. Boundary conditions-y

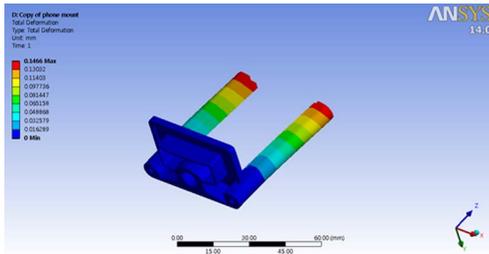


Fig. 27. Total deformation-x

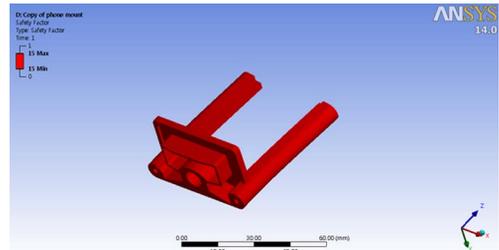


Fig. 31. safety factor-x

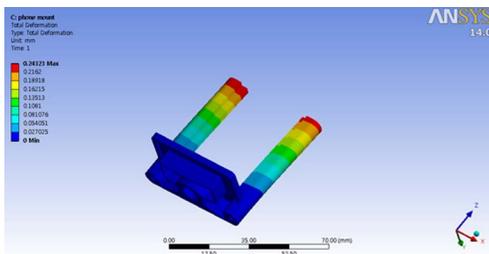


Fig. 28. Total deformation-y

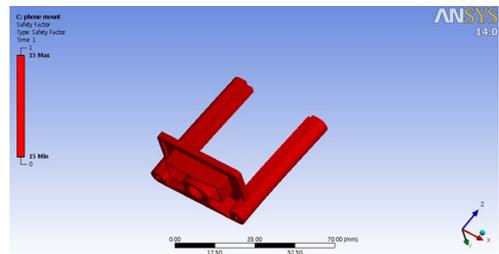


Fig. 32. safety factor-y

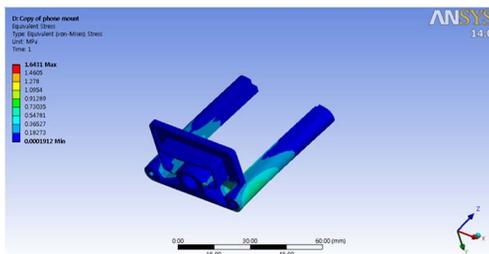


Fig. 29. equivalent stress-x

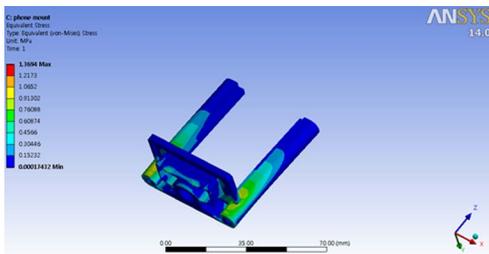


Fig. 30. equivalent stress-y

Table 2. Results of the holder analysis

	x	y
Deformation (max)	0.15 mm	0.24 mm
Stress (max)	1.5 Mpa	1.3 Mpa
Safety factor (min)	15	15

위의 Table. 2는 앞의 해석 결과를 통해 얻은 Deformation, Stress, Safety factor 의 최대값, 최소값을 x, y 방향에 따라 나타낸 것이다. 해석 결과를 통해 Holder에 x축으로 힘이 작용할 때 최대 응력이 발생함을 알 수 있다. 3.2절과 같이 적용된 하중에 대해 안전하다는 것을 확인하였다.

3.4 Full model analysis

앞의 두 해석을 통하여 Smartphone holder의 각 part는 충분히 안전하다는 결과를 도출하였고, 2.2절에서 언급한 것과 같이 동일하중에 대하여 가장 취약할 것이라 예상되는 최대로 펼친 셀카봉에 대한 full model해석을 수행하였다. Holder및 connector는 앞의 절과 동일하게 ANSYS 14.0에서 제공하는 polyethylene을 적용하였고, Bar는 stainless steel을

위의 두 그림 Fig. 31, Fig. 32은 각각의 안전율을 나타낸 것이다.

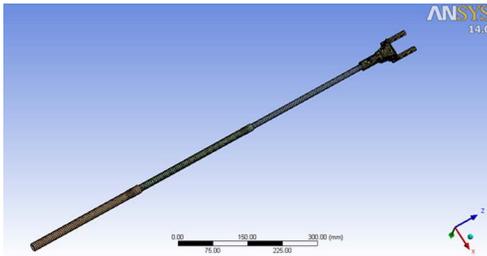


Fig. 33. Hex Dominant Method

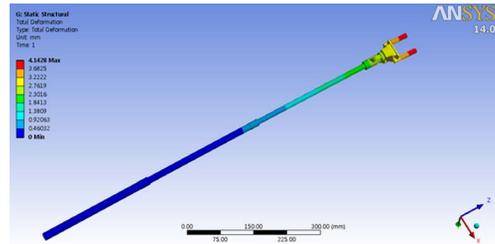


Fig. 37. Total deformation-y

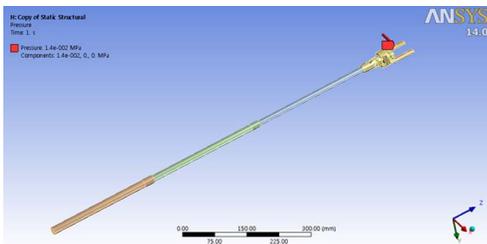


Fig. 34. Boundary conditions-x

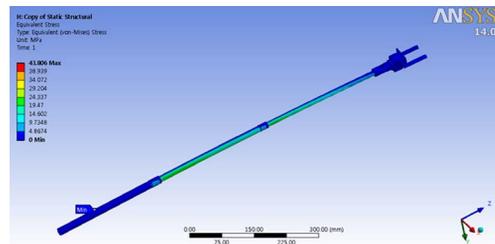


Fig. 38. equivalent stress-x

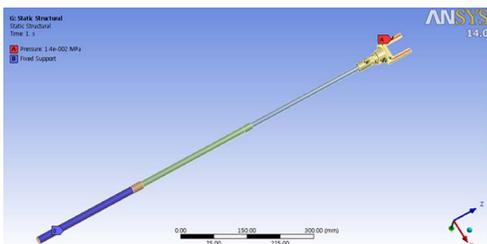


Fig. 35. Boundary conditions-y

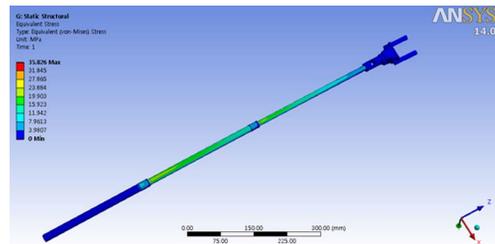


Fig. 39. equivalent stress-y

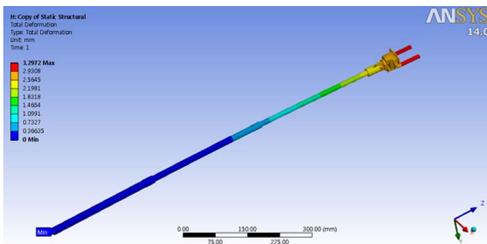


Fig. 36. Total deformation-x

부분에 Fixed support와 Holder의 스마트폰 거치 부분에 Pressure를 3.2절과 동일하게 적용하였다. 아래의 Fig. 33은 Hex Dominant Meshing이 적용된 형상을 나타내고, Fig. 34, Fig. 35는 경계조건을 나타내며 x, y는 Pressure의 작용 방향에 따라 구분하였다.

위와 같은 경계조건을 적용하여 해석을 수행한 결과는 Fig. 36~Fig. 41과 같다.

위의 두 그림 Fig. 36, Fig. 37은 Holder의 변형을 나타낸 것이다

위의 두 그림 Fig. 38, Fig. 39은 x축, y축 각각의 등가응력(equivalent stress)을 나타낸다.

위의 두 그림 Fig. 40, Fig. 41은 각각의 안전율을 나타낸 것이다.

적용하였다. Hex Dominant Method(Element size 1.5 mm)를 이용하여 Holder및 connector의 Mesh를 생성하고, 상단Bar는 2 mm, 하단Bar는 4 mm의 Sizing으로 Mesh를 생성하였다. 경계조건은 손잡이

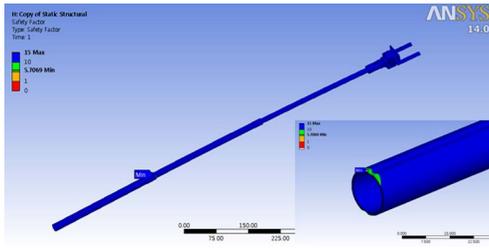


Fig. 40. safety factor-x

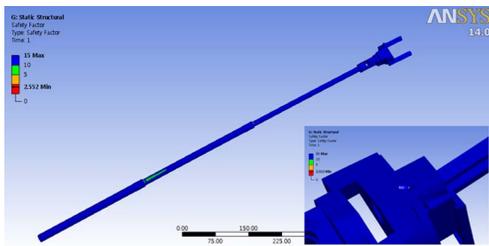


Fig. 41. safety factor-y

Table 3. Results of the full model analysis

	x	y
Deformation (max)	3.3 mm	4.1 mm
Stress (max)	43 Mpa	36 Mpa
Safety factor (min)	5.7	5

위의 Table. 3은 full model의 해석을 통해 얻은 Deformation, Stress, Safety factor의 최대값, 최소값을 x, y 방향에 따라 나타낸 것이다. 해석결과를 통해 x축으로 힘이 작용할 때 최대응력이 발생하는 것을 볼 수 있다. 또한, Smartphone holder가 아닌 bar에서 최대응력이 발생하였다. 이는 해석 전 예상한 결과와 일치하는 결과이다.

하지만, Fig. 40과 Fig. 41에 나타난 safety factor와 같이 가장 취약한 부분의 안전율이 5이므로 일반적으로 사용되는 안전율 2보다 높은 값으로 해당 하중에 대해서는 안전하다는 것을 알 수 있다.

Holder와 connector 두 파트는 붙어있는 것이 아닌 나사를 이용하여 고정하는 것이므로 Fig. 41 우측 하단과 같은 응력은 발생하지 않는다고 판단하였

고, 최대 응력 또한 Fig. 40과 같이 Bar 부분에서 나타난다고 예상된다.

4. 결 론

FreeCAD 0.14의 기본적인 기능들을 이용하여 셀카봉의 간단한 모델 생성하였고, 셀카봉을 모델링하는 과정에서 다양한 시도를 해보았다. 솔리드 모델에 구멍을 생성하기 위해 Pocket을 사용하거나 Boolean operation을 이용하여 생성하기, Plane offset을 이용하여 스케치 평면을 생성하거나 모델의 surface를 선택하여 스케치 평면 생성하기 등 많은 테스트를 수행하였다.

ANSYS 14.0을 이용한 해석을 통하여 셀카봉 Holder부분은 플라스틱 재질로도 충분히 안전하다는 것을 확인하였으며, Bar 부분에서의 취약점을 확인할 수 있었다. 이를 통해 셀카봉의 무게를 감소시킬 수 있는 부분과 더욱 강건한 설계를 수행해야 하는 부분이 어느 곳인지 알 수 있는 과정이었다.

일반적인 대형 스마트폰의 무게인 200g의 2.5배의 무게(500 g)으로 해석을 수행하였음에도 불구하고 충분히 안전한 파트인 Holder의 무게를 줄이고 취약한 파트인 bar의 길이를 줄이거나 지름을 늘임으로써 더 안전한 셀카봉을 제작할 수 있을 것이다. 또한 현재 시중에 판매되고 있는 다른 셀카봉들의 Bar에 stainless steel을 사용하는 것은 무게 및 강도를 고려하였을 때 가장 적절하다고 판단하였다.

이번 경진대회를 통하여 스마트폰의 취약점이 어느 부분인가 확인할 수 있었고, 카메라 삼각대, 전자식, 블루투스 기능 등을 접목시킨다면 나온다면 보다 효율적인 셀카봉이 될 것이라 예상된다.

감사의 글

해당 경진대회를 주최해 주신 미래창조과학부, KISTI 및 관계자 여러분께 감사의 말을 전합니다.