

# 모니터의 구조적 파손 방지를 위한 지지부의 최대 외부 하중 결정

이인섭, 김정진\*  
계명대학교 기계공학과

## Maximum External Load Determination of Monitor Support Part for Structural Failure Prevention

In Sub Lee, Jung Jin Kim\*  
Department of Mechanical Engineering, Keimyung University

**요약** 모니터는 현대 사회에서 빠질 수 없는 주요한 디스플레이 장치이며, 가격 감소 및 비대면 환경의 확산으로 모니터 사용률은 지속적으로 증가하고 있다. 다만, 모니터의 사용률 증가와 함께 파손 사례도 증가하고 있어 주의가 필요하다. 파손 예방을 위해 모니터의 구조적 거동을 분석하거나 파손을 예측하는 연구들이 많이 수행되었으나, 모니터 지지대에 대한 정량적 분석 연구는 미비한 상황이다. 이에 본 연구는 모니터 파손을 방지하기 위해 모니터 지지대가 견딜 수 있는 최대 외부 하중을 계산하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 모니터 기울기 각도에 따른 최대 하중들을 유한요소해석을 통해 분석하였다. 모니터의 기울기가 20°에서 -5°로 감소할수록 최대 견딜 수 있는 외부 하중이 크기가 증가하는 경향성을 확인하였다. 최종적으로 모니터의 기울기가 20° 일 때의 하중을 지지대의 최대 외부 하중으로 도출되었다. 또한 최대 하중이 모니터 지지부에 가해진 경우 모든 기울기에서 최대 응력이 모니터 지지대와 하판 사이의 연결부에서 발생하였다. 이러한 결과는 실제 파손 사례와 일치한다. 본 연구의 결과들을 모니터 설계하거나 운용할 때 참고 정보로 활용한다면 모니터 파손 예방에 기여할 수 있다.

**Abstract** A monitor is a major display device and one of the necessities in modern society. Its usage is continuously increasing due to the decrease in its price and the spread of a non-face-to-face environment. However, caution is needed as the number of damage cases is increasing along with the increase in monitor usage. Several previous studies have been conducted to analyze the overall structural behavior of the monitor and to prevent or predict its failure. But, the amount of quantitative analysis on the calculation of maximum bearable load of a monitor support is insufficient. Thus, this study aims to calculate the maximum external load that the monitor support can withstand to prevent damage to the monitor. For this purpose, the maximum external loads according to the tilted angle of the monitor were analyzed through a finite element analysis. As the monitor's tilt angle decreases from 20° to -5°, it was confirmed that the maximum external load increases and can be endured. The lowest maximum load was calculated when the monitor was tilted at 20°. In particular, when the maximum load was applied to the monitor support, the maximum stress occurred at the connection between the monitor support and the lower plate, which is consistent with the actual failure. In essence, if the results of this study are used as a reference while designing or operating a monitor, it will contribute to the prevention of monitor failure.

**Keywords** : Computer Monitor, External Load Estimation, Failure, Finite Element Analysis, Static Analysis

---

본 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.(No. 2021R111A3043967)

\*Corresponding Author : Jung Jin Kim(Keimyung Univ.)

email: kjj4537@gmail.com

Received September 30, 2021

Revised November 3, 2021

Accepted January 7, 2022

Published January 31, 2022

## 1. 서론

모니터는 컴퓨터를 구성하는 대표적인 출력 장치로, 영상을 표시하는 디스플레이 장치이다. 20세기 후반부터 컴퓨터 및 모니터의 가격 감소는 모니터의 대중화를 이끌었다. 최근에는 코로나19 상황에 의한 비대면 환경의 확산이 모니터 사용량을 증가시키고 있다. 2020년에 수행된 인터넷 실태 통계 조사에 의하면, 인터넷 사용자 중 51.9%는 데스크탑을 이용하고 있으며 1대 이상의 모니터를 사용하고 있다고 조사된 바 있다[1]. 다만, 모니터의 사용률 증가와 함께 모니터 파손 사례도 급증하고 있어 주의가 필요한 상황이다.

일반적으로 모니터의 파손은 크게 모니터 본체의 액정 부분 파손과 액정 부분을 둘러싼 구조물(프레임, 기둥, 하판 등)의 파손으로 구분할 수 있다. 다만, 두 파손 모두 과도한 외부 하중에 의해 발생하는 것은 동일하다. 따라서 외부 하중에 대한 구조적 거동 분석은 모니터 파손 방지를 위해 매우 중요하다. 이에 많은 연구자들이 모니터의 구조적 거동을 분석하거나 파손을 예측하는 연구를 수행하였다.

이종선은 무게 중심에 따른 모니터의 구조적 거동을 분석하였다[2]. 박상후 외 2명은 액정 디스플레이(LCD)의 패널 유리 파손 평가에 관한 연구를 하였다[3]. 정재학 외 3명은 액정 디스플레이 나사로 인한 충격 해석을 수행하였다[4]. 다만, 대부분의 연구가 모니터 본체(액정) 파손에 대해 집중되어 있으며, 소수의 연구[5]를 제외하고 지지대에 대한 연구는 미비한 상황이다.

모니터 지지대는 모니터 자체의 무게를 지탱할 뿐만 아니라 사용자에게 시선에 맞는 각도를 유지하는 중요한 기능을 한다. 특히 모니터 지지대는 모니터의 기울기 조절시 사용자 의해 발생한 외부 하중을 견디는 중요한 역할을 담당한다. 다만 사용자에게 의한 모니터 지지대 파손 사례를 쉽게 찾아볼 수 있다. 이러한 사실은 모니터 지지대가 모니터의 전체적인 구조적 거동과 높은 연관성이 있음을 말한다. 따라서 모니터 지지대에 대한 연구는 모니터 파손 방지를 위해 필수적으로 수행되어 한다.

본 연구는 모니터 지지대가 견딜 수 있는 최대 외부 하중을 계산하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 유한요소해석을 통해 모니터 기울기 각도에 따른 최대 하중들을 분석하였다. 계산된 각도별 최대 하중들 중 가장 낮은 값을 모니터 지지대의 최대 외부 하중으로 결정하였다. 최종적으로 결정된 최대 외부 하중을 실제 성인의 힘과 정량적으로 비교하여 모니터 지지대의 안전성을 분석하였다.

## 2. 본론

본 연구에서는 모니터 지지대 모델을 선정 후 CAD 모델링을 수행하였다. 이어서 다양한 각도 하중조건에서의 유한요소해석을 통해 최대 외부 하중을 결정하였다.

### 2.1 모델 선정

본 연구에서는 LG사의 24MK430H 모니터의 지지대를 해석 대상으로 선정하였다. 해당 모델은 다른 모델에 대비 비슷한 기능에도 불구하고 저렴한 가격으로 경쟁력을 가지고 있어 소비자들로부터 많은 관심을 받고 있는 모델이다. 24MK430H 모니터의 지지대는 가로 175.6 mm, 세로 181.9 mm, 높이 109.0 mm이며 가진다(Fig. 1). 그리고 지지대 기둥의 두께와 직경은 각각 1.5 mm과 35.6 mm이다.

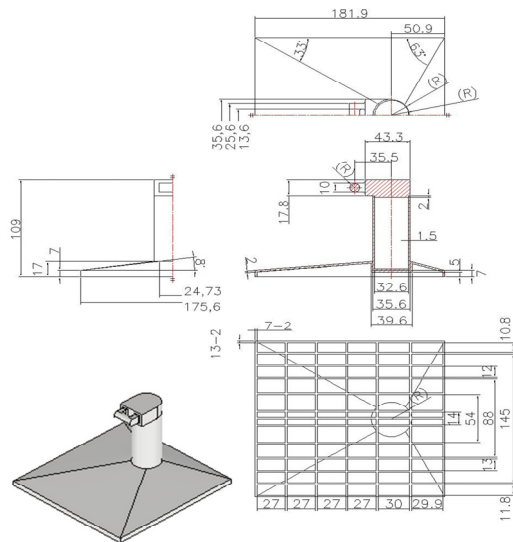


Fig. 1. Draft of monitor support part

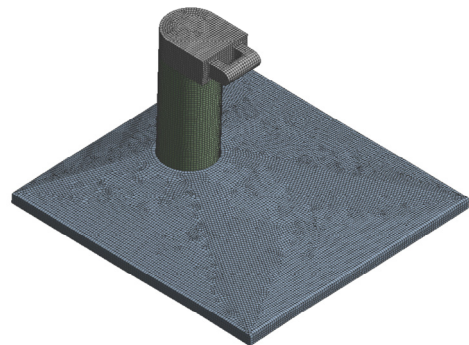


Fig. 2. finite element model for the support part

### 2.2 유한요소 모델링

본 연구에서 유한요소 모델링은 ANSYS 2021 R2의 Workbench[6]를 통해 수행하였다. CAD모델을 2차원 셸(Shell) 요소와 3차원 육면체 요소로 분할하여 구성하였다(Fig. 2). 해석의 정확성과 효율성 향상을 위해 하중의 영향이 적은 기울기 조정(tilt)부분과 기둥은 각각 1.5 mm 크기의 셸 요소로 구성하였다. 모니터 본체와 지지부 기둥 사이의 틸딩부는 육면체 요소로 구성하였다. 다만, 연결부(본체와 기둥, 기둥과 하판)의 경우 높은 응력이 발생하는 부분으로 요소의 크기를 동일하게 1.5 mm 크기로 설정하였다. 최종적으로 유한요소모델은 총 117,397개의 절점과 48,474개의 요소로 구성되었다. 요소는 평균적으로 1.821의 형상비(aspect ratio)를 가졌다.

각 요소에는 폴리옥시메틸렌 (Polyoxymethylene, POM)의 물성치를 부여하였다(Table 1). 해당 재료는 결정성의 열가소성 플라스틱으로 기계적 강도 내마모성이 우수하여 모니터 지지대에 적합하다고 알려져 있다[7].

Table 1. Material properties of POM

Young's Modulus [MPa]	2,884
Poisson's Ratio	0.39
Bulk Modulus [MPa]	4,518
Shear Modulus [MPa]	1,038
Tensile Ultimate Strength [MPa]	80.04
Tensile Yield Strength [MPa]	64.04

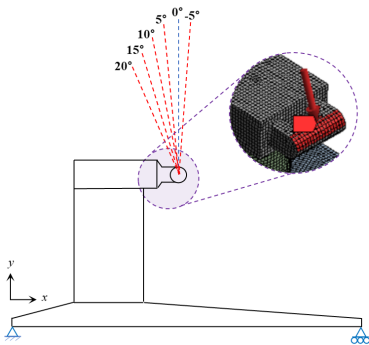


Fig. 3. Loading and boundary conditions

### 2.3 최대 외부 하중 계산

본 연구에서는 유한요소해석을 통해 모니터 기울기 각도에 따른 최대 외부 하중들을 계산하였다. 이를 위해 경계조건은 사용자가 모니터 각도 조절시 위에서 누르는 경우를 가정하여 부여하였다. 지지대의 하판을 완전 고

정하였으며, 하중은 모니터 연결부에 각도별로 수직 하중으로 부여하였다(Fig. 3).

각도는 모니터의 기울기 범위인  $-5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 로 제한하였으며,  $2.5^{\circ}$ 씩 분할하여 총 11개의 각도에서 해석을 수행하였다. 수직 하중은 모니터 본체와 지지대의 연결부에 분포 압력 형태로 부여하였다. 단, 하중이 가해지는 면적은 모든 각도에서 동일하게 면적의 1/2로 한정하였다(면적은  $307.876 \text{ mm}^2$ 이다). 각도별 최대 외부 하중은 파손의 경계인 안전율 1을 기준으로 최대 외부 압력으로 결정하고 면적을 곱하여 계산하였다(Eq.1).

$$F_{\max, \theta} = P_{\max, \theta} \times A \quad (1)$$

$F_{\max, \theta}$ 는 임의의 각도  $\theta$ 에서의 최대 외부 하중이며,  $P_{\max, \theta}$ 는 임의의 각도  $\theta$ 에서의 최대 외부 압력이다.  $A$ 는 외부 압력이 가해지는 면적이다.

최종적으로 모니터 지지부의 최대 외부 하중( $F_{\max}$ )은 각도별 최대 하중 중 최소값으로 결정하였다(식.2).

$$F_{\max} = \operatorname{argmin} (F_{\max, \theta}) \quad (2)$$

본 연구는 ANSYS 2021 R2의 Workbench를 이용하여 정적 유한요소해석을 수행하였다. ANSYS의 SHELL281과 SOLID185를 이용하여 2차원 셸 요소와 3차원 육면체 요소를 각각 구현하였다. 그리고 장비는 Lenovo ideapad (CPU: RYZEN 4600H, Ram: 8GB, GPU: Geforce 1650Ti)을 사용하였다. 해석은 평균적으로 277초를 요구하였다.

Table 2. Maximum pressure and external force according to tilt angle

Tilt Angle(°)	Maximum Pressure[MPa]	Maximum External Force [N]
-5.0	1.21	371.6
-2.5	1.10	337.7
0	1.00	309.1
2.5	0.927	285.4
5.0	0.863	265.6
7.5	0.808	248.8
10.0	0.761	234.3
12.5	0.721	222.0
15.0	0.685	211.0
17.5	0.655	201.8
20.0	0.628	193.3

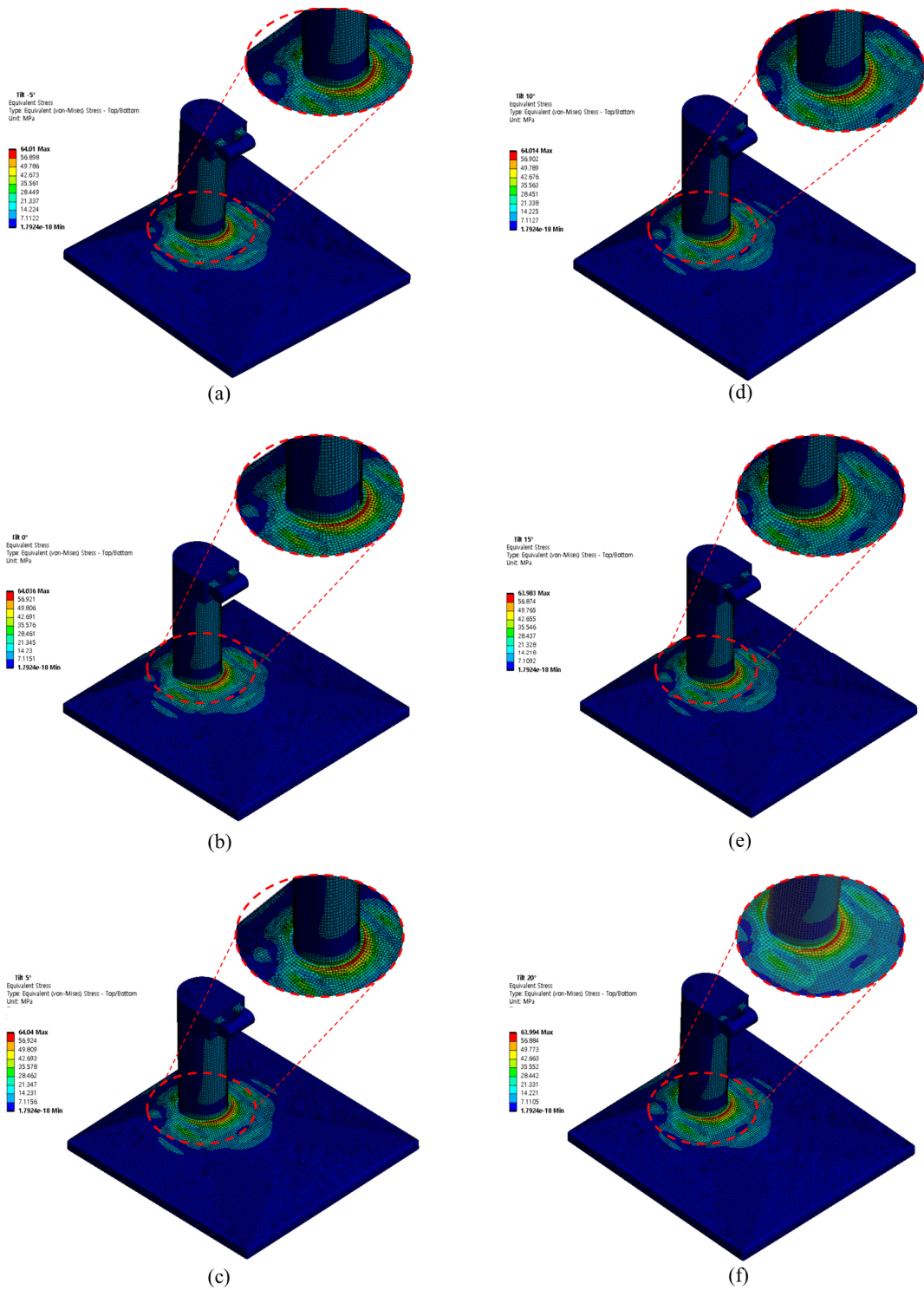


Fig. 4. Structural behavior of the monitor support parts according to the tilted angles under the maximum external load: (a)  $-5^\circ$ , (b)  $0^\circ$ , (c)  $5^\circ$ , (d)  $10^\circ$ , (e)  $15^\circ$ , and (f)  $20^\circ$ .

## 2.4 결과 및 고찰

Fig. 4는 모니터의 기울기에 따라 최대 외부 하중에 대한 지지대의 구조적 거동을 보여준다. 모든 기울기에서 공통적으로 최대 응력이 모니터 기둥 앞 하판에서 발생하는 것을 확인하였다. 이는 기하학적 구조의 급격한 면적 변화로 인해 발생한 응력 집중 현상이며, 본 연구에서 올바르게 구현했음을 말한다. 더불어 최대 응력이 발생한 부위는 모니터 지지대의 실제 파손 사례와도 일치한다. 이러한 결과들은 본 연구의 수행한 방법이 올바르게 수행되었으며, 실제 사례를 모사할 수 있음을 의미한다.

Table 2는 모니터 기울기별 수직 하중에 대한 최대 압력과 최대 하중을 보여준다. 기울기가 20°일 때 최대 외부 하중이 193N으로 가장 작고, -5°까지 기울기가 점점 작아짐에 따라 최대 외부 하중이 371N까지 커지는 경향성을 확인하였다. 따라서 20°에서의 가장 작은 최대 외부 하중을 지지대의 설계 또는 운영 시 고려해야 하는 최대 외부 하중으로 결정되었다. 다만, 193N은 성인 남성(25-29세)이 선 자세에서 양손으로 누르는 힘(230N)[8] 보다 낮아 지지대 운용 시 적은 힘으로도 파손 될 수 있음을 말한다.

모니터의 기울기가 -5°와 5°에서의 최대 외부 하중은 동일한 크기의 각도 변화에도 불구하고 서로 다른 371.6N과 265.6N으로 확인되었다. 이는 ‘ㄱ’자 형태의 부등변 구조에서 하중의 방향에 따라 굽힘 모멘트의 크기가 달라 발생한 결과로 볼 수 있다. 다만, 5°에서의 더 작은 최대 외부 하중은 모니터가 위를 바라보고 있는 경우 운용 시 더 주의해야 함을 말한다.

본 연구가 성공적으로 최대 외부 하중을 도출하였지만, 몇 가지 한계점을 가진다. 첫째, 본 연구에서는 지지대의 단순 모델을 가지고 구조적 해석을 수행하였다. 하지만 실제 모델은 모니터 본체와 지지대, 기둥과 하판 등의 연결부에서 나사와 같은 체결 요소를 사용하여 결합된다. 따라서 정확한 구조적 거동 분석을 위해서는 해당 부위의 복잡한 구현을 통해 추후 연구가 수행되어야 한다. 둘째, 본 연구에서는 수직 하중만을 고려하였다. 일반적으로 구조적 거동은 다양한 패턴에 의존할 수 있으므로 수평 하중을 고려한 복합 하중에 대한 분석이 필요하다. 셋째, 본 연구에서는 시간 및 비용의 문제로 인해 유한요소해석만을 수행하여 최대 외부 하중을 결정하였다. 하지만, 본 연구의 방법이 산업 분야로 적용되기 위해서는 POM의 물성치 등을 고려한 실험 기반의 검증 연구가 필요하다.

## 3. 결론

모니터 지지대는 모니터 자체의 무게를 지탱할 뿐만 아니라 사용자에게 시선에 맞는 각도를 유지하는 중요한 기능을 한다. 특히 모니터의 기울기 조절 시 사용자에게 의한 외부 하중을 견디는 중요한 역할을 담당한다. 따라서 지지대가 견딜 수 있는 최대 하중을 알 수 있다면 모니터 설계 시 참고 정보로 활용할 수 있으며, 운용 시 가이드 라인을 제시하여 파손을 방지할 수 있다. 이에 본 연구에서는 모니터 지지대가 최대로 견딜 수 있는 최대 외부 하중을 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 모든 모니터 기울기에서 공통적으로 최대 응력이 모니터 기둥 앞 하판에서 발생하는 것을 확인하였다.
- (2) 모니터의 기울기가 20°에서 -5°로 감소할수록 최대 외부 하중이 커지는 경향성을 확인하였다. 모니터 지지대가 견딜 수 있는 최대 하중은 193N으로 결정되었다.
- (3) 결정된 최대 외부 하중은 성인 남성이 누르는 힘(230N)보다 낮아 모니터 운용 시 적은 힘으로도 파손 가능성을 의미한다.
- (4) 모니터 파손 방지를 위해 최대 외부 하중 결정법의 활용에 대한 고려가 구조 설계 시 필요하다고 판단된다.

## References

- [1] BM. Chung, SJ. Min, YH. Lee, YJ. Han, "2020 Survey on the Internet Usage", National Information Society Agency, South Korea, 2021, pp.100-111.
- [2] JS. Lee, "Structural Analysis of LCD Monitor", *Korean Society for Precision Engineering*, Vol.14, No.9, pp.4191-4196, 2013.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.9.4191>
- [3] S. H. Park, B. Y. Lee, Y. Y. Earmme, "Analysis on the Fracture of a Panel Glass in a Liquid Crystal Display Module under Mechanical Shock", *Korean Society for Precision Engineering*, Vol.17, No.12, pp.76-81, 2000.
- [4] JH. Joung, HBR. Kim, YH. Seong, HH Choi, "A Study on Strength Evaluation of LCD Glass for Drop test", *Korean Society for Precision Engineering*, Vol.24, No.10, pp.99-108, 2007.  
UCI : G704-000101.2007.24.10.1010
- [5] OK. Kwon, *A study for shape Optimization of Monitor Stand Considering Robustness*, Master's thesis, Kyungpook University of Science and Technology, Daegu, Korea, pp.1-31, 2008.

- [6] ANSYS User's Manual Ver.212, ANSYS Inc., 2021.
- [7] JB. Lee, MH. Cho, "The Effect of Surface Micro Texturing on Friction and Wear of Polyoxymethylene", *Korean Tribology Society*, Vol.25, No.3, pp.141-149, 2009.  
UCI: G704-000393.2009.25.3.001
- [8] Size Korea, Korean men's two hands pressing force, <https://sizekorea.kr/measurement-data/power> (accessed Sep. 28, 2021)

---

이 인 섭(In-Sub Lee)

[준회원]



- 2022년 2월 : 계명대학교 기계공학과 졸업 (학사)

<관심분야>

기계설계, 최적설계

---

김 정 진(Jung-Jin Kim)

[정회원]



- 2012년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학사)
- 2014년 2월 : 한국과학기술원 조천식녹색교통대학원(공학석사)
- 2019년 2월 : 한국과학기술원 조천식녹색교통대학원(공학박사)
- 2019년 9월 ~ 현재 : 계명대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

최적설계, 생체역학