

오픈소스 설계 해석 프로그램 KIMM Cyber Lab 소개

2022.9.22.(목)



한국기계연구원 신뢰성평가연구실

• 기계 분야 연구개발, 신뢰성 및 시험평가 등 기술 지원 전문 연구기관

- N-Facility 지정

[기계류 메카트로닉스 부품/장비 신뢰성 평가]

- KIMM Cyber Lab 5종 개발

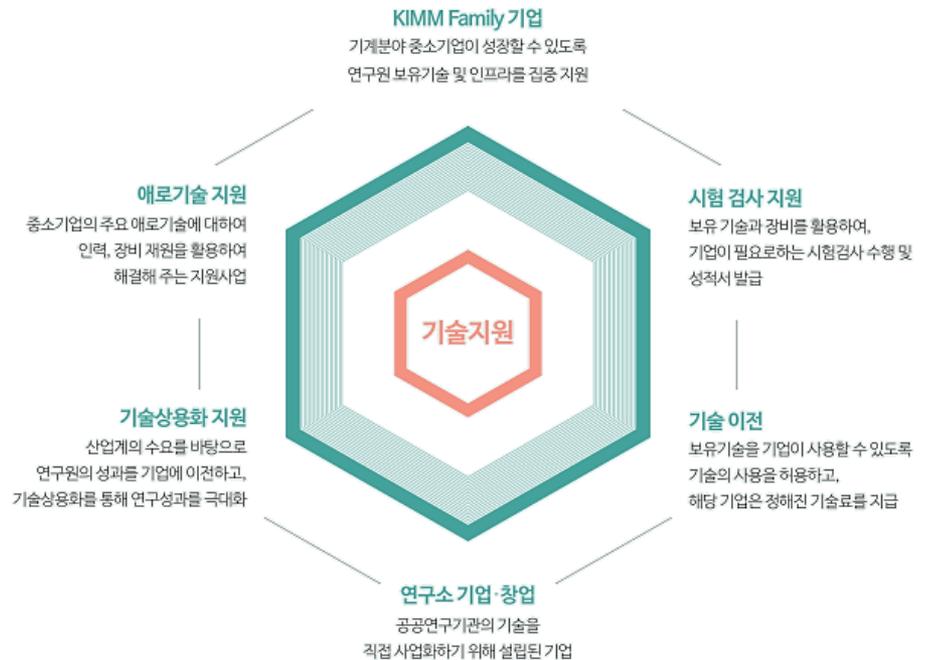
[오픈 소스 설계·해석 프로그램]

- 신뢰성 시험장비 126종 보유

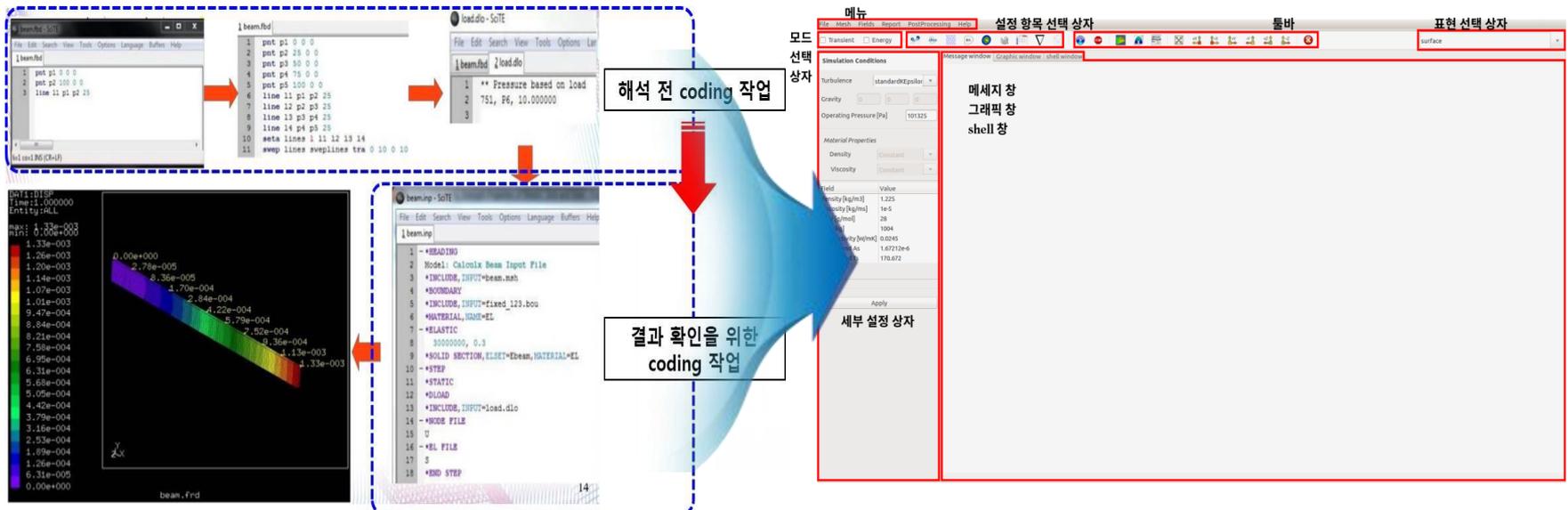
[성능/수명: 93종, 내환경: 33종]

- 기업 지원용 상용 SW 16종 보유

No	SW명	No	SW명
1	NX-CAD	9	SimCenter Studio
2	NX-CAM	10	ANSYS Structure
3	Star-CCM+	11	ANSYS Fluid
4	AMESIM	12	ANSYS Motion
5	PreScan	13	ANSYS Rocky
6	Process Simulate	14	ANSYS Granta
7	MADe	15	ANSYS Maxwell
8	HEEDS	16	ABAQUS



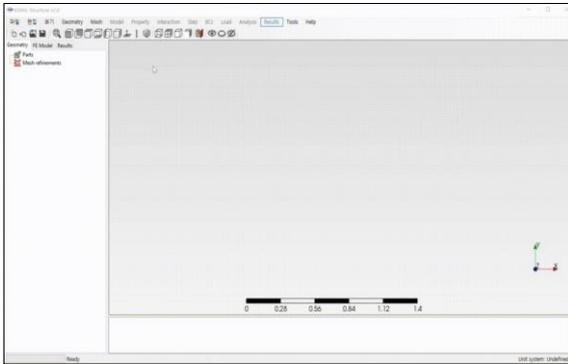
- 기업에서 가상 공학 활용을 위한 프로그램 구축에 많은 비용이 소요되고 있으며[1copy 1억원 내외], 이를 절감하기 위해 Open Source 프로그램을 활용하고 있으나, 프로그램 구동에 어려움이 많음
- 따라서, 기업에서 자유롭게 사용할 수 있도록 Open Source Program을 기반으로 한 무료 해석 프로그램 인프라(KIMM Cyber Lab)를 구축하고 있음.



[기존 오픈소스 코드 작업 방식]

[GUI 작업을 통한 직관성 향상]

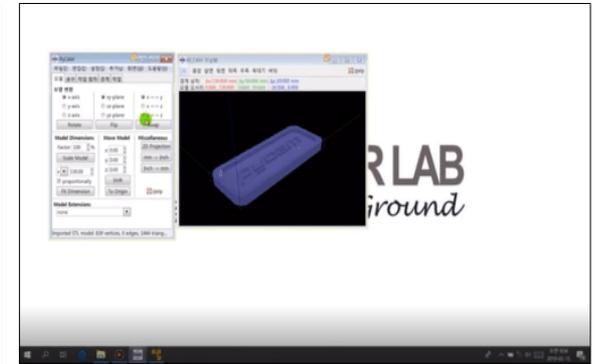
- KIMM Cyber Lab은 CAD & CAM 및 구조해석, 유동 해석 시스템 해석 등으로 구성되어 있으며, 각 프로그램의 베이스 코드는 아래와 같음.
 - KIMM-Structure : Calculix
 - KIMM-Flow : OpenFOAM
 - KIMM-CAD : FreeCAD
 - KIMM-CAM : PyCAM
 - KIMM-SYS : OpenModelica



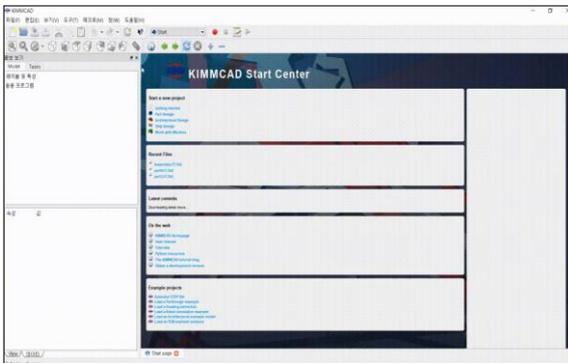
[KIMM-Structure]



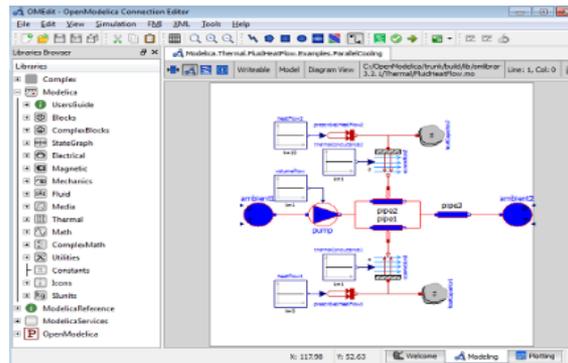
[KIMM-Flow]



[KIMM-CAM]



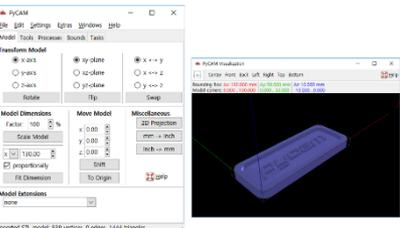
[KIMM-CAD]



[KIMM-SYS]

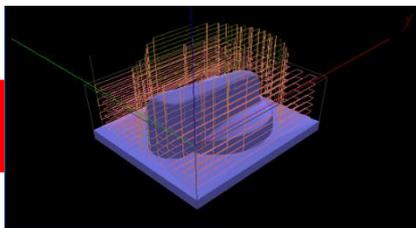
- Open Source Program은 개발 환경에 따라, C++ 또는 C#, Python 등 다양한 언어를 사용하여 구축되어 있으며, 한국기계연구원에서는 아래와 같은 절차를 통해 Open Source Program UI 작업을 수행하고 있음.
- 한국기계연구원의 Open Source Program 개발 전략은 인텔의 'Tic-Toc' 전략을 모방하여, '1차년 프로그램 개발 - 2차년 프로그램 수정 및 신뢰도 확보'의 절차를 따르고 있음.

1. Open Source Program 검토[1개월]



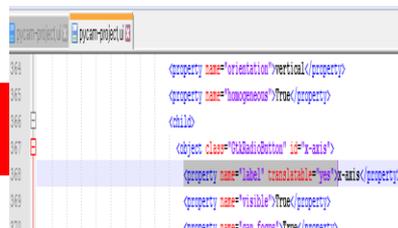
[PyCAM]

2. Open Source Program 기능 비교[3개월]



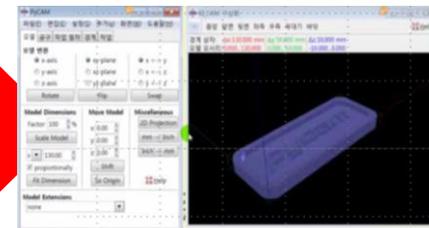
[PyCAM 작업 결과]

3. 개발 환경 확인 및 코드 수정[5개월]

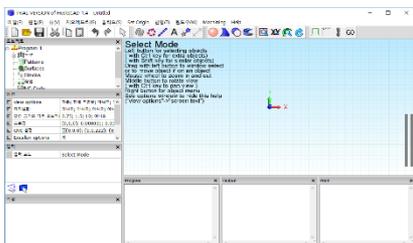


[코드 수정]

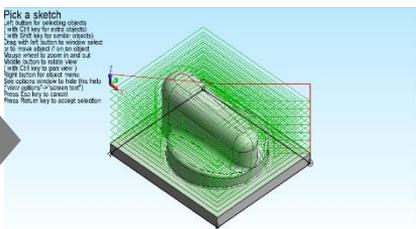
4. 프로그램 구동 확인 및 배포 파일 생성[1개월]



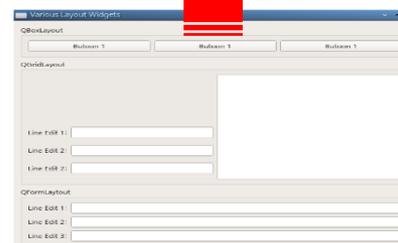
[구동 확인]



[Heeks]



[Heeks 작업 결과]



[UI 배치 검토]

src				
Tests	2011-06-14 오전 7:53	파일 폴더		
aa	2011-06-14 오전 7:53	Windows 설치 파일	1KB	
ChangeLog	2011-06-14 오전 9:07	ProCase Class	11KB	
COPYING	2011-06-14 오전 9:07	텍스트 문서	35KB	
INSTALL	2011-03-28 오전 10...	텍스트 문서	4KB	
LICENSE	2010-03-16 오전 5:49	텍스트 문서	1KB	
logic2.5.0.final-0-1	2019-02-15 오전 8:46	텍스트 문서	358KB	
logic2.5.0.final-0-2	2019-02-15 오전 8:45	텍스트 문서	36KB	
PKC-INFO	2011-06-14 오전 2:04	ProCase Class	2KB	
pycam	2011-06-13 오전 11...	ProCase Class	36KB	
KIMMACAM-0.5.1_standalone	2019-02-15 오전 8:46	공용 프로그램	12,352KB	
README	2011-04-09 오전 9:07	텍스트 문서	2KB	
release_info	2010-11-17 오전 3:16	텍스트 문서	2KB	
setup.cfg	2011-06-14 오전 2:00	CFG 파일	1KB	
setup.py	2011-06-14 오전 2:00	PY 파일	4KB	
technical_details	2011-04-09 오전 9:07	텍스트 문서	2KB	

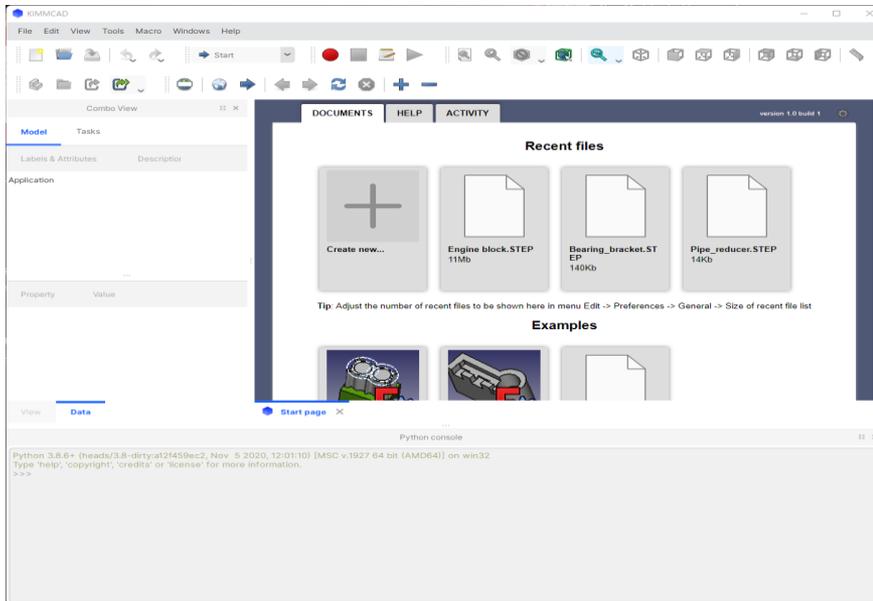
[배포 파일 생성]

- 한국기계연구원에서는 Digital proving ground 를 표방한, KIMM Cyber Lab을 2017년부터 개발을 시작하였으며, KIMM Cyber Lab은 아래와 같은 5개 프로그램으로 구성되어 있음.

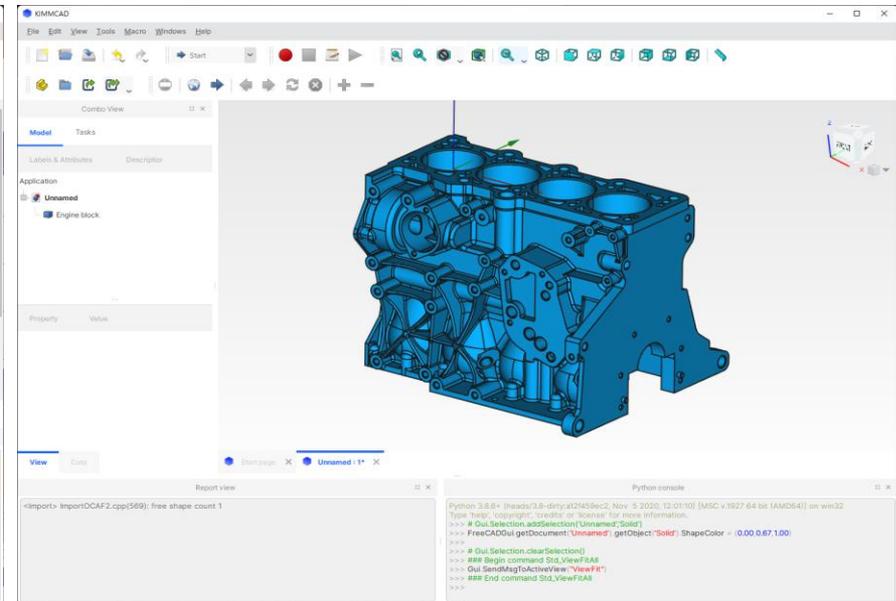
	베이스 프로그램	2017	2018	2019	2020	2021
KIMM-Structure (구조해석)	Calculix		개발	- Tutor 기능 - 접촉 기능 - Step 기능	소재 정보 입력 기능	- 마모 기능 추가
KIMM-Flow (유동해석)	OpenFOAM	개발	- 격자 기능 - 열유동 해석 기능		- MRF 기능 - Porous jump	- VOF 기능
KIMM-CAM (CNC시뮬레이션)	PyCAM		개발	- 용어 수정		
KIMM-CAD (3D 모델링)	FreeCAD			개발		- UI 수정 - Assembly 기능
KIMM-Sys (시스템 해석)	Open Modelica					개발
연동 프로그램	-			드론 시뮬레이터	KIMM-Sys용 자동차 시뮬레이터	KIMM-Sys용 드론 및 자동차 시뮬레이터

KIMM-CAD

- KIMM-CAD는 오픈 소스 프로그램 중 하나인 FreeCAD를 기반으로 개발된 stand alone 설계 프로그램으로서, **5차년도에 유저 편의성을 위해 전반적인 UI 수정을 추진**하였음.
- 현재, 프로그램 배포를 위해, 가이드 북 및 튜토리얼 작업을 진행 중.



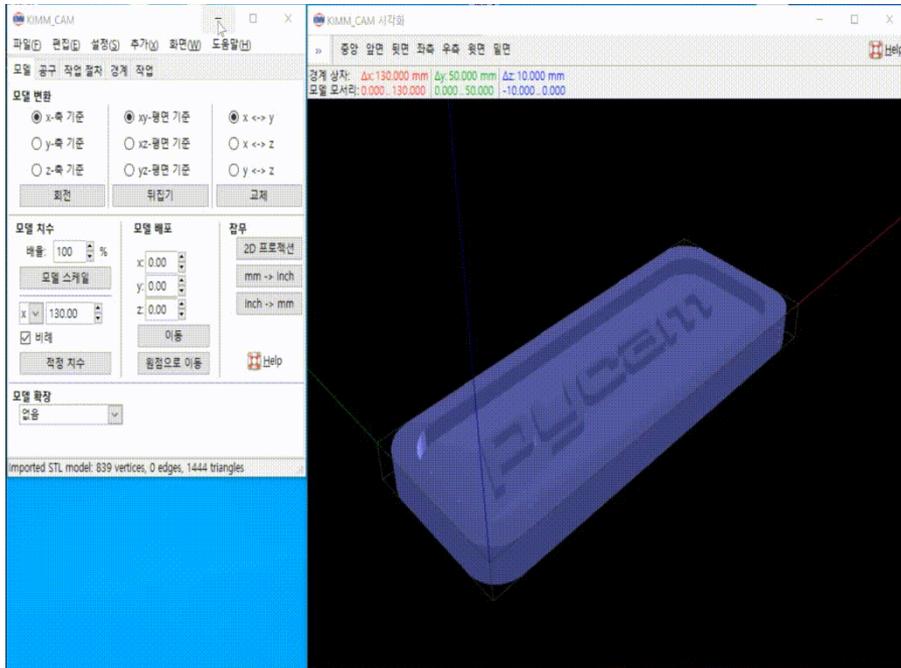
[KIMM-CAD 메인 화면]



[모델링 importing 결과]

KIMM-CAM

- KIMM-CAM의 사용자 편의성 향상을 위해 용어 정리 및 컴퓨터 선반 가공 기능사 문제를 바탕으로 한 예제 10문제를 개발
- 한국기계연구원에서 보유한 공작기계를 활용하여, **CAM 프로그램의 유효성을 검토 중**



[KIMM-CAM]

```

G00 (disable tool radius compensation)
M49 (disable tool length compensation)
G80 (cancel modal motion)
G54 (select coordinate system 1)
G98 (disable incremental moves)
G21 (metric)
G61 (exact path mode)
F100.0000
S6000.0000
;PVCAM_TOOLPATH_SETTINGS: START
;[Bounds]
;maxx = 0.0
;maxy = 95.0
;maxz = 95.0
;minx = 0.0
;miny = 5.0
;minz = -30.0
;[Tool]
  
```

[G코드]



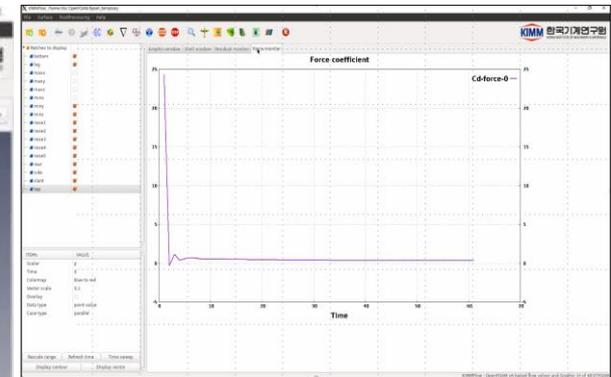
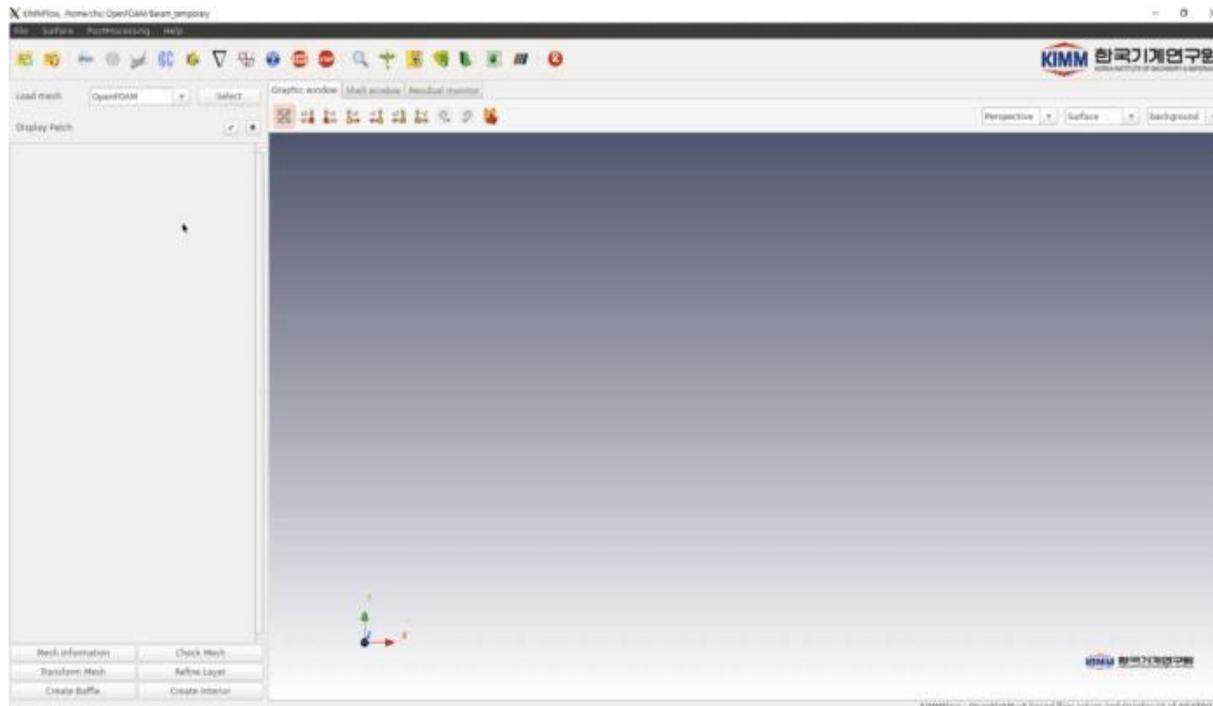
[실제 가공 장면]



[가공 완성품]

KIMM-Flow

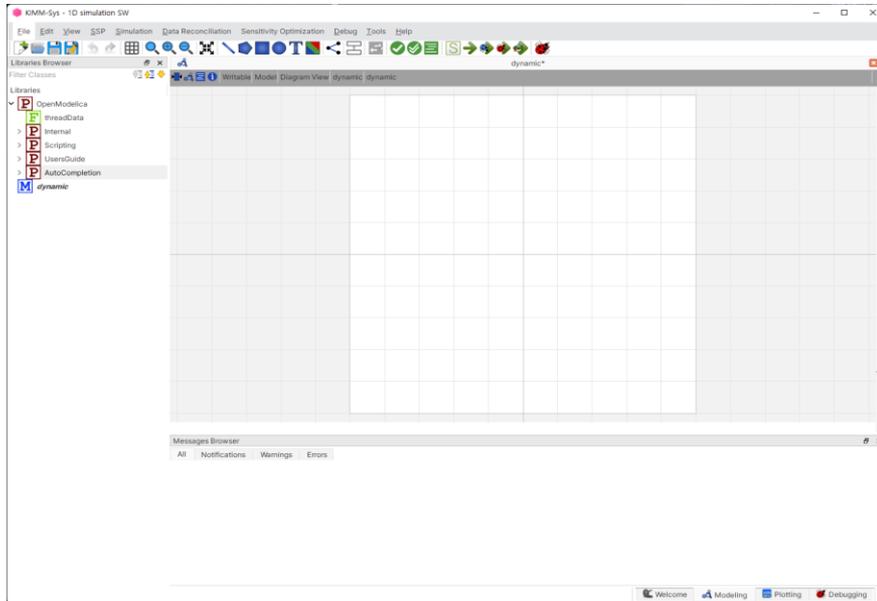
- KIMM-Flow는 오픈 소스 프로그램 중 하나인 OpenFOAM를 기반으로 개발된 stand alone 유동 해석 프로그램으로서, NextFOAM과 협업하여 개발 중임.
- 현재, 프로그램 **유저층 확보**를 위해 **따라하기 예제 20개를 개발**을 추진하고 있으며, 향후 이를 통해 교육 및 기술 지원에 활용할 계획임.



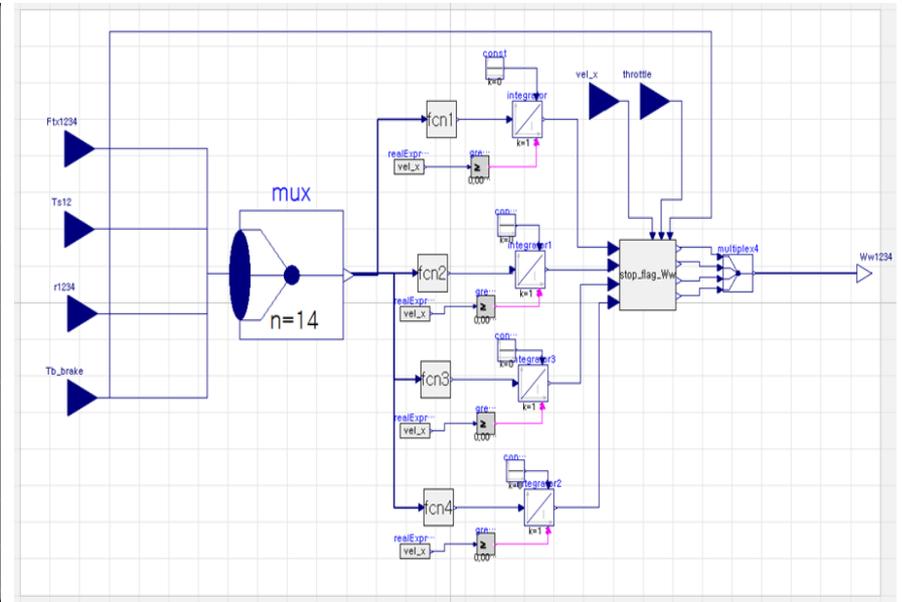
[KIMM-Flow]

KIMM-SYS

- KIMM-SYS는 오픈 소스 프로그램 중 하나인 Open Modelica를 기반으로 개발된 stand alone 시스템 해석 프로그램으로서, **5차년도에 UI 수정을 추진**하였음.
- 현재, 프로그램 내 라이브러리 정리와 배포를 위한 가이드 북 및 튜토리얼 작업을 진행 중.



[KIMM-SYS 메인 화면]



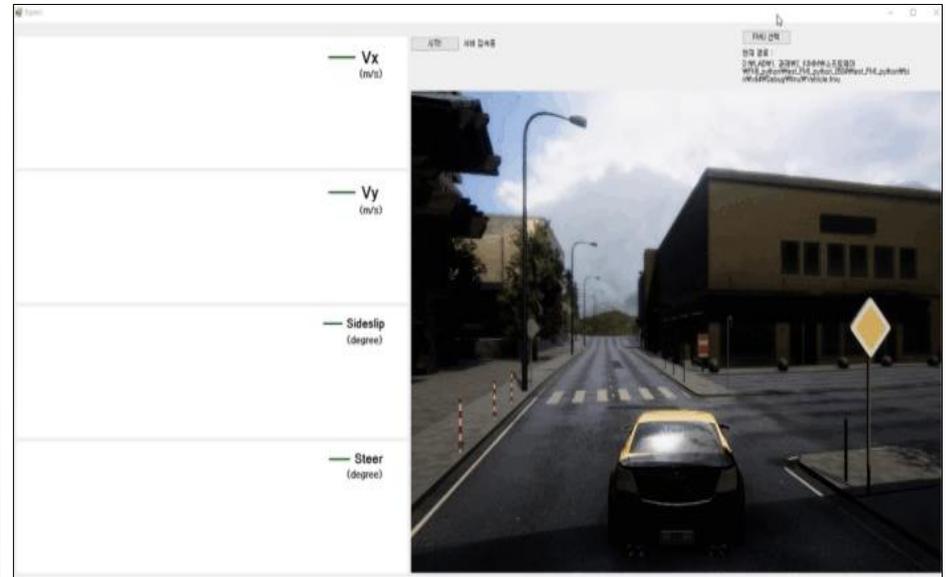
[자동차 모델링 구현]

KIMM-Drone & Car

- 한국기계연구원에서는 차년도 개발될 KIMM-Sys의 시각화를 위해 Modelica 기반의 FMU를 바탕으로 드론 및 자동차 주행 상태를 구현하는 KIMM-Drone & Car를 개발하였음.
- 향후, KIMM-SYS와 연계를 통해 드론 및 자동차 시스템을 비롯한 부품 시뮬레이션이 가능해 질 것으로 기대



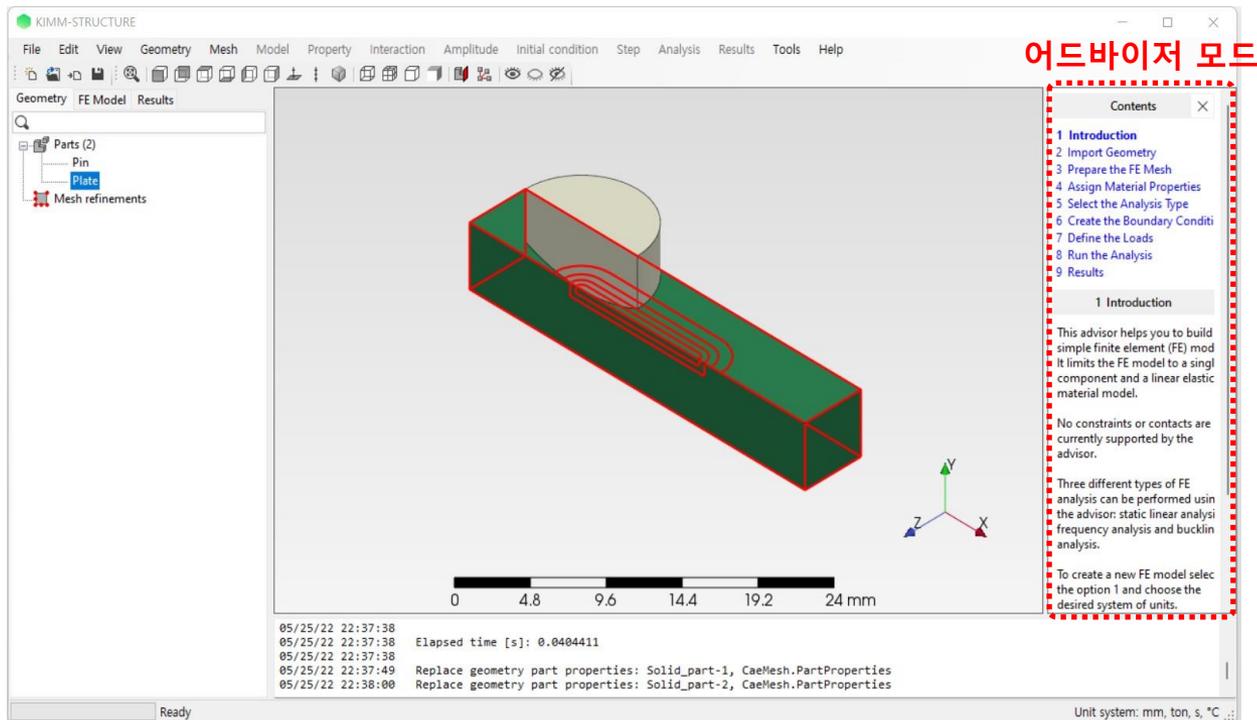
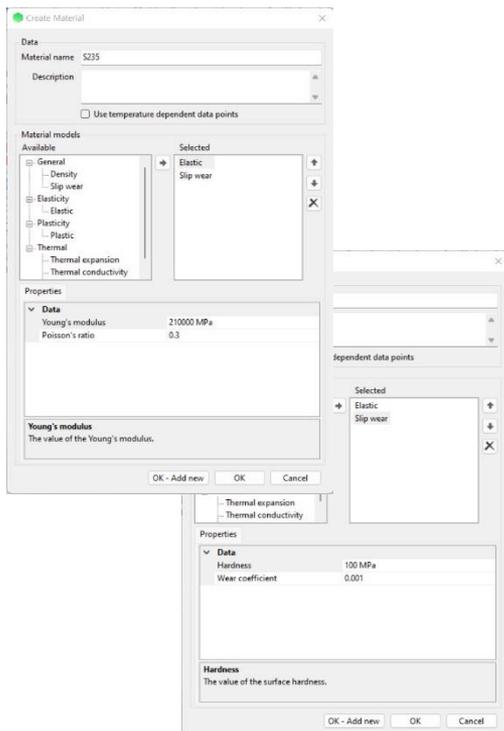
[KIMM-Drone]



[KIMM-Car]

KIMM-Structure

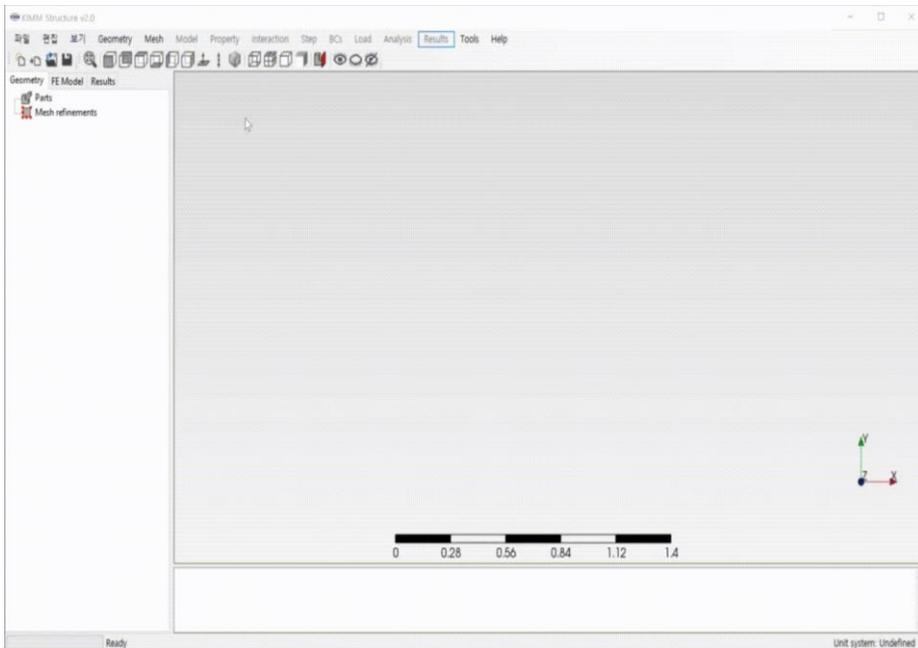
- KIMM-Structure는 슬로베니아 마리보르 대학과 협업을 통해 개발한 프로그램으로서, 기본 UI 구성은 C# 프로그램 및 그래픽 가시화 프로그램으로는 vtk를 활용하였으며, 내부 솔버로는 앞서 언급된 Calculix를 활용하여 구성하였음.



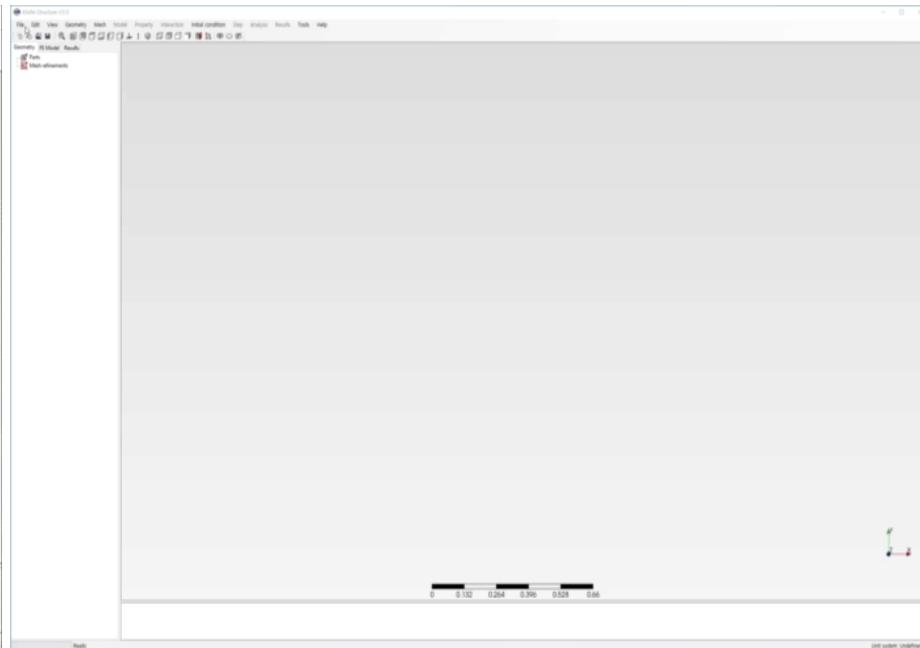
[KIMM-Structure 화면 구성]

KIMM-Structure

- KIMM-Structure는 아래와 같이 기본 구조해석 기능을 포함한 열 팽창 및 대변형 기능이 있으며, 2021년 Archard Eq에 기반한 마모 해석 기능을 추가함.



[대변형 기능]



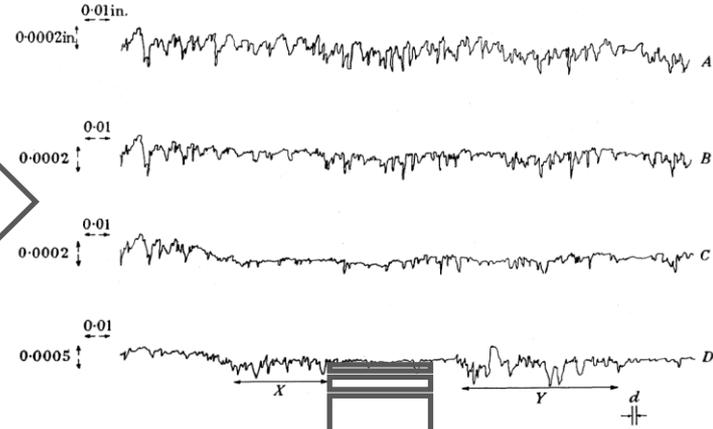
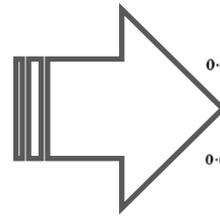
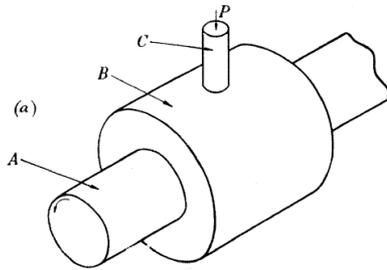
[열 팽창 기능]

Archard Equation

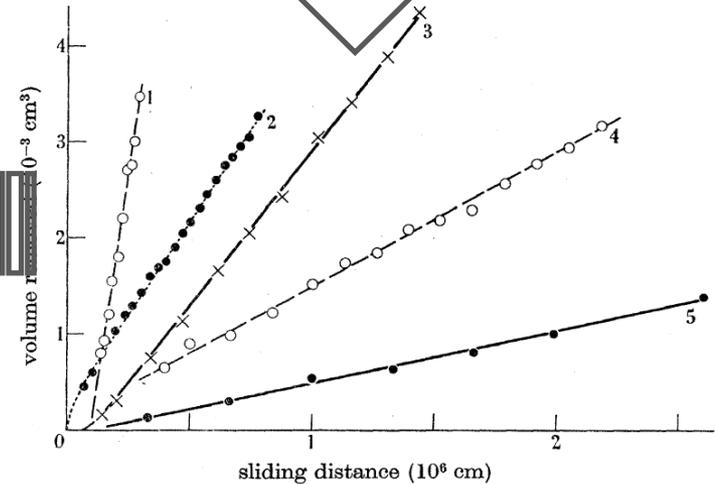
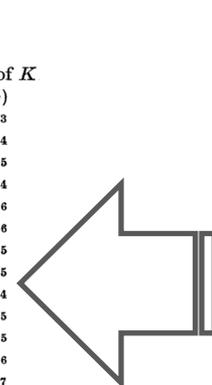
· 마모 기능에 활용된 Archard Equation은 미끄럼 마모를 설명하는 데 사용되는 간단한 모델로서, 접촉 이론을 기반함

$$Q = \frac{KWL}{H}$$

- Q = 총 마모량
- K = 마모 계수
- W = 하중
- L = 슬라이딩 거리
- H = 마모 면의 경도



combination of materials	wear rate (10^{-10} cm ³ /cm)	hardness (10^6 g/cm ²)	calc. value of K (from (1))
mild steel on mild steel	1570	18.6	7×10^{-3}
60/40 brass	240	9.5	6×10^{-4}
Teflon	200	0.5	2.5×10^{-5}
70/30 brass	100	6.8	1.7×10^{-4}
Perspex	14.5	2.0	7×10^{-6}
moulded Bakelite x 5073*	12.0	2.5	7.5×10^{-6}
silver steel	7.5	32	6×10^{-5}
beryllium copper	7.1	21	3.7×10^{-5}
hardened tool steel	6.0	85	1.3×10^{-4}
Stellite grade 1	3.2	69	5.5×10^{-5}
ferritic stainless steel	2.7	25	1.7×10^{-5}
laminated Bakelite 292/16*	1.8	3.3	1.5×10^{-6}
moulded Bakelite 11085/1*	1.0	3.0	7.5×10^{-7}
sintered tungsten carbide on mild steel	0.9	18.6	4×10^{-6}
laminated Bakelite 547/1*	0.4	2.9	3×10^{-7}
polyethylene	0.3	0.17	1.3×10^{-7}
sintered tungsten carbide on sintered tungsten carbide	0.03	130	1×10^{-6}

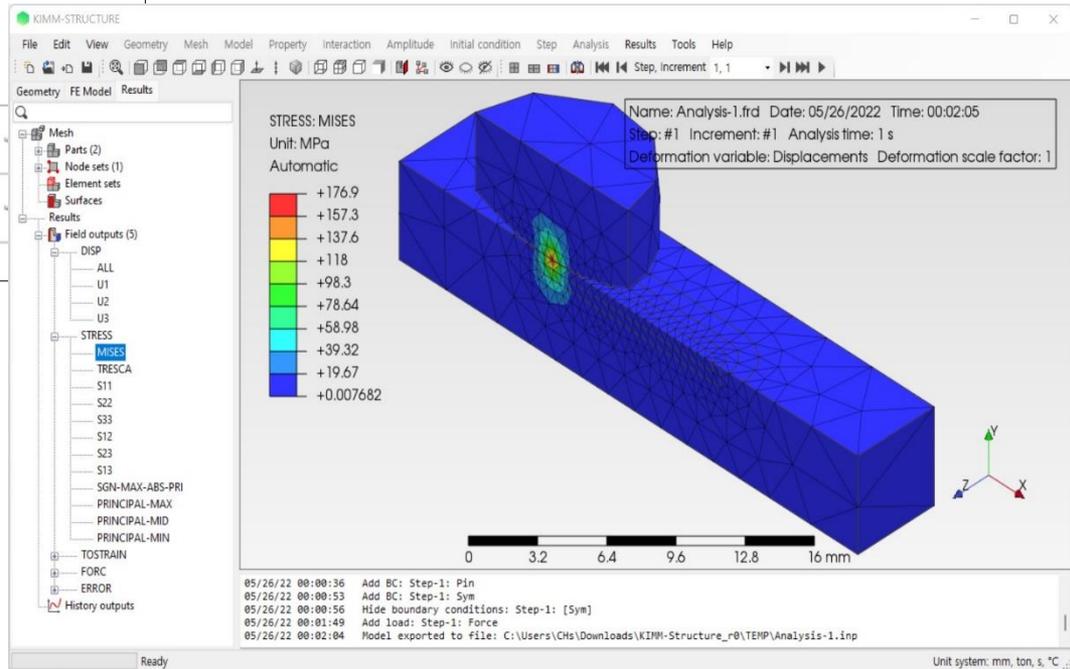
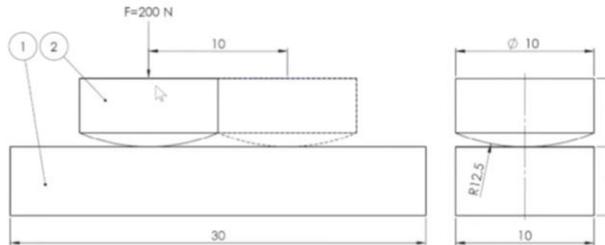


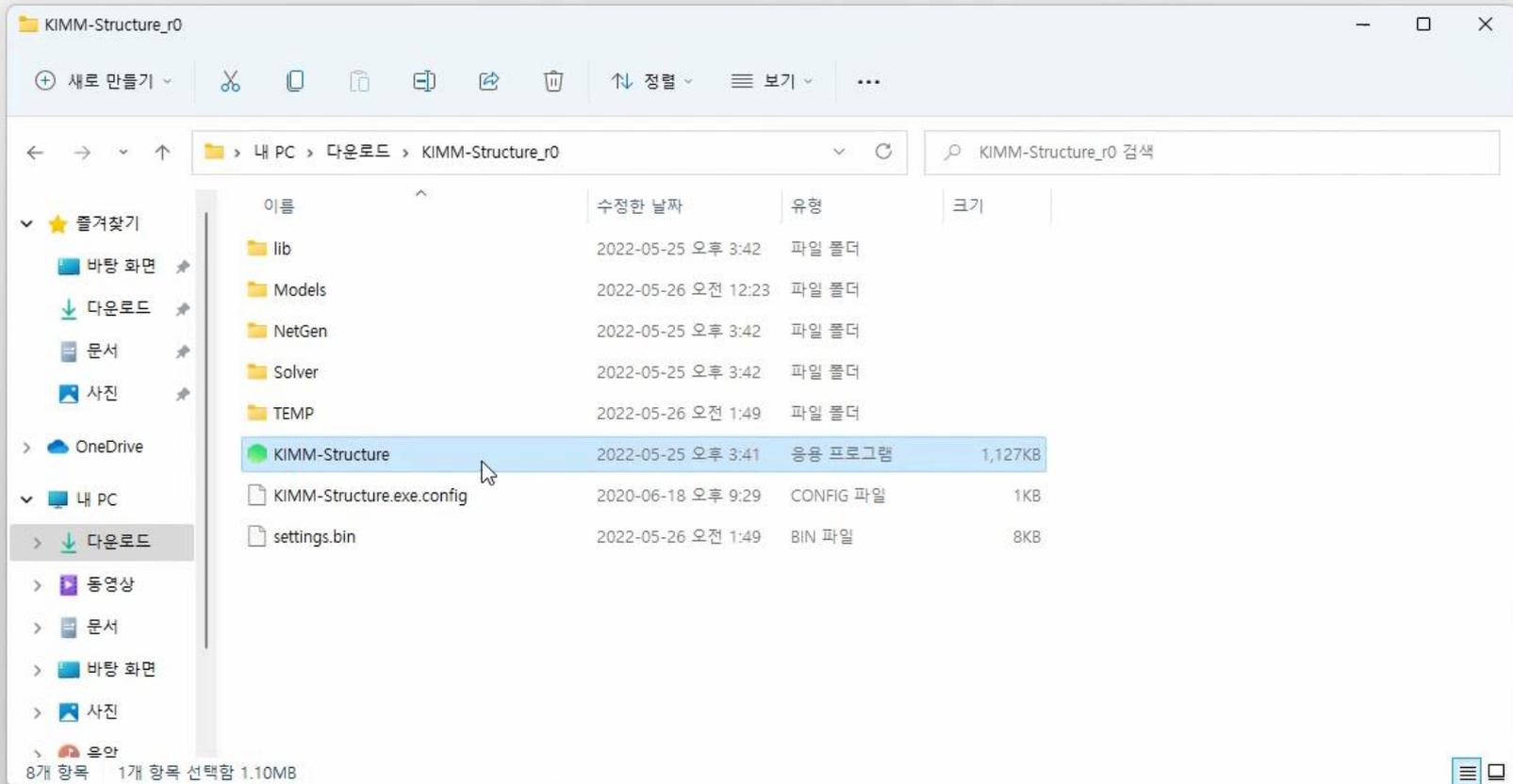
- Archard Equation 기능 검토를 위해, 아래와 같은 예제를 바탕으로 기능 구현 여부를 확인함.

Determine the wear depth h on the plate (1 in Figure 1) if a pin (2 in Figure 1) is pressed to the plate using a force of 200 N and oscillates with a frequency of 1 Hz and an amplitude of 10 mm for 10 s. For the computation of the wear depth use the Archard's wear model which is based on the Archard's equation (1). Both parts are made from steel S235 with Young's modulus of 210 000 MPa and Poisson's ratio of 0.3. Material surface hardness equals 100 MPa while the wear coefficient equals 0.001. The contact friction coefficient equals 0.3.

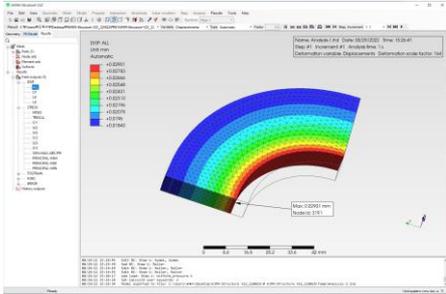
$$\Delta h = \left(\frac{K}{H} \right) \cdot p \cdot \Delta s \quad (1)$$

Δh ... wear depth
 K ... wear coefficient
 H ... hardness
 p ... pressure
 Δs ... sliding distance

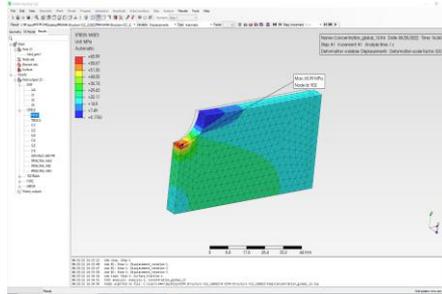




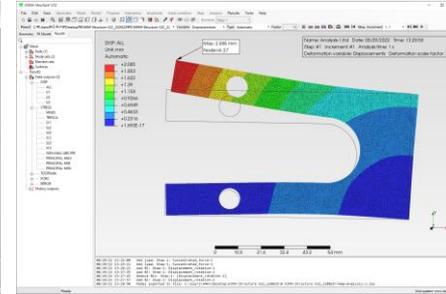
KIMM-Structure 예제



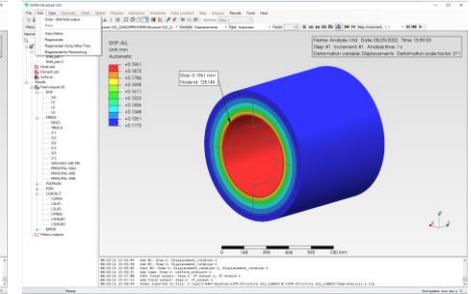
[Creep]



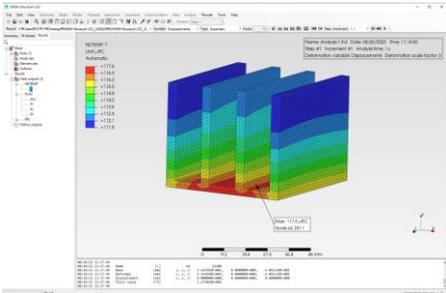
[노치부 응력 집중]



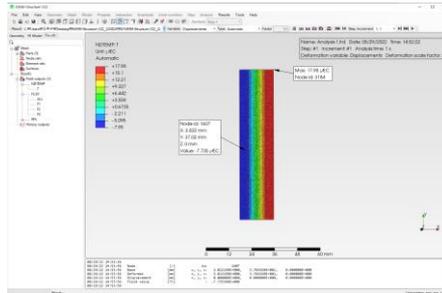
[U형 멤브레인]



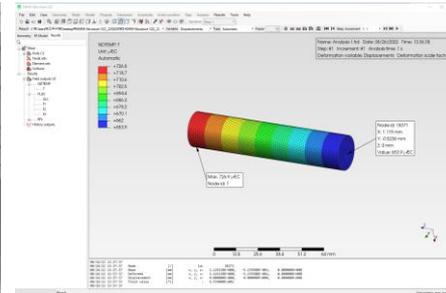
[복합재 파이프]



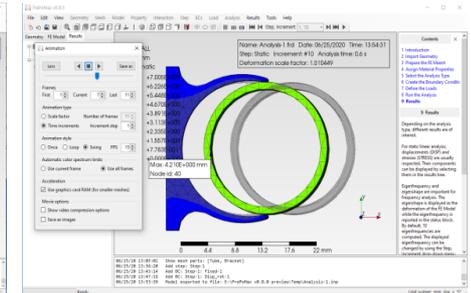
[Heat sink]



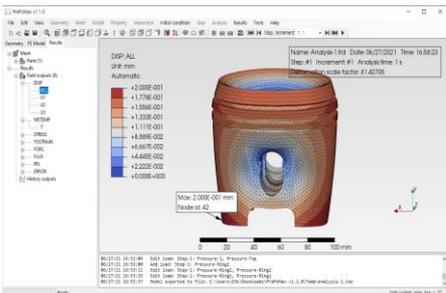
[이종 재질 열전달]



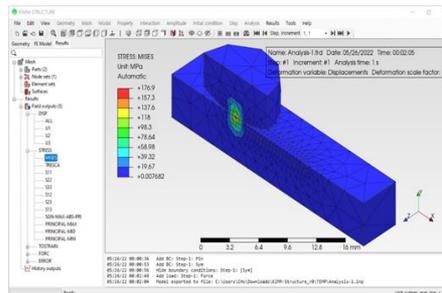
[복사 열전달]



[대변형]



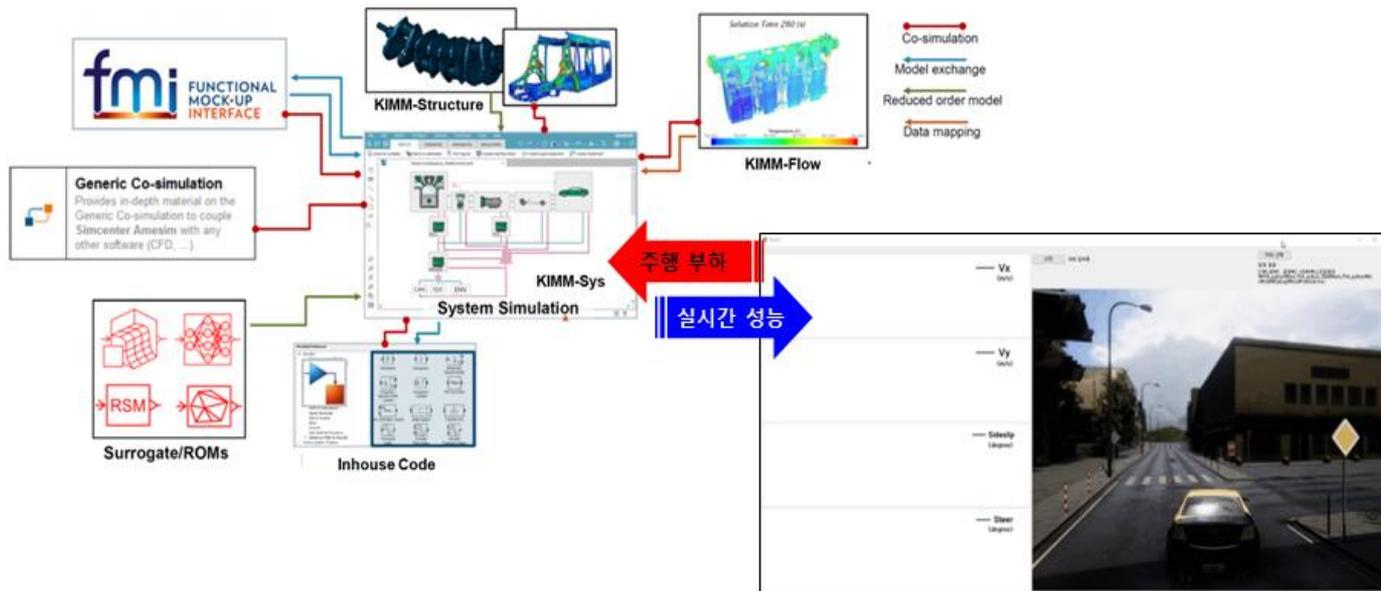
[열 팽창]



[마모 예제]

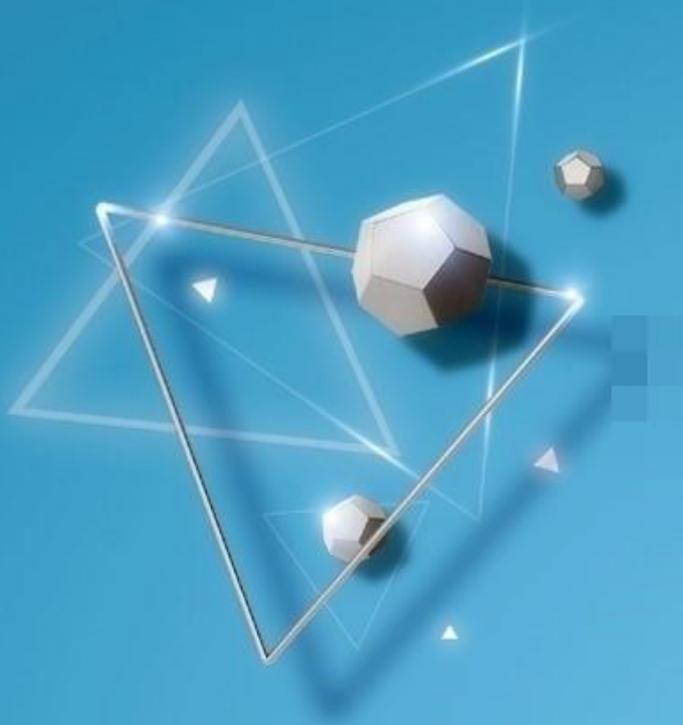
KIMM Cyber Lab 활용 Sils

- 한국기계연구원은 2017년부터 2022년까지 기업 지원을 위한 5년간 총 36개의 상용 SW 및 KIMM Cyber Lab 5종과 KIMM-Drone, KIMM-Car 등을 구축하였음.
- 이를 통해, 아래와 같이 **KIMM Cyber Lab**으로만 구성된 **Sils(Simulation In the Loop simulation)** 기술 구현을 통한 시스템 및 부품의 신뢰성 예측이 가능해 질 것으로 예상



본 발표에서는 중소기업 기술 경쟁력 향상 및 제조업 디지털 전환 촉진을 위해 개발된 KIMM Cyber Lab에 대해 소개하였고 그 결과는 아래와 같음.

- 1) 한국기계연구원에서는 2017년 부터 오픈 소스 프로그램을 활용하여, KIMM-Structure를 비롯한 KIMM-Flow, KIMM-CAD, KIMM-CAM, KIMM-SYS등 5종 프로그램을 개발함.
- 2) 이 중, KIMM-Structure는 기계류 부품의 주요 고장 모드 중 하나인 마모 현상을 구현하기 위해 Archard Eq을 적용하여 구현하였고, 문헌에 수록된 내용을 바탕으로 모듈의 유효성을 확인한 결과, 2 ~ 3% 내외의 오차를 나타냄을 확인함.
- 3) 또한, KIMM Cyber Lab 프로그램의 신뢰성을 확보하기 위해, 상용 프로그램 및 실제 실험과의 추가적인 비교 검토가 이루어져야 할 것으로 사료됨.
- 4) 현재, 중소기업에서 SW 비용 문제로 인해 시뮬레이션을 통한 제품의 성능 및 고장 예측이 미흡한 상태이지만, 본 발표를 통해 소개된 KIMM Cyber Lab을 통해 기계류 부품의 다양한 문제를 예측할 수 있을 것으로 기대함.



기계분야의 연구개발 및 성과확산, 신뢰성평가,
시험평가 등을 통해 국가 및 산업계의 발전에 기여하여
인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관이 되겠습니다!

Thank You

