

엘머로 해 보는 오픈소스 엔지니어링 (3)

엘머로 해 보는 구조 해석 I

이번 호부터 2회에 걸쳐 엘머(Elmer)를 이용하여 3가지 해석 케이스를 따라해 보기로 한다. 이번 호에서는 해석을 위한 준비와 전처리 과정을 중심으로 설명하고, 다음 호에서는 몇 가지의 조건을 차례대로 적용하여 실제 해석을 진행해 본다.

연 / 재 / 순 / 서

- 제1회 엘머와 오픈소스 엔지니어링의 소개
- 제2회 엘머 중심의 시뮬레이션 환경을 구축해 보자
- 제3회 엘머로 해 보는 구조 해석 I**
- 제4회 엘머로 해 보는 구조 해석 II
- 제5회 엘머로 해 보는 동역학 해석
- 제6회 엘머로 해 보는 음향 해석
- 제7회 엘머로 해 보는 열전달 해석
- 제8회 엘머로 해 보는 대류열전달 해석
- 제9회 엘머로 해 보는 복사열전달 해석
- 제10회 엘머로 해 보는 다물체 해석
- 제11회 엘머로 해 보는 최적화



김동호

E-mail | Dymaxion.Kim@gmail.com
홈페이지 | <http://dymaxionkim.github.io>

대진디엠피 헬스케어사업부의 개발파트장으로 의료기기 및 헬스케어 제품 개발을 하고 있다. 역동적으로 혁신을 주도하고 있는 오픈소스 소프트웨어 생태계로부터 새로운 방법론과 기술을 얻어 차세대 제조업의 새로운 돌파구를 찾아내는데 관심을 갖고 있다.

해석 준비

해석 조건 계획

- 첫 번째, 중력 하에서 자중에 의한 변형량과 스트레스를 본다.
- 두 번째, 추가로 외력을 줘서 변형량과 스트레스를 본다.
- 세 번째, 외력의 크기를 변화시켜가면서 스캐닝(Scanning)한 결과를 본다.

필요한 소프트웨어

- 프리캐드(FreeCAD)
- 살로메(Salome)
- 엘머(Elmer)
- 파라뷰(Paraview)

3D 모델 준비

해석 주제는 재미있게 해 보기 위해 '신라시대 종(鐘)의 구조해석'으로 해 보기로 하자. 이번 호의 예제에서는 프리캐드(FreeCAD)를 이용하여 종의 기본적인 형태를 모델링하여 보았다.(프리캐드의 사용방법에 관한 자세한 설명은 생략한다.)

예제 파일들은 모두 깃허브에서 다운로드받을 수 있다.(https://github.com/dymaxionkim/Elmer_Examples_for_CADG)

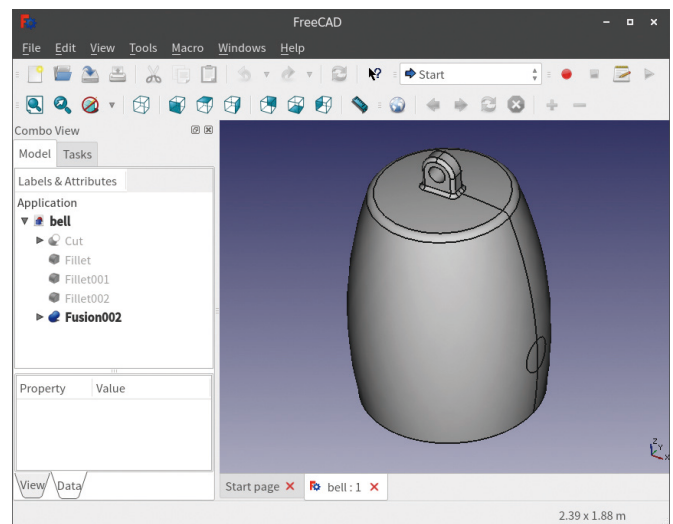


그림 1

경계조건(Boundary Conditions) 지정을 용이하게 하기 위해, 일부 면(Surface)은 패치가 구분되도록 모델링하였다. 프리캐드 이외의 다른 모델러를 사용해도 상관없을 것이다.

모델링한 후 원본을 저장하고 나서, 메시 생성을 위해 중립 포맷인 brep으로도 저장(Export)한다.

전처리(메시 생성)

살로메를 이용한 전처리 작업의 개요

살로메(Salome)는 모델링, 전처리, 후처리 기능을 모두 담고 있

으며, 다양한 옵션을 가지고 있다. 메뉴가 굉장히 많아서 살로메를 처음 실행해 보면 무엇부터 해야 할 지 조금 막막할 수도 있다. 그러나 실제로 자주 사용하는 기능들은 몇 가지 되지 않기 때문에, 기본적인 사용법만 숙지해 두면 별다른 부담없이 사용하는데 문제가 없을 것 같다.

이번 호에서는 앞서 저장해 둔 brep 파일을 읽어들인 후 각 면을 그룹화해 주고, 메시를 생성한 후 메시 그룹도 승계받고 나서 엘머(Elmer)로 넘겨줄 수 있는 포맷의 메시 파일로 출력하는 절차를 진행한다.

살로메 최초 실행 및 지오메트리 모드 작업

일단 살로메를 실행해 보자.

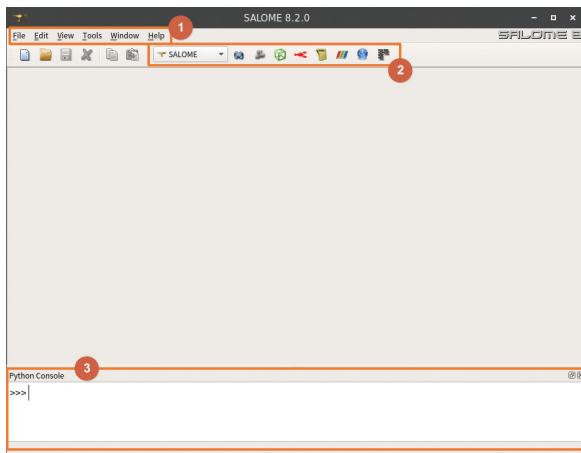


그림 2

〈그림 2〉에서 ①은 기본 메뉴 영역, ②는 모드선택 영역, ③은 파이썬(Python) 명령창이다. 파일명 명령창을 나타나지 않게 하려면, ① 메뉴에서 View → Windows → Python Console로 찾아들어가서 체크를 해제하면 된다.

②의 모드선택에서 지오메트리(Geometry) 모드로 바꾼다. 그러면 액티브 모듈(Active module) 팝업창이 뜨는데, 기존에 아무런 살로메 파일이 없기 때문에 New를 선택해서 새로운 파일을 생성하

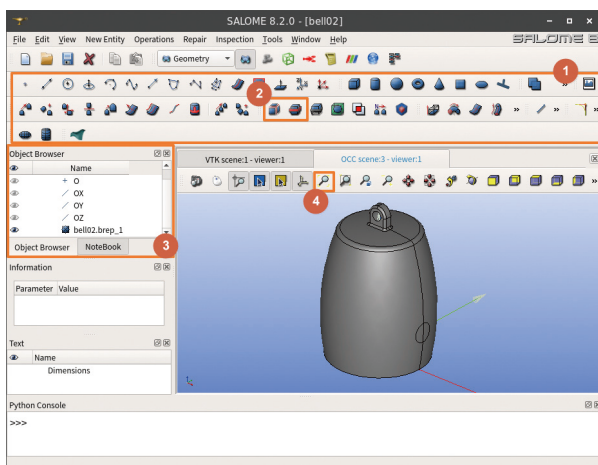


그림 3

자. 이제 지오메트리 모드가 되었고, 관련된 메뉴와 화면 구성이 추가된다. 메뉴에서 File → Import → BREP을 선택하고 앞서 만들어 둔 brep 파일을 찾아서 불러들이자.

〈그림 3〉에서 ① 영역의 아이콘들은 대부분 모델링 작업을 위한 도구들이다. 살로메에서 직접 모델링하는 것은 굉장히 불편하므로 여기서는 사용하지 않는다. 다만, 그 중에 ② 영역의 2개의 아이콘은 추후에 사용할 기회가 있을 것이다. 여러개의 부품(Bodies)으로 이루어진 다물체로 쪼갤 때 사용할 것이다.

③의 트리(Tree) 영역은 작업하면서 만들어지는 피처(Features)를 표시해 준다. 왼쪽의 눈동자 모양을 토글해서 해당 피처를 보였다 숨겼다 할 수 있다. 현재 화면을 보면 bell02.brep.1이라는 솔리드 형상이 들어와 있는 것을 알 수 있고, 그것이 현재 보이고 있는 상태이다. ④의 돋보기 아이콘은 최초 모델을 불러들였을 때 너무 작아서 잘 안보일 경우가 많기 때문에 자동 줌(Zoom)을 해 준다. 따라서 자주 누르게 될 것이다.

솔리드 형상을 보면, 1개의 부품(Body)으로 이루어져 있고, 표면은 여러 개의 서피스 패치로 구분되어 있다. 각 패치를 적절히 묶어서 그룹화해 두면 편할 것이다. 상단 메뉴에서 New Entity → Group → Create Group을 선택하면 그룹정의를 할 수 있는 도구창이 뜬다.

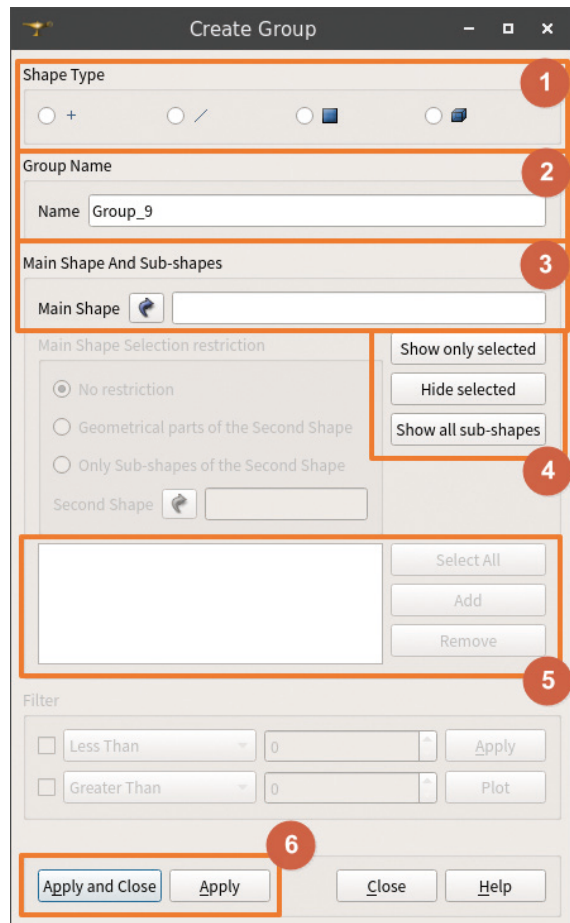


그림 4

<그림 4>에서 ①은 그룹의 형태(Shape Type)를 골라주는 것이다. 예컨대 부품(Body) 그룹을 만들고 싶다면 가장 오른쪽의 아이콘을 체크하면 된다. 면(Surface) 그룹을 만들고 싶다면 오른쪽에서 두 번째의 아이콘을 체크하면 된다.

②는 그룹의 이름을 쓰면 된다. 편의상 자동으로 명명되는 이름을 그대로 사용하자.

③은 어떤 모델을 모태로 하여 그룹요소를 가져올 것인지를 고르는 것이다. 선택 아이콘을 눌러서 활성화한 다음, 화면이나 트리에서 앞에서 불러들여 온 솔리드 모델을 눌러서 선택하면 된다.

④는 여러 개의 요소를 선택할 때 조금 편하게 해 주기 위한 도구이다.

그룹에 넣을 요소들을 Shift 키를 누른 상태에서 마우스 왼쪽 버튼으로 해당 요소들을 하나씩 눌러주면서 여러 개를 선택해 간다. 다 선택하고 나서 Add 버튼을 누르면 ⑤의 왼쪽 빈 칸에 선택된 그룹 요소들의 번호가 표시된다. 잘못 선택된 것이 있다면 제거할 요소 번호를 선택한 후 Remove해 주면 된다. 추가할 요소들이 많을 경우에는, 여러 번으로 나누어 Add를 해 줘도 상관없다.

그룹을 하나만 만들 것이 아니고 여러 개 만들어 갈 경우에는, <그림 4>의 가장 아래에 있는 ⑥의 Apply 버튼을 눌러준다. 그러면 앞서 설정한 그룹이 왼쪽 트리에 등록되면서, 새로운 그룹을 입력할 수 있는 상태가 된다. 이런식으로 계속 새로운 그룹을 등록해 간다.

마지막 그룹 등록까지 완료하면, Apply와 Close 버튼을 눌러준다. 그러면 그룹 입력을 완료하면서 Create Group 창이 닫힌다.

이번 예제에서 그룹화 작업을 한 예는 <그림 5>와 같다. 8개의 그룹이 만들어져 있음을 트리에서 확인할 수 있고, 그 중에 보이도록 되어 있는 마지막 것만 현재 화면상에 보인다.

상단 메뉴에서 File → Save As를 선택해서 지금까지 작업한 자료를 살로메 전용의 hdf 포맷으로 중간 저장해 준다.

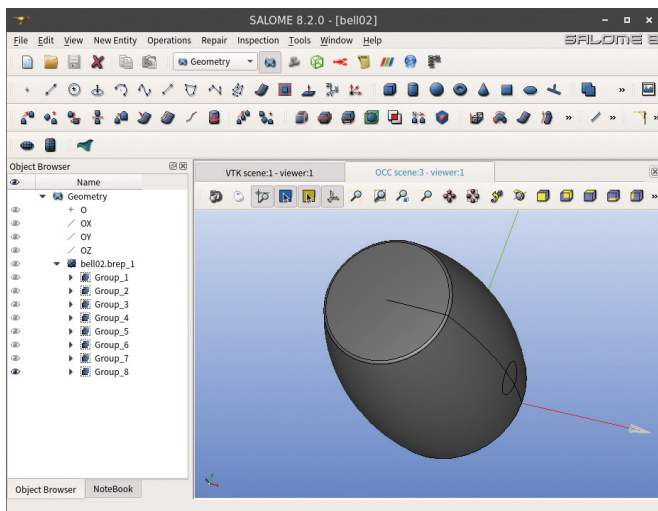


그림 5

메시 모드 작업

이제 모델과 그룹의 준비는 끝났다. 이것을 메시로 생성해 내면 된다. 화면 상단의 모드선택 영역에서 모드를 Mesh로 바꿔준다. 그러면 이제 새로운 아이콘과 화면배치로 전환될 것이다.

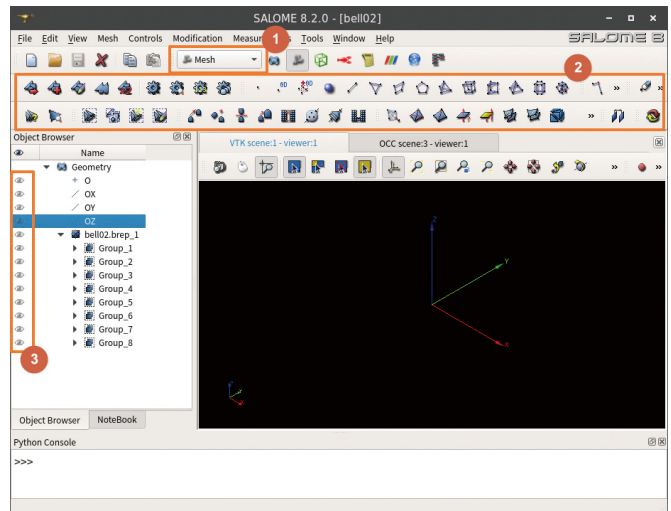


그림 6

<그림 6>에서 ①과 같이 메시 모드를 변경했다. 그에 따라 ②에 메시를 조작할 수 있는 각종 아이콘들이 나타난다. ③을 보면 지오메트리에서 작업한 피쳐들이 전부 보이지 않는 상태로 되어 있고, 따라서 화면에 아무런 모델도 보이지 않는 것을 확인할 수 있다.

이제 새로운 메시 피쳐를 만들어 나가도록 하자. 상단 메뉴에서 Mesh → Create Mesh를 선택하면 메시를 생성하는 팝업창이 뜬다.

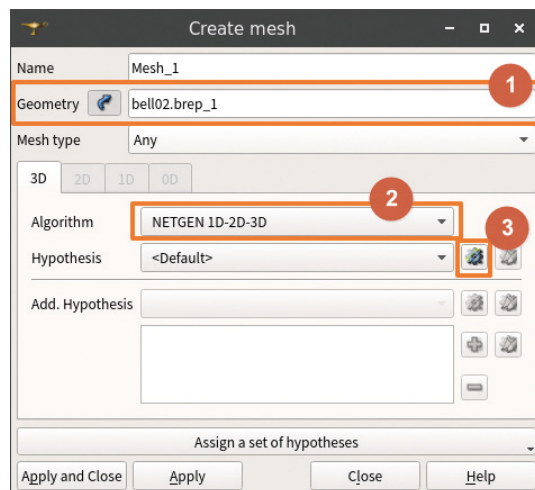


그림 7

<그림 7>의 ①에 메시를 생성하고자 하는 지오메트리를 선택해 준다.

②에서는 메시를 생성할 수 있는 방법을 선택해 준다. 여러 가지 중에서 Netgen 1D-2D-3D가 일단은 가장 무난하다.

이후 생성 옵션을 주기 위해 ③의 버튼을 누르고 NETGEN 3D Parameters를 선택한다. 그러면 설정창이 뜬다.

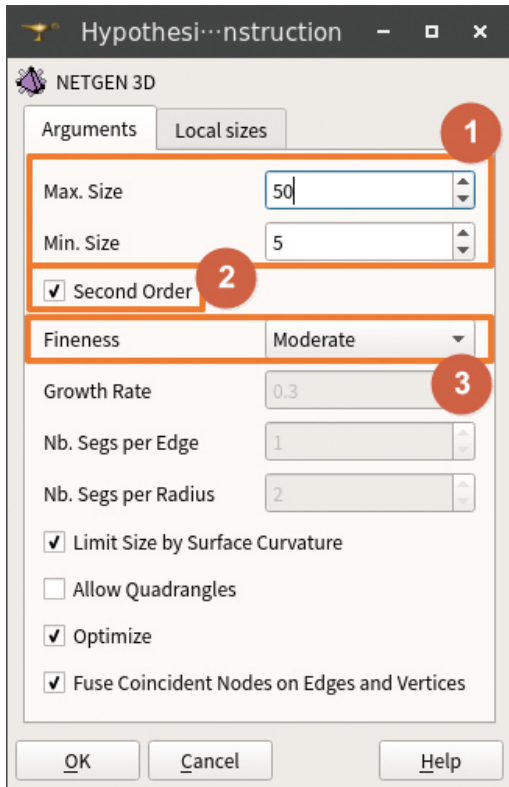


그림 8

〈그림 8〉의 ①에는 엘리먼트의 사이즈 범위를 넣어준다. 모델의 크기나 세부 형상 부분의 치수 등을 고려해서 적절하게 넣어준다.

구조해석을 할 경우에는 ②와 같이 Second Order를 반드시 체크해 준다. 각 메시 엘리먼트의 각 변 가운데에 절점을 하나씩 더 추가하는 것이다. 해석결과와 정확도를 높이고 구조물이 'Stuck' 되는 현상을 방지해서 엉뚱한 값이 나오는 것을 줄여준다.

③의 Fineness는 정해진 엘리먼트 사이즈 범위 내에서 엘리먼트의 사이즈가 점차 성장해 가는 비율을 결정하는 것이다. 일단은 기본 상태로 두었다.

설정이 완료되면 OK를 눌러 빠져나온다. 그리고 Create Mesh 팝업창도 Apply와 Close를 눌러 빠져나온다. 그러면 트리 영역에 메시 피처가 생성되어 있음을 볼 수 있다. 이 안의 Hypotheses 및 Algorithms에 앞서 설정한 사항들이 피처로 들어있는 것도 확인할 수 있다. 수정하고 싶으면 해당 피처의 컨텍스트 메뉴(마우스 우클릭하면 나오는 메뉴)에서 Edit Hypothesis를 선택하고 수정하면 된다.

그리고 Mesh_1 피처 안에는 그 위에서 설정된 Hypotheses 및 Algorithms를 상속받아 Mesh_1에 적용된 것을 볼 수 있다. 현재까지는 지오메트리 중에서 보디(Body) 하나만 들어와 있는 상태이며, 먼저 지오메트리 모드에서 만들어둔 그룹들은 아직 Mesh_1로 상속되어 있지는 않다. 따라서 이제 그룹을 가져오는 작업을 하자.

상단 메뉴에서 Mesh → Create Groups from Geometry를 선택한다. 그러면 〈그림 9〉와 같은 팝업창이 나타난다.

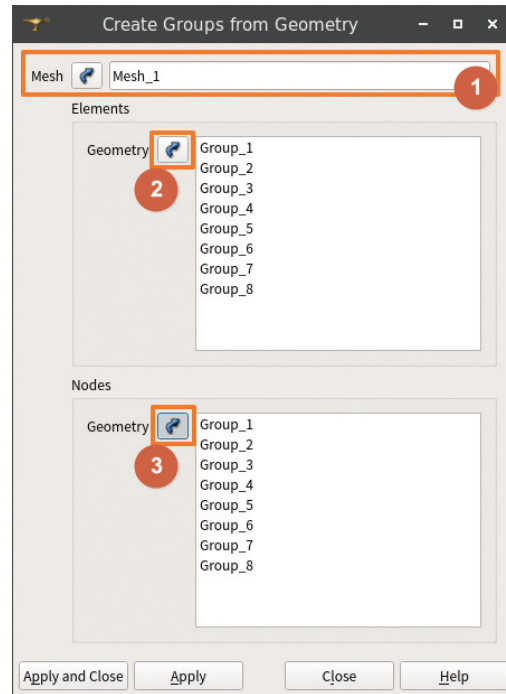


그림 9

〈그림 9〉에서, ① 영역에는 그룹을 적용할 메시를 선택해 넣어준다.

②는 지오메트리에서 요소(Elements)를 가져오기 위한 것이다. Shift 키를 누른 상태에서 원하는 복수의 지오메트리 그룹들을 한꺼번에 선택한 후, ②의 버튼을 누르면 전부 다 일괄 등록된다.

그 다음, 그대로 ③의 버튼을 누르면 ②에서 선택된 것들이 전부 절점(Node)으로도 들어오게 된다. 나중에 경계조건을 지정할 때의 면(Surface)은 실제로는 해당 면에 있는 절점이므로, 반드시 이렇게 등록해 주어야 할 필요가 있다.

전부 다 등록되었으면 Apply 및 Close 버튼을 눌러 팝업창을 닫는다. 그러면 트리 영역에 방금 등록했던 그룹들이 Mesh_1 안에 Groups of Nodes 및 Groups of Faces로 등록되어 있음을 확인할 수 있다.

이제 메시를 생성하기 전에 필요한 작업은 다 마쳤다. 이제 메시 생성 작업을 실행시키면 된다.

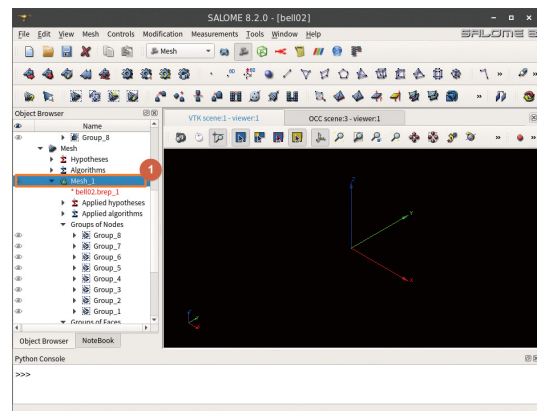


그림 10

〈그림 10〉에서 모든 세팅을 마친 ①번 피쳐, 즉 Mesh_1의 컨텍스트 메뉴(마우스 우클릭하면 나오는 메뉴)에서 Compute를 누르면 메시 생성 작업을 시작하게 된다. 조금 기다리면 메시 생성이 완료되고, 메시에 관한 정보를 알려주는 창이 뜬다.

만일 조건이 맞지 않아 메시 생성에 실패할 경우, 어떤 부분에서 에러가 났는지를 알려주는 창이 대신 뜨게 된다. 이때는 Hypotheses의 파라미터를 조정하여 좀 더 잘 생성될 수 있도록 조건을 맞춘 후 다시 생성을 실행하면 된다.

메시가 성공적으로 생성되면 〈그림 11〉과 같이 상태를 확인해 보자.

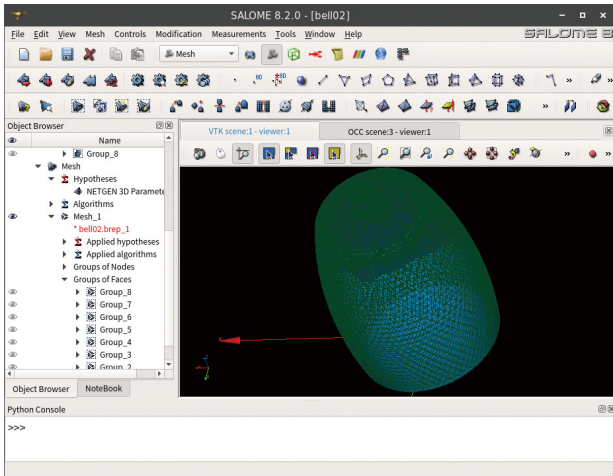


그림 11

상단 메뉴에서 File → Save를 선택해서 지금까지 작업한 자료를 저장해 둔다. 생성된 메시는 엘머GUI(ElmerGUI)에서 직접 읽어들이 수 있는 unv 포맷으로 출력(Export)한다.(현재 시점에서는 unv 포맷만이 유일하게 큰 문제없이 가능한 것 같다.)

방금 메시 생성이 된 Mesh_1의 컨텍스트 메뉴에서 Export → UNV file를 누르고, 위치와 파일명을 정해준 후 저장하면 된다.

이렇게 살로메에서 필요한 전처리 작업을 완료하였다. 살로메를 종료하자.

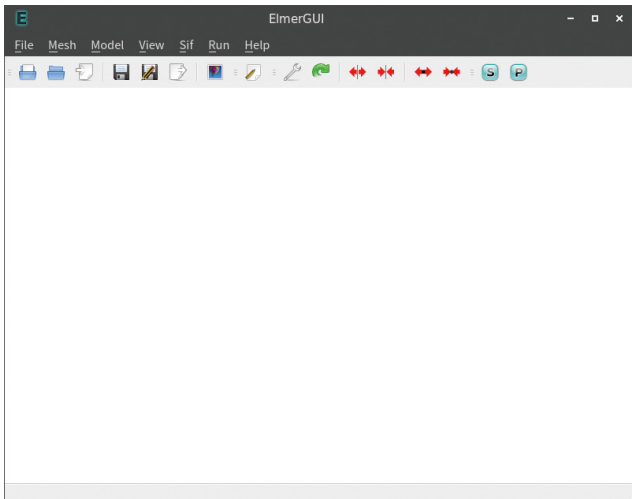


그림 12

엘머GUI 둘러보기 및 메시 파일 읽어들이기

우선 엘머GUI를 실행시켜 보면, 〈그림 12〉와 같이 매우 심플한 GUI 창이 뜬다.

상단 메뉴에 모든 기능들이 들어있고, 바로 밑의 아이콘들은 그 중 몇 가지를 내놓은 것이다. 자주 사용하는 메뉴들의 기능을 요약해 보면 〈표 1〉와 같다.

표 1

상단메뉴	세부메뉴	설명
File	Open	Step, Brep 등의 솔리드 파일 또는 gms, unv 등의 외부 메시 파일을 직접 읽어들이는다. 솔리드 파일을 불러 올 경우에는 ElmerGUI가 자동적으로 내부의 Netgen으로 메시 작업을 진행한다.
	Load Mesh	엘머 전용 메시 파일을 읽어들이는다. 엘머의 메시 파일은 4개의 파일로 나뉘어 구성되어 있기 때문에, 그 파일들이 들어있는 디렉토리를 찾아주면 된다.
	Load Project	ElmerGUI 작업 디렉토리를 선택해 주면 된다. 물론 그 장소에는 엘머 프로젝트 파일(egproject.xml 등)이 있어야 한다.
	Save Project	ElmerGUI의 현재 작업 상태를 그대로 선택해 준 디렉토리에 프로젝트로 저장한다. 자동적으로 프로젝트 관련 파일들이 생성된다.
Mesh	Divide surface	ElmerGUI 상에서 면을 분할할 수 있다. 각도 조건으로만 분할하기 때문에 기능은 제한적이지만, 살로메에서 그룹작업을 잘못했을 경우에도 ElmerGUI 상에서 어느 정도는 수정할 수 있다.
	Unify surface	복수개의 면을 하나로 합치는 것이다.

상단메뉴	세부메뉴	설명
Model	Setup	해석의 기본 조건을 설정한다.
	Equation	해석에 사용되는 물리방정식과 해법을 설정한다.
	Material	재료의 물성치를 설정한다.
	Body force	Body에 적용되는 물리량(내력, 가속도, 발열 등) 설정
	Initial condition	초기조건 설정
	Boundary condition	경계조건 설정
	Set body properties	체크하고 보디를 더블클릭해서 선택한 후, 위에서 설정한 조건들을 선택된 보디에 적용할 수 있다.
	Set boundary properties	체크하고 면을 더블클릭해서 선택한 후, 위에서 설정한 조건들을 선택된 면에 적용할 수 있다.
View	Summary	모델에 관한 정보 보기
	...	각종 보기 설정
Sif	Generate	Model 메뉴에서 설정한 사항들을 sif 파일로 생성한다.
	Edit	생성된 sif 파일을 편집기로 열어본다. Generate를 다시 하면 편집한 내용은 다 날아가기 때문에 ElmerGUI 기반으로 작업할 경우, 에디터를 사용한 임의 편집은 안 하는 것이 좋다.
Run	Parallel settings	해석시 병렬 연산 설정
	Start solver	해석 계산 시작
	Show convergence	계산의 수렴을 그래프로 보여준다.

이제 메뉴에서 File → Open을 선택한 후, 살로메에서 생성해 두었던 unv 메시 파일을 선택하여 불러들인다. 잘 불러들여져서 화면에 메시 모델이 뜨면, 임의의 면을 더블클릭해서 원래 살로메에서 구분해 두었던 그룹별로 면들이 잘 분할되어 있는지 확인해 보자.

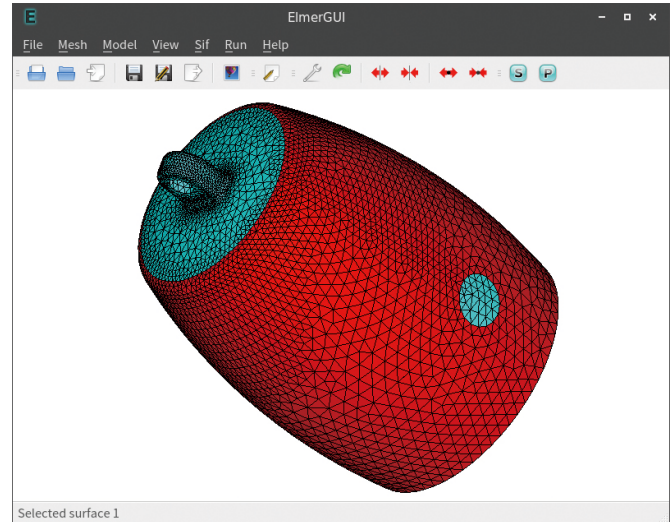


그림 13

이후, 메뉴에서 File → Save project를 선택하면, unv 파일이 위치한 장소에 다음과 같은 파일들이 생성되는 것을 확인할 수 있다.

- **case.sif** : 해석 입력 파일(Simulation Input File)
- **egproject.xml** : 프로젝트 파일(엘머GUI는 이 파일을 보고 각종 설정 등을 로드함)
- **ELMERSOLVER_STARTINFO** : 엘머솔버(ElmerSolver)가 실행될 때 참고하는 사항
- **mesh.boundary** : 엘머 전용 메시 파일(그룹별로 구분된 경계면 정보들)
- **mesh.element** : 엘머 전용 메시 파일(그룹별로 구분된 보디를 구성하는 요소 정보들)
- **mesh.header** : 엘머 전용 메시 파일(메시에 관한 기본 정보)
- **mesh.nodes** : 엘머 전용 메시 파일(모든 절점들의 좌표 정보)

이제 엘머를 종료해 보자.

맺음말

지금까지 3D CAD – 살로메 – 엘머로 이어지는 전처리 과정을 설명하였다. 다음 호에서는 실제 해석을 수행해 보기로 하자.