

Ansys Workbench를 이용한 Electric Power Connector 비선형 해석

허 유 정 · ㈜태성에스엔이, Ansys Workbench 기술 담당 및 건설링 엔지니어

_e-mail : hyj@tsne.co

Ansys Workbench 환경에서는 해석 전문가뿐만 아니라 설계자들도 쉽게 유한요소 해석을 구현할 수 있다. 이 글에서는 Ansys Workbench 환경에서의 비선형 접촉해석 및 재료 비선형 해석 사례를 소개하고자 한다.

Electric Power Connector의 경우 plug가 끼워질 때 connector의 터미널이 영구 변형을 일으킨다. 따라서 이러한 electric power connector에 plug가 끼워지는 현상을 simulation으로 구현하려면, 비선형 접촉 해석과, 재료 비선형 해석, 기하 비선형 해석 등 고도의 비선형 해석을 수행하여야 한다. Ansys Workbench의 경우 이러한 고도의 비선형 해석도 쉽게 구현할 수 있으며, 자체 모델러(design modeler)를 이용하여, 최적의 육면체 메시를 위해 모델을 쉽게 수정할 수 있다.

이번 호에서는 electirc

power connector 조립품에 plug를 강제 변위로 이동시켜, connector terminal의 영구 변형 및 응력 수직방향 힘과 변위 관계의 그래프를 그려 본다.

모델 불러오기

Ansys Workbench는 대부분의 범용 3D CAD와 plug-in 방식을 지원하고 있다. 따라서 3D CAD에서 모델링 작업을 수행한 후 Ansys 탭 키를 클릭하면 그 모델이 바로 해석 환경으로 불러들여진다. Pro/e에서 작업한 모델을 design modeler로 불러들여 해석 모델에 적합하게 수정

하였다. 특히 1/4 대칭 모델이므로 1/4 모델만 남기고 모두 제외시켰다. 또한 sweep mesh가 가능하도록, 모델을 slice하고, multi body part 기능을 이용하여, 하나의 파트로 만들어 주었다. 이 기능을 이용하면 파트와 파트 사이에 접촉을 생성하지 않고 절점을 서로 공유시켜 주고, 각 body 별로 물성치를 따로 적용할 수 있다.

물성치 정의

Ansys Workbench는 각 단품마다 다른 물성치를 적용할 수 있으며, 특히 터미널의 경우 재료 비선형 값을 입력하여야 한다. 터

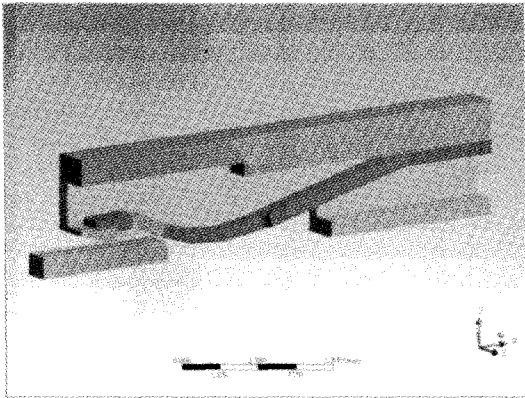


그림 1 해석모델(1/4)

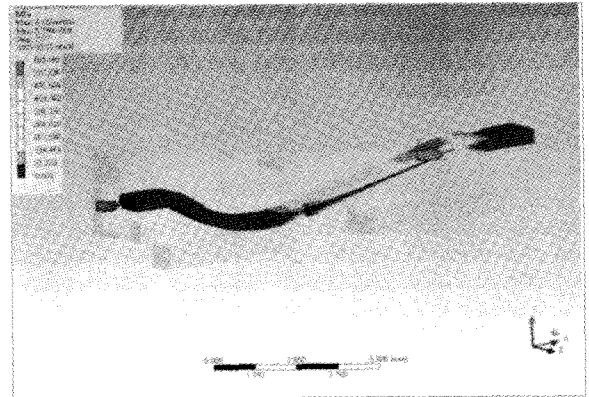


그림 2 등가응력 분포

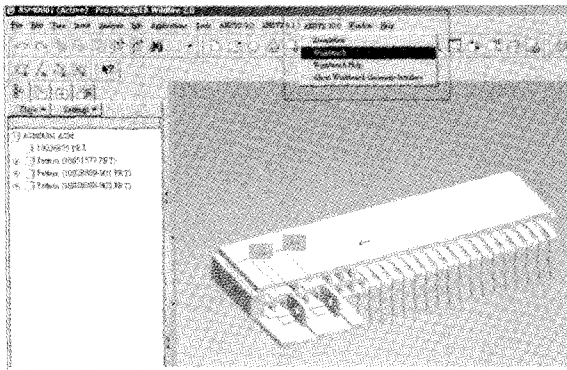


그림 3 Pro/e와 Ansys Workbench Plug-in

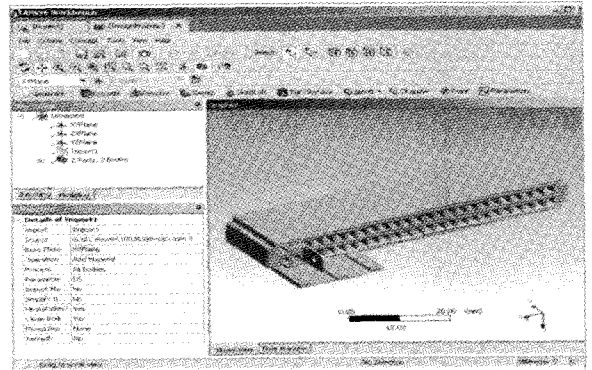


그림 4 DesignModeler로 CAD Model Import

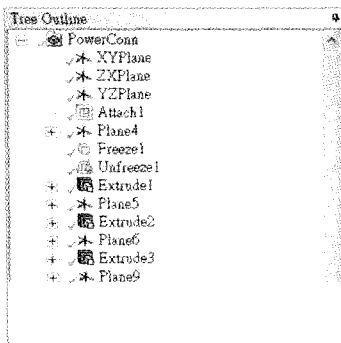


그림 5 DM의 작업 Tree

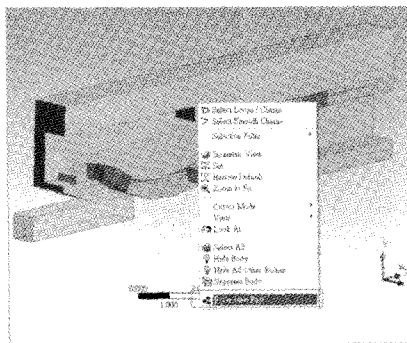


그림 6 선택된 파트를 하나의 파트로 Merge

미널의 경우 알루미늄 재질로서, bilinear isotropic hardening option을 이용하여, 비선형 재료 물성치 값을 적용한다. 이는 항복 응력이 550Mpa이고, 항복응력

을 넘어서부터 는 탄성계수가 아닌 Tangent Modulus 778Mpa로 응력을 계산한다.

Engineering data 항목에서 재료 비선형 물성치를 정의하면

Ansys Workbench는 자동으로 재료 비선형 효과를 적용하여 해석을 수행할 수 있다.

Plug는 rigid body이므로 structural steel로 정의하였다.

접촉 정의

Ansys Workbench는 조립품 모델을 불러오면 자동으로 파트와 파트 사이에 접촉을 정의한다.

Power Connector의 터미널과, plug의 경우 접촉 조건을 서로 떨어질 수도 있고, 미끄러짐도 허용하는 조건인 frictional로 설정하고, 마찰계수는 0.2를 입력

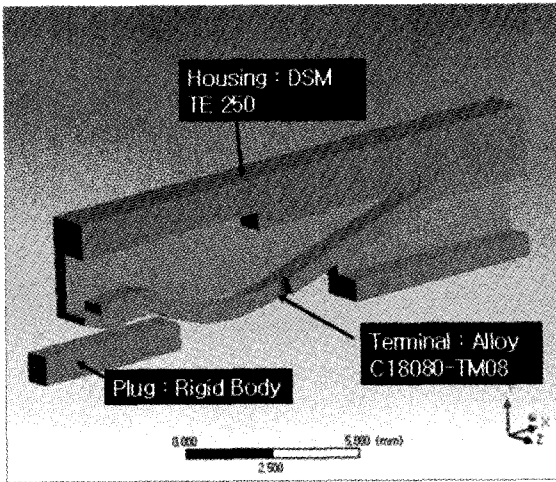
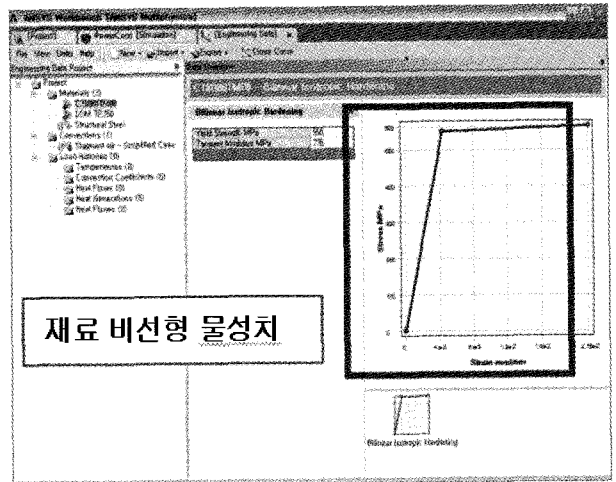


그림 7 파트별 재료



재료 비선형 물성치

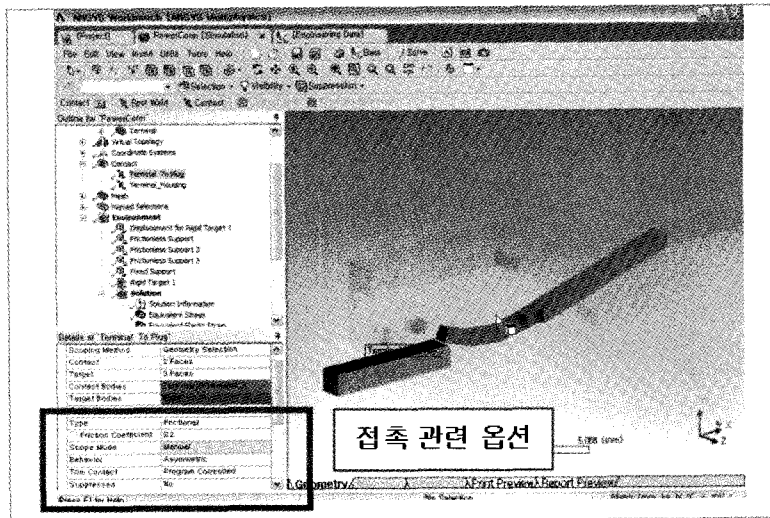
그림 8 재료 비선형 물성치(Bilinear Isotropic Hardening)

하였다. 그리고 asymmetric으로 옵션을 설정하여, contact body가 target body를 뚫고 지나갈 수 없도록 한다. 이는 plug를 rigid body로 설정한 것과 같은 효과이다. 다음으로 터미널과, 하우징의 접촉 면은 bonded조건으로 설정하여 서로 떨어지지 않도록 정의하였다.

메시 사이즈 설정

Ansys Workbench는 sweep 된 body의 경우 자동 육면체 메시를 생성하며, 사용자가 원하는 곳의 요소 크기를 설정하여 메시할 수 있다. 특히 비선형 접촉 해석의 경우 메시의 형상 및 크기가 수렴에 중요한 역할을 한다. 접촉 면에서의 메시형상이 균일

하지 않으면 해석 시 수렴하지 않고 발산하는 경우가 생긴다. 따라서 비선형 접촉 해석을 수행할 경우에는 접촉 면에 메시 사이즈를 조밀하게 주어야 한다. Ansys Workbench는 요소의 크기를 직접 정의해 줄 수 있으며, 라인에 나누어줄 요소 수도 정의할 수 있다. 이 기능을 이용하여, 접촉 면인 터미널의 요소 크기는 작게 주었고, 터미널의 4개 선을 선택하여, 요소 수를 4개로 나누었다.



접촉 관련 옵션

그림 9 Terminal과 Plug의 접촉 마찰 계수 정의

하중 및 경계 조건

Ansys Workbench에서는 다단계 하중 조건을 적용할 수 있다. 이 문제 에서도 plug를 6단계로 나누어서 강제 변위를 적용하였다.

Plug를 X 방향으로 0.5mm부터 3.5mm까지 이동시킨다. 이렇게 다단계로 나눌 경우 비선형 해석에서 하중을 점차 증가시키게 되므로 수렴성도 좋아지고, 단

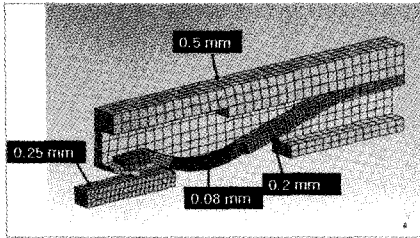


그림 10 파트별 메시 사이즈 결정

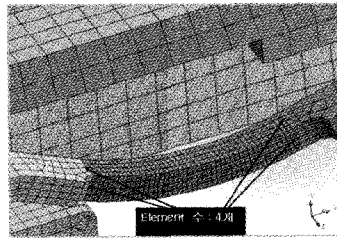


그림 11 Plug의 메시

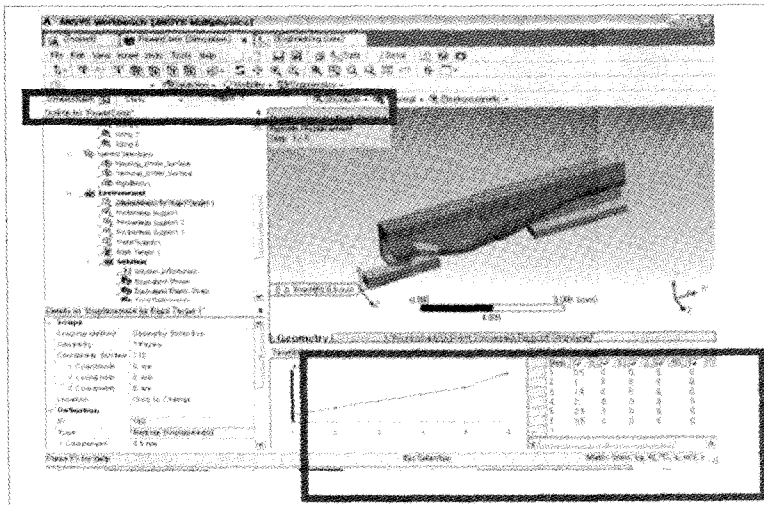


그림 12 Multiple Load Step 적용

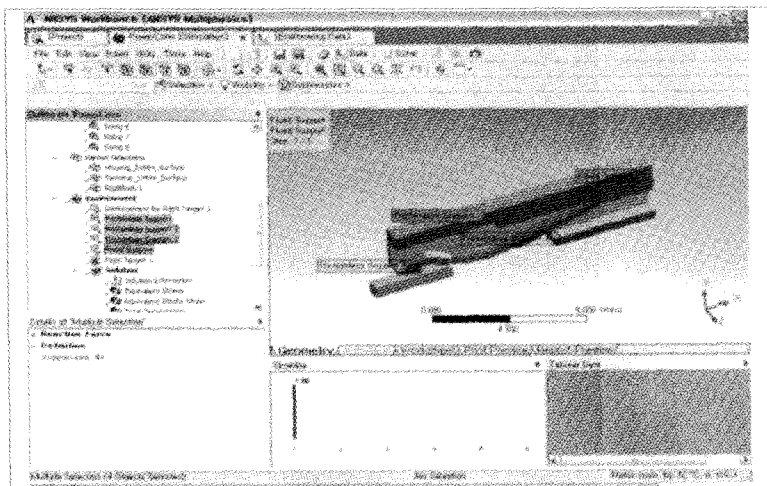


그림 13 구속 조건 적용

계별 결과도 확인할 수 있다.

구속 조건은 대칭면에 대칭 경계 조건 frictionless 조건을 적

용하였다. Frictionless 조건은 선택한 면에 수직 방향 자유도를 자동으로 구속시켜준다. 3D

structural solid element의 경우 UX, UY, UZ 에 대한 병진 자유도를 가진다. 따라서 대칭 경계 조건은 면에 수직 방향 자유도만 고정시켜 주면 된다.

솔루션 옵션 설정

Solution의 상세 정보 창에서는 여러 가지 옵션을 설정할 수 있다. Large deflection을 on 하게 되면 기하 비선형 해석을 수행한다. 또한 substep을 manual 하게 입력할 수 있다. 최대 substep은 600으로 정의하고, 초기 substep은 25로 정의하였다. Ansys에서는 비선형 해석에서 해를 수렴시키기 위해 Newton-Raphson 법을 이용한 반복 해석을 수행하는데, 각 구간마다 수렴이 되면 자동으로 다음 구간으로 넘어간다. 또 하나의 load step에서 최대 600개까지 substep을 나눌 수 있다. 비선형 해석 시 이 substep 수를 늘려 수렴성을 향상시킬 수 있다.

해석 실행

해석 준비가 완료 되면 solve 아이콘을 클릭한다.(그림 16)

해석 진행 과정

Ansys Workbench에서는 해석 진행 과정을 text 창으로 확인할 수 있다. solution information이라는 항목을 추가하면,

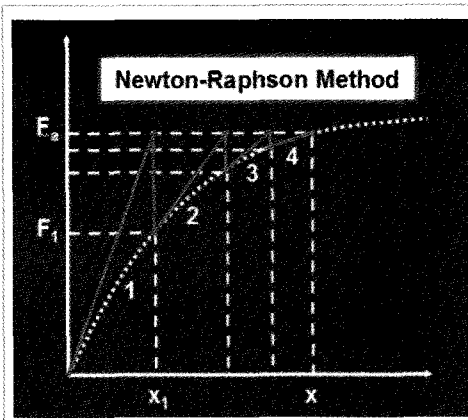


그림 14 Newton-Raphson Method

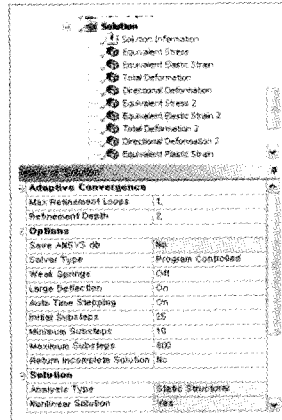


그림 15 해석부 구간 결정

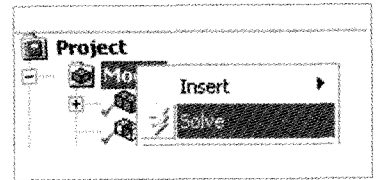


그림 16 해석 실행

Solution output 항목을 solver output 항목으로 설정하면, 해석 진행 과정을 text로 확인 할 수 있는데, 다음 그림에서는 첫 번째 load step의 세 번째 substep에서 네 번의 iteration을 수행하여 수렴되었다는 정보를 보여주고 있다. 이 내용을 그래프로 보려면, solution output 항목을 force convergence로 설정하면, 수렴되어가는 과정이 그래프로 보여진다.

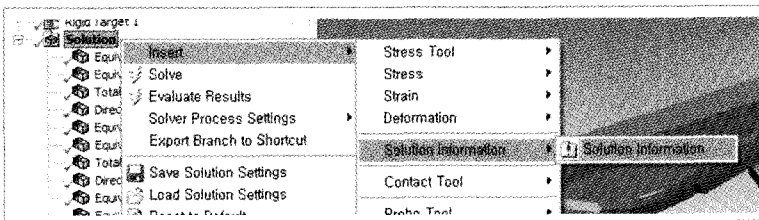


그림 17 Solution Information 추가

해석 결과 확인

등가 응력 결과를 확인해 보면 네 번째 load step부터 최대 응력이 더 이상 증가하지 않는 것을 볼 수 있다. 이는 네 번째 load step 즉 plug가 2mm 끼워 지면서부터 terminal은 탄성영역을 벗어나 소성영역으로 들어가는 것을 확인할 수 있다. equivalent plastic strain도 관심 영역, 즉 connector의 terminal에서 확인하였다. 또한 변위 대 반력 그래프를 통해 plug가 끼워지는 데 필요한 힘과 plug의 변위와 관계를 확인하였다.

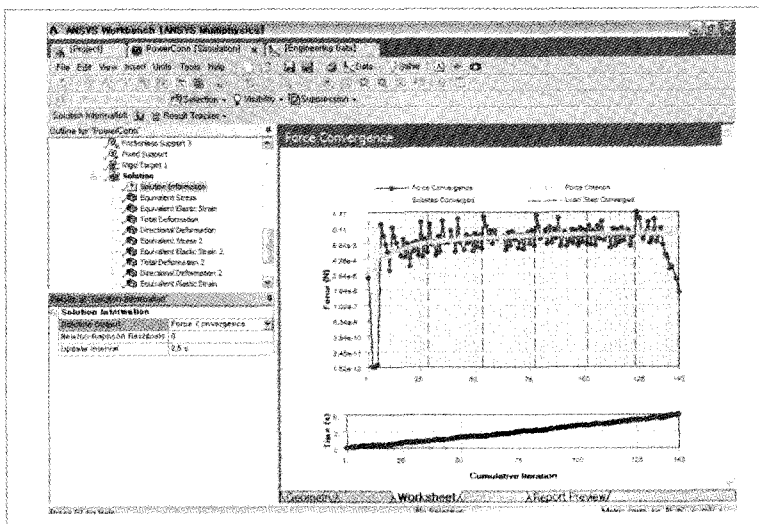


그림 18 비선형 해석 진행 과정 모니터링

해석 진행 과정에 대한 정보와, 수렴 그래프를 볼 수 있다. 만약, 해석 진행 과정에 에러가

발생한다면, solution information 항목에서 여러 내용에 관한 상세한 정보를 확인할 수 있다.

