

FEM을 이용한 자동차용 배터리 포스트 터미널 클램프의 구조해석

김용태*, 박종민**, 김성관***

*공주대학교 기계공학과

**태성전장(주)

***공주대학교 기계자동차공학부

e-mail:ytkim@kongju.ac.kr

Structural Analysis of Vehicle Battery Post Terminal Clamp Using FEM

Yong-Tae Kim*, Jong-Min Park**, Sung-Gaun Kim***

*Division of Mechanical Engineering, Kongju National University

**Taesung Electro-Circuit System

***Division of Mechanical&Automotive Engineering, Kongju National University

요 약

본 논문에서는 자동차용 Battery Post Terminal Clamp의 응력감소를 위한 설계에 있어, ANSYS Workbench 11.0을 이용한 유한요소 구조해석을 하였다. 체결 시 볼트 조임에 따라 가해지는 힘에 따른 응력집중 및 변형을 고려하였고, Battery Post Terminal Clamp에 응력이 집중되어 소성변형이 예상되는 부분에 대한 형상을 변형 하였을 때, 발생 응력이 극한 인장 강도 이하로 감소됨을 확인하였다.

1. 서론

차량의 전자 요소의 가격 비중이 빠르게 증가함에
도 불구하고, 소비자 측면에서는 경제성이 유지되어
야 한다. 이를 위해, 산업은 상대적으로 낮은 단가를
유지해야 하며, 이는 대량생산을 통해서만 가능하다.¹⁾ 차량 전자장치는 소비자 전자장치의 경우 거의
사용이 드문 극한의 환경 조건에서도 작동해야 한
다. 이에 높은 온도, 다습, 차량 진동 수준 그리고 전자
장치 요소에서 자체적으로 발생하는 전자기 신호 환
경 등이 포함된다.²⁾ 또한, 순간 정전이나 주파수 및
전압 변동이 심하면 고부가가치의 전자제품들은 불
량 또는 폐기 되어야 하므로 이에 따른 경제적 손실
이 크다. 그렇기 때문에 첨단 장비나 고품질 전자부
품을 사용하기 위해서는 무엇보다도 양질의 전기를
요구하고 있다.^{3), 4)}

자동차 전자부품분야에서 Battery Cable은 스타터
모터에 전력을 공급하기도 하고, 알터네이트로부터
배터리에 충전 전력을 공급하기도 하는 필수적인 핵
심부품으로, 본 연구에서 개발 하고자 하는 Battery
Post Terminal Clamp는 그 수요가 크게 증가하고
있는 추세이다.⁵⁾ 부품 생산 전 단계로써, 시간 및

개발 비용을 절감하기 위한 방법으로, 시뮬레이션을
통한 해석적인 방법과 직접 시작품을 제작하는 실험
적인 방법이 있다.^{6), 7)}

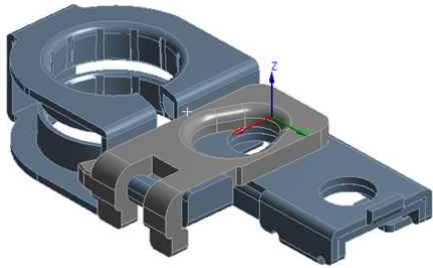
이에 본 논문에서는 Battery Post Terminal
Clamp의 응력감소를 위한 설계에 있어, ANSYS
Workbench 11.0을 이용한 구조해석을 통하여 체결
에 따른 응력집중 및 변형을 고려하였고, Battery
Post Terminal Clamp에 응력이 집중되어 소성변형
이 예상되는 부분에 대한 설계 변형 및 해석을 통하
여 극한 인장 강도 이하로 응력을 감소시키는데 목
적을 두고 해석을 수행 하였다.

2. 해석 모델 및 시뮬레이션 과정

Battery Post Terminal Clamp의 해석 과정은 3D
모델링을 ANSYS Workbench 11.0을 이용하여 해석
을 위한 유한요소를 생성한 후, 각 부속의 물성치와
경계조건, 하중 조건을 부여하여 선형 해석을 수행
하였다.⁸⁾

해석의 단순화를 위하여 Battery Post Terminal
Clamp와 슬라이딩 플레이트를 대상으로 하였으며,
[그림 2-1]은 ANSYS에서 두 부속으로 어셈블리된

모델을 불러온 후 하중조건 설정 및 해석결과를 보는데 기준이 될 좌표계를 설정한 것이고, [그림 2-2]는 모델의 요소를 생성한 결과를 보여주고 있다.



[그림 2-1] 3D 모델링과 좌표계설정



[그림 2-2] 유한요소 생성 결과

[그림 2-2]의 요소 정보는 [표 2-1]과 같다. Battery Post Terminal Clamp와 슬라이딩 플레이트는 각각 C2680과 SPCC 재질로써 [표 2-2]와 같이 알려져 있는 물성치를 적용하였다.

[표 2-1] 유한요소 생성 결과 정보

Properties	No.
nodes	53092
elements	24718

[표 2-2] 소재 물성치

Structural Properties	C2680	SPCC
Young's Modulus	1.05e+005 Mpa	2.e+005 Mpa
Poisson's Ratio	0.3	0.29
Density	8.47e-006 kg/mm ³	7.872e-006 kg/mm ³
Tensile Yield Strength	315 MPa	285 MPa
Tensile Ultimate Strength	400 MPa	340 MPa

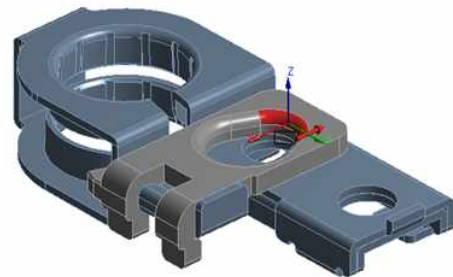
Battery Post Terminal Clamp는 배터리 단자와 체결하여 배터리 몸체에 의해 지지되고, 굽힘접합으

로 가공된 형상은 두 개의 볼트와 너트에 의해서 고정되므로, [그림 2-3]과 같이 Battery Post Terminal Clamp에서 볼트와 너트가 체결되는 양 면을 fix support 설정을 사용하여 고정시켰다.

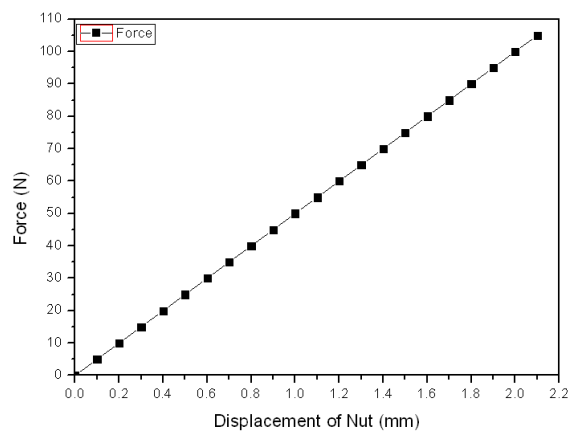


[그림 2-3] Fix support 설정

입력 조건으로는 테이퍼 너트의 체결에 따른 변위를 산출하여, 이에 대한 슬라이딩 플레이트가 받는 반력을 시뮬레이션을 통해 구한 후, 슬라이딩 플레이트에 가해지는 힘으로 입력하였다. 힘의 입력은 [그림 2-4]에 표시한 부위에 기준 좌표의 -X 방향으로, [그림 2-5]와 같이 105N 까지 선형적으로 입력하게 되며, 이를 통해 동일한 입력 조건 하에서 설계 변수 및 형상 설계에 따라 각 결과 값의 변화를 파악할 수 있었다.

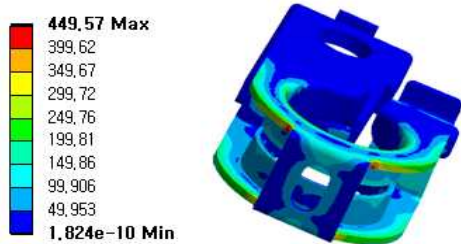


[그림 2-4] force 입력 부위 설정



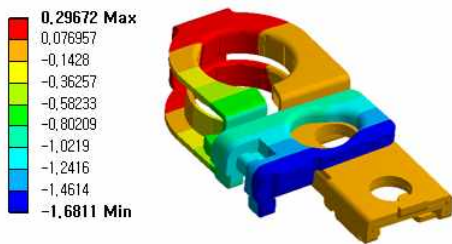
[그림 2-5] 볼트 체결에 따른 힘의 크기

기존 모델에 대한 해석 결과에서, Battery Post Terminal Clamp에 발생하는 응력은 [그림 2-6]에서 확인 할 수 있는 바와 같이, 449.57MPa로, 최대 응력 발생 부위는 Battery Post Terminal Clamp의 상·하부 연결 부위에 설계된 라운드 부분이다. 이 값은 Battery Post Terminal Clamp가 갖는 최대 인장 강도 400MPa에 비하여 값으로 재료가 가질 수 있는 응력 한계를 넘어서고 있으며, 이는 재료의 소성변형으로 인해 Battery Post Terminal Clamp의 체결력과 같은 성능과 제품의 수명에 영향을 미칠 것으로 예상되었다.

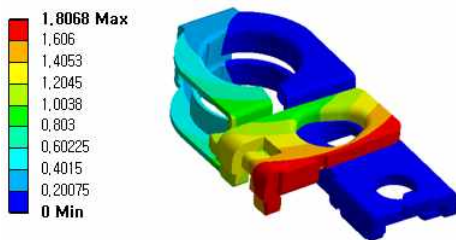


[그림 2-6] 기존 모델의 equivalent stress(MPa) 해석 결과

Battery Post Terminal Clamp의 변형 정도를 파악하기 위해, X방향의 Directional Deformation을 살펴보면 [그림 2-7]과 같이 Battery Post Terminal Clamp의 체결에서 가장 큰 변위가 일어나게 되는 끝부분이 약 -1.6mm 가량, Total Deformation을 살펴보면, [그림 2-8]과 같이 전체적인 거동은 1.8mm 정도 발생함을 알 수 있었다.

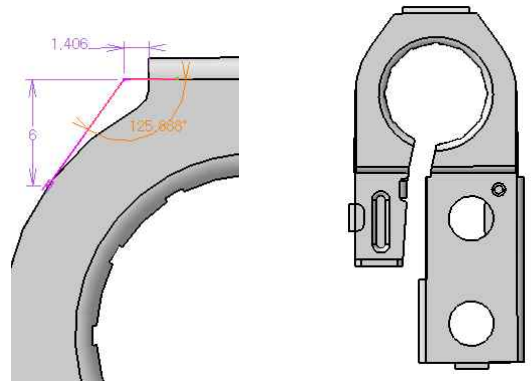


[그림 2-7] 기존 모델의 directional(X) deformation(mm) 해석 결과



[그림 2-8] 기존 모델의 total deformation(mm) 해석 결과

따라서, 기존 모델의 해석을 통한 본 연구에서는, [그림 2-6]과 같이, Battery Post Terminal Clamp에 발생하는 응력 집중을 감소시켜 성능과 수명에 부정적 요인으로 작용하는 문제점을 해결하기 위하여, 설계 방안으로 Battery Post Terminal Clamp의 상·하연결 부위에 안쪽으로 필렛을 주는 것이 아닌, 이 부분을 [그림 2-9]와 같이 외부로 돌출시켜 보강을 해주는 방안으로 모델링 하여 해석을 수행하였고, 각각의 설계 모델에 대한 Total Deformation, X 방향에 대한 Directional Deformation, 관심 부위에 집중되는 Equivalent Stress의 해석 결과를 분석하였다.

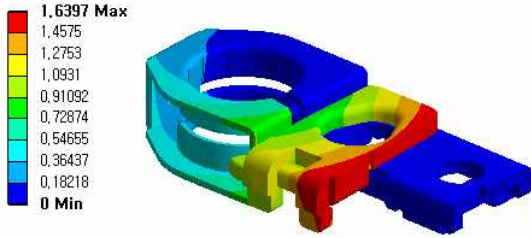


(a) 수정된 치수 (b) 수정된 형상
[그림 2-9] 응력 감소를 위한 모델 설계 방안

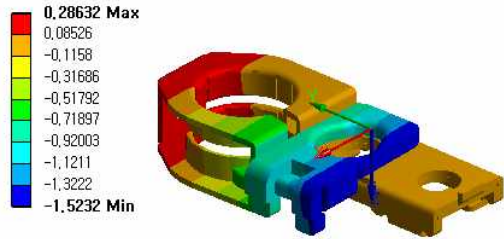
3. 시뮬레이션 결과

Battery Post Terminal Clamp의 상·하 연결 부위에 필렛을 주지 않고, 보강을 해주는 방안으로 모델링 한, 설계 방안에 대한 해석 수행 결과는 [그림 3-1] ~ [그림 3-3]과 같다. Total Deformation은 1.63mm로, 이는 기존 모델의 해석 결과인 1.80mm에 비하여 0.17mm 작은 결과이지만, 변형이 일어나는 영역을 분석하여 보면, 기존 Battery Post Terminal Clamp에서 주로 변형이 일어나는 영역보다 약간 더 넓은 영역에서 변형이 발생함을 알 수 있었고, 변형 정도를 색으로 표현한 [그림 3-1]을 통해 확인 할 수 있었다.

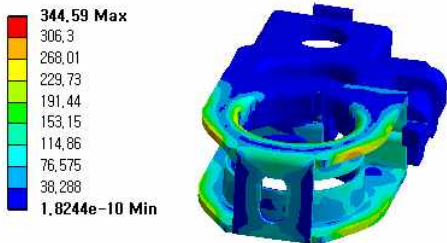
이는 Battery Post Terminal Clamp가 배터리 포스트 단자에 체결될 때, 좀 더 고른 접촉이 이루어 질 수 있는 것으로 사료 되었고, Directional Deformation은 기존 모델의 해석 결과보다 0.16정도 작은 -1.52mm의 결과를 보였고, Equivalent Stress는 기존 모델의 해석 결과와 비교하여 344.59MPa로 기존 모델에 발생하였던 응력 대비 큰 감소 수치를 보였다.



[그림 3-1] 설계 모델의 total deformation(mm) 해석 결과



[그림 3-2] 설계 모델의 directional(X) deformation(mm) 해석 결과



[그림 3-3] 설계 모델의 equivalent stress(MPa) 해석 결과

4. 결론

본 논문에서는 비용과 시간의 절감을 위한 해석적인 방법으로 ANSYS Workbench 11.0 을 이용하여, Battery Post Terminal Clamp의 응력과 변형을 분석하였다. 분석 결과, 응력 집중 부위는 Battery Post Terminal Clamp의 상·하 연결 부위에 설계한 필렛 부분에서 가장 큰 응력이 발생함을 파악하였고, 이부분에서 발생하는 응력을 극한 인장 강도 이하로 감소시키는 것을 목적으로, Battery Post Terminal Clamp의 상·하 연결 부분을 안쪽으로 파고드는 모델 보다는 외부로 보강을 해주는 방안으로 설계하였다.

앞서 수행한 기존 모델에 대한 해석 결과에 비해 Total Deformation, Directional Deformation은 0.17mm, 0.16mm 감소한 결과를 보였지만, Total Deformation이 일어나는 영역이 기존 모델이 해석결과보다 약간 넓어진 경향이 있어 Battery Post Terminal Clamp가 배터리 포스트 단자에 더 고른

접촉이 일어날 것으로 사료 되고, 기존 모델의 Equivalent Stress 해석 결과인 449.57MPa 보다 104.98MPa 감소한, 344.59MPa의 응력 크기를 보여 줌으로써, 이는 Battery Post Terminal Clamp의 극한 인장 강도 400MPa 이하로 응력을 감소시키는 연구 목적을 만족하였다.

이 해석 결과는 향후, Battery Post Terminal Clamp 설계에 보다 최적화된 형상을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 지식경제부 지정 공주대학교 자동차의장 및 편의부품 지역혁신 센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] A&D Consultants, "Car Safety and Electronics", 2009
- [2] 손종구, 권영일, 구영덕, "Sensor For Vehicles", 기술산업정보분석, 2003
- [3] 주병권, "자동차용 센서기술 분석-MEMS 적용분야를 중심으로", 전자정보센터(EIC), 2001,
- [4] Dongjin Kim, "Optimization of Parking and Driven Gear using Combined Forging Process Design using Taguchi Method", M.Sc. Thesis Kongju Univ. Feb, 2008
- [5] IT SoC Magazine, "전통산업과 IT기술과의 융합 자동차 분야", ITFIND, 2008
- [6] Hee-sung Lee, "A Study on the Magentic Field Analysis and Core Optimal Design of Automobile DC Current Sensor using Hall Effect", M.Sc. Thesis Kongju Univ, Feb, 2009
- [7] 손현조, "자동차용 엔진 벨브의 응력 감소를 위한 형상 최적설계", 한양대학교 공과대학원 석사학위논문, 2월, 2009
- [8] 이규원, 김재영, 연규석, 성찬용, 성준현, 유희중, "구조역학", 기문당, 2009