

응력분포를 고려한 연료전지 시스템 프레임의 치수최적설계 Size Optimum Design of Fuel Cell System Frame Considering Stress Distribution

*박광서¹, #전유탉¹

*K. S. Park, #Y. T. Jeon(ytjeon@hysco.com)¹

¹현대 하이스코

Key words : Fuel cell, Structural Analysis, Size optimum design

1. 서론

화석연료의 고갈과 이산화탄소 배출 문제로 인하여 신 재생 에너지(New regeneration energy) 기술이 두각을 나타내고 있으며 태양광과 태양열, 지열, 소수력, 풍력 등 다양한 분야의 연구들이 활발히 진행되고 있다. 그 중 연료전지(Fuel Cell)는 수소를 연료로 하여 산소와 전기화학반응(Electrochemical reaction)을 통해 전기와 열 에너지를 공급하는 기술이다. 연료전지는 높은 에너지 밀도를 갖는 수소를 사용하여 효율이 높으며 이산화탄소 배출량이 매우 적은 신 재생 에너지로 주목 받고 있다. 연료전지 시스템은 스택(Stack), 열 교환기(Heat exchanger), 인버터(Inverter) 와 컨버터(Converter) 등 다양한 BOP(Balance of Plant)가 위치하고 있어 지속적인 하중이 가해지므로 프레임의 안정성 평가와 경량화 설계가 중요하다.

본 연구에서는 정지형 연료전지 시스템 프레임의 안정성 평가를 위하여 선형 정적해석을 수행하여 응력분포를 확인, 취약부를 판단하여 안전성을 검토하고 치수최적설계를 통해 경량화된 설계를 제시한다.

2. 안정성 검토를 위한 구조해석

본 연구에서 사용된 연료전지 시스템 프레임의 크기는 361*805*848mm 이며 재료는 Steel 이다. Steel 의 물성치는 Table 1 과 같다.

Table 1 Material Property

| Material | Young's modulus | Poisson's ration | Density |
|----------|-----------------|------------------|---------|
| Steel | 207 | 0.3 | 7.83e-6 |

선형정적해석(Linear static analysis)을 위한 모델링은 Fig 1 과 같이 구성하였으며 16441 개의 절점과 14941 개의 요소로 구성된다.

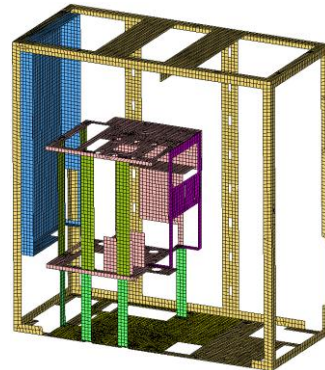


Figure 1 Fuel Cell Frame Modeling

지면과 고정되는 프레임 하단은 6 개의 자유도 모두 구속하였으며 각각의 BOP 의 무게를 하중으로 적용하였다. 하중은 최대 98N, 최소 19.6N 이며 집중 하중으로 적용하였다.

선형정적해석 결과는 Fig 2 와 같다.

해석 결과를 보면 국부적으로 최대 187.7MPa 의 응력이 발생하는 것을 확인할 수 있다. Steel 의 항복응력은 270MPa 로 프레임의 안정성은 과도설계가 되어있음을 알 수 있다.

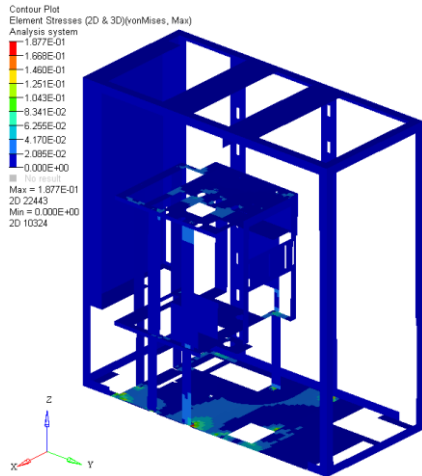


Figure 2 Stress Distribution of Initial Design

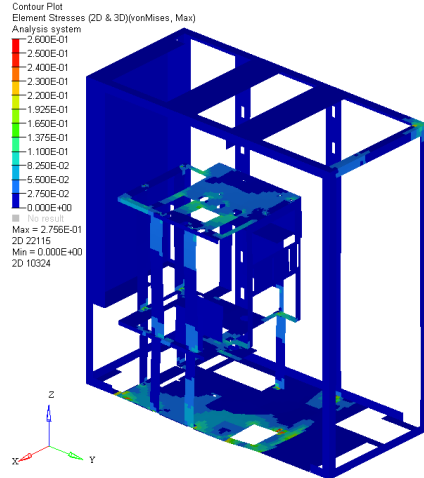


Figure 3 Stress Distribution of Optimum Design

3. 연료전지 시스템 프레임 최적화

연료전지 시스템에서 프레임은 소재와 두께에 따른 가격 변동이 크기 때문에 안정성을 확보한 경량화 설계가 요구된다. 본 연구에서 사용된 연료전지 시스템 프레임은 Steel의 항복응력 값 이하의 응력을 갖는 것으로 확인되어 필요 이상의 안전계수를 갖는 과도설계에 해당한다. 그러므로 프레임의 응력을 항복응력보다 낮게 유지하며 무게를 최소화하기 위해 아래와 같이 정식화하여 최적설계를 진행하였고 상용 프로그램인 Hyperworks Optistruct를 사용하여 계산하였다.

Find T_i ($i=1,2,\dots,7$)
 To Minimize Mass
 Subject to $\sigma_{allow} - \sigma \geq 0$
 $0.5 \leq T_i \leq 5$

여기서, T 는 프레임의 두께, σ 는 응력을 나타낸다.

각각의 프레임 두께를 설계변수로 정의하며 제한조건은 Steel의 항복응력인 270MPa 이하로 설정하였다.

그 결과 프레임의 초기 1~2mm인 프레임의 두께가 0.5~1.5mm로 변경되었으며 무게가 18.7kg에서 8.3kg으로 55% 감소되었다. 최적 설계 후 프레임의 응력분포는 Fig 3과 같다.

Fig 3을 보면 응력 값이 전체적으로 상승하였지만 모두 항복응력보다 낮은 값을 갖고 안전계수가 1 이상으로 안정성을

유지하고 있다.

4. 결론

본 연구에서는 선형정적해석을 통해 응력분포를 확인하여 연료전지 시스템 프레임의 안정성을 검토하였고 치수최적설계를 수행하여 프레임의 응력분포를 항복응력보다 낮게 유지하고 무게를 초기 18.7kg에서 8.3kg으로 55% 감소시킨 경량화된 설계안을 제시하였다.

참고문헌

1. S. T. Kim, Y. M. Oh, D. E. Kim, Y. S. Park, J. H. Kim and J. S. Kim, "Study on Structural Stability of Base Frame by Improvement of Design in Fuel Cell System", KSPE, 899-900, 2012