

유한요소법을 이용한 태양광 집전기 구조물에 대한 안전성 평가

이양창*,이준성**,이은철**,이호정**
*대림대학 산학협력팀
**경기대학교 기계시스템공학과
e-mail:yclee@daelim.ac.kr

Safety Assessment for the Solar Cell Structure using Finite Element Analysis

Yang-Chang Lee*, Joon-Seong Lee**, En-Chul Lee**,
Ho-Jung Lee**

*Dept of Industry Academic Cooperation, DaeLim College
**Dept of Mechanical System Engineering, Kyonggi University

요 약

태양열을 이용한 발전은 신재생에너지 사업으로 현재 각광을 받고 있는 분야 중의 하나이다. 본 논문에서는 3kv급 태양열 집전기를 유한요소법을 이용하여 돌풍이 불 때 풍하중에 의한 안전성을 평가하였다. 태양열 집전기는 옥외에 설치되므로 바람에 대한 영향을 가장 많이 받게 되는데 풍하중은 특히 강한 태풍이 불 때에 가장 높은 설계변수로 자중이나 프레임이 태양을 트래킹 할 때 생기는 동역학적인 변수보다도 크게 된다. 기존에 풍압력에 대한 산술식이 있지만 구조에 따라 적용하는 방법이 다르므로 돌풍이 불 때의 풍속을 적용, 유한요소법을 이용하여 우선 플레이트 프레임 표면에 발생하는 표면 압력을 계산하였다. 구한 표면 압력으로부터 플레이트 부분에 작용하는 하중으로 환산을 구조물에 대입하였고, 구조물이 크고 Mesh수에 문제로 인해 프레임을 두 부분으로 나누어서 포스트 부분과 플레이트 부분에 적용하여 해석하였다. 포스트의 경우에는 플레이트에서 받은 풍하중을 벡터로 나누어서 적용하였고 플레이트 부분에서 작용하는 자중을 고려하여 적용하였다. 플레이트의 경우 돌풍에 안정적이라 하더라도 변형량이 높을 경우를 적용하였다. 포스트 부분과 플레이트 연결부에서도 보강을 통하여 적정범위의 응력이 집전기에 문제가 발생할 수 있으므로 적정한 범위의 변형량을 유지하기 위해 설계변경 하여 안전한 구조물이 되도록 하였다.

1. 서론

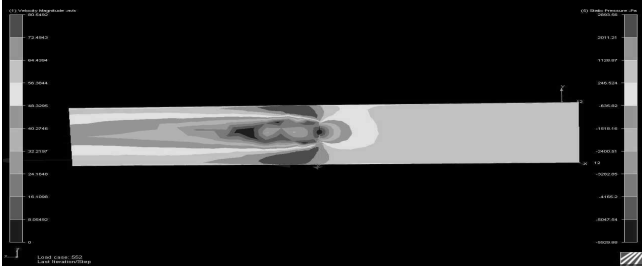
세계적으로 가장 이슈가 되는 사업 중에 하나가 신재생에너지 사업이다. 거의 모든 나라가 신재생에너지 사업을 장려하고, 많은 개발에 착수 하고 있다. 신재생에너지 기술개발은 각 에너지원별 기술수준, 성공가능성, 경제적 파급효과 등을 고려하여 추진전략을 차별화함으로써 효율성을 극대화하고자 노력하고 있다[1~2]. 공해가 없고, 유지보수가 용이하다는 장점이 있다. 하지만 전력생산량이 일조량에 의존해 태양광 발전은 발전기의 도움 없이 빛에너지를 전기 에너지로 직접 변환하는 방식의 발전으로 신재생에너지 사업에서 가장 큰 역할을 하고 있다. 공해가 없고, 유지보수가 용이하다는 장점이 있다. 하지만 전력생산량이 일조량에 의존해야 하고, 설치 장소가 한정적이라는 점이 큰 문제점이다[3~4]. 그리고 집열

판이 옥외에 설치됨으로 강풍에 의한 하중이 필수적으로 고려되어야 한다[5]. 또한, 풍하중 외에 집열판의 무게를 고려한 수직하중을 적용하였다. 태양열 집전기의 질량을 무시할 정도로 작지 않으므로, 설계변수에 큰 영향을 미칠 것으로 판단하였다. 강한 태풍이 불 때의 풍속을 약 60m/s로 가정하고, 태양열 집전기의 플레이트 면적을 가로 8m, 세로 4m의 크기로 설계하였고, 위와 같은 2가지의 설계변수를 가지고, 유한요소법을 이용하여 태양열 집전기의 안정성을 평가하고자 한다.

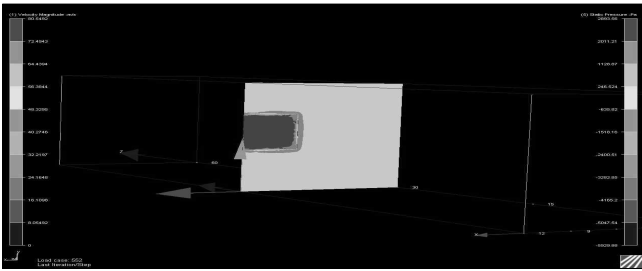
2. 플레이트에 받는 풍하중 해석

강태풍이 불 때의 풍속을 약 60m/s로 가정하여 플레이트부에 받는 외부의 풍하중을 먼저 계산하였

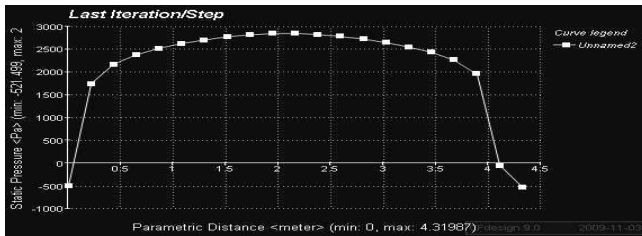
다. 유한요소법을 이용하여 플레이트를 1/2 Modeling으로 유동해석 Cfdesign Software를 이용하여 플레이트부의 표면 압력을 계산하였다.



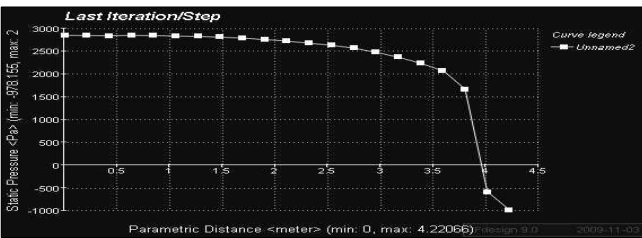
[그림 1] 플레이트부의 유동해석 결과(압력분포)



[그림 2] 플레이트 단면부의 압력분포



[그림 3] 플레이트부의 세로방향의 압력분포



[그림 4] 플레이트부의 가로방향의 압력분포

그림 1.에서는 풍속 60m/s의 풍압에 의한 유동해석의 결과이고, 풍하중의 값을 계산하기 위해 Pressure의 값으로 표현하였다. 외부 압력분포의 결과 값은 플레이트 상부와 하부에서 가장 높게 나왔다. 그림 1.의 결과 값은 플레이트의 외부 유동성을 파악하는 결과일 뿐 풍하중에 관한 값은 얻지 못했다. 풍하중 값을 얻기 위해서는 플레이트 단면에 관한 압력 분포가 필요하다. 따라서 그림 2.에서는 플레이트의 단면의 압력 분포의 결과 값을 볼 수 있다. 그림 2.를 보면, 가장자리 끝에서 압력 값이 작을 뿐

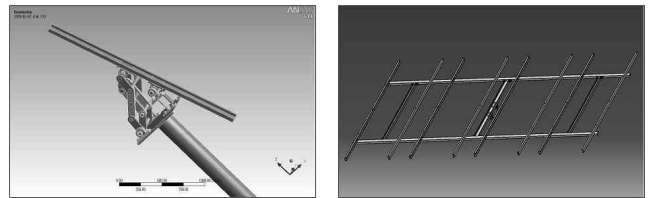
거의 비슷한 값을 볼 수 있다. 이를 더 자세히 보기 위하여, 플레이트의 중심에서 가로와 세로의 단면을 그림 3. 그림 4.로 나타내었다. 압력수치가 일정하지 않고 길이에 따라서 달라지고 플레이트 중심에 대칭임을 볼 수 있다. 이들 값의 평균값으로 풍하중을 약 2,550Pa로 하였다.

3. 태양열 집전기 구조 해석

집전기 구조물의 안정성 평가를 위해 CATIA Software에서 Solid 모델링하고, 구조해석은 ANSYS Software[6]을 이용하여 메쉬 생성과 해석을 하였다. 모델의 부품 수와 형상이 복잡하기 때문에 컴퓨터의 해석시간을 줄이고 해석할 수 있는 요소수의 범의 안에 있도록 그림 5.와 같이 두 부분으로 포스트부와 플레이트부로 나누어 진행 하였다. 두 부분 모두 재질은 SS400(ASTM A36)이며, 재료의 물성치는 표1.에 나타내었다.[7]

[표 1] 포스트부와 플레이트부의 재료 물성치 (SS400)

Density	7850 kg/mm ³
Tensile Strength, Yield	250 MPa
Poisson's Ratio	0.26
Modulus of Elasticity	200 GPa



(a)포스트 및 힌지부

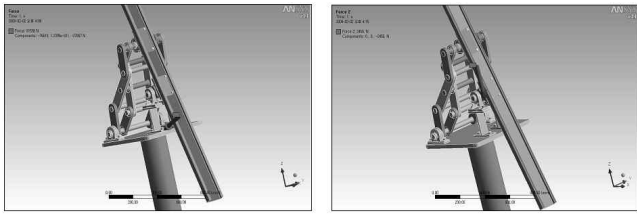
(b)플레이트부

[그림 5] 해석을 Solid 모델링

3.1 포스트 부의 해석

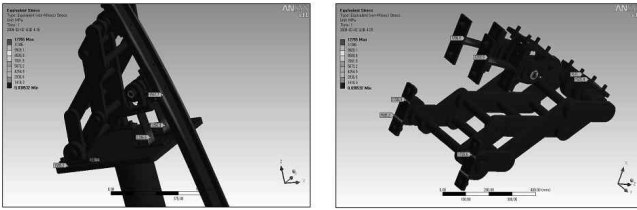
포스트부의 해석을 위해 그림 6.과 같이 포스트부의 밑부분을 완전 고정하고, 하중조건은 면에 풍압력 2550Pa로 적용, 면적(8m×4m)을 곱하여, 81600N의 풍하중을 적용하였다. 또한 집열판의 무게에 의한 플레이트부의 수직하중을 4900N(약500kg)을 적용하였다. 그림 7.은 포스트 및 힌지부의 해석결과이며, 힌지와 축 부분은 낮은 값의 응력이 발생하여 문제가 없을 것으로 판단되며, 플레이트를 지지하고 있는 I Beam부분에서 최대응력 1,567MPa이 나타나고 있다. 이는 사용재료의 항복응력 300MPa을 초과하는 것으로 나타나고 있다. 따라서 현재의 부재에 대하여 보

강이 절실히 필요하다.



(a)풍압력 적용 (b)집열판 하중 적용

[그림 6] 해석을 위한 경계조건

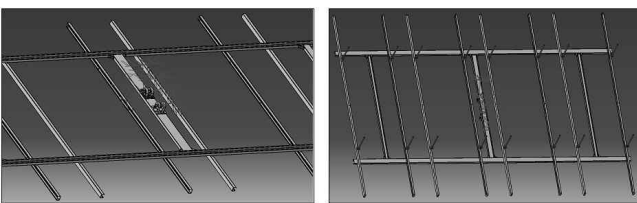


(a)I Beam 응력 분포 (b)힌지부 응력 분포

[그림 7] 포스트 및 힌지부 해석 결과

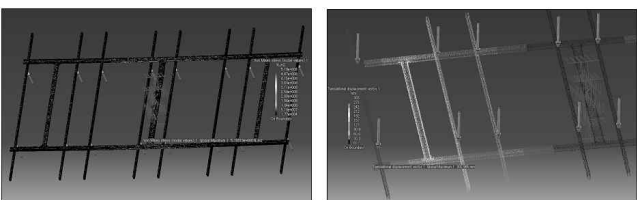
3.2 플레이트 부의 해석

그림 8은 플레이트 부의 구속조건 및 하중 조건을 나타낸다. 8개의 면에 81600N의 풍하중을 적용하고, 플레이트에 작용하는 집열판의 무게를 수직하중 조건으로 4900N(약500kg)을 적용하였다. 구속조건으로 힌지부 안쪽면을 완전구속하였다. 해석결과로 그림 9.에서 보면 응력집중은 완전 구속된 프레임 부분에서 나타남을 볼 수 있다. 519MPa로 항복강도를 넘어서 급격한 변형이 발생한 것으로 보인다. 변위는 프레임 양 끝단에서 300mm가 넘는 큰 변형이 발생함을 볼 수 있다.



(a)구속조건 (b)하중조건

[그림 8] 플레이트부의 구조해석을 위한 경계조건



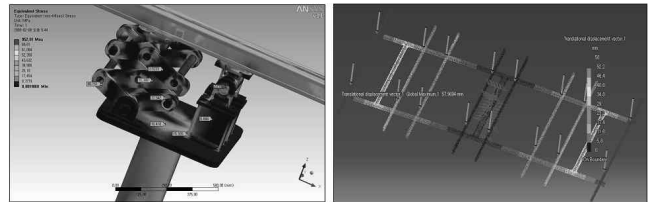
(a)응력 분포 (b)최대변형

[그림 9] 플레이트부의 구조 해석 결과

4. 태양열 집전기의 보강 및 해석

기초설계 데이터에 의한 해석결과로 태양열 집전기의 구조물은 항복응력을 넘어서 소성 변형을 일으키는 것으로 나타났다. 그러므로 구조물의 부재들의 보강이 필요함을 알 수 있었다. 따라서 각 qnwod를 보강하고, 플레이트부의 가로축 가운데 부분에 큰 변형을 줄이기 위한 긴 프레임을 추가 하였으며, 포스트 부분의 I Beam 또한 보강하였다.

구조해석 조건은 플레이트부와 포스트부 모두 앞에서와 같은 조건으로 해석을 하였다. 그림 10.은 해석 결과이며, 포스트부의 경우 최대응력이 116MPa로 하중이 직접 가해진 플레이트부와 접촉된 부분으로서 항복응력값 보다 작게 나왔다. 또한 링크와 축 부분은 80MPa의 응력값이 나타남을 볼 수 있었고, 플레이트부의 응력집중은 완전 구속된 프레임 부분에서 나타남을 볼 수 있다. 따라서 구조물의 각 부재가 항복강도를 넘지 않고, 변위는 프레임 양 끝단에서 5.8mm로 변위에 의한 구조물의 흔들림이 최소화 됨을 알 수 있었다.



(a)포스트 및 힌지부 응력분포 (b)플레이트부 최대변형

[그림 10] 부재가 수정된 해석결과

5. 결론

태양열 집전기의 안정성을 평가하기 위하여, 강풍이 불 때의 풍속 60m/s로 플레이트를 1/2 Modeling로 하여 유동해석을 시행하였다. 계산한 풍압력은 플레이트부에 압력값으로 적용하였고, 플레이트에 압력은 동일하게 받으나 가장자리에서의 압력 값이 작은 것을 알 수 있었다. 이 압력 분포를 그래프로 나타내어 평균값으로 하중 값을 나타내었고, 모델의 부품수와 형상이 복잡하기 때문에 컴퓨터의 해석시간을 줄이고 해석할 수 있는 요소수의 범의 안에 있도록 하기 위하여 두 부분, 포스트부와 플레이트부로 나누어 진행 하였다. 구조 해석결과로 포스트부와 플레이트부 모두 최대응력 값이 재료의 항복응력 값 이상의 값을 나타내었다. 따라서 부재를 변경하여 해석한 결과 두 Part 모두 기준 항복응력이하의 값을 얻을 수 있

었고, 구조물의 안정성을 확인 할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 유원중, 이기욱, 김현일, 박경은, “대규모 태양광 시스템 동향”, 한국태양에너지학회지, 제7권, 제2호, pp. 3-8, 2008.
- [2] Heack Kang-Yong, Sub Yang-Yoon., “Development of Solar Technology in Korea” The Korean Solar Energy Society, Vol 22, No2, pp. 1-17, 1998.
- [3] 최주호, “탄성 구조물의 안정성을 고려한 형상최적설계”, 한국전산구조공학회논문집, pp. 75-82, Vol. 20, No. 1, 2007.
- [4] Nam Chwun-Pak., “Solar heat district heating technique and present condition”, The Society Of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea, Vol 37, No6, pp. 27-32, 2008.
- [5] Jong. S. H, Jo. K. H., “Simulation of Peak Wind Pressures by Strong Wind Acting on Structures”, The Wind Engineering Institute of Korea, No8, pp. 190-195, 2005.
- [6] 태성에스엔이, “ANSYS 활용안내서,” Release 10.0, 2008.
- [7] “Standard practices for cycle counting in fatigue analysis,” ASTM international, ASTM E 1049-85, 2005.