

유한요소법을 이용한 태양광추적장치(Tracker)의 변형특성에 관한 연구 A Study on Deformation Behaviors of Solar Tracker using the Finite Element Method

*김지선¹, #김일수¹, 정재원¹, 나현호¹, 장병석², 문성호², 이지혜¹

*J. S. Kim(kimjisun@mokpo.ac.kr)¹, #I. S. Kim¹, J. W. Jeong¹, H. H. Na¹, B. S. Jang², S. H. Moon², J. H. Lee¹

¹ 목포대학교 기계공학과, ² ㈜파루 부설연구소

Key words : Deformation Behavior, FEM(Finite Element Method), von-Mises stress

1. 서론

현재 인류는 화석에너지의 과다 사용으로 인한 지구온난화 등의 심각한 환경 문제에 직면하고 있으며 대체에너지로 태양광 분야의 적용 확대가 필요하다. 특히 에너지 소비가 가장 많은 산업분야에서의 산업공정에 적용을 위하여 저가형·고효율 태양광 발전시스템의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 태양광은 화력, 원자력 등 기존 에너지원과 달리 청정하며 무한하게 재생 가능한 미래의 에너지원으로 이용 잠재력이 크고 기존 에너지 대비 경제성 측면에서 다른 어떤 신재생 에너지보다 유리하며 보급 잠재량이 큰 신재생 에너지원이며, 공해가 적고 무한한 자원과 반영구적인 수명으로 연료공급 없이 20년 이상 사용 가능하여 대체 에너지원으로 활발한 연구가 진행 중이다.

호남권은 태양광을 육성시킬 수 있는 천혜의 자연환경을 구비하고 있으며 원료, 소재로 출발하여 지정확산 실증단지까지 이어지는 집적화가 가능한 지역으로 국가산업으로 견인할 수 있도록 중점육성 절실하다. 다른 신재생에너지에 비해 단가가 비싸 경제성이 없는 단점을 효율 향상과 대면적화, 대량생산을 위한 노력으로 생산단가를 지속적으로 낮추고 있으므로 미래 에너지 문제를 해결할 수 있는 대체 에너지원으로 가능성이 매우 높다.

새로운 태양광발전시스템의 개발과정에서 안정성, 신뢰성 및 내구성 확보를 위한 해석모델의 검증과 수정과정이 요구된다. 구조해석의 시행착오를 줄이기 위해서 해석 노하우 및 기술을 축적할 필요가 있으며, 설계 최적화를 위한 데이터베이스를 구축하여 보다 효율적인 해석 및 설계 기법 확보가 가능하다.

본 연구에서는 태양광 추적장치(Tracker)의 효과적인 변형해석을 실시하여 태양광발전시스템 개발에 핵심부품인 태양광추적장치(Tracker)의 변형특성 분석 및 최적화 설계를 통하여 신뢰성 및 생산성을 극대화 하고자 하였다.

2. 유한요소모델 개발

태양광 추적장치(Tracker)에 대한 변형특성을 분석하기 위하여 관련 자료 수집 및 분석을 통해 유한요소해석(FEM)을 이용하여 수치해석용 시스템을 검증하고자 하였다. 범용 유한요소해석 프로그램인 ANSYS S/W 를 이용하여 Fig. 1 에 나타낸 바와 같이 모델링 작업을 수행하였다. 구조해석 모델인 기존의 태양광 추적장치(Tracker)에 적용된 환경 조건은 Table 1 에서 나타낸 바와 같다. 구조설계를 위해 건축법, 동시행령, 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙(2009)의 4 개의 기준을 참고하였다.

Table 1 Environment conditions

Environment conditions	Machine type	Material type
General wind speed : 35m/sec (horizontality) 25m/sec(apply tilt)	Snow cover : 50kg/m ² Tracker 2Axis 6kW	SSC400, SS400

해석 모델을 크게 Beam structure, Actuator structure, Gear box structure 3 가지로 나누었으며 격자(mesh) 생성은 Fig. 1 과 같이 Quad 형태인 mapped mesh 를 사용하였다. 해석에 사용된 일반구조용강(SS400)과 경량형강(SSC400)의 기계적 성질은 Table 2 에서 보는 바와 같다. 모델링에 사용된 총 절점의 수는 90,387 개, 요소의 수는 42,330 개, 총 중량은 1,376kg 이다. 유한요소모델을 생성하기 위한 요소 타입은 Table 2 과 같으며, 해석에 사용된 요소의 종류는 Shell 281, Solid186, Mass21, Beam188 로 4 가지 형태의 요소로 적용하였다.

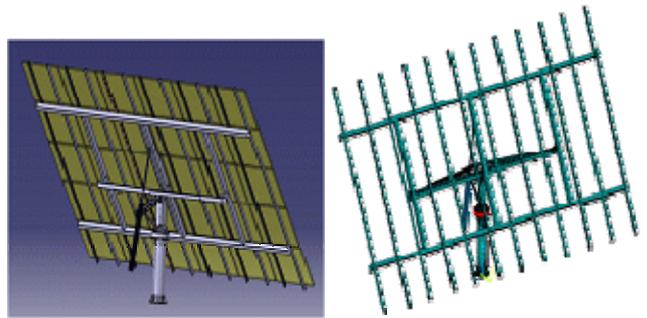


Fig. 1 Analysis model of tracker 2axis 6kw

Table 2 General information of analysis model

Material	Young's modulus	Poisson's ratio	Density	Yield strength
SS400, SSC400	205.94 (GPa)	0.3	7850 (kg/m ³)	250 (GPa)

3. 변형특성분석

유한요소모델을 이용하여 개발된 수치해석 모델의 신뢰성을 검증하기 위하여 구조물에서 가장 중요하게 검토되어야 할 부분인 기초부분의 변형해석, 상부프레임과 기둥의 이음새 부분 및 액추에이터의 연결지지부의 강성적인 해석을 함으로써 경계조건과 하중조건을 적용한 태양광추적장치(Tracker)의 최적화 설계를 통해 신뢰성 및 내구성을 확보하고자 하였다.

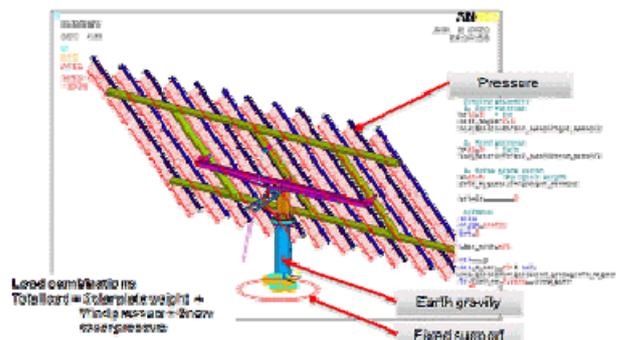
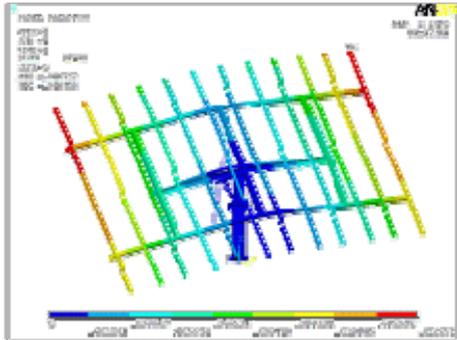
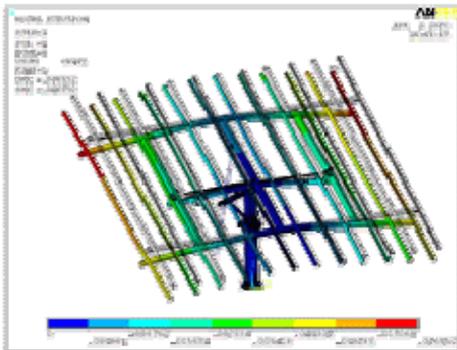


Fig. 2 Distributions of the load combinations

적용된 경계조건(Boundary condition)과 하중조건(Loading conditions)은 Fig. 2 와 같이 Tracker 의 지지부를 All fix 로 고정하고 전지판의 하중 조건은 총 3 개의 하중 조합(태양전지판의 하중, 풍하중, 적설하중)으로 표현하였으며 하중의 형태는 압력(Pressure)의 값을 적용하였다. 상부에 취부되는 태양광전지의 개수는 총 30 장으로 개별 무게는 18.4kg 이며, 적설하중은 37.8kg 풍하중은 65.9kg/m 이다. 태양전지판 지지대의 끝단 부근에서 발생하는 최대 변형량은 Fig. 3(a)의 해석결과 에서 확인 할 수 있듯이 16.952mm 이다. Fig. 3(b)은 변형 전과 변형 후를 GUI 상에 표현한 것이다.



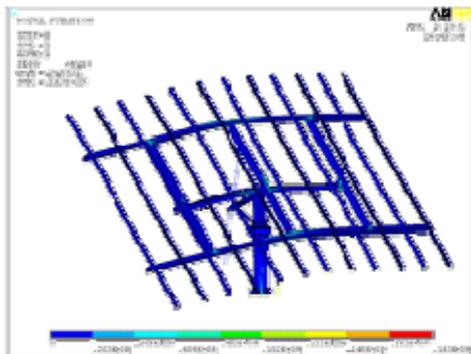
(a) Maximum deformation of Tracker 2axis 6kw



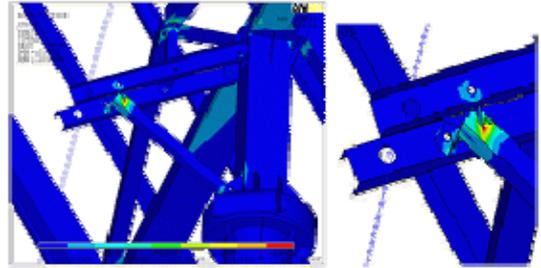
(b) Deformation of Tracker 2axis 6kw

Fig. 3 Result of Deformation on Tracker 2axis 6kw

Fig. 4(a)는 해석모델에 적용된 von-Mises 응력분포를 나타낸다. 항복응력(Yield Stress)과 최대응력(Maximum stress)을 비교하면 최대응력값이 항복응력값보다 작기 때문에 풍하중과 적설하중의 영향을 고려한 구조해석에 따른 구조적 안정성이 확보되었음을 확인할 수 있었다. 또한, von-Mises 응력을 확인해본 결과 Fig. 4(b)와 같이 Actuator 와 Pin connection 부분쪽에서 최대 183MPa 의 von-Mises 응력이 발생함을 알 수 있었다.



(a) Distributions of von-Mises stress



(b) von-Mises stress of Actuator & Pin connection
Fig. 4 Result of von-Mises stress on Tracker 2axis 6kw

4. 결론

유한요소법을 이용한 기존 태양광 추적장치(Tracker)의 변형 해석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(가) 유한요소모델을 이용하여 기초부분의 변형해석, 상부프레임과 기둥의 이음새 부분 및 액추에이터의 연결지지부의 강성적인 해석을 함으로써 최대응력값과 항복응력값의 비교를 통해 구조적 안정성이 확보되었음을 확인하였다.

(나) 변형해석을 통해 태양광발전시스템 개발에 핵심부품인 태양광 추적장치(Tracker)의 최대 변형량과 응력분포 해석 및 최적화 설계를 통하여 수치해석 모델의 신뢰성을 확보하였다.

후기

본 논문은 광역경제권 선도산업 기술개발사업을 통하여 수행된 연구결과 중의 일부이며, 관계자 여러분께 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

1. S. Abdallah and S. Nijmeh, "Design construction and operating of one-axis sun tracker", Journal of Applied Science, Vol. 4, 45~53, 2002.
2. S. Abdallah and S. Nijmeh, "Two-axis sun tracking with PLC control", Energy Conversion and Management, No. 45, 31~39, 2004.
3. S. Odeh a.o., "Design of a single-axis tracking collector for moderate temperature applications", in Proceedings of the 14-th ISES Conference EUROSUN 2004, 527~532.
4. P Roth, A Georgiev, H Boudinov, "Design and construction of a system for sun-tracking" Renewable energy, Vol. 29(3), 393~402, 2004
5. V Poulek, M Libra, "New solar tracker" Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol. 51(2), 113~120, 1998