

# 케이블을 이용한 장스팬 태양광패널 지지구조시스템

## Free Span Solar Array System Using Cable Structures



최 은 희\*  
Choi, Eun-Hee



정 진 우\*\*  
Jeong, Jin-Woo



김 인 범\*\*\*  
Kim, In-Beom



안 승 환\*\*\*\*  
Ahn, Seung-Whan

### 1. 서론

지구온난화 방지를 위해 온실가스의 인위적인 방출을 규제하기 위한 유엔기후변화협약 발효와 유가 급등, 원자로 사고에 의한 환경오염 등에 따라 신재생에너지에 대한 관심이 높아지고 있다. 국내의 경우, 관공서 및 교육청 산하 연면적 1,000㎡이상 (2012.1.1. 개정)되는 시설물들에 신재생에너지 설비를 의무적으로 설치해야 하는 공공의무화 사업이 2004년부터 실시되고 있고, 또 2012년부터 시행된 RPS(신재생에너지 공급 의무화 제도)를 통해 신재생에너지의 보급 및 시장 확대가 예상되며, 특히, 태양광 발전 시스템에 대한 관심이 높아지고 있다.

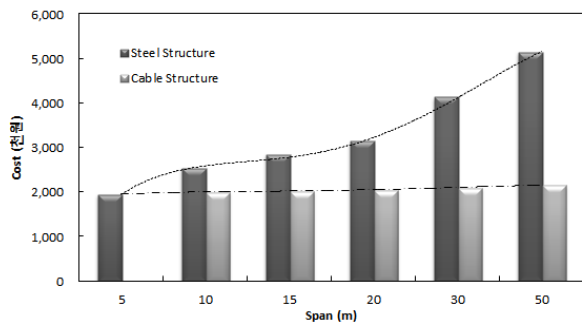
국내뿐 아니라, 국외에서도 사막지대를 이용한 대규모 태양광 발전단지의 건립을 계획, 추진 중이다. 하지만 국내의 경우, 국토의 면적이 작고 사막과 같은 유휴부지가 거의 없는 상황에 국가 정책과 맞물려 최근 지방자치단체의 정수시설 등의 수처리 시설을 이용하여 태양광 발전 시설을 갖추하고자 하고 있다.

태양광 발전 시스템은 태양광 패널, 축전지, 인버터 및 지지시스템으로 구성된다. 이중 태양광 패널, 축전지 및 인버터에 관한 연구는 활발하게 진행되고 있으며, 이에 대한 현장적용도 상당부분 이루어진 상태이다. 이에 반해, 지지시스템부분에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 태양광지지 구조의 형식으로는 포스트를 이용한 단스팬 경량철골구조, 철골 트러스 시스템 그리고 스페이스 프레임의 형태가 대부분이다. 단스팬 경량 철골구조 시스템은 태양광 패널 지지구조의 가장 기본적인 형태로 설치 및 조립이 간편한 반면, 하부공간을 자유로이 활용할 수 없고, 경간이 긴 경우 설치가 불가하며, 대규모의 태양광 시

\* 정회원, 코스피(주) 설계팀 과장  
Tel : 02-3663-2700 Fax : 02-3663-2788  
E-mail : ehchoi@cospi.co.kr  
\*\* 정회원, 코스피(주), 부장  
\*\*\* 정회원, 코스피(주), 이사  
\*\*\*\* 정회원, 코스피(주), 대표이사

시스템을 형성하기에 부적절한 면이 있다. 트러스 및 스페이스 프레임 시스템의 경우, 중·단 스패에 적합한 시스템이지만, 스패의 제약으로 중·장 스패의 경우 일정 간격의 포스트를 설치해야 하고, 일정 스패 이상의 경우는 중량 증가로 인해 시공성이나 경제성이 현저하게 저하되는 단점이 있다. 최근 대두되고 있는 유희지 또는 수자원 시설 등의 공간 활용 및 설치비 절감, 대지 활용성을 극대화 할 수 있는 장스팬 지지구조물에 관한 연구가 필요한 실정이다.

〈그림 1〉은 일반철골구조와 케이블을 적용한 구조시스템의 공사비를 분석한 것이다.



〈그림 1〉 설치비용 분석

10m 이상 스패의 경우 철골구조와 비교하여 경제성이 있는 것으로 파악되었으며, 스패가 증가할수록 경제성은 더욱 증가하는 것으로 나타났다.

본 기사에서는 케이블 구조를 활용한 태양광 발전 시스템의 적용을 위해 지지구조 시스템의 특징, 설계 및 시공사례를 소개하고, 향후 이러한 시스템의 적용 시 고려해야할 주요사항을 정리하였다.

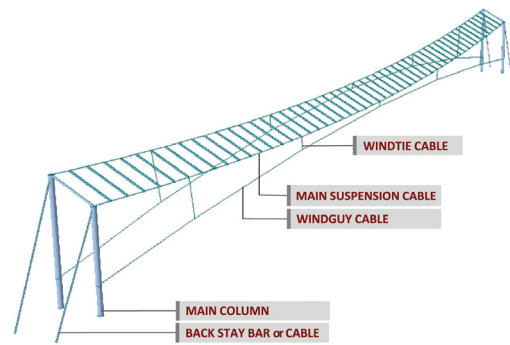
## 2. 케이블지지 태양광 구조물

### 2.1 케이블지지 태양광 구조시스템

케이블을 이용한 태양광 구조시스템의 설계 시 연성구조 특성상 케이블의 초기 형상 결정, 인장력에 의한 강성구현 및 내풍 설계 부분이 가장 중요한 고려대상이다. 케이블은 초기의 형상에서 추가하중에 의하여 변형된 형상으로 새로운 평형계를 찾아가는

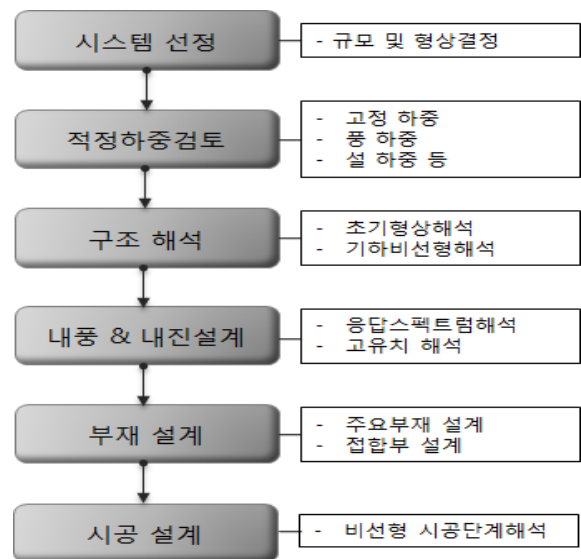
2차안정구조계(Second order stable system)로서 변형을 전제로 하는 구조계이기 때문에 강성을 구현하기 위한 조건이 까다롭다. 추가적으로 케이블의 강성 및 릴랙세이션(Relaxation) 등의 케이블의 정확한 특성을 고려한 적절한 케이블 선정이 필요하다.

본 프로젝트에서 진행한 태양광패널 지지 구조시스템은 〈그림 2〉와 같이 메인 현수 케이블(Suspension cable)과 풍하중에 저항하는 내풍 케이블(Wind Cable)을 중심으로 구성된다.



〈그림 2〉 태양광 패널지지 구조시스템

〈그림 3〉은 구조시스템의 설계과정을 나타낸 것이다. 설계의 순서는 ① 시스템 선정, ② 하중검토, ③ 구조해석, ④ 내풍&내진 설계, ⑤ 부재설계, ⑥ 시공설계 순으로 진행된다.



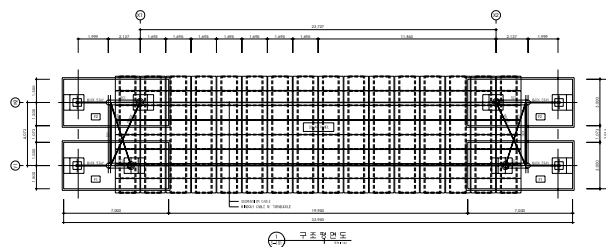
〈그림 3〉 태양광 패널 지지 구조시스템 설계 순서

케이블을 이용한 구조시스템을 설계하는 데 있어 다른 구조와 가장 다른 부분은 초기 형상 결정과 시공 설계라고 할 수 있다.

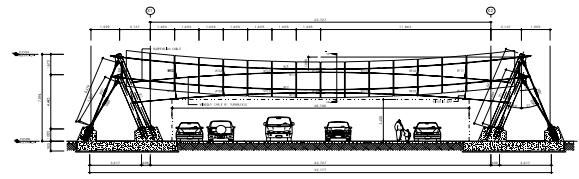
케이블 구조의 형상설계라는 것은 그것을 구성하는 각 케이블에 주어지는 계획된 초기장력과 고정하중이 평형조건을 만족하는 형상이어야 한다. 이를 위해서는 케이블의 형상 및 구성을 선택하고 계획된 장력에 대한 평형조건의 만족여부 확인이 요구된다. 이런 일련의 과정을 통해 설계된 케이블 구조물의 완성형상은 각 케이블에 소정의 장력을 도입한 상태에서 안정되므로 장력도입방법과 도입순서 등 보통 구조의 시공에서는 포함되지 않는 과정이 요구된다. 필요에 따라 시공방법과 시공순서를 고려한 설계를 하여야하며, 특히, 장력도입방법, 도입순서에 대해서는 구조물의 형상 및 구조적 특성을 충분히 검토해서, 시공 상황을 고려한 시공 단계 해석 과정이 필요하다.

## 2.2 시공사례

본 프로젝트는 케이블을 이용한 태양광발전지지 구조시스템의 시공성 및 경제성 등의 다양한 제반사항을 검토하기 위하여 경북 군위에 설치되었고, 260W 패널 128장(33.28kWp), 스패ن 28m, 입사각 22°의 케이블 서포티드 시스템으로 설계, 시공되었다. <그림 4>와 같이 상부 메인케이블(Suspension cable)과 하부 내풍 케이블(Wind cable)을 이용하여 구조물의 강성 및 내풍 성능을 확보하였으며 하부공간은 주차공간으로 활용하도록 설계하였다.



<그림 4> 케이블지지 태양광 구조물 평면도



<그림 5> 케이블지지 태양광 구조물 정면

구조물의 정확한 시공단계 수립을 위하여 현장 상황 등을 고려하여 시공계획을 수립하였으며, 역방향 비선형 시공단계해석(Backward nonlinear construction analysis)을 통해 각 시공단계별 변위 및 장력 등을 파악하고 단계별 형상 컨트롤을 통한 시공을 수행하였다. <그림 6>은 구조물의 시공단계별 사진을 나타낸 것이다. 시공은 ① 하부 구조물 설치 ② 주기둥 설치 ③ 백스테이바 설치 ④ 메인 케이블 설치 ⑤ 내풍 케이블 설치 ⑥ 패널 설치(중앙부 → 단부) 순으로 설치하였다.



① 하부구조물 설치



② 주기둥 설치



③ 백스테이바 설치



④ 메인 케이블 설치



⑤ 내풍 케이블 설치



⑥-1 중앙부 패널 설치



⑥-2 단부 패널 설치

〈그림 6〉 케이블지지 태양광 구조물 시공 과정



〈그림 7〉 케이블지지 태양광 지지구조물 완공

### 2.3 설계 시 고려 사항

본 프로젝트를 수행한 결과, 정적 풍압에 관한 거동 특성은 비교적 파악이 간단한 반면, 연성 구조물의 특성상 풍하중과 같은 동적 하중에 취약하며 진동현상이 발생하기 쉬운 구조를 이루기 때문에 이에 대한 파악이 중요하고, 각 정착 지지물의 설계 및 성능 평가 또한 설계 시 고려해야할 사항 중 하나라 할 수 있다. 또한 케이블의 강성 및 릴렉сей션(Relaxation)등의 케이블의 정확한 특성을 고려한 적절한 케이블 선정이 필요하다.

### 3. 결론

본 기사에서는 케이블 서포티드 시스템을 적용한 태양광지지 구조시스템의 설계 및 시공사례를 소개하였다. 제시한 시스템 외에도 케이블을 이용한 장스팬 태양광패널 지지 구조시스템으로 활용 가능성 뿐 만아니라 다양한 형태의지지 구조시스템으로 응용할 수 있으며, 케이블 접합상세 및 케이블 시스템의 모듈화 및 최적화를 통하여 추가적인 경제성을 확보함과 동시에 하부공간의 활용 및 미적인 우수성 등을 활용하여 현재 시공되고 있는 획일적인 태양광 설치 시스템을 탈피하여 태양광 및 케이블 구조 분야의 또 다른 발전을 기대해 본다.

### References

1. 현대경제연구원, 태양광산업의 기여효과에 대한별 류체인별 성과분석 및 중장기 전망, 지식경제부, 2013.
2. 이지영, 곡선형을 고려한 태양광 패널 지지시스템의 구조성능평가, 석사학위논문, 청주대학교 대학원, 2013.
3. 정진우 외 2명, 케이블을 이용한 장스팬 태양광발전 지지구조시스템, 한국공간구조학회지 V.9. n.1, 2013.05
4. 안찬혁, 풍하중을 받는 케이블 구조물의 비선형 동적거동, 석사학위논문, 서울시립대학교 대학원, 2008
5. 케이블구조 설계기준 및 해설, 한국공간구조학회, 2009