

사례분석에 의한 강구조 스타디움 레일 시스템 분류

Classification of Rail System in Steel Structure Stadiums by Case Study

김혜성*
Kim, Hye-Seong

윤성원**
Yoon, Sung-Won

요약

국내에 설치될 강구조 스타디움에 향후 신재생에너지 중 하나인 태양광 발전을 위한 PV 시스템을 적용하는 것에 따른 강재 어레이에 관한 기초 연구로 해외의 사례를 토대로 구성되었다. 연구를 진행하기 위하여 1990년대 이후 PV 시스템이 적용된 강구조 스타디움 20건을 사례 분석 대상으로 선정하였다. 선정된 20건의 강구조 스타디움을 PV 모듈을 고정하기 위하여 설치된 레일 시스템에 따라 분류해 보았다. 그 결과 격자고정방식 중 선형모듈고정방식과 지붕 통합형이 전체의 28%에 해당되는 것으로 조사되었으며 그 뒤로 레일 고정형 17%, 세로 고정방식 중 모듈그룹 고정 11% 순으로 조사되었다. 또한 스타디움 내부에는 주로 격자 고정방식 중 선형모듈 고정방식과 지붕통합형이 적용되고 있었으며 스타디움 외부나 그 외 부분에서는 앵글 브라킷으로 PV 모듈이 고정되고 있는 것으로 조사되었다.

Abstract

This paper focuses on steel arrays regarding the application of PV system for solar power system, a renewable energy in steel structure stadium that will be built in Korea, by foreign case study. 20 cases of Steel Structure Stadiums applying PV system after 1990 were selected as the main subjects. The 20 cases of Steel Structure Stadiums were categorized by rail systems that were installed to fix PV module.

As the result, linear clamping and roof-integrated type among cross rails were 28% of the whole, followed by 17% of rail-fixed type and 11% of module group-fixed type among vertical-fixed types. In addition, linear clamping and roof-integrated type among cross rails were applied in the inside of the stadium while the outside and other parts of stadiums used angle bracket to fix PV module.

키워드 : PV 시스템, 레일 시스템, 태양광, 강구조 스타디움

Keywords : PV System, Rail System, Solar power, Steel Structure Stadiums

1. 서론

최근 건축분야에 친환경 바람이 불기 시작하면서 건축의 전 분야에 걸쳐 친환경의 적용이 이루어지고 있다. 특히 태양광 시스템은 전기를 발전하기 위하여

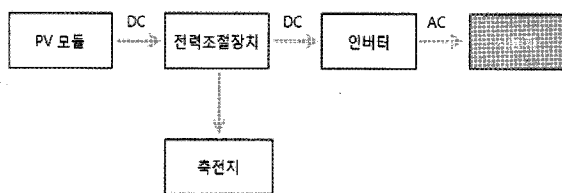
PV(Photovoltaic)시스템을 이용하며 이런 PV시스템이 최근엔 장 스팬을 요구로 하는 대공간구조물까지 다양한 부위에 다양한 지지방식을 이용하여 적용이 이루어지고 있다. 대공간 구조물 중에서도 강구조 스타디움은 PV 시스템이 지붕의 전면에 설치되기도 하고 지붕의 한 면만 이용하여 설치되는 등 다양하게 배치된다. 또한 지지방식은 크게 독립지지방식, 모듈접합방식, 통합형으로 구분할 수 있는데 이를 지지하기 위해 사용되는 PV 접합방식 역

* 학생회원 · 서울산업대학교 대학원 건축학과 석사과정
** 교신저자, 정회원 · 서울산업대학교 건축학부 교수, 공학박사
Tel: 02-970-6587 FAX: 02-979-6587
E-mail: swyoon@snut.ac.kr

시 다양화 되고 있는 추세이다. 또한 적용되는 부위도 기존에는 주로 스타디움의 지붕, 스타디움 외부 등에 사용되었으나 최근 베이징 올림픽 메인 스타디움처럼 출입구 부분에 적용되거나 차양 등 구조물의 다양한 부위로 점차 적용부위가 확대되어 가고 있는 추세이다. 하지만 아직 강구조 스타디움의 PV 접합 시스템 설계에 관한 연구는 미흡한 실정이며 PV 접합 시스템에 관한 하중에 관한 연구 역시 미흡한 실정이다. 본 연구는 국내에 설치될 강구조 스타디움에 향후 신재생에너지 중 하나인 태양광 발전을 위한 PV 시스템을 적용하는 것을 대비하여 PV 모듈을 고정하기 위하여 설치되는 강제 어레이에 관한 기초 연구로 해외의 사례를 토대로 구성되었다.

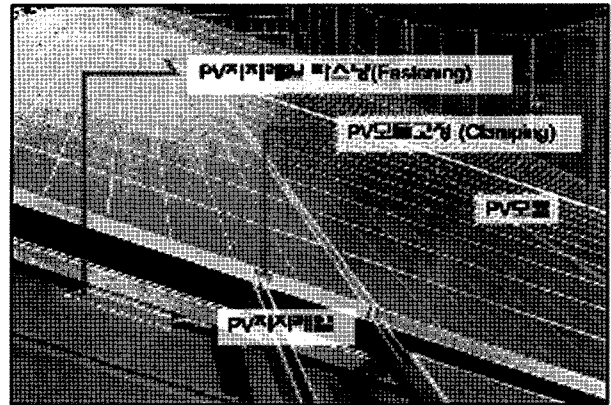
2. PV 시스템 소개

본문에 앞서 PV 시스템에 관하여 간단하게 소개 하겠다. PV시스템(Photovoltaic System)은 무한정, 무공해의 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 발전방식으로 태양전지(모듈), PCS, 축전장치 등의 요소로 구성된다. 이런 태양전지 모듈은 <그림1>과 같이 전력조절장치에 의하여 솔라셀로 발전된 전류가 축전지에 저장되고 인버터에 의해 DC전원에서 AC전원으로 변화하여 사용자에게 전달된다.



<그림 1> PV시스템 개요도⁴⁾

PV 시스템 <그림2>와 같이 지붕과 레일의 고정 파스닝, PV모듈을 지지하기 위한 레일, 레일과 PV모듈을 고정하기 위한 클램프와 PV 모듈로 구성된다. 이 중 PV 모듈은 최근 박막형 PV 모듈, 투과성이 높은 PV 모듈이 사용되어 하나의 건축적 요소로 사용되고 있다.⁴⁾

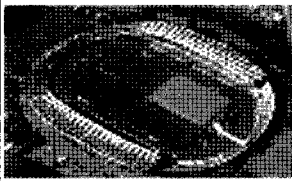







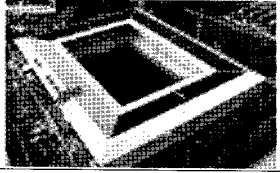
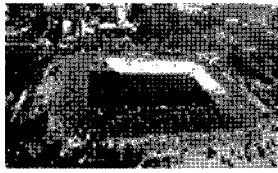

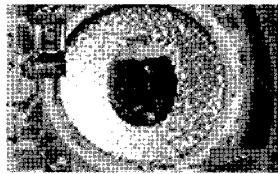
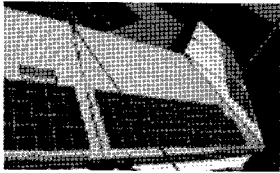
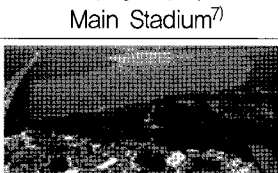

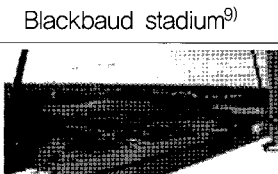



<그림 2> PV 시스템의 구성⁵⁾


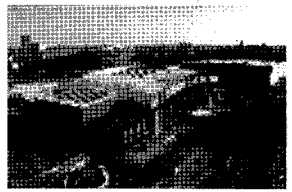

3. 강구조 스타디움 소개

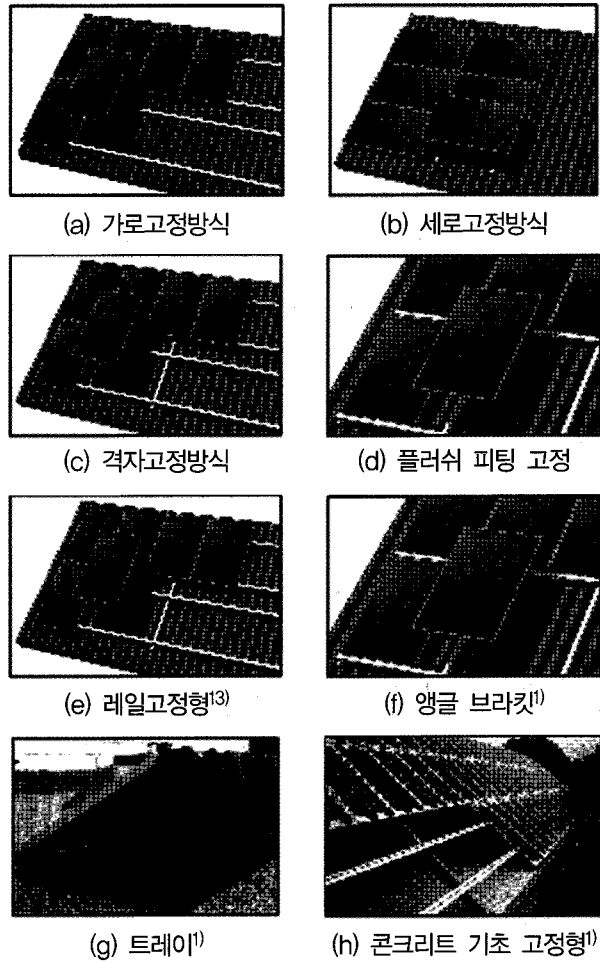
강구조 스타디움에 적용된 PV 접합 시스템의 레일 시스템에 관한 분류 및 분석을 위하여 강구조 스타디움에 PV 시스템이 적용된 사례 20건을 선정하였다. 선정 조건은 1990년대 이후 PV 시스템이 적용된 강구조 스타디움 20건으로서 PV 모듈을 고정하기 위하여 설치된 레일 시스템에 따라 분류하였다. 그 결과 <표 1>과 같이 20건의 적용사례가 선별되었으며 20건 중 12건이 독일과 스위스를 비롯한 유럽국가에 집중된 것으로 조사되었다. 이는 유럽의 탄소 절감을 위한 친환경 정책에 의한 것으로 조사되었다.

<표 1> 강구조 스타디움에 PV 시스템이 적용된 사례 소개

순번	스타디움명	설치 국가	설치 연도
1	 Pontaise Stadium ²⁰⁾	스위스	1994년
2	 UPC Arena ¹⁷⁾	오스트리아	2002년

3		독일	2004년	11		스웨덴	2007년
	Badenova stadion ⁸⁾				Nya Ullevi stadium ²¹⁾		
4		독일	2004년	12		스위스	2007년
	Bruchweg stadion ¹³⁾				Letzigrund stadium ²¹⁾		
5		스위스	2005년	13		스위스	2008년
	Stade de Suisse ¹⁸⁾				Stade des Alpes ¹⁶⁾		
6		미국	2006년	14		중국	2008년
	Dow Diamond ²²⁾				Beijing Olympic Main Stadium ⁷⁾		
7		독일	2006년	15		미국	2008년
	Nuremberg stadion ²⁶⁾				Blackbaud stadion ⁹⁾		
8		대만	2009년	16		호주	2000년
	Kaohsiung stadion ²¹⁾				Sydney superdome ²⁴⁾		
9		스위스	2007년	17		미국	2007년
	Bielefelder Alm ²¹⁾				Jacob field ⁷⁾		
10		미국	2007년				
	AT&T Park ¹¹⁾						

18		영국	2004 ~ 2010
	Go-kart track in Mile end Park ⁽¹⁴⁾		
19		중국	2007년
	Beijing National indoor Stadium ⁽¹⁴⁾		
20		일본	1997년
	ParkdomeKumamoto ⁽⁶⁾		



4. 레일시스템 분류

강구조 스타디움에 사용된 레일 시스템에 관하여 분류

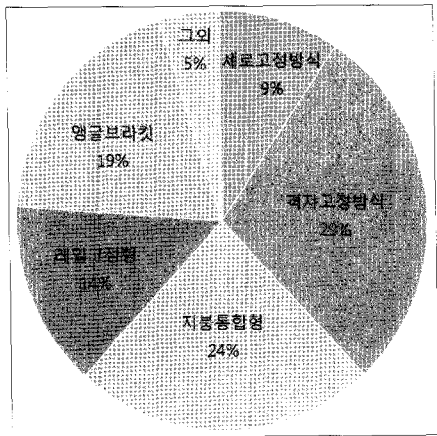
〈그림 3〉 레일시스템의 대분류⁽¹⁾

〈표 2〉 PV 시스템이 적용된 해외 강구조 스타디움의 레일 시스템 분류

		강구조 스타디움 순번																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
레일 시스템	스타디움 내부	가로고정방식																					
		세로고정방식								○	○												
		격자고정방식	○			○						○	○	○		○							
		지붕통합형					○		○						○			○		○			
		레일고정형			○																○	○	
		앵글브라킷		○																			
		트레이																					
		콘크리트 기초 고정형																					
		그 외											○										
	스타디움 외부 공간 및 그 외	레일고정형																					
		앵글브라킷						○									○		○				
		트레이																					
		콘크리트 기초 고정형																					

하기 위하여 스타디움을 내부지붕과 외부공간, 그 외 공간으로 분류하였다. 해외의 레일시스템을 <그림 3>과 같이 가로 고정방식, 세로 고정방식, 격자고정방식, 지붕통합형, 레일 고정형, 앵글 브라킷, 트레이, 콘크리트 기초 고정형으로 분류하였다. 참고로 연구대상으로 지정한 스타디움 중 국가별로 지붕의 형태에 관계없이 가장 많이 사용된 PV 고정방식을 조사해 본 결과 포인트 PV 고정방식이 가장 많이 사용된 국가는 독일, 오스트리아, 미국, 중국이며 선형 PV 고정방식이 가장 많이 사용된 국가는 스위스, 스웨덴, 호주, 영국으로 조사되었다. 이는 각 스타디움에 PV모듈을 설치하는데 있어 경사의 유무에 따른 것으로 조사되었다. 분류 결과는 다음과 같다.

또한 스타디움 내부공간과 외부 공간, 그 외 부분을 통합하여 분석한 결과를 <그림 4>에 나타내었다. 그 결과 격자 고정방식이 29%로 가장 많이 사용되는 것으로 나타났으며 그 뒤로 지붕통합형(24%), 레일 고정형(14%) 순으로 조사되었다. 격자 고정방식은 통풍에 유리하다는 장점은 있으나 플러쉬 피팅 방식과는 다르게 별도의 고정장치가 필요하다는 점이 단점으로 작용한다.¹⁾

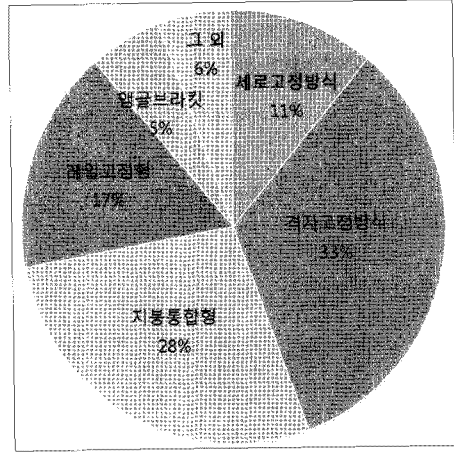


<그림 4> 스타디움 레일 시스템

4.1 스타디움 내부 지붕

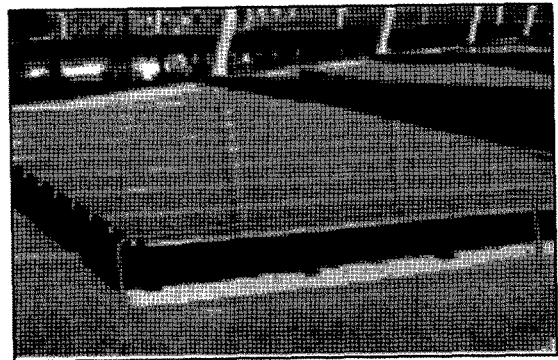
<그림 5>의 스타디움 내부공간에 적용된 레일 시스템 18건 중 세로 고정방식이 적용된 사례는 11%, 격자 고정방식이 33%, 지붕통합형 28%, 레일 고정형 17%, 앵글 브라킷 5%, 그 외 6%로 조사되었다. 그에 비하여 가로

고정방식, 트레이 고정방식, 콘크리트 기초 고정형은 스타디움 내부 공간에는 적용되지 않은 것으로 조사되었다.

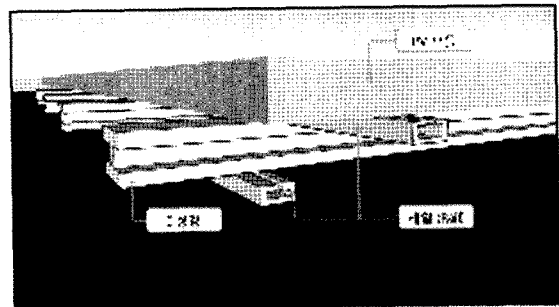


<그림 5> 스타디움 내부 공간 레일 시스템

격자 고정방식 중 폰타즈 스타디움, 브루치웨그 스타디움, AT&T Park, 니아 올레비 스타디움, 렛지그랑 스타디움은 선형모듈고정방식이 적용된 것으로 조사되었다. 이 중 렛지그랑 스타디움은 <그림 6>처럼 I형강과 레



a) I형강이 사용된 부분²³⁾

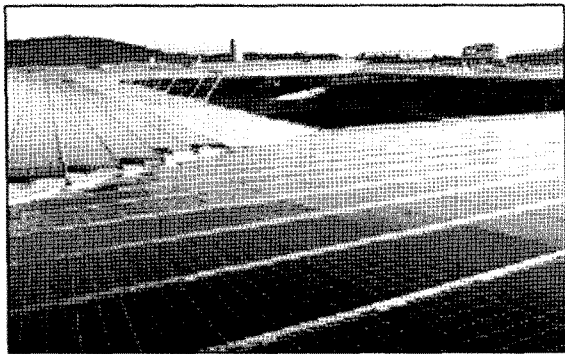


b) I형강이 사용된 부분 개념도

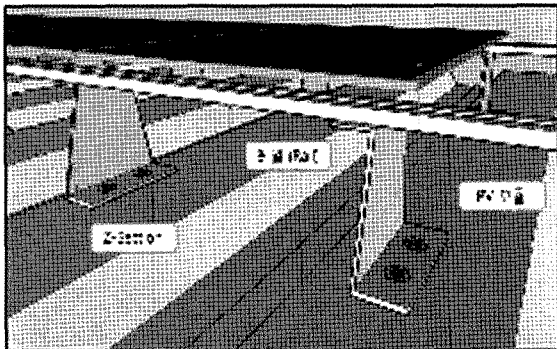
<그림 6> 특수하게 사용된 격자 고정방식이 사용된 예

일을 혼용하여 사용한 것이 특징이다.

지붕통합형은 <그림 7>의 스타 데 스위스, 누렘버그 스타디움, 고-카트 스타디움, 시드니 수퍼 돔이 이에 해당되는 것으로 조사되었다. 지붕 통합형은 타 레일 시스템에 비하여 대부분 레일 2개가 사용되는 것에 비하여 레일 1개와 이를 지지하는 Z-Section으로 구성된 것이 특징이다.



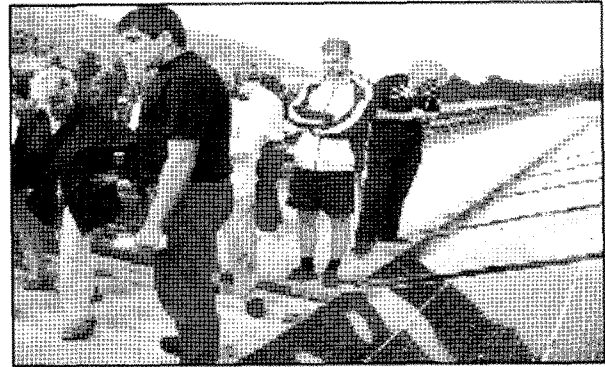
(a) 스타 데 스위스¹⁷⁾



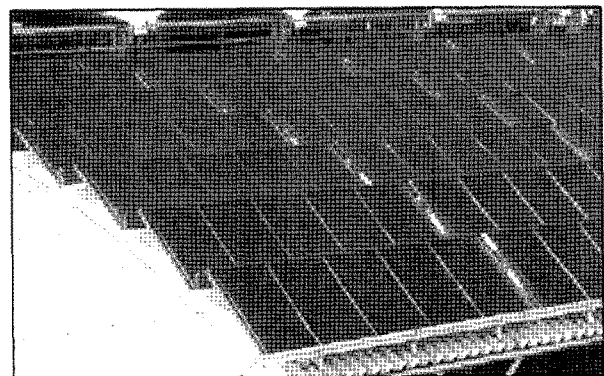
(b) 스타 데 스위스의 레일 시스템 개념도

<그림 7> PV 시스템이 지붕통합형으로 적용된 사례

한편 레일 고정형, 앵글 브라킷, 트레이, 콘크리트 기초 고정형으로 적용된 사례는 대부분 레일위에 별도의 폴(Pole)이나 지지대를 세워 고정하는 독립지방식을 통하여 고정된 것으로 조사되었다. 이 중 베이징 국립 실내 수영장, 파크돔 구마모토, <그림 8>의 바데노바 스타디움은 레일 고정형으로 적용된 것으로 조사되었으며 <그림 9>의 UPC-Arena는 앵글 브라킷으로 고정된 사례로 조사되었다.



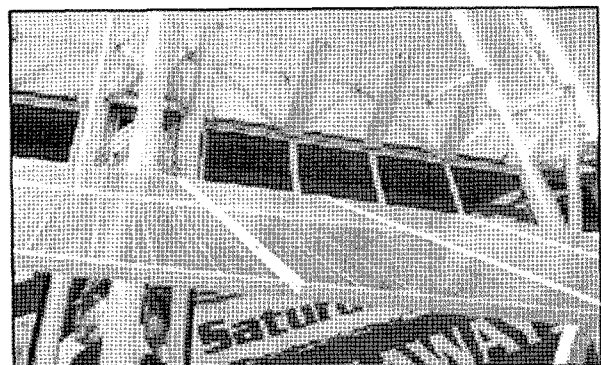
<그림 8> 레일 고정형으로 고정된 바데노바 스타디움²¹⁾



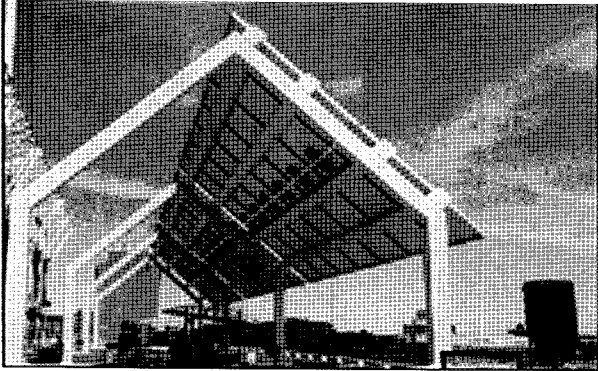
<그림 9> 앵글 브라킷으로 고정된 UPC Arena¹⁵⁾

4.2 스타디움 외부 및 그 외

스타디움 외부 및 그 외 부분은 <그림 10>과 같이 대부분 독립 지지형태로 고정되기 때문에 레일 고정형, 앵글 브라킷, 트레이, 콘크리트 기초 고정형으로만 분류하였다. 그 결과 도우 다이아몬드, 블랙버드 스타디움, 제이콥 필드가 앵글 브라킷 형태로 스타디움의 외부에 고정된 것으로 조사되었다. 그 외 레일고정형, 트레이, 콘크리트



(a) 제이콥 필드에 설치된 PV 시스템



(b) 앵글 브라킷으로 고정된 PV 모듈

(그림 10) PV 시스템이 앵글 브라킷으로 고정된 강구조 스타디움²⁰⁾

기초 고정형은 사용되지 않은 것으로 조사되었다.

5. 결론

태양광 시장 확대와 정부의 친환경 정책에 따라 신재생에너지 시장이 확대되고 법령이 엄격해 지면서 국내에 신축되는 강구조 스타디움 역시 신재생에너지 적용에 관한 고려를 해야 한다. 본 연구는 국내에 설치될 강구조 스타디움에 향후 신재생에너지 중 하나인 태양광 발전을 위한 PV 시스템을 적용하는 것에 따른 강재 어레이에 관한 연구로 해외의 사례를 토대로 구성되었다.

본 연구를 진행하기 앞서 1990년대 이후 PV 시스템이 적용된 강구조 스타디움 20건을 사례 분석 대상으로 선정하였다. 선정된 20건의 강구조 스타디움을 PV 모듈을 고정하기 위하여 설치된 레일 시스템에 따라 분류해보았다. 그 결과는 다음과 같다.

(1) 연구대상 20건을 PV 시스템을 설치하기 위하여 설치된 레일시스템에 관하여 분류한 결과 격자고정방식이 전체의 29%에 해당되는 것으로 조사되었으며 그 뒤로 지붕통합형 24%, 앵글브라킷 19%, 레일고정형 14%순으로 조사되었다.

스타디움 내부공간에 적용된 레일 시스템 18건 중 격자고정방식이 적용된 사례는 33%, 지붕통합형이 28%, 레일 고정형 17%, 앵글 브라킷 5%, 그 외 6%로 조사되었다. 그에 비하여 가로 고정방식, 트레이 고정방식, 콘

크리트 기초 고정형은 스타디움 내부 공간에는 적용되지 않은 것으로 조사되었다.

또한 스타디움 내부에는 주로 격자 고정방식 중 선형 모듈 고정방식과 지붕통합형이 적용되고 있었으며 스타디움 외부나 그 외 부분에서는 앵글 브라킷으로 PV 모듈이 고정되고 있는 것으로 조사되었다.

(2) 1990년대 이후 PV 시스템을 설치한 해외의 강구조 스타디움에 관하여 조사한 결과 연구대상 20건 중 12건이 독일과 스위스를 비롯한 여러 유럽국가에 집중되어 있는 것으로 확인되었다. 이는 유럽국가의 탄소 절감을 위한 친환경 정책에 의거한 것으로 조사되었다. 이런 유럽국가의 행보에 맞추어 미주, 아시아 국가들 역시 PV 시스템을 설치하여 탄소를 절감하고 에너지를 발전하는 강구조 스타디움이 증가되고 있는 것으로 조사되었다.

-참고문헌-

1. The German Energy Society, "Planning and Installing Photovoltaic Systems: A Guide for Installers, Architects and Engineers", Earthscan Publications Ltd., 2005.01
2. Falk Antony, Christian Durschner, Karl-Heinz Remmers, "Photovoltaics for Professionals: Solar Electric Systems Marketing, Design and Installation", Earthscan, 2007.07
3. Peter Gevorkian, "Solar Power in Building Design; The engineer's Complete Design Resource", McGrawHill, 2007.09
4. 김혜성, 'PV(Photovoltaic)시스템을 이용한 강구조 스타디움의 적용기술', 서울산업대 산업대학원 석사학위논문, 2010.02
5. 윤성원, '강구조물의 태양광 패널 적용', 2009 강구조 기술발표대회 강연자료집, 2009.11.25, pp.101~150
6. 삼성엔지니어링 'www.samsun-eng.co.kr'
7. Google 어스 "www.googleearth.com"

8. bundesliga ‘www.bundesliga.de’
9. Golf Course Home ‘www.golfcoursehome.net’
10. Green Energy Ohio, ‘www.greenenergyohio.org’
11. iNeTours.com ‘www.inetours.com’
12. Nobel Science Popularization, ‘www.nobelkepu.org.cn’
13. ourbania ‘www.ourbania.com’
14. Renewable Energy World.com ‘www.renewableenergyworld.com’
15. Sungrow Power Supply.Inc, ‘www.sungrow-power.com’
16. Skyscraper City, ‘www.skyscrapercity.com’
17. Solar Energy Partners, Inc. ‘www.solar-energypartnersaz.com’
18. Stade de Suisse, ‘www.tbouk.com’
19. Surface Tension, ‘www.surfacetension.org’
20. TARINGA ‘www.taringa.net’
21. World Stadiums, ‘www.worldstadiums.com’
22. Minor League Baseball, ‘indianapolis.indians.milb.com’
23. Freiburg-schwarzwald.de, ‘www.freiburg-schwarzwald.de’
24. PV database ‘www.pvdatabase.org’
25. BAUNETZ WISSEN, ‘www.baunetzwissen.de’
26. Siemens ‘www.siemens.com/solar’

▶ 접수일자 : 2009년 12월 16일

▶ 심사 완료일자 : 2010년 1월 23일

▶ 게재 확정일자 : 2010년 2월 10일