

WATER FOR FUTURE

일반 기사

초대형 부유식 구조물을 활용한 에너지 아일랜드



고 광 오
 현대건설(주) 기술/품질개발원 에너지연구부 책임연구원
 zeus@hdec.co.kr



정 광 회
 현대건설(주) 기술/품질개발원 기반시설연구부 선임연구원
 jkh@hdec.co.kr



이 종 세
 한양대학교 토목환경공학과 교수
 jonglee@hanyang.ac.kr



윤 성 범
 한양대학교 토목환경공학과 교수
 sbyoon@hanyang.ac.kr

부딪친 상황이다. 매립방식 이외의 해양 공간개발 방법에는 파일시공 및 콘크리트 슬래브 구조물로 구성된 잔교식이 있고, 초대형 부유식 구조물과 같이 부유구조물을 해상에 띄우는 부유식이 있다. 공사비 측면에서 수심이 낮을수록 매립식이나 잔교식이 더 유리하며 부유식 항만과 매립식 항만을 비교하였을 때 수심이 30m가 넘는 경우는 부유식이 더 유리한 것으로 알려지고 있다(홍사영, 2008). 하지만 최근 환경 분야에 대한 관심으로 인해 수심이 낮은 연안에서도 부유식 구조물의 필요성이 대두되고 있는 상황이다.

한편 전 세계는 기후변화협약에 따른 이산화탄소 감축 및 신재생 에너지의 개발에 박차를 가하고 있는 상황이다. 특히 해양 청정에너지인 조류, 파력, 온도차, 해상풍력, 태양열 등은 미래 에너지를 해결할 수 있는 대체 에너지로서 각광받고 있으나, 이러한 해양 청정에너지들은 아직까지 에너지 효율이 낮아서 상용화하기에는 풀어야 할 숙제들을 많이 가지고 있는 것도 사실이다. 네덜란드는 에너지 효율을 극대화하기 위해서 에너지회사들이 컨소시엄으로 풍력발전과 태양열 발전, 그리고 인공섬을 연계한 “에너지 인공

1. 서론

지금까지 우리나라의 국토개발은 주로 대규모 매립을 통해 이루어져 왔으나 현재 매립방식에 의한 개발은 거의 포화상태에 도달한 상태이며 매립으로 인한 대규모 깃벌 상실로 인해서 생태계를 파괴하는 등의 부작용으로 인해 더 이상 매립방식을 통한 해양 공간개발의 적지를 찾는다는 것은 현실적으로 한계에

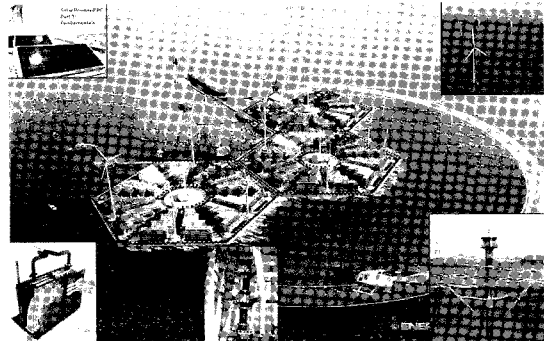


그림 1. 초대형 부유식 해상구조물을 활용한 해양에너지 아일랜드 개념도

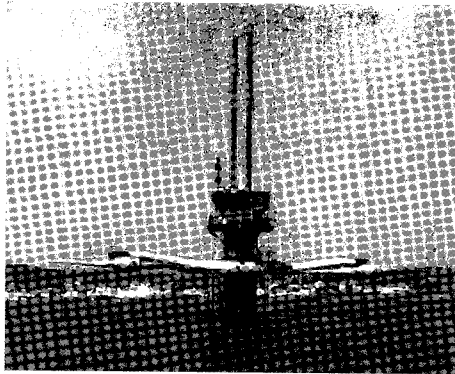


그림 2. MCT(수평축)

섬”을 제안한 바 있다. 하지만 앞서 기술한 바와 같이 매립방식을 통한 인공섬 건설은 많은 환경적, 지리적 제약이 따를 수밖에 없다. 따라서 본 기사에서는 그림1과 같은 초대형 부유식 구조물을 활용하여, 조류, 파력, 해상풍력, 온도차, 태양열 발전 등을 포함한 에너지 아일랜드를 제안하고자 한다.

2. 해양 Green 에너지

부유식 에너지 아일랜드에는 다양한 형태의 해양 에너지를 이용하여 동시에 많은 전력을 생산해 낼 수 있다. 조류나 파력발전 같은 해양에너지는 풍력발전에 비해 밀도가 약 832배가 크고, 5 knot의 조류속은 풍속 350km/h에 맞먹는 에너지를 가지므로 같은 용량의 발전을 위한 블레이드의 크기가 풍력발전에 비해 매우 작아질 수 있는 장점이 있다. 생산 가능한 해양에너지 중에서 조류 및 파력, 해수 온도차 발전의 특성 및 사례 등에 대해서 알아보하고자 한다.

2.1 조류 에너지

해양에 항시 존재하는 해수의 흐름을 이용하여 블레이드를 돌려서 발전하는 방식을 조류발전이라고 한다. 조류발전은 일반적으로 조류속이 2m/sec 이상이어야 가능하며 조류속이 4m/sec 이상이 되어야 발전 효율이 높아지게 된다. 하지만 유속이 빨라지면 파

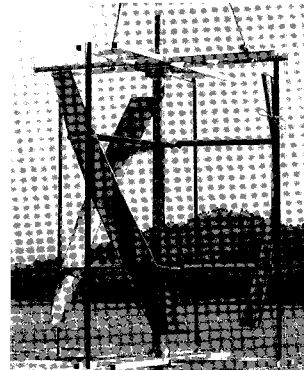


그림3. 헬리컬 수차 (수직축)

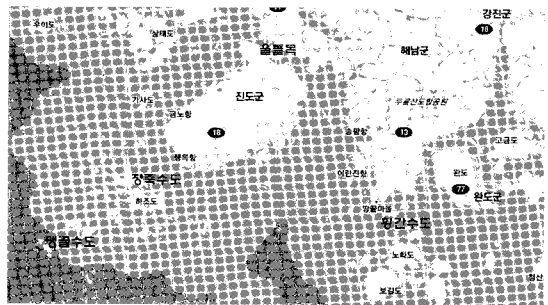


그림 4. 우리나라 조류발전 후보지

일, 자켓 등 구조물 시공이 어려워지게 되므로 시공이 간편하면서도 유속이 빠르지 않아도 발전 효율이 높은 블레이드를 개발하는 것이 큰 기술적 이슈이다. 현재까지 다양한 형태의 조류발전 시스템이 제안되어 오고 있으며, 크게 나누어 그림2와 같이 영국 MCT(Marine Current Turbine)에서 개발하여 시험 가동에 들어간 수평축 방식과 그림 3과 같이 헬리컬 수차를 이용한 수직축 방식이 있다. 최근 한국해양연구원에서 울돌목에 설치한 시험조류발전소에는 바로 이 수직축 방식의 헬리컬 수차가 설치되어 시험 가동 중에 있다. 우리나라에 조류발전 후보지는 평균 유속이 7m/s나 되는 명랑해전으로 유명한 울돌목을 비롯하여 평균유속이 4m/s이상인 장죽수도, 맹골수도, 횡간수도, 인천해역 등이 물망에 오르고 있다.

2.2 파력 에너지

파력 발전은 파랑의 운동 및 위치에너지를 이용하여 터빈을 구동하거나 기계 장치의 운동으로 전기를

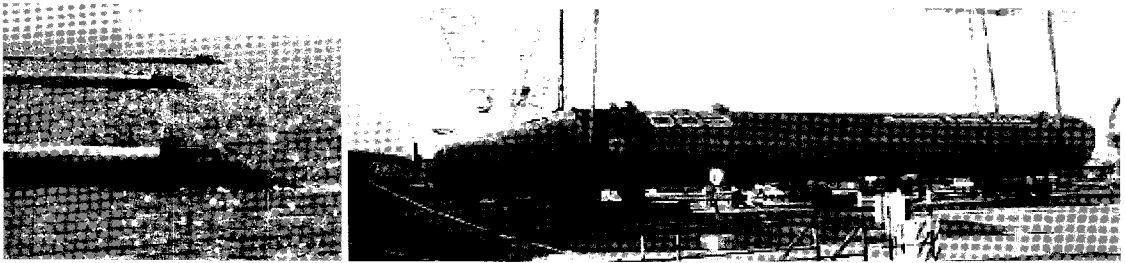


그림 5. Pelamis Wave Power(Ocean Power Delivery, 영국)

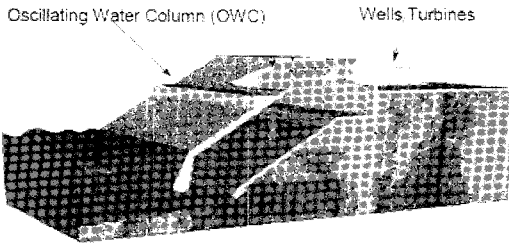


그림 6. LIMPET(Wavegen, 영국)

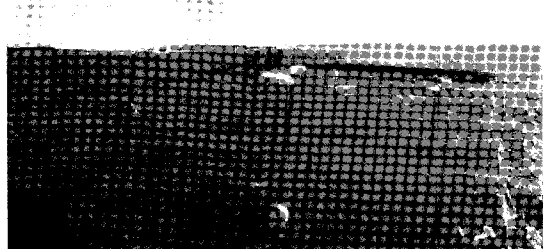


그림 7. Wave Dragon(SPOK APS, 덴마크)

생산하는 기술로서 파고가 높고 파주기가 긴 해역이 적지이다.

파력 발전 방식은 작동원리에 따라 가동물체형(그림 5 참조), 진동수주형(그림 6참조), 월파형(그림 7 참조)으로 구분된다. 가동물체형은 수면의 움직임에 민감하도록 고안된 여러 형태의 기구를 사용하여 파랑에너지를 물체에 직접 전달하고, 이때 발생하는 물체의 움직임을 전기에너지로 변환하는 방식이다. 진동수주형 파력발전은 파랑 에너지를 공기의 유동으로 변환하고, 발생된 공기의 흐름 중에 터빈을 설치하여 전기를 얻는 파력발전 방식이다. 입사파가 장치의 전면에서 반사되어 증폭파가 형성되고, 이때 발생하는 수면의 상하 움직임이 장치 전면의 개구부를 통해 공기실 내로 전달되어 공기실 안의 공기가 압축 팽창을 반복하여 발생하는 공기의 흐름으로 터빈을 돌리는 방식이다. 월파형 파력 발전은 파랑의 진행 방향 전면에 사면을 두어 파랑에너지를 위치에너지로 변환하여 저수한 후 형성된 수두차를 이용하여 저수지의 하부에 설치한 수차터빈을 돌려 발전하는 방식이다.

우리나라는 긴 해안선과 도서지역이 산재하여 있으므로 파력 발전이 가능한 광범위한 대상 해역을 보유하고 있고, 6,500MW의 가용 파랑에너지를 보유한 것

으로 보고되고 있다. 파랑 에너지는 수심 및 해역에 따른 변동성이 강하므로 저파랑에서도 발전이 가능하고 고파랑에서는 내구성을 확보할 수 있는 발전 장치의 개발이 필요하며, 해상에 설치하는 장치이므로 유지 보수도 손쉽게 할 수 있는 시스템이 필요하다.

2.3 해수 온도차 에너지

해수 온도차 발전은 표층의 온수로 암모니아, 프레온 등의 매체를 증발시킨 후 심층의 냉각수로 응축시켜 그 압력차로 터빈을 돌려 발전하는 방식이다. 이 때 터빈에 쓰인 기체는 냉수 취수관으로 심해에서 취한 낮은 온도의 바닷물로 냉각시켜 액체로 환원되고 이는 순환용 펌프로써 다시 증발기로 보내진다. 발전방식으로는 작동유체를 해수로 하는 개방사이클 방식과 해수가 아닌 암모니아, 프로판, 부탄 같은 것을 작동유체로 하는 폐쇄사이클 방식 등 두 가지 방식이 가능하다.

해수 온도차 발전은 해양심층수를 이용하여 발전할 수 있는 장점이 있고, 해양심층수는 저온성, 청정성, 안정성, 부영양성, 숙성성 등의 특징을 가진 유용한 해양자원이며, 이러한 특징을 이용하여 온도차 발전, 공조 냉방, 냉수성 어류의 사육, 유용 대형해조의

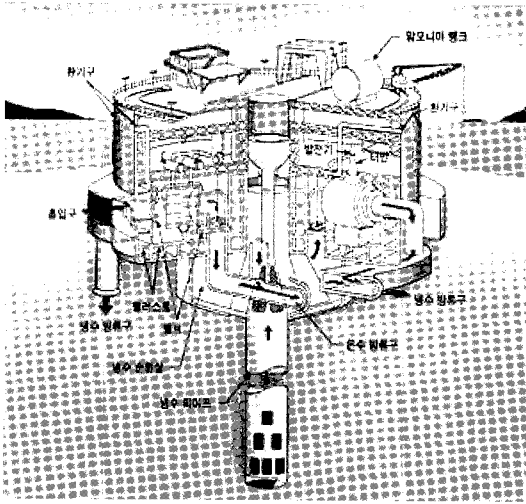


그림 8. 해수온도차 발전 개념도(한국해양연구원)

사육, 이료성 미세조류의 배양, 식품 및 화장품의 제조, 해산물 저장용 얼음의 제조, 해역의 비옥화 및 아토피 치료 건강 증진시설 등의 발전, 냉방, 수산, 양식, 식품, 의료 및 관광시설로도 활용이 가능하다.

3. 초대형 부유식 구조물

3.1 국내외 연구개발 동향

초대형 부유식 구조물에 대한 연구개발은 세계 각국에서 이미 10여년전부터 본격적으로 진행되어 오고 있다. 일본에서는 국가적인 지원 아래 수행된 메가플로트 연구(1995-2000)를 통해 확립된 기술을 바탕으로 2004년 길이 4km, 폭 1km 규모의 하네다

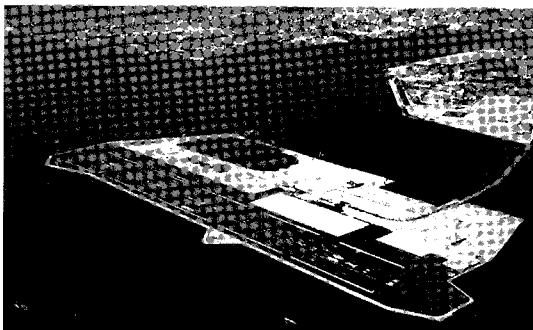


그림9. Floating Airport (Kansai)

공항확장계획에 초대형 부유식 구조물을 이용하는 방안이 매립식, 잔교식과 함께 치열한 경쟁을 벌인바 있으나 급격한 원자재 가격 상승 등으로 인해 실현되지는 못하였다. 하지만 NMRI(National Maritime Research Institute)에서는 지정연구로 “Mega-Float의 고도화 기술 및 국제표준화 연구”을 수행하는 등 통해서 지속적인 연구개발에 매진하고 있다. 미국은 이동식 해상기지(Mobile Offshore Base) 개발연구를 통해 설계 안전기준 초안을 마련하여 초대형 부유식 구조물 기술의 실용화 기반이 구축된 것으로 평가된다. 한편 우리나라에서도 1999년부터 2007년까지 9년 동안 3단계에 걸쳐서 한국해양연구원을 중심으로 “초대형 부유식 해상구조물 기술개발” 과제가 성공적으로 수행되어 우수한 기반기술 및 핵심설계기술 개발이 이루어진 것으로 판단되며 실용화를 위한 정부 및 민간의 과감한 투자와 노력이 절실히 요구되고 있는 시점이다.

3.2 핵심기술

초대형 부유식 해상구조물 건설을 위한 핵심기술로는 파랑하중 산정 및 안정성 평가기술, 부유 구조체 모듈 제작 및 시공 기술, 구조물 계류 시스템, 기타 해양구조물 내구성 확보 기술 등 다양한 분야의 종합적인 기술들이 요구된다. 우선 CFD 해석 및 수리모형 시험 등을 통해서 대상해역에 대한 정확한 파랑 및 해상 하중을 산정하는 것은 초대형 부유식 구조물을 설계하기 위한 가장 기본적이면서도 중요한

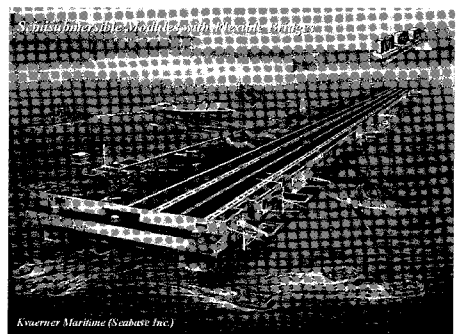


그림10. MOB(Mobile Offshore Base)

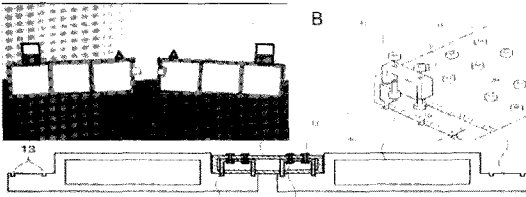


그림 11. 부유구조체 모듈 및 해상접합

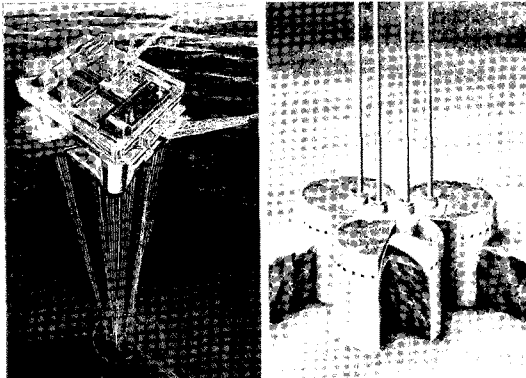


그림 12. Suction Pile

부분이라고 할 수 있다. 또한 정해진 파랑하중에 구조적 안전성을 확보할 수 있는 구조체 모듈을 개발하고 제작 및 시공하는 기술이 필요하며 특히 구조모듈들을 해상에서 안전하고 견고하게 결합할 수 있는 연결장치도 매우 중요한 부분이다. 아울러 부유 구조물의 안정성을 확보하기 위해서는 다양한 형태의 계류 시스템을 적용해야 한다. 근해에서는 파일 또는 자켓 구조물을 통한 계류방식을 적용할 수 있으나 심해로 갈수록 Suction Pile과 같은 계류방식을 채택할 필요가 있다.

4. 결론 및 제언

본 기사에서는 최근 관심이 고조되고 있는 해양 Green 에너지의 종류와 특성 등에 대해서 간략히 소개하였고, 이러한 해양 에너지를 복합적으로 개발할 수 있는 대규모 기반시설로서 초대형 부유식 구조물의 연구동향 및 핵심기술 등에 대해서 알아보았다. “부유식 에너지 아일랜드”라는 제안이 아직까지는 먼 미래의 꿈같은 이야기로 들릴 수 있지만, 세계는 이미 해양에너지 개발에 막대한 예산과 인력을 투자하면서 소리 없는 전쟁을 시작하고 있다. 대표적인 나라가 바로 영국이라고 할 수 있으며 그림 13과 같이 EMEC(European Marine Energy Centre)을 중심으로 조류 및 파력에너지가 풍부한 Orkney섬에 시험현장을 개설하고 실증적인 연구개발을 하고 있다.

우리나라는 삼면이 바다이고, 각 해안마다 전혀 다른 해역의 특성을 가지고 있다. 전 세계에서라도 찾아볼 수 없는 풍부한 해양에너지 자원을 보유한 나라이며, 세계 최고 수준의 조선, 해양 토목 및 플랜트 기술을 보유하고 있다. 이러한 자원을 바탕으로 복합해양에너지 시설인 부유식 에너지 아일랜드를 개발시에는 구조물 사업화를 이용한 전세계 해양에너지 시장을 선점할 수 있으며, 청정 발전을 통한 국가의 녹색 성장과 기후변화협약에 따른 탄소배출권사업(CDM)을 통해 지구환경 개선에도 일조할 수 있는 장점이

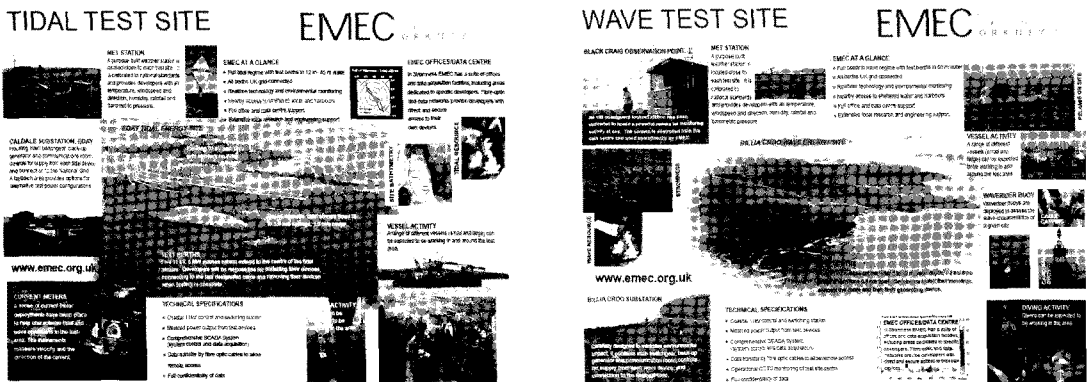


그림 13. EMEC(European Main Energy Centre) 조류 및 파력발전 Test Site

있다. 이제 우리나라도 국가적인 차원에서 해양에너지 개발에 보다 전력을 다해야 하는 시기라고 판단되며, 친환경적 복합 해양에너지 시설로서 에너지 효율성을 높일 수 있는 “부유식 에너지 아일랜드”를 범국가적인 산학연 공동연구 사업으로 개발하여 다가올 저탄소 에너지 시대의 핵심 국가 성장 동력으로 발전시켜야 한다.

기름 한 방울 나지 않는 우리나라에서 새로운 대체 에너지원으로서 해양에너지의 무궁무진한 가능성은 그동안 불가능하다고만 여겨져 왔던 산유국의 꿈을 이룰 수 있는 가장 확실하고도 강력한 산업이 될 것이며, 에너지 아일랜드가 우리나라 해안 뿐만 아니라 전세계 해양에 설치되어 해양 선진국으로 도약하게 되는 꿈을 꾸어본다. ☞

참고문헌

1. 이용수 (2009). 에너지 인공섬 기술 개발. 건설Brief 제5호, 2-3.
2. 에너지관리공단 신재생에너지센터(2008). 신재생에너지 RD&D 전략 2030 시리즈 13 (해양)
3. 박경수 (2009). 신형식 강재방파제(POS-FB)의 연구개발과 현장적용. 한국해안·해양공학회지, 2(2), 18-39.
4. 홍사영 (2008). 초대형 부유식 해상구조물 기술개발. 최종 연구보고서.
5. 이광수 (2009). 해양에너지 개발 및 전망. 현대건설 해양에너지 개발 세미나
6. 권오순 (2009). 에너지 아일랜드 개발. 현대건설 해양에너지 개발 세미나
7. 이종세 (2009). 초대형 부유식 해상구조물 - 복합 해상에너지 섬을 중심으로. 현대건설 에너지 아일랜드 및 파력발전세미나
8. 신승호 (2009). 파력발전의 국내외 기술동향. 현대건설 에너지 아일랜드 및 파력발전세미나
9. 조철희 (2009). 조류 발전의 국내외 기술동향. 현대건설 조류발전 세미나
10. 우승범 (2009). 시공간적 조류분포 특성 및 예측기법. 현대건설 조류발전 세미나
11. EMEC (European Marine Energy Centre) <http://www.emec.org.uk/>
12. MCT (Marine Current Turbine) <http://www.marineturbines.com/>
13. PWP (Pelamis Wave Power) <http://www.pelamiswave.com/>