

국내연안 환경을 고려한 AWS형 파력발전 장치의 움직임 분석

김재만*, 박진배*, 최윤호**
연세대*, 경기대**

Motion Analysis of the AWS Wave Energy Device for the Domestic Inshore Environment

Jae Man Kim*, Jin Bae Park*, Yoon Ho Choi**
Yonsei University*, Kyonggi University**

Abstract - 본 논문에서는 국내 연안의 파도특성을 고려한 AWS (Archimedes Wave Swing)형 파력발전 장치의 움직임을 분석한다. 파력발전 장치의 크기 및 설치깊이, 파도 주기에 따른 발전장치의 진폭 변화를 알아보며 최대 진폭을 얻을 수 있도록 발전장치를 모델링한다.

여기서 m_f 는 부유물의 총 중량이며 x 는 부유물의 수직 움직임 거리이다. 위 식에 나온 각각의 힘들은 다음과 같이 표현할 수 있다.

F_{air} 는 AWS 내부 공기압력에 의한 힘이다. AWS 내부 공기의 수축과 팽창으로 인한 부유물의 수직 움직임에 의해 정해지며 다음과 같이 표현한다.

$$F_{air} = S_f P_{aws} = S_f P_{aws0} \left(\frac{H_{aws}}{H_{aws} + x} \right) \tag{2}$$

여기서 S_f 는 부유물의 표면적, P_{aws} 는 AWS의 내부압력, P_{aws0} 는 AWS 내부 초기압력, H_{aws} 는 부유물의 높이이다.

F_{sea} 는 바다 내부의 압력에 의한 힘이다. AWS 설치위치와 파도의 진폭, 주기에 의해 정해지며 다음과 같이 표현한다.

$$F_{sea} = -S_f P_{sea} = -S_f P_{sea0} + \rho g (H_{aws} + x) - \rho g A_{sea} \cos\left(\frac{2\pi}{T_{sea}}t\right) \tag{3}$$

여기서 P_{sea} 는 AWS 설치깊이에서의 외부압력, P_{sea0} 는 설치깊이에서의 초기 외부압력, ρ 는 물의 밀도, A_{sea} 는 파도의 진폭, T_{sea} 는 파도의 주기이다. 설치깊이에서의 초기 외부압력은 AWS 내부 초기압력과 같으며 다음과 같이 주어진다.

$$P_{sea0} = P_{aws0} = 9.8\rho H_{sea} + 1013 \times 100, \tag{4}$$

F_{grav} 는 부유물에 작용하는 중력으로 다음과 같이 표현한다.

$$F_{grav} = -m_f g, \tag{5}$$

F_{damp} 는 부유물에 작용하는 감쇠력이며 각각의 힘은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$F_{damp} = -k\dot{x}, \tag{6}$$

여기서 k 는 감쇠상수이다.

1. 서 론

고도의 산업성장 및 인구증가에 따라 국제적인 에너지 소비가 급증하는데 반해 기존 에너지 자원에 의존하는 현 에너지 수급 현황의 불안정성 및 화석 연료의 사용으로 인한 유해 가스의 증가, 원자력의 위험성 등 기존 에너지 자원의 문제점들이 제기되고 있다. 이러한 차원에서 신재생 에너지를 이용한 설비는 비교적 높은 초기투자자의 장애 요인에도 불구하고, 화석에너지의 고갈문제와 그로인해 발생하는 환경문제에 대해 가장 구체적인 해결방안이라는 점에서 선진 각국은 정부 주도하에 대체 에너지에 대한 과감한 보급정책과 연구개발을 추진 중이다. 또한, 에너지 공급방식이 원자력, 화력발전의 의한 중앙 공급식에서 지방분산·자체 생산 방식으로 전환되는 시점에 환경, 교통, 안보 등을 고려한 각 지방 자체생산 자원의 활용 가능성에도 주목하고 있다.

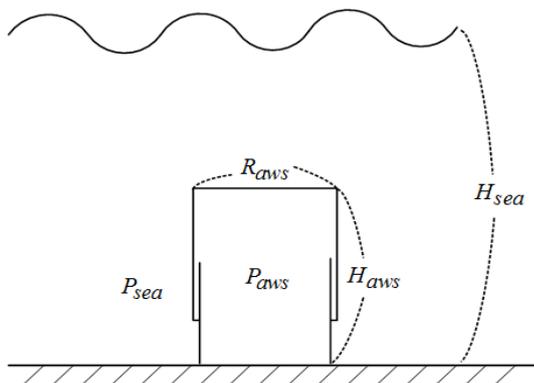
신재생 에너지 중 파력 발전 시스템은 파도의 상하운동 에너지를 이용해서 동력을 얻어 발전하는 방법으로, 사시사철 끊이지 않은 파도의 움직임을 상기에 볼 때 매우 안정적인 에너지 공급원이다. 또한, 파력은 모든 해역에 폭넓게 분포하여 가용 에너지원이 풍부하고, 설치 가능한 해역 또한 광범위하여 활발한 연구가 가능할 것으로 예상되는 해양 에너지 자원이다.

2. AWS형 파력발전 장치

AWS형 파력 발전장치는 근해에 설치 가능한 파력 발전 시스템으로 속이 빈 실린더와 덮개 그리고 부유물로 구성되어 있으며, 실린더 안은 공기로 가득 찬 채 바다에 고정되어 있다. 부유물은 수직 방향으로 운동하며, 파도가 밀려오면 파도의 무게에 의해 압력이 발생하게 되고 이는 곧 실린더의 하향운동으로 이어진다. 상대적으로 압력이 적게 받는 실린더는 상향운동을 하며 이와 같은 움직임이 전력을 생산하는 원천이 된다. AWS는 해저면에 고정된 형태로 해수면에 노출된 시스템이 아니라 바다 속에 잠겨있는 상태로 발전하는 시스템이다.

해저에 설치된 AWS형 파력 발전장치의 부유물의 움직임에 대한 모델은 다음과 같다.

$$m_f \ddot{x} = F_{air} + F_{sea} + F_{grav} + F_{damp}. \tag{1}$$



<그림 1> AWS 파력 발전장치 모델링

3. 모의 실험

모의실험은 각각 AWS의 설치깊이, 부유물의 지름, 부유물의 높이 변화에 따른 수직 움직임의 특성을 살펴보았다. 국내 연안의 파도 특성 및 발전장치의 변수값들은 표 1과 같다.

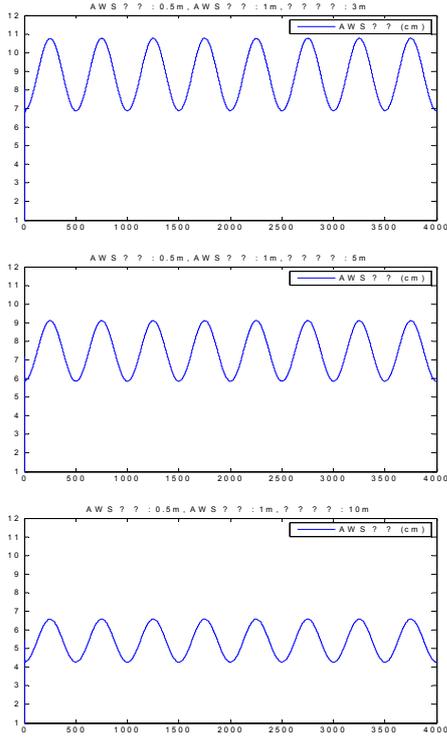
<표 1> 국내 연안의 파도 특성 및 AWS 변수

변수	값	변수	값
파도 진폭	0.2(m)	AWS 지름	0.5(m)
파도 주기	5(sec)	AWS 질량	2(kg)
물의 밀도	1000(kg/m³)	AWS 높이	1(m)
중력 가속도	9.8(m/s²)	설치 깊이	3(m)

3.1 설치 깊이에 따른 AWS 진폭 변화

AWS형 파력 발전장치의 설치 깊이에 따른 AWS 진폭 변화는 그림

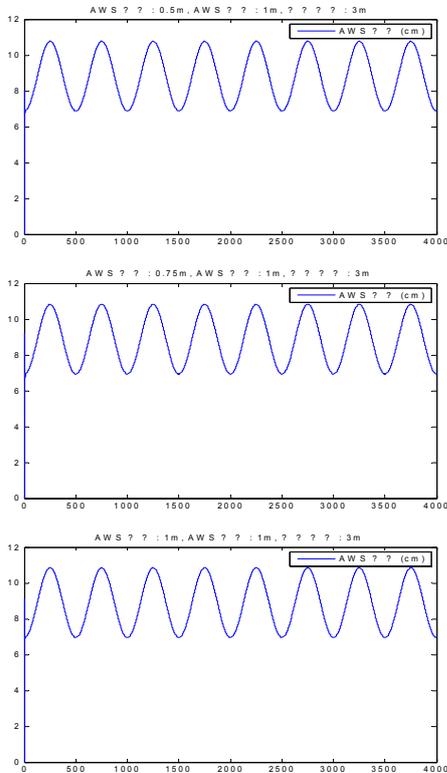
2와 같이 설치깊이가 깊을수록 발전장치의 진폭이 작아진다.



<그림 2> 설치깊이에 따른 AWS 진폭 변화

3.2 부유물 지름에 따른 AWS 진폭 변화

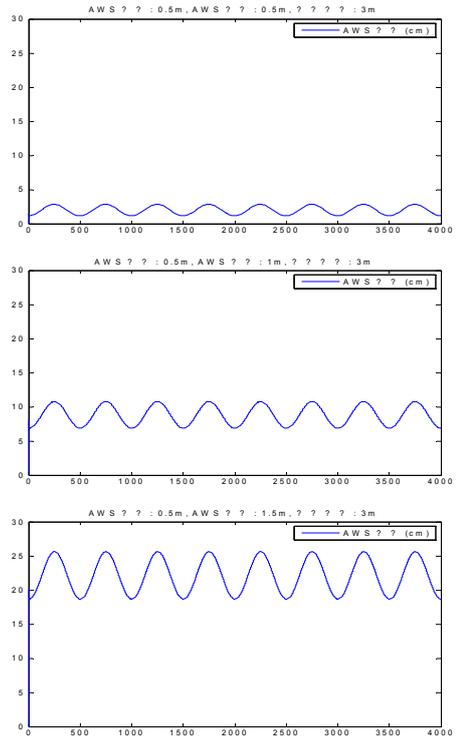
AWS 파력발전 장치의 부유물 지름에 따른 AWS 진폭 변화는 그림 3과 같이 지름에 영향을 받지 않는다.



<그림 3> 부유물 지름에 따른 AWS 진폭 변화

3.3 부유물 높이에 따른 AWS 진폭 변화

부유물의 높이에 따른 AWS 진폭 변화는 그림 4와 같다.



<그림 4> 부유물의 높이에 따른 AWS 진폭 변화

4. 결 론

본 논문에서는 국내 연안 환경을 고려하여 AWS형 파력 발전장치의 설치깊이, 부유물의 지름, 부유물의 높이에 따른 AWS 진폭 변화를 살펴 보았다. 부유물의 지름은 진폭변화에 영향을 미치지 않았으며 설치깊이와 부유물의 지름은 진폭의 변화에 영향을 미치는 요소였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원(08124) 주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] M. G. S. Prado, F. Gardner, M. Damen, and H. Polinder, "Modeling and Test Results of The Archimedes Wave Swing", Proceedings of the I MECH E Part A Journal of Power and Energy, vol. 220, no. 8. pp. 855-868, 2006
- [2] D. Valerio, M. J. G. C. Mendes, P. Beirao, and J. S. Costa, "Identification and Control of The AWS Using Neural Network Models", Applied Ocean Research, vol. 30, no. 3, pp. 178-188, 2008
- [3] D. Valerio, P. Beirao, J. S. Costa, "Optimisation of Wave Energy Extraction with the Archimedes Wave Swing", Ocean Engineering, vol. 34 no. 17, pp. 2330-2344, 2007
- [4] J. S. Costa, P. Pinto, A. Sarmento, and F. Gardner, "Modeling of an Ocean Waves Power Device AWS", Proceedings of 2003 IEEE Conference on Control Applications, vol. 1. pp. 618-623, 2003
- [5] F. Wu, X. Zhang, P. Ju, and M. J. H. Sterling, "Modeling and Control of AWS-Based Wave Energy Conversion System Integrated Into Power Grid", IEEE Trans. on Power Systems, vol. 23, no. 3, pp. 1196-1204, 2008