

수조를 이용한 조력발전량산정에 관한 실험적 연구

The Experimental Study on the Evaluation of Tidal Power Generation Output Using Water Tank

정신탉† · 김정대* · 고동희* · 오남선**

Shin Taek Jeong†, Jeong Dae Kim*, Dong Hui Ko*, and Nam Sun Oh**

1. 서 론

조력발전은 인류의 에너지 수요를 만족 시킬 수 있는 화석 연료에 대한 대안 중의 하나로서, 지속적으로 전기를 발전할 수 있는 방식이다. 1966년 프랑스 Rance 지역에 건설된 조력발전소를 시작으로, 1984년 캐나다 Fundy만의 Annapolis Royal 발전소가 건설되었다. 이밖에 러시아, 중국 등 여러 국가에서 조력발전소를 건설 및 계획 단계에 있다.

우리나라의 서해안 중부, 경기만 일대는 조력에너지 개발적으로 경제성 확보가 가능한 조력에너지가 약 2,400 MW 정도로 추정된다(이광수, 2005; 오명학 등, 2007). 현재 경기도 시화호에 조력발전소가 건설되고 있어서 가까운 장래에 조력발전을 통한 전력 생산이 현실화될 전망이다.

본 연구에서는 조력발전의 활용성을 높이기 위해 바다에 구조물 또는 인공적인 띠군을 건설하는 것과 유사한 개념으로 수조를 이용한 발전시스템에 대하여 검토하고자 한다. 따라서 수조에 의한 발전 시스템에 대한 연구를 위하여 소규모 수조를 제작하고 이에 대한 발전량을 산정한 후 이론적인 발전량과 비교함으로써 향후 수조를 이용한 최적의 발전 시스템 설계에 필요한 기본적인 자료를 얻고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험장치의 제작

(1) 실험장치의 제작

이 연구에서는 수조를 이용한 발전시스템에 필요한 수위와 유량에 관한 실험적인 자료를 구하여 향후 최적의 발전시스템 설계에 이용하고자 하였다. 창조발전(Flood Generation)과 낙조발전(Ebb Generation) 두 가지 경우에 대하여 실험하기 위해 Fig. 1과 같이 구성하였다.

연결관에는 프로펠러를 설치하여 회전 각속도를 측정하였

† 정신탉 : 원광대학교 토목환경공학과
E-mail : stjeong@wonkwang.ac.kr
Tel : (063)850-6714, Fax : (063) 850-7140

* 원광대학교 토목환경공학과

** 목포해양대학교 해양토목공학과

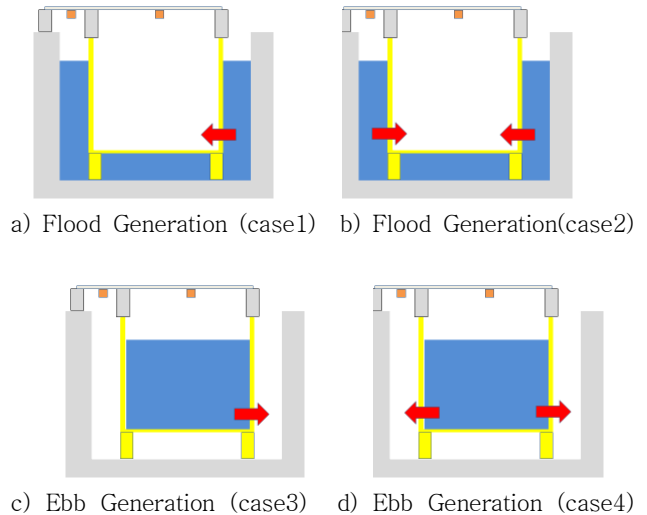


Fig. 1. Schematic Diagram of Experimental Tank.

Table. 1. Properties of Experimental Tank.

	Size ($m(W) \times m(B) \times m(H)$)	Material
외부수조	$4.30 \times 4.15 \times 1.60$	블록
내부수조	$1.21 \times 2.42 \times 1.21$	철제

으며 유량을 달리하기 위해 각각 내경 3.6 cm와 5.0 cm 두 개로 구성하였다. 향후 각속도 및 발전량의 측정 실험 등을 위하여 3.6 cm 관에는 프로펠러를 5.0 cm 관에는 단 순하게 밸브만을 연결하였다. 내부 수조와 외부수조의 상부에는 각각 초음파식 수위계(SLM-800C)를 설치하여 시간에 따른 수위변화를 자동으로 기록하였다(Fig. 2).



a) Water Level Recording b) Connection Pipe

Fig. 2. Photograph of Experiment.

3.1 실험결과 및 자료 분석

(1) 실험결과 및 자료 분석

실험은 창조발전과 낙조발전의 개념을 재현하기 위하여 두 가지 경우로 나누어 실시하였고, Fig 1에서와 같이 발전 방식에 따라 밸브를 하나 개방하였을 때와 두 개 개방하였을 때로 유량을 달리하여 실험을 실시하였다.

Table 2. Analysis of Experiment

Case	Time of Flow (s)	Coefficient of Flowrate	Correlation Coefficient
Case 1	2,950	0.340	0.9969
Case 2	670	0.529	0.9997
Case 3	3,170	0.282	0.9999
Case 4	1,050	0.418	0.9988

프로펠러가 설치된 직경 3.6 cm의 관을 이용하여 실험한 Case 1과 Case 3의 실험의 경우 아주 낮은 유량계수가 산정되었으며 프로펠러가 없는 직경 5.0 cm의 관을 동시에 이용하여 실험한 Case 2와 Case 4의 실험에서는 비교적 높은 유량계수를 나타내었다. 또한 창조 발전과 낙조 발전의 결과를 비교해보면 창조발전(Case 1, 2)의 경우가 낙조발전(Case 3, 4)의 경우에 비하여 현저히 높은 유량계수를 나타내었다. 각 Case에 따른 유량계수의 값이 큰 차이를 보이는 바 실제 발전시스템을 개발할 때 실험을 통한 정확한 유량계수의 산출과 그에 따른 최적의 발전시스템 구성이 필요할 것으로 판단된다.

(2) 발전량 산정

수조를 이용한 발전시스템을 현장에 적용하기 위해서는 수조의 규모와 조차에 따른 이론적인 발전량이 계산되어야 한다. 이론적인 조력 부존량은 조지 내에 유입되는 총에너지와 같으며 다음 식으로 나타낼 수 있다(동부건설주식회사, 한국해양연구원, 1993).

$$E = \rho g \int_{Z=0}^{Z=R} ZA(Z)dZ \quad (1)$$

이를 다시 본 실험에 적용하기 위해 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E = \rho g A \int_{Z=0}^{Z=R} Z dZ = \frac{\rho g A R^2}{2} \quad (2)$$

이를 동력(kW)으로 표시하면 다음 식과 같다.

$$P = 9.8QH(kW) \quad (3)$$

여기서 Q는 시간대별 유량, H는 시간별 수두차.

위의 계산식을 이용한 분석 결과 이론적인 식에 의한 총에너지와 실험유량으로부터 계산된 총에너지 사이에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 식(2)의 이론식에 의해 조력에너지를 대략적으로 계산하는 것이 타당하며, 오차를 감안한 해석이 필요할 것으로 판단된다.

수조의 규모를 확대하여 얻어질 수 있는 이론적 발전량을 식 (2)를 이용하여 대략적으로 계산하여 보았다. 그 결과 충분한 조차가 있는 곳에 수조를 설치하고 수조의 규모를 확대할 경우 소규모의 조력발전이 가능할 것으로 판단된다.(Table 4. 참조)

Table 3. The comparison between theoretical equation and experimental results

case	inner water level		outer water level		Eq.(2) (Wh)	Eq.(3) (Wh)	Relative Error (%)
	start	finish	start	finish			
1	0.070	0.842	1.042	0.842	3.071	3.080	0.003
2	0.001	0.879	1.067	0.879	3.824	3.896	0.018
3	0.971	0.088	0	0	3.820	3.821	0.000
4	1.128	0.034	0	0	5.193	5.198	0.001

Table 4. The Example of Tidal Power Generation Output

Tidal Range (m)	Water Tank Area(m ²)	Power output (kWh)	Tidal Range (m)	Water Tank Area(m ²)	Power output (kWh)
5	200	6.81	4	900	19.60
5	600	20.42	4	1200	40.83
5	900	30.63	3	200	2.45
4	200	4.36	3	600	7.35
4	600	13.07	3	900	11.03

4. 결 론

- (1) 실험에 의한 수위의 관측치와 이론적인 계산치는 높은 상관관계를 갖는 것으로 나타나 이론식이 실제의 수위를 잘 모의 하는 것으로 나타났다.
- (2) 프로펠러의 유무, 밸브의 유무 등에 따라 유량계수가 큰 변화를 보이는 것으로 나타나 실제 발전시스템을 제작 시 실험을 통한 유량계수 등의 산정이 반드시 필요하다.
- (3) 창조발전과 낙조 발전의 비교에서도 유량계수 값이 큰 차이를 보이는 바 실험을 통하여 상황에 따른 최적의 발전 시스템 구성이 필요한 것으로 나타났다.
- (4) 이론적인 총에너지와 실험유량으로부터 계산된 총에너지 사이에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 이론식에 의하여 조력에너지를 대략적으로 계산하는 것이 타당한 것으로 나타났으나 실제 현상에서는 조석현상의 정현파에 의하여 나타날 수 있는 오차를 감안한 해석이 필요할 것으로 판단된다.
- (5) 충분한 조차가 있는 곳에 수조를 설치하고 수조의 규모를 확대할 경우 소규모 조력발전이 가능할 것으로 판단된다.

후 기

신재생에너지의 필요성이 부각되는 현시점에서 적정 규모의 수조를 설치 할 경우 소규모의 조력발전이 가능하여 신재생 에너지 생산에 기여할 것으로 판단된다. 특히 에너지의 최적량 산출을 가능케 하는 자료를 구축하기 위한 연구가 더욱 필요할 것으로 판단된다.