

A Basic Experimental Analysis of Air Bubble Barrier

Hyung Joon Chang^{1#}, Hyo Sang Lee¹⁺, Ho Jin Lee¹, Byung Kyu Kim²

¹ School of Civil Engineering, Chungbuk National University, 1, Chodae-ro, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk, Korea

² Institute of Technology, Korea Port Engineering Corp. 18, Mareunnae-ro, Jung-gu, Seoul, Korea

Abstract

A power plant is one of the key infrastructures for developed countries. These plants are occasionally shut down by the intrusion of marine life (seaweed, fish, Jellyfish, shrimp, etc.), which causes serious socio-economic problems. Air bubble barrier have been used to prevent sea life from entering the power plant intake port and stopping power plants. In this study, an experimental device is developed to analyze the vertical behavior of air bubbles. The empirical equations are presented by measuring the rising speed of air bubble by water depth according to the amount of air injection. The proposed empirical equations will be used as a basic tool for the design of an air bubble barrier, which is expected to contribute to secure the operational stability of power plants.

Key words: power plant, intake port, air bubble barrier

1. 서론

우리나라는 전력수요의 증가를 감당하기 위해서 원자력, 화력발전소 등에 의존하여 전기를 공급하고 있다. 2011년 대규모 정전사태에서 알 수 있는 바와 같이 단기간이라도 정전이 발생하면, 사회-경제적으로 심각한 문제를 발생시킬 수 있다.

발전소의 정전을 일으키는 요인은 전력공급량에 비해서 전력수요량이 많아서 발생하는 경우가 일반적이지만 발전소 설비계통에서 발생한 문제에 의해서 정전이 발생하기도 한다. 설비부분 중 특히 취약한 부분은

취수구이다. 발전을 위해서는 다량의 냉각수가 필요하지만, 취수구 계통에 문제가 발생하여 충분한 냉각수를 공급하지 못하면 설비의 과열로 인해 발전이 정지되고, 그 결과 정전에 이르게 된다. 다량의 냉각수를 확보하기 위해서 대부분의 발전시설은 연안에 위치하고 있어, 바닷물을 냉각수로 활용하고 있다. 다량의 냉각수를 확보하고 있음에도 냉각설비가 작동하지 않는 경우가 있는데, 외부에서 침입한 해양생물체(예: 해파리 등)가 취수구를 막아 취수를 불가능하게 만드는 경우이다. 취수구의 생물체 유입에 따른 취수 불능에 의한 발전시설의 발전불능 사고는 전 세계적으로 발생하고 있고, 가

The 1st author: Hyung Joon Chang, +82-43-272-0312, Fax, +82-43-275-2377, e-mail, hyungjoonchang@chungbuk.ac.kr

+ Corresponding author: Hyo Sang Lee, Tel. +82-43-261-2379, e-mail, hyosanglee@chungbuk.ac.kr

장 많이 발생하는 사고 유형이다.

우리나라의 경우도 발전소의 냉각수 취수 불능상태를 예방하기 위해 취수구로 유입하는 해파리 등의 생물체를 제거하기 위한 여러 가지 연구를 수행해 왔다. 취수구로의 생물체 유입을 막는 연구는 기계설비 등을 이용하는 물리적 연구, 생물체의 특성을 이용하는 생물학적 연구 등이 있다. 물리적 연구는 개발지역의 환경과 설치지역의 환경이 맞지 않아 제 역할을 못하는 경우가 많고, 생물학적 연구는 적용 생물이 바뀔 때 마다 새로운 특성을 연구해야 하는 어려움이 있다. 에어버블 차단막은 수중에서 분사되는 에어버블을 이용하여 생물체의 종류에 상관없이 침입을 막고, 설치수심 등의 환경조건에 큰 영향을 받지 않기 때문에 발전설비의 안정성을 확보하는데 큰 도움이 된다.

해양생물을 방어하기 위한 에어버블 차단막 연구는 초기 단계이며, 국내외의 연구 사례를 보면 해양생물에 대한 연구보다는 원유유출에 관련된 연구가 주를 이루고 있다. Lu, *et. al.*(2015)은 에어버블을 이용하여 유출된 원유의 거동을 제어하기 위한 실험적 연구와 이론적 연구를 병행하여 에어버블 기법의 신뢰성을 검증하였다. 에어버블 분사 구멍의 크기 및 분사 시간간격과 에어파이프의 위치 및 개수 등을 조절하여 에어버블 차단막의 유류 거동 제어 능력을 분석하였다. 분석 결과 구멍의 크기가 크고, 간격이 좁을수록 에어버블 차단막의 능력이 향상되며, 파이프의 개수가 많고, 낮은 수심에 위치할수록 차단 능력이 향상됨을 확인하였다. Seo, *et. al.*(2016)은 해양생물이 발전소 취수구에 접근하지 못하도록 고압유체의 압력에너지를 이용하여 흡입유체를 이송하는 장치인 이젝터의 유무와 위치에 따른 공기방울 장벽 형상에 관한 연구를 수행하였다. 공기방울의 유동특성을 가시화 처리하여 이를 MATLAB image processing tool을 활용하여 공기 방울의 상승속도와 직경을 계산한 결과, 이젝터를 사용한 경우 작은 공기방울을 형성할 수 있으나, 공기방울의 상승속도는 이젝터를 사용하지 않았을 경우가 더 높다는 것을 확인하였다. Dawson, *et. al.*(2006)은 Ruffe라고 불리는 농어

류의 민물고기의 거동을 제한하기 위해서 버블차단막과 전기차단막을 적용하는 연구를 수행하였다. 적용결과 Ruffe의 거동을 정확히 제한할 수는 없지만, 이동통로를 제어하는데 어느 정도 효과가 있는 것으로 나타났다. Lo(1991)는 원유 유출 시 에어버블 차단막에 의한 유막의 거동 특성을 분석하기 위해 바람, 파랑, 유속 및 원유의 종류를 달리하면서 실험을 수행하였으며, 그 결과를 분석하여 경험식을 제시하였다. 특히 Lo(1991)는 에어버블의 상승속도가 수심 0.6~0.75m 까지는 증가하나, 그 이상의 수심에서는 일정함을 제시하였다.

본 논문에서는 에어버블 차단막을 개발하기 위한 기초연구로써 수직형 에어버블 실험장치를 개발하여 에어버블의 수직거동특성을 세부적으로 분석하였다. 본 연구 결과의 경험식이 향후 에어버블 차단막 설계에 활용된다면, 발전시설의 운영 안정성 확보에 큰 도움이 될 것이다.

II. 해양생물체의 발전소 취수구 유입에 따른 발전소 정전 피해사례와 방어대책

우리나라는 1988년 고리원자력발전소의 큰 가시고기 유입에 따른 발전중단을 시작으로, 20회 이상의 크고 작은 발전중단 사고가 발생하였다. 미국, 일본 등에서도 매년 유해물질 유입에 따른 발전 중단사고가 지속적으로 발생하고 있다. <Table 1>은 국내외 발전소 피해사례를 제시한 것이다(Korea Institute of Ocean Science & Technology, 2005).

해양생물 침입에 의한 발전 중단사태를 방어하기 위한 대책으로는 물리학적 방법과 생물학적 방법이 있다. 물리학적 방법은 해양생물 유입방지 장치를 이용하는 방법으로, 발전플랜트에서 사용되고 있는 장치들은, Bar Screen, Travelling Screen, Drum Screen, Debris Filter 등이 있다. 이들 장치는 크릴새우와 같은 작은 생물, 해파리와 같은 대형 점액질 생물, 세립토사 등을 제거하기에는 그 성능이 부족하다.

생물학적 방법은 원인 생물의 특성을 파악하여, 생물

Table 1. Domestic and overseas power plant damage cases by sea animals

Power plant	Time of occurrence	Cause	Remark
Kori	1988.0~3/1991.08/1998.1/1998.4	Seaweed, Fish, etc	
Uljin	1992.12~2003.06	Jellyfish, Shrimp	17 times
Kalpakkam(India)	1985.04/1990.09~10	Jellyfish	
Ringhals(Sweden)	1977.07/1978.09	Jellyfish	
St. Lucie(USA)	1984.01/1984.08~09/1993.09	Jellyfish	
Calvert-Cliffs(USA)	1984.10	Jellyfish	
Diablo Canyon(USA)	2014.06	Jellyfish	
Hamaoka(Japan)	2006	Jellyfish	
Kobe(Japan)	2000.02/2000.6~8	Moon jellyfish	7 times
Kobe harbor(Japan)	1999.06~07, 09	Jellyfish	4 times
Tokyo harbor(Japan)	1962~1997	Jellyfish	123 times

체의 유동인자를 제거하거나, 취수구로부터 다른 방향으로 유도하는 방법이다. 이 방법은 대상해역마다 개체군과 종류가 변하기 때문에 범용적인 적용이 곤란하여 물리학적 방법에 비해서 활용도가 낮다.

우리나라도 Korea Institute of Ocean Science & Technology(2005)에 의해 다양한 연구가 수행되었으나, 해파리 제거용 그물을 제외하고는 거의 실용화가 되지 않아 현장에 적용되지 않고 있다. 해파리 제거용 그물도 잠수부가 지속적으로 포집되는 해파리를 제거해야 되기 때문에 효과를 지속시키기 위해 많은 경비가 소요되는 문제점과 인명피해의 위험성이 있다.

선진국에서도 생물체 침입에 의한 발전소 피해사례가 지속적으로 발생하고 있기 때문에 생물체 침입을 방어하기 위한 다양한 시도가 있으나, 에어버블을 이용한 장치 외에는 제대로 활용되지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 삼면이 바다이고, 해역별로 파랑 조건, 해역 조건이 다른 우리나라의 특성을 반영한 에어버블 차단막을 개발하기 위해서 수직형 거동장치를 개발하여 에어버블의 거동특성에 관련된 기초정보를 제공하였다.

III. 에어버블 실험장치 및 실험 방법

1. 에어버블 차단막의 개념

에어버블 차단막은 수중에서 고압으로 방출되는 에

어버블을 이용하여 생물체의 이동을 차단하는 장치이다. 지형에 상관없이 해저면에서 해수표면까지 에어버블을 이용하여 차단막을 형성하기 때문에 생물체의 유영특성에 상관없이 전 수심에 대해서 생물체의 침입을 방어할 수 있다. <Figure 1>은 에어버블 차단막의 개념도를 제시한 것이다.

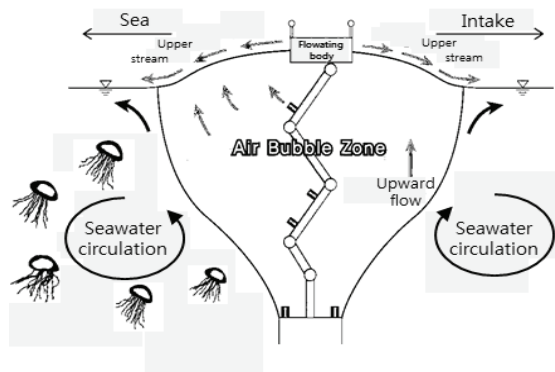
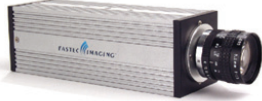


Figure 1. Concept of air bubble barrier

2. 실험장치

에어버블 차단막을 개발하기 위해 필요한 가장 필수적인 정보는 분사량에 따른 에어 버블의 상승속도와 차단막 지속시간이다. 본 연구에서는 분사량에 따른 에어 버블의 상승속도를 측정하기 위해서 <Figure 2>와 같은 수직형 튜브타입 실험장치를 고안하였다. 또한 에어 버블의 상승거동을 촬영하기 위하여 초고속 카메라를 적용하였으며, 세부 사양은 <Table 2>와 같다.

Table 2. Specifications of high speed camera

Model	Contents	Specifications
	Model	InLine 500
	Sensor	CMOS array, 8-bit monochrome resolution
	Shutter	1x, 2x, 3x, 4x, 5x, 10x and 20x the recording rate
	Recording Modes	Begins recording when the record function is enabled. Continues to record and store images in memory until an external trigger signal is received.
	Playback modes	Single step mode plus auto playback at 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 25, 30, 50, 60, 125 and 250 frames per second, forward and reverse
	Display	Uses PC monitor
	Trigger input	Contact closure or standard TTL signal, 3 to 30 VDC
	Mounts	C-mount lens mount, multiple 1/4-20 tripod mounts top and bottom
	Size & Weight	6cm(W) * 6cm(H) * 17cm(D); 0.5kg

수직형 튜브 타입 실험장치는 에어버블을 발생시키는 노즐크기, 분사압 및 에어 분사량 조절이 가능하며, 압력조절을 용이하게 하기 위해서 오차율 ±5% 이내의 디지털 압력계를 적용하였다. 실험장치의 튜브는 내경이 230mm, 높이 2000mm이며, 폴리카보네이트 재질을 채택하여, 실험시 안전성부분을 고려하였다. 에어 압축기를 활용하여 6kgf/cm² 이상의 에어압을 발생시킨 후, Air reserver tank에 안정적인 압력으로 에어를 주입하였다. 실험장치의 세부사항은 <Table 3>과 같다.

Table 3. Specifications of experimental device

Item	Specification
Size	0.84 X 0.84 X 2.24m
Height of tube	2.0m
Diameter of tube	230mm(diameter)
Diameter of nozzle	0.4mm(diameter), 0.8mm(diameter)
Pressure codition	0~3 bar
Air bubble injection pressure	0.1~1.0 MPa
Discharge of Air bubble	1.0~10 L/min

3. 실험방법

각 실험은 실험 조건 당 각 구간별(에어 분사구로부터의 거리 구간) 에어버블의 이동시간을 초고속 카메라 영상을 활용하여 시각적으로 10회씩 측정하였으며, <Figure 2>는 실험예시도이다. <Figure 3>은 에어버블 실험예시 사진이며, <Figure 4>는 초고속 카메라를 활용한 시각적인 분석 예시이다.

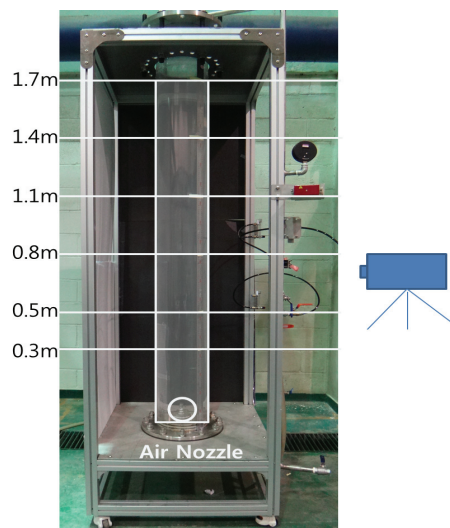


Figure 2. Schismatic description of experiment

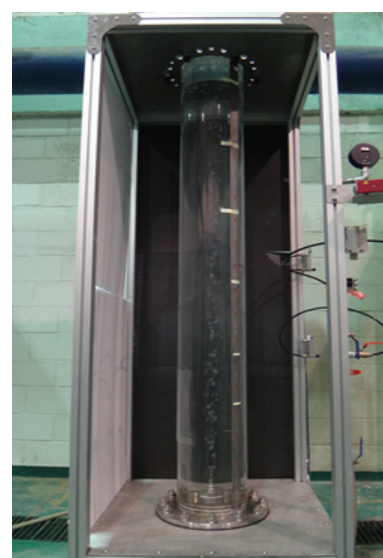


Figure 3. Experiment case of air bubble with 1L/min of air supply

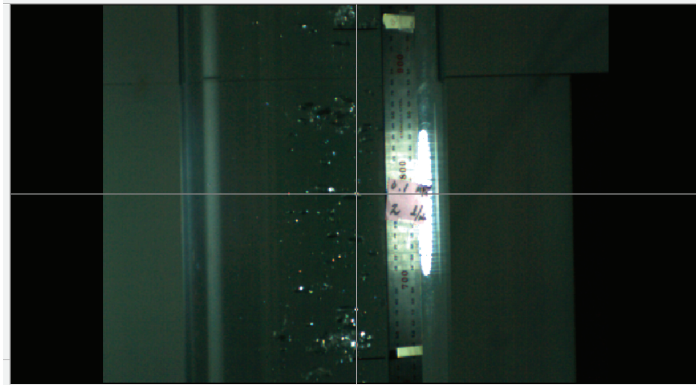


Figure 4. Experiment case of air bubble with 2L/min of air, air pressure 0.1Mpa, at depth range of 0.5~0.8m

IV. 실험결과 및 고찰

에어버블의 거동특성을 분석하기 위하여 수직형 튜브 타입 실험장치를 이용하여 실험을 수행하였다. 실험을 통하여 에어 분사량에 따른 구간별 에어버블 상승속도의 양상을 분석하였다. 실험조건은 <Table 4>에 제시된 바와 같이 에어 분사량을 분당 1.0L~5.0L까지 변화시켰으며, 에어버블 분사압은 0.1 MPa를 적용하였다.

Table 4. Experimental conditions

Condition	Range
Diameter of nozzle	0.4mm(diameter)
Depth of Air bubble injection	1.8m
Air bubble injection pressure	0.1MPa
Discharge of air bubble	1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 L/min

<Figure 2>에 제시한 것과 같이 각 실험은 실험 조건당 각 구간별(에어 분사구로부터의 거리 구간) 에어버블의 이동시간을 초고속 카메라 영상을 활용하여 시각적으로 10

회씩 측정하였으며, 10회 평균 에어버블 이동시간결과는 <Table 5>에 제시하였다. 각각의 Case는 실험장치 밑면으로부터 떨어진 거리를 나타내며 구간 1은 0.3m~0.5m, 구간 2는 0.5m~0.8m, 구간 3는 0.8m~1.1m, 구간 4는 1.1m~1.4m, 구간 5는 1.4m~1.7m의 구간을 나타낸다.

에어분사량이 1L/min과 2L/min 일 때 각 구간별 상승속도를 살펴보면 분사구에 인접한 구간 1, 2에서는 상승속도가 증가하나 이후의 구간에서는 감소하는 경향을 보였다. 에어분사량이 3L/min과 5L/min 일 때에도 구간 1, 2에서는 상승속도가 증가하는 경향을 보였으나, 구간 3 이후 급속한 감소를 보이는 두 경우와는 달리 구간 3 이후에도 일정규모 이상의 상승속도를 유지하였다. 에어분사량이 4L/min인 경우에는 구간 1, 2를 거치면 상승속도가 증가하는 경향은 유사하였으나 구간 3에서의 상승속도가 구간 1에서의 상승속도보다 커지는 경향을 보였다. 이는 실험장치의 형상에 관련된 간섭으로 생기는 현상으로 판단되나 현재로서는 정확한 판단을 내릴 수 없다.

Table 5. Mean rise velocity by water depth according to discharge of air bubble

Discharge of air bubble	Mean rise velocity by water depth				
	Case1 (0.3~0.5m)	Case2 (0.5~0.8m)	Case3 (0.8~1.1m)	Case4 (1.1~1.4m)	Case5 (1.4~1.7m)
1L/min	0.41	0.42	0.39	0.34	0.36
2L/min	0.48	0.48	0.45	0.38	0.36
3L/min	0.48	0.52	0.48	0.46	0.45
4L/min	0.45	0.51	0.49	0.46	0.50
5L/min	0.55	0.65	0.49	0.55	0.52

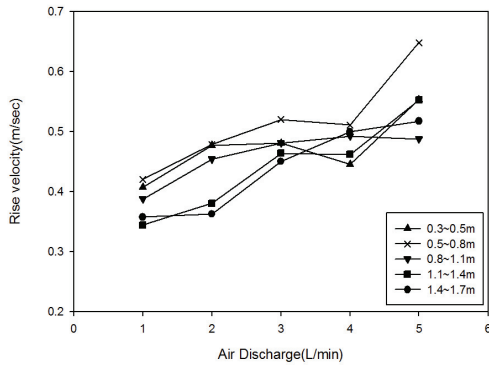


Figure 5. Rise velocity according to discharge of air bubble

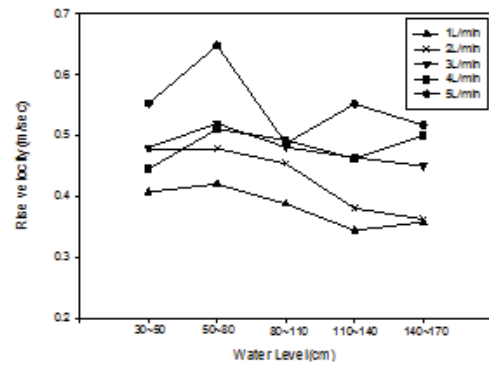


Figure 6. Rise velocity by water level

에어 분사량을 1L/min~5L/min 증가하였을 경우 구간 1(0.3~0.5m)에서 구간 2(0.5~0.8m)까지는 전체적으로 상승속도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 에어분사지점으로부터 0~0.8m구간은 분사량(압)에 따라 상승속도가 크게 영향을 받는 구간으로 Lo, et. al. (1991)의 연구결과와 유사한 경향을 나타냈다. 구간 4, 5에서는 (1.1~1.7m, 수표면으로부터 0~0.6m)은 일부(에어 분사량: 4L/min)를 제외하고, 에어 분사량에 따라 유사한 속도 상승곡선을 보이고 있다.

각 구간을 기준으로 에어 분사량과 에어버블 상승속도를 도시하면 <Figure 5>와 같다. 대부분의 경우 구간 1,2에서 상승속도가 증가하는 경향을 보이고 있으나, 에어 분사량이 4L/min인 경우에는 다른 경향을 보이고 있다. <Figure 6>은 에어버블 분사량을 기준으로 구간별 에어버블 상승속도를 도시한 것이다. 에어버블 분사량이 4L/min인 경우를 제외하고는 모든 경우 구간 2에서 최고의 상승속도를 기록하고, 구간 2 이후에는 구간 1의 상승속도를 초과하지 않는 범위에서 감소하는 경향을 보이고 있다.

본 실험의 결과를 바탕으로 구한 에어버블의 상승속

도 경험식을 3차 다항 회귀식을 활용하여 수심구간별로 <Table 6>과 같이 제시하였다.

V. 결론

전력의 대부분을 화력 또는 원자력에 의존하고 있는 우리나라는 발전플랜트 가동의 안정성 확보가 매우 중요하다. 발전플랜트는 발전설비의 냉각을 위해 다량의 냉각수를 취수하여야 하나 해파리 등과 같은 해양생물의 침입으로 냉각수 취수에 심각한 위협을 받는 경우가 발생하고 있다.

본 연구에서는 생물의 특성에 상관없이 효율적으로 취수구로의 생물체 침입을 방지할 수 있는 에어버블 차단막 개발의 기초연구로써 에어버블의 거동특성을 분석하기 위해 수직형 튜브 타입 실험장치를 개발하여 실험을 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 에어버블 주입구에 가까운 구간 1, 구간 2에서는 에어버블이 상승속도가 증가하고 이후에는 감소하거나 일정한 크기를 유지하는 특성을 나타내고 있다. 에어버블 주입구에서 0.5m~0.8m 떨어진 구간 2에서는

Table 6. Air bubble ascending velocity by depth interval from injection point

Case (Depth)	Empirical formula
case 1 (0.3~0.5m)	$y = 0.0175x^3 - 0.1546x^2 + 0.4222x + 0.1198$ ($R^2 = 0.97$)
case 2 (0.5~0.8m)	$y = 0.0136x^3 - 0.1149x^2 + 0.3242x + 0.194$ ($R^2 = 0.97$)
case 3(0.8~1.1m)	$y = 0.0019x^3 - 0.0284x^2 + 0.1363x + 0.2782$ ($R^2 = 0.99$)
case 4(1.0~1.4m)	$y = 0.0037x^3 - 0.0316x^2 + 0.1271x + 0.2405$ ($R^2 = 0.95$)
case 5(1.4~1.7m)	$y = -0.0095x^3 + 0.085x^2 - 0.1741x + 0.4543$ ($R^2 = 0.99$)

(y=Rising speed of air bubble (m/sec), x=Air injection quantity (L/min))

에어버블 상승속도가 최댓값을 나타내고 있다. 따라서 에어버블 차단막을 개발할 때는 이 구간에서의 값을 기준으로 그 변화를 파악하고 설계하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

- 에어 분사량이 4L/min 인 경우에는 다른 경우와 달리 구간 2 이후 구간 1의 상승속도를 초과하는 경우가 발생하고 있다. 이것을 실험장치의 특성으로 판단되나, 현재로써는 특별한 결론을 내릴 수 없다. 실제 장치를 개발할 때는 이와 같은 특성을 파악하여 에어 분사량의 사용구간 또는 최적 사용량을 산정해야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시된 경험식은 향후 에어버블 차단막 설계의 기초자료로 활용하여, 발전시설의 운영안정성을 확보하는 데 기여할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2015년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20151120100140).

References

- Dawson, H. A., U. A. Reinhardt, and J. F. Savino. 2006. Use of Electric or Bubble Barriers to Limit the Movement of Eurasian Ruffe(Gymnocephalus Cernuus). *Journal of Great Lakes Research*. 32(1): 40-29.
- Korea Institute of Ocean Science & Technology. 2005. *Prevention of Bio-Impingement Against Power Plant Intake*. Ministry of Science and Technology.
- Lo, Jen Men. 1991. Air-Bubble Barrier Effects on Neutrally Buoyant Objects. *Journal of Hydraulic Research*. 29(4): 437-455.
- Lu, Jinshu, Zhenfeng Xu, Song Xu, Sensen Xie, Haoxiao Wu, Zhenbo Yang, and Xueqiang Liu. 2015. Experimental and Numerical Investigations on Reliability of Air Barrier on Oil Containment in Flowing Water. *Marine Pollution Bulletin*. 95(1): 200-206.
- Seo, Hyeon Deok, Aliyu M. Aliyu, and Kyung Chun Kim. 2016. Generating Efficient Bubble Barrier by Using Ejector. *Proceedings of the KSME 2016 Annual Meeting*. 2016(12): 1060-1065.

Korean References Translated from the English

- 서현덕, Aliyu M. Aliyu, 김경천. 2016. 이젝터를 이용한 효율적인 공기방울 장벽 형성에 관한 연구. 2016 대한기계학회 학술대회 논문집. 2016(12): 1060-1065.
- 한국해양연구원. 2005. 해양생물에 의한 취수구 폐쇄현상 방지 기술.

Received: Jul. 18, 2017 / Revised: Aug. 8, 2017 / Accepted: Aug. 14, 2017

에어버블차단막의 거동특성 분석을 위한 기초실험연구

국문초록 발전소는 선진 산업사회에서의 중요한 사회기반시설(인프라)이다. 이러한 발전소가 해초, 물고기, 해파리, 새우 등과 같은 해양생물의 유입으로 정지될 경우, 사회-경제적으로 심각한 문제가 발생하기도 한다. 따라서, 발전소 취수구 유입구 부분의 해양생물 침투로 인한 발전소 가동이 정지되는 것을 방지하기 위하여, 에어버블 차단막 기술이 활용되고 있다. 본 연구에서는 에어버블 차단막 기술의 기초연구인 에어버블의 거동을 분석하기 위하여 수직형 에어버블 실험장치를 개발 및 에어버블 수직 거동 특성을 분석하였다. 에어버블 수직 거동 특성을 분석하기 위하여 수직형 에어버블 실험장치를 이용하여 에어 분사량에 따른 수심별 에어버블의 상승 속도를 측정하였으며, 실험결과를 바탕으로 수심구간별 에어버블 상승속도 경험식을 제시하였다. 제시된 경험식은 향후 에어버블 차단막 설계의 기초자료로 활용될 것이며, 발전시설 운영 부분에서의 안정성을 확보하는 데 크게 기여할 것으로 기대된다.

주제어 : 발전소, 취수구, 에어버블 차단막

Profiles **Hyung Joon Chang** : He received M.A. degree from Chungbuk National University, Korea in 2015 (Thesis: Application of the ReFH Conceptual Rainfall Runoff Model at Jeungpyeong and Jalovecky). He is studying on the application of rainfall runoff models and design flood estimation on Ph.D. course at School of Civil Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, Korea(hyungjoonchang@chungbuk.ac.kr).

Hyo Sang Lee : He is an associate professor, Department of Civil Engineering, Chungbuk National University, Korea. He received Ph.D. degree from Imperial College London in 2006. The main study field is application of rainfall-runoff models(Hyosanglee@chungbuk.ac.kr).

Ho Jin Lee : He received his Ph.D. degree from Chungbuk National University, Korea in 2004 (Thesis: Effect of the tidal current on the wave prediction). He is an associate professor, Department of Civil Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, Korea(hojinlee@chungbuk.ac.kr).

Byung Kyu Kim : He is a civil engineer, Department of Research & Development, Korea Port Engineering Corporation, Seoul, South Korea. He received M.S. degree from University of Seoul, South Korea. Also, he writes "A Study on Compression Index Prediction for Very Soft Clay(2014)" and so on(kisbk@korpec.co.kr).