

## 한가지 2중배수원형양어탱크의 수력학적특성에 대한 CFD연구

안철호, 정인범

집약양어에 필수적인 큰 원형양어탱크의 운영에 편리하면서 수력학적특성도 좋은 새형의 2중배수양어탱크를 제안하고 그것의 주요수력학적특성을 3차원CFD모의를 통하여 고찰하였다. 선행연구[1]에서는 큰 원형양어탱크에서 중심바닥배수가 보다 우월한 수력학적특성을 가진다면 편심바닥배수는 양어작업과 탱크유지관리에서 결정적으로 우월하다는 것을 보여주었다.

론문에서는 위의 두가지 배수구를 결합한 2중배수탱크의 주요한 수력학적특성을 3차원CFD모의를 통하여 밝혔다.

### 1. 방 법

#### 1) 수학적 및 물리적모형

양어못에서는 비교적 느린 물흐름이 진행되므로 비압축성점성흐름에 관한련속방정식, 운동방정식, 자름응력수송(SST)  $k-\omega$  모형방정식으로 기본방정식계를 구성하였다.[2]

#### 2) 기하 및 그물모형

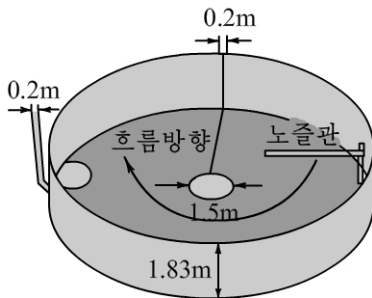


그림 1. 탱크모형

직경이 9.15m인 2중바닥배수원형탱크[1]를 연구한다.(그림 1)

탱크의 나머지치수들은 선행연구[1]에서와 같다. 점성밀층을 분해하도록 탱크벽과 바닥에 첫 층높이 0.000 15m, 증가비 1.2인 18개 층(높이 약 0.019m)의 경계층그물을 설정하고 나머지구역은 보다 큰 6면체세포들로 채웠다. 이것은 SST  $k-\omega$  난류모형과 개선된 벽처리의 요구[3]대로 벽린접세포에서  $y^+=1$  수준을 보장한다.[2] 매 탱크에 대하여 그물독립적인 그물모형중 가장 작은 세포수를 가지는 모형을

수치모의를 위한 그물모형으로 선택하였다. 나머지 초기 및 경계조건설정은 선행연구[1]와 동일하다.

#### 3) 물공급속도와 새물혼합모형화

물회전을 위한 노즐분사속도는 각각 0.335, 0.67, 1.34m/s의 세가지로 설정하였다. 탱크에 이미 있던 물에 들어가는 새물을 추적자(류체)로 간주하면 그 질량비수송방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho C) + \nabla \cdot (\rho C \mathbf{v}) = \nabla \cdot (\Gamma \nabla C) \quad (1)$$

여기서  $\rho$ 는 추적자의 밀도,  $C$ 는 추적자의 질량비,  $\mathbf{v}$ 는 추적자의 속도,  $\Gamma$ 는 물의 자체

확산계수와 같은 추적자의 확산계수이다. 순수한 물의 자체확산계수는  $2.135 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ 로 취하였다.[2] 식 (1)은 다름아닌 FLUENT의 사용자정의스칼라수송방정식이다. 새물공급시 작점에서 탱크안의  $C$ 값은 0, 주수구의  $C$ 값은 1로 설정하고  $C$ 의 과도적거동을 수치적으로 추적하였다. 제기한 수치모형의 유효성검증은 실측자료와 CFD모의결과를 비교한 선행연구[1]의 모형검증으로 대신하며 여기서는 반복하지 않는다.

## 2. 결 과

### 1) 물흐름속도특성

노즐분사속도에 따르는 속도특성량들은 표 1과 같다.

표 1. 노즐분사속도에 따르는 속도특성량

노즐분사속도 $/(m \cdot s^{-1})$		0.335	0.67	1.34
속도크기 $/(m \cdot s^{-1})$	평균	0.067 5	0.143 2	0.299 2
	최대	0.622 9	1.239 8	2.469 7
	최소	0.000 02	0.000 6	0.012 7
축방향속도 $/(m \cdot s^{-1})$	평균	0.000 2	0.000 4	0.000 8
	최대	0.622 9	1.239 8	2.469 7
	최소	-0.600 5	-1.199 2	-2.395 7
반경방향속도 $/(m \cdot s^{-1})$	평균	0.000 4	0.000 9	0.001 8
	최대	0.617 1	1.231 1	2.456 7
	최소	-0.211 1	-0.425 7	-0.857 2
접선방향속도 $/(m \cdot s^{-1})$	평균	-0.065 7	-0.139 8	-0.292 5
	최대	0.270 7	0.543 5	1.090 1
	최소	-0.339 1	-0.678 0	-1.355 5

표 1에서 축방향, 반경방향, 접선방향속도성분들의 《-》부호는 각각 중력방향, 향심방향, 노즐분사방향이라는것을 의미한다. 표 1에서와 같이 노즐분사속도를 2배로 늘일 때 속도크기, 축방향속도, 반경방향속도, 접선방향속도의 평균값, 최대값, 최소값들은 대체로 2배정도 증가한다. 선행연구[1]와 비교해보면 2중배수탱크의 속도특성량의 평균값들은 중심배수탱크와 측면배수탱크들과 아주 유사하다. 한편 2중배수탱크의 속도특성량들의 최대값은 모두 중심 및 편심배수탱크들에 비해 약 절반값을 가진다.

두 배수구를 완전히 개방할 때 노즐분사속도에 따르는 두 배수구에서의 배수속도평균값들을 표 2에 보여주었다. 표에서 VCD, VED는 각각 중심배수구와 편심배수구의 배수속도를 표시한다.

표 2. 노즐분사속도에 따르는 두 배수구에서의 배수속도평균값

노즐분사속도 $/(m \cdot s^{-1})$	VCD $/(m \cdot s^{-1})$	VED $/(m \cdot s^{-1})$	VED/VCD
0.335	0.429 4	0.477 5	1.112
0.67	0.858 6	0.951 8	1.109
1.34	1.717 1	1.898 1	1.105

결과에 의하면 편심배수구의 배수속도는 중심배수구에 비해 약 11% 더 크다. 탱크안

의 물이 회전할 때 편심배수구는 보다 큰 동적힘을 받으므로 이것은 자연스러운 결과이다. 이 결과는 동일한 조건하에서 측면배수량이 중심배수량보다 얼마나 그리고 왜 더 큰가를 보여준다. 보다 높은 배수속도는 양어실천에서 중요한 기술적우점으로 된다.

흐름속도성분과 관련한 전형적인 특성은 접선속도마당에서 찾아볼수 있다. 그림 2는 노즐분사속도가 0.335m/s일 때  $[-0.05\text{m/s}, 0]$ 의 범위의 낮은 접선속도구역의 모양을 중심배수탱크, 편심배수탱크에 대한 선행연구[1]의 결과와 비교하여 보여주었다. 그림에서 «-»부호는 노즐분사에 의한 물회전방향을 가리킨다.

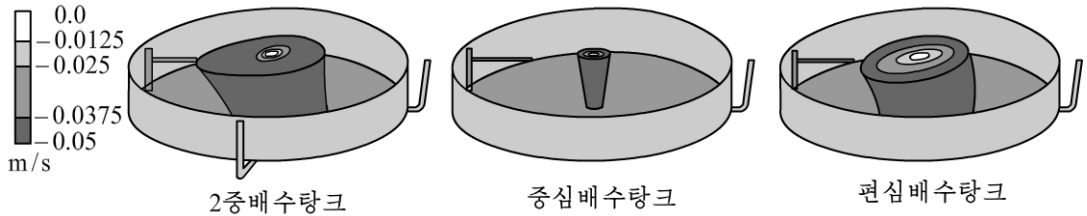
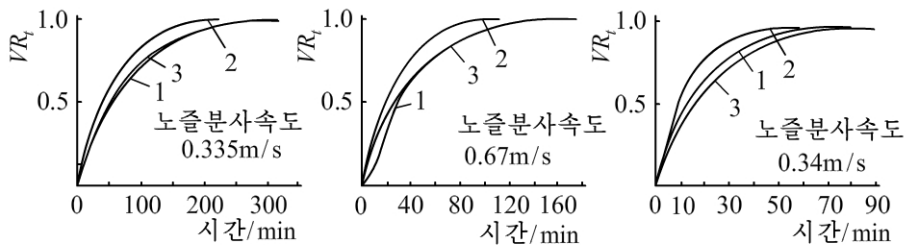


그림 2. 낮은 접선속도구역의 모양

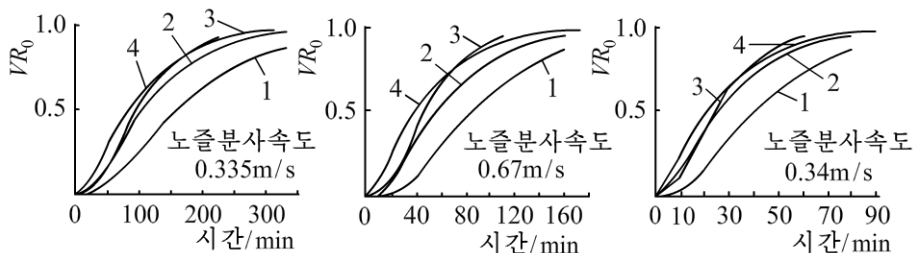
결과에 의하면 2중배수탱크에서 접선속도가 작은 구역의 크기는 편심배수탱크와 유사하다. 이것은 2중배수탱크에서 회전흐름특성이 편심배수탱크에 보다 가깝다는것을 보여준다.

## 2) 새물의 혼합속도

새물을 노즐분사하면서 전체 탱크물체적에서 새물의 평균체적비와 배수구에서 새물의 체적비를 평가하였다.(그림 3) 그림 3에서  $VR_t$ ,  $VR_0$ 은 각각 전체 탱크에서 평균체적비, 배수구에서 체적비를 의미한다.



1-2중배수탱크, 2-중심배수탱크, 3-편심배수탱크



1-2중배수탱크: 중심배수구, 2-2중배수탱크: 측면배수구, 3-중심배수탱크, 4-편심배수탱크

그림 3. 전체 탱크에서 평균체적비(우)와 배수구에서 체적비(아래)

새물의 평균체적비가 0.98에 도달하는 시간이 가장 짧은것은 중심배수탱크이다. 노즐분사속도가 0.67m/s와 1.34m/s일 때 2중배수탱크의 시간은 편심배수탱크보다 10min 더 짧

고 반대로 0.335m/s일 때는 20min 더 길다. 이것은 2중배수탱크의 두 배수구로 빠지는 새물이 낮은 회전속도조건에서보다 큰 영향을 미친다는것을 보여준다. 2중배수탱크에서 편심배수구의 새물체적비는 편심배수탱크와 매우 비슷하고 중심배수탱크에서보다는 크다. 그림 3의 6개 곡선에서 공통적인것의 하나는 2중배수탱크가 새물혼합속도에 있어서 중심배수탱크보다 편심배수탱크에 더 가깝다는것이다. 노즐에서 출발하는 물립자자리길의 견지에서 편심배수구는 중심배수구보다 노즐에 훨씬 가깝게 배치되어있으므로 새물이 보다 빨리, 보다 많이 배수되므로 이것은 자연스러운 결과이다.

## 맺 는 말

이상의 결과들은 2중배수탱크가 수력학적으로 중심배수탱크보다 편심배수탱크에 더 가깝다는것을 보여준다. 즉 원형탱크에서 편심배수구의 수력학적영향이 중심배수구보다 더 크다. 그러므로 선행연구[1]에서 고찰한 중심배수의 수력학적우월성을 보존하면서 양어작업을 쉽게 하기 위한 한가지 방도는 중심 및 편심배수의 결합 즉 2중배수탱크를 도입하는것이다. 양어할 때는 중심배수구만 열고 수확과 청소를 비롯한 양어작업시에는 편심배수구를 여는 2중배수탱크는 집약양어에 필수적인 대규모양어탱크[3, 4]를 위한 가장 적합한 설계의 하나라고 말할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] An Chol-Ho et al.; Aquacultural Engineering, 83, 138, 2018.
- [2] F. Moukalled et al.; The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics, An Advanced Introduction with OpenFOAM® and Matlab®, Springer, 254~799, 2016.
- [3] J. Oca et al.; Aquacultural Engineering, 52, 65, 2013.
- [4] S. Summerfelt et al.; Aquacultural Engineering, 40, 62, 2009.

주체108(2019)년 6월 10일 원고접수

## CFD Simulation on Hydraulic Characteristics of a Dual-Bottom-Drain Circular Culture Tank

*An Chol Ho, Jong In Bom*

We consider typical hydraulic characteristics of a new dual-bottom-drain circular culture tank made by a combination of the center bottom drain tank which has better hydraulic properties and the eccentric bottom drain tank which is much more convenient for the labor requirement near the drain, using 3D CFD simulations.

**Key words:** dual-drain circular tank, CFD, drain, hydraulics