

원형중심배수양어탱크에서 물흐름저속구역의 최량화

신명국, 김현남

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《최신과학기술에 기초하여 나라의 경제를 현대화, 정보화하기 위한 투쟁을 힘있게 벌려야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제22권 22페이지)

우리는 접선방향물분사를 가진 원형중심배수양어탱크에서 수력학적특성을 개선하기 위한 연구를 진행하였다.

선행연구에서는 주로 탱크안에서의 흐름속도의 균일성과 물혼합, 탱크안에서의 물흐름양상에 주는 직경 대 깊이비의 영향에 집중되었다.

선행연구[4]에서는 1개의 접선물분사를 가진 원형중심배수양어탱크에서 각이한 흐름속도와 주수속도, 물깊이를 변화시키면서 반경에 따르는 단위질량당 각운동량의 함수관계를 얻었다. 선행연구[3]에서는 비회전구역의 출현을 피하기 위해 5:1과 10:1사이의 직경 대 깊이비를 쓸것을 제기하였다.

선행연구[2]에서는 원형탱크에서의 원둘레에 대한 회전속도가 원형탱크의 접선방향으로 주사된 물흐름의 임펄스힘에 강하게 의존하며 원형탱크에서 한점물원천주수보다 수직노즐관에 일정한 간격으로 분포된 노즐물분사를 가진 주수방식이 보다 균일한 물분포를 준다는것을 보여주었다.

선행연구[1]에서는 동일한 원형탱크에 기원을 둔 바닥중심배수탱크와 바닥편심배수탱크를 비교고찰하기 위한 3차원계산류체동력학모의를 진행하였는데 이 비교고찰에서 물흐름저속구역의 크기를 리용하였다.

물이 벽에 접선방향으로 분사되는 원형양어탱크[5]에서는 탱크중심에 대한 1차회전흐름과 2차흐름이 생기는것으로 하여 탱크안에 고리형구역이 형성되기때문에 물흐름저속구역과 나쁜 혼합을 산생시켜 원형탱크의 효과를 감소시킨다는것을 연구하였다.

지난 시기에는 탱크내에서의 물흐름속도분포와 물흐름모형을 리용하여 탱크의 수력학적특성을 개선하기 위한 연구들이 있었다. 고리형구역의 발생과 그 개선을 위한 주수방식과 합리적인 탱크크기에 대하여서도 부분적으로 연구되었다. 그러나 탱크크기와 주수조건들에 대하여 물흐름저속구역의 크기(고리형구역의 크기에 비례)를 직접 목적량으로 잡고 탱크의 수력학적특성을 정량적으로 개선하기 위한 최량화문제에 대하여서는 아직 알려져있지 않다.

론문에서는 품질공학수법과 ANSYS16.0에 의한 CFD모의방법을 리용하여 접선방향노즐분사에 의한 주수구를 가진 원형중심배수양어탱크에서 물흐름저속구역(물흐름속도가 10^{-6} m/s보다 작아지는 구역)의 크기를 최소로 하기 위한 한가지 최량설계방법에 대한 연구를 진행하였다.

1. 문 제 설 정

론문에서 고찰하려는 원형양어탱크는 다음과 같다.(그림)

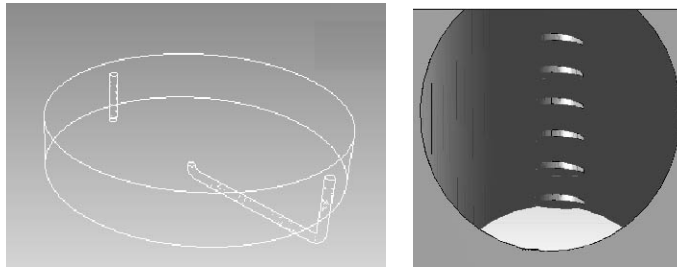


그림. 접선노즐분사를 가진 원형중심배수양어탱크

원형양어못의 측면에 배치된 직경 10cm인 수직노즐판에 접선방향으로 물분사를 할 수 있도록 직경이 4cm인 노즐 6개가 일정한 간격으로 배치되어있다. 탱크바닥의 중심에 직경 20cm인 배수구가 있다. 매 노즐에서 초당 0.67m/s의 속도로 접선방향물분사가 진행 되면 탱크중심에 대하여 회전흐름이 이루어진다.

단위체적당 물흐름저속구역(물흐름속도가 0.000 000 1m/s보다 작아지는 구역)의 크기를 최량화목적량으로 정하였다. 물흐름에 영향을 주는 인자는 탱크의 직경과 물깊이, 배수구깊이(수평바닥으로부터 배수구까지의 깊이), 수직노즐판의 위치(중심배수구로부터 수직노즐판까지의 거리), 노즐간격, 첫 노즐의 위치(수평바닥으로부터 첫 노즐의 위치)로 정하였다.

물흐름저속구역의 크기는 Ansys16.0 Fuluent를 리용하여 구할수 있다.

2. 물흐름저속구역의 최소화

최량화문제를 두 단계로 나누어 고찰한다.

첫 단계에서는 탱크크기와 주수조건들의 영향정도를 큰선에서 갈라보기 위하여 직경과 물깊이, 바닥깊이, 수직노즐판의 위치, 첫 노즐의 위치를 각각 2수준인자로 정하고 기여률을 계산하고 경향성을 평가한다.

둘째 단계에서는 기여률과 현실적조건을 고려하여 보다 적은 인자를 선택하고 3수준 직교표에 배치하여 최량조건을 구하기로 한다.

매 인자들의 수준을 다음과 같이 설정한다.(표 1)

표 1. 인자들의 수준

No.	인자	인자(/m)	1수준	2수준
1	<i>A</i>	탱크의 반경	3	4
2	<i>B</i>	물깊이	1.2	1.4
3	<i>C</i>	수직노즐판의 위치	3.3	3
4	<i>D</i>	배수구깊이	0.1	0.3
5	<i>E</i>	첫 노즐의 위치	상	하

직교표 $L_8(2^7)$ 에 배치하고 ANSYS Fluent에 의한 컴퓨터모의실험을 진행하였다. 표 2는 매 실험점에서 단위체적당 물흐름저속구역의 크기를 각각 5번씩 측정한 다음 계산된 SN비를 보여준다.

표 2. 직교배치와 SN비

No.	A	B	C	D	E	F	G	탱크체적 (/m ³)	SN
1	0	0	0	0	0	0	0	57.7	11.9
2	0	0	0	1	0	1	1	55.7	34.6
3	0	1	1	0	1	1	1	65.3	9.8
4	0	1	1	1	1	0	0	63.4	18.9
5	1	0	1	0	0	0	1	75.3	9.18
6	1	0	1	1	0	1	0	72.7	4.5
7	1	1	0	0	1	1	0	85.3	9.18
8	1	1	0	1	1	0	1	82.7	6.9

위의 자료에 기초하여 작성한 보조표와 분산분석표는 다음과 같다.(표 3, 4)

표 3. 보조표

인자	1수준	2수준
A	75.2	29.76
B	60.18	44.18
C	62.58	42.38
D	40.06	64.9
E	33.1	71.86

인자 B의 분산은 오차변동의 분산보다 작기때문에 통합오차변동에 포함시킨다.

표 4. 분산분석표

인자	변동	자유도	순변동	기여률
A	258.9	1	234.1	35
B	17.17	1		
C	51.88	1	27.08	4
D	78	1	53.2	8
E	188.6	1	163.4	25
e(오차)	56.8	2		
총변동	651.35	7		

보조표를 통하여 인자들의 얹힘이 없는 경우에 최량조건은 표 5와 같다.

표 5. 얹힘이 없는 경우의 최량조건

탱크의 직경	7m
물깊이	1.2m
수직노즐관의 위치	3m
배수구깊이	0.1m
첫 노즐의 위치	0.17m

주수량과 주수속도를 일정하게 정해놓고 고찰하는 조건에서 탱크직경과 물깊이는 탱크물량과 직접 관계되므로 작을수록 좋다. 그러므로 기여률이 35%인 탱크의 직경은 7m로 고정한다. 물깊이는 상대적으로 기여률이 낮으므로 직경 대 깊이의 비를 고려하여 1.2m로 고정한다.

2단계에서는 수직노즐관의 위치와 노즐간격, 배수구깊이, 첫 노즐의 위치를 인자로 정하고 $L_9(3^4)$ 형직교표를 리용하여 분산분석을 진행하고 최량조건을 얻었다. 두 단계를 거쳐서 얻어진 최량조건은 표 6과 같다.

표 6. 최량조건

최량조건	탱크의 직경	7m
	물깊이	1.2m
	수직노즐관의 위치	2.83m
	배수구깊이	0.1m
	노즐사이 간격	0.17m
	첫 노즐의 위치	0.02m

최량조건과 선행연구[1]에서 고찰한 원형중심배수양어탱크(직경 7m, 물깊이 1.2m, 배수구의 깊이 0.1m, 수직노즐관의 위치 3m, 노즐사이의 간격 0.17m, 첫 노즐의 위치 0.07m)에서의 물흐름저속구역의 크기를 수치모의하여 비교한 결과 3분의 1로 줄일수 있다는 결론을 얻었다.

참 고 문 헌

- [1] C. H. An et al.; Aquac. Eng., **80**, 138, 2018.
- [2] B. F. Terjesen et al.; Computers and Electronics in Agric., **151**, 354, 2018.
- [3] J. D. Larmoyeux et al.; Progress. Fish-Cult., **35**, 3, 122, 1973.
- [4] J. Oca et al.; Aquac. Eng., **52**, 65, 2013.
- [5] M. B. Timmons et al.; Aquac. Eng., **18**, 51, 1998.

주체109(2020)년 3월 15일 원고접수

An Optimization of Lower Water Velocity Regions of Circular Center Drain Aquaculture Tanks

Sin Myong Guk, Kim Hyon Nam

In this paper, we get the conditions for minimizing the lower water velocity regions in the center drain circular aquaculture tanks with the tangential water nozzle inlet by using the experimental planning and ANSYS Fluent. Computational fluid dynamics simulations were carried out to compute the magnitude of the lower water velocity regions.

Keywords: computational fluid dynamics(CFD), circular center drain aquaculture tank