creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000265265

2016년 2월

박사학위 논문

굽힘형 흡수정의 유동특성 연구

조선대학교 대학원

기계공학과

오 준 석

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

굽힘형 흡수정의 유통특성 연구

A Study on the Flow Characteristics of Bended type Sump pump

2016년 2월 25일

조선대학교 대학원

기계공학과

오 준 석

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

굽힘형 흡수정의 유동특성 연구

지도교수 이 행 남

이 논문을 공학박사학위 신청 논문으로 제출함

2015년 10월

조선대학교 대학원

기계공학과

오 준 석

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

오준석의 박사학위논문을 인준함

위원장	조선대학교 교수	한 길 영	(인)
위 원	조선대학교 교수	윤 성 운	(인)
위 원	조선대학교 교수	강 양 준	(인)
위 원	송원대학교 교수	고 현 선	(인)
위 원	조선대학교 교수	이 행 남	(인)

2015년 12월

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

LIST OF FIGURES ····· i
LIST OF TABLE ····· ii
NOMENCLATURE ····· iii
ABSTRACT ····· iv

제1장 서론 ····· 1
제1절 연구배경 및 목적 ····· 1
제2절 연구내용 ····· 4
1. 흡수정 ····· 4
2. 흡수정의 분류와 설계조건 ····· 5
가. 흡수정의 분류 ····· 7
나. 흡수정의 설계조건 ····· 7
3. 와류의 종류 ····· 8

제2장 수치해석 ····· 11
제1절 지배방정식 ····· 12
1. 표준 $\kappa-\epsilon$ ····· 12
2. SST $\kappa-\omega$모델 ····· 13
3. 기초방정식 ····· 14
제2절 해석모델 및 격자모델 ····· 15
1. 흡수정 수치해석모델 ····· 15
2. 흡수정 수치해석 모델의 격자생성 ····· 17

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 흡수정 수치해석 조건 ····· 20
4. 흡수정 수치해석 경계조건 ····· 21
제3절 수치해석 검증 ····· 24
1. 해석모델의 검증 ····· 24
2. 유속균일도의 검증 방법 ····· 24
제3장 유동장 수치해석 결과 ····· 25
1. 와류억제장치가 없는 기본형 흡수정의 해석결과 ····· 27
가. 직선형 흡수정 기본모델 해석 결과 ····· 27
나. 90° 굽힘형 흡수정 기본모델 해석 결과 ····· 31
다. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 10% 축소형 모델 해석 결과 ····· 35
라. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 20% 축소형 모델 해석 결과 ····· 39
마. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 30% 축소형 모델 해석 결과 ····· 43
바. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 10% 확대형 모델 해석 결과 ····· 47
사. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 20% 확대형 모델 해석 결과 ····· 51
2. 와류억제장치가 있는 흡수정의 해석결과 ····· 55
가. 직선형 흡수정 기본모델 해석 결과 ····· 55
나. 90° 굽힘형 흡수정 기본모델 해석 결과 ····· 59
다. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 10% 축소형 모델 해석 결과 ····· 63
라. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 20% 축소형 모델 해석 결과 ····· 67
마. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 30% 축소형 모델 해석 결과 ····· 71
바. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 10% 확대형 모델 해석 결과 ····· 75
사. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 20% 확대형 모델 해석 결과 ····· 79
3. 해석결과 대한 비교 ····· 83
가. NO AVD Case 결과 비교 ····· 83
나. Full AVD Case 결과 비교 ····· 85

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제4장 결론 ·····87

참고문헌 ·····88

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

LIST OF FIGURES

Fig. 1 Sump system schematic diagram ····· 3
Fig. 2 Straight type sump schematic diagram ····· 4
Fig. 3 Classification the shape type of the sump ····· 5
Fig. 4 Classification the flow path type of the sump ····· 6
Fig. 5 Vortex in sump ····· 9
Fig. 6 Vortex generation on principle in sump ····· 10
Fig. 7 CFD simulation flow chart ····· 11
Fig. 8 Simulation modeling case ····· 16
Fig. 9 Computational grid for the straight type sump ····· 18
Fig. 10 Computational grid for the bend channel type sump ····· 19
Fig. 11 Boundary conditions of the case ····· 23
Fig. 12 Simulation model partition name ····· 25
Fig. 13 Model view name ····· 25
Fig. 14 Result of straight type sump(base1) ····· 30
Fig. 15 Result of bend channel type sump(base2) ····· 34
Fig. 16 Result of bend channel type sump(case1) ····· 38
Fig. 17 Result of bend channel type sump(case2) ····· 42
Fig. 18 Result of bend channel type sump(case3) ····· 46
Fig. 19 Result of bend channel type sump(case4) ····· 50
Fig. 20 Result of bend channel type sump(case5) ····· 54
Fig. 21 Result of straight type sump(base 1' -full AVD) ····· 58
Fig. 22 Result of bend channel type sump(base 2' -full AVD) ····· 62
Fig. 23 Result of bend channel type sump(case 1' -full AVD) ····· 66
Fig. 24 Result of bend channel type sump(case 2' -full AVD) ····· 70
Fig. 25 Result of bend channel type sump(case 3' -full AVD) ····· 74
Fig. 26 Result of bend channel type sump(case 4' -full AVD) ····· 78
Fig. 27 Result of bend channel type sump(case 5' -full AVD) ····· 82
Fig. 28 Velocity mean distribution at pump section.(with out AVD case) 83
Fig. 29 Velocity mean distribution at in-tank section.(with out AVD case)84
Fig. 30 Velocity mean distribution at pump section.(with full AVD case)85
Fig. 31 Velocity mean distribution at in-tank section.(with full AVD case)86

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

LIST OF TABLE

Table 1 Recommended dimensions for rectangular sump ·····7
Table 2 Simulation modeling case number ·····17
Table 3 Simulation modeling case grid number ·····20
Table 4 Boundary conditions for the simulation model ·····21

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

NOMENCLATURE

Symbols		Brief definition	Unint
B	:	distance from the back wall to the pump inlet bell-mouth centerline	$[m]$
B_o	:	Bond number $(=\rho g D^2/\sigma)$	$[-]$
C	:	distance between the inlet bell and floor	$[m]$
D	:	bell-mouth diameter	$[m]$
Fr	:	Froude number $(=V_b/(gD)^{0.5})$	$[-]$
g	:	acceleration of gravity	$[m/s^2]$
H	:	minimum liquid depth	$[m]$
L	:	width of rectanglur entrance for intake suction piping	$[m]$
m	:	distance along meridional curve	$[m]$
Q	:	volume flow rate	$[m^3/s]$
R_e	:	Renolds number $(=V_b D/\nu)$	$[-]$
v	:	local velocity	$[m/s]$
W	:	pump bay entrance width	$[m]$
ρ	:	density	$[kg/m^3]$
σ	:	surface tension	$[N/m]$
ν	:	kinematic viscosity	$[m^2/s]$
τ_{ij}	:	stress tensor	$[-]$
μ	:	viscosity	$[Pa \cdot s]$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

A Study on the Flow Characteristics of Bended type Sump pump

Jun-seok, Oh
Advisor: Prof. Haeng-Nam, Lee Ph.D
Department of Mechanical Engineering.
Graduate School of Chosun University

Sump pump pumps up stagnant water and is used in areas experiencing frequent flooding and in various places such as factory, home, and farm village with the purpose of the drainage transfer from a septic tank or the circulation of industrial cooling water.

When the drainage pump is designed, if the size and the shape of bell mouth and the shape of pump water tank are not appropriate, vortex and swirl can occur inside the pump water tank.

When created vortex and air flow into the bell mouth, this triggers vibration and noise, and pump's degradation, decrease of the discharge rate, and motor overload occur.

Therefore, decreasing the occurrences of vortex is the most important factor in designing the sump pump.

This research verified the impact of bell mouth's shape among the vortex's generation factors emerged from the sump pump through the computational fluid dynamics.

This study is figured out the vortex's structure and characteristics of

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

the flow in the sump pump and investigated the conditions for vortex's occurrence.

This study to secure CFD projection technology of the bell mouth's shape by examining further test results.

Through this research is identified vortex's occurrence and its level according to changes of the bell mouth's shape and verified the impact of the bell mouth's shape on the vortex's occurrence.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제1장 서 론

제1절 연구 배경 및 목적

본 연구는 유동해석을 통해 구부러진 형식 흡수정의 유동균일도를 높여 흡수정에서 발생하는 와류를 줄이는데 목적을 두고 있다. 따라서 흡수정에 대한 선행조사를 하고 연구개발을 위한 연구방향을 제시하고자 한다.

흡수정이란, 어떠한 시스템의 가장 낮은 부분에서 임시로 유체를 저장하고 보관하는 탱크 또는 그 일련의 작업을 하는 시스템을 일컫는다.

특히 발전소에서 사용되는 대형 흡수정의 경우 발전소의 냉각용 순환수 펌프라고도 하며 공정상 흐르는 물을 수조안으로 유도한 다음 일정수준으로 채워지면 펌프를 가동해서 빼내어 주는 역할을 하게 한다.

이러한 흡수정은 펌프의 성능에 따라 설계시 고려해야하는 사항이 있다. 그중 가장 중요한 것이 흡수정의 운전시 발생하는 와류현상에 대한 것이다.

와류란 움직이는 유체의 흐름이 본래의 흐름과 달리 반대방향으로 소용돌이치는 현상을 일컫는데, 흡수정에서 와류가 발생하게 되면 흡수정의 심각한 고장의 원인을 일으키게 된다.

이러한 와류의 종류는 크게 2가지로 나뉘는데, 펌프가 흡입관으로 물을 흡입하면서 수조의 자유표면에서 공동이 발생하여 와류가 흡입관으로 들어가는 자유표면와류와 수조 벽면, 바닥에서 생성되는 수중와류가 있다.

와류가 펌프수조에서 생성되어 흡입관으로 같이 흘러들어가게 되면 진동과 소음이 유발되고 심할 경우에는 흡입관내 펌프를 손상시키기도 한다.

흡입관내에는 물을 흡입하기 위하여 펌프가 설치되는데, 이때 펌프의 디퓨져와 임펠러가 파손이 되면 시스템 전체에 문제를 야기시키기 때문에 이러한 와류발생을 감소시키기 위하여 흡입관과 펌프수조의 형태 변화, 커튼벽 설치, 와류제어장치의 설치 등과 같은 연구가 활발히 이루어지고 있다.

한국수자원공사[1)]는 흡수정에서 발생되는 와류의 종류와 원인에 대하여 조사하였고, CHEN Hong-xun[2)]은 배수펌프의 지배방정식을 풀이하고 다채널 펌프 내의 유동흐름을 CFD와 실험을 통해 비교하였다. 또, Jong-Woong Choi등[3)]은 Froude number

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

의 변화에 따른 와류 발생을 실험과 CFD로 비교하고 와류제어 장치를 설치하여 와류의 저감효과를 검증하였다.

국내·외 흡수정 규정에서는 와류를 감소시키는 방법으로 흡수정과 수조의 형태, 균일한 유동의 흡입, 커튼벽 설치, 와류제어장치의 설치에 대하여 설명하고 있다. 하지만 규정에서는 와류제어장치의 정확한 형성과 크기, 설치 위치 등을 제시하지 않고 있으며, 다른 방법의 와류를 감소시키는 방법에 대하여서도 논하고 있지 않다. 따라서 흡수정과 관련한 많은 연구들은 서로 다른 형상을 가진 와류제어장치를 설치하여 실험이나 CFD해석 결과를 비교하고 있다.

따라서 본 연구에서는 수조의 길이 변화에 따라 균일한 유동이 흡입되는 것을 확인 하고자 한다. 특히 구부러진 형식의 흡수정에서 와류가 어떻게 발생되는지를 확인하기 위하여 Auto desk사의 "INVENTOR 2015"프로그램을 사용하여 형상을 모델링 하고, ANSYS사의 “CFX 14.5"를 사용하여 유동을 해석하였다.

해석의 변수는 와류제어장치의 유무, 수조의 형상길이, 흡수정 펌프의 유량점 등을 고정변수로 변화 시켰다.

정확한 연구결과의 검증을 위하여 흡수정의 종류를 크기에 따라 확장모델 2개, 축소모델 3개, 직선형 기본모델1개, 굽힘형 기본모델 1개로 총 7개를 선정하였으며, 수위에 따라 고수위 모델과 저수위 모델 2개, 펌프의 유량점에 따라 고유량, 평균유량, 저유량 3가지 모델을 선정하여 해석을 하였다.

그리고 와류제어장치의 유무에 따라 유동균일화에 어떤 영향을 미치는 지 알아보는 모델도 해석하였다.

각 모델에 대한 수치해석을 통하여 흡수정에서의 와류 구조 및 유동특성을 면밀히 파악하고, 유동균일화가 흡수정에서 미치는 영향에 대하여 정리하고 그 결과를 요약하여 정리하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

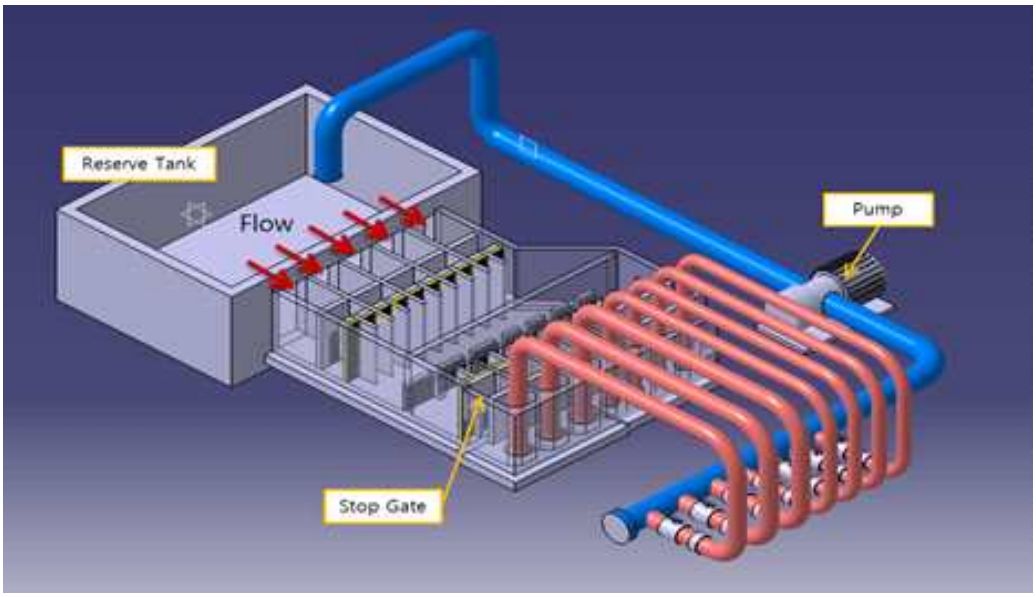


Fig. 1 Sump system schematic diagram

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제2절 연구 내용

본 연구의 모델 해석을 위하여서는 흡수정에서 유체가 어떻게 이동하는지에 대한 경로와 이때 발생하는 문제점, 와류의 종류와 형태, 발생원인에 대하여 알아보고, 흡수정의 형상과 관계를 파악한다.

1. 흡수정

Figure 2는 단일채널 흡수정의 해석 모델의 형태와 유동의 흐름을 나타낸다.
흡수정의 유동 흐름은 작동유체가 펌프수조를 통해 흡입관을 통과하게 된다. 이때 수조의 윗부분은 공기와 물이 맞닿아 있다.
각 흡입관에는 속도를 측정할 수 있는 유량계가 설치되어 있고 냉각 및 배수에 필요한 유량을 확인 할 수 있으며 원하는 유량을 보내기 위해 조절밸브를 사용하여 흡입관으로 들어오는 유량을 조절 할 수 있다.
본 연구에서는 단일 채널 흡수정의 유동해석을 통하여 와류 발생 현상을 확인하고 구부러진 형식 흡수정의 경우 어떻게 와류 발생이 달라지는지 또한 펌프수조의 길이 변화를 통해 와류 발생에 어떠한 영향을 미치는지를 검증할 것이다.

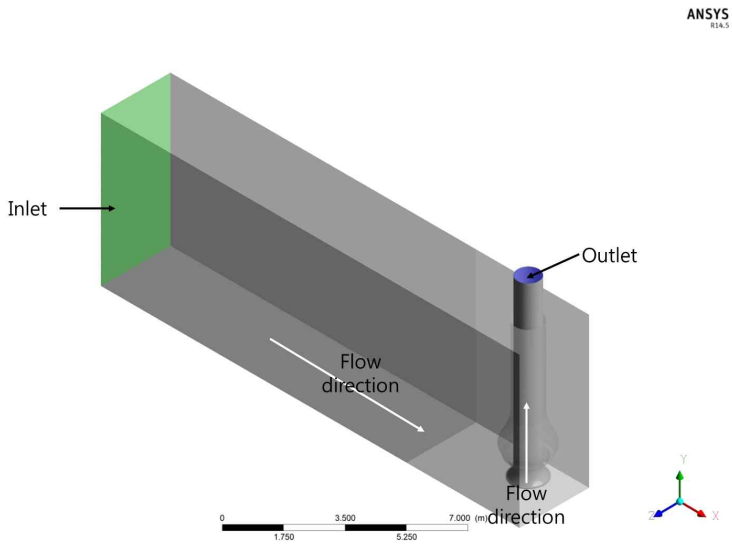


Fig. 2 Straight type sump schematic diagram

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 흡수정의 분류와 설계조건

가. 흡수정의 분류

흡수정은 어떠한 시스템의 가장 낮은 부분에서 임시로 유체를 저장하고 보관하는 탱크이다.

흡수정은 크게 흡입관의 설치위치에 따른 분류, 흡입관이 흡수정내에서 설치되는 환경에 따른 분류, 흡수정의 형태에 따른 분류, 흡수정 입구에서 흡입관으로 접근하는 유동형태에 따른 분류로 나눌 수 있다.

각각의 흡수정은 펌프장의 설계 펌프의 위치에 따라 선택적으로 사용되게 되며, 환경적인(건설비, 지리적요건) 요인에 따라 달리 적용되어진다.

Figure 3은 흡수정의 형태에 따른 분류이다. 사각형 흡수정, 원형 흡수정, 트렌치 흡수정으로 나뉘며, 사각형 흡수정이 일반적으로 가장 많이 사용되며 대형 흡수정 설계 시 주로 사용된다.

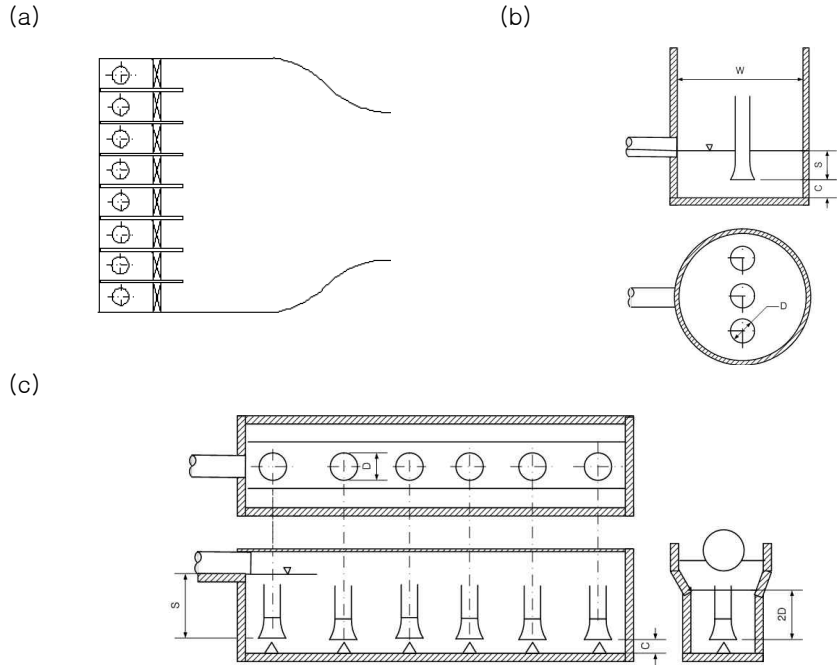


Fig. 3 Classification the shape type of the sump. (a) Rectangular type. (b) Circular type. (c) Trench type.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Figure 4은 흡수정 입구에서 흡입관으로 접근하는 유동형태에 따라 흡수정을 분류한 것이다. (a)인 직선형은 유동이 흡수정 입구에서 흡입관으로 직선으로 유동이 유입되는 흡수정이다. (b)인 마운트 형은 흡수정 입구에서 흡입관으로 접근하는 유동의 단면적을 변화하여 빠른 접근 유속을 흡입관 근처에서 느린 유속으로 감소시키는 효과를 적용하기 위한 형태이며, (c)는 흡수정 설치 조건 문제로 인한 곳에 적용이 가능한 형태로, 굴곡부에서 편류가 발생하여 흡입관으로 유동이 유입될 가능성이 매우 높다.

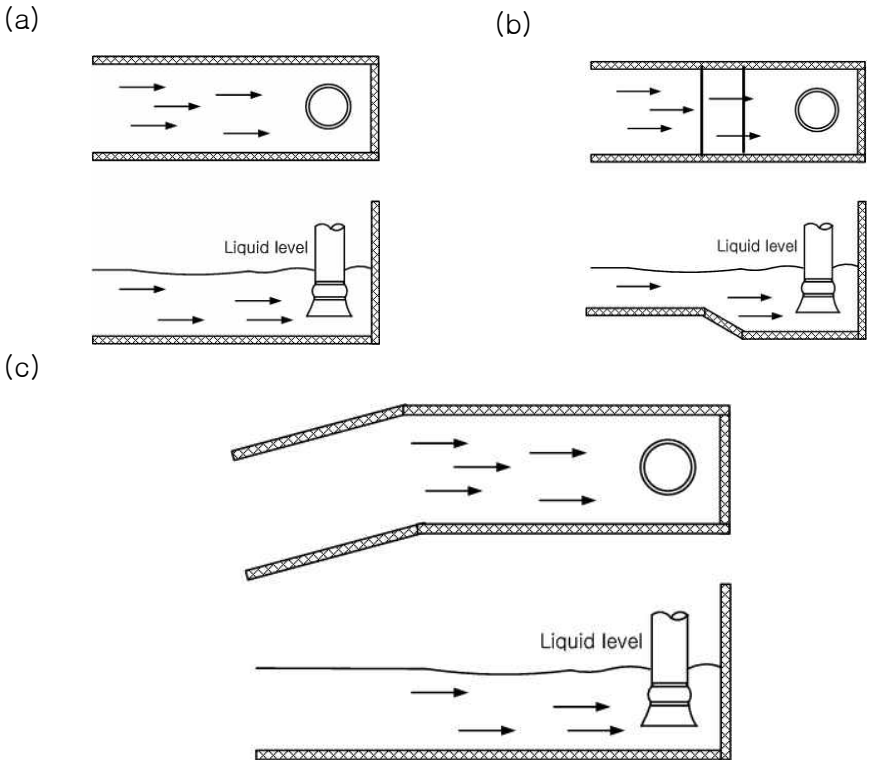


Fig. 4 Classification the flow path type of the sump.(a) straight type. (b) mound type. (c) Bend channel type

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. 흡수정의 설계조건

국내에서 사용되고 있는 흡수정 관련 규격은 한국 상하수도 협회에서 제정한 기계 및 전기·계측제어 설비에서 "펌프설치 및 부속 설비"에서 제공하는 "흡수정 설계에 관한 기준"이 유일하지만 그 범위가 빈약하고 설계 기준으로 참고하기엔 부족하다. 따라서 국내의 흡수정 설계 기준은 선진국 미국의 흡수정 규격을 참조하고 있다.

국내외 규격으로는 미국의 ANSI/HI 9.8[4], 일본의 JSME Standard S004-1984[5]와 TSJ S 002:2005[6], 그리고 유럽의 BHRA 규격[7]등이 있다.

이러한 국내외 흡수정의 규격에 대하여 한국수자원공사[8]에서는 "Sump 관련 국내 및 국제 규격"에 대한 연구를 통해 각 규격에 따른 설계 조건을 제시하였다.

다음의 Table 1은 국내외 흡수정의 설계조건을 나타낸다.

Table 1 Recommended dimensions for rectangular sump

* 벨마우스의 직경: D_0

구분	JSME	HI	CEN
흡수정폭 B/D_0	2.0~2.5 (밀폐, 개방, 마운드)	2.0	2.0
펌프실벽거리 X/D_0	0.8~1.0 (밀폐, 개방, 마운드)	0.75	0.75
벨마우스바닥 높이 Z/D_0	0.5~0.75 (밀폐, 개방, 마운드)	0.3~0.5	0.5
벨마아스 격벽거리 LA/D_0	≥ 8.0	≥ 5.0	동시운전, ≥ 2.0 부분운전, ≥ 4.0
흡수정-착수정거리 LB/D_0	-	-	-
개방형 벨마우스간 거리 $B2/D_0$	2.0~2.5	-	-
개방형 벨마우스 측벽거리 $B1/B2$	0.5	-	-
마운드 거리 LM/D_0	≥ 6.0	-	-
마운드 높이 M/D_0	≤ 0.8	-	-
자유표면보텍스 몰수깊이 S/D_0	(상수도펌프 기준) 밀폐, 개방형 ≥ 1.3 마운드형 ≥ 1.4	1+2.3FD	1.0~1.5
벨마우스 직경	100mm 이상(모델)	80mm 이상(모델)	1.5x펌프입구경 (실기)
벨마우스 접근유속	최대 $0.5m/s$ ($8D_0$상류이상)	최대 $0.5m/s$ ($5D_0$상류이상)	최대 $0.5m/s$ ($4D_0$상류이상)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 와류의 종류

흡수정의 설계에 고려해야 하는 제1의 조건은 유체가 유동교란 없이 펌프에 흡입되어야 한다는 것이다. 그렇지 못할 경우, 자유표면와류(Free Surface Vortex)와 수중와류(Subsurface Vortex)가 발생하게 되고, 이는 진동과 소음을 유발하여, 공기 흡입으로 인한 펌프의 성능저하와 심지어 흡입관로 내의 펌프를 손상시키게 되기 때문이다.

와류의 종류는 크게 자유표면에서 발생하여 펌프 입구 쪽으로 공기기둥 및 공기방울을 생성시키며 발달하는 자유표면와류와 수조 바닥면과 옆면 그리고 앞면에서 스월을 발생시키는 수중와류로 나눌수 있다.

이러한 와류나 스월이 발생하는 원인으로는 펌프 흡입파이프와 흡입수조의 크기 및 형상이 적절하게 설계되지 못해 물이 파이프 입구쪽으로 부드럽게 흡입되지 않는 경우, 펌프장의 수위가 일정 수준보다 낮은 경우, 펌프의 흡입 유량이 일정 수준보다 과하게 흡입되는 경우이다.

와류는 흡입시스템의 바르지 못한 형태와 크기에 따라 흡입되는 유체에 불안정성과 난류의 영향이 크게 작용하여 발생하는 것이다.

생성된 와류나 스월은 물 뿐만 아니라 공기도 함께 흡입이 되고 흡입구 내부에 강한 와류를 일으키게 된다. 이에 따른 문제점으로는 펌프의 효율 저하, 소음, 진동을 발생시킬 뿐만 아니라 공기 방울과 블레이드의 마찰로 인해 경우에 따라서는 펌프의 파손을 야기 시킨다.

그러므로 펌프의 설계어서는 이러한 와류 발생을 억제할 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

Figure 5은 흡수정의 와류 종류에 대하여 나타내고 있다.

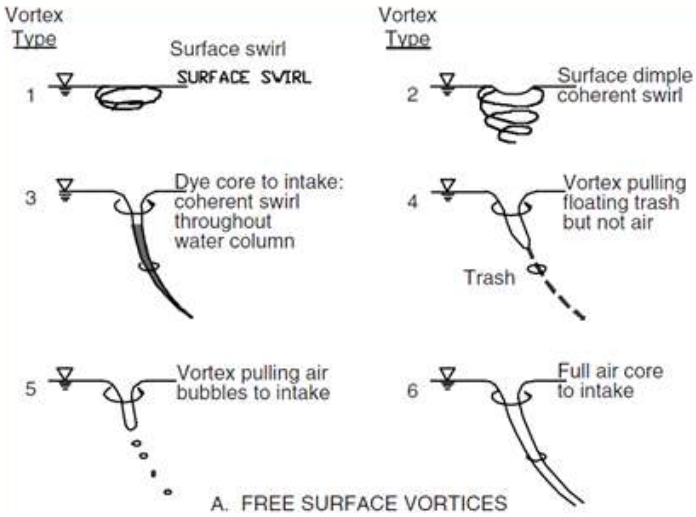
(a)는 자유표면에서 발생하는 와류를 나타내며, 1,2의 경우 유체표면의 압력이 낮아져 공동이 발생하게 되어 공기방울이 생성되어 패임과 단속와류가 생기는 것을 보여주고 있으며, 공기방울이 연속적으로 이루어지게 되면 3~6단계로 이어지는 연속와류가 생성되어 공기기둥이 흡입관으로 들어가는 것을 나타낸다.

(b)는 벽면이나 바닥에서 진공이 생성되고 자유표면와류와 비슷한 기둥이 발생되어 흡수정으로 돌아가는 수중와류를 나타낸다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(a)



(b)

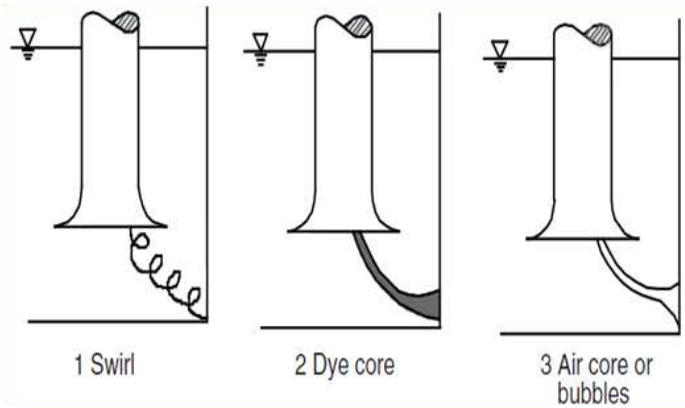


Fig. 5 Vortex in the sump

Figure 6는 대기압, 수중 및 흡수정의 압력에 따라 와류가 발생되는 원리를 간략하게 설명하고 있다.

안정적인 유동장의 경우는 표면의 대기압보다 수심(h)만큼 높은 압력장($p_1 = \gamma h$)을 가지며 펌프에서 흡입압력으로 흡입하여도 높은 압력 분포장이 에너지를 상쇄하여 안정된 압력장을 형성하게 된다. 하지만 공기기둥 및 와류가 발생하는 유동장은 대기압이 수심의 압력장보다 높기 때문에 공동이 발생하게 되고 수중 및 대기의 공기가 점점 흡수정으로 흡입되어 흡입관 주위의 압력이 대기압보다 낮아지게 되고, 스월이 발생하게 된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

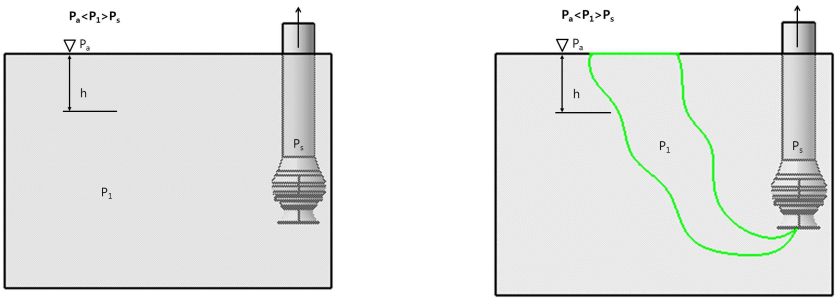


Fig. 6 Vortex generation principle in sump

주로 와류의 발생원인은 유동교란 및 난류성분의 발생으로 인하여 흡입관 접근 유량의 유속증가 및 불균일 유동과 편류 유동의 증가로 알려져 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제2장 수치해석

본 연구에서는 유동해석 범용소프트웨어인 ANSYS[9]사의 CFX 14.5를 사용하였다. ANSYS CFX는 압력 기반 유한체적법을 fully implicit로 이산화하여 얻어지는 방정식을 algebric multigrid coupled solver를 이용하여 해석한다.

Figure 7은 본 연구에 사용된 수치해석 기법을 나타낸다.

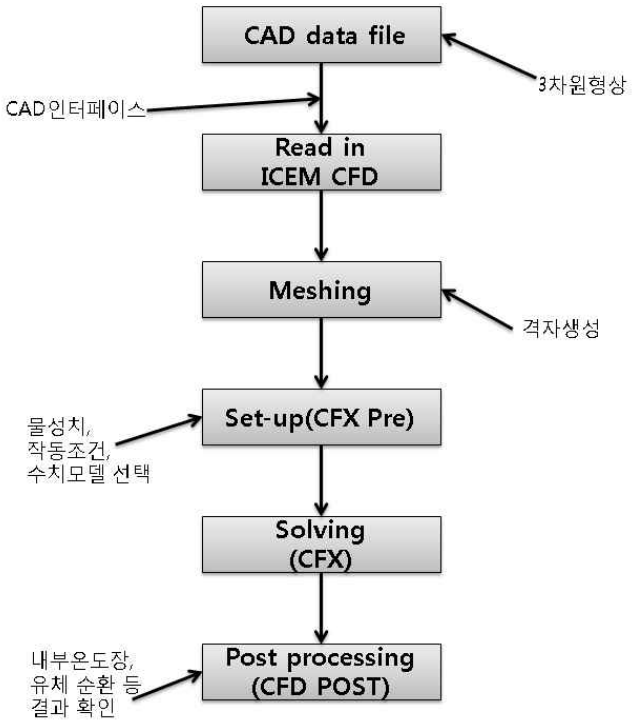


Fig. 7 CFD simulation flow chart

본 연구에서는 흡수정에서 널리 사용되고 있는 $k-\epsilon$과 SST $k-\omega$난류 모델을 적용하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제1절 지배방정식

1. 표준 $\kappa-\epsilon$

$\kappa-\epsilon$모델은 가장 일반적인 난류모델 중 하나로서 난류 에너지의 대류와 확신의 효과를 나타내기위해 2개의 전송 방정식을 추가로 포함하고 있는 Two-equation model이다. 본 연구에 사용된 표준 $\kappa-\epsilon$모델은 난류운동에너지 k에서 특성속도를, 난류운동에너지 소산율 ϵ에서 특성길이를 구하여 난류점성계수 μ_t를 계산하는 모델이며 유체가 비압축성인 경우에 k와 ϵ은 다음의 수송정리에 의해서 결정된다.

· k 방정식

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u_i k)}{\partial x_i}=\frac{\partial}{\partial x_i}\left[\frac{\mu_t}{\sigma_k}\frac{\partial k}{\partial x_j}\right]+2\mu_t E_{ij}E_{ij}-\rho\epsilon \quad \cdots\cdots(1)$$

· ϵ 방정식

$$\frac{\partial(\rho \epsilon)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u_i \epsilon)}{\partial x_i}=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\frac{\mu_t}{\sigma_j}\frac{\partial \epsilon}{\partial x_j}\right]+C_{1\epsilon}\frac{\epsilon}{k}2\mu_t E_{ij}E_{ij}-C_2\rho\frac{\epsilon^2}{k} \quad \cdots\cdots(2)$$

여기서 $u_i(i=1,2,3)$는 i방향의 속도 구성성분이고, ρ는 유체의 밀도, E_{ij}는 변형률을 나타낸다. 그리고 난류점성계수 μ_t는 물성치가 아닌 난류운동의 양상이나 이력에 따라 변하는 값이다. 이 난류점성계수는 실험이나 고찰로부터 난류운동의 특성길이와 특성속도에 의해 결정되는 값으로 알려져 있으며, 이를 표현하면 다음과 같다.

$$\mu_t=\rho C_\mu\frac{k^2}{\epsilon} \quad \cdots\cdots(3)$$

계수들은 각각 다음과 같이 정의하였다.

$C_\mu=0.09,\ \ \sigma_k=1.0,\ \ \sigma_\epsilon=1.3,\ \ C_{\epsilon1}=1.44,\ \ C_{\epsilon2}=1.92$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. SST (Shear Stress Transfort) $k-\omega$모델

$k-\omega$를 기반으로 한 SST모델은 불리한 압력구배 하에서 유동의 박리량 및 시작점에 대한 높은 예측정확도를 보여준다. BSL모델은 Wilcox와 $k-\epsilon$모델들의 장점만을 모았지만, 여전히 유동박리량에 대한 적절한 예측은 실패하였다. 그 이유는 두 모델 모두 난류전단응력의 수송을 해결할 수 없기 때문이다. 이러한 결과는 에디-점성계수의 과예측(over-prediction)이 그 원인이다. 따라서 본 모델에서는 적절한 수송거동을 얻기 위해 다음의 지배방정식에 제한자(limiter)$\widetilde{P_k}$를 고려하였다.

· SST 모델의 k 방정식 :

$$\rho\frac{\partial}{\partial x_j}(u_j k)=\widetilde{P_k}-\beta' pk\omega+\frac{\partial}{\partial x_j}\left[(\mu+\sigma_k\mu_t)\frac{\partial k}{\partial x_j}\right] \quad \cdots\cdots(4)$$

· SST 모델의 ω 방정식 :

$$\rho\frac{\partial}{\partial x_j}(u_j\omega)=\alpha\rho S^2-\beta'\rho\omega^2+\frac{\partial}{\partial x_j}\left[(\mu+\sigma_\omega\mu_t)\frac{\partial\omega}{\partial x_j}\right]+(1-F_1)2\rho\sigma_{\omega 2}\frac{1}{\omega}\frac{\partial k}{\partial x_j}\frac{\partial\omega}{\partial x_j} \quad \cdots\cdots(5)$$

여기서 난류 에디-점성계수는 다음과 같이 정의된다.

$$\nu_t=\frac{a_1 k}{\max(a_1, SF_2)} \text{ (여기서, } \nu_t=\mu_t/\rho) \quad \cdots\cdots(6)$$

식 (2.1)에서 $\widetilde{P_k}$는 정체영역(stagnation region)에서의 난류의 생성을 막기 위한 '난류생성 제한자' 이다.

$$\widetilde{P_k}=\min(P_k, 10\beta'\rho k\omega),\ P_k=\mu_t\frac{\partial u_i}{\partial x_j}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right) \quad \cdots\cdots(7)$$

F_2는 F_1함수와 유사한 혼합함수이며 다음과 같다.

$$F_2=\tanh\left[\left[\max\left(\frac{\sqrt[2]{k}}{\beta'\omega y},\frac{500\nu}{y^2\omega}\right)\right]^2\right] \quad \cdots\cdots(8)$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 기초방정식

· 연속방정식

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho w)}{\partial z}=0 \quad \cdots\cdots(9)$$

· 운동량방정식

$$\frac{\partial(\rho uu)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho vv)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho ww)}{\partial z}=\frac{\partial\rho}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)+f_x$$

$$\frac{\partial(\rho vu)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho vv)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho vw)}{\partial z}=\frac{\partial\rho}{\partial y}+\mu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right)+f_y$$

$$\frac{\partial(\rho wu)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho wv)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho ww)}{\partial z}=\frac{\partial\rho}{\partial z}+\mu\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right)+f_z \quad \cdots\cdots(10)$$

· 에너지방정식

$$\frac{\partial(\rho u T)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v T)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho w T)}{\partial z}$$

$$=\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{k}{c_p}\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{k}{c_p}\frac{\partial T}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{k}{c_p}\frac{\partial T}{\partial z}\right)=f_T \quad \cdots\cdots(11)$$

Collection @ chosun

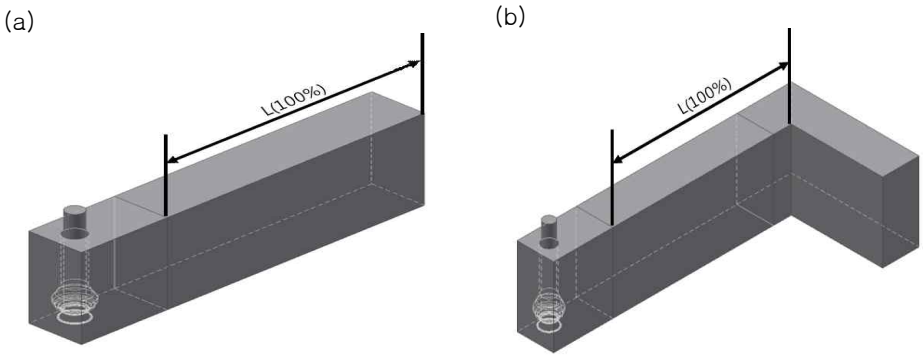
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제2절 해석모델 및 격자생성

본 연구에서는 흡수정의 수치해석을 위하여 HI 규격에 따른 해석모델을 생성하였으며, 직선형 흡수정과 굽힘형 흡수정의 유동균일화 정도를 비교하기 위하여 직선형 흡수정의 모델을 기본 형상모델로 하고, 각 시험별로 흡수정 수조의 길이를 10%씩 줄여가며, 10%씩 늘려가며 모델링 하였다.
또한 모델링에 따라 해석격자의 영향이 미치지 않게 하기 위하여 길이변수를 제외한 모델링은 형상별로 분류하여 격자를 생성하였다.

1. 흡수정 수치해석모델

본 연구의 목적에 따라 와류제어장치를 사용하지 않은 흡수정을 기본 해석모델로 설정하였고, 굽힘형 흡수정의 극한조건인 90° 굴곡을 가진 형태를 시험모델로 설정하였다. 또한 와류제어장치의 유무에 따라 흡수정에서 어떠한 유동특성을 나타내는 지를 확인하고 비교하기 위하여 와류제어장치를 사용한 시험모델도 사용하였다.
다음의 Fig. 8는 각 해석모델의 3차원 모델링을 나타낸다.
흡수정 수조의 길이 변화에 따른 유동특성 및 유속의 균일도를 확인하기 위하여 기본 모델인 직선형 흡수정의 길이와 굽힘형 흡수정의 길이를 동일하게 모델링 하였고, 각 시험모델별로 10%씩 증감·증가하여 모델링을 설계하였다.



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

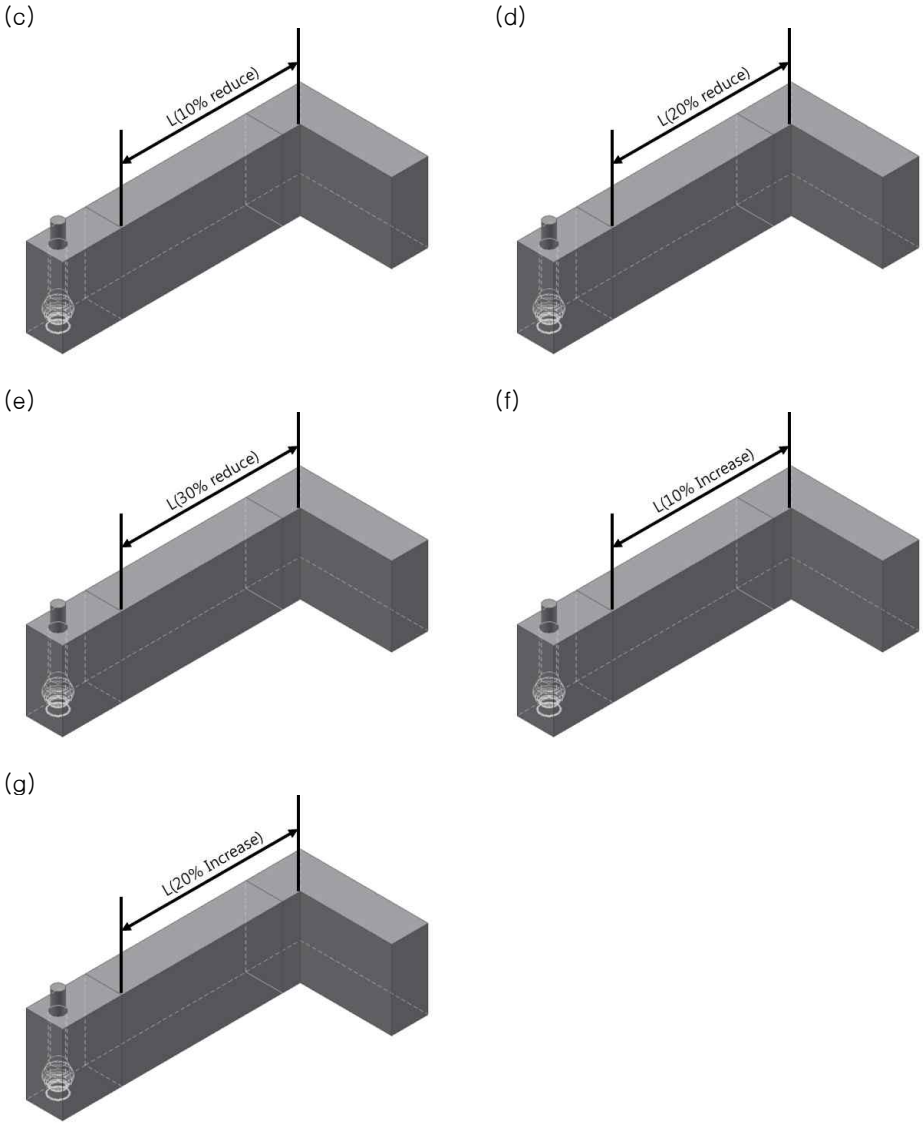


Fig. 8 Simulation modeling case. (a) base case1-straight type. (b) base case2-bend channel type 100% tank length. (c) case1-bend channel type 10% reduce tank length. (e) case3-bend channel type 30% reduce tank length. (f) case4-bend channel type 10% increase tank length. (g) case5-bend channel type 20% increase tank length.

각 형상모델은 직선형 기본모델(Base Case1) 1개, 굽힘형 기본모델(Base Case 2)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1개, 축소형 모델(Case 2~4) 3개, 확대형 모델(Case 5~6) 2개 이며, 각 모델의 형태에서 E Type 확장형 AVD를 설치한 모델을 포함하여 총 14개의 형상모델링을 설계하였다.

Tablel 2는 각 해석 형상의 해석케이스를 나타낸다.

형상에 따라 7개의 모델, 와류억제장치의 유무에 따라 2개의 모델, 수조의 물 수위에 따라 2개의 모델, 펌프의 유량점에 따라 3개의 모델을 설정하고 흡수정의 운전조건에 따라 유동특성이 어떻게 변화하는지 유동균일도는 어떻게 나타나는지를 비교하고자 한다.

Table 2 Simulation modeling case number

AVD	In-tank length	Water level	Pump flow rate
No AVD (A)	Base case 1(①)	High(a)	Max(①)
	Base case 2(②)		
	Test case 1(③)		AVG(②)
Full AVD -E type (B)	Test case 2(④)	Low(b)	
	Test case 3(⑤)		Min(③)
	Test case 4(⑥)		
	Test case 5(⑦)		

2. 흡수정 수치해석 모델의 격자생성

해석을 수행하기 위해 해석모델에 대한 격자를 생성해야 하는데 해석 모델이 클 경우 격자가 많이 들어가게 되고 이에 따라 해석시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 그래서 본 연구에서 사용된 모델의 경우는 전체적인 유동의 흐름만 계산하는 영역은 격자를 성기게 생성하고, 해석에 중요한 흡입관 입구 부분은 조밀한 격자를 생성하였다.

본 연구에 사용된 시험모델의 격자는 ANSYS ICEM-CFD 14.5를 사용하여 자동격자 생성방식을 사용하였으며, 해석볼륨에 Tetra 격자를 생성하고, 벽면에서의 유동특성을 정확하게 파악하기 위하여 해석볼륨의 벽면에는 Prism격자를 생성시켜 계산결과의 수렴성을 확보하였다.

다음의 Fig. 9, 10은 각 해석모델의 격자의 모습을 가시화 하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

해석 모델링의 격자 생성 시간의 단축과 계산결과의 수렴성 확보 및 해석 결과의 신뢰성 확보를 위하여, 형상이 변경되지 않는 구간인 Sump모델링과 Pump pipe 모델링은 격자를 단독으로 생성하였다.

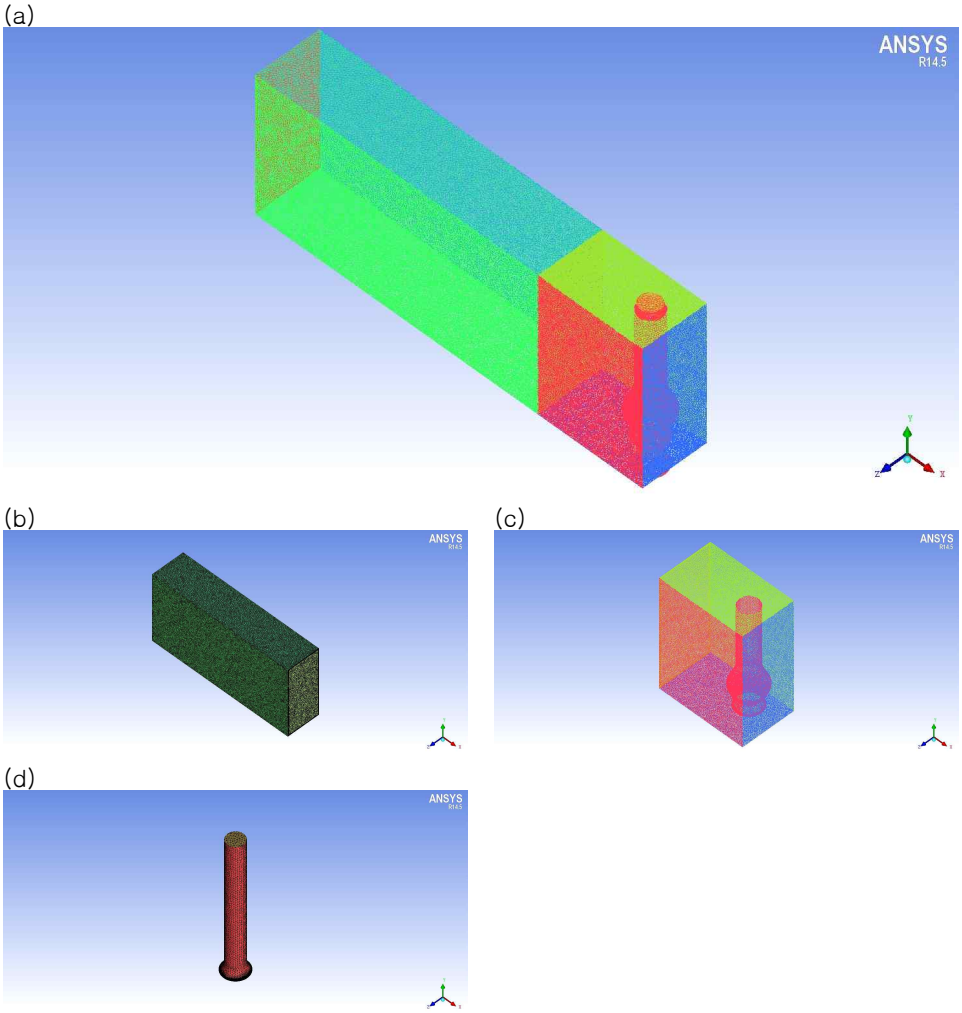


Fig. 9 Computational grid for the straight type sump. (a) full grid. (b) in-tank grid. (c) sump grid. (d) pump grid.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

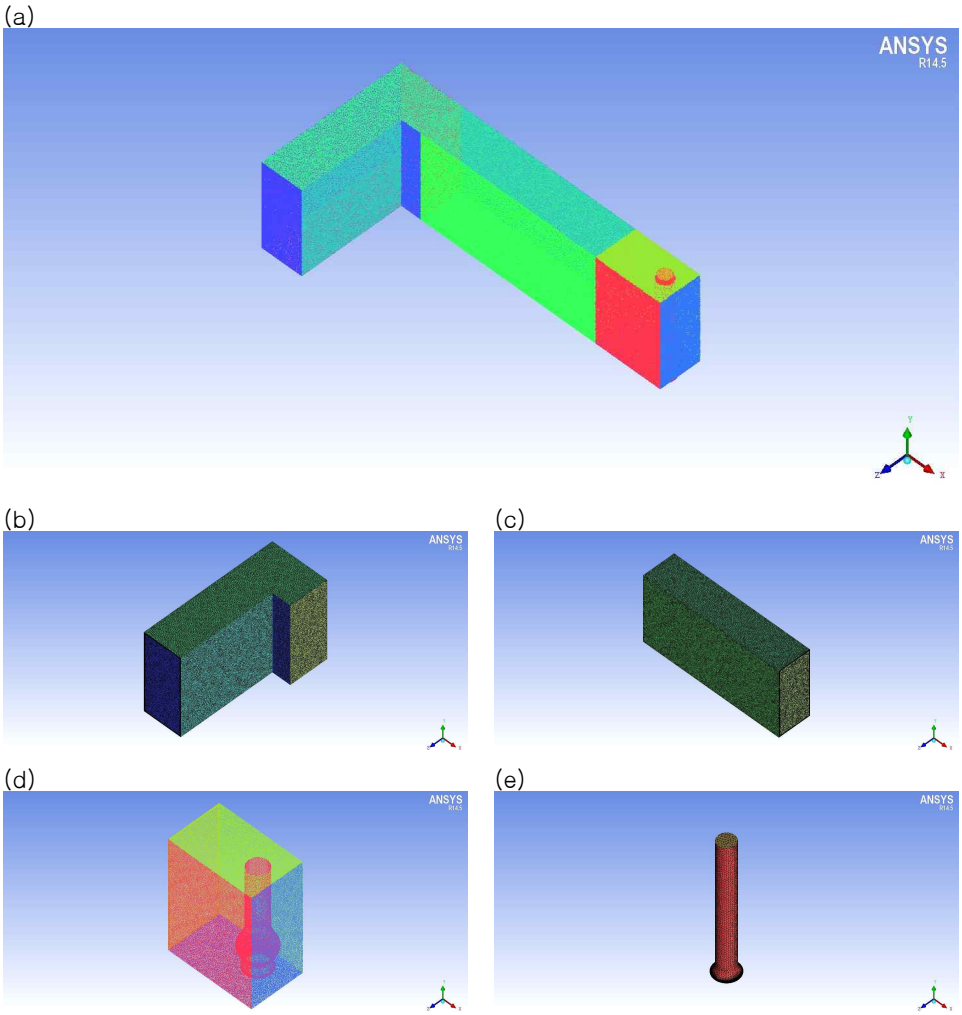


Fig. 10 Computational grid for the bend channel type sump. (a) full grid. (b) in-tank1 grid. (c) in-tank2 grid. (d) sump grid. (e) pump grid.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다음의 Table 3은 각 해석모델의 사용 격자된 격자수를 나타낸다.

Table 3. Simulation modeling case grid number

Part			In-tank 1	In-tank 2	Sump	Pump	Total Grid no.
No AVD	HWL	Base 1	709,843	-	399,034	29,599	1,138,476
		Base 2	591,859	644,467			1,664,959
		Case 1	344,162	340,835			1,113,630
		Case 2	477,639	490,416			1,396,688
		Case 3	573,786	350,443			1,352,862
		Case 4	477,833	769,364			1,675,830
		Case 5	477,910	698,639			1,605,182
	LWL	Base 1	347,761	-	504,066	99,747	951,574
		Base 2	352,970	395,679			1,352,462
		Case 1	353,079	349,447			1,306,339
		Case 2	286,518	302,078			1,192,409
		Case 3	353,085	256,406			1,213,304
		Case 4	353,045	468,350			1,425,208
		Case 5	353,031	516,131			1,472,975
Full AVD	HWL	Base 1	709,843	-	361,607	29,599	1,101,049
		Base 2	591,859	644,467			1,627,532
		Case 1	344,162	340,835			1,076,203
		Case 2	477,639	490,416			1,359,261
		Case 3	573,786	350,443			1,315,435
		Case 4	477,833	769,364			1,638,403
		Case 5	477,910	698,639			1,538,156
	LWL	Base 1	347,761	-	220,646	99,747	668,154
		Base 2	352,970	395,679			1,069,042
		Case 1	353,079	349,447			1,022,919
		Case 2	286,518	302,078			908,989
		Case 3	353,085	256,406			929,884
		Case 4	353,045	468,350			1,141,788
		Case 5	353,031	516,131			1,189,555

해석 모델당 격자는 100만개 내외로 생성되었다.

3. 흡수정 수치해석조건

Table 4는 각 해석모델의 수치해석 조건을 나타내고 있다.

시간에 따른 와류의 거동을 확인하기 위하여 Time Scale를 적용하여 계산을 수행하였으며, 작동유체는 물이 사용되었다.

난류모델의 경우 $k-\omega$ SST 난류모델을 사용하였으며, 모든 조건에서 입구 조건과 출구조건은 질량유량조건을 사용하였고 높이에 따른 수압을 적용하기 위해 $p=\rho gh$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표현식을 경계면에 부여하였다.

Table 4 Boundary conditions for the simulation model

	base 1	base 2	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5
Design type	Straight	Bended					
Time dependent	Steady flow - auto time Scale						
Phase	Single						
Water lever (mm)	High= 6,030				Low= 3,530		
Flow rate (kg/s)	Max= 4154		Average= 3461			Min= 2423	
Turbulence model	$k-\omega$SST						

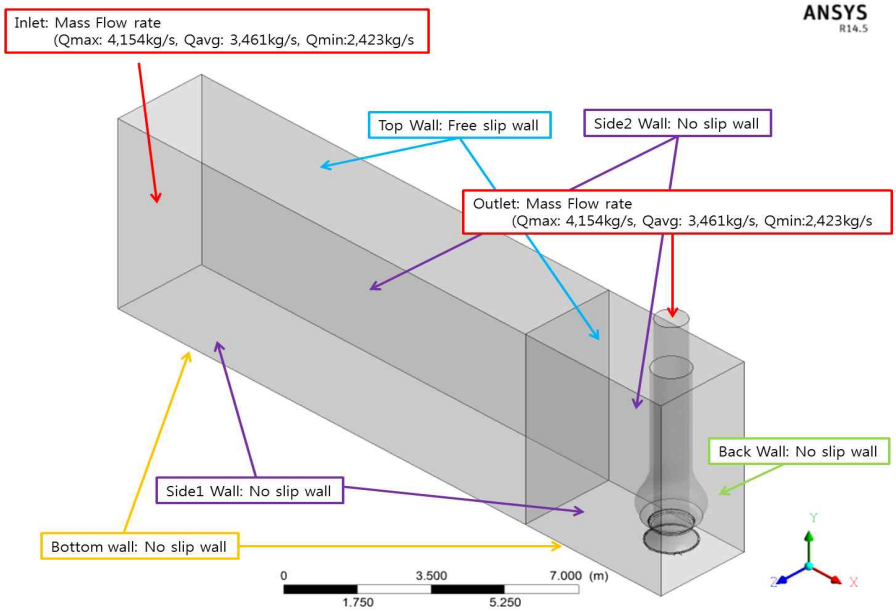
4. 흡수정 수치해석 경계조건

흡수정의 수치해석을 위한 경계조건을 Fig. 11과 같이 부여했다. 입구조건은 펌프의 운전조건에 따라 평균질량유량 3461 kg/s를 기준으로 120%를 최대질량유량조건 4154 kg/s, 70%를 최소질량유량조건 2423 kg/s 로 부여하였다. 출구조건은 입구조건과 동일하게 질량유량조건으로 부여하였다. 흡수정의 벽면중 공기층과 물이 맞닿는 면은 Free slip wall로 설정하였고 그 외의 벽면은 모두 No-slip으로 설정하였다.

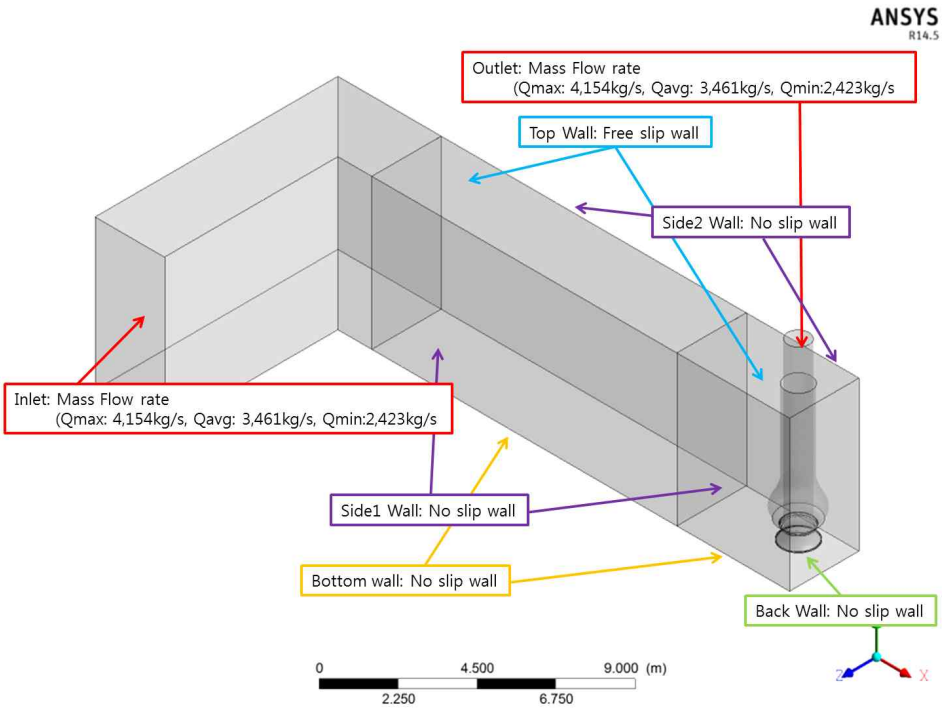
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(a)



(b)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(c)

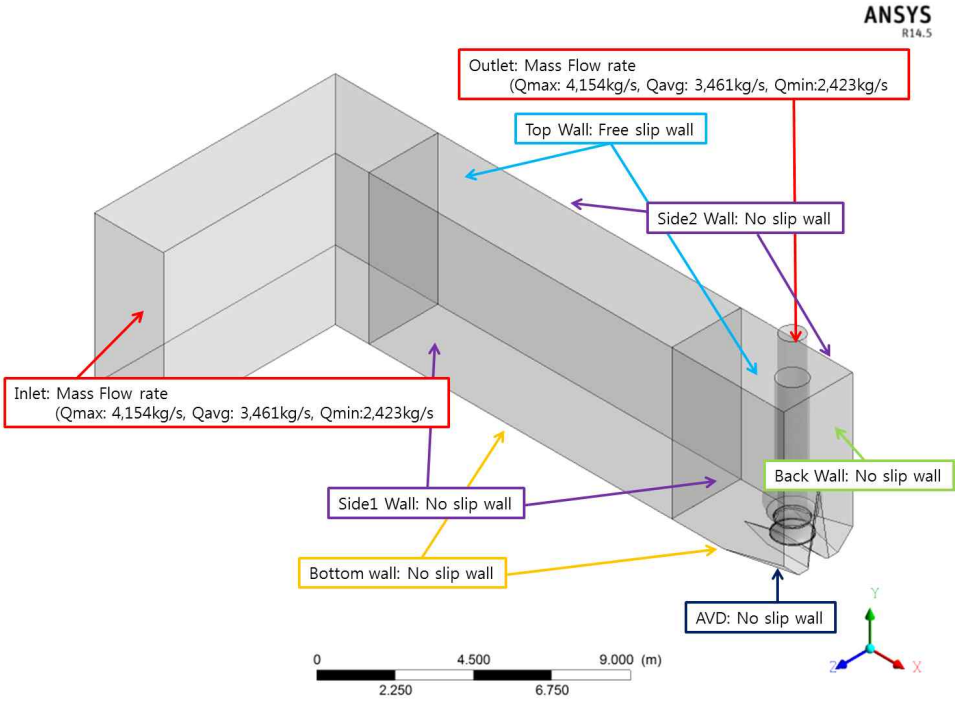


Fig. 11 Boundary conditions of the case. (a) straight type. (b) bend channel type. (c) bend channel type(with AVD)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제3절 수치해석 검증

1. 해석모델의 검증

해석모델의 수렴 정도를 파악하기 위하여 직선형 흡수정 형상을 대상으로 격자수를 50만개에서 200만개까지 늘려가며 해석하였고, 약 100만개의 격자에서 충분히 결과가 수렴함을 확인 할 수 있었다.

2. 유속균일도의 검증 방법

유동의 균일성이 와류 형상에 영향이 있음을 검증하기 위해 다음의 식을 이용하여 각 모델의 유속균일도를 구하여, 비교하고자 한다.

$$\gamma = 1 - \frac{\sum_{i-1}^{n} \left| V_i - \overline{V} \right| dA_i}{2A\overline{V}} \quad \cdots\cdots (12)$$

여기서 A: 전체 채널의 면적

dA_i: 미소면적

V_i: 미소면적의 평균속도

$\overline{V}$: 전체 채널의 평균속도

미소면적 dA_i=0.04m X 0.06m 만큼 격자를 자른 뒤, 미소면적의 평균속도 V_i를 구한다. 그 값을 전체 채널의 평균속도($\overline{V}$)를 이용하여 오차를 구하고, 미소면적을 곱한 결과를 모두 더하면 전체 면적의 속도 오차가 구해진다.

최종적으로 구한 유속균일도의 값이 1에 가까울수록 유속이 균일하다는 것을 식을 통해 확인 할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제3장 유동장 수치해석 결과

각 계산된 모델의 해석을 위하여 기본적으로 설정한 구역을 Fig. 12 에 나타내었다. 흡수정의 좌·우 벽면은 “Side Wall 1·2”로, 뒷벽은 “Back Wall”로, 바닥면은 “Bottom Wall”로 구분 지었다.

Figure 13는 해석결과를 정리하기 위한 시점에 대한 그림으로서, 바라보는 관점에 따라 흡수정의 꼭대기에서 바라보면 Top view, 바닥면에서 바라보면 Bottom view, 좌·우 벽면에서 바라보면 Side View, 등각으로 나누어 바라보면 ISO View로 구분 지었다.

(a) (b)

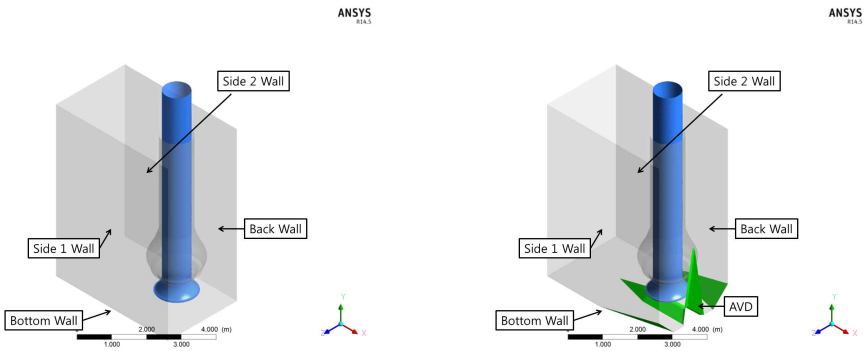


Fig.12 Simulation model partition name. (a) no AVD sump. (b) full AVD sump.

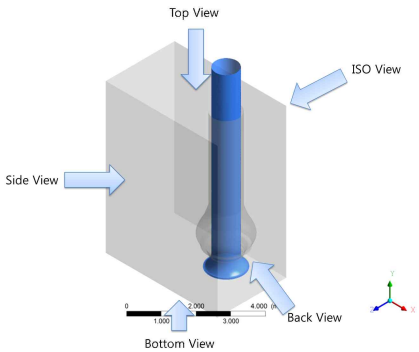


Fig. 13 Model view name.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

해석모델의 와류 발생을 확인하기 위해서는 다음의 3단계를 거치게 된다.

1) 벽면의 와도가 높게 나타나는 영역을 확인한다. 붉게 나타나는 영역이 와도가 높게 나타나는 영역으로 이 지점에서 와류의 발생 확률이 높다.

2) 와도가 높게 나타나는 영역 주변의 유동을 벡터로 나타낸다. 속도 벡터로서 확인하는 이유는 와동이 높게 나타나는 영역에서 상시 와류가 발생하는 것이 아니므로, 재순환 영역으로 인하여 와도가 높게 나타나는 구역도 존재하기 때문에 이를 구분하기 위함이다.

3) 각 벽면으로부터 시작하는 유선을 나타낸다. 유선이 선회류를 발생시키는지를 확인하기 위함이다.

각 1)~3)을 통하여 각 벽면에서 발생하는 수중 와류 위치를 정확히 파악 할 수 있으며, 또한 와류 중심부의 위치를 정량적으로 확인하는 것도 가능하다.

위의 내용에 따라 Fig. 13에 구분지은 벽면을 기준으로 유맥선을 생성하였으며, 각각의 질점은 500개로 동일하게 하였다.

평면에서 확인하지 못하는 유맥선의 형태의 경우는 ISO View로 생성된 유맥선의 형태를 자세히 확인하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 와류억제장치가 없는 기본형 흡수정의 해석결과

가. 직선형 흡수정 기본모델 해석 결과

Figure 14은 물의 수위가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 직선형 흡수정의 유동해석 결과를 나타낸다. 일반적으로 최고수위, 고유량일 때 와류가 빈번히 발생하는 것으로 알려져 있다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭이며, 와류의 형태는 예측되지 않았다.

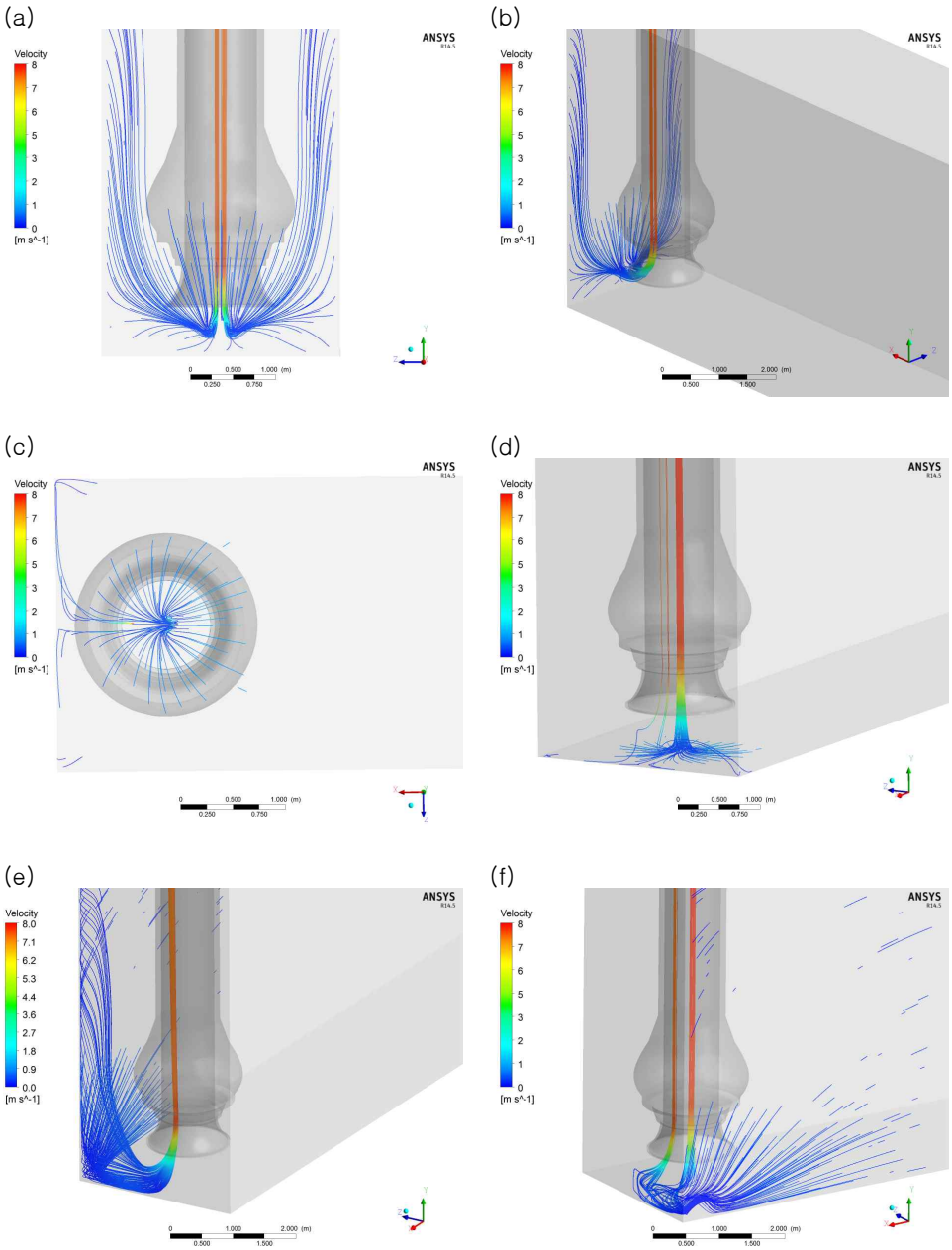
(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭이지 못하고, (d) ISO View를 확인하면 와류가 예측되는 것을 확인 할 수 있다.

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 선회하며 출구로 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 와류가 예측되는 부분이며, 이는 Side2 wall에서도 동일하게 관측되어진다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

Collection @ chosun

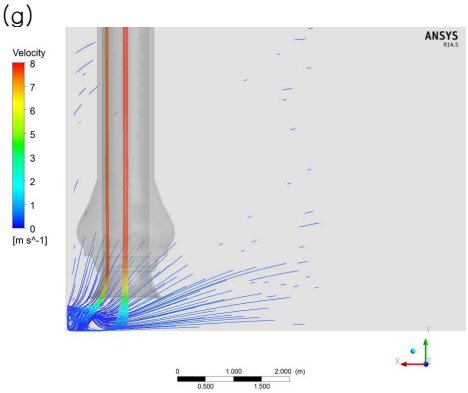
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



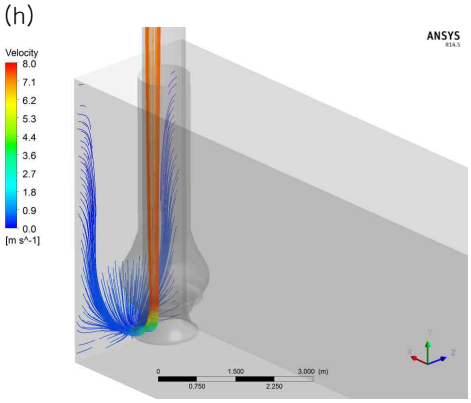
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

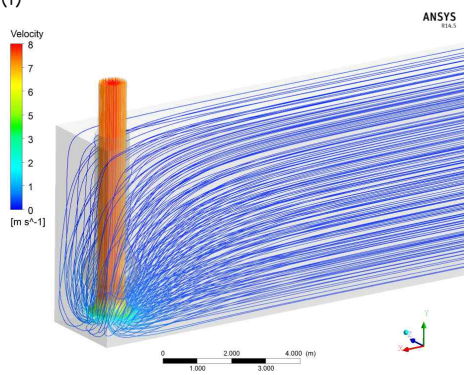
(g)



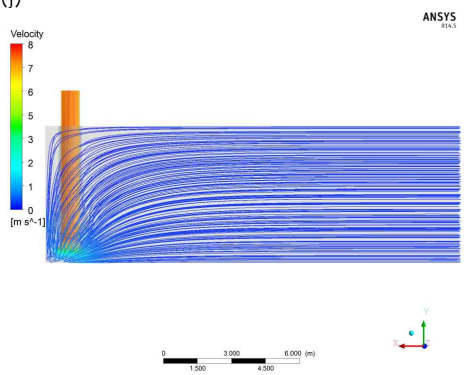
(h)



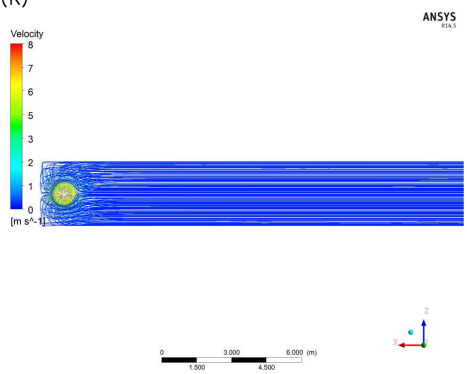
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

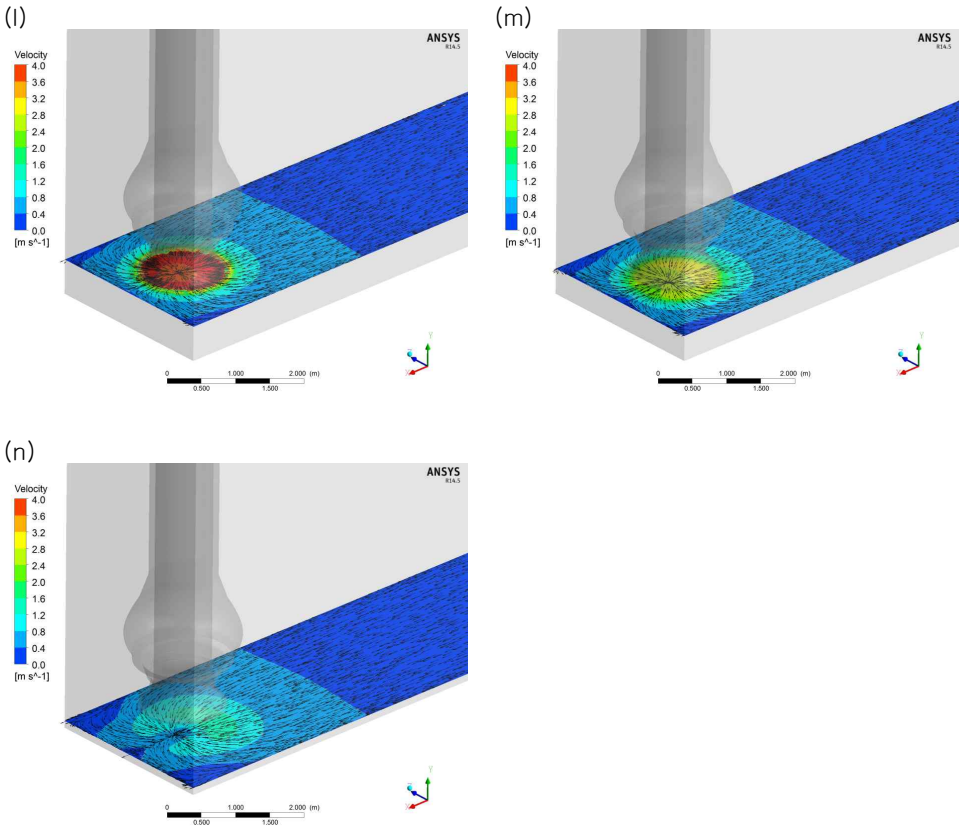


Fig. 14 Result of straight type sump(base1). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. 90° 굽힘형 흡수정 기본모델 해석 결과

Figure 15은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭이며, 와류의 형태는 예측되지 않았다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭이지 못하고, (d) ISO View를 확인하면 와류가 예측되는 것을 확인 할 수 있다.

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 선회하며 출구로 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 와류가 예측되는 부분이며, 이는 Side2 wall에서도 동일하게 관측되어진다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

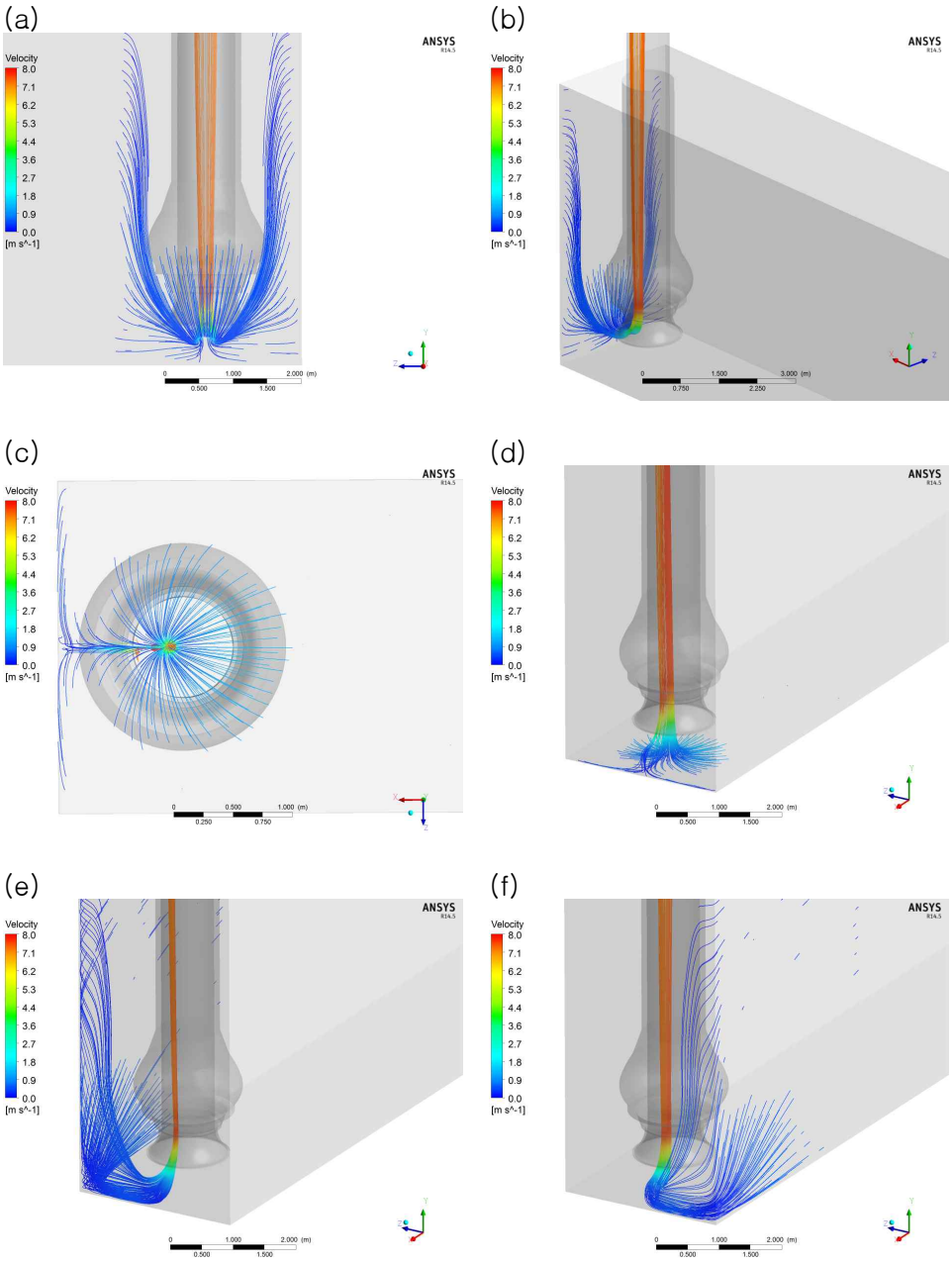
해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타나는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되었다고 보여진다.

Collection @ chosun

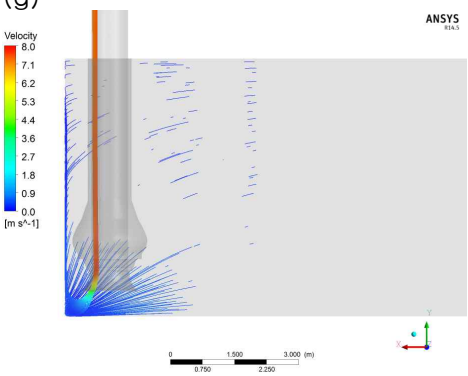
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



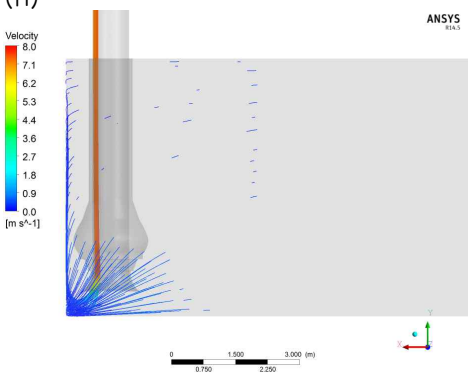
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

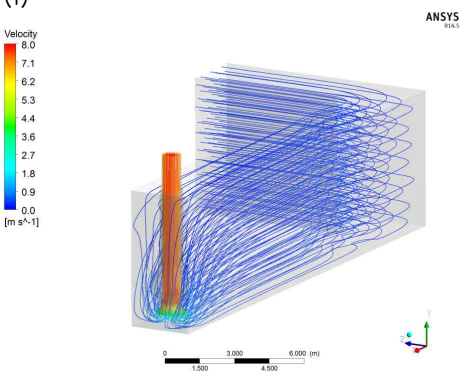
(g)



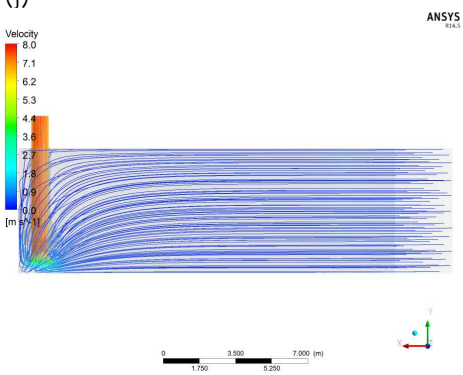
(h)



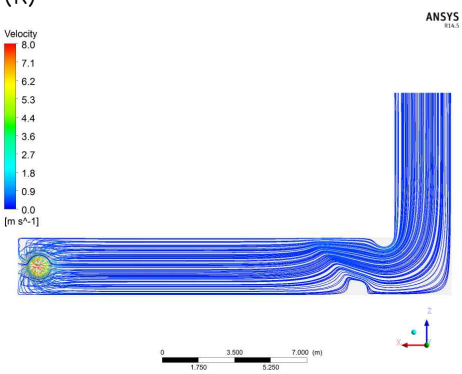
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

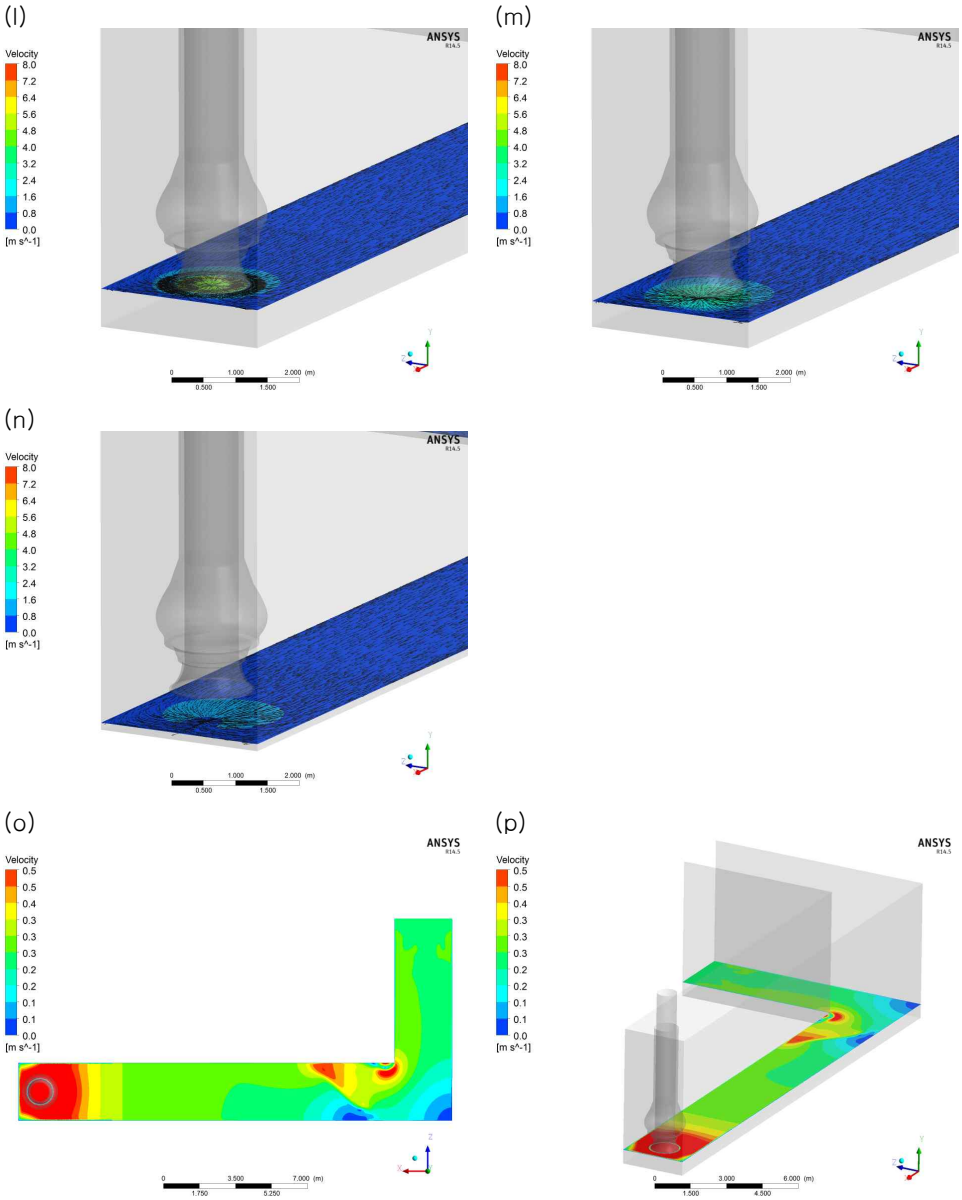


Fig. 15 Result of bend channel type sump(base2). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 10% 축소형 모델 해석 결과

Figure 16은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정(흡수정의 길이를 10% 줄인 모델-case 1)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭이며, 와류의 형태는 예측되지 않았다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으나, (d) ISO View를 확인하면 와류가 예측되는 것을 확인 할 수 있다.

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 선회하며 흡입관로 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 이는 와류가 예측되는 부분이며, 이는 Side2 wall에서도 동일하게 관측되어진다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

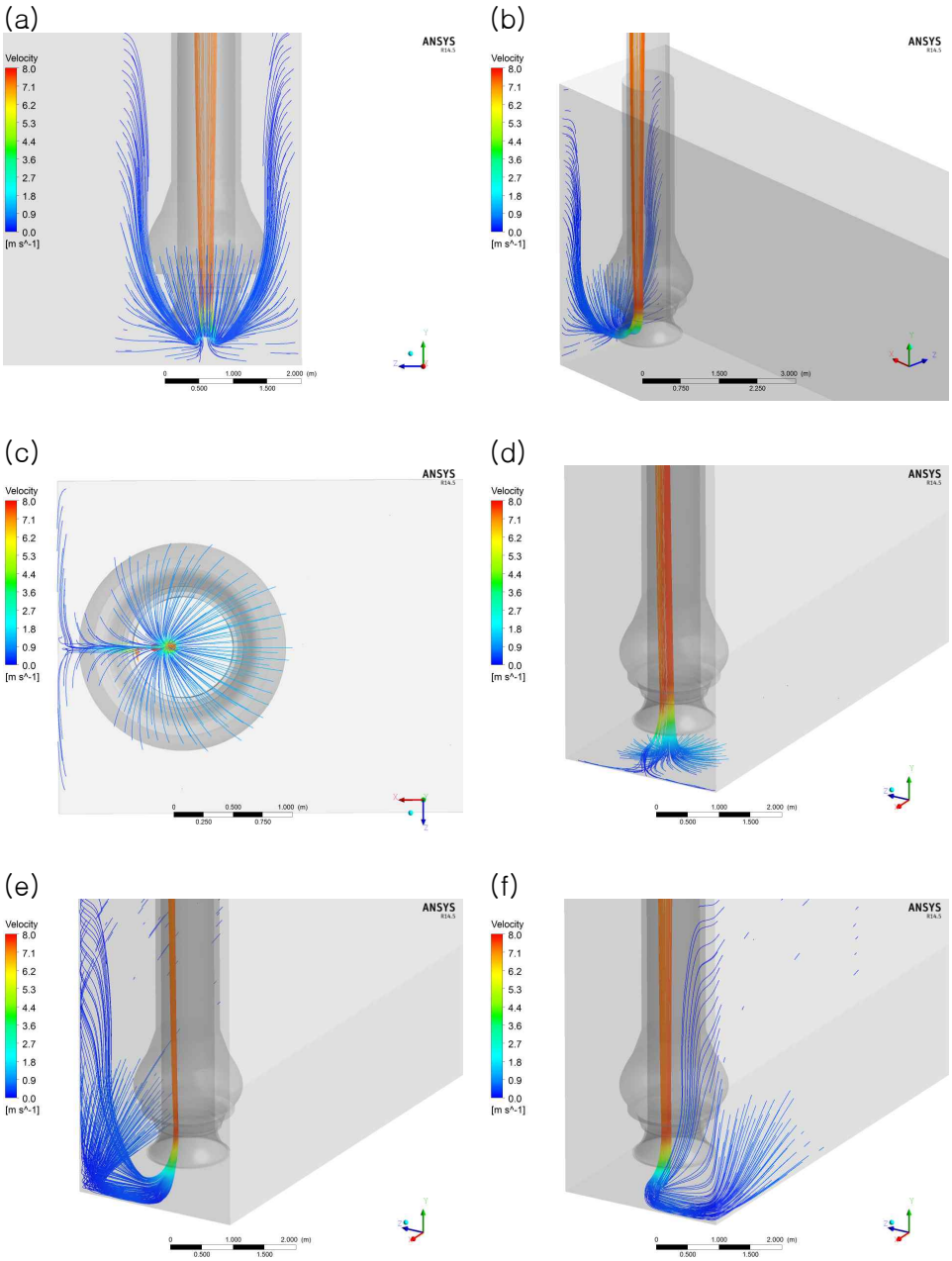
해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타나는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되었다고 보여진다.

Collection @ chosun

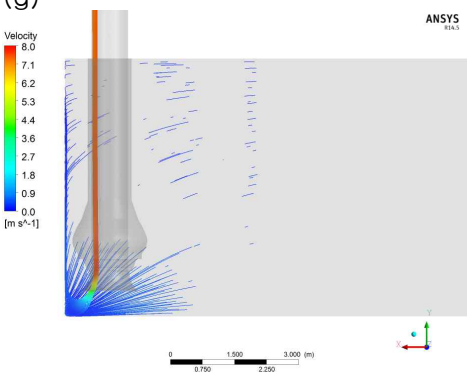
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



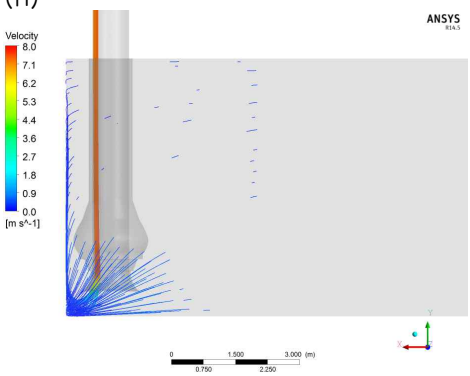
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

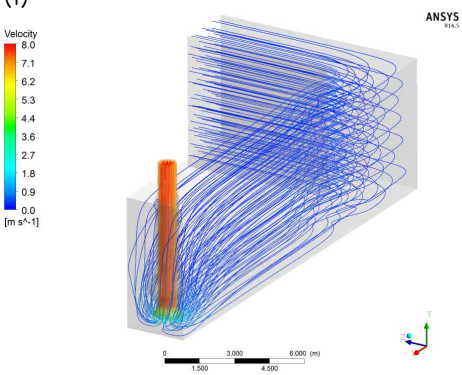
(g)



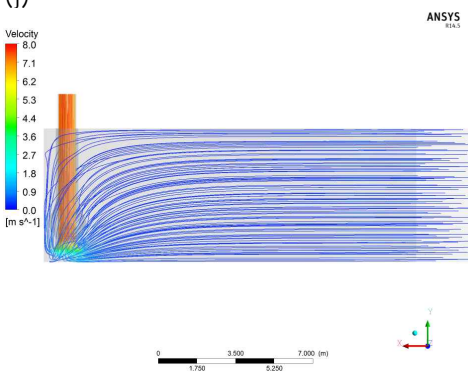
(h)



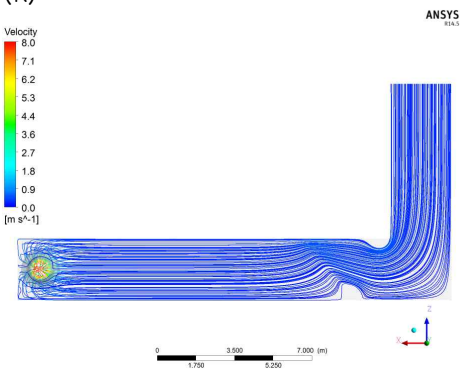
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

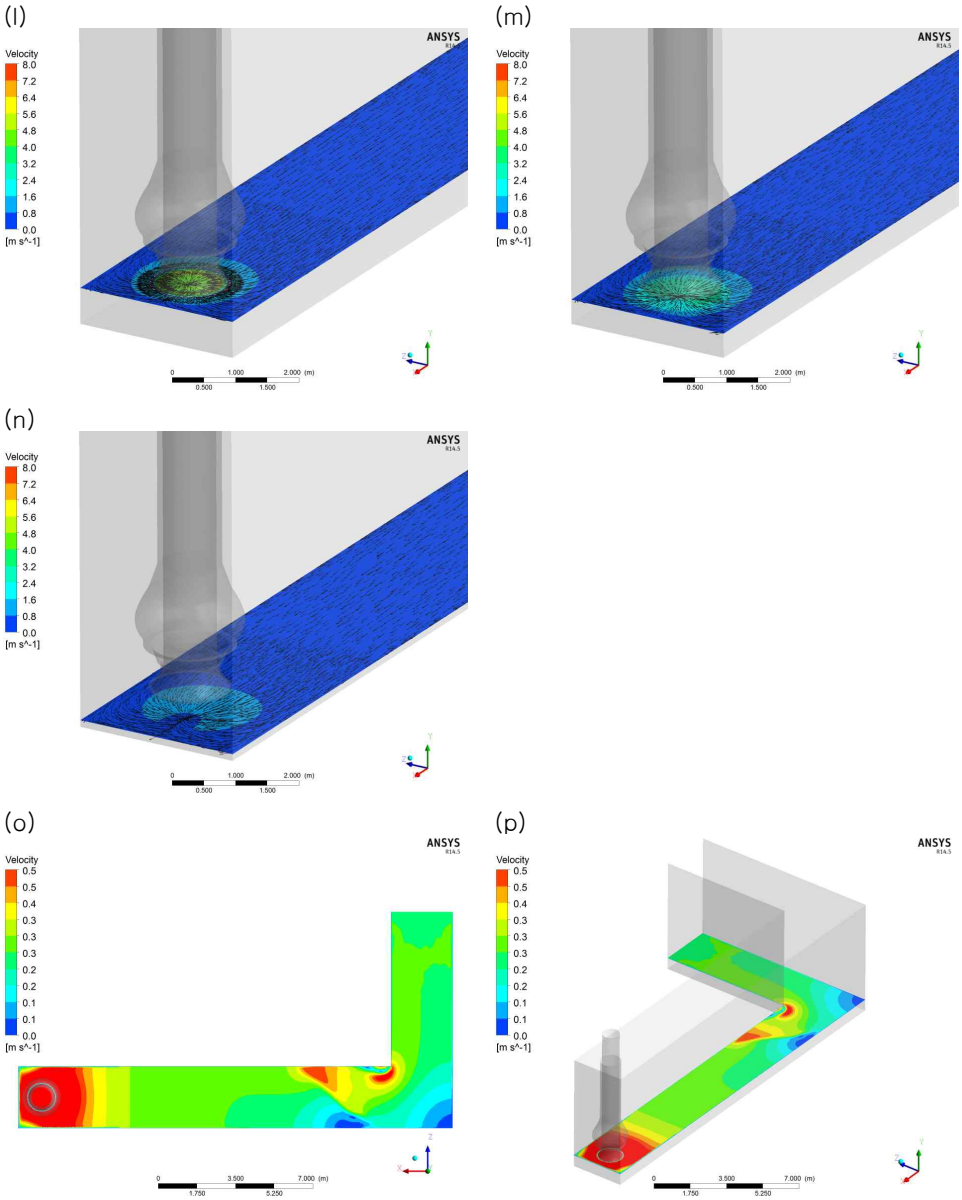


Fig. 16 Result of bend channel type sump(case1). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

라. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 20% 축소형 모델 해석 결과

Figure 17은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정(흡수정의 길이를 20% 줄인 모델-case 2)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭이며, 와류의 형태는 예측되지 않았다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으나, (d) ISO View를 확인하면 와류가 예측되는 것을 확인 할 수 있다.

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 선회하며 흡입관로 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 이는 와류가 예측되는 부분이며, 이는 Side2 wall에서도 동일하게 관측되어진다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

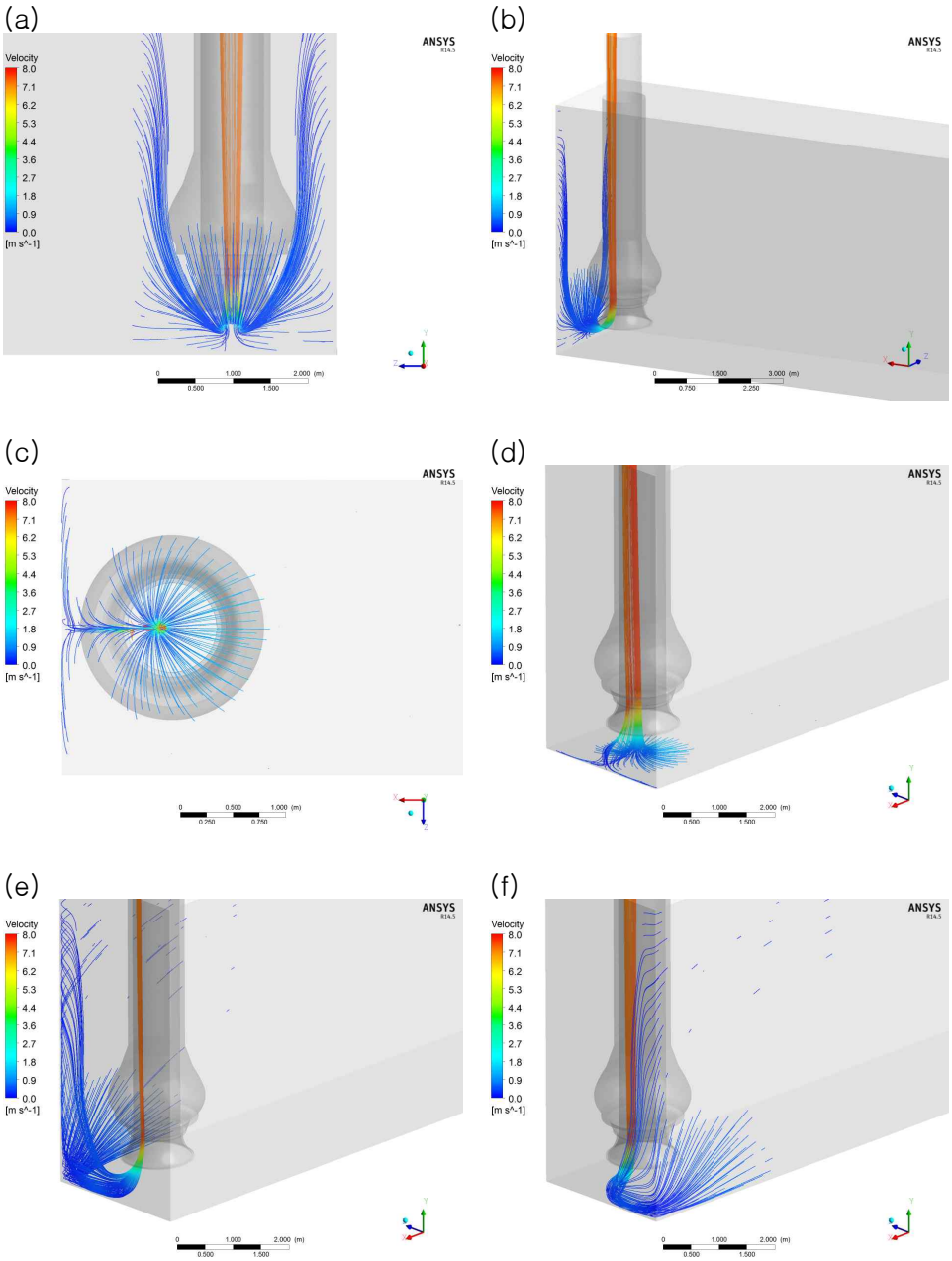
해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타나는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되었다고 보여진다.

Collection @ chosun

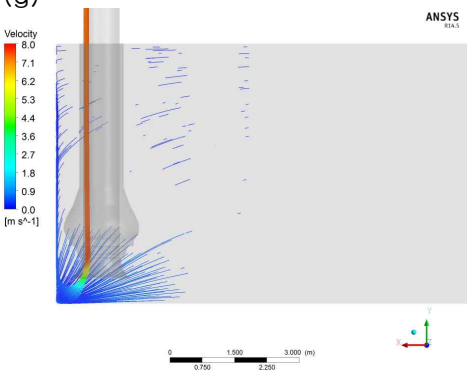
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



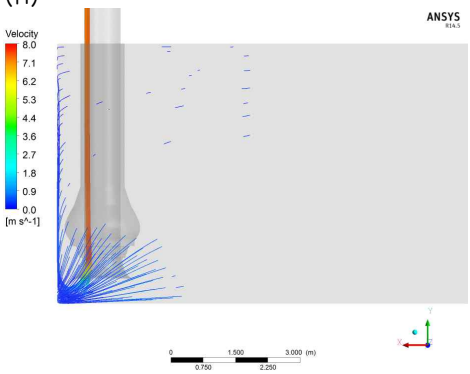
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

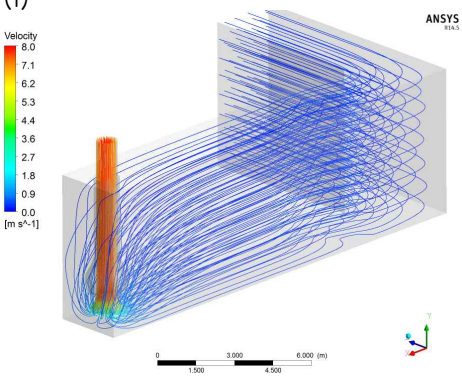
(g)



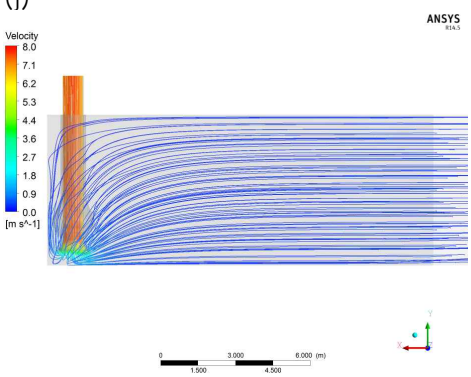
(h)



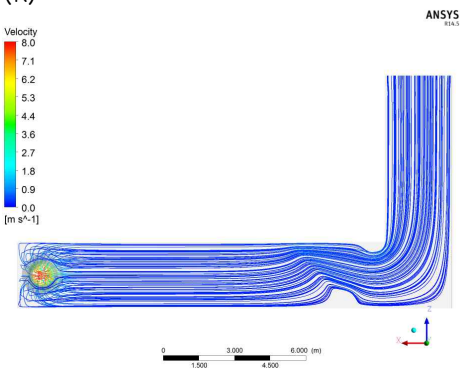
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

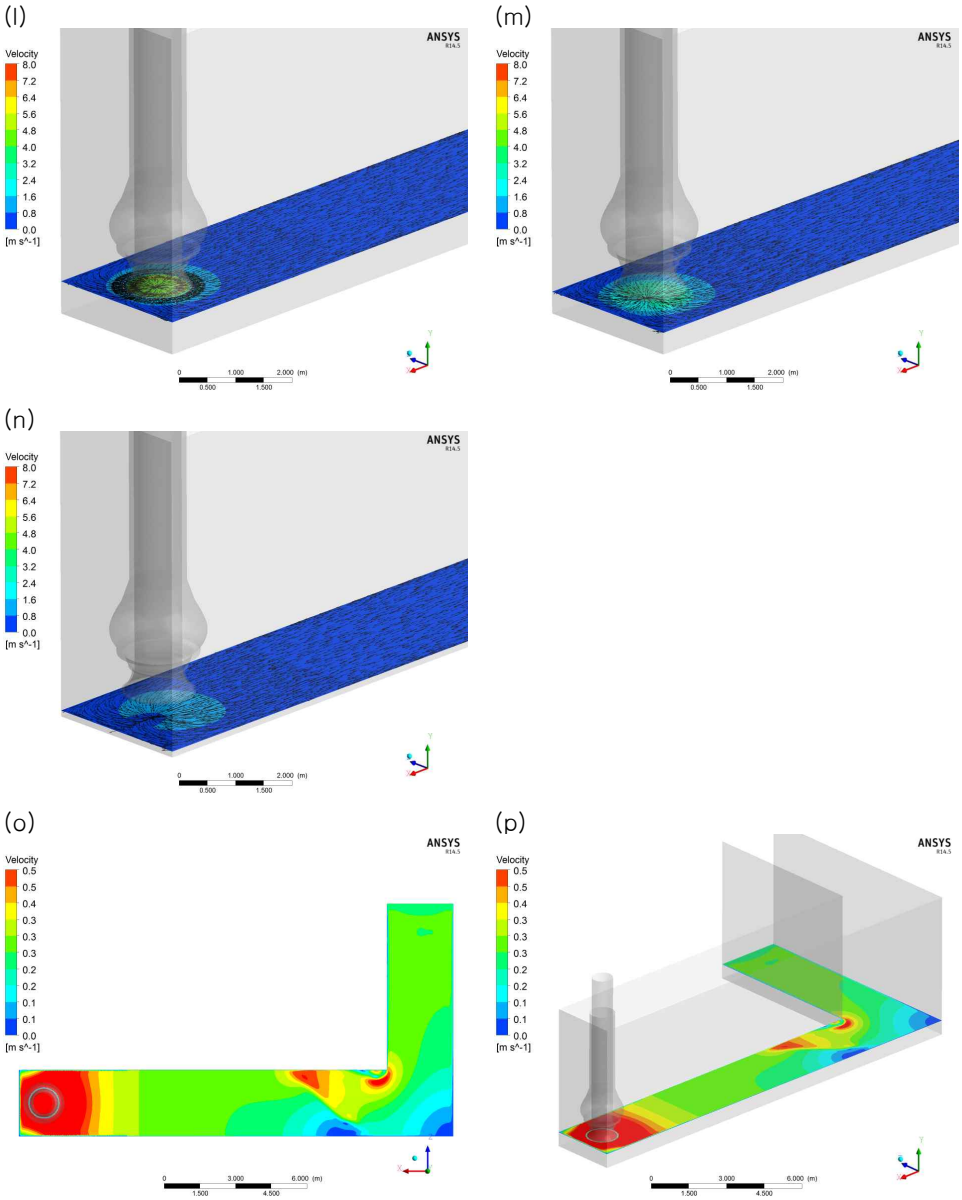


Fig. 17 Result of bend channel type sump(case2). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

마. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 30% 축소형 모델 해석 결과

Figure. 18은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정(흡수정의 길이를 30% 줄인 모델-case 3)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나타나고 있으나, 자유표면으로부터 선회류의 형태가 확인되어, 자유표면와류가 예측된다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으나, (d) ISO View를 확인하면 와류가 예측되는 것을 확인 할 수 있다.

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 선회하며 흡입관로 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 이는 심각한 와류가 예측되는 부분이며, 이는 Side2 wall에서도 동일하게 관측되어진다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였으나, 유맥선의 전체형태에서도 와류가 관측되어진다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

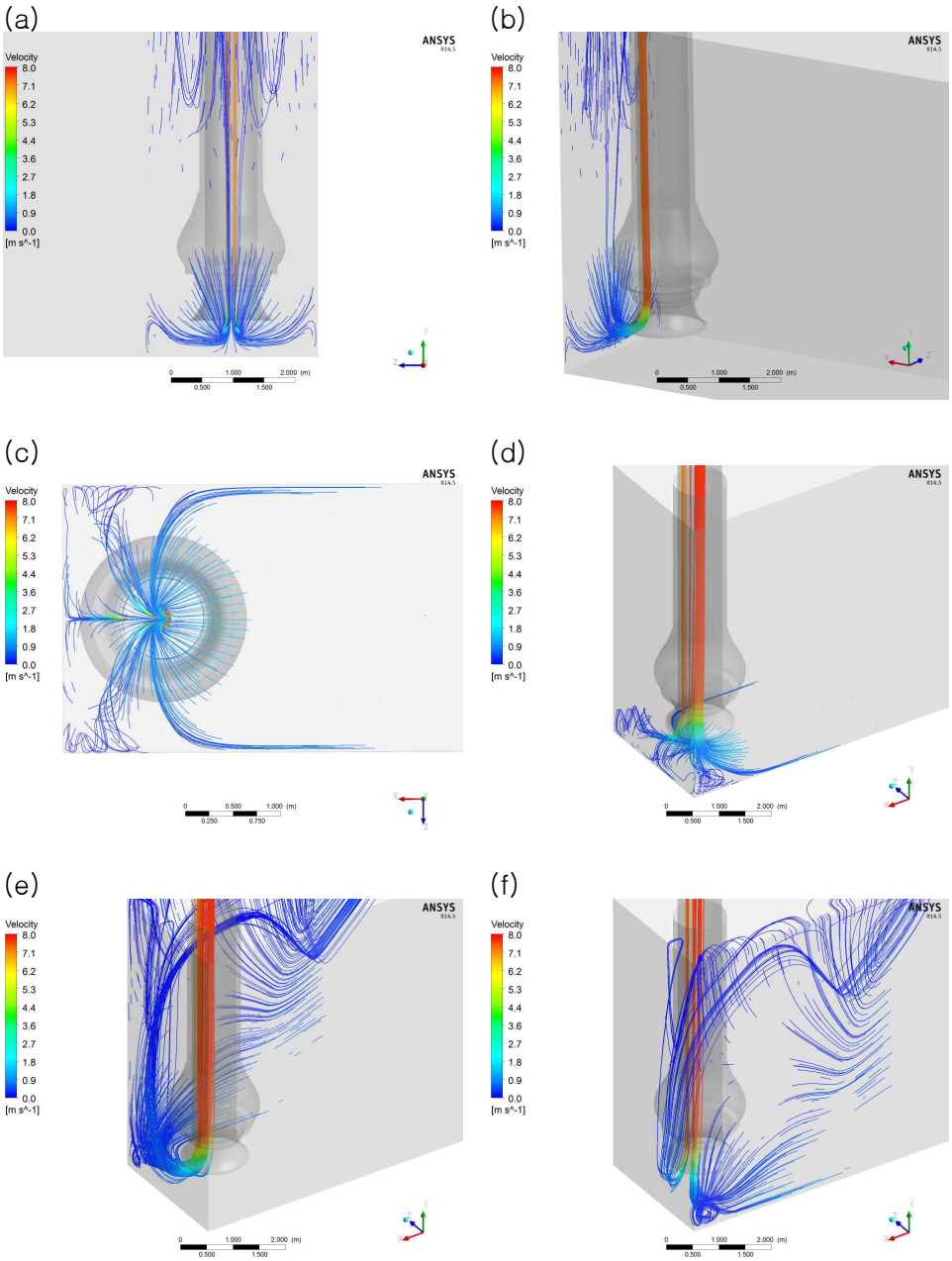
(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타나지 않는 것으로 보아흡수정의 길

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

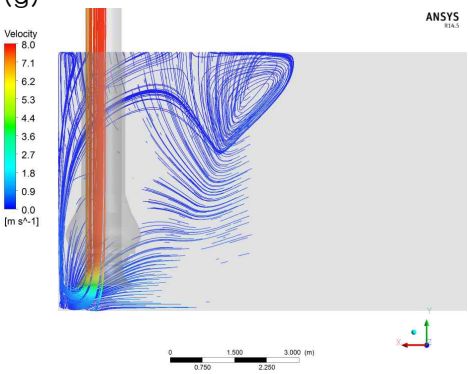
이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되지 못했다고 보여진다.



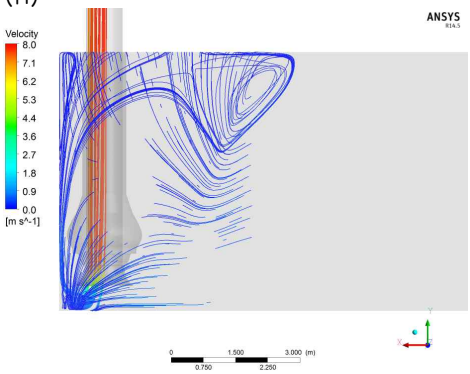
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

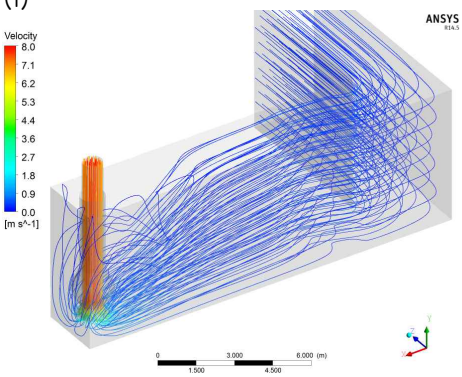
(g)



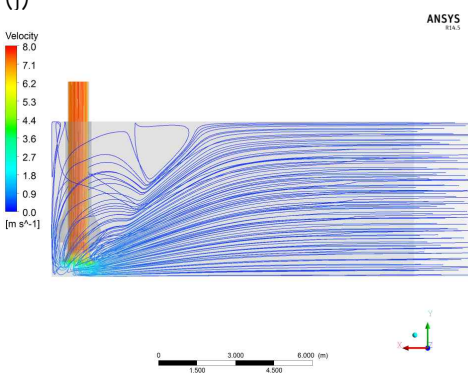
(h)



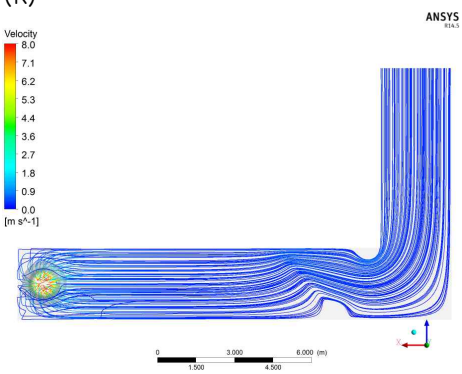
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

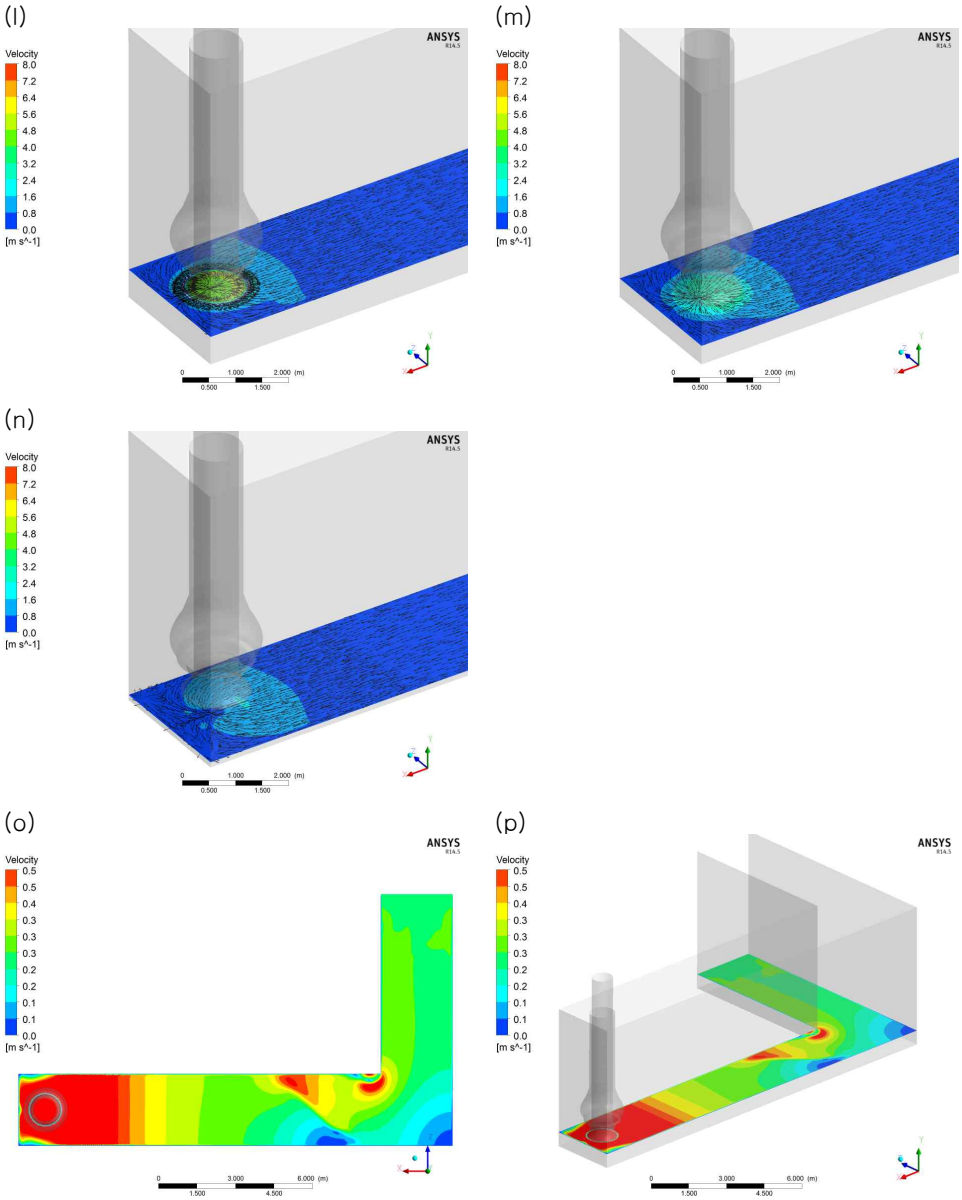


Fig. 18 Result of bend channel type sump(case3). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

바. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 10% 확대형 모델 해석 결과

Figure 19은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정(흡수정의 길이를 10% 늘린 모델-case 4)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나타나고 있으며, 와류의 형태는 예측되지 않는다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으나, (d) ISO View를 확인하면 와류가 예측되는 것을 확인 할 수 있다.

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 선회하며 흡입관로 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다.와류가 예측되는 부분이며, 이는 Side2 wall에서도 동일하게 관측되어진다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인할 수 있다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

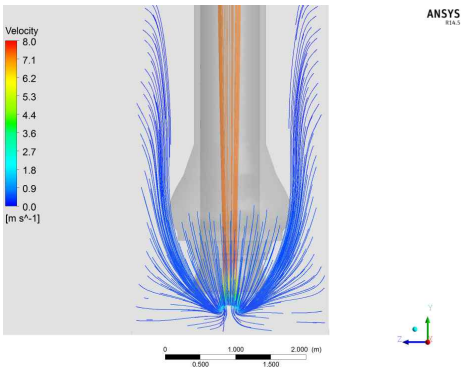
(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되었다고 했다고 보여진다.

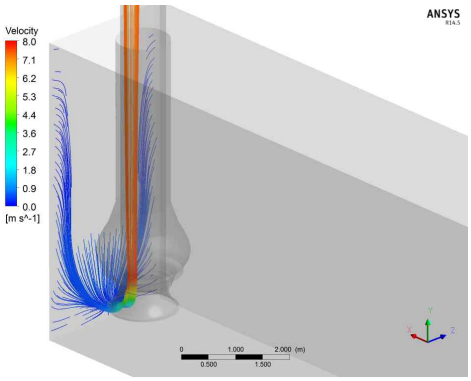
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

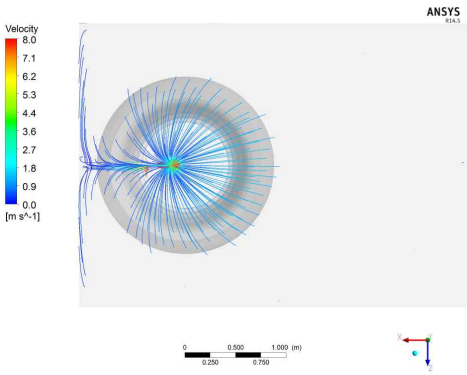
(a)



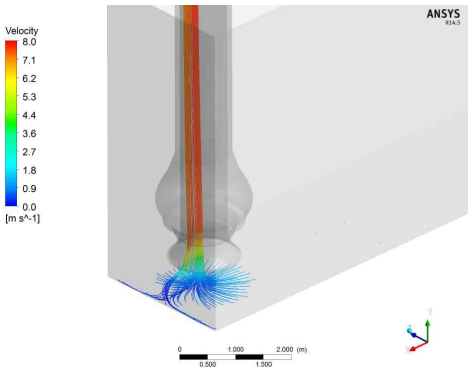
(b)



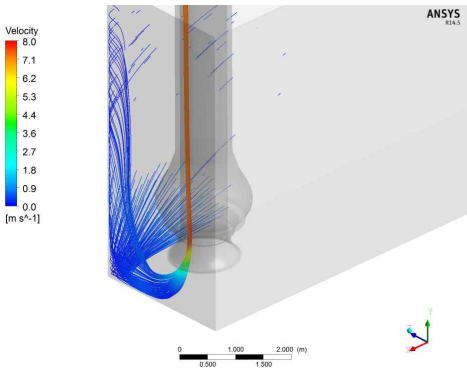
(c)



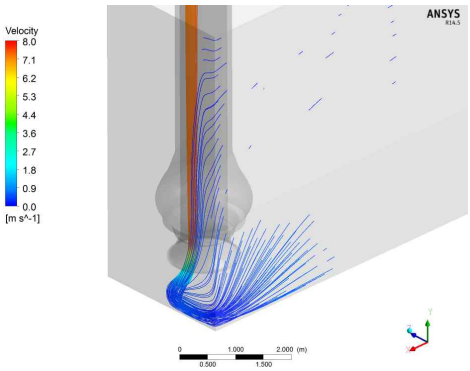
(d)



(e)



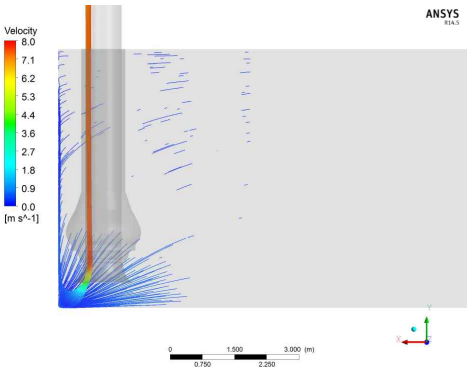
(f)



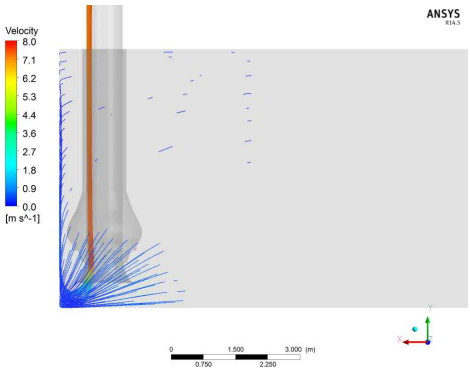
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

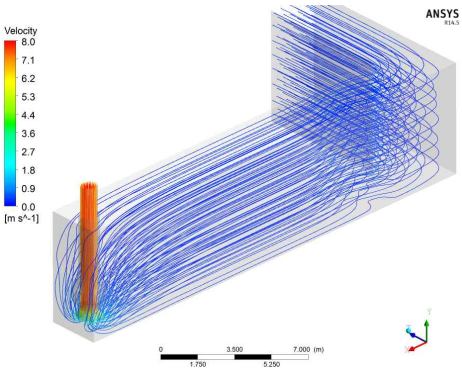
(g)



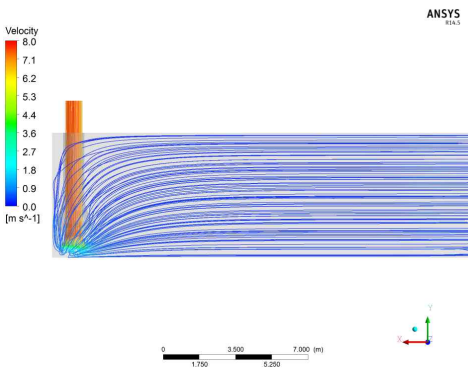
(h)



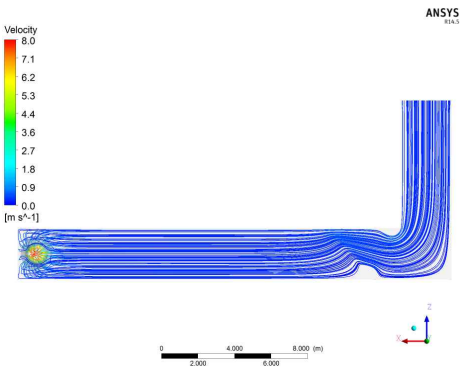
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

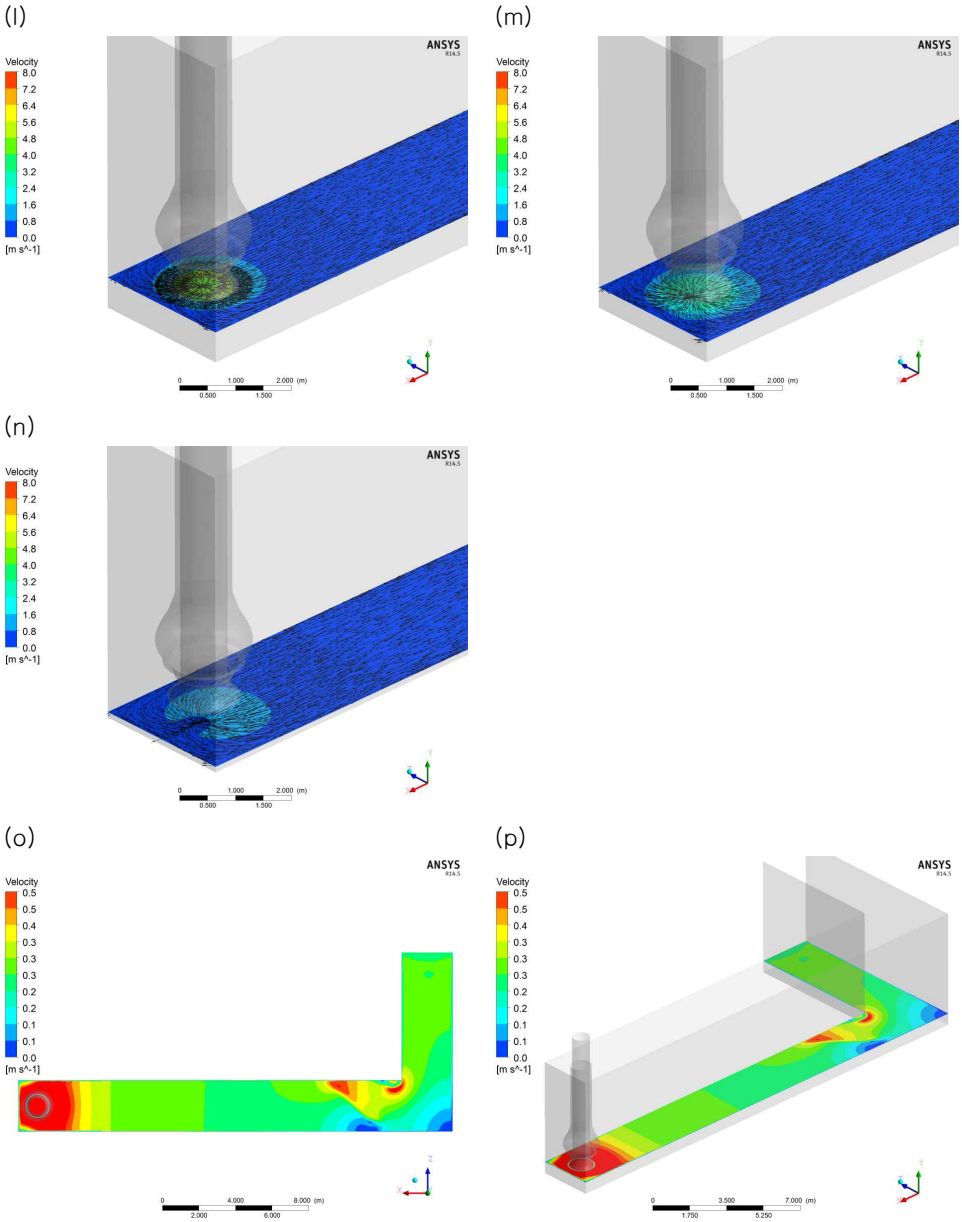


Fig. 19 Result of bend channel type sump(case4). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

사. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 20% 확대형 모델 해석 결과

Figure 20은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정(흡수정의 길이를 20% 늘린 모델-case 5)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나타나고 있으며, 와류의 형태는 예측되지 않는다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으나, (d) ISO View를 확인하면 와류가 예측되는 것을 확인 할 수 있다.

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 선회하며 흡입관로 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 와류가 예측되는 부분이며, 이는 Side2 wall에서도 동일하게 관측되어진다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인할 수 있다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

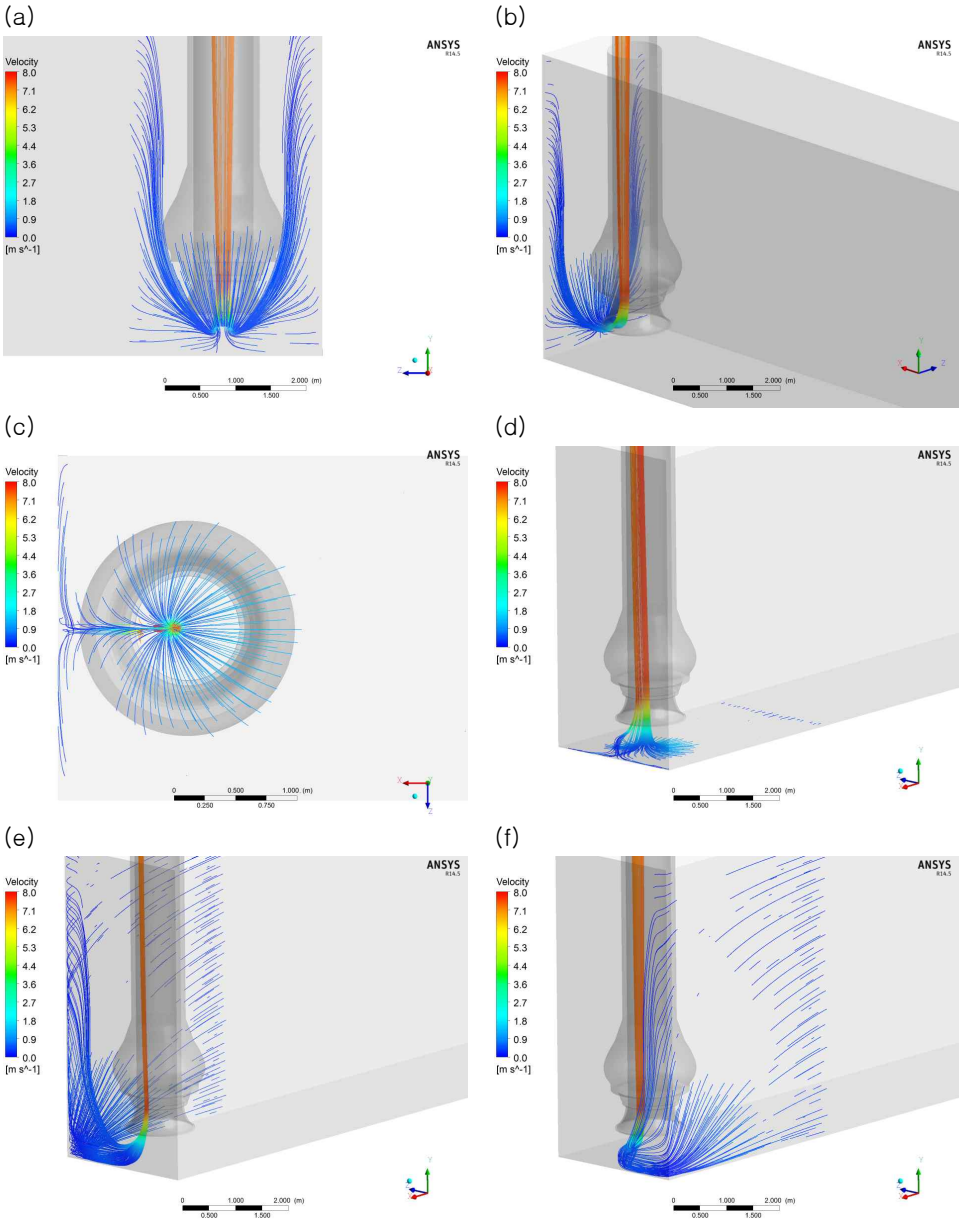
해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되었다고 했다고 보여진다.

Collection @ chosun

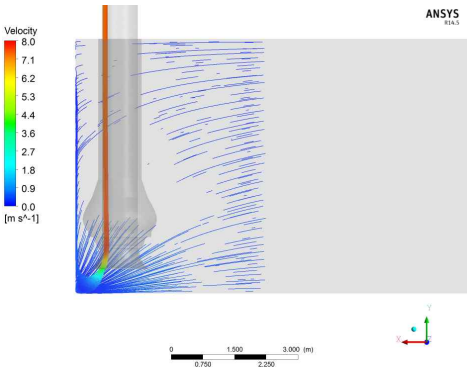
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



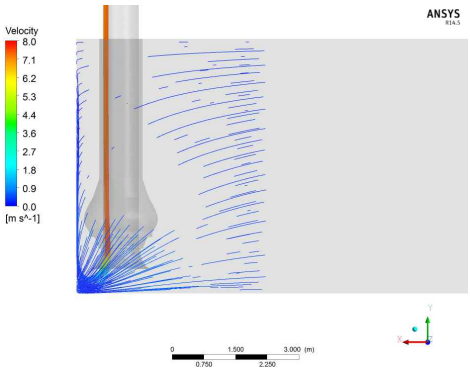
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

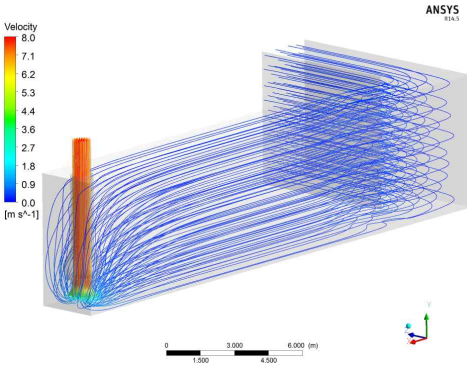
(g)



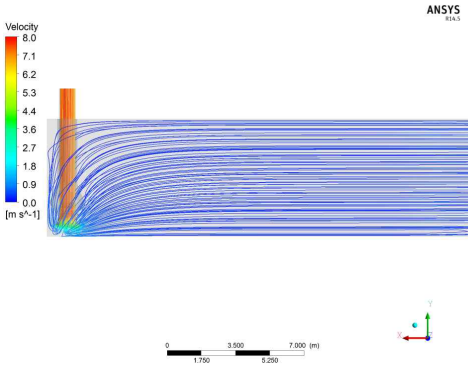
(h)



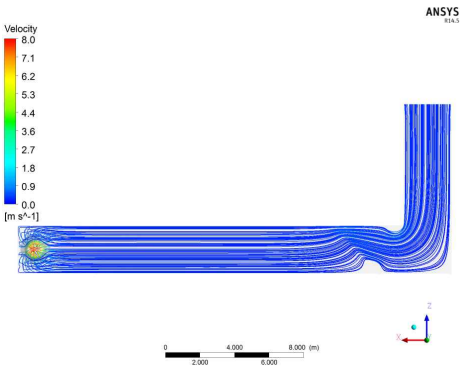
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

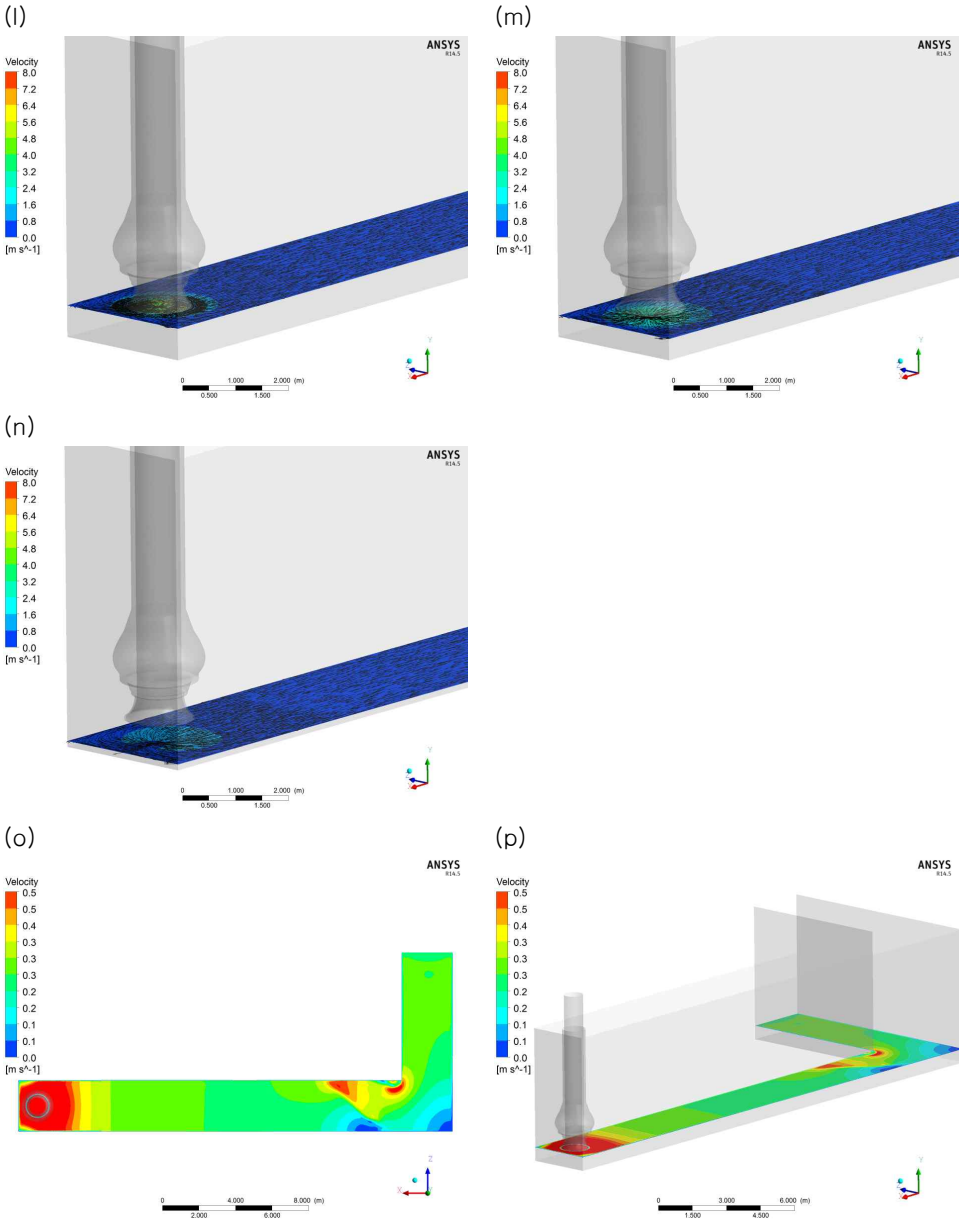


Fig. 20 Result of bend channel type sump(case5). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 와류억제장치가 있는 흡수정의 해석결과

가. 직선형 흡수정 기본모델 해석 결과

Figure 21은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 직선형 흡수정(E타입 확장형 AVD 설치, Base case 1′)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나타나고 있으며, 와류의 형태는 예측되지 않는다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으며, 와류의 형태가 예측되지 않는다,

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 미끄러지듯 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 와류의 형태가 예측되지 않는다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인할 수 있다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

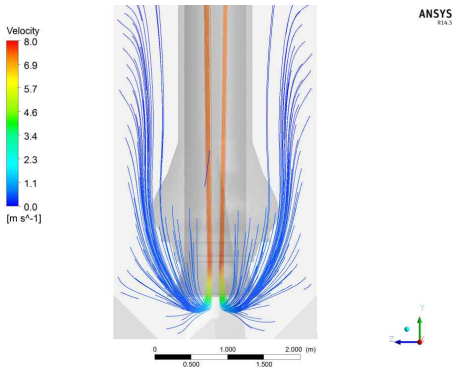
(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되었다고 했다고 보여진다.

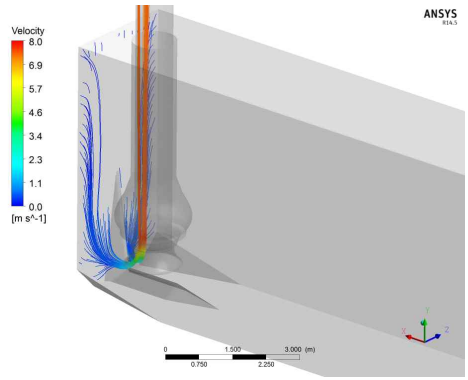
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

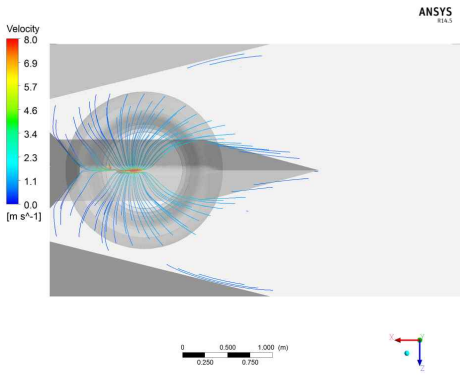
(a)



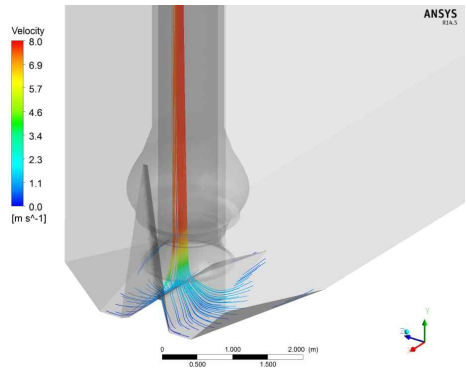
(b)



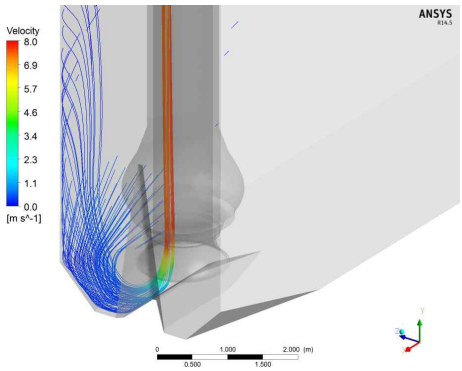
(c)



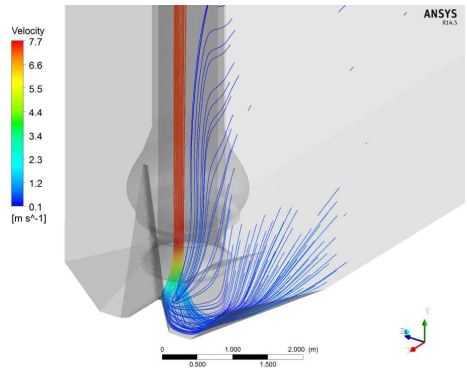
(d)



(e)



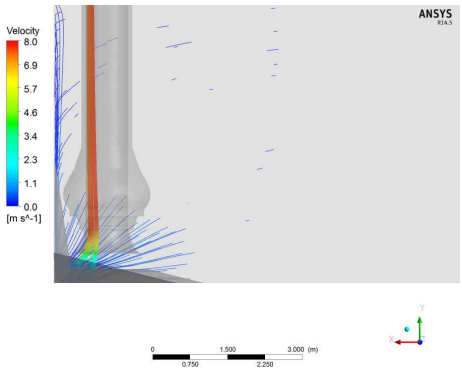
(f)



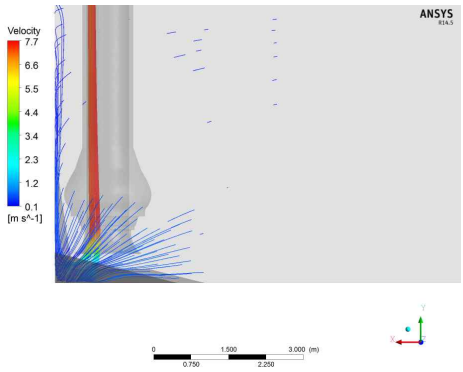
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

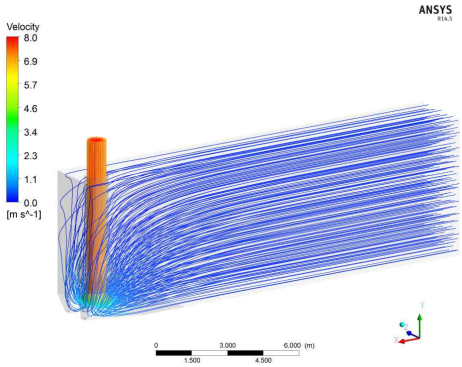
(g)



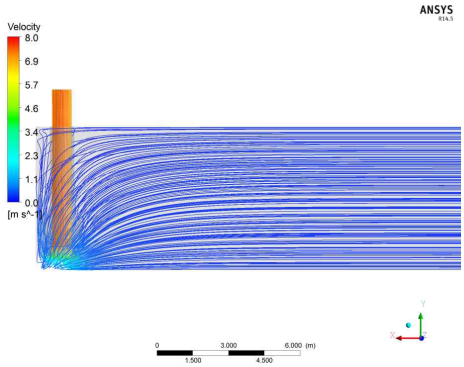
(h)



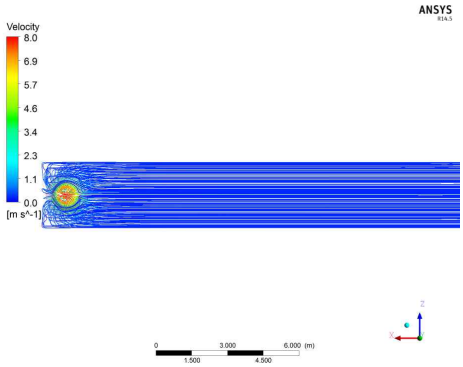
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

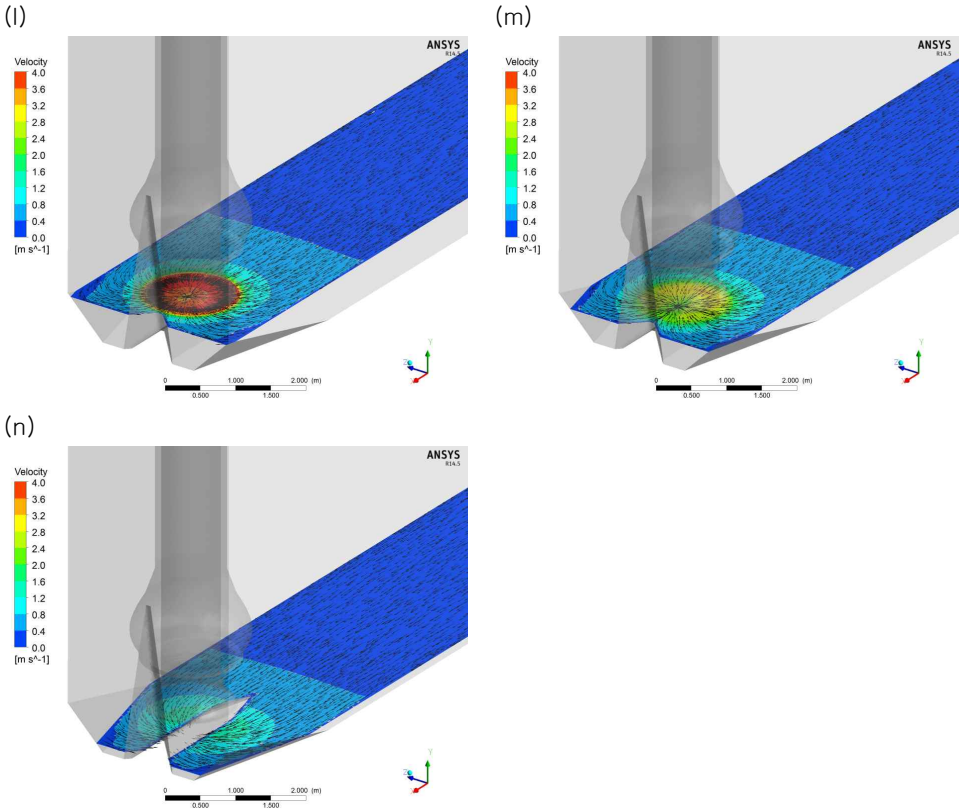


Fig. 21 Result of straight type sump(base 1'-full AVD). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. 90° 굽힘형 흡수정 기본모델 해석 결과

Figure 22은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정(E타입 확장형 AVD 설치, Base case 2′)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나타나고 있으며, 와류의 형태는 예측되지 않는다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으며, 와류의 형태가 예측되지 않는다,

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 미끄러지듯 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 와류의 형태가 예측되지 않는다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인할 수 있다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

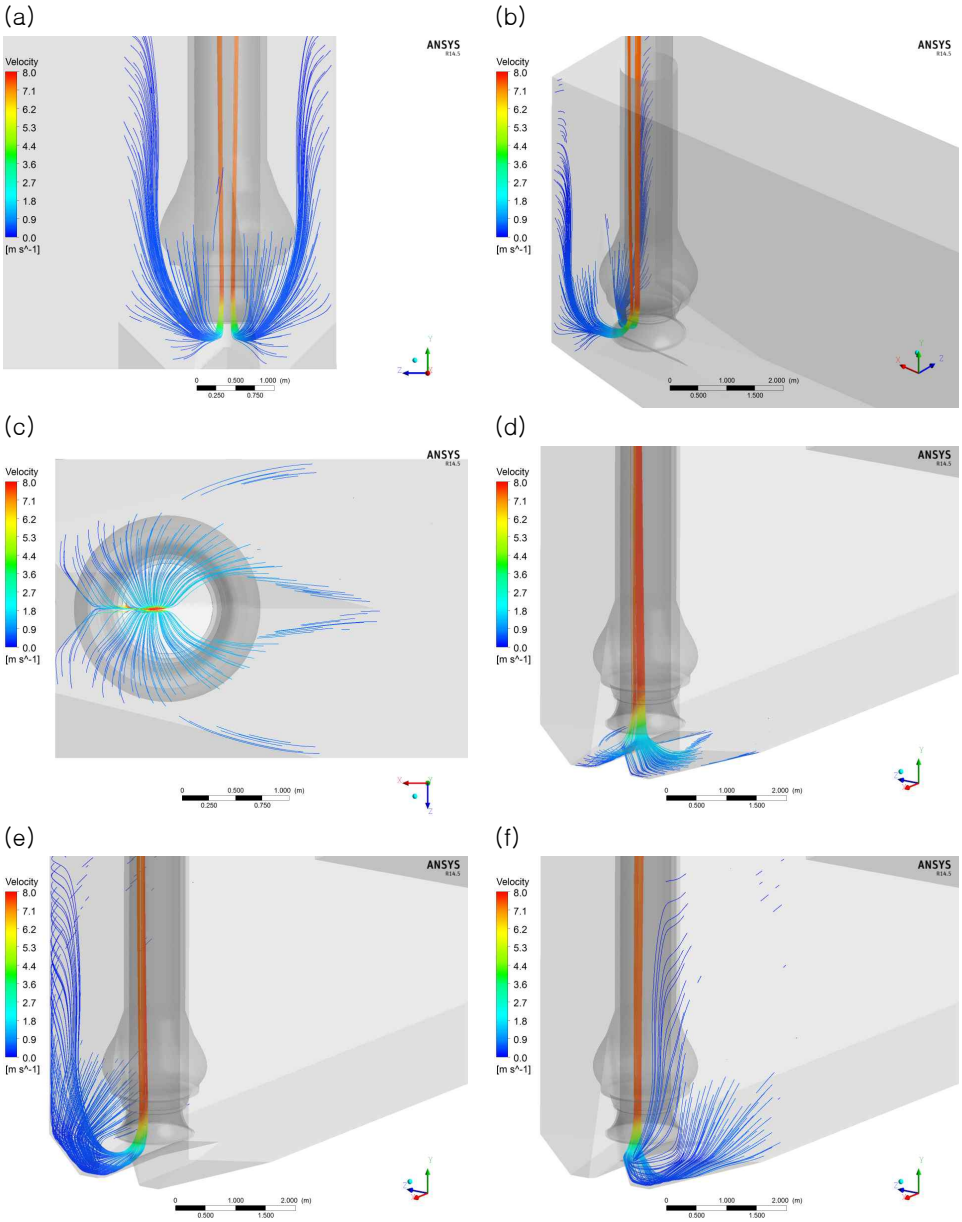
해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되었다고 했다고 보여진다.

Collection @ chosun

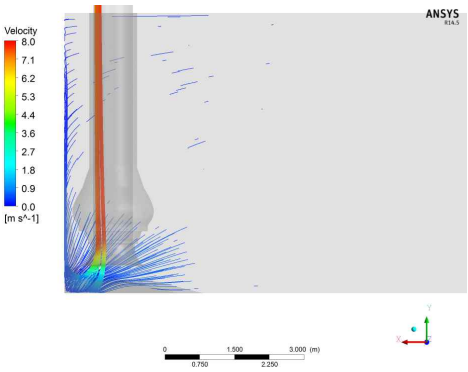
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



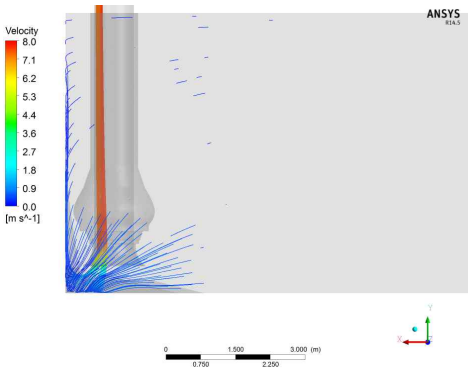
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

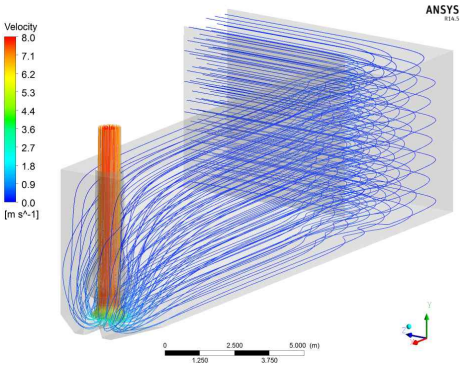
(g)



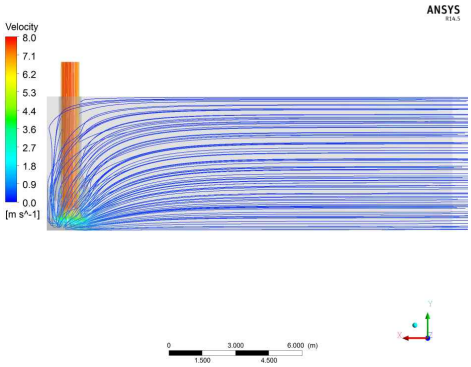
(h)



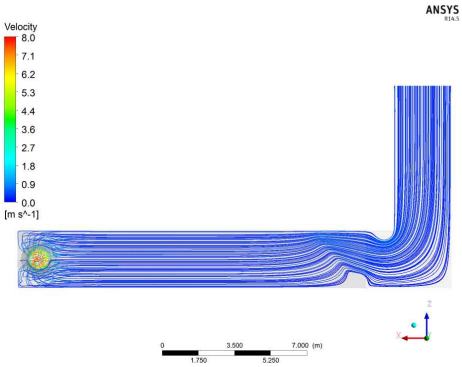
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

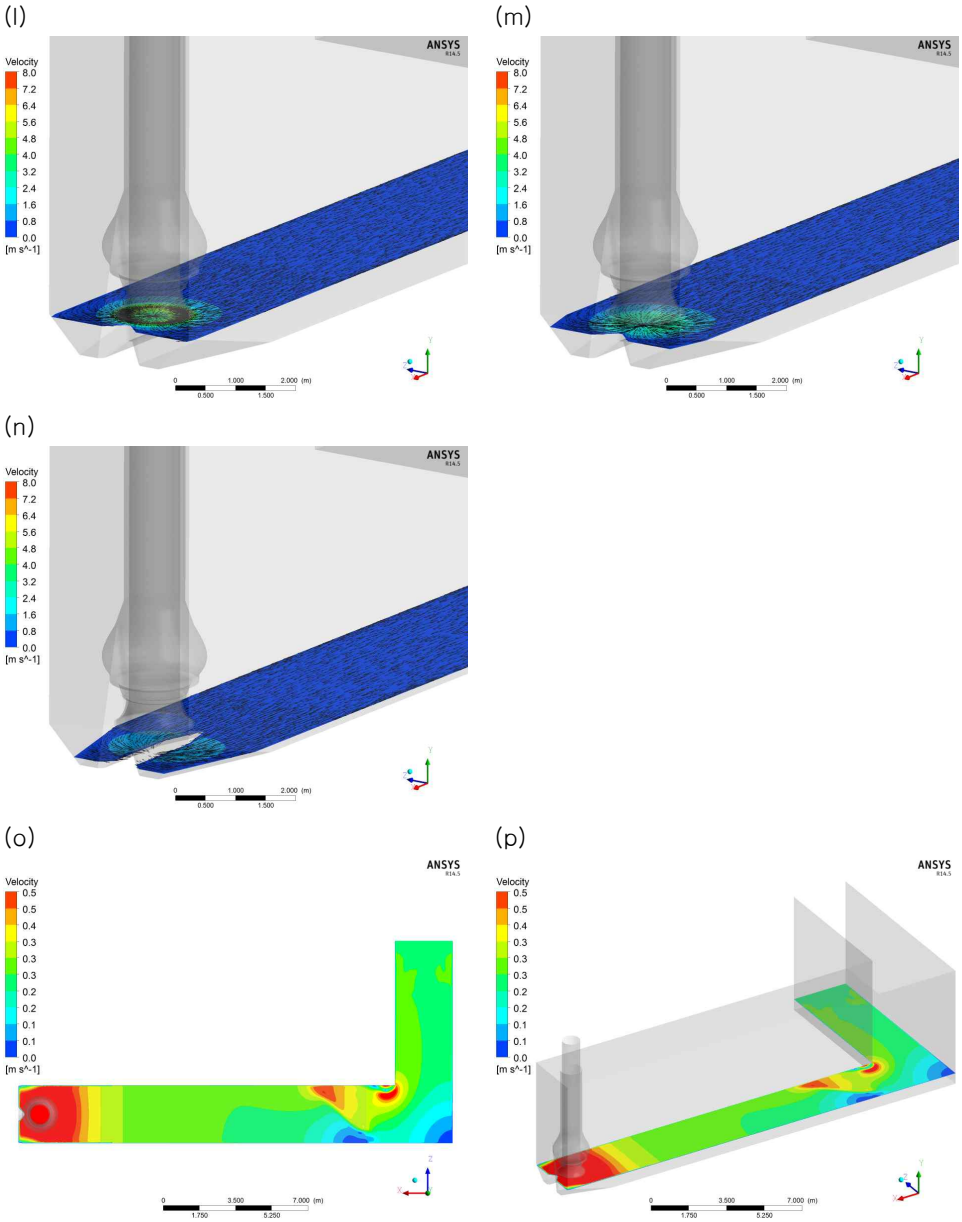


Fig. 22 Result of bend channel type sump(base 2'-full AVD). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 10% 축소형 모델 해석 결과

Figure 23은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정(흡수정의 길이를 10% 줄인 모델+E타입확장형 AVD 설치, case 1′)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나타나고 있으며, 와류의 형태는 예측되지 않는다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으며, 와류의 형태가 예측되지 않는다,

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 미끄러지듯 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 와류의 형태가 예측되지 않는다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인할 수 있다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

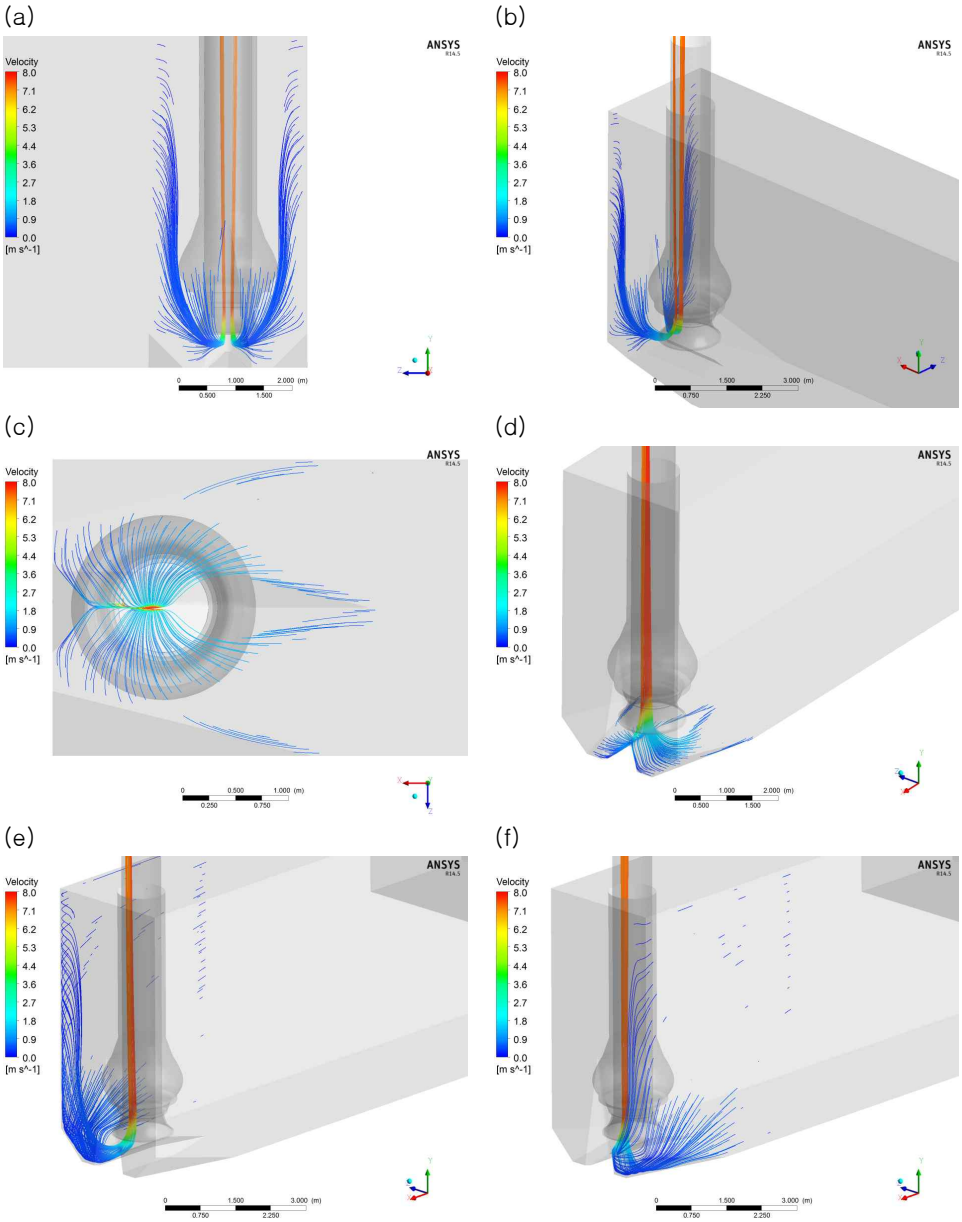
해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되었다고 했다고 보여진다.

Collection @ chosun

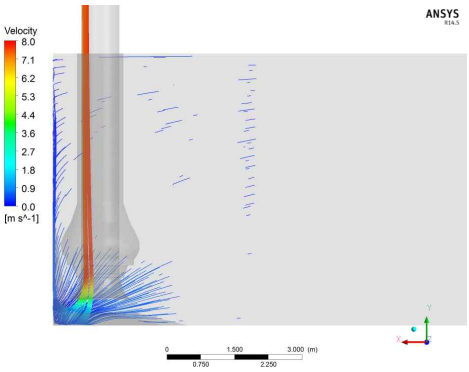
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



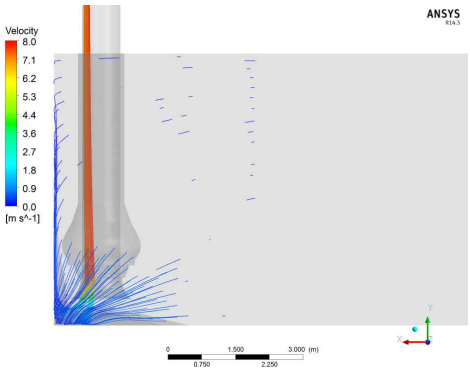
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

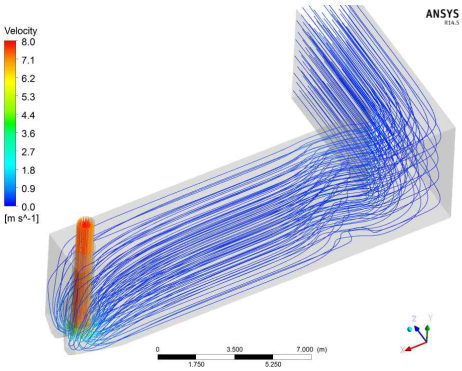
(g)



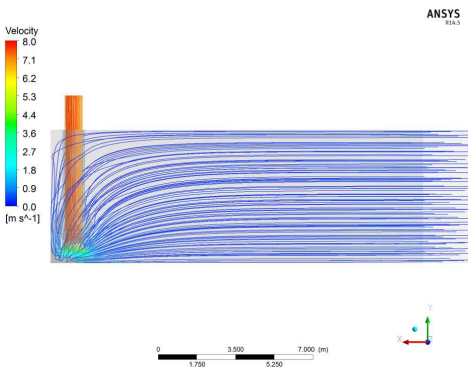
(h)



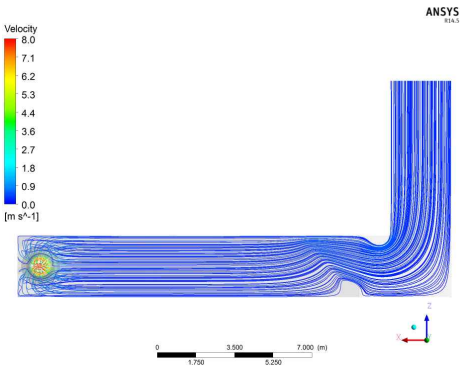
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

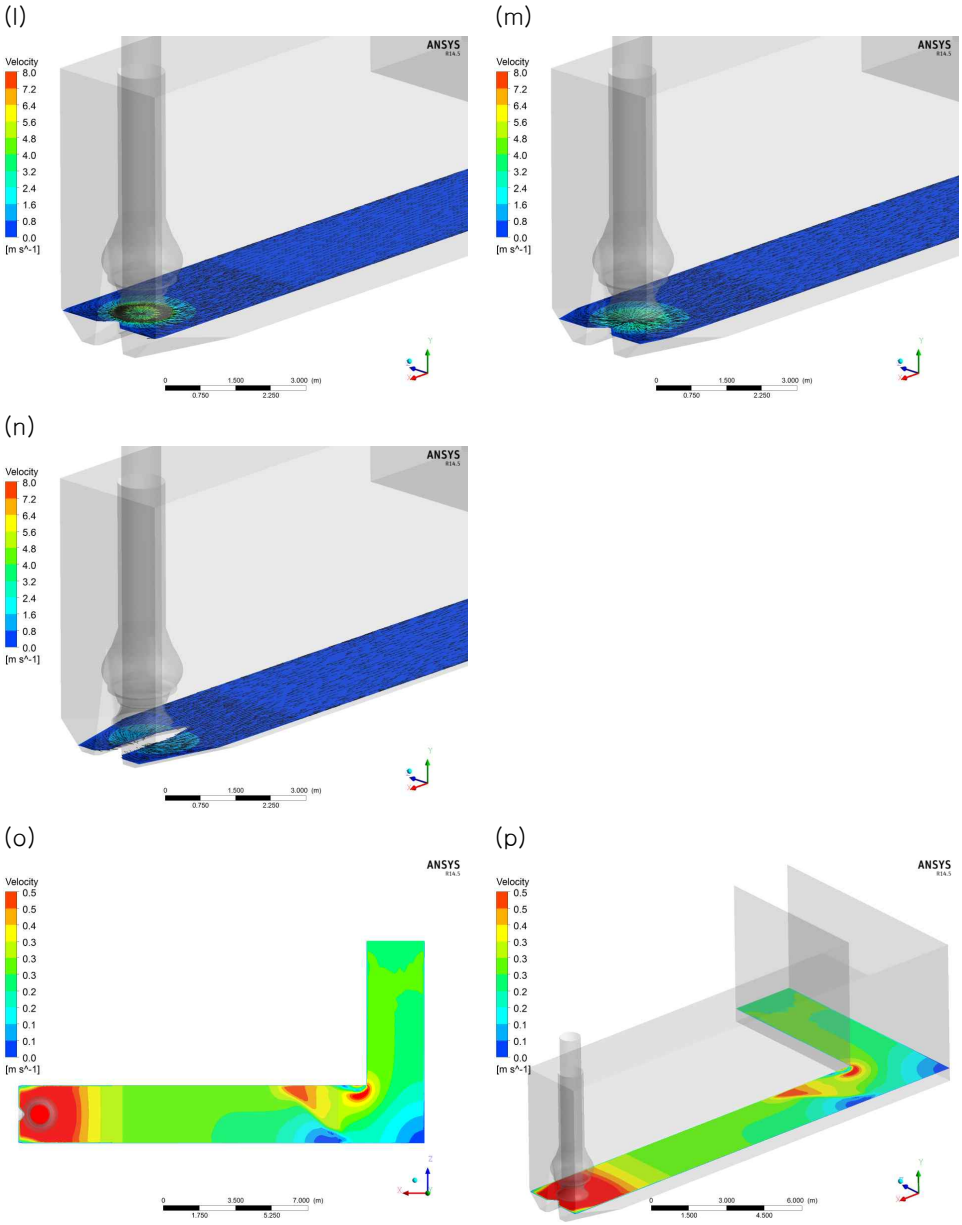


Fig. 23 Result of bend channel type sump(case 1'-full AVD). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

라. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 20% 축소형 모델 해석 결과

Figure 24은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정(흡수정의 길이를 20% 줄인 모델+E타입확장형 AVD 설치, case 2′)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나타나고 있으며, 와류의 형태는 예측되지 않는다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으며, 와류의 형태가 예측되지 않는다,

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 미끄러지듯 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 와류의 형태가 예측되지 않는다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인할 수 있다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

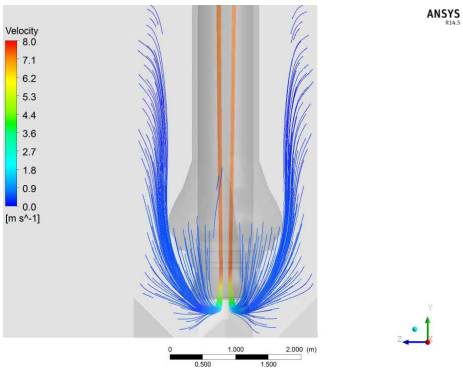
(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되었다고 했다고 보여진다.

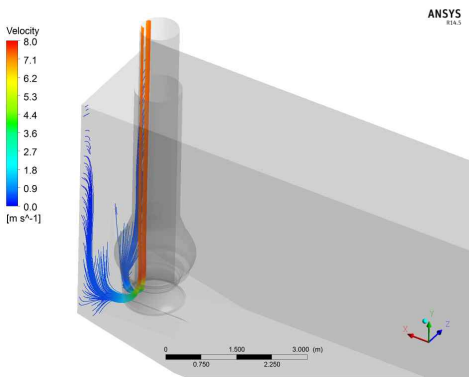
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

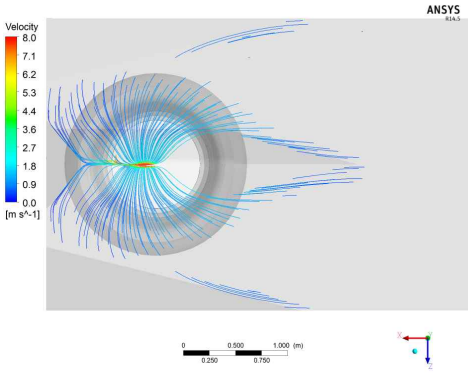
(a)



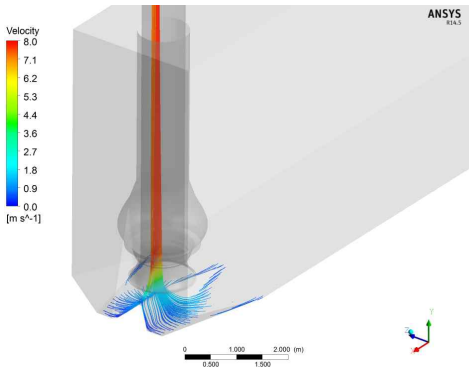
(b)



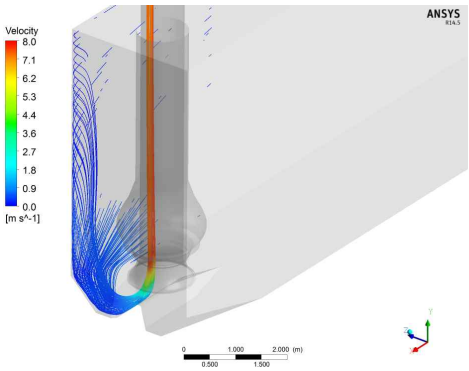
(c)



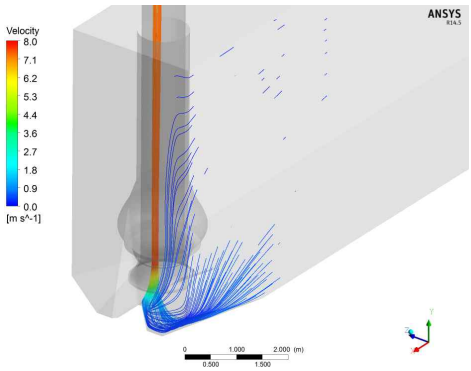
(d)



(e)



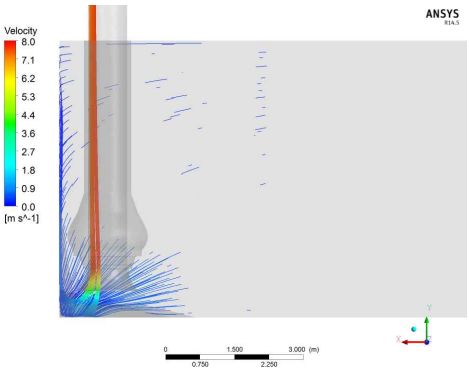
(f)



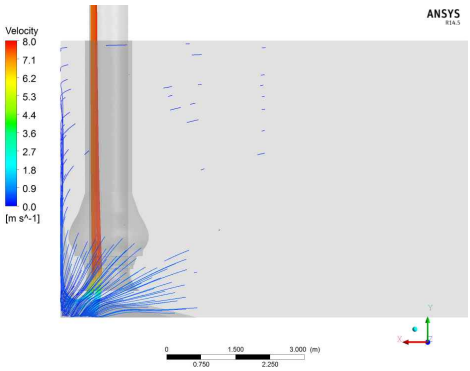
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

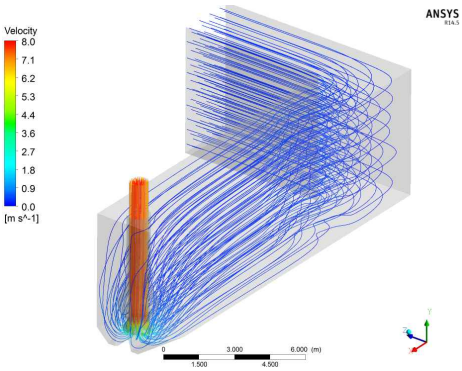
(g)



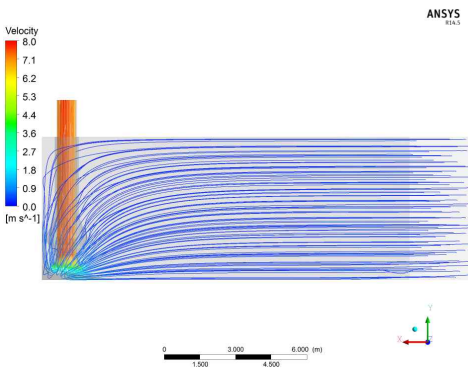
(h)



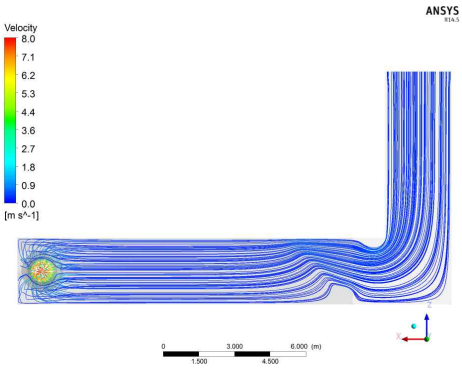
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

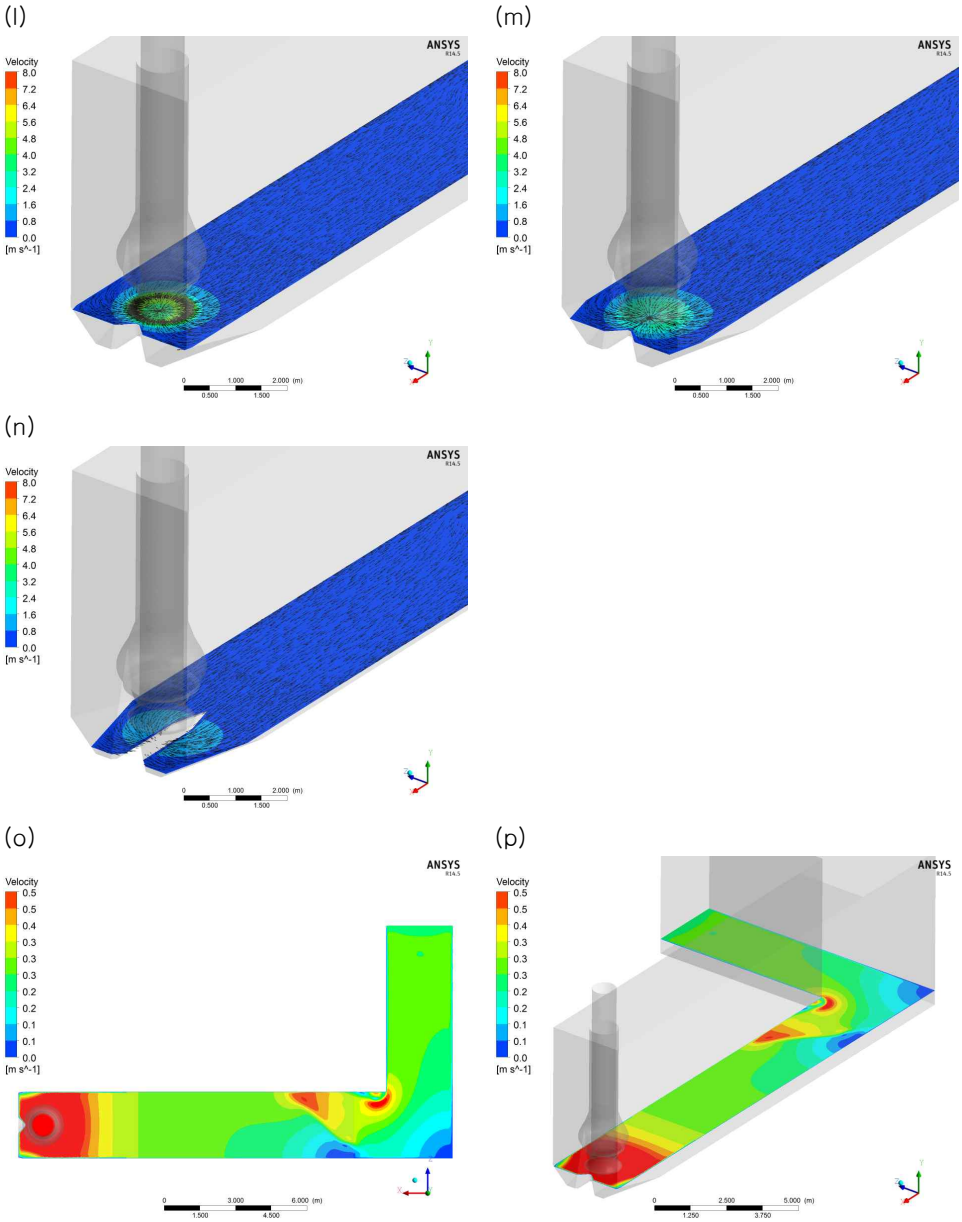


Fig. 24 Result of bend channel type sump(case 2'-full AVD). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

마. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 30% 축소형 모델 해석 결과

Figure 25은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정(흡수정의 길이를 30% 줄인 모델+E타입확장형 AVD 설치, case 3′)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나타나고 있으며, 와류의 형태는 예측되지 않는다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으며, 와류의 형태가 예측되지 않는다,

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 미끄러지듯 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 와류의 형태가 예측되지 않는다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인할 수 있다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

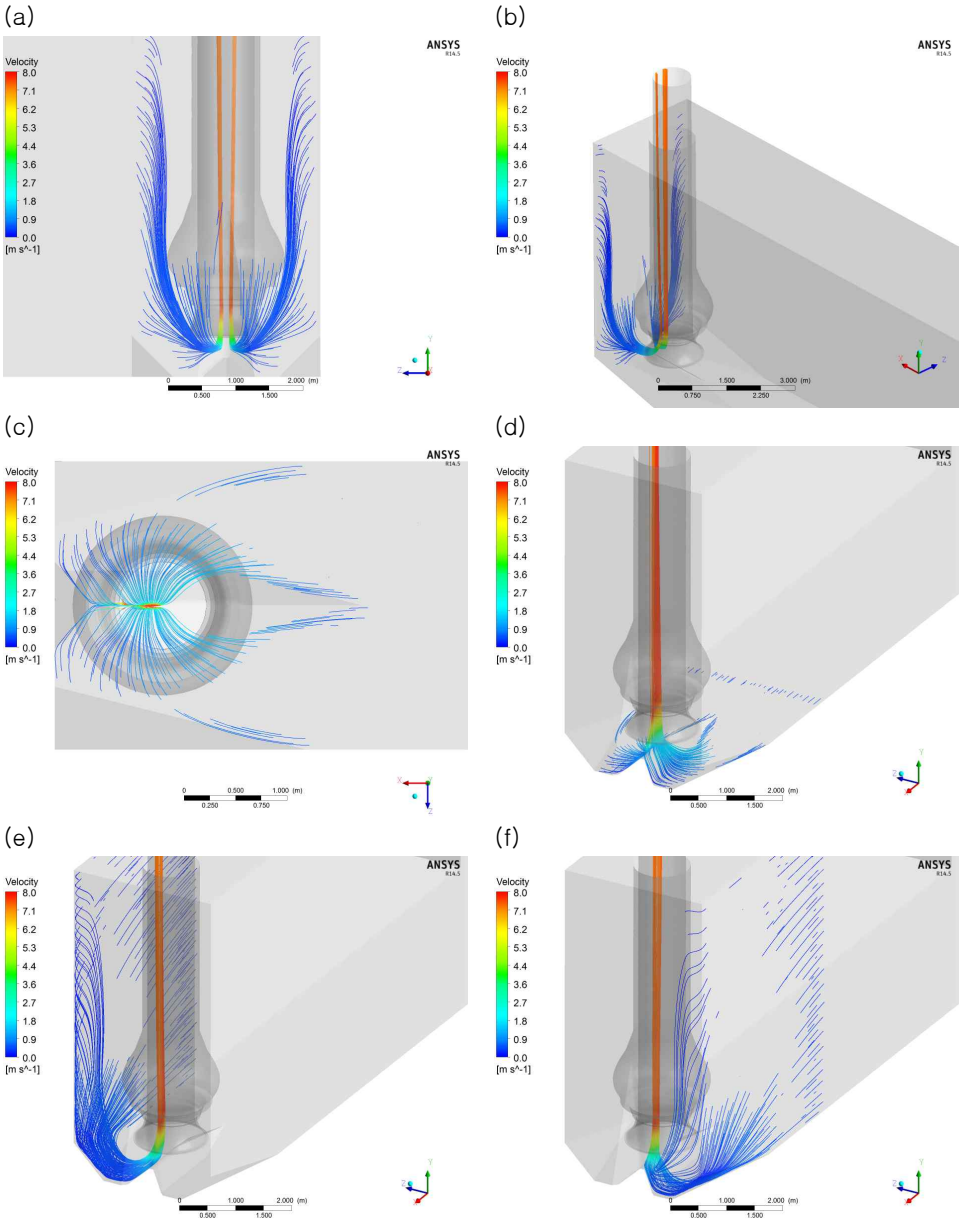
해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 불균일하게 나타는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되지 못하였다고 보여진다.

Collection @ chosun

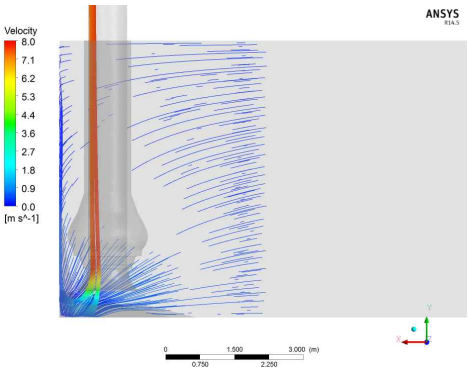
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



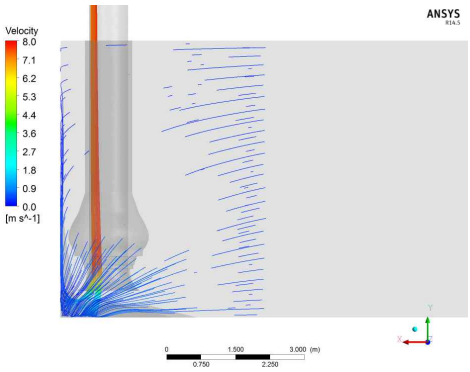
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

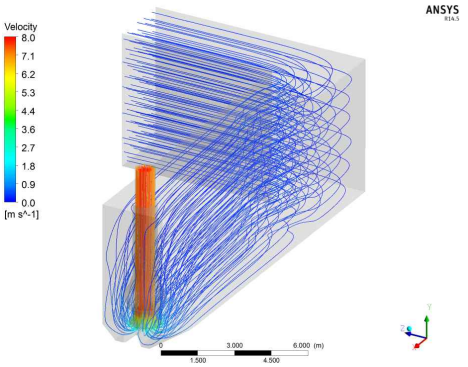
(g)



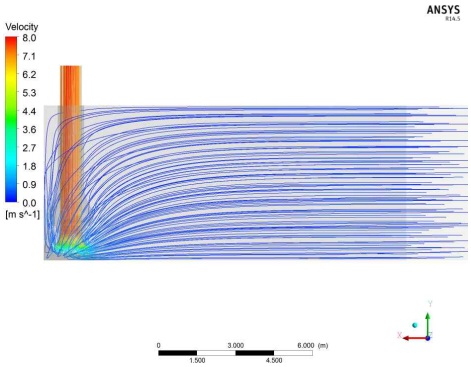
(h)



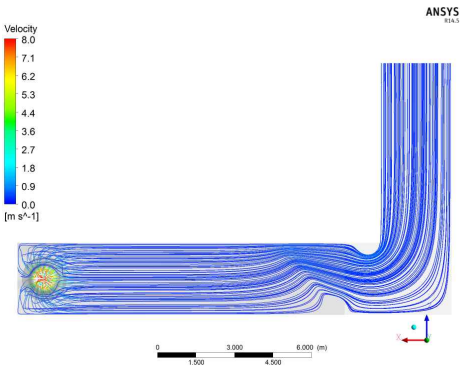
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

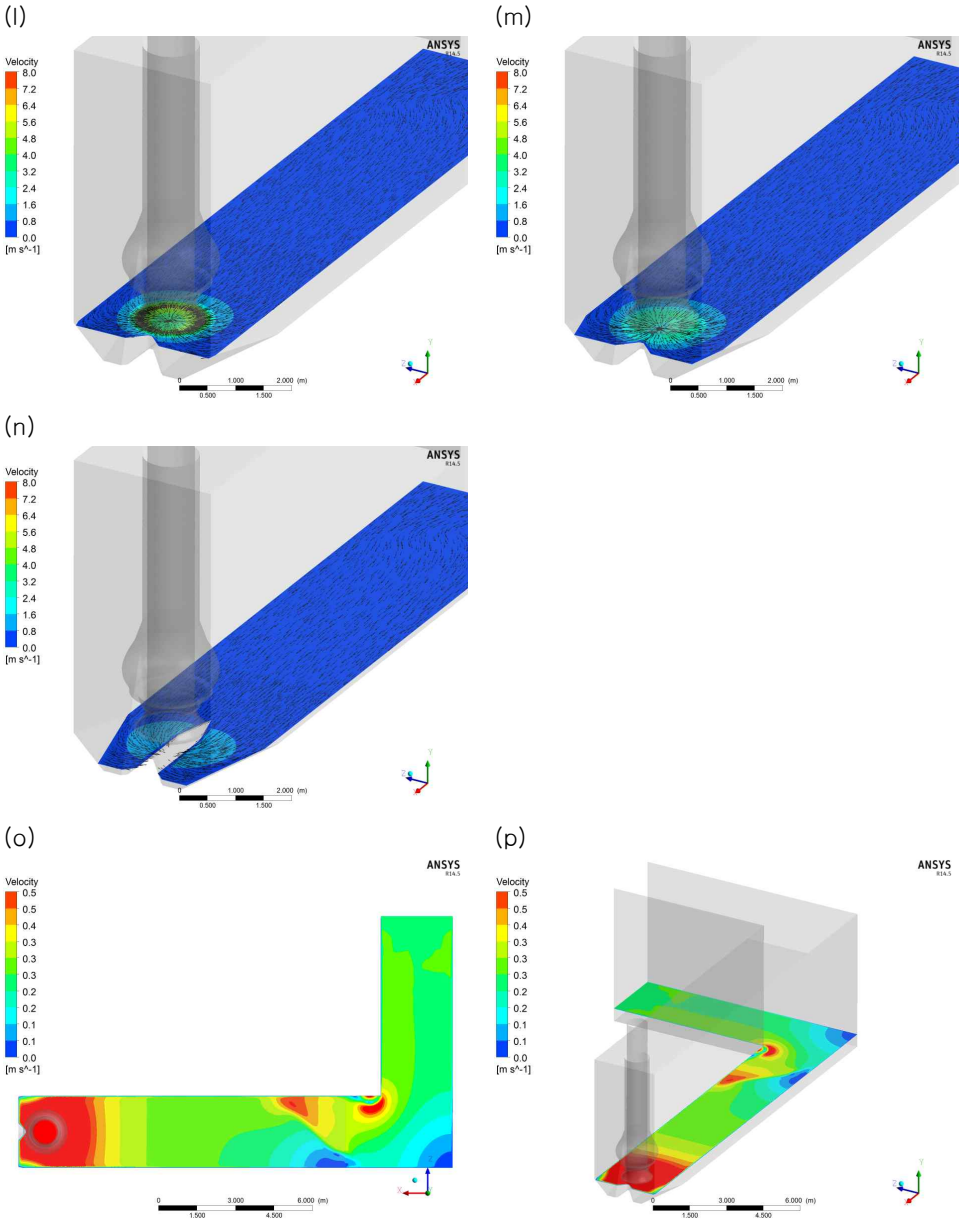


Fig. 25 Result of bend channel type sump(case 3'-full AVD). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

바. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 10% 확대형 모델 해석 결과

Figure 26은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정(흡수정의 길이를 10% 늘린 모델+E타입확장형 AVD 설치, case 4′)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나타나고 있으며, 와류의 형태는 예측되지 않는다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으며, 와류의 형태가 예측되지 않는다,

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 미끄러지듯 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 와류의 형태가 예측되지 않는다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인할 수 있다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

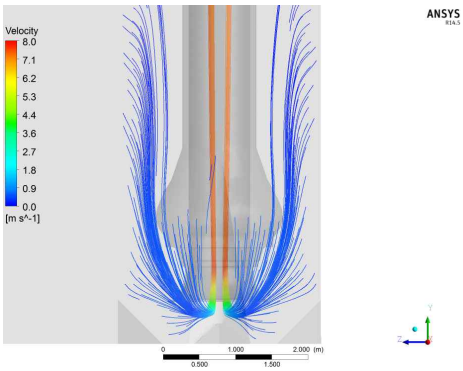
(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되었다고 했다고 보여진다.

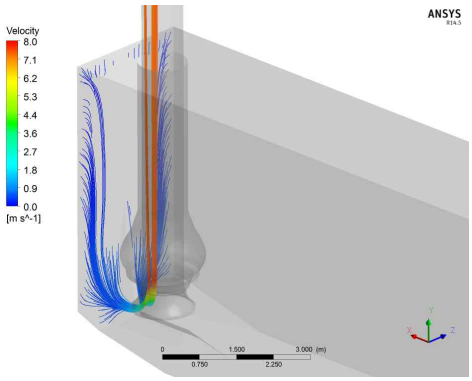
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

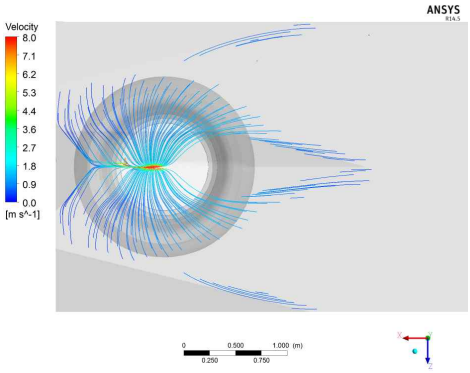
(a)



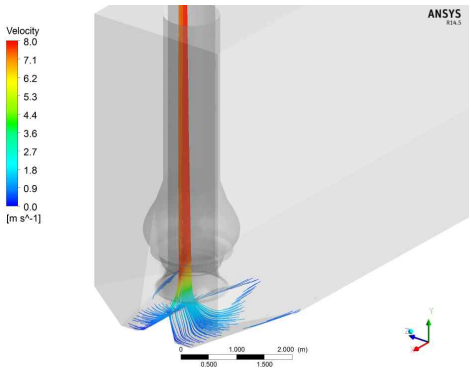
(b)



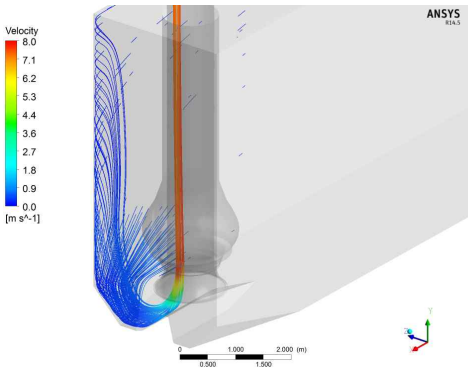
(c)



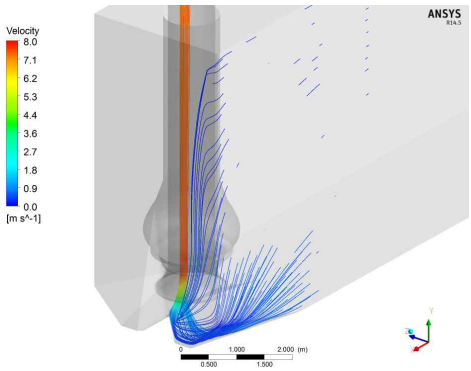
(d)



(e)



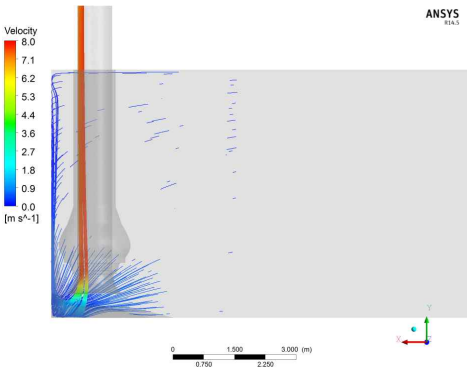
(f)



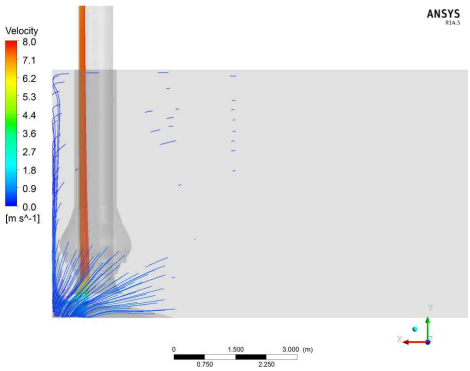
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

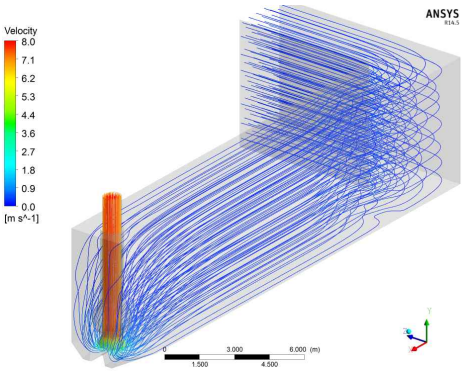
(g)



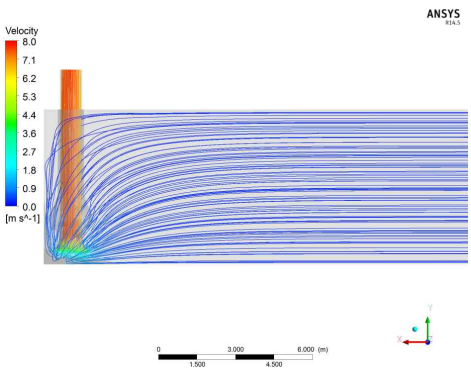
(h)



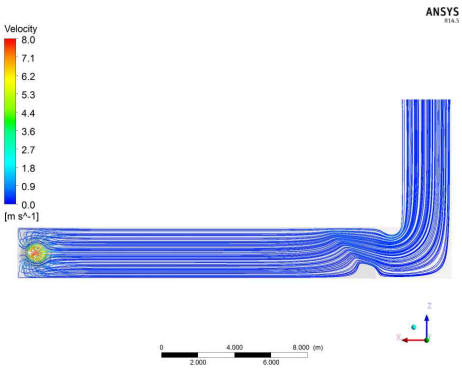
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

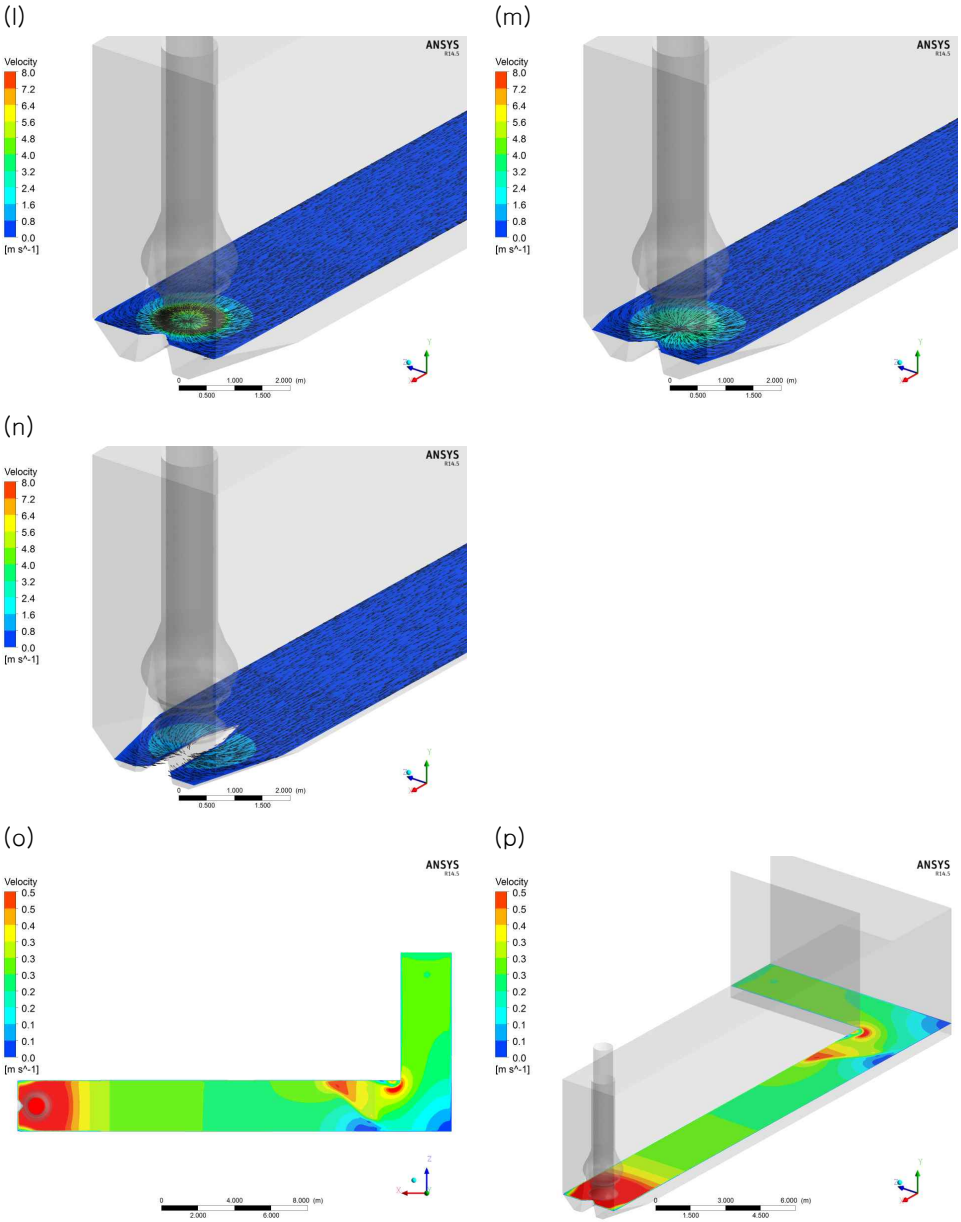


Fig. 26 Result of bend channel type sump(case 4'-full AVD). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

사. 90° 굽힘형 흡수정 In-tank length 20% 확대형 모델 해석 결과

Figure 27은 물의 수의가 최고수위, 유량점은 고유량 일때 굽힘형 흡수정(흡수정의 길이를 20% 늘린 모델+E타입확장형 AVD 설치, case 5′)의 유동해석 결과를 나타낸다.

(a)는 흡수정 뒷벽(Back wall)에서의 유맥선(Streamline)을 흡수정의 뒷면에서 투영(Back view)한 것이다. Back wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나타나고 있으며, 와류의 형태는 예측되지 않는다.

(c)는 흡수정 바닥벽(Bottom wall)에서의 유맥선을 흡수정의 바닥면에서 투영(Bottom view)한 것이다. Bottom wall에서의 Streamline 형태가 좌·우 대칭으로 나왔으며, 와류의 형태가 예측되지 않는다,

(e), (f)는 흡수정 옆벽(Side 1, Side 2 wall)에서의 유맥선을 흡수정의 좌표계를 중심으로 등각하여 투영(ISO view)한 것이다. Side1 wall의 Streamline을 ISO view로 확인하면 흡입관으로 나가는 벡터성분이 옆벽(Side1 Wall)에서 발생하여 뒷벽(Back wall)로 미끄러지듯 빠져나가는 형태를 확인 할 수 있다. 와류의 형태가 예측되지 않는다.

(i), (j), (k)는 흡수정 전체의 유맥선을 나타낸 것으로, 해석결과의 유효성을 확인하기 위한 것이다. 유맥선의 형태를 보았을 때 해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인할 수 있다.

(l), (m), (n)는 흡수정 바닥면(Bottom plane)으로부터 흡입관으로 빨려나가는 벡터성분의 분포를 나타낸다. 흡입관으로 유입될 때 특이사항을 확인하기 위하여 Z평면을 기준으로 하는 평면을 만들어 벡터분포를 확인하였다.

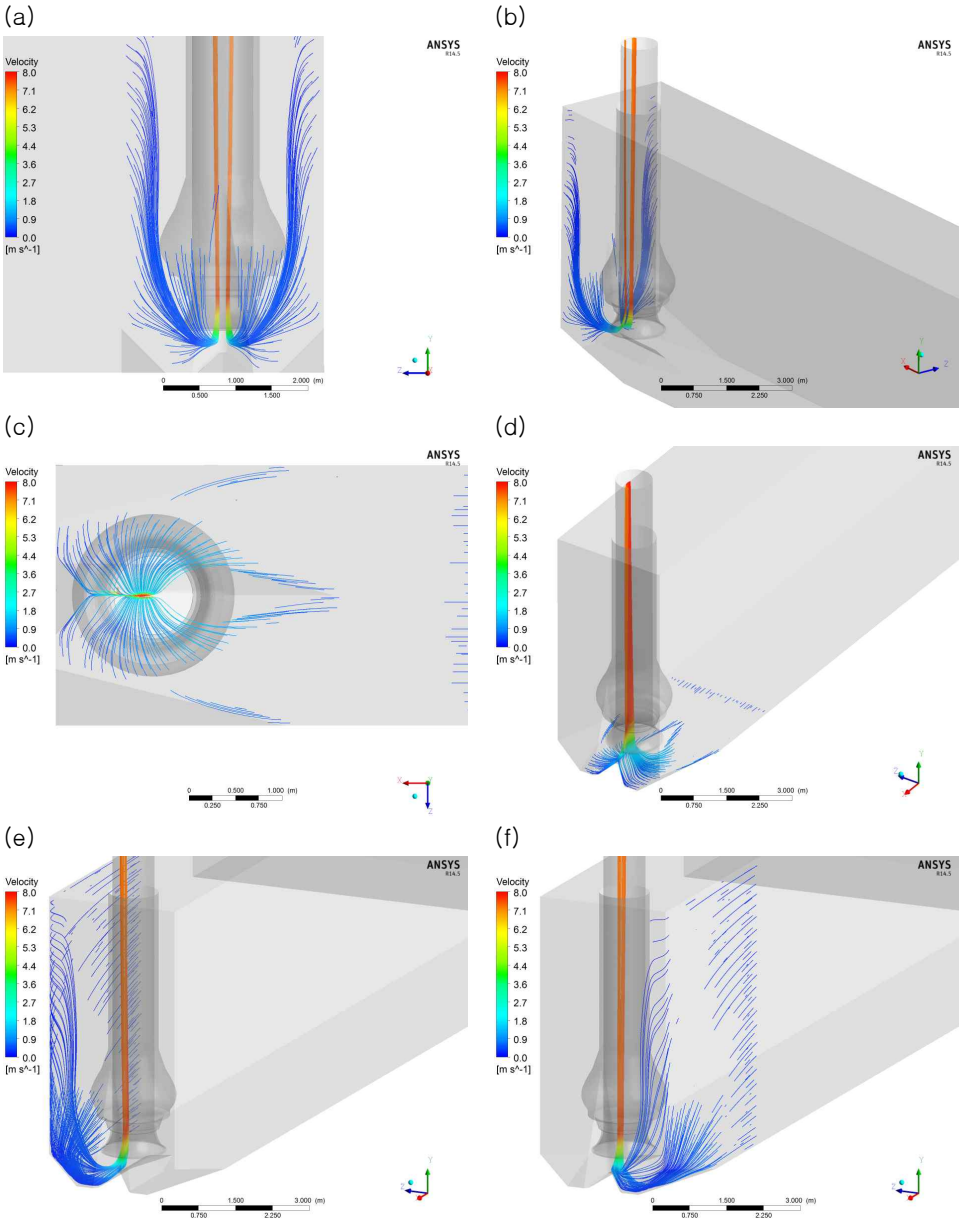
해당 모델의 경우 정상적으로 해석이 된 것을 확인 하였다.

(o), (p)는 흡수정 전체의 유속균일도를 확인하기 위하여 흡수정 바닥면(Bottom plan)에서 흡입관까지 평면을 생성하여 백터성분을 확인 한 것이다.

해당 모델의 경우 굽힘이 발생하는 곳에서 와도가 붉게 나타나는 것을 확인할 수 있으나, 흡입관쪽에서의 와도는 균일하게 나타는 것으로 보아 흡수정의 길이는 완전발달형태의 흐름으로 볼 수 있을 만큼 충분히 확보되었다고 했다고 보여진다.

Collection @ chosun

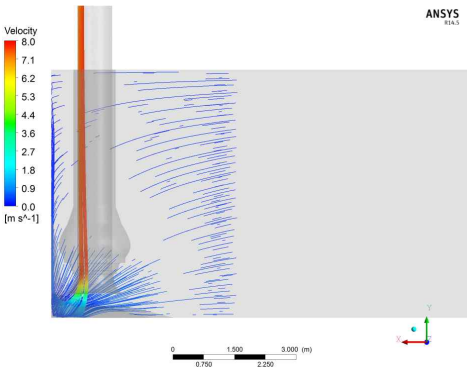
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



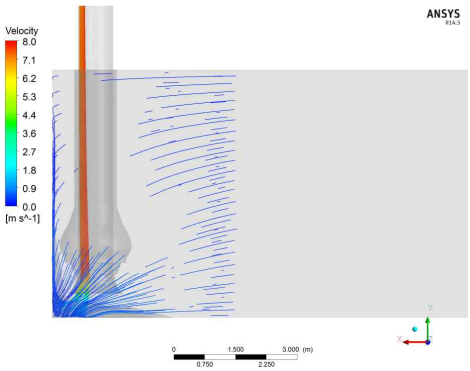
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

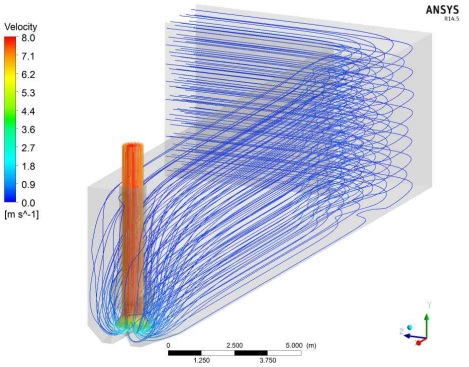
(g)



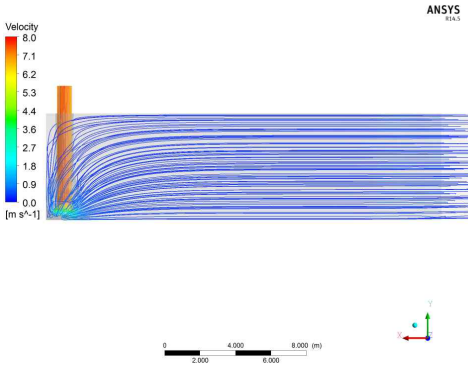
(h)



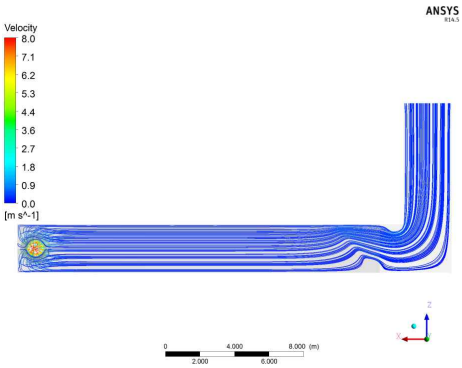
(i)



(j)



(k)



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

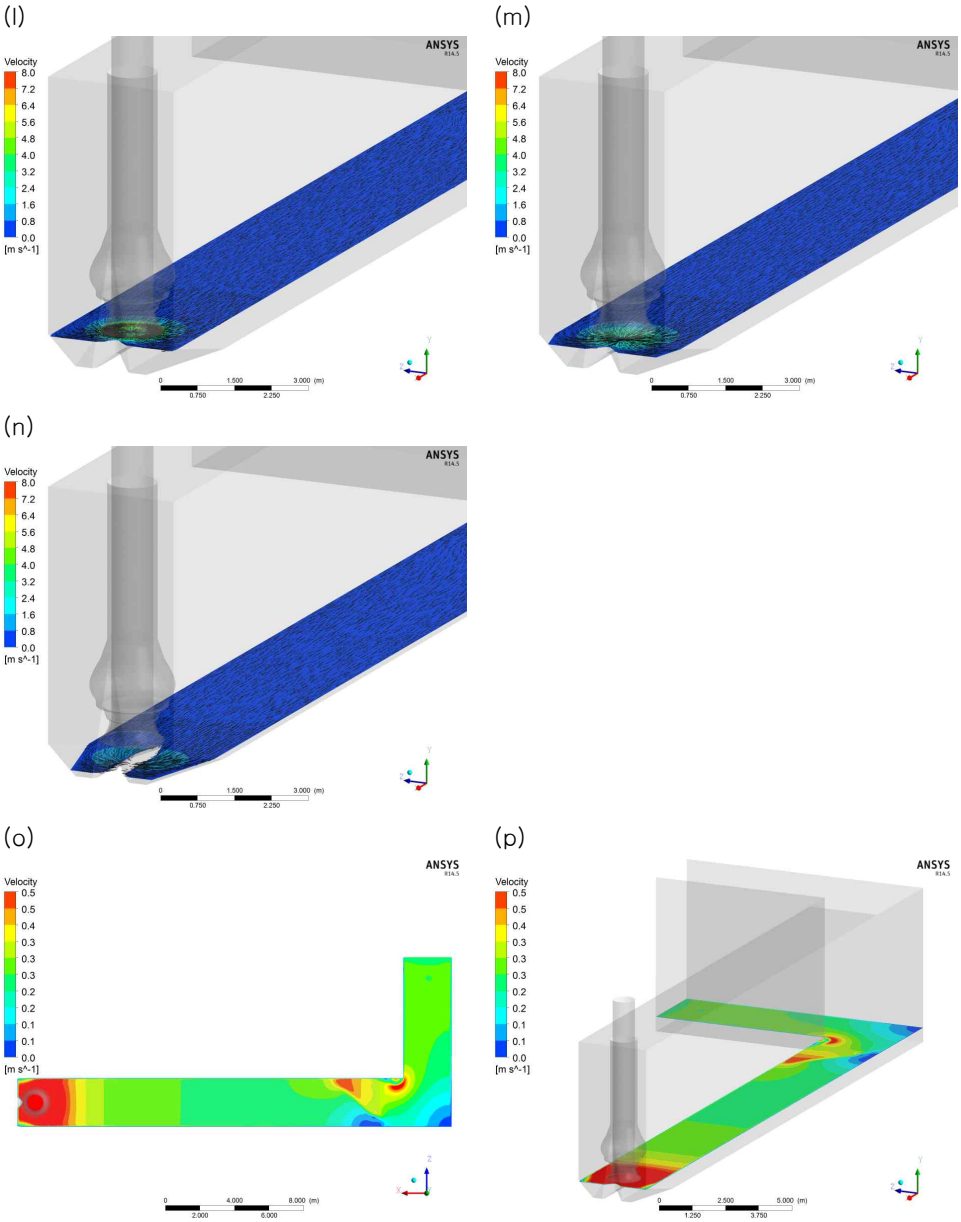


Fig. 27 Result of bend channel type sump(case 5'-full AVD). (a) back wall streamline at back view. (b) back wall streamline at ISO view. (c) bottom wall streamline at bottom view. (d) bottom wall streamline at ISO view. (e) side1 wall streamline at ISO view. (f) side2 wall streamline at ISO view. (g) side1 wall streamline at side view. (h) side2 wall streamline at side view. (i) total streamline at ISO view. (j) total streamline at side view. (k) total streamline at top view. (l) vector contour at Z-X plan(-2.4m) at ISO view. (m) vector contour at Z-X plan(-2.6m) at ISO view. (n) vector contour at Z-X plan(-2.9m) at ISO view. (o) velocity contour at top view. (p) velocity contour at ISO view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 해석결과에 대한 비교

가. NO AVD Case 결과 비교

Fig. 28 Velocity mean distribution at pump section.(with out AVD case)

Figure 28은 와류제어장치가 설치되어있지 않은 Base, Case3, Case5 시험모델의 결과를 비교한 것으로 흡수정의 흡입관의 정중앙을 자른 뒤 길이별로 발생한 속도값을 나타내고 있으며, 흡수정의 길이를 30%줄인 Case3의 경우 흡입관으로 흡입시 속도장의 평균속도값이 base경우와 비교시 10%이상 차이가 발생하고 있음을 확인 할 수 있었다. 이는 흡수정의 길이는 충분히 확보되어야 한다는 흡수정의 설치조건을 만족하는 결과이며, 또한 10%, 20% 흡수정의 길이를 줄인 모델의 경우엔 base 모델과 평균속도가 거의 완벽하게 유사함을 확인 할 수 있었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 29 Velocity mean distribution at in-tank section.(with out AVD case)

Figure 29는 흡수정의 전체 길이에 대하여 정중앙으로 자른 뒤 길이별로 발생한 속도값을 나타내고 있으며, 흡수정의 길이를 30%줄인 Case3의 경우 흡입관으로 흡입되는 속도 값이 길이방향으로 하여금 10% 이동된 것을 확인할 수 있었다.
해석결과, 흡수정의 길이는 속도 균일도의 영향을 미치고 있으나, 충분히 흡입관의 길이를 확보한 Case 4, Case 5는 크게 속도 균일도에 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. Full AVD Case 결과 비교

Fig. 30 Velocity mean distribution at pump section.(with full AVD case)

Figure 30은 와류제어장치가 설치되어 있는 Base, Case3, Case5 시험모델의 결과를 비교한 것이다.

흡수정의 흡입관의 정중앙을 자른 뒤 길이별로 발생한 속도값을 나타내고 있으며, 해석모델에 따라 모두 동일한 속도값을 나타냄을 확인 할 수 있었다. 이를 통해 AVD가 흡수정에서 유동 속도를 균일하게 함을 확인 할 수 있었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 31 Velocity mean distribution at in-tank section.(with full AVD case)

Figure 31은 흡수정의 전체 길이에 대하여 정중앙으로 자른 뒤 길이별로 발생한 속도값을 나타내고 있으며, 흡수정의 길이를 30%줄인 Case3의 경우 흡입관으로 흡입되는 속도 값이 길이방향으로 하여금 3% 이동된 것은 길이를 줄임에 있어 AVD는 와류발생에 영향을 미치는 주요인자이나, 유동 흡입관로가 충분히 확보되지 않으면 AVD가 와류발생을 완벽히 억제할 수 없다는 것을 보여주는 결과 이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제4장 결론

굽힘형 흡수정의 길이변화에 따른 유동균일화 방안에 대하여 CFD 해석을 수행하였고, 결론은 다음과 같다.

1. 굽힘형 흡수정의 기본형상의 고수위, 최고유량의 유동해석결과 흡수정 흡입구 주변 유동에 대하여서 수중와류 및 강한 스월이 발생한다. 와류는 흡입구 주변의 바닥면, 옆벽면에서 발생하여 작동되는 펌프의 흡입구 주변에서 모두 발생한다.

2. 굽힘형 흡수정의 길이를 줄였을 때 나타나는 유속균일도 값은 기본형상에 대하여 10%를 줄였을 때는 기본형상과 동일한 유속균일도 값 "0.92"을 갖으며, 20%에서는 "0.8", 30%에서는 “0.72”로 나타났다. 흡수정의 건설비용의 절감적인 측면에서 볼 때 흡수정의 길이를 10%까지 줄이는 것은 펌프의 성능에 영향을 미치지 않을 것으로 확인된다.

3. 굽힘형 흡수정에 E Type 확장형 와류제어장치(AVD)를 설치한 모델에서 고수위, 최고유량의 유동해석 결과 흡수정 흡입구 주변 유동에 대하여서 수중와류 및 강한 스월이 나타나지 않았다.

4. 굽힘형 흡수정의 길이를 줄이고 E Type 확정형 와류제어장치(AVD)를 설치한 모델에서는 10%를 줄였을때는 기본형상과 동일한 유속균일도 값 “0.93”을 갖으며, 20%에서는 “0.81”, 30%에서는 “0.78”로 나타났다.

5. 굽힘형 흡수정의 흡수정 길이변화에 따른 유동균일화에 대한 CFD 해석 결과, 흡수정의 형상길이에서 HI규격에서 요구하는 길이의 10%를 줄였을 때 펌프의 성능은 동일할 것으로 예상되고 흡수정의 건설비용의 절감적 측면에서 볼 때 고려하여야 할 것으로 생각되나, 수중와류와 강한 스월이 발생하기에 필수적으로 와류제어장치를 설치하여야 할 것으로 판단되어 진다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[참고문헌]

1) 한국수자원공사, “흡수정에서 발생하는 보텍스 현상”, 유체기계저널 제8권, 제2호, pp. 49~52, 2005.
2) CHEN Hong-xun, GUO jia-hong, "Numerical simulation of 3-D turbulent flow in the multi-intakes sump of the pump station", Journal of Hydrodynamics 19(1), ser.B, pp. 42~47, 2005.
3) Jong-Woong Choi, Young-Do Choi, Chang_Goo Kim, Young-Ho Lee, "Flow uniformity in a multi-intake pump sump model", Journal of Mechanical Science and Technology 24(7), pp. 1389~1400, 2010.
4) ANSI/HI 9.8, "American National Standard for Pump Intake Design", Hydraulic Institute, Parsippany, New Jersey, 1998.
5) JSME Standard S004-1984, "Standard Method for Model Testing the Performance of a Pump Sump", The Japan Society of Mechanical Engineers, 1984.
6) TSJ S 002:2005, "Standard Method for Model Testing the Performance of a Pump Sump", The Turbomachinery Society of Japan, March 1,2005.
7) Prosser M.J., "The Hydraulic Design of Pump Sumps and Intakes", BHRI Fluid Engineering Pub, 1980 edition.
8) 한국수자원공사, “Sump관련 국내 및 국제 규격”, 유체기계저널 제8권, 제2호, pp. 53~56, 2005.
9) Ansar, M., Nakato, T. and Constantinescu, G., “Numerical simulations of inviscid three- dimensionalflows at single-and dual-pump intakes”, Journal of Hydraulic Research, Vol. 40, No. 4, 461-470. 2002.
10) Iwano, R., “Onset Condition of Vortex -Induced Gas Entrainment at Free Surface”, Proc. of Japan Society of Mechanical Engineers, No. 930-9, pp. 594-596, 1993.
11) atui, J., Kamemoto, K. and Okamura, Tomoyoshi, “CFD Benchmark and a Model Experiment on the Flow in Pump Sump”, Proc. of 23rd IAHR Symposium-Yokohama, 2006.
12) Nagahara, T., et al., “Measurement of the Flow around the Submerged

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Vortex Cavitation in a Pump Intake by Means of PIV", Proc. Fifth International Symposium on Cavitation (Cav 2003), Cav03-OS-6-011, Osaka, Japan. 2003.

13) Okamura, T. and Kamemoto, K., "CFD Simulation of flow in model pump sumps for detection of vortices", Proc. of 8th Asian International Fluid Machinery Conference, Yichang, China, 2005.

14) Rajendaran, V.P., Constantinescu, G.S. and Patel, V.C., "Experiments on Flow in a Model Water-Pump Intake Sump to Validate a Numerical Model", Proc. of FEDSM'98, ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting, June21-25, Washington, DC, 2005.

15) Shibata, T., Iwano, R., Nagahara, T. and Okamura, T., "A Numerical Method for Predicting the Cavitation Inception of a Submerged Vortex in a Pump Sump", Proc. of 20th IAHR Symp., August 6-9, Charlotte, North Carolina, U.S.A., CFD-G03, 2000.

16) Pradeep, S., Sayantan, G., Prasad, P. G., and Mohan Kumar, M. S., "CFD simulation and experimental validation of a horizontal pump intake system," ISH Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 18, No. 3, pp. 173~185, 2012.

17) Škerlavaj, A., Škerget, L., Ravnik, J., and Lipej, A., "Choice of a Turbulence Model for Pump Intakes," Proceeding of the Institution of Mechanical Engineering Part A: Journal of Power and Energy, Vol. 225, No. 6, pp. 764~778, 2011.

18) Ansar, M., and Nakato, T., "Experimeatal Study of 3D Pump-Intake Flows WITH AVD WITHOUT Cross Flow", Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 127, No. 10, pp. 825~834, 2001.

19) ZHAN, J., WANG, B., and YU, L., "NUMERICAL INVESTIGATION OF FLOW PATTERNS IN DIFFERENT PUMP INTAKE SYSTEMS", Journal of Hydrodynamics Ser. B, Vol. 24, No. 6, pp. 873~882, 2012.

20) HI Centrifugal Pump and Application, 1994

21) 최종웅, 김정환, 남청도, 이영호, "PIV에 의한 흡입수조내 흡입관 주위의유동특성에 관한 연구", 대한기계학회 2001년도 추계학술대회논문집 B, pp.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

563-569, 2001.

22) M. Padmanabhan and G. E. Hecker, “Scale Effects in Pump Sump Models”, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 110, No. 11, pp.1540-1556, 1984.

23) G. S. Constantinescu and V. C. Patel, “Numerical Model for Simulation of Pump-Intank Flow and Vortices”, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 124, No. 2, pp.123-134, 1998.

24) Nagahara T., Sato T. and Okamura T., "Effect of the Submerged Vortex Cavitation Occurred in Pump Suction Intake on Hydraulic Forces of Mixed Flow Pump Impeller", CAV2001: session B8.006, 2001.

25) Ansar M., Nakato T., "Numerical Simulations of Inviscid Three-dimensional Flows at Single- and Dual-pump Intakes", Journal of Hydraulic Research Vol. 40(4), pp. 461~470, 2002.

26) Nagahara T., Sato T. and Okamura T., "Measurement of the Flow around the Submerged Vortex Cavitation in a Pump Intake by Means of PIV", Fifth International Symposium on Cavitation, Cav03-OS-6-011, 2003.

27) Okamura T., Kamemoto K., "CFD Simulation of Flow in Model Pump Sumps for Detection of Vortices", 8th Asian International Fluid Machinery Conference October 12-15, 2005.

28) Isbasoiu E.C., Safta C.A., Muntenan T. and Stanescu P., "Swirling Flows in the Suction Sumps of Vertical Pumps". Theoretical Approach, Workshop on Vortex Dominated Flows-Achievements and Open Problems Timisoara, Romania, June 10-11, 2005.

29) Tokyay T., Constantinescu G., "Investigation of Coherent Structures in Pump Intake Flows by Large Eddy Simulation Model", International Conference on Civil and Environmental Engineering, 2006.

30) Songheng L., Silva J.M., Weber L.J. and Pater V.C., "Three-dimensional Simulation of Flows in Practical Water-pump Intakes", Journal of Hydroinformatics, doi:10.2166, pp. 111~124, 2006.

31) Akihiro Wada, "Flow Structure around the Intake of a Vertical Pump", Journal of Thermal Science Vol. 15(2), pp. 121~125, 2006.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

32) Tomayoshi O., Kyoji K. and Jun M., "CFD Prediction and Model Experiment on Suction Vortex in Pump Sump", The 9th Asian International Conference on Fluid Machinery October 16-19, 2007.

33) Chen H.X., Guo J.H., "Numerical Simulation of 3-D Turbulent Flow in the Multi-intakes Sump of the Pump Station", Journal of Hydrodynamics Ser.B, 19(1), pp. 42~47, 2007.

34) Chen Y.L., Wu C., Ye M. and Ju X.M., "Hydraulic Characteristics of Vertical Vortex at Hydraulic Intakes", Journal of Hydrodynamics Ser.B Vol. 19(2), pp. 143~149, 2007.

35) Shukla S.N., Kshirsagar J.T., "Numerical Prediction of Air Entrainment in Pump Intakes", Proceedings of the twenty-fourth international Pump Users Symposium, pp. 29~33, 2008.

36) Li H.F., Chen H.X., "Experimental and Numerical Investigation of Free Surface Vortex", Journal of Hydrodynamics Vol. 20(4), pp. 485~491, 2008.

37) Inagaki K., Funaki J. and Hirata K., "Experimental Study on Occurrence-Time Ratio Measurements of Air Entrainment in a Suction Sump", The 6th International Symposium on Measurement Techniques for Multiphase Flows, 2009.

38) Rizi A.P., Roozbahani A., Kouchakzadeh S. and Moridnejad A., "Experimental Investigation of Relationship between Sump Flow Pattern and Pumping Engergy Consumption", International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering Ohrid/Macedonia, 1-5 September paper A51, 2009.

39) Bayeul-Laine A.C., Bois G. and Issa A., "Numerical Simulation of Flow Field in Water-pump Sump and Inlet Suction Pipe", 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2010.

40) Kirst K., Hellmann D.H., Kothe B. and Springer P., "Physical Model Investigation of a Compact Waste Water Pumping Station", International Journal of Fluid Machinery and Systems Vol. 3(4), pp.285~291, 2010.

41) Skerlavaj A., Lipej A., Ravnik J. and Skerget L., "Turbulence Model

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Comparison for a Surface Vortex Simulation", 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2010.

42) Shazy A. Shabayek, "Improving Approach Flow Hydraulics at Pump Intakes", International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol. 10(06), pp. 23~31, 2010.

43) Chuang W.L., Hsiao S.C., "Three-dimensional Numerical Simulation of Intake Model with Cross Flow", Journal of Hydrodynamics, Ser. B, Vol. 23(3), pp. 314~324, 2011.

44) Lu W., Zhu H., Zhane R. and Yao L., "Hydraulic Performance Analysis and Model Test of a Sump Shared by Two Pumps in a Column", Seventh International Conference on Natural Computation, pp. 2108~2111, 2011.

45) Choi J.W., ChoiY.D., Kim C.G. and Lee Y.H., "Flow Uniformity in a Multi-intake Pump Sump Model", Journal of Mechanical Science and Technology 24(7), pp. 1389~1400, 2010.

Collection @ chosun