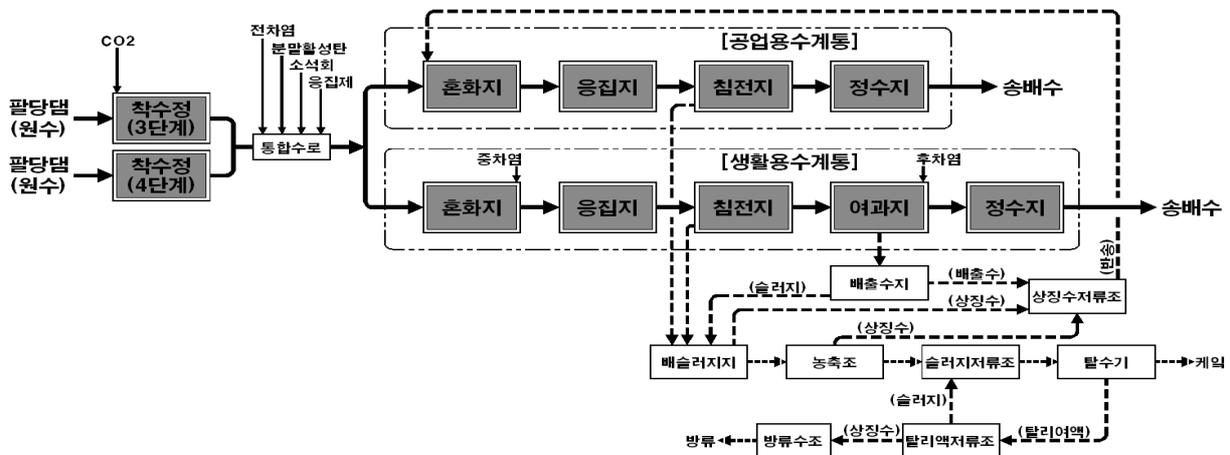


## 2.3 기계분야

### 2.3.1 안산정수장

#### 가. 시설개요

안산정수장은 정수시설용량 143,000m<sup>3</sup>/일로서 생활용수계통(83,000m<sup>3</sup>/일)과 공업용수계통(60,000m<sup>3</sup>/일)으로 구분되어 있으며, 취수원은 팔당댐(수도권광역상수도 3, 4단계 계통)에서 공급받아 원수로 사용하고 있다. 3단계 원수는 공업용수 생산용으로, 4단계 원수는 생활용수 생산용으로 사용하도록 구성되어 있으나, 현재는 3단계 원수만으로 생활용수와 공업용수를 생산하고 있다. 정수처리과정으로 생활용수계통은 혼화, 응집, 침전, 여과, 소독시설로, 공업용수계통은 혼화, 응집, 침전시설로 구성되어 있고, 배출수처리시설은 배출수지, 배슬러지지, 농축조, 탈수설비 등으로 구성되어 있다. 시설계통은 다음과 같다.



<그림 5.2-44> 시설계통도

#### 1) 시설물 현황

구분		지규격	수량	비고
착수정	광역 3단계	W4.5m×L7.7m×H4.5m	1 지	
	광역 4단계	W4.5m×L8.0m×H4.5m	1 지	
혼화지	생활용수계통	W4.5m×L4.5m×H3.8m	1 지	
	공업용수계통	W3.8m×L3.8m×H3.8m	2 지	
응집지	생활용수계통	W10.6m×L10.5m×H3.5m	3 지	#5, #6, #7
		W8.5m×L10.5m×H3.5m	1 지	#1
	공업용수계통	W9.6m×L10.5m×H3.5m	3 지	#2, #3, #4

## 제5장 | 시설개량계획

구 분		지 규 격	수 량	비 고
침 전 지	생활용수계통	W13.0m×L55.0m×H4.1m	3 지	#5, #6, #7
	공업용수계통	W11.0m×L55.0m×H4.1m	1 지	#1
		W12.0m×L55.0m×H4.1m	3 지	#2, #3, #4
여 과 지		W10.6m×L10.6m = 112.4m <sup>2</sup>	6 지	
정 수 지	생활용수계통	W26.6m×L31.1m×H5.5m	2 지	
	공업용수계통	W26.6m×L35.0m×H4.5m	2 지	
배출수지		W10.0m×L20.0m×H3.8m	2 지	
배슬러지지		W7.8m×L25.2m×H3.85m	2 지	
농축조		D21.0m×H3.5m	2 지	
상징수 저류조		W7.0m×L12.0m×H3.5m	1 지	
탈리액 저류조		D10.0m×H3.5m	1 지	

### 2) 정수장 운영현황

공정별 각 설비의 용량 평가의 기준이 되는 유량은 최근 3년간(2006년1월 ~ 2008년12월)운영되어 실측된 유량을 조사하였다. 2006년 ~ 2008년 동안의 최대원수량은 139,700m<sup>3</sup>/일로 시설용량 143,000m<sup>3</sup>/일 이내에서 운전되었다. 생활용수계통의 평균 정수량은 48,237m<sup>3</sup>/일로 시설용량 83,000m<sup>3</sup>/일 기준으로 평균가동율 58.1%이고, 공업용수계통의 평균 정수량은 51,020m<sup>3</sup>/일로 시설용량 60,000m<sup>3</sup>/일 기준으로 평균가동율 85.0%로 나타났다. 공업용수 침두유량은 79,510m<sup>3</sup>/일로 시설용량(60,000m<sup>3</sup>/일)을 초과하여 운영되고 있어 당초 생활용수계통으로 증설된 응집침전지 #1지를 공업용수계통으로 전환하여 운영하고 있다. 기존설비의 용량검토는 운영유량(실적유량)을 적용하고, 계획설비 용량은 시설계획유량을 적용하는 것으로 하며, 평균유량은 시설계획유량의 80%, 최소유량은 시설계획유량의 50%를 생산하는 것으로 하였다. 각 설비의 용량은 아래 유량을 기준으로 검토하였다.

<표 5.2-58>

원수 및 정수량 현황(2006.1~2008.12)

구분		시설용량	평균유량	첨두유량
원수량 <sup>1)</sup> (m <sup>3</sup> /일)	합계	151,150 <sup>2)</sup>	99,947	139,700 <sup>3)</sup>
	생활용수	87,150 <sup>2)</sup>	-	-
	공업용수	63,000 <sup>2)</sup>	-	-
정수량(m <sup>3</sup> /일)	합계	143,000	99,257	138,360 <sup>4)</sup>
	생활용수	83,000	48,237	68,200 <sup>5)</sup>
	공업용수	60,000	51,020	79,510 <sup>6)</sup>

주 1) 원수량은 생활용수(83,000m<sup>3</sup>/일)와 공업용수(60,000m<sup>3</sup>/일) 합산 값임

2) 원수량은 시설용량(143,000m<sup>3</sup>/일)에 5% 여유를 가산한 설계유량(150,150m<sup>3</sup>/일)임

3) 최대 원수량 발생일 : 2007년 8월 28일 4) 최대 정수량 발생일 : 2007년 8월 24일

5) 생활용수 최대 정수량 발생일 : 2006년 9월 3일 6) 공업용수 최대 정수량 발생일 : 2007년 8월 29일

3) 주요기기목록

○ 착수정 및 혼화설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
(공업)	착수정 유입밸브	전동 2상식 수평형 BFV D1,100	2006.12 삼진정밀	2.2	1	Act.:모건코리아 (2006.7)
	착수정 바이패스밸브	전동 2상식 수평형 BFV D1,100	2006.12 삼진정밀	2.2	1	Act.:모건코리아 (2006.7)
	착수정 유출밸브	전동 2상식 수평형 BFV D1,100		2.2	1	Act.:모건코리아 (2006.7)
	상징수 유입밸브	수동 1상식 BFV D500		-	1	
	혼화지 유입밸브	전동 2상식 수평형 BFV D800	서광	2.2	2	Act.:서광
	혼화기	수직터빈형(VFD) 28rpm, 감속비 43:1	1996.6	7.5 6P	2	(사용안함)
(생활)	착수정 유입밸브	전동 2상식 수평형 BFV D1,000	1992	0.55	1	Act.:Bernard
	착수정 바이패스밸브	전동 2상식 수평형 BFV D1,000	1992	0.66	1	Act.:Bernard
	착수정 유출밸브	전동 2상식 수평형 BFV D1,000	1992	0.66	1	Act.:Bernard
	상징수 유입밸브	수동 1상식 BFV D500		-	1	
	혼화지 유입밸브	전동 2상식 수평형 BFV D1,000	2007.3 삼진정밀	2.2	1	Act.:모건코리아 (2004.12)
	혼화기	수직터빈형(VFD) 28rpm, 감속비 43:1	1996.6	7.5 6P	1	(사용안함)
(통합)	응집제 순간혼화기	수중형 순간혼화기(VFD) 현장조작반, 인양장치 1조	동방수기	11	2(1)	예비(미설치)



# 제5장 | 시설개량계획

## ○ 약품주입설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
	PAC Day Tank	수직 원통형 PE 탱크 2m³		-	2(1)	
	PAHCS DayTank	수직 원통형 PE 탱크 2m³		-	1	
	응집제 주입설비	제어밸브 : 전동 볼밸브 25A		0.1	2	
유량계 : 전자식 유량계 6A			-	2		
현장조작반 : STS304 비례제어 자동제어반			-	1면		
	소석회 투입설비	용적형 Screw Feeder(VFD) Feeder : kg/h Agitator/Vibrator		0.75 0.4×2	1	
	활성탄 투입설비	용적형 Screw Feeder(VFD) Feeder : kg/h Agitator/Vibrator		0.75 0.4×2	1	
	분체약품 자동제어반	현장조작반 : STS304 소석회/활성탄 자동제어반			1면	
	원수 샘플링펌프	자흡식 자동펌프 40L/min×12mH	2005.9 Wilo	0.6	2	PW-600M
	약품 호이스트	Monorail Hoist(Chain) 0.5Ton	2001.10 극동			(약품실 2층)
(불소)	불소저장탱크	수직 원통형 PE 탱크 15m³	1999.12 남경	-	2	(옥외)
	불소 Day Tank	수직 원통형 PE 탱크 1m³		-	2	(약품실)
	불소 주입설비	다이아프램 정량펌프(VFD) 1.0L/min×7kgf/cm²	동일MT	0.37	2(1)	
유량계 : 전자식 유량계 2.5A			-	1		
현장조작반 : SS400 비례제어 자동제어반			-	1면		
(CO2)	이산화탄소 주입설비	저장탱크:수직원통형 압력탱크식 4.9Ton×설계압력 2.3MPa	2009.6 동방수기	-	1	
기화기 : 전열 온수식(150kg/hr)		15		1		
제어밸브:V-Cone Type(STS304) 25A		-		1		
유량계:질량유량계(열감지식) 25A		-		1		
용해장치:관입형 금속분사식 수중형 순간혼화기, 인양장치 1조		19		1		
pH 콘트롤러:PLUG&PLAY 방식 1점식		-		2		
현장제어반 : 이중 밀폐 자립형 PLC, 터치스크린 내장		-		1식		

○ 응집 및 침전지설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
(공업)	응집지 유입밸브	전동 2상식 수평형 BFV D500		0.75	4	Act.:모건코리아 (2006.5)
	1단 응집기	수평 패들형(VFD) Impeller D3,100(#1) Impeller D3,000(#2, #3, #4)		3.7 4P	4	감속비 187:1
	2단 응집기	수평 패들형(VFD) Impeller D3,100(#1) Impeller D3,000(#2, #3, #4)		1.5 4P	4	감속비 209:1
	3단 응집기	수평 패들형(VFD) Impeller D3,100(#1) Impeller D3,000(#2, #3, #4)		0.75 4P	4	감속비 319:1
	침전슬러지 인발밸브	전동 2상식 제수밸브 D200	2001	0.75	16	Act.:모건코리아 (2001.7)
	침전지 슬러지수집기	수중대차형 2수로1구동, 0.2~0.8m/min		1.5	4	
(생활)	응집지 유입밸브	전동 2상식 수평형 BFV D600		0.75	3	Act.:모건코리아 (2006.5)
	1단 응집기	수평 패들형(VFD) Impeller D3,000		3.7 4P	3	감속비 187:1
	2단 응집기	수평 패들형(VFD) Impeller D3,000		1.5 4P	3	감속비 209:1
	3단 응집기	수평 패들형(VFD) Impeller D3,000		0.75 4P	3	감속비 319:1
	침전슬러지 인발밸브	전동 2상식 제수밸브 D200	2001	0.75	12	Act.:모건코리아 (2001.7)
	침전지 슬러지수집기	수중대차형 2수로1구동, 0.2~0.8m/min		1.5	3	감속비 1479:1

○ 여과지설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
(생활)	주유입밸브	수동 1상식 수평형 BFV D1,200		-	1	
	유입유량 조절밸브	전동 2상식 수평형 BFV D1,100		2.2	1	Act.:모건코리아 (2004.12)
	유입밸브	전동 2상식 수평형 BFV D600	2004.8 삼진정밀	0.75	6	Act.:모건코리아 (2004.8)



# 제5장 | 시설개량계획

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
	표세밸브	전동 2상식 수평형 BFV D500	1990.4 동아밸브	0.44	6	Act.:모건코리아 (2004.8)
	역세 유입주밸브	전동 1상식 수평형 BFV D700	1990.4 동아밸브	0.44	1	Act.:Bernard
	역세밸브	전동 1상식 수평형 BFV D700	1990.4 동아밸브	0.44	6	Act.:Bernard
	역세 유출주밸브	전동 1상식 수평형 BFV D700	1990.4 동아밸브	0.44	1	Act.:Bernard
	정수 유출밸브	전동 2상식 수평형 BFV D400	1990.4 동아밸브	0.44	6	Act.:Bernard
	퇴수밸브	전동 2상식 수평형 BFV D700	2004.8 삼진정밀	0.75	6	Act.:모건코리아 (2004.8)
	역세수 이송펌프	수평축 양흡입 벌루트펌프 200/150A×4.5m <sup>3</sup> /,min×12mH	1992.5 효성에바라	15 6P	2(1)	
	역세수이송펌프 유출밸브	전동 1상식 수평형 BFV D300	1990.4 동양밸브	0.44	2(1)	Act.:Bernard
	표세펌프	수평축 다단 원심펌프 350/300A×16.85m <sup>3</sup> /,min×26mH	1992.2 효성에바라	150 6P	2(1)	
	표세펌프 유입밸브	전동 1상식 수평형 BFV D400	1990.4 동양밸브	0.44 0.75	1 1	Act.:Bernard Act.:모건코리아
	표세펌프 유출밸브	전동 1상식 수평형 BFV D400	1990.4 동양밸브	0.44 0.75	1 1	Act.:Bernard Act.:모건코리아
	역세수조 유입밸브	수동 1상식 수평형 BFV D300		-	2	
	역세수조 유출밸브	수동 1상식 수평형 BFV D700		-	2	
	불소 희석수펌프	자흡식 자동펌프 40L/,min×28mH	2006.5 Wilo	0.6	2	PW-600M
	차염 급수펌프	수평축 다단 원심펌프 0.04m <sup>3</sup> /,min×40mH	2007.2 효성에바라	2.2	2	HTM32/5
	바닥배수펌프	자립식 수중모터펌프 50A			1	
	유지관리용 호이스트	Monorail Hoist 3Ton	반도	2.8/0.5	1	(지하층)
	반출입용 호이스트	Monorail Hoist 3Ton	반도	2.8/0.5	1	(지하층)

○ 정수지설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
(공업)	정수지 유입밸브	수동 1상식 수평형 BFV D600		-	2	
	정수지 유출밸브	전동 2상식 수평형 BFV D600, 조작반 일체형		0.75	2	Act.:모건코리아 (2006.5)
	정수지 드레인밸브	수동 1상식 제수밸브 D250		-	2	
(생활)	정수지 유입밸브	수동 1상식 수평형 BFV D800		-	2	
	정수지 유출밸브	전동 2상식 수평형 BFV D800	2007.3 삼진정밀	3.0	2	Act.:Auma
	정수지 드레인밸브	수동 1상식 제수밸브 D400		-	2	

○ 소독설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
	소금저장탱크	수직형 원통형 FRP 탱크 60m <sup>3</sup> , 보온	2007.4 동방수기	-	1	(옥외)
	소금반입용 호이스트	전동 모노레일 호이스트 2Ton	2007.4 LK		1	(옥외)
	차염저장탱크	수직형 원통형 PE 탱크 50m <sup>3</sup> , 보온	2007.4 동방수기	-	2	(옥외)
	차염발생기	비격막식 전기분해식 150kg/d, 정류기 포함	2007.4 동방수기	32.4	3	
	연수기	이온 교환식 연수기	2007.4 동방수기	-	-	
	염수펌프	다이아프램 정량펌프 90L/hr×5.5Bar	2007.2 OBL	0.2	3	
	전처리 차염주입펌프	다이아프램 정량펌프(VFD) 1,080L/hr×3.0Bar	2007.4 OBL	0.75	1	
		유량계 : 전자식 10A	2007.1 BADGER	-	1	
	중처리 차염주입펌프	다이아프램 정량펌프(VFD) 515L/hr×5.0Bar	2007.2 OBL	0.37	1	
		유량계 : 전자식 10A	2007.1 BADGER	-	1	
	후처리 차염주입펌프	다이아프램 정량펌프(VFD) 515L/hr×5.0Bar	2007.2 OBL	0.37	1	
		유량계 : 전자식 10A	2007.1 BADGER	-	1	

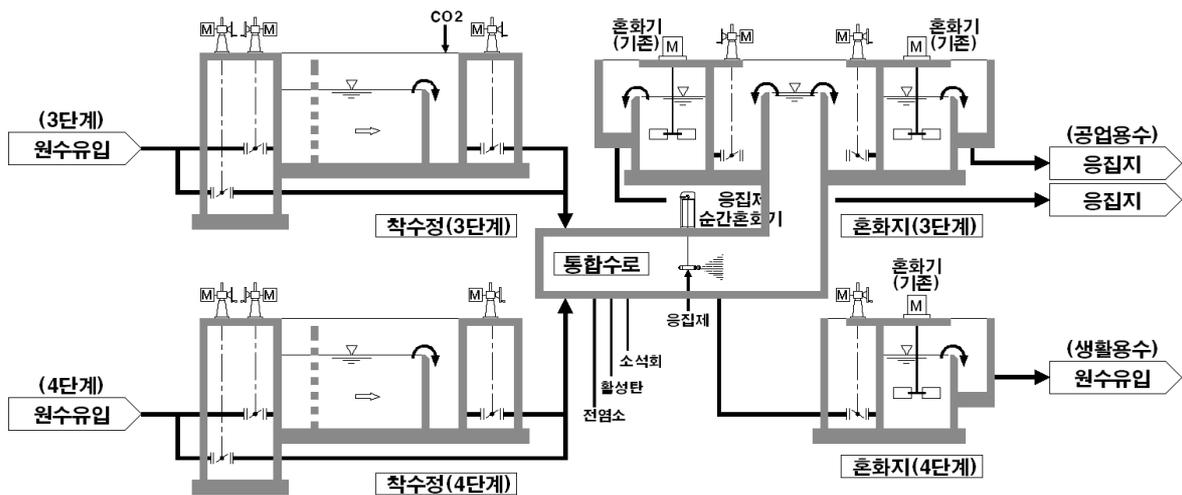
# 제5장 | 시설개량계획

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
	소금저장탱크	수직형 원통형 FRP 탱크 60m³, 보온	2007.4 동방수기	-	1	(옥외)
	소금반입용 호이스트	전동 모노레일 호이스트 2Ton	2007.4 LK		1	(옥외)
	차염저장탱크	수직형 원통형 PE 탱크 50m³, 보온	2007.4 동방수기	-	2	(옥외)
	차염발생기	비격막식 전기분해식 150kg/d, 정류기 포함	2007.4 동방수기	32.4	3	
	연수기	이온 교환식 연수기	2007.4 동방수기	-	-	
	염수펌프	다이아프램 정량펌프 90L/hr×5.5Bar	2007.2 OBL	0.2	3	
	전처리 차염주입펌프	다이아프램 정량펌프(VFD) 1,080L/hr×3.0Bar	2007.4 OBL	0.75	1	
		유량계 : 전자식 10A	2007.1 BADGER	-	1	
	중처리 차염주입펌프	다이아프램 정량펌프(VFD) 515L/hr×5.0Bar	2007.2 OBL	0.37	1	
		유량계 : 전자식 10A	2007.1 BADGER	-	1	
	후처리 차염주입펌프	다이아프램 정량펌프(VFD) 515L/hr×5.0Bar	2007.2 OBL	0.37	1	
		유량계 : 전자식 10A	2007.1 BADGER	-	1	
	예비용 차염주입펌프	다이아프램 정량펌프(VFD) 1,080L/hr×3.0Bar	2007.4 OBL	0.75	1	
		유량계 : 전자식 10A	2007.1 BADGER	-	1	
	차염설비 제어반	현장조작반 : STS304 비례제어 자동제어반 2면	2007.4 동방수기	-	1식	
	전차염 혼화기	수중형 순간혼화기 현장조작반, 인양장치 1조	동방수기	3.7	1	(착수정유출부)
	중차염 혼화기	수중형 순간혼화기 현장조작반, 인양장치 1조	동방수기	7.5	1	(혼화지)
	후차염 혼화기	수중형 순간혼화기 현장조작반, 인양장치 1조	동방수기	3.7	1	(여과지유출부)
	차염투입실 호이스트	전동 모노레일 호이스트 2Ton	1992.2 반도호이스트	1.8/0.5	1	

## 나. 착수정 및 혼화설비

### 1) 설비개요

안산정수장은 팔당댐에서 도수되는 수도권광역상수도 3, 4단계 계통의 취수원을 원수로 하고 있으며, 원수는 D1,100mm와 D1,000mm 관로로 정수장내의 3, 4단계 착수정으로 각각 유입된다. 착수정으로 유입된 원수는 통합수로로 거쳐 생활용수계통 혼화지와 공업용수계통 혼화지로 분리되어 유입된다. 현재는 3단계 원수만으로 생활용수와 공업용수를 생산하고 있다. 약품혼화방식은 정수장 준공시에는 수직터빈형 혼화기를 혼화지에 설치하여 운전하였으나 현재는 통합수로에 순간혼화기(Water Champ)를 설치하여 운영하고 있으므로 기존의 수직터빈형 혼화기는 사용하지 않고 있다. 응집제로는 PACl, PAHCS, PACS를 사용하고 있으며, 착수정 유입부에는 전염소를 주입하고 있다. 또한 높은 pH에 대응하기 위하여 2009년 6월에 이산화탄소 주입설비를 추가 설치하였다. 설비 계통은 다음과 같다.



<그림 5.2-45> 혼화설비 계통도



3, 4단계 착수정



혼화지



기존혼화기(수직터빈형)

<그림 5.2-46> 설치현황

## 2) 혼화설비

### ○ 운전현황

응집제의 혼화를 위한 혼화기는 기계식 수직터빈(Turbine)형으로서 생활용수계통과 공업용수계통 혼화지에 각각 1대와 2대씩 설치되어 있으나 현재는 사용하지 않고, 착수정 후단 통합수로에 순간혼화기(Water Champ)를 1대를 설치하여 응집제를 원수에 순간 혼화하고 있다. 순간 혼화기는 상시 연속 가동하며, 회전수제어를 할 수 있도록 인버터 설비가 구성되어 있으나, 회전수의 가감없이 최대속도로 운전하고 있다.

### ○ 혼화기 운전성능(G-Valve) 검토

순간혼화기는 1대를 통합수로에 설치하여 운영중에 있으며, 순간혼화기의 소요동력을 토대로 운전성능을 검토하기로 한다

구 분	응집제 순간혼화기	비 고
형 식	수중형 순간혼화기(Water Champ)	
회전속도	3450rpm	
전 동 기	11kW(2P)	
운전방식	인버터(Inverter)제어	
제작자	동방수기	
수 량	2 대(1대 설치, 1대 보관)	

- 검토조건

처리용량(Q) : 150,150m<sup>3</sup>/일("원수 및 정수량 현황" 중 시설용량 기준)

99,947m<sup>3</sup>/일("원수 및 정수량 현황" 중 운영 평균유량 기준)

혼화체적(V) : 1.74m<sup>3</sup>(원수량 1.74m<sup>3</sup>/sec 의 1초 체류시간 체적) ⇒ 시설용량

1.16m<sup>3</sup>(원수량 1.16m<sup>3</sup>/sec 의 1초 체류시간 체적) ⇒ 운영  
평균유량

운전대수(N) : 1대

- 순간혼화기 운전동력 산출

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta \times 10^{-3}$$

여기서, V : 전압(V) ⇒ 현장조사(2009.2.24) 당시 제어반의 전압계 지시값

I : 전류(A) ⇒ 현장조사(2009.2.24) 당시 제어반의 전류계 지시값

cosθ : 역율 ⇒ 제작사 모터사양서 인용

$$P_s = 1.732 \times 378V \times 17.4A \times 0.849 \times 10^{-3} = 9.7kW$$

- 수온별 혼화기 최대운전성능

순간혼화기의 소요동력을 바탕으로 발생 가능한 혼화강도(G)를 산출하면

$$G = \sqrt{\frac{1,000 \times P_s}{\mu \times V}} \text{ (sec}^{-1}\text{)}$$

여기서, P<sub>s</sub> : 소요동력(Kw)

μ : 수온에서 점성계수 (N.s/m<sup>2</sup>)

V : 혼화체적 (m<sup>3</sup>)

수온 T(°C)	점성계수 μ(N.s/m <sup>2</sup> )	물의밀도 ρ(kg/m <sup>3</sup> )	축동력 Ps(Kw)	혼화강도G(sec <sup>-1</sup> )	
				시설용량	운영 평균유량
0	0.00183	999.9	9.7	1,744	2,137
5	0.00155	1000	9.7	1,895	2,322
10	0.001336	999.7	9.7	2,041	2,502
15	0.00117	999.1	9.7	2,181	2,673
20	0.001009	998.2	9.7	2,349	2,879
25	0.000913	997.1	9.7	2,469	3,026
30	0.000816	995.7	9.7	2,612	3,201



# 제5장 | 시설개량계획

위의 운전성능에서와 같이 시설용량을 기준하여 혼화강도는 수온(0~30℃)에 따라 1,744~2,612(sec<sup>-1</sup>)로 비교적 높은 혼화강도를 유지하고 있다. 참고로 혼화강도 기준을 나타내면 다음과 같다.

<표 5.2-59> 혼화강도 기준

구 분	혼화시간 t(sec)	혼화강도 G(sec <sup>-1</sup> )	비 고
AWWA	20 ~ 60	300 ~ 1,000	
S. Kawamura	10 ~ 30	300	기계식
	1 ~ 2	Gt 400~1,600, G=750(평균)	적정혼화
R.L Sanks		700	"

## 다. 약품주입설비

### 1) 설비개요

응집제는 원수의 성상에 따라 PACl(17%), PAHCS(12.5%), PACS(17%)를 선택하여 사용하고 있으며, 유량비례로 응집제용 순간혼화기(Water Champ)에 자동주입되어 원수에 순간혼화를 실시하고 있다. 응집제주입설비는 Control Valve+전자식유량계를 사용하고 있으며 Control Valve의 개도조정으로 주입량을 제어하고 있다. 분체약품설비로는 분말활성탄투입설비와 소석회투입설비가 있으나 최근 3년간 주입 이력이 없는 것으로 조사되었다. 최근 2009년 6월에는 높은 pH에 대응하기 위하여 이산화탄소주입설비를 추가 설치하였다.

구 분	액체약품	분체약품	
	응집제주입설비	분말활성탄(PAC)	소석회
약품저장/충전	옥외 : 액상저장조 옥내 : Day Tank	포대로 저장, 인력 충전 (집진기 설치)	포대로 저장, 인력 충전 (집진기 설치)
약품공급	Control Valve(전동볼밸브)	Screw Feeder	Screw Feeder
용해방식	-	용해조내 교반 용해	용해조내 교반 용해
주입량 제어	Control Valve+유량계 (밸브 개도제어)	Screw Feeder (Inverter 제어)	Screw Feeder (Inverter 제어)
용액주입	순간혼화기 진공	자연유하이송 주입	자연유하이송 주입
주입지점	착수정 후단(통합수로)	착수정 후단(통합수로)	착수정 후단(통합수로)



응집제 주입설비



활성탄투입기



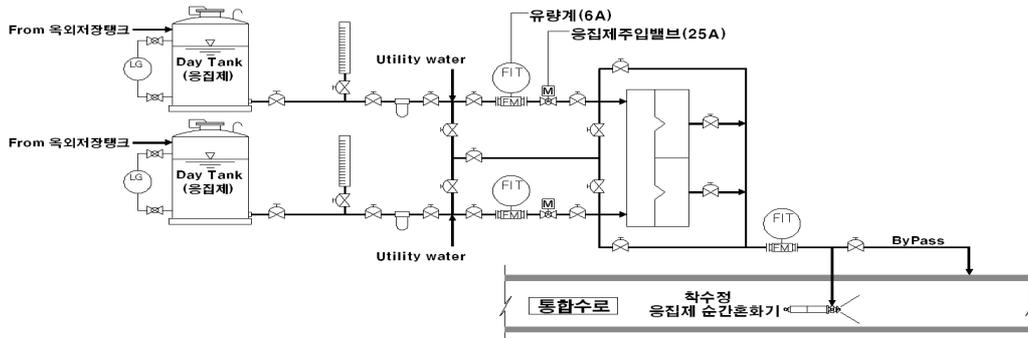
소석회투입기

<그림 5.2-47> 설치현황

2) 액체약품 주입설비

○ 운전현황

응집제는 옥외 콘크리트 저장조로부터 액상 용액을 약품투입실 내부의 Day Tank로 공급받아 Control Valve+전자식유량계로 약품주입량을 제어하며, 응집제 순간혼화기(Water Champ)의 진공에 의해 이송되어 약품투입실 아래의 통합수로에서 순간혼화를 실시한다.



<그림 5.2-48> 설비계통도

<표 5.2-60>

응집제 주입설비 제원

구 분	응집제 주입설비		비 고
형 식	전동볼밸브	전자식유량계	
규 격	25A	6A	
운전방식	Control V/V(개도제어)+유량계		
동 력	0.1kW	-	
제작자	-	ABB	
수 량	2대	2대	
기 타	비례제어 자동제어반		

# 제5장 | 시설개량계획

## ○ 운전용량

현재 정수장에서는 Jar Test를 실시하여 약품주입량 결정에 반영하고 있으며, 응집제는 유량비례로 자동주입되고 있다. 약품주입율은 2006.1~2008.12월까지 운영자료를 적용하여 산출하였으며, 주입율에 따른 운영유량과 시설계획유량시의 주입량을 산출하였다.

<표 5.2-61> 약품주입량(2006년1월 ~ 2008년12월)

구 분		운영유량			시설계획유량			비 고
		유량 (m³/일)	주입율 (ml/L)	주입량 (L/hr)	유량 (m³/일)	주입율 (ml/L)	주입량 (L/hr)	
PACI	최 대	138,360	24.17	139.3	150,150	24.17	151.2	주입일수 243일
	평 균	99,257	10.96	45.3	120,120	10.96	54.9	
	최 소	69,180	6.43	18.5	75,075	6.43	20.1	
PAHCS	최 대	139,700	31.24	181.8	150,150	31.24	195.4	주입일수 712일
	평 균	99,947	15.49	64.5	120,120	15.49	77.5	
	최 소	69,850	7.90	23.0	75,075	7.90	24.7	
PACS	최 대	139,700	27.62	160.8	150,150	27.62	172.8	주입일수 124일
	평 균	99,947	12.63	52.6	120,120	12.63	63.2	
	최 소	69,850	9.00	26.2	75,075	9.00	28.2	

주) 약품주입율은 토목공정분야 정수장기술진단 “정수약품 일간 현황” 참조

## 3) 분체약품 주입설비

### ○ 운전현황

분말활성탄(PAC)과 소석회는 연속 스크류식 정량투입기에 의해 주입, 용해하여 자연유하로 착수정 후단 통합수로에 주입하도록 설비되어 있다. 정수량 운영자료에서는 최근 3년간 주입실적이 없는 것으로 조사되었다.

<표 5.2-62> 분체약품주입설비 제원

구 분	활성탄투입기	소석회투입기
형 식	용적형 Screw 이송용해식	용적형 Screw 이송용해식
용 량	-	-
운전방식	Feeder Inverter 제어	Feeder Inverter 제어
전동기	Feeder 0.75kW Agitator 0.4kW, Vibrator 0.4kW	Feeder 0.75kW Agitator 0.4kW, Vibrator 0.4kW
수 량	2 식	2 식
주입지점	착수정 후단(통합수로)	착수정 후단(통합수로)

○ 운전용량

활성탄투입기의 스크류피더의 용량을 확인할 수 없어 “토목공정분야 정수장기술진단”에서 제시한 투입율을 근거로 시설계획유량시의 필요한 투입량을 검토하였다.

$$\text{투입량(kg/hr)} = \text{유량(m}^3/\text{일)} \times \text{주입율(mg/L)} \div \{24\text{hr} \times 1,000\}$$

<표 5.2-63> 시설계획유량시 투입기 용량검토

구 분	유 량 (m <sup>3</sup> /일)	주입율(mg/L)		투입량(kg/hr)		비 고	
		최 소	최 대	최 소	최 대		
분말활성탄 (PAC)	최 대	150,150	15	30	94	188	
	평 균	120,120	15	30	75	150	
	최 소	75,075	15	30	47	94	

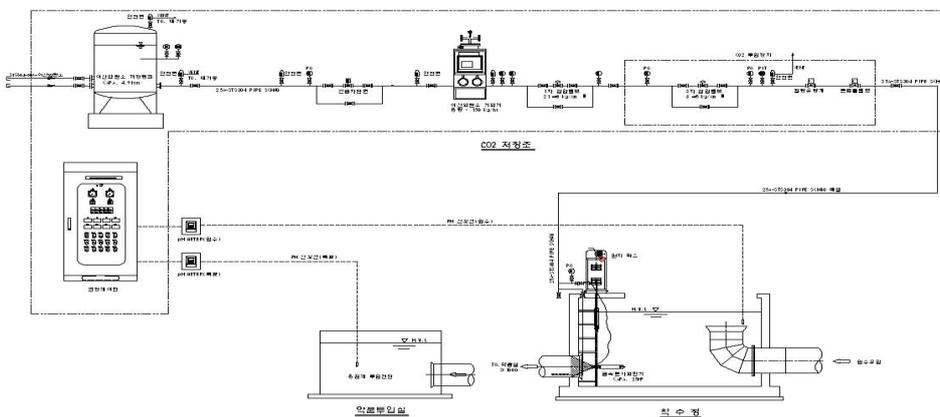
<표 5.2-64> 시설계획유량시 주입기 용량검토

구 분	유 량 (m <sup>3</sup> /일)	주입기운전			주입율(mg/L)		비 고	
		주입기	운전(대)	예비(대)	최 소	최 대		
분말활성탄 (PAC)	최 대	402,150	10~200kg/hr 2대	2	-	1.2	23.9	
	평 균	321,720		2	-	1.5	29.8	
	최 소	201,075		1	1	1.2	23.9	

4) 이산화탄소 주입설비

○ 운전현황

이산화탄소주입설비는 높은 pH에 대응하기 위하여 2009년 6월에 설치하여, 시운전을 완료하였다. 용해방식은 이산화탄소 고압가스를 원수 유입관로상에 가스상태로 직접 투입하는 방식으로 금속교반기(Water Champ)를 이용하고 있다. 설비의 계통은 다음과 같다.

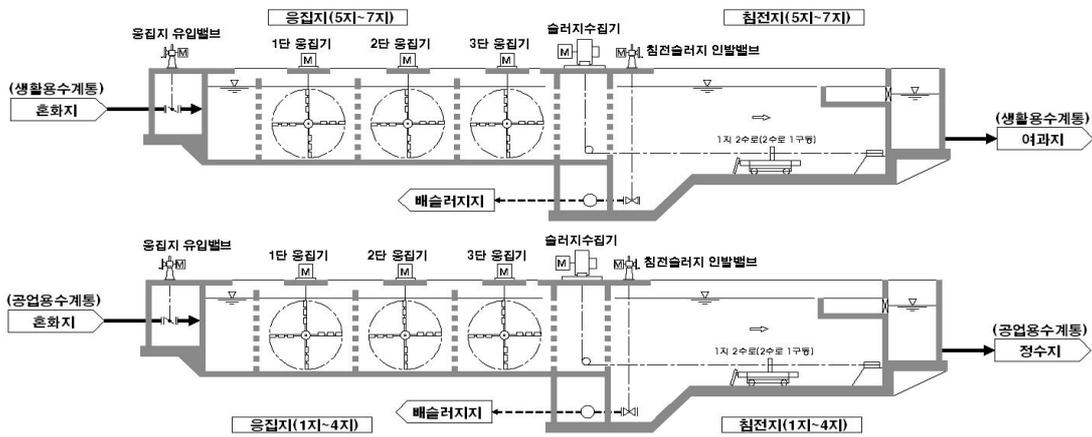


<그림 5.2-49> 이산화탄소주입설비 계통도

## 라. 응집·침전시설비

### 1) 설비개요

혼화지에서 유출된 원수는 생활용수계통 응집·침전지(#5~#7)와 공업용수계통 응집·침전지(#1~#4)로 분리되어 각 계통의 응집지 유입밸브를 통해 응집지로 유입된다. 응집·침전지 #1지는 생활용수계통으로 증설되었으나 공업용수계통으로 전환하여 운영하고 있다. 응집지는 3단으로 구성되어 있으며, 수평패들형 응집기가 설치되어 있다. 응집지를 거쳐 원수중에 커진 플록은 침전지를 거치면서 자연 침강되어 분리시킨다.



<그림 5.2-50> 응집·침전지설비 계통도



응집지 및 응집지유입밸브



응집기 구동부



침전지

<그림 5.2-51> 설치현황

### 2) 응집지설비

#### ○ 운전현황

응집기는 수평패들형으로서 3단으로 구성되어 각 단의 응집기는 3열의 Paddle이 설치되어 있다. 응집기는 상시 연속가동하며 운전은 인버터

(Inverter)에 의해 변속운전하는 방식으로서 적정 교반강도를 유지하는 방식이다.

<표 5.2-65> Flocculator 제원

구분	1 단	2 단	3 단	비 고	
형식	수평 패들형(Horizontal Paddle)				
규격	#1 : D3.1m×L2.2mL, 4arm×4Blade #2~#4 : D3.0m×L2.9mL, 4arm×4Blade #5~#7 : D3.0m×L3.0mL, 4arm×4Blade				
회전속도	3.35rpm	3.03rpm	1.98rpm		
운전방식	인버터(Inverter) 변속운전				
전 동 기	3.7kW	1.5kW	0.75kW		
설 치 일	2002.7				
수 량	생활 3대 공업 4대	생활 3대 공업 4대	생활 3대 공업 4대		
제 작 자	합동제작소				
					(응집기)

○ 응집기 운전성능(G-Valve)

응집지의 운전성능 검토를 위한 응집기 패들의 회전수는 설비의 최대회전수(제작도서 기준)와 인버터(Inverter) 변속으로 현장에서 운영중인 패들 회전수를 직접 측정하여 그 결과를 바탕으로 검토하였으며, 패들회전수의 기준은 생활용수계통은 #5~#7지의 평균과 공업용수계통은 #1~#4지의 평균을 적용하였다. 또한 운영 중인 응집기의 운전 성능은 수평패들형 응집기의 일반적인 G값 기준(50~10/sec 점감)과 비교하여 검토하였다. 공업용수계통의 응집기 규격은 #2~#4의 규격으로 검토하도록 한다.

<표 5.2-66> 응집기 회전수 현장조사 실측 결과(2009.2.19)

구분		공업용수				생활용수		
		#1지	#2지	#3지	#4지	#5지	#6지	#7지
응집기 회전수 (rpm)	1단	1.67	1.74	1.64	1.74	1.91	1.91	1.78
	2단	1.27	1.55	1.17	1.21	1.39	1.37	1.28
	3단	0.58	0.54	0.53	0.55	0.58	0.66	0.49

상수도시설기준에서 권장하는 응집기 주변속도는 15~80cm/sec 이므로 응집기 주변속도와 상대속도를 검토하고, 응집기의 제원을 바탕으로 발생 가능한 G값을 계산하면 그 결과는 다음과 같다.

# 제5장 | 시설개량계획

$$\text{패들의 주변속도 } v = \frac{\pi \times D \times N}{60} \text{ (m/sec)}$$

$$\text{소요 축동력 } P_s = \frac{C_d \cdot \rho \cdot \sum(a_i v_i^3)}{2 \times 1,000} \text{ (Kw)} \text{ ----- ①}$$

$$\text{교반강도 } G = \sqrt{\frac{P_s \cdot 1,000}{\mu \cdot V}} \text{ (sec}^{-1}\text{)} \text{ ----- ②}$$

①와 ②를 정리하면

$$= \frac{\sqrt{C_d \cdot \rho \cdot \sum(a_i v_i^3)}}{2 \cdot \mu \cdot V} \text{ (sec}^{-1}\text{)}$$

여기서, v : 패들의 주변속도(m/sec)

D : 패들의 직경(m)

⇒ 생활용수계통 D3.0m, 공업용수계통 D3.0m

N : 회전수(rpm)

⇒ 응집기 제원과 실측치 참조

P<sub>s</sub> : 소요 축동력 (Kw)

C<sub>d</sub> : 저항계수(임펠라 형상에 따라 1.5~1.8, 1.8 적용)

ρ : 수온에서 원수 밀도 (kg/m<sup>3</sup>)

μ : 수온에서 점성계수 (N.s/m<sup>2</sup>)

a<sub>i</sub> : 운동방향에 직각인 임펠러 면적(m<sup>2</sup>)

⇒ 생활용수계통 W0.1m×L3.0m×4ea/열×3열 = 3.6m<sup>2</sup>

⇒ 공업용수계통 W0.1m×L2.9m×4ea/열×3열 = 3.48m<sup>2</sup>

v<sub>i</sub> : 패들의 상대속도(주변속도의 0.7~0.8, 0.75 적용)

<표 5.2-67> 응집기 주변속도 및 상대속도 검토 [생활용수계통 응집기]

구분	익판 No.	Di (m)	a <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	최대회전수(제작도서)					회전수 실측(현장조사)				
				N (rpm)	v (m/s)	v <sub>i</sub> (m/s)	a <sub>i</sub> v <sub>i</sub> <sup>3</sup>	Σ(a <sub>i</sub> v <sub>i</sub> <sup>3</sup> )	N (rpm)	v (m/s)	v <sub>i</sub> (m/s)	a <sub>i</sub> v <sub>i</sub> <sup>3</sup>	Σ(a <sub>i</sub> v <sub>i</sub> <sup>3</sup> )
1단	1	2.9	3.6	3.35	0.509	0.382	0.200	0.444	1.87	0.283	0.213	0.035	0.077
	2	2.5	3.6		0.439	0.329	0.128			0.244	0.183	0.022	
	3	2.1	3.6		0.368	0.276	0.076			0.205	0.154	0.013	
	4	1.7	3.6		0.298	0.224	0.040			0.166	0.125	0.007	
2단	1	2.9	3.6	3.03	0.460	0.345	0.148	0.329	1.35	0.204	0.153	0.013	0.029
	2	2.5	3.6		0.397	0.297	0.095			0.176	0.132	0.008	
	3	2.1	3.6		0.333	0.250	0.056			0.148	0.111	0.005	
	4	1.7	3.6		0.270	0.202	0.030			0.120	0.090	0.003	
3단	1	2.9	3.6	1.98	0.301	0.225	0.041	0.092	0.58	0.088	0.066	0.001	0.004
	2	2.5	3.6		0.259	0.194	0.026			0.075	0.057	0.001	
	3	2.1	3.6		0.218	0.163	0.016			0.063	0.048	0.001	
	4	1.7	3.6		0.176	0.132	0.008			0.051	0.038	0.001	

<표 5.2-68>

공업용수계통 응집기

구분	의판 No.	Di (m)	ai (m²)	최대회전수(제작도서)					회전수 실측(현장조사)				
				N (rpm)	v (m/s)	vi (m/s)	aivi3	Σ(aivi3)	N (rpm)	v (m/s)	vi (m/s)	aivi3	Σ(aivi3)
1단	1	2.9	3.48	3.35	0.509	0.382	0.193	0.429	1.70	0.258	0.193	0.025	0.056
	2	2.5	3.48		0.439	0.329	0.124			0.222	0.167	0.016	
	3	2.1	3.48		0.368	0.276	0.073			0.187	0.140	0.010	
	4	1.7	3.48		0.298	0.224	0.039			0.151	0.113	0.005	
2단	1	2.9	3.48	3.03	0.460	0.345	0.143	0.318	1.30	0.197	0.148	0.011	0.025
	2	2.5	3.48		0.397	0.297	0.092			0.170	0.128	0.007	
	3	2.1	3.48		0.333	0.250	0.054			0.143	0.107	0.004	
	4	1.7	3.48		0.270	0.202	0.029			0.116	0.087	0.002	
3단	1	2.9	3.48	1.98	0.301	0.225	0.040	0.089	0.55	0.084	0.063	0.001	0.004
	2	2.5	3.48		0.259	0.194	0.026			0.072	0.054	0.001	
	3	2.1	3.48		0.218	0.163	0.015			0.060	0.045	0.001	
	4	1.7	3.48		0.176	0.132	0.008			0.049	0.037	0.001	

위의 결과를 보면 설비의 최대회전수를 기준으로 주변속도는 상수도시 설기준을 만족한다.

<표 5.2-69>

응집기 운전성능 검토 (생활용수계통 응집기)

수온 (°C)	점성계수 μ(N.s/m²)	밀도, ρ (kg/m³)	G값(최대회전수:제작도서)			G값(회전수 실측:현장조사)		
			1단 (3.35rpm)	2단 (3.03rpm)	3단 (1.98rpm)	1단 (1.87rpm)	2단 (1.35rpm)	3단 (0.58rpm)
0	0.001830	999.9	41.01	35.28	18.64	17.06	10.45	3.73
5	0.001550	1000	44.57	38.33	20.25	18.54	11.36	4.05
10	0.001336	999.7	47.99	41.28	21.81	19.96	12.23	4.36
15	0.001170	999.1	51.27	44.10	23.30	21.33	13.07	4.66
20	0.001009	998.2	55.19	47.47	25.08	22.95	14.07	5.02
25	0.000913	997.1	57.98	49.88	26.35	24.12	14.78	5.27
30	0.000816	995.7	61.29	52.72	27.85	25.49	15.62	5.57

<표 5.2-70>

응집기 운전성능 검토 (공업용수계통 응집기)

수온 (°C)	점성계수 μ(N.s/m²)	밀도, ρ (kg/m³)	G값(최대회전수:제작도서)			G값(회전수 실측:현장조사)		
			1단 (3.35rpm)	2단 (3.03rpm)	3단 (1.98rpm)	1단 (1.70rpm)	2단 (1.30rpm)	3단 (0.55rpm)
0	0.001830	999.9	42.37	36.45	19.25	15.28	10.24	4.02
5	0.001550	1000	46.04	39.60	20.92	16.61	11.13	4.36
10	0.001336	999.7	49.58	42.65	22.53	17.89	11.99	4.70
15	0.001170	999.1	52.97	45.56	24.07	19.11	12.80	5.02
20	0.001009	998.2	57.01	49.04	25.91	20.56	13.78	5.40
25	0.000913	997.1	59.90	51.53	27.22	21.61	14.48	5.68
30	0.000816	995.7	63.32	54.47	28.77	22.84	15.31	6.00

## 제5장 | 시설개량계획

위에 검토된 바와 같이 원수 평균 수온 0~30℃를 기준으로 응집기의 최대성능은 상수도 시설기준에서 권장하는 G값 75~10(sec<sup>-1</sup>) 과 , S Kawamura(정수시설 최적설계 및 유지관리)의 수직패들형 응집기의 G값 기준 50~10(sec<sup>-1</sup>)을 만족한다. 하지만 현재 운영중인 응집기의 회전수를 바탕으로 G값을 계산하면 다소 낮게 운전되고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 저탁도의 원수가 유입될 경우에는 G값을 크게 설정하여 침전이 양호한 플록을 형성하도록 하여야 하겠다. 또한 G값의 점감범위가 적정하지 않으므로, 적정 G값을 위한 패들회전수를 설정하여 교반강도를 적정화 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

<표 5.2-71> Paddle식 응집기 교반강도 기준

구분	체류시간 t(sec)	교반강도 G(sec <sup>-1</sup> )	패들면적 (수로면적대비)	주변속도 (m/sec)
AWWA	-	35 ~ 66	15 ~ 20%	0.09 ~ 0.91
S. Kawamura	30 ~ 40	50 ~ 10 점감	10 ~ 25% 최대 30%이하	0.15 ~ 1.0
상수도시설기준	20 ~ 40	10 ~ 75	물을 헤치는 익판면적 10% 이하	0.15 ~ 0.8

수온에 따라 적정한 G값을 유지하여 응집효과를 높일 수 있고, 불필요한 동력소모를 줄일 수 있으므로 일정한 G값을 유지하기 위해서는 수온에 따라 응집기의 회전속도를 조절하여야 한다. G값을 50~10(sec<sup>-1</sup>)까지 점감하도록 수온에 따라 요구되는 응집기의 회전속도를 이론적으로 산출하면 다음과 같다.

<표 5.2-72> 수온별 응집기 적정 운전속도 (생활용수계통 응집기)

항목	RPM							RPM 범위	비 고
	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃		
1단(50sec <sup>-1</sup> )	3.82	3.62	3.44	3.29	3.14	3.04	2.92	2.92~3.82	
2단(30sec <sup>-1</sup> )	2.72	2.57	2.45	2.34	2.23	2.16	2.08	2.08~2.72	
3단(10sec <sup>-1</sup> )	1.31	1.24	1.18	1.13	1.07	1.04	1.00	1.00~1.31	

<표 5.2-73> 수온별 응집기 적정 운전속도 (공업용수계통 응집기)

항목	RPM							RPM 범위	비 고
	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃		
1단(50sec <sup>-1</sup> )	3.74	3.54	3.37	3.22	3.07	2.97	2.86	2.86~3.74	
2단(30sec <sup>-1</sup> )	2.66	2.52	2.4	2.29	2.18	2.11	2.04	2.04~2.66	
3단(10sec <sup>-1</sup> )	1.28	1.21	1.15	1.10	1.05	1.02	0.98	0.98~1.28	

3) 침전지설비

○ 운전현황

침전지는 장방형 구조로 슬러지 수집을 위해 2수로 1구동식 수중대차형 슬러지수집기가 설치되어 있으며, 침전슬러지는 침전지 유입측 하부 호퍼부로 이송되어 전동식 슬러지 인발밸브(200A)의 자동 개/폐운전으로 침전슬러지를 간헐 배출하여 배슬러지지로 이송한다.

<표 5.2-74> Sludge Collector 제원

구 분	슬러지수집기		비 고
	생활용수	공업용수	
형 식	수중대차식		
구동방식	2수로 1구동	2수로 1구동	
운전속도	0.2 ~ 0.8m/min	0.2 ~ 0.8m/min	
운전방식	기어변속	기어변속	
구동장치	Motor 1.5kW Cyclo reducer	Motor 1.5kW Cyclo reducer	
설치일	-	-	
제작자	SUMITOMO	SUMITOMO	
수 량	3 대	4 대	

○ 생활용수계통 슬러지수집기 운전성능 검토

① 슬러지 발생량

현재 슬러지발생량이 계획량보다 적어 슬러지수집기의 처리능력은 충분하나, 시설계획 유량으로 유입시의 처리능력을 슬러지수집기의 규격 및 용량을 기준으로 검토하였다.

<표 5.2-75>

침전지 발생슬러지량

구 분	원수유입량 (m <sup>3</sup> /일)	발생고형물량 (kg.DS/일)	발생슬러지량 (m <sup>3</sup> /일)	비 고
평균유량/평균탁도(11.29NTU)	50,649	753	538	WC 99.86%
설계유량/설계탁도(33.00NTU)	87,150	3,197	1,066	WC 99.70%

주) 원수유입량 및 발생슬러지량은 토목공정분야 정수장 기술진단의 Mass Balance 참조

## ② 슬러지 수집능력 검토

- 생활용수계통 슬러지수집기 제원

- 형 식 : 수중대차형(2수로 1구동)
- 침전지 규격 : W13.0m × L55.0m × WD4.1m × 3지
- 스크레퍼 규격 : W5.4m × H0.7m × 2개/지
- 이동거리 : 약 55m
- 운전속도 : 0.2 ~ 0.8m/min 변속운전
- 슬러지수집기 방향전환 시간(t<sub>R</sub>) : 약 2min

- 슬러지 수집능력 검토

- 수집기 1회 왕복 소요시간 (t)

$$t = \frac{2L}{v} + 2t_R = \frac{2 \times 55}{0.2 \sim 0.8} + (2 \times 2) = 554 \sim 142 \text{ (min)}$$

여기서, L : 운반거리(m)

v : 운반속도(m/sec)

- 수집기 1일 왕복횟수 (N<sub>s</sub>)

$$N_s = \frac{24\text{hr} \times 60\text{min}}{t} = \frac{24 \times 60}{554 \sim 142} = 2.6 \sim 10.2 \text{ (회/일)}$$

- 수집기 1회 왕복 운반량 (q<sub>1</sub>)

$$q_1 = 1/2 \times 2W \times H \times L_0$$

$$= 1/2 \times 2 \times 5.4 \times 0.7 \times 19.8 = 74.8 \text{ (m}^3\text{/회)}$$

여기서, W : 스크레파 폭(5.4m)

H : 스크레파 높이(0.7m)

Lo : 슬러지 운반시 적재거리 ( $H/\tan^2\theta=19.8m$ )

- 수집기 1일 처리량 (qd)

$$q_d = q_1 \times N_s \times 3지 = 74.8 \times 2.6 \sim 10.2 \times 3지 = 583 \sim 2,289 \text{ (m}^3/\text{일)}$$

따라서 최대 슬러지발생량을 상회하므로 발생슬러지에 대한 슬러지의 수집능력은 충분하다. 또한, 이론적으로 수집기의 1회 왕복시 운반 능력이  $74.8 \times 3지 = 224.4m^3$ 이므로 평균탁도시 1일 2~3회, 설계탁도시에는 1일 4~5회 운전으로 슬러지를 제거할 수 있으나, 원수 수질에 따라 운전횟수 및 속도를 조절하여 운전하여야 한다.

○공업용수계통 슬러지수집기 운전성능 검토

① 슬러지 발생량

현재 슬러지발생량이 계획량보다 적어 슬러지수집기의 처리능력은 충분하나, 시설계획 유량으로 유입시의 처리능력을 슬러지수집기의 규격 및 용량을 기준으로 검토하였다.

<표 5.2-76> 침전지 발생슬러지량

구 분	원수유입량 (m³/일)	발생고형물량 (kg.DS/일)	발생슬러지량 (m³/일)	비 고
평균유량 · 평균탁도(12.89NTU)	5,3571	855	611	WC 99.86%
설계유량 · 설계탁도(40.89NTU)	63,000	2,479	826	WC 99.70%

주) 원수유입량 및 발생슬러지량은 토목공정분야 정수장 기술진단의 Mass Balance 참조

② 슬러지 수집능력 검토

- 생활용수계통 슬러지수집기 제원
  - 형 식 : 수중대차형(2수로 1구동)
  - 침전지 규격 : W12.0m × L55.0m × WD4.1m × 4지

- 스크레퍼 규격 : W4.9m × H0.7m × 2개/지
- 이동거리 : 약 55m
- 운전속도 : 0.2 ~ 0.8m/min 변속운전
- 슬러지수집기 방향전환 시간(tR) : 약 2min

• 슬러지 수집능력 검토

- 수집기 1회 왕복 소요시간 (t)

$$t = \frac{2L}{v} + 2t_R = \frac{2 \times 55}{0.2 \sim 0.8} + (2 \times 2) = 554 \sim 142 \text{ (min)}$$

여기서, L : 운반거리(m)  
v : 운반속도(m/sec)

- 수집기 1일 왕복횟수 (Ns)

$$N_s = \frac{24\text{hr} \times 60\text{min}}{t} = \frac{24 \times 60}{554 \sim 142} = 2.6 \sim 10.2 \text{ (회/일)}$$

- 수집기 1회 왕복 운반량 (q1)

$$q_1 = 1/2 \times 2W \times H \times L_o$$

$$= 1/2 \times 2 \times 4.9 \times 0.7 \times 19.8 = 68 \text{ (m}^3\text{/회)}$$

여기서, W : 스크레퍼 폭(4.9m)  
H : 스크레퍼 높이(0.7m)  
Lo : 슬러지 운반시 적재거리 (H/tan2°=19.8m)

- 수집기 1일 처리량 (qd)

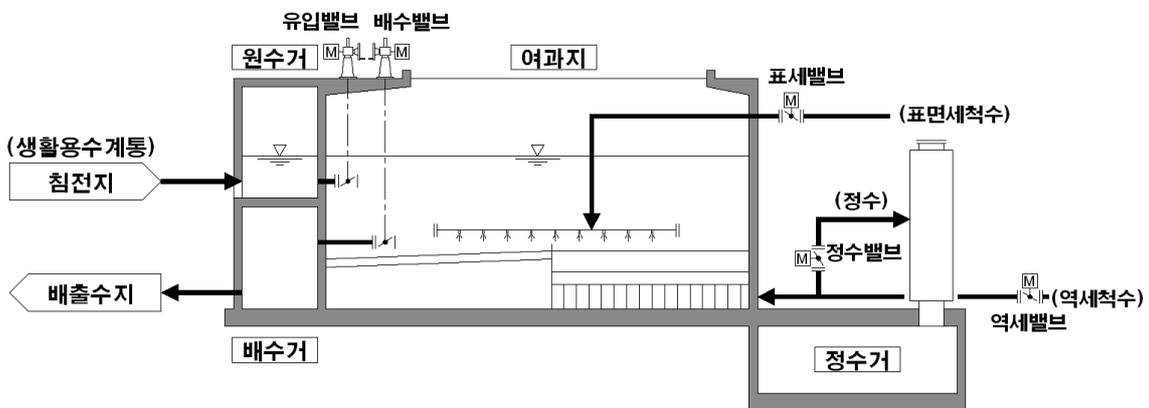
$$q_d = q_1 \times N_s \times 4\text{지} = 68 \times 2.6 \sim 10.2 \times 4\text{지} = 707 \sim 2,774 \text{ (m}^3\text{/일)}$$

따라서 최대 슬러지발생량을 상회하므로 발생슬러지에 대한 슬러지의 수집능력은 충분하다. 또한, 이론적으로 수집기의 1회 왕복시 운반 능력이 68×4지=272m³이므로 평균탁도시 1일 2~3회, 설계탁도시에는 1일 3~4회 운전으로 슬러지를 제거할 수 있으나, 원수 수질에 따라 운전횟수 및 속도를 조절하여 운전하여야 한다.

## 마. 여과지 및 정수지설비

### 1) 설비개요

여과지는 생활용수계통의 침전수를 유입하여 처리하는 공정으로 총 6지를 운영중에 있다. 여과방식은 자연평형형이며 역세척방식은 표면세척과 물역세척 방식을 사용하고 있다. 표면세척은 여과지 지하층에 설치된 표면세척 펌프에 의해 수행하고, 물역세척은 역세수이송펌프에 의해 역세척수조로 이송된 처리수를 이용하여 역세척을 수행한다. 여과된 여과수는 정수지로 보내어지고, 여과지 유출수로에는 후차염를 주입하고 있다. 여과지의 주요설비는 각종 유, 출입 밸브류와 역세수이송펌프, 표면세척펌프 등으로 구성되어 있다.



<그림 5.2-52> 여과지설비 계통도



여과지 상부



표면세척펌프



역세수이송펌프

<그림 5.2-53> 설치현황

# 제5장 | 시설개량계획

## 2) 표면세척펌프 및 역세수이송펌프 운전 검토

표면세척펌프 및 역세수이송펌프의 운전성능은 “토목공정분야 정수장 기술 진단”에 계산된 역세강도를 기준으로 펌프 용량을 검토하였다.

○ 표면세척펌프 및 역세수이송펌프 제원

<표 5.2-77>

설비 제원

구 분	표면세척펌프	역세수이송펌프	비 고
형 식	수평축 양쪽흡입 벌루트	수평축 양쪽흡입 벌루트	
용 량	16.85m <sup>3</sup> /min × 26mH	4.5m <sup>3</sup> /min × 12mH	
회전속도	1160rpm(6P)	1160rpm(6P)	
운전방식	정속운전	정속운전	
전동기	150kW	15kW	
설치년도	1992.2	1992.5	
제작자	효성에바라	효성에바라	
수 량	2 대	2 대	

○ 역세척강도

역세척은 표면(고정식) 세척을 4분 수행한 후에, 표면세척과 물역세척을 동시에 2분간 수행하고, 물 단독 역세척을 4분간 수행하고 있다.

- 표면세척강도 : 0.15m<sup>3</sup>/min · m<sup>2</sup>
- 물역세척강도 : 0.6m<sup>3</sup>/min · m<sup>2</sup>

상기 역세강도를 기준으로 다음에 필요 표면세척 수량을 나타내었다.

<표 5.2-78>

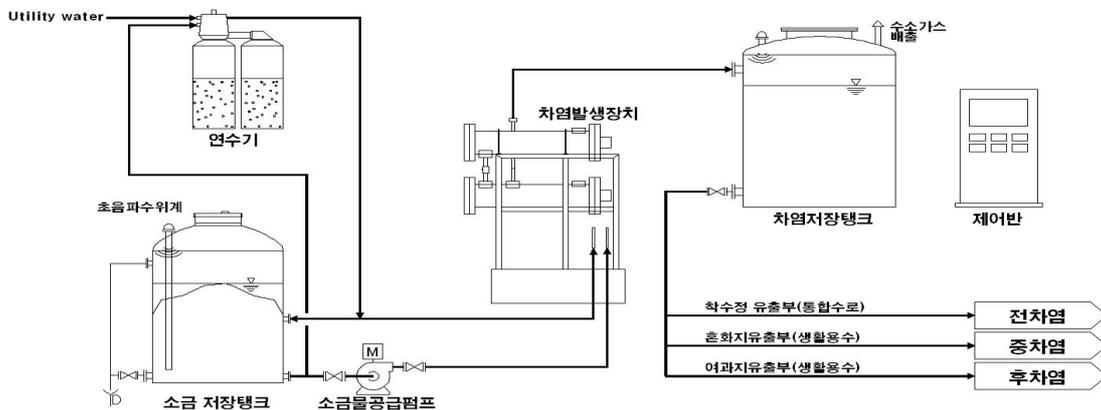
역세척강도 검토

구 분	여과지	비 고	
여과 면적	112.4m <sup>2</sup>	W10.6m × L10.6m	
물역세척	역세척수조	405m <sup>3</sup>	
	역세수이송펌프	4.5m <sup>3</sup> /min.대×2대(1대 예비)	
	역세수충전시간	1.5hr	
표면세척	표면세척수량	16.85m <sup>3</sup> /min×2대(1대 예비)	
	표면세척강도	0.15m <sup>3</sup> /min · m <sup>2</sup>	
	기준	0.15~0.2m <sup>3</sup> /min · m <sup>2</sup>	상수도시설기준
	표세유량평가	표면세척유량 충분 - 1대 운전	

## 바. 소독설비

### 1) 설비개요

소독설비로 기존에 염소가스 주입설비에서 차염을 현장 발생하여 주입할 수 있도록 설비를 2007년 개량하여 운영중에 있다. 주입지점은 착수정과 혼화지 사이의 통합수로에 전차염을 순간혼화기(Water Champ)로 주입하고 있으며, 후차염은 여과지 유출수로에서 순간혼화기로 주입하고 있다. 또한 생활용수 혼화지 유출부에 중차염을 위한 순간혼화기 설비가 구성되어 필요시 간헐적으로 주입하고 있다. 주요설비로는 차염발생기, 소금저장탱크, 차염저장탱크, 연수기, 염수펌프, 차염주입펌프, 제어반 등이 설치되어 있다.



<그림 5.2-54> 차염소독설비 계통도

### 2) 염소주입기 운전현황

<표 5.2-79>

차염 발생기 제원

구 분	차염 발생기	비 고
형 식	비격막 전기분해식	
용 량	150kg/hr	
동 력	32.4kW	
주입방식	이송펌프(정량펌프)+Water Champ 진공	
설치일	2007.4	
제작자	동방수기	
수 량	3 대	
부속설비	소금저장탱크, 차염저장탱크 연수기, 염수펌프, 차염주입펌프 제어반 등	

# 제5장 | 시설개량계획

차염발생기는 3대(2대 상용, 1대 예비)가 설치되어 있으며, 원료인 소금으로부터 생성된 차염은 차염저장탱크에 저장한 뒤 정량펌프에 의해 주입지점의 순간혼화기로 이송되어 주주입지점에서 순간혼화된다. 차염은 원수 유량비에 자동주입하고 있다.

### 3) 주요설비 용량 검토

#### ○ 차염발생기 운전용량

차염의 주입량은 2007.5~2008.12월까지 운영자료를 적용하여 주입율을 산출하였으며, 주입량에 따른 발생기의 운전용량비의 적정성 검토를 위해 아래와 같이 검토하였다.

<표 5.2-80> 차염주입율 및 주입량(2007년 5월 ~ 2008년 12월)

구분	운영유량시			시설계획유량시			비고
	유량 (m³/일)	주입율 (mg/L)	주입량 (kg/d)	유량 (m³/일)	주입율 (mg/L)	주입량 (kg/d)	
전차염	최대	139,700	1.30	181.6	150,150	1.30	195.2
	평균	99,947	1.20	119.9	120,120	1.20	144.1
	최소	69,850	1.10	76.8	75,075	1.10	82.6
후차염	최대	68,200	1.20	81.8	83,000	1.20	99.6
	평균	48,237	1.00	48.2	66,400	1.00	66.4
	최소	34,100	1.80	61.4	41,500	1.80	74.7

위의 1년 6월간 운영실적으로 차염주입율과 주입량을 검토하였고, 전차염과 후차염은 동시 주입하므로, 주입량을 합산하고 운영유량시와 시설계획유량시를 구분하여 발생기의 운전대수 및 운전용량을 검토하면 다음과 같다.

<표 5.2-81> 차염발생기 운전용량비

구분	발생기 (kg/d)	운영유량시			시설계획유량시				비고
		주입량 (kg/d)	운전 (대)	예비 (대)	운전 용량비	주입량 (kg/d)	운전 (대)	예비 (대)	
최대 유량시	150	263	2	1	87.8%	295	2	1	98.3%
평균 유량시	150	168	2	2	56.1%	211	2	1	70.2%
최소 유량시	150	138	1	2	92.1%	157	2	1	52.4%

실적주입율을 기준으로 시설계획유량으로 운영시, 차염발생기는 최대유량시에도 상용2대, 예비 1대 가동으로 용량은 충분하여 운영상 문제는 없다.

2) 저장탱크 용량

① 소금저장탱크

- 형 식 : 수직원통형 FRP 저장탱크
- 용 량(V) : 60m<sup>3</sup>
- 수 량(N) : 1대
- 최대주입량(qmax) : 295kg/d ⇒ 유효 염소 소요량
- 소금소모량 : 3.5kg/kg · cl2 ⇒ 유효 염소 1kg 생산시 원료 소모량
- 소금저장량(Vs) = 295kg/d × 3.5kg/kg · cl2 = 1,033kg/d
- 소금저장탱크 저장일 = 60m<sup>3</sup> ÷ 1.033m<sup>3</sup>/d = 58일

② 차염저장탱크

- 형 식 : 수직원통형 PE 저장탱크
- 용 량(V) : 50m<sup>3</sup>
- 수 량(N) : 2대
- 차염발생농도 : 0.8%
- 최대주입량(qmax) : 295kg/d ⇒ 유효 염소 소요량
- 차염(0.8%용액) 주입량(qmax) : 36.9m<sup>3</sup>/d
- 차염저장탱크(1대 기준) 저장일 = 50m<sup>3</sup> ÷ 36.9m<sup>3</sup>/d = 1.4일
- 차염저장탱크(2대 기준) 저장일 = 100m<sup>3</sup> ÷ 36.9m<sup>3</sup>/d = 2.7일

3) 차염주입기 용량 검토

<표 5.2-82> 액체약품주입기 제원

구 분	전차염 주입기	후차염 주입기	비 고
형 식	다이아프램식 정량펌프(VFD)		
용 량	1,080L/hr×3Bar	515L/hr×5Bar	
운전방식	유량비례, 인버터(Inverter)+유량계		
전동기	0.75kW.	0.37kW.	
설치일	2007.4	2007.2	
제작자	동방수기	동방수기	
수 량	1 대	1 대	

<표 5.2-83>

차염주입량 및 운전용량비

구 분			유량 (m <sup>3</sup> /일)	차염			주입기운전			
				주입율 (mg/L)	주입량 <sup>1)</sup> (kg/d)	주입량 <sup>2)</sup> (L/hr)	주입기 (L/hr)	운전 (대)	예비 (대)	운전 용량비
운영 유량	전차염	최대	139,700	1.30	181.6	945.9	1,080	1	-	87.6%
		평균	99,947	1.20	119.9	624.7	1,080	1	-	57.8%
		최소	69,850	1.10	76.8	400.2	1,080	1	-	37.1%
	후차염	최대	68,200	1.20	81.8	426.3	515	1	-	82.8%
		평균	48,237	1.00	48.2	251.2	515	1	-	48.8%
		최소	34,100	1.80	61.4	319.7	515	1	-	62.1%
시설 계획 유량	전차염	최대	150,150	1.30	195.2	1,016.6	1,080	1	-	94.1%
		평균	120,120	1.20	144.1	750.8	1,080	1	-	69.5%
		최소	75,075	1.10	82.6	430.1	1,080	1	-	39.8%
	후차염	최대	83,000	1.20	99.6	518.8	515	1	-	100.7%
		평균	66,400	1.00	66.4	345.8	515	1	-	67.2%
		최소	41,500	1.80	74.7	389.1	515	1	-	75.5%

주 1):유효 염소 소요량, 2) 차염(0.8%)용액 주입량

차염주입펌프를 실적주입율에 따른 운영유량시, 시설계획유량시로 구분하여 운전용량비를 검토하면 위의 표와 같으며 주입설비의 용량은 충분하다고 판단된다. 그러나 예비용 주입펌프가 1대 공통으로 설치되어 전차염 또는 후차염주입펌프가 고장시 예비용펌프를 가동하여 대체 운전하고 있고, 이 부분에서 전차염으로 운전되는지 혹은 후차염으로 운전되는지의 기록이 분명하지 않아 운전자료로 활용하는데 어려움이 있다. 따라서 전차염과 후차염주입펌프의 예비기를 별도로 확보하여 운전하는 것이 향후 유지관리나 운전자료 축적에 편리할 것으로 판단된다.

## 사. 문제점 및 개량방안

공 종	항 목	문 제 점	개 량 방 안
응집기	교반강도 (G-value)	(생활용수계통 G값) - 1단 : 17.06~25.49/sec - 2단 : 10.45~15.62/sec - 3단 : 3.73~5.57/sec (공업용수계통 G값) - 1단 : 15.28~22.84/sec - 2단 : 10.24~15.31/sec - 3단 : 4.02~6.0/sec 현재 운영중인 응집기의 회전수를 바탕으로 G값을 계산하면 다소 낮게 운전되고 있음.	저탁도의 원수가 유입될 경우에는 G값을 크게 설정하여 침전이 양호한 플록을 형성하도록 적정 G값을 위한 패들회전수를 설정하여 교반강도 적정화 필요. G값을 50~10(sec <sup>-1</sup> )까지 점감하도록 수온에 따라 요구되는 응집기의 회전속도 조절.
소독 설비	차염 주입펌프	전차염, 후차염용 예비펌프 1대가 공통으로 설치되어 주펌프 고장시 대체 운전됨.	전차염과 후차염주입펌프의 예비기를 1대씩 별도로 설치하여 원활한 유지관리 및 운전효율을 높임

### 아. 소요예산

설 비	개량계획	개량품목 및 규격	소요예산	비고
소독 설비	전차염과 후차염주입 펌프의 예비기를 1대씩 별도로 설치.	<ul style="list-style-type: none"> <li>전차염주입펌프                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다이아프램 정량펌프(VFD) 1,080L/hr ×1대</li> </ul> </li> <li>후차염주입펌프                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다이아프램 정량펌프(VFD) 515L/hr ×1대</li> </ul> </li> </ul>	8,400,000원 6,600,000원	
소 계			15,000,000원	

## 2.3.2 연성정수장

### 가. 시설개요

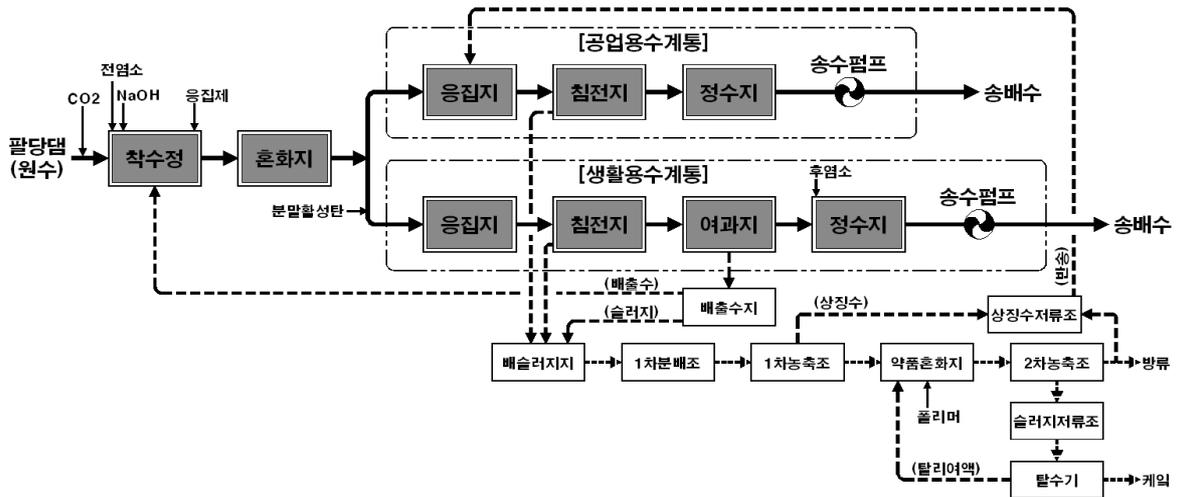
연성정수장은 정수시설용량 383,000m<sup>3</sup>/일로서 2000년에 준공하여 현재까지 운영하고 있으며, 생활용수계통(260,000m<sup>3</sup>/일)과 공업용수계통(123,000m<sup>3</sup>/일)으로 구분되어 있다.

정수처리공정으로 생활용수계통은 혼화, 응집, 침전, 여과, 소독시설로, 공업용



# 제5장 | 시설개량계획

수계통은 혼화, 응집, 침전시설로 구성되어 있고, 배출수처리시설은 배출수지(회수조), 배슬러지지(조정조), 1차농축조, 2차농축조, 탈수설비 등으로 구성되어 있다. 취수원은 팔당댐 상류(수도권광역상수도 5,6단계 계통)에서 도수하여 원수로 사용하고 있다.



<그림 5.2-55> 시설계통도

## 1) 시설물 현황

구분	지규격	수량	비고
착수정	W6.0m×L12.2m×H3.71m	2 지	
혼화지	W5.0m×L5.0m×H3.0m	4 지	현재 2계열로 운영중
응집지	생활용수계통	W16.6m×L11.4m×H3.5m	8 지
	공업용수계통	W17.6m×L11.4m×H3.5m	2 지
침전지	생활용수계통	W19.0m×L60.0m×H4.6m	8 지
	공업용수계통	W20.0m×L60.0m×H5.3m	2 지
여과지	W8.0m×L13.8m = 110.4㎡	20 지	
정수지	생활용수계통	W26.5m×L40.0m×H6.0m	2 지
	공업용수계통	W19.75m×L26.5m×H6.0m	2 지
배출수지	W6.0m×L21.0m×H4.0m	3 지	
배슬러지지	W4.4m×L15.0m×H3.5m	2 지	
1차 농축조	D10.0m×H4.0m	2 지	
2차 농축조	D26.0m×H4.0m	2 지	

## 2) 정수장 운영현황

공정별 각 설비의 용량 평가의 기준이 되는 유량은 최근 3년간(2006년1월 ~

2008년12월) 운영되어 실측된 유량을 조사하였다. 2006년~2008년 동안의 최대 원수량은 276,000m<sup>3</sup>/일로 시설용량 383,000m<sup>3</sup>/일 이내에서 운전되었다. 생활용수계통의 평균 정수량은 134,904m<sup>3</sup>/일로 시설용량 260,000m<sup>3</sup>/일 기준으로 평균가동율은 51.9%이고, 공업용수계통의 평균 정수량은 80,554m<sup>3</sup>/일로 시설용량 123,000m<sup>3</sup>/일 기준으로 평균가동율은 65.5%로 나타났다. 기존설비의 용량검토는 운영유량(실적유량)을 적용하고, 계획설비 용량은 시설계획유량을 적용하는 것으로 하며, 평균유량은 시설계획유량의 80%, 최소유량은 시설계획유량의 50% 유량을 생산하는 것으로 하였다. 각 설비의 용량은 아래 유량을 기준으로 검토하였다.

<표 5.2-84> 원수 및 정수량 현황(2006.1~2008.12)

구 분		시설용량	평균유량	첨두유량
원수량 <sup>1)</sup> (m <sup>3</sup> /일)	합계	402,150 <sup>2)</sup>	207,905	276,000 <sup>3)</sup>
	생활용수	273,000 <sup>2)</sup>	148,769 <sup>4)</sup>	189,700 <sup>4)</sup>
	공업용수	129,150 <sup>2)</sup>	57,868 <sup>4)</sup>	87,300 <sup>4)</sup>
정수량(m <sup>3</sup> /일)	합계	383,000	215,457	282,179 <sup>5)</sup>
	생활용수	260,000	134,904	179,444 <sup>6)</sup>
	공업용수	123,000	80,554	128,500 <sup>7)</sup>
회수량 <sup>8)</sup> (m <sup>3</sup> /일)	배출수지 → 착수정	합계	-	2,073
	1차 농축조 상징수 → 공업응집침전유입배관	합계	-	694
방류량(m <sup>3</sup> /일) <sup>8)</sup>		합계	-	792

- 주 1) 원수량은 생활용수(260,000m<sup>3</sup>/일)와 공업용수(123,000m<sup>3</sup>/일) 합산 값임  
 2) 원수량의 경우 시설용량에 5% 가산한 설계유량임  
 3) 최대 원수량 발생일 : 2007년 6월 27일  
 4) 2008년 1~12월 자료  
 5) 최대 정수량 발생일 : 2007년 6월 28일  
 6) 생활용수 최대 정수량 발생일 : 2008년 1월 6일  
 7) 공업용수 최대 정수량 발생일 : 2006년 7월 25일  
 8) 회수량 및 방류량은 2007~2008년 자료

# 제5장 | 시설개량계획

## 3) 주요기기목록

### ○ 착수정 및 혼화설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
(통합)	착수정 유입밸브	전동 1상식 수직형 BFV D1,200	1998.8 국제기연	1.5	2	Act.:모건코리아 (1998.8)
	회수 유입밸브	수동 1상식 수직형 BFV D500	1998.8 국제기연	-	2	
	착수정 배수밸브	수동 2상식 수직형 BFV D400	1998.8 국제기연	-	2	
	혼화기	수직터빈형(VFD) Impeller D1,500, 30rpm	1998.12 성우	22 6P	4	감속비 39:1 (사용한함)
	응집제 순간혼화기	수중형 순간혼화기 현장조작반, 인양장치 1조	2005.9 동방수기	15 11	1 1	
	샘플링펌프	자흡식 원심펌프(자동펌프) 18L/min×13mH	2008.4 Wilo	0.32	2(1)	PW-200M (잔류염소용)
(생활)	생활유량계실 차단밸브	전동 1상식 수평형 BFV D1,500	1998.8 국제기연	3.7	1	Act.:모건코리아 (1998.8)
(공업)	공업유량계실 차단밸브	전동 1상식 수평형 BFV D1,200	1998.8 국제기연	2.2	1	Act.:모건코리아 (1998.8)

### ○ 약품주입설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
	응집제 저장탱크	수직 원통형 저장조 60m³, Ø4.8m×H3.3m		-	4	(옥외)
	NaOH(45%) 원액탱크	수직 원통형 FRP 저장조 17m³, Ø2.8m×H2.8m		-	1	(옥외)
	NaOH 희석탱크	수직 원통형 FRP 저장조 15m³, Ø2.1m×H3.1m, 교반기	1998.12 대광기전	3.75	1	(옥외)
	NaOH 이송펌프	수평축 한쪽흡입 벌루트펌프 0.4m³/min×10mH	1999.1 덕지산업	3.7	2(1)	(옥외 펌프실)
	NaOH(20%) 저장탱크	수직 원통형 FRP 저장조 17m³, Ø2.8m×H2.8m		-	1	(옥외)
	응집제 주입설비	전동 Control Valve 15A(V-con Type)×2대	2009.6 아큐스	220V	1식	
전자식 유량계 8A×3대		-				
현장조작반 : STS 비례제어 자동제어반		-				

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
	NaOH 조절탱크	수직 원통형 FRP 저장조 5m³	1998.12 대광기전	-	1	
	NaOH 주입기	디퍼식 액체정량주입장치 0~12L/min	1998.12 대광기전	0.2	3(1)	
	활성탄 투입설비	용적형 Screw Feeder(VFD) Feeder : 10~200kg/h Agitator/Vibrator 집진설비 : 링블로워 - 27m³/min×300mmAq	1998.6 대광기전	0.4 0.4/0.75 1.0	2식	(사용안함) 주입지점 변경: 혼화지후단 (생활)06.4.20
	용해수 공급펌프	자흡식 원심펌프(자동펌프) 40L/min×28mH	2007.6 Wilo	0.79	1	PW-600M (활성탄공급용)
	이젝터 급수펌프	수평축 다단 원심펌프 0.1m³/min×40mH	2000.4 세한펌프	3.7	3	(사용안함)
	샘플링펌프	자흡식 원심펌프(자동펌프) 40L/min×28mH	Wilo	0.79	2	(계측기용 1대) (실험실용 1대)
	약품운반용 호이스트	Monorail Hoist 1Ton	LK 성도기계	1.5/0.4	1 1	
불소 주입	불소 저장탱크	수직 원통형 PE 저장조 30m³, Ø2.95m×H4.4m	2000.3 동방수기	-	2	(옥외)
	불소 Day Tank	수직 원통형 PE 3m³, Ø1.59m×H2.04m	2000.3 동방수기	-	2	
	불소 주입설비	다이아프램식 정량펌프 45.3L/min×12.3kgf/cm² 현장조작반 : STS304 비례제어 자동제어반	2000.3 동방수기	0.4	2	
CO2 주입	이산화탄소 주입설비	저장탱크:수직원통형 압력탱크식 4.9Ton×설계압력 2.3MPa	2009.6 동방수기	-	1	
		기화기 : 전열 온수식 150kg/hr		15	1	
		제어밸브:V-Cone Type(STS304) 25A		-	1	
		유량계:질량유량계(열감지식) 25A		-	1	
		용해장치:관입형 급속분사식 수중형 순간혼화기, 인양장치 1조		15	1	
		pH 콘트롤러:PLUG&PLAY 방식 1점식		-	2	
		현장제어반 : 이중 밀폐 자립형 PLC, 터치스크린 내장		-	1식	

# 제5장 | 시설개량계획

## 3) 응집 및 침전지설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
(생활)	응집지 유입밸브	전동 2상식 수직형 BFV D800, 조작반일체형	1998.8 동양밸브	1.5	8	Act.:AUMA (2004.12)
	1단 응집기	수평 패들형(VFD) Impeller D3,100	1998.6 성우	3.7 4P	8	감속비 165:1 (10.9rpm)
	2단 응집기	수평 패들형(VFD) Impeller D3,100	1998.6 천지천	2.2 4P	8	감속비 165:1 (10.9rpm)
	3단 응집기	수평 패들형(VFD) Impeller D3,100	1998.6 거성개발	1.5 4P	8	감속비 319:1 (5.6rpm)
	슬러지수집기	수중대차형 2수로1구동, 0.2~0.8m/min	1999.4 효림산업	1.5	8	감속비 1497:1
	침전슬러지 인발밸브	전동 1상식 게이트밸브 D400	1998.12 동양산업	1.5	16	Act.:모건코리아 (1998.12)
	부유물제거기	부력식 부유물제거기 W300×L8,000×H200	1998.6 성보기전	-	8	
	부유물 배출밸브	전동 1상식 BFV(Wafer) D200			8	Act.:모건코리아
	샘플링펌프	자흡식 원심펌프(자동펌프) 18L/min×12mH	Wilo	0.2	1	응집지 5,6지 지하 1층
	(공업)	응집지 유입밸브	전동 2상식 수직형 BFV D1,000, 조작반일체형	1998.8 동양밸브	1.5	2
1단 응집기		수평 패들형(VFD) Impeller D3,100	1998.6 성우	3.7 4P	2	감속비 165:1 (10.9rpm)
2단 응집기		수평 패들형(VFD) Impeller D3,100	1998.6 천지천	2.2 4P	2	감속비 165:1 (10.9rpm)
3단 응집기		수평 패들형(VFD) Impeller D3,100	1998.6 거성개발	1.5 4P	2	감속비 319:1 (5.6rpm)
슬러지수집기		수중대차형 2수로1구동, 0.2~0.8m/min	1998.12 삼양정수	1.5	2	감속비 1497:1
침전슬러지 인발밸브		전동 1상식 게이트밸브 D400	1998.12 동양산업	1.5	4	Act.:모건코리아 (1998.12)
부유물제거기		부력식 부유물제거기 W300×L8,500×H200	1998.6 성보기전	-	2	
부유물 배출밸브		전동 1상식 BFV(Wafer) D200			2	Act.:모건코리아
샘플링펌프		자흡식 원심펌프(자동펌프) 18L/min×12mH	Wilo	0.2	1	응집지 9,10지 지하 1층
(공통)		슬러지 조절밸브	전동 1상식 게이트밸브 D500	1998.12 동양산업	1.5	1
	슬러지 인발펌프	수평축 나선형 원심펌프 200/150A×3.67m <sup>3</sup> /min×6mH	1999.1 덕지산업	11	2	
	지배수펌프	자동 탈착식 수중모터펌프 3.61m <sup>3</sup> /min×8mH	1998 대아기계	11	2(1)	
	바이패스밸브	전동 2상식 수직형 BFV D1,200		1.5	1	Act.:모건코리아
	바닥배수펌프	자립식 수중모터펌프 0.15m <sup>3</sup> /min×8mH		0.75	6(3)	공동구 3개소 설치

4) 여과지설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
(생활)	유입밸브	공기압 1상식 BFV D400, 10K	1998.12 동아밸브	-	40	
	역세밸브	공기압 1상식 BFV D600, 10K	1998.12 동아밸브	-	20	
	정수밸브	공기압 1상식 BFV D600, 10K	1999.2 동아밸브	-	20	
	배수밸브	공기압 1상식 BFV D800, 10K	1998.12 현대밸브	-	20	
	역세공기밸브	공기압 1상식 BFV D300, 10K	1998.12 현대밸브	-	20	
	여과지 드레인밸브	수동 1상식 제수밸브 D200	1998.12 동양밸브	-	20	
	압축공기설비	왕복동식 0.934m <sup>3</sup> /min×9.9kgf/cm <sup>2</sup>	한신	5.5	2	
Air Dryer : 냉동식 1.53N <sup>m</sup> /min×9.9kgf/cm <sup>2</sup>		한신	0.62	1		
After Cooler 3.2N <sup>m</sup> /min×14.0kgf/cm <sup>2</sup>		한신	0.085	1		
	공기저장탱크	수직 원통형 강제 탱크 1.5m <sup>3</sup>	1998.6 성보기전	-	1	
	역세송풍기	Rotary Roots Blower 49m <sup>3</sup> /min×3,000mmAq	1999.1 한국유체	45	3(1)	
	전염소 희석수펌프	수평축 다단 원심펌프 100/80A×0.75m <sup>3</sup> /min×60mH	1999.1 덕지산업	18.5	2(1)	DMS-100-3S
	후염소 희석수펌프	수평축 다단 원심펌프 100/80A×0.75m <sup>3</sup> /min×50mH	1999.1 덕지산업	15	2(1)	DMS-100-2S
	샘플링펌프	자흡식 원심펌프(자동펌프) 18L/min×12mH	Wilo	0.32	2(1)	PW-200M (수질계측기용)
	바닥배수펌프	자립식 수중모터펌프 50A×0.15m <sup>3</sup> /min×10mH	1998.6 대아기계	0.75	2(1)	
	유지관리용 호이스트	Monorail Hoist 2Ton	1998.6 성도	3.5/0.4	1	(송풍기실)
역세척 펌프실	역세척펌프	수평축 양쪽흡입 벌루트펌프 350/350A×13.5m <sup>3</sup> /min×9mH	1998.12 대아기계	37 6P	3(1)	
	역세수 조절밸브	전동 1상식 수평형 BFV D600, 10K	1998.12 동양산업	0.75	1	역세척펌프실

# 제5장 | 시설개량계획

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
	잡용수 공급장치	자동용수공급장치(기압식) 급수량 : 0.75m <sup>3</sup> - 급수펌프 수직축 다단 원심펌프 0.25m <sup>3</sup> /min×45mH×3대	1999 서광건설	5.5×3	1식	
	바닥배수펌프	자립식 수중모터펌프 0.15m <sup>3</sup> /min×10mH	1998 대아기계	0.75	2(1)	
	유지관리용 호이스트	Monorail Hoist 2Ton	성도	3.5/0.4	1	(펌프실)

## ○ 정수지설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
생활 용수	정수지 유입밸브	전동 2상식 수직형 BFV D1,200	1998.8 동양밸브	2.2	2	Act.:모건코리아 (1998.12)
	정수지 유출밸브	전동 2상식 수직형 BFV D1,200	1998.8 동양밸브	2.2	2	Act.:모건코리아 (1998.12)
	정수지 드레인밸브	수동 1상식 제수밸브 D400	1998.8 동양밸브	-	2	
	정수지 역세밸브	전동 2상식 수직형 BFV D800	1998.8 동양밸브	1.5	1	Act.:모건코리아 (1999.8)
공업 용수	정수지 유입밸브	전동 2상식 수직형 BFV D800	1998.8 동양밸브	1.5	2	Act.:모건코리아 (1999.1)
	정수지 유출밸브	전동 2상식 수직형 BFV D800	1998.8 동양밸브	1.5	2	Act.:모건코리아 (1999.1)
	정수지 드레인밸브	수동 1상식 제수밸브 D400	1998.8 동양밸브	-	2	

## ○ 송수펌프설비

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
생활 (안산)	안산생활 송수펌프	수평축 양쪽흡입 벌루트펌프 600/500A×30.9m <sup>3</sup> /min×32mH	1999.1 대한중전기	260 8P	5(1)	
	송수펌프 체크밸브	완폐식 체크밸브 D600	동양밸브 유니온밸브	-	5(1)	
	송수펌프 토출밸브	전동 1상식 수평형 BFV D600	1998.11 유니온밸브	0.75	5(1)	Act.:모건코리아 (1998.11)

구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
	토출주밸브	전동 1상식 수평형 BFV D1,200	1998.11 유니온밸브	2.2	1	Act.:모건코리아 (1998.11)
생활 (시흥)	시흥생활 송수펌프	수평축 양쪽흡입 벌루트펌프 450/400A×18.98m <sup>3</sup> /min×42mH	1999.2 청우공업	220 6P	4(1)	DSN450×400-6D
	송수펌프 체크밸브	완폐식 체크밸브 D500		-	4(1)	
	송수펌프 토출밸브	전동 1상식 수평형 BFV D500	1998.11 유니온밸브	0.75	4(1)	Act.:모건코리아 (1998.11)
	토출주밸브	전동 1상식 수평형 BFV D1,100	1998.8 유니온밸브	1.5	1	Act.:모건코리아 (1998.11)
공업 (안산)	안산공업 주송수펌프	수평축 양쪽흡입 벌루트펌프 600/500A×34.0m <sup>3</sup> /min×30mH	1999.1 대한중전기	260 8P	3(1)	
	주송수펌프 체크밸브	완폐식 체크밸브 D500		-	1	
		완폐식 체크밸브 D600		-	2	
	주송수펌프 토출밸브	전동 1상식 수평형 BFV D500	1998.11 유니온밸브	0.75	1	Act.:모건코리아 (1998.11)
		전동 1상식 수평형 BFV D600	1998.11 유니온밸브	0.75	2	Act.:모건코리아 (1998.11)
	안산공업 조절펌프	수평축 양쪽흡입 벌루트펌프 450/400A×17.4m <sup>3</sup> /min×30mH	1999.1 대한중전기	150 8P	1	
	조절펌프 체크밸브	완폐식 체크밸브 D600		-	1	
	조절펌프 토출밸브	전동 1상식 수평형 BFV D600, 10K	1998.11 유니온밸브	0.75	1	Act.:모건코리아 (2000.8)
	토출주밸브	전동 1상식 수평형 BFV D1,100	1998.8 유니온밸브	1.5	1	Act.:모건코리아 (1998.11)
(공통)	유지관리용 호이스트	Single Girder Hoist Crane 5Ton	1998.6 성도	3.0 0.75×2	1	(펌프실)
	배관실 호이스트	Monorail Hoist 2.8Ton	1998.6 성도	3.5/0.4	1	(배관실)
	샘플링펌프	자흡식 원심펌프(자동펌프) 18L/min×12mH	Wilo	0.32	2(1)	PW-200M (수질계측기용)
	바닥 배수펌프	자립식 수중모터펌프 50A×0.15m <sup>3</sup> /min×18mH	1998.6 대야기계	1.5	2(1)	

# 제5장 | 시설개량계획

## ○ 염소소독설비

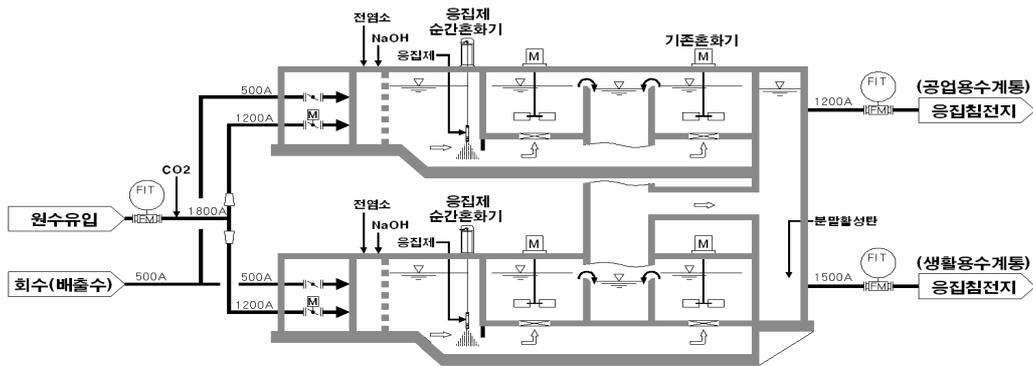
구분	품명	형식 및 규격	설치년도 제조사	동력 (kW)	수량 (대)	비고
	전염소주입기	진공 흡식 자립형 20kg/hr	1999.2 동신기계	-	3(1)	
	후염소주입기	진공 흡식 자립형 20kg/hr	1999.2 동신기계	-	3(1)	
	기화기	전기 온수가열식 100kg/hr	1999.2 동신기계	12	3(1)	
	진공조절기	감압진공 조절방식 60kg/hr	1999.2 동신기계	-	3(1)	
	긴급차단밸브	전동 볼밸브 D25	1999.2 동신기계		3	
	염소저장용기	수평형 원통 강판제 1Ton용	1998.6 동신기계	-	16	
	염소가스 중화설비	가스 상향류형 2탑식 1,000kg/hr - 배기팬 × 1대 - 교반기 × 1대 - Naon 순환펌프 × 1대 0.7m <sup>3</sup> /min×21mH - 현장조작반:STS304 중화설비 자동제어반	1998.6 동신기계	7.5 3.7 5.5	1식	
	누출경보기	전기 화학식 0~10ppm		-	1식	
	계량저울	Load Cell Type(4용기용) 4Ton		-	2	
	염소용기 호이스트	Monorail Hoist(U-Type) 2.8Ton	1998.6 성도	3.5/0.4	1	
	현장제어반	자립식 STS304 자동제어반			1면	
	안전장비	염소가스용 안전장비			1식	
	전염소 순간혼화기	수중형 순간혼화기 현장조작반, 인양장치 1조	동방수기	5.5	2	(착수정유출부)
	후염소 순간혼화기	수중형 순간혼화기 현장조작반, 인양장치 1조	동방수기	5.5	1	(여과지유출부)
	바닥배수펌프	자립식 수중모터펌프 50A×0.15m <sup>3</sup> /min×8mH	1998.6 대아기계	0.75	2(1)	(염소저장실)

## 나. 착수정 및 혼화설비

### 1) 설비개요

연성정수장은 팔당댐에서 도수되는 수도권광역상수도 5,6단계 계통의 취수원을 원수로 하고 있으며, 원수는 D1,800mm 관로로 착수정으로 유입된다. 착수정으로 유입된 원수는 정류벽과 혼화지(4지)를 거쳐 위어를 통해 월류되고, 생활용수계통과 공업용수계통으로 분리되어 응집지로 유입된다.

약품 혼화방식은 정수장 준공시에는 수직터빈형 혼화기를 설치하여 운전하였으나 현재는 착수정 후단(혼화지 유입)에 순간혼화기(Water Champ)를 설치하여 운영하고 있으므로 기존의 수직터빈형 혼화기는 사용하지 않고 있다. 응집제로는 PACI 또는 PAHCS를 사용하고 있으며, 착수정 유입부에는 전염소를 주입하고 있다. 또한 pH 조절을 위한 가성소다(NaOH)와 분말활성탄투입설비가 구성되어 있으며, 높은 pH에 대응하기 위하여 2009년 6월에 이산화탄소주입설비를 추가 설치하였다.



<그림 5.2-56> 혼화설비 계통도



착수정 및 약품혼화지 전경



기존혼화기(수직터빈형)



혼화지 상부(약품투입실)

<그림 5.2-57> 설치현황

## 2) 혼화설비

### ○ 운전현황

응집제의 혼화를 위한 혼화기는 기계식 수직터빈(Turbine)형으로서 각 4지에 설치되어 있으나 현재는 사용하지 않고, 착수정 후단(혼화지 유입)에 순간혼화기(Water Champ)를 설치하여 응집제(PACI 또는 PACHS)를 원수에 순간 혼화하고 있다. 순간혼화기는 상시 연속 가동하며, 정속으로 운전하고 있다.

### ○ 혼화기 운전성능(G-Valve) 검토

순간혼화기는 혼화지 2지를 1계열로 구성하고, 2계열에 각 1대씩 설치하여 운영하고 있으며, 각 설비의 정격동력이 상이하므로 2대를 구분하여 운전성능을 검토하기로 한다

구 분	1계열	2계열	비 고
형 식	수중형 순간혼화기		
회전속도	3450rpm	3450rpm	
전 동 기	11kW(2P)	15kW(2P)	
운전방식	정속운전	정속운전	
설 치 일	2005.9	2005.9	
제 작 자	동방수기	동방수기	
수 량	1 대	1 대	

### - 검토조건

처리용량(Q) : 402,150m<sup>3</sup>/일(“원수 및 정수량 현황” 중 시설용량 기준)

혼화체적(V) : 4.65m<sup>3</sup>(원수량 4.65m<sup>3</sup>/sec 의 1초 체류시간 체적, 계열당 2.33m<sup>3</sup>)

운전대수(N) : 2대(계열당 1대)

### - 순간혼화기 운전동력 산출

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta \times 10^{-3}$$

여기서, V : 전압(V) ⇒ 현장조사(2009.3.9) 당시 제어반의 전압계 지시값

I : 전류(A) ⇒ 현장조사(2009.3.9) 당시 제어반의 전류계 지시값

cosθ : 역율 ⇒ 제작사 모터사양서 인용

$$1\text{계열}(11\text{kW}) \text{ Ps}_1 = 1.732 \times 375\text{V} \times 25\text{A} \times 0.849 \times 10^{-3} = 13.8\text{kW}$$

$$2\text{계열}(15\text{kW}) \text{ Ps}_2 = 1.732 \times 375\text{V} \times 26\text{A} \times 0.868 \times 10^{-3} = 14.7\text{kW}$$

- 수온별 혼화기 최대운전성능

순간혼화기의 소요동력을 바탕으로 발생 가능한 혼화강도(G)를 산출하면

$$G = \sqrt{\frac{1,000 \times P_s}{\mu \times V}} \text{ (sec}^{-1}\text{)}$$

여기서,  $P_s$  : 소요동력(Kw)

$\mu$  : 수온에서 점성계수 (N.s/m<sup>2</sup>)

$V$  : 혼화체적 (m<sup>3</sup>)

수온 T(°C)	점성계수 $\mu$ (N.s/m <sup>2</sup> )	물의밀도 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	축동력 Ps(Kw)		혼화강도 G(sec <sup>-1</sup> )	
			1계열	2계열	1계열	2계열
0	0.00183	999.9	13.8	14.7	1,799	1,855
5	0.00155	1000	13.8	14.7	1,955	2,016
10	0.001336	999.7	13.8	14.7	2,106	2,171
15	0.00117	999.1	13.8	14.7	2,250	2,320
20	0.001009	998.2	13.8	14.7	2,423	2,498
25	0.000913	997.1	13.8	14.7	2,547	2,627
30	0.000816	995.7	13.8	14.7	2,694	2,778

위의 운전성능에서와 같이 혼화강도는 수온(0~30°C)에 따라 1,799~2,778(sec<sup>-1</sup>)로 비교적 높은 혼화강도를 유지하고 있다. 이에 설비의 혼화강도는 적절한 것으로 판단되나 1계열의 순간혼화기는 모터의 정격동력보다 실제 동력이 상회하여 운전하고 있다. 제작자의 모터사양서를 보면 최대 15.8kW(380V, 28.7A)까지 운전이 가능한 것으로 나타나고 있으나 모터 정격동력은 안전율을 감안하여 소요동력 보다 크게 할 필요가 있다. 따라서 순간혼화기 15kW 이상 1대를 예비기로 확보하고, 운영 중 문제 발생시 예비기를 활용하여 신속히 대처할 필요가 있다. 참고로 혼화강도 기준을 나타내면 다음과 같다.



<표 5.2-85>

혼화강도 기준

구 분	혼화시간 t(sec)	혼화강도 G(sec <sup>-1</sup> )	비 고
AWWA	20 ~ 60	300 ~ 1,000	
S. Kawamura	10 ~ 30	300	기계식
	1 ~ 2	Gt 400~1,600, G=750(평균)	적정혼화
R.L Sanks		700	"

## 다. 약품주입설비

### 1) 설비개요

액체약품으로 응집제는 PACI(17%), PAHCS(12.5%), PACS(17%)가 사용되었으며, PACS는 주입일수가 3년 중 6일 이었고, 주로 PACI과 PAHCS가 주입되었다. 응집주입설비는 디퍼식 정량투입기를 사용하였으나, 2009년 6월에 Control V/V+전자식유량계로 개량하여 사용하고 있으며, 이후 응집제는 분배조를 거쳐 응집제 순간혼화기(Water Champ)에 주입되어 원수에 순간혼화를 실시하고 있다. 또한 pH조정제인 가성소다(NaOH) 주입설비와 2009년 6월에 이산화탄소주입설비를 추가 설치하였으며, 가성소다는 3년간 주입실적이 없는 것으로 조사되었다.

분체약품으로는 맛, 냄새 제거를 위한 분말활성탄(PAC)투입설비가 있으며, 혼화지 유출부(생활용수계통)에 주입되고 있다. 분말활성탄은 2006년~2007년에는 가동실적이 없고, 2008년에 약 15일 정도 주입된 것으로 조사되었다.

구 분	액체약품		분체약품
	응집제 (PACI or PACHS)	NaOH	분말활성탄(PAC)
약품저장/충전	옥외 액상저장조	옥외 원액저장조(45%) + 희석탱크(20%), 저장조(20%)	포대로 저장, 인력 충전 (집진기 설치)
약품공급	디퍼식 정량투입기	디퍼식 정량투입기	Screw Feeder
용해방식	-	-	용해조내 교반 용해
주입량 제어	AC Servo Motor	AC Servo Motor	Screw Feeder Inverter 제어
용액주입	순간혼화기 진공	자연유하이송 주입	자연유하이송 주입
주입지점	착수정 후단(2개소)	착수정 유입부(2개소)	혼화지 유출부(생활용수)



응집제 저장탱크(옥외)



NaOH 저장조(45%, 20%)



분말활성탄투입설비(상부)

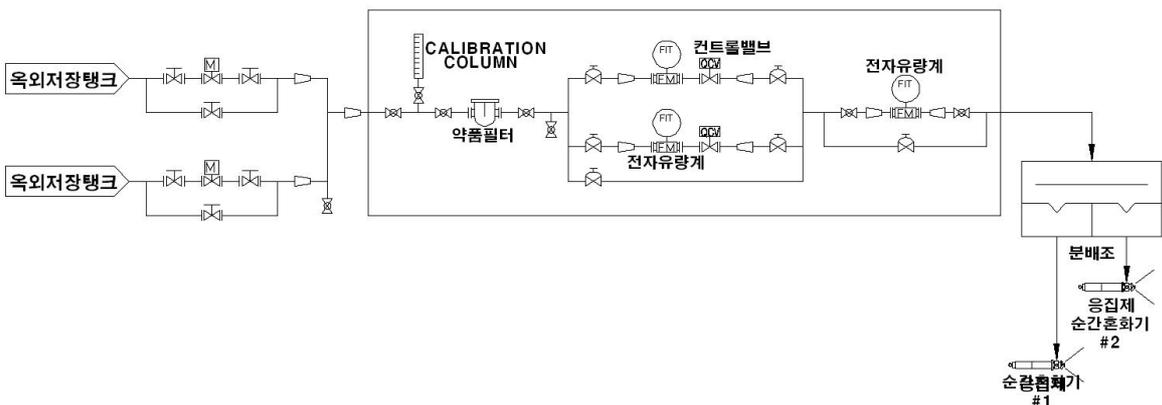
<그림 5.2-58> 설치현황

2) 액체약품 주입설비

○ 운전현황

응집제는 옥외 저장탱크의 액상 용액을 약품투입실 내부로 배관을 통해 직접 공급받아 Control V/V+전자식유량계로 약품주입량을 조절하여 분배조로 보내어지고, 이후 응집제 순간혼화기(Water Champ)로 주입하여 순간혼화를 실시한다.

pH조정제인 NaOH는 옥외 저장탱크에 45% 원액을 공급받아 20% 용액으로 희석 후 옥외 NaOH 저장탱크에서 저장하고, 약품실내의 Day Tank로 공급하여 디퍼식 정량투입기로 주입량을 조절하여 착수정 유입부에 자연유하로 주입할 수 있도록 구성되어 있다.



<그림 5.2-59> 응집제 주입설비 계통도

<표 5.2-86>

약품저장탱크(옥외)

구 분		응집제	NaOH(45%, 20%)	NaOH(희석탱크)
약품 저장탱크	용 량 규 격 지 수	수직 원통형 60m³ D4.8m×H3.3m 4조	수직 원통형 FRP 17m³ D2.8m×H2.8m 2조(각 1조)	수직 원통형 FRP 15m³ D2.5m×H3.1m 1조

<표 5.2-87>

액체약품주입기 제원

구 분	응집제 주입설비		비 고
형 식	전동 Control Valve	전자식 유량계	 <p>(응집제 주입설비)</p>
용 량	15A	8A	
운전방식	Control V/V+전자식 유량계		
설치일	2009.6		
제작자	아쿠스		
수 량	2 대	3 대	

구 분	NaOH주입기	비 고
형 식	디퍼식 액체정량주입장치	 <p>(가성소다주입설비)</p>
용 량	0~12L/min	
운전방식	유량비례, AC SERVO 제어	
전동기	0.2kW.	
설치일	1998.12	
제작자	대광기전	
수 량	3 대	

### 3) 분체약품 주입설비

#### ○ 운전현황

분말활성탄(PAC)는 연속 스크류식 정량투입기에 의해 주입, 용해하여 자연유하로 혼화지유출부(생활용수계통)에 주입하도록 설비되어 있다. 2006년~2007년에는 주입실적이 없고, 2008년에는 15일 정도 간헐로 주입된 것으로 조사되었다. 설비의 계통은 다음과 같다.

<표 5.2-88>

분체약품주입설비 제원

구 분	활성탄투입기	비 고
형 식	용적형 Screw 이송용해식	
용 량	10 ~ 200kg/hr	
운전방식	Feeder Inverter 제어	
전동기	Feeder 0.4kW Agitator 0.4kW, Vibrator 0.75kW.	
기 타	집진설비 : 링블로워 24m³/min×300mmAq×1.0kW	
설치일	1998.6	
제작자	대광기전	
수 량	2 식	

○ 운전용량

활성탄투입설비는 현재 간헐적으로 적은 기간에 사용하고 있으며, 투입기의 제원을 근거로 시설계획유량에 따른 투입 가능한 농도를 산출하면 다음과 같다.

$$\text{주입율(mg/L)} = \{ \text{투입기용량(kg/hr)} \times 24\text{hr} \} \div \{ \text{유량(m}^3\text{/일)} \times 1,000 \}$$

<표 5.2-89>

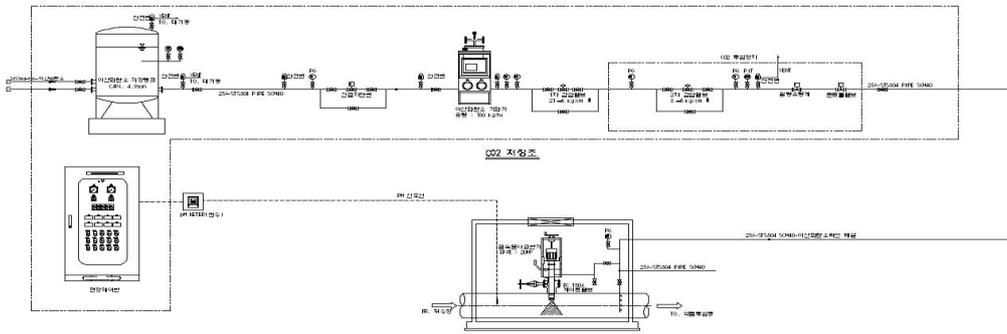
시설계획유량시 투입기 용량검토

구 분	유 량 (m³/일)	주입기운전			주입율(mg/L)		비 고	
		주입기	운전(대)	예비(대)	최소	최대		
분말 활성탄 (PAC)	최 대	402,150	10~200kg/hr 2대	2	-	1.2	23.9	
	평 균	321,720		2	-	1.5	29.8	
	최 소	201,075		1	1	1.2	23.9	

4) 이산화탄소 주입설비

○ 운전현황

이산화탄소주입설비는 높은 pH에 대응하기 위하여 2009년 6월에 설치하여, 시운전을 완료하였다. 용해방식은 이산화탄소 고압가스를 원수 유입관로상에 가스상태로 직접 투입하는 방식으로 금속교반기(Water Champ)를 이용하고 있다. 설비의 계통은 다음과 같다.



<그림 5.2-60> 이산화탄소주입설비 계통도



이산화탄소주입설비 전경

Control V/V+전자식유량계

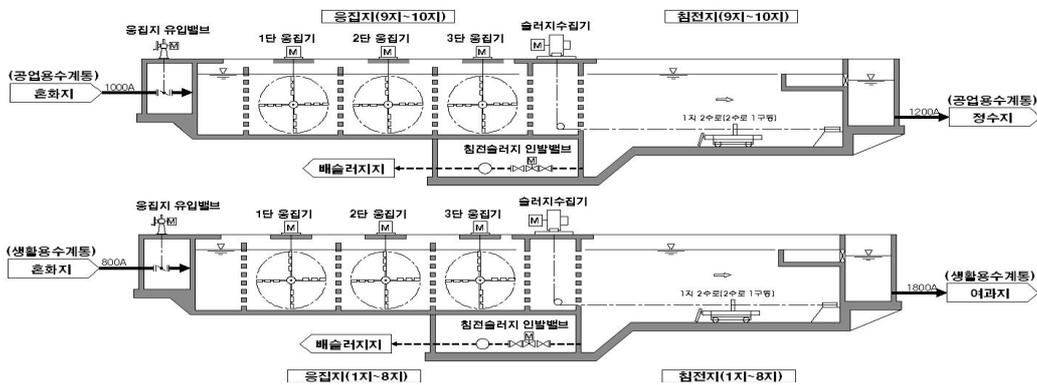
급속교반기

<그림 5.2-61> 설치현황

## 라. 응집·침전지설비

### 1) 설비개요

혼화지에서 유출된 원수는 생활용수계통 응집·침전지(#1~#8)와 공업용수계통 응집·침전지 (#9~#10)로 분리되어 각 계통의 응집지 유입밸브를 통해 응집지로 유입된다. 응집지는 3단으로 구성되어 있으며, 수평패들형 응집기가 설치되어 있다. 응집지를 거쳐 원수중에 커진 플록은 침전지를 거치면서 자연 침강되어 분리시킨다.



<그림 5.2-62> 응집·침전지 계통도



응집기



응집기 구동부



침전지

<그림 5.2-63> 설치현황

2) 응집시설비

○ 운전현황

응집기는 수평패들형으로서 3단으로 구성되어 각 단의 응집기는 4열의 Paddle이 설치되어 있다. 응집기는 상시 연속가동하며 운전은 인버터(Inverter)에 의해 변속운전하는 방식으로서 적정 교반강도를 유지하는 방식이다.

<표 5.2-90>

Flocculator 제원

구분	1 단	2 단	3 단	비고
형식	수평 패들형(Horizontal Paddle)			<p>(응집기)</p>
규격	생활:D3.1m×L3.1mL, 4arm×4Blade 공업:D3.1m×L3.55mL, 4arm×4Blade			
회전속도	4.47rpm	3.04rpm	1.56rpm	
운전방식	인버터(Inverter) 변속운전			
전동기	3.7kW	2.2kW	1.5kW	
설치일	1998.6			
수량	생활 8대 공업 2대	생활 8대 공업 2대	생활 8대 공업 2대	
제작자	생활 : 성우/천지천/거성개발 공업 : 성우/천지천/거성개발			

○ 응집기 운전성능(G-Valve)

응집지의 운전성능 검토를 위한 응집기 패들의 회전수는 설비의 최대회전수(제작도서 기준)와 인버터(Inverter) 변속으로 현장에서 운영중인 패들회전수를 직접 측정하여 그 결과를 바탕으로 검토하였으며, 패들회전수의 기준은 생활용수계통은 #1~#8지의 평균과 공업용수계통은 #9~

# 제5장 | 시설개량계획

#10지의 평균을 적용하였다. 또한 운영 중인 응집기의 운전 성능은 수평패들형 응집기의 일반적인 G값 기준(50~10/sec 점감)과 비교하여 검토하였다.

<표 5.2-91> 응집기 회전수 현장조사 실측 결과(2009.2.18)

구분	생활용수								공업용수		
	#1지	#2지	#3지	#4지	#5지	#6지	#7지	#8지	#9지	#10지	
응집기 회전수 (rpm)	1단	1.48	1.37	1.31	휴지	1.73	1.74	1.75	1.71	1.83	1.87
	2단	0.96	0.97	1.00		1.18	1.17	1.12	1.17	1.12	1.12
	3단	0.90	0.46	0.46		0.55	0.56	0.60	0.58	0.65	0.59

상수도시설기준에서 권장하는 응집기 주변속도는 15~80cm/sec 이므로 응집기 주변속도와 상대속도를 검토하고, 응집기의 제원을 바탕으로 발생 가능한 G값을 계산하면 그 결과는 다음과 같다.

$$\text{패들의 주변속도 } v = \frac{\pi \times D \times N}{60} \text{ (m/sec)}$$

$$\text{소요 축동력 } P_s = \frac{C_d \cdot \rho \cdot \sum(a_i v_i^3)}{2 \times 1,000} \text{ (Kw)} \text{ ----- ①}$$

$$\text{교반강도 } G = \sqrt{\frac{P_s \cdot 1,000}{\mu \cdot V}} \text{ (sec}^{-1}\text{)} \text{ ----- ②}$$

①와 ②를 정리하면

$$= \frac{\sqrt{C_d \cdot \rho \cdot \sum(a_i v_i^3)}}{2 \cdot \mu \cdot V} \text{ (sec}^{-1}\text{)}$$

여기서, v : 패들의 주변속도(m/sec)

D : 패들의 직경(m)

⇒ 생활용수계통 D3.1m, 공업용수계통 D3.55m

N : 회전수(rpm)

⇒ 응집기 제원과 실측치 참조

P<sub>s</sub> : 소요 축동력 (Kw)

C<sub>d</sub> : 저항계수(임펠라 형상에 따라 1.5~1.8, 1.8 적용)

ρ : 수온에서 원수 밀도 (kg/m<sup>3</sup>)

μ : 수온에서 점성계수 (N.s/m<sup>2</sup>)

a<sub>i</sub> : 운동방향에 직각인 임펠러 면적(m<sup>2</sup>)

⇒ 생활용수계통 W0.1m×L3.3m×4ea/열×4열 = 5.28m<sup>2</sup>

⇒ 공업용수계통 W0.1m×L3.55m×4ea/열×4열 = 5.68m<sup>2</sup>

v<sub>i</sub> : 패들의 상대속도(주변속도의 0.7~0.8, 0.75 적용)

<표 5.2-92> 응집기 패들 주변속도 및 상대속도 검토 (생활용수계통 응집기)

구분	익판 No.	Di (m)	ai (m <sup>2</sup> )	최대회전수(제작도서)					회전수 실측(현장조사)				
				N (rpm)	v (m/s)	vi (m/s)	aivi <sup>3</sup>	Σaivi <sup>3</sup>	N (rpm)	v (m/s)	vi (m/s)	aivi <sup>3</sup>	Σaivi <sup>3</sup>
1단	1	3.0	5.28	4.47	0.702	0.527	0.771	1.744	1.58	0.249	0.187	0.034	0.078
	2	2.6	5.28		0.609	0.456	0.502			0.216	0.162	0.022	
	3	2.2	5.28		0.515	0.386	0.304			0.182	0.137	0.014	
	4	1.8	5.28		0.421	0.316	0.167			0.149	0.112	0.007	
2단	1	3.0	5.28	3.04	0.478	0.358	0.243	0.548	1.08	0.170	0.127	0.011	0.025
	2	2.6	5.28		0.414	0.310	0.158			0.147	0.110	0.007	
	3	2.2	5.28		0.350	0.263	0.096			0.125	0.093	0.004	
	4	1.8	5.28		0.287	0.215	0.052			0.102	0.076	0.002	
3단	1	3.0	5.28	1.56	0.245	0.184	0.033	0.074	0.59	0.092	0.069	0.002	0.005
	2	2.6	5.28		0.212	0.159	0.021			0.080	0.060	0.001	
	3	2.2	5.28		0.180	0.135	0.013			0.068	0.051	0.001	
	4	1.8	5.28		0.147	0.110	0.007			0.055	0.042	0.001	

<표 5.2-93> 응집기 패들 주변속도 및 상대속도 검토 (공업용수계통 응집기)

구분	익판 No.	Di (m)	ai (m <sup>2</sup> )	최대회전수(제작도서)					회전수 실측(현장조사)				
				N (rpm)	v (m/s)	vi (m/s)	aivi <sup>3</sup>	Σaivi <sup>3</sup>	N (rpm)	v (m/s)	vi (m/s)	aivi <sup>3</sup>	Σaivi <sup>3</sup>
1단	1	3.0	5.68	4.47	0.702	0.527	0.829	1.876	1.85	0.291	0.218	0.059	0.133
	2	2.6	5.68		0.609	0.456	0.540			0.252	0.189	0.038	
	3	2.2	5.68		0.515	0.386	0.327			0.213	0.160	0.023	
	4	1.8	5.68		0.421	0.316	0.179			0.174	0.131	0.013	
2단	1	3.0	5.68	3.04	0.478	0.358	0.261	0.590	1.12	0.176	0.132	0.013	0.030
	2	2.6	5.68		0.414	0.310	0.170			0.152	0.114	0.008	
	3	2.2	5.68		0.350	0.263	0.103			0.129	0.097	0.005	
	4	1.8	5.68		0.287	0.215	0.056			0.106	0.079	0.003	
3단	1	3.0	5.68	1.56	0.245	0.184	0.035	0.080	0.62	0.097	0.073	0.002	0.006
	2	2.6	5.68		0.212	0.159	0.023			0.084	0.063	0.001	
	3	2.2	5.68		0.180	0.135	0.014			0.071	0.054	0.001	
	4	1.8	v		0.147	0.110	0.008			0.058	0.044	0.001	

위의 결과를 보면 설비의 최대회전수를 기준으로 주변속도는 상수도시 설기준을 만족한다.

<표 5.2-94> 응집기 운전성능 검토 (생활용수계통 응집기)

수온 (°C)	점성계수 $\mu$ (N.s/m <sup>2</sup> )	밀도 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	G값(최대회전수:제작도서)			G값(회전수 실측:현장조사)		
			1단 (4.47rpm)	2단 (3.04rpm)	3단 (1.56rpm)	1단 (1.58rpm)	2단 (1.08rpm)	3단 (0.59rpm)
0	0.001830	999.9	62.32	34.95	12.85	13.15	7.42	3.19
5	0.001550	1000	67.72	37.98	13.96	14.29	8.06	3.47
10	0.001336	999.7	72.93	40.90	15.04	15.39	8.68	3.74
15	0.001170	999.1	77.91	43.70	16.06	16.44	9.27	3.99
20	0.001009	998.2	83.86	47.03	17.29	17.69	9.98	4.29
25	0.000913	997.1	88.11	49.41	18.16	18.59	10.48	4.51
30	0.000816	995.7	93.13	52.23	19.20	19.65	11.08	4.77

<표 5.2-95> 응집기 운전성능 검토 (공업용수계통 응집기)

수온 (°C)	점성계수 $\mu$ (N.s/m <sup>2</sup> )	밀도 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	G값(최대회전수:제작도서)			G값(회전수 실측:현장조사)		
			1단 (4.47rpm)	2단 (3.04rpm)	3단 (1.56rpm)	1단 (1.85rpm)	2단 (1.12rpm)	3단 (0.62rpm)
0	0.001830	999.9	62.77	35.21	12.94	16.71	7.87	3.41
5	0.001550	1000	68.21	38.26	14.06	18.16	8.56	3.70
10	0.001336	999.7	73.46	41.20	15.15	19.56	9.21	3.99
15	0.001170	999.1	78.48	44.01	16.18	20.89	9.84	4.26
20	0.001009	998.2	84.47	47.37	17.41	22.49	10.59	4.59
25	0.000913	997.1	88.75	49.78	18.30	23.63	11.13	4.82
30	0.000816	995.7	93.81	52.61	19.34	24.98	11.77	5.09

위에 검토된 바와 같이 원수 평균 수온 0~30°C를 기준으로 응집기의 최대성능은 상수도 시설기준에서 권장하는 G값 75~10(sec<sup>-1</sup>) 과 , S Kawamura(정수시설 최적설계 및 유지관리)의 수직패들형 응집기의 G값 기준 50~10(sec<sup>-1</sup>)을 만족한다. 하지만 현재 운영중인 응집기의 회전수를 바탕으로 G값을 계산하면 다소 낮게 운전되고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 저탁도의 원수가 유입될 경우에는 G값을 크게 설정하여 침전이 양호한 플록을 형성하도록 하여야 하겠다. 또한 G값의 점감범위가 적정하지 않으므로, 적정 G값을 위한 패들회전수를 설정하여 교반강도를 적정화 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

<표 5.2-96>

Paddle식 응집기 교반강도 기준

구분	체류시간 t(sec)	교반강도 G(sec <sup>-1</sup> )	패들면적 (수로면적대비)	주변속도 (m/sec)
AWWA	-	35 ~ 66	15 ~ 20%	0.09 ~ 0.91
S. Kawamura	30 ~ 40	50 ~ 10 점감	10 ~ 25% 최대 30%이하	0.15 ~ 1.0
상수도시설기준	20 ~ 40	10 ~ 75	물을 헤치는 익판면적 10% 이하	0.15 ~ 0.8

수온에 따라 적절한 G값을 유지하여 응집효과를 높일 수 있고, 불필요한 동력소모를 줄일 수 있으므로 일정한 G값을 유지하기 위해서는 수온에 따라 응집기의 회전속도를 조절하여야 한다. G값을 50~10(sec<sup>-1</sup>)까지 점감하도록 수온에 따라 요구되는 응집기의 회전속도를 이론적으로 산출하면 다음과 같다.

<표 5.2-97>

수온별 응집기 적정 운전속도 (생활용수계통 응집기)

항목	RPM							RPM 범위	비 고
	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃		
1단(50sec <sup>-1</sup> )	3.86	3.65	3.48	3.33	3.17	3.06	2.95	2.95~3.86	
2단(30sec <sup>-1</sup> )	2.75	2.6	2.47	2.37	2.25	2.18	2.1	2.10~2.75	
3단(10sec <sup>-1</sup> )	1.32	1.25	1.19	1.14	1.08	1.05	1.01	1.01~1.32	

<표 5.2-98>

수온별 응집기 적정 운전속도 (공업용수계통 응집기)

항목	RPM							RPM 범위	비 고
	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃		
1단(50sec <sup>-1</sup> )	3.84	3.63	3.46	3.31	3.15	3.05	2.94	2.94~3.84	
2단(30sec <sup>-1</sup> )	2.73	2.59	2.46	2.35	2.24	2.17	2.09	2.09~2.73	
3단(10sec <sup>-1</sup> )	1.31	1.24	1.18	1.13	1.08	1.04	1.00	1.00~1.31	

## 3) 침전지설비

### ○ 운전현황

침전지는 장방형 구조로 슬러지 수집을 위해 2수로 1구동식 수중대차형 슬러지수집기가 설치되어 있으며, 침전슬러지는 침전지 유입측 하부에 구성된 호퍼부로 이송되어 전동식 슬러지인발밸브(400A)의 자동 개/폐운전으로 슬러지를 간헐 배출하여 배슬러지지로 이송한다.

<표 5.2-99> Sludge Collector 제원

구 분	슬러지수집기		비 고
	생활용수계통	공업용수계통	
형 식	수중대차식		
구동방식	2수로 1구동	2수로 1구동	
운전속도	0.2 ~ 0.8m/min	0.2 ~ 0.8m/min	
운전방식	기어변속	기어변속	
구동장치	Motor 1.5kW Cyclo reducer	Motor 1.5kW Cyclo reducer	
설치일	1998.12	1998.12	
제작자	효림산업	삼양정수	
수 량	8 대	2 대	

### ○ 생활용수계통 슬러지수집기 운전성능 검토

#### ① 슬러지 발생량

현재 슬러지발생량이 계획량보다 적어 슬러지수집기의 처리능력은 충분하나, 시설계획 유량으로 유입시의 처리능력을 슬러지수집기의 규격 및 용량을 기준으로 검토하였다.

<표 5.2-100> 침전지 발생슬러지량

구 분	원수유입량 ( $m^3$ /일)	발생고형물량 (kg.DS/일)	발생슬러지량 ( $m^3$ /일)	비 고
평균유량/평균탁도(12.89NTU)	138,718	2,197	732	WC 99.7%
설계유량/설계탁도(40.89NTU)	265,418	11,421	2,284	WC 99.5%

주) 원수유입량 및 발생슬러지량은 토목공정분야 정수장 기술진단의 Mass Balance 참조

② 슬러지 수집능력 검토

• 생활용수계통 슬러지수집기 제원

- 형 식 : 수중대차형(2수로 1구동)
- 침전지 규격 : W19.0m × L60.0m × WD4.6m × 8지
- 스크레퍼 규격 : W8.4m × H0.7m × 2개/지
- 이동거리 : 약 60m
- 운전속도 : 0.2 ~ 0.8m/min 변속운전
- 슬러지수집기 방향전환 시간(tR) : 약 2min

• 슬러지 수집능력 검토

- 수집기 1회 왕복 소요시간 (t)

$$t = \frac{2L}{v} + 2t_R = \frac{2 \times 60}{0.2 \sim 0.8} + (2 \times 2) = 604 \sim 154 \text{ (min)}$$

여기서, L : 운반거리(m)  
v : 운반속도(m/sec)

- 수집기 1일 왕복횟수 (Ns)

$$N_s = \frac{24\text{hr} \times 60\text{min}}{t} = \frac{24 \times 60}{604 \sim 154} = 2.4 \sim 9.4 \text{ (회/일)}$$

- 수집기 1회 왕복 운반량 (q1)

$$q_1 = 1/2 \times 2W \times H \times L_o$$

$$= 1/2 \times 2 \times 8.4 \times 0.7 \times 19.8 = 116.4 \text{ (m}^3\text{/회)}$$

여기서, W : 스크레퍼 폭(8.4m)  
H : 스크레퍼 높이(0.7m)  
Lo : 슬러지 운반시 적재거리 (H/tan2°=19.8m)

- 수집기 1일 처리량 (qd)

$$q_d = q_1 \times N_s \times 8\text{지} = 116.4 \times 2.4 \sim 9.4 \times 8\text{지}$$

$$= 2,235 \sim 8,753 \text{ (m}^3\text{/일)}$$

따라서 최대 슬러지발생량을 상회하므로 발생슬러지에 대한 슬러지의 수집능력은 충분하다. 또한, 이론적으로 수집기의 1회 왕복시 운반 능력



이 116.4×8지=931.2m<sup>3</sup>이므로 평균탁도시 1일 1회, 설계탁도시에는 1일 2~3회 운전으로 슬러지를 제거할 수 있으나, 원수 수질에 따라 운전횟수 및 속도를 조절하여 운전하여야 한다.

○ 공업용수계통 슬러지수집기 운전성능 검토

① 슬러지 발생량

현재 슬러지발생량이 계획량보다 적어 슬러지수집기의 처리능력은 충분하나, 시설계획 유량으로 유입시의 처리능력을 슬러지수집기의 규격 및 용량을 기준으로 검토하였다.

<표 5.2-101> 침전지 발생슬러지량

구 분	원수유입량 (m <sup>3</sup> /일)	발생고형물량 (kg.DS/일)	발생슬러지량 (m <sup>3</sup> /일)	비 고
평균유량/평균탁도(12.89NTU)	79,872	1,753	584	WC 99.7%
설계유량/설계탁도(40.89NTU)	120,765	5,703	1,141	WC 99.5%

주) 원수유입량 및 발생슬러지량은 토목공정분야 정수장 기술진단의 Mass Balance 참조

② 슬러지 수집능력 검토

- 공업용수계통 슬러지수집기 제원
  - 형 식 : 수중대차형(2수로 1구동)
  - 침전지 규격 : W20.0m × L60.0m × WD5.3m × 2지
  - 스크레퍼 규격 : W8.9m × H0.7m × 2개/지
  - 이동거리 : 약 60m
  - 운전속도 : 0.2 ~ 0.8m/min 변속운전
  - 슬러지수집기 방향전환 시간(tR) : 약 2min
- 슬러지 수집능력 검토
  - 수집기 1회 왕복 소요시간 (t)

$$t = \frac{2L}{v} + 2t_R = \frac{2 \times 60}{0.2 \sim 0.8} + (2 \times 2) = 604 \sim 154 \text{ (min)}$$

여기서, L : 운반거리(m)

v : 운반속도(m/sec)

- 수집기 1일 왕복횟수 (Ns)

$$N_s = \frac{24\text{hr} \times 60\text{min}}{t} = \frac{24 \times 60}{604 \sim 154} = 2.4 \sim 9.4 \text{ (회/일)}$$

- 수집기 1회 왕복 운반량 (q<sub>1</sub>)

$$\begin{aligned} q_1 &= 1/2 \times 2W \times H \times L_o \\ &= 1/2 \times 2 \times 8.9 \times 0.7 \times 19.8 = 123.4 \text{ (m}^3\text{/회)} \end{aligned}$$

여기서, W : 스크레파 폭(8.9m)

H : 스크레파 높이(0.7m)

L<sub>o</sub> : 슬러지 운반시 적재거리 (H/tan2°=19.8m)

- 수집기 1일 처리량 (qd)

$$\begin{aligned} q_d &= q_1 \times N_s \times 2\text{지} = 123.4 \times 2.4 \sim 9.4 \times 2\text{지} \\ &= 592 \sim 2,320 \text{ (m}^3\text{/일)} \end{aligned}$$

따라서 최대 슬러지발생량을 상회하므로 발생슬러지에 대한 슬러지의 수집능력은 충분하다. 또한, 이론적으로 수집기의 1회 왕복시 운반 능력이 123.4×2지=246.8m<sup>3</sup>이므로 평균탁도시 1일 2~3회, 설계탁도시에는 1일 4~5회 운전으로 슬러지를 제거할 수 있으나, 원수 수질에 따라 운전횟수 및 속도를 조절하여 운전하여야 한다.

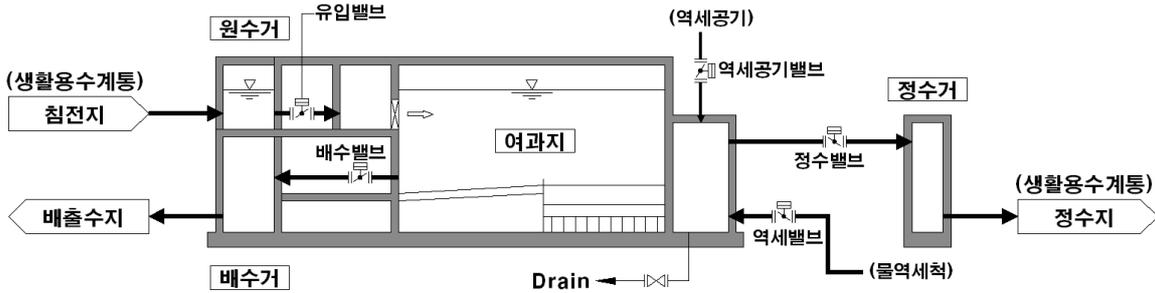
## 마. 여과지 및 정수지설비

### 1) 설비개요 및 운영현황

여과지는 생활용수계통의 침전수를 유입하여 처리하는 공정으로 총 20지를 운영중에 있으며, 역세척방식은 공기+물역세 방식을 사용하고 있다. 역세척은 역세척펌프실의 역세척펌프와 여과지 관랑의 역세송풍기를 이용하여 운전하고 있다. 여과된 여과수는 정수지로 보내어지고, 정수지 유입수로에는

# 제5장 | 시설개량계획

후염소를 주입하고 있다. 여과지의 주요설비는 각종 유, 출입 밸브류와 역세척펌프, 역세송풍기 등으로 구성되어 있다.



<그림 5.2-64> 여과지설비 계통도



여과지 상부

역세척펌프

역세송풍기

<그림 5.2-65> 설치현황

## 2) 역세척펌프 및 역세송풍기 운전 검토

역세척펌프 및 역세송풍기의 운전성능은 “토목공정분야 정수장기술진단”에서 계산된 역세강도를 기준으로 펌프 및 송풍기의 용량을 검토하였다.

○역세펌프 및 역세송풍기 제원

<표 5.2-102>

설비 제원

구 분	역세척펌프	역세송풍기	비 고
형 식	수평축 양쪽흡입 벌루트	로타리 루츠블로워	
용 량	13.5m <sup>3</sup> /min × 9mH	49m <sup>3</sup> /min × 3,000mmAq	
회전속도	1160rpm(6P)	1750rpm	
운전방식	정속운전	정속운전	
전동기	37kW	45kW	
설치년도	1998.12	1999.1	
제작자	대아기계	한국유체	
수 량	3 대	3 대	

○역세척강도

역세척은 비팽창방식이며, 공기역세척 1분을 수행한 후에, 공기와 물역세척을 동시에 9분간 수행하고, 물 단독 역세척을 3분간 수행하고 있다.

- 물역세척강도 :  $0.24\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$
- 공기역세척강도 :  $0.88\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$

상기 역세척강도를 기준으로 다음에 필요 역세척 수량 및 송풍량을 나타내었다.

<표 5.2-103> 역세척강도 검토

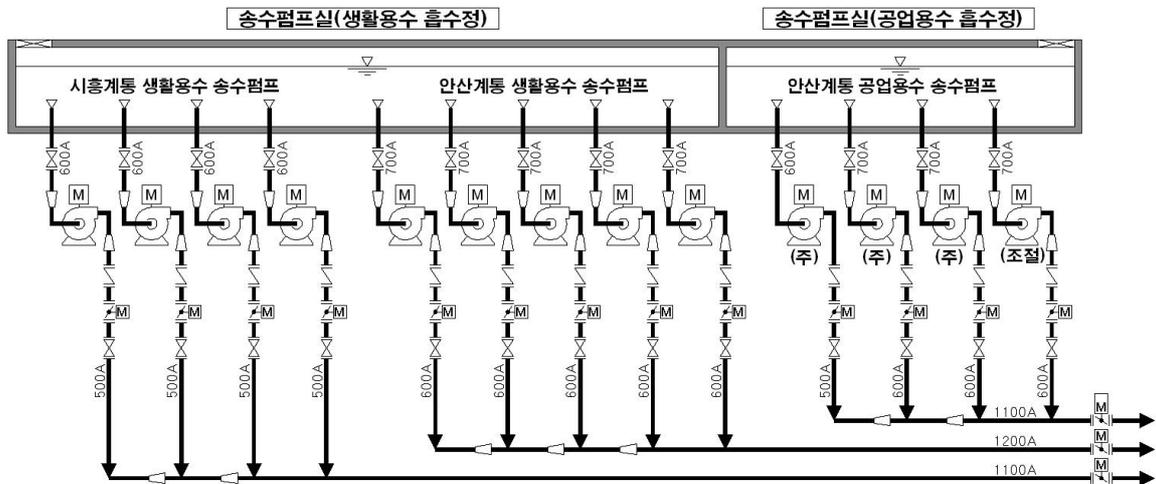
구 분		여과지	비 고
여과 면적		110.4m <sup>2</sup>	W8.0m × L13.8m
역세척	역세척수량	13.5m <sup>3</sup> /min × 3대(1대 예비)	
	역세속도	0.24m <sup>3</sup> /min · m <sup>2</sup>	
	역세유량평가	역세척유량 충분 - 2대 운전	역세척수 조절밸브 있음
공기역세척	송풍기량	49m <sup>3</sup> /min × 3대(1대 예비)	
	역세속도	0.88m <sup>3</sup> /min · m <sup>2</sup>	
	역세송풍량평가	역세송풍량 충분 - 2대 운전	

바. 송수펌프설비

1) 설비개요

송수펌프설비는 안산계통과 시흥계통으로 나누어지고, 안산계통에서는 생활용수계통과 공업용수계통으로 분리되어 있다. 안산계통 생활용수송수펌프는 총 5대, 안산계통 공업용수송수펌프는 주펌프 3대와 조절펌프 1대가 설치되었고, 시흥계통 생활용수송수펌프는 4대가 설치되어 각 계통별로 송수펌프를 교대 운영 중에 있으며, 펌프 토출배관은 각 계통별 주배관으로 연결되어 있다. 송수펌프는 지하층의 펌프실에 설치되어 있으며, 흡입수위보다 펌프 설치높이가 낮아 압상조건임에 따라 펌프 기동시 초기 물부름설비(진공 펌프설비)는 필요없다. 송수펌프 토출측에는 체크밸브를 설치하여 펌프 정지시 역류를 차단하고 있으며, 토출밸브는 전동식 버터플라이밸브가 설치되어 있다.

# 제5장 | 시설개량계획



<그림 5.2-66> 송수펌프 계통도



송수펌프실 전경

토출 주밸브

유지관리용 호이스트

<그림 5.2-67> 설치현황

## 2) 안산계통 생활용수 송수펌프

○ 송수펌프설비 현황

<표 5.2-104>

송수펌프 제원

구분	안산계통 생활용수 송수펌프	비고
형식	수평축 양쪽흡입 벌루트펌프	
구경	∅600 × ∅500	
유량	30.9m <sup>3</sup> /min	
양정	32m	
동력	260kW	3,300V
제작사	Pump	대한중전기(1999.1)
	Motor	대한중전기(1999.2)
회전수	880rpm	8P
수량	5대(1대 예비)	

○ 운영현황

송수펌프 운영과 관련하여 2007년 운영현황 자료는 운영실 컴퓨터 오류로 사용할 수가 없어 제외하고, 2005년 1월~2006년 12월, 2008년 1월~12월의 운영현황 자료를 기준으로 정리하였으며 송수량은 다음과 같다.

<표 5.2-105> 시설용량 및 취수량

구분	시설용량(㎥/일)	송수량(㎥/일)	비고
평균	-	84,681	2005년 1월~2006년 12월 2008년 1월~12월
최대	178,000	107,732	

송수펌프의 3년간 운전자료 정리하면 최대 107,732㎥/일, 일평균 84,681㎥/일로 시설계획유량의 약 48%의 가동율로 운전하였다. 송수량이 시설용량을 초과하여 운전된 날은 조사기간 동안 없었으며, 최대송수량은 2006년 8월23일에, 최저송수량은 2006년 1월29일로 나타났다.

○ 안산계통 생활용수 송수펌프 운전검토

송수펌프는 1999년에 설치되어 현재까지 운전하고 있으며 운전자료에서와 같이 송수펌프 #1호기~#5호기를 교번 운전하였으며, 각 호기별 가동율은 다음과 같다.

<표 5.2-106> 송수펌프 운전유량

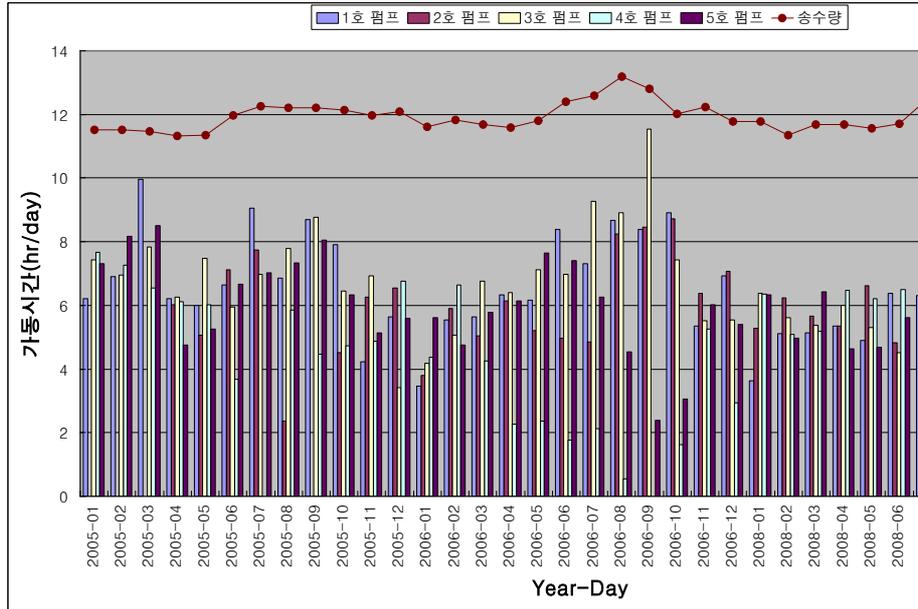
구분(년)	송수량(㎥/년)	년간가동시간(hr/년)						대당송수량(㎥/min)	정격유량(㎥/min)	운전/정격유량비
		#1	#2	#3	#4	#5	계			
2005	30,859,419	2,568	1,395	2,499	1,943	2,433	10,838	47.46	30.9	1.54
2006	31,619,160	2,468	2,276	2,581	1,031	1,979	10,335	50.99	30.9	1.65
2008	30,331,916	2,003	2,029	1,925	2,024	2,145	10,126	49.92	30.9	1.62



# 제5장 | 시설개량계획

년	월	운전시간(hr)						운전유량	
		안산계통 생활용수 송수펌프						계	일평균
		#1	#2	#3	#4	#5	계	(m³/월)	(m³/일)
2005	1	192.2	-	230.2	238.2	226.5	887.1	2,549,827	82,252
	2	193.4	-	194.9	203.5	228.8	820.6	2,302,703	82,239
	3	309.0	-	242.9	202.7	263.7	1,018.3	2,538,913	81,900
	4	186.7	180.6	187.8	183.4	142.6	881.1	2,427,205	80,907
	5	185.6	157.3	231.7	186.4	162.7	923.7	2,514,074	81,099
	6	199.0	213.3	178.1	110.7	199.8	900.8	2,563,884	85,463
	7	281.0	240.3	216.3	-	217.5	955.1	2,714,024	87,549
	8	212.6	73.3	241.3	181.8	227.1	936.1	2,703,418	87,207
	9	261.0	0.0	263.0	134.0	241.4	899.5	2,615,738	87,191
	10	245.2	139.8	199.5	146.7	195.9	927.1	2,685,863	86,641
	11	127.3	187.5	207.8	146.2	154.1	822.8	2,566,826	85,561
	12	174.6	202.7	105.7	209.7	172.9	865.7	2,676,944	86,353
2006	1	107.5	118.1	129.1	135.8	173.9	664.5	2,571,756	82,960
	2	155.2	165.4	141.8	185.6	133.0	781.0	2,366,076	84,503
	3	174.4	156.4	209.1	132.2	179.4	851.4	2,586,063	83,421
	4	189.6	184.3	192.0	68.3	184.2	818.5	2,482,217	82,741
	5	191.1	161.8	221.1	73.4	237.1	884.6	2,615,562	84,373
	6	251.7	149.5	209.5	52.8	222.1	885.6	2,656,296	88,543
	7	226.7	150.5	287.6	66.2	193.7	924.5	2,785,997	89,871
	8	269.1	255.4	276.5	17.1	141.1	959.3	2,917,620	94,117
	9	251.5	253.7	346.3	-	71.8	923.3	2,746,288	91,543
	10	276.0	270.7	230.6	50.4	94.5	922.1	2,662,722	85,894
	11	160.8	191.3	165.9	157.8	180.3	856.1	2,619,715	87,324
	12	214.9	218.9	171.7	91.1	167.5	864.1	2,608,848	84,156
2008	1	112.2	163.7	197.9	196.9	196.1	866.6	2,606,821	84,091
	2	148.3	180.7	162.8	147.9	144.0	783.5	2,349,091	81,003
	3	159.1	175.7	166.9	160.5	199.1	861.2	2,587,317	83,462
	4	160.2	160.8	179.6	194.2	139.1	833.8	2,503,181	83,439
	5	151.9	205.2	164.3	192.1	145.2	858.7	2,560,909	82,610
	6	191.0	144.8	135.5	194.8	168.3	834.4	2,505,974	83,532
	7	195.4	188.2	155.8	180.7	224.7	944.7	2,759,295	89,010
	8	198.5	178.4	190.0	153.9	191.8	912.6	2,700,496	87,113
	9	137.5	195.6	107.6	210.9	207.3	858.9	2,571,839	85,728
	10	144.9	183.6	156.8	167.8	205.4	858.4	2,545,615	82,117
	11	168.1	156.8	195.8	118.8	132.4	771.9	2,340,488	78,016
	12	236.5	95.3	112.0	105.9	191.8	741.5	2,300,890	74,222
계		7,039.2	5,699.3	7,005.1	4,998.2	6,556.7	31,298.4	92,810,495	
일평균		6.42	5.20	6.39	4.56	5.98	28.56		84,681
가동율		22.5%	18.2%	22.4%	16.0%	20.9%	100.0%		48%

송수펌프의 운전자료에 의하면 정격유량에 대한 운전유량비가 154~162%로서 정격유량 대비 크게 상회하여 운전되었다. 펌프는 과부하가 발생되지 않는 범위에서 운전점의 효율을 비교하여 동력비가 절감되도록 하여야 하며, 과유량으로 운전시 공동현상(Cavitation)이 발생할 우려가 있어 주의하여야 한다.(Cavitation 검토 참조)



<그림 5.2-68> 안산계통 생활용수 송수펌프 운전시간 및 송수유량

○ 양정검토

펌프양정은 계획시설용량을 목표연도 2025년 기준으로 운전에 소요되는 양정을 산출하면 다음과 같다. 또한 송수관로 검토에서 관로손실이 가장 많은 성곡배수지계통을 기준으로 검토한다.

- 운전유량 : 178,000m<sup>3</sup>/일(송수펌프 대당 정격용량 44,500m<sup>3</sup>/일)
  - 운전조건 : 송수펌프 4대 상용, 1대 예비
  - 실양정(Ha) : 성곡배수지 HWL - 송수펌프 흡수정 LWL = 47.0m-42.51 = 4.49m
  - 손실양정(Hl) : 관로손실(Hl1) + 구내배관손실
- 관로손실(Hl1) = 27.7m ⇒ 『송수관로계획 - 송수관로 수리용량검

# 제5장 | 시설개량계획

토』 참조

구내배관손실(HI2) = 1.3m ⇒ 구내배관손실계산표 참조

- 소요 전양정 : 실양정 + 손실양정 = 4.49m + (27.7m + 1.3m) = 33.49m
- 양정검토 : 송수펌프는 정격양정이 32.0mH로서 소요전양정이 33.49m이므로 목표연도 2025년 기준으로 양정이 약 1.5m 정도 부족한 것으로 나타났다. 그러므로 흡수정의 LWL 또는 운영수위를 1.5m 상승하여 운전하면 무리가 없을 것으로 판단된다.

<표 5.2-107> 구내배관손실 계산표

구 분		구경 (m)	수량 (개,m)	유량 (m³/s)	유속 (m/s)	손실계수 (f,C)	손실양정 HI(m)	비 고
흡입측	흡입구	0.7	1	0.515	1.34	0.5	0.046m	
	엘보(45°)	0.7	1	0.515	1.34	0.2	0.018m	
	게이트밸브	0.7	1	0.515	1.34	0.12	0.011m	
	직 관	0.7	3	0.515	1.34	100	0.011m	
	축소관	0.7	1	0.515	1.34	0.19	0.002m	
0.6		1.82						
토출측	확대관	0.5	1	0.515	2.62	0.19	0.006m	
		0.6			1.82			
	체크밸브	0.6	1	0.515	1.82	2.3	0.388m	
	버터플라이밸브	0.6	1	0.515	1.82	0.25	0.042m	
	게이트밸브	0.6	1	0.515	1.82	0.12	0.02m	
	직 관	0.6	15	0.515	1.82	100	0.112m	
	엘보(45°)	0.6	2	0.515	1.82	0.2	0.068m	
	확대관	0.6	1	0.515	1.82	0.19	0.006m	
		0.8			1.02			
	티(Run)	0.8	1	1.030	2.05	0.5	0.107m	
	확대관	0.8	1	1.030	2.05	0.19	0.005m	
		1			1.31			
	티(Run)	1	2	1.545	1.97	0.5	0.198m	
	확대관	1	1	1.545	1.97	0.19	0.003m	
		1.2			1.37			
티(Run)	1.2	1	2.060	1.82	0.5	0.084m		
버터플라이밸브	1.2	1	2.060	1.82	0.25	0.042m		
직 관	1.2	40	2.060	1.82	100	0.133m		
계(HI)							1.302m	

주) 1) 직관  $6.82 \times (L/D1.17) \times (v/C)1.85$ , 이형관 :  $f \times (v^2/2g)$ , 축소,확대관 :  $f \times (v2^2-v1^2)/2g$   
 2) 손실계수는 『정수시설최적설계 및 유지관리(S.Kawamura)』에서 인용

○ 공동현상발생 검토

① 송수펌프 제원

구 분	단 위	안산계통 생활용수 송수펌프	비 고
형 식	-	수평축 양쪽흡입 벌루트펌프	
유 량	Qn(m <sup>3</sup> /min)	30.9	
양 정	H(m)	32	
동 력	Pm(kW)	260	
회 전 수	N(rpm)	880	8P
흡입구경	Ds(mm)	600	
비 속 도	Ns	257	$Ns=N(Q/2)^{1/2}/H^{3/4}$

② 펌프의 유효흡입수두(NPSHav)

$$NPSH_{av} = H_a \pm H_{sa} - H_v - H_{sl}$$

$H_a$  : 대기압 수두 (10.33m, 해발 0m)

$H_{sa}$  : 흡입 실양정(m, 흡상-, 압상+)

$H_v$  : 수온에서 포화증기압 수두(0.238m, 20℃)

$H_{sl}$  : 흡입 배관 손실수두(배관손실양정 참조)

<표 5.2-108>

유효흡입수두(NPSHav)

구 분	단 위	안산계통 생활용수 송수펌프	비 고
흡수정 저수위	LWL(m)	42.51	
펌프기준면높이	EL(m)	41.80	펌프실 EL 40.50
흡입실양정	Hsa(m)	0.71	
포화증기압수두	Hv(m)	0.238	= 20℃ 기준
흡입배관손실	Hsl(m)	0.088	= 구내배관손실 참조
대기압수두	Ha(m)	10.33	지표고 0m
유효흡입수두	NPSHav(m)	10.714	= $H_a - H_v + H_{sa} - H_{sl}$

③ Cavitation 발생 검토(상수도시설기준)

- 흡입비속도(S)에 의한 계산

$$NPSH_{re} = \left( \frac{N \times Q^{1/2}}{S} \right)^{4/3} \text{ (m)}, \quad N_s = 120 \sim 650 \text{ 일 때}$$

- Cavitation 예방 조건

$$NPSH_{av} - NPSH_{re} \geq 1\text{m}$$

<표 5.2-109> Cavitation 검토 - 상수도시설기준

구분	안산계통 생활용수 송수펌프						비고
	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	
유량비 (Q/Qn)	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	Qn = 30.9m <sup>3</sup> /min
유량 (Q)	24.7	27.8	30.9	34.0	37.1	40.2	
흡입손실양정 (hl)	0.056	0.071	0.088	0.106	0.127	0.149	= hsl(Q/Qn) <sup>2</sup>
유효흡입수두(NPSHav)	10.746	10.731	10.714	10.696	10.675	10.653	= Ha-Hv+Hsa-hl
회전수(N)	880	880	880	880	880	880	
흡입비속도(S)	1,470	1,475	1,400	1,280	1,095	870	상수도시설기준 참조
필요흡입수두(NPSHre)	2.697	2.904	3.340	4.011	5.234	7.502	= (NQ <sup>1/2</sup> /S) <sup>4/3</sup>
Cavitation 검토	8.049	7.827	7.374	6.685	5.441	3.151	NPSHav-NPSHre ≥ 1
	안전	안전	안전	안전	안전	안전	

위 검토에서와 같이 안산계통 생활용수 송수펌프의 경우, 정격유량의 130% 유량에서도 Cavitation 발생 가능성은 없는 것으로 판단된다.

### 3) 안산계통 공업용수 송수펌프

#### ○ 송수펌프설비 현황

<표 5.2-110> 송수펌프 제원

구분	안산계통 공업용수 송수펌프		비고
	주펌프	조절펌프	
형식	수평축 양쪽흡입 벌루트펌프		
구경	∅600 × ∅500	∅450 × ∅400	
유량	34.0m <sup>3</sup> /min	17.4m <sup>3</sup> /min	
양정	30m	30m	
동력	260kW	150kW	3,300V
제작사	Pump	대한중전기(1999.1)	대한중전기(1999.1)
	Motor	대한중전기(1999.2)	대한중전기(1999.2)
회전수	880rpm	880rpm	8P
수량	3대(1대 예비)	1대	

#### ○ 운영현황

송수펌프 운영과 관련하여 2007년 운영현황 자료는 운영실 컴퓨터 오류로 사용할 수가 없어 제외하고, 2005년 1월~2006년 12월, 2008년 1월~12월의 운영현황 자료를 기준으로 정리하였으며 송수량은 다음과 같다.

<표 5.2-111>

시설용량 및 송수량

구 분	시설용량(㎥/일)	송수량(㎥/일)	비 고
평 균	-	80,519	2005년 1월~2006년 12월 2008년 1월~12월
최 대	123,000	130,391	

송수펌프의 3년간 운전자료 정리하면 최대 130,391㎥/일, 일평균 80,519 ㎥/일로 시설계획용량의 약 65%의 가동율로 운전하였다. 송수량이 시설 용량을 초과하여 운전된 날 조사기간 중 2005년 6월24일, 2006년 7월19 일, 22일, 25일~27일, 8월9일, 12일로 8일 이었으며, 최대송수량은 2005 년 6월24일에 발생하였다.

○ 안산계통 공업용수 송수펌프 운전검토

송수펌프는 1999년에 설치되어 현재까지 운전하고 있으며 운전자료에서 와 같이 주펌프 #1~#3호기 3대 교번 운전하고, 조절펌프 #4호기를 간 헐로 운전하였으며, 각 호기별 가동율은 다음과 같다.

년	월	운전시간(hr)					운전유량	
		안산계통 공업용수 송수펌프					계 (㎥/월)	일평균 (㎥/일)
		주 #1	주 #2	주 #3	조절 #4	계		
2005	1	225.3	339.9	294.3	0.0	859.6	2,356,789	76,025
	2	261.3	259.4	230.2	4.5	755.4	2,044,773	73,028
	3	307.5	329.1	354.1	9.4	1,000.1	2,643,007	85,258
	4	289.4	245.0	342.6	8.1	885.0	2,438,915	81,297
	5	281.4	282.6	281.1	0.0	845.0	2,472,500	79,758
	6	408.9	153.6	447.7	28.8	1,039.0	2,658,605	88,620
	7	231.8	354.7	356.6	9.6	952.6	2,622,702	84,603
	8	263.3	222.6	331.4	23.2	840.5	2,380,614	76,794
	9	221.7	264.7	251.2	1.3	738.8	2,123,418	70,781
	10	236.6	298.1	258.9	57.6	851.1	2,481,740	80,056
	11	285.5	238.3	257.7	31.6	813.0	2,471,396	82,380
	12	276.3	269.1	283.0	23.4	851.7	2,596,107	83,745
2006	1	217.0	150.7	192.3	25.1	585.1	2,223,062	71,712
	2	237.1	202.8	275.6	49.8	765.2	2,273,131	81,183
	3	237.3	307.6	245.8	14.6	805.3	2,410,773	77,767
	4	198.9	249.2	268.1	38.5	754.7	2,237,136	74,571
	5	278.2	247.0	213.7	32.3	771.2	2,317,752	74,766
	6	255.3	286.9	239.2	20.8	802.2	2,417,188	80,573
	7	237.0	374.7	310.4	50.2	972.2	2,778,175	89,619
	8	323.4	300.3	272.4	21.6	917.7	2,744,111	88,520
	9	259.6	281.4	251.0	35.2	827.2	2,478,432	82,614
	10	239.9	246.9	256.5	14.8	758.1	2,240,597	72,277
	11	253.6	218.8	244.9	60.7	778.0	2,453,875	81,796
	12	296.6	215.6	282.4	23.4	818.1	2,446,475	78,919

# 제5장 | 시설개량계획

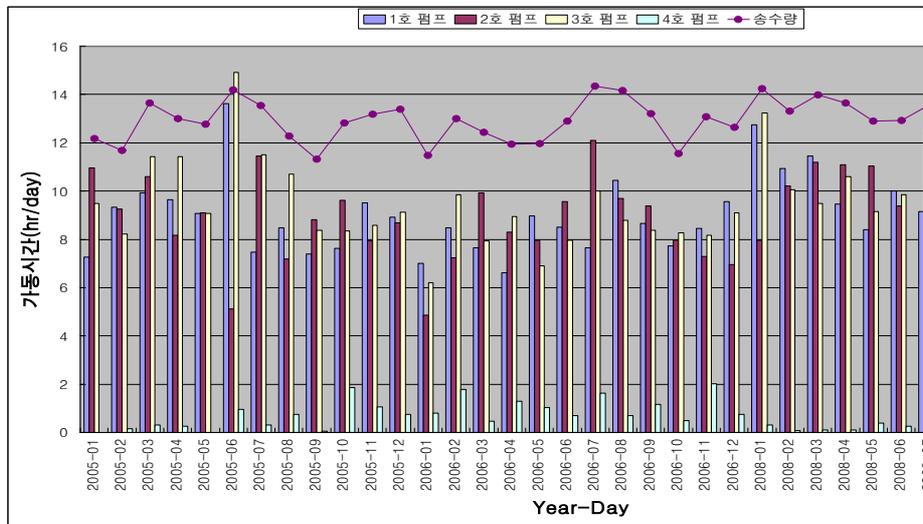
년	월	운전시간(hr)					운전유량		
		안산계통 공업용수 송수펌프					계	일평균	
		주 #1	주 #2	주 #3	조절 #4	계	(m <sup>3</sup> /월)	(m <sup>3</sup> /일)	
2008	1	395.4	246.5	410.1	9.9	1,061.9	2,760,558	89,050	
	2	317.3	296.5	291.5	2.8	908.1	2,413,460	83,223	
	3	354.5	347.4	294.2	3.0	999.1	2,707,560	87,341	
	4	283.5	332.7	317.9	3.1	937.2	2,556,784	85,226	
	5	260.8	342.3	283.4	12.1	898.6	2,497,926	80,578	
	6	300.1	281.5	295.9	7.4	884.8	2,424,809	80,827	
	7	283.2	388.3	277.2	14.4	963.1	2,630,408	84,852	
	8	270.6	275.0	254.5	35.7	835.6	2,331,731	75,217	
	9	285.9	269.5	278.9	14.6	848.9	2,365,451	78,848	
	10	324.2	250.8	344.6	15.9	935.5	2,551,197	82,297	
	11	315.6	278.4	263.1	41.6	898.7	2,405,236	80,175	
	12	294.8	258.8	255.9	7.6	817.1	2,292,647	73,956	
계		10,008.7	9,906.3	10,308.1	752.3	30,975.4	88,249,040		
일평균		9.13	9.04	9.41	0.69	28.26		80,519	
가동율		32.3%	32.0%	33.3%	2.4%	100.0%		65%	

주) #4호기 조절펌프(17.4m<sup>3</sup>/min)의 운전시간은 주펌프(34.0m<sup>3</sup>/min)의 운전시간으로 환산 적용.

<표 5.2-112> 송수펌프 운전유량

구분 (년)	송수량 (m <sup>3</sup> /년)	년간가동시간(hr/년)					대당 송수량 (m <sup>3</sup> /min)	정격 유량 (m <sup>3</sup> /min)	운전/정격 유량비
		주 #1	주 #2	주 #3	조절#4	계			
2005	29,290,566	3,289	3,257	3,689	197	10,432	46.80	34.0	1.38
2006	29,020,707	3,034	3,082	3,052	387	9,555	50.62	34.0	1.49
2008	29,937,767	3,686	3,568	3,567	168	10,988	45.41	34.0	1.34

송수펌프의 운전자료에 의하면 정격유량에 대한 운전유량비가 134~149%로서 정격유량 대비 크게 상회하여 운전되었다. 펌프는 과부하가 발생되지 않는 범위에서 운전점의 효율을 비교하여 동력비가 절감되도록 하여야 하며, 과유량으로 운전시 공동현상(Cavitation)이 발생할 우려가 있어 주의하여야 한다.(Cavitation 검토 참조)



<그림 5.2-69> 안산계통 공업용수 송수펌프 운전시간 및 송수량

○ 양정검토

펌프 양정은 계획시설용량을 기준으로 운전에 소요되는 양정을 산출하면 다음과 같다.

- 운전유량 : 123,000m<sup>3</sup>/일(송수펌프 대당 정격용량 48,960m<sup>3</sup>/일)

- 운전조건 : 주펌프 3대 상용, 1대 예비 + 조절펌프 1대 간헐

- 실양정(Ha) : 공단배수지 HWL - 송수펌프 흡수정 LWL

$$= 57.0\text{m} - 46.44 = 10.6\text{m}$$

- 손실양정(Hl) : 관로손실(Hl1) + 구내배관손실

관로손실(Hl1) = 16.7m ⇒ 『송수관로계획 - 송수관로 수리용량검토』 참조

구내배관손실(Hl2) = 1.97m ⇒ 구내배관손실계산표 참조

- 소요 전양정 : 실양정 + 손실양정 = 10.6m + (16.7m + 1.97m)

$$= 29.23\text{m}$$

- 양정검토 : 송수펌프는 정격양정이 32.0mH로서 소요전양정이

29.23m이므로 목표년도 2025년 기준으로 정격양정은 적정한 것으로

판단된다.

# 제5장 | 시설개량계획

<표 5.2-113>

구내배관손실 계산표

구 분		구경 (m)	수량 (개,m)	유량 (m³/s)	유속 (m/s)	손실계수 (f,C)	손실양정 HI(m)	비 고
흡입측	흡입구	0.7	1	0.567	1.47	0.5	0.055m	
	엘보(45°)	0.7	1	0.567	1.47	0.2	0.022m	
	게이트밸브	0.7	1	0.567	1.47	0.12	0.013m	
	직 관	0.7	3	0.567	1.47	100	0.013m	
	축소관	0.7	1	0.567	1.47	0.19	0.003m	
0.6		2						
토출측	체크밸브	0.5	1	0.567	2.89	2.3	0.979m	
	버터플라이밸브	0.5	1	0.567	2.89	0.25	0.106m	
	게이트밸브	0.5	1	0.567	2.89	0.12	0.051m	
	직 관	0.5	10	0.567	2.89	100	0.218m	
	엘보(45°)	0.5	2	0.567	2.89	0.2	0.17m	
	확대관	0.5	1	0.567	2.89	0.35	0.055m	
		0.8			1.13			
	티(Run)	0.8	1	1.133	2.25	0.5	0.129m	
	확대관	0.8	1	1.133	2.25	0.35	0.02m	
		1.1			1.19			
	티(Run)	1.1	1	1.417	1.49	0.5	0.057m	
	버터플라이밸브	1.1	1	1.417	1.49	0.25	0.028m	
직 관	1.1	20	1.417	1.49	100	0.051m		
계(HI)							1.97m	

주) 1) 직관  $6.82 \times (L/D1.17) \times (v/C)1.85$ , 이형관 :  $f \times (v^2/2g)$ , 축소,확대관 :  $f \times (v2^2-v1^2)/2g$   
 2) 손실계수는 『정수시설최적설계 및 유지관리(S.Kawamura)』에서 인용

○ 공동현상발생 검토

① 송수펌프 제원

구 분	단 위	안산계통 공업용수 송수펌프		비 고
		주펌프	조절펌프	
형 식	-	수평축 양쪽흡입 벌루트펌프		
유 량	Qn(m³/min)	34.0	17.4	
양 정	H(m)	30	30	
동 력	Pm(kW)	260	150	
회 전 수	N(rpm)	880	880	8P
흡입구경	Ds(mm)	600	450	
비 속 도	Ns	283	202	$Ns=N(Q/2)^{1/2}/H^{3/4}$

② 펌프의 유효흡입수두(NPSHav)

$$NPSHav = Ha \pm Hsa - Hv - Hsl$$

Ha : 대기압 수두 (10.33m, 해발 0m)

Hsa : 흡입 실양정(m, 흡상-, 압상+)

Hv : 수온에서 포화증기압 수두(0.238m, 20℃)

Hsl : 흡입 배관 손실수두(배관손실양정 참조)

<표 5.2-114>

유효흡입수두(NPSHav)

구 분		안산계통 공업용수 송수펌프		비 고
		주펌프	조절펌프	
흡수정 저수위	LWL(m)	46.44	46.44	
펌프기준면높이	EL(m)	41.80	41.80	펌프실 EL 40.50
흡입실양정	Hsa(m)	4.64	4.64	
포화증기압수두	Hv(m)	0.238	0.238	= 20℃ 기준
흡입배관손실	Hsl(m)	0.106	0.051	= 구내배관손실 참조
대기압수두	Ha(m)	10.33	10.33	지표고 0m
유효흡입수두	NPSHav(m)	14.626	14.681	= Ha-Hv+Hsa-Hsl

③ Cavitation 발생 검토(상수도시설기준)

- 흡입비속도(S)에 의한 계산

$$NPSHre = \left( \frac{N \times Q^{1/2}}{S} \right)^{4/3} \text{ (m)}, \quad Ns = 120 \sim 650 \text{ 일 때}$$

- Cavitation 예방 조건

$$NPSHav - NPSHre \geq 1m$$

<표 5.2-115>

Cavitation 검토 - 상수도시설기준

구분	안산계통 공업용수 송수펌프(주펌프)						비고
	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	
유량비 (Q/Qn)	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	Qn = 34.0m <sup>3</sup> /min
유량 (Q)	27.2	30.6	34.0	37.4	40.8	44.2	
흡입손실양정 (hl)	0.068	0.086	0.106	0.128	0.153	0.179	= hsl(Q/Qn) <sup>2</sup>
유효흡입수두(NPSHav)	14.664	14.646	14.626	14.604	14.579	14.553	= Ha-Hv+Hsa-hl
회전수(N)	880	880	880	880	880	880	
흡입비속도(S)	1,470	1,475	1,400	1,280	1,095	870	상수도시설기준 참조
필요흡입수두(NPSHre)	2.875	3.095	3.560	4.275	5.578	7.996	= (NQ <sup>1/2</sup> /S) <sup>4/3</sup>
Cavitation 검토	11.789	11.551	11.066	10.329	9.001	6.557	NPSHav-NPSHre ≥ 1
	안전	안전	안전	안전	안전	안전	

# 제5장 | 시설개량계획

구분	안산계통 공업용수 송수펌프(조절펌프)						비고
유량비 (Q/Qn)	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	$Q_n = 17.4\text{m}^3/\text{min}$
유량 (Q)	13.9	15.7	17.4	19.1	20.9	22.6	
흡입손실양정 (hl)	0.033	0.041	0.051	0.062	0.073	0.086	$= h_{sl}(Q/Q_n)^2$
유효흡입수두(NPSHav)	14.699	14.691	14.681	14.670	14.659	14.646	$= H_a - H_v + H_{sa} - h_l$
회전수(N)	880	880	880	880	880	880	
흡입비속도(S)	1,470	1,475	1,400	1,280	1,095	870	상수도시설기준 참조
필요흡입수두(NPSHre)	1.839	1.980	2.278	2.735	3.569	5.116	$= (NQ^{1/2}/S)^{4/3}$
Cavitation 검토	12.860	12.711	12.403	11.935	11.090	9.530	$NPSH_{av} - NPSH_{re} \geq 1$
	안전	안전	안전	안전	안전	안전	

위 검토에서와 같이 안산계통 생활용수 송수펌프의 경우, 정격유량의 130% 유량에서도 Cavitation 발생 가능성은 없는 것으로 판단된다.

#### 4) 시흥계통 생활용수 송수펌프

##### ○ 송수펌프설비 현황

<표 5.2-116>

송수펌프 제원

구분		시흥계통 생활용수 송수펌프	비고
형식		수평축 양쪽흡입 벌루트펌프	DSN450×400-6D
구경		∅450 × ∅400	
유량		18.98m <sup>3</sup> /min	
양정		42m	
동력		220kW	3,300V
제작사	Pump	청우공업(1999.2)	
	Motor	대한중전기(1999.2)	
회전수		1,160rpm	6P
수량		4대(1대 예비)	

##### ○ 운영현황

송수펌프 운영과 관련하여 2007년 운영현황 자료는 운영실 컴퓨터 오류로 사용할 수가 없어 제외하고, 2005년 1월~2006년 12월, 2008년 1월~12월의 운영현황 자료를 기준으로 정리하였으며 송수량은 다음과 같다.

<표 5.2-117>

시설용량 및 송수량

구 분	시설용량(m³/일)	송수량(m³/일)	비 고
평 균	-	49,005	2005년 1월 ~ 2006년 12월 2008년 1월 ~ 12월
최 대	82,000	73,926	

송수펌프의 3년간 운전자료 정리하면 최대 73,926m³/일, 일평균 49,005m³/일로 시설계획용량의 약 60%의 가동율로 운전하였다. 송수량이 시설용량을 초과하여 운전된 날은 조사기간 동안 없었으며, 최대송수량은 2006년 9월14일에, 최저송수량(22,357m³/일)은 2008년 12월5일로 나타났다.

○시흥계통 생활용수 송수펌프 운전검토

송수펌프는 1999년에 설치되어 현재까지 운전하고 있으며 운전자료에서와 같이 송수펌프 #1호기~#4호기를 교번 운전하였으며, 각 호기별 가동율은 다음과 같다.

년	월	운전시간(hr)					운전유량	
		시흥계통 생활용수 송수펌프					계 (m³/월)	일평균 (m³/일)
		#1	#2	#3	#4	계		
2005	1	414.6	287.1	0.0	22.8	724.5	1,360,298	43,881
	2	227.0	420.5	0.0	0.1	647.6	1,209,652	43,202
	3	356.9	200.2	123.6	47.8	728.5	1,338,880	43,190
	4	111.3	156.9	231.4	243.7	743.3	1,350,019	45,001
	5	82.1	298.0	163.8	160.0	703.9	1,423,058	45,905
	6	359.6	192.3	161.2	4.2	717.4	1,468,529	48,951
	7	226.5	292.4	198.7	68.9	786.6	1,563,310	50,429
	8	366.1	179.5	179.0	51.6	776.2	1,576,010	50,839
	9	112.8	244.7	236.3	179.3	773.2	1,500,360	50,012
	10	97.5	367.9	280.3	44.7	790.3	1,556,537	50,211
	11	194.2	174.9	327.9	2.2	699.1	1,485,996	49,533
	12	216.2	231.7	276.8	0.8	725.5	1,540,527	49,694
2006	1	111.3	306.4	179.3	0.0	597.0	1,522,579	49,115
	2	306.2	83.2	100.0	191.6	680.9	1,378,613	49,236
	3	292.6	163.2	160.7	128.6	745.0	1,490,929	48,094
	4	140.1	201.3	244.8	146.7	732.9	1,429,527	47,651
	5	386.0	134.3	123.4	125.9	769.6	1,518,129	48,972
	6	319.1	290.5	164.4	1.2	775.3	1,544,863	51,495
	7	487.2	87.1	181.6	3.0	758.9	1,597,884	51,545
	8	322.0	255.9	256.0	0.0	833.9	1,691,106	54,552
	9	456.5	0.6	398.9	0.0	856.0	1,673,461	55,782
	10	487.2	78.8	278.4	32.3	876.6	1,658,787	53,509
	11	466.6	0.0	263.6	23.1	753.2	1,595,879	53,196
	12	528.1	38.5	98.2	75.7	740.4	1,573,080	50,745

# 제5장 | 시설개량계획

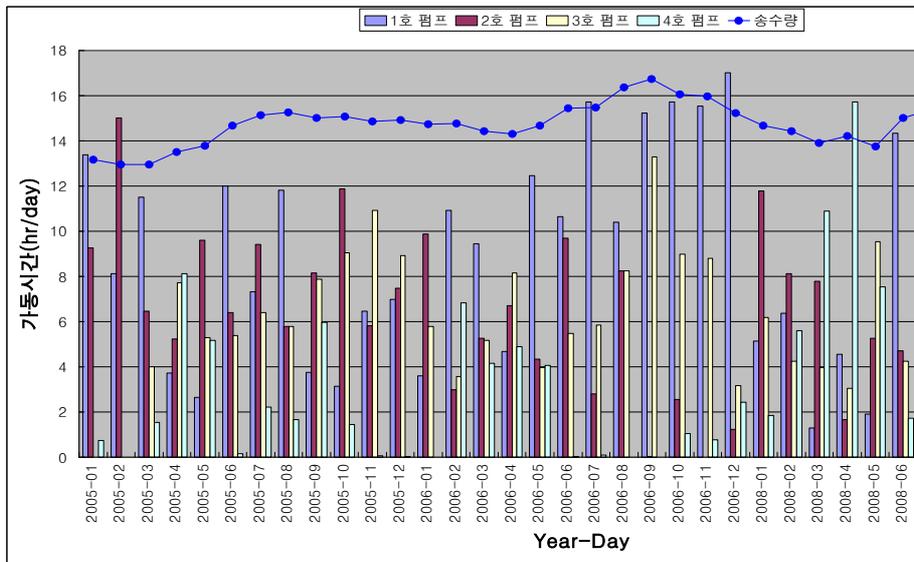
년	월	운전시간(hr)					운전유량	
		시흥계통 생활용수 송수펌프					계 (m³/월)	일평균 (m³/일)
		#1	#2	#3	#4	계		
2008	1	159.1	364.8	192.3	57.3	773.5	1,517,675	48,957
	2	184.4	235.7	123.1	162.3	705.4	1,395,859	48,133
	3	40.0	241.6	123.5	337.6	742.7	1,436,256	46,331
	4	136.5	49.7	91.2	472.0	749.4	1,421,115	47,371
	5	59.5	163.1	295.4	233.9	751.9	1,422,682	45,893
	6	429.8	140.9	127.1	52.0	749.8	1,502,767	50,092
	7	410.1	214.6	129.9	70.8	825.4	1,589,309	51,268
	8	416.4	177.7	151.2	85.3	830.7	1,560,176	50,328
	9	324.6	281.3	57.8	91.5	755.2	1,505,369	50,179
	10	376.4	147.8	92.4	138.4	755.0	1,499,025	48,356
	11	129.0	316.9	115.8	157.5	719.2	1,408,595	46,953
	12	218.5	53.7	23.8	430.4	726.4	1,403,654	45,279
계		9,951.7	7,073.7	6,151.8	3,842.8	27,020.0	53,710,495	
일평균		9.08	6.45	5.61	3.51	24.65		49,006
가동율		36.8%	26.2%	22.8%	14.2%	100.0%		60%

<표 5.2-118>

송수펌프 운전유량

구분 (년)	송수량 (m³/년)	년간가동시간(hr/년)					대당 송수량 (m³/min)	정격 유량 (m³/min)	운전/정격 유량비
		#1	#2	#3	#4	계			
2005	17,373,176	2,765	3,046	2,179	826	8,816	32.84	18.98	1.73
2006	18,674,837	4,303	1,640	2,449	728	9,120	34.13	18.98	1.80
2008	17,662,482	2,884	2,388	1,523	2,289	9,084	32.40	18.98	1.71

송수펌프의 운전자료에 의하면 정격유량에 대한 운전유량비가 171~180%로서 정격유량 대비 상회하여 운전되었다. 펌프는 과부하가 발생되지 않는 범위에서 운전점의 효율을 비교하여 동력비가 절감되도록 하여야 하며, 과유량으로 운전시 공동현상(Cavitation)이 발생될 우려가 있어 주의하여야 한다.(Cavitation 검토 참조)



<그림 5.2-70> 시흥계통 생활용수 송수펌프 운전시간 및 송수량

○ 공동현상발생 검토

① 송수펌프 제원

구 분	단 위	시흥계통 생활용수 송수펌프	비 고
형 식	-	수평축 양쪽흡입 벌루트펌프	
유 량	Qn(m <sup>3</sup> /min)	18.98	
양 정	H(m)	42	
동 력	Pm(kW)	220	
회 전 수	N(rpm)	1,160	6P
흡입구경	Ds(mm)	450	
비 속 도	Ns	217	$Ns=N(Q/2)^{1/2}/H^{3/4}$

② 펌프의 유효흡입수두(NPSHav)

$$NPSH_{av} = H_a \pm H_{sa} - H_v - H_{sl}$$

$H_a$  : 대기압 수두 (10.33m, 해발 0m)

$H_{sa}$  : 흡입 실양정(m, 흡상-, 압상+)

$H_v$  : 수온에서 포화증기압 수두(0.238m, 20℃)

$H_{sl}$  : 흡입 배관 손실수두(배관손실양정 참조)

<표 5.2-119>

유효흡입수두(NPSHav)

구분		시흥계통 생활용수 송수펌프	비고
흡수정 저수위	LWL(m)	42.51	
펌프기준면높이	EL(m)	41.80	펌프실 EL 40.50
흡입실양정	Hsa(m)	0.71	
포화증기압수두	Hv(m)	0.238	= 20℃ 기준
흡입배관손실	Hsl(m)	0.069	= 구내배관손실 참조
대기압수두	Ha(m)	10.33	지표고 0m
유효흡입수두	NPSHav(m)	10.733	= Ha-Hv+Hsa-Hsl

③ Cavitation 발생 검토(상수도시설기준)

- 흡입비속도(S)에 의한 계산

$$NPSH_{re} = \left( \frac{N \times Q^{1/2}}{S} \right)^{4/3} \text{ (m)}, \quad N_s = 120 \sim 650 \text{ 일 때}$$

- Cavitation 예방 조건

$$NPSH_{av} - NPSH_{re} \geq 1\text{m}$$

<표 5.2-120>

Cavitation 검토 - 상수도시설기준

구분	시흥계통 생활용수 송수펌프						비고
	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	
유량비 (Q/Qn)	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	Qn = 30.9m <sup>3</sup> /min
유량 (Q)	15.2	17.1	18.98	20.9	22.8	24.7	
흡입손실양정 (hl)	0.044	0.056	0.069	0.083	0.099	0.117	= hsl(Q/Qn) <sup>2</sup>
유효흡입수두(NPSHav)	10.758	10.746	10.733	10.719	10.703	10.685	= Ha-Hv+Hsa-hl
회전수(N)	1,160	1,160	1,160	1,160	1,160	1,160	
흡입비속도(S)	1,470	1,475	1,400	1,280	1,095	870	상수도시설기준 참조
필요흡입수두(NPSHre)	2.817	3.033	3.488	4.189	5.466	7.835	= (NQ <sup>1/2</sup> /S) <sup>4/3</sup>
Cavitation 검토	7.941	7.713	7.245	6.530	5.237	2.850	NPSHav-NPSHre ≥ 1
	안전	안전	안전	안전	안전	안전	

위 검토에서와 같이 안산계통 생활용수 송수펌프의 경우, 정격유량의 130% 유량에서도 Cavitation 발생 가능성은 없는 것으로 판단된다.

5) 소음 및 진동 측정

○개요

기계의 운전소음은 주변에 전파되어 사람에게 불쾌감을 주며 공해를 유발한다. 기계가 소음을 발생하는 원인은 기계의 진동에 의하는 경우가 많으며, 기계에서 발생하는 진동은 비정상적인 원인에 의해 발생하는 것으로, 이상진동이 발생하는 경우에는 원인을 분석하여 개량이나 수리 여부를 판단하여야 한다.

<표 5.2-121> 펌프소음 및 진동의 원인

원 인	소 음 (Noise)	진 동 (Vibration)
수력적 원 인	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유체의 회전차 갯 통과음</li> <li>○ Cavitation에 의한 소음</li> <li>○ 회전차 입구의 유속분포 불균일</li> <li>○ 흡입 및 토출수조의 소용돌이 발생 소음</li> <li>○ Surging에 의한 소음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cavitation에 의한 진동</li> <li>○ Surging에 의한 진동</li> <li>○ Water hammer</li> <li>○ 펌프내 공기의 흡입</li> </ul>
기계적 원 인	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기계구조부분의 공진에 의한 소음</li> <li>○ 구름베어링의 회전 소음</li> <li>○ 회전체의 불평형에 의한 진동 소음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 회전체의 불평형 / ○ 센터링 불량</li> <li>○ 커플링의 불량 / ○ 축수의 손상 및 마모</li> <li>○ 회전축의 위험속도 / ○ 기초의 불량</li> <li>○ 기타 배관계의 공진 등</li> </ul>

○적용기준

펌프의 소음은 펌프의 형식이나 회전수, 동력에 따라 다르지만 정격점의 운전상태에서 기계로부터 1m에서 80~90dB(A) 정도이므로 펌프 운전 소음을 측정하여 펌프계의 이상 유무를 확인하고 비정상일 경우 원인을 분석하고 그 대책을 마련하여야 한다. 소음의 측정은 펌프 운전상태에서 펌프/모터의 축심 높이에서 1m 떨어진 곳에 보통 소음계를 위치시켜 측정하였다.

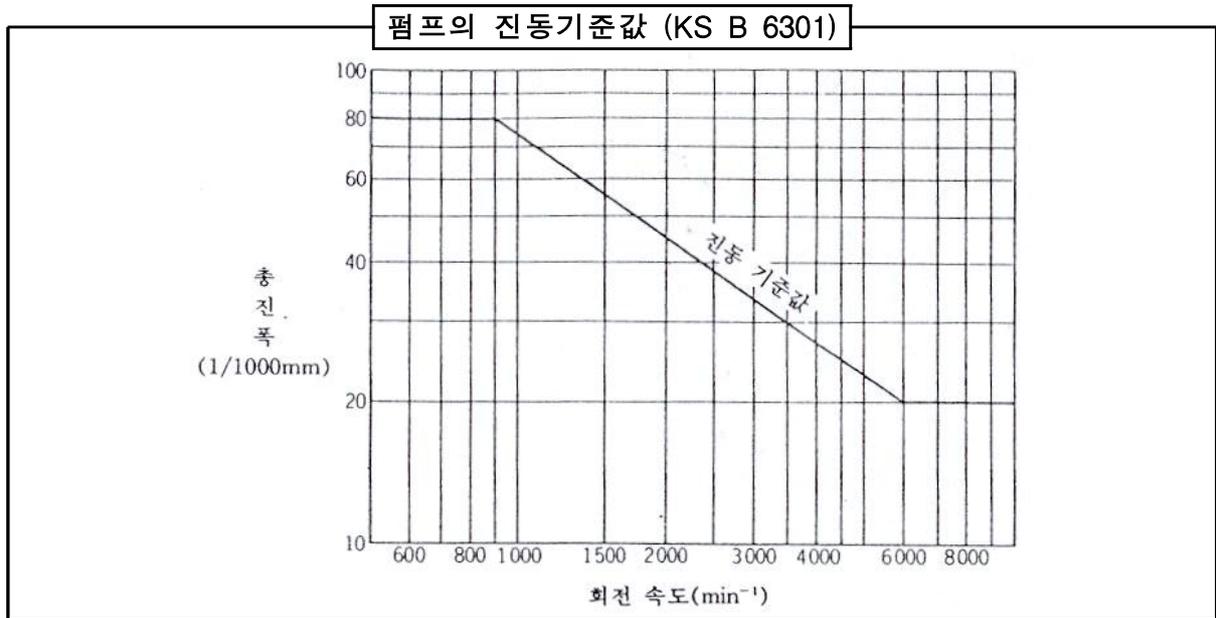
<표 5.2-122> 소음의 허용기준(충격성 소음 제외)

1일 노출시간(hr)	소음강도dB(A)	비 고
8	90	산업안전보건법에서 인용
4	95	
2	100	
1	105	
1/2	110	
1/4	115	



# 제5장 | 시설개량계획

진동은 펌프의 정격점의 운전상태에서 측정하도록 하였다. 진동측정은 펌프축의 축방향과 베어링부 2개소를 수평, 수직으로 측정하였고, 모터축의 축방향과 베어링부 2개소를 수평, 수직으로 측정하였다. 펌프의 진동은 펌프의 회전수에 따라 기준값을 달리 적용하고 있다. 아래는 진폭에 대한 진동 기준값과 속도에 대한 진동허용기준을 나타내었다.



<표 5.2-123> 속도에 의한 진동허용기준

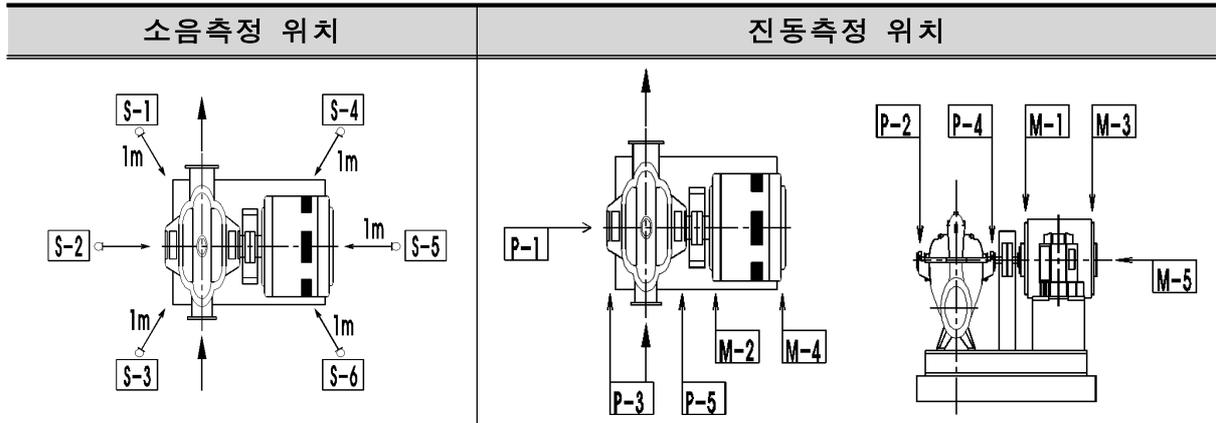
직접 측정된 진동의 최대크기 (속도 mm/s)	등급	내용
> 12.7	AA	극히 진동심한 상태, 위험수준, 운전금지
7.6-12.7	A	대단히 진동심한 상태, 수주일내 수리요함. 수시로 진동측정을 요함
5.1-7.6	B	진동이 높은 수준임. 빠른시일내 수리요함
2.5-5.1	C	보통상태. 부분적으로 결함 있음.
< 2.5	D	좋은상태. 운전적합.

<표 5.2-124> VDI-2056의 진동허용표

RMS 속도 (mm/s)	사용 불가		사용 불가	
	조건부 허용	허용	조건부 허용	허용
45	조건부 허용	사용 가능	양호	양호
28				
18				
11.2	사용 가능	사용 가능	양호	양호
7.1				
4.5	양호	양호	양호	양호
2.8				
1.8	양호	양호	양호	양호
1.12				
0.71	(K군) 15kW까지 소형기계	(M군) 15-75kW급 중형기계	(G군) 대형기계 (저속)	(T군) 대형기계 (고속)
0.45				
0.28	기계의 종류			
0.18	기계의 종류			

주) 한국소음진동공학회 『소음진동편람』 인용.

○ 소음 및 진동 측정



<표 5.2-125> 안산계통 생활용수 송수펌프 소음, 진동 측정 결과

구분	펌프	항목	측정 값(mm/s, mm, dB(A))									
			펌프					모터				
			P1	P2	P3	P4	P5	M1	M2	M3	M4	M5
안산계통 생활용수	#1	진동속도(mm/s)	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.8	1.5
		진동변위(mm)	0.004	0.004	0.003	0.005	0.006	0.004	0.005	0.003	0.003	0.004
		소음(dB)	S1:86.8		S2:88.3		S3:88.7		S4:91.3		S5:92.8	
	#2	진동속도(mm/s)	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.2	0.5	0.3	0.3	0.8
		진동변위(mm)	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003	0.005
		소음(dB)	S1:88.5		S2:88.7		S3:88.7		S4:90.0		S5:92.5	
	#3	진동속도(mm/s)	1.5	1.5	1.3	1.7	1.7	0.8	1.4	0.8	1.3	2.3
		진동변위(mm)	0.009	0.007	0.004	0.017	0.016	0.008	0.013	0.004	0.006	0.007
		소음(dB)	S1:91.9		S2:90.9		S3:90.4		S4:91.8		S5:94.5	
	#4	진동속도(mm/s)	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.3	1.1	0.5	1.2
		진동변위(mm)	0.003	0.003	0.004	0.006	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003
		소음(dB)	S1:89.2		S2:90.0		S3:90.1		S4:92.8		S5:95.2	
	#5	진동속도(mm/s)	0.6	0.5	0.3	1.0	0.9	0.5	0.7	0.6	0.4	1.6
		진동변위(mm)	0.006	0.005	0.004	0.011	0.009	0.006	0.007	0.004	0.004	0.006
		소음(dB)	S1:90.0		S2:89.6		S3:89.5		S4:91.3		S5:93.6	

※ 펌프 측정조건

- ① 송수펌프 #1호기에서 #5호기 까지 1대씩 가동 측정.
- ② 안산생활 #3호기, 안산공업 #1,3호기, 시흥생활 #4호기 가동시 ⇒ 안산생활 #3호기 측정
- ③ 안산생활 #1,3호기, 안산공업 #2호기, 시흥생활 #4호기 가동시 ⇒ 안산생활 #1호기 측정
- ④ 안산생활 #2,4호기, 안산공업 #4호기, 시흥생활 #1호기 가동시 ⇒ 안산생활 #2,4호기 측정
- ⑤ 안산생활 #5호기, 안산공업 #1호기, 시흥생활 #3호기 가동시 ⇒ 안산생활 #5호기 측정
- ⑥ 펌프실내 송수펌프 외 다른 소음원 없음.

# 제5장 | 시설개량계획

<표 5.2-126> 안산계통 공업용수 송수펌프 소음, 진동 측정 결과

구분	펌프	항목	측정값(mm/s, mm, dB(A))									
			펌프					모터				
			P1	P2	P3	P4	P5	M1	M2	M3	M4	M5
안산계통 공업용수	#1	진동속도(mm/s)	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	4.0
		진동변위(mm)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
		소음(dB)	S1:90.9	S2:90.5	S3:89.3	S4:90.0	S5:93.7	S6:90.9				
	#2	진동속도(mm/s)	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	1.3	0.8	1.0	2.2
		진동변위(mm)	0.005	0.005	0.004	0.008	0.008	0.007	0.009	0.005	0.005	0.009
		소음(dB)	S1:89.6	S2:90.0	S3:89.5	S4:90.6	S5:94.8	S6:92.5				
	#3	진동속도(mm/s)	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	2.1
		진동변위(mm)	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005	0.003	0.003	0.007
		소음(dB)	S1:90.3	S2:90.1	S3:89.2	S4:90.7	S5:94.4	S6:90.6				
	#4	진동속도(mm/s)	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8	0.5	0.6	0.3	0.4	1.2
		진동변위(mm)	0.005	0.004	0.004	0.008	0.008	0.005	0.008	0.003	0.004	0.005
		소음(dB)	S1:93.2	S2:91.0	S3:91.8	S4:93.8	S5:96.5	S6:92.5				

※ 펌프 측정조건

- ① 송수펌프 #1호기에서 #5호기 까지 1대씩 가동 측정.
- ② 안산생활 #3호기, 안산공업 #1,3호기, 시흥생활 #4호기 가동시 ⇒ 안산공업 #1,3호기 측정
- ③ 안산생활 #1,3호기, 안산공업 #2호기, 시흥생활 #4호기 가동시 ⇒ 안산공업 #2호기 측정
- ④ 안산생활 #2,4호기, 안산공업 #4호기, 시흥생활 #1호기 가동시 ⇒ 안산공업 #4호기 측정
- ⑤ 펌프실내 송수펌프 외 다른 소음원 없음.

<표 5.2-127> 시흥계통 생활용수 송수펌프 소음, 진동 측정 결과

구분	펌프	항목	측정값(mm/s, mm, dB(A))									
			펌프					모터				
			P1	P2	P3	P4	P5	M1	M2	M3	M4	M5
시흥계통 생활용수	#1	진동속도(mm/s)	0.9	1.0	1.1	0.9	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	1.5
		진동변위(mm)	0.004	0.004	0.004	0.006	0.006	0.005	0.006	0.004	0.004	0.005
		소음(dB)	S1:90.2	S2:89.5	S3:90.8	S4:91.4	S5:92.3	S6:90.3				
	#2	진동속도(mm/s)	0.9	0.7	1.0	1.1	1.4	0.5	0.6	0.4	0.5	2.9
		진동변위(mm)	0.004	0.005	0.004	0.008	0.008	0.005	0.006	0.003	0.004	0.007
		소음(dB)	S1:89.5	S2:89.6	S3:88.7	S4:90.8	S5:91.3	S6:89.5				
	#3	진동속도(mm/s)	0.8	0.6	0.9	0.9	1.0	0.4	0.8	0.5	0.6	0.8
		진동변위(mm)	0.003	0.003	0.004	0.007	0.007	0.004	0.008	0.004	0.006	0.004
		소음(dB)	S1:89.3	S2:88.6	S3:88.3	S4:88.8	S5:89.8	S6:88.5				
	#4	진동속도(mm/s)	0.8	0.7	1.0	0.9	1.0	0.5	0.7	0.4	0.5	0.7
		진동변위(mm)	0.004	0.003	0.004	0.007	0.008	0.005	0.007	0.004	0.005	0.005
		소음(dB)	S1:89.5	S2:90.1	S3:89.7	S4:91.3	S5:93.4	S6:90.5				

※ 펌프 측정조건

- ① 송수펌프 #1호기에서 #5호기 까지 1대씩 가동 측정.
- ② 안산생활 #3호기, 안산공업 #1,3호기, 시흥생활 #4호기 가동시 ⇒ 시흥생활 #4호기 측정
- ③ 안산생활 #2,4호기, 안산공업 #4호기, 시흥생활 #1호기 가동시 ⇒ 시흥생활 #1호기 측정
- ④ 안산생활 #5호기, 안산공업 #1호기, 시흥생활 #3호기 가동시 ⇒ 시흥생활 #3호기 측정
- ⑤ 안산생활 #5호기, 안산공업 #1호기, 시흥생활 #2호기 가동시 ⇒ 시흥생활 #2호기 측정
- ⑥ 펌프실내 송수펌프 외 다른 소음원 없음.

○ 측정결과 검토

펌프의 소음 측정은 비소음 구역에서 독립적으로 펌프를 한 대씩 가동 하면서 측정하였으나, 현장 여건상 펌프실이 지하층에 위치하여 공진을 유발하여 소음을 측정하여 정확한 정도를 나타내기에는 어려움이 있다. 따라서 운전 중 이상음의 발생여부를 진단하는 것을 주된 목적으로 측정하였으며, 그 결과 운전 중 펌프의 회전속도, 설치조건에 따라 소음의 정도 차이 이외에는 특별한 이상음이 발견되지 않았다. 송수펌프의 진동(진동속도 및 진동변위)을 측정한 결과, 송수펌프는 대체로 양호한 결과를 나타내었다.

<표 5.2-128> 소음 및 진동 평가

구분	용량 및 규격	제작년도 (Pump) (motor)	측정값 범위			진동평가등급 (상태-기종)	
			진동속도 (mm/s)	변위 (mm/1000)	소음 dB(A)		
안산계통 생활용수	#1	30.9m <sup>3</sup> /min×32mH 880rpm×260kW	1999.1 1999.2	0.4~1.5	3~6	86.8~92.8	D (양호-G)
	#2			0.2~0.8	3~5	88.5~92.5	D (양호-G)
	#3			0.8~2.3	4~17	90.4~94.5	D (양호-G)
	#4			0.3~1.2	3~6	89.2~96.1	D (양호-G)
	#5			0.3~1.6	4~11	89.5~93.6	D (양호-G)
안산계통 공업용수	#1	34.0m <sup>3</sup> /min×30mH 880rpm×260kW	1999.1 1999.2	0.4~0.8	6~10	89.3~93.7	D (양호-G)
	#2			0.5~2.2	5~9	89.5~94.8	D (양호-G)
	#3			0.2~2.1	3~7	89.2~94.4	D (양호-G)
	#4			17.4m <sup>3</sup> /min×30mH 880rpm×150kW	1999.1 1999.2	0.3~1.2	3~8
시흥계통 생활용수	#1	18.98m <sup>3</sup> /min×42mH 1,160rpm×220kW	1999.1 1999.2	0.5~1.5	4~6	89.5~92.3	D (양호-G)
	#2			0.4~2.9	3~8	88.7~91.3	D (양호-G)
	#3			0.4~1.0	3~8	88.3~89.8	D (양호-G)
	#4			0.4~1.0	3~8	89.5~93.4	B (양호-G)

주) 진동평가 등급 및 상태는 소음진동편람(한국소음진동공학회)의 속도에 의한 진동허용기준, VDI-2056의 진동허용표, KS B 6301 펌프의 진동기준값을 기준으로 작성

### 6) 기술진단 결과

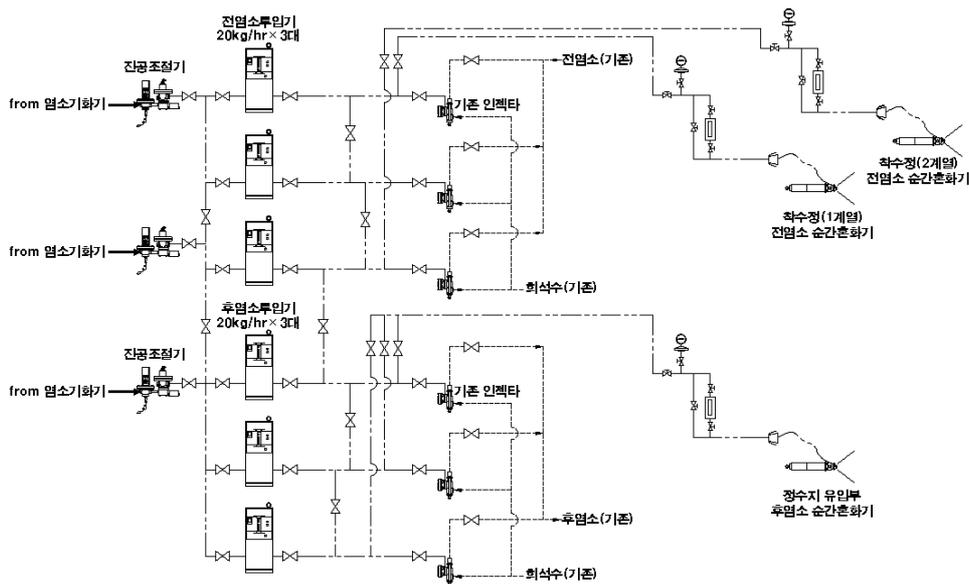
- 안산계통 생활용수 송수펌프의 운전자료를 분석한 결과 평균 3대~4대가동으로 하루에 4.5hr~6.5hr 전대수를 교번 운전하고 있다. 펌프의 대당 가동율은 약 20% 내외로 편중됨이 없이 고르게 운전하고 있으며, 시설계획유량의 48% 가동율을 보이고 있다. 펌프의 정격유량에 대한 송수펌프 운전유량비가 154~162%로 과유량으로 운전하고 있다. 이는 모터의 과부하가 발생할 우려가 있으므로 펌프 토출측 밸브의 개도를 조정하여 펌프유량을 정격대비 120% 이하로 운전하는 것이 안전할 것으로 판단된다. 또한 펌프 양정을 검토한 결과 목표연도 2025년을 기준으로 성곡배수지로 송수운전시 관로손실양정이 늘어나 소요전양정이 정격대비 약 1.5m 정도 부족한 것으로 계산되었다. 이는 펌프 실양정을 흡수정 LWL을 기준으로 하여 계산하였는바 흡수정의 LWL 또는 운영수위를 1.5m 상승하여 운전하면 무리가 없을 것으로 판단된다. 아울러 현재 펌프설치 상태를 검토한 결과 정격유량의 130% 유량에서도 Cavitation 발생에 대해 안전한 것으로 판단된다.
- 안산계통 공업용수 송수펌프의 운전자료를 분석한 결과 주펌프 3대를 교번 운전하고 있으며 조절펌프 1대를 간헐운전하고 있다. 펌프의 대당 가동율은 약 32% 내외로 편중됨이 없이 고르게 운전하고 있으며, 시설계획유량의 65% 가동율을 보이고 있다. 펌프의 정격유량에 대한 송수펌프 운전유량비가 134~149%로 과유량으로 운전하고 있다. 이는 모터의 과부하가 발생할 우려가 있으므로 펌프 토출측 밸브의 개도를 조정하여 펌프유량을 정격대비 120% 이하로 운전하는 것이 안전할 것으로 판단된다. 아울러 현재 펌프 설치 상태를 검토한 결과 정격유량의 130% 유량에서도 Cavitation 발생에 대해 안전한 것으로 판단된다.
- 시흥계통 생활용수 송수펌프의 운전자료를 분석한 결과 1대를 상용으로 운전하고 1대를 간헐로 운전하고 있으며, 펌프의 대당 가동율은 약 14%~36%로 1호기가 많이 가동되는 경향을 보이고 있으며, 시설계획유량

의 60% 가동율을 보이고 있다. 펌프의 정격유량에 대한 송수펌프 운전유량비가 171~180%로 과유량으로 운전하고 있다. 이는 모터의 과부하가 발생할 우려가 있으므로 펌프 토출측 밸브의 개도를 조정하여 펌프유량을 정격대비 120% 이하로 운전하는 것이 안전할 것으로 판단된다. 아울러 현재 펌프 설치 상태를 검토한 결과 정격유량의 130% 유량에서도 Cavitation 발생에 대해 안전한 것으로 판단된다.

## 사. 소독설비

### 1) 설비개요

소독설비는 착수정 유입부에 주입하는 전염소와 여과지에서 처리된 여과수 소독을 위해 정수지 유입부에 주입하는 후염소로 구성되어 주입하고 있으며, 전염소와 후염소는 상시 주입하고 있다. 염소주입을 위한 설비로는 염소주입기와 염소용기 및 계량기, 비상 재해설비인 염소가스중화설비 등이 설치되어 있다.



<그림 5.2-71> 염소소독설비 계통도

# 제5장 | 시설개량계획

## 2) 염소주입기 운전현황

<표 5.2-129>

염소주입기 제원

구분	전염소	후염소	비고
형식	진공 흡식	진공 흡식	
용량	20kg/hr	20kg/hr	
운전방식	유량비례	유량비례	
주입방식	Water Champ 진공	Water Champ 진공	
설치일	1999.2	1999.2	
제작자	US Filter	US Filter	
수량	3 대	3 대	
부속설비	염소용기계량기, 진공조절기, 염소용기 염소가스누출감지기, 중화설비 등		

염소주입기는 총 6대로서 후염소용 3대(2대 상용, 1대 예비)와 전염소용 3대(2대 상용, 1대 예비)로서, 후염소와 전염소는 원수 유량비례 자동주입하고 있다.

## 3) 염소주입기 용량

<표 5.2-130>

염소주입량(2007년 1월 ~ 2008년 12월)

구분	유량 (m³/일)	염소			주입기 운전			비고
		주입율 (mg/L)	주입량 (L/hr)	주입기 (L/hr)	운전 (대)	예비 (대)	운전 용량비	
전염소	최대	277,000	2.60	30.0	20	2	1	75%
	평균	206,637	1.37	11.8	20	1	2	59%
	최소	138,500	0.70	4.0	20	1	2	20%
후염소	최대	179,444	1.90	14.2	20	1	2	71%
	평균	134,904	0.85	4.8	20	1	2	24%
	최소	89,722	0.30	1.1	20	1	2	6%

위의 2년간 운영실적에 따른 염소주입율에 따라 정수생산량이 증가하여 시설계획유량으로 운영하게 될 경우의 염소 주입에 따른 염소주입기의 운전 대수 및 운전용량을 검토하면 다음과 같다.

$$\text{주입량(kg/hr)} = \text{유량(m}^3\text{/일)} \times \text{주입율(mg/L)} \times 10^{-3} \div 24\text{hr}$$

<표 5.2-131>

염소주입율 및 주입량

구분	유량 (m <sup>3</sup> /일)	염소			주입기 운전			비고
		주입율 (ml/L)	주입량 (L/hr)	주입기 (L/hr)	운전 (대)	예비 (대)	운전 용량비	
전염소	최대	402,150	2.60	43.6	20	3	-	73%
	평균	321,720	1.37	18.4	20	2	1	46%
	최소	201,075	0.70	5.9	20	1	2	29%
후염소	최대	260,000	1.90	20.6	20	2	1	52%
	평균	208,000	0.85	7.4	20	1	2	37%
	최소	130,000	0.30	1.6	20	1	2	8%

실적주입율을 기준으로 시설계획유량으로 운영시 염소주입기의 용량은 평균유량의 평균주입율 까지는 충분하고, 최대유량에서 최대주입율로 운전시 전염소주입기가 예비기가 없으나 간헐적으로 발생하는 경우이므로 운영상 문제는 없다.

일반적으로 염소주입기는 정량성을 고려하여 10% 이상(제어범위 10:1)에서 운전하도록 계획하며, 평상시 주입기 용량의 60~80% 범위에서 운전(상수도 시설기준)하도록 하는 것이 정밀도를 유지할 수 있다. 주입기의 운전용량비를 검토한 결과 전염소는 29~73%로 적정하고, 후염소는 8~52%로 다소 적게 운전이 예상된다. 따라서 향후 염소소독설비의 내구년한 도래로 교체시에는 전염소, 후염소주입기 용량을 15kg로 변경하여 설치하는 것이 운전정밀도를 높일 수 있다.



# 제5장 | 시설개량계획

## 자. 문제점 및 개량방안

공 종	항 목	문 제 점	개 량 방 안
혼화설비	순간혼화기	혼화강도는 수온에 따라 1,799~2,778(sec <sup>-1</sup> )로 비교적 높은 혼화강도를 유지하고 있으나 1계열의 순간혼화기는 모터 정격동력보다 실제 동력이 상회하여 운전.	순간혼화기 15kW 이상 1대를 예비기로 확보하고, 운영 중 문제 발생 시 예비기를 활용하여 신속히 대처.
응집기	교반강도 (G-value)	(생활용수계통 G값) - 1단 : 13.15~19.65/sec - 2단 : 7.42~11.08/sec - 3단 : 3.19~4.77/sec (공업용수계통 G값) - 1단 : 16.71~24.98/sec - 2단 : 7.87~11.77/sec - 3단 : 3.41~5.09/sec 현재 운영중인 응집기의 회전수를 바탕으로 G값을 계산하면 다소 낮게 운전되고 있음.	저탁도의 원수가 유입될 경우에는 G값을 크게 설정하여 침전이 양호한 플록을 형성하도록 적정 G값을 위한 패들회전수를 설정하여 교반강도 적정화 필요. G값을 50~10(sec <sup>-1</sup> )까지 점감하도록 수온에 따라 요구되는 응집기의 회전속도 조절.
송수펌프	양정	안산계통 생활용수 송수펌프 양정을 검토한 결과 목표연도 2025년을 기준으로 성곡배수지로 송수운전시 관로손실양정이 늘어나 소요전양정이 정격대비 약 1.5m 정도 부족함.	펌프흡수정의 LWL 또는 운영수위를 1.5m 상승하여 운전하면 무리가 없을 것으로 판단됨.
	송수량	각 계통 송수펌프의 정격유량에 대한 운전유량비를 검토한 결과 정격유량 대비 과유량으로 운전하고 있어, 모터의 과부하가 발생할 우려가 있음. 또한 펌프 효율이 최고효율점을 벗어나서 낮게 운전됨.	펌프 토출측 밸브의 개도를 조정하여 펌프유량을 정격대비 120% 이하로 운전하는 것이 안전할 것으로 판단됨.

## 차. 소요예산

설 비	개량계획	개량품목 및 규격	소요예산(원)	비고
혼화설비	• 응집제 순간혼화기 예비기 확보	• 응집제 순간혼화기 -수중형 순간혼화기(Water Champ) 수 량 : 1대 동 력 : 15kW	65,000,000원	
소계			65,000,000원	