

서울특별시 상수도사업본부

강남수도사업소

방배가압장 펌프 효율측정 용역

보 고 서

2012. 08.

주식회사 터보엔에스

제 출 문

강남수도사업소 귀하

귀소에서 의뢰하신 “방배가압장 펌프 효율 측정 용역” 과업을 성실히 수행하고 그 실시 결과를 본 보고서에 수록하여 제출합니다.

2012년 08월 일

(주) 터 보 엔 에스

대표이사 권 명 래(인)

목 차

제 1 장 과업의 개요	1
1.1 과업의 명칭	1
1.2 과업의 기간	1
1.3 과업의 목적	1
1.4 과업의 내용	1
1.5 과업의 대상	1
1.6 과업의 범위와 내용.....	1
1.7 과업추진 현황	2
1.8 과업참여 기술자	2
제 2 장 진단방법 개요	3
2.1 펌프의 성능진단 목적	3
2.2 펌프의 원리와 구조, 효율의 중요성	3
2.3 진단방법	5
제 3 장 진단(용역수행)결과	
3.1 방배가압장 시설현황조사.....	10
3.2 현장 운영현황	12
3.3 진단결과요약.....	12
3.4 조사 및 측정결과에 대한 의견.....	13
제 4 장 용역 수행 결과 관련 자료	
4.1 개선 전 후 측정결과 자료	21
4.2 현장 측정 광경 사진	31

제 1 장 과업의 개요

1.1 과업의 명칭

“방배가압장 펌프 효율 정밀측정” 용역

1.2 과업 기간

2012. 07. 06 ~ 2012. 08. 14 (착수일로부터 40일간)

1.3 과업의 목적

- 방배가압장의 모터펌프 성능개선 전후의 펌프 효율을 측정하여 성능개선 효과를 분석 하고자 함.

1.4 과업의 내용

- 열역학적 펌프 성능 측정 장비를 이용 펌프효율 정밀 측정

1.5 과업의 대상

- 방배가압장 모터펌프 2대
가. 가압라인 430hp (4호기) 1대
나. 낙성대배수지 라인 440hp (7호기) 1대

1.6 과업의 범위와 내용

- 지정된 대상 가압장 모터펌프에 대한 현장조사 및 기초자료 수집 (당초 제작사양과 시험성적서, 성능곡선도등)을 조사하고 현장에서 지정된 측정방법으로 펌프의 성능측정을 개선 전과, 개선 후에 실시한다.
- 운전 중인 대상 모터펌프에 대한 유량, 양정, 동력, 효율 등 을 현장에서 정밀 측정하여 운전상태 및 운전사양과 성능곡선을 도출하고 효율을 진단 및 분석을 실시한다.

1.7 과업의 추진현황

- 2012.07.09(월) : 개선 전 성능 정밀진단 실시
- 2012.07.10~30 : 자료 수집 조사
- 2012.07.13(금) : 7호기 개선작업(코팅작업)을 위해 반출
- 2012.07.16(월) : 4호기 개선작업(코팅작업)을 위해 반출
- 2012.07.20(금) : 7호기 코팅작업 완료 후 현장 반입 및 조립
- 2012.07.23(월) : 7호기 설치완료 및 시운전
- 2012.07.30(월) : 4호기 코팅작업 완료 후 현장 반입 및 조립, 설치
- 2012.07.31(화) : 4호기 시운전
- 2012.08.02(목) : 개선 후 성능 정밀진단 실시
- 2012.07.17~ : 용역보고서 작성

1.8 과업의 참여기술자

분야 별	성 명	생 년 월 일	소 속	학력 및 경력 사항
진단 및 용역보고서 작성 총괄	권 명 래	1952.3.21	(주)터보엔에스	공학사, 25년
자료 조사	정 종 섭	1968.6.16	(주)터보엔에스	공학사, 16년
성능 진단	최 인 용	1966.6.20	(주)터보엔에스	공학사, 17년
성능 진단	정 윤 희	1964.1.02	(주)협성히스코	공학사, 15년

제 2 장 진단방법 개요

2.1 펌프의 성능진단 목적

에너지를 대량으로 소비하는 펌프의 경우에 설계된 유량, 즉 최고효율점에서 운전이 되도록 기계와 시스템을 매칭하는 것이 중요하다. 설치된 펌프는 십 수년을 수명으로 운전되기 때문에 운전도중 관로 상태가 변하고 수계의 변경과 수용가의 요구유량의 변화가 있을 수 있고, 또 펌프 자체의 성능도 저하하거나 변하여 최고효율점을 벗어나서 운전되는 경우가 많다. 이러한 경우 운전 상태를 실시간 또는 정기적으로 평가하여 펌프가 최적의 상태에서 운전되도록 유지시키기 위해 현장에서 실제로 운전되고 있는 펌프 개개의 성능과 운전현황을 정확하게 진단하는 것이 일반적이다. 방배가압장 펌프는 2010년 5월에 정밀진단을 실시하였으며 상대적으로 성능이 저하된 펌프를 대상으로 개선작업을 실시함에 있어 그 효과파악을 하기 위해 개선작업 전 후의 성능측정을 실시한다.

2.2 펌프의 원리와 구조, 효율의 중요성

2.2.1 펌프의 원리

- 모터를 이용하여 전기에너지를 유체의 압력에너지로 변환
- 회전차의 회전을 이용하여 압력에너지 생성
- 원심펌프 : 깃의 의한 운동량 변화와 원심력에 의한 압력에너지 부가

2.2.2 구조

- 회전차
- 케이싱
- 주축
- 웨어링
- 축수대
- 원동기

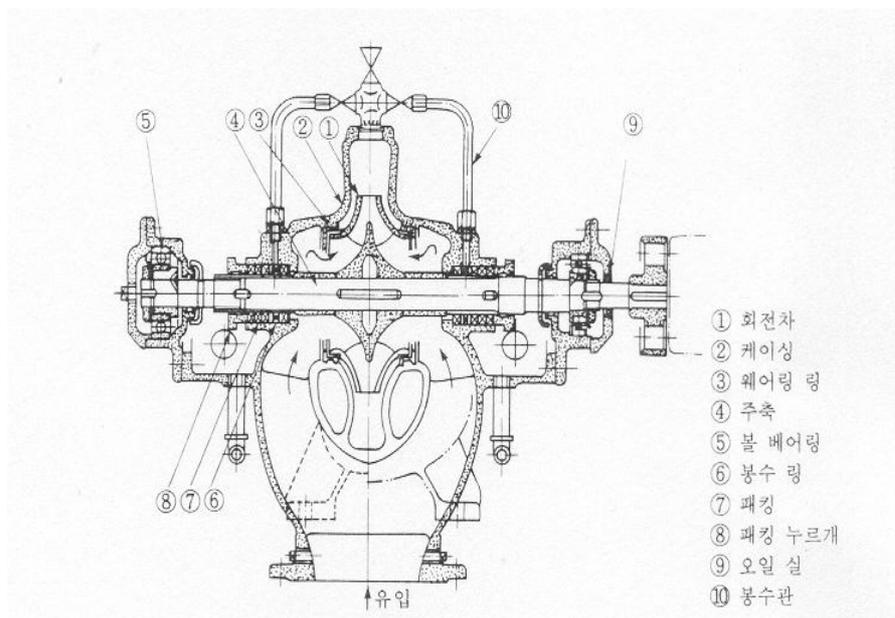


그림 1. 양흡입 펌프의 구조

2.2.3 펌프 효율의 중요성

- 펌프의 종합효율 : 입력되는 전기동력과 출력되는 수동력의 비
- 펌프효율 : 모터에서 펌프로 전달되는 동력(전기동력×모터효율)과 수동력의 비
- 최근 모터효율은 대형의 경우 95%에 달하고 경년변화에 따른 효율 저하율의 적음
- 펌프효율은 대형의 경우 최고효율점이 90% 정도이고 운전점에 따라 효율변화가 큼
- 펌프효율은 경년 변화에 따른 효율의 저하가 큼

따라서 펌프효율의 관리는 사용 전력 절감에 큰 역할을 담당함

- 펌프의 운전점

일정 회전속도에서 운전되는 펌프의 H-Q 성능은 (양정-유량 곡선) 체절점인 Q=0 에서 Q=최대 까지 광범위하게 표시되지만 실제 현장에서 운전할 때에는 관로 저항곡선과 H-Q 곡선과의 교점이 실 운전점이 되고 그 상태에서 H(양정), Q(유량), kW(소비동력) 등이 결정된다. 이와 같이 펌프에서의 소비동력은 토출량, 전양정과 해당운전점에서의 펌프효율에 따라 결정되므로 실제적으로 현장에서 운전되고 있는 펌프의 운전점이 중요하며 이에 따라 소비동력의 차이도 많이 나게 되며 효과적인 운전에 따라서 에너지절감도 상당히 실현할 수 있게 된다.

2.3 진단방법

펌프 성능의 정밀진단방법에는 유량을 직접 측정하는 수력학적 방법과 펌프 흡 토출 유체의 온도를 측정, 유량을 찾아내는 열역학적 방법이 있다.

기존 진단방법(수력학적인 방법)과 열역학적인 방법과의 비교는 다음과 같으며 이번 용역에서는 열역학적 측정방법을 적용 진단하였다.

2.3.1 기존 진단방법(수력학적 방법)

2.3.1.1 진단장비

- 1) 진단장비 : 수력학적 효율진단장비 및 전력분석계
- 2) 측정값 : 펌프 흡/토출 압력, 유량, 전동기입력, 회전수

2.3.1.2 측정원리

- 1) KSB 6301(수력학적인 측정방법)
- 2) 펌프의 양정, 유량, 전동기 입력전압의 측정
- 3) 수동력 평가에 의한 에너지 전달량 평가(식1)
- 4) 평가된 수동력과 전동기 출력으로부터 펌프효율 계산(식2)

$$W_i = P_m \text{ (Power to motor kW)}$$

$$W_o = \rho g H Q \quad (1)$$

$$BHP = P_m \eta_m \text{ (kW)}$$

$$\eta_p = \frac{W_o}{BHP} = \frac{\rho g H Q}{P_m \eta_m} \quad (2)$$

$$W_o = \rho g H Q = P_m \eta_m \eta_p \quad (3)$$

여기서,

W_i 모터 입력 동력, W_o 수동력,

η_p 펌프효율, P_m 전동기입력, η_m 전동기효율,

BHP 전동기 출력



그림 2. 유량측정



그림 3. 전력측정



그림 4. 흡/토출 압력측정

2.3.1.3 수력학적 측정방법의 특성

- 1) 기존의 측정 센서를 이용하여 측정할 수 있는 간편한 방법
- 2) 토출량, 양정 및 전력 측정으로 직접적인 수동력 측정에 의한 현장효율측정($\pm 5.0\%$)
- 3) 초음파 유량계 설치를 위한 일정거리 직관부 필요
- 4) 측정시 기존의 운전조건 및 관로 변경 불필요
- 5) 유량계 설치조건에 따라 측정 정밀도 결정 ($\pm 5.0\%$)

2.3.1.4 측정방법

1) 측정 파라미터

- 유량 : 배관에 초음파유량계를 설치하여 측정(그림 2, 어느 정도 정확한 측정을 위해서는 유량계 전/후단이 10D이상의 직관이 확보되어야한다)
- 전력 : 전력분석계로 전압, 전류, 역률, 전력을 동시에 측정(그림 3)
- 흡·토출 압력 : 펌프 흡입관과 토출관에 압력센서를 설치하여 측정(그림 4)
- 전양정 : 흡·토출 압력값을 사용하여 수학적으로 계산됨
- 펌프 효율 : 식(2)를 통해서 계산됨

2) 측정 방법

- 펌프 흡토출 배관에 설치된 측정용 탭에 압력센서를 설치한다.
- 펌프 배관 직관부에 유량계를 설치한다.
- 펌프 전동기에 전력계를 설치한다.
- 흡토출 배관으로부터의 압력을 측정하여 양정을 측정하고 유량계로부터 유량을 측정하고 전동기의 입력전력을 측정한다.
- 측정된 양정, 유량과 동력으로부터 식(1), (2), (3)을 이용하여 펌프의 효율과 성능을 평가한다.

2.3.2 열역학적 펌프 효율 측정방법

2.3.2.1 진단장비

- 1) 진단장비 : 열역학적 효율진단장비(Yatesmeter등) 및 전력분석계
- 2) 측정값 : 펌프 흡/토출 유동의 온도 및 압력, 전동기입력, 회전수

2.3.2.2 측정원리

- 1) ISO 5198 precision class, Testing Class A (열역학적인 측정방법)
- 2) 펌프내부 통과 액체의 엔탈피 변화량 측정에 의한 에너지손실량 직접 평가(식 4)
- 3) 에너지손실량과 측정된 양정보로부터 펌프효율 계산(식 5)
- 4) 펌프효율, 양정 및 전동기입력/효율로부터 펌프토출량 산출(식 6)

$$W_i = W_o + Losses$$

$$W_o = \rho g H Q$$

$$Losses = \rho Q C_p \Delta T \quad (4)$$

$$\eta_p = \frac{W_o}{W_i} = \frac{1}{1 + \frac{C_p \Delta T}{gH}} \quad (5)$$

$$W_o = \rho g H Q = P_m \eta_m \eta_p$$

$$Q = \frac{P_m \eta_m \eta_p}{\rho g H} \quad (6)$$

여기서,

W_i 축동력, W_o 수동력, ΔT 흡/토출 온도차,
 η_p 펌프효율, P_m 전동기입력, η_m 전동기효율



그림 5. 온도 및 압력측정



그림 6. 전동기 입력전압 측정

2.3.2.3 열역학적 측정방법의 특성

- 1) 토출량 및 전력 측정없이 직접적인 손실량 평가에 따른 고정도 현장효율측정($\pm 1.0\%$)
- 2) 연합운전중인 시스템에서 개별펌프의 효율/성능 실시간 정밀측정
- 3) 기존 유량계 설치를 위한 일정거리 직관부 불필요
- 4) 측정시 기존의 운전조건 및 관로 변경 불필요
- 5) 기존 유량계 검교정 기준 정도의 정밀 유량 측정 ($\pm 1.0\%$)

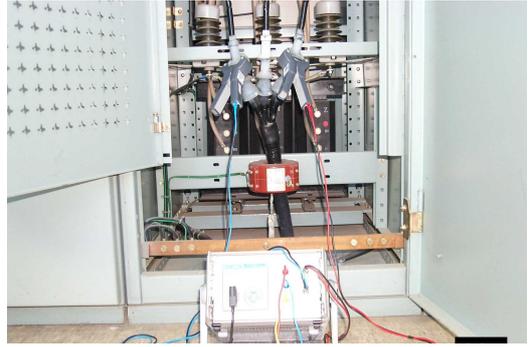


그림 7. 전동기 입력전류 측정

이와 같은 현장의 여러 가지 제약조건이 따르는 전통적인 수력학적 측정방법보다 현장의 조건에서도 신뢰성과 편리성, 정확도가 검증된 열역학적 측정방법을 이용하여 펌프 운전 성능을 평가함.

2.3.2.4 측정방법

- 1) 측정 파라미터

시간
흡입 압력
토출 압력
흡입 온도
토출 온도
속도 수두
입력 전력
전양정
입출구 온도차
펌프 효율
총 효율



그림 8. 펌프 성능 측정 장치

2) 측정 방법

- 펌프 흡토출 배관에 설치된 측정용 탭에 온도 센서와 압력센서를 설치한다.
- 전력배전반에 전력계를 설치한다.
- 흡토출 배관으로부터의 압력과 온도를 측정하여 양정과 온도차를 측정하고 전동기의 입력전력을 측정한다.
- 측정된 양정과 동력 그리고 온도차로부터 식(4)와 (5)를 이용하여 펌프의 효율과 유량을 평가한다.
- 펌프의 성능측정은 처음 상시운전점인 밸브 100% 오픈상태에서 측정하고 단계적으로 20%씩 닫아 가면서 측정하고 편차가 심한 데이터는(최대, 최소 값)은 취하지 않았다.

3) 펌프 효율 측정절차

- (1)펌프 흡, 토출관에 온도probe설치
- (2)온도 교정 작업수행
- (3)펌프 흡, 토출관에 압력센스설치
- (4)전기실로부터 power meter설치
- (5)토출밸브 개도 조정하면서 성능측정
- (6)성능곡선도 작성
- (7)개선전후 자료비교

제 3 장 진단(용역수행) 결과

3.1 방배 가압장 시설현황 조사



가압장 외부전경



가압장 내부전경

직접급수계통 가압펌프 제원

구 분 조절펌프(#1, #2호)
 형 식 수평축 양흡입 벌루트펌프
 모 델 HDR 350-620A
 용 량 16.7m³/min × 45mH
 구 경 400A×350A
 회전속도 880rpm
 펌프효율 85.0%
 운전방식 인버터제어운전
 전동기 380V×30×8P, 160kW(215HP)
 설치년도 2002.03
 제작자 Pump:효성, Motor:효성
 수 량 2대

주 펌프(#3, #4호) (비 고)
 수평축 양흡입 벌루트펌프
 HDR 400-540A (개선작업추정)
 33.7m³/min × 45mH -> 29.2m³/min × 40mH
 500A×400A
 1180rpm
 91% → 84% (개선작업 후 추정효율)
 정속운전
 6,600V×30×6P, 320kW(430HP)
 2002.03
 Pump:효성, Motor:효성
 2대

낙성대배수지계통 가압펌프 제원

구 분 가압펌프(#5호)
 형 식 수평축 양흡입 벌루트펌프
 모 델 명관없음
 용 량 48.6m³/min × 30mH
 구 경 700A×600A
 회전속도 710rpm
 펌프효율 88%
 운전방식 정속 운전
 전동기 6,600V×30×10P, 330kW(440HP)
 설치년도 2007.10
 제작자 Pump:서일기계, Motor:효성

가압펌프(#6, #7호) 비 고
 수평축 양흡입 벌루트펌프
 HDR 600-710C
 48.6m³/min × 30mH
 700A×600A
 710rpm
 91%
 정속 운전
 6,600V×30×10P, 330kW(440HP)
 2002.03
 Pump:효성, Motor:효성

방배가압장 시설현황표

소재지	서초구 방배동 산 95-1 1지					관리	유인(3146-4971)		
대지	24,684㎡	연면적	815.28㎡	구조	콘크리트 슬라브	층수	1층		
급수현황	급수지역			급수세대	급수인구()	급수량(㎡)		수계	
	방배1~ , 3층 봉천동, , 사당동			54,841	148,756	45,000		암사	
구분	호수	1	2	3	4	5	6	7	8
모 타	마력(HP)	215	215	430	430	430	440	440	
	전압(V)	380	380	6,600	6,600	6,600	6,600	6,600	
	전류(A)	315	315	33	33	41.4	38.2	38.2	
	회전수(rpm)	880	880	1,180	1,180	700	705	705	
	제작사	효성	효성	효성	효성	효성	효성	효성	
	제작년월	'02.03	'02.03	'02.03	'02.03	'07.09	'02.03	'02.03	
펌 프	형식	양흡입	양흡입	양흡입	양흡입	양흡입	양흡입	양흡입	
	펌프구경 (/)	400×350	400×350	500×400	500×400	700×600	700×600	700×600	
	펌프형식	HDR350-620A		HDR400-540A		명판없음	HDR600-710C		
	양정(m)	45	45	45	45	30	30	30	
	토출량(㎡)	16.67	16.67	33.68	33.68	49.35	49.35	49.35	
	제작사	효성	효성	효성	효성	서일기계	효성	효성	
	제작년월	'02.03	'02.03	'02.03	'02.03	07.10	'02.03	'02.03	
운전방법	VVVF	VVVF	대수제어	대수제어	대수제어	대수제어	대수제어		
급수방법	직접	직접	직접	직접	직접	직접	직접		
변압기	2000KVA×2		계약전력	2,000kw	변전소	남서울급전소(s/s 378-576)			
유 래 계	형식	구경		제작사		설치년월			
	초음파	암사인입 1,800 낙성대 1,200 가압수 1,200 자연수 900		창민테크		2002			
표 고	가압장()	배수지(H.W.L)		최고급수지역		최저급수지역			
	55m	58.64m		72m					
배 수 지	배수지명	소재지				용량	재질		
	낙성대					50,000㎡	철근콘크리트		

3.2 현장운영 현황

방배 가압장에는 총 7대의 펌프가 설치운영 중에 있으며 금번 성능진단은 4호기와, 7호기 2대에 대해 진단하였다. 1호기부터 4호기는 가압 직접 급수 라인으로 1,2호기 2대는 인버터 운전이며 3,4 호기는 정속운전으로 연결되어 관압 4.6 KG/CM2(주간, 야간은 4.4 KG/CM2)에 맞추어서 수요량에 따라 펌프대수 제어 및 인버터 운전을 하는데 통상 인버터 2대 와 정속펌프 1대로 3대 운전에 의해 가압급수를 하고 있다. 근래에는 수요량에 따라 변속1대, 정속1대 의 2대 운전으로 운영을 하고 있다. 인버터의 최대 변속은 55HZ 로 설정하여 운영된다. 낙성대 배수지로 송수되는 펌프는 5, 6, 7호기로 3대 이며 통상 1대가 배수지 수위에 따라 운전 되고 있다.

토출 측의 밸브(제수변 및 B/V는)개도는 통상 FULL OPEN 상태로 운전 되고 있으나 유압식으로 작동되는 역지변은 호기별로 다소 차이는 있으나 직접급수 라인의 4호기는 대략 60%의 개도 율을 보이고 있고, 낙성대 배수지 라인의 7호기는 70% 정도 OPEN 되어 운전하고 있었다.

3.3 진단결과 요약 (토출밸브 풀 오픈상태 운전 점) 및 정밀측정자료

호 기	유량 (m3/hr)	양정 (m)	펌프효율 (%)	축동력 (kw)	비 고	운전대수
정격 사양	2021 (1750)	45 (40)	91 (84)	272 (226)	(320kw)	(,)
직접급수 4 호기	1487.4 1461.2	39.8 40.4	78.5 79.1	205.4 203.1	2010.5.6 측정자료	1,2,4 3 운전 BEP 60% 도
개선 전	1340.1	41.81	77.45	196.9	2012.7.9 측정자료	단독 운전
개선 후	1583.4	41.23	82.08	216.5	2012.8.2 측정자료	1,4 2 운전 효율향상 +4.63%
정격 사양	2916	30	91	262	(330kw)	
낙성대계통 7 호기	3194	27	81.7	287.7	2010.5.6 측정자료	7 1 운전 (BEP)
개선 전	3003	27	79.8	276.4	2012.7.9 측정자료	7 1 운전 (BEP)
개선 후	3529.2	26,6	84.52	302.5	2012.8.2 측정자료	7 1 운전 효율향상 +4,7%

각호기별 계측 포인트별 상세데이터의 시험성적서 및 성능곡선도는 다음 장에 첨부 하였다.

3.4 조사 및 측정결과에 대한 의견

1) 직접급수계통 펌프 3,4호기의 2010년 5월의 운전경향을 보면 유량-양정곡선이 제조업체 성능과 비교 시 상당히 저하된 성능을 나타내고 있다. 측정 시 변속펌프와 함께 운전되고 있었고 온도의 편차가 심하고 이에 따른 효율변화가 심했다라도 저양정에서의 유량이 상당히 감소되어 송출되고 있어 회전차 외경 절삭이 있었지 않았나 생각된다. 이는 일반적으로 양정이 정격보다 저하되면 유량은 과대 유량이 되어야 하나 저 양정 임에도 불구하고 유량이 정격유량보다 적게 나타나고 있기 때문이다. (외경 510mm에서 470mm정도로 절삭예상)

측정결과 1,760M³/HR, 36.3M, 80% (밸브개도 100% 일때)
1,683M³/HR, 38.5M, 83.3%(밸브개도 50% 일때)

회전차 외경을 절삭하였다고 추정 하는 것은 측정된 성능곡선도를 보면 유량-양정 곡선이 당초의 성능곡선과 같은 기울기로 낮게 나타나고 있고 현재의 운전 양정이 개선작업 추정치와 유사하게 보여 지고 있기 때문이다. 확인결과 2004년 및 2005년에 3, 4호기를 회전차 외경가공 작업을 한 것으로 확인됨. 이는 당초정격 양정 45m에 여유가 있다고 판단하고 적정양정으로 개선하여 에너지 절감을 목적으로 회전차 외경절삭을 시행 한 것으로 판단함 .

그 당시 측정 유량의 적합성을 보기위해 가압장 현장모니터에 나타난 토출유량을 조사한 것을 보면 3호기 측정 시 1650~1700 M³/HR을 보이고 있어 측정유량이 잘못되었다고 보기도 어렵다고 기술되어 있다. 또한 이러한 결과는 이때 변속펌프인 1,2호기 와 3호기가 함께 운전되고 있더라도 변속펌프는 상당히 저속으로(10hz정도) 운전되어 유량송출은 거의 없는 것으로 보여 진다.

2) 4호기인 경우에도 측정성능은 3호기와 같은 양상을 보이고 있으며 이때는 변속 시스템 펌프의 회전수가 증가하면서 4호기의 양정이 3호기 보다 양정이 증가하면서 유량은 작게 나타나는 것으로 보인다. 또한 성능도 많이 저하된 것으로 나타났다. 4호기운전시의 가압장 모니터에 나타난 유량을 보면 1950~2100 M³/HR을 보이고 있어 1500 M³/HR 정도는 4호기의 토출유량이지만 나머지는 1,2 호기의 토출 유량으로 볼 수 있다고 기술되어 있다.

3) 4호기는 이러한 사유와 효율 저하 폭이 다소 크게 나타나므로 금년에 성능 개선 대상호기로 선정되고 개선작업을 실시한 것으로 판단됨.

(2010년5월; 3호기의 BEP=83.3% / 38.5M양정, 4호기의 BEP=79.1%)

2012.7.9일 개선전의 4호기의 효율은 77.45%(양정 41.8M에서)로 나타났다.

이번의 4호기의 개선후의 성능을 보면 최고 효율 점 효율이 82.2%(양정 39.2M)이고 개선 전 운전양정 41M부근에서도 82.08%(양정 41.2M)로 양호한 결과를 얻은 것으로 측정 되었다. 개선효과를 금액으로 환산해 보면 다음과 같다

개선 전; 1340(m³/hr), 41.8m, 77.45% BHP= 196.5KW, 0.146642(kw/m³)
 개선 후; 1583(m³/hr), 41.2m, 82.08% BHP= 215.9KW, 0.136387(kw/m³)
 개선효과 :(0.146642-0.136387) X 1580m³/hr X 20시간X 360일 X 55원/kwh
 =년간 약 6,416,348 원 절감예상

4) 개선작업 후 성능측정 시 직접급수 계통에는 변속펌프 1호기 1대와, 정속펌프 4호기 1대 로 2대가 병렬운전 되고 있었고 변속펌프 1호기의 HZ는 49.5~52.3hz 범위에서 운전되고 운영실 모니터에 나타난 유량은 1,650~2,170M³/HR 로 회전수 변화에 따라 유량이 변하고 있었다.

이는 정속펌프의 유량은 1,500M³/HR정도로 거의 일정하게 송수되지만 1호기 변속펌프의 유량은 HZ변화에 따라 150~670M³/HR 정도로 송수됨을 알 수 있다. 관압은 거의 일정하게 4.6KG/CM²을 나타내고 있었다.

호기별 운전시간은 인버터 1대는 24시간 운전이고, 때에 따라 인버터 2대가 가동되고, 정속펌프는 일 18~19.5시간이 운전되는 것으로 조사 되었다.

운전양정은 정격양정 40M 부근에서 적정 하게 운전되고 있었다. 측정결과로 보면 상시 운전점인 토출밸브 100% OPEN된 상태에서 개선 전에는 41.8M 로 다소 높게 보이지만 측정시간이 오후 5시 경으로 수요량이 적은시간대 로서 사용량이 적은 원인으로 판단되고 (이때 4호기 단독운전으로 시험함), 개선 후 측정 시에는 1호기 변속 펌프와 동시 운전이 되었더라도 운전 양정은 39.23M 로 정격양정 과 큰 차이를 보이지 않았다.

5) 펌프 효율저하 경향과 각 손실요소에 대한 의견

개선전의 성능측정(2012.7)결과, 2010.5월 보다 성능이 다소 저하된 경향을 보이고 있는데 이는 각 펌프마다 다소의 차이는 있지만 운전시간이 경과하게 되면 펌프 효율은 자연히 저하하게 된다. 일반적으로 펌프의 운전 시간이 경과하게 되면 펌프의 운전 점은 변하지 않더라도 펌프내의 부품마모나 유로면 표면의 녹 발생이나 침식 등으로 표면 거칠기 변화 등으로 펌프의 성능은 저하될 수밖에 없을 것이다. 이것은 펌프 내에서 기계손실, 원판마찰손실, 회전차 손실, 누설손실, 케이싱수력 손실, 재순환 손실 등이 증가하기 때문일 것이다.

실제로 운전시간경과에 따른 웨어링 마모영향은 틈새증가가 되어 누설손실의 증가가 되며, 유로면의 표면도 녹 발생 및 부식 등으로 거칠어져 마찰손실의 증가를 야기시켜 효율저하가 자연적으로 일어나며, 일반적인 운전시간 경과에 따른 효율저하 경향 은 다음 그림과 같다.

(그림 출처; 펌프핸드북, 박한영, 김경엽 공저 동명사 151 페이지)

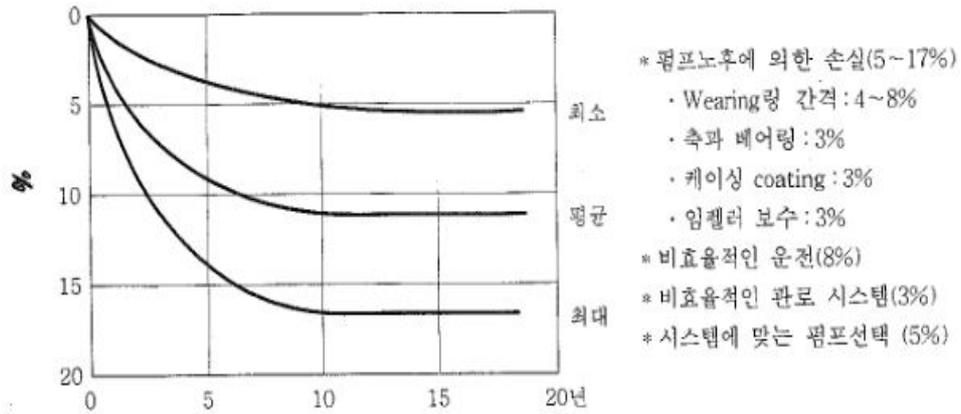


그림. 펌프운전시간 경과에 따른 효율저하

그림의 그래프에서 보면 펌프의 운전시간이 경과하여 10년 정도가 되면 최소 5%에서 최대 17%의 효율 손실을 예상하고 있다.

항목별로는 웨어링의 마모에 의해 누설손실에 따른 효율 2~8%의 손실, 축과 베어링에서 생기는 기계적인 손실에 따른 효율 1~3%의 손실, 케이싱에서 생기는 마찰손실에 따른 효율 1~3%의 손실, 회전차의 원판, 유동 등의 회전차 손실에 따른 효율 1~3%의 손실을 예상하고 있다.

실제적으로 K-Water의(한국수자원공사) 과거, 최근 5년간의 효율추이 그래프를 보면 효율저하 값이 5년경과 후 약 2~3%, 10년경과 후 약 4~5%, 15년경과 후 약 8~9% 정도로 나타나고 있어 일반적인 효율 저하 그래프의 최소치에 근접하고 있어 이는 비교적 유지관리가 잘 이루어지고 있는 것으로 생각된다. 그리고 2년경과에 약 2%의 효율저하를 보이고 있었다. 어떤 경우든 회전기계인 펌프는 운전개시가 시작 되면 각 부품이 펌핑을 하는 역할을 담당하게 되고 유체의 이송과, 질량을 갖는 회전체의 회전 등으로 부품의 마모나 유로면의 거칠기는 나빠지는 종합적인 영향으로 효율 저감은 일어날 수밖에 없다고 판단한다.

6) 직접급수라인의 평균 필요 유량을 감안 현재의 운전 방식을 변속1대 정속 1대로의 운전을 제안한다. 변속펌프의 정격유량은 1000m³/hr 까지 발휘 할 수 있는 사양 이므로 가능하다고 생각 한다. 그전예의 변속 2대를 1대로 가동 한다면 즉 하루10시간을 변속 2대를 변속 1대만 가동 시 절감 예상은 축동력 100KW 로 계산 ; 100KW X 10시간 X 360일 X 55원 = 19,800,000원 예상 된다. 수요 유량이 감소할 경우 1,2 호기가 동시에 5~10HZ로 감속 운전되어 실질적인 송수 기능은 적어지고 압력변동에 대응 하는 것은 변속 1대 로도 가능 할 것으로 보여 지기 때문이다. 그러다가 관압이 저하되면 운전대수를 증가하는 운영방법이 적합할 것이다. 또한 소요 유량이 더 저하한다면 변속 1대나, 정속 1대로도 가능한 시간대가 있을 것이다. 이는 최근의 운전경향을 조사하여 적용여부의 채택을 추천한다. 실제로 개선전의 펌프 성능 측정 시(오후 5시경부터) 정속펌프인 4호기만 단독 운전 상태에서 약 50분간 운전하면서 성능을 측정 하였다.

7) 7호기인 경우 2010년 5월의 운전경향을 보면 운전점이 저양정(27M) 대유량 (3194m³/hr) 이며 효율이 81.7 %정도로서 6호기에 비해 다소 떨어지는 경향을 보이고 있었다. 배수지 송수방식으로 향후에도 양정의변화도 크게 없을 것이며 현재의 운전양정으로 계속 운전 된다면 그간 수리나 개선 실적이 없었다면 개선 작업을 하여 효율 개선안을 추천 받았었고 이에 따라 금년에 개선작업을 실시한 것으로 판단된다.(최고 효율 점 효율이 5호기 85.7%, 6호기 84.7% 이었다) 2012.7.9일 개선전의 7호기의 효율은 79.8%(양정 27M에서)로 나타났다.

이번의 7호기의 개선후의 성능을 보면 최고 효율 점 효율이 86%(양정 28M) 이고 개선 전 운전양정 27M부근에서도 84.52%(양정 26.6M)로 양호한 결과를 얻은 것으로 측정 되었다. 개선효과를 금액으로 환산해 보면 다음과 같다

개선 전; 3003(m³/hr), 27m, 79.8% BHP= 276KW, 0.091908(kw/m³)
 개선 후; 3529(m³/hr), 26.6m, 84.5% BHP= 301.8KW, 0.08552(kw/m³)
 개선효과 :(0.091908-0.08552) X 3500m³/hr X 20시간X 360일 X 55원/kwh
 =년간 약 8,853,768 원 절감예상

8) 개선작업 후 성능측정 시 낙성대 배수지 급수 계통에는 7호기 1대 로 송수하고 있었고 운영실 모니터에 나타난 순시 유량은 3,650~3,720M³/HR 이고 관압은 2.8KG/CM² 이 표시되었다. 이때가 상시 운전점인 토출밸브 100% OPEN되어 운전 될 때 이다. 관압은 거의 일정하게 2.8KG/CM²을 나타내고 있었다.

낙성대 배수지 계통펌프의 운전대수 와 시간은 거의 1대가 가동되고 운전시간은 계절별로 약간의 차이는 있는 것으로 조사되었다.

1월평균 10.1시간, 2월평균 12.5시간, 3월평균 10.2시간, 그 후 샘플링 조사에 의하면 4/20일 13시간21분, 4/30일 11시간47분, 5/10일 16시간50분, 5/20일 14시간3분, 으로 하절기로 갈수록 운전시간이 증가하고 하절기에는 17~18시간 정도 운전된다.

운전양정은 정격양정 30M 부근 보다 약간 낮은 양정(약 27M)에서 운전되는 경향을 보였다. 측정결과로 보면 상시 운전점인 토출밸브 100% OPEN된 상태에서 1대 운전 시 개선 전에 27M 로 다소 낮은 양정이고 개선 후 측정 시에도 26.1M부근에서 운전 되었다. 그러나 이양정은 정격 양정과 크게 차이를 보이지 않고 간혹 2대가 운전된다던지 배수지 수위에 따라 정격 양정 부근에 운전될 것이기에 문제 될 소지는 없기 때문에 향후에도 현재와 같이 토출밸브를 FULL OPEN 상태로 운전을 추천한다.

9) 참고자료; 2010년 5월에 측정했던 자료 조사
 (1) 방배 7호기 시험성적서 및 성능곡선도

펌프 시험 성적서									
제 조 자	HYOSUNG - EBARA			의 회 자	서울시 상수도 사업본부				
제 조 일 자	-			시 험 펌 프	방배 7호기				
제 조 번 호	2115315-10-2			시 험 일 자	2010-05-06				
펌 프 형 식	HDR600-710C			시 험 양 액	청 수				
용 도	-			시 험 자	(주)한국종합엔지니어링				
규 정 요 목				전 동 기					
지정양액	청 수	토 출 량	2916 m ³ /hr	형 식	3 상	주 파 수	60 Hz		
온 도	14.5 ℃	전 양 정	30.0 m	전 압	6600 V	극 수	8 극		
비 중 량	-	회 전 수	710 rpm	전 류	38.2 A	회 전 수	710 rpm		
정 도	-	펌 프효율	-%	출 력	330 kW	제 조 번 호	10332803-2		
토출크기	700/600 mm	NPSHR	-	효 율	95.0 %	제 조 자	HICO		
토출량 측정방법 : Yatesmeter				축동력 측정방법 : 전력분석계					
계 측 항 목		1	2	3	4	5	6	7	8
수 온		℃	14.51	14.51	14.51	14.51	14.51		
회 전 수		rpm	-	-	-	-	-		
토 출 량		m ³ /hr	2088.04	2297.30	2585.52	2950.85	3193.52		
양	출입양정	m	4.34	4.35	4.35	4.36	4.37		
	토출양정	m	35.76	34.79	33.26	32.05	31.09		
	속도양정	m	0.07	0.09	0.11	0.15	0.17		
	전 양 정	m	31.60	30.64	29.14	27.95	27.00		
수 동 력		kW	179.25	191.22	204.68	224.06	234.24		
전 동 기	전 압	V	6680.0	6670.0	6670.0	6680.0	6670.0		
	전 류	A	31.45	31.73	32.15	33.39	34.44		
	역률	PF	0.75	0.75	0.75	0.76	0.76		
	입 력	kW	267.22	274.25	277.43	292.76	302.87		
	효 율	%	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00		
	출 력	kW	253.86	260.54	263.56	278.12	287.73		
전달장치효율		%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		
토 크		kgf · m							
축 동 력		kW	253.86	260.54	263.56	278.12	287.73		
펌프효율		%	70.74	73.49	77.83	80.78	81.66		
비 고								단독운전	
								운전점	
		35% 개도	40% 개도	50% 개도	60% 개도	100% 개도			

참고자료; 2010년 5월에 측정했던 자료 조사

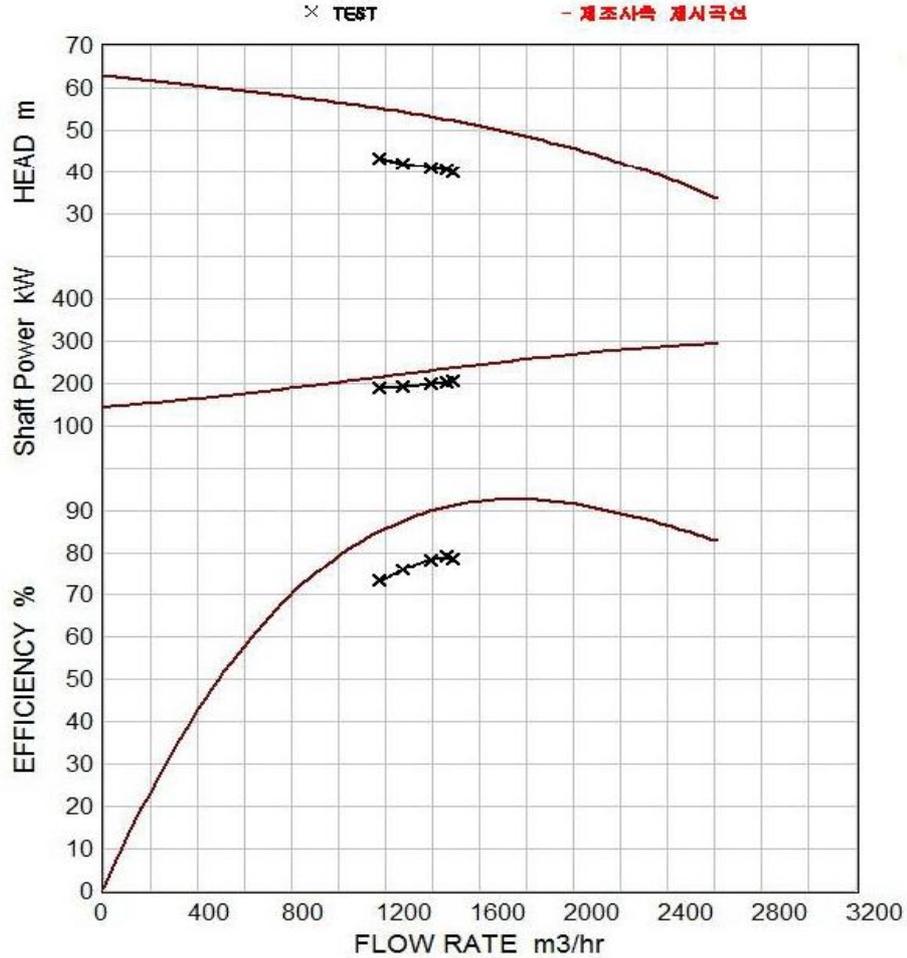
(2) 방배 4호기 시험성적서 및 성능곡선도

펌프 시험 성적서									
제 조 자		HYOSUNG-EBARA		의 회 자		서울시 상수도 사업본부			
제 조 일 자		-		시 형 펌 프		방배 4호기			
제 조 번 호		2115315-2-2		시 형 일 자		2010-05-06			
펌 프 형 식		HOR400-540A		시 형 양 액		청 수			
용 도		-		시 형 자		㈜한국종합엔지니어링			
규 정 요 목					전 동 기				
지정양액	청 수	토 출 량	2020.8 m ³ /hr	형 식	3 상	주 파 수	60 Hz		
온 도	14.50 ℃	전 양 정	45 m	전 압	6600 V	극 수	6 극		
비 중 량	-	회 전 수	1160 rpm	전 류	33 A	회 전 수	1150 rpm		
정 도	-	펌 프효율	-%	출 력	320 kW	제 조 번 호	10332802-3		
토출크기	600/500 mm	NPSHR	-	효 율	95.0 %	제 조 자	HICO		
토출량 측정방법 : Yatesmeter				축동력 측정방법 : 전력분석계					
계 측 항 목		1	2	3	4	5	6	7	8
수 온	℃	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52			
회 전 수	rpm	-	-	-	-	-			
토 출 량	m ³ /hr	1178.28	1275.05	1398.56	1461.20	1487.38			
양 정	흡입양정	m	4.39	4.39	4.38	4.39	4.40		
	토출양정	m	47.51	46.15	45.10	44.56	44.02		
	속도양정	m	0.11	0.12	0.15	0.16	0.17		
	전 양 정	m	43.27	41.93	40.90	40.38	39.83		
수 동 력	전 압	V	6620.0	6620.0	6630.0	6650.0	6650.0		
	전 류	A	21.46	21.18	21.91	22.38	22.65		
	역률	PF	0.83	0.83	0.83	0.82	0.82		
	입 력	kW	199.89	201.91	209.60	213.81	216.20		
	효 율	%	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00		
	출 력	kW	189.90	191.81	199.12	203.12	205.39		
전달장치효율	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00			
토 크	kgf·m								
축 동 력	kW	189.90	191.81	199.12	203.12	205.39			
펌프효율	%	73.15	75.91	78.25	79.09	78.51			
비 고							단독운전		
							운전점		
		35% 개도	40% 개도	50% 개도	60% 개도	100% 개도			

유량양정 성능 곡선도를 보면 당초 제조사 성능곡선도에서 Q-H곡선이 같은 기울기로 떨어진 성능을 나타내고 있어 회전차 외경절삭 이 이루어진 것으로 판단된다.

펌프 성능 곡선

제 조 자	HYOSUNG-EBARA	시험양식	형 수	지정양식	형 수	토 출 량	2020.8 m ³ /hr
제조번호	2115815-2-2	시험펌프	방배 4호기	온 도	14.50 ℃	전 양 경	45 m
펌프형식	HDR400-540A	시험일자	2010-05-08	비 중 량	-	전 동 기	3 상 6600 v
의 례 자	서문사 업무도 사원부부	시 험 자	한국수자원공사(나하)부	점 도	-	펌프효율	- %
용 도	-	용 / 토출크기	600/500 mm	회 전 수	1160 rpm		-



10) 방배가압장은 배수지 송수방식으로 향후에도 양정의변화도 크게 없을 것이며 현재의 운전양정에서의 성능이 양호하므로 정기적으로 운전 상태를 확인하고 성능이 저하된 호기를 대상으로 개선작업을 실시한다면 펌프장 전체 효율은 양호하게 운영 될 것이다.

11) 효율개선방법을 이미 이방법이 검정된, 펌프 유로면 표면조도 개선 작업과 마모부품 교체를 추천한다.

제 4 장 용역 수행 결과 관련자료

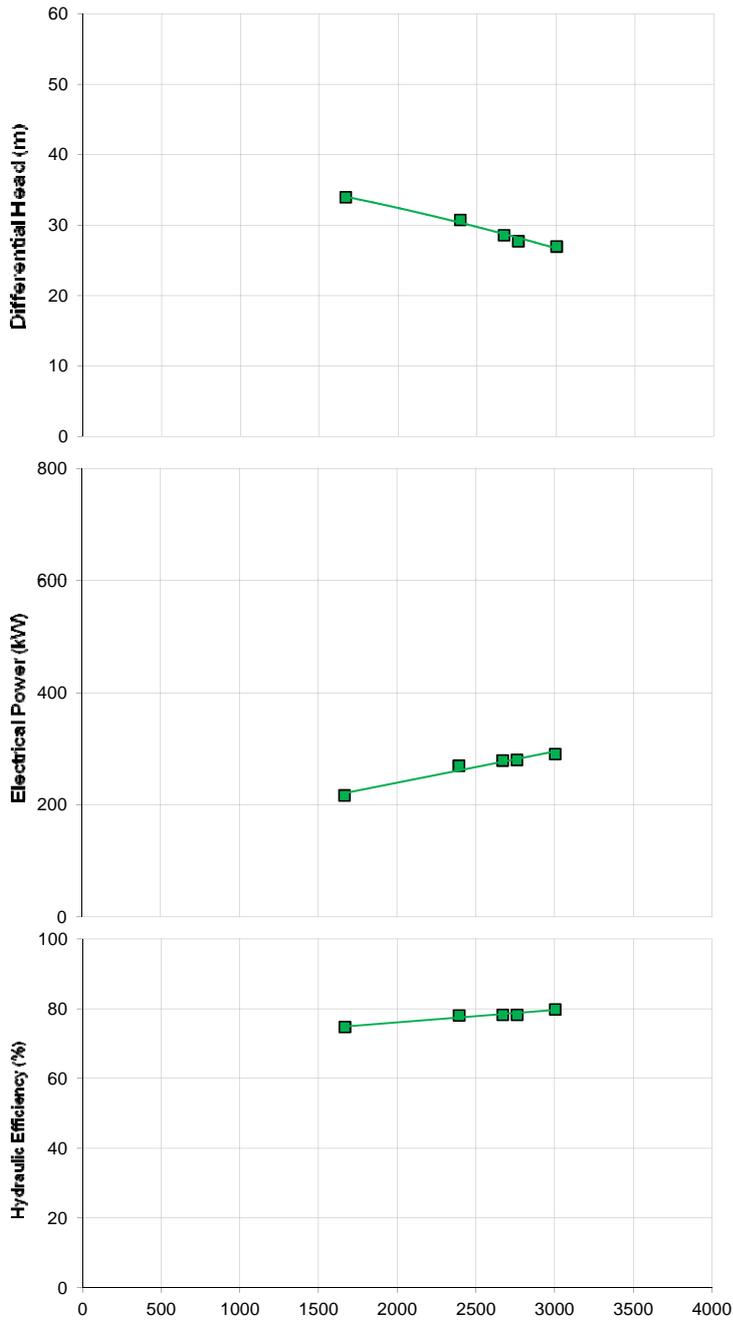
4.1 개선 전 후 측정결과 자료

4.2 현장 성능측정 광경 사진

펌프 시험 성적서									
제 조 자		HYOSUNG-EBARA			의 료 자		상수도 사업본부/강남수도사업소		
제 조 일 자		-			시 험 펌 프		방배 7 호기		
제 조 번 호		2115315-10-2			시 험 일 자		2012-07-09		
펌 프 형 식		HDR600-710C			시 험 양 액		청 수		
용 도		-			시 험 자		(주)터보 엔 에스		
규 정 요 목					전 동 기				
지정양액	청수	토출량	2916 m ³ /hr		형식	3상	주파수	60 Hz	
온도	21.9°C	전양정	30.0m		전압	6600V	극수	10 극	
비중량	-	회전수	710 rpm		전류	38.2A	회전수	710rpm	
점도	-	펌프효율	- %		출력	330kW	제조번호	10332803-2	
흡/토출	700/600mm	NPSHR	-		효율	95.0%	제조사	HICO	
토출량 측정방법: HISCO-PEMS					축동력 측정방법: 전력분석계				
계측항목		1	2	3	4	5	6	7	8
수온	°C	21.91	21.91	21.91	21.91	21.91			
회전수	rpm	-	-	-	-	-			
토출량	m ³ /hr	1666.50	2392.34	2670.00	2760.31	3003.01			
양정	흡입양정	m	5.28	5.21	5.16	5.14	5.12		
	토출양정	m	39.1	35.75	33.46	32.61	31.8		
	속도양정	m	0.06	0.13	0.16	0.17	0.20		
	전양정	m	33.98	30.77	28.58	27.74	26.98		
수동력	kw	154.17	200.39	207.60	208.46	220.59			
전동기	전압	V	6666.73	6665.94	6664.37	6656.86	6654.90		
	전류	A	25.32	30.90	31.80	31.90	33.20		
	역률	PF	0.75	0.76	0.76	0.76	0.76		
	입력	kw	217	270	279	280	291		
	효율	%	95	95	95	95	95		
	출력	kw	206.15	256.50	265.24	266.29	276.36		
전달장치 효율	%	100	100	100	100	100			
토크	kgf·m	-	-	-	-	-			
축동력	kW	206	257	265	266	276			
펌프효율	%	74.78	78.12	78.27	78.29	79.82			
비고		단독운전	단독운전	단독운전	단독운전	단독운전			
		운전점	운전점	운전점	운전점	운전점			
		45%개도	60%개도	70%개도	80%개도	100%개도			

펌프 성능 곡선

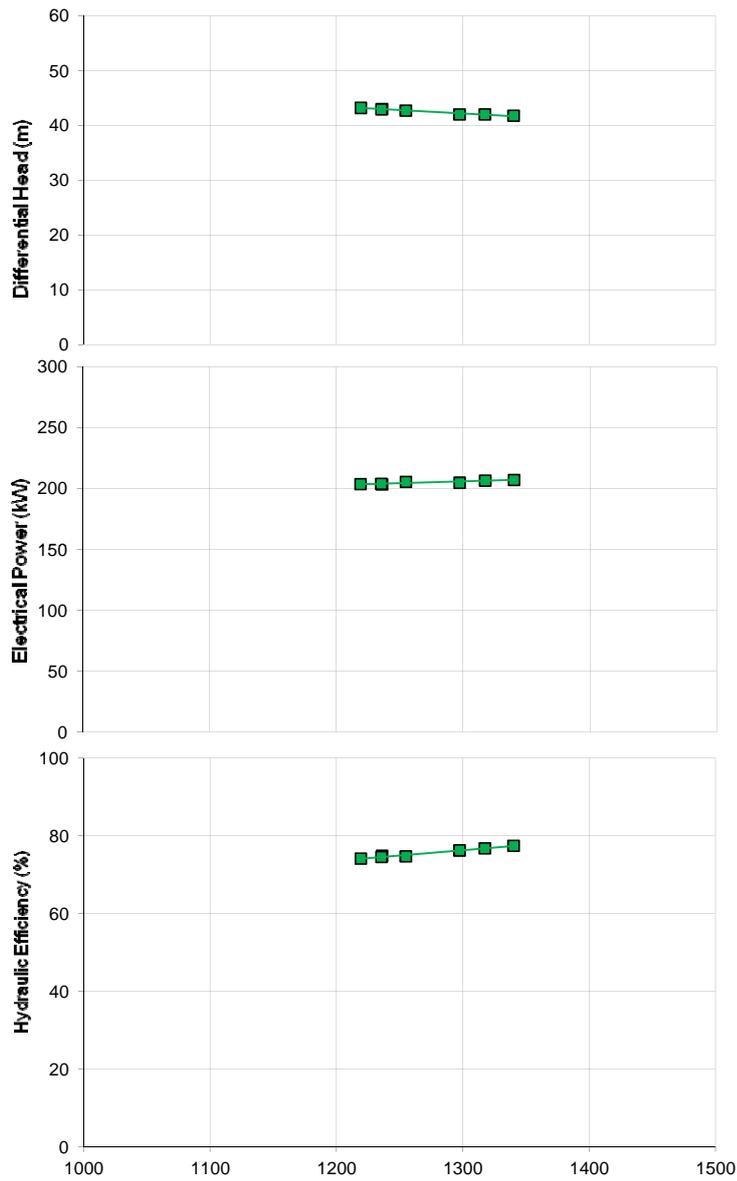
제 조 자	HYOSUNG-EBARA	시 험 양 액	청 수	지 정 양 액	청 수	토 출 량	2916 m ³ /hr
제 조 번 호	2115315-10-2	시 험 펌 프	방 배 7 호 기	온 도	21.9°C	전 양 정	30.0m
펌 프 형 식	HDR600-710C	시 험 일 자	2012-07-09	비 중 량	-	전 동 기	3상 6600V
의 료 자	상수도 사업본부/강남수도사업소	시 험 자	(주)터보 엔 에스	점 도	-	펌 프 효 율	-
용 도	-	흡/토출 크기	700/600mm	회 전 수	710rpm	NPSHR	-



펌프 시험 성적서									
제 조 자		HYOSUNG-EBARA			의 리 자		상수도 사업본부/강남수도사업소		
제 조 일 자		-			시 험 펌 프		방배 4호기		
제 조 번 호		2115315-2-2			시 험 일 자		2012-07-09		
펌 프 형 식		HDR400-540A			시 험 양 액		청 수		
용 도		-			시 험 자		(주)터보 엔 에스		
규 정 요 목					전 동 기				
지정양액	청 수	토 출 량	2020.8 m ³ /hr		형 식	3상	주 파 수	60 Hz	
온 도	21.8°C	전 양 정	45m		전 압	6600V	극 수	6 극	
비 중 량	-	회 전 수	1160 rpm		전 류	33A	회 전 수	1160rpm	
점 도	-	펌 프효율	- %		출 력	320kW	제 조 번 호	10332802-3	
흡 / 토 출	600/500mm	NPSHR	-		효 율	95.0%	제 조 자	HICO	
토출량 측정방법: HISCO-PEMS					축동력 측정방법: 전력분석계				
계 측 항 목		1	2	3	4	5	6	7	8
수 온	°C	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	
회 전 수	rpm	-	-	-	-			-	
토 출 량	m ³ /hr	1254.8	1236	1219.2	1235.5	1297.3	1317.4	1340.1	
양 정	흡입양정	m	4.66	4.66	4.66	4.66	4.64	4.63	4.63
	토출양정	m	47.18	47.45	47.67	47.43	46.48	46.32	46.17
	속도양정	m	0.13	0.13	0.13	0.10	0.11	0.25	0.17
	전 양 정	m	42.75	43.02	43.24	42.97	42.05	42.04	41.81
수 동 력	kw	146.03	144.75	143.51	144.52	148.50	150.77	152.52	
전 동 기	전 압	V	6568.43	6639.59	6624.80	6629.86	6679.12	6639.48	6661.03
	전 류	A	18.27	17.88	17.94	17.95	17.9	18.16	18.15
	역 률	PF	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	입 력	kw	205.78	203.57	203.79	204.06	205.01	206.75	207.31
	효 율	%	95	95	95	95	95	95	95
	출 력	kw	195.49	193.39	193.60	193.86	194.76	196.41	196.94
전달장치 효율	%	100	100	100	100	100	100	100	
토 크	kgf · m	-	-	-	-	-	-	-	
축 동 력	kW	195.49	193.39	193.60	193.86	194.76	196.41	196.94	
펌프효율	%	74.70	74.85	74.13	74.55	76.25	76.76	77.45	
비 고		단독운전	단독운전	단독운전	단독운전	단독운전	단독운전	단독운전	단독운전
		운전점	운전점	운전점	운전점	운전점	운전점	운전점	운전점
		수용가 사용량에 따른 압력 및 유량변화량							100%개도

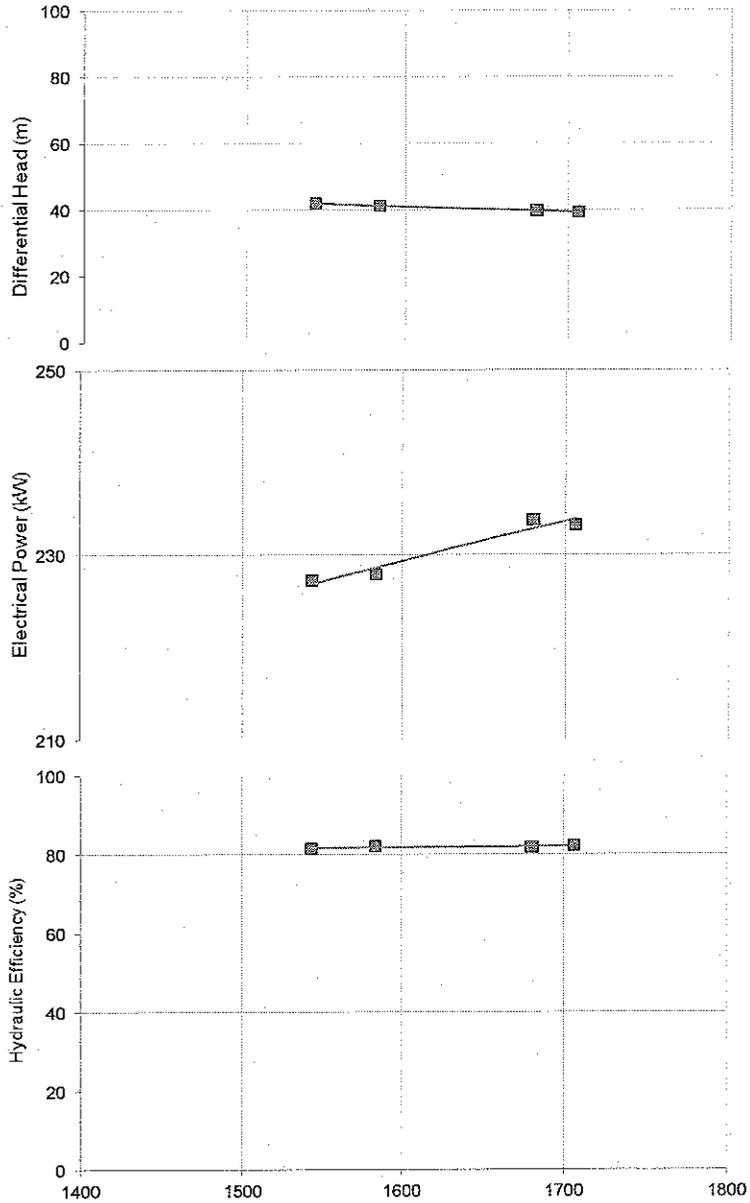
펌프 성능 곡선

제 조 자	HYOSUNG-EBARA	시 험 양 액	청 수	지 정 양 액	청 수	토 출 량	2020.8 m ³ /hr
제 조 번 호	2115315-2-2	시 험 펌 프	방 배 4호기	온 도	21.8°C	전 양 정	45m
펌 프 형 식	HDR400-540A	시 험 일 자	2012-07-09	비 중 량	-	전 등 기	3상 6600V
의 료 자	상수도 사업본부/강남수도사업소	시 험 자	(주)터보 엔 에스	점 도	-	펌 프 효 율	-
용 도	-	흡/토출 크기	600/500mm	회 전 수	1160rpm	NPSHR	-



펌프 성능 곡선

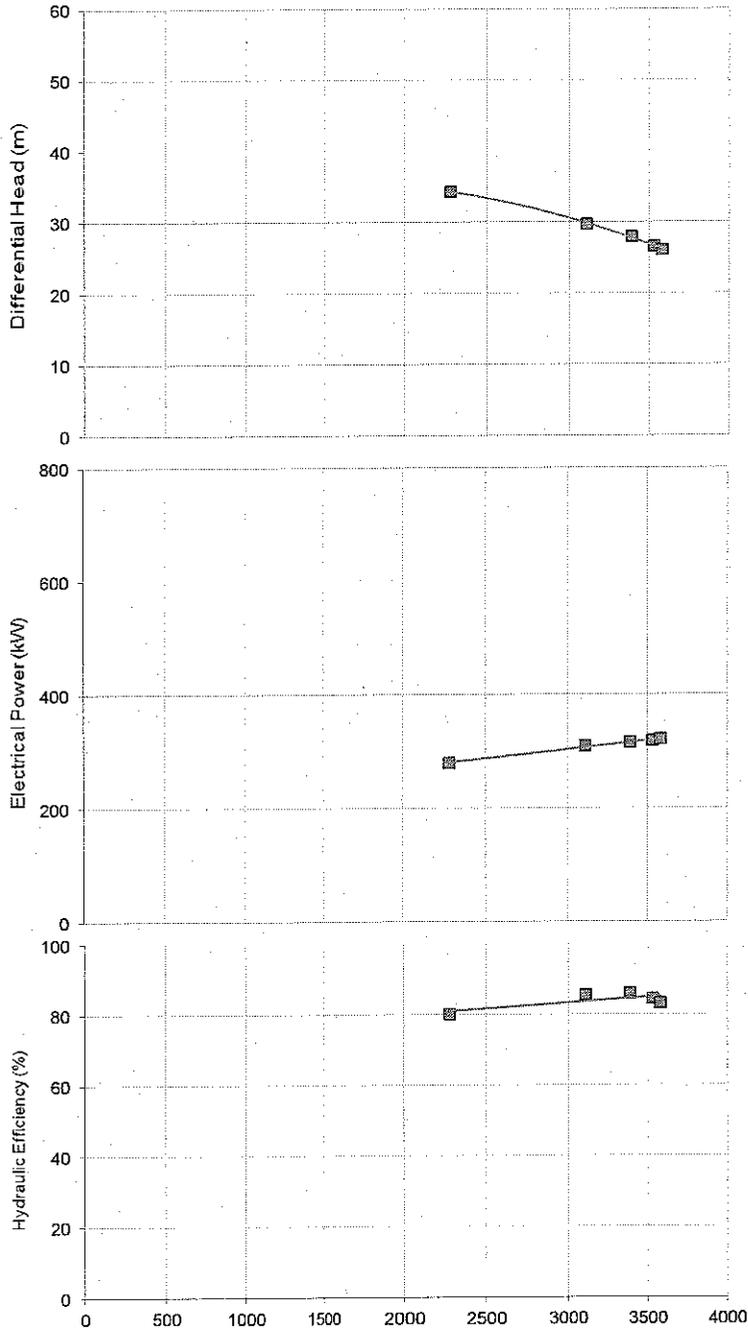
제 조 자	HYOSUNG-EBARA	시 험 양 액	청 수	지 정 양 액	청 수	토 출 량	2020.8 m ³ /hr
제 조 번 호	2115315-2-2	시 험 펌 프	방 배 4호 기	온 도	26.65°C	전 양 정	45m
펌 프 형 식	HDR400-540A	시 험 일 자	2012-08-02	비 중 량	-	전 동 기	3상 6600V
의 료 자	상수도 사업본부/강남수도사업소	시 험 자	쉴터보엔에스	점 도	-	펌 프 효 율	-
용 도	-	흡/토출 크기	600/500mm	회 전 수	1160rpm	NPSHR	-



펌프 시험 성적서									
제 조 자	HYOSUNG-EBARA			의 례 자	상수도 사업본부/강남수도사업소				
제 조 일 자	-			시 험 펌 프	방배 7 호기				
제 조 번 호	2115315-10-2			시 험 일 자	2012-08-02				
펌 프 형 식	HDR600-710C			시 험 양 액	청 수				
용 도	-			시 험 자	(주)터보엔에스				
규 정 요 목				전 동 기					
지정양액	청수	토출량	2916 m ³ /hr	형 식	3상	주 파 수	60 Hz		
온 도	26.7°C	전 양 정	30.0m	전 압	6600V	극 수	10 극		
비 중 량	-	회 전 수	710 rpm	전 류	38.2A	회 전 수	710rpm		
점 도	-	펌 프효율	- %	출 력	330kW	제 조 번 호	10332803-2		
흡/토출경	700/600mm	NPSHR	-	효 율	95.0%	제 조 자	HICO		
토출량 측정방법: HISCO-PEMS				축동력 측정방법: 전력분석계					
계 측 항 목		1	2	3	4	5	6	7	8
수 온	°C	26.69	26.7	26.7	26.71	26.71			
회 전 수	rpm	-	-	-	-	-			
토 출 량	m ³ /hr	2278.80	3107.40	3387.80	3529.20	3576.90			
양 정	흡입양정	m	5.87	5.75	5.74	5.74	5.73		
	토출양정	m	40.09	35.25	33.44	32.08	31.53		
	위치수두	m	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		
	속도양정	m	0.06	0.13	0.16	0.17	0.20		
	전 양 정	m	34.3	29.7	28.0	26.6	26.1		
수 동 력	kw	212.78	251.48	257.87	255.68	254.18			
전 동 기	전 압	V	6580.48	6580.42	6550.52	6520.00	6559.10		
	전 류	A	25.81	28.90	29.60	30.00	30.08		
	역률	PF	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94		
	입 력	kw	280	310	316	318	321		
	효 율	%	95	95	95	95	95		
	출 력	kw	265.53	294.13	299.85	302.50	305.16		
전달장치 효율	%	100	100	100	100	100			
토 크	kgf · m	-	-	-	-	-			
축 동 력	kW	266	294	300	302	305			
펌프효율	%	80.13	85.50	86.00	84.52	83.29			
비 고		단독운전	단독운전	단독운전	단독운전	단독운전			
		운전점	운전점	운전점	운전점	운전점			
		45%개도	60%개도	70%개도	80%개도	100%개도			

펌프 성능 곡선

제 조 자	HYOSUNG-EBARA	시 험 양 액	청 수	지 정 양 액	청 수	토 출 량	2916 m ³ /hr
제 조 번 호	2115315-10-2	시 험 펌 프	방 배 7 호 기	온 도	26.7°C	전 양 정	30.0m
펌 프 형 식	HDR600-710C	시 험 일 자	2012-08-02	비 중 량	-	전 동 기	3상 6600V
의 례 자	상수도 사업본부/강남수도사업소	시 험 자	㈜터보엔에스	점 도	-	펌 프 효 율	-
용 도	-	흡/토출 크기	700/600mm	회 전 수	710rpm	NPSHR	-



방배가압장 펌프 성능측정 관련사진



[사진1] 4호기 계측 센서 설치 완료



[사진2] 온도 및 압력센서설치 완료



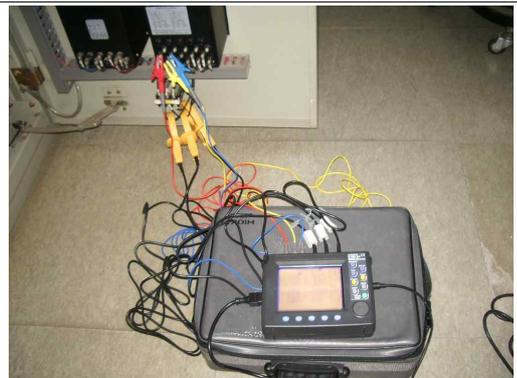
[사진3] 열역학적측정계기 설치



[사진4] 온도보정 작업 중



[사진5] 열역학적 측정계기 본체



[사진6] 전압 및 전류 측정 센서



[사진7] power meter 설치 및 측정



[사진8] 7호기 펌프



[사진9] 7호기 토출측 센서설치 설치중



[사진10] 7호기 흡입측 센서 설치



[사진11] 7호기 토출측 센서 설치



[사진12] 7호기 압력 및 온도 센서



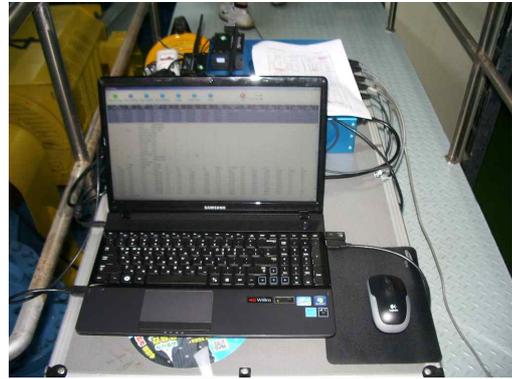
[사진13] 7호기 효율 측정



[사진14] 4호기 토출측 센서 설치



[사진15] 4호기 전압 및 전류 측정



[사진16] 4호기 효율 측정