

광역상수도용 펌프의 규격 최적결정방법에 관한 기초조사 연구

박종문* · 노형운** · 서상호** · 이영범*** · 김상균****

1. 서 론

여러 곳의 시, 군 등에 물을 공급하기 위한 광역상수도시설은 송수 거리가 길고 중간에 분기되는 관로가 많아 관로의 헤드손실이 크며 수요처의 사용 물 양도 일정하지 않아 송수량이 크게 변동하는 특성이 있다. 또한 초기 설치년도와 목표년도의 송수량을 만족하여야 하므로 펌프의 규격을 결정하는 것이 쉽지 않은 일이다. 따라서 설계시에는 상수도 시설기준에 따라 노후된 관로조건, 최대공급유량, 최대실양정을 고려한 최대의 조건으로 펌프의 규격을 결정하게 된다. 이렇게 선정된 펌프가 실제 운전 시에는 운전범위를 벗어나 송수유량을 맞추기 위하여 토출밸브로 제어하거나, 임펠러를 가공하는 방법 등으로 운전하고 있는 현실이다. 그러나, 이러한 방법은 최적의 상태보다 비효율적인 운전이 되어 펌프 및 밸브의 수명을 단축시키고 에너지의 낭비를 초래하게 된다.

따라서 현재 운전중인 수도권광역상수도의 각 취수펌프장이나 가압펌프장의 운전자료 및 유지보수 자료를 수집하고 이를 데이터베이스화하여 운영측면에 미치는 영향을 연구하며 운영 개선 안을 도출하여 경영개선에 기여함은 물론 새로운 수도설비를 계획할 때 펌프의 최적선정이 가능하도록 지침을 마련하고 필요시에 현 상수도 시설기준을 보완하는 것이 본 연구의 궁극적인 목적이다.

본 논문은 이런 목적을 달성하기 위한 기초조사연구로서 한국수자원공사 수도권 4개 관리단 (팔당권 관

리단, 성남권 관리단, 과천권 관리단, 일산권 관리단)의 14개 펌프장(단계별 23개 펌프장)에 대한 공급량 변화 특성 조사, 양정 결정에 미치는 요소 및 특성조사, 펌프·모터의 수명 조사 결과를 나타내었다. 그러나 지면한계로 인하여 팔당 3, 4단계 취수펌프장 경우에만 본문에 나타내었다.

2. 운전자료의 조사

2.1. 기준설정

2.1.1 조사대상

한국수자원공사에서 관리하고 있는 수도권 광역상수도의 취수펌프장, 가압펌프장 및 정수장 송수펌프장 중 기초자료조사의 조사대상은 표 1과 같다,

표 1 운전자료 조사를 위한 대상

관리단	펌프장	사업단계
팔당권 관리단	팔당 제1취수펌프장	1단계, 2단계
	팔당 제2취수펌프장	3단계, 4단계
	미금 가압펌프장	3, 4, 5단계
	김포 가압펌프장	1단계
	덕소 취수펌프장	5단계
	의정부 가압펌프장	5단계
성남권 관리단	성남정수장송수펌프장	3단계, 4단계
	용인 가압펌프장	3, 4, 5단계
	판교 가압펌프장	5단계
과천권 관리단	과천 가압펌프장	2단계(신, 구)
	광명 가압펌프장	3단계, 4단계
	인양 가압펌프장	3단계
일산권 관리단	자양 취수펌프장	4단계
	일산정수장송수펌프장	4단계

* 한국종합엔지니어링 기전부
 ** 숭실대학교 기계공학과
 *** 휴먼아이티 대표이사
 **** 한국수자원공사 수도설비처

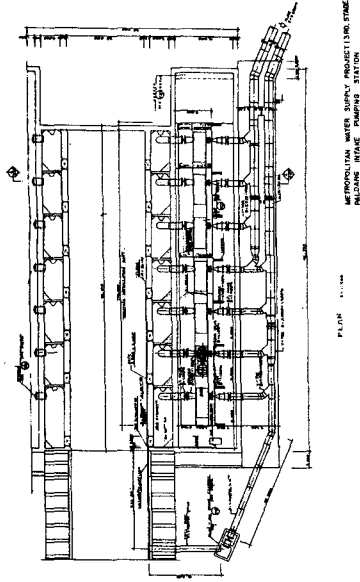


그림 1 팔당 3단계 취수펌프장 평면배치도면

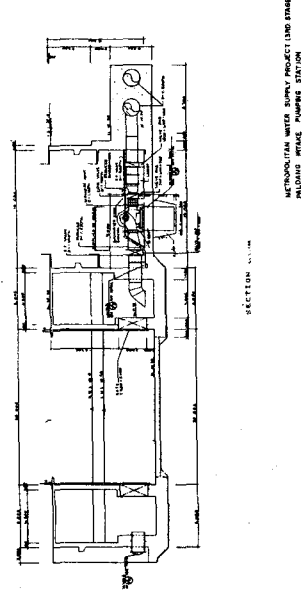


그림 2 팔당 3단계 취수펌프장 송수단면도

표 2 팔당 2 취수펌프장 설비 현황

		3단계	4단계
시설용량 (천m ³ /일)		1.330	1.525
용도		취수	취수
호기		#1-7	#8-14
펌프	유량 (천m ³ /일)	278	312
	양정(m)	80.5	81
	구경	1200×1100	1200×1100
	제작사 (년월일)	효성 ('88. 5)	효성 ('91.12)
모터	동력(Hp)	4600	5100
	극수(P)	12	12

2.1.2. 조사항목

- 유량(송수량 또는 취수량)
- 양정(흡입압력, 토출압력, 흡수정수위, 주관로 압력)

- 전력량, 전압, 전류
- 가동시간

2.1.3. 조사방법

각 펌프장에서 관리하는 운전일보의 자료를 기초로 하고 수자원공사에 발간하는 월보 및 년보를 기준으로 하였다. 또한, 각 단계별 시시설계보고서 및 준공도서를 이용하였다.

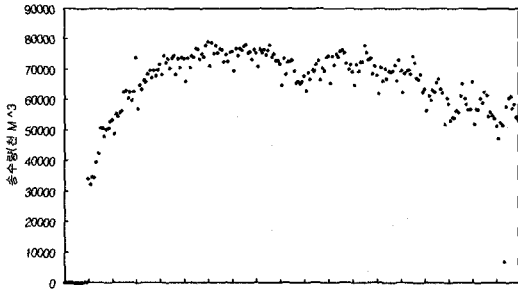
2.1.4. 조사자료

- 일간자료 : 0시부터 1시간단위로 조사된 자료기준
- 월간자료 : 매월 중순 수요일, 토요일, 일요일의 일간자료 기준
- 연간자료 : 12개월의 월간자료기준을 총 5개년 자료

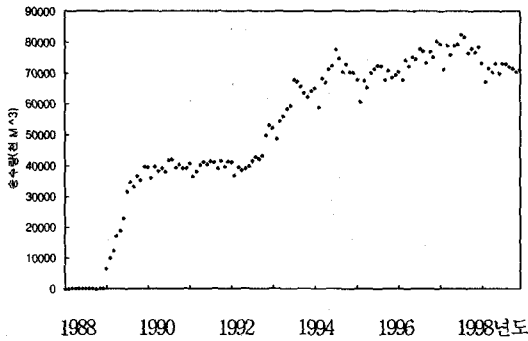
2.2. 팔당 2 취수 펌프장

2.2.1. 펌프장 설비 현황

팔당 2취수펌프장(3, 4단계)은 표 2와 같이 1988년도 제 3단계사업으로 7대의 펌프·모터를 설치하였고 1991년도에 제 4단계로 7대를 추가로 설치하여 운영하고 있다.



(a) 팔당 1, 2 단계



(b) 팔당 3, 4 단계

그림 3 팔당 취수펌프장내 년간 송수량 변화

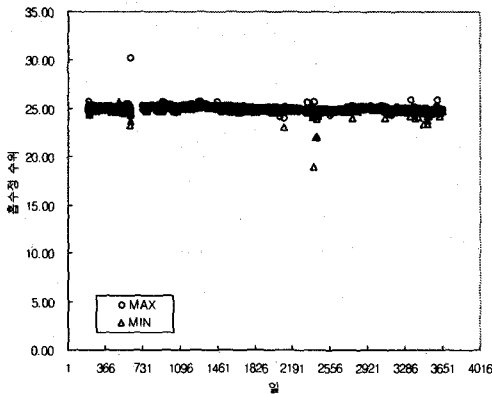


그림 4 팔당 2취수장 년간 흡수정 수위변화(1989년 -1998년)

2.2.2. 팔당 2 취수펌프장 관련 도면

그림 1과 그림 2에 팔당 3단계 취수펌프장의 평면 배치도면과 3단계 취수펌프장의 송수 단면도면을 나타

표 3 팔당 2취수장 년간 흡수정 수위 통계치

구분	기준 수위	흡수정 수위	평균수위
HWL	25.0 m	30.28 m	25.09±0.2 m
LWL	23.5 m	22.01 m	24.93±0.22 m

내었다.

3. 송수량 변화 특성 조사

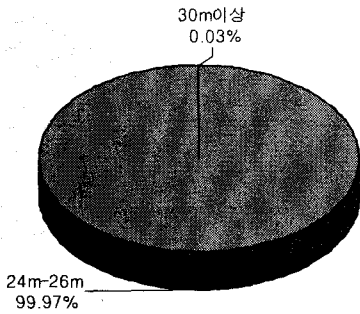
팔당 1 취수펌프장의 송수량은 그림 3과 같이 설비 초기에는 송수량이 급증하다가 1989년대부터 송수량이 감소되고 있음을 알 수있다. 이는 1988년부터 2 취수펌프장이 가동이 되어 수도권 일부 지역에 3단계 사업의 물이 공급되었기 때문이며 또한, 1992년도부터는 4단계 펌프장이 가동되어 송수량이 증가되었고 1998년부터 감소하기 시작하였는데, 이는 2006년 목표 200만톤을 기준으로 설계된 5단계 사업의 영향이다. 그러나, 최근 IMF로 인한 경기침체로 인하여 시, 군등 지방자치단체의 수요량이 감소하였기 때문에 전체적으로 공급량이 감소되었다고 판단된다.

4. 양정 결정에 미치는 요소 및 특성조사

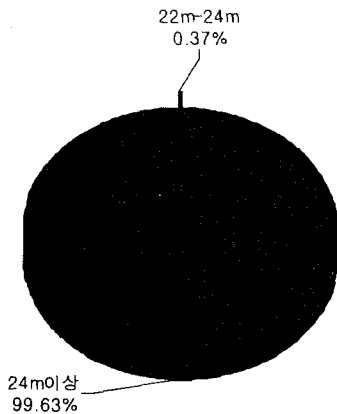
펌프의 양정결정에 미치는 요소 및 특성조사를 하기 위하여 본 연구에서 각 취수펌프장 및 가압펌프장을 방문하여 운전일지와 연보의 자료를 기초로 각 취수펌프장 및 가압펌프장내 흡수정 수위와 착수정 수위를 조사하였고, 펌프의 흡입과 토출압력의 값을 데이터베이스화하였다.

4.1 흡수정 수위

팔당 2 취수펌프장의 흡수정 수위 변화에 대한 1989년부터 1998년까지의 자료를 통계 처리하여 그림 4와 표 3에 나타내었다. '90년 9월 31일에 기록된 수치로써 최고 흡수정 수위는 EL30.28m이고 최저수위는 '95년 7월 20일 기록된 수치로 EL22.01m이다. 최대 편차가 약 8m이상으로 나타났으나, 10년 평균 기록치는



(a) 최고수위 기준



(b) 최저수위 기준

그림 5 팔당 2취수장 연간 흡수정 수위의 산포도 변화

EL25.01±0.22 m로서 거의 일정한 수위를 유지하고 있는 상태를 보여 주고 있다. 이는 좋은 여건의 수위변동으로써 안정적인 운전이 되었음을 알 수 있다.

그림 4와 표 3에 나타난 통계자료를 산포도로 그림 5에 나타내었다. 그림 5(a)는 각각 최고수위(HWL)와 최저수위(LWL)를 각 2m의 간격으로 구분하여 표시하였다. 흡수정의 최고수위를 기준으로 살펴보았을 때 흡수정 수위의 99.97%가 EL24m~26m를 차지하고 있으며 EL30m 이상인 경우는 전체자료 중 0.03%의 비율을 차지하고 있다. 또한, 최저수위를 기준으로 하였을 때 그림 5(b)에서 보듯이 전체자료의 99.63%가 EL24m 이상이었고, EL22m~24m의 수위는 0.37%를

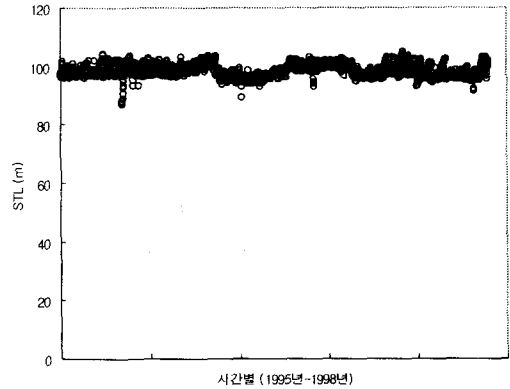


그림 6 팔당 3 단계 연간 STL 변화

표 4 팔당 3 단계 연간 STL 변화에 대한 통계치

구분	최고 STL수위	최저 STL수위	평균 STL수위
1995년 -1998년	103.56 m	92.97 m	98.38±1.65 m

차지하고 있다. 따라서, 표 3에서 제시된 최대수위와 최소수위인 30.28m와 22.01m는 장마 때나 갈수기 일 때의 자료로 판단된다.

4.2 STL 수위

그림 6과 표 4에 팔당 3단계 연간 STL (Surge Tower Level) 변화에 대한 통계자료를 정리하였다. 팔당 3단계에서는 최고 서지타워수위는 EL103.56m이고 최저는 EL92.97m이다. 최대 편차가 약 10m정도 차이가 났다. 평균 기록치는 98.49±2.10 m로서 계획수위 범위 내에서 운전중이다. 그림 6과 표 4에 나타난 통계자료를 엄밀히 분석하기 위하여 STL 변화를 산포도로 그림 7에 나타내었다. 그림 7은 그림 6의 자료를 2.5m의 간격으로 나타낸 것이다. STL의 최고수위는 39.54%가 95.0m~97.5m를 차지하고 있고 97.5m~100m이상과 100m~102.5m이상인 경우는 전체자료 중 36.11%와 23.18%의 비율을 차지하고 있다. 따라서, 표 4에서 주어진 최고수위와 최저수위인 103.56m와 92.97m는 장마 때나 갈수기일 때의 자료로 판단된다.

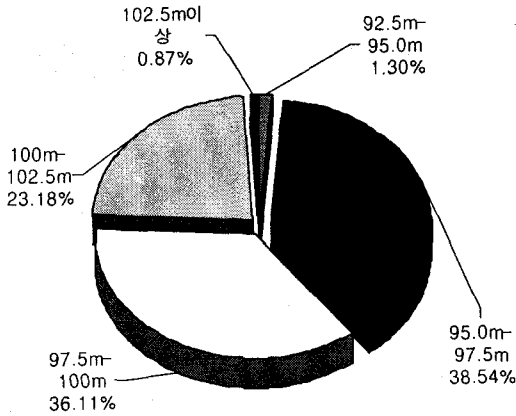


그림 7 팔당 3 단계 연간 STL 수위의 통계치

표 5 팔당 2 취수펌프장내 흡입 및 토출압력의 평균과 표준편차 단위(m)

호기별	흡입압력		토출압력	
	평균	표준편차	평균	표준편차
1	4.82	0.22	82.70	2.05
2	4.74	0.21	83.39	4.93
3	5.03	0.36	84.88	2.06
4	5.09	0.19	84.81	3.26
5	4.89	0.27	86.62	3.52
6	4.64	0.39	84.50	2.22
7	5.17	0.17	87.22	4.58
8	3.44	0.63	83.78	8.12
9	3.98	0.16	82.52	2.16
10	3.92	0.31	83.04	1.94
11	4.00	0.19	83.31	2.07
12	4.01	0.19	84.34	2.74
13	3.89	0.33	82.44	2.85
14	4.15	0.40	82.10	1.99

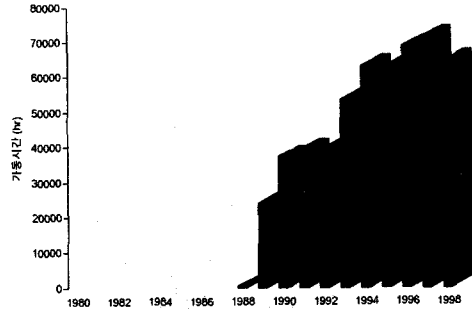


그림 8 팔당 3, 4 단계 연도별 가동시간

표 6 팔당 2 취수펌프장의 호기별 가동시간 (단위 : hr)

구분	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7
가동 시간	48500	62727	38827	62789	51180	40301	47195
평균 /년	4409.10	5702.48	3529.74	5708.09	4652.74	3663.75	4290.49
구분	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14
가동 시간	14594	27755	20617	26827	27015	22479	30068
평균 /년	1326.77	2523.18	1874.29	2438.88	2455.92	2043.59	2733.50

4.3 펌프 흡입·토출 양정

광역상수도 팔당 2취수펌프장내 흡입과 토출압력의 변화를 파악하기 위하여 1995년부터 1999년까지 5년간의 운전일지로부터 자료를 입력하여 표 5에 나타내었다. 표 5의 결과로부터 알 수 있듯이 팔당 3, 4단계의 펌프는 토출압력과 흡입압력은 각각 평균 83.98m, 4.41m이다. 즉 펌프는 79.57m의 양정을 나타내고 있고, 이는 정격양정 81m보다 약 1.43m나 낮게 운전되고 있음을 알 수 있다.

5. 펌프·모터의 수명 조사

펌프·모터의 수명조사를 하기 위하여 각 취수펌프장 및 가압펌프장을 방문하여 운전정비일지로부터 자료를 획득하였다. 또한, 수자원공사의 연보를 자료 조사하는데 사용하였다.

5.1 호기별 가동시간

팔당 제 2 취수 펌프장내 펌프 모터의 가동시간을 파악하기 위하여 1988년부터 1998년까지의 연보로부터 자료를 입력하여 그림 8에 나타내었다. 그림 8에서 보듯이 팔당 2 취수펌프장의 펌프 평균시간은 1996년까지 증가하다가 감소하고 있음을 알 수 있다. 또한, 호기별 가동시간을 파악하기 위하여 1988년부터 1998년까지 연보를 기준으로 하여 호기별 월별 자료를 기초로 호기별 총 가동시간과 연도별 평균가동시간을 표 6에 나타내었다. 이 결과로부터 팔당 2 취수펌프장의 전체 평균 가동시간은 약 3480시간이며, 3단계 취수펌프는 1988년부터 가동되어 년평균 4,565.20시간이고 4단계 취수펌프는 1992년부터 가동되어 년평균 2,199.45시간동안 운전되었다.

5.2 호기별 이력현황 및 펌프 모터 수명조사

팔당 2 취수펌프장내 펌프와 모터의 수명조사를 위하여 1988년 6월, 최초 설치 시부터 약 10년간의 수리 및 보수에 관한 기록(기기이력카드)으로부터 펌프 교체 현황을 파악하였다. 펌프의 전체교체는 지금까지

교체된 적이 없으나 '98년 9월과 '99년 5월에 제 1호기와 제 11호기는 임펠러에 천공이 되어 예비품으로 교체하였고, 8호기의 경우 '97년 6월 캐비테이션으로 인한 피팅으로 임펠러를 교체하였다. 또한, 2호기의 경우에는 '96년 11월에 임펠러에 세라믹치리로 임펠러 육성을 한 적이 있었으며 '99년 12호기의 임펠러의 균열로 용접보수 하였다. 그러나, 이러한 보수교체현황은 1취수펌프장(1,2단계)의 경우의 평균 사용기간인 15년에 비해 운전기간이 11년밖에 되지 않았고 비교적 운전상태가 양호하여 펌프/모터의 교체실적이 적음을 알 수 있었다.

또한, 이들 결과로부터 부위별로 고장이 많았던 항목을 나열해본 결과 총 발생건수 85건중 그랜드 패킹의 교체건수가 52건 (61.1%), 베어링 교체가 14건 (16.5%)으로서 전체 비율의 75%를 차지하고 있고, 베어링 교체는 총 14건으로 P/O측(모터 반대측)이 7건 P/L(모터 측)이 7건으로 P/O측과 같은 비율을 가지고 있다. 또한, 임펠러인 경우에 임펠러의 교체 및 육성가공, 임펠러링의 교체건수는 총 4건(4.7%)으로서 전체 수리건수보다는 작은 비율을 차지하고 있다. 이 수치는 팔당 1, 2단계와 비교하여 보았을 때 매우 낮은 비율을 차지하고 있고, 운전이 잘 되고 있음을 알 수 있다.

후 기

본 연구과제는 수자원공사에서 지원된 “광역상수도용 펌프의 규격 최적결정방법 연구용역”으로 수행된 결과입니다. 이에 감사드립니다.