

상수도 공급의 절대 안전성을 보장한다

자원절감형 상수도 라인가압펌프 및 수충격방지 시스템

양재구/플로우테크(주) 연구소

…진월호에 이어

(2) 개선된 에너지 절약형 라인가압펌프 시스템

① 일 공급량 : $75,000\text{m}^3/\text{day} \Rightarrow \text{펌프 } 780\text{m}^3/\text{hr} \times 4\text{대}$

② 펌프 양정 : $56\text{m}(91\text{m}-35\text{m}=56\text{m})$; 흡입압력 $3.5\text{kg}/\text{cm}^2\cdot\text{G}$ 의 경우

$$\text{③ 축동력/대당} = \frac{780 \times 1,000\text{kg} \times 56\text{m}}{60 \times 60 \times 102 \times 0.73} \approx 159\text{kW/대당}$$

④ 전기사용량(년) 및 동력비

$$\text{kWh/년} = 159\text{kWh} \times 4\text{대} \times 24\text{h} \times 365\text{일} \times 0.8(\text{운전}) = 4,457,088\text{kWh/년}$$

$$\text{₩/년} = 4,457,088\text{kWh/년} \times 90\text{원/kWh} = 401,137,920\text{원/년}$$

(3) 자원절감(에너지절감+기타비용절감) 구체적 항목

① 동력절감(kWh) ; 라인가압

$$= \text{저수조 가압방식} - \text{라인가압방식} = 7,428,480 - 4,457,088$$

$$= 2,971,393\text{kWh}(2.67\text{억원})/\text{년} ; 38.5\% \text{ 절감}$$

② 기타 절감

i) 저수조를 설치하지 않음으로 인한 토지매입비용 및 저수조 건립비용; 약 10억원

ii) 펌프동력 감소(38.5%)에 따른 수전설비 비용; 초기투자 0.5억

iii) 펌프동력 절감에 따른 펌프구매비용; 기존 총 10억원의 15% 절감(1.5억원)

iv) 라인가압으로 인한 수충격 방지장치 및 운전비용 절감[그림 6, 7, 8, 9]; 초기투자 1.0

억원, 운전비용 년0.1억원 절감

[그림 6, 7, 8]에서와 같이 펌프가 Trip하게 되면, 관내부의 유동상태가 심하게 변하고, 펌프 출구 측에서의 상승압력(Up Surge)과 관로의 정점에서 수주분리(Column Separation)가 발생한다.

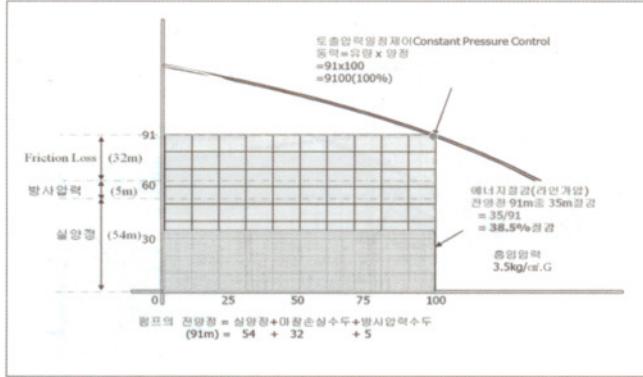
특히 저수조가압에서는 펌프 출구 직후에서도 증기공동(Vapor Cavity)이 발생하는 것을 볼 수 있다. 이는 수주분리 또는 증기공동 발생 시에 저압에 의한 관로의 좌굴위험과 재결합 때 발생하는 높은 압력변동으로 관로가 파손될 수도 있어 적극적인 부압방지장치인 Air Chamber를 설치하였다.

그럼에도 불구하고 배관정점에서 발생하는 부압을 완전히 제거하기 위해 공기흡입밸브(Air Intake Valve)를 설치하여 에어챔버 용량을 과도하게 키우지 않고 관로의 부압을 효과적으로 완화시켰다.

[그림 7, 8]에서 저수조가압의 경우는 최고 압력이 $14.5 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ 까지 그리고 라인가압에서는 $9.4 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ 까지 상승하는 것을 볼 수 있으며, [그림 9]에서와 같이 에어챔버 용량 또한 저수조가압에서는 80m^3 가 필요했으나 라인가압에서는 40m^3 (50% 용량)로 충분하였다.

라인가압의 경우 펌프급정지 등에 의한 수충격 발생정도가 저수조가압의 경우보다 최고 상승압

[그림 5] 라인가압방식의 에너지절감



[그림 6] 펌프 급정지로 인한 펌프출구측의 증기공동 발생과 라인가압의 억제

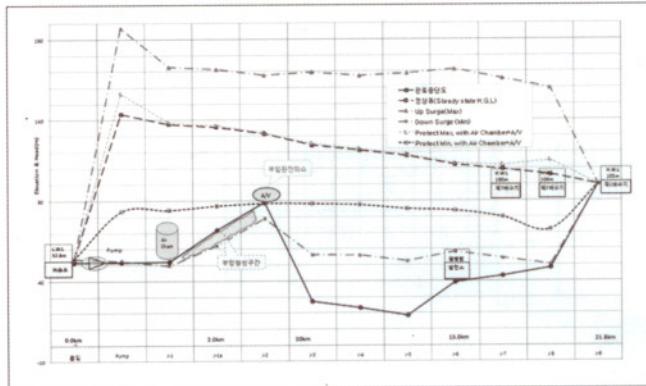


력(Up Surge)이 낮고, 저압(부압)의 발생정도가 더 심하지 않다. 즉 라인가압의 경우에 고압은 낮아져서 완화되며, 부압은 발생정도가 낮아지므로 결국 고저압력차가 줄고 안정화된다.

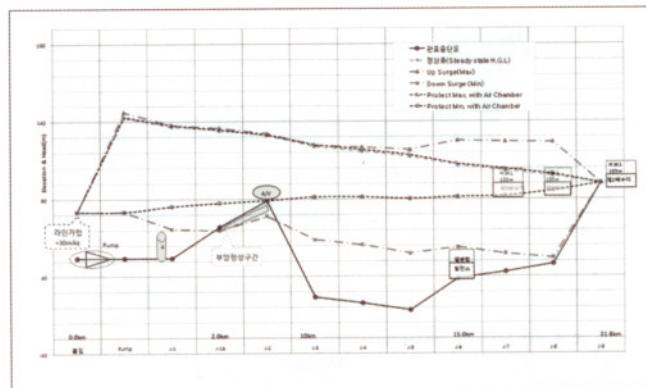
수충격의 발생 시 라인가압의 경우 에어챔버의 용량을 50%(행정중심복합도시의 경우)정도 줄일 수 있다.

이는 펌프급정지 때 관내의 유체가 관성에 의해 계속 진행방향으로 전진하여 펌프출구측에서의

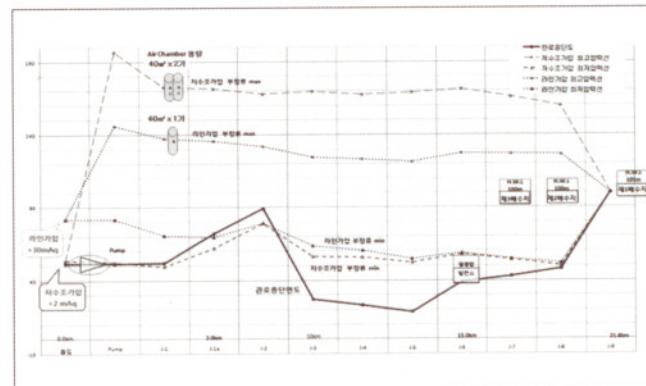
[그림 7] 저수조 가압방식의 펌프급정지(최고14.5kg/cm²G, 상향관로 전 구간 부압발생)



[그림 8] 라인가압 방식의 펌프급정지(최고9.4kg/cm²G, 상향관로 일부구간 부압발생)



[그림 9] 저수조 대 라인가압에서의 수충격 발생 및 수충격 방지장치용량 비교



증기공동(Vapor Cavity) 발생과 압력저하 때 펌프흡입측 잔류수 두가 토출측으로 유입되기 때문에 토출측의 증기공동의 발생과 역류에 의한 합류 시 발생하는 충격파가(압력상승 및 저하)가 제한되기 때문이다.

③ 기타 추가비용(흡입배관 추가로 설치 및 기타비용); 초기 1.0억원 증가

④ 말단압력일정제어 또는 추정말단압력일정제어

여기서, 상수도의 경우에는 관로길이가 비교적 길고 펌프의 전 양정에서 관로마찰손실수두가 차지하는 비율이 크기 때문에 말단압력일정방식의 운전 또는 추정말단압력일정제어 운전 방식을 도입할 경우 더 많은 에너지 절감 (26.4% 절감, 7,428,480kWhx 026 4=1,961,110kWh/년, 176,499,900원/년)이 가능하며, [그림 10]에서와 같이 설명할 수 있다.

(4) 총 자원절감(에너지절감+기타비용절감)

① 동력절감(kWh/년)

= 라인가압절감 + 말단압력 일정제어절감 +수충격 방지장치 동력절감

$$= 2,971,390h + 1,961,110kWh$$

$$+2,700\text{ kWh} = 4,935,200\text{ kWh}/\text{년}$$

② 총 절감금액(10년 L.C.C)

$$= \{(2,67\text{억원} + 1.76\text{억원} + 0.1\text{억원}) \times 10\text{년} + \text{저수조 } 10\text{억원} + \text{펌프장치 } 3\text{억원} - \text{추가 } 1\text{억원}\} = 57.3\text{억원}$$

절감/10년 L.C.C

(5)에너지 및 자원절감의 비교

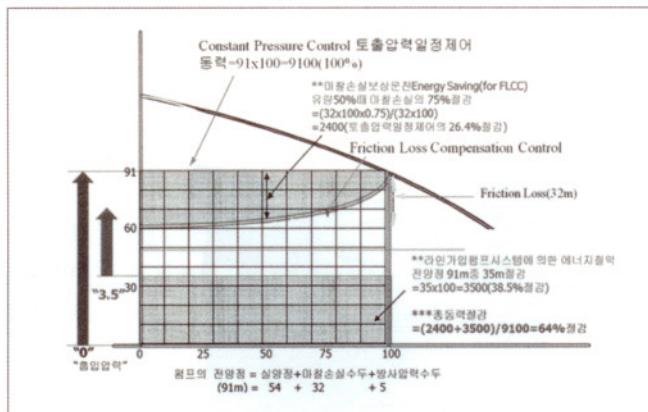
개선을 하면서도 모든 비용과 저원이 절감된다. [그림 10] 참조.

6. 결론

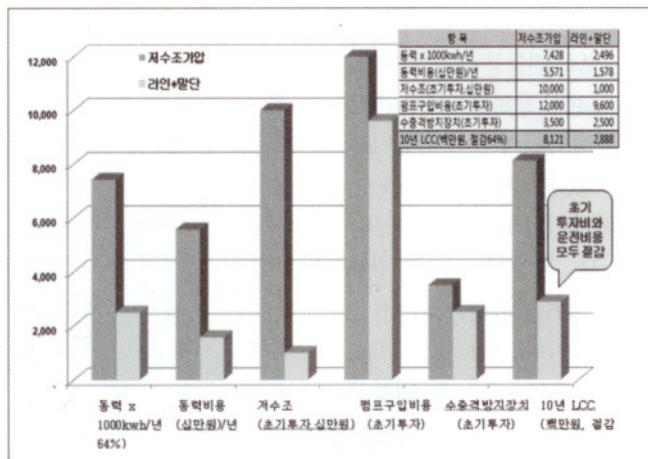
지금까지 검토한 자원절감형 상수도 라인가압펌프 시스템을 신도시 등 개발지역 또는 기존의 저수조가압방식을 개선하여 적용할 경우, 기존 급수지역과 신규 급수지역 그리고 중간 급수지역에 모두 원활한 급수와 위생성이 보장되고, 동력 및 운전비용을 크게 줄일 수 있어 저탄소 녹색성장에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 라인가압의 경우 수충격 발생 가능성이 현저히 줄어드는 것은 물론 수충격 완화장치 용량을 50%대로 줄일 수 있어 추가적인 절감이 가능함을 확인하였다. 국내에도 2010년 기준 추진 중인 혁신도시, 지역/지구개발 등지에 범국가적으로 적용한다면 더 많은 자원을 절감할 수 있을 것으로 예상한다.

[그림 10] 라인가압방식 + 말단압력일정제어 방식의 에너지 절감



[그림 11] 에너지 및 자원절감의 비교



그리고 이 기술의 실용성에 대한 궁금증에 대해서는 기왕에 공사가 진행되는 행정중심복합도시의 「저수조+가압펌프」방식에 일부 흡입배관을 추가 설치하고 장비를 보완한다면, 「저수조+가압펌프」 및 「라인가압」 두 가지 방식으로 모두 운전이 가능하므로 「상수도공급의 절대 안전성」을 확보하면서 여타의 프로젝트에 적용 가능한지를 판단할 수 있을 것이다. **PJ**