

루프형 급수장치의 시험 및 분석

(Testing And Analyzing Looped Water Supplies)

□ 개 요

지하에 매설된 루프형 파이프는 끝이 막힌 연결부보다 많은 장점이 있다.

- 정비를 위해 또는, 기능불량으로 하나의 경로를 차단했을 때 다중 경로를 통해 물이 흐를 수 있기 때문에 손상의 빈도와 심도가 감소한다.
- 각각의 평행 구간에 의해 유량의 일부분이 운반되기 때문에, 방출점에서의 전반적인 마찰손실이 감소한다.
- 빌딩 주변의 루프는 시설의 적절한 보호를 보장하는 소화전과 스프링클러설비 입상관의 적절한 배치를 허용한다.

이러한 다중 경로에서 모든 밸브가 열려져 있는지를 확인하기 위한 시험은 매우 중요하다. 게다가 각 경로를 통한 유량시험은 각 경로에 장애가 없는가를 확인하기 위해 실시되어야 한다.

급수설비의 배관은 직렬 배관, 병렬 배관 그리고 분기 배관의 3가지 형태로 구성된다. 직렬 배관은 끝과 끝을 연결하는 것이다. 필연적으로 한 쪽 끝으로 흘러 들어온 물은 다른 쪽 끝으로 나오게 된다. 배관의 직경과 배관의 높이는 다양하기 때문에, 유수 속도와 배관 내부 압력은 당연히 변하게 된다. 배관의 마찰손실은 인입점에서 시작하여 유수방향으로 배관을 따라 계속해서 증가한다.

병렬 배관은 각각의 구간에서 직렬 배관과 동일한 효과를 갖는다. 따라서 다중 구간에서는 단지 하나의 압력만이 존재할 수 있다. 이와 유사하게 동일구간에서도 하나의 압력만이 존재할 수 있다. 그러므로 각각의 구간에서 압력의 강하는 동일하다. 게다가 각각의 구간을 통해 흐르는 유량은 병렬 배관안으로 들어

오고, 나가는 전체 유량과 동일하다.

분기배관은 큰 주 배관으로부터 더 작은 지류로 공급하는 것이다. 또는 다양한 수원으로 부터 주공급원으로 물을 분기배관이 합쳐서 공급할 수 있다. 분기배관은 배관의 끝부분에서 물의 흐름이 시작되고, 끝나는 특징이 있다. 어떤 점이냐 마디에 있어서 유량의 대수학적 합은 0이다.

복잡한 배관계통은 이러한 단순한 배열의 폭넓은 다양성으로부터 만들어진다. 시스템의 각 부분에서 유량을 예측하기 위해서는 계산에 필요한 데이터뿐만 아니라, 시스템의 상호연결에 대한 지식도 요구한다. 급수장치의 적합성을 결정하는 정기적인 시험은 방화를 위한 급수의 유용성과 신뢰성을 분석할 때 필수적이다.

□ IRI 견해

현존하는 복잡한 지하의 배관계통에 직면했을 때, 사용되는 모든 구간에서, 급수의 시험은 분석되고 있는 건물에 근접해서 수행되어야 한다. 추가하여 유수 시험은 3년마다 루프형 지하계통의 각 구간에서 실시되어야 한다. 이 시험을 시작함에 있어서 가장 최대용량의 구간은 바로 다음의 구간과 함께 예상되는 영향을 감소시키기 위해 우선 시험되어야 한다. 그래서 모든 밸브가 열려져 있고, 조합된 시험이 실시될 때, 체적과 장압 모두에 있어서 주목할 만한 증가는 쉽게 관찰될 수 있어야 한다.

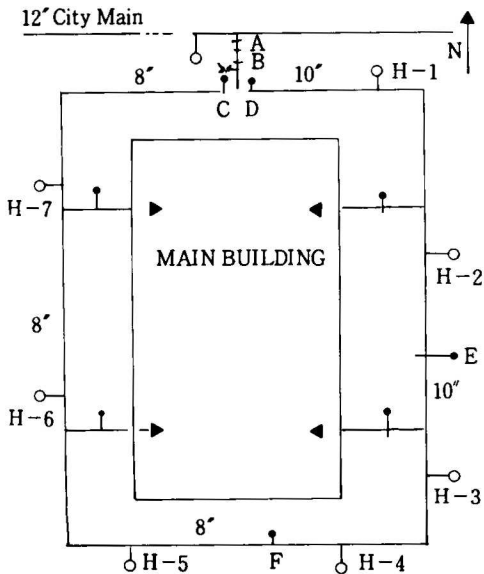
정압과 잔압을 읽기 위한 공통점이 선택되어야 하고, 가능한 한 수력적으로 유량점에 가까워야 한다. 잔압점은 유수가 계이지의 급수배관과 합쳐지는 곳이다. 부적절한 압력이 체크밸브에 의해 트랩될 수

있는 곳에 잔압게이지가 설치되는 것을 막기 위해 주의를 기울여야 한다. 계획된 구조물에서 지하 주급수관은 적소에 있지 않을 수도 있다. 그러한 경우에는 계획된 시설에 계획된 유량을 결정하는 것이 필요할 수도 있다. 복잡한 배관계통을 수반할 때, 조합된 유량은 각 구간에서 유량과 압력의 강하를 측정함으로써 결정될 수 있다.

□ 해 설

다음의 해설은 단순한 루프형 계통에 대한 유량시험을 실시하기 위한 시험절차와 시험이 실시될 수 없는 장소에서 이용가능한 압력과 유량을 측정하기 위한 단순한 루프의 각 구간에서 유량을 계산하는 방법과 동일한 절차를 행하는 그래픽적인 방법을 포함한다.

이 해설을 쉽게 하기 위해서 그림 1은 산업시설 주변의 전형적인 루프를 나타내기 위해 사용되었다.



〈그림 1〉 지하급수계통을 나타내는 시설 배치

루프형 계통급수시험의 예제 - 길고 작은 직경의 서쪽 구간과 짧고 큰 직경의 동쪽 구간의 2개의 시험될 구간이 있다. 루프의 두 부분의 접합점에 근접

한 가장 논리적인 시험지점은 아마도 H-4에서 유량을, 그리고 H-3에서는 정압과 잔압을 측정하는 것이다.

예비 시험은 모든 제어밸브를 열어 놓은 채로 수행된다. 다음에 가장 대용량 구간이 시험되어야 한다. 동쪽 구간은 더 짧으면서도 더 커다란 배관을 사용하기 있기 때문에 이것이 대용량 구간으로 예상된다.

밸브 'C'를 닫음으로 해서, H-4에서 방출되는 모든 물은 동쪽 구간으로 들어온다. 잔압을 읽기 위한 공통점은 주된 루프의 급수연결점이며, H-3에서 급수된다.

이 시험이후에 밸브 'C'를 열고, 밸브 'D'를 닫는다. 이제 H-4로 방출되는 모든 물은 서쪽 구간으로부터 들어온다. 잔압의 관점에서 공통점은 H-4 연결부가 루프와 만나는 접합점이다. 이 시험의 결과는 서쪽 구간에서의 시험보다도 더 적어야만 한다.

마지막으로 밸브 'D'를 열고, 조합된 시험을 다시 시행한다. 이 조합된 시험은 일반적으로 공급수의 시험에 적합한 것으로 간주된다. 이것은 최선의 개별 구간의 시험과 같거나 그보다 뛰어난 것이다. H-4로 급수되는 양 구간과 함께 압력을 읽기 위한 공통점이 H-3과 H-4 사이의 주 루프의 한 곳이라는 것을 언급한다.

원격 급수시험결과로 루프형 계통의 평가 - 단순한 루프형 계통을 통해 물이 흐를 때, 특정량의 물이 각 구간을 통해 흐를 것이다.

$$Q_t = Q_e + Q_w$$

여기서

Q_t = 총유량

Q_e = 동쪽 구간에서의 유량

Q_w = 서쪽 구간에서의 유량

병렬 구간에서의 압력손실은 동일하다. 각 구간에서의 압력강하는 각 구간에서 측정된 유량에 근거하고, 구간의 실제 길이와 추가적으로 배관피팅의 등가하는 길이를 고려함으로써 계산될 수 있다.

때때로 루프 각 구간의 유량시험이 측정되지

않거나 또는 지하배관이 설치중에 있는 환경에 놓일 수도 있다. 이것은 Q_e 와 Q_w 를 결정할 수 있고, 따라서 시행착오 계산을 계산을 통해 Q_r 를 결정할 수 있게 한다. 공통점에서의 압력은 양 구간에서 동일하다. 배관의 대표적인 크기와 길이를 얇으므로 각 구간에서의 유량이 결정될 수 있다. 만약 각 구간에서의 마찰손실이 동일하지 않다면, 새로운 유량을 추정할 수 있고, 마찰손실은 동일하게 될 때까지 계속적으로 계산되어야 한다.

이 시행착오 방법에 대한 대안으로써 계산이나 도표에 의해 각 루프 구간을 통한 유량 발견이 가능하다. 다음은 간단한 계산방법이다.

첫번째 단계는 Hazen과 Williams의 공식인 $Q = KP^{0.54}$ 의 단순화를 이용하여 계통의 공통점에서 각 구간에 대한 K_e 와 K_w 를 계산하는 것이다. 그리고 추정된 유량과 계산된 마찰손실(P)를 대체하는 것이다.

만약에 1000gpm(3785 L/min)의 유량과 $C=100$ 의 마찰계수가 각 구간에 대해서 추정된다면, 동쪽 구간과 서쪽 구간 모두를 위한 K 계수가 계산될 수 있다.

동쪽 구간에 대해: 추정된 유량(Q_{ea})=10in (250mm) 주 배관을 통한 1000gpm(3785 L/min). 총 등가길이(L_e)=1000ft(304.8m)이다. Hazen/Williams의 공식에 의해 결정된 마찰손실의 계수는 적절한 유량에 근거하며, C 계수와 배관의 크기는 (F_{pe})=0.00427psi /ft(0.000966bar /m)이다.

$$P_{ea} = F_{pe} \times L_e = 0.00427 \times 1000 = 4.27 \text{psi}$$

여기서

P_{ea} =동쪽 구간에서의 압력 손실

F_{pe} =동쪽 구간에서의 피트당 마찰손실

L_e =동쪽 구간의 등가길이

$$(P_{ea} = 0.000966 \times 304.8 = 0.294 \text{bar})$$

$$K_{ea} = \frac{Q_{ea}}{P_{ea}^{0.54}} = \frac{1000}{4.27^{0.54}} = 456.6 \text{gpm} / \text{psi}^{0.54}$$

서쪽 구간에 대해서: 추정된 유량(Q_{wa})=8in. (200mm)의 주 배관을 통한 1000gpm(3785 L/min)이다. 총 등가길이(L_w)=1200ft(365.8m)이다. 마찰계수는 (F_{pw})=0.01294 psi /ft(0.002927bar

/m)

$$P_{wa} = F_{pw} \times L_w = 0.01294 \times 1200 = 15.53 \text{psi}$$

$$(P_{wa} = 0.002927 \times 365.8 = 1.071 \text{bar})$$

$$K_{wa} = \frac{Q_{wa}}{P_{wa}^{0.54}} = \frac{1000}{15.53^{0.54}} = 227.3 \text{gpm} / \text{psi}^{0.54}$$

$$(K_{wa} = \frac{3785}{1.071^{0.54}} = 3649 = \text{L} / \text{min} / \text{bar}^{0.54})$$

단지 한 압력만이 주어진 지점에서, 존재할 수 있기 때문에 다음은 실제 유량조건에 적용한다.

$$\frac{Q_e}{K_e} = \frac{Q_w}{K_w}$$

K_{ea} 와 K_{wa} 가 유량 측정에 의해서 파악되었기 때문에, 이들 K 계수는 단지 특별한 유량과 압력조건에만 적용된다. 그러나 K_{wa} 에 대한 K_{ea} 의 비율은 유량이 압력의 기능이기 때문에 일정하게 유지될 수 있다.

$$\frac{K_{ea}}{K_{wa}} = \frac{K_e}{K_w}$$

$$Q_e = \frac{K_e}{K_w} \times Q_w = 2.01 Q_w$$

루프의 입구에서(Q_r)=1500gpm(5678L/min)의 조합된 유량에 기초하면,

$$Q_e + Q_w = Q_r$$

그러면,

$$2.01 Q_w + Q_w = Q_r$$

$$Q_{wa} = \frac{1500}{3.01} = 498.3 \text{gpm}$$

$$(Q_{wa} = \frac{5678}{3.01} = 1886 \text{L} / \text{min})$$

$$Q_e = 1500 - 498.3 = 1002 \text{gpm}$$

$$(Q_e = 5678 - 1886 = 3792 \text{L} / \text{min})$$

이러한 수치는 그들 각각의 유량을 이용하여 각 구간의 마찰손실은 계산하는 것에 의해서 측정될 수 있다. 각 구간에서 압력손실은 동일해야만 한다.

Q_e , C, L_e 에 근거한 동쪽구간:

$$F_e = 0.00429 \text{psi} / \text{ft} (0.00970 \text{L} / \text{min} / \text{m})$$

$$P_e = 0.000429 \times 1000 = 4.29 \text{psi}$$

$$P_e = (0.000970 \times 304.8 = 0.296 \text{ bar})$$

Q_w, C, L_w 에 근거한 동쪽 구간 :

$$F_e = 0.00357 \text{ psi / ft } (0.000808 \text{ L / min / m})$$

$$P_w = 0.000357 \times 1200 = 4.28 \text{ psi}$$

$$P_w = (0.00082 \times 365.8 = 0.296 \text{ bar})$$

원격 급수시험으로 유량의 그래프적인 평가-다음은 그래프적으로 해결된 동일한 문제에 대한 설명이다.

이전의 계산 방법과 유사하게 각 구간에서의 유량이 추정된다.

동쪽 구간에 대해 : 추정된 유량(Q_{ea})=10in. (250mm)의 주 배관을 통한 1000gpm(3785L/min)이다. 총 등가길이 (L_e)=1000ft(304.8m)이다.

마찰계수(F_{pe})=0.00427psi / ft (0.000966bar / m)이다.

$$P_{ea} = F_{pe} \times L_e = 0.00427 \times 1000 = 4.27 \text{ psi}$$

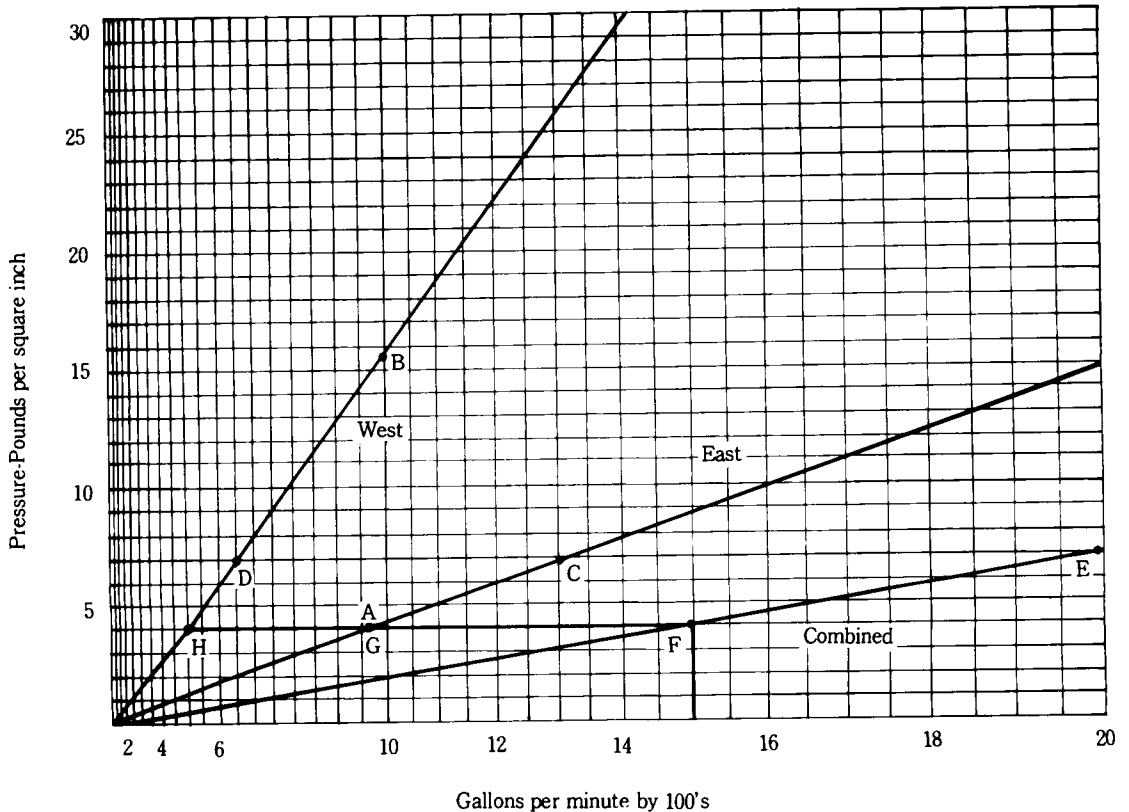
$$(P_{ea} = 0.000966 \times 304.8 = 0.294 \text{ bar})$$

서쪽 구간에 대해 : 추정된 유량(Q_{wa})=8in. (200m)의 주 배관을 통한 1000gpm(3785 L/min)이다. 총 등가길이(L_w)=1200ft(365.8m)이다. 마찰계수는 (F_{pw})=0.01294 psi / ft (0.002927bar / m)

$$P_{wa} = F_{pw} \times L_w = 0.01294 \times 1200 = 15.53 \text{ psi}$$

$$(P_{wa} = 0.002927 \times 365.8 = 1.071 \text{ bar})$$

이 두 마찰손실지점은 $N^{1.85}$ semi-log 수력용지에 "A"지점과 "B"점으로 개별적으로 도해되어질 수 있다.(그림 2참조) 두 구간에서의 손실은 두 곡선이 그래프상에서 유량이 0인 "시작점"을 통해 지나가기 때문에 도해될 수 있다. 그 두 곡선은 그들 각각의 유량을 대수학적으로 더한 것과 두곡선의 공통 마찰 손실압력을 선택함에 의해서 도해적으로 조합



<그림 2> $N^{1.85}$ Semi-Log 수력용지를 이용한 각 구간에서의 유량의 그래프적 해결

될 수 있다. C와 D점은 유사한 압력 손실을 나타낸다. E점은 C와 D점에서의 유량을 조합함에 의해서 얻어질 수 있다. 조합된 곡선은 그 "시작점"을 통해 다시 그려진다.

조합된 곡선에서 알려진 총 유량 "F"점은 도해될 수 있고, 세로축은 일정한 압력손실에서 그려질 수 있다. 각 구간이 똑같은 압력손실을 나타내기 때문에 "G"점은 동쪽 구간을 통한 유량에 위치하며, "H"점은 서쪽구간을 통한 유량에 위치한다. 관찰에 의해서 각 구간에 대한 유량이 앞서의 예에 있어서 계산된 것과 유사하다는 것을 나타낼 수 있다.

루프유량을 평가하는 기타 용법 - 급수시험이 실시될 때, 실제 결과와 기대치를 비교하는 것에 의해서 결과를 분석하는 것이 가능하다.

만약 측정된 압력 강하가 계산된 압력 강하

보다 훨씬 크다면 이것은 아마도 그 구간에 장애물이 있으므로 문제를 집어내기 위해 더 깊은 시험이 요구된다는 것을 나타낸다. 수력(동수)경사선(hydraulic gradient)의 형성에 의해서 지하의 영향받는 부분을 완벽하게 검사하는 것이 가능하다. 지하의 고립된 부분을 통하여 물이 흐르는 동안에 정압과 잔압은 가능한 많은 지점에서 배관을 따라 기록된다. 배관 피팅에 대한 적절한 자료를 안다면 의심스러운 지하부분의 이론적 압력손실을 계산할 수 있다. 실제와 이론 사이의 비교는 문제의 위치를 나타내게 된다. 문제있는 지점을 가능한 한 정확하게 지적해내는 것은 문제를 찾기 위해 굴을 파는 것보다는 덜 정확한 결과를 낳는다. 수력(동수)경사선 시험의 수행과 분석에 대한 자세한 지침은 IM.14.1.2.4에 있다.

(IRInformation, IM.1.4.1.2.3 참조)

펌프의 성능시험

• 펌프의 성능시험

펌프 만을 구동하여 펌프의 성능(양정, 토출량)을 시험하는 것

• 펌프의 성능

- 정격토출량(설계수량)의 150%를 방수할 때의 양정이, 정격양정의 65% 이상의 성능일 것

• 성능시험 방법

① 주 배관의 개폐밸브 닫음

② 성능시험배관의 개폐밸브 열음

③ 주펌프 가동 ← 압력챔버의 배수밸브 열음

* 충압펌프: 기동되지 않도록 제어반에서 기동 중지상태로 둔다.

④ 펌프가 기동되면 압력챔버의 배수밸브 닫음

⑤ 토출량 측정 ← 성능시험배관 상의 유량계 확인

• 시험 후 복구 방법

① 주 배관의 개폐밸브 열음

② 성능시험배관의 개폐밸브 닫음

* 기동 중지 상태의 충압펌프전원 복구(제어반)