

## 감압 밸브의 구조와 적용특성

### Water Pressure Reducing Valve-Structure and Characteristic of Application

朴 祥 源

S. W. Park

(株) 正友하이텍 기술영업부



1957년생

공조 및 위생설비분야에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 서 론

현대의 건물은 점차 대형화, 고층화 되고 있으며, 특히 우리나라와같이 좁은 국토와 상대적으로 많은 인구를 가진 경우 지상면적의 이용효율을 극대화 하기위해 건물이 고층화 되는 것은 필연적인 현상이다.

따라서 고층화된 건물에 설치된 설비시스템 역시 상당히 복잡하며 고도화 되고 있다. 사람이 거주하는 공간의 쾌적함을 만들기 위한 냉·난방 시스템, 위생 설비의 급수·급탕 시스템, 각종의 부대설비 시스템 등은 건물의 대형화·고층화에 따른 여러가지 문제점을 해결하기 위해 각종 대책이 설비시스템에 부가되기 때문이다.

그러나 이렇게 복잡하게 구성된 설비시스템도 결국은 몇가지 기본적인 요소를 조절하기 위한 것이다. 건물이란 사람이 거주하는 것을 전제로 함으로 사용하는 설비장치들의 온도·습도·유량·압력등이 적정한 상태에 있도록 하는것이 중요하다. 복잡하게 구성된 설비시스템도 결국은 이러한 요소를 제어·조절하기 위해 설치하는 것이다.

본 강연에서는 여러가지 설비시스템중 우리의 관심이 되고있는 급수 설비시스템의 적정수압 유지 장치의 하나인 감압밸브(Water Pressure Reducing Valve)에 대해 기본적인 작동원리와 구조 및 적용특성등을 알아 보고자 하는 것이다.

#### 2. 급수설비의 압력조절

급수시스템의 가장 큰 문제점중의 하나는 과도한 압력이다. 과도한 압력은 시스템 작동상의 문제를 일으킬 뿐만 아니라 관리·유지비용 또한 상당히 증가시킨다. 건물의 고층화는 급수시스템에 과도한 압력을 발생시키며, 이의 조절 대책은 매우 중요한 사항이 되고 있다.

특정한 고압을 요구하는 장비나, 작동이 필요한 곳이 아니라면 급수설비의 출구측 압력을  $4\sim 5\text{kg/cm}^2$  이상으로 설계하는 것은 경제적으로나 기술적인 측면에서 바람직하지 않은 일이다. 가능한한 최대  $4\sim 5\text{kg/cm}^2$  이하로 제한하는 것이 바람직한 것이다.  $4\text{kg/cm}^2$  이상의 압력이 되면 유속이 빨라지므로 보통 설계유속인  $1.5\text{m/sec}$  이

하의 유지가 어려워지며, 이런 경우에는 배관내에 소음을 발생시킬 수 있다. 비록 소음 그 자체를 문제삼지 않는다 해도 과도한 압력과 빠른 유속은 다음과 같은 몇가지 위험을 가져올 수 있다.

- ※ 배관의 심한 침식이나 부식
- ※ 밸브시트 파손등에 따른 유지관리상의 문제발생
- ※ 수격현상(워터해머)의 발생과 이에따른 배관 파손이나 장비의 손상
- ※ 고압·고속 적용을 목적으로 설계되지 않는 기구나 장비의 손상
- ※ 적정유량 이상으로 토출되는 유량으로 물의 낭비와, 높은 수압에 따라 사용자 나 벽, 바닥등에 물이 튀어 불쾌감 조장
- ※ 시스템이나 장비의 사용수명 감소
- ※ 고압조건에서 운전되는 특별한 장비를 설치하기 위한 비용증가

이상과 같은 급수설비의 위험을 방지하기 위해서는 과도한 압력을 적절한 압력이하로 낮추는 것이 필요하다. 감압밸브는 이러한 목적을 달성하기 위한 가장 간단하고 확실한 방법임에 틀림없다. 물론 감압밸브 이외에도 압력을 감소시킬 수 있는 여러가지 방안이 고안될 수 있겠지만 입구측 압력이 변하거나 요구유량의 변동이 있을 때 적절한 압력범위내로 압력을 감소시켜주는 기능을 가진것은 감압밸브 외에는 없다.

### 3. 감압밸브

#### 3.1 감압밸브의 작동원리

급수설비의 압력을 조정하는 것은 실제로 매우 단순한 과정으로 이루어진다. 다음 그림 1은 감압밸브가 어떻게 작동하는 지를 예시한 것이다.

그림에서 밸브A는 그로브 밸브로서 감압밸브의 역할을 한다. 밸브B는 수전의 출구측이라고 보면된다. 만약 밸브A가 닫혀있고 A의 입구측에 6kg/cm<sup>2</sup>의 압력이 작용하고, 밸브B의 토출압력이 3kg/cm<sup>2</sup>의 일정한

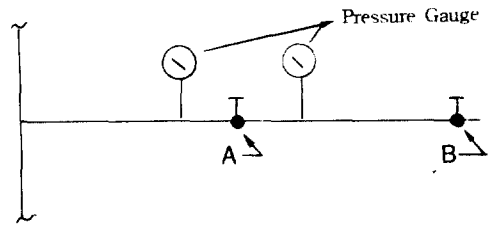


그림 1. 감압밸브의 작동원리

압력이 유지되도록 하고자 할 때, 밸브B를 닫고 밸브A를 천천히 열면 물은 A와 B사이의 배관내를 채우기 시작하고 압력이 상승할 것이다. 이때 압력계가 3kg/cm<sup>2</sup>에 도달할 때 밸브A를 닫으면 A와 B사이의 배관내 압력은 3kg/cm<sup>2</sup>로 유지될 것이다. 다시 밸브B를 천천히 열어 물을 흘리면 배관내 압력은 즉시 감소할 것이며, 이때 동시에 밸브B를 통한 토출량과 동일한 유량을 밸브A를 열어 공급한다면 배관내 압력은 3kg/cm<sup>2</sup>로 유지될 수 있을 것이다. 밸브B를 더 크게 열어 토출량이 증가하면 증가유량만큼 동시에 밸브A를 열어 유량을 공급함으로써 압력은 항상 3kg/cm<sup>2</sup>로 일정하게 유지될 것이다.

이상의 내용을 요약하면 다음 표와 같다.

밸브의 작동	상 태
밸브B를 닫고 밸브A를 연다	배관내 압력 상승
밸브A를 닫는다	배관내 일정압력 유지
밸브A를 연다	배관내 압력 감소
밸브A를 연다	배관내 일정압력 유지
밸브B를 닫는다	배관내 압력 상승
밸브A를 닫는다	배관내 일정압력 유지

이렇게 수동적인 조작을 동시에 할 수 있다면 배관내 압력을 필요한 적정압력으로 감압시켜 유지하는 것이 가능해진다. 이러한 조작 및 기능이 자동적으로 이루어지도록 제조된 것이 바로 감압밸브이다.

3.2 감압밸브의 주요용어

(1) Set Pressure(설정압력)

감압밸브의 출구측 압력으로 밸브는 이 압력에서 열리기 시작한다.

(2) Dead End Service

감압밸브가 시스템내 유량 사용이 없을 때 완전히 유량을 차단시키도록 요구되는 작동의 형식

(3) Sensitivity(감도)

압력변화를 감지하는 감압밸브의 성능(만약 밸브가 감도가 높고 응답성이 빠르면 과도한 조절로 인한 부작용을 유발하며, 반대의 경우에는 출구압력의 변동에 대응하기 어려움)

(4) Response(응답성)

출구압력의 변동에 응답하는 감압밸브의 성능

(5) Fall-Off(감소량)

설정압력으로부터 요구유량에 이를때까지 압력의 감소량(감소량은 유량에 의존함. 유량이 많으면 많을수록 감소량도 커짐. 일반적으로 1.3kg/cm<sup>2</sup> 정도의 감소량이 최대 허용 감소량으로 고려됨)

(6) Accuracy(정확도)

전 유량상태에서 설정압력으로부터 출구압력의 감소량 정도(동일한 유량 상태의 반복적인 작동에서 동일한 결과를 낼 수 있는 능력)

(7) No-Flow Pressure

밸브 입구측의 높은 압력이 시스템 내로 유입되지 않도록 감압밸브가 완전히 닫혔을 때 시스템내에 유지되는 압력

(8) Reduced-Flow Pressure

물이 흐르고 있을때 감압밸브 출구측에 유지되는 압력(유량이 흐르지 않을때(닫혔을 때) 감압밸브의 설정압력은 유량이 흐를 때(열렸을 때)보다 항상 높은 압력이다. 만약 감소량이 설계 기준상 1kg/cm<sup>2</sup>라고 하면 설정압력이 3kg/cm<sup>2</sup>인 감압밸브는 최고 유량상태에서 2kg/cm<sup>2</sup>의 압력을 가질 것이다.)

이상의 용어 정의는 감압밸브가 갖추어야 할 조건이 어떤 것인가를 보여주는 것으로 감압밸브 설계시 제조 업체별 제품의 특성을 잘 파악하고 선정하여야 할 필요성을 의미하는 것이다. 또한 기술책자나 제조업체별 카다로그등을 보면 동일한 뜻을 여러가지 용어로 사용하는 경우가 있다. <표1>은 기본적인 용어들에 대한 비교이다.

3.3 감압밸브의 종류별 적용특성 및 구조

대부분의 감압밸브는 다음과 같이 2가지 범주에 속한다.

※ Single Seat - Direct operate or Pilot operation

※ Double Seat - Direct operate or Pilot operation

Single Seat 감압밸브는 조절될 유량이 단속적이거나 사용유량이 없을 경우 완전히 차단시키는 기능을 요구할 때 사용된다. 반면에 Double Seat 감압밸브는 연속적인 유량흐름 상태가 요구되는 곳에 사용된다. 따라서 Double Seat 감압밸브는 유량사용이

표 1. 용어의 비교

기 본 용 어	1차측 압력(입구압력)	2차측 압력(출구압력)	용 량
동일한 내용의 다른 표현	Inlet Pressure Supply Pressure Initial Pressure Up Stream Pressure Line Pressure	Outlet Pressure Reduced Pressure Delivery Pressure Down Stream Pressure System Pressure	Capacity Demand Quality flow Rate of flow Flow rate

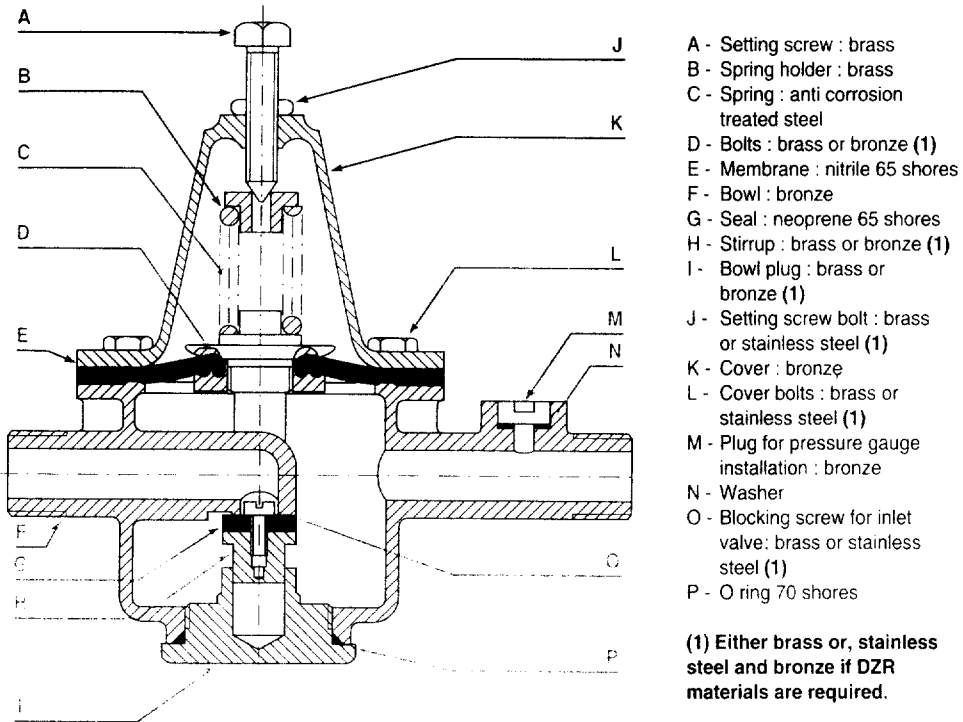


그림 2. 스프링식 감압밸브의 구조 및 각부 재질

없을때에도 완전히 차단되지 않으며 이러한 목적으로는 사용되지 않는다.

높은 입구측 압력을 가진 대유량이 상당히 낮은 압력으로 감압되어야 하는 경우라면 Single Seat의 Direct-operation형은 대유량용이라도 사용하는 것이 바람직하지 않다. 왜냐하면 밸브시트 전후의 압력차가 커져서 비효율적이기 때문이다. 이러한 곳에는 Pilot-operation형 밸브를 사용해야 한다. Pilot-operation형 감압 밸브는 감압의 폭이 큰 경우에 적용성이 좋다. 그러나 압력강하가 작은 경우에는 적용에 제한적이다.

Direct-operation형 밸브의 출구측 압력은 유량증가에 따라 설정압력보다 낮아지는 경향이 있다. 이것은 특히 스프링식 감압밸브의 주목할만한 특성이다. Pilot식 감압밸브는 전체적인 작동범위내에서 일정하게 압력을 조정한다.

입구측 압력변동은 Single Seat 밸브의 출구측 압력에 영향을 미친다. 이때 출구측 압력의 변동폭은 시트면적과 다이어프램 면적의 비에 비례적으로 변한다. 그러나 Double Seat 밸브의 경우는 양쪽의 시트에 걸리는 압력이 상호 균형상태에서 움직이므로 매우 작은 영향만 나타날 뿐이다.

Direct-operation형 밸브의 구조는 매우 간단하다. 그림 2는 Direct-operation Valve의 구조 및 일반적인 재질을 나타낸다.

Direct-operation형 감압밸브는 설정된 압력에서 스프링이 누르는 힘과 출구측의 설정압력이 미치는 다이어프램 하부 압력간에 균형을 이루면서 닫혀있게 된다. 이때 물의 사용이 요구되면 출구측 압력이 떨어지고 즉시 다이어프램 하부에 미치는 압력이 감소한다. 그러면 스프링이 누르는 힘에 의해 밸브 스템은 밑으로 밀려 내려가며 밸브

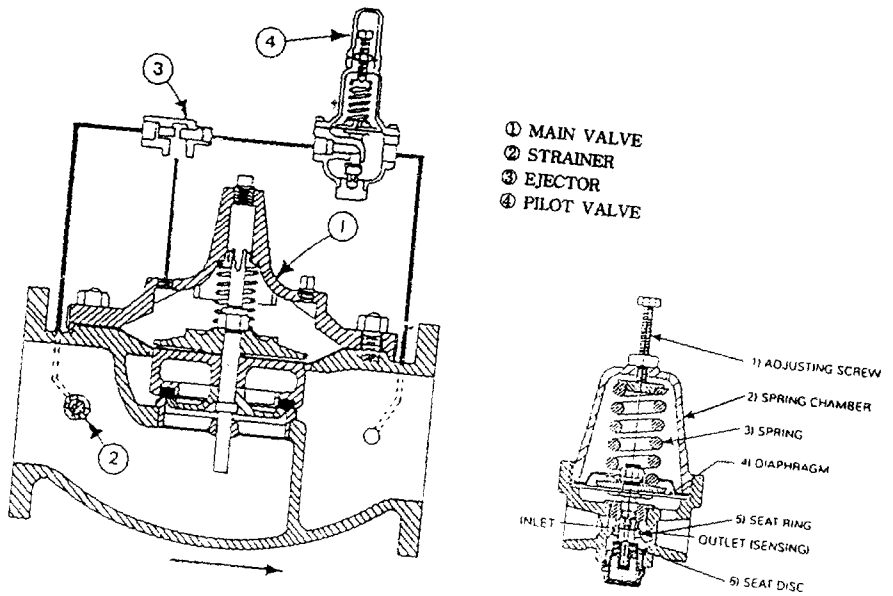
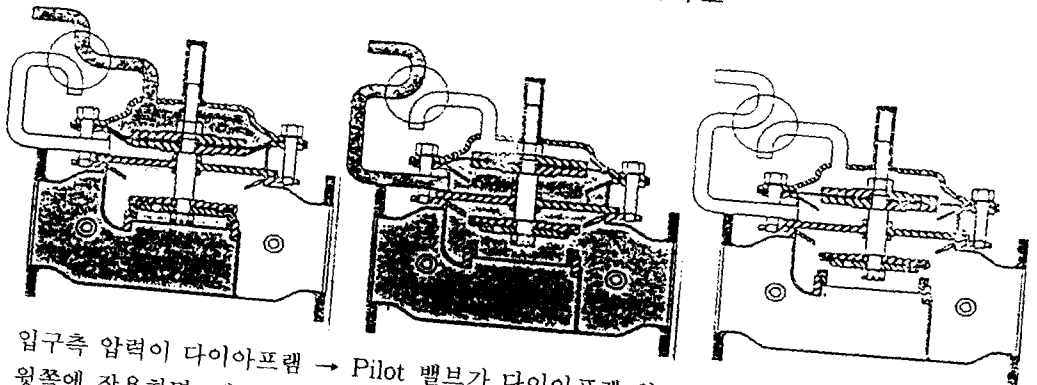


그림 3. Pilot식 감압밸브의 구조



입구측 압력이 다이어프램  
윗쪽에 작용하면, 밸브는  
완전히 닫혀있게 된다.

Pilot 밸브가 다이어프램 윗쪽  
의 물을 흘려보내 다이어 프램  
을 누르는 힘이 줄어들면서  
밸브는 열리게 된다.

밸브 본체는 Pilot 밸브  
조정작동에 의해 설정압  
력을 유지하는 적정  
위치로 열려있게 된다.

그림 4. Pilot-operation 형 감압밸브의 개폐작동

Seat는 열리게 된다. 물이 사용되는 동안 다  
이아프램에 미치는 압력과 스프링 힘의 균  
형을 통해 설정된 압력을 일정하게 유지하  
는 것이다. 이때 물의 사용이 중단되면 출구  
측의 압력이 상승되고 이 압력은 다이어프  
램 하부에 작용해서 밸브 스템을 밀어올려  
밸브 Seat를 닫게된다. 감압밸브의 설정압

력은 조정 스크류를 시계방향으로 돌리면  
증가하고 반대로 돌리면 감소한다.

Pilot-operate형 밸브는 입구측 압력과 유  
량의 큰 범위에 걸쳐 효율적으로 작동될 수  
있는 기능을 가지므로 Direct-operation형  
감압밸브보다는 좀더 복잡하다.

Pilot-operation형 감압밸브는 밸브 본체

와 Pilot 밸브 2부분으로 구분된다. 밸브 본체의 작동은 일반적으로 다음 그림 4와 같이 개폐 작동을 하게 된다.

Pilot 밸브의 구조는 Direct-operation형 감압밸브와 유사한 구조를 가지며 Normal Open형식의 밸브이다. Pilot밸브는 스프링 힘에 의해 열려져 있으며 출구측 압력이 높아지면 닫히게 된다. 조정나사를 시계방향으로 돌리면 출구측 압력이 증가(Pilot 밸브를 연다)하고 반대로 돌리면 감소(Pilot 밸브를 닫는다)하게 된다.

### 3.4 밸브규격 선정 및 설치시 고려사항

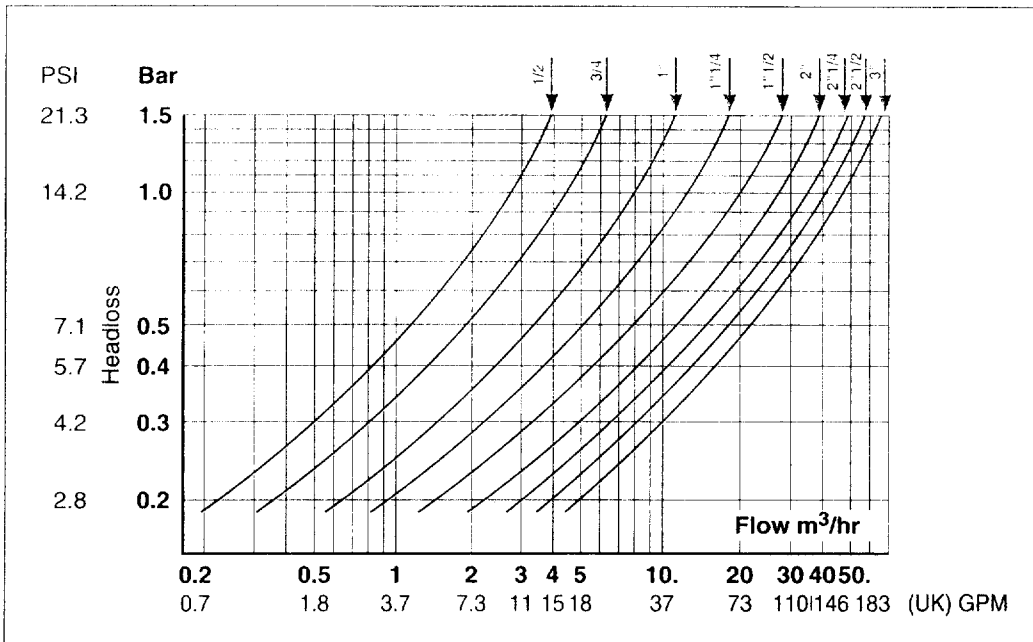
#### (1) 밸브규격 선정

감압 밸브를 설치한 후 사용자는 흔히 제품 불량이라는 불만을 제기하곤 한다. 즉 요구하는 설정압력보다 낮은 압력으로 작동된다는 것이다. 이것은 fall-off에 의한 압력강하일 수 있지만, 이 점을 감안해도 기대 압

력보다 더 낮은 경우가 있다. 물론 제품의 불량일 수도 있지만 대부분의 경우 밸브 선정이 잘못된 것이다.

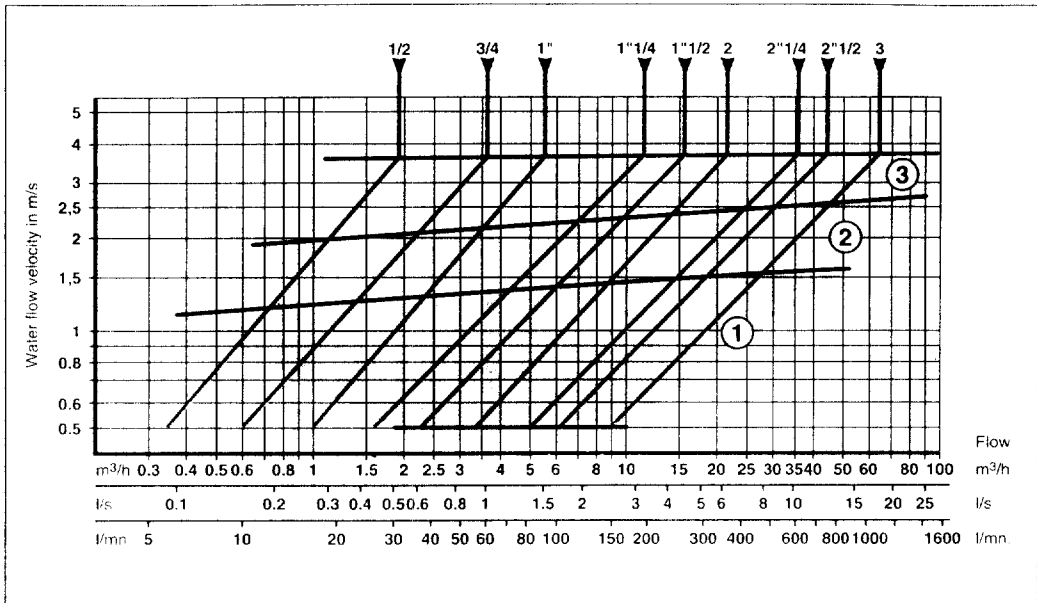
다른 밸브의 경우도 모두 그렇지만 감압 밸브 규격선정 역시 배관 규격을 기준하는 것이 아니라, 밸브 자체의 용량을 기준하여 선정되는 것이다. 출구 압력이 fall-off를 감안한 설정압력보다도 더 낮을때는 사용유량이 밸브 용량보다도 크다는 것이며 요구 유량에 이를때까지 출구압력은 감소한다. 이때는 밸브 용량이 사용유량에 맞는 더 큰 규격을 사용하면 해결될 것이다.

반면에 밸브 규격이 과대 선정되면 역시 심각한 문제를 일으킬 수 있다. 밸브의 과대 선정은 소음 발생을 일으키며, 특히 최소 유량 상태에 있을 때 밸브 Seat가 손상될 수 있다. 이러한 문제는 유량조절밸브의 공통된 사항이다. 따라서 밸브의 적절한 규격선정은 매우 중요한 사항으로, 사용제품의 사



This chart is applicable to all models, and shows the pressure drop under various flow conditions.

그림 5. COMAP 감압밸브의 압력강하선도



This diagram allows the selection of a model to meet your needs in flow and pressure reduction.

- ① Domestic zone (housing, public offices...)
- ② Intermediate zone
- ③ Industrial zone

The main difference between each zone is the noise level which increases from ① to ③

(\*) for use as an approximate guide only.

그림 6. COMAP 감압밸브의 규격선정 선도

양을 정확히 파악해서 선정해야 하며 밸브 선정의 가장 중요한 점은 절대로 배관규격을 기준하여 선정해서는, 안된다는 것과 사용 최대 유량을 만족할 수 있는 충분한 용량으로 선정되어야 하는 것이다. 그러므로 적절한 밸브 규격 선정을 위해서도 사용제품의 선정시 충분한 자료를 제공하는 제조업체의 제품을 선정하는 것이 바람직하다.

사용제품의 제조업체에서 제시하는 밸브의 규격별 압력손실 선도, 사용유량별 적정 규격범위선도, 적정 감압범위 선도등을 이용하여 밸브 규격을 선정하면 적절한 규격의 밸브 선정이 가능할 것이다.

밸브 규격 결정후 더 고려해야 할 사항은 케비테이션 발생에 대한 대책이다. 케비테이션은 과도한 감압을 일으킬 때 발생한다.

다음은 케비테이션 발생여부를 판단할 때 사용되는 공식이다.

$$K = \frac{P_0 + 15}{P_1 - P_0}$$

K : 무차원수  
 P<sub>1</sub> : 입구측 압력(Psi)  
 P<sub>0</sub> : 출구측 압력(Psi)

공식에서 K값이 0.5 미만이면 케비테이션이 발생하게 된다. 따라서 입구측 압력에 따른 감압 범위는 K ≥ 0.5가 되는 압력범위 내에서 정해져야 한다.

그림 7은 케비테이션 발생 여부를 판단하는 데 일반적으로 사용되는 도표이다. 만약 압력강하가 너무커서 K값이 0.5보다 작으면 감압밸브를 여러개 설치하여 단계적으로 조절해야 한다.

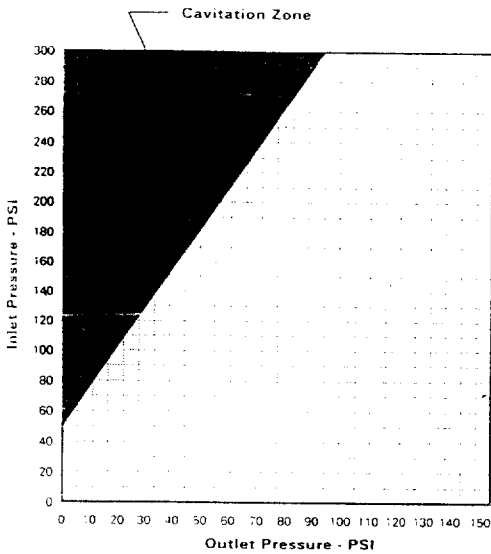


그림 7. 캐비테이션 도표

감압밸브는 사용최대 유량에 맞는 용량으로 선정되므로, 설정압력에서 최소유량과 최대유량 범위 모두를 감당하는데 무리가 따를 수 있다. 상당히 작은 유량이 요구될 때 밸브는 천천히 열리지만 동시에 급속히 닫힌다. 이러한 과정이 반복되면 작동부에 하자가 발생할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 밸브 설치시 소용량과 대용량의 2개의 밸브를 병렬로 설치하는 것이다. 이러한 설치는 작은 유량이 사용될 때는 소용량 밸브가 적정한 개도상태에서 무리없이 작동되다가, 유량이 증가하여 용량을 초

과하면 대용량 밸브가 유량공급을 담당하게 된다.

병렬 설치시 밸브용량 선정은 보통 소용량대 대용량 밸브의 유량분배 비율을 20:80으로 선정한다. 그리고 설정압력은 대용량 밸브를 원하는 압력으로 설정하고, 소용량 밸브는 이보다 약 0.7kg/cm<sup>2</sup> 정도 높은 압력으로 설정한다.

(2) 밸브설치방법

밸브는 일반적으로 직선 배관에 수평으로 설치한다. 그러나 스프링식 밸브는 경우에 따라 수직으로 설치될 수도 있다. 밸브의 보호를 위해 밸브 입구측에 스트레이너를 설치하며 관리유지 보수를 위해 밸브 주위에 By-pass 배관을 설치한다. 그림 8 은 감압 밸브 설치의 일반적인 예시이다.

감압밸브를 설치하는 방안은 여러가지로 발전되어 왔으나, 그 방향은 밸브설치 수량을 줄이는 데 초점이 맞추어져 왔다. 감압 밸브 사용 초기에는 각 입상관별 분기 지관마다 사용하였다. 그러나 이러한 설치 방법은 감압밸브 사용수량이 상당히 많아서 비용 측면에서 비경제적이었다.

이 문제를 해결하기 위해 각 입상관에서 3~4개층씩 묶어 지관을 설치하여 밸브를 사용하는 방안이 나와 수량을 약 2/3정도 줄일 수 있었으나 배관이 복잡해져 바람직한 방안이 되지 못했다. 최근에는 입상관을 직접 구분하여 감압 밸브를 설치하고 있는데 결과도 만족스럽게 나오고 있다. 이렇게

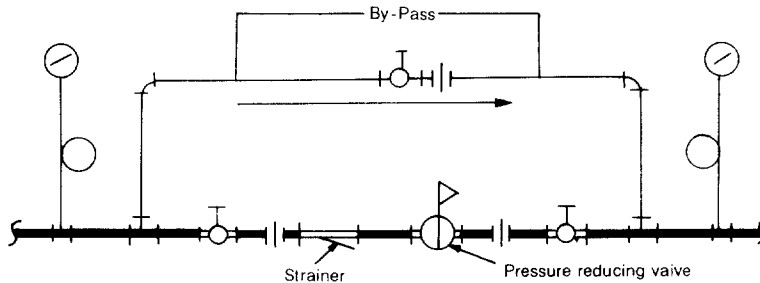


그림 8. 감압밸브 설치상세



zone을 나누는 방안은 밸브 수량을 줄일 뿐만 아니라 특히 급탕 설비 배관의 경우 설계를 매우 단순화 시킨다. 이 방안을 적용할 때 건물 입상관의 zone을 나누는 과정은 간단히 이루어 진다. 기구 말단의 압력을 약  $1.3\text{kg/cm}^2$ 라고 가정하고 최대  $4.5\sim 5\text{kg/cm}^2$ 에 도달하기 전에 조절된다면 약  $3.2\sim 3.7\text{kg/cm}^2$ 의 추가압력 여유가 있다. 이 여유 압력은 32~37m의 정수두와 동일하다. 만약 하향식 배관일 때 구간 높이는  $5\text{kg/cm}^2$ 의 압력에 도달 되기전인 32m 정도까지 허용된다. 즉 이 부분 아래부터 감압 밸브를 설치하면 되는 것이다.

만약 층고가 3m라고 하면 zone 구분은 약 10층 정도씩 구분 될 수 있다. 이렇게 구분된 zone별로 최고 윗쪽 다음 zone부터 감압 밸브를 적용하고 상향 공급식 일때는 반대로 출구측 압력이 약  $5\text{kg/cm}^2$ 가 되도록 설

치하는 것이다.

#### 4. 결론

건물의 고층화에 따른 압력조절 대책은 급수설비에 있어서 상당히 중요한 부분이다. 감압밸브 사용이 적절한 대책으로 인정되고 있으나, 사용상 여러가지 문제가 제기되어 왔고, 이러한 이유로 감압밸브에 대한 불신과 유지관리 문제가 과장되게 알려져 있다. 그러나 이것은 제품의 적정한 선택, 올바른 규격선정 및 설비 설계를 통해 충분히 막을 수 있으며, 오히려 다른 어떤 장비보다도 문제를 일으키지 않을 수 있다.

본문에서 설명된 사항들이 감압밸브를 적용코자 하는 사용자들에게 조금이나마 도움이 되기를 바란다.