



역류의 원인과 방지대책

김영호/C&T Corporation 대표

1. 서론

배관계통에서 압력의 변동에 의한 역류는 항상 있을 수 있는 일이고, 그 결과가 사람의 건강을 해칠 수 있다는 사실은 잘 알려져 있다. 그러나 역류라는 현상이 눈에 보이지 않게 이루어지기 때문에 가시적인 사고나 사건이 있기 전에는 간과되는 것이 사실이다.

건물이 고층화, 대형화 할 수록 심해질 수 있는 현상이므로 관심을 기울여야 할 분야임에도 그동안 국내의 설계에서는 이에 대한 검토가 사실상 이루어지지 않았다.

이에 금년도 설비공학회(이하 "학회") 학회지 3월호에서 "수도 직결식 급수방식"을 집중조명 하면서 급수관로에서의 역류에 대한 문제점을 제기하고 이에 대한 대책이 소개되었고, 이어 학회 2001년도 위생부문 학술강연회 (2001.5.15)를 통하여 외국의 사례를 토대로 한 구체적 대책이 소개됨으로써 공식적인 논의의 계기가 된 바 있다.

본고는 학회 2001학계 학술발표회(2001. 7. 12~14)에서 강연한 내용을 토대로 하였으나, 전에 다루지 못한 영역을 추가하여 역류의 원인과 그로 인한 문제가 무엇인지를 좀더 자세히 살펴보고, 앞으로 국내건설분야가 나아가야 할 방향을 제시하고자 하는 것이다.

2. 역류의 발생경로와 문제점

2.1 역류 발생의 원인

역류란 정상적인 방향과 반대로의 흐름이며, 다음과 같은 두가지의 원인에 기인하는 현상이다.

- (1) 역압역류(逆壓逆流, back-pressure backflow)

정상적인 물 흐름 방향의 반대로 가해지는 압력에 의한 역류이다. 상수도직결식 급수 방식에서 관의 어느부분이 파열되었거나 압력변동에 의해 부압이 작용함에 따른 역류나 고가수조 방식에서 펌프가 정지될 때의 역압작용에 의한 입상 관에서의 역류, 펌프가압 방식(booster pumping system)에서 기동 중이던 펌프가 정지 될 때 입상 관에서의 역류 등이 대표적인 예이다. 특히 상수도 직결식 급수방식에서는 역압역류와 뒤에서 설명할 역사이편작용에 의한 역류 두가지가 모두 발생 될 수 있고, 또 역류가 발생하면 그 영향이 광범위한 구역에 미칠 우려가 있다.

- (2) 역사이편 역류(back-siphonage backflow)

역사이편작용에 의한 역류이다. 압력변동에 의해 어느 부분에 부압이 작용함에 따라 역류하는 것



이다.

수압변동으로 관내 압력에 이상이 있을 때 욕조 안에 잠겨져 있는 핸드샤워나, 세탁기에 잠겨져 있는 호스를 통하여 발생 될 수 있는 역류나, 난방 보 급수 탱크에 연결된 급수관을 통한 난방수의 역류 등 소위 크로스콘넥션(cross connection)에 의한 역류의 조건은 배관계에 흔히 존재 한다.

2.2 역류의 문제점 및 역류방지의 목적

배관계통에서 역류에 대한 일차적인 문제점은 위생적인 측면이다. 즉 오염된 물이 음용수 계통으로 유입되어 음용수를 오염시킴으로써 사람의 건강에 위해를 끼친다거나 나아가 사망에 이르게 한다는 것이다.

따라서 역류를 방지해야 하는 근본적인 목적은 공공의 수질보호, 급수장치 내에서의 수질오염 방지 및 시설물을 안전하게 사용함에 있는 것이다.

2.3 오염(汚染)

음용수가 사람이 먹을 수 없을 정도로 더러워진 것을 표현하는 용어로, 음용수에 음용수 이외의 물이 유입된 결과로 만들어지는 것이다. 그러나 우리가 이제 까지 포괄적으로 사용해오던 이 오염이란 용어는 다음과 같이 세분되어 정의된다.

(1) Pollutant(불쾌성오염)

Non-Health Hazard 즉, 오염된 물을 먹었다고 해도 사람의 건강에 문제를 일으킬 수 있는 질병이나 사망의 원인은 되지 않을 정도, 즉 심미적 불쾌감(Aesthetically Objection-able)을 주는 정도의 오염을 표시한다.

(2) Contaminant(위해성오염)

Health Hazard, 즉 먹었다면 질병이나 사망의 원인이 되는 정도의 심각한 오염을 표시한다. 이상의 두 용어는 cross-connection control industry에서 일반적으로 받아들여진 정의이다.(Although the definitions for Pollutant and Contaminant may mean something else to much of your audience, these are the definitions generally accepted in the cross-connection control industry) 따라서 앞으로는 우리도 불쾌성오염(Pollutant), 위해성오염(Contaminant) 등으로 구분하여 사용하여야 할 것이다.

3. 역류방지 기구

역류가 전술한 바와 같이 역압과 역사이펀 작용에 의하여 발생하므로, 배관계통에 역압과 역사이펀 작용이 발생되지 않도록 하는 것이 역류를 방지하는 방법이다. 그러나 배관계통 자체만으로는 이 두 가지 현상 방지가 불가능하다. 따라서 특별히 고안된 기구를 사용할 수밖에 없는 것이다.

역류를 차단하여 배관계통을 오염으로부터 방지하기 위하여 사용되는 기구가 역류방지기과 진공 브레이크 이다. 이들 기구는 표1에서와 같이 단순 기능에서부터 다양한 기능을 갖는 것, 오염정도에 따른 적용성 등으로 매우 복잡한 관계가 있으므로 어떤 기능과 적용범위를 갖는 기종을 선택할 것인가에 대한 충분한 검토가 필요하다.

3.1 역류방지기(Back Flow Preventer, BFP)

역류를 방지하는 목적에 사용되는 역류방지기



는, 복식 체크밸브형(復式, Double Check Valve BFP), 감압형(減壓式, reduced pressure Principle BFP), 이중형(二重式, Dual Check Valve BFP), 압력 유지형(壓力維持, Continuous Pressure BFP) 등 여러가지 종류가 있고, 또한 기능면에서도 역압방지기능, 역사이편 방지기능, 압력유지기능 중 모든 기능을 갖는 것과 일부 기능만을 갖는 것으로 구분되므로 사용목적에 충실하여야 한다.

(1) 복식 체크밸브형 역류방지기(Double check Valve BFP) Series 40-100

역압작용과 역사이편작용 모두를 방지하며, 오염의 위험이 비교적 낮은 유체 즉 불쾌성 오염(Pollutant)의 방지목적에 사용된다.

냉각탑의 보급수, 난방보급수, 식기세척기용 급수배관 등에 적용 가능하다.

구조로는 독립적으로 작동하는 두개의 Poppet 식 체크밸브가 한 몸통 안에 들어 있고 별도로 볼식 테스트콕과 개폐용 볼밸브가 표준으로 부착된다. 수평설치가 원칙이나 일부규격은 수직 방향으로도 설치할 수 있고 설치된 상태에서 보수와 테스트 그리고 체크밸브와 스프링도 교환 할 수 있다.

작동원리는 정상 유동상태에서는 두개의 체크밸브가 폐쇄되고 물은 하류측으로 흐른다.

각 체크밸브는 유체의 유동방향으로 최소한 7kPa(1psi, 0.07kgf/cm²)의 저항을 가지도록 설계되어 있다. 하류측의 압력이 공급되는 물의 압력보다 7kPa 정도로 높아지면 체크밸브는 폐쇄되어 역류조건이 방지된다.

그림 1 DCV BFP의 외형

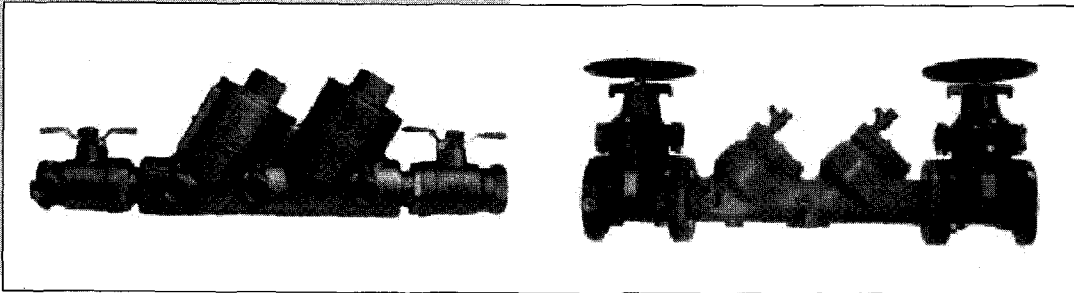
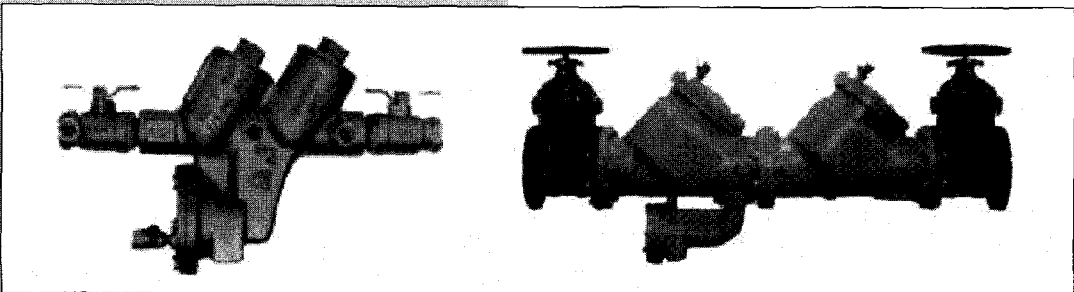


그림 2 RPP BFP의 외형





(2) 감압형 역류방지기(reduced pressure Principle BFP) Series 40-200

역압역류와 역사이편 작용에 의한 역류 모두를 방지하며, 역류방지기 중에서 가장 신뢰성이 높다. 유해 물질이나 배수 등으로 치사적(致命的)인 물질의 역류상태가 될 수 있는 크로스컨넥션에 설치하여 급수계통의 위해성오염(Contaminant) 방지에 사용한다.

보일러, 열교환기 등의 급수나 보급수, 수영장 급수, 세척기 급수 및 방사성물질 등의 역류방지에 적합하다.

독립적으로 작동하는 두개의 스프링식 체크밸브와 중간실에 체크밸브 폐쇄시의 압력차에 의해 작동하는 자동차압 다이어프램식 릴리프밸브를 갖는 구조로 되어있다.

작동원리를 보면, 두 체크밸브 사이의 중간실(Zone)의 압력을 유체 공급압력 보다 약 50kPa(7psi, 0.5kgf/cm²) 낮게 유지하여 역압이나 역사이편 현상이 발생하면 두번째 체크밸브가 폐쇄되어 역류를 방지한다. 두번째 체크밸브가 폐쇄되면 중간실의 압력이 상승하고 이로 인해 릴리프밸브가 개방되어 퇴수되면서 중간실도 대기에 개방되어 공급압력보다는 낮고 대기압보다는 높은 압력으로 유지된다. 즉 유체 공급압력 보다 최소한 15kPa(2psi, 0.15 kgf/cm²) 낮게 유지된다.

설치시에는 방지기 입구측에 지수밸브와 스트레너를, 출구측에 지수밸브를 설치한다.

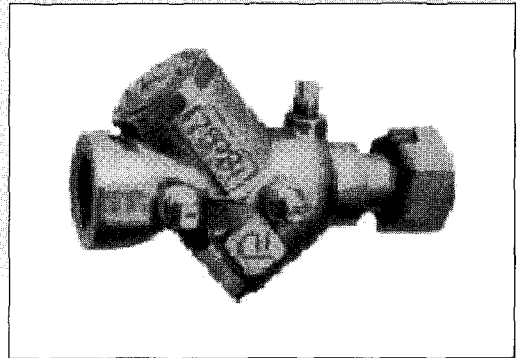
퇴수에 의해 침수될 수 있는 장소를 피하고 동결 우려가 있는 경우에는 보온 등의 동결방지 대책이 필요하다. 보수 점검을 위하여 지면으로부터 본체 중심부까지는 250~ 650mm, 하부까지의 거리는 150~350mm) 이상의 공간을 확보하고 퇴수를 받아 배수하는 배관을 두어야 하며, 퇴수구(vent port)로부터 물받이 용기까지는 최소한 100mm의

토수구공간(air gap)을 두어야 한다.

(3) 이중식 역류방지기(Dual Check Valve BFP) Series40-300

역압역류와 역사이편 작용에 의한 역류 모두를 방지하며, 비교적 역류로 인한 오염의 위험이 낮은 유체 즉 불쾌성오염(Pollutant) 방지에 사용한다. 냉각탑의 급수배관, 식기세정기용 급수배관 등이 이에 해당한다.

그림3 DCV BFP의 외형



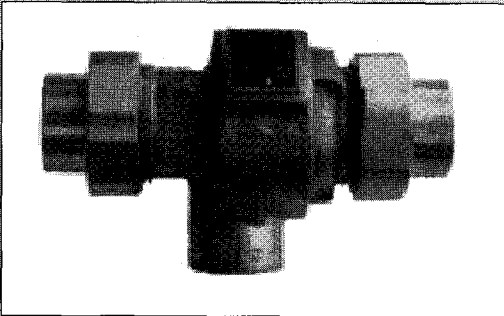
독립적으로 작동하는 두개의 스프링식 체크밸브와 3개의 1/8" 테스트포트 (test ports)가 있는 구조로, 두개의 스프링식 체크밸브는 정상유동방향에서의 차압이 7kPa(1psi 0.07kgf/cm²)이면 개방되도록 설계되어, 하류측으로 물이 정상적으로 유동할 때는 개방상태로, 하류측의 압력이 공급되는 물의 압력보다 높아 지거나 역류가 발생하면 체크밸브는 폐쇄되어 역류를 방지한다. 만약 두번째 체크밸브가 폐쇄된 상태에 있을 때는 첫번째 체크밸브는 지속적으로 역류를 방지하게 된다.

방지기 입구측으로부터 순차적으로 지수 밸브, 스트레너, 수도계량기, 역류방지기 및 지수밸브를 설치한다.



(4) 압력유지식 역류방지기(Continuous Pressure BFP) Series 40-400)

그림4 CP BFP의



역압역류와 역사이편작용에 의한 역류 모두를 방지하며, 주거용과 상업용 건물의 급수설비에서 음료용 이외의 물이 음료수 배관이나 기구로의 역류를 방지하는 목적으로 개발된 것이다.

아파트 등 주거용 건물의 단위세대, 상업용 건물의 층별 설치에 적합하다.

각각 독립적으로 작용하는 두개의 스프링식 체크밸브와 그 중간실에 에어벤트를 두어 역류현상을 안전하게 방지하는 구조를 가지며, 정상유동 상태에서는 벤트밸브가 폐쇄되고 두 체크밸브는 개방되어 물이 흐른다. 각 체크밸브는 유체의 유동방향으로 최소한 7kPa(1psi, 0.07kgf/cm²)의 저항을 가지도록 설계되었다. 역사이편 조건이 발생하면 두 체크밸브는 폐쇄되고 벤트밸브는 개방되어 중간실에 공기가 유입된다. 역압이 작용할 때, 만약 두번째 체크밸브가 완폐되어 역류를 방지했다면 중간부에 누설되 있던 물과 공기는 벤트포트를 통하여 대기로 배출된다.

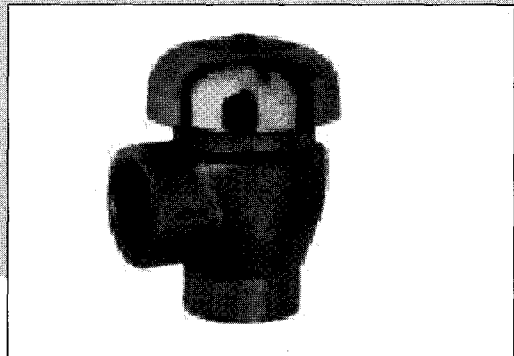
설치시 퇴수를 받아 배수하는 배관을 두어야 하며, 벤트포트로부터 최소한 100mm의 토수구 공간을 둔다.

3.2 진공 브레이커(Vacuum Breaker, VB)

주거용 및 상업용 건물의 급수 급탕 배관계통에서 역사이편현상에 의해 오염된 물이 음료수계통으로 역류하는 것을 방지해 주는 기구로 대기압식(atmospheric type)과 가압식(pressure type)이 있다.

(1) 대기압식 진공브레이커(Atmospheric type VB) Series 38

그림5 대기압식 VB의 외형



역사이편 작용에 의한 역류로 오염되지 않도록 역사이편 현상 방지목적에 적합하게 설계된 것으로, 위생상의 위험이 있어서는 안되는 아파트 등 주거용 건물의 샤워, 싱크, 세탁기 및 공공장소의 음수기 등의 개별 수도꼭지 전용이다. 주기적인 관리가 가능한 장소에 설치해야 하고, 이런 종류의 진공브레이커는 항상 가압된 상태에 있는 음용수 배관계통에는 사용되지 않는다.

체크밸브와 벤트밸브 기능을 결합시킨 구조로 스프링식 플로트디스크와 독립적으로 작동하는 체크밸브가 중요한 구성요소이다.

물이 흐르는 상태에서는 수압에 의하여 플로트



디스크(float disc)와 씰(seals)이 밀어 올려져서 벤트가 닫히고, 물은 정상의 방향으로 유동하며 역류를 막아준다. 그러나 배관 내에 부압이 작용할 때는 플로트 디스크가 내려져 닫히고 벤트가 열려져 공기가 유입되므로 역사이편 작용과 진공이 방지된다. 기구나 설비의 물넘침면 보다 150mm(6") 이상 높게 설치한다.

(2) 가압식 진공브레이커(pressure Type VB)
Series 40-500

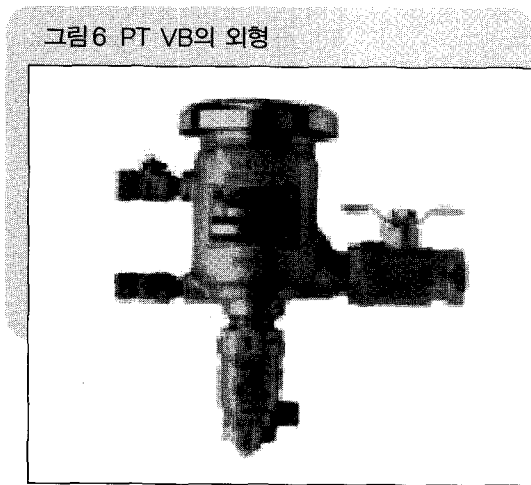


그림 6 PT VB의 외형

역사이편 작용에 의하여 오염된 물이 음용수 계통으로의 유입을 방지할 목적으로 설계된 것으로, 항상 가압된 상태에 있는 아파트 등 주거용과 상업용 건물의 급수 급탕 배관계통에 적합하다.

체크밸브와 벤트밸브 기능을 결합시킨 구조로, 스프링식 플로트 디스크와 독립적으로 작동하는 체크밸브가 중요한 구성 요소이다.

물이 흐르는 상태에서는 체크밸브는 열려지고 플로트디스크는 닫혀 공기유입이 차단된다.

진공브레이커의 내부 압력이 수압보다 7kPa(1psi, 0.07kgf/cm²) 이하로 낮아지면 체크밸브

는 닫히고 플로트디스크는 열려 공기가 유입되므로 역사이편 작용과 진공이 방지된다.

3.3 종류별 적용범위

이상에서 언급된 종류별 적용가능 범위를 요약 정리하면 표1과 같으며, 사용목적에 부합하는 모델을 선정하는데 있어서 중요한 자료이다.

3.4 규격의 선정

사용할 모델이 결정된 후 적정규격을 선정하는 방법은 다른 유량조절밸브류와 절차가 동일하다. 다만 유량조절용 밸브류는 유량을 기준하여 규격(size)을 결정하는데 반하여 역류방지기나 진공브레이커는 배관경을 기준으로 한다는 것에 차이가 있다. 왜냐하면 관경은 해당유량을 기준 한 것이고 역류방지기나 진공브레이커는 유량을 조절하는 것이 아니라 역류만을 차단하는 것이기 때문이다. 배관계통에 추가되는 저항은 압력손실-유량선도(pressure loss-rate of flow)로부터 구할 수 있다.

4. 결론

역류를 방지하여 음용수를 오염으로부터 방지하여야 한다는 사실이 아직 생소함에는 틀림이 없다. 이제까지 유사한일로 문제 됐던 사례가 없었기 때문이다. 그러나 적어도 배관계통에는 역류가 있고 이것이 음용수를 오염시키고 있다는 사실은 분명하다. 미리 대책을 수립해 두는 것 만이 큰 화를 방지하는 길이다.



표1 역류방지기와 진공브레이커의 종류와 적용

종 류	Series	적용 범위					Size(B)
		B/S	B/P	C/P	L/H	H/H	
Double C/V	40-100	0	0	0	0	×	1/2~10
Double C/V	4S-100	0	0	0	0	×	2 1/2~10
Reduced Pre. Principle	40-200	0	0	0	0	0	1/4~10
Reduced Pre. Principle(STS)	40-200	0	0	0	0	0	1/4~1
Dual C/V	40-300	0	0	0	0	×	1/2~1
Dual C/V(Thermoplastic)	4P-300	0	0	0	0	×	1/2~1
Continuous Pressure	40-100	0	0	0	0	×	1/2,3/4
Pressure Type V/B	40-500	0	×	0	0	0	1/2~2
Pressure Type V/B	4V-500	0	×	0	0	0	1/2~1
Double Check Detector Assy	40-600	0	0	0	0	×	3~10
Reduced Pre. Detector Assy	40-700	0	0	0	0	0	3~10
Atmospheric Type V/B	38-100	0	×	×	0	×	1/4~2
H-Conn. VB	38-304	0	×	×	0	×	3/4
H-Conn. VB(Thermoplastic)	38P	0	×	×	0	×	3/4
Lab Faucet VB	38-500	0	×	×	0	×	1/4,3/8

주) C/V: Check Valve, V/B: Vacuum Breaker, B/S: Back Siphonage, B/P: Back pressure, C/P: Continuous Pressure, H-cONN.: Hose Connection
 L/H: Low Hazard(Non-Health Hazard): 위생적으로 위험이 있을 수 있는 물
 H/H: High Hazard(Health Hazard): 화학물질이나 유독성 물질이 포함되어 있어 위생적으로 위험한 물

참고문헌

1. 김영호. 급수관로에서의 역류발생 원인과 방지 대책. 설비저널 Vol.30 No.3, 2001.3. (사)대한설비공학회
2. 김영호, 역류의 원인과 방지대책 2001하계 학술발표회 논문집 I, pp266-272, (사)대한설비공학회
3. Edited by Vincent T. Manas, National

Plumbing Code Handbook.(Based on National Plumbing Code ASA A40.8-1955).McGraw-Hill book company. 1957.

4. Conbraco Ind. Inc. Backflow Preventers. 1995
5. Foundation for cross-Connection Control and Hydraulic Research/University of Southern California. The essentials of Cross-Connection Control.1992