

음용수 배관에서의 역류방지 대책

배관계통에서 발생하는 역류를 차단해야 하는 이유는 음용수의 오염을 막는 데 있다. 그러나 배관계통의 구성만으로는 불가능하므로 특별히 고안된 기구를 사용할 수밖에 없다. 방법이나 기구별로 역류의 원인과 오염의 정도에 따라서 어떤 적용범위를 가지는지를 살펴보고자 한다.

원인을 알면 대책이 쉽다

물의 유동 특성은 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르는 것이다. 유체역학적으로는 물은 압력이 높은 곳에서 압력이 낮은 곳으로 흐른다고 표현한다. 이러한 자연적인 현상은 배관의 형태가 개방회로건 밀폐회로건 수직이던 수평이던 조건을 따지지 않는다. 그래서 압력변동이 있는 곳에는 역류(逆流, Backflow)가 있다고 생각하면 된다.

문제가 발생하면 우선 긴급히 처리를 해야 하고 그다음에는 재발방지 대책을 마련해야 한다. 그러기 위해서는 원인을 찾아야 하는데, 그 원인이라는 것이 수 없이 많다면 대책수립은 매우 어렵거나 수립 자체가 불가능할 수도 있다.

그런데, 배관계통 특히 음용수를 공급하는 급수(탕) 배관계통에서의 역류의 원인은 딱 두 가지로 아주 간단하다. 역압(逆壓, Back Pressure)이 작용하는 경우와 역사이핀(Back-Siphonage) 현상이 발생하는 경우이다.¹ 설비분야 종사자들에게 있어서는 얼마나 다행스러운 일인가.

그러나 건물이 고층화, 대형화할수록 즉 고층과 저층 간의 작용압력

김영호

씨엔티코퍼레이션 대표
gimyho@outlook.com

¹ 참고문헌 1, pp. 4-5.

〈표 1〉 역류방지 밸브의 종류와 적용

약자	DCV	RP
정식명칭	Double Check Backflow Prevention Assemblies and Double Check Fire Protection Backflow Prevention Assemblies	Reduced Pressure Principle Backflow Preventers and Reduced Pressure Principle Fire Protection Backflow Preventers
역류방지	역압, 역사이편	
기능	불쾌성 오염방지	위해성 오염방지
용도	음용수배관, 소방배관 겸용	

약자	DCDA	RPDA
정식명칭	Double Check Detector Fire Protection Backflow Prevention Assemblies	Reduced Pressure Detector Fire Protection Backflow Prevention Assemblies
역류방지	역압, 역사이편	
기능	불쾌성 오염방지	위해성 오염방지
용도	소방배관	

차가 커질수록 역류는 심해질 수 있는 현상이니 관심을 기울여야 했었음에도 불구하고 그동안 국내의 설계에서는 이에 대한 배려가 거의 없었다.

2001년 설비저널 3월호에서 “수도 직결식 급수방식”을 집중 조명하면서 급수관로에서의 역류에 대한 문제점 제기과 이에 대한 대책수립의 필요성을 강조하고, 이어 위생부문학술강연회(2001. 5. 15.)에서 역류방지에 대한 외국의 사례를 소개하는 등으로 공식적인 논의의 불을 당긴 바 있다. 그 결과 2005년 건축기계설비 설계기준이 제정 공고되면서 음용수 오염방지를 위한 최소한의 기준이 만들어졌지만 애석하게도 이러한 사실이 있었는지조차도 알지 못하는 이들이 많다.

음용수오염방지대책이란 배관계통에서의 역류를 차단하는 것이다. 그리고 그 일은 우리 설비분야의 책무이고, 국민의 건강과 생명을 보호하는 성스러운 일이다.

역류를 차단하는 방법

역류가 전술한 바와 같이 역압과 역사이편 현

상에 의하여 발생하므로, 배관계통에서 이러한 일이 일어나지 않도록 하는 것이 근본적인 방법이다.

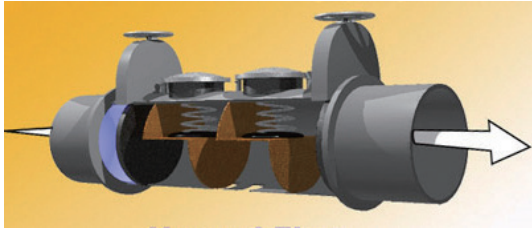
그러나 배관계통 자체만으로는 역류 발생을 막을 수가 없으므로 특별히 고안된 방법을 적용하지 않으면 안 된다.

첫째는 토수구 공간을 두는 것이다. 물받이 용기에 설치하는 수도꼭지는 이미 다 이 방법을 채택하고 있다. 수도꼭지 토수구 끝부분과 용기의 물넘침 선과의 수직거리를 토수구 지름의 2배 이상으로 띄우는 것이다.² 그러나 물받이 용기 이외의 배관계통에는 이 방법을 적용할 수가 없다.

둘째는 역류방지기(逆流防止器, BFP)³를 사용하는 것이다. 역압역류와 역사이편 역류 모두를 차단할 수 있는 역류방지 밸브와 역사이편 역류만을 차단할 수 있는 용도의 진공 브레이커(Vacuum Breaker)가 이에 해당하며, 각각의 기구는 불쾌성 오염에 적용하는 것과 위해성 오염에 적용하는 것

2 Air gap. 참고문헌 2. p. 15, 참고문헌 3. pp. 320-321.

3 Backflow Preventer. 참고문헌 2. p.17, 참고문헌 3. p. 312.



[그림 1] DCV의 구성과 작동원리

으로 구분된다.

역류방지 밸브의 종류, 적용범위

역류방지 밸브는 두 가지 역류에 다 적용되지만, 오염의 정도를 기준해서는 불쾌성 오염방지용(DCV)과 위해성 오염방지용(RP)으로 구분된다. 이것을 기본형태로하고 소방배관용으로도 겸용되며, 여기에 계량기를 추가하여 배관계통에서의 누설인지 의도적 도용인지의 여부를 확인 할 수 있도록 한 소방배관 전용의 DCDA와 RPDA가 있다.

표 1은 모델별 적용범위를 알기 쉽게 정리한 것이며, 명칭에 “Assemblies”가 들어간 이유는 역류방지 밸브에는 입·출구 측에 스톱 밸브가 있어야하고 또 테스터를 연결할 수 있도록 4개의 테스트 콕의 부착이 필수이기 때문이다. 즉 구성품을 모두 갖춘 완성품의 의미이다.

그렇다면 각각의 모델은 어떠한 원리에 의해서 역류를 차단할 수 있는가?

기본 형태를 기준으로 작동원리를 살펴보자.



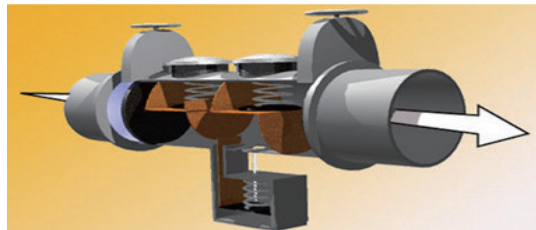
[그림 2] 포펫밸브

그림 1은 HCCC & HR에서 제시하는 DCV의 구성요소와 작동원리를 설명하기 위한 모형이다.

전체 구성의 특징은 스프링식 체크 밸브가 2개 들어가는 것이다. 이 두 개의 체크 밸브는 연동되는 것이 아니라 독립적으로 작동한다. 이로써 DCV 내부는 상류 측(P_1), 중간실(P_2), 하류 측(P_3) 등 3개의 구획된 공간이 형성되며, 구획 간에는 압력차($P_1 > P_2 > P_3$)가 형성된다. 각 체크 밸브는 유체의 유동방향으로 최소한 7 kPa의 압력차가 유지되는 것이 기준이다. 즉 여기서의 체크 밸브란 일반적인 스윙체크밸나 리프트 체크 밸브와는 전혀 다르다. 상류측의 압력과 스프링 장력(Spring Force) 즉 $F_s = \delta L$ (δ 는 스프링 상수, L 의 스프링 변위) 그리고 하류측의 압력이 상호작용하여 움직이는 일종의 조정 밸브(Control Valve)이다. 실무적으로는 그림 2와 같은 포펫(Poppet)식 체크 밸브를 사용한다.

정상 유동 상태에서는 두 개의 체크 밸브가 개방되어 물은 하류 측으로 흐르지만 하류측의 압력이 상류측보다 7 kPa 이상으로 높아지면 2차 체크 밸브(하류측에 가까운), 1차 체크 밸브 순으로 폐쇄되어 역류는 차단된다. 그렇지만 DCV는 자체적으로 감당할 수 있는 압력범위(모델별 규격별 최대 사용압력)를 벗어나는 역압이나 사이펀 작용이 발생하는 경우라면 역류가 허용 될 수 있는 단점이 있어서 위해성오염인 경우에는 사용이 제한된다. 따라서 불쾌성오염이 발생할 수 있는 계통에만 적용하는 것이다.

그림 3은 RP의 경우이다. DCV에 비하여 하부



[그림 3] RP의 구성과 작동원리

〈표 2〉 진공 브레이커의 종류와 적용

약자	HBV	AVB	SVB	PVB
정식명칭	Hose bib Vacuum Breakers	Atmospheric Type Vacuum Breakers	Spill Resistant Vacuum Breaker	Pressure Vacuum Breaker Assembly
역류방지	역압, 역사이편			
기능	불쾌성 오염방지		위해성 오염방지	
용도	음용수배관			

에 차압에 의해서 자동으로 작동하는 다이어프램식 릴리프 밸브가 하나 더 붙어 있다. 이 다이어프램 밸브의 역할이 DCV에서의 단점을 보완하는 것이다. 즉 DCV에서는 허용범위를 초과하는 역압이 작용하면 역류가 불가피해질 수 있음에 비하여 RP 모델은 이런 경우 하부의 다이어프램 밸브가 작동하여 이상 압력을 배제(排除)시켜 줌으로써 절대적으로 역류는 차단된다. 그래서 이 모델은 위해성 오염에 적합한 것이다.

그리고 이 RP 모델은 DCV보다는 더 높은 차압이 형성되도록 설계되어 있다.

정상 유동 상태에서 두 체크 밸브 사이의 중간실(Zone) 압력(P_2)은 상류 측 즉 유체 공급압력(P_1)보다 50 kPa 낮게 유지되지만, 역압이나 역사이편 현상이 발생하면 2차 체크 밸브가 폐쇄되어 역류가 차단된다. 2차 체크 밸브가 폐쇄되어 중간실의 압력이 상승하면 순간적으로 릴리프 밸브가 개방되어 되수되면서 압력이 저하된다.

이때의 중간실 압력은 상류 측 압력보다는 낮고 대기압(P_{atm})보다는 높은 상태 즉, $P_1 > P_2 > P_{atm}$ 의 압력 상태가 유지된다. 즉, 구간별 유동 방향으로는 최소 15 kPa의 압력차가 유지되어야 한다.

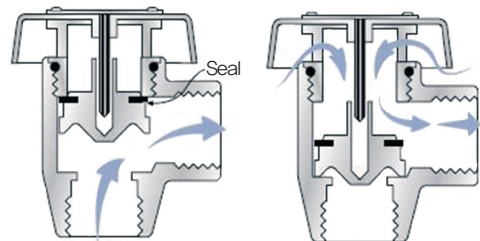
RP를 설치할 경우의 주의할 점은 중간실 압력을 낮추기 위해 순간적으로 릴리프 밸브가 작동하면 되수구로 물이 분사(噴射)되므로, 이로 인한 피해가 있을 수 있는 장소나 위치(천정이나 기구나

장치 등의 상부 등)에는 설치하지 않는다. 만약 이런 장소에 설치가 불가피한 경우에는 되수를 받아 배수구나 트렌치로 연결해주는 되수 배관을 두어야 한다. 특히 동결 우려가 있는 장소에 설치되는 경우에는 동결방지 밸브를 추가하는 등의 동결 방지 대책도 강구하여야 한다.

진공 브레이커

진공 브레이커는 역류방지 밸브와 달리 역사이편 역류에만 적용되는 기구이다. 역시 오염의 정도를 기준으로 불쾌성 오염방지용(AVB, HBV)과 위해성 오염방지용(PVB, SVB)으로 구분되며 어떤 기구용으로 사용할 것이냐에 따라 수평, 수직 등 설치가 용이하도록 여러 가지 형태를 가진다. 표 2는 진공 브레이커의 대표적인 형태와 적용 범위를 보여주는 것이다.

수음기(水飲器)나 치과 유닛에 주로 사용되는



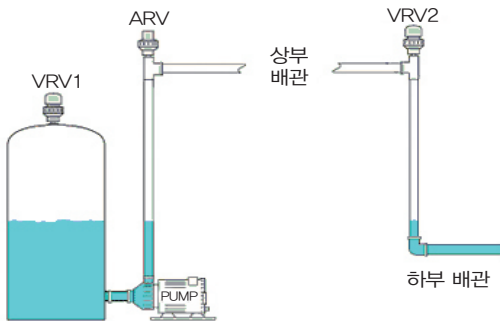
(a) 정상유동 시

(b) 역류발생 시

〔그림 4〕 진공 브레이커(AV)의 작동원리



[그림 5] 진공방지 밸브의 예



[그림 6] 진공방지 밸브 적용 예

AVB는 체크 밸브와 벤트 밸브 기능을 결합시킨 구조로 스프링식 플로트 디스크와 독립적으로 작동하는 체크 밸브가 주요 구성 요소이다. 사용 형태는 토출구가 대기압 상태에 놓이는(사용되는) 경우이고, 작동원리는 그림 4에서와 같이 정상적인 유동 상태에서는 수압에 의하여 플로트 디스크(Float Disc)와 씬(Seals)이 밀어 올려져 벤트가 닫히고, 물은 정상의 방향(상류-하류)으로 유동한다. 그러나 배관 내부에 부압이 작용할 때는 플로트 디스크가 닫히고 벤트가 열려 공기의 유입으로 역사이편 작용이 차단되므로 진공 상태로 발전하지 못하여 역류는 방지된다.

PVB는 급수배관과 같이 항상 가압된 상태 즉 관내 압력이 항상 대기압 이상으로 유지되는 일반적인 음용수 계통에 적용하도록 설계된 것으로, 위해성오염방지용이다.

벤트 밸브 기능을 결합시키고 스프링식 플로트 디스크와 독립적으로 작동하는 체크 밸브를 주요 구

성 요소로 하다는 점은 AVB와 같으나 다른 점은, 이러한 트림의 요소들은 높은 압력에서도 작용할 수 있게 설계되었다는 것이다.

작동 원리도 유사하다. 정상상태일 때는 체크 밸브는 열리고 플로트 디스크는 닫쳐 공기유입이 차단되지만, 진공 브레이커 내부 압력이 상류 측 수압(P_1)보다 7 kPa 낮아지면 체크 밸브는 닫히고 플로트 디스크는 열려 공기가 유입되므로 역사이편 작용과 진공이 방지된다.

진공방지 밸브

관련 분야의 용어를 올바르게 사용해야 한다는 것은 두말할 필요가 없지만, 사실상 실무에서는 용어의 혼동으로 인한 사고의 사례가 종종 발견된다.

급수의 오염을 다루는 데 있어서도 예외는 아니다. 진공방지 밸브(Vacuum Relief Valve, VRV)를 진공 브레이커(Vacuum Breaker, VB)라고도 표기하는 경우가 있기 때문에 이 두 가지 기구를 같은 용도로 착각하는 경우가 있다.

VB나 VRV나 진공을 파괴하는 역할은 같지만, 앞부분에서 다룬 VB는 위생용 즉 역류를 방지하여 음용수의 오염을 방지하기 위한 기구이고, VRV는 밀폐 용기(Tank)나 배관계통에서 진공으로 인한 찌그러짐 (Implosion)을 방지하기 위하여 사용하는 기구이다.

작동상의 차이점은 VB로는 물이 직접 통과하지만 VRV로는 물은 통과하지 않고 공기만 통과한다. 그림 5에 예시한 것과 같이 배관이나 용기에 진공이 발생하면 몸통에 있는 구멍을 통하여 공기가 용기나 관의 내부로 빨려 들어가는 구조이다. 안전 밸브(Safety Valve)와 반대의 원리로 작동하는 기구이다. 용량을 표기하는 데 있어서도 VB는 단위 시간당 통과하는 유량을 기준하지만 VRV는 설정된 진공도에서 단위 시간에 내부로 넣어줄 수 있는 공

4 Standard cubic feet per minute.

〈표 3〉 역류방지 밸브와 진공 브레이커의 종류와 적용

역류방지기		역류의 원인		오염의 정도		용도	
		역압	역사이편	불쾌성	위해성	위생	소방
역류방지 밸브	DCV	0	0	0		0	0
	DCDA	0	0	0		0	0
	RP	0	0	0	0	0	0
	RPDA	0	0	0	0	0	0
진공 브레이커	HBVB		0	0		0	
	AVB		0	0		0	
	SPVB		0		0	0	
	PVB		0		0	0	

기량(SCFM⁴ 또는 Nm³/h)으로 표시한다.

그림 6은 그 사용법을 예시한 것으로, 약품이나 원료를 소요처로 수송하는 제조 공정의 일반적인 배관의 예이다.

탱크에 저장된 유체를 펌핑하거나 배제(排除, Drain)할 때 내부 압력이 대기압보다 낮아져 배관이 쭈그러들거나 파괴될 수 있다. 또한 수직 배관에서는 펌프의 정지 시 사이편 현상이 발생하여 수직 배관이후 배관에 에어포켓(Air Pocket)을 형성한다. 에어포켓은 펌프의 유체 흡입을 불가능하게 할 뿐만 아니라 유체의 흐름을 차단하고 펌프 정지 시에는 수직관의 물기등을 밑으로 떨어지게 만든다. 이러한 사고를 방지하기 위하여 사용되는 것이 VRV이다.

그림에서 VRV1은 탱크의 정상부에 VRV2는 수직배관의 최상단에 설치하여 탱크나 수직 배관에서 진공이 발생할 경우 자동으로 공기를 보급하여 진공으로 인한 피해를 방지한다. ARV⁵는 펌프가 재가동할 때 탱크나 배관 내로 빨려 들어가 포켓을 형성했던 공기가 재 방출되도록 하기 위해 사용되는 것으로, 시스템이 안전하고 효율적으로 운전되게 한다. 관 지름이 크고 배관계통이 복잡한 경우

에는 ARV를 여러 지점에 추가하여야 한다.

이러한 배관의 예는 제조공장은 물론, 건축물의 급수설비에서 뿐만 아니라 난방 냉방 등 대부분의 액체 수송 시스템에 존재하므로 적정 위치에 VRV와 ARV가 조합되어 설치된 시스템이 안전하게 운전되도록 해야 한다.

적용 규격 선정

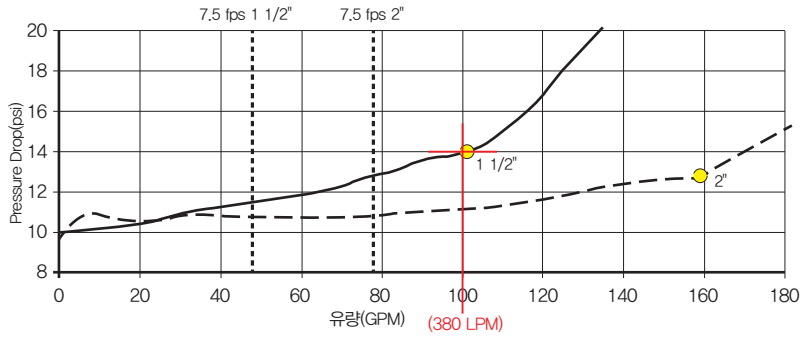
이상에서 언급된 역류방지 밸브와 진공 브레이커를 어떤 경우에 어떤 모델을 선택해야 하는 것인가? 적용 가능 범위를 요약한 것이 표 3이다.

설치할 지점과 역류의 원인 그리고 역류가 되었을 때 발생할 수 있는 오염의 정도를 확인하면 사용해야 할 기구가 역류방지 밸브인지 진공 브레이커인지를 결정할 수 있다. 그다음 적용할 정적인 규격의 선택인데, 이는 조정 밸브(Control Valve)의 사이징(Sizing) 방법과 동일하다.

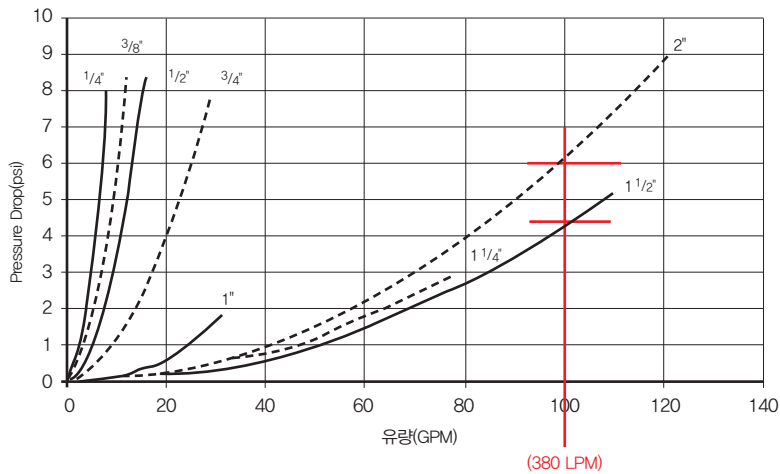
우선은 해당계통의 유량을 정한다. 급수(탕)배관이라면 그 계통의 동시 사용 유량을 기준으로 해야 하고, 제조공장의 급수저장 탱크로의 급수배관이라면 분당 최대 유량 등이 기준이 된다.

다음은 사용할 기구의 역류방지기의 종류별 기구의 유량·마찰 선도를 기준으로 사용할 규격을

5 Air Relief Valve, Air Vent라고도 한다.



(a) 역류방지 밸브(RP)



(b) 진공 브레이커(AVB)

[그림 7] 유량-마찰선도(예)

선정한다.

그림 7에서와 같이 급수관 지름이 NPS 2이고 유량이 100 GPM(380 LPM)인 배관 계통에 RP형 역류방지 밸브를 설치할 경우라면 실무적으로 컨트롤밸브에서의 허용 범위를 감안할 때 NPS 1-1/2을 선택할 수 있고 14 psi(0.96 bar) 부차적 손실을 감안해야 한다. AVB(대기압식 진공 브레이커)를 사용해도 되는 경우라면 NPS 1-1/2를 선택하고 부차적 손실은 4.5 psi(0.31 bar)를 펌프양정에 가산하면 된다.

이처럼 역류방지 밸브나 진공 브레이커는 밸브

의 4가지 범주에서 조정 밸브에 속하는 기구이다. 정지 밸브처럼 개도가 고정되는 것이 아니고 압력의 변동에 대처하여 매 순간 밸브의 개도를 변화시킴으로써 요구하는 차압의 범위를 유지하는 것으로 역류를 차단하는 것이다.

맺음말

물은 사람을 포함한 모든 생물체의 생명을 유지시키는 기본 요소이다. 단 하루라도 사용하지 않는 날은 없다. 그럼에도 불구하고 실무적으로는 물을

다루는 급수(탕) 설비가 매우 쉽고 단순한 일로 착각되고 있다.

급수설비는 수도꼭지를 열었을 때 물이 나오기만 하면 되는 것이 아니다. 적절한 수압으로 적정 양이 토출 되어야 하는 것은 말할 것도 없고, 그 물은 오염되지 않은 깨끗한 것이어야 한다.

음용수의 오염은 나에게만 해당되는 것이 아니라 우리 모두의 문제이다. 한 곳의 상수도가 오염된다면 그것은 단시간에 방대한 지역으로 확산되어 사회적으로 심각한 불안과 공포를 불러일으킬 수 있는 무서운 일임을 잊어서는 안 될 것이다.

참고문헌

1. 金永浩, 給排水設備 II, 건설기술교육원.
2. National Standard Plumbing Code(NSPC) - 2006.
3. 건설교통부, 2010, 건축기계설비 설계기준.
4. 金永浩, 2001, 급수관로에서의 역류발생 원인과 방지대책. 설비저널, (사)대한설비공학회, Vol. 30, No. 3.
5. Edited by Vincent T. Manas, 1957, National Plumbing Code Handbook, (Based on National Plumbing Code ASA A40.8-1955). McGraw-Hill book company.
6. Conbraco Ind. Inc., 1995, Backflow Preventers.
7. 1992, Foundation for Cross-Connection Control and Hydraulic Research/University of Southern California. The Essentials of Cross-Connection Control. 