

# 배관 세척장치의 성능평가

조 정 식

(한국건설기술연구원 선임연구원)

점차 복잡해지고 있는 사회적 욕구를 만족시키기 위한 건물에서는 반드시 복잡한 설비가 요구되고 있고, 이러한 설비시스템 중에서 급수, 급탕 및 배수설비라고 하는 배관시스템이 없다면 기능유지에 막대한 지장을 초래할 것은 자명하다고 하겠다. 이러한 배관시스템에서는 항시 또는 일부 사용되어질 물이나 사용된 물이 흐르기 때문에 배관내부에 발생하는 스케일(scale)이나 슬라임(slime) 등은 피할 수 없는 사실인 것이다.

건축물 내에 설치된 각종 배관은 건물의 기능을 유지하고 보건위생과 직결되는 중요한 기능을 담당하고 있어 세척의 필요성이 매우 높음에도 불구하고 배관의 수명이 다할 때까지 거의 세척이 이루어지지 않고 사용되어 왔다. 이들 배관에 대한 세척은 배관의 수명연장과 관마찰 계수를 낮추어 급수의 수송동력을 절감할 수 있고, 난방관의 열전달 효과를 높여 에너지절약 효과를 거두어 건물의 유지관리 비용 절감에 기여할 수 있음에도 적절한 세척공법이 개발되지 않고 있다.

이러한 관점에 맞추어 건물배관의 특성에 맞도록 고압 세척장치를 개발하고 이를 이용한 세척공법을 적용하고자 하였다.

즉, 배관 내에 압축공기를 주기적으로 분사하여 맥동현상이 일어나도록 하면서 기포를 발생시켜 기포가 관의 내벽에서 성장하여 파괴될 때 관내에 부착된 이물질들을 제거할 수 있고, 또한 세척효과를 높이기 위하여 관의 벽면에 접촉하면서 배출되는 과정에서 이물질들을 제거할 수 있도록 구조와 아울러 이들 장치를 이용한 세척방법의 적용성에 대해서 고찰하고자 한다.

## 1. 서론

산업화에 따른 도시화의 급속한 진전으로 각종 용도의 많은 건물들이 대량으로 보급되어 건물의 유지관리상의 문제가 새로운 관심의 대상으로 부각되고 있다. 일반적으로 건물의 수명은 콘크리트 등 구조체의 경우 50~100 여년으로 추정하고 있으나 이것은 관리방법에 따라 많은 차이가 있는 것으로 알려지고 있다.

건물 중에는 급수, 급탕, 배수 등 다양한 배관이 거미줄 같이 넓게 늘어져 있으며, 장기간 사용된 배관이나 장치된 급수탱크 등에서는 슬러지의 퇴적이나 부식 산화물, 미생물 등이 배관내벽에 부착하고 퇴적하게 된다.

이와 같이, 종래 보다 급수, 급탕이나 배수용 배관은 열화에 의한 부식, 스케일(scale)이나 슬라임(slime) 등의 문제가 대두되고 있으며, 그 대책으로서 새로운 배관재료의 사용, 신기술의 배관공법 등에 의해 이러한 문제점을 일부는 해결할 수도 있을 것이다. 특히, 건물의 기능을 유지시키기 위한 기계설비의 경우, 이동하는 각종 이물질과 연속적으로 접촉해야 하는 특징 때문에 노후화의 속도가 빨라 수명은 건물 구조체에 비해 훨씬 낮아 관리의 중요성이 훨씬 높다.

또한, 생활수준이 높아지면서 환경에 대한 관심이 높아지고, 건물 급수의 질을 확보하여 이용자의 건강을 유지시킬 수 있는 방안의 마련이 절대적으로 필요한 시점에 있다. 공공주택이나 각종 대형건물에는 급수탱크가 설치되어 있으며, 이들에 대하여 정기적으로 청소를 하도록 규정을 정하여 시행하고 있으나 아직까지 배관의 세척에 대하여는 특별히 규정된 것이 없어 건물을 사용하는 동안 세척작업도 없이 내구연한이 될 때까지 사용되고 있다.

과거에 강관을 사용할 때에 비해 배관재질이 고급

화되고, 배관 내에는 물이 비교적 일정한 유속으로 흐르기 때문에 슬라임의 형성이 저수탱크에 비하여 심하지 않지만, 장기적으로 볼 때 오염이 될 수 있으므로 위생확보와 내구성 향상 측면에서 정기적인 세척이 필요하다.

이를 위해서 고압 세척장치를 이용한 배관세척장치는 지속적인 배관의 사용에도 전혀 지장을 초래하지 않으며, 탁월한 효과를 나타내고 있는 방법의 한 가지로서, 이를 통한 적용성에 대한 실험과 적용에 대한 방안의 제시가 절대적으로 필요하다. 또한, 이러한 세척장치의 적용방법, 조건 및 기준 등에 대한 연구가 실제로 요구되고 있다.

배관세척장치의 성능을 확보하기 위하여 아파트, 건물 등 실험대상을 선정하고 시범, 적용하여 성능을 파악하는 한편, 미비점에 대해서는 보완방안을 강구하여 실용화모형을 개발할 필요가 있으며, 기술개발의 보급방안을 도출하여 개발된 기술의 실용화 보급함으로서 배관세척이 내구성에 미치는 영향과 배관세척의 개선효과 등의 분석이 선행되어야 할 것이다.

## 2 배관 스케일 현상

배관 내에서는 부식으로 인한 배관의 열화(劣化)뿐만 아니라, 배관 내부를 흐르는 유체에 함유하고 있는 수용성(水溶性) 및 비수용성(非水溶性)의 각종 성분들이 다양하게 존재하기 때문에, 스케일이나 슬라임 형태로 배관내면에 부착하여 배관 내부를 흐르는 유체의 마찰저항을 증가시킬 뿐만 아니라, 환경문제를 야기시킬 수 있다. 따라서, 다음으로 스케일이나 슬라임 현상과 방지방법에 대해서 개괄적으로 고찰하여 보고자 한다.

배관 내를 흐르는 유체에는 금속배관의 부식을 야기시키는 성분뿐만 아니라, 비금속성 배관 내부에도

수용성이나 비수용성 성분에 의해 각종 고형물질(固形物質)이 생성, 부착하여 배관 내부의 유동마찰을 증가시키고 동시에 난방배관에서는 열전달 효과를 급격히 저하시키며, 환경적으로도 오염문제를 발생시킬 수가 있다.

이와 같이, 배관 내부에는 부식성이나 스케일 성분뿐만 아니라 여러 가지 이물질이 다양하게 존재하므로, 배관내부가 쉽게 오염되거나 심하면 폐쇄될 수 있다. 종래에는 화학약품 처리, 브러쉬 세관이나 세척장치를 배관 내에 삽입하여 처리하는 방법을 채택하여 왔으나, 세척비용의 증가와 함께 급수, 급탕이나 배수 등의 설비시스템의 가동을 중단시켜, 효율이 감소되던가 혹은 스케일이나 슬라임의 생성으로 인하여 각종 미생물이 발생할 가능성이 있는 등 환경적인 부담을 안고 있었다.

특히, 플라스틱 계통의 배관재에서는 화학약품 처리공법의 제한이라든가, 배관길이가 길 경우에는 배관 내에 세척장치의 삽입이 곤란함 등 그 사용에 제약조건이 상존하고 있는 상태이다.

결과적으로, 금속성 배관이나 비금속성의 배관에서 배관 내부의 부식이나 스케일, 슬라임 등을 주

기적으로 세척할 수 있는 시스템을 채택하여야 할 것이다.

### 3. 배관 세척방법의 특징비교

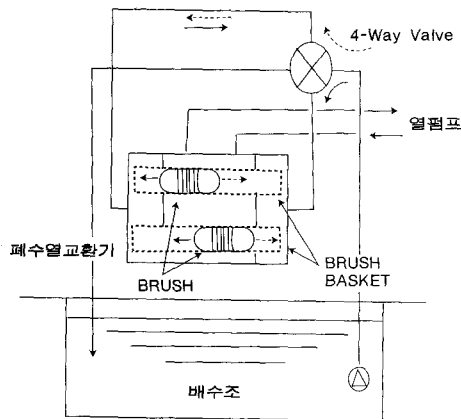
#### 3.1 배관 세척방법의 종류와 특징

건물에 설치된 각종 배관(급수관, 급탕관, 난방관, 오수관 등 건축배관) 및 플랜트용 배관과 열교환기의 전열관에 대해 국내외에서 널리 사용되고 있는 세척공법을 열거하면 여러 가지가 있으며, 각각 조건이나 배관의 상태에 따라서 적용할 필요가 있다. 다음은 배관의 세척방법에 대해서 열거하여 보기로 한다.

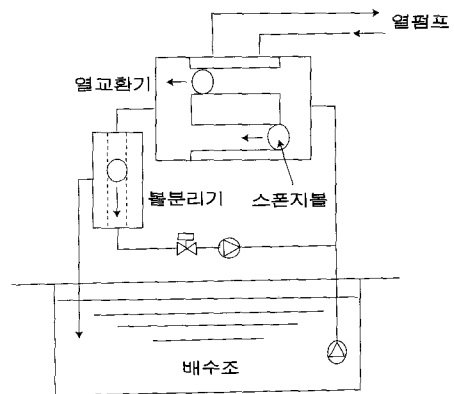
##### 3.1.1 Brush 공법

배관의 내경보다 약간 큰 가요성이 있는 볼이나 브러쉬를 강제로 삽입시켜 내부를 청소하는 방법으로 적용할 수 있는 길이에 한계가 있고 브러쉬의 마모가 심하며 경우에 따라서 작업과정에 Brush가 배

〈그림 1〉 브러쉬 이용 배관세척장치



〈그림 2〉 스폰지볼 이용 배관세척장치



관을 폐쇄시키는 문제점이 있다.

작업의 가능거리가 길고 작업시간도 빠르지만, 사전에 관경과 배관재질 등의 조사와 적용성 등이 필요하다. 또, 브러쉬나 볼 등의 세척력 확보를 위하여 대용량 압송(壓送)시스템이 필요로 된다. <그림 1> 및 <그림 2>에서는 열교환용 배관의 세척용으로 브러쉬와 스폰지볼을 사용하고 있는 그림을 표시하고 있다.

### 3.1.2 화학세관 공법

염산 등과 같이 스케일에 대한 용해력이 강한 화공약품을 이용하여 녹을 연화시켜 세관하는 방법으로 세척성능은 우수하지만 시간이 오래 걸리고 환경오염 문제 때문에 특정 열교환기 등에 한정적으로 적용되고 있다. 비교적 간편하게 이용되고 있을 뿐만 아니라 화학 약품의 입수도 간단하지만, 실제로는 상당한 전문지식이 요구되며, 중화시키고 공해 등의 후처리도 반드시 필요한 공정이 된다.

또한, 배관내에서 확실한 세척력을 확보하기 위해 Brush공법과 병행하여 응용하고 있다. 또한, 유기산 세정법으로 HAA(Hydroxy Acetic Acid)를 사용하여 스케일을 용해시켜 침전물이 전혀 생성되지 않는 세정법과 ACR (Alkaline Copper Removal) 법과 같이 가동 중에도 배관 내에 부착한 산화철, 동 및 기타의 금속산화물을 pH 9~9.5인 알칼리성의 상태에서 제거함과 동시에 방청처리까지 하는 방법이 있다. 이러한 화학적 세정방법은 화학약품에 의하여 배관내의 오염물질을 제거하는 방법이나 음용수 라인 등에는 인체의 유해성 유무가 문제가 될 수 있어 적용여부에 신중을 기해야 하며, 통상 오염물의 주성분에 따라 세정약제가 다르게 적용되며, 약제 적용 후 잔존농도가 극미량 존재할 경우에도 유해성 여부가 문제되지 않는 과산화물(peroxide)계의 약품이 주로 적용된다.

열교환기 등의 순환식 배관에서 값싸고 효율성 있는 사용이 가능하다.

#### (1) 과산화물에 의한 방법

배관을 세척하는 경우에는 대부분 과산화물 계통이 일반적으로 적용하게 되며, 주된 적용부분은 오염물이 대부분 미생물과 같은 물때인 경우에 적합하다. 과산화물 계통의 세척제는 작업성이 좋고, 비교적 단시간에 세척작업을 완료할 수 있으며, 모재의 손상정도가 비교적 작기 때문이다. 특히, 세척이후 과산화물이 분해되면서 살균력을 나타냄은 물론 발생하는 산소의 기포에 의해서 배관의 모재 표면에 부착된 철산화물의 일부를 박리(剝離)시키는 효과가 있기 때문이다. 그러나, 미생물을 제외한 금속성 녹이나 스케일성 물질 자체를 용해하여 제거하는 능력은 없다.

#### (2) 약품에 의한 방법

세척은 소정의 약품량을 투입하여 배관내부를 약품으로 2~3 시간 채운 다음 약품을 배출시킨다. 세척에 투입된 약품의 잔량이 없어질 때까지 반복적으로 수세(水洗)시킨다. 이와 같이 약품에 의한 배관 세척은 배관내의 오염물을 제거하거나 관내를 살균하는 데 있어서 매우 효과적인 수단이라고 할 수 있으나 배관내의 녹덩어리를 완전하게 제거할 수는 없다. 또한 세척 후에는 급수용 방청제로 방청처리를 하는 것이 바람직하다.

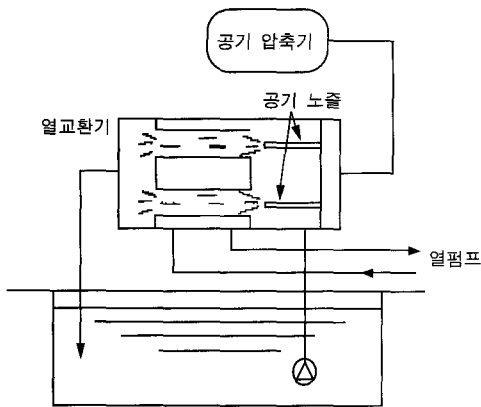
### 3.1.3 고압수 분사 세척법

배관내에 고압의 물을 분사하여 스케일을 제거하는 방법이다. 100~1500 kg/cm<sup>2</sup>의 고압수를 노즐을 통하여 고속으로 분사하므로써 물이 갖는 운동에너지가 충격력으로 작용하여 관내에 부착된 스케일이나 슬라임을 제거하는 방법으로 열교환기의 전열관

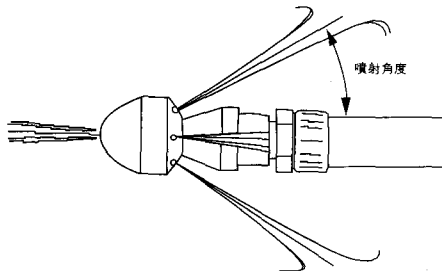
세척에 널리 이용되고 있다.

세관작업에 사용되는 고압세정기에는 소형에서부터 차량에 탑재가 가능한 대형까지 다양하게 있으며, 소형에서는 노즐이 부착된 호스를 사용하지만, 대형에서는 자주식(自走式) 이송장치로 이동하고, 끝단에 노즐이 부착되어 있어 대형 배관의 세척도 가능하도록 되어 있다. <그림 3> 및 <그림 4>에서는 고압수 분사용 노즐 및 열교환용 배관의 고압공기 분사 세척장치를 나타내고 있다.

<그림 3> 고압수 분사용 노즐



<그림 4> 고압공기 분사 세척장치



### 3.1.4 Sand Blasting 법

고압의 압축공기(물)를 이용하여 모래를 고속으로

분사시켜 그 충격력에 의해 스케일을 제거하는 공법이다.

이 방법은 대형관이나 배수관 등의 오물이나 부식 처리에 유용하지만, 작업과정에서 스케일제거 뿐만 아니라 모재(母材)에 까지 손상을 입히는 경우가 발생하고, 특히 노후관의 경우 부식이 심한 부위에 손상을 입혀 누수발생의 원인이 되고, 작업 완료한 다음 물로 후세척하여야 하는 번거로움과 함께 배관내부의 잔존물 처리 등의 문제가 있다. 또한, 배관 특성상 적용에 크기나 복잡성에 따른 제약조건이 상존하기 때문에 급수, 급탕 및 전열용 배관에는 별로 사용되지 않고 있는 실정이다.

### 3.1.5 초음파 세척법

초음파 진동자를 이용하여 발생하는 초음파를 배관에 발사하여 배관내의 물에 미세한 진동을 연속적으로 가하므로써 세척효과를 얻는 방법이다.

초음파세척은 강력한 음파(25~30 khz/sec)를 발사하여 물질을 구성하고 있는 분자와 충돌하여 순간적으로 감압 및 가압이 교대로 발생하면서 배관내 액체 중에 미세한 공동(空洞; Cavitation)의 발생과 소멸을 반복하면서, 기포를 발생시키도록 되어 있다. 초음파 세척장치는 초음파 발생기, 진동부 및 제어부로 구성되어 있으며, 소비전력은 용도에 따라 적절히 조절하면서 사용할 수 있도록 되어 있다.

이러한 초음파를 이용한 배관 세척효과를 규명하기 위해서 실험을 실시하여 본 결과(1997. 한국건설기술연구원), 스케일이나 슬라임의 형성 가능성이 용이한 배관에서는 초음파를 이용한 세척효과는 비교적 양호한 것으로 나타나고 있다.

하지만, 초음파 세척장치는 높은 세척효과를 얻을 수 있으나 초음파의 감쇄효과 때문에 적용범위에 많은 제약이 따르는 단점이 있어 비교적 소형물체의 세척에 주로 이용되고 있는 실정이다.

이상에서 설명한 세관법은 국내외에서 일반적으로 사용하고 있는 것들로 주로 열교환기와 같이 배관 길이가 비교적 짧고 일정한 전열관의 세척에 적용하는 방법이다. 또한, 화학물질을 사용하므로 세척후에 환경에 영향을 미칠 수 있으며, 강한 충격력으로 인하여 노후관에 적용시 손상을 입힐 수가 있어 작업에 세심한 주의를 기울여야 하는 등 기존 세척장치의 적용성에는 여러 가지의 제약조건을 갖고 있다.

### 3.2 세척방법의 적용에 대한 한계성

배관의 세척방법으로는 위에서 언급한대로 여러 가지가 있으며, 배관의 용도 및 운송유체의 성질이나 외부의 여건 등을 고려하여 세척방법으로 그 적용성을 고려하여야 한다. 따라서, 여러 가지의 세척방법에 대한 적용성의 제약조건을 기술하면 다음과 같다.

#### (1) 적용범위가 한정적이다.

브러쉬 공법이나 Sand Blasting공법 등과 같이 기계적인 세척방식은 도달거리에 제약을 받기 때문에 배관이 긴 경우 적용이 곤란하다. 특히, 브러쉬나 스폰지볼 등을 사용할 경우, 배관의 세척작업 이전에 배관의 직경, 배관자재 등을 조사하여야 하며, 배관의 단면의 변화에 대한 적응력 역시 제한조건이 될 수 있다.

다만, 형상이 비교적 복잡하고 단면이 일정한 전열관의 세척에 대해서는 일부 효과적일 수 있으나, 건축물이나 플랜트 등의 기존 및 신설 배관에 대해서는 거의 세척이 이루어지지 않고 있는 실정이다.

또한, 화학약품을 이용한 세척방법은 배관재료에 대해서 치명적인 제한조건이 될 수 있다. 즉, 플라스틱배관이나 화학약품에 취약한 금속성 배관에는 스

케일이나 슬라임 뿐만 아니라 배관자재의 손상의 가능성을 고려하여 세척방법을 선택하여야 할 것이다. 초음파 세척방법에 대해서는 배관의 구조상 복잡하던가 어떠한 변화에도 적용성은 우수하다고 볼 수 있으나, 초음파가 미치는 한정된 범위에서만 사용이 가능한 단점이 있다.

#### (2) 배관의 모재에 손상을 입힌다.

기계적인 마찰력을 이용하는 브러쉬 공법과 고압수나 고압공기를 이용하는 Sand Blasting공법 및 고압수 분사 세척공법은 강한 충격력을 이용하는 것이기에 때문에 특히, 오래된 노후관의 경우 모재 뿐만 아니라 연결부위에서 치명적인 손상을 입힐 수 있다. 따라서, 배관의 세척방법을 선정할 경우에는 배관의 노후정도에 따른 세척충격을 고려하여야 할 것이다.

#### (3) 환경오염의 가능성이 높다.

건물의 급수나 급탕용 배관에서는 적수나 청수 현상이 일어나는 부식이나 기타 미생물 등의 부착으로 인하여 물을 사용하는 사람들의 위생문제로 인하여 세척이 필요로 된다. 이러한 배관의 세척을 위해서 화학적인 처리공법을 사용하였을 경우, 사용후 배출되는 폐수로 인하여 환경을 오염시킬 수 있으며, 건물의 급수·급탕배관에 사용할 경우 화공약품을 제거하기 위한 2차 세척작업이 필요하다. 따라서, 화학적인 처리를 사용하였을 경우, 잔존 화학물질의 처리나 처리수의 문제 등으로 인하여 환경적인 문제가 발생할 수 있으므로 선정에 각별한 주의가 요구된다.

#### (4) 배관의 구조에 따라 적용에 제약을 받는다.

기존의 브러쉬 공법, Sand Blasting공법 및 고압수 세척공법의 경우 직관에 국한하여 응용될 수 있

으며 배관의 직경과 관경의 변화에 대해서도 제한을 받는다. 따라서, 곡관 등과 같이 배관의 구조적인 변화에 대해서는 적용이 곤란하므로 사전에 충분한 검토 후에 배관세척방법에 대한 선정이 필요하다.

## 4. 고압 배관세척장치의 적용

### 4.1 고압 배관세척장치의 개요 및 원리

기존의 배관세척은 대부분 세척에 용이한 대형 배수관이나 열교환기와 같이 비교적 단순한 구조로 되어 있는 배관에 국한하여 적용 및 응용할 수 있도록 하는 여러 배관 세척공법이 개발되고 시행되어 왔다.

하지만, 건축물 내에 설치된 각종 급수, 급탕이나 배수관 등은 건물의 기능을 유지하고, 보건위생과 직결되는 중요한 기능을 담당하고 있어 세척의 필요성이 매우 높음에도 불구하고 일반적으로 배관의 수명이 다할 때까지 거의 세척이 이루어지지 않고 사용되고 있는 실정이다. 따라서, 이들 배관에 대한 세척의 필요성은 상존하고 있지만, 배관세척 방법이나 기타 다른 여건에 의해 제약조건이 되고 있다.

이러한 배관의 세척은 배관의 수명 연장과 관마찰 계수를 낮추어 급수의 수송동력을 절감할 수 있고, 난방 전열관의 열전달 효과를 높여 에너지절약 효과를 거두어 건물의 유지관리 비용 절감에도 크게 기여할 수 있음에도 적절한 세척공법이 적용되지 않고 있다. 또한, 급수관의 세척은 보건위생과 직결되고 있으나, 이에 대한 근본적인 대책인 배관의 세척은 거의 이루어지지 않고, 저수조에 대해서만 주기적으로 수행되어 왔다.

이러한 관점에 맞추어 볼 때, 건물배관의 특성과 여건에 따라 공기충격 발생기(Air Pulse Generator)를 이용한 고압 세정장치를 적용하고자

하였다.

즉, 배관 내에 압축공기를 주기적으로 분사하여 맥동현상으로 인한 흐름의 난류를 유도하도록 하면서 기포를 발생시켜 기포가 관의 내벽에서 성장하여 파괴될 때의 폭발력에 의해 관내에 부착된 이물질들을 제거할 수 있고, 또한 세척효과를 높이기 위하여 관의 벽면에 접촉하면서 배출되는 과정에서 이물질들을 제거할 수 있도록 하고 있다. 아울러 이러한 고압 세척장치를 이용한 세척공법의 기술적인 원리를 살펴보면 다음과 같다.

배관내의 물은 일반적으로 비압축성 유체로 취급되며 정지된 상태에서의 정수압은 모든 방향에서 압력이 일정하게 작용된다.

한편, 이러한 밀폐된 용기내의 물에 압력이나 온도의 변화가 발생하여 포화증기압 이하가 되면 용존 산소가 생성되면서 기포가 발생한다. 이와 같이 생성된 기포는 주위의 다른 기포들과 합쳐져 성장을 계속하면서 압력이 낮은 곳으로 이동하게 된다. 이러한 이동과정에서 기포가 성장하면 내부의 압력이 상대적으로 저하되고, 주위의 수압에 비해 내압이 작아지면 기포파괴가 일어나 미립화된다. 이러한 과정에서 압력변동이 심하게 되면서 동시에 주위에 심한 진동을 일으켜 초음파를 발생시키므로서 충격력이 발생하게 된다.

이러한 물리적인 변화가 발생할 경우 물 내부에 있어서 압력파의 전파속도( $v$ )는 다음의 식과 같이 계산된다.

$$v = \sqrt{\frac{1}{\rho\left(\frac{1}{k} + \frac{D}{E\delta}\right)}} = \sqrt{\frac{gk}{\gamma\left(1 + \frac{kD}{E\delta}\right)}}$$

- $\rho$ : 물의 밀도 ( $\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^3$ )
- $k$ : 물의 체적탄성계수 ( $\text{kg} \cdot \text{m}^3$ )
- $E$ : 배관재료의 Young율( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
- $\delta$ : 배관재의 두께 (mm)
- $\gamma$ : 물의 비중량 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- $D$ : 배관내경 (mm)
- $g$ : 중력 가속도( $\text{m}/\text{s}^2$ )

따라서 발생하는 충격력은 기포의 파괴로 영향을 받는 물의 질량을  $m$ 이라 할 때,  $mv^2$ 이 된다.

본 기술은 인위적으로 이러한 충격력을 발생하도록 하기 위해서 배관 내부에 고압의 공기를 주기적으로 공급하여 물과 충돌시켜 미세한 기포 및 와류를 발생시켜서, 배관내에 부식이나 이물질에 전달하므로 인하여 이물질을 박리(剝離)시켜 세척이 되도록 하는 것이다.

즉, 배관내의 물 흐름을 정지시킨 후 압축공기를 밀폐된 배관 내부에 간헐적으로 공급하면 압력에너지로 변환되어 축적된다. 이때 밸브를 개방하면 축적된 압력에너지는 운동에너지(속도에너지)로 변환되면서 압력파를 형성시키고 동시에 기포가 고속으로 이동되면서 생성과 소멸을 반복하며 충격파가 발생하여 배관 내부에 부착된 이물질(Scale, Slime 등)을 박리시켜 물과 함께 외부로 배출되도록 되어 있다.

#### 4.2 고압 배관 세척장치의 설치

본 고압 배관세척장치는 건축물과 각종 플랜트의 배관(신설 및 기존배관)의 내부를 효과적으로 세척하기 위한 것으로 종래에는 대형의 배수관이나 구조가 단순한 열교환기에 주로 적용하던 세척공법과는

적용대상이나 원리에서 많은 차이가 있다.

건축물에 신설되는 배관의 경우, 공사 및 제품의 제작과정에서 유입되는 각종 오일(절삭오일, 방청유 등)이나 각종 이물질(돌, 모래, 금속 Chip 등)을 효과적으로 제거하고, 기존 배관의 경우에는 청결한 급수나 급탕이 보장되면서 보건위생의 확보와 함께 배관의 수명을 연장시키기 위해 적수(赤水), 부식 또한 세균 번식의 원인이 되는 슬라임 등을 제거하는데 있으며, 그 특징은 다음과 같다.

- (1) 건축물 및 플랜트 배관의 구조 및 크기에 관계 없이 적용이 가능하여 범용성이 높다.
- (2) 압축공기를 기본으로 하므로 사용에 안전하다.
- (3) 화공약품을 사용하지 않아 환경오염의 염려가 없고 작업이 끝난 후 중화과정 없이 바로 음용수로 이용할 수 있다.
- (4) 세척대상 배관의 상태에 맞추어 작업조건을 변경시킬 수 있어 적용성이 높다.
- (5) 작업이 간단하고 작업시간이 짧아 경제적이다.
- (6) 배관에 미치는 충격이 상대적으로 미약하며 부식이 전무하여 노후관에 대한 안정성이 높다.

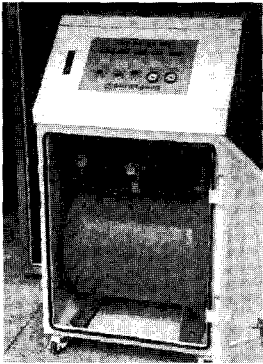
고압 배관세척장치의 구성은 건축물의 급수, 급탕

〈표 1〉 고압 배관세척장치의 주요 구성요소

구성 품목	규격 및 적용 범위	비 고
압력 지시계	0~10 kg/cm <sup>2</sup>	1차 및 2차 압력표시
Operation Timer	0~999.9 분	작동시간
Delay ON/OFF Timer	0~999.9 초	Delay 시간
Pulse ON/OFF Timer	0~99.99 초	Pulse 시간
Compressor Motor	-	
Air Pulse 연결구	-	배관의 Air Pulse 전달
Air Tank	Ø500 X 700L	
Graphic Board	AL 400 X 250	
P.L.C.	K-10S	



〈그림 5〉 고압 배관세척장치



〈그림 6〉 배관세척장치의 Switch Board



이나 배수시스템의 세척장치의 적용성 실험을 위한 고압 배관세척장치를 구성하였으며, 그 구성 내용은 다음의 <표 1>과 같다.

건축물의 적용성을 위해 구성한 고압 배관세척장치의 개괄적인 전경을 <그림 5>에 나타내고 있으며, <그림 6>에 Switch Board 및 계기판 등을 표시하고 있다.

### 4.3 고압 배관세척용 실험장치의 설치

건축물이나 플랜트배관에 대해서 고압 배관세척의 적용성을 실험하고 분석하기 위해서 급수, 급탕 배관을 모의적으로 설치하였으며, 이에 대한 내용은 다음과 같다.

- (1) 배관세척용 실험장치는 국민주택 규모의 공동주택을 기준으로 하였다. 실험장치는 건물의 일반적인 층고를 적용하고 높이변화에 대한 세척장치의 영향을 분석하고자 하여 2개 층으로 구성하였으며, 각층에 급수용 수도꼭지 3개, 샤워기, 욕조, 변기 및 세면기를 각 1개씩 재현하여 설치하였다. 난방배관은 규모를 모의적으로 축소하여 바닥난방 코일로 설치하였다.
- (2) 급수 배관재료로는 일반적으로 많이 사용하는

PVC관으로 하였고, 난방 배관 재료는 금속관으로 동관을 사용하였다. 또한, 고압의 배관세척실험장치에서 가시적으로도 내부의 흐름상태를 직접 볼 수 있도록 투명한 관을 중간에 일부 삽입하였다.

(3) 급수용 및 난방용 배관의 압력분포를 확인하기 위해서 입구 및 출구에 각각 압력계를 부착하였다. 특히, 정상류에서

의 압력분포와 함께 고압이 유체의 흐름에 가해졌을 경우에 대한 배관내부의 압력변화에 대해서 고찰하여 보고자 하였다. 또한, 급수 및 난방용으로 유량을 확인하기 위한 유량계를 부착하였다.

- (4) 배관 세척실험장치에 급수 및 난방용으로 급수 펌프를 설치하였으며, 흐름에 고압을 적용하였을 경우 흐름 방향으로의 역류(逆流)를 방지하기 위해서, 배관 세척장치로의 흐름을 방지하기 위해서 Check 밸브를 각각 사용하였다. 배관내의 흐름을 제한하던가 혹은 조절하기 위해서 필요한 곳에 역시 밸브를 설치하였다.
- (5) 실험장치의 규모와 함께 층고가 높지 않기 때문에 수격현상(Water Hammering)에 대한 것은 고려하지 않았으며, 배관 세척효과를 극대화시킬 수 있는 장소에 세척장치를 설치하였다.

### 4.4 배관세척 실험 및 자료분석

일반 건물 및 플랜트 배관에서 고압 배관 세척장치의 적용성을 위해서 고압의 Pulse를 적용하는 시간(Pulse on Time)을 2~20 초로 설정하고, Pulse

연구 ● 배관세척장치의 성능평가

〈표 2〉 Pulse on/off Time에 따른 유량

(단위 : l / min)

구 분		Pulse on Time (sec)					
		2	4	6	8	10	20
Pulse off Time (sec)	20	27.0	25.8	24.6	23.8	23.2	19.4
	30	27.8	27.2	26.2	25.8	24.6	23.0
	40	28.6	28.0	27.2	26.2	26.0	23.8
	60	29.0	28.6	28.0	27.4	26.6	24.6
	90	29.2	28.8	28.4	27.8	27.8	25.8
	100	29.4	29.1	28.8	28.3	27.9	26.3

를 적용하지 않는 시간(Pulse off Time)을 20~100 초로 하여, 그 때의 배관 내에 흐르는 유량을 측정하였다.

이와 같이 Pulse 적용에 따른 유량의 변화를 〈표 2〉에 표시하였으며, 고압 배관 세척장치에서 약 7 kg/cm<sup>2</sup> 정도의 Air Pulse 작동시에는 배관 경로에 따라서 많은 차이가 발생할 수 있지만, 보통 1.5~2.5 kg/cm<sup>2</sup> 정도의 압력차(P)가 발생하고 있다.

(1) Pulse on Time의 변화에 따른 유량의 변화

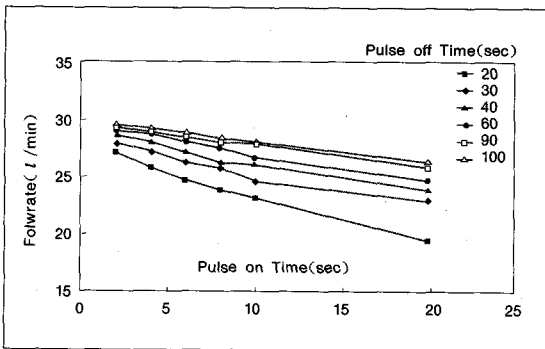
배관 세척장치의 Air Pulse를 적용시키지 않는 시간을 2~20 초로 변화시켰을 경우에 배관 내를 흐르는 유량의 변화를 〈그림 7〉에서 나타내고 있다. 그림에서

보면 Pulse on Time을 증가시키면 증가시킬수록 유량은 작게 나타나고 있으며, 그 경향은 Pulse off Time이 클수록, 또한 Pulse on Time이 적을수록 변화가 적음을 알 수 있다. 이는 배관세척장치의 Pulse off Time이 30 초(0.5 분)이상일 경우에는 Pulse on Time을 5초 정도를 적용한다면, 배관내의 유량변화가 별로 없음을 확인할 수가 있다.

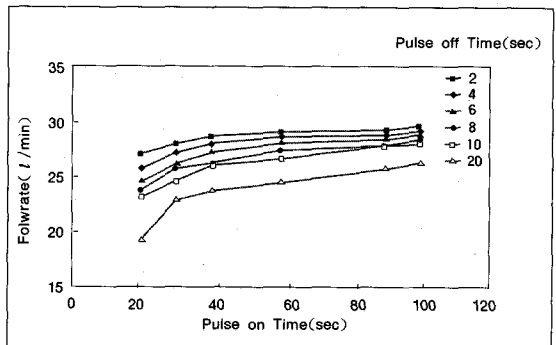
(2) Pulse off Time의 변화에 따른 유량의 변화

배관 세척장치의 Air Pulse를 적용시키지 않는 시간을 20~100 초로 변화시켰을 경우에 배관 내를 흐르는 유량의 변화를 〈그림 8〉에서 나타내고 있다. 그림에서 보면 Pulse off Time을 증가시키면 증가

〈그림 7〉 Pulse on Time변화에 따른 유량변화



〈그림 8〉 Pulse off Time 변화에 따른 유량변화



시킬수록 유량도 증가되고 있으나, 그 경향은 Pulse off Time이 클수록, 또한 Pulse on Time이 적을수록 변화가 적음을 알 수 있다.

또한, 배관 세척장치의 Pulse off Time이 30~40 초 이상일 경우에는 앞에서 언급한대로 Pulse on Time을 5초 정도를 적용한다면, 배관내의 유량 변화가 별로 없음을 확인할 수가 있다.

#### 4.5 고압 배관세척장치의 적용성 고찰

##### 4.5.1 고압 배관세척장치의 적용효과

다른 배관세척공법과 달리 건축물이나 플랜트 배관에서 손쉽게 사용할 수 있는 고압 세척방법은 실험과 분석자료를 토대로 그 적용효과를 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 기존의 공동주택이나 집단주택 등의 건물에서는 정기적으로 저수조의 청소를 실시하고 있지만, 일반적으로 건축물의 배관내부를 세척하지는 않는다. 하지만 고압 세척장치의 적절한 사용으로 인하여 저수조의 정기적인 청소와 병행하여 실시하므로써, 급수의 오염을 원천적으로 방지하여 보건위생을 확보할 수 있으며, 급수관이나 급탕관 등 배관의 안정적 수명보장에도 기여할 수 있을 것이다.
- (2) 배관의 면에 부착되는 스케일이나 슬라임 등의 이물질 제거함으로써 부식을 방지하고, 배관의 내구성을 향상시키기 때문에 배관의 갱신에 따른 비용을 크게 줄일 수 있으므로 건물의 유지관리비의 부담을 줄이고, 자원의 낭비를 방지할 수 있다.
- (3) 신축 건물이나 플랜트 등에 신설되는 배관의 경우 공사과정에서 유입될 수 있는 각종 이물질(용접슬래그, 철삭오일, 방청유 등), 모래,

금속칩 등을 관 모재의 손상없이 효과적으로 제거할 수 있기 때문에 이를 세척할 때에 대량으로 소비되는 노력 뿐만 아니라 일반적으로 사용하는 세척수의 양을 절약할 수 있다.

- (4) 고압 세척장치를 통한 압축공기만을 사용하므로 세척으로 인한 2차 환경오염을 발생시킬 염려가 없으며, 작업이 종료된 후에도 중화과정이 전혀 필요치 않으므로 급수관을 세척할 경우 바로 음용할 수 있을 정도로 위생적이다.
- (5) 난방관인 경우, 정기적인 세척으로 열관류율을 향상시킬 뿐만 아니라, 관마찰손실을 줄일 수 있기 때문에 열매(熱媒)의 수송에 따른 동력비용을 줄일 수 있어 에너지 절약효과를 높일 수 있다.
- (6) 운전이 단순하고 작업시간이 짧아 경제적인 뿐만 아니라, 다른 기계적인 방법에 비해 배관에 미치는 충격 등의 영향이 상대적으로 미약하여 작업과정에서 모재(母材)에 손상이 없기 때문에, 노후관에 대한 적용에도 부작용이 적다.

##### 4.5.2 고압 배관세척공법의 적용방안

배관의 고압세척장치에 대한 실험적용을 통한 실용화 기술로서, 건축물 및 플랜트 등의 배관에 적용 방안을 도출하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

###### (1) 고압 세척장치의 설치방안

고압의 공기를 일반 배관시스템에 적용함으로써 유체의 흐름을 난류로 형성하기 위한 배관 세척장치는 PLC(Programmable Logic Control)를 이용한 세척장치 즉, Air Pulse Generator를 사용한다. 일반적인 배관임을 고려하며, 약  $7 \text{ kg/cm}^2$  정도의 압력을 발생시켜 적용할 수 있고,  $2 \text{ kg/cm}^2 \sim 7 \text{ kg/cm}^2$ 의 충격압력을 자동제어 하도록 한다. 또한, 배관 세척장치의 설치.운전을 위해 Check 밸브 및 압력측정용

압력계를 설치하여야 할 것이다.

(2) 고압 세척장치의 운전방안

실험모델의 적용을 통해서 보면, Pulse on Time 을 증가시키면 증가시킬수록 유량은 작게 나타나고 있으며, 그 경향은 Pulse off Time이 클수록, 또한 Pulse on Time이 적을수록 변화가 적음을 알 수 있었다. 이는 배관 세척장치의 Pulse off Time이 30~40 초 이상일 경우에는 Pulse on Time을 5초 정도 적용한다면, 배관내의 유량변화가 별로 없음을 확인할 수가 있다.

따라서, 운전은 5초 정도의 Pulse를 적용하고, 최소한 30 이상의 Pulse off Time을 주도록 운전한다면 효과적일 것이다.

또한, 적용시기는 난방배관의 경우에는 비난방기간 동안 배관내부에 부착되었을 이물질들을 난방 초기에 고압세척기로서 세척한다면 열전달효과를 극대화시킬 수가 있으며, 기타 배관은 배관내의 유량에 따라 월별, 분기별 등으로 적용할 수가 있다.

(3) 고압 세척시스템의 적용방안

배관의 고압세척시스템의 적용에는 간편하게 설치하고, 그 특성상 편리하게 운영할 수 있으나, 고압의 Pulse를 이용하기 때문에 적용범위에는 제한이 뒤따르게 된다. 즉, 고압의 충격파가 흐르는 유체에 전달되면 이 유체에서 급격히 감소되기 때문에 미치는 영역은 일부에 지나지 않아 부분적으로 설치하여 운영되어야 하며, 이는 공동주택에서는 몇 개의 구역(Zone)으로 나누어 적용한다면 가능할 것이다.

또한, 세척시스템의 특성상 흐르는 유체에 고압이 가해지면 난류의 흐름이 자연스럽게 확대되어 효과가 한층 좋을 수 있다. 특히, 난방배관에서 보다도 급수배관에서 비급수시간에 밸브가 닫혀있는 상태(closed)에 적용된다면 순간적으로 배관내부가 고압

이 형성되어 연결구나 기타 취약한 부분에서 손상이 발생할 수도 있어, 항상 흐름이 유지되는 시간에 적용하는 것이 효과적이 될 수 있다.

5. 결론

많은 대형 빌딩, 고층의 아파트 그리고 다양한 플랜트 등의 건물이 새로 건설되고 있지만, 기존 노후 건물의 경우에는 개선(Repair)이나 갱신(Renovation)의 요구가 되고 있다. 이는 건물의 수명보다도 설비계통 특히, 배관에서의 수명이 문제가 되고 있다. 이러한 배관의 내구성 확보에 대한 필요성은 급수관의 부식과 적수의 발생, 급탕, 공조배관의 열화 등이 사회적인 문제로 등장하면서 일고 있으며, 최근에 내구성 자재나 방식방법 등의 등장으로 이전에 비해서는 많은 개선이 있다고 보여지지만 설비시스템 전체적으로 보면 체계적인 조화가 이루어진 대책이 필요한 실정이다. 따라서, 고압 배관 세척장치의 적용성 및 그 효과분석의 연구를 수행한 결과를 요약, 정리하면 다음과 같다.

(1) 건축물이나 플랜트배관 등 세척분야의 새로운 영역 개척

기존 공법, 즉 Brush 공법, 화학세관 방법이나 기타 다른 방법으로는 세척이 불가능하였던 건축물, 플랜트 등의 복잡한 배관에 대해서 효과적인 세척기술을 확보하였으며, 대규모의 복잡한 구조를 갖는 배관에서도 가능한 내구성 향상기술의 확보에 대한 적용성을 제시하였다.

(2) 에너지절약 및 환경친화적인 배관세척기술 개발

기존의 배관세척장치는 화학약품을 사용한다던지 혹은 외부에서 물리적인 기구를 삽입하여 배관을 세

척하는 기술 등을 사용하기 때문에 사용방법에 대해서 일부 혹은 전체적으로 제약적인 요인이 발생할 수 있으나, 급수나 급탕 및 배수 그 자체의 물과 외부에서 가해지는 고압의 공기만을 역학적으로 활용하기 때문에, 환경친화적인 배관세척장치의 모델을 확보하였다.

이는 기포의 성장과 파쇄에 의한 충격력을 이용하므로 균일한 세척상태의 확보와 아울러 배관의 초기 세척용으로 사용하기 때문에 수자원의 절약에도 기여할 것으로 판단된다.

### (3) 기존배관 세척공법 문제점에 대한 개선

기존의 세척방법의 주류를 이루고 있는 외부의 충격이나 화학약품에 의해서 배관의 모재(母材)가 손상되는 것을 방지하는 효과와 함께, 세척 대상 배관의 직경, 구조의 복잡성 등의 적용에 관한 한계성을 극복하는 범용성 있는 방법으로 고압 세정장치의 적용성에 대한 설치방법, 유지 및 운영방안을 제시하였다.

### (4) 공법의 단순화 및 공사비 절감 실현

기존의 배관시설에 고압세척장치의 단순한 연결만으로 배관의 세척시스템이 완성되기 때문에 특별한 전문적 지식 및 숙련이 요구되지 않으며, 또한 적용 및 조작이 용이하여 비숙련공에 의한 단순작업으로 공사비가 저렴하도록 하였다. 이로 인한 설치장치의 적용방안을 제시하였다.

특히, 배관 세척장치의 PLC(Programmable Logic Control) 부착으로 인한 자동제어작동이 가능하여 운전의 간편화의 도모가 가능하다.

### (5) 고압 세척장치의 적용효과 분석

건물이나 공동주택의 배관망에 간편한 설치가 가능한 고압 세척장치를 이용하여 배관세척 모델에 대한 실험자료의 분석(사용유량, 적용압력 및 적용시간 등)을 실시하였으며, 그 설치방법, 적용효과 및 유지 관련 방안을 제시하였다. 특히, 기존 건물에서 간헐적으로 사용하고 있는 난방배관이나 주기적으로 사용하고 있는 급수배관의 적용성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하였다.

## 참고문헌

1. Stephen J. Treado, 1997, Test Procedure for Plumbing Systems, National Institute of Standards and Technology
2. 大橋 利見, 2000, 2, 排水管の洗浄と清掃 - 高圧洗浄機およびワイヤ式排水管清掃機等による洗浄と清掃, 建築設備と配管工事
3. 신현준 외, 1997, 5, 도시 미활용에너지 이용 열펌프시스템 개발 - 하수열원 열펌프시스템 개발을 중심으로, 통상산업부, 93-P-23-01
4. 室稿 一秀, 2000, 2, シースネイク管内カメラと排水管清掃の實際 - 高機能管内カメラ シースネイク とコルマン排水管清掃機について, 建築設備と配管工事
5. 공기조화.냉동공학회, 1996, 5, 공기조화.냉동.위생공학 편람, 제4권 위생.소방 및 환경, 제2편 급배수 위생설비
6. ASHRAE, 1996, Basic Water System Design, ASHRAE Handbook, Chap. 14
7. 空氣調和.衛生工學會, 1995, 給排水.衛生設備計劃設計の實務の知識, 日本 空氣調和.衛生工學會