

NSV 수격방지 기술자료

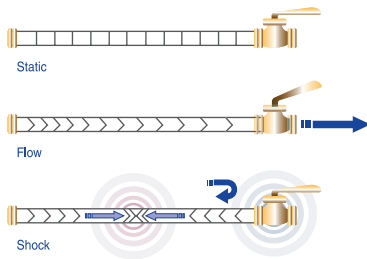
1. 서론

수격현상이란 비압축성 유체인 액체가 흐르는 배관계통에서 유체의 흐름이 갑자기 변경될 때 발생하는 폭발적인 힘과 이에 수반되어 발생하는 충격성 소음 및 진동을 의미한다.

수격현상이 발생하면 아주 높은 강도의 충격파가 배관계통을 따라 전후로 왕복이동하면서 그 에너지가 배관재료의 점성, 유체의 점성력 등에 의하여 소멸될 때까지 지속된다.

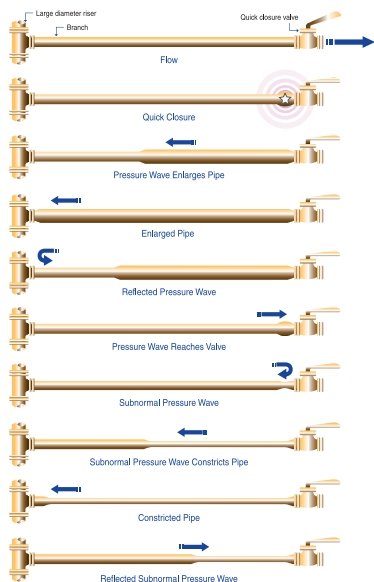
충격파는 배관 중에 설치된 밸브가 급격히 폐쇄되어 유체의 속도가 갑자기 변경될 때 발생하는데, 최근 각종 밸브들이 전기, 공압, 스프링 등으로 자동화되고 수동이라도 원터치 방식으로 작동되는 경우가 많아 급개폐가 이루어지며 수격현상은 점점 더 빈번하게 발생하고 그 강도도 높아지고 있다.

2. 수격현상의 발생



[그림 1] Generation of water Hammer

[그림1]과 같이 배관 내부에 액체가 흐르다가 끝단의 밸브가 급폐쇄 되면 충격파가 발생하여 유동 반대 방향으로 전파된다. 이 충격파의 전파속도는 음속으로 액체가 물인 경우 1200~1500m/s가 된다.



[그림 2] Illustrations of a Shock Wave

[그림2]는 충격파의 이동과 그 때 배관계의 변화를 나타낸다. 이 그림에서 보듯이 충격파가 1회 반복되는 동안 이 배관구간은 팽창→회복→수축→회복의 변화를 반복한다.

이 때, 폭발적인 힘이 배관벽에 작용하여 망치로 배관을 치는 듯한 충격음과 진동이 발생하면 충격파의 압력에 의하여 밸브, 피팅류 등의 구성품과 배관 그 자체가 파손되기도 하고 연결부가 이완되어 누수가 발생하기도 한다.

3. 충격 강도

충격파는 밸브가 급개폐될 때만 발생하며 급개폐는 밸브의 폐쇄 또는 개방 속도가 2L/a초 이하인 경우를 말한다. 밸브 개폐 속도가 2L/a초 이상으로 충분히 길면 충격파는 발생하지 않고 유체의 동압이 단순히 정압으로 변환되어 동압만큼만 압력이 상승한다. 이를 서징(Surging)이라고 한다.

수격현상이 발생할 때 충격파의 최대 압력은 Joukowsky식으로 다음과 같이 계산된다.

$$Pr = \rho a v \text{ (pa)}$$

$$= \rho a v / 98000 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

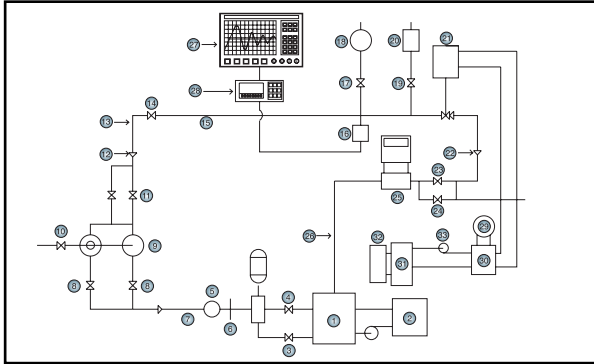
여기서 : Pr:압력상승값  
 ρ:유체밀도 (kg/m³)  
 α:압력파 전파속도 (m/s; 물의 경우 1200~1500)

4. 충격파의 영향(SHOCK WAVE)

- ▶ 파이프의 파열(Ruptured Piping)
- ▶ 이음부분의 누설(Leaking Connections)
- ▶ 접속부위의 약화(Weakened Connections)
- ▶ 파이프 진동 및 소음(Pipe Vibration and Noise)
- ▶ 밸브의 손상(Damaged Valves)
- ▶ 체크 밸브의 손상(Damaged Check Valves)
- ▶ 유량계의 손상(Damaged Water Meters)
- ▶ 압력 조정기와 게이지의 손상 (Damaged Pressure Regulators and Gauges)
- ▶ 자동 기록기의 손상(Damaged Recording Apparatus)
- ▶ 파이프 행거 또는 썬포트의 이완 (Loosened Pipe Hangers and Supports)
- ▶ 탱크와 온수기의 파열 (Ruptured Tanks and Water Heaters)
- ▶ 기타 시설 및 장치의 파손 등 (Premature Failures of Other Equipment and Devices)

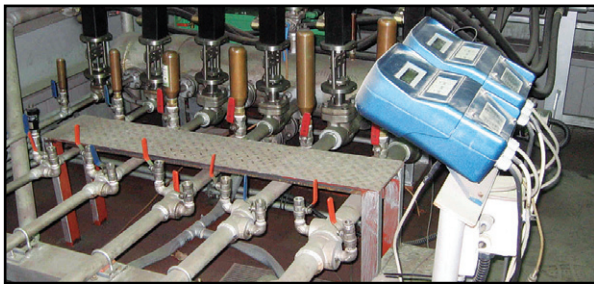
5. 수격방지 시험장치

[그림 3]은 KS B 2375 규격에 예시된 충격 흡수 능력 시험장치이며 [그림 4]당사가 보유한 충격 흡수 능력 시험설비이다



[그림3] KS B 2375 충격 흡수 능력 시험장치

| 번호 | 명칭               | 번호 | 명칭            | 번호 | 명칭          |
|----|------------------|----|---------------|----|-------------|
| 1  | 물탱크              | 12 | 250A 리턴 밴드    | 23 | 50A 메터링 밴드  |
| 2  | 가열기              | 13 | 벨브            | 24 | 15A 메터링 밴드  |
| 3  | 50A 게이트 밸브       | 14 | 50A 게이트 밸브    | 25 | 유량계         |
| 4  | 40A 게이트 밸브       | 15 | 강관            | 26 | 강관          |
| 5  | 원심 펌프            | 16 | 압력 변환기        | 27 | 오실로스코프      |
| 6  | 환수용 티, 엘보        | 17 | 볼 밸브          | 28 | 디지털 압력 기록계  |
| 7  | 강관               | 18 | 압력계           | 29 | 가압 펌프       |
| 8  | 50A 게이트 밸브       | 19 | 볼 밸브          | 30 | 수압 솔레노이드 밸브 |
| 9  | 공기압식 물탱크(113.5L) | 20 | 시험용 흡수기       | 31 | 오일 탱크       |
| 10 | 15A 글로브 밸브       | 21 | 50A 수격식 서지 밸브 | 32 | 오일 냉각기      |
| 11 | 80A 게이트 밸브       | 22 | 250A 리턴 밴드    | 33 | 흡수 측정기      |

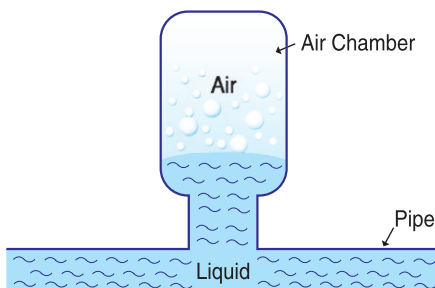


[그림4] 충격 흡수 능력 시험설비

## 6. 수격방지 (Water Hammer Arrester)

수격현상에 대한 대책으로는 급개폐 밸브가 있는 배관 라인에 유체의 압력을 흡수할 수 있는 기체공간(주로 공기)을 설치하면 된다. 미국의 위생배관협회(PDI, Plumbing & Drainage Institute)에서 급수기구의 종류 및 용도, 배관의 길이, 배관의 직경 별로 실험적으로 제시된 적이 있어 업계에 유통되고 있다.

[그림 5]는 초기에 사용된 공기 챔버의 설치 모습이다. 이 경우 챔버 내부에 공기가 액체와 직접 접하고 있어 액체에 용해되거나 기포형태로 소실되어 수격방지 기능을 상실하게 된다.



[그림5] Air Chamber for Arresting Water Hammer

최근에는 공기 챔버 내부에 Air Bladder, 피스톤 등을 사용하여 물과 공기를 분리하고 공기가 유실되는 것을 방지한 수격방지가 사용되고 있다.

## 7. 수격방지의 원리 및 특성

수격방지는 액체가 비압축성 거동을 하게 되어 충격파가 충격을 흡수하지 못하는 반면에 압축성이 큰 기체, 특히 안정성이 높은 공기 및 질소를 유체의 흐름 속에 격리상태로 주입하면 충격력이 발생할 때 초기 체적이 수축하여 충격에너지를 흡수할 수 있다는 원리를 이용한 제품이다.

배관계의 수격현상에 대한 높은 충격에너지를 감소시켜서 안정된 정상류의 흐름을 가지게 하는 수격방지의 특성은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ▶ 펌프 운전시 맥동을 유지
- ▶ 수격현상에 대한 소음진동 흡수
- ▶ 소화 배관시설의 충격압력 방지
- ▶ 사람과 인접한 거리에서 정숙한 환경의 보전시에 적용
- ▶ 냉온용 순환펌프가 자동제어로 시동 및 종료시에 체크밸브 개폐에 따른 충격 발생시 소음진동의 감쇠 및 흡수

| 구분 | 고무막 내장형   | 벨로우즈 내장형     | 피스톤 내장형           |
|----|---|--------------|-------------------|
| 형태 |   |              |                   |
| 용도 | - 배관계의 수격 및 맥동현상의 방지용<br>- 위생설비의 Flush Valve보호용 | - 송유관의 충격방지용 | - 유압기구의 압력제어용 위생용 |

상기구조의 제품들은 보일의 법칙  $[P_1V_1 = P_2V_2 = 일정]$ 에 의해 충격압력을 흡수한다.

- $P_1P_2$  = 수격방지의 최초 및 최종 상태에서의 압력 ( $kg/cm^2$ )
- $V_1V_2$  = 공기 또는 질소 가스실의 체적 ( $m^3$ )

## 8. 수격방지의 용량산출

수격방지는 내부용적으로 표현이 가능하며, 필요한 용량은 GREER MERCIER의 실험식에 의해 다음과 같이 계산이 가능하다.

$$V = \frac{4.0 \times 10^{-3} \times QP_1(0.016L - tc)}{P_1 - P_2} \quad [Liter]$$

여기서,

Q : 밸브 차단전의 유량 (liter/min)

P1 : 허용충격압력 ( $kgf/m^2$ ), 보통 P2의 1.5배이나 250A 이상일 때는 2배로 한다.

P2 : 밸브 차단전의 압력 ( $kgf/cm^2$ )

tc : 밸브 차단후 압력파의 왕복시간 ( $0.3 \sim 0.5sec$ ) =  $2L/C$

L : 전체 배관길이 (m)

NSV 수격방지기 선정자료

1. 주요 기구 급수단위 (Fixture Unit) ※

| 기구       | 공급량<br>조절기구 | 공 용 |      |      | 개인용 |    |    |
|----------|-------------|-----|------|------|-----|----|----|
|          |             | 계   | 급수   | 급탕   | 계   | 급수 | 급탕 |
| 대변기      | 플러쉬 밸브      | 10  | 10   |      | 6   |    |    |
|          | 플러쉬 탱크      | 5   | 5    |      | 3   |    |    |
| 소변기      | 대형스틀        | 10  | 10   |      |     |    |    |
|          | 중형스틀,벽걸이용   | 5   | 5    |      |     |    |    |
|          | 소형스틀,벽걸이용   | 3   | 3    |      |     |    |    |
| 세면기      | 수 전         | 2   | 11/2 | 11/2 | 1   | 1  | 1  |
| 샤워헤드     | 혼합수전        | 4   | 2(4) | 3    | 2   | 1  | 2  |
| 욕실<br>전체 | 플러쉬 밸브      |     |      |      | 8   | 8  | 3  |
|          | 플러쉬 탱크      |     |      |      | 6   | 6  | 3  |
| 독립샤워     | 수 전         |     |      |      | 2   | 1  | 2  |
| 서비스싱크    | 수 전         | 3   | 3    | 3    |     |    |    |
| 세탁용 통    | 수 전         |     |      |      | 3   | 3  | 3  |
| 혼합기구     | 수 전         |     |      |      | 3   | 3  | 3  |

※기구 급수단위 (FU : Fixture Unit)란?

PDI에 의해 오랜 연구와 실험결과를 통하여 자료화 된 것으로 "각종 급수기구의 기구 급수부하 단위유량을 미리 정한 기준 유량으로 나눈 숫자이다. 즉, 수압이 1kgf/cm<sup>2</sup> 인 상태에서 세면기를 사용할 때 이의 몇 배에 해당하는가를 나타낸 숫자이다."

2. 배관내 압력에 의한 선정기준

위생 기구에 연결되는 배관내 이상적인 압력은 4.0kgf/cm<sup>2</sup> 이하이다. 너무 수압이 높을 때에는 감압 밸브를 설치하여 기구를 보호해야 한다. 배관내 압력을 기준으로 수격 방지기를 선정하는 기준은 아래와 같다.

|                                  |                         |
|----------------------------------|-------------------------|
| 수압이 4.5kgf/cm <sup>2</sup> 이하일 때 | FU기준 규격을 그대로 선정한다(표준규격) |
| 수압이 4.5kgf/cm <sup>2</sup> 초과일 때 | 표준규격보다 1단계 큰 규격을 선정한다   |

3. 배관 길이에 의한 선정기준

멀리 떨어져 있는 단일의 위생 기구나 장비류의 공급 배관에 설치할 규격 선정 방법은 다음과 같다.

(A) 수압이 4.5kgf/cm<sup>2</sup> 이하인 배관의 경우

| 배관길이 \ 관경(B) | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/4" | 1 1/2" | 2"    |
|--------------|------|------|----|--------|--------|-------|
| 25ft(8m)     | A    | A    | B  | C      | D      | E     |
| 50 (15)      | A    | B    | C  | D      | E      | F     |
| 75 (20)      | B    | C    | D  | A,E    | F      | E,F   |
| 100 (30)     | C    | D    | E  | F      | C,F    | F,F   |
| 125 (40)     | C    | D    | F  | A,F    | E,F    | E,F,F |
| 150 (50)     | D    | E    | F  | D,F    | F,F    | F,F,F |

(B) 수압이 4.5kgf/cm<sup>2</sup> 초과 6.0kgf/cm<sup>2</sup> 이하인 배관의 경우

| 배관길이 \ 관경(B) | 1/2" | 3/4" | 1"  | 1 1/4" | 1 1/2" | 2"      |
|--------------|------|------|-----|--------|--------|---------|
| 25ft(8m)     | B    | B    | C   | D      | E      | F       |
| 50 (15)      | B    | C    | D   | E      | F      | C,F     |
| 75 (20)      | C    | D    | E   | F      | C,F    | F,F     |
| 100 (30)     | D    | E    | F   | C,F    | F,F    | E,F,F   |
| 125 (40)     | D    | E    | C,F | D,F    | F,F    | B,F,F,F |
| 150 (50)     | E    | F    | C,F | F,F    | D,F,F  | F,F,F,F |

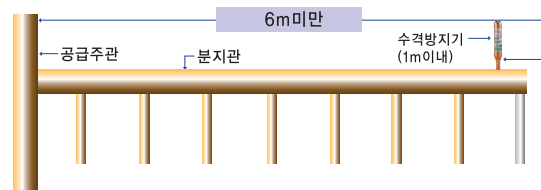
(A)는 위생기구에 연결되는 지관의 수압이 4.0kgf/cm<sup>2</sup> 이하로 유지된 이상적 배관계통에 적용하며,

(B)에서와 같이 관내 수압이 4.5kgf/cm<sup>2</sup> 초과 6.0kgf/cm<sup>2</sup> 이하인 배관계통에서는 4.5kgf/cm<sup>2</sup> 이하인 배관 계통에서 보다 1단계 큰 규격을 선정해야 한다는 것에 유의할 필요가 있다.

4. 설치 방법 기준

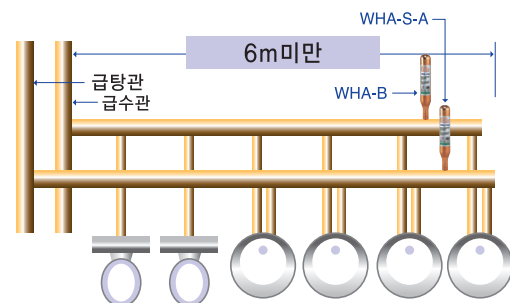
▶ 원칙-1 분지관의 길이가 6m미만일 때

마지막 2개의 위생 기구에 연결되는 공급 지관의 중간에 설치한다.



[그림6]원칙-1에 의한 설치위치

예제] [그림 6]에서와 같은 급수 · 급탕 배관 계통에 필요한 수격 방지기의 규격을 선정한다.



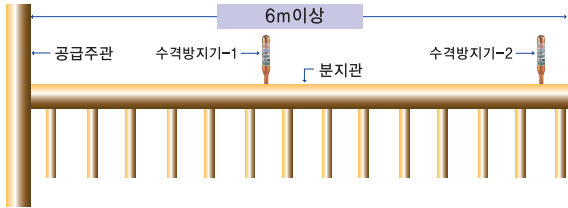
[그림7] 원칙-1에 의한 설치 예제

| 기구        | 급수용                         | 급탕용                          |
|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| 대변기 (F.V) | 10 × 2 = 20                 | -                            |
| 세면기       | 1.5 × 4 = 6                 | 1.5 × 4 = 6                  |
| 계         | 26                          | 6                            |
| 선 정       | WHA-B × 1EA<br>(FU : 12~32) | WHA-S-A × 1EA<br>(FU : 4~11) |

(해) FU와 모델 선정 결과

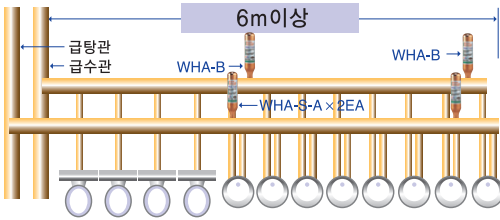
# NSV 수격 방지 자료

▶ 원칙-2 분지관의 길이가 6m이상일 때 해당 구간 전체 FU수의 1/2구간을 나누어 2개의 수격 방지기를 설치한다.



[그림8] 원칙-2에 의한 설치 예제

예제) [그림 8] 에서와 같은 급수·급탕 배관 계통에 필요한수격 방지기의 규격을 선정한다.

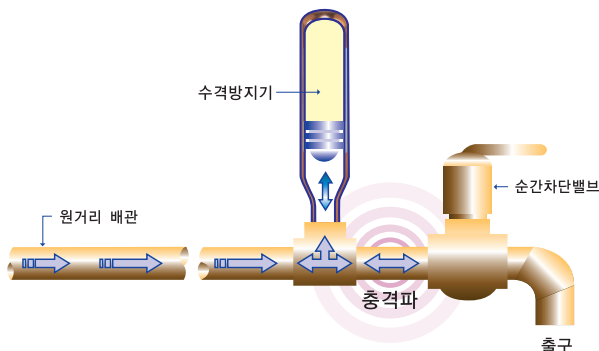


[그림9] 원칙-2에 의한 설치 예제

| 기구        | 급수용                         | 급탕용                          |
|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| 대변기 (F.V) | $10 \times 4 = 40$          | -                            |
| 세면기 계     | $1.5 \times 8 = 12$         | $1.5 \times 8 = 12$          |
| 선 정       | WHA-B × 2EA<br>(FU : 12~32) | WHA-S-A × 2EA<br>(FU : 1~11) |

(해) FU와 모델 선정 결과

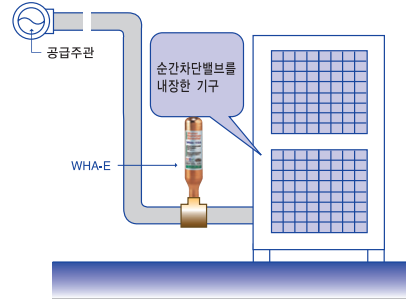
▶ 원칙-3 기구까지의 거리가 먼 배관 계통의 경우 가급적 급폐쇄점에 가깝게 설치



[그림10] 원칙-3에 의한 설치 위치

예제) [그림 10] 에서와 같은 배관 계통(조절 밸브, 진공 브레이커 및 기타 배관에 설치되는 장치는 생략된 것이다)

에 설치된 단일의 기구나 장비에 대한 수격 방지기의 규격을 선정한다.

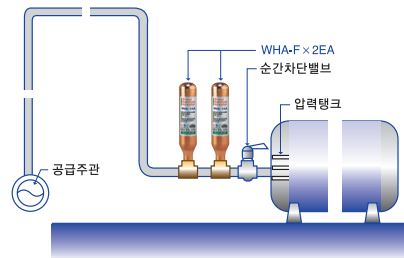


[그림11] 순간 차단밸브가 부착된 장비

| 구 분 | 급수용  |
|-----|--|
| 조 건 | 관 경(B)<br>배관길이(m)<br>수압(kgf/cm <sup>2</sup> )<br>유속(m/s) |
| 선 정 | WHA-E × 1EA<br>(FU : 114 ~ 154)                          |

(해) FU와 모델 선정 결과

예제) [그림 12]에서와 같은 배관 계통(순간차단밸브가 설치)의 단일기구나 압력 탱크 장비에 대한 수격 방지기 규격을 선정한다.



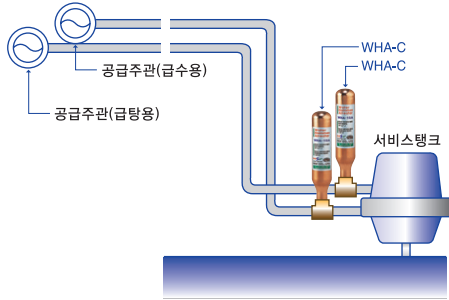
[그림12] 순간 차단밸브가 부착된 압력 탱크

| 구 분 | 급수용  |
|-----|--|
| 조 건 | 관 경(B)<br>배관길이(m)<br>수압(kgf/cm <sup>2</sup> )<br>유속(m/s) |
| 선 정 | WHA-E × 2EA<br>(FU : 155 ~ 330)                          |

(해) 배관 길이에 의한 모델 선정 결과

# NSV 수격 방지 자료

예제] [그림 13] 에서와 같은 급수·급탕 계통에 설치된 단일 기구 (서비스 싱크)에 대한 수격 방지기 규격을 선정한다.

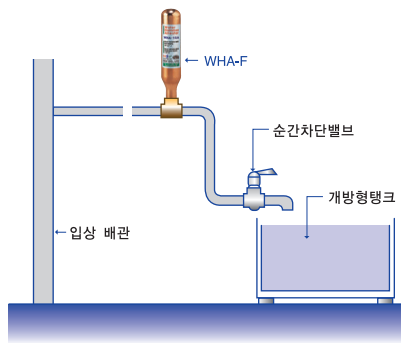


[그림13] 단일 기구(서비스 싱크)

| 구 분                 |                          | 급수용            |
|---------------------|--------------------------|----------------|
| 조 건                 | 관 경(B)                   | 3/4"           |
|                     | 배관길이(m)                  | 20             |
|                     | 수압(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 3.4            |
|                     | 유속(m/s)                  | 1.8            |
| 선 정                 |                          | WHA-C × 각1EA   |
| 〈배관길이기준 선정표〉의 (A)참조 |                          | (FU : 33 ~ 60) |

(해) 배관 길이에 의한 모델 선정 결과

예제] [그림 14] 에서와 같은 배관 계통(순간차단밸브 설치)의 단일 기구나 압력 탱크 장비에 대한 수격 방지기 규격을 선정한다.

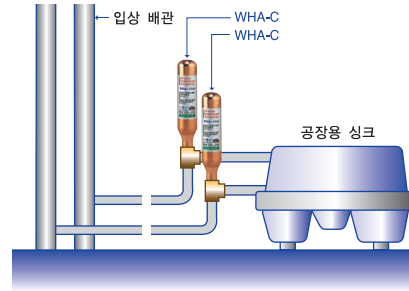


[그림14] 단일 기구(개방형 싱크)

| 구 분                 |                          | 급수용              |
|---------------------|--------------------------|------------------|
| 조 건                 | 관 경(B)                   | 1 1/4"           |
|                     | 배관길이(m)                  | 30               |
|                     | 수압(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 3.6              |
|                     | 유속(m/s)                  | 2.44             |
| 선 정                 |                          | WHA-F × 1EA      |
| 〈배관길이기준 선정표〉의 (A)참조 |                          | (FU : 155 ~ 330) |

(해) 배관 길이에 의한 모델 선정 결과

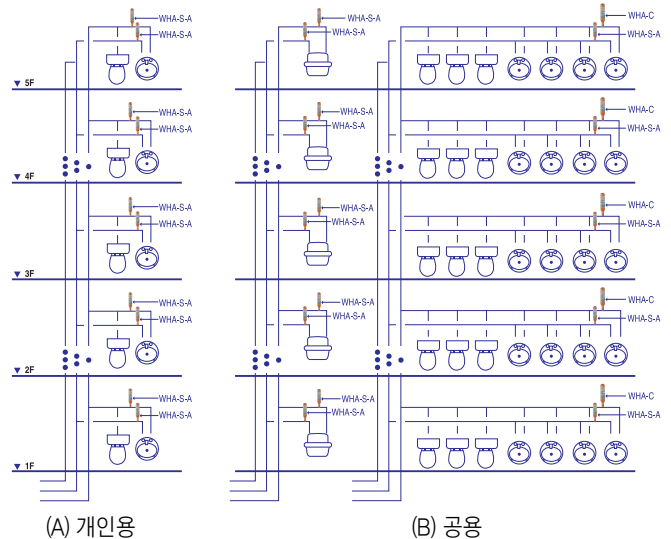
예제] [그림 15] 에서와 같은 급수, 급탕 배관 계통에 설치된 단일의 기구나 장비에 대한 수격 방지기의 규격을 선정한다.



[그림15] 순간 차단밸브가 부착된 공장용 싱크

| 구 분                 |                          | 급수용            |
|---------------------|--------------------------|----------------|
| 조 건                 | 관 경(B)                   | 1"             |
|                     | 배관길이(m)                  | 15             |
|                     | 수압(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 3.1            |
|                     | 유속(m/s)                  | 2.44           |
| 선 정                 |                          | WHA-C × 각1EA   |
| 〈배관길이기준 선정표〉의 (A)참조 |                          | (FU : 33 ~ 60) |

(해) FU와 모델 선정 결과

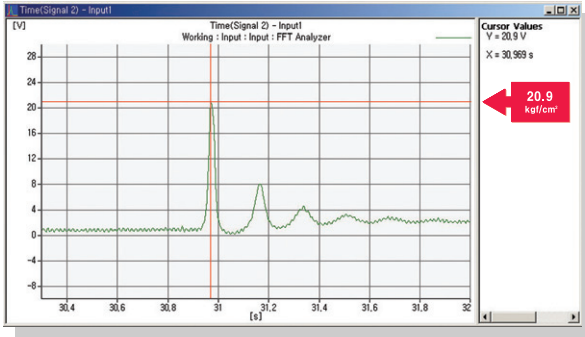


[그림16] 수격방지기기 선정된 위생배관 계통도

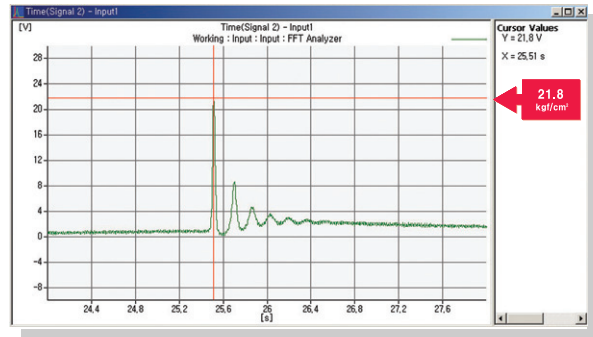
5. 최대 충격 입력 측정 DATA

▶ WHA-S-AA 동관 위생용 수격방지기 TEST 결과  
(배관압력:4.0kgf/cm<sup>2</sup> 기준)

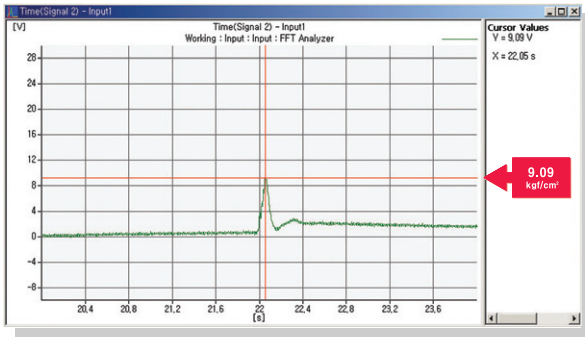
▶ WHA-S-A 동관 위생용 수격방지기 TEST 결과



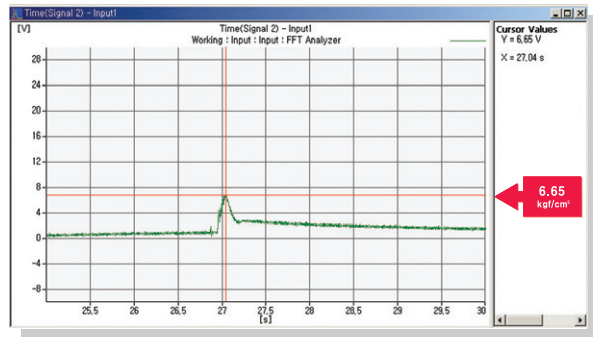
• 수격방지기 설치 전 [20.9 kgf/cm<sup>2</sup>] •



• 수격방지기 설치 전 [21.8 kgf/cm<sup>2</sup>] •



• 수격방지기 설치 후 [9.09 kgf/cm<sup>2</sup>] •  
100,000회 작동시



• 수격방지기 설치 후 [6.65 kgf/cm<sup>2</sup>] •  
100,000회 작동시

6. 수격 방지기 설치 위치 및 적용 모습

