

# 역류방지 글로브 밸브를 이용한 소화 주관계의 진동개선

## Reduction of Fire Main Pipe System's Vibration Using Back Flow Prevent Globe Valve

박미유†·한형석\*·이석수\*

Mi-You Park, HyungSuk Han and SeukSoo Lee

**Key Words** : Back Flow Prevent Globe Valve(역류방지 글로브 밸브), Fire Main Pipe System(소화주관계), MIL-STD-740-2(미군사규격 740-2), Discharge Pipe and Valve(토출 파이프 및 밸브), URN:Underwater Radiated Noise(수중방사소음)

### ABSTRACT

Main source of URN(Underwater Radiated Noise) which is related to the ship's survivability is divided into two groups. Cavitation is main source of URN when the speed of ship is upper than CIS(Cavitation Inception Speed). But when the speed of ship is lower than CIS, main source of URN is structure-borne noise on the hull which is originated from propulsion system, pump system or trnasmitted vibration of pipe system. In this paper, to reduce the vibration of discharge pipe and valve system, back flow prevent globe valve and new rubber mount are applied to the ship. As the result of applying new valve and mount, the vibration is reduced drastically.

### 1. 서 론

수중방사소음이란 기진력에 의하여 선체의 표면이 진동을 일으키거나 프로펠러와 같은 추진장치에서 발생하는 캐비테이션(Cavitation)과 같은 현상 등에 의해서 선체에서 발생하여 주위로 퍼져나가는 소음을 일컫는 것으로서, 함정의 생존성과 밀접한 연관을 갖고 있는데, 이러한 수중방사소음의 주요 소음원은 캐비테이션 초기발생속도(CIS : Cavitation Inception Speed)를 기준으로 구분하여 저감 방안을 연구하여야 한다.

즉, 캐비테이션 초기발생속도 이전 속도에서는 주추진기나 보조기기, 배관계 소음이 큰 영향을 미치게 되며, 함정과 같은 선박의 속도 증가에도 수중방사소음은 비슷한 수준을 유지하게 된다. 하지만 캐비테이션 초기발생속도를 지나 속도가 더 증가하게 되면 수중방사소음은 큰 폭의 증가를 보이게 되며, 이러한 속도에서는 캐비테이션이 지배적인 주 소음원이 된다.

본 논문은 캐비테이션 초기발생속도 이전 속도에서의 수중방사소음을 저감하기 위한 방안으로써, 여러 배관 시스템 소음원 중 소화 주관계(Fire main pipe system)의 진동으로 인해 선체의 표면이 진동을 일으켜 발생하는 수중방사소음을 저감시키고자 실시한 연구에 대하여 기술하였다.

일반적으로 함내 소화를 목적으로 설치된 소화용 배관은 함 전체에 걸쳐 설치되어 있으며 소화에 사용되는 해수는 해수펌프를 통하여 함내 바닥에서 끌어올려져 함 가장자리를 돌아가며 설치되어 있는 소화 배관을 통해 함 전체를 순환한 후, 토출배관을 통해 함외로 배출이 되는데, 해수가 함내로 유입되고 배출되는 펌프 근처 배관에서 큰 진동이 유발되어 선체를 가진 시키게 된다. 본 연구는 이러한 펌프 및 배관 중 선체를 순환한 해수가 배출되는 토출배관부에서의 진동을 저감시킴으로써 수중방사소음을 저감시키고자 진행하였다.

### 2. 소화 주관계의 진동

#### 2.1 소화 주관계

본 연구의 대상 함정에 설치된 소화 주관용 배관은 앞서 Han의 연구[1]에서 언급된 바와 같이 상시 1대의 펌프로 구동되며 화재 시 함내 곳곳에 배치된 최대 4대의 펌프가 구동될 수 있다. 해수는 해수펌프를 통하여 함내 바닥에서 끌어올려져 함 가장자리를 돌아가며 설치되어 있는 소화 배관을 통해 함 전체를 순환한 후, 토출 배관을 통해 함외로 배출되는데, 해수가 함내로 유입되고 배출되는 펌프 근처 배관에서 큰 진동이 유발되어 선체를 가진 시키게 된다. 이에 대한 개략도는 Fig. 1에 나타나 있다.

소화 주관계의 유량 및 압력은 크게 설정되어 있으며, 함 전체에 설치되기 때문에 소음, 진동의 소스로 자주

† 교신저자, 정회원, 국방기술품질원 함정센터  
E-mail : hanhim@dtq.re.kr  
Tel : (051)750-2553, Fax : (051) 758-3992  
\* 국방기술품질원 함정센터

지적되어 왔다.

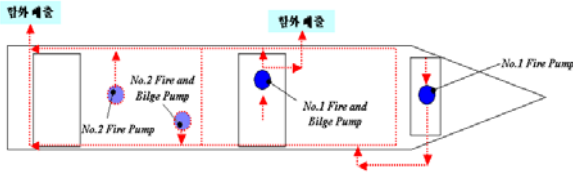


Fig. 1 Schematic diagram of the fire main pipe line

Table 1 Test positions

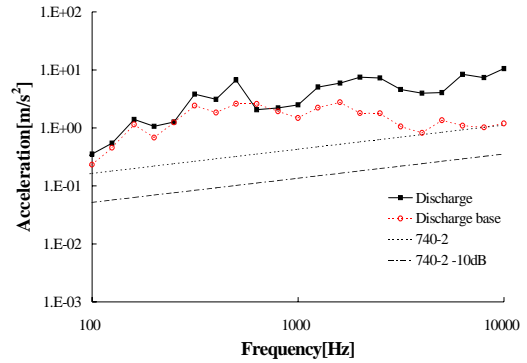
No	Position				함의 토출부	소화주관
	No.1 Fire Pump	No.2 Fire Pump	No.3 Fire Pump	No.4 Fire Pump		
1	흡입1	흡입	흡입1	흡입 base 1	토출1	비더1
2	흡입2	흡입 base	흡입 base	흡입 base 2	토출 base 1	소화주관1
3	Strainer 1	토출1	토출1	토출 base 1	토출2	소화주관2
4	Strainer support 1	토출1 base	토출 base 1	토출 base 2	토출 base 2	소화주관 base 1
5	Strainer support 2	토출2 base	토출2	함외배출밸브 격벽	함외토출구	소화주관 base 2
6	흡입 base	토출2	토출 base 2	토출3 base	함외토출구 base	비더2
7	Strainer base	토출3	토출3	-	격벽1	소화주관3
8	Pump1(흡입측)	토출3 base	토출 base 3	-	격벽2	소화주관4
9	Pump2(1차마운트 상단)	Strainer	토출4	-	-	소화주관5
10	Pump3(1차마운트 하단)	Strainer base	토출5	-	-	소화주관6
11	Pump4(2차마운트 하단)	-	토출6	-	-	-
12	토출1	-	토출 base 3	-	-	-
13	토출1-격벽	-	빌지	-	-	-
14	토출2	-	빌지 base	-	-	-
15	토출2-격벽	-	-	-	-	-
16	토출2-3 격벽	-	-	-	-	-
17	토출3	-	-	-	-	-
18	토출3-격벽	-	-	-	-	-

Table 2 Test results

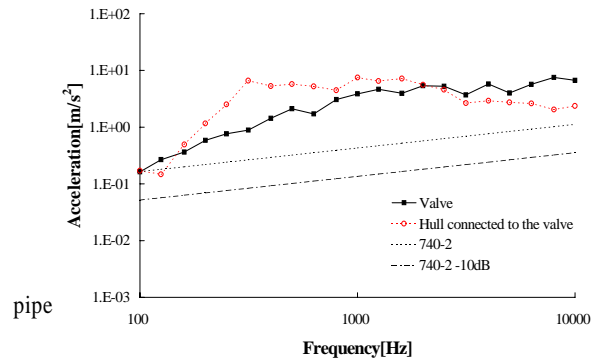
No	MIL-STD-740-2 규격 만족 여부					
	No.1 Fire Pump	No.2 Fire Pump	No.3 Fire Pump	No.4 Fire Pump	함의 토출부	소화주관
1	○	×	×	×	×	○
2	○	○	×	×	×	○
3	○	×	×	×	×	○
4	○	×	×	×	×	○
5	○	×	×	×	×	○
6	○	×	×	○	×	○
7	○	×	×	-	×	○
8	○	×	×	-	×	○
9	×	×	○	-	×	○
10	×	×	○	-	×	-
11	×	-	○	-	-	-
12	○	-	○	-	-	-
13	×	-	×	-	-	-
14	○	-	×	-	-	-
15	○	-	-	-	-	-
16	○	-	-	-	-	-
17	○	-	-	-	-	-
18	○	-	-	-	-	-



(a) Construction of the discharge pipe and valve



(b) Acceleration on the discharge



(c) Acceleration on the valve

Fig. 2 Construction and Test results of the acceleration for the valve and discharge pipe to the oversea

## 2.2 소화 주관계의 진동

앞선 Han의 연구[1]에서는 이러한 소화 주관계의 진동 문제를 파악하기 위해서 각각의 소화 펌프가 작동하였을 경우 소화 펌프를 중심으로 배관라인을 포함해서 클램핑 서포트와 연결되어있는 격벽 및 선체부의 진동에 대하여 측정하였다. 측정위치는 Table. 1에서와 같이 66개소였으며, 수중 방사 소음이 문제가 되는 주파수를 포함하여 20~10kHz 까지 1/3 Octave를 측정하고, 추가로 0~12.8kHz까지 협대역 주파수 스펙트럼을 측정하였다.

그 결과 Table. 2에서와 같이 총 66개의 측정점 중

29개의 측정점만이 MIL-STD-740-2[2]의 Type 2 규격을 만족함을 알 수 있었는데, 이 가운데 함의 토출부는 규격을 만족하는 점이 한군데도 없음을 알 수 있었다.

함의 토출밸브의 경우 다른 경우에서와 비슷하게 배관 및 밸브에서의 진동이 MIL-STD-740-2의 Type 2 규격에 비해 매우 높았으며 바닥 및 격벽 진동 역시 MIL-STD-740-2의 Type 2 규격을 만족하지 못함을 알 수 있었다. 특히 밸브의 경우 선체에 진동 절연 없이 매우 가까이 설치되어 있고, 밸브의 경우 진동 특성이 좋지 않은 글로브(Globe) 밸브를 사용하고 있기 때문에 그 진동 레벨이 매우 커졌음을 예측할 수 있었다. 함의 토출구 밸브와 배관 및 격벽에서의 진동 측정 결과는 Fig. 2에 도시되어 있다.

본 논문에서는 이와 같이 앞선 측정결과[1]에서 규격을 만족시키는 점이 한군데도 없었으며, 펌프 측보다 더 큰 진동량을 가지고 있는 함의 토출부의 진동을 저감시키고자 연구를 진행하였다. 이를 위하여 역류방지 글로브 밸브를 사용하였으며 배관 마운트의 진동을 절연하고자 앞선 연구결과[1]를 바탕으로 고무의 재질을 네오펀(Neprene, CR) 65도에서 45도로 변형시킨 마운트를 사용하였다.

### 3. 함의 토출부의 진동 저감

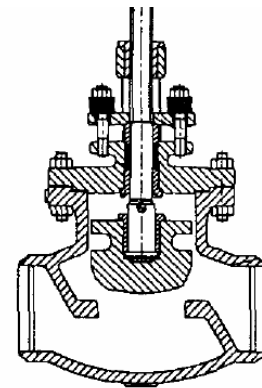
#### 3.1 역류방지 글로브 밸브(Back Flow Prevent Globe Valve)를 이용한 진동 저감

일반적으로 사용되는 Fig. 3(a)와 같은 글로브 밸브의 경우 유체의 흐름에 따라 와류 등에 의한 압력 변동이 생기게 되면 그에 따라 유량을 조절하게 되는 디스크에 좌우, 회전 방향의 운동이 발생하게 되고, 디스크와 seat의 충돌현상도 발생하게 되어 과도한 소음이 발생하게 되며 마모로 인한 밸브의 수명에도 영향을 미치게 된다.

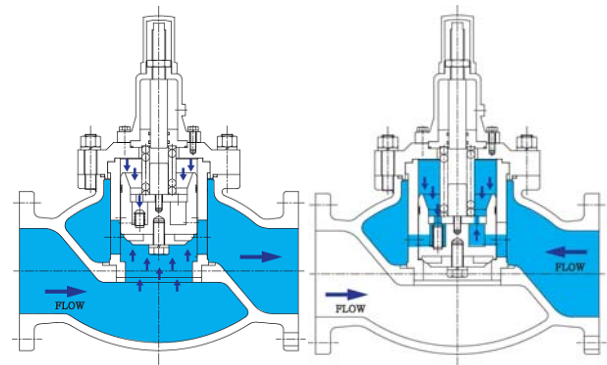
또한 유체의 역류를 방지하고 한쪽 방향으로만 흐르게 하기 위해 설치한 체크 밸브의 경우 역류를 방지하기 위하여 디스크가 닫히는 경우 급격한 압력의 변동이 발생하기 때문에 수격작용(Water Hammering)이 발생하게 되어 이 또한 소음과 진동이 크게 발생하게 되는 커다란 원인을 제공하게 된다.

이런 이유로 글로브 밸브와 체크 밸브의 소음, 진동 특성을 파악하고자 하는 연구[3~6]가 계속적으로 진행되어 왔는데, 이러한 글로브 밸브와 체크 밸브 자체로의 소음, 진동 저감은 한계를 가질 수밖에 없었다. 아울러 이런 밸브에서 발생한 소음과 진동은 밸브와 파이프가 고정되어 있는 선체에 그대로 전달이 되어 궁극적으로는 수중방사소음에도 상당한 악영향을 미치게 되어 밸브를 포함한 파이프계(Pipe

System)의 소음, 진동 저감은 수중방사소음 저감에 있어서도 중요한 요소로 부각되고 있는 상황이다.



(a) Schematic diagram of Common Globe Valve



(b) Schematic diagram of Back Flow Prevent Globe Valve

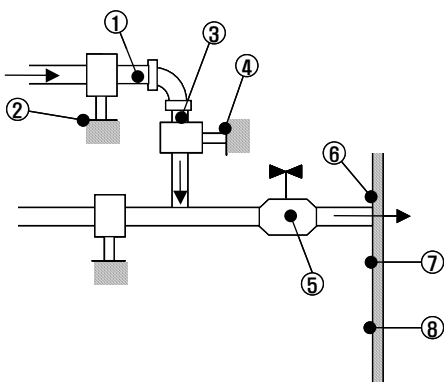
Fig.3 Schematic diagram of Common Globe Valve and Back Flow Prevent Globe Valve

따라서 이러한 문제점들을 개선하고자 다양한 종류의 밸브가 개발되고 있는 실정인데 본 논문에서는 기존의 글로브 밸브와 체크 밸브의 소음, 진동 문제점을 개선하고자 개발된 역류방지 글로브 밸브(Back Flow Prevent Globe Valve)를 이용하여 앞선 연구에서 발견되었던 함의 토출구의 진동을 저감하고자 하였다.

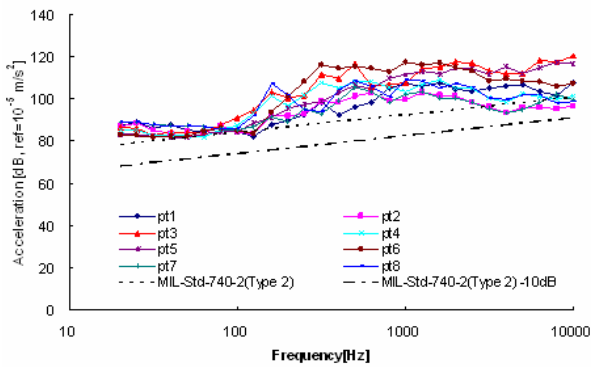
역류방지 글로브 밸브는 Fig. 3(b)에 나와 있는 것과 같이 디스크가 Cage에 의해 가이드 되어 있고 오리피스(orifice)를 이용하여 압력의 급격한 변동을 줄임으로써 소음, 진동을 저감하고자 개발된 밸브이다. 즉, Fig. 3(b)에서와 같이 밸브가 열리는 경우 디스크와 Shaft가 Cage에 의해 가이드 되어 좌우 및 회전 방향의 운동이 구속이 됨으로써 구조적인 안정성이 높아져서 유체의 흐름에 의한 압력변동에도 밸브의 소음, 진동이 저감될 수 있게 되며, 밸브가 닫히는 경우에도 기존 체크 밸브에서는 맥동 성분을 갖고 있는 유체가 흐르다 멈추게 되면 디스크에 빠른 압력이 형성되어 진동과 채터링(chattering), 수격작용이 발생하게 되나

역류방지 글로브 밸브의 경우는 디스크에 설치되어 있는 오리피스를 통하여 압력이 밸런싱(Balancing)되어 이러한 현상들을 방지하게 된다. 또한 seat의 재질을 기존의 금속성 재질에서 Teflon(PTFE) 재질로 변경함으로써 디스크와 seat의 접촉시 발생하는 소음, 진동을 저감할 수 있도록 하였다.

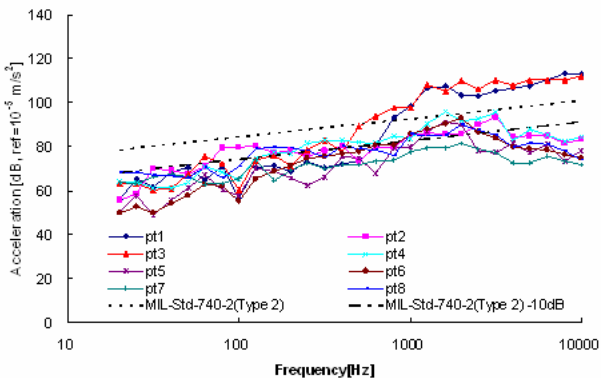
Fig. 4는 대상 함정에 대하여 함의 토출부 소화 주관계의 진동 개선 전후 계측치를 나타낸 것이다. 계측 위치 및 대상 주파수 대역, 펌프 운용 조건 등은 앞선 계측에서와 동일하며 진동 개선을 위하여 역류방지 글로브 밸브를 설치하였고 앞선 연구[1]에서 제안된 경도를 45도로 변경시킨 마운트를 설치하였다.



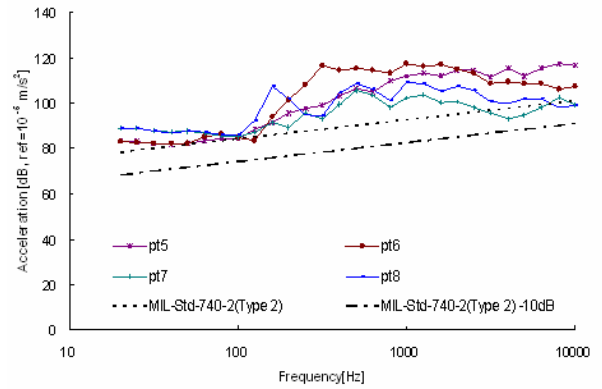
(a) Schematic Diagram of Test Position



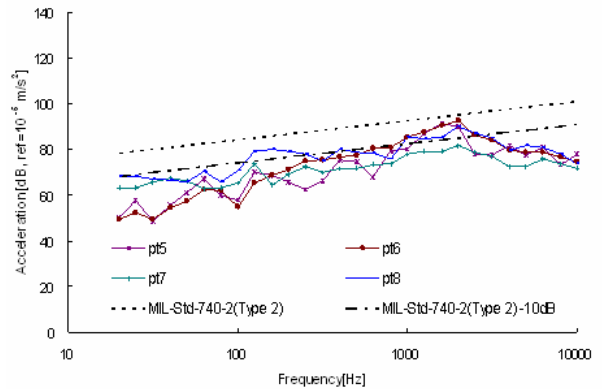
(b) Test Result of Conventional Discharge Pipe System



(c) Test Result of Improved Discharge Pipe System



(d) Test Result of Conventional Discharge Pipe System(Pt 5~8)



(e) Test Result of Improved Discharge Pipe System(Pt 5~8)

Fig.4 Schematic Diagram of Test and Test Result

Fig. 4(b),(c)의 결과를 보면 기존의 배관 및 클램프 (Clamp)의 진동 레벨은 MIL-STD-740-2의 Type 2를 기준으로 했을 때 마운트 하단의 바닥 진동조차 이를 만족하지 못하였으나 밸브의 개선 및 마운트의 교체 후에는 전체적으로 진동 레벨이 20dB 이상 감소함을 알 수 있었다. 또한, 밸브 내의 디스크 떨림 소음이 크게 발생했었으나, 밸브 개선 후 이러한 소음이 크게 감소했음을 체감 평가를 통해 확인 할 수 있었다.

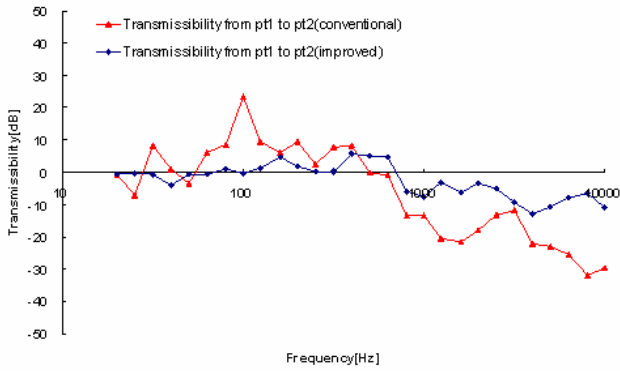
그래프에서 MIL-STD-740-2의 규격에서 10dB를 뺀 기준선은 앞선 연구결과[7]를 토대로 고무 마운트의 진동 감쇠가 적어도 10dB이상 이루어진다고 가정하고 설정한 기준선으로서 후에 언급이 되지만 이번 개선작업에서는 마운트의 교체가 완전하게 이루어지지 않아 마운트의 변경에 대한 효과를 완전히 파악이 될 수는 없었고, 10dB를 뺀 기준선의 만족 여부 역시 불확실하게 파악이 될 수밖에 없었다.

Fig. 4(d),(e)는 밸브 개선의 효과만을 보기 위하여 유체가 밸브를 지난 지점에서의 개선 전후 계측치를 선별한 것으로 진동이 크게 저감되었으며 MIL-STD-740-2의 Type 2 규격을 만족함을 알 수 있었다.

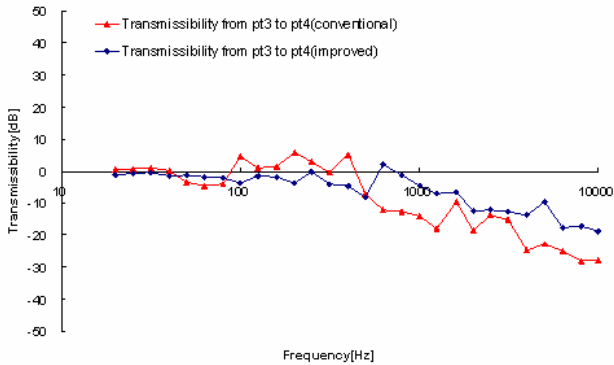
### 3.2 고무경도를 변화시킨 마운트를 이용한 진동 저감

앞선 연구[1]에서 제안한 배관용 고무 마운트의 경도 변경을 적용하여 함외 토출부 소화 주관계의 진동을 저감하고자 하였다. 그 결과 Fig. 5에서와 같이 마운트 변경으로 인하여 진동전달률(Transmissibility)이 고주파수(1kHz 이상) 대역에서 감소했음을 유추할 수 있었다.

Fig. 6은 측정점 1~4의 가속도와 진동전달률을 같이 나타낸 것으로 1kHz 이상의 고주파수 대역에서 파이프 상의 측정점 1,3에서의 가속도량은 별다른 변화가 없었으나 진동이 파이프에서 마운트를 지난 후 전달되는 선체에 해당하는 측정점 3,4에서는 진동이 감소하였다는 것을 알 수 있었다. 1kHz 이하 주파수 대역에서의 진동 저감은 벨브의 개선에 의한 효과인 것으로 판단이 된다.



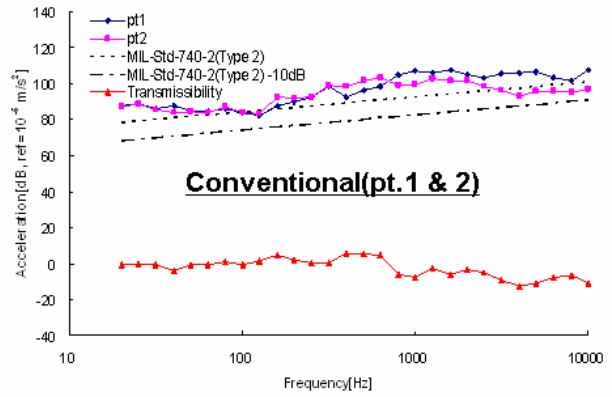
(a) Transmissibility from Pt1 to Pt2



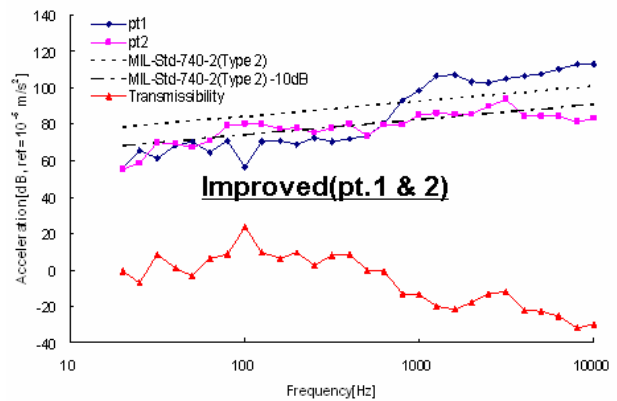
(b) Transmissibility from Pt3 to Pt4

**Fig. 5 Transmissibility of Conventional and Improved Rubber Mount**

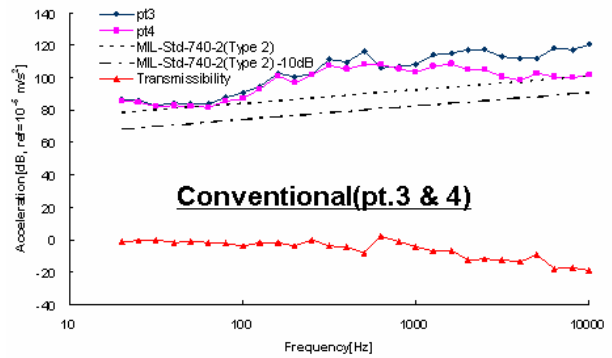
하지만 Fig. 6(e)에서와 같이 마운트의 교체 작업의 어려움 때문인지 마운트의 하부에 해당하는 부분은 교체가 이루어지지 않아 마운트의 변경에 대한 효과를 완전히 파악이 될 수는 없었다. 향후 배관용 마운트의 상하부를 모두 변경하고 압축량 조정, 형상변경, 도장금지 등의 대책을 적용할 경우 진동 저감 효과는 더욱 커질 것으로 판단된다.



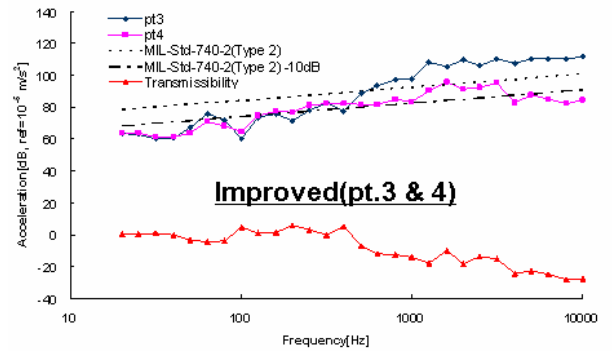
(a) Acceleration and Transmissibility of Pt.1&2(Conventional)



(b) Acceleration and Transmissibility of Pt.1&2(Improved)



(c) Acceleration and Transmissibility of Pt.3&4(Conventional)



(d) Acceleration and Transmissibility of Pt.3&4(Improved)



(e) Construction of Rubber Mount

**Fig. 6 Acceleration and Transmissibility of Pt. 1~4 and Construction of Rubber Mount**

#### 4. 결 론

함의 토출부의 진동 개선 작업을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 소화주관계 중에서 규격을 만족시키는 점이 없었고 진동이 가장 컸던 함의 토출부에 대하여 역류방지 글로브 밸브와 고무 마운트의 경도 변화를 이용하여 진동을 저감시킬 수 있었다.

(2) 디스크를 Cage에 의해 가이드 되게 하여 좌우, 회전 방향의 운동을 구속시킨 역류방지 글로브 밸브를 적용함으로써 밸브로 인한 진동을 크게 저감시킬 수 있었으며 그 효과를 실선에 장착하여 검증해 볼 수 있었다.

(3) 고무의 재질을 CR65도에서 45도로 변형시킨 마운트를 적용하여 1kHz 이상의 고주파수 대역에서 진동전달률이 감소했음을 알 수 있었다. 이를 통해 경도를 변경시킨 마운트를 상하 마운트에 모두 적용하고 압축량 조정, 최적화를 통한 형상변경, 도장금지 등의 대책을 추가로 적용할 경우 진동 저감 효과를 더욱 크게 볼 수 있을 것으로 판단된다.

#### 후 기

이 연구는 (주)코벨의 지원을 통하여 진행되었습니다. 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

(1) Han H. S., Park M. Y. and Jeong W. B., 2008, "Analysis

for Reducing Vibration Transmitted from the Sea-water Conveying Pipe to the Hull", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp.145~151.

(2) MIL-STD-740-2, 1986, "Structure Borne Vibratory Acceleration Measurements and Acceptance Criteria of Shipboard Equipment".

(3) Choi B. H., Park S. I. and Cheon C. B., 2005, "A Case Study of Root Cause Analyses and Remedies for High Frequency Vibration of Globe Valve in Nuclear Power Plant Piping System", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 394~399.

(4) Lee H. S., Lee Y. S., Cho T. D., Shin S. K., 2004, "A Structural Vibration Analysis of the Air-Operated Valve", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 945~948.

(5) Ryu, K. W., Lee J. S. and Kim T. R., 2002, "A Study on the Chattering Phenomena of a Check Valve ", KSNVE, Vol.12, No. 1, pp.36~41.

(6) Park C. H., Hong S. C. and Park C. B., 1993, "A Study on the Nonlinear Behavior of Check Valve System", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 35~41.

(7) Han, H. S., Jeong, W. B., Jeon, S. J. and Jeong, W. W., 2008, "Parametric Study of the Vibration Transmissibility for the Rubber Mount of the Seawater-Conveying Pipe in a Ship", IJPEM, E08-135