

소나 돔 음향창 시편 투과손실 측정/분석 방법 고찰

A Study on the Measurement and Analysis Method for the Acoustic Transmission Loss of the Material for the Acoustic Window of Sonar Dome

정 우 진* · 한 승 진* · 김 원 호* · 신 구 균* · 전 재 진*

Woo-Jin Jung, Seung-Jin Han, Won-Ho Kim, Ku-Kyun Shin and Jae-Jin Jeon

(2006년 4월 11일 접수 ; 2006년 6월 16일 심사완료)

Key Words : Transmission Loss(투과손실), Acoustic Window(음향창), Diffraction(회절), Wavelength(파장), Sonar Dome(소나돔)

ABSTRACT

Knowledge of acoustic transmission loss of acoustic window material has a great importance for the sonar performance in ship. The purpose of this study was to investigate the measurement and analysis method for the acoustic transmission loss of the acoustic window materials for sonar dome. The measurement and analysis were carried out in water with GRP material. Transmission losses were calculated based on integrated direct and transmitted signals. The experimental setup enabled to vary the angle of incidence. Thus the transmission loss data could be expressed as the function of frequency and angle of rotation. In this paper, diffraction effect of incident angle, size of specimen with test material, transmission analysis method and multiple waves as incident acoustic signal were discussed.

1. 서 론

함정에 설치된 소나는 수중에서의 음향에너지를 이용하여 상대함을 탐지하고, 필요한 자료들을 분석하는 중요한 전투체계 요소중 하나이다. 수상함에 있어서 대부분이 대잠전을 수행할 목적으로 선체 고정형 소나를 운용하고 있으며⁽¹⁾, 선체 고정형 소나로는 능동소나가 주로 사용된다. 선체고정형 소나는 설치 위치에 따라 선수 소나(bow mounted sonar)와 선저 소나(hull mounted sonar)로 구분되며, 크게 음향 센서부, 음향 센서부를 보호하는 소나 돔, 신호처리 및 전시부로 구성된다.

외부 해양 환경과 함(ship) 주행에 따른 각종 유체 하중으로부터 음향 센서부를 보호하기 위하여 소나 돔 설치가 필요하지만, 설치된 소나 돔은 Fig. 1에서 보이는 바와 같이 음향 센서부의 핵심 기능인 음향 신호 송수신 기능을 저하시킨다. 따라서 소나 돔은 구조적으로는 각종 하중으로부터 센서부를 보호할 수 있도록 충분한 강성을 보유하면서 음향학적으로는 음파의 송수신 신호를 저하시키지 않는 재질 및 형상으로 제작되어야 한다.

따라서 소나 돔을 설계하고 제작할 때 소나 돔에 의한 음향 손실을 최소화하는 것이 필요하다. 이를 위하여 소나 돔에 사용될 재질로 구성된 시편을 이용하여 소나 돔 재질에 의한 음향 신호 손실 성능을 확인하는 것이 중요하다.

음향 센서에 송수신되는 음향 신호의 저하 정도는 삽입 손실(insertion loss) 또는 투과 손실(transmission

* 책임저자; 정회원, 국방과학연구소 제2체계개발본부

E-mail : wjjung@add.re.kr

Tel : (055) 540-6154, Fax : (055) 542-3737

* 국방과학연구소 제2체계개발본부

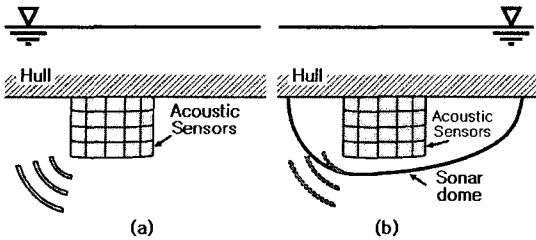


Fig. 1 Arrangement of acoustic sensors :
(a) without sonar dome (b) with sonar dome

loss)로 나타낼 수 있다.

삽입 손실은 소나 돔 전체에 대한 음향 신호 손실을 나타내는 것으로, 경계조건 등 시스템에 따라 변할 수 있는 값이며, 투과 손실은 소나 돔 재질 자체에 의한 음향 신호 손실을 나타내는 값으로, 재질의 특성을 나타내는 불변의 물리량이다. 삽입 손실과 투과 손실은 일반적으로 차이가 나지만, 회절과 반사파의 영향을 제거한 환경에서 시편 유무에 따른 음압 신호간의 상대 비교로 결과를 나타내는 실험^(2,3)에서는 삽입 손실값과 투과 손실값은 동일하게 나타난다. 회절과 반사파의 영향이 거의 없는 조건에서 시편 유무에 따른 음압 신호의 상대 비교값은 시편 자체에 대한 음압 손실값이 된다. 따라서 이 논문에서는 시편 자체의 특성을 나타내는 투과 손실이라는 용어를 사용하였다.

이 논문에서는 측정 주파수 대역에서 1dB 이내의 음향 투과 손실 측정과 관련하여 시편 회전에 따른 회절 영향, 시편 크기, 투과 손실 레벨 산정방법 및 다 파장 정현파를 이용한 측정결과들에 대하여 살펴보았다.

2. 배경 이론

2.1 회절(Diffraction) 영향

Fig. 2에서 시편 길이를 L , 음원(a)에서 회전하지 않은 시편 끝단까지의 거리를 R_0 , 시편 중앙부(β)에서 하이드로폰(ϵ)까지의 거리를 δ 라 하자. 이때 하이드로폰 설치위치 δ 는 시편에 근접하게 설치하는 것이 이상적이다.

그러나 시편 근처에서는 투과 음압에 거의 기여하지 않는 전단파(shear wave)에 의한 감쇠파(evanescent wave)가 발생하게 되므로 시편에 근

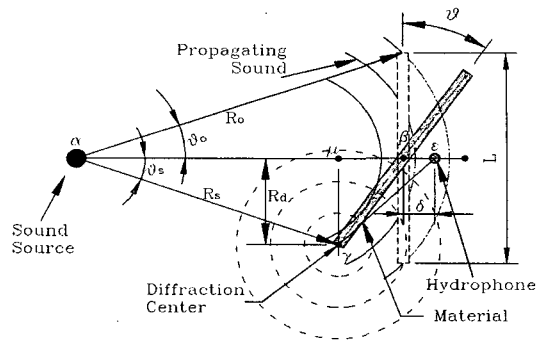


Fig. 2 Arrangement for measurement of transmission loss showing edge diffraction waves

접하여 측정할 경우, 시편을 투과한 음압이외에 감쇠파에 의한 음압까지 측정될 수 있다. 따라서 시편에서 일정거리 이격시켜 하이드로폰을 설치하여야 한다. 이 논문에서는 측정 주파수 가장 낮은 주파수 신호의 1/4 파장이상이 되는 거리에 하이드로폰을 설치하였다.

Fig. 2에서 일정 각도 θ 로 회전된 시편의 경우, 음파가 시편에 도달하기 전에 시편 끝단을 중심으로 회절이 발생하여 시편 전방 음파와 시편 후방 음파에 간섭을 일으키게 된다. 먼저 회절된 음압이 시편 후방으로 진행하는 경로인 $\overline{\gamma\epsilon}$ 는 $\Delta\gamma\mu\epsilon$ 에서 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} (\overline{\gamma\epsilon})^2 &= (\overline{\gamma\mu})^2 + (\overline{\mu\epsilon})^2 \\ \overline{\mu\epsilon} &= \overline{\mu\beta} + \overline{\beta\epsilon} = (L/2) \sin \theta + \delta \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)에서 $\overline{\gamma\epsilon}$ 를 구하면 다음과 같다.

$$(\overline{\gamma\epsilon})^2 = [(L/2) \cos \theta]^2 + [(L/2) \sin \theta + \delta]^2 \quad (2)$$

음원의 기계적 특성상 어느 정도 거리가 떨어진 지점부터 입력되는 음향 신호를 정상적으로 발생시킬 수 있으므로 음원과 시편은 원거리 조건이 형성되는 거리 이상으로 떨어져 설치된다. 따라서 시편에 투과되는 음압은 평면파(plane wave)로 가정할 수 있으며, 회절 음압이 발생하는 γ 점으로부터 회절 음압과 투과 음압이 동시에 진행된다고 볼 수 있다. 이때 Fig. 2에서 거리 $\overline{a\beta}$ 인 $R_0 \cos \theta_0$ 를 L_0 라고 하고, 음원에서 시편 후방에 설치된 하이드로폰에

전달되는 경로(path)차 D 는 아래와 같다.

$$D = (\overline{\alpha\gamma}) + (\overline{\gamma\epsilon}) - (\overline{\alpha\epsilon}) \quad (3)$$

$$= R_s + (\overline{\gamma\epsilon}) - (L_o + \delta)$$

한편 $\Delta\alpha\beta\gamma$ 로부터 R_s 를 구하면 다음과 같다.

$$\sin \theta_o = (L/2)/R_o = (L/2R_o) \quad (4)$$

$$R_s^2 = (L_o)^2 + (L/2)^2 - (L_o \cdot L) \sin \theta \quad (5)$$

음원과 시편 끝단과 이루는 각 θ_s 는 식 (6)과 같다.

$$\sin \theta_s = ((L/2) \cos \theta / R_s) = (L \cos \theta / 2R_s) \quad (6)$$

식 (2)에서 $\overline{\gamma\epsilon}$, 식(4),(5)에서 R_s, θ_o , 식 (6)에서 θ_s 를 구하여 식 (3)에 적용하면 시편을 투과하는 음압 신호와 회절 신호간의 경로차 D 를 구할 수 있으며, 음압 신호의 유효 파장수는 아래와 같다.

$$N_1 = (D/\lambda) = (Df/c) \quad (7)$$

식 (7)에서 f 는 입사 음압의 주파수이며, c 는 수중에서의 음속(m/s) 이다.

한편 Fig. 2에서 음원에서 하이드로폰까지의 경로 차이외에 시편에 도달하기 전의 입사 신호와 회절 신호간의 간섭영향도 살펴보아야 한다. 즉 시편에 입사되는 신호에 회절에 의한 신호가 간섭을 일으키면 시편 후방에 설치된 하이드로폰에서는 간섭이 발생한 음압 신호에 대한 투과 신호가 측정되어 결국에는 투과 손실이 실제보다 양호하게 나타날 수 있다.

이 영향은 Fig. 2에서 회절 음압이 시편 전방으로 진행하여 $\overline{\gamma\mu}$ 거리만큼 도달하면 회절 음압과 입사 음압 사이에는 간섭이 발생한다.

$\overline{\gamma\mu}$ 거리는 $(L/2) \cos \theta$ 이며, 입사 음압 신호를 평면파로 가정하면, 회절 음압이 $(L/2) \cos \theta$ 거리만큼 진행하는 동안만 유효한 입사 음압 신호를 얻을 수 있다. 즉 음압 신호의 유효 파장 수는 아래와 같다.

$$N_2 = (L \cos \theta / 2\lambda) = (L \cos \theta f / 2c) \quad (8)$$

시편을 이용한 투과 손실 측정시 식 (7)과 식 (8)

에 나타난 N_1 과 N_2 를 이용하여 회절 간섭현상을 검토해야 한다.

2.2 시편 크기

투과 손실 측정시 시편이 클수록 유리하나 현실적으로 음향 수조 제한등으로 시편 크기가 한정 된다. 특히 입사 음압의 입사각 영향을 살펴보기 위하여 시편을 0(도) 이외의 각도로 회전시켜 투과 손실을 측정할 경우에는 식 (7),(8)을 이용하여 회절 영향을 살펴보아야 한다.

이 논문에서는 중심주파수 f_c kHz를 기준으로 $q=(f/f_c)$ 라고 할 때 $q=1.0, q=1.2, q=1.4, q=1.6$ 등 4종류 입사 음압 신호가 평면파로 전달된다고 가정하고, $L=1m, 2m$ 크기의 시편에 대하여 투과 음압과 회절 음압간의 경로차를 고려한 N_1 과 회절 음압이 시편 전방으로 진행하는 거리를 고려한 N_2 중 작은 값을 적용하여 회절 음압과 입사 음압간의 간섭이 발생하지 않는 음압 신호의 파장수(number of wave)를 계산하여 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다. 이때 회전각(angle of rotation)은 음원과 시편이 수직이 될 때를 0(도)로 하여 시계 방향으로 회전한 각도를 나타내며, 이는 음압신호가 시편에 입사되는

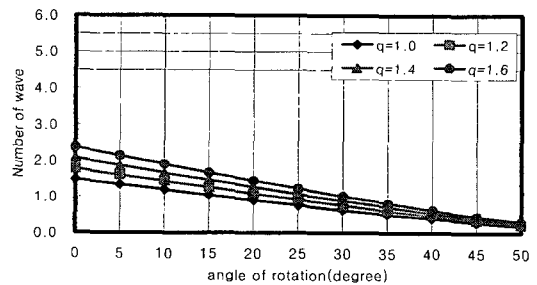


Fig. 3 Effective number of wave for L=1 m

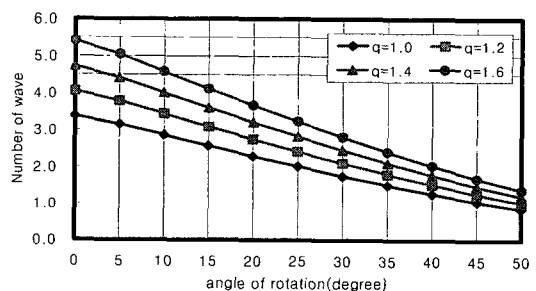


Fig. 4 Effective number of wave for L=2 m

입사각(angle of incidence)을 의미한다.

시편 크기가 1m인 Fig. 3의 경우, 시편 0(도) 회전시 $q=1.0$ 에서는 최대 1.5개, $q=1.6$ 에서는 최대 2.4개이며, 시편 50(도) 회전시 $q=1.0$ 에서는 최대 0.2개, $q=1.6$ 에서는 최대 0.3개로 반 파장이내에서 회절 간섭이 발생하게 된다.

시편 크기가 2m 인 Fig. 4에서 시편 0(도) 회전시 $q=1.0$ 에서는 3.4개, $q=1.6$ 에서는 5.4개이며, 시편 50(도) 회전시 $q=1.0$ 에서는 0.9개, $q=1.6$ 에서는 1.4개이므로 한 파장까지는 회절에 의한 간섭현상이 발생하지 않게 된다.

이 논문에 사용된 GRP(glass reinforced plastic) 시편은 탄성과 이론⁽⁴⁾을 적용할 경우 35~40(도)의 회전각에서 최대 투과 손실을 나타낼 것으로 예상되므로 Fig. 3과 Fig. 4의 결과를 이용하여 2 파장 이상의 입사 신호 적용이 가능한 크기인 2m × 2m 로 시편 크기를 정하였다.

이 논문에 사용된 시편 재료의 물성치는 해수에 72 시간 침지 후, DMA(dynamic mechanical analyzer)를 이용하여 상온 15℃, 200 Hz 가진 주파수에서 측정된 결과, 질량 $\rho=1494$ (kg/m³), 탄성계수 $E=9.25 \times 10^9$ (N/m²), 감쇠계수 $\eta=0.04$, 푸아송비 $\nu=0.13$ 으로 나타났으며, 시편 두께는 10t (10 mm), 20t (20 mm), 40t (40 mm)로 하였다. 또한 자체소음 성능이 우수한 것으로 알려진 다층 재질 (multi layer) 소나 돔의 진동 감쇠재로 사용되는 폴리우레탄(polyurethane, PU)을 고려하여 단층으로 이루어진 GRP 20t에 폴리우레탄 10t를 코팅한 적층 시편도 사용하였다. 상온 15℃, 200 Hz 주파수에서 DMA로 측정된 폴리우레탄의 물성치는 질량 $\rho=1,123$ (kg/m³), 탄성 $E=1.0 \times 10^8$ (N/m²), 감쇠 계수 $\eta=0.05$, 푸아송비 $\nu=0.47$ 로 나타났다.

2.3 투과 손실 레벨 산정식

시편에 대한 투과 손실을 산정하기 위하여 2 파장 입사파를 이용하였다. 시편의 투과 손실 레벨은 $\tau = \left(\frac{\text{시편이 있을 때 음압 신호}}{\text{시편이 없을 때 음압 신호}} \right)$ 로 나타내며, 음압 신호를 선정하는 방법에 따라 아래와 같이 3가지를 이용하여 표시할 수 있다.

- PTL(peak transmission loss)

- 시스템 분해능에 영향을 받으며, 입사신호 최대 크기에 대한 투과신호 최대크기 비

$$PTL = 20 \log \left(\frac{P_i(t)|_{\max}}{P_t(t)|_{\max}} \right) \quad (9)$$

- ETL(energy transmission loss)
- 시스템의 분해능에 영향이 작으며, 입사신호 에너지에 대한 투과신호 에너지 비

$$ETL = 10 \log \left(\frac{\int_0^{T_i} P_i^2(t) dt}{\int_0^{T_t} P_t^2(t) dt} \right) \quad (10)$$

- RTL(RMS transmission loss)
- 시스템의 분해능에 영향이 작으며, 입사신호 평균 에너지에 대한 투과신호 평균 에너지 비

$$RTL = 20 \log \left(\frac{\sqrt{\frac{1}{T_i} \left(\int_0^{T_i} P_i^2(t) dt \right)}}{\sqrt{\frac{1}{T_t} \left(\int_0^{T_t} P_t^2(t) dt \right)}} \right) \quad (11)$$

3. 측정/분석 결과 및 검토

3.1 측정 시스템

국방과학연구소 제2체계개발본부에서 운용중인 음향 시험 시설(ATF, acoustic test facility)을 이용하여 시편에 대한 투과 손실을 측정하였다. 투과 손실 측정 개념도는 Fig. 5에 나타내었다.

콘트롤러를 이용하여 필요한 음압 신호를 음원에 전달하여 음향 신호를 발생시키고, 시편 뒤편에 설치된 하이드로폰을 통해서 투과된 음향 신호를 측정

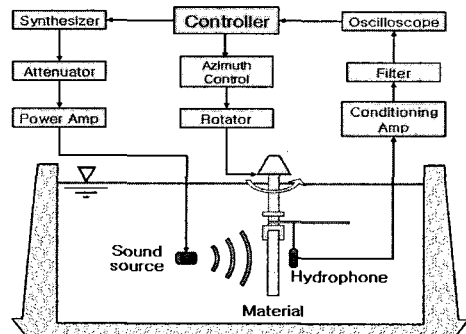


Fig. 5 Diagram for measurement of transmission loss in ATF

한다. 음향 신호의 입사각을 위한 시편 회절은 로테이터를 통해서 원하는 각도만큼 회전시킬 수 있다.

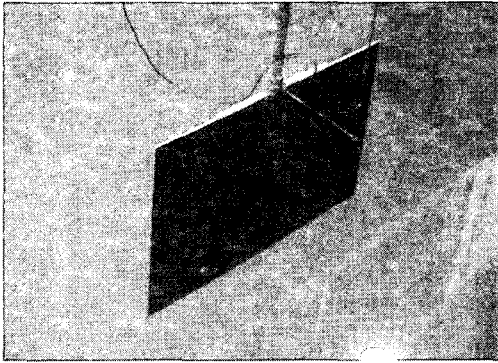


Fig. 6 Photo of material installation in water

Fig. 6은 이 논문에서 사용한 시편의 수중 설치장면이다. 음원과 시편까지의 거리는 음원과 하이드로폰과의 거리를 변경하면서 신호를 측정하여 벽면 반사파(wall reflection wave)에 의한 간섭현상이 발생되지 않는 안정된 신호가 유지되는 위치인 4.37 m를 유지하였으며, 수면에서 하이드로폰까지의 깊이는 4.58 m, 시편에서 하이드로폰까지의 수평 거리는 0.1 m, 시편 위단에서 하이드로폰까지의 수직 거리는 0.9 m로 설정하였다. 음원으로는 무지향성 음원(omni directional source)을 이용하였고, 하이드로폰은 B&K 8104를 사용하였다. 회전각도는 입사 음파가 시편에 수직으로 입사하는 경우를 0(도)로 하였을 경우를 기준으로 최대 50(도)까지 회전시켰다.

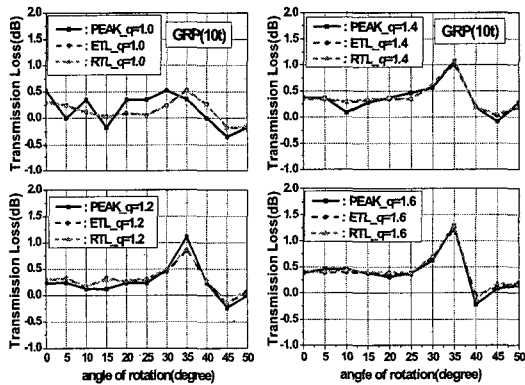
3.2 투과 손실 레벨 산정

Fig. 7 에는 두께 10t 와 20t의 2 m × 2 m 시편에 대하여 2개의 정현 입사 음파(sinusoidal incident wave)를 이용하여 측정한 투과 손실 레벨을 식(9)~(11)에 나타낸 PTL, ETL, RTL 등 3 가지로 나타내었다.

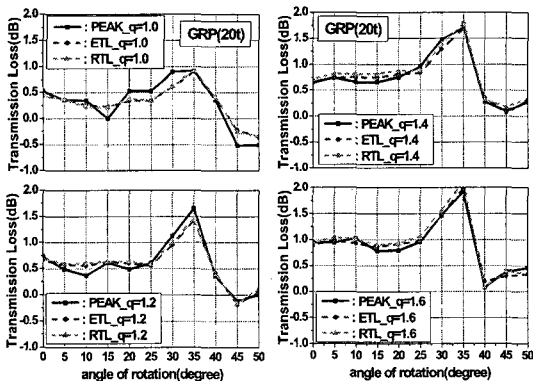
이 결과 PTL 은 ETL과 RTL 대비 최대 0.3 dB의 차이를 보이고 있으며, ETL 과 RTL 은 최대 0.1 dB 이내로 나타났다. 따라서 이 논문에서는 시스템 분해능에 영향을 작게 받으면서 입사 음파 에너지와 투과 음파 에너지를 이용하는 ETL (energy transmission loss)을 적용하였다.

3.3 2 파장 정현파를 이용한 측정

q=1.0 입사 음압인 경우, 시편이 30(도) 회전하면 음원에 가까운 쪽 시편 끝단에서 발생한 회절 음압에 의하여 음원에서 하이드로폰까지의 경로차가 약 0.5983 m 가 되며, 이는 약 1.8개의 파장이 된다. 그러므로 벽면에서의 반사 영향과 회절 영향을



(a) : q=1.0, q=1.2 (GRP 10t) (b) : q=1.4, q=1.6 (GRP 10t)



(c) : q=1.0, q=1.2 (GRP 20t) (d) : q=1.4, q=1.6 (GRP 20t)

Fig. 7 Transmission loss of materials by 2 sinusoidal wave; (a),(b): GRP 10t (c),(d): GRP 20t

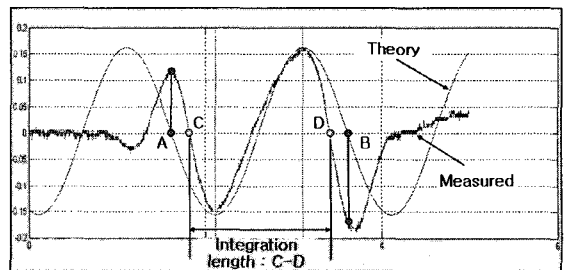


Fig. 8 Integration interval of one cycle for ETL

고려하여 2 파장 정현파(sinusoidal wave)를 이용한 시편 투과 손실 실험을 실시하였다.

투과 손실 레벨은 측정된 입사 음압과 투과 음압에 대하여 이론 입사 음압으로부터 한 파장 구간을 정한 후(Fig. 8(A, B)), 이를 이용하여 측정값들로부터 한 파장이 되는 구간(Fig. 8(C, D))을 찾은 후, 한

파장에 해당되는 시간영역을 이용하여 식 (10)에 나타난 적분을 수행하였다.

Fig. 9에는 각 시편에 대하여 주파수별 투과 손실을 ETL을 이용하여 나타내었다. 이 결과 측정된 투과 손실은 회전각 30(도)이내에서는 GRP 20t의 경우가 1dB, GRP 40t가 2dB 수준으로 나타났다.

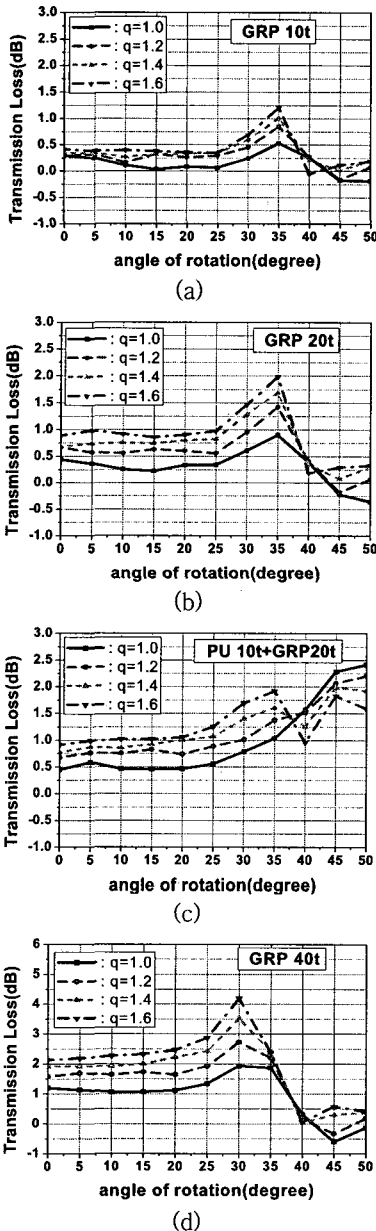


Fig. 9 Transmission loss for frequency by 2 sinusoidal wave ; (a) : GRP 10t, (b) : GRP 20t, (c) : PU10t+GRP20t, (d) : GRP 40t

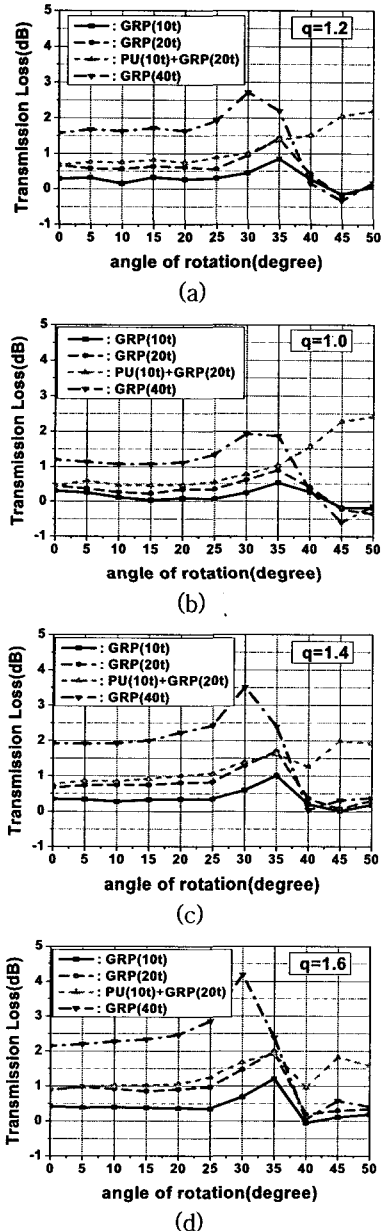


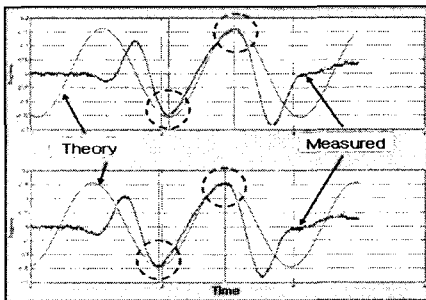
Fig. 10 Transmission loss for thickness by 2 sinusoidal wave ; (a) : $q=1.0$, (b) : $q=1.2$, (c) : $q=1.4$, (d) : $q=1.6$

그리고 회전 각도 40(도)이상부터는 회절에 의한 간섭현상이 나타나 투과 손실값이 0 dB 이하로 나타나고 있는 것도 알 수 있다.

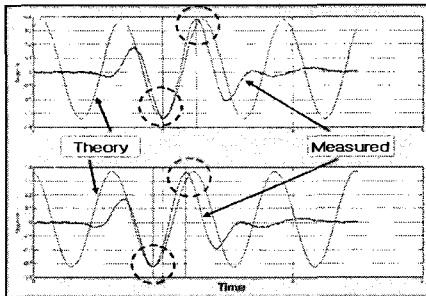
Fig. 10에는 두계별 투과 손실을 수록하였다. 전체적인 경향은 GRP 두께가 커질수록 투과 손실이 커지는 경향을 보이는데, 이는 이론적인 경향과도 잘 부합하고 있어 전체적인 투과 손실 측정결과의 경향은 양호한 것으로 판단된다.

Fig. 11에는 음압 신호에 대하여 측정값과 이론값을 나타냈는데 이들 측정 신호와 이론 신호간에 약간의 차이가 있음을 알 수 있다. $q=1.0$ 에서의 음압 신호보다 $q=1.6$ 에서의 음압 신호가 이론적인 값에 더 근접하고 있다.

2 파장 정현파를 이용한 투과 손실 측정은 경향은 잘 나타내고 있으나, Fig. 11에서 이론 입력 신호보다 음원에서 발생된 입력 신호의 주기가 짧기 때문에 투과 손실 크기는 약간 차이가 발생할 가능성이 존재한다. 정밀한 투과 손실 크기를 측정하기 위해서는 2 파장 이상의 다 파장 입사 음압신호를 적용할 필요가 있다.



(a) : $q=1.0$



(b) : $q=1.6$

Fig. 11 Time signals of acoustic pressure of incident wave with 2 wavelengths with zero rotation angle

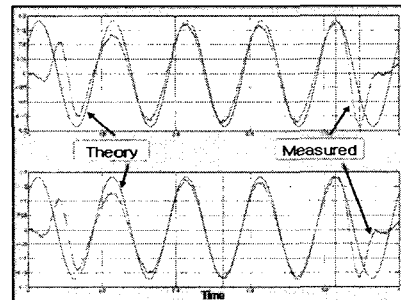
3.4 다 파장 정현파를 이용한 측정/분석

Fig. 11에 나타낸 바와 같이 2 파장 정현파를 이용할 경우, 입사하려는 음압보다 주기가 짧은 입사 음압 신호가 음원에서 발생할 수 있으므로 Fig. 12와 같이 5~7개 파장의 음파를 입사 신호로 이용하여 투과 손실을 측정하였다.

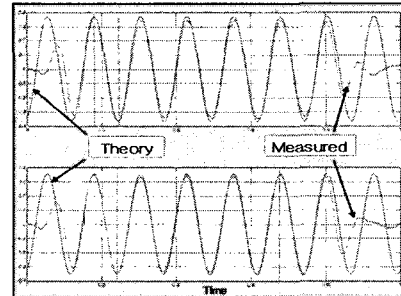
Fig. 12에 나타난 바와 같이 2 파장 정현파를 이용할 경우보다 신호들이 잘 재현되고 있음을 알 수 있으며, 파장이 주파수에 따라서 5~7개로 된 것은 신호 시간 폭(time width)을 일정하게 하였기 때문이다.

이 신호들을 이용하여 20t 두께의 GRP 시편에 대하여 2 파장 음압 신호를 이용한 투과 손실과 5~7파장 음압 신호를 이용한 투과 손실을 비교하여 Fig. 13에 나타내었다.

Fig. 13에서 2wave(1st)과 2wave(2nd)는 시간적으로 약 3개월의 차이를 보이는 2 파장 정현파를 이용한 측정값들이다. 2 파장 정현파를 이용한 측정 결과들에서 35(도)이내에서 최고 1 dB 정도의 차이를 보이고 있는데, 측정시스템 및 시간경과에 따른



(a) : $q=1.0$



(b) : $q=1.6$

Fig. 12 Time signals of acoustic pressure of incident wave with 5~7 wavelengths with zero rotation angle

수는 변화 등의 차이에 기인하는 것으로 생각된다. 이는 음원근처에서 또 하나의 하이드روف론을 이용하여 측정된 값을 입사 신호 수준으로 이용할 수 있으면 향상될 수 있을 것으로 생각된다.

Fig. 13에서 5 파장이상을 이용한 투과 손실 레벨이 2 파장을 이용한 투과 손실보다 전반적으로 낮게

나오고 있다. 이는 동일한 주파수로 음원 신호를 발생시키더라도 2 파장인 경우에는 Fig. 8에 나타난 바와 같이 주기가 약간 짧게 되어 주파수가 5~7 파장보다 약간 높게 된다. 주파수가 높아질수록 투과 손실이 커지므로 2 파장 음압 신호를 이용한 투과 손실 측정결과가 높게 나타난다.

Figs. 14~15는 5 파장 이상의 정현파를 이용한

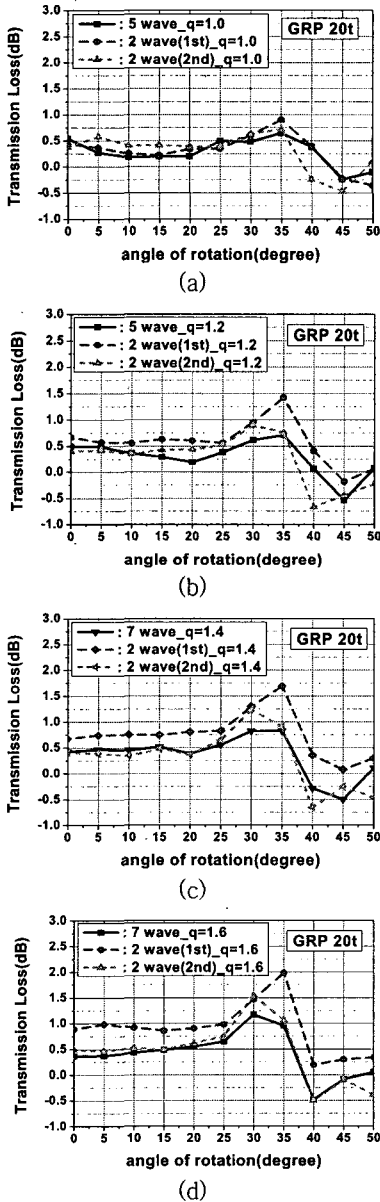


Fig. 13 Comparison of transmission loss for GRP 20t panel between 2 waves and 5~7 waves; (a): $q=1.0$, (b): $q=1.2$, (c): $q=1.4$ (d): $q=1.6$

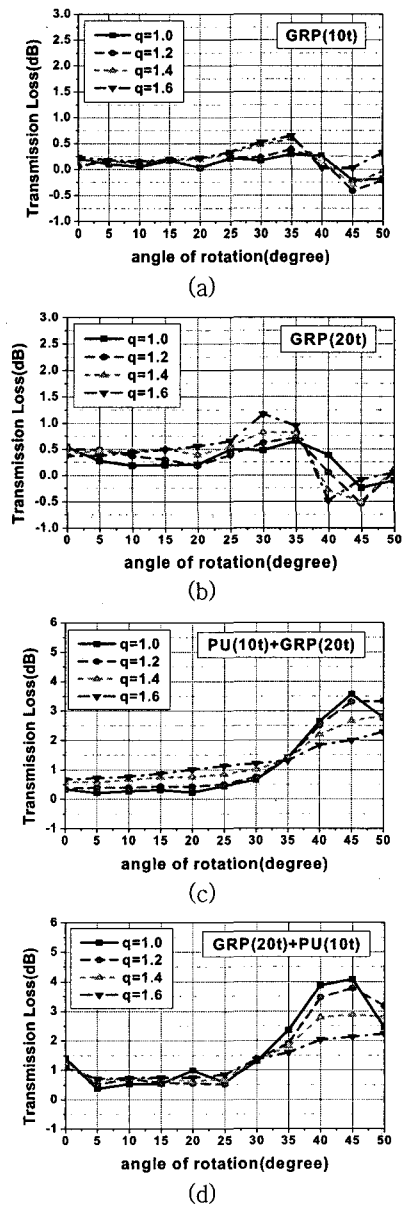


Fig. 14 Transmission loss for frequency by 5~7 wave; (a): GRP 10t, (b): GRP 20t, (c): PU10t+GRP20t, (d): GRP20t+PU10t

투과 손실 측정결과들로, Fig. 14에 나타난 그림들은 GRP 10t, GRP 20t, PU 10t+GRP 20t 등 총 3가지 시편들에 대하여 $q=1.0$, $q=1.2$, $q=1.4$, $q=1.6$ 에 대한 투과 손실 측정 결과들이다. 회전각도 35(도) 이하에서는 주파수가 높아짐에 따라 투과 손실도 증가하고 있다. 한편 10t, 20t의 단층 GRP 시편에서 굽힘파에 의한 음향일치 발생주파수는 수십

kHz 대역이며, 중파와 전단파에 의한 음향 일치시 투과 손실은 증가하게 되므로 회전 각도 35(도) 이상에서 투과 손실이 0dB 이하로 나타나고 있는 것은 회절 영향으로 판단된다.

Fig. 15는 주파수별로 측정된 시편별 투과 손실 레벨을 수록한 것으로 두께가 가장 얇은 GRP 10t의 투과 손실이 가장 낮게 나타나고 있으며, 두께가 가장 두꺼운 PU+GRP 로 구성된 시편이 가장 높은 투과 손실 레벨을 보여주고 있다. PU가 부착되지 않은 GRP와 PU가 부착된 GRP사이에는 회전각도 30(도)이내에서 $q=1.6$ 를 제외하고는 큰 차이를 보이지 않고 있으나, 전반적으로 PU가 부착된 GRP가 약간 높은 경향을 보이고 있다. 이는 이 논문에 사용된 폴리우레탄의 기계적 특성값들과 참고문헌 (4)에 수록된 탄성과 이론을 적용하여 투과 손실을 계산하면 입사각이 커질수록 투과 손실이 증가하는 경향을 보이는 특성의 폴리우레탄을 사용하였기 때문인 것으로 판단된다.

2 파장을 이용한 측정/분석은 투과 손실 경향을 잘 나타내고 있으며, 다 파장을 이용한 측정/분석은 투과 손실 레벨을 2 파장을 이용한 경우보다 정밀하게 측정할 수 있다.

4. 결 론

소나 돔 음향창의 투과손실 특성은 소나의 송수신 성능에 직접적인 영향을 미치는 중요한 인자로서 소나 돔 설계 및 소나 돔 음향 성능 평가시 중요하게 고려된다.

이 논문에서는 GRP 시편을 이용한 수중 음향 투과 손실을 측정/분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 투과 손실 레벨 측정시 회절에 의한 영향을 고려하여 시편 크기를 결정해야 하며, 수 kHz 대역에서 일정 회전 각도까지 투과 손실을 측정하기 위해서는 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 이상 크기의 시편이 필요하다.

(2) 정도가 높은 투과 손실 레벨을 측정하기 위해서는 2 파장 정현파 이상의 다 파장 정현파를 이용하는 것이 필요하다.

소나 돔 음향창으로 사용되는 재질의 음압 투과 손

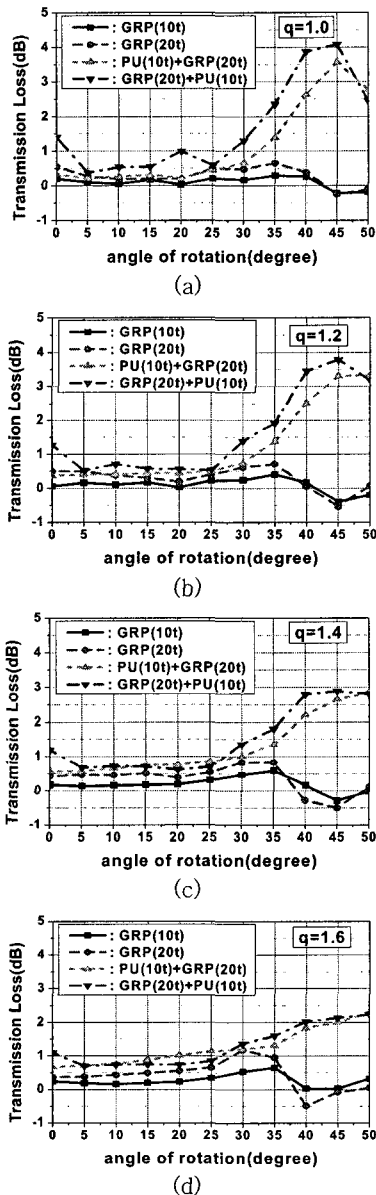


Fig. 15 Transmission loss for thickness by 5~7 wave; (a) : $q=1.0$, (b) : $q=1.2$, (c) : $q=1.4$ (d) : $q=1.6$

실 레벨은 일반적으로 1 dB 이내이므로, 측정 시스템의 오차가 다소 영향을 미칠 수 있으므로 다 파장 정현파와 2개 하이드로폰을 이용하는 방법을 적용하여 정도가 높은 투과 손실 레벨을 측정할 예정이다.

참 고 문 헌

- (1) Urick, R. J., 1983, "Principle of Underwater Sound 3rd edition", McGraw-Hill Book Co.
- (2) Bobber, R. J., 1988, "Underwater Electro-acoustic Measurements", Peninsula, California, pp. 287~292.
- (3) Cederholm, A., 2001, "Acoustic Transmission and Reflection Properties of Alberich Anechoic Coatings", 24th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics, Ustaoset, pp. 59 ~ 62.
- (4) Jeon, J. J., Han, S. J., 2004, "A Study on Acoustic Characteristics of Sonar Dome", NDSC-520-041102, Agency for Defense Development.