



# 균일 유입류에서의 모형추진기 캐비테이션 소음특성 실험연구

## Experimental Study on the Cavitation Noise Characteristics of Model Propeller in Uniform Inflow

설 한 신<sup>†</sup>  
Hanshin Seol<sup>†</sup>

(Received September 14, 2018 ; Revised October 23, 2018 ; Accepted October 23, 2018)

**Key Words** : Propeller Noise(추진기 소음), Propeller Cavitation(추진기 공동) Model Test(모형시험), Large Cavitation Tunnel(대형캐비테이션터널)

### ABSTRACT

In this study, propeller cavitation and the resulting noise were analyzed experimentally in uniform inflow conditions. The propeller cavitation observation and noise measurements tests were conducted in the KRISO Large Cavitation Tunnel (LCT), with size 2.8 m (B) × 1.8 m (H) × 12.5 m (L). The test setup and conditions are introduced and the propeller noise test procedure is briefly described. To investigate the propeller cavitation and induced noise, propeller noise measurement tests were performed under various pressure and propeller loading conditions. Propeller noise results are presented along with the cavitation observation. The relation between the cavitation patterns and measured noise were analyzed.

### 1. 서 론

해상 물동량의 증가는 많은 해양환경문제를 야기하고 있으며 특히 최근 인간의 해양에서의 활동, 특히 선박운항에 의한 해양소음오염은 큰 이슈로 대두되고 있다. 국제해사기구(international maritime organization, IMO)는 해양환경보호 관련 규제를 점차 강화하고 있으며 해양환경보호를 위하여 온실가스 배출관련 규제를 이미 시행중에 있고 해양소음오염을 방지하기 위한 규제방안에 대해서도 논의가 진행 중에 있다<sup>(1,2)</sup>. 해양소음오염의 주요 원인은 선박, 특히 선박의 추진기에서 발생하는 캐비테이션에 의한 소음으로 이는 최근 조선/해양 산업계 및 환경보호단체에서 큰 관심분야가 되고 있다. 각 선급, 유럽연합 프로젝트들이 해양소음

오염으로부터 해양생태계를 보호하기 위한 선박의 수중방사소음을 감소시키기 위한 연구를 지속하고 있으며 국제해사기구(IMO)는 선박 방사소음에 의한 해양생태계 보호를 위한 비의무지침(non-mandatory guideline)을 발표한 것으로 이를 입증하고 있다<sup>(1,3,4)</sup>.

앞서 언급한 것처럼 선박 수중방사소음의 대부분을 차지하는 추진기 캐비테이션 소음은 모형시험 또는 수치계산을 이용하여 소음수준을 예측하고 있으며 선박해양플랜트연구소(Korea research institute of ships and ocean engineering, KRISO)에서도 상선을 비롯하여 함정, 잠수함 등의 추진기 소음 연구가 많이 진행되고 있다<sup>(4,5)</sup>. 이뿐 아니라 국내의 여러 연구기관에서도 실선 추진기에서 발생하는 캐비테이션 소음을 분석하기 위한 다양한 연구들이 수행되어 왔다<sup>(6,7)</sup>.

추진기소음 모형시험은 대형캐비테이션 터널이나 감

<sup>†</sup> Corresponding Author ; Member, Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering  
E-mail : seol@kriso.re.kr

‡ Recommended by Editor Jae Hung Han

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

압수조(depressurized wave basin)에서 모형시험과 평가가 이루어지고 있지만 시험환경 및 시험법은 각 시설마다 차이가 있어 추진기소음 시험에 대한 측정의 정확성과 신뢰성에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 그러므로 ITTC를 비롯한 관련 연구기구에서는 이에 대한 체계적인 연구를 권고하고 있다<sup>8)</sup>.

이 연구는 단순한 형상의 모형추진기를 이용하여 균일 유입류 하에서 캐비테이션 수 및 추진기 추력조건을 변화하면서 소음시험을 수행하여 추진기 캐비테이션 변화에 따른 소음결과를 분석하고 이를 향후 국외 연구기관과의 비교/분석을 통해 추진기소음 모형시험기법 및 시험결과에 대한 신뢰성 및 정확성을 확보하고자 한다.

## 2. 추진기소음 모형시험

### 2.1 모형시험 시설(test facility)

모형 추진기 캐비테이션 관찰 및 소음계측시험은 선박해양플랜트연구소(KRISO) 대형캐비테이션터널에서 수행하였다. KRISO 대형캐비테이션터널은 완공이후부터 많은 상선과 함정, 수중함, 수중무기체계의 추진기 캐비테이션 모형시험을 수행해 오고 있다. KRISO 대형캐비테이션터널은 길이 60 m, 높이 22.5 m, 폭 6.5 m를 가지며 미 해군 연구소의 대형캐비테이션터널(LCC)에 이어 전 세계 두 번째로 큰 터널로 상선 시험시설로는 세계에서 가장 큰 터널로 알려져 있다. 시험이 이루어지는 관측부는 폭 2.8 m, 높이 1.8 m, 길이 12.5 m이며 관측부 최고유속은 16.5 m/s, 터널 내부압력을 0.02 bar ~ 3.5 bar까지 조절이 가능하여 다양한 압력 및 추진기 하중조건에서 시험이 가능하다. 이 시험이 수행된 대형캐비테이션터널의 형상과 시험이 이루어지는 관측부를 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다.

모형 추진기의 구동 및 힘의 측정을 위하여 어뢰형상의 동력계를 제작, 활용하였다. 시험에 활용된 동력계 및 구동모터는 회전수 3500 r/min, 추력 2200 N, 토크 120 N·m까지 계측이 가능하다.

추진기 소음은 터널 관측부 하부에 설치된 소음센서를 활용하였고 센서를 통해 계측된 소음신호는 증폭기를 통해 소음획득시스템(data acquisition system)으로 신호를 계측하였다.

### 2.2 모형 추진기(model propeller)

Fig. 3과 Table 1에 모형 추진기의 형상과 주요제원

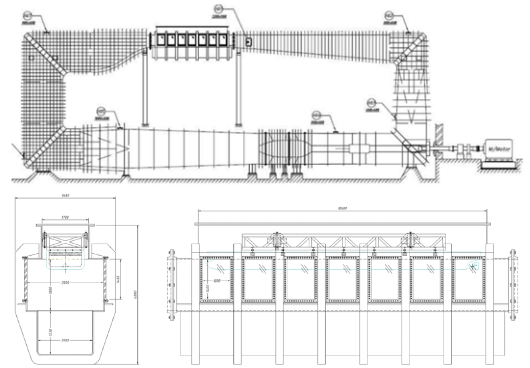


Fig. 1 Schematic diagram of the KRISO large cavitation tunnel

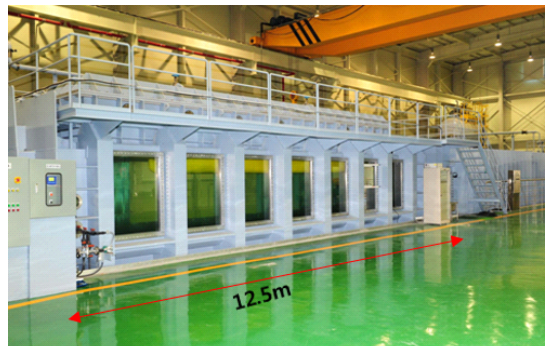


Fig. 2 Test section of the KRISO large cavitation tunnel

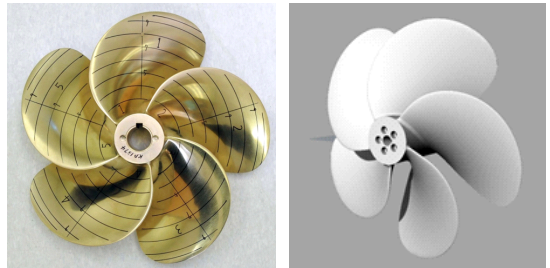


Fig. 3 Model propeller (CAD & manufactured)

Table 1 Principal dimension of model propeller

| Model propeller       | Value  |
|-----------------------|--------|
| Scale ratio           | 3.0    |
| (P/D) at 0.7R         | 0.8475 |
| Rake angle            | 0      |
| Skew angle            | 19     |
| Number of blade       | 5      |
| Direction of rotation | R.H.   |
| Material              | bronze |

을 나타내었다. 모형 추진기는 고정피치 추진기로 직경 0.25 m로 황동으로 제작되었다.

### 2.3 모형시험 구성(test set-up)

추진기 캐비테이션 및 소음시험은 Fig. 4와 같이 모형 추진기를 제작된 동력계의 전방에 고정시키고 허브 캡을 부착하였으며 대형캐비테이션터널 관측부의 중앙에 위치하도록 하였다.

모든 시험조건에서 추진기 캐비테이션 패턴은 스트로보스코프와 축 시그널을 동기화하여 캡코더와 디지털카메라를 이용하여 관찰, 영상을 저장하였다.

소음계측시스템은 수중 청음기, 신호조정 증폭기 및 데이터계측시스템으로 구성되어 있다. 수중청음기에서 계측된 신호는 신호조정증폭기로 증폭된 후 데이터계측시스템에 의해 256 kHz의 샘플링 속도로 저장되어 100 kHz의 주파수까지 분석하였다. 이 시험에서는 각 케이스 별로 60초간의 데이터를 계측하여 소음특성을 분석하였다.

### 2.4 추진기소음 모형시험 절차

추진기 소음계측은 세 단계로 수행되었다. 먼저 기설정된 추진기 전진비 및 캐비테이션 수 조건에서 모형추진기의 캐비테이션 관찰시험과 동시에 추진기 소음계측시험을 수행한다. 이후 추진기소음을 계측한 동일조건에서 추진기를 제거한 상태에서의 배경소음을 계측한다. 배경소음은 캐비테이션 터널 내부의 유동소음, 추진기를 구동하기 위한 모터, 축계 등 기계류 소음, 청음기 설치방법 등에 따른 유동소음 등 관심 소음원인 추진기를 제외한 모든 소음을 의미하며 첫 번째 단계에서 계측된 추진기소음이 배경소음보다 커야지만 추진기소음 계측 결과가 의미를 가질 수 있다. 일반적으로 계측된 추진기소음 신호가 배경소음보다

6 dB 이상 큰 경우 계측된 추진기소음 결과가 유효성을 가진다고 알려져 있으며 추진기소음과 배경소음의 차가 6 dB보다 작을 경우 식 (1)과 같이 계측된 음압에서 배경소음을 고려한 배경소음보정(background noise correction)하여 결과를 도출한다<sup>(8)</sup>.

$$SPL_{corr} = 10 \log_{10} (10^{SPL_{m+bg}/10} - 10^{SPL_{bg}/10}) \quad (1)$$

이 연구의 경우 추진기 캐비테이션이 발생하였을 때 전 주파수 영역에서 추진기소음이 유효성을 가져 배경소음보정 없이 계측된 결과를 활용하여 소음을 분석하였다. 세 번째 단계는 전달함수 계측시험이다. 일반적으로 소음시험이 이루어지는 대형캐비테이션터널 관측부는 무한음장이 아닌 닫혀진 공간으로 터널내부의 반향(reverberation) 효과와 수중청음기의 설치상태 등 소음계측시스템의 구성, 소음원과 소음계측부 사이의 거리 등에 영향을 받는다. 따라서 측정된 추진기소음을 자유음장에서의 결과로 변환하기 위하여 소음원과 소음계측시스템 사이의 전달손실과 반향효과들을 고려한 상관관계를 계측하여야 한다.

$$L_S = L_v + T.F \quad (2)$$

$L_S$ : 무한 음장에서의 음원 준위 (dB re 1μPa@1m)

$L_v$ : 소음계측 시스템에서 계측된 결과

$T.F$ : 소음원에서 발생한 소음이 계측부까지 전달되는 함수

전달함수 계측시험은 음원준위를 알고 있는 소음원을 관심 소음원인 추진기 위치에 설치하여 전달함수를 계측한다. 그러므로 추진기의 소음원 준위는 식 (2)와 같이 표현할 수 있다<sup>(9)</sup>.

### 2.5 추진기소음 모형시험 조건

이 연구에서 수행한 모형시험 조건은 Table 2와 같다. 전진비( $J$ )를 고정한 상태에서 터널내부압력을 조절하여 동일 추력계수( $K_T$ )에서 캐비테이션 수( $C_v$ )를 변

Table 2 Test condition

| Condition | $J$ | $K_T$ | $C_v$ |
|-----------|-----|-------|-------|
| #1        | 0.4 | 0.255 | 13.3  |
| #2        | 0.4 | 0.255 | 8.1   |
| #3        | 0.4 | 0.255 | 7.0   |
| #4        | 0.5 | 0.203 | 13.3  |
| #5        | 0.5 | 0.203 | 8.1   |
| #6        | 0.5 | 0.203 | 4.5   |



Fig. 4 Set-up

화시켰다. 추진기 날개 끝단 속도에 대한 추진기 축의 전진속도 비를 나타내는 전진비, 추력계수, 캐비테이션 수는 식 (3)~(6)과 같은 무차원 계수로 나타낼 수 있다.

$$J = \frac{V_A}{nD} \tag{3}$$

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \tag{4}$$

$$C_n = \frac{p_0 - p_v}{1/2 \rho n^2 D^2} \tag{5}$$

$$C_v = \frac{p_0 - p_v}{1/2 \rho V_A^2} \tag{6}$$

여기서,  $V_A$ 와  $\rho$ 는 관측부에서의 터널내부 유속과 작동유체의 밀도를 나타내며  $n$ 과  $D$ 는 각각 모형추진기의 회전수 및 직경을 의미한다.  $T$ 는 추진기의 추력을 의미하며 캐비테이션 수를 나타낼 때의 변수  $p_0$ 와  $p_v$ 는 각각 터널내부 정압과 증기압을 의미한다. 일반적으로 추진기 캐비테이션 수는 추진기 회전수를 고려한 식 (5)와 같은  $C_n$ 을 많이 활용하지만 이 시험에서는 국외 타 연구기관과의 시험결과 비교를 위하여 식 (6)과 같이 관측부에서 터널 내부유속으로 정의한  $C_v$ 를 기준 캐비테이션수로 정의하였다.

### 3. 추진기소음 모형시험 결과

#### 3.1 추진기 캐비테이션 관찰

추진기 캐비테이션 패턴은 동일 캐비테이션 수 시험조건에 따라 Fig. 5에 나타내었다.

추진기 캐비테이션 패턴은 동일 캐비테이션 수에서 전진비  $J=0.5$ 인 경우보다 전진비  $J=0.4$ 에서 많은 캐비테이션 발생량을 보여주고 있다. 이는 Table 2에서 보듯이 낮은 전진비에서 추진기에 더 큰 하중이 가해졌기 때문이다. 시험조건 4의 경우는 완전 비공동 상태이며, 동일 전진비에서는 캐비테이션 수가 낮아짐에 따라 날개 끝 와류 캐비테이션(tip vortex cavitation) 발생량이 커지고 추진기 얇은 층 캐비테이션(propeller sheet cavitation)의 발생면적이 넓어짐을 확인할 수 있다.

이 시험의 모든 조건에서 과도한 얇은 층 캐비테이션은 관찰되지 않았으며 캐비테이션으로 인한 추력감소 역시 측정되지 않았다.

#### 3.2 추진기 캐비테이션 및 추진기소음 상관관계 분석

추진기 캐비테이션 변화에 따른 추진기소음 결과는 캐비테이션 수와 전진비 두 가지 변수에 따라 비교할 수 있다. 즉, 동일 추력에서 캐비테이션 수에 따른 비교와 동일 캐비테이션 수에서 추진기 추력의 변화에 따른 추진기 캐비테이션-소음의 상관관계를 분석하였다.

Fig. 6은 전진비  $J=0.4$ 인 경우에 캐비테이션 수 변화에 따른 최종 추진기소음을 비교한 결과이다. 모든 시험조건에서 5 kHz와 7 kHz 부근 주파수 대역에서 명음(singing) 소음이 측정되었다. Fig. 5의 전진비 0.4인 경우 캐비테이션 패턴 결과에서 보듯이 캐비테이션 수가 낮아짐에 따라 날개 끝 와류 캐비테이션과 얇은 층 캐비테이션 발생면적이 넓어지고 있으며 저주파 대역을 비롯한 전 주파수 영역에서 소음이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 특히 시험조건 1과 시험조건 2의 결과를 비교해보면 추진기 캐비테이션 발생영역이 넓어짐에 따라 명음소음이 점차 줄어들고 캐비테이션에 의한 소음이 커지는 것을 볼 수 있다. 추진기

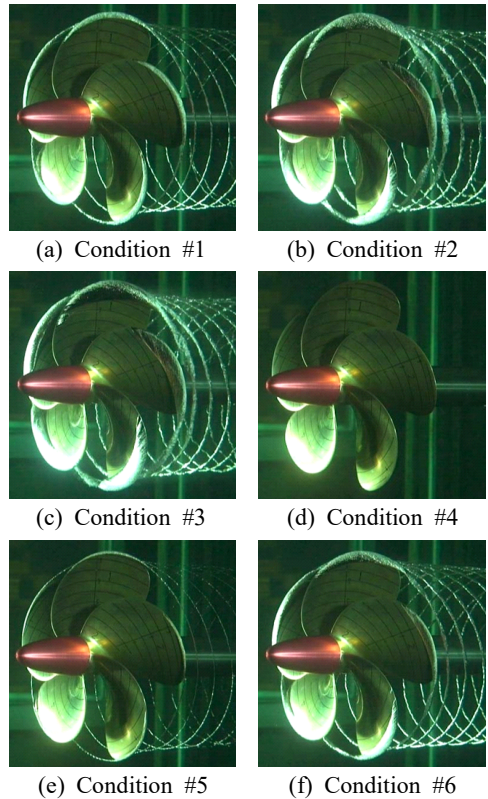


Fig. 5 Cavitation pattern



명음은 추진기 날개의 국부 고유진동수와 날개 뒷전의 와류홀림주파수(vortex shedding frequency)가 일치하면서 발생하는 일종의 공진 현상에 의한 소음이다<sup>(10)</sup>. 이 시험의 경우 추진기 캐비테이션의 발생량과 발생 부위가 증가하면서 캐비테이션에 의한 추진기 날개 뒷전의 와류홀림주파수가 불규칙해져 명음소음이 감소한 것이다. 이는 명음소음이 영향을 주고 있는 1 kHz ~ 10 kHz 대역에서 캐비테이션 발생량이 커진 시험조건 2가 캐비테이션 발생량이 적은 시험조건 1에 비하여 소음이 작아진 결과와 얇은 층 캐비테이션이 주로 영향을 미치는 저주파 대역의 소음은 약 20 dB 이상 증가한 결과에서 확인할 수 있다.

전진비 0.5인 경우에서도 유사한 소음결과를 보여주고 있다. 비공동 상태인 시험조건 4는 저주파대역에서 매우 낮은 소음수준을 나타내고 있고 전진비 0.4인 경우와 마찬가지로 4 kHz ~ 7 kHz 사이에서 강한 명음소음이 계측되었다. 시험조건 5에서 캐비테이션 수가 낮아져 날개 끝 와류 캐비테이션이 발생하였으며 이로 인해 1 kHz 부근에서 급격한 소음증가가 계측되었다.

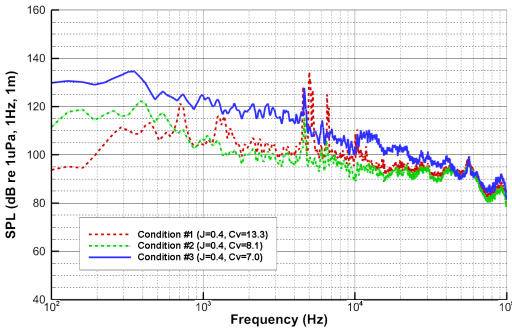


Fig. 6 Effect of cavitation number on propeller noise (J = 0.4)

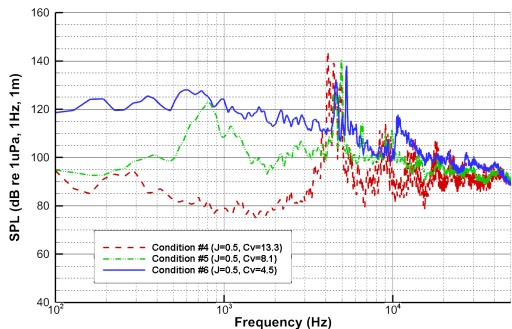


Fig. 7 Effect of cavitation number on propeller noise (J = 0.5)

캐비테이션 수가 더 낮아진 시험조건 6은 리본 형상의 날개 끝 와류 캐비테이션과 얇은 층 캐비테이션이 발생하여 저주파 대역에서 20 dB 이상의 소음증가와 날개 끝 와류 캐비테이션의 영향을 받는 고주파대역의 소음 역시 증가하였다<sup>(11)</sup>.

두 번째는 추진기 추력에 따른 소음변화에 대하여 고찰하였다. Table 2에서 보듯 전진비에 따라서 추력계수의 차이가 있으며 이는 전진비 0.4인 경우가 전진비 0.5인 경우보다 추진기가 내는 추력이 더 큰 것을 의미한다. 동일 캐비테이션 수에서 추진기가 발생하는 추력에 따른 추진기 캐비테이션과 소음의 변화에 대하여 분석하였다.

Fig. 8은 시험조건 1과 시험조건 4를 비교한 것으로 캐비테이션 수( $C_v = 13.3$ )가 동일한 상태에서 추력계수가 각각 0.255, 0.203인 경우의 소음을 비교한 결과이다.

추진기 하중 즉, 추진기에서 발생하는 추력이 클수록 발생하는 캐비테이션의 양이 증가하며 이로 인해 추진기 소음이 증가하는 것을 볼 수 있다<sup>(11)</sup>. 특히 시험조건 4의 경우는 비공동 상태이고 동일 캐비테이션 수에서 하중이 증가한 시험조건 1은 성장한 얇은 층 캐비테이션이 발생하여 저주파수 대역에서 소음이 증가하였다. 고주파 대역에서도 날개 끝 와류 캐비테이션의 발생과 성장으로 비공동상태일 때보다 1 kHz ~ 3 kHz 대역의 소음이 증가하였다. 또한 전진비 변화로 인하여 날개 뒷전의 와류 홀림 주파수가 바뀌어 명음 주파수도 변화한 것을 볼 수 있다<sup>(12)</sup>.

Fig. 9는 캐비테이션 수 8.1인 조건에서의 추진기 추력변화에 따른 소음결과이다. 앞선 Fig. 8은 비공동상태와 캐비테이션이 발생한 상태에서의 소음의 차이를 보여준다면 Fig. 9는 동일한 날개 끝 와류 캐비테이션의 강도 변화에 따른 소음변화를 볼 수 있다. 시험조건 5는 모든 블레이드에서 날개 끝 와류 캐비테이션이 약하게 발생한 상태이며 시험조건 2는 동일 캐비테이션 수에서 추진기 추력이 증가하여 날개 끝 와류 캐비테이션의 강도가 커져 리본 형상의 강력한 날개 끝 와류 캐비테이션과 추진기 반경의 약 80%(0.8 R) 정도까지 얇은 층 캐비테이션이 발생한 상태이다.

앞선 시험결과와 같이 캐비테이션이 성장해 감에 따라 명음에 의한 토널성분 소음은 줄어들고 있다. 이 비교결과에서 고주파대역의 소음은 날개 끝 와류 캐비테이션의 발생량이 많아져도 크게 증가하지 않은 것을 볼

수 있다. 오히려 명음소음의 감소로 캐비테이션 발생량이 더 많은 시험조건 2에서 고주파대역 소음이 작아진 것을 볼 수 있다. 캐비테이션 소음은 발생한 공동의 체적변화 가속도에 비례하는데 이 시험은 균일류 조건에서 시험이 수행되어 날개 끝 와류 캐비테이션의 발생량은 차이를 보이고 있지만 와류 캐비테이션 내의 버블들의 체적변화는 발생량에 비하여 크지 않아 고주파대역에서는 유사한 소음수준을 보이는 것으로 사료된다<sup>(11)</sup>. 특히 Fig. 9의 결과에서 1 kHz 주파수 대역의 소음은 캐비테이션 발생량이 많은 시험조건 5에서 더 작아지는 특이한 현상을 보여주고 있다. 일반적으로 날개 끝 와류 캐비테이션 초생(inception)은 1 kHz 주변 주파수에 영향을 준다고 알려져 있다<sup>(8)</sup>. 시험조건 5의 경우 날개 끝 와류 캐비테이션이 약하게 발생하는 초생과 가까운 조건이기 때문에 추진기회전에 따라 캐비테이션의 불안정성이 큰 상태라 볼 수 있다. 이러한 캐비테이션의 불안정성으로 인해 캐비테이션이 안정적으로 발생하는 시험조건 2의 경우에 비하여 1 kHz 주변 주파수 대역의 소음이 크게 발생하였다. 하지만 추진기 날

개에서 얇은 층 캐비테이션이 발생한 경우는 거시적 운동특성을 새로운 소음원이 생성되어 저주파대역에서 소음이 증가함을 볼 수 있다.

위의 추진기 캐비테이션 패턴과 발생소음과의 상관관계를 살펴보면 날개 끝 와류 캐비테이션이 발생할 경우 1 kHz 대역 부근에서 급격한 소음의 증가가 발생하며 날개 끝 와류 캐비테이션의 발생량이 증가함에 따라 주변 주파수대역으로의 소음증가 현상이 나타나고 있다. 하지만 날개 끝 와류 캐비테이션의 발생량의 증가에 비하여 고주파 대역의 소음증가는 크지 않았으며 얇은 층 캐비테이션의 발생은 1 kHz 이하의 저주파대역에 영향을 주는 것으로 나타났다.

#### 4. 결 론

선박해양플랜트연구소의 대형캐비테이션터널과 단순형상의 모형추진기를 이용하여 추진기 캐비테이션 관찰시험과 소음계측시험을 수행하고 발생한 추진기 캐비테이션 패턴에 따른 추진기 소음특성을 분석하였다. 추진기 추력 및 압력조건에 따라 비공동 상태에서 서부터 명음소음, 날개 끝 와류 캐비테이션과 추진기 얇은 층 캐비테이션의 발생과 성장에 따른 소음특성을 분석하였다.

추진기 소음특성은 일반적으로 발생한 캐비테이션의 양의 증감과 유사한 특성을 보여주고 있다. 캐비테이션 수의 감소 또는 추진기 추력 증가로 날개 끝 와류 캐비테이션의 성장은 고주파대역에서 저주파 대역으로 소음성장 주파수가 옮겨갔으며 얇은 층 캐비테이션은 2 kHz ~ 3 kHz 이내의 저주파대역에서 소음의 증가를 가져왔다. 날개 끝 와류 캐비테이션의 발생은 비공동상태에 비하여 새로운 소음원의 생성으로 큰 소음수준의 증가가 있으며 날개 끝 와류 캐비테이션의 초기 성장시점에서는 캐비테이션 불안정성으로 인한 소음이 발생한다. 이후 날개 끝 와류 캐비테이션이 강해져 안정화가 되면 이러한 불안정성으로 인한 소음은 줄어들며 날개 끝 와류 캐비테이션의 강도가 강해짐에 따라 고주파대역을 중심으로 소음이 증가하였다. 하지만 균일류 상에서 안정적으로 성장하는 날개 끝 와류 캐비테이션은 캐비테이션 발생강도에 비하여 소음의 증가도는 비례하지 않는 것으로 계측되었다. 이는 균일류 상에서 추진기 회전 방위각에 따라 소음원인 날개 끝 와류 캐비테이션의 체적변화율이 작기 때문에 나

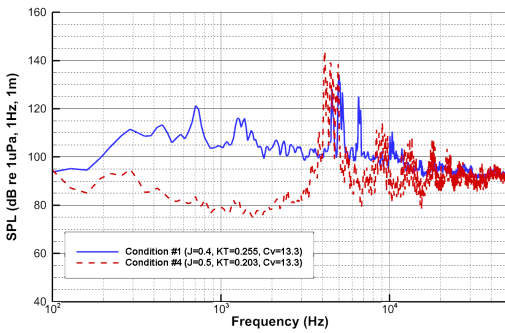


Fig. 8 Effect of propeller loading on propeller noise ( $C_v = 13.3$ )

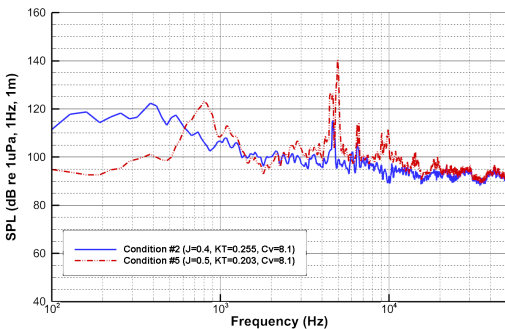


Fig. 9 Effect of propeller loading on propeller noise ( $C_v = 8.1$ )

타난 현상이다.

추진기 날개의 구조특성과 날개 뒷전의 와류홀림 유동현상에 의하여 발생하는 명음소음은 추진기 캐비테이션이 성장함에 따라 와류홀림유동의 주기성이 약화되어 점차 토널 성분의 소음수준이 감소하였다.

캐비테이션터널에서 추진기소음 모형시험은 실제선박의 소음수준을 예측할 수 있는 가장 정확하고 신뢰할 수 있는 방법이다. 하지만 추진기소음 모형시험 결과에 대한 비교, 검증 연구는 최근의 해양환경보호 규제와 관심으로 이제 막 시작단계에 들어섰다고 볼 수 있다.

이 연구는 향후 동일 시험모델 및 시험조건에 대하여 전 세계 추진기소음 연구기관과의 비교연구가 예정되어 있으며 이는 향후 추진기소음 모형시험기법 마련과 물리적인 추진기소음 특성을 분석하기 위한 기반이 될 수 있을 것이다.

## 후 기

이 연구는 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소의 주요사업 ‘추진기 소음기술을 응용한 추진기침식 모형시험법 개발과 추진기 소음저감기술고도화’ 과제 (PES9270)와 방위사업청과 국방과학연구소가 지원한 선박해양플랜트연구소의 ‘미래잠수함 저소음추진기 특화연구실’ 과제의 지원으로 수행되었으며 상기과제 연구결과의 일부입니다.

## References

(1) International Maritime Organization, 2011, Report of Maritime Environment Protection Committee (MEPC), 62<sup>nd</sup> Session Agenda Item 19 (62/19), Noise from Commercial Shipping and Its Adverse Impacts on Marine Life – development of and International Standard.

(2) National Research Council (U.S.) Committee on Potential Impacts of Ambient Noise in the Ocean on Marine Mammals, 2003, Ocean Noise and Marine Mammals, National Academic Press.

(3) The International Fund for Animal Welfare, 2009, Reducing Underwater Noise Pollution From Large Commercial Vessels.

(4) Seol, H., Kim, K. S. and Park, Y. H., 2017, Trend for Ship Propeller Noise Technology and KRISO R&D Status, Bulletin of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 54, No. 2, pp. 29~37.

(5) Seol, H., Park, C. and Kim, K. S., 2016, Numerical Prediction of Marine Propeller BPF Noise Using FW-H Equation and Its Experimental Validation, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 26, No. 6, pp. 705~713.

(6) Kim, S.-Y., Han, K. H and Song, O., 2017, Study on the Analysis of Cavitation Inception Speed Using Hull Vibration, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 27, No. 5, pp. 602~607.

(7) Lee, J.-H., Kim, D.-H. and Shin, Y.-H., 2018, Use of Spectral Kurtosis for Hyperbolic Localization of Propeller Tip Vortex Cavitation, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 28, No. 3, pp. 356~364.

(8) Specialist Committee on Hydrodynamic Noise, 2015, Proceedings of 27<sup>th</sup> International Towing Tank Conference.

(9) Seol, H., Park, C., Park, Y. and Kim, G., 2013, Measurement of Propeller Cavitation Noise in the MOERI Large Cavitation Tunnel, The 3<sup>rd</sup> International Conference on Advanced Model Measurement Technology for the Maritime Industry (AMT'13).

(10) Carlton, J. S., 2012., Marine Propellers and Propulsion. Oxford, Butterworth-Heinemann.

(11) Bark, G., 1988, On the Mechanisms of Propeller Cavitation Noise. Ph.D. Thesis. Charlmers University of Technology.

(12) Choi, S., 2013, Consideration of Propeller Singing Phenomena on Ship, Journal of KSVNE, Vol. 23, No. 2, pp. 16~19.



**Hanshin Seol** received his B.S. in Aerospace Engineering from Pusan National University in 1998. He received his M.S. and Ph.D. degree in Mechanical and Aerospace Engineering from Seoul National University in 2001 and 2005. He is now a principal researcher and the head of the ‘Future Submarine Low Noise Propeller Research Laboratory’ at Korea Research Institute Ships and Ocean Engineering in Daejeon, Korea. Dr. Seol’s current research interests include hydroacoustics, propeller noise and development of propeller noise reduction technology.