

실험적 모드해석에 의한 Pool Tank 의 접수진동 실험 및 감쇠 변화에 대한 고찰

Study on the experimental of Pool Tank filled water and damping variation

곽동희† · 김노성* · 김극수* · 이욱*

Dong-Hee Kwak, Nho-Seong Kim, Kuk-Su Kim, and Wook-Rhee

1. 서 론

현재 선박 및 해양구조물에 존재하는 탱크는 유체에 의한 부가수 질량을 고려하여 방진 설계가 이루어지고 있다. 선체 외부에 설치되는 Pool Tank 의 경우, 선박 인도 후에 내부에 물을 채운 상태로 운전하기 때문에 탱크와 같은 방진 설계가 필요하다.

이에 본 연구에서는 Pool Tank 의 접수 효과에 의한 진동 특성을 실험적 방법으로 규명하고 기진 원과의 공진 여부를 평가하였으며 MSC Nastran 의 해석 결과와도 비교하였다. 또한 진동 응답에 영향을 미치는 감쇠비의 접수 효과에 의한 변화에 대해서도 좀 더 세밀히 분석하였다.

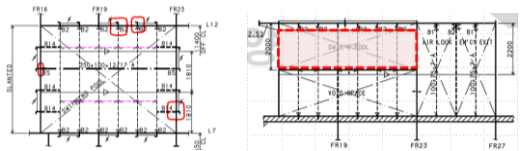
2. Swimming pool 구조

Crack이 발생한 VLCC의 Pool Tank는 Engine casing에 설치 되었으며 주요 제원은 다음과 같다.

높이	2.0 m
길이	6.0 m
폭	4.8 m
옆면 두께	8t/9t/10.5t/12t
바닥 두께	10t

Pool Tank 바닥은 Fig. 1과 같이 150A 보강재가 균등하게 배열되고 중간 위치에 횡방향으로 350A

Girder가 있는 구조이다. 그리고 Pool Tank 하부에는 2m 높이의 빈 공간이 있다.



(a) Drawing of Swimming pool bottom and side wall



(b) Structure of Pool Tank

Fig. 1 Pool Tank

2. 진동 특성 파악

2.1 실험적 모드 해석

접수 효과에 의한 Pool Tank 바닥의 고유진동수 변화를 확인하고 Panel 같은 구조물에서 감쇠가 접수 효과에 의해 어느 정도 변하는지 상대 비교를 위해 Pool Tank 내부가 빈 경우와 물로 채워진 경우에 대해서 각각 Modal test를 수행하였다.

Pool Tank 바닥에 9개의 센서를 횡방향으로 균등하게 배열하고 보강재 상부에서 종방향으로 옮기면서 진동 속도응답을 측정하였다. Impact hammer를 이용해 바닥 중앙을 가진 하였으며 FFT 분석기를 사용하여 주파수 응답 곡선을 얻었다.

† 교신저자; 곽동희, 대우조선해양주

E-mail : donghee@dsme.co.kr

Tel : 055-680-5560, Fax : 055-680-7238

* 대우조선해양주

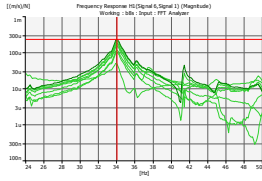


Fig. 2 Frequency response functions in air condition

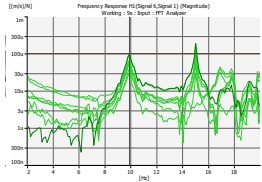


Fig. 3 Frequency response functions in fluid condition

Fig. 3을 보면 접수 시, Pool Tank 바닥의 고유진동수는 9.8Hz로 이는 Propeller 2차 기진력과 공진 가능성이 있다.

2.2 유한요소법의 검증

접수 효과에 의한 해석적 검증을 위해 유한 요소 모델을 이용하여 해석을 수행하였다. 구조 및 하부 Beam은 3D로 모델링 하였다. Test 결과와 해석 결과 비교를 Table 1에 나타내었다.

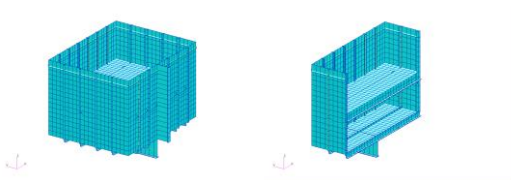
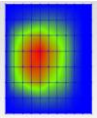
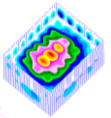
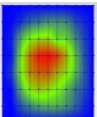
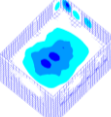


Fig. 4 FE model of Pool Tank

Table 2 Mode shape for test and analysis result.

Condition	Modal test	Analysis result 3D FEM
In air	 34.0 Hz	 33.7 Hz
In fluid	 9.8 Hz	 9.6 Hz

해석 결과는 실험과 Air 상태에서는 약 1%, 접수 상태에서는 약 2%의 오차 내에서 잘 일치하였다. 이 모델을 이용하여 방진 설계안을 도출하였다.

3. 접수 상태에서의 감쇠 측정

주파수 응답 함수로부터 Half power bandwidth method를 사용한 감쇠비는 다음과 같이 정의된다.

$$\zeta_m = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2\omega_n} \quad (1)$$

진동응답은 Leakage error를 줄이기 위해 응답 채널에 지수 창함수를 적용하여 측정 하였다. 측정된 감쇠비(ζ_m)에는 실제 구조물의 감쇠에 지수 창함수에 의한 영향이 포함되어 있으므로 이를 보정하면, 실제 감쇠비는 다음과 같이 계산된다.

$$\zeta = \zeta_m - \zeta_w \left(\sigma = \frac{1}{\tau} \right) \quad (2)$$

여기서, σ 는 붕괴 상수로서 지수 창함수 정의 시 사용되는 시정수(τ)의 역수이다. 식(2)을 이용한 실제 감쇠비의 계산 결과는 Table 1과 같다. 접수 시, 감쇠가 증가할 것이라는 예상과는 달리, 접수상태의 감쇠비는 공기 중에서의 감쇠비보다 크지 않고 거의 유사하였다.

Table 3 Damping ratio

Condition	Adjusted Damping ratio
In air	1.05%
In fluid	0.94%

4. 결론

본 연구에서 Pool Tank의 접수 진동에 관한 실험 및 해석을 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 3D 유한요소 모델을 사용하여 접수 진동 해석을 수행하였고 실험을 통해 이를 검증하고 방진 설계에 이용하였다.
- 2) 보강재가 포함된 판 구조물의 경우, 감쇠가 공기 중에서의 상태보다 클 것이라는 예상과 달리 실험 결과 크게 차이가 없음을 확인하였다. 따라서 공진이 발생할 경우 유체 감쇠에 의한 진동 응답의 감소는 기대하기가 어렵다.