

# Top - Bracing

## Study on the Dynamic Characteristics of Hydraulic Top-Bracing using Control Volume Approach

이철원† · 김진현\* · 이도경\* · 정태석\*  
**Chulwon Lee, Jinhyeon Kim, Dokyung Lee and Taeseok Jeong**

### 1. 서 론

선박용 엔진의 공진 주파수는 단독 설치 시 일반적으로 선박의 운항 영역에 존재한다. 따라서 엔진 자체의 공진주파수를 선박의 운항 영역 이상으로 이동하기 위하여 Top-Bracing을 설치한다. 또한 엔진자체 진동이 문제가 되지 않아도 엔진 기인 선체 진동의 최적화를 위하여 Top-Bracing을 설치한다.

일반적으로 선박 탑재용 Top-Bracing은 크게 마찰식과 유압식이 가장 많이 사용된다.

이 중 유압식 Top-Bracing은 내부 실린더와 피스톤으로 구성되어 있으며 실린더 내부 기름의 유탄성 작용을 통하여 스프링 역할을 하는 방식이다. 유압식 Top-Bracing의 장점은 유연한 구조로 인하여 대형 엔진의 큰 힘에 저항하는 내구성이 크며 또한 실린더 내에 설치된 밸브를 조정하여 선박 운항 조건에 따라 Top-Bracing의 동특성을 변경할 수 있다는 점이다.

본 연구에서는 유압식 Top-Bracing의 작동 조건인 인서비스(In-service) 조건과 아웃어브(Out-of-service) 서비스 조건 중 아웃어브 서비스 조건의 동특성을 밸브의 유동 특성을 검사 체적법을 이용하여 규명하고 그 물리적 의미를 고찰 하였다.

### 2. 유압식 Top-Bracing

#### 2.1 유압식 Top-Bracing의 구조

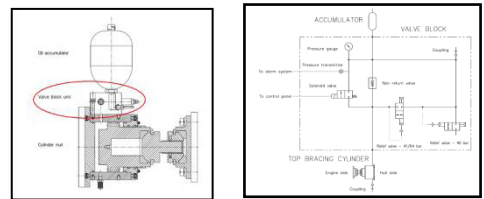


Fig. 1 Hydraulic Top-Bracing

유압식 Top-Bracing은 Fig. 1과 같이 크게 밸브 블록, 실린더, 어큐뮬레이터(Accumulator)로 나눌 수 있다. 실린더는 주 엔진으로부터 직접 힘을 전달 받는 요소로 밸브 블록과 같이 내부에 오일로 채워져 있으나, 이 요소는 단순히 밸브 블록에게 힘을 전달하는 역할만 수행할 뿐, 실질적인 유압식 Top-Bracing의 메커니즘을 결정하는 요소는 밸브 블록에서 이루어진다. 밸브들에 대한 설명은 다음과 같다.

- 1) 솔레노이드 밸브(Solenoid valve): 전기적 신호에 의하여 밸브가 개폐되면서 모드를 제어하는 밸브이다. 이때, 밸브가 열릴 때는 아웃어브 서비스 모드이고, 밸브가 닫힐 때는 인서비스 모드이다.
- 2) 체크 밸브(Non return valve): 설정된 순방향으로만 유량이 흐르도록 조절하는 밸브이다. 어큐뮬레이터에서 실린더 방향으로만 흐르게 된다.
- 3) 릴리프 밸브(Relief valve): 설정 압력 이상을 초과했을 때 개폐되어 내부 압력을 유지하는 밸브이다. 탑브레이싱의 설정 압력은 64 bar이다.

† 교신저자; STX 조선해양  
E-mail : lcw7376@gmail.com  
Tel : 010-7348-1022, Fax: 055-548-3198  
\* STX 조선해양

### 3. 솔레노이드 밸브의 수치 모델화

#### 3.1 검사 체적법을 이용한 수치 모델

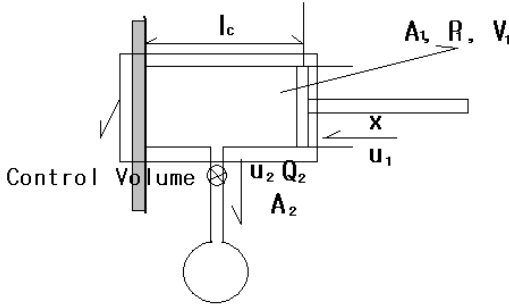


Fig. 2 Control Volume

검사 체적 내 유동은 질량 보존의 법칙으로부터 다음을 만족 한다.

$$\frac{d}{dt} \int_{S_y} \rho dV = \int_{cv} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) dV = \int_{cv} \frac{\partial \rho}{\partial t} dV + \int_{cs} \rho \mathbf{u} \cdot \mathbf{n} ds = 0 \quad (1)$$

식 1)에서 검사 표면에 대한 적분은 다음과 같이 검사 체적 내 유속과 단면적으로 나타낼 수 있다.

$$\int_{cs} \rho \mathbf{u} \cdot \mathbf{n} ds = \rho_0 \left[ Q_2 - A_1 \frac{\partial x}{\partial t} \right] \quad (2)$$

검사 체적 내 교란 압력은 다음을 만족 한다.

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -B \nabla \cdot \mathbf{u} \quad (3)$$

연속 방정식과 식 1) ~ 식 3)으로부터 검사 체적 내 유동은 다음 식을 만족 한다.

$$\int_{cv} \frac{\rho}{B} \frac{\partial p}{\partial t} dV + \rho Q_2 - \rho A_1 \frac{\partial x}{\partial t} = 0 \quad (4)$$

#### 3.2 Top-Bracing의 운동 방정식

검사체적 내의 유동은 Euler's Equation으로 부터 유속과 압력은 다음을 만족 한다.

$$\mathbf{u} = \frac{k}{\rho \omega} p \quad (5)$$

식 4)와 식 5)로부터 검사체적 내 유동의 운동 방정식은 다음과 같음을 알 수 있다.

$$p \left( \frac{A_2 k}{V \rho \omega} + \frac{j\omega}{B} \right) = -\frac{j\omega}{l_c} x \quad (6)$$

식 6)에서  $\omega(\epsilon)$  이상의 선형 차수만 고려하면 검사 체적 내 유동의 운동 방정식은 가진 주파수  $f$  와 피스톤의 변위  $x$ 에 대하여 다음을 만족 한다.

$$p = j \frac{4A_1 \rho \pi^2}{A_2 k} f^2 x \quad (7)$$

식 7)로부터 피스톤의 가진력과 힘의 상관 관계는 다음과 같음을 알 수 있다.

$$F = j C f^2 x \quad (8)$$

식 8)로부터 유압식 Top-Bracing은 밸브 조건이 아웃오브 서비스 조건인 경우 Damper 역할을 함을 알 수 있다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 선박 탑재용으로 주로 사용되는 유압식 Top-Bracing의 솔리드 밸브가 열려있는 상태인 아웃오브 서비스 상태의 동특성을 실린더 내 유동장을 검사 체적법으로 모델링 하여 알아 보았다.

일반적으로 Top-Bracing의 작동 모드가 솔리드 밸브가 닫혀있는 상태인 인서비스 조건에서 Top-Bracing은 스프링 역할을 한다. 그러나 본 연구 결과와 같이 솔리드 밸브가 열려있는 조건인 아웃오브 서비스 조건에서는 댐핑 역할을 함을 알 수 있다.

본 연구 결과로부터 Top-Bracing의 작동 조건이 아웃오브 서비스 조건인 경우 Top-Bracing은 시스템에 아무런 기여가 없는 것이 아니라 댐퍼로서 작용함을 알 수 있다.

따라서 차후 연구로서 이의 진동해석 시 적용방안 마련 및 이의 최적화를 통한 진동 저감방안 마련이 필요 하다.