

U자형 단면을 가지는 원형 동조액체감쇠기의 성능에 관한 실험적 연구

An Experimental Study for Performance of Circular Tuned Liquid Damper with U-shape Cross-section

서명우* · 정의봉† · 조진래**

Myeongwoo Seo, Weuibong Jeong and Jinrae Cho

1. 서론

지진이나 바람에 의한 동적하중에 대한 건물의 구조적 안정성을 확보하기 위해 동조질량감쇠기(tuned mass damper, 이하 TMD라 칭함.), 동조액체감쇠기(tuned liquid damper, 이하 TLD라 칭함.), 동조액체기둥감쇠기(tuned liquid column damper, 이하 TLCD라 칭함.) 등의 수동형 감쇠기가 연구되어 왔다. 특히, TLCD는 수직관 및 수평관의 기하학적 크기 및 내부 물의 수위를 조절하여 건물의 고유진동수에 동조시킨다. 하지만, 이러한 방법도 특정방향에 대해서만 감쇠기가 작용한다는 단점이 존재한다. 해상풍력발전기의 경우 파도나 바람에 의해서 동적하중을 받게 되고, 이러한 동적하중은 그 방향성이 일정하지 않다. 그렇기 때문에 다 방향에 대해서 감쇠 역할을 하는 감쇠기의 연구가 필요하다.

이 논문에서는 TLCD와 같은 형태의 U자형 단면을 가지는 원형의 동조액체감쇠기(이하 U-원형TLD라 칭함.)를 만들어 그 성능에 관해서 실험적으로 연구하고 기존의 TLCD나 TLD와 비교분석하여 그 타당성을 보이려 한다.

2. 실험

2.1 실험 모델

Fig. 1의 (a)는 실험에서 사용된 U-원형TLD이며,

† 교신저자 ; 정희원, 부산대학교 기계공학부

E-mail : wbjeong@pusan.ac.kr

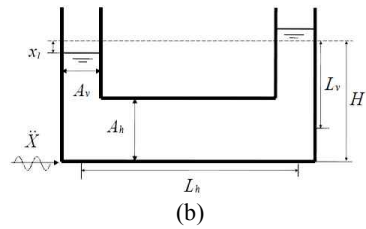
Tel : (051)510-2337, Fax : (051)510-3805

* 부산대학교 대학원 기계공학부

** (주)마이다스아이티



(a)



(b)

Fig. 1 Experiment model

Fig. 1의 (b)는 감쇠기의 원주 방향에 대한 U자형 단면이다. 감쇠기의 외경은 350mm이며, 높이는 300mm이다. 감쇠기는 아크릴로 제작 하였으며, 전체 두께는 5mm로 일정하다. 감쇠기 전체는 상부와 하부로 나뉘며, 물의 부력을 이기기 위해 상부와 하부는 볼트로 체결하였다. A_h , A_v 는 50mm로 동일하며, L_h 는 290mm이다. 수직관의 물의 높이인 L_v 에 의해서 고유진동수가 결정된다. 기존의 TLCD의 고유진동수 계산식은 식(1)과 같다.

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2g}{L_e}} \quad (1)$$

2.2 실험 개요

Fig. 2는 실험 장치의 구성을 나타낸다. 수평 진동판에 가속도계를 설치하여 가진이 정확히 되는지

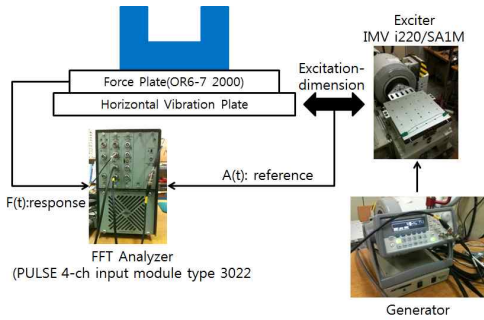


Fig. 2 Setup of experiment system

의 여부를 판단하였다. 그리고 설치된 force plate를 통해 댐퍼 안의 유체의 슬로싱에 의해 전달되는 전달력을 측정하였다. 가속도계의 입력신호와 전달력으로 주파수응답함수를 구하였다.

실험에 사용된 입력신호는 0~25Hz 주파수 범위를 갖는 백색잡음을 사용하였으며, 계측기의 주파수 간격은 대략 15mHz정도로 하여 데이터의 신뢰성을 높였다. 데이터는 75% 중첩하여 총 20회에 걸쳐 측정하였다.

3. 실험 결과 및 분석

실험은 U-원형TLD의 물의 높이(h)를 90~160, 10mm간격으로 변화시키며 수행하였다. Fig. 3은 물의 높이에 따른 U-원형TLD의 주파수응답함수의 변화를 나타낸 것이다. Table1은 물의 높이에 따른 고유진동수를 기존의 TLCD의 고유진동수 이론식으로 계산한 값이다. 물의 높이가 커짐에 따라 물의 유효길이가 길어지고 그에 따라 고유진동수의 낮아지는 경향을 가지는 것을 볼 수 있다. Fig. 3에서 나타나듯이 U-원형TLD도 TLCD와 같은 경향을 보인다. 하지만, 고유진동수가 이론식과 달리 1.31~1.34Hz 사이에서 나타나며, 굉장히 좁은 변화 폭을 가지고 있다. 이것은 U-원형TLD의 수평부 단면적이 지름 방향에 따라 다르게 형성되고, 또한 수직부는 둘레 방향으로 연결되어 있기 때문에 가진 방향 외에 다른 방향에 대한 슬로싱이 발생하고 서로 간섭이 일어나 고유진동수가 TLCD와는 다르게 나타나고 유효길이에 대한 영향이 적은 것으로 판단된다. 하지만, 전달함수에서 알 수 있듯이 뚜렷한 고유진동수를 가지고 원형이라는 특성상 다 방향에 대한 감쇠기로서의 역할을 할 수 있을 것이라 생각된다.

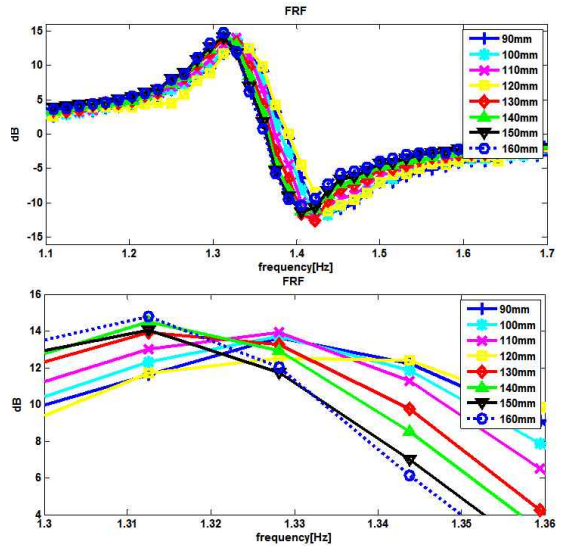


Fig. 3 Natural frequency of U-shape circular TLD

Table 1 Natural frequency of TLCD

수심 [mm]	유효길이 [mm]	고유진동수 [Hz]
90	420	1.0876
100	440	1.0626
110	460	1.0393
120	480	1.0174
130	500	0.9968
140	520	0.9775
150	540	0.9592
160	560	0.9419

4. 결론

TLCD 고유진동수 계산식에 대하여 U-원형TLD가 유효길이에 대한 특성 외에 TLCD와는 다른 형태의 특성을 가지는 것을 알 수 있었으며, 다 방향에 대한 감쇠기 기능을 할 수 있을 것으로 예상되었다. 추후 이와 관련하여 새로운 고유진동수 계산식과 슬로싱에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

후 기

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20114010203080)