

부분 몰수된 고정-자유 실린더 셸의 진동 실험

Vibration Experiment on a Partially-Submerged Clamped-Free Cylindrical shell

이재하* · 곽문규† · 허유* · 이완주*

Jae-Ha Lee, Moon K. Kwak, Ru HE and Wan-Joo Lee

1. 서 론

화력발전소에서 사용하는 수중 펌프는 연직 방향으로 거꾸로 매달린 실린더 셸 구조물로 볼 수 있는데 물을 끌어 올리기 위해 부분적으로 물속에 몰수되어 있다. 수중 펌프가 운용될 때 조석 간만의 차에 의해 수중 펌프 구조물의 고유진동수가 변화됨이 보고 되고 있다. 하지만 실제 양수관에 대한 실험을 수행하는 것이 용이하지 않기 때문에 Kwak et al.은 원형 실린더 셸이 부분적으로 몰수되어 있는 경우에 대해 이론적인 연구를 수행하고, 실험을 통해 그 타당성을 조사하였다. 또한 현장에서 관찰한 실린더 셸은 바닥과 어느 정도 간극을 유지하고 있으며, 외부벽과 근접되어 있는 경우도 있어 이러한 조건들이 고유진동수에 미치는 영향을 조사할 필요성이 대두되었다. 따라서 본 연구에서 몰수 깊이에 따라 외벽과의 간극, 내부 샤프트가 있는 경우에 대한 이론을 적용하고, 수치 계산과 실험을 통해 이들 간극이 실린더 셸의 고유진동수 변화에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 경계조건에 따른 수중 실험

본 연구에서는 두 가지 경계조건에서의 실린더 셸에 미치는 영향을 계측하기 위하여 실험을 수행하였다. 첫째로 실린더 셸의 외벽에 거리가 고유진동수에 미치는 영향을 계측하였고, 두 번째로 실린더 셸의 내벽의 거리가 고유진동수에 미치는 영향을 계측하였다. Fig.1 와 같이 셸의 고유진동수를 측정하기 위해 PCB사의 323B15 가속도계와

Dynamic Signal Analyzer 35670A를 사용하였고, 알루미늄 셸의 두께는 1.1mm 이며 내경은 10.55mm 길이는 478mm이다. 실험은 1m x 1m 수조에 알루미늄 실린더 셸을 가운데 위치시키고 10mm씩 순차적으로 400mm까지 물을 채워가며 수행하였다. 또한 보다 정확한 계측을 위하여 한 포인트를 여러 번 가진하여 평균값을 구하였다.

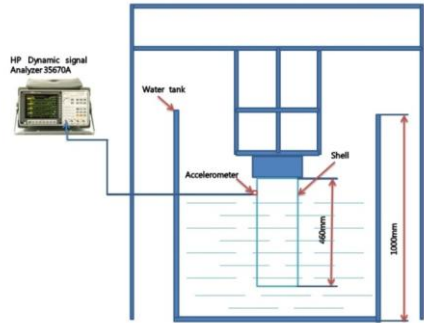


Fig. 1 Experimental setup for submerged cylindrical shell

2.1 외벽의 거리가 고유진동수에 미치는 영향

Fig.2 는 외벽이 있을 경우에 대한 실험 장치 구성을 보여주고 있다. 외벽으로 사용한 강철 셸은 121mm, 128mm, 145mm으로 실험하였다. 이와 같이 근접한 셸을 외벽으로 사용한 이유는 이론 결과에서 외벽이 아주 근접하지 않으면 외벽의 영향이 크게 나타나지 않음을 보여주었기 때문이다. 본 연구에서는 실린더 셸의 1차 (n=2, m=1), 3차 (n=2, m=2), 4차 (n=3, m=2), 모드의 고유진동수를 계측하였다. 여기서 n은 셸의 원주방향을 말하고 m은 축방향을 나타낸다.

Fig.3 은 외벽이 멀리 떨어진 경우와 아주 근접한 경우의 1차 고유진동수를 비교한 것이다. 외벽이 셸에 근접할 경우 유체의 유동이 제약되어 유체의 운동에너지가 커지게 되며 이로 인해 부가수 질량 효과

† 교신저자; 정희원, 동국대학교 기계로봇에너지공학과

E-mail : kwakm@dgu.edu

Tel : (02) 2260-3705

* 동국대학교 기계공학과 대학원

과가 증가한다. 따라서 고유진동수는 낮아지게 된다.

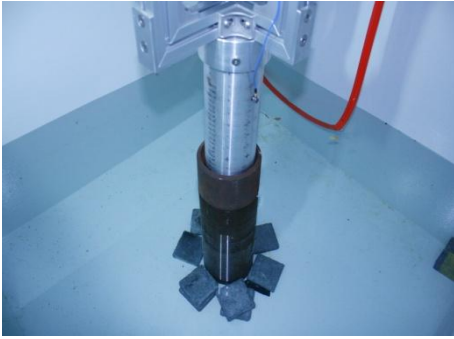


Fig. 2 Steel shell for exterior boundary

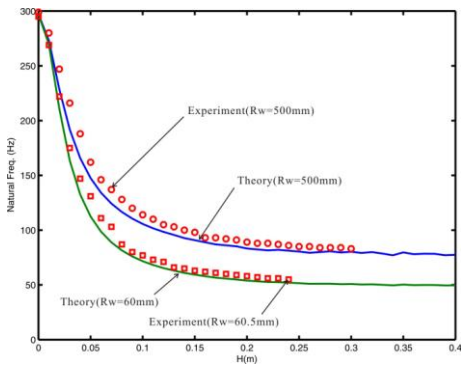


Fig. 3 Natural frequency(2,1) for shell with exterior boundary

2.2 내축의 크기가 고유진동수에 미치는 영향

펌프 양수관의 경우 프로펠러 축이 내부를 관통하고 있다. 따라서 프로펠러 축의 직경 크기가 고유진동수에 미치는 영향을 조사할 필요가 있다. 이 영향을 조사하기 위해 다음 Fig.4 와 같은 실험 장치를 구성하였다. 89mm인 강철 쉘을 내벽으로 이용하여 실험하였다.

Fig.5 는 내축의 영향에 대해 극단적인 두 경우에 대한 (2,1) 고유진동수를 보여주고 있다. Fig.5 에서 확인 할 수 있듯이 내축의 영향은 무시해도 될 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 연구에서는 펌프 양수관의 고유진동수에 영향을 줄 수 있는 외벽과 내축의 영향을 조사하였다.

본 연구를 통해 다음과 같은 결론이 유도되었다.

(1) 고정-자유 실린더 쉘 구조물의 경우 물의 높이에 의해 가장 크게 영향을 받는다. 특히, 잠긴 높이가 적더라도 고유진동수는 크게 감소함을 알 수 있다. 그러나 잠긴 물의 높이가 쉘 길이의 반정도가 되면 고유진동수는 크게 변하지 않는다.

(2) 펌프 양수관에 외벽이 근접해 있을 경우 만일 외벽과의 간격이 펌프 양수관의 반경보다 크다면 그 영향을 무시할 수 있다.

(3) 펌프 양수관의 프로펠러 축 역시 축 직경이 양수관의 직경에 비해 절반 이하이면 그 영향을 무시할 수 있다.

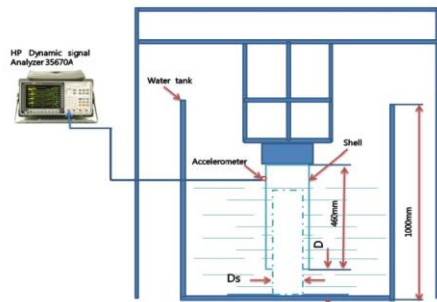


Fig. 4 Experimental setup for interior shaft

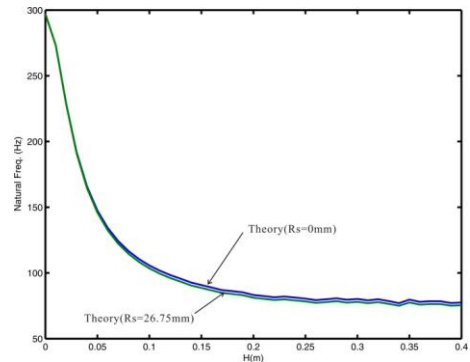


Fig. 5 Natural frequency vs. water depth (n=2, m=1)

4. 후 기

본 연구는 한국전력공사 전력 연구원의 “펌프 양수관 설계 조건 변화에 따른 수직 펌프의 자유 진동 해석” 연구의 일환으로 수행 되었습니다.