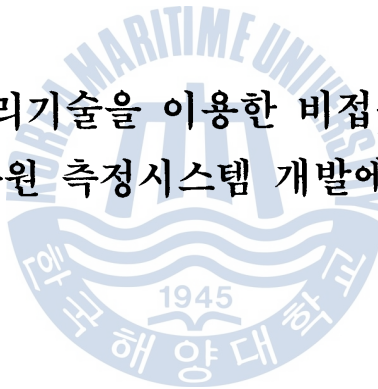


- wavelets auto-correlation of axial turbulence velocity in spiral single phase flow, Powder Technology., Vol.112, pp.289-298 (2000)
- [4] Masahiro. Takei, Transporting Particles without Touching Pipe Wall, ASME Fluids Engineering, (1997)
- [5] Hui. Li, Research of Swirling Flow Pneumatic Conveying System in a Vertical Pipeline(Coefficients of Power Consumption and Additional Pressure Drop), JSME, Vol.66.571 (1994)
- [6] Yuji. Tomita, Research of Swirling Flow Pneumatic Conveying System in a Horizontal Pipeline(Particle Velocity and Concentration Profiles), JSME., Vol.59.558, (1993)
- [7] Hui. Li, Yuji. Tomita, A Numerical Simulation of Swirling Flow Pneumatic Conveying in a Horizontal Pipeline, JSME., Vol.60.575, (1994)

16. 디지털영상처리기술을 이용한 비접촉식유체-구조물 연동운동 3차원 측정시스템 개발에 관한 연구



기계공학과 상 지 웅
지도교수 도 덕 희

해양구조물(선박)의 조종성과 안정성 해석을 위해서는 구조물의 운동과 이 구조물의 주위를 흐르는 유체운동과의 상호연성에 대한 해석이 필요하다. 이를 위한 방안으로는 수치적 해석방법과 실험계측에 의한 해석방안을 들 수 있다.

최근, 컴퓨터 성능향상에 힘입어 수치적 해석방법에 의한 유체-구조물 연성문제를 다루는 연구가 점차 늘어나고 있는 추세에 있지만 이들 결과들을 뒷받침 해주는 실험계측방법은 유체의 운동과 구조물의 운동을 각각 독립적으로 측정하는 것이어서 이들 측정결과들로부터 유체-고체의 연성운동을 도출해 내기란 용이하지 않다. 구조물의 운동을 해석하기 위한 가장 최신의 실험적 방법에는 비접촉식 6자유도 운동측정시스템(일본조선연구협회, 1984)이 있으며 유체의 운동을 해석하기 위한 실험적 방법에는 비접촉식 3차원 입자영상유속계 (도, 2000)가 있다.

비접촉식 6자유도 측정시스템은 2대 이상의 CCD카메라에 투영된 구조물의 영상을 이용하여 삼각측량법에 의하여 구조물의 3차원 위치를 측정하는 것이며, 비접촉식 3차원 입자영상 유속계는 유체의 밀도와 동일한 추적입자를 유동장에 투입한 후 이들의 운동을 2대 이상의

CCD카메라로 기록하여 얻어진 영상을 이용한 3차원 정합을 실시함으로써 유동장 전체에 대한 동일 시각의 수많은 3차원 속도성분벡터를 측정하는 것을 말한다.

기존의 비접촉식 6자유도 운동측정시스템은 삼각측량법에 의거한 것이므로 카메라 렌즈의 왜곡효과 등을 무시하고 있는 관계로 공간정밀도가 높은 측정에는 무리가 있었다. 이를 보완하여 상용화 된 것이 벨기에 KRYPTON사가 6자유도 운동측정시스템이다. 그러나, 시스템의 가격이 매우 고가인 것이 단점이다.

한편, 구조물의 정도 높은 안정성해석을 위해서는 유체-구조물의 연동운동을 동시에 측정해야하는데 아직 이를 가능하게 하는 측정시스템은 없다. 본 연구에서는 저가이면서 유체-구조물의 연동운동에 대하여 비접촉식으로 3차원 측정이 가능한 시스템의 개발에 관한 내용을 다루고자 한다. 2대의 카메라 영상을 이용하여 구조물의 3차원 운동을 측정하고 2대의 카메라 영상을 이용하여 유체의 3차원 유동장을 측정할 수 있는 시스템을 구현하게 되며 3차원 측정을 위해서는 도 등(2002)의 3차원 측정알고리즘을 도입한다. 유체-구조물 연동운동 모델로서는 길이 9cm 지름 2.5cm인 원통형실린더 사용하였다.

4대의 카메라 영상을 이용하여 구조물의 운동과 구조물 주위의 유체유동장을 동시에 측정할 수 있는 시스템을 구현함으로써 부유식 구조물의 운동과 유체유동장과의 연동문제를 정량화 할 수 있는 계측기법을 개발하였으며 이를 원통형실린더 구조물에 대해 적용함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

구축된 측정시스템으로 카메라교정기의 기준점을 측정한 결과와 원래의 기준점과의 비교를 통하여 측정시스템에 대한 오차해석을 수행하였다. 그 결과, x방향의 평균오차 및 표준편차는 0.20mm 및 0.30mm, y방향의 평균오차 및 표준편차는 0.20mm 및 0.25mm, z방향의 평균오차 및 표준편차는 0.30mm 및 0.55mm 이었다. 이는 측정영역의 한 변의 길이가 약 100mm정도 인 것을 고려해 봤을 때, 길이 대비 1%정도 이내의 오차임을 알 수가 있다.

조파기의 주기를 변화시킴에 따라 실린더의 운동진폭이 변화함과 동시에 3차원 거동의 양상이 확연히 달라짐을 알 수 있다. 실린더 끝단에 보텍스에 의한 후류를 확인할 수 있었고, 이는 실린더의 운동에 기인하는 것으로 점성에 의한 형상감쇠력으로 작용한다는 것을 알 수 있다. 주파수 1.33Hz인 정현파에서는 실린더의 전방부에 실린더 측면에서 발생한 보텍스쇄딩으로 인한 와류동이 관측되었다. 그리고 3D-PTV로부터 얻어진 u , v , w 성분의 전체적인 변화양상과 구조물의 3차원 운동 측정결과로부터 얻어진 표적물의 x , y , z 방향의 운동변화양상은 서로 연계를 가지게 되고, 이는 본 연구에서 구축된 동시측정시스템을 통해 역학적 분석이 가능하다는 것을 의미한다.

구축된 측정법은 완전 비접촉 계측이므로 측정 대상물에 계측으로 인한 영향을 미치지 않으며 여러 점의 표적물을 동시에 계측할 수 있으므로, 구조물의 비선형, 비정상 운동도 정도 높게 측정할 수 있다. 또한, 카메라로부터 입력된 영상정보가 컴퓨터의 RAM상에서 인식이 가능하므로 표적물영상정보를 이용하여 표적물의 3차원 운동추적이 실시간 가능케 함으로써 임의 변동하는 구조물의 거동을 On-Line측정이 가능한 시스템이다. 따라서, 본 계측시스템은

현장계측에도 유용성이 높을 것으로 판단되고, 특히 부유해양구조물의 유체-구조물 연성문제 해석이 적합한 시스템으로 사용될 수 있다.

참고문헌

- Adrian, R. J., (1991). Particle-Imaging Techniques for Experimental Fluid Mechanics, *Ann. Rev. Fluid Mech.*, Vol. 23, pp 261-304.
- Japanese Shipping Research Committee, (1984). A Study on Design Forces and Intack Stabilities of a Offshore Structures, Research Report No. No. 373.
- Doh, D.H., Kim, D.H., Choi, S.H., Hong, S.D., Kobayashi, T. and Saga, T., (2000). Single-Frame 3-D PTV for High Speed Flows, *Exp. in Fluids*, Vol.29, Suppl., pp 85-98.
- Doh, D.H., Kim, D.H., Cho, K.R., Cho, Y.B., Saga T. and Kobayashi. T., (2002). Development of GA based 3D-PTV Technique, *Jouranal of Visualization*, Vol.5, No.3, pp 243-254.
- Ozawa. M., Muller, U., Kimura, I, and Takamori, T., Flow and temperature measurement of matural convection in a Hele-Shaw Cell using a thermo-sensitive liquid-crystal tracer, *Experiments in Fluids*, Vol.12, pp.213-222, (1992).
- Nozaki, T., Mochizuki, T., Kaji, N., Mori, Y. H., Application of iquid-crystal thermometry to drop temperature measurements, *Experiments in Fluids*, Vol.18, pp.137-144, (1995).
- Kobayashi. T., Saga, T. and Doh, D., A Three-dimensional scalar and vector tracking method, *Proc. Intl. Workshop on PIV. Fukui, Japan*, 33-43 (1995)