

유체-구조 복합운동 측정을 위한 카메라영상 기반 볼륨 측정법 A Volume Measurement Technique for Flow-Structure Combined Motions using Camera Images

*권성용¹, #도덕희², 조경래², 이창제³, 황태규¹

*S. R. Kwon¹, #D. H. Doh(doh@hhu.ac.kr)², G. R. Cho², C. J. Lee³, T. G. Hwang¹

¹한국조선해양기자재연구원, ²한국해양대학교 기계에너지시스템공학부, ³한국해양대학교 대학원

Key words : Flow-structure motion, Volume measurement, Four-cameras, Non-contact

1. 서론

항공기 날개의 진동은 날개주위의 유동특성과 날개와의 복합운동 작용에 의한 결과로 나타나게 된다. 항공기 날개의 안정적 제어를 위해서는 날개 주위의 유동과 날개구조물과의 상호작용에 관한 해석이 필요하게 된다. 해저유전 개발에 사용되는 해양플랜트의 경우, 해저로부터의 광물자원을 해양플랜트로 수송하기 위하여 라이저(riser)를 이용하게 된다. 라이저는 지름이 1m전후의 굵은 관의 형태인데 길이가 수km에 해당되는 관계로 라이저 운동과 라이저 주위의 유동은 상호복합 운동이 복잡하게 발생하게 된다. 그 결과 라이저의 설계가 용이하지 않게 된다.

구조물과 구조물주위 유체유동과의 상호복합 운동에 대한 해석방안으로서는 수치적 해석방법과 실험계측에 의한 해석방안을 들 수 있다. 최근, 컴퓨터 성능향상에 힘입어 수치적 해석방법에 의한 연구가 점차 늘어나고 있는 추세에 있지만 이들 결과들을 뒷받침 해주는 실험계측방법은 점계측(pointwise measurement)에 의한 것이므로 구조물운동과 구조물주위 유동과의 상호 복합작용 해석을 위한 적용에는 제약이 있게 된다. 즉 복합작용 해석을 위해서는 유동장 전체에 대한 3차원 속도장과 구조물 전체에 대한 거동이 측정되어야 한다.

유동장 전체에 대한 3차원 속도장 측정법으로서 Doh⁽¹⁾에 의한 연구성고가 있으나 한 순간에 측정될 수 있는 속도벡터의 개수가 유동장을 충분히 반영할 수 있는 정도의 많은 수가 아닌 관계로 순간에 많이 측정될 수 있는 기법개발의 연구가 진행되어왔다. 이후 Elsinga⁽²⁾은 토모그래픽 PIV기법을 개발함으로써 최소 수 만개 이상의 속도벡터를 측정하였다. 이들 연구는 유동장의 3차

원 속도장 상세측정이 가능함을 입증하였다. 한편, 이들 연구를 응용하여 Jeon과 Sung⁽³⁾ 임의로 움직이는 물체주위의 유동장과 물체의 거동을 측정하였다.

본 연구에서는 Jeon과 Sung등이 이용한 볼륨측정법을 구축하여 얇은 필름이 부착된 실린더구조물의 후류와 필름의 거동의 동시측정에 적용한 다음 유체-구조 복합운동을 분석하고자 하는 것을 연구의 목적으로 삼고 있다.

2. 볼륨측정 시스템

Fig. 1은 구조물의 운동과 유동장의 운동을 동시에 측정할 수 있는 측정시스템의 구성도를 나타낸다. 총4대의 카메라를 이용하였다. 유체유동장을 측정하기 위하여 토모그래픽 PIV⁽²⁾을 적용하였다. 연성구조물의 운동을 측정하기 위하여 양방향 추적 알고리즘⁽⁴⁾을 적용하였다. 유동장의 3차원 거동측정을 위하여 미소입자(나일론, 직경 100um

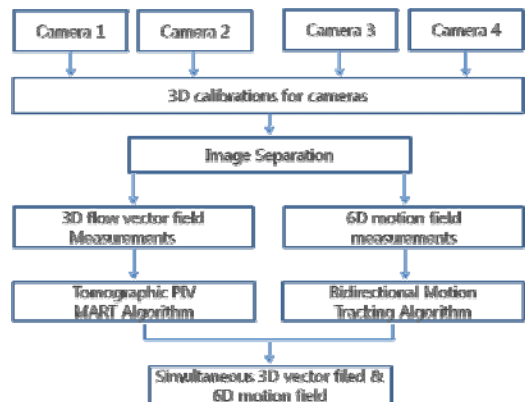


Fig. 1 Measurement system

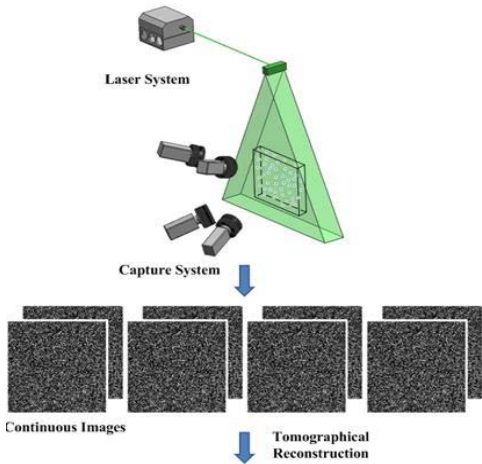


Fig. 2 Four-camera measurement system for volume measurement

진후 비중 1.02)를 유동장에 투입하여 이들의 운동을 4대 카메라(HAS-500, 1024x992 pixels, 500 fps)영상으로 담아낸다. 또한, 실린더형 구조물(직경 15mm)에 부착된 연성필름의 운동을 측정하기 위하여 붉은 색 천(0.024t, 30mm * 60mm)을 사용하였고 이 천의 표면에 검은색의 잉크mark를 표시하였다. 이후 이 mark영상과 유동장의 미소입자영상을 카메라렌즈에 부착된 광학필터를 이용하여 분리한 다음, 각각의 분리된 영상으로 유동장의 속도장과 연성필름의 운동을 측정하였다. Fig. 2는 본 실험에 사용된 4대 카메라의 배치를 나타내는데 4 카메라로부터 연속으로 얻어지게 되는 2시각의 영상(image) 총 8frame의 영상을 이용하여 토모그래픽 PIV법⁽²⁾으로 복셀영상(voxel image)을 구현한 다음 상호상관법으로 볼륨의 속도장을 계산하였다. 가시광원으로서 아르곤레이저(8W, 532nm)를 사용하였다. 레이놀즈수는 실린더구조물 직경기준(15mm)으로 617정도이다.

3. 측정실험 및 결과

Fig. 3에 본 연구에서 구축한 볼륨측정법에 의하여 구한 속도장을 나타낸다. Fig.4는 Fig.3의 동일한 시각에 연성필름의 운동을 측정한 결과를 나타낸다. 실린더구조물의 후류유동 특성에 따라서 실린더구조물에 부착된 연성필름의 운동이 억제됨이 확인될 수 있었다.

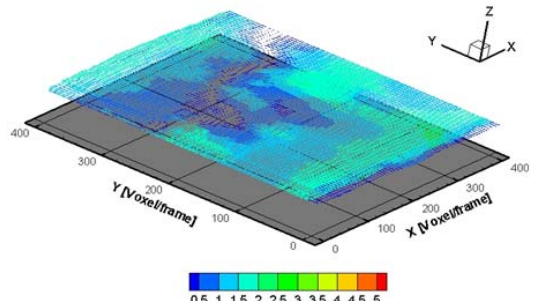


Fig. 3 Measured volume vector distribution.

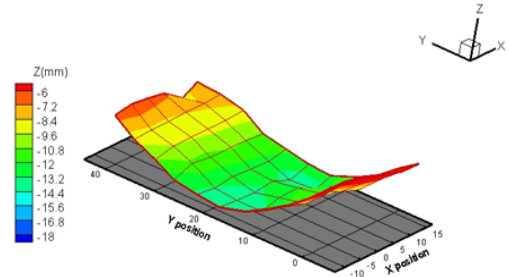


Fig. 4 Measured particle motions.

4. 결론

본 연구에서 4대의 카메라를 이용하여 유체의 운동과 구조물의 운동을 동시에 측정할 수 있는 측정시스템을 개발하였다.

후기

본 연구는 한국연구재단 도약과제(2008-0060153)의 지원으로 이루어진 성과입니다.

참고문헌

1. Doh, D.H. Kim, D.H., Cho, K.R., Cho, Y.B., Saga, T. and Kobayashi, T. "Development of GA based 3D-PTV Technique", Journal of Visualization, 5(3), 243-254, 2002.
2. Elsinga, G.E., Scarano, F., Wieneke, B., van Oudheusden, B.W., "Tomographic PIV," Exp. in Fluids, 41, 933-947, 2006.
3. Jeon Y. J., Sung, H. J., "Three-dimensional PIV Measurement of Flow around an arbitrarily moving body," Exp. in Fluids, 2012 (in Press).