

고정식 해양구조물의 원형지지각 주위 와유기진동에 관한 연구

† 김 옥석* · 이 경우**

* 목포해양대학교 연구원, ** 목포해양대학교 해양시스템공학부

Flow Characteristics around a Circular Cylinder with a Spiral Strake of Fixed Offshore Platform

† Ok-Sok Gim* · Gyoung-Woo Lee**

* Researcher, Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Mokpo National Maritime Uni, Mokpo, 530-729, Korea

** Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Mokpo National Maritime Uni, Mokpo, 530-729, Korea

요 약 : 본 연구에서는 고정식 해양구조물의 지지각으로 사용되는 원형실린더에 나선형 판을 부착하여 와류유기진동에 미치는 영향을 고찰하였다. 연구의 목적을 달성하기 위해 $Re=6.5 \times 10^3$ 의 균일유입유동에서 2-프레임 그레이레벨 상호상관 PIV기법을 이용한 실험적인 방법을 적용하였다. 모델의 직경은 40mm이며 후류 유동구조, 난류강도, 응력분포에 대한 통계적 유동정보를 계측하였다. 실험결과로는 원형실린더와 뱃전판을 부착한 실린더와의 비교를 통해 뱃전판의 유동특성을 평가하였으며, 뱃전판의 영향은 후류에서 와의 생성과 소멸 메커니즘의 변화에 큰 영향을 미치고 후류 갈만 와열의 안정적인 제어를 통해 와류유기진동을 억제하였다.

핵심용어 : 고정식 해양구조물, 원형실린더, 나선형 뱃전판, 입자영상유속계, 보텍스 세딩

1. 서 론

고정식 해양구조물인 갑판승강식 플랫폼은 1953년 최초로 Delong platform No.1의 출현 이후로 건조수가 증가하고 있다. 주로 시추용으로 많이 사용되며 선체와 다리로 구성되며 승강장치로 제어한다. 구조가 부유식보다 간단하여 생산원가가 저렴하나 가동수심이 100m 전·후라는 약점이 있다. 다리는 3개에서 6개까지 적용되고 일반적으로 원형실린더형이 주로 사용된다. 원형실린더는 기하학적으로나 유체역학적으로 우수한 특성이 있어 수세기 동안 지속적인 연구가 이루어지고 있으며 해양구조물에 다양하게 사용되고 있으며 해양 분야 외에도 그 적용분야가 다양하다.

원형실린더의 보텍스 세딩에 대한 역사적인 연구로 Roshko(1993)는 원형실린더의 30배까지 영향을 미친다는 연구결과를 발표하였다. 진폭의 크기는 구조물의 기하학적 형상에 따라 달라진다. 이의 적용문제로 6,000미터의 심해 석유시추 파이프와 전력케이블에서 발생하는 보텍스 세딩과 진동을 감소시키기 위해 실험적인 방법을 적용하였다. 보텍스 세딩 특성은 유동가시화 기법을 적용하여 계측하였고, 와류 감소장치를 채택한 결과 양력과 항력을 증가시키

고 결과를 보고하였다.(Chung, 1993) 김 등(2010)은 원형실린더 후방에 크기가 다른 제어봉을 부착하여 후류 유동제어에 대한 연구를 통하여 실린더 주위의 유동특성과 난류강도 및 주파수 특성에 대한 고찰하였다. 유속에 따른 최적의 시스템은 각기 다른 제어봉의 영향이 있으며 주 실린더의 0.3배의 제어봉을 부착했을 때 난류강도에 대한 제어력이 큰 것으로 보고하였다.

특히 주기적인 진동으로 표현되는 보텍스 세딩(Vortex shedding)현상은 유입유동이 원형실린더의 정체점에 작용하는 유체의 박리유동에 의해 와류가 발생한다. 발생된 와류는 주기적으로 생성 소멸되면서 유체 운동방향의 90°의 각을 이루는 주기적인 힘을 구조물에 가하게 된다. 보텍스 세딩 진동수와 구조물의 고유진동수가 같아지는 임계값 부근에서 공진현상으로 인해 진동의 폭이 커지게 된다. 그러나 진폭이 아주 커지면 주기적인 와류의 발생을 방해하기 때문에 구조물의 진동이 다시 줄어드는 현상을 보이기 때문에 진폭이 어느 정도 이내로 제한되는 특성을 가지고 있다. 이러한 낮은 유속에서 반복적으로 발생하는 진동에 의해 부재의 피로문제가 발생하게 된다(조 등(2011)).

본 연구는 PIV기법을 이용하여 고정식 해양구조물 원형 지지각에 나선형 뱃전판을 부착하여 후류 유동패턴과 와류기진동에 대한 뱃전판의 영향을 제시코자 한다.

* 대표저자 : 종신회원, kwlee@mmu.ac.kr 061-240-7307

† 교신저자 : 정 회 원, domingo@mmu.ac.kr *** - **** - *****

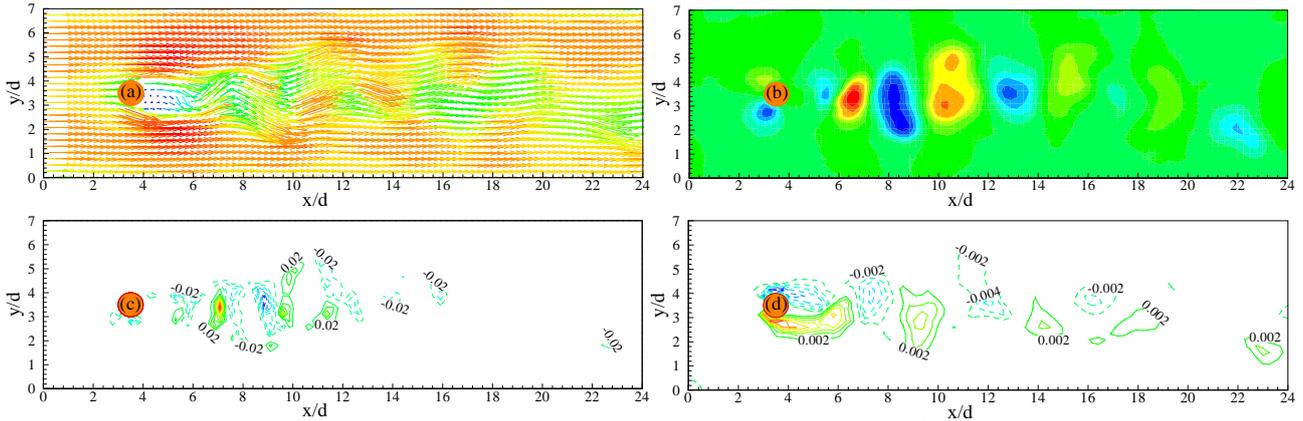


Fig. 2 Instantaneous velocity field around a cylinder at $Re=4.0 \times 10^3$ at $\alpha=10^\circ$ (a) Velocity field, (b) v -component contour, (c) Reynolds shear stress; $-0.2 \leq \tau \leq 0.2$, $\Delta\tau=0.002$, (d) vorticity field; dotted lines(clockwise) solid lines(count clockwise) $-0.014 \leq \zeta \leq 0.014$, $\Delta\zeta=0.002$ between the lines.

2. 실험장치 및 조건

모델 실험에 적용한 PIV시스템과 실험장치 등에 대해서는 김등(2008)에 자세히 설명되어 있다. Table 1은 실험조건으로 유체 온도는 12°C 전후의 청수와 유동추적을 위해 PVC입자는 비중이 1.02로 일정한 크기를 선별하여 사용하였다. 모델은 Fig. 1와 같이 원형실린더($D=40\text{mm}$)에 10mm의 나선형 뱃전판을 45°방향으로 부착하였다. 레이놀즈수는 $Re=6.5 \times 10^3$ 로 회류수조와 모델의 유동 특성 평가에 적합한 균일한 유입유동을 적용하였다.

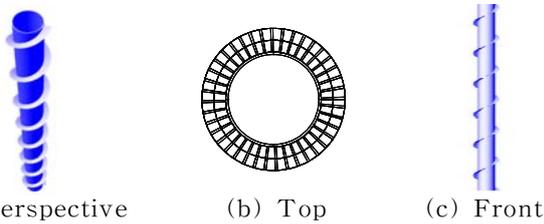


Fig. 1 Prototype of a spiral strake
Table 1 Experimental conditions

Item	Specification
Light source	Lasers (GL532H-500mW)
Fluid	Fresh water (12±1°C)
Time resolution	125 FPS
Particle	PVC($\rho : 1.02$, $\phi : 150\mu\text{m}$)
Dimension	Length : 300mm, Diameter : 40mm
Algorithm	2-frame grey-level cross correlation CACTUS v.3.1

3. 결 과

Fig. 2는 원형실린더 주위의 유동특성을 $Re=6.5 \times 10^3$ 에서 나타난 것이다. Fig. 2(a)은 속도벡터에 대한 결과이며 후류의 칼만 와열의 형태가 후방 계측영역 끝까지 나타났다. Fig. 2(b)은 수직방향의 속도성분만을 도시한 것으로 상하로 주기적으로 반복되는 유동정보를 나타낸다. 또한 Fig. 2(c)에서는 레이놀즈 전단응력으로 -0.2에서 +0.2까지의 값을 도시한 것이다. 선간의

간격은 0.002로 표시하였다. $x/d=6$ 에서 강한 응력이 나타났다. Fig. 2(d)은 와도장을 -0.014에서 +0.014까지 0.002간격으로 도시한 결과이다. 주기적으로 반복되는 와의 생성과 소멸 메커니즘을 담고 있다. 또한 점선은 시계방향의 회전성분과 실선은 반시계방향의 회전을 의미한다. 근접한 후류에서 강한 와도성분이 나타나며 강도는 후방으로 갈수록 감소되지만 진폭은 크게 증가하는 특성을 보이고 있다.

4. 결 론

해양구조물 지지각 후류 와류유기진동 제어를 위해 나선형 뱃전을 부착하여 $Re=6.5 \times 10^3$ 에서 PIV기법을 적용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

나선형 뱃전판을 부착함에 따라 와류유기진동에 의한 보텍스 shedding 현상과 상하진동이 감소하였다. 뱃전판의 형상과 각도에 의한 영향에 대한 추가연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 김옥석, 손창배, 이경우(2010), 자유수면에 인접한 원형실린더형 물수체 주위의 유동특성에 관한 연구, 한국항해항공학회지, 제34권, 제5호, pp 331-336.
- [2] Cheng, J.S.(1993), Flow-Induced Moment and Lift for a Circular Cylinder with Cable Attachment, ISOPE, Vol 3, No. 4 pp. 87-93.
- [3] Roshko, A.(1993). Perspective on bluff body aerodynamics, J. Wind Eng. Aerodyn. Vol 49, pp. 79-100.
- [4] 조효제, 도덕희, 이언주(2011), 파랑상태에 있는 실린더 구조물 주위의 PIV유동 해석, 한국가시화정보학회지, 제9권 제3호, pp. 51-58.