

# 연속부착된 수직평판을 갖는 부유구조물 주위의 와유동 해석

김호\* · 이경우\*\* · 조대환\*\*\* · 김옥석\*

\* 목포해양대학교 대학원, \*\*목포해양대학교 해양시스템공학부,  
\*\*\* 목포해양대학교 기관시스템공학부

## Vortex Flow Analysis around the Floating Body with Vertical Plate

Ho-Kim\* · Gyoung-Woo Lee\*\* · Dae-Hwan Cho\*\*\* · Ok-Sok Gim\*

\* Graduate School of MMU, Mokpo, 530-729, Korea  
\*\* Faculty of Marines System Engineering, MMU, Mokpo, 530-729, Korea  
\*\*\* Faculty of Ocean System Engineering, MMU, Mokpo, 530-729, Korea

**요 약 :** 부유소파계의 기본형으로 널리 쓰이는 폰툰형 부유구조물을 1/35로 축소하여 부체양쪽 끝단에 각각 한 개의 수직평판과 부체 하면에 두 개의 커튼판을 부착하여 부유구조물 주위에 생성되는 유동현상을 해석하고자 하였다. 유동해석은 기계공학 및 유체역학 분야에서 활발하게 사용되고 있는 입자영상유속계 (PIV)를 사용하였으며, 유입유속의 변화와 수직평판의 설치 간격에 따라 부유구조물의 중앙에서 연속적으로 방출되는 와의 주기성과 와의 상세 구조를 파악하였다. 와의 주기성을 해석하기 위해 부유구조물의 중앙부 28개 지점에서 수평방향속도성분과 난류강도에 대한 파워스펙트럼 값을 산출하여 수직평판의 설치간격에 따른 부유구조물 주위의 유동현상에 대해 고찰하였다.

**핵심어 :** 폰툰형 부유구조물, 수직평판, PIV, 난류강도, 파워스펙트럼

**ABSTRACT :** In this paper, the floating body with double barriers is introduced with a study on the flow patterns and characteristics in around the floating body by using 2 frame p article tracking method. This paper introduce an analisis method to predict the characteristics of flow around the neighboring fields of Floating Body with double barriers in order to investigate a high performance model. Flow visualization has conducted in a circulating water channel by a high speed camera and etc. Flow phenomena according to velocity distribution and flow separation around the floating body with double barriers were obtained by two-dimensional PIV system.

**KEY WORDS :** Floating Body, PIV Method, Flow separation, Velocity distribution

### 1. 서 론

육지면적의 부족과 육상자원의 고갈문제가 심각하게 대두되고 있는 현 시점에서, 해양개발은 이를 해결할 수 있는 가장 현실적인 방법으로 인정되고 있다. 종래의 원유, 천연자원등의 생산 설비 및 연근해 항만시설에 국한되지 않고 다양한 기능을 가진 구조물의 개발에 관심이 증대되고 있다. 해양구조물은 종래에는 매립식이나 해저지반에 고착시키는 방법이 주를 이루었다. 그러나 최근 해양구조물은 기존의 매립식이나 고정식에서 수심이 점점 깊은 곳에 적합한 부유식으로 계획하고 있으며 대형화

되는 추세이다. 부유식 해양구조물은 비교적 짧은 기간에 설치가 가능하며 지진, 해저지형 등에 영향을 적게 받고 해양환경 보존에 이점이 있어, 최근에는 거대한 해상공항, 해상기지 및 해상도시에 대한 계획들이[1]~[2]정책적으로 연구 개발되고 있다. 이러한 구조물들은 설치해역의 해상조건, 지역적 특성 및 대상 해역에 적합한 기능을 수행하며 원하는 해수 정온화를 확보해야한다. 건설되는 대분의 해안 구조물들은 자연환경과 인간 친화적 구조물이기 보다는 경제적 이익만을 고려한 결과 해양의 오염을 초래하는 문제를 야기하고 있다. 이를 위하여 설치되는 해양시설의 기능성 및 해양오염 예방, 해수교환 등의 여러 인자를 효율적으로 극대화하기 위하여 실현가능한 해안 구조물로서 부유식 해양구조물의 연구가[3]~[5] 활발하게 진행되고 있다. 소파구조물의 주된 목적은 파도로부터 항만 시설을 보호하고, 파도에 의하여 해안이 침식되는 것을 방지해 주며, 저면

\* 대표저자 : 정희원, [sopungnara@mmu.ac.kr](mailto:sopungnara@mmu.ac.kr) 011) 9081-9778  
\*\* 정희원, [dhcho@mmu.ac.kr](mailto:dhcho@mmu.ac.kr) 016) 208-7559  
\*\*\* 정희원, [kwlee@mmu.ac.kr](mailto:kwlee@mmu.ac.kr) 011) 9339-3589  
\*\*\*\* 정희원, [domingo8873@hotmail.com](mailto:domingo8873@hotmail.com) 016) 614-3001

의 유수역을 통한 해수교환성이 뛰어나고, 수중이나 수면 상에 어떤 구조물을 설치할 때 작업의 편의를 위하여 한시적으로 이용되기도 한다. 소파구조물은 크게 나누어 중력식과 부유식이 있으며, 항만의 소파제는 대부분이 중력식이나, 중력식 소파제의 경우 수심이 크게 되면 수심의 자중에 비례하여 단면적이 크게 되어 건설비용 또한 증가한다.

Photo. 1 은 일본에 설치된 부유식 소파제의 설치사례이다. Photo. 1.(a)에서는 입사파가 부소파제에 의해 소산되어 부소파제 배후에서는 파랑이 현저히 줄어든 것을 확인할 수 있다. Photo. 1.(b)~(d)는 해양목장이나 양식장을 보호하고, 선박의 안전한 계류를 위해 설치한 것 이다. 부유식 소파제는 그 구조상의 특성 때문에 중력식 소파제가 설치될 수 없는 곳에도 설치할 수 있는 장점을 가지고 있으나, 입사파의 일부가 소파제를 통과하는 경우도 있고 파도의 형상 및 특성에 따라 성능이 일정하지 못해 이를 해결하기 위한 연구가 진행 중에 있다. [6]~[7] 그러나 해수 유통에 직접 영향을 주는 부유구조물의 수면 하에서 생성되는 유동장의 해석에 관한 연구는 미비한 실정이다.

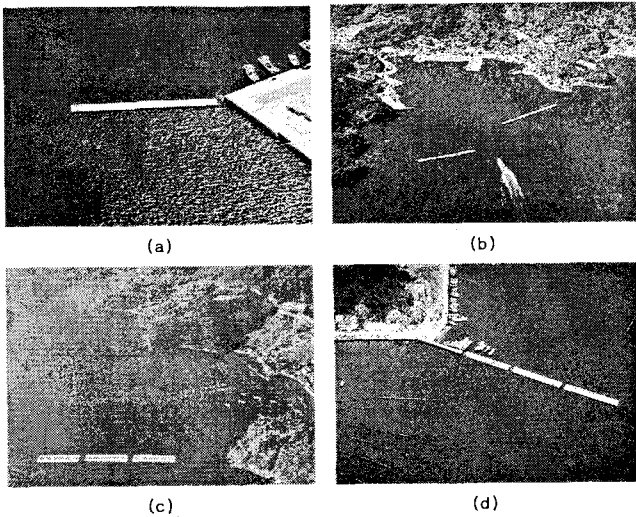


Photo 1. Application of Floating Breakwater

본 연구에서는 부유소파제의 기본형으로 널리 쓰이고 있는 사각의 폰툰형 부유구조물의 양쪽 끝단에 각각 한 개의 수직평판과 본체의 하면에 커튼판을 연속으로 부착하여 부유구조물 주위에 생성되는 유동현상을 해석하고자 하였다. 유동해석은 기계공학 및 유체역학 분야에서 활발하게 사용되고 있는 입자영상유속계 (PIV)를 사용하였으며, 레이놀즈수의 변화와 수직평판의 설치 간격에 따라 부유소파제 중앙에서 연속적으로 방출되는 와의 주기성과 와의 상세구조를 파악하였다. 와의 주기성을 해석하기 위해 난류 유동이 지배적인 부유구조물의 중앙부 28개 지점에서 수평방향 속도성분과 난류강도에 대해 FFT(Fast Fourier Transform)를 수행하였으며, 각 지점에서의 파워스펙트럼 값을 산출하여 수직평판의 설치간격에 따른 부유소파제 주위의 유동현상에 대해 알아보았다. 본 논문에서는 두 개의 수직평판이 부착된 부유소파제의 형상을 다루었으

나, 실험에서 수행한 2차원 모형실험 및 PIV 해석 기법의 적용은 임의의 형상을 갖는 해양구조물의 유동특성을 해석하는데 그대로 적용할 수 있어 부유소파제 주위 유동특성 해석에 대한 연구의 기초자료로 활용 하고자 하였다.

## 2. 유동관측 실험

### 2.1 실험장치

연속부착된 수직평판을 갖는 부유구조물 주위의 유동장을 해석할 목적으로 폰툰형 부유구조물의 양쪽 끝단에 각각 한 개의 수직평판과 본체의 하면에 길이가 다른 수직평판 (이후 커튼판으로 표기)을 부착하여, 연속적으로 방출 되는 와의 주기성에 대해 알아본다. 유동장 해석은 PIV[8]~[10]기법을 적용하였으며, 실험은 계측조건에 따라 크게 2가지로 나누어 수행하였다. 첫째로 유입유속의 증가가 부유구조물의 전방, 중앙, 후방에서 연속적으로 생성되는 와의 주기성과 시간평균의 속도벡터 분포에 미치는 영향에 대한 실험이다. 둘째로 수직평판의 설치 간격 변화로 인해 생성되는 와의 구조와 주기성을 알아보기 위한 실험이다. 그리고 본 실험의 조건은 표1과 같이 정리 하였다.

Table 1. Case of Experiment

	Reynolds Number	Input Velocity	Distance of Barriers
CASE 1	$6.6 \times 10^3$	0.11 m/s	0.25H
CASE 2	$8.4 \times 10^3$	0.14 m/s	0.5H
CASE 3	$1.0 \times 10^4$	0.18 m/s	0.75H

Fig. 1은 PIV 실험장치의 개략도이며 영상처리시스템은 크게 수랭식인 아르곤-이온 레이저(Argon-ion Laser, 5W), 레이저 시트(Laser Sheet), 고속카메라(High Speed Camera), 영상처리장치(CACTUS 3.1), 계산용컴퓨터 등으로 구성되어 레이저로 유동가시화를 한 후 가시화된 영상을 고속카메라를 사용하여 1/250초로 촬영하여 영상처리장치로 해석하는 일괄적인 과정을 나타낸다. 유동가시화 및 PIV해석을 위한 실험은 소형 이동회류수조를 사용 하였으며 작동유체는 19°C인 청수를 사용 하였다. 회류수조는 1000X300X300(mm)의 크기를 갖는 직사각형회류수조 이며 축류모터에 의해 유입유속이 결정된다. 실험에 사용한 설정 유입속도는 0.11m/s, 0.14m/s, 0.18n/s로 실험체가 물속에 잠긴 깊이 H=60mm를 대표깊이로 하여 유입유속의 변화에 따른 레이놀즈수 ( $6.6 \times 10^3$ ,  $8.4 \times 10^3$ ,  $1.0 \times 10^4$ )에서 실험을 수행하였다. 유동장 해석을 위해 대상 유동장에 레이저를 수조위에서 수직하게 조사 하였을 경우 PIV해석의 오차 성분으로 작용할 수 있는 원인으로 유입유체가 실험대상

체와 부딪혀 생성되는 자유수면의 교란현상, 아크릴 재질로 만든 모형의 접합 부분에서 레이저의 불 투과성으로 인해 유동장에 생성되는 그림자 등이 있다. 그림자가 생성된 곳은 레이저의 투과율을 떨어뜨려 동일입자의 추종성이 감소하게 된다. 이와 같은 문제를 줄이기 위해 수조 밑에서 45° 각도로 설치된 거울을 이용하여 레이저를 해석 영역에 수직하게 조사 될 수 있도록 함으로서 그림자 성분으로 인해 생성되는 오차율을 줄일 수 있는 방법도 제안해본다.

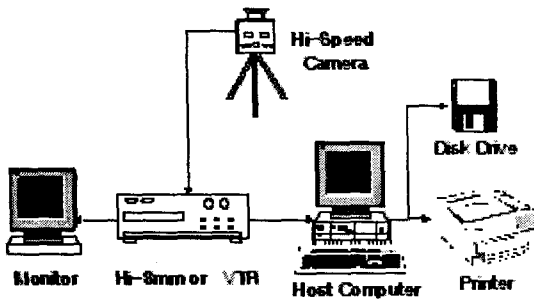
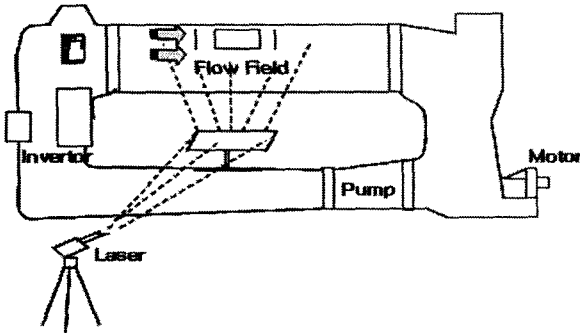


Fig. 1. PIV System.

본 실험에서 사용된 부유소파제는 국내에서는 처음으로 2003~2006년에 걸쳐 원전어항에 설치된 실제 부유소파제를 1/35로 축소하여 최대 폭 137mm, 높이 89mm로 하였으며, 수직평판의 탈부착 기능과 수직평판의 설치 간격을 조절할 수 있도록 Photo 2와 같이 빛의 투과가 우수한 아크릴로 제작하였으며, 수직평판의 설치 간격이 실험체의 중앙이나 후방 유동장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수직평판과 본체의 설치간격은 대표길이  $H=60\text{mm}$ 로 각각  $D=0.25H$ 로 설정하였다. PIV에서는 유동장에 분포된 입자의 미소시간 간격의 영상을 컴퓨터로 분석하여 속도벡터에 대한 데이터를 얻는 방법이므로 입자의 추종특성은 결과의 신뢰성에 매우 큰 영향을 미친다. 따라서 사용되는 입자의 선별기준은 입자에 미치는 다양한 외부 힘 성분이 무시될 수 있는 미소 입자를 경험적으로 선택하거나 될 수 있으면 유체 측과의 밀도차가 작은 것을 사용하여 부력 또는 침강력의 영향이 최소화 될 수 있도록 해야 한다. 현재 시판되는 것은 주로 Nylon12 또는 PVC입자 등이며, 비중은 대략 1.02 전후의 값을 갖는다.

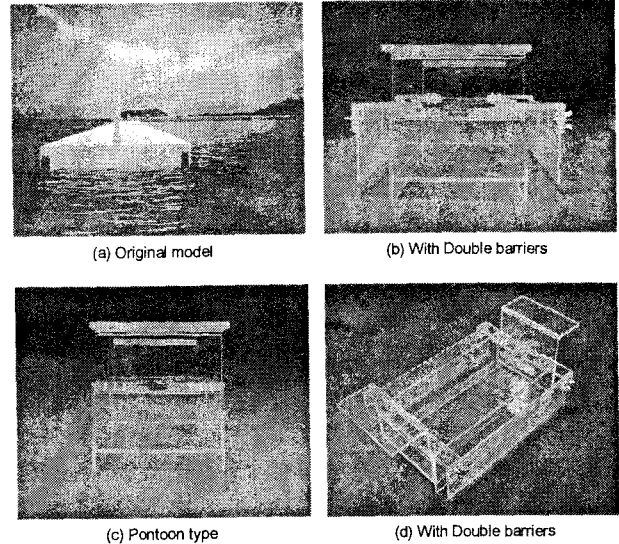


Photo. 2 Experimental model of Floating Breakwater

## 2.2 PIV 계측

유동장에 분포된 입자의 속도벡터를 얻는 방법은 입자가 일정 거리를 통과하기 위하여 요하는 시간을 측정하거나, 일정시간 내의 트레이서 입자의 이동거리를 계측한다. 전자의 경우 유동 방향을 미리 예측할 수 있는 경우에는 유효한 수단이나, 유동 방향이 복잡하게 변화하는 경우에는 적용이 곤란하다. 따라서 PIV에 있어서는 후자의 경우를 이용하여 기본적으로 한 입자의 시간에 따른 위치를 측정한다.

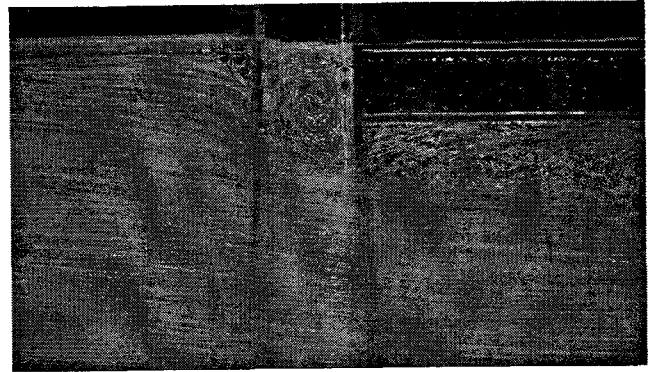
PIV의 처리는 먼저 유동장을 가시화하고, 얻어진 영상을 처리하여 미소 시간간격 동안에 이동한 다수의 입자의 이동변위를 자동적으로 추적함으로써 속도벡터를 구한다. 그러나 각 프레임의 다수입자 중에서 미소시간의 경과 후 자동적으로 동일입자를 정확하고 고속으로 식별하는 방법이 가장 어려운 문제이다. 이를 해결하기 위하여 PIV는 사람이 갖고 있는 시각 판단 작용을 처리컴퓨터가 행할 수 있도록 하고, 컴퓨터의 최대 장점인 고속, 반복 데이터 처리를 적극적으로 활용하는 기법이다.

## 3. 결과 및 고찰

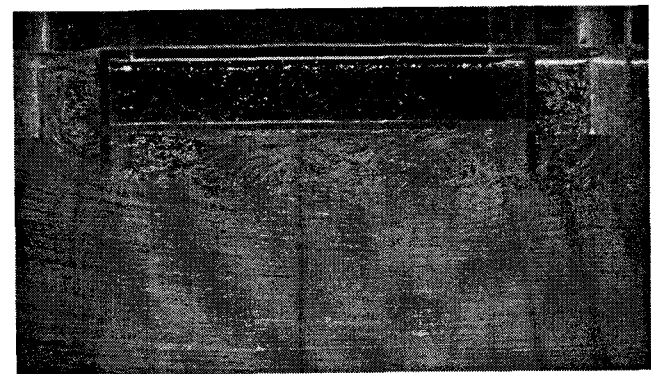
### 3.1 유동특성

연속 부착된 수직평판을 갖는 부유구조물주위의 유동가시화 영역은 주유동 방향에 수직하게 설치된 수직평판으로 유입되는 성분을 알기위한 전방부 계측, 대규모와의 생성과 고차와류가 발생하는 중앙부 계측과 비정상적 난류 유동이 지배적인 후방부를 유동가시화 하였다. Photo. 3, 4는 수직평판이 부착된 상태와 부착되지 않은 조건에서 전방부와 중앙부의 유동을 가시화 한 것이다. Photo. 3의 (a)는 유입되는 유체의 흐름이 커튼 판에 부딪혀 부체의 전방부에서 소규모와를 생성하는 상방향 흐름과 유동박리가 일어나는 하방향 흐름으로 나누어진다.

Photo 3의 (b)에서는 부체의 중앙에서 커튼판의 영향으로 인해 고차와류와 대규모 와류가 발생하는 것을 보여준다. Photo. 4는 수직평판이 부착된 부체의 전방부와 중앙부의 유동을 가시화한 것으로 Photo. 4의 (a)에서는 유입 되는 유체흐름이 수직평판에 부딪혀 수직평판의 수직방향 1/2인 지점에서 상방향 흐름과 하방향 흐름으로 나누어지는 것을 알 수 있다. 수직평판을 타고 아래로 흘러가는 유입류의 하방향 성분은 수직평판의 하부 끝단에서 일차 유동박리가 일어나 수직평판과 부체사이에서 대규모 와를 생성한다. 연속으로 유입되는 유체의 흐름은 커튼판에 부딪혀 2차 유동박리로 인해 부소파제 중앙에서 대규모 와의 생성과 소멸이 이루어지며 수직평판의 부착으로 인해 부체 중앙에서 생성되는 난류 경계층의 두께가 줄어드는 것을 Photo. 4의 (b)에서 확인할 수 있다. 부체의 중앙부에서는 양 끝에 설치된 수직평판과 하부에 설치된 커튼판의 영향으로 인해 대규모 와의 구조 관찰에 있어서 유리하며 대형화의 구조를 온전히 파악하기 위해서는 유동흐름방향의 구조해석뿐만 아니라 횡방향의 구조해석도 수행되어야 한다. 부체 중앙부에서는 대규모 와의 생성과 소멸로 인하여 비정상적 난류 영역이 지배적이다. 이것은 수직평판과 커튼판의 영향으로 인해 생성되는 유동박리현상으로 이것에 따른 주기적 와 방출에 의한 영향이라 말할 수 있다.

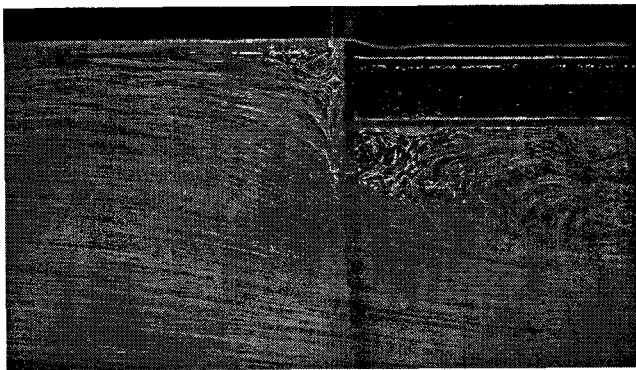


(a) In Front of Floating Breakwater

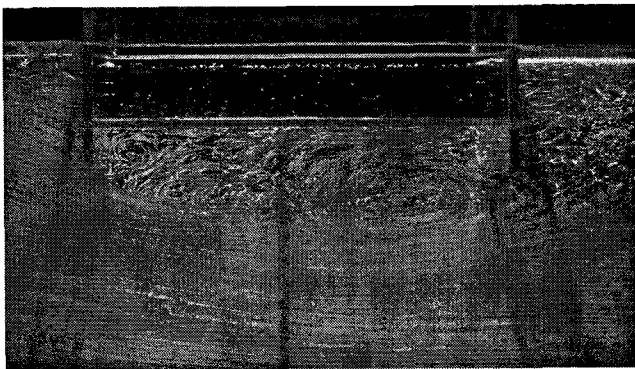


(b) In the Middle of Floating Breakwater

Photo. 4 Visualization of Floating Breakwater (with double barriers)



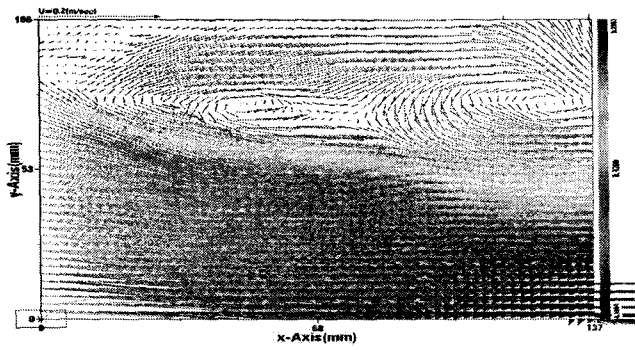
(a) In Front of Floating Breakwater



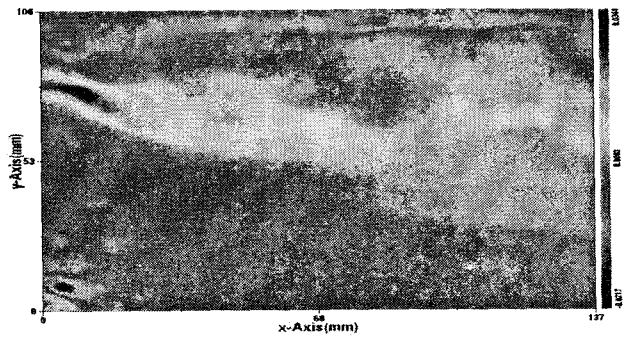
(b) In the Middle of Floating Breakwater

Photo. 3 Visualization of Floating Breakwater (Pontoon Type)

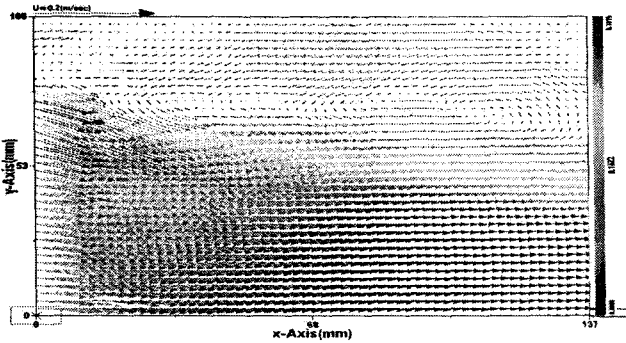
Fig. 2는 폰툰형 부체와 수직평판의 설치 간격이 다른 부체의 중앙부에서 평균속도벡터분포를 나타낸 것이다. Fig. 2의 (a)에서는 커튼판으로 인해 생성된 대규모 와류는 주기적인 이동형태를 띄며 부체 중앙의 후방으로 이동한다. 이렇게 이동한 와류 성분은 고차와류를 발생시키고 후방의 커튼판에 부딪히면서 상방향흐름과 하방향흐름으로 나뉘어 일부는 다시 대규모와의 생성으로 이어져 주기적인 와 방출 현상을 보여준다. 이러한 와류 발생은 폰툰형 부체의 하면에서 주유동 방향에 수직하게  $D=1.8H$  전후 까지 난류 유동의 영향을 미치며  $D=1.8H$  이후에서는 정상적인 유동현상을 보였다. Fig. 2의 (b),(c)는 수직평판의 간격이 각각  $D=0.25H$ 간격으로 놓였을 때 나타나는 평균속도벡터 분포이다. 수직평판의 설치 간격이 증가할수록 부체의 중앙에서 생성된 난류경계층의 두께가 점차적으로 줄어들며 Fig. 3의 (c)에서는 주유동 방향에 수직하게  $0.6H$ 의 범위까지 난류 유동장이 형성된다. 이 영역을 벗어나면 층류의 흐름이 존재하게 되며, 난류경계층의 두께가 감소하여 수직평판이 부착된 부체 하방에서는 낮은 속도분포를 보이고 있다. 이와 같이 수직평판의 부착거리가 부체 중앙부의 유동현상에 미치는 영향은 다음과 같다. 첫 째로 유입되는 유체의 속도 성분은 수직평판의 영향으로 인해 앞서 살펴본 바와 같이 이차 박리가 일어나 와류의 발생과 소멸에 의해 속도 성분이 감소하게 되고 커튼판에서 일어난 유동박리는 부체의 중앙에서 대규모 와의 발



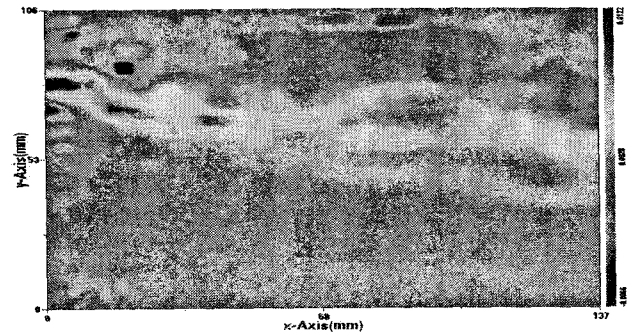
(a) None barriers,  $D=0$



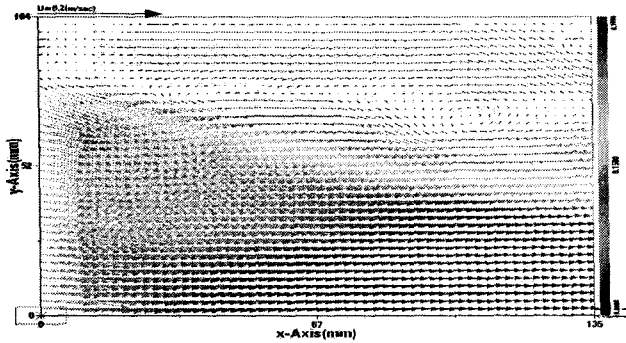
(a) None barriers,  $D=0$



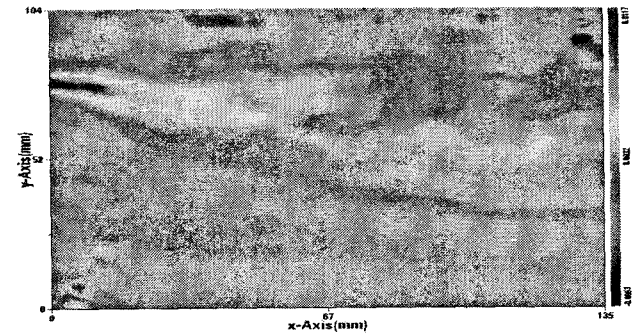
(b) with double barriers,  $D=0.25H$



(b) with double barriers,  $D=0.25H$



(c) with double barriers,  $D=0.5H$



(c) with double barriers,  $D=0.5H$

Fig. 2. Velocity Vector Distribution (middle).

Fig. 3. Turbulence Intensity Distribution (middle),  $U=0.14\text{m/s}$ .

생으로 이어지며, 비정상적 난류 유동장을 형성해 유입유속을 감소시키는 효과를 나타낸다. 두 번째로 난류경계층의 두께 감소효과를 발생시켜 부체 하부에서 생성되는 층류흐름의 속도 저감 효과를 나타낸다.

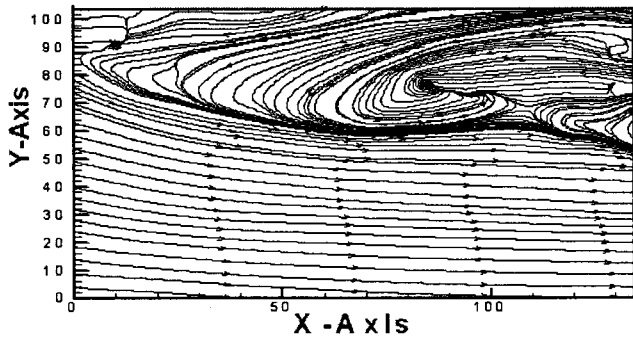
본 실험에서는 수직평판을  $D=0.25H$  간격으로 설치하여 실험을 수행하였으나 난류유동 제어에 가장 효율적인 수직평판의 설치 위치를 선정하여 소파효과와의 관계에 대한 연구가 필요하다 하고 사료된다. Fig. 3은 부체의 중앙부에서 난류강도를 나타내고 있다. 커튼판의 영향으로 인해 유동박리가 지속적으로 생성되면서 주기적으로 와류가 생성되는 곳에서 난류강도가 높게 나타나고, 부체 중앙의 후방부로 갈수록 와류가 소멸되어 난류강도가 낮게 나타난다.

Fig. 3의 (b)와 (c)는  $D=0.25H$ ,  $D=0.5H$

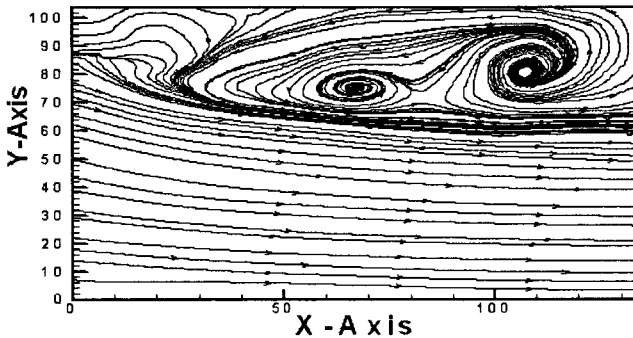
의 거리에 수직평판이 설치되어 Fig. 3의 (a)보다 낮은 난류강도를 보이고 있으며, 이는 수직평판의 영향으로 흐름이 안정화될 수 있는 구간이 늘어났기 때문이다.

Fig. 4는 유입유속이  $0.14\text{m/s}$ 에서 나타나는 유선도이다. 수직평판의 설치 효과가 부소파체의 중앙부에 미치는 영향은 다소 비슷하나 유입유속의 증가로 인한 유동장의 변화는 수직평판의 영향과 함께 고려해야하기 때문에 다소 복잡한 양상을 띄게 된다. 유속의 증가로 인해 Fig. 3의 (a)에서는 두개의 와가 하나로 합쳐지는 현상을 보이고 있으며, 수직평판의 설치로 인해 Fig 4의 (b)에서는 와의 중심이 뚜렷한 두개의 와가 생성이 된다. Fig. 4의 (c)에서는 유속이 증가하면서 소규모 와가 후방의 대규모 와 하고 합쳐져 좌표  $x,y$  (100,80)에서 대규모 와의 중심이 나타며, 부체의 중앙부 전방 모서리 부분에서는 뚜렷한

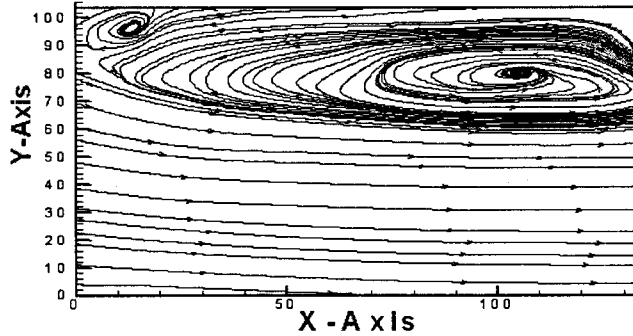
고차와류가 발생하는 것을 보여주고 있다. 앞선 결과와 마찬가지로 와류 경계층이 현저하게 감소되어 나타났다.



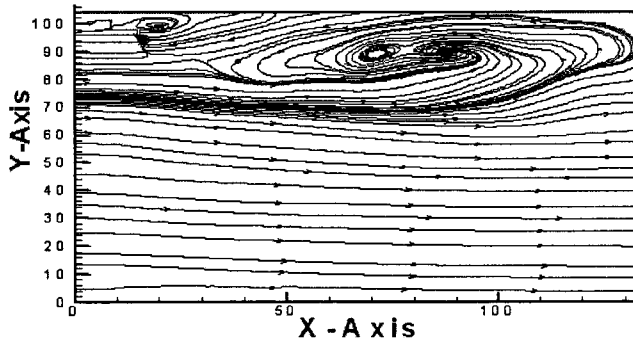
(a) None barriers,  $D=0$



(b) with double barriers,  $D=0.25H$



(c) with double barriers,  $D=0.5H$



(d) with double barriers,  $D=0.75H$

Fig. 4. Similar Streamline ( $U=0.14m/s$ ).

### 3.2 주파수 특성

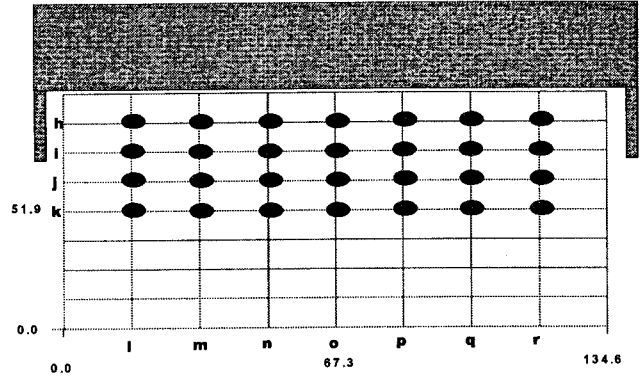


Fig. 5. Position of Fast Fourier Transform, (middle).

앞서 살펴본 바와 같이 부채 중앙에서는 난류유동이 가장 활발하게 나타나는 구간으로 유동박리에 의한 대규모 와의 방출과 고차와류의 주기적인 생성이 나타나고 있다. 유동특성에서 나타나는 파워스펙트럼의 최고값과 최저값을 산출하기 위하여 Fig. 5와 같이 폰튼형 부채와 수직평판이 부착된 부채 중앙의 28개 지점에서 동일하게 파워스펙트럼 값을 산출하였다. 파워스펙트럼 값을 얻기 위한 FFT (Fast Fourier Transform)는 수평방향 속도성분과 난류강도 값에 대하여 수행하였고, 유입 유속이 0.11m/s, 수직평판과 부채와의 간격은 Table. 1과 같이  $D=0.25H$  간격으로 세 가지 조건에서 수행하였으며, 수직평판의 설치 위치에 따라 파워스펙트럼 값이 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. Table. 2는 유입유속이 0.11m/s 이고, 폰튼형 부채와 수직평판을 갖는 부채의 중앙부 28개의 지점에서 난류강도에 대해 FFT를 수행하여 파워스펙트럼의 최대값, 최소값을 산출한 것이다. 가장 높게 나타나는 파워스펙트럼 값은 좌표(i,j)인 지점에서 0.8442로 가장 높은 값이 나타났다. 이는 커튼판의 영향으로 인해 유동박리가 시작되어 대규모 와가 장주기로 발생하게 되며 이렇게 발생된 와류는 점차 하부로 이동하여 폰튼형 부채 중앙부의 후방에 위치해있는 커튼판에 의해 소산된다. Table. 3은  $D=0.25H$ 의 간격을 갖는 수직평판이 부착된 부채의 중앙에서 파워스펙트럼 값을 나타낸 것이다. 파워스펙트럼 값이 가장 높게 나타나는 지점은 좌표(i,k) 지점에서 0.7547로 나타났으며 커튼판의 효과로 유동박리가 시작되는 지점에서 대규모 와의 방출이 장주기로 길게 일어난다. 이와 반대로 좌표(r,j) 지점에서는 0.1321로 가장 낮은 파워스펙트럼 값이 나타나는데 이러한 현상은 부채 중앙에서 비정상적인 난류 유동장이 발달하여 대규모와의 생성과 소멸이 빠르게 일어나고 이곳에서는 단주기 파의 낮은 파워스펙트럼 값이 나타나고 있다. 또한 좌표(r,j) 지점에서는 단주기파의 발생이 후방의 커튼판 앞쪽에서 나타나고 있는데 부채의 후방에 위치한 커튼판에 부딪혀 와의 구조가 깨지면서 단주기의 주파수 성분이 나타나는 것으로 사료된다. Table. 4는  $D=0.5H$ 의 간격을 갖는 수직평판이 부착되었다. 좌표(o,j) 지점에서 가장 높은 파워스펙트럼 값이 나타나고 있는데 이곳에서는 장주기에 가까운 고

주파의 성분도 나타나고 있다. 이러한 현상은 부체의 중앙에서 대규모 와의 방출이 주기적으로 이루어지고 있는 현상으로 앞서 부체의 중앙부 유동특성에서 나타나는 현상과 동일하게 일치 하는 것을 알 수 있다. 낮은 파워스펙트럼 값을 부체 중앙의 상면에서 나타나며, 커튼판에서 방출된 와류가 부체 중앙의 후방에 위치한 커튼판에 부딪혀 생성되는 상방향 흐름으로서 부체의 하면을 타고 주유동방향의 역방향으로 이동하면서 빠르게 소멸 되어 단주기의 특성을 띄는 낮은 파워스펙트럼 값을 발생하게 된다.

Table 2. Power Spectrum Density, (D=0)

X-Axis	Y-Axis	Predominant Frequency
34.24	52.82	1.5528(Max)
17.2	66.03	0.8442
17.2	92.44	0.4824
102.71	92.44	0.1055(Min)

Table 3. Power Spectrum Density, (D=0.25H)

X-Axis	Y-Axis	Predominant Frequency
17.2	52.82	0.7547(Max)
51.35	52.82	0.6038
119.82	66.03	0.1321(Min)
33.24	79.24	0.1321(Min)

Table 4. Power Spectrum Density, (D=0.5H)

X-Axis	Y-Axis	Predominant Frequency
117.75	51.91	0.7547
67.28	64.88	1.2075(Max)
50.46	90.84	0.1321(Min)
84.10	90.84	0.1321(Min)

Table 5. Power Spectrum Density, (D=0.75H)

X-Axis	Y-Axis	Predominant Frequency
16.82	51.91	1.3585(Max)
16.82	90.84	0.1509(Min)
33.64	90.84	0.3585
84.10	90.84	0.1509(Min)

## 5. 결론

본 연구는 연속 부착된 수직평판을 갖는 부유구조물 주위의 유동장을 PIV 측정기법을 이용하여 해석할 목적으로 유입유속의 변화와 수직평판의 부착거리에 대한 변화를 실험 조건으로 하여 기본형인 폰툰형 부체의 양 끝단에 D=0.25H의 등 간격으로 수직평판을 부착하여 부유구조물 주위에서 생성되는 유동장을 해석하고 결과를 상호 비교하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 수직평판의 설치간격이 D=0.25H에서 부체의 중앙부 난류 유동장에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 수직평판의 설치간격이 넓어질수록 D=0.75H에서 와류경계층의 두께가 최대 20% 감소하였다.
- 2) PIV로 측정한 부체의 중앙부에서 평균속도벡터 분포는 수직평판의 영향으로 유입유의 흐름에 비해 상대적으로 작게 나타났으며, 수직평판의 설치 간격이 D=0.75H일 때 부체의 중앙부에서 생성되는 난류 유동장의 하부 흐름인 층류 영역에서도 평균속도벡터 분포가 작게 나타났다.
- 3) 부체의 중앙부에서 난류강도는 커튼판의 영향으로 유동박리가 지속적으로 이루어져 주기적인 와방출로 난류강도가 높게 발생하고, 부체 중앙의 후방으로 갈수록 수직평판의 영향으로 흐름이 안정화 될 수 있는 구간이 늘어나 난류강도가 낮게 나타났다.
- 4) 폰툰형 부체와 수직평판을 갖는 부체의 중앙부 28개 지점에서 난류 강도에 대해 FFT를 수행하여 X-Axis 67.3지점을 기준으로 부체 중앙부의 앞쪽 방향에서 가장 높은 파워스펙트럼 값이 발생했으며, 부체 중앙부의 후방으로 갈수록 낮은 파워스펙트럼 값이 발생하였다.

## 후 기

이 연구는 산업기술재단의 지역혁신인력양성사업의 지원으로 수행되었다.

## 참 고 문 헌

- [1] 박노식, "초대형 부유식 해양구조물에 작용하는 유체력 추정에 관한 근사계산법의 연구" 한국해양공학회지 pp.74~83, 1997.2
- [2] 윤재돈, "거대부유식 해양구조물의 유탄성 거동에 대한 기초연구" 서울대학교 공학석사 학위논문, 1996
- [3] 이정렬, 송무석, "부방과제를 이용한 원전항의 정온효과 수치해석" 한국해양환경공학회지 Vol. 8, No. 1, 2005, pp.23~30
- [4] 박노식, 엄병섭, "쌍둥형부유식소파제의 소파성능에 관한 연구" 한국해양공학회지, 제12권, 12호, 1998.2, pp.123~

- [5] 김도삼, “부소파계의 파랑제어 해석법과 기술개발사례 및 설치현장조사” 포스코 발간 책자 2003, pp.3~103
- [6] 김종현 외 5명, “그물형 부유식 방파제의 가능성에 관한 실험적 연구” 한국해양공학회, 2000년도 춘계학술대회, pp.215~219
- [7] 안용호 외 3명, “장주기파에 효율적인 부유식방파제 단면 형상에 관한 연구” 한국해양공학회, 2000년도 춘계학술대회, pp.133~138
- [8] R.J.Adrian, "Particle-Image Technique for Experimental Fluid Mechanics" Annu. Rev. Fluid Mech., Vol.23, 1991, pp.261~304
- [9] P.Buchhave, "Particle Image Velocimetry - Status and Trends" Exp. Ther. and Fluid Sci. Vol. 5, 1992, pp.586~604
- [10] C.Gray, "The Evolution of Particle Image Velocimetry" Proc. of Optical Methods & Data Processing in Heat and Fluid Flow, I,Mech.E, 1992, pp.19~36
- [11] R.J.Adrian, "Limiting Resolution of Particle Image Velocimetry for Turbulent Flow" Proc. Advances on Turbulence Research, POSTEC Pohang Korea, 1995,pp.1~19
- [12] 이영호, “PIV에서의 동시다점계측의 원리 및 적용”, 대한기계학회 96년도 열 및 유체공학부문 학술강연 논문집, 1996, pp.30~40