

15. PIV에 의한 펌프장 흡입수조내 흡입관 주위의 유동특성에 관한 연구

기계공학과 최 종 응
지도교수 이 영 호

흡입수조내 흡입관 주위에서 와의 형성은 펌프의 성능 저하와 불량한 운전상태 및 많은 유지 보수비를 가져온다. 이상적인 흡입수조 설계를 위해서는 흡입부로 유입되는 침전물이나 공기를 제거해야 하며, 그 때 펌프가 원활하게 작동된다. 그러나 물 수위가 임계값 아래로 내려갈 때, 와는 자유표면으로부터 발생한다. 이러한 와들은 강한 공기의 흡입이 동반되며, 진동, 캐비테이션 그리고 일반적으로 펌프의 효율을 저하시킨다. 또한, 흡입수조의 바닥과 측벽으로부터 발생하는 와는 침전물의 흡입을 동반한다. 만약 물속에 이러한 강한 공기들이 존재한다면, 이것은 흡입관 주위에서 선회류를 유발시키며 펌프 효율을 떨어뜨리는 원인이 된다. 특히 대형 펌프에서 이와 같은 유동환경은 심한 진동, 그리고 불안정한 운전상태를 유발하며, 극단적으로 펌프의 정지에까지 이른다.

흡입부에서 공기의 흡입과 선회류를 방지하기 위해서는 본질적으로 와의 구조, 위치 그리고 와도에 대한 연구가 필요하며, 불행하게도 흡입수조내 흡입부에서의 이러한 현상에 관한 것이 문서화되거나 표본이 되는 것이 없다. 그러한 이유로 본 연구에서는 바닥으로부터 발생하는 vortex의 유동패턴을 고찰하기 위하여 실상에서 사용되고 있는 수중축류펌프를 이용하였으며, 뒷벽에서 흡입관의 거리에 따른 자유표면, 측벽, 그리고 후벽 부근에 대한 유동패턴을 고찰하기 위하여 실험실에서 제작한 직선형의 흡입관과 벨마우스를 부착한 모델을 각각 사용하였으며, PIV기법을 적용하여 보다 현실적인 유동해석과 애니메이션을 구현하였다. 또한, 바닥으로부터 발생하는 수중와를 제거하기 위한 장치는 많이 있지만, 그 중에서도 흡입부 아래에 콘 형상을 갖는 suction cone을 설치하여, 이 장치가 공기를 동반한 수중와의 제거 능력에 대하여 연구하였다.

유체의 유동특성을 파악하는 것은 유체공학 관련의 제반문제를 해결하기 위하여 필요 불가결한 요소이다. 지금까지의 유동가시화 기법은 직관적으로 이해하기 쉬운 영상을 제공할 수 있음으로서 어떤 복잡한 유동장도 쉽게 이해 될 수 있다는 장점을 가지고 있지만 정량적인 데이터의 부족으로 역학적인 해석이 어렵게 되어 공학적인 측면에서 유체계측이 보다 중요한 위치를 차지하고 있다. 지금까지 유체계측에 있어서 속도를 얻기 위하여 열선유속계 또는 LDV를 사용하여 왔다. 이러한 점계측 속도측정기법은 신뢰성과 정도면에서 우수한 성능이 입증되었으나 계측기법 고유의 문제점 때문에 유동현상의 기본특성인 비정상의 동시다점 계측이 원리적으로 불가능하다.

이러한 배경에서 종래의 정성적인 가시화기법과 디지털 영상처리기술을 새로이 접목한 PIV가 속도계측의 새로운 실험기법으로서 1980년대 초반부터 본격적으로 소개가 되었으며 최근에는 전산유체역학에 필적할 수 있는 유동장의 대표적인 계측기법으로서 크게 각광을 받고 있다.

PIV의 기본원리로서 유동장의 국소속도는 어느 한 점을 통과하는 추적입자가 미소시간 간격동안 이동한 미소 직선거리 및 방향을 알면 쉽게 구해진다. 즉 입자의 입자운동에 요하는 시간간격 및 벡터변위의 관계로부터 구할 수 있다. 유동장에 유체와 동일한 비중을 갖는 추적입자(tracer particle)를 분포시키고 이들 입자의 순간적인 위치를 시간차를 가진 두 영상 상에서 공간대응 시키는 방법에 의하여 속도벡터를 동시다점으로 구한다. 특히 추적입자로서 감온액정입자(thermo-sensitive crystal particle)와 같이 온도에 감응하는 추적입자를 사용할 경우에는 공간의 온도분포까지 동시에 구할 수 있다. PIV 실험기법은 선진국에서도 활발하게 연구하고 있는 첨단 핵심기술로 매우 빠른 속도로 발전하고 있다. 최근에는 Stereoscopic PIV, Holograph PIV등의 3차원 속도장 측정방법이 개발되어 유동해석 연구에 활용되고 있다.

따라서 PIV기법은 LDV 등이 갖는 점계측의 한계를 근본적으로 해결할 수 있음으로써 컴퓨터 관련기술 및 고성능의 영상처리장치의 개발에 힘입어 빠른 기술적 진보를 보이고 있으며 현재에는 다양한 조명장치와 정교한 전자장비에 의한 애니메이션 기법의 도입과 적용으로 유동관련 연구자들을 흥미로운 가시화의 세계로 초대하고 있다.

세계적인 PIV전문가들의 견해에 의하면 PIV의 계측원리에 대한 연구는 거의 완성단계에 진입하였으며, PIV기법을 대중화시키려는 일련의 움직임으로서 PIV 계측시스템에 대한 효과 및 계측결과의 정도를 평가 할 수 있는 표준기법이 일본의 전문가들에 의하여 인터넷상으로 소개되고 있다.

하지만 PIV 고유의 정도문제로 인한 비정상적 순간의 변동량, 고속의 난류 유동장을 해석하기 위해서는 여러 가지의 개선점이 필요하며, 고속 유동장에 대응할 수 있는 PIV시스템의 구축에는 고가의 기본장비가 요구되고 있다.

따라서, 공학적인 측면에서 보다 유용하게 사용하기 위해서는 PIV알고리즘의 고정도화 기술이 필요하며, 효율적인 고속유동장을 위한 경제적인 PIV시스템에 대한 새로운 접근과 편의성을 갖춘 경제적인 하드웨어의 최적화기술 그리고 이들 기법을 이용한 응용개발 연구 및 PIV 데이터를 이용한 유동장기법의 새로운 접근이 중요한 과제로 대두되고 있다.

본 실험에서는 계측기법으로서 디지털 영상처리에 의한 PIV기법을 채택하였고 이미 신뢰성이 입증되었던 처리알고리즘을 통해서 계측데이터를 확보하였다. PIV는 추종성이 우수한 입자와 광원에 의해 가시화된 유동장의 영상을 연속적으로 입력한 후에, 다양한 영상처리 기법과 컴퓨터의 대용량, 고속연산기능을 동원하여 순간 유동장의 데이터를 효율적으로 획득할 수 있는 최신 계측기술이다. 또한 종래의 시간평균, 점계측 속도측정 기법에서 완전히 탈피할 수 있으며 최근에는 생체의학분야에서의 혈류해석^[10]등의 새로운 관점에서의 유동해석이 점차 가능해지고 있다.

실험조건은 흡입관과 후벽과의 거리변화(1.25D, 1.0D, 0.75D, 0.5D), 흡입관 선단부에 부착되는 벨마우스의 유무, 수중와의 역제를 위한 흡입부 아래에 설치되는 suction cone의 유무에 따라 각각의 경우에 대하여 전체 프레임의 영상을 합산하여 평균한 속도벡터, 유선, 와도 등을 구하여 이에 대한 유체역학적 고찰을 행하였다. 향후에는 보다 정확한 데이터 정보를 위하여 3차원 해석에 의한 유동패턴의 해석이 필요하다.

16. CFD에 의한 입형 다단 원심펌프 성능해석에 관한 연구

기계공학과 모 장 오
지도교수 이 영 호

유체기계 중 가장 대표적인 펌프는 에너지 변환을 이용하는 전체 산업에서 차지하는 비중이 매우 크다. 따라서 국가산업의 경쟁력 확보 및 에너지 절약 관점에서 성능이 우수하고 신뢰성이 있는 고효율의 제품 개발이 절실하게 필요하다.

현재 산업용 펌프로 많이 사용되고 있는 횡형 다단 펌프는 같은 용량에서 최소의 면적을 차지하면서 고성능을 낼 수 있는 입형 다단 Booster 펌프로 대체 되고 있다. 국내에서는 일부 외국 제품을 모방하여 제작하고 있으나 자체기술을 완전하게 확보하지 못하여 고효율의 Booster 펌프는 Grundfos(국명 : 덴마크), Ebara(국명 : 일본), Wilo(국명: 독일), Salmson(국명 : 프랑스)등의 외국기업에서 거의 수입하여 조립하는 실정이다. 특히, 어떤 Chemical에도 내식성이 우수한 티타늄 펌프는 전량 수입에 의존하고 있다.

다단 펌프 설계 기술은 유체공학과 관련된 광범위한 지식이 필요하며 이론적인 면과 경험적인 것을 동시에 요구하는 매우 어려운 분야이다. 또한 유체역학적, 기하학적 변수들로 인해 실제적인 설계와 성능해석은 실험식에 의존하게 된다. 설계자는 실험에 근거한 설계변수를 이용하여 설계를 수행하지만 데이터로서 주어지는 설계변수는 범위만 주어지므로 설계자는 과거 설계 경험을 바탕으로 새로운 설계를 시작 할 수밖에 없다. 그러나 터보기계는 그 제작비용이 많이 들기 때문에 설계의 정확성을 검증하기 위해 시제품을 만들어 직접 시험에 의존하기에는 많은 무리가 따른다. 이러한 이유로 터보기계 분야의 유동해석을 위한 여러 종류의 상용코드가 개발되고 있으며, 설계 검증에 대한 비중이 실험에 의존하던 기존의 방법에서 전환되어 상용코드를 이용한 해석방법으로 이동하고 있는 것이 세계적인 추세이다. 현재 까지 안내 깃과 임펠러를 포함한 입형 다단 원심펌프에 대해서 수치해석한 연구결과는 알려