

# CFX 코드에 의한 산업용 원심펌프 성능해석에 관한 연구

김명석<sup>+</sup>·김범석<sup>++</sup>·김진구<sup>+++</sup>·박권하<sup>++++</sup>·이영호<sup>++++</sup>

## A Study on the Performance Analysis of an Industrial Centrifugal Pump Using CFX Code

MyungSeok Kim<sup>+</sup>, BeomSeok Kim<sup>++</sup>, JinGu Kim<sup>+++</sup>, KwonHa Park<sup>++++</sup> and YoungHo Lee<sup>++++</sup>

**Abstract :** The purpose of this study is focused on the analysis of 3D complex flow and performance characteristics of a centrifugal pump with volute casing. The numerical analysis was performed by commercial code CFX-10 according to the variation of flow rate, which is changing from 5.847m<sup>3</sup>/min to 6.865m<sup>3</sup>/min. The rated rotational speed of close type impeller is 1750rpm. Turbulence model, k- $\omega$  SST was selected to guaranty more accurate prediction of flow separation. The ICEM-CFD 10, reliable grid generation software was also adapted to secure high quality grid generation necessary for the reliable numerical simulation. The experimental results such as static head, brake horse power and efficiency of the centrifugal pump were compared with the numerical analysis results. The simulated results are good agreement with the experimental results less 5% error.

**Key words :** Centrifugal Pump(원심펌프), Computational Fluid Dynamics(전산유체역학), Performance curve(성능곡선)

### 1. 서론

가장 대표적인 유체기계인 펌프가 전체 유체기계 산업에서 차지하는 비중은 상당히 크며, 국가 산업의 경쟁력 확보 및 에너지 절약의 관점에서 우수한 성능을 갖는 고효율 제품의 개발이 요구된다. 국내 수많은 펌프 제작업체들은 횡형 편흡입 원심펌프를 수십년간 국내외에 제작·공급해왔으나, 체계적인 연구 및 개발의 부재로 인해 대부분의 핵심 설계기술들은 선진국으로부터 자문을 구하고 있는 실정이다. 따라서, 새로운 모델의 개발이 요구되는 경우 대부분 기존 제품의 기술범위를 벗어나지 못하며, 핵심 설계기술의 체계적인 축적이 이루어지지 않고 있다. 일반적으로 펌프의 사양이 결정되고 설계가 진행된다면 반드시 성능테스트를 통한 설계검증이 필요하다. 그러나, 최적 설계단계에서 설계의 정확성 및 성능평가를 위해 시제품 제작에 의한 직접시험에 전적으로 의존하는 방법은 비용적 측면에서 많은 제약이 따른다. 이러한 이유로 현재 유체기계 분야의 유동해석 및 성능평가를 위한 많은 상용 CFD 코드들이 개발되어 최적 설계단계에서 적용되고 있으며, 설계검증에 대한 비중이 기존의 실험적 방법에서 전산해석적인 방법으로 상당히 전환되고 있는 추세이다.

본 연구에서는 국내 펌프 제작업체에서 설계 및 제작된 비속도 360의 임펠러가 장착된 편 흡입 원심펌프의 설계 신뢰성 확보를 위해 CFD에 의한 3차원 유동해석 및 성능평가를 수행하였고, 펌프 제작업체에서 수행된 펌프 성능시험 결과와 비교분석하였다.

### 2. 펌프 설계사양

본 연구에 적용된 원심 편 흡입 볼류트 펌프는 설계유량

6.5m<sup>3</sup>/min에서 26m의 수두를 가지고 78%의 효율을 갖도록 설계되었다. 설계사양은 Table 1과 같으며, 모든 펌프 설계사양의 결정, 형상설계 및 시제품 제작은 펌프제작 업체에 의해 수행되었다.

**Table 1. Design specification**

Item	Specification
flow rate	6.5m <sup>3</sup> /min
total head	26m
rotational speed	1750rpm
efficiency	78%
gravity	1kg/l
blade number	6EA
blade thickness	5mm
blade exit angle	22.5°

### 3. 실험적 방법에 의한 성능평가

#### 3.1 시험조건 및 방법

성능측정은 토출밸브를 완전히 닫은 체절점으로 부터 최대 유량까지, 규장양정을 기준으로 서로 다른 5개의 측정지점에서 수행되었다. 임펠러 회전수는 1750rpm이고, 작동유체로 25°C의 청수를 사용하였으며, 토출 측 밸브를 조정하여 총양정과 토출유량을 제어하였다. Table 2에 유량변화 조건을 나타내었다.

**Table 2 Performance test conditions**

	test1	test2	test3	test4	test5
flow rate	5.847	6.475	6.669	6.865	7.062

+ 김명석((주)신신기계, 기술부),E-mail:hot-bar@daum.net, Tel: 051)727-5300

++ 김범석, 한국해양대학교 기계·정보공학부 유동정보연구실

+++ 김진구, 충북과학대학 기계자동차과

++++ 박권하, 한국해양대학교 기계·정보공학부

+++++ 이영호, 한국해양대학교 기계·정보공학부

Measuring Points		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Flow	Level (at) The Weir	mm	0.000	147.000	157.000	160.000	163.000	166.000		
	Flow Capacity	M <sup>3</sup> / min	0.000	5.847	6.475	6.869	6.866	7.062		
Head	Del. Head	Indication (kg/cm <sup>2</sup> )	3.150	2.400	2.200	2.100	2.000	1.900		
		Head	M	31.500	24.000	22.000	21.000	20.000	19.000	
	Suct. Head	Indication (mmHg)	60.000	145.000	155.000	165.000	170.000	180.000		
		Head	M	0.816	1.972	2.108	2.244	2.312	2.448	
Gauge Height	M	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500			
Velocity Head	M	0.000	1.060	1.299	1.378	1.461	1.546			
Total Head	M	32.816	27.532	25.907	25.122	24.273	23.494			
Theoretical Power	KW	0.000	26.304	27.410	27.376	27.228	27.110			

Fig. 1 Pump test report

최종 성능시험 결과를 Fig. 1에 나타내었으며, 설계유량인 6.5 m<sup>3</sup>/min에 가장 근접한 6.475 m<sup>3</sup>/min의 유량조건에서 펌프 전후의 정압수두 측정값은 24.108 m이며, 총 양정은 25.907 m로 나타났다.

#### 4. CFD에 의한 성능평가

##### 4.1 계산조건

실험에 의한 성능측정 결과 값과의 비교를 목적으로 성능시험과 동일한 5개의 서로 다른 유량변화조건에 대해 CFD 해석을 수행하였다. CFD 코드로서 유체기계 분야에서 탁월한 해석능력을 평가받고 있는 CFX-10을 적용하였으며, 볼류트 케이싱과 임펠러 부분을 동시에 고려한 3차원 정상상태 해석을 수행하였다. 해의 수렴판단 조건은 10<sup>-5</sup> 오더로 하였으며, 난류모델로서 *k-w* SST 모델을 적용하였다. 본 연구에서는 Tetra-Prism 형태의 격자를 사용해, 회전부인 임펠러와 정지부인 볼류트 케이싱 부분의 격자체를 각각 생성하였다. 전체 노드수는 약 350,000 노드이며, ICEM-CFD 10을 사용하였다. 본 연구에 사용된 계산격자체의 형태를 Fig. 2에 나타내었다.

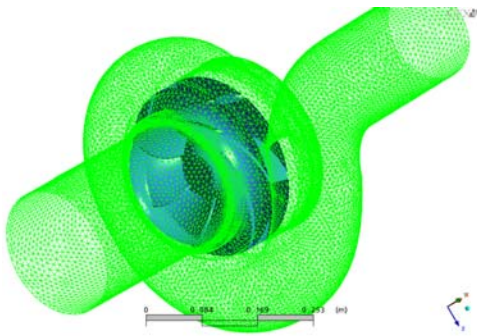


Fig. 2 Computational grid

#### 4. 결과 및 고찰

수치해석 결과의 신뢰성 평가를 위해 실험적 방법에 의한 펌프 성능시험 결과와 정압수두, 축 동력, 효율을 각각 비교하여 그래프로 나타내었다. Fig. 3(a)는 정압수두의 비교 결과를 나타내고 있다. 수치해석의 정압수두 데이터는 펌프 토출측 정압과 흡입측 정압의 압력 차를 계산하여 획득하였다. 전체 유량 조건에 대해, 실험 데이터와 수치해석 데이터의 정성적인 특성은 상당히 잘 일치하고 있으며, 실험 데이터에 대한 수치해석 결과의 최대오차는 약 4.85%로 나타났으며, 비교적 잘 일치하고 있다고 판단된다. Fig. 3(b)는 B.H.P 결과를 비교해 나타내었다. 실험과 수치해석 데이터 모두 정성적, 정량적으로 잘

일치 하고 있음을 알 수 있다. Fig. 3(c)에 효율곡선의 비교 결과를 나타내었으며, 마찬가지로 서로 잘 일치하는 결과를 얻었다. 최대 발생 오차 범위는 약 3%로 나타났다.

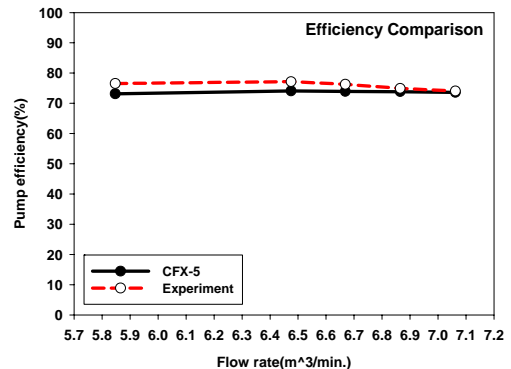
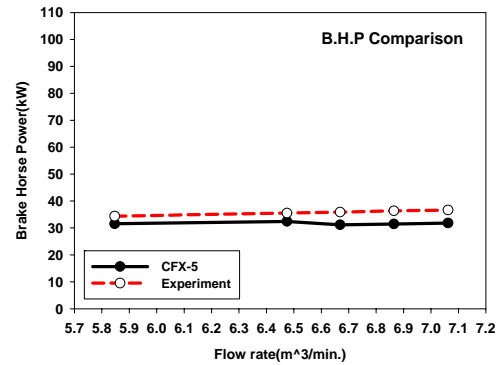
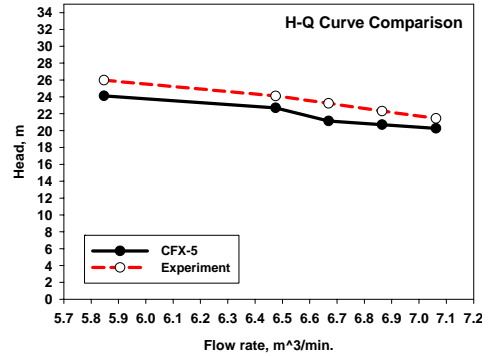


Fig. 3 Performance comparison results

#### 5. 결론

실험적 방법에 의해 측정된 정압수두, B.H.P, 효율 데이터는 수치해석 데이터와 비교되었으며, 정압수두의 경우 약 4.85%의 최대오차를 나타내고 있으며, 효율의 경우 최대 약 3%의 오차를 나타내었다. 대체로 실험 결과와 수치해석 결과는 정성적, 정량적으로 잘 일치 하고 있으며, 원심 편흡입 볼류트 펌프의 설계 단계에서 설계의 정확성 검증 및 신뢰성 평가를 위해 CFD 기법의 적용은 충분한 타당성을 확보한다.

#### 참고문헌

[1] A.J. Stepanoff, "Centrifugal and Axial Flow Pump", 2nd Edition, John Willy & Sons.1957