

FPSO 연료가스 압축 시스템용 서지방지 밸브의 유량 평가 프로그램 개발

Discharge Evaluation Program Development of Anti-surge Valve for FPSO Fuel Gas Compressor System

*박형욱¹, #조종래², 이승민²

*H. W. Park¹, #J. R. Cho(cjr@hhu.ac.kr)², S.M.Lee²

^{1,2}한국해양대학교 기계공학과, ^{2#}한국해양대학교 기계·에너지시스템 공학부

Key words : FPSO, Fuel Gas Compressor System, Anti-Surge Valve, CFD

1. 서론

본 연구에서는 서지방지를 위해 시스템 내에서 적절한 유량을 확보하기 위한 방안으로 설계시 필요로 하는 밸브의 유량 평가 프로그램을 개발하는 것이 목적이다. 유량 평가를 위해서 근사 알고리즘을 제시하였고 알고리즘으로 구해진 손실계수는 지배방정식에 대입하여 밸브의 유량계수 및 유량을 도출하였다. 산출된 값은 전산수치해석 결과와 비교 검토하여 타당성을 검증하였으며, 검증된 수식은 Excel을 이용해 만들어 밸브 설계 실무자들이 쉽게 사용할 수 있게 하였다.

해석모델 생성은 Unigraphics NX 4.0버전을 사용하였으며 전산수치해석은 유동해석 상용 프로그램인 ANSYS CFX 12.0버전을 이용했다. 지배방정식은 Handbook of Hydraulic Resistance 3rd Edition을 참조하였다.

2. 이론

2.1 알고리즘

본 연구에서 개발하고자 하는 Excel 프로그램의 유량계수 산출을 위한 알고리즘을 Fig. 1에 나타내었다. 알고리즘은 다음과 같이 총 6단계로 구성된다.

1단계, 오리피스스의 직경과 오리피스 출구쪽의 유속을 이용해 레이놀드 넘버를 계산한다. 2단계, 구해진 레이놀드 넘버를 이용해 적용 가능한 수식을 찾아 마찰계수를 산출한다. 3단계, Fig. 2에 적합한 손실계수를 찾는다. 4단계, 구해진 손실계

수를 이용해 유속을 결정하고 이를 유량식에 대입하여 유량을 구한다. 5단계, 산출된 유량과 전산유체해석을 통해 나타난 결과와 비교하고 검토한다. 6단계, 타당성이 검증되면 Excel로 프로그램을 만든다.



Fig. 1 Approximate Algorithm of the Paper

Values of $\lambda = 0.02$

$\bar{i} = \frac{l}{d}$	τ	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
0	1.35	6915	1676	716	394	244	99.5	51.4	30.0	18.8	8.56	4.27	2.19	1.11	0.53	0.19	0
0.2	1.22	6613	1602	684	376	233	95.0	49.0	28.6	18.0	8.17	4.08	2.09	1.07	0.51	0.19	0
0.4	1.10	6227	1533	655	360	223	91.0	47.0	27.4	17.2	7.83	3.92	2.01	1.03	0.50	0.19	0.01
0.6	0.84	5708	1382	591	324	201	81.9	42.3	24.6	15.5	7.04	3.53	1.82	0.94	0.46	0.18	0.01
0.8	0.42	4695	1137	486	266	165	67.2	34.6	20.2	12.7	5.77	2.90	1.50	0.78	0.39	0.16	0.02
1.0	0.24	4268	1033	441	242	150	61.0	31.4	18.3	11.5	5.24	2.64	1.37	0.72	0.37	0.16	0.02
1.4	0.10	3948	956	408	224	139	56.4	29.1	17.0	10.7	4.86	2.45	1.29	0.68	0.36	0.16	0.03
2.0	0.02	3783	916	391	215	133	54.1	27.9	16.3	10.2	4.68	2.38	1.26	0.68	0.36	0.17	0.04
3.0	0	3783	916	391	215	133	54.3	28.0	16.4	10.3	4.75	2.43	1.30	0.71	0.39	0.20	0.06
4.0	0	3833	929	397	218	135	55.2	28.6	16.7	10.6	4.88	2.51	1.35	0.75	0.42	0.22	0.08
5.0	0	3883	941	402	221	137	56.0	29.0	17.0	10.8	5.00	2.59	1.41	0.79	0.45	0.24	0.10
6.0	0	3933	954	408	224	139	56.9	29.6	17.4	11.0	5.12	2.67	1.46	0.83	0.48	0.27	0.12
7.0	0	3983	966	413	227	141	57.8	30.0	17.7	11.2	5.25	2.75	1.52	0.87	0.51	0.29	0.14
8.0	0	4033	979	419	231	143	58.7	30.6	18.0	11.4	5.38	2.83	1.57	0.91	0.54	0.32	0.16
9.0	0	4083	991	424	234	145	59.6	31.0	18.3	11.6	5.50	2.91	1.63	0.96	0.58	0.34	0.18
10.0	0	4133	1004	430	237	147	60.5	31.6	18.6	11.9	5.62	3.00	1.68	0.99	0.61	0.37	0.20

Fig. 2 Values of K at $\lambda(=0.02)$

3. 수치해석

본 연구에서는 플러그 내의 내부 유동해석의 정확도를 높이기 위해 난류유동장 내의 유체운동은 연속방정식과 Reynolds-average Navier-Stokes (RANS) 운동량방정식 그리고 난류모델방정식은 $k-\omega$ SST 모델을 사용하였다. 작동유체의 조건은 비압축성 유체로 가정하였으며, 유동 조건은 3차원 정상상태로 정의하였고, 수치해석을 위해 전산유동해석 전용 프로그램인 ANSYS CFX 12.0을 사용하였다.

Table 1 Discharge Results of 100% Opening. [m³/s]

Opening Rate		Valve type		
		300lb	600lb	900lb
100%	Theses	9.77	8.71	16.55
	Analysis	8.90	8.11	16.15
Error Rate		9%	7%	2%

Table 2 Discharge Results of 75% Opening. [m³/s]

Opening Rate		Valve type		
		300lb	600lb	900lb
75%	Theses	8.21	8.76	16.55
	Analysis	8.38	8.07	16.25
Error Rate		2%	9%	2%

Table 3 Discharge Results of 50% Opening. [m³/s]

Opening Rate		Valve type		
		300lb	600lb	900lb
50%	Theses	5.15	4.80	10.36
	Analysis	6.04	5.78	12.64
Error Rate		15%	17%	18%

Table 4 Discharge Results of 25% Opening. [m³/s]

Opening Rate		Valve type		
		300lb	600lb	900lb
25%	Theses	1.79	2.31	4.43
	Analysis	2.45	3.01	6.45
Error Rate		27%	23%	27%

4. 결론

FPSO 연료가스 압축 시스템용 서지방지 밸브의 유량 평가 프로그램 개발을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1). 계산식과 전산해석을 이용해 유량 비교를 할 수 있는 근사 알고리즘을 제시하였다.
- (2). 밸브가의 개도율에서 100%일 때와 75%일 때는 식을 계산한 값이 전산해석 결과보다 조금 높게 나왔고, 50%와 25%에서는 계산식을 이용한 값이 높게 산출되었다.
- (3). 개도율이 100%일 때와 75%일 때는 두 계산 결과가 비교적 잘 일치함을 알 수 있었고, 밸브 개도율이 비교적 낮은 50%와 25%에서는 오차율이 비교적 크게 나타남을 확인할 수 있었다.
- (4). 하지만 두 결과 모두 평균오차와의 편차 (50%일 때 순서대로 1.7%, -0.3%, -1.3% // 25%일 때 -1.3%, 2.7%, -1.3%)가 적어 비슷한 경향을 보이므로 개도율이 낮은 50%와 25%에서는 보정계수를 도입하면 밸브 설계시 유량을 평가하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 2009년 1차년도 및 2010년 2차년도 동남광역경제권 선도산업 육성사업의 지원을 받아 수행된 연구임을 밝힌다.

참고문헌

1. Altshul, A. D., 1982, Hydraulic Resistance, Nedra Press, Moscow, pp. 224.
2. Han, L. S., 1960, "Hydrodynamic Entrance Lengths for Incompressible Laminar Flow in Rectangular Ducts", Journal of Appl. Mech. Trans, ASME, Ser. E, E-27, pp. 403~409.
3. I.E. Idelchik, 2008, Handbook of Hydrulic Resistance 3rd Edtion, JAICO Pub. House, Mumbai, pp. 503~586.
4. Menter, F. R., 1994, "Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications", AIAA Journal, Vol. 32, No. 8, pp. 1598~1605.
5. Bardina, J. E., Huang, P. G. and Coakley, T., 1997, "Turbulenc Modeling Validiation", AIAA Paper 97-2121.