

주북수기 냉각해수배관의 직각 엘보 내부유동특성에 관한 연구

오승진⁺·조대환¹·봉태근¹·김옥석²

Experimental study of internal flow field about 90degree elbow for cooling seawater pipe at the main condenser

OH SEUNG JIN⁺, Cho DAE HWAN¹ · BONG TAE GEUN² · KIM OK SOK³

Abstract : While engine room arranging pipe which is used from the vessel, It measured the internal flow of 90 degree elbow which is used from the main condenser. Fluid flow in elbow of 90 degree is measured by PIV and Dewetron system. The Reynolds number adopts 50000 and experimental study of flow field in the elbow

Key words : Wall Thinning(감육), Flow Accelerated Corrosion(유동가속부식), Flow Visualization(유동가시화), 90degree elbow(직각엘보)

1. 서 론

엘보와 같은 탄소강으로 제작된 배관요소는 유체 흐름과 접촉할 경우에는 유동가속부식(Flow Accelerated Corrosion)이라는 손상을 받아 두께가 점차 얇아지는 감육(Wall Thinning) 현상이 나타나고 결국에는 압력경계(Pressure Boundary)부분이 파열되는 사고가 발생할 수도 있다. 이러한 유동가속부식은 고온에서 더욱 심하게 발생하며 이 경우 탄소강표면에 형성되는 마그네타이트의 용해와 물질전달의 두 단계로 진행되게 된다. 고온에서의 유동가속부식에 대해서는 1980년대부터 유동부식을 이론적으로 예측하기 위한 연구가 진행되어 다수의 이론 예측 모델이 제시되었다. 그 중에서도 Chexal-Horiwitz 모델¹⁾과 Kastner-Riedle 모델²⁾은 코드로 개발되어 실제 현장에 적용되고 있으며, 현재까지 발표된 유동가속부식 예측 모델은 대부분 유체 중의 압력변화, 유속, 철이온 농도차, 속, 철형태 등에 따라 위치에 따라 감육률을 계산할 수 있도록 제시되었다. 그러나 실제 현장에서는 대부분 국부적으로 감육이 발생하고 이러한 현상이 더욱 진행될 경우 국소적으로 파공이 발생, 누설 및 파열이 발생하게 된다. 선박의 주북수기 해수냉각배관의 경우 온도는 30℃ 전후로 높지 않으나 빠른 유속이 감육 현상의 두드러지게 나타나므로 예방정비 차원에서 주기적으로 교환 작업을 수행해야 하나 이에 관한 연구는 많지 않은 실정이다. 이 연구에서는 실제 배관개소 내부에서 속도성분에 따른 국부감육 현상의 발생에 대한 직접적인 분석을 위해 압력계측 및 유동 가시화 실험의 결과영상을 PIV기법을 적용하여 전유동장의 속도를 계측하여 고온이 아닌 경우에 있어서 유동에 따른 속도성분과 국부감육(Local Wall Thinning) 상관관계를 고찰하고자 하였다.

2. 실험

실험은 90도 직각 엘보 형상의 파이프 배관을 대상으로 내부 유동장을 투명한 아크릴로 제작하고 입자를 균일하게 분포시켜 유동장을 형성하였으며 2차원 레이저 시트광원을 가시화를 원하는 단면에 조사하여 영상을 촬영하였고, PIV계측의 상용소프트웨어, CACTUS2000을 사용하여 속도장을 구하였다. 실험 장치는 배관 시스템과 펌프, 물탱크 그리고 압력 측정을 위한 압력계측 세트로 구성하였다(그림 1 및 그림 2 참조). 배관 시스템은 엘보와 티(Tee) 및 오리피스 후단부에 대한 실험을 할 수 있도록 구성되었으며, 실험 부위의 전, 후단에는 유동을 관찰할 수 있도록 투명 아크릴 파이프를 사용하여 가시화가 가능하도록 하였다. 실험 장치 배관으로는 내부직경 50 cm의 스테인리스 배관으로 설계하였으며 되며 엘보는 실제 형상을 모델링하여 별도 제작하였다.

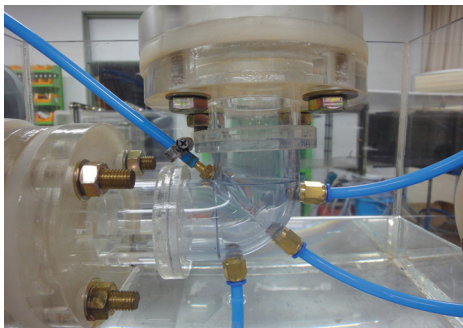


Fig. 1 Visualization Pipe Section



Fig. 2 Piping System

+ 오승진(목포해양대학교 대학원), E-mail: plus1850@mmu.ac.kr, Tel: 061)240-7217

1 목포해양대학교 해사대학 기관시스템공학부

2 목포해양대학교 해양공과대학 조선해양공학과

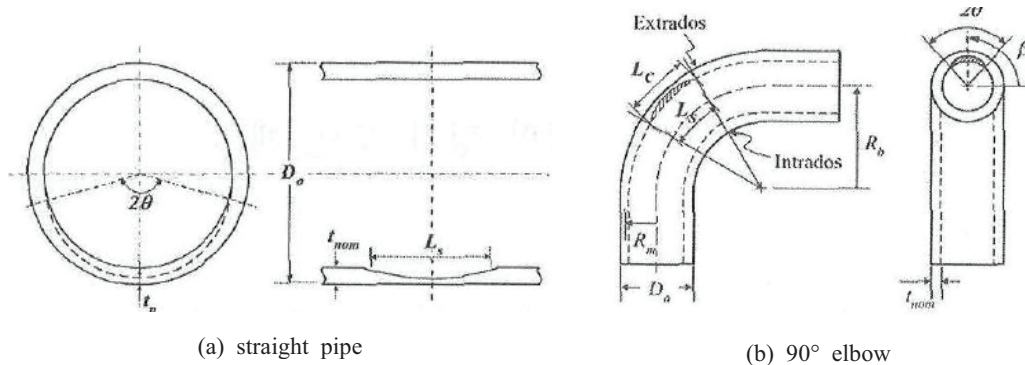


Fig. 3 Definition of geometries of wall thinning defect

유동가시화와 실험을 통해 측정된 압력분포를 이용하여 국부 감육의 과정을 검토하였다. 압력 측정은 각 포인트 별로 10회씩 측정하여 평균값을 사용하였다. 실험에 적용된 유속은 Case 1에서는 주입구 방향으로 0.2 m/s이고, Case 2에서 주입구 양쪽으로 0.4 m/s로 동일한 유속이 적용되었고, Case 3의 유속은 0.6 m/s이다.

3. 결과 및 고찰

유동가속부식에 의한 주복수기 냉각 배관뿐만 아니라 선박의 여러 부위에 파공을 초래하여 손실을 초래할 수 있으므로 철저한 관리가 필요하다. 현재까지 개발된 유동가속부식 예측 모델들은 기 설정된 고온의 상황일 경우 배관개소에 대한 감육율을 예측할 수 있다. 하지만 선박의 경우 유동가속부식은 국부적으로 발생하고, 기존의 모델로는 이를 예측하기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 배관개소에서의 국부감육 현상을 파악한 결과 감육은 속도에 지배적이라는 것을 알 수 있었다. 또한, 내부유동이 벽면에 부딪히거나 두 유동이 충돌하면서 발생하는 2차유동인, 회전유동에 의해 출구부분에서는 감육이 한쪽으로 치우쳐 발생하였다. 그림 4는 엘보를 지나는 흐름이 엘보각도 증가에 따른 각 단면의 수평방향속도성분 및 수직방향속도성분 그리고 난류운동에너지의 분포를 나타낸 것이다. 90도 엘보의 형상과 유동의 원심력 등 제반 요소의 영향으로 수직방향속도는 증가하는 경향을 보이고 있으며 특히 우측벽면에서의 증가율이 높게 나타나고 있다. 그러나 난류운동에너지의 경우 오히려 벽면근처에서 감소하고 있으며 전체적인 유동 형태는 일관성을 유지하고 있음을 알 수 있다.

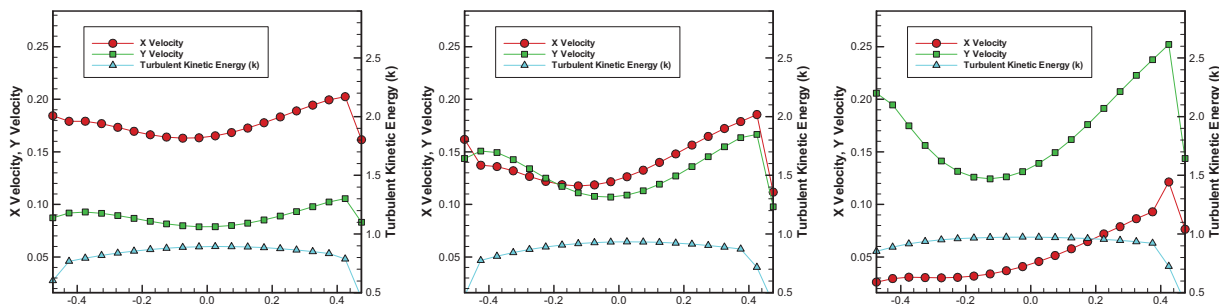


Fig. 4 variation of each velocity component and turbulent kinetic energy

4. 결론

이 연구에서는 실제 배관개소 내부에서 속도성분에 따른 국부감육 현상을 구조를 고찰하기 위해 압력 및 속도장을 계측하고 유동에 따른 속도성분과 국부감육의 상관관계를 고찰하였다. 그 결과 전유동장의 속도와 위치별 압력 그리고 난류에 대한 기초데이터를 레이놀즈수의 변화에 따라 확보하였으며 속도성분이 국부감육과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다. 향후 감육 데이터와 차압측정 데이터, 수치해석 데이터를 비교 분석하여 여러 형상의 배관 개소에 대한 수명 예측식의 도출이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] EPRI, "CHECWORKSTM steam feedwater application", Ver. 2.1, 1009600, pp.14.1-15.242004.
 [2] KEPSCO, "Monitoring Corrosion in Nuclear Piping System", Topical Report TR.96NW01.J1999.346, 1998.
 [3] Kyung Mo Hwang, Kyung Hoon Kim, Sang Hoon Park, "Disclosing the Root Cause of Local Wall Thinning Observed in the Deflected Turbulent Flow inside Tee of Carbon Steel Piping", KSME, Vol. 34, No. 11, 2010.
 [4] EPRI, "Recommendations for an Effective Flow-Accelerated Corrosion Program(NSAC-202LR3)," 1011838, Final Report. 2006.