KAERI/TR-3129/2006

건식공정 미니소결체 조사시험용 리그의 유동 모사

Simulation of Fluid Flows through the Irradiation Test Rig for DUPIC Mini - element

2006. 2.

한국원자력연구소

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 2005 년도 “건식 재가공 핵연료 성능평가 기술개발” 과제의 기술 보고서로 제출합니다.

2006. 2.

주 저 자 : 박 주 환

공 저 자 : 윤 철

이 철 용

송 기 찬

요 약 문

조사시험용 리그의 유동특성을 전산유체역학 코드인 CFX-5.7(Ansys Inc.)을 사용하여 연구하였다. 이 시험 리그들은 한국원자력연구소의 하나로 연구용 원자로에서 건식공정 미니-소결체 조사시험용으로 개발 및 제조되었다. 먼저, 1999 년도에 DUPIC 미니-소결체의 하나로 조사시험을 위해 노외 실증실험이 수행되었던 DUPIC-2 리그에 대한 유체유동이 해석되었고, 그 결과를 실험자료와 비교하였다. DUPIC-2 리그를 관통하는 유동의 계산된 압력강하 값은 실험값과 잘 일치하였다. 다음으로, 최근에 설계된 DUPIC-6 조사시험 리그를 관통하는 유동에 대해 전산유체역학 해석을 수행하였다. 해석결과, 215.5 kPa 압력강하를 유발하는 유량은 8.0 kg/s 이고, 이때 최대 진동변위는 ~ 50 μm 정도로 예상됨으로 하나로 조사시험의 인허가 기준을 만족한다.

ABSTRACT

The flow characteristic of the irradiation test rigs has been investigated by using a commercial CFD code, CFX-5.7(Ansys Inc.). The test rigs had been developed and fabricated to irradiate the DUPIC mini-elements in the HANARO research reactor of the Korea Atomic Energy Research Institute. First, the fluid flow through the DUPIC-2 test rig, which was developed to irradiate DUPIC mini-element in HANARO and performed the out-pile test at 1999, was calculated and compared with an experimental data. The predicted pressure drops across the DUPIC-2 test rig match well with the experimental data. Then, a CFD analysis has been performed for the fluid flow through the recently-designed DUPIC-6 test rig. As results of the prediction, it is estimated that the mass flow rate is 8.0 kg/s under the pressure drop across the DUPIC-6 test rig of 215.5 kPa. The corresponding maximum vibration displacement is expected to be around 50 μm, which satisfies the license limit with large margin.

목 차

SECTION PAGE

표 목차

쪽 수

그림 목차

쪽 수

1. 서 론

핵비확산성 건식공정 산화물 핵연료 기술개발을 통해 추진되고 있는 건식공정 산화물 핵연료는 경수로형 원자로에서 연소후 방출된 사용후핵연료를 이용하여 가공하게 된다. 경수로 사용후핵연료에는 약 1.5%의 핵분열 물질이 잔존하고 있어, 0.71% U-235 를 함유하는 천연우라늄을 연료로 사용하는 중수로형 원자로에 재사용이 가능하다. 이러한 개념으로부터 출발한 DUPIC (Direct Use of Spent PWR Fuel in CANDU Reactor) 핵연료주기 기술개발은 경수로 사용후핵연료를 직접 재가공하여 중수로에 다시 사용하고자 하는 자원재활용 개념의 연구이다. 따라서, DUPIC 핵연료주기는 우리나라와 같이 경수로형 원자로와 중수로형 원자로를 동시에 보유하고 있는 국가에 적용하기 적합한 핵연료주기 개념이라 할 수 있다.[1,2]

건식 재가공 핵연료의 특징은 약 0.6 %의 Pu 를 비롯하여 다량의 핵분열생성물을 포함하고 있으므로 UO_2 핵연료와는 원자로 내에서의 핵적, 열적, 그리고 기계적 거동이 상당히 다를 것이다.[3] 즉, 핵연료의 열전도도, 핵분열 기체 방출, 입자 성장 및 크립(Creep) 거동 등이 UO_2 핵연료와는 다를 것으로 예상되므로 건식 재가공 핵연료의 노내 거동 분석에 필요한 물성자료와 실험결과를 확보하는 것은 건식 재가공 핵연료 성능 평가에 있어서 가장 선행되어야 할 일이라 할 수 있다. 따라서, 모의 DUPIC 핵연료의 노내 조사 거동자료를 확보하고 개발된 DUPIC 계장/무계장(instrumented/non-instrumented) 리그의 설계실증 및 DUPIC 핵연료의 하나로 조사 거동을 평가하기 위하여, 수년간에 걸쳐 모의 DUPIC 핵연료를 설계, 제작 및 조사시험을 수행해 왔다.[4,5,6]

본 연구에서는 그림 1 과 그림 2 에서 나타난 바와 같은 조사시험용 계장 리그의 설계변경이 조사시 유동형태 및 압력강하에 어떠한 영향을 미치는지 해석적으로 평가하고자 하였다. 이를 위해 범용 전산유체역학 코드인 CFX-5.7 을 사용하여 DUPIC-2 조사시험 리그를 관통하는 유동을 모사하였으며, 그 해석결과를 기존 DUPIC-2 수력실험에서 얻어진 압력강하 자료와 비교하여 전산유체역학 해석의 타당성 검토를 수행한다. 이렇게 검증된 해석방법론을 사용하여, 최근에 설계된 DUPIC-6 리그의 조사시험 조건에서 유동장을 예측하여 설계변경이 유동특성 및 압력강하에 어떠한 영향을 미치는지 평가하고자 하였다.

2. DUPIC-2 조사시험 무계장 리그 수력실험 모사

2.1 DUPIC-2 리그 수력실험 개요

가동 중에 있는 하나로 연구용 원자로에 DUPIC 조사시험 리그를 장전하기 전에 리그의 구조적 강도가 충분한지, 또한 원자로의 일차냉각계통의 설계기준이 되는 열수력학적 요구조건이 만족하는지 평가하기 위해 노외 수력학적 실증실험이 수행되었다[4]. 노외 실증실험에는 압력강하 실험, 진동실험 및 내구성 실험 등이 포함되었으며, 압력강하 실험을 통해 리그의 설계요건을 검증하고 원자로 노심과의 수력학적 양립성을 입증하였다. 진동실험 및 내구성 실험에서는 유동유발 진동에 의해 마모가 발생하는지 여부를 실험적으로 규명하여 DUPIC 조사시험 리그의 건전성을 확인하였다.

전체 시험 회로는 저장수조, 가변속도모터 펌프, 실험부(Test Section), 모터제어장치, 온도제어장치 및 관련배관 등으로 구성된다. 그림 3 은 노외 수력학적 실증실험의 개략도이고, 그림 4는 실험부를 나타낸다. DUPIC-2 리그가 장전되는 실험부는 하나로용 원통형 유동관이 이용되었다. 유동관 외부에는 Flow Housing 이 장전되는데, 진동실험시 Laser Beam 이 투과될 수 있도록 투명한 아크릴로 제작되었다. 이 시험회로는 상온, 상압의 실험장치이며, 유동유체의 평균온도는 40^{o}C 이고 유량범위는 5~11 kg/s 이다. 압력강하는 실험부의 상하류에 각각 설치된 Pressure tap 에 의해 측정되며, DUPIC-2 리그의 진동은 Laser Vibrometer(Polytec Model: FV3001)에 의해 측정된다. 내구성 실험을 위해 매 24 시간마다 진동변위 변화를 육안관찰하고, 실험 종료 후 실험부를 해체하여 리그 어셈블리에 대한 육안검사를 실시하였다. 마모가 발견되면 필요시 세척하고 마모 부위를 기록하였다.[7,8]

그림 5 ~ 8 은 DUPIC-2 노외 실증실험에서 계측된 유량의 변화에 따른 압력강하, 지동주파수, RMS 진동변위, 그리고 최대 진동변위를 보여주고 있다. 하나로 조사시험 조건인 200 kPa 압력차에서 유량은 약 9.632 kg/s 로 측정되었고, 이때 진동주파수는 18 Hz 이하, RMS 진동변위는 12 μm 이하, 최대진동변위는 25 μm 이하였다.

2.2 모사 방법론

전산유체역학 해석을 위해 범용 코드인 CFX-5.7(Ansys Inc.)를 사용하였다. 수력실험의 실험부 중 Flow Tube 의 수직 단면을 기준으로 1/2 계산영역을 선정하여 비정렬 격자를 생성하였다. 이때, Hellical 스프링과 지지 스프링 등 상대적으로 유동에 미치는 영향이 작고, 미세한 부분은 생략하였다. 이 수력실험에서 지름 60 mm 의 Flow Housing 안에는 DUPIC-2 리그의 몸체(길이 = 762 mm)를 감싸는 지름 56 mm, 두께 3mm 의 외통이 삽입되어 있는데, 이 또한 계산영역의 격자생성에 고려되었다. 그림 9 는 대칭면과 그림 1(a)의 J-J 단면, M-M 단면에서 격

자구조를 보여주고 있다. 총 tetra element 수는 2,214,999 이고, 총 node 수는 613,441 이며, 난류 계산에는 표준 k-ε 모델을 사용하였다.

2.3 계산결과

실험의 유량범위는 5 ~ 11 kg/s 이므로, 6.0, 8.0, 9.6, 11.0, 12.0, 그리고 13.0 kg/s 의 여섯 가지 입구유량 조건에 대하여 계산을 수행하였다. 각 경우의 계산은 Pentium IV 3.2 GHz cpu 에서 약 5 시간 정도 소요되었고, 수렴 후 속도성분의 Residual 은 0.5×10^{-3}, 난류변수의 Residual 은 1.0×10^{-4} 이하로 유지되었다.

계산에 의해 얻어진 입구와 출구 사이의 압력차를 실험에 의해 얻어진 자료와 비교하여 그림 10 에 나타내었다. 실험은 총 4 번에 걸쳐 측정되었고, 실험 결과 200kPa 의 압력강하를 유발하는 유량은 약 9.632 kg/s 로 측정되었다. 4 번에 걸쳐 측정된 실험값들로부터 얻어진 압력강하와 유량 간의 근사식은 다음과 같다.[7]

$$\Delta P = 2.14128 \cdot m^{2.00295} \qquad (1)$$

여기서, ΔP 는 kPa 단위의 압력강하이고, m 은 kg/s 단위의 유량을 나타낸다.

여섯 가지 유량(6.0, 8.0, 9.6, 11.0, 12.0, & 13.0 kg/s) 에 대하여 계산된 모사결과에서 입출구 사이의 압력강하 값은 표 1 에 정리하였고, 실험값과 잘 일치함을 알 수 있다. 그림 11 은 유량이 9.6 kg/s 일 때 대칭면에서 압력강하 분포를 나타내고 있다. 유량 9.6 kg/s 의 경우에 대하여, 그림 12 은 주요 설계변경 대상인 Grapple Head 주위의 Stream Line 과 Wall Shear 을 보여주고 있으며, 그림 13 은 11.0 kg/s 유량일 때 Grapple Head 주위의 Stream Line 과 Wall Shear 을 보여주고 있다. 여기서, Stream Line 의 색은 유속을 나타내고, 구조물 표면의 색은 Wall Shear 를 나타낸다. 그림 12 와 13 으로부터, Grapple Head 와 리그몸체의 연결부위의 좁은 유로 (병목현상이 발생하는 곳)에서 최대유속은 9.6 kg/s 유량일 때 약 15 m/s 이고, 11.0 kg/s 유량일 때 약 18 m/s 임을 알 수 있다.

3. DUPIC-6 조사시험 계장 리그의 유동 모사

3.1 DUPIC-6 계장 리그 설계특성

DUPIC-6 조사시험용 리그(그림 1(b))에서 기존의 무계장(non-instrumented) 조사시험 리그에 계장선이 추가되었고, Grapple Head 의 설계가 변경되었다. 유동관에 장착시 리그를 감싸고 있던 외통이 제거되었으며, 반면에 계장선을 보호하기 위해 하나로에서 조사시험 시 장착되는 안내관(내경 57.2 mm)이 유동관 위 부분에 추가되었다.(그림 14 참조) 설계변수 중 하나인 안내관(Guide Tube) 내경과 시험리그 최대 외경 사이의 간격(Gap)에 대한 민감도분석을 수행하였다. 그 결과, 하나로 조사시험을 위한 리그설계 허용기준을 만족하는 적정한 Gap 은 0.3 mm 로 확인되었으며, 이를 DUPIC-6 의 설계에 반영하였다. 그 외에도 계측장비의 삽입을 위해 핵연료 중심을 천공하는 등 설계변경이 있으나 유동에 영향이 미미하므로 고려하지 않았다. 이러한 설계변화가 유동장에 어떠한 영향을 미치는지 검토하기 위해 2 장에서 검증된 방식대로 전산유체역학 해석을 수행하였다.

3.2 하나로 조사시험을 위한 리그설계 허용기준

하나로에서 조사시험을 위한 리그는 압력강하시험, 진동시험, 그리고 내구성시험이 종료된 후 다음의 허용기준을 만족하여야 한다.[9]

- 압력강하 : 200 kPa 이상
- 유 량 : 12.7 kg/s 이하 (18 봉 핵연료집합체 기준)
  19.6 kg/s 이하 (36 봉 핵연료집합체 기준)
- 진동변위 : Grapple Head 의 최대 진동변위가 300 μm 미만

3.3 DUPIC-6 전산유체역학 해석결과

대칭면과 그림 1(b)의 H-H 단면, K-K 단면에서 격자구조를 그림 15 에 나타내었다. 계장선을 지지하는 Censor Holder 는 하나만 설치된 상태로 가정하였고, 이 Holder 로부터 나오는 유연한 계측선은 유동에 미치는 영향이 미미하기 때문에 고려하지 않았다. 총 tetra element 의 수는 2,481,963 이고, 총 node 의 수는 584,117 이다. 이때, 전체 계산영역의 격자밀도는 DUPIC-2 와 DUPIC-6 의 모사에서 동일함에도 불구하고 DUPIC-2 의 경우에는 외통의 삽입으로 인해 생성된 좁은 환형 유로를 모사하기 위해 보다 많은 격자가 요구되어 격자의 수가 더 많음을 알 수 있다. 난류 계산에는 가장 일반적인 표준 k-ε 모델을 사용하였다. 계산은 Pentium IV 3.2 GHz cpu 에서 각각의 경우를 계산하였으며, 약 7 시간 정도 소요되었고, 수렴 후 속도성분의 Residual 은 0.5×10^{-3}, 난류변수의 Residual 은 1×10^{-4} 이하로 유지되었다.

DUPIC-6 조사시험 리그의 Gap 간격에 따른 민감도 분석 결과를 그림 16 은에 나타내었다. 하나로 조사시험 시 걸리는 압력강하는 어떠한 리그들을 설치하느냐에 따라 약간 변화하지만 대체로 210 kPa 정도를 유지하였다. 따라서, 약 200 kPa 의 압력강하에서 각 Gap 간격에 따른 유량을 고려하면, 1.0 mm 와 2.0 mm Gap 의 경우에는 유량이 너무 높음을 알 수 있다. 또한, 0 mm Gap 의 경우는 안내관(Guide Tube)가 리그와 붙어있는 경우로 조립 및 설치가 불가능함으로 Gap 의 간격을 0.3 mm 로 설정하였다. 200 kPa 의 압력강하와 0.3 mm Gap 간격일 때, 유량은 약 8.0 kg/s 이었다.

총 유량 8.0 kg 의 경우에 대하여, 예측된 총 압력강하는 215.5 kPa 이었다.(그림 17 참조) Grapple Head 주위의 Stream Line 과 Wall Shear 를 그림 18 에 나타내었다. DUPIC-2 의 경우와 비교해 외통의 제거로 조사시험 리그 몸통 부위의 압력은 보다 균일해지나, 안내관의 삽입으로 Grapple Head 의 연결부위에서 병목현상이 심해져 이 부근에서 높은 압력강하와 빠른 유속이 확인되었다.

3.4 최대 진동변위 평가

이 연구에서 주목하는 “유동유발 진동(Flow Induced Vibration)”은 정상적인(steady) 유동의 불안정성 또는 와류(vortex)가 그 발생원인이라 할 수 있다. 이때, 일반적으로 진동의 변위는 유속과 구조물의 감쇠계수의 함수임이 밝혀져 있다.[10] DUPIC-6 시험조사 리그의 설계변경에 따라 그 유동유발 진동에 미치는 영향을 정성적으로 살펴보면, 우선 길어진 Grapple Head 는 진동변위를 더 증가시키고, 반면에 안내관의 설치는 리그의 한쪽을 고정시키는 역할을 함으로 진동변위를 줄여줄 것이다. 시험조사 리그의 설계변경이 유동에 미치는 영향을 살펴보면, 표 2 에 정리된 바와 같이 200 kPa 압력 강하에서 유량은 9.6kg/s 에서 약 8.0 kg/s 으로 줄었으나 Grapple Head 가 연결된 좁은 유로에서 최대 유속은 ~15 m/s 에서 ~18 m/s 으로 증가하였다. DUPIC-2 노외 실증실험 모사에서 유량이 11.0 kg/s 일 때 Grapple Head 가 연결된 좁은 유로에서 최대 유속은 ~18 m/s 이었고, 이 경우에 계측된 최대 진동변위는 50 μm 이었다.

결론적으로, DUPIC-2 리그에서 DUPIC-6 리그로 약간의 설계변경은 있었으나, Grapple Head 가 연결된 부위의 모양의 변경이 없었으며, 전산유체역학 해석결과 좁은 유로에서 최대 유속은 같은 수준(~18 m/s)을 유지하기 때문에 DUPIC-6 리그를 하나로 원자로에 장착해 조사시험을 수행할 때 예상 최대 진동변위는 50 μm 정도일 것으로 보인다. 이 값은 허용기준인 최대진동변위 300 μm 에 대해 여유도(margin)가 충분함을 보여주고 있다. 그러나, 본 연구에서는 DUPIC-6 리그가 하나로 조사시험연구에 설치된 상태의 고유진동수에 대한 고찰은 수행되지 않았다.

4. 결 론

본 연구에서는 하나로 연구용 원자로에 삽입될 DUPIC 핵연료 조사시험 리그의 유동 특성을 파악하기 위해 전산유체역학 해석을 수행하였다. 그 결론은 다음과 같다.

(1) DUPIC-2 수력실험에 대한 전산유체역학 해석을 수행한 결과, 조사시험 유동관에서 압력강하를 잘 예측함을 확인하였다.
(2) DUPIC-6 의 설계변수인 안내관과 조사시험 리그 사이의 간격에 대한 민감도 분석을 수행하여, 그 적절한 값을 0.3mm 로 설정하였다.
(3) DUPIC-6 조사시험 유동해석을 수행한 결과, 200 kPa 압력강하에 해당하는 유량은 약 8.0kg/s 이었다. 이때 Grapple Head 가 연결된 부위의 좁은 유로에서 최대 유속은 DUPIC-2 의 최대유속과 같은 수준인 18 m/s 이었으며, 이 조건에서 최대 진동변위는 50 μm 정도로 판단된다. 이는 허용기준인 300 μm 를 충분히 만족한다고 볼 수 있다.
(4) DUPIC-6 에서 계장선을 보호하는 Sensor Holder 주위에서는 재순환 유동이 나타났으며, 최대 Wall Shear 는 약 1.0kPa 이다.
(5) 본 연구 결과, 전산유체역학 해석 기법이 핵연료 조사시험 리그의 설계에 유용한 도구임이 확인되었다.
(6) 본 연구에 사용된 총 node 수는 600,000 개 정도로 단일 CPU 로 계산할 수 있는 최대값에 근접하고, 보다 정확한 계산을 위한 병렬계산의 필요성을 확인하였다.

참고 문헌

1. J.S. Lee et al., 1995, “Burn Spent PWR Fuel again in CANDU Reactors by DUPIC”, Global ’95, Versailles

2. H.S. Park et al., 1996, “The DUPIC Fuel Cycle Alternative Status & Perspective”, Proceedings of the 10th PBNC, Kobe, Japan

3. M.S. Yang et al., 1997, “Characteristics of DUPIC Fuel Fabrication Technology”, International Symposium on Nuclear Fuel Cycle and Reactor Strategies, Vienna, Austria

4. K.K. Bae et al., 1999, Irradiation Test Plan of the Simulation DUPIC Fuel, KAERI/TR-1428/99, KAERI (in Korean)

5. K.C. Song et al., 2001, The 3rd Irradiation Test Plan of Dry Process Fuel, KAERI/TR-1830/2001, KAERI (in Korean)

6. K.C. Song et al., 2002, The 4th Irradiation Test Plan of Dry Process Fuel, KAERI/TR-2201/2002, KAERI (in Korean)

7. H.J. Chung et al., 1999, Endurance Test for DUPIC Capsule, KAERI/TR-1367/99, KAERI (in Korean)

8. H.G. Jun et al., 2001, Hydraulic Test for DUPIC Irradiation Test Rig-003, KAERI/TR-1806/2001, KAERI (in Korean)

9. J.-S. Ryu and H.J. Chung, 2000, Technical Specification for Endurance Test of HANARO Irradiation Test Assembly, KAERI/TR-1474/2000 (in Korean)

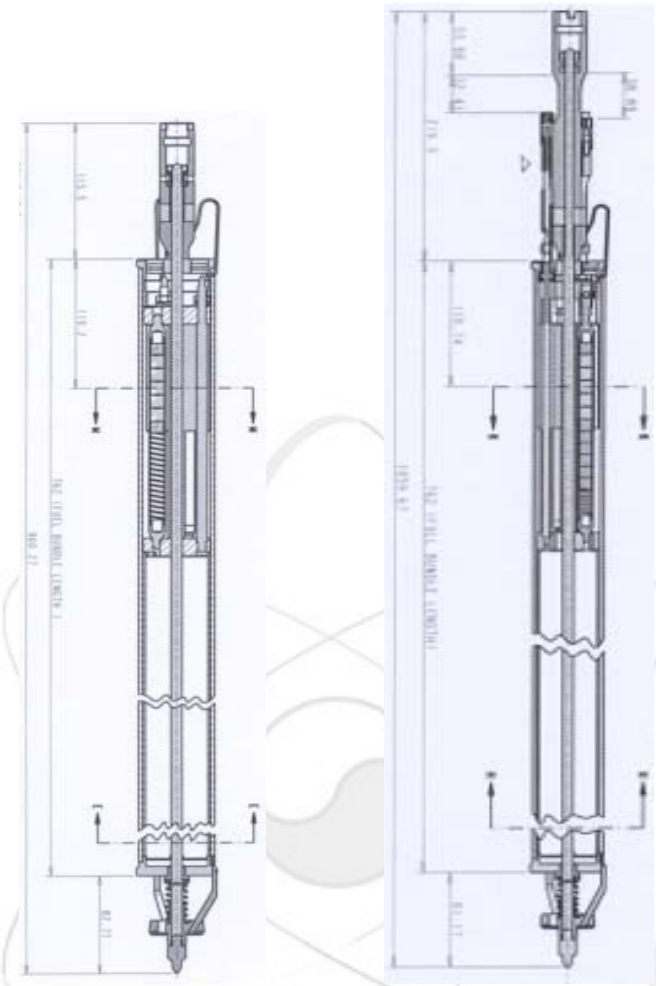
10. 김상녕, 신철, 1999, “난류도 여기에 의한 제어봉의 유동유발 진동 실험 및 메커니즘 분석”, 한국원자력학회 99 추계학술발표회 요약집, p141

표 1. DUPIC-2 노외 실증실험 모사결과 (by CFX-5.7)

유량 [kg/s]	6.0	8.0	9.6	11.0	12.0	13.0
압력 [kPa]	80.656	138.793	193.531	254.714	299.464	345.345

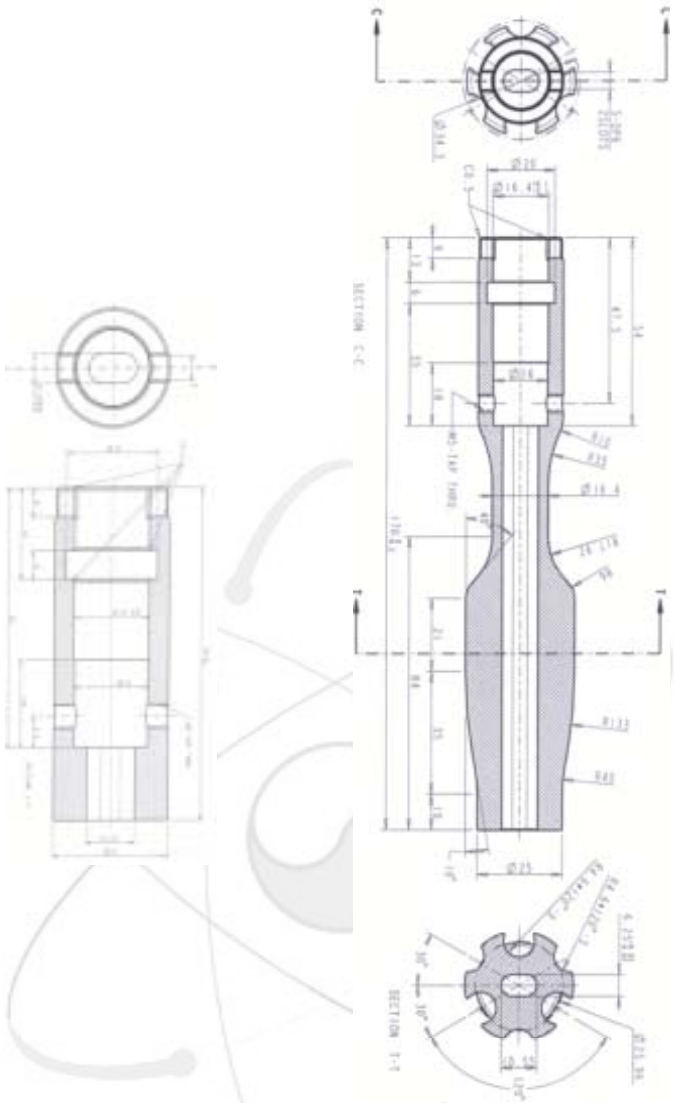
표 2. DUPIC-2 노외 실증실험과 DUPIC-6 조사시험 비교

	DUPIC-6 조사시험	DUPIC-2 노외 실증실험	
압력 [kPa]	215.5	193.531	254.714
유량 [kg/s]	8.0	9.6	11.0
좁은유로에서최대유속 [m/s]	~18	~15	~18
Grapple Head 최대진동변위 [μm]		10~28	13~54



(a) DUPIC-2 Rig (b) DUPIC-6 Rig

그림 1. 조사시험 리그 설계비교



(a) DUPIC-2 Rig (b) DUPIC-6 Rig

그림 2. 조사시험 리그의 Grapple Head

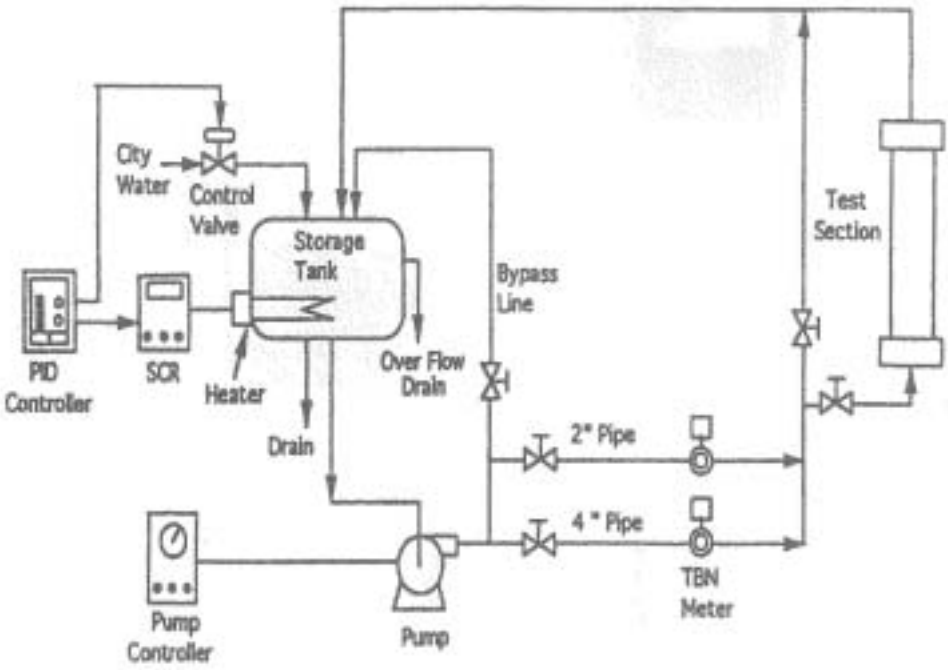


그림 3. 노외 실증실험 개략도

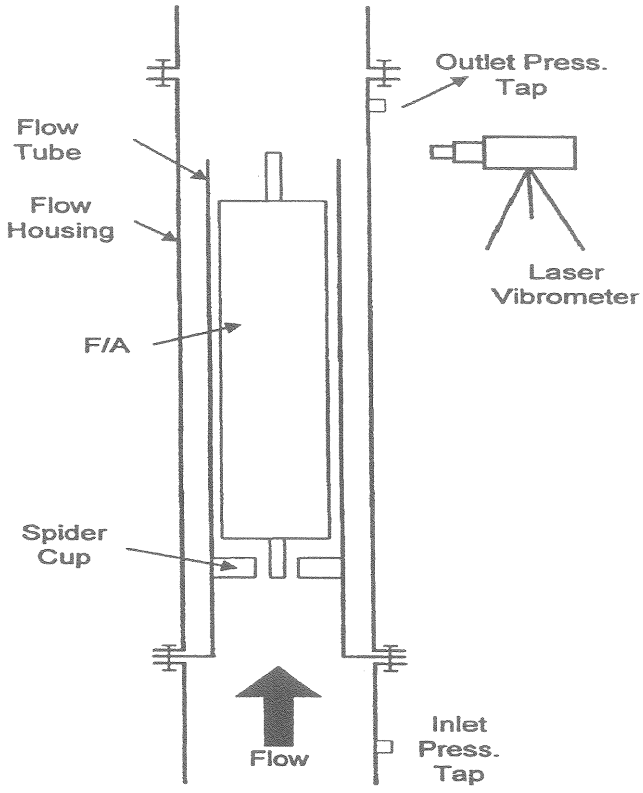


그림 4. 노외 실증실험 실험부

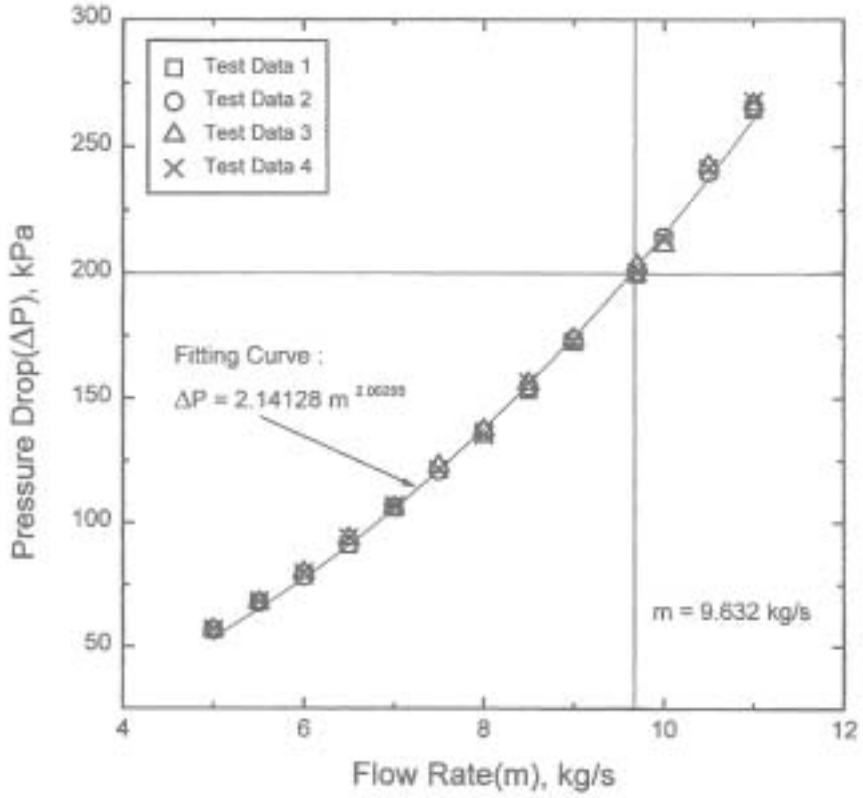


그림 5. 유량에 따른 압력강하 계측결과 (DUPUC-2 리그)

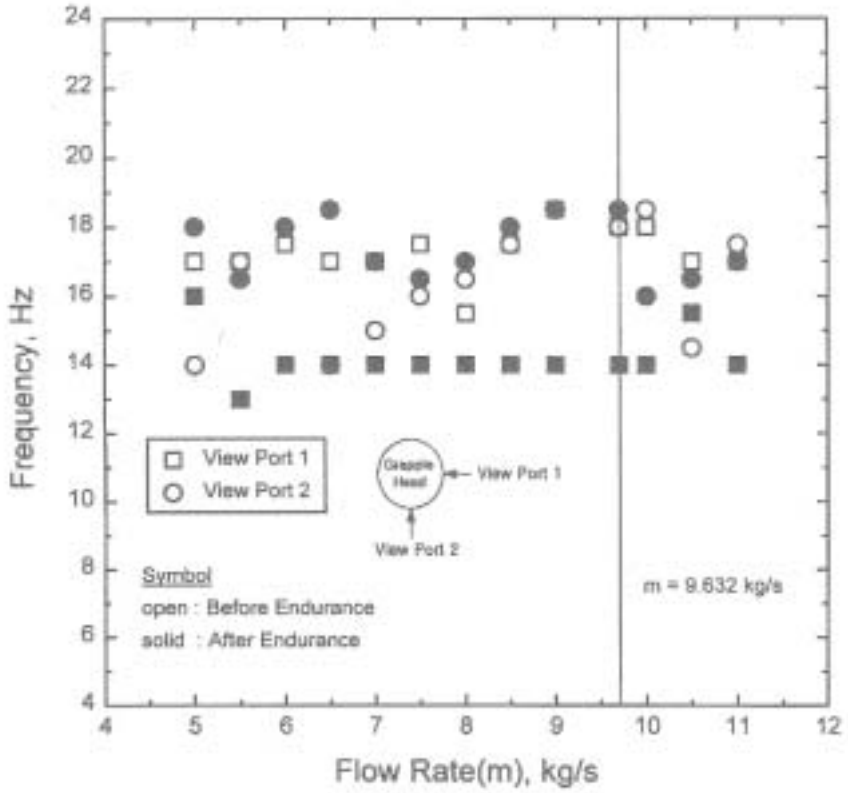


그림 6. 유량에 따른 진동 주파수 계측결과 (DUPUC-2 리그)

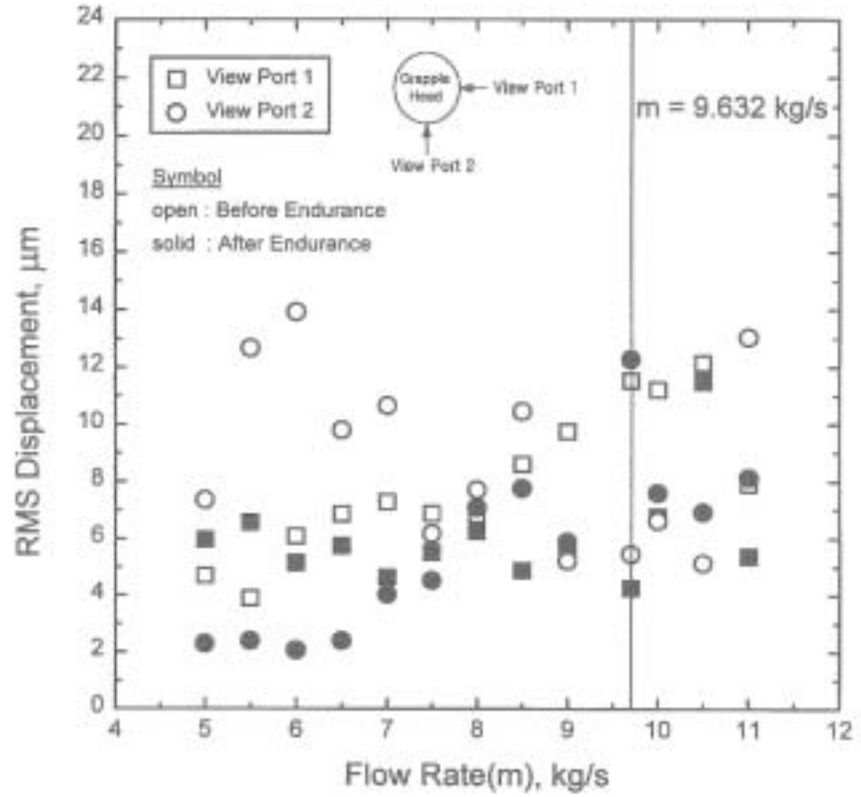


그림 7. 유량에 따른 RMS 진동변위 계측결과 (DUPUC-2 리그)

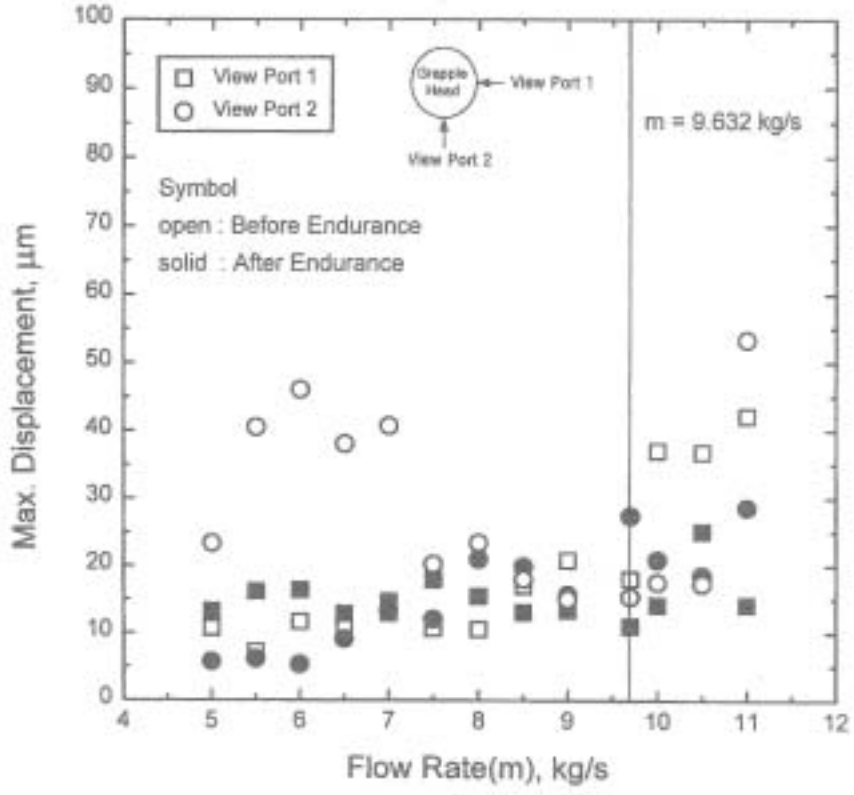
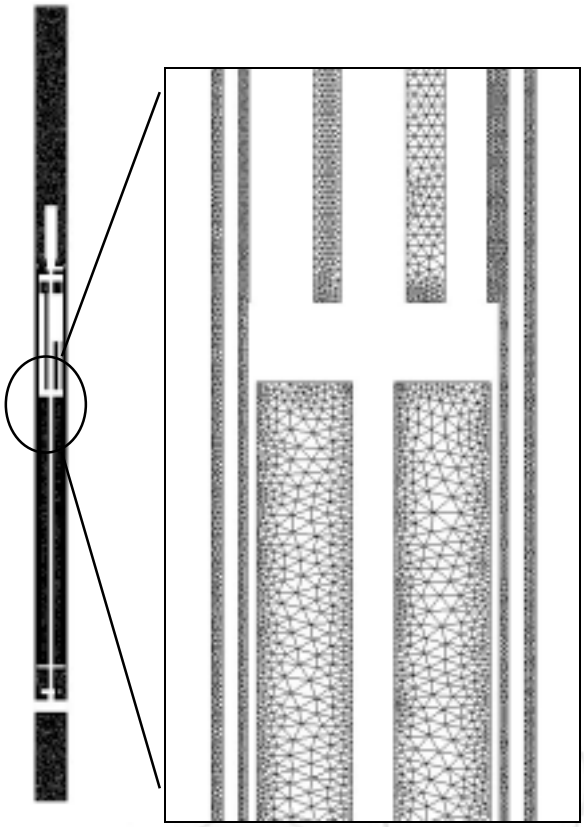
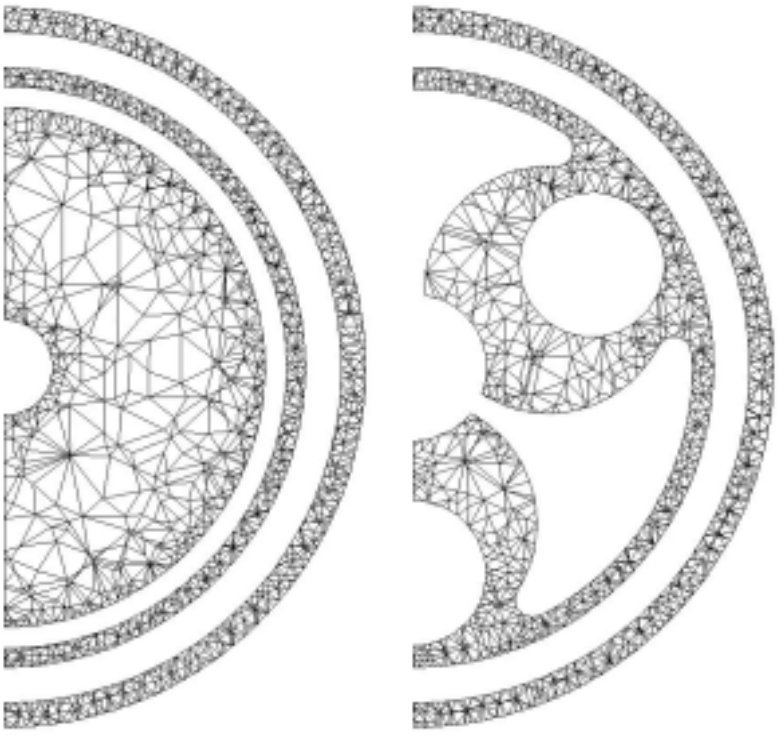


그림 8. 유량에 따른 최대 진동변위 계측결과 (DUPUC-2 리그)



(a) 대칭면



(b) J-J 단면 (c) M-M 단면

그림 9. DUPIC-2 전산유체해석을 위한 비정렬 격자구조

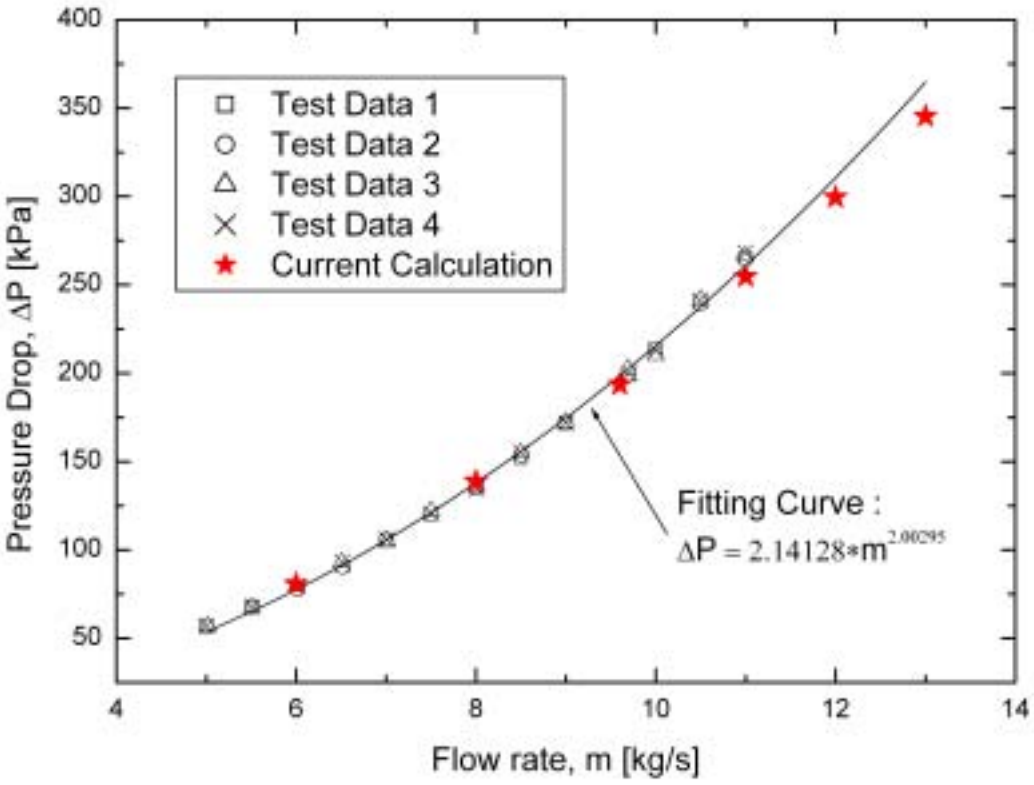


그림 10. DUPIC-6 노외 실증실험 모사결과 유량에 따른 압력강하 변화

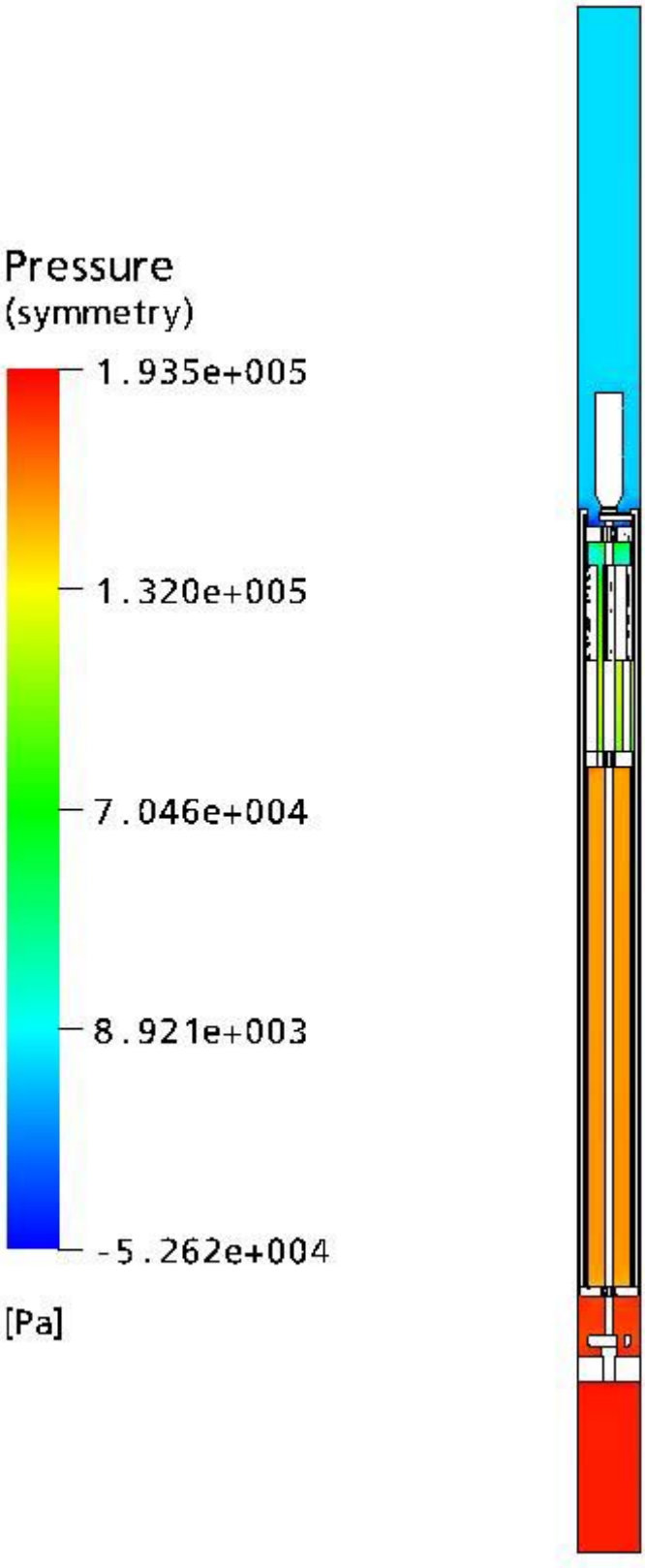


그림 11. DUPIC-2 노외 실증실험 모사결과, 9.6 kg/s 유량일 때 대칭면에서 압력분포 (by CFX-5.7)

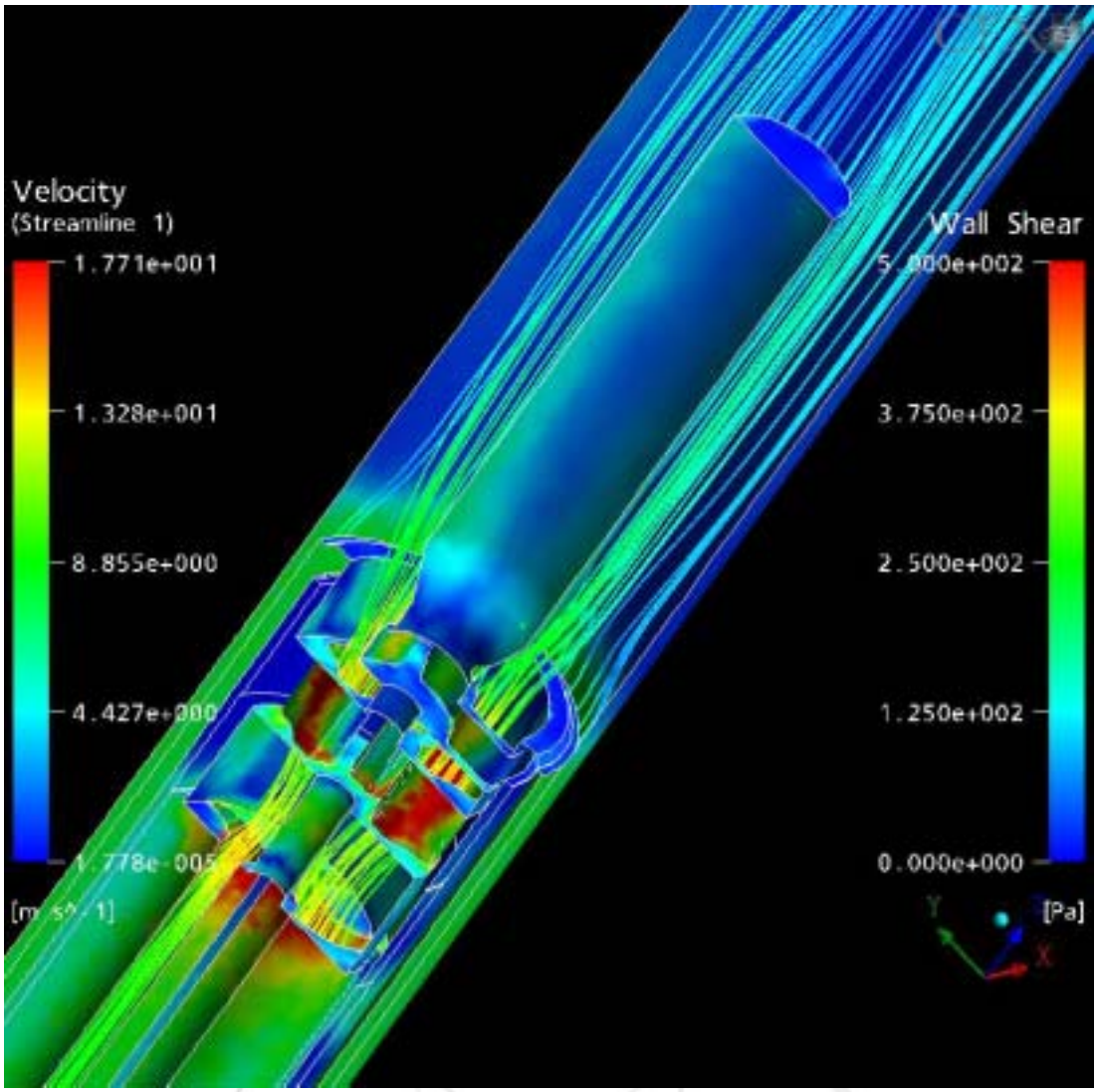


그림 12. DUPIC-2 노외 실증실험 모사결과, 9.6 kg/s 유량일 때 Grapple Head 주위의 Streamline 과 Wall Shear Stress (by CFX-5.7)

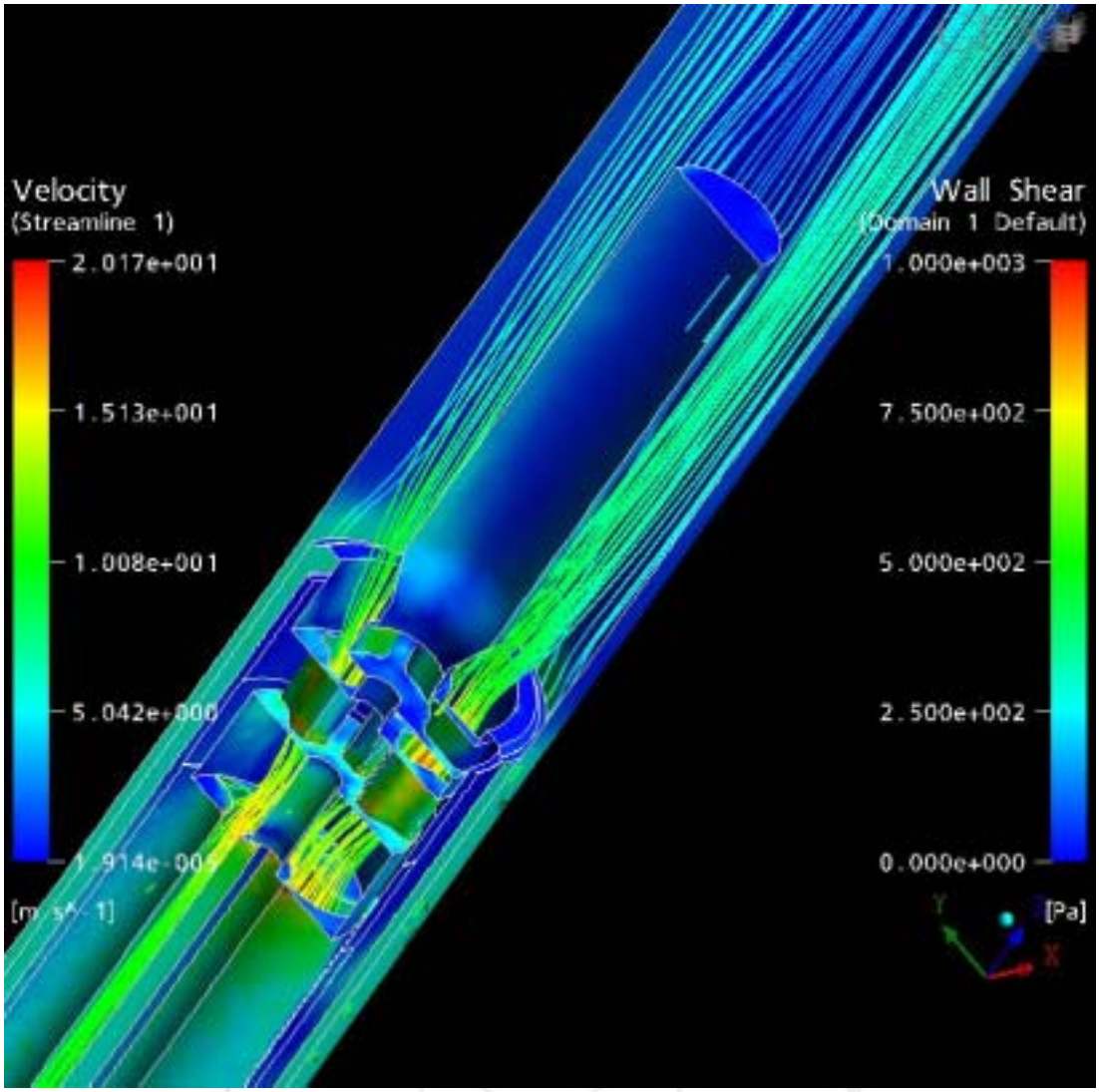


그림 13. DUPIC-2 노외 실증실험 모사결과, 11.0 kg/s 유량일 때 Grapple Head 주위의 Streamline 과 Wall Shear Stress (by CFX-5.7)

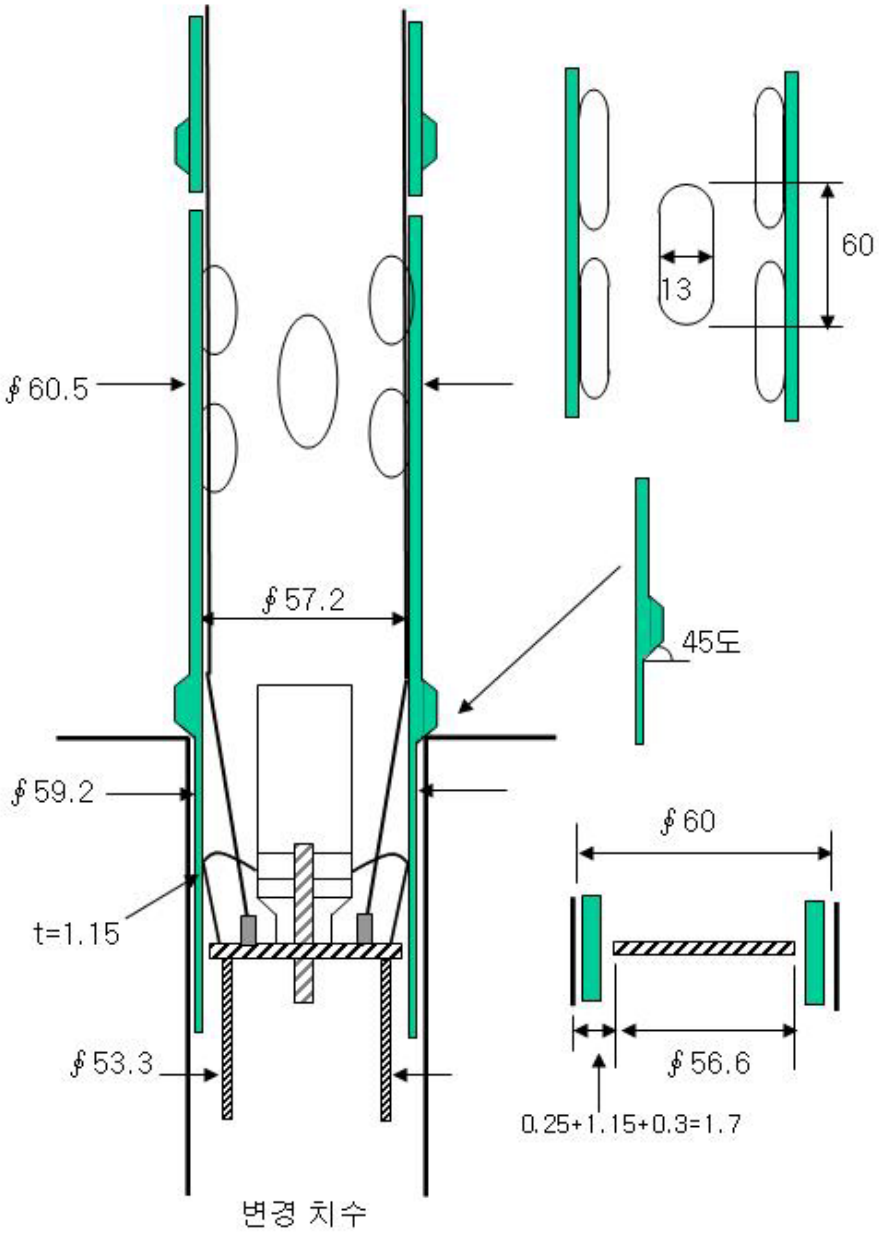
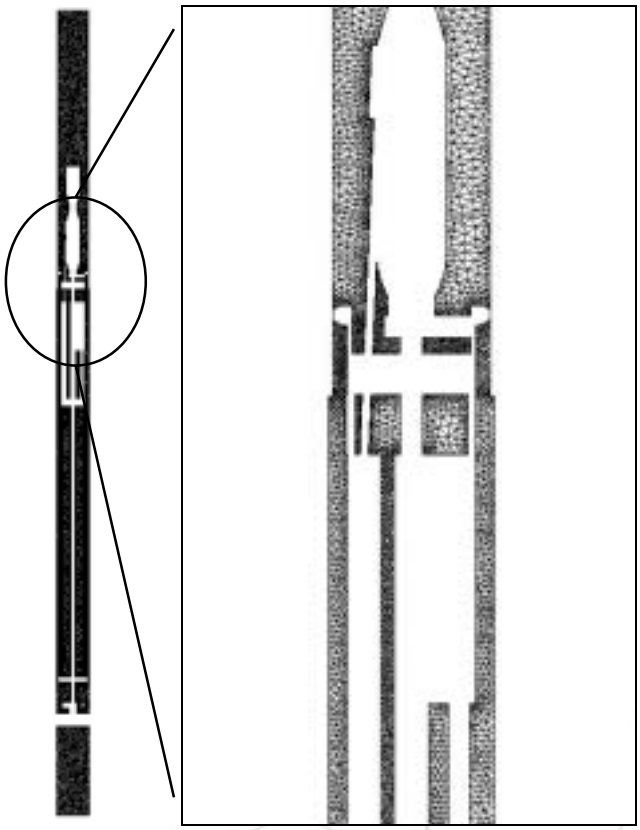
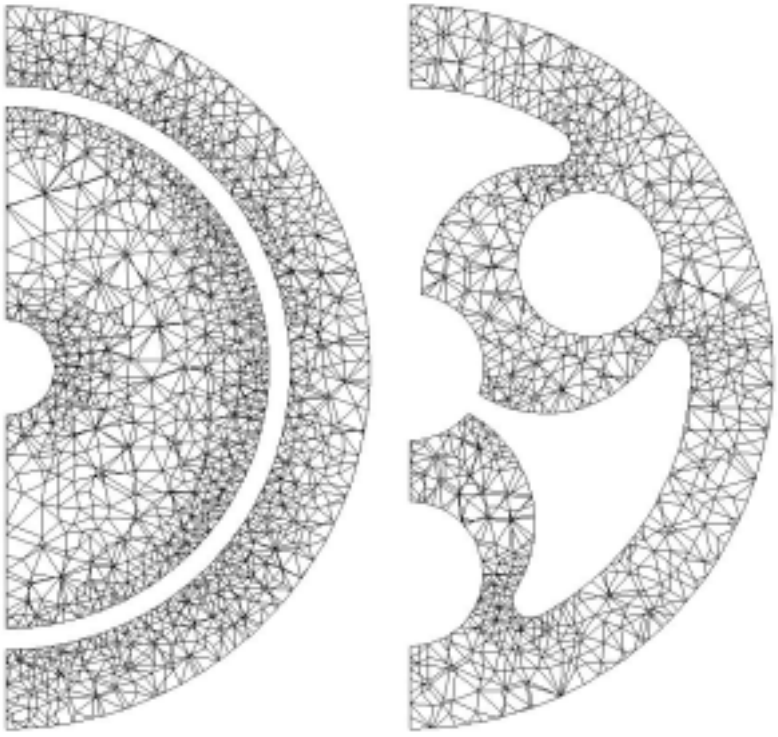


그림 14. DUPIC-6 안내관 (Guide Tube)



(a) 대칭면



(b) H-H 단면 (c) K-K 단면

그림 15. DUPIC-6 전산유체해석을 위한 비정렬 격자구조

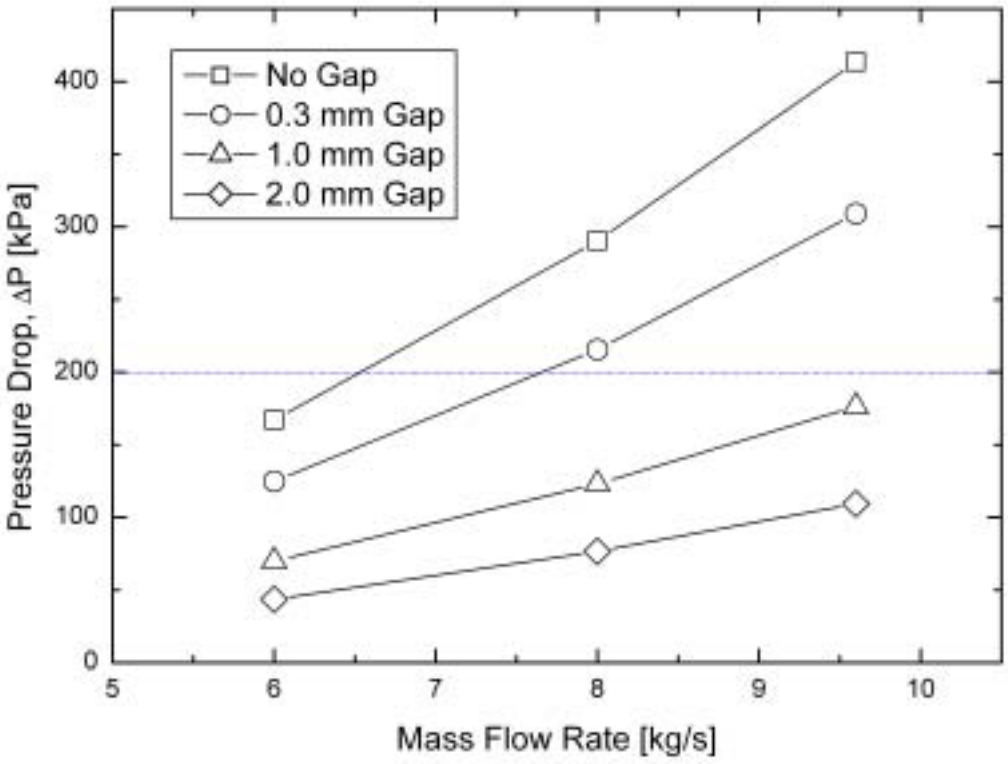


그림 16. DUPIC-6 조사시험 리그의 Gap 간격에 따른 민감도 분석

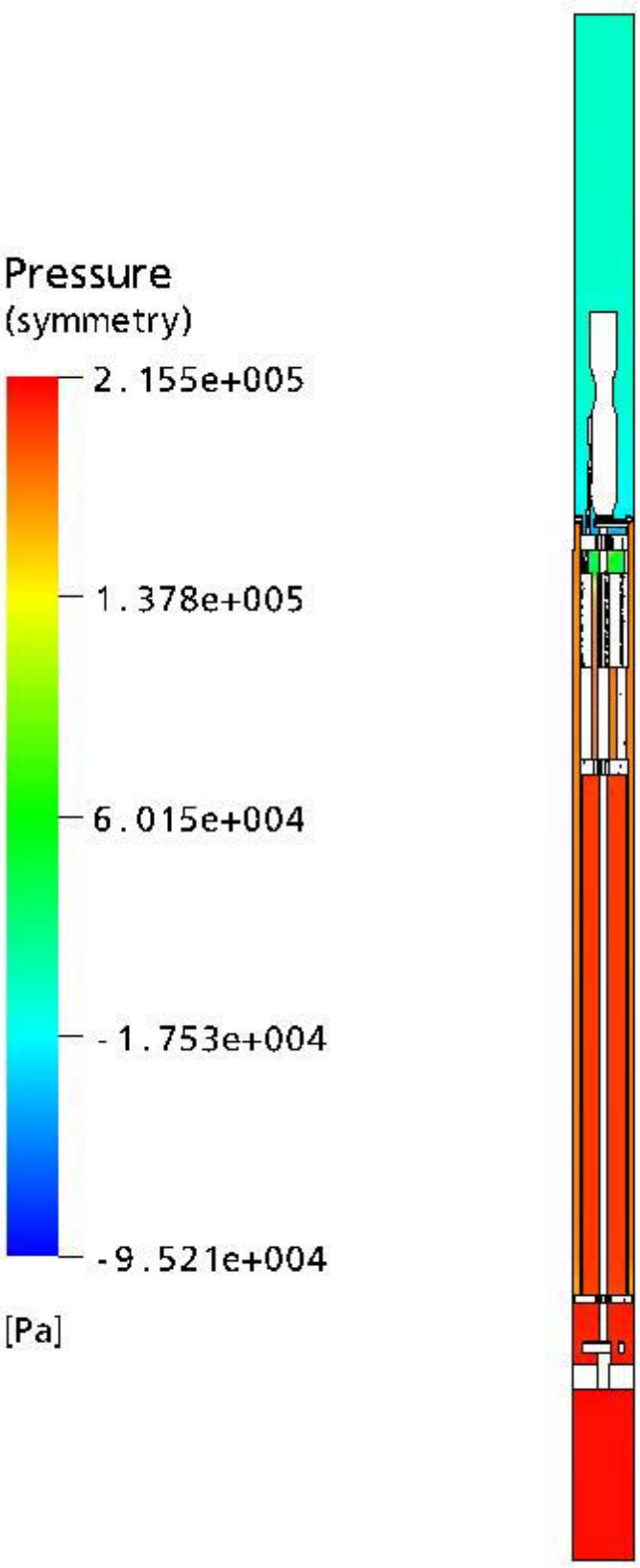


그림 17. DUPIC-6 모사결과, 8.0 kg/s 유량, 0.3 mm Gap 일 때 대칭면에서 압력분포 (by CFX-5.7)

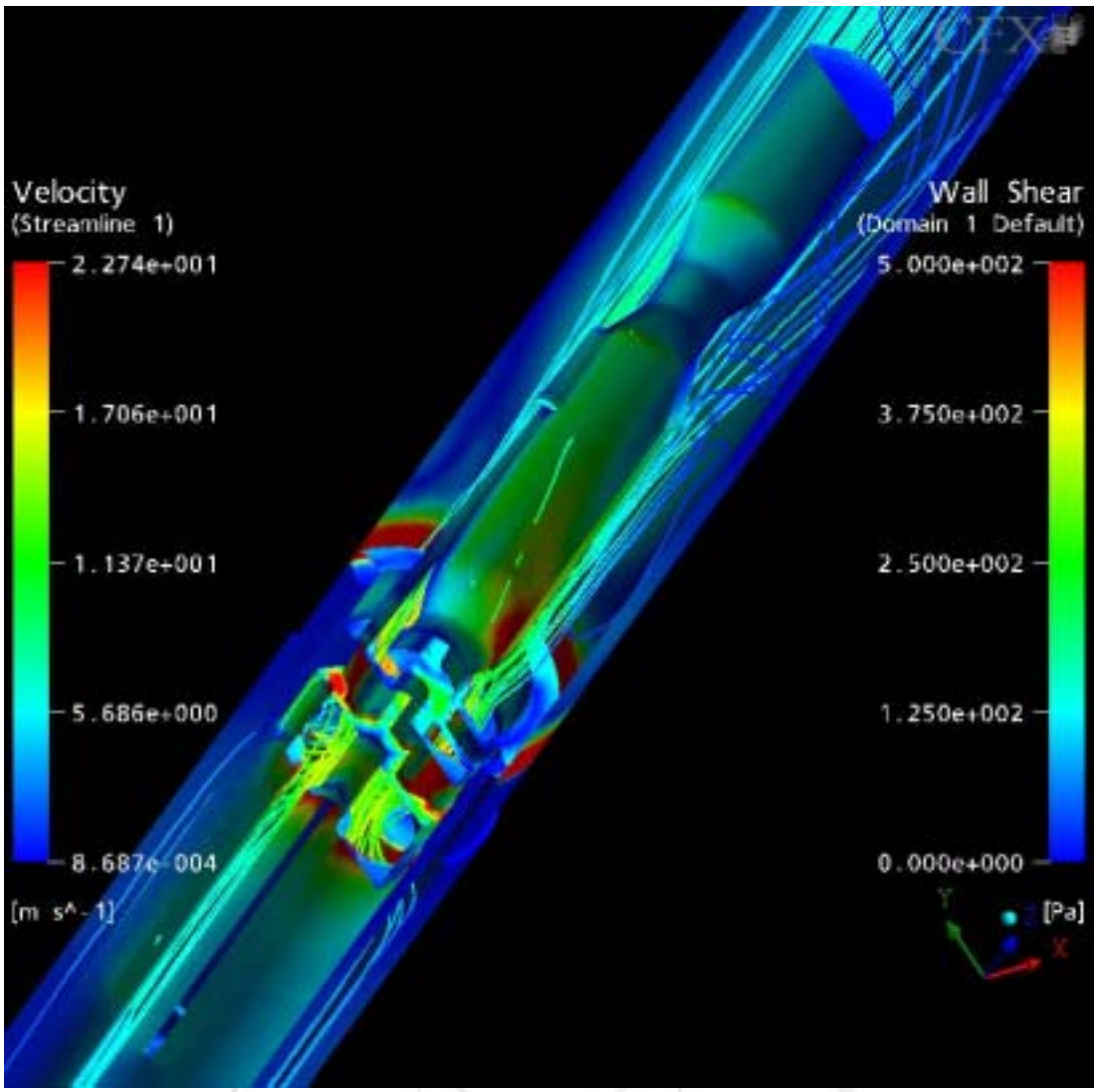


그림 18. DUPIC-6 모사결과, 8.0 kg/s 유량, 0.3 mm Gap 일 때 Grapple Head 주위의 Streamline 과 Wall Shear Stress (by CFX-5.7)

서 지 정 보 양 식			
수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드
KAERI/TR-3129/2006			

제목 / 부제	건식공정 미니소결체 조사시험용 리그의 유동 모사
연구책임자 및 부서명 (ARTR 등의 경우 주저자)	박 주환 (중수로기술 Lab)
연구자 및 부서명	윤철 (중수로기술 Lab), 이철용 (건식공정핵연료기술개발부), 송기찬 (건식공정핵연료기술개발부)

출 판 지	대 전	발행기관	한국원자력연구소	발행년	2006.02.
페이지	29 p.	도 표	있음(V), 없음( )	크 기	27 cm
참고사항					
비밀여부	공개(V), 대외비(), __급비밀		보고서종류	일반간행물	
연구위탁기관			계약 번호		

초록 (15-20 줄내외)

조사시험용 리그의 유동특성을 전산유체역학 코드인 CFX-5.7(Ansys Inc.)을 사용하여 연구하였다. 이 시험 리그들은 한국원자력연구소의 하나로 연구용 원자로에서 건식공정 미니-소결체 조사시험용으로 개발 및 제조되었다. 먼저, 1999 년도에 DUPIC 미니-소결체의 하나로 조사시험을 위해 노외 실증실험이 수행되었던 DUPIC-2 리그에 대한 유체유동이 해석되었고, 그 결과를 실험자료와 비교하였다. DUPIC-2 리그를 관통하는 유동의 계산된 압력강하 값은 실험값과 잘 일치하였다. 다음으로, 최근에 설계된 DUPIC-6 조사시험 리그를 관통하는 유동에 대해 전산유체역학 해석을 수행하였다. 해석결과, 215.5 kPa 압력강하를 유발하는 유량은 8.0 kg/s 이고, 이때 최대 진동변위는 ~ 50 m 정도로 예상됨으로 하나로 조사시험의 인허가 기준을 만족한다.

주제명키워드 (10 단어내외)

미니소결체, 조사시험, 리그, 전산유체역학, CFX-5.7, DUPIC

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET

Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Standard Report No.	INIS Subject Code
KAERI/TR-3129/2006			

Title / Subtitle

Simulation of Fluid Flows through the Irradiation Test Rig for DUPIC Mini-element

Project Manager and Department (or main Author)	Joo Hwan PARK (CANDU Technology Lab.)
Researcher and Department	Churl YOON (CANDU Technology Lab.), Chul Yong LEE (Dryprocessed Fuel Technology Development Department), Kee Chan SONG (Dryprocessed Fuel Technology Development Department)

Publication Place	Daejeon	Publisher	KAERI	Publication Date	2006. 2.
Page	29 p.	Ill. & Tab.	Yes(V), No( )	Size	27 cm
Note					
Classified	Open(V), Restricted( ), __Class Document		Report Type	General Publication	
Sponsoring Org.			Contract No.		

Abstract (15-20 Lines)

The flow characteristic of the irradiation test rigs has been investigated by using a commercial CFD code, CFX-5.7(Ansys Inc.). The test rigs had been developed and fabricated to irradiate the DUPIC mini-elements in the HANARO research reactor of the Korea Atomic Energy Research Institute. First, the fluid flow through the DUPIC-2 test rig, which was developed to irradiate DUPIC mini-element in HANARO and performed the out-pile test at 1999, was calculated and compared with an experimental data. The predicted pressure drops across the DUPIC-2 test rig match well with the experimental data. Then, a CFD analysis has been performed for the fluid flow through the recently-designed DUPIC-6 test rig. As results of the prediction, it is estimated that the mass flow rate is 8.0 kg/s under the pressure drop across the DUPIC-6 test rig of 215.5 kPa. The corresponding maximum vibration displacement is expected to be around 50 m, which satisfies the license limit with large margin.

Subject Keywords

CFD, CFX-5.7, DUPIC, Irradiation test, Mini-element, Rig