

삼성중공업(주) 조선플랜트연구소
Samsung Ship Model Basin

추진 시스템 연구실

1. 개요

삼성중공업(주) 조선플랜트 부문은 1990년대 중반까지 선박 개발을 위한 선형 및 추진기 관련 모형 시험을 외부 수조에 의뢰해 왔다. 그런데 국내 산업 전반에 있어서의 인건비 상승에 따라 중국을 비롯한 후발 경쟁국에 대한 가격 경쟁력의 저하가 야기되었고, 이에 따라 업종 차별화 및 여객선과 심해 시추선과 같은 고부가가치 선종으로의 사업 전환이 본격적으로 모색되기 시작하였다. 이에 호응하여 삼성중공업 조선플랜트 부문도 R&D에 대한 투자를 본격화하기 시작하였으며, 결과적으로는 다양한 기초 연구 및 응용 연구를 수행하기 위해서는 현대적 수조가 필요하다는 결론을 얻게 되었다.

이에 따라 1993년도부터 선박 모형 시험을 위한 예인 수조와 캐비테이션 터널의 건설이 기획되기 시작하였으며, 1994년도 3월 예인 수조, 1995년 3월에는 캐비테이션 터널이 착공되어 1996년도 11월 26일에 예인수조와 공동수조가 준공됨에 따라 SSMB(Samsung Ship Model Basin)가 현재의 모습을 갖추게 되었다.

초기 계획에 의하면 캐비테이션 터널은 KRISO가 보유하고 있는 터널(모델명 K15)보다 상위 기종인 K16C 중형 터널을 독일의 Kempf & Remmer 사로부터 도입할 계획이었으나, 국내 조선 기술의 향상을 위하여 3차원 반류에서의 추진장치 시험 및

고속 호화여객선, 특수선 및 수중운동체에서의 수중방사소음 시험의 필요성에 따라 대형 캐비테이션 터널의 건설 요구가 제기되었다. 특히 추진기 방사 소음의 계측을 위해서는 배경소음의 저하 및

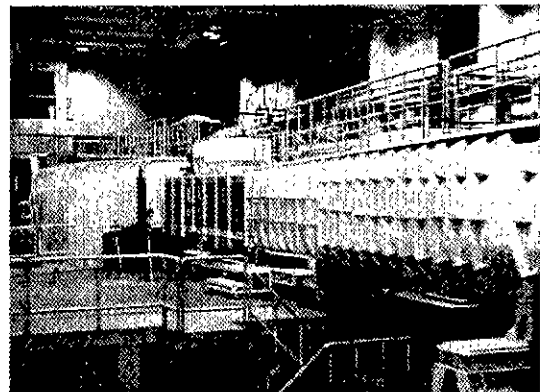
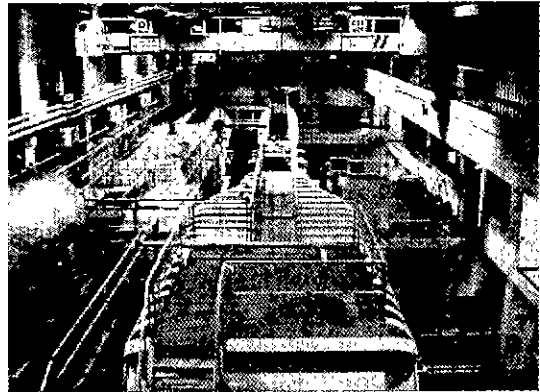


그림 1. 삼성 캐비테이션 터널 전경

연구실탐방 | 추진 시스템 연구실

수중운동체의 축척비에 따른 소음의 외삽법의 적용에 따른 불확실성 때문에 시험부 단면의 크기가 중요한 요소이며 배경 소음의 저감을 위한 특수한 고려가 이루어져야 한다. 이와 같은 점을 고려하여 초기 계획을 상당히 변경시켜 현재와 같은 저소음 대형 캐비테이션 터널을 건설하게 되었다. 한편, 이 같은 설비의 효율성과 삼성중공업의 연구에 대한 과감한 투자 의지를 정부로부터 인정받아 1999년도 8월에는 해양유체분야에서는 유일하게 국가 지정 연구실(National Research Lab.)로 지정되는 영예를 안게 되었다.

2. 연구인력 및 시설장비

본 연구실은 박사급 3명을 포함한 총 9명의 연구원과 3명의 기술원으로 구성되어 있다. 전체 구성은 유체 역학 관련 다양한 실험을 수행하기 위하여 조선공학 전공자 5명, 기계공학 전공자 6명 외에 전자공학 기술자가 1명으로 구성되어 있다. 구성원의 평균 연령이 만 32세라는 점에서 예상할 수도 있겠으나 구성원 모두 연구 의욕이 왕성하며, 진취적인 성향이 강한 특성을 지니고 있다.

본 연구실의 자랑거리는 무엇보다 국내는 물론 상용으로는 세계 최대 규모의 캐비테이션 터널(SCAT, Samsung CAvitation Tunnel)을 당 연구소 및 국내에서 개발된 조선관련 기술을 활용하여 시험 설비를 설계, 제작 및 운용하였으며 이를 이용한 다양한 실험을 수행하여 국내 조선기술의 발전에 기여하고 있다는 것이다.

SCAT은 두 개의 시험부를 갖고 있는데 소형 시험부는 단면이 1.2m×1.2m, 길이가 6.0m이며, 대형 시험부는 단면이 3.0m×1.4m, 길이가 12.0m이다.

소형 시험부에서의 수축비는 8:1, 최대 유속 28m/s, 유동균일도 24m/s에서 0.3%, 난류강도 0.25%로써 유체관련 기초연구, 추진장치 개발을

수행하며, 어뢰와 같은 수중운동체의 경우 실물 크기의 모형에 대하여 자항 시험(self-propulsion test), 토르크 밸런스 시험(torque balance test), 후류 계측(wake measurements), 캐비테이션 관측(cavitation observation) 등의 시험을 실제 운항 조건 하에서 수행하고 있다.

특히 수중 소음에 있어 주된 소음원인 캐비테이션이나 기타 구조적인 소음 등에는 다양한 인자가 관련되어 있어 아직까지도 신뢰할 만한 상사 법칙이 마련되지 않은 실정이다. 반면, 앞서와 같이 실물 크기의 형상과 재질을 갖는 모형에 대하여 운항 조건과 동일한 유동 조건하에서 계측된 소음 자료는 별도의 상사 법칙의 필요 없이 실제 해상에서의 방사 소음 형태에 가장 가까운 결과라 할 수 있다. 또한 삼성중공업 캐비테이션 터널은 잠수함에 대하여 Reynolds 수에 대한 상사 조건을 거의 완벽하게 만족시킴과 동시에 터널 압력의 조절을 통해서 통상적인 캐비테이션 초생 시험 수심(수심 200m)에 대한 추진기의 작동 조건을 구현해 낼 수 있다는 커다란 장점이 있다.

대형 시험부의 수축비는 2.4:1, 유속은 12m/s, 유동균일도 1.0%로써 예인 시험에 사용되는 선박 모형을 직접 설치하여 프로펠러에 유입되는 반류를 보다 실선에 가깝게 재현할 수 있다. 소형 터널에서 통상적으로 사용되고 있는 wire mesh에 의한 방법을 통해서서는 반류의 축방향 속도 성분만의 재현이 가능하나 실선 모형을 사용하게 되면 축방향 속도 성분뿐만 아니라 transverse 방향에 대한 반류를 재현할 수 있으며 실선에 근접한 Reynold 수 구현에 의하여 보다 실선에 가까운 반류하에서 추진기 시험을 수행함으로써 모형 시험 결과에 대한 신뢰성은 상대적으로 높아질 수밖에 없다. 이러한 캐비테이션 터널은 SSMB 내의 전장 400m의 예인 수조와 함께 수상선은 물론 수중선 및 수중운동체에 대한 여러 종류의 성능 시험에 본격 활용되고 있다.

선박 프로펠러 캐비테이션 및 타의 성능 시험을

위한 기본적인 장비인 동력계와 검력계를 자체적으로 개발하여 보유하고 있으며 97kW, 75kW, 22kW의 A/C 수중 모터와 수중운동체 추진기 소음 시험을 위한 40kW, 75kW, 120kW의 유압 모터를 각각 보유하고 있다.

그 외에 현재 3차원 fiber optic LDV가 유속 계측에 이용되고 있으며, 금년 안으로 유동장 가시화 및 속도장 계측을 위하여 double pulsed 120mJ Nd:Yag laser, 2k×2k CCD camera로 구성된 PIV(Particle Image Velocimetry) 시스템이 도입될 예정이다.

이와 함께 수중 소음의 계측을 위하여 현재 B&K사의 8103 hydrophone 54개, RESON사의 TC 4050 flush-mount hydrophone 7개, 4 Ch B&K NEXUS amplifier 13set, 50Ch의 아날로그 신호를 동시에 100kHz로 샘플이 가능한 데이터 획득 장치 및 이와 함께 사용되는 high pass filter, sound projector, 수중 가속도 계측 시스템 12set이 구비되어 있다. Hydrophone을 동시에 array로 사용하여 소음원의 위치 판별이 가능한 소음 계측 시스템은 금년 9월부터 본격 가동될 예정이다.

기타 유체역학 관련 기본적인 실험을 위한 장비로 48Ch의 Scaney Valve 시스템, 수중 미소 변동 압력 계측을 위한 miniature type microphone (ENTRAN 사의 EPE-L11) 23개와 데이터 분석용 8Ch FFT analyzer(Nicolet Compass)가 구비되어 있다.

POW 시험(Propeller Open Water Test)을 위하여 유압 모터를 이용한 POW 시험 장비가 구비되어 있어 현재 프로펠러 기초 연구에 활용되고 있다. 또한 조선플랜트 연구센터 내에 선박 및 프로펠러 모형 가공실이 있어 연구소 자체적으로 모형 시험을 수행하기 위한 제반 시설이 갖추어져 있다.

3. 주요 수행 업무 및 연구 과제

본 연구실에서 현재 수행중인 주요 연구 과제는

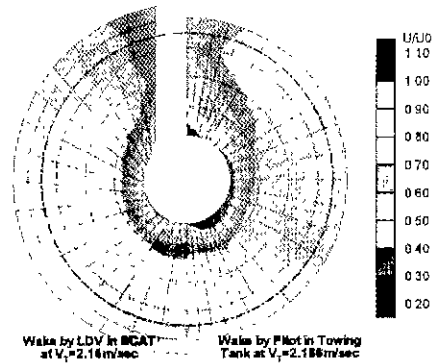


그림 2. 선박 반류에 대한 캐비테이션 터널 계측결과와 (LDV) 예인수조 계측결과(pitot tube)의 비교

다음과 같은 것들이 있다.

- Propeller 관련 설계 및 시험 기술 개발
- Waterjet 시스템 설계 기술 개발
- 특수 추진기 (azimuth propulsor, CPP, CLT) 설계 기술 개발
- 추진기 관련 수치 해석법 개발: (higher-order BEM, propeller-rudder interaction, propeller-cavity simulation)
- 수중운동체의 방사 소음 계측 및 제어 기법 개발(국가지정 연구실 과제)



그림 3. Waterjet Unit

Waterjet 시스템은 중형 함정에 대하여 적용을 목적으로 출력 6,500kW 급을 대상으로 개발을 진행중에 있다. '00년도에는 흡입구(intake) 형상, pump, nozzle의 설계 기법 개발과 캐비테이션 터널에서의 추진 성능 및 캐비테이션 성능 시험을 수행할 예정이며, '01년도 말까지는 시제품 제작을 할 것을 목표로 하고 있다.

Azimuth propulsor, 가변 피치 프로펠러(CPP, Controllable Pitch Propeller)를 포함하는 특수 추진기(unconventional propulsor)의 설계는 '02

연구실탐방 | 추진 시스템 연구실



그림 4. Azimuth Propulsor

실선용 프로펠러에 대한 프로펠러 성능 시험, 특수 추진기 설계 및 시험과 같이 상업용 시험 수행과 수중운동체에 대한 추진 성능 시험, 자세 제어 시험, 수중 소음 계측 등의 시험이 수행되고 있다.

4. 국가지정연구실 (NRL) 연구과제

4.1 배경

근래에 들어 국내 자체 기술을 통한 수중 무기 개발의 필요성이 점차 높아지고 있다. 그런데 수중함의 소음 감소는 작전 능력 및 생존율과 밀접하게 관련되어 있다. 결국 수중함 설계 기술을 확보하기 위해서는 수중 소음 계측·제어기술의 확보가 요구되고 있다. 현재까지 수중 무기 체계에 대한 방사 소음 관련 시험은 저액을 들여 외국 기관에 의뢰하여 왔던 것으로 알려져 있다. 그러나 이 경우 충분한 시험 결과 및 해석 결과를 얻을 수 없을 뿐만 아니라 우리 해군의 무기체계 특성이 적국에 완전히 유출될 수 있는 가능성이 상존할 수밖에 없었다.

수중 소음의 계측·제어 기술은 자국의 군사 무기 체계와 밀접한 관련에 있는 특수성으로 인하여 관련 내용의 대외적인 기술 이전이 거의 불가능하기 때문에 결국 우리나라도 자체적으로 기술 개발을 통하여 기술 경쟁력을 확보해 나갈 수밖에 없다. 한편, 이러한 수중운동체의 소음원 계측·제어 기술은 저소음 추진 장치 설계의 핵심 기반 기술이다. 따라서 이와 같은 기술의 확보는 고속 여객선과 같은 고부가가치 선박의 건조에 있어서 기존의 조선 선진국에 대해 상대적 우위를 확보해 나가는 데도 일조할 수 있을 것이다.

년도 시제품 제작과 실선 적용을 최종 목표로 진행되고 있다.

그 외에 수행하는 과제로는 고속 컨테이너, 초고속 쌍축 여객선 등

앞서 언급한 바와 같이 SCAT은 이러한 수중 소음 관련 연구의 일정 부분을 수행할 수 있는 기초 시설이며, 그간 지속적으로 관련 부분에 대한 투자를 계속해 오던 바 1999년 9월부터 “수중운동체의 방사 소음 계측 및 제어”라는 주제하에 정부로부터 국가지정 연구실로 지정되어 향후 5년 간 매년 3.3억여원의 연구비를 지원 받게 되었다.

4.2 기술개발 내용

가. 공동 수조에서의 소음원 파악 기법 개발

수중운동체에서 발생하는 방사 소음의 제어를 위해서는 최우선적으로 정확한 계측 기법에 의하여 모형체의 어느 부분에서 어떤 특성을 갖는 소음이 발생되고 있는가를 파악할 수 있어야 하며, 이러한 소음이 어떤 형태의 유동 현상에서 기인한 것인가에 대하여 판단할 수 있어야 한다. 방사 소음의 제어는 이를 종합한 결과를 바탕으로 수중운동체 형상의 변형이나 기존의 적절한 유동 제어 방법을 동원하여 이루어질 수 있다.

그러나 공기중에 비하여 수중에서 소음원의 위치를 파악한다는 것은 상대적으로 어려움이 많다. 이를 위하여 이용될 수 있는 것이 beam-forming 기법이다. Beam-forming 기법이란 다수의 hydrophone으로 array를 구성하여 소음원로부터 각각의 hydrophone에 도달하는 소음 신호의 위상차를 이용하여 소음원의 위치 및 강도를 계측하는 기술을 의미한다. 즉, 한 개의 hydrophone을 사용하면 hydrophone이 위치한 지점에서의 전체적인 소음 강도의 측정만 가능하나 소음원의 위치 식별 및 주파수 영역에서의 특성 파악이 불가능할 뿐만 아니라 계측된 소음 강도 역시 배경 소음 및 센서 자체에 의한 소음의 영향을 매우 크게 받게 된다.

이를 위하여 현재 본 연구실에서는 기본적으로 48개의 hydrophone을 동시에 가동해서 100kHz로 소음 신호를 샘플링하여 해석할 수 있는 계측 시스템을 산학 공동으로 본격 개발중에 있다. 현재

hydrophone array를 설치할 anechoic chamber의 제작을 진행중에 있으며 금년도 9월부터 본격 가동을 개시할 예정이다. 이러한 beam-forming 시스템은 종래에는 불가능하였던 소음 성분을 그 근원에 따라 분류하고 유동과의 상관 관계 등을 분석하는데 매우 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

나. 수중운동체 유동 유기 소음 제어

■ 와류 유기 소음

수중운동체 주변에는 그림 5와 같이 다양한 형태의 와류가 형성된다. 이러한 와류는 추진기로 유입되어 프로펠러의 비정상 유체력을 증가시키고 캐비테이션의 발생 및 이로 인한 소음 방사의 가능성을 높이는 요인이 된다. 또한 와류의 영향으로 프로펠러에 대한 유입류의 불균일성이 커져 프로펠러의 진동 및 이로 인한 소음이 발생되며, 이와는 별도로 유입류의 난류 강도 증가에 의해 프로펠러 날개의 끝단에서 발생하는 edge noise가 증가되게 된다. 그 외에도 와류의 비정상(unsteady) 유동 특성상 그 자체가 강한 소음원으로 작용할 뿐만 아니라 직접 선체를 가진하여 선체 진동과 이로 인한 소음 방사의 중요한 요인으로 작용할 수 있다.

본 연구실에서는 현재 NRL 1차 년도 과제의 일부로서 와류에 의해 선체 표면에 유기 되는 난류 변동 압력의 계측을 진행중에 있다. 실험은 형상이 단순하면서도 삼차원 유동의 제반 현상을 잘 나타

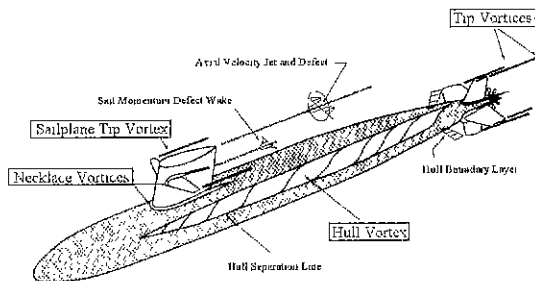


그림 5. 수중운동체 주위의 유동 형태

낼 수 있는 타원체(장축:단축=6:1)를 위주로 수행되고 있다. 향후에는 실제 수중운동체 형상의 모형에 대하여 부가물을 부착시켜 가면서 유동에 의해 유기 되는 기진력의 계측과 동시에 수중 가속도계를 이용하여 선체의 진동 계측을 수행할 예정이다.

■ 난류 경계층 유기 소음 및 진동

수중운동체 표면에는 난류 경계층이 형성되며 이로 인해 직접 소음이 방사 될 수도 있으나 보다 중요한 문제는 선체를 가진하여 선체 진동을 유발한다는 것이다. 잠수함의 경우 선수부에 소나돔이 설치되는데 난류 경계층에 기인된 구조 소음과 난류 천이시 발생하는 강한 방사 소음은 소나돔의 정상적인 작동에 많은 방해를 주게 된다. 따라서 선수부 형상 설계시에는 가급적 천이 지점이 선미부 방향으로 이동 될 수 있도록 설계가 되어야 하며, 구조 소음을 최소화하기 위하여 많은 고려가 이루어져야 한다.

현재 본 연구실에서는 NRL 1차 년도 과제의 일부로서 선수부 형상에 따른 유동 형태의 변화 및 벽면 난류 변동 압력과의 상관 관계를 밝히기 위한 실험적 연구를 수행하고 있다. 실험은 선수부만 형상이 다르며 동시에 유동 방향의 압력 구배 정도가 다른 3종의 축대칭 물체에 대하여 수행되고 있다.

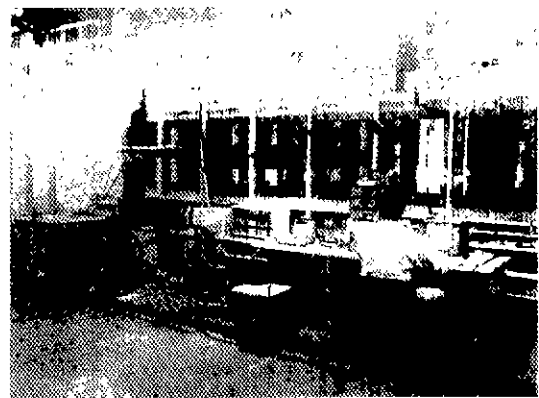


그림 6. 수중운동체 주위의 유동 계측 및 난류로 인한 표면 변동 압력 계측

연구실탐방 | 추진 시스템 연구실

다. 저소음 추진기 설계 기술 개발

수중운동체의 프로펠러 설계시에는 추진효율 뿐만 아니라 방사 소음도 고려되어야 한다. 저소음 추진기의 설계 기술 개발은 본 연구실의 국가지정 연구실 과제의 가장 중요한 목적중 하나라 할 수 있다. 프로펠러 설계를 위해서는 반류에 대한 충분한 계측 데이터가 축적되어 있어야 하나 수상함의 경우에 비해 이에 대한 실험 데이터는 구하기가 매우 어렵다. 따라서 향후 수중운동체의 선체 및 프로펠러의 국내 자체 설계 기술 확립을 위해서는 이러한 계측치는 국내에서 자체적으로 축적해 나갈 수밖에 없다.

본 연구실에서는 현재 부가물이 없는 수중운동체 모형에 대하여 실선에 거의 근접한 Reynolds 수에 대하여 3차원 LDV를 이용한 반류 계측을 진행중에 있다. 향후에는 코닝 타워, 핀 등의 부가물을 설치해 가면서 각각이 유동 및 소음에 미치는 영향을 조사함과 동시에 반류에 대한 보다 정확한 정보를 얻을 수 있을 것이다.

또한 고속 수중운동체에 있어서 pump jet 추진기는 소음 제어 측면에서 매우 우수할 것으로 판단된다. 현재까지 본 연구실에서는 pump jet 추진 성능 관련한 다양한 시험 방법을 개발해 왔으며 관련된 시험 방법 및 절차의 정립이 어느 정도 이루어 졌다고 본다. 본 과제의 3차 년도부터는 pump jet의 캐비테이션 및 방사 소음 제어를 위한 설계 기법 개발 관련된 내용을 본격적으로 수행하고자 한다.

이를 위한 기초 연구로 국가지정 연구실 2차 년도부터는 프로펠러 캐비테이션 소음에 관한 연구를 본격적으로 수행하고자 한다. 특히, 프로펠러에는 다양한 형태의 캐비테이션이 발생되게 되는데 아직까지 각각의 캐비테이션 형태의 소음 방사 특성에 대한 분류가 제대로 이루어지지 못했다. 본

연구실에서는 앞서 소개한 hydrophone array를 이용하여 프로펠러의 캐비테이션의 종류에 따른 소음 특성을 분류하는 연구를 우선적으로 진행해 나갈 예정이다.

5. 결 언

본 연구실은 국내 최대의 캐비테이션 터널과 함께 추진 시스템, 유체 역학 및 수중 소음 관련 실험을 수행하기 위한 세계 수준의 설비를 갖추고 있다고 자부한다. 이에 더하여 NRL 과제를 비롯한 기초 연구에 대한 모기업으로부터의 지원은 기업체 연구소로서는 전례를 찾아 볼 수 없을 정도로 전폭적이라 할 수 있다. 이것은 일정 부분 연구실 구성원 개개인의 그간의 피나는 노력의 성과물이라 감히 자평하고 싶다. 아직은 역사가 짧은 관계로 경험이 부족하고 또 이로 인해 겪게되는 시행착오가 적지는 않으나 연구에 대한 열의와 정열로 점차 그 회수를 줄여 나갈 수 있을 것을 믿어 의심치 않는다.

조선 업계를 포함하여 국내 유체 역학 관련 시험 설비가 아직은 그다지 충분하지 못한 점을 생각해 보면 실로 우리 연구실의 막중한 책무를 되새기지 않을 수가 없다. 특히 본 연구실은 수중 소음에 관한 한 국내에서는 유일하게 응용 연구가 가능한 시험 설비 및 부대 장비를 갖추고 있다. 정부에서도 이를 인정하여 본 연구실을 수중 소음 분야에 대하여 핵심 기술 개발을 위한 국가지정 연구실(NRL)로 지정한 바 있다. 본 연구실 구성원 모두는 추진기 관련 고유 업무는 물론 향후 5년간 국가지정 연구실로서의 책임과 의무를 성실히 수행하여 나갈 것을 다짐하며 회원 여러분의 우정어린 질책과 격려를 기대하는 바이다.