

Waterjet 추진장치의 흡입구유도관 단독성능 시험기법 개발

안종우^{†*}, 김기섭^{*}, 박영하^{*}, 김경열^{*}

한국해양연구원 해양시스템안전연구소^{*}

Development of Stand-alone Performance Test System for an Intake-diffuser of the Waterjet Propulsion

Jong-Woo Ahn^{†*}, Ki-Sup Kim^{*}, Young-Ha Park^{*} and Kyung-Youl Kim^{*}

Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering / KORDI^{*}

Abstract

In order to investigate efficiency and flowfield characteristics of the intake-diffuser for the ship waterjet propulsion, new experimental verification technology was set up in the cavitation tunnel. 1-hole and 5-hole pitot tubes were designed and manufactured to measure the pressure and velocity distributions at intake-diffuser entrance and impeller inlet. The calibration of the 5-hole pitot tubes is conducted at the cavitation tunnel. The cavitation inception occurs at the intake lip, and the occurrence position depends on IVR (Inlet Velocity Ratio) condition. The present experimental device will be applied sufficiently for the development of the design and performance improvement technologies.

※Keywords: Waterjet propulsion(물제트 추진), Intake-diffuser(흡입구유도관), IVR(입구유속비), Intake-diffuser efficiency(유도관 효율), Lip cavitation(Lip 캐비테이션).

1. 서론

한국해양연구원이 보유한 캐비테이션 터널을 이용한 물분사 추진장치의 흡입구유도관(Intake-diffuser)의 효율 및 캐비테이션 성능시험을 위한 시험장치를 설계·제작하였으며, 성능해석

법을 정립하였다.

우수한 성능의 흡입구유도관을 설계하기 위하여는 유도관 자체의 단독성능 및 캐비테이션 특성을 정확히 파악할 수 있는 성능시험장치 및 성능해석법 개발이 요구된다. 본 연구에서 설계된 흡입구유도관 성능시험장치는 캐비테이션 터널 시험부 상부에 설치된 흡입구유도관으로부터 배출된 물이 다시 캐비테이션 터널로 유입되도록 하였다. 이런 시스템 구성은 장시간이 소요되는 흡입구유도관 단독효율 검증시험 및 터널 내부에 압력을 조절하

접수일: 2004년 7월 14일, 승인일: 2004년 9월 30일

† 주저자, E-mail: ajwprop@kriso.re.kr

Tel: 042-868-7254

여야 하는 캐비테이션 성능시험이 가능토록 하였다. 기존에 흡입구유도관 성능시험장치는 유도관을 통하여 배출된 물을 저수조에 받는 방법으로 수행하였는데 이는 장시간 시험이 어려우며, 캐비테이션 시험을 수행할 수 없는 단점을 가지고 있다(김기섭 등 1995).

흡입구유도관 상류면에 흡입에너지(E_i)를 추정하기 위하여 경계층 유동내 유속과 압력분포를 계측을 위한 1공 피토관을 5개 설치하여 높이를 조절해 가면서 실험을 수행하였다. 그리고, 흡입구유도관 출구면(임펠러 입구)에서 배출되는 에너지(E_o)를 계측하기 위하여 3방향의 유속분포와 및 압력분포의 계측이 가능한 5공 피토관 5개를 반경 위치에 설치하고 원주방향으로 $\pm 180^\circ$ 까지 회전시키면서 실험을 수행하였다. 5공 피토관을 이용하여 3방향의 압력 및 속도를 계측하기 위하여는 반드시 캘리브레이션이 수행되어야 하는데, 당소의 캐비테이션 터널에서 별도의 캘리브레이션 장치를 제작하여 수행하였다(김기섭 등 2003).

흡입구유도관에 유입되는 유량변화에 따른 캐비테이션 초기발생 시험은 터널내부유속과 압력을 조절하여 수행하였다. 캐비테이션 초기발생은 흡입구유도관 Lip 주위에서 나타나며, 캐비테이션 터널 유속(V_s)과 임펠러 입구에 유입되는 평균유속(V_i)과의 비인 IVR(Inlet Velocity Ratio, V_i/V_s)의 변화에 따라 캐비테이션 초기발생 위치와 특성을 관찰한다(Verbeek/Bulton 2001).

2. 시험장치 설계 및 구성

본 연구에서 제작된 Waterjet 흡입구유도관의 성능시험 장치는 Fig. 1에서 보여진다. 당소 캐비테이션 터널을 활용하여 설계되었으며, 캐비테이션 터널 관측부 상부면에 설치된 흡입구를 통하여 물이 유입되고, 출구(임펠러 입구)를 통하여 토출된 물이 매우 길게 설치된 스테인레스 파이프를 통하여 다시 캐비테이션 터널로 유입되도록 하였다. 이와같은 개념으로 성능시험 장치를 설계함에 따라 오랜 시간이 요구되는 흡입구유도관의 효율 실험과 캐비테이션 발생 및 초기발생 실험이 가능하게 되었다(Brandner/Walker 2001).

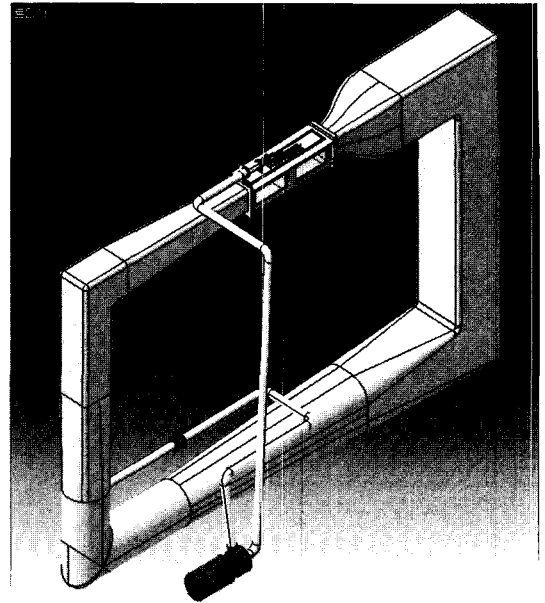


Fig. 1 Intake-diffuser test loop

흡입구유도관 성능실험을 위하여 임펠러 입구면 바로 뒤에 펌프를 장착되는 것이 원래의 방법일 수 있으나, 임펠러 입구에 유입되는 유량만을 조절하여 실험이 수행되므로 Fig. 1에서 보는 바와 같이 터널 1층에 원심펌프를 설치하여 유량을 조절하였다. 흡입구유도관의 성능실험은 IVR을 조절하여 수행하게 된다. 이때 임펠러 입구에 유입되는 유량의 조절은 캐비테이션 터널 건물 1층에 설치된 원심펌프의 회전수를 조절하여 수행하였다. 원심펌프의 회전수의 조절을 위하여 별도의 인버터에서 수행되는데 3rpm 간격으로 회전수 조절이 가능하며, 최대 회전수는 1800rpm이다. 유량은 Fig. 1에 보여지는 것과 같이 마그네틱형의 전자식유량계를 관로 출구 근처의 수평부분 중간에 붙여 계측되었다.

원심펌프는 관로의 손실 및 흡입구에 유입되는 최대유량 등을 고려하여 선정되었다. 펌프 입구의 직경은 앞에서 언급한 바와 같이 150mm로 선정되었으며, 성능시험 범위에서 요구되는 최대 유량은 $0.150\text{m}^3/\text{s}$ 였다. 최대 유량이 $0.150\text{m}^3/\text{s}$ 인 펌프의 자료를 수집해 본 결과 요구 마력이 60마력에 전압정이 23m인 원심펌프를 찾을 수 있었다. 이런

펌프가 현재의 흡입구유도관 성능시험에 적합한가를 판정하기 위하여 관로를 설계하여 관로 손실을 산정하여야 한다. 선정 대상인 펌프는 입구경이 200mm이고, 출구경이 150mm이므로 관로의 손실을 최소화하기 위하여 대부분의 관로를 200mm로 표면조도가 우수한 단조된 스테인레스 관을 이용하였다. 임펠러 입구직경이 150mm이므로 200mm 스테인레스 관까지의 연결부분에는 확대관을 사용하였다. 확대관을 지나서 원심펌프의 입구까지 2개의 90°elbow를 갖는 200mm 직경의 스테인레스 관이 설치되었으며, 원심펌프 출구에서 캐비테이션 터널까지는 3개의 90°elbow와 150mm와 200mm 직경의 스테인레스 관, 확대관 및 수축관이 설치되었다. 따라서, 관로길이, elbow의 개수, 확대관 및 캐비테이션 터널로 토출될 때의 수두손실 등을 고려하여 총손실은 13.383m로 산정되었다(Shames 1956). 원심펌프의 전압정이 23m이므로 본 과제의 유도관 성능시험장치 설계상에서 제시된 요구사항을 충족하고 있다.

유량계는 직경 200mm인 스테인레스 관에 설치되므로 직경이 200mm인 제품을 선정하였으며, 측정범위는 0~10m³/s이다. 직경 200mm 관로에서 0.150m³/s의 유량을 지나가는 경우 관에서의 평균 유속이 4.775m/s이므로 현재의 유량계의 유량계측 범위 안에서 성능시험이 충분히 이루어진다.

원심펌프에서 Intake-diffuser에서 토출된 유체는 흡입구유도관 및 3개의 90°elbow를 지나면서 유동이 매우 불균일한 상태가 된다. 따라서 유량계는 이러한 유동이 충분히 회복될 수 있는 관로 직경에 7배 이상 떨어진 직관부에 설치되었다.

캐비테이션 터널 계측부 상부에 설치된 흡입구유도관 모형은 Fig. 2에 나타난다. 기존의 실험 모형은 캐비테이션 관찰 및 유선가시화를 위하여 투명재질인 아크릴로 제작하였다(김기섭 등 2003). 그러나, 아크릴 재질을 이용하여 3차원 형상을 5축 NC가공 하는 것은 제작정도에 문제가 있고, 제작기간이 긴 단점이 있다. 본 연구에서는 SUMOS-11120이라는 Resin을 적층하는 RP(Rapid Prototyping) 제작방식을 채택하였다. 최근 RP제작을 위한 재질은 투명도에서 상당한 진전이 있어 왔지만, 아직까지는 아크릴 정도의

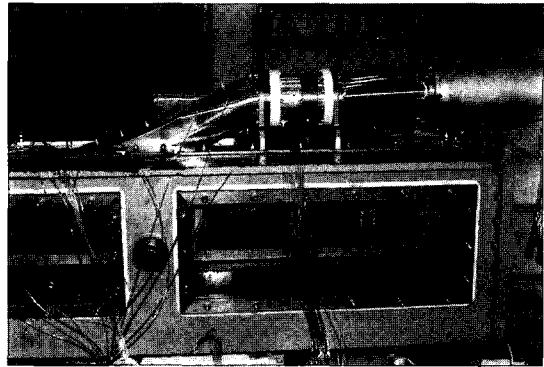


Fig. 2 Intake-diffuser model installed on the measuring section of the cavitation tunnel

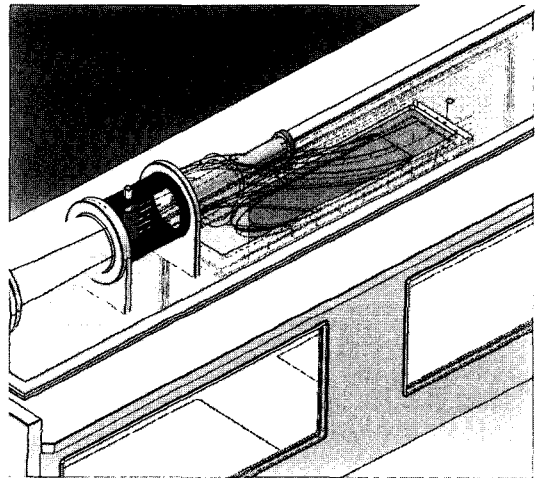


Fig. 3 Performance test equipments

투명도가 나오지 않아 캐비테이션 관찰에 약간의 어려움이 있으나, 제작정도가 높고 제작기간이 짧아 본 연구의 실험모형 제작방식으로 채택하였다.

Fig. 3은 흡입구유도관의 성능시험을 위한 시험장치들이 설치된 상태를 볼 수 있다. 흡입구유도관 상류쪽에서 축방향의 유속분포가 지배적이기 때문에 1방향의 유속 및 압력을 계측하는 것이 타당하므로 1공 피토관을 5개 설치하여 흡입구에 유입되는 경계층 및 정압분포를 계측하였다. 흡입구유도관 출구쪽(임펠러 입구)에는 유도관을 지난 유동이 복잡한 3차원 유동장을 형성함에 따라 3방향의 유속성분 및 압력분포의 계측이 가능하도록 5공 피토관을 5개 설치하였다. 5개의 5공 피토관

들은 Fig. 3에 나타난 것과 같이 $\pm 180^\circ$ 회전이 가능한 원통에 설치되었으며, 5개의 반경위치에서 원통의 각도를 조절하여 축방향, 원주방향, 반경방향의 유속, 압력분포, 총압(total pressure) 및 정압(static pressure) 분포를 계측하였다.

1공 및 5공 피토관에서의 압력을 계측하기 위하여 12개의 압력을 번갈아 가면서 연결해주는 스캐니밸브에 웨이퍼를 3개 부착하고 3개의 차압형 압력변환기에 연결하였다. 압력변환기의 한쪽은 캐비테이션 터널 시험부 중앙에 설치되어 있는 압력공에 연결하여 캐비테이션 터널 압력 조절에 따른 센서 용량 초과를 방지하였다.

각 압력 센서에서 계측된 자료는 증폭기를 거쳐 A/D 변환기를 통해 PC에서 자료를 취득하였다.

3. 5공 피토관의 캘리브레이션

5공 피토관의 경우 끝단 모양에 따라 캘리브레이션 차트가 달라지기 때문에 사각뿔대형 끝단을 갖는 현재의 5공 피토관의 유입각과 압력계수의 적절한 상관계수를 찾아내야 한다(김우진 등 1997). 5공 피토관의 캘리브레이션은 Yaw와 Pitch 각을 변경할 수 있는 별도의 장치를 제작하여 캐비테이션 터널에서 실시하였다.

5공 피토관의 개념도는 Fig. 4에 나타나 있으며, 각종 압력계수의 정의 및 속도의 캘리브레이션은 Treaster/Yocum(1979) 방법을 따랐다. 우선 레이놀즈 수에 따른 압력 계수의 변화를 보기 위해 유동 속도를 1~4 m/s로 변화시켜 시험한 결과 Fig. 5와 같이 얻어졌다. 2.5m/s 이상에서는 비교적 일정한 값으로 수렴하는 것으로 판단되어 캘리브레이션은 3.5m/s에서 실시하였다.

캘리브레이션은 우선 Yaw 각을 고정한 뒤 Pitch 각을 변화시키는 방법을 택하였으며, Yaw와 Pitch 각 모두 $-30^\circ \sim 30^\circ$ 까지 10° 간격으로 실시하였다. Fig. 6는 각 Yaw와 Pitch 각에서의 $C_{p_{yaw}}$ 와 $C_{p_{pitch}}$ 의 값을 보여준다. 사각뿔대 형태의 5공 피토관을 사용함으로써 비교적 격자가 잘 이루어진 결과를 얻을 수 있었다. Yaw와 Pitch각에서의 $C_{p_{total}}$ 과 $C_{p_{static}}$ 값도 비슷한 형태의 등고선 분포를 보여주었다(김기섭 등 2003).

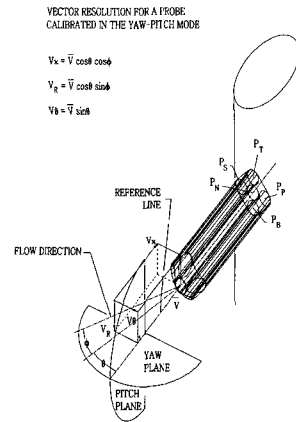


Fig. 4 Configuration of 5-hole Pitot tube

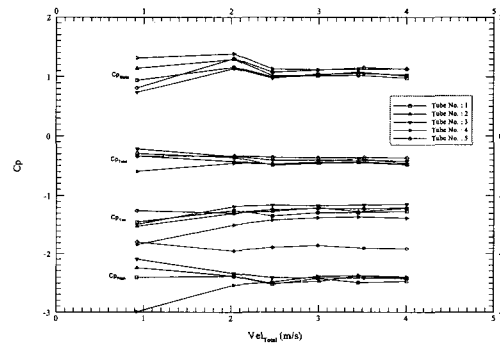


Fig. 5 Effect of Reynolds no. on tr pressure coefficients ($\theta = -20^\circ$, $\phi = -20^\circ$)

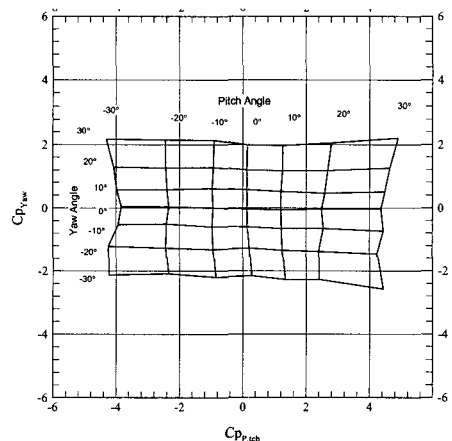


Fig. 6 $C_{p_{yaw}}$ vs. $C_{p_{pitch}}$ of 5-hole Pitot-tube

실제 계측시에는 5점에서 계측한 압력을 가지고 먼저 $C_{p_{yaw}}$ 와 $C_{p_{pitch}}$ 를 계산하여 Fig. 6에서 삼각법으로 Yaw 각(θ)과 Pitch 각(ϕ)을 구한다. 얻어진 Yaw와 Pitch 각으로부터 $C_{p_{total}}$ 과 $C_{p_{static}}$ 값을 캘리브레이션 차트에서 삼각법으로 구한다.

4. 흡입구유도관에서의 손실해석 실험

흡입구유도관의 손실해석은 임펠러 축이 설치된 경우와 설치되지 않는 두가지 경우에 대하여 수행된다. 흡입구유도관의 손실을 해석하기 위하여 Intake 상류에 1-hole 피토관에서 계측된 압력과 유속분포와 출구(임펠러 입구)에 5공 피토관에서 계측된 압력 및 유속분포가 필요하게 된다. 실험 조건의 조절 및 결과해석을 위하여 필요한 유량은 설치된 유량계에서 계측된 결과를 이용하였다. 출구쪽에 5공 피토관에서 계측된 유속분포는 벽면 근처에서 분포를 어떤 방법으로 결정할지가 문제인데, 본 연구에서는 전자식유량계에서 계측된 유량을 이용하여 벽면에서의 유속분포를 수정한다.

흡입구유도관에서 나타나는 손실을 구하기 앞서서 상류쪽에서 1-hole 피토관을 이용하여 계측된 유속분포로부터 intake로 유입되는 경계층의 높이 (h)를 계산해야 한다. Intake의 넓이를 B라고 할 때 유량 Q는 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$Q = \int_0^h V(y) \times B dy$$

여기서 유속분포 V(y)는 1-hole 피토관에서 계측된 유속분포를 최대한 이용하는 것을 기반으로 벽면으로부터의 유속분포는 1-7th ~1-8th law로 가정하였다. 이와같은 방법으로 얻어진 유속분포는 Fig. 7에 나타나 있다. 따라서, 유량 Q는 유량계에서 계측된 값을 사용하며, 반복계산을 통하여 유입되는 높이 h를 구할 수 있다.

흡입구유도관의 효율은 흡입구유도관에 유입되는 에너지와 출구쪽으로 유출되는 에너지의 비율로서 나타내게 된다. 우선 흡입구유도관으로 유입되는 에너지(E_i)는 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$E_i = \int_0^h (0.5 \rho V^2 + P_o) \times V \times B dy$$

여기서 V는 Fig. 7에 나타난 Intake 상류에서의 속도를 나타내며, P_o 는 Fig. 8에 나타난 1공 피토관에서 계측된 정압을 나타내며, 축설치 여부에 따른 효과는 거의 없었다.

출구로 유출되는 에너지(E_o)는 다음과 같이 표시된다(Haglund et al. 1982).

$$E_o = \int_{r_1}^{r_2} \int_0^{2\pi} (P_{TOT} \times V) r d\theta dr$$

여기서 P_{TOT} 와 V는 흡입구유도관 출구에서 5공 피토관으로 계측된 총압력(Total pressure)과 축방향 유속을 나타낸다.

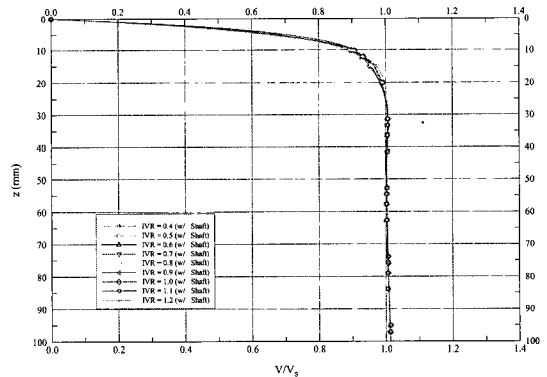


Fig. 7 Velocity profiles at intake upstream

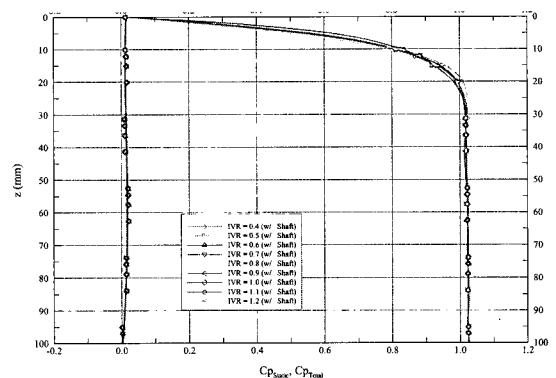


Fig. 8 Static & total pressure profiles at intake upstream

Fig. 9와 Fig. 10은 IVR 0.7인 경우의 임펠러 축이 설치된 경우의 총압과 축방향의 유속분포를 보여주며, Fig. 11과 Fig. 12는 IVR 0.7인 경우의 임펠러 축이 설치되지 않은 경우의 총압과 축방향의 유속분포를 보여준다. 임펠러 축이 설치된 경우는 중앙에 축에서 유발된 경계층과 축 끝단의 영향으로 중심부의 유속이 감소되고, 반경방향 속도가 증가되는 현상이 나타난다. 두 경우 모두 상부는 선체에서 유발된 경계층 및 램프의 영향으로

유속 및 총압이 감소되는 현상을 확실히 볼 수 있다. 반면에 하부로 내려갈수록 유속 및 총압이 증가되는 현상이 나타난다.

이와같은 분포로부터 얻은 각 계측점에서의 에너지를 반경방향과 원주방향으로 적분한 후 얻은 흡입구유도관의 효율(η_i)은 다음과 같다.

$$\eta_i = E_0 / E_I$$

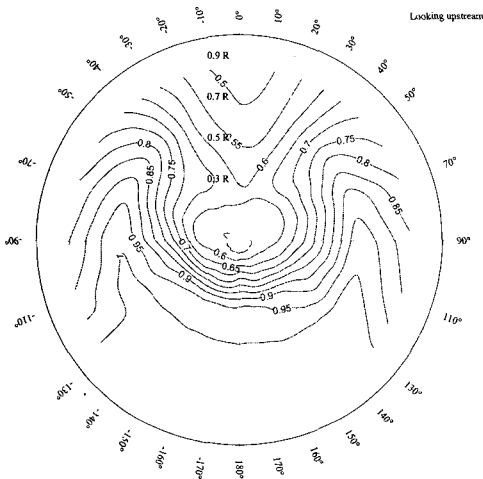


Fig. 9 Total pressure distribution at intake outlet (w/ shaft, IVR=0.7)

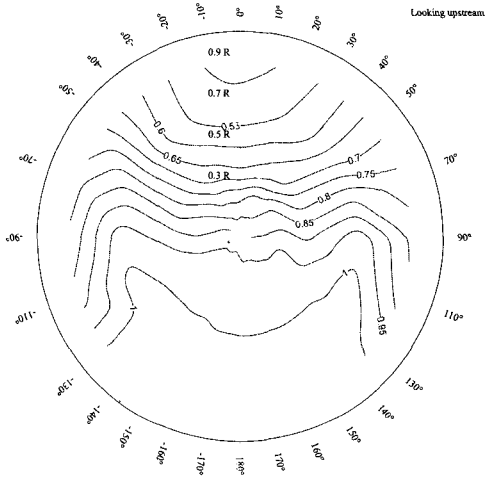


Fig. 11 Total pressure distribution at intake outlet (w/o shaft, IVR=0.7)

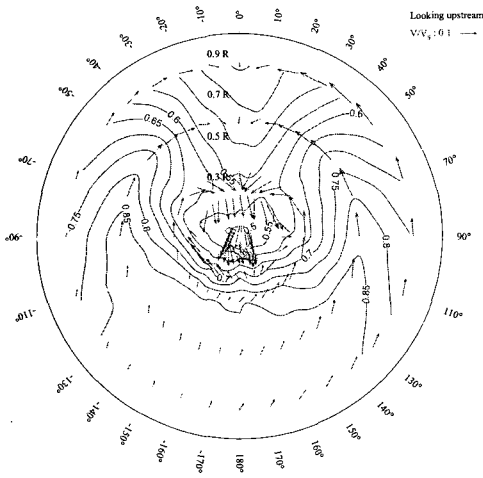


Fig. 10 3-component velocity distribution at intake outlet (w/ shaft, IVR=0.7)

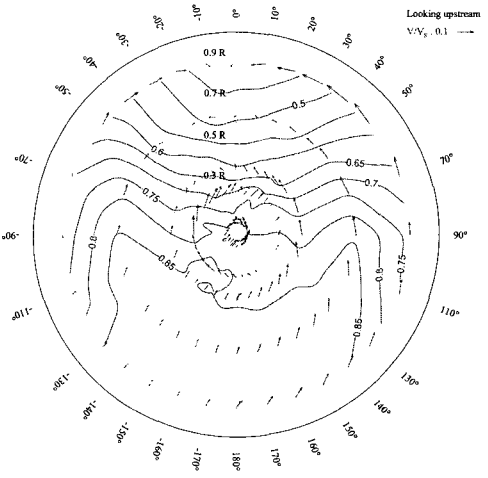


Fig. 12 3-component velocity distribution at intake outlet (w/o shaft, IVR=0.7)

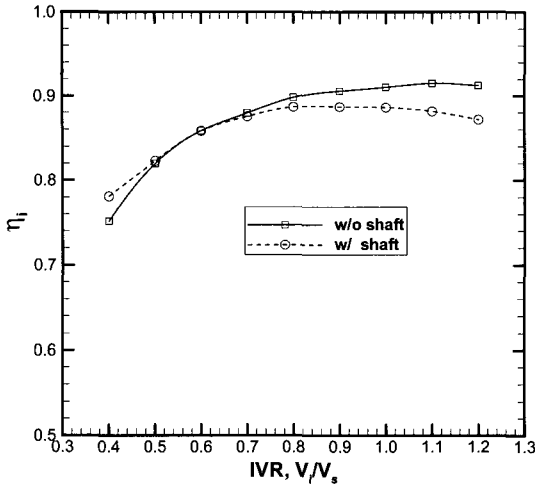


Fig. 13 Efficiency of the intake-diffuser

흡입구유도관의 성능시험은 임펠러 축이 설치된 경우와 설치되지 않은 두 경우 모두 IVR을 0.4에서 1.2까지 0.1 간격으로 수행하였다. IVR은 선속(V_s)과 임펠러 입구부 유속 (V_i)의 비로서 표시되며, 선속이 고속인 경우 값이 작으며, 저속인 값이 커진다. 선속은 캐비테이션 터널 시험부의 유속으로 대체되며 6.0%로 고정하였다. 임펠러 입구부 유속은 전자유량계와 원심펌프를 이용하여 조절된다.

1공과 5공 피토관으로 계측된 유속분포 및 압력분포를 기반으로 계산된 흡입구유도관 효율은 Fig. 13에 나타난다. 임펠러 축이 설치되지 않은 상태에서 효율은 설치된 경우에 비하여 IVR이 0.4 근처를 제외하고는 대부분의 영역에서 증가되었으며, IVR이 증가될수록 차이도 크게 나타난다. 따라서, 임펠러 축이 설치된 경우에 실험이 수행되어야 정도 높은 흡입구유도관 효율을 알 수 있다. 그러나, 고속정의 경우 저속 구간을 제외하고는 대부분의 관심 운항영역에서 IVR이 0.9미만이므로, 임펠러 축의 존재 여부에 따른 효과는 크지 않다. IVR이 0.4인 경우는 유입유량이 작아 흡입구 Ramp 끝단에서 박리현상이 나타날 가능성 높다. 임펠러 축의 존재는 작은 유입유량의 경우 Ramp부의 면적을 축소시켜 박리를 지연시킬 수 있다고 사료되며, 실제적으로 축이 설치된 경우 Ramp 끝단에서의 유속이 설치되지 않은 경우에 비하여 증가됨을

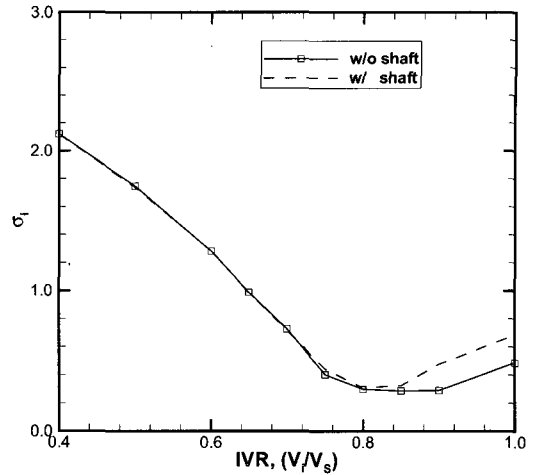


Fig. 14 Cavitation Inception Diagram

알 수 있었다. 그러나, IVR 0.4의 경우는 특이한 운항조건을 제외하고는 거의 나타나지 않는다. 현재의 실험모형의 경우 흡입구유도관 효율은 유효 운항영역(IVR=0.6~0.9)에서 85~88%까지 나타나는데, 흡입구유도관과 임펠러 축에 의하여 12%~15%정도의 효율감소가 있음을 알 수 있다.

5. 캐비테이션 초기발생 시험

캐비테이션 초기발생은 흡입구 lip 주위에서 발생된다. 임펠러 축이 설치된 상태와 설치되지 않은 상태에 대하여 실험이 수행된다. Fig. 14은 IVR 0.4에서 1.0까지 범위에서의 흡입구 lip 주위의 캐비테이션 초기발생 성능을 보여준다. y-축의 캐비테이션 수(σ_i)는 다음과 같이 정의된다.

$$\sigma_i = \frac{P_{tunnel} - P_v}{\frac{1}{2} \rho V_s^2}$$

여기서, P_{tunnel} 은 캐비테이션 터널 중심에서의 압력을 나타내며, P_v 는 수온에 따른 증기압을 나타낸다. V_s 는 캐비테이션 터널 시험부 유속을 나타내며, IVR 1.0을 제외하고는 대부분의 영역에서 8.0%로 고정하였으며, IVR 1.0에서는 관로의 유량 증가로 7.5%에서 실험을 수행하였다.

흡입구 lip 주위의 유동을 살펴보면 2차원 날개

단면의 유동 현상과 비슷한 경향을 볼 수 있다. IVR에 따라 캐비테이션 발생영역에 변화가 나타나는데 낮은 IVR 영역(0.40~0.75)에서는 Lip 아래 면에서 캐비테이션이 초기 발생하며, 높은 IVR 영역(1.0 이상)에서는 Lip 윗면에서 캐비테이션 초기 발생한다. 중간영역(0.85~1.00)에서는 관로 안쪽 lip으로부터 임펠러 입구 사이에서 방울 캐비테이션이 발생된다. 높은 IVR 영역(1.00 이상)에서는 Lip 윗면에서 캐비테이션이 발생한다고 알려져 있으나 본 연구에서는 관로유량의 증가가 커져 관찰이 어려웠다. 이와같은 현상은 2차원 단면의 받음각을 변화시켰을 때와 비슷한 현상으로 IVR의 변화에 따라 유입되는 유선의 변화됨으로서 흡입구 Lip에서 상대적인 받음각이 변화하는 현상이다 (Verbeek/Bulton 2001). 임펠러 축의 설치 여부에 따른 캐비테이션 초기발생 결과는 낮은 IVR 영역(0.40~0.75)에서 캐비테이션이 Lip 아랫면에 발생함에 따라 차이가 없다. 그러나, IVR이 0.8이상에서는 관로 안쪽의 Lip과 임펠러 입구 사이에서 캐비테이션이 발생됨에 따라 차이가 나타나며, 임펠러 축이 있는 경우 캐비테이션이 더욱 빨리 발생됨을 알 수 있다.

6. 결론

캐비테이션 터널을 이용한 흡입구 유도관 성능 실험 장치를 설계·제작하여 설계된 흡입구유도관에 대한 성능시험을 실시하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결과는 수치해석 기법의 정립과 수치해석을 통한 흡입구유도관 성능해석 및 설계기법 개발에 사용될 수 있다 (박일룡등 2002, 이순섭 등 2002). 성능시험을 수행한 결과 결과로부터 구성된 시험장치와 계측시스템의 타당성과 우수성 등을 확인하였고, 성능시험과 해석기법을 정립하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 인버터가 포함된 원심펌프의 작동범위가 실험에 필요한 유량변화범위를 충분히 만족하므로, 시험장치의 관로 설계 및 원심펌프의 선정이 타당하였음을 확인하였다.

2) 5공 피토관의 캘리브레이션을 수행한 결과

성능이 우수하며 충분한 yaw, pitch 각도에서 정상 작동하였다.

3) 1공과 5공 피토관을 이용하여 흡입구유도관 입구와 출구에서의 유속 및 압력분포를 계측하여 흡입구유도관의 성능을 산정하였다. 임펠러 축의 설치여부에 따른 성능의 차이는 IVR이 증가될수록 크게 나타났으나, 운항영역에서 차이는 크지 않았다. 일반적으로 기존의 발표된 흡입구유도관 효율이 약 82% 정도인데 현재의 흡입구유도관의 효율은 관심 운항영역에서 85~88% 정도이다. 시험에 사용된 흡입구유도관은 비교적 효율이 우수한 것으로 판단하며 설계기술의 중요성이 확인된다.

4) 캐비테이션 초기발생시험 수행 결과 흡입구 유도관 lip에서 캐비테이션이 초기 발생하였으며, 캐비테이션 관점에서 흡입구유도관 lip 설계의 중요성을 다시 한번 확인하였다. 낮은 IVR 영역(0.40~0.75)에서 Lip 아랫면에 얇은 막 캐비테이션이 발생하였으며, IVR 0.8이상 1.0까지는 Lip 하류부터 임펠러 입구까지 사이에서 방울 캐비테이션이 발생하였다. Lip 바로 윗면에서의 얇은막 캐비테이션은 현재의 실험영역에서 나타나지 않았다.

후 기

본 연구는 2004년도 과학기술부 민간경용기술 사업 연구과제 결과의 일부이다.

참 고 문 헌

- 김기섭, 안종우 외, 1995, "차세대 추진장치 개발(I)", 한국해양연구원 연구보고서, 보고서 번호 UCN343-1877-D.
- 김기섭, 안종우 외, 2003, "중소형 Waterjet 추진시스템 개발-Part II(합정용)", 한국해양연구원 연구보고서, 보고서 번호 M1-0190-00-0019.
- 김우전, 김도현, 윤현세, 문덕용, 반석호, 1997, "반류계측용 5공 피토관의 캘리브레이션 방법의 연구," 대한조선학회 논문집, 제 34권, 제 2호, pp.11-19.
- 박일룡, 김기섭, 이순섭, 안종우, 2002 "Waterjet 추진장치의 흡입구 형상변화에 따른

유도관 효율 특성 연구”, 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp.293-296.

- 이순섭, 박범진, 김기섭, 안중우, 2002 “Waterjet 노즐 형상모델링 방법론,” 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp.171-174.
- K. Haglund, R. Svensson, O. Bjorheden, 1982 “Design and Testing of a High-Performance Water Jet Propulsion”, Symposium on Small Fast Warships and Security Vessels, RINA, Paper No. 17.
- P A Brandner. and G J Walker, 2001, “A Waterjet Test Loop for the TOM FINK Cavitation Tunnel”, RINA, International Conference, Waterjet Propulsion III, Paper No. 1.
- I H Shames, 1956, "Mechanics of Fluids",
- A.L. Treaster and A.M. Yocum, 1979, "The Calibration and Application of Five-hole Probesl," ISA Transactions Vol. 18, No. 3. pp.23-34.

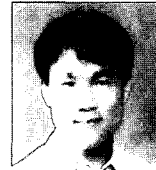
- R Verbeek and N W H Bulton, 2001, “Interpretation of Model Scale Test Results with Aid of CFD Calculation,” RINA, International Conference, Waterjet Propulsion III, Paper No. 6.



< 안 중 우 >



< 김 기 섭 >



< 박 영 하 >



< 김 경 멀 >