

대형 캐비테이션터널에서 몰수체 저항시험 및 위벽효과 수정 기법 연구

안중우[†]·설한신·박영하·김기섭
한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소

Study of the Resistance Test and Wall Blockage Correction Method for the Submerged Body in LCT

Jong-Woo Ahn[†]·Han-Shin Seol·Young-Ha Park·Ki-Sup Kim
Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

In order to study the resistance test technique for the submerged body in Large Cavitation Tunnel (LCT), DARPA Suboff, submarine model publicly available was manufactured. DTRC released the resistance test data of DARPA Suboff conducted at ship speeds up to 18.0 knots in high-speed towing tank in 1990. As LCT is considered restricted waterways with walls, the resistance test results must be corrected with three wall blockage effects called buoyancy effect, solid blockage effect and wake blockage effect. Before correction, the resistance of LCT was 16~20 % higher than that of DTRC. After correction, the resistance and the resistance coefficients were compared with those of DTRC. The corrected resistance of LCT shows good agreement with that of DTRC. The residual resistance coefficient shows the difference according to the calculation method of buoyancy and frictional resistance coefficient. This paper suggests the best way for the calculation of residual resistance coefficient. On the basis of the present study, it is thought that the operating conditions for the propeller cavitation and noise tests can be drawn through LCT tests.

Keywords : Submerged body(몰수체), Resistance test(저항시험), Wall blockage correction(벽면효과 수정), Large Cavitation Tunnel(LCT, 대형캐비테이션터널)

1. 서론

수중 몰수체의 저항 및 자항 추진성능시험은 일반적으로 예인수조에서 수행되어 왔다. 수중 몰수체의 경우 수면파의 영향을 받지 않기 때문에 Reynolds 수 상사에 맞추어 실험을 수행하여야 하나 대부분의 경우 상사법칙을 만족하는 것은 불가능하다. 일반적으로 Froude 수에 맞추어 추진성능시험을 수행하게 되는데, 약 5m 길이의 모형 몰수체를 고려할 때 3.0m/s 이하로 예인하여 예인력을 측정하는 방식으로 시험이 진행된다. 낮은 Reynolds 수에서 시험이 진행되지만 제한된 속도 범위에서는 신뢰할 수 있는 실선 추진성능 추정결과를 제공할 수 있다. 하지만, 높은 Reynolds 수에서의 저·자항 계수 및 선체-부가물-추진기 유동 상호작용이 실선과 차이가 있을 수 있다.

높은 Reynolds 수에서 수중 몰수체 저항 및 자항시험은 대형 캐비테이션터널(LCT)에서 수행할 수 있다. 그러나, 대형 캐비테이션터널은 벽면이 존재하는 제한수조이므로 예인수조 시험 결과와는 차이가 있다 (Ahn et al., 2015). 벽면 위벽효과(wall blockage effect)에 따른 수정이 수행되어 예인수조와 유사한 결과를 얻을 수 있다면 수중 몰수체 시험을 수행하는데 여러 가지 장점이 있다. 대형 캐비테이션 터널에서 수행되는 프로펠러 및 부가물 등의 캐비테이션 및 소음 시험의 시험 조건은 예인수조에서 수행된 저·자항시험 결과를 이용하여 도출하게 된다. 현재 예인수조에서 저·자항시험을 수행하려면 수중 몰수체 모형을 별도로 제작이 되어야 하며, 설치를 위한 사전 준비가 장시간 요구되어 사전 계획을 철저히 세우지 않고서는 시험 수행이 어렵다. 대형 캐비테이션터널에서 수중 몰수체의 저·자항시험 수행이 가능

하다면, 예인수조에서 시험 수행 횟수를 현저하게 감소시킬 수 있으며, 설치 후 관련 모형시험이 연속적으로 수행됨에 따라 캐비테이션 등의 시험이 효과적으로 수행할 수 있다.

대형 캐비테이션터널에서 저·자항시험을 수행하고, 벽면효과 수정을 통하여 얻은 결과의 정도를 검증하려면 고속에서 수행한 예인수조 실험 결과가 요구된다. 따라서, 본 논문에서는 1989년 미국 해군연구소(DTRC)에서 개발한 DARPA Suboff 잠수함 (Groves et al., 1989)을 검증 대상으로 선정하였다. 본 잠수함의 경우 1990년 미 해군연구소에서 고속 영역(18 knots)까지 저항 시험을 수행하여 자료를 공개한 바 있다 (Crook, 1990).

본 논문에서는 DARPA Suboff 잠수함을 대형 캐비테이션터널에 설치하여 저항시험을 수행하고, 기존 문헌 (Rae & Pope, 1984)에서 제시한 부력효과(buoyancy effect), 물체위벽효과 (solid blockage effect) 및 반류위벽효과(wake blockage effect)를 고려하여 수정한 결과와 기존 저항시험 결과를 비교 검토하고자 한다. 또한 각종 저항 계수를 비교하여 수중 물수체에 적합한 저항해석 방법도 검토하고자 한다.

2. 수중 물수체 저항시험

대형 캐비테이션터널에서 수중 물수체 저항시험 기법을 개발하기 위하여 검증용으로 선정된 대상 물수체는 Fig. 1에 나타난 DARPA Suboff 이다. 주요 제원은 Table 1에 정리되어 있다. Fig. 2는 대형 캐비테이션터널 시험부에 설치된 대상 물수체를 보여준다. 일반적으로 잠수함과 같은 수중 물수체 설치를 위한 strut은 유동의 영향을 최소화하기 위하여 sail 상부에 위치된다. 그러나, 현재의 대상 물수체의 경우 sail이 너무 상류 쪽에 위치됨에 따라 안전한 설치를 위하여 하류 쪽에 보조 스트럿을 추가로 설치하였다. 이와 같이 스트럿이 설치될 경우 가장 큰 문제가 되는 것은 프로펠러 면에서의 반류 변화이다. Fig. 3은 스트럿 설치 여부에 따른 프로펠러 면에서의 CFD로 추정된 반류 비교를 보여준다. 유속 3.0m/s와 9.0m/s에서 추정된 결과를 보여주는데, 상부면에서 약간의 차이가 나타날 뿐 전반적으로 스트럿 설치 여부에 따른 반류 변화는 거의 없는 것으로 사료된다. 반류 추정을 위한 난류 모형 및 격자계 등의 연구는 기 수행된 바 있다 (Byeon et al, 2018).

Fig. 4는 대상 물수체의 내부 구조를 보여준다. Sail 하류에 저항동력계가 설치되어 물수체 전체를 지지함과 동시에 저항 계측을 수행한다. 물수체를 대형 캐비테이션터널 시험부 상부에 설치하기 위한 2개의 strut은 저항동력계에 직결되며, 수중 물수체에는 접촉이 되지 않아 물수체 만의 저항력을 계측할 수 있다. 물수체 저항을 계측하기 위한 저항동력계 사양은 Table 2에 정리되어 있다. 2 방향의 하중(F_x , F_y)과 모멘트(M_z)를 계측할 수 있는 3분력계이며, 4개의 기둥으로 구성되어 각각의 기둥에 스트레인 게이지가 부착되어 있다 (Ahn et al, 2012). 선미에는 자항시험 및 프로펠러 캐비테이션 시험을 수행하기 위한 프로펠러 동력계가 설치되어 있다.

Table 1 Main particulars of DARPA Suboff

Description	Symbol	Value
Length overall	L_{oa}	4.267 m
Maximum hull radius	R_{max}	0.254 m
Body volume	V_{body}	0.718 m ³
Wetted surfaces	S	6.338 m ²
Propeller diameter	D_p	0.262 m



Fig. 1 Geometry of DARPA Suboff

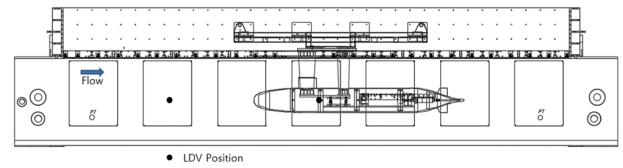
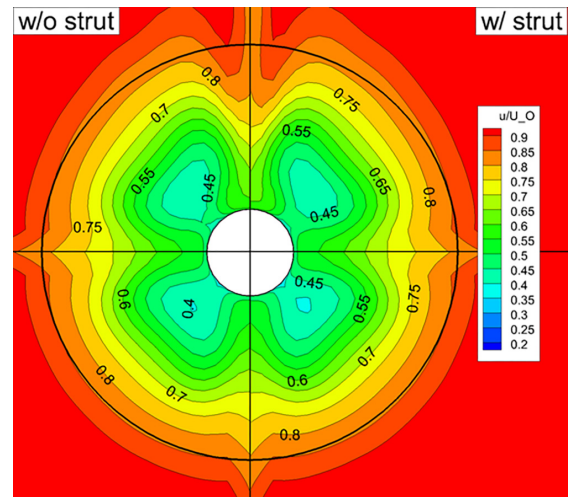
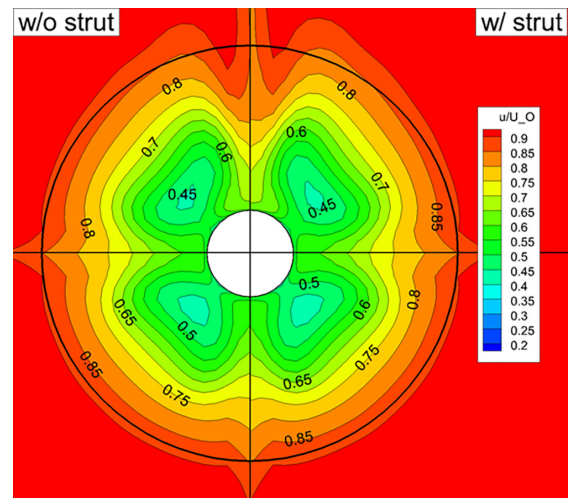


Fig. 2 The submerged body installed in LCT test section



(a) 3.0 m/s



(b) 9.0 m/s

Fig. 3 Wake comparison of the DARPA Suboff w/ & w/o strut

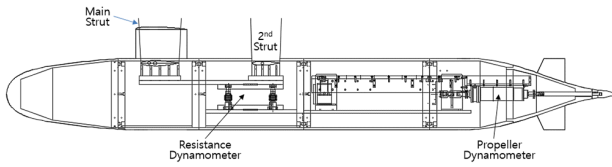


Fig. 4 The insides of the submerged body

Table 2 Specification of resistance dynamometer

Item		Value
Rated capacity	F_x (N)	$\pm 5,000$
	F_y (N)	$\pm 5,000$
	M_z (N-m)	$\pm 2,000$
Non-linearity (% of F.S.)		± 0.2
Hysteresis (% of F.S.)		± 0.2
Repeatability (% of F.S.)		± 0.2
Allowable overload (% of F.S.)		± 150



Fig. 5 The photograph of the submerged body



Fig. 6 Installation for the resistance test

대형 캐비테이션터널 시험부에 설치된 수중 물수체는 Fig. 5에 나타나 있다. Fig. 6은 저항시험을 위하여 프로펠러 허브 만이 설치된 상태를 보여준다. 대상 물수체 저항시험의 유속 범위는 1.0~12.0m/s 이며, 1.0m/s 간격으로 계측이 수행되었다. 계측된 결과는 미 해군연구소(DTRC) 고속 예인수조에서 계측된 저항 결과와 비교를 수행하였는데, Fig. 7에 나타나 있다. KRISO의

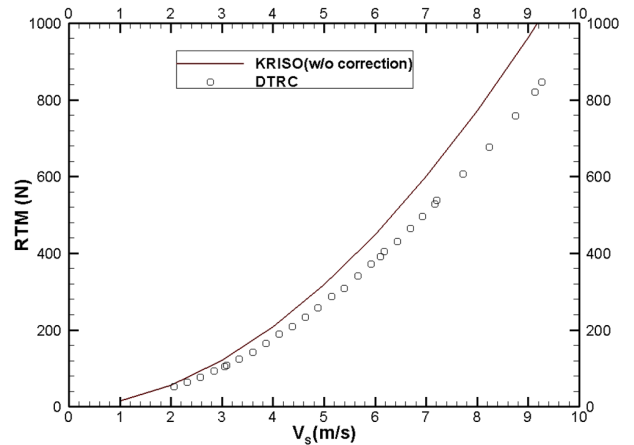


Fig. 7 Comparison of resistance before blockage effect correction

저항시험 결과는 DTRC 결과와 16~20% 차이가 나타난다. 제한수로에 위벽효과로 인하여 저항이 증가되어 나타난 현상으로 위벽효과 수정이 요구된다.

3. 위벽효과 수정

대형 캐비테이션터널과 같은 벽면이 존재하는 제한 수로에서 수중 물수체의 타당한 저항시험 결과를 얻으려면 저항시험을 수행한 후 부력효과(buoyancy effect), 물체위벽효과(solid blockage effect) 및 반류위벽효과(wake blockage effect)를 수정하여야 한다. 부력 효과는 대형 캐비테이션터널 벽면에 경계층이 생성됨으로써 하류로 갈수록 유속이 증가되고 압력이 감소되면서 수중 물수체의 저항이 증가되는 현상이다. 물체위벽효과는 시험부에 수중 물수체와 같은 물체가 존재함으로써 시험부 유속이 증가하는 현상이며, 반류위벽효과는 수중 물수체 후류에 반류가 생성됨으로써 시험부 유속을 증가시키는 현상이다. 위벽효과 수정은 기존 문헌 (Rae & Pope, 1984)에서 제시한 방법에 따라서 수행된다.

(a) 부력 효과(buoyancy effect)

3차원 수중 물수체의 부력은 Glauert가 제시한 다음의 경험식에 따라 산정된다 (Rae & Pope, 1984).

$$\Delta D_B = -\frac{\pi}{4} \lambda_3 t^3 \frac{dp}{dl} \quad (1)$$

여기서, λ_3 는 물체형상계수이며, t 는 모형 최대 두께로서 최대 직경을 사용한다. λ_3 는 기존 문헌에서 제시한 도표에서 얻을 수 있다. 압력구배(dp/dl)는 Fig. 2에서 보여지는 것과 같이 상류쪽 및 하류쪽 관측창 하부에 설치된 압력센서(PT)를 이용하여 시험 모형이 설치되지 않은 균일류 상태의 차압을 구하거나, 평판 난류경계층과 관련하여 Prandtl이 제안한 power-law 식으로 배제 두께(displacement thickness, δ^*)를 구하여 압력구배를 산정할

수 있다 (White, 1974). 배제두께는 다음의 식으로 계산된다.

$$\frac{\delta^*}{x} \approx 0.046 Re_x^{-1/5} \quad (2)$$

여기서, x 는 대형캐비테이션터널 시험부 시작점으로부터 거리이다. 시험부 시작점과 종료점에서 배제두께를 산정하면, 4개의 벽면에 형성된 배제두께를 제외하고 얻은 시작점과 종료점의 단면적(A_1 & A_2)을 산정할 수 있으며, 계측된 시작점 유속(V_1)과 연속 방정식을 이용하여 종료점 유속(V_2)을 얻을 수 있다. 압력구배 (ΔP)는 Bernoulli 식을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Delta P = \frac{\rho}{2} (V_1^2 - V_2^2) \quad (3)$$

배제 두께를 구하여 압력차를 산정하여(ΔP Cal.) 얻은 부력과 압력차를 계측하여(ΔP Exp.) 얻은 부력(ΔD_B)은 Fig. 8에서 볼 수 있다. 압력을 계측하여 산정된 부력이 배제두께로부터 산정된 부력보다 크게 나타난다. Fig. 9는 부력 수정 후에 저항결과를 보여준다. KRISO의 저항시험 결과는 DTRC 결과와 6~11% 차이가 나타난다. 부력 수정으로 약 9~10% 정도가 수정되었다.

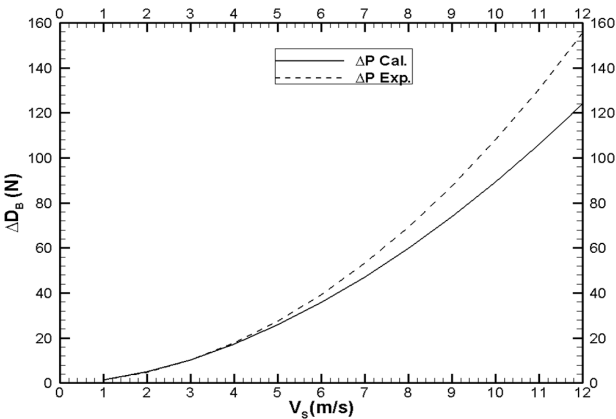


Fig. 8 Comparison of buoyancy (calculation & experiment of ΔP)

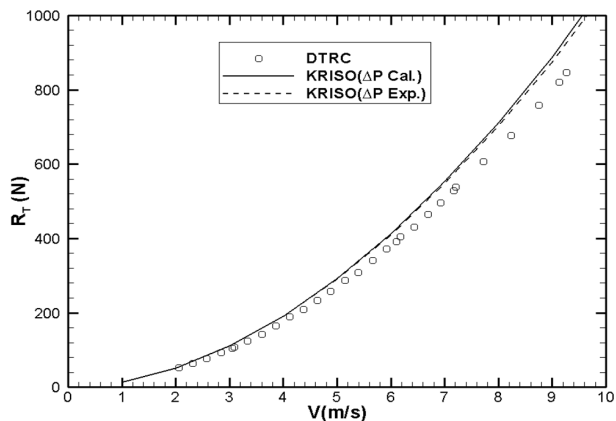


Fig. 9 Comparison of resistance after buoyancy correction

(b) 물체 및 반류 위벽효과(solid & wake blockage effect)
물체 및 반류 위벽효과는 유속의 증가로서 표현되는데, 수중 물수체를 위한 물체위벽효과는 다음의 수식으로 산정된다.

$$\epsilon_{sb} = \frac{\Delta V}{V} = \frac{K_3 \tau_1 V_{body}}{C^{1.5}} \quad (4)$$

여기서, K_3 는 물체형상계수이며, τ_1 는 터널 시험부 형상에 따른 인수이다. K_3 와 τ_1 는 기존 자료에서 제시한 기하학적 형상에 따른 분포도에서 축대칭체(Body of Revolution)에 해당되는 곡선으로부터 얻을 수 있다 (Rae & Pope, 1984). 분포도로부터 얻은 K_3 는 0.915, τ_1 은 0.89이다. C 는 대형캐비테이션 터널 시험부 단면적이다. 시험부의 넓이는 2.8m, 높이는 1.8m이다.

반류위벽효과는 다음의 수식으로 산정된다.

$$\epsilon_{wb} = \frac{\Delta V}{V} = \frac{S}{4C} C_{Tu} \quad (5)$$

여기서, S 는 수중 물수체의 표면적이며, C_{Tu} 는 부력을 감한 저항 값을 가지고 산정한 전저항 계수이다.

물체 및 반류 위벽효과의 총 수정량(ϵ_T)은 다음과 같다.

$$\epsilon_T = \epsilon_{sb} + \epsilon_{wb} \quad (6)$$

$$V_C = V(1 + \epsilon_T) \quad (7)$$

여기서, V_C 는 수정된 유속으로 대형캐비테이션 터널 시험부 상류에서 계측된 유속(V)을 총수정량 만큼 증가시킨 유속이다. 제시된 도표에서 K_3 와 τ_1 을 얻은 후 산정된 물체위벽효과에 따른 유속 증가량은 약 5.2%로 나타났으며, 반류위벽효과에 따른 유속 증가량은 약 0.1%로 나타났다. 최종적으로 약 5.3% 유속이 증가하는 수정이 요구된다.

(c) 저항 수정 및 저항 계수

앞서 산정된 부력과 물체 및 반류 위벽효과를 고려하여 수정된 저항 결과는 DTRC 결과와 비교되어 Fig. 10에 보여진다. 수정된 저항을 이용하여 각종 저항 계수를 구하고 DTRC 결과와 비교를 수행하였다. Fig. 11은 전저항계수(C_T)의 비교를 보여준다. 유속 3.0m/s 이상에서는 거의 유사한 값을 나타내지만, 그 이하에서는 차이가 나타나고 있다. 저속 구간에서 전저항 계수가 증가하는 경향은 유사하지만 구간의 차이가 나타난다. 수중물수체의 경우 마찰저항계수는 ATTC 곡선으로부터 구할 수 있다. 수상 선박에서 사용하는 ITTC 1957 곡선에 따른 마찰저항계수는 실제 물체 마찰저항이 아닌 모형선-실선 상관관계 수정을 위한 계수지만 비교를 위하여 본 연구에서 적용해 보았다. ITTC 1957 곡선은 다음과 같이 표현된다.

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} R_n - 2)^2} \quad (8)$$

평판 마찰항력을 산정하는데 합리적인 방법으로 알려진 ATTC 곡선은 다음과 같다 (Kim et al., 2019).

$$\frac{0.242}{\sqrt{C_F}} = \log_{10}(R_n \times C_F) \quad (9)$$

2가지 곡선으로부터 도출된 마찰저항계수(C_F)는 Fig. 12에 나타나 있다. ATTC 곡선으로부터 얻은 마찰저항계수가 약간 작은 것으로 나타났다.

잉여저항계수(C_R)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_R = C_T - C_F \quad (10)$$

잉여저항계수는 압력차를 구한 두가지 방법과 마찰저항계수를 구한 두가지 방법 모두 적용한 4가지 경우에 대하여 Fig. 13과 같이 DTRC 실험결과와 비교를 수행하였다. ATTC 곡선으로부터 얻은 잉여저항계수가 실험값에 접근하고 있어, 수중 물수체 적용에 타당성을 확인할 수 있었다. 또한, 배제두께로부터 저항을 수정한 결과가 실험값에 좀 더 접근하고 있는 것으로 나타났다.

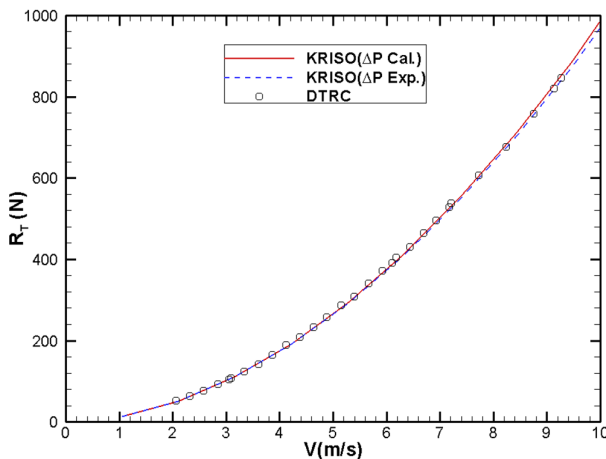


Fig. 10 Comparison of resistance after blockage effect correction

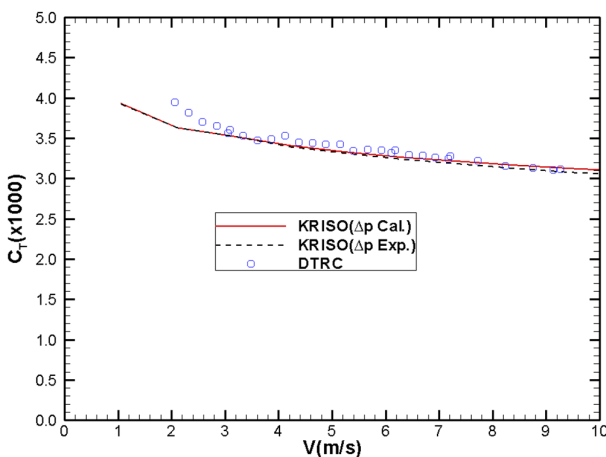


Fig. 11 Comparison of total resistance coefficient

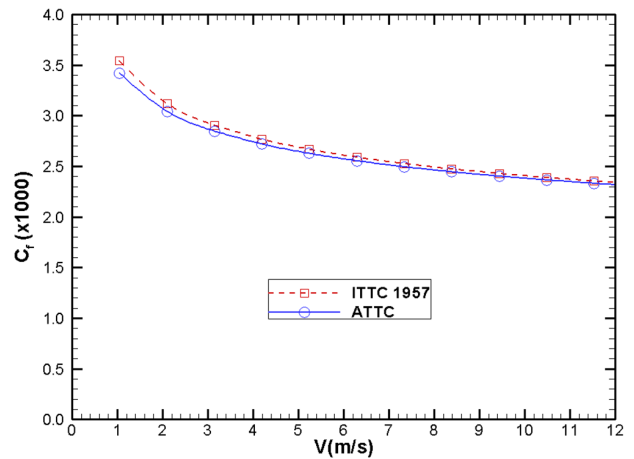


Fig. 12 Comparison of frictional resistance coefficient

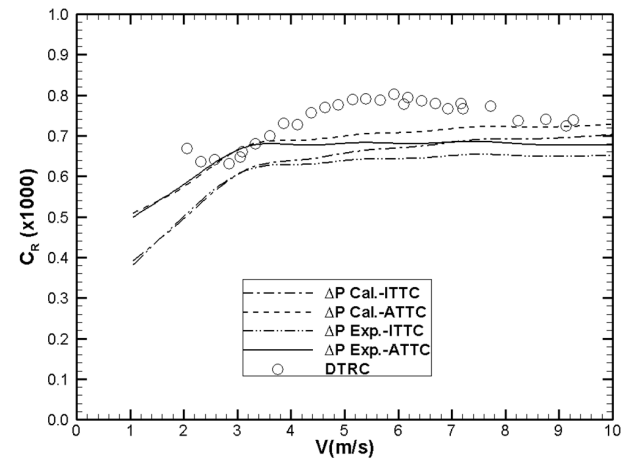


Fig. 13 Comparison of residuary resistance coefficient

4. 유속 계측 기반 위벽효과 수정

기존 문헌 (Rae & Pope, 1984)에서 제시한 방법에 따라 수정된 위벽 효과가 어느 정도 타당한지 검토가 필요하였다. 또한 기존 문헌에서 제시한 도표를 이용하여 계수 및 인수를 구하는 것도 오차를 유발할 가능성이 있어 개선된 수정방법이 요구되었다. 물체위벽효과 검증을 위하여 LDV를 이용하여 수중 물수체 상류 및 선수부 근처에 유속을 계측하였다. 계측위치는 Fig. 2에 보여지듯이 대형캐비테이션터널 상류로부터 2번째 관측창(2nd Window)과 4번째 관측창(4th Window)이며, 수중 물수체의 중심 높이에서 반경방향(R)으로 계측을 수행하였다. Fig. 14는 4개의 시험부 유속에서 LDV를 이용하여 계측된 유속분포를 보여준다. 경계층 영향을 피하기 위하여 수중물수체 표면으로부터 최대반경(R_{max}) 이상 떨어진 위치부터 계측을 수행하였다. 4번째 관측창에서의 유속 증가량을 분석해 본 결과 상류보다 약 4.8% 정도 유속이 증가된 것으로 나타났다. 이를 물체위벽에 의한 증가량으로 볼 때 기존 경험식에서 유도된 증가량보다 약 0.5% 작게 나타난다. 반류위벽 효과는 기존 문헌에서 무시할 수 있다고 언급되어 있고 현재 논문에서도 크게 영향이 없는 정도라서 이를 무시한다고 하면 현재의

유속증가량 만큼 수정을 하여 저항 및 저항 계수를 해석할 수 있다.

부력은 식 (1)에서 얻은 결과를 그대로 사용하고 LDV 유속계 측을 기반으로 물체막힘효과를 수정한 수중 물수체 저항은 Fig. 15에 나타난다. 유속 7.0m/s 이하에서는 DTRC 실험 결과에 좀 더 일치하는 결과를 보여준다. Fig. 16은 전저항계수를 보여준다. 저항과 마찬가지로 7.0m/s 이하에서 DTRC 실험결과에 좀 더 접근하는 결과를 보여준다. ATTC가 제시한 마찰저항계수를 이용하여 계산된 잉여저항계수는 Fig. 17에 보여진다. 압력구배를 배제두께로부터 구하여 부력을 계산한 수정결과가 DTRC 실험결과에 좀 더 접근하는 경향을 보여준다. 기존문헌에서 제시한 방법으로 얻은 결과와 비교해 보면 4.0m/s 이상의 영역에서 DTRC 실험결과에 좀 더 접근하는 경향을 보여준다.

기존 문헌에서 제시한 수식으로 수정한 위벽효과와 LDV를 이 이용하여 수정된 결과를 비교해 볼 때 유속계측에 의한 수정 방법이 구간별로 실험결과에 좀 더 접근하는 경향을 보여주었지만 큰 차이는 나타나지 않았다. 기존자료에서 제시한 위벽효과 수정과 LDV를 이용한 유속계측에 의한 물체위벽효과 수정 방법 모두 활용이 가능함을 알 수 있다.

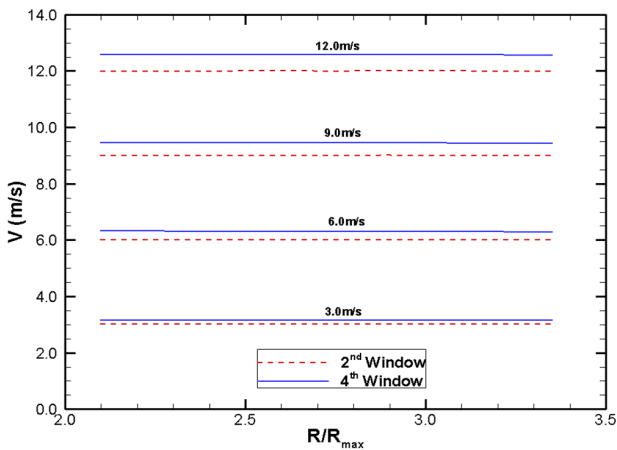


Fig. 14 LDV measurement results for solid blockage correction

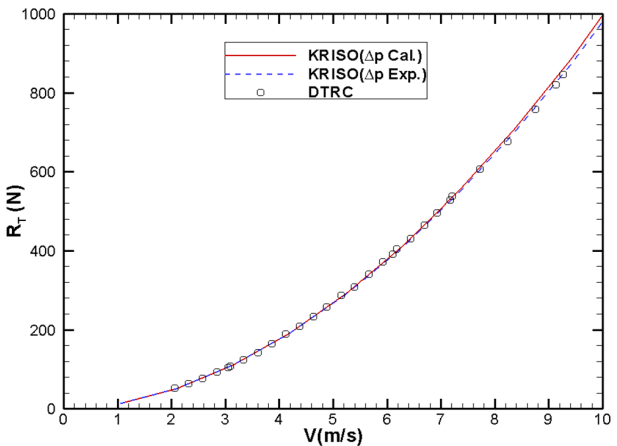


Fig. 15 Comparison of the resistance after correction using LDV

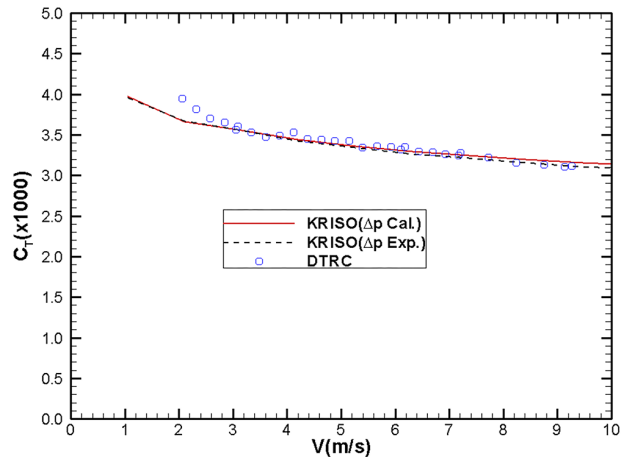


Fig. 16 Comparison of total resistance coefficient (LDV)

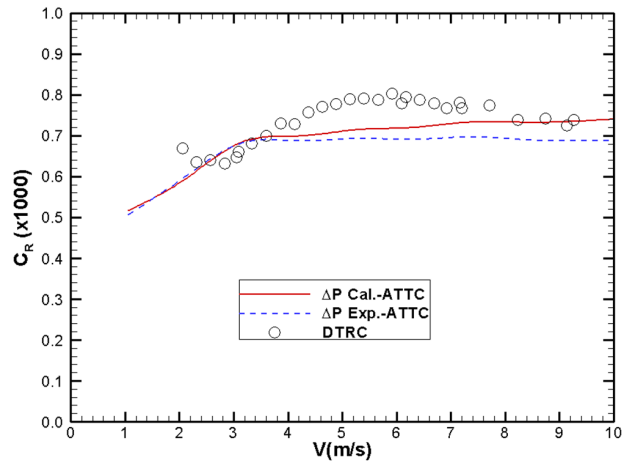


Fig. 17 Comparison of residuary resistance coefficient (LDV)

5. 결론

대형 캐비테이션터널에서 수중 물수체의 저항시험을 수행하고자, 형상 및 제원이 공개된 수중 물수체를 선정하여 시험 모형 제작하였으며, 고속 영역까지 수행된 예인수조 저항시험 자료를 확보하여 결과를 비교 검토하였다. 대형 캐비테이션터널에 수중 물수체 설치 후 저항시험을 수행하고 미 해군연구소(DTRC) 실험 결과와 비교해 본 결과 대형 캐비테이션터널에서 계측된 저항이 DTRC의 계측결과보다 16~20% 정도 크게 계측되었다. 벽면이 존재하는 제한수조에서 계측할 때 나타나는 현상으로 기존 문헌에서 언급된 3가지 위벽효과(부력효과, 물체위벽효과, 반류위벽효과)의 수정이 요구되었다.

기존 문헌에서 제시한 3가지 위벽효과 수정을 위한 수식을 사용하여 대형 캐비테이션터널의 저항시험 결과를 수정하였다. 부력 계산을 위한 압력구배를 구하기 위하여 상류와 하류에서 시험부 내부 압력을 직접 계측하는 방법과 시험부 벽면에 배제두께를 계산하여 압력구배를 구하는 2가지 방법을 사용하였다. 물체 및 반류 위벽 효과는 기존 문헌에서 제시한 수식을 이용하

여 구하였으며, 약 5.3% 유속이 증가하는 결과를 얻었다. 3종의 위벽효과를 수정한 후 DTRC의 예인수조 시험 결과와 비교해 본 결과 저항 및 전 저항계수는 압력구배 취득 방법에 상관없이 시험 결과와 잘 일치하는 것으로 나타났다. 잉여저항계수를 구하기 위하여 산정되는 표면마찰계수는 비교를 위하여 ITTC 1957 곡선과 ATTC 곡선을 사용하는 2가지 방식 모두 적용해 보았다. 압력구배 취득 방법과 표면마찰계수 산정 방법 모두 적용하여 잉여저항계수를 비교해 본 결과 예상대로 ATTC 곡선으로 표면마찰계수를 구하는 방법이 DTRC 시험 결과에 좀더 접근하였으며, 배제두께를 계산하여 압력구배를 구하는 방법이 시험결과에 더욱 접근하였다. 결론적으로 배제두께 산정결과로부터 부력을 구하고 ATTC 곡선으로 마찰저항계수를 구하여 산정된 잉여저항계수가 DTRC 시험 결과에 가장 근접함을 보여 주었다.

기존 문헌에서 제시한 물체위벽효과 검증을 위하여 수행한 LDV를 이용한 유속분포를 수중물수체 상류와 선수부에서 측정하였다. 선수부에서 약 4.8% 유속이 증가하였는데, 기존 문헌에서 제시한 수식으로 얻은 결과와 큰 차이가 없다고 사료된다. 저항 및 잉여저항계수는 기존 문헌 수식으로부터 얻은 결과보다 약간 증가한 것으로 나타났으며, 구간별로 DTRC 시험결과에 일치하거나 접근된 결과를 보여준다. 기존 문헌 수식으로부터 구한 물체위벽효과 수정 방법과 유속분포를 측정하여 얻은 물체위벽효과 수정 모두 차이가 거의 나타나지 않아 2가지 모두 적용이 가능한 것으로 나타났다.

고속 예인수조에서 예측된 저항시험결과를 이용하여 대형캐비테이션터널에서 얻은 수중물수체 저항시험 수정 기법을 검토하여 타당한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 저항시험도 3가지 위벽효과를 고려하여 해석하게 되면 예인 수조와 유사한 결과를 얻을 수 있다고 사료되지만 비교할 수 있는 자료는 확보하지 못한 상태이다. 본 연구의 최종 목표는 대형캐비테이션터널에서 저항 및 저항 시험을 수행하여 캐비테이션 시험을 위한 운항조건을 도출하는 것이다. 최종 수중 물수체에 대한 저·저항시험은 예인수조에서 수행하여야 하지만 개발단계에서 대형캐비테이션터널에서 수행된 저·저항시험 결과를 활용할 수 있다면 시간 및 비용에서 상당한 장점이 있다. 앞으로 예인 수조 저항시험 자료를 확보하게 되면 추가적인 연구를 수행하고자 한다.

후 기

본 연구는 방위사업청과 국방연구소가 지원한 특화연구실 사업 '미래 잠수함 추진기 소음 모형시험법 개발 및 D/B 구축연구(FS-02)' 과제(PGS3382)와 주요사업 '고효율/저소음 선박을 위한 추진기소음 원천기술 개발 및 실선적용 연구' 과제(PES3440) 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Ahn, J.W., Kim, G.D., Kim, K.S. & Park, Y.H., 2015. Performance trial-test of the full-scale driving pump for the Large Cavitation Tunnel(LCT). *Journal of Society of Naval Architects of Korea*, 52(6), pp.428-434.
- Ahn, J.W., Park, Y.H., Kim, K.S. & Choi, D.H., 2012, *High-capacity 3 component load cell for resistance measurement*, Patent Number 10-1160617.
- Byeon, C.Y., Kim, J.I., Park, I.R. & Seol, H.S., 2018. Resistance and self propulsion simulations for the DARPA SUBOFF submarine by using RANS method. *Journal of Computational Fluids Engineering*, 23(3), pp.36-46.
- Crook, B., 1990. Resistance for DARPA suboff as represented by model 5470, *David taylor research center report*, Report No DTRC/SHD-1298-07.
- Groves, N., Huang, T. & Chang, M., 1989. *Geometric characteristics of DARPA suboff models david taylor research center report*, Report No DTRC/SHD-1298-01.
- Kim, H.T., Kim, H.T. & Lee D.Y., 2019. Study on the skin-friction drag reduction phenomenon by air layer using CFD technique. *Journal of Society of Naval Architects of Korea*, 56(4), pp.361-372.
- Rae, W.H. & Pope, A., 1984. *Low-speed wind tunnel testing - 2nd Edition*, John Wiley & Sons.
- White, F.M., 1974, *Viscous fluid flow*, McGRAW-HILL book company.



안종우

설한신

박영하

김기섭