



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0096195
(43) 공개일자 2016년08월12일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B63H 5/15 (2006.01) B63B 1/08 (2006.01)
B63H 5/08 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
B63H 5/15 (2013.01)
B63B 1/08 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2016-7019210</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2014년12월16일
심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2015년07월15일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2014/006281</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2015/093048
국제공개일자 2015년06월25일</p> <p>(30) 우선권주장
JP-P-2013-259664 2013년12월16일 일본(JP)
JP-P-2014-107429 2014년05월23일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인
고쿠리츠겐큐카이하츠호진 가이쥬 · 고완 · 고쿠기
쥬츠겐큐쥬
일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고</p> <p>(72) 발명자
가와시마 히데키
일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고
내셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내
사카모토 노부아키
일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고
내셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내
(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
강일우</p> |
|--|---|

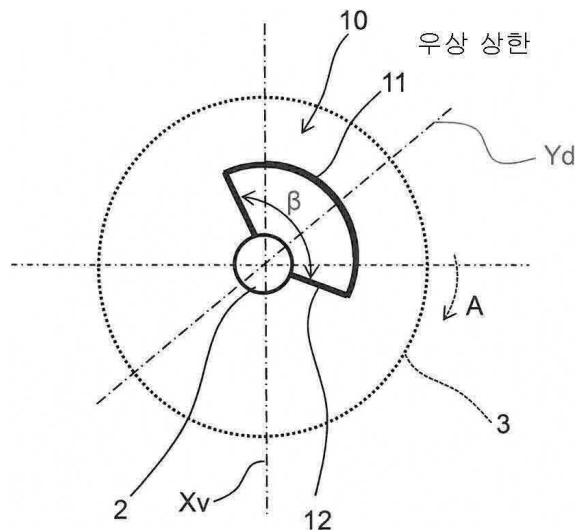
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 선미용 덕트, 선미용 부가물, 선미용 덕트의 설계 방법, 및 선미용 덕트를 장착한 선박

(57) 요약

본 발명은, 선체(1)의 선미(2)에 부착한 프로펠러(3)의 전방에 부착되는 선미용 덕트(10)에 있어서, 덕트 본체(11)를 90도에서 140도의 각도 범위의 원호 형상으로 형성하고, 덕트 본체(11)의 후단에 형성하는 후단 원호부(11r)의 반경(Rr)을 프로펠러(3)의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하고, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서, 프로펠러(3)의 상하 방향의 프로펠러 중심선(Xv)에 대해서 덕트 본체(11)의 덕트 중심선(Yd)이 프로펠러(3)의 회전 방향으로 기울기를 가지도록, 덕트 본체(11)를 지지 수단(12)으로 선미(2)에 부착한 것으로, 덕트 본체(11)를 선체(1)에 부가해도 선체(1)의 저항을 증가시키는 일 없이 선각 효율을 개선할 수 있는 선미용 덕트, 선미용 부가물, 선미용 덕트의 설계 방법, 및 선미용 덕트를 장착한 선박을 제공한다.

대표도 - 도9



(52) CPC특허분류

B63H 5/08 (2013.01)
Y02T 70/127 (2013.01)
Y02T 70/128 (2013.01)

(72) 발명자

구메 켄이치

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

후지사와 준이치

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

기시모토 마사히로

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

이치노세 야스오

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

가사하라 요시카즈

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

가네코 아즈미

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

하마다 타즈야

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

와코 다이스케

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

우토 쇼타로

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

아라키 모토키

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

히나즈 무네히코

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

가와나미 야스타카

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 내
셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내

명세서

청구범위

청구항 1

선체의 선미에 부착한 프로펠러의 전방에 부착되는 선미용 덕트에 있어서,
 덕트 본체를 90도에서 140도의 각도 범위의 원호 형상으로 형성하고,
 상기 덕트 본체의 후단에 형성하는 후단 원호부의 반경을 상기 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하고,
 상기 선체를 후방에서 전방을 본 상태에서, 상기 프로펠러의 상하 방향의 프로펠러 중심선에 대해서 상기 덕트 본체의 덕트 중심선이 상기 프로펠러의 회전 방향으로 기울기를 가지도록, 상기 덕트 본체를 지지 수단으로 상기 선미에 부착한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 프로펠러의 회전 방향으로의 기울임각을, 상기 프로펠러의 중심으로부터 상방의 상기 프로펠러 중심선에 대해서, 상기 프로펠러의 회전 방향으로 0도보다 크고 60도 이하의 각도 범위로 한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 3

선체의 선미에 부착한 프로펠러의 전방에 부착되는 선미용 덕트에 있어서,
 덕트 본체를 180도에서 270도의 각도 범위의 원호 형상으로 형성하고,
 상기 덕트 본체의 후단에 형성하는 후단 원호부의 반경을 상기 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하고,
 상기 선체를 후방에서 전방을 본 상태에서, 상기 프로펠러의 상하 방향의 프로펠러 중심선에 대해서 상기 덕트 본체의 덕트 중심선이 상기 프로펠러의 회전 방향으로 기울기를 가지도록, 상기 덕트 본체를 지지 수단으로 상기 선미에 부착한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
 상기 프로펠러의 회전 방향으로의 기울임각을, 상기 프로펠러의 중심으로부터 상방의 상기 프로펠러 중심선에 대해서, 상기 프로펠러의 회전 방향으로 30도 이상 60도 이하의 각도 범위로 한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 5

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,
 상기 덕트 본체의 전후방향의 단면을 내측으로 돌출되는 익형(翼型)으로 형성한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 6

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,
 상기 후단 원호부의 반경을, 전단에 형성하는 전단 원호부의 반경보다 작게 한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 7

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 덕트 본체의 가상 중심축을 상기 프로펠러의 회전 중심축과 일치시킨 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 8

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 덕트 본체의 가상 중심축을 상기 프로펠러의 회전 중심축으로부터 어긋나게 한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 9

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 선체를 측면시한 상태로, 상기 덕트 본체의 가상 중심축을 상기 프로펠러의 회전 중심축에 대해서 기울인 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 10

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 덕트 본체를, 상기 지지 수단으로서의 지주(支柱)를 개재하여 상기 선체의 선미관 또는 상기 선미관을 감싸는 상기 선미의 단부에 부착한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 지주의 단면을, 내측으로 돌출되는 익형으로 형성한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 지주를, 비튼 형상으로 형성하는 것으로, 상기 프로펠러로 향하는 흐름을, 상기 프로펠러의 회전 방향에 대해서 대향류화(對向流化)한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 지주를, 상기 선미측 전후폭보다 상기 덕트 본체측 전후폭을 크게 형성한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트.

청구항 14

선체의 선미에 부착한 프로펠러의 전방에 부착되는 선미용 부가물에 있어서,

원호 형상의 가상 덕트 본체를 지지하는 한 쌍의 지주를, 한 쌍의 상기 지주의 사이의 각도가 180도에서 270도의 각도 범위가 되도록 상기 선미에 부착하고,

상기 가상 덕트 본체의 후단에 형성하는 가상 후단 원호부의 반경을 상기 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하고,

상기 선체를 후방에서 전방을 본 상태에서, 상기 프로펠러의 상하 방향의 프로펠러 중심선에 대해서 한 쌍의 상기 지주의 지주 중심선이 상기 프로펠러의 회전 방향으로 기울임을 가지는 것을 특징으로 하는 선미용 부가물.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 프로펠러의 회전 방향으로의 기울임각을, 상기 프로펠러의 중심으로부터 상방의 상기 프로펠러 중심선에 대해서, 상기 프로펠러의 회전 방향으로 30도 이상 60도 이하의 각도 범위로 한 것을 특징으로 하는 선미용 부가물.

청구항 16

제 1 항 또는 제 3 항에 기재된 선미용 덕트의 설계 방법으로서, 상기 선미용 덕트를 설계하는 것에 있어서, 원호 형상의 상기 덕트 본체와 동일 반경의 전체주위(全周) 덕트를 설정하는 스텝과, 상기 전체주위 덕트를 이용한 상기 선체의 수치계산에 의한 저항·자항(自航) 계산을 행하는 스텝과, 저항·자항 계산 결과로부터 상기 전체주위 덕트의 표면에 작용하는 선체 추진 방향의 유체력 분포 및/또는 상기 전체주위 덕트의 후방으로부터 프로펠러면까지의 유속·유향(流向) 분포를 구하는 스텝과, 상기 유체력 분포 및/또는 상기 전체주위 덕트의 후방으로부터 프로펠러면까지의 유속·유향 분포에 근거하여 상기 전체주위 덕트로부터 원호 형상의 상기 덕트 본체의 형상을 결정하는 스텝을 구비한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트의 설계 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,
상기 지지 수단의 부착수를 설정하는 스텝을 구비하고, 설정한 상기 지지 수단의 조건을 이용하여 상기 선체의 수치계산에 의한 저항·자항 계산을 행하는 스텝을 실행한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트의 설계 방법.

청구항 18

제 16 항에 있어서,
상기 유체력 분포는, 스러스트 분포와 저항 성분 분포인 것을 특징으로 하는 선미용 덕트의 설계 방법.

청구항 19

제 1 항 또는 제 3 항에 기재된 선미용 덕트를 상기 선미에 장착한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트를 장착한 선박.

청구항 20

제 19 항에 있어서,
상기 선체가 2축 선미 쌍동형(雙胴型)의 선체인 것을 특징으로 하는 선미용 덕트를 장착한 선박.

청구항 21

제 19 항에 있어서,
상기 선체가 기존의 선체이며, 상기 선미용 덕트를 상기 선체에 나중에 부가한 것을 특징으로 하는 선미용 덕트를 장착한 선박.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 선체의 선미에 장착하는 선미용 덕트(duct), 선미용 부가물, 선미용 덕트의 설계 방법, 및 선미용 덕트를 장착한 선박에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 에너지 절약 장치의 하나로서, 선체의 선미에 부착한 프로펠러의 전방에는 선미용 덕트가 부착된다.

[0003] 특허문헌 1에서는, 원호 형상의 덕트를 부착한 선박을 제안하고 있다. 이 원호 형상의 덕트는, 프로펠러의 전방으로서 선미부에 생기는 선미 세로방향 소용돌이(longitudinal vortex)의 중심 위치보다 상방에 배치되어 있다. 또한, 이 덕트의 양하단부와 선미부의 측면의 사이를 프로펠러의 반경 방향으로 각각 연장 돌출된 주 핀(fin)을 구비하고, 주 핀은 선박 후방에서 전방을 향하여 전방 상승방향으로 기울이고 있다(특히 단락 번호(0014) ~ (0016)).

[0004] 또한, 특허문헌 2에서는, 원통의 상반부만으로 이루어지는 반원호 형상의 선미 덕트를 개시하고 있다(특히 도 1 및 단락 번호(0018)).

[0005] 또한, 특허문헌 3에서는, 대략 원뿔 사다리꼴 형상의 통을, 중심축을 포함하는 평면에서 대략 반으로 절단한 대략 반원뿔 사다리꼴 형상의 외각(外殼)과, 외각을 선미부에 고정하는 2매의 연결판을 구비하고, 외각의 지름이 짧은 쪽을 프로펠러측으로 향하게 함과 함께 외각이 프로펠러의 상반분(上半分)의 부분과 상대(相對)하도록 외각을 배치한 덕트 장치를 제안하고 있다(특히 도 1, 도 2 및 단락 번호(0020)).

[0006] 또한, 특허문헌 4에서는, 제1 판 형상체가 원호 형상으로 만족되어 있고, 제1 판 형상체의 단부에 직선 형상의 제2 판 형상체가 마련되어 있는 선박용 덕트를 개시하고 있다(특히 단락 번호(0006)).

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2011-178222호
- (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2006-347285호
- (특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 2008-137462호
- (특허문헌 0004) 일본 공개특허공보 2008-308023호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 특허문헌 1에 있어서의 원호 형상의 덕트는, 선체를 후방에서 전방을 본 상태에서 프로펠러의 상하 방향의 중심선에 대해서 대칭을 이루도록 부착되어 있다. 또한, 특허문헌 1에 있어서, 반원형의 덕트에서는, 추력은 주로 상측 부분에서 발생하고, 측면 부분에서는 추력을 발생시키지 않는다는 문제점, 즉, 반원형의 덕트의 측면 부분에서는 추력을 얻지 못하고, 반원형의 덕트의 측면 부분이 저항이 증가하는 원인이 되는 문제점에 착안하여(단락 번호(0006)), 이 문제점을 해결하기 위해서, 주 핀을 마련하고 하강류로부터 보조 추력을 얻고 있다. 또한, 특허문헌 1의 도면에서는, 반원보다 각도가 작은 원호 형상의 덕트를 도시하고 있지만, 원호의 중심각에 대해서는 어떤 기술도 되어 있지 않고, 도시의 덕트에서는, 약 145도 정도의 중심각으로 되어 있다. 또한, 덕트의 표면에 작용하는 선체 추진 방향의 유체력 분포를 고려하여 중심각을 결정하고 있는 것도 아니다.

[0009] 또한, 특허문헌 2에 있어서의 반원호 형상의 선미 덕트에 대해서도, 선체를 후방에서 전방을 본 상태에서 프로펠러의 상하 방향의 중심선에 대해서 대칭을 이루도록 부착되어 있다. 또한, 특허문헌 2는, 종래, 선미 핀, 선미 덕트, 러더(rudder) 핀을 각각 개별적으로 마련하고 있었을 경우에 비하여, 동력의 삭감율을 높이고, 에너지 절약화를 더 진행시키는 것으로, 선미 핀, 선미 덕트, 및 러더 핀의 상호의 관계가 필요하고, 선미 덕트는, 선미 핀에서 막힌 하강류가 프로펠러에 유입되는 속도를 감속시키기 위해서 마련하고 있다(특히 단락 번호(0016)).

[0010] 또한, 특허문헌 3에 있어서의 대략 반원뿔 사다리꼴 형상의 외각에 대해서도, 선체를 후방에서 전방을 본 상태에서 프로펠러의 상하 방향의 중심선에 대해서 대칭을 이루도록 부착되어 있다. 또한, 특허문헌 3에서는, 중심각이 180도보다 작은 외각을 가지는 덕트 장치를 개시하고 있지만, 외각의 중심축과 프로펠러의 회전축이 일치하고 있는 조건에서는, 중심각이 150도가 되는 것을 개시하고 있는 것에 지나지 않는다(도 7의 (A) 및 단락 번호(0037)). 또한, 중심각도 덕트의 표면에 작용하는 선체 추진 방향의 유체력 분포를 고려하여 중심각을 결정하고 있는 것도 아니다.

[0011] 또한, 특허문헌 4에 있어서의 원호 형상에 만족된 제1 판 형상체에 대해서도, 선체를 후방에서 전방을 본 상태에서 프로펠러의 상하 방향의 중심선에 대해서 대칭을 이루도록 부착되어 있다. 또한, 특허문헌 4에서는, 원호의 중심각에 대해서는 구체적으로 기재되지 않지만, 180도를 초과하는 중심각이다(특히 도 2 및 단락 번호(0026)).

[0012] 여기서, 본 발명은, 덕트 본체를 선체에 부가해도 선체의 저항을 증가시키는 일 없이 선각(船殼) 효율을 개선할 수 있는 선미용 덕트, 선미용 부가물, 선미용 덕트의 설계 방법, 및 선미용 덕트를 장착한 선박을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0013] 또한, 본 발명은, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율(伴流率)을 작게 할 수 있는 선미용 덕트, 선미용 부가물, 선미용 덕트의 설계 방법, 및 선미용 덕트를 장착한 선박을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0014] 청구항 1에 기재된 본 발명에 대응한 선미용 덕트에 있어서는, 선체의 선미에 부착한 프로펠러의 전방에 부착되는 선미용 덕트에 있어서, 덕트 본체를 90도에서 140도의 각도 범위의 원호 형상으로 형성하고, 덕트 본체의 후단에 형성하는 후단 원호부의 반경을 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하고, 선체를 후방에서 전방을 본 상태에서, 프로펠러의 상하 방향의 프로펠러 중심선에 대해서 덕트 본체의 덕트 중심선이 프로펠러의 회전 방향으로 기울기를 가지도록, 덕트 본체를 지지 수단으로 선미에 부착한 것을 특징으로 한다. 청구항 1에 기재된 본 발명에 의하면, 덕트 본체를 90도에서 140도의 각도 범위의 원호 형상으로 형성하는 것으로, 덕트 본체를 선체에 부가해도 선체의 저항을 증가시키는 일 없이 선각 효율을 개선할 수 있다. 또한, 덕트 본체의 후단에 형성하는 후단 원호부의 반경을 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것으로, 덕트 본체와 프로펠러와의 간섭이 커져서, 유효 반류율을 작게 할 수 있다. 또한, 프로펠러의 상하 방향의 프로펠러 중심선에 대해서 덕트 본체의 덕트 중심선이 프로펠러의 회전 방향으로 기울기를 가지도록 덕트 본체를 부착하는 것으로, 기울임이 없는 경우와 비교하여, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 더 작게 할 수 있다.

[0015] 청구항 2에 기재된 본 발명에 대응한 선미용 덕트에 있어서는, 프로펠러의 회전 방향으로의 기울임각을, 프로펠러의 중심으로부터 상방의 프로펠러 중심선에 대해서, 프로펠러의 회전 방향으로 0도보다 크고 60도 이하의 각도 범위로 한 것을 특징으로 한다. 청구항 2에 기재된 본 발명에 의하면, 덕트 본체의 덕트 중심선의 프로펠러 회전 방향으로의 기울임각을 0도보다 크고 60도 이하로 하는 것으로써, 마력(馬力) 감소율이 높은 영역에 덕트 본체나 지지 수단을 향하게 할 수 있기 때문에, 에너지 절약 효과가 높은 선미용 덕트를 제공할 수 있다.

[0016] 청구항 3에 기재된 본 발명에 대응한 선미용 덕트에 있어서는, 선체의 선미에 부착한 프로펠러의 전방에 부착되는 선미용 덕트에 있어서, 덕트 본체를 180도에서 270도의 각도 범위의 원호 형상으로 형성하고, 덕트 본체의 후단에 형성하는 후단 원호부의 반경을 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하고, 선체를 후방에서 전방을 본 상태에서, 프로펠러의 상하 방향의 프로펠러 중심선에 대해서 덕트 본체의 덕트 중심선이 프로펠러의 회전 방향으로 기울기를 가지도록, 덕트 본체를 지지 수단으로 선미에 부착한 것을 특징으로 한다. 청구항 3에 기재된 본 발명에 의하면, 덕트 본체를 180도에서 270도의 각도 범위의 원호 형상으로 형성하는 것으로, 덕트 본체를 선체에 부가해도 선체의 저항을 증가시키는 일 없이 선각 효율을 개선할 수 있다. 또한, 덕트 본체의 후단에 형성하는 후단 원호부의 반경을 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것으로, 덕트 본체와 프로펠러와의 간섭이 커져서, 유효 반류율을 작게 할 수 있다. 또한, 프로펠러의 상하 방향의 프로펠러 중심선에 대해서 덕트 본체의 덕트 중심선이 프로펠러의 회전 방향으로 기울기를 가지도록 덕트 본체를 부착하는 것으로, 기울임이 없는 경우와 비교하여, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 더 작게 할 수 있다.

[0017] 청구항 4에 기재된 본 발명은, 프로펠러 회전 방향으로의 기울임각을, 프로펠러의 중심으로부터 상방의 프로펠러 중심선에 대해서, 프로펠러의 회전 방향으로 30도 이상 60도 이하의 각도 범위로 한 것을 특징으로 한다. 청구항 4에 기재된 본 발명에 의하면, 덕트 본체의 덕트 중심선의 프로펠러 회전 방향으로의 기울임각을 30도 이상 60도 이하의 각도 범위로 하는 것으로, 마력 감소율이 높은 영역에 덕트 본체나 지지 수단을 향하게 할 수 있기 때문에, 에너지 절약 효과가 높은 선미용 덕트를 제공할 수 있다.

[0018] 청구항 5에 기재된 본 발명은, 덕트 본체의 전후방향의 단면을 내측으로 돌출되는 익형으로 형성한 것을 특징으로 한다. 청구항 5에 기재된 본 발명에 의하면, 익형에 의해 발생하는 양력의 추진 방향 성분(스러스트 성분)을 이용하는 것으로, 추력 감소율을 높이고, 추진 효율을 상승시킬 수 있다.

[0019] 청구항 6에 기재된 본 발명은, 후단 원호부의 반경을, 전단에 형성하는 전단 원호부의 반경보다 작게 한 것을 특징으로 한다. 청구항 6에 기재된 본 발명에 의하면, 덕트 본체보다 하류에서의 프로펠러에 유입되는 평균적인 유속을 늦게 하는 것으로써 유효 반류율을 작게 할 수 있고, 또한 덕트 본체의 전단측에서의 스러스트 성분을 증가시켜서 추력을 높일 수 있다.

[0020] 청구항 7에 기재된 본 발명은, 덕트 본체의 가상 중심축을 프로펠러의 회전 중심축과 일치시킨 것을 특징으로 한다. 청구항 7에 기재된 본 발명에 의하면, 설계나 장착이 용이하다.

[0021] 청구항 8에 기재된 본 발명은, 덕트 본체의 가상 중심축을 프로펠러의 회전 중심축으로부터 어긋나게 한 것을 특징으로 한다. 청구항 8에 기재된 본 발명에 의하면, 예를 들면 덕트 본체를, 선체나 프로펠러에 의해 발생하

는 비대칭의 흐름에 대응하여 추력이 높아지는 위치로 어긋나게 할 수 있다.

- [0022] 청구항 9에 기재된 본 발명은, 선체를 측면시한 상태로, 덕트 본체의 가상 중심축을 프로펠러의 회전 중심축에 대해서 기울인 것을 특징으로 한다. 청구항 9에 기재된 본 발명에 의하면, 덕트 본체를, 선미부의 흐름을 이용하여 더 추력을 높이도록 부착할 수 있다.
- [0023] 청구항 10에 기재된 본 발명은, 덕트 본체를, 지지 수단으로서의 지주를 개재하여 선체의 선미관 또는 선미관을 감싸는 선미의 단부에 부착한 것을 특징으로 한다. 청구항 10에 기재된 본 발명에 의하면, 덕트 본체를, 설치하기 쉽고, 특히 프로펠러에 대해서 적절한 위치에 배치하기 쉽다.
- [0024] 청구항 11에 기재된 본 발명은, 지주의 단면을, 내측으로 돌출되는 익형으로 형성한 것을 특징으로 한다. 청구항 11에 기재된 본 발명에 의하면, 지주에 있어서도 익형에 의해 발생하는 양력의 추진 방향 성분(스러스트 성분)을 이용할 수 있다.
- [0025] 청구항 12에 기재된 본 발명은, 지주를, 비튼 형상으로 형성하는 것으로, 프로펠러로 향하는 흐름을, 프로펠러의 회전 방향에 대해서 대향류화한 것을 특징으로 한다. 청구항 12에 기재된 본 발명에 의하면, 프로펠러의 추력을 높일 수 있다.
- [0026] 청구항 13에 기재된 본 발명은, 지주를, 선미측 전후폭보다 덕트 본체측 전후폭을 크게 형성한 것을 특징으로 한다. 청구항 13에 기재된 본 발명에 의하면, 지주의 저항을 감소시켜서 추력을 높일 수 있다.
- [0027] 청구항 14에 기재된 본 발명에 대응한 선미용 부가물에 있어서는, 선체의 선미에 부착한 프로펠러의 전방에 부착되는 선미용 부가물에 있어서, 원호 형상의 가상 덕트 본체를 지지하는 한 쌍의 지주를, 한 쌍의 지주의 사이의 각도가 180도에서 270도의 각도 범위가 되도록 선미에 부착하고, 가상 덕트 본체의 후단에 형성하는 가상 후단 원호부의 반경을 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하고, 선체를 후방에서 전방을 본 상태에서, 프로펠러의 상하 방향의 프로펠러 중심선에 대해서 한 쌍의 지주의 지주 중심선이 프로펠러의 회전 방향으로 기울임을 가지는 것을 특징으로 한다. 청구항 14에 기재된 본 발명에 의하면, 한 쌍의 지주를, 한 쌍의 지주의 사이의 각도가 180도에서 270도의 각도 범위가 되도록 덕트 본체를 실장하지 않고 선미에 부착하는 것으로, 지주를 선체에 부가해도 선체의 저항을 증가시키는 일없이 선각 효율을 개선할 수 있다. 또한, 가상 덕트 본체의 후단에 형성하는 가상 후단 원호부의 반경을 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것으로, 선미용 부가물과 프로펠러와의 간섭이 커져서, 유효 반류율을 작게 할 수 있다. 또한, 프로펠러 중심선에 대해서 한 쌍의 지주의 지주 중심선이 프로펠러의 회전 방향으로 기울임을 가지는 것으로, 기울임이 없는 경우와 비교하여, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 더 작게 할 수 있다.
- [0028] 청구항 15에 기재된 본 발명은, 프로펠러의 회전 방향으로의 기울임각을, 프로펠러의 중심으로부터 상방의 프로펠러 중심선에 대해서, 프로펠러의 회전 방향으로 30도 이상 60도 이하의 각도 범위로 한 것을 특징으로 한다. 청구항 15에 기재된 본 발명에 의하면, 한 쌍의 지주의 지주 중심선의 프로펠러 회전 방향으로의 기울임각을 30도 이상 60도 이하의 각도 범위로 하는 것으로, 마력 감소율이 높은 영역에 지지 수단을 향하게 할 수 있기 때문에, 에너지 절약 효과가 높은 선미용 부가물을 제공할 수 있다.
- [0029] 청구항 16에 기재된 본 발명에 대응한 선미용 덕트의 설계 방법은, 선미용 덕트를 설계하는 것에 있어서, 원호 형상의 덕트 본체와 동일 반경의 전체주위 덕트를 설정하는 스텝과, 전체주위 덕트를 이용한 선체의 수치계산에 의한 저항·자항(自航) 계산을 행하는 스텝과, 저항·자항 계산 결과로부터 전체주위 덕트의 표면에 작용하는 선체 추진 방향의 유체력 분포 및/또는 전체주위 덕트의 후방으로부터 프로펠러면까지의 유속·유향 분포를 구하는 스텝과, 유체력 분포 및/또는 전체주위 덕트의 후방으로부터 프로펠러면까지의 유속·유향 분포에 근거하여 전체주위 덕트로부터 원호 형상의 덕트 본체의 형상을 결정하는 스텝을 구비한 것을 특징으로 한다. 청구항 12에 기재된 본 발명에 의하면, 전체주위 덕트에 있어서의 표면에 작용하는 선체 추진 방향의 유체력 분포 및/또는 전체주위 덕트의 후방으로부터 프로펠러면까지의 유속·유향 분포를 기초로 한 설계를 할 수 있다.
- [0030] 청구항 17에 기재된 본 발명은, 지지 수단의 부착수를 설정하는 스텝을 구비하고, 설정한 지지 수단의 조건을 이용하여 선체의 수치계산에 의한 저항·자항 계산을 행하는 스텝을 실행한 것을 특징으로 한다. 청구항 17에 기재된 본 발명에 의하면, 지지 수단의 영향을 고려한 설계를 할 수 있다.
- [0031] 청구항 18에 기재된 본 발명은, 유체력 분포는, 스러스트 분포와 저항 성분 분포인 것을 특징으로 한다. 청구항 18에 기재된 본 발명에 의하면, 덕트 형상의 절삭을 용이하게 행할 수 있다.
- [0032] 청구항 19에 기재된 본 발명에 대응한 선미용 덕트를 장착한 선박은, 선미용 덕트를 선미에 장착한 것을 특징으로

로 한다. 청구항 19에 기재된 본 발명에 의하면, 덕트 본체에 가해지는 저항을 저감하고, 에너지 절약 효과가 높은 선박을 제공할 수 있다.

[0033] 청구항 20에 기재된 본 발명은, 선체가 2축 선미 쌍동형의 선체인 것을 특징으로 한다. 청구항 20에 기재된 본 발명에 의하면, 덕트 본체에 가해지는 저항을 저감하고, 에너지 절약 효과가 높은 2축 선미 쌍동형의 선박을 제공할 수 있다.

[0034] 청구항 21에 기재된 본 발명은, 선체가 기존의 선체이며, 선미용 덕트를 선체에 나중에 부가한 것을 특징으로 한다. 청구항 21에 기재된 본 발명에 의하면, 기존의 선체에 대해서도 저항의 저감과, 에너지 절약 효과의 향상을 적용할 수 있다.

발명의 효과

[0035]본 발명의 선미용 덕트에 의하면, 덕트 본체를 90도에서 140도의 각도 범위의 원호 형상으로 형성하는 것으로, 덕트 본체를 선체에 부가해도 선체의 저항을 증가시키는 일 없이 선각 효율을 개선할 수 있다. 또한, 덕트 본체의 후단에 형성하는 후단 원호부의 반경을 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것으로, 덕트 본체와 프로펠러와의 간섭이 커져서, 유효 반류율을 작게 할 수 있다. 또한, 프로펠러의 상하 방향의 프로펠러 중심선에 대해서 덕트 본체의 덕트 중심선이 프로펠러의 회전 방향으로 기울기를 가지도록 덕트 본체를 부착하는 것으로, 기울임이 없는 경우와 비교하여, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 더 작게 할 수 있다.

[0036]또한, 프로펠러의 회전 방향으로의 기울임각을, 프로펠러의 중심으로부터 상방의 프로펠러 중심선에 대해서, 프로펠러의 회전 방향으로 0도보다 크고 60도 이하의 각도 범위로 했을 경우에는, 덕트 본체의 덕트 중심선의 프로펠러 회전 방향으로의 기울임각을 0도보다 크고 60도 이하로 하는 것으로써, 마력 감소율이 높은 영역에 덕트 본체나 지지 수단을 향하게 할 수 있기 때문에, 에너지 절약 효과가 높은 선미용 덕트를 제공할 수 있다.

[0037]본 발명의 선미용 덕트에 의하면, 덕트 본체를 180도에서 270도의 각도 범위의 원호 형상으로 형성하는 것으로, 덕트 본체를 선체에 부가해도 선체의 저항을 증가시키는 일 없이 선각 효율을 개선할 수 있다. 또한, 덕트 본체의 후단에 형성하는 후단 원호부의 반경을 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것으로, 덕트 본체와 프로펠러와의 간섭이 커져서, 유효 반류율을 작게 할 수 있다. 또한, 프로펠러의 상하 방향의 프로펠러 중심선에 대해서 덕트 본체의 덕트 중심선이 프로펠러의 회전 방향으로 기울기를 가지도록 덕트 본체를 부착하는 것으로, 기울임이 없는 경우와 비교하여, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 더 작게 할 수 있다.

[0038]또한, 프로펠러 회전 방향으로의 기울임각을, 프로펠러의 중심으로부터 상방의 프로펠러 중심선에 대해서, 프로펠러의 회전 방향으로 30도 이상 60도 이하의 각도 범위로 했을 경우에는, 마력 감소율이 높은 영역에 덕트 본체나 지지 수단을 향하게 할 수 있기 때문에, 에너지 절약 효과가 높은 선미용 덕트를 제공할 수 있다.

[0039]또한, 덕트 본체의 전후방향의 단면을 내측으로 돌출되는 익형으로 형성했을 경우에는, 익형에 의해 발생하는 양력의 추진 방향성분(스러스트 성분)을 이용하는 것으로, 추력 감소율을 높이고, 추진 효율을 상승시킬 수 있다.

[0040]또한, 후단 원호부의 반경을, 전단에 형성하는 전단 원호부의 반경보다 작게 했을 경우에는, 덕트 본체보다 하류에서의 프로펠러에 유입되는 평균적인 유속을 늦게 하는 것으로써 유효 반류율을 작게 할 수 있고, 또한 덕트 본체의 전단측에서의 스러스트 성분을 증가시켜서 추력을 높일 수 있다.

[0041]또한, 덕트 본체의 가상 중심축을 프로펠러의 회전 중심축과 일치시켰을 경우에는, 설계나 장착이 용이하다.

[0042]또한, 덕트 본체의 가상 중심축을 프로펠러의 회전 중심축으로부터 어긋나게 한 경우에는, 예를 들면 덕트 본체를, 선체나 프로펠러에 의해 발생하는 비대칭의 흐름에 대응하여 추력이 높아지는 위치로 어긋나게 할 수 있다.

[0043]또한, 선체를 측면시한 상태로, 덕트 본체의 가상 중심축을 프로펠러의 회전 중심축에 대해서 기울인 경우에는, 덕트 본체를, 선미부의 흐름을 이용하여 더 추력을 높이도록 부착할 수 있다.

[0044]또한, 덕트 본체를, 지지 수단으로서의 지주를 개재하여 선체의 선미관 또는 선미관을 감싸는 선미의 단부에 부착한 경우에는, 덕트 본체를, 설치하기 쉽고, 특히 프로펠러에 대해서 적정한 위치에 배치하기 쉽다.

[0045]또한, 지주의 단면을, 내측으로 돌출되는 익형으로 형성했을 경우에는, 지주에 있어서도 익형에 의해 발생하는

양력의 추진 방향 성분(스러스트 성분)을 이용할 수 있다.

- [0046] 또한, 지주를, 비튼 형상으로 형성하는 것으로, 프로펠러로 향하는 흐름을, 프로펠러의 회전 방향에 대해서 대향류화했을 경우에는, 프로펠러의 추력을 높일 수 있다.
- [0047] 또한, 지주를, 선미측 전후폭보다 덕트 본체측 전후폭을 크게 형성했을 경우에는, 지주의 저항을 감소시켜서 추력을 높일 수 있다.
- [0048] 본 발명의 선미용 부가물에 의하면, 원호 형상의 가상 덕트 본체를 지지하는 한 쌍의 지주를, 한 쌍의 지주의 사이의 각도가 180도에서 270도의 각도 범위가 되도록 선미에 부착하는 것으로, 덕트 본체를 실장하지 않고 지주를 선체에 부가해도 선체의 저항을 증가시키는 일 없이 선각 효율을 개선할 수 있다. 또한, 가상 덕트 본체의 후단에 형성하는 가상 후단 원호부의 반경을 프로펠러의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것으로, 선미용 부가물과 프로펠러와의 간섭이 커져서, 유효 반류율을 작게 할 수 있다. 또한, 프로펠러 중심선에 대해서 한 쌍의 지주의 지주 중심선이 프로펠러의 회전 방향으로 기울임을 가지는 것으로, 기울임이 없는 경우와 비교하여, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 더 작게 할 수 있다.
- [0049] 또한, 프로펠러의 회전 방향으로의 기울임각을, 프로펠러의 중심으로부터 상방의 프로펠러 중심선에 대해서, 프로펠러의 회전 방향으로 30도 이상 60도 이하의 각도 범위로 했을 경우에는, 한 쌍의 지주의 지주 중심선의 프로펠러 회전 방향으로의 기울임각을 30도 이상 60도 이하의 각도 범위로 하는 것으로, 마력 감소율이 높은 영역에 지지 수단을 향하게 할 수 있기 때문에, 에너지 절약 효과가 높은 선미용 부가물을 제공할 수 있다.
- [0050] 본 발명의 선미용 덕트의 설계 방법에 의하면, 전체주위 덕트에 있어서의 표면에 작용하는 선체 추진 방향의 유체력 분포 및/또는 전체주위 덕트의 후방으로부터 프로펠러면까지의 유속·유향 분포를 기초로 한 설계를 할 수 있다.
- [0051] 또한, 지지 수단의 부착수를 설정하는 스텝을 구비하고, 설정한 지지 수단의 조건을 이용하여 선체의 수치계산에 의한 저항·자항 계산을 행하는 스텝을 실행했을 경우에는, 지지 수단의 영향을 고려한 설계를 할 수 있다.
- [0052] 또한, 유체력 분포의 스러스트 분포와 저항 성분 분포를 기초로, 전원 덕트 형상으로부터 덕트 형상의 절삭을 용이하게 행할 수 있다.
- [0053] 본 발명의 선미용 덕트를 가진 선박에 의하면, 덕트 본체에 가해지는 저항을 저감하고, 에너지 절약 효과가 높은 선박을 제공할 수 있다.
- [0054] 또한, 선체가 2축 선미 쌍동형의 선체인 경우에는, 덕트 본체에 가해지는 저항을 저감하고, 에너지 절약 효과가 높은 2축 선미 쌍동형의 선박을 제공할 수 있다.
- [0055] 또한, 선체가 기존의 선체이며, 선미용 덕트를 선체에 나중에 부가했을 경우에는, 기존의 선체에 대해서도 저항의 저감과, 에너지 절약 효과의 향상을 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0056] 도 1은 본 발명의 제1 실시형태에 의한 선미용 덕트를 부착한 상태를 나타내는 선박의 주요부 측면도이다.
- 도 2는 상기 선박을 후방에서 전방을 본 상태를 나타내는 주요부 정면도이다.
- 도 3은 상기 선박을 비스듬하게 후방에서 본 주요부 사시도이다.
- 도 4는 본 실시형태에 의한 선미용 덕트의 사시도이다.
- 도 5는 상기 선미용 덕트를 나타내는 설명도이다.
- 도 6은 본 발명의 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트의 사시도이다.
- 도 7은 본 발명의 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트를 나타내는 설명도이다.
- 도 8은 본 발명의 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트를 나타내는 설명도이다.
- 도 9는 본 발명의 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트를 나타내는 설명도이다.
- 도 10은 본 발명의 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트를 나타내는 설명도이다.
- 도 11은 본 실시형태에 적용하는 선체의 선체 주요항목 및 3차원 형상 측면도이다.

- 도 12는 본 실시형태에 의한 선미용 덕트와 동일 반경의 전체주위 덕트의 덕트 주요항목 및 3차원 형상을 나타내는 도이다.
- 도 13은 본 실시형태에 사용하는 프로펠러의 프로펠러 주요항목을 나타내는 도이다.
- 도 14는 본 실시형태에 적용하는 선체에 대한 덕트 및 프로펠러의 부착 위치를 나타내는 도이다.
- 도 15는 전체주위 덕트의 스러스트 성분 및 저항 성분 분포의 둘레방향 분포도이다.
- 도 16은 전체주위 덕트의 표면 상의 스러스트 분포와 저항 성분 분포의 등고선도이다.
- 도 17은 도 15에 나타내는 데이터를 기초로, 선형(扇形)의 중심각(각도 범위) β 을, $\beta=180$ 도, $\beta=140$ 도, $\beta=120$ 도로 했을 때의 스러스트의 비를 나타내는 도이다.
- 도 18은 중심각(각도 범위) β 에 대한 유효한 스러스트가 얻어지는 덕트 형상의 절삭 범위를 나타내는 도이다.
- 도 19는 덕트의 감속 효과를 나타내는 도이다.
- 도 20은 덕트 본체의 기울임각(θ)과 자항 요소의 관계를 나타내는 특성도이다.
- 도 21은 덕트 본체의 기울임각(θ)과 마력 감소율의 관계를 나타내는 특성도이다.
- 도 22는 선미용 덕트를 장착한 2축 선미 쌍동형의 선박을 후방에서 전방을 본 상태를 나타내는 주요부 정면도이다.
- 도 23은 다른 선미용 덕트를 장착한 다른 2축 선미 쌍동형의 선박을 후방에서 전방을 본 상태를 나타내는 주요부 정면도이다.
- 도 24는 본 발명의 제2 실시형태에 의한 선미용 덕트를 부착한 상태를 나타내는 선박의 주요부 측면도이다.
- 도 25는 상기 선박을 후방에서 전방을 본 상태를 나타내는 주요부 정면도이다.
- 도 26은 상기 선박을 비스듬하게 후방에서 본 주요부 사시도이다.
- 도 27은 본 실시형태에 의한 선미용 덕트의 사시도이다.
- 도 28은 본 발명의 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트의 정면도이다.
- 도 29는 도 24로부터 도 27 또는 도 28에 나타내는 선미용 덕트의 측면 단면도이다.
- 도 30은 본 발명의 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트의 사시도이다.
- 도 31은 본 발명의 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트의 측면 단면도이다.
- 도 32는 본 발명의 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트의 측면 단면도이다.
- 도 33은 본 발명의 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트를 나타내는 설명도이다.
- 도 34는 시험에 사용한 비대선(肥大船) 모형과 프로펠러 모형의 주요항목을 나타내는 도이다.
- 도 35는 시험에 사용한 부분 덕트 모형의 모식도이다.
- 도 36은 시험을 행한 덕트 모형의 주요항목을 나타내는 파라미터를 나타내는 도이다.
- 도 37은 시험을 행한 덕트 모형의 주요항목을 나타내는 도이다.
- 도 38은 덕트 본체의 기울임각(θ)과 자항(自航) 요소의 관계를 나타내는 특성도(제1 모형)이다.
- 도 39는 덕트 본체의 기울임각(θ)과 자항 요소의 관계를 나타내는 특성도(제2 모형)이다.
- 도 40은 덕트 본체의 기울임각(θ)과 자항 요소의 관계를 나타내는 특성도(제3 모형)이다.
- 도 41은 덕트 본체의 기울임각(θ)과 자항 요소의 관계를 나타내는 특성도(제4 모형)이다.
- 도 42는 덕트 본체의 기울임각(θ)과 자항 요소의 관계를 나타내는 특성도(제5 모형)이다.
- 도 43은 덕트 본체의 기울임각(θ) 마력 감소율의 관계를 나타내는 특성도이다.
- 도 44는 덕트 본체의 기울임각(θ)과 자항 요소의 관계를 나타내는 특성도이다.

도 45는 덕트 본체의 기울임각(θ)과 마력 감소율의 관계를 나타내는 특성도이다.

도 46은 시험에서 실시한 부분 덕트 모형을 이용한 자항시험의 전체 결과를 나타내는 도이다.

도 47은 선미용 덕트를 장착한 2축 선미 쌍동형의 선박을 후방에서 전방을 본 상태를 나타내는 주요부 정면도이다.

도 48은 다른 선미용 덕트를 장착한 2축 선미 쌍동형의 선박을 후방에서 전방을 본 상태를 나타내는 주요부 정면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0057] 본 발명의 제1 실시형태에 의한 선미용 덕트에 대해서 도를 이용하여 설명한다.
- [0058] 도 1은 상기 선미용 덕트를 부착한 상태를 나타내는 선박의 주요부 측면도, 도 2는 상기 선박을 후방에서 전방을 본 상태를 나타내는 주요부 정면도, 도 3은 상기 선박을 비스듬하게 후방에서 본 주요부 사시도이다.
- [0059] 도 1에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)는, 선체(1)의 선미(2)에 부착한 프로펠러(3)의 전방에 부착된다. 도 1에서는, 선미용 덕트(10)는, 선미관을 감싸는 선미(2)의 단부에 부착하고 있지만, 선체(1)의 선미관에 부착해도 좋다.
- [0060] 도 1로부터 도 3에 나타내는 바와 같이, 선미용 덕트(10)는, 덕트 본체(11)와 지지 수단(12)으로 구성되어 있다. 덕트 본체(11)는 지지 수단(12)으로 선미(2)에 부착된다.
- [0061] 덕트 본체(11)는, 원호 형상으로 형성되고, 프로펠러(3)의 회전 중심축(X_p)보다 상부에 배치된다. 또한, 원호 형상은, 대략 선미용 덕트(10)가 원호를 이루는 것이며, $\pm 5\%$ 정도의 변형, 및 덕트 본체(11)와 지지 수단(12)의 접합부를 매끄럽게 연결하기 위한 R은 포함하는 것으로 한다.
- [0062] 도 4는 본 실시형태에 의한 선미용 덕트의 사시도, 도 5는 상기 선미용 덕트를 나타내는 설명도이다.
- [0063] 덕트 본체(11)는, 중심각(각도 범위)(β)이 90도에서 140도의 원호 형상으로 형성되어 있다. 덕트 본체(11)를 이러한 중심각(β)의 원호 형상으로 형성하는 것으로, 덕트 본체(11)에 의한 전체 저항 계수를 증가시키는 일 없이 선각 효율을 개선할 수 있다.
- [0064] 덕트 본체(11)의 후단에 형성하는 후단 원호부(11r)의 반경(R_r)을, 전단에 형성하는 전단 원호부(11f)의 반경(R_f)보다 작게 하고 있다. 이와 같이, 후단 원호부(11r)의 반경(R_r)을, 전단 원호부(11f)의 반경(R_f)보다 작게 하는 것으로, 덕트 본체(11)보다 하류에서의 프로펠러(3)에 유입되는 평균적인 유속을 늦게 할 수 있음과 함께, 덕트 본체(11)의 전단측에서의 스러스트 성분을 증가시켜서 추력을 높일 수 있다.
- [0065] 또한, 후단 원호부(11r)의 반경(R_r)은, 도 1 또는 도 2에 나타내는 프로펠러(3)의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 후단 원호부(11r)의 반경(R_r)을, 프로펠러(3)의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것으로, 덕트 본체(11)의 프로펠러(3)와의 간섭을 크게 할 수 있다. 후단 원호부(11r)의 반경(R_r)이 프로펠러(3)의 반경의 50%를 초과하여 커지면 유효 반류율이 상승하고, 저항도 커져서 바람직하지 않다. 또한, 프로펠러(3)의 축반경은 일반적으로 프로펠러(3)의 반경의 16 ~ 18%이기 때문에, 후단 원호부(11r)의 반경(R_r)은 프로펠러(3)의 반경의 20% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 후단 원호부(11r)의 반경(R_r)을, 프로펠러(3)의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것은, 프로펠러(3)의 추력을 최대로 생성하는 반경의 70% ~ 80%의 근방에 덕트 본체(11) 내를 통과하여 빨라진 흐름에 당게하는 일 없이 프로펠러(3)의 익근부(翼根部)로 안내하고, 프로펠러(3)의 먼의 평균 유속을 늦게 하여 유효 반류율을 높이게 된다.
- [0066] 도 4에 나타내는 바와 같이, 지지 수단(12)은, 덕트 본체(11)의 양측에 접속되는 지주(支柱)(12a)와, 이 지주(12a)를 선미(2)에 부착하는 부착부(12b)로부터 구성된다. 지주(12a)는, 단면을 내측으로 돌출되는 익형(翼型)으로 형성하고 있다. 이와 같이 지주(12a)의 단면을 익형으로 하는 것으로, 지주(12a)에 있어서도 익형에 의해 발생하는 양력의 추진 방향 성분(스러스트 성분)을 이용할 수 있다.
- [0067] 지주(12a)는, 선미측 전후폭(L_x)보다 덕트 본체측 전후폭(L_y)을 크게 하고 있다. 이와 같이, 부착부(12b)측인 선미측 전후폭(L_x)에 대해서 덕트 본체측 전후폭(L_y)을 크게 하는 것으로, 지주의 저항을 감소시키고, 흐름을 유효하게 이용하여 추력을 높일 수 있다.
- [0068] 또한, 링형상을 이루는 부착부(12b)를 없애고, 지주(12a)를 직접, 선미관을 감싸는 선미(2)의 단부, 또는 선체

(1)의 선미관에 부착해도 좋다.

- [0069] 도 5에 나타내는 바와 같이, 덕트 본체(11)의 전후방향의 단면(11s)은, 내측으로 돌출되는 익형으로 형성하고 있다. 이와 같이, 단면(11s)을 내측으로 돌출되는 익형으로 형성하는 것으로, 덕트 본체(11)의 전단측에서 선체(1)의 추진 방향으로의 양력을 발생시켜서, 추진 효율을 상승시킬 수 있다.
- [0070] 또한, 도 5에 나타내는 바와 같이, 덕트 본체(11)는, 덕트 본체(11)의 원호의 중심을 연결하는 가상 중심축(Xd)을 프로펠러(3)의 회전 중심축(Xp)과 일치시키고 있다. 가상 중심축(Xd)과 회전 중심축(Xp)을 일치시키는 것으로, 설계나 장착이 용이해진다.
- [0071] 또한, 가상 중심축(Xd)은, 덕트 본체(11)의 모든 원호면에 있어서의 중심에 반드시 대응하고 있을 필요는 없다. 예를 들면, 중심부와 양측부에서 반경이 약간 다른 경우나, 전단 원호부(11f)의 중심각(β)과 후단 원호부(11r)의 중심각(β)이 다른 경우가 있고, 덕트 본체(11)는, 완전한 원호일 필요는 없고, 대략 원호 형상으로 형성되어 있으면 좋다.
- [0072] 도 6은, 제1 실시형태 중 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트의 사시도이다.
- [0073] 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)는, 지주(12a) 대신에 비튼 형상으로 한 지주(12e)를 이용하여, 프로펠러(3)를 향하는 흐름을 대향류화하고 있다. 즉, 지주(12e)는, 프로펠러(3)의 회전과 반대 방향으로 비튼 형상으로 하고 있다. 이와 같이, 비튼 형상으로 한 지주(12e)를 이용하여, 프로펠러(3)를 향하는 흐름을, 프로펠러(3)의 회전 방향에 대해서 대향류화하는 것으로, 프로펠러(3)의 추력을 높일 수 있다.
- [0074] 또한, 지주(12a) 또는 지주(12e)와 덕트 본체(11)를 선체(1)에 부착하거나, 지주(12a) 또는 지주(12e)를 이용하지 않고 덕트 본체(11)를 직접 선체(1)에 부착하는 구조를 채용할 수도 있다.
- [0075] 도 7은, 제1 실시형태 중 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트를 나타내는 설명도이다.
- [0076] 도 7에서는, 덕트 본체(11)의 가상 중심축(Xd)을, 프로펠러(3)의 회전 중심축(Xp)으로부터 어긋나게 하고 있다. 이와 같이, 가상 중심축(Xd)을 회전 중심축(Xp)으로부터 어긋나게 하는 것으로, 선체(1)나 선미(2), 또한 프로펠러(3)에 의해 발생하는 비대칭의 흐름에 대응하여, 추력(thrust force)이 높아지는 위치에 선미용 덕트(10)를 마련할 수 있다.
- [0077] 도 8은, 제1 실시형태 중 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트를 나타내는 설명도이다.
- [0078] 도 8에서는, 선체(1)를 측면시한 상태로, 덕트 본체(11)의 가상 중심축(Xd)을 프로펠러(3)의 회전 중심축(Xp)에 대해서 기울이고 있다. 이와 같이, 가상 중심축(Xd)을 회전 중심축(Xp)에 대해서 기울이는 것으로, 선미(2)의 하방을 향하는 흐름에 대응하여 추력을 높이도록 선미용 덕트(10)를 부착할 수 있다.
- [0079] 도 9 및 도 10은, 제1 실시형태 중 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트를 나타내는 설명도이다.
- [0080] 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)는, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서, 프로펠러(3)의 상하 방향의 프로펠러 중심선(Xv)에 대해서 덕트 본체(11)의 덕트 중심선(Yd)이 프로펠러(3)의 회전 방향으로 기울기를 가지도록, 덕트 본체(11)를 지지 수단(12)으로 선미(2)에 부착한 것이다.
- [0081] 도 9에서는, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서, 프로펠러(3)가 시계회전(A)인 경우를 나타내고 있다. 이와 같이, 프로펠러(3)가 시계회전(A)인 경우에는, 우상 상한(象限)에 덕트 본체(11)를 배치하는 것으로, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 작게 할 수 있다.
- [0082] 또한, 도 9에서는, 덕트 본체(11)의 중심각(β)을 120도로 하고, 덕트 본체(11)를, 프로펠러(3)의 상하 방향의 중심선(Xv)에 대해서 대칭을 이루는 위치로부터, 우현측으로 40도 회전시켜서 부착한 경우를 나타내고 있다. 도 15에서 나타내는 바와 같이, 전체주위 덕트를 뒤에서 보아 12시의 위치를 θ (기울임각) = 0도로 하고, 시계회전(A)의 방향을 플러스로 하면, 프로펠러(3)가 시계회전(A)인 경우에는, 덕트 본체(11)는, θ = 마이너스 30도(좌현측으로 30도)로부터 θ = 플러스 90도(우현측으로 90도)까지의 범위로 기울이고, 프로펠러(3)의 상하 방향의 중심선(Xv)에 대해서 덕트 본체(11)가 비대칭을 이루도록 선미용 덕트(10)를 부착하는 것으로, 우상 상한에 덕트 본체(11)가 배치되고, 마력 감소율을 높게 할 수 있다.
- [0083] 여기서, 도 9에도 나타내는 바와 같이, 덕트 본체(11)의 중심각(β)이 특히 90도를 초과하는 경우에는, 덕트 본체(11)는 우상 상한 이외의 상한에도 반드시 위치하게 되는데, 덕트 본체(11)의 일부라도 우상 상한에 배치하는 것으로, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 작게 할 수 있다. 그 결과, 선미용 덕트(1

0)에 의해, 마력 감소율을 높여서 에너지 절약 효과를 향상시킬 수 있다.

- [0084] 도 10에서는, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서, 프로펠러(3)가 반시계회전(B)인 경우를 나타내고 있다. 이와 같이, 프로펠러(3)가 반시계회전(B)인 경우에는, 좌상 상한에 덕트 본체(11)를 배치하는 것으로, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 작게 할 수 있다.
- [0085] 또한, 도 10에서는, 덕트 본체(11)의 중심각(β)을 90도로 하고, 덕트 본체(11)를, 프로펠러(3)의 상하 방향의 중심선(X_v)에 대해서 대칭을 이루는 위치로부터, 우현측으로 45도 회전시켜서 부착한 경우를 나타내고 있다. 프로펠러(3)가 반시계회전(B)인 경우에는, 도 15에서 나타내는 데이터와 플러스 마이너스가 반대로 되기 때문에, 덕트 본체(11)는, $\theta =$ 마이너스 30도(우현측으로 30도)로부터 $\theta =$ 플러스 90도(좌현측으로 90도)까지의 범위로 기울이고, 프로펠러(3)의 상하 방향의 중심선(X_v)에 대해서 덕트 본체(11)가 비대칭을 이루도록 선미용 덕트(10)를 부착하는 것으로, 좌상 상한에 덕트 본체(11)가 배치되고, 마력 감소율을 높게 할 수 있다.
- [0086] 여기서, 도 10에도 나타내는 바와 같이, 덕트 본체(11)의 중심각(β)이 90도인 경우에서도, 덕트 본체(11)는 좌상 상한 이외의 상한에도 위치하는 일이 있는데, 덕트 본체(11)의 일부라도 좌상 상한에 배치하는 것으로, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 작게 할 수 있다.
- [0087] 도 9 및 도 10에서 설명한 바와 같이, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서, 덕트 본체(11)의 덕트 중심선(Y_d)은, 프로펠러(3)의 상하 방향의 프로펠러 중심선(X_v)에 대해서 프로펠러(3)의 회전 방향으로 기울인다. 그리고, 프로펠러(3)의 회전 방향으로의 덕트 중심선(Y_d)의 기울임각(θ)은, 프로펠러(3)의 중심으로부터 상방의 프로펠러 중심선(12시의 방향)에 대해서, 프로펠러(3)의 회전 방향으로 마이너스 30도로부터 플러스 90도의 범위로 한다(이 경우, 기울임각(θ) = 0도도 포함한다). 보다 바람직하게는, 프로펠러(3)의 회전 방향으로의 덕트 중심선(Y_d)의 기울임각(θ)의 각도 범위는, 프로펠러(3)의 회전 방향으로 0도보다 크고 60도 이하이다.
- [0088] 또한, 덕트 본체(11)의 중심각(β)은, 90도에서 140도의 각도 범위의 원호 형상으로 형성하고 있다. 또한, 도 5에 나타내는 바와 같이, 덕트 본체(11)의 후단에 형성하는 후단 원호부(11r)의 반경(R_r)은 프로펠러(3)의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하고 있다.
- [0089] 다음에 제1 실시형태에 의한 선미용 덕트의 설계 방법에 대해서 이하에 설명한다.
- [0090] 본 실시형태에서는, 파나맥스(panamax) 사이즈·벌크 캐리어(PxBC)의, 선미 비대도를 높게한 형상의 선체를 이용했다.
- [0091] 도 11은, 적용하는 선체에 대해서, 선체 주요항목 및 3차원 형상 측면도를 나타내고 있다.
- [0092] 도 12는, 본 실시형태에 의한 선미용 덕트와 동일 반경의 전체주위 덕트에 대해서, 덕트 주요항목 및 3차원 형상을 나타내고 있다.
- [0093] 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)를 설계하는데 있어서, 우선, 원호 형상의 덕트 본체(11)와 동일 반경의 전체주위 덕트를 설정한다.
- [0094] 여기에서는, 전체주위 덕트로서 소위 Weather Adapted Duct(WAD)를 기본 형상으로 한 덕트를 이용하고 있다.
- [0095] 도 12에 있어서, $D_{T.E.}$ 는 덕트 후단 직경, D_p 는 프로펠러 직경, L_d 는 덕트 날개 단면 코드 길이, β 은 날개 단면이 가지는 개구각이다.
- [0096] 도 13은, 사용하는 프로펠러에 대해서, 프로펠러 주요항목을 나타내고 있다.
- [0097] 도 13에 있어서, H/D_p 는 피치비, aE 는 전개 면적비, Z 는 날개수(翼數)를 나타낸다.
- [0098] 도 14는, 선체에 대한 덕트 및 프로펠러의 부착 위치를 나타내고 있다.
- [0099] 좌표 원점을 선체의 선수 수선(垂線)(FP)으로 취하고, FP로부터 선미 수선(AP)의 방향을 x축 플러스, 좌현으로부터 우현의 방향을 y축 플러스, 용골(keel)로부터 갑판(deck)의 방향을 z축 플러스의 방향으로 하고 있다. 또한, 선(船) 길이를 1로 하고 있다(즉 $x = 0.0$ 이 FP, $x = 1.0$ 이 AP).
- [0100] 도 14로부터 유도되는 바와 같이, 덕트 후단은 프로펠러 앞 가장자리와 약 5% D_p 의 클리어런스를 가지고, 덕트 중심은 샵트 센터 라인에 일치시키고 있다.
- [0101] 다음에, 선형(船型)·덕트·프로펠러를 설정하여, 전체주위 덕트를 이용한 선체의 수치계산에 의한 저항·자항

(自航) 계산을 행한다.

- [0102] 도 11로부터 도 14에 나타내는 선형·덕트·프로펠러를 이용하여 CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석을 행했다.
- [0103] CFD 해석의 결과, 덕트가 없는 선형에 비하여, 덕트가 있는 선형은 저항을 증가시키는 일이 없고, 선각 효율을 약 3.2% 개선했다. 덕트가 부착되어 있음에도 불구하고, 전체 저항 계수가 거의 증가하지 않는 이유는, 덕트 자신이 추력을 내고 있기 때문이라고 생각된다.
- [0104] 다음에, 저항·자항 계산 결과로부터 전체주위 덕트의 내표면의 유체력 분포를 구한다.
- [0105] 도 15는, 전체주위 덕트의 스러스트 성분 및 저항 성분 분포의 둘레방향 분포를 나타내고 있다.
- [0106] 도 15에 있어서, 기울임각(θ)은, 전체주위 덕트를 뒤에서 보아 12시의 위치를 0도로 하고, 12시의 위치로부터 시계회전 방향을 플러스로 하고 있다. 또한, 도 15에 있어서, 세로축 Ctx는, x방향 유체력이며, 플러스의 값(0 라인보다 위)에서는 저항이 되고, 마이너스의 값(0 라인보다 아래)에서는, 추력이 된다.
- [0107] 도 15에 나타내는 바와 같이, 프로펠러(3)가 작동하고 있지 않을 때(도면 중 점선)에는, x방향 유체력(Ctx_{duct})은, 전체주위에 걸쳐서 플러스의 값, 즉 저항(resistance)으로 되어 있다.
- [0108] 그러나, 프로펠러(3)가 작동하면, Ctx_{duct}는 0도 < θ < 45도, 288도 < θ < 360도 부근에서 마이너스의 값, 즉 스러스트(thrust)로서 작용한다. 이 스러스트 성분이, 프로펠러(3)의 작동시에는, 덕트를 부착하고 있을 때라도 전체 저항 계수를 증가시키지 않는 요인으로 되고 있다고 생각된다.
- [0109] 도 16은, 전체주위 덕트의 표면 상의 스러스트 분포와 저항 성분 분포의 등고선도이며, 도 15에 나타내는 저항/스러스트 성분이, 덕트 표면 상에 어떻게 분포하고 있는지를 3차원적으로 나타내고 있다.
- [0110] 도 15에 나타나는 덕트의 스러스트 성분은, 도 16에서는 주로 덕트의 전단측의 상면 내측에서 발생하고 있는 것을 알 수 있다(도면 중, 화살표로 나타내는 영역(Z)).
- [0111] 즉, 스러스트 성분이 발생하는 영역(Z)은, 선형의 중심각을 β 로 하면, 0도 < β < 180도의 범위로 둘러싸인 선형(扇形) 부분으로 되어 있다. 스러스트 자체는, 덕트 측면 내측 부근에도 발생하고 있지만, 상기 부분의 덕트 외측에는 이 스러스트보다 큰 저항이 작용하고 있는 것으로부터, 덕트 코드 방향으로 적분한 전체의 유체력으로서 도 15에 나타내는 기울임각(θ)이 90도 부근에 나타내는 바와 같이, 저항으로 되어 있다.
- [0112] 이와 같이, 저항·자항 계산 결과로부터 전체주위 덕트의 내표면의 유체력 분포를 구한 후에, 유체력 분포에 근거하여 전체주위 덕트로부터 원호 형상의 덕트 본체(11)의 형상을 결정한다. 여기서, 유체력 분포는, 스러스트 분포와 저항 성분 분포이다.
- [0113] 유체력 분포에 근거하여 전체주위 덕트로부터 원호 형상의 덕트 본체(11)의 형상을 결정하는데 있어서는, 스러스트 분포와 저항 성분 분포의 등고선도(도 16) 및/또는 둘레방향 분포도(도 15)를 이용하는 것으로, 덕트 본체(11)의 형상의 절삭을 용이하게 행할 수 있다.
- [0114] 또한, 전체주위 덕트의 후방으로부터 프로펠러면까지의 유속·유향(流向) 분포를 구해도 좋다. 이 유속·유향 분포를 구하는 것으로 유효 반류율을 고려한 설계가 가능해진다. 또한, 이 유속·유향 분포나 내표면의 유체력 분포는 단독으로 이용한 설계도, 쌍방을 이용한 설계도 가능하지만, 쌍방을 이용하는 것이 보다 상세한 설계가 실현 가능해진다.
- [0115] 덕트 본체(11)의 형상과 기울임각(θ)은, 90도에서 140도의 각도 범위의 소형 덕트에 있어서의 덕트 설치각에 대한 에너지 절약율에 근거하여 결정하는 것으로, 덕트 본체(11)의 형상의 절삭을 용이하게 행할 수 있다.
- [0116] 또한, 지지 수단(12)의 부착수를 설정하는 스텝을 구비하고, 설정한 지지 수단(12)의 조건을 이용하여 선체(1)의 수치계산에 의한 저항·자항 계산을 행하는 스텝을 실행하는 것으로, 지지 수단(12)의 영향을 고려한 설계를 할 수 있다.
- [0117] 다음에, 덕트 본체(11)의 형상의 절삭 범위에 대해서 설명한다.
- [0118] 도 17은, 도 15에 나타내는 데이터를 기초로, 선형(扇形)의 중심각(각도 범위)(β)을, $\beta = 180$ 도, $\beta = 140$ 도, $\beta = 120$ 도로 했을 때의 스러스트비를 나타내고 있다.
- [0119] 또한, 도 18은, 중심각(각도 범위)(β)에 대한 유효한 스러스트가 얻어지는 덕트 형상의 절삭 범위를 나타내고

있다.

- [0120] 선형의 중심각(β)은, 도 15에 나타내는 데이터를 이용하여 $\beta = 180$ 도로 했을 때의 스러스트를 1로 하는 경우, $\beta = 140$ 도로 했을 때에는 스러스트비가 1.10, $\beta = 120$ 도로 했을 때에는 1.39가 된다.
- [0121] 즉, $\beta = 180$ 도에 비해, $\beta = 140$ 도, $\beta = 120$ 도일 때, 스러스트는 각각 약 10%, 40% 증가한다.
- [0122] 따라서, 선형의 중심각(각도 범위)(β)은, 도 18 중에 (a)의 범위로 나타내는 바와 같이 180도를 상한으로 하여, 90도에서 180도의 원호 형상으로 형성할 수도 있지만, 선형의 중심각(각도 범위)(β)은, 도 18 중에 (b)의 범위로 나타내는 바와 같이 140도를 상한으로 하여, 90도에서 140도의 원호 형상으로 형성하는 것이 보다 바람직하고, 도 18 중에 (c)의 범위로 나타내는 바와 같이, 90도에서 120도의 원호 형상으로 형성하는 것이 가장 바람직하다.
- [0123] 또한, 스러스트 성분 및 저항 성분에 주목하면, 상술과 같이 x방향 유체력이 마이너스의 값이 되어 추력이 되는 범위는, $0^\circ < \theta < 45^\circ$, $288^\circ < \theta < 360^\circ$ 부근이며, 이들의 중심 위치는 346.5° 부근에 있고, 선형의 중심각(β)을 2분(分)하는 중심선은 상한으로 표현하면 좌상 상한에 존재하는 것이 된다. 따라서, 덕트 본체(11)는 적어도 좌상 상한에 존재하는 것이 바람직하고, 덕트 본체(11)의 주요부가 좌상 상한에 존재하는 것이 보다 바람직하다. 또한 이 경우, 결과적으로 프로펠러(3)의 상하 방향의 중심선(X_v)에 대해서 덕트 본체(11)가 비대칭을 이루도록 배치되는 것이 된다.
- [0124] 또한, x방향 유체력이 마이너스의 값이 되어 추력이 되는 범위는, 상술의 프로펠러(3)의 회전 방향외, 선체(1)나 선미(2)의 구조, 프로펠러(3)의 특성에 의해 변경된다.
- [0125] 한편, 덕트는, 덕트 후방의 흐름을 감속시키는 것에 의해서, 프로펠러(3)는 축방향의 게인(gain)을 얻을 수 있다.
- [0126] 도 19는, 덕트의 감속 효과를 나타내는 도이다.
- [0127] 도 19의 (a)는 덕트 없음, 도 19의 (b)는 덕트 있음을 나타내고 있다.
- [0128] 도 19의 (b)에 있어서, 화살표(Y)로 나타내는 영역이, 덕트의 감속 효과가 보이는 영역이며, 덕트를 뒤에서 보아 12시의 위치를 중심으로 하여, 좌우현에 각각 약 60도 정도의 영역에서 얻어지고 있는 것을 알 수 있다.
- [0129] 이상으로부터, 덕트가 스러스트를 출력하는 영역 및 감속 효과를 생성하는 영역은, 대체로 일치하고 있고, 덕트를 뒤에서 보아 12시의 위치를 중심으로 하여, 중심각(β)이 약 120도의 선형으로 둘러싸인 영역인 것을 알 수 있다.
- [0130] 따라서, 도 19에 나타내는 덕트의 감속 효과로부터도, 약 120도의 근접 영역을 포함하여 90도에서 140도의 영역으로 덕트 본체(11)를 향하게 하는 것이 바람직하고, 90도에서 120도의 영역으로 향하게 하는 것이 보다 바람직하다.
- [0131] 또한, 비용면이나 장착의 용이 측면에서, 프로펠러(3)의 회전 중심축보다 상부의 특히 추진 방향 성분(스러스트 성분)이 크게 얻어지는 위치에, 각도 범위(β)가 작은 90도에서 140도의 덕트 본체(11)를 향하게 하는 경우에는, 이 덕트의 감속 효과로부터도 바람직한 배치가 된다.
- [0132] 이상과 같이, 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)의 설계 방법은, 선미용 덕트(10)를 설계하는데 있어서, 원호 형상의 덕트 본체(11)와 동일 반경의 전체주위 덕트를 설정하는 스텝과, 전체주위 덕트를 이용한 선체(1)의 수치계산에 의한 저항·자항 계산을 실시하는 스텝과, 저항·자항 계산 결과로부터 전체주위 덕트의 내표면의 유체력 분포 및/또는 전체주위 덕트의 후방으로부터 프로펠러면까지의 유속·유향 분포를 구하는 스텝과, 유체력 분포 및/또는 전체주위 덕트의 후방으로부터 프로펠러면까지의 유속·유향 분포에 근거하여 전체주위 덕트로부터 원호 형상의 덕트 본체(11)의 형상을 결정하는 스텝을 행하는 것으로, 전체주위 덕트에 있어서의 종래의 설계 방법을 기초로 하여, 원호 형상의 덕트 본체(11)를 설계할 수 있다.
- [0133] 다음에, 설계한 원호 형상의 덕트 본체(11)를, 프로펠러(3)의 상하 방향의 프로펠러 중심선(X_v)에 대해서 비대칭으로 마련하는 것에 의한 효과를 설명한다. 또한, 선미용 덕트(10)는, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서, 프로펠러(3)의 중심으로부터 상방의 프로펠러 중심선(X_v)에 대해서, 덕트 본체(11)의 덕트 중심선(Y_d)이 프로펠러(3)의 회전 방향으로 기울임각(θ)을 가지는 것으로, 프로펠러(3)의 상하 방향의 프로펠러 중심선(X_v)에 대해서 덕트 본체(11)를 비대칭으로 마련할 수 있다.

- [0134] 도 20은 덕트 본체의 기울임각과 자항 요소의 관계를 나타내는 특성도, 도 21은 덕트 본체의 기울임각과 마력 감소율의 관계를 나타내는 특성도이다.
- [0135] 도 20 및 도 21에 있어서, 각도(0)는, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서 프로펠러(3)의 상하 방향의 중심선(Xv)에 대해서 덕트 본체(11)를 대칭으로 마련했을 경우이며, 플러스의 기울임각은 우현측으로 기울이고, 마이너스의 기울임각은 좌현측으로 기울이고 있다. 프로펠러(3)는 시계회전(A)으로 회전시키고 있다. 또한, 세로 축은, 덕트 없음을 기준으로 하고 있다.
- [0136] 도 20에서는, 자항 요소로서 추력 감소율(1-t), 유효 반류율(1-w), 추진기 효율비(etaR)를 나타내고 있다.
- [0137] 도 20 및 도 21에 있어서, 바람직한 기울임각(θ)의 위치를 원으로 나타내고 있다.
- [0138] 도 20 및 도 21에 나타내는 바와 같이, 프로펠러(3)가 시계회전(A)인 경우에는, 덕트 본체(11)는, 마이너스 30도(좌현측으로 30도)로부터 플러스 90도(우현측으로 90도)까지의 범위로 기울이고, 프로펠러(3)의 상하 방향의 중심선(Xv)에 대해서 덕트 본체(11)가 비대칭을 이루도록 선미용 덕트(10)를 부착하는 것으로, 마력 감소율을 높게 할 수 있다. 또한, 프로펠러(3)가 반시계회전(B)인 경우에는, 덕트 본체(11)는, 우현측으로 30도로부터 좌현측으로 90도까지의 범위로 기울이고, 프로펠러(3)의 상하 방향의 중심선(Xv)에 대해서 덕트 본체(11)가 비대칭을 이루도록 선미용 덕트(10)를 부착하는 것으로, 마력 감소율을 높게 할 수 있다. 앞에서 설계한 프로펠러 본체(11)의 선형의 중심각(β)이, 90도에서 140도, 혹은 90도에서 120도라도, 프로펠러(3)의 회전 방향으로의 덕트 중심선(Yd)의 기울임각을 프로펠러 중심선(Xv)에 대해서, 프로펠러(3)의 회전 방향으로 0도보다 크고 60도 이하의 각도 범위로 하는 것으로써, 도 21에 있어서의 마력 감소율의 하나의 피크, 혹은 2개의 피크를 커버하고, 덕트 본체(11)나 지주(12a)를 마력 감소율이 높은 영역으로 향하게 할 수 있다.
- [0139] 또한, 도 20, 도 21의 데이터를 취득한 선체 주요항목이나 프로펠러 주요항목 등은, 도 15의 수치계산 결과를 얻었을 때의 도 11의 선체 주요항목이나 도 13의 프로펠러 주요항목과는 다르다.
- [0140] 도 22 및 도 23은, 선미용 덕트를 장착한 2축 선미 쌍동형의 선박을 후방에서 전방을 본 상태를 나타내는 주요부 정면도이다.
- [0141] 도 22 및 도 23에 있어서, 선체(1)에는, 우현측 스के그(skeg)의 선미관(2R)에는 우현측 프로펠러(3R), 좌현측 스के그의 선미관(2L)에는 좌현측 프로펠러(3L)를 마련하고 있다.
- [0142] 도 22에서는, 우현측 프로펠러(3R)는 반시계회전(B), 좌현측 프로펠러(3L)는 시계회전(A)이며, 내향 회전의 회전인 것을 나타내고 있다.
- [0143] 이와 같이 내향 회전의 회전에 의한 2축 선미 쌍동형의 선박에 있어서는, 우현측 프로펠러(3R)에 대응하는 우현측 선미용 덕트(10R)는 좌상 상한에 덕트 본체(11R)를 배치하고, 좌현측 프로펠러(3L)에 대응하는 좌현측 선미용 덕트(10L)는 우상 상한에 덕트 본체(11L)를 배치하는 것으로, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 작게 할 수 있다.
- [0144] 도 23에서는, 우현측 프로펠러(3R)는 시계회전(A), 좌현측 프로펠러(3L)는 반시계회전(B)이며, 외향 회전의 회전인 것을 나타내고 있다.
- [0145] 이와 같이 외향 회전의 회전에 의한 2축 선미 쌍동형의 선박에 있어서는, 우현측 프로펠러(3R)에 대응하는 우현측 선미용 덕트(10R)는 우상 상한에 덕트 본체(11R)를 배치하고, 좌현측 프로펠러(3L)에 대응하는 좌현측 선미용 덕트(10L)는 좌상 상한에 덕트 본체(11L)를 배치하는 것으로, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 작게 할 수 있다.
- [0146] 이와 같이, 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)는, 2축 선미 쌍동형의 선체(1)에도 적용할 수 있고, 덕트 본체(11)에 가해지는 저항을 저감하고, 에너지 절약 효과가 높은 2축 선미 쌍동형의 선박을 제공할 수 있다.
- [0147] 또한, 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)는, 기존의 선체(1)에 대해서 나중에 부가하여 부착할 수 있다. 이 경우, 기존의 선체(1)에 대해서도 저항의 저감과, 에너지 절약 효과의 향상을 적용할 수 있다.
- [0148] 다음에, 본 발명의 제2 실시형태에 의한 선미용 덕트에 대해서 도를 이용하여 설명한다.
- [0149] 도 24는, 상기 선미용 덕트를 부착한 상태를 나타내는 선박의 주요부 측면도, 도 25는, 상기 선박을 후방에서 전방을 본 상태를 나타내는 주요부 정면도, 도 26은, 상기 선박을 비스듬하게 후방에서 본 주요부 사시도이다.
- [0150] 도 24에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)는, 선체(1)의 선미(2)에 부착한 프로펠러

(3)의 전방에 부착된다. 도 24에서는, 선미용 덕트(10)는, 선미관을 감싸는 선미(2)의 단부에 부착하고 있지만, 선체(1)의 선미관에 부착해도 좋다.

- [0151] 도 25 및 도 26에 나타내는 바와 같이, 선미용 덕트(10)는, 덕트 본체(11)와 지지 수단(12)으로 구성되어 있다. 덕트 본체(11)는 지지 수단(12)으로 선미(2)에 부착된다.
- [0152] 덕트 본체(11)의 덕트 중심선(Yd)이, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서, 프로펠러(3)의 상하 방향의 프로펠러 중심선(Xv)에 대해서 프로펠러(3)의 회전 방향으로 기울기를 가지도록, 덕트 본체(11)는 지지 수단(12)으로 선미(2)에 부착되어 있다.
- [0153] 도 27은 본 실시형태에 의한 선미용 덕트의 사시도이다.
- [0154] 덕트 본체(11)는, 중심각(각도 범위)(β)이 180도에서 270도의 원호 형상, 보다 바람직하게는 225도에서 255도의 원호 형상으로 형성되어 있다. 덕트 본체(11)를 이러한 중심각(β)의 원호 형상으로 형성하는 것으로, 덕트 본체(11)에 의한 전체 저항 계수를 증가시키는 일 없이 선각 효율을 개선할 수 있다. 또한, 원호 형상은, 대략 선미용 덕트(10)가 원호를 이루는 것이며 $\pm 5\%$ 정도의 변형, 및 덕트 본체(11)와 지지 수단(12)의 접합부를 매끄럽게 연결하기 위한 R은 포함하는 것으로 한다.
- [0155] 덕트 본체(11)의 후단에 형성하는 후단 원호부(11r)의 반경(Rr)을, 전단에 형성하는 전단 원호부(11f)의 반경(Rf)보다 작게 하고 있다. 이와 같이, 후단 원호부(11r)의 반경(Rr)을, 전단 원호부(11f)의 반경(Rf)보다 작게 하는 것으로, 덕트 본체(11)보다 하류에서의 프로펠러(3)에 유입되는 평균적인 유속을 늦게 할 수 있음과 함께, 덕트 본체(11)의 전단측에서의 스러스트 성분을 증가시켜서 추력을 높일 수 있다.
- [0156] 또한, 후단 원호부(11r)의 반경(Rr)은, 도 24 또는 도 25에 나타내는 프로펠러(3)의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 후단 원호부(11r)의 반경(Rr)을, 프로펠러(3)의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것으로, 덕트 본체(11)의 프로펠러(3)와의 간섭을 크게 할 수 있다. 후단 원호부(11r)의 반경(Rr)이 프로펠러(3)의 반경의 50%를 초과하여 커지면 유효 반류율이 상승되고, 저항도 커져서 바람직하지 않다. 또한, 프로펠러(3)의 축반경은 일반적으로 프로펠러(3)의 반경의 16 ~ 18%이기 때문에, 후단 원호부(11r)의 반경(Rr)은 프로펠러(3)의 반경의 20% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 후단 원호부(11r)의 반경(Rr)을, 프로펠러(3)의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것은, 프로펠러(3)의 추력을 최대로 생성하는 반경의 70% ~ 80%의 근방에 덕트 본체(11) 내를 통과하여 빨라진 흐름을 달게 하는 일 없이 프로펠러(3)의 익근부로 안내하고, 프로펠러(3)의 면의 평균 유속을 늦게 하여 유효 반류율을 높이게 된다.
- [0157] 지지 수단(12)은, 덕트 본체(11)의 양측에 접속되는 지주(12a)와, 이 지주(12a)를 선미(2)에 부착하는 부착부(12b)로부터 구성된다. 지주(12a)는, 단면을 내측으로 돌출되는 익형으로 형성하고 있다. 이와 같이 지주(12a)의 단면을 익형으로 하는 것으로, 지주(12a)에 있어서도 익형에 의해 발생하는 양력의 추진 방향 성분(스러스트 성분)을 이용할 수 있다.
- [0158] 지주(12a)는, 선미측 전후폭(Lx)보다 덕트 본체측 전후폭(Ly)을 크게 하고 있다. 이와 같이, 부착부(12b)측인 선미측 전후폭(Lx)에 대해서 덕트 본체측 전후폭(Ly)을 크게 하는 것으로, 지주의 저항을 감소시키고, 흐름을 유효하게 이용하여 추력을 높일 수 있다.
- [0159] 또한, 링형상을 이루는 부착부(12b)를 없애고, 지주(12a)를 직접, 선미관을 감싸는 선미(2)의 단부, 또는 선체(1)의 선미관에 부착해도 좋다.
- [0160] 도 28은, 제2 실시형태 중 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트의 정면도이다.
- [0161] 도 28에 나타내는 바와 같이, 지지 수단(12)은, 덕트 본체(11)의 양측에 접속되는 한 쌍의 지주(12a) 이외에, 지주(12c)를 마련해도 좋다.
- [0162] 도 28에서는, 지주(12c)를 덕트 중심선(Yd)을 따라서 마련했을 경우를 나타내고 있다. 지주(12c)는, 덕트 중심선(Yd)으로부터 60도 이내의 각도 범위, 보다 바람직하게는 덕트 중심선(Yd)으로부터 30도 이내의 각도 범위에 마련한다. 이와 같이 지주(12c)를 마련해도, 선체(1)의 저항을 증가시키는 일 없이, 덕트 본체(11)의 강도, 및 덕트 본체(11)의 선미(2)의 단부나 선미관에의 부착 강도를 높일 수 있다.
- [0163] 도 29는, 도 24로부터 도 27 또는 도 28에 나타내는 선미용 덕트의 측면 단면도이다.
- [0164] 도 29에 나타내는 바와 같이, 덕트 본체(11)의 전후방향의 단면(11s)은, 내측으로 돌출되는 익형으로 형성하고 있다. 이와 같이, 단면(11s)을 내측으로 돌출되는 익형으로 형성하는 것으로, 덕트 본체(11)의 전단측에서 선체

(1)의 추진 방향으로의 양력을 발생시키고, 추진 효율을 상승시킬 수 있다.

- [0165] 또한, 도 29에 나타내는 바와 같이, 덕트 본체(11)는, 덕트 본체(11)의 원호의 중심을 연결하는 가상 중심축(Xd)을 프로펠러(3)의 회전 중심축(Xp)과 일치시키고 있다. 가상 중심축(Xd)과 회전 중심축(Xp)을 일치시키는 것으로, 설계나 장착이 용이해진다.
- [0166] 또한, 가상 중심축(Xd)은, 덕트 본체(11)의 모든 원호면에 있어서의 중심에 반드시 대응하고 있을 필요는 없다. 예를 들면, 중심부와 양측부에서 반경이 약간 다른 경우나, 전단 원호부(11f)의 중심각(β)과 후단 원호부(11r)의 중심각(β)이 다른 경우가 있고, 덕트 본체(11)는, 완전한 원호일 필요는 없고, 대략 원호 형상으로 형성되어 있으면 좋다.
- [0167] 도 30은, 제2 실시형태 중 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트의 사시도이다.
- [0168] 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)는, 지주(12a) 대신에 비튼 형상으로 한 지주(12e)를 이용하고, 프로펠러(3)를 향하는 흐름을 대향류화하고 있다. 즉, 지주(12e)는, 프로펠러(3)의 회전과 반대 방향으로 비튼 형상으로 하고 있다. 이와 같이, 비튼 형상으로 한 지주(12e)를 이용하여, 프로펠러(3)를 향하는 흐름을, 프로펠러(3)의 회전 방향에 대해서 대향류화하는 것으로, 프로펠러(3)의 추력을 높일 수 있다.
- [0169] 또한, 지주(12a) 또는 지주(12e)와 덕트 본체(11)를 선체(1)에 부착하거나, 지주(12a) 또는 지주(12e)를 이용하지 않고 덕트 본체(11)를 직접 선체(1)에 부착하는 구조를 채용할 수도 있다.
- [0170] 도 31은, 제2 실시형태 중 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트의 측면 단면도이다.
- [0171] 도 31에서는, 덕트 본체(11)의 가상 중심축(Xd)을, 프로펠러(3)의 회전 중심축(Xp)으로부터 어긋나게 하고 있다. 이와 같이, 가상 중심축(Xd)을 회전 중심축(Xp)으로부터 어긋나게 하는 것으로, 선체(1)나 선미(2), 또한 프로펠러(3)에 의해 발생하는 비대칭의 흐름에 대응하여, 추력이 높아지는 위치에 선미용 덕트(10)를 마련할 수 있다.
- [0172] 도 32는, 제2 실시형태 중 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트의 측면 단면도이다.
- [0173] 도 32에서는, 선체(1)를 측면시한 상태로, 덕트 본체(11)의 가상 중심축(Xd)을 프로펠러(3)의 회전 중심축(Xp)에 대해서 기울이고 있다. 이와 같이, 가상 중심축(Xd)을 회전 중심축(Xp)에 대해서 기울이는 것으로, 선미(2)의 하방을 향하는 흐름에 대응하여 추력을 높이도록 선미용 덕트(10)를 부착할 수 있다.
- [0174] 도 33은, 제2 실시형태 중 또 다른 실시형태에 의한 선미용 덕트를 나타내는 설명도이다.
- [0175] 도 33에서는, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서, 프로펠러(3)가 반시계회전(B)인 경우를 나타내고 있다.
- [0176] 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)는, 덕트 본체(11)의 중심각(β)을 210도로 하고, 기울임각(θ)을 60도로 하여 부착한 경우를 나타내고 있다.
- [0177] 다음에, 덕트 본체(11)의 둘레방향의 각 부분이, 선미 흐름과의 관계에 의해서 자항 요소에게 주는 영향에 대해서, 시험 결과에 근거하여 설명한다.
- [0178] 본 시험에서는, 중심각(β)을 120도로 한 덕트 본체(11)를 부분 덕트 모형으로써 이용하고, 둘레방향 위치(덕트 설치각(θ))를 변경하여 자항시험을 행하고, 부분 덕트 모형의 둘레방향 부분과 자항 요소의 관계에 대해서 조사했다.
- [0179] 또한, 본 시험에서는, 비대칭의 모형선에, 부분 덕트 모형을 설치하고, 부분 덕트 모형의 설치각(본 실시형태에 있어서의 기울임각(θ))을 변화시켜서, 자항시험을 행하고, 부분 덕트 모형의 설치각과 자항 요소와의 관계를 조사했다.
- [0180] 도 34는, 시험에 사용한 비대칭 모형과 프로펠러 모형의 주요항목, 도 35는, 부분 덕트 모형의 모식도이다.
- [0181] 또한, 부분 덕트 모형에 있어서는, 본 실시형태에 있어서의 지주(12a)를 핀으로 칭하여 설명한다. 또한, 본 실시형태에 있어서의 부착부(12b)를 링형상 부재로 하여 모형선의 선미관에 씌워서 설치하고, 자항 시험시에는, 링형상의 부분을 회전시키는 것으로 설치각(θ)을 변화시켰다.
- [0182] 덕트 설치각(θ)은, 선미측에서 보아, 바로 위를 0도로 하고, 우회전(시계회전)으로 각도를 진행시켰다. 따라서 12시 위치가, 0도, 3시 위치가 90도, 6시 위치가 180도, 9시 위치가 270도이다.
- [0183] 도 36은, 시험을 행한 덕트 모형의 주요항목을 나타내는 파라미터, 도 37은, 시험을 행한 덕트 모형의 주요항목

을 나타낸다.

- [0184] 여기서 Ddi는 프로펠러 직경에 대한 덕트 입구의 직경비, Ddo는 프로펠러 직경에 대한 덕트 출구의 직경비이며, Ddi538는, 프로펠러 직경에 대한 덕트 입구의 직경비가 53.8%, Ddo493는, 프로펠러 직경에 대한 덕트 출구의 직경비가 49.3%인 것을 나타내고 있다. α 5는, 부분 덕트 모형의 개방 각도가 5도, β 120은, 중심각이 120도의 덕트인 것을 나타내고 있다.
- [0185] 덕트 입구에서의 덕트 직경을 일정하게 하고, 덕트의 개구각(α)을 변화시켰다. 부분 덕트 모형에 관해서는, 덕트 길이(Ld)를 프로펠러 직경(Dp)의 25.5%로 고정하고, 개구각(α)을 5도에서 14도까지, 3도 간격으로 변화시켰다. 또한, 부분 덕트 모형의 시험 결과를 참고로, 중심각이 210도가 되는 덕트에 대해서도 시험을 실시했다. 또한, 덕트를 선체(1)에 고정하기 위한 핀도 자항 요소에 영향을 주고 있는 것으로 생각하고, 덕트 부분을 제거한 핀 단체(單體)의 시험도 실시했다.
- [0186] 시험은 해상 기술 안전 연구소의 미타카(三鷹) 제2 시험 수조에서 실시하고, 시험 속력은, 플루드(fluid)수 0.18에 대응하는 속력으로 했다. 부분 덕트 모형의 수조 시험에서는, 프로펠러 하중도의 변화에 의한 추력 감소율(1-t)에의 영향이 생기기 쉽기 때문에, 프로펠러 하중도를 변화시켜서 시험을 행하고, 로드 팩터가 1이 되는 곳의 자항 요소를 내삽(內插)에 의해 구하는 것으로, 프로펠러 하중도의 영향을 배제했다.
- [0187] 각각의 부분 덕트 모형과 핀에 대해서, 자항시험의 결과로부터 얻어진 자항 요소와 설치각의 관계를 도 38로부터 도 42에 나타낸다.
- [0188] 도 38로부터 도 42는, 덕트 본체의 덕트 설치각과 자항 요소의 관계를 나타내는 특성도이며, 도 38은 제1 모형(α 5Ddi538Ddo493Ld255 β 120), 도 39는 제2 모형(α 8Ddi538Ddo466Ld255 β 120), 도 40은 제3 모형(α 11Ddi538Ddo439Ld255 β 120), 도 41은 제4 모형(α 14Ddi538Ddo411Ld255 β 120), 도 42는 제5 모형(Fin)에 있어서의 특성도이다.
- [0189] 자항 요소로서 추력 감소율(1-t), 유효 반류율(1-wTM), 추진기 효율비(η_R)를 나타내고 있다.
- [0190] 도 38로부터 도 42에 있어서, 덕트 설치각(θ) = 0도는, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서 프로펠러(3)의 상하 방향의 프로펠러 중심선(Xv)과 덕트 중심선(Yd)을 일치시켜서 마련했을 경우이며, 플러스의 설치각(θ)은 우현측으로 기울이고, 마이너스의 설치각(θ)은 좌현측으로 기울이고 있다. 프로펠러(3)는 시계회전(A)으로 회전시키고 있다. 또한, 세로축은, 덕트 없음을 기준으로 하고 있다.
- [0191] 어느 쪽의 개구각(α)의 부분 덕트 모형에 있어서도, 설치각 0도에서 1-t가 최대가 되고, 설치각 90도에서 1-wTM가 최소가 되고, η_R 이 최대가 된다. 자항 요소의 양부(良否)라고 하는 관점에서는, 1-t와 다른 두 개의 자항 요소 1-wTM와 η_R 은, 역상관으로 되어 있고, 핀 단체(單體)의 경우도 마찬가지이다. 이것들 자항시험에 의해 얻어진 자항 요소를 이용하여 마력 추정을 행하고, 각 부분 덕트 모형 및 핀 단체의 각 설치각(θ)에서의 마력 감소율을 계산했다.
- [0192] 계산한 마력 감소율을 도 43에 나타낸다. 개구각(α)이 5도일 때에는, 설치각 0도에서의 마력 감소율이 가장 크고, 설치각 180도, 설치각 270도에서는, 거의 마력 저감 효과가 없어졌다. 그 외의 개구각(α)의 1/3덕트에서는, 설치각 90도의 경우가 가장 양호한 마력 감소율을 나타내고 있고, 설치각 0도가 그것에 따르는데, 설치각 180도에 있어서도, 1 ~ 2% 정도의 저감율이 나타나고 있다. 역시 설치각 270도에 있어서, 마력 감소율은, 거의 없다. 또한 핀만이라도 설치각 0도, 90도, 180도에 대해서는, 2% 정도의 마력 저감 효과가 나타나고 있지만, 설치각 270도에서는, 거의 마력 저감 효과가 없다.
- [0193] 덕트 설치각의 영향을 보다 상세하게 조사하기 위해서, 마력 감소율이 높은 설치각 0도 부근으로부터 설치각 90도 부근까지 걸쳐서, 설치각의 변경폭을 작게 하여 자항시험을 행했다.
- [0194] 도 44는, 덕트 본체의 기울임각(덕트 설치각)과 자항 요소의 관계를 나타내고, 도 45는, 덕트 설치각과 마력 감소율의 관계를 나타낸다.
- [0195] 도 44 및 도 45에 있어서, 덕트 설치각(θ) = 0도는, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서 프로펠러(3)의 상하 방향의 프로펠러 중심선(Xv)과 덕트 중심선(Yd)을 일치시켜서 마련했을 경우이며, 플러스의 설치각(θ)은 우현측으로 기울이고, 마이너스의 설치각(θ)은 좌현측으로 기울이고 있다. 프로펠러(3)는 시계회전(A)으로 회전시키고 있다. 또한, 세로축은, 덕트 없음을 기준으로 하고 있다.
- [0196] 1-t는, 설치각 0도에서 최대가 되고, 설치각 75도에서 최소가 된다. 또한, 1-wTM은, 설치각 75도에서 최소가 되

고, 설치각 270도에서 최대가 된다. nR 은, 설치각 75도에서 최대가 되고, 설치각 -15도에서 최소가 되고 있다. 마력 감소율이 양호한 설치각은 0도와 90도의 두개의 축으로 되어 있고, 설치각 0도의 경우는 1-t의 설치각 90도의 경우는 1-wTM와 nR 의 양화(良化)에 의한 것을 알 수 있다.

- [0197] 도 44 및 도 45에 있어서, 바람직한 설치각의 위치를 원으로 나타내고 있다.
- [0198] 부분 덕트 모형(중심각(β)이 120도)의 시험 결과를 보면, 설치각 0도와 설치각 90도의 마력 저감 효과가 높다. 설치각 180도에서는, 편 단독보다 마력 저감 효과가 작아지고 있다. 설치각 270도에서는, 마력 저감 효과가 극히 낮다. 여기서, 덕트 설치각 0도와 90도의 부분 덕트 모형을 조합하여, 중심각(β)을 210도로 한 부분 덕트 모형이면, 효과가 크다고 생각되어, 자항시험을 실시하는 것으로 했다.
- [0199] 부분 덕트 모형(중심각(β)이 120도)에서의 시험 결과로부터, 개구각 11도일 때가, 설치각 0도에서 마력 감소율 3.3%, 설치각 90도에서 마력 감소율 3.4%로 종합적으로 마력 저감 효과가 높았던 것으로부터, 이 개구각 11도의 210도 덕트를 대상으로 자항시험을 실시했다. 개구각 11도의 210도 덕트의 모식도는, 도 27에 나타내는 바와 같다.
- [0200] 자항시험의 결과, 각 자항 요소는, 설치각 0도와 90도의 부분 덕트 모형의 중간적인 값이 되고, 마력 감소율은 3.9%로 양자보다 커졌다.
- [0201] 도 46은, 본 시험에서 실시한 부분 덕트 모형을 이용한 자항시험의 전체 결과를 나타낸다.
- [0202] 부분 덕트 모형을 이용하여, 자항시험을 실시한 결과, 이하의 사항을 알 수 있었다.
- [0203] 우회전 프로펠러(3)의 경우, 부분 덕트 모형이 후방에서 보아 0도(12시)의 위치에 있을 때, 1-t는 가장 커진다. 한편, 1-wTM도 가장 커지고, nR 은 가장 작아진다. 부분 덕트 모형이 후방에서 보아 90도(3시)의 위치에 있을 때, 1-t는 가장 작아지고, 1-wTM도 가장 작아지고, nR 은 가장 커진다. 즉 자항 요소의 양부(良否)라고 하는 관점에서는, 1-t와 다른 두 개의 자항 요소 1-wTM와 nR 은, 역상관으로 되어 있다. 이들 현상이 종합되어서, 0도(12시) 위치 혹은 90도(3시) 위치의 에너지 절약 효과가 높아지고 있고, 이것들 양위치를 조합한 210도 덕트의 에너지 절약 효과도 높아졌다. 또한, 210도 덕트에서는 마력 감소율은 3.9%였지만, 동일 조건에서 각도 범위만을 360도로 한 전체주위 덕트의 경우, 마력 감소율은 3.5%가 되고, 전체주위 덕트보다 210도 덕트의 쪽이 마력 감소율은 큰 것이 확인되었다.
- [0204] 이상의 결과로부터, 덕트 본체(11)를 180도에서 270도의 각도 범위의 원호 형상으로 형성하고, 프로펠러(3)의 상하 방향의 프로펠러 중심선(X_v)에 대해서 덕트 본체(11)의 덕트 중심선(Y_d)이 프로펠러(3)의 회전 방향으로, 30도 이상 60도 이하의 각도 범위에서 설치각(θ)을 가지는 것으로, 도 45에 있어서의 마력 감소율의 2개의 피크를 확실하게 커버하고, 마력 감소율이 높은 영역에 덕트 본체(11)나 지지 수단(12)을 향하게 할 수 있기 때문에, 에너지 절약 효과가 높은 선미용 덕트(10)를 제공할 수 있다.
- [0205] 보다 바람직하게는 각도 범위를 225도에서 255도의 원호 형상으로 형성하는 것으로써, 선체(1)의 저항을 증가시키는 일 없이 선각 효율을 개선할 수 있다.
- [0206] 또한, 덕트 본체(11)의 후단에 형성하는 후단 원호부(11r)의 반경(R_r)을 프로펠러(3)의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0207] 다음에 본 실시형태에 의한 선미용 덕트의 설계 방법에 대해서 이하에 설명한다.
- [0208] 제1 실시형태의 설명에서도 이용한 도 11은, 적용하는 선체에 대해서, 선체 주요항목 및 3차원 형상 측면도이며, 도 12는, 본 실시형태에 의한 선미용 덕트와 동일 반경의 전체주위 덕트에 대해서, 덕트 주요항목 및 3차원 형상을 나타낸다.
- [0209] 본 실시형태에서는, 파나맥스(panamax) 사이즈·벌크 캐리어(PxBC)의, 선미 비대도를 높게 한 형상의 선체를 이용했다.
- [0210] 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)를 설계하는데 있어서, 우선, 원호 형상의 덕트 본체(11)와 동일 반경의 전체주위 덕트를 설정한다.
- [0211] 여기에서는, 전체주위 덕트로서 소위 Weather Adapted Duct(WAD)를 기본 형상으로 한 덕트를 이용하고 있다.
- [0212] 도 12에 있어서, $D_{r.e}$ 는 덕트 후단 직경, D_p 는 프로펠러 직경, L_d 는 덕트 날개 단면 코드 길이, a 은 날개 단면이 가지는 개구각이다.

- [0213] 제1 실시형태의 설명에서도 이용한 도 13은, 사용하는 프로펠러에 대한 프로펠러 주요항목을 나타낸다.
- [0214] 도 13에 있어서, H/D_p 는 피치비, aE 는 전개 면적비, Z 는 날개수를 나타낸다.
- [0215] 제1 실시형태의 설명에서도 이용한 도 14는, 선체에 대한 덕트 및 프로펠러의 부착 위치를 나타낸다.
- [0216] 좌표 원점을 선체(1)의 선수 수선(FP)으로 취하고, FP로부터 선미 수선(AP)의 방향을 x 축 플러스, 좌현으로부터 우현의 방향을 y 축 플러스, 용골(keel)로부터 갑판(deck)의 방향을 z 축 플러스의 방향으로 하고 있다. 또한, 선 길이를 1로 하고 있다(즉 $x = 0.0$ 이 FP, $x = 1.0$ 이 AP).
- [0217] 도 14로부터 유도되는 바와 같이, 덕트 후단은 프로펠러 앞 가장자리와 약 5% D_p 의 클리어런스를 가지고, 덕트 중심은 샤프트 센터 라인에 일치시키고 있다.
- [0218] 다음에, 선형·덕트·프로펠러를 설정하여, 전체주위 덕트를 이용한 선체의 수치계산에 의한 저항·자항 계산을 행한다.
- [0219] 도 11로부터 도 14에 나타내는 선형·덕트·프로펠러를 이용하여 CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석을 행했다.
- [0220] CFD 해석의 결과, 덕트가 없는 선형(船型)에 비해, 덕트가 있는 선형은 저항을 증가시키는 일이 없고, 선각 효율을 약 3.2% 개선했다. 덕트가 부착되어 있음에도 불구하고, 전체 저항 계수가 거의 증가하지 않는 이유는, 덕트 자신이 추력을 내고 있기 때문이라고 생각된다.
- [0221] 다음에, 저항·자항 계산 결과로부터 전체주위 덕트의 내표면의 유체력 분포를 구한다.
- [0222] 제1 실시형태의 설명에서도 이용한 도 15는, 전체주위 덕트의 스러스트 성분 및 저항 성분 분포의 둘레방향 분포를 나타낸다.
- [0223] 도 15에 있어서, 기울임각(θ)은, 전체주위 덕트를 뒤에서 보아 12시의 위치를 0도로 하고, 12시의 위치로부터 시계회전 방향을 플러스로 하고 있다. 또한, 도 15에 있어서, 세로축 C_{tx} 는, x 방향 유체력이며, 플러스의 값(0 라인보다 위)에서는 저항이 되고, 마이너스의 값(0 라인보다 아래)에서는, 추력이 된다.
- [0224] 도 15에 나타내는 바와 같이, 프로펠러(3)가 작동하고 있지 않을 때(도면 중 점선)에는, x 방향 유체력($C_{tx}duct$)은, 전체주위에 걸쳐서 플러스의 값, 즉 저항(resistance)으로 되어 있다.
- [0225] 그러나, 프로펠러(3)가 작동하면, $C_{tx}duct$ 는 $0도 < \theta < 45도$, $288도 < \theta < 360도$ 부근에서 마이너스의 값, 즉 스러스트(thrust)로서 작용한다. 이 스러스트 성분이, 프로펠러(3)의 작동시에는, 덕트를 부착하고 있을 때라도 전체 저항 계수를 증가시키지 않는 요인으로 되고 있다고 생각된다.
- [0226] 제1 실시형태의 설명에서도 이용한 도 16은, 전체주위 덕트의 표면 상의 스러스트 분포와 저항 성분 분포의 등고선도이며, 도 15에 나타내는 저항/스러스트 성분이, 덕트 표면 상에 어떻게 분포하고 있는지를 3차원적으로 나타낸다.
- [0227] 도 15에 나타나는 덕트의 스러스트 성분은, 도 16에서는 주로 덕트의 전단측의 상면 내측에서 발생하고 있는 것을 알 수 있다(도면 중, 화살표로 나타내는 영역(Z)).
- [0228] 즉, 스러스트 성분이 발생하는 영역(Z)은, 선형의 중심각을 β 로 하면, $0도 < \beta < 180도$ 의 각도 범위로 둘러싸인 선형 부분으로 되어 있다. 스러스트 자체는, 덕트 측면 내측 부근에도 발생하고 있지만, 상기 부분의 덕트 외측에는 이 스러스트보다 큰 저항이 작용하고 있는 것으로부터, 덕트 코드 방향으로 적분한 전체의 유체력으로서는 도 15에 나타내는 기울임각(θ)이 90도 부근에 나타내는 바와 같이, 저항으로 되어 있다.
- [0229] 이와 같이, 저항·자항 계산 결과로부터 전체주위 덕트의 내표면의 유체력 분포를 구한 후에, 유체력 분포에 근거하여 전체주위 덕트로부터 원호 형상의 덕트 본체(11)의 형상을 결정한다. 여기서, 유체력 분포는, 스러스트 분포와 저항 성분 분포이다.
- [0230] 또한, 전체주위 덕트의 후방으로부터 프로펠러면까지의 유속·유향 분포를 구해도 좋다. 이 유속·유향 분포를 구하는 것으로 유효 반류율을 고려한 설계가 가능해진다. 또한, 이 유속·유향 분포나 내표면의 유체력 분포는 단독으로 이용한 설계도, 쌍방을 이용한 설계도 가능하지만, 쌍방을 이용하는 것이 보다 상세한 설계가 실현 가능해진다.
- [0231] 또한, 지지 수단(12)의 부착수를 설정하는 스텝을 구비하고, 설정한 지지 수단(12)의 조건을 이용하여 선체(1)

의 수치계산에 의한 저항·자항 계산을 행하는 스텝을 실행하는 것으로, 지지 수단(12)의 영향을 고려한 설계를 할 수 있다.

- [0232] 도 47 및 도 48은, 선미용 덕트를 장착한 2축 선미 쌍동형의 선박을 후방에서 전방을 본 상태를 나타내는 주요부 정면도이다.
- [0233] 도 47 및 도 48에 있어서, 선체(1)에는, 우현측 스के그의 선미관(2R)에는 우현측 프로펠러(3R), 좌현측 스के그의 선미관(2L)에는 좌현측 프로펠러(3L)를 마련하고 있다.
- [0234] 도 47에서는, 우현측 프로펠러(3R)는 반시계회전(B), 좌현측 프로펠러(3L)는 시계회전(A)이며, 내향 회전의 회전인 것을 나타내고 있다.
- [0235] 이와 같이 내향 회전의 회전에 의한 2축 선미 쌍동형의 선박에 있어서는, 우현측 프로펠러(3R)에 대응하는 우현측 선미용 덕트(10R)는 좌상 상한에 덕트 본체(11R)를 기울여서 배치하고, 좌현측 프로펠러(3L)에 대응하는 좌현측 선미용 덕트(10L)는 우상 상한에 덕트 본체(11L)를 기울여서 배치하는 것으로, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 작게 할 수 있다.
- [0236] 도 48에서는, 우현측 프로펠러(3R)는 시계회전(A), 좌현측 프로펠러(3L)는 반시계회전(B)이며, 외향 회전의 회전인 것을 나타내고 있다.
- [0237] 이와 같이 외향 회전의 회전에 의한 2축 선미 쌍동형의 선박에 있어서는, 우현측 프로펠러(3R)에 대응하는 우현측 선미용 덕트(10R)는 우상 상한에 덕트 본체(11R)를 기울여서 배치하고, 좌현측 프로펠러(3L)에 대응하는 좌현측 선미용 덕트(10L)는 좌상 상한에 덕트 본체(11L)를 기울여서 배치하는 것으로, 추력 감소율 또는 추진기 효율비를 높이고, 유효 반류율을 작게 할 수 있다.
- [0238] 이와 같이, 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)는, 2축 선미 쌍동형의 선체(1)에도 적용할 수 있고, 덕트 본체(11)에 가해지는 저항을 저감하고, 에너지 절약 효과가 높은 2축 선미 쌍동형의 선박을 제공할 수 있다.
- [0239] 또한, 2축 선미 쌍동형의 선박, 1축형 선박의 경우를 포함하여, 선미류를 유효하게 이용하고 프로펠러의 추진 효율을 높이기 위해서, 프로펠러의 추진축을 좌우에 마련한 스के그나 선미의 중심으로부터 위치를 어긋나게 하여 이른바 오프셋을 마련하는 경우가 있지만, 이러한 경우에 선미용 덕트도 위치를 어긋나게 함, 또한 위치는 어긋나게 하지 않음 어느 쪽의 선택도 가능하다.
- [0240] 또한, 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)는, 기존의 선체(1)에 대해서 나중에 부가하여 부착할 수 있다. 따라서, 기존의 선박에 있어서도 본 실시형태에 의한 선미용 덕트(10)에 의한 저항의 저감과 에너지 절약 효과의 향상을 활용할 수 있다.
- [0241] 이상의 각 실시형태에서는, 선미용 덕트(10)로서 설명했지만, 시험 결과에서 나타난 바와 같이, 덕트 본체(11)를 마련하지 않고, 덕트 본체(11)의 양단을 지지하는 한 쌍의 지주(12a)만으로도, 선체(1)의 저항을 증가시키는 일 없이 선각 효율을 개선하는 것으로 에너지 절약 효과가 있다.
- [0242] 즉, 다른 실시형태로서의 선미용 부가물은, 원호 형상의 가상 덕트 본체를 지지하는 한 쌍의 지주(12a)를, 한 쌍의 지주(12a)의 사이의 각도가 180도에서 270도의 각도 범위가 되도록 선미(2)에 부착하고, 선체(1)를 후방에서 전방을 본 상태에서 프로펠러(3)의 상하 방향의 프로펠러 중심선(Xv)에 대해서 한 쌍의 지주(12a)의 지주 중심선이 프로펠러(3)의 회전 방향으로 기울임각(θ)을 가진다.
- [0243] 또한, 가상 후단 원호부의 반경은, 도 24 또는 도 25에 나타내는 프로펠러(3)의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 가상 후단 원호부의 반경을, 프로펠러(3)의 반경의 50% 이하 20% 이상으로 하는 것으로, 가상 덕트 본체의 프로펠러(3)와의 간섭을 크게 할 수 있다. 가상 후단 원호부의 반경이 프로펠러(3)의 반경의 50%를 초과하여 커지면 유효 반류율이 상승한다. 또한, 프로펠러(3)의 축반경은 일반적으로 프로펠러(3)의 반경의 16 ~ 18%이기 때문에, 가상 후단 원호부의 반경은 프로펠러(3)의 반경의 20% 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0244] 본 실시형태에 의한 선미용 부가물은, 프로펠러(3)의 회전 방향으로의 지주 중심선의 기울임각(θ)을 30도 이상 60도 이하의 각도 범위로 하는 것으로, 도 45에 있어서의 마력 감소율의 2개의 피크의 존재하는 마력 감소율이 높은 영역에 한 쌍의 지주(12a)를 향하게 할 수 있기 때문에, 에너지 절약 효과가 높은 선미용 부가물을 제공할 수 있다. 또한, 프로펠러(3)의 회전 중심축(Xp)보다 상부의, 특히 추진 방향 성분(스러스트 성분)이 크게 얻어지는 위치에, 각도 범위가 작은 한 쌍의 지주(12a)를 향하게 할 수 있다.

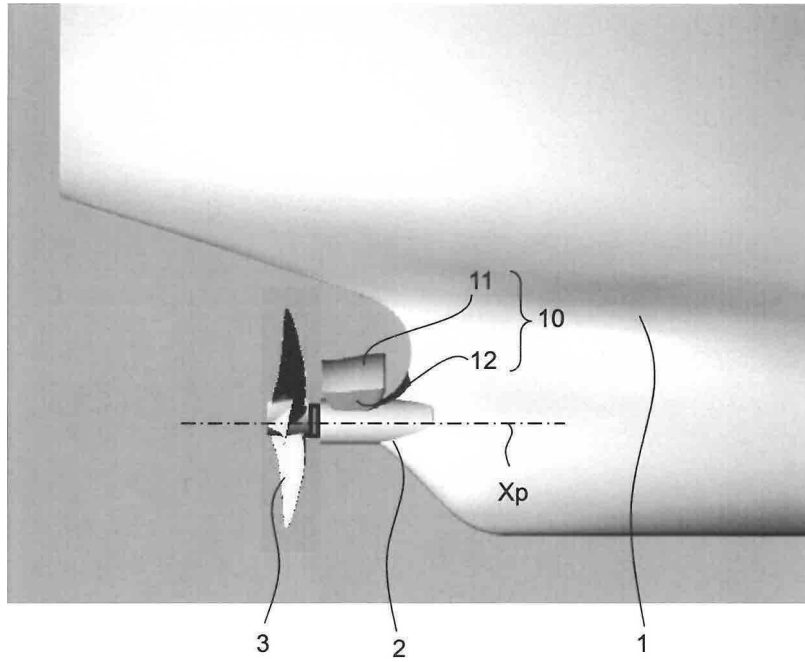
- [0245] 또한, 본 실시형태에 의한 선미용 부가물은, 한 쌍의 지주(12a)의 가상 중심축(Xd)을 프로펠러(3)의 회전 중심축(Xp)과 일치시켰을 경우에는, 설계나 장착이 용이하다.
- [0246] 또한, 본 실시형태에 의한 선미용 부가물은, 한 쌍의 지주(12a)의 가상 중심축(Xd)을 프로펠러(3)의 회전 중심축(Xp)으로부터 어긋나게 한 경우에는, 예를 들면 한 쌍의 지주(12a)를, 선체(1)나 프로펠러(3)에 의해 발생하는 비대칭의 흐름에 대응하여 추력이 높아지는 위치로 어긋나게 할 수 있다.
- [0247] 또한, 본 실시형태에 의한 선미용 부가물은, 선체(1)를 측면시한 상태로, 한 쌍의 지주(12a)의 가상 중심축(Xd)을 프로펠러(3)의 회전 중심축(Xp)에 대해서 기울인 경우에는, 한 쌍의 지주(12a)를, 추력을 높이도록 부착할 수 있다.
- [0248] 또한, 본 실시형태에 의한 선미용 부가물은, 지주(12a)의 단면을, 내측으로 돌출되는 익형으로 형성했을 경우에는, 익형에 의해 발생하는 양력의 추진 방향 성분(스러스트 성분)을 이용할 수 있다.
- [0249] 또한, 본 실시형태에 의한 선미용 부가물은, 비튼 형상의 지주(12e)로 하고, 프로펠러(3)를 향하는 흐름을, 프로펠러(3)의 회전 방향에 대해서 대향류화했을 경우에는, 추력을 높일 수 있다.
- [0250] 또한, 본 실시형태에 의한 선미용 부가물은, 지주(12a)를, 선미측 전후폭(Lx)보다 가상 덕트 본체측 전후폭(Ly)을 크게 했을 경우에는, 지주(12a)의 저항을 감소시켜서 추력을 높일 수 있다.
- [0251] 또한, 본 발명의 선미용 부가물을 가진 선박에 의하면, 지주(12a)에 가해지는 저항을 저감하고, 에너지 절약 효과가 높은 선박을 제공할 수 있다.
- [0252] 또한, 선체(1)이 2축 선미 쌍동형의 선체인 경우에는, 지주(12a)에 가해지는 저항을 저감하고, 에너지 절약 효과가 높은 2축 선미 쌍동형의 선박을 제공할 수 있다.
- [0253] 또한, 선체(1)이 기존의 선체이며, 지주(12a)를 선체(1)에 나중에 부가했을 경우에는, 기존의 선체에 대해서도 저항의 저감과 에너지 절약 효과의 향상을 적용할 수 있다.
- [0254] 본 발명은, 특히 저속 비대선을 포함한 일반의 선박의 선미에 장착하는 선미용 덕트에 적용할 수 있고, 덕트 본체를 부가해도, 선체의 저항을 증가시키는 일 없이 선각 효율을 개선하는 것으로 에너지 절약 효과가 있다.

부호의 설명

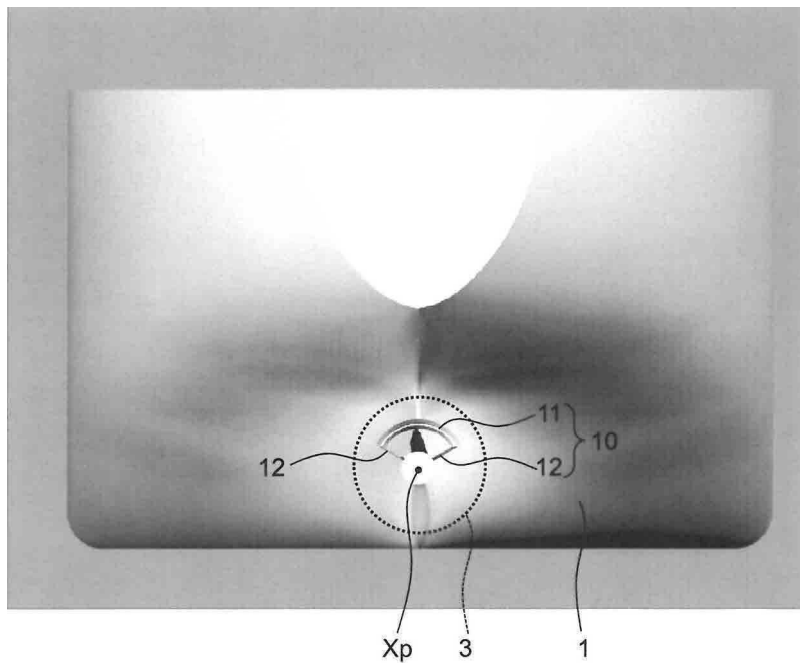
- [0255] 1: 선체
- 2: 선미
- 3: 프로펠러
- 10: 선미용 덕트
- 11: 덕트 본체
- 11s: 단면
- 12: 지지 수단
- Xp: 회전 중심축
- Xv: 상하 방향의 중심선
- β : 중심각(각도 범위)

도면

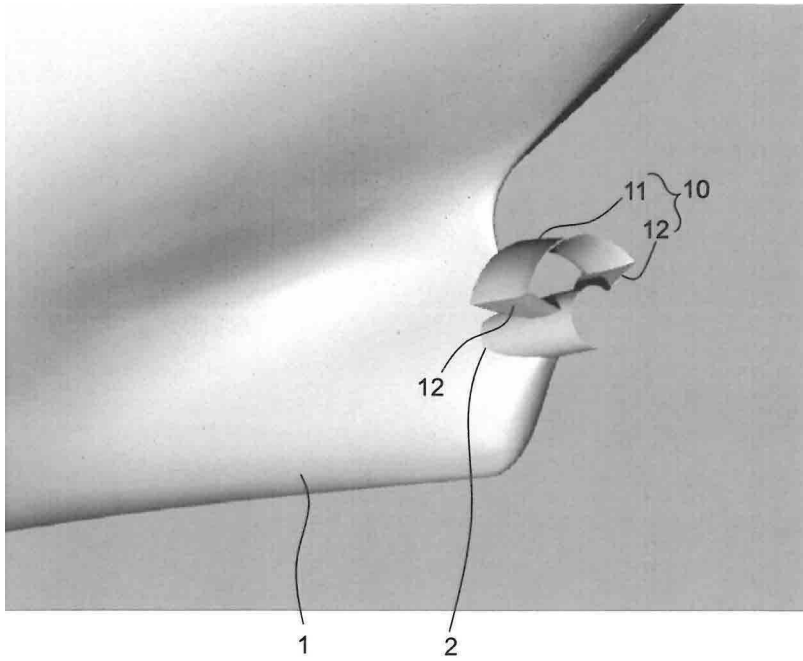
도면1



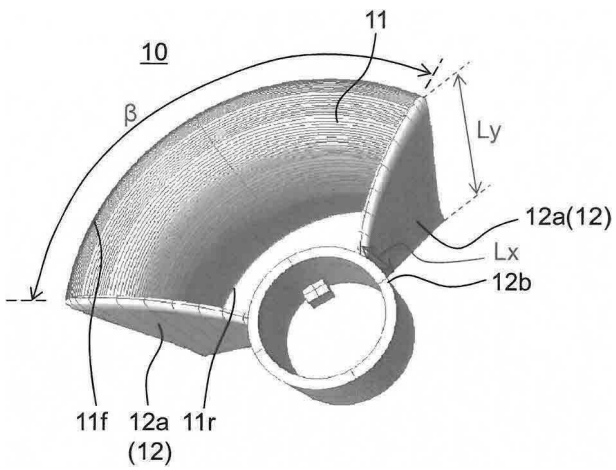
도면2



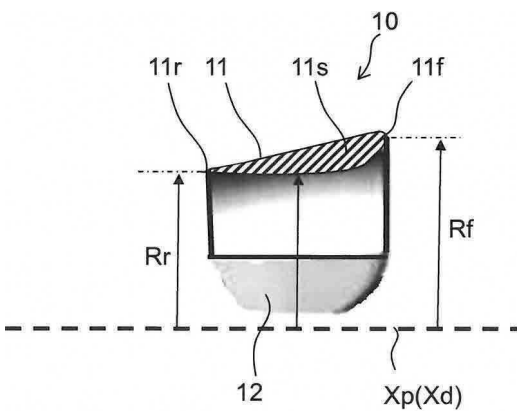
도면3



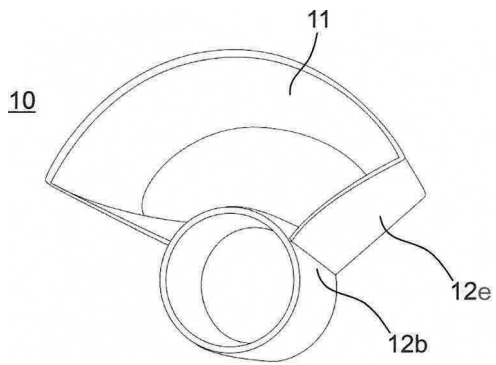
도면4



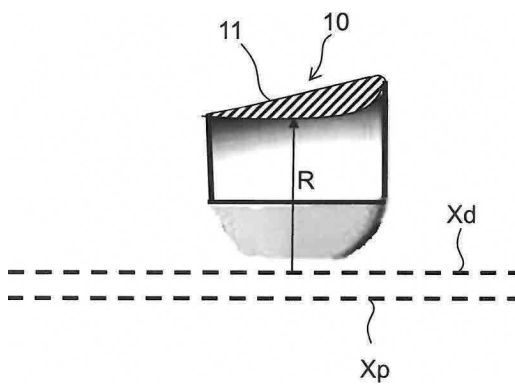
도면5



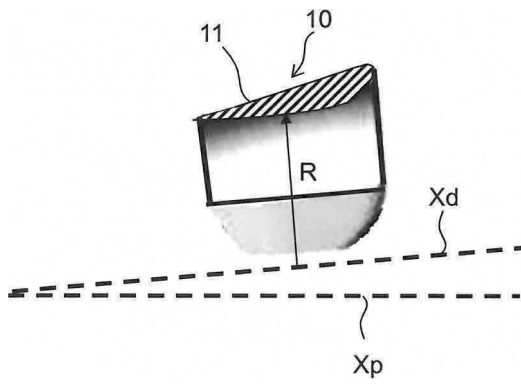
도면6



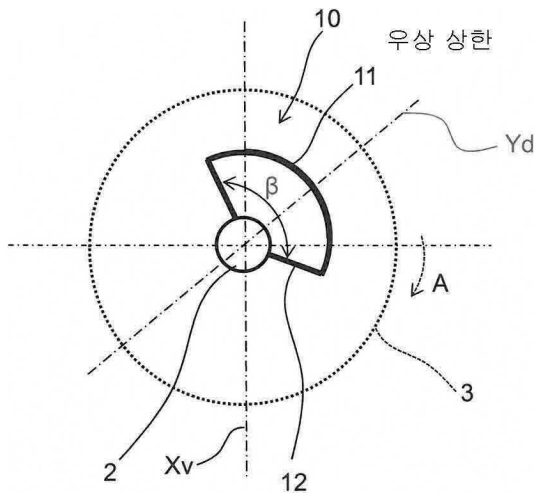
도면7



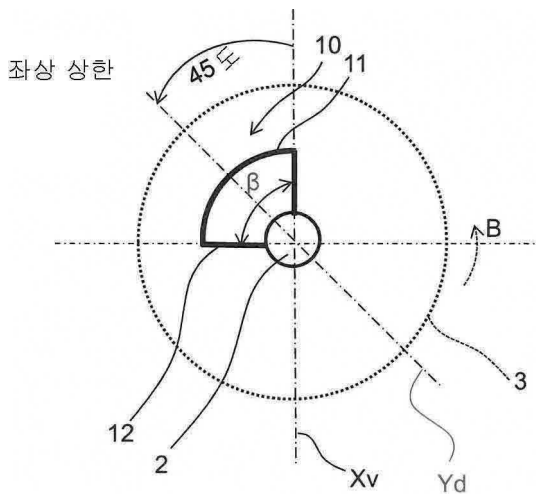
도면8



도면9



도면10



도면11

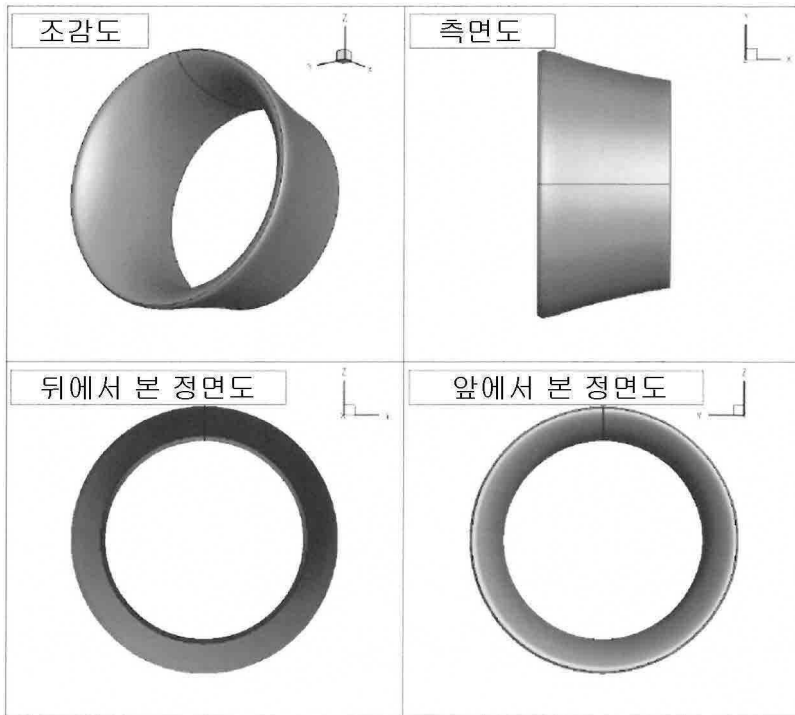
$L_{pp}[\text{m}]$	217
$B[\text{m}]$	32.26
$d[\text{m}]$	12.2
C_B	0.851
$\nabla[\text{m}^3]$	72,658

10-모드 PxBC



도면12

D_{TE}/D_p	0.5
L_d/D_p	0.325
β [deg.]	12.0
날개 단면 형상	NACA7415



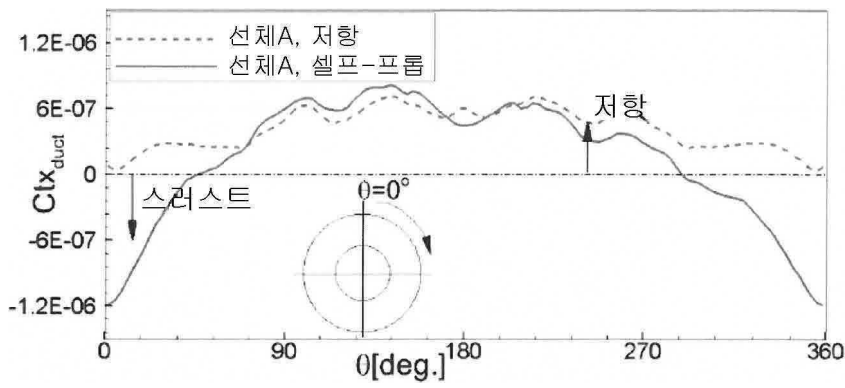
도면13

D_p [m]	7.1
H/D_p	0.8
aE	0.5
Z	4

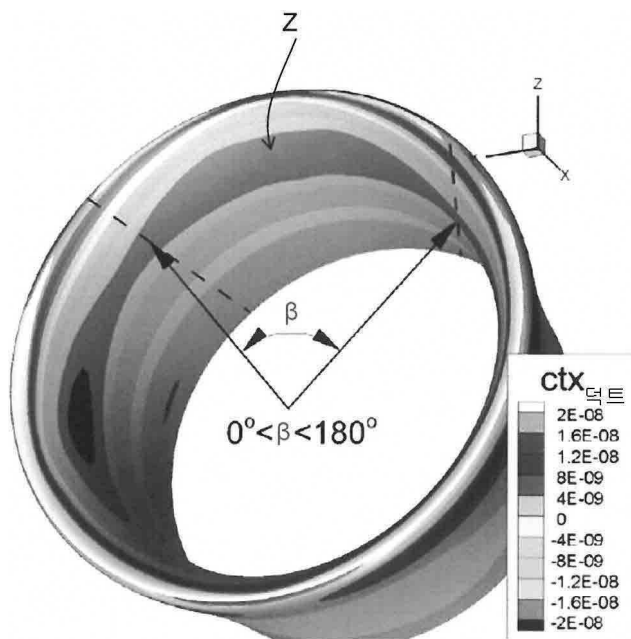
도면14

프로펠러 중심위치	
x, y, z	0.982, 0.0, -0.03917
덕트 후단의 x위치	
x	0.98
덕트 중심의 y위치	
y, z	0.0, -0.03917

도면15



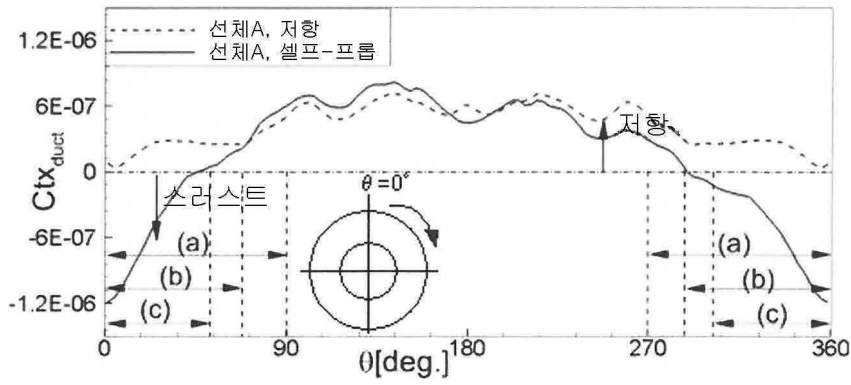
도면16



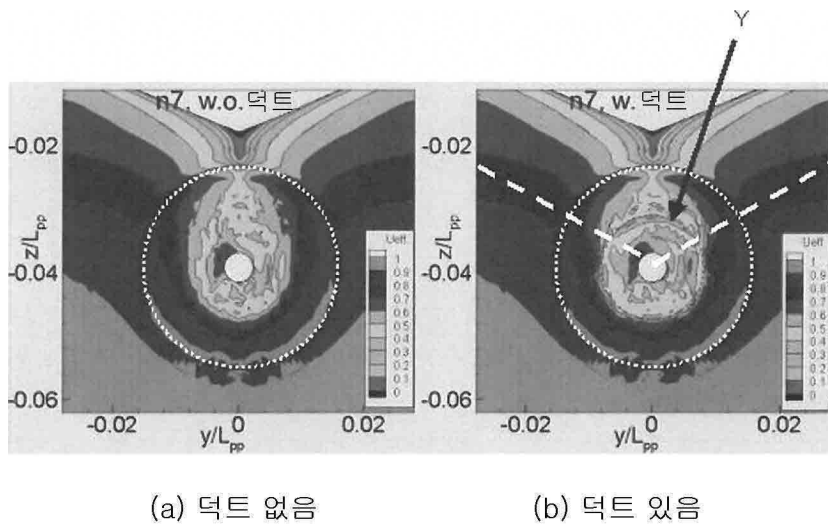
도면17

β [deg]	스러스트
180	1
140	1.10
120	1.39

도면18



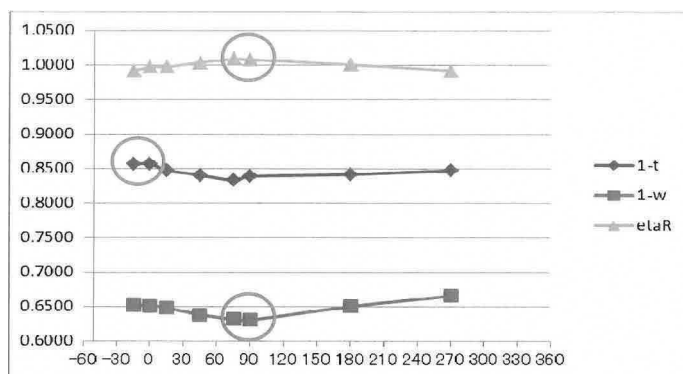
도면19



(a) 덕트 없음

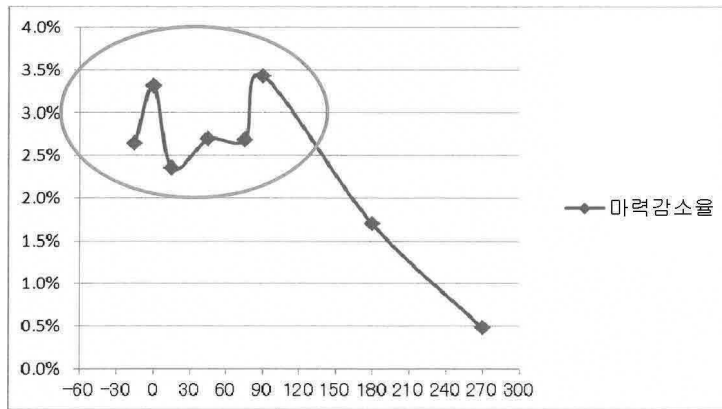
(b) 덕트 있음

도면20



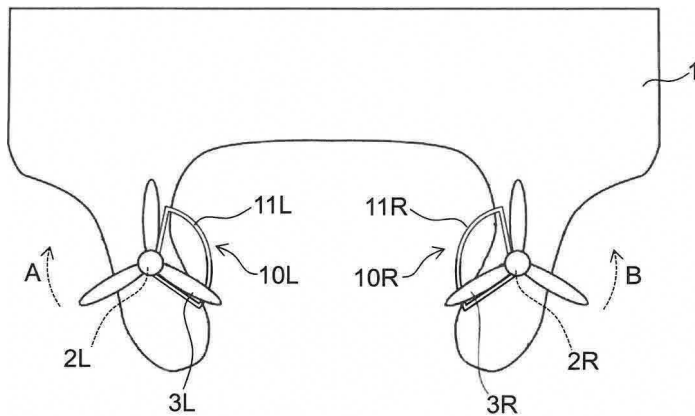
기울임각(θ)과 저항요소의 관계

도면21

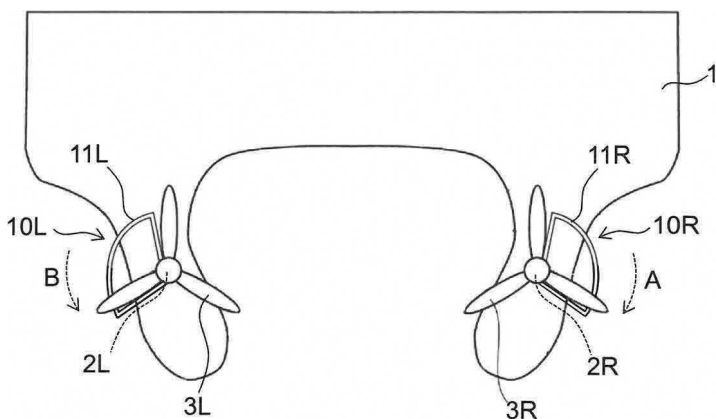


기울임각(θ)과 마력감소율의 관계

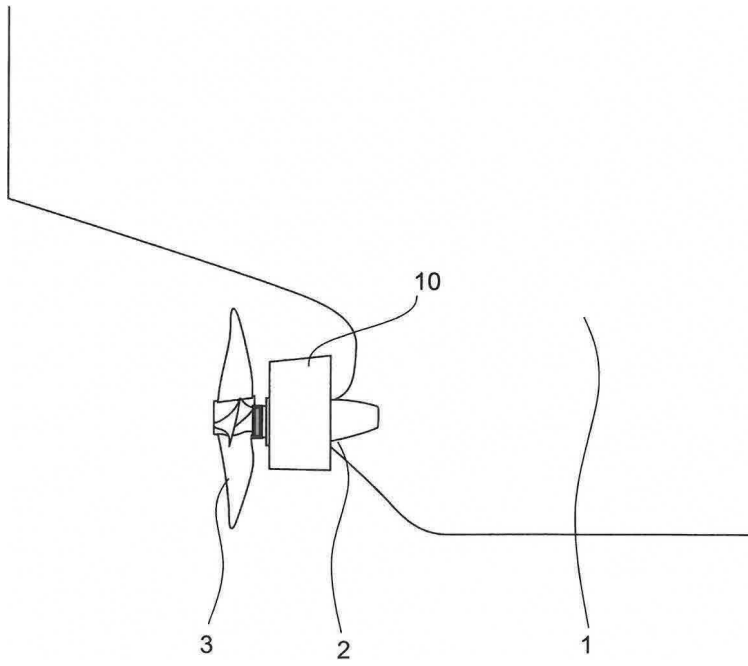
도면22



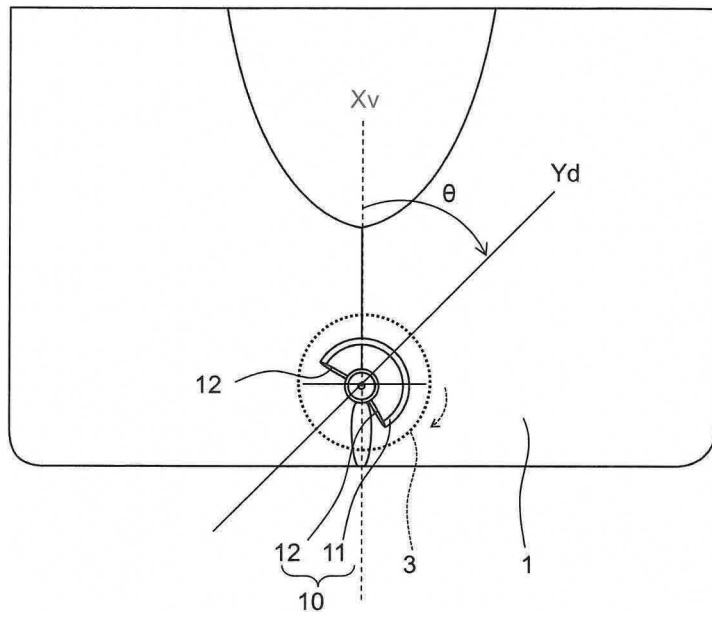
도면23



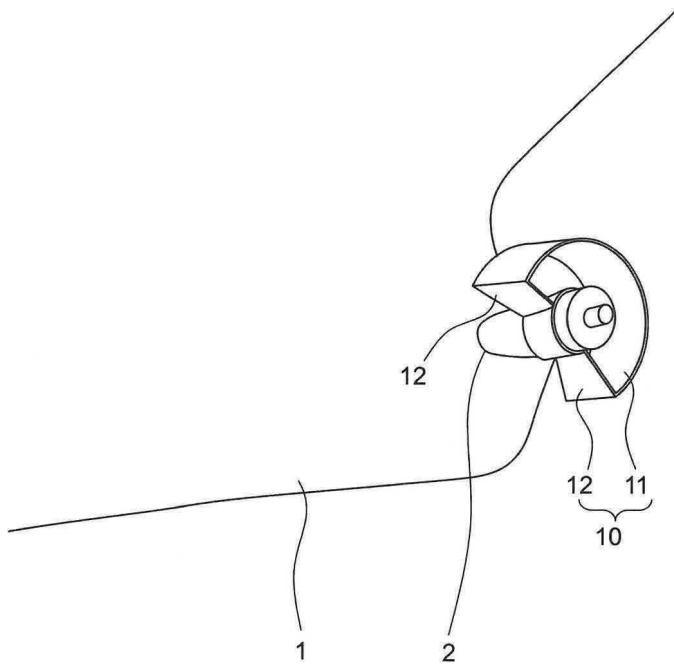
도면24



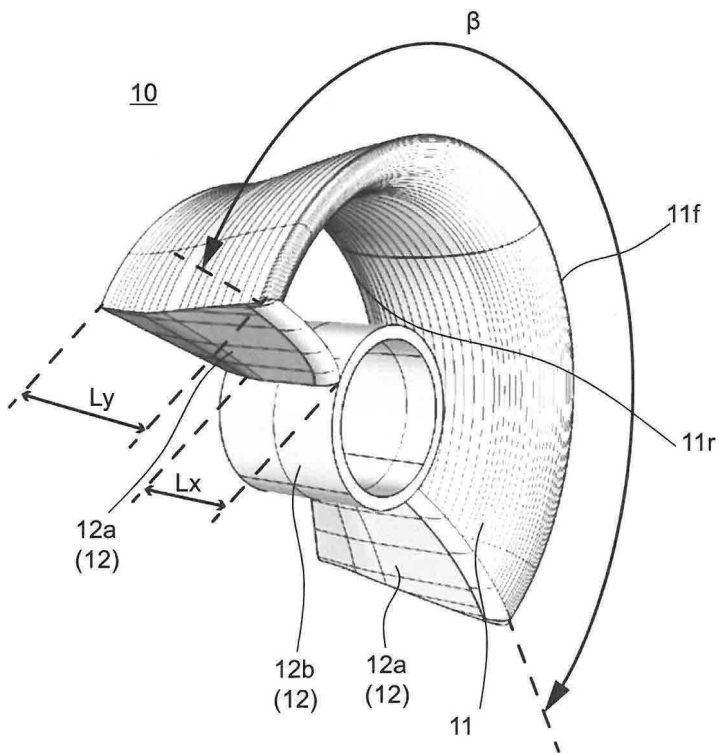
도면25



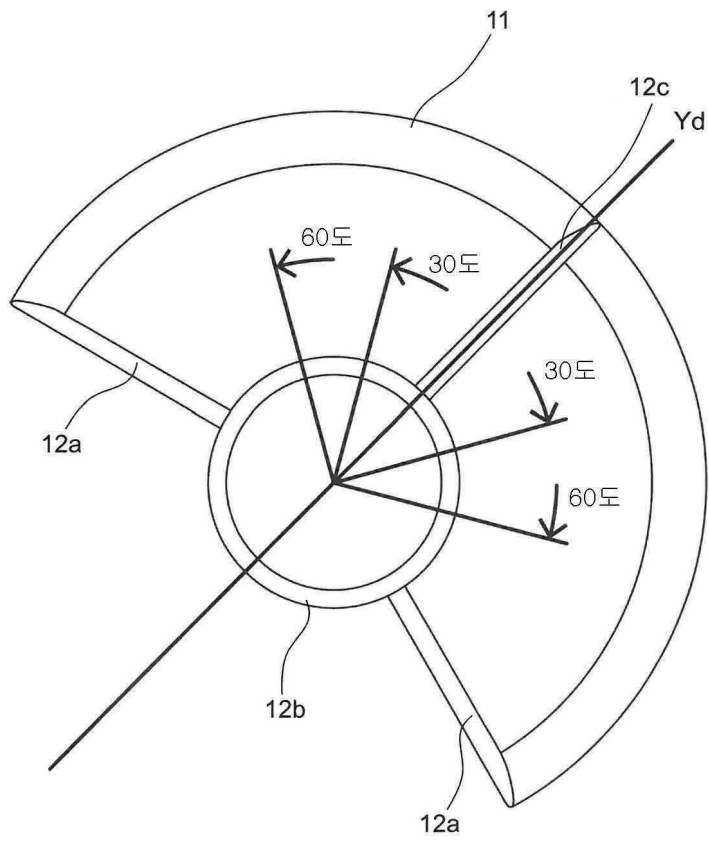
도면26



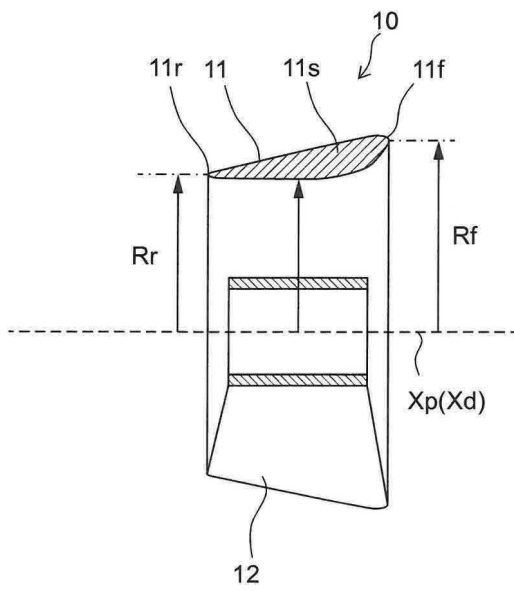
도면27



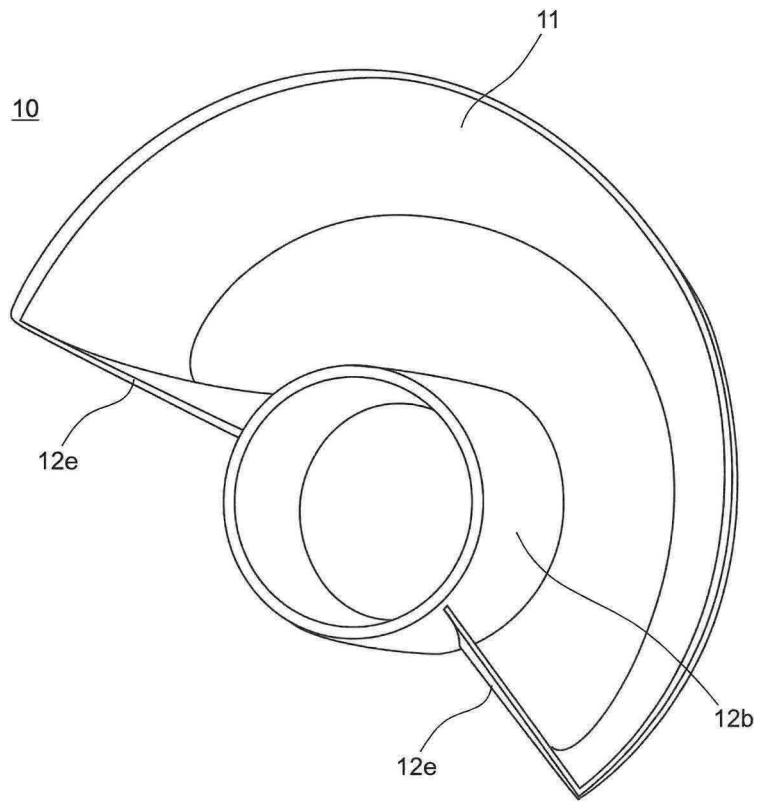
도면28



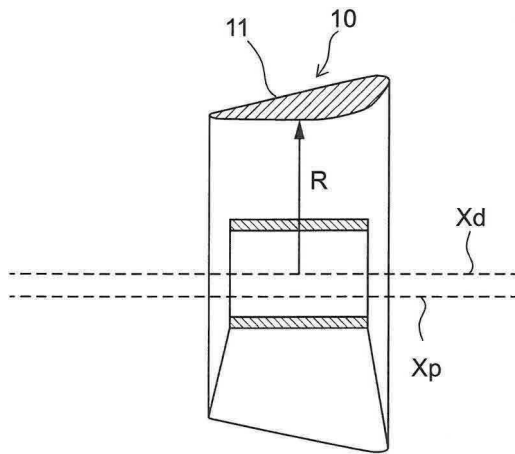
도면29



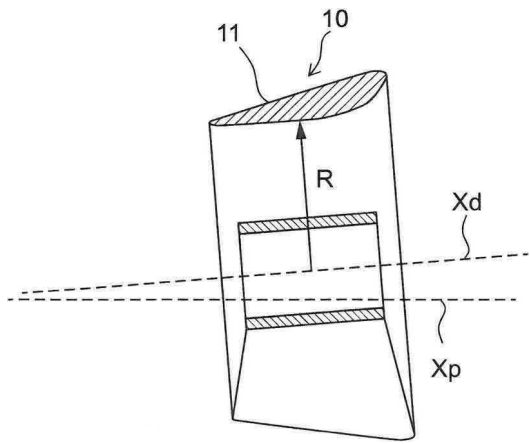
도면30



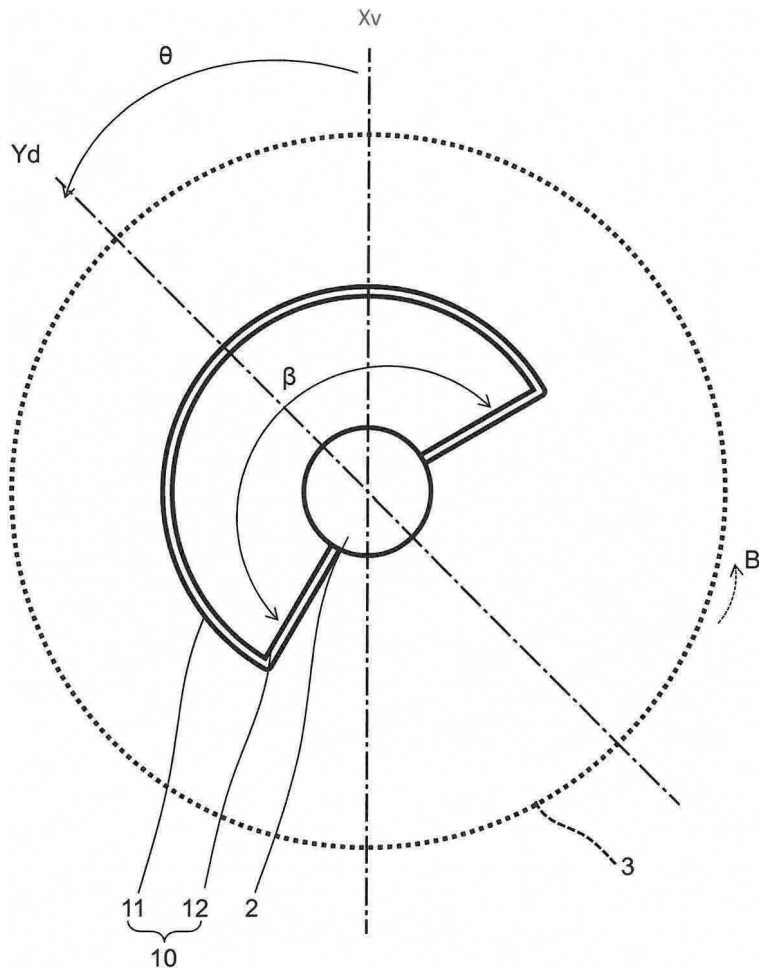
도면31



도면32



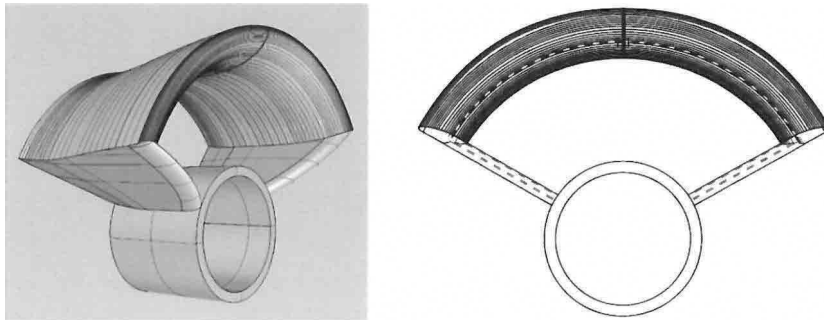
도면33



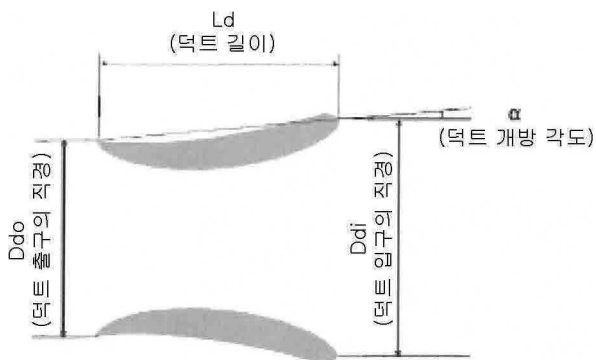
도면34

선박		
수선간의 길이	(M)	6.5519
설계된 적재 흘수선의 길이	(M)	6.6647
폭	(M)	1.0609
흘수(설계상)	(M)	0.3762
프로펠러		
직경	(M)	0.2389
피치비		0.679
보스비		0.179
확장 면적비		0.61
날개수		5
회전방향		우측
날개 단면 형태		MAU

도면35



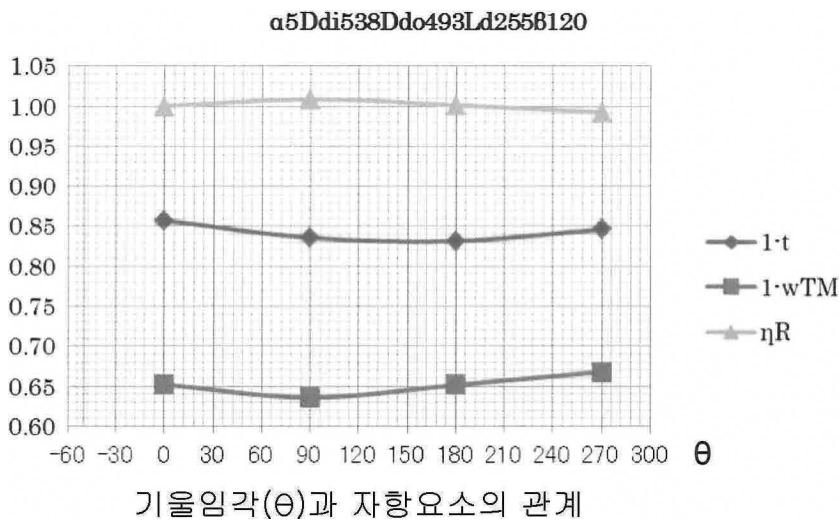
도면36



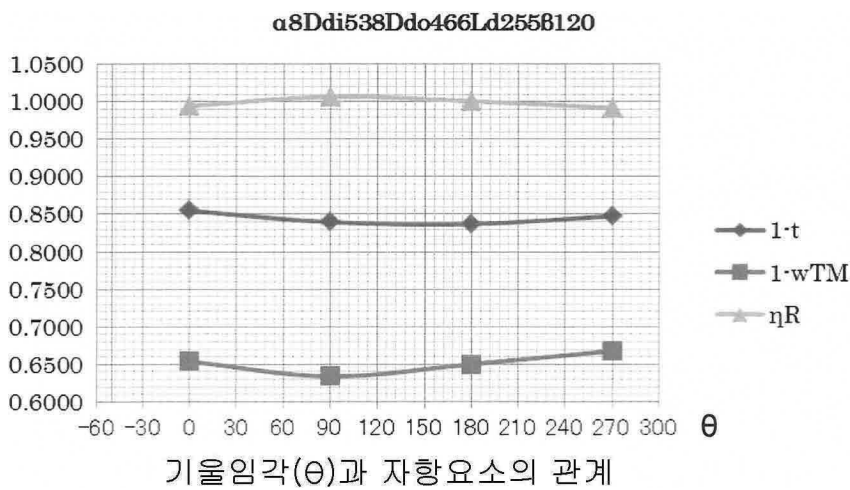
도면37

	α	Ddi/Dp	Ddo/Dp	Ld/Dp	β
$\alpha 5 D_{di} 538 D_{do} 493 L_{d} 255 \beta 120$	5	0.538	0.493	0.255	120
$\alpha 8 D_{di} 538 D_{do} 466 L_{d} 255 \beta 120$	8	0.538	0.466	0.255	120
$\alpha 11 D_{di} 538 D_{do} 439 L_{d} 255 \beta 120$	11	0.538	0.439	0.255	120
$\alpha 14 D_{di} 538 D_{do} 411 L_{d} 255 \beta 120$	14	0.538	0.411	0.255	120
$\alpha 11 D_{di} 538 D_{do} 439 L_{d} 255 \beta 210$	11	0.538	0.439	0.255	210
Fin	-	-	-	-	120

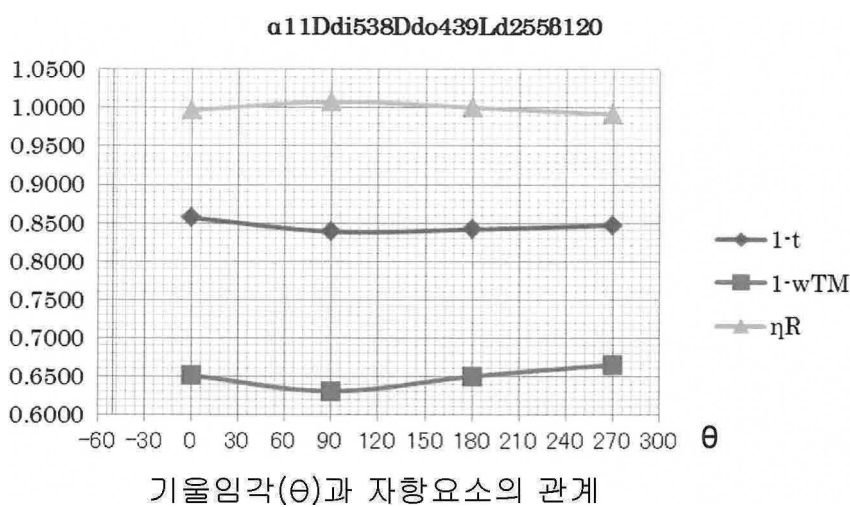
도면38



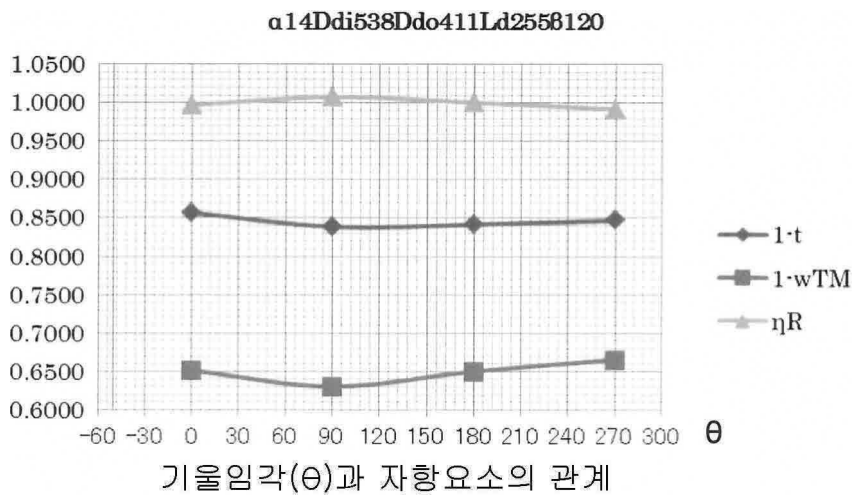
도면39



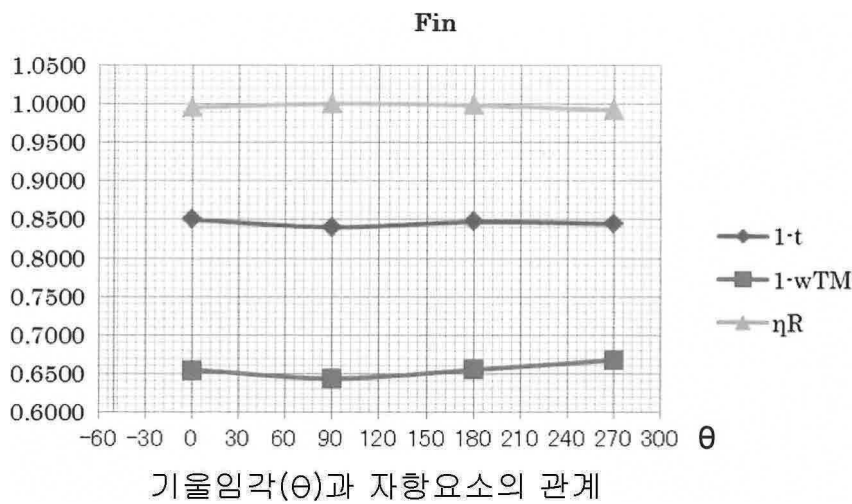
도면40



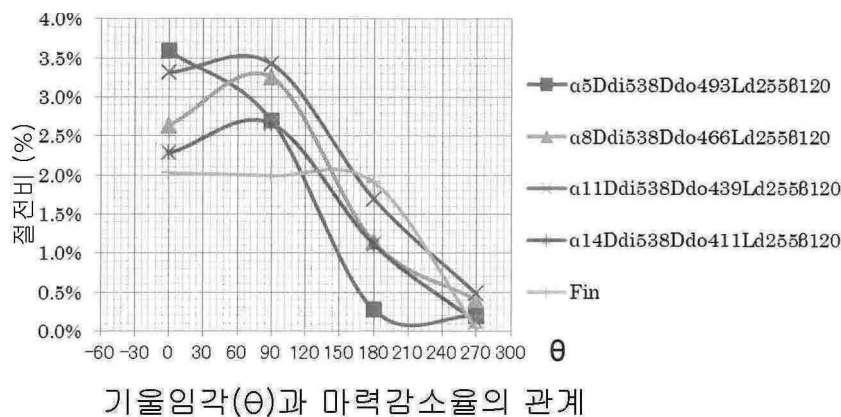
도면41



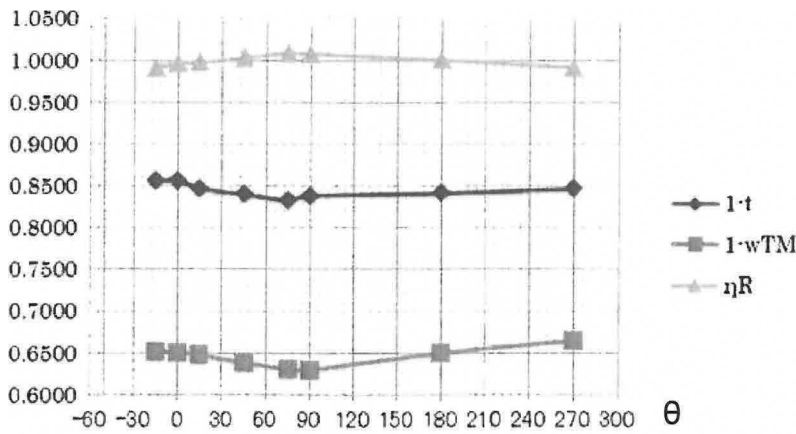
도면42



도면43

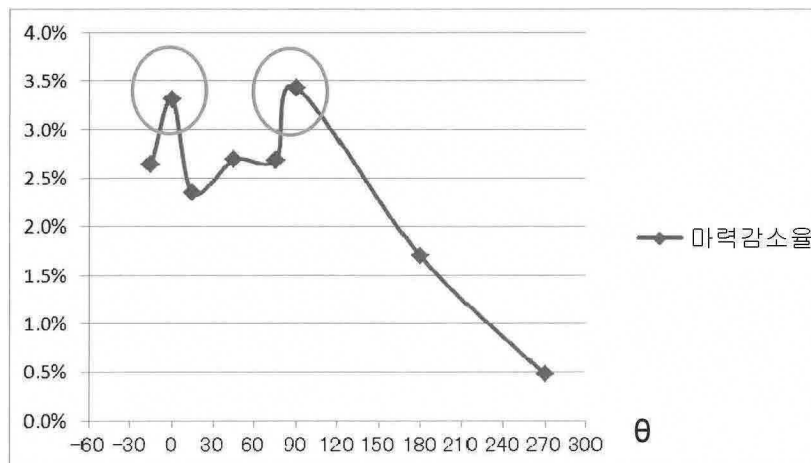


도면44



기울임각(θ)과 자항요소의 관계

도면45

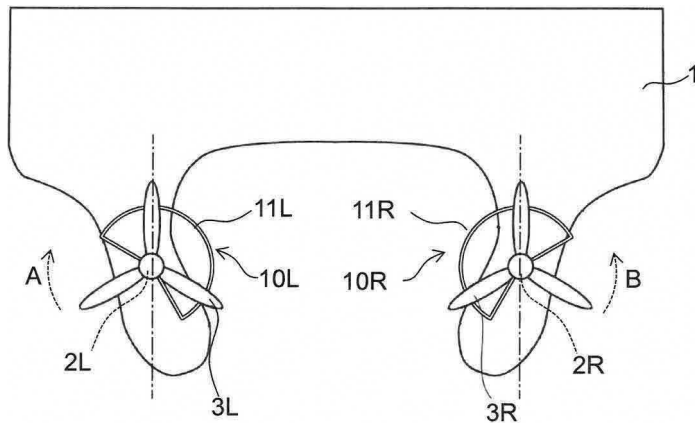


기울임각(θ)과 마력감소율의 관계

도면46

	1-t	1-w _{TM}	η _R	절전비	덕트 설치각
α 5Ddl538Ddo493Ld255 β 120	0.857	0.653	1.000	3.6%	0
	0.836	0.636	1.009	2.7%	90
	0.832	0.652	1.001	0.3%	180
	0.846	0.668	0.992	0.2%	270
α 8Ddl538Ddo466Ld255 β 120	0.855	0.654	0.995	2.6%	0
	0.84	0.634	1.007	3.3%	90
	0.837	0.650	1.001	1.1%	180
	0.848	0.668	0.992	0.4%	270
α 11Ddl538Ddo439Ld255 β 120	0.857	0.651	0.997	3.3%	0
	0.839	0.631	1.008	3.4%	90
	0.842	0.650	1.000	1.7%	180
	0.847	0.665	0.992	0.5%	270
α 14Ddl538Ddo411Ld255 β 120	0.852	0.652	0.994	2.3%	0
	0.832	0.628	1.008	2.7%	90
	0.839	0.649	0.997	1.1%	180
	0.844	0.664	0.991	0.1%	270
Fin	0.85	0.655	0.996	2.0%	0
	0.84	0.644	1.001	2.0%	90
	0.847	0.655	0.998	1.9%	180
	0.845	0.668	0.992	0.0%	270
α 11Ddl538Ddo439Ld255 β 210	0.85	0.644	1.006	3.9%	—

도면47



도면48

