선박의 축계 설계와 선내설치(Ⅱ)

신 일 금 속 기 공
부 장 문 명 환

목 차

1. 선박(船舶)의 저항과 마력
2. 프로펠러의 설계
3. 추진축 및 축계 부품의 설계법
4. 추진 축계의 거치

2. 프로펠러의 설계(設計)

프로펠러의 설계방법은 크게 2가지로 구분하여 계통적 자료를 이용하여 프로펠러를 선정하는 방법과 순환 이론에 의한 설계법으로 구분할 수 있다. 본서에서는 널리 이용되고 있는 계통적 자료를 이용하여 프로펠러를 설계하는 방법을 사용하여 소개한다.

가. 프로펠러의 직경 추정식

이 방법은 주기관 출력과 추진기의 회전수 및 대략적인 선속을 알고 있을 때 간편하게 선정하여 추진기의 크기를 예측할 때에 사용한다.

$$D=4.0\{SHP/[Vs(N/10)^2]\}^{2.5} \cdots (m)$$

여기서 SHP : 기관의 축 출력(PS)
Vs : 선속(노트)
N : 추진기의 회전수(rpm)

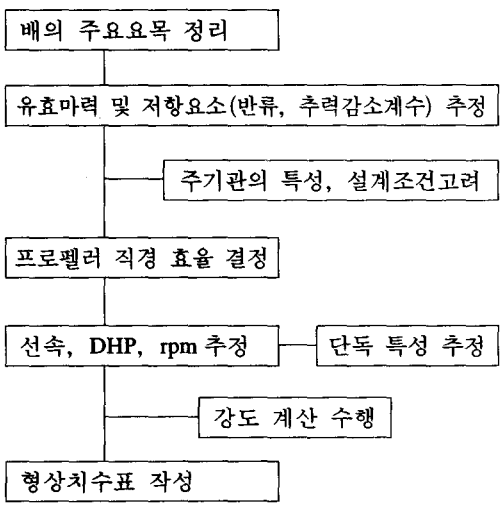
또한 4익(翼)프로펠러의 경우에는 다음식을 사용할 수 있다.

$$D_4=[(143/N)\times(PS/Vs)^{1/2}]^{1/2} \cdots (m)$$

3익(翼)프로펠러의 직경 $D_3=1.04\times D_4$
5익(翼)프로펠러의 직경 $D_5=D_4/1.04$

여기서 PS : 축 마력(SHP or BHP)
N : 프로펠러의 회전수
Vs : 선속(노트)

나. 계통적 자료를 사용한 프로펠러 설계법



1) 배의 주요요목 정리

주요 요목의 정리는 유효마력을 추정하기 위한 자료로 쓰여지며, 저항 추정 계산 도표에 따라 입력할 값이 특별이 요구된다.

LOA : 배의 총길이
LBP : 배의 수선간 장
LWL : 배의 흘수선 길이
B : 배의 흘수선 폭
D : 배의 깊이
d : 배의 평균 흘수선
C_b : 방형 비척계수
C_p : 주형 비척계수
C_w : WATER LINE AREA COEFFICIENT
C_m : 중앙 단면계수
C_{vp} : 종주형 비척계수
△ : 배수량
S : 침수 표면적
LCB : 선체중앙에서 수면하 선체 부심위치까지의 거리

2) 유효마력 및 저항요소 추정

앞장의 선체 저항 추정 도표를 사용하여 배의 속도와 유효마력을 추정할 수 있었고, 앞장 가, 나에서 각각 반류와 추력감소계수를 추정하였다.

V(Knots)에서의 반류(w) 및 추력감소 계수(t)의 관계에서 아래와 같이 정리한다.

$Va = Vs \times (1-w)$: (노트)
$Va' = 0.5144 \times Va$: (m/sec)

$$ETAh = \frac{1-t}{1-w}$$

$THP = (1-w) \times EHP/(1-t)$: (PS)
$T = THP \times 75/Va$: (kg)

또 Kt와 J의 관계식

$$Kt = \frac{T}{P \times n^2 \times D^4}, \quad J = \frac{(1-w) \times Vs}{n \times D} \text{ 에서}$$

$$\left(\frac{Kt}{J^2}\right)_b = \frac{T}{P \times D^2 (1-w)^2 \times Vs^2}$$

과 같이 구할 수 있다.

위의 값은 이미 얻어진 저항특성 및 자항요소로부터 각 선속에 대하여 구할 수 있는 값이며 여기에서 구한 J의 값으로 K_{to}의 값을 추정할 수 있다.

즉 $\left(\frac{Kt}{J^2}\right)_b = \left(\frac{K_{to}}{J^2}\right)_o$ 를 구할 수 있게 된다.

이것은 계통적 단독 특성과 저항특성에서 추력을 일치시켜 구할 수 있다.

위 식을 사용하여

$K_{to} = To/P \times n^2 \times D^4$ 및
$K_{qo} = Qo/P \times n^2 \times D^5$

$$ETA_o = \frac{1}{2 \times PI} \times \frac{K_{to}}{K_{qo}} \text{ 을 구하게 된다.}$$

이것은 정하여진 속도에서 도표를 활용하여 계산하는데에는 어려움이 많으므로 계열화된 단독시험 결과를 수식으로 표현되어진 식을 사용하여 계산하는 것이 훨씬 유리하다.

따라서 선박연구소 참고 문헌에 소개된 수식표현의 결과를 근거로 전산기에 입력하여 사용하는 것이 편리하다.

수식의 표현은 통계적 회귀해석법을 이용하여, 추력계수 Kt와 토크계수 Kq를 날개수와 날개 면적비의 각각에 대하여 피치비 및 전진비에 대하여 고차다항식으로 가정하고 최소 자승법으로 다항식의 계수를 구하여 표현하였다.

$$Kt = \frac{T}{P \times n^2 \times D^4} = \Sigma C_{ij}^{T}(P/D)^i(J)^j$$

$$10Kq = \frac{10 \times Q}{P \times n^2 \times D^5} = \Sigma C_{ij}^{T}(P/D)^i(J)^j$$

$$ETA_o = \frac{J}{2 \times PI} \times \frac{Kt}{Kq}$$

앞의 식에서 구하여진 Kt, Kq, ETAo의 값은 정하여진 날개 면적비에 따라 삽간하여 사용되어 져야 하며, 구하여진 날개 면적비에는 계통적 프로펠러의 보스비(BOSS RATIO)의 값과 임의의 보스비(임의의 설계값)와의 차이로 인하여 Kt, Kq 및 ETAo의 값을 보증하여야 한다.

즉 계통적 프로펠러의 보스비는 0.18로 되어 있으므로 아래의 식으로 전개면적비를 수정하여 계산하여야 한다.

$$AE' = [1.00 + 1.1 \times DELTA(d/D)] \times AE$$

여기서 DELTA(d/D)] = (임의의 보스비) - (계통적 프로펠러 보스비)

MAU 계열 프로펠러의 단독 특성 수식 표현의 결과

	i	j	MAU 3-35	MAU 3-50	MAU 4-40	MAU 4-55	MAU 4-70	MAU 5-50	MAU 5-65	MAU 5-80
C_{ij}^{T}	0	0	-0.0674536	-0.0687378	-0.0001474	-0.0560577	-0.0646424	-0.0074234	-0.0764546	-0.0128748
	0	1	-0.0751015	-0.1212302	-0.2900881	-0.1937437	-0.1571431	-0.1981725	-0.1345568	-0.1388527
	0	2	-0.3041660	-0.2465525	-0.2644724	-0.3207175	-0.3534932	-0.3964577	-0.3899990	-0.4703999
	0	3	0.1063169	0.1727268	-0.0381288	0.1415830	0.2717910	0.0367620	0.0888334	0.3010865
	1	0	0.5892164	0.5457044	0.4187610	0.5440128	0.4922363	0.4604075	0.6294264	0.3192149
	1	1	-0.3569108	-0.2609504	0.2356777	-0.1383095	-0.1229877	-0.0879429	-0.3376999	-0.2423269
	1	2	0.0901521	-0.0942721	0.2546326	0.2505594	0.0304649	0.3914554	0.3320150	0.2855924
	1	3	-0.1536279	-0.2307054	-0.0327118	-0.2201395	-0.2950153	-0.0790636	-0.1624223	-0.4185277
	2	0	-0.1971395	-0.0578749	0.0350059	-0.0131719	0.1272241	0.0506650	-0.0654519	0.3379987
	2	1	0.2951303	-0.0095168	-0.3545542	-0.0009202	-0.1564544	0.0368657	0.2200446	-0.0076956
	2	2	0.3234639	0.5995814	0.0299011	-0.0267239	0.2333862	-0.1279939	-0.0182617	0.1192634
	2	3	-0.0067481	0.0085561	0.0370220	0.1222395	0.1176184	0.0396169	0.0642455	0.1686530
	3	0	0.0521675	-0.0038145	-0.0438544	-0.0313747	-0.0827072	-0.0488094	-0.0077443	-0.1450585
	3	1	-0.0967409	0.1021598	0.1559505	0.0495503	0.1377097	-0.0012424	-0.0477772	0.0553135
	3	2	-0.1886770	-0.3804743	-0.0762877	-0.0331890	-0.1334871	0.0139456	-0.0382110	-0.0997479
	3	3	0.0488185	0.0854031	0.0012230	-0.0206895	-0.0068707	-0.0063409	0.0015954	-0.0092374
C_{ij}^{o}	0	0	-0.0176065	-0.0065957	0.0324114	0.1129100	0.0509697	0.1077106	-0.0178930	0.0729184
	0	1	-0.0183090	0.0339191	0.0203276	-0.1389722	0.1334815	-0.0082556	0.2362586	0.2803990
	0	2	-0.0895205	-0.1072531	-0.3698804	-0.1521688	-0.4510605	-0.0952693	0.0279677	-0.0306121
	0	3	-0.3270370	-0.3558418	-0.2878678	0.0740959	0.2385343	-0.1052610	-0.0550960	0.3271438
	1	0	0.2144957	0.1089628	0.0025192	-0.3487319	-0.2036556	-0.2771245	0.1940973	-0.2298344
	1	1	-0.1321039	-0.1137696	-0.0108519	0.4873902	-0.3587294	-0.1661583	-1.3757970	-1.4434922
	1	2	0.2653115	-0.1646474	0.6398395	-0.5244194	0.4482430	-0.2635570	-0.1523687	-0.3035455
	1	3	0.2510493	0.8969163	0.0903704	-0.1423152	-0.4462985	0.0565588	-0.0174664	-0.5411986
	2	0	0.1563138	0.3104104	0.5960882	1.0633678	1.0108860	1.0378129	0.4949018	1.0367990
	2	1	-0.2596498	-0.3246998	-0.5641272	-1.1009982	-0.4250861	-0.2247197	1.1819780	1.2027810
	2	2	-0.0510880	0.2046463	-0.0303819	0.9886425	-0.1413650	0.4782063	-0.0897452	-0.0355549
	2	3	-0.0052158	-0.7184621	-0.0312009	-0.0556094	0.3040715	-0.1184727	0.0408763	0.3452750
	3	0	0.1464783	0.1546352	-0.0739601	-0.1919152	-0.1652730	-0.2213732	0.0213476	-0.1521706
	3	1	0.0833566	0.0237390	0.2353945	0.3767585	0.2397980	0.0752553	-0.4281347	-0.4279097
	3	2	-0.0761559	-0.0298331	-0.1376306	-0.3868991	-0.0653318	-0.1425715	0.1077238	0.1225184
	3	3	-0.0142337	0.1870359	0.0402354	0.0650457	-0.0511894	0.0468082	-0.0172860	-0.0889198

AE : 전개 면적비

위와 같이 계산하여 추진기의 토크계수 K_q와 추력 계수K_t 및 추진기의 효율 ETA_o, 전개 면적비 AE, 보스비 등을 구하였고,

다항식의 수식에 J의 값을 변화시켜 가면서 추진기의 단독특성을 구할 수가 있다.

또한 토크의 계수K_q의 값에는 주기관의 특성을 고려하여 주기관에 회전수의 마진과 전달효율, 추진기, 효율비 등을 검토하여야 한다.

$Q_o = ETA_r \times ETA_t \times ETA_g \times Q$ 가 되어야 하므로

$K_{qo} = Q_o / (P \times n^2 \times D^5)$ 에서

$Q_o = P \times n^2 \times D^5 \times K_{qo}$ 가 되기 위한 추진기의 회전수를 검토하여야 한다.

결국 선속Vs과 추진기의 회전수 및 전달마력이 계산되어진다.

$$n = \frac{60 \times Vs(1-w)}{D \times J}$$

3) 전개 면적의 결정

추진기를 설계할 때에는 전개면적의 결정이 중요하다. 왜냐하면 전개 면적이 작아질수록 추진기의 지름은 크게 되고 단독 효율이 높게 되므로 캐비테이션의 영향을 받지 않는 범위에서는 전개면적을 가능한한 적게 하는것이 유리하다. 또한 피치비가 적게되면 슬립이 적게 되므로 추진기의 효율이 높아지게 된다.

고속선에 있어서는 날개형상을 크게 하여도 캐비테이션에 의한 손상을 방지할 수가 없는 경우가 있다. 이 경우에는 날개 단면의 형상 및 피치 분포를 이론계산에 의하여 결정하여야 한다.

전개 면적의 결정은 캐비테이션의 판정에 의하여 정하여진다. 캐비테이션 판정식에는 BURRILL도표, EGGERT의 판정식, LEBS-SCHOENHERR의 도표 KCA-CAVITATION도표 등이 있으나, BURRILL도표 및 EGGERT의 식에 의하여 결정한다.

EGGERT의 판정식

통상 만재상태 및 연속최대출력에서 시이-마진이 없는 속력으로 행하는 것이 통례이다.

$$Nc = (38.1/D) \times \{H \times (1+4Bm) / [(a+c)K]\}^{0.5}$$

여기서 Nc : 캐비테이션 한계 매분 회전수(rpm)

D : 프로펠러의 직경(m)

H : 축 중심부터 상방의 전 수두 =10+I(m)

B_m : 평균 익폭비 = $PI \times AE / [2Z(1-b)]$

AE : 전개면적비

Z : 날개 수량

b : 보스비

a : $h0.9r \times S / (2 \times PI \times K)$

h0.9r : 0.9r/R에서의 피치

S : $1-[(30.87 \times Vs \times (1-w) / (P0.9r \times N)]$

P0.9r : 0.9R에서의 피치(m)

Vs : 선속(m/sec)

N : 매분 회전수(추진기)

K : $1+[(P0.9r)^2/PI^2] \times (1-S/2)^2$

C : r/R=0.9에 있어서의 이두께 폭비 (T0.9/L0.9) × m

m : 일반 에어로포일형 = 0.75 오지발형 = 1.0으로 한다.

위 식에서 구한 위험회전수가 연속 최대출력시의 회전수보다 크면 캐비테이션에 대하여 안전한 영역이라고 생각한다.

4) 평균 피치의 계산

일반적인 프로펠러에는 피치가 일정하게 분포되어 있으나, 피치의 분포가 일정하지 않는 프로펠러가 있다. 이것을 VARIABLE PITCH PROPELLER라 한다.

프로펠러의 피치를 파악하는데에는 아래와 같이 계산하여 피치를 확인하여 단독성능을 파악할 수 있다.

$$(P/D)\,mean = 2\times\{[\int_{r/R}^{1.0}(P/D)\times r/R\times\frac{dR}{R}]/[1-(rh/R)^2]\}$$

이 식을 심프손의 공식을 사용하여 계산하면 된다.

r/R	(P/D)	(P/D)×(r/R)	S.M	ΣSub
0.2			0.5	
0.25			2.0	
0.30			1.5	
0.40			4.0	
0.50			2.0	
0.60			4.0	
0.70			2.0	
0.80			4.0	
0.90			1.5	
0.95			2.0	
1.00			0.5	

$$\Sigma F = (r/R)\times S.M\times(P/D)\times(r/R)$$

$$(P/D)\,mean = 2\times[(1/3\times 0.1\times\Sigma F)/(1-(0.2)^2)]$$

또한 날개의 두께는 얇은 것이 캐비테이션 및 중량, 관성모멘트 등에서도 유리하다. 날개의 전면에는 적당히 둥글게 가공하거나 워쉬백을 갖도록 해야 캐비테이션의 발생을 지연시킬 수 있다.

각 날개의 단면 계수는 강도계산에 유용한 것이므로 아래의 표와 같다.

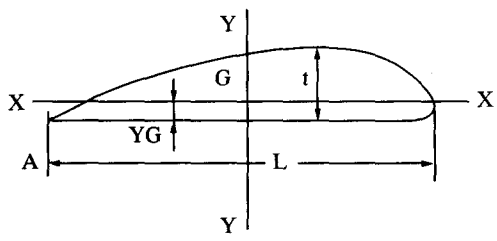


그림 A 날개 단면 형상

5) 프로펠러 형상 치수 및 도면 작성

프로펠러의 치수는 선미구조에 의하여 날개를 후방으로 기울여서(RAKE)수류가 서서히 선미 중심선으로 접근하는 흐름이 되게 하는 것이 추력변동을 적게 하는데 유리하다. 또한 레이크(RAKE)는 10도 내외로 하여도 추진기의 성능에 대하여 거의 차가 일어나지 않는다고 보나, 이보다도 더욱 클 경우에는 중량의 증가 및 전개면적의 차이로 인한 영향이 커지며, 주물 제작상의 문제점도 생길 것으로 생각된다. 오히려 추진기의 위치를 후방으로 두어 설계하는 것이 유리하다.

보스의 외경은 크지 않아야 하며 키이붙이 테어퍼 축으로 사용될 경우에는 키이의 강도계산을 수행 후 길이를 결정하는 것이 좋다.

일체식 프로펠러의 보스외경

① 직경 2.0m 이하의 경우

Bd = 1.8×d (d=프로펠러 축경 mm)

② 직경 4.0m 이하의 경우

Bd = 2.0×d

일체식 프로펠러의 보스 길이

L_B = 2.5×d 또는 L_B=Bd-100mm

위식과 같이 유사하나 날개끝단으로부터 20~50mm의 여유를 준 길이를 택한다.

보스 내경의 테이퍼는 소형축에서는(200mm 이하) 1/10을 사용하고 통상 1/12~1/15의 테

0.25R 위치의 날개 단면에 대한 값

날 개 단 면		에어로 포일 형			TROOST형	OGIVAL형
계 수		U형	AU형	AUw형	에어로포일 형	타원형 포함
면적 계수 CA=A/(L.t)		0.650	0.680	0.682	0.701	0.6670
중심	XG/L	0.441	0.434	0.437	0.439	0.500
	YG/t	0.405	0.407	0.440	0.462	0.400
A점의 단면계수	X축 둘레의 모멘트 Za	$0.105Lt^2$	$0.110Lt^2$	$0.0937Lt^2$	$0.0965Lt^2$	$0.114Lt^2$
	Y축 둘레의 모멘트 Zb	$0.0598L^{2t}$	$0.0642L^{2t}$	$0.0667L^{2t}$	$0.069L^{2t}$	$0.067L^{2t}$
C점의 단면계수, X축 둘레의 모멘트 Zc		$0.0715Lt^2$	$0.0764Lt^2$	$0.0726Lt^2$	$0.078Lt^2$	$0.076Lt^2$

면적계수 CA : 날개 단면의 면적 A를 날개폭L과 날개 두께t로 나눈 것이다.

통상 날개의 윤곽선은 전개면적비가 0.1 일때 0.66R에 있어서의 익폭을 계산하여 이 값을 기준으로 각 반경에 적용한다.

$L = 0.226 \times D$

여기서 D = 프로펠러의 직경(mm)

r/R	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	1.00
TRADING EDGE	27.96	33.45	38.76	43.54	47.96	51.33	52.39	48.49	42.07	17.29
LEADING EDGE	38.58	44.25	48.32	50.80	51.15	48.31	40.53	25.13	13.55	-
TOTAL LENGTH	66.54	77.70	87.08	94.34	99.11	99.64	92.92	73.62	55.62	-

이퍼를 사용한다. 그러나 키이가 없는 경우에는 1/20을 사용한다.

또한 키가 없는 경우에 프로펠러의 재료로 망간 청동을 사용할 경우에는 큰 지름의 보스외경과 길이를 사용하나 통상 이 재질을 쓰지않고 니켈알루미늄청동을 사용하고 있다.

프로펠러의 중량 계산

※ 상세 계산법

상세 계산에 있어서의 날개부분은 구분 구적법에 의한 도식법 또는 심프손방법에 의하여 계산한다. 전산기의 보급으로 쉽게 프로펠러의 중량을 계산할 수 있다.

$$W_b = r \int_{rb}^{R} A \times dr$$

여기서 r : 재질의 단위체적 중량(kg/m^3)

rb : 보스의 반경(m)

R : 프로펠러의 반경(m)

A : 각 반경에서의 날개 단면의 면적

W_b : 날개 1개의 중량

○ 각 반경에서의 날개 단면적을 계산

각 날개의 단면 표를 가지고 사다리꼴 법칙(TRAPEZOID RULE)을 적용하여 각 단면의 면적을 구한다.

$$Ar = [(Y_1+Y_2)/2] \times X_1 + [(Y_2+Y_3)/2] \times X_2$$
$$\cdots\cdots\cdots$$

○ 1날개의 면적을 계산

위에서 구한 1날개의 각 단면의 면적을 심프손의 공식을 이용하여 구한다.

$$Wo = [S \times L/30] \times [4 \times Ar_1 + 2 \times Ar_2 + 4 \times Ar_3 + \cdots + 4 \times Ar_9 + Ar10$$

여기서 S : 프로펠러 재질의 비중량

L : 프로펠러 보스에서부터 반경까지의 거리

$Ar_{1.2.3}$: 각 반경에서의 날개 단면적

○ 총 날개의 무게 계산

위에서 구한 무게에 날개수량을 곱하면 총 날개의 무게를 구하게 된다.

$$W_b = Z \times Wo \qquad Z : \text{날개 수량}$$

○ 보스의 무게 계산

$$W_{bs} = (PI \times BL \times (BOD^2 - BID^2)/4) \times S$$

여기서 BL : 보스의 길이

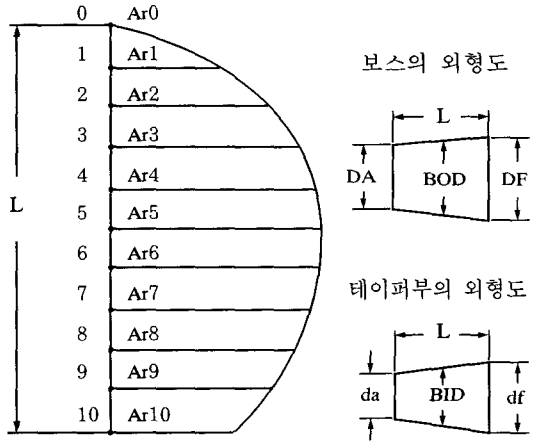
BOD : 보스의 외경

BID : 보스의 내경

○ 프로펠러의 중량

$W_p = W_b + W_{bs}$ 가 된다.

○ 프로펠러의 중량 계산을 위한 도면



프로펠러의 관성모멘트 계산

프로펠러의 관성 모멘트 계산은 축계의 진동 계산을 수행하기 위하여 필요한 자료로 공기중에서의 모멘트와 수중에서의 모멘트를 구분하여 계산한다.

$$I_{mp} = M \times i^2$$

여기서 M : 프로펠러의 질량 $(kg \cdot sec^2/cm)$

i : 프로펠러의 회전 반경 (cm)

I_{mp} : 프로펠러의 관성모우멘트 $(kg \cdot cm \cdot sec^2)$

$$I_{mp} = (G \times D^2 \times 10^4)/(4g) \ : \ (kg \cdot cm \cdot sec^2)$$

여기서 G : 프로펠러의 중량 (kg)

D : 프로펠러의 회전반경의 2배 (m)

g : 중력가속도 : (cm/sec^2)

여기서 $G \times D^2$의 값 단위는 $kg \cdot m^2$으로 사용한다.

○ 날개의 관성 모멘트 계산

각 날개의 가 반경 단면적에 축 중심에서부터의 거리를 곱하여 구한다.

$$I_{mpo} = Z \times (S/g) \int Ar^2 \times dr^2$$

○ 보스의 관성 모멘트 계산

$I_{mpb} = (PI \times S/32 \times g) \times L \times (D^4 - d^4)$

○ 프로펠러의 관성 모멘트 계산

$I_{mp} = I_{mpo} + I_{mpb}$ ——— $(kg \cdot cm \cdot sec^2)$

여기서 S : 프로펠러의 단위체적당 중량
A : 각 반경에서의 날개 단면적
r : 프로펠러 축중심에서부터 임의의 날개단면까지의 거리
L : 보스의 길이
D : 보스의 외경
d : 테어퍼 축의 내경

해수 중에 있어서 관성모멘트는 해수의 부가질량으로 공기 중의 25%를 가산하여 축계 비틀림진동을 계산한다.

또 부가수의 질량을 구하는 방식으로는 아래(SCHUSTER의 식)와 같이 사용된다.

$$AI_{mp} = [(1.04592 \times PI \times D^5/128)/100000/1000000] + [(1.0 - PR^2/4) \times AE^2 \times PR^2/(Z \times (1.0 - BM))] \ : \ (kg \cdot cm \cdot sec^2)$$

여기서 D : 프로펠러의 직경(mm)
PR : 프로펠러의 피치 비
AE : 전개 면적비
Z : 날개 수량
BM : 보스비

6) SKEW(스큐)의 계산

스큐는 날개끝을 선체로부터 약간 떠어 놓는 효과가 있어 단독 효율이 좋아진다.

$$SKEW_{deg} = (1/R) \times [(TL+LL)/2 \times COS \times (PA)]$$

여기서 PA : $(PITCH/2 \times PI \times R)$ ArcTan = 피치각도
TL : 날개중심선에서 날개후연까지의 거리
LL : 날개 중심선에서 날개전연까지의 거리
R : 각 날개단면까지의 거리(축중심선에서)
$SKEW_{deg}$: 스큐각도(deg)
PITCH : 프로펠러의 피치
PI : 3.14159

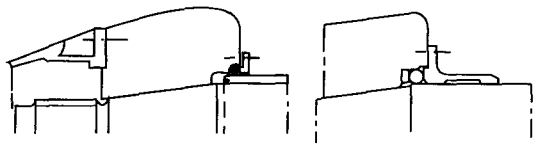
7) 프로펠러의 수밀 장치

프로펠러의 수밀장치는 대단히 중요하다. 대부분의 축 절손사고는 테이퍼축 끝단에서 크랙이 발생하여 이것이 진전되어 절손되는 경우가 많다. 절손의 원인으로는 키 끝단의 홈부위에서 응력상승이 주원인으로 작용하지만 해수 침입으로 인하여 부식피로와 전식 작용에 의하여 더욱 가중되는 경우가 많다. 따라서 해수에 대한 수밀 장치는 보스의 전단부 및 후단부에 대하여 장비하여야 안전하다.

특히 키 붙이 축의 경우 키의 끝단과 축 슬리이브의 끝단 사이에 수밀장치를 하는 것은 해수의 침입이 가능하므로 이 방법으로는 수밀이 되지 못한다고 보아야 된다. 또한 보스내부의 축선단끝부분의 가공은 응력집중을 피하기 위하여 적절한 응력제거를 위한 가공을 하여야 한다.

프로펠러 수밀장치의 방법

일반적인 경우 | 선미 수밀장치를 가지는 경우



(다음호 연재)