



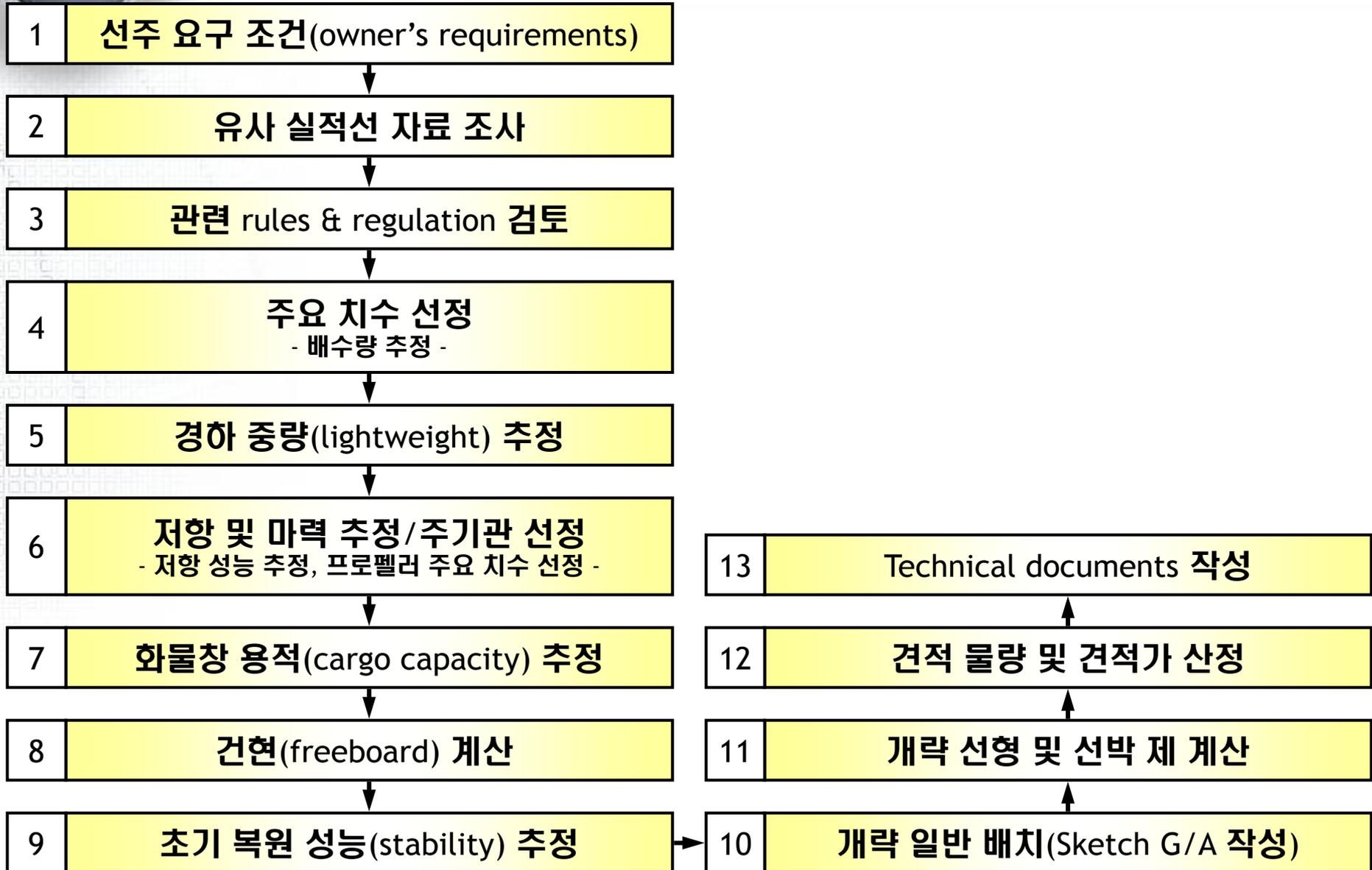
Estimation of Resistance (저항 추정)

2008.4

서울대학교 조선해양공학과
이규열

선박 개념 설계의 순서

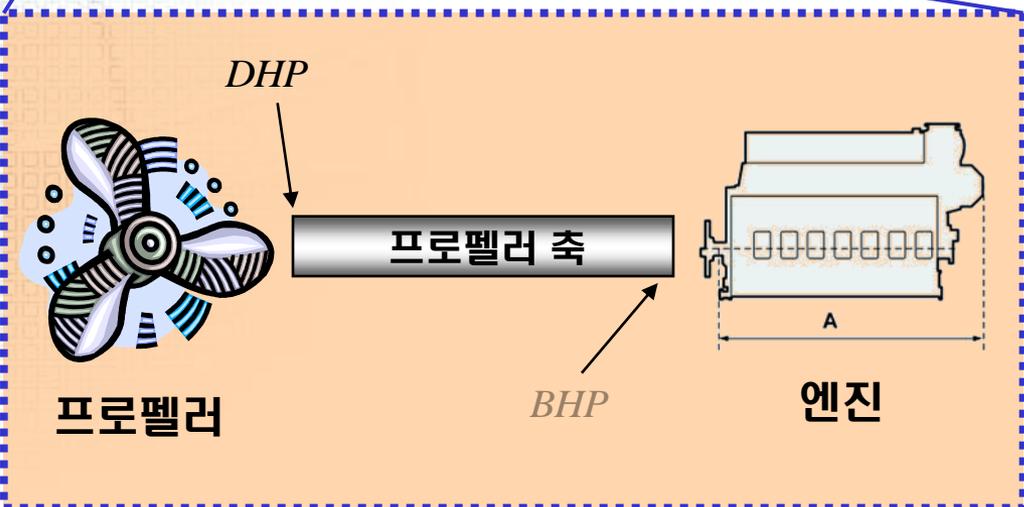
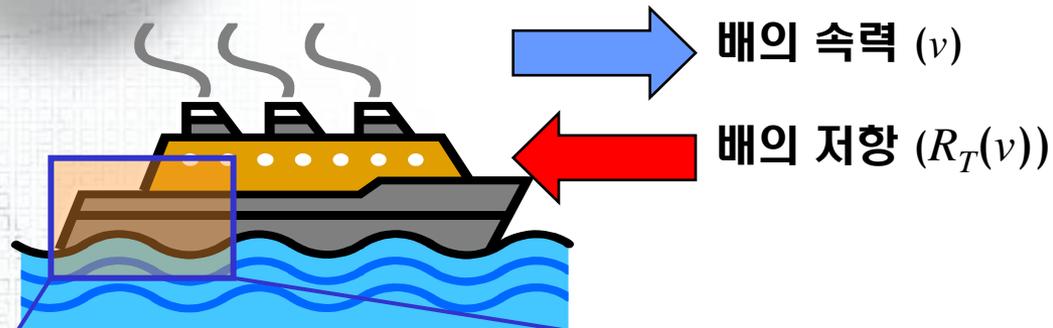
P A R T 1	선박의 개요
	선박의 종류
	조선 주요 과정
	선박 개념 설계
	VLCC 개념 설계 예



6. 저항, 마력 추정(1)

- 주기관 마력 추정

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
		13. Technical documents 작성



① EHP (Effective Horse Power)

$$EHP = R_T(v) \cdot v \quad (\text{In Calm Water})$$

② DHP (Delivered Horse Power)

$$DHP = \frac{EHP}{\eta_D} \quad (\eta_D: \text{추진효율})$$

③ BHP (Brake Horse Power)

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_T} \quad (\eta_T: \text{축전달 효율})$$

④ NCR (Normal Continuous Rating)

$$NCR = BHP \left(1 + \frac{\text{Sea Margine}}{100} \right)$$

⑤ DMCR (Derated Maximum Continuous Rating)

$$MCR = \frac{NCR}{\text{Engine Margin}}$$



6. 저항, 마력 추정(2)

- 주기관 마력 추정

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
		13. Technical documents 작성

마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

Admiralty계수에 의한 주기관 마력 개략 추정

$$Cad = \Delta^{2/3} \cdot V^3 / DHP$$

Δ in ton, V in kts, DHP in PS

Δ : 배수량(ton)
 V : 선속(Knots)
 DHP : 전달마력(PS)
 (Delivered Horse Power)

기관 마력 추정 과정

1. 선박의 주요 치수를 토대로 한 정수 중의 저항(Resistance in calm water) 추정
 - 계열 모형 시험 자료, 실험 결과의 통계적 추정식(Holtrop & Mennen의 방법 등)을 이용하여 추정함

2. 정수중의 유효 마력(EHP; Effective Horse Power) 계산

$$= R_T \cdot V$$

3. 추진계수 추정

$$\eta_D : \text{Propulsive Efficiency(추진 효율)} = \eta_O \times \eta_H \times \eta_R$$



저항(Resistance)의 의미 및 분류

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
		13. Technical documents 작성
	마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정
		프로펠러 주요 치수
		주기관 선정

■ 저항

- 선박이 일정한 속력으로 움직이기 위해서 이겨내야 하는 힘
- 여러 가지 성분으로 구성되어 있음

■ Froude에 의한 저항의 분류

- 전저항(R_T) = 마찰 저항(R_F) + 잉여 저항(R_R) + 실선 상관 수정량(ΔR_F)

■ Hughes에 의한 저항의 분류

- 전저항(R_T) = 점성 저항(R_V) + 조파 저항(R_W)
- 점성 저항: 선체 표면을 흐르는 물의 점성 때문에 생기는 저항
- 조파 저항: 선박의 전진으로 인해 선체 주위의 물결의 발생에 소요되는 에너지에 상당하는 저항

점성 저항 및 마찰 저항의 계산 방법(1)

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	
마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정	
	프로펠러 주요 치수	
	주기관 선정	

1) 점성 저항 (R_V)

$$R_V = (1 + k) R_F + \Delta R_F$$

2) 마찰 저항 (R_F)

(R_F) : 선체 부분의 침수 면적과 같은 면적을 갖는 평판의 마찰 저항

$$R_F [kN] = 1/2 \rho C_F \cdot V_2 \cdot S$$

여기서,

ρ : 해수의 밀도 = 1.025(Mg/m³)

C_F : 평판 마찰 저항 계수

$V [m / s]$: 선박의 속력

$S [m^2]$: 침수 표면적

점성 저항 및 마찰 저항의 계산 방법(2)

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 응적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	
마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정	
	프로펠러 주요 치수	
	주기관 선정	

3) 평판 마찰 저항 계수(C_F)

- ITTC(International Towing Tank Committee) 1957 추정식 :

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2}$$

여기서,

$$R_n = V \cdot L / \nu \quad : \text{Reynolds Number}$$

$$\nu \quad : \text{동점성 계수} = 1.1883 \times 10^{-6} (\text{m}^2/\text{s}) \text{ at } 15^\circ \text{ C Sea Water}$$

점성 저항 및 마찰 저항의 계산 방법(3)

개념설계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	
마력주기관	저항 및 마력 추정	
	프로펠러 주요 치수	
	주기관 선정	

- Schoenherr 의 마찰 저항 계수 추정식 :

$$0.242 / \sqrt{C_F} = \log_{10} (R_n \cdot C_F)$$

근사적으로 $C_F = 0.463 \cdot \log_{10} R_n^{-2.6}$

4) 표면 조도에 의한 마찰 저항의 증가(ΔR_F)

- 완전히 매끄러운 표면과 비교해서 표면 조도에 기인하는 마찰 저항의 증가분을 의미
- 모형선-실선 상관 수정량(Model-Ship Correlation Allowance)에 포함되는 것으로 간주
- 모형선-실선 상관 수정량이란 수조 모형 시험으로부터 추정된 실선의 저항값을 실선 시운전 계측 결과로부터 결정된 실선 저항과 일치하도록 보정하는 데 필요한 양

5) 조파 저항 $R_w = f(L/B, B/T, C_b, F_n, LCB)$ 조파 저항은 선박의 형상에 따라 변함

Froude와 Hughes에 의한 저항 계산 방법

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	
마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정	
	프로펠러 주요 치수	
	주기관 선정	

2-D (Froude) method $C_{RS}=C_{RM}$

3-D (Hughes) method $C_{WS}=C_{WM}$

Measured Values [V_M, RT_M]

$$CT_M = RT_M / (0.5 r_M S_M V_M^2)$$

$$CF_M = 0.075 / (\log Rn_M - 2)^2$$

$$CR_M = CT_M - CF_M$$

$$CW_M = CT_M - CF_M (1+k)$$

$$CF_S = 0.075 / (\log Rn_S - 2)^2$$

$$CT_S = CR_S + CF_S + C_A + C_{AA}$$

$$CT_S = CW_S + CF_S(1+k) + \Delta CF + C_{AA}$$

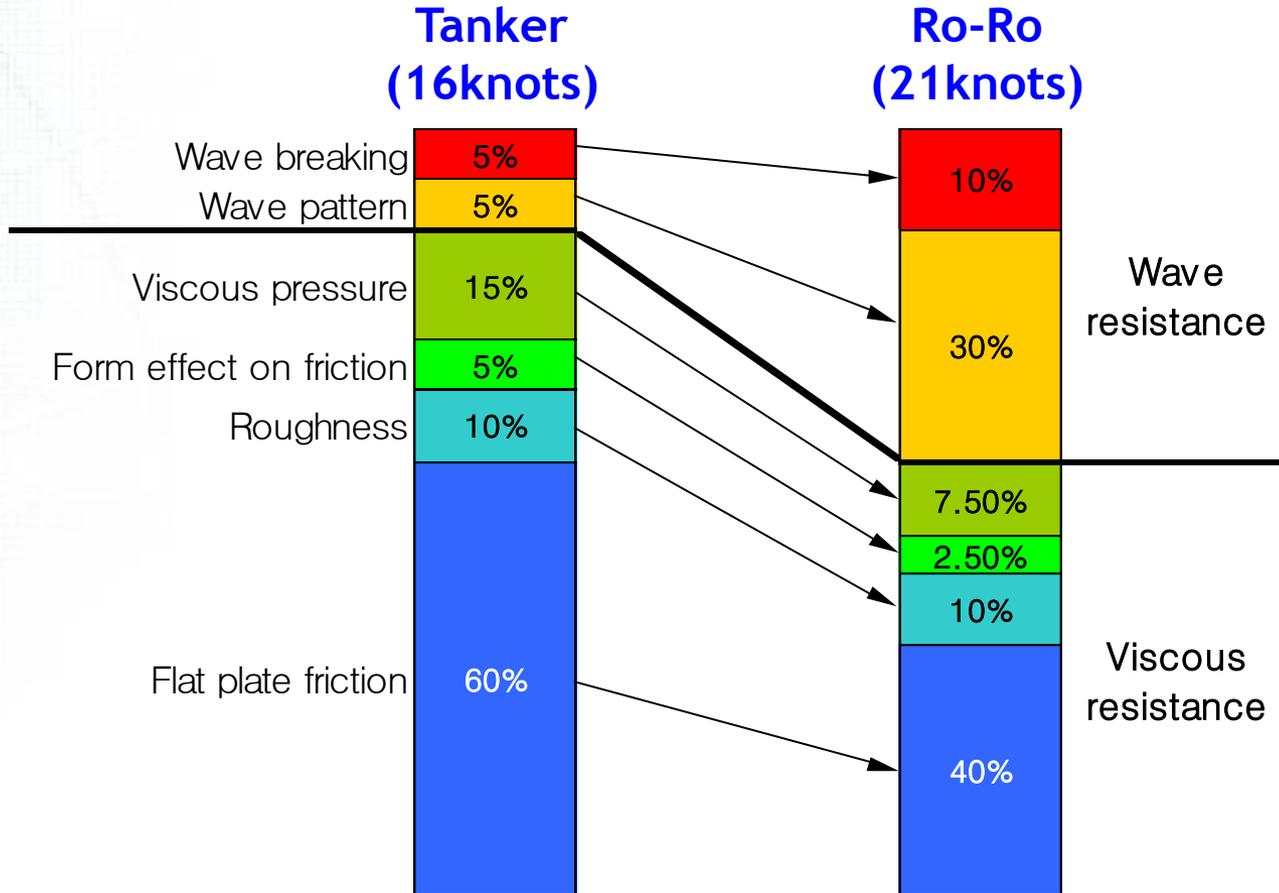
$$RT_S = CT_S \cdot 0.5 r_s S_s V_s^2$$

$$EHP = RT_S V_s$$

선종에 따른 저항의 성분별 분포도

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 응적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
		13. Technical documents 작성

마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

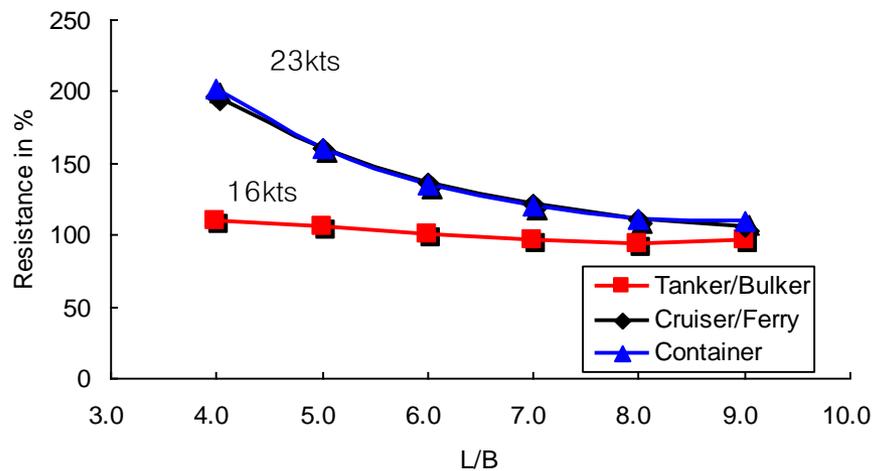


주요 치수에 따른 저항의 변화

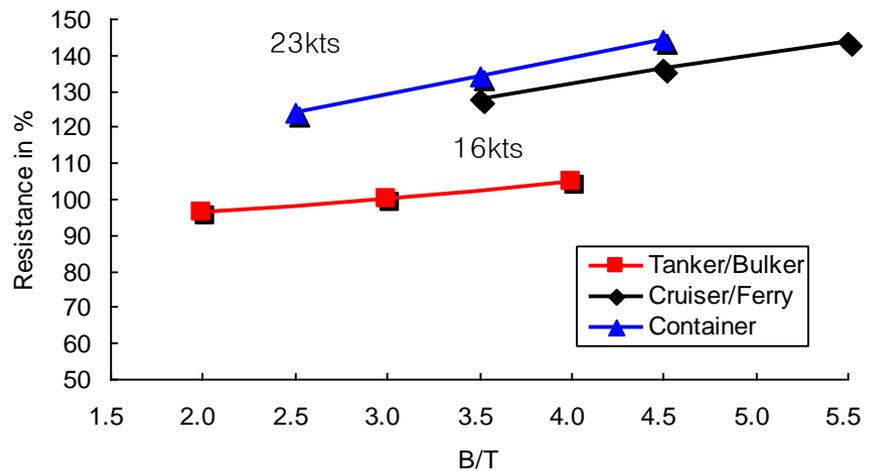
■ L/B의 값이 증가할 수록
(선형이 날씬할 수록)
저항이 감소함

■ B/T의 값이 증가할 수록
(선형이 뚱뚱할 수록)
저항이 증가함

Resistance Change by L/B Ratio



Resistance Change by B/T Ratio



초기 단계에서의 저항 추정

개념설계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
		13. Technical documents 작성

마력주기관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

주요 치수의 결정

부력 - 중량 일치 조건

$$\Delta = L \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot \rho \cdot (1 + \alpha) = LWT + DWT$$

$$W_S = C_S \cdot L^{1.6} (B + D)$$

$$W_O = C_O \cdot L \cdot B$$

$$W_M = C_M \cdot NMCR$$

선체의 저항



기관 출력

* W_S : 선각 중량

* W_O : 의장 중량

* W_M : 기관 중량

선체 저항과 기관 출력의 관계

$$MCR = NCR / \text{Engine Margin}$$

$$NCR = BHP \cdot (1 + \text{Sea Margin}) / 100$$

$$BHP = DHP / \eta_T$$

$$DHP = EHP / \eta_D$$

$$\eta_D = \eta_H \cdot \eta_R \cdot \eta_O, \quad \eta_H = \frac{1 - t}{1 - w}$$

$$EHP = R_T \cdot V$$

$$R_T = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_T$$

$$C_T = C_F + C_R + C_A \quad \rightarrow \text{Froude 방법, 1957 ITTC 방법}$$

$$C_T = (1 + k)C_F + C_W + \Delta C_F + \Delta C_A \quad \rightarrow \text{Hughes 방법, 1978 ITTC 방법}$$

MCR: 최대 연속 마력 (Maximum Continuous Rating)
 NCR: 연속 상용 마력 (Normal Continuous Rating)
 BHP: 제동 마력 (Brake Horse Power)
 DHP: 전달 마력 (Delivered Horse Power)
 EHP: 유효 마력 (Effective Horse Power)
 R_T : 전저항 (Total Resistance)
 S: 침수 표면적
 V: 속력
 C_T : 전저항 계수
 1+k: 형상 계수 (Form Factor)
 η_T : 프로펠러 전달 계수 (Transmission Efficiency)
 η_D : 추진 계수 (Propulsive Efficiency)
 η_O : 프로펠러 효율 (Propeller Efficiency)
 η_H : 선각 효율 (Hull Efficiency)
 η_R : 상대 회전 효율 (Relative Rotative Efficiency)
 t: 추력 감소 계수 (Thrust Deduction Fraction)
 w: 반력 계수 (Wake Fraction)

통계적 방법에 의한 저항 및 마력의 추정

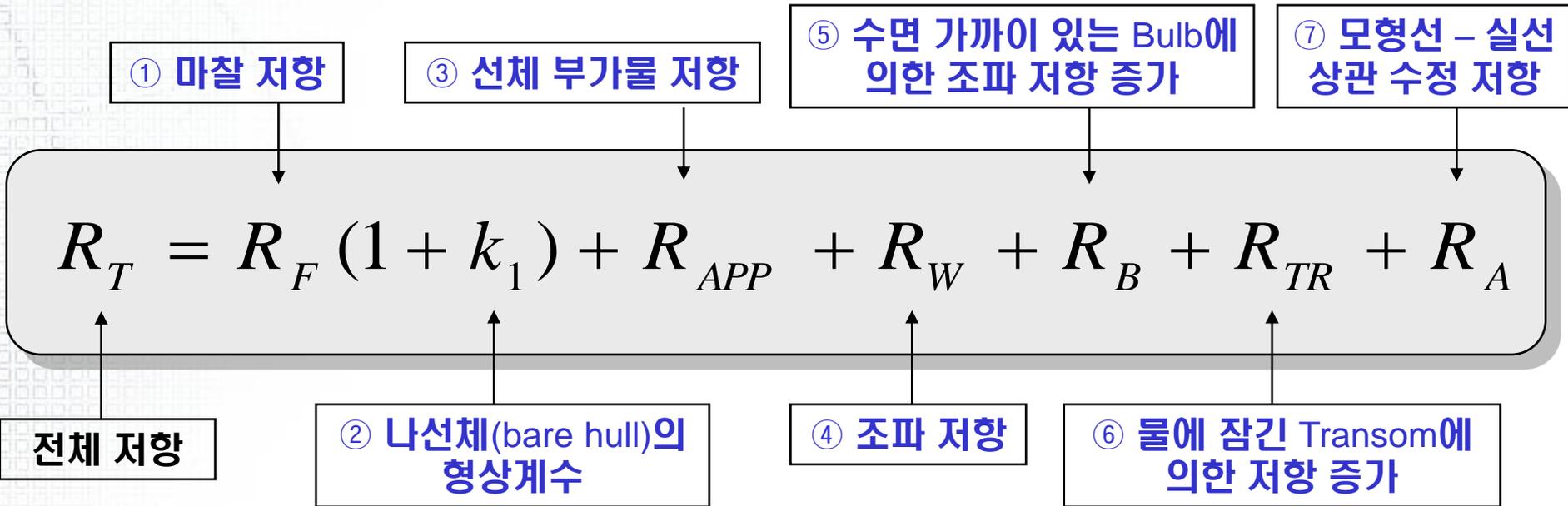
- 초기 설계 단계에서는 통계적인 방법을 이용하여 저항 및 마력을 개략적으로 추정함
- 저항 및 마력 추정을 위한 통계적 방법
 - Holtrop & Mennen 방법
 - 기준선 자료에 의한 저항 성능 추정

Holtrop & Mennen의 저항 추정 방법

개념설계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	

마력주기관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

■ Holtrop & Mennen이 제안한 추정식



Holtrop & Mennen의 저항 추정 방법

- ① 마찰 저항

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	

마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

$$R_F = \frac{1}{2} \rho V^2 C_F S_{bh}$$

C_F : 마찰계수 (ITTC 1957 추정식)

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2}$$

$$R_n = \frac{V \cdot L}{\nu}$$

R_n 를 구할 때는 LWL (Length at Waterline) 을 사용한다.

S_{bh} : 나선체 (Bare Hull) 의 침수 표면적

$$S_{bh} = L(2T + B) \sqrt{C_M} (0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.003467B/T + 0.3696C_{WP}) + 2.38A_{BT} / C_B$$

이들 **형상계수**들은 모두가 수선 길이 L_{WL} 을 기준으로 한다.

Reynolds Number(Rn)의 의미

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 견현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	

마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

$$Rn = \frac{VL}{\nu}$$

Rn (Reynolds Number) : 유동의 관성력과 점성력의 비를 나타내는 무차원 수. 점성 유동의 특성을 나타냄

V : 유동 또는 물체의 특성 속도

L : 유동 또는 물체의 특성 길이

ν : 유체의 동점성 계수

$$\nu = 10\text{도 해수: } 1.35 \times 10^{-6}$$

$$15\text{도 해수: } 1.19 \times 10^{-6}$$

Froud Number(Fn)의 의미

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	

마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

Fn (Froude Number) : 유동의 관성력과 중력의 비를 나타내는 무차원 수. 표면파에 의한 물리적 특성을 잘 나타냄

V : 유동 또는 물체의 특성 속도

L : 유동 또는 물체의 특성 길이

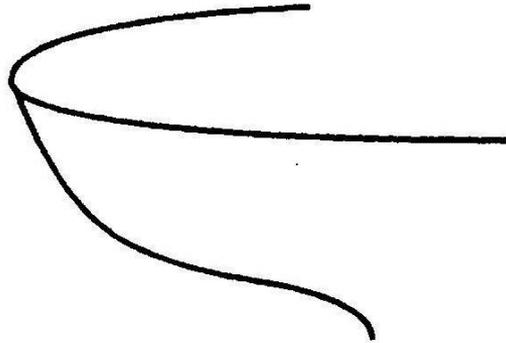
g : 중력 가속도

선미부의 형상

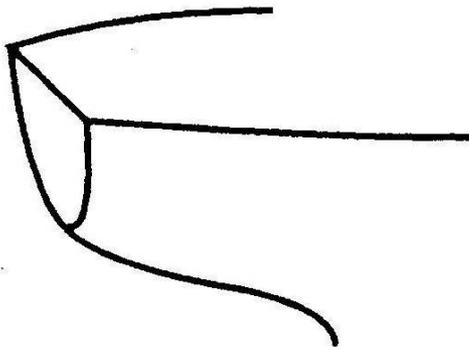
개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
		13. Technical documents 작성

선미부의 형상

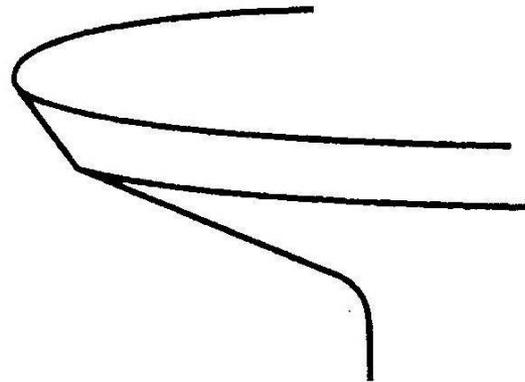
마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정



(A) 순양함형 선미



(B) 트랜섬 선미

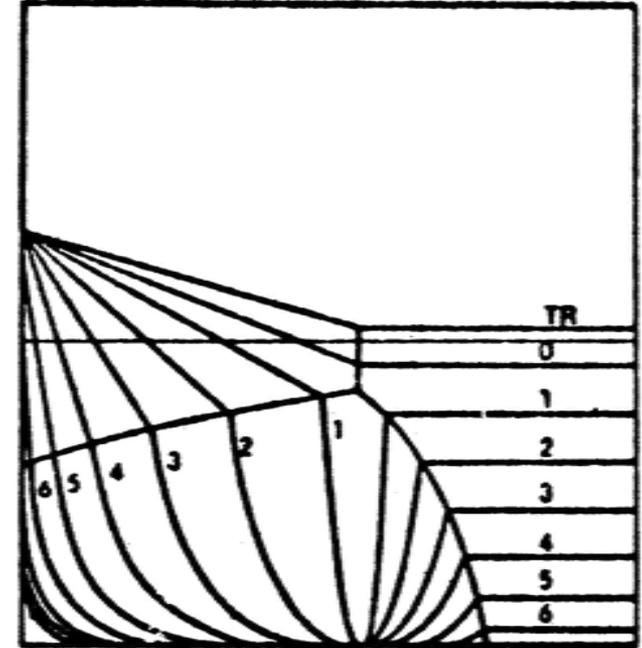
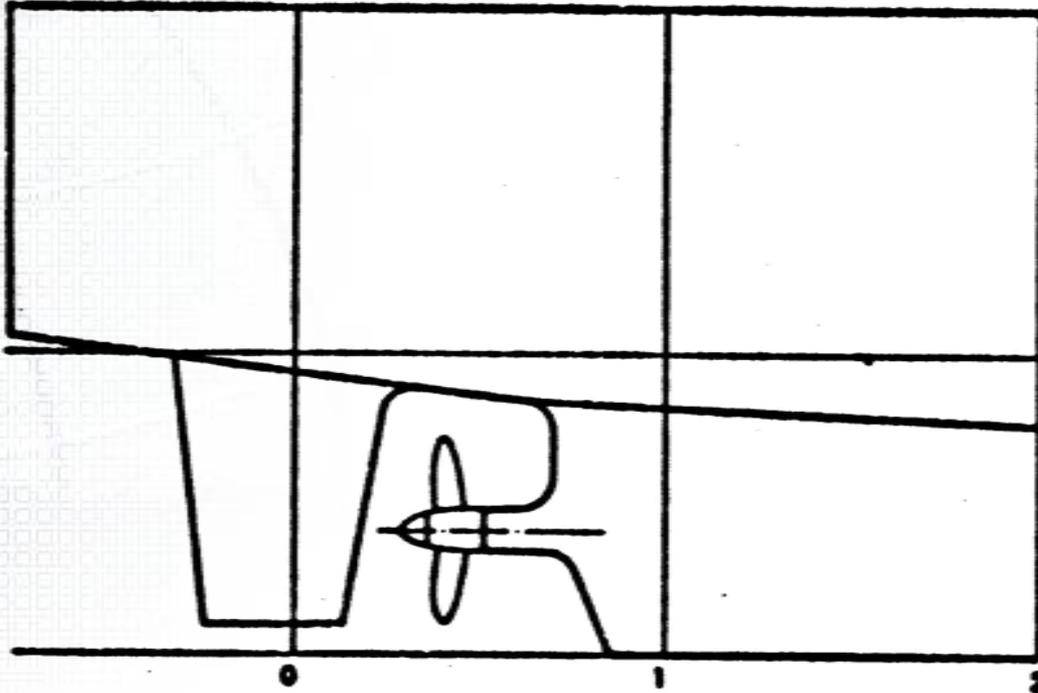


(C) 카운터 선미

선체 부가물

개념설계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	

마력주기관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정



Twin-screw twin-skeg after body hull form

Holtrop & Mennen의 저항 추정 방법

- ② 나선체(bare hull)의 형상 계수

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.487118 \cdot C_{14} (B / L)^{1.06806} (T / L)^{0.46106} (L / L_R)^{0.121563} \\ \times (L^3 / \nabla)^{0.36486} \cdot (1 - C_P)^{-0.60247}$$

C_F : 선미 단면 형상을 정의하는 계수

$$C_{14} = 1 + 0.011 C_{stern}$$

C_{stern} = -25 Pram with gondola
 = -10 V형 단면
 = 0 보통형 단면
 = 10 U형 단면

L_R : Length of run

L_R 이 알려져 있지 않은 경우에는 다음의 경험식으로 추정할 수 있다.

$$L_R / L = 1 - C_P + 0.06 C_P \cdot L_{CB} / (4 C_P - 1)$$

L_{CB} : 선체중양부로부터 선박의 길이 방향의 부력중심 위치까지의 거리를 선박의 길이에 대한 백분율(%)로 나타낸 값.
 앞쪽을 (+) 뒤쪽을 (-)로 나타낸다.

형상 계수(k_1 , k_2)의 의미

- 마찰 저항은 같은 침수 표면적을 갖는 평판의 저항으로 측정 하지만 선체는 평판이 아닌 3차원 곡면 형상임
- 따라서 형상 계수는 곡면으로 된 선체라는 것에 의해 평판보다 증가하게 되는 점성 저항 성분을 보정해 주기 위한 계수임

$k_1 R_F$: 평판과 비교해 선체가 곡면이기 때문에 증가하는 점성 저항 성분

Holtrop & Mennen의 저항 추정 방법

- ③ 선체 부가물 저항

개념설계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	

마력주기관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

$$R_{APP} = 1 / 2 \rho V^2 S_{APP} (1 + k_2)_{eq} C_F$$

S_{APP} : 부가물의 침수 표면적

$(1 + k_2)$: 부가물의 형상 계수

- Rudder behind skeg: 1.5~2.0
- Rudder of single screw ship: 1.3~1.5
- Twin-screw balance rudders: 2.8
- Shaft brackets: 3.0
- Skeg: 1.5~2.0
- Strut bossings: 3.0
- Hull bossings: 2.0
- Shafts: 2.0~4.0
- Stabilizer fins: 2.8
- Dome: 2.7
- Bilge keels: 1.4

$(1 + k_2)_{eq}$: 부가물의 유효 형상 계수 - 한 개 또는 그 이상의 부가물일 경우

$$(1 + k_2)_{eq} = \frac{\sum S_i (1 + k_2)_i}{\sum S_i}$$

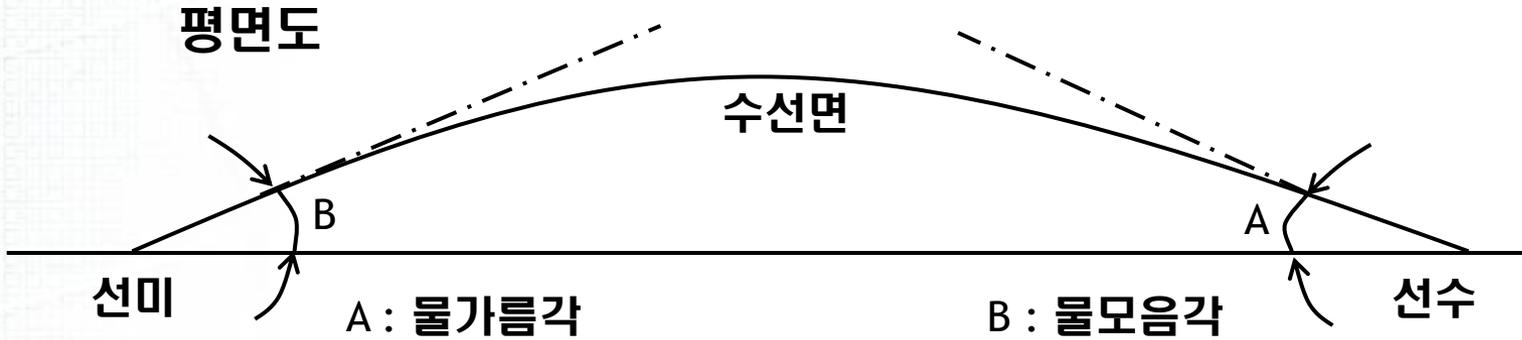
S_i 와 $(1+k_2)_i$ 는 i 번째 부가물의 침수표면적과 부가물 계수

물가름각(entrance angle)

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	

마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

물가름각(entrance angle)의 의미



물가름각: 물가름부의 수선의 접선이 선체 중심선과 이루는 각
 물모음각: 물모음부의 수선의 접선이 선체 중심선과 이루는 각

Holtrop & Mennen의 저항 추정 방법

- ④ 조파 저항(낮은 속도 범위)

- 낮은 속도 범위: $F_n \leq 0.4$

$$R_W = \rho g \nabla C_1 C_2 C_5 \exp\{ m_1 F_n^d + m_4 \cos(\lambda F_n^{-2}) \}$$

$$C_1 = 2223105 C_7^{3.78613} (T/B)^{1.07961} (90 - i_E)^{-1.37565}$$

- $C_7 = 0.229577 (B/L)^{0.33333}$: $B/L \leq 0.11$ 일 때
- $C_7 = B/L$: $0.11 \leq B/L \leq 0.25$ 일 때
- $C_7 = 0.5 - 0.0625 B/L$: $0.25 \leq B/L$ 일 때

i_E : 만재흘수선상에서 entrance angle의 1/2
 초기설계 단계에서 만재흘수선 위치에서의 i_E 를 알 수 없는 경우 추정식

$$i_E = 1 + 89 e^{\left\{ \begin{aligned} &-(L/B)^{0.80856} (1-C_{WP})^{0.30484} (1-C_P - 0.0225 L_{CB})^{0.6367} \\ &\times (L_R/B)^{0.34574} (100 \nabla / L^3)^{0.16302} \end{aligned} \right\}}$$

C_2 : bulb에 의한 조파저항 감소효과를 나타내는 계수

$$C_2 = e^{-1.89 \sqrt{C_3}} \quad \text{만일 bulb가 없으면 } C_2 = 1$$

- $C_3 = 0.56 A_{BT}^{1.5} / \{ B \cdot T (0.31 \sqrt{A_{BT}} + T_F - h_B) \}$
- A_{BT} : 선수수선 위치에서의 bulb의 횡단면적
- h_B : 기선으로부터 면적 A_{BT} 의 중심위치까지의 높이
- T_F : 선수수선 위치에서의 형흘수

계속 →

Holtrop & Mennen의 저항 추정 방법

- ④ 조파 저항(낮은 속도 범위)

C_5 : transom stern에 의한 조파 저항 감소 효과를 나타내는 계수

$$C_5 = 1 - 0.8 A_T / (B \cdot T \cdot C_M)$$

A_T : 속도가 0일 때의 transom 부분의 물속에 잠긴 면적

$$m_1 = 0.0140407 L / T - 1.75254 \nabla^{1/3} / L - 4.79323 B / L - C_{16}$$

$$d = -0.9$$

$$C_{16} = 8.07981 C_p - 13.8673 C_p^2 + 6.984388 C_p^3 : C_p \leq 0.8 \text{ 일 때}$$

$$C_{16} = 1.73014 - 0.7067 C_p : 0.8 \leq C_p \text{ 일 때}$$

$$m_4 = C_{15} 0.4 e^{-0.034 F_n^{-3.29}}$$

$$C_{15} = -1.69385 : L^3 / \nabla \leq 512 \text{ 일 때}$$

$$C_{15} = -1.69385 + (L / \nabla^{1/3} - 8.0) / 2.36 : 512 \leq L^3 / \nabla < 1726.91 \text{ 일 때}$$

$$C_{15} = 0.0 : 1726.91 \leq L^3 / \nabla \text{ 일 때}$$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L / B : L/B \leq 12 \text{ 일 때}$$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.36 : 12 \leq L/B \text{ 일 때}$$

- L : Waterline length
- T : 평균 형흘수 (m)
- B : 형폭 (m)
- ∇ : 배수용적 (m³)

Holtrop & Mennen의 저항 추정 방법

- ④ 조파 저항(높은 속도 범위)

- 높은 속도 범위: $0.55 \leq F_n$

$$R_W = \rho g \nabla C_1 C_2 C_5 \exp\{ m_1 F_n^d + m_4 \cos(\lambda F_n^{-2}) \}$$

낮은 속도 범위에서 다음 두 계수가 달라짐

$$C_1 = 6919.3 C_M^{-1.3346} (\nabla / L^3)^{2.00977} (L / B - 2)^{1.40692}$$

$$m_1 = -7.2035 (B / L)^{0.326869} (T / B)^{0.605375}$$

Holtrop & Mennen의 저항 추정 방법

- ④ 조파 저항(중간 속도 범위)

- 중간 속도 범위: $0.4 \leq F_n \leq 0.55$

$$R_W = (R_W)_{at F_n=0.4} + (10 F_n - 4) \cdot \{ (R_W)_{at F_n=0.55} - (R_W)_{at F_n=0.4} \} / 1.5$$

$(R_W)_{at F_n=0.4}$: 낮은 속도 범위의 식에 $F_n=0.4$ 를 대입하여 나온 결과

$(R_W)_{at F_n=0.55}$: 높은 속도 범위의 식에 $F_n=0.55$ 를 대입하여 나온 결과

Holtrop & Mennen의 저항 추정 방법

- ⑤ 수면 가까이 있는 Bulb에 의한 조파 저항 증가

$$R_B = 0.11 e^{(-3 P_B^{-2}) F_{ni}^3 A_{BT}^{1.5} \rho g / (1 + F_{ni}^2)}$$

P_B : bulbous bow의 수면 가까이 있는 정도를 나타내는 계수

$$P_B = 0.56 \sqrt{A_{BT}} / (T_F - 1.5 h_B)$$

F_{ni} : bulbous bow의 잠김율을 기준으로 한 Froude number

$$F_{ni} = V / \sqrt{g (T_F - h_B - 0.25 \sqrt{A_{BT}}) + 0.15 V^2}$$

실제 최근의 모형-시운전 시험결과를 분석한 결과에 의하면, Holtrop & Mennen이 제안한 R_B 는 무시하여도 영향이 없음

즉, $R_B=0$ 로 둔다

Holtrop & Mennen의 저항 추정 방법

- ⑥ 물에 잠긴 transom에 의한 저항

$$R_{TR} = 1/2 \rho V^2 A_T C_6$$

$$C_6 = 0.2(1 - 0.2 F_{nT}) : F_{nT} \leq 5 \text{ 일 때}$$

$$C_6 = 0 : 5 \leq F_{nT} \text{ 일 때}$$

$$F_{nT} = V / \sqrt{2 g A_T / (B + B \cdot C_{WP})}$$

Holtrop & Mennen의 저항 추정 방법

- ⑦ 모형선-실선 상관 수정 저항

$$R_A = 1/2 \rho V^2 S_{total} C_A$$

선체표면조도(hull roughness)와 공기 저항 등의 영향을 고려한 모형선과 실선 저항 값과의 차이를 나타내는 저항

$$C_A = 0.006 (L + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \sqrt{L/7.5} C_B^4 C_2 (0.04 - C_4)$$

$$C_4 = T_F / L \quad : T_F / L \leq 0.04 \text{ 일 때}$$

$$C_4 = 0.04 \quad : 0.04 < T_F / L \text{ 일 때}$$

Taylor & Gertler의 저항 추정 방법 (Taylor 수조의 도표)

$$R_T = R_F + \Delta R_F + R_R + R_{A1}$$

무차원화 하면 다음과 같다.

$$C_T = C_F + \Delta C_F + C_R + C_{A1}$$

C_F : Schoenherr **마찰저항계수**

ΔC_F : **가정**

C_R : **가정**

C_{A1} : Residual resistance coefficient

$$= (\nabla L^3, C_p, B/T, F_N), L = LWL$$

$B/T = 2.25, 3.00, 3.75$ **의 경우에 대해서**

$$C_p = 0.48 \sim 0.86 \text{ 및 } \nabla / L^3 = (1.0 \sim 7.0)$$

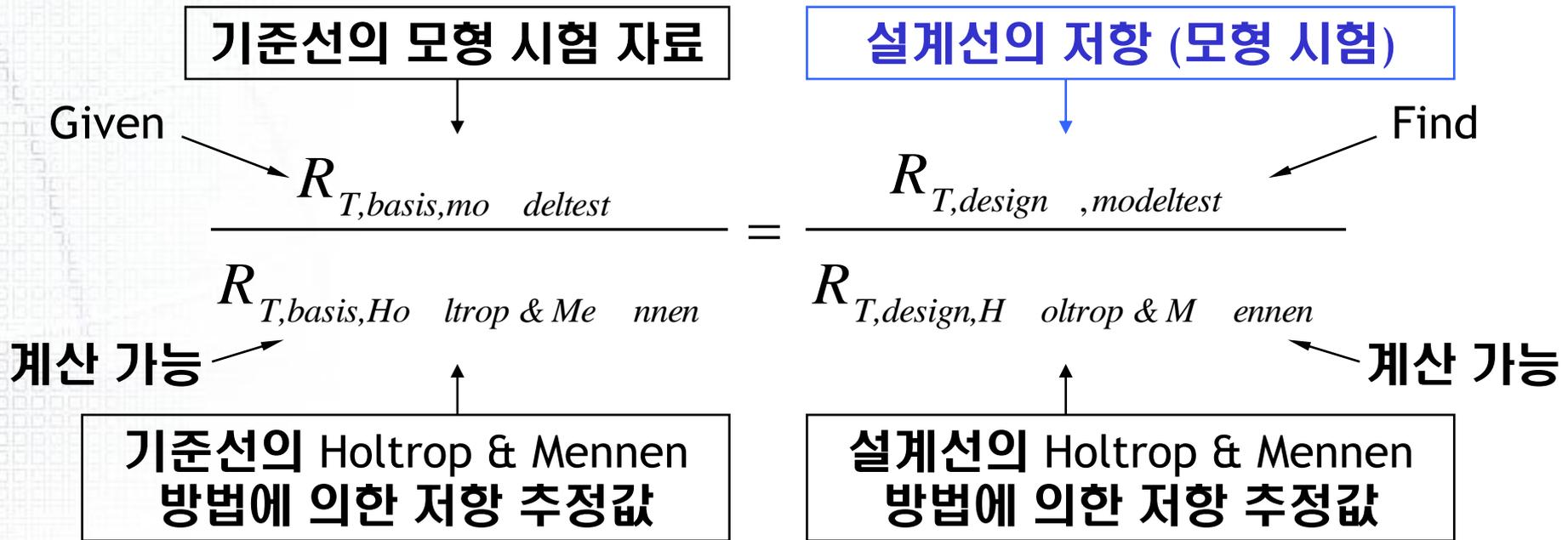
침수표면적 약산식 : $S = C_S \cdot \sqrt{\nabla \cdot L}$

특기 사항

- 모형선의 $C_M = 0.925$ -> constant
 $LCB = 0.5 \cdot LWL$ -> constant
- Bulbous bow **영향 고려하지 않음**
- **고속선 적용에 적당**

기준선 자료에 의한 저항 성능 추정

개념설계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	
마력주기관	저항 및 마력 추정	
	프로펠러 주요 치수	
	주기관 선정	



저항으로부터 마력의 추정

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 응적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
		13. Technical documents 작성

마 력 추 정 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

$$EHP = R_T \cdot V$$

$$DHP = EHP / \eta_D$$

$$BHP = DHP / \eta_T$$

$$NCR = BHP \cdot (1 + Sea\ Margin) / 100$$

$$MCR = NCR / Engine\ Margin$$

where ,

$$\eta_D = \eta_H \cdot \eta_R \cdot \eta_O, \quad \eta_H = \frac{1 - t}{1 - w}$$

- MCR: 최대 연속 마력(Maximum Continuous Rating)
- NCR: 연속 상용 마력(Normal Continuous Rating)
- BHP: 제동 마력(Brake Horse Power)
- DHP: 전달 마력(Delivered Horse Power)
- EHP: 유효 마력(Effective Horse Power)
- R_T: 전저항(Total Resistance)
- η_T: 프로펠러 전달 계수(Transmission Efficiency)
- η_D: 추진 계수(Propulsive Efficiency)
- η_O: 프로펠러 효율(Propeller Efficiency)
- η_H: 선각 효율(Hull Efficiency)
- η_R: 상대 회전 효율(Relative Rotative Efficiency)
- t: 추력 감소 계수(Thrust Deduction Fraction)
- w: 반력 계수(Wake Fraction)

잠수함의 저항 및 마력 추정 방법

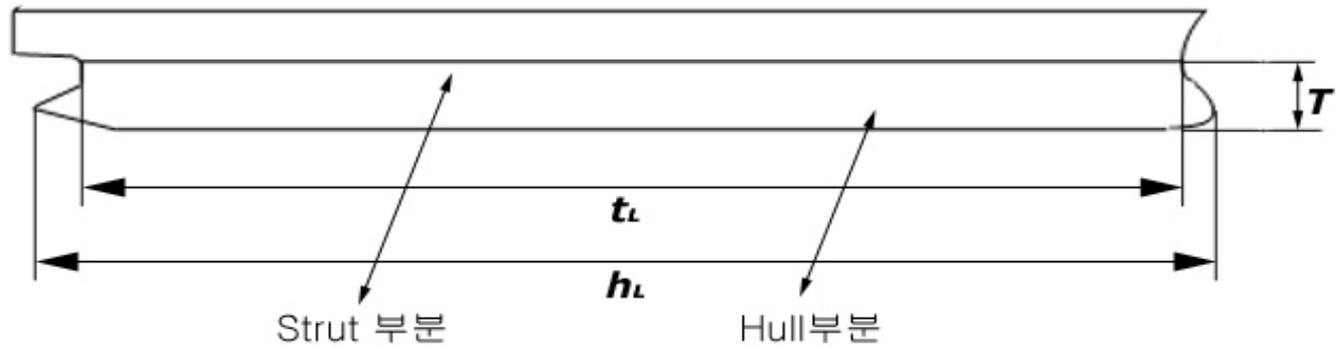
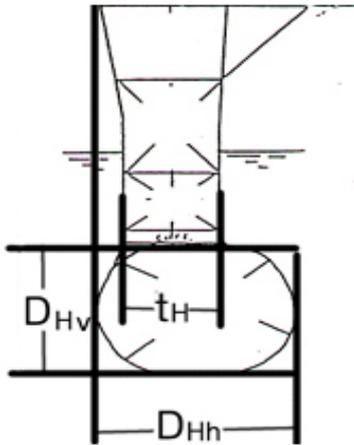
$$EHP = 0.00872 \cdot V^3 \left[WS \cdot (C_f + C_a + C_r) + (S_s \cdot C_{ds}) + (S_a \cdot C_{dA}) \right]$$

- WS : Wetted surface area of the bare hull
- S_a : Wetted surface of appendage
- S_s : Wetted surface of sail
- C_f : Coefficient of frictional resistance
- C_a : Correlation Allowance
- C_r : Coefficient of form resistance
- C_{ds} : Drag coefficient for sail
- C_{dA} : Drag coefficient of appendages

* Roy Burcher, Louis Rydill, Concepts in Submarine Design, pp. 290-292, 1994.

Ship design, Estimation of Resistance, 2008.4

SWATH의 저항 및 마력 추정 방법



$$C_{wp} = \text{Strut 넓이} / t_L * t_H$$

$$C_{p_h} = \text{Hull의 부피} / (h_L * \pi * R^2)$$

일반 상선과의 차이점

:: Hull = lowerhull + strut

↓
침수 표면적 계산에 많은 차이가 있음

$$R_T = R_F (1 + k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$$

• Bulb가 존재하지 않음

$$\therefore R_B = 0$$

• Transom이 존재하지 않음

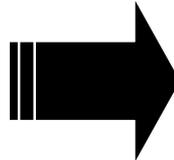
$$\therefore R_{TR} = 0$$

저항 및 마력 추정 프로그램

- 문제의 제시(1)

입력 값

- Name = "278,000 DWT VLCC"
- Lwl = 320.6 m
- L = 315.0 m
- B = 57.2 m
- Tf = 20.45 m
- Ta = 20.45 m
- T = 20.45 m
- Volume = 307081.31 m³
- Sapp = 126.0 m
- Cm = 0.9971
- Cwp = 0.8339
-
-
-



출력 값

- Form Factor of Hull (1+k1)
- Form Factor of Hull & Appendage (1+k)
- Correlation Allowance (CA)
- Resistance by Bulb Effect (RB)
- Resistance by Transom Effect (RTR)
- Wave Resistance (RW)
- Viscous Hull Resistance (RV)
- Appendage Resistance (RAPP)
- Correlation Resistance (RA)
- Total Resistance (RT)
- Wake Coefficient (w)
-
-
-

저항 및 마력 추정 프로그램

- 문제의 제시(2)

■ 고려 사항

- Bulb에 의한 조파 저항도 고려할 것
- 선미 단면 형상은 V형이며 보통형 선미로 되어 있음
- 선박의 운항 조건은 15°C의 해수 상태임, $\rho = 1.025 \text{ ton/m}^3$
- 선체 부가물은 Bilge Keels만 고려할 것. 즉, $(1 + k_2) = 1.4$
- 계산에 필요한 프로펠러 날개 면적비(A_E/A_0)는 다음과 같다.

$$A_E / A_0 = K + \frac{(1.3 + 0.3Z) \cdot T}{D^2 \cdot (p_0 + \rho gh - p_v)}$$

■ 프로그램 Specification

- 프로그램 언어는 C++을 이용할 것
- MFC(Microsoft Foundation Class Library)를 기반으로 한 윈도우 프로그램으로 작성할 것

저항 및 마력 추정 프로그램

- 참고 사항(1)

- “Math.h”에 정의된 Function 사용
 - “Math.h”에 정의된 $\cos(x)$ 와 같은 삼각 함수는 **입력값을 라디안(Radian)으로 받게 된다.** 따라서 입력 값 대신 **60분법(Degree)의 각도를 넣지 않도록 주의한다.**

- 범위가 존재하는 경우 If문을 적절히 사용
 - 조파 저항(R_w)과 같이 범위에 따라 수식 혹은 값이 바뀌는 경우 If문을 이용하여 범위를 정확히 분리한다.

- 프로그램 내의 계산 결과 값의 단위 조정
 - 프로그램 내에서 계산에 필요한 입력값과 그에 따른 출력값의 단위를 잘 맞추어가며 계산했는지를 확인한다.

저항 및 마력 추정 프로그램

- 참고 사항(2)

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적이 산정
	13. Technical documents 작성	

마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

- float와 double의 구분
 - 실수형 변수는 float과 double의 두 가지 형태가 존재하는데, 보다 정확한 계산을 위해서 double을 사용할 것을 권장. 혼용할 경우 결과 값에 약간의 차이가 날 수 있다.
- double 형태의 변수를 제공하기 위해서는 pow() 함수를 쓴다.
 - Double 형태의 변수인 경우 v^2 을 계산하기 위해 “pow(V, 2.0)”로 작성
 - pow() 함수를 쓰기 위해서는 “math.h”를 반드시 include해야 한다.
- Holtrop & Mennen 방법 에 대한 참고
 - 일반적으로 w, t, η_R 은 기준선의 자료를 가져다 쓰며, η_o 는 프로펠러 최적화 과정에서 얻은 값을 쓴다.

저항 및 마력 추정 프로그램

- Input Data의 입력(1)

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	
마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정	
	프로펠러 주요 치수	
	주기관 선정	

■ Input File의 작성

주어진 데이터

Name = "278,000 DWT VLCC"
Lwl = 320.6 m
L = 315.0 m
B = 57.2 m



Input File: "input.txt"

278,000_DWT_VLCC
320.6
315.0
57.2

- 주어진 데이터를 한 줄에 하나씩 입력한다.
- 데이터의 구분은 “빈 칸” & “줄 바꿈” 에 의해서 이루어진다.
- 문자열은 빈 칸 없이 “_”(Under Bar)로 연결해 준다.

저항 및 마력 추정 프로그램

- Input Data의 입력(2)

■ 입력 함수의 정의

```
FILE* fp;
```

- 입력 파일을 읽어들이기 위한 포인터 선언
- int* a; 와 같이 어떤 자료 형태의 포인터를 선언한 것이다.

```
main.cpp
#include <stdio.h>
void Input_Data_File()
{
    // File의 Pointer 선언
    FILE* fp;

    // File을 읽음
    fp = fopen("Input.txt", "r");

    // 변수의 선언
    char Name[255];
    double Lwl, L, B;

    // 파일로부터 값들을 읽음
    fscanf(fp, "%s", Name);
    fscanf(fp, "%lf", &Lwl);
    fscanf(fp, "%lf %lf", &L, &B);

    // File을 닫음
    fclose(fp);
}
```

저항 및 마력 추정 프로그램

- Input Data의 입력(3)

■ 입력 함수의 정의

```

main.cpp
#include <stdio.h>

void Input_Data_File()
{
    // File의 Pointer 선언
    FILE* fp;

    // File을 읽음
    fp = fopen("Input.txt", "r");

    // 변수의 선언
    char Name[255];
    double Lwl, L, B;

    // 파일로부터 값들을 읽음
    fscanf(fp, "%s", Name);
    fscanf(fp, "%lf", &Lwl);
    fscanf(fp, "%lf %lf", &L, &B);

    // File을 닫음
    fclose(fp);
}

```

```
fp = fopen("Input.txt", "r");
```

- 파일 포인터 “fp”가 “Input.txt”의 가장 첫 부분을 가리키게 설정
- “r”은 읽기 전용을 뜻함

fp	Input.txt
	278,000_DWT_VLCC
	320.6
	315.0
	57.2

저항 및 마력 추정 프로그램

- Input Data의 입력(4)

■ 입력 함수의 정의

```

main.cpp
#include <stdio.h>

void Input_Data_File()
{
    // File의 Pointer 선언
    FILE* fp;

    // File을 읽음
    fp = fopen("Input.txt", "r");

    // 변수의 선언
    char Name[255];
    double Lwl, L, B;

    // 파일로부터 값들을 읽음
    fscanf(fp, "%s", Name);
    fscanf(fp, "%lf", &Lwl);
    fscanf(fp, "%lf %lf", &L, &B);

    // File을 닫음
    fclose(fp);
}

```

Char Name[255];

double Lwl, L, B;

- 파일로부터 입력 받을 변수를 선언
- Name은 255개의 문자를 저장할 수 있는 공간 확보
- Lwl, L, B는 실수형 변수

fp	Input.txt
	278,000_DWT_VLCC
	320.6
	315.0
	57.2

저항 및 마력 추정 프로그램

- Input Data의 입력(5)

■ 입력 함수의 정의

```
main.cpp
#include <stdio.h>

void Input_Data_File()
{
    // File의 Pointer 선언
    FILE* fp;

    // File을 읽음
    fp = fopen("Input.txt", "r");

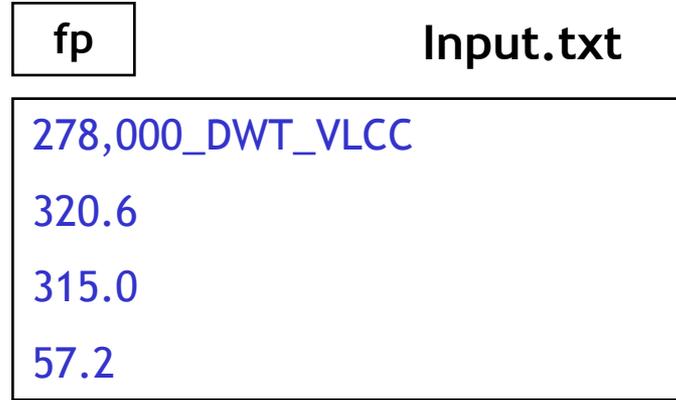
    // 변수의 선언
    char Name[255];
    double Lwl, L, B;

    // 파일로부터 값들을 읽음
    fscanf(fp, "%s", Name);
    fscanf(fp, "%lf", &Lwl);
    fscanf(fp, "%lf %lf", &L, &B);

    // File을 닫음
    fclose(fp);
}
```

`fscanf(fp, "%s", Name);`

• 파일로부터 문자열을 입력 받아 Name에 저장



Name이라는 이름의 저장 공간

278,000_DWT_VLCC

저항 및 마력 추정 프로그램

- Input Data의 입력(6)

■ 입력 함수의 정의

```
fscanf(fp, "%lf", &Lwl);
fscanf(fp, "%lf %lf", &L, &B);
```

```
main.cpp
#include <stdio.h>

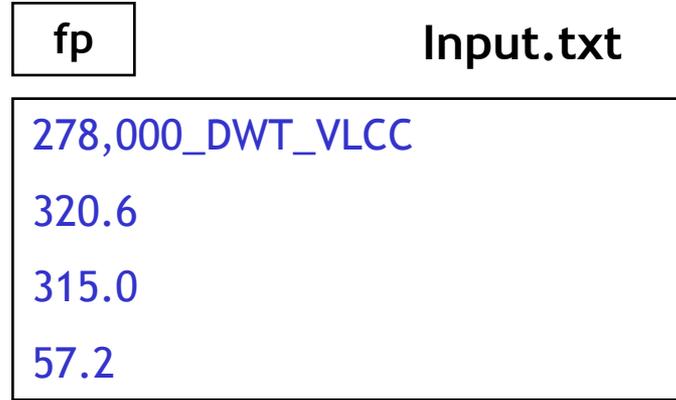
void Input_Data_File()
{
    // File의 Pointer 선언
    FILE* fp;

    // File을 읽음
    fp = fopen("Input.txt", "r");

    // 변수의 선언
    char Name[255];
    double Lwl, L, B;

    // 파일로부터 값들을 읽음
    fscanf(fp, "%s", Name);
    fscanf(fp, "%lf", &Lwl);
    fscanf(fp, "%lf %lf", &L, &B);

    // File을 닫음
    fclose(fp);
}
```



저항 및 마력 추정 프로그램

- 클래스의 정의(1)

개념 설계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 /주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적이 산정
	13. Technical documents 작성	

마력 주기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

■ 멤버 변수의 선언

```

class Ship
{
public:
    Ship(); // 생성자
    ~Ship(); // 소멸자

    // 멤버 변수의 선언
    double Lwl, L;
    double B, D, T, Tf, Ta;
    double Cp, Cwp;
    // ...
};
    
```

• 저항 및 마력 추정을 위한 변수를 선언한다.

저항 및 마력 추정 프로그램

- 클래스의 정의(2)

개념설계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
		13. Technical documents 작성

마력주기관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

■ 계산 과정의 모듈화

저항 및 마력 추정을 위한 계산 식

함수의 선언



⋮

⋮

저항 및 마력 추정 프로그램

- 클래스의 정의(3)

개념 설계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적이 산정
	13. Technical documents 작성	

마력 주기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

■ 멤버 함수의 선언

Ship.h

```
class Ship
{
public:
    Ship(); // 생성자
    ~Ship(); // 소멸자

    // 멤버 변수의 선언
    double Lwl, L;
    double B, D, T, Tf, Ta;
    double Cp, Cwp;
    // 종략

    // 멤버 함수의 선언
    void Calculate_Rf();
    void Calculate_Rapp();
    void Calculate_Rw();
    void Calculate_Rb();
    // 이하 생략
};
```

Ship.cpp

```
#include "Ship.h"

Ship::Ship()
{
}

Ship::~Ship()
{
}

void Ship::Calculate_Rf()
{
}

void Ship::Calculate_Rapp()
{
}

void Ship::Calculate_Rw()
{
}

void Ship::Calculate_Rb()
{
}

// 이하 생략
```

저항 및 마력 추정 프로그램

- 함수의 구현(1)

개념 설계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
		13. Technical documents 작성

마력 주 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

■ 마찰 저항 계산 함수

$$R_F = \frac{1}{2} \rho S_{bh} V^2 C_F$$

$$\rho = 1.025$$

$$S_{bh} = L(2T + B) \sqrt{C_M} (0.4530 + 0.4425 C_B - 0.2862 C_M - 0.003467 B/T + 0.3696 C_{WP}) + 2.38 A_{BT} / C_B$$

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2}$$

```
void Ship::Calculate_Rf()
{
    Rf = 0.5 * rho * S_bh * pow(V,2) * Cf;
}
```

```
void Ship::Calculate_Rf()
{
    rho = 1.025;
    Rf = 0.5 * rho * S_bh * pow(V,2) * Cf;
}
```

```
void Ship::Calculate_Rf()
{
    rho = 1.025;
    S_bh = LWL * (2*T + B) * sqrt(C_m) * (0.4530 + (0.4425 * C_b) - (0.2862 * C_m) - (0.003467 * (B/T)) + (0.3696 * C_wp)) + 2.38 * (A_BT/C_b);
    Rf = 0.5 * rho * S_bh * pow(V,2) * Cf;
}
```

```
void Ship::Calculate_Rf()
{
    rho = 1.025;
    S_bh = LWL * (2*T + B) * sqrt(C_m) * (0.4530 + (0.4425 * C_b) - (0.2862 * C_m) - (0.003467 * (B/T)) + (0.3696 * C_wp)) + 2.38 * (A_BT/C_b);
    Cf = 0.075 / pow((log10(Reynolds) - 2),2);
    Rf = 0.5 * rho * S_bh * pow(V,2) * Cf;
}
```



저항 및 마력 추정 프로그램

- 함수의 구현(2)

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 견현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
	13. Technical documents 작성	

마 력 주 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

■ 선체 부가물 저항 계산 함수

$$R_{APP} = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{App} (1 + k_2)_{eq} C_F$$

$$k_2 = 0.4$$



```
void Ship::Calculate_Rapp()
{
    Rapp = 0.5 * rho * pow(V,2) * Sapp * ( 1+k2) * Cf;
}
```

```
void Ship::Calculate_Rapp()
{
    k2 = 0.4;
    Rapp = 0.5 * rho * pow(V,2) * Sapp * ( 1+k2) * Cf;
}
```

저항 및 마력 추정 프로그램

- 함수의 구현(3)

마력 주기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

■ 수면 가까이에 있는 Bulb에 의한 조파 저항 계산 함수

$$R_B = 0.11 \exp(-3P_B^{-2}) \times F_{ni}^3 A_{BT}^{1.5} \rho g / (1 + F_{ni}^2)$$

$$P_B = 0.56 \sqrt{A_{BT}} / (T_F - 1.5h_B)$$

$$F_{ni} = \frac{V}{\sqrt{g(T_F - h_B - 0.25\sqrt{A_{BT}}) + 0.15V^2}}$$

```
void Ship::Calculate_Rb()
{
    Rb = 0.11 * exp(-3 * pow(P_B,-2)) * pow(F_ni,3) * pow(A_BT,1.5)
        * rho * g / (1 + pow(F_ni,2));
}
```

```
void Ship::Calculate_Rb()
{
    P_B = 0.56 * sqrt(A_BT) / (T_f - 1.5 * h_B);
    Rb = 0.11 * exp(-3 * pow(P_B,-2)) * pow(F_ni,3) * pow(A_BT,1.5)
        * rho * g / (1 + pow(F_ni,2));
}
```

```
void Ship::Calculate_Rb()
{
    F_ni = V / sqrt(g * (T_f - h_B - 0.25 * sqrt(A_BT)) + 0.15 * pow(V,2));
    P_B = 0.56 * sqrt(A_BT) / (T_f - 1.5 * h_B);
    Rb = 0.11 * exp(-3 * pow(P_B,-2)) * pow(F_ni,3) * pow(A_BT,1.5)
        * rho * g / (1 + pow(F_ni,2));
}
```

저항 및 마력 추정 프로그램

- 생성자(1)

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
	6. 저항 및 마력 추정 / 주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정
		13. Technical documents 작성

마 력 추 기 관	저항 및 마력 추정
	프로펠러 주요 치수
	주기관 선정

■ 생성자

Ship.h

```
class Ship
{
public:
    Ship(); // 생성자
    Ship(FILE* fp);
    ~Ship(); // 소멸자

    // 멤버 변수의 선언
    char Name[255];
    double Lwl, L;
    double B, D, T, Tf, Ta;
    double Cp, Cwp;
    // 종락
};
```

Ship.cpp

```
Ship::Ship(FILE* fp)
{
    fscanf(fp, "%s", Name);
    fscanf(fp, "%lf", &Lwl);
    fscanf(fp, "%lf", &L);
    // 종락
}
```

• Ship의 개체를 선언할 때 입력값으로 fp라는 FILE의 포인터를 입력 받아 그것을 바탕으로 초기값을 설정한다.

• 정의 부분에서는 실제 FILE을 포인터(fp)를 이용하여 FILE을 내용을 읽어들이는 동작을 수행한다.

• 모양이 마치 함수와 같은 것을 볼 수 있다. 54/56 즉, 자신과 같은 이름의 함수이다.

저항 및 마력 추정 프로그램

- 생성자(2)

개 념 설 계	1. 선주 요구 조건	7. 화물창 용적 추정
	2. 유사 실적선 조사	8. 건현 계산
	3. 관련 Rule	9. 복원 성능 추정
	4. 주요 치수 선정	10. 개략 일반배치
	5. 경하 중량 추정	11. 개략 선형 및 선박 재 계산
6. 저항 및 마력 추정 /주기관 선정	12. 견적 물량 및 견적가 산정	
	13. Technical documents 작성	
마 력 주 기 관		저항 및 마력 추정
		프로펠러 주요 치수
		주기관 선정

■ 생성자

Main.cpp

```
void main()
{
    FILE* fp;
    fp = fopen("Input.txt", "r");
    Ship MyShip(fp);
    fclose(fp);
}
```

- 실제 이용할 때는 개체를 생성하면서 입력값을 왼쪽과 같이 넣어준다.
- 왼쪽의 그림은 “Input.txt”를 가리키는 포인터 “fp”가 입력되어 생성자 함수를 실행시킨다.