

거북선 형상의 해상소각선 실용화 가능성에 관한 연구⁺

이 귀 주* · 최 영 빈*

(97년 6월 9일 접수)

A feasibility study on the application of turtle boat form to the incinerating vessel

Kwi-Joo Lee* · Young-Bin Choi*

Key Words : Resistance Test(저항시험), Circulating Water Channel(회류수조), incineration (소각), Hydorstatic Data(유체정역학자료), Turtle Boat(거북선), Paint Test(페인트 시험), Tuft Test(터프트 시험), Course Keeping Test(침로 안정성 시험)

Abstract

In these days, the pollution of marine environment near island at Korean coastal zone caused by the trash human waste and livestocks excreata become intensified.

One of the most economic and efficient way to prevent this pollution problem is to set up island circulating incineration system.

In this paper, the result of feasibility study on the application of turtle boat hull form to the incinerating vessel has been summarized especially for the resistance and course keeping point of view.

1. 서 론

환경문제로 세계는 큰 어려움에 봉착되어 가고 있다. 오존층 파괴, 물 부족, 쓰레기매립장 부족 등 여러 가지 환경문제로 세계는 하나가 되어 이 문제를 해결하려고 노력하고 있다.

여기에 우리 나라도 예외 일수는 없다. 특히 쓰레기매립장은 부지 부족 및 부지 선정에 따른 주민들의 반대로 인한 부지 확보 어려움으로 점점 더 큰 사회문제로 대두되고 있다. 도서지역에서도 분

뇨, 축산 폐수, 생활쓰레기등이 미처리 상태로 바다에 배출되는 실정이며, 또한 도서 연안에 산재되어 있는 폐스티로폼, 부유물질, 폐플라스틱등이 재활용품수거 체계와 자동 오염 수거 장치의 미비로 인하여 해양 오염에 큰 영향을 미치고 있다.

이러한 상황에서 전라남도에서는 도서지역을 선박이 순회하여 분뇨, 축산 폐수, 생활 쓰레기를 수거해 소각 처리함으로써 해안 환경 보전에 이바지 하고 관광 자원화 하기 위하여 임진왜란시 이순신 장군이 왜적을 물리칠 때 사용하였던 거북선 형상

⁺ 이 논문은 1997년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

* 조선대학교 공과대학 선박해양공학과

을 이용하여 소각선을 건조하는 타당성을 조선대학교 선박해양공학과 저항추진연구실과 공동으로 조사하게 되었다. 만약에 거북선 형상의 소각선이 실제로 운항되게 된다면 거북선의 역사적 배경이나 독특한 형상으로 인하여 관광 효과도 있을 것으로 기대된다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 사업의 일환으로 거북선 선형이 도서 지방을 순회하며 해상 소각을 실시하는 소각선으로서의 실용화 가능성에 대하여 저항 성능 및 방향 안정성의 측면에서 연구하게 되었다.

참고적으로 전남도청에서 계획중인 거북선 형상의 해상소각선 주요 장비 기능 및 제원은 아래 표와 같다.

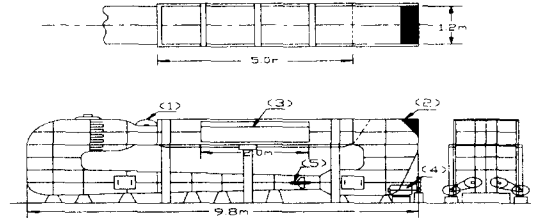
구분	모 거북선	자 거북선A (예인기능)	자 거북선B (바지기능)
선 체 톤 수 승선원	철 갑 선 100 톤 10 명	철 갑 선 50 톤 5 명	철 갑 선 50 톤 5 명
주요 장비	· 스포트식 구동 소각로 설치 · 10톤/일 · 습식산화분뇨 처리시설 · 2kl/일 · 해양탐사, 연구실 설치	· 강력진공 펌프 및 탈수기 · 갈쿠리 부유물 수거 장비 · 모래사장 청소 용차량 탑재	· 콘베어크레인 · 쓰레기 압축설비 · 개근 장치 · 분뇨저장탱크 · 거북선 뚜껑 개폐장치
기 능	· 쓰레기 소각처리 · 소각재는 도로 기증재사용 · 분뇨의 위생 처리 · 폐기물은 유기질비료사용 · 수중 TV카메라로 해저생태계 파악	· 오염연안 해저 오니준설 · 우수기 연안 부유물질 수거 · 해수욕장 모래사장 오물 수거 (수륙양용 차량 탑재)	· 수거오물의 자동모션 이동컨베이어 시스템 설치 · 소각잔재와 유기질 폐기물의 육상선적 하역 가능

2. 시험 수조의 특성

거북선 형상의 저항 및 방향 안정 성능을 실험적으로 연구하기 위하여 조선대학교 회류수조에서 모형 시험을 수행하였으며 수조의 주요 특성 및 개략적인 형상은 Fig. 1 과 같다.

Type : 2 impellers, vertical type

- L×B×D(whole body) : 14.8m×1.8m×3.7m
- L×B×D(measuring body) : 5.0m×1.2m×0.9m
- Velocity range : 0.4~1.8m/sec
- Velocity distribution : within ±1.5% at 1.0m/sec
- Standing wave : 0.8mm at 1.0m/sec
- Surge wave : ±1.0mm at 1.0m/sec
- Water surface inclination : 1/4000 at 1.0m/sec



- (1) Surface Flow Accelerator (2) Wave Maker
- (3) Measuring Section (4) Motor A.C. 22kw
- (5) Impeller

Fig. 1 Schematic diagram of CWC

3. 거북선 형상과 모형선

거북선 선형의 모형선(모형선 번호 : CU-020)은 마디카 목재를 이용하여 제작하였다. 모형선의 축척비는 1/30.0으로 하였고 실선과 모형선의 주요제원은 Table 1에 정리하였다.

또한, 선체 주위 난류 유동을 발생시키기 위해서 모형선의 9, 9½ 스테이션에 직경 1.6mm, 높이 2mm의 난류 촉진용 못을 10mm 간격으로 설치하였다.

Table 1 Geometric characteristics of CU-020

Particulars	Turtle Boat	Model
LOA (m)	34.242	1.141
LWL (m)	25.500	0.850
B _{MAX} (m)	10.303	0.343
B _T (m)	3.840	0.128
D (m)	6.364	0.212
LWL/B _T	6.641	6.641
B _T /T	2.560	2.560

* B_T : Breadth at 1.5m draft

4. 거북선의 유체 정역학적 특성 계산

거북선의 유체 정역학적 특성을 조사하기 위해서 복원된 선도를 SIKOB 프로그램에 의해 계산을 수행하였으며 계산 결과중에서 계획흘수 1.5m에서의 유체정역학적 특성을 Table 2에 요약하였고 흘수별 유체정역학적 특성 변화는 Fig. 2에 도시한 바와 같다.

Table 2 Hydrostatic Data for CU-020

Particulars	Ship	Model
T (m)	1.50	0.050
W.S.A (m ²)	261.86	8.729
▽ (m ³)	239.87	7.996
CB	0.641	0.641
CM	0.761	0.761
CW	0.828	0.828
L _{CB} * (m)	1.47	0.049
KB (m)	0.82	0.027

* (+) : Forward of Midship

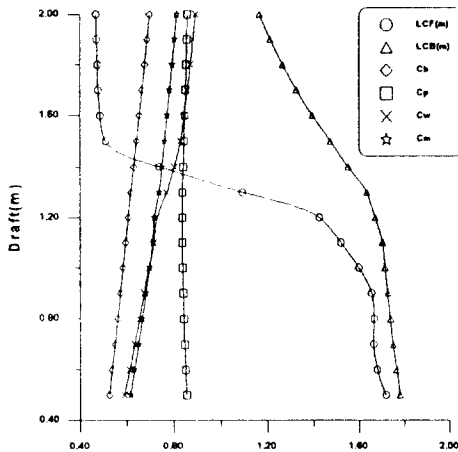


Fig. 2 Hydrostatic Curve for CU-020

5. 모형 시험

5.1 저항 성능 조사

거북선 선형의 저항 성능과 계획된 흘수 1.5m의 경제성을 조사해 보기 위해서 1.2m, 1.5m, 1.8m의

세 가지 흘수에서 저항 시험을 수행하였으며, 저항 시험 결과로부터 식(1)에 의해 계산한 잉여저항계수를 Fig. 3에 흘수별로 비교 도시하였다.

$$C_R = C_{TM} - C_{FM} \quad (1)$$

여기서

C_R : 잉여저항계수

C_{TM} : 모형선 전저항계수

$$= R_{TM} / \frac{1}{2} \rho_m S_m V_m^2$$

C_{FM} : ITTC-57 Line에 의한 마찰저항계수

$$= 0.075 / (\log Rn - 2)^2$$

R_{TM} : 모형선 전저항 (N)

ρ_m : 수조수 밀도 (kg/m³)

Rn : 레이놀드수 ($\frac{V_m L_m}{\nu_m}$)

S_m : 모형선 침수표면적 (m²)

V_m : 모형선 속도 (m/sec)

ν_m : 수조수 동점성계수 (m²/sec)

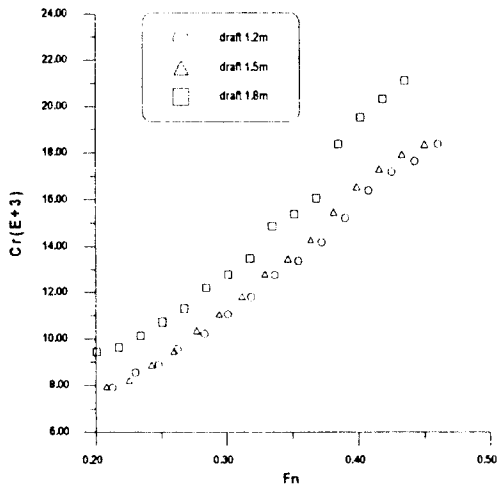


Fig. 3 C_R Curve

Fig. 3에 보인 바와 같이 흘수 1.5m에서의 C_R 값은 1.2m의 C_R 값과는 차이가 많지 않았지만 1.8m의 C_R 값과는 현저한 차이를 보이고 있어 1.5m의 흘수가 경제적인 흘수임을 보여주고 있다.

또한, 흘수별 선수 및 선측 파형을 저항 성능과 연계하여 조사해 보기 위해서 파형관측시험을 수

행하였으며 계측한 기선으로부터 파고를 무차원하여 그 결과를 도시하였다.

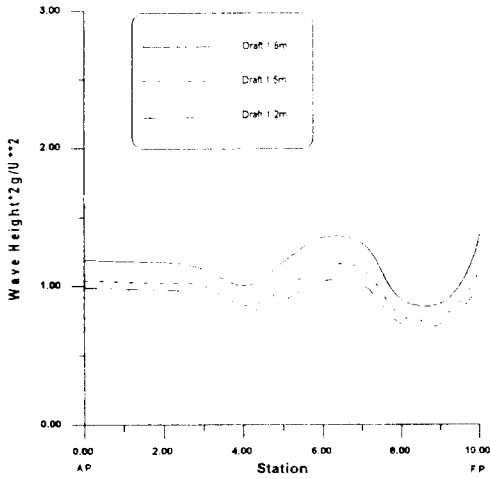
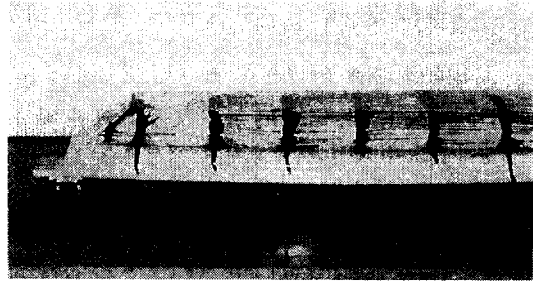


Fig. 4 Comparison of Wave Profiles at $Fn=0.35$ ($V_s=11kts$)

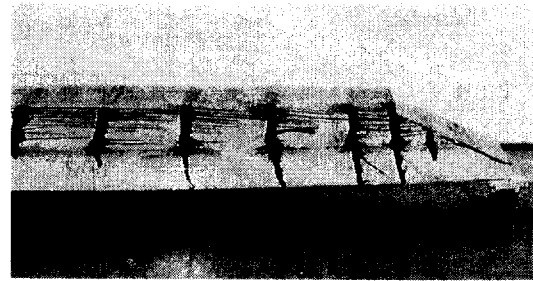
Fig. 4에 보인 바와 같이 세홀수 모두 선수 파형이 과도한 것으로 나타나 선수를 약간 수정하면 저항 성능이 더욱 개선될 여지가 있음을 보여주고 있다.

5.2 유선 관측 시험

선형의 특성에 따른 유선 변화를 관찰하기 위한 유선 관측 시험을 만재상태의 계획 속도에서 Paint 시험법과 Tuft 시험으로 수행하였으며 가지 유선 시험 결과를 Fig. 5 및 Fig. 6에 각각 도시하였다.

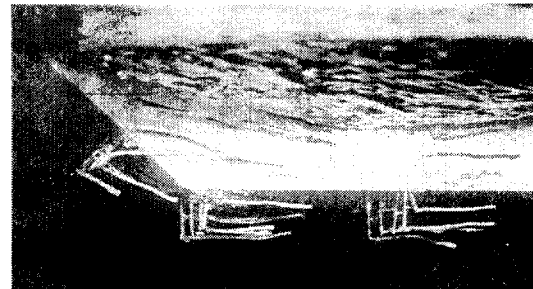


Forebody

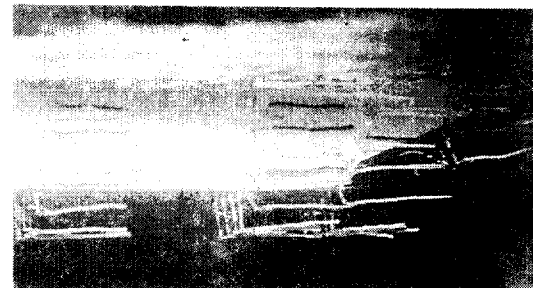


Aftbody

Fig. 5 Paint Test

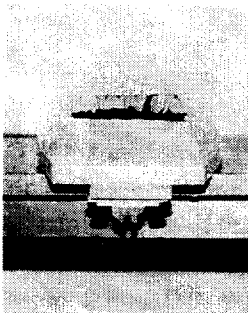


Forebody

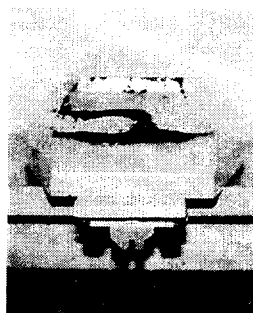


Aftbody

Fig. 6 Tuft Test



Fore Bottom



Aft Bottom

Fig. 5 및 Fig. 6에서 볼 수 있는 바와 같이 선 수선저부분에서 흐름이 매끄럽지 못하였으며 선미 선저부분에서는 유속의 정체 현상이 뚜렷이 나타났다.

5.3 침로 안정성 시험

침로 안정성을 평가하는데 두 가지의 단순화된 경험적인 기준, 즉 동요의 폭(Y) - 편주 진폭 - 은 추가 저항을 유발하지 않을 만큼 충분히 작은 범위 내 이어야 한다는 것과 선박이 평균 궤도선으로부터 측면 방향으로 강제적인 힘이 가해졌을 때 두 주기 내에 첫 번째 기준으로 정한 안정 범위에 있어야 하는 회복 주기의 두 가지 기준을 가지고 평가할 수 있다.

연구 대상 선형의 침로 안정성을 조사해 보기 위하여 세 가지 트림 상태에 대한 모형시험을 상기 두 가지 기준에 의해 수행하였으며 그 결과를 Fig. 7에 도시한 바와 같다.

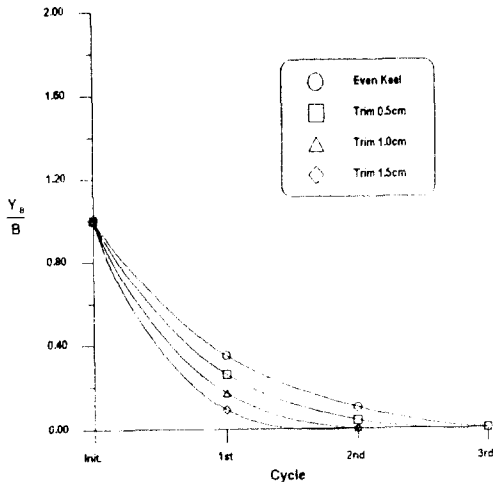


Fig. 7 Variation of Yaw Amplitude at different trim

Fig. 7에 보인 바와 같이 트림이 없는 even keel 상태에서는 세 번째 주기에서 동요의 폭이 0에 가깝게 되었으며 모형선에서 선미트림 0.5cm 인 상

태에서는 전반적으로 진폭이 다소 감소했으나 1.0 및 1.5cm 트림 상태에서는 모두 세 번째 주기에 정상적인 침로를 유지한 것으로 나타났다.

따라서, 연구 대상 선형은 even keel이나 약간의 선미 트림 상태에서 모두 침로 안정성에 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

6. 결 론

이상의 연구 내용을 종합하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 거북선의 선형을 해상 소각선으로 적용하는데 저항 및 조종성능상 우수한 선형임이 입증되었다.
- 2) 계획홀수 1.5m는 저항성능상 가장 경제적인 위치임이 밝혀졌다.
- 3) 선미의 선저부분에서 선속 8노트 이상 속도로 항주시 박리 및 와류 현상이 발생하였으며 이를 방지하기 위해서는 선미를 유선형으로 약간 수정할 필요가 있다. 선수·미 선저부분의 형상은 소각설비의 설치를 고려하여 수정해야 할 것이다.

참고문헌

- 1) 현대중공업 거북선 연구회, "거북선과 그 해전", 현대중공업
- 2) Robert Latorre and Frederick Ashcroft, "Recent Developments in Barge Design, Towing, and Pushing." *Marine Technology*, Vol. 18, No. 1, pp. 10-21, Jan. 1981
- 3) Inoue, S. et al, "On the Course Stability of a Barge," *Trans. West Japan Society of Naval Architects*, No. 54, Aug. 1977 [in Japanese], English translation
- 4) Eda, H., "Course stability, Turning Performance, and Connection Force of Barge Systems in Coastal Seaways," *Trans. SNAME*, Vol 80, 1972