

도서순회 해상소각 바지선의 적정 스키프 형상 및 크기에 관한 연구⁺

이 귀 주* · 이 건 철*
(97년 6월 9일 접수)

A study on the appropriate shape and size of skeg for
the incinerator mounted circular barge

Kwi-Joo Lee* · Kun-Chul Lee*

Key Words : Barge(바지선), Skeg(스케그), Yaw motion(편주 운동), CWC(회류수조), Course keeping stability(침로 안정성), Incinerator mounted barge(해상소각선)

Abstract

Despite various devices have been developed and applied to stabilize the yaw motion, the superiority of twin skeg over other equi-functioned appendages has been recognized so far. In many cases, these skegs were installed with insufficient study and analysis for design, and this leads to the worse performance of their resistance and course keeping than required.

Experimental studies on the effect of various kinds of anti yawing skegs to the course keeping stability and on the additional resistance caused by them were carried out in the circulating water channel(CWC) at Chosun University(CU).

Course keeping stability tests for four different size of skegs, resistance tests for three different shapes of skeg(including deformed skegs) were performed systematically.

And the effect of angle of skegs on resistance was studied at the final stage.

1. 서 론

일반적으로 바지선들의 형상은 상자형에 근사한 형상을 하고 있으나 슬래밍 방지에 의한 내항성 향상과 비효율적인 에너지 손실의 감소로 인한 속도 증가의 목적으로 곡선형 선수로 설계되어지

는 경우도 있다. 이러한 곡선형 선수는 선수 근처의 횡방향 유동이 자유롭게 되어 편주(yaw) 진폭이 감소되는 잇점이 있으며 무엇보다도 상자형에 비하여 저항이 크게 감소하는 장점이 있다. 또한 대부분의 경우에 바지형 선미 형상은 후부 선체 바로 밑부분의 유동을 원활하도록 유도하기 때문

⁺ 이 논문은 1996년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

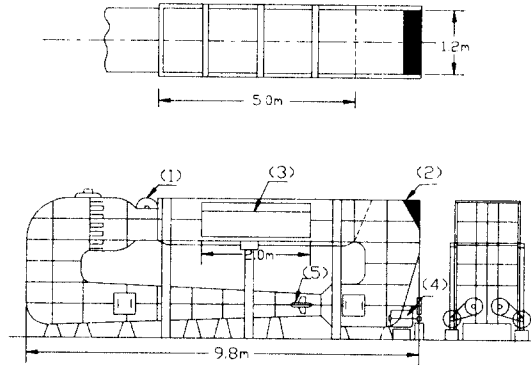
* 조선대학교 공과대학 선박해양공학과

에 저항 성능의 관점에서 유리하게 된다.

바지선에서 선박형 선미 형상은 스케그와의 상호 작용을 예측하기 어렵고 속도의 손실을 수반하는 더 큰 스케그들을 요구하기 때문에 추천할 만한 형상이 못된다.

상자형 선미 형상은 스케그 없이도 편주(yaw) 운동을 안전역 안으로 유지하기에 충분한 측면 항력을 가지지만 스케그를 가진 경사형 선미 형상에 비해 저항 증가가 크게 된다.

따라서, 작업 바지선보다 좀 더 빠른 속도가 필요한 특수 목적의 바지선의 경우 선박형 선수와 바지형 선미의 혼합형이 바람직한 형상이 될 것이다. 본 논문에서는 이러한 혼합형상의 바지선을 도서 지방을 순회하여 해상 소각을 실시하는 소각선으로의 적용 가능성에 대하여 저항 성능 및 침로 안정성의 측면에서 연구하였다.



- (1) 표면 유동 가속기
- (2) 조파기
- (3) 관측부
- (4) 22kw 교류 전동기
- (5) 임펠러

Fig. 1 Schematic Diagram of CWC

2. 시험 수조의 특성

모형 시험을 수행한 조선 대학교의 회류수조의 주요 특성은 아래와 같고 개략적인 형상은 Fig. 1 과 같다.

- Type : 2 impeller, vertical type
- L×B×D (whole body) : 14.8m×1.7m×3.6m
- L×B×D (measuring body) : 3.6m×1.2m×0.9m
- Velocity range : 0.4~1.8m/s
- Velocity distribution : ±1.5% at 1.0m/s
- Standing wave : 0.8mm at 1.0m/s
- Surge wave : ±1mm at 1.0m/s
- Water surface inclination : $\frac{1}{4000}$ at 1.0m/s

3. 모형 바지선과 스케그

모형선은 마티카 목재로 제작되었으며 축척비는 $\frac{1}{57.3}$ 이다. 난류 유동을 발생시키기 위해서 곡선형 선수를 가지는 모형선 CU001은 19스테이션과 19 $\frac{1}{2}$ 스테이션에 스테드(난류 발생기)들을 부착하였다. 스테드들은 지름이 1.6mm, 높이가 2mm이며 10mm 간격으로 설치되었다. 모형선과 실선의 기하학적 특성은 Table 1에 정리하였으며 바지선과 스케그들의 개략적 형상은 Fig. 2에 도시하였다.

Table 1 Geometric Characteristics of CU001

Particular	Model (CU001)	Ship	Particular	Model (CU001)	Ship
LBP(m)	1.5	86.1	T (m)	0.087	5.0m
B(m)	0.3	17.0	▽ (m ³)	0.0264	4964

PARTICULARS OF SKEGS (model)

- LENGTH : 0.12 m
- AREA : 0.0046 m²
- ASPECT RATIO : 0.426

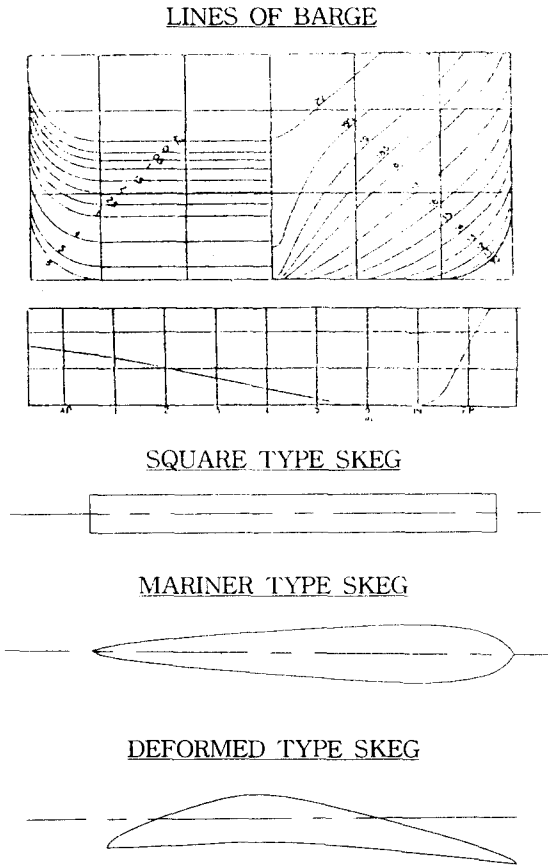


Fig. 2 Body Plan of CU-001 and Shape of Skag (model)

선박형 선수를 갖는 바지선의 저항 성능 및 직진 성능을 기존 바지선과 상대적으로 비교해보기 위하여 조선대학교 회류수조에서 삼광조선과 공동으로 1997년 2월에 모형시험을 수행했던 바지선의 모형 시험 결과를 비교 자료로 인용하였으며 그 바지선의 기본 특성(CU-016)은 Table 2에 그리고 개략적인 선도는 Fig. 3에 수록한 바와 같다.

Table 2 Geometric Characteristics of CU-016

Particular	Model (CU018)	Ship	Particular	Model (CU018)	Ship
LBP(m)	1.216	85.105	T (m)	0.033	2.32
B (m)	0.4	28.0	▽ (m ³)	0.0145	4964

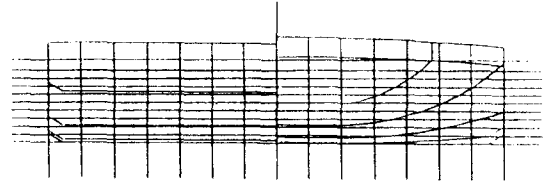


Fig. 3 Body Plan of CU-016

4. 침로 안정성시험

초기 설계 단계에서 과도한 편주(yaw) 운동을 막기에 충분한 지식이 없기 때문에 효과적이고 경제적인 스케그 또는 그와 유사한 부가물들을 설계하기란 쉬운 일이 아니다.

대부분의 경우 바지선의 모형 시험은 안정된 침로 유지를 위한 효율이 좋은 부가물을 예측하기 위해 수행되어진다.

만약 부가물들이 확실한 자료에 근거하지 않고 설계되어진다면 일부 경우들에서는 좋은 결과가 나올 수도 있으나 많은 경우에는 과도한 저항 또는 불충분한 침로 안정성의 결과를 초래할 수 있다. 모형선의 편주 운동 특성들은 실제 바지선에서의 편주 운동 특성들과 동일하다는 것이 증명되었으며 대부분의 경우 모형 시험에서 과도한 편주 운동을 방지하기 위해 개발된 장치들은 실제 바지선에서 동일한 성능을 갖는 것으로 알려져 있다²⁾. 바지선형의 경우에 선체 형상과 주요 선형 특성들의 변화가 크지 않으므로 축적된 모형 시험 자료들은 동종 바지선의 반복되는 모형 시험의 필요성을 최소화해 줄 것이라 여겨진다.

침로 안정성을 평가하는데는 두 가지의 단순화된 경험적인 기준, 즉 동요의 폭(Y_B) - 편주 진폭 - 은 바지선 반폭의 범위 내 이어야 한다는 것과 바지선이 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 바지선의 침로 안정성을 유지하기

위한 스케그의 크기 결정을 위하여 Table 3에 보인 바와 같은 4개의 스케그에 대하여 침로 유지 시험이 계획 속도 13.0kts에서 실시되었고 그 결과들을 Fig. 4와 Fig. 5에 비교 도시하였다.

Table 3에 정리된 바와 같이 4가지의 각기 다른 스케그 부착선에 대하여 첫 번째 기준을 적용하여 보면 Fig. 4에 보인 것과 같이 나선 상태 및 SK I의 경우에는 편주 폭비 ($\frac{Y_B}{B}$)가 시간의 경과에 따라 증대되므로 매우 불안정한 상태임을 보여주고 있다. SK II, SK III 및 SK IV의 경우에는 편주 폭비들은 시간의 경과에 따라 점차 감소하고 있으므로 동적으로 안정하다고 할 수 있다.

또한 두 번째 기준을 적용한다면 반폭 이내로의 회복 주기가 두 주기 이상인 SK II를 제외한 SK III과 SK IV는 침로 유지 안정의 관점에서는 안정된 범위에 있다고 볼 수 있다.

Table 3 Variation of lc for Different Skeg Area

Items	skeg Area (m ²)				
	without skeg	8 (SK I)	10 (SK II)	12 (SK III)	14 (SK IV)
$(lc/LBP) \times 100$	10.0	9.1	8.9	8.6	8.4

Note : lc = 선체 중앙으로부터의 측면 면적의 중심 (+: 선수쪽)

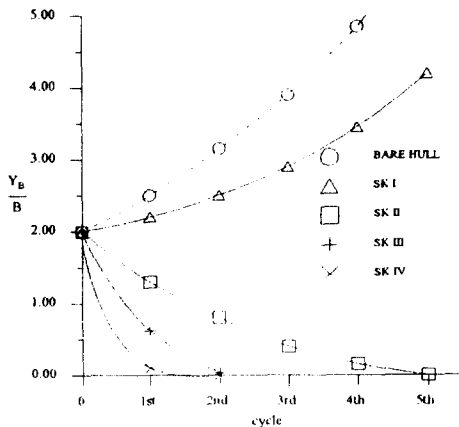


Fig. 4 Variation of Maximum Yaw Amplitude

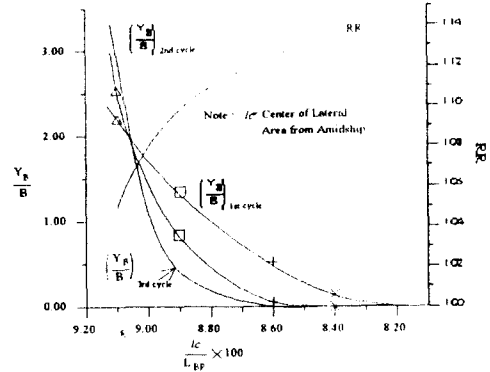


Fig. 5 Yaw Amplitude vs. Center of Lateral Area

CU-016의 경우는 스케그 부착 가능 위치가 매우 협소하게 제한된 관계로 부착 위치만을 변화시키며 시험하였으며 그 결과는 Fig. 6에 도시하였다. Fig. 6에 보인 바와 스케그 간의 거리와 바지의 폭의 비가 94% 정도 되는 지점에서 편주폭과 바지폭의 비가 0.5이하로서 안정된 범위에 있음을 알 수 있다.

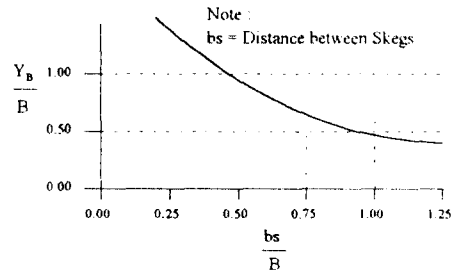


Fig. 6 Yaw Amplitude vs. Distance between skegs

5. 저항 시험

5.1 나선 상태의 저항 시험

나선 상태의 저항 시험 결과는 CU-001, CU-016 공히 다음의 모형선-실선 확장 방법을 사용하여 해석하였다.

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

$$C_{TS} = C_{FS} + C_R + \Delta CF \quad (2)$$

$$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2} \quad (3)$$

$$\Delta C_F = \left[105 \left\{ \frac{ks}{LWL} \right\}^3 - 0.64 \right] \times 10^{-3} \quad (4)$$

저항시험 결과 두 선형의 실선저항은 Table 4에 비교한 바와 같다.

Table 4 Comparison of EHP

단위 : kw

Model Speed(kts)	CU-001	CU-016	$\frac{R_{CU001}}{R_{CU016}} \%$
10	419	1129	37
11	500	1645	30
12	814	2543	32
13	1125	4018	28
14	1544	6433	24

Table 4에 보인 바와 같이 CU-001의 실선 저항이 유사 크기의 바지선인 CU-016에 비하여 $\frac{1}{3}$ 정도의 저항을 갖는 것을 알 수 있다.

5.2 CU-001 모형선의 스케그 부착 시험

스케그의 부착 각도 변화에 따른 저항 성능의 변화를 조사해 보기 위하여 여섯 가지 각도로 부착 위치를 변화시키며 저항 시험을 수행하였고 그 결과는 Fig. 7 및 Fig. 8과 Table 5에 보인 바와 같다. 이 때 스케그의 크기는 4절에서 연구한 결과와 Table 5에 비교한 저항 실험 결과에 의하여 SK III형을 선정하였다.

Fig. 2에 보인 것과 같은 서로 다른 형상을 가지는 스케그들에 대한 연구들을 수행하였으며 그 결과들은 다음 방정식 (5)에 의해 계산된 RR과 함께 Table 6과 Fig. 7 및 8에 각도의 변화 결과와 동시에 비교하였다.

$$RR = \frac{(R_{TM})_{SKEG}}{(R_{TM})_{BARE}} \times 100 \quad (5)$$

Table 5 Comparison of R_{TM} for Different Skeg Area at 13 knots

Skeg Area	Without Skeg	8 (SK I)	10 (SK II)	12 (SK III)	14 (SK IV)
RR	100	105	110	112	6114

Table 6 R_{TM} Ratio in Percentage Between Bare Hull and Skegged Hulls (CU-001)

	속도(kts)	13.0 (Fn=0.2030)	13.5 (Fn=0.2391)	14.0 (Fn=0.248)
Skeg Angle	without skag	100	100	100
	-7	102	103	104
	-5	102	102	103
	-3	101	102	103
	-1	103	105	105
	4	108	110	112
	7	110	114	116
Skeg Type	square	101	102	103
	mariner	100	101	102
	deformed	106	106	105

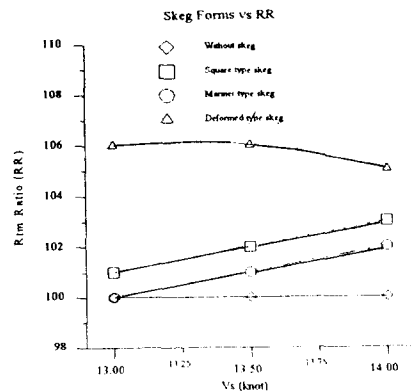


Fig. 7 Comparison of R_{TM} for Various Skeg Forms

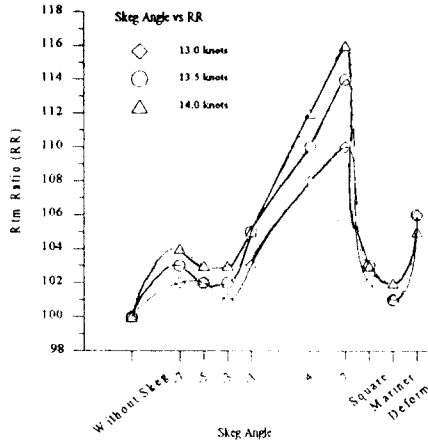


Fig. 8 Skeg angles vs R_{TM} at three different speeds

5.3 CU-016 모형선의 스케그 부착 시험

CU-016의 경우 스케그의 각을 변화시키며 저항 시험을 수행한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7 R_{TM} Ratio in Percentage between Bare Hull and Skegged Hulls(CU-016)

Skeg Angle	Speed(kts)	
	9	10
BARE HULL	100	100
-7	100	100
-5	105	104
-3	97	97
-1	102	101
0	97	96
+4	100	100
+7	107	108
FLAP TYPE	100	100

6. 결 론

- 1) 도서순회 해상소각선 선형으로는 작업성 및 기동성을 고려할 때 선수는 Spoon type, 선미는 Barge type이 바람직하며 이러한 형상의 조합은 10~13노트 범위에서 기존 바지선보다 3~4배 저항 성능이 우수한 것으로 나타났다.
- 2) 바지형 선미에서 스케그의 형상이 많이 변화하더라도 각도 변화에 따른 저항의 변화율은 유사한 것으로 조사되었다.
- 3) 이 연구는 유사한 선박형 바지선 형상의 경우에 모형 시험들을 수행하지 않고도 적절한 선미 선형과 스케그의 크기 및 부착 각도를 결정하기 위한 자료로 사용되어질 수 있을 것이다.
- 4) 본 논문에 발표된 자료들은 정량적 예측에는 정도가 미흡하다고 할 수 있으나 정성적으로는 충분히 사용될 수 있을 것이다.

7. 참고문헌

- 1) Kwi-Joo Lee, Soon-Won Joa, "850 Car carrying Coastwise Barge Design", International CWC Symposium Proceeding, Nov. 1986
- 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) Takekawa, M. et al, "Course Stability of Towed Large Barge," *Journal of Society of*

Naval Architects of Japan, Vol. 137, June
1975 [in Japanese]
5) Eda, H., "Course stability, Turning Perfor-

mance, and Connection Force of Barge
Systems in Coastal Seaways," *Trans. SNAME*,
Vol.80, 1972