

복원력 계측 장치 개발에 관한 연구

옥지훈* · 이성범* · 한지훈* · 장근영* · † 이승건

*부산대학교 대학원, † 부산대학교 조선해양공학과 교수

요 약 : 최근 대형 여객선 및 소형 낚시선 등의 전복사고 사례가 급증하고 있으며 이는 많은 인명사고와 함께 큰 경제적 손실로 이어지고 있다. 이로 인해 선박의 복원 안정성에 관한 관심이 더욱 높아지고 있다. 본 논문에서는 모형선의 복원력을 계측하여 평가 할 수 있는 복원성 시험 도구로서 복원력 계측 장비를 개발하였으며 성능 평가를 함께 실시하였다. 성능평가는 이론적 계산과 시험 결과의 비교분석을 통해 이루어졌고, 이론치와 상용프로그램 및 시험치 결과와의 오차가 각각 0.04%, 3.7%로 양호한 일치를 보여주고 있다. 이와 같이 4%이내의 매우 낮은 오차로 나타남으로서 본 계측 장비의 정밀성과 유용성을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 복원성능, 복원력 계측 장비, 수직현측선, 박스바지, 맥스서프 복원성

SMML-PNU

복원력 측정 시스템 개발에 관한 연구



옥지훈*, 이성범*, 한지훈*, 장근영*, †이승건

1. 연구 배경 및 목적

- 최근 연이은 선박의 전복 및 침몰 사고로 인하여 큰 인적 물적 피해가 발생함에 따라 복원성에대한 대중의 관심이 높음.
- 본 연구를 통하여 선박 초기 설계 시 이용되는 복원성 평가 시 물레이션과 이론 식을 검증 할 수 있는 복원성 계측 장비를 제안하고자 함.

목 차

1. 연구배경 및 목적
2. 복원력 계측 장비
3. 복원력 계측 방법
4. 복원성 실험
5. 실험 결과 및 분석
6. 결론 및 고찰



2. 복원력 계측장비

시험 주요 장비



Main frame Strut

† 교신저자 : 종신회원, leesk@pusan.ac.kr 051)510-2441
* 연회원, ok@pusan.ac.kr 051)510-2755

2. 복원력 계측장비

시험 주요 장비

Load cell



3-Comp. load cell

F_z 490N

F_v 490N

L 245N-m

Amplifier



3-Ch. Amplifier

Test model



Box barge

L 1.6m

B 0.6m

D 0.6m

5

3. 복원력 계측 방법

1. Load Cell Calibration

2. Load Cell과 Box barge를 복원력 계측 장비 본체 Strut에 결합

3. Barge선을 수조에 담가서 무게 추를 이용, 시험 조건 을수설정
(각 모서리 지점 4곳에서 출수를 측정하여 트림이 생기지 않는 것을 확인)

4. 복원력 시험 장치의 각도 조절장치를 통하여 Barge선의 roll angle을 각각 $\pm 5^\circ$, $\pm 10^\circ$, $\pm 15^\circ$, $\pm 20^\circ$, $\pm 25^\circ$ 경사시킨다.
(실제 Barge선이 설정 각도만큼 경사가 생기는지 확인)

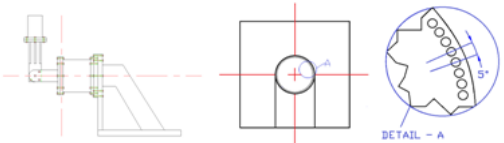
5. 분력계에 걸리는 힘을 엠프를 통하여 전압으로 확인한다.

6. 시험을 통해 얻은 데이터를 바탕으로 수직현측선 이론계산 및 상용코드와 비교한다.

8

2. 복원력 계측장비

각도 조절 장치



각도 조절 장치 측면도

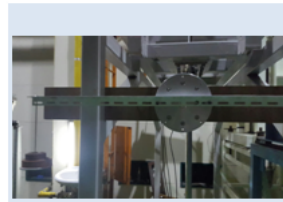
각도 조절장치 정면도

Box barge 내에 설치되어있는 각도 조절 장치 bracket에는 5° 씩 마다 나사 hole이 생성되어있으며, 분력계 가장자리에 있는 나사 hole과 연결하는 방식으로 Box barge의 Heeling angle을 조절 한다.

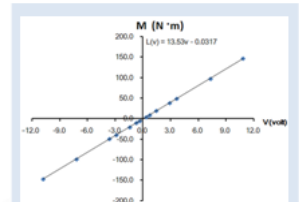
6

4. 복원성 시험

Load cell Calibration



Roll moment calibration

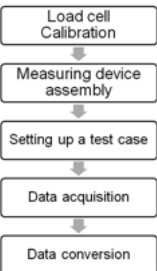


Calibration factor

9

3. 복원력 계측 방법

시험 절차



7

4. 복원성 시험

Experimental condition

Target box barge draft

Draft	Displacement
0.3m	288 Kg

Weight distribution



Test Heeling angle

5°	-5°
10°	-10°
15°	-15°
20°	-20°
25°	-25°

10

5. 시험 결과 및 분석

데이터 변환

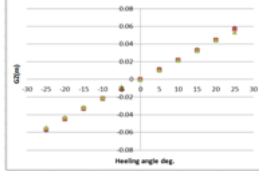
$$\begin{aligned} \text{경사력} &= W \times GZ \\ &= W \times GM \sin \phi \end{aligned}$$

각도	v	L(v)	GZ(mm)
25	11.17	151.0984	33.935431
20	9.23	124.8502	44.235473
15	6.85	92.6488	32.826247
10	4.5	60.8333	21.560835
5	2.17	29.3254	10.391298
0	0	0	0
-5	-1.735	-23.3063	-8.328462
-10	-4.233	-57.3313	-20.31294
-15	-6.5	-87.0767	-31.17088
-20	-8.93	-120.835	-42.81198
-25	-11.34	-153.462	-54.37284

11

5. 시험 결과 및 분석

복원력 측정 결과 비교



* 상용프로그램 Cal. ■ 수직현측선 이론식 ● 복원력 측정장비 Cal.

각도	수직현측선 이론식	상용 프로그램	오차 A(%)	복원력 측정장비	오차 B(%)
25°	0.0369 m	0.037 m	-0.18	0.0335 m	5.98
20°	0.0447 m	0.0443 m	0.89	0.0442 m	1.12
15°	0.033 m	0.033 m	0.00	0.0328 m	0.61
10°	0.0218 m	0.0216 m	0.92	0.0216 m	0.92
5°	0.0108 m	0.011 m	-1.85	0.0104 m	3.70
0°	0 m	0 m	0	0 m	0
-5°	-0.0108 m	-0.011 m	-1.85	-0.0083 m	23.15
-10°	-0.0218 m	-0.0216 m	0.92	-0.0203 m	6.88
-15°	-0.033 m	-0.033 m	0	-0.0312 m	5.45
-20°	-0.0447 m	-0.0443 m	0.89	-0.0428 m	4.25
-25°	-0.0369 m	-0.037 m	-0.18	-0.0344 m	4.39

14

5. 시험 결과 및 분석

현측이 직선인 선박의 경우 한 쪽 현측단까지 물수하는 경사각 ϕ 까지는 이론적 고찰에 의해 $GZ(\phi)$ 를 정확하게 구할 수 있다.

수직 현측선의 (Wall-sided ship) 복원력

$$\begin{aligned} \therefore GZ &= \frac{I_{xx}}{V} \sin \phi \left(1 + \frac{1}{2} \tan^2 \phi \right) - BG \sin \phi \\ &= \left\{ BM \left(1 + \frac{1}{2} \tan^2 \phi \right) - BG \right\} \sin \phi \\ &= \left(GM + \frac{1}{2} BM \tan^2 \phi \right) \sin \phi \end{aligned}$$

12

6. 결론 및 고찰

- (1) 복원력 계측 장비를 설계 및 개발하였고, 본 장비에 대한 계측 시스템을 구축하였다.
- (2) 계측 결과 비교를 통하여 복원력 계측 장비의 유용성과 신뢰성을 확인하였다.
- (3) 미세 각도 조절 및 자동 각도 조절 부분에서 추가적인 연구가 이루어 질 것이다.

15

5. 시험 결과 및 분석

Maxsurf Stability

Load case	Weight	Draft	LCG	VCG
	288 Kg	0.3m	0 m from midship	0.126 m

Model design & Load case setting

Item	Max	Min	Max	Min
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.000	0.000	0.000	0.000
31	0.000	0.000	0.000	0.000
32	0.000	0.000	0.000	0.000
33	0.000	0.000	0.000	0.000
34	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.000	0.000	0.000	0.000
36	0.000	0.000	0.000	0.000
37	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.000	0.000	0.000	0.000
39	0.000	0.000	0.000	0.000
40	0.000	0.000	0.000	0.000
41	0.000	0.000	0.000	0.000
42	0.000	0.000	0.000	0.000
43	0.000	0.000	0.000	0.000
44	0.000	0.000	0.000	0.000
45	0.000	0.000	0.000	0.000
46	0.000	0.000	0.000	0.000
47	0.000	0.000	0.000	0.000
48	0.000	0.000	0.000	0.000
49	0.000	0.000	0.000	0.000
50	0.000	0.000	0.000	0.000
51	0.000	0.000	0.000	0.000
52	0.000	0.000	0.000	0.000
53	0.000	0.000	0.000	0.000
54	0.000	0.000	0.000	0.000
55	0.000	0.000	0.000	0.000
56	0.000	0.000	0.000	0.000
57	0.000	0.000	0.000	0.000
58	0.000	0.000	0.000	0.000
59	0.000	0.000	0.000	0.000
60	0.000	0.000	0.000	0.000
61	0.000	0.000	0.000	0.000
62	0.000	0.000	0.000	0.000
63	0.000	0.000	0.000	0.000
64	0.000	0.000	0.000	0.000
65	0.000	0.000	0.000	0.000
66	0.000	0.000	0.000	0.000
67	0.000	0.000	0.000	0.000
68	0.000	0.000	0.000	0.000
69	0.000	0.000	0.000	0.000
70	0.000	0.000	0.000	0.000
71	0.000	0.000	0.000	0.000
72	0.000	0.000	0.000	0.000
73	0.000	0.000	0.000	0.000
74	0.000	0.000	0.000	0.000
75	0.000	0.000	0.000	0.000
76	0.000	0.000	0.000	0.000
77	0.000	0.000	0.000	0.000
78	0.000	0.000	0.000	0.000
79	0.000	0.000	0.000	0.000
80	0.000	0.000	0.000	0.000
81	0.000	0.000	0.000	0.000
82	0.000	0.000	0.000	0.000
83	0.000	0.000	0.000	0.000
84	0.000	0.000	0.000	0.000
85	0.000	0.000	0.000	0.000
86	0.000	0.000	0.000	0.000
87	0.000	0.000	0.000	0.000
88	0.000	0.000	0.000	0.000
89	0.000	0.000	0.000	0.000
90	0.000	0.000	0.000	0.000
91	0.000	0.000	0.000	0.000
92	0.000	0.000	0.000	0.000
93	0.000	0.000	0.000	0.000
94	0.000	0.000	0.000	0.000
95	0.000	0.000	0.000	0.000
96	0.000	0.000	0.000	0.000
97	0.000	0.000	0.000	0.000
98	0.000	0.000	0.000	0.000
99	0.000	0.000	0.000	0.000
100	0.000	0.000	0.000	0.000

Maxsurf stability Test result

13

참고 문헌

- [1] Barrass, C. B. and Derret D.R. (2006), Ship Stability for Masters and Mates, ELSEVIER
- [2] Bentley Systems, Maxsurf Stability Windows version 20 User Manual, Bentley Systems, Fremantle, Australia
- [3] Lee, S K.(2014), Ship Calculation and Stability, GS Interservice.

16