

전자식 경사계의 안정성 지원 플랫폼을 위한 선종별 GM 성능 특성 연구

김미정^{1*} · 전성호²

GM performance of the characteristics study by ship type for the stability support platform of the electronic inclinometer

Mi-Joung Kim^{1*} · Sung-Ho Jeon²

^{1*}Ph.D. student, Department of Electronic and Communications, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112 Korea

²CEO, ARA E&D Co., Ltd. 3rd floor, 55, Okhyeon-ro Nam-gu, Ulsan, 44611 Korea

요 약

선박용 전자식 경사계는 횡경사, 횡동요 주기 및 진폭 등 선박의 횡경사 관련 여러 가지 데이터를 측정하고 출력할 수 있는 장비이다. 선박안전성 판단지원이 가능한 전자식 경사계는 복원성능 안정성 지원 플랫폼이 탑재되어 있어 선박안전성(GM) 정보가 부족한 소형선박에도 자료제공이 가능하다. 선박에서의 GM은 항해사들이 복원성을 판단하는 중요한 요소이며, 선종에 따라 각기 다른 GM 범위를 가지고 있다. 본 논문에서는 선종별 안정적인 GM에 대한 선행연구사례의 방법론을 기반으로 하여 추가 선종에 대한 GM 분석을 통한 선종별 안정적인 GM과 한계경사각의 제안을 목적으로 한다. 또한 국제 규격에 충족하는 선박용 전자식 경사계에 선종별 GM 데이터를 내장하여 선박 안전성 강화를 위한 GM확보 및 검토를 위한 자료로 활용되길 기대한다.

ABSTRACT

The electronic inclinometer can measure and print various output data related to the ship's heel, rolling cycle, and amplitude. The electronic inclinometer that can support ship stability judgment is equipped with a platform that supports stability for recovery performance, so it is possible to provide data even for small ships that lack ship stability judgment information. GM is an important factor in determining stability, and each type of ship has different GM scope. The purpose of this paper is to analyze GM according to the type of target ship and to review for a stable GM proposal. In addition, it is expected that GM data for each ship type will be embedded in the electronic inclinometer for ship that meets international standards, and will be used as data for securing and reviewing GM for strengthening ship safety

키워드 : 전자경사계, 복원성, GM, 선종

Keywords : Electronic inclinometer, Stability, GM, Type of ship

Received 1 November 2021, Revised 11 November 2021, Accepted 16 November 2021

* Corresponding Author Mi-Joung Kim(E-mail:9whistle@naver.com Tel:+82-52-223-9136)

Ph.D. student, Department of Electronic and Communications, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.12.1920>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

선박용 전자식 경사계는 선박의 횡경사를 측정하기 위해 횡경사, 횡동요 주기 및 진폭 등 선박의 횡경사 관련 여러 가지 데이터를 측정하고 출력 할 수 있는 장비이다.

전자식 경사계는 국제해사기구 IMO (International Maritime Organization) MSC.363(92)[1]와 ISO(International Organization for Standardization) 19697[2]에서 요구하고 있는 성능을 만족해야 하며, 이미 시장에서는 이를 만족하는 많은 제품들이 쏟아져 나오고 있다. 하지만 안전성 지원 플랫폼이 내장된 제품은 국내외적으로 미미한 실정이다. 해상사고의 약 70~80%정도가 특별한 복원성 감지 장치가 없는 소형 선박 관련 사고임을 감안할 때 안정성 지원 플랫폼은 소형선박에서는 필수적인 것으로 사료된다[3].

전자식 경사계에서 측정되는 선박의 횡경사주기와 복원성 GM(선박의 무게중심 G: center of Gravity 와 메타센터의 높이 M: Metacenter height)의 수식적인 관계는 이미 IMO MSC.267(85)에 명시되어 있으며, 이를 복원성 판정의 척도로 권장되고 있다[4]. 따라서 기존 타 제품과의 차별성을 위해서 전자경사계에서 측정된 값(횡경사주기)을 이용하여 대략적인 선박의 복원성을 판단할 수 있도록 하는 선박안전성 지원 플랫폼을 탑재하여 보다 정밀한 선박의 안전성을 확인할 수 있는 기초를 확보하고자 한다. 안정성 지원 플랫폼에 활용되는 GM은 선종에 따라 각기 다른 GM 범위를 가지고 있다. 본 연구는 선종별 안정적인 GM에 대한 선행연구사례의 방법론을 기반으로 하여 안정성 지원 플랫폼의 안정성 기준으로 활용될 수 있도록 추가적인 선종에 대해 GM을 분석하고 안정적인 GM을 제안하였다.

II. 선행연구

선종별 안정적인 GM에 대한 대표적인 선행연구사례로는 참고문헌[5]에 있는 “선박의 운항 상태를 고려한 선종별 안정적인 GM운용에 관한 연구”가 있다. GM은 항해사가 선박의 복원성(안정성) 확보 유무를 판단하는 가장 중요한 파라미터 중의 하나이다. 이러한 이유는 선박의 안정성 판정에는 여러 가지 기준(GZ곡선, 현단물

수각 등)들이 있지만 항해사들에게 있어서 GM은 선박의 안정성과 연결되는 가장 직관적인 파라미터이기 때문이다. [6-7]

상기 언급된 선행연구에서는 5년간 운항 중인 선박(159척, 5선종)의 복원성 자료를 수집하여 GM 운용 추세를 통계적으로 분석하였고, 총 톤수(gross tonnage, GT)/선폭(ship's breadth, B)의 비와 GM의 회귀분석을 통해 선종별 GM 추정을 위한 간이근사식 및 최소 GM을 제안하였다. 만재상태에서 벌크선(BC:bulk carrier), 가스운반선(LGT:liquid gas tanker), 기름/화학제품운반선(OCT:oil chemical tanker)의 안정적인 GM을 추정하기 위한 간이근사식은 다음과 같다. [5].

$$GoM_i = a_i x + b_i \quad (1)$$

여기서, GoMi는 선종 i의 GM을 의미하며, a_i 는 선형의 기울기, b_i 는 y절편, i 는 선종($i=BC, LGT, OCT$), x 는 GT/B를 의미하며. 간이근사식에 입력될 선종별 변수는 표.1과 같다.

table. 1 coefficient of approximate formulation in full loading condition

coefficient \ i	BC	LGT	OCT
a_i	0.0029	0.0005	0.0024
b_i	0.6449	1.5620	0.5259

자동차운반선과 컨테이너선의 경우, 화물 적부(loading)의 특성상 회귀분석에 따른 결정계수의 신뢰성이 확보되지 않아 간이근사식 제안을 대신해서 평균적인 GM을 각각 다음과 같이 제안하였다.

- 자동차운반선(CC: car carrier) : 2.6m
- 컨테이너선(CS:container ship) : 1.2m

III. 연구방법

본 연구는 앞서 언급한 선행연구사례의 방법론을 기반으로 추가적인 선종의 안정적인 GM을 도출하였다[5]. 또한 선박의 특성상 회귀분석이 어려운 선종에 대해서는 선행연구사례와 같이 평균적인 GM을 제시하였다.

다만 공선상태(ballast condition)는 만재상태(full load condition) 보다 높은 GM을 형성하기 때문에 만재상태

(full load condition)를 기준으로 적정 GM을 분석하였다.

본 연구에서 추가된 선종은 다음과 같으며, 각 선종에 대한 정보는 표.2와 같다.

- 차도선(CF: car ferry) : 3척
- 카페리(RPF: ro-pax ferry) : 4척
- 어선(FV: fishing vessel) : 5척
- 일반화물선(GC: general cargo) : 6척

table. 2 additional target ship information

type	no	GT(ton)	LBP(m)	B(m)	draft(m)	GoM(m)
CF	1	376.000	47.000	12.000	3.000	6.021
CF	2	466.000	55.000	13.000	2.700	7.121
CF	3	301.000	52.000	9.200	2.750	2.335
RPF	1	15,188.000	171.000	27.000	9.700	1.881
RPF	2	2,862.000	102.000	17.800	6.700	1.462
RPF	3	9,690.000	147.000	25.000	8.300	2.240
RPF	4	13,665.000	175.000	27.000	9.900	2.318
FV	1	8.550	13.050	5.000	0.800	5.218
FV	2	9.770	15.100	4.180	1.120	2.324
FV	3	6.670	12.130	4.620	0.780	4.896
FV	4	201.050	34.000	6.900	3.100	0.513
FV	5	430.020	49.000	8.600	4.000	0.543
GC	1	998.000	66.990	12.800	5.250	3.013
GC	2	4,562.000	102.000	16.600	8.700	3.089
GC	3	1,993.000	74.000	13.600	7.000	1.662
GC	4	10,758.000	125.200	26.000	8.000	4.688
GC	5	22,070.000	179.500	27.700	15.000	4.578
GC	6	41,416.000	198.200	33.950	19.000	5.740

아울러, 본 연구에서는 선행연구에서 다루지 않은 선종별 한계경사각을 추가적으로 도출하여 전자식 경사계의 안정성 지원 플랫폼이 여러 가지 선박 안정성 기준을 기반으로 모니터링 할 수 있도록 적용하였다.

한계경사각은 선박이 직립 상태에서 현단(deck edge)이 수면에 닿을 때까지의 횡경사각(현단물입각)의 80% 또는 16°중 작은 각도를 말한다. 한계경사각을 분석하기 위해 표.3의 선박자료를 활용하여 깊이(depth)와 흘수(draft)에 따른 견현 비율을 도출하였고, 이를 통해 현단물입각(기하학적 침수각도)의 간이식 및 한계경사각을 제안하였다. 이때 사용한 선종과 각 선종의 개수는 다음과 같다.

- 벌크선(BC: bulk carrier) : 434척

- 자동차운반선(CC: car carrier) : 113척
- 컨테이너선(CS: container ship) : 243척
- 가스운반선(LGT: liquid gas tanker) : 99척
- 기름·화학제품운반선(OCT: oil chemical tanker) : 376척
- 차도선(CF: car ferry) : 62척
- 카페리(RPF: ro-pax ferry) : 30척
- 어선(FV: fishing vessel) : 189척
- 일반화물선(GC: general cargo) : 306척

table. 3 ship information for estimation of maximum allowed static heeling angle

type	no	GT(ton)	depth(m)	draft(m)
BC	1	31,261.0	17.200	12.508
BC	2	47,051.0	19.900	14.138
·	·	·	·	·
BC	434	84,482.0	23.800	17.625
CC	1	996.0	2.850	2.040
CC	2	1,510.0	9.600	5.542
·	·	·	·	·
CC	113	72,635.0	14.300	10.015
CS	1	9,030.0	11.200	8.651
CS	2	20,624.0	15.900	10.720
·	·	·	·	·
CS	243	2,396.0	7.100	5.800
LGT	1	95,376.0	26.000	12.020
LGT	2	113,998.0	26.500	12.020
·	·	·	·	·
LGT	99	2,677.0	10.600	7.400
OCT	1	6,757.0	11.400	8.514
OCT	2	5,160.0	9.600	7.213
·	·	·	·	·
OCT	376	1,554.0	6.600	5.200
CF	1	151.0	2.100	1.610
CF	2	153.0	2.360	1.340
·	·	·	·	·
CF	76	4,599.0	7.200	3.148
RPF	1	2,862.0	11.920	5.114
RPF	2	3,780.0	11.500	4.716
·	·	·	·	·
RPF	30	31,804.0	9.900	7.903
FV	1	1,096.0	7.250	4.430
FV	2	780.0	8.130	5.945
·	·	·	·	·
FV	189	360.0	4.150	3.950

type	no	GT(ton)	depth(m)	draft(m)
GC	1	121.0	2.000	1.412
GC	2	299.0	6.200	3.770
.
GC	306	43,181.0	22.700	11.210

IV. 분석수행

추가 대상 선박들의 선박 폭에 대한 GM의 상관관계를 살펴보기 위하여 선박 폭을 X축, GM을 Y축으로 설정하여 분포도를 작성하였다. 분포도는 그림.1과 같고 선종별 상관관계수는 표.4와 같다.

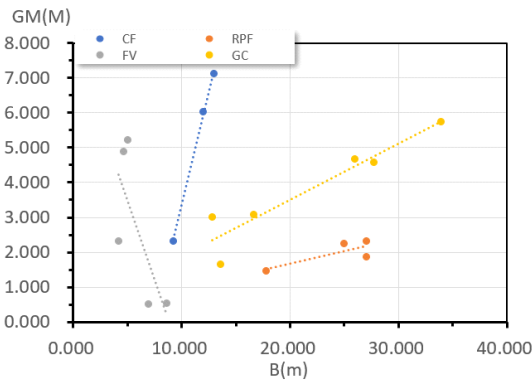


fig. 1 GM regression by ship's breadth in full loading condition

table. 4 coefficient of correlation by ship's B

ship kind	car ferry	ro-pax ferry	fishing vessel	general cargo
coeff. corr.(r)	0.999	0.817	-0.738	0.943

차도선(CF), 카페리(RPF), 일반화물선(GC)의 경우 선폭이 증가함에 따라 GM도 증가하는 경향이 나타나며, 선종별 선폭과 GM과의 상관관계수(r)는 각각 0.999, 0.817, 0.943으로 선폭과 GM간의 상관관계가 통계적으로 높게 나타났다. 어선의 경우 선박 폭의 증가에 따라 GM이 감소하는 경향이 나타나며, 선폭과 GM과의 상관관계수(r)는 -0.738로 추가 대상 선종 중에 상관관계수는 가장 낮지만 목표 기준치(70%)보다 높게 분석되었다.

추가 대상 선박의 전 선종에 있어서 선폭과 GM의 상관관계는 높게 분석되었다. 다만, 차도선(CF)과 카페리

(RPF)의 경우 수집된 데이터의 수가 적기 때문에 선폭과 GM의 상관관계가 통계적으로 유의미하지는 않을 것으로 판단된다.

안정적인 복원성능(GM)을 도출하기 위해, 분석한 자료를 바탕으로 선폭과 GM의 상관관계에 따라 A, B 두 그룹으로 나누었다. 선폭과 GM의 상관관계가 높은 어선(FV), 일반화물선(GC)은 A그룹으로 분류하였고 무게중심이 높게 형성되는 자동차운반선(CC)과 주요 적재 화물이 같은 차도선(CF)과 카페리(RPF)는 B그룹으로 분류하여 적정 GM을 검토하였다.

A 그룹의 대상은 어선(FV) 5척, 일반화물선(GC) 6척이다. 선박 길이와 상관관계가 있는 총톤수(GT)와 GM과 상관관계를 이룬 선폭(B)를 이용하여 GT/B를 독립변수로 설정하고 GM을 종속변수로 설정하여 회귀분석을 수행하였다. 선종별 구분은 다른 색상으로 표현하였으며, 최소자승법에 의한 회귀분석 결과는 점선으로 표시하였고 그림.2와 같다.

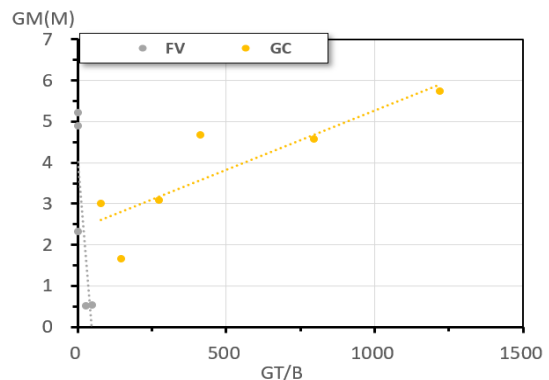


fig. 2 GM regression by GT/B in full loading condition for FV, GC

회귀분석 결과 조정된 결정계수는 어선(FV) 0.6802로 그림.3(a)과 같고, 일반화물선(GC)은 0.7466로 그림.3(b)과 같이 나타났다. 선종별 GT/B에 대한 GM의 상관관계수는 어선(FV)은 -0.8247 일반화물선(GC)은 0.8641로 분석되었다.

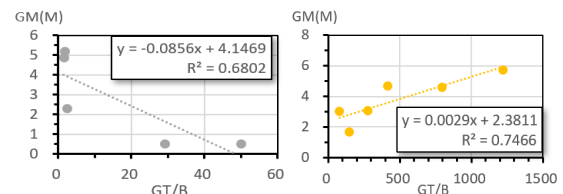


fig.3 (a)FV regression analysis (b) GC regression analysis

어선과 일반화물선의 안정적인 GM추정을 위한 간이 근사식은 선행연구사례와 동일한 식(1)과 같으며, a_i 는 선형의 기울기, b_i 는 y절편, i 는 추가 대상 선종($i = \text{FV, GC}$), x 는 GT/B를 의미한다.

간이근사식에 입력될 선종별 변수는 표.5와 같다.

table. 5 coefficient in full loading condition for fv, gc

coefficient	fv	gc
a_i	-0.0856	0.0029
b_i	4.1469	2.3811

신뢰할 수 있는 추정값의 유효범위는 표.6과 같다.

table. 6 effective GT range for fv, gc

ship kind	fv	gc
effective Range(GT)	6.67~430.02	998.00~41,416.00

B 그룹으로 분류한 차도선(CF)와 카페리(RPF)는 무게중심의 변동량이 복원성에 크게 영향을 미치는 자동 차운반선과 유사한 형태로 화물을 적재할 뿐만 아니라 수집된 데이터 수의 문제로 선평과 GM의 상관관계는 신뢰성이 다소 낮다고 판단된다.

하지만, 수집된 데이터 분석에 의하면 차도선(CF) 과 카페리(RPF)도 GM과 선박길이, 폭과의 상관관계가 설정한 목표 기준치(70%)보다 높게 분석되었기 때문에 평균값을 이용하여 GM을 도출하기 전에, A그룹과 같은 방법으로 간이근사식을 추정해 보았다. GT/B를 독립변수, GM을 종속변수로 설정하여 회귀분석을 수행하였

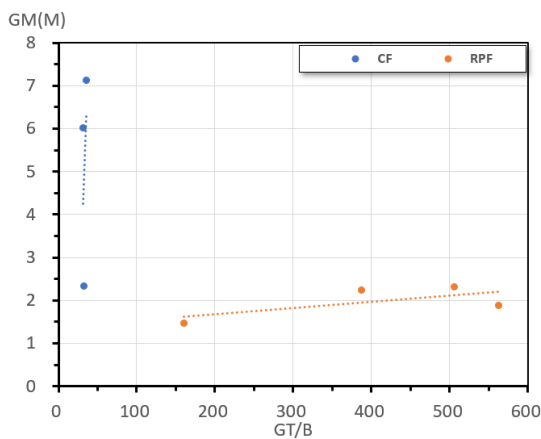


fig. 4 GM regression by GT/B in full loading condition for CF, RPF

으며 그림.4와 같다. 선종별 구분은 다른 색상으로 표현하였고 최소자승법에 의한 회귀분석결과는 점선으로 표시하였다.

회귀분석 결과 조정된 결정계수에서 차도선(CF)은 0.1821로 그림.5(a)와 같고, 카페리(RPF)는 0.4517로 그림.5(b)와 같이 나타났다. GM과 선박길이, 폭과의 상관관계가 높았던 이전 분석과는 달리 GT/B에 대한 GM의 상관계수는 차도선(CF)은 0.4268 카페리(RPF)는 0.6721로 낮게 분석되었다.

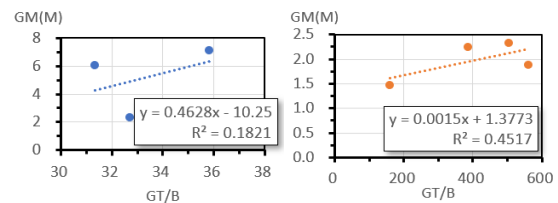


fig. 5 (a) CF regression analysis (b) RPF regression analysis

따라서, 차도선(CF) 3척과 카페리(RPF) 4척은 GM의 평균값을 취하였다. 그림.6에서 Y축은 GM을 의미하며, 실선은 선종별 평균값을 표시한다.

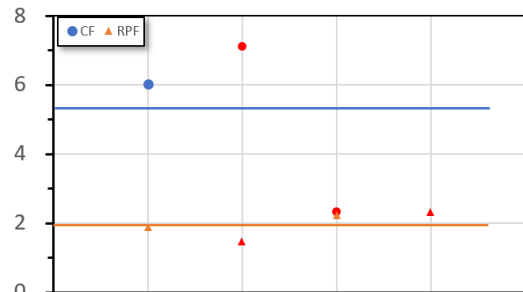


fig. 6 GM distribution and average in full loading condition for CF, RPF

차도선(CF) 3척의 평균 GM은 5.159m(S.D.2.047), 카페리(RPF) 4척의 평균 GM은 1.975(S.D.0.339)이다. 카페리(RPF)의 경우, 1~2m대의 비교적 일정한 GM대역을 유지하는 반면 차도선(CF)의 경우, 2~7m정도로 GM이 넓게 분포하고 있다. 하지만 향후 데이터의 수집에 따라 통계표본의 수가 늘어나게 된다면 평균값을 이용한 적정 복원성 선정에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

마지막으로 선종별 한계경사각 분석을 위해 총 1,852척의 선박에 대해 깊이(D)를 X축, 흘수(d)를 Y축으로

설정하여 분포도를 그림. 7와 같이 작성하였다.

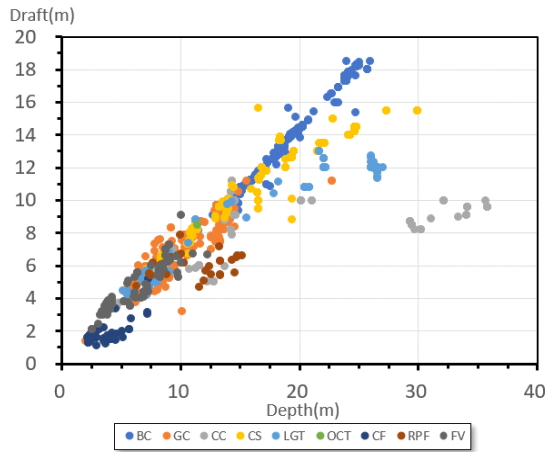


fig. 7 draft distribution by ship's depth for each ship kind

상기 분포도에서와 같이 선박의 깊이에 따른 흘수는 선종별로 일정한 비율에 따라 비례하여 증가하는 경향을 보이며 선종별 깊이에 따른 흘수 비율의 평균은 표.7과 같다.

table. 7 average d/D ratio for each ship kind

ship kind	Average d/D ratio	S.D
BC	0.719	0.019
GC	0.741	0.085
CC	0.484	0.192
CS	0.678	0.077
LGT	0.629	0.125
OCT	0.755	0.068
CF	0.543	0.155
RPF	0.571	0.138
FV	0.886	0.127

선박의 건현은 선박의 깊이에서 흘수를 제외한 부분으로서, 흘수/깊이 비율 평균을 이용하여 분석한 선종별 건현/깊이 비율 평균은 표.8과 같다.

table. 8 average freeboard/D ratio for each ship kind

ship kind	average freeboard/D ratio(f_i)	S.D
BC	0.281	0.019
GC	0.259	0.085
CC	0.516	0.192
CS	0.322	0.077

ship kind	average freeboard/D ratio(f_i)	S.D
LGT	0.371	0.125
OCT	0.245	0.068
CF	0.457	0.155
RPF	0.429	0.138
FV	0.114	0.127

선종별 건현/깊이 비율은 자동차운반선이 0.516(S.D 0.192)로 가장 높게 나타났고, 자동차운반선과 동일한 형태의 화물을 싣는 차도선(CF), 카페리(RPF) 또한 0.457(S.D.0.155), 0.429(S.D.0.138)로 높은 건현 비율을 보인다. 벌크선, 일반화물선, 컨테이너선, 가스운반선, 기름·화학제품운반선의 경우는 0.2~0.3정도의 건현/깊이 비율을 가지며 어선(FV)의 경우 가장 낮은 0.114(S.D.0.127) 건현/깊이 비율을 가지는 것으로 나타났다.

선박의 한계경사각은 현단몰입각의 80%와 16°중 작은 값으로 결정되며, 여기서 현단몰입각(A.I)을 구하기 위한 간이식은 다음과 같다.

$$A.I = \tan^{-1} \left[\frac{2 \times \text{Freeboard}}{\text{Breadth}} \right] \quad (2)$$

건현정보를 알 수 없는 경우, 선박의 깊이에 앞서 표.8에 명시된 선종별 건현/깊이 비율 평균값(f_i)을 곱하여 산출되며, 임의의 선박에 대한 현단몰입각을 구하기 위한 간이식은 다음과 같다.

$$A.I = \tan^{-1} \left[\frac{2 \times f_i \times \text{Depth}}{B} \right] \quad (3)$$

V. 결론

본 연구는 선종별 안정적인 GM에 대한 선행연구사례의 방법론을 기반으로 선행연구에서 다루지 않은 선종 4종(CF, RPF, FV, GC)에 대해 GT/B와 GM의 상관관계를 분석을 통해 선종별 안정적인 GM 추정을 위한 간이근사식 및 값을 제시하였으며, 추가적으로 건현/깊이 비율 분석을 통해 선종별 한계경사각 산출에 필요한 현단몰입각을 추정할 수 있는 간이식을 제안하였다.

다만, 추가 선종에 대한 GM정보를 얻는 것은 현실적으로도 쉬운 일이 아니기 때문에 추정 간이식에 활용된 통계적 자료의 수가 미흡한 부분이 없지 않다. 향후 정

확성을 높이는 측면에서 이러한 부분은 보완되어야 할 것으로 판단된다.

끝으로, 본 연구를 통해 국제 규격에 적합한 선박용 전자식 경사계의 안정성 지원 플랫폼의 다양한 안정성 기준을 설정할 수 있었다는 점에서 의의를 가질 수 있으며, 더불어 GM 확보를 통한 선박안전성 강화와 지능화 기술로 차세대 선박기술에 안정적인 GM확보의 검토를 위한 자료로 활용되길 기대한다.

table. 9 result of study for minimum GM

Anal. Item	BC	LGT	OCT	CC	CS	FV	GC	CF	RPF
Ship	Pre. Study	O	O	O	O	O	O	O	O
	This Study								
Sample(ships)	30	21	43	34	31	5	6	3	4
Corr. Coef.	0.941	0.827	0.938	0.711	0.711	0.825	0.864	0.427	0.672
a	0.0029	0.0005	0.0024	n/a	n/a	-0.0856	0.0029	n/a	n/a
b	0.6449	1.5620	0.5259	n/a	n/a	4.1469	2.3811	n/a	n/a
GM _{AVE} (m)	n/a	n/a	n/a	2.600	1.200	n/a	n/a	5.159	1.975

table.10 result of study for angle of deck edge immersion(A.I)

Anal. Item	BC	LGT	OCT	CC	CS	FV	GC	CF	RPF
Ship	Pre. Study	O	O	O	O	O	O	O	O
	This Study								
Sample(ships)	434	99	376	113	243	189	306	62	30
Avg. draft/depth	0.719	0.629	0.755	0.484	0.678	0.886	0.741	0.543	0.571
f	0.281	0.371	0.245	0.516	0.322	0.114	0.259	0.457	0.429

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the Ministry of Science and ICT, under the National IT Industry Promotion Agency(ULSAN ICT Promotion Agency).

- Assignment number : S1226-21-1001,
- Department : Ministry of Science and ICT,
- Research management institution : National IT Industry Promotion Agency (ULSAN ICT Promotion Agency),
- Research Project name : SW Convergence Cluster 2.0(Shipbuilding & Offshore ICT Convergence Technology Advancement and Commercialization Support Project),
- Project title : Development of Electronic Inclinator with Ship Safety Decision Support Platform

References

[1] IMO Res. MSC.363(92), *Performance standards for Electronic Inclometers*, Adopted on 2013.

[2] ISO, Standard. ISO 19697, *Ship and marine technology- Navigation and ship operations - Electronic Inclometers*, 2016.

[3] D. E. Kim. "Implementation of Complexity Sensor for Small Ship Accident Response," M.S. dissertation. Department of Electronics & Communications Engineering Graduate School of Korea Maritime and Ocean University, 2019.

[4] IMO, Res.MSC.267(85), *Adoption of the International Code on Intact Stability(2008 IS CODE)*, pp. 35-39, 2008.

[5] H. B. Kim, J. K. Kim, and Y. S. Lee, "A study on Securing a Stable GM for Each Ship Type Considering the Ship's Operating Status," *J. Naving.Port Res.*, vol. 44, no. 4, pp. 275-282, Aug. 2020.

[6] N. K. Im, S. J. Hwang, and H. Choe, "Development of Stability Index for Vessel Operators Support System," *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, vol. 24, no. 1, pp. 001-009, Feb. 2018.

[7] Testing stability without pendulums : A feasibility analysis, Patrick B. Frain Jr., June. 2018.



김미정(Mi-Joung Kim)

2007년 한국해양대학교 전기·전자·통신학과 (공학석사)
 2020~ 현재 한국해양대학교 전자통신공학과 박사과정
 2019~ 현재 ㈜아라이앤디 연구소 소장
 ※관심분야 : 항해통신, 전자통신, 무선통신



전성호(Sung-Ho Jeon)

1996년 한국해양대학교 전자통신공학 학사
 2004 한국해양대학교 전자통신공학 석사수료
 2019~ 현재 ㈜아라이앤디 대표이사
 ※관심분야 : 항해통신, 전자통신, 무선통신