

소형어선의 GM추정에 관한 연구

이 승 건/부산대학교 조선해양공학과 교수

1. 서 론

최근 5년간(1996~2000)의 해양사고 사례를 살펴보면, 어선의 경우 화물선, 여객선, 유조선 등의 기타선박과 비교하여 전체 해양사고의 73.5%를 차지하고 있으며, 사고종류별로 보면 기관고장(35.3%), 충돌(15.4%), 침몰(10.9%), 좌초(8.2%), 전복(2.1%)등의 순으로 발생하였다. 선체운동학적인 관점에서 볼 때 충돌과 전복, 침몰이 가장 중요한 요인이다. 또한 충돌, 전복, 침몰로 인한 인명피해는 전체 사고에 대해 80.2%이며, 건수에 있어서는 조종성능과 관련된 충돌이 단일 사고로서는 15.4%로 가장 높다. 그러나 복원성능과 관련된 전복, 침몰은 사고 유형에서는 13%로 낮은 편이지만 인명 피해에서는 34.7%로 가장 높다. 소형어선의 경우는 이러한 양상이 더 두드러지는데, 24m 미만의 소형어선의 평균 39%가 복원성과 관련된 침수에 의한 침몰과 전복사고를 유발하였다[1].

그럼에도 불구하고 24m 미만의 소형어선에 대한 복원성 기준이 없고, 안전측면에서 사각지대로 되어있다. 이에 본 연구에서는 90년 이후 표준어선으로 고시되어 건조된 실적선

10척에 대해, 계측된 자료를 활용하여 이를 기초로 Genetic Programming을 이용한 복원성 평가 추정식을 도출하였다. 또한 국외 복원성 기준과 GP 추정식을 이용하여 각각에 대해서 안전성을 평가하고, GP에 의한 GM 추정의 타당성을 검토하였다.

2. 소형어선의 복원성기준

2.1 국내 복원성 기준

국내법에 따른 어선의 복원성능 기준은 선박안전법 제 12조 제 2항에 규정되어 있으며, 주요제원 및 건현에 따른 최소횡메타센터 높이 이상의 정적 복원성능을 갖도록 되어 있다. 그러나 등록상 24m 미만의 어선에서는 복원성 시험이 면제된다. 국내법에 관련된 복원성기준의 적용대상을 구분하여 보면 Table 1 과 같다. Table 1에서 보는 바와 같이 24m 미만의 어선에 대한 복원성 기준은 없으며, 특히 건조초기부터 검토할 수 있는 특별한 검토 기준이 없고 건조 후에도 복원성 관련 계측자료 및 설계도면의 확보가 매우 어려운 현실이다[2].

Table 1 Application of the stability rules

길이 G/T	24M G/T5	40M G/T500
		(선박복원성 기준 5장) ○ 24m이상 전어선
구체적인 기준 없음	○ 적용기준 - GM기준 - 어구의력 - 어창침수	- 격심한 바람 - 동복원력 기준 (화물선 기준적용)

2.2 국외 복원성 기준

어선의 안전성은 현재까지 각국이 독자적인 복원성 기준을 정하여 이행해 오고 있다. 그리고 국제해사기구(IMO)에서는 어선에 대한 안전성 기준에 대하여 국제적으로 통일된 기준을 정하기 위하여 여러 가지 결의 사항을 채택해 왔다. 이러한 결의 사항들이 각국정부에 의해 국내법으로 수용해 줄 것을 권고해 왔다. 이러한 국제해사 기구의 노력은 상선에 대해 적용되고 있는 해상인명안전조약(SOLAS)과 유사한 국제적인 안전기준으로서 1977년에 스페인 토레몰리노스에서 45개국 및 2개의 국제연합전문기구에서 대표자가 참석하여 『1977년 어선안전을 위한 토레몰리노스 국제협약』을 채택하게 되었다. 그러나 이 규정의 적용대상은 길이 24m 이상의 어선으로서 본 연구와는 범위가 다르다. 일본의 경우는 70년대부터 소형어선의 실선조사 계측결과를 분석하여 소형어선 안전기준을 정하였고, 건조초기부터 주요치수, 동요주기 및 주요 치수비 등을 제한하여 적용할 수 있도록 하였다[3-6].

3. GM 추정

국내에 건조되어 조업중이며 설계도면 및

제반자료가 확보될 수 있는 소형어선 10척을 검토대상으로 하였으며 이에 대한 주요목은 Table 2A와 Table 2B와 같다. 적용대상 선박의 선형은 Hard Chine 형으로서 국내어선의 일반적인 형상을 갖고 있다[2].

3.1 설계변수 L, B, D, d 를 이용한 GM 추론식의 개발

Genetic Programming에서 사용된 인자들은 Table 3과 같다.

Table 2A Principle items of the varies fishing vessels for stability investigated

구분 항목	1.71톤급 동해안 유자망	1.99톤급 서해안 유자망	2.9톤급 동해안 유자망	2.99톤급 동해안 채낚기	4.99톤급 남해안 연안연승
규모(G/T)	1.71	1.99	2.99	2.99	4.99
주요치수L (m)	7.80	8.70	8.70	8.80	10.90
B	1.90	2.20	2.40	2.40	2.80
D	0.70	0.70	0.84	0.86	1.00
d	0.789	0.639	0.820	0.914	0.886
(d _m)	(0.539)	(0.439)	(0.57)	(0.664)	(0.636)
선원수(명)	2	2	2	2	2
속력(Knot)	15	15	17	13	15

Table 2B Principle items of the varies fishing vessels for stability investigated

구분 항목	4.99톤급 서해안 유자망	7.93톤급 서해안 유자망	7.93톤급 남해안 연안연승	16톤급 근해 유자망	19톤급 근해 채낚기
규모(G/T)	4.99	7.93	7.93	16	19
주요치수L (m)	10.80	13.00	12.80	16.00	18.50
B	2.86	3.20	3.20	4.00	4.00
D	1.02	1.20	1.22	1.65	1.75
d	0.851	1.009	1.117	1.20	1.67
(d _m)	(0.671)	(0.659)	(0.767)	(1.00)	(1.37)
선원수(명)	4	3	3	7	20
속력(Knot)	15	15	14	7.9	9.5

dm : Molded draft of the fishing vessel

Table 3 Genetic parameter in inference of GP

Terminal	L, B, D, d	Function	+, -, *, / sin, cos, exp, ln
Pop_size	10000	Init_method	half_and_half
Max generation	500	Selection	fitness_overselection tournament
Subpops	5	Reproduction	0.1
Max depth	17	Crossover	0.8
Exchange	15	Mutation	0.1

다음은 추론된 식이며, LISP형식으로 표현하였다.

$$\begin{aligned}
 GM = & (\sin (\sin (\sin (+ (\times (-D d) \\
 & (\exp (\sin (\cos (\sin (+ (\times (-\sin \\
 & (\cos (\sin (\ln 0.17090)))) d) \\
 & (\cos (/ (-D (/ d 0.55524)) \\
 & (/ 0.86656 (\times (-D d) d)))))) \\
 & (+ (+ (\exp L) (\cos D)) (\sin \\
 & 0.45696))))))))) (\cos (\exp (/ \\
 & (\times -0.02829 (/ (+ (\times (-D d) d) \\
 & (\cos (\cos (+ B (-D d)))) \\
 & (\sin (\sin (\cos (/ L d)))) \\
 & (\sin 0.45696))))))))) \dots\dots\dots(4)
 \end{aligned}$$

Table 4는 추론된 값과 대상선박의 값을 비교하고 있다. 추론값은 평균 1.009, 표준편차 0.075의 결과를 보여주고 있으며, 이식은 초기설계시 유용하게 쓰일 수 있다.

3.2 설계변수 L, B, D, C_b를 이용한 GM 추론식의 개발

Genetic Programming에서 사용된 인자들은 Table 5과 같다.

다음은 추론식이다.

$$GM = (\ln (\times (\cos (\sin (\times d (\sin d)))) (-B C_b))) \dots\dots\dots(5)$$

Table 6은 추론된 값과 대상선박의 값을 비교하고 있다. 여기서 평균과 표준편차는 각각 1.031과 0.151이다. 평균은 양호하나, 표준편차에서 다소 차이를 보이고 있다.

Table 4 Inference of GM using GP

Variable	L	B	D	d	GMREAL	GMGP	GMGP/GMREAL
1	7.800	1.900	0.700	0.789	0.247	0.265	1.072
2	8.700	2.200	0.700	0.639	0.596	0.596	1.000
3	8.700	2.400	0.840	0.820	0.433	0.417	0.964
4	8.800	2.400	0.860	0.914	0.299	0.338	1.132
5	10.900	2.800	1.000	0.886	0.737	0.630	0.855
6	10.800	2.860	1.020	0.851	0.632	0.673	1.065
7	13.000	3.200	1.200	1.009	0.671	0.662	0.987
8	12.800	3.200	1.220	1.117	0.612	0.608	0.993
9	16.000	4.000	1.650	1.200	0.760	0.743	0.978
10	18.500	4.000	1.750	1.670	0.655	0.686	1.047
						MEAN	1.009
						STANDEV	0.075

Table 5 Genetic parameter in inference of GP

Terminal	L, B, D, C _b	Function	+, -, *, / sin, cos, exp, ln
Pop_size	10000	Init method	half and half
Max generation	500	Selection	fitness_overselection tournament
Subpops	5	Reproduction	0.1
Max depth	17	Crossover	0.8
Exchange	15	Mutation	0.1

Table 6 Inference of GM using GP

Variable	DIS	L	B	d	C _b	GMREAL	GMGP	GMGP/GMREAL
1	4.807	7.800	1.900	0.789	0.411	0.247	0.383	0.645
2	5.455	8.700	2.200	0.639	0.446	0.596	0.647	0.921
3	8.187	8.700	2.400	0.820	0.478	0.433	0.637	0.679
4	8.956	8.800	2.400	0.914	0.464	0.299	0.624	0.480
5	11.000	10.900	2.800	0.886	0.407	0.737	0.732	1.007
6	13.116	10.800	2.860	0.851	0.499	0.632	0.731	0.864
7	18.413	13.000	3.200	1.009	0.439	0.671	0.785	0.855
8	19.491	12.800	3.200	1.117	0.426	0.612	0.799	0.766
9	48.189	16.000	4.000	1.200	0.627	0.760	0.591	1.285
10	64.110	18.500	4.000	1.670	0.519	0.655	0.717	0.913
							MEAN	0.842
							STANDEV	0.159

4. 결과에 대한 고찰

Table 7은 실적선 10척에 대하여 일본의 복원성 기준을 토대로 실제 GM값과 GM 추정값을 비교한 결과이다[3].

Table 8은 국외 복원성기준(일본수산청)에 의한 검토결과와 GP 추론식에 의한 검토결과를 비교한 것이다. 여기서, (GM)GP1~(GM)GP4는 각각 GP 추론결과로 Genetic Parameter를 수정하여 시행착오를 통해 얻은 대표적인 GP추론 결과들이다. 평균과 표준편차로 볼 때 GP추론결과가 일본수산청기준을 바탕으로 추정된 값들보다도 높은 정도의 결과를 주었다.

Table 7 Investigation of stability by using foreign stability criteria

선종	일본횡매타센타기준			일본동요주기기준	
	(GM)REAL	(GM)JT	(GM)JT/(GM)REAL	(GM)P	(GM)P/(GM)REAL
1	0.247	0.196	0.794	0.286	1.160
2	0.596	0.259	0.435	0.395	0.663
3	0.433	0.287	0.663	0.432	0.999
4	0.299	0.229	0.766	0.432	1.446
5	0.737	0.382	0.518	0.543	0.737
6	0.632	0.390	0.617	0.566	0.896
7	0.671	0.395	0.589	0.580	0.865
8	0.612	0.381	0.623	0.580	0.949
9	0.760	0.390	0.513	0.627	0.826
10	0.655	0.354	0.540	0.559	0.853
		MEAN	0.606	MEAN	0.939
		STANDEV	0.113	STANDEV	0.225

여기서, (GM)JT : 일본 횡매타센타 기준에 의해 추론된 GM값
(GM)P : 일본 동요주기 기준에 의해 추론된 GM값

Table 8 Comparison of stability investigation between by using foreign stability criteria & by inference of GM using GP

	MEAN	STANDEV
(GM)JT	0.606	0.113
(GM)P	0.939	0.225
(GM)GP1	0.917	0.135
(GM)GP2	1.009	0.075
(GM)GP3	0.842	0.159
(GM)GP4	1.031	0.151
(GM)GP5	0.985	0.150
(GM)GP6	0.913	0.097

5. 결 론

Genetic Programming 기법을 사용하여 배의 주요목과 GM값이 알려진 10척의 어선에 대하여 GP추론을 실시하였으며, 그 결과 양호한 GM추정이 가능하였다.

본 연구의 결과를 실제로 활용하기 위해서는 더욱 많은 어선자료를 입력으로 한 GM추정이 필수적이다.

또한, 본 연구는 주로 어선의 GM추정에 중점을 두었으나, 앞으로는 선종 및 어로작업과 관련된 관점에서, 안전성을 확보할 수 있도록 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] “해양사고 통계분석자료”, 해양안전심판원, 2001
- [2] “표준어선형 연구개발 (Ⅰ)(Ⅱ)(Ⅲ)”, 한국어선협회, 1994, 1994, 1995
- [3] 日本小型船舶検査機構, “小型船舶安全規則に関する細則”, 1992
- [4] 土屋 孟 外, “小型漁船の横復原性能と乾舷について”, 1974, 5
- [5] “小型漁船 安全規則及び關係法令”, 成山堂書店, 昭和 41年 1月
- [6] “小型漁船 安全基準設定報告書”, 日本水産廳 漁船課, 昭和 47年 3月