한국항해항만학회지 제26권 제2호, pp.189~192, 2002 (ISSN-1598-5725)
Journal of Korean Navigation and Port Research

소형어선의 GM추정에 관한 이론적 연구

이 승 건* · 이 용 원**

*부산대학교 조선해양공학과 교수, **부산대학교 조선해양공학과 대학원

The Theoretical Study on the GM Inference of the Small Fishing Vessels

*Seung-Keon Lee** · *Yong-Won Lee***

**Professor, Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea*
***Graduate school, Naval Architecture and Ocean Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea*

요 약 : 우리나라 대부분의 어선은 침수 및 전복에 의해 야기되는 해양사고에 있어 그 빈도가 높으며, 특히 24m이하의 소형어선에서 두드러진다. 그럼에도 불구하고 소형어선에 대한 복원성 기준이 없을 뿐 아니라 소형어선의 복원성 자료를 찾기란 그리 쉽지 않다. 이에 본 연구에서는 90년 이후 표준어선으로 고시되어 건조 실적이 있는 실적선 10척에 대해 계측된 자료를 활용하여 이를 기초로 Genetic Programming을 이용한 GM 추정식을 도출하였다. 또한 국외 복원성 기준과 GP 추정식을 이용 각각에 대해서 GM을 평가하여, Genetic Programming에 의한 GM추정의 타당성을 보였다. 하지만, 이러한 결과값이 사용되기 위해서는 보다 많은 실적선 Data를 이용한 추론이 요구된다.

핵심용어 : 복원성, 유전적 프로그래밍, GM

Abstract : *In Korea, most of small fishing vessels whose lengths are under 24m frequently cause maritime accidents due to flood and capsize. In this situation, however, there are no stability criteria and data for small fishing vessels. In this paper, the authors investigated data of 10 real ships which were built since 1990, and derived equations for evaluating ship's stability using Genetic Programming. Also, the validity of GM estimation using Genetic Programming was shown with comparison of GM value by foreign standards. More data of real ships are needed for the application of these theory to ship design process.*

Key words : *Stability, Genetic Programming, GM*

1. 서 론

지난 몇 년간(1996~2000)의 해양사고사례를 보면, 어선의 경우 타 선박인 화물선, 여객선, 유조선 등의 기타선박과 비교하여 척수로서 전체 해양사고의 73.5%을 차지하고 있으며, 사고종류별로 보면 기관고장(35.3%), 충돌(15.4%), 침몰(10.9%), 좌초(8.2%), 전복(2.1%)등의 순으로 발생한다. 선체운동학적인 관점에서 볼 때 충돌과 전복, 침몰이 가장 문제시되고 있다. 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 전복사고이기 때문이다[1].

그럼에도 불구하고 24m 미만의 소형어선에 대한 복원성 검토기준이 없다. 이에 본 연구에서는 90년 이후 표준어선으로 고시되어 건조 실적이 있는 실적선 10척에 대해 계측 된 자료를 활용하여 이를 기초로 Genetic Programming을 이용한 복원성 평가 추정식을 도출하였다. 또한 국외 복원성 기준과 GP 추정식을 이용하여 각각에 대해서 안전성을 평가하고, Genetic Programming에 의한 GM추정의 타당성을 보였다[2-5].

* 정회원, leesk@pusan.ac.kr 051) 510-2441
** 정회원, ywlee908@yahoo.com 051) 510-2755

2. 소형어선의 복원성기준

2.1 국내 복원성 기준

국내법에 따른 어선의 복원성능 기준은 선박안전법 제12조 제2항에 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 1과 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	40 M G/T500
	구체적인 기준 없음	(선박복원성 기준 5장) ◦24m이상 전어선 ◦적용기준 - GM기준 - 어구외력 - 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. 이웃한 수산선진국이라 할 수 있는 일본의 경우는 70년대부터 소형어선의 실선조사 계측결과를 분석하여 소형어선 안전기준을 정하였고 건조초기부터 주요치수, 동요주기 및 주요치수비 등을 제한하여 적용할 수 있도록 하였다[6-9].

3. 유전적 프로그래밍(GP)

3.1 유전적 프로그래밍

Genetic Programming은 1990년 MIT대학의 Koza에 의해 시작되었으며, 자연계의 진화과정을 Computer상에서 Simulation 함으로써 실세계의 문제를 해결하고자 하는 계산 모형이다. 또한 비선형적인 입출력 데이터 사이의 관계를 설계자가 설정할 수 있는 함수를 사용하여 하나의 수학적 식으로 표현이 가능하여 본 연구에 적용하였다. Fig.1은 GP을 이용한 초기시스템 구성의 개념도이다[3].

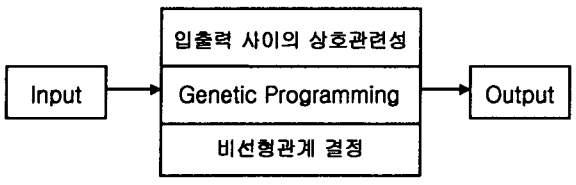

Fig. 1 Concept of Initial System composition using Genetic Programming

개체의 tree구조는 LISP의 S-expressicn의 형태로 program의 parse tree를 표현한다. LISP(List Processing)는 데이터와 프로그램이 모두 S-Expression이라는 일반화된 리스트형태로 기술되므로 프로그램이 데이터처럼 취급되는 것이 특징이다[5].

3.2 유전적 프로그래밍의 수행과정

GP는 아래의 순서로 진행한다[3-4].

첫째, 문제영역에 적합한 terminal과 function을 선정한 후 초기 population을 생성한다.

둘째, 종료조건을 만족시킬 때까지 다음의 과정을 수행한다.

- population의 각 program을 수행하고 정도에 따라 fitness를 할당
- GP Operator에 의해 population을 생성

셋째, Fitness가 가장 높은 개체를 최종결과로서 선택한다.

Fig. 2, Fig. 3은 SGP와 GP의 흐름도를 보여준다.

```
procedure SGP( )
    initialize(Population);
    evaluate(Population);
    while not (terminal condition satisfied) do
            MatingPool = reproduce(Population);
            MutationPool = crossover(MatingPool);
            Population = mutation(MutationPool);
            evaluate(Population);
    end while
end procedure
```

Fig. 2 Simple Genetic Programming

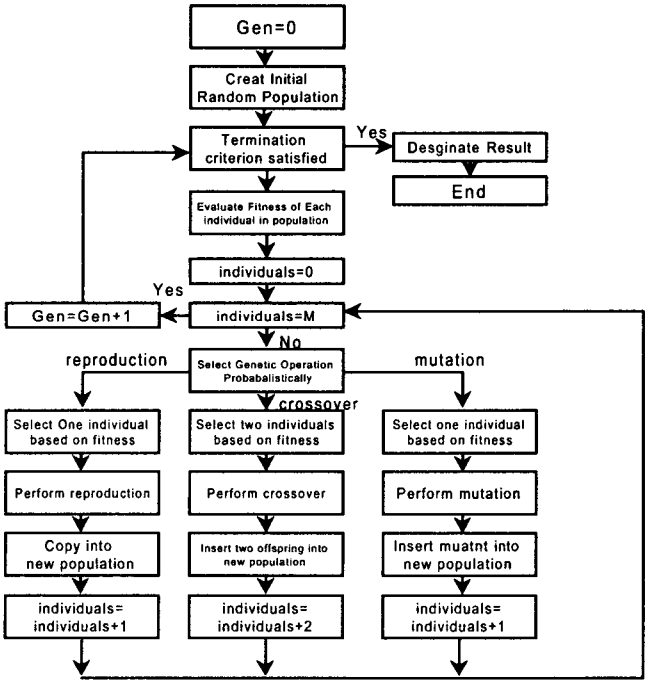

Fig. 3 Flow chart of GP

4. 복원성 검토

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].

4.1 설계변수 L, B, D, d를 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
주요치수 L	7.80	8.70	8.70	8.80	10.90
(m) 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
주요치수 L	10.80	13.00	12.80	16.00	18.50
(m) 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.

```
GM = ( sin ( sin ( sin ( + ( * ( - D d ) ( exp ( sin ( cos ( sin (
     + ( * (- ( sin ( cos ( sin ( ln 0.17090 ) ) ) ) d ) ( cos ( / (
     - D ( / d 0.55524 ) ) ( / 0.86656 ( * ( - D d ) d ) ) ) ) (
     + ( + ( exp L ) ( cos D ) ) ( sin 0.45696 ) ) ) ) ) ) ) (
     cos ( exp ( / ( * -0.02829 ( / ( + ( * ( - D d ) d ) ( cos (
     cos ( + B ( - D d ) ) ) ) ) ( sin ( sin ( cos ( / L d ) ) ) ) )
     ) (sin 0.45696 ) ) ) ) ) ) )                                  (4)
```

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

4.2 설계변수 L, B, D, C_b를 이용한 GM 추론식의 개발

Genetic Programming에서 사용된 인자들은 Table 5와 같다.

다음은 추론식이다.

```
GM = ( ln ( * ( cos ( sin ( * d ( sin d ) ) ) ) ( - B Cb ) ) )   (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	(GM)REAL	(GM)GP	(GM)GP/(GM)REAL
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, Cb	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	Cb	(GM)REAL	(GM)GP	(GM)GP/(GM)REAL
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	48.180	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

5. 결과에 대한 고찰

Table 7 은 실적선 10척에 대하여 일본의 복원성 기준을 토대로 실제 GM값과 GM 추정값을 비교한 결과이다[4][6].

Table 8 은 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 추정한 값들보다도 높은 정도의 결과를 주었다.

Table 7 Investigation of stability by using foreign stability criteria

	일본횡메타센타기준			일본동요주기기준	
선종	(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 횡메타센타 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

6. 결 론

(1) Genetic Programming기법을 사용하여 일본의 기준에 의한 GM추정보다 양호한 결과를 얻었다.

(2) 배의 주요목과 GM값이 알려진 10척의 어선에 대하여 GP 추론을 실시하였으며, 실제에 적용되기 위해서는 보다 많은 입력 자료가 필요하다

(3) 본 연구는 주로 어선의 GM추정에 중점을 두었으나, 향후 어로작업과 같은 어선의 특성과 관련된 분야에 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

후 기

이 논문은 해양수산부 해양한국 발전프로그램의 지원에 의해 연구 되었음. (MOMAF-2000-101-E1200)

참 고 문 헌

[1] (2001), "해양사고 통계분석자료", 해양안전심판원

[2] (1995), "표준어선형 연구개발 (Ⅰ)(Ⅱ)(Ⅲ)", 한국어선협회, 1994, 1994.

[3] Koza(1990), "Genetic Programming (Ⅰ)(Ⅱ)(Ⅲ)", MIT Press.

[4] Kenneth E.Kinnear Jr(1994), "Advances in Genetic Programming", MIT Press.

[5] John McCarthy(1976), "LISP 1.5 programings manual/ John Mccarthy-auth.", MIT Press.

[6] 日本小型船舶檢査機構(1992), "小型船舶安全規則に關する細則",

[7] 土屋 孟 外(1974, 5), "小型漁船の横復原性能と乾舷について".

[8] (昭和 41年 1月), "小型漁船 安全規則及び關係法令", 成山堂書店.

[9] (昭和 47年 3月), "小型漁船 安全基準設定報告書", 日本水産廳 漁船課.

원고접수일 : 2002년 01월 31일
원고채택일 : 2002년 03월 29일