

# 선박추진기용 로프절단장치의 구조 안정성 및 효용성에 관한 연구

김준수\* · 설영윤\*\* · 이두용\*\*\* · 박기태\*\*\*\* · 김태훈\*\*\*\* · 최재혁\*\*\*\*\* · 이원주\*\*\*\*\*†

\* 한국해양수산연수원 교관, \*\* 스펀스엠텍 대표, \*\*\* 한국조선해양기자재연구원 선임연구원, \*\*\*\* 한국해양수산연수원 교수, \*\*\*\*\* 한국해양대학교 기관시스템공학부 교수, \*\*\*\*\* 한국해양대학교 해양인공지능융합전공 교수

## A Study on the Structural Stability and Effectiveness of Rope Cutter for Ship's Propeller

Jun-Soo Kim\* · Youngyoon Seul\*\* · Du-Yong Lee\*\*\* · Kitae Park\*\*\*\* · Tae Hun Kim\*\*\*\* · Jae-Hyuk Choi\*\*\*\*\* · Won-Ju Lee\*\*\*\*\*†

\* Instructor, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49111, Korea

\*\* President, Spursmtech. Inc , Busan 49111 , Korea

\*\*\* Senior Researcher, Korea Marine Equipment Research Institute, Busan 49111, Korea

\*\*\*\* Professor, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49111, Korea

\*\*\*\*\* Professor, Division of Marine System Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

\*\*\*\*\* Professor, Interdisciplinary Major of Maritime and AI Convergence of Marine Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

**요 약 :** 본 연구에서는 상용화된 로프절단장치 타입 중 국내에 가장 많이 도입되어있는 Scissor type을 대상으로 유한요소해석을 수행하여 다양한 로프 걸림 상황에서 안정성이 확보되는 적합한 구조 형태를 평가하였으며, 수조 실험 및 실선 실험을 통해 효용성을 검증하였다. 연구 결과, 로프 걸림에 의하여 프로펠러축이 회전하지 않을 경우 엔진에서 발생하는 지속적인 토크로 인하여 로프절단장치에 비틀림이 발생하고 유한요소 해석상 자유도가 구속되어 있지 않은 하부의 블레이드에서 가장 높은 변형이 발생하는 것을 확인하였다. 블레이드의 두께가 증가할수록 최대변형량은 줄어들고 최대응력은 낮아져 안전율이 증가하는 결과가 나타났으며, 동일한 블레이드 두께에서 토크의 변화량이 최대응력과 최대변형량에 미치는 영향은 로프절단장치의 외력이 미치는 위치와 무관하며 정비례하게 감소하는 것으로 나타났다. 해석 결과를 토대로 실시한 수조실험 및 실선실험 결과, 모든 조건과 환경에서 로프 및 어망이 원활하게 제거되는 것을 확인하였다.

**핵심용어 :** 로프절단장치, 유한요소해석, 프로펠러축, 최대응력, 최대변형량

**Abstract :** The scissor-type rope cutter is the most widely used amongst all kinds of commercially available rope cutters in Korea. In this study, we performed finite element analysis on the scissor-type rope cutter. We determined the structure of the cutter that would ensure its stable operation in various situations involving rope entanglement, and verified its effectiveness by testing it in the lab and in an actual ship. These investigations revealed that when the propeller shaft was not rotated by rope entanglement, the constant torque generated by the engine resulted in the torsion of the rope cutter and maximum deformation in the lower blade, which was not restricted by finite element analysis. With increasing blade thickness, the maximum values of deformation and equivalent stress decreased, resulting in a rise in the safety factor. At the constant blade thickness, the effect of the torque variations on the maximum equivalent stress and the maximum deformation is independent of the position of the external force of the rope cutter and decreases in direct proportion. The results of this study confirmed that the rope-cutter structure determined by analysis could lead to a hassle-free removal of ropes and fishing nets under all conditions and environments.

**Key Words :** Rope cutter, Finite element analysis, Propeller shaft, Maximum Deformation, Maximum Equivalent stress

\* First Author : jskim@seaman.or.kr,051-620-5774

† Corresponding Author : skywonju@kmou.ac.kr,051-410-4262

## 1. 서론

국제사회에서는 어업활동에 사용 중인 어망뿐만 아니라 유실·폐기로 발생하는 폐어구로 인한 피해의 심각성을 인식하고, 저감·관리를 위해 국제연합환경계획(UNEP), FAO 수산위원회 주요의제 등재 등의 국제협력을 강화하고 있다(Macfadyen et al., 2009; Lee and Kim, 2016). 국내에서도 90년대부터 어구 관리, 해양폐기물 처리에 관한 다양한 연구와 정책개발이 진행되어왔으나 양식 어업이 활발한 국내 연안의 특성과 해양쓰레기 처리의 한계성으로 인해 실효성 있는 관리의 어려움을 겪고 있는 상태이다(Kim and Kang, 2012; Lee et al., 2007; Lee and Kim, 2016; Choi and Choi, 1998; Cho, 2005). 해양경찰청에서 매년 발표하는 해양 사고 발생 통계의 사고 범위를 2009년 이후 해양 레저선박까지 포함시키면 사고 건수가 대폭 증가하게 되며, 사고의 원인 중 어망에 의한 사고 비율은 연평균 13%이고, 특히 남해 해역과 같이 다수의 어망이 산재되어 있는 해역에서는 연평균 30%로 상당히 높은 비율을 차지하고 있다(Lee et al., 2010). 어망사고를 예방하기 위해 정부는 ‘어업면허의 관리 등에 관한 규칙’에서 부표 또는 깃대 등을 어망에 대한 표시로 사용하도록 하고 있으며 장기간 설치되는 경우 해도상에 설치 구역이 명확하게 표시되도록 하고 있다. 그러나 기상 상태에 따라 표식을 육안으로 식별하기 어려운 상황이 발생하며, 단기간 설치되는 어망들 및 해상에 버려진 폐어망, 페로프 등은 해도 및 전자해도에 표시되지 않는 경우가 많다(Lee et al., 2010). 그 외에 어구관리법, 해양폐기물법 등 관련 규정을 제정하여 어구의 단계별 관리체계 및 해양 폐기물 배출을 금지하고 있으며, 제3차 해양쓰레기 관리 기본계획(2019~2023 해수부 관보 고시)으로 폐어망, 페로프의 발생 총량을 관리하는 등 다양한 노력들이 이루어지고 있으나 현실적인 어려움이 많은 상황이다.

선박 추진기 감김 사고는 2010년도 이후 지속적으로 증가하고 있으며 연안을 운항하는 소형 어선에서 주로 발생한다(Lee et al., 2019). 대부분 사고는 단시간의 운항 지연에 그치지지만 복원력 약화, 기상악화, 주변 선박 등 타 요인이 복합적으로 작용할 경우, 돌고래호 전복사고(2015년)와 같은 대형 해양 사고로 확대 될 수 있다(Han, 2017). 또한 추진기에 감긴 이물질 제거를 위한 잠수작업으로 인한 잠재적인 2차 인명사고의 위험성과 조업 및 운항 증지로 인한 유휴 손실 증가 피해가 발생할 수 있다(Hong and Lee, 2018; Sim et al., 2016).

선박 추진기 보호기술로 물분사 추진기, 펌프제트 장치, 로프절단장치(Rope cutter) 등 다양한 기술이 개발·발전하고 있으며 특히 국내 일부 소형 선박 및 관공선에는 로프절단장치를 장착하고 있고 추진기 보호 효과에 있어 높은 사용자 만족도를 보이고 있다(Lee et al., 2019). 그러나 로프절단

장치의 안전성에 대한 검증으로는 설치된 로프절단장치가 축계에 미치는 영향과 관련하여 체결 볼트의 안전수명 및 허용설계 관점의 연구가 이루어졌으나(Lee et al., 2018), 국내 연안 환경에 맞는 로프절단장치의 자체 강성 및 구조에 대한 연구는 전무한 상태이다.

타 산업군에서는 절단 물질의 가공면 상태, 입자 구성, 주변 환경과 같이 절단 물질에 특성 관점에서의 연구와 절단장치 재질, 절단 방식, 절단장치의 구조, 회전속도, 설치 각도 등 절단 효율의 최적화를 위한 연구 등 다양한 관점과 목적을 위해 연구가 이루어지고 있으며 이를 통해 상황에 따른 최적의 절단장치를 선정하는데 많은 도움이 되고 있다(Ahn et al., 2008; Back et al., 2018; Feng and Sagapuram, 2020; Jeong et al., 2012).

따라서 본 연구에서는 상용화된 로프절단장치 타입 중 국내에 가장 많이 도입되어있는 Scissor type을 대상으로 유한요소해석을 수행하여 안정성이 확보되는 적합한 구조 형태를 평가하고, 수조 실험 및 실선 실험을 수행함으로써 국내 연안 특성에 맞는 로프절단장치 개발의 기초 자료를 제공하고자 한다.

## 2. 연구의 방법

### 2.1 로프절단장치 모델 선정

로프절단장치는 선박이 항행 중 프로펠러에 각종 해양 폐기물 등이 감겼을 때 프로펠러축에 설치되어 회전하는 칼날을 이용하여 프로펠러에 감긴 이물질을 잘라내어 선박 추진기를 보호하는 역할을 한다. 현재 개발된 로프절단장치 종류는 Shaver type, Scissor type, Disc type 총 3가지며, 국내 선박 대부분이 Scissor type을 장착하고 있다.

Scissor type의 장치는 샤프트 축의 직경에 따라 샤프트 또는 프로펠러 허브에 고정된 블레이드(Stationary blade)와 회전 블레이드(Rotating blade)로 구성되며 개략도는 Fig. 1과 같다. 회전블레이드가 프로펠러축과 함께 회전하면서 고정블레이드에 전단력을 가하여 가위처럼 로프를 자르는 원리이며, 설치가 간단한 구조로 절삭 날의 강성, 배치, 블레이드 간의 간격에 따라서 성능에 영향을 미친다. 설치 가능한 프로펠러 축 사이즈는 metric sizes 20 mm~255 mm 범위이며, 로프, 라인, 잡초, 그물 및 플라스틱 시트에 대해 상당히 높은 수준의 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다.

일반적으로 절단 장치의 소재는 경도, 변형 저항성, 강성, 피로 저항 등 기계적 성질이 커야하고, 열충격을 최소화 하기 위해 열전도율이 높아야 한다. 또한 균등한 화학 조성을 이루고 있어야 하며 내마모성이 커야한다. 로프절단장치는 석출경화형 스테인레스강(STS630)으로 만들어지며 이 재질

은 높은 인장강도를 가지면서 온도상승에 따른 강도 저하 없이 우수한 내식성을 가진 것으로 알려져 있다(Back et al., 2018). 본 연구에서는 550℃ ~ 1020℃에서 담금질 처리 후, 480℃에서 뜨임 처리하는 열처리 과정을 거친 STS630(H900)로 로프절단장치를 제작하였다. 실험에 사용된 로프절단장치의 제원은 Table 1과 같다.

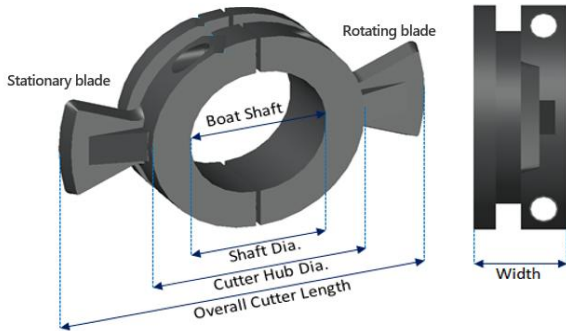


Fig. 1. Schematic diagram of scissor type rope cutter.

Table 1. Specification of rope cutter

Specification	Size
Propeller shaft diameter	80 ~ 120 mm
Rope cutter diameter	145 ~ 200 mm
Overall cutter length	343 mm
Width	43 mm

## 2.2 유한요소 해석

본 연구는 구조해석 연구에 널리 사용되는 프로그램인 ANSYS를 사용하여 구조해석을 수행하였다. 로프절단장치의 특성에 따라 프로펠러의 축과 연결되어 있는 상태에서 이물질에 의해 작동이 불가능한 상황을 가정하여 모델링하였다. 하중조건으로 프로펠러 축의 토크 값을 축과 연결되어 있는 로프절단장치 내측 면에 적용하였으며, 구속조건으로 로프절단장치 블레이드 가장자리의 한 면이 움직이지 않도록 해당 면의 모든 자유도를 구속하였다. 이물질을 절삭할 때 로프절단장치 날에 미치는 상황을 고려하여 4가지 유형으로 구분하였으며, 각 유형 별로 엔진에서 전달되는 프로펠러 토크 값을 1/10, 1/100, 1/1000로 적용하여 구조적 강성을 확보할 수 있는 적합한 두께를 도출하였다.

로프절단장치의 날 두께는 상용 수입산 로프절단장치의 두께가 10 mm인 점을 고려하여 10 mm ~ 14 mm 범위에서 설정하였으며 유한요소해석을 위한 모델의 경계조건과 정보는 Fig. 2, Table 2와 같다.

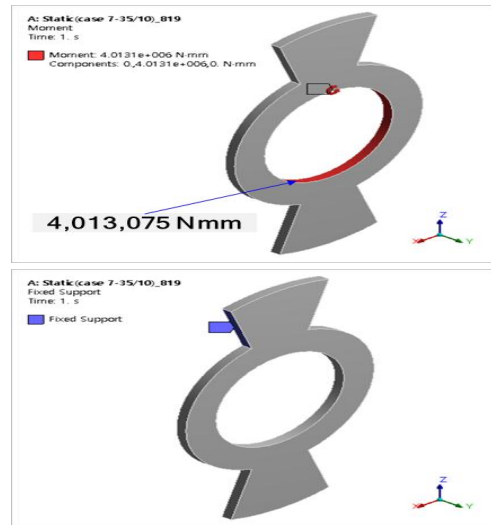


Fig. 2. Boundary conditions (Up: Load, Down: Constraint).

Table 2. Modeling information of finite element method

Thickness (mm)	Node	Element
10	71,570	14,360
11	71,570	14,360
12	86,650	17,950
13	86,650	17,950
14	86,650	17,950

## 2.3 수조 실험

Fig. 3는 Lab scale 테스트를 통해 선박 추진기에 페로프 및 페어망이 감기는 상황을 구현하여 로프절단장치의 성능을 검증하기 위한 실험 장치이다. 레이보트, 어선 등 소형선박에서 실제 사용 중인 프로펠러를 축소 제작하고 가로 800 mm, 세로 1200 mm, 높이 1000 mm 크기의 수조에 설치하여 시험하였다. 축계를 구동하는 전기 모터는 0.4 kW, 최대 1700 rpm, 감속비 1:10의 성능을 가지고 있으며, 로프절단장치를 축계에 설치하고 프로펠러 축 기준 170 rpm으로 축이 회전하는 중에 로프(5 mm, 8 mm, 12 mm)와 어망(3.5 mm)을 수조 내에 투여하여 절삭 성능을 육안으로 식별하는 방법으로 실험을 진행하였다.

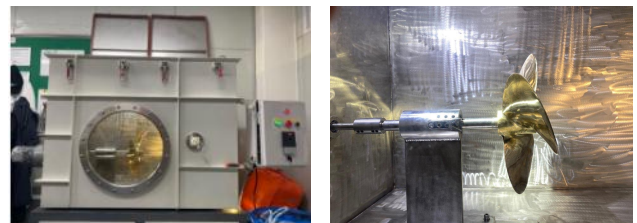


Fig. 3. Lab scale simulation equipment for rope cutter.

### 2.4 실선 실험

로프절단장치의 성능을 평가하기 위해 사이즈가 다른 로프절단장치가 설치된 두 척의 선박을 대상으로 실선 실험을 실시하였다. 실험 선박의 제원과 실험 해역 위치는 Table 3과 같다.

각 해역에서 로프 및 어망이 연결된 부이(bouy)를 설치하고 실험 대상선박이 통과하여 장치의 절단 성능을 평가하는 방법과 다이버가 수중에서 추진기 감김 사고를 재현하여 그 당시에 절단 유무를 확인하는 방법으로 각각 실험하였다. 실험에 사용된 어구는 폴리프로필렌 재질의 10 mm, 30 mm, 50 mm 굵기 로프와 폴리에틸렌 재질의 3mm 굵기를 가진 어망을 사용하였다.

Table 3. Specification of ship applied in the experiment

	1st test	2nd, 3rd test
Ship's Name	Bumblebee	Gangdong
G/T	9.97 ton	5.53 ton
Engine Power	890 hp	380 hp
Shaft Size	85mm	80mm
Test Position	Ocheon port, Boryung	Minrac port, Busan

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 유한요소 해석을 통한 적정 두께 선정

선박 엔진 축에서 발생하는 토크에 의해 회전하고 있는 로프절단장치의 2개의 블레이드 중 상부 측에 로프가 걸려 회전이 되지 않는 가정 하에 로프 절단장치의 두께를 10 mm 부터 14 mm까지 1 mm 구간 별로 최대변형량과 최대응력을 해석하였다. 그 결과 Fig. 4와 같이 최대변형량은 블레이드 상부 끝단부에서 발생하며, 최대응력은 블레이드 하부 끝단인 로프절단장치 보스와 접합 부근에서 발생하는 것으로 나타났다. 상부의 블레이드가 로프 걸림에 의하여 회전하지 않을 경우 엔진에서 발생하는 지속적인 토크로 인하여 로프절단장치는 비틀림이 발생하고 유한요소 해석상 자유도가 구속되어 있지 않은 하부의 블레이드에서 가장 높은 변형이 발생하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 고정되지 않은 면이 고정된 면으로 회전하려고 하중이 작용함에 따라 굽힘응력으로 인한 최대응력이 발생하는 것으로 판단된다. 굽힘응력은 로프절단장치의 사고사례에서 빈번하게 발생하는 사고 요인이므로 응력발생부의 응력집중에 의한 굽힘 하중 집중이나 굽힘 하중의 수직하중 변환으로 인한 전단손상을 예

방하기 위하여 로프절단장치 설계 시 응력발생부를 곡면 처리 등 하중을 분산 시키는 기술 적용이 필요할 것으로 판단된다.

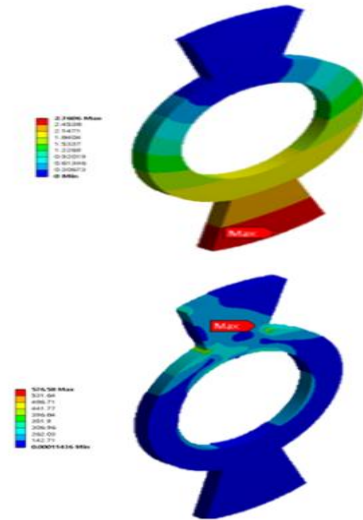


Fig. 4. Sample images of structural analysis (Up: Max. deformation, Down: Max. stress).

Table 4는 두께 별 최대변형량과 최대응력 구조 해석 결과를 나타낸다. 로프절단장치의 두께가 증가할수록 최대변형량과 최대발생응력은 모두 낮아져 안전율이 증가하는 결과가 나타났으며 특별히 로프절단장치의 구성 재료인 STS630의 항복강도 1105 Mpa 보다 모든 실험 조건의 최대 응력이 작게 나타나므로 두께와 무관하게 충분한 안전성을 확보한 것을 알 수 있다.

Table 4. Structure analysis results according to thickness

Thickness (mm)	Max. deformation (mm)	Max. equivalent stress (MPa)	Safety factor	Yield strength of STS630 (MPa)
10	3.87	819.11	1.34	1105
11	3.52	742.19	1.48	
12	3.22	676.94	1.63	
13	2.97	622.89	1.77	
14	2.76	576.58	1.91	

Fig. 5와 같이 두께에 따른 변형률 및 발생응력의 변화를 선형화하여 비교하였을 때 11 mm~13 mm 구간에서 변곡점 구간이 나타나는 것을 알 수 있다.

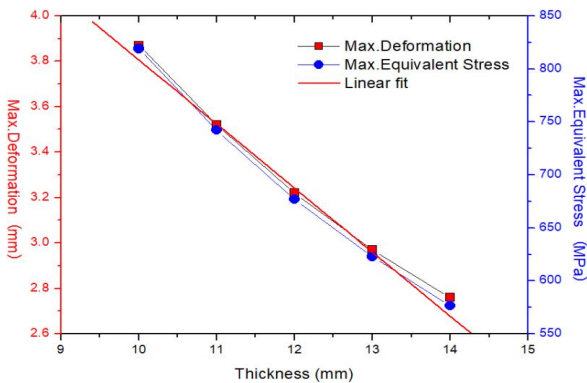


Fig. 5. Comparison between linear graph and experimental data.

Fig. 6과 같이 블레이드 측면부에 외력이 작용하는 범위에 따라 4가지 유형으로 구분하고 각 유형별로 토크를 1/10, 1/100, 1/1000로 변화시켜서 최대 변형률과 응력을 확인하였다. 유형 1은 10~24 mm 수준의 얇은 로프가 로프절단장치 블레이드 정 중앙에 걸리는 상황을 가정하였으며 유형 2는 18~40 mm의 중간정도 굵기를 상징하여 커터 블레이드 중앙에서 블레이드 하부(보스)에 걸리는 상황으로 가정하였다. 유형 3은 40~80 mm 사이의 선박 계류색 정도의 굵기를 가진 페로프, 어구가 블레이드 전영역에 걸쳐 외력이 작용하는 것으로 가정하였으며, 하중유형 4의 경우는 로프절단장치에 의해 1차 절단이 발생하였으나 절단잔여물이 다시 걸리는 상황을 가정하였으며 외력이 미치는 범위는 블레이드 중앙에서 블레이드 최상부로 설정하였다.

Table 5는 유형 1에서 토크 비율이 1/10로 감소할 때마다 최대변형량 변화 결과이다. 전 두께 범위에서 동일한 두께 기준, 토크가 1/10 감소할 때마다 영향을 주기에 미비한 수준의 차이를 감안할 때 최대변형량도 1/10씩 정비례하게 감소하는 것으로 나타났고, 이는 최대응력에서도 동일한 결과로 나타났다. 유형 2~4에서도 최대변형량과 최대응력에서 토크 변화에 따라 유형 1과 동일한 결과가 나타났다.

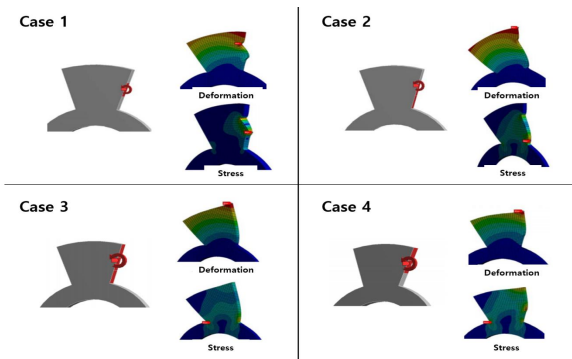


Fig. 6. Four cases of rope cutters affect the blade when cutting marine rope.

Table 5. Analysis results of the effect of torque change on Max. deformation (Case 1)

Thickness (mm)	Torque 1/10 (Mpa)	Torque 1/100 (Mpa)	Torque 1/1000 (Mpa)
10	0.053	0.0053	0.00053
11	0.048	0.0048	0.00048
12	0.044	0.0044	0.00044
13	0.041	0.0041	0.00041
14	0.038	0.0038	0.00038
15	0.035	0.0035	0.00035
16	0.033	0.0033	0.00033
17	0.031	0.0031	0.00031
18	0.030	0.0030	0.00030
19	0.028	0.0028	0.00028
20	0.027	0.0027	0.00027

Fig. 7은 토크 1/10에서 유형 2~4의 최대응력을 비교한 그래프이다. 두께 증가에 따라 최대응력은 1차원으로 정비례 감소하고 있으나, 12 mm~13 mm 지점에서 상대적 변곡점이 발생하는 것을 알 수 있다. 이는 동일한 조건에서 최대변형량 변화에서도 동일한 결과로 나타났다.

로프절단장치 블레이드의 두께가 10 mm에서도 충분한 안전율을 유지할 수 있으나 높은 출력 엔진의 선박프로펠러 사용, 로프의 이중 걸림, 로프절단장치의 노후화 등 다양한 요소들을 고려할 때 상대적으로 최대응력 및 변형률이 완만하게 변화하는 변곡점 영역인 12 mm~13 mm 두께로 설치하는 것이 효율적으로 판단된다.

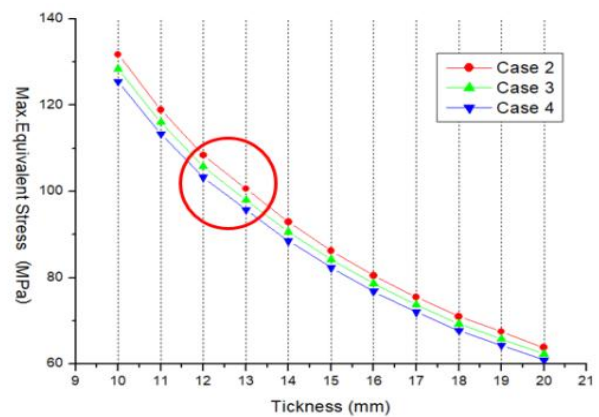


Fig. 7. Graph for the effect analysis of Max. equivalent stress according to thickness (Torque 1/10).



### 3.2 수조 실험 결과

프로펠러가 수면 하에 충분히 잠겨있는 상태에서 프로펠러축의 회전수는 170 rpm의 조건에서 실시하였고, 5 mm, 8 mm, 12 mm 두께의 로프와 3.5 mm 두께의 어망을 통해 절삭 실험을 수행하였다. Fig. 8은 프로펠러축에 감긴 로프가 정상적으로 절삭되고 있는 사진이다. 실험 결과, 모든 로프와 어망이 원활하게 절삭되어 프로펠러 축 운전의 방해요인을 제거하는 것을 확인하였다.



Fig. 8. Experiment result image of lab scale simulation equipment.

### 3.3 실선 실험 결과

총 3차례에 걸쳐 로프 10 mm, 30 mm, 50 mm 어망은 3 mm로 실험을 진행하였으며, 모든 조건에서 이상 없이 절삭됨을 확인하였다. Fig. 9는 실선 실험 전 실험용 로프가 해수면에 설치되어 있는 사진(좌)과 실험 후 절삭된 로프의 사진(우)이다.



Fig. 9. Rope cutter test result using actual ship.

## 4. 결론

본 연구는 선박추진기의 로프감김사고 예방 대책의 일환으로 사용되고 있는 로프절단장치의 안정성 및 효용성을 유한요소 해석, 수조실험, 실선 실험을 통해 분석·검증하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 상부의 블레이드가 로프 걸림에 의하여 회전하지 않을 경우 엔진에서 발생하는 지속적인 토크로 인하여

로프절단장치는 비틀림이 발생하고 유한요소 해석상 자유도가 구속되어 있지 않은 하부의 블레이드에서 가장 높은 변형이 발생하는 것을 확인하였다. 이는 고정되지 않은 면이 고정된 면으로 회전하려고 하중이 작용함에 따라 굽힘응력으로 인한 최대응력이 발생하는 것으로 판단된다. 굽힘응력은 로프절단장치의 사고 사례에서 빈번하게 발생하는 사고 요인이므로 응력발생부의 응력집중에 의한 굽힘 하중 집중이나 굽힘 하중의 수직하중 변환으로 인한 전단손상을 예방하기 위하여 설계에서 응력발생부의 곡면 처리 등 하중을 분산시키는 기술 적용이 필요하다.

- (2) 블레이드의 두께가 증가할수록 최대변형량은 줄어 들고 최대응력은 낮아져 안전율이 증가하는 결과가 나타났으며, 이는 로프절단장치의 구성재료인 STS630의 항복강도 1105 Mpa 보다 모든 실험 조건의 최대응력이 작게 나타나므로 본 실험 조건에서의 해당 장치 안정성이 확보되는 것을 알 수 있다.
- (3) 동일한 블레이드 두께에서 토크의 변화량이 최대응력과 최대변형량에 미치는 영향은 로프절단장치의 외력이 미치는 위치와 무관하며 정비례하게 감소하고, 블레이드 두께 변화에 따라 미치는 영향은 12~13 mm에서 최대응력과 최대변형량에 증감에 변곡점이 생겨서 상대적으로 10~12 mm 구간보다 13 mm 이후 구간에서 더 두께가 미치는 영향이 미비한 것으로 나타났다.
- (4) 로프절단장치를 축소 제작하고 수면하에 설치하여 5 mm, 8 mm, 12 mm 두께의 로프 및 3.5 mm 두께 어망 등 재질이 다른 2개의 조건으로 절삭 시험을 실시한 결과, 특이사항 없이 모든 로프와 어망에서 원활하게 절삭되는 것을 확인하였다.
- (5) 로프절단장치가 설치된 소형선박 2척으로 해상에서 로프 10 mm, 30 mm, 50 mm 및 어망 3 mm가 자연스럽게 프로펠러축에 감기는 환경과 다이버를 통해 인위적으로 프로펠러축에 감김 상황을 발생시키는 환경으로 실선 실험을 진행하였으며, 모든 실험 조건과 환경에서 로프 및 어망이 원활하게 제거되는 것을 확인하였다.

본 연구의 한계로는 절단 성능의 영향을 주는 요인은 블레이드의 두께 뿐만 아니라 설치 각도, 길이 등 다양한 요소에서 복합적으로 작용한다. 동시에 프로펠러 주변 캐비테이션 발생의 원인이 될 수 있다. 지속적인 연구를 통해 블레이드의 각 요인에 따른 절단 성능과 캐비테이션 발생의 상관관계에 대한 분석으로 선박 운항 환경에 따른 최적의 로프절단장치 선정 기준이 마련될 수 있을 것으로 기대된다.

## Acknowledgement

본 연구는 연구개발특구진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(2020-BS-RD-0134-01-202)

## References

- [1] Ahn, S. H., C. N. Lee, and S. H. Shin(2008), A Study on the Selection of Cutting Conditions in High Speed Pipe Cutting Machine, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 17, No. 1, pp. 144-149.
- [2] Back, S. E., K. H. Noh, J. Y. Park, Y. J. Cho, and J. H. Kim(2018), Hardness and Microstructure evolution of SUS630 Stainless steel Fabricated by Directed Energy Deposition, Journal of Korean Powder Metallurgy Institute, Vol. 25, No. 3, pp. 220-225.
- [3] Cho, D. O.(2005), Challenges to Marine Debris Management in Korea, Coastal Management, Vol. 33, pp.389-409.
- [4] Choi, D. H. and J. S. Choi(1998), Policy Recommendations for the Improvement of Controlling Marine Debris, Ocean Policy Research, Vol. 13, pp. 17-54.
- [5] Feng, G. and D. Sagapuram(2020), Size effect and friction in cutting of metals on the small scale, CIRP Annals, Vol. 69, No. 1, pp. 77-80.
- [6] Han, S. H.(2017), A Study on the Improvement for a Safety Training Course of the Commerical Fishing Vessel's Crew, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, Vol. 29, No. 6, pp. 1657-1669.
- [7] Hong, K. S. and B. S. Lee(2018), A Narrative Study on the Psychological Experience of Industrial Divers During Diving, Journal of Humanities and Social science, Vol. 9, No. 6, pp. 429-444.
- [8] Jeong, J. H., J. S. Kim, P. H. Kim, J. Y. Koo, H. J. Im, and J. H. Lee(2012), Machining Optimization of Al7075-T0 Turning Process Considering Surface Roughness and Cutting Forces, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 21, No. 5, pp. 842-847.
- [9] Kim, S. D. and W. S. Kang(2012), Distribution Characteristics and Cost Estimation of Collection and Treatment of Deposited Marine Debris in Coastal Fisheries around the Southwestern Islands of Korea, Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy, Vol. 15, No. 4, pp. 330-336.
- [10] Lee, H. C. and H. J. Lee(2017a), Coastal Wastes Management System and Policy Trends in Japan, Chonnam Law Review, Vol. 37, No. 3, pp. 267-292.
- [11] Lee, H. C. and H. J. Lee(2017b), Study on legal regulation and improvement plan of waste from coastal ships, Chonbuk Law Review, Vol. 53, pp. 185-211.
- [12] Lee, J. H., J. M. Kim, S. S. Moon, and K. O. Moon(2010), A Study on the Fishnet Management Method with Automatic Identification System for the Prevention of Ship Accidents, The Institute of Electronics and Information Engineers, pp. 117-119.
- [13] Lee, J. S. and D. Y. Kim(2016), Current Problems of Derelict Fishing Gear and Systematic Management Directions, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, Vol. 28, No. 4, pp. 1014-1023
- [14] Lee, W. J., J. H. Kim, S. H. Jang, K. W. Lee, B. Y. Kim, W. K. Lee, B. S. Rho, J. S. Kim, and J. H. Choi(2018), A Study on Safety and Performance of Rope Cutter for Ship's Propeller, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 24, No. 4, pp. 475-481.
- [15] Lee, W. J., J. H. Kim, W. K. Lee, J. S. Kim, and J. H. Choi(2019), A Study on Current Status of Entanglement Accident and User Satisfaction Survey for Ship with Rope Cutter in Domestic, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, Vol. 31, No. 6, pp. 1536-1543.
- [16] Lee, Y. B., S. Park, C. R. Ryu, H. T. KIM, and H. S. Yoon(2007), Characteristics of Marine Debris collected from the Coastline of Sandbar in the Nakdong River Estuary, Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy, Vol. 10, No. 3, pp. 148-154
- [17] Macfadyen, G., T. Huntington, and R. Cappell(2009), 『Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear』, UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 185 and FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 523, pp. 1-4, 6-7, 11, 29, 33-43, 77
- [18] Sim, K. B., J. H. Cha, and S. Y. Kang(2016), Analysis of the commercial diving national qualification system for the introduction of a diving supervisor, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 40, No. 7, pp. 655-662.

Received : 2021. 05. 14.

Revised : 2021. 06. 25.

Accepted : 2021. 06. 28.