

선박추진기 로프절단장치의 안전성 및 효용성에 관한 연구

이원주* · 김종호** · 장세현*** · 이경우*** · 김보영**** · 이우근***** · 노범석***** · 김준수***** · 최재혁**†

* 한국해양대학교 기관공학부, ** 한국해양대학교 기관시스템공학부, *** 팀솔루션,
**** 한국해양대학교 통상행정학과, ***** 한국해양수산연수원

A Study on Safety and Performance of Rope Cutter for Ship's Propeller

Won-Ju Lee* · Jong-Ho Kim** · Se-Hyun Jang*** · Kyoung-Woo Lee*** · Bo-Young Kim**** ·
Woo-Kun Lee***** · Beom-Seok Rho***** · Jun-Soo Kim***** · Jae-Hyuk Choi**†

* Division of Marine Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea

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

*** Team Solution, Busan, Korea

**** Division of International Commerce and Maritime Administration, Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea

***** Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan, Korea

요 약 : 본 연구에서는 해상에서 빈번하게 발생하는 추진기 로프 감김 사고를 예방하기 위해 개발된 로프절단장치의 안전성 및 효용성에 대한 연구를 시도하였다. 먼저 이론식과 유한요소 해석을 통하여 실선 실험에 사용될 세 종류의 로프절단장치의 볼트의 강도 및 장치가 축계에 미치는 비틀림응력을 계산하였다. 그 결과 로프절단장치에 사용된 볼트는 안전수명설계 및 손상허용설계의 관점에서 적절하게 설계된 것으로 확인되었으며, locking-up 발생 시 축계에 미치는 영향도 미미하여 안전성 또한 만족할 수 있는 수준인 것으로 나타났다. 안전성 검증을 마친 세 종류의 절단장치가 설치된 선박을 활용하여 실제로 해상에서 로프 및 어망을 절단하는 실험을 진행하였으며, 그 결과 대체적으로 실험에 사용된 20~50 mm 굵기의 로프를 잘 절단하였으나, 소형 축계에 장착된 절단장치의 경우 굵은 로프를 절단할 때는 효용성이 저하함을 알 수 있었다.

핵심용어 : 로프, 로프절단장치, 유한요소해석, 안전성, 효용성

Abstract : In this study, the safety and effectiveness of rope cutter, developed to prevent frequent accident propeller windingness at sea. First, we calculated the bolt strength of the three types of rope cutting devices used in the experiment and the torsional stresses on the shafting system theoretical equation and the finite element method. As a result, the bolts used in the rope cutter confirmed from the viewpoint of safety life design and fail safe design. Also, safety satisfactory because of the small effect on the shaft system when locking up. Experiments were carried out to cut ropes and fishing nets from the sea using the ships equipped with three types of rope cutters verified to be safe. As a result, ropes of 20 to 50 mm in thickness were generally cut. It was found that the cutting efficiency of a rope cutter attached to shafting decreased when cutting thick ropes.

Key Words : Rope, Rope cutter, Finite element method, Safety, Efficiency

1. 서 론

현재 국내의 해상 부유물로 인한 선박 추진기 감김 사고는 주 1회 이상 지속적으로 발생하고 있다(Park, 2008; Suh,

2007). 사고의 대부분은 단시간 운항 지연에 그치지만 기상 악화, 복원력 감소 등의 추가적인 사고 요소가 더해졌을 때에는 서해훼리호 침몰사고(1993년 10월, 사망자 292명), 돌고래호 전복사고(2015년 9월, 사망자 18명)와 같은 대형 인명사고의 직접적인 원인이 될 수 있다(Han, 2017; Yang and Kwon, 2017). 뿐만 아니라 추진기에 감긴 로프를 제거하기 위해 충분한 안전 조치가 이루어지지 않은 상황에서 잠수부(diver)

* First Author : skywonju@kmou.ac.kr, 051-410-4262

† Corresponding Author : choi_jh@kmou.ac.kr, 051-410-4257

혹은 선원들이 잠수작업을 함으로써 2차 인명사고의 우려가 있다.

관련 부처에서는 유사사고를 예방하기 위한 조치로써 페어망, 페로프 등의 원인물질 발생을 억제하고 수거를 강화하고 있으나 많은 현실적 어려움이 있으며 보다 효과적인 사고 방지를 위해서는 다양한 예방책이 필요하다(Lee and Lee, 2017a; Lee and Lee, 2017b). 현재 선박 추진기 감김 사고를 예방하기 위한 일환으로 국외의 민간분야에서 개발된 로프절단장치(Rope cutter)를 수입하여 국내 일부 소형 선박 및 관공선에 장착하여 사용하고 있으나, 그 안전성과 효용성에 대한 검증은 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 국내에 도입된 로프절단장치 중에 가장 많이 사용되고 있는 type을 대상으로 이론식과 유한요소법을 사용하여 장치의 안전성을 평가하였다. 또한 장치의 효용성 검증을 위해 각기 다른 크기의 세 대의 로프절단장치가 장착된 실제 선박 3척을 활용하여 운항 중 로프 및 어망이 추진기에 감겼을 때 절단이 가능한지 여부를 수중 카메라로 확인하는 실선 실험을 진행하였다.

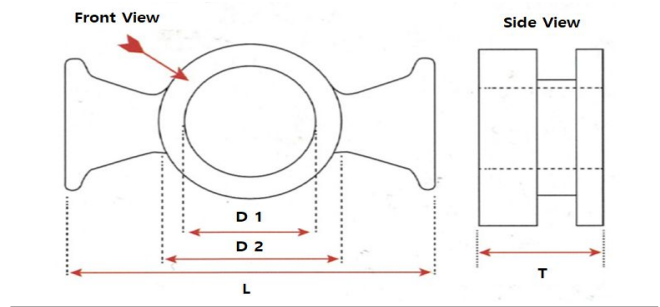
2. 로프절단장치 선정 및 실험 방법

2.1 로프절단장치 선정

로프절단장치는 선박이 운항 중 프로펠러에 로프, 어망, 부유성 폐기물 등이 감겼을 때 프로펠러축과 함께 회전하는 날카로운 날을 이용하여 감긴 이물질들을 잘라내어 심각한 감김으로 인한 기관 및 축계 손상을 방지하는 역할을 한다. 현재 상용화 된 로프절단장치의 종류로는 Scissor type, Disc Type, Shaver type이 있으며, 국내의 로프절단장치를 장착한 선박 대부분이 Scissor type을 사용하고 있다. Scissor type의 장치는 고정블레이드(Stationary blade)와 회전블레이드(Rotating blade)로 구성되어 있으며, 회전블레이드가 프로펠러축과 함께 회전하면서 고정블레이드에 전단력을 가하여 가위처럼 로프를 자르는 원리로 작동된다. 절삭 날, 날 강성, 블레이드 간의 간격에 따라서 성능이 좌우되며 주요한 설계 인자로 볼 수 있다. 본 연구에서는 가장 널리 사용되고 있는 상기의 Scissor type 로프절단장치를 실험 대상으로 선정하였으며, 선박 크기에 따른 로프절단장치의 안전성과 효용성을 확인하기 위하여 각기 사이즈가 다른 세 종류의 절단장치(F2, F3, F4)가 장착된 선박을 활용하여 로프절단 실선 실험을 진행하였다. 실험에 사용된 로프절단장치의 종류별 제원은 Table 1과 같다.

Table 1. Dimensions of rope cutters

	F2	F3	F4
Propeller Shaft Dia. (D1)	120~140 mm	140~175 mm	175~225 mm
Rope Cutter Dia. (D2)	200 mm	241 mm	335 mm
Cutter Length (L)	343 mm	400 mm	495 mm
Thickness (T)	43 mm	48 mm	72 mm



2.2 안전성 평가 방법

일반적으로 체결용 볼트는 사용 중 파손되는 것을 방지하기 위하여 설계단계에서 충분한 안전율이 고려된 설계하중을 채택하지만, 로프절단장치용 체결 볼트는 일정 이상의 하중에서는 쉽게 풀리거나 파손되도록 함으로써 주변의 다른 주요 부품의 파손을 예방하는 역할을 할 수 있도록 설계한다. Scissor type 장치의 경우 고정블레이드가 거치되는 Holding block 고정용 볼트는 상기 후자의 설계 개념이 반영된 전형적인 체결 요소이다.

Holding block은 3개의 M10 볼트에 의해 선미관에 체결되어 있으며, 안전수명설계(Safe life design)의 관점에서 M10 볼트는 견고하게 부착되어 지지될 수 있는 정도의 체결력을 유지해야 한다. 한편 손상허용설계(Fail safe design)의 관점에서는 어떠한 원인에 의해서 로프가 절단되지 않은 경우 (Locking up)에는 이때 발생하는 하중에 의해서 3개의 M10 볼트가 풀리거나 파손될 수 있도록 볼트의 체결력을 일정값 이하로 설정하거나 적절한 재료를 선정해야 한다. 만약 Locking up 시 볼트가 안전장치 역할을 못하게 될 경우, 이 하중은 프로펠러 축, 중간축, 크랭크 축 등에 손상을 줄 우려가 있다. 즉, 로프 절단 시 예상치 못한 과도한 하중으로 인하여 축계 및 기관 손상이 발생하기 전에 선미관에 체결된 Holding block 고정용 볼트가 먼저 파손되도록 일종의 안전장치 역할을 하는 것이다.

따라서 실제 선박을 활용한 절단 실험을 시행하기에 앞서 실험의 안전성을 평가하기 위하여, 상기 M10 볼트의 설계와

선박추진기 로프절단장치의 안전성 및 효용성에 관한 연구

관련하여 이론식과 유한요소법에 의한 볼트의 강도 계산, 프로펠러축의 허용 비틀림응력과 Locking up에 의해서 프로펠러축에 발생할 수 있는 비틀림응력의 계산 등을 수행하였다.

2.3 실선 실험 방법

2.3.1 대상 선박

본 연구에서는 Scissor type 로프절단장치의 효용성을 평가하기 위하여 각기 다른 사이즈의 절단장치를 실험할 수 있는 세 척의 선박을 대상으로 하였으며, 실선 실험의 선박의 제원은 Table 2와 같다.

Table 2. Specifications of ships for cutting test

	1 st Test (2016.09.22.)	2 nd Test (2016.09.30.)	3 rd Test (2016.11.11.)
Ship's Name	Chang Myoung 3	Hang Man Jeong Hwa 1	Hae Yang 1
G/T	436 t	79 t	38 t
MCR	930 kW × 2 sets	992 kW × 2 sets	882 kW × 2 sets
RPM	380 rpm	1800 rpm	2100 rpm
Cutter Model	F4	F3	F2

세 척의 선박 중 2, 3차 실험 선박은 로프절단장치가 기 설치된 선박이나, 1차 선박인 창명3호는 절단장치가 미 설치된 선박이어서 실험 전 조선소에 입거하여 로프절단장치 F4 모델을 장착하였으며, 장착 전·후의 사진은 Fig. 1과 같다.



Fig. 1. Propeller shaft of test ship a) before installing, b) after installing rope cutter (F4).

2.3.2 실험 방법

실험 해역은 대상 선박의 기항지와 선박 통항 안전을 고려하여 Table 3과 같이 선정하였다. 각 해역에서 Fig. 2와 같이 로프 및 어망이 연결된 부이(bouy)를 설치하고 실험 대상 선박이 그 위를 통과하여 장치의 절단 성능을 평가하는 방법으로 실험을 기획하였으며, 절단 영상을 촬영하기 위해

프로펠러 인근에 수중 카메라(Fig. 3)를 용접 설치하였다. 실험에 사용한 로프는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 선박에서 주로 사용되는 20 mm, 40 mm, 50 mm 굵기의 PP(Poly Propylene), PE(Poly Ethylene) 로프이며, 어망은 5 mm의 나일론 어망을 사용하였다. 선박 추진 시스템에 미치는 영향을 고려하여 실험은 20 mm의 얇은 로프부터 40 mm, 50 mm 순으로 진행하였다.

Table 3. Locations for cutting test

1 st test location (Incheon, Wolmido)	
2 nd test location (Busan, KMOU)	
3 rd test location (Gunsan, A4 anchorage)	



Fig. 2. Plan for the test of cutting rope.



Fig. 3. Underwater camera with bracket for the test.



Fig. 4. Picture of materials for the test a) fishing net, b) ropes with buoys.

3. 로프절단장치 안전성 평가

3.1 Holding block 체결용 볼트의 강도 계산

고정블레이드를 지지하는 Holding block 체결용 M10 볼트는 BS_EN_ISO_3506-1에 규정된 미터 보통 나사로서 A2 70등급(grade)의 오스테나이트계열의 스테인리스강으로 제작되었다. 항복강도 450 MPa, 인장강도 700 MPa 급의 고강도 나사이며 피치 1.5 mm, 유효지름 8.6 mm, 공칭 바깥지름 10 mm로서, 상응하는 KS 표준은 KS B0201이다. 이 볼트에 대한 강도를 이론식과 유한요소 해석을 통해 고찰한 결과는 다음과 같다.

3.1.1 이론식에 의한 볼트의 강도

M10 볼트의 체결력(F_i)은 다음 식(1)과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} F_i &= K_i A_t S_p \\ &= 0.9 \times 58 \times 450 [MPa] \\ &= 23,490 [N] \end{aligned} \quad (1)$$

K_i 는 보통 0.75~1.0 범위로 정해지는 상수로서 동하중을 고려하는 경우 통상 0.9를 사용하며, A_t 는 나사의 인장응력면적(Tensile stress area)으로서 M10나사의 경우에는 58 mm²가 된다. S_p 는 보증강도(Proof stress)로서 통상 사용 재료의 항복강도를 사용하고, 상기 F_i 는 볼트에 가해지는 초기 인장력으로서 그 값이 볼트가 영구변형을 일으키지 않는 정도까지 가능하면 높게 설정하는 것이 바람직하며 통상 항복강도에 가까운 값을 사용한다.

상기 체결력(F_i)에 의한 Torque (T)는 다음 식(2)와 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} T &= K F_i d \\ &= 0.2 \times 23,490 \times 10 \\ &= 46,980 [N-mm] \end{aligned} \quad (2)$$

여기에서 K 는 평균마찰계수, d 는 공칭 바깥지름이다.

상기 Torque (T)에 의한 볼트의 비틀림응력(전단응력, τ)은 다음 식(3)과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{16 T}{\pi d^3} \\ &= \frac{16 \times 46,980}{\pi \times 10^3} \\ &= 239 [MPa] \end{aligned} \quad (3)$$

3.1.2 유한요소 해석에 의한 볼트의 강도

Fig. 5와 Fig. 6은 상기 볼트에 대한 범용 유한요소해석(Finite Element Method) 프로그램 ANSYS를 이용한 해석 결과이다.

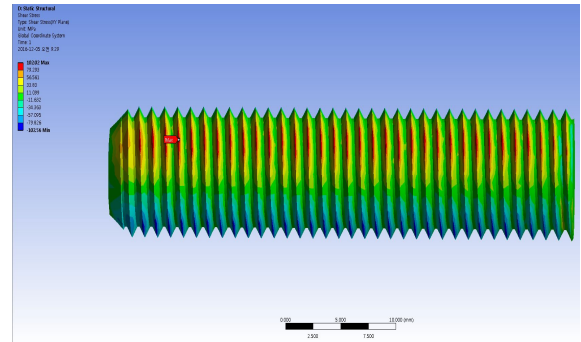


Fig. 5. Torsional stress under tightening force (F_i).

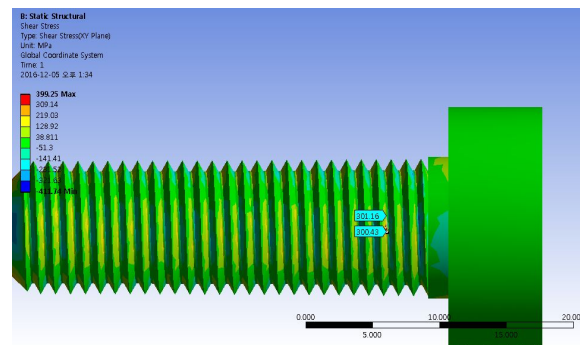


Fig. 6. Torsional stress under torque (T).

선박추진기 로프절단장치의 안전성 및 효용성에 관한 연구

유한요소해석 결과, 체결력(F_i)을 부가한 경우의 비틀림 응력(전단응력, τ)은 102 MPa, Torque (T)를 부가한 경우의 비틀림응력(전단응력, τ)은 300 MPa임을 알 수 있다. 또한 Torque (T)를 부가한 경우의 비틀림응력(전단응력, τ)은 300 MPa은 이론식으로 구한 239 MPa에 대략 1.25 정도의 응력집중계수가 반영된 값을 나타내고 있다. 따라서 전술한 이론식에 의한 M10 볼트의 강도 계산은 유한요소 해석 결과와 일치됨을 알 수 있다.

Holding block 체결용 M10 볼트의 강도를 이론식과 유한요소해석을 통하여 고찰한 결과, 이 볼트는 A2 70등급의 오스테나이트계열의 스테인리스강으로 제작되는 항복강도 450 MPa의 고강도 나사로서 안전수명설계의 관점에서 사용목적에 적합한 것으로 볼 수 있다.

3.2 실험 선박의 축계에 작용하는 비틀림응력 계산

3.2.1 프로펠러축에 발생하는 비틀림응력

선박에서 주기관의 출력(kW), 회전수(N), 토크(Torque, T), 이 토크에 의한 프로펠러축의 비틀림응력(전단응력, τ)의 관계를 아래 식(4)와 같이 정의할 수 있다.

$$T = 9,554,940 \frac{kW}{N} \quad [N\cdot mm] \quad (4)$$

따라서 실험 선박 주기관의 출력에 의해서 프로펠러축에 발생하는 비틀림응력(전단응력, τ)을 식(3)을 사용하여 구해보면 선박 별로 9.79 MPa, 7.95 MPa, 11.83 MPa이 된다.

3.2.2 실험 선박의 허용 비틀림응력

선박기관기준 제74조(중간축 및 프로펠러축등)에 의하면 디젤기관을 주기관으로 하는 선박의 중간축, 추력축, 프로펠러축 및 선미관축에 대한 비틀림응력(전단응력, τ)의 허용한도는 축의 등급(제1종, 제2종)과 사용 재료에 따라 아래 식(5)-(8)과 같이 규정하고 있으며, 이 식에 따라 시험선박의 허용 비틀림응력(전단응력, f_c)을 구할 수 있다.

$$f_c^1 = \frac{T + 160}{18} C_k \cdot C_d (3 - 2r^2) \quad (r \leq 0.9) \quad (5)$$

$$f_c^2 = 1.38 \frac{T + 160}{18} C_k \cdot C_d \quad (0.9 < r) \quad (6)$$

$$f_c^3 = A - B \cdot r^2 \quad (r \leq 0.9) \quad (7)$$

$$f_c^4 = C \quad (0.9 < r \leq 1.05) \quad (8)$$

- T 는 축의 재료의 규격최소인장강도(N/mm²).
- C_k 는 축의 종류 및 형상에 관한 계수.
- C_d 는 축의 크기에 관한 계수,
 $C_d = 0.35 + 0.93d - 0.2$
- d 는 축의 지름(밀리미터).
- r 은 사용회전수와 연속최대회전수의 비.
- A, B, C 는 재료의 종류에 대하여 정하는 정수.

이때, 선박기관기준 제74조에 의하여 비틀림응력의 허용한도가 가장 낮은 프로펠러축은 사용회전수와 연속최대회전수의 비(r)가 $0.9 < r \leq 1.05$ 인 f_c^4 의 경우이고 그 때의 비틀림응력 값은 12.5 MPa이다. 한편 실선실험 선박의 프로펠러축에 발생하는 비틀림응력은 앞서 계산한 바와 같이 각각 9.79, 7.95, 11.83 MPa이므로 축의 등급(제1종, 제2종), 사용 재료 등에 관계없이 비틀림응력의 허용한도를 만족시키는 것으로 확인되었다.

3.2.3 Locking up 시 발생하는 하중과 비틀림응력

로프절단장치가 장착된 선박에서 Locking up 이 발생할 경우, 앞서 계산된 M10 볼트의 체결력이 선박의 프로펠러, 프로펠러축, 중간축, 크랭크축 등에 전달될 수 있다. Holding block 체결용 3개의 M10 볼트 체결력의 합은 볼트 1개의 체결력에 곱하기 3을 한 것으로 다음과 같이 구할 수 있고, 이는 선박의 축계에 전달되는 에너지로 간주할 수 있다.

$$\begin{aligned} T_{total} &= (K F_i d) \times 3 \\ &= (0.2 \times 23,490 \times 10) \times 3 \\ &= 140,940 [N \cdot mm] \end{aligned} \quad (9)$$

상기 체결력이 손실 없이 모두 축계에 전달되는 경우 프로펠러축에 발생하는 비틀림응력을 다음과 같은 조건에서 구할 수 있다.

프로펠러축의 직경은 본 연구에서 실선실험 대상으로 선정된 로프절단장치(F2, F3, F4)가 적용될 수 있는 최소직경(120 mm)과 최대직경(230 mm)으로 선정하면, $K_i=0.9$, 항복강도 $Y_s=450$ MPa인 경우에 대하여 아래와 같이 계산할 수 있다.

- 프로펠러축의 직경 120 mm의 경우

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{16 T_{total}}{\pi d^3} \\ &= \frac{16 \times 140,940}{\pi \times 120^3} \\ &= 0.41 [MPa]\end{aligned}$$

- 프로펠러축의 직경 230 mm의 경우

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{16 T_{total}}{\pi d^3} \\ &= \frac{16 \times 140,940}{\pi \times 230^3} \\ &= 0.06 [MPa]\end{aligned}$$

즉, Locking up이 발생하는 경우에도 3개의 M10 볼트의 체결력에 의해서 선박의 축계에 발생하는 비틀림응력은 0.06 ~ 0.41 MPa 정도로서 아주 미미하여 축계에 영향을 미치기 전에 먼저 볼트가 풀리거나 파손될 것이므로 해당 볼트는 손상허용설계(Fail safe design)의 요건에 적합하게 설계된 것으로 평가할 수 있다.

4. 실선 실험 결과

인천 해역에서 창명3호를 대상으로 1차 실증 실험을 진행하였으며, 수중 카메라를 활용하여 절단 영상을 확인한 결과 전·후진 모든 상황에서 50 mm 굵기의 로프 및 나일론 어망을 문제없이 절단하였다.

2차 실증 실험은 Fig. 7과 같이 부산 해역에서 항만정화1호를 대상으로 진행하였으며, 실험결과 선박의 선형 및 추진기 하부 구조물로 인하여 로프 및 어망이 프로펠러 쪽으로 유입이 잘 되지 않는 상황이 발생하였으나, 원활하게 유입이 되는 경우에는 절단이 가능하였다. 또한, 간혹 프로펠러캡 쪽에 로프가 감기는 현상이 발생하였으나, 선박의 자력 이동에는 무리가 없었으며 절단장치로 인하여 선미관(stern tube) 쪽으로의 감김 진행은 억제되는 효과가 나타났다. 이를 통해 Fig. 8와 같은 선미 하부 형상을 가진 선박의 경우 다른 선형에 비해 로프 감김이 덜 발생할 수 있다는 것도 확인할 수 있었다.



Fig. 7. Picture of the 2nd test in Busan.



Fig. 8. Structure near the propeller underneath.

3차 실증 실험은 군산 해역에서 해양1호를 대상으로 진행하였으며, 그 결과 시험 대상선박이 소형(38톤)으로 추진축의 직경 및 절단장치 날의 크기가 작아서 40 mm 이상의 굵은 로프의 절단에는 어려움이 있었으나, 20 mm 로프 및 5 mm 나일론 어망의 절단에는 문제가 없음을 확인하였다. Fig. 9는 실선실험 기간 동안 수중 촬영한 동영상의 절단 순간 캡처 화면이며, Fig. 10은 실선 실험 후 수거한 절단 로프 및 어망의 사진이다. 그 중 d)는 제대로 절단되지 못하고 축계에 감긴 40 mm 로프를 수거한 사진이나, 감김 상태에서도 선박의 자력 이동에는 무리가 없었다.



Fig. 9. Capture of the moment of cutting rope.

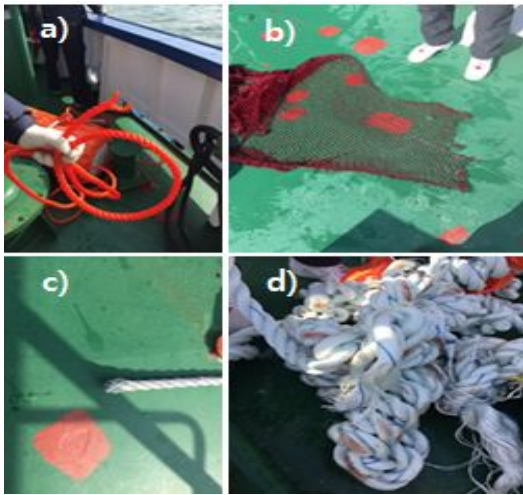


Fig. 10. Pictures of reprocessed ropes and net.

5. 결론

본 연구에서는 선박 추진기 감김 사고를 예방하기 위한 장비인 로프절단장치를 대상으로 이론식과 유한요소해석을 적용하여 안전성을 검토하였으며, 장치가 설치된 실제 선박 3척을 활용하여 절단장치의 효용성을 실증하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) Holding bolt 체결용 M10 볼트의 강도를 이론식과 유한요소해석 등을 통하여 고찰한 결과, 이 볼트는 BS_EN_ISO_3506-1에 규정된 A2 70등급의 오스테나이트계열의 스테인리스강으로 제작되는 항복강도 450 MPa의 고강도 나사로서 안전수명설계의 관점에서 사용목적에 적합한 것으로 판단된다.

(2) 실선실험 선박의 프로펠러축(120~230 mm)에 발생하는 비틀림응력은 축의 등급(제1종, 제2종), 사용 재료 등에 관계없이 선박기관기준 제74조(중간축 및 프로펠러축 등)에 규정된 비틀림응력의 허용한도를 만족시킨다.

(3) 상기 M10 볼트를 사용하여 Holding block을 고정하는 로프절단장치가 부착된 실험 선박에서 어떠한 원인에 의해서 로프가 절단되지 않을 경우(Locking up)에도 3개의 M10 볼트의 체결력에 의해서 선박의 프로펠러, 프로펠러축, 중간축, 크랭크축 등에 발생하는 비틀림응력은 0.06~0.41 MPa 정도로서 아주 미미하였다. 이로써 선박의 축계에 영향을 미치지 않고 볼트가 먼저 풀리거나 파손될 것이므로 해당 볼트는 손상허용설계의 요건에도 적합하게 설계된 것으로 평가할 수 있다.

(4) 실선실험에 사용된 모든 굵기의 로프 및 어망을 대체적으로 잘 절단하였으나, 소형선(38톤)의 경우 추진축의 직경 및 절단장치 날의 크기가 작아서 그보다 굵은 로프의 절단에는 효용성이 떨어지는 것으로 나타났다. 또한 일부 로

프의 감김 현상이 발생함에도 자력 항해에는 큰 무리가 없는 것으로 확인되었다.

(5) 실선실험 결과 선형 및 추진기 주변 형상과 구조물에 따라 로프 걸림의 정도차가 발생하고 로프의 유입 형태가 달라지며, 이로 인하여 로프절단장치의 효용성에도 차이가 발생하는 것으로 확인되었다. 따라서 향후 추진기 감김 사고 방지를 위해 선형 개발에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

- [1] Han, S. H.(2017), A Study on the Improvement for a Safety Training Course of the Commercial Fishing Vessel's Crew, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, Vol. 29, No. 6, pp. 1657-1669.
- [2] Lee, H. C. and H. J. Lee(2017a), Coastal Wastes Management System and Policy Trends in Japan, Jeonnam Law Review, Vol. 37, No. 3, pp. 267-292.
- [3] 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.
- [4] Park, C. H.(2008), A Study on the Resistance Performance of 39feet-class Leisure Boat with Propulsion Type of In-Out Board Engine, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 32, No. 8, pp. 1208-1214.
- [5] Suh, S. B.(2007), Study on tunnel geometry protecting a propeller using potential based panel method, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 31, No. 5, pp. 614-621.
- [6] Yang, Y. J. and S. Y. Kwon(2017), Rolling Motion Simulation in the Time Domain and Ship Motion Experiment for Algorithm Verification for Fishing Vessel Capsizing Alarm Systems, Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety, Vol. 23, No. 7, pp. 956-964.

Received : 2018. 03. 02.

Revised : 2018. 04. 03.

Accepted : 2018. 06. 27.