

# 폴리에스터 라운드 슬링의 작업안전성 향상 방안 연구 - 모서리 및 유효접촉면적에 대한 기준 중심으로

이진우<sup>1</sup> · 한철호<sup>2</sup> · 전영훈<sup>3</sup> · 이창희<sup>4†</sup>

## A Study on the Safety Improvement of Polyester Round-Sling Work - Criteria Establishment for Edge Radii and Effective Contact Width

Jin Woo Lee<sup>1</sup> · Cheol Ho Han<sup>2</sup> · Young Hun Jeon<sup>3</sup> · Chang Hee Lee<sup>4†</sup>

### †Corresponding Author

Chang Hee Lee

Tel : +82-51-410-4642

E-mail : chlee@kmou.ac.kr

Received : February 14, 2024

Revised : April 2, 2024

Accepted : June 12, 2024

**Abstract** : Polyester round slings are widely utilized in various work environments due to their lightweight, flexible nature and smooth surface that minimizes the risk of cargo abrasion or damage. However, specific guidelines intended to protect round slings from the damage caused by the sharp edges of cargo, thus preventing accidents in case the cargo falls, are lacking in South Korea. In this study, a comparative analysis was conducted on the regulations and guidelines related to round slings in South Korea and the United States. Further, experiments were carried out to determine the relationship between round slings and lifting accessories. The research identified specific shortcomings in the user manuals provided by round-sling manufacturers. Accordingly, certain measures were proposed for enhancing the operational safety of round slings: 1) establish criteria for edge protection of polyester round slings and 2) recommend standardization of the information provided by manufacturers. As developing new standards is a time-consuming task, this study proposes a method for enhancing the operational safety of round slings in the short term by introducing established safety standards from the United States—where safety has been proven over a considerable period of time—into the domestic context. In addition, it is recommended that edge criteria be permanently printed on the labels of round slings.

**Key Words** : round sling, minimum edge radii, bearing stress, minimum effective contact width

Copyright©2024 by The Korean Society of Safety All right reserved.

## 1. 서론

라운드 슬링은 하중 유지를 위한 코어를 직물 커버가 완전히 둘러싸고 있는 유연한 연속형(endless) 슬링으로서, 금속제 슬링(체인 슬링, 와이어로프 슬링 등)과 비교하여 무게가 가벼워 휴대가 간편하고, 유연하여 다양한 작업 환경에 적용할 수 있으며, 부드러운 표면으로 인해 화물의 긁힘이나 손상을 최소화할 수 있어 많은 현장에서 사용하고 있다. 라운드 슬링은 폴리아

마이드, 폴리에스터, 폴리프로필렌 등의 인조 섬유 재료를 이용하여 제조하기 때문에 섬유 재료의 특성을 고려하여 사용하여야 하며, 모서리, 마찰과 마모로부터 보호되어야 한다.

줄걸이작업은 크레인을 이용한 중량물 인양 시 발생하는 중대재해의 원인에 많은 부분을 차지하고 있고<sup>1)</sup>, 줄걸이작업 안전사고의 상당 부분은 섬유제 슬링(평판 직 웨빙 슬링, 라운드 슬링)의 파단 또는 잘못된 사용 방법에 의해 발생하고 있다<sup>2)</sup>. 그러나 선행연구들은 줄

<sup>1</sup>한국해양수산연수원 해양기술교육팀 교수 (Ocean Technology Training Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology)

<sup>2</sup>(주)한국중기계연구소 소장 (Hankook Heavy Machinery)

<sup>3</sup>한국조선기자재연구원 책임연구원 (Korea Marine Equipment Research Institute)

<sup>4</sup>한국해양대학교 항해융합학부 교수 (Division of Navigation Convergence, Korea Maritime and Ocean University)

걸이작업자를 위한 전문교육 및 자격제도의 도입<sup>3,4)</sup>, 산업에 특화된 교육과정의 개발<sup>5)</sup> 등과 같이 작업자 안전관리 능력의 향상에 초점을 맞추고 있거나, 그로맷의 안전기준 제정<sup>6)</sup>, 체인슬링의 안전기준 개정<sup>7)</sup> 등과 같이 금속제 슬링의 작업안전성을 향상하는데 중점을 두고 있다. 또한, 한국산업표준(Korean Industrial Standards, KS) KS K 0930:2021 또는 한국산업안전보건공단(Korea Occupational Safety and Health Agency, KOSHA) 기술지침 M-94-2011은 라운드 슬링의 안전요구사항, 사용 시 주의사항, 검사와 수리 방법 등을 규정하고 있으나, 라운드 슬링 사용 시 모서리의 기준, 라운드 슬링과 샤클 등의 인양용구와의 관계와 같은 구체적인 정보는 포함하지 않고 있다.

이 연구에서는 라운드 슬링 관련 우리나라와 미국의 규정 및 지침을 비교·분석하고, 라운드슬링과 인양용구와의 관계를 실험을 통해 실증분석하여, 현재 제조사가 제공하고 있는 사용자 매뉴얼의 문제점을 파악하여 라운드 슬링의 작업안전성을 향상시키기 위한 방안을 제시한다.

## 2. 연구 방법

이 연구는 폴리에스터 라운드 슬링에 한정하여, 한국과 미국의 규정 및 지침을 비교하여 각국의 라운드 슬링 제조사가 사용자에게 제공하는 정보의 차이를 식별하고, 각 지침을 작업사례에 적용하여 지침별 작업안전성을 비교·분석하였다. 또한 라운드 슬링이 다양한 크기의 인양용구에 연결되었을 때 파단하중의 변화를 파악하기 위한 시험을 수행하였다. 이 시험은 200톤 인장시험기(모델번호: WLS25T, 일련번호: 29785)를 활용하여 인장시험기에 다양한 크기의 샤클의 몸체와 사용하중이 3톤인 폴리에스터 라운드 슬링을 아래의 Fig. 1과 같이 연결하고 라운드 슬링이 파단될 때까지 인장하여, 인장시험기의 로드셀을 통해 결과값을 확인하였다.



Fig. 1. Connection method of shackle and round-sling for breaking strength test.

이와 같이 국내의 규정 및 지침의 비교·분석과 샤클의 크기에 따른 라운드 슬링의 파단하중 변화를 분석하여, 라운드 슬링 작업의 안전성을 향상시키기 위해 제조사가 사용자에게 제공하여야 하는 정보를 제안하였다.

## 3. 한국과 미국의 규정 · 지침 비교 분석

### 3.1 한국의 규정 · 지침

#### (가) 한국산업표준

KS K 0930 (일반 용도의 인조 섬유제 라운드 슬링)<sup>8)</sup>은 폴리아마이드(Polyamide, PA), 폴리에스터(Polyester, PET), 폴리프로필렌(Polypropylene, PP) 재질의 사용한계하중(Working Load Limit, WLL) 40 t 이하의 라운드 슬링의 요건에 대하여 규정한다. 라운드 슬링의 하중 지지 부분을 담당하는 실의 타래인 코어는 WLL의 7배 이상의 힘을 견디도록 요구하고 있어, 라운드 슬링의 안전계수(달기구의 파단하중 값을 달기구에 걸리는 하중의 최대값으로 나눈 값)는 7 이상이며, 코어를 둘러싸고 있는 커버는 WLL의 2배 미만의 힘에서 파괴되지 않아야 한다.

한국산업표준은 인양될 화물의 하중의 성질, 사용 형태를 고려하여 WLL을 판단하도록 하고 있으며, 사용 방법, 작업 환경, 하중의 성질, 하중의 크기, 형태와 중량이 모두 라운드 슬링의 선택과 사용에 영향을 미칠 수 있음을 강조하고 있으며, 모서리, 마찰, 마모로부터 슬링을 보호하기 위하여 보호 부품을 공급하거나, 초크 걸이 시 열 감소를 위해 초크 각도를 Fig. 2와 같이 자연 각(120°)을 형성하도록 요구하고 있다. 그러나 모서리 보호 부품의 사용 기준, 라운드 슬링과 리프팅 액세서리의 연결부에서의 지압응력 감소를 위한 조치 기준 등을 구체적인 수치로 규정하지는 않는다.

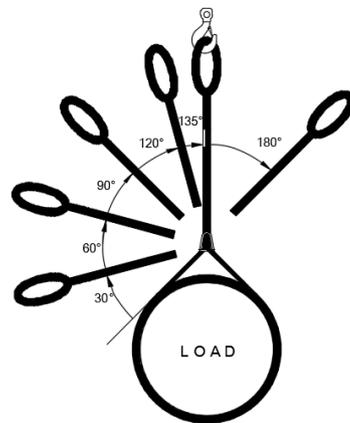


Fig. 2. Angle of choke.

KS K 0930은 라운드 슬링에 표시해야 하는 사항과 라운드 슬링의 사용과 유지 보수를 위해 제조자가 제공해야 하는 정보를 규정하고 있다. 라운드 슬링의 표시사항은 ① 사용 한계 하중, ② 라운드 슬링의 소재, ③ 부속품의 등급, ④ 공칭 길이, ⑤ 제조자 정보, ⑥ 추적 코드, ⑦ 표준 번호로서, 읽기 쉽고 지워지지 않는 방식으로 라운드 슬링에 직접 고정하여야 하며, 제조자는 또한 적절한 유지 보수를 위해 슬링의 사용조건, 슬링의 선택과 사용, 검사와 유지 등에 대한 문서화된 정보를 제공하도록 규정되어 있다.

**(나) 한국산업안전보건공단 기술지침**

KOSHA Guide M-94-2011(인조섬유 라운드슬링 사용에 관한 기술지침)<sup>9)</sup>은 인조섬유 라운드슬링의 안전한 사용방법을 규정하고 있다. 기술지침은 WLL을 판단할 때 소재강도, 설계요소, 걸기형식, 권상 시의 각도 및 슬링사용에 대한 곡률반경을 고려하고, 사용 시 슬링이 날카로운 부분과 맞닿는 경우 슬링을 보호할 수 있는 충분한 강도를 갖는 재료를 덧대어 사용하도록 강조하고 있으며, 초크 각도의 경우 KS와 동일한 요건을 명시하고 있다. 그러나 KS와 동일하게 날카로운 부분에 대한 기준과 슬링 사용에 대한 곡률반경에 대한 구체적인 수치는 명시하지 않고 있다.

**3.2 미국 규정 및 지침**

**(가) OSHA 지침**

Occupational Safety and Health Administration (OSHA)는 “Guidance on safe sling use”을 통해 라운드 슬링의 안전한 사용방법을 제시하고 있다<sup>10)</sup>. 지침의 주요내용은 슬링의 식별, 정격하중, 부속품, 점검방법, 슬링 사용 시 주의 사항 등으로 국내 지침과 유사하다. 상기 지침은 미국기계학회(The American Society of Mechanical Engineers, ASME), 국립산업안전보건원(National Institute for Occupational Safety & Health, NIOSH) 등의 기관에서 발행한 지침을 참조하여 제작되었음을 밝히고 있다.

**(나) 미국기계학회**

미국기계학회(ASME)는 B30.9-2018<sup>11)</sup>에서는 라운드 슬링의 안전한 사용방법을 규정하고 있다. 라운드 슬링의 선정과 관련된 주요 내용은 국내 기준과 유사하지만, 폴리에스터 재질의 라운드 슬링은 부착된 부속 쇠붙이나 리깅 액세서리의 형상이나 크기에 따라 WLL의 감소를 고려할 필요가 있을 수 있으며, 부속 쇠붙이나 리깅 액세서리의 경우에는 Web Sling and Tie Down Association (WSTDA)에서 발행한 폴리에스터 라운드

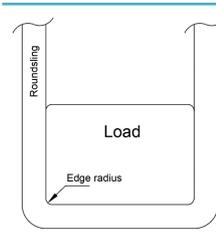
슬링에 관한 권장사항을 규정한 표준인 WSTDA-RS-1 (Recommended standard specification for Synthetic Polyester Roundslings)<sup>12)</sup>의 조건을 만족하거나 슬링의 제조사나 유자격자의 권고에 따라야 함을 강조하고 있다.

**(다) Web Sling and Tie Down Association**

Web Sling and Tie Down Association (WSTDA)는 폴리에스터 라운드 슬링(Synthetic Polyester Roundslings, WSTDA-RS-1)과 고성능 원사 라운드 슬링(High Performance Yarn (HPY) Roundslings, WSTDA-RS-1HP)<sup>13)</sup>에 대한 기준을 규정하고 있다. WSTDA의 라운드 슬링의 선정과 사용 시 주의사항은 국내 기준과 유사하지만 모서리로부터 라운드 슬링을 보호하는 기준에 대하여 상세히 규정하고 있다는 점에서 국내 기준과 차이가 있다.

Table 1은 폴리에스터 라운드 슬링이 직접 화물의 모서리에 접촉하는 경우 필요한 모서리의 반경을 나타낸 것으로서, 슬링의 용량이 커지면 모서리의 반경 값 또한 증가한다.

**Table 1.** Examples of minimum edge radii suitable for contact with unprotected polyester roundslings

	Vertical rated capacity (Lbs.)	Minimum Edge radii (Inches)	Sling width at load (Inches)
	2,600	0.14	0.97
	5,300	0.21	1.29
	8,400	0.26	1.66
	10,600	0.30	1.78

라운드 슬링을 샤클과 같은 하드웨어에 연결하는 경우 모서리의 반경은 Table 2와 같이 WSTDA에서 제시하는 값을 적용하거나, 아래의 식 (1), (2)와 같이 라운드 슬링과 하드웨어 사이의 지압응력(Bearing stress, B.S.)을 계산하여 값이 7,000 Lbs./in<sup>2</sup> (4.92 kg/mm<sup>2</sup>) 보다 작아야 한다.

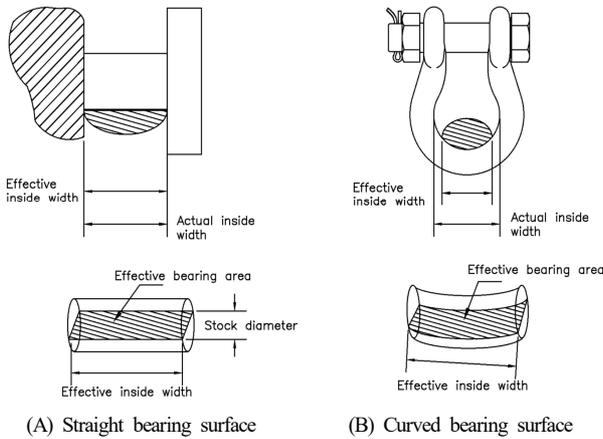
$$Load\ bearing\ area = Hardware\ thickness \times effective\ contact\ width \tag{1}$$

$$Bearing\ stress = \frac{Sling\ load\ value}{Load\ bearing\ area} \tag{2}$$

식 (1)에서 실하중면적을 구할 때에는 Fig. 3과 같이 라운드 슬링과 접촉하는 부분이 직선인 경우에는 실제 내측폭의 100%를 적용하고 접촉면이 곡선인 경우에는 실제 내측폭의 75%를 적용한다. 식 (2)는 슬링에 걸리는 하중을 하드웨어의 유효접촉면적으로 나눈 값이다.

**Table 2.** Examples of suitable connection hardware sizes for polyester roundslings, when used in a vertical or choker hitch

WSTDA roundsling size	Round sling		Hardware size	
	Rated capacity vertical hitch (Lbs.)	Minimum stock diameter or thickness (Inches)	Minimum effective contact width (Inches)	
1	2,600	0.39	0.97	
2	5,300	0.59	1.29	
3	8,400	0.72	1.66	
4	10,600	0.85	1.78	



**Fig. 3.** Effective inside width for a flat & curved surface.

#### 4. 작업 안전성 비교 · 분석

##### 4.1 사례를 통한 지침별 작업안전성 비교 · 분석

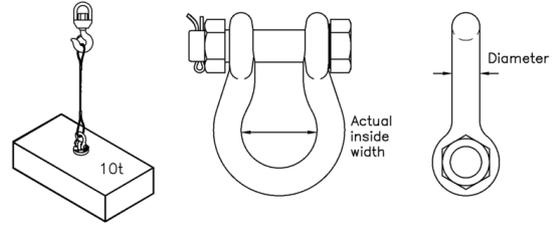
이 장에서는 10톤의 화물을 Fig. 4와 같은 조건으로 라운드 슬링을 연결하여 인양할 때 한국과 미국의 규정 및 지침에 따른 작업안전성을 비교 · 분석하여, 국내 라운드 슬링 사용지침의 문제점을 제시한다.

Fig. 4와 같이 질량이 10톤인 화물을 WLL 12.5톤의 크로스비사의 G-2140 샤클을 이용하여 직접걸어매어 WLL 10톤(안전계수 6)의 라운드 슬링으로 인양할 경우 지침별 작업안전성을 비교하면 Table 3과 같다.

국내 지침에 따라 상기 작업의 작업안전성을 검토하면 샤클 및 라운드 슬링의 용량이 화물의 무게보다 크기 때문에 줄걸이 용구의 조합에 문제가 없는 것처럼 보인다. 그러나 WSTDA의 라운드 슬링과 하드웨어의 선정 공식 (1), (2)를 적용하면,

$$B.S. = \frac{10,000}{68.3 \times 0.75 \times 25.4} = 7.69 \text{ kg/mm}^2$$

Bearing stress 값이 4.92 kg/mm<sup>2</sup>를 초과하여 불안정한 작업으로 판정된다. 상기 작업을 WSTDA에서 제시



**Fig. 4.** An example of operational conditions.

**Table 3.** Comparison of work safety according to guidelines

Guideline	Load (ton)	Shackle (Crosby G-2140)			B.S.	Whether the criteria are met
		WLL (ton)	Diameter (mm)	Inside width (mm)		
KOSHA	10	12.5	-	-	-	○
		12.5	25.4	68.3	7.69	×
WSTDA	10	15	28.7	73.9	6.29	×
		18	32.8	82.6	4.92	○

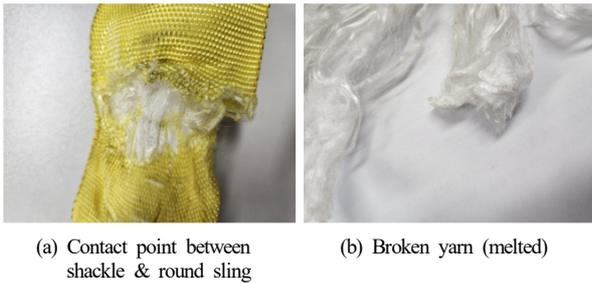
한 Bearing stress 4.92 kg/mm<sup>2</sup> 범위에서 작업을 수행하기 위해서는 화물의 질량은 10톤이지만 18톤의 샤클을 연결하여 작업하여야 한다.

##### 4.2 샤클의 크기에 따른 라운드 슬링의 파단하중 변화 시험

앞서 언급한 것과 같이 B.S.는 라운드 슬링의 작업 안정성에 많은 영향을 미친다. 이 장에서는 인장시험기를 통한 라운드 슬링 파단하중 시험을 통해 라운드 슬링에 연결되는 샤클의 크기 변화에 따른 라운드 슬링의 파단하중 변화를 확인하였으며, 시험 결과는 Table 4와 같다. 하중시험은 KS K 0930 부속서 A 안전요구사항 검증을 위한 시험방법을 준용하여 시험편에 대하여 시험환경은 온도: 최저 13°C/최고 24°C, 습도: 최저 25%RH/최고 62%RH에서 110 mm/min의 속도로 신장시켰으며<sup>8)</sup>, 라운드슬링에 연결되는 샤클의 크기를 변경하는 방식으로 반복 시험을 수행하였다. 시험에 사용된 샤클의 용량은 최소 3.25톤에서 최대 25톤이며, WLL 3톤 라운드 슬링과 접촉하는 샤클의 유효면적은 Table 4와 같이 샤클의 WLL이 증가함에 따라 커진다. 파단 시 B.S.는 식 (2)와 같이 라운드 슬링의 파단하중을 샤클의 유효면적으로 나누었을 때의 값으로 표시하였으며, 라운드 슬링이 파단하였을 때 샤클과 접촉한 부위에 마찰열에 의한 영향이 있는지 여부를 확인하였다. 실험에 따르면 라운드 슬링과 접촉하는 샤클의 단면적이 감소함에 따라 단위면적당 라운드 슬링이 받는 힘이 증가하여 파단하중 값은 감소하는 경향을 보였으며, 라운드 슬링 파단 시 B.S.가 WSTDA에서 제시하고 있는 기준 값 4.92 kg/mm<sup>2</sup> 보다 큰 경우에는 라운드

**Table 4.** Changes in breaking strength of round slings with shackle size

Shackle				Round sling (SF: 6)			
WLL (ton)	Diameter (mm)	Inside width (mm)	Effective contact area (mm <sup>2</sup> )	WLL (ton)	Breaking strength (ton)	B.S.	Yam's melting occurs
3.25	16	42.9	514.8	3	13.07	25.4	○
4.75	19.1	51	730.6	3	12.89	17.6	○
6.5	22.4	58	974.4	3	14.19	14.6	○
8.5	25.4	68.5	1304.9	3	14.82	11.4	○
12	31.5	82.5	1949.1	3	16.47	8.5	○
17	38.1	98.5	2814.6	3	18.67	6.6	○
25	44.5	127	4238.6	3	18.30	4.3	×



**Fig. 5.** Round sling where melting occurred.

슬링에 마찰열에 의한 늘어붙음 현상이 위의 Fig. 5와 같이 관찰되었다.

### 5. 개선방안

라운드슬링의 접촉폭(B), 물체의 지름(D)이 있을 때 접촉 압력(P)는 지탱하고 있는 무게(W)를 라운드슬링의 접촉폭과 물체의 지름을 곱한 값으로 식 (3)과 같다.

$$P = \frac{W}{B \times D} \quad (3)$$

즉, 접촉 압력은 슬링이 하중과 접촉하는 면에서의 지압응력이다. 지압응력은 지압반경이 클수록 슬링에 걸리는 압력은 감소하고, 반대로 지압반경이 작을수록 접촉 압력은 커진다. 앞서 시험한 결과는 이와 같은 특성을 잘 보여주고 있다.

라운드 슬링은 연결되는 인양용구의 특성에 따라 성능에 차이를 보인다. 그러나 국내 기준은 라운드 슬링을 안전하게 사용하기 위해서는 작업 환경, 하중의 성질, 형태와 중량 등의 요소와 모서리, 마찰, 마모로부터 슬링을 보호해야 한다는 일반적인 지침만을 제시하고 있을 뿐 모서리 보호 부품의 사용 기준, 라운드 슬링과

인양용구의 연결부에서의 열 감소를 위한 세부적인 기준 등에 대해서는 규정하지 않고 있다. 국내의 기준과 시험결과를 바탕으로 라운드 슬링의 작업안전성을 개선하기 위한 방안을 제안하면 다음과 같다.

#### 5.1 폴리에스터 라운드 슬링의 모서리 기준 마련

폴리에스터 라운드 슬링은 인조 섬유 재료를 사용하여 제조하기 때문에 섬유 재료의 특성을 고려하여 사용하여야 하며, 모서리, 마찰과 마모로부터 보호되어야 한다. 국내 기준은 “슬링이 날카로운 부분과 맞닿는 경우 슬링을 보호할 수 있는 충분한 강도를 갖는 재료를 덧대어 사용하여야 한다.”<sup>9)</sup>는 지침을 규정하고 있다. 그러나 날카로운 부분의 정의는 작업자 마다 차이를 보일 수 있어 동일한 작업조건에서도 보호대를 덧대는 작업자가 있는 반면 보호대 없이 작업을 수행하는 경우도 발생할 수 있다. 따라서 이러한 혼란을 예방하기 위해서는 WSTDA와 같이 모서리에 대한 기준을 KOSHA 지침에 명확하게 제시하여 모든 작업자가 동일한 기준을 가지고 작업을 수행할 수 있도록 할 필요가 있다. 모서리에 대한 기준을 신규로 마련하는 것은 많은 비용과 시간을 필요로 한다. 따라서 모서리에 대한 기준은 WSTDA와 같이 안전분야 선진국에서 이미 장기간 시행하여 안전성이 검증된 기준을 국내에 도입하여 시행하는 것이 단기간에 라운드 슬링의 작업안전성을 향상시키는 방법으로 사료된다. 따라서, KOSHA Guide M-94-2011의 6.2 (3) 사용시 주의사항에 “라운드 슬링을 사클과 같은 하드웨어에 연결하는 경우 모서리의 반경은 WSTDA에서 제시하는 값을 적용하거나, 식 (1), (2)와 같이 라운드 슬링과 하드웨어 사이의 지압응력(Bearing stress, B.S.)을 계산하여 값이 7,000 Lbs./in<sup>2</sup> (4.92 kg/mm<sup>2</sup>) 보다 작아야 한다.”는 지침을 추가하고, <별표 3>으로 폴리에스터 라운드 슬링이 직접 화물의 모서리에 접촉하는 경우 필요한 모서리의 반경과, 라운드 슬링을 사클과 같은 하드웨어에 연결하는 경우 모서리의 반경을 WSTDA의 기준을 참조하여 상세히 규정할 것을 제안한다.

#### 5.2 제조사 제공 정보 표준화

폴리에스터 라운드 슬링의 안전과 관련된 요구사항을 규정하고 있는 KS K 0930<sup>8)</sup>은 라운드 슬링에 표시해야 하는 사항과 라운드 슬링의 사용과 유지 보수를 위해 제조사가 제공해야 하는 정보를 규정하고 있으나 내용이 한정되어 있고, 제조사 정보의 경우 별도의 책자와 같이 문서화된 형태로 제공되기 때문에 현장에서 관련 정보를 확인하는 것이 어렵다. 따라서 모서리 기

준과 같이 라운드 슬링의 안전에 직접적인 영향을 미치는 정보의 경우 슬링의 표시사항으로 규정하여 라벨에 표시함으로써 라운드 슬링에 봉제되도록 하는 것이 현장에서 쉽게 중요한 정보를 확인하여 작업에 적용할 수 있는 방법으로 사료된다. 이에 KS K 0930의 7.1 일반에 규정된 기존 슬링의 표시사항 7가지에 추가하여 “라운드슬링을 보호하기 위해 필요한 최소 모서리 반경”의 추가를 제안한다.

## 6. 결론

폴리에스터 라운드 슬링은 무게가 가볍고 유연할 뿐만 아니라 부드러운 표면으로 인해 화물의 긁힘이나 손상을 최소화할 수 있어 많은 현장에서 활용되고 있으나, 화물의 날카로운 모서리에 접촉하여 슬링이 끊어져 화물이 낙하하는 사고 또한 발생하고 있다. 그러나 폴리에스터 라운드 슬링의 작업안전에 관련된 국내 지침은 슬링 사용 시 안전에 관한 일반적인 지침만을 제시하는 한계가 있어, 라운드 슬링의 작업안전성을 향상시키기 위해서는 라운드 슬링을 모서리로부터 보호하기 위한 구체적인 기준이 마련되어야 할 것이다.

살펴본 바와 같이 폴리에스터 라운드 슬링을 보호하기 위한 기준은 국외에서 마련되어 시행되고 있으나 국내에는 마련되어 있지 않다. 새로운 기준을 개발하는 것은 많은 시간을 소요하는 작업이다. 따라서 이미 마련되어 장기간 시행하여 안전성이 검증된 기준을 국내에 도입하여 기준 불비의 상태를 해소하는 것이 단기간에 라운드 슬링의 작업안전성을 향상시키는 방법일 것이다. 또한 슬링의 안전에 직접적인 영향을 미치는 정보(최소 모서리 반경 등)의 경우 슬링의 표시사항으로 규정하여 라운드 슬링에 봉제되도록 하는 것이 현장에서 쉽게 중요 정보를 확인하여 작업에 적용할 수 있는 방법으로 사료된다.

이 연구는 국내기준과 미국의 기준을 분석하고, 시험을 통해 라운드 슬링과 리깅 액세서리의 관계를 파악하여, 라운드슬링 파단에 영향을 미칠 가능성이 있는 지압응력에 대한 WSTDA 규격의 도입에 앞서 현장에 적용할 수 있는지를 검증하였다. 그러나 이 연구는 단일 톤수의 슬링과 한정된 종류의 리깅 액세서리만을 대상으로 결과를 도출한 한계가 존재한다. 따라서 후속 연구의 방향은 다양한 형태의 리깅 액세서리를 대상으로 라운드 슬링의 지압응력 변화를 시험하고, 라운드 슬링의 재료특성, 코어의 구조, 모서리부 접촉조건 등에 따른 복합적인 파단 메커니즘에 대해 종합적으로 검토하여 산업안전을 담보하는데 필요한 기초를

마련하는 연구를 확대하고자 한다.

## References

- 1) Korea Occupational Safety and Health Agency, “Social Issue\_Accident casebook”, 2021.
- 2) J. W. Lee, I. Phillips and Z. Lynch, “Causes and Prevention of Mobile Crane-related Accidents in South Korea”, Int. J. Occup. Saf. Ergon., pp. 1-10, 2020.
- 3) C. H. Yeom, J. H. Lee and H. Park, “A Study on the Introduction of a Rigging and Slings Certificate System to Reduce a Struck by Object Accidents”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 5, pp. 92-100, 2018.
- 4) C. H. Han, “A Study on the Reduction of Serious Accidents by Rigging Work through Comparative Analysis of Korea and Japan”, OSH Res. Bri, Vol. 4, No. 10, pp. 38-45, 2010.
- 5) J. Lee, C. Han, Y. Woo, J. Lee and C. Lee, “A Study on the Development of Rigging and Slings Course for Seafarers”, J. Kor. Soc. Fish. Mar. Edu., Vol. 28, No. 6, pp. 1561-1572, 2016.
- 6) J. Lee, C. Han, S. Lee, Y. Jeon and C. Lee, “Improvement of Grommet Work Safety by Comparison of Domestic and Foreign Guidelines”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 37, No. 4, pp. 63-72, 2022.
- 7) J. W. Lee, H. Han, W. Lee, H. Jeon, H. Lee and C. H. Lee, “A Study on the Safety Improvement of Lifting Purpose Chain Sling”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 38, No. 4, pp. 60-67, 2023.
- 8) Korean Agency for Technology and Standards, “KS K 0930 Textile Sling-Safety-Part 2: Artificial Fiber Round Sling for General Use”, 2021.
- 9) Korea Occupational Safety and Health Agency, “M-94-2011 Technical Guidelines for the use of Artificial Fiber Round Sling”, 2011.
- 10) Occupational Safety and Health Administration, “<https://www.osha.gov/safe-sling-use/sources>”, Retrieved on 12. 20.2023.
- 11) The American Society of Mechanical Engineers, “ASME B30.9-2018 Slings”, 2018.
- 12) Web Sling & Tie Down Association, “Recommended Standard Specification for Synthetic Polyester Roundslings”, 2010.
- 13) Web Sling & Tie Down Association, “Recommended Standard Specification for High Performance Yarn (HPY) Roundslings”, 2016.