

인양용 체인슬링의 안전성 향상 방안 고찰

이진우¹ · 한철호² · 이송우³ · 전영훈⁴ · 이창희^{5†}

A Study on the Safety Improvement of Lifting Purpose Chain Sling

Jin Woo Lee¹ · Cheol Ho Han² · Song Woo Lee³ · Young Hun Jeon⁴ · Chang Hee Lee^{5†}

†Corresponding Author

Chang Hee Lee

Tel : +82-51-410-4642

E-mail : chlee@kmou.ac.kr

Received : May 25, 2023

Revised : July 18, 2023

Accepted : July 31, 2023

Abstract : Various lifting slings are used in domestic industrial sites depending on the purpose, form, and environment. Each sling has its characteristics, and safe lifting work is possible when its performance meets the regulations. Therefore, this study analyzed domestic and foreign regulations and guidelines related to chain slings. It identified significant problems by analyzing the chain-sling-related disaster cases. The current status of chain slings used by various industries and the ways to improve chain sling safety were studied. The major chain sling issues were: 1) employing improper components to chains, 2) having different safety coefficients between the regulation and industrial standards, and 3) using chains unsuitable for lifting purposes. Based on these issues, the following measures were proposed to improve chain sling work safety: 1) revise the safety coefficient requirements under the Regulations on Occupational Safety and Health Standards, 2) disseminate specialized sling courses, and 3) strengthen on-site chain slings-related training. In the future, this study is expected to minimize chain use mistakes by unifying the safety coefficient related to chain slings and recognizing the importance of correctly selecting components employed in the chain.

Key Words : chain sling, safety coefficient, rated load, pitch

Copyright©2023 by The Korean Society of Safety All right reserved.

1. 서론

중량물을 한 장소에서 다른 장소로 이동시키는 운반 작업을 수행하기 위해서는 크레인 뿐만 아니라 중량물과 크레인을 연결하는 와이어로프슬링, 체인슬링, 섬유크슬링, 후크, 샤클 등과 같은 달기구(줄걸이용구) 또한 필요하다. 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하, 안전보건규칙) 제38조는 중량물 취급작업에 따른 재해를 예방하고자 사전에 유해위험요인을 파악하여 작업계획서를 작성하고, 그 계획에 따라 작업을 수행하도록 하고 있다. 작업계획서는 크레인 정보, 작업개요, 작업조건, 달기구의 능력, 작업안전계획, 작업 계획도 등이 포함된다¹⁾. 법은 또한 화물의 하중을 직접 지지하는 달기구의 안전계수(달기구의 파단하중 값을 달기구에 걸리는

하중의 최대값으로 나눈 값)를 명시하여, 기준을 충족하지 못하는 달기구는 사용하지 못하도록 하고 있다. 이에 따라 국내에서 사용되는 화물을 직접 지지하는 모든 달기구는 제조 시 적용된 산업표준과 상관없이 국내법에서 요구하는 요건을 충족하여야 한다.

줄걸이작업은 사망재해가 지속적으로 발생하고 있는 위험한 작업으로²⁾, 안전사고를 저감하기 위한 다양한 선행연구들이 이루어졌다. Yeom 등³⁾은 건설현장 줄걸이작업 안전사고를 저감하는 방안으로 줄걸이 작업자 전문교육 및 자격제도의 도입을 제안하였고, Lee 등⁴⁾은 해상 줄걸이작업인력에 대한 교육과정 개발을 제안하였다. Han²⁾은 연구에서 줄걸이작업 사망재해의 주요 원인으로 줄걸이용구의 관리부실과 불안정한 작업방법을 제시하고 이에 대한 해결 방안으로 줄걸이

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

²(주)한국중기계 연구소장 (Korea Heavy Machinery)

³금산하이텍고등학교 교사 (Geumsan Hitech Highschool)

⁴한국조선기자재연구원 책임연구원 (Korea Marine Equipment Research Institute)

⁵한국해양대학교 항해융합학부 교수 (Division of Navigation Convergence, Korea Maritime and Ocean University)

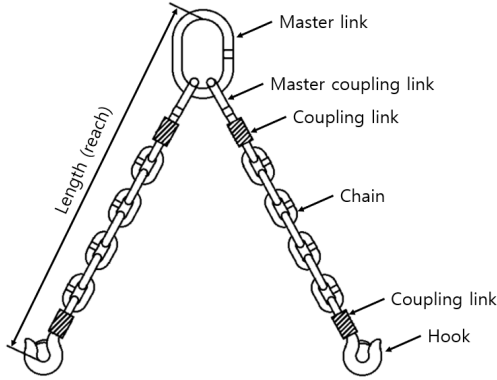


Fig. 1. Example of two leg chain sling.

작업자 교육제도의 도입을 주장하였다. 그러나 선형연구들은 전체적인 줄길이 작업에서 작업자의 능력향상을 통해 작업안전성을 향상하는 방안에 초점을 맞추고 있으며, 체인슬링과 관련된 재해를 예방하기 위한 자료는 체인의 안전한 사용방법에 초점을 맞춘 정부기관의 지침⁵⁾ 정도로 미미한 수준이다.

체인슬링이란 체인의 양 끝에 마스터 링크, 중간 링크, 결합 쇠붙이, 훅 등을 결합한 것을 말하며 크레인에 설치되어 동력 전달용으로 사용되는 체인과 구별된다. 체인슬링의 종류는 연결방법에 따라 조립식과 용접식, 등급에 따라 M, S, T, V 급, 결합된 줄의 수에 따라 1, 2, 3, 4줄 매달기로 나누어진다.

Fig. 1은 조립식 2줄 매달기 체인 슬링의 길이와 부속 쇠붙이의 명칭을 나타낸 것이다.

본 연구는 체인슬링과 관련된 국내외 규정 및 지침을 비교·분석하고, 체인슬링의 재해사례 및 다양한 업종의 기업에서 체인슬링을 사용하는 현황을 파악하여 체인슬링 사용의 주요 문제점을 기계적, 규범적 관점에서 시사점을 도출하였다. 이를 통해 체인슬링을 이용한 중량물 취급작업의 안전 향상 방안을 제안하여 현장 실무의 효율성 및 안전성을 담보하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 국내외 규정 및 지침 분석

국내 산업현장은 작업의 목적, 형태, 환경 등에 따라 다양한 형태의 달기구를 사용하고 있다. 달기구는 산업안전보건법 제84조 및 제89조에서 규정한 안전인증 또는 자율안전확인대상 기계 등에 포함되지 않는다. 이에 다양한 달기구의 제조, 시험, 표시 및 점검에 대한 한국산업표준(Korean Industrial Standards, KS)이 존재하지만, 일본공업규격(Japanese Industrial Standards, JIS), 미국기계학회(The American Society of Mechanical

Engineers, ASME) 등과 같은 다양한 기준에 의해 제조된 달기구 또한 국내 산업현장에서 사용되고 있다. 따라서 이 장에서는 체인슬링과 관련된 국내외 규정 및 지침을 비교·분석한다.

2.1 국내법령 및 지침

(가) 산업안전보건법령

산업안전보건법령에서 정한 안전보건조치에 대한 세부적인 사항은 안전보건규칙에 규정되어 있다. 안전보건규칙 제163조는 양중기(크레인, 이동식 크레인, 리프트, 곤돌라, 승강기)에 사용되는 달기구의 안전계수를 규정하고 있다. 법령에 규정된 달기구의 사용 방식에 따른 안전계수(안전율) 기준은 아래와 같다.

- ① 근로자가 탑승하는 운반구를 지지하는 달기와의 어로프 또는 달기체인 경우: 10 이상
- ② 화물의 하중을 직접 지지하는 달기와의어로프 또는 달기체인 경우: 5 이상
- ③ 훅, 샤클, 클램프, 리프팅 빔의 경우: 3 이상
- ④ 그 밖의 경우: 4

위 ①, ②에서 ‘달기체인’이란 ‘체인슬링’의 법정 용어이다.

(나) 한국산업표준

KS B 6243(호이스트용 체인슬링)은⁶⁾ 체인슬링에 사용하는 링크 체인(이하, 체인)의 종류를 선지름 및 등급으로 구분한다. Fig. 2는 체인 링크의 상세도를 나타낸 것으로, 여기서, d = 선지름, p = 피치, a = 내면 너비, b = 외면 너비를 나타낸다. Fig. 3은 인양용 체인과 그 외 용도의

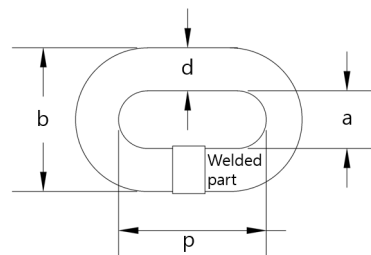


Fig. 2. Detailed view of chain links.



Fig. 3. Different chains.

Table 1. Examples of mechanical requirement of chain (kN)

Properties Diameter (mm)	WLL			Proof load			Breaking load			Elongation (%)		
	M	T	V	M	T	V	M	T	V	M	T	V
5	4 or less	8 or less	10 or less	8	16	20	16 or more	31.5 or more	40 or more			
5.6	5 or less	10 or less	12.5 or less	10	20	25	20 or more	40 or more	50 or more	17	15	13
6.3	6.3 or less	12.5 or less	16 or less	12.5	25	31.5	25 or more	50 or more	63 or more	or more	or more	or more
7.1	8 or less	16 or less	20 or less	16	31.5	40	31.5 or more	63 or more	80 or more			

체인을 나타낸 것이다. 인양 목적으로 호이스트 등에 사용하는 체인의 피치는 선지름의 약 3배이다.

체인의 등급은 최소 파단 응력에 따라 M(400 MPa), S(630 MPa), T(800 MPa), V(1000 MPa) 등급으로 구분한다. Table 1은 체인슬링 및 체인의 기계적 성질의 예를 등급별로 나타낸 것이다.

체인슬링은 Table 1의 검사 하중을 가하여 슬링의 영구 신장 또는 영구 변형량을 측정하여, 체인은 0.5%, 혹은, 마스터 링크, 중간 링크 및 결합 쇠붙이는 0.25%를 초과하는 영구 신장이 없어야 하며, 정적 인장 하중을 가하여 파단할 때까지의 최대 하중 및 체인 파단 시 전체 연신율(Elongation)이 Table 1의 기준에 적합하여야 한다. 전체 연신율은 아래 식 (1)과 같이 분열되는 시점에서 전체 인장을 기조로 하며, 정적 내부 길이의 백분율로 표현된다⁷⁾.

$$\text{Elongation (\%)} = \Delta L_t / L_n \times 100 \quad (1)$$

L_n : Total pitch length for the number of links

$$L_n = nP_n, P_n = 3d_n$$

n : The number of links

d_n : Rated pitch

$$\Delta L_t = L_t - L_0$$

L_t : Test specimen final length at fracture

L_0 : Test specimen original gage length

체인슬링의 검사하중은 기본 사용 하중의 약 2배이며, 파단 하중은 기본 사용 하중의 약 4배이다. 이에 따라 한국산업표준에 따라 제조되는 체인슬링의 안전계수는 4이다. 체인슬링의 마스터 링크 또는 혹에는 기계적 강도를 감소시킬 우려가 없는 방법으로 1) 종류, 2) 등급, 3) 기본 사용 하중, 4) 제조자명 또는 그 약호, 5) 로트 번호 또는 그 약호를 표시하며, 매다는 각도 등에 의한 사용 하중은 메탈 태그 또는 레이블에 표시하도록 하고 있다. 리프팅용 짧은 링크 체인의 허용값의 일반 조건을 규정한 한국산업표준 KS B ISO 1834

는 체인의 등급을 보기 좋게 도장을 찍거나 최소 20개 링크마다 하나씩 또는 1미터 간격마다 하나씩 새겨 놓도록 하고 있다⁷⁾.

(다) KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE G-134-2020은 한국산업표준 KS B 6243과 거의 동일한 내용과 구성으로 되어있으며 안전계수도 KS와 동일하게 4로 정하고 있다⁵⁾. 이에 따라 산업현장의 재해예방을 위한 지침을 준수할 경우 안전계수 5를 요구하고 있는 산업안전보건법을 위반하게 되는 문제를 갖게 된다.

2.2 일본의 규정 및 지침

(가) 크레인 등 안전규칙

일본의 크레인 등 안전규칙 제8장 제1절 제213조의 2는 크레인, 이동식 크레인 또는 데릭의 줄걸이 도구인 달기체인의 안전계수를 규정하고 있으며⁸⁾, 체인의 구분에 따른 안전계수는 Table 2와 같다.

Table 2. Mechanical requirement of chain by safety coefficient

Safety coefficient	Performance requirement								
4	1) in the case of pulling it with the force of the half of its breaking load, the elongation is 0.5 % or less								
	2) the value of the tensile strength is 400 N/mm ² or more and its elongation is equal to or more than the value listed in the right column of the following table corresponding to the value of tensile strength listed in left column of the same table								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tensile strength (N/mm²)</th> <th>Elongation (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>400 or more and less than 630</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>630 or more and less than 1000</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>More than 1000</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>	Tensile strength (N/mm ²)	Elongation (%)	400 or more and less than 630	20	630 or more and less than 1000	17	More than 1000	15
Tensile strength (N/mm ²)	Elongation (%)								
400 or more and less than 630	20								
630 or more and less than 1000	17								
More than 1000	15								
5	a chain not falling under the preceding item: 5								

일본 규칙도 국내 안전보건규칙과 동일하게 달기 체인의 안전계수로 5를 요구하고 있으나, 연신율이 일정 조건에 부합하는 경우 안전계수 4를 복수로 인정하고 있다는 점에서 차이가 있다.

(나) 일본공업규격 및 단체지침

권상용 체인에 관한 규격인 JIS B 8816은 안전계수를 한국산업표준과 동일하게 4로 규정하고 있다⁹⁾. 그러나 일본크레인협회의 ‘줄걸이용 달기체인’의 종류와 취급방법’은 JIS B 8816과 크레인 등 안전규칙 제213조의 2의 관계를 다음과 같이 설명하고 있다. 안전계수 4는 크레인 등 안전규칙 제213조의 2의 안전계수 4의 조건에 부합하는 것을 의미하며, 그 외의 경우에는 안전계수 5가 적용된다¹⁰⁾. 다시 말하면 체인슬링과 체인호이스트용 체인을 구분하여 체인호이스트용 체인은 안전계수 5가 적용된다는 의미이다.

2.3 미국의 규정 및 지침

(가) 직업안전보건청

미국의 직업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)의 1910.184(c)(4)는 슬링은 정격 용량을 초과하여 사용하지 못하도록 규정하고 있으며, 1910.184(c)(14)는 슬링에 대한 식별가능한 정보표시가 없는 슬링은 사용하지 말도록 명기하고 있다. 또한 1910.184(e)(2)(i)는 합금강 체인에 부착되는 훅, 링크 등은 체인의 정격 용량과 동일해야 하고, 가장 약한 구성 요소의 정격 용량을 초과하여 슬링을 사용하지 못하도록 규정하고 있다¹¹⁾.

(나) 미국기계학회

미국기계학회(ASME)의 ASME B30.9-1.4는 합금강 체인은 ASTM A391/A391M (Standard specification for Grade 80 alloy steel chain)과 ASTM A973/A973M (Standard specification for Grade 100 alloy steel chain)에 따라 제조되고 검사되어야 하며, 체인슬링의 설계계수는 최소 4이어야 함을 명시하고 있다. 또한, 슬링에 표기하여야 하는 정보로 1) 제조업체 정보, 2) 등급, 3) 공칭 체인 크기, 4) 줄의 수, 5) 하나 이상의 인양각도에서의 정격하중, 6) 길이, 7) 슬링 식별 번호로 규정하고 있다¹²⁾.

Table 3. Examples of alloy chain mechanical requirement

Grade	Size (mm)	WLL max (kg)	Proof test min (kN)	Minimum breaking force (kN)	Elongation min (%)
80	5.5	970	19.0	38.0	20
	7	1570	30.8	61.6	
	8	2000	40.3	80.6	
100	5.5	1220	23.8	47.6	20
	7	1950	38.5	77	
	8	2600	51	102	

Table 3은 ASTM A391/A391M 기준¹³⁾과 ASTM A973/A973M 기준¹⁴⁾에 따라 제조된 체인의 기계적 성질을 나타낸 것이다. 체인슬링에 사용되는 체인은 모두 안전계수 4를 기준으로 하고 있으며, 연신율이 20% 이상으로 규정되어 있다. 연신율은 파단 시의 전체 인장을 기준으로 하여, 아래 식 (2)와 같이 길이의 변화 (ΔL)를 원래의 게이지 치수($L\{0\}$)로 나눈 백분율로 표시된다.

$$\text{Elongation (\%)} = \{ \Delta L / L\{0\} \} \times 100 \quad (2)$$

ΔL : Test specimen final length at fracture - test specimen original gage length ($L\{0\}$)

$L\{0\}$: Original gage length

미국의 규정 및 지침은 안전보건규칙과 달리 특정 조건에 부합하는 체인만을 체인슬링에 사용할 수 있도록 하고 있으며, 안전계수를 4로 하고 있다는 점에서 차이가 있다. 연신율을 구하는 방식은 표현의 차이만 있을 뿐 ASME규격과 KS규격이 같다.

2.4 국내외 지침 비교분석

Table 4는 상기한 국내외 규정 및 지침에서 규정하고 있는 체인슬링의 기준을 요약하여 비교한 것이다. 체인슬링에 대한 KS, JIS, ASME 규격은 요구하는 연

Table 4. Comparison of chain sling criteria by guidelines

	WLL	Proof load	Breaking Load	Elongation (%)			Safety coefficient	Remark	
				M	T	V			
Regulations							5		
South Korea	KS	-	2 × WLL	4 × WLL	17	15	13	4	
	KOSHA Guide	-	2 × WLL	4 × WLL	17	15	13	4	
Japan	Safety Ordinance for Cranes							4 or 5	Specific requirements should be met for safety coefficient 4
	JIS	-	2 × WLL	4 × WLL	20	17	20	4	
USA	ASME	-	2 × WLL	4 × WLL		20	20	4	

신을 기준에 일부 차이가 있으나, 안전계수는 모두 동일하게 4를 요구하고 있다. 일본의 경우 국내 안전보건 규칙이 예외없이 체인슬링의 안전계수를 5로 요구하고 있는 것과 달리 일정 기준을 충족하는 체인슬링의 경우 안전계수 4를 인정하고 있다. 미국의 경우에는 일정 등급 이상의 체인(T, V)만 인양용 체인슬링으로 사용하도록 제한하고 있다는 점에서 국내 및 일본의 기준과 차이를 보인다.

3. 재해사례와 문제점

크레인을 이용한 중량물 취급작업은 매년 사망재해를 유발하고 있다¹⁵⁾. 체인슬링은 와이어로프슬링, 훅 및 샤클과 더불어 국내 이동식 크레인 사고와 많은 연관성이 있을 뿐만 아니라¹⁶⁾, 줄걸이 용구의 결합에 의한 사망재해에서도 무시하지 못할 비중을 차지하고 있다⁴⁾.

체인슬링과 연관된 재해사례를 살펴보면, 외형 변형 및 선지를 마모가 심한 체인슬링의 사용으로 인한 체인슬링 파단사고¹⁷⁾, 부적절한 체인슬링 사용으로 화물에서 이탈한 체인슬링에 맞는 사고¹⁸⁾, 안전계수 미확보로 인한 체인슬링 파단사고¹⁹⁾ 등의 다양한 형태의 사고가 발생하고 있다.

이 연구는 한국산업안전보건공단에서 체인슬링과 관련된 재해사례를 분석하고, 선박 및 수상 부유 구조물 건조업, 그 외 기타 전자부품 제조업, 내연기관 제조업, 승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업, 기타 기관 및 터빈 제조업 등을 영위하는 기업 10곳의 체인슬링 사용현황에 대한 파악을 하였으며, 이를 통해 근로자의 작업 실수를 제외하고 기계적, 규범적인 관점에서 체인슬링 사용의 주요 문제점을 살펴보면 아래와 같다.

3.1 체인슬링 구성품의 성능 불일치

국내 산업현장에는 다양한 기준에 따라 제조된 달기구가 유통되고 있으며, 한국산업표준에서 정한 표시방법을 준수하는 달기구를 찾기 어려운 것이 현실이다²⁰⁾. 또한 체인슬링은 다양한 부품을 조립하여 구성할 수 있어 필요에 따라 다양한 형태로 조립된 제품이 유통되고 있으나, 국내에는 체인슬링을 제조하는 사람의 자격·면허·경험 또는 기능에 대한 기준이 규정되어 있지 않아 누구나 체인슬링을 임의로 제작하여 사용하거나 납품할 수 있다.

체인슬링을 조립식으로 제작하는 경우, 체인의 능력과 동일한 능력을 갖춘 마스터 링크, 중간 링크, 훅 등을 결합하는 것이 원칙이다. 그러나 산업현장에서는



Fig. 4. Chain sling with different rated loads of components.

체인슬링 제조의 기본원칙을 무시한 제품이 유통되고 있으며, Fig. 4는 불량하게 조립된 체인슬링의 사례이다. 동 체인슬링의 정격사용하중(Working Load Limit, WLL)은 2.2톤으로 표시되어 있으나, 체인슬링을 구성하는 요소들의 정격사용하중은 마스터링크 2.2톤, 체인 12.5킬로뉴턴, 커플링 링크 1.12톤, 훅 1/2톤으로 표시되어 있다. 체인슬링에 결합된 훅이 체인슬링 정격용량의 약 50% 성능을 가지고 있어, 양중기의 달기 체인과 일체형인 고리걸이 훅 또는 샤클의 안전계수는 달기 체인의 안전계수와 같은 값 이상의 것을 사용하도록 한 안전보건규칙을 위반한 사례이다.

KOSHA Guide G-134-2020은 체인, 훅 등의 등급이 각각 다른 경우 체인슬링의 등급은 체인의 등급으로 표시하도록 하고 있으며, 훅, 마스터 링크, 결합 쇠붙이 등의 파단 하중은 체인슬링 및 체인의 기계적 인장강도의 규정에 적합하도록 요구하고 있다. 또한 체인슬링의 기본 사용 하중, 체인의 등급, 제조자 등을 메탈 태그 또는 레이블 등으로 표시하여야 한다⁹⁾. 그러나 상기한 바와 같이 현장에서 사용되는 체인슬링은 체인슬링에 관한 정보의 부재, 체인의 인장강도에 부합하지 않는 부품의 조립 등 기본적인 요건이 지켜지지 않은 경우가 존재한다. 이는 근로자가 체인슬링의 마스터링크나 훅에 마킹된 정보를 체인슬링의 정격하중으로 오해하여 체인의 정격하중보다 과하중을 인양하는 문제가 발생하여 체인슬링의 파단으로 이어질 수 있다.

3.2 법령과 산업표준의 안전계수 불일치

Table 4와 같이 안전보건규칙은 화물의 하중을 직접 지지하는 달기구의 안전계수로 5 이상을 요구하고 있다. 그러나 한국산업표준, 일본공업규격, 미국기계학회 등과 같이 국내 산업현장에서 많이 적용되는 규격은 체인슬링의 안전계수를 4로 정의하고 있다. 또한 일본의 크레인 등 안전규칙도 체인슬링의 기본 안전계수는 5를 요구하고 있으나 일정한 기준을 충족하는 경우 안

전계수 4를 허용하고 있다.

국내 체인슬링 사용자는 안전보건규칙에서 안전계수 5를 요구하고 있으니 제조자가 당연히 안전계수 5를 확보하여 제품을 납품할 것이라 착각할 수 있다. 그러나 국내의 고려기업²¹⁾이나 대창마린테크²²⁾, 외국의 유명 메이커인 Crosby²³⁾나 Greenpin²⁴⁾에서 제조하거나 수입된 체인슬링의 경우 안전계수는 거의 모두 4로 제작되어 납품되기 때문에 국내에서 사용되는 체인슬링은 안전보건규칙에 부합하지 못하게 된다. 이와 같이 현재 국내법에 따르면 제조자가 일반적으로 통용되는 산업규격(KS, JIS, ASME)에 따라 제품을 제조하더라도 법적 요구사항을 충족하지 못하는 문제가 발생한다.

3.3 용도에 부합하지 않는 체인의 혼합 사용

체인은 화물을 직접 지지하는 인양용(체인슬링용), 그 외의 용도로 체인블록, 레버플러, 크레인 호이스트 용과 트랜스퍼용, 특별한 안전계수를 요구하지 않는 가드용 등 사용 목적에 따라 다양하게 생산되고 있다.

안전보건규칙은 달기구의 안전한 사용을 위하여 인양용 체인의 안전계수를 별도로 정하고 있다. 특히, 체인슬링에 사용되는 체인의 경우 KS B6243 및 KOSHA Guide G-134-2020에 따라 체인의 피치는 선지름의 약 3배로 규정된다. 그러나 현장에서는 Fig. 5와 같이 지침을 벗어난 크기의 체인을 사용하여 체인슬링으로 제작하는 사례가 발견되고 있다.

Table 5는 체인 납품 기업의 홍보자료²⁵⁾을 바탕으로 동일한 선지름을 가진 슬링용 체인과 기타 체인의 피치와 정격하중의 차이를 나타낸 것이다.



Fig. 5. Chain sling employed improper chain.

Table 5. Characteristics of each chain

Types of chains	Diameter (mm)	Pitch (mm)	WLL (t)
Lifting chain (G80)	6	18	1.12
Steel link chain	6	24	0.27
Stainless steel chain	6	47	0.6

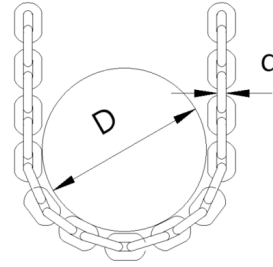


Fig. 6. D/d ratio.

체인슬링이 날카로운 모서리에 접촉하는 경우 슬링을 보호하는 조치를 취하여야 하며^{5,11)}, Fig. 6과 같이 화물에 체인슬링을 바스켓걸이 하는 경우 화물의 지름(D)과 체인의 지름(d)의 비(D/d)는 6배 이상으로 하여야 하며, 이보다 작은 경우에는 WLL을 감소시켜야 한다¹¹⁾.

일부 슬링 전문업체에서는 모서리의 반경(R)은 체인 직경의 2배 이상이어야 하며, 러그에 체인을 직접 연결하는 경우 러그의 직경은 체인 피치의 3배 이상을 권고하고 이보다 직경이 작은 경우 WLL을 50% 감소하도록 하고 있다²⁶⁾. 이와 같이 피치가 긴 체인을 이용하여 체인슬링을 제작하여 사용하는 경우, 체인의 변형이 상대적으로 쉽게 발생할 수 있을 뿐만 아니라 산업표준에서 정한 체인의 선지름에 따른 인장강도와 차이가 발생하여 재해로 이어질 수 있다.

4. 개선방안 제안

국내 체인슬링 사용과 관련된 문제점은 상기한 바와 같이 크게 1) 조립식 체인슬링의 부품들의 정격사용하중 불일치, 2) 국내법령과 산업표준 및 KOSHA Guide에서 규정하는 안전계수의 불일치, 3) 제조목적과 부합하지 않는 용도로 체인 사용으로 요약할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 안전계수 4와 안전계수 5의 아래와 같은 사항을 제안한다.

4.1 안전보건규칙 상 안전계수 기준 개정

체인슬링의 제조 기준을 제시하고 있는 국내외 기준(KS, JIS, ASME)은 일정한 기준을 충족하는 체인의 경우 안전계수 4를 확보하면 체인슬링으로 사용할 수 있도록 규정하고 있다. 많은 체인슬링 제조(납품)사들은 국내외 표준에 따라 제조된 체인슬링을 납품할 때 안전계수 4를 기준으로 하여 정격용량을 표시하고 있다²¹⁻²⁴⁾. 이 경우 사용자가 체인슬링에 표시된 용량의 화물을 인양하게 되면 안전계수를 5로 규정한 안전보건규칙을 위반하는 상황이 되어, 법을 준수하기 위해서는 납품된 체인

Table 6. Proposed amendment of rules on Occupational Safety and Health standards

Current	Proposed
Article 163 ① 2. Wire rope slings or chain slings that directly support the load : 5 or more	Article 163 <add after the current provision> A chain sling manufactured and tested in accordance with KS B 6243: 4

슬링의 WLL을 한 단계 낮도록 변경하여 다시 표시하여야 하는 문제가 발생한다. 그럼에도 체인슬링을 사용하는 현장은 물론 점검·지도하는 전문기관에서조차도 이런 문제를 인지하지 못하고 현재에 이르고 있다. 이는 안전보건규칙이 화물을 직접 지지하는 달기구에 대하여 규정한 안전계수 5가 비현실적이라는 점을 반증하고 있다. 따라서, 안전보건규칙에 일본과 미국의 사례와 같이 일정 기준을 충족하는 체인의 경우 안전계수를 4로 할 수 있다는 조항을 추가할 필요가 있다.

일본의 크레인 등 안전규칙은 파단하중의 2분의 1의 하중으로 당기는 경우 그 신장이 0.5퍼센트 이하인 달기 체인은 안전계수 4로 인정하고 있다. KS 또한 검사하중(파단하중의 1/2)을 가하였을 때 체인은 0.5퍼센트를 초과하는 영구 신장이 없을 것을 규정한다. 안전계수 4를 허용할 체인슬링의 세부 조건에 대해서는 추가 연구가 필요하나, 타국에서 이미 법으로 시행하고 있는 기준과 동일한 성능을 요구하는 KS 기준에 대해서는 선제적으로 적용하는 것이 표준에 따라 생산된 제품을 정격하중으로 사용하여도 법 위반이 되는 문제점을 해결할 수 있는 합리적인 방안이라 판단된다. 따라서 Table 6과 같이 일본의 법령과 동일한 성능을 요구하고 있는 KS표준을 충족하는 체인슬링의 경우에는 안전계수를 4로 적용하는 것을 제안한다.

이를 통해 KS 인증 제품을 사용하더라도 법령을 위반하게 되어 선량한 범법자가 양산되는 문제를 개선할 수 있으며, 제조자는 산업표준에 맞는 제품을 제조·납품하고, 사용자는 표준에 따라 제조된 올바른 제품을 선택하여 법령 위반 없이 안전하게 사용하는 환경을 구축할 수 있다.

4.2 전문교육과정의 개발 및 보급

산업안전보건법 제140조는 유해하거나 위험한 작업으로서 상당한 지식이나 숙련도가 요구되는 작업의 경우에는 일정한 자격, 면허, 경험 또는 기능을 가진 근로자가 작업을 하도록 규정하고 있다. 타워크레인, 이동식크레인 및 천장크레인의 조종작업은 법 제140조의 적용을 받고 있으나, 크레인작업에 필수적으로 사용되는 슬링을 제조하는 자에 대한 요건은 별도로 규정되

어 있지 않다. 이에 전문적인 지식을 갖추지 못한 자가 체인슬링을 조립하여 납품함에 따라 체인 및 부품(마스터링크, 훅 등)의 등급이 상이하고 적절한 표시가 되어 있지 않는 등 체인슬링 제조의 기본원칙을 무시한 제품이 유통되어 현장에 납품되는 문제가 발생한다. 따라서 규정에 맞지 않는 체인슬링이 산업현장에 유통되는 것을 방지하기 위해서는 슬링의 제조·조립 작업을 수행하고자 하는 자를 대상으로 하는 전문교육 과정을 개발하여 보급할 필요가 있다. 이를 바탕으로 장기적으로는 전문교육과정을 이수한 자만이 슬링을 제조하거나 조립할 수 있도록 하는 체계를 구축하여야 한다. 이는 체인슬링의 품질을 표준화할 수 있을 뿐만 아니라 줄걸이용구의 제작단계부터 품질을 보증하여, 기준을 충족하지 못한 줄걸이용구가 현장에서 사용되어 사고로 이어지는 것을 방지할 수 있다.

4.3 현장교육의 강화

안전보건규칙 제35조2항은 작업시작 전 점검사항을 규정하고 있으며, 슬링 작업의 경우 슬링 등의 상태가 적정한지 점검하여야 한다. 그러나 상기한 바와 같이 국내 산업현장에는 지침을 벗어난 크기의 체인을 사용하여 체인슬링으로 제작하여 사용하고 있는 사례가 발견되고 있다. 즉, 작업시작 전 점검은 근로자가 슬링의 요건이나 점검기준에 대한 지식을 갖추고 있어야만 제대로 이루어질 수 있다.

산업안전보건법 제29조3항은 근로자를 유해하거나 위험한 작업에 채용하거나 그 작업으로 작업내용을 변경할 때에는 특별교육을 실시하도록 하고 있으나 재교육에 관한 규정은 존재하지 않는다. 이에 크레인을 사용하는 고용주는 16시간의 크레인 특별교육을 근로자에게 실시하고 있으나, 별도의 재교육을 시행하는 경우는 거의 없는 것이 현실이다. 산업현장에는 다양한 형태의 달기구가 사용되며, 지속적으로 개발되어 새로운 제품이 시장에 유통된다. 따라서 정기적인 교육을 통해 근로자가 새로운 지식을 학습하여 현장에 적용할 수 있도록 현장교육의 강화가 필요하다.

5. 결론

본 연구는 체인슬링과 관련된 국내외 법령 및 지침을 비교·분석하고, 체인슬링과 연관된 재해의 주요 문제점을 파악하여 체인슬링 사용의 안전성을 향상시키기 위한 방안을 연구하였다. 이를 통해 1) 안전보건규칙 상 안전계수 요건의 개정, 2) 슬링 제조, 조립 전문교육과정 개발 및 보급, 3) 현장 교육 강화를 제안하였다.

이 연구는 체인의 성질에 대한 이론적 분석과 해외 관련 규정의 검토를 통하여 체인슬링 사용의 안전성을 향상시키기 위한 방안을 제안하였으나, 체인슬링의 안전계수 변화에 대한 실질적인 실험 결과 및 세부 교육 과정을 제시하지 못한 한계가 존재한다. 따라서 향후 체인의 성질에 대한 실질적인 실험을 통해 안전보건규칙 개정에 필요한 세부 기준을 수립하고, 체인슬링의 안전한 사용을 위한 교육과정 및 교육내용에 대한 세부 기준을 마련하기 위한 연구가 수행될 필요가 있다.

매년 발생하고 있는 크레인 관련 사고를 줄이기 위해서는 크레인의 안전한 조종에 대한 교육뿐만 아니라 크레인 작업에 필수적인 달기구의 안전한 사용을 위한 방안 마련도 필요하다. 또한 현장 상황과 괴리가 있는 법령의 정비를 통하여 인양용 장비의 제조자와 사용자 사이에 규정 해석의 오류로 인한 착오를 일으킬 가능성을 최소화하는 노력이 지속되어야 한다.

References

- 1) Korea Occupational Safety and Health Agency, "Guidelines for Preparation of Work Plan (Mobile Crane) for Handling Heavy Goods at Construction Site", 2014.
- 2) C. H. Han, "A Study on the Reduction of Serious Accidents by Rigging Work through Comparative Analysis of Korea and Japan", OSH Research brief, Vol. 4, No. 10, pp. 38-45, 2010.
- 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) J. W. Lee, C. H. Han, Y. J. Woo, J. H. Lee and C. H. Lee, "A Study on the Development of Rigging and Slings Course for Seafarers", 2017.
- 5) Korea Occupational Safety and Health Agency, "Technical Guidelines for the Use, Inspection, Etc. of Chain Slings", 2020.
- 6) Korean Agency for Technology and Standards, "Chain Slings for Lifting Purposes", 2011.
- 7) Korean Agency for Technology and Standards, "Short Link Chain for Lifting Purposes - General Conditions of Acceptance", Vol. 2003, 2013.
- 8) e-GOV, "Safety Ordinance for Cranes", 2023.
- 9) Japan Standards Association, "Chain Sling for Lifting JIS B 8816:2004", 2004.
- 10) Japan Crane Association, "Types and Handling Methods of Sling Chains", 2023.
- 11) Occupational Safety and Health Administration, "1910.184-Slings", 2023.
- 12) The American Society of Mechanical Engineers, "Slings", 2018.
- 13) Thai Koon Chain, "ASTM A391/A391M", 2023.
- 14) Thai Koon Chain, "ASTM A973/A973M", 2023.
- 15) Ministry of Employment and Labor, "2021 Statistics on Occupational Accidents", 2022.
- 16) J. W. Lee, I. Phillips and Z. Lynch, "Causes and Prevention of Mobile Crane-related Accidents in South Korea", International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, Vol. 28, Issue 2, pp. 469-478, 2022.
- 17) Korea Occupational Safety and Health Agency, "Falling while Assembling Components", 2022.
- 18) Korea Occupational Safety and Health Agency, "Struck by a Chain Sling that Fell Out of the Lifting Object during Crane Operation", 2017.
- 19) Korea Occupational Safety and Health Agency, "Object Drop due to Chain Sling Breaking during Crane Operation", 2006.
- 20) J. W. Lee, C. H. Han, S. W. Lee, Y. H. Jeon and C. H. 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.
- 21) KISROPE, "Product Catalog", pp. 121-126, 2022.
- 22) Daichang Marine Tech, "Chain Manual", 2023.
- 23) Crosby, "Product Catalog with Application & Warning Information Metric", pp. 143-181, 2022.
- 24) Greenpin, "Product Catalogue", pp. 194-197, 2022.
- 25) OSC Corporation, "Directory-chains", 2023.
- 26) Certex, "Dimensioning of Chain Sling", 2023.