

# 예인삭용 합성섬유로프의 아이스플라이스 안전기준 개발

## A Development on the Eye Splice's Safety Standards of Synthetic Fibre Ropes for Towing Vessel

황정일\*, 이희준\*, 이경훈\*, 김경우\*

Jeong-Il Hwang<sup>†\*</sup>, Hee-Joon Lee<sup>\*</sup>, Kyoung-Hoon Lee<sup>\*</sup>, Kyoung-Woo Kim<sup>\*</sup>

### 요 약 문

본 연구는 예인선 해양사고로 인한 사망사건 중 예인삭 절단사건이 큰 비중을 차지하고 있어 인명사고 예방이 시급한 가운데 예인 로프의 아이스플라이스에 대한 기준이 현재 국내에 마련 되어 있지 않아 본선의 임의대로 제작·사용하는 실정이다. 이에 우리 공단에서 수검 중인 예인선을 대상으로 예인선에서 주로 사용하는 예인삭의 종류와 구조, 재질 등에 대한 국내 사용실태를 조사하고, 조사를 바탕으로 선정된 로프의 인장강도 시험을 통하여 스플라이스 횡수에 따른 유의성 평가를 시행하며, 국내·외 유사 기준 및 표준을 조사 분석하여 최종적으로 국내에서 적용할 수 있는 예인삭 아이스플라이스 기준을 제시하였다.

※ **Keywords** : 예인선(Towing Vessel), 예인삭(Towing Rope), 합성섬유로프(Synthetic Fibre Rope), 아이스플라이스(Eye Splice), 스플라이스(Splice), 슬링(Sling)

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 필요성

2011년 8월 『예인선 해상예이 1호 선원 등 사상

사건』 발생으로 예인삭의 아이스플라이스가 풀려 선원 1명이 사망하고, 다른 1명이 중상을 입은 사고가 발생하였다. 이에 해양안전심판원에서 재결을 하는 과정 중, 국내에 아이스플라이스에 관한 제작 기준 및 안전 인장강도의 지침이 없음을

†\* 논문 주저자, 선박안전기술공단

\* 선박안전기술공단

확인하여 아이스플라이스에 대한 지침 및 기준 개발을 개선조치요청서를 통해 선박안전기술 공단에 요청하였다. 국내 연구자료 및 전문기술 자료 중 예인삭을 만드는 과정이나 스플라이스에 관한 작업 요건 및 지침에 관한 부분은 없는 상황이었으며, 예인선의 선주 및 작업자들은 개인의 경험이나 혹은 다른 작업자에게 전해들어온 방법의 전수 등을 통해서 임의로 제작을 하거나 업체에서 제작된 로프를 구매하는 현황이었다.

따라서 일원화된 시스템적인 기준이나 지침에 따라 아이스플라이스를 만들어야 하는 필요성이 있었으며, 여기에 공단에서 선박검사를 수검한 선박들에 대해서 국내 실태조사를 하고, 국내법 및 해외 기준과 표준, 선급기준 등을 조사하여, 아이스플라이스의 안전기준을 개발하고자 하였다.

### 1.2 재결서 분석을 통한 예인선 사고분석

해양안전심판원의 재결서 분석을 통해서 예인선의 사고분석을 통해서 예인선의 예인삭에 관련된 사고사건사례를 조사하였다. 2003년부터 2012년까지 최근 10년간 예인선 관련 사고 재결서를 분석한 결과 총 재결서 1,914건 중 263건(13.7%)이 예인선 사고 사례로 나타났으며, 이는 우리나라 등록선박 84,466척 중 예선이 1,283척(1.5%)임을 비교해 보았을 때, 예선의 사고 비율이 다른 일반 선종에 비해 높은 사고율을 보이고 있음을 알 수 있었다.

예인선 사망 및 사상사건의 경우 전체 14건이었는데 이 중 가장 많이 차지한 사건은 예인삭 절단사건(5건, 36%)이었다.

예인삭이 절단된 사건의 경우에는 침몰과 사망

사건이 가장 많았는데, 예인삭 절단으로 인한 사망 사건의 비율(21%)이 예인선 전체에서 사망이 차지하는 비율(5%)보다 높은 것으로 나타나 결과적으로 예인삭 절단사고가 인명사고에 밀접한 관련이 있는 것으로 보여져, 예인삭 사고에 대한 대책 마련이 시급한 것으로 조사되었다.

## 2. 예인삭 및 아이스플라이스의 특성

### 2.1 예인삭의 종류

예인선에서 사용하는 예인삭으로는 크게 합성섬유로프와 와이어로프 두 가지로 나눌 수 있는데 공단에서 예인선항해검사를 수검받는 예인선의 경우 대부분이 합성섬유로프를 사용하고 있는 현황이다.

합성섬유로프는 최근 신소재의 개발 등으로 매우 다양한 재질로 생산되고 있지만 예인삭으로 자주 사용되는 로프의 재질은 아래와 같다.

Table 1 합성섬유로프의 비교

재질	인장강도	신축성		물에 뜨는 정도	가격	주요 용도
		인장성	수축성			
나일론	강함	강함	강함	가라앉음	중상	계류삭
폴리에스터	강함	약함	약함	가라앉음	중상	천, 밧줄, 선박용품
폴리프로필렌	중간	약함	약함	물에 뜬	저렴	예인선

### 2.2 예인삭의 선정

상대적으로 인장강도가 강한 와이어로프는 일반적으로 원양항해용으로 사용되며, 합성섬유

로프의 경우 근해 및 연해에서 예인 시에 주로 사용된다.

나일론 로프는 섬유로프인 마닐라로프보다 평균 2.9배의 인장강도를 가지고 있으며 부드러워 취급이 용이하나 최근 폴리프로필렌이라는 합성 섬유로프가 등장하면서 나일론로프보다는 상대적으로 인장강도가 약하지만 비중이 작아 물보다 가벼운 특성이 있고 충격과 내마모에 강하며 가격이 저렴하여 많이 사용하고 있는 현황이다.

많은 예인선이 먼 거리의 원양항해보다는 우리나라 연근해 위주의 항해를 하고 있고 해상크레인과 같은 무거운 중량물을 운송하는 대형 예·부선의 비율보다 소량의 화물을 운송하는 상대적으로 소형 예·부선들이 전체 예인선의 대부분을 차지하고 있다. 따라서 가격이 고가이고 취급이 어려운 와이어로프보다는 저렴하고 취급이 용이한 합성섬유로프를 많이 사용하고 있는 상황이다.

### 2.3 아이스플라이스의 개념

아이스플라이스란 로프의 단말을 로프의 본체에 찢려 넣는 형태로 로프 단말의 스트랜드를 풀어서 링을 만들어 로프의 몸체와 연결하는 방법을 말한다. 대개 4회 이상을 꼬아넣어 이 꼬아넣은 로프가 풀리지 않도록 만들어서 반영구적인 링을 만드는데 그 목적이 있다. 예인선에서는 예인선과 부선을 연결할 때 사용하며, 로프에 아이스플라이스를 만들어서 예인선의 후크 또는 비트와 부선 비트에 걸어 연결하여 예인을 하고 있다. 다음은 예인선에서 가장 많이 사용하고 있는 스플라이스의 형태인 3연과 8연로프 아이스플라이스에 대해서 기술하였다.

#### 2.3.1 3연로프 아이스플라이스

3연 로프란 스트랜드가 3개인 로프를 말하며 3개의 스트랜드가 서로 같은 방향으로 일정하게 꼬아진 로프를 의미한다.

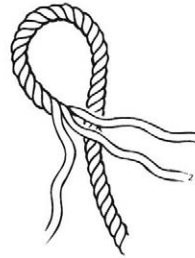


Fig. 1 3연로프-1

먼저 로프의 끝을 풀고 로프 아이 크기를 결정한다. 3연 로프의 끝부분을 4바퀴 정도를 풀어낸다. 스트랜드와 풀리지 않은 로프의 몸통부분은 그 현재의 모양을 잘 유지할 수 있도록 한다.

풀어낸 스트랜드의 끝을 풀어짐을 방지하기 위해서 감아서 테이핑을 해준다. 첫 번째와 세 번째 사이에 있는 두 번째 스트랜드를 로프의 위에 걸쳐준다.



Fig. 2 3연로프-2



Fig. 3 3연로프-3



Fig. 4 3연로프-4

2번(가운데) 스트랜드를 통해서 로프를 통과 시킨다. 스플라이스용 피드를 이용해서 가장 위에 위치한 스트랜드에 구멍을 만들어주고 피드와 함께 2번 스트

랜드를 밀어넣어 구멍을 통과시킨다.

1번 스트랜드를 로프에 통과시킨다. 2번 스트랜드를 통과시킨 것과 마찬가지로 로프의 몸통 쪽으로 통해서 그 다음 스트랜드에 통과시킨다.

3번 스트랜드를 로프에 통과시킨다. 마지막 남은 스트랜드에 3번 스트랜드를 통과시켜 확실하게 자리 잡을 수 있도록 해 준다. 이로써 모든 풀린 스트랜드가 몸통을 통과 시킴으로서 하나의 터크가 만들어 준다.

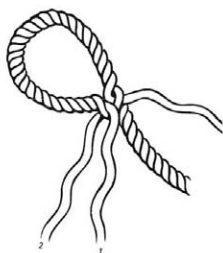


Fig. 5 3연로프-5



Fig. 6 3연로프-6

한 개의 터크가 만들어 지고, 다시 2번 스트랜드 부터 아까와 마찬가지로 방법으로 그 다음 스트랜드를 찾아 몸통에 꼬아넣어 같은 순서로 계속 터크를 만들어 준다. 이러한 방법으로 4개의 터크를 만들어 준 후에 남은 스트랜드의 안을 사선으로 잘라줌으로써 스플라이스한 부분을 날씬하게 만들어 보기 좋게 만들 수 있다.



Fig. 7 3연로프-7

스플라이싱이 다 끝난 로프의 스트랜드와 안은 로프의 몸체와 너무 가깝지 않게 잘라서 감아주어 깔끔하게 마무리 해준다.

### 2.3.1 8연로프 아이스플라이스

8연 로프라고 하면 로프의 스트랜드가 8개로

이루어져 있다는 의미로 2개의 스트랜드가 한 쌍이 되어 로프로 구성이 된다. 이러한 8연 로프는 상선이나 어선에서의 계류삭으로 사용되며 구조적으로 킹크나 변형이 잘 일어나지 않아 캡스탠이나 수동 윈치에서 용이하게 사용되며 인장력이 좋고 스플라이싱하기도 좋아서 특히 요트 혹은 계류용 묘박용 의장수로도 많이 사용되는 형태의 로프이다.

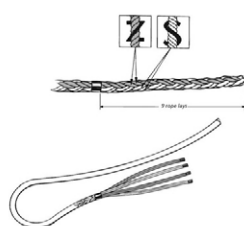


Fig. 8 8연로프-1

로프의 끝은 스플라이스 되어 로프 몸통 안에 들어가야 하기 때문에 스플라이스가 끝난 뒤에 로프의 길이는 원래의 길이보다 짧아져 있는 상태이다.

따라서 스플라이스가 끝난 다음의 최종 길이를 고려하여야 한다.

두개로 이루어진 한 쌍의 스트랜드를 각각 얇은 테이프를 이용해서 감아 묶어준다. 풀어줄 스트랜드는 로프 몸통에서 아홉 바퀴를 풀어주고 10번째 꼬임 부분에서 로프 몸통에 테이핑을 해줘 추가적인 스트랜드(로프의 몸통부분)의 풀림을 방지해 준다. 그리고 아이의 크기를 결정한다.

두 쌍의 스트랜드를 몸통 로프 위쪽의 스트랜드에 위치해 주고 다른 두 쌍의 스트랜드는 몸통 로프 아래쪽의 스트랜드에 위치하여 준다. 이 경우, 위쪽에 위치한 몸통 로프의 스트랜드는 'Z꼬임'과 'S꼬임'을 선택할 수 있다.

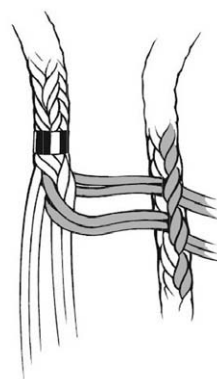


Fig. 9 8연로프-2

그러나 스플라이싱을 용이하게 하기 위해서는 그림처럼 'Z꼬임'이 위쪽에

위치하게 하는 것이 편리하다. 'Z꼬임'이 위쪽에 위치하게 되면 스플라이스용 피드를 이용해서 구멍을 넓히기 용이할 뿐만 아니라 아래쪽에 'S꼬임'으로의 진입도 쉽기 때문이다. 위쪽의 'Z꼬임' 스트랜드에 꼬아 넣었다면 아래쪽 'S꼬임' 스트랜드에도 똑같이 스플라이싱을 해주면 된다.

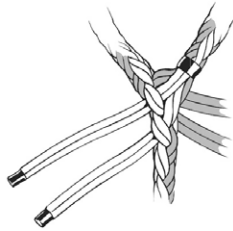


Fig. 10 8연로프 - 3

위쪽을 다 꼬아 넣었다면 로프를 뒤집어서 아래쪽도 꼬아 넣을 준비를 해준다. 위와 같은 방법으로 로프에 꼬아 넣어 주면 되는데 단, 너무 단단히 조이지 않도록 한다. 너무 단단히 조이게 되면 로프의 아이 부분이 로프의 뭉침으로 인해서 부풀어 오를 수 있기 때문에 뭉치지 않도록 적절하게 로프의 조임 정도를 조절하도록 한다.

4개의 스트랜드를 꼬아 넣었다면 한 터크가 만들어지고 다음 5번째는 다시 가장 먼저 넣었던 스트랜드의 순서가 된다. 먼저 지금까지 두 개로 묶어서 꼬아 넣었던 스트랜드 한 쌍에 묶여 있는 테이프를 풀러 날개로 만들어 테이핑을 해준다. 이번엔 2개의 스트랜드를 하나씩 하나씩 몸통 로프의 스트랜드 각각에 꼬아 넣는다.

그렇기 때문에 두 개 중 먼저 몸통 로프에 꼬아 넣은 쪽은 나중에 꼬아 넣는 로프의 아래쪽에 위치하여 자리잡게 된다. 같은 방법으로 나머지 로프도 꼬아 넣기를 한다.

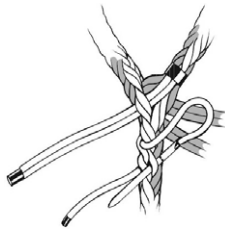


Fig. 11 8연로프 - 4



Fig. 12 8연로프 - 5

스플라이싱이 끝난 뒤에 각 터크부분이 고르게 조여져 있더라도 스트랜드의 끝부분이 밖으로 길게 튀어 나와 있게 되면 테이핑을 해서 감는 방법 등을 통해서 마무리 한다.

### 3. 예인삭의 현황

#### 3.1 국내예인선의 아이스플라이스 실태조사

국내 예인선의 예인삭과 예인삭 아이스플라이스의 사용 현황을 알아보기 위해 현장조사를 실시하였다.

예인선은 소형예인선에서 대형예인선까지 다양한 톤급의 예인선을 선정하였고, 예인선 항해검사를 수검하는 예인선뿐만이 아닌 예인선 항해검사를 수검하지 않는 평수구역 항해 예인선도 포함하여 조사하였다.

각 톤급별 예인선의 예인 로프의 보존방법 및 상태, 교환 방법, 아이스플라이스의 본선 직접 체결 여부, 로프의 구매 및 선정, 스플라이스를 하는 방법, 그 밖에 스플라이스가 풀린 경험의 유무 등 예인선의 현장 확인과 인터뷰를 통해 사용실태를 확인하였다.

#### 3.2 공단 예인선 데이터베이스 분석

국내 예인선의 실태를 조사하기 위하여 공단의



Table 2 실선조사 대상 예인선들의 비교

조사항목	A 선박	B 선박	C 선박	D 선박	E 선박
예선 총톤수	136.00 ton	141.00 ton	16.91 ton	20.00 ton	161.00 ton
예인삭 절단하중	104.79 ton	69.30 ton	-	12.39 ton	64.77 ton
항행구역	연해구역	연해구역	평수구역	연해구역	연해구역
예인삭 재질	P.P	P.P	P.P	P.P	P.P
직경 / 종류	60mm/8연	60mm/3연	32mm/3연	40mm/8연	100mm/8연
아이스플라이스 본선 제작 여부	○	○	○	○	○
본선제작의 이유	편의성	비용 절감	비용 절감	신뢰도	신뢰도
스플라이스 꼬아 넣기(테크) 횟수	2회	5회	3회	4회	4회
꼬아넣기(테크) 횟수의 기준	작업자 경험	작업자 경험	군 교육	작업자 경험	작업자 경험
스플라이스의 마무리 방법	테이핑	테이핑	테이핑	없음	로프로 감음
스플라이스가 풀린 경험 여부	없음	없음	없음	없음	없음

문서관리시스템 데이터베이스를 이용하여 조사 분석하였다. 지난 2년 간 예인선항해검사를 수검한 선박을 조사하고 분석하였다. 우리나라에 등록된 예선 1,283척 중 압항부선결합 예선, 평수구역 항행 예선, 한국선급 등 타 선급 수검 선박 제외한 공단 검사 선박 349척을 대상으로 하였다.

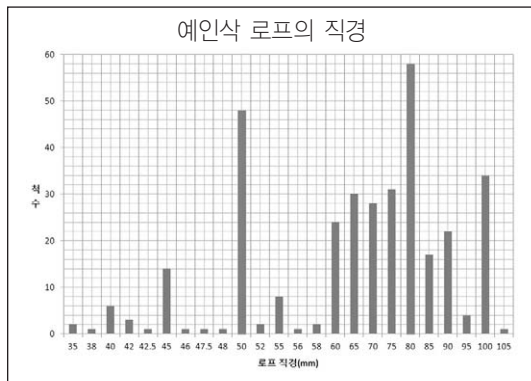


Fig. 13 예인삭 로프의 직경

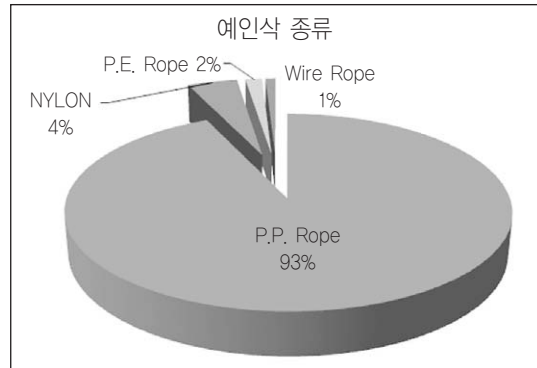


Fig. 14 예인삭 로프의 종류

우리 공단에서 예인선 항해검사를 수검하는 선박에서는 거의 대부분 합성섬유로프를 사용하고 있었으며 그 중에서도 폴리프로필렌(P.P) 로프(93%)를 가장 많이 사용하고 있었다.

예인삭의 직경에는 50mm와 80mm가 가장 많았다. 로프 제조업체에서는 최소 로프 직경의 단위에서 2mm 혹은 4mm 단위로 다양한 로프 직경을 구매자에게 판매할 수 있으나 다수의 예인삭 구매자들은 50mm 혹은 80mm를 구매하고 있는 것으로 나타났다.

## 4. 예인삭의 국내·외 관련 기준 분석

### 4.1 국내기준

Table 3 예인삭 국내기준

국내외 기준	선박안전법	한국산업표준 ⑥	국제해사기구
관련기준	선박안전법 제43조 선박안전법 시행규칙 제81조	KS ISO 10572 KS ISO 10556 KS ISO 10554 KS ISO 10325	Guidelines For Safe Ocean Towing
스플라이스 기준	X	○	X
비고	예인삭 길이기준, 절단하중	로프 대비 아이스플라이스 강도는 89.5% ~90.5% 수준	예인선의 요건 및 설비

### 4.2 선급기준

Table 4 예인삭 선급기준

선급 기준	IACS	DNV	
관련기준	UR No. 10 Equipments	Rules for Classification of Ships (Pt.3)	OFFSHORE FIBRE ROPES (DNV-OS-E303)
스플라이스 기준	X	X	X
비고	선박의 장수의 강도와 길이, 개수 등의 최소 요건	IACS 기준에 추가된 기준	DNV 검사원은 아이스플라이스 제조자의 지침서에 따라 제조 되는지 관찰
선급 기준	GL	NK	KST
관련기준	Materials and Welding(Pt.1)	Survey and Construction of Steel Ships(Pt.L)	선박 설비기준 제70조 예비검사 대상 및 기준 제 3조
스플라이스 기준	○	X	X
비고	시험로프가 스플라이스 부분에서 절단 시 요구된 강도의 90% 이상 시 시험요건 충족	로프의 종류와 인장강도	로프의 종류 및 절단시험하중 및 질량

### 4.3 해외기준

Table 5 아이스플라이스 해외기준

해외 기준	OCIMF (국제정유사 해사협회의)	CI (국제로프 조업협회)	OSHA (미국군로 안전보건국)	ASTM (미국재료 시험학회)
관련 기준	Effective Mooring Ch.4	CI 2100	OSHS 1910.184	ASTM 4268
스플라이스 기준	최소 5회	권장 6회	최소 4회	최소 4회
비고		스플라이스 지침서개발		
해외 기준	BSI (영국표준 협회)	DIN (독일표준 협회)	AS (호주표준 협회)	OSHS (뉴질랜드 군로 안전보건국)
관련 기준	BS EN 354	DIN 83319	AS 1380.1	HSEA Part 4
스플라이스 기준	최소 4회	최소 4.5회 or 최소 5회	최소 5회	최소 5회
비고				

## 5. 예인삭 아이스플라이스 인장강도 시험

### 5.1 시험근거

공단 데이터베이스 분석 결과 합성섬유로프 예인삭 중 가장 많이 사용하고 있는 예인삭의 종류는 P.P 로프로 전체의 92.6%를 차지하고 있었다. 또한 가장 많이 사용하고 있는 로프의 직경은 80mm와 50mm였으며 실선 조사 결과 3연과 8연을 가장 많이 사용하고 있어 8연 80mm P.P 로프(스플라이스 2회~6회) 5개 3연 50mm P.P 로프(스플라이스 2회~6회) 5개를 구매하여 인장강도 시험을 하였다.

Table 6 공단 DB 분석 결과에 따른 예인삭 선정

	가장 많이 쓰는 로프의 종류	전체 대비 척수	비 중
로프의 종류	P.P 로프	323 / 349	92.6%
로프의 직경	80mm	58 / 349	16.6%
	50mm	48 / 349	13.8%

### 5.2 시험결과

Table 7 인장강도 시험의 결과

(단위 : kgf)

종류 \ 스플라이스	2회	3회	4회	5회	6회	평균
3연	36,000	32,970	29,790	34,200	35,760	33,744
8연	113,820	107,340	102,060	110,010	103,500	107,346

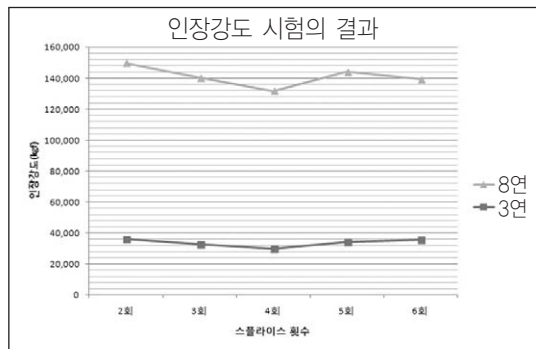


Fig. 15 인장강도 시험의 결과

시험의 결과, 시편의 개수가 충분하지 않아 스플라이스의 Tucks의 개수와 로프 인장강도와의 유의성을 판단하기는 어려웠으나 스플라이스의 횡수가 많아진다고 해서 로프 스플라이스의 인장강도가 강해진다고는 본 실험결과로만으로 단정 짓기는 어려웠다.

Table 8 스플라이스 로프 인장강도와 ISO 1346과의 비교

	2회	3회	4회	5회	6회	ISO 1346
3연	36,000 (123%)	32,970 (113%)	29,790 (101%)	34,200 (117%)	35,760 (122%)	29,300 (100%)
8연	113,820 (129%)	107,340 (122%)	102,060 (116%)	110,010 (125%)	103,500 (118%)	88,000 (100%)

본 로프 시험의 업체는 ISO 1346의 인장강도 기준에 따라서 안전기준을 정하고 있었으며 실제 시험을 했었던 스플라이스 된 시편의 인장강도는 ISO1346기준의 인장강도 기준을 상회하고 있었다. 앞서 조사했던 해외기준에 따르면 스플라이스된 합성섬유로프의 인장강도는 로프의 90% 인장강도의 수준으로 제시되고 있었으나 이번 시험에서는 스플라이스의 회수에 관계없이 모든 스플라이스 된 로프가 일반 로프의 안전 인장강도 기준을 상회하는 것으로 나타났다.

스플라이스 되는 로프의 인장강도가 스플라이스 되지 않은 일반 합성섬유로프 인장강도의 90% 수준임을 감안하면, 시편 로프가 스플라이스 되었음에도 불구하고 최소 100%를 넘는 수준임을 알 수 있었다. 따라서 로프가 스플라이스 되더라도 ISO 기준을 충족하는 것으로 나타났다.

### 5.3 타사의 시험결과 비교분석

타사에서 이행하는 로프 인장강도 시험자료를 조사하여 업체의 자체 강도기준과 국제표준과의 강도분석을 통해서 우리나라의 주요 로프 생산 업체들에서 생산된 로프가 국제 규격에 어느 정도 부합하는지 여부를 가늠하기 위해서 데이터를 수집하여 조사 분석하였다.

Table 9 로프업체 시험결과와 각 기준과의 비교 값의 평균치

	A업체		B업체		C업체		D업체	
	3연	8연	3연	8연	3연	8연	3연	8연
절단하중 국제표준	120%	121%	120%	122%	108%	116%	100%	124%
절단하중 국내기준	126%	157%	142%	146%	114%	134%	106%	153%
업체기준 국제표준	107%	102%	100%	119%	104%	110%	96%	120%
업체기준 국내기준	112%	132%	119%	142%	109%	127%	120%	147%

조사대상의 모든 로프업체의 시편들은 스플라이스 로프로 시험했음을 감안할 때 국내외 기준들에 대해 90%이상의 파단강도를 보이고 있어 스플라이스한 시편 로프의 절단하중이 국내외 기준에 부합하고 있음을 알 수 있다.

또한 각 업체의 로프절단하중의 평균치는 국내외 기준을 상회하고 있었으며, 업체의 자체로프기준은 대체적으로 국내외 기준을 상회하고 있었으나 일부의 로프에 대해서는 국제표준에 미치지 못하는 경우도 있었다.

### 5.5 시험 결과 분석 및 제언

아이스플라이스의 인장강도 시험에서는 스플



라이스 횡수의 증감에 비례하여 로프의 인장 강도가 변화하는 유의성을 찾기는 어려웠다.

그러나 앞서 기술했던 『해승에이 1호의 선원 등 사상사건』에서 스플라이스가 2회 체결된 예인삭이 운항 도중 풀리게 되어 인명피해를 불러왔던 사건을 고려한다면, 로프의 스플라이스는 제조 시에 견고하게 체결하였다고 하더라도 추후 풀릴 수 있는 가능성을 가지고 있다고 판단된다. 또한 이로 인해 인명사고 등의 2차적인 사고를 일으킬 수 있기 때문에 최소 안전기준은 반드시 필요하며, 이는 다수의 해외기준을 준용하여 최소 4회 이상으로 기준함이 적절하다고 여겨진다.

전문업체에서 정밀하게 만들어진 로프의 경우, 스플라이스를 2회를 한 경우라도 풀리지 않고 로프 파단강도까지 견디는 것을 시험을 통해 확인할 수 있었다. 이에 로프가 풀리게 되는 원인으로서는 작업자가 아이스플라이스를 정확하게 제조하지 않는 데에 첫 번째 원인이 있으며, 제조 후 사후관리에 소홀함이 두 번째 원인이 된다고 볼 수 있다.

따라서 선박에서 스플라이스를 제조하고자 하는 작업자는 가능하다면 최대한 전문업체에서 교육을 받을 수 있도록 하여야 하며, 선주 및 예인작업자는 작업 전에 로프의 스트랜드가 손상을 입지 않았는지 확인하고, 로프의 정상직경과 로프의 각 부분의 직경에 차이가 생기는 경우 로프를 즉시 신환하여야 한다. 또한 로프가 예인작업시 발생하는 열로 인해 비트와 맞닿은 아이 부분의 딱딱하게 변형되어 탄성을 잃는 경우, 로프의 강도는 급격하게 저하되기 때문에 아이를 즉시 제거하고 아이스플라이스를 다시 만들어주어야 한다.

현재 국내 예인선을 검사하는 공단 및 선급에서는

합성섬유로프의 절단하중에 대한 기준이 상이하다. 공단과 한국선급과 일본선급의 경우 자체 기준을 만들어서 기준을 삼고 있다. 즉, 예인선 항해검사의 기준은 ISO의 절단하중 기준보다 낮고, 그보다 더 낮은 기준인 국내의 ‘선박용물건의 형식승인 시험 및 검정에 관한 기준’의 별표에서 제시한 일반 로우프의 절단하중 기준보다도 낮은 현황이다.

Table 10 국내기준과 국제표준(ISO) 및 검사단체 (KST/KR/NK)의 로프파단강도 비교  
(단위 : kN)

직경 (mm)	국제표준(ISO)		국내기준 (형식승인기준)	공단·선급기준 (KST/KR/NK)	
	Split/Mono	High tenacity		3연	8연
16	37.0	42.1	35.0	26.5	29.4
18	46.2	52.5	44.5	32.4	37.3
20	56.1	64.0	53.7	39.2	44.1
22	67.1	76.4	65.0	47.1	54.9
24	89.8	89.6	76.0	54.9	63.7
28	105	119	101.0	73.5	83.4
32	134	154	128.0	94.1	108
35	-	-	-	111	127
36	167	191	161.0	-	-
40	204	233	194.0	142	164

현재 각 로프제조사에서는 업체 로프의 경쟁력 제고를 위해 대체적으로 자체기준을 ISO 기준보다 상향해서 정하는 편이며, 로프를 선적하기 전 업체에서 예비검사 수검 시, 국내형식승인과 ISO 기준을 바탕으로 검사의 합격여부를 결정짓는 현황이다. 그러나 로프를 구매한 선주 및 선박관계자가 추후 예인선항해검사 등의 선박검사를 다시 공단 및 선급에서 수검할 시에 각 검사단체의 자체기준을 바탕으로 하여 로프의 검사합격여부를 결정하고 있기 때문에, 이는 결국 예비검사를 받은 로프와

예인선 항해검사를 받는 로프의 합격 기준이 달라 예인삭에 대한 안전성 평가에 모순점이 발생하는 것이 된다. 따라서 추후 공단 및 선급검사기준과 국내형식승인시험기준(예비검사기준)을 일원화시키는 것이 바람직하다고 판단되는 바이다.

## 6. 예인삭 아이스플라이스 안전기준 제안

### 6.1 안전기준(안)

#### 제1장 일반사항

1.1(목적) 예인삭용 합성섬유로프의 아이스플라이스에 관한 안전기준(이하 “기준”이라 한다)의 목적은 선박구조물, 인명 및 환경에 대한 위험을 최소화하기 위해 합성섬유로프의 아이스플라이스 체결 방법에 대한 기준, 스플라이스 로프의 관리 방법, 그리고 다른 안전 조치들을 규정함을 목적으로 한다.

#### 1.2(정의)

- 1.2.1 “합성섬유로프”라 함은 석유, 석탄, 공기, 물 등을 원료로 하여 섬유를 형성하는 분자를 화학적으로 합성하여 만든 긴 섬유를 모아 꼬은 가닥들의 모음을 말한다.
- 1.2.2 “아이스플라이스”라 함은 로프의 끝을 풀어 로프의 몸통에 꼬아 넣고 이어 붙여 만든 로프 단말 가공을 말한다.
- 1.2.3 “절단하중”이라 함은 로프의 길이 방향으로 인장을 행하여 로프가 파단되는 때에 가해진 힘을 절단하중이라고 한다.
- 1.2.4 “피드”라 함은 스플라이스 작업을 할 때 스트랜드 사이를 열어줄 수 있도록

끝이 뾰족하게 생긴 형태의 금속형태의 바를 말한다.

- 1.2.5 “터블라 피드”라 함은 피드의 뒷부분이 관 형태로 구멍이 있어, 로프를 끼워 넣을 수 있는 형태의 피드를 말한다.
- 1.2.6 “와이어 피드”라 함은 피드가 와이어의 형태로 얇은 굵기의 금속으로 이루어진 피드를 말한다.
- 1.2.7 “스티칭”이라 함은 스플라이싱 작업 중 로프의 끝이 로프의 몸통에 연결이 된 후, 연결을 단단히 하기 위해서 실을 로프에 꿰매어 주는 작업을 말한다.
- 1.2.8 “숙련된 작업자”라 함은 이론적, 실무적인 지식을 가지고 실질적인 경험과 경력을 가지고 있으며 로프의 성능에 지장을 주거나 약하게 하는 결점들을 찾아낼 수 있는 사람을 말한다.
- 1.2.9 “스트랜드”라 함은 로프를 구성하는 단위로서 로프를 구성하는 가닥을 말한다.
- 1.2.10 “안”이라 함은 스트랜드를 구성하는 단위로서 로프 구성의 최소 단위인 필라멘트 섬유가 모여서 만들어진 가닥을 말한다.

#### 1.3(적용)

- 1.3.1 이 기준은 합성섬유로프에 한하여 적용한다.
- 1.3.2 로프 제조업체에서는 강화된 조건으로 추가요건을 부과할 수 있다.

#### 제2장 스플라이스 로프의 요건

#### 2.1(일반)

- 2.1.1 3연로프는 풀어헤친 스트랜드가 로프

몸통에 스플라이싱이 될 때, 3개의 스트랜드가 반드시 각기 다른 스트랜드로 꼬아넣기가 되어야 한다.

2.1.2 4연로프는 풀어헤친 스트랜드가 로프 몸통에 스플라이싱이 될 때, 4개의 스트랜드가 반드시 각기 다른 스트랜드로 꼬아넣기가 되어야 한다.

2.1.3 8연로프는 풀어헤친 스트랜드가 로프 몸통에 스플라이싱이 될 때, 반드시 2개의 스트랜드를 1조로 하여 4쌍의 스트랜드가 각기 다른 스트랜드로 꼬아넣기가 되어야 한다.

2.1.4 12연로프는 풀어헤친 스트랜드가 로프 몸통에 스플라이싱이 될 때, 반드시 2개의 스트랜드를 1조로 하여 6쌍의 스트랜드가 각기 다른 스트랜드로 꼬아넣기가 되어야 한다.

2.1.5 12연로프가 매설되는 방식으로 스플라이싱이 될 때, 로프의 끝이 로프의 몸통에 매설되는 길이는 최소 터블라 피드의 2개분 길이가 되어야 한다. (*Samson Splicing Instructions*)

2.1.5.1 12연로프는 매설이 완료된 후 반드시 스티칭이 되어야 한다.

2.1.5.2 관 형태의 터블라 피드의 길이는 로프 지름의 21배가 되어야 한다. (*Samson Splicing Instructions*)

2.1.5.3 와이어 피드의 길이는 터블라 피드의 1/2 길이가 되어야 한다. (*Samson Splicing Instructions*)

2.2.6 그 외 기타 로프는 반드시 제조사의 제작 지시 방법에 따라 제작되어야 한다. (*C200 Cyclic endurance, DNV, Class*)

## 2.2(아이)

2.2.1 로프의 아이의 직경은 로프가 걸어야 할 구조물(비트, 볼라드, 클리트, 각종 선체구조 등)의 직경에 최소 3배 이상 5배 이하가 되어야 한다. (*CI-2100, US, Association*)

2.2.2 로프의 아이를 당긴 상태에서 측정된 아이의 길이는 로프 스트랜드 직경의 최소 8배가 되어야 한다. (*DIN 83319, GER, Standards*)

2.2.3 로프의 아이에 인장이 걸렸을 때 로프 아이의 스플라이스 부분에서의 각도는 60도를 넘지 않아야 한다. (*OSHA 1910.184(h), US, Standards*)

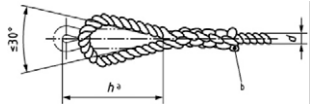
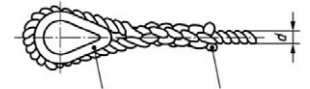
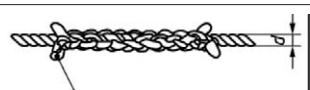
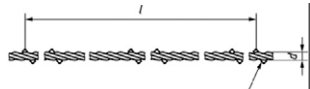
2.2.4 아이스플라이스부는 보호용 천 등으로 감싸서 데미지를 받을 수 있는 부분으로부터 보호해야 한다. (*AS 1380.2, AUS, Standards*)

2.2.5 로프의 아이에 금속제 부속물(씰블 등)이 부착되는 경우, 알칼리나 산성 등, 그 외 금속제 물질에 피해를 입힐 수 있는 화학물질에 의해 쉽게 부식되어지지 않아야 한다.

## 2.3(스플라이스 횡수)

2.3.1 각 형태의 스플라이스의 꼬아넣기 횡수는 아래에 따라서 넣어주어야 한다. (*BS EN 354, UK, Standards*), (*OSHA 1910.184(h), US, Standards*), (*ASTM D 4268, US, Association*) (*DIN 83319, GER, Standards*)

Table 11 스플라이스의 형태에 따른 꼬아넣기 횟수

종류	그림 및 설명	스플라이스 갯수
아이스 플라이스	 <p>① <math>h \geq 8d</math> (동 기준 2.2.2) ② b의 길이는 스트랜드 직경 1.5배로 절단(동 기준 2.3.2)</p>	4 회
심블 아이스 플라이스	 <p>① 심블이 로프의 아이에 박혀 있는 형태의 스플라이스 ② b의 길이는 스트랜드 직경 1.5배로 절단(동 기준 2.3.2)</p>	4 회
쇼트 스플라이스	 <p>① b의 길이는 스트랜드 직경 1.5배로 절단(동 기준 2.3.2)</p>	4 회
롱 스플라이스	 <p>① 스플라이스 길이 <math>l \geq 125\text{mm} \times d</math> ② b의 길이는 스트랜드 직경 1.5배로 절단(동 기준 2.3.2)</p>	4 회

2.3.2 꼬아넣고 남은 스트랜드는 그 직경의 1.5배 길이만큼 끝을 남겨두어야 한다.

2.4(작업자) 스플라이스 작업자는 경력이 있는 숙련된 전문 작업자가 직접 제작하거나 숙련된 전문 작업자의 감독 지도하에 제작이 되어야 한다.

### 제3장 스플라이스 로프의 사용 및 보관

#### 3.1(사용 전 확인사항)

- 3.1.1 로프의 외관 상태 및 로프를 보호할 수 있는 모직물이나 혹은 천이 손상되지 않았는지 확인한다. (AS 1380.2, AUS, Standards)
- 3.1.2 씹블이나, 샤클, 커플링 등이 있을 경우 기능 정상 작동 및 손상 여부를 확인한다.

#### 3.2 (사용)

- 3.2.1 로프의 사용자는 강한 장력에 의해서 혹은 마찰에 의해서 로프의 표면이 손상되지 않도록 안전하게 사용하여야 한다.
- 3.2.2 로프의 사용자는 로프를 걸어 사용하는 경우, 정상적인 계선주(비트, 볼라드, 페어리드 등)이 아닌 날카로운 구조물(방파제 강제로프 고리 등)에 걸면 안된다.
- 3.2.3 로프가 철판 등의 뜨거운 표면에서 사용되거나 뜨거운 가스 혹은 불, 토치와 같은 화기에 접촉하여서는 안된다.
- 3.2.4 로프가 먼지와 흙, 햇빛 및 자외선, 화학품 등의 물리적인 곳에 장기적으로 노출이 되어서는 안된다.
- 3.2.5 로프 몸체에 걸리는 선체 지지대(비트, 볼라드 등)의 반경과 로프의 직경과의 관계는 아래와 같다. (AS 1380.2, AUS, Standards)
  - 3.2.5.1 로프에 걸리는 각도가  $90^\circ$ 를 초과할 시 선체 지지대의 반경은 로프 직경의 0.5배 이상이어야 한다. (AS 1380.2, AUS, Standards)

3.2.5.2 로프에 걸리는 각도가 90°이하인 경우 선체 지지대의 반경은 로프 직경의 3.5배 이상이어야 한다. (AS 1380.2, AUS, Standards)

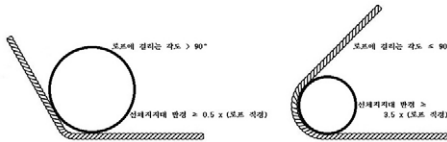


Fig. 16 선체지지대와 로프에 걸리는 각도와와의 관계

### 3.3(보관)

- 3.3.1 로프를 사용하거나 세척 후 물기를 제거하여야 한다. (DNV-OS-E303, DNV, Class)
- 3.3.2 로프의 물기를 제거할 때에는 강제로 열기를 이용하여 제거하지 아니하고 상온에서 말려서 물기를 제거할 수 있도록 한다.
- 3.3.3 로프 보관 시에는 먼지와 모래가 제거되어 청결하게 보관되어야 한다.
- 3.3.4 로프의 보관 장소는 통풍이 되는 건조한 곳에서 보관되어야 한다.
- 3.3.5 로프 보관 시에는 부식 및 노후 방지를 위해 바닥이 아닌 받침대가 있는 곳에 올려져 보관되어야 한다.

## 제4장 스플라이스 로프의 점검

### 4.1(정기검사)

- 4.1.1 로프의 정기 검사는 3개월을 넘지 아니 하는 간격으로 실시한다. 검사는 로프의 결함사항을 식별할 수 있는 적합한 사람이 이어야 하며, 로프의 장기사용으로 노후 화가 심할 경우에는 검사 주기를 3개월

미만으로 할 수 있다. (AS 1380.2, AUS, Standards)

- 4.1.2 로프가 마모되어 표피부분에 얇이 털처럼 일어나 있는지 혹은 잘려있는 부분이 있는지 여부를 확인한다.
- 4.1.3 로프의 외관이 외부의 힘, 장력으로 인해 납작해져 원래로 돌아가지 않는지 여부를 확인한다.
- 4.1.4 로프의 직경을 측정하여 내부 혹은 외부의 마모로 인해 정상의 직경에서 더 얇아지지 않았는지 확인한다.
- 4.1.5 로프의 외관 부분이 열이나 화기로 인해 녹은 흔적이 있는지 확인한다.
- 4.1.6 스플라이스의 연결부위에 손상이 없는 지를 확인한다.
- 4.1.7 로프의 장력이 걸리는 아이부분에 변형 혹은 손상이 없는지를 확인한다.
- 4.1.8 씬블 등의 기타 부속품이 로프에 걸려 있는 경우, 이 부속품의 손상여부를 확인한다.

4.2(검사기록) 검사기록은 로프의 결함사항을 식별할 수 있는 적합한 사람이 기록을 해야 하며, 로프를 사용하는 기간 동안 실시하는 검사의 상세내역을 기록하여야 한다. 검사기록에는 다음을 포함하여야 한다. (AS 1380.2, AUS, Standards)

- 4.2.1 로프의 구매일자
- 4.2.2 로프의 점검날짜 및 점검의 상세이력
- 4.2.3 로프의 수리날짜 및 수리의 상세이력
- 4.2.4 점검자의 서명

## 제5장 스플라이스 로프의 수리 및 폐기

5.1(수리) 스플라이스 로프는 다음의 경우에 수리를 해야 한다.

- 5.1.1 스플라이스가 3회 이하로 꼬아넣기가 되어 있는 경우 추가 꼬아넣기를 해야 한다.
- 5.1.2 스플라이스 부위가 헐거워지게 되었을 때 즉시 스플라이스 부분을 제거하고 로프의 나머지 부분으로 새롭게 스플라이싱을 해야 한다.
- 5.1.3 아이스플라이스의 보호용 천 내지는 모직물이 마찰 또는 인장열로 인해 변형 등으로 인해 그 기능을 할 수 없는 경우, 보호용 천과 모직물은 즉시 교체해 줘야 한다.
- 5.1.4 아이스플라이스의 아이부분이 하중으로 인해 마찰열, 인장열 등의 발생으로 고착내지 고형화 되는 경우, 즉시 아이부분을 제거하고 로프의 나머지 부분으로 새롭게 스플라이싱을 해야 한다.
- 5.1.5 중고 로프는 스플라이싱을 하면 안된다. (*DIN 83319, GE, Standards*)

5.2(폐기) 스플라이스 로프는 다음의 경우에 폐기를 해야 한다.

- 5.2.1 로프의 한 스트랜드에 15% 이상의 마모가 발생했을 경우 로프를 폐기하여야 한다. (*OCIMF Mooring Equipment, Association*)
- 5.2.2 로프의 한 스트랜드에 50% 이상의 열로 인한 고형화가 발생했을 경우 로프를 폐기하여야 한다. (*OCIMF Mooring Equipment, Association*)
- 5.2.3 로프의 한 스트랜드에 마찰 또는 인장열로 인해 변형이 발생했을 시 로프를 폐기하여야 한다. (*OCIMF Mooring Equipment, Association*)

- 5.2.4 기타 로프의 강도에 문제가 되는 물리적 혹은 화학적 손상을 입은 경우 즉시 로프를 교체하고 교체된 로프는 폐기하여야 한다.

## 후 기

본 연구는 선박안전기술공단에서 2013년도 자체연구사업으로 추진하였음을 밝힙니다.

## 참 고 문 헌

- (1) 정광교 외 3명, '대형 예부선 안전관리 강화 방안 연구', 선박안전기술공단, 2008
- (2) 선급 및 강선규칙(제4편 선체의장), KR Class, 2012
- (3) Offshore Fibre Ropes(DNV-OS-E303), DNV Class, 2013
- (4) Hull Equipment And Safety(Part 3/Chapter 3), DNV Class, 2011
- (5) Guidelines For The Approval of Towing Vessels, GL Class, 2010
- (6) Rules For Classification and Construction, GL Class, 2009
- (7) Rules For The Survey And Construction of Steel Ships, NK Class, 2012
- (8) Effective Mooring, OCIMF, 2010
- (9) Mooring Equipment Guidance, OCIMF, 2008
- (10) Fiber Rope Inspection and Retirement Criteria, Cordage Institute, 2004



- (11) Eye Splice 3-Strand Fiber Rope, Cordage Institute, 2009
- (12) Occupational Safety And Health Standards 1910.184, OSHA, United States
- (13) Standard Test Methods For Testing Fiber Ropes, ASTM, United States
- (14) Personal Protective Equipment against Falls From A Height Lanyards, BSI,

United Kingdom

- (15) Fibre Ropes Slices Definitions, Safety Requirements, Test Methods, Deutsches Institut for Normung, Germany
- (16) Fibre Rope Slings, Australian Standards, Australia
- (17) The Health and Safety in Employment Act, OSHS, New Zealand

