

해양환경 보호를 위한 오일펜스의 내구성 향상 : 검정제도 개선 방향

장판길* · 서정목** · 이희진****

* 해양경찰연구센터 연구사, ** 해양경찰연구센터 센터장, *** 해양경찰연구센터 화학분석연구팀장

Oil Fence Durability Enhancement for Marine Environmental Protection : Improvement of Inspection Process

Pankil Jang* · Jeong Mog Seo** · Heejin Lee****

* Researcher, Korea Coast Guard Research Center, Cheonan, 31254, Korea

** Chief, Korea Coast Guard Research Center, Cheonan, 31254, Korea

*** Head of Chemical Analysis Research Team, Korea Coast Guard Research Center, Cheonan, 31254, Korea

요 약 : 오일펜스는 사고 초동조치로 기름 확산을 효과적으로 방지하는 아주 큰 역할을 한다. 그러나 사고 현장의 기름이나 구조물 등의 의해 파손되어 폐기되는 경우가 많이 발생되며, 회수된 폐 오일펜스는 소각처리과정에서 미세먼지 발생과 발암성분의 대기 배출 가능성이 높은 상황이다. 또한, 본체 일부가 손상되어 해상으로 유출되면서 해양 미세플라스틱과 같은 2차 환경오염의 원인이 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 우리나라에서 가장 많이 사용하는 고품질 오일펜스 원단을 이용하여 내구성을 평가하였다. 본체부 샘플을 해수와 기름에 노출시킨 후, 시간과 온도에 따른 인장강도를 측정하였다. 그 결과 5일 노출후 해수에서는 13%가 기름에서는 3%가 감소하였으며, 온도변화에도 영향을 받는 것으로 나타났다. 오일펜스는 해수와 기름에 노출 뿐만 아니라 바람과 파도 등 다양한 영향을 받게 되므로 오일펜스의 내구성은 강화되어야 한다. 또한, 해양환경보호 측면에서 지속적인 사용을 위해서는 내구성 강화는 필수적이다. 이에 오일펜스의 본체부 재질검사가 강화되어야 한다고 판단하여, 검정 시 본체부 원단 인장강도 품질을 확인할 수 있는 검정 개선방안을 제안하였다.

핵심용어 : 오일펜스, 인장강도, 해양오염, 해양환경, 방제자재, 검정

Abstract : Oil fences effectively prevent the spread of oil spilled in the sea, thereby reducing the damage to the marine environment. However, the fence is damaged by oil and structures at the accident site and is discarded. When incinerated disposal method for discarded fences, fine dust, and harmful materials are generated. Moreover, as a part of the damaged fence is dumped into the sea, it may cause secondary environmental pollution, such as microplastics. Therefore, in this study, durability was measured using the most common solid foam type oil fences. As a result, the reduction rate of after five days of contact was 13% in seawater and 3% in oil, affected by temperature changes. Thus, the durability of the fence should be improved because it is exposed to seawater and oil and affected by wind, light, and waves depending on the weather conditions. Therefore, we suggest a method to improve the oil fence inspection to strengthen the durability of the fence's fabric part.

Key Words : Oil fence, Tensile strength, Marine pollution, Marine environment, Marine Pollution Response Materials, Inspection

* First Author : pkjang@korea.kr, 041-640-2531

† Corresponding Author : heejinlee0608@korea.kr, 041-640-2151

1. 서론

오일펜스는 해상에 유출된 기름을 포위 및 포집하고 민감 자원으로부터 분리시키거나 회수지점으로 유도하기 위해 사용한다(ITOPF, 2014). 특히, 기름의 포집 및 유도능력의 특성 때문에 대형 기름 오염 사고시 오일펜스는 없어서는 안 될 필수자재이며, 사고초기 초동조치로 기름 확산을 방지하는 아주 큰 역할을 한다. 2007년 12월 허베이스피리트호(유조선, 146,868 톤) 충돌사고로 원유 12,547 kL가 유출되었을 때 기름 확산을 막기 위해 오일펜스 약 47km를 동원하였다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2012).

오일펜스는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 고�형식, 공기팽창식, 형립식 등 상황별, 환경별 요구에 부합 할 수 있도록 다양한 크기와 소재로 제작되고 있다. 본체 방유벽 대부분이 PVC 코팅 타포린(Polyvinyl chloride coated Tarpaulin) 소재가 사용되며, 고�형식의 경우 부유체로 해수보다 비중이 가벼운 발포성 고체(스티로폼 등)로 구성되어 있다(Jeong et al., 2018). 해양경찰청 2020년 방제자재·약제 성능시험 및 통계 분석 자료에 따르면, 2018년~2020년 국내 오일펜스 생산량은 총 142,781 m(316,974 kg)이며, 연평균 47,594 m(105,658 kg)로 상당한 것으로 확인되었다. 이 중 가격이 저렴하고 활용도가 우수한 고�형식 오일펜스가 약 90%를 차지하였다(Korea Coast Guard, 2020).



Fig. 1. Type of oil fence.

그러나 오일펜스는 기름 노출이나 사고현장의 구조물 등의 파손에 의해 폐기되는 경우가 많이 발생되며, 회수된 폐 오일펜스는 소각처리과정에서 미세먼지 발생과 발암성분의 대기 배출 가능성이 높은 상황이다. 또한, 본체 일부가 마모되어 해상으로 유출되면서 해양 미세플라스틱 으로 배출되어 2차 환경오염의 원인이 될 수 있다(Kim et al., 2019).

해양수산부에서 실시한 최근 3년간(2018~2020) ‘국가 해안쓰레기 모니터링’ 결과에 따르면, 해안쓰레기 중 플라스틱 쓰레기가 평균 83%로 가장 많은 비중을 차지하였으며, 발생량은 전체의 약 54%(약 6.7만 톤 추정)를 차지하는 것으로 나타났다(Ministry of Maritime affairs and Fisheries, 2020). 국내의 양식업에 사용되는 스티로폼 폐부자가 큰 문제가 되고

있으며(Jang et al., 2014), 고�형식 오일펜스 역시 비슷한 스티로폼을 부유체로 많이 사용하고 있고 원단 마모로 페스티로폼 등이 해상으로 유출될 가능성이 많아 해양환경에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

2021년 5월에 개최된 P4G 서울 정상회의에서 대통령은 해양플라스틱 등 해양오염 문제에 있어서 각별한 관심과 급증하는 해양쓰레기에 대한 우려를 표명했으며, 해양오염을 줄이는 것을 세계적 과제로 제시하고 싶다고 언급했다(Korea Coast Guard, 2021). 해양경찰청에서는 해양쓰레기 문제의 심각성을 인식하고 해결하기 위해 해양쓰레기 저감 정책을 마련하여 추진 중에 있다.

Fig. 2는 고�형식 오일펜스가 파손되어 방치되어 있는 모습이다. 이처럼 오일펜스 원단이 마모되어 스티로폼 등의 유출로 해양 오염을 야기할 수 있다.

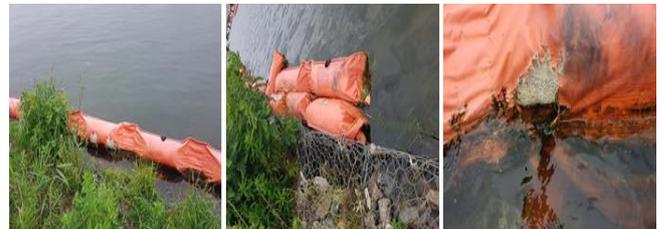


Fig. 2. Floating waste oil fence.

해양오염 방제자재·약제 성능시험 및 검정 업무는 민간 시험연구기관에서 대행하였으나, ‘20.7.1부터 국가기관인 해양경찰연구센터에서 업무를 인수하여 해양오염 방제자재·약제 성능시험 및 검정 업무를 직접 수행하고 있다.

해양환경관리법 제110조에 따라 방제자재·약제를 제작·제조하거나 수입하려는 자는 형식승인 및 검정을 받은 제품만 생산, 유통 가능하도록 법적 규제를 하고 있다.

해양환경 보호를 위한 규제로서 제품의 안전성, 해양환경에 미치는 영향, 사용의 편리성 확보를 위한 방제자재·약제 성능시험 및 검정의 역할은 그 어느 때보다도 중요하다.

국내 오일펜스 검정 시험 항목은 겉모양, 치수, 재질, 부유 시험으로만 평가를 하고 있어, 중요 항목인 인장강도 평가는 최초 성능시험 이후로 평가를 하고 있지 않는 실정으로 제조업체에서 원가절감을 위해 인장강도가 약한 중국산 저가의 원단으로 바꿔 사용하여도 확인이 어려운 문제점이 있다.

오일펜스 방유벽 마모로 인한 스티로폼, 플라스틱 폐기물을 감소시키기 위해서는 본체부 원단을 실제 해수나 기름에 장시간 접촉하였을 경우, 인장강도가 어떻게 변하는지 확인하고, 이 결과를 바탕으로 검정 시험항목에 본체부 주재료에 대한 인장강도를 확인할 수 있는 방안 마련이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 현재 우리나라에서 가장 많이 사용

하는 고품식 오일펜스 원단을 해수 및 기름에 장시간 노출시켜 본체부의 인장강도 변화를 확인하였다. 또한 이를 바탕으로 기존 오일펜스 원단의 인장강도 품질 확인 및 검정 개선 방안을 강구하는 것이 이번 연구의 목적이다.

2. 재료 및 시험방법

2.1 재료 및 준비

해수와 기름에 노출에 따른 인장강도를 확인하기 위해 국내 고품식 오일펜스에서 가장 많이 사용하는 두께 0.5 T의 원단 1 m×1 m을 사용하여 표준 샘플의 기준인 너비 3 cm×세로 25 cm 크기로 준비하였다.

서해안(충남 당진)에서 채취한 셀제 해수와 GS칼텍스에서 제공받은 황함유량이 0.5%의 Bunker C의 기름을 시험 용기에 넣고 채취한 샘플을 해수 또는 기름이 담긴 용기에 넣고 30일간 노출시켰다. 이 때, 항온항습기를 이용하여 온도는 -5℃~40℃, 상대습도는 60%로 설정하였다. 주요장비와 재료는 Table 1에 기술하였다.

Table 1. Main equipments and materials.

Equipments & materials	Details
temperature & humidity chamber	DAIHAN SCIENTIFIC Co. (STH-155, 155 L)
tensile tester	TESTONE, TO-102
fabric	H Co. (PVC coated tarpaulin, 0.5 T)
oil	GS Caltex, 0.5% sulfur B-C
seawater	from dangjin, chungcheongnam-do
test vessel	stainless steel vessel

2.2 시험방법

해수 또는 기름에 노출된 오일펜스 샘플은 인장강도를 측정하여 내구성을 평가하였다. 오일펜스 인장강도 시험은 KS M3737(오일펜스)의 5.5.1 방유벽 주재료의 인장강도 시험방법을 적용하였다. 본체부 주재료 성능시험 판정기준은 길이방향의 인장력을 장력체로 유지하는 형은 294 N/cm(30 kg/cm), 길이방향의 인장력을 본체로 유지하는 형은 588 N/cm(60 kg/cm)으로 규정하고 있다(Korea Coast Guard Notice No. 2020-8, 2020).

측정오차를 줄이기 위해 1회 측정 시 5개 샘플을 사용하여 측정치를 산출하여 평균값을 사용하였다.

인장강도는 테스트원(TO-102)사의 만능재료시험기를 이용하여 각 시험편을 클램프 사이의 거리가 15 cm가 되도록 고정하고 인장속도 15~30 cm/min으로 측정하였다(KS M 3737, 2010).

노출일, 온도에 대한 설정값은 Table 2에 기술하였다.

Table 2. Durability test parameters

Lists	Conditions	
	Seawater	Oil
Time (at 40 °C)	5, 11, 17, 23, 30 days	
Temperature (for 5days)	-5, 0, 24, 40 °C	
Relative Humidity	60 %	

3. 결과 및 분석

3.1 해수와 기름 노출 후 샘플 겉보기 형태 변화

오일펜스 샘플을 해수와 기름에 각각 10일간 노출시킨 후의 외관상 변화를 관찰하였다. Fig. 3에서 보듯이 해수 노출된 샘플은 처음상태와 형태가 유사하였으나, 기름에 노출된 샘플은 원단 사이로 기름이 스며들어 재질이 확실히 뽀뽀해짐을 확인하였으며, 이는 해당 샘플의 인장강도 또한 변화되었음을 유추할 수 있었다.



Fig. 3. Oil fence samples status.

3.2 고품식 오일펜스 본체부 인장강도

본 연구에서 기준이 되는 오일펜스 본체부의 인장강도는 '21년 해양경찰연구센터에서 실시한 오일펜스 성능시험 중 고품식에 사용된 3건의 H사 0.5T 원단의 세로방향의 측정치 평균값인 331 N/cm를 기준 인장강도로 설정하였다. Fig. 4는 이번 시험에 사용한 고품식 오일펜스 원단의 모습이다.



Fig. 4. Oil fence fabric (PVC Tarpaulin).

3.3 해수 노출에 의한 인장강도 변화

해수에 30일간 노출된 오일펜스 샘플의 측정 결과를 Fig. 5에 나타냈다. 5일 경과 후 평균 288 N/cm로 초기 인장강도

와 비교하여, 13% 큰 폭으로 감소하였고, 그 이후에는 비슷하게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 30일 경과 후에는 평균 283 N/cm로 해수에 노출되지 않았을 때보다 14.5% 감소한 것을 확인하였다.

5일 경과 후 부터 국내 오일펜스 본체부 원단 인장강도 기준치 294 N/cm(길이방향의 인장력을 장력체로 유지하는 형)를 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

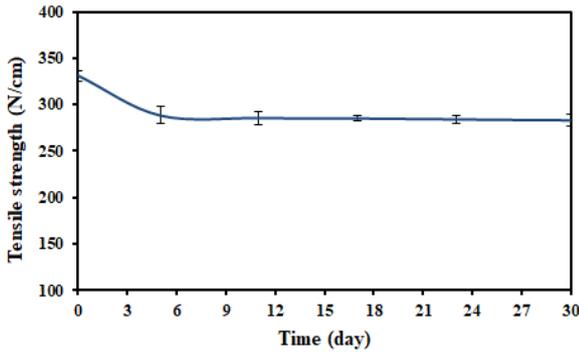


Fig. 5. Tensile strength of oil fence samples according to contact time in seawater.

3.4 기름 노출에 의한 인장강도 변화

해수와 동일한 방법으로 Bunker-C에 오일펜스를 노출하여 인장강도 변화를 측정하여 Fig. 6에 나타냈다. 인장강도 측정 결과 기름에 노출시킨 지 5일 경과 후, 평균 322 N/cm로 초기보다 3% 감소하였고, 이는 해수에 노출된 샘플이 동일 기간에 13%인 것에 비해 낮은 감소율을 보였다. 하지만 해수에 노출 샘플은 5일 이후에는 거의 유사하게 나타났지만, 기름에 노출된 샘플의 노출시간에 따른 평균 인장강도를 확인해보면, 11일 후 312 N/cm, 17일에는 302 N/cm, 30일에는 277 N/cm로 지속적으로 감소되는 것을 확인하였다. 23일까지는 기준치인 294 N/cm를 만족하였다. 30일째 기름에 노출된 샘플의 총 감소율은 -16.5%로 -14.5%인 해수보다 컸다.

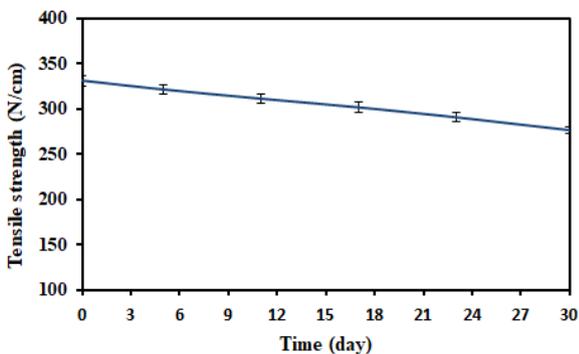


Fig. 6. Tensile strength of oil fence samples according to contact time in oil.

노출시간에 따라서는 해수에 노출된 오일펜스 샘플은 5일 이후에는 시간이 경과함에도 비슷한 인장강도를 나타냈지만, 기름에 노출된 오일펜스는 지속적으로 인장강도가 감소되었다. 5일간 비교 시, 기름보다 해수에 의한 영향이 더 큰 것을 확인할 수 있었고, 30일 경과 후에는 기름에 의한 영향이 다소 크게 나타났다.

3.6 해수 온도 변화에 따른 인장강도 변화 비교

유출 사고가 발생되면, 오일펜스는 다양한 환경에 노출되게 된다. 우리나라 연안 347개 정점의 계절별 평균 수온은 여름철에는 $24.5 \pm 2.60^\circ\text{C}$, 겨울철에는 $7.97 \pm 3.36^\circ\text{C}$ 로 알려져 있다(Park et al., 2017). 실제 오일펜스가 놓이게 되는 환경은 더 극심하기 때문에 다양한 온도 구간에서 오일펜스의 내구성을 평가하였다. 오일펜스 샘플을 온도가 -5, 0, 24, 40°C 로 각각 설정된 해수에 담그고 그 변화를 관찰하였다. 이 때, 노출 기간은 온도에 따라 5일로 설정하였다. 그 결과를 Fig. 7에 나타냈다.

Fig. 7에서 보듯이, 0°C 에 노출된 샘플의 감소폭이 가장 컸다. -5°C 에서는 평균 308 N/cm, 0°C 에서는 평균 272 N/cm, 24°C 에서는 평균 285 N/cm, 40°C 에서는 평균 288 N/cm로 측정되었다.

온도 변화에 따른 감소율을 확인하면, -5°C 에서 -7.1%, 0°C 에서 -18.0%, 24°C 에서 -14.0%, 40°C 에서 -13.0%로 측정되어 0°C 에서 가장 큰 감소율을 보였고, -5°C 에서 가장 적은 감소율을 보였다. -5°C 에서 평가한 경우를 제외하고는 모두 국내 오일펜스 기준치를 만족하지 못하였다.

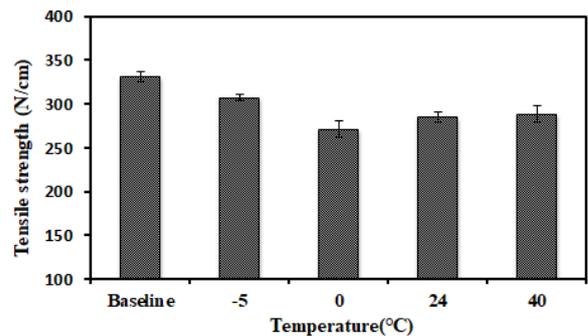


Fig. 7. Tensile strength of oil fence samples according to seawater temperature.

3.7 기름 온도 변화에 따른 인장강도 변화 비교

해수와 마찬가지로 기름에 대한 영향도 평가하였다. 5일간 기름에 노출시킨 오일펜스 샘플의 인장강도를 Fig. 8에 나타냈다.

해수와 마찬가지로 0°C 에서 감소율은 -12.3% 가장 높게 나타났다으며, -5°C 에서 -4.9%, 24°C 에서 -10.4%, 40°C 에서 -3.0%로 측정되었다.

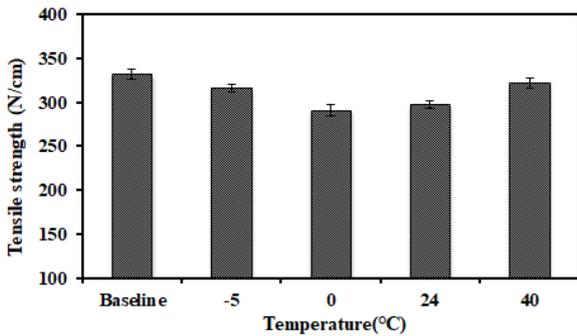


Fig. 8. Tensile strength of oil fence samples according to oil temperature.

오일펜스 본체부 원단을 해수와 기름에 온도변화를 주면서 5일간 노출 후 인장강도 측정결과, 온도 변화에 따른 감소율은 해수가 기름보다 더 큰 감소율을 보였다. 전반적으로 모든 온도에서 기름보다 해수에 의한 영향이 큰 것으로 확인할 수 있었다. 오일펜스에 대한 해수 또는 기름에 대한 영향은 보고된 바 없다. 유사한 연구로는 유흡착재로도 사용이 가능한 경질폴리우레탄을 7일간 해수에 노출 평가한 결과, 초기 대비 인장강도가 4%~10%로 감소했다(Kang et al., 2008). 기름 유출 사고 처리하기 위한 새로운 자재, 장비에 대한 연구는 활발히 이뤄지고 있지만, 실제 해양환경에 대한 영향 평가는 부족한 실정이다.

4. 검정 개선에 대한 고찰

해양오염방제 자재·약제 검정은 해양환경관리법 제110조 제6항에 규정되어 있으며 방제자재·약제를 사용함에 있어 해양환경에 미치는 영향을 최소화하고자 일정성능 이상의 제품을 생산·판매하도록 유도하고자 함을 목적으로 하고 있다(Chung et al., 2003).

현재 해양경찰청의 형식승인을 받고 시판되거나 보유중인 오일펜스 종류는 38개사 168종에 달한다(Korea Coast Guard, 2020).

상기 실험결과와 같이 오일펜스는 해수와 기름 등에 의한 풍화작용으로 장기간 해상에서 사용 시 원단이 마모되어 파손될 가능성이 높으며, 회수가 안 될 경우에는 페스티로폼 등의 환경오염 물질 등이 해상으로 배출되어 해양환경에 악영향을 미칠 가능성이 크다.

이렇게 오일펜스 본체부 인장강도가 해양환경에 미치는 중요한 항목임에도 현재 오일펜스 검정 시 육안검사 및 부유시험 위주로만 시행하고 있어 인장강도 품질확인을 위한 방안 마련이 필요하다. Table 3은 현재 시행하고 있는 오일펜스 성능시험 및 검정 항목을 표시하였다.

Table 3. Oil fence performance test and inspection lists

Lists	Performance test	Inspection
visual test	○	○
dimension inspection	○	○
material inspection	○	○
connection part (specification, material)	○	×
floating test	○	○
tensile strength test	○	×
air leak test	○	○
oil resistance test	○	×
weathering test	○	×

오일펜스 검정 시 본체부 원단의 인장강도 확인을 위한 개선 방안으로 매회 오일펜스 검정 신청 시 제조업자는 최근 구입한 원단의 구입내역과 두께 및 인장강도가 명시된 원단 사양서를 신청서와 함께 제출하도록 하고 검사자는 서류상으로 원단의 두께와 인장강도를 확인한다. 서류 검사의 보완대책으로 동일제품 검정주기 5회를 기준으로 제조업자로 하여금 원단 샘플을 신청서와 함께 제출하도록 하여 실질적인 인장강도를 확인하는 방안을 마련한다.

이러한 검정 개선으로 제조업체에서 원가절감을 위해 인장강도가 약한 저가의 원단으로 바꿔 생산하는 것을 미리 예방하고 품질 좋은 일정 성능 이상의 오일펜스가 생산·판매하도록 유도한다면 해양오염 방제효율 향상과 더불어 해양쓰레기를 감소하고 해양환경에 미치는 영향을 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다. Table 4는 현재 재질검사와 개선 방안을 비교하여 표로 표시하였다.

Table 4. Improvement plan for oil fence inspection.

Current	Improvement
Material inspection	Material inspection
(Test Methods) Visually check the main materials constituting the fabric part of the oil fence	(Test Methods) visually check the main materials constituting the body part of the oil fence. (add) submit a specification sheet specifying the tensile strength and thickness of the oil fence fabric and a related purchase statement.
(Criteria) same specification	(Criteria) same specification

5. 결론

이번 연구에서는 오일펜스 종류 중 국내 오일펜스 생산량의 약 90%를 차지하는 고품식 오일펜스 본체부 원단을 사용하여 해수 및 기름에 노출시켜 인장강도 변화를 연구하였다. 또한 노출기간, 온도에 대한 영향도 평가하였다.

그 결과, 노출시간에 따라서는 해수에 노출된 오일펜스 샘플은 5일 이후에는 시간이 경과함에도 비슷한 인장강도를 나타냈지만, 기름에 노출된 오일펜스는 지속적으로 인장강도가 감소되었다. 온도에 의한 영향은 해수나 기름에서 비슷한 경향을 나타냈고, 0℃에서 인장강도 감소율이 제일 큰 것을 확인하였다.

오일펜스 원단이 해수, 기름에 영향을 받아 인장강도가 감소됨을 확인할 수 있었고, 실제 해양에서는 바람, 파도와 같은 다양한 풍화작용이 발생하기 때문에 이로 인해 내부 구성품인 스티로폼 등의 해양 유출로 해양환경을 오염시킬 가능성은 더 크게 존재한다.

이번 연구결과를 바탕으로 오일펜스 성능개선 뿐만 아니라 해양쓰레기 저감 등 해양환경 보호를 위해서라도 검정 시 본체부 재질검사를 개선할 필요가 있다. 이에 대한 대책으로 오일펜스 검정 시 본체부 원단 인장강도 품질을 확인할 수 있는 검정 개선방안을 제안하였다.

References

- [1] Chung, J. W., J. Y. Yoon, J. R. Shin and H. G. Kim(2003), The Study Performance Test · Verification Standard, Form approval procedure(draft) of OSBA, Vol. 6, No. 2, pp. 16-27.
- [3] ITOPI(2014), Technical information papers 3. Use of booms in oil pollution response.
- [4] Jang, Y. C., J. M. Lee, S. W. Hong, M. J. Lee and J. S. Lee(2014), Designing and assessment of policy alternatives of marine debris: focusing on measures to increase recycle ratio of styrofoam buoys, vol.18, no.1, pp. 75-97.
- [5] Jeong, B. H., H. K. Choi, G. J. Park and S. Y. Ha(2018), A Study on Mass Rescue Operation Utilizing an Oil Boom, Vol. 24, No. 6, pp. 686-693.
- [6] Kang, S. W., I. S. Cho, and S. B. KIM(2008), Effect of Isocyanate Index on the Physical Properties of Rigid Polyurethane Foam under Sea Water, Vol. 19, No. 4, pp. 427-431.
- [7] Kim, K. H., J. H. Hwang, Y. W. Heo, and J. W. Park(2019), The effect of microplastics on marine ecosystem and future research directions, Vol. 37, Issue 4, pp. 625-639.
- [8] Korea Coast Guard(2021), Korea Coast Guard Marine Litter Prevention Promotion Plan (Marine Pollution Prevention Division-2997(2021.7.22.)).
- [9] Korea Coast Guard Research Center(2020), Marine Pollution Response Materials and Chemicals Performance Test and inspection statistical analysis.
- [10] Korea Coast Guard(2020), Status of Type Approval for Marine Pollution Response Materials and Chemicals (As of December 2020).
- [11] KS M 3737(2010), Oil fence 5.5 Tensile strength test.
- [12] Korea Coast Guard Notice No. 2020-8(2020), Marine Pollution Response Materials and Chemicals Performance Test and inspection standard
- [13] Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2012), Hebei Spirit Accident Policy Information.
- [14] Ministry of Maritime affairs and Fisheries(2020), Monitoring marine litter collection and national coastal litter (2018~2020).
- [15] Park, M. O., Y. W. Lee, J. B. Ahn, S. S. Kim, and S. M. Lee(2017), Spatiotemporal Distribution Characteristics of Temperature and Salinity in Coastal, Vol. 20, No. 4, pp. 226-239.

Received : 2021. 08. 13.

Revised : 2021. 09. 18.

Accepted : 2021. 10. 28.