

## 폐어망을 이용한 섬유보강 콘크리트의 적용성 연구

### Feasibility Study of Fiber Reinforced Concrete Using Waste Fishing Net

권기철 Kweon, Gichul  
김희윤 Kim, Heeyun

정회원 · 동의대학교 토목공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : gckweon@deu.ac.kr)  
동의대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : jupiter87@nate.com)

#### ABSTRACT

**PURPOSES :** To evaluate the feasibility of cut waste fishing net as a reinforced fiber for concrete.

**METHODS :** Strength characteristics of fiber reinforced concrete using waste fishing net were investigated. The cut waste fishing nets with 4~5cm length were putted into the soil-cement and cement concrete for pavement slab.

**RESULTS :** Compression and tensile strength of fiber reinforced concrete using waste fishing net were increased.

**CONCLUSIONS :** It was concluded that cut waste fishing net can be used as a reinforced fiber for cement concrete. However, sometimes using cut waste fishing net leads to decrease the strength; therefore, further researches are needed for real project.

#### Keywords

waste fish net, reinforced fiber, pavement, concrete, tensile strength

Corresponding Author : Kweon, Gichul, Professor  
Department of Civil Engineering, Dongeui University,  
176, Eomgwang-ro, Busanjin-gu, Busan, 614-714, Korea  
Tel : +82.51.890.1617 Fax : +82.51.890.2633  
E-mail : gckweon@deu.ac.kr

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ksre.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (print)  
ISSN 2287-3678 (Online)  
Received Nov. 13, 2014 Revised Nov. 13, 2014 Accepted Nov. 27, 2014

## 1. 서론

시멘트 콘크리트는 재료적 특성으로 인장에 취약하여 많은 공학적 문제를 야기한다. 특히 포장 재료로 시멘트 콘크리트를 적용하는 경우, 포장표면의 균열은 포장의 공용성을 급격하게 저하시키는 주요 원인의 하나이다(이석근 등, 2011; 남정희, 2012; 강석모, 2013). 균열의 원인은 매우 다양하지만, 보강섬유를 사용하여 시멘트 콘크리트의 인장강도를 증진하는 것은 균열을 억제하는 한 방법이다(콘크리트학회, 2009). 그러나 보강섬유의 사용은 비용 증가를 수반하여 경제성을 저하시키기도 한다.

어업활동으로 나오는 폐어망은 난분해성의 해양폐기물로 장기간에 걸쳐 많은 양이 축적되면서 어장을 황폐

화시키고, 해양식생물의 서식과 산란을 방해한다. 또한 선박의 프로펠러에 폐어망이 감기는 문제가 발생하여 크고 작은 해난사고의 원인이 되기도 한다(동해지방해양안전심판원, 2008). 그러나 폐어망을 효과적으로 활용하는 기술의 부재로 수거에 어려움이 있을 뿐 아니라, 소각 또는 매립 처리과정에서 2차적인 오염의 원인으로 작용하기도 한다(최동현 등, 2001). 따라서 폐어망의 재활용 기술개발은 매우 중요한 문제이다.

어망은 나일론(nylon)이나 폴리에틸렌(polyethylene)과 같은 난분해성 재질로 장시간 분해되지 않고 원형 그대로 해저 바닥에 퇴적되는 문제가 있다(Kim et al., 2001). 어망의 수명은 짧게는 3개월, 길게는 2~3년 정도로 알려져 있어. 폐어망의 재질은 신어망에 비하여 큰

변화가 없이 견고한 상태를 유지한다(최동현 등, 2001). 이러한 점은 재료적 측면에서 폐어망을 보강섬유 재료로 활용이 가능함을 나타낸다. 또한 폐어망은 기본적으로 망의 형태를 유지하고 있기 때문에 단순한 절단을 통하여 보강섬유 형태로 가공이 쉽다. 결국 폐어망은 재료적 측면에서 보강섬유로 합당하고 단순 절단을 통하여 보강섬유 형태로 가공이 용이하여, 보강효과가 확인된다면 폐기물인 폐어망의 효과적인 처리기술을 개발하게 되는 것이다.

아직까지 폐어망을 절단하여 시멘트 콘크리트에 첨가하는 보강섬유로 활용된 사례는 없다. 다만 폐어망을 경량토, 페타이어-저회혼합토 등에 단순한 격자모양으로 절단하여 보강효과를 검토한 사례가 있는데(김윤태 등, 2006; 권순장 등, 2012; 윤대호 등, 2012), 이러한 접근은 큰 격자 모양으로 폐어망을 절단하여 흙 재료에 적용한다는 점에서 본 연구와는 차이가 있다.

본 연구에서는 폐어망을 절단한 후 시멘트 콘크리트에 분산 첨가하여 보강섬유로서의 효과가 있는가를 확인하는 목적이다. 폐어망의 보강섬유로 적용 가능성을 처음으로 검토하는 단계이므로, 단순한 조건에서 강도 특성만을 검토대상으로 하였으며, 폐어망의 종류, 절단 방법, 시멘트 콘크리트의 종류 등에 대한 검토는 연구범위에서 제외하였다.

## 2. 폐어망 절단 보강섬유

### 2.1. 폐어망의 처리현황 및 특성

폐어망은 주로 나일론(nylon)이나 폴리에틸렌(polyethylene)과 같은 석유화학물질로 난분해성이기 때문에 분해되지 않고 원형 그대로 해저 바닥에 퇴적된다(Fig. 1(a)). 장기간에 걸쳐 많은 양이 축적되면서 어장을 황폐화시키고, 해양식생물의 서식과 산란을 방해한다. 또한 선박의 프로펠러에 폐어망이 감기는 문제가 발생하여 크고 작은 해난 사고의 원인이 되기도 하는 폐기물이다. 통계자료의 미비로 아직까지 정확한 양을 추정할 수는 없으나 현재까지 페로프와 폐어망은 약 200만 톤 가량 국내 근해에 축적되어 있는 것으로 추정하고 있으며 연간 4만톤 가량이 해양에 투기되고 있는 것으로 예측되고 있다(Kim et al., 2001).

나일론 등 합성수지가 원료인 그물의 수명은 반영구적이지만 조업을 하다 보면 엉키거나 끊어지는 경우가 많다. 그래서 실제 그물의 수명은 짧게는 3개월, 길게는 2~3년 정도로 알려져 있고, 폐어구 및 폐어망은 약

25% 정도만 수거되고 있다. 수거된 폐어망 또한 소각 또는 매립처리하고 있으나 소각 시 다이옥신과 같은 심각한 대기오염 물질이 다량 발생하고 땅에 매립하는 경우에는 수십 년간 썩지 않아 식물생장에 방해가 되는 등 2차적인 환경오염문제가 발생하기도 한다(최동현 등, 2001).

폐어망은 재료원, 매듭의 형태, 굵기, 망의 간격 등이 매우 다양하다. Fig. 1(b)에 나타낸 바와 같이 수거된 폐어망은 특정한 어망이 로프 등과 같은 부속물들과 혼합된 상태로 수거된다. 수거된 어망에서 부속물들을 제거하면 비교적 균질한 어망을 획득하여 활용할 수 있다.



(a) Waste fishing net beneath the sea



(b) Collected waste fishing net

Fig. 1 Condition of the Waste Fishing Net

폐어망은 주원료가 나일론(nylon)이나 폴리에틸렌(polyethylene), 폴리에스터(polyester)와 같은 석유화학물질로 이루어져 있다. 나일론이 45.7%로 가장 많고, 폴리에틸렌이 27%, 폴리에스터가 13.6% 정도의 비율로 사용되는 것으로 알려져 있다(최동현 등, 2001).

시멘트 콘크리트에 사용되는 토목섬유는 무기계 섬

유와 유기계 섬유로 구별되며, 유기계 섬유에는 아라미드섬유, 폴리프로필렌섬유, 폴리비닐(비닐론), 폴리아라미드섬유(나일론), 폴리에스테르섬유, 셀룰로오스계 등이 활용된다(한국콘크리트학회, 2009). 따라서 폐어망의 주원료인 나일론이나 폴리에틸렌, 폴리에스테르는 재료적 측면에서 유기계 보강섬유로서 적용이 가능하다.

## 2.2. 시멘트 콘크리트 보강섬유로 절단된 폐어망

시멘트 콘크리트 보강섬유로 사용하고자 수거 후 부속물이 분리된 폐어망을 수작업으로 절단하였다. 절단된 폐어망은 폐어망의 종류 및 절단방법에 따라서 Fig. 2와 같이 다양한 형태로 나타났다.

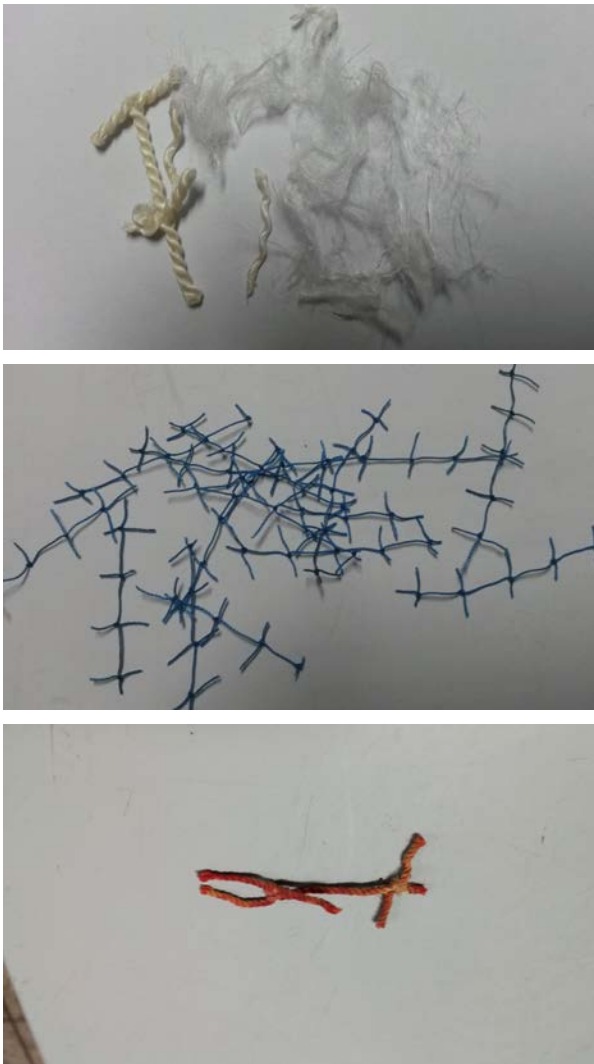


Fig. 2 Form of Cut Waste Fishing Net

다양한 길이 및 모양으로 절단된 폐어망은 Fig. 3과 같이 크게 네 가지 형태로 구분되었다. 폐어망을 망을

직각방향으로 교차절단하는 경우에는 Fig. 3에서 매듭 및 망의 형태를 포함한 것을 피할 수 있었으며, 무작위로 절단한 경우는 모든 형태를 포함한 절단폐어망이 얻어졌다. Fig. 3과 같은 절단된 폐어망의 형태에서 특정한 형태만 분리해내는 것은 현실적으로 많은 어려움이 있어 실험에 적용하지 않았다.

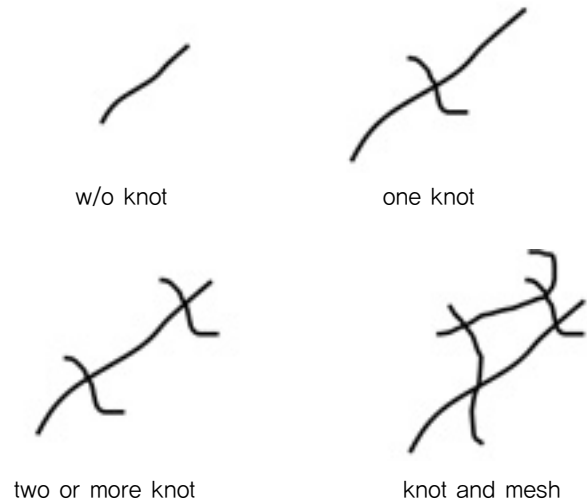


Fig. 3 Type of Cut Waste Fishing Net

○○지역에 수거된 폐어망에서, 다양한 폐어망을 확보하였다. 채취된 폐어망은 재료원, 매듭의 형태, 굵기, 망의 간격 등이 매우 다양하게 나타났다. 다만 각각의 위치에서는 균질한 폐어망이 수거되었다.

본 연구는 폐어망의 보강섬유로서의 가능성을 확인하는 것으로, 모든 폐어망을 대상으로 하지는 않고, 수거된 폐어망 중에서 굵기가 2mm 이하인 3종을 선택하였다. 지나치게 굵기가 굵은 폐어망은 보강섬유로서의 작용보다는 콘크리트 내에서 간극을 차지하는 부정적인 역할이 우려되었기 때문에 본 가능성 검토단계에서는 적용에서 배재하였다. 모든 폐어망이 직경 2mm 이하로 구성된 것은 아니지만, 폐어망의 수거단계에서 특정한 폐어망이 모여서 수거되므로 폐어망 중에서 보강섬유로 활용하고자 하는 폐어망을 충분히 선별하는 것이 가능하기 때문이다.

폐어망은 직경 2mm, 1.2mm, 0.5mm로 굵기가 서로 다른 세 종류를 실험에 적용하였고, 절단 길이는 4cm 또는 5cm로 고정하였다. 이는 시멘트 콘크리트의 보강섬유의 일반적인 형상비(길이/직경)는 30~100(한국콘크리트학회, 2009)와 보강섬유의 길이가 지나치게 긴 경우에는 교반과정에서 뭉침(fiber ball)현상 발생이 우려되었기 때문이다. 절단방법은 망의 직각방향으로 교차

하는 경우와 무작위로 절단한 경우로 구분하여 절단된 형태에 대한 영향을 비교·평가하고자 하였다. 수작업으로 절단하는 과정에 많은 어려움이 있었으며, 시험결과로 절단폐어망의 보강섬유로서의 기능이 확인된다 하더라도 실제 적용을 위해서는 효과적인 절단기술 확보가 필요한 것으로 생각된다.

### 3. 혼합재료 및 시험방법

#### 3.1. 폐어망 보강 콘크리트 배합설계

절단된 폐어망 보강섬유는 두 종류의 포장용 시멘트 콘크리트에 대하여 적용성을 검토하였다. 하나는 포장용 흙시멘트이고 또 다른 하나는 표층 슬래브로 적용되는 시멘트 콘크리트이다.

포장용 흙시멘트는 Table 1과 같이 실제로 현장에서 사용되는 배합비를 적용하였다. 흙시멘트는 골재로 단립사와 부순사의 토사를 결합재로 시멘트가 사용되고 착색을 위한 안료가 혼합된 재료이다.

Table 1. Mixing Ratio of Soil-Cement Concrete

Mixing ratio (kg/m <sup>3</sup> )							
Uniform sand	Crushed sand	Cement	Water	Dye	WFN		
					Plan	D 2mm	D 0.5mm
567.3	376.9	254.5	71.8	1.7	-	15.0	8.0

폐어망은 직경 2mm, 0.5mm 두 종류, 길이 4cm로 교차 절단한 형태를 사용하였다. 절단된 폐어망은 직경 0.5mm의 경우 8kg/m<sup>3</sup>, 직경 2mm의 경우는 15kg/m<sup>3</sup>을 투입하였다.

일반적인 보강섬유의 투입비는 0.5~2kg/m<sup>3</sup> 범위를 사용하는데(한국콘크리트학회, 2009), 이는 제품으로 생산되는 보강섬유가 단일섬유로 생산되어 겉보기 밀도와 재료원의 밀도가 유사하게 적용된 경우다. 이에 반하여 폐어망 재료원의 밀도에 비하여 겉보기 밀도는 대체로 약 1/5 수준이다. 어망의 특성상 물에 쉽게 부상할 수 있도록 겉보기 밀도를 낮게 유지하는 것이 필요하기 때문이다. 또한 폐어망의 겉보기 밀도는 신어망보다 1~2% 높지만 값의 차이에서는 미비하다(김승도, 2003).

폐어망의 겉보기 밀도는 어망의 원재료 및 꼬는 형태와 굵기에 따라서 변화된다. 여러 번 꼬아 굵기가 굵은 어망일수록 겉보기 밀도는 작은 값을 갖게 된다. 이러

한 폐어망의 겉보기 밀도를 고려해서 투입비를 일반적인 투입비의 5배 정도로 고려하여 직경 2mm로 굵은 폐어망의 경우는 15kg/m<sup>3</sup>을, 굵기가 작은 직경 0.5mm의 경우는 8kg/m<sup>3</sup>을 투입하였다. 또한 폐기물이라는 폐어망의 특성상 많이 투입될수록 재활용률이 높아지게 되므로 충분할 정도로 투입하는 것을 목표로 하였다.

폐어망 보강섬유를 투입함에 따라 별도의 배합설계를 수행하여 최적의 배합비를 새롭게 결정하는 것이 마땅하다. 그러나 본 연구의 목적은 절단된 폐어망의 보강섬유로서의 기능을 확인하는 단계이므로 별도의 배합설계는 수행하지 않고 일반 흙시멘트와 동일한 배합비를 유지한 상태에서 폐어망만을 추가로 투입하였다.

표층 슬래브로 적용되는 시멘트 콘크리트는 Table 2와 같이 배합비를 적용하였다. 폐어망은 직경 1.2mm 한 종류를 사용하였고, 길이 5cm로 교차절단한 형태와 무작위로 절단한 형태를 적용하였다. 폐어망의 투입비는 9.6kg/m<sup>3</sup>을 적용하였으며, 폐어망 보강섬유를 투입함에 따른 별도의 배합설계는 수행하지 않고 일반 콘크리트와 동일한 배합비를 유지한 상태에서 폐어망을 추가로 투입하였다.

Table 2. Mixing Ratio of Pavment Slab Concrete

Mixing ratio (kg/m <sup>3</sup> )						
Water	Cement	Sand	Gravel	WFN (D 1.2mm)		
				Plan	Cross	Random
175.0	350.0	680.0	1039.7	-	9.6	9.6

#### 3.2. 폐어망 보강 콘크리트 배합 및 시편제작

계량된 골재, 시멘트, 절단된 폐어망을 믹서에 투입하고, 3분 정도 마른비빔을 수행하여 충분하도록 교반하였다. 마른비빔이 완료된 후 물을 투입하고 젖은비빔을 하여 시료를 준비하였다. 마른비빔 과정에서는 뭉침현상(fiber ball)이 발생하지 않았으나, 젖은비빔 과정에서 직경 0.5mm(절단 길이 5cm, 형상비 80)의 경우에는 일부 뭉침현상이 관찰되었다. 굵기 2mm 및 1.2mm 절단 폐어망의 경우는 비빔 과정에서 재료 뭉침은 특별하게 발생하지 않았다. 실제 현업에 적용하는 단계에서는 일부 뭉침현상이 관찰된 직경 0.5mm 폐어망의 경우는 절단 길이를 줄여 형상비를 낮출 필요성이 있는 것으로 나타났다. 다만 실험실에서 비비는 과정에서는 수작업으로 일부 뭉침을 제거하여 비빔을 완료하고 시험을 준비하였다.





(a) Mixing materials



(b) Mixing



(c) Specimen making



(d) Curing

Fig. 4 Procedure of Soil-Cement Concrete Specimens

몰드에 시멘트 콘크리트를 투입한 후 시편을 다짐 성형하였다. 흙시멘트의 경우에는 3층 25회 다짐으로 다짐에너지를 모두 동일하게 적용하였다. 표층 슬래브용 시멘트 콘크리트의 경우에는 붓으로 충분히 진동과 다짐효과를 주었다. 압축강도시험과 할렬인장강도시험을 위한 시편크기는 골재최대직경이 작은 흙시멘트에서는 직경 100mm, 높이 200mm로 제작하였고, 골재최대입경이 큰 표층 슬래브용 콘크리트는 직경 150mm, 높이 300mm로 제작하였다. 시편제작 후 몰드에 보관된 상태로 실내에서 28일 양생하였으며, 목표 시험 날짜에 탈형하여 시험을 수행하였다.

강도특성은 압축강도와 할렬인장강도시험으로 비교 평가하였다. 시험장치는 Fig. 5와 같이 일반적인 만능시험기를 적용하였고, 하중은 변형률 제어방식으로 모든 시험에 동일하게 적용하였다.

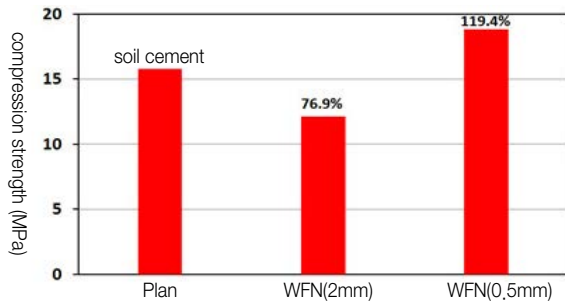


Fig. 5 Strength Testing Equipment

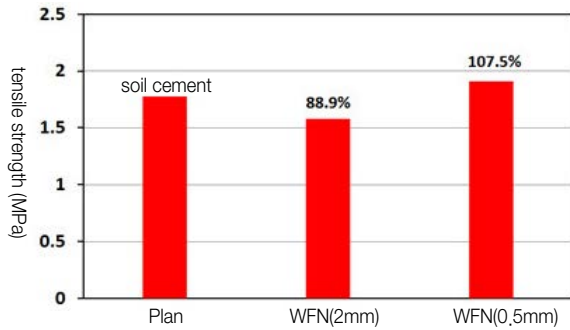
#### 4. 시험결과 및 분석

흙시멘트에 대한 절단폐어망을 보강섬유로 적용한 경우 평균적인 강도변화(두 개 시편의 시험결과를 평균)를 Fig. 6에 나타내었다. 굵은 폐어망(직경 2mm)의 경우 무보강에 비하여 압축강도는 물론 인장강도 모두 저하되는 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 굵은 폐어망은 폐어망이 보강효과보다는 시편 내부의 하나의 공극형태로 작용하는 부정적인 효과가 더욱 크게 작용한 것으로 추정된다. 또한 폐어망의 첨가에 따른 합당한 배합설계를 별도로 수행하지 못한 것이 원인으로 작용할 수도 있을 것으로 추정된다.

이에 반하여 가는 폐어망(직경 0.5mm)의 경우 인장강도는 물론 압축강도가 증진되어 보강효과를 발휘하고 있음을 확인할 수 있다. 매우 제한적인 자료이지만 압축강도 및 인장강도를 10% 이상 증진하고 있음을 알 수 있다.



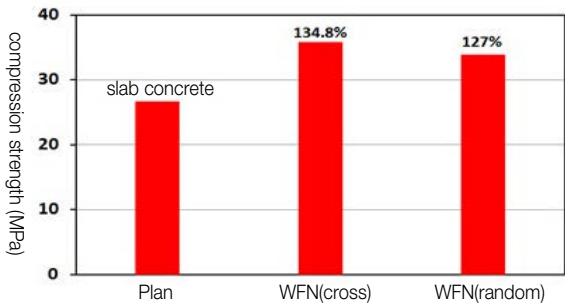
(a) Compression strength



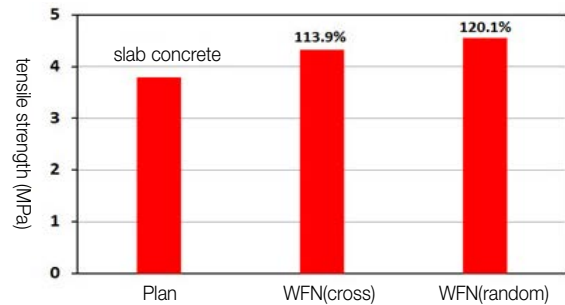
(b) Tensile strength

Fig. 6 Strength Comparison of Fiber Reinforced Soil-Cement Concrete using Waste Fishing Net

표층 슬래브용 콘크리트에 대한 절단폐어망을 보강섬유로 적용한 경우 평균적인 강도변화를 Fig. 7에 나타내었다.



(a) Compression strength



(b) Tensile strength

Fig. 7 Strength Comparison of Fiber Reinforced Pavement Slab Concrete using Waste Fishing Net

모든 경우에 인장강도와 압축강도가 증진되어, 절단된 폐어망이 보강섬유로서의 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 폐어망을 인위적으로 교차 절단한 경우와 무작위로 절단한 경우에 대한 의미있는 강도변화의 차이는 발견되지 않았다.

Fig. 6 및 Fig. 7과 같은 결과는 최적의 배합설계와, 최적의 절단방법, 최적의 절단 길이 등을 고려하지 않고 일반적인 보강섬유에 사용하는 범위를 고려하여 폐어망을 절단 투입한 것에 대한 것이다. 굵은 폐어망(직경 2mm)을 흙시멘트에 투입한 경우와 같이 오히려 부정적인 효과가 발생한 경우도 있지만, 직경 1.2mm 및 직경 0.5mm 폐어망의 경우에는 일정한 강도증진효과를 확인할 수 있었다. 많은 제한된 조건의 실험결과이지만, 폐어망을 절단하여 보강섬유로 사용하여 일정한 강도증진효과를 목적으로 적용 가능성이 있는 것으로 판단된다. 그러나 본 실험결과는 매우 제한적인 조건이므로 폐어망을 보강섬유로 활용하기 위해서는 많은 추가 연구가 필요한 것으로 판단된다.

## 5. 결론 및 고찰

많은 환경적 문제를 야기하는 해양폐기물인 폐어망을 절단하여 포장용 시멘트 콘크리트의 보강섬유로 적용 가능성을 강도특성을 중심으로 검토하였다. 매우 제한적인 조건에서의 실험결과이지만 다음의 결과를 얻을 수 있었다.

1. 폐어망을 절단하여 콘크리트에 투입하는 경우 압축 강도 및 인장강도가 증가하여 일정한 보강효과가 있음을 확인하였으며, 절단된 폐어망은 보강섬유로 적용 가능성이 있는 것으로 판단된다. 다만 굵은 폐어망(직경 2mm)을 흙시멘트에 투입한 경우와 같이 오히려 부정적인 효과를 미칠 수도 있으므로 폐어망을 보강섬유로 활용하기 위해서는 많은 추가 연구가 필요한 것으로 판단된다.
2. 얇은 굵기(직경0.5mm)의 폐어망을 흙시멘트에 보강섬유로 적용하는 경우 일부 뭉침현상이 발생하여, 절단 길이를 효과적으로 조절할 필요성이 있다.
3. 포장용 시멘트 콘크리트에 폐어망을 적용하는 경우 절단방법에 따른 의미있는 강도증진효과 차이는 발견되지 않았다.
4. 본 연구는 절단폐어망을 콘크리트용 보강섬유로 활용 가능성을 강도 측면에 국한해서 매우 제한적인 범위에서 확인한 것이다. 실용적인 목적에서 폐어망을

절단하여 보강섬유로 활용하기 위해서는 1) 많은 부산물과 함께 수거되는 폐어망의 전처리 기술, 2) 폐어망을 보강섬유로 적용하기 위한 절단기술, 3) 폐어망을 포함한 경우 최적의 배합설계기술, 4) 폐어망 보강 콘크리트의 현장에서의 장기공용성 평가, 5) 폐어망 보강 콘크리트의 2차적인 환경오염 가능성 등에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 동의대학교 교내 연구비(2014AA110)의 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사를 드립니다.

### References

Choi D. H. and Hong S. W. (2001) "Improvement of Effective Marine Environment Execution: Mainly with Waste Fishing Net and Waste Ropes" Korea Maritime Institute, pp. 11-20.

(최동현, 홍성욱 (2001) "해양환경보호정책 집행의 실효성 제고방안; 폐어망?페로프 관리를 중심으로" 한국해양수산개발원, pp. 11-20.)

Donghae Maritime Safety Tribunal (2008) "2008 Marine Accident Analysis Report", Korea Maritime Safety Tribunal, pp. 3-33.

(동해지방해양안전심판원 (2008) "2008년 해양사고 분석보고서", 국토해양부 중앙해양안전심판원, pp. 3-33.)

Kang S. M. (2013) "Mechanical and Durability Properties of Latex Modified Fiber Reinforced Concrete for Applications to Precast Concrete Pavement Structures" Master Thesis, Kongju National University.

(강석모 (2013) "프리캐스트 콘크리트 포장 구조물에 적용하기 위한 라텍스 개질 섬유보강콘크리트의 역학적특성 및 내구성능 평가" 석사학위논문, 공주대학교.)

Kim, S. D., Jeon, J. K., and You, K. S. (2001), "Pyrolysis Reaction Mechanisms of PE, PP, NY of Major Components of Spent Fishing Ropes and Nets", Journal of material cycles and waste management, Vol.18, No.4, pp.410-418.

Kim S. D. (2003) "Development of Waste Fishing Net Recycling

Technology Using Low Temperature Pyrolysis" Korea Institute of Marine Science and Technology, pp. 25-35

(김승도 (2003) "저온 열분해를 이용한 폐어망의 재활용 기술 개발 사업", 한국해양수산기술진흥원, pp. 25-35.)

Kim Y. T and Kim H. J.(2006), "Compressive Behaviors of Reinforced Lightweight Soil Using Waste Fishing Net" Journal of the Korean Geotechnical Society, Vol. 22, No. 11, pp. 1-11.

(김윤태, 김홍주(2006) "폐어망을 이용한 보강 경량토의 압축 거동 특성", 한국지반공학회 논문집 제22권, 제11호, pp. 1-11.)

Korea Concrete Institute (2009) Concrete Standard Specification; Chapter 10 Fiber Reinforced Concrete, Korea Concrete Institute

(한국콘크리트학회 (2009). 콘크리트표준시방서; 10장 섬유보강콘크리트, 한국콘크리트학회)

Kwon S. J., Kim Y. T. and Ahn J. H. (2012) "Comparison of Shear Properties of Clumb Rubber-Bottom Ash Mixture Considering Reinforcement Types of Waste Fishing Net" Journal of the Korean Geotechnical Society, Vol. 28, No. 9, pp. 47-55.

(권순장, 김윤태, 안재훈(2012) "폐어망 보강형식에 따른 페타이어-저회 혼합토의 전단특성 비교", 한국지반공학회 논문집 제28권, 제9호, pp. 47-55.)

Nam J. H. (2012) "Cause and Maintenance for Longitudinal Cracking and Joint Gap in Concrete Pavements", Korea Society of Road Engineers, Vol.14, No.1, pp. 21-24.

(남정희 (2012) "콘크리트 포장의 종방향 균열 및 종방향 조인트 벌어짐에 대한 발생 원인 및 효과적인 유지보수 방법", 도로학회지 제14권 제1호, pp. 21-24.)

Rhee S. and Lee Y. J. (2011) Principles of Pavement Engineering, Goomibook.

(이석근, 이윤재(2011). 포장공학총론. 구미서관)

Yun D. H. and Kim Y. T. (2012) "Strength Characteristics of Waste Fishing Net-added Lightweight Soil Considering Glue Treatment" Journal of Ocean Engineering and Technology, Vol. 26, No. 3, pp. 39-45.

(윤대호, 김윤태(2012) "본딩효과를 고려한 폐어망 보강 경량토의 압축거동 특성", 한국해양공학회지 제26권, 제3호, pp. 39-45.)