Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 22(4), pp.501~507, 2010 水産海洋教育研究, 22(4), 2010

자망어구용 코팅발돌의 개발

안 영 일†
(강원도립대학)

A Development of the Coated Lead Sinker for Gill-net

Young-Il AN†
(Gangwon provincial college)

Abstract

The ceramic contained paint was made to replace the lead sinker for gill-net with coated lead sinker. The ceramic contained paints were coated in various conditions on the lead sinker with 19g of weight and the optimal coating condition was studied. The adaptability of the coated lead sinker was checked through the anti durability test and fishing operation with gill-net. The case of "Main material 70 wt% + Urethane thinner 30 wt% (Main material 700 ㎖ + Thinner 300 ㎖)" showed the best in the coating characteristics depending on the combination ratio of the ceramic paint contained. The coated lead sinker dried at 100℃ inside oven was superior to the drying in the room temperature in its surface glossiness and anti durability and faster drying time than the one dried in normal temperature. The quadruple layers of coating on lead sinker with 4 times of dipping and drying application showed the super anti durability in the coating characteristics depending on the frequency of dipping. When press is applied to the coated lead sinker, the coated layer is not detached from the sinker. In addition, the coated lead sinker was not damaged or peeled at the fishing operation about 2 months in various depths within 50m and by the materials at the bottom (sand, stone and gravel stone) and it was in good condition.

Key words : Development, Coated lead sinker, Gill-net, Ceramic contained paint

Ⅰ. 서 론

대부분의 어구에서 현재 사용되는 발돌은 돌, 시멘트, 철, 납을 사용한다. 특히 연근해 어구 중에서 낚시어업과 자망어구는 납을 발돌로 사용하고 있다. 강원도의 각 어업별 납 발돌 사용량은 2.67~619.38 톤이지만 동일어장에 같은 어법으로 조업한다면 그 사용하는 양은 수천 톤에 이른다(해양수산부, 2007). 그러므로 이들 어구가 조업 중에 여러 가지 원인으로 유실되어 해저에 침적되는 납발돌의 양도 상당할 것이다(안영일 등, 2001; An, 2002; Jacks et al., 2001). 또한, 납발돌은 그물어구의 조업과정에서 해저와의 마찰과 양망과정에 선박과의 마찰 등으로 마모되어 수중 또는 해저에 스며들게 된다. 납은 식물의 엽록소 형성에 저해하는 것으로 알려져 있고, 또 어류의 호흡곤란(Sippel et al., 1983)과 사료효율에 영향을 미치어(김성길 등, 2002) 어류의 성장을 감소

†Corresponding author : 033-660-8201, yian@gw.ac.kr
* 이 논문은 해양수산부 수산특정연구비에 의하여 연구되었음(MNF12005018-2-1-SB010).

시킨다(Burden et al., 1998). 한편, 납의 유해성과 관련하여 유어낚시로 인하여 버려진 납 봉돌의 문제점은 언론에서도 보고한 바 있으며(http://ori39.tistory.com/2162), 미국과 캐나다 등의 선진국에서는 환경보호를 위하여 납 발돌 사용을 엄격히 규제하고 있다(Michael, 2006). 납 발돌의 대체 물질로 무독성인 비스무스(蒼鉛), 점토, 강철, 돌, 세라믹 등이 있으나(http://www.palouseaudubon.org/Misc/GetLeadOut.pdf.), 어구에서의 발돌이 갖추어야 할 요건인 침강력, 파손, 가격, 어업인의 선호도 등을 고려할 때 아직까지도 적절한 대체물질이 없는 실정이다. 최근 정부안으로 확정된 「낚시 관리 및 육성법」의 주요내용에서 중금속 등 유해물질이 허용기준 이상으로 함유된 낚시도구의 사용·판매 등을 금지한다고 하였다(http://k.daum.net/qna/view.html). 문어흘림낚시의 경우는 납발돌을 친환경 발돌로 개발되어(안영일·윤상옥, 2008; 안영일, 2009), 강원도 지방정부의 지원으로 어업인에게 보급하고 있다.

따라서 본 연구에서는 그물어구용 납발돌을 대체할 목적으로, 어구의 발돌 요건과 실용적인 측면을 고려하여 자망용 코팅발돌을 개발하고자 하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 발돌 선정

본 시험에 사용한 발돌은 강원도 연안에서 주로 자망에서 사용되고 있는 것을 선정하였다. 자망에 사용되는 발돌의 무게는 어종과 어기에 따라 다르지만 12-95g의 13종이나 있는데, 그 중 시험용 발돌은 강릉시 연안에서 주로 사용되고 있는 19g(길이:22㎜, 폭:13.5㎜)의 것이다.

2. 코팅을 위한 세라믹 함유도료 제조

자망어구용 납발돌의 코팅은 세라믹 함유도료인 우레탄 도료를 사용하였다. 또한, 세라믹 함유도료에는 내마모성을 증진하기 위해 SiO_2, Tio_2 등의 무기 산화물을 첨가하였다. 세라믹 함유도료의 경화를 촉진하기 위해 아크릴 우레탄 경화제를 6:1 중량비로 혼합한 후 다시 우레탄 시너와 배합하여 코팅하였다. 배합조건(총 1l, 무게비($wt\%$))은 (a) 주제 80 $wt\%$ + 우레탄 시너 20 $wt\%$ (주제 800 ml + 시너 200 ml), (b) 주제 70 $wt\%$ + 우레탄 시너 30 $wt\%$ (주제 700 ㎖ + 시너 300 ml), (c) 주제 60 $wt\%$ + 우레탄 시너 40 $wt\%$ (주제 600 ml + 시너 400 ml), (d) 주제 50 $wt\%$ + 우레탄 시너 50 $wt\%$ (주제 500 ml + 시너 500 ml) 등 4가지이다. 단, 주제는 실리 우레탄 도료와 경화제를 6:1로 혼합한 세라믹 함유도료이다.

납발돌의 코팅막의 형성은 액침(dipping)방법으로 하였고, 코팅막의 두께는 우레탄 시너의 함량과 세라믹 함유도료의 점성으로 조절하였다.

3. 내마모성 시험

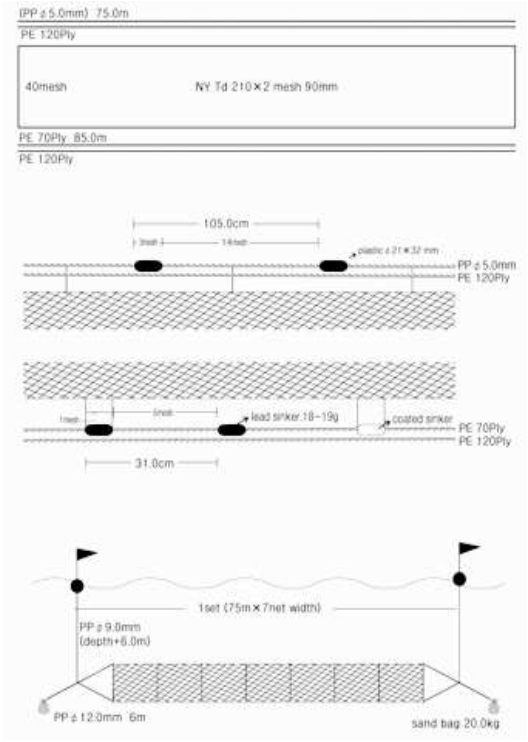
[Fig. 1]은 액침 횟수에 따른 내마모 특성을 파악하기 위하여 플라스틱 용기에 코팅발돌을 모

[Fig. 1] Process of abrasion test for the coated lead sinker

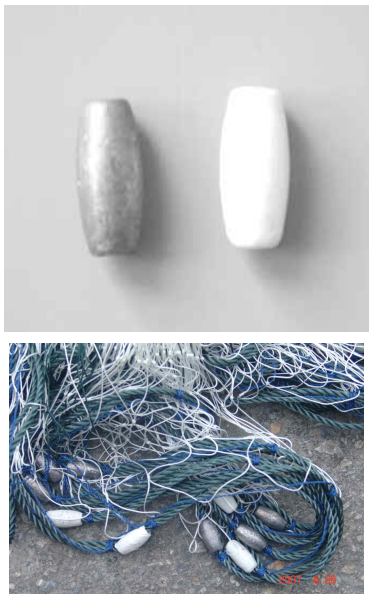
래, 자갈과 함께 넣어서 48시간 동안 회전분쇄를 시키면서 발돌의 피복이 모래, 자갈에 의하여 어느 정도 마모되는지를 파악하였다.

4. 코팅발돌의 자망어구에 적용

코팅된 발돌의 문제점을 확인하기 위하여 내망이 90㎜, 외망이 450㎜인 3중 자망에 발돌을 부착하였다. 시험 어구는 [Fig. 2]와 같이 강릉시 일원에서 주로 사용하는 자망으로, 발돌은 코팅발돌과 일반 납발돌(Fig. 3)을 혼합하여 사용하였다. 발돌의 이상 유무를 확인하기 위한 조업에 사용하는 어구는 시험어구와 기존어구를 조합하여 7폭(1폭=75m)의 자망어구를 1세트(set)로 하는데 본 연구에서는 2세트로 조업하였다. 코팅된 발돌은 7폭의 자망 중에 1폭에만 사용하였는데, 폭당 333개의 발돌 중에 일반 발돌과 코팅된 발돌 비율을 2:1로 구성하였다.

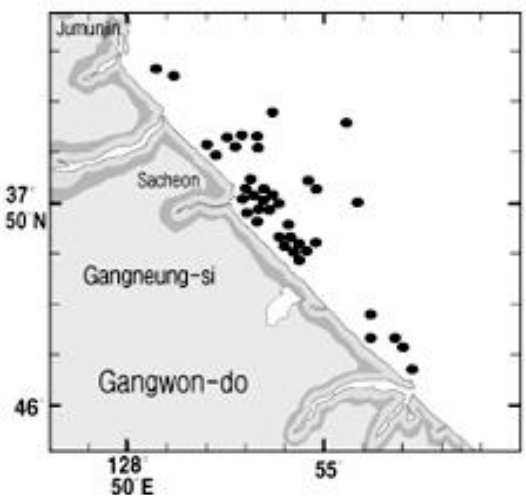


[Fig. 2] Schematic diagram of the gill net



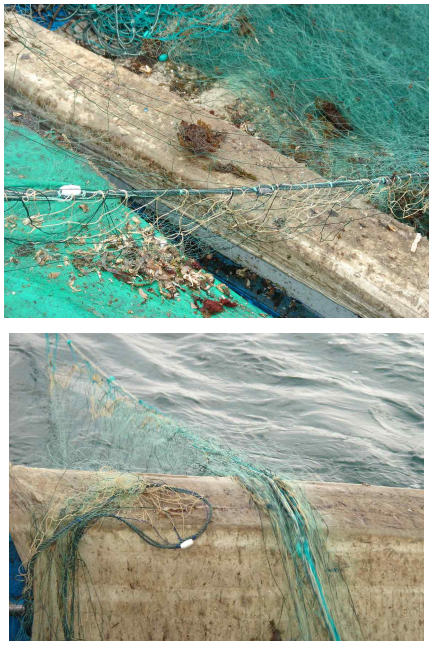
[Fig. 3] Coated sinker, lead sinker and experimental gill net

코팅발돌이 부착된 시험자망의 현장조업은 2007. 7. 2-2007. 8. 31(60일간)에 수심 4.5m-50.2m의 강릉시 연안해역에서 행하였다. 조사 선박은 강릉시 자망협회 소속 대원호(2.57 톤)이며 시험어구의 투망은 기상 상태가 좋은날 오후에 하였고 양망은 다음날 새벽에 행하였다. 조업지점은 [Fig. 4]와 같고, 조업회수는 45회 이상이며, 코팅



[Fig. 4] Fishing position of gill net

발돌의 상태 조사(Fig. 5)는 양망시 선장이 눈으로 먼저 확인하고, 선박이 항구에 입항한 후 연구자가 코팅발돌의 상태를 확인하였다. 수심과 조업 위치는 어군 탐지기(HYS-10, Haiyang)로 조사 하였다.

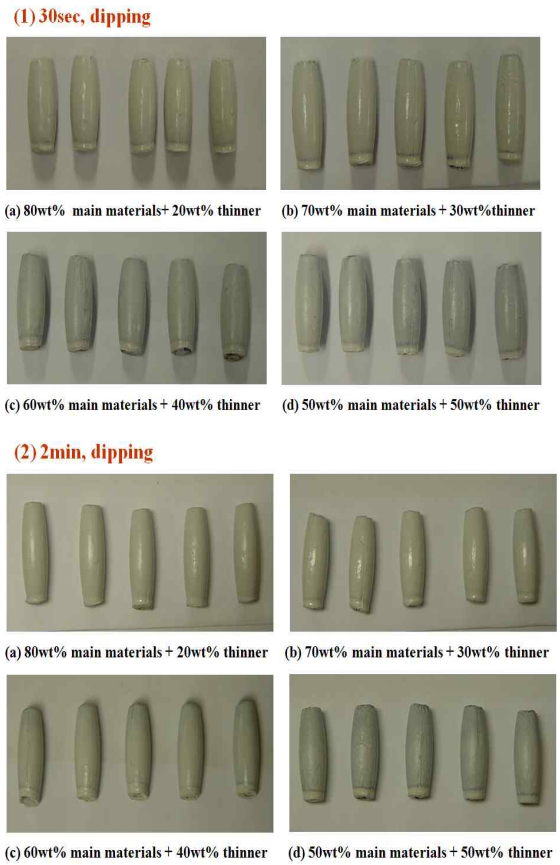


[Fig. 5] Process of fishing operation for experimental gill net

Ⅲ. 결과 및 고찰

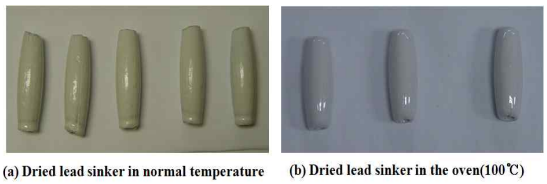
납발돌을 세라믹 함유도료에 약 30sec 정도 액침 한 후 마모성 시험(Fig. 6)에서는 모든 납발돌의 코팅이 쉽게 벗겨지며, 코팅 두께도 매우 얇았다. 그러나 액침 시간을 30sec에서 2min으로 증가시킨 결과, 액침의 시간이 길수록 납발돌의 코팅 두께가 두꺼워졌다.

한편, 조성비에 따른 코팅한 납발돌의 내마모 및 코팅 강도 시험결과는 4가지 방법 중 (b)인 "주제 70 $wt\%$ + 우레탄 시너 30 $wt\%$ (주제 700 ml + 시너 300 ml)"의 조성에서 가장 우수한 특성을 나타내었다.



[Fig. 6] Coating change of lead sinker according to dipping time

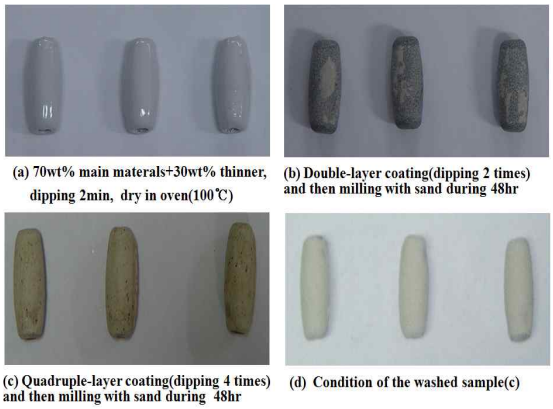
건조방법에 따른 코팅특성은 "주제 70 $wt\%$ + 우레탄시너 30 $wt\%$"의 도료에 납발돌을 액침하여 코팅한 것을 대상으로 조사하였다. 오븐에서 100℃로 건조한 코팅발돌이 상온 건조 때보다 표면 광택성이 우수하고, 내마모성이 우수하였으며, 건조 시간도 짧았다(Fig. 7).



[Fig. 7] Coating change of lead sinker according to drying method

액침 횟수에 따른 코팅특성은 "주제 70 $wt\%$ + 시너 30 $wt\%$"의 도료에 납발돌을 2min 동안 액침하여 코팅한 후, 오븐에서 100℃로 반복 건조하여 코팅상태를 조사하였다(Fig. 8). 액침과 건조를 2회 실시한 2중막 코팅 납발돌을 플라스틱 용기에 모래와 함께 48시간 동안 회전분쇄(milling)한 것은 내마모성이 약하였다. 액침과 건조를 4회 실시한 4중막 코팅 납발돌을 플라스틱 용기에 모래와 함께 48 시간 동안 회전분쇄한 것은 내마모성이 우수하며, 또한 모래를 제거하기 위해 수돗물로 세척한 결과 광택성은 약화되었지만 코팅 상태는 양호하였다.

따라서 48 시간 동안 연속으로 내마모성 시험한 결과를 통하여 "자망어구용 납발돌의 코팅"은 제조가 가능함을 알 수 있었으며, 실제 작업 시에는 해저 저질이 돌로 되어 있더라도 그물과 함께 투망되므로 충격이 적고 그물을 양망할 때 해저와 선박의 갑판에 마찰이 크지 않는 것을 고려할 때 작업상 문제가 없을 것으로 판단된다.



[Fig. 8] Coating change of lead sinker according to the number of dipping

프레스(Press)기를 이용하여 코팅 상태를 조사한 결과는 납발돌이 찌그러질 때 코팅이 납발돌에서 분리되는 현상이 발생하지 않았다(Fig. 9). 이는 도료의 점성을 조절하여 액침을 수 차례하여 납발돌에 세라믹 함유도료의 코팅 표면장력을 최소화하였기 때문으로 사료된다.

[Fig. 9] Durability test of coated sinker by press machine

자망용 코팅발돌을 이용한 조업은 약 2개월간 다양한 저질(모래, 돌, 자갈)에서 행하였다(Fig. 10). 코팅발돌은 50m 이내의 다양한 수심과 저질에서 사용한 결과 파손되거나 벗겨지는 경우가 없었으며 양호하였다. 선박에서 그물의 투망과 양망 시에 코팅발돌로 인한 장애도 없었다.

[Fig. 10] Sinker of gill net after a lapse of 40 days of fishing operation

그러나 조사기간이 짧아 코팅발돌의 상태가 완전히 이상 없다고 단정하기 어려우나 여러 조건들과 상황을 고려해 볼 때 코팅발돌의 사용에는 문제가 없다고 판단된다. 또한, 참가자미 자어를 이용한 코팅발돌의 유해성 검정에서 아무런 문제점이 없는 것으로 확인되었다(해양수산부, 2007). 코팅발돌의 견고함을 파악하기 위해서 모래, 자갈, 코팅발돌을 넣어 회전하는 내마모성시험에서도 아무런 문제가 없었던 사실(Fig. 1)과 2007년 당시 가격측면에서도 19g 발돌 1개당 재료비 100

원, 인건비와 제조에 따른 기타 비용 (전기, 수도) 등 200원 정도로써 총 제조 단가는 300원으로 산정되어 코팅발돌의 실용화 가능성은 충분하다고 판단된다(윤상옥 등, 2010).

한편, 코팅발돌이 원래의 사용목적인 자망발돌이 아닌 다른 목적으로 납발돌을 녹여야 할 경우에는 코팅부분이 오히려 문제가 될 수 있을 것이다. 그러나 코팅부분을 없애기 위해서 시너(thinner) 등을 이용하면 간단히 제거되고 재활용에 문제가 없는 것으로 나타났다.

최근 시중에는 기존 납 발돌 사용의 불편함을 줄이기 위하여 [Fig. 11]과 같이 발줄 내에 납줄을 넣은 여러 규격의 연심로프(read-cored rope) 제품이 있다. 이 제품은 비싼 점이 있지만, 어업인들이 선호하고 있으며, 본 연구방법으로 납줄의 코팅도 가능하였다(Fig. 12). 그 외 납발돌을 대체하기 위한 시제품들이 있으나 어업인들이 사용하기에는 무게에 비하여 크기가 부적합하고 가격에도 적절하지 않는 것으로 판단된다.

[Fig. 11] Lead line of ground rope for gill net

[Fig. 12] Lead line and coated lead line of ground rope for gill net

위와 같이 어구의 납발돌을 친환경발돌로 대체하기 위한 수단으로 코팅발돌을 제작하였으나 근본적으로 납이 사용되는 것과 어떤 시점에는 코팅이 벗겨진다는 것의 문제점이 있으므로, 향후 그물어구용 발돌이 갖추어야 할 요건을 충족할 수 있는 재료 개발이 중요한 과제라고 생각된다.

Ⅳ. 결 론

자망어구용 납발돌을 코팅발돌로 대체하기 위하여 세라믹 함유도료를 제조하였다. 강릉시 연안에서 주로 사용하는 19g의 발돌에 대하여 세라믹 함유도료를 다양한 조건으로 코팅하고, 그 코팅발돌을 내마모성 시험과 자망어구에 적용하여 현장조업을 실시하였다. 그 결과, 세라믹 도료함유의 조성비에 따른 코팅특성에서는 "주제 70 $wt\%$ + 우레탄 시너 30 $wt\%$ (주제 700 ml + 시너 300 ml)"의 조성에서 가장 우수한 특성을 나타내었다. 건조방법에 따른 코팅특성에서는 오븐에서 100℃로 건조한 코팅발돌이 상온 건조 때보다 표면 광택성 및 내마모성이 우수하였으며, 건조 시간이 짧았다. 액침 횟수에 따른 코팅특성에서는 액침과 건조를 4회 실시한 4중막의 코팅발돌이 우수한 내마모성을 나타내었으며, 또한 모래를 제거하기 위해 수돗물로 세척한 결과 광택성은 약화되었지만 코팅 상태는 양호하였다. 프레스기에 의한 코팅 상태는 발돌이 찌그러질 때 코팅이 납발돌에서 분리되는 현상이 발생하지 않았다. 코팅발돌의 현장시험에서는 약 2개월간 50m 이내의 다양한 수심과 다양한 저질(모래, 돌, 자갈)에서 파손되거나 벗겨지는 경우가 없었으나 더 장기간 조사를 통한 이상 유무 확인이 필요하다고 판단된다.

사 사

본 논문을 위하여 자망용 납발돌의 코팅과 실

험을 해 주신 강릉대학교 세라믹공학과 윤상옥교수, 김관수 대학원생 및 현장시험에 협조해 주신 대원호 선주께 깊은 감사드립니다. 또한 자료정리를 도와 준 장웅정 연구원에게 고마움을 표하는 바 입니다.

참고 문헌

김성길・김재원・장석우・김상규・강주찬(2002). Pb의 노출에 따른 넙치, Paralichthysolivaceus, 치어의 생존, 성장 및 산소소비율의 변화, 한국어병학회지, 15(3), 99~104.

안영일・박진영・조현정(2001). 한국동해안 명태 어장에 분실된 폐어구수거에 관한 연구, 한국어업기술학회, 37, 9~17.

안영일・윤상옥(2008). 문어흘림낚시용 친환경 봇돌의 개발과 그 특성, 한국어업기술학회, 44(3), 184~193.

안영일(2009). 문어흘림낚시용 친환경 봇돌의 색 효과, 한국어업기술학회지, 45(3), 144~150.

윤상옥・김관수・안영일・이중남(2010). 세라믹 함유 도료가 피복된 친환경 어구용 납발돌의 제조방법, 특허 제10-0936231호.

해양수산부(2007). 친환경 어업을 위한 문어낚시 어구와 자망어구의 발돌개발과 실용화, 최종보고서, 43~67, 71~79, 96~106.

An, Y. I.(2002). Retrieval project for the lost bottom gillnet in Korea, Fisheries Science, 68, 380~383.

Burden, V.M., Sandheinrich, M.B. and Caldwell, C.A.(1998). Effects of lead on the growth and δ-aminolevulinic acid dehydratase activity of juvenile rainbow trout, Oncorhynchus mykiss. Environ. Pollut., 101, 285~289.

http://ori39.tistory.com/2162

http://k.daum.net/qna/view.html

http://www.palouseaudubon.org/Misc/GetLeadOut.pdf.

Jacks, Gunnar, Bystron, M. and Johansson, L.(2001). Lead emissions from lost fishing sinkers, Boreal Environment Research, 6, 231~236.

Michael, P.(2006). Fish and wildlife issues related to use of lead fishing gear, Washington Department of fish and wildlife fish program, 1~28.

Sippel, A., Geraci, J. and Hodson, P.(1983). Histopathological and physiological responses of rainbow trout(Salmo gairdneri) to sublethal levels of lead, Water Res., 17, 1115~1121.

•논문접수일 : 2010년 07월 28일
•심사완료일 : 1차 - 2010년 09월 09일
2차 - 2010년 09월 28일
•게재확정일 : 2010년 10월 09일