

수산 구조물로서의 인공어초

金 南 亨

〈濟州大 教授, 工博〉

인공어초는 연안해역의 해저 또는 해중에 지형의 변화를 주기 위하여 인공적으로 설치한 어초를 말하며, 유용 수산생물의 집어에 의한 생산력을 증가시키는 중요한 어장의 시설이다.

그러면, 인공어초에는 왜 어류가 모이는 것일까? 인공어초의 효과에 대해서 여러가지의 학설이 있지만, 이들의 결과를 집약하면 인공어초는 대형어로부터의 피난장소, 먹이를 구하는 장소, 산란장소, 강한 흐름을 피해 잠시 머물다 가는 휴식장소 등 어류생활에 필요한 여러 요인을 만족시켜주기 때문에, 인공어초에 어류가 모인다고 볼 수 있다. 또 인공어초 주변의 흐름은, 인공어초의 하류부에는 소용돌이가 발생하며, 상류부

에서는 흐름의 가속, 체류, 곡류 등이 존재하고, 용승류가 발생하여 프랑크톤등의 해양 미생물의 체류, 해조류의 포착, 인공어초 주변의 간극의 명암등이 저서생물의 착생을 촉진하여 해양생물 환경을 개선시키게 된다. 따라서, 인공어초는 서식과 휴양이 조화된 장소를 어류에게 제공하는 것이다.

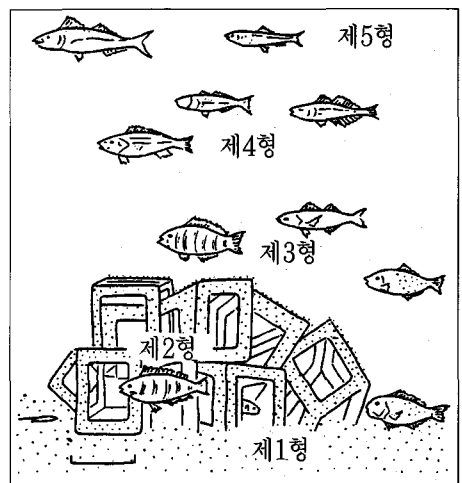
인공어초와 어류의 분포

어초의 형태는 어류의 종류에 대응하여 선택해야 한다. 다시 말해 어류에는 해면 가까이 수영하는 표층 회유어와 바닥 가까이 사는 저서어가 있으

며, 이와같은 어류의 분포를 분류하면 그림 1에서 나타낸 것과 같이 크게 5가지 형태로 나눌 수가 있다.

(1)제1형의 어류는 항상 고행체에 몸체를 접촉시키고 있는 어류로 뱀장어, 붕장어, 가자미 등이다.

(2)제2형은 몸체의 일부를



〈그림 1〉 인공어초와 어류분포

고형체에 접촉하고 있는 어류로 쥐노래미, 도루묵, 솜뱅이 등을 들 수 있다.

(3)제3형은 몸체는 고형체에 접촉하고 있지 않지만 항상 근거리에서 고형체의 존재를 필요로 하는 어류로 볼락, 돌돔, 먹도미, 쥐취 등이다.

(4)제4형은 어류가 반드시 고형체를 필요로 하지 않지만 고형체가 존재하면 이것에 대해서 행동을 취하는 어류로 전갱이, 고등어, 방어 등이 이에 속한다.

(5)제5형은 고형체의 존재를 전혀 필요로 하지 않는 어류로 다랑어, 쾡치, 연어, 만새기 등이 이것에 해당한다.

일반적으로, 인공어초는 저서어에 대해서는 어류의 서식처가 되고, 회유어에게는 일시적으로 체류하는 호텔의 역할을 한다고 할 수 있겠다. 이것으로 보아 인공어초는 저서어를 대상으로 하는 착저식 어초와 회유어를 대상으로 하는 부유식 어초로 나눌 수 있다.

착저식 어초도 여러가지 형태의 것이 고안되어 있지만, 가장 일반적인 것이 콘크리트제 어초이다. 최근에는 강제의 2층, 3층의 착저식 어초도 있다. 이런 종류의 인공어초는 제1형에서 제3형의 어류를 대상으로 한 것이다. 한편,

제4형과 제5형의 어류를 위한 부유식 어초는 저부에 앵커를 설치하고, 해면 혹은 해중에 부체를 계류한 것이다.

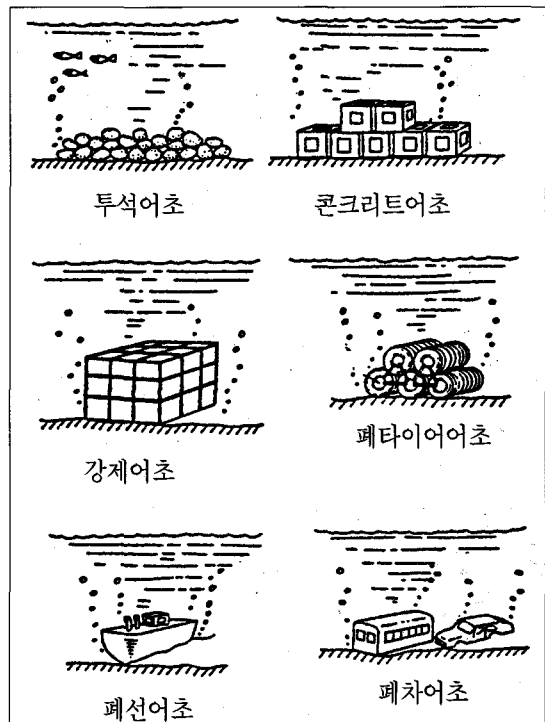
인공어초의 형성 및 크기

초기의 인공어초의 형상은 콘크리트로 제작된 원통형과 사각형으로 크게 나눌 수 있다. 원통형은 육상 및 해상에서 이동, 투입작업이 간단한 특색을 가지고 있는 반면, 해저의 지형에 의해 이동이 쉽게 일어 난다고 하는 결점도 있다. 크기는 대략 1m²정도로, 중량도 약 1ton정도 이었다. 그 후, 앞의 2종류의 콘크리트 블록 이외에 내구재도 이용되도록 되었다. 따라서 여러종류의 재료가 이용되어 졌으며, 또한 임의의 형상을 가지게 되었다. 그림 2에 약간의 예를 나타낸다.

인공어초는

어류쪽에서의 요구에 의해 결정되어야 할 문제이고, 생물학적인 실험에 의해 가장 유효한 것을 찾아내는 것이 유효하다. 따라서 대상으로 하는 어종에 의해 어초에 대한 행동도 다르기 때문에 각각의 어종에 대응한 형상과 크기를 결정할 필요가 있겠다. 현재로서는 이분야에 대한 연구가 진전되어 있지는 않지만, 다음과 같은 것을 고려할 필요가 있겠다.

(1)표층회유성 어류를 위하여 햇빛이나 흐름의 그림자를 만들고, 어류가 멀리서 부터



〈그림 2〉 여러가지의 인공어초

존재를 감지할 수 있도록 자극 발생원이 되도록 한다. 형상의 복잡함은 요구하지 않지만, 어느정도 크기는 필요하다. 중층 또는 표층 가까이에 설치하는 방법이 고려된다.

(2)중·저층 유영어류를 위해서는 빈 공간부분은 커도되며 해역과 구별할 수 있는 구조물로 일정한 크기로 나누어 유영하기 쉽도록 설계하면 되겠다.

(3)저서성 어류를 위해서는 어류 크기의 수배 정도의 복잡한 공간이 바람직하므로 단초체를 복잡한 구조로 하던가 아니면 단초체를 조합하여 복잡하게 하는 2종류의 방법이 있다.

(4)마지막으로 대형어로부터 치어를 보호하기 위해서는 복잡한 구조체가 바람직하며, 치어가 대형어로부터 피할 수 있는 많은 장소를 갖은 형상이 요구된다.

인공어초의 구조

구조의 기본은 구조물이 해저 또는 중층이나 표층에 설치되었을 때의 형상을 유지하기 위하여 필요한 강도를 갖게 하는 것이다. 그러나, 구조물은 인공적으로 만들어진 것이므로 영구적일 수는 없으므로 형상을 어느 정도까지

유지할 것인가는 미리 정해서 설계를 할 필요가 있겠다.

투자 효율이 좋은 어초와 그렇지 않은 것은 사용 년수에 따라 다르겠지만, 일반적으로 적어도 30년 정도 형상 유지가 요구된다. 어초에 작용하는 외력은 어떻게 설정하는가가 문제로 되지만, 크게 나누면,

(1)제작 과정에서 선상운반까지의 작업공정에서의 외력

(2)설치시점에 있어서의 작업외력

(3)설치후에 있어서 파랑, 조류 등에 의한 외력

(4)장시간 바다속에 방치되는 것에 의한 변질, 변화등을 고려할 수 있고, 각각에 따른 구조설계가 필요하게 된다.

일반적으로 제조공장에서 운반하여 목적지까지의 과정은 육상작업과 같으므로 작업요령에 의해 진행되므로 큰 문제가 되지 않는다. 문제로 되는 것은 해저에 설치시에 있어서 충격파괴라고 할 수 있겠다. 특히 수면 가까이에 자유탁하 시키려는 경우에는 해저에서의 착저속도가 구조체의 형상에 의해 다르기 때문에 미리 충분한 구조계산을 하여 파괴시험 등도 해놓는 것이 필요하겠다.

인공어초 구조의 대부분은

원형이나 직선형이 많기 때문에, 기본적으로는 구조역학의 계산을 그대로 이용하지만, 복잡한 형상으로 되면 계산에 의해 만들어진 것을 실물 낙하실험에 의한 파괴시험이 필요하게 된다. 이 경우 수중시험 대신에 공중시험으로 대체하는 경우 인공어초를 수중에 낙하할때의 착지시와 같은 속도로 만들기 위하여, 공중에서는 어느정도 높이에서 떨어뜨리면 되는가 하는 높이를 구하면 되겠다.

인공어초의 재료

지금까지 이용되어진 인공어초 재료로서는 석재, 콘크리트, 목재, 도관, 강재, 플라스틱, 페타이어, 폐선, 폐차 등을 들 수 있겠다. 이들은 각각의 특성을 살려서 이용되지만, 일반적으로는 다음의 관점에서 재료를 선택하게 된다.

(1)생물에 유해한 물질을 장기간 방출하지 않을 것

(2)입수가 용이하고 대량으로 공급될 것

(3)품질 규격이 일정범위 내에 있을 것

(4)요구되는 내구성을 가진 재료 일 것

(5)만들기 쉽고, 가공, 조립, 운반투입비를 포함하여

전체적으로 경비가 쌀 것

(6)오랜 세월이 지난 후에는 자연으로 돌아 갈 수 있을 것

앞으로는 여러가지 재료에 의해 여러가지 형태의 인공어초를 만들어 침설시키게 된다. 그러나 이들 중에서 특히 주의 를 요하는 점은 일정기간 구조물로서 기능을 하지만, 파랑등 외력에 의해 구조물이 파괴된 경우, 이 파괴된 부분이 해저에서 이동하는 것에 의해 다른 어초에 악영향을 미치지 않도록 배려하는 것이다.

인공어초의 배치와 규모

인공어초의 설치사업에서 가장 문제로 되는 것은 인공어초를 어떻게 배치할 것인가, 이 인공어초는 어떤 단초체(unit)를 사용 할 것인가이다. 단위어초(1set)의 크기에 대해서는 집어, 어획효과의 점으로 보아 400m²의 것이 바람직하며, 어초는 클수록 어획 성과가 좋다고 한다. 따라서, 사용하는 단초체의 크기는 별도로 하여, 단위어초가 500~800m²정도로 하고, 이 단위 어초를 10개정도 배치하여 군어초를 이루게 하며, 그 규모는 5,000~8,000m²정도로 한다. 또, 어군어초를 10개소에 배치한 것을 어초군락

이라 한다. 인공어초사업은 어초 군락의 조성을 목적으로 하고 있다.

그러면, 단위어초의 배치는 원형이나 장방형 혹은 기타의 여러가지 배치법이 이용되지만, 각 단위어초의 거리를 50~100m정도로 한다. 군어초의 간격은 300-500m로 하면, 표·중층의 회유어는 각 어초와 관련을 가지게 되지만, 저서어로는 각 군어초는 독립적이라고 추측할 수 있다. 단초체를 해상에서 투입하면, 상당한 범위로 분산되어지기 때문에 단초체로는 집어에 유효하게 작용하지 않는 부분이 많은 것으로 생각되어졌기 때문에 단초체를 어느정도 크게하는 방향으로 생각하면 되겠다. 단초체의 크기는 폐선, 폐차, 기타 각종 어초의 집어 조사 결과로 부터 30~100m²가 적당한 것으로 생각할 수 있다.

인공어초의 조성적지

인공어초의 조성 적지를 판정하는 데는, 인공어초를 설치하는 것에 의해 대상 생물의 생식조건과 이화학 환경이 인공어초 어장에 확실히 조성되고, 또한 인공어초가 매물이나 파괴 등이 일어나지 않

도록 기능이 유지되는 해역이어야 한다. 해저지형으로 보아서 조성 적지로는 어장개량의 입장에서 해퇴, 해령, 해곡등에 의해 해저의 지형변화가 심한 장소, 다시말하면 대상어종의 서식에 적당한 수심까지 해면을 내렸을때 섬, 갯, 반도, 만, 하구등이 나타나는 주변이나 천연어초의 상부에 의해 다양한 유동환경이 존재하는 곳이 바람직하다.

이와같은 장소는 유속이 느리고, 반류와 대류가 형성되며, 내부의 조석이나 내부파의 쳐올림에 의해 연직혼합이나 용승류의 발생등의 원인에 의해 해양상태 환경의 기본조건이 뛰어나므로, 인공어초를 설치하는 것에 의해 어초성 어류의 증식이나 집어량을 한층더 증대 시킬 수 있는 해역이 적당하다. 또, 유동환경으로 본 조성적지로는 수온, 염분의 일조변화가 적은 장소가 바람직하다. 특히 저서어는 저층류의 운동인 내부파, 내부조석등에 지배되는 행동을 한다. 따라서 내부파가 수렴하는 장소에는 저서어가 모이기 쉬운 조건이 있고 여기에 인공어초를 배치하면, 이 장소에서 내부파가 소멸할 때 모이는 어류의 분산을 계속적으로 체류시킬 수가 있다.

또 내부파의 대부분은 장파이기 때문에, 파속은 주기에 의존하지 않고 상·하층의 두께와 밀도에 의해 정해진다. 인공어초의 유지관리, 방재의 입장에서 어초의 설치후에 파랑이나 해조류등의 유체력에 대해서 전도, 이동을 일으키지 않고 표사현상에 의해 세굴이나 매몰이 일어나지 않고, 지반 지지력의 부족에 의해 침하가 일어나지 않는 해역이 필요하다. 특히, 천연어초와의 관계를 잘 고려하여 설치하여야 한다.

인공어초의 설계

어초의 사용 년수는 일반적으로 30년 정도이며, 어초는 그 기간 동안에 기능을 유지할 수 있도록 설계되어야 한다. 설계의 내용은 주로 어초 침설시의 착저 충격력에 대한 내구성, 설치후 파랑이나 조류에 대한 안정성, 세굴 및 매몰에 대한 검토가 중요하다. 설계할 때의 검토 항목은 침설전, 침설후, 침설시이다. 다시말해 (1)어초의 강도(침설전) (2)어초의 안정성(침설후) (3)정확한 설치방법(투입 침설법)등이다.

(1)어초의 강도에는 크레인에 의해 들어 올렸을 때, 배

의 동요에 의해 일어나는 부가외력과 자중의 힘을 집중하중으로서 취급한 응력계산으로 구하는 강도, 착저시 충격력에 대한 응력계산으로 구해진다. 이 두가지 계산중 큰쪽의 강도를 계산에 사용한다.

(2)침설후의 어초의 안정성에 대해서는 유체력과 국소세굴을 분리하여 검토한다. 먼저 유체력에 의한 활동 및 전도는 모리슨식을 사용하여 검토하며, 직방항력과 연직방향의 양력을 합성한 유체력에 대해서 안정계산을 하고, 만약 불안정한 경우에는 자중 및 부재강도를 재검토한다. 모리슨식에 이용하는 항력 계수와 관성력 계수에 관해서는 유체력에 미치는 인공어초의 부재간의 간섭효과, 인공어초 상호간의 간섭효과의 영향, 인공어초와 같이 해저에 놓여진 구조물에 의해 생기는 지면효과의 영향을 고려한 값을 분명히 할 필요가 있다. 이점에 관해서는 다른 참고서를 참고하기 바란다.

인공어초 주변의 국소세굴에 관한 안정계산에 대해서는 먼저 설계파랑의 조건과 저질의 조건에서 표사현상의 유무를 분명히 하고, 표사가 있는 경우에는 표사에 따른 매몰에 대해 검토해야 한다. 한편 표

사가 없는 경우에는, 주로 국소세굴이 안정계산의 대상으로 된다.

국소세굴에 관한 검토는 국소세굴이 일어난다고 하면, 예측되는 세굴 깊이와 범위를 허용치와 비교하여 세굴 대책을 세운다. 세굴 대책공법으로는 세굴의 발생원인인 와류와 저질의 차단을 목적으로 한 어초 저면에 설치하는 매트공법, 소류에 대한 저질의 저항을 증대시킬 목적으로 사석공법을 들 수 있다.

결론

끝으로 인공어초의 효과를 높이기 위해서는 어장조건을 명확히 규명하고 나서, 각 어장에 알맞는 인공어초의 위치, 규모, 구조, 배치 등을 종합적으로 검토하여 어민의 소득증대는 물론이고 미래식량사업의 일환으로 대규모적이고 경제적인 인공어초 조성사업을 추진하는 기본정신이 향시 뒤 따라야 할 것이다.

또 인공어초에 의해 조성된 어장이 생산성이 높은 경제적인 어장으로서 장기적으로 이용되기 위해서는 설치된 인공어초가 적절한 상태로 유지되도록 어장 환경시설의 제어관리가 중요하겠다. 