

마리노베이션과 人工魚礁

최근의 사회적, 경제적 여건의 변화는 인간과 바다의 연결점이 되는 항만을 워터프론트(친수성 수변공간)를 거점으로 한 포르트네쌍스라는 신조어를 써서 개발하고 있다.

洪 吉 杓 <國立建設試驗所水工課>

1. 서 언

바다의 연안은 인간의 생활 공간 가운데에서도 매우 중요한 곳이다.

근년, 세계의 주요국가들은 자국의 권익보호를 위하여 200해리 경제수역을 설정하는 등 연안이 용에 박차를 가하고 있다.

현재, 우리 나라에서의 해안이나 연안의 이용실태를 보면 일반항만을 중심으로 한 무역의, 임해공단을 중심으로 한 공업의 장으로서 주로 이용되어 왔다. 이와같은 무역이나 공업의 장으로서 연안의 이용은 바다를 매립하여 이용하는 것으로 바다와 육지가 만나는 해안습지를 파괴하는 것이 된다.

해안습지는 수산자원을 비롯하여 환경문제 등 매우 중요한 역할을 하고 있는 장소로서, 바

닷가의 땅값보다 같은 크기의 습지의 값어치가 무려 17배 정도 높다는, 조선일보 90년 10월 18일자 사설을 보아도 바다연안 습지의 값어치를 가히 상상할 수 있다. 이것은 외국의 전문지라고만 하여 출처나 가치의 기준 등을 명확하게는 하지 않았지만 여하튼 연안의 개발과 보전은 중요한 상관관계가 있음을 보여주는 예로써 그것의 취급은 시대의 요청이나 여건에 따라 신중히 대처해야 할 것이다.

어항이란 예로부터 자연발생적인 것으로서 일반항만과는 기원을 달리하고 있으며, 연안에서의 삶의 중심지로서 발전시켜가는 것이 바람직하다고 생각되는데, 지금까지는 주로 어업의 중심지로서의 역할을 해오고 있는 것이다. 그러나 근년 수산토목의 내용이 매우

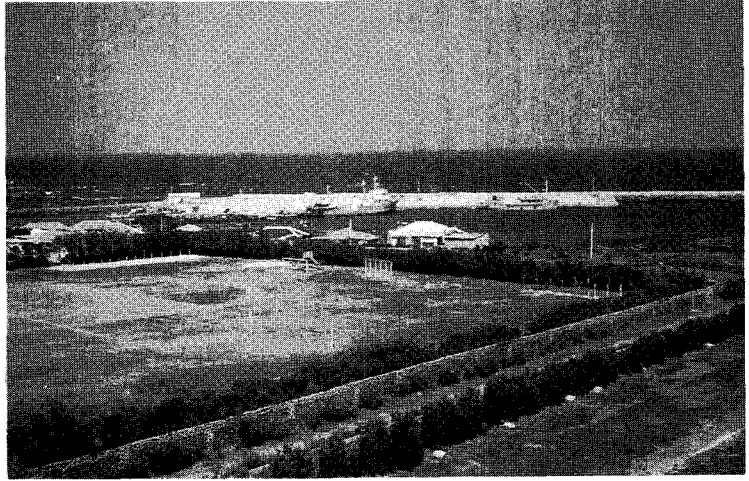
달라지고 있으므로, 이것을 감안하여 어항의 역할을 검토해야 할 것이다.

또, 최근의 어업은 잡는 어선어업보다는 재배하는 어업의 개발이 널리 보급되고 있고, 재배어업에는 수산물의 증양식 기술이 필요하므로 그것에 관련된 토목기술을 수산토목이라고 할 수 있으며, 나아가서 어항을 연안역의 삶의 중심지로서 개발하기 위한 토목기술을 이 범주에 넣어서 생각할 경우 수산토목의 내용과 과제에 대하여 기술하고자 한다.

2. 수산토목의 과제

수산물의 증양식기술에 관련된 토목기술을 수산토목이라고 할 때, 이것은 주로 수산환경을 제어하기 위한 기술개발을 목적으로 하게 된다. 즉 수리학상 유리한 양식장의 구조, 만을 양식이나 축양어장으로 하는 경우에 있어서의 해수교류촉진공법, 축양지에서의 파의 이용, 망시설에 있어서 흐름 등의 수리학적 검토 등이다. 또, 이들 시설이나 사육된 수산생물을 재해로부터 지켜야하는 과제도 있으므로, 파와 흐름을 제어하는 기술도 필요하다.

한편, 최근의 사회적, 경제적 여건의 변화는 인간과 바다의 연결점이 되는 항만을 워터프론트(친수성 수변공간)를 거점으로 한 포트르네쌍스라는 신조어를 써서 개발하고 있다. 이와 같은 추세는 수산업을 핵으로 하는 연안역 및 이와 인접된 바다수역의 종합적인 정비개발의 새로운 전개방향의 시점으로부



터 마리노베이션이라고하는 구상이 구체화되어가고 있다.¹⁾

2.1 마리노베이션구상

마리노베이션구상은 수산업이 사회와 경제 전체 가운데에서 담당할 역할로서, 수산물의 안정공급, 효율적인 어업의 실현, 연안역의 정주권 형성, 바다문화의 계승과 같은 네 가지 과제를 들어서 각각의 역할이 담당하는 모든 문제와 기본적 과제 및 그것에 대응하는 시안을 실현하려고 하는 것이다.

이것의 지역유형별 구상을 보면 수산업을 핵으로 한 새로운 지역을 만들고, 또 바다역과 육지역을 일체적으로 정비 개발에 가능한 지역을 대상으로 한다. 따라서 만 등의 바다역으로서 일정한 공간이 있고, 육지역으로서도 사회, 경제적으로 일정한 매듭을 갖는 지역마다 바다역의 자연조건 및 지역수산업의 특성 등의 사회, 경제적인 조건에 관한 지역특성을 감안하여 각종의 개발구상이 책정되는 것이 바람직하다.

이상의 사고방식에 근거하여 마리노베이션구상에서는 다음과 같은 네 가지 유형의 개발구상이 입안된다.

1) 마린-콘비나트구상

대규모 수산도시의 정비와 연안역과 인접된 바다자원의 증대와 안정화를 목적으로 한 것.

2) 마린타임-빌리지 구상

순수어촌지역에 있어서 축·양식어업과 생활환경정비의 추진을 목적으로 한 것.

3) 마린-테크구상

수산분야에 첨단과학기술을 도입하기 위한 연구개발을 목적으로 한 것.

4) 마린-컬처구상

바다문화의 계승과 어장환경의 보전을 목적으로 한 것.

이상과 같이 마리노베이션구상의 개념을 약속했는데, 어항이야말로 마리노베이션의 거점이 된다고 할 수 있다.

2.2 인공어초

마리노베이션구상에 있어서, 인공어초는 주요한 구조물의 한 가지이다. 인공어초는 천해

의 2~3m 수심으로부터 100m 이상 수심까지의 심해에 설치되며, 그것의 종류로서는 저설 어초나 부어초, 축초, 연승식 증식시설 등의 설치가 구체화되고 있다. 해양토목공학의 입장에서 보면, 이들 구조물의 안전성이나 성능을 평가함과 동시에 그것들의 기능이나 최적배치조건에 대하여 수산공학이나 생태학의 연구자와 협동하여 각종어류에 대하여 최적환경조건이 되도록 환경을 개조하는 것이 중요하다.

1) 저설어초

저설어초는 침설어초라고도 하는데 해저에 지형적 변화를 주어서 어류의 위집, 증식, 양식을 꾀하는 구조물이다.

천연어초에 어군이 모이는 것은 옛날부터 알려져 있다. 인공어초는 이와같은 경험에 의하여, 처음에는 침선, 현 타이어 등을 해저에 침설하여 이용하였다. 그러나 현재에는 인공어초의 재질이 콘크리트 뿐만이 아니고, 강이나 플라스틱, 타이어 기타 내구성이 있는 구조물이면 좋고, 크기, 형상 등도 매우 다양하게 되었다. 어초가 설치되면 어초에 모이는 어류의 생태는 어종의 상위, 성장단계의 선, 더욱이 어초주변역의 물리화학적 혹은 생물학적 환경조건 변화 등의 요인에 관계되어 매우 복잡하다.

어초의 기능에 관한 연구성과는 몇가지 예가 있으나,^{2),3)} 이것들의 소개는 차후로 미루고, 여기에서는 침설어초의 안전설계에 대하여 살펴본다. 침설어초의 안전설계에 대하여는 상복⁴⁾과 연안어장정비개발사

업, 구조물설계지침⁵⁾ 등에서 자세히 해설하고 있다. 어초의 안전설계는,

- 제작, 전치, 운반 및 침설시의 외력에 대하여 파괴되지 않을 것.

- 침설후의 파, 조류 등의 유체력에 대하여, 전도, 이동되지 않을 것.

- 표사나 유사현상에 의하여 세굴, 매설이 생기지 않을 뿐만 아니라, 지반지지력의 부족에 의하여 침하가 생기지 않을 것 등을 검토하는 것이 필요하다.

A) 침설시의 충격하중

어초의 설치방법에는, 해면으로부터 투하하는 방법과 크

레인 등에 매달아 내리는 방법이 있다. 이 어느 경우에도 해저에 착지할 때에 큰 충격력이 생기고, 어초부재에 최대의 응력이 주어지는 수가 많다. 따라서 이 착저시의 충격력을 외력으로 하여 구조설계를 실시한다. 어초가 해저에 착지할 때의 충격력은, 착저시 관성력이 중력의 K배가 되는 것으로 하여 정환산중량을 구한다. 낙하물체 및 해수의 밀도를 각각 σ 및 ρ , 낙하물체의 체적 및 흐름에 수직한 차폐면적을 각각 V 및 A, 낙하물체의 해중의 낙하속도를 v, 중력의 가속도를 g, 낙하물체의 항력계수 및 부가질량계수를 각각 CD 및 CM이라고 하면 해중에 있어서 낙하물체의 운동방정식은 (1) 식과 같이 된다.

$$\sigma V (dv/dt) + CD\sigma v^2/2 + CM\rho V (dv/dt) = (\sigma - \rho)gV \dots (1)$$

또, 어초의 착저시의 충격력을 검토할 때에는 충돌면의 지반반력을 R이라고 하면, 착저시의 운동방정식은,

$$\sigma V (dv/dt) + CoA\rho v^2/2 + CM\rho V (dv/dt) = (\sigma - \rho)gV - R \dots (2)$$

로 된다. 더욱이 지반반력계수를 K라고 하고, 착저에 의한 지반의 변위를 ϵ 으로 하면,

$$R = K \cdot \epsilon^n \dots \dots \dots (3)$$

으로 나타낼 수 있다. 여기서 n은 정수이다.

B) 침설후의 어초의 안정

어초는 해저에 침설된 뒤에도 파나 흐름 등의 외력을 받으므로 어초의 활동이나 전도에 대하여 안정해야 된다. 또, 어초주변의 세굴에 대하여도 검토할 필요가 있다. 검토내용을 보면 다음과 같다.

마리노베이션구상은
수산업이 사회와
경제 전체 가운데에서
담당할 역할로서,
수산물의 안정공급,
효율적인 어업의 실현,
연안역의 정주권 형성,
바다문화의 계승과 같은
네 가지 과제를 들어서
각각의 역할이 당면하는
모든 문제와
기본적 과제 및
그것에 대응하는
시안을 실현하려고
하는 것이다.

- 설계과의 제원은 신뢰성이 있는 실측자료나 추산치에 근거하여 파랑데이타를 구한다.

- 설계유속은 원칙적으로, 설치수심에 있어서 최대유속이 생긴다고 생각되는 계절에 15일간 이상 관측된 데이타의 1시간평균의 최대치, 혹은 조화분해에 의하여 얻어진 각 성분 유속의 합성치의 최대치 가운데 어느 것인가 큰 유속을 취하여 그것에 1.6배를 한 설계 유속을 쓴다.

- 어초에 작용하는 파력과 조류력에 대하여는 수심h의 해저면 위에 높이 d인 어초가 침설되어 있을 때, 조류속을 U_e , 어초의 정면에 있어서의 파의 물입자의 수평속도 및 가속도를 각각 U 및 du/dt 라고 하면 어초에 작용하는 합력 F는,

$$F = (W_e/2g) C_D A (U_e + U)^2 + (W_e/g) C_M V \cdot du/dt \quad \dots\dots (4)$$

로 나타내어진다.

- 어초의 활동, 전도에 대한 안정에 대하여는 어초에 작용하는 힘을 F_{max} , 해저 면과의 마찰계수를 μ , 어초의 공중중량을 W라고 하면, 활동에 대한 안전을 S_F 는,

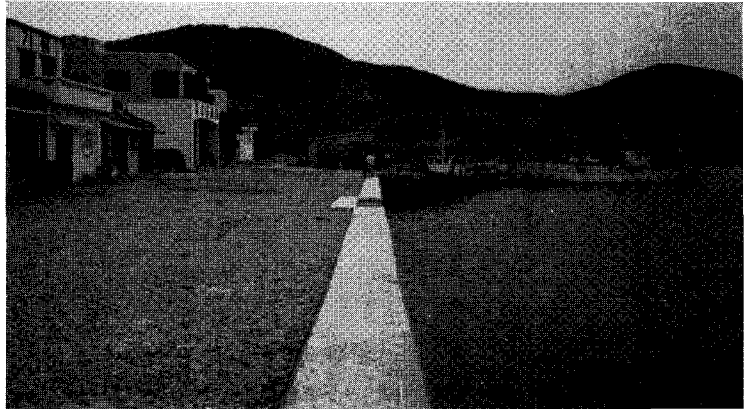
$$S_F = \mu (W_G - W_e) V / F_{max} = \mu W (1 - W_G/W_e) / F_{max} > 1.2 \quad \dots (5)$$

이다.

- 어초의 세굴, 침하매설에 대하여는 연구결과⁶⁾가 발표되어 있으며, 이것은 국지성이 강하므로 세굴과 매설의 가능성이 있는 해역에 설치시에는 충분한 검토가 요구된다.

2) 부어초

부어초는 주로 회유어를 유도하기 위한 유도어초로서, 표층층에 설치된다. 그렇게 하기



위하여 설치되는 수심은 70m보다 깊고, 유도효과와 함께 집어나 설류효과도 인정되고 있다.

부어초의 안전설계에 있어서 조류력에 의한 부어초의 안정성은 다음과 같다.

부체의 고유진동주기가 파의 주기에 대하여 충분히 커서 공진하지 않는 경우, 부어초의 경사각 ϕ 는

$$\phi = \tan^{-1}(Fe/N),$$

$$Fe = (W_e/2g) (\sum C_{Di} A_i) U_e^2$$

$$N = (W_e - W_G) V \quad \dots\dots (6)$$

여기서 N: 잉여부력, W_e , W_G : 해수 및 부어초의 단위중량, C_{Di} : 각 형상에 따른항력계수, A_i : 부어초의 흐름에 수직한 투영면적, U_e : 조류속이다. 또 계류선에 작용하는 강력 T_M 은

$$T_M = N / \cos \phi + F_{max} \quad \dots\dots (7)$$

이다.

3. 결 언

이상에서 수산토목의 내용과 추세에 대하여 약간 기술하였는데, 수산토목이란 토목기술자 가운데에서도 별로 관심을 갖고 있는 분야가 아니다. 따라서 마리노베이션구상이 구체

화되기 위하여는 바다와 인간의 관계를 좀더 인식할 수 있도록 하는 시책이나 어항의 개발이 요구된다. 더욱이 어항의 개발을 마리노베이션의 거점으로서 역할을 할 수 있도록 사회적, 경제적 여건을 향상시켜나아가는 것이 바람직 하다. \square

<참고문헌>

- 1) 東 諄 : 마리노베이션구상, 수산토목, 1986. Vol. 22, No.1(日文).
- 2) 예를 들면, 安永義暢 : 어초에 대한 고기의 반응, 해양과학, 1987. Vol. 19, No.3(日文).
- 3) 예를 들면 松見吉晴 등 : 군체어초 주변의 유형특성에 대하여, 1985, 제32회 海購(日文).
- 4) 上北征男 : 인공어초의 안전설계, 해양과학, Vol. 19, No.3, 187(日文).
- 5) 전국연안어업진흥개발협회 : 연안어장정비개발사업구조물설계지침, 1984(日文).
- 6) 榎木亨 등 : 어초 주변의 국소세굴과 그 대책공법에 대하여, 1984, 제31회 海購(日文).