

다목적 수산증식시설 개발을 위한 기초 연구

· 연안자원의 지속가능한 이용과 보전을 위해서는 연안 정주권 형성과 해양 ·
· 교육, 관광 및 레포츠산업 등을 연계한 지역특성에 맞는 연안역 개발이 ·
· 요청된다. 이를 위한 기반으로서 생산성 높고 쾌적하며 안전한 연안 환경 ·
· 의 조성이 필요하며, 바다목장화사업과 어항어촌 종합개발을 연계한 어장 ·
· 어항·어촌 종합개발을 통해 실현될 수 있을 것이다. ·

김 현 주 · 조 일 형 · 양 찬 규

한국기계연구원 선박해양공학연구센터 해양기술연구부

서 론

수산물은 단백질원의 하나로써 중요한 국민식량 자원이지만 1) 남획에 의한 자원고갈, 2)임해 도시 및 공업단지의 조성을 위한 매립에 따른 연안 어장의 축소, 3) 해양 유류오염, 생활 및 산업 오폐수의 유입에 따른 해양오염의 가속화에 의해서 수산자원은 날로 감소하고 있고, 연안역은 황폐일로에 있다.

또한, 해양 이용에 대한 다양한 욕구가 분출되면서 연안역은 환경친화적인 해양공간 및 산업·사회기반으로서 개발 필요성이 제기되고 있다.

따라서, 수산자원의 지속가능한 이용을 위한 바다목장화 사업의 중요성이 강조되고 있으며, 이를 위해서는 장기적인 수산자원 개발 및 관리 계획하에 유용생물자원의 배양 및 방류뿐 아니라 적정 연안어장 조성 및 관리기술이 정립되어야 한다.

우리나라의 수산 증양식기술은 비교적 잘 발달되어 선진국에 뒤지지 않는 수준에 있으나 연안어장 조성을 위한 요소시설물의 설계 및 배치기술에 대한 연구는 근년에 시작되어 적정 증식시설물의 개발 및 배치기술 정립이 강력히 요청되고 있다.

우리나라에서는 인공어초를 중심으로 증식시설이 개발 및 시설되어 왔으며, 지역개발 계획 및 대상어패류의 적정 생태 환경에 부합되는 다기능 증식

시설의 계속적인 개발이 요구되고 있다. 즉, 1) 연안어장의 생산성 향상을 위한 증식시설 개발, 2) 경제적이며, 생태환경 제어기능 확대가 가능한 증식시설 개발, 3) 지역특성을 고려한 연안역 종합개발에 다양하게 적용될 수 있는 다목적 증식시설의 개발 등이 만족되는 생산성 높은 연안역 종합개발을 위한 신소재를 이용한 다목적 증식시설의 개발이 요청되고 있다.

본 연구에서는 신소재를 이용하여 파랑·유동제어기능을 가진 인공해조 부착형 증식시설의 개발개념을 정리하고, 기본적인 기능에 대한 평가를 통하여 개념설계를 실시하고자 한다. 이를 위해 간이계산법을 이용하여 본 다목적 증식시설의 유동제어 특성과 파랑제어 특성을 해석하였고, 설계 및 배치절차를 정리하였다.

또한, 연안역 종합개발을 위한 파랑·유동제어기능을 가진 인공해조 부착형 다목적 수산 증식시설의 적용 방안을 고찰하였다.

다목적 수산 증식시설의 개념설계

다목적 수산 증식시설의 개발방향 및 개요

다목적 수산 증식시설물의 개발을 위해서는 수산업이 당면한 문제와 그 해결 방안에 대해 다각적인 검토가 필요하다. 그 개요를 <표 1>에 정리하였으며, 어장환경, 자원관리, 노동환경, 정주환경, 공간사용 및 기타로 분류하여 문제점과 해결방안에 대해 고찰하였다.

연안어장은 매립에 의한 증식장의 감소, 육지로부터의 오염부하량 증가 및 해양유류오염의 증가, 밀식 및 과다 급이에 의한 양식장 자가오염, 적조의 빈발 등에 의한 황폐화가 가속되고 있다. 한편, 남획 및 불법어구에 의한 자원의 급감 및 재생산 효율의 저하로 힘든

어구에 비해 소득은 감소하고, 이는 무리한 조업 및 현대화 시설 투자로 이어지지 못한 채 해난 및 안전사고의 증가로 이어지는 악순환 속에 있다.

이로부터 어업 종사자의 감소 및 노령화가 지속되고 있으며, 생활 및 교육문화도 도시에 비해 낙후되기만 하고 있다. 한편, 해양관광 및 레크리에이션에 대한 수요는 증가 추세를 보이고 있으며, 이는 어촌을 중심으로 한 연안역의 새로운 청정산업 및 소득원으로서 가능성을 증대시키고 있다.

그러나, 이러한 수산업과 해양레포츠는 공간 이용 및 생활문화의 차이에 따른 갈등과 마찰이 잔존하는 수준에 머물고

<표 1> 수산업의 당면 과제 및 해결방안

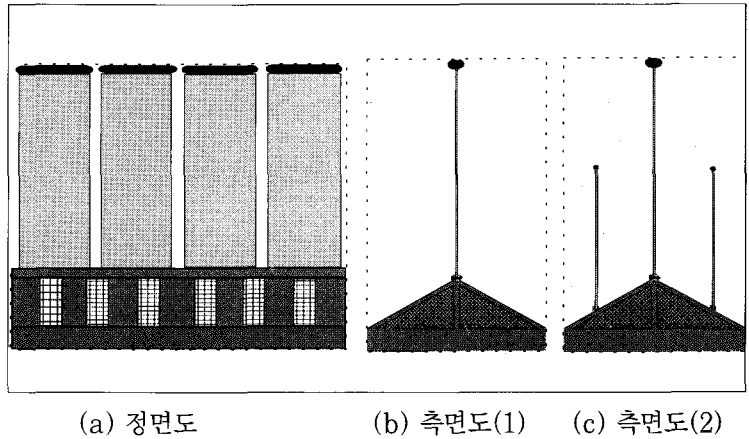
구분	문 제 점	해 결 방 안
어장환경	어장감소, 환경오염, 자가오염, 밀식, 해양오염사고 및 적조에 의한 생산성 저하	- 내만과 천해어장의 환경자정능력 복구·개선 - 해역정온화에 의한 외양형 증·양식장 개발 - 해양오염물질 예보 및 긴급 방제 보호기울 정립
자원관리	남획 및 자원고갈	- 인공종묘의 생산 및 방류기술 정립 - 적정이용율을 고려한 어획 및 양식 관리 - 외양·심해 양식을 위한 양식기술 개발
노동환경	힘든 노동, 해난 및 안전사고, 어업 종사자의 감소 및 노령화	- 어장·어항 수산활동의 생력화(기계화 및 자동화) - 수산활동의 안전화 및 편의 제공
정주환경	소득, 생활 및 교육문화의 낙후	- 생산기반 정비를 통한 소득향상 - 생활 및 교육문화 환경여건의 정비
공간사용	임해도시 및 공업단지, 해양 레크리에이션 공간의 요청 및 마찰	- 어장 및 어항의 해양레크리에이션 기반 활용 - 어촌 및 수산활동의 해양교육, 관광 자원화
기 타	수입증가와 가격경쟁력 저하	- 소비자 수요에 대응한 생산·가공·유통 시스템

있으며, 많은 선결과제를 안고 있다. 따라서, 수산업의 문제 해결방안은 해양청정 산업화를 고려한 방안이어야 하고, 이는 생산성 향상과 쾌적한 생활·레저 문화 조성을 위한 어장·어항·어촌의 종합개발을 통해 성취가능한 것이다.

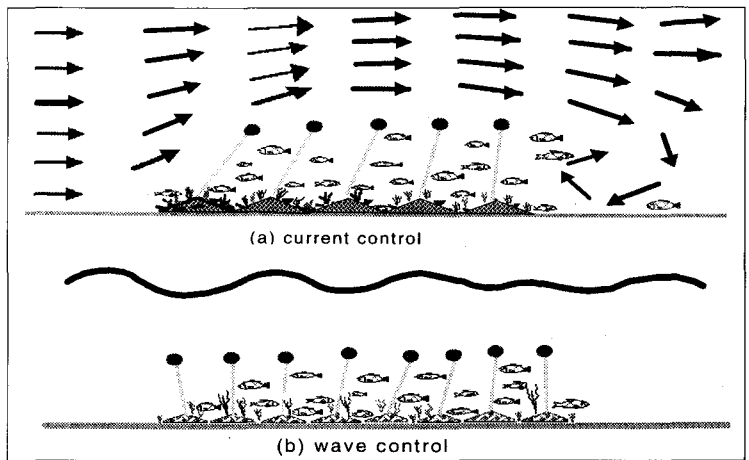
본 연구는 전술한 어장·어항·어촌 종합개발을 위한 다목적 수산시설물의 개발에 대한 기초적 연구로서 신소재를 이용한 수산증식 시설물의 개발개념 정립 및 개념설계를 목표로 하며, 신소재를 이용한 다목적 수산증식시설은 <그림 1>에 나타낸 것과 같이 투과성 삼각기둥 위에 인공해조류 개념의 유연막을 부착시켜 어초성과 파랑 및 유동제어 기능을 부가시키는 수산증식 시설물이다.

그 상부는 부력체에 연결한 유연막으로 이루어지며, 하부는 투과성 삼각기둥에 사석을 채우는 형태로서 어초성 뿐만 아니라 상부의 부력 및 작용 유체력에 대해 안정성이 유지될 수 있도록 하기 위한 것이다.

본 수산증식시설은 하부구조 내부 및 상부 막 사이의 공간이 저서어류 및 내부 서식형 어류에 대한 기본적인 어초기능을 할 것으로 판단되며, 삼각기둥의 완만한 전후 경사판



<그림 1> 다목적 수산증식시설의 개념설계



<그림 2> 다목적 수산증식시설의 유동 및 파랑 제어기능

은 해조류의 착생기질이 될 것으로 생각된다.

따라서, 이 장치 2기를 설치하면 사각어초 6-8개를 설치하는 것과 같은 물리적 생태환경 제어기능을 가질 것으로 판단된다. 또한, 이 시설은 <그림 2>에 나타낸 것과 같이 유동 및 파랑제어기능을 가지게

될 것으로 판단된다. 조류가 강한 해역에 이 증식시설을 설치하게 되면 배후 완류역이 증대되어 좋은 서식환경이 조성될 뿐 아니라 필요시 용승류 규모와 높이를 증대시켜 어장 환경이 좋아질 수 있도록 설계가 가능하다.

또한 그 배열에 의해 파랑에

너지가 감소되어 수산생물 서식환경 뿐 아니라 어로환경도 개선되며, 배후해역의 양식장 및 해양레크레이션 공간의 확장을 기할 수 있을 것이다.

제작 및 설치방법

다목적 수산증식시설은 각 부분을 미리 제작하여 현장으로 운반한 후 다음과 같은 절차에 따라 조립 및 제작할 수 있을 것으로 생각된다.

- 1) 유공형 삼각기둥(하부구조) 조립 → 2) 유연막 상단에 부력재(에어백 또는 PE 파이프) 연결 → 3) 유연막 하단에 하부구조와 체결용 삽입봉 연결 → 4) 하부구조(유공형 삼각기둥)와 상부 유연막 연결 → 5) 하부구조(유공형 삼각기둥) 내에 사석 채움 → 6) 하부구조(유공형 삼각기둥)의 공극부를 투과재로 봉합.

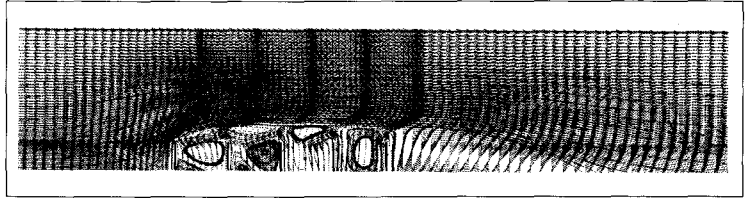
한편, 설치방법은 크레인으로 설치하는 방법과 부력조절용 에어백을 이용하는 방법을 생각할 수 있다. 1) 크레인으로 설치하는 방법은 현장 조립 후 유공형 삼각기둥에 로프를 달아 크레인으로 내리는 방법이며, 2) 부력조절용 에어백을 이용하는 방법은 상부 유연막을 이중으로 하여 에어백을 구성하여 공기를 불어 넣었다가 공기를 배출시키면서 자중

에 의해 해저면에 안착되게 하는 방법이다.

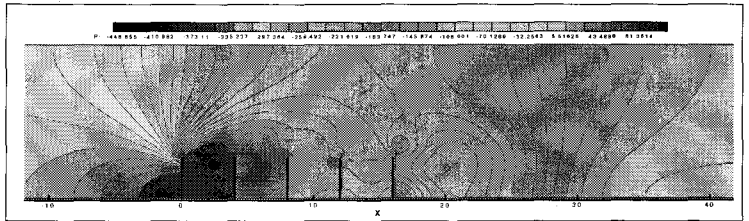
본 다목적 수산증식시설의 최적설계를 위해서는 막의 높

이와 잉여부력에 의한 파랑 및 유동제어 기능의 최적화와 작용 유체력에 대해 위치유지가 가능한 고정력 발휘를 위한 사

Height of Vertical Wall : 4m, Number of Vertical wall : 5, Current Velocity : 0.5m/sec, Water Depth : 15m

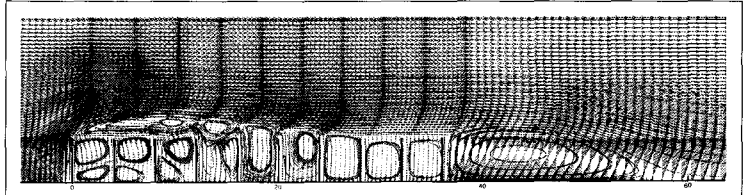


Height of Vertical Wall : 4m, Number of Vertical wall : 5, Current Velocity : 0.5m/sec, Water Depth : 15

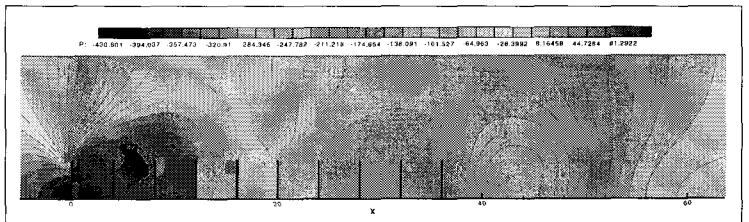


(a) 4매를 설치한 경우

Heit of Vertical Wall : 4m, Number of Vertical wall :10, Current Velocity : 0.5m/sec, Water Depth : 15m



Heit of Vertical Wall : 4m, Number of Vertical wall : 10, Current Velocity : 0.5m/sec, Water Depth : 15



(b) 10매를 설치한 경우

〈그림 3〉 다목적 수산증식시설의 해수유동제어 성능해석 예

석채움식 하부구조의 중량 결정이 필요하다. 또한, 기능 극대화를 위한 배열방법 및 시설 규모에 따른 어초효과 등의 현장감있는 추가 검토가 필요하다.

다목적 수산증식시설의 유동제어기능

바다 속에 수산시설물을 설치하면 주변 흐름은 변화하게 되며 시설물 주변에는 와류 및 완류역이 조성된다. 이는 어패류의 서식장 및 먹이장 등을 제공하는 어초성을 가지게 하는 중요한 인자로 평가되며, 해양물리적인 어초성을 계량하는 중요한 척도의 하나가 된다.

해양에서 나타나는 흐름은 조류, 해류, 연안류 등과 같이 일정주기 또는 일정시간 일정방향으로 흐르는 흐름과 파랑에 수반된 왕복류로서 존재하며, 이에 대해 수산시설물이 시설되었을 경우를 대상으로 하여야 한다.

수산증식시설물로서 해수유동 제어기능을 최적화하기 위해서는 (1) 대상해역의 유동 특성을 파악해야 하며, (2) 설치 전후의 흐름을 고려한 수산시설물의 제원 및 배치 계획을 정립하여야 하며, (3) 작용의

력에 대한 구조물의 안정성 및 주변의 세굴 등에 대한 검토가 필요하다.

전술한 다목적 수산증식시설의 해수유동 제어기능을 수치시물레이션을 통하여 검토하였으며, 초기부력을 증대시켜 흐름에 따른 변형이 거의 무시할만한 긴장계류식을 가정하였다. 수치해석법은 유한체적법이 사용되었으며, 이류·확산은 power-law기법이 적용되었다.

이 수치시물레이션을 통해 대상해역의 유동특성에 대해 목표 유동제어를 위한 해수유동 제어구조물의 제원을 설계할 수 있다. 한 계산예를 <그림 3>에 나타내었으며, 유속 0.5m/sec의 흐름이 있는 수심 15m의 해역에 높이 4m의 유동제어판(막)을 4m 간격으로 4매 및 10매 시설하였을 경우에 대한 유동변화를 나타내고 있다.

그림으로부터 알 수 있듯이 4매를 설치할 경우에는 설치면적(높이×설치거리)의 2배에 이르는 완류역($U \leq 0$)이 조성되며, 8매를 시설할 경우에는 1.5배에 이르는 완류역이 조성됨을 볼 수 있다.

또한, 8매 시설의 경우에는 높이의 2배에 이르는 위치로 용승류가 조성됨을 볼 수 있

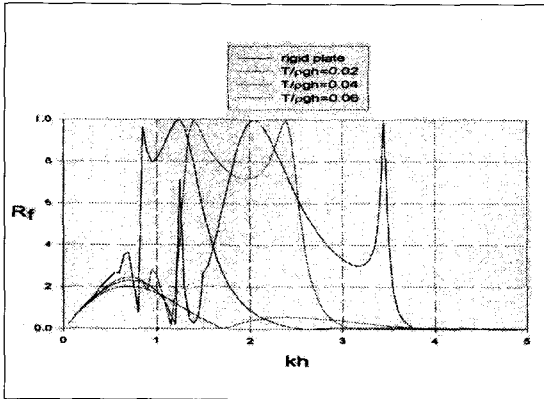
다. 그러나, 다목적 수산증식시설은 유연한 막으로 구성되며, 흐름에 대한 변형이 일어나므로 이를 고려한 수치해석법이 개발 중에 있다.

다목적 수산증식시설의 파랑제어기능

해안구조물의 설계에서 고려하여야 할 인자로서 최근 강조되고 있는 요소는 생태계 환경과의 조화이며, 해안의 보호 및 친수공간의 제공 뿐 아니라 자원조성 효과 등을 고려한 설계의 중요성이 강조되고 있다.

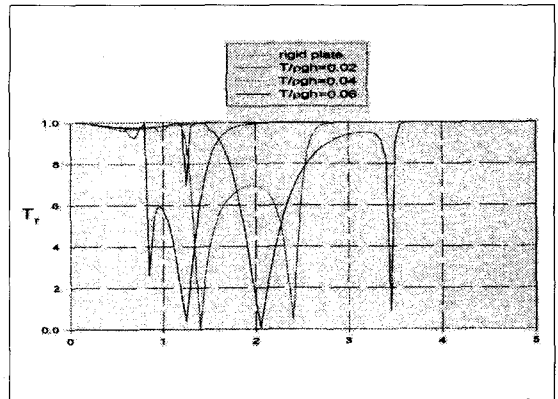
역으로 수산시설물의 설계도 생태계 제어 기능 뿐 아니라 해안 보호 및 친수공간 제공을 위한 해역 정온화기능을 가지는 것이 연안의 다목적 개발을 위한 중요한 소요 기능이다. 본 다목적 수산증식시설의 파랑제어기능을 수치계산을 통하여 검토하였다.

해석의 간편화를 위하여 2차원 선형 포텐셜이론을 사용하고 파랑에 의한 유체영역의 경계치 문제는 고유함수 전개법을 이용하였다. 계산은 수심 15m의 해역에 6m 높이의 막구조물을 4m 간격으로 5대 시설한 경우를 대상으로 하였고, 계산 결과를 <그림 4>에 반사계수, 투과계수 및 수평력



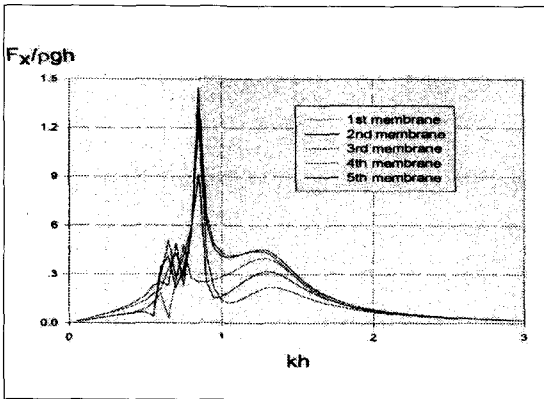
(a) 반사계수

$d=15m, h=6m, da=4m, Na=5ea$



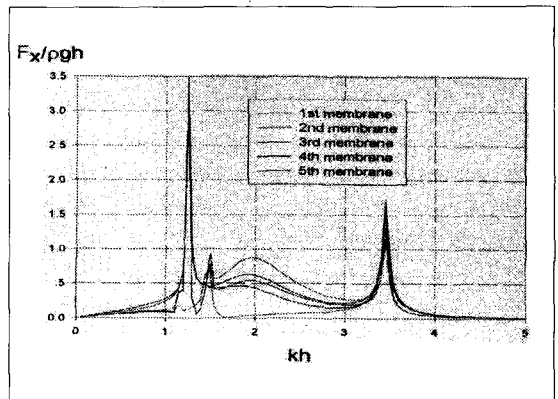
(b) 투과계수

$d=15m, h=6m, da=4m, Na=5ea$



(c) 수평력 (1)

$d=15m, h=6m, da=4m, Na=5ea, G=0.2$



(d) 수평력 (2)

$d=15m, h=6m, da=4m, Na=5ea, G=0.6$

〈그림 4〉 다목적 수산증식시설의 파랑제어 성능해석 예

에 대해 나타내었다.

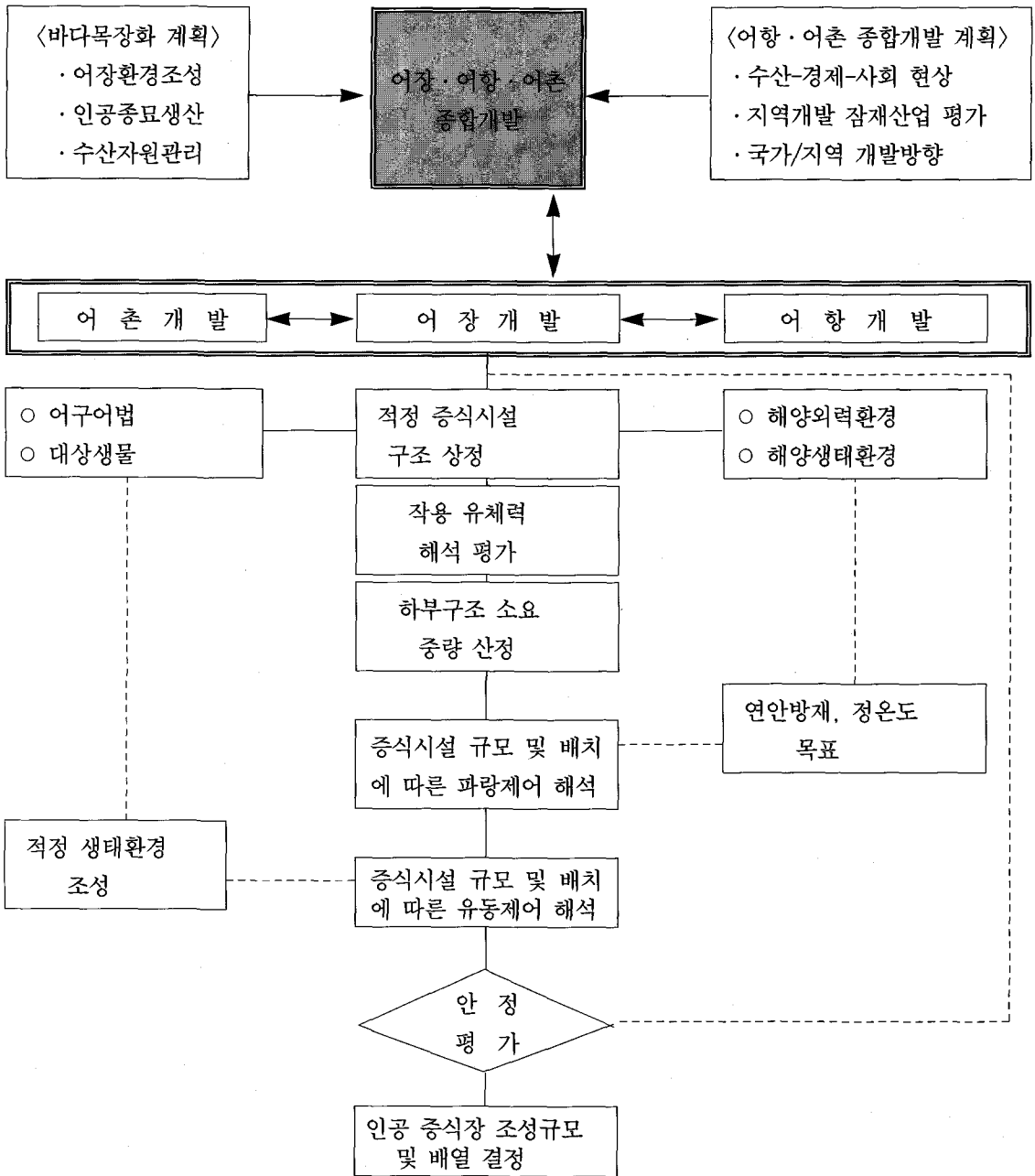
반사계수 및 투과계수는 강판을 사용한 경우와 유연막의 상부에 부력체를 바꾸어서 초기장력을 달리한 경우를 대상으로 하였다. 그림으로부터, 강판에 비해 유연막을 사용하는 경우에 반사계수는 커고 투과계수는 작음을 볼 수 있다.

또한, 초기장력은 작을수록 장파에 대한 파랑제어 성능은 향상됨을 볼 수 있다. 파랑에 의한 수평력은 하류측으로 갈수록 감소하며, 막의 투과성에 따라 극대치가 나타나는 공진 파수의 수가 달라진다. 따라서, 다목적 수산증식시설의 제원 및 배열을 조절하여 목표

파랑제어 성능을 만족시킬 수 있을 것이다.

다목적 수산증식시설의 설계·배치 절차

최근, 연안자원의 지속가능한 이용을 위한 연안역 종합개발이 강조되고 있으며, 이는



〈그림 5〉 다목적 수산증식시설의 설계 및 배치 절차

권역별 자연환경 및 지역산업 특성을 고려하여 장기적인 계획하에 이루어져야 한다.

특히, 우리 나라와 같이 연안역이 수산활동을 중심으로 활발히 이용되어 온 경우에는 어장·어항·어촌 종합개발을 중심으로 연안 정주권 형성과 이를 해양도시들과 연계하여 개발하는 장기적인 구상 및 전략이 필요할 것으로 생각된다.

연안역에 대한 수산 중심의 종합개발은 바다목장화를 중심으로 한 어장개발과 어항·어촌 종합개발을 연계하여 어장·어항·어촌 종합개발의 계획 및 실현을 통해 이루어 질 수 있을 것이다.

여기서, 어장개발은 <그림 5>에 나타낸 것과 같이 대상생물의 생태 및 생리적 특성을 조사하여 적정 생태환경 조성 목표를 정의하고, 현재의 생태계 및 환경을 조사하여 인공적인 증식구조물 구조 및 배치에 따른 생태환경 변화를 다각적으로 예측 및 분석하여 목표 생태환경에 도달할 수 있는 기능 시설물의 설계 및 배치를 통해 가능할 것이다.

이러한 가능성이 보장되는 범위 내에서 대상해역의 해양설계외력을 정리하고, 수산증식 시설에 대한 작용력 및 응답을 해석하여 안정성을 평가한다. 수산증식 시설물의 안정성과 가능성이 얻어지는 구조 및 배치가 결정되면 이에 대한 경제

성과 시공성을 평가하여 계획을 실현한다. 한편, 대상 해역 및 생물에 따라 다양한 기능이 요구될 수 있으며, 이를 위한 최적 배치시스템을 구현하기 위하여 본 다기능 수산증식시설을 이용할 수 있을 것이다.

결 론

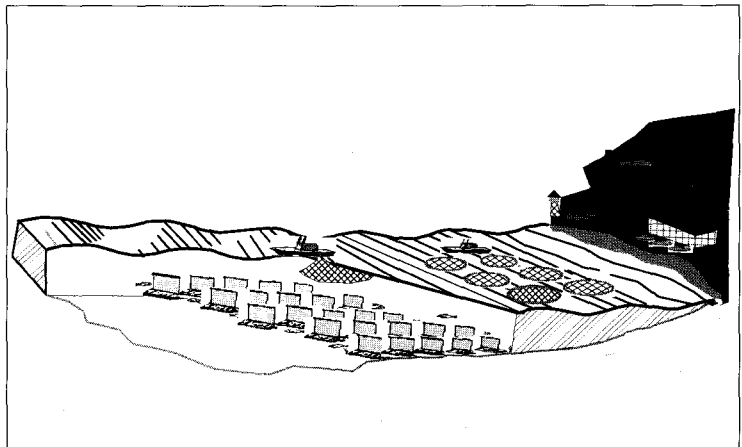
연안자원의 지속가능한 이용과 보전을 위해서는 연안 정주권 형성과 해양교육, 관광 및 레포츠산업 등을 연계한 지역 특성에 맞는 연안역 개발이 요청된다.

이를 위한 기반으로서는 생산성 높고 쾌적하며 안전한 연안환경의 조성이 필요하며, 바다목장화사업과 어항어촌 종합개발을 연계한 어장·어항·어촌 종합개발을 통해 실현될 수 있을 것이다.

본 다목적 수산증식시설은 어장·어항·어촌을 연계한 연안역 종합개발을 위한 요소시설로서 다음과 같이 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

- 1) 수산자원 증식을 위한 산란, 보육 및 서식장 조성
- 2) 인공용승류에 의한 풍요로운 어장 및 낚시공원 조성
- 3) 어항 시설물의 재해 및 해난사고 저감을 위한 파랑제어시설물
- 4) 연안 정온도 향상에 의한 양식장의 외해 확대용 시설물
- 5) 해변 및 해안침식의 방지를 위한 해안보호 시설물

본 다목적 증식시설을 이용한 연안역 개발의 한 예로서 어장조성, 양식장 확대 및 해변보호를 위해 적용한 예를 <그림 6>에 나타내었다.㉠



<그림 6> 다목적 수산증식시설을 이용한 연안 증·양식장 개발구상