

# 21世紀型 沿岸域 構想(I)

## -面的防護方式에 의한 環境親和的 沿岸空間 構成-

권혁민 (한국해양연구소 연안 항만공학연구센터)

### 1. 서론

인간은 자연과 더불어 살면서 공존의 균형을 중요시 해왔다. 균형이라는 의미는 한국, 일본, 중국 등 극동 3국의 기본적인 생활 철학이기도 하다. 그러나 최근의 인간 행위는 자연에 악영향을 주어 결국 인간 자체의 생존에 필요한 환경에 위해한 결과를 자초해 왔다. 이는 전 지구적 차원의 문제로서 국소적이라고 할 수 있는 해안환경 분야도 예외일 수는 없다. 이러한 의미에서 최근 들어 沿岸防災개념에 있어서도 환경요소 등을 위시한 부가적인 요소들이 추가되면서 자연과 인간의 공존을 강조하여 궁극적으로는 인간의 질적 삶의 향상을 꾀하고 있다. 여기서 말하는 부가적 요소로서는 環境親和性, 親水性, 景觀性 등을 들 수 있다. 자연환경의 유지는 인위적인 요소를 배제하는 것이 최상이라고 할 수 있으나, 공존의 의미로 보면 인간으로부터 가해지는 부하를 가능한 한 작게 하는 행위가 현실적인 방향이라고 할 수 있다. 좋은 환경의 회복, 유지, 관리는 다가오는 21세기의 전 산업에 있어서 최고의 가치가 될 것이며 인간의 삶을 향상시키는 중요한 요소가 될 것이다.

해안 보전의 목적은 세가지의 측면이 있다. 첫 번째는 국토보전의 관점에서부터 파랑, 고조, 또는 쓰나미 등의 자연적인 외력이 해안에 작용하여 침수, 보전시설과 일반시설의 파괴, 유실, 침식에 의한 국토의 상실 등을 미연에 방지하려는 측면이 있다. 두 번째는 정온한 평상시의 해안을 유효하게 이용하고자 하는 측면, 세 번째는 연안역의 경관 및 생태계 환경이라고 할 수 있는 해안환경을 지키려는 측면이다. 최근에 위

의 세 가지 측면을 고려한 기능을 고르게 갖추어 줄 수 있는 해안 보전 시설이 요망된다.

본 글에서는 파의 제어를 목적으로 하는 연안 구조물을 중심으로 환경 친화적인 요소를 부가하는 방법에 대하여 하나의 구체적인 예를 통하여 환경친화적 연안공간 구성의 가능성을 생각해 보도록 한다. 구체적인 예로서 “面的防護方式”이라는 防災 개념을 중심으로 출발해 본다. 面的防護方式이란 複數의 넓은 시설을 有機的으로 배치하여 이들의 複合的인 기능에 의해 해안 배후 지역의 인명 및 재산을 고조, 침식 등의 재해로부터 防護함과 동시에 해안을 면적으로 이용하는 것을 촉진하여 環境保全을 도모하는 방식이라고 정의한다. 본 글은 먼저 연안역의 이용 및 환경에 관하여 알아보았고 면적방호방식의 1) 기술적인 측면을 살펴보고 현재 2) 우리 나라 연안역에 본 개념의 적용 가능성 그리고 3) 한국의 해역 특성을 고려한 기술적인 추가 검토내용 등을 생각해 보았다.

### 2. 연안역의 이용과 환경

연안역은 인간의 생활과 직접적인 관계를 가지고 있으며 이곳의 생산력 또한 매우 높은 것으로 알려져 있다. 이러한 일대의 방재는 당연히 환경친화적인 요소를 가능한 한 많이 도입하여 실시하는 것이 사회적인 요구이다. 이하에 연안역의 정의, 우리 나라 연안역의 이용형태, 환경 등에 관하여 일반적인 사항을 알아본다.

#### 2.1 정의

연안역은 육지에서 일어나는 인간활동의 영향이 직간접으로 미치는 해양환경의 범위를 모두 포함한다. 보통 강하구역, 간석지, 연안습지, 해변, 만, 대륙붕 등이 이에 속한다. 인근의 해양환경에 영향을 미치는 활동이 일어나는 육지부분도 또한 연안역의 범위에 포함되며, 특히 물의 순환과 관련되어 수계의 범위(watershed area)까지로 정의되는 경우가 많다. 유엔에서 제시한 연안역의 설정기준에는 물리적 기준, 행정적 기준, 임의거리 기준, 특정환경 기준 등이 있는바, 어느 한 기준을 따를 경우 부수적인 단점이 야기되어 연안역관리의 목적에 따라 상호보완적으로 활용되고 있다.

## 2.2 우리나라의 해안선

1990년 국토개발연구원의 해안편람에 의하면 우리나라의 해안선은 총연장 11,542.4 km로서 지역별로 보면 서해안이 3,340.6 km로 28.9%, 남해안이 7,510.1 km로 65.1%, 동해안이 691.7 km로 6.0%를 차지하고 있다. 여기서 육지부는 6,227.5 km로 53.9%, 도서부는 5,314.9 km로 46.1%를 차지하고 있으며, 면적 1,000 km<sup>2</sup>당으로 보면 64.0 km와 2,623.0 km로서 도서부가 육지부에 비하여 약 41배에 달하는 것으로 나타났다. 국토면적 1,000 km<sup>2</sup>당으로 보면 116.0 km에 해당되며 이는 日本의 87.7 km, 유럽의 17.7 km, 美國의 16.5 km, 南美的 7.9 km에 비하면 우리나라의 해안선은 매우 복잡한 형태로 전개되어 있다. 해역개발이 활발히 추진되어온 日本의 오사카 만의 경우는 해안선 연장이 약 260 km로서 이중 95%가 인공해안이며 더욱이 대부분이 자연환경과 조화하기 힘든 수직호안으로 되어 있다.

## 2.3 연안역의 분류와 특성

연안역은 자연조건의 관점에서 분류하면 외해에 접하고 있는 연안역, 개구성의 항만지역, 내해 및 폐쇄성 내만으로 대별할 수 있다. 외해에 접하고 있는 연안역은 심한 기상변동, 해상조건으로 인하여 이용도는 비교적 낮다고 할 수 있다. 개구성의 해역은 외해에 접하고 있는 연안역과 비교해 기상, 해상조건은 평

온하며 灣域의 조건에 대응하는 연안역의 이용이 고밀도인 경우가 많다. 내해 및 灣口部の 작은 폐쇄성 내만은 해상조건이 정온한 자연조건을 가지고 있으므로 예로부터 다방면으로 이용되어 왔다.

## 2.4 연안역의 이용

연안역은 어업, 해상교통, 공업, 도시, 레크레이션의 장 등으로 다양하게 이용되고 있다. 더욱이 최근 과학기술의 진보 및 해양공간으로의 주목에 의해 향후 이용형태는 더욱 다양하고 고도로 전개될 것으로 예상된다. 연안역은 국토가 협소한 우리나라의 경우 귀중한 국토공간이다. 한편, 최근 급격한 도시화, 공업화의 과정으로 인하여 해역의 오염이 급격히 진행되었다. 연안역에는 해역의 오염 등의 환경문제 및 이용형태의 경쟁 등의 문제가 있다. 귀중한 연안역의 환경보전에 노력을 들이고 이용형태의 조화를 생각해야 한다.

## 2.5 연안역의 환경

연안역은 陸岸, 海面, 海底 및 深海의 4경계를 가지고 있으면서 연안해역의 물은 각경계의 영향을 받아 유속, 수온 및 염분 등의 분포가 항상 변동하고 있다. 이러한 연안 해역은 육지로부터 영양염류의 공급과 얕음으로서 빛이 풍부하고 상하층의 물이 비교적 빠른 속도로 순환되고 있으므로 생물 생산력이 매우 높다. 특히 하구역은 지구상의 대부분을 차지하고 있는 해양에 비하여 수십 배의 생산력을 가지고 있다. 또한 바다의 많은 생물은 산란기, 치어기를 연안해역에서 지내므로 풍부한 생태계를 가지는 연안역이 귀중한 공간이라고 아니할 수 없다.

연안역이 생태계는 매우 다양한 기능을 가지면서 각각의 기능 상호간의 의존도도 매우 높다는 인식 하에 연안역의 개발, 보전을 할 필요가 있다. 연안역의 공간이용을 단순히 하나의 목적, 기능으로만 추구하는 것은 연안역의 생태계를 위협하는 행위가 될 것이다.



(a) 파괴전



(b) 파괴후

Photo 1. 線の防護方式에 의한 호안의 피해상황

### 3. 面的防護概念의 등장 배경

지금까지의 해안선 보호 또는 배후지 차폐를 위한 연안 구조물의 축조 양식은 대부분 해안선에 직립형으로 설치된 線の防護方式이었다고 할 수 있다. 그러나 이러한 공법은 파에너지를 제어함에 있어서 순간적으로 파랑장에 강한 충격을 줌으로서 주변 해역환경을 국소적이고 급격한 변화를 야기시킬 가능성이 높다. 이로 인한 주변해역의 파랑장 변화는 기존의 평형상태를 파괴함으로써 예측하기 어려운 환경재해를 초래할 수 있어 이를 완화하기 위한 별도의 비용이 또 발생할 수 있다. 하지만, 파에너지를 제어에 있어서 점진적이고 넓은 공간을 통하여 파랑장에 대한 충격을 분산시켜 줌으로써 주변해역에 미치는 영향을 완화할 수 있을 것이다. 더구나 방재의 측면으로만 봤을 때 충격적인 파에너지를 제어는 피해를 속출시킬 가능성이 높다. Photo 1의 (a)는 1991년 7월에 촬영한 것이며 (b)는 1991년 7월 30일 촬영한 것으로서 일본의 高知(kochi)현에 있는 長浜(nagahama) 해안이다. Photo 1의 (b)를 보면 알 수 있듯이 호안의 일부에 피해가 발생했다. Photo 1의 (a)에서 보인 바와 같이 호안의 제체 앞에는 해빈이 있으나 감소하는 추세에 있으며 호안 하부가 노출되어 있다. Photo 1의 (b)를 보면, 일본에 태풍 9109호의 통과 후에는 제방이 부서져 해빈도 명백히 감소하여 파가 직접적으로 제체에 작용하고 있음을 알 수 있다. Photo 1이 보여

준 하나의 예로부터 알 수 있듯이 線の防護方式으로는 보전시설 전면의 침식방지에 관해서는 효과가 없으므로 전면 해빈이 소실이 되어 파의 쳐오름 높이 및 월파량의 증가를 초래하게 됐다. 즉, 배후지를 지키기 위하여 堤防의 천단고 상승 및 테트라포드와 같은 블록을 쌓게 되었다. 이로 인한 해안선 및 경관의 변화로 인하여 연안역을 이용하기 어려운 상황이 되어 버렸다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 面的防護方式이 제안되었다. 면적방호방식의 모식도는 Fig. 1에 보인다. 이 방식은 파랑과 침식의 모두에 대처하려는 생각이다. 즉, 突堤, 이안제, 완경사제, 양빈, 인공리프, 인공 Headland 등의 보전시설을 복합적으로 연결함으로써 파력을 감쇠시켜 표사를 제어하고 침식을 방지하여 해빈을 회복하는 것이다. 이러한 생각으로 고

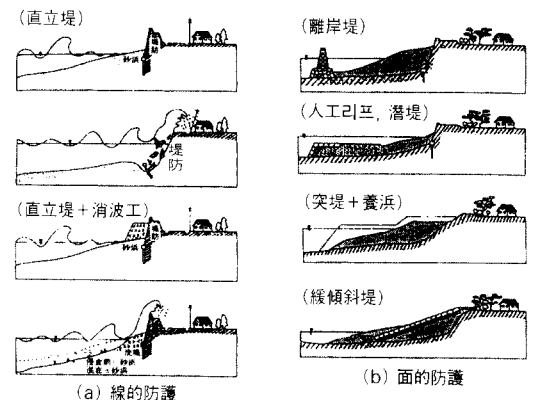


Fig. 1. 防護方式의 비교(磯部, 1994)

조 대책과 침식대책을 동시에 고려한 海岸防災를 실시할 수 있고 더욱이 양질의 해안환경의 보전 및 창출을 꾀할 수 있다.

그러나 급격한 수심의 변화 및 연약지반의 해안에 있어서 종래의 블록을 쌓는 것과 같은 소파구조물을 이용할 경우 제체의 안정성을 확보하기가 곤란하거나 불가능하므로 면적방호방식을 적용할 수 없다는 판단을 하게됐다. 또한 이안제 및 인공리프에 의한 소파를 유도하는 경우는 일반적으로 설치수심을 깊게 할 수 없으므로 이용 가능한 해역이 넓어지지 않는다는 결점도 있었다. 이러한 결점을 보완하기 위하여 해역 제어 구조물을 이용한 새로운 면적방호방식이 탄생했다. 모식도를 Fig. 3에 보인다. 이 방식은 대수심 설치형 소파구조물을 이용한 보전방식이며 이를 이용함으로써 종래의 소파 구조물을 적용할 수 없는 깊은 해저에 소파 구조물을 설치할 수 있게 되었다. 또한 더욱 깊은 해저에 소파 구조물을 설치하는 것이 가능해 짐으로서 넓은 정온역을 형성하여 다목적인 해양 이용 공간을 창출할 수 있게된다.

이와 같이 해안보전사업은 시대의 요구에 따라 공간적으로는 선으로부터 면으로 더욱이 심해로 대상범위를 넓히는 방향으로 이동하고 있다. 그리고 국토보전, 방재면이라는 목적 뿐만 아니라 해안역의 이용, 경관, 생태계의 보전 등의 부가적인 목적을 동시에 달

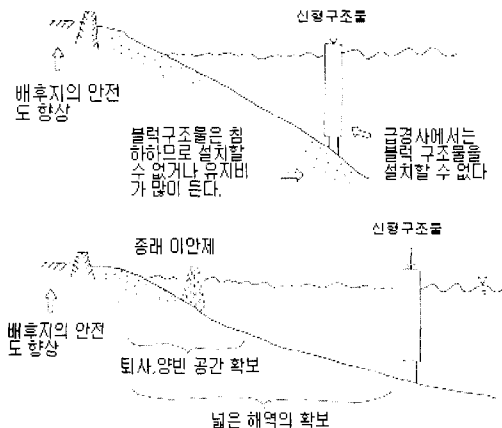


Fig. 2. 새로운 면적방어방식

Table 1 개별시설과 방호기능

방호시설	직접방호시설( 파, 고조, 쓰나미의 침입을 막음 )
	1) 소파형 방호시설 — 양빈, Headland, Pocket 비치, 인공리프
	2) 차폐형 방호시설 — 이안제, 잠제, 부채식 방파제, 대수심 방파제
	3) 반사형 방호시설 — 계단형 호안, 2중호안, 복단면 호안, 완경사 호안
	간접방호시설( 해안지형, 해안의 안정화를 꾀함 ) 돌재, 이안제, 잠제, 인공리프

성하려는 다목적인 사업으로 이행되고 있다.

#### 4. 면적방호방식에 의한 보전공법 예

최근 들어 해안보전사업에 사용되어 온 시설 · 공법 으로서는 호안 · 제방 · 소파공 · 돌재 · 이안제 · 양빈 공 · 완경사제 · 인공리프공법 · Headland공법 등을 들 수 있다. 면적방호방식으로 설치될 시설은 정비의 종류에 따라 기대되는 방호의 기능이 달라진다. Table 1은 면적방호방식에 의해 배치되는 개별시설에 대한 방호기능을 보인 것이다.

Table 1에 보인 바와 같이 직접방호시설은 내습하는 파랑, 고조 등에 대하여 직접적으로 방호하는 시설로서 수리적 기능면에서는 소파와 반사로 대별할 수 있다. 차폐형의 경우도 파에너지의 반사를 위주로 하지만 배후지의 정온역을 창출한다는 결과가 호안과는 다르므로 분류하였다. 간접방호시설은 주로 해안지형의 안정화를 목적으로하는 시설로서 사용되는 경우이다.

본 절에서는 면적인 시설중 비교적 새로운 공법인 면적방호방식의 일환으로 사용된 인공리프공법에 관하여 설명한다.

##### 4.1 특징 및 기능

인공리프는 산호초의 우수한 소파기능을 모방한 소파구조물이다. 이의 소파 원리는 Fig. 3에 보인 바와 같이 입사파를 리프 전면의 사면과 리프상의 얇은 부분에서 쇄파시켜 에너지를 감쇠시킨다. 인공리프는 평균수위보다 낮은 천단고를 가지고 있으므로 해역의 경관에 악영향을 거의 주지 않고 수영 및 Boat-

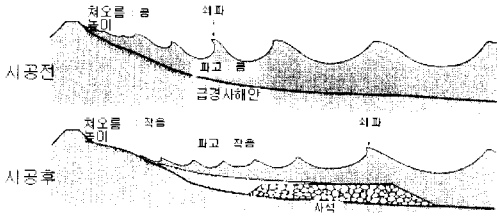


Fig. 3. 인공리프의 모식도

sailing 등의 해역이용을 저해하는 경우가 매우 적다. 인공리프는 이안제와 같은 보전기능을 가지지만 구조 형식은 이안제와 달라 리프의 천단은 수면하에 있으며 넓은 천단폭을 가진다. 또한 천단수심을 비교적 깊게 처리할 수 있으므로 반파울을 작게 할 수가 있다.

#### 4.2 효과

인공리프를 적절히 배치함으로써 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다. 모식도는 Fig. 3에 보인다.

- ① 처오름 높이, 월파량 등이 감소.
- ② 연안 표사량을 감소.
- ③ 인공리프의 해안쪽에 퇴적비 발생하여 연안선이 전진.
- ④ 인공리프의 해안쪽에 바다방향으로 모래의 유출을 억제.

일반적으로 위에 열거한 효과는 단독으로 발휘되는 것이 아니고 각각의 상호작용에 의해 발생한다. 예를 들어 인공리프의 소파기능에 의해 해안측에 퇴적이 되면 처오름 높이의 저감효과가 더욱 향상된다. 이상의 효과에 의해 해빈의 안정화를 꾀할 수 있고 더욱이 처오름 높이를 저감시킴으로써 월파에 의한 피해를 줄일 수 있다. 한편, 위에 설명한 것과는 다른 효과도 기대할 수 있다. 예를 들어 인공리프와 해빈 사이에 형성되는 정온역은 매우 좋은 해양 레크레이션장으로 되어 이의 이용을 촉진할 수 있다. 또한 인공리프를 설치함으로써 발생하는 바다방향 흐름에 의해 주변해역의 수질개선효과도 기대할 수 있다. 더욱이 인공리프의 표면은 석재나 콘크리트블럭으로 구성되어 어초효과를 기대할 수 있다.

#### 4.3 인공리프의 적용 예

##### ① 침식대책에 대한 적용

인공리프는 이안제와 같이 해빈의 안정화를 꾀할 수 있으나 인공리프로 인해 파랑이 저감되어도 인공리프의 배후가 바로 퇴적되지는 않는다. 왜냐하면 인공리프에서 강제쇄파를 시킴으로 인해 천단 수심이 얕은 인공리프의 상부에는 강한 바다방향의 흐름이 발생하여 인공리프 배후의 퇴적을 억제하는 경우가 있기 때문이다. 해빈의 안정화를 위한 인공리프의 적용법은 다음의 3가지를 들 수 있다.

- 인공리프 군에 의한 연안표사량의 감소 : 개구부가 있는 인공리프를 군으로 설치함으로써 연안표사량을 감소시켜 해빈의 안정화를 꾀함.

- 안정해빈의 형성 : 매우 높은 소파효과를 가지는 인공리프를 넓은 간격으로 설치함으로써 동적인 안정해빈을 형성할 수 있다.

- Headland 및 이안제에 둘러싸인 해안에 있어서 해안선의 전진 : Headland나 이안제를 설치할 경우는 국부적으로 연안선이 들어가는 곳이 발생할 수 있어 월파량이 증대할 수 있다. 이러한 장소에 잠제를 설치하여 전체적으로 해안선이 전진할 수 있도록 유도할 수 있을 것이다.

##### ② 환경사호안과 함께 해빈의 창출

면적방호의 관점으로부터 인공리프는 다른 연안 구조물과 함께 사용되는 경우가 있다. 특히 Fig. 4와 같

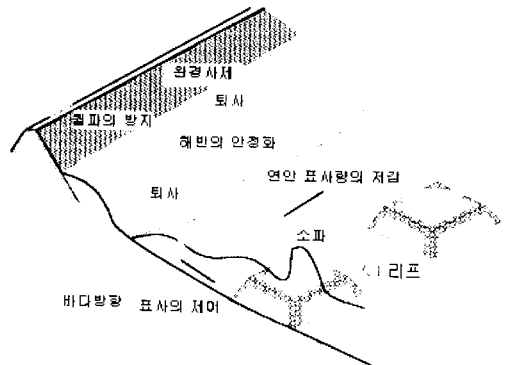


Fig. 4. 인공리프의 효과의 개념도

이 환경사 호안과 같이 조합하는 경우는 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다. 먼저, 인공리프를 설치함으로써 배후역의 처오름 높이 및 월파량을 감소시킬 가능성이 있으므로 제방, 호안의 천단고를 종래의 것보다 낮출 수 있다. 더욱이 종래의 제방을 대신하여 퇴적효과가 높은 환경사 호안을 사용하면 리프의 퇴적효과와 함께 넓은 사빈이 형성된다. 이와 같이 인공리프와 환경사 호안에 의해

창출된 해안환경은 종래보다도 천단고가 낮으므로 접근하기가 용이하고 구조물의 주변경관에 가해지는 충격을 감소시킨다. 더욱이 리프 배후의 정온역과 새롭게 창출된 사빈은 종래보다 넓고 다목적의 이용공간을 주게된다.

## 5. 우리나라 해역에 적용시 해결해야할 기술적 과제

상술한 면적방어공법을 위한 가장 이상적인 해역조건은 해저경사가 완만하고 저반이 안정된 사질로 형성된 곳이다. 그러나 이러한 조건이 만족되지 못하는 경우는 다음과 같은 부가적 기술을 확보해야 한다. 먼저 비교적 적용이 용이하다고 판단되는 인공리프의 경우는 쇄파를 유도하므로 평균수위 상승을 가져와 연안류를 발생시키는 점이 단점으로 지적되고 있다. 이를 해결하기 위해서는 쇄파를 억제하는 것보다 평균수위를 공간적으로 분산시킴으로서 연안류의 크기를 감소시키는 방향이 가능한 방법일 것이다.

잠제의 경우 설계상 중요한 사항이 천단고 결정이다. 잠제는 천단고가 평균수위보다 낮은 구조물로서 쇄파에 의한 에너지의 감쇠를 유도한다. 그러나 서해안과 같이 조석차가 심한 경우는 만조위를 기준으로 설계를 할 경우는 잠제가 되지만 간조위 때는 이안제의 역할을 주기적으로 반복할 것이다. 이때 고려해야 할 사항은 경관적 측면이다. 간조위 때 인위적인 구조물이 시야에 들어오는 것은 잠제의 원래의 장점인 수역의 풍치를 있는 그대로 유지할 수 있다는 것이 성립되지 않는다. 이를 극복할 수 있는 기술적인 방법은 노출시 어떻게 하면 시각적으로 거부감이 없는 모양으로 만들 것인가에 달려있다. 또한 쇄파의 양상이 하

나의 구경거리가 될 수 있다는 홍보도 하나의 방법일 수 있다.

해역별 대표지점의 조차를 보면 서해안의 인천, 군산이 각각 8.1m, 5.7m, 남해안의 부산, 여수가 각각 1.2m, 3.0m, 동해안의 울산, 주문진이 각각 0.5m, 0.2m이다. 이하에서 조차의 관점에서 동 남해안과 서해안으로 구분하여 설명한다.

### 5.1 동 남해안

우리 나라 동해안의 특성상 위의 개념의 적용을 위해 생각해야 할 것이 대수심에 대응할 수 있는 구조물의 고안이다. 기본적으로 대수심의 경우 기존의 연안 구조물을 적용하려면 공사비가 매우 높아 질 것이므로 이를 극복하기 위해서는 다음의 2가지 사항에 대한 집중적인 기술개발이 필요할 것이다.

#### 1) 대수심 이안제의 축조 비용절감을 위한 구조형식으로 수정

대수심용 이안제의 축조는 비용의 문제가 무엇보다도 중요한 사항이다. 배후지가 항만인 경우는 비교적 비용 염출의 근거가 경제성으로 판단되므로 용이하나, 해안선 방호는 경제성보다는 정책의 결심으로 실현될 가능성이 높다. 따라서 구조물의 축조 가능성은 비용압축을 위한 기술에 의해 지배될 것이다. 하나의 방향으로서 현재까지 제안된 기존의 경사식, 케이슨식 구조물의 형상을 가능한 슬림화하거나 공정상의 축조시간을 단축하는 정도가 최대한일 것이다.

#### 2) 대수심에 유리한 구조물 개발

최근 주목받고 있는 형태가 철재형 조립식 이안제로서 수리학적 검토가 끝났으며 축조비용의 문제만 남았다. 수리학적 검토는 수리모형실험을 통하여 반사율이 일반 경사식 방파제와 유사한 값을 보인다는 것을 확인했다. 축조비용의 산출은 사회의 전체적인 요소에 지배받을 수 있으므로 각각의 요소를 가능한 구체적으로 나열하여 검토할 필요가 있다.

### 5.2 서해안

면적방호방식의 적용 효과면에서 보면 쇄파대가 넓어서 선적방호방식에 의한 주변해역 변형이 크다고 판단되는 경우가 유리할 것이다. 이는 쇄파대내에서 물리적인 표사이동이 강하고 이를 국부적으로 제어할 경우 주변해역의 급격한 변화를 예측하기가 매우 어렵다. 따라서 넓은 공간에서 서서히 쇄파를 유도하거나 평균수위 상승을 공간적으로 분포시켜 연안류 발생을 억제하는 방향으로 생각하는 것이 하나의 방법이라고 사료된다.

공사비 관점에서 보면 수심이 낮고 쇄파대가 긴 지역을 대상으로 하는 것이 유리하다. 쇄파대가 넓은 경우는 좀더 먼바다에서 먼저 쇄파가 시작하도록 하면 천해역에서 안정파가 형성될 가능성이 높아진다. 따라서 우리 나라 서해안과 같이 쇄파대가 넓고 조차가 큰 경우 잠제를 이용하여 파랑의 방향 및 에너지를 감소시킬 수 있다. 즉 간조시는 해수면보다 높은 천단고를 가지는 방파제로 기능하며 만조시는 잠제로 역할을 할 수 있을 것이다. 설계는 만조시 잠제를 기준으로 해야 할 것이다. 이때 잠제는 단지 방파제적 기능에만 국한시키지 말고 어업 협조형으로 축조하는 것이 좋을 것이다. 단, 간조시 해역에 노출되는 부분이 경관을 해칠 수 있으므로 미관적인 측면을 고려 대상으로 해야 할 것이다.

우리 나라 서해안 일대는 최근 새만금 방조제를 비롯한 대규모 개발사업이 활발히 진행 중에 있다.

서해는 수심이 100m 이하가 대부분으로서 천해역의 수심은 조간대의 영향으로 수m 내외의 차가 형성되고 해저면은 매우 완만하다. 이와 같이 서해안 일대의 해저 지형은 동해안과는 상이한 조건을 가지고 있으므로 파 제어의 방식도 달리해야 할 것이다. 서해안에 적용가능한 구조 형태로 잠제형식의 방파제를 고려해 볼 수 있다. 여기서 잠제식 방파제는 면적방호개념에서 볼 때 방조제와의 연결개념으로 생각할 수 있다. 그러나 잠제형식의 방파제는 강제적인 쇄파를 유도하므로 평균수위가 상승하여 연안류 발생을 야기할 것이다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방법으로 광폭잠제, 또는 굴절을 이용한 점차적 쇄파유도 및 연안류 발생 억제 형식을 추천할 수 있다. 이때, 잠제에 의

한 퇴적물의 이동상황을 예측하기 위한 정보를 수집해야 한다. Fig. 5는 우리 나라 서해안일대에 면적방호 방식을 적용할 경우 잠제에 관한 사항을 검토하기 위한 접근 방식을 보인 것이다. Fig. 5에 보인 바와 같이 잠제를 설치하여 면적방호개념을 실현하고자 했다. 잠제의 단독적인 설치로 면적방호를 할 수는 없으나 상술한 바와 같이 각각의 개별적인 구조물의 한계와 특성을 보완, 발전시킬 필요가 있다. 잠제는 현재 일본 등에서 많은 시공 경험을 가지고 있으나 여전히 잠제군에 의한 연안류의 억제를 유도하는 정도에 머물러 있다. 이를 좀더 개선 하기 위한 노력이 필요하다. 먼저 잠제를 구체화하기 위해서는 잠제의 형상을 결정하고 이를 여러개 배치함으로써 파에너지를 감소시킬 수 있고 넓은 정온역을 확보할 수 있다. 이때 중요한 사항은 서해안과 같이 연약지반의 조건에 안정할 수 있도록 상재하중을 분산시킬 수 있는 구조형상이 유리하다. 또한 서해안과 같이 완만한 경사의 경우 쇄파한계를 결정하기 위한 부가적 실험을 하여 자료를 축적해야 한다. 이를 통하여 최종적으로 쇄파를 고려한 파랑 및 연안류 모델을 완성하고 이로부터 표사이동을 검토하는 순서로 진행해야 할 것이다. 그러나 서해안과 같이 주로 점토와 모래가 섞여 있는 곳의 표사이동 특성을 파악하기 위한 이동상 평면실험은 물리적으로 매우 어렵다. 단, 2차원 장수조를 사용하여 적정 상사비를 이용하여 개략적인 이동현상을 관찰할 수는 있다. 이를 토대로 현장에 제안구조물을 설치하

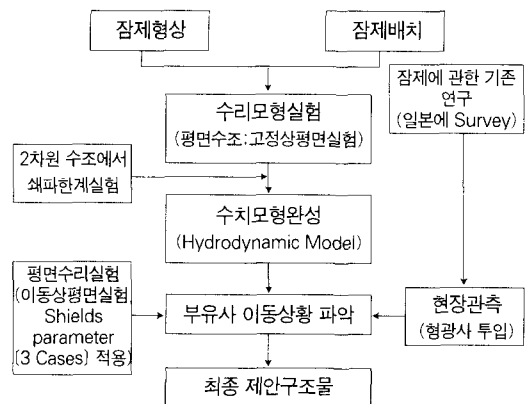


Fig. 5. 면적방호개념의 실현을 위한 접근방법의 예

고 장기적인 모니터링을 통하여 향후 또다른 잠제설계에 이용해야 할 것이다. 이때, 일반적인 방법으로서 현장에 형광사를 투입하고 이를 추적 관찰하는 방법을 사용할 수 있다.

### 6. 기존의 면적방호공법의 추가사항

상술한 내용은 전면 해안역을 방호하는 개념으로서 이를 더욱 안정화시킬 수 있는 추가 공법으로서 배후지 일대의 연안역을 식생 지대로 확보하고자 하는 생각이다. 해빈의 유실은 비단 파랑에 의한 영향 뿐만 아니라 바람에 의한 비사의 발생으로도 초래된다. 이를 억제하기 위한 식생지의 개발을 통하여 방재 및 쾌적한 연안역 일대를 조성할 수 있을 것이다.

Photo 2는 1996년 9월 9일 현재 미국 플로리다 동부 해안의 식생지를 보인 것이다. 미국의 동부해안은 비교적 넓은 해빈을 가지고 있으며 관광지로 일대의 상업적 가치가 매우 높다. Photo 2에서 보인 바와 같이 연안역 일대의 식생지는 경관적인 양호함 외에도 해변에서 비사를 억제할 수 있다. 이로 인한 해빈 유실을 방지하는 효과도 있을 뿐만 아니라 배후지에 모래의 유입을 막을 수 있는 등 복합적인 효과가 있다. 식생지의 유지 및 보전을 배가하기 위하여 도보용 통로를 설치했다.

Photo 2와는 달리 배후지에 바로 구조물을 설치한 경우에도 식생지를 설치하여 전면 피복부분을 넘어오는 수맥에 의한 구조물 하부의 유실을 억제하는 역할을 할 수도 있을 것이다. Photo 3은 일본 사가현의 히가시요가 해안에 조성된 식생지를 보이고 있다. 매우 화려한 색의 식생지를 형성하고 있다. Photo 3에 보인 식생지를 형성하고 있는 것은 濕地에서 생육하는 1년초 염생식물로서 Suaeda Japonica로 가을에 단풍이든 상태이다. 주변이 매우 딱딱한 콘크리트로 형성되어 있으나 식생지가 전체적인 풍치를 확연히 개선시키고 있음을 느낄 수 있다.

상술한 바와 같이 식생지를 연안역에 형성시킴으로써 방재에 도움이 될 수 있다. 또한 부가적인 요소중의 하나인 경관적인 측면에서도 효과가 있다. 우리 나



Photo 2. 플로리다 동부해안의 식생지



Photo 3. 일본 사가현(佐賀縣)의 히가시요가(東賀) 해안의 식생지

라의 경우는 먼저 일반적인 해역에 자생하고 있는 식물의 종류에 따른 비사 방지효과를 연구할 필요가 있고, 이를 통하여 선택된 식물을 각각의 해역에 넓게 분포시키면 방재효과가 있을 것이다. 주변에 화려한 색깔의 식물을 찾을 수 있다면 경관적 효과가 클 것이다. 최근 일본의 운송성 항만기술연구소와 건설성 토목기술연구소의 이 분야에 대한 연구를 주목할 필요가 있다. 위에 보인 2가지 경우 외에 일반적으로 사람이 별로 접근하지 않는 해빈이 유실하여 주변해역의 변화를 초래하는 것을 방지하고자 할 경우, 해당지역에 자생할 수 있는 식물을 넓게 분포시킬 수 있으며 이의 시공비는 매우 저렴할 것이다.



## 7. 결 론

면적방호 방식에 사용될 수 있는 개별적인 연안 구조물로서는 이안제, 고조 방파제, 잠제, 돌제, 인공해빈, 인공 리프, 제방호안 등을 들 수 있다. 이러한 구조물들은 각각의 수리학적 특징을 가지고 있으면서 내파설계법이 어느 정도 완성되어 있다고 할 수 있으며 특정한 목적을 위하여 개별 구조물의 연구를 보완하는 것이 좋을 것이다. 이러한 개별 구조물을 공간적으로 배치하여 파랑을 목적하는 바로 제어하는 방법이 면적방호 방식이다. 이때, 중요한 점이 앞에서 지적한 바와 같이 주변해역에 미치는 영향을 최소화하기 위한 노력이 각각의 요소 구조물의 설계에 반영되어야 할 것이다.

본 면적방호 방식의 핵심은 각각의 요소기술을 목적하는 바에 따라 얼마나 잘 배열하는가에 달렸다. 그러나 우리 나라의 경우는 각각의 요소기술이 충분히 확립됐다고 할 수 없으므로 외국의 연구결과를 이용

할 수 밖에 없다. 단, 적용면에서는 전체의 요소기술의 집합을 요구하므로 현재의 우리 나라 파랑해석 및 수리실험 기술수준으로도 충분하다고 사료된다. 이의 근거는 최근 우리 나라의 경우는 해안공안 분야에서 선진국에 비하여 젊고 유능한 연구자가 상대적으로 많은 편이다. 이들의 연구성과 중 최근 괄목한 성장을 하고 있는 분야가 파랑 변형 및 실험분야라고 할 수 있다. 이 두 가지의 기술이 본 면적방호 방식을 현실화하기 위한 핵심기반 기술이라고 할 수 있다.

기존의 선적방호공법으로부터 탈피하여 면적방호 공법을 적용함으로써 인공갯벌, 백사장의 유지 및 조성의 효과가 있으며 장기간 해안유실방지 및 연안 구조물의 안정성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 면적방호개념의 적극적인 실현을 위한 환경평가 기법의 개발이 기대된다. 향후 우리 나라의 해안선 보호는 환경 친화적인 해역환경을 창출하는 방향으로 추진함으로써 다가오는 21세기의 가치관에 대비해야 할 것이다. ●

## 〈참 고 문 헌〉

1. 國土開發研究院(1990), 海岸便覽, p. 32.
2. 권 혁민(1997), 親水性 沿岸 構造物, 향만, Vol 21/2, pp. 75-85.
3. 한국해양연구소(1995), 沿岸域 利用 및 統合管理를 위한 研究(I), p. 11.
4. (日本)土木學會海岸工學研究會(1994), 日本の海岸とみなと, 第2集(일본어).
5. 磯部雅彦(1994), 海岸の環境創造, pp. 158-164(일본어).
6. (日本) 沿岸域環境研究所, 海域環境創造事典, p. 9(일본어).