

해수교환기능이 있는 직립소파형 하이브릿 케이스에 대하여

〈외지에서〉

서 언

최근의 어항에 있어서는 항내의 정온도 확보는 물론 항내의 아름다운 수질보전이 요구되고 있다. 특히 항내 수역을 축양에 이용할 경우에는 해수교환을 촉진하여 양호한 수질을 유지해 나갈 필요가 있다. 또 근해의 깊은 수심에서의 방파제 건설이 증가하고 있는데 비추어 필자는 비교적 수심이 깊은 영역에서 경제적 우위성을 지니는 하이브릿 케이스(합성판식 케이스)에 해수교환 기능을 지니게 한 새로운 구조를 개발해 왔다. 여기에서는 개발의 개요와 현지에서의 적용예에 대하여 소개한다.

해수교환으로는

해수교환의 방법은 이용하는 에너지로 분류를 하면 다음 세 가지로 된다.

1) 흐름, 조석의 에너지의 이용

방파제에 개구부를 설치하여 조석에 의한 흐름의 소통에 의하여 해수교환을 한다. 대표적인 예로서는 조수 소통 구멍이 있는 방파제, 투과형의 직립소파 방파제, 커튼 방파제, 수문으로 조석을 제어하는 방법을 들 수 있다.

2) 파랑 에너지의 이용(혼합 확산)

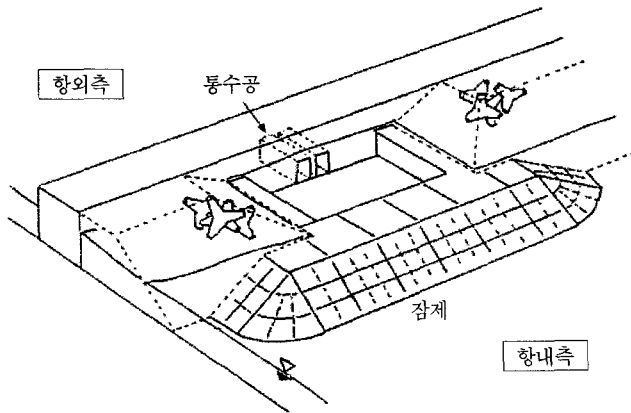
작은 파랑을 이용하여 방파제 개구부에 회석 혼합에 의한 해수교환을 하는 방법. 구조는

1)과 같은 것이 되는데 파에 의한 수 입자의 운동은 왕복운동이기 때문에 혼합 확산의 효과는 방파제 근방에 한정되는 것 같다.

3) 파랑 에너지의 이용(월류)

파의 에너지를 수위상승으로 변환하여 일방향의 흐름(월류)을 발생시키는 방법. 수산청에서 개발된 잠제가 붙은 구멍 뚫린 방파제 <그림-1>은 이 방법으로 해수교환을 하는 것이며 이미 많은 실적을 가지고 있다.

이 중에서도 3)의 월류형은 항내에 상시 일방향의 흐름을 발생시키기 때문에 효율적인 해수교환이 기대된다. 또, 통수공을 수면하로 함으로써 항



〈그림-1〉 잠제가 붙은 구멍뚫린 방파제

내 정온도의 확보의 면에서도 우위한 구조이다. 이와 같은 해수교환기능과 소파기능을 케이슨 단체(單體)에 지니게 한 구조가 〈그림-2〉에 보이는 「해수교환기능이 있는 직립소파형 하이브리드 케이슨」이다. (a)는 저파랑역을 대상으로 한 구조로서 종래의 투과형 직립소파 케이슨의 우수

실내에 월파판을 설치한 것을 특징으로 하고 있다. 이 월파판이 잠제가 붙은 구멍뚫린 방파제의 잠제의 역할을 수행하고 있다. (b)는 고파랑역을 대상으로 하고 있고, (a)의 개구부가 도수관이 된 구조이다.

해수교환의 메커니즘을 모식적으로 나타내면 〈그림-3〉과

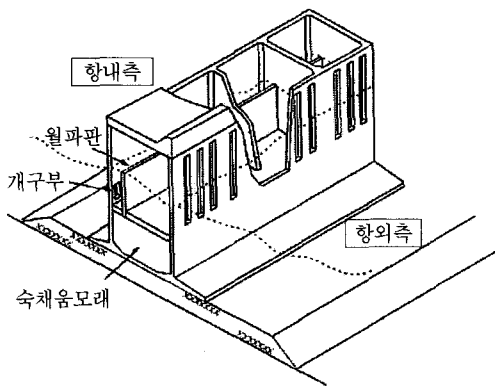
같이 된다. 압파시에는 슬리트벽을 투과하여온 수위가 월파판을 타 넘어 수위상승이 생기고 개구부(도수관)에서 외해수가 항내로 도수된다. 한편 인파(引波)시에는 후벽과 월파판과의 사이의 수위 저하가 월파판에 의하여 방해되므로 되흐름은 생기지 않는다. 따라서 항상 일방향의 흐름을 발생시킬 수 있다.

수조실험에 의한 검토

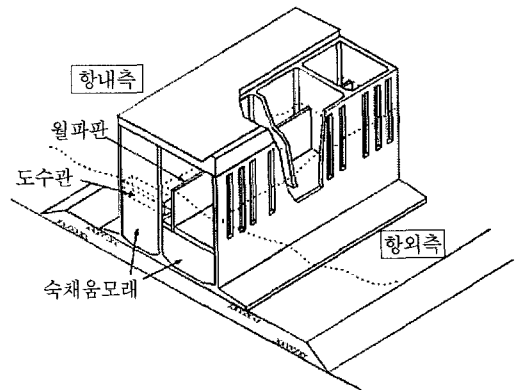
여기서는 해수교환기능이 있는 직립소파형 하이브리드 케이슨의 수조실험의 개요를 소개한다. 상세에 대하여는 문헌 3) 4)를 참조하기 바란다.

(1) 1/30축척 실험(실험 1)

이 실험은 해수교환기능이 있는 직립소파 케이슨(월파판

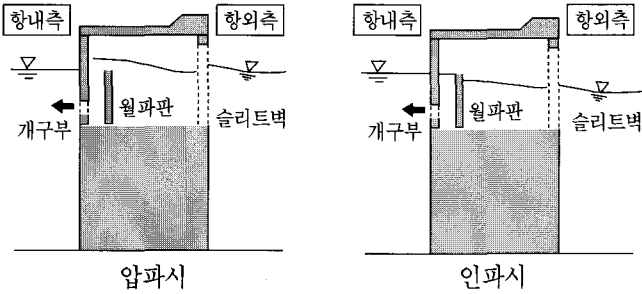


(a) 저파랑역 대상

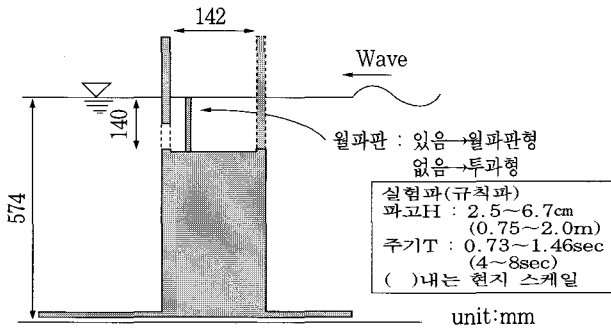


(b) 고파랑역 대상

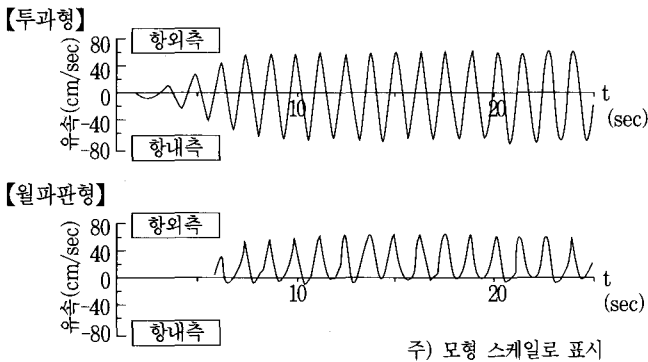
〈그림-2〉 해수교환기능이 있는 직립소파형 하이브리드 케이슨



〈그림-3〉 해수교환의 메카니즘



〈그림-4〉 실험모형단면



〈그림-5〉 유속파형

형으로 표기)과 종래의 투과형 직립소파 케이슨(투과형으로 표기)의 해수교환 특성의 비교를 목적으로 하였다. 〈그림-4〉에 실험모형 단면 및 시험조건을 도시한다.

〈그림-5〉는 개구부 중앙에서의 유속파형이다. 투과형은 항내외 방향의 왕복류로 되므로 네트의 도입량이 0으로 되어 있다. 한편 월파판형은 항내 일방향으로의 흐름으로 되

어 있고, 확실히 항내로 도수하는 능력을 지니고 있음을 안다.

(2) 1/30축척실험(실험 2)

월파판형에 관하여 하기에 보이는 3종류의 모형을 제작하여 성능확인실험을 하였다.

MODEL-A : 일중 슬리트

MODEL-B : 이중 슬리트

MODEL-C : 이중 슬리트

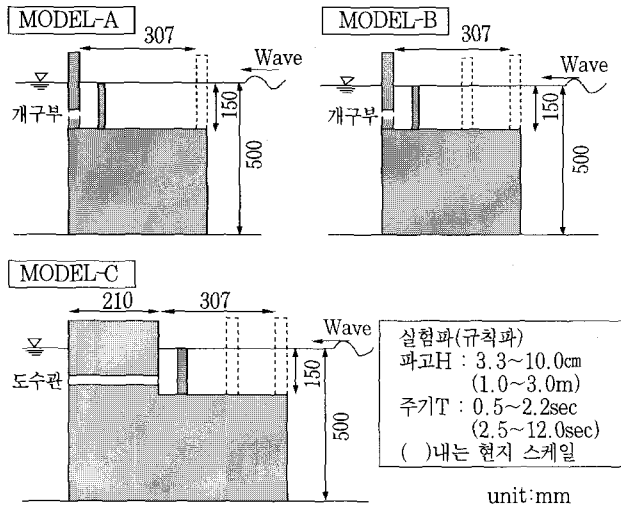
(고파랑 대응형)

모형 단면과 실험조건을 〈그림-6〉에 도시한다. MODEL-B, MODEL-C는 풍파에서 놀이까지 폭넓은 주기대의 파에 대하여 양호한 소파성능을 확보할 것을 목적으로 하여 이중 슬리트로 하였다.

〈그림-7〉은 파고와 도수량의 관계를 나타내고 있다.

개구부 단면적을 일정하게 한 금회의 실험조건에서는 슬리트 매수나 개구부와 도수관의 상달에 따라 도수량은 MODEL-A > MODEL-B > MODEL-C로 되었으나 어느 모델에서도 도수되는 것을 확인할 수 있었다. 사진-1은 MODEL-C에 대한 실험상황으로 도수되는 모양을 색소로 가시화한 것이다.

〈그림-8〉은 파고H=1m에 대한 반사율을 표시하고 있다. 직립소파 케이슨의 반사율을 유수실 폭과 파장의 관계에 크



〈그림-6〉 실험모형단면

게 영향을 받으나 이번에는 장주기측의 소파성능에 중점을 두고 유수실 폭을 설정하였다. 그 때문에 일중 슬릿에서는 주기 $T=3\sim 4$ 초로 소파성능을 발휘하고 있지 않다. 한편 이중 슬릿은 단주기측에서 장주기측까지 양호한 소파성능을 나타내고 있다.

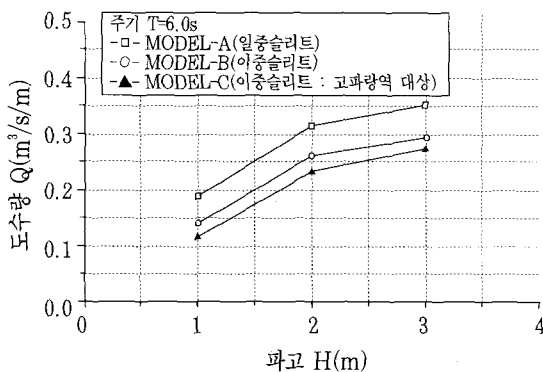
〈그림-9〉는 파고 $H=3m$ 에 대한 파고 전달율을 나타내고 있다. 이번의 실험조건에서는 방파제 마루를 월파시키지 않고 도수에 의한 영향만을 보고 있다. 어느 모델에 대해서도 파고 전달율은 0.05이하이고 특히 도수관을 지나는 MODEL-C는 0.03정도로 매우 양호한

값을 나타내고 있다. 이들 값에 판단하여 개구부나 도수관을 마련해도 항내 정온도의 악화에 이어지지 않는 것으로 생각된다.

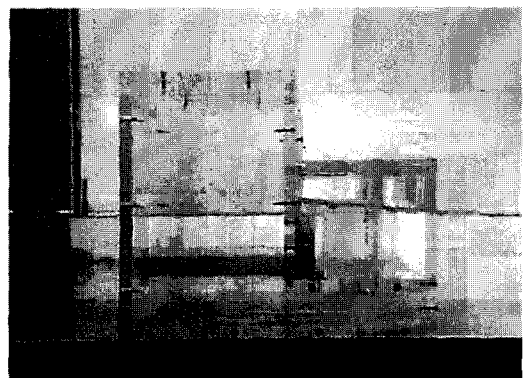
(3) 1/10축척실험

이 실험에서는 저파랑시(정온시)의 도수성능을 밝히는 것을 목적으로 하였다. 실험을 모두 모델화하는 것은 불가능하므로 유수실 하단까지의 부분모형을 사용하였다. 모형단면과 실험조건을 〈그림-10〉에 제시한다. 또, 도수관 사이즈와 조위변동에 의한 영향도 검토하였다.

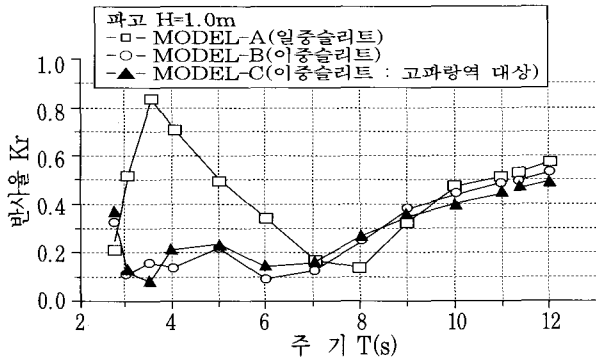
〈그림-11〉은 파고와 도수량의 관계를 도시하고 있다. 그 결과, $H=0.25m$ 와 같은 조파랑시에도 도수된다는 사실을 알았다. 또, 당연한 일이지만, 도수관 사이즈가 클수록 도수량이 많아진다.



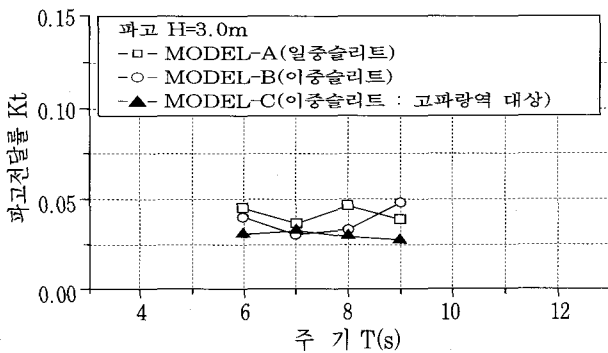
〈그림-7〉 도수량



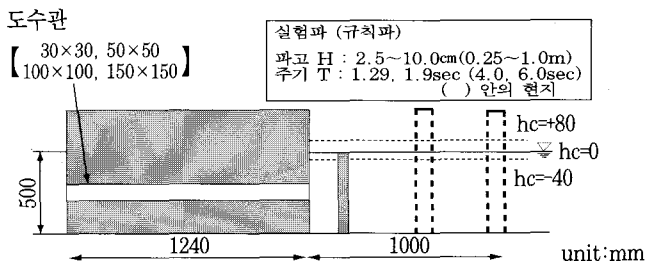
〈사진-1〉 실험의 모양



〈그림-8〉 반파울



〈그림-9〉 파고전달률



〈그림-10〉 모형 단면도

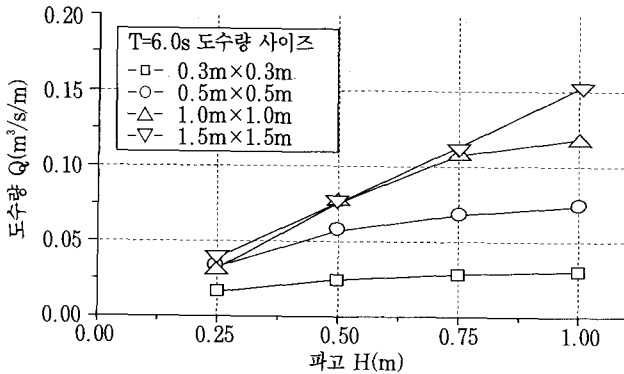
〈그림-12〉는 도수량에 주는 조위변동의 영향을 나타내고 있다. 횡측은 월파판 마루와 수위의 관계를 무차화(hc/H) 하여 정리하고 있다. 가장 도

수량이 많아지는 것은 월파판 마루와 수위(조위)가 일치한 경우로서 수위가 상승하면 (hc/H 가 플러스측), 완만하게 도수량이 감소해 간다. 한

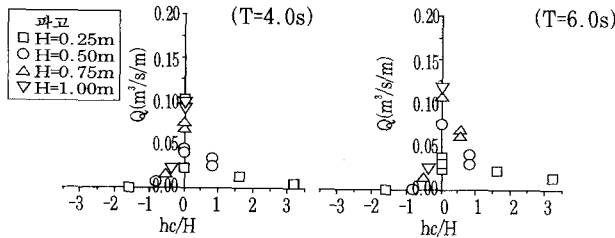
편 수위가 저하하여 월파판이 정수면보다도 돌출한 상태 (hc/H 가 마이너스측)에서는 급격하게 도수량이 감소해 버린다. $hc/H=1.6$ 에서는 파가 월파판을 타넘지 않으므로 전혀 도수되지 않는다. 이와같이 월파판 마루높이와 수위의 관계로 도수량은 변동하기 때문에 월파판 마루높이를 결정할 때에는 월파판이 수면상에 돌출하는 조건에 유의하여 결정할 필요가 있다. 또, 조위차가 큰 장소에 적용할 경우에는 법선방향으로 마루높이를 바꾼 월파판을 설치함으로써 대응할 필요가 있다.

해수교환의 수치 시뮬레이션

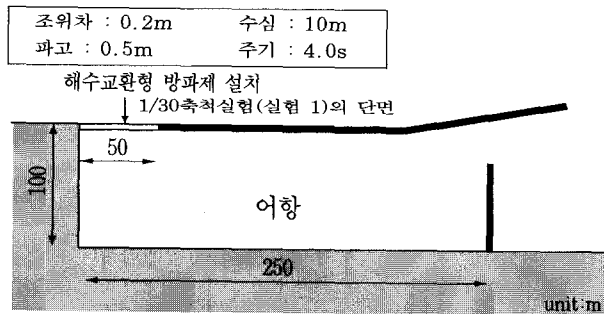
〈그림-13〉에 보이는 모델 어항에 대하여 해수교환형 방파제의 유무로 인한 항내 수괴의 유동을 파악하기 위하여 수치 시뮬레이션을 하였다. 계산은 천해장파 방정식에 의한 이차원 단층 모델을 적용하여 차분법으로 풀었다. 계산결과의 일예를 〈그림-14〉에 도시한다. 해수교환형 방파제가 설치되지 않을 경우 1조석 경과후에 거의 항내에 마카가 잔존하고 있다. 한편, 해수교환형 방파제가 설치된 경우에



〈그림-11〉 도수량



〈그림-12〉 도수량 (조위변동의 영향)



〈그림-13〉 모델어항

는 외해수가 항내로 도수되므로 항안에서 항구방향으로의 흐름이 발생하고 항외로 밀려나가는 모습을 잘 알 수 있다. 이와 같이 해수교환형 방파제를 설치함으로써 항내의 해수교환이 비약적으로 촉진되는 것을 안다.

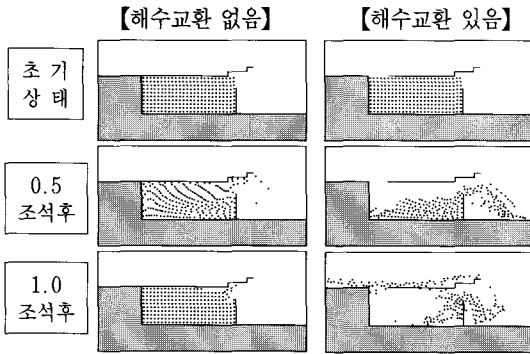
현지 적용에 대해서

해수교환형 방파제를 계획할 경우, 최초에 수질환경의 사전조사 결과와 항내에서 유지할 수질조건에서 필요한 도수량을 구한다. 다음에 해수교환형 방파제의 설치연장을 고려하여

도수량을 만족하는 구조제원을 결정한다. 예컨대 森口 등이 참돔의 양식(6m×6m×3m×12기)에 대하여 검토한 소요도수량 800³/h(0.222m³/s)이었다. 이 조건에 대하여 특히 수질악화가 염려되는 하기의 정온시를 상정하여 H=0.25m로 가정하면 3.의 1/3축척실험의 단면(도수관 사이즈1.0m×1.0m)에서는 도수량 Q=0.025m³/s/m가 되고, 범선방향으로 10m정도 설치함으로써 대응이 가능한 것을 안다.

적용예(三崎어항)

神奈川縣 미우라(三浦)半島の先端에 위치하는 특정 제3종 미사키(三崎)어항은 옛부터 「미사키(三崎)의 다랑어」로 전국적으로 알려져 있다. 한편 근년에는 마래머를 중심으로 한 활어 출하량의 증대에 수반하여 축양수역이나 하역 안벽의 부족, 유통가공시설의 노후화 등의 문제가 발생하고 있다. 그 때문에 새로이 二町谷 전면 수역 13.8ha를 매립하고 대형 운반선의 유치와 활어 출하 유통기지의 정비, 냉동내장시설 등의 정비를 하여 어항기능 향상과 수산업 진흥에 노력하고 있다(〈그림-15〉 참조). 주요시설인 남방파제는



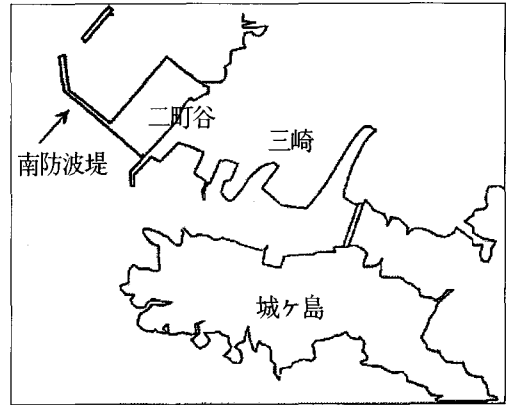
〈그림-14〉 수치 시뮬레이션 결과

수심 -10m~20m, 설계과고 11.9m로서 매우 냉엄한 조건이기 때문에 경제성, 시공성 경지에서 「이중 슬리트가 붙은 하이브리드 케이슨식 혼성제」가 채용되었다. 하이브리드 케이슨은 경량이고 저흡수이기 때문에 높은 마루로 할 수 있고, 회항에 편리하여 거치후 주수만으로 안정되고 안전한 구조이다. 전면은 이중 슬리트 구조로 함으로써 소파블록 피복제와 동등 레벨의 소파성능을 확보하고 있다. 또, 항내 수역은 축양식 이용이 계획되고 있고, 남방파제의 일부에 해수교환 기능을 가지게 하고 있다. 단면 형상은 〈그림-16〉에 보이는 바와 같고, 하기의 저파랑 시에도 해수교환이 충분히 할 수 있도록 설계되어 있다. 월파판의 높이는 조위변동의 영향을 배려하여 2종류로 하고 도수관은 4m마다 $\phi 1200$ mm 사이즈의 것이 배치되어 있다.

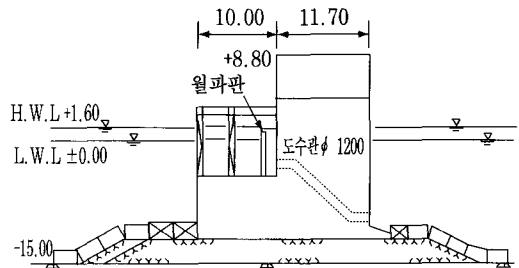
케이슨의 완성 상황을 〈사진-2〉에 제시한다.

끝맺음

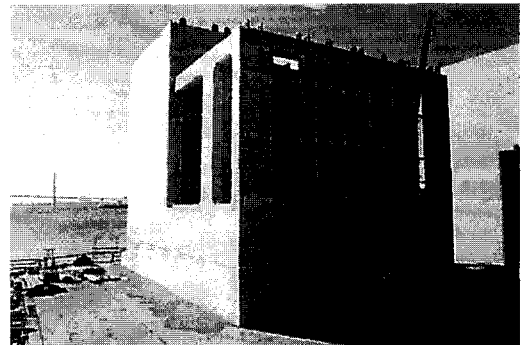
본 케이슨의 남방파제의 적용에 있어서 여러 가지로 지도해 주신 神奈川県 동부 어항사무소의 여러분 또, 처음의 시공을 담당해 주신 관계 각사의 여러분께 충심으로 감사드린다. 금후는 본 케이슨을 이용하여 증식형(어소)어항만들기 등에 대응코져 생각하고 있으므로 계속하여 더한층의 지도, 편달을 부탁한다. ㉠



〈그림-15〉 三崎漁港 二町谷지구 정비사업



〈그림-16〉 남방파제 단면도(해수교환 부분)



〈사진-2〉 하이브리드 케이슨 완성상황

필자 : 鹽崎禎郎/NKK기반기술연구소 주임연구원