

漁港整備 및 建設의 基本方向

새로운 漁港靜穩化 對策의
수립과 施設物의 安定性

柳 青 魯 <부산수대 해양공학과교수·공학박사>

1. 序 論

어항은 어선의 정박, 계류, 출어준비, 휴식, 어획물의 하역 처리가 이루어지는 어업근거지이며, 양육된 수산물의 보존, 가공, 처리 등이 행해지는 유통 거점일 뿐만 아니라 지역 주민이 필요로 하는 물자의 집산장소 및 주민의 문화·복지생활 근거지로서 촌락공동체의 중핵적 역할을 담당하는 수산업의 중요한 생산기반이다.

이러한 종합적인 어항기능의 극대화를 위한 어항의 정비와 건설은 장단기 수산업의 발전 계획은 물론, 지역사회 문화·교통 및 종합적인 산업·국토 개발계획과 연관시켜 체계적으로 계획·설계·시공되어야 한다.

이상의 어항기능을 만족하기 위한 복합적인 계획·설계요소 중 이상적인 어항시설의 정비 및 건설이 공학적으로 중요한 기술과제가 되기 시작한 것은 어선의 동력화·대형화에 따라 선양장에 끌어 올려서 피항하는 것을 어항내의 박지(泊地) 또는 안벽에 계류하여 피항하게 되면서 어항의 정온도(靜穩度)를 유지시켜야 한다는 필요성이 커지면서라 할 수 있다.

이러한 정온도 유지의 필요성에 따라 본 연구에서는 어항 기술자가 염두에 두어야 하고, 그 기술을 개발해야만 할 새로운 개념의 어항정온화문제와 이를 위한 시설물의 안정성문제의 해석과 설계의 기본방향을 총론적으로 제시하고자 한다.

어항의 정온도 문제에서는 항내파고·장주기성 수면변동·계류선박의 동요저감화·수질의 개선, 항로 및 박지의 매물, 주변해역에의 영향을, 시설물의 안정성 문제에서는 주로 방파제의 파력과 기초지반에 대한 문제의 기본적인 고려방안을 제시하고자 한다.

어항의 정온도 및 안정성에 관한 각론적인 세부현상의 해석방법과 설계에의 응용방법 등에 대해서는 다음 기회에 계속해서 소개하기로 한다.

2. 어항정온도의 새로운 개념

어항기능의 극대화를 위한 첫번째 조건은 정온한 어항박지의 확보이다.

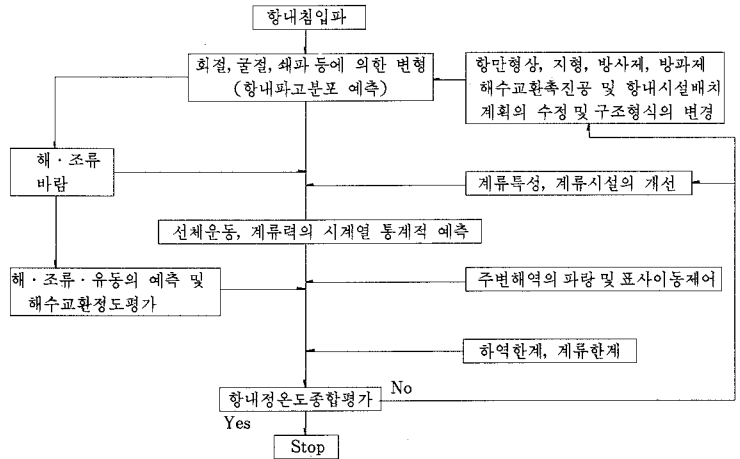
태풍시에 규모가 작은 어선은 어항 등의 정온한 곳이 아니면 피난할 수가 없다.

이 피난처가 되는 어항은 어떠한 황천시에도 생명과 재산을 보호할 수 있어야만 한다. 또한 어획물의 하역, 자재의 선적시 어선의 요동이 심하면 작업의 안전성과 능률이 크게 저하된다.

이러한 관점에서 정온도란 박지 및 어항시설 이용상의 편리성, 효율성, 안전성 등 어항기능을 총합적으로 평가·표현하는 지표로서 수치·수식적인 정의는 미흡한 실정이다. 이 정온도에 관한 지표로서 종래에는 항내파고를 사용하여 왔는데, 이는 주로 상항·공업항의 건설시 화물선의 하역한계치와 관련지워 입항선박의 톤수에 따른 허용항내파고를 정온화의 목표로 하여 온 데 기인하며, 어항의 경우에도 이를 준용하여 '풍파의 파고를 얼마나 저감시킬 것인가?' 하는 문제로 정온화대책을 다루어 왔다. 1)~3)

그런데 어항은 어촌 또는 어장에 근접해야 하는 입지적 특징 때문에 그 수자가 많이 필요해지고, 필연적으로 1항당의 투자규모도 작아지기 마련이다. 이러한 이유로 어항은 수심이 얇은 쇄파대(碎波帶)내에 위치하게 되는 경우가 대부분으로 쇄파대내의 복잡한 수리현상을 동반하게 되어 표사(漂砂)이동에 의한 항로 및 항내의 매물현상과 장주기성(長週期性) 해면변동에 기인한 재해와 어항가동물의 저하를 유발시키는 경우가 빈번하게 발생한다. 4)~6)

이러한 어항내외의 수리적



<그림 1> 새로운 어항정온화 대책의 flow

특성에 부가하여 어항은 특히 청정해야 할 필요성을 종합적으로 고려하여 평가할 수 있는 정온도 개념의 도입과 건설에의 응용이 중요한 문제로 대두되고 있다^{7)~10)}.

이러한 관점에서 어항의 정온도는 항내파고분포로서 논의하던 종래의 정의에서 항내파고분포와 선박의 동요특성 및 항내외의 수질·파랑환경의 제어까지를 포함한 이상적인 어항정온화대책을 수립해야 할 필요가 있다.

그림1은 이러한 새로운 개념의 어항정온화대책의 개략적인 flow를 나타낸 것이다.

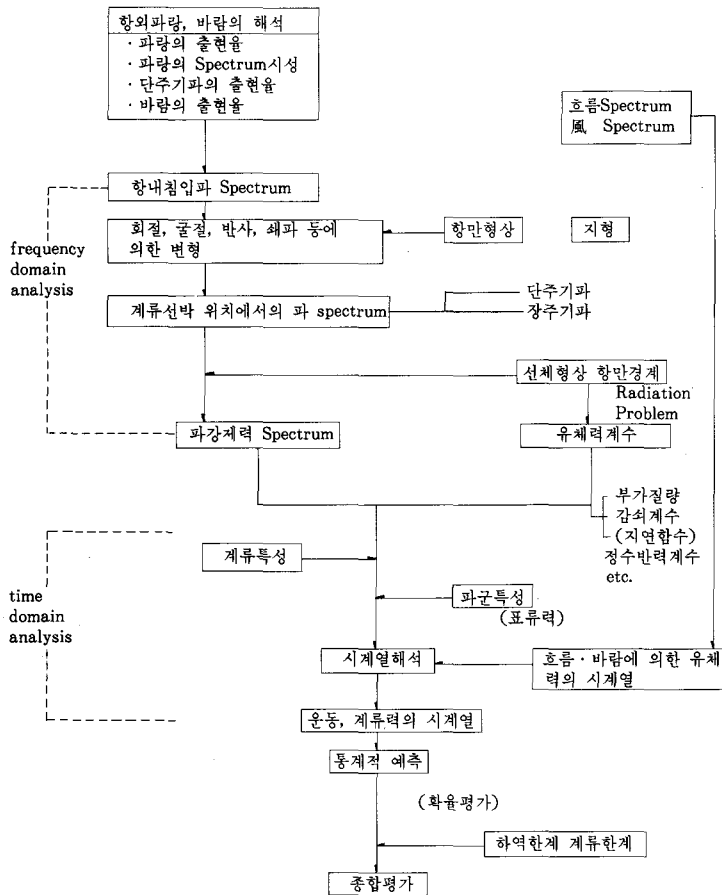
이 그림에서 외력인자(外力因子)로서의 설계파(항내침입파)의 선정과 어항기능의 평가를 위한 하역한계 또는 태풍시의 항내계류한계는 통계적으로 그 신뢰도를 높여야 하며, 어항내외의 수질·파랑·유동·표사이동환경을 유기적으로 연관

지워 만족할만한 항내정온도를 유지할 때까지 Feed-back system으로 어항기본시설의 평면배치 및 구조형식(방파제·항내시설·방사제·해수교환촉진공 등)을 수정하고 어선 등의 평상시 및 태풍시의 계류특성을 고려한 계류시설의 개선 등을 검토하고, 항내의 해수교환을 극대화하여 청정한 어항을 설계·건설·정비할 수 있는 총합적인 어항 정온화대책을 수립함으로써 항내정온도의 최적화를 기해야 할 것이다.

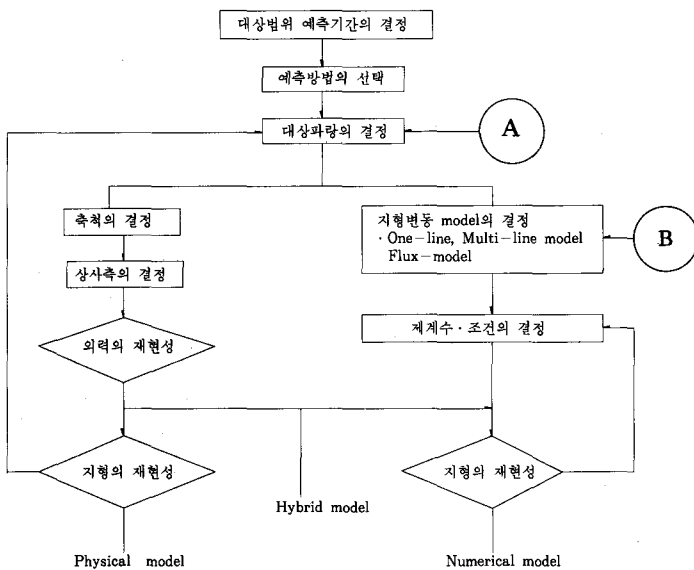
3. 어항의 정온화 대책

3. 1 어항정온도에 대한 예측방법

그림 1과 같은 흐름으로 어항의 정온도를 평가하고자 할 때 기본적으로 다음의 항목에 대한 해석방법의 개발이 정온



< 그림 2 > 항내 계류선의 운동·계류력 예측·평가 model

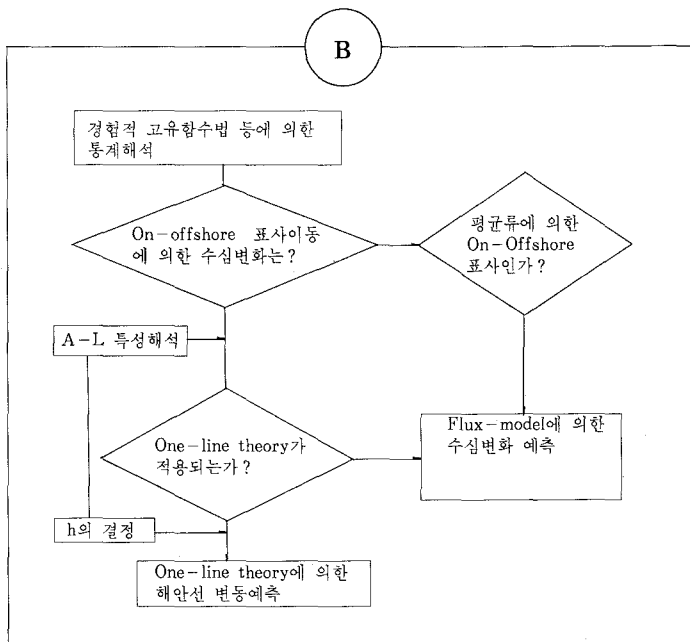
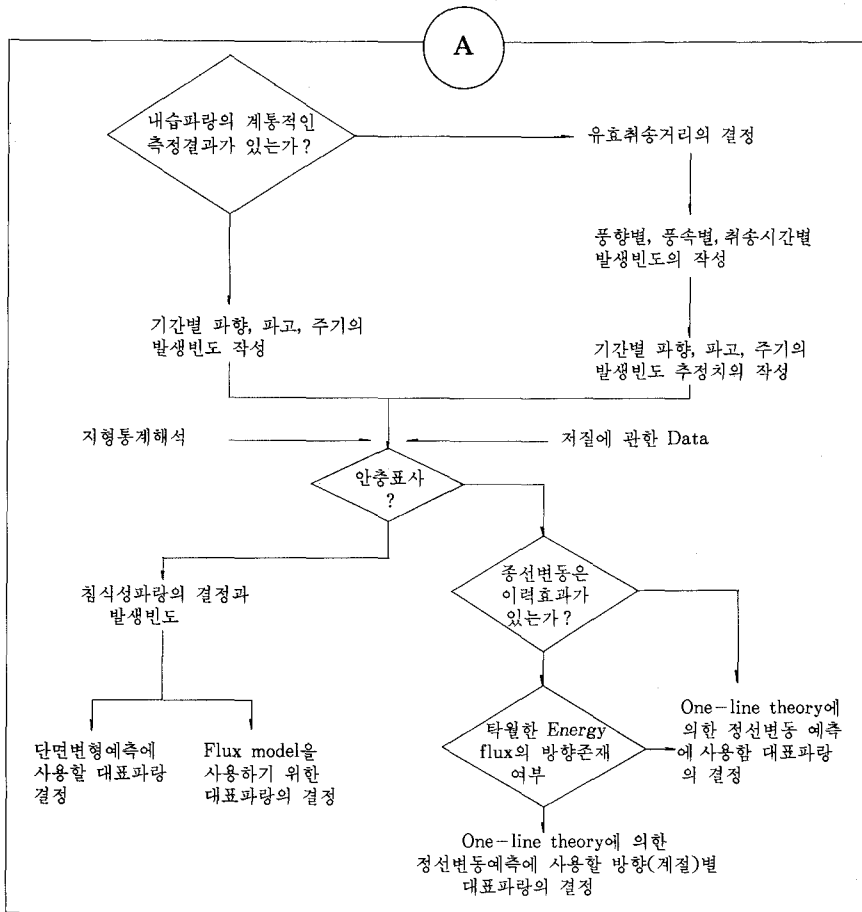


< 그림 3 > 표사이동의 예측 model

도예측의 기본과제이다.

- 1) 항내외의 파랑 및 장주기 수면변동의 해석^{11)~20)}
- 2) 항내계류선박의 평상시 및 태풍시의 동요해석 및 계류력 예측·평가^{21)~23)}
- 3) 주변해역의 표사이동 및 제어효과의 해석^{24)~27)}
- 4) 주변해역의 유동특성과 해수교류교환의 해석^{28)~30)}

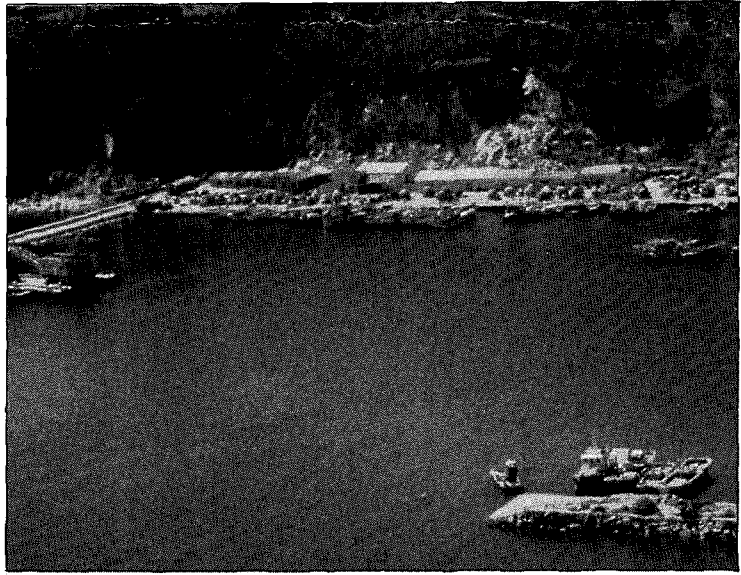
Model 어항정온도 예측을 위한 주요한 4가지 해석항목은 상호밀접한 관련성을 지니고 있으며 기본적으로 해상풍역·파랑의 특성에 대한 정확한 예측과 이 풍역내에서 발생한 파랑이 쇠파대(碎波帶)내에 까지



침입해 오는 과정에서의 자연조건상에서의 파랑변형과정 (회절, 굴절, 천수변형)과, 어항시설 등에 의한 변형과정 (회절, 월파, 투과 및 반사, 공진)을 고려하여 쇄파후의 파랑과 바람에 의한 장주기성수면변동과 연안부근의 파동류 및 해·조류특성의 변화에 대한 정도높은 해석을 통한 정확한 외력요소화가 과제이다. 외력요소화된 파랑 및 장주기성 수면변동 (swell, 항·만내진동, storm surge, surf-beat 등)과 파랑에 기인한 연안부근의 흐름과 해·조류를 고려함으로써 어항의 해수교환특성의 해석 및 해수교환촉진공법의 적용, 항내 계류선박의 해석 및 제어대책, 표사이드 및 제어효과 등의 해석이 과학적으로 이루어 질 수 있을 것이다.

이러한 요소에 대한 해석 및 예측법으로서는 i) 각 요소의 현상을 표현하는 이론의 조합에 의한 방법 ii) 실험적인 방법 (physical model) 즉 조파수조내에서의 수리모형실험과 계산기를 이용한 수학적 model에 의한 수치실험 (numerical model) 및 물리·수리모델에 의한 방법 (hybrid model)으로 대별할 수 있다.

상술한 해석항목 중 1)항과 2)항에 대해서는 <그림 2>와 같은 흐름으로 관련지위 해석할 수 있는 모델을 생각할 수 있다. 한편 1)항과 3)항을 연결하여 Figo 3과 같은 예측 model을 구성하여 해석할 수 있다. 또한 4)항은 조류나 파동류의 수치 Simulation법에 어항주변의 유동과 항내의 유동 및 수



위변동 등을 고려하며, 파동이 나 조석 energy, 항내의 대규모 와동(渦動) 및 소용돌이 등을 이용한 해수교환촉진공법을 이용하는 경우에는, 그에 의한 교환율과 항구를 통한 교류·교환율을 고려하여 총교류·교환율을 계산하는 model로서 해석할 수 있으나, 아직은 불확정적인 요소가 많기 때문에 수리모형실험에 의존하거나 hybrid model을 구성하는 것이 바람직하다.

3. 2 어항 정온화 대책

(1) 방파제 건설에 의한 방법 ^{31)~51)}

항내의 선박동요 및 계류력 특성을 고려한 항내정온도 개선대책 중 방파제건설에 의한 것은 <그림 4>에 나타난 바와 같이 구조물의 기능선정, 시스템으로서의 효과, 안정문제, 유지관리문제 등으로 나누어 면밀한 세부사항의 검토가 유기적으로 이루어져야 한다.

구조물의 기능 선정에 있어서는 지배요인인 자연조건, 지반조건, 수질조건, 경제조건에 맞도록 구조형식을 선정해야 한다.

방파제의 구조형식은 기본적으로 소파형과 반사형 또는 부유식(浮遊式)과 착저식(着底式)으로 크게 나누어 생각할 수 있으나 복합적인 다양한 형식을 생각할 수 있다. 이들 방파제의 배치 및 건설에 따른 시스템으로서의 소파효과 및 주변해역의 영향을 평가분석하여 항내수질개선을 포함한 정온은 물론 주변해역의 수질환경 및 반사파재해의 가능성을 충분히 검토하여야 한다.

이렇게 결정된 기본계획에 따라 방파제의 안정성·유지관리대책과 관련지위 검토해야 하며, 안정성의 검토에 있어서는 직접적인 외력으로서의 파력의 작용기구와 구조물의 파괴기구 및 세굴침하(洗掘沈下) 및 지반의 액상화(液狀化) 등에 의한 파괴기구를 종합적으

로 검토할 수 있어야 한다. (필수적인 검토항목은 <그림 4>와 같다).

이 방법은 종래에 가장 널리 사용되어온 공법이며 현재·미래에 있어서도 가장 기본적인 대책임에는 변함이 없다.

이들 여러종류의 방파제 개개의 소파기능, 안정성 및 어항 전체를 시스템으로 생각한 파랑제어기능, 표사제어기능 등에 대한 연구는 활발히 이루어지고 있으며 이미 항만구조물 설계 Manual 등에 나타난 방법보다 고도의 기술개발이 이루어져 있다.

이러한 신기술의 개발과 새

로운 어항공법의 개념 <그림 1>을 충분히 고려한 항내정온도 개선법이 확장 응용되어야 할 것이다.

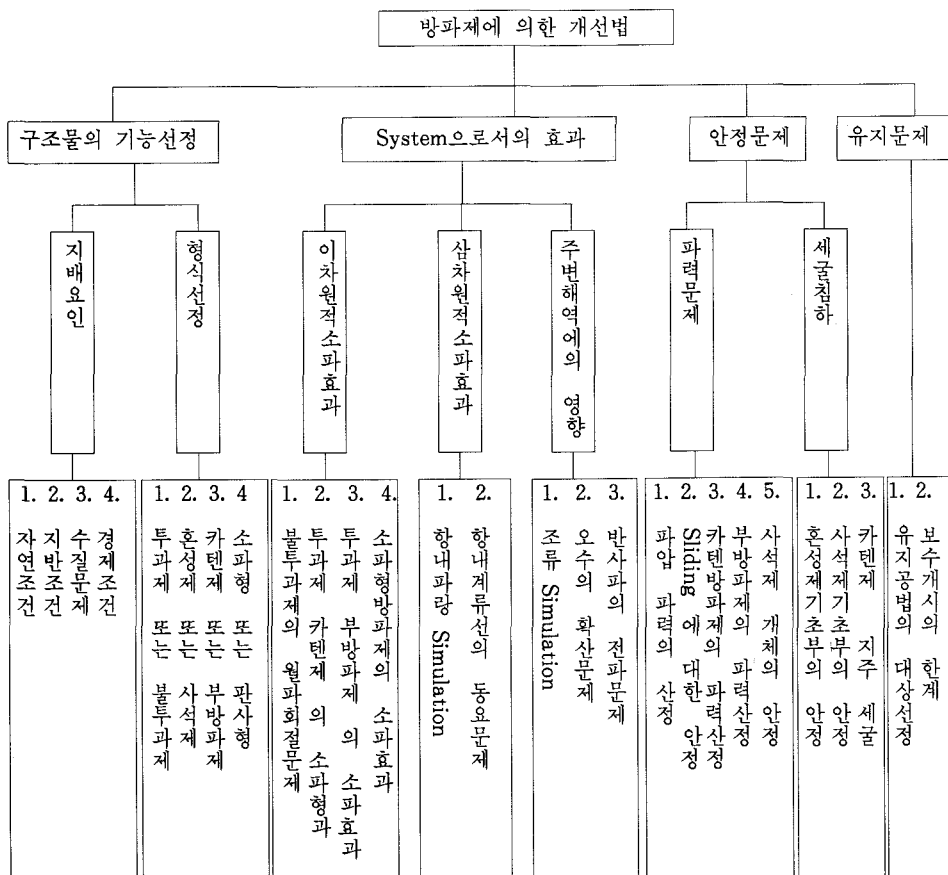
(2) 항내시설의 개선법^(2),3),5)

항내정온도를 만족스럽게 개선하기 위한 방법으로 방파제 건설과 병행한 항내시설물의 개선에 의한 방법도 중요한 위치를 차지하는 공법이다 <그림 1>. 방파제의 건설이 항내침입파를 저감화(低減化)하는 공법으로 항내를 정온하게 하는데 반해 이 공법은 항내에 침입한 파랑에너지의 여하히 소멸시킴

으로써 정온도를 높일 것인가 하는 개념의 공법이다 <그림 5>

이를 위하여 항내의 고정경계면을 어떻게 처리할 것인가 하는 것으로서 종래에는 연직벽의 안벽을 건설하는 경향이 많았으나 항내수역의 종합이용과 함께 연직벽에 의한 파랑에너지의 반사는 항내수역의 정온도를 더욱 악화시키게 되므로 에너지 흡수형 또는 소파형 구조물 및 에너지를 소산시킬 수 있는 해빈(海濱)의 조성 등 다양한 안벽구조의 개선책이 어항·항만 재개발문제와 함께 대두되고 있다.

이러한 안벽구조의 개선은



< 그림 4 > 방파제에 의한 개선법

어항의 평면형상 항내파고의 분포, 소파호안의 설치위치, 항로형상, 항내계류시설, 항내박지 등 평면형상의 개선과 소파호안과 소파사빈에 의한 파고 감쇠효과 및 잔교와 통상안벽의 조합배치 등 소파호안의 배치효과와 항구 Resonator의 효과 및 파제제의 효과등에 의한 항구개선을 통한 System으로서의 효과를 충분히 검토해야 할 것이다.

안정문제에 있어서는 소파안벽 계류선(消波岸壁繫留船)의 동요해석, 항내피박선의 동요, 피박선(避泊船)의 계류방법등 시설개선에 따른 선박의 안정과 저반사호안의 구조설계법, 소파

안벽각부의 세굴과 안정, 잔교 말뚝주위의 세굴, 잔교에 미치는 양압력(揚壓力)등 시설물 설계에 대한 안정성이 동시에 고려되어야 한다.

한편 이러한 항내시설물의 유지관리에있어서는 어항전체를 주변해역의 표사이동과 관련지은 항로매물의 예측과 대책이 이루어져야 한다.

특히 어항의 경우는 쇄파대 또는 표사이동영역에 구조물을 배치하는 경우가 많으므로 이에 대한 검토는 대단히 중요하다.

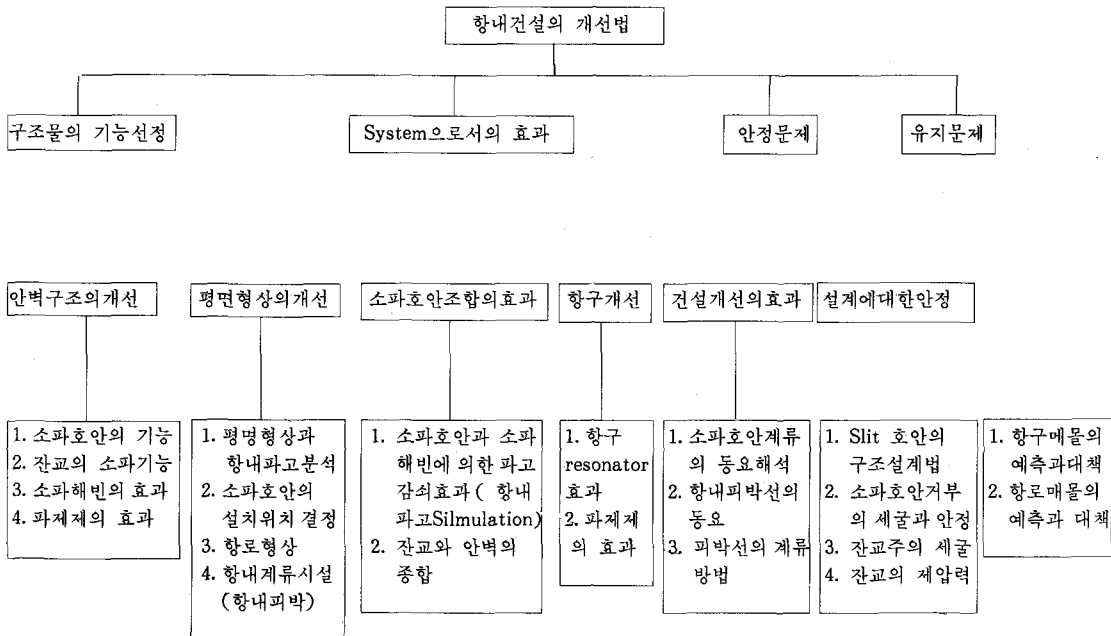
이는 기껏 건설한 어항이 완전히 매몰되어 육지화된 예도 없게 볼 수 있기 때문이다.

(3) 계류시설의 개선법^{22), 23)}

계류시설의 개선에 의한 어항의 정온도 개선책은 앞의 두 가지 기본적인 방법에 비해 새로운 개념이라 할 수 있다.

여기서는 앞의 두 가지 개념은 모두가 계류선박동요의 원인이 되는 수면변동을 제어하는 방법인데 반해, 이 방법은 동요하는 선박의 운동을 제어하는 방법으로 선체의 동요진폭을 줄여서 정온화의 목적을 달성시키자는 것이다.

이 선체운동을 제어하는 방법으로서 선체동요에 의한 energy를 흡수할 수 있는 기구로서 Dash-pot system을 이용할 경



< 그림 5 > 항내시설의 개선법

우, 이 Dash-pot를 계류색(繫留索)으로, 또는 fender로 제작, 사용할 수 있으며, 이들 system을 복합적으로 연결하는 계류의 자동화를 기할 수도 있을 것이다. 이 계류시설의 설계, 유지문제 등은 <그림 6>과 같은 흐름의 각 항목에 대해 충분히 연구 검토하여 <그림 1>의 종합적인 정온도 평가와 관련지워 개선책을 수립해가면 된다.

(4) 어항내의 수질개선 (보전)^{7),8),30)}

어항에서는 청정한 해수가 필요하게 되며, 그 기술에 관한 연구 및 공법개발이 어항의 중

요한 기술과제로 대두되고 있다.

어항의 수역은 활어 등을 일시 축양하거나 시장에서 수산물을 해동하거나 씻는데 해수를 취수하여 이용한다.

이를 위하여 해수는 청정할 뿐만 아니라 신선하여야 할 필요가 있으므로 해수교류·교환을 촉진시키는 공법을 개발·적용해야 할 필요가 있다.

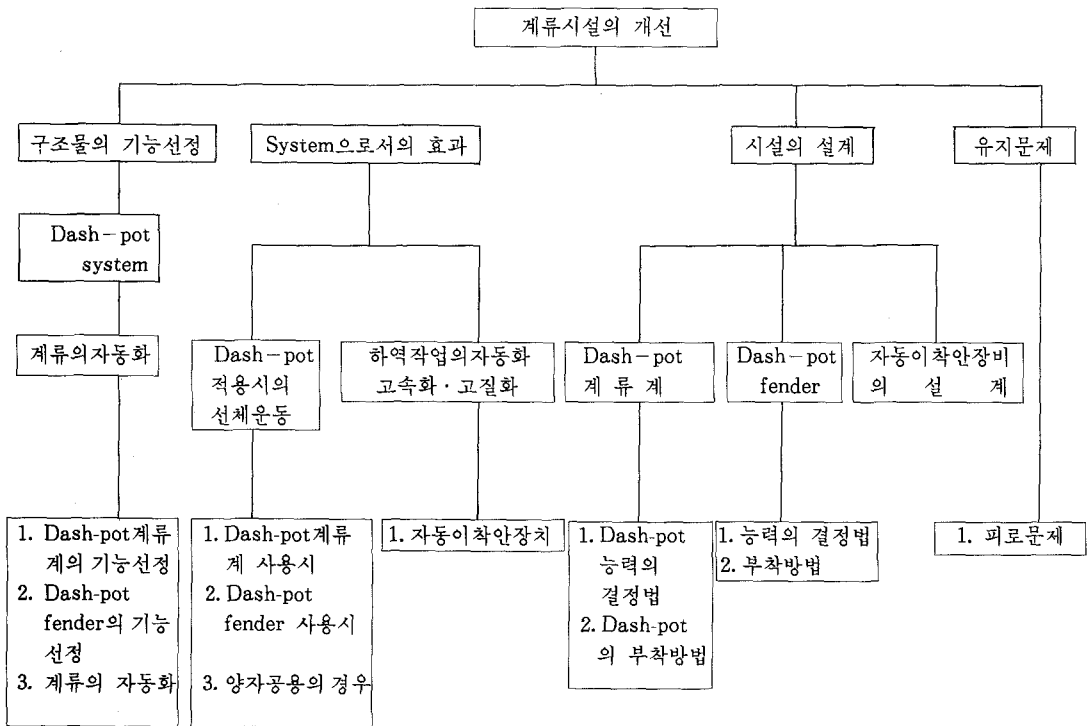
그런데 항내정온도의 향상과 해수교류·교환과는 상반되는 현상이므로 난해한 문제를 가지고 있다.

그 대책의 하나로서 그림 7에 나타낸 것과 같이 방파제 구조의 개선에 의한 방법이 검토되

방파제에 투수성을 갖게 하는 방법	
· 소파 block 제	· 카텐제
· 유공방파제	· 부방파제
· 잠제	· 기타 방파제

이용하는 Energy	
· 파랑 Energy	
· 조석 Energy	
· 장주기파	
· 내부파	
· 항내의 소용돌이 및 대규모 와동특성	

<그림 7> 어항내 해수교류·교환촉진 공법
어 왔으며 이들 방파제의 기능별 장·단점을 충분히 고려하여 기능의 조합에 의한 어항방



<그림 6> 계류시설의 개선법

재 또는 기능 system을 구성하여 생각할 필요가 있다.

이러한 구조 system 하에서 강제 해수교환에 이용하는 energy로서는 파랑 및 조석에너지, 항내수면의 변동특성에 기인하는 해수의 항내 소용돌이 및 대규모 와동(渦動)의 성질 등을 이용할 수 있으나, 우리나라 동해 등과 같이 조석이 작고 내부파가 발달된 해역에서는 장주기 파나 내부파의 성질을 응용한 시설의 배치 등을 검토해 볼 수 있다.

(5) 항로 및 박지의 매몰방지 지 (6, 22, 24, 25)

어항은 표사이동이 심한 쇄파대내에 건설되기 때문에 사빈(砂濱)해안에 건설된 어항은 정도의 차는 있겠지만 거의 모

든 어항에서 표사문제에 당면하고 있다.

이 표사문제는 현재까지도 그 대책이 어려운 현상 중의 하나이지만 방파제의 배치계획 시 그 해역의 표사이동특성으로부터 방사 즉 표사제어기능까지 갖도록 고려하거나 항내·항구·항로의 매몰을 방지할 수 있는 표사제어공법의 채택을 별도로 계획하여야 할 것이다.

각종 공법의 표사이동제어에 대한 검토는 <그림 8>과 같은 흐름으로 해석·예측함으로써 매몰방지공법의 타당성을 확인할 수 있다.

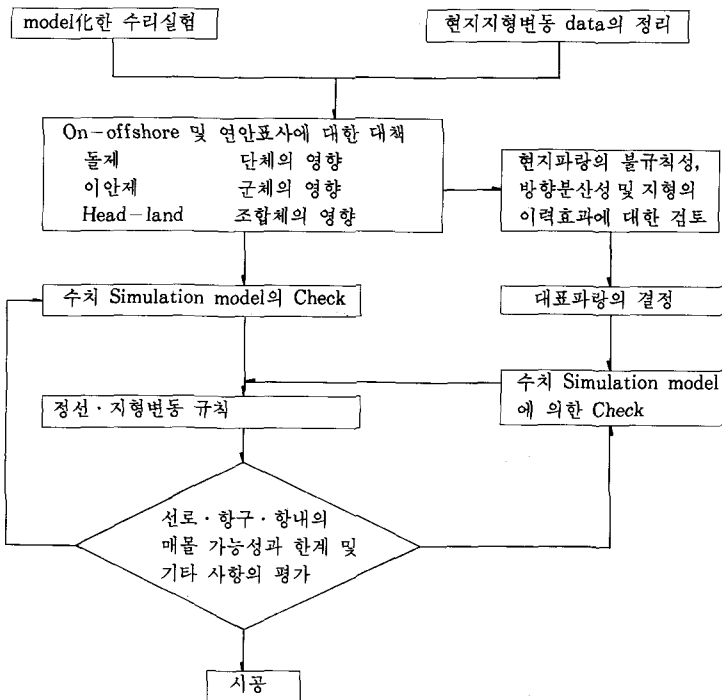
4. 어항시설의 안정성

방파제의 구조형식(그림 4 참조)에 따라 파력의 작용기구가 상이하기 때문에 구조형식에 따라 안정성의 평가방법이 달라질 것이나, 전술한 바와 같이 어항은 쇄파대내에 건설하는 경우가 많아서 어떤 형식의 방파제에 대해서도 충격적인 파압(波壓)이 발생하기 쉽다.

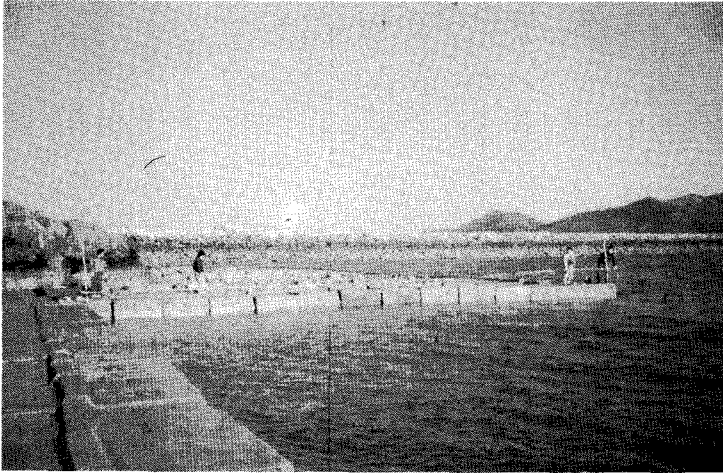
그렇기 때문에 이 파력의 추정과 충격적인 파력을 저감화시키기 위한 대책의 연구가 많이 이루어져 왔다.

이들은 주로 파고의 수심에 따른 변화, 쇄파수심의 추정, 쇄파후의 파고추정 등 외력인자의 변형에 관한 연구, 쇄파시의 파압을 보다 정확하게 예측하기 위한 파압공식의 유도, 방파제의 활동량(滑動量) 산정방법, 방파제의 배치, 굴곡부 파괴의 원인구명, mound부의 구조상의 문제점과 최적설계, 강대한 충격압을 저감화하여 제체(堤體) 본체에 작용하는 파력을 작게 하는 방법 등에 관한 연구성과를 기초로 안정성 평가 및 안정성 제고기술의 개발이 이루어지고 있다.

연직제(鉛直堤)의 경우는 과거의 쇄파파압산정식(碎波波壓算定式)인 Hiroi 공식 등과 중부파압산식에 속하는 Sainflou의 식을 dual system으로 적용하여 설계해오던 것을 Ito et al. → Goda et al. → Tanimoto et al. 로 연결되는 일본 항만기술연구소 연구 group의 연구성과에 의해 불규칙파에 대한 최대파설계 개념의 확립, dual system의 개선, 파향의 고려가 이루어진 설계식을 제안함으로써 해결할 수 있었다.



< 그림 8 > 항로·항구·박지의 매몰방지 대책



그러나 이 식 중의 불확정적 요소로서 확인과 보वाई 요구되는 사항으로서는 최대파의 산정개념의 타당성 여부와, runup고의 산정정도, 쇄파충격력의 평가에 대한 신뢰성의 문제가 여전히 미해결의 과제라 할 수 있으며, 변형된 연직제 즉 소파형연직제 (消波型鉛直堤: 有孔式消波防波堤, 曲面 Slit 防波堤)라든가 mound부의 소파효과까지를 고려한 혼성제 및 소파 Block으로 피복된 연직제 등의 경우에 대한 충격과 압과 양압력을 고려할 경우에는 단순한 조건하에서 유도 또는 개발된 설계식만에 의존한 설계는 불확실한 요소가 많기 때문에 수리모형실험 등의 과정을 거쳐 확인하는 방법이 권장되고 있다.^{51)~53)}

또한 저자등의 연구자들은 사석(捨石)방파제, 소파 block 제 등의 해안경사구조물의 설계에 이용되어 오던 Hudson 공식의 문제점을 지적하고, 특히 안정계수 K_p 에 포함시켜 평가해왔던 파랑의 주기의 효과, 사면상의 공진(共振)효과, 불규칙파의 grouping효과, 파괴의 진

행에 따른 단면의 안정화 즉 평형단면형성의 파괴 mechanism을 설계식에 고려하는 체계적인 연구성과를 발표한 바 있으며, 불규칙파의 제반 특성과 허용파괴율까지 고려한 새로운 설계식의 제안과 더불어 복합 단면설계 등의 방법을 제안한 바 있다.^{54)~64)}

혼성제 기초 mound부의 안정성에 대하여는 Brebner and Donnelly의 중량산정식⁶⁵⁾ 또는 최근에 제안된 Tanimoto et al.의 식^{32)or 42)}이 사용될 수 있지만, 이들 설계식 역시 mound부의 폭이 비교적 좁은 영역에만 적용가능하다는 것이 저자의 연구성과로 확인되었으며 mound부를 단순한 기초공이 아닌 소파 등의 효과를 기대하고자 할 경우에는 저자의 설계도를 참고하는 것이 바람직하다.⁶⁴⁾

이들 전통적인 방파제 형식 이외에도 투과성 방파제로서 카텐제와 부(浮)방파제를 들 수 있다. 이런 형태의 방파제는 건설현장의 가설방파제 및 수산증·양식시설의 방재용방파제 등으로 널리 이용되기 시작하였으며 수질교환 등의 효과

를 증대시킬 수 있다는 장점등을 평가하여, 이들의 복합적인 기능을 항만방재등에도 이용가능하다 할 수 있다.

이들 방파제의 소파기능 및 안정성에 관한 연구도 활발하게 진행되어 왔다. 이들 방파제의 문제는 주로 반사파와 투과파에 대한 설계조건의 결정에 부응한 이들의 제어문제 및 카텐제와 부체(浮體)에 작용하는 파력의 계산과 계류문제의 해석에 역점을 두어야 할 것이다.

또한 어항시설물의 안정성 평가에 있어서 특히 착저형 중량구조물을 설치함에 따른 지반의 활동(滑動)파괴, 전단(剪斷)파괴, 세굴(洗掘)현상 등에 대한 평가와 대책이 중요하다.

특히 파랑과 구조물의 해저지반의 상호작용의 해석이라는 관점에서 파랑의 반복작용을 받는 해저지반의 거동(舉動)에 관한 해석과 예측이 수반되어야 할 것이다.

이러한 현상의 해석방법에 대해서는 크게 진전된 결과가 보이지 않고 있으며 최근에는 구조물의 최적설계차원에서 그 중요성이 크게 인식되기 시작하여 위험한 조건을 만들지 않거나 연약지반을 개량함으로써 피해가는 방법으로 기초지반문제를 해석하여 안정성을 평가하고 있는 실정이다.

최근에는 구조물의 최적설계 차원에서 그 중요성이 크게 인식되기 시작하여 파랑작용하의 지반거동의 정식화를 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 실용적인 수치해석법 등의 개발결과 등이 보고되고 있으므로 참고할 수 있다.^{65)~72)}

5. 結論

이상 대단히 포괄적이긴 하지만 새로운 개념의 정온화 대책을 근간으로 한 어항의 정비 및 건설의 기본방향에 대해 검토해 보았다.

검토내용중에는 이미 기술적으로 설계 및 시공에 응용할 수 있도록 개발된 내용도 있는가 하면 장차 해결해야 할 기술적과제임에도 불구하고 그 중요성과 필요성을 강조한 부분도 있었다.

어쨌든 이제부터의 어항정비 및 건설 등 개발에 있어서는 어업의 변화, 어선이용특성의 변화에 대응할 수 있는 보다

안전하고 효율적이고, 경제적인 시설의 연구 즉 자연조건과 경관까지를 포함한 시설물의 최적배치 및 설계를 통한 항만의 정온화를 염두에 두어야 할 것이다. 특히 태풍, 폭풍시의 안전대책, 금후 어장개발이 기대되는 사빈해안에서의 어항건설, 연약지반상에서의 경제적인 방파제 건설, 지역의 어업·어촌을 유기적으로 관련지우는 어항계획등에 관한 연구성과 및 기술개발이 더욱 필요하고 기대되는 바 크다.

본 연구에서 총론적으로 소개된 내용을 다음 기회에는

- 1) 외력요소의 해석방법
- 2) 어항정온도에 관한 예측

방법 ;

- ① 어항내의 파고분포 및 수면 변동 예측
 - ② 어항내 계류선박의 운동
 - ③ 항구·항로주변의 표사이동 및 매몰방지
 - ④ 어항시설의 월파 및 반사파 제어
- 3) 어항시설의 안정성 ;
- ① 파력에 대한 방파제의 안정 문제
 - ② 기초지반에 대한 안정문제로 나누어 해석 및 설계에 직접 응용가능한 최근의 연구결과를 토대로 한 상세한 해석방법을 이론적인 것, 실험적인 것(수치 및 수리)을 포괄하여 소개할 수 있길 기대한다.

참 고 문 헌

- 1) 류정로, 류연선 : 연안시설물의 안정성 및 기능해석에 관한 연구, 부산수산대학 연구보고, 27 (1), 51-88 ; 1987.
- 2) 植木 亨·岩田好一朗 : 多孔壁式鉛直消波岸壁の水理特性に關する二, 三の考察, 土木學會論文報告集, No. 220, 1973
- 3) 谷本勝利·大里睦男 : 消波ブロック被覆堤の不規則傳達波について, 第26回海岸工學論文集, 1979
- 4) 合田良實·竹田英章 : 越波による防波堤背後への波高傳達率, 第13回海岸工學論文集, 1966
- 5) 橋本·宏宇多高明·竹淵 勉 : 經驗的海濱變形 モデルによる構造物周邊の地形變化豫測, 第28回 海岸工學論文集, 1981
- 6) 中村 充·大西亮一 : 離岸堤による海岸變形について - 2次元の場合 - , 農土試技報B32號, 1973.
- 7) 山本正昭·西 裕司 : 水見漁港の海水流動調査, 水工研技報水産土木3號, 1982
- 8) 山本正昭·上北征男·伊藤勝一·影山智將 : 漁港内の海水流動について(濱田漁港), 水産土木 Vol. 18, No. 1
- 9) 合田良實·吉村知司·伊藤正彦 : 島堤による波の反射および回折に關する研究, 港灣技術研究所報告(以下, 港研報告と略す) 第10卷 2號, 1971
- 10) 山本正昭·長野 章·菅原輝男 : 波の數値實驗の漁港整備計劃への適用, 第22回海岸工學論文集, 1975
- 11) Bretschneider, C. L. : Revision in wave forecasting ; deep and shallow water, Proc. 6th Conf. on Coastal Eng., 1958.
- 12) Wilson, B. W. : Graphical approach to the forecasting of waves in moving fetches, Beach Erosion Board, Tech. Memo., No. 73, 1955.

- 13) Pierson, W. J., G. Neumann and R. W. James : Practical methods for observing and forecasting ocean waves, No. 603, U. S. Hydrographic Office Pub., 1955.
- 14) 井島武士, 副島 毅松尾降彦 : 数値計算による台風域内の波の分布について, 第14回海岸工学講演會 論文集, 1967.
- 15) 井島武士, 田淵幹修 : 数値計算による台風域内の波の分布について(II), 第17回海岸工学講演會論文集, 1970.
- 16) Hasselmann, K., D. B. Ross, P. Muller and W. Sell : A parametrical wave prediction model, J. Phys. Oceano., 6. 201-228, 1976.
- 17) 高山知司 : 波の回折と港内波高分布に関する研究, 京都大學博士學位論文, 1981.
- 18) Goda, Y. : Numerical experiments on wave statistics with spectral simulation, Rept. Port and Harbour Res. Inst., Vol. 9, No. 3, 1970
- 19) Nolte, K. G. and F. H. Hsu : Stability of ocean wave groups, Proc. 4th OTC, No. 1688, 1972.
- 20) 谷本勝利 ; 小舟浩治, 小松和彦 ; 数値波動解析法による 港内波高分布の計算, 港灣技術研究所報告, 第14卷, 3號, 1975.
- 21) Yamamoto, T. et al. : Dynamics of elastic moored floating breakwaters, Applied Ocean Research, 1980.
- 22) 岩垣雄一, 榎木亨 : 海岸工学, 共立出版株式會社, 1979.
- 23) 久保雅義 : 港内静穩に関する基礎的研究, 大阪大學博士學位論文, 1982.
- 24) LEE, J. S., T. Sawaragi and I. Deguchi : Numerical model of breaking wave around a river mouth, ICCE, Taiwan, 1986 (In press).
- 25) Sawaragi, T., Jong-Sup LEE and I. Deguchi : A new model for a prediction of beach deformation around a river mouth, Proc. Inter. Symp. Ocean Space Utilization '85, Vol. 2, Tokyo, 229-236, 1985
- 26) Weggel, J. R. and N. Rajendran : Optimization of a shore protection scheme for the West Coast of india, Proc. Inter. Symp. Ocean Space Utilization ; 85, Vol. 2, Tokyo, 237-248, 1985.
- 27) Gerritsen, F. and V. Dayananda : Changes in littoral Processes due to construction of nearshore structures, Proc. Inter. Symp. Ocean Space Utilization '85, Vol. 2, Tokyo, 197-204, 1985.
- 28) Murota, A. and K. Nakatsuji : Environmental assessment of waste water disposal from sewage treatment plant, a case study, Proc. Inter. Symp. Ocean Space Utilization '85, Vol. 2, Tokyo, 213-220, 1985.
- 29) 土木學會關西支部共同研究group work-shop text : 港灣に関する水理模型實驗及び數値解析の方法一 その現象と問題点一, 1985.
- 30) 秀島好昭 : 内部潮汐による灣内の海水流動, 水産土木 Vol. 18(1), 39-47.
- 31) Ryu, C. R : A new design method of rubble mound structures with stability and wave control consideration, Proc. Korean Soc. Civil Eng., pp. 155-164, 1987.
- 32) Ryu, C. R. and J. I. Kim : Wave reflection control functions of mounds for a foundation of breakwaters, Bull. Korean Fish. Soc. Vol. 20, No. 4, pp. 273-283, 1987 (in Korean)
- 33) Kobayashi, N. : Analytical solution for dune erosion by storms, Jour. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng., Vol. 113, No. 4, pp. 401-420, 1987.
- 34) Kobayashi, N., A. Otta, and I. Roy : Wave reflection and run-up on rough slopes,

- Jour. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng., Vol. 113, No. 3, pp. 282–300, 1987.
- 35) Kobayashi, N., A. Otta : Hydraulic stability analysis of armour units, Jour. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng., Vol. 113, No. 3, pp. 171–186, 1987.
 - 36) Kobayashi, N. and B. Jacobs : Riprap stability under wave action, Jour. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng., Vol. 111, No. 3, pp. 552–566, 1985.
 - 37) Sawaragi, T., C. R. Ryu and A. Onishi : The destruction mechanism of rubble mound breakwater, Proc. 29th Conf. on Coastal Engg. in Japan, JSCE, 428–432, 1982 (in Japanese).
 - 38) Sawaragi, T. and C. R. Ryu : On the design of rubble mound structures with composite slope, Proc. 30th Conf. on Coastal Engg. in Japan, JSCE, 361–365, 1983 (in Japanese).
 - 39) Sawaragi, T., C. R. Ryu and K. Iwata : Considerations of the destruction mechanism of rubble mound breakwaters due to the resonance phenomenon, Proc. 8th International Harbor Cong., 3. 197–3.208, 1983.
 - 40) 류 청 로 (1987) : 사석구조물의 안정성에 관한 수리모형 축척효과, 대한토목학회논문집, 7(3), 111–119.
 - 41) Ryu, C. R. : A study on the hydraulic optimal design of rubble mound breakwaters, Thesis of Doc. of Eng., Osaka Univ., p. 165, 1984 (in Japanese).
 - 42) Goda, Y. : Random seas and design of marine structures, Uni. of Tokyo Press, p. 323, 1985.
 - 43) Ryu, C. R. and T. Sawaragi : Wave control functions and design principles of composite slope rubble mound structures, Coastal Engg. in Japan, Vol. 29, pp. 227–240, 1986.
 - 44) Jacobs, B. K. and Kobayashi, N. : Sandbag stability and wave run-up on beach slopes, Rept. No. CE-83-36, Ocean Eng. Program, Dept. of Civil Eng., Univ. of Delaware, 1983.
 - 45) Kobayashi, N., and Reece, A. : Irregular wave overtopping on gravel islands, Jour. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng., ASCE, Vol. 109, No. 4, pp. 429–444, 1983.
 - 46) Arhens, J. P., and McCartney, B. L. : Wave period effect on the stability of riprap, Proc. of Civil Eng. in the Ocean/III, ASCE, Vol. 2, pp. 1019–1034, 1975.
 - 47) Hudson, R. Y. : Laboratory investigation of rubble mound breakwaters, ASCE, WW, pp. 93–121, 1959.
 - 48) Brebner, A. and D. Donnelly : Laboratory study of rubble foundation for vertical breakwaters, Proc. 8th ICCE, 1962.
 - 49) Sawaragi, T., C. Ryu and K. Iwata : Considerations of the breakwaters of destruction mechanism of rubble mound breakwaters, Proc. 8th IHC, 3. 1997–3. 208, 1983.
 - 50) Toyonada, M. : An experimental study on the hydraulic characteristics of seawalls, Rept. RICE, No. 766, p. 120, 1972 (in Japanese).
 - 51) Goda, Y. and Y. Suzuki : Estimation of incident and reflected waves in random wave experiments, Proc. 15th ICCE, pp826–845, 1976.
 - 52) Tanimoto, K., T. Yagyū, and Y. Goda : Irregular wave tests for composite breakwater foundations, Proc. 18th ICCE, pp.2144–2163, 1982.
 - 53) Goda, Y. : Estimation of the rate of irregular wave overtopping of seawalls, Rept. PHRI, Vol. 9, No. 4, pp.4, pp3–41, 1970
 - 54) Sawaragi, T., C. R. Ryu and M. Kusumi : Destruction mechanism and design of rubble

- mound structures by irregular waves, Coastal Engineering in Japan, Vol.28, pp.173–189, 1985.
- 55) Ryu, C. R. and T. Sawaragi : A new design method of rubble mound structures, Proc. 20th Conf. on Coastal Engg., ASCE, pp.2188–2202, 1986.
 - 56) Kobayashi, N. and J. Greenwald : Prediction of wave run-up and riprap stability, Proc. of 20th ICCE, ASCE, pp. 1958–1971, 1986.
 - 57) Sawaragi, T., C. R. Ryu and M. Kusumi : The destruction mechanism of rubble mound structures by irregular waves, Proc. 31th Conf. on Coastal Engg. in Japan, JSCE, 562–566, 1984 (in Japanese).
 - 58) Sawaragi, T., C. R. Ryu and M. Kusumi : A design method of rubble mound breakwaters for irregular waves, Proc. 31th Conf. on Coastal Engg. in Japan, JSCE, 567–570, 1984 (in Japanese).
 - 59) Sawaragi, T., C. R. Ryu and M. Kusumi : Reflection control functions of rubble mound structures with composite slopes, Proc. 32th Conf. on Coastal Engg. in Japan, JSCE, 495–499, 1985 (in Japanese).
 - 60) Ryu, C. R. and T. Sawaragi : Wave control functions and design principles of composite slope rubble mound structures, Coastal Engineering in Japan, Vol. 29, 227–240, 1986
 - 61) Ryu, C. R., T. Sawaragi, S. Kim and S. Chang : A new design formula of rubble mound breakwaters by irregular waves, Proc. 33th Conf. on Coastal Engg. in Japan, 372–376, 1986 (in Japanese).
 - 62) Ryu, C. R. and T. Sawaragi : A new design method of rubble mound structures, Proc. 20th Conf. on Coastal Engg. ASCE, 2188–2202, 1986.
 - 63) Ryu, C. R. and T. Sawaragi : Reflection control functions and stability of foundation mounds of composite type breakwaters, Proc. 34th Conf. on Coastal Engg. in Japan, 544–548, 1987.
 - 64) 梅原靖文, 善 功企, 小黑良則 : 波力を受ける防波堤基礎地盤の液状化に関する模型実験, 第14回土質工學研究發表會概要集, 土質工學會, 1317–1320, 1979.
 - 65) 善 功企 : 海洋開發における波と海底地盤の動的問題, 昭和59年度港灣技術研究所講演會講演集, 77–133, 1984a
 - 66) 善 功企 : 波の繰返しを受ける防波堤基礎地盤の安定性に関する研究 (第1報), 港研報告, 第23卷, 第2號, 181–206, 1984b.
 - 67) 梅原靖文, 善 功企, 濱田浩二 : 振動三軸試験による飽和砂の液状化特性, 港研報告, 第15卷, 第4號, 49–74, 1976.
 - 68) 名合宏之 : 砂層内水壓變動と液状化 水工學シリーズ82-A-9, 土木學會水理委員會, A-9-1~A-9-15, 1982.
 - 69) 名合宏之他 : 變動水壓による砂層の液状化と局所洗掘防止に関する研究, 文部省科學研究費・自然災害特別研究 (1) 研究成果報告書, 1984.
 - 70) Ishihara, K. and Yamazaki, A : “Wave-induced liquefaction in seabed deposits of sand” Proceedings of the intl. Sympo. on Sealed Mechanism IUTAM. pp.139~148.
 - 71) Ishihara, K. and Yamazaki. A : “Analysis of wave-induced liquefaction in seabed deposits of sand. Soils and Foundations. Vol. 24. No. 3. 85–100. 1984.