

## 신형식 연약지반 방파제 개발 Development of a New Type Breakwater on Soft Ground

박우선<sup>1</sup> · 권오순<sup>1</sup> · 염기대<sup>1</sup>  
 Woo-Sun Park<sup>1</sup>, O-Soon Kwon<sup>1</sup>, and Ki-Dai Yum<sup>1</sup>

### 1. 서 론

우리나라의 서해 및 남해의 연안은 연약지반이 잘 발달되어 있다. 그러나, 연약지반이라는 약점이 있음에도 불구하고 대부분의 대형 항만이 남해안과 서해안에 위치해 있고 또 개발되고 있다. 그림 1은 연약지반이 잘 발달되어 있는 지역과 현재 개발되고 있는 또는 개발된 대형 항만의 위치를 비교하여 나타낸 것이다. 공교롭게도 연약지반이 항만개발 선정의 중요 요건인 것 같이 서로 아주 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 지형

적인 여건과 지리적인 요인으로 인하여 어쩔 수 없이 정해진 것이기 하지만 연약지반과 무관한 것만 같지는 않다.

항만을 개발하는데 있어 가장 중요한 것은 필요한 정은 수역을 경제적으로 확보할 수 있는나 하는 것이다. 정은수역을 확보하기 위해서는 일차적으로 필요한 것은 외곽 방파제이다. 항내 수역이 넓은 경우는 항내 침입파 또는 풍파에 의한 교란에 대한 대책도 수립해야 만 한다. 지반이 연약한 경우, 특히 심도가 깊은 경우는 기존의 채택되고 있는 강제치환, 모래다짐말뚝 공법 등을 사용하여 지반을 개량한 후 그 위에 방파제를 건설

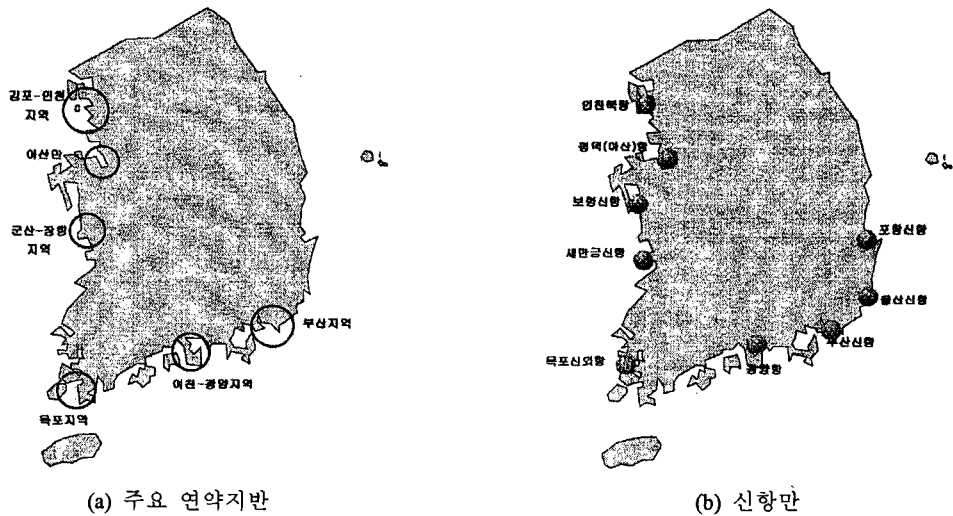


그림 1 우리나라 연약지반 및 신항만 위치도

! 한국해양연구원 연안항만공학연구본부 (Coastal and Harbor Engineering Research Laboratory, Korea Ocean Research & Development Institute, Sadong 1270, Ansanji Kyeonggido 425-744, Korea)

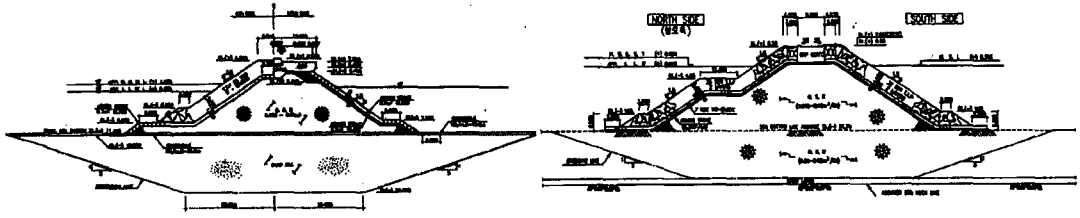


그림 2 부산신항 및 울산신항 방파제 표준 단면도

하려면 막대한 공사비가 소요된다. 현재 건설중인 부산신항만과 울산신항의 방파제의 경우는 연약지반의 일부 또는 전부를 치환하고 부동침하에 잘 적용하는 사석경사식 방파제를 건설하는 것으로 계획되어 있다(그림 2 참조).

현재까지 개발된 연약지반에 적용이 가능한 신형식 방파제로는 부유식 방파제, 유연막 방파제 등을 들 수 있다. 일반적으로 이러한 방파제는 공통적으로 설계파랑이 그다지 크지 않은 경우에 적용이 가능하며, 장주기 파랑 차단에는 취약하다는 단점을 지니고 있다. 따라서, 내만의 짧은 주기의 파고가 낮은 파랑을 제어하고자 할 경우에만 적용이 가능하다. 이외에 커튼식 방파제, 파일식 방파제 등을 들 수 있는데 이들도 2차 파랑 차단목적으로 또는 파랑이 그다지 심하지 않은 곳에 사용이 가능하다. 현재 부유식 방파제는 진해마산만 원전항 동방파제에 계획되어 있으며(해양수산부, 2000a), 파일식 방파제는 신안 전장포항 방파제로 계획되어 있다(해양수산부, 2000b). 현재 해양수산부에서는 이와 같은 특수형식 방파제의 도입을 적극적으로 고려되고 있어 상당히 고무적이라 할 수 있다.

본 연구에서는 기존의 연약지반용 방파제가 안고 있는 문제인 장주기 파랑 차단 의 어려움, 설계 파고가 높은 경우의 적용이 어려운 점 등을 해소할 수 있는 새로운 형식에 대해서 연구하였다. 소규모 모조 실험을 통하여 새로운 개념의 기초시스템의 성능을 확인하였으며, 파랑이 높은 외곽 방파제로서의 적용 가능성에 대해서 검토하였다.

## 2. 연약지반 방파제

연약지반상에 착저식 방파제를 건설할 때는 두 가지 문제점을 우선적으로 해결하여야 한다. 첫째는 과도한 장기압밀침하를 방지하여야 하는 것이고 둘째는 수평파력에 대한 지지력을 확보하

는 것이다. 첫번째 장기압밀침하를 방지하기 위해서는 압밀하중으로 작용하게 되는 방파제 자중을 최소화하여야 하는 것이 일감이다. 수평 지지력은 기존의 사석경사제 또는 혼성제의 경우는 사석간의 마찰력과 콘크리트와 사석간의 마찰력으로 확보할 수 있었으나, 연약지반 방파제의 경우는 자중이 최소화되도록 하여야 하므로 마찰력에 기대하는 것은 거의 불가능하다. 따라서, 상부구조물에 작용하는 수평파력을 지반으로 전달하는 다른 방식을 생각하여야 한다.

본 연구에서는 압밀하중을 줄이기 위하여 체체의 자중을 최소화하도록 한 후, 추가적으로 체체내에 부력통을 설치하여 유효 압밀하중을 제어할 수 있도록 하였다. 수평지지력은 방파제 저면 양단에 지중벽을 설치하여 이에 작용하는 수동토압과 지중벽을 잇는 파괴면을 따른 전단저항력으로 확보하였다(그림 3 참조). 이에 덧붙여 방파제 기초부를 지중에 매입시켜 수평파력에 대한 지지력 증가와 함께 기초부 전면 세굴이 발생하지 않도록 하였다. 본 연구에서 개발한 방파제는 일본의 구마모토(熊本)항에 설치된 연약지반 방파제와 상당히 유사하나, 세 가지 점에서 큰 차이를 보이고 있다. 즉, 구마모토항 방파제의 경우는 체체내

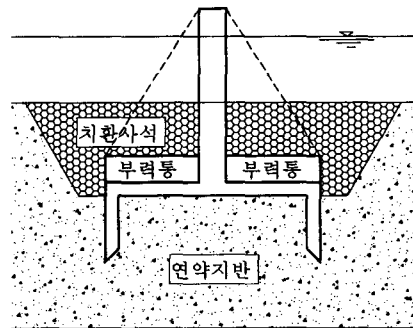
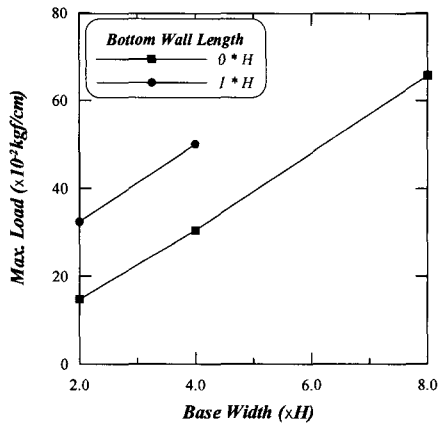
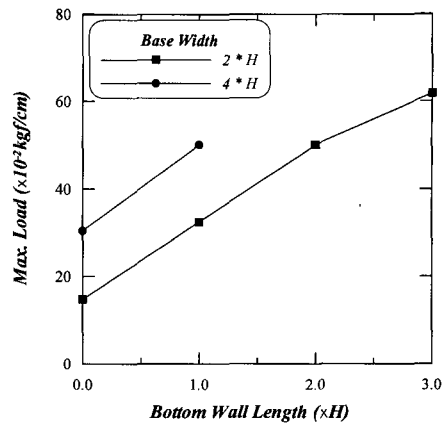


그림 3 연약지반 방파제 표준 단면도



(a) 기초폭 B의 영향



(b) 지중벽 길이 영향

그림 4 기초형식에 따른 최대 횡방향 지지력

에 부력통이 없고 수평파력을 지중벽이 아닌 암반에 고정된 파일로 지지하도록 하였다. 또한 방파제 바닥면을 초연약 해지면 위에 그대로 설치하도록 한 점이 다르다.

토조실험을 통하여 구한 본 연구에서 개발된 연약지반 방파제 기초 시스템의 성능을 그림 4에 나타내었다. 여기서 B는 기초 저면폭, D는 부벽 길이, D<sub>0</sub>는 기초매립깊이를 나타낸다. B, D 및 D<sub>0</sub>가 증가할 수록 성능이 우수해짐을 알 수 있다.

방파제 건설에 따른 흐름차단으로 인한 항내 수질악화는 벽체에 적당히 구멍을 뚫어 해소할 수 있어 기존의 케이슨제와는 다른 이점이 있다 (기존 케이슨제의 경우는 안정성의 확보를 위해

케이슨 내부를 모래 등 채우게 되기 때문에 구멍을 설치하기 어려움). 또한, 유공벽을 이중으로 설치하면 구멍을 통한 항내 파랑전달을 보다 효과적으로 제어할 수 있다(그림 5 참조). 그림 6에 한 개 및 두 개의 유공 연직벽을 갖는 경우의 개구율 및 입사파장에 대한 연직벽 사이 간격비의 변화에 따른 파랑반사 및 전달율의 변화를 나타내었다.

### 3. 외곽방파제로서의 적용 가능성 검토

앞에 보인 형식의 연약지반 방파제가 높은 파랑조건에서 견디기 위해서는 수평파력에 대한 지

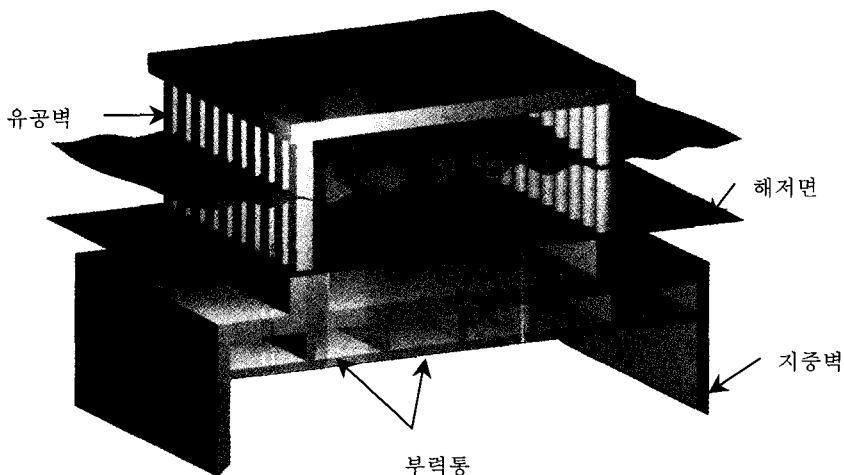
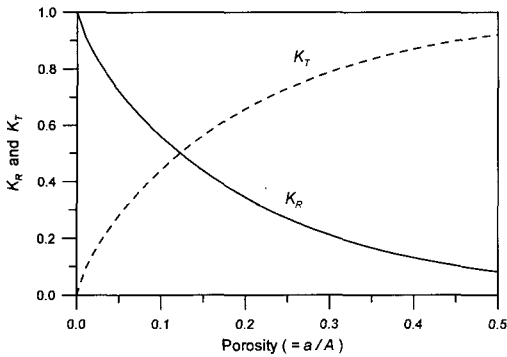
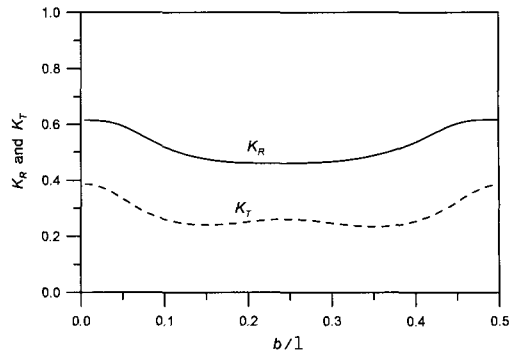


그림 5 이중 유공벽을 갖는 연약지반 방파제 현장 적용 개념도



(a) 개구율 영향 (단일 유공벽)



(b) 유공벽 간격 영향(이중 유공벽)

그림 6 주요 설계변수 변화 따른 파랑 반사 및 전달을 변화

지력의 확보가 최대 관건이다. 수심이 깊어질 수록 벽체 부분이 길어져 지지력을 확보하는데 어려움이 증가할 것으로 판단된다. 따라서, 지지력을 확보하기 위해서는 일차적으로 방파제 기초폭을 증가시키는 것이 필요하다. 경제적인 문제와 기술적인 문제로 기초폭을 무한정 길게만 할 수 없는 것이 현실이기 때문에, 추가적인 대책 마련이 필요하다.

본방파제의 파괴가 구조물이 전도하면서 발생한다는 점을 고려하여 벽체를 그림 7과 같이 반원형으로 구성하는 경우를 대안으로 생각해 보았다. 이와 같이 상부구조물을 구성할 경우 월파에 의한 항 내 전달파가 증가되기는 하겠지만 파력에 의한 전도모멘트가 상당부분 줄기 때문에 안정성이 크게 증가할 것으로 판단된다. 따라서, 이와 같은 단면형식을 취하면 고파랑이 작용하는 외파

방파제로서의 역할도 담당할 수 있을 것으로 사료된다. 현재, 이러한 가능성을 수치시험, 토조실험, 수리실험 등을 이용하여 검토하고 있다.

## 사사

본 연구는 해양수산부 “대수심 방파제 및 연약지반 관련기술” 연구용역의 일환으로 수행된 것입니다.

## 참고문헌

- 해양수산부, 2000b, 전장포항 매몰방지 및 항내정온 확보대책용역, (주)세일종합기술공사
- 해양수산부, 2000a, 원전항기본설계용역 보고서, (주)서영기술단

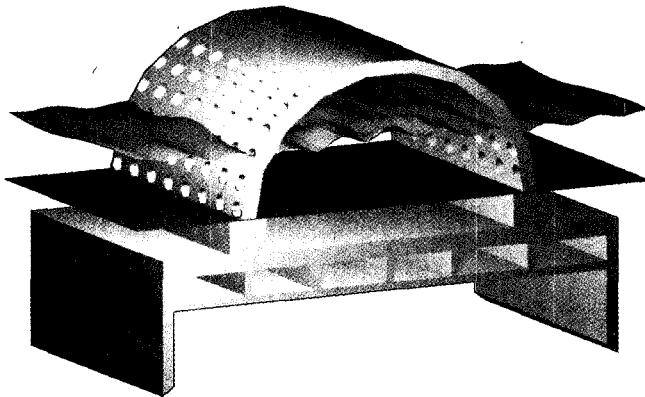


그림 7 대수심 고파랑하의 연약지반 방파제 적용 개념도