

수평판 잠제의 소파효과에 관한 연구 A Study for Wave Absorbing Effect of Horizontal Plate Submerged Breakwater

신문섭¹, 박구용², 이현진³
Moon Seup Shin¹, Koo Yong Park² and Hyun Jin Lee³

1. 서 론

현대는 경제의 눈부신 발전과 생활의 향상으로 관광과 여러 가지 레저 스포츠가 발달하여 보다 잘 가꾸어진 환경의 필요성이 점차 커지고 있다. 하지만 기상 기후 상황은 점차 악화되고 있고 지구온난화등과 같은 환경의 변화로 인하여 여러가지 자연환경의 변화가 문제가 되고 있다.

최근 해안역에 있어서 지구온난화로 인해 해수면 수온이 상승하고 있으며 또한 매년 내습하는 태풍의 강도는 커지고 있다. 따라서 태풍에 의한 재해의 위험도는 점차 증가하고 있다. 그 예로 매미 태풍내습 시 남해안에 고조가 발생하여 부산과 마산에 큰 연안재해를 가져왔다. 따라서 해안구조물은 태풍이나 폭풍 등의 자연재해로부터 붕괴와 같은 재해 등을 받을 수 있는 확률이 높아지고 있다. 이러한 자연적 재해와 개발역기능을 감소시킬 수 있는 방법을 찾아야 한다.

본 연구에서는 이러한 재해와 개발역기능을 감소시키기 위하여 어초기능과 소파구조물의 기능을 할 수 있는 수평 잠제를 제안하였다. 제안한 수평 잠제는 수평판을 여러층으로 설치한 경우의 전달 파고 등의 변화를 알아보았다.

2. 실험

2.1 실험모형

실험은 군산대학교 공과대학 토목환경공학부 해안공학실험실에서 보유하고 있는 수로를 사용하여

으며 수로는 길이(30m), 너비(7m), 깊이(1.5m)의 3차원 평면수로이다. 조파수로 내부에는 조파기 후면파수로말단부에 파의 반사를 막아주는 경사식 소파장치 시설을 갖추고 있어 최소한의 오차가 발생하도록 해준다. 조파장치는 피스톤형으로 Servo Motor구동 방식이며 파를 직접 발생시켜 주는 조파판에는 wave gage가 설치되어 있어 직립구조물의 반사파를 흡수하는 기능을 갖고 있다.

본 실험에서는 파고계와 잠제 등의 자리 배치를 Fig 1.과 같이 설정하여 실험을 실시하였다. 수조안에 2차원의 실험을 가능하게끔 내부에 수로를 제작하여 주변에서 입사하는 파를 막아주고 보다 정확한 데이터를 얻기위해 반사파는 쇄파시켰다. 여기서 R은 천단고 B는 천단폭을 나타내고 ①은 입사파고를 측정하기 위한 파고계이고, ②는 잠제에 의해 전달된 전달 파고를 측정하기 위한 파고계이다.

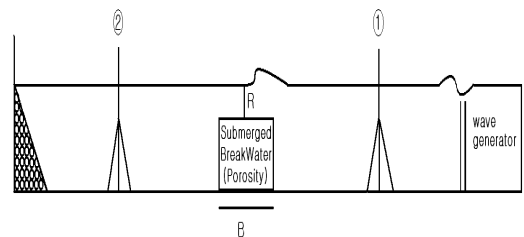


Fig. 1. Submerged breakwater model and measurement equipments are the arrangement of models in the wave channel.

2.2 수평층 잠제의 실험 개요

수평층 잠제의 실험에서 수평층 잠제의 형태는 평

1 군산대학교 토목환경공학부 토목공학전공 교수
2 현대건설(주) 토목환경사업본부 부장
3 군산대학교 토목환경공학부 토목공학전공 대학원생

평한 나무판을 같은 크기로 4개를 준비하여 일정한 간격으로 수직 배치하였다. 본래 이 실험의 목적이 친환경적인 잠제로 인공어초 기능을 하는 잠제에 대해 실험을 실시하려 하였기에 기존에 있던 완전막이형 잠제가 아닌 해수의 순환이 원활이 이루어지면서 잠제의 기능도 동시에 하고, 또한 어초의 기능까지 할 수 있는 형태의 잠제 모형을 만들어 보았다. 각각의 수평판 사이에는 흔들림으로 인한 오차를 줄이기 위해서 철사 등의 고정을 돕는 재료를 통해 흔들림을 잡아주었고 공극률의 변화를 주기위해서 수평판에 일정한 공극을 갖는 구멍을 만들어 실험을 실시하였다. 또한 수평판의 천단폭의 변화에 대해서도 소파효과를 얻기 위해서 30cm, 45cm, 60cm의 천단폭을 갖게 하여 각각에 대한 전달파를 측정한다.

2.3 수평층 잠제의 실험 조건

천단폭(B)는 공극의 유무에 따라 각각 30.0cm, 45.0cm, 60.0cm의 조건으로 실험을 실시하였고, 천단고 및 수평판 사이의 간격은 임의로 정하여 8.0cm로 하였다.(이 부분에 있어서는 추후 추가실험을 할 계획에 있다.) 규칙파의 파고(H)는 10.0cm, 주기(T)는 0.8sec, 1.0sec, 1.2sec, 1.4sec, 1.6sec로 하였고, 불규칙파의 유의파고($H_{1/3}$)와 유의파주기($T_{1/3}$)는 파고가 10.0cm인 경우 주기는 1.22sec로 하였고, 파고가 17.5cm인 경우 주기는 2.25sec로 하였다. Fig 2.와 Fig 3.에서 위에 붉은색으로 완만하게 그려진 그래프는 조파장치에서 발생시켜야하는 목적스펙트럼이며 아래쪽의갈색으로 그려진 스펙트럼은 입력해준 유의파고와 유의주기를 이용하여 조파장치에서 발생시킨 불규칙파의 발생 스펙트럼이다. 이러한 목적 스펙트럼과 발생 스펙트럼의 경우 두 그래프가 일치하거나 혹은 거의 비슷한 형상이 나타나야 하는데 두 그래프를 비교해본 결과 발생 스펙트럼이 목적 스펙트럼에 거의 비슷하게 나타났고 스펙트럼의 결과 값도 $H=9.7\text{cm}$, $T=1.21\text{sec}$ 와 $H=17.7\text{cm}$, $T=2.33\text{sec}$ 로 매우 유사하게 발생되었다. 따라서 발생한 불규칙파는 주어진 파고와 주기에 맞게 잘 재현되었다고 할 수 있다.

3. 실험 결과

3.1 천단폭의 변화와 공극유무에 따른 파고 전달률의 변화(규칙파)

천단폭이 30cm이고 공극이 없는 경우 수평층 잠제의 전달률은 주기(T)=0.8sec, 1.0sec, 1.2sec, 1.4sec, 1.6sec인 경우 각각 49.5%, 46.1%, 74.1%, 63.5%,

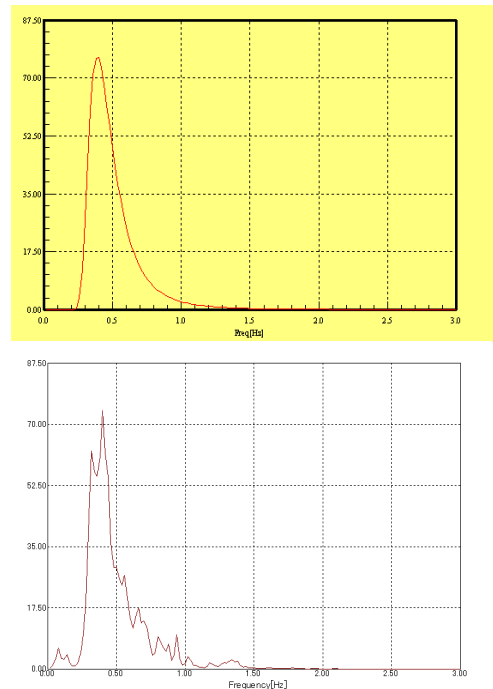


Fig. 2. Object Spectrum and Generated Spectrum (H=17.5cm , T=2.25sec)

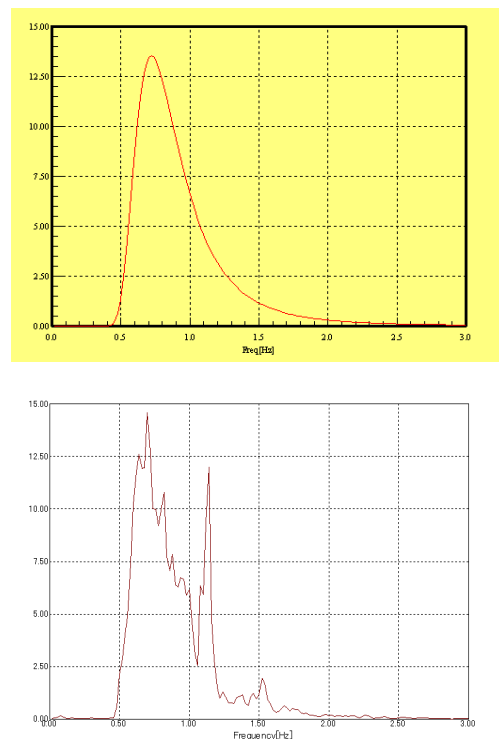


Fig. 3. Object Spectrum and Generated Spectrum (H=10.0cm , T=1.22sec)

80.8% 정도의 전달률이 나타났으며 평균 전달률은

(62.8%), 공극이 있는 경우 수평층 잡제의 전달률은 주기(T)=0.8sec, 1.0sec, 1.2sec, 1.4sec, 1.6sec인 경우 각각 51.0%, 57.1%, 92.4%, 69.1%, 90.2% 등으로 나타났다.(평균 전달률=72.0%).

천단폭이 45cm이고 공극이 없는 경우 수평층 잡제의 전달률은 주기(T)=0.8sec, 1.0sec, 1.2sec, 1.4sec, 1.6sec인 경우 각각 26.0%, 36.5%, 31.0%, 31.4%, 49.5% 정도의 전달률이 나타났으며(평균 전달률 34.9%), 공극이 있는 경우 수평층 잡제의 전달률은 주기(T)=0.8sec, 1.0sec, 1.2sec, 1.4sec, 1.6sec인 경우 각각 30.0%, 61.3%, 35.5%, 47.6%, 78.1% 등으로 나타났다.(평균 전달률=50.5%).

천단폭이 60cm이고 공극이 없는 경우 수평층 잡제의 전달률은 주기(T)=0.8sec, 1.0sec, 1.2sec, 1.4sec, 1.6sec인 경우 각각 33.3%, 46.0%, 35.2%, 24.7%, 52.8% 정도의 전달률이 나타났으며(평균 전달률 =38.4%), 공극이 있는 경우 수평층 잡제의 전달률은 주기(T)=0.8sec, 1.0sec, 1.2sec, 1.4sec, 1.6sec인 경우 각각 54.6%, 46.0%, 31.0%, 37.7%, 79.0% 등으로 나타났다.(평균 전달률=43.1%).

이와같이 얻어진 각각의 잡제의 수치를 비교해 보면 천단폭이 30cm인 경우 공극의 유무에 의해 파고 전달률을 비교해 보면 공극이 있는 경우보다 공극이 없는 경우의 소파효과가 약 10%정도 좋은 것을 알 수 있었다. 또 천단폭이 45cm인 경우에도 공극이 있는 경우보다 공극이 없는 경우의 소파효과가 약 15%정도 좋았다. 천단폭이 60cm인 경우에는 앞의 두경우와는 달리 전달률의 차이가 약 5%내외로 아주 작은 차이를 보였다.

천단폭의 변화를 이용해서 전달률의 변화를 비교해 보면 천단폭이 30cm인 경우에는 약 67%의 파고 전달률을 보이는 반면에 천단폭이 45cm인 경우에는 이보다 약 25%정도 소파효과가 좋아짐을 알 수 있었다. 그리고 천단폭이 60cm로 변화했을 때에는 평균전달률의 차이가 약 2%정도인 것을 보아 변화가 거의 없음을 알 수 있었다.

3.2 천단폭의 변화와 공극유무에 따른 파고 전달률의 변화(불규칙파)

천단폭이 30cm일 때 불규칙파의 조건이 유의파고가 H=10cm, 유의주기 T=1.22인 경우 공극이 있을 때에는 파고전달률이 74.5%이었고, 공극이 없을 때에는 73.2%이었다. 또 유의파고가 H=17.5cm, 유의주기 T=2.25인 경우 공극이 있을 때에는 파고전달률이 94.1%이었고, 공극이 없을 때에는 91.0%이었다.

천단폭이 45cm일 때 불규칙파의 조건이 유의파고

가 H=10cm, 유의주기 T=1.22인 경우 공극이 있을 때에는 파고전달률이 64.2%이었고, 공극이 없을 때에는 61.5%이었다. 또 유의파고가 H=17.5cm, 유의주기 T=2.25인 경우 공극이 있을 때에는 파고전달률이 84.4%이었고, 공극이 없을 때에는 86.7%이었다.

천단폭이 60cm일 때 불규칙파의 조건이 유의파고가 H=10cm, 유의주기 T=1.22인 경우 공극이 있을 때에는 파고전달률이 60.5%이었고, 공극이 없을 때에는 50.4%이었다. 또 유의파고가 H=17.5cm, 유의주기 T=2.25인 경우 공극이 있을 때에는 파고전달률이 86.8%이었고, 공극이 없을 때에는 85.8%이었다.

이와같이 얻어진 각 천단폭 별의 공극의 유무에 따라 파고 전달률을 비교해 보면 유의파고가 H=10cm, 유의주기 T=1.22인 경우 천단폭이 30cm일 때는 1.3%, 45cm일 때는 2.7%, 60cm일 때는 10%로 천단폭이 커짐에 따라 전달률의 차이도 커졌다. 하지만 유의파고가 H=17.5cm, 유의주기 T=2.25인 경우에는 각각 2.9%, 2.3%, 1.0%로 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 또 천단폭이 30cm에서 45cm로 커진 경우에 파고전달률은 약 10% 정도의 차이를 보였고, 45cm에서 60cm로 변화한 경우에는 거의 변화를 볼 수가 없었다.

4. 실험결과의 효용성

4.1 수평판과 그 외 잡제의 소파효과 비교

먼저 선행되었던 유대성(2004)·친수환경 조성을 위한 잡제의 수리특성에 관한 연구·에서의 불투과성 잡제와 공극률이 약 50%인 투과성잡제, 그리고 이번에 실험한 수평층 잡제의 소파효과를 비교하기 위해 각각의 전달률을 다음과 같이 제시하였다.

공극률이 50%인 투과성 잡제의 경우 주기가 0.8sec, 1.0,sec 1.2sec, 1.4sec, 1.6sec인 경우의 전달률이 51.1%, 51.0%, 46.4%, 58.4%, 73.2%로 모두 50%를 넘은 것을 알 수 있다. 이에 반해 불투과성 잡제의 경우에는주기가 0.8sec, 1.0sec, 1.2sec인 경우에는 모두 전달률이 50%가 채 안되는 전달률을 보였으며, 주기가 1.4sec, 1.6sec인 경우에는 50%에 근사한 전달률을 보였다. 그리고 이번에 기존의 잡제와 비교하기 위해 새로이 천단폭이 같도록 모형을 만든 수평층 잡제의 경우에는 주기가 0.8sec, 1.0,sec 1.2sec, 1.4sec, 1.6sec 인 경우 모두 50%가 채 안되는 전달률을 보였다.

4.2 소파효과의 비교 결과

불투과성 잡제와 공극률이 50%인 투과성 잡제, 그리고 수평판을 이용해 만든 잡제를 비교한 결과를 그래프로 나타내면 그림Fig 3.과 같이 나타난다. 이 그

래프를 보면 투과성 잠제의 경우 불투과성 잠제에 비해 전달률이 평균적으로 12%정도 높게 나타났다.

그리고 이번에 실험한 수평판을 이용해 만든 잠제의 경우 불투과성 잠제와 비교해 보면, 주기가 1.0sec 인 경우를 제외하고는 소파효과가 불투과성 잠제의 경우보다 높게 나타나며 평균적인 전달률은 약 6% 정도의 차이가 있어 수평판을 이용한 잠제가 활용될 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

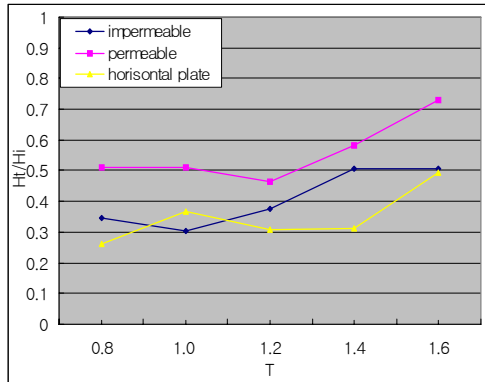


Fig. 3. Comparison of the horizontal and other

5. 결 론

본 연구에서는 새로운 형태의 잠제모형으로 수평판을 수직으로 설치해 보았다. 수평판을 수직으로 설치한 잠제 모형에는 공극의 변화와 천단폭의 변화를 주었을 때의 전달률의 변화를 통하여 소파효과를 알아보고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수평층 잠제의 실험에서 규칙파의 실험 결과, 파고 전달률은 공극이 없는 경우에 공극이 있는 경우보다 좀 더 나은 소파효과를 보였다.
2. 수평층 잠제의 실험에서 천단폭에 변화를 주었을 때, 천단폭이 30cm에서 45cm로 변화할 때에는 약 10~30%의 뚜렷한 파고 전달률의 차이를 보였으나, 45cm에서 60cm로 변화할 때에는 6.6%의 파고 전달률 차이를 보인 것으로 보아 천단폭에 의한 소파효과에의 한계를 예상할 수 있었다.
3. 수평층 잠제의 실험에서 불규칙파의 실험 결과, 파고 전달률은 공극의 유무에는 크게 관계가 없어 보였으며, 천단폭의 변화에 따라서 30cm에서 45cm로 변화할 때에는 10%의 변화를 보였으나 45cm에서 60cm로 변화할 때에는 거의 변화를 보이지 않았다. 이로 보아 천단폭의 길이를 통해 얻을 수 있는 소파효과에의 한계를 예상할 수 있었다.
4. 수평층 잠제와 불투과성 잠제, 그리고 공극률이

약 50%인 투과성잠제의 소파효과를 비교한 결과 투과성 잠제보다는 불투과성 잠제와 수평층 잠제의 소파효과가 좋음을 알 수 있었고, 불투과성 잠제와 수평층 잠제를 비교해보면 수평층 잠제의 경우가 불투과성 잠제보다 조금 더 나은 소파효과를 보였다. 이를 통해 수평층 잠제의 활용 가능성을 확인 할 수 있었다.

본 연구에서 얻은 수평층 잠제의 실험결과는 추후 좀 더 많은 실험을 통해 부족한 부분에 대한 연구를 계속하여 보완 할 계획에 있다.

참고문헌

- 日本電力中央研究報告書, 1993, Hydraulic Study on Detached Submerged Breakwater for Bivalve Propagation
- Hiroshi, H.G. and Takao S.M., 1996, New concept of Breakwater Structure More Suitable to Fishery Resource Propagation
- Bernard, L.M., 1976, Hydrodynamics and water waves, pp. 286-299
- 새만금지구 수리실험 및 파랑관측 보고서 (1990~2002)
- 신문집, 1999, 새만금 간척에 따른 미티게이션, 한국농공학회지 제44권제5호 별책
- 신문집, 1999, 새만금 간척에 따른 역기능 보완에 관한 연구, 대한토목학회논문집 제19권 제II-3호 pp.317~327
- 부산광역시 서구, 2002, 송도일원 침식방지공사 기본 및 실시설계 용역 보고서
- 성상봉, 이두성, 전인식, 2000, Experimental Study for the Pore Ratio Characteristics of Rubble Mound Breakwaters, 대한토목학회논문집 제20권
- T. Hamaguchi, T. Uda, C. Inoue, A. Igarashi, 1991, Field Experiment on Wave-Dissipating Effect of Artificial Reefs on the Niigata Coast
- Krystian W.Pilarczyk, Rijkswaterstaat, 2003, Design of Low-Crested Submerged Structures, 6th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries
- 김도삼, 2000, Wave Scattering by Multi-Rowed Submerged Breakwaters, 대한토목학회 논문집 제20권 제1-B호 pp. 85~94
- D.S. Hur, N. Mizutani, 2001, Experimental Study on Wave Forces Acting on a Structure Installed on a Submerged Breakwater, Asian and Pacific Coastal Engineering
- 유대성, 2004, 친수환경 조성을 위한 잠제의 수리특성에 관한 연구, 군산대학교 석사학위 논문.