

월파조건에서 직립벽을 따른 연파특성 실험 Hydraulic Model Tests for Stem Waves along Vertical Wall under Overtopping Conditions

이종인¹, 김영택²
Jong-In Lee¹ and Young-Taek Kim²

1. 서 론

안정하고 경제적인 연안구조물을 건설하기 위해서는 파랑과 구조물간의 상호작용을 해석할 필요가 있다. 선박의 대형화 등에 따른 적정수심을 확보하기 위해 대수심역에 안벽 및 방파제와 같은 구조물을 건설하는 사례가 증가하고 있으며, 이러한 대수심역에는 건설비의 경감 등을 위해 직립식 구조물의 건설이 선호되고 있다. 직립식 구조물의 경우, 파랑이 경사지게 입사하게 되면 연파가 발생하게 되며, 적정 마루높이의 확보 및 피복재의 안정성 확보 등을 위해서는 이에 대한 검토가 요구된다.

Perroud (1957)에 의해 연파의 존재가 밝혀진 이후에 여러 연구자들에 의해 연파특성에 대한 연구가 있었으며, 대부분의 연구는 단일주기를 가지는 규칙파, 크노이드파 등을 대상으로 입사각 및 파랑의 비선형성에 의한 연파특성을 검토하였다. 그러나 실패역의 파랑조건은 불규칙파 특성을 가지며, 이러한 불규칙파를 대상으로 한 연구는 Mase et al. (2002)의 연구가 있다. Mase et al. (2002)은 불규칙파를 적용하여 직립벽을 따른 연파에 대해 수리실험 및 수치해석을 수행하고, 파랑특성에 따른 차이점을 검토하였다. 그들은 규칙파와는 달리 불규칙파의 경우에는 파랑의 비선형성에 상관없이 연파의 폭은 동일하며, 이러한 점이 규칙파와 불규칙파의 차이점이라 하였다. 또한 입사각이 증가할수록, 파랑의 비선형성이 작을수록 체체전면을 따른 연파의 크기는 증가함을 보였으나, 수리실험결과와 수치

해석결과의 비교에서는 어느 정도 차이를 보였다.

실제 항만구조물은 어느 정도의 월파를 허용하게 되며, 월파를 허용하는 조건에서의 연파특성은 비월파조건과 차이를 보일 수 있다. 따라서 본 연구에서는 불규칙파를 적용하여 월파조건에서의 연파에 대한 수리실험을 수행하고, 비월파조건과 상대파고를 비교하였다.

2. 수리모형실험

2.1 실험장비

수리모형실험은 한국건설기술연구원 다방향조파실험실에서 수행되었다. 수리실험에 사용된 조파기는 전기서보피스톤식이고, 조파판 하나의 폭은 0.5m, 높이는 1.1m로서 조파판의 전체폭은 30m이다. 실험에 사용된 수조는 길이 42m, 폭 36m, 높이 1.05m이고, 사용된 파고계는 용량식으로서 길이는 0.6m, 측정범위는 0~±0.3m이다.

2.2 실험조건

본 연구에서는 직립구조물에 의한 연파특성을 평가하기 위해 수조내에 길이 20m의 구조물을 설치하였다. 그리고 수조내에서의 반사파를 제어하기 위해 조파기 맞은편에 1:12경사의 경사면을 배치하였으며, 조파기 측면과 후면에도 경사면과 소파시설을 배치하였다. Fig. 1은 실험영역 및 모형설치 개념도를 나타낸 것으로서 β 는 구조물과 입사파가 이루는 각이다.

1 한국건설기술연구원 하천해양항만연구실 책임연구원

2 한국건설기술연구원 하천해양항만연구실 선임연구원

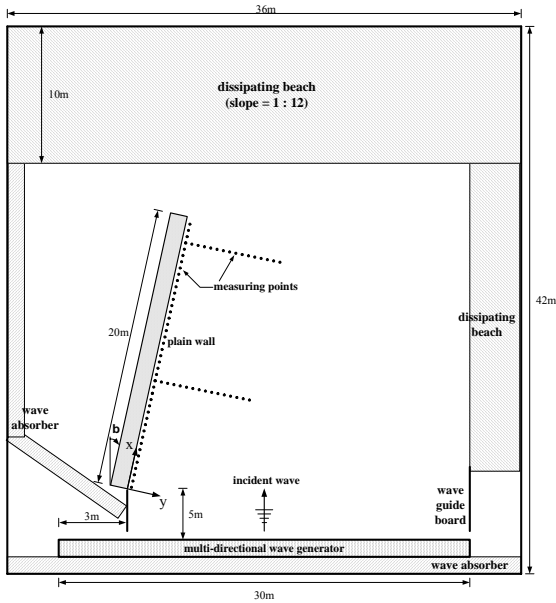


Fig. 1. Experimental setup

실험은 0.5m의 일정수심상에서 수행되었으며, β = 10°, 20°, 30°, 40°를 적용하였다. 그리고 실험과는 주파수 스펙트럼을 고려한 불규칙파를 적용하였으며, 유의주기는 $(T_{1/3})_0 = 1.2\text{sec}, 1.5\text{sec}, 2.1\text{sec}$, 유의파고는 $(H_{1/3})_0 = 5\text{cm}, 10\text{cm}$ 를 적용하였다. 또한 월과정에 따른 파괴변화를 검토하기 위해 상대여유고($R = R_c / (H_{1/3})_0$)를 변화시키며 제체전면을 다른 방향과 제체 직각방향에서의 파괴를 계측하였다. 여기서 R_c 는 정수면으로부터 구조물 상단까지의 높이인 여유고를 의미한다(Fig. 2 참조). 본 실험에 적용된 상대여유고는 입사각의 유의파고에 따라 차이가 있지만, 전체적으로 $R = 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 2.0, 2.5, 5.0$ 을 적용하였다.

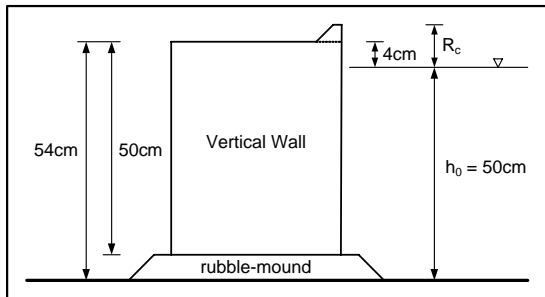


Fig. 2. Definition of model structure

Fig. 2에 나타난 바와 같이 여유고는 구조물의 전면고를 변화시켜 조절하였다. 본 실험에 사용된 조파기는 사형조파기로서 입사각에 따른 조파가 가능하지

만, 실험의 정확도를 높이기 위해 입사각과 구조물이 이루는 각(β)은 구조물의 설치각도를 변경시켜 설정하였으며, 입사각은 동일한 조건을 적용하였다.

파고분석은 300sec 동안의 자유수면변위를 20Hz 간격으로 독취한 후, 후반부 약 205sec 동안의 자료를 zero-up-crossing 방법으로 하였으며, 상대파고는 입사각의 유의파고를 나누어 산정하였다. 실험은 동일조건에서 3회 이상 반복하여 수행하고, 그 결과를 분석하였으며, 실험시 51대의 파고계를 사용하여 동시에 파고를 계측하였다. Photo. 1은 실험장면이다.

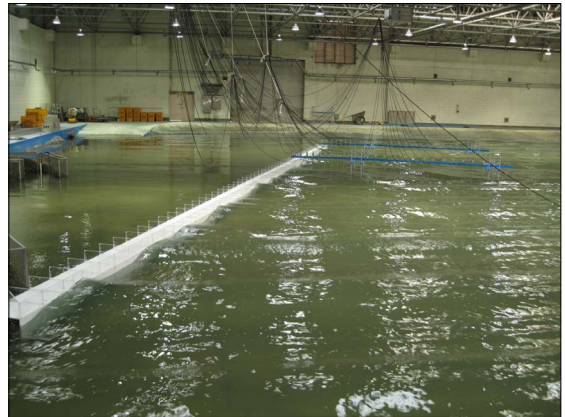
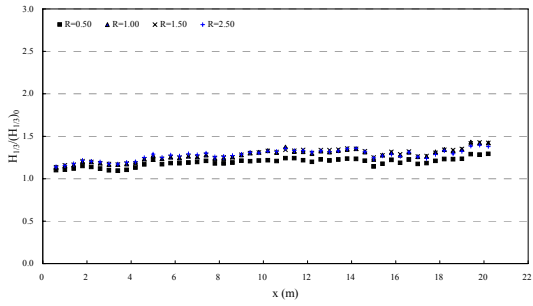


Photo. 1. Wave pattern in experiment

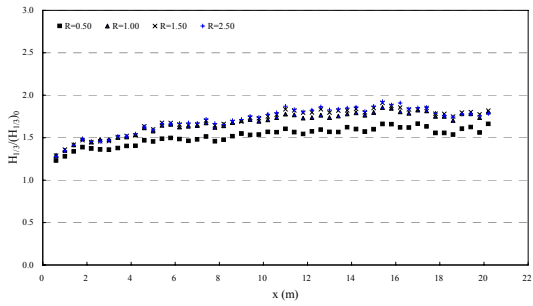
3. 실험결과

수리실험에서 수행된 결과는 다양하지만, 본문에서는 일부조건에 대한 결과를 수록하고자 한다. 현재 실험이 완료된 상태로서 결과분석은 충분히 되지 않았지만, 상대여유고에 따른 파괴변화는 파악이 가능하다.

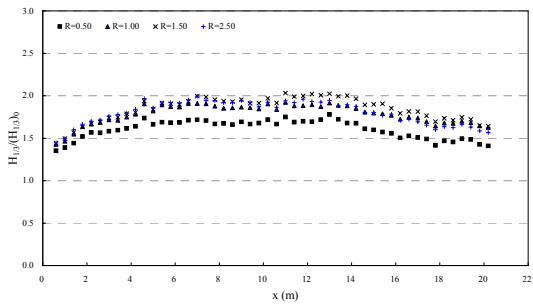
Fig. 3은 $T_{1/3} = 1.5\text{sec}$, $(H_{1/3})_0 = 10\text{cm}$ 조건에 대한 제체전면의 상대파고를 입사각별로 도시한 것이다. 그림에서 R 은 상대여유고로서 본 결과에서는 $R = 0.5, 1.0, 1.5$ 및 2.5 의 결과를 나타내었다. 전체적으로 상대여유고가 작을수록 제체전면의 상대파고는 감소하는 것으로 나타났으며, 입사각이 증가할수록 이러한 경향은 뚜렷하다. 입사각이 증가할수록 상대여유고에 따른 상대파고가 작은 것은 월파와 연관이 있다. 즉, 월파량이 증가할수록 제체전면의 상대파고는 낮아지는 것이다. 실험결과에서 알 수 있는 바와 같이 $R = 2.5$ 의 경우가 $R = 1.5$ 의 결과보다 상대파고가 낮은 구간도 존재한다. 이는 추가적인 분석이 요구되지만 $R = 2.5$ 의 경우는 월파가 거의 발생하지 않는 조건으로서 파랑의 쇄파에 의한 영향인 것으로 생각된다.



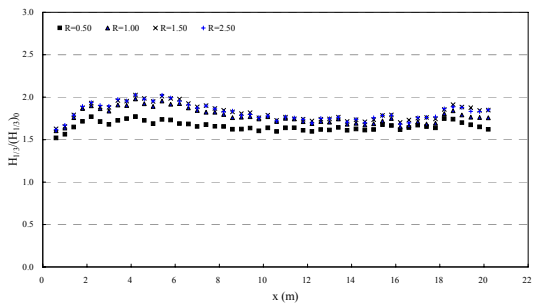
(a) $\beta=10^\circ$



(b) $\beta=20^\circ$

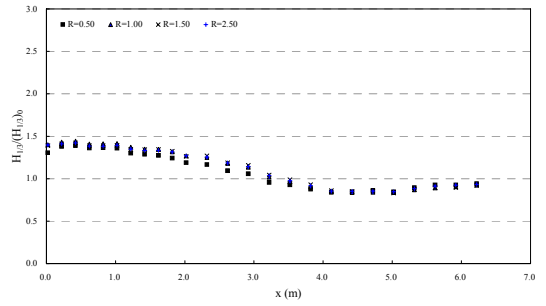


(c) $\beta=30^\circ$

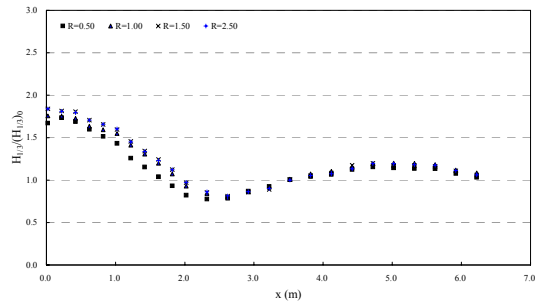


(d) $\beta=40^\circ$

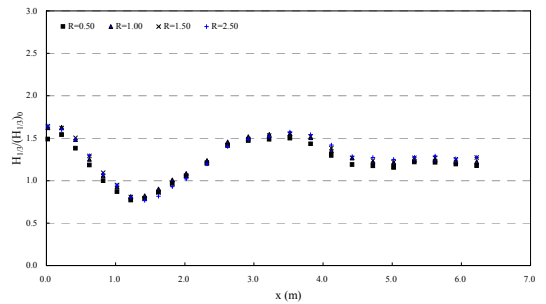
Fig. 3. Relative wave heights along the wall for $T_{1/3}=1.5\text{sec}$, $(H_{1/3})_0=10\text{cm}$



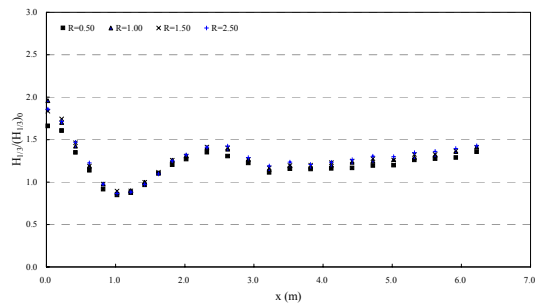
(a) $\beta=10^\circ$



(b) $\beta=20^\circ$



(c) $\beta=30^\circ$



(d) $\beta=40^\circ$

Fig. 4. Relative wave heights normal to the wall for $T_{1/3}=1.5\text{sec}$, $(H_{1/3})_0=10\text{cm}$

Fig. 4는 제체 직각방향으로의 상대파고를 도시한 것으로서 월파에 의한 상대파고의 감소는 연파의 폭 내에서 주로 발생하고 그 이후에는 월파에 의한 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

4. 요 약

월파조건에서 직립벽을 따른 연파특성에 대한 실험을 수행하고 그 결과를 비교하였다. 제체전면을 따른 파고분포를 살펴보면, 상대여유고에 따른 파고변화는 어느 정도 나타났다. 제체 직각방향으로의 결과에서 상대파고의 감소는 연파의 폭범위내에서 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

향후 보다 자세한 분석과 월파량과 연계한 분석을 수행할 예정이다.

참고문헌

- Mase, H., Memita, T., Yuhi, M., Kitano, T., 2002. Stem waves along vertical wall due to random wave incidence. Coastal Engineering 44, 339-350.
- Perroud, P.H. (1957). Solitary wave reflection along a straight vertical wall at oblique incidence. Univ. of California-Berkely IRE Technical Report99-3.