

직립 유공케이슨 방파제의 현수판 사용에 따른 반사특성 Wave Reflection of Perforated-Wall Caisson Breakwaters with Curtain-Wall

이승협* · 황종길** · 조용식***

Seung Hyeob Lee, Jong Kil Hwang, Yong-Sik Cho

요 지

본 연구에서는 직립 유공 케이슨에 현수판을 설치함으로써 입사파의 반사율을 저감시키고자 하였다. 먼저 케이슨 단면의 적정 유공율을 선정하기 위해 횡 SLIT 케이슨식 2개안 및 중 SLIT 1개안 단면에 대한 단면 실험을 실시하였다. 선행된 실험에서 가장 반사율이 낮은 SLIT 케이슨을 선택하여 유수실에 현수판을 설치하였으며 현수판의 설치유무 및 현수판의 길이에 따른 반사계수를 검토하였다. 설치된 현수판은 장주기파에 대해서 반사율 저감효과를 얻을 수 없었지만 단주기 파에서는 반사율이 줄어드는 효과를 얻을 수 있었다. 해역에 따라 단주기가 주류를 이루는 해역에서 현수판을 설치하면 파랑내습시 소파효과가 증대될 것으로 기대된다.

핵심용어 : 유공케이슨, 유공율, 현수판(curtain wall)

1. 서 론

해안 안벽 및 방파제에서 파랑의 반사율을 저감시키기 위하여 많은 연구와 수리실험이 수행되어 왔다. 파다한 파랑의 반사는 선박의 안전한 항해에 지장을 초래하고, 소파효과를 기대할 수 없어 항내 정온도 확보가 매우 어렵기 때문에 파랑의 반사율 저감은 해안구조물의 설계에 있어서 매우 중요한 요소이다. 특히, 무공 직립방파제는 방파제로서의 역할과 선박의 접안이 가능하다는 장점이 있으나 입사에너지의 대부분이 소모되지 않고 반사되므로 반사율이 큰 단점이 있어 유공식 직립케이슨에 대한 연구가 이루어졌다. 이러한 유공식 케이슨의 입사파의 반사율 저감 방법은 유공면 전 후에서 파의 간섭과 유공부를 통과하면서 발생하는 젤(Jet)효과에 의한 에너지 감쇠 효과를 이용하는 것이 유공방파제의 기본개념이었다(한국건설기술연구원, 2000).

본 연구에서는 이러한 유공 케이슨의 기본적 반사율 저감 방법에 추가로 유수실내에 현수판(curtain wall)을 설치함으로써 현수판의 전 후면에서 입사된 파랑의 에너지가 감소되도록 함으로써 입사파의 반사율을 줄이고자 하였으며 현수판의 길이에 따른 반사율에 대하여 측정을 수행하였다.

2. 실험 재료 및 실험방법

2.1 실험재료

케이슨(cassion) 구조물은 축척(1/25)에 맞추어 아크릴로 제작하였으며, 구조물 내부에 골재를 채워 사용

* 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · 02-2290-0318 (E-mail : pachen33@empal.com)

** 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · 02-2290-0318 (E-mail : hjk7707@ihanyang.ac.kr)

*** 교신저자, 한양대학교 토목공학과 부교수 · 공학박사 · 02-2290-0393 (E-mail : ysc59@hanyang.ac.kr)

하였다. 케이슨 구조물은 아크릴로 제작하여 분해와 조립이 가능하므로 각 단면안별 실험 종료 후 분해하고, 내부 구조 및 유공부 판을 교체하여 실험하였다.

실험에 사용된 유공판은 다음과 같다.

- 횡 SLIT 케이슨식 (유공율 : 40.3%)
- 횡 SLIT 케이슨식 (유공율 : 31.2%)
- 종 SLIT 케이슨식 (유공율 : 30.2%)
- 횡 SLIT 케이슨식 (유공율 : 31.2%) + 현수판 (D.L.(±)0.0m)
- 횡 SLIT 케이슨식 (유공율 : 31.2%) + 현수판 (D.L.(-)4.0m)

2.2 실험파 제원

실험파는 다양한 조위와 주기 파고를 적용하여 실험하였으며 실험파의 제원은 다음의 표 1과 같다.

표 1. 실험파 제원

조위 \ 실험파	원 형		모 형		비 고
	파고 (m)	주기 (sec)	파고 (cm)	주기 (sec)	
H.W.O.M.T. (D.L.(+)2.991m)	0.50	3.4	2.00	0.68	측척 : 1/25
		4.0		0.80	
		5.0		1.00	
M.S.L. (D.L.(+)1.911m)	1.00	6.0	4.00	1.20	
		7.0		1.40	
		8.0		1.60	
Approx. L.L.W. (D.L.(±)0.0m)	1.26	9.0	5.04	1.80	
		10.0		2.00	

2.3 실험방법

본 연구의 실험은 한양대학교 수리실험실 2차원 조파수로에서 실시하였다. 단면수로는 길이 32.5m, 높이 1.1m, 폭 0.6m의 철제 구조로 되어 있으며, 한쪽 측면은 강화유리로 되어 있어 외부에서 관찰이 가능하다. 수로의 끝단에는 유압식 Piston형 조파장치가 설치되어 있으며, 반대편에는 소파시설이 설치되어 있다.

현수판을 사용함에 따른 반사판 저감효과 실험에 앞서 SLIT 케이슨중 가장 적은 반사율을 가지는 유공 케이슨을 찾기 위하여 앞서 제시한 3가지 유형의 유공율을 가지는 SLIT 케이슨의 반사파 실험을 선행하였다. 선행실험에서 가장 반사율이 적었던 유공율이 31.2%인 횡 SLIT 케이슨 단면의 유수실내에 현수판 (curtain wall)을 설치하여 현수판의 설치유무 및 현수판의 길이에 따른 반사계수를 검토하였다.

수리모형실험에서는 주파수 스펙트럼을 고려한 불규칙파를 적용하여 실험을 수행하였으며, 불규칙파는 다음과 같은 Bretschneider-Mitsuyasu 스펙트럼을 이용하였다.

$$S(f) = 0.205H_{1/3}^2 T_{1/3}^{-4} f^{-5} \exp[-0.75(T_{1/3} f)^{-4}] \quad (1)$$

여기서, $S(f)$: 파랑의 에너지 밀도, $H_{1/3}$: 유의파고,
 $T_{1/3}$: 유의파 주기, f : 주파수

실험파는 600sec를 조파한 후 200sec~600sec 사이의 400sec 동안의 자료를 분석하여 설정하였다. 여기서, 600sec는 약 882파 (유의주기 3.4sec 기준)에 해당하며, 분석시간 400sec는 588파 (유의주기 3.4sec 기준)에 해당한다. 반사율 측정에서는 수심별, 유의파의 입사주기별로 파고계 간격을 조정하여 실시하였으며 반사

율은 제체 전면에 임의 간격으로 설치된 두 개의 파고계로부터 독취된 자료를 바탕으로 Goda와 Suzuki(1976)의 방법으로 계산하였다.

3. 실험결과

선행실험에서 가장 반사율이 적었던 유공율이 31.2%인 횡 SLIT 케이스 단면의 유수실내에 현수판 (curtain wall)을 설치하여 각각의 조위에서 현수판의 설치유무 및 현수판의 길이에 따른 반사계수를 검토하였다.

3.1 평균고조위

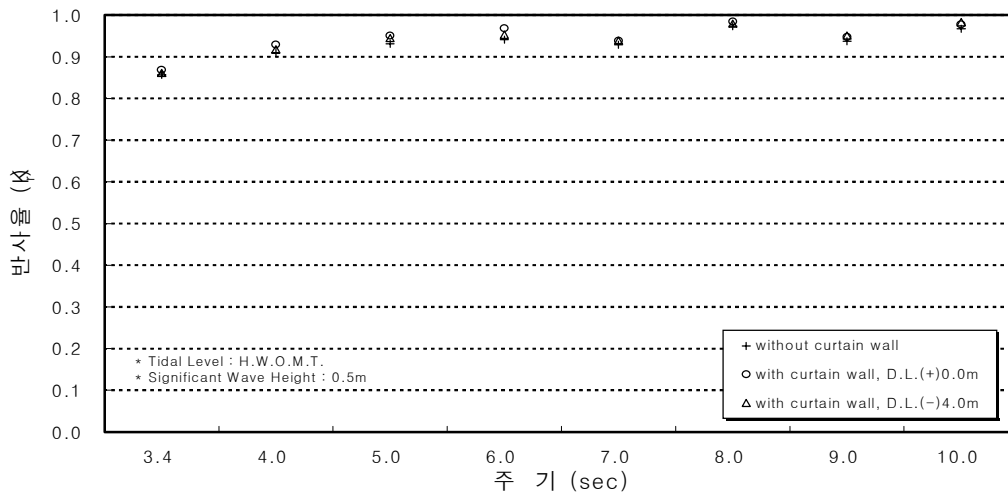


그림 1. 현수판 설치에 따른 반사계수 비교 (조위 H.W.O.M.T., 파고 0.5m)

평균고조위조건에서는 수위가 상치콘크리트에 위치함으로 인해 반사율이 크게 측정되었으며 현수판의 유무에 따른 반사계수의 변화는 크게 나타나지 않았다.

3.2 평균해수면

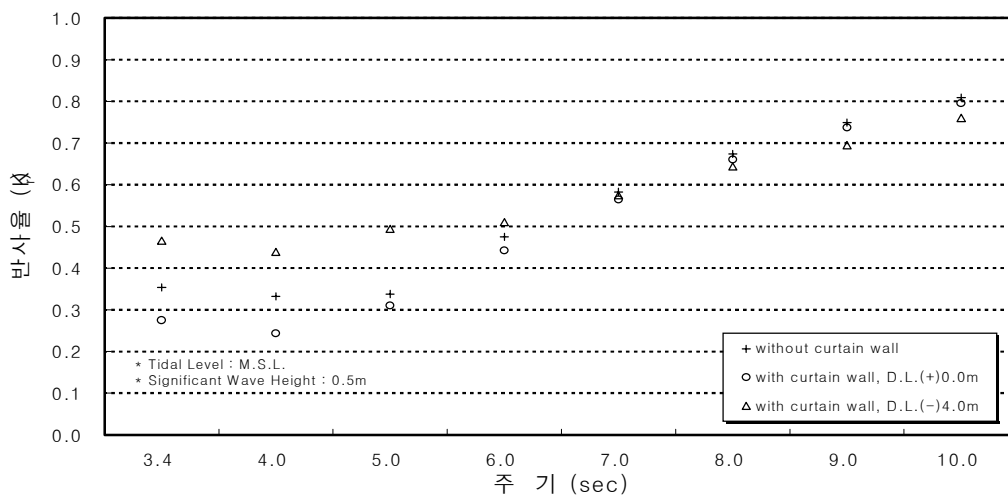


그림 2. 현수판 설치에 따른 반사계수 비교 (조위 M.S.L., 파고 0.5m)

위 그림 2에서 보는바와 같이 평균해수면조건에 현수판을 D.L.(±)0.0m까지 설치하고 입사파의 주기가 7.0sec 이하의 경우에 반사계수가 낮게 나타났음을 알 수 있다. 이는 입사파가 현수판의 전면을 통과하여 후면으로 들어간 후 파의 에너지가 외부로 반사되는 것을 차단하여 반사율이 줄어드는 효과에 의해 파랑의 에너지가 줄었기 때문으로 생각된다. 하지만 장주기로 갈수록 현수판의 유무에 따른 반사계수의 변화는 크게 나타나지 않았다.

3.3 약최저저조위

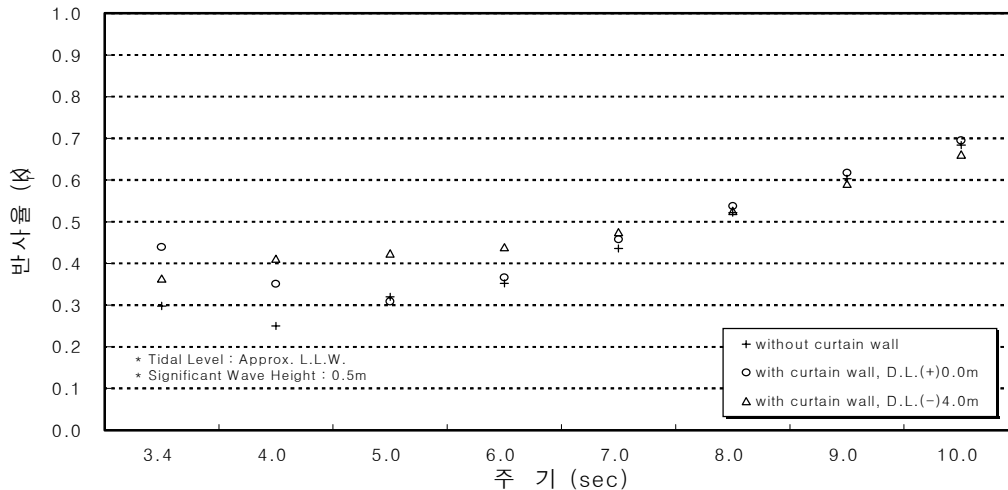


그림 3. 현수판 설치에 따른 반사계수 비교 (조위 Approx. L.L.W., 파고 0.5m)

그림 3에서 보는 바와 같이 약최저저조위조건에서 입사파의 주기가 3.4sec인 경우에 현수판이 D.L.(-)4.0m까지 설치된 경우가 D.L.(±)0.0m까지 설치된 경우보다 반사계수가 낮게 나타났음을 알 수 있다. 또한 평균해수면과는 달리 단주기파에서 현수판이 설치되지 않은 경우보다 반사계수가 증가함을 알 수 있다.

4. 결론

입사파에 대한 반사율을 저감시키기 위해 유공케이슨 유수실에 현수판을 설치하여 수리모형실험을 하였다. 수리모형실험의 결과는 대체적으로 장주기파에 대해서는 현수판의 설치로 인해 유수실 폭이 감소함으로써 현수판 사용으로 인한 반사율 저감효과를 얻을 수 없었지만 평균해수면에서의 단주기 파랑에서는 현수판의 전면을 통과하여 후면으로 들어간 파랑의 에너지가 외부로 반사되는 것을 차단하여 반사율이 줄어드는 효과를 얻을 수 있었다.

해역에 따라 내습하는 파랑이 다양하여 단주기가 주류를 이루는 해역에서 현수판을 D.L.(±)0.0m까지 설치하면 현수판 전후면에서 파랑의 소파효과가 일어나 반사율이 감소, 단주기 파랑 내습시 소파효과가 증대될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원, 2000. 직립 유공케이슨 방파제의 반사특성분석, 연구보고서.
2. Goda, Y., 2000. Random Seas and Design of Maritime Structures, 2nd edition, World Scientific, Singapore.

3. Goda, Y. and Suzuki, Y., 1976. Estimation of incident and reflected waves in random wave experiments, Proceedings of the 15th International Conference on Coastal Engineering, pp. 828-845, Hawaii, USA.