

실린더형 슬릿 방파제의 개발을 위한 수리모형실험

김필성* · 김기담* · 남기대* · 김석문** · 이종우***

*한국해양대학교 토목환경공학과 대학원**((주)부만건설 대표이사***한국해양대학교 건설환경공학부 교수,

Hydraulic Experiment for Development of the Cylindrical Slit Type Breakwater

Pill-Sung Kim* · Ki-Dam Kim* · Ki-Dae Nam* · Sug-Moon Kim** · Joong-Woo Lee***

* Dept. of Civil and Environmental Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

** Chief Executive Officer of Buman Construction

***Division of Civil and Environment Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요약 : 본 연구에서는 해수교환 방파제의 규칙파와 불규칙 파에 대한 반사율 수리실험을 시행하였다. 원형의 실린더형 슬릿 방파제와 보안된 실린더형 슬릿방파제에 대해 입사파를 적용시켜 그에 대한 각각의 반사율과 투파율을 비교 분석 해보았으며, 실험에 사용된 입사파파랑은 Brestsneider-Mitsuyasu스펙트럼을 사용하여 구하였다. 방파제가 없는 상태에서의 불규칙파 스펙트럼의 검증은 입사파파랑과의 비교를 통해 이루어졌으며, 반사파의 발생은 방파제의 가운데에서 가장 빈번히 발생하였다. 방파제를 3단, 높이 0.6m로 하여 실험시 입사파파랑에 대한 45%의 파에너지가 반사됨을 알 수 있었다. 또한 투파율 역시 입사파파랑의 값이 커질수록 커짐을 알 수 있었다. 이 실험을 통해 우리는 해수교환 방파제의 반사계수 기준의 방파제의 반사계수보다 작음을 알 수 있었다. 대안에 사용된 L형태의 뒷막음 콘크리트는 소규모의 어항에 적용하는 것이 적합할 것이다.

핵심용어 : 실린더형 슬릿 방파제, 수리모형실험, 구축용 단위블럭

ABSTRACT : In this study, a series of laboratory experiments was carried out to investigate the weak reflection of regular and random water waves over a train of protruded permeable breakwaters. A cylindrical slit type breakwater and alternatives are employed and compared for reflecting and transmitting capabilities of incident waves. A series of random waves was generated by using the Bretschneider- Mitsuyasu frequency and directional spectrum. Measured spectrum of irregular waves without breakwaters is verified by comparing with those of the input waves generated. Weak reflection is occurred at the breakwater center of the peak frequency. If the row of breakwaters is fixed at 3 and the relative height of breakwater is fixed at 0.6, around 45% of incident wave energy is reflected to offshore. It is also found that the transmission of directional random waves increases as the maximum frequency parameter increases. A very good agreement is observed. Reflection coefficients of permeable submerged breakwaters are less than those of impermeable breakwaters. The upside-down L shape is recommended for a small fishery harbor mooring in terms of reflecting capability and practical application.

KEY WORDS : Cylindrical Slit Type Breakwater, Hydraulic Experiment, Construction Unit Block

1. 서 론

최근 가속화되는 지구온난화의 영향으로 인한 해수면의 상승은 다양한 환경문제와 조위 상승, 조류속의 증가를 유발시키며, 파랑을 크기를 증가시킨다. 또한 경제발전의 가속화로 인한

선박의 대형화, 선박수의 증가는 보다 큰 규모의 항만을 필요로 하게 되었다. 이로 인해 항만규모의 확대가 필요 방파제를 신설하거나 기존의 방파제를 연장 및 재배치 시켜 항내 수역을 확대 연장시키는 사업이 시행되고 있다. 방파제 시공은 필연적으로 항·내간의 해수 유통이 원활하지 못하게 하여 주변 해수호

*princepill@hanmail.net 051)410-4981

allyesyo@hanmail.net

namkidae@lycos.co.kr

***jwlee@hhu.ac.kr 051)410-4461

름의 변화를 가져온다. 항내같이 조석간만의 차이가 작은 해역에서는 항내 자정능력을 초과하는 오염원이 유입되면 항내 수질이 쉽게 악화되는 환경적 변화를 수반하게 되어 자연환경의 급격한 파괴 및 변화를 가져와 자연 친화성을 크게 결여시킨다. 또한 항내로 내습되는 과 에너지의 대부분을 반사시킴으로써 방파제 전면 해역의 파고가 증대되어 구조물의 피해가 발생하거나 선박의 안전한 계류에 문제점을 발생시키고 있다. 이런 문제점들을 해결하기 위한 방법으로 방파제 구조물 내에 통수로를 설치하여 항내외간에 해수 유통을 촉진시키는 해수교환 방파제에 관한 연구가 활발하게 진행되어 왔으며, 실제로 국내의 주문진항에 건설된 해수교환 방파제의 건설전과 건설후를 비교 분석한 결과 상당한 수질 개선 효과가 있다는 것이 입증되고 있다. 해수교환 방파제는 통상의 방파제와 마찬가지로 과의 내습으로부터 항내 수역을 안전하게 보전해야 할 뿐만 아니라 해수교환시설을 통해서 적절한 유량의 해수가 유입되도록 설계하며, 이에 따른 항내 정온도 유지에 대한 고려 또한 필수적으로 병행되어야 한다.

본 연구에서는 해수교환 효과를 향상시키면서 방파제 배후 해역의 정온을 확보를 위해 개발된 자연친화적인 실린더형 슬릿방파제 단위블럭의 안정성 및 파랑제어 특성검정을 시행하고자 하였다. 이에 방파제가 실제로 설치될 해역의 해양환경을 적용, 수리모형실험을 수행하여 방파제의 반사율과 투파율 같은 수리특성 및 구조적 안정성을 검토하였다.

2. 실험 장치 및 실험 기기

2.1 수조 및 조파기

실험에 사용된 수조는 길이 28m, 높이 1m, 폭 5.4m의 크기이며, 조파기는 유압식 Piston 형식으로 조파기의 성능은 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Capacity of Wave Generator

조파기 성능	
최대유의파고	0.2m (수심 0.8m)
재현파장	0.2m~10m
재현주기	0.5sec~2sec

본 실험에 사용된 조파기는 조파판 전면에 용량식 파고계가 부착되어 있어 파고계에서 득취된 자료를 바탕으로 반사파 흡수식 제어가 가능하고, 규칙파와 불규칙파를 재현할 수 있다. 조파기의 후면에는 다공성 재질을 가진 소파장치가 설치되어 있으며 수조의 끝부분에는 경사식 소파장치와 사석을 이용한 소파대가 구성되어 있다. 제어시스템은 유압 실린더의 운동으로 조파판을 구동하며, 조파판의 위치는 감지 기구에 의하여 연

속적으로 검출된다. 수조의 옆 부분은 관측 및 작업이 용이하게 작업용 플랫폼이 설치되어 있으며, 폭이 필요이상으로 넓기 때문에 $4000 \times 910 \times 1000$ mm의 아크릴 수조를 별도 제작 및 설치하여 실험을 행하였다.

2.2 관측기기

본 수리모형 실험에서 사용되는 파고계는 반옹속도가 빠르고 관측오차가 적어 상사법칙에 의한 축척으로 실험을 수행하는 실내 수리모형실험에 적합한 장비라 할 수 있는 용량식 파고계를 사용하였으며, 파고관측은 5개 지점에서 동시에 수행되었다. 용량식 파고계는 선형성이 보장되며, 측정범위는 $\pm 25\text{cm}$ 이고, 오차는 0.5%로 수위변화를 매우 정밀하게 계측할 수 있다. 실험수행 전 0점 조정(zero calibration)작업을 통해 관측치와 전압신호의 상관관계를 확인하였다.

본 실험에 사용된 A/D 변환기는 측정 장치에서 획득한 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 장비이며, D/A 변환기는 디지털 조파신호를 조파기 구동장치에 전달할 아날로그 신호로 변화하는 장치로, 불규칙 조파신호를 디지털신호를 아날로그 신호로 변환하여 조파기의 제어부로 전달하는 역할을 한다.

3. 모형의 제작 및 설치

모형실험 축척은 수조의 크기, 구조물의 실제 크기, 실험파의 제원, 조파기의 성능 등을 고려하여 결정하여야 한다. 모형에서 계측하고자 하는 각종 물리량은 축척에 비례하여 변화하므로 축척오차를 방지하기 위하여 방파제의 실제 크기 및 설계파의 제원에 대해 수조의 크기 및 조파기의 성능이 허용하는 한도 내에서 모형을 가능한 한 크게 하는 편이 좋으므로 각 모형 구조물의 축척은 1/25로 설정하였다.

3.1 상사법칙

해안 구조물의 모형에 대해서는 모형과 원형사이에는 기하학적 상사가 만족되어야 하고 중력이 다른 힘보다 탁월한 경우에는 모형과 원형사이의 상사관계는 Froude법칙 (1)에 의해서 지배된다.

$$F_{r_p} = F_{r_m} \quad (1)$$

여기서 F_r 은 Froude수로서 식(2)로 주어진다.

$$\frac{V_p}{\sqrt{g_p L_p}} = \frac{V_m}{\sqrt{g_m L_m}} \quad (2)$$

여기서 v 는 유속, g 는 중력 가속도, 그리고 L 은 거리의 차원이다. 따라서 다음식이 성립한다.

$$V_r = \frac{V_p}{V_m} = L^{\frac{1}{r}} \quad (3)$$

3.2 모형의 제작

본 실험에 사용한 블록은 실제크기의 1:25 블록으로 블력의 제작을 위한 설계 단면은 Fig 1, Fig 2, Fig 3 과 같으며 제작모형은 Fig 4 와 같다.

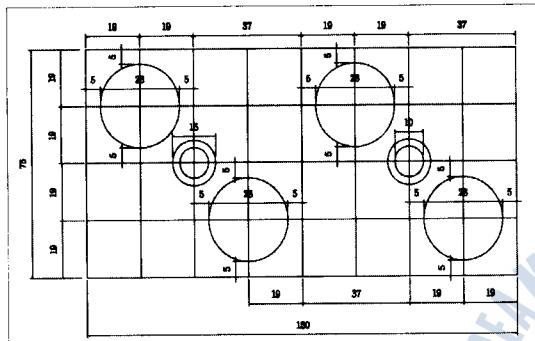


Fig. 1 1:25 Block Design Diagram (Plane View)

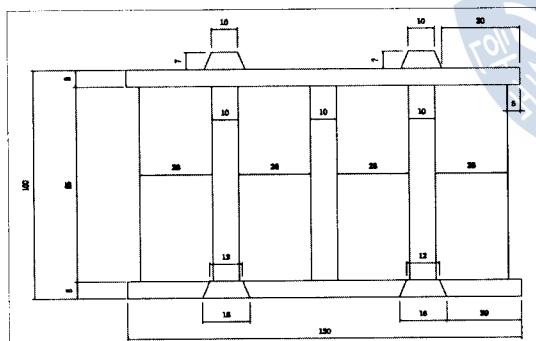


Fig. 2 1:25 Block Design Diagram (Front View)

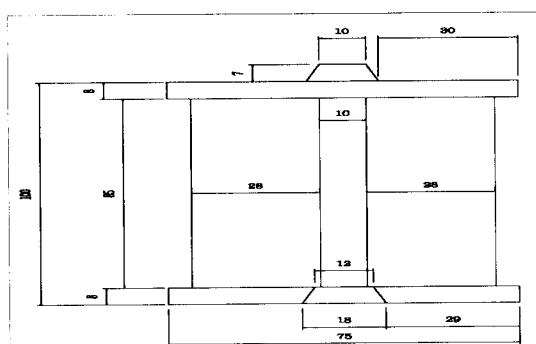


Fig. 3 1:25 Block Design Diagram (Side View)

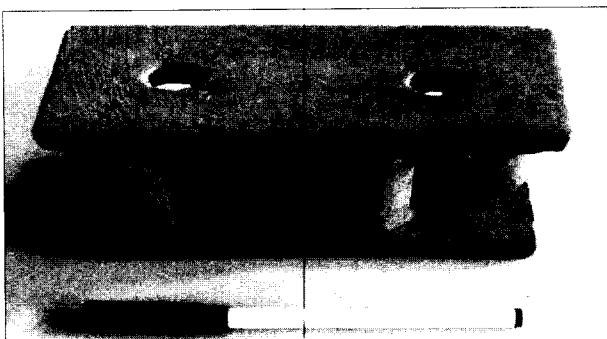


Fig. 4 1:25 Block Design Diagram (Bird's-eye View)

4. 실험 조건 및 실험 항목

4.1 모형의 설치단면

모형은 1/25의 상사로 제작되었으며, 이번 모형은 실체로 정해진 단면이 없기 때문에 제체바닥에 사석기초를 기본단면으로 구축한 다음 실린더 슬릿형 단위블력을 3단으로 올리고 상치콘크리트가 최상단에 올라가는 구조로 설치하였다. 설계조건은 남해안의 삼천포를 기준으로 하였으며 설계수심은 8m, 약최고만조위는 9.64m로 사용하였다. 설계파고($H_{1/3}$)는 2.5m로 하였으며 주기($T_{1/3}$)는 6초로 하였다. 마루높이는 만조위에서 월파를 부분적으로 허용하는 범위($1.0 \times H_{1/3} \sim 1.25 \times H_{1/3}$)로 선정하였다. Fig. 5에서처럼 방파제 원형은 유공식 구조물이라 투과율이 항내 정온에 문제를 발생시킬 것을 고려하여 이에 대한 대안으로 항내 측 최상단 블록을 상치와 연결하는 구조로 하는 대안실험 병행하여 서로 비교분석 해 보았다.

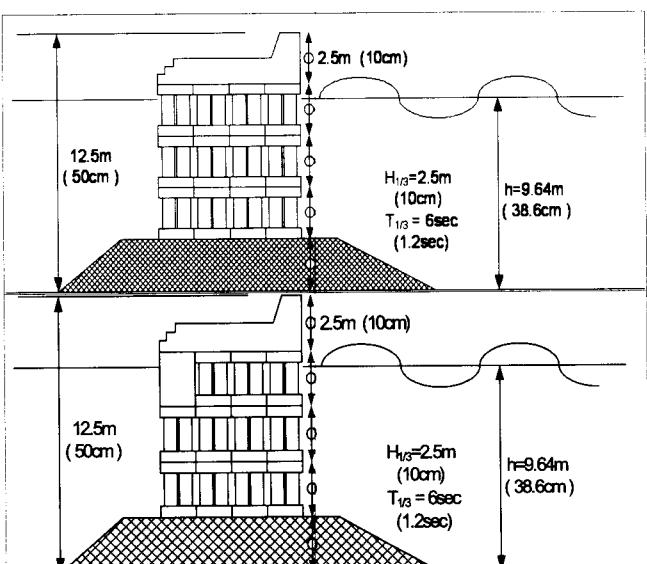


Fig. 5 Prototype & Alternative Section Design

4.2 파고계의 계측위치

조파기의 입사파와 스펙트럼을 맞추기 위하여 4개의 파고계가 사용되었다. Fig. 6 과 같이 우선 불규칙파의 스펙트럼을 분석하기 위하여 1번 파고계는 조파판 전면에 설치하였으며 파고계 2번, 3번은 구조물이 놓일 지점에 연속적으로 설치하였으며, 4번 파고계는 실험수조 배후 소파제의 소파능력을 보기 위하여 그림과 같이 설치하였다. 조파기는 2번, 3번 파고계에서 분석된 스펙트럼을 목표스펙트럼에 최대한 맞게 미세조정을 하였으며, 이는 구조물에 목표로 하는 스펙트럼의 불규칙파가 정확하게 전달된다는 것을 의미한다.

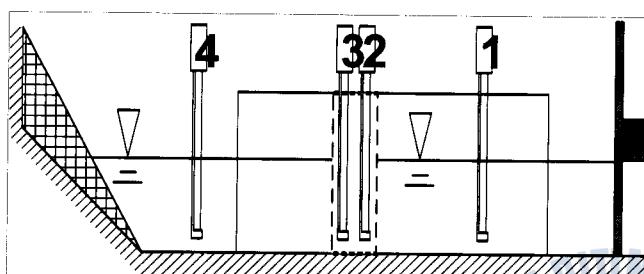


Fig. 6 Experimental Setup for Irregular Wave Spectrum

설치 구조물의 반사율과 투과율을 구하기 위하여 Fig. 7 과 같이 총 5개의 파고계가 사용되었다. 반사율은 유의파의 한 파장 보다 떨어진 곳에 파고계를 3개를 설치하여 3점법으로 입·반사파를 분리하여 구조물의 반사율 산정에 이용하였으며, 파의 투과율은 4번과 5번 파고계에서 분석하였다.

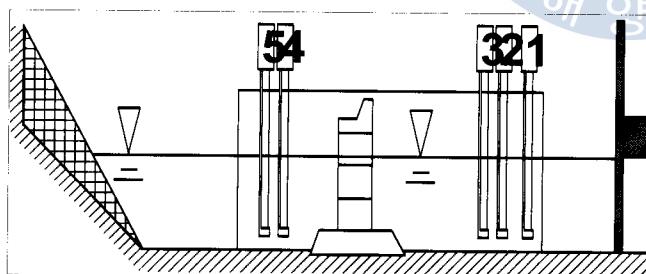


Fig. 7 Experimental Setup for Reflection and Transmission rates

4.3 불규칙파의 조파

불규칙 조파 시스템의 흐름도는 Fig. 8 에 도식하였다. 우선 목표로 하는 파랑 스펙트럼을 조파기의 특성함수에 따라 조파판의 구동 스펙트럼으로 변환된 다음 변환된 스펙트럼을 불규칙한 위상을 가진 성분파로 분해한 후 D/A converter를 거치게 되면 아날로그 조파신호가 얻어진다. 이와 같이 조파된 파랑을 모형 구조물 설치위치에서 입반사파를 분리한 후 측정된 입사파의 스펙트럼이 목표 스펙트럼과 일치하지 않으면 응답함

수에 의해 조파판 구동 스펙트럼을 수정하여 실험파 스펙트럼이 목표 스펙트럼에 근접할 때 까지 반복하였다. 여기서 입반사파 분리에는 상호 적정한 간격을 두고 설치된 3개의 파고계로부터 관측된 파고기록을 이용하는 Goda와 Suzuki(1976)가 제안한 방법을 사용하였으며, 입사파량으로는 다음 (4)식과 같이 Goda(1985)에 의해 수정된 Bretschneider-Mitsuyasu스펙트럼을 사용하였다.

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

여기서 $S(f)$ 는 파랑에너지 밀도함수, f 는 주파수를 나타내며, $H_{1/3}$ 및 $T_{1/3}$ 은 각각 유의파고 및 유의주기를 나타낸다. 목표 스펙트럼은 Bretschneider-Mituyasu 스펙트럼을 사용하여 모형 구조물의 설치위치에서 입사파의 시계열이 목표파랑의 유의파고 및 유의주기와 일치하도록 조정하였고, 쇄파현상이 발생하지 않는 경우에는 모형 구조물의 설치위치에서 입사파의 스펙트럼과 목표 스펙트럼이 일치하도록 재현하였다.

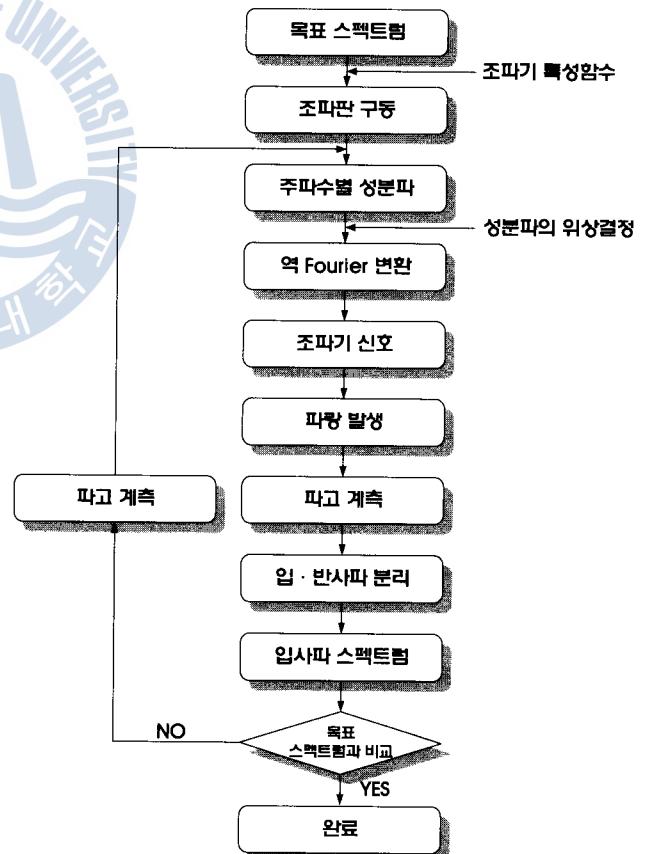


Fig. 9 Flow Chart for Irregular Wave Generation

최고고조위 조건에서 작성된 입사파량에 대한 특성은 Table 2에 나타내었으며, 목표파 스펙트럼과 입사파 스펙트럼의 비교한 그래프는 Fig. 9 에 나타내었다.

Table 2 Design Wave Height

목표파 세원		1/25 목표파 세원		비고 * 는 조파판의 과격한 구동으로 재현불가.
H _{1/3}	T _{1/3}	H _{1/3}	T _{1/3}	
0.5m	3s	0.02m	0.6s	
	4s	0.02m	0.8s	
	5s	0.02m	1.0s	
	6s	0.02m	1.2s	
1.5m	3s	*	*	
	4s	0.06m	0.8s	
	5s	0.06m	1.0s	
	6s	0.06m	1.2s	
2.5m	3s	*	*	
	4s	*	*	
	5s	*	*	
	6s	0.10m	1.2s	

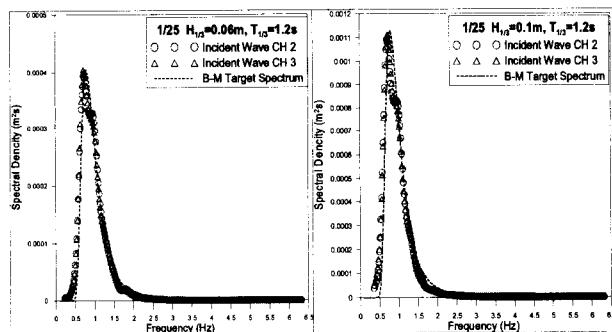


Fig. 10 Responses from the Incident Wave Spectrum

4.4 실험항목

4.4.1 안정성

상치콘크리트와 실린더 슬릿형 단위블럭의 안정성은 실험과를 실험실 규모로 30분간 연속적으로 적용시켜 이탈유무를 육안으로 관찰하여 기록하였으며 또한 실험 전후의 사진을 판독함으로써 분석하고, 실험 중에도 디지털 캠코더 촬영을 통하여 관찰하였다.

4.4.2 반사율

호안 및 방파제 등의 피복층에 도달한 파의 에너지 일부는 피복층 내에서 감쇠되어 소멸하지만 일부는 반사파로 되어 구조물의 전면해역에 되돌아온다. 그러므로 소파공으로부터 반사율이 작으면 그 만큼 소파효과가 양호하다는 것을 의미한다. 제체에 도달한 입사파는 제체로부터 반사하게 되므로 제체에서 유의파장 이상 떨어진 지점에 Fig. 7과 같이 적절한 간격을 두고 3개의 과고계를 설치하여 이들의 계측결과인 파형기록에 의해서 FFT법을 사용해서 성분파의 진폭을 구하고, 이러한 성분파로부터 입·반사파의 진폭을 구한 후, 이들의 페리오도그램(periodogram)을 평활화함으로써 입·반사파의 스펙트럼을 추정 할 수 있다. 그리고 스펙트럼의 분리 추정치는 발산하지 않는식(5)과 같은 주파수 범위에서만 유효하다.

$$\text{상한치 } (f_{\max}) : \Delta f / L_{\min} \approx 0.45$$

$$\text{하한치 } (f_{\min}) : \Delta f / L_{\max} \approx 0.05 \quad (5)$$

여기서 f_{\max}, L_{\max} 는 유효한 주파수 범위의 상한치 및 그에 대응하는 파장이고, f_{\min}, L_{\min} 는 유효한 주파수 범위의 하한치 및 그에 대응하는 파장이다. Δf 는 과고계 간격으로 유효 주파수 범위내에 포함된 에너지가 전 에너지의 90% 이상 되도록 결정한다. 반사율의 추정에 있어서는, $f_{\min} \sim f_{\max}$ 범위의 입·반사파가의 에너지 E_I, E_R 을 먼저 구한다. 즉,

$$E_I = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_I(f) df$$

$$E_R = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_R(f) df \quad (6)$$

여기서 E_I 및 E_R 은 입사파 및 반사파의 에너지이고 $S_I(f)$ 및 $S_R(f)$ 는 입사파 및 반사파의 스펙트럼 밀도함수이다. 식(6)을 이용하여 구해진 입·반사파의 에너지는 각각 파고의 자승에 비례하고 있기 때문에, 파고비로 정의되는 반사율은 다음과 같이 식(7)로 구해진다.

$$K_R = \sqrt{E_R/E_I} \quad (7)$$

4.4.3 투과율

방파제의 피복층에 도달한 파의 에너지 일부는 소파공내에서 감쇠되어 소멸하지만 일부는 전달파로 되어 항내에 투과된다. 그러므로 소파공으로부터 투과율이 크면 그 만큼 항내 전달파고가 크다는 것을 의미한다. 제체에 도달한 입사파는 제체로부터 일부는 반사하고 되므로 일부는 투과하게 되므로 제체에서 적당한 떨어진 지점에 Fig. 7과 같이 적절한 간격을 두고 2개의 파고계를 설치하여 이들의 계측결과인 파형기록에 의해서 FFT법을 사용해서 성분파의 진폭을 구하고, 이러한 성분파로부터 투파파의 진폭을 구한 후, 이들의 페리오도그램(periodogram)을 평활화함으로써 투파파의 스펙트럼을 추정할 수 있다. 그리고 투과율은 입사된 스펙트럼의 총에너지와 투파된 스펙트럼의 총에너지의 비를 제곱근으로 나타낼 수 있다.

$$E_I = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_I(f) df$$

$$E_T = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_T(f) df \quad (8)$$

여기서 E_I 및 E_T 는 입사파 및 투파파의 에너지이고 $S_I(f)$ 및 $S_T(f)$ 는 입사파 및 투파파의 스펙트럼 밀도함수이다. 식(8)을 이용하여 구해진 입·반사파의 에너지는 각각 파고의 자승에 비례하고 있기 때문에, 파고비로 정의되는 투과율은 다음과 같이 식(9)로 구해진다.

$$K_T = \sqrt{E_T/E_I} \quad (9)$$

5. 분석 및 결론

5.1 원안

5.1.1 원안의 반사율 실험

반사율은 구조물 전면에 설치된 3개의 파고계(채널1, 채널2, 채널3)로부터 계측된 파형기록을 사용하여 입·반사파를 분리한 후, 입사파의 에너지에 대한 반사파의 에너지비의 평방근으로 계산되었다. Table 2에서 제시한 입사파 조건으로 원안에 대한 반사율실험을 수행하여 얻은 결과를 Table 3에 나

타내었다. 원안의 반사율을 살펴보면 파고에 비해 주기가 길수록 반사율이 줄어드는 결과를 보이는 것으로 계측되었으며, 일반적인 파고에는 0.4~0.5 정도의 반사율을 보이는 것으로 계측되었다.

Table 3 Prototype Reflection Rates

파랑 제원		반사율	비고
H 1/3	T 1/3		
0.5m	3s	0.38	* 는 조파판의 과격한 구동으로 재현불가.
	4s	0.36	
	5s	0.33	
	6s	0.32	
1.5m	3s	*	
	4s	0.46	
	5s	0.51	
	6s	0.48	
2.5m	3s	*	
	4s	*	
	5s	*	
	6s	0.41	

5.1.2 원안의 투과율 실험

실린더 슬릿형 단위블럭에서 투과파는 주로 블록의 공극을 통하여 항내로 유입되므로 방파제의 항내 측에 설치된 2개의 파고계(채널4, 채널5)를 적당한 간격으로 설치하여 계측하였으며, 계측결과는 Table 4에 나타내었다. 구조물의 공극을 통하여 항내로 전달되는 투과파는 채널4지점과 채널5지점에서 거의 변화가 없으므로 항내에서 일정하게 전파되고 있음을 알 수 있다

Table 4 Prototype Transmission Rates

파랑 제원		투과율	비고
H 1/3	T 1/3		
0.5m	3s	0.41	* 는 조파판의 과격한 구동으로 재현불가.
	4s	0.42	
	5s	0.47	
	6s	0.47	
1.5m	3s	*	
	4s	0.30	
	5s	0.34	
	6s	0.36	
2.5m	3s	*	
	4s	*	
	5s	*	
	6s	0.36	

5.2 대안

5.2.1 대안의 반사율 실험

반사율은 구조물 전면에 설치된 3개의 파고계(채널1, 채널2, 채널3)로부터 계측된 파형기록을 사용하여 입·반사파를 분리한 후, 입사파의 에너지에 대한 반사파의 에너지비의 평방근으로 계산되었다. Table 2에서 제시한 입사파 조건으로 원안에 대한 반사율실험을 수행하여 얻은 결과를 Table 5에 나타내었다. 대안의 반사율 역시 파고에 비해 주기가 길수록 반사율이 줄어드는 결과를 보이는 것으로 계측되었으며, 전체적으로 원안에 비해 반사율이 다소 높아지는 경향이 나타난다.

Table 5. Alternative Transmission Rates

파랑 제원		반사율	비교
H _{1/3}	T _{1/3}		
0.5m	3s	0.47	* 는 조파판의 과격한 구동으로 재현불가.
	4s	0.41	
	5s	0.36	
	6s	0.32	
	3s	*	
	4s	0.50	
	5s	0.54	
	6s	0.47	
1.5m	3s	*	* 는 조파판의 과격한 구동으로 재현불가.
	4s	0.50	
	5s	0.54	
	6s	0.47	
	3s	*	
	4s	*	
	5s	*	
	6s	0.46	

5.2.2 대안의 투과율 실험

실린더 슬릿형 단위블럭에서 투과파는 주로 블록의 공극을 통하여 항내로 유입되므로 방파제의 항내 측에 설치된 2개의 파고계(채널4, 채널5)를 적당한 간격으로 설치하여 계측하였으며, 계측결과는 Table 6에 나타내었다. 구조물의 공극을 통하여 항내로 전달되는 투과파는 채널4지점과 채널5 지점에서 거의 변화가 없으므로 항내에서 일정하게 전파되고 있음을 알 수 있다. 원안의 경우 투과율이 다소 높아 항내정온을 유지하기가 힘들다고 판단하여 대안에서는 상치콘크리트 뒷면 아래의 단위블럭을 내측 접안용 뒷막음 콘크리트로 설치하여 계측한 결과 투과율이 눈에 띄게 감소하여 대안의 경우 원안보다 항내 정온에 도움을 준다고 판단된다.

Table 6. Alternative Transmission Rates

파랑 제원		투과율	비교
H _{1/3}	T _{1/3}		
0.5m	3s	0.26	* 는 조파판의 과격한 구동으로 재현불가.
	4s	0.29	
	5s	0.41	
	6s	0.43	
1.5m	3s	*	
	4s	0.23	
	5s	0.26	
	6s	0.34	
2.5m	3s	*	
	4s	*	
	5s	*	
	6s	0.30	

5.3 원안과 대안 비교·분석

5.3.1 안정성 비교·분석

상치콘크리트, 실린더 슬릿형 단위블럭, 내측 접안용 뒷막음 콘크리트의 동요 및 이탈에 관한 안정성을 관찰하기 위하여, 만조위에서 Table 2에 나타낸 실험파를 실험실 규모로 30분간 작용시켰다. 결과는 Table 7에 나타내었다

Table 7. Stability Analysis of the Breakwater

설계파 제원		안정성			비교
H _{1/3}	T _{1/3}	상치콘크리트	단위블럭	뒷막음 콘크리트	
0.5m	3s	안정	안정	안정	* 는 조파판의 과격한 구동으로 재현불가.
	4s	안정	안정	안정	
	5s	안정	안정	안정	
	6s	안정	안정	안정	
1.5m	3s	*	*	*	
	4s	안정	안정	안정	
	5s	안정	안정	안정	
	6s	안정	안정	안정	
2.5m	3s	*	*	*	
	4s	*	*	*	
	5s	*	*	*	
	6s	안정	안정	안정	

5.3.2 반사율·투과율 비교·분석

Fig. 10, Fig. 11 는 원안과 대안의 반사율 및 투과율을 비교한 그래프이다. 상치콘크리트 뒷면 아래의 단위블럭을 내측 접안용 뒷막음 콘크리트로 설치하여 계측한 결과 파고가 0.5m 일 때 반사율은 원안에 비해 소량 감소하였고, 파고가 1.5m, 2.5m 일 때 반사율은 다소 증가 하였지만 큰 의미는 없어 보이지만, 대안에서는 투과율이 눈에 띄게 감소하여, 대안의 경우 원안보다 항내 정온에 도움을 준다고 판단된다.

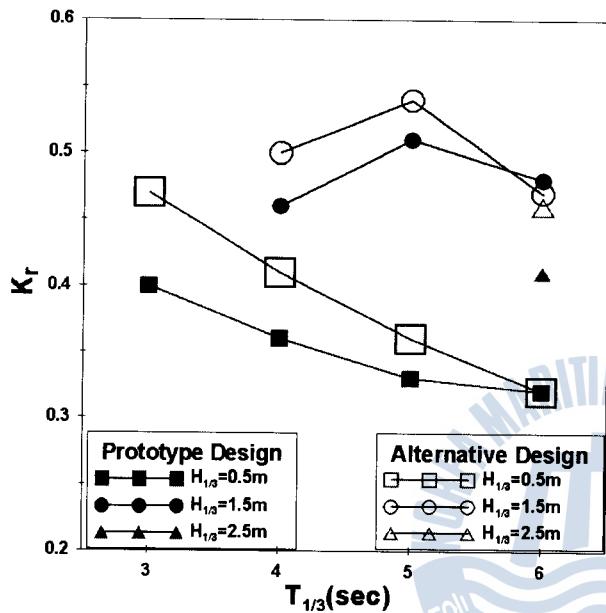


Fig. 11 The Comparison of Reflection Rates

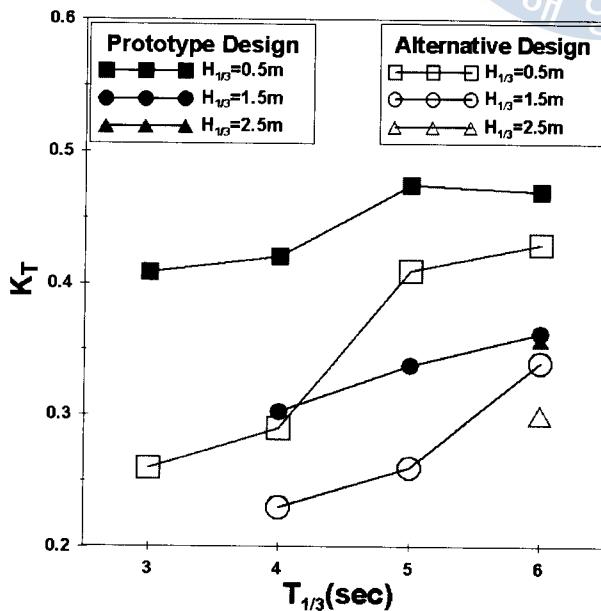


Fig. 12 The Comparison of Transmission Rates

5.4 종합결론

수리실험결과를 바탕으로 원안 및 대안의 각 단면에 대한 안정성을 검토한 결과, 각 단면별로 원안 및 대안 모두 주어진 설계파에 대해서 안정한 것으로 나타났다.

원안 및 대안의 수리학적 성능을 비교·검토해보면 반사율은 원안보다 대안이 다소 증가 하였지만 큰 차이는 없음을 알 수 있었다. 반면에 투과율은 내측 접안용 뒷막음 콘크리트를 설치한 대안의 경우 원안보다 투과율이 훨씬 낮게 나타났다. 그러나 파고가 낮고 주기가 길수록 투과율은 원안과 마찬가지로 증가하는 패턴을 나타내었다.

최적 설계안과 현장 시공과정은 추후 보다 세밀한 분석 이후 본 구조물의 현장 적용시 방파제 배후 해역의 정온 확보는 물론 해수교환 효과를 향상시켜 기존 방파제의 문제점으로 지적되었던 친환경적인 면에서도 효과가 매우 높을 것으로 예측된다.

참 고 문 헌

- [1] 서해어업지도사무소 (2008) 극동항 다기능항 건설공사
- [2] (주)대우건설 (2004) 울산신항 단면수리 모형실험
- [3] (주)세광종합기술단 (2004) 대천항 준설토 투기장 가호안 축조 및 기타공사 실시설계용역 북방파제 단면수리모형실험
- [4] (주)한길 (2005) 환경친화형 단위블럭 수리모형실험 결과 보고서, 한국해양연구원
- [5] 한국건설기술연구원 (2008) 포항 영일만항 외곽시설(1-2단계) 설계 용역중 수리모형실험
- [6] 한재명, 이종석, 오영민, 김춘호, 김광진 (2006) 자연 친화형단위블럭의 개발
- [7] Yoshimi Goda (1996) 港灣構造物 의 耐波設計

원고접수일 : 2009년 01월 09일

원고채택일 : 2009년 02월 10일