

파일지지식 소파방파제의 파압특성 분석

고광오* · 백승우** · 박창범*** · 이종인****

Ko, Kwangoh*, Pack, Seungwoo**, Park, Changbeom***, Lee, Jong-In****

Wave Pressure Characteristics of Pile-Supported Breakwater with the Horizontal Slit Walls

ABSTRACT

This study investigates the wave pressure characteristics of the pile-supported breakwater with single or double perforated walls through 2-D hydraulic experiments and the measured wave pressures are compared to those of wave pressures by Goda's formula. For single chamber, the measured wave pressures in the front wall and rear wall decreased to about 25% and 30%, respectively, compared to those of wave pressures by Goda's formula. Also, the decrease in the wave pressures for double chamber were about 27%, 53%, and 64% in the front wall, middle wall, and rear wall, respectively. It was found that the pile-supported breakwater with double perforated walls was more efficient than the single chamber due to wave dissipation effects of double slit walls with horizontal slits.

Key words : Pile-supported breakwater, Wave pressure, Hydraulic experiment, Perforated walls, Goda wave pressure

초록

본 연구에서는 파일지지식 소파방파제의 파압특성을 2차원 수리모형실험을 통해 분석하였다. 단일 유공벽 및 이중 유공벽을 가진 모형체를 통해 실험을 수행하였으며, 측정된 파압결과는 Goda 파압과 비교분석하였다. 단일 유수실의 경우, 측정된 최대파압이 Goda 파압과 비교하여 전면벽의 경우 25%, 후면벽의 경우 30%가 감소하였다. 이중 유수실의 경우에는 최대파압이 Goda 파압대비 전면벽 27%, 중간벽 53%, 후면벽 64% 감소한 것을 알 수 있다. 이로부터 이중 유공벽을 가진 소파방파제가 단일 유공벽의 경우와 비교하여 파압이 현저히 감소하는 것을 알 수 있었으며, 이는 유공 1실과 2실의 횡슬릿의 유공벽을 통과하면서 발생하는 파랑에너지의 소산으로 인해 후면벽에 작용하는 파압의 크기가 작아졌기 때문으로 판단된다.

검색어 : 파일지지식 소파방파제, 파압, 수리모형실험, 유공벽, Goda 파압

1. 서론

선박의 대형화 등으로 인해 외곽방파제 및 접안시설이 비교적 수심이 깊은 해역에 건설되는 사례가 증가하고 있으며, 대수심역의 구조물 형식은 경제성 등을 감안하여 직립식 구조물이 선호되고 있는 실정이다. 그러나 직립식 구조물은 내습파 에너지의 대부분을 반사시킴으로써 구조물 전면에 고파랑이 형성되며, 반사파와 연파 등을 저감시키기 위해 파랑이 직접 내습하는 부분에 유공부를 설치하는 유공형 구조물의 도입이 일반화 되고 있다.

* 정회원 · 현대건설 연구개발본부 해양에너지팀 차장 (Hyundai Engineering & Construction Co., Ltd. · zeus@hdec.co.kr)

** 현대건설 연구개발본부 해양에너지팀 과장 (Hyundai Engineering & Construction Co., Ltd. · sw.pack@hdec.co.kr)

*** 정회원 · 현대건설 연구개발본부 해양에너지팀 대리 (Hyundai Engineering & Construction Co., Ltd. · cbpark@hdec.co.kr)

**** 정회원 · 교신저자 · 전남대학교 공학대학 해양토목공학과 부교수 (Corresponding Author · Chonnam National University · jilee@chonnam.ac.kr)

Received October 15, 2014/ revised October 26, 2014/ accepted November 12, 2014

유공형 구조물의 장점 중 하나는 직립식 형태의 단면이면서 유공부에 의한 반사율 저감 효과로 구조물 전면의 파고가 무공 직립식 구조물에 비해 작다는 것이다. 이는 유공구조물의 유공부를 통과하면서 수두손실이 발생하고, 유수실 내에서도 추가로 에너지가 감쇠되어 반사율이 저감되기 때문이다. 무공형 후면벽을 유공형으로 설치할 경우(이중 유수실)에는 반사율을 더욱 감소시킬 수 있다. 또한, 유공구조물은 파력의 작용시간을 지연시키고, 이에 따른 최대파력의 감소효과를 볼 수 있다.

유공방파제에 대한 연구는 Jarlan (1961)이 최초로 제안하였고, 수리모형실험을 통해 종래의 직립식 구조물에 비해 유공형 구조물 형태의 방파제가 파랑의 반사율 저감으로 방파제 전면에서의 파고가 감쇠된다고 발표하였다. 이후, 유공방파제의 형태에 따른 반사특성에 대한 연구가 다수 수행되었고, 유수실 폭과 입사파장과의 관계에 대한 연구도 활발히 진행되었다(Marks and Jarlan, 1968; Terret et al., 1968; Fugazza and Natale, 1992; Park et al., 1993). 또한, 단일 유수실을 가진 유공케이슨에 대한 연구로부터 $B/L \approx 0.15$ 부근에서 반사율이 가장 작게 나오는 경향을 보였으며 (Tanimoto et al., 1976; Suh et al., 1992; Park et al., 1993), Park et al. (1993)은 수리모형실험을 통해 유수실 폭과 유수실 내의 수심에 대한 파장과의 비가 0.2 부근에서 최소 반사율이 나타난다고 발표하였다. Williams et al. (2000)은 유공 1실과 유공 2실, 전면벽이 유공형과 슬릿형인 유공케이슨 방파제에 대한 간략 해석해를 유도하기도 하였다.

일반적으로 중력식 유공 방파제의 경우에 기초 지반이 연약한 해역에서는 대규모의 연약지반 개량이 필요하므로 공사비의 증가를 초래한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 파일지지식 소파방파제를 제안하였다. 파일지지식 소파방

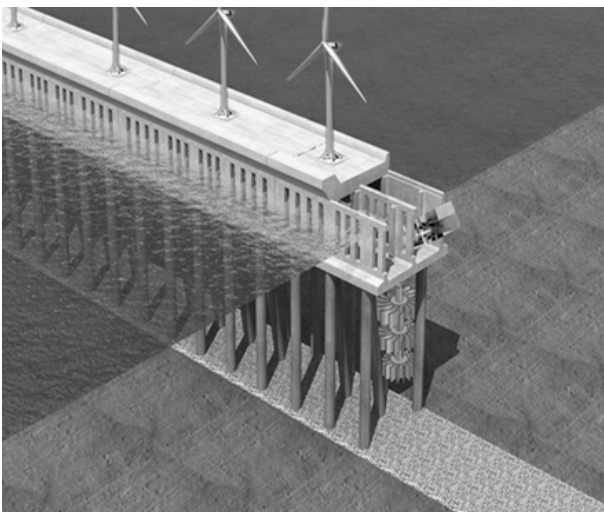


Fig. 1. Concept of Pile-Supported Breakwater

파제는 수상부에 유공 케이슨 구조를 채택하여 입사파의 일부는 저감하여 항내 정온도를 개선하고, 수중부는 파일로 지지되는 구조이므로 별도의 연약지반 처리가 필요 없고 해수유동에 의한 항내 수질 악화를 저감할 수 있기 때문에 경제적이고 친환경적인 구조물이라 할 수 있다. 또한, 유수실 내에 파력발전 장치의 설치가 가능하고 수중부 파일사이에는 수직축 조류발전기의 설치가 가능하여 해양에너지의 개발이 가능하도록 고안된 구조물이다.

본 연구에서는 규칙파를 대상으로 한 파랑 내습시 파일지지식 소파방파제의 유공벽 전면에서의 파압분포를 파악하기 위해 단면수로를 이용한 수리모형실험을 수행하였다. 수심 0.5 m와 0.6 m 조건에서 유수실 수와 유공율(20%, 30%)을 달리한 4가지 형식의 유공형 파일지지식 방파제에 대해 파고와 주기를 변화시켜가며 체제 전면의 파압을 측정하였으며, 측정된 결과는 Goda 파압 (Goda, 2000)과 비교 분석하였다.

2. 실험시설

2.1 실험시설 및 장비

본 연구에서 사용된 조파기는 전기서버 피스톤식 조파기이며, 규칙파 및 불규칙파를 조파할 수 있다. 조파관의 폭은 1.395 m, 높이는 1.5 m로서 단일 조파기이며 최대수심 1.2 m, 최대파고 0.75 m, 재현주기 0.5 sec~7.0 sec의 성능을 가지고 있다. 또한 스펙트럼 함수에 의한 불규칙파와 각각의 성분파에 대해 임의의 스펙트럼 값을 입력하여 조파할 수 있다. 본 연구에서 사용된 분석장비는 컴퓨터, 증폭기 및 A/D converter 등으로 구성되며, 실험과제원에 따른 조파신호를 생성하고, 생성된 신호를 조파기로 송신하는 기능을 가지고 있으며, 파고계로부터 독취된 자료를 스펙트럼 및 파고 등으로 분석할 수 있다. 실험과 설정에 사용된 파고계는 용량식 파고계로서 길이는 0.7 m이고, 측정범위는 $0 \sim \pm 0.35$ m이며, 독취율은 20 Hz이다. 사용된 파압계는 직경 10 mm, 두께 3 mm의 원주형 파압계로서 측정범위는 $0 \sim \pm 0.5$ kg/cm²이며, 실험안별로 총 14대의 파압계를 운용하였다. 유공 1실 실험에서는 전면벽과 후면벽에 각각 7대를 설치하였으며, 유공 2실 실험에서는 전면벽에 5대, 중간벽에 5대, 후면벽에 4대를 설치하여 각 벽체에 작용하는 파압을 측정하였다.

2.2 실험영역

Fig. 2는 실험수로 및 실험모형 설치 개념도를 나타낸 것으로서, 실험모형은 조파기 전면으로부터 10 m 위치에 설치하였다. 사용된 단면수로의 제원은 폭 1.4 m, 높이 1.5 m, 길이 40 m이다. 수리실험은 유한한 수로내에서 수행되기 때문에 구조물에 의한 반사파를 적절히 소파시키지 못하면 실험결과의 신뢰도가 저하되므로 본

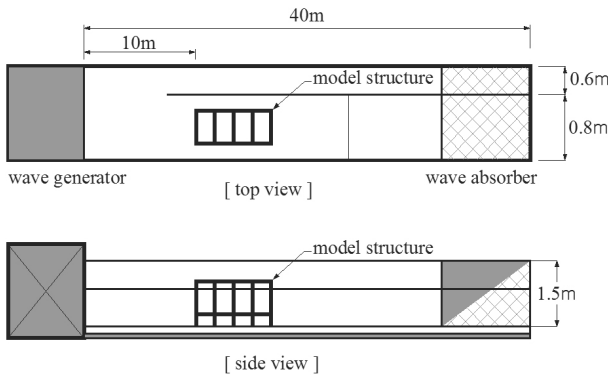


Fig. 2. Experimental Facilities

실험에서는 조파기 반대편의 수로벽에 소파장치를 배치하여 반사파를 제어하였다. 또한 수로내에서 구조물로 인한 반사와 조파판에서 발생하는 제반사를 효과적으로 제어하기 위해 수로의 폭이 0.8 m와 0.6 m로 분할되어 있으며, 분할된 수로의 한쪽 수로(폭 0.8 m)에는 실험모형을 설치하여 제반자료를 취득하고, 다른 수로(폭 0.6 m)에서는 입사파의 설정 및 보정을 수행하였다.

3. 실험체 및 실험조건

본 실험에 적용된 파일지지식 소파방파제 모형은 아크릴로 제작하였으며, Fig. 3은 개략도를 나타낸 것이다. 실험은 일정수심상에서 규칙파를 대상으로 수행하였으며, 실험에 적용된 수심(h_w)은 0.5 m, 0.6 m 두가지 케이스로 구분하였다. 실험체 폭(B)은 0.4 m, 길이(W)는 1.3 m이며, 지지파일을 포함한 총 높이(h_a+h_w)는 0.5 m 수심일 때 0.738 m이고 0.6 m 수심일 때 0.895 m이다. 정수면으로부터 구조물 상단까지의 여유고(h_a)는 0.5 m, 0.6 m 수심에 대해 각각 0.238 m, 0.295 m이다. 모형체 내부 격실은 총 4칸으로 구성하였으며, 각 격실은 폭(B_c) 0.37 m, 길이(W_c) 0.3 m, 높이(h_c) 0.4 m로 하였다. 구조물을 지지하기 위한 파일은 0.03 m 직경의 원주형 아크릴 기둥을 사용하였으며, 파일을 제외한 모형체의 아크릴 두께(t_1)는 0.02 m로 하였다(Fig. 3 참조). Fig. 3(b)은 실험체의 정면도로서 본 연구에서는 모든 유공벽에 대해 횡슬릿을 적용하였다. 유공벽은 실험 케이스에 따라 1개 혹은 2개가 적용되는데, 전면 유공벽은 유공율 30%로 하였으며, 후면 유공벽은 20%로 정하였다. 전면 유공벽에서 $h_1=0.08875$ m, $h_2=0.0075$ m, $h_3=0.03$ m이며, 후면 유공벽의 경우 $h_1=0.0925$ m, $h_2=0.01125$ m, $h_3=0.03$ m로 하였다. Fig. 3에 따라 제작된 소파방파제 실험체의 완성된 사진은 Fig. 4와 같다.

본 연구에서 수행한 실험조건은 Table 1과 같다. 적용 입사파는 규칙파로서 유수실 개수(1실, 2실) 및 수심(0.5 m, 0.6 m)을 변화시

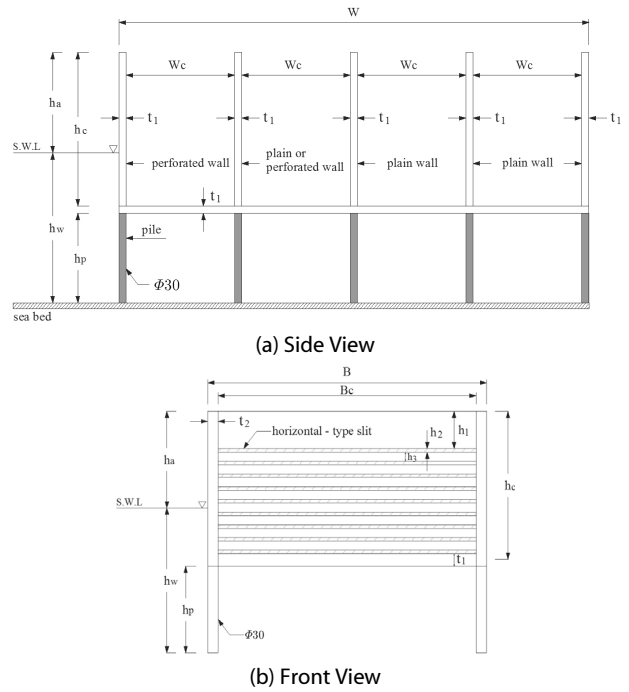


Fig. 3. Schematic Diagram of a Model Structure



Fig. 4. Test Model

켜가며 실험체 내부부의 파고 및 파압을 계측하였으며, 분석 파압은 최대파압이고 C1W5 (유공 1실, 수심 0.5 m), C2W5 (유공 2실, 수심 0.5 m), C1W6 (유공 1실, 수심 0.6 m), C2W6 (유공 2실, 수심 0.6 m)의 총 4가지 케이스로 구분된다. 각 케이스별 입사파의 주기(T)는 1.2 sec~1.6 sec 범위이며, 파고(H)는 0.08 m~0.16 m의 범위내에서 총 7가지 입사파를 적용하였다. Figs. 5 and 6은 C1W5 및 C2W5의 실험장면을 나타낸 것이다. 본 실험에서는 실험시 내습파에 의한 미동을 방지하기 위해 수로바닥에 설치된 아크릴함과 결속시킴과 동시에 상부에 중량물을 재하하여 자중에

Table 1. Experimental Conditions

Case ID	Perforated wall	Water depth (m)	Porosity (%)		Wave condition	
			Front wall	Middle wall	Wave period (sec)	Wave height (m)
C1W5	1	0.5	30	0	1.2 1.6 2.0	0.08 0.08 0.12 0.16 0.08 0.12 0.16
C1W6	1	0.6	30	0		
C2W5	2	0.5	30	20		
C2W6	2	0.6	30	20		

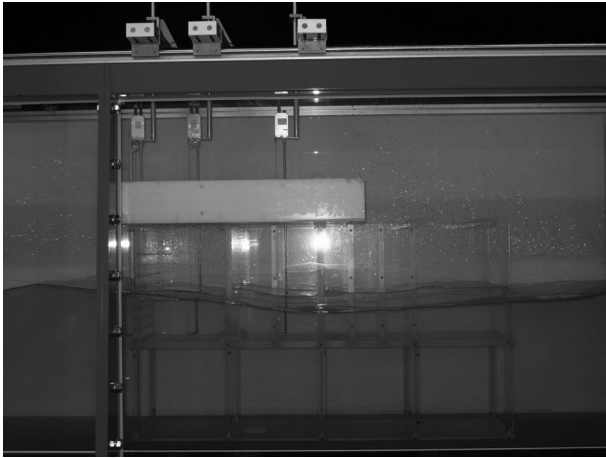


Fig. 5. Model Test for Case C1W5

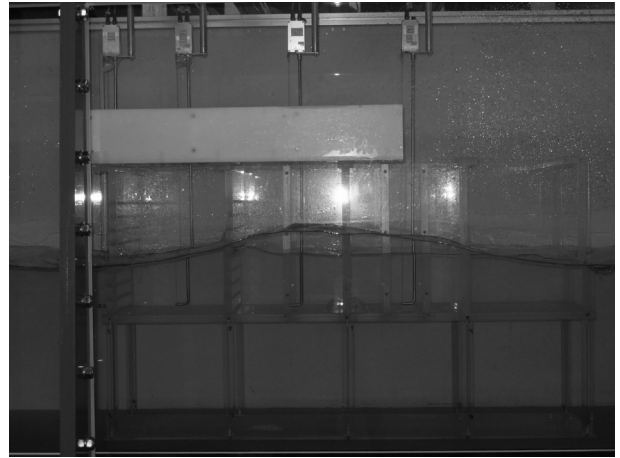


Fig. 6. Model Test for Case C2W5

의해 파랑에 저항하도록 하였다. 이를 통해 본 실험에서는 설정한 실험과 범위내에서 실험체의 흔들림으로 인해 계측결과의 오차가 발생하지 않을 것으로 판단된다. 또한 실험시 조파시간은 300 sec로서 파고분석은 180 sec~300 sec사이의 약 205 sec동안 계측된 자료를 분석하였다.

4. 실험결과 및 분석

본 연구는 파일지지식 소파방파제의 설계를 위한 파압특성을 수리모형실험을 통하여 각 부재별로 파악하고, 기존 무공 케이슨에 적용되는 Goda 파압과의 비교를 통해 수리모형실험을 이용한 설계 파압 산정의 적정성을 파악하는데 그 목적이 있다. 따라서 실험안별로 Goda 파압을 산정하여 계측된 최대파압과의 비교를 수행하였고, 파압값은 1/40 축척을 고려한 원형상으로 환산하여 Figs. 7~10과 Table 2에 나타내었다(Ministry of Oceans and Fisheries, 2014).

유공 1실, 수심 0.5 m (C1W5)의 경우에 대한 계측 파압과 Goda 파압과의 비교결과를 Fig. 7에 나타내었다. 결과를 통해 알 수 있듯이, 전면벽에서는 T=2.0 sec와 H=0.08 m 및 H=0.12 m인 경우에 Goda 파압 대비 최대파압이 다른 주기 및 파고 case에

비해 가장 큰 값을 보였으며, Goda 파압의 약 85%에 해당된다. 파압의 분포도 Goda 파압의 분포와는 다르게 정수면 아래 유수실 하단부에서 발생하며, 이러한 현상은 주기가 상대적으로 긴 T=2.0 sec인 세가지 경우가 모두 해당된다. 반대로 T=1.6 sec와 파고 H=0.16 m인 경우, 다른 파고 및 주기 case에 비하여 Goda 파압 대비 최대파압의 저감율이 크며, Goda 파압 대비 약 66%이다. 후면벽의 경우에도 T=2.0 sec와 H=0.08 m인 경우의 최대파압이 Goda 파압 대비 약 85%로 가장 큰 값을 보였으며, 전면벽과 거의 유사한 결과를 보임을 알 수 있다. T=1.6 sec와 H=0.16 m인 경우, 다른 주기 및 파고 case와 비교할 때 Goda 파압대비 최대파압이 가장 작았으며, 전면벽과 후면벽에서 최대파압의 크기는 Goda 파압 대비 각각 66%, 54%로 나타났다. 파압의 분포도 Goda 파압의 분포와 같이 정수면 부근에서 최대값을 나타내었고, 수심이 깊어짐에 따라 감소하는 형태를 보인다. Table 2로부터 알 수 있듯이 C1W5의 경우, 전면벽과 후면벽 파압의 최대차이는 약 12% (T=1.6 sec, H=0.16 m)이다. 전반적으로 전면벽과 후면벽의 수심 근처에서의 최대 파압은 큰 차이가 없음을 알 수 있는데, 이로부터 1개의 유공벽(유공 1실)만으로는 본 실험에 적용된 입사 파의 에너지를 소산시키기에 부족하다는 사실을 알 수 있다. 하지만 비교적 장주기 입사파에서는 정수면 아래로 내려갈수록 전면벽과

Table 2. Ratio between Goda Wave Pressure and Measured Wave Pressure

Cases	Wave period (sec)	Wave height (m)	Ratio between Goda and measured wave pressure (%)		
			Front wall	Middle wall	Rear wall
C1W5	1.2	0.08	77	-	68
	1.6	0.08	72	-	74
	1.6	0.12	73	-	67
	1.6	0.16	66	-	54
	2.0	0.08	85	-	85
	2.0	0.12	85	-	76
	2.0	0.16	83	-	75
C1W6	1.2	0.08	82	-	67
	1.6	0.08	71	-	59
	1.6	0.12	74	-	62
	1.6	0.16	55	-	47
	2.0	0.08	77	-	82
	2.0	0.12	72	-	73
	2.0	0.16	67	-	74
C2W5	1.2	0.08	67	42	38
	1.6	0.08	60	35	35
	1.6	0.12	73	36	31
	1.6	0.16	61	39	23
	2.0	0.08	79	43	36
	2.0	0.12	82	44	31
	2.0	0.16	81	43	31
C2W6	1.2	0.08	85	46	40
	1.6	0.08	71	44	43
	1.6	0.12	71	47	32
	1.6	0.16	65	55	33
	2.0	0.08	76	42	49
	2.0	0.12	72	51	40
	2.0	0.16	66	58	37

후면벽의 파고 예측값에 차이가 점차 증가하는 경향을 보이게 되며, 이로부터 전면 유공벽의 파랑에너지 소산효과가 수심이 깊을 수록 커지는 것을 알 수 있었다.

유공 1실 수심 0.6 m (C1W6)의 경우에 대한 예측된 최대파압과 Goda 파압과의 비교결과를 Fig. 8에 나타내었다. 전면벽의 경우에 T=1.2 sec와 H=0.08 m인 경우가 다른 주기 및 파고 조건에 비해 Goda 파압대비 최대파압이 가장 크게 예측되었으며, Goda 파압 대비 약 82%로 나타났다. 또한 T=2.0 sec와 H=0.08 m인 경우에 최대파압은 Goda 파압 대비 약 77%에 해당된다. 이 경우에 파압의 최대값은 Goda 파압의 분포와는 다르게 정수면 아래 유수실 하단부에서 발생하며, 이러한 현상은 T=2.0 sec인 세가지 경우가 모두

해당된다. 반대로 T=2.0 sec와 H=0.16 m인 경우에 Goda 파압대비 최대파압의 저감율은 다른 파랑조건보다 크며, Goda 파압 대비 최대파압의 크기는 약 67%로 나타났다. 후면벽의 경우에도 T=2.0 sec와 H=0.08 m인 경우에 다른 주기 및 파고 조건에 비해 Goda 파압대비 최대파압이 가장 큰 값을 보이며, 파압의 크기는 Goda 파압의 약 82%에 이른다. T=1.6 sec와 H=0.08 m인 경우에는 다른 파랑조건에 비해 Goda 파압대비 최대파압이 가장 작은 값을 나타내며, 이 경우의 파압 크기는 Goda 파압의 약 59%이다. 상대적으로 주기가 긴 T=2.0 sec인 세가지 경우에는 후면벽의 파압 분포도 전면벽과 같이 파압의 최대값이 Goda 파압의 분포와는 다르게 정수면 아래 유수실 하단부에서 발생한다. Table 2로부터 알 수

파일지지식 소파방파제의 파압특성 분석

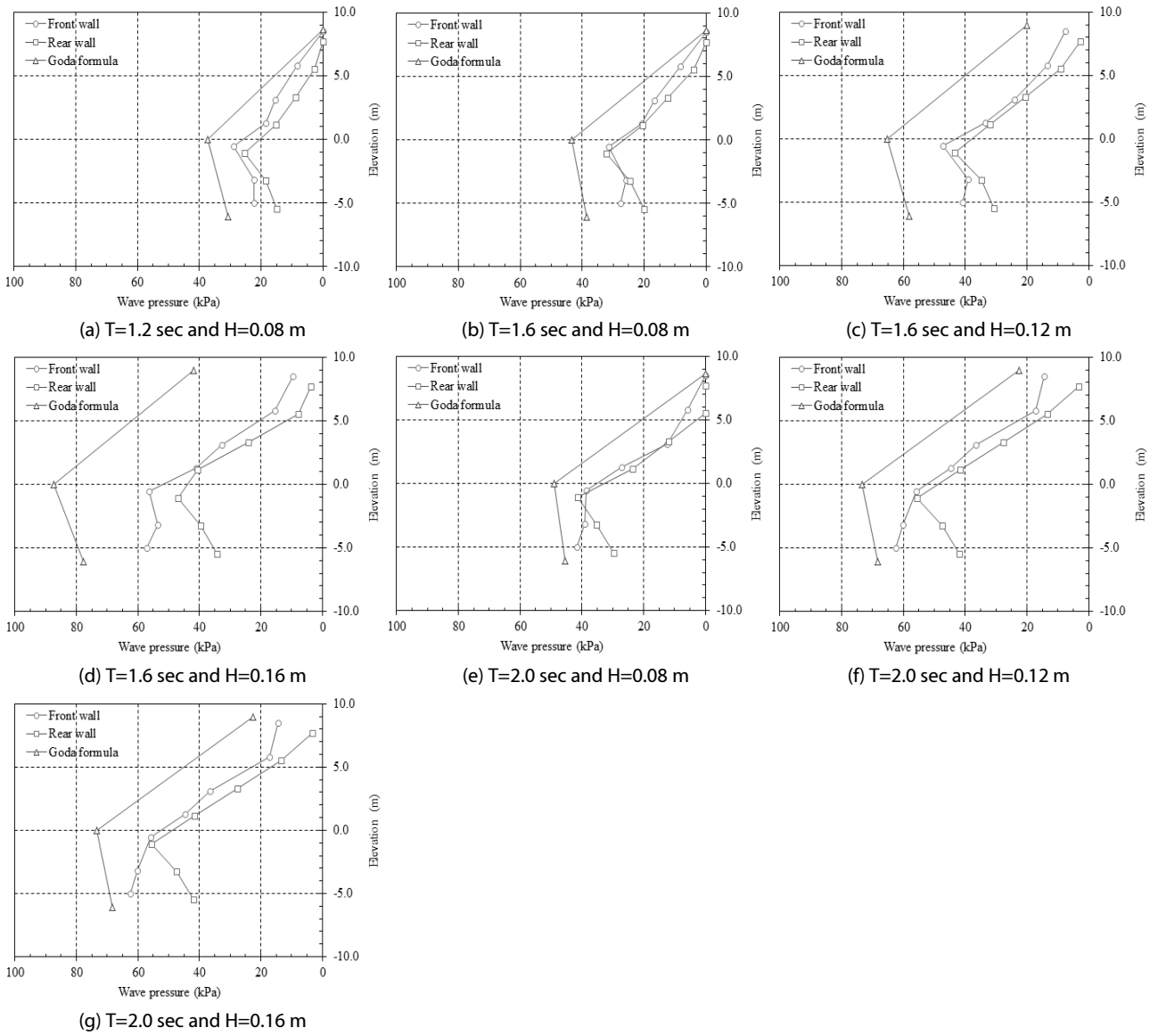


Fig. 7. Wave Pressure Distributions for the Case of C1W5

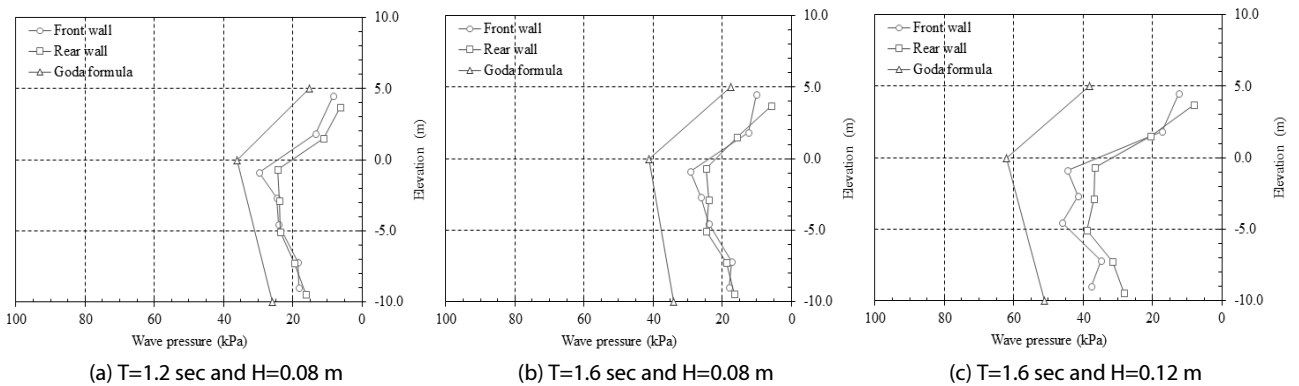


Fig. 8. Wave Pressure Distributions for the Case of C1W6

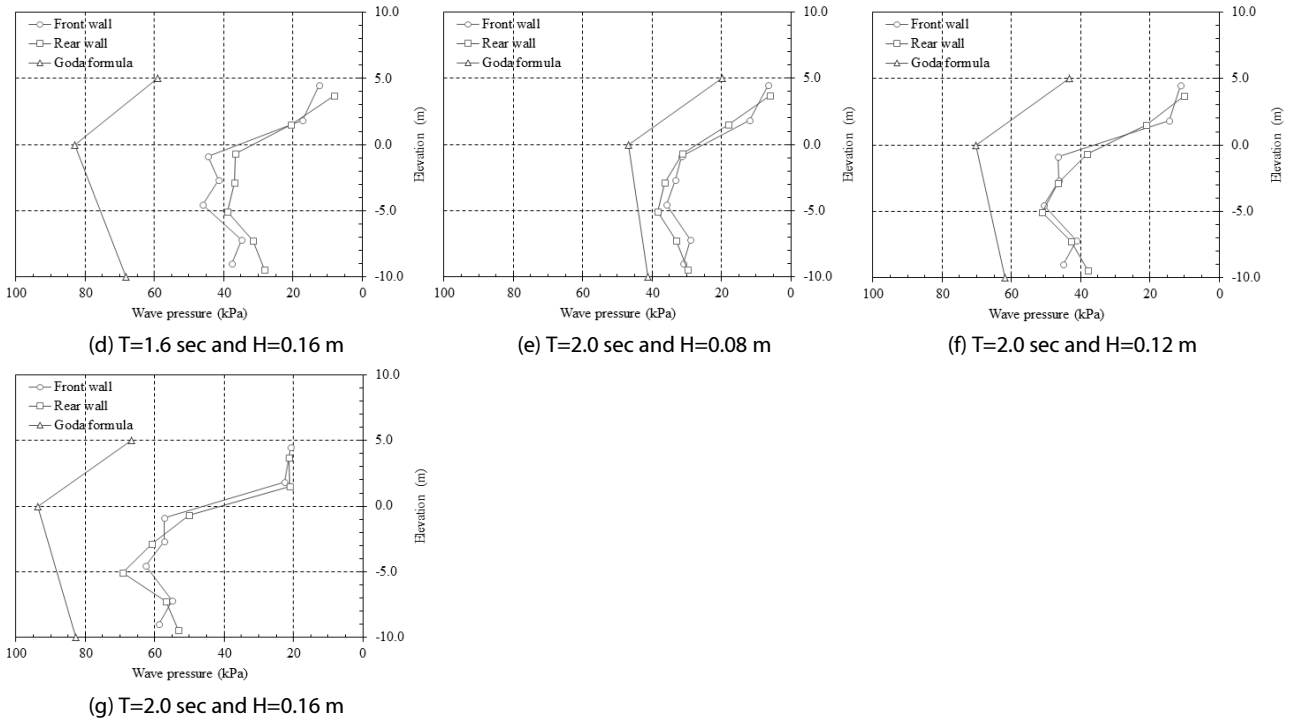


Fig. 8. Wave Pressure Distributions for the Case of C1W6 (Continue)

있듯이 C1W5에 비해 수심이 증가된 C1W6에서는 전면벽과 후면벽의 최대치 차이가 약 15% ($T=1.2$ sec, $H=0.08$ m 조건)로서 전면벽과 후면벽의 파압분포가 모든 입사파 경우에 대해 전반적으로 큰 차이가 없음을 알 수 있으며, 이로부터 C1W5의 경우와 마찬가지로 1개의 전면 유공벽만으로는 본 실험에 적용된 입사파의 에너지를 소산시키기에 미흡하다는 사실을 알 수 있다. 또한, 전면벽과 후면벽에서 계측된 파압이 정수면 아래로 내려갈수록 차이를 보인 C1W5와는 달리 C1W6에서는 모든 측정위치에서 거의 유사한 경향을 볼 수 있었다.

유공 2실 수심 0.5 m (C2W5)의 경우에 대한 계측된 최대파압과 Goda 파압과의 비교결과를 Fig. 9에 도시하였다. Fig. 9로부터 알 수 있듯이 전면벽에서 계측된 최대파압은 $T=2.0$ sec와 $H=0.12$ m인 경우가 다른 파랑조건에 비해 Goda 파압대비 최대파압이 가장 크게 나타났으며, Goda 파압의 약 82%이다. 중간벽도 $T=2.0$ sec와 $H=0.12$ m인 경우에 최대파압이 Goda 파압의 44% 정도로서 다른 파랑조건과 비교하여 최대치를 보인다. 파압의 분포도 Goda 파압의 분포와는 다르게 정수면 아래 유수실 하단부에서 발생하며, 이러한 현상은 주기가 상대적으로 긴 주기 $T=2.0$ sec인 세가지 경우가 모두 해당된다. 반대로 실험파 주기 $T=1.6$ sec와 파고 $H=0.08$ m인 경우 전면벽에서의 최대파압은 Goda 파압대비 약 60%, 중간벽은 약 35%로 가장 작은 값을 보였다. 후면벽의 경우에도 실험파 조건이 주기 $T=1.2$ sec와 파고 $H=0.08$ m인 경우에서의

최대파압이 Goda 파압대비 다른 파랑조건과 비교하여 가장 큰 값을 보였으며, Goda 파압의 약 38%로 계측되었다. 실험파 주기 $T=1.6$ sec와 파고 $H=0.16$ m인 경우 전면벽에서의 최대파압이 Goda 파압대비 가장 작은 값을 보였으며, Goda 파압대비 약 61%로서 $T=2.0$ sec, $H=0.12$ m 파랑조건에 비해 약 21%의 차이를 보였다. 파압의 분포도 Goda 파압의 분포와 같이 정수면 부근에서 최대값을 나타내고, 정수면 아래로 내려갈수록 감소하는 형태를 보인다. 또한, Table 2로부터 알 수 있듯이 C2W5의 경우에 전면벽과 후면벽의 평균적인 Goda 파압 대비 최대파압의 차이는 약 40%로서 유공벽이 전면벽에만 적용된 C1W5에 비해 중간벽 및 후면벽에서 계측된 파압이 상당히 낮아짐을 알 수 있다. 유공 1실에 비해 후면벽의 파압이 현저히 작은 이유는 유공 1실과 2실의 슬릿벽을 통과하면서 발생하는 파랑에너지의 소산으로 인해 후면벽에 작용하는 파고의 크기가 작아졌기 때문으로 판단된다.

유공 2실 수심 0.6 m (C2W6)의 경우에 대한 계측된 최대파압과 Goda 파압과의 비교결과를 Fig. 10에 나타내었다. 전면벽에서는 $T=1.2$ sec와 $H=0.08$ m인 경우에 Goda 파압대비 최대파압이 가장 큰 값을 나타내었으며, 측정된 파압값은 Goda 파압의 약 85%에 이르렀다. $T=1.6$ sec와 $H=0.16$ m인 경우에는 Goda 파압대비 최대파압이 약 65%로서 $T=1.2$ sec, $H=0.08$ m인 경우에 비해 약 20% 저감되었다. 중간벽에서의 최대파압은 $T=2.0$ sec와 $H=0.16$ m인 경우에 Goda 파압대비 58% 정도로서 다른 파랑조건

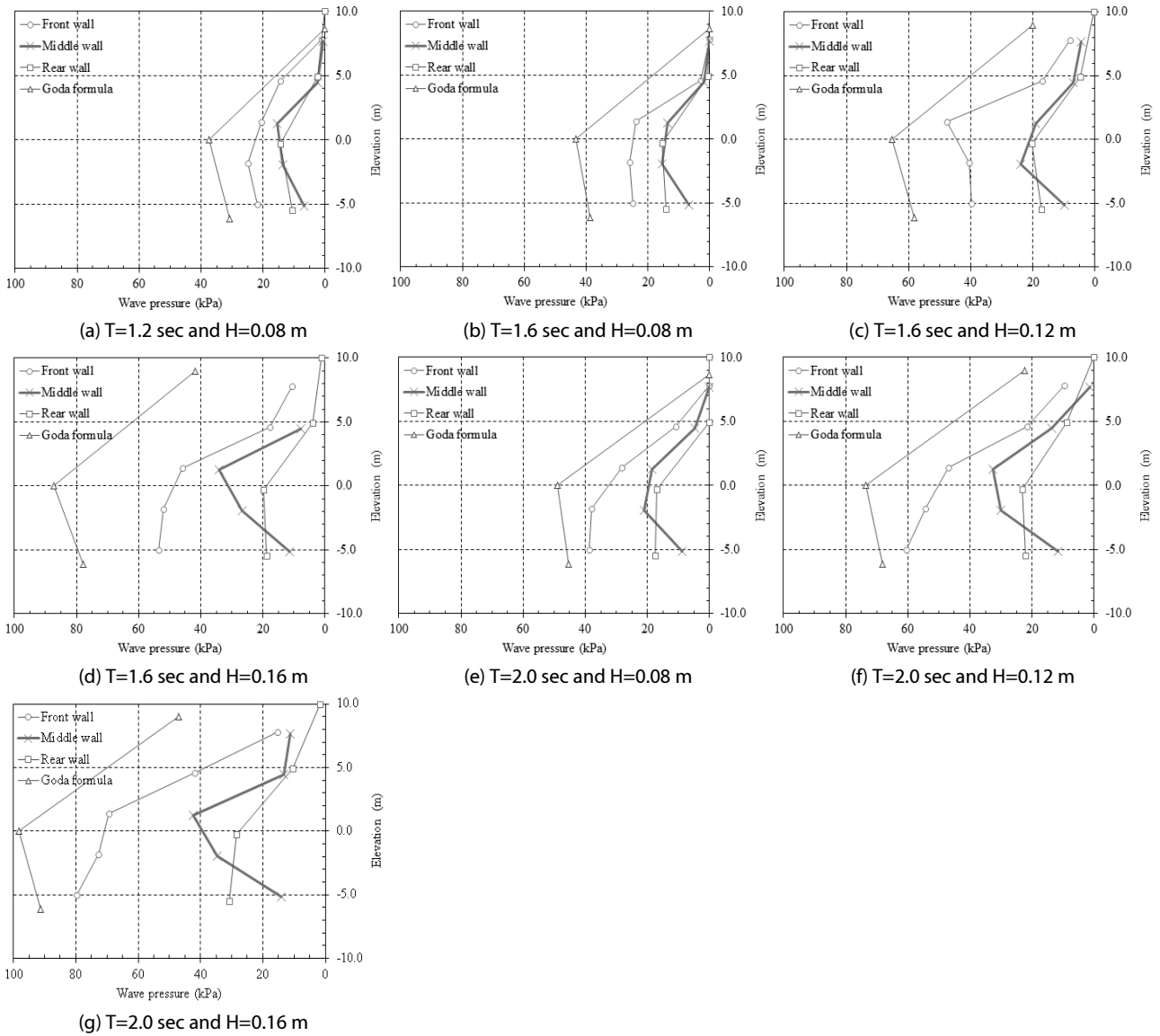


Fig. 9. Wave Pressure Distributions for the Case of C2W5

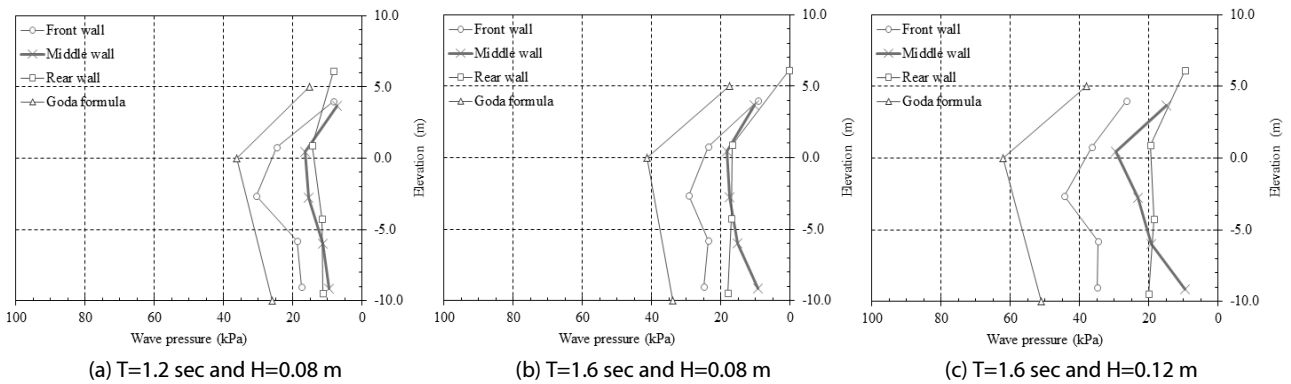


Fig. 10. Wave Pressure Distributions for the Case of C2W6

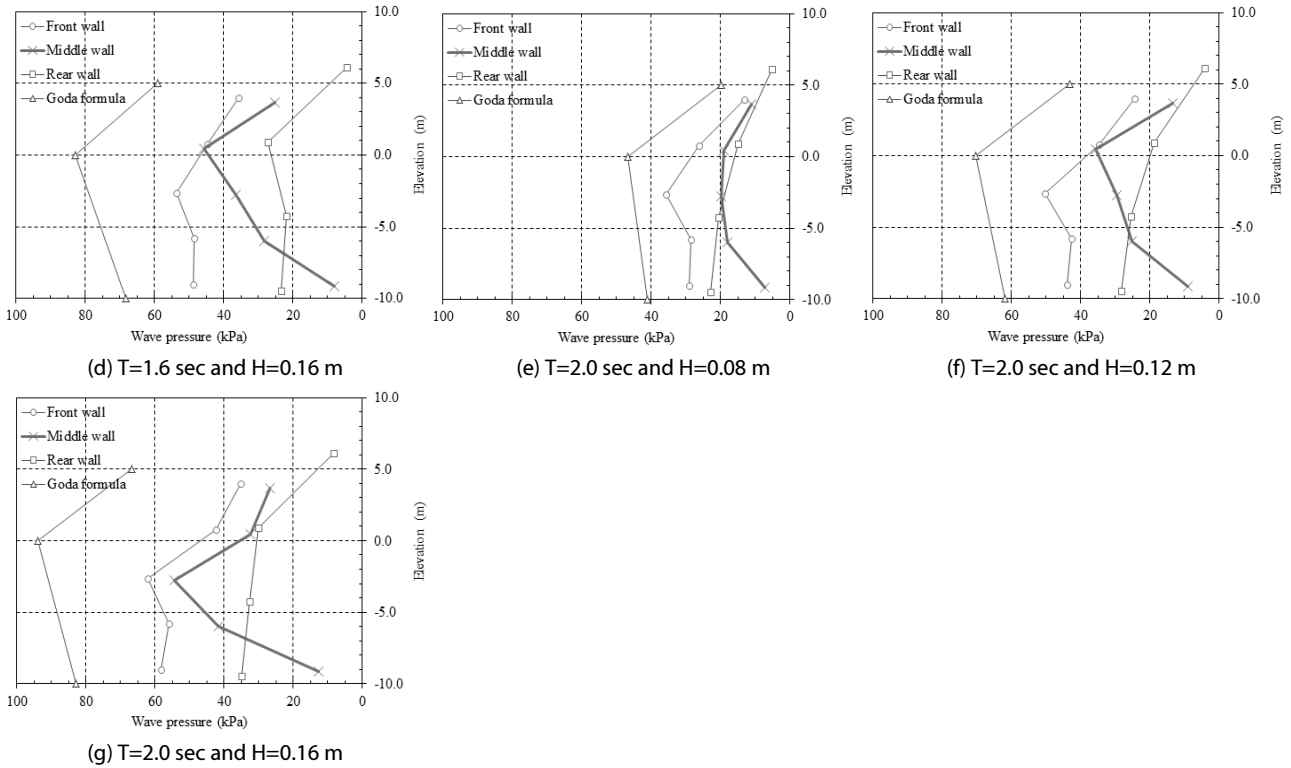


Fig. 10. Wave Pressure Distributions for the Case of C2W6 (Continue)

에 비해 최대값을 보인다. 반대로 T=2.0 sec와 H=0.08 m인 경우에는 Goda 파압의 약 42%로서 다른 파랑조건과 비교할 때 최소값을 보인다. 후면벽의 경우에도 T=2.0 sec와 H=0.08 m인 경우, Goda 파압대비 최대파압이 다른 파랑조건에 비해 가장 큰 값을 나타내었으며, Goda 파압의 약 49%이다. 반면 T=1.6 sec와 H=0.12 m인 경우에는 Goda 파압대비 최대파압이 다른 주기 및 파고 조건에 비해 가장 작음을 확인할 수 있었으며, 파압의 크기는 Goda 파압의 약 32%이다. Table 2에서 볼 수 있듯이 C2W6의 경우에도 C2W5와 마찬가지로 전면벽에만 적용된 C1W6에 비해 전면벽과 후면벽에서 최대파압의 차이가 평균적으로 약 33%에 이르며, 유공 1실에 비해 후면벽의 파압이 현저히 작은 이유는 C2W5의 경우에서와 마찬가지로 유공 1실과 2실의 슬릿벽을 통과하면서 발생하는 파랑 에너지의 소산으로 인해 후면벽에 작용하는 파고의 크기가 작아졌기 때문이다. 또한 전반적으로 모든 벽에서 파압의 분포는 Goda 파압의 분포와 같이 정수면 부근에서 최대치를 나타내고, 수심이 깊어짐에 따라 감소하는 형태를 보인다. 하지만 중간벽과 후면벽의 경우 유수실 저면에서 측정한 파압은 후면벽에서의 값이 중간벽에 비해 더 증가됨을 알 수 있는데, 이는 2차 유공벽을 거쳐 유공 2실로 입사한 파랑 에너지가 후면벽에서 재반사된 파랑과 유공 2실에서 서로 간섭을 일으켜 발생된 결과라 판단된다.

5. 결론

파일지지식 소파방파제는 저파랑 연안지반의 해역에 적용하기 위해 고안된 구조물로서 실용화를 위해서는 다양한 검토가 이루어져야 할 것이다. 본 연구에서는 우선적으로 규칙파를 적용한 파압 실험을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 횡슬릿 유수실의 파압 실험은 유공 1실과 유공 2실에 대해 수심 0.5 m와 0.6 m 경우에서의 7가지 파랑 조건에 대해 수행하였다. 유공 1실의 경우에서 측정한 최대파압은 전면벽에서 Goda 파압대비 66~85%정도의 분포를 보였으며, 후면벽의 경우에도 Goda 파압의 54~85% 정도로 측정되었다. 파압 분포는 정수면에서 유수실 바닥까지의 수심이 상대적으로 작은 영향으로 인해 Goda 파압 분포와는 달리 정수면 아래 유수실 하단부에서 최대값을 보였다. 유공 1실의 경우, 유공벽으로 인해 최대파압이 Goda 파압대비 전면벽은 약 25%, 후면벽은 약 30%가 저감됨을 알 수 있었다.
- (2) 유공 2실 전면벽의 경우, 측정된 최대파압이 Goda 파압대비 60~85%정도의 값을 보였으며, 중간벽도 Goda 파압의 35~58% 정도의 파압이 측정되었고, 후면벽의 경우에도 Goda 파압의

23~49%의 분포를 보였다. 이러한 결과로부터, 유공벽으로 인해 파압이 평균적으로 전면벽은 약 27%, 중간벽은 약 53%, 후면벽은 약 64%가 저감됨을 알 수 있었다.

- (3) 유공벽을 전면벽에만 적용한 C1W5 및 C1W6에 비해 유공벽을 전면벽 및 중간벽에 적용한 C2W5 및 C2W6의 계측파압이 현저히 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 유공 1실과 2실의 유공벽을 통과하면서 발생하는 파랑에너지의 소산으로 인해 후면벽에 작용하는 파고의 크기가 작아졌기 때문이며, 이와 같은 연구결과는 향후 다층 유공벽을 가진 소파방파제의 실제 설계시 그 소파효과를 증진시키는 데 기여 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 소관 연구개발사업인 “능동제어형 조류발전 기술개발(20110171)” 및 “기후변화대응 항만설계기준 개선방안연구(1단계)(과제번호: 20110131)”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

Fugazza, M. and Natale, L. (1992). “Hydraulic design of perforated breakwaters.” *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Eng.*, ASCE, Vol. 118, No. 1, pp. 1-14.
 Goda, Y. (2000). *Random seas and design of maritime structures*,

pp. 126-144.
 Jarlan, G. E. (1961). “A perforated vertical wall breakwater.” *Dock and Harbour Authority XII*, Vol. 486, pp. 394-398.
 Marks, M. and Jarlan, G. E. (1968). “Experimental study on a fixed perforated breakwater.” *Proc. of 11th Int. Conf. Coastal Eng.*, ASCE, Vol. 3, pp. 1121-1140.
 Ministry of Oceans and Fisheries (2014). *Design standard for harbour and port*, pp. 127-132 (in Korean).
 Park, W. S., Chun, I. S. and Lee, D. S. (1993). “Hydraulic experiments for the reflection characteristics of perforated breakwaters.” *J. of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*, Vol. 5, No. 3, pp. 198-203 (in Korean).
 Suh, K. D., Oh, Y. M., Chun, I. S. and Lee, D. S. (1992). “An experimental investigation for Hydraulic characteristics of solid and perforated-wall caisson of a mixed type breakwater.” *J. of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*, Vol. 4, No. 4, pp. 243-249 (in Korean).
 Tanimoto, K., Haranaka, S., Takahashi, S., Komatsu, K., Todoroki, M. and Osato, M. (1976). *An experimental investigation of wave reflection, overtopping and wave forces for several types of breakwaters and sea walls*, Tech. Note of Port and Harbour Res. Inst., Ministry of Transport, Japan, No. 246, p. 38 (in Japanese).
 Terret, F. L., Osorio, J. D. C. and Lean, G. H. (1968). “Model studies of a perforated breakwater.” *Proc. of 11th Int. Conf. Coastal Eng.*, ASCE, Vol. 3, pp. 1104-1120.
 Williams, A. N., Mansour, A. E. M. and Lee, H. S. (2000). “Simplified analytical solutions for wave interaction with absorbing-type caisson breakwaters.” *Ocean Engineering*, Vol. 27, pp. 1231-1248.