

월류제에 의한 항내의 해수교환촉진방법 연구

○유대성¹ · 강신중² · 신문섭³ · 홍성근⁴

1. 서론

그동안 우리나라의 항만개발 정책은 급증하는 수출입화물 물동량을 따라잡기 위한 화물처리능력을 증대시키는데 역점을 두어 자연·생태적 환경보호에 대해서는 충분한 주의를 기울이지 못하였다. 앞으로 선진국의 국제항만들과 경쟁을 하기 위해서는 구체적으로 요구되는 환경문제를 적극적으로 해결하지 않으면 안될 시점에 와 있다. 따라서 앞으로의 항만개발은 원활한 항만활동을 유지하면서 환경보호문제가 해결될 수 있도록 하는 환경 친화적인 항만을 개발하는 것이 필요하다.

항내 또는 만의 유속, 혼합, 확산을 촉진한다든가 억제한다든가 하는 데는 에너지(Energy)가 필요하다. 해양 에너지(Energy)에는 조석, 해류, 파, 내부파 등이 있다. 항내 또는 만내의 해수 환경의 개선을 계획하는 데는 우선 어떠한 에너지(Energy)를 이용하여 유동제어를 할 것인지 그리고 이용할 수 있는 에너지(Energy)는 어느 정도인가 검토할 필요가 있다.

본 실험에서는 항내의 해수교환촉진방법으로 월류제를 설치하여 파에너지를 이용한 월류제 전·후에서 입사파고와 전달파고, 월파 유량, 월파후의 유속을 측정하여 월류제 설치에 따른 해수교환정도를 실험하였다.

2. 실험

2.1 실험방법

2.1.1 불규칙파의 조파

군산대학교 공과대학 토목·환경공학부에 보유하고 있는 조파기 제어방식은 AWACS(Active Wave Absorber Control System)를 가동하여 반사파의 영향을 저감시킨 상태에서 파고변화별 월류제 전면과 후면의 파고변화와 월류량을 측정하였다. 스펙트럼의 형태를 다양하게 재현할 수 있는 WS(Wave Synthesizer)를 통하여 Bretschneider-Mitsuyasu Type의 스펙트럼을 재현하였다. 특히 설계파랑을 재현하기 위하여 조파기의 stroke을 서서히 증가시켜 파고를 서서히 높이면서 파랑 초기조건을 재현하였다. 특히 파의 형태는 파형경사, 해저경사 및 수심 등에 의해 결정되므로 이들 조건을 만족시킬 수 있는 모형상을 만들고 실험파랑을 재현하였다. 일반적으로 작은 파랑은

-
1. 군산대학교 토목·환경공학부 석사과정
 2. 군산대학교 토목·환경공학부 석사과정
 3. 군산대학교 토목·환경공학부 교수
 4. 군산대학교 해양생산·기관 공학부 교수

쇄파가 발생치 않아 스펙트럼이 잘 재현되나, 파랑이 큰 경우 수심의 영향으로 쇄파가 발생하기 때문에 파고조건에 일치하는 스펙트럼 재현이 쉽지 않다. 따라서 목적 스펙트럼은 Bretschneider-Mitsuyasu Type의 스펙트럼을 사용하되 입사파랑은 방파제의 위치에서 입사파의 시계열이 목적 파랑의 유의파고 및 유의파 주기와 맞도록 반복하여 조정하였다. 특히 수로내에서 조파판 앞의 수심에서는 쇄파가 발생치 않도록 수심을 조정하므로써, 가능한 현장에서의 파랑과 유사한 파랑이 재현되도록 시도하였다.

2.1.2 모형의 설치 및 축척

월류제의 월파랑과 월류후의 파고변화를 측정하기 위한 모형축척은 실험파의 제원, 수로의 크기, 조파기 성능을 고려하여 점성, 표면장력이 중력에 비해 무시될 수 있도록 하고 축척 효과에 관한 많은 연구성과의 경험에 의하여 대략적으로 월류제를 중심으로 하여 평면 모형을 1/100의 모형축척을 선정하였다. 모형이 크면 클수록 모형에 전해지는 파압은 축척의 3제곱에 비례하기 때문에 축척을 약간만 변화시켜도 상당히 커다란 파압을 재현시킬 수 있어 축척영향(scale effects)을 무시한 정밀한 실험을 수행하기 위해 실험시설의 용량이 허용하는 범위 내에서 모형을 대형화할수록 좋다고 한다.

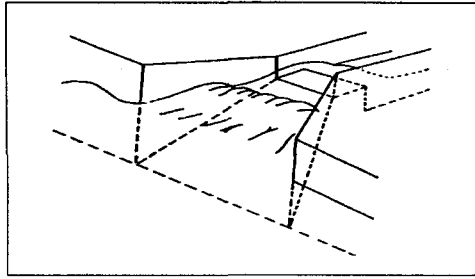
수리모형실험에서 월류제의 월파랑과 월류후의 파고변화를 측정하기 위한 모형을 평면조파수로에 설치한다. 실험 수로내에서 모형상의 설치목적은 크게 2가지로 요약할 수 있다. 첫째, 방파제 인근해역의 해저경사를 현장조건과 거의 똑같이 재현하여 수심의 영향을 받아 변형되면서 방파제와 월류제에 도달하는 입사파의 형태를 현장조건과 유사하게 재현하는것이다. 둘째, 실험실에서 재현되는 파랑의 파고는 조파판의 움직임에 따라 결정되기 때문에 조파판의 이동거리와 조파판의 위치에서 수심은 파고 재현에 매우 중요한 요소가 된다. 그러므로 제한된 길이의 수조를 이용하여 구조물 위치에서 설계파 및 안정성 검토시의 안정성의 여유 정도를 확인하기 위해 설계파보다 큰 파고를 발생시키기 위해서는 조파판에서의 수심이 구조물 위치에서의 수심보다 클 필요가 있는 것이다. 따라서 본 실험에서는 방파제 설치 지점으로부터 외해쪽으로 12.5m(현장의 방파제 위치에서 유의파 주기의 약 5파장의 거리)까지는 현장의 방파제 전면 해저경사인 1/50의 경사로 재현하였다. 한편 수리모형실험의 가장 큰 장점 중의 하나는 발생하는 수리현상 및 구조물의 피해진행 현황을 육안으로 연속 관찰할 수 있으며 필요시 사진촬영에 의한 분석이 가능하다는데 있다.

<표 1> 월류제 콘크리트의 규격

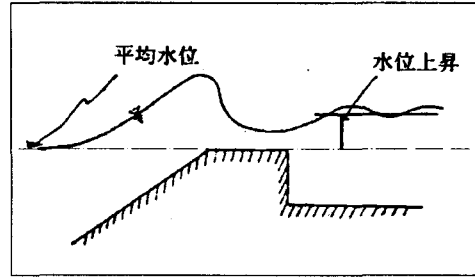
월류제	길이(m)	높이(m) (방파제 저면에서 부터 높이)	폭(m)
원형(prototype)	75	14.9	10
모형(model)	0.75	0.149	0.1

2.2 실험방법

<그림 1>는 수로폭을 감소시켜서 Energy를 모아 파고를 증대하여 월류제를 월파시켜 흐름을 만드는 방법이다. <그림 2>는 월파 후 파에 의한 수위상승(wave set-up)이 일어나기 때문에 이 수위를 도수로 이용하여 해수교환이 촉진되는 것을 나타내고 있다.



<그림 1> 파 에너지(Energy)를 이용한 해수교환
촉진공법(월류제 이용)



<그림 2> 월파후 파에 의한 수위상승(wave set-up)
유로수로 이용한 예

실험내용으로는 첫 번째, 월류제 상단에서 월파유량 측정시간은 각각의 파고별로 모형주기 0.66초에서 1.36초까지 각각 약 200 여개의 파고를 얻는 시간으로 하여 3~5분 동안 월파량을 측정하였다. 두 번째는 모형파고 2.0cm~8.0cm까지 유속을 측정하기 위하여 부자를 이용하여 모형 파고 별로 월파후 평균유속을 측정하였다. 세 번째는 항내 파고변화로 인한 정온도를 알아보기 위하여 모형주기 0.66초에서 1.36초까지 각각 약 200 여개의 파고를 얻는 시간으로 하여 3~5분 동안 파를 발생시켜 유의파고와 평균파고를 얻었다.

2.3 실험결과

2.3.1 월류제에서 월파유량

월파유량을 정하기 위하여 월류제 실험조건은 <표 2>의 파고별로 주기(T)($T=2.853853 + 2.259089 \times H - 0.212029 \times H^2 + 0.012316 \times H^3$)를 구하여 월파유량을 측정하였다. 월파유량은 월류제 상단에 저수통을 설치하여 저수통에 저수된 물을 측정하여 단위시간별 단위폭당의 부피로 환산하였다.

<표 2> 파고별 월파량 측정 결과

파고		주기(sec)		모형 월파량 ($cm^3/cm/sec$)	환산 월파량 ($m^3/m/sec$)
원형(m)	모형(cm)	원형	모형		
8.0	8.0	13.6625	1.36625	8.543	0.8543
6.5	6.5	11.9620	1.19620	6.517	0.6517
5.0	5.0	10.3881	1.03881	4.467	0.4467
4.0	4.0	9.2860	0.92860	3.289	0.3289
3.0	3.0	8.0554	0.80554	1.417	0.1417
2.0	2.0	6.6224	0.66224	0.417	0.0417

2.3.2 모형파고별 유속

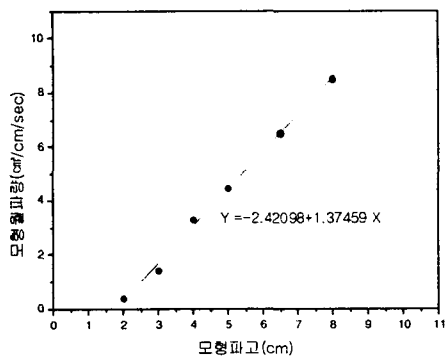
<표 3> 모형파고별 평균 유속

파 고		주 기(sec)		모형 평균유속 (cm/sec)	원형 평균유속 (m/sec)
원형(m)	모형(cm)	원형	모형		
8.0	8.0	13.6625	1.36625	10.512	1.0512
6.5	6.5	11.9620	1.19620	7.730	0.7730
5.0	5.0	10.3881	1.03881	6.775	0.6775
4.0	4.0	9.2860	0.92860	5.328	0.5328
3.0	3.0	8.0554	0.80554	3.880	0.3880
2.0	2.0	6.6224	0.66224	2.345	0.2345

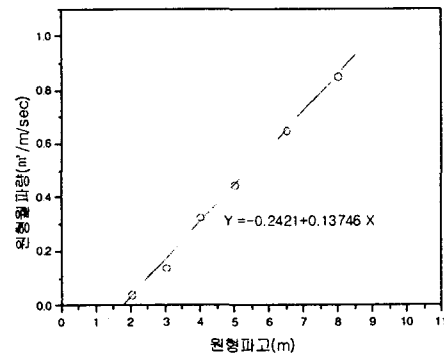
2.3.3 월류제 전·후에서의 파고변화

<표 4> 월류제 전·후의 파고변화

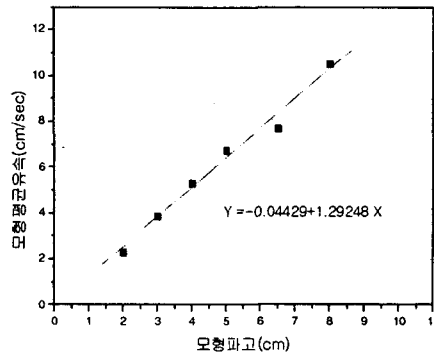
파고		주기(sec)		측점별 파고(cm)									
원형 (m)	모형 (cm)	원형	모형	1		2		3		4		5	
				$H_{1/3}$	H_{γ}	$H_{1/3}$	H_{γ}	$H_{1/3}$	H_{γ}	$H_{1/3}$	H_{γ}	$H_{1/3}$	H_{γ}
8.0	8.0	13.6625	1.36625	7.49	5.29	1.47	1.04	1.24	0.87	0.87	0.61	0.41	0.29
6.5	6.5	11.9620	1.19620	6.17	4.36	1.25	0.88	0.90	0.64	0.57	0.40	0.39	0.27
5.0	5.0	10.3881	1.03881	4.23	2.99	1.02	0.72	0.96	0.68	0.31	0.22	0.34	0.24
4.0	4.0	9.2860	0.92860	3.94	2.79	0.83	0.59	0.83	0.58	0.29	0.21	0.35	0.25
3.0	3.0	8.0554	0.80554	2.93	2.07	0.65	0.46	0.85	0.60	0.23	0.16	0.21	0.15
2.0	2.0	6.6224	0.66224	1.68	1.19	0.51	0.36	0.78	0.55	0.15	0.11	0.16	0.11



<그림 3> 모형파고-유량 CURVE곡선



<그림 4> 원형파고-유량 CURVE곡선



<그림 5> 모형파고별 모형평균유속

3. 결론

항내의 쾌적한 수질환경을 지키기 위한 일환으로 만내의 유속과 혼합을 촉진시키기 위한 방법을 찾기 위하여 월류제를 설치하여 월류제 전·후에서 입사파고와 전달파고, 월파상황, 월파후의 유속을 측정하여 월류제 설치에 따른 해수교환정도를 실험한 결과를 요약하면

1) 모형파고 2.0cm~8.0cm까지 파를 발생시켜 각각의 평균유속을 관측한 결과 모형파고 2.0cm에서 모형평균유속은 2.345cm/sec가 발생되었으며 모형파고 8.0cm에서 모형평균유속은 10.512cm/sec가 발생되었다. 모형파고 2.0cm~8.0cm까지 모형평균유속은 선형적으로 증가하고 있었다. 이 값을 원형으로 환산하면 파고 2.0m에서 원형 평균유속은 0.2345m/sec가 되며 원형파고 8.0m에서 원형평균유속은 1.0512m/sec가 되어 항내 해수교환을 촉진시킬 수 있다고 판단된다.

2) 모형파고 2.0cm~8.0cm까지 파를 발생시켜 각각의 모형유의파고($H_{1/3}$)를 관측한결과 모형파고 2.0cm에서 항내 모형유의파고($H_{1/3}$)는 0.165cm가 발생되었으며 모형파고 8.0cm에서 항내모형파고($H_{1/3}$)는 0.41cm가 발생되었다. 이 값을 원형으로 환산하면 파고 2.0m에서 항내 유의파고($H_{1/3}$)는 16cm가되고 원형파고 8.0m에서 항내 유의파고($H_{1/3}$)는 41cm가 되어 항내 정온도에 영향을 주지 않는다고 판단된다.

4. 참고문헌

- 1.李羲允(2000),해안항만공학,지양사
- 2.林迎春·申東壽·申文燮(1988),干拓工學,京文社
- 3.李種南·申文燮(1987),水産土木,京文社
- 4.李種南,片宗根,申文燮,金圭漢,洪聖根(1995),海岸水理學,東明社
- 5.申文燮(1998),沿岸水理學,日光出版社

5. 사진

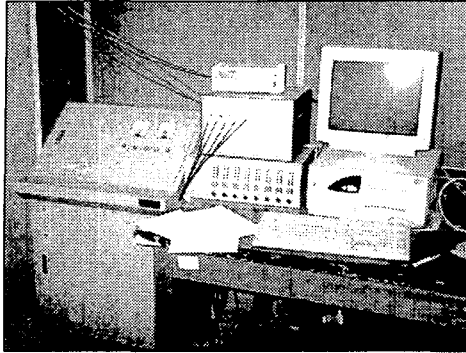


사진1 조파장치

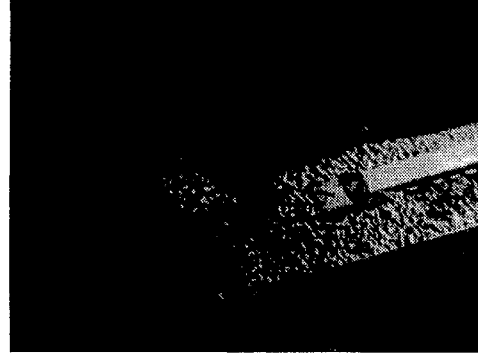


사진2 월류제 수리모형실험평면도

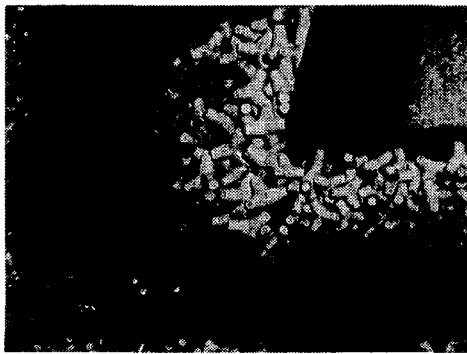


사진3 월류제 뒤의 유속관측사진

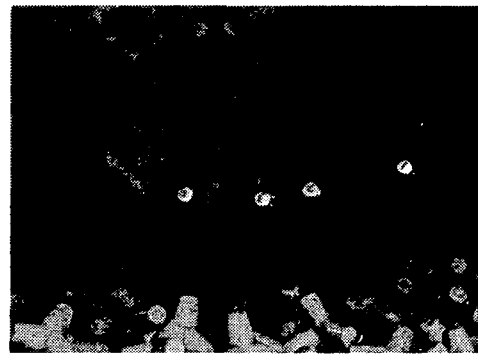


사진4 수로에서 유속관측사진

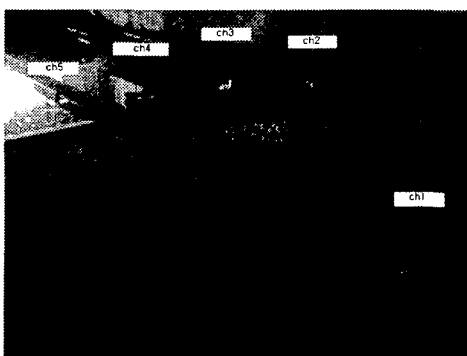


사진5 파고계 설치

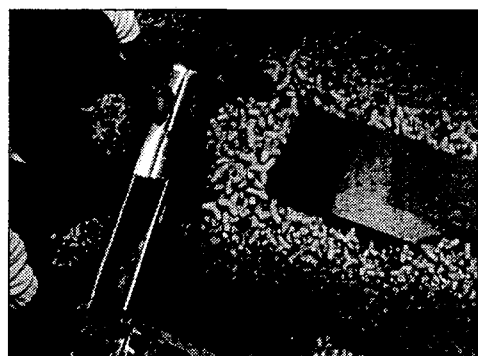


사진6 월류제에서 월파량 측정