

해 안 분 과

CADMAS-SURF/VOF-SOLA의 해안 · 항만구조물로의 적용성에 관한 연구

김 도 삼(한국해양대학교 토목환경시스템공학부 교수)

제 1 장 서 론

제 2 장 커튼식 방파제에 적용

1절 개요

2절 커튼식 방파제에 적용에 대한 검토

제 3 장 커튼식 방파제

1절 개요

2절 투과성 3열 커튼식 방파제

제 4 장 슬리트케이슨제

1절 개요

2절 슬리트케이슨의 수치해석

제 5 장 2중 슬리트케이슨제

1절 개요

2절 파랑변형

3절 수위변동 및 유속분포

제 6 장 슬리트식 호안

1절 개요

2절 파랑변형

3절 수위변동 및 유속분포

제 7 장 결 론

참 고 문 헌

제1장 서론

최근, 자유수면을 갖는 비압축성 유체의 해석을 위해 Hirt and Nichols(1981)가 제안한 VOF법이 자유수면을 취급하는 많은 학문분야에서 활발히 활용되고 있다. 특히, 일본에서 잠제에 의한 쇄파해석에 岩田 등(1994)이 처음으로 VOF법을 적용한 이래 많은 연구자에 의한 공동연구의 결과로 개발된 CADMAS-SURF(沿岸開發技術研究Center, 2001)는 사용자가 직접 입·출력을 제어할 수 있는 효과적인 2차원파동장의 해석프로그램으로 알려져 있다. 국내에서는 金 등(2001, 2002)이 최초로 VOF-SOLA법을 이용한 수치파동수로를 제안하고 잠제 주변의 파동장해석을 수행하고 있다.

CADMAS-SURF/VOF-SOLA에서 적용하고 있는 그림 1.1의 수치파동수로는 2차원 수치파동수로 내에 파의 재반사를 방지하지 위한 개경계처리기법으로 해석영역 양쪽에 에너지감쇠영역(energy dissipation zone)을 두고 있고, 조파를 위해 line-source를 적용하고 있다.

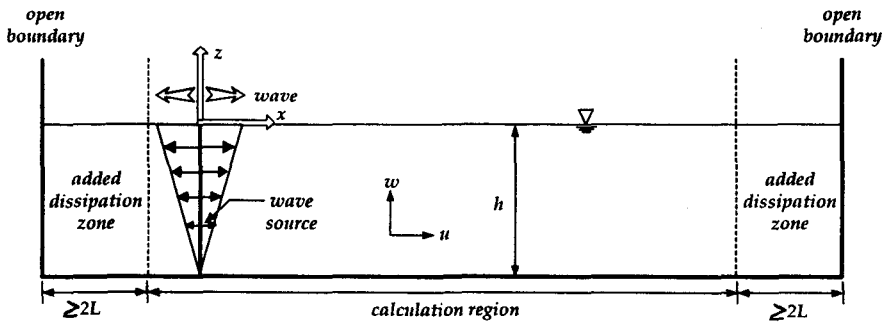


그림 1.1 수치파동수로.

제2장 커튼식 방파제에 적용

1절 개요

CADMAS-SURF/VOF-SOLA는 다양한 해안·항만구조물을 대상으로 검증된 수치해석법이지만 본 보고서에서 주된 구조물인 커튼식 구조물에 의한 파랑변형(투과율과 반사율) 결과의 검증은 충분히 검토되어 있지 않은 것으로 판단된다. 따라서, 이 장에서는 1열 불투과 커튼식 방파제에 의한 단면 2차원적인 파랑변형에 대해 CADMAS-SURF/VOF-SOLA를 적용하여 얻어진 수치해석 결과를 기존의 실험결과(森平 등, 1964)와 비교하여 검증한다.

2절 커튼식 방파제에 적용에 대한 검토

1. 불투과성 1열 커튼식 방파제

그림 2.2.1에 본 절에서 검토하는 불투과성의 1열 커튼식 방파제를 나타내고 있으며, 불투과성 커튼식 방파제에 의한 파랑변형을 계산함에 있어서 적용된 입사파랑의 조건과 수심 및 구조물의 치수는 표 2.2.1과 같다. 그림 2.2.1에서 구조물 전면에 설치된 3개의 파고계는 반사율을 측정하기 위한 것이고, 후면의 2개 파고계는 투과율을 측정하기 위한 것이다. 수치파동수로내에서 해석에 충분한 정상상태의 파를 얻기 위해 입사파랑의 주기에 따라 계산영역을 변화시켰다.

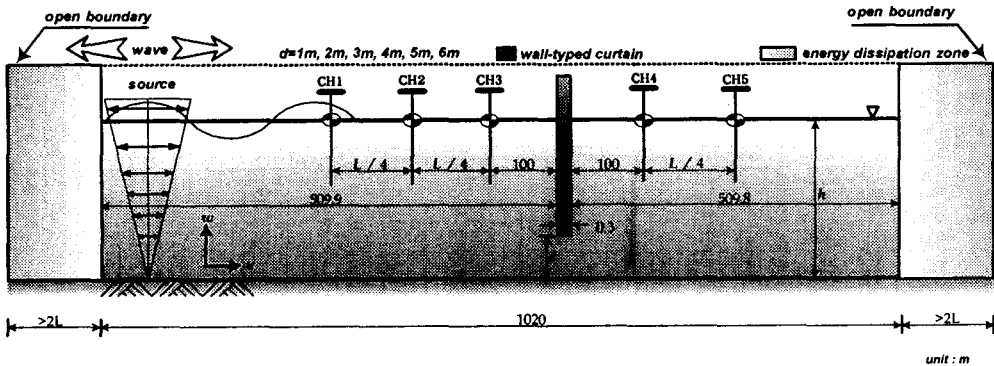


그림 2.2.1 불투과 1열 커튼식 방파제가 설치된 수치파동수로.

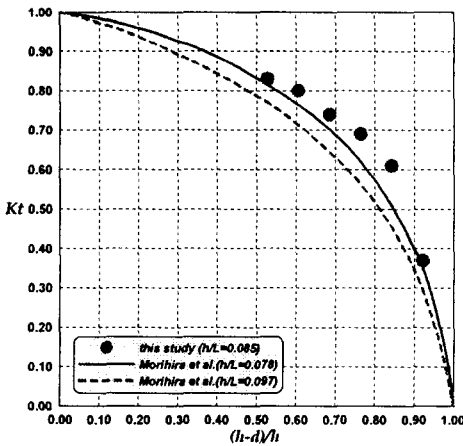
이상의 계산조건을 사용하여 구조물에 의한 반사율 K_r 과 투과율 K_t 및 에너지손실을 산정하

면 다음의 표 2.2.1과 같은 결과를 얻을 수 있다. 여기서, 반사율과 투과율은 Goda and Suzuki(1976)에 의한 2점법을 확장한 Iwata 등(1982)의 3점법으로 산정된 결과이다.

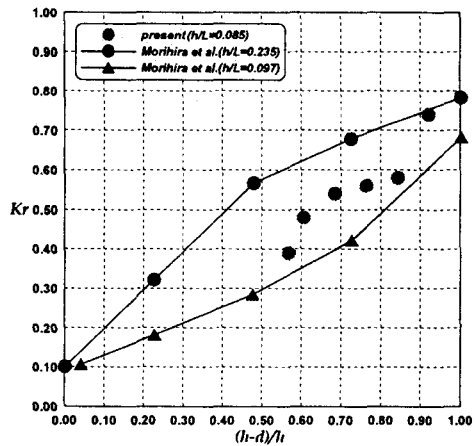
이상의 수치계산결과를 森平 등(1964)의 결과와 비교한 것이 그림 2.2.2에 제시되어 있으며, 두 결과에서 약간의 차이는 주로 적용한 파고의 상이에 의한 것으로 판단된다. 여기서, 森平 등(1964)의 결과는 수리모형실험에 기초한 것으로 CADMAS-SURF/VOF-SOLA에 의한 결과와 매우 잘 일치하는 것으로 평가되며, 따라서 금후의 각 수치해석결과의 타당성이 검증된다.

표 2.2.1 계산조건과 수치해석 결과

수심 h(m)	입사 주기 T(s)	입사 파고 H(m)	파장 L(m)	h/L	통수구 높이 d(m)	홀수 h-d(m)	(h-d)/h	투과율 Kt	반사율 Kr	에너지 손실
12.7	14.0	2.0	149.0	0.085	1	10.5	0.921	0.37	0.74	0.3155
					2	9.5	0.843	0.61	0.58	0.2915
					3	8.5	0.764	0.69	0.56	0.2103
					4	7.5	0.685	0.74	0.54	0.1608
					5	6.5	0.606	0.80	0.48	0.1296
					6	5.5	0.528	0.83	0.39	0.1590



(a) 투과율



(b) 반사율

그림 2.2.2 수치해석 결과와 실험치와의 비교 (h=12.7m, T=14.0s, H=2.0m).

제3장 3열 커튼식 방파제

1절 개요

해역내의 해수교환을 촉진시키기 위하여 폭 50m를 갖는 투과성의 3열 커튼식 방파제에 의한 파랑제어기능과 작용파압분포 및 주변의 유속장을 검토한다. 이 때, 어떤 실 해역에서 주기 7.7s의 E방향 파랑이 가장 큰 영향을 미칠 것으로 판단되므로 이 파랑을 중심으로 상이한 주기를 갖는 여러 방향의 파랑에 대해 파랑변형 등을 검토하는 것으로 한다.

2절 투과성 3열 커튼식 방파제

경제성, 시공성, 해저세굴 등을 종합적으로 고려한 커튼식 조물로 그림 3.2.1을 제안한다.

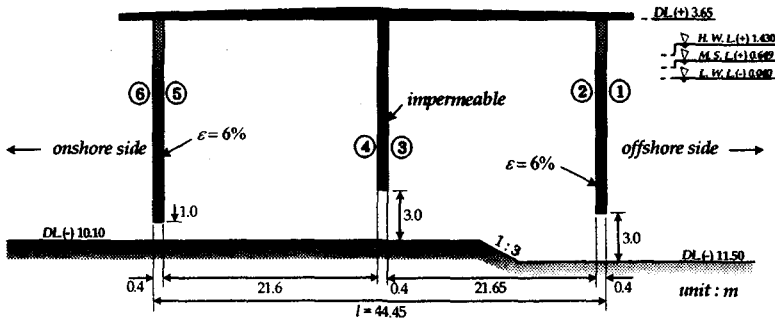


그림 3.2.1 3열 커튼식 구조물.

1. 파랑변형

3열 커튼식 구조물에 의한 파랑변형을 검토함에 있어서 입사파랑조건은 표 3.2.1과 같다.

표 3.2.1 입사파랑조건

구 분	주기 T(s)	파고 H(m)	
		①	②
정상시	8.0	1.0	0.3
이상시	7.7	2.0	0.7
이상시	12.0	2.0	0.7

※ ①은 항외에서 항내로 파가 입사하는 경우
 ②는 항내에서 항외로 파가 입사하는 경우

표 3.2.1에서 제시된 입사파랑조건을 적용하여 조위변화에 따른 파랑변형을 계산한 결과가 표 3.2.2에 제시되어 있다.

표 3.2.2 최종안 수치해석 결과

조위	주기 T(s)	파장 L(m)	파고 H(m)		ℓ/L	투과율 Kt		반사율 Kr	
			①	②		①	②	①	②
HWL	7.7	74.056	2.0	0.7	0.600	0.159	0.186	0.635	0.576
	8.0	77.899	1.0	0.3	0.571	0.252	0.258	0.317	0.842
	12.0	127.465	2.0	0.7	0.349	0.430	0.576	0.327	0.293
MSL	7.7	72.517	2.0	0.7	0.613	0.148	0.177	0.687	0.694
	8.0	76.219	1.0	0.3	0.583	0.198	0.247	0.640	0.864
	12.0	123.611	2.0	0.7	0.360	0.353	0.571	0.316	0.363
LWL	7.7	71.062	2.0	0.7	0.626	0.179	0.195	0.638	0.862
	8.0	74.635	1.0	0.3	0.596	0.184	0.223	0.624	0.928
	12.0	120.465	2.0	0.7	0.369	0.314	0.519	0.350	0.431

표 3.2.2를 그림으로 나타내면 그림 3.2.2와 그림 3.2.3과 같다.

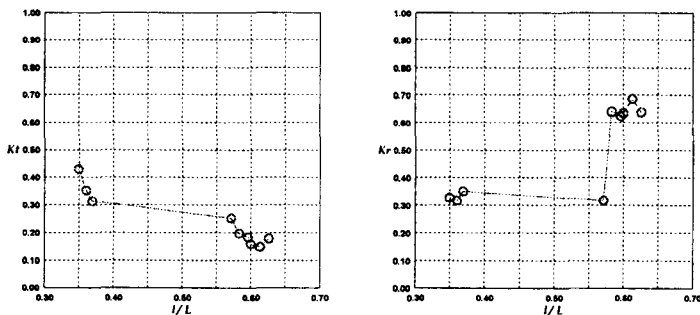


그림 3.2.2 항외에서 항내측으로의 투과율과 반사율

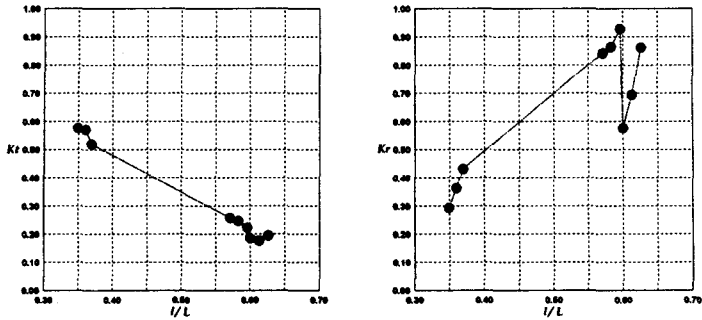


그림 3.2.3 항내에서 항외측으로의 투과율과 반사율

표 3.2.2와 그림 3.2.2과 그림 3.2.3으로 다음의 사항을 알 수 있다.

- (가) 전체적으로 반사율이 주기의 변화에 민감하다. 특히, 항외에 항내측으로 파가 입사하는 경우에는 투과율 $K_t \approx 0.34$ 의 값을 갖지만 $l/L \approx 0.6$ 에서 $K_t \approx 0.65$ 로 급격한 상승을 나타내고, 항내에서 항외측으로 파가 입사하는 경우에는 l/L 의 증가에 따라 점차적으로 증가한다. 그러나, $l/L \approx 0.6$ 에서 급격한 감소를 타나낸 후에 다시 급격한 상승을 나타낸다.
- (나) 투과율의 경우는 l/L 의 증가에 따라 항외→항내, 항내→항외 모두 감소하는 경향을 나타낸다.

2. 파압분포

그림 3.2.1에 제시된 3열 커튼식 구조물에 있어서 3개의 커튼판에 작용하는 파압을 수치해석으로부터 산정한 결과를 그림 3.2.4에 나타낸다.

각 커튼판의 수평파압을 산정하기 위하여 전면에 10개 지점, 후면에 10개 지점에서 파압을 산정하고, 동일한 연직위치에서 전·후면에 작용하는 파압의 차를 구하였다. 이로부터 각 지점(연직방향)에서 파압의 최대치와 최소치를 얻을 수 있으며, 이를 나타낸 것이 파압분포도의 결과이다. 그림에서 ①, ③, ⑤는 항외에 항내 방향으로 각 커튼판에 작용하는 최대파압분포이고, ②, ④, ⑥은 항내에서 항외 방향으로 각 커튼판에 작용하는 최대파압분포이다. 주어진 결과를 살펴보면 Goda파압분포(참고문헌)나 Sainflou파압분포(참고문헌)와 거의 동일한 형상을 나타내고 작용 최대파압은 항외에서 항내로 보아 첫 번째, 두 번째, 세 번째 커튼판의 순으로 작아진다.

이상의 파압분포결과를 설계에 적용함에 있어서 유의할 점은 다음과 같다.

- (가) 유의파고에 의한 결과이므로 구조물의 안정계산에 적용되는 최대파 개념의 파압분포가 아니다. 따라서, 설계에서는 최대파 개념의 불규칙파랑에 대한 수리 실험으로 얻어진 결과를 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 그러나, 본 계산결과에 1.8배 하여 적용하여도 큰 차이는 없을 것으로 판단되지만, 불규칙파의 경우에는 최대파가 존재하며, 이는 유의파의 1.8배로 되므로 상판에 파랑의 처오름 등이 영향을 미칠 것이고, 비선형형상이 지배적인 경우에는 파압은 파고에 비례하지 않으므로 적용에 유의를 요한다.
- (나) 구조물 전체의 응력과 변위해석에 본 계산 파압을 적용하는 경우에는 본 파압분포가 시·공간적인 최대파압분포가 아니므로 안정측의 계산으로 된다.

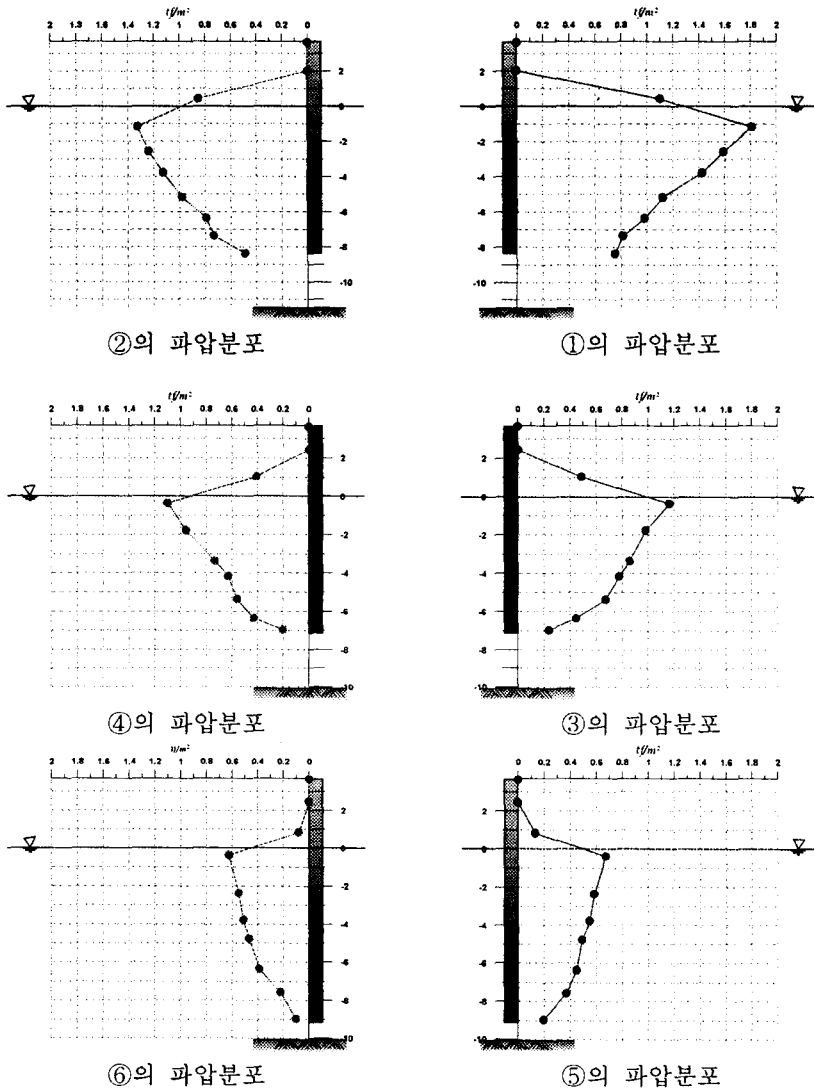


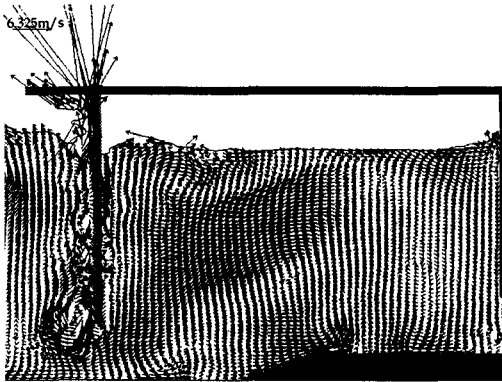
그림 3.2.4 파압분포도 (LWL, T=12.0s, H=2.0m).

3. 수위변동 및 유속분포

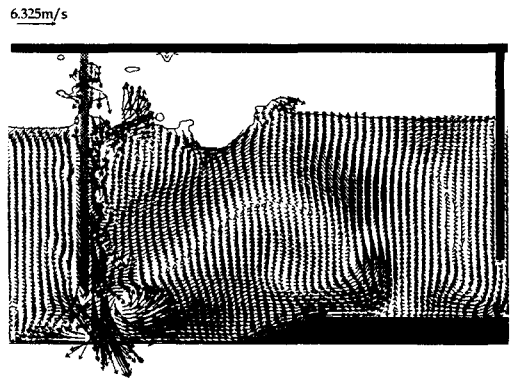
3.2.2절의 표 3.2.2에서 제시된 각 파랑조건에 있어서 LWL의 경우에 구조물 내부(첫번째와 두 번째 커튼판 내부의 유수실) 및 근방(전면부)의 수위변동과 유속분포를 그림으로 나타낸 것이 그림 3.2.5이다. 그림의 결과로부터 다음의 사항을 알 수 있다.

- (가) 첫번째 커튼판 전후에서 파동장의 변화가 매우 복잡하게 나타낸다. 특히, 경우에 따라 처오름이 강하게 나타날 때도 있다. 따라서, 불규칙파랑의 최대파의 작용하에는 보다 파동장이 복잡하고, 처오름이 강하게 나타날 수가 있다.

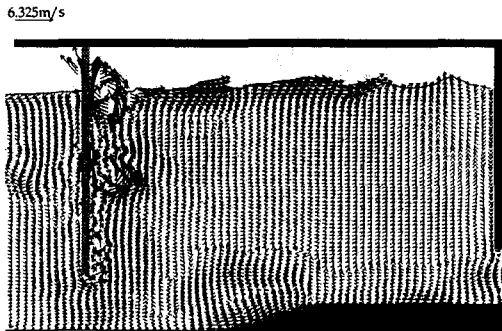
- (나) 상판부에 대한 양압력은 첫번째 커튼판 전후에서 처오름이 있지만 전체적으로 유의한 양압력의 작용은 없는 것으로 판단된다. 그러나, 불규칙파랑의 최대파의 작용하에서는 양압력이 크게 작용할 수도 있으므로 이에 대한 검토가 필요하다.
- (다) 첫번째 커튼판과 두번째 커튼판 사이의 유수실내에서 상대적으로 큰 규모의 와동현상이 발생한다.
- (라) 첫번째 커튼판 하단부의 전후에서 와동현상이 크게 나타나며, 저면 유속이 매우 큰 값을 나타내므로 세굴에 대한 대책이 요망된다.
- (마) 수치계산에서 투과성 커튼판을 균등 공극율을 갖는 투과성 구조물로 해석하고 있으므로 실제와는 상이할 수가 있다. 따라서, 경우에 따라서는 파랑변형을 포함하여 수위변동 및 유속 분포에 대해 수리모형실험을 수행할 필요가 있다.



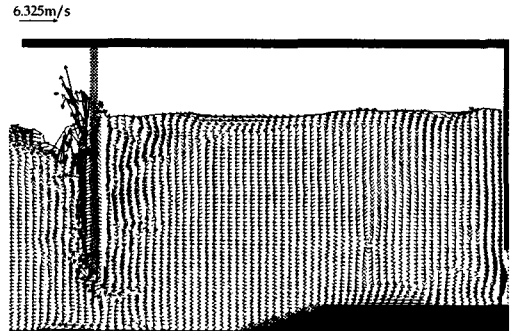
(a) HWL, T=7.7s, H=2.0m



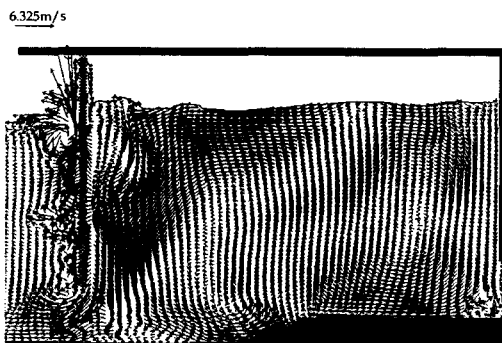
(b) LWL, T=7.7s, H=2.0m



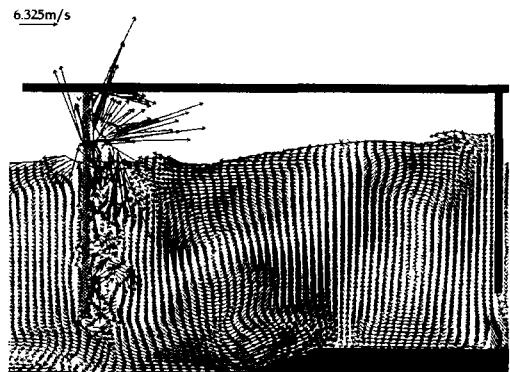
(c) HWL, T=8.0s, H=1.0m



(d) LWL, T=8.0s, H=1.0m



(e) HWL, T=12.0s, H=2.0m



(f) LWL, T=12.0s, H=2.0m

그림 3.2.5 수위변동 및 유속분포.

제4장 슬리트케이슨제

1절 개요

부두는 선박의 계류를 안전하게 위한 구조물이므로 반사율이 작아야 하며, 더불어 경제적이어야 한다. 따라서, 저반사 구조물로 알려져 있는 그림 4.1.1에 나타내는 종슬리트 케이슨제를 대상으로 하여 CADMAS -SURF/VOF-SOLA법에 의한 파랑변형의 수치 계산을 수행하였다.

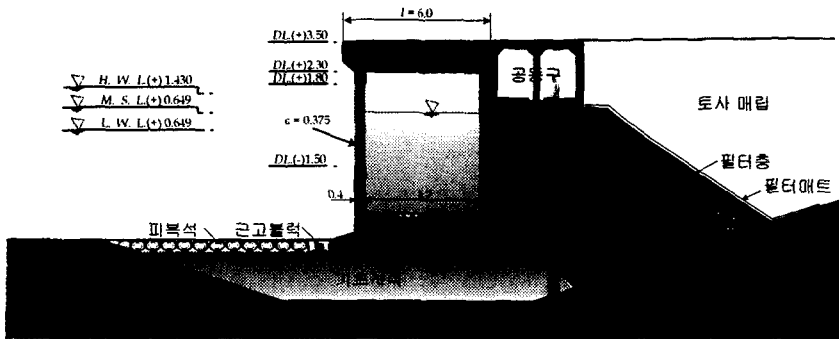


그림 4.1.1 종슬리트 케이슨제.

2절 슬리트케이슨의 수치해석

1. 파랑변형

그림 4.1.1의 종슬리트 케이슨제에 의한 파랑변형을 검토함에 있어서 입사파랑 조건은 다음의 표 4.2.1과 같다.

표 4.2.1 입사파랑조건

구 분	주기 T(s)	파고 H(m)
정상시	8.0	0.3
이상시	7.7	0.7
이상시	12.0	0.7

표 4.2.1에 제시된 입사파랑조건을 적용하여 조위변화에 따른 파랑변형을 계산한 결과가 표 4.2.2와 그림 4.2.1에 제시되어 있다.

표 4.2.2 수치해석 결과

조위	주기 T(s)	파장 L(m)	파고 H(m)	H/L	ℓ/L	반사율
HWL	7.7	54.794	0.7	0.0128	0.0858	0.481
	8.0	57.232	0.3	0.0053	0.0821	0.733
	12.0	89.025	0.7	0.0079	0.0528	0.773
MSL	7.7	51.545	0.7	0.0136	0.0912	0.294
	8.0	53.798	0.3	0.0056	0.0874	0.409
	12.0	83.267	0.7	0.0084	0.0564	0.634
LWL	7.7	48.372	0.7	0.0145	0.0972	0.356
	8.0	50.454	0.3	0.0060	0.0932	0.235
	12.0	77.751	0.7	0.0090	0.0605	0.573

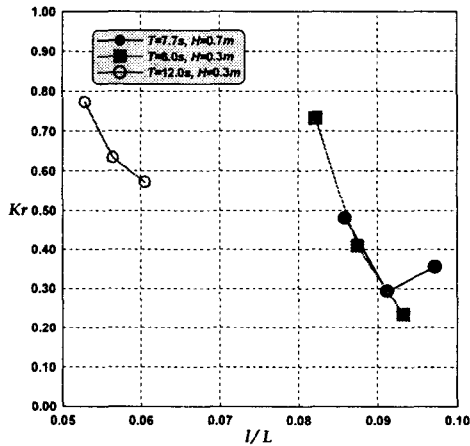


그림 4.2.1 반사율

위의 표 4.2.2와 그림 4.2.1로부터 다음 사항을 알 수 있다.

- (가) ℓ/L 의 값이 증가함에 따라 반사율도 감소한다.
- (나) 평상파랑의 HWL에서 $Kr=0.773$ 의 큰 반사율을 나타내는 것은 파형경사가 매우 작아 후술하는 유속분포 그림에서 알 수 있는 바와 같이 와동에 의한 파랑에너지 감쇄가 매우 작기 때문으로 판단된다.
- (다) 전체적으로는 WAROCK 2단의 반사율 0.7보다는 작은 반사율로 나타내므로 항내정온도가 향상될 것으로 판단된다.

2. 수위변동과 유속분포

앞 절에서 검토한 각 계산조건에 대해 구조물 근방의 수위변동과 유속분포를 그림으로 나타낸 것이 그림 4.2.2이다. 그림의 결과로부터 다음의 사항을 알 수 있다.

- (가) 대부분의 경우에 유수실에서 상판에 양압력이 작용하지 않지만 HWL, T=12.0s, H=0.7m의

경우에는 유수실내에서 수면상승에 의한 상판에 양압력이 작용된다. 여기서의 계산결과는 유의파에 의한 결과이며, 실제 불규칙파의 최대파로 작용시킨 경우에는 수면상승이 보다 크게 되므로 상판에 수면이 닿는 경우가 보다 많을 것이고 이로 인한 양압력도 보다 클 것으로 판단된다.

- (나) 파랑에너지의 소산은 대부분이 유수실내·외에서 생성되는 와동에 의해 발생된다.
- (다) HWL, MSL, LWL의 순으로 와동현상이 크게 나타난다. 따라서, 그림 4.2.1에서 LWL의 경우에 반사율이 HWL과 MSL의 경우보다 작아진다.
- (라) 그림의 (d)~(f)의 $T=8.0s$, $H=0.3m$ 의 경우가 다른 경우보다 작은 와동현상을 나타내며, 에너지 소산이 작을 것으로 판단된다. 따라서, 전술한 바와 같이 정상파랑의 HWL에서 큰 반사율을 나타내는 것으로 판단된다.
- (마) 유수실내의 와동은 항상 시계방향으로 발생된다. 이는 슬리트부가 수면근방에 있고 이로 통한 유속이 저면의 유속보다 크기 때문이다.

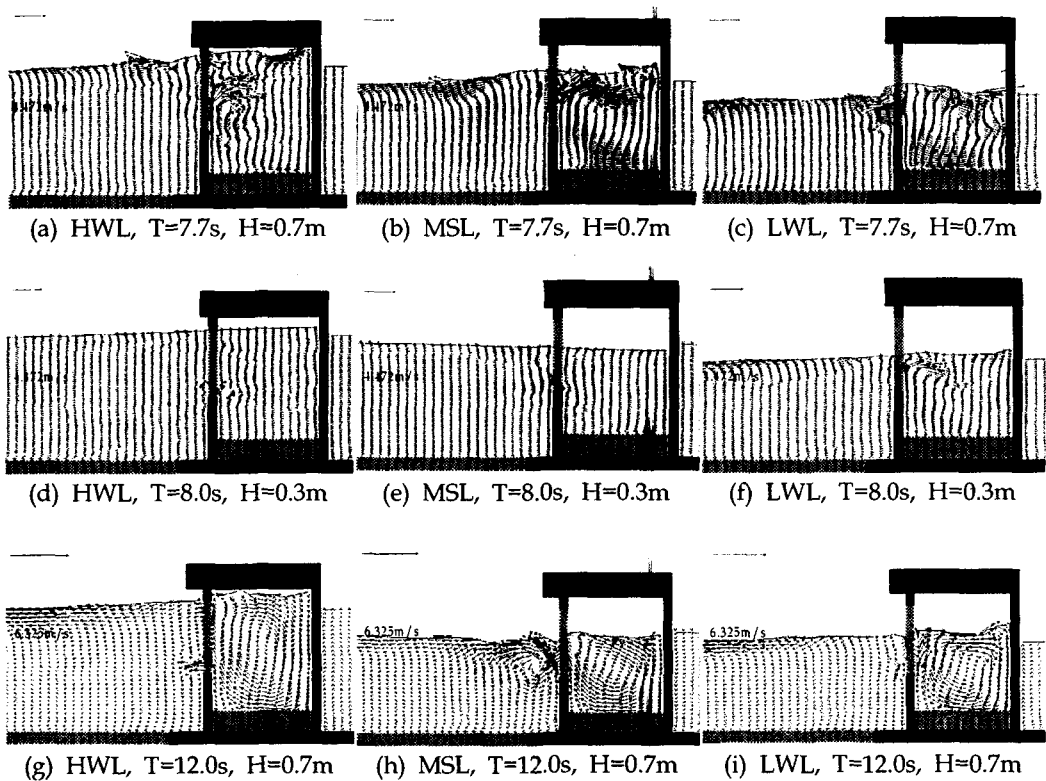


그림 4.2.2 수위변동 및 유속분포.

제5장 2중 슬리트케이슨제

1절 개요

본 장에서는 파랑제어와 항내해수교환의 촉진이라는 관점 및 경제성, 시공성 등을 감안하여 다음의 그림 5.1.1에 나타내는 2중 종슬리트 케이슨제를 검토한다.

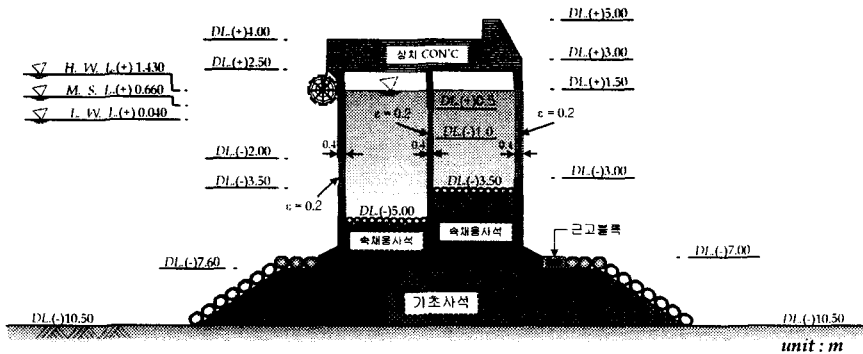


그림 5.1.1 2중 종슬리트 케이슨제.

2절 파랑변형

그림 5.1.1의 2중 종슬리트 케이슨제에 의한 파랑변형을 검토함에 있어서 입사파랑조건은 다음의 표 5.2.1과 같다.

표 5.2.1 입사파랑조건

구 분	주기 T(s)	입사 파고 H(m)	
		①	②
정상시	8.0	1.0	0.3
이상시	7.7	2.5	0.7
이상시	12.0	2.5	0.7

※ ①은 항외에서 항내로 파가 입사하는 경우
 ②는 항내에서 항외로 파가 입사하는 경우

입사파랑 조건을 적용하여 조위변화에 따른 파랑변형을 계산한 결과가 표 5.2.2에 제시되어 있다.

표 5.2.2 수치해석 결과

조위	주기 T(s)	파장 L(m)	파고 H(m)		ℓ/L	반사율 Kr		투과율 Kt	
			①	②		①	②	①	②
HWL	7.7	72.065	2.5	0.7	0.132	0.760	0.825	0.047	0.143
	8.0	75.726	1.0	0.3	0.125	0.569	0.824	0.079	0.251
	12.0	122.625	2.5	0.7	0.077	0.756	0.855	0.075	0.182
MSL	7.7	70.372	2.5	0.7	0.135	0.642	0.888	0.059	0.128
	8.0	73.887	1.0	0.3	0.128	0.647	0.800	0.085	0.237
	12.0	119.002	2.5	0.7	0.079	0.787	0.847	0.071	0.181
LWL	7.7	68.768	2.5	0.7	0.138	0.729	0.897	0.036	0.119
	8.0	72.152	1.0	0.3	0.132	0.660	0.784	0.079	0.215
	12.0	115.659	2.5	0.7	0.082	0.796	0.864	0.068	0.187

표 5.2.2의 결과를 그림으로 나타내면 그림 5.2.2 및 그림 5.2.3과 같다. 그림으로부터 다음의 사항을 얻을 수 있다.

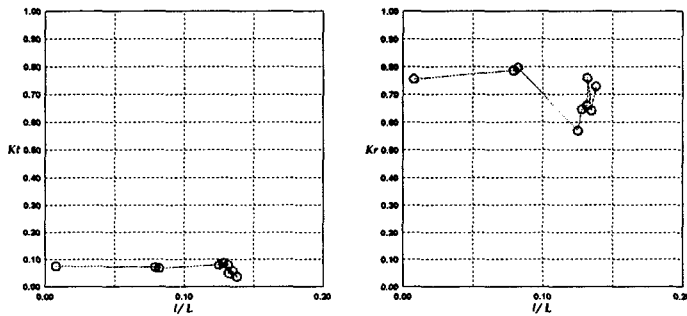


그림 5.2.2 항외에서 항내측으로의 투과율과 반사율.

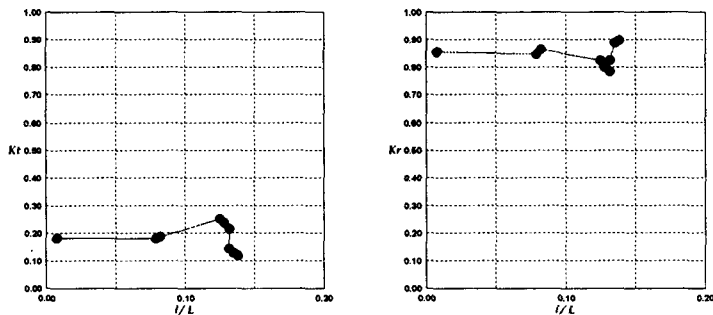


그림 5.2.3 항내에서 항외측으로의 투과율과 반사율

(가) 항외에서 항내측으로 파랑이 입사하는 경우에 투과율 Kt는 $Kt \approx 0.05$ 정도의 값을 가지고, 반사율 Kr은 반사율 $Kr \approx 0.70$ 정도의 값을 가진다.

- (나) 항내에서 항외측으로 파랑이 입사하는 경우에 투과율 K_t 는 $K_t \approx 0.08$ 정도의 값을 가지고, 반사율 K_r 은 반사율 $K_r \approx 0.85$ 정도의 값을 가진다.
- (다) 투과율 및 반사율의 경우에 거의 동일한 l/L 의 값에서 약간 상이한 값을 나타내는 것은 파형경사 H/L 가 상이하기 때문이다.

3절 수위변동 및 유속분포

앞 절에서 검토한 각 계산조건에 대해 구조물 근방의 수위변동과 유속분포를 그림으로 나타낸 것이 그림 5.3.1이다. 그림의 결과로부터 다음의 사항을 알 수 있다.

- (라) 각 주기의 LWL을 제외한 HWL과 MSL에서 유수실내의 상판에 양압력이 작용하며, 이로부터 불규칙파의 작용하에서는 보다 큰 양압력이 작용될 수가 있다.
- (마) 전체적으로 월파가 되지 않지만 역시 불규칙파의 작용하에서는 월파가 발생할 수도 있다.
- (바) 입사파랑이 크기 때문에 유수실내의 와동현상이 매우 크게 발생하고, 이로부터 파동에너지의 손실이 매우 크다는 것을 알 수 있다.
- (사) 유수실내의 급격한 와동현상으로 인하여 배후역으로 파의 투과가 매우 적다.

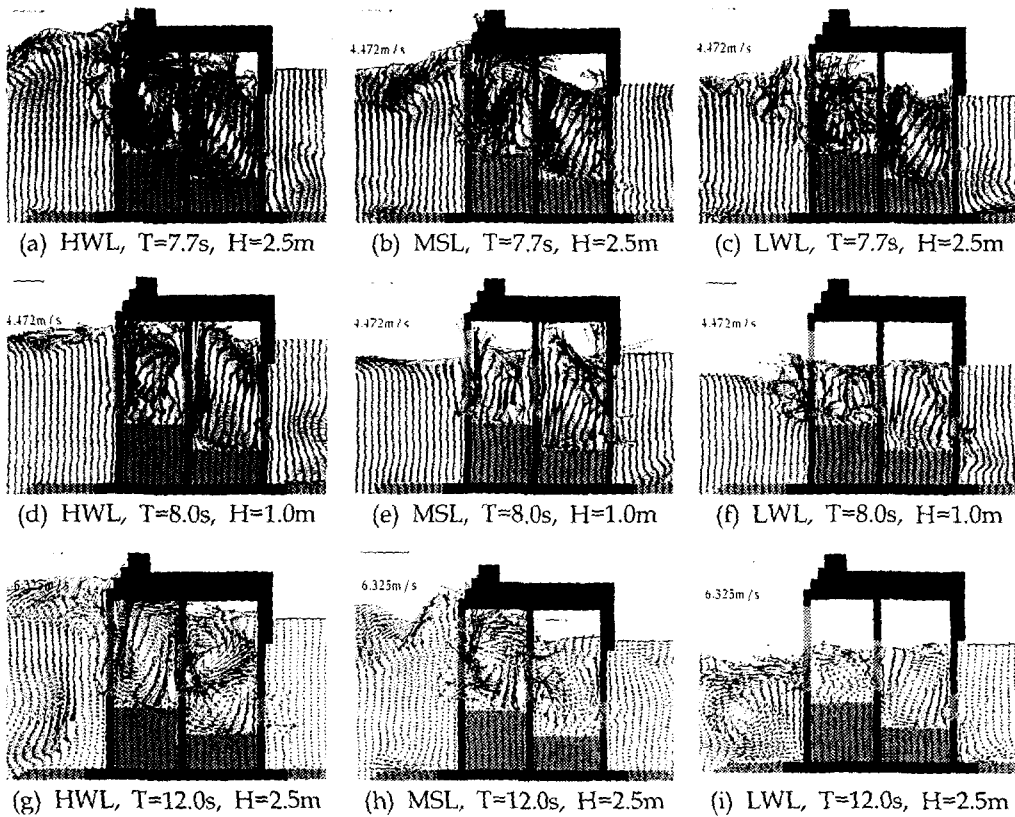


그림 5.3.1 수위변동 및 유속분포.

제6장 슬리트식 호안

1절 개요

본 장에서는 친수의 개념에 부가하여 저반사의 기능을 갖는 그림 6.1.1의 종슬리트 케이슨제를 적용하여 그의 파랑제어기능을 검토한다.

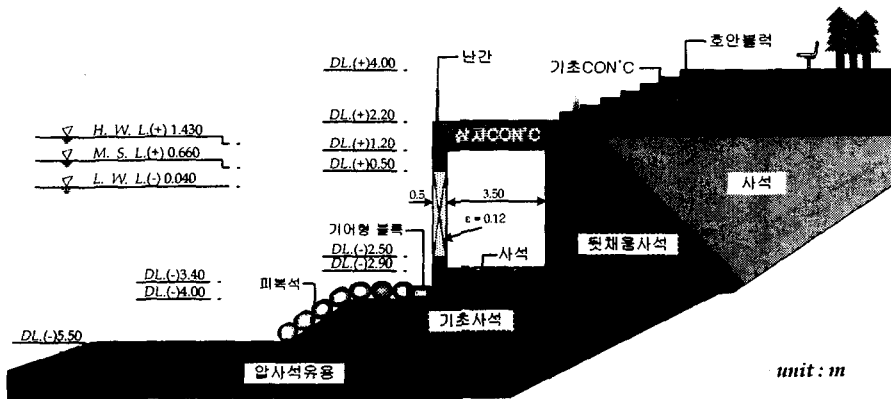


그림 6.1.1 종슬리트 케이슨제

2절 파랑변형

친수호안으로 제시하는 그림 6.1.1의 종슬리트 케이슨제에 의한 반사율을 검토함에 있어서 입사파랑조건은 다음의 표 6.2.1과 같다.

표 6.2.1 입사파랑조건

구 분	주기 T(s)	파고 H(m)
정상시	8.0	1.0
이상시	7.7	2.0
이상시	12.0	2.0

표 6.2.1에 제시된 입사파랑조건을 적용하여 조위변화에 따른 파랑변형을 계산한 결과가 표

6.2.2에 제시되어 있다.

표 6.2.2 수치해석 결과

조위	주기 T(s)	파장 L(m)	파고 H(m)	H/L	ℓ/L	반사율 Kr
HWL	7.7	74.056	2	0.027	0.061	0.631
	8.0	77.899	1	0.013	0.058	0.982
	12.0	127.028	2	0.016	0.035	0.743
MSL	7.7	72.517	2	0.028	0.062	0.592
	8.0	76.219	1	0.013	0.059	0.675
	12.0	123.611	2	0.016	0.036	0.728
LWL	7.7	71.062	2	0.028	0.063	0.563
	8.0	74.635	1	0.013	0.060	0.573
	12.0	120.465	2	0.017	0.037	0.626

표 6.2.2를 그림으로 나타내면 그림 6.2.1과 같다. 그림으로부터 다음의 사항을 얻을 수 있다.

- (가) ℓ/L 의 변화에 따라 반사율의 값은 변화되지만 HWL의 T=8.0s의 경우를 제외하면 대략적으로 $Kr \approx 0.65$ 정도의 값을 나타낸다.
- (나) HWL의 T=8.0s에서 큰 반사율을 나타내는 것은 후술하는 바와 같이 유수실내에서 매우 작은 유속의 값을 나타내고, 더불어 유수실내에서 외동현상이 발생되지 않으므로 파랑에너지의 소산이 거의 없이 대부분 반사되기 때문으로 판단된다.
- (다) 반사율의 변화과정은 제4장 부두의 그림 4.2.1의 경우와 유사한 경향을 타나내지만 T=7.7s, 8.0s에서 상대적으로 다소 큰 값을 나타낸다.

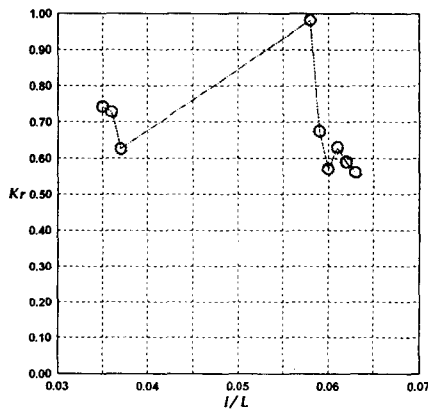
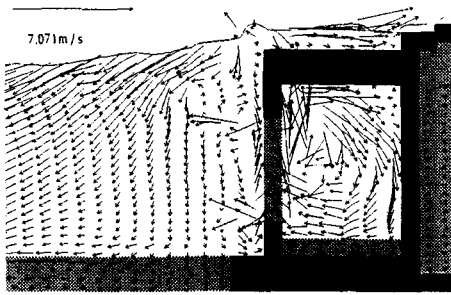


그림 6.2.1 반사율

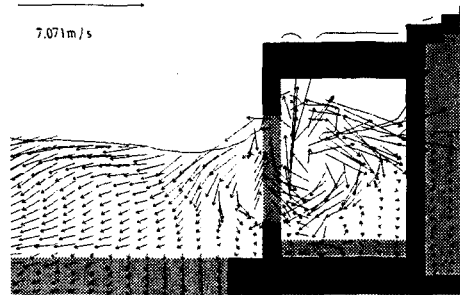
3절 수위변동 및 유속분포

앞 절에서 검토한 각 계산조건에 대해 구조물 근방과 유수실내에서 수위변동 및 유속분포를 그림으로 나타낸 것이 그림 6.3.1이다. 그림의 결과로부터 다음의 사항을 알 수 있다.

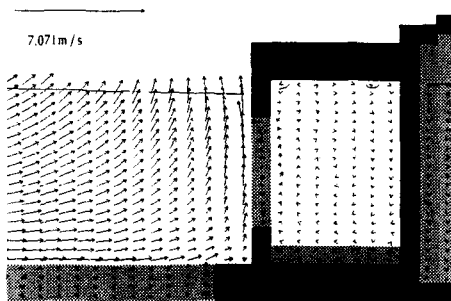
- (라) $T=8.0s$ 를 제외한 모든 경우에 체체 상부위로 월파된다. $T=8.0s$ 의 경우는 입사파고가 작기 때문에 월파현상은 발생되지 않는 것으로 판단된다.
- (마) $T=8.0s$, HWL의 경우에 파랑변형에서 $K_r > 0.9$ 이상의 값을 나타내는 것은 <그림 7-5>로부터 알 수 있듯이 유수실내에서 유속의 크기가 매우 작고, 또한 유수실내에서 와동현상이 발생되지 않으므로 이로 인한 에너지 손실이 거의 없기 때문에 판단된다.
- (바) HWL의 경우는 대상의 모든 주기에서 유수실내의 상판부에 양압력이 크게 작용되므로 설계 시에는 이에 대한 검토가 요구된다.
- (사) 유수실내의 와동현상은 시간의 경과와 관계없이 대부분이 시계방향으로 발생되며, HWL의 경우가 LWL보다 큰 와를 발생시킨다.
- (아) 이상으로부터 파랑에너지 소산은 유수실내와 전면부에서 발생하는 와동현상에 기인한다.
- (자) 본 계산결과는 유의파에 의한 결과이므로 불규칙파의 최대파에 대해서는 보다 큰 와동현상, 양압력, 월파 등이 발생할 수 있다.



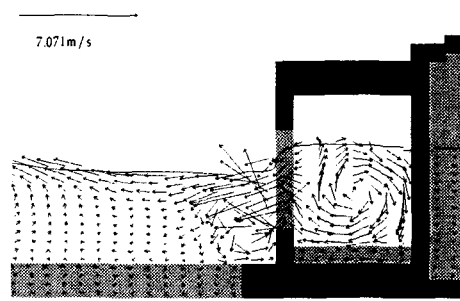
(a) HWL, T=7.7s, H=2.0m



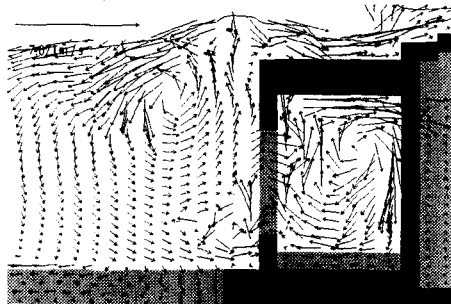
(b) LWL, T=7.7s, H=2.0m



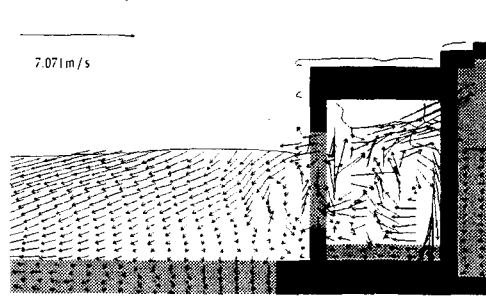
(c) HWL, T=8.0s, H=1.0m



(d) LWL, T=8.0s, H=1.0m



(e) HWL, T=12.0s, H=2.0m



(f) LWL, T=12.0s, H=2.0m

그림 6.3.1 수위변동 및 유속분포.

제7장 결론

CADMAS-SURF/VOF-SOLA법에 기초한 수치파동수로를 적용하여 커튼식 방파제, 3중 커튼식 방파제, 슬리트케이슨제 및 2중 슬리트케이슨제 등에 의한 파랑변형의 특성, 작용파압분포 및 주변의 유속장을 검토하였으며, 이에 앞서 수치파동수로의 검증을 위하여 기존의 연구결과와 비교하였다. 이상의 검토로부터 CADMAS-SURF/VOF-SOLA법에 기초한 수치파동수로의 유용성을 확인할 수 있었으며, 특히 쇄파와 월파를 동반하는 경우에도 정도 높은 결과를 얻을수 있었다. 따라서, 해안/항만구조물에 작용하는 외력산정, 파랑제어능력 및 유속장 등과 같은 설계요소를 평가함에 있어서 적용될 수 있을것으로 판단되며, 향후 그의 사용이 증대될 것으로 기대된다.

參 考 文 獻

- [1] 김도삼, 이광호, 허동수, 김정수 : VOF법에 기초한 불투과잠재 주변파동장의 해석, 대한토목학회논문집, 제21권 제5-B호, pp. 551-560, 2001.
- [2] 김도삼, 이광호 : 월파를 허용하는 투과성 방파제의 파랑변형에 관한 수치해석, 한국해양공학지 제16권 제2호, pp. 1-5, 2002.
- [3] Hirt, C.W., and B.D. Nichols : Volume of fluid (VOF) method for dynamics of free boundaries, J. of Computational Physics for, Vol. 39, pp.201-225, 1981.
- [4] Goda, Y. and Y. Suzuki : Estimation of incident and reflected waves in random wave experiments, Proc. 15th Int. Conf. Coastal Engg., Hawii, pp.828-845, 1976.
- [5] Sainflou, M : Essay on vertical breakwater, Annals des Ponts et Chaussees, Paris (Translated by clarence R. Hatch, Western Reserve University, Cleveland, OH) 1928.
- [6] 岩田好一朗, 川崎浩司, 金 度三 : 水中構造物による碎波の数値解析, 海岸工学論文集, 第42卷, pp.781-785, 1994.
- [7] CADMAS-SURF, 沿岸開發技術研究Center, 2001.
- [8] 森平倫生, 柿崎秀作, 合田良實 : カーテン防波堤とその特性について, 港灣技術研究所報告, 第3卷1号, pp. 1~27, 1964.
- [9] 岩田好一朗・清野 博 : 3点法の水位記録す用にた不規則波の入・反射波の分離推定法, 第38回土木學會年次講演會概要集, pp. 343~344, 1982.
- [10] 合田良實 : 港灣構造物の内波設計, 鹿島出版會, pp. 84~86, 1977.