

西歸浦港 防波堤 建設에 따른 港內 靜穩度 檢討

Tranquility Analysis of Seokwipo Harbor
after Breakwater Construction

홍길표*, 이성대**, 정원무***, 이신우**

1. 서론

우리나라 제1종항 중 최남단에 위치하는 서귀포항은 인근 중문 단지의 개발 및 그 위치의 특성상 관광 개발 계획과 제주 남부 지역의 중심지로서 균형적인 발전과 연안 수송 수단의 대형화 추세에 따라 항만 확장이 요구되고 있다. 이에 부응하고자 최근 서귀포항 외항 방파제의 실시 설계가 완료되었으며 이와 병행하여 안벽 축조 등의 계획이 진행되고 있다. 그러나 서귀포항은 항내 수역이 협소하고 항로 입구가 내습 파랑에 대해 노출되어 있어 항내 정온 유지에 어려운 점이 많다. 이같은 여건하에서 효율적인 항만 운영 및 방파제의 적절한 배치를 위해 서귀포항 개발 기본 계획 (1981) 에 기초하여 수립된 평면 배치안에 대한 항내 정온도를 수치 및 수리 모형 실험을 통하여 비교, 검토하였다.

2. 설계파 결정

2.1 심해 설계파

서귀포항에 도달하는 이상 파랑은 우리나라에 접근하는 거의 모든 태풍에 기인하며 특히 서귀포항은 지형적 특성상 SW, S 및 SE계 파향에 지배될 것으로 판단된다. 따라서 이들 파향에 대한 심해 설계파는 Spectrum 법으로 기 추정된 자료 (1987, 1988) 를 사용하였다.

표1. 서귀포항 해역의 심해 설계파 제원 (회귀 연도 : 50년)

유의 파 고 (M)	주 기 (SEC)	파 향	비 고
10.0	13.0	SW	해운항만청 (1987)
10.9	15.0	S	수 산 청 (1988)
10.1	14.0	SSE	수 산 청 (1988)
10.0	13.0	SE	해운항만청 (1987)

* 建設部 (Ministry of Construction, Chungang-Dong, Kwachun-Si, Kyunggi-Do, 427-760, Korea)

** (주)대영엔지니어링 (Dae Young Eng. Co. LTD., 1007-3, Daechi-Dong, Kangnam-Gu, Seoul, 135-283, Korea)

*** 韓國海洋研究所 (Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan, P.O. Box 29, 425-600, Korea)

2.2 천해 설계파

서귀포항 천해 설계파를 결정하기 위한 수치 계산 대상 영역은 그림1 과 같이 광역과 세부역으로 구분한 후 광역에서는 타원형 환경사 방정식 모형을, 세부역에서는 쌍곡형 환경사 방정식 모형을 각각 적용 하였다. 타원형 환경사 방정식 모형은 파의 굴절, 회절, 천수 효과 및 해저 마찰에 의한 에너지 감쇄 효과 등을 고려할 수 있으므로 심해역에서 문섬 전면까지의 파랑 변형을 해석하는데 적용하였으며 이의 결과는 세부역 수치 모형 및 수리 모형 실험의 입력 자료로 사용되었다. 세부역에 적용된 쌍곡형 환경사 방정식 모형은 파의 굴절, 회절 및 반사 효과 등을 고려할 수 있으므로 문섬을 포함한 서귀포 항내에서의 파랑 변형을 계산하여 항내 정온도 및 방파제 설계파를 추산하는데 사용하였으며 방파제 축조 지점에서의 천해 설계파는 다음 표2 와 같다.

표2. 파향별 천해 설계파

파향	SW	S	SSE	SE
파고 (M)	4.4	7.8	9.3	9.1
주기 (SEC)	13.0	15.0	14.0	13.0

3. 항내 정온도 검토

서귀포 인근 해역은 하계에 동지나해에서 발생한 태풍에 의해 내습하는 큰 파랑에 직접 영향을 받고 있다. 심해역에서 발달한 파랑이 천해역으로 전파 되면서 변형되어 본 서귀포항 외곽 시설이 설치될 해역에 이르면 구조물 설계파가 최대 9.3M 정도가 된다. 이같은 설계파에 따라 항내 수역을 보호하며 항내 정온도를 향상시키기 위한 최적의 외곽 시설 배치를 결정하기 위하여 수치 및 수리 모형 실험을 수행하였다.

3.1 수리 모형 실험

수리 모형 실험은 국립 건설 시험소의 길이 30.0M, 폭 20.0M, 깊이 1.0M 의 3차원 평면 수로에서 실시하였으며 대상 해역은 그림1의 세부역과 같이 문섬에 의한 파랑의 변형이 포함되도록 하였다. 모형은 수평 및 연직 축적 1/120 로 Froude 상사 법칙을 만족하도록 하였으며 실험 조건은 SSE, SE 및 SW 파향에 대하여 행하였다. 조파 장치는 규칙파 및 불규칙파의 발생이 가능한 전기 써보식이나 규칙파를 그 대상으로 하였으며 용량식 주상 파고계에 의해 파랑을 측정하였다. 입사 파고는 광역의 수치 실험 결과를 사용하였으며 수위는 MSL 을 기준으로 하여 각 평면 배치안에 대한 항내 파고 분포를 측정하였다.

3.2 수치 모형 실험

서귀포항내 이상시 설계파에 대한 항내 정온도를 평가하기 위해 그림1에 제시된 세부역에 쌍곡형 완경사 방정식 모형을 적용하여 검토하였으며 격자망은 300×284 ($\Delta x = \Delta y = 10.0M$) 로 구성하였다. 수치 계산은 입사파가 항내로 침입하여 안벽 등과 같은 구조물에서 반사되는 파가 정상 상태에 도달할 때 까지 수행되었으며, 입사 파고 SW, S, SSE 및 SE 에 대해 각각 20, 18, 18 및 20 주기씩 계산하였다. 그리고 고정 경계면에서의 반사율은 습田 (1985) 에 기초하여 수면 아래에 턱이 있는 수직에 가까운 절벽인 경우는 0.7, 직립 안벽은 1.0, 그리고 TETRAPOD 로 피복된 방파제에 대해서는 0.5 를 각각 적용하였다.

4. 결과 분석 및 검토

서귀포항의 현 상태는 기존 어항 구역을 제외하고는 각 파향에 대해 파고비가 0.2 이상이 되며 특히 SE 파향이 입사하는 경우 남방파제 내측의 깊은 수심부를 통하여 쉽사리 파랑이 항내측으로 진입하고 항내에서 중복파까지 형성되어 항내 파고비가 0.6 이상으로 나타나고 있는 실정이다. 따라서 현 상태로는 높은 파고의 이상파가 내습하는 경우 항내는 소란하게 되고 선박의 안전 항행 및 정박을 위협하게 되어 외곽 시설에 의한 보완과 이에 상응하는 항만 운영 계획의 수립이 요망되었다. 이를 위해 다음과 같은 과정에 따라 최적의 평면 배치안을 결정하였다.

- (1) 기본 평면 배치 계획안의 검토
- (2) 선정된 수정 2개안의 검토 (표3)
- (3) 최종안의 이상파 및 평상파에 대한 항내 정온도 검토

검토 결과에 따르면 문섬에 의한 차폐 효과를 증대시키기 위해 항입구를 문섬의 배후로 둔 안 (제4-1안) 이 타안에 비해 상대적으로 다소 유리한 것으로 판단되었으나 기존 항내 정온도를 향상시키는데는 미흡한 것으로 예측되었다. 하지만 지금까지의 항내 정온도 평가시에는 주로 회귀 연도 50년의 설계파를 입사파로 사용하여 대상 수역에서의 파고비를 구한 후 평상시 파랑에 대해서도 이비율이 선형적으로 적용 가능한 것으로 가정하여 사용하였다. 그러나 설계파와 평상시 파랑은 파형 경사가 다르므로 위와 같이 파고비가 선형적으로 비례한다고 가정하는 것은 실제와 상당한 차이를 야기시킬 수 있다. 따라서 항내 정온도를 평가하기 위해서는 평상파에 대해서도 검토할 필요가 있다. 일본 항만 협회(1989) 에 따르면 평상파에 대해 연중 95~97.5% 이상의 정박 또는 계류가 가능한 항내 정온도의 확보를 추천하고 있다. 서귀포항에 대해서 평상파에 대한 항내 정온도를 검토하였으며 이에 따라 95.5% 의 항만 가동률이 가능할 것으로 판단되었다.

5. 결론

서귀포항의 항내 정온도 및 항만 가동률 향상을 위한 외곽 시설의 평면 배치안 결정을 규칙파에 대한 수치 및 수리 모형 실험을 통해 검증하였다. 본 연구 결과에 따르면 서귀포항 천해 설계파는 9.3M 에 달하고 있다. 수치 및 수치 실험에 의해 외곽 시설 평면 배치안을 결정하였으며 평상파에 대한 항내 정온도 검토 결과 95% 이상의 항만 가동률이 예측되었으나 실제에 근접한 결과를 얻기 위해서는 불규칙파에 관한 수치 및 수치 실험 연구가 요구된다.

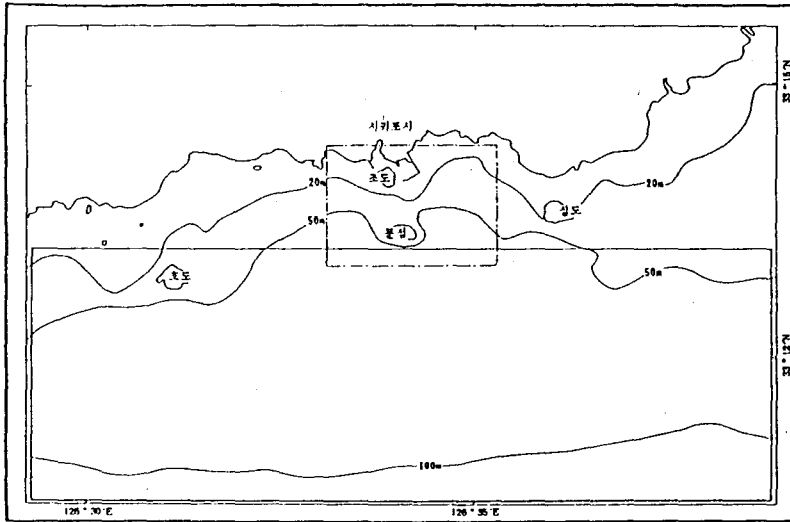


그림 1 수치모형의 계산 영역 (광역 및 세부역)

표 3. 최종 2개 계획안에 대한 항내정온도 비교

案	圖	輪村 水城	波 向	港 內 浪 高 比				備 考
				第 4-1 案		第 5-1 案		
				水理	數值	水理	數值	
第 4-1 案		輪村 水城	SW	0.53	0.55	0.45	0.45	
			S	-	0.40	-	0.35	
			SSE	0.51	0.45	0.43	0.45	
			SE	0.74	0.80	0.66	0.90	
			輪 船 橋	SW	0.14	0.15	0.17	
S	-	0.20	-	0.15				
SSE	0.28	0.20	0.27	0.20				
SE	0.35	0.30	0.30	0.35				
第 5-1 案		第 1 水城	SW	0.19	0.25	0.24	0.10	
			S	-	0.20	-	0.15	
			SSE	0.31	0.20	0.31	0.25	
			SE	0.40	0.40	0.38	0.45	
			輪 船 橋	SW	0.36	0.35	0.39	
S	-	0.10	-	0.10				
SSE	0.21	0.15	0.28	0.15				
SE	0.36	0.25	0.29	0.35				