

부산신항역 파랑반응에 따른 부두 가동율 해석

정재현* · 이학승* · 이종우** · 양상용* · 정영환*

*한국해양대학교 대학원 토목환경공학과, ** 한국해양대학교 건설환경시스템공학부 교수

Analysis of Berth Operation Ratio in terms of Wave Response at Busan New Port Site

Jae-Hyun Jeong* · Hak-Seung Lee* · Joong-Woo Lee** · Sang-Yong Yang* · Young-Hwan Jeong*

* Dept of Civil and Environmental Engineering, Graduate Division, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

** Prof., Division of Civil and Environmental Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 동북아의 허브항만으로 건설중인 부산신항만은 태풍 매미로 인해 480억원에 이르는 큰 피해를 입었다. 국내의 현행 항만설계기준을 보면 항만 정온도 기준은 선박규모별 항내 한계파고만이 규정되어있다. 그러나, 항만의 연중 이용일수를 나타내는 항만 가동률은 화물을 싣고 내리는 하역작업의 효율에 달려있으며, 하역효율은 다시 접안선박의 파랑에 의한 동요 및 하역기계의 성능에 따라 결정된다. 선박의 동요는 파고뿐만 아니라 주기에 따라서도 충분히 달라질 수 있으며 해·조류, 바람 등의 외력조건, 계류시스템의 특성과 선박의 제원 등의 복합적인 요인에 의하여 결정된다. 본 연구에서는 수치실험 및 관측 자료를 통해 평상시의 항만 가동률을 산정하고자 한다. 특히, 부산신항만의 개발초기단계에서의 계획으로부터 수심을 중심시킴과 아울러, 매립범위 및 해안선 형태 등 다양한 변화가 건설과정에서 나타났고 이를 본 연구에서 반영하여 상세해역과 장래 개발해역 등에서 항만가동율을 재산정하였다. 파랑변형과정의 이해와 분석을 돕기 위하여 관련해역에서 정상상태 스펙트럼 모델과 확장 환경사 파랑 모델을 부산신항역에 적용하여 항만반응 특성을 분석하였다.

핵심용어 : 박지, 매립, 준설작업, 항만가동율, 스펙트럼 파랑모델, 확장환경사모델

Abstract : Busan New Port, under construction aiming for the hub of Northeast Asia and partly in operation, had damaged up to 48 billion Won due to Typhoon "Maemi" in 2003. The present criteria of domestic harbor design only describes about the critical wave height with respect to the size of vessel for harbor tranquility. The berth operation ratio which represents the annual available berthing days is depending on the efficiency of cargo handling work and this depends on the motion of the moored vessel due to the wave action and the characteristics of cargo gears. The motion of moored vessel might be related not only to the wave height but also to wave period. Furthermore, the berth operation ratio relies on external forces such as currents and winds, including the characteristics of mooring system and the specification of the moored vessel. In this study we only deal with berth operation ratio in normal sea state, considering wave and current by measured data and numerical calculation. Especially we tried to evaluate the berth operation ratio for each berth adopting the variation of dredging and reclamation plan and the change of wave environment during the process of the new port construction. For better understanding and analysis of wave transformation process, we applied the steady state spectral wave model and extended mild-slope wave model to the related site. This study summarizes comparisons of harbor responses predicted by two numerical predictions obtained at Busan New port site. Field and numerical model analysis was conducted for the original port plan and the final corrected plan.

Key words : Mooring basin, Recalation, Dredging work, Available berth operation ratio, Spectral wave model, Extended mild-slope model

1. 서 론

부산항은 우리나라 허브 항만으로써 미주지역에서 아시아권, 또는 아시아를 경유하여 중동 및 유럽을 거치는 물동량과 한국, 중국, 일본, 대만 등 동북아시아의 수출입 물동량이 부산을 거쳐서 전 세계로 이동된다. 이러한 물동량의 증가 추세에 맞춰 한국, 중국, 일본은 8000TEU급 이상의 초대형 선박들이 정

박 할 수 있는 항만 건설에 박차를 가하고 있다. 부산신항이 개장되면 가덕수로를 비롯한 인근해역의 해상교통량 증가와 초대형 컨테이너 선박의 출입이 빈번해질 것으로 예상되므로 적절한 항내 정온도와 항만 가동률을 확보할 수 있는 국제적인 경쟁력을 갖춘 항만 시설과 여건을 갖추어야 한다.

부산의 컨테이너 물동량 수요는 1997년부터 2011년까지 컨테이너 화물은 연평균 7.1%, 환적화물은 13.9%의 큰 폭의 증가가 예상된다. 하지만 이런 물동량 확보를 위해 조기 개장에만 급급하다보면 우선시 되어야 할 부두안전성 확보 및 방재의 문제가 등한시 될 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 초기 설계환경과 달라진 현장여건을 감안하여 수치실험을 수행하였으며 이에 따른 항만가동율의

** jwlee@hanara.hhu.ac.kr	051)410-4461
* seaprince1@hanmir.com	051)410-4981
* kkull@nate.com	051)410-4981
* syyang2004@yahoo.co.kr	051)410-4981
* snagrag@samsung.com	051)410-4981

문제를 다루어 장래 항만개발 및 개장 이후의 설계에의 보완이나 항만가동에 중요한 방재기초자료를 제공하고자 한다.

2. 적용방정식 및 수치해석기법

2.1 정상상태 스펙트럼 파랑모형

유동장 및 파랑의 결합에 의한 유동장의 변화나 파랑의 변화를 대상해역에서 다루기 위하여 정상상태 스펙트럼 파랑모형을 적용하였다. 파랑스펙트럼의 정상상태 보존에 대한 지배방정식은 다음과 같다(Jonsson(1990)).

$$(C_{\omega})_i \frac{\partial}{\partial x_i} \frac{C_e C_{\omega} \cos(\mu - \alpha) E(\omega, \alpha)}{w_r} = \Sigma \frac{S}{w_r} \quad (1)$$

여기서, $E = \frac{\text{파랑에너지밀도스펙트럼}}{\rho_w g}$ (ρ_w 는 물의 밀도), $S =$ 에너지 소스와 싱크 항(쇄파, 바람 및 간섭 항), $\omega =$ 각 주파수, $g =$ 중력 가속도, $k =$ 파수, $\alpha =$ 파향선 방향 그리고 $\mu =$ 파의 에너지 전달 방향이다.

2.2 확장 완경사 파랑모형

본 연구에서는 해저면의 급경사(steeep slope)와 곡률(curvature) 등을 고려하여 임의의 지형에 대해 급격한 변화성분을 정의한 확장 완경사방정식 (extended mild-slope equation, Booij, 1983; Massel, 1993 등)을 지배방정식으로 사용하였다. 그 기본 방정식은 식 (2)와 같다.

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \hat{n}) + \left(\frac{C_g}{C} \sigma^2 + i\omega w + iC_g \sigma \gamma \right) \hat{n} = 0 \quad (2)$$

여기서 $\hat{n}(x, y) =$ 복소해면변동함수, $\sigma =$ 각주파수 (radians/sec), $C(x, y) =$ 위상속도(phase velocity) $= \sigma/k$, $C_g(x, y) =$ 군속도 (group velocity) $= \frac{\partial \sigma}{\partial k} = nC$, $n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right)$, $k(x, y) =$ 수심 $d(x, y)$ 에서 선형분산관계식 $\sigma^2 = gk \tanh(kd)$ 를 만족하는 파수($= 2\pi/L$), 쇄파파라메타 (Dally, 1985와 Demirbilek, 1994) $\gamma = \frac{\chi}{d} \left(1 - \frac{\Gamma^2 d^2}{4a^2} \right)$ 와 마찰항을 나타내는 진폭 감쇠계수

$$w = \left(\frac{2n\sigma}{k} \right) \left[\frac{2f_r}{3\pi} \frac{ak^2}{(2kd + \sinh 2kd) \sinh kd} \right] \text{이다.}$$

이 때 χ 는 일정한 값(0.15)이고, Γ 는 경험상수(0.4)를 사용하고, $a(=H/2)$ 는 파랑의 진폭이며 f_r 은 마찰계수로서 Madsen (1976)과 Dalrymple (1984)의 식을 적용하였다.

3. 모델의 구성

3.1 광역모델

광역의 수치계산 영역은 가덕도 남단에서 진해만 입구까지 포함된 13km x 18.5km 이고, 격자 간격은 50m, 격자수는 96,000개다. 광역의 수치실험은 정상상태 스펙트럼 모델을 적용하여 각각의 파랑조건에 대한 수치실험을 수행하였다. Fig 3.1은 대상영역의 수심도 및 격자망이다. 수치실험 입력조건은 주기 9.0sec, 12.0sec, 15.0sec 파향 SSW, S, SSE인 파랑조건을 적용하였으며, 입사파고는 재현기간 50년 빈도를 적용하여 10m를 사용하였다.

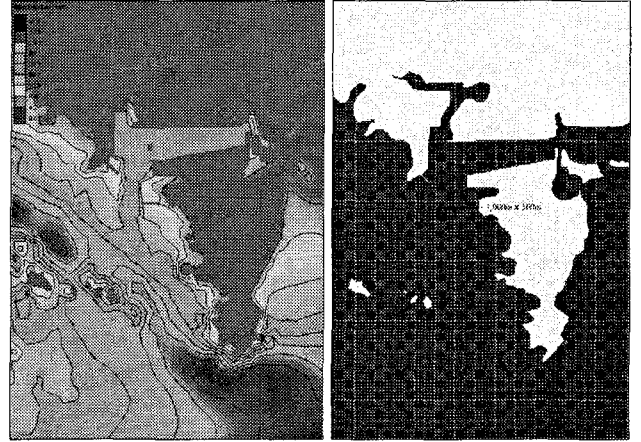


Fig. 3.1 Water depth and mesh for steady spectrum wave model site

3.2 세부역모델

세부역의 영역은 부산신항만 입구부터 항내 전체가 포함된 6km x 10km이고, 확장 완경사 방정식 파랑모형을 사용하였으며, 매립, 준설, 토도의 유·무 및 조선단지의 유·무의 지형변화에 따른 항만의 반응 특성을 알아보기 위해서 Table 3.2와 같이 3가지 Case로 수치실험을 수행하였다. Fig 3.2~3.4는 각 Case에 대한 수심도 및 유한요소망이다. 평균요소의 절점 간격은 20m이며, 절점 및 요소의 수는 Table 3.1과 같다. Table 4.1의 광역모델에서의 결과를 입력치로 채택하여 실험을 수행하였다.

Table 3.1 Component Numerical Model

Model Case	node	Element
Case 1	12789	24367
Case 2	9692	18358
Case 3	9134	17325

Table 3.2 Set up the cases for wave simulation condition

Case	Dredging		Reclamation		Island(Todo)		Ship Yard	
	15m	18m	Before	After	With	Without	With	Without
1	○		○		○		○	
2		○		○	○			○
3		○		○		○	○	

4. 수치 실험 및 분석

4.1 광역의 수치실험

광역의 수치실험은 정상상태 스펙트럼 모델을 적용하여 각각의 파랑조건에 대한 수치실험을 수행하였다. Fig. 3.1에서와 같이 부산신항만 입구 영역에서의 광역수치모형실험 결과는 Fig. 4.2~4.4에서 정리한 바와 같이 나타났으며 파향 SSW이고 주기가 15sec일 경우가 가장 큰 값으로 나타났다. Fig. 4.1은 SSW15sec에서의 파고분포도이다. 광역모델에서 신항만 입구에서 심해입사파고에 대한 결과는 Table 4.1로 요약할 수 있으며, 이 결과는 항만내 부두 가동을 계산을 위한 상세역에서 평상시 파랑의 입력치로 활용하게 된다.

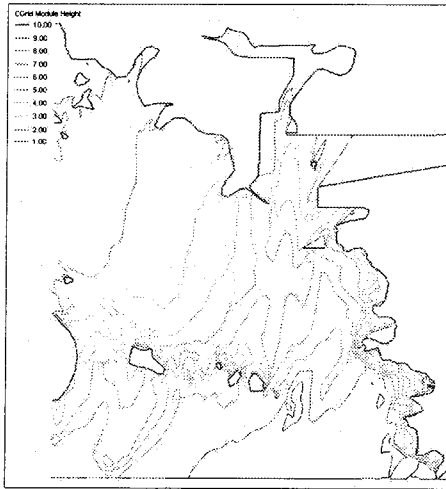


Fig. 4.1 Distribution of wave height at the coast of Busan New port (Direction SSW)

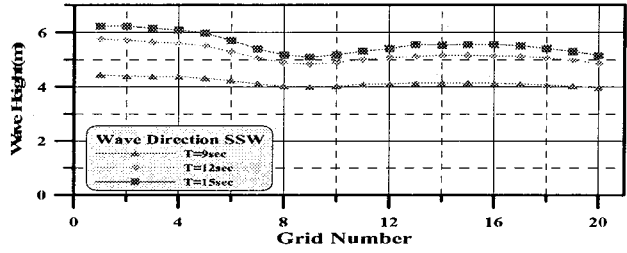


Fig. 4.4 Wave height at the entrance (SSW)

Table 4.1 Average height rate at the entrance of the Busan New port

주기	파향	SSW	S	SSE
9sec		0.416	0.284	0.373
12sec		0.520	0.535	0.459
15sec		0.558	0.554	0.380

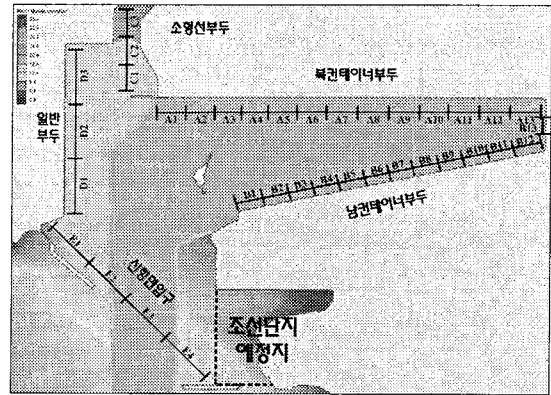


Fig. 4.5 Study area and water depth for model site.

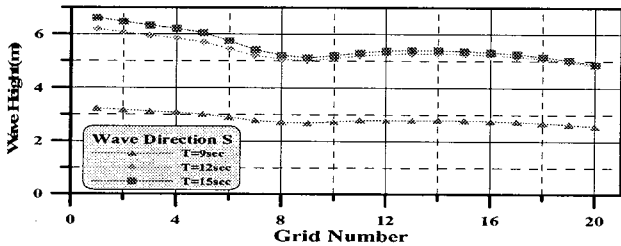


Fig. 4.2 Wave height at the entrance (S)

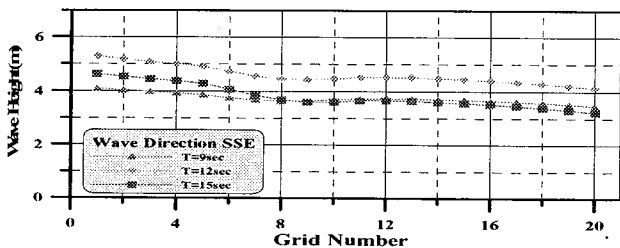


Fig. 4.3 Wave height at the entrance (SSE)

4.2 세부역 수치실험

광역의 수치실험의 결과를 이용하여 세부역의 수치실험을 수행하였다. 항내 파고 분포가 전체적으로 큰 변화가 없는 경우에는 전체 영역을 하나의 수역으로 보고 항만가동율을 산정하는 것도 가능할 것이나 부산신항만의 경우에는 항내 수역이 넓어 파고비의 차이가 있으므로 각 부두별로 구분된 수역설정이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 항만가동율을 산정을 위한 항내 수역을 Fig 4.5와 같이 ① 북컨테이너 부두(13개 선석), ② 남컨테이너 부두(13개 선석), ③ 소형선 부두(3개 선석), ④ 일반 부두(3개 선석)로 구분하였다. Fig. 4.6~4.8은 가장 높은 결과값을 나타낸 Case3의 세부역 수치실험 결과이며, Table 4.2는 심해 입사파에 대한 세부역 파고 결과값의 증폭비이다. Case1의 경우 가장 안정한 결과를 나타냈고 Case3의 경우에 가장 높은 파고를 나타냈다. 준설 및 매립 등의 항내 지형변화가 항내의 파랑변형에 상당한 영향을 미치는 것을 볼 수 있다. 남컨테이너 부두의 경우 파랑의 직접적인 경로에서 벗어나 있으므로 가장 안정한 결과가 나타났으며, 소형선 부두의 경우에 파랑의 주경로에 놓여있기 때문에 가장 높은 파고 결과를 나타냈다.

Table 4.2 Averaged relative wave heights (case 3)

위치	SSW			SSW			SSW			
	9	12	15	9	12	15	9	12	15	
북 컨테이너 터미널	a1	0.151	0.681	0.663	0.166	0.777	0.847	0.161	0.170	0.154
	a2	0.211	0.901	0.921	0.128	0.900	0.835	0.071	0.173	0.171
	a3	0.241	1.367	1.604	0.139	0.702	0.651	0.127	0.194	0.135
	a4	0.437	0.919	1.325	0.077	0.591	0.922	0.074	0.165	0.161
	a5	0.213	0.936	1.126	0.094	0.355	0.485	0.076	0.101	0.149
	a6	0.213	0.703	1.078	0.093	0.324	0.458	0.104	0.115	0.216
	a7	0.117	0.549	0.675	0.033	0.682	0.418	0.095	0.199	0.267
	a8	0.182	0.989	0.838	0.055	0.386	0.644	0.085	0.179	0.185
	a9	0.138	0.526	0.679	0.059	0.539	0.480	0.065	0.109	0.169
	a10	0.113	0.859	0.480	0.037	0.618	0.471	0.036	0.126	0.217
	a11	0.093	0.460	0.427	0.024	0.467	0.428	0.032	0.100	0.157
	a12	0.083	0.693	0.585	0.024	0.616	0.403	0.022	0.091	0.173
남 컨테이너 터미널	a13	0.083	0.425	0.405	0.029	0.399	0.335	0.014	0.099	0.150
	b2	0.468	0.599	0.920	0.066	0.625	0.861	0.134	0.096	0.116
	b3	0.351	0.660	1.060	0.043	0.396	0.503	0.162	0.101	0.195
	b4	0.546	0.450	1.183	0.072	0.481	0.323	0.084	0.141	0.155
	b5	0.258	0.568	0.536	0.103	0.363	0.407	0.054	0.182	0.293
	b6	0.172	0.646	0.635	0.089	0.366	0.459	0.052	0.137	0.159
	b7	0.291	0.532	0.728	0.091	0.581	0.398	0.061	0.126	0.201
	b8	0.313	0.651	0.517	0.092	0.418	0.601	0.041	0.238	0.222
	b9	0.220	0.506	0.548	0.073	0.515	0.392	0.037	0.119	0.151
	b10	0.072	0.845	0.398	0.043	0.492	0.423	0.020	0.103	0.158
	b11	0.112	0.504	0.533	0.036	0.370	0.273	0.035	0.102	0.159
	b12	0.122	0.456	0.416	0.026	0.324	0.288	0.014	0.126	0.172
	b13	0.118	0.356	0.494	0.028	0.287	0.333	0.017	0.117	0.234
소형선 부두	c1	0.282	0.300	0.679	0.140	0.819	0.847	0.051	0.308	0.429
	c2	0.296	0.450	0.678	0.126	0.762	0.894	0.080	0.267	0.307
	c3	0.403	0.347	0.815	0.102	0.757	0.858	0.053	0.268	0.308
일반부두	d1	0.280	0.538	0.735	0.253	0.583	0.658	0.083	0.470	0.524
	d2	0.220	0.641	0.720	0.126	0.735	0.507	0.080	0.529	0.636
	d3	0.272	0.628	1.201	0.169	0.608	0.685	0.097	0.526	0.809

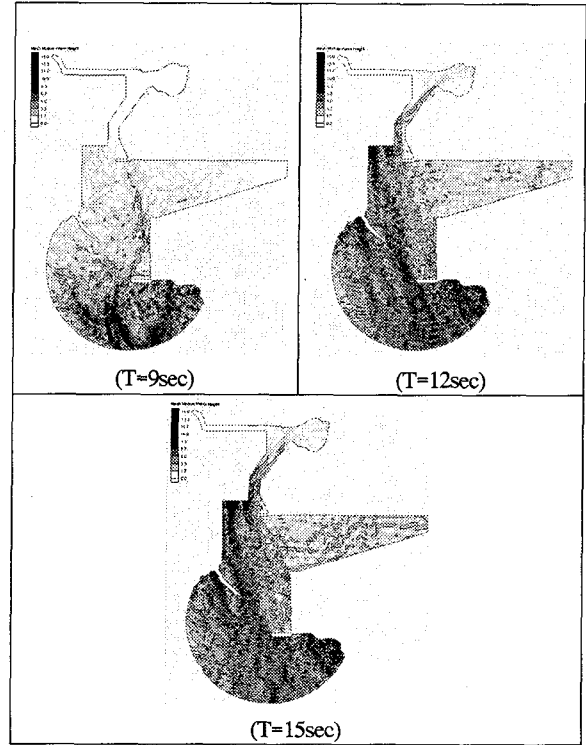


Fig. 4.7 Distribution of wave height inside Busan New port (Case 3, Direction SSE)

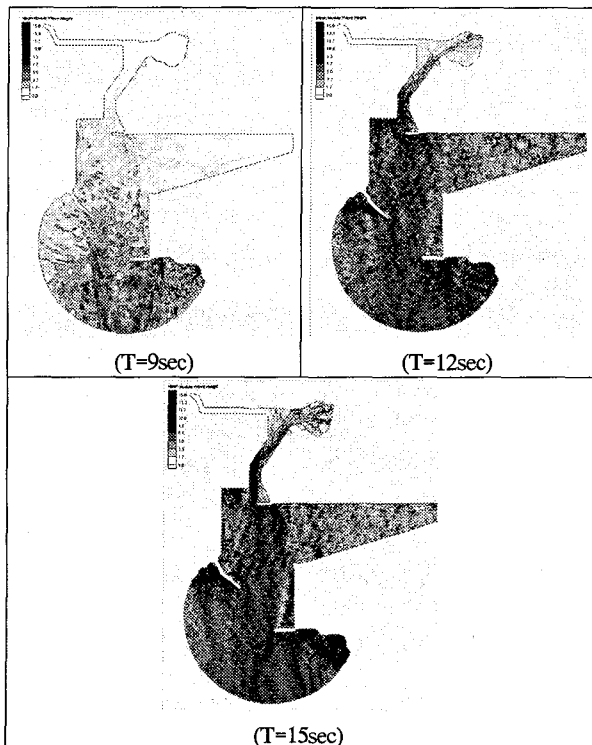


Fig. 4.6 Distribution of wave height inside Busan New port (Case 3, Direction S)

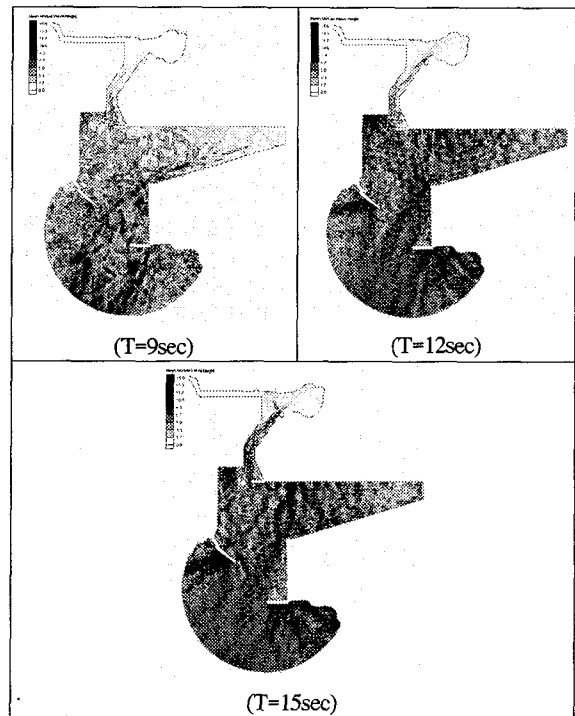


Fig. 4.8 Distribution of wave height inside Busan New port (Case 3, Direction SSW)

5. 파랑분석에 의한 항만가동을 평가

Table 5.1 Rearranged 4-years wave forecast data of JMA

주기	파향	SSW	S	SSE	합계		
		9초	12초	15초	9초	12초	15초
6초 이하	파고	234 (4.00)	146 (2.50)	157 (2.69)	537 (9.19)		
7초	0-1	91 (1.56)	69 (1.18)	39 (0.67)	199 (3.41)		
	1-2	167 (1.56)	64 (1.10)	29 (0.50)	260 (4.45)		
	2-3	15 (0.26)	5 (0.09)	4 (0.07)	24 (0.41)		
	3-4	-	1 (0.02)	1 (0.02)	2 (0.03)		
9초	0-1	7 (0.12)	26 (0.44)	15 (0.26)	48 (0.82)		
	1-2	61 (1.04)	21 (0.36)	7 (0.12)	89 (1.52)		
	2-3	26 (0.44)	3 (0.05)	2 (0.03)	31 (0.53)		
	3-4	2 (0.03)	3 (0.05)	-	5 (0.09)		
	4-5	2 (0.03)	-	-	2 (0.03)		
12초	0-1	17 (0.29)	19 (0.33)	9 (0.15)	45 (0.77)		
	1-2	55 (0.94)	24 (0.41)	14 (0.24)	93 (1.59)		
	2-3	12 (0.21)	10 (0.17)	5 (0.09)	27 (0.46)		
	3-4	-	7 (0.12)	-	7 (0.12)		
	4-5	5 (0.09)	2 (0.03)	-	7 (0.12)		
	5-6	2 (0.03)	3 (0.05)	-	5 (0.09)		
	6-7	1 (0.02)	-	-	1 (0.02)		
	7-8	1 (0.02)	-	-	1 (0.02)		
15초	0-1	3 (0.05)	6 (0.10)	10 (0.17)	19 (0.33)		
	1-2	11 (0.19)	20 (0.34)	17 (0.29)	48 (0.82)		
	2-3	8 (0.14)	13 (0.22)	2 (0.03)	23 (0.39)		
	3-4	1 (0.02)	2 (0.03)	-	3 (0.05)		
	4-5	2 (0.03)	-	-	2 (0.03)		
비율		723 (12.37)	444 (7.60)	311 (5.32)	1478 (25.29)		

Table 5.2 Occurrence of critical waves at each berth and annual ratio of available berth operation (case 3)

위치		SSW			S			SSE			합계	항만 가동률(%)
		9초	12초	15초	9초	12초	15초	9초	12초	15초		
북 컨테이너 부두	A1	31	86	24	10	59	39	4	9	3	265	95.47
	A2	66	87	24	6	59	39	0	9	5	295	94.95
	A3	78	89	25	6	57	38	2	12	2	309	94.71
	A4	93	87	24	3	55	39	0	8	5	314	94.63
	A5	66	87	24	3	50	37	0	1	2	270	95.38
	A6	66	86	24	3	47	37	2	2	12	279	95.23
	A7	17	85	24	0	57	37	0	12	16	248	95.76
	A8	54	87	24	0	51	38	0	2	8	264	95.48
	A9	25	85	24	0	55	37	0	2	5	233	96.01
	A10	17	87	24	0	55	37	0	3	12	235	95.98
	A11	4	82	24	0	53	37	0	1	3	204	96.51
	A12	4	86	24	0	55	37	0	0	5	211	96.39
	A13	4	81	24	0	50	36	0	1	2	198	96.61
남 컨테이너 부두	B1	93	86	24	6	57	38	2	3	11	320	94.52
	B1	93	86	24	0	57	39	4	0	11	314	94.63
	B2	93	86	24	0	50	37	0	1	11	302	94.83
	B3	94	82	24	0	53	36	0	5	3	297	94.92
	B4	78	85	24	6	50	37	0	9	19	308	94.73
	B5	48	86	24	3	50	37	0	4	3	256	95.64
	B6	91	85	24	3	55	37	0	3	11	309	94.71
	B7	91	86	24	3	51	38	0	16	14	323	94.47
	B8	66	85	24	0	53	37	0	2	2	269	95.40
	B9	2	85	24	0	53	37	0	1	3	205	96.49
	B10	17	82	24	0	51	33	0	1	3	211	96.39
	B11	17	82	24	0	47	35	0	3	5	213	96.36
B12	17	79	24	0	46	36	0	2	14	218	96.27	
소형선 부두	C1	91	76	24	6	59	39	0	20	22	337	94.23
	C2	91	82	24	6	59	39	0	5	19	325	94.44
	C3	93	79	24	6	59	39	0	5	19	324	94.46
일반부두	D1	48	77	24	8	50	37	0	19	19	282	95.17
	D2	25	79	24	3	53	35	0	20	21	260	95.55
	D3	48	79	24	6	51	37	0	20	23	288	95.07

Table 5.3 Limit of cargo handling work at each berth

구분	작업한계 파고	비고
소형선부두	0.3m	항만 및 어항 설계기준
중대형선	0.5m	
초대형선	0.7-1.5m	

Table 5.4 Computed available berth operation ratio

구분	Case 1	Case 2	Case 3
북컨테이너 부두	98.08%	95.83%	95.62%
남컨테이너 부두	99.16%	96.44%	95.34%
소형선 부두	96.71%	95.66%	94.38%
일반 부두	99.04%	96.32%	95.27%

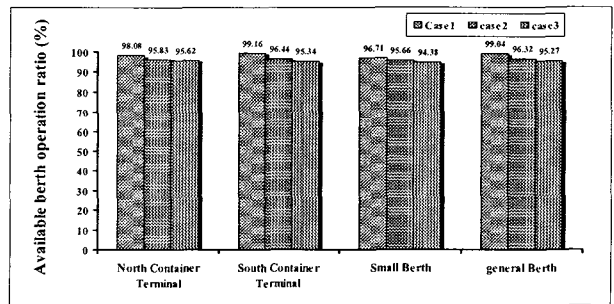


Fig. 5.1 Comparison of available berth operation ratio

항만가동을 산정하기 위하여 Table 5.1에서와 같이 일본 기상청(JMA) MRI(Meteorological Research Institute)모형의 연중우 세파를 적용한 파랑특성을 연안수역 및 항내정온도 분석에서 적용한 모형실험 결과와 비교하여 가동을 산정에 참고하였다. 항만가동을 산정을 위한 수치실험은 광역에 대하여 각각의 파랑 조건을 적용하여 정상상태 스펙트럼 파랑모형으로 수치실험을 수행하고 부산항만 입구에서의 수치실험 결과값을 도출하여 세부역의 파랑변형모델의 입력값으로 적용하였다. 세부역의 파랑변형모델은 반사, 굴절, 천수, 해저마찰을 적용할 수 있는 비정상상태 환경사 방정식 파랑모형을 이용하여 각 구간별의 평균파고값을 산출하였다.

각 구간별 평균 파고비는 Table 4.2와 같다. 항만가동을 산정은 Table 4.1에서 보여지는바와 같이 수치계산에 의한 9개 조건의 평균파고비에 평균구간에 대한 상대파고비를 곱하고 부두별 작업 한계파고를 부두별 평균파고로 나누어 작업한계파고를 유발하는 한계 입사파고를 구하였다. 각 부두별 작업한계 파고는 Table 5.3과 같이 소형선 부두는 0.3m, 중대형선 부두는 0.5m, 초대형선 부두는 0.7~1.5m를 적용하였다(항만 및 어항 설계기준). JMA 자료를 이용하여 주기 및 방향별 출현빈도를 이용하여 작업 한계파고를 유발하는 자료의 개수를 구하여 부두별 각 구간에 대한 연간 가동율을 산출한 결과는 Table 5.2와 같다.

항만가동을 산정 결과 Case1의 경우 북컨테이너 부두에서 98.08%, 남컨테이너부두에서 99.16%, 소형선 부두에서 96.71%, 일반부두에서는 99.04%로 조선단지 조성 후, 항로 미 준설 그리고 웅동만 매립전이 가장 항만가동율이 높은 반면, Case 2의

경우인 심홀수 선박을 위해 18m로 증심하고 현행과 같이 동방파제 배후에 조선단지를 조성하지 않고 개방된 상태를 둘 경우에 북컨테이너 부두에서 95.83%, 남컨테이너부두에서 96.44%, 소형선 부두에서 95.66%, 일반부두에서는 96.32%로 항만가동율이 다소 떨어지는 것으로 분석되었다. 또한 수심을 18m로 증심하고 조선단지를 조성 후에 토도를 제거할 경우에 북컨테이너 부두 95.62%, 남컨테이너부두 95.34%, 소형선 부두에서 94.38%, 일반부두에서는 95.27%로 항만가동율이 가장 낮은 것으로 분석되었다. Fig. 5.1은 항만개발방향에 따른 항만가동율의 변화를 비교한 것이다.

6. 결론

최근 부산신항만의 1단계 개발이 북 컨테이너 터미널 쪽에 가시적으로 나타나고, 10,000TEU 이상의 대형 컨테이너선을 서비스할 수 있도록 접근 수로 및 박지의 수심을 기존 15m에서 18m로 증심시킴과 아울러, 신항만의 용동만 내 일부수역을 매립하는 것으로 항만배후지 부분의 매립계획에 대한 수정이 논의되고 있다. 본 연구에서는 정상상태 스펙트럼 파랑모형과 굴절 및 회절, 반사, 쇄파, 비선형 분산 등을 고려할 수 있는 확장완경사 방정식 파랑모형을 적용하여 항만가동율을 재산정하였다. 결과 항 전체적으로 높은 항만가동율을 보였으나 매립 및 준설이 이루어짐에 따라서 항만가동율이 상당히 감소하는 결과가 나타났다. 항만 가동율은 전반적으로 남컨테이너부두에서 가장 높게 나타났으며, 입사파향에 직접 노출되어있는 소형선 부두에서 가장 낮게 나타났다. 매립과 준설, 그리고 조선단지의 제외가 항만의 반응에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났으며 일부 구간에서는 태풍내습시 고파랑에 대한 대비가 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서는 현행 항만정온도의 평가기준에 맞추어서 단주기성 평상파에 대한 분석만을 기하였지만 이외에 장주기성 부진동으로 인한 가동율의 변화를 포함시키는 것이 장래 평가기준의 개선에 기여할 수 있을 것으로 사료되며 아울러, 계류선박의 동적거동과 대규모 항만에서 선박출입항에 따른 항주파의 영향까지 포함시킨 부두안정성과 가동율의 분석도 병행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 가덕도 신항만개발 기본설계 해양조사 보고서(1995) pp.1-1-1_5
- [2] 기상청 (2002) 기상연보
- [3] 김정경, 부산신항만 항로배치에 관한 연구(2005) pp.1-17.
- [4] 한국해양연구원(2005) 전해역 심해설계파 추정 보고서.
- [5] 해양수산부, (1997) 부산 신항 방파제 실시설계 용역 수치모형실험보고서. pp.151-161
- [6] Booij, N. (1983), A note on the accuracy of the mild-slope equation, Coastal Eng., Vol.7, pp.191-203.
- [7] Dally, W. R., Dean, R. G., and R. A. Dalrymple, R. A.

- (1985), Wave Height Variation across Beaches of Arbitrary Profile, J. Geophys. Research, Vol. 90, pp.1917-1927.
- [8] Demirbilek, Z. (1994), Comparison between REFDIFS and CERC Shoal Laboratory Study, Unpublished Report, Waterways Exp. Station, Vicksburg,MS,p.53.
- [9] Madsen, O.S. (1976), "Wave Climate of the Continental Margin: Elements of its Mathematical Description," Marine Sediment Transport and Environmental Management (eds. D. Stanley and D.J.P. Swift), John Wiley, NY, pp.65-87.
- [10] Jonson, I. G.(1990). "Wave-current interactions". The sea.9, part A, B. LeMehaute and D. M. Hanes, ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [11] Massel, S.R. (1993), "Extended Refraction-Diffraction Equation for Surface Waves," Coastal Engng., Vol. 19, pp. 97-126.
- [12] WAMDI group (1988). "The WAM model - a third generation ocean wave prediction model", J. Phys. Oceanogr., 18, pp.1775-1810