

# 부산항 개발 현황과 항내의 파고 변화



이름 : 하 건 호

학번 : 9301080

학과 : 해사수송과학부

과정 : 정보 전산 과정

지도 교수 : 김 창 제

교수님

# 부산항 개발 현황과 항내의 파고 변화

## 1 연구 목적

## 2 부산항의 현황

## 3 신선대 부두 및 제 4 단계 컨테이너 부두의 해양 환경

### 3.1 항로폭

### 3.2 수심

### 3.3 조석

### 3.4 조류

### 3.5 파랑

## 4 파고 추정

### 4.1 파고 추정 방법

### 4.2 회절 도법

#### 4.2.1 필요 데이터

#### 4.2.2 복외항에 시설물이 존재하지 않을 때

#### 4.2.3 시설물이 존재할 경우

## 5 파고를 낮추기 위한 방법

### 5.1 항 내부의 형태

### 5.2 항내에서 항입구를 통하여 내다보는 부분의 구조

### 5.3 소형 선박을 위한 항의 구조

### 5.4 방파제 뒷 부분에서의 파의 반사 고려

### 5.5 기타

## 6. 결론

## 1. 연구의 목적

항만의 가장 중요한 기능은, 화물(여객)을 신속·안전하게 수송할 수 있는 장소 뿐만 아니라 선박에게 안전한 피박지를 제공하는 것이다. 따라서 안전한 항만의 입지조건으로서는 바람, 파랑, 조석, 조류 및 안개 등의 자연조건과 정박지, 항로폭 및 수심등의 수역조건을 고려해야 한다.

항만에 안벽, 방파제 등의 구조물을 설치하는 경우, 그 구조물 주변에서는 파의 진행파와 반사파 및 회절파가 중합된 중합파를 형성하며, 복잡하게 변화할 뿐만아니라, 항내에 들어온 파의 에너지가 집중되는 경우도 발생한다. 따라서 안전한 항만, 즉 점온한 항만을 유지하기 위해서는 항만 구조물을 배치할 때에 세심한 배려를 해야 한다.

부산항내에도 신선대 부두 및 제 4 단계 컨테이너 부두와 같은 대형 직립 안벽등을 건설함으로써 항내 파고가 증가하여 항행선박 또는 하역 작업하는 선박에 위험을 줄수 있다.

이 연구는 부산항내 기존 시설물인 신선대 및 건설 중인 제 4 단계 컨테이너 부두 시설물과 청학동 일대 부두로 인한 부산항내 파고의 변화를 검토·분석한 것이다

## 2. 부산항의 현황

한반도 동남쪽에 위치한 우리나라 제 1 항구인 부산항은 1876년 부산포란 이름으로 개항된이후 1906년 처음으로 부두 축조공사를 시작하여 1944년까지 1,2,3,4부두와 중앙 부두를 축조함으로써 근대항만으로서의 위상을 갖추게 되었다.

1974년부터 1982년 사이에 부산항 1, 2단계 개발사업을 추진하여 자성대 컨테이너 부두를 비롯한 4개 전용부두를 축조하였고, 1985년부터 시작된 3단계 개발 사업으로 신선대 컨테이너부두가 1991년 개장되어 운영됨으로써 태평양과 아시아 대륙을 연결하는 관문의 역할을 하게 됐다.

또한 1992년부터는 4단계 개발사업을 추진하여 감만 컨테이너부두를 1998년 1월부터 운영할 계획이므로, 다가오는 21세기에는 아시

아 태평양 시대에 동북아시아 해상 수송의 중심지로서 이 지역 물  
류거점항으로 발전할 전망이다.

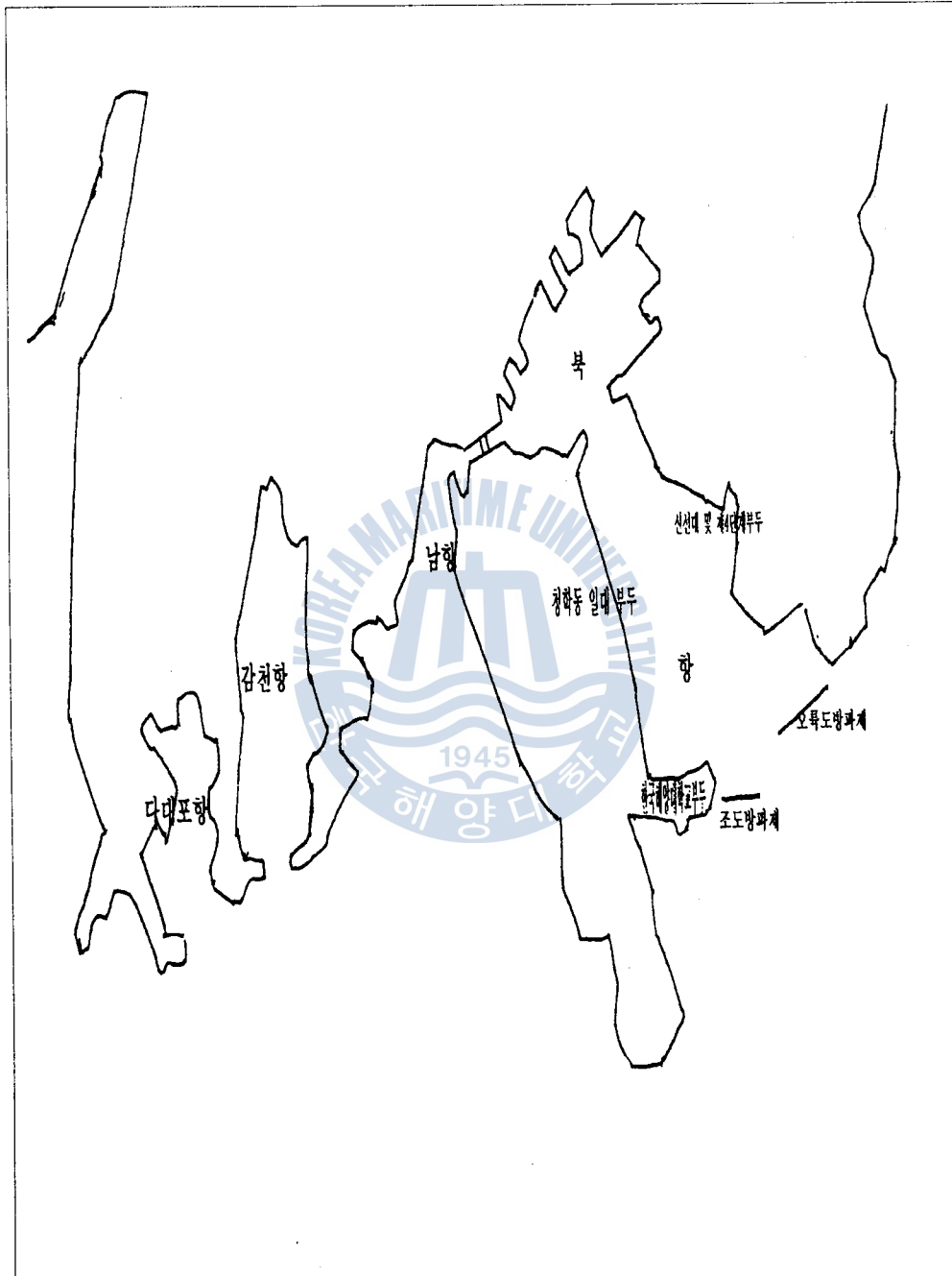


그림1 부산항 전경

그림1은 북항,남항,감천항,다대포항을 포함한 부산항 전경이다.

표1 기존 북항 항만 시설 개요

부 두	안벽길이 (m)	전면수심 (m)	집안 능력		장치 면적	
			톤 수	척수	상옥	야적장
제 1 부두	190	8-9	7000	1	8186	12,254
제 2 부두	925	9-11	20,000	1	9430 (3동)	11,558
			10,000	1		
			7,000	1		
			5,000	2		
중앙 부두	645	9	8,000	4	-	15,685
제 3 부두	1,146	9-10	5,000	2	13,600	26,100
			3,000	1		
제 4 부두	1,308	9-10	10,000	1	13,600 (4동)	51,396
			8,000	1		
			7,000	1		
			5,000	3		
			3,000	2		
양곡 부두	371	12.5	50,000	1	71Silo	
제 7 부두	657	7.5-10.5	15,000	1	-	44,773
			6,000	1		
			5,000	2		
제 8 부두	1,000	5-10	15,000	3		70,837
			10,000	1		
자 선 대	1,262	12.5	50,000	4	25,617	394,312
신 선 대	900	14	50,000	3	10,033	456,200
우 암	510	12	20,000	1	-	125,230
			5,000	2		
감 만	1,400	14	50,000	4	9,600	318,808
국제여객부두	807	7-8.5	50,000	1	-	11,370
			10,000	2		
			3,000	2		
연안여객부두	690	6.5	5,000	1	-	1,359
			3,000	1		
			1,000	6		

표1은 기존 북항 항만 시설의 안벽 길이, 수심, 접안 능력 및 장차 면적을 나타낸 표로, 북항내 부두 전면 수심은 5-14m로 장소에 따라 차이가 있으며, 신선대(14m)와 감만(14m) 부두의 수심이 북항내에서 가장 깊다는 것을 알수 있다.

이중 북항 북동쪽의 부산시 남구 용당동에 위치한 신선대는 우리 명줄을 움켜쥐고 있는 수출의 보루이다. 전국 컨테이너 화물의 30% 이상이 이곳을 거쳐 세계 각지로 실려나가며, 잠시라도 이곳이 파업을 하는 날이면 나라 전체가 파산 위험에 처할 만큼 중요한 역할을 맡고 있다.

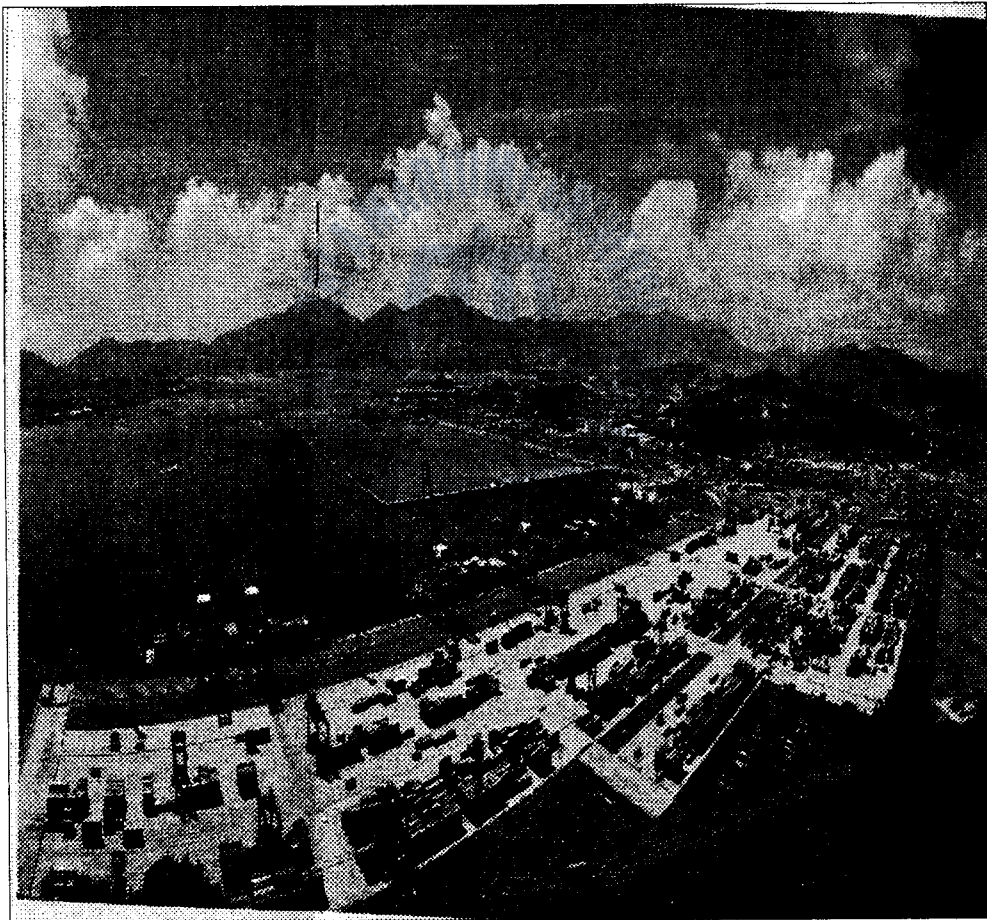


사진1 신선대 부두 및 제 4 단계 컨테이너 부두 전경

사진1은 이기대에서 촬영한 신선대부두 전경이다. 사진 중앙에 5만톤급 대형 컨테이너선박 3척이 동시에접안할 수 있는 900m의 안

백과 초고속 컨테이너 크레인 6대가 보인다.

이 안벽 안쪽 컨테이너 야드는 컨테이너를 4단으로 쌓을 경우, 3만 4천여개를 동시에 장치할 수 있는 규모이고, 이 컨테이너 사이 사이에 컨테이너들을 쌓고 옮기는 트랜스퍼 크레인, 리치 스택커, 지게차, 램 핸들러등이 있다.

신선대 부두의 환적 화물 연간 처리 능력은 자성대 부두보다 6만 개가 많은 96만TEU(20ft기준)이며, 일렬로 세우면 서울과 부산을 6번 왕복해도 남는 6천 킬로미터에 달한다.

표2 신선대 부두 시설 (Facilities)

구 분	규 모
총 면 적	992,069제곱 미터
컨테이너 야드	456,200제곱 미터
컨테이너 화물 조작장	10,000제곱 미터
안 벽	900미터
컨테이너 크레인	6기
트랜스퍼 크레인	25기
동시 접안 능력	5만톤급 3척
연간 하역 능력	96만 TEU

그러나 해운 항만청은 신선대 부두의 개장이후 신선대 부두의 하역 처리 능력을 상회할 정도로 컨테이너 물동량이 급증하였기 때문에, 이미 축조된 신선대 부두를 확충하게 되었다.

신선대 부두 확충 계획에 따르면, 해운 항만청은 1996년 말까지 길이 300m의 안벽을 신선대 부두에 새로 축조해 5만톤급 선박 1척이 접안할수 있는 1개 선석을 추가로 건설하기로 했다.

신선대 부두에 1개 선석이 추가 건설될 경우, 신선대 부두는 5만톤급 컨테이너 선박 3척이 동시에 접안할수 있는 능력을 갖추게 되어, 연간 20ft 컨테이너 32만개를 더 처리할 수 있을 뿐만 아니라, 1996년 화물처리 능력은 현재 96만개에서 1백 28만개로 대폭 늘어나게 됨으로, 급증하는 환적 화물 전용 부두로서 활용 된다.

그러나 현재까지의 부산항내 컨테이너 처리 능력으로 볼때, 신선대 부두 확충만으로는 앞으로의 컨테이너 물동량의 증가를 감당할수 없기 때문에, 해운 항만청은 부산항 4단계 컨테이너 부두 공



사를 1997년 말까지는 완공할 예정이다.

부산항 4단계 컨테이너 부두(사진 1-1참조)에는 5만톤급 대형 컨테이너선 4척이 동시에 접안할수 있는 1천 4백m 전용선석 4개, 바다 매립으로 생겨나는 75 m<sup>2</sup>(23만평)규모의 컨테이너 장치장, 이동식 컨테이너 크레인 10기 등이 설비 된다.

완공된 4단계 부두는 연간 20ft 짜리 컨테이너 1백 20만개를 처리할수 있는 능력을 갖추게 되며, 기존의 1,2단계 자성대 부두(처리 능력 90만개) 및 3단계 신선대 부두(처리 능력 96만개)와 함께 트로이카 채재를 구축, 부산항의 컨테이너 수출입 화물의 채선, 채화를 해소 하는데 크게 기여할 것이다.

또한 해운 항만청은 1994년도 부산항에 입항한 7천8백여척의 컨테이너선중 2만톤급 이하의 중소형 선박이 77.1%에 달했기 때문에, 부산항의 채선, 채화 해소를 위해 연간 35만 TEU의 환적 화물을 처리할수 있는 피더선 전용 부두를 만들기 시작했다.

해운 항만청은 최근 악화 일로에 있는 부산항의 극심한 채선 현상을 조기에 해소하고 자성대와 신선대 컨테이너 전용 부두의 운영 효율을 높이기 위해 당초 2011년 완공할 예정이던 피더선 전용부두를 11년 앞당겨 오는 2000년 완공할 예정이며, 총사업비 1천 6백 88억원을 연차적으로 투입해 3만톤급 2척과 5천톤급 3척이 동시에 접안할수 있는 5개 선석 규모의 피더선 부두를 현재 건설중인 부산항 4단계 컨테이너 전용부두 서쪽에 건설하기로 했다.

중소형 컨테이너선박을 완공된 피더선 부두에 접안시킴으로서, 부산항 대형 컨테이너 전용부두의 운영 효율이 크게 높아질 전망이며, 피더선 전용부두가 완공되면 부산항은 홍콩, 대만, 싱가포르, 일본 등 인접국 항만과의 환적화물 유치 경쟁 및 처리에 있어서 우위를 차지할 수 있을 것이다.

### 3. 신선대 부두 및 제 4 단계 컨테이너 부두의 해양 환경

부산항 신선대 부두는 자성대 부두와 함께 부산항 컨테이너 물동량의 대부분을 처리하고 있으며, 총안벽 길이 900m, 전면수심은 14m로서, 20000-50000dwt급 컨테이너선 3척이 동시에 접안할수 있는 능력을 갖추고 있다.



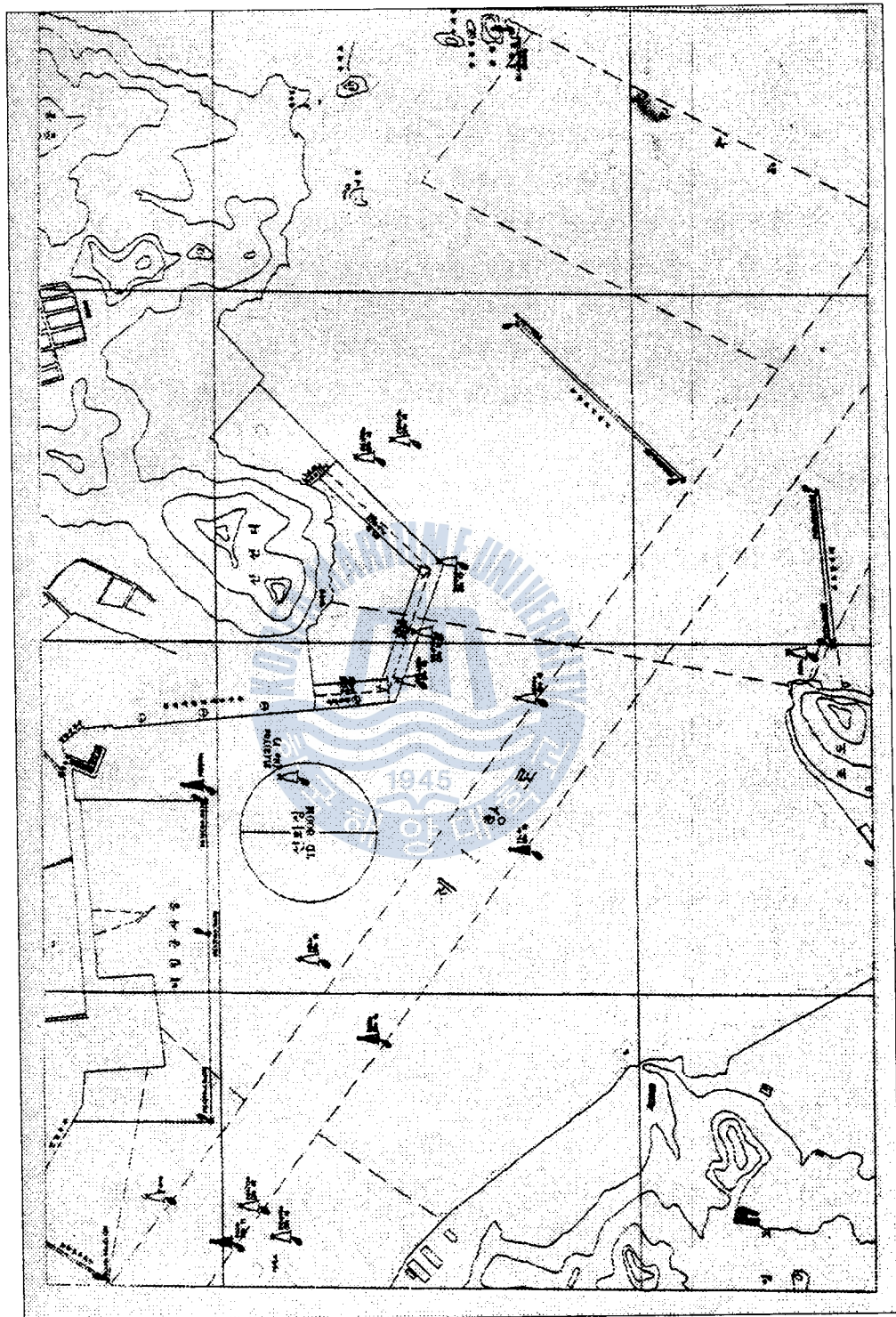


그림2 신선대 추가 확장 부두의 평면도

그림2는 제 1 항로를 중심으로 신선대 부두 주변을 나타낸 것으로, 기존 신선대 부두와 확장중인 신선대 부두 및 부산항 제 4 단계 컨테이너 부두 매립지가 자세하게 나타나 있다.

부산항 컨테이너 물량의 증대에 대비하여 이 신선대 부두의 가로 안 법선으로 부터 65m 거리의 남측지선에 부두 방향 354도, 길이 300m를 확충 연장하여 Post panamax급 컨테이너선 접안 부두를 건설할 계획으로 있다. 이 계획부두의 남쪽 끝단은 북외항 오륙도 방파제로부터 약 1600m 내측에, 부산항 주항로인 제1항로의 우측 경계선으로 부터는 약 530m에 불과한 곳에 위치하게 된다.

### 3.1 항로폭

신선대 추가 계획부두에 입항하는 선박은 외항 방파제를 지나 부산항 제 1 항로를 따라 진입하여 NO.4 등부표 부근에서 우회 변침하여 계획부두에 접안하며, 출항은 그 역의 순서를 밟게 된다. 이때, 입·출항 선박이 이용하게 될 구역은 기존 북외항 제 1 항로 및 계획 부두와 제 1 항로를 접속하는 수역(조종 수역)이 된다. 제 1 항로의 폭은 350m 이고, 제 1 항로로부터 계획부두까지의 접속수역은 별도의 항로가 설정되어 있다.

표3 우리나라 및 일본의 항로폭

항로의 길이	통행의 상황	폭	대상 선박의 직용
비교적 거리가 긴 항로	출입선박의 빈도가 큰 경우	2L	590.0m
	상기 이외의 경우	1.5L	442.5m
상기 이외의 항로	출입선박의 빈도가 큰 경우	1.5L	442.5m
	상기 이외의 경우	L	295.0m

표 3에 의해 계획부두에 입항예정인 Post Panamax급(컨테이너선의 선폭은 39.4m, 선체 길이 295m이므로)선박의 소요 항로폭은 236.4m에서 442.5m 범주가 된다.(직선 항로의 표준폭은 최소가 선폭의 600%,최대가 선체길이의 1.5배가 되어야 한다.)

그리고 제 1 항로에서 계획부두에서는 일방통항일때 선폭의 490%

즉 193.0m 정도이다.

### 3.2 수심

항로의 수심은 계획 선박의 만재 흘수에 Squat, Trim과 파의 영향, 안전여유 수심 등을 고려하여 결정한다.

표4 항로 설계 지침에 따른 최소 수심

	우리 나라	일 본	미 국
최소 수심	14.5m	15.2m	14.6m

표4에 의해 계획부두에 입항 예정인 흘수 13.5m의 Post panamax형 컨테이너선의 소요 최소 수심은 14.5m에서 15.2m가 된다.

그러나 컨테이너선박이 급속히 대형화되고 있는 추세인데도 국내 최대의 컨테이너항인 부산항 자심대 및 신선대부두의 수심 및 하역장비가 이에 따르지 못해 선박입출항 및 하역에 큰 어려움을 겪고 있다.

### 3.3 조석

1961-90년의 월평균 해면은 2월에 최저로 0.54m 이고 9월에 최고 0.76m 이며 연교차는 0.22m 로서 전국적으로 가장 작다.

### 3.4 조류

부산항의 조류는 창조류의 경우, 수영만에서 오륙도 동측 연안을 남류하여 오륙도 부근에서 일부는 북항으로 유입하여 영도 대교를 지나 남항으로 흐르고, 일부는 영도 남단을 감돌면서 유속이 가속되어 영도 서측 연안을 따라 흐르다가 남항에서 나온 흐름과 합류하여 송도 연안으로 환류한다. 낙조류는 이와 반대 방향으로 흐른다.

시간대별 조류의 유속은 북외항 부근에서 창조(낙)조류는 저조후(고

조건) 0.6-1.0(0.2-2.0)시경에 전류하여 고조전(저조후) 0.2-1.0(0.6-1.0)시경까지 4.2-5.4(7.0-8.2)시간 지속되며 최대유속은 창조류시 0.5-1.5노트이다.

### 3.5 파랑

신선대 계획부두 축조와 관련하여 산정된 실제파는 동계의 경우 파향 N 81° E, 파고(1/3 유의 파고) 3.71m, 하계에는 파향 N 165° E, 파고 6.20m로 나타난다.

한편 권배 설계파 내습시(이상시)의 수치모형 실험에 의한 항내 점온도를 검토한 결과, 동계일 때 계획지점의 파고비가 0.1 정도이므로, 항내 점온도 유지가 가능한 것으로 되어 있고, 하계일 때는 계획지점의 파고비가 0.3 정도로 되어 있다.

## 4 파고 추정

### 4.1 파고 추정 방법

항 입구에서 항내로 진입한 파는 항내에 남아 있는 천연 해변이나 소파호안 등에 부딪쳐 그 에너지를 잃어버리지만 항의 형태에 의해서는 직립안벽등에서 반사되고, 항의 안까지 도달하는 일이 있다. 이와 같은 경우 파고 추정 방법으로는 파의 반사면에서 항내의 형상을 반환하여 그려 놓고, 그 반사파를 이 회절도상에서 진행파로서 취급하는 회절도법이 있다.

이 연구에서는 회절도법을 이용하여 복외항에 신선대 부두 등과 같은 시설물을 설치하였을 경우, 부산항내의 파고 변화를 검토한다.

### 4.2 회절 도법

#### 4.2.1 필요 데이터

1. 오류도 방파제와 조도 방파제 사이의 계구폭  $B=580\text{m}$
2. 북외항의 평균 수심 : 5-13m  
항 입구의 평균 수심 :  $h=20\text{m}$
3. 정사 입사파에 대한 방파제 계구부에서의 회절파의 편향각
4. 항 입구에 있어서의 파장의 조위는  $+1\text{m}$ 로 상정
5. 부산항의 탁월 내습파의 파고와 주기  
 $H_0(\text{파고})=8.0\text{m}$  ,  $T_0(\text{주기})=13\text{sec}$
6. 입사파의 파향이 이루는 각은  $40^\circ$ 로 상정
7. 방향 집중도 파라메타  $S_{\text{max}}$

#### 4.2.2 북외항에 시설물이 존재하지 않을 때

(단 오류도 방파제와 오류도 사이는 하나의 방파제로 가정하였고, 북내항의 북방파제와 남방파제도 하나의 방파제로 차단되어 있다고 가정하였다.)

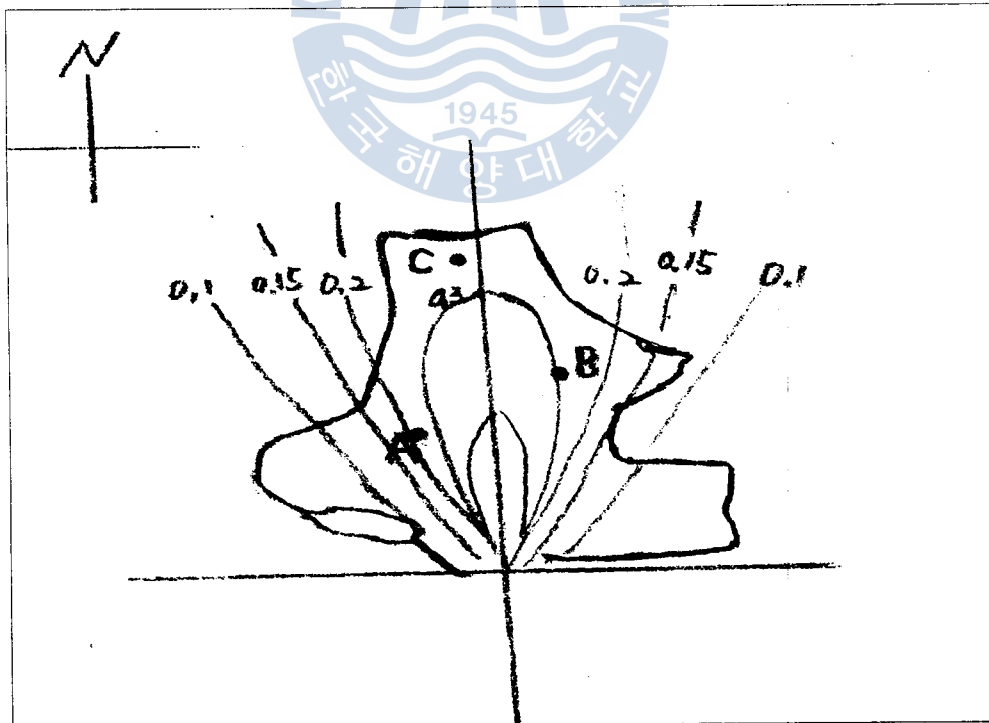


그림3 북외항에 시설물이 존재하지 않을때의 회절도

이 경우 안벽의 반사파가 없으므로 항내의 파고비는 도시의 등회절 계수선에서 즉시 읽을수 있다.

표5 부산항의 파고비

지점	지역	파고비
A	한국해양대학교 부두 및 청학동 일대 부두	약 0.2
B	신선대 및 4단계 개발 부두 부근	약 0.3
C	제 1항로 부근	약 0.27

표 5와 같이 안벽이 없을 경우 학교주위의 파고비는 약 0.2정도이고, 그 외의 지역은 약 0.27정도의 파고비를 나타내고 있다.

#### 4.2.3 부외항에 시설물이 존재할 경우

부외항에 영도 일대 안벽 및 신선대 부두와 제4단계 개발 부두(이하 제4단계 부두) 안벽등이 있을 경우.

(단 가점 1과 같은 방파제 조건하에서 실시한다)

이번 경우에는 안벽에 의해서 파가 반사되기 때문에 이들 반사파의 영향을 고려할 필요가 있다.

내습파로는 파고가 8.0m, 주기가 13초 이고 방파제의 계구폭은 580m 이며 입사파의 파향이 이루는 각이 40도 이다. 항 입구에 있어서의 파장은 조위 +1m로 상점했을 때 항 입구에서의 수심 20m 에 대한 값으로는 수심-주기-파장 표에서  $L(\text{파장})=167\text{m}$ 가 나온다. 계구비  $B/L$ 은 3.4 이고 파형구배  $H_0/L_0$  ( $L_0$ 는  $1.56 \cdot T^2$ )가 0.03이므로 심해역에서의 방향 집중도 파라메타  $S_{\max}$ 을 25로 설정한다. 항 입구에서의 파형 구배는  $h/L_0$ 가 0.08이므로  $S_{\max}$ 에 대한 굴절 효과를 고려하면, 항 입구의 파는  $S_{\max}=100$ 으로 추정된다. 그렇게 하면, 회절에 의한 파향의 편향각은 약 6도 정도로 예상된다. 즉 회절파의 방향으로서는 좌우의 방파제를 연결하는 선과 46도의 각도를 이루는 방향이 된다. 이 방향에 대한 외전상의 계구폭  $580\text{m} \cdot \cos 46$ 은 402m, 외전상 계구폭에 대한 파형구배는 2.4 이다. 따라서 불규칙파의 회절도를 적용하여 부외항의 회절도를 그릴수 있다.

먼저 신선대 및 제4단계 부두 안벽으로 인한 반사를 고려하기 위하여 안벽 법선  $gh$ 를 경면으로 하고 항내 형상의 경상을 그린다.

(영역 2) 이것은 트레이싱 페이퍼를 뒤집어 사용하면 간단하다. 그리고 A, B, C의 대응점  $A_2, B_2, C_2$ 를 영역2에 그린다. 똑같이 영도 일대 안벽에 의한 반사파의 도달 범위를 영역3에 그린다. 그리고 대응점  $A_3, B_3, C_3$ 를 나타낸다.

다음에 각 영역이 대응점에 있어서의 회절계수의 값을 읽는다. 그리고, 1차회절파 및 반사파의 파고가 에너지적으로 합성되는 것으로 생각하여, 제공함의 평방근값으로 합성파고를 계산한다.

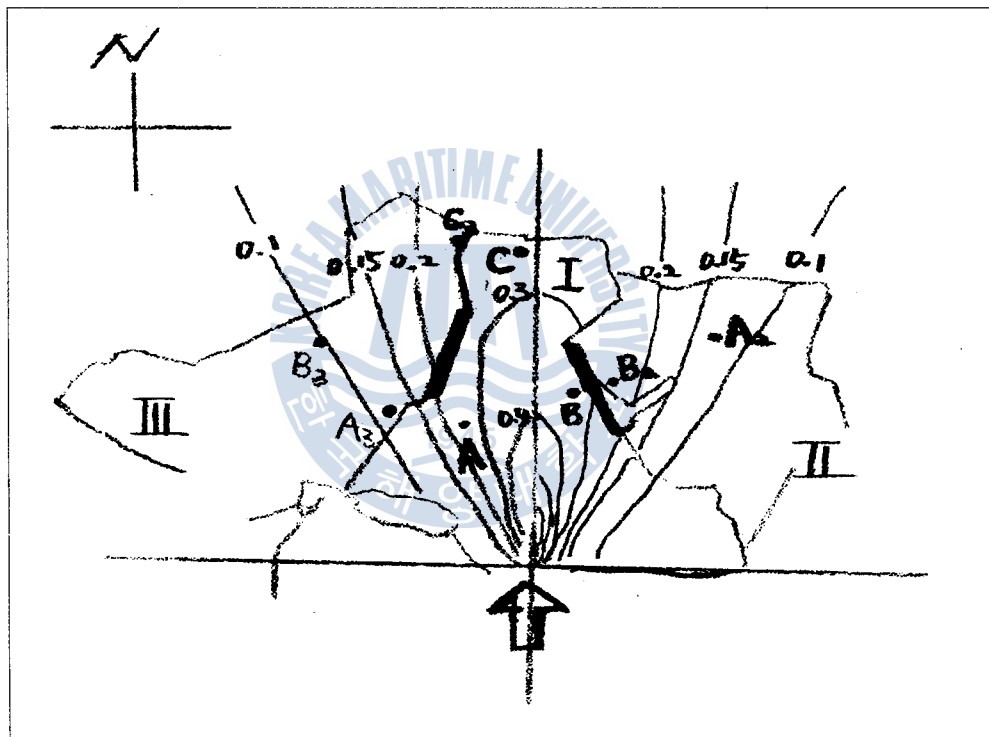


그림4 부외항에 시설물(특히 신선대)의 안벽등이 존재할 때의 회절도

위의 과정을 거쳐 시설물이 존재할때의 파고비가 도출 됐다. 영역2의 C지점은 경사면적에 포함되지 않으므로 제외시켰다



표5 부산항의 파고

지점	회절 계수			합성파고
	영역1	영역2	영역3	
A	0.25	0.13	0.12	약 0.31
B	0.34	0.26	0.1	약 0.44
C	0.27	-	0.23	약 0.35

표 5에 나타낸 바와 같이 부산항내에 신신대 부두 및 제 4 단계 컨테이너 부두를 건설함으로써, 한국 해양 대학교 부두 부근의 55%, 신선대 부근의 32%, 제 1 항로 부근의 30%정도 파고가 증가함을 알수 있다. 따라서 항내에 구조물을 설치할 때에는 파고 증가에 대한 충분한 검토가 이루어져야 한다.

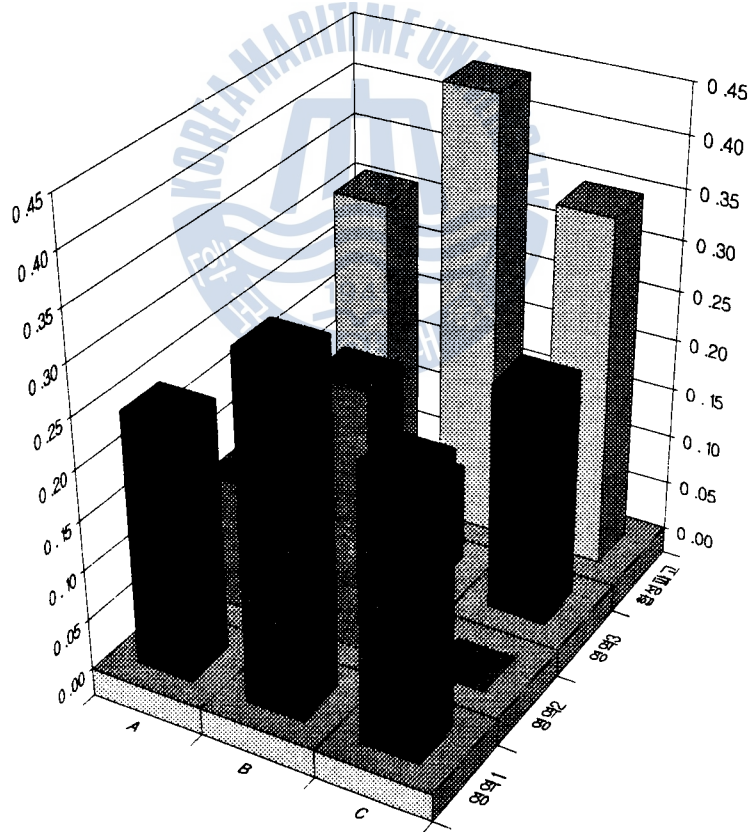


그림5 합성파고

## 5. 항내 파고를 낮추기 위한 방법

### 5.1 항의 형태는 내부를 넓게 취한다.

지형의 관계나, 항을 축차적으로 확장해온 경우 항입구에서의 진입파가 좀처럼 감소하지 않고 반사를 반복하기 쉽다. 항의 계획에 있어서는 장래의 일도 고려하여, 항내의 수면적을 가능한한 넓게 취해야 한다.

### 5.2 항내에서 항입구를 통하여 내다보는 부분은 모래사장 혹은 소파 구조로 한다.

항내의 파고를 저감시키는 최대의 요점은, 항입구에서 파를 들여 보내지 않을 것, 파가 들어 왔으면 최초의 도달지점에서 먼저 파를 억제해 버리는 것이다. 들어오는 곳에 직립호안, 안벽등을 설치하면, 진입파가 반사되어 항내를 거칠게 하기 때문에 이것은 절대로 피해야 한다.

항입구에서의 진입파의 도달지점은 파향에 의해 다르기 때문에, 표기한 것과 같이 항내에서 항구를 통하여 외해가 보이는 곳은 모두 파의 직접 진입 영역으로 고려하여 사빈 혹은 소파구조로 하는 것이 무난하다.

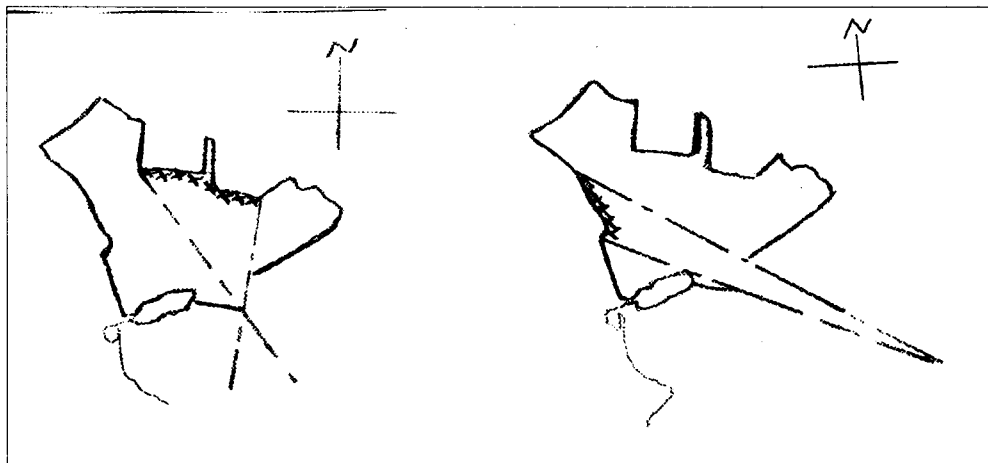


그림6 부산항내의 소파구조가 바람직한 범위의 예

그림6은 이것을 모식적으로 나타낸 것으로 항내에서 외해를 바라 보는 경계를 1점 채선, 및 2점 채선으로 나타낸 것이다. 그림 속의 X를 연결한 부분이 소파 구조가 바람직한 범위이다.

### 5.3 소형선용의 함이나 배점박지는 바다쪽에서 안을 볼수 없게 한다.

소형 선박은 작은 파에도 동요하기 때문에, 파고는 매우 작게 억제 할 필요가 있다.

### 5.4 방파제 뒤부분에서 파의 반사에도 주의한다.

방파제를 계획할때는 외부로부터의 파의 진입 방지의 기능에 있어서만 생각하기 쉽지만, 그것만으로는 검토부족이고, 방파제 그 자체가 항내에서의 반사원으로 되어 항내수역을 거칠게하는 일이 없는가 충분히 주의 하고, 필요한 경우에는 방파제의 뒤쪽을 소파 구조로 하는 것을 검토해야 한다.

### 5.5 기타

슬리트, 구멍, 공극 등을 가진 소파 구조의 안벽, 호안을 채택을 들수 있다.

## 6 결론

앞에서 설명한 바와 같이, 신선대 부두 및 제 4 단계 컨테이너 부두 건설과 관련한 부산항의 파고는 A지역이 55%, B지역이 32%, C지역이 30% 증가함을 알수 있다.

일반적으로 항내 수역을 넓게 해야 함에도 불구하고 부산항의 경우는 항내 수역을 매립하여 이용할 계획이며, 특히 신선대 부두의 안벽은 항 입구가 보이는 부분으로 소파구조로 해야 할 것이다.

따라서 항내에 구조물을 설치할 때는 항내 점온도를 고려한 충분한 검토가 이루어져야 한다