광양항 항로 개선에 관한 시뮬레이션 연구

홍 종 해[1], 김 환 수[2]

A Simulation Study on the Improvement of the Waterway of KWANGYANG HARBOUR

Jong-Hae Hong, Whan-Soo Kim

Abstract

Kwangyang harbour has been developed very rapidly and has 2 berths including 2 for 250,000DWT bulk carriers at the terminal of Kwangyang Steel Company only. In addition to this, the port is developing a container terminal with 10 berths for 50,000GRT container ships, the construction of which is scheduled to be finished in the year 2000.

Because of these development, it has been pointed out that the exit waterways are not wide and safe enough for the new large ships to be catered for. This work, therefore, aimed to examine the navigational safety of the waterways of Kwangyang Harbour and to suggest how to improve the existing waterways for the large ships to be introduced in the near future. In examining the safety of the existing and newly suggested waterways, waterway design simulation methodology has been applied.

From this study, it has been suggested that the No.4 navigational channel has to be dredged to the depth of 22.5 meters and used as an entrance channel only, while the No.3 channel is used as an exit channel. Additionally, a new waterway has been recommended to be established over the Myodo Island for the container ships which will use the new terminal, the width of which has been recommended to be 400 meters with 440 meters from the bend area.

1) 한국해양대학교 대학원 해사수송과학과 석사과정 해사수송과학 전공
2) 한국해양대학교 해사대학 해사안전관리학과 부교수

1. 서 론

현재 광양항에는 광양제철의 원료부두에 25만톤급 2개 선석과 15만톤급 2개 선석을 포함하여 총 20개의 선석이 마련되어 있고, 광양제철소 제 4기가 1992년 10월에 준공됨에 따라 조강능력이 포항제철을 능가하게 되어 출입항 선박량이 급격히 증가하고 있다. 또한 날로 증가하는 우리나라 컨테이너 물동량의 원활한 처리를 위해 1987년에 시작된 광양만 컨테이너 터미널 개발 계획이 단계별로 완성되어 현재 1개 선석이 준공되었고, 1995년까지 5만톤급 선석 4개의 건설을 완료하고 2000년까지 6개 선석을 추가로 확충하여 전체 10개 선석에 연간 240만 TEU의 컨테이너를 처리할 계획으로 있으므로 대형 선박들의 통항량이 급속도로 증대될 것이 예상된다.

이에 따라 본논문에서는 급격한 선박 통항량 증가에 따르는 광양만 출입항로의 전반적인 문제점을 분석하고, 이에 대한 입출항 선박의 안전성 확보를 위한 항로 개선방안을 제시한 뒤 Simulation 기법을 이용하여 개선방안의 적정성을 검증하여 보았다.

2. 광양항의 지리적 여건 및 항로 여건

2.1 지리적 여건

광양항은 여수반도 북동부의 동광양시 및 여천시에 걸쳐 위치한 무역항이다. 여수와 광양항의 진입해역인 여수해만은 동쪽으로 갈수록 수심이 점점 깊어진다. 여수해만에는 남해도의 남쪽 약 6.8 마일에서부터 광양항 입구까지 부표가 설치된 특정해역이 설정되어 여수 및 광양항에 출입하는 선박의 주항로로 이용되고 있다.

2.2 항로여건

광양만 내의 항로는 4개 항로로 되어 있으며 제 1항로는 진입항로로 폭이 매우 넓으며 제 2항로는 항로폭이 400m인 소형선박을 위한 항로이다. 제 3항로는

dCollection

380~500m 사이의 항로폭을 갖는 수회의 변침을 요하는 만곡부로 되어있으며 제4항로의 경우 최저 수심이 11m로서 홀수가 10~13m인 5만톤급 컨테이너선 등은 이용할 수 없는 항로이다.

3. 광양항 개발 계획에 따른 항로상의 문제점

3.1 광양항 항만 개발 계획

3.1.1 현 황

광양항은 1969년 4월 17일 여천지역에서 석유화학단지를 지원하기 위하여 삼일항이라는 이름으로 개항되었으나, 광양지역에 대단위 제철소를 건설함에 따라 항만의 확장과 함께 1986년 12월 5일 삼일항을 흡수통합하여 광양항으로 명칭이 변경되었다. 여천지역은 1974년부터 울산에 이어 우리나라 제2의 석유화학단지로 발돋움하여 현재는 550만평에 호남정유, 남해화학 등 53개의 석유화학 업체가 입주해 있으며, 광양지역은 1985년에 포항제철(주)의 광양제철소가 입주함과 동시에 제철연관단지가 조성되어 철광석과 제철 관련제품을 수송처리 하고 있다. 특히 광양제철소 제4기가 1992년 10월 2일 준공되어 조강생산능력이 1,180만톤으로 포항제철소 910만톤을 능가하게 되어 앞으로 선박 입출항이 현저히 증가할 것으로 예상된다. 광양항의 선박입출항 척수와 화물취급량은 1993년을 기준으로 할 때 입출항 선박은 총 28,612척에 총화물 취급량은 92,159천톤이었다.[3] 또한 광양항의 주요 부두 시설로는 여천 지역에 원유, 석유화학제품과 비료를 처리할 수 있는 28만 5,000톤급 1척, 25만 5,000톤급 1척등 24척의 선박이 접안할 수 있는 부두가 있으며, 광양제철 지역에는 제철원료와 철제품을 처리하는 원료부두에 25만톤급 2척, 15만톤급 2척 등 총 44척이 동시에 접안할 수 있는 선석 (DWT 1,085천톤)을 확보하고 있다.

3.1.2 광양항 개발 계획 및 선석 소요 전망

광양항의 개발 계획 및 선석 소요 전망을 보면, 컨테이너 부두의 경우는 2011

dCollection

년의 컨테이너 화물수요 480만TEU를 처리하기 위해서 20선석이 개발되어야 할 것으로 추정되고 있으며, 일반 부두 및 공공 부두의 경우에는 2011년의 일반화물 수요 671만톤을 처리할 수 있는 선석이 필요할 것으로 전망되고 있다.[5] 이에 따라 광양제철에 공급되는 원료탄과 철광석의 수송을 위해 25만톤급 선석 2개를 포함하여 총 20개의 원료 및 제품부두를 새로 건설하였으며 전체 부두의 총처리 물동량은 987,000톤이다.

그리고 우리나라가 겪고 있는 컨테이너처리 시설 부족 현상과 컨테이너 물동량의 부산항 집중에 따른 제반 컨테이너 유통체계상의 문제점을 해결하기 위하여 광양항 컨테이너 부두 개발계획이 수립되어 현재 1단계 개발사업이 추진중에 있으며, 95년도에 1단계 사업이 완료되면 5만DWT급 선석 4개를 갖춘 부두가 완공될 것이며 연간 96만 TEU의 컨테이너가 처리될 예정이다. 또한, 1996년부터 2000년 사이에 실시될 2단계 개발 계획이 완료되면 총 10개 선석에 240만 TEU의 컨테이너를 처리할 수 있는 규모가 될 예정이다.[6]

3.2 항로상의 문제점

광양항에는 현재 25만톤급 초대형 광석선이 출입항하고 있고 앞으로 5만톤급 컨테이너선이 빈번하게 출입항할 예정으로 있으나 광양항내 광양제철 부두 및 컨테이너 부두로의 진입 항로인 제3항로와 제4항로의 경우 각각 주위의 암초들과 얕은 수심으로 인하여 향후 항행상의 안전에 있어 문제점들이 많은 것으로 지적되었다. 제3항로의 경우 서쪽에는 '노랑여', 동쪽에는 22번 부표 근처에 암초가 각각 있고 항로의 만곡부에 위치하고 있어 출입항하는 대형선에 위험을 주고 있으며, 제4항로의 경우에는 수심이 얕아서 소형 제품선등만이 통항하며 대형 원료선은 항행하지 못하고 있다.

제3항로의 경우 항로폭이 최소 380미터에서 최대 500미터 사이이며 수회의 변침을 요하는 만곡항로이므로 25만톤급 초대형 원료선이 타선박 통과시 동시 통항하기가 어렵다는 것이 문제점이다. 제4항로의 경우 해도상의 최저수심은 13미터로 되어 있으나 실제 최저 수심이 11미터에 불과한 실정이므로 홀수가 10미터에서 13미터 사이인 5만톤급 컨테이너선이 이 항로를 이용하여 출입할 수 없다. 따라서 컨테이너 부두가 완공된 후 컨테이너선은 제 3항로를 이용하여 출입해야만 할 것이며, 컨테이너선의 출항 통과를 대기하게 될 대형 원료선의 경우 제 1항로상에서 미속전진 또는 표류하면서 대기할 수 밖에 없게 된다. 이때 조류 또는 바람으로 인한 압류를 막을 수 없을 것이며

Collection

심한 경우 낙포각 원유부두쪽 또는 그 반대 방향으로 압류되어 좌초 사고가 일어날 가능성이 매우 커진다. 컨테이너선이 아닌 원료를 운반하는 선박의 경우에도 출항선박이 지연 출항하는 경우 동선석에 접안할 입항 선박은 마찬가지로 제1항로상에서 대기할 수 밖에 없게 되고 전술한 바와 같은 사고가 일어날 가능성이 있게 된다. 그리고 컨테이너 부두가 완공되는 수년내에 묘도 북방을 지나 컨테이너 부두로 선박들이 빈번하게 출입항할 예정이므로 묘도 북방에 컨테이너선의 왕래가 가능한 항로의 신설이 요구된다.

4. 항로 개선방안 및 Simulation 검증

4.1 Simulation 방법 및 수학모델

4.1.1 Simulation 방법

Simulation은 Off Line Port and Waterway Design Simulation System을 이용하여 실시하였다. 이 System은 실험대상선박이 대상해역의 수심,조류 및 기상등 제반 환경조건하에서 항로를 따라 안전하게 항해해 나갈 수 있는지 여부를 검증할 수 있는 System으로서, 설정된 환경상에서 Pilot Algorithm에 의해 움직이는 선박 운동모델의 궤적을 Plotting 할 수 있는 System이며, Pilot Algorithm은 Autopilot Algorithm에 인간의 제어 factor를 가미하는 형태로 되어 있다. 동 Simulation 실험대상 선박으로는 광석선의 경우 광양만 출입항 선박중 최대의 선박인 170,000GRT (250,000DWT)의 광석선을, 컨테이너선의 경우는 50,000GRT의 컨테이너선을 선택하여 선박 수학모델을 구축하였다. 수심, 조류 및 바람등 환경변수를 정확히 입력하는 것은 Simulation 검증에 있어 매우 중요하며 다음과 같이 환경변수를 입력하였다.

광양만의 탁월풍은 겨울철의 북서풍이므로 풍향은 315도로 입력하고, 풍속은 최악의 경우를 가상하여 27knot를 택하였다. 그리고 선박 진행 방향에 직각인 바람이 선박의 조종성능에 미치는 영향이 크기 때문에 탁월풍은 아니지만 항로에 직각 방향인 252도 방향에서 부는 25 Knot의 바람을 입력한 Simulation도 병행하였다. 수심 및 조류 데이타는 해도 및 조류도에 나와 있는 정보를 이용하였다.

Collection

수심은 해도상의 수심을 그대로 입력하였으며 조류는 각 구역마다 달리 입력하되 제 3항로 북단의 경우 창조시에는 132도 방향의 1.3 knot의 조류를, 낙조시에는 322도 방향의 2.2 knot의 조류를 입력하였다.

Simulation에 의한 항로 안전성 평가는 항로 경계선까지의 최근접거리가 0.6B 이상이 되는지의 여부로 평가하였다.[8)]

4.1.2 Simulation을 위한 선박의 수학 Model

본 연구에서는 McCallum에 의해 개발된 Heuristic Type Mathmatical Model을 이용하여 수학모델을 구축하였다.

이 모델은 유체동력학적인 도함수를 사용한 모델과는 달리 선박운동 시스템을 블랙 박스로 가정하여 도출한 간단한 방정식을 이용하여 선박의 동작을 표현하는 모델이다. 이 모델은 직접적인 접근방법을 사용하기 때문에 상대적으로 실행이 간단하고 사용자의 호응도도 매우 높으며, 또한 이 모델에 대한 정확성과 효용성은 이미 많은 연구에서 입증된 바 있다.[9) 10) 11) 12)]

4.1.2.1 방정식의 유도

1) 선박의 입력정보와 출력정보

선박의 운동을 Surge, Sway, Yaw라는 3차원의 자유운동만으로 움직이는 동력학적 System으로 보면 선박에 대한 입력정보들은 원하는 타각 D_g와 원하는 기관 즉 N_{PD}(Desired shaft speed,port)와 N_{SD}(Desired shaft speed,starboard)이다. 환경에 대한 입력정보는 바람과 조류로서 바람에 대해서는 진풍향은 WW (Wind Direction From)로 나타내고, 상대풍향은 North에 대한 방향을 나타낸다. 또 풍속은 W m/s로 나타낸다.

조류에 대한 입력정보의 경우 선수미에서의 속도는 C_{sb}(Current Speed at Bow), C_{ss}(Current Speed at Stern)로 그리고 방향은 각각 C_{hb}(Current Heading at Bow), C_{hs}(Current Heading at Stern)로 주어진다.

2) 선박의 축과 운동속도에 대한 유체동력학적인 표시

선박의 중앙지점으로부터 선수쪽 방향을 X축으로 하여 Ox로, 우현쪽을 Y축

dCollection

으로 하여 Oy로, 선저쪽 방향을 Z축으로 하여 Oz 로하는 선박에 고정된 수직 직교축을 사용하여 Surge, Sway 속도 및 Yaw 율을 표현한다. Surge 속도는 u(m/s)로 나타내고, Sway 속도는 v(m/s)로, Yaw율은 r(rad/s)로 나타낸다.

4.1.2.2 시스템 입력치 모델링

1) Rudder 제어

Rudder 제어 시스템에 대한 응답은 실제 타각 Rr과 조타기 타각 Dg와의 차이에 따라 변한다. 실제타각과 조타기 타각의 차이가 3도 이내이면 그 응답은 시간상수 1/K(12)초를 갖는 지수형태로 나타나고, 그 밖의 시간대에 대한 응답은 K(14)각도/SEC의 속도를 가진 선형형태로 나타난다.

$$R_r = \delta \times R_{tod} \quad (1)$$

$$\dot{\delta} = K(14)R_{tod} \quad Rr < Dg \text{ 일 때} \quad (2)$$

$$\dot{\delta} = -K(14)R_{tod} \quad Rr > Dg \text{ 일 때} \quad (3)$$

$$\dot{\delta} = K(12)(Dg-Rr)/R_{tod} \quad |(Dg-Rr)| < 3\text{도 일 때} \quad (4)$$

여기서 R_{tod}는 Rad값을 도수(Degree)로 변환시켜 주는 변환상수를 나타낸다.

2) 엔진

엔진응답은 1/K(13)초라는 시간상수를 가진 단순한 지수응답으로 나타난다고 가정한다. 따라서,

$$\dot{N}_s = K(13)(N_{sd} - N_s) \quad (5)$$

로 표현된다.

여기서 N_{sd}는 계획축속도를 나타내고 N_s는 실제축속도를 나타낸다.

4.1.2.3 유체동력학적 변수들의 정상상태 값의 표현

정상상태 값들은 다음과 같이 구할 수 있다.

1) 정상상태에서의 Surge 속도(U_{ss})

정상상태에서의 Surge 속도(U_{ss})는 다음과 같이 쓸 수 있다.

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

dCollection

$$U_{ss} = K(4)N_s - K(5)ur^2 \quad u \geq 0\text{일 때} \quad \cdots\cdots (6)$$

$$U_{ss} = K(8)K(4)N_s - K(5)ur^2 \quad u < 0\text{일 때} \quad \cdots\cdots (7)$$

2) 정상상태에서의 회두각속도(R_{ss})

정상상태의 회두각속도는 다음과 같이 표현된다.

$$R_{ss} = K(2)\delta^{K(27)}W(u) + K(3)(u - K(4)N_s) \quad \cdots\cdots (8)$$

단, $W(u) = \sqrt{\frac{|u|}{K(9)}}$

3) 정상상태에서의 Sway 속도(V_{ss})

환경조건의 영향이 없을 경우 Sway는 단지 선박의 선회에 의해서만 영향을 받는다. 대수속력이 없는 상태에서 선회를 할 경우에는 Sway 현상은 없다.

그래서 정상상태의 Sway 속도는 다음과 같이 표현된다.

$$V_{ss} = K(7)\cdot r\cdot W(u) \quad \cdots\cdots (9)$$

4.1.2.4 기본 선박운동방정식

기본적인 선박운동방정식은 다음과 같이 유도된다.

1) Surge 가속도

Surge 속도에 대한 시간상수는 K(6)이다. 이 시간상수는 여러가지 경우에 따라 서로 다른 조건으로 수정될 필요가 있다. 선박의 속력이 떨어질 때에는 대부분의 선박의 경우 큰 시간상수를 가진다.

본 운동방정식에서는 감속시의 시간상수 변화를 고려하기 위하여 상수 K(10)을 도입하였다. 선박이 선회할 때에는 Drift Angle이 증가하면서 저항수면에 접하는 선체의 측면면적이 넓어지고 이에 따라 선박의 속력이 빠르게 감소하게 된다. u에 관한 시간상수를 Drift Angle의 증가에 따라 감소시키기 위하여 변수 T_c가 도입되었다.

$$T_c = (1 - K(11)|\alpha|)$$

$T_c > 0.4$ 라는 제한조건하에 Surge 가속도 d1을 다음과 같이 표현할 수 있다.

dCollection

$d1 = (U_{ss} - Y(1))/(K(6)T_c)$ $Y(1) \leq U_{ss}$일 때 ..... (10)

$d1 = (U_{ss} - Y(1))/(K(10)K(6)T_c)$ $Y(1) > U_{ss}$일 때 ..... (11)

여기서 Y(1)은 u에 해당되는 Surge 속도를 나타낸다.

2) Sway 가속도

Sway 가속도 d2를 정상상태의 Sway 값과 실제 Sway 값을 사용하여 표현하면 다음과 같이 된다.

$d2 = (V_{ss} - Y(2)) / K(19)$ ..... (12)

여기서 d2는 Sway 가속도를 Y(2)는 v에 해당되는 실제 Sway 속도를 각각 나타낸다.

3) 회두각 가속도(Yaw Rate)

타에 대한 선박의 응답은 선박의 운동 방향과 Shaft의 회전 방향에 따라 변한다. 이것은 아래 일차방정식의 R_{ss}에 대한 승수에 반영된다.

회두각 가속도 d3는 다음과 같이 표현된다.

$d3 = (R_{ss} - Y(3)) / K(1)$ $Y(1) \geq 0$, $N_s \geq 0$일 때 ..... (13)

$d3 = (-R_{ss}/2 - Y(3)) / K(1)$ $Y(1) < 0$, $N_s < 0$일 때 ..... (14)

$d3 = (R_{ss}/2 - Y(3)) / K(1)$ 그 밖의 조건일 경우 ..... (15)

여기서 Y(3)는 실제 Yaw Rate를 말한다.

4.1.2.5 환경변수를 포함한 최종 선박운동 방정식

최종적인 선박운동방정식은 Surge, Sway 가속도 및 회두각 가속도인 d1, d2, d3에 바람 및 조류에 의한 영향 UW, UC, VW, VC, RW, RC를 가산하여 구성된다. Surge, Sway 속도 및 Yaw Rate d(1), d(2), d(3)는 다음과 같이 표현되며 이들 값을 적분하면 선수 및 횡방향의 이동거리 및 회두각이 계산되어 다음번 위치 및 Heading이 계산되게 된다. 적분은 Euler 적분법을 이용한다.

dCollection

$$d(1) = \int_0^t (d1 + UW/K(19) + UC/K(16))dt \quad \cdots\cdots (16)$$

$$d(2) = \int_0^t (d2 + VW/K(20) + VC/K(17))dt \quad \cdots\cdots (17)$$

$$d(3) = \int_0^t (d3 + RW/K(21) + RC/K(18))dt \quad \cdots\cdots (18)$$

4.2 항로개선방안 및 Simulation 검증

4.2.1 3항로 및 4항로의 개선방안

1) 개선방안

250,000 DWT급 광석선 2척이 동시에 교항할 수 있도록 항로를 개선하기 위해서 다음 두가지 방안이 제안된다.

(1) 제1안: 250,000DWT급 광석선의 최대 홀수는 20.45 미터이고, PIANC rule에서 도로부터 보호된 내항 항로의 경우 최대 홀수에 10 를 보 값을 수심으로 고하고 있으므로[13], 4항로를 계획 수심 22.5 미터까지 준설한 뒤 4항로를 입항항로로 3항로를 출항항로로 분리하여 운영하는 방안.

(2) 제2안: 3항로 22번 부이 근처의 암초를 제거하여 항로를 확장한 뒤 3항로를 입항항로와 출항항로로 분리하여 왕복통항이 가능하도록 하는 방안.

2) 개선방안에 대한 시뮬레이션 검증

(1) 제1안에 대한 시뮬레이션 검증

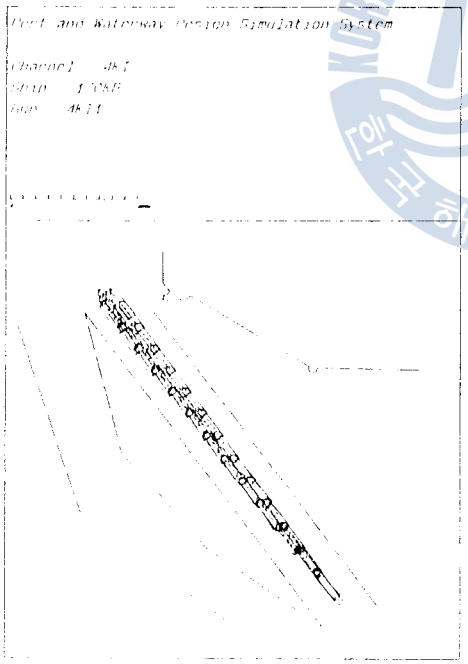
제1안에 대한 검증을 위해 4항로의 수심을 계획 수심인 22.5 미터로 입력한 뒤 창조류 및 낙조류 데이타와 선박 진행 방향에 직각 방향으로 부는 바람 데이타를 입력하여 9회의 시뮬레이션을 실시하였다. 최악의 환경 조건을 입력하여 검증하기 위하여 탁월풍인 북서풍 뿐만아니라 정횡 방향의 바람도 데이타로 입력하였다.

조류는 창조류, 바람은 정횡방향의 바람을 입력하고 선속을 8노트로 하여 입항 시뮬레이션을 실시한 결과, 항로폭이 450미터이기 때문에 전반적으로 여유있게 항해할 수 있는 것을 알 수 있었으며, 조류의 방향이 항로 방향과 거의 같고 선박의 풍압면적이 선박의 중량에 비해 상대적으로 적기 때문에 조류 및 바람의 영향이 그리 크지 않음을 알 수 있었다. <그림 4-1>은 다양한 조건하에서의 입항 시뮬레이션

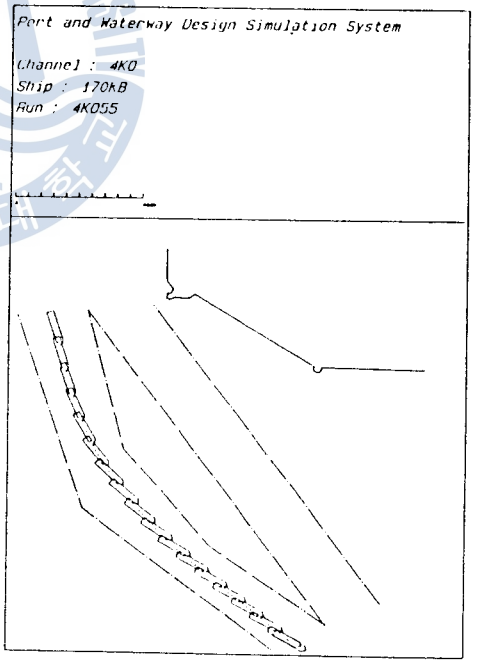
dCollection

의 결과를 종합한 것이며 전체 swept path의 최대폭은 210미터이고 항로 외곽선까지의 최대 근접거리는 130미터나 되므로 충분한 안전이 확보됨을 알 수 있다. <그림 4-2>는 낙조류를 받으며 북서풍하에서 출항하는 출항선의 시뮬레이션 결과이다. 바람의 영향보다 조류의 영향이 커서 아래쪽으로 밀리면서 진행함을 알 수 있다. 이 경우에도 swept path의 폭은 120미터이고 항로 외곽선까지의 최대 접근 거리가 100미터나 되어 안전한 항해가 가능함이 확인된다. <그림 4-3>에 다양한 조건하에서의 출항 시뮬레이션의 종합 결과를 보인다. 이 경우에도 전체 swept path의 최대폭은 235미터이고 항로 외곽선까지의 최대 근접거리가 70미터나 되어 안전한 항과가 가능함이 확인된다. 따라서 제1안에서 제안된 항로는 대상 선박인 250,000DWT급 대형 광석선의 항행에 적합한 것으로 판정된다.

<그림 4-1> 다양한 외력하에서의 입항 시뮬레이션의 종합결과 (4항로 준설시)



<그림 4-2> 낙조류와 27노트의 북서풍하에서의 출항 시뮬레이션 결과 (4항로 준설시)



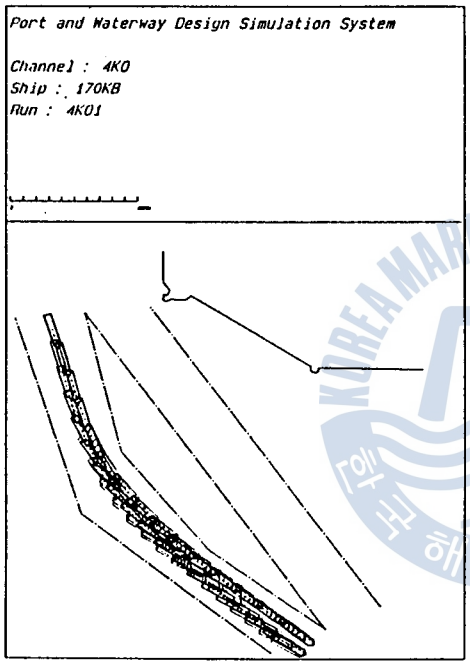
(2) 제2안에 대한 시뮬레이션 검증

제2안에 대한 적정성을 검증하기 위해 입출항 시뮬레이션을 각각 9회씩 실시하

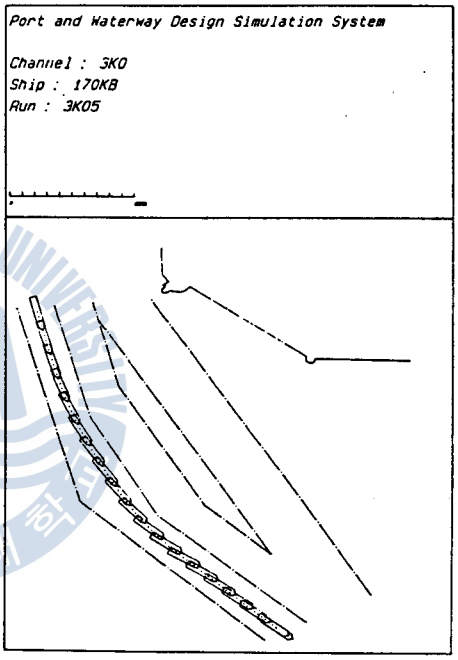
dCollection

였다. 조류는 창조류와 낙조류를, 바람은 북서풍과 정횡방향의 바람을 각각 27노트 및 25노트씩 입력하였다. <그림 4-4>는 낙조류와 25노트의 072도 방향 바람하에서의 출항 시뮬레이션 결과이며 항로 중심을 따라 무리없이 항해가 가능함을 알 수 있다.

<그림 4-3> 다양한 외력하에서의 출항 시뮬레이션의 종합결과 (4항로 준설시)



<그림 4-4> 낙조류와 25노트의 072도 방향 바람하에서의 출항 시뮬레이션 결과 (4항로 준설시)

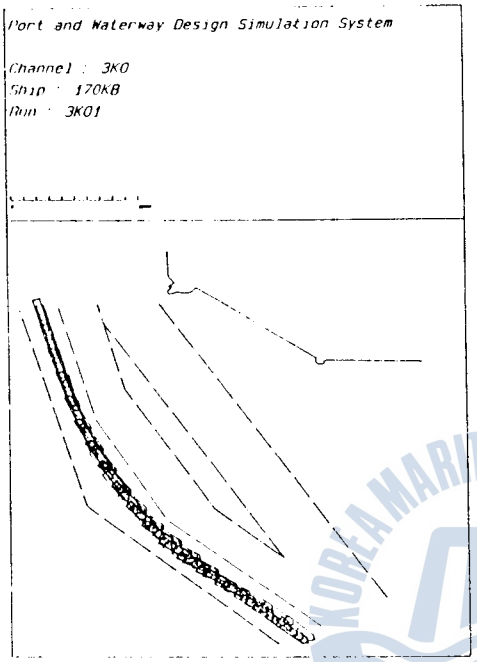


<그림 4-5>는 다양한 외력하에서의 출항 시뮬레이션 종합 결과이다. 이 경우 항로 외곽선까지의 최대 근접 거리가 65 미터로 안전 항해가 가능함을 알 수 있다.

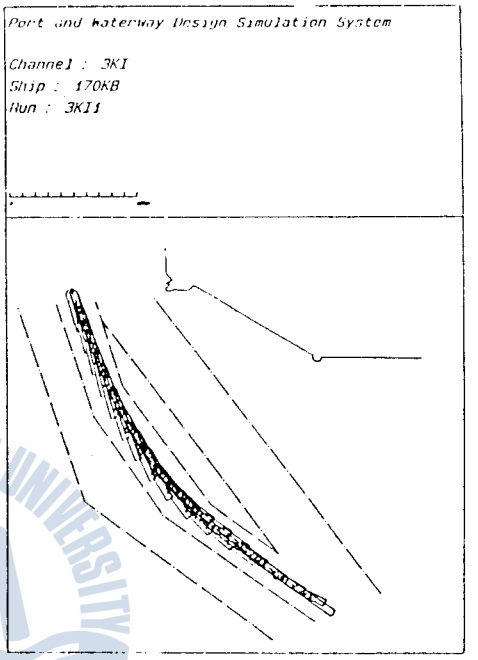
<그림 4-6>은 다양한 외력하에서의 입항선의 시뮬레이션 결과를 종합한 것이다. 최대 항적폭은 170미터이고 항로 외곽선까지의 최대 접근 거리가 50미터로서 안전한 항과가 가능함을 알 수 있다. 따라서 제2안에서 제안된 항로도 제1안의 경우와 마찬가지로 대상 선박의 항해에 적합한 것으로 판정된다.

dCollection

<그림 4-5> 다양한 외력하에서의 출항 시뮬레이션의 종합결과 (3항로 확장시)



<그림 4-6> 다양한 외력하에서의 입항 시뮬레이션의 종합결과 (3항로 확장시)



4.2.2 묘도 북방 항로 신설 방안

1) 신설 항로의 기초 설계

광양만 컨테이너 부두 건설 및 율촌공단 개발에 따른 출입항로를 묘도 북방에 신설하는 방안을 제안한다. 항로의 폭은 대상 선박인 50,000GRT의 컨테이너선의 선폭인 32미터를 기준으로 하여 정하였다. 10개 선석의 컨테이너 부두가 계획되어 있고 율촌공단 개발이 완료될 경우 선박 통항이 폭주할 것이 예상되므로 양방통행항로를 설계하여야 한다. 따라서 PIANC rule에 따라 최대 선폭의 10배[13]를 최저 기준으로 하고 만곡부가 1개소 있는 점을 감안하여 선폭의 2배를 추가한 뒤 여기에 여유폭을 추가로 고려하여 항로폭을 400 미터로 정하였다. 그리고 광양제철 원료 부두앞에 대상 선박의 선장의 2배에 해당하는 직경을 갖는 선회수역(일본의 항로설계 지침 근거)[14]을 확보하기 위해서 항로는 수심이 허락하는 한 묘도 쪽으로 붙여서 배치하였다. 항로의 수심은 대상 컨테이너선의 최대 홀수(12 미터)에 PIANC rule에서 정한 Swell 로부터 보

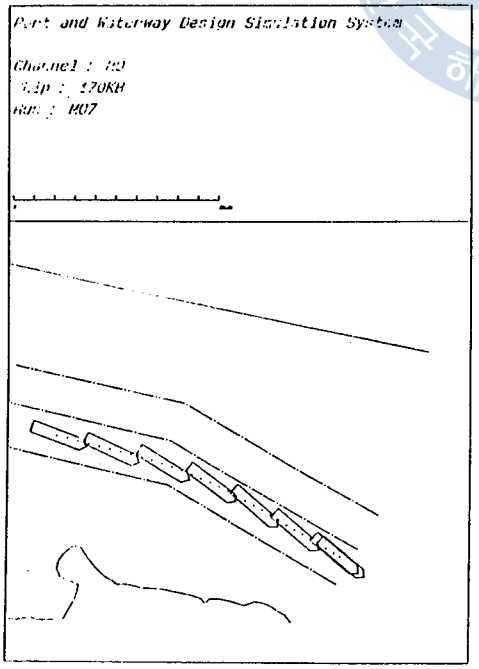
dCollection

호된 수역에서의 여유 수심 10 [13]를 더하여 13.2 미터로 하였다.

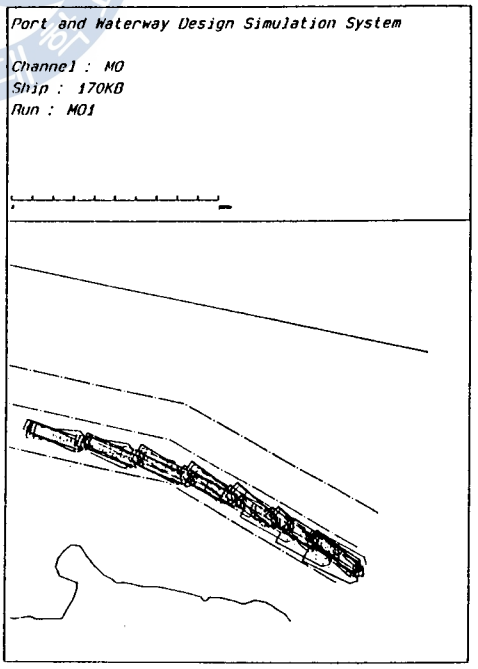
2) 신설 항로에 대한 시뮬레이션 검증

신설 항로에 대한 검증을 하기 위해 입항 및 출항 시뮬레이션을 각각 12회씩 실시하였다. 기초 설계시 실시한 예비 시뮬레이션에서 직선 구간에서의 항로폭은 충분한 것으로 확인되었기 때문에 최종 검증을 위한 시뮬레이션은 항로의 만곡 구간에 대하여서만 실시하였다. 입항 시뮬레이션의 경우 바람은 탁월풍인 북서풍과 침로에 직각 방향인 204도의 바람을 각각 27노트 및 25노트의 속도로 입력하여 각각 7회 및 5회씩 총 12회의 시뮬레이션을 실시하였다. 출항의 경우에도 북서풍을 27노트의 속도로 입력하여 7회의 시뮬레이션을 실시하였으며, 최악의 조건을 가상하여 입항 침로에 직각 방향인 193도의 25 노트의 바람을 입력하여 5회의 시뮬레이션을 실시하였다. 조류는 창조류의 경우에는 306도 방향의 1.8 노트의 속도를 낙조류의 경우에는 126도 방향의 2.4노트의 조류를 입력하였다. <그림 4-7>에 창조류와 정횡방향의 바람하에서의 출항 시뮬레이션의 결과를 보인다.

<그림 4-7> 창조류와 정횡방향 바람하에서의 출항 시뮬레이션 결과 (묘도북방 신설항로)



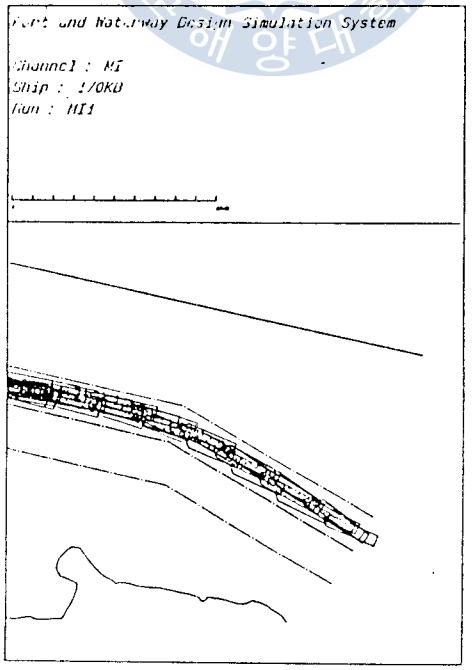
<그림 4-8> 다양한 외력하에서의 출항 시뮬레이션의 종합결과 (묘도북방 신설항로)



dCollection

우현측에서 좌현측으로 미치는 조류와 바람의 영향으로 항로의 북측 외곽으로 상당히 밀림을 알 수 있으며 이는 컨테이너선의 경우 풍압 면적이 상대적으로 크기 때문이다. <그림 4-8>는 다양한 외력하에서의 출항 선박의 시뮬레이션 종합 결과를 보인다. 그림에서 보듯이 최대 swept path의 폭이 거의 항로폭에 가까운 380 미터에 이르고 항적이 항로 외곽선을 거의 스치며 지나가고 있다. 따라서 만곡부와 만곡부 끝단의 항로폭이 좁다는 것을 알 수 있다. <그림 4-9>은 다양한 외력 조건하에서의 입항 시뮬레이션의 종합적인 결과를 보여 준다. 입항의 경우에는 항로 외곽선까지의 최대 접근 거리가 25미터로서 선폭의 80 가 되어 안전함을 알 수 있다. 그러나 출항의 경우 설계한 항로의 폭이 만곡부 부근에서부터 출구까지의 사이에서 좁아 최악의 외력이 작용하는 경우 항로의 외곽선을 스치며 항행하게 될 가능성이 있으며, 이 경우 항로 외곽의 부표등과 충돌하게 될 위험이 있으므로 만곡부 이후의 항로폭을 설계안보다 증가시켜야만 할 것이다. 따라서 출항을 기준으로 할 때 항로의 입구 부근에서부터 만곡부까지는 폭을 400 미터로 하되, 만곡부를 기점으로하여 출구까지는 항로의 폭을 10 증가시켜 440 미터로하여 항로를 신설할 것을 제안한다. 이와 같이 묘도 북방에 항로를 신설하기 위해서는 25번 부표 근처의 암초를 제거하여야만 한다.

<그림 4-9> 다양한 외력하에서의 입항 시뮬레이션의 종합결과 (묘도북방 신설항로))



dCollection

5. 결 론

광양항내 항로상의 문제점을 해결하기 위하여 기존 입출항 항로인 3항로와 4항로의 개선방안을 마련하고, 묘도 북방에는 국제항로설계지침에 의거하여 항로를 신설하는 방안을 마련하였다. 이들 개선방안들에 대해 항로설계 시뮬레이션 기법을 이용하여 그 적정성을 검증하였으며, 필요한 경우 개선안에 대해 수정을 하여 최종적으로 다음과 같은 2개의 개선안이 마련되었다.

① 제1안 : 4항로를 수심 22.5m 까지 준설하여 4항로는 입항항로로, 3항로는 출항항로로 지정하여 운용하고 25번 부표 근처의 암초를 제거한 뒤 묘도 북방에 폭 400m (만곡부 이후는 440m) 수심 13.2m 의 왕복 통항 항로를 신설하는 방안.

② 제2안 : 3항로 22번 부표 근처의 암초를 제거하여 항로를 확장한 뒤 3항로를 입항항로와 출항항로로 분리하여 왕복통항이 가능하도록 하고, 제 1안의 경우와 동일하게 묘도 북방에 새 항로를 신설하는 방안

이들 두 개선안 모두 출입선박의 항행상의 안전이라는 측면에서는 똑같이 안전하고 바람직한 안으로 확인되었으나 비용 분석을 실시한 그 결과 제1안과 같이 제4항로를 수심 22.5m 로 준설한 뒤 3항로와 4항로로 출입항항로를 분리하고, 묘도 북방에는 4.3절에서 제안된 바와 같이 양방통행항로를 신설하는 방향으로 항로를 개선할 것이 제안되었다.

본 논문에서는 광양항 입출항 항로에 대한 개선방안을 제안하고 시뮬레이션 검증을 통해 최종 고안을 마련하였다. 앞으로 울산항 및 평택항 등 물동량이 급증하고 있는 우리나라 중요 항만의 입출항 항로에 대한 적정성을 검증함과 동시에 개선방안을 마련하기 위한 연구가 필요하며 이는 앞으로의 과제라 할 수 있다.

dCollection

<참 고 문 헌>

1. 해운항만청, 항만적정능력 산정 및 개발기본계획구상 1차 최종보고서, 1992, p.198
2. 해운항만청, 연안해역의 항행환경조사 및 항로개선에 관한 연구 (최종보고서), 1993. p.36
3. 해운항만청, 해운항만통계연보, 1994
4. 여수지방해운항만청, 항만시설 운영세칙, 1994, p.15
5. 해운항만청, 항만적정능력 산정 및 개발 기본계획구상 1차 최종보고서, 1992, p.479
6. 해운항만청, 연안해역의 항행환경조사 및 항로개선에 관한 연구(최종보고서), 1993, p.304
7. 전게서, pp.361~363
8. Department of the Army Corps of Engineers Office of the Chief of Engineers, Engineering and Design, Hydraulic Design of Deep Draft Navigation Projects, 1983, p.562
9. Kim, W. S., Port Design and Simulation : Validity of Microcomputer Aided Port Design and Its Application, Doctoral Thesis of the University of Wales, Cardiff, June 1990, pp.194~216
10. Maritime Dynamics, Port of Sunderland Simulation Study Report, Publication of Maritime Dynamics Ltd., Llantrisant, U.K., July 1987
11. Maritime Dynamics, Second Severn Crossing Ship Simulator Study Report, Publication of Maritime Dynamics Ltd., Llantrisant, U.K., March 1989
12. Maritime Dynamics, Avimar Systems-Mathematical Manoeuvring Models Progress Report No.4, Publication of Maritime Dynamics Ltd., Llantrisant, U.K., Oct 1984
13. Permanent International Association of Navigation Congress,

Collection

International Commission for the Reception of Large Ships, Report of Working Group IV, 1980, p.530

14. 全日本 海員組合, 港灣の 安全, 昭和 58年 11月, p.575

15. 해운항만청, 연안해역의 항행환경조사 및 항로 개선에 관한 연구 (최종보고서), 1993, p.422.

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

dCollection