

부유구조물을 이용한 미래형 컨테이너미널 개발방향 연구

2003. 12

양창호·최상희·김우선·이주호·장석

□ 보고서 집필 내역

◆ 연구책임자

- 양 창 호 : 총괄, 제1장, 제2장, 제6장

◆ 연 구 진

- 최 상 희 : 제3장, 제5장
- 김 우 선 : 제3장, 제4장
- 이 주 호 : 제3장~제5장

◆ 외부 집필진

- 장 석(한국해양연구원) : 제3장, 제4장

머 리 말

우리나라 항만이 동북아에서 물류중심기지역할을 수행하기 위해서는 1만TEU 급 이상 초대형선이 우리나라 항만에 기항하고 피더선을 이용하여 화물이 인근지역으로 연계될 수 있는 항만 경쟁력을 갖추어야 가능할 것이다. 이에 따라 향후 건설되는 컨테이너터미널의 경우 초대형 컨테이너선 시대에 대비할 수 있는 고하역생산성, 고환적생산성의 새로운 개념으로 개발되어야 할 필요성이 있으며, 이와 같은 대비를 할 경우 우리 항만들이 동북아지역에서 중심항으로 위치를 확고히 하는 데 큰 도움이 될 것으로 생각된다.

한편 전국 무역항 항만 기본계획에 의하면 2020년까지 추가되는 물동량에 대응하기 위해서 컨테이너 선석만 188개를 건설해야 하고 이를 안벽 연장으로 환산할 경우 56km에 달하며, 이는 곧 56km 길이의 해안을 준설 매립해야 함을 의미한다.

또한 국내 매립식 항만의 건설시 인근지역의 환경문제, 매립재 부족, 매립토 투기계획 등의 문제로 인해 100km 이상 떨어진 지역에서 매립재를 운반해 오고 있는 실정이다. 이러한 환경문제는 항만의 개발이 진행될수록 더욱 심각해질 것으로 판단되며 이에 대한 해결책은 향후 플로팅터미널이 대안으로 대두될 수밖에 없을 것이다.

본 연구는 첫째, 초대형 컨테이너선 기항에 대비한 고생산성, 고환적효율성의 새로운 개념인 플로팅터미널의 가능한 대안을 검토하고, 둘째, 기존의 매립형 컨테이너터미널을 대체할 수 있는 비매립형 플로팅터미널 개발계획을 검토하여 우리나라 실정에 맞는 플로팅터미널의 개발방향 제시를 목적으로 하였다.

특히 부유식구조물을 이용한 컨테이너터미널 건설의 가장 현실성 있는 개발대안으로 기존 매립식 터미널을 대체할 수 있는 안과 기존항만에 보조역할을 수행하여 항만의 기능을 획기적으로 향상시킬 수 있는 안으로 나누어 제시하였다. 추후 국내 컨테이너터미널을 부유식으로 건설할 경우 기본계획으로 활용할 수 있도록 분석하였다.

부유구조물을 이용한 플로팅터미널의 개발대안을 선정하고 분석할 때 검토하는 계류시설 등 하부 구조 및 관련기술 분석과 기술적 제약 요인에 대해서는 한국 해양연구원과 공동연구로 수행하였다.

본 연구보고서는 본원의 양창호 연구위원이 연구책임을 맡고 최상희 책임연구원과 김우선, 이주호 연구원이 공동으로 집필하였다. 그리고 부유구조물의 기술분석과 기술적 제약요인에 대해서는 한국해양연구원의 장석 박사가 검토하였다. 좋은 지적과 조언을 주신 한국해양연구원의 송원오 책임연구원, 서울대 최향순 교수, 해양수산부의 함동석 서기관, 그리고 본원의 정봉민 센터장에게 심심한 감사를 드린다. 그리고 연구수행에 도움을 준 서재화씨에게도 감사드린다.

끝으로 본 보고서의 내용은 전적으로 필자들 각자의 연구의견이며, 한국해양수산개발원의 공식적 견해가 아님을 밝혀 둔다.

2003년 12월

韓國海洋水產開發院
院 長 李 廷 旭

목 차

| | |
|-------------------------------------|----|
| 〈요 약〉 | i |
| 제 1 장 서 론 | 1 |
| 1. 연구의 필요성 및 목적 | 1 |
| 2. 연구방법 | 2 |
| 3. 주요 연구내용 | 4 |
| 제 2 장 미래형 컨테이너터미널의 개발방향 | 6 |
| 1. 컨테이너선의 초대형화에 대응 | 6 |
| 2. 비매립형 항만건설의 필요성 | 9 |
| 제 3 장 미래형 플로팅터미널의 개념 정립 | 11 |
| 1. 부유구조물의 개발현황 및 연구실태 분석 | 11 |
| 1) 부유구조물의 일반특성 / 11 | |
| 2) 국내외 부유구조물의 개발현황 및 연구실태 / 15 | |
| 2. 플로팅터미널의 대안제시 | 47 |
| 1) 플로팅터미널의 대안제시 / 47 | |
| 2) 개발구상을 위한 플로팅터미널 1차 대안 선정 / 51 | |
| 3. 1차 선정된 플로팅터미널의 개발개념 분석 | 54 |
| 1) 개발대안의 기본적인 형태 및 규모 / 54 | |
| 2) 대체항만(대안1)의 다양한 개발형태 및 규모 분석 / 59 | |
| 3) 개발대안의 하역시스템 및 로지스틱스 분석 / 65 | |
| 4) 플로팅구조물의 기술적 분석 / 83 | |

제 4 장 미래형 플로팅터미널 개발형태 선정—————86

1. 개발형태 선정 및 평가방법 86
 - 1) 대체항만 / 86
 - 2) 보조항만 / 94
2. 개발형태 평가 및 선정 94
 - 1) 기술적 평가 / 94
 - 2) 물류/운영적 평가 / 97
 - 3) 경제적 평가 / 103

제 5 장 선정터미널의 개발방안—————108

1. 대체항만으로서의 플로팅터미널 108
 - 1) 개요 / 108
 - 2) 개발형태, 규모, 구성요소 및 요구기술 / 109
 - 3) 플로팅터미널 선정안의 마스터플랜 / 110
 - 4) 부지건설비 비교분석 / 140
 - 5) 적용방안 분석 / 144
 - 6) 확장방안 분석 / 149
2. 보조항만으로서의 플로팅터미널 157
 - 1) 양현하역기능 플로팅터미널 / 157
 - 2) 환적전용기능의 플로팅터미널 / 165

제 6 장 결론 및 정책 건의—————171

1. 결론 171
2. 정책 건의 172
 - 1) 플로팅터미널 실용화 기술 및 설계기준 후속연구시행 / 173
 - 2) 실용화 및 국내 항만적용 추진 / 174

참고문헌—————176

부 록—————179

표 목 차

| | |
|---|-----|
| <표 2-1> 8천TEU급 초대형선 발주 현황(2003. 6. 15 기준) | 6 |
| <표 2-2> 초대형 컨테이너선 출현 전망 | 7 |
| <표 2-3> 전국 항만별 컨테이너부두 개발 규모 | 9 |
| <표 3-1> 부유구조물의 장·단점 분석 | 12 |
| <표 3-2> 해양구조물의 용도별 분류 | 12 |
| <표 3-3> 초대형 부유식 해상구조물 기술개발 | 34 |
| <표 3-4> 초대형 부유식 해상기지 개발 | 35 |
| <표 3-5> 해양공간이용 대형 복합플랜트(BMP) 개발 | 36 |
| <표 3-6> 국외의 부유구조물 연구사례 | 43 |
| <표 3-7> 국내의 부유구조물 연구사례 | 46 |
| <표 3-8> 플로팅터미널의 개발형태별 장단점 분석(대체항만) | 52 |
| <표 3-9> 플로팅터미널의 개발형태별 장단점 분석(보조항만) | 54 |
| <표 3-10> 플로팅 컨테이너터미널의 개발형태 및 규모 | 60 |
| <표 3-11> 터미널 규모 산출 조건 | 61 |
| <표 3-12> 플로팅 컨테이너터미널의 시설규모(B-1타입) | 61 |
| <표 3-13> 터미널 규모 산출 조건 | 62 |
| <표 3-14> 플로팅 컨테이너터미널의 시설규모(B-2타입) | 63 |
| <표 3-15> 터미널 규모 산출 조건 | 64 |
| <표 3-16> 플로팅 컨테이너터미널의 시설규모(B-3타입) | 65 |
| <표 4-1> 단계별 대안 평가 기준 | 87 |
| <표 4-2> 기술적 평가의 세부항목 및 평가 산정방식 | 88 |
| <표 4-3> 물류/운영적 평가 세부항목 및 평가 산정방식 | 90 |
| <표 4-4> 기술적 기준의 평가결과 | 97 |
| <표 4-5> 예비 시뮬레이션 분석조건 | 98 |
| <표 4-6> 안벽크레인 대기시간 | 99 |
| <표 4-7> YT 사이클 타임 | 100 |

| | |
|--|-----|
| <표 4-8> 장치장 하역장비 대기길이 및 평균대기시간 | 100 |
| <표 4-9> 안벽트래픽 혼잡도 | 101 |
| <표 4-10> 자동화 가능성 | 102 |
| <표 4-11> 안벽하역장비 운영유연성 | 102 |
| <표 4-12> 물류/운영적 기준 평가결과 | 103 |
| <표 4-13> B-1타입 플로팅터미널 시설투자비 | 104 |
| <표 4-14> B-3타입 플로팅터미널 시설투자비 | 106 |
| <표 4-15> 경제성기준 종합검토 비교표 | 107 |
| <표 5-1> B-1타입 플로팅터미널 건설 및 운영을 위한 요구기술 | 110 |
| <표 5-2> 대안별 터미널 일반 특성 비교 | 112 |
| <표 5-3> 하역시스템별 터미널 배치, 물류, 소요규모 측면의 비교 | 113 |
| <표 5-4> 선박크기별 요구 생산성 분석 | 115 |
| <표 5-5> 시뮬레이션 설계조건분석 | 117 |
| <표 5-6> 아웃리치 영역 구성 | 122 |
| <표 5-7> C/C 주요 사양 | 124 |
| <표 5-8> RMGC의 주요 사양 | 125 |
| <표 5-9> 기존 매립식 터미널의 부지건설 비용 | 141 |
| <표 5-10> 선정된 플로팅터미널의 부지건설 비용 | 142 |
| <표 5-11> 기존터미널과 플로팅터미널의 특성 비교 | 144 |
| <표 5-12> 터미널 규모 산출 조건 | 152 |
| <표 5-13> 플로팅 컨테이너터미널의 시설규모(확장타입) | 152 |
| <표 5-14> 기존항만과 양현하역기능 플로팅터미널의 생산성 비교 | 157 |
| <표 5-15> 양현하역시스템 C/C의 주요 사양 | 159 |
| <표 5-16> 양현하역기능 플로팅터미널의 기술적 분석 내용 | 162 |
| <표 5-17> 매립식과 부유구조물 이용시 경제적비용 분석 | 164 |
| <표 5-18> 양현하역기능의 플로팅터미널과 매립식 터미널의 종합검토 | 165 |
| <표 5-19> 환적전용기능 플로팅터미널의 기술적 분석 내용 | 170 |

그 립 목 차

| | |
|--|----|
| <그림 3-1> 유각연착저방식의 해양구조물(일본잡지 「해양정보도시」 자료) .. | 14 |
| <그림 3-2> 중간수심지역 공간이용구조체(동경대학 「고전」 자료) | 15 |
| <그림 3-3> 해상공항 모형도 | 16 |
| <그림 3-4> Mega-Float phase II structure of Yokosuka | 18 |
| <그림 3-5> 소형항공기 이착륙실험 (Mega-Float phase II model) | 18 |
| <그림 3-6> Hinged Semi-submersible Modules | 20 |
| <그림 3-7> Semi-submersible Modules with Flexible Bridges | 20 |
| <그림 3-8> Independent Semi-submersible Modules | 21 |
| <그림 3-9> Concrete Semi-submersible Modules | 21 |
| <그림 3-10> 해상복합 물류터미널 | 22 |
| <그림 3-11> 플로팅터미널 개요도 | 23 |
| <그림 3-12> 발데즈항 | 23 |
| <그림 3-13> Bergsoysund 부유식 교량 | 25 |
| <그림 3-14> 일본의 선회가동식 부유교량 조감도 | 26 |
| <그림 3-15> Sulhus 부유식 교량 | 27 |
| <그림 3-16> 일본의 Royal Phoenix | 27 |
| <그림 3-17> 일본의 Aqua Police | 29 |
| <그림 3-18> 시라시마 석유비축기지 | 29 |
| <그림 3-19> 가미고토 석유비축기지 | 30 |
| <그림 3-20> 황해 북부권 부유식 해상 컨테이너터미널과 하역시스템의 구축에 관한 연구에서 제시된 해상터미널 구성도 | 38 |
| <그림 3-21> 부유식 해상터미널의 도입방안 연구에서 제시된 해상터미널 개념도 | 39 |
| <그림 3-22> 부유구조물을 이용한 해상항만개발 타당성 검토에서 제시된 해상터미널 | 40 |
| <그림 3-23> 내륙과 연계되지 않은 플로팅터미널(A타입) | 48 |

| | |
|---|-----|
| <그림 3-24> 내륙과 연계된 플로팅터미널(B타입) | 49 |
| <그림 3-25> 양현하역 플로팅터미널(C타입) | 50 |
| <그림 3-26> Ship-to-Ship 환적전용 플로팅터미널(D타입) | 50 |
| <그림 3-27> 수심증대용 플로팅터미널(E타입) | 51 |
| <그림 3-28> 기존 매립식과 플로팅터미널 비교 | 55 |
| <그림 3-29> 플로팅터미널 B타입의 형태와 규모 | 56 |
| <그림 3-30> 플로팅터미널 C-2타입의 형태와 규모 | 57 |
| <그림 3-31> 플로팅터미널 D-1타입의 형태와 규모 | 58 |
| <그림 3-32> 플로팅터미널 E타입의 형태와 규모 | 59 |
| <그림 3-33> 플로팅터미널 B타입의 3가지 형태 | 60 |
| <그림 3-34> 플로팅 컨테이너터미널 형태(B-1타입) | 62 |
| <그림 3-35> 플로팅 컨테이너터미널 형태(B-2타입) | 63 |
| <그림 3-36> 플로팅 컨테이너터미널 형태(B-3타입) | 65 |
| <그림 3-37> B-1타입의 동선흐름도 | 70 |
| <그림 3-38> B-2타입의 동선흐름도 | 74 |
| <그림 3-39> ASRS시스템의 시뮬레이션 모델과 야드 레이아웃 1 | 75 |
| <그림 3-40> ASRS시스템의 시뮬레이션 모델과 야드 레이아웃 2 | 75 |
| <그림 3-41> B-3타입의 동선흐름도 | 78 |
| <그림 3-42> C-2타입의 동선흐름도 | 80 |
| <그림 3-43> D-1타입의 동선흐름도 | 81 |
| <그림 3-44> E타입의 동선흐름도 | 83 |
| <그림 4-1> 개발형태 선정방법 | 86 |
| <그림 5-1> 터미널의 물류흐름 | 120 |
| <그림 5-2> 안벽장비(슈퍼테이너) | 121 |
| <그림 5-3> 야드장비(RMGC)의 단면도 | 126 |
| <그림 5-4> 안벽영역의 단면도 | 128 |
| <그림 5-5> 에이프런 영역 | 129 |
| <그림 5-6> 일반 컨테이너 야드영역 | 130 |
| <그림 5-7> 냉동 컨테이너 야드영역 | 132 |
| <그림 5-8> 위험물 컨테이너 야드영역 | 133 |

| | |
|--|-----|
| <그림 5-9> On-Wheel 컨테이너 야드영역 | 134 |
| <그림 5-10> 비규격 컨테이너 야드영역 | 135 |
| <그림 5-11> 플로팅터미널 동선도 | 139 |
| <그림 5-12> 플로팅터미널 평면도 | 140 |
| <그림 5-13> 플로팅터미널 기본안과 확장안 | 149 |
| <그림 5-14> 플로팅터미널 방파제 설치(기본안) | 151 |
| <그림 5-15> 플로팅터미널 방파제 설치(확장안) | 151 |
| <그림 5-16> 플로팅 컨테이너터미널 개발 평면도(확장타입) | 153 |
| <그림 5-17> 확장타입의 동선흐름도 | 156 |
| <그림 5-18> 양현하역기능 플로팅터미널의 안벽영역 단면도 | 160 |
| <그림 5-19> 양현하역기능 플로팅터미널의 안벽영역 동선계획도 | 161 |
| <그림 5-20> 매립식과 부유구조물 양현하역시스템 형태 비교 | 163 |
| <그림 5-21> 기존항만과 환적전용기능 플로팅터미널의 환적 물류체계 비교 | 166 |
| <그림 5-22> 환적전용기능의 플로팅터미널 안벽영역 단면도 | 168 |

<요 약>

제1장 서 론

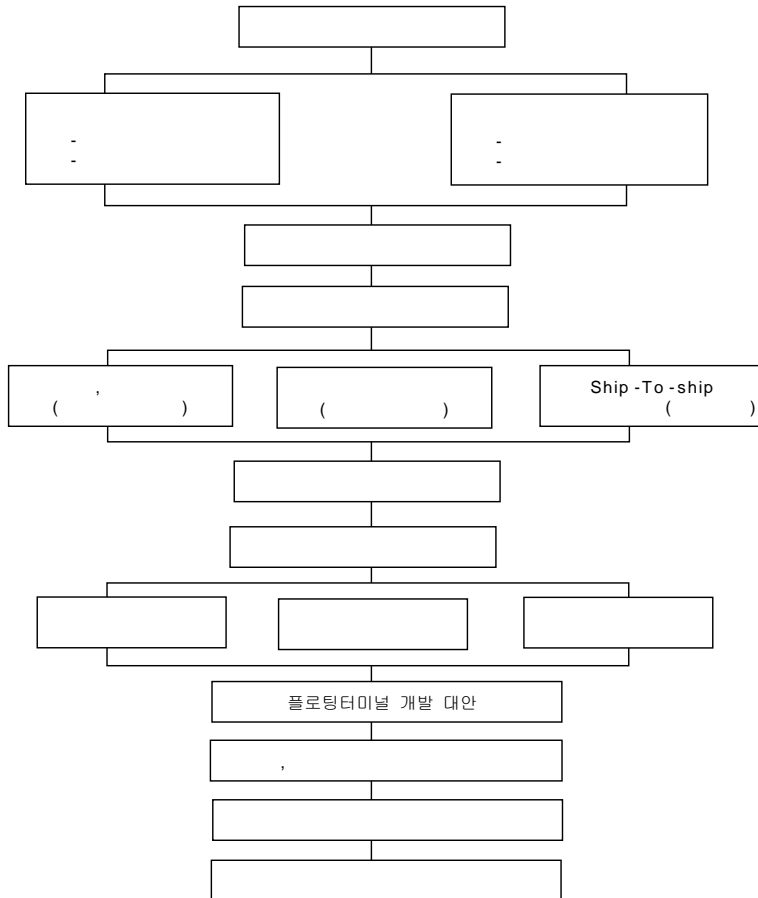
1. 연구의 필요성 및 목적

- 컨테이너선의 초대형화로 신개념의 터미널 요구
 - 8천TEU급 시장에 투입, 1만 2천TEU급 선형 출현 예상
 - 하역생산성이 높은 터미널이나 환적비용이 저렴한 터미널 개발 시급
 - 부유식 구조물을 이용한 양현하역 컨테이너터미널, 또는 환적 터미널 (Ship-to-Ship) 등이 대안
- 준설 매립에 의한 항만건설의 대체방안 필요
 - 매립 항만건설로 양호한 갯벌 멸실 및 해안환경 문제 발생
 - 항만건설 최적지 부족
 - 비매립식 항만 개발 기술이 시급
- 연구목적
 - 초대형선 기항에 대비한 고생산성, 저환적비용의 새로운 개념을 지닌 플로팅터미널과 매립항만을 대체할 수 있는 부유식 플로팅터미널 개발대안 및 개발 정책방향을 제시하고자 함

2. 연구방법 및 주요 내용

- 국내외 부유구조물 개발 및 연구개발 현황 조사
- 플로팅터미널 개발대안 분석
 - 기술적 제약요인, 개발 가능성 검토
 - 개발대안 분석 및 제시
 - 대안별 물류체계 분석

- 플로팅터미널 최적안 선정 평가
 - 기술적 평가
 - 물류/운영측면 평가(시뮬레이션 분석)
 - 경제성 평가
- 플로팅터미널 개발 타당성 분석
 - 매립식 터미널과의 경제성 비교 분석
 - 기존 터미널과의 생산성 비교 분석
 - 환적비용 비교 분석
- 개발 마스터플랜 및 정책적 건의 제시
- 본 연구의 주요 연구내용 및 연구순서는 다음과 같음



제2장 미래형 컨테이너터미널 개발방향

1. 컨테이너선 초대형화에 대응

- 8천TEU급 이상 선박의 수주잔량은 61척으로 총 수주잔량의 약 30% 차지
- 2010년 전후 1만 2천TEU급, 2020년 이전 1만 5천TEU급 초대형선 출현 전망
 - LR/OSC, 일본해사연구소, GL, Drewry, Delft 공대 등
- 초대형 컨테이너선이 기항하는 중심항(Mega-Hub Port)이 되기 위해서는 1만 2천TEU 및 1만 5천TEU 선형의 선박 흘수(15-16m)를 고려한 수심과 선폭(60-69m 이상) 증가에 따른 충분한 아웃리치를 가진 하역장비가 설치되어야 함. 또한 초대형선의 재항시간을 기존선박의 재항시간(보통 24시간 이내) 수준으로 단축시키기 위해 하역생산성이 획기적으로 개선되어야 함
- 1만 5천TEU 선박이 입항할 경우 기존 컨테이너 크레인 6대를 양적하 작업에 투입하고, 현재 부산항의 평균 컨테이너 크레인의 생산성(시간당 21.6개)으로 작업하면 양적하 시간이 48시간에 달하게 됨
- 컨테이너선의 초대형화에 대응하기 위한 미래형 컨테이너터미널은 안벽 하역장비의 생산성 향상과 더불어 안벽에서 야드로의 빠른 이송 방법, 또한 이를 최대한 빠르게 처리할 수 있는 야드 크레인과 운영시스템을 적용하거나 아니면 새로운 개념의 컨테이너터미널이 될 수 있음
- 1만 2천TEU 및 1만 5천TEU급 초대형 컨테이너선이 취항하게 되면 기존의 육지항만방식으로는 환적에 따른 비용부담과 재항시간 증가로 비경제적이 될 가능성이 높음. 그 대안으로서 부유식 해상항만, 즉 플로팅 터미널에 의한 Ship-to-Ship 환적 체제, 혹은 광폭의 선박에 대한 하역 생산성을 높이기 위한 양현하역시스템이 유력한 대안임

2. 비매립형 항만건설의 필요성

- 전국 무역항 항만기본계획(해양수산부, 2001. 10)에 의하면 2020년까지

지 컨테이너터미널 개발규모는 4천TEU급 이상 선석이 총 117선석, 2천TEU급 이상 선석은 총 70개 선석에 달함

- 4천TEU급 이상 선석의 길이를 선석당 350m, 그리고 2천~2천 5백TEU 선석의 길이를 선석당 220m로 할 경우 2020년까지 건설해야 할 안벽 연장은 총 56.4km에 달함
- 우리나라 항만, 특히 컨테이너터미널의 경우 대부분 준설에 의한 갯벌 매립 방식으로 건설되고 있는 점을 감안할 때 이 같은 개발 규모는 곧 양호한 조건의 해안이 직선길이로 56km 이상 준설 매립되어야 함을 의미
- 최근 갯벌 등 해양환경에 대한 국민적 관심 고조로 연안역 보전 정책이 추진되고 있어 공유수면 매립허가 규모가 크게 줄어들고 있는 것을 감안하면 향후 준설·매립 형태를 대체하는 비매립식 항만건설 기술 개발이 시급한 실정

제3장 미래형 플로팅터미널의 개념 정립

1. 부유구조물의 개발현황 및 연구실태 분석

1) 부유구조물의 일반특성

- 여러 개의 구조체를 접합하여 해상에 설치하는 것으로서 선박과 같이 부력에 의해서 구조물의 자중을 버티어내는 형태의 구조물

부유구조물의 장·단점 분석

| 구분 | 장점 | 단점 |
|-------|---|---|
| 부유구조물 | <ul style="list-style-type: none"> • 이동가능함 • 구조물 자체는 해저지반의 지질에 무관 • 계류관련시설 이외에는 수심에 무관 • 설치장소 선택의 자유도가 큼 • 지진에 대하여 안전 • 증설, 확장, 제거가 용이 • 여러 곳에서의 동시 병행 작업이 가능 • 해역에 대한 환경영향이 적음 • 건설공해가 적음 • 지반침하나 부등침하에 영향이 없음 • 경제성 향상의 여지가 많음 | <ul style="list-style-type: none"> • 계류장치가 필요 • 바람, 파도에 의한 다소의 운동성 • 조수간만에 의해 절대 높이가 변화 • 굽힘에 의한 구조물의 변위 발생 • 구조방식에 따라 진동이 전해지기 쉬움 • 새로운 환경변화를 일으킬 가능성 • 내구성의 한계와 자산가치의 문제 • 유지보수 비용에 대한 고비용 소요 |

2) 국내외 부유구조물의 개발현황 및 연구실태

(1) 국외

① 연구/ 개발 중인 부유구조물

- 초대형 부유구조물을 이용한 해상구조물 건설이 최종목표
- 해상공항, 이동식해상기지, 해상터미널, 해상도시
- 하부구조 모델링 및 설계
 - 해상공항(메가플로트-일본) : 1천m×60m×3m의 부유체 완성하여 실증적 실험
 - 이동식해상기지(MOB-미국) : 다양한 모델에 대한 설계 완료
 - 하부구조의 기술적 과제 해결에 중점

② 건설/ 운영 중인 부유구조물

- 소규모, 단순기능의 부유구조물을 이용한 해상구조물 건설/ 운영
- 해상플랜트, 레저시설, 부유식 교량, 석유비축기지

③ 플로팅터미널의 연구

- 플로팅터미널은 하부구조의 초대형화와 상부 장비운영의 기술적 난제로 현재 개념안만 제시
- 보조기능의 부유구조물 건설/ 운영 중
 - 미국 알래스카의 발데즈항
 - 해저지반의 연약화로 인하여 안벽부분 부유구조물로 건설

(2) 국내

① 초대형 부유구조물의 하부구조에 관한 기술 연구

- 한국기계연구원, 현대중공업, 울산대학교, 해양연구원

② 부유식 초대형 해상구조물 기획연구

- 홍익대학교, 한국해양수산개발원, 한국해양대학교, 충남대학교

③ 플로팅터미널에 관한 연구

- 황해권 수송시스템연구센터, 한국해양수산개발원
- 황해권에 적용가능한 최적위치 및 개념 제시와 부유식 항만의 필요성 제시

| 구분 | 형태 | 용도 | 성과 | 사례(국가) |
|----|-----|---------|---|---|
| 국외 | 초대형 | 해상공항 | 연구개발 - 모델을 건조하여 실증적 실험 | 마린플로트(일) 메가플로트(일) |
| | | 이동식해상기지 | 연구개발 - 각 후보군에 대한 비교/분석 및 설계 | MOB(미) |
| | | 해상도시 | 개념 제시 | |
| | | 해상터미널 | 개념 제시 - 플로팅터미널 구조물 건설 - 보조기능의 안벽 | MOB(미), 플로팅터미널(일), 발데즈항(미) |
| | 소형 | 해상플랜트 | 구조물 건설 | 발전바지(미) |
| | | 부유식교량 | 구조물 건설 | Bergsoysund, Sulhus(노), 선회가동식교량(일) |
| | | 해상건축물 | 구조물 건설 | Aqua Police, Floating Island, ESTRELLA (일) |
| | | 석유비축기지 | 구조물 건설 | 시라시마, 가미고토 비축기지 (일) |
| 국내 | 초대형 | 해상구조물 | 연구개발 - 초대형 구조물의 하부구조에 관한 기술 연구수행 | - 한국기계연구원, 한국해양연구원, 울산대학교 |
| | | | - 부유식 초대형 해상구조물 기획연구 수행 | - 홍익대학교, 한국해양수산개발원, 한국해양대학교, 충남대학교 |
| | | 해상터미널 | 연구개발 - 플로팅터미널의 필요성 및 황해안의 최적지 선정 - 하역시스템 기본구상 | 황해권수송시스템연구센터 한국해양수산개발원 |

2. 플로팅터미널의 대안제시

1) 플로팅터미널의 대안제시

(1) 대체항만

- ① 내륙과 연계되지 않은 플로팅터미널(A타입)
 - 내륙과는 별도로 운영되는 인공섬 형태의 컨테이너터미널
 - 대부분 환적 및 연안화물만 취급
 - 환적전용의 Ship-to-Ship 기능 가능
- ② 내륙과 연계된 플로팅터미널(B타입)
 - 내륙과 교량으로 연계된 형태의 컨테이너터미널
 - 수출입, 환적, 연안화물의 취급이 가능한 매립식 컨테이너터미널 대체 기능

(2) 보조항만(내륙과 연계)

- ① 양현하역 플로팅터미널(C타입)
 - 초대형선 처리를 위한 컨테이너터미널
 - 기존 안벽과 접속형태에 따라 수직형(C-1타입)과 수평형(C-2타입)으로 나뉨
- ② 환적전용(Ship-to-Ship) 플로팅터미널(D타입)
 - 초대형선과 대형선/피더선 간의 직접 환적만을 위한 컨테이너터미널
 - 기존 안벽과 접속형태에 따라 수직형(C-1타입)과 수평형(C-2타입)으로 나뉨
- ③ 수심증대용 플로팅터미널(E타입)
 - 초대형선 입항시 기존 매립항의 수심증가를 위한 컨테이너터미널
 - 수평형만이 가능

2) 플로팅터미널의 1차 개발대안 선정

- 1차 개발대안은 대체항만과 보조항만으로 나누어 선정
- 선정은 개략적 기술적 개발 가능성, 경제성, 운영성을 분석하여 판단

(1) 대체항만

- 기술, 경제, 운영성 판단결과 B타입을 선정

| 개발 타입 | 기술성 | 경제성 | 운영성 | 선정 |
|-----------------|--|------------------------------------|--------------------------------|----|
| A타입 (내륙과 분리) | ·원양설치 ·구조물의 유동성 많음 ·특수 방파제 및 계류시설 기술개발의 제약 | ·방파제 비용이 고가인 특수방파제 설치 ·고가의 계류시설 | ·환적/연안화물만 취급 | |
| B타입 (내륙과 연계) | ·연근해 설치 ·구조물의 유동성 적음 ·교량의 위치조절 기술적 제약 | ·방파제 비용 저렴 ·교량 비용 추가 | ·모든화물 취급 ·기존 컨터미널의 완전 대체 가능 | ◎ |

주 : 기술성, 경제성은 한국해양연구원의 자문 내용을 반영

(2) 보조항만

- 보조항만의 플로팅터미널은 기능별로 모두 개발이 필요한 형태
- C-2타입과 D-1타입이 선정
 - 1개의 구조물 소요로 경제적
 - 기존 매립식 안벽과의 접속구간이 감소
 - 기존 매립식 안벽에 설치된 장비의 이용 가능

| 개발 타입 | 기능 및 형태 | 특징 | 장단점 | 선정 |
|-------|---|------------------|--|----|
| C타입 | C-1타입 ·양현하역 전용터미널 ·기존 안벽에 수직배치 형태 | ·고생산성 | ·2개의 구조물 소요로 비경제적 ·안벽측 접속구간 짧음 → 기존 안벽 활용도 증가 | |
| | C-2타입 ·양현하역 전용터미널 ·기존 안벽에 수평배치 형태 | ·고생산성 | ·1개의 구조물 소요로 경제적 ·안벽측 접속구간 김 → 기존안벽 활용도 감소 | ◎ |
| D타입 | D-1타입 ·환적하역 전용터미널 ·기존 안벽에 수직배치 형태 | ·Ship-to-Ship 환적 | ·1개의 구조물 소요로 경제적 ·안벽측 접속구간 짧음 → 기존 안벽 활용도 증가 | ◎ |
| | D-2타입 ·환적하역 전용터미널 ·기존 안벽에 수평배치 형태 | ·Ship-to-Ship 환적 | ·1개의 구조물 소요로 경제적 ·안벽측 접속구간 김 → 기존안벽 활용도 감소 | |
| E타입 | ·수심증대용 전용터미널 ·기존 안벽에 수평배치 형태 | ·수심증가 | ·1개의 구조물 소요 | ◎ |

3. 검토대상 플로팅터미널별 개발개념 분석

- 개발대안은 총 6개의 타입으로 구분
 - 대체항만 : 규모와 하역시스템에 따른 3개 타입 분석
 - 보조항만 : 양현하역, 환적하역, 수심증가 등 기능에 따른 3가지 타입 분석
- 개발대안 플로팅터미널별 터미널 및 하역시스템 설계와 시뮬레이션 분석
 - 1차 선정된 개발대안에 대하여 개발 가능한 세부 형태 제시
 - 대안별 형태와 개발 규모 분석
 - 개발대안별 하역시스템, 로지스틱스, 마스터플랜 분석
- 주요 분석 내용은 다음과 같다
 - B-1타입 : 800m×850m의 규모로 1만 2천TEU급 선박 4척 동시접안 가능하며 기존 매립식 터미널 규모의 약 70% 소요, 부유구조물 2면을 활용하는 접안 형태임
 - B-2타입 : 800m×850m의 규모로 1만 2천TEU급 선박 4척 동시접안이 가능하며 기존 매립식 터미널 규모의 약 70% 소요됨. 선박의 접안 형태가 B-1타입과 상이함
 - B-3타입 : 800m×850m의 규모로 1만 2천TEU급 선박 4척 동시접안 가능하며 11단의 랙적재 야드시스템 채용됨. B-1과 B-2타입에 비해 야드면적 감소
 - C-2타입 : 400m×70m의 규모로 기존 항만에 대해 안벽생산성 증가를 위한 물동량 보조 구조물 형태임
 - D-1타입 : 400m×36.5m의 규모로 환적비용 절감을 위한 Ship-to-Ship 물류시스템 구성
 - E타입 : 400m×70m의 규모로 초대형선 입항시 기존 매립식 터미널의 수심증가를 위한 용도로 사용

| 개발 타입 | | 개발규모 | 하역시스템 | 로지스틱스 및 마스터플랜 |
|--------------|-----------|----------------------|----------------------------|---|
| 대안1 (B타입) | B-1 타입 | ·800m×850m (4선석) | ·일반하역시스템 (C/C-YT-RMGC) | ·안벽, 에이프런, 아드, 게이트, 시설물영역 ·22열의 C/C 16대, 대당 50개/hr 이상의 생산성 ·부유구조물 2면의 활용(마주보는 접안형태) ·기존항만에 비해 안벽길이 1/2로 동일 물동량 처리가 능한 배치형태(기존 터미널의 규모의 약 70%) ·기존항만에 비해 이송장비의 이동거리 감소 |
| | B-2 타입 | ·800m×850m (4선석) | ·일반하역시스템 (C/C-YT-RMGC) | ·안벽, 에이프런, 아드, 게이트, 시설물영역 ·22열의 C/C 16대, 대당 50개/hr 이상의 생산성 ·부유구조물 2면의 활용(연이은 접안형태) ·기존항만에 비해 안벽길이 1/2로 동일 물동량 처리가 능한 배치형태(기존 터미널의 규모의 약 70%) ·B-1타입에 비해 이동거리 증가 ·아드의 배치형태 및 운영이 불합리 |
| | B-3 타입 | ·800m×500m (4선석) | ·랙 적재시스템 (C/C-YT-SRM) | ·안벽, 에이프런, 아드, 게이트, 시설물영역 ·22열의 C/C 16대, 대당 50개/hr 이상의 생산성 ·부유구조물 2면의 활용(마주보는 접안형태) ·11단의 랙 적재시스템 ·B-1, B-2에 비해 아드 면적 감소 ·기존항만에 비해 이송장비의 이동거리 감소 |
| 대안2 (C타입) | C-2 타입 | ·400m×70m (1선석) | ·양현하역시스템 (C/C-YT) | ·안벽, 에이프런영역으로 구성 ·22열 C/C 9대, 30개/hr 이상의 생산성 가능한 C/C 요구 ·부유구조물 1면의 활용(마주보는 접안형태) ·기존항만에 비해 안벽에서의 생산성 증가 |
| 대안3 (D타입) | D-1 타입 | ·400m×36.5m (2선석) | ·Ship-To-Ship (C/C만 사용) | ·안벽, 에이프런영역으로 구성 ·22열(좌), 16열(우)의 C/C 4대 ·구조물 2면의 활용(마주보는 접안형태) ·기존항만에 비해 환적비용 절감되는 시스템 |
| 대안4 (E타입) | | ·400m×70 (1선석) | ·일반하역시스템 (C/C-YT) | ·안벽, 에이프런영역으로 구성 ·22열의 C/C 4대, 50개/hr 이상의 생산성 가능한 C/C 요구 ·수심증가 |

주 : 개발규모에서 1선석은 1만 2천TEU급을 기준으로 함

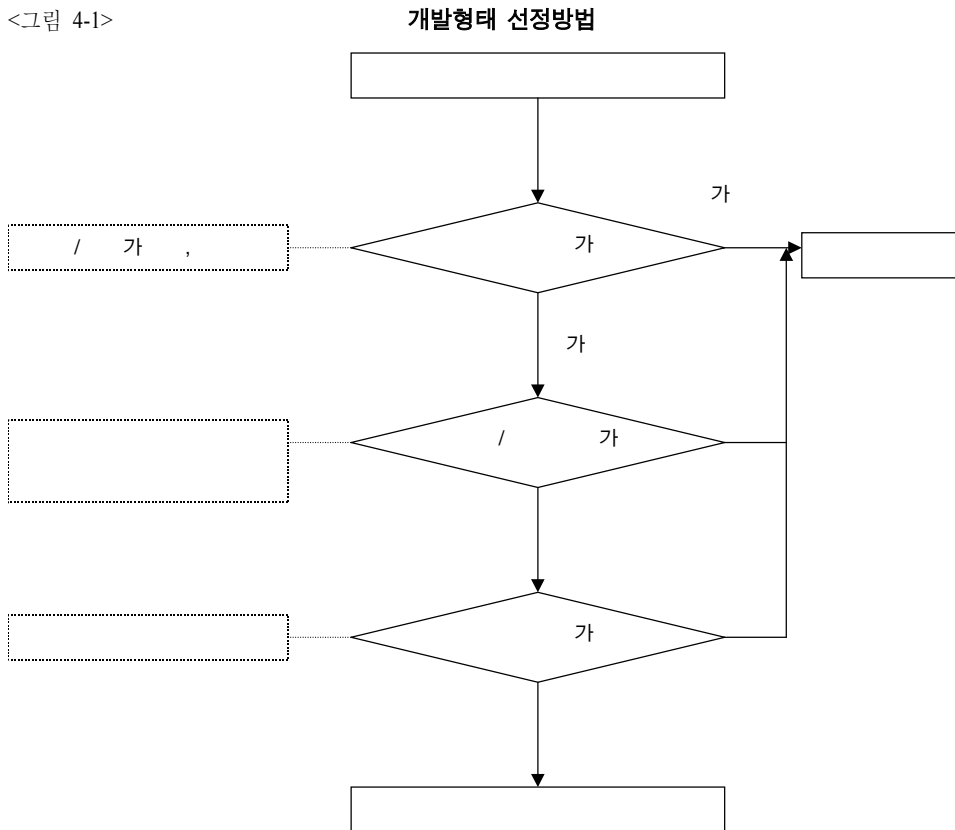
제 4 장 미래형 플로팅터미널 개발형태 선정

1. 개발형태 선정 및 평가방법

1) 대체항만의 개발형태 선정 및 평가방법

- 플로팅터미널에 대한 기술적, 물류/운영적 그리고 경제적 평가
 - 기술적 평가는 부유구조물의 기술적 건조 가능성 분석
 - 물류/운영적 평가는 효율적인 터미널 운영여부 분석
 - 경제적 평가는 시설투자비용 분석
- 각 단계별로 최저 평가대안을 제거하는 방식으로 선정

<그림 4-1>



- 기술적 평가는 전문가의 의견에 의해 부유구조물 자체의 가능여부만 판단
 - B-1, B-2, B-3 대안은 구조물 설계/ 건조시 핵심기술에서 차이를 보이지 않으므로 플로팅터미널의 기본구조인 부상형 상자모양 부유구조물에 대한 기술적 평가를 수행

<표 4-1>

기술적 평가의 세부항목 및 평가 산정방식

| 세부항목 | 평가 산정방식 |
|----------------------|---------|
| 구조물의 기술적 개발 가능성 | 가능, 불가능 |
| 상부시설물 설치시 부유구조물의 안정성 | 가능, 불가능 |
| 터미널의 운영 가능성 | 가능, 불가능 |
| 육지와와의 연계 가능성 | 가능, 불가능 |

- 물류/운영적 평가는 예비 시뮬레이션에 의해 각 대안별로 터미널 운영 효율성에 대한 상대적 순위 판단

<표 4-2>

물류/운영적 평가의 세부항목 및 평가 산정방식

| 세부항목 | 평가 산정방식 | 평가점수 |
|----------------|---------|------|
| 안벽작업 운영효율성 | 순위 | 10 |
| 이송작업 운영효율성 | 순위 | 10 |
| 장치장작업 운영효율성 | 순위 | 10 |
| 안벽 트랙픽 혼잡도 | 순위 | 10 |
| 자동화 가능성 | 순위 | 10 |
| 안벽하역장비의 운영 유연성 | 순위 | 10 |

- 경제적 평가는 시설투자내역에 의해 대안별로 상대적 순위 판단
 - 세부평가 항목은 부유구조물, 계류장치, 건축시설, 하역장비, 방파제시설, 연육교, 부대비, 조사비, 평가/실험비, 설계/감리비로 판단

2) 보조항만의 개발형태 선정 및 평가방법

- 보조항만은 양현하역, 환적전용 기능별로 서로 형태와 기능이 달라 항만의 요구조건에 따라 적용 가능하므로 모두 선정

- 수심증대용 부유구조물 대안은 기술적으로는 양현하역 부유구조물과 차이가 없기 때문에 별도의 터미널 대안 분석에서는 제외

2. 개발형태 평가 및 선정

1) 기술적 평가

- 플로팅터미널 기반구조물의 기술적 부분은 B-1, B-2, B-3대안 모두 개발 및 설치 가능
 - 구조물의 기술적 개발과 부유구조물의 안정성 유지 부문의 해당 기술 들은 개발이 완료
 - 터미널 운영 안정성 및 육지와와의 연계에 필요한 기술은 미보유 상태이 나 개발 가능

2) 물류/운영적 평가

- 안벽작업의 운영효율성, 이송작업 운영효율성, 장치장작업 운영효율성, 안벽트래픽 혼잡도, 자동화 가능성, 하역장비의 운영유연성 등 6가지 항목으로 구분하여 평가
- 예비 시뮬레이션 및 운영성을 통한 평가결과 B-3, B-1, B-2 순으로 우수(B-2대안 제외)

① 안벽작업 운영효율성

- 안벽크레인의 대기시간을 평가기준으로 사용
- 예비 시뮬레이션 수행결과 B-3대안이 가장 우수함

<표 4-3>

안벽작업 운영효율성

| 대안 \ 항목 | 평균대기시간 | 표준편차 | 최대대기시간 |
|---------|---------|---------|--------|
| B-1 | 32.829초 | 20.502초 | 69초 |
| B-2 | 33.082초 | 20.529초 | 69초 |
| B-3 | 0초 | 0초 | 0초 |

② 이송작업 운영효율성

- YT의 사이클 타임을 평가기준으로 사용
- 예비 시뮬레이션 수행결과 B-3대안이 가장 우수함

<표 4-4>

이송작업 운영효율성 예비 시뮬레이션 수행결과

| 대안 \ 항목 | 사이클 타임 |
|---------|--------|
| B-1 | 570초 |
| B-2 | 604초 |
| B-3 | 335초 |

③ 장치장작업 운영효율성

- 장치장 하역장비 대기길이 및 평균대기시간을 평가기준으로 사용
- 예비 시뮬레이션 수행결과 B-3대안이 가장 우수한 것으로 나타남

<표 4-5>

장치장작업 운영효율성 예비 시뮬레이션 수행결과

| 대안 \ 항목 | 평균대기길이 | 표준편차 | 최대대기길이 | 평균대기시간 |
|---------|--------|-------|--------|--------|
| B-1 | 2.194 | 0.531 | 3 | 265초 |
| B-2 | 1.920 | 0.460 | 3 | 232초 |
| B-3 | 0 | 0 | 1 | 0초 |

④ 안벽 트래픽 혼잡도

- 안벽 트래픽 혼잡도를 평가기준으로 사용
- 예비 시뮬레이션 수행결과 B-1, B-3대안이 가장 우수함

<표 4-6>

안벽 트래픽 혼잡도 예비 시뮬레이션 수행결과

| 대안 \ 항목 | 최대 트래픽 발생비율 |
|---------|-------------|
| B-1 | 3.125 |
| B-2 | 3.625 |
| B-3 | 3.125 |

⑤ 자동화 가능성

- 장치장 자동화 정도와 추후 자동화 가능여부를 평가기준으로 사용
- 자동화 가능여부 판단 결과 B-3대안이 가장 우수함

<표 4-7>

자동화 가능성 판단 결과

| 대안 \ 항목 | 항목 | 자동화 가능성 |
|---------|----|---------|
| B-1 | | 자동화 어려움 |
| B-2 | | 자동화 어려움 |
| B-3 | | 자동화 용이함 |

⑥ 안벽하역장비의 운영유연성

- 안벽하역장비의 운영유연성을 평가기준으로 사용
- 안벽하역장비의 운영유연성 판단 결과 B-2대안이 가장 우수함

<표 4-8>

안벽하역장비의 운영유연성 판단 결과

| 대안 \ 항목 | 항목 | 안벽장비의 운영 유연성 |
|---------|----|-------------------|
| B-1 | | 안벽장비의 호환 및 공유 어려움 |
| B-2 | | 안벽장비의 호환 및 공유 용이함 |
| B-3 | | 안벽장비의 호환 및 공유 어려움 |

<표 4-9>

물류/운영적 기준 평가 결과

| 평가기준 \ 대안 | B-1 | | B-2 | | B-3 | |
|------------------|-----|----|-----|----|-----|----|
| | 순위 | 점수 | 순위 | 점수 | 순위 | 점수 |
| 1. 안벽작업 운영효율성 | 2 | 5 | 3 | 0 | 1 | 10 |
| 2. 이송작업 운영효율성 | 2 | 5 | 3 | 0 | 1 | 10 |
| 3. 장치장작업 운영효율성 | 3 | 0 | 2 | 5 | 1 | 10 |
| 4. 안벽트래픽 혼잡도 | 1 | 10 | 2 | 5 | 1 | 10 |
| 5. 자동화 가능성 | 2 | 5 | 2 | 5 | 1 | 10 |
| 6. 안벽하역장비의 운영유연성 | 2 | 5 | 1 | 10 | 2 | 5 |
| 합 계 | 12 | 30 | 13 | 25 | 7 | 55 |
| 순 위 | 2 | | 3 | | 1 | |

3) 경제적 평가

- 플로팅터미널 경제적 평가는 시설투자비만을 고려하여 비교
- 시설투자비에는 부유식 구조물 설치비, 계류장치비, 항만시설비, 건축 시설비, 하역장비비, 방파제시설비, 연육교량시설비 등과 같이 시설물 건설에 투입되는 비용과 부대비, 조사비, 평가 및 실험비, 수리 및 수치 모형실험비, 보상비, 설계비 등 구조안정실험 등에 투입되는 비용으로 구성
- 850m×800m 크기의 B-1대안 플로팅터미널을 건설하기 위해서 소요되는 비용을 분석한 결과 총 1조 8,547억원이 소요
- 800m×500m 크기의 랙시설을 갖춘 B-3대안 플로팅터미널을 건설하기 위해서 소요되는 비용은 총 2조 5,400억원이 소요
- B-1타입보다 부유식구조물의 크기가 줄어드는 대신 항만시설비용에서 야드조성비용(랙시설 설치비)이 1조원 상승
- 경제적 평가를 TEU당 단위비용으로 환산하여 산정한 결과 B-3대안에 비해서 약 1.37배 비용이 저렴한 B-1대안을 대체항만의 개발타입으로 선정

<표 4-10>

경제적 기준 종합검토 비교표

| 항목 대안 | 시설투자비 | 단위투자비 (원/TEU) | 비고 | 선정유무 |
|----------|------------|------------------|-------------------------|------|
| B-1 | 1조 8,547억원 | 1,236,483원 | · 시설투자비가 6,853억 원 저렴 | 선정 |
| B-3 | 2조 5,400억원 | 1,693,317원 | - | - |

제5장 선정터미널의 개발방안

1. 대체항만으로서의 플로팅터미널

1) 개요

- 대체항만의 플로팅터미널로서 B-1타입이 선정
 - B-1타입은 기술적 측면에서 건조 및 설치상 제약이 없음
 - 물류/운영적 측면에서 안벽, 야드 및 이송작업의 효율성, 트래픽 혼잡도 등에서 우수한 결과를 보임
 - 경제적 측면에서 B-1타입의 시설투자비가 1조 8,547억원으로 가장 저렴

<표 5-1>

시설투자비 내역

| 구분 | 금 액 |
|---|---------|
| 구조물제작, 계류장치, 항만시설, 연육교, 부대비, 조사비, 평가/실험 | 6,632억원 |
| 건축시설, 하역장비, 설계/감리 | 2,687억원 |
| 방파제 | 9,225억원 |
| 기타 | 3억원 |

2) 개발형태, 규모, 구성요소 및 요구기술

- 선정안의 개발형태와 규모는 1만 2천TEU급 4선석 동시 접안 가능한 가로850m×세로800m×깊이5m의 상자형 구조물이며 육상과의 연계는 부유식 교량(연장 500m)으로 연결
- 선정된 플로팅터미널의 구성요소는 다음과 같음
 - 기반시설로서 플로팅구조물(850m×800m×5m), 계류장치, 방파제(4.5km), 연육교(500m)
 - 상부시설로서 안벽장비(슈퍼테이너), 야드장비(원격RMGC), 이송장비(YT), 기타장비 등
 - 기타시설 : 터미널 운영에 필요한 건물 및 시설물

- 플로팅터미널 건설과 설치 운영에 필요한 하드웨어적 요구기술은 해양 환경 외력추정기술 외 11가지임
 - 해양환경 외력추정기술, 선체운동 응답해석기술, 구조해석기술 계류시설 설계기술, 방파제 설계기술, 부유구조물 설계기술, 부유구조물 건조기술, 부유체 Ballasting 기술, 구조체 국부강조 보완기술, Ballasting 제어기술, 고속 펌핑기술, 연육교 설계기술, 수위편차 보상기술

3) 플로팅터미널 선정안의 마스터플랜

(1) 하역시스템 선정

- 최종안에 대한 4가지 하역시스템의 특성분석과 적용성 검토가 이루어졌으며 C/C(슈퍼테이너)-YT(유인)-RMGC(원격)시스템이 채택
 - 플로팅터미널의 배치 물류, 수요규모 측면에서 반자동화시스템인 RMGC시스템이 컨테이너의 이동과 야드장비의 할당에서 유리하고 효율적 장치장 운영이 가능함
 - 이에 반해 자동화터미널은 수직배치의 형태이므로 좌우 2개의 선석 분리운영으로 인해 각 장비 간의 연계지점과 장비의 수량이 기존 매립식 자동화터미널에 비해 2배 증가됨
 - 재래식인 RTGC시스템은 RMGC시스템에 비해 30~35%의 야드면적 소요가 더 발생하며 인력절감 측면에서도 불리함
- 안벽생산성은 시간당 선석별로 208개 이상의 컨테이너 처리가 가능
 - 1만 2천TEU급 선박의 경우 24시간 이내에 선석별로 시간당 208개 이상을 처리해야 하므로 운영생산성이 시간당 60개 이상인 C/C가 필요
 - 따라서 시간당 60개 이상의 처리가 가능한 안벽장비로 슈퍼테이너를 선정(선석별 3~4대 운용)

(2) 터미널의 설계

① 터미널의 설계는 예비시뮬레이션 분석을 통해 수행

- 안벽능력, 야드능력, 게이트 능력 분석을 위한 예비 시뮬레이션 수행을 통해 소요시설 규모 산출

② 선정된 플로팅터미널의 설계조건

- 대상선박 : 1만 2천TEU
- C/C의 총시간당 생산성은 60개/hr, 서비스 수준은 24시간 이내 처리 가능

③ 선정된 플로팅터미널의 소요시설 규모

- 장비소요대수 : C/C 12기, RMGC 35기, YT 65기, RS 4기
- 야드규모 : 705m×700m규모의 28개 블록(일반, 냉동, 위험물, 공컨 야드), 315m×86m규모의 2개 블록(비규격, On-Wheel 야드)

④ 소요장비 분석 결과

- 안벽장비(슈퍼테이너) : 아웃리치 64m, 레일스팬 30.5m(6레인), 기계적 생산성 90개/hr
- 야드장비 : 원격조정 레일식크레인, 5단 9열, 레일스팬 28.39m, 양측 캔틸레버타입

⑤ 영역별 구성

- 안벽영역
 - 수심 : 제한없음
 - 에이프런 영역 : 안벽법선과 해측레일, 레일스팬, 백리치, 주행영역, 여유공간 포함하여 70m의 폭을 보유
- 야드영역 : 총 30개 블록
 - 일반 컨테이너 블록 : 25개 블록(306TGS 2개 블록, 369TGS 2개 블록, 405TGS 21개 블록)
 - 냉동 컨테이너 등 기타 블록 : 5개
- 게이트 영역 : 육상측에 위치
 - 반입레인 6개 레인, 반출레인 3개 레인, 특수레인 2개 레인
 - 게이트 대기길이 : 4대

⑥ 야드내부 동선계획

- 컨테이너 접근로는 최단거리 운행을 우선하며 터미널 내 동선을 단순화

시킴을 위해 터미널 내부 각 야드로의 이동은 가급적 일방통행을 원칙으로 설정

4) 시설투자비 비교분석 및 플로팅터미널의 장점

- 부지건설비 비교분석은 기존 1,400m×600m(4선식) 규모의 매립식 터미널과 본 선정안인 800m×850m 규모의 플로팅터미널 간 건설비용을 비교
 - 두 대안 모두 처리능력, 하역시스템, 장비수량은 동일하며 건축, 전기, 통신 비용도 동일
 - 두 대안의 건설규모에 따른 부지건설 비용만을 비교
 - 매립식 터미널의 경우 수심조건 D.L (-)17m
 - 두 대안 모두 방파제 비용은 제외
- 비교결과 플로팅터미널이 매립식 터미널에 비해 1,261억원 더 소요됨
 - 기존 매립식 터미널 부지건설 비용은 4,904억원 소요(방파제, 설계감리, 건축 등 동일비용 제외)
 - 플로팅터미널 부지건설 비용은 6,165억원 소요(방파제, 설계감리, 건축 등 동일비용 제외)
- 부지건설비의 비교결과 매립식이 시설투자비 측면에서는 우수한 것으로 나타났으나 플로팅터미널의 비매립식 항만건설 방식이라는 장점을 보유하여 차세대 항만의 대안으로서 실현가능성이 높음

<표 5-1>

기존터미널과 플로팅터미널의 특성 비교

| 구분 | 기존터미널 | 플로팅터미널 |
|----|--|--|
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> • 플로팅터미널에 비해 부지건설비가 경제적(수심 17m시) • 기술적 신뢰성·운영성 확보 | <ul style="list-style-type: none"> • 비매립식 항만건설 가능 • 1만 2천TEU급 동시 4척 접안 및 서비스 가능 • 이동, 확장, 제거, 증설이 용이 • 건설 공해가 없으며 친환경적 |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> • 지반의 영향, 침하의 영향을 많이 받음 • 여러척의 초대형선에 대한 동시서비스 불가 • 1만 2천TEU급 이상 선박에 대한 동시서비스 불가능(2척 이상) • 1만 2천TEU급 선박에 대해 24시간 이내 서비스 불가능(32시간 소요) | <ul style="list-style-type: none"> • 기존 매립식보다 많은 부지건설비 소요 (1,261억원) |

5) 적용방안 분석

(1) 플로팅터미널의 운용 가능한 최적의 입지 조건 분석

① 자연적 조건

- 수심이 깊은 곳 : 수심이 깊을수록 매립식 항만보다 플로팅터미널이 상대적으로 경제성이 우수(20m 이상)하기 때문에 건설하기에 최적의 조건을 가지고 있음
- 자연적으로 정온화 되어 있는 지역
 - 부유구조물의 설치 가능 조건 : 파고가 통상 2.5m 이내, 태풍시 4.5m 이내이고 풍속이 통상 25m/sec, 태풍시 50m/sec 이내로 정온화되어 있는 지역
 - 상부 항만시설의 작업 조건 : 일반적인 컨테이너터미널의 운영과 비슷한 설계파고 1.4m 이내를 유지할 수 있는 지역

② 인공적 조건

- 계류장치 설치 : 구조물의 상·하운동 5~10cm 범위 허용, 좌·우 운동 완전 제어
- 방파제 설치 : 파고가 통상 0.5m 이내, 태풍시 1.0m 이내로 감소

(2) 국내 적용 가능여부 분석

- 국내의 세부 적용 지역에 대한 조사는 상세한 해역조사를 통해 판단을 해야 할 것으로 생각되며 차후 플로팅터미널에 대한 R&D 과제에서 세부적인 적용에 대한 심도 있는 분석이 이루어져야 할 것임
- 개략적 국내 적용지역에 대한 검토 결과 남해안이, 많은 물동량의 발생과 대형항만의 입지조건, 낮은 파고로 인한 방파제 비용의 절감, 내륙과의 연계교통망 유리 등으로 인해 가장 유리함

<표 5-2>

국내 적용 가능지역의 장단점 분석

| 구분 | 동해안 | 서해안 | 남해안 |
|----|---|--|---|
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> 작은 조위차 수심확보 유리 육지측과 구조물과의 연계성 양호 | <ul style="list-style-type: none"> 충분한 화물량의 확보 가능 낮은 파고로 하역조건 유리 기존항만에 대한 보조기능으로 유리 | <ul style="list-style-type: none"> 충분한 화물량 확보 기존 교통망과의 연계성 유리 크고 작은 섬으로 차폐되어 지형조건 유리 |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> 높은 파고로 하역 조건 분리 외곽시설 건설에 높은 공사비 소요 적은 발생화물량 | <ul style="list-style-type: none"> 큰 조차로 인한 육지에서의 접근성 분리 선박의 조수대기 시간 발생 | |

(3) 확장방안 분석

- 선정된 기본안의 플로팅터미널인 B-1타입에 대한 확장가능성을 분석
- B-1타입의 기본안인 800m×850m의 규모에서 1,600m×850m의 규모로 안벽길이를 2배 확장, 처리능력은 150만TEU에서 300만TEU로 증가
- 결과적으로 기본안에 대한 확장시 가용 야드면적의 증가와 방파제 설치 길이의 감소로 구조물 건설 가능한 규모까지 확장하는 방안이 유리

① 가용 야드면적의 증가

- 확장안의 경우 터미널을 운영하는 데 소요되는 시설물의 면적은 기본안과 동일
- 그러나 가용 야드의 면적은 기본안에 비해 2배의 면적이 아닌 2.168배의 면적 증가가 이루어짐. 즉, 확장안의 안벽에서 처리량이 325만TEU까지 늘어난다 해도 야드에서 이에 대한 처리가 가능한 계획을 수립할 수 있음

② 방파제 설치 길이의 감소

- 기본안과 확장안을 비교하였을 경우 확장안이 기본안에 비해 안벽길이는 2배, 야드의 면적은 2.168배 늘었으나 방파제의 소요길이는 2배보다 작게 됨

2. 보조항만으로서의 플로팅터미널

1) 양현하역 플로팅터미널

(1) 개요

- 초대형선 처리를 위하여 고생산성의 양현하역기능의 터미널이 필요
 - 1만 2천TEU급 선박 처리를 위해 시간당 선석당 208개의 처리속도 필요
 - 기존 터미널은 최대 6대의 C/C 투입시 34시간, 양현하역은 최대 9대 투입하여 22시간 내 처리 가능
- 양현하역 터미널 건설방법
 - 방법 1 : 매립식 터미널로 슬립형태의 선석을 신규로 건설
 - 방법 2 : 신규 터미널 건설시 한 선석은 직립형 선석 건설과 양현하역 기능의 플로팅구조물을 설치
 - 방법 3 : 기존 터미널에 양현하역기능의 플로팅구조물을 설치

(2) 개발형태, 규모, 구성요소 및 요소기술

- 개발형태와 규모는 1만 2천TEU급 1척이 양현하역 서비스를 받을 수 있는 가로400m×세로70m×높이5m의 부상형 상자형 구조물이며 육지와 의 연계를 위한 연육교(60m)로 구성
- 양현하역기능의 플로팅터미널의 구성요소는 다음과 같음
 - 기반시설로는 플로팅구조물(400m×70m×5m), 계류장치, 연육교(70m)
 - 상부시설은 충돌방지시스템이 탑재된 C/C와 이송장비 추가로 필요
 - 기존 안벽에 설치하므로 장치장과 시설물의 변화는 없음

(3) 양현하역기능 플로팅터미널의 마스터플랜

- 기존 항만에 설치가 가능하므로 하역시스템의 변경 없이 사용 가능하며, 양현하역기능을 수행하기 위한 충돌방지시스템 장착된 22열의 C/C 9대가 필요
- 플로팅 구조물의 폭은 70m로서 에이프런 영역과 기능이 동일
 - 레일스팬은 30.5m, 이송장비 작업로 6차선, 여유공간, 주행로 2차선, 백리치는 21m 필요

(4) 국내 적용방안

- 플로팅터미널의 운용 가능한 최적의 입지는 기존 항만의 보조기능이므로 운영 혹은 계획 중인 대형 항만과 연계하여 개발하는 것이 바람직함
 - 기존 항만은 방파제를 통한 정온화가 구현되어 환경적 제약은 없음
 - 부산항의 자성대, 감만, 신감만, 신선대, 신항과 광양항에 적용가능
 - 터미널에 따라 설치가능 선석이 연육교로 인하여 제약받음
- 대체항만보다 작은 크기의 보조항만을 국내에 적용하기 위한 기술적 분석은 다음과 같음
 - 구조물의 건조와 안정성 유지 기술은 문제가 없음
 - 작업시 안정성 유지기술과 육지와 부유구조물의 조수간만에 의해 발생하는 수위편차 조절기술은 보완 개발 필요
 - Ballasting 기술, 연육교 개발 기술
- 경제적 비용 분석은 기존항만에 추가로 설치하는 경우가 매립식 양현하역터미널과 플로팅 양현하역터미널에 비해 69%, 52% 절감
 - 기존 항만에 플로팅 추가는 부유구조물 건설비용만 증가
 - 플로팅 양현하역터미널의 경우 한 면에 선석건설과 부유구조물의 건설로 비용 증가
 - 매립식 양현하역터미널은 삼 면 선석건설비용

| 세부 항목 | 기존 항만에 플로팅 추가 | 플로팅 양현하역터미널 | 매립식 양현하역터미널 |
|-------|---------------|-------------|-------------|
| 시설투자비 | 528억 | 1,098억 | 1,720억 |
| 비율 | 100 % | 207 % | 326 % |

- 매립식 양현하역터미널과 플로팅 양현하역터미널의 장단점 비교는 다음과 같음
 - 플로팅터미널은 저비용의 건설비용, 매립식은 고비용
 - 플로팅터미널은 기술의 연구개발 필요, 매립식은 증명된 기술

| 구분 | | 특징 |
|---------|----|---|
| 플로팅터미널 | 장점 | <ul style="list-style-type: none"> · 수심에 영향을 받지 않는 저가의 건조비용 <ul style="list-style-type: none"> - 매립식 양현하역터미널 : 플로팅 양현하역터미널 : 플로팅 구조물만 추가 = 1,720억 : 1,098억 : 528억 · 생산성 향상 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 터미널에 비해 35% 생산성 향상 · 건설시 터미널의 운영에 영향을 미치지 않음 <ul style="list-style-type: none"> - 도크에서 건조 후 항만에 설치 · 기존 하역시스템 변경 없이 사용가능 <ul style="list-style-type: none"> - 안벽시설만을 설치하므로 하역시스템의 변경 없음 · 장치장 및 시설물의 변경 없이 사용가능 |
| | 단점 | <ul style="list-style-type: none"> · 기술적 연구개발 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 작업시 안정성 유지 위한 Ballasting 기술 보완 필요 - 수위편차문제 해결 위한 연육교 설계기술 보완 필요 - 돌핀계류설계기술 보완 필요 |
| 매립식 터미널 | 장점 | <ul style="list-style-type: none"> · 검증된 기술이므로 매립식에 비해 안정성 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 세레스파라곤 터미널 · 기술개발의 필요성은 없음 |
| | 단점 | <ul style="list-style-type: none"> · 기존 항만에 적용 불가능 <ul style="list-style-type: none"> - 양현하역기능을 추가하기 위해 신규항만을 건설해야 함 · 신규건설에 따른 새로운 장비추가 및 시설물 건설 · 고가의 건설비용 · 조수가 빠져나가므로 양현하역 선석 내 수심 증대 |

2) 환적전용 플로팅터미널

(1) 개요

- 중심항 재편으로 환적화물이 증가함에 따른 환적비용 절감 필요
 - 하역시스템의 변경으로 인한 물류체계의 단순화 필요
 - 기존 터미널 물류체계는 7단계(선박↔C/C↔YT↔TC↔장치장)
 - 초대형선에 적재된 컨테이너를 환적전용 하역장비를 사용하여 피더선으로 직접 이송

(2) 개발형태, 규모, 구성요소 및 요소기술

- 개발형태와 규모는 1만 2천TEU급 1척과 2척의 피더선이 동시에 접안해서 환적 서비스를 받을 수 있는 가로400m×세로45m×높이5m의 부상형 상자형 구조물로만 구성
- 환적전용기능의 플로팅터미널의 구성요소는 다음과 같음

- 기반시설로는 플로팅구조물(400m×45m×5m), 계류장치
- 상부시설은 환적서비스가 가능한 환적전용기능의 C/C가 필요
- 기존 안벽에 설치하므로 장치장과 시설물의 변화는 없음

(3) 환적전용기능 플로팅터미널의 마스터플랜

- 기존 항만에 설치가 가능하므로 하역시스템의 변경 없이 사용 가능하며, 1척의 대형선과 2척의 피더선의 서비스가 가능하도록 환적전용기능의 C/C는 최소 4대가 필요
- 플로팅구조물의 폭은 45m이며, 레인스팬은 양쪽에 아웃리치를 가진 중구조를 버티기 위해 43m가 필요함
 - 레일스팬 내부에 해치커버 공간 21m, 예외적인 작업을 위해 주행로와 작업로 2차선씩(9m×2), 여유공간(4m)이 필요

(4) 국내 적용방안

- 플로팅터미널의 운용 가능한 최적의 입지는 환적물량이 많은 중심항만의 신규 터미널에 적용하는 것이 적합
 - 기존 항만은 방파제를 통한 정온화가 구현되어 환경적 제약은 없음
 - 기존 터미널에 적용가능하나 구조물 양현에 선박이 접안하므로 일반선석의 효율성이 감소될 가능성 있음
- 대체항만보다 작은 크기의 보조항만을 국내에 적용하기 위한 기술적 분석은 다음과 같음
 - 구조물의 건조와 안정성 유지 기술은 문제가 없음
 - 작업시 안정성 유지기술과 육지와 부유구조물의 조수간만에 의해 발생하는 수위편차 조절기술은 보완 개발 필요
 - Ballasting 기술, 수위편차조절 기술
 - 장비제작업체에 따르면 환적전용 하역장비를 제작하는 데 문제없음
- 부산항 터미널 운영사의 자료를 비교 추정하여 실시한 경제적 비용 분석에 의하면 기존 환적 물류체계에 비해 플로팅터미널을 사용하였을 경우 58%인 65,980원이 절감되는 것으로 나타남
 - 기존 터미널의 물류체계는 7단계 환적비용 기준으로 40ft 기준 1회당 114,140원이 소요

- 환적전용 플로팅터미널의 물류체계 1단계는 선내이적기준으로 1회당 48,160원으로 추정

제6장 결론 및 정책 건의

1. 결론

- 비매립식의 고생산성 미래형터미널로 부유구조물을 이용한 컨테이너터미널의 개발대안 및 개발 마스터플랜을 제시
- 대체항만(800m×850m, 4선석, 내륙연계)
 - 상부시설 및 하역시스템 설계
 - 기존터미널에 비해 경제성은 뒤떨어지나, 비매립식 기술이라는 장점 보유
 - 남해안지역에 적용가능성 높음
- 보조항만1(400m×70m, 1선석, 양현하역시스템)
 - 하역시스템 및 내륙연계 설계
 - 매립식 양현하역터미널에 비해 경제적
 - 기존터미널에 비해 생산성 35% 향상
- 보조항만2(400m×45m, 2선석, 환적시스템)
 - 상부시설 및 하역시스템 설계
 - 환적물량이 높은 터미널에 설치 가능
 - 기존환적방식에 비해 58% 정도 비용절감

2. 정책 건의

- 플로팅터미널 실용화 기술 및 설계기준 후속연구시행
 - “초대형 컨테이너선용 항만기술 연구사업”과 연계
- 실용화 및 국내 항만적용 추진
 - 차세대 성장동력 사업으로 상정, 선정노력 필요

제 1 장 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

2003년 6월 8천TEU급 컨테이너선인 머스크-시랜드사의 ‘엑셀머스크호’와 OOCL사의 ‘OOCL 센젠호’가 해운시장에 실제 투입됨으로써 초대형 컨테이너선 경쟁이 현실화되고 있다. 2003년 6월 기준으로 8천TEU급이상 초대형 컨테이너선의 수주잔량은 총 61척으로 2003년부터 2006년까지 인도될 예정으로 있으며 TEU로 따지면 48만8천TEU 규모로 전체수주잔량의 약 30%를 차지하고 있다.

그리고 항만의 수심제약, 하역시스템 효율성 증대 등의 제약조건을 극복할 경우 컨테이너선의 초대형선화 진전이 과거보다 더욱 빠르게 이루어져 2010년 이전이라도 1만 2천TEU급 컨테이너선의 출현이 예상되고 있다. 또한 영국해상운송연구소의 세계 30대 운항선사 경영진에 대한 설문조사 결과 현재 5천TEU급 이상 컨테이너선 보유 선사의 대부분은 1만 4천TEU급 이상 초대형 컨테이너선의 출현가능성에 대해 긍정적인 답변을 하였으며, LR/OSC, 일본해사연구소, GL, Drewry 등의 기관에서도 최대출현가능 선형을 1만TEU 이상으로 전망하고 있다.

우리나라는 동북아물류중심국가의 국가정책목표를 달성하기 위해 항만에 대한 막대한 투자를 계획하고 있다. 우리나라 항만이 동북아에서 물류중심기지역할을 수행하기 위해서는 8천TEU 및 1만TEU급 이상 모선이 우리나라 항만에 기항하고 이는 다시 인근지역으로 피더선을 통해 연계될 수 있는 항만 경쟁력을 갖추어야 가능할 것이다.

이에 따라 향후 건설되는 컨테이너 터미널의 경우 초대형 컨테이너선 시대에 대비할 수 있는 고하역 생산성, 고환적 생산성의 새로운 개념으로 개발되어야 할 필요성이 있으며, 이와 같은 대비가 동북아지역에서의 중심항 경쟁에 큰 영향을 줄 것으로 예상된다. 선진항만의 경우 고하역시스템으로 개발된 사례는 암스테르담의 Ceres 터미널을 예로 들 수 있다. 이는 선박 양쪽에서 동시에 하역작업을 수행하는 양현하역시스템이다. 고환적 생산성으로 제시되고 있는 대안들은 초대형선에서 피더선으로 직접 환적(ship-to-ship)하는 방식이거나 한 번에 다량의 컨테이

너를 양적하하는 번들하역시스템 등이 있다.

한편 전국 무역항 항만 기본계획에 의하면 2020년까지 추가되는 물동량에 대응하기 위해서 컨테이너 선석만 188개를 건설해야 하고 이중 117개가 4천TEU급 이상 선박용 선석이며, 70개가 2천TEU급 선석이다.

불과 20년 내에 56km에 달하는 선석을 건설해야 하는 것이다. 이는 곧 56km 길이의 해안을 준설 매립해야 함을 의미한다. 해방 이후 지금까지 매립되었거나 매립중에 있는 면적은 우리나라 전체 갯벌의 약 42%에 달하는 것으로 나타났으며, 매립된 곳은 대부분 항만이나 산업단지, 농지로 사용되고 있다.

또한 향후 이러한 매립 항만의 계획에 맞추어 항만을 건설할 경우 매립토 확보 문제가 대두될 수 있다. 현재에도 국내 매립식 항만의 건설시 인근지역의 환경문제, 매립재 부족, 매립토 투기장 등의 문제로 인해 100km 이상 떨어진 지역에서 매립재를 운반해 오고 있는 실정이다.

정부도 해양환경 보전대책의 일환으로 연안통합관리체제를 구축하고 갯벌 등 해양 생태계 보전에 정책적 노력을 기울이고 있다. 이에 따라 최근 공유수면 매립 기본계획 수립시 지방자치단체 신청 매립 희망 규모의 10% 이하 정도만 매립을 허용하고 있는 추세다. 따라서 향후 증가되는 항만개발수요에 부응하면서 해양환경도 보전할 수 있는 항만건설 기술개발이 필요한 시점이다.

이러한 문제는 항만의 개발이 진행될수록 더욱 심각해질 것으로 판단되며 이에 대한 해결책으로 플로팅터미널이 대안으로 대두되고 있다.

본 연구에서는 한국기계연구원, 해양연구원 등 국내외에서 수행된 부유구조물 개발 기술을 바탕으로 하여, 첫째 초대형 컨테이너선 기항에 대비한 고생산성, 고환적 효율성의 새로운 개념에 기초한 플로팅터미널의 가능한 대안을 검토하고, 둘째 기존의 매립형 컨테이너터미널을 대체할 수 있는 비매립형 플로팅터미널의 개발대안을 검토하여 우리나라 실정에 맞는 플로팅터미널 개발방향 제시를 목적으로 한다.

2. 연구방법

부유구조물을 이용한 미래형 첨단항만 기술개발에서는 장래 기존 매립식 터미널을 대체할 수 있는 첨단항만의 개발대안으로 반영될 수 있도록 하기 위해 가장

최신의 부유구조물 관련 기술개발 정보를 수집하고 제시된 개발대안을 공학적 방법을 이용하여 최적안을 선정하여 개발 방안을 제시토록 하였다. 또한 한국해양연구원의 관련 전문가 자문을 통해 기술적 부분의 공동 및 보완연구를 수행하였다.

본 연구의 수행을 위해 수행된 연구방법은 미래형 첨단항만의 환경변화 및 실태와 관련하여 선박의 초대형화에 대해서는 현대, 삼성중공업 등 선박 제조업체에 대한 설문 및 면담조사와 함께 조사된 보고서, 관련 전문 자료를 참조하였으며, 미래형 항만시설 대응방안은 국내외 항만시설 변화 추이와 관련 보고서를 참조하였다.

그리고 국내 및 해외의 플로팅구조물 개발 사례는 문헌 및 인터넷 정보를 참조하여 자료를 수집하였고, 전문기술 정보지 및 관련 발표 논문을 통해 전문정보를 수집하였다. 확인이 필요하거나 자문이 필요할 경우 직접 면담조사를 하였다.

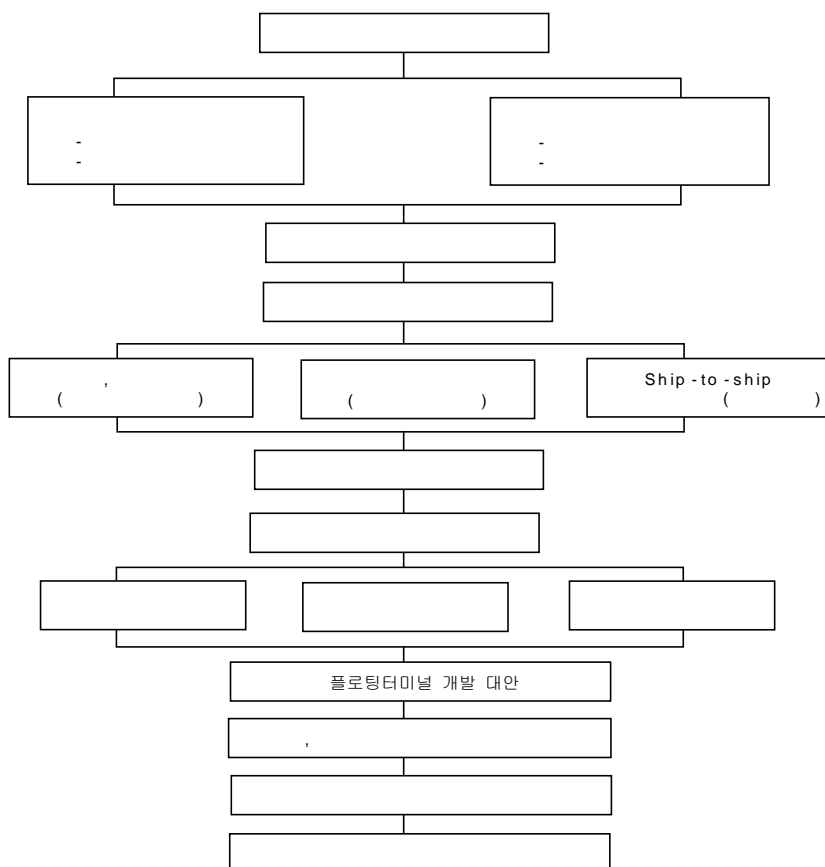
또한 국내 부유구조물에 대한 주요연구기관인 한국기계연구원, 현대중공업, 울산대학교, 홍익대학교, 한국해양연구원(해양시스템 안전연구소), 한국해양수산개발원 등에서 연구된 부유구조물 관련 연구를 조사, 분석하였다.

해외의 경우 일본의 메가플로트, 미국의 이동식 해상기지와 부유식 항만을 운영 중인 발데즈항의 개발 사례를 분석하여 하부 구조물의 이용방안과 기술적 분석에 활용하였다.

로지스틱스, 하역시스템, 개념구상도, 개발기술을 제시하는 플로팅터미널 개발대안 분석에 필요한 기술적 분석은 한국해양연구원의 관련전문가 자문을 통해 부유구조물의 일반적 기술 내용 및 필요 기술, 기술적 타당성 등을 수행하였다.

최종 개발안은 기술적 평가와 생산성 분석을 통한 물류/운영적 평가, 그리고 경제적 평가를 수행하여 선정하였다. 그리고 최종 개발안에 대한 마스터플랜은 예비시뮬레이션을 이용하여 작성하였다. 크게 대체 항만으로서의 개발 마스터플랜과 보조 항만으로서의 개발 마스터플랜을 개발규모, 소요시설규모, 평면배치 계획, 경제성, 그리고 국내 적용 방안 등 종합적으로 개발계획을 검토하였다.

주요 연구 흐름도는 다음과 같다.



3. 주요 연구내용

본 연구과제의 주요내용은 현재까지 추진되어온 국내외 부유구조물 개발 및 연구개발 현황을 조사, 분석하여 우리 항만에 적합한 부유구조물을 이용한 컨테이너 터미널의 개발 유형과 대안에 대해 분석하고 이들의 개발 추진전략을 제시한다.

제2장에서는 미래형 컨테이너터미널의 개발 방향에 대해 검토한다. 선박의 초 대형선화에 대응하는 방안과 비매립식 항만건설의 대안으로 부유구조물을 이용한 컨테이너터미널을 검토한다.

제3장에서는 플로팅터미널의 개념을 정립하여 미래형 컨테이너터미널의 기능을 갖춘 플로팅터미널의 개발대안을 제시하고 각 대안별 개발규모, 물류체제, 기

술적 제약 요인 등을 분석한다.

제4장에서는 플로팅터미널의 개발대안별 기술적 평가, 물류/운영적 평가, 경제적 평가 등을 수행하여 가장 우수한 대안을 최종 개발안으로 선정한다.

제5장에서는 플로팅터미널의 개발 최종안에 대해 마스터플랜 수립, 매립식 터미널과의 경제성 비교분석, 생산성 비교분석, 환적비용 비교분석을 수행하여 플로팅터미널 개발의 타당성을 제시한다.

제6장에서는 결론 및 정책방향을 제시한다.

제 2 장 미래형 컨테이너터미널의 개발방향

1. 컨테이너선의 초대형화에 대응

최근 수년동안 세계 항만운영사와 하역장비제작자들의 회합인 TOC 회의에서 주로 발표되고 있는 주제는 초대형 컨테이너선의 출현에 따른 항만의 대응방향에 관한 것이라 할 수 있다. 이 중에서도 많은 부분이 광폭의 초대형 컨테이너선이 출현할 경우 기존의 터미널하역장비 및 하역시스템으로는 새롭게 요구되는 작업의 생산성을 낼 수 없기 때문에 새로운 개념의 터미널 하역시스템 및 새로운 개념의 컨테이너터미널 개발이 이루어져야 한다는 대응방향 검토에 대한 것이라 할 수 있다.

<표 2-1>

8천TEU급 초대형선 발주 현황(2003. 6. 15 기준)

| 크기(TEU) | 척수 | 조선소 | 선주 | 운행사 |
|---------|----|-----|--------------------|----------------|
| 8,400 | 2 | 대우 | - | - |
| 8,265 | 5 | 한진 | C.P. Offen | MSC |
| 8,189 | 5 | 현대 | Conti CMA CGM | CMA CGM |
| 8,189 | 3 | 현대 | Hapag-Lloyd | Hapag-Lloyd |
| 8,076 | 5 | 삼성 | Seaspan | CSCL |
| 8,076 | 8 | 삼성 | Conti | Evergreen |
| 8,076 | 4 | 삼성 | C.P. Offen | MSC |
| 8,063 | 7 | 삼성 | OOCL | OOCL |
| 8,030 | 4 | 현대 | Conti | - |
| 7,960 | 4 | 오덴스 | A.P. Møller | Maersk Sealand |
| 7,800 | 5 | 현대 | Conti | 한진 |
| 7,516 | 4 | IHI | Reederei Blue Star | P&O Nedlloyd |
| 7,455 | 5 | 현대 | Nordcapital | COSCO |

자료 : BRS-Alphallner.

대응방향의 핵심은 첫째, 초대형선에 대한 하역생산성을 획기적으로 개선하는

것과 둘째 초대형선화에 따른 환적 물동량 증가에 대비하기 위해 환적비용 경쟁력을 확보하는 것에 관한 것이다. 2003년에 머스크-시랜드사의 엑셀머스크호와 OOCL사의 센젠호 등 2척의 8천TEU급 컨테이너선이 운항을 개시함에 따라 이미 초대형 컨테이너선 시대가 시작되었다고 할 수 있다. 현재 시장에 투입되고 있는 7천~8천TEU급 컨테이너선은 총 32척이며, 머스크-시랜드사가 27척, 하판로이드사가 4척, 그리고 OOCL사가 1척을 운항 중에 있다. 그리고 8천TEU급(7,400~8,400TEU) 컨테이너 수주잔량은¹⁾ 총 61척에 달하며 2003년부터 2006년까지 인도될 예정에 있다. TEU로는 48만 8천TEU로 전체 수주잔량의 약 30%를 차지하고 있다.

이와 같이 현재 시장에 투입되었거나 발주된 초대형 컨테이너선의 공통된 특징은 폭이 약 43m로, 17열로 컨테이너를 적재하는 것이다. 이는 현재 세계 주요 터미널의 갠트리 크레인으로 처리할 수 있는 최대폭이 17열 정도이기 때문이라 판단된다.

향후 주요 터미널의 크레인이 22열(약55m)의 컨테이너를 처리할 수 있는 크레인으로 대체될 것으로 보이며, 이는 곧 1만 4천~1만 5천TEU급의 컨테이너선 하역이 가능해질 수 있음을 의미한다. 현재까지 1만TEU급 이상 초대형 컨테이너선에 대한 본격 발주에 소극적인 분위기였으나, 물동량이 충분한 항로에서는 6천TEU급 2척을 운항하는 것보다 1만TEU급 컨테이너선 1척을 운항하는 것이 훨씬 경제적이기 때문에 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 보인다.

영국의 해상운송연구소의 세계 30대 운항선사 경영진에 대한 설문조사결과 현재 5천TEU급 이상 컨테이너선 보유선사의 대부분이 향후 1만 4천TEU급 이상 컨테이너선의 출현가능성에 긍정적인 답변을 하였다.²⁾

<표 2-2>

초대형 컨테이너선 출현 전망

| 예측기관 | 최대선형(TEU) |
|------------|-----------|
| LR/OSC | 12,500 |
| 일본해사연구소 | 10,000 |
| GL | 12,000 |
| Drewry | 10,000 |
| Delft Univ | 18,000 |

1) BRS-Alphallner.

2) 현대중공업 내부 자료에서 재인용.

1만TEU급 이상 초대형선이 본격 운항되기 위해 해결되어야 할 과제는 첫째, 제약요인으로 작용하고 있는 기존항만의 수심이다. 대부분의 주요 항만수심은 12~14미터로 초대형선을 수용할 수 있는 15~17미터 수심확보가 되어 있지 않은 실정이다. 이를 극복하기 위해 항만준설 또는 해상허브 환적항(off shore floating terminal) 개발 논의도 진행 중에 있다. 두 번째는 초대형선의 재항시간단축을 위한 항만하역효율 증대 문제이다. 이에 대해서도 22~23열까지 하역할 수 있는 대형 컨테이너 크레인을 설치하는 터미널이 늘어나고 있으며, 이와 함께 주요 항만에선 양적하 생산성 향상을 위한 첨단 항만하역시스템을 구축하고 있다.

세 번째는 기술적 제약 요인으로 1만TEU급 이상 컨테이너선으로 선박의 표준 운항 속도인 24~25노트가 가능한 엔진이 개발될 수 있는가의 문제이다. 현재 많은 연구개발이 이루어지고 있으며, 1만 2천TEU급 선박까지는 실린더수를 늘리고 보존장치를 달아 싱글엔진으로 가능할 것으로 예상되나, 1만 4천~1만 5천TEU급 이상 선박에는 트윈엔진이 필요한 것으로 보고 있다.

한편 1만TEU급 이상 초대형선 출현에 대해 부정적 비판론을 제기하는 의견은 첫째, 선박의 대형화로 인한 항만 인프라 증대 등 고정비 상승과 서비스 질 하락이 예견된다는 점과 둘째, 초대형선으로 운송할 경우 추가적인 육상물류 혹은 피더운송 내용이 증가되고 화물집하를 위한 추가 인건비 상승 요인이 발생한다는 점, 그리고 셋째, 트윈엔진 선박을 거론할 경우 규모의 경제 효과가 크게 발생하지 않는다는 점을 들고 있다.

이에 비해 초대형 컨테이너선 출현에 대한 해결과제를 극복할 경우 1만TEU급 이상 초대형 컨테이너선은 경쟁심화 시장에서 운임 경쟁력 확보의 장점으로 등장하여 과거보다 더욱 빠르게 대형화가 이루어질 것으로 보고 2010년 이전이라도 1만 2천TEU급 컨테이너선이 출현될 것으로 보는 낙관론도 있다. 그 근거로 첫째, 세계 컨테이너 화물이 지속적으로 크게 증가하고 있어 국가적인 선박 수요가 계속되고 있는 점과 둘째, 세계 선사들의 가격경쟁력 추구 요인이 지속되고 있는 점, 그리고 셋째, 선형별 역할 분담을 통한 효과적인 세계 컨테이너 물류체계가 재편될 수 있다는 점이다.

이상과 같이 1만TEU 이상 초대형선 출현에 대한 낙관·비판론이 양립하고 있으나 전문기관 및 전문가들의 대체적인 의견을 요약하면 2010년 전후로 1만~1만 2천TEU급의 컨테이너선이 출현할 것으로 예상되고, 2020년 이전에 1만 5천TEU급 이상의 초대형 컨테이너선의 출현도 전망되고 있다.

미래 1만 2천TEU 및 1만 5천TEU급 초대형 컨테이너선이 취항하게 되면 기존의 육지항만방식으로는 환적에 따른 비용부담과 재항시간 증가로 비경제적이 될 가능성이 높다. 그 대안으로서 부유식 해상항만, 즉 플로팅터미널에 의한 Ship-to-Ship 환적 체제와 광폭의 선박에 대비하여 하역생산성을 높이기 위한 양현하역시스템이 검토되어야 할 것이다.

2. 비매립형 항만건설의 필요성

정부의 항만 기본계획에 의하면³⁾ 2011년까지 증가되는 컨테이너물동량을 처리하기 위한 컨테이너터미널 개발 규모가 4천TEU급 이상 선석 56선석, 2천TEU급 이상 선석 41선석에 이르며, 2020년까지 개발 규모는 4천TEU급 이상 선석 총 117선석, 2천TEU급 이상 선석은 총 70개 선석에 달한다.

<표 2-3>

전국 항만별 컨테이너부두 개발 규모

단위 : 선석

| 구분 | 2006 | 2011 | 2020 | 합계 |
|-----|------|------|------|-----|
| 인천항 | 2 | 7 | 9 | 18 |
| 평택항 | 3 | 1 | 3 | 7 |
| 대산항 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 군장항 | 3 | 1 | 4 | 8 |
| 목포항 | 3 | 1 | 1 | 5 |
| 광양항 | 8 | 21 | 26 | 55 |
| 마산항 | 2 | 1 | 2 | 5 |
| 부산항 | 9 | 24 | 32 | 64 |
| 울산항 | 2 | 2 | 4 | 8 |
| 포항항 | 4 | 0 | 4 | 8 |
| 동해항 | 0 | 2 | 3 | 5 |
| 합계 | 37 | 61 | 90 | 188 |

자료 : 해양수산부, 「전국무역항 항만기본계획」, 2001. 10.

4천TEU급 이상 선석의 길이를 선석당 350m, 그리고 2천~2,500TEU 선석의 길이를 선석당 220m로 할 경우 2020년까지 건설해야 할 안벽 연장은 총 56.4km에

3) 해양수산부, 「전국무역항 항만기본계획」, 2001. 10.

달한다. 우리나라 항만, 특히 컨테이너터미널의 경우 대부분 준설에 의한 갯벌매립으로 건설되고 있는 점을 감안할 때 이 같은 개발 규모는 곧 양호한 조건의 해안이 직선길이로 56km 이상 준설 매립되어야 함을 의미한다. 최근 갯벌 등 해양환경에 대한 국민적 관심 고조로 연안역 보전 정책상 공유수면 매립허가 규모가 크게 줄어 들고 있는 것을 감안하면 향후 준설·매립 형태의 항만건설 방식을 재검토해야 할 필요성이 있다.

현재까지 해양수산부에서 항만개발 정책과 연안보전 정책 간의 이용행위 상충은 환경관리해역 관리기본계획에 의해 항만을 단순 물류기능에서 친수공간, 관광자원 등 다목적기능으로 발전시키고, 주민의 의견을 최대한 반영하여 환경친화적 건설정책을 추진하는 것으로 되어 있다.

그러나 이는 매립식 항만건설에 따른 갯벌 등 해양공간 환경파괴 및 오염증가를 근본적으로 해결하는 대책은 되지 못한다. 따라서 미래 대규모의 컨테이너터미널 건설 수요를 감안할 때 환경친화적인 해양부유구조물을 이용한 비매립식 터미널 건설이 필요한 실정이다.

매립식과 부유식 항만의 일반적인 장단점을 살펴보면 매립식 항만은 기술적으로 검증된 항만건설 방법이며, 내구성이 우수하고 침하 완료 후에는 항만 기반시설의 안정성을 확보할 수 있다는 장점이 있는 반면, 매립으로 인한 해양오염을 유발시키고, 침하 및 부등침하에 대해 상부시설의 안정성이 취약할 뿐만 아니라 항만 건설의 최적지 부족으로 향후 항만 건설의 어려움이 발생할 수 있다. 또한 부산신항만의 경우처럼 수심이 깊을 경우 초기 투자비가 급격히 증가될 수 있는 단점이 있다.

이에 비해 부유식 항만의 경우는 항만자체가 이동가능하며 기존항만과 연계하여 다양한 형태의 활용이 용이한 장점이 있으며, 해저 기반의 지질, 지진 등과 무관하게 항만을 건설할 수 있고, 계류시설 이외에는 수심과 무관하기 때문에 매립식에 비해 경제적인 수 있으며, 항만의 증설, 확장, 제거가 용이하고, 항만의 설치장소 선택도 자유로울 수 있다. 또한 항만 상부시설에 영향을 미치는 지반 침하나 부등침하의 영향이 거의 없으며 해양환경에 영향을 거의 미치지 않는 환경 친화적인 항만으로 건설될 수 있는 장점이 있다.

반면에 부유식 구조물을 이용한 대규모 항만이나 터미널의 건설은 아직 검증되지 않은 기술이며, 특히 상부 하역시설과 연계될 경우 구조물의 불안정요소가 발생할 수 있고, 부유구조물의 진동으로 정밀한 하역작업 수행상의 어려움이 예상되며, 매립식 항만에 비해 유지보수비용이 과다하게 소요될 것으로 보이고, 내구성의 한계가 있을 것이라는 단점이 예상된다.

제 3 장 미래형 플로팅터미널의 개념 정립

1. 부유구조물의 개발현황 및 연구실태 분석

1) 부유구조물의 일반특성

(1) 부유구조물의 개요

국토가 협소하고 대도시에서 인구가 집중된 우리나라에서 삼면이 바다인 해양공간의 개발은 반드시 필요한 현실적 과제이다. 그러나 매립공법에 의한 워터프론트 개발은 이미 각지에서 수행되고 있으나 환경적인 측면에서 많은 문제를 유발시키고, 적용가능한 지역이 한정되어 있어 입지 선택에 제한이 따른다. 또한 수심이 깊은 해안의 경우에는 경제적인 문제가 야기되며 개발대상이 되는 풍부한 해양자원으로의 공간적인 접근 능력이 부족하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 부유구조물에 의한 해양공간의 개발이 필요한 실정이다.

부유구조물은 여러 개의 구조체를 접합하여 해상에 띄워 용도에 따라 사용하는 형태로 기본적으로 선박과 마찬가지로 부력에 의해서 구조물의 자중을 버티어내므로 해저지반에 본체를 직접 설치하지 않는다. 부유구조물은 구조물이 직접 해저면에 접촉하지 않으므로 해저지반의 특성에 영향을 받지 않는다. 또한 환경적인 측면에서 매립에 비해 우위성이 있고, 입체적 공간 활용이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 수면 위에 떠 있는 형태를 띠고 있으므로 파랑과 바람 등 환경적 요인에 영향을 많이 받게 된다. 일반적으로 부유구조물의 수직동요는 허용하되 수평동요는 계류장치를 통해서 제어한다. 이러한 부유구조물 자체에 대한 장·단점을 설명하면 다음 <표 3-1>과 같다.

부유구조물은 해저석유 채취를 위하여 개발되어 왔는데, 현재 소규모, 단순 기능을 수행하는 부유구조물은 건설 운영되고 있다. 일본의 Aqua Police, Floating Island, Royal Phoenix, 석유비축기지, 노르웨이의 부유식 교량, 발전설비를 갖춘 해상플랜트 등이 있다. 그러나 일본과 미국에서 초대형 부유구조물에 대한 연구를 통하여 이를 해상공항이나 인공섬, 해상기지 등에 활용하려는 움직임이 활발하게 진행되고 있다.

<표 3-1>

부유구조물의 장·단점 분석

| 구분 | 장점 | 단점 |
|-------|---|---|
| 부유구조물 | <ul style="list-style-type: none"> · 이동가능함 · 구조물 자체는 해저지반의 지질에 무관 · 계류관련시설 이외에는 수심에 무관 · 설치장소 선택의 자유도가 큼 · 지진에 대하여 안전 · 증설, 확장, 제거가 용이 · 여러 곳에서의 동시 병행 작업이 가능 · 해역에 대한 환경영향이 적음 · 건설공해가 적음 · 지반침하나 부등침하에 영향이 없음 · 경제성 향상의 여지가 많음 | <ul style="list-style-type: none"> · 계류장치가 필요 · 바람, 파도에 의한 다소의 운동성 · 조수간만에 의해 절대 높이가 변화 · 굽힘에 의한 구조물의 변위 발생 · 구조방식에 따라 진동이 전해지기 쉬움 · 새로운 환경변화를 일으킬 가능성 · 내구성의 한계와 자산가치의 문제 · 유지보수 비용에 대한 고비용 소요 |

자료 : 정태영·정정훈, “해양공간 활용을 위한 대형 부유식 구조물 이용기술의 현황 및 전망”, 「대한금속학회지」, 1997.

(2) 부유구조물의 용도와 구조⁴⁾

① 용도별 분류

해양구조물은 지금까지는 주로 소규모의 단순한 기능의 부유구조물로서 건설, 운영되어 왔다. 복잡적이고 다기능적인 역할을 수행하기 위해서는 초대형의 부유구조물 건설이 필요하나 현재 기술적 난제로 인하여 실용화는 되지 않고 있는 실정이다. 그러나 미국과 일본에서 초대형 부유구조물의 실증적 연구를 통해서 다양한 용도로 연구 및 개발을 진행 중에 있다.

이와 같은 해양구조물을 용도별로 분류하면 다음의 <표 3-2>와 같다.

<표 3-2>

해양구조물의 용도별 분류

| 분류 | 기능의 예 |
|-----------|--|
| 발전플랜트 | 발전플랜트 바지 |
| 공업제품생산플랜트 | 석유화학플랜트 바지, 석유정제플랜트 바지, 액화플랜트 바지, 해수담수화플랜트 바지 종이·펄프플랜트 바지, 시멘트플랜트 바지 기타 플랜트 바지 |

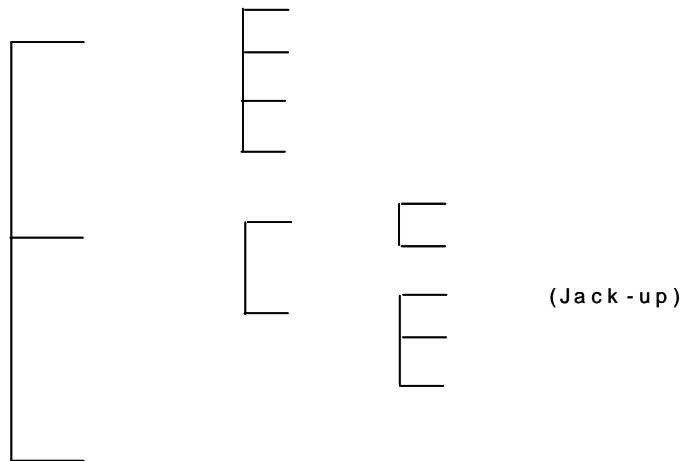
4) 임진수 외, 「부유구조물을 이용한 해상항만개발 타당성 검토」, 한국해양수산개발원, 1997.

해양구조물의 용도별 분류(계속)

| 분류 | 기능의 예 |
|----------|---|
| 폐기물처리플랜트 | 쓰레기처리플랜트 바지, 하수처리플랜트 바지 기타 플랜트 바지 |
| 저장설비 | 원유비축기지, 액화가스저장선 시멘트저장선, 곡물저장선 광석저장선, 부유식 창고 |
| 교통, 운송설비 | 부잔교, 해상공항 해상헬리포트, 해상항만 부유식 도로, 부이식 주차장 |
| 도시·주거시설 | 해상도시, 해상 호텔 컨벤션 센터, 해상주택단지 |
| 레저 시설 | 해상 전망탑, 부유식 레저시설 해상 낚시공원, 요트 선착장 |

② 구조형식

해양구조물을 구조형식에 따라 분류하면 아래와 같다



가. 부유식구조물

부유식 해양구조물에는 선형, 바지형, Semi-submersible 등이 있다. 바지형은 상부에 플랜트, 석유저장 등의 중량물을 적재하는 용도로 널리 사용되고 있다. Semi-submersible 형은 적재중량이 비교적 작고, 요동성이 매우 작아야 하는 구조

물, 예를 들면 해상공항 따위에 적용되는 구조로서 현재 일본의 오키나와에 미군 해상헬기장으로 적극 검토 중에 있다.

나. 고정식구조물

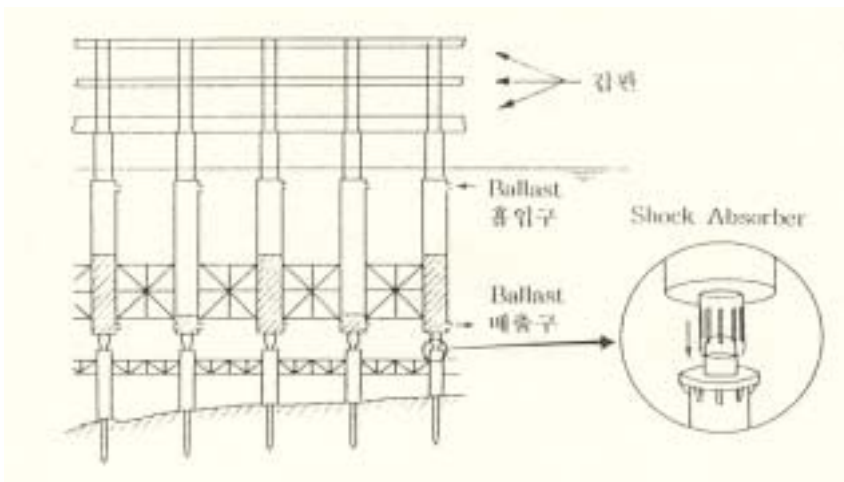
가) 착저식

Dock 또는 육상에서 구조물을 조립하여 소정의 장소로 예인하여 해저 바닥에 착저시킨 구조물이다. 착저식구조물은 파랑하중 외에 지진하중에 따른 수평활동이 일어나지 않도록 하여야 한다. 한편 해양구조물의 이점을 살린 연착저구조방식(부체에 약간의 부력을 갖도록 하는 방식)이 검토되어지고 있는데, 이는 파랑 외력에 대해서는 활동을 일으키지 않지만 지진에 대한 어느 정도의 활동은 허용하는 효과를 기대하는 구조물이다.

나) 유각식

유각식은 구조물을 기둥으로 지지하는 방식인데 잭업식과 고정각식 등이 있다. 잭업방식은 Jack up rig 와 SEP(Self-Elevating Platform) 모두 같은 방식으로 비교적 소형의 구조물에 사용되고 있다. 또 고정각식은 Jacket과 마찬가지로 고정 기둥을 바다 속에 세운 후 그 위에 구조물을 적재하는 방식이다. 연착저방식은 다리부에 설치한 부력 탱크에 해수를 주수 또는 배수토록 하여 착저압을 컨트롤하는 방식으로 어느 정도의 지진에 대한 피해는 방지할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

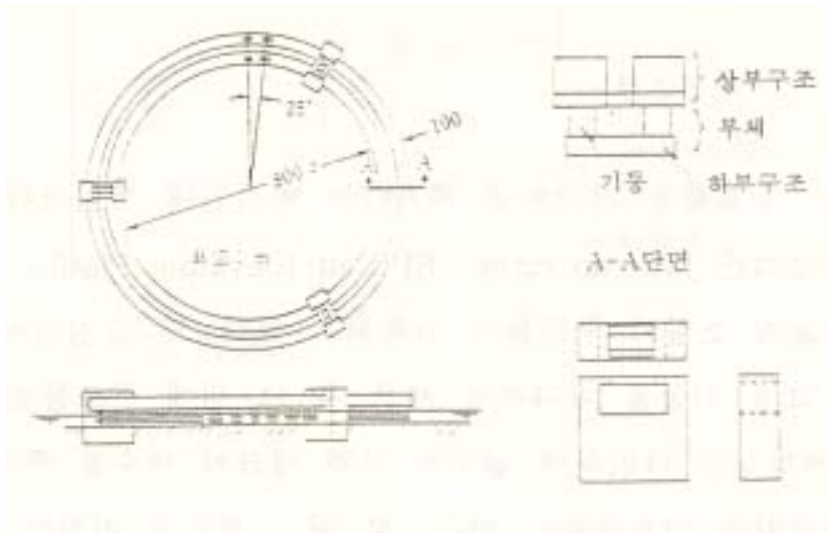
<그림 3-1> 유각연착저방식의 해양구조물(일본잡지 「해양정보도시」 자료)



다) 병용식

병용식은 부유식과 고정식의 구조물을 병용한 타입이다. 아래 <그림 3-2>에서 보는 바와 같이 Semi-submersible 구조의 Ring 형태 부유체를 해저에 매설한 기초 구조물로 지지하도록 하여 부체의 요동과 이동을 방지하는 구조로 되어 있다. 이 구조 방식은 부체식의 대형인공섬에 적합한 구조로서 개발된 것으로 일반적인 계류방법으로는 피하기 어려운 부체의 요동과 이동을 방지할 수 있게 되었다.

<그림 3-2> 중간수심지역 공간이용구조체(동경대학 「고전」 자료)



2) 국내의 부유구조물의 개발현황 및 연구실태

(1) 국외 부유구조물의 개발현황 및 연구실태

현재 해양선진국에서는 부유구조물을 이용한 해상도시, 항만, 교량, 플랜트 등의 연구 및 실험, 개발이 진행 중에 있다.

소규모의 해상도시, 교량, 플랜트의 연구를 통하여 현재 건설·운영 중에 있으며, 초대형 해상구조물에 대한 기술개발은 일본과 미국에서 실증적 실험을 통하여 많은 기술적 문제를 해결하여 상당한 수준의 연구성과를 보여주고 있다. 일본의 초대형 해상공항을 개발하기 위한 메가플로트(Mega-Float), 미국의 초대형 이동식 해상기지인 MOB(Mobile Offshore Base)를 대표적인 예로 들 수 있다. 해상터미널

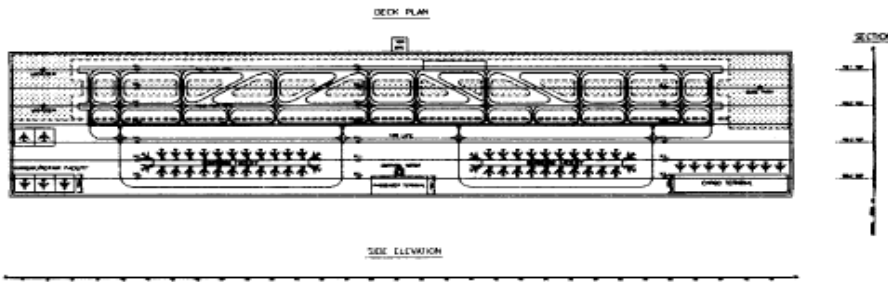
의 경우, 부유구조물 건설의 어려움과 더불어 컨테이너를 취급하는 이송, 하역장비의 운영, 기술상의 어려움으로 인하여 연구개발 및 실용화에 많은 기술적 난제를 안고 있다.

본 절에서는 부유구조물을 이용한 해상공항, 해상기지, 해상터미널, 해상플랜트, 부유식교량, 해상건축물(도시), 석유비축기지로 나누어, 각각 아이템에 대한 개요 및 구상, 연구, 개발, 운영사례에 대하여 조사하였다.

① 해상공항

<그림 3-3>

해상공항 모형도



자료 : 정태영외, “해양공간 이용을 위한 부유식 해양구조물”, 「99 대한토목학회지」, 1999.

가. 개요

해상공항은 초대형 부유구조물을 이용하여 해상에 공항을 건설하는 것으로, 육지의 공항에 비해 항공기의 이·착륙에 필요한 공간을 쉽게 확보할 수 있으며, 활주로의 침하, 공항에서 발생하는 심한 소음의 문제, 민원 문제 등을 해결할 수 있으므로 해상공간의 활용측면에서 매우 매력적이다.

나. 연구현황⁵⁾

예전부터 해상공항에 대한 필요성과 제안은 제기되었으나, 필요 면적의 광대함에 따른 많은 기술적 문제로 인하여 현재 실현되지는 않고 있다. 그러나 해양선진국인 일본에서는 정부와 산학협동으로 마린플로트추진기구를 통한 연구활동을 실시하고, 메가플로트 연구조합에서는 초대형의 모형 해상공항을 설계, 건설하여 실증적 연구를 수행하였다.

5) 정태영외, “해양공간 이용을 위한 부유식 해양구조물”, 「99 대한토목학회지」, 1999.

가) 구상사례

1924년 미국의 에드워드 암스트롱은 해양공간을 해상공항으로 이용하겠다는 개념으로 대서양횡단의 중계기지로 계획된, 반잠수식인 길이는 1,370ft, 넓이는 350ft 크기의 세계 최초의 부유식 해상공항을 제안하였다. 대규모 도시의 과밀함과 문제점을 해결하기 위하여 1973년 러너와 그래햄은 뉴욕의 연안 5마일에 Pontoon방식의 부유식 해상공항 설치를 제안하였다.

일본은 1977년, 일본조선공업회에서 반잠수식, 돌핀링크 계류방식을 사용하여 면적 576ha, 강재중량 550만톤의 대규모 구조물을 관서국제공항 제1기 공사에 설치할 것을 제안하였다.

나) 연구 및 개발사례⁶⁾

일본의 마린플로트추진기구(The Floating Structure Association of Japan)는 1990년 해양공간이용 프로젝트를 실현하기 위한 목적으로 설립되어 조선, 철강 등 관련업계의 수요창출 및 연구개발을 지원하였다. 초대형 부유구조물에 대한 경제성 및 안전성 확보 기술에 대한 연구활동을 확대하기 위하여 부유구조물의 실용화 개념창출, 타당성 검토, 사업화 추진, 관련법규 및 기술검토, 홍보활동 등의 사업을 수행하였다. 이를 통하여 pontoon방식으로 돌핀계류방식을 이용한 850ha 크기의 관서국제공항 제2기 공사를 해상공항으로 제안하였다.

1995년 결성된 메가플로트 연구조합은 부체식 공항 건설을 위한 기술개발 사업을 수행하였다. 수 km 규모의 구조물을 실현하기 위하여 대규모의 부유체 모델을 이용한 실증적인 연구개발을 수행하여 기술적 과제 해결을 도모하고 있다. 정부와 17개의 사업체 연구조합 그리고 운수성 선박기술연구소는 합동으로 연구를 진행하여 동경 근처의 Oppama에 있는 스미토모 조선소 앞바다에 실험역 실험장을 마련하여 1997년 1단계로 300m×60m×2m의 대형 부유체모델을 완성하였으며, 실증적 실험을 통하여, 설계기술, 시공기술, 수명유지기술, 기능보증기술, 환경영향평가기술 등을 연구개발하였다. 2단계는 2001년까지 Mega-Float가 공항으로서의 역할을 수행하기 위하여 필요한 응용기술에 초점을 맞추어 연구를 수행하였다. 1000m×60m×3m 크기의 부유체를 완성하여 소형비행기의 이착륙 실험을 수행하였으며, 초대형 해상공항에 대한 시뮬레이션 프로그램 개발, 환경데이터의 수집 등을 수행하였다.

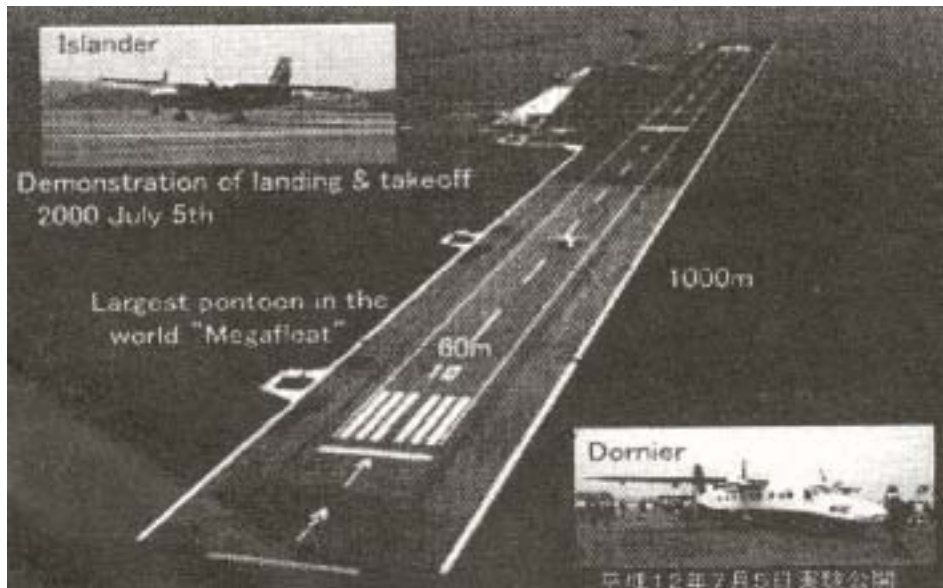
6) Isobe Eiichi, "Research and Development of MegaFloat", *Proc. of the Third International Workshop on VLFS'99*, Vol.1, 1999.

<그림 3-4>

Mega-Float phase II structure of Yokosuka

자료 : Isobe Eiichi, "Research and Development of MegaFloat", *Proc. of the Third International Workshop on VLFS'99*, Vol.1, 1999.

<그림 3-5>

소형항공기 이착륙실험 (Mega-Float phase II model)

자료 : Isobe Eiichi, "Research and Development of MegaFloat", *Proc. of the Third International Workshop on VLFS'99*, Vol.1, 1999.

② 해상기지

가. 개요

해상기지는 항공모함의 군사적 역할 한계를 극복하기 위하여 해상 이동이 가능한 다목적 부유구조물로서, 미국의 ONR(Office of Naval Research)가 1997년 미해군의 이동형해군기지(MOB : Mobile Offshore Base)의 설계개발을 위한 기술검토 사업에 참여함으로써 본격화되었다. 이동식 해상기지에 대한 필요성은 군사작전 시 타국의 육지에 종속되지 않고, 테러리스트의 위협을 감소시키며, 군대의 작전 요충지로서 활용하여, 작전의 효율성을 향상시키기 위해서 본격적인 연구개발이 시작되었다

나. 연구현황

해상기지는 국방력 강화를 통하여 세계 경찰의 역할을 수행하려는 미국에 의해서만 연구개발이 진행되고 있다.

미국의 해상기지 연구/ 개발사례를 살펴보면 다음과 같다.⁷⁾⁸⁾

현재 미국의 군사적 목적으로 개발되는 MOB의 경우, 미국방성과 미해군연구소, Brwon & Root, McDermotts, Aker, Bechtel, Kvaerner 등에서 연구개발 중이다. 우선 기술적 타당성 검토와 건조비용의 추정을 목표로 하고 있으며, 군사적 임무에 따라 그 형태를 달리 하고 있다. 그러나 기본적으로 이동성을 갖추고 있으며, 항공기의 이착륙이 가능한 길이 2km의 다양한 형태의 모듈을 유사시 해상에서 접합 가능하고, 40년 이상의 수명, 넓은 저장시설과 숙소, 선박과의 이동성, 다양한 대양, 대공 서비스 등의 특성을 갖추어야 한다. 수행되고 있는 연구의 방향은 다양한 형태의 후보 구조물에 대한 시설계를 수행함으로써 기존 해양구조물 설계기술, 규정, 설계 요구조건 등을 검증, 보완하는 동시에, 각 구조물의 장단점을 성능과 건조비 측면에서 비교, 분석하는 방식을 취하고 있다. 국제적인 해양구조물 엔지니어링 회사와 학계에서 공동으로 연구된 플랫폼은 모듈의 연결방식에 따라 다음과 같이 네 가지로 분류되어진다.

- Hinged Semi-submersible Modules(경첩식 반잠수형 모듈)
- Semi-submersible Modules with Flexible Bridges(유통교량형 반잠수식 모듈)

7) Remmers Gene, "Mobile Offshore Base : A Seabasing Option", *Proc. of the Third International Workshop on VLFS'99*, Vol.1, 1999.

8) 홍사영외, "초대형 부유식 해상구조물의 기술현황", 「대한조선학회지」, 2001.

- Independent Semi-submersible Modules(독립형 반잠수식 모듈)
- Concrete Semi-submersible Modules(콘크리트형 반잠수식 모듈)

MOB 연구개발을 통하여 도출된 결론은 다음과 같다⁹⁾

대규모 해상구조물의 설계가이드는 시설계를 통하여 검증해야 한다.

MOB는 크기의 장대함으로 인해 해상공간의 변화에 따른 환경변화의 고려가 필요하며, 간접적으로는 변화되는 파장은 MOB의 전체거동과 연결부에 걸리는 힘을 유발할 수 있다.

그래서 MOB의 비정상적인 운동을 제어하기 위한 다물체 동적 위치유지시스템이 개발되었으며, 새로운 비선형 제어이론을 검증하기 위한 모형시험이 진행 중이다.

또한 콘크리트나 강철에 의한 MOB의 건조 가능성이 확립되어야 한다.

안전 문제는 전통적인 군의 병참 선택조건과 동일하다.

<그림 3-6>

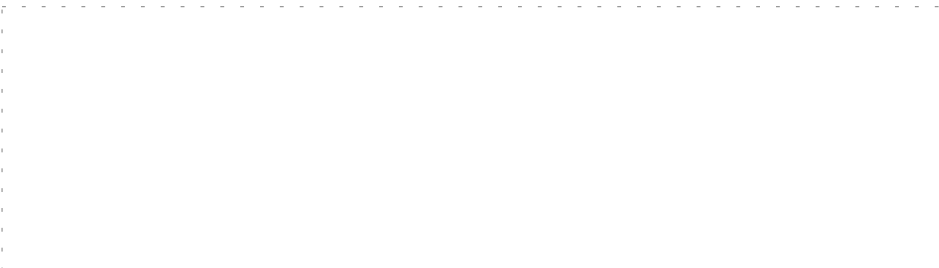
Hinged Semi-submersible Modules



자료 : 홍사영 외, “초대형 부유식 해상구조물의 기술현황”, 「대한조선학회지」, 2001.

<그림 3-7>

Semi-submersible Modules with Flexible Bridges

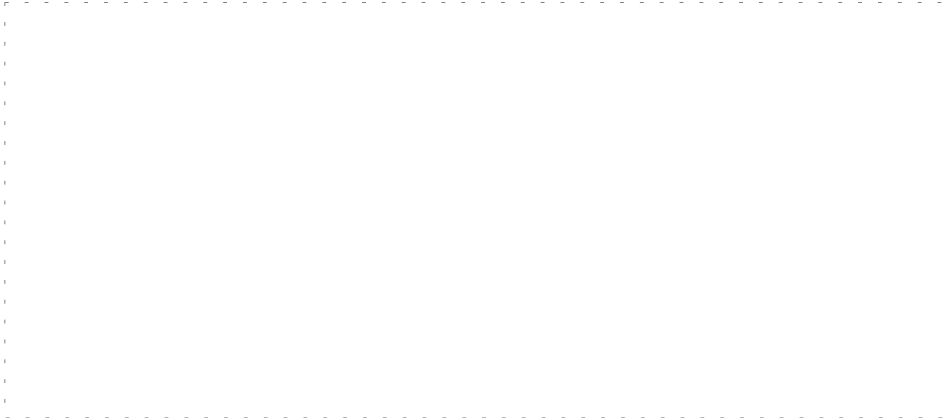


자료 : 홍사영 외, “초대형 부유식 해상구조물의 기술현황”, 「대한조선학회지」, 2001.

9) Zueck Robert, *et al.*, “Assessment of Technology for Mobile Offshore Base”, *Proc. of the Tenth ISOPE*, Vol.1, pp17~22, 2000.

<그림 3-8>

Independent Semi-submersible Modules



자료 : Zueck Robert, *et al.*, “Assessment of Technology for Mobile Offshore Base”, *Proc. of the Tenth ISOPE*, Vol.1, pp17~22, 2000.

<그림 3-9>

Concrete Semi-submersible Modules

자료 : Zueck Robert, *et al.*, “Assessment of Technology for Mobile Offshore Base”, *Proc. of the Tenth ISOPE*, Vol.1, pp17~22, 2000.

③ 해상터미널(항만)

가. 개요

해상터미널은 부유구조물에 컨테이너 혹은 화물을 하역할 수 있는 형태로서, 부유구조물에 하역장비, 이송장비와 화물이 적재 가능한 공간을 지니고 있다. 해상 공간의 활용 측면에서 해상터미널의 개발을 지향해 왔으나, 부유구조물의 물리적 특성으로 인한 하역작업의 어려움, 하중의 문제, 적용 가능한 장비의 개발 등 많은 기술적 난제로 인하여 해상터미널의 개발이 지연되고 있다.

나. 연구현황

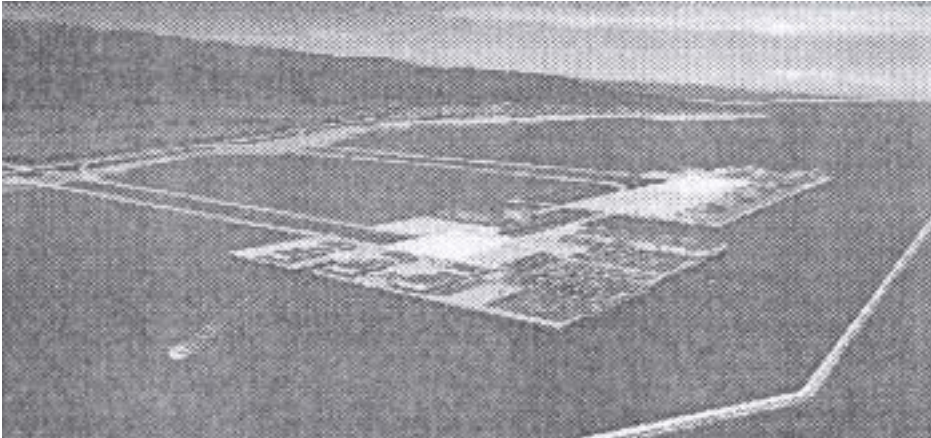
해상터미널은 항만 환경의 변화로 개발의 필요성이 인식됨에 따라 제안되었으나, 기술적 난제로 인하여 연구의 성과는 미흡한 실정이며, 1982년 환경적 문제로 인하여 미국의 발데즈항에 부유구조물을 이용한 안벽을 건설하여 운영 중에 있다.

가) 구상사례

1991년 일본의 마린플로트 추진기구는 부유구조물을 이용하여 여객수송 및 물자의 하역기능 등을 갖춘 면적 20ha의 반잠수식 형태의 다기능 해상복합 물류터미널을 제안하였다.

<그림 3-10>

해상복합 물류터미널



자료 : 최항순 외, 「초대형 부유구조물」, 도서출판 대선, 2001.

나) 연구/ 개발사례¹⁰⁾

미국의 해상기지 MOB에서는 원활한 물자의 이송을 위하여 RO-RO선박이나 컨테이너선과 같은 대형 선박으로부터 화물 및 컨테이너를 하역할 수 있으며, 화물을 저장하기 위하여 500만 ft^2 크기의 대용량의 화물저장능력을 갖도록 하였다.

2002년 시노다는 일본 서부조선학회에서 플로팅터미널의 필요성과 터미널의 구조 및 타당성을 연구하였다. 매립구조의 문제점을 극복하기 위한 한 방편으로 플로팅터미널을 제시하였으며, 플로팅터미널에 대해 건설공기의 단축과 구조물의

10) Shinda T., et al., "A Functional Design and Feasibility Study on the Floating Container Terminal High Efficiency", *Transactions- West Japan Society of Naval Architects*, 2002.

유연성 있는 배치, 수심확보, 이동가능성 등을 장점으로 제시하였다. 그가 제시한 플로팅터미널은 안벽길이 350m, 폭 210m, 높이 20m의 터미널에 마주보는 양쪽 안벽에 2기의 C/C를 배치하고, 컨테이너 이송수단은 자동화 수송차(Automatic Container Carrier, ACC)를 사용하며, 2개로 구분된 장치장을 이용하여 연간 40만TEU를 처리할 수 있다고 주장하였다.

<그림 3-11>

플로팅터미널 개요도



자료 : 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「황해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

다) 운영사례¹¹⁾

1982년 미국 알래스카의 발데즈(Valdez)항구에 부유구조물을 사용한 안벽을 건설하였다. 고정된 매립형태의 안벽 대신에 해상부두를 건설한 이유는 불안정한 해

<그림 3-12>

발데즈항



자료 : 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「황해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

11) 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「황해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

저 토양으로 인하여 미끌어지는 환경적 특성에 기인하였다. 발데즈항에 조립된 콘크리트 해상 부두의 크기는 213m×31m 이며, 기상조건의 변화에도 적용 가능하도록 설계되었다.

부유구조물의 안벽 위에 C/C를 설치하고 장치장과의 연계는 두 개의 스틸다리를 이용하여 컨테이너를 운반하도록 하였다. 이 부두는 여덟 개의 1.858m², 3.96m 높이의 중공 콘크리트 앵커들로 계류되어 있다. 이렇게 떠 있는 앵커들은 발데즈만의 바닥에 굴착된 구멍에 가라앉도록 자갈들로 채워져 있다.

④ 해상플랜트¹²⁾

가. 개요

해상플랜트는 해상의 부유구조물에 발전설비를 탑재하여 청정에너지원인 자연 에너지를 이용하여 발전하는 것으로, 해양공간에서는 파력, 태양광, 풍력, 해류 발전이 가능한 곳으로 각광받고 있으며, 육상에 발전소를 설치할 장소가 없거나 설치가 용이하지 않은 경우에, 해상공간을 활용하여 발전플랜트를 건설, 운영할 수 있는 장점이 있다.

나. 연구현황

해상구조물을 이용한 자연에너지 발전에 대한 개념 구상을 통하여, 1990년대 미국에서 민간기업이 발전사업에 참여 가능하게 되고, 개발도상국의 전력수요 급증, 해상운송 및 설치기술의 발전 등으로 인하여 해상발전플랜트의 연구, 개발을 통하여 운영 중에 있다.

가) 구상사례

1996년 일리오스·저팬사는 세계 최초의 다기능 해상발전기지를 제안하였다. 풍력, 파력, 해류 및 태양광의 자연에너지를 이용한 발전설비로서, 갑판에는 태양광 발전패널, 측면엔 풍력발전, 수면에는 파력발전설비, 해중에는 해류발전설비를 갖추었다. 10Mkw를 생산하는 설비의 경우, 5,000m(L)×4,000m(B) 규모의 부유구조물이 필요하고 추정하였다.

나) 연구/ 개발사례

1992년 국제태평양첨단기술연구센터에 의해 210kw급 개방사이클 해수온도차 발전설비를 개발하였다. 이 설비는 열대지역 해양의 심층과 표층해수의 온도차를

12) 홍사영 외, “초대형 부유식 해상구조물의 기술현황”, 「대한조선학회지」, 2001.

이용하여 발전하는 기술로서, 전기는 물론 신선한 담수를 제공할 수 있다. 1995년부터는 50kw급의 폐쇄사이클 해수온도차 발전소를 새로이 건설하여 운영 중이며, 축적된 기술을 바탕으로 인디애나주 타미나두의 해안에 100Mw급 부유식 해수온도차 발전소를 건설할 계획을 추진 중이다.

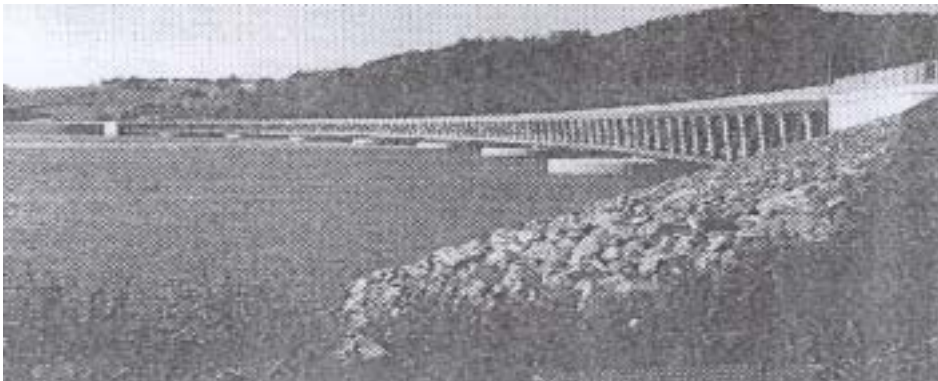
다) 운영사례

최근 세계 최초의 복합사이클을 이용한 185Mw급 발전 바지가 미국 4개사의 3년 간의 공동개발에 의해 도미니카공화국 Puerto Plata 근해역에 건설되어 완전가동에 들어갔다. 총 2억달러의 비용이 든 이번 발전 바지 건설사업은 Smith Cogeneration사와 Enron사, General Electric Industrial Power System사, Raytheon Engineers & Constructors International, Enron Engineering & Construction사가 공동으로 투자, 플랜트, 건설, 기술적 검토, 계류시스템, 담수화설비 등을 건설하였고, 바지는 텍사스주의 Trinity조선소에서 건설하였다. 본 발전설비의 성공적 건설과 함께 100Mw급 발전용량과 하루 1백만갤론의 담수를 제공하는 발전/담수화 바지를 Haiti에 건설 운영하는 계약을 체결하였을 뿐만 아니라 300Mw급 복합사이클 발전 바지를 인도에 건설하는 계약을 체결하였다. 이러한 가스터빈 발전 바지에 대한 수요는 세계적으로 더욱 증가하는 추세이다.

⑤ 부유식 교량¹³⁾¹⁴⁾

<그림 3-13>

Bergsoysund 부유식 교량



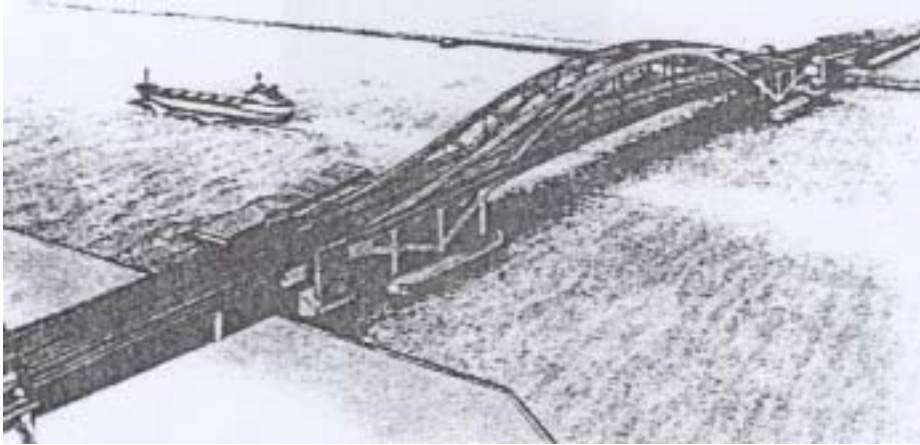
자료 : 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「항해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

13) 정태영 외, “해양공간 활용을 위한 대형 부유구조물 이용기술의 현황 및 전망”, 97철강심포지엄 「대한금속학회지」, 1997.

14) 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「항해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

<그림 3-14>

일본의 선화가동식 부유교량 조감도



자료 : 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「황해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

가. 개요

부유식 교량은 교량의 지지대를 부유구조물을 이용하여 지탱하는 형태로서, 경제적 측면과 기술적 측면에서의 문제점을 해결하기 위하여 개발되었다. 해상에서의 선박의 이동 편의성 및 건설비용의 절감, 자연재해의 대비 등의 문제점을 해결하는 한 방법으로 부유식 교량을 건설하였다.

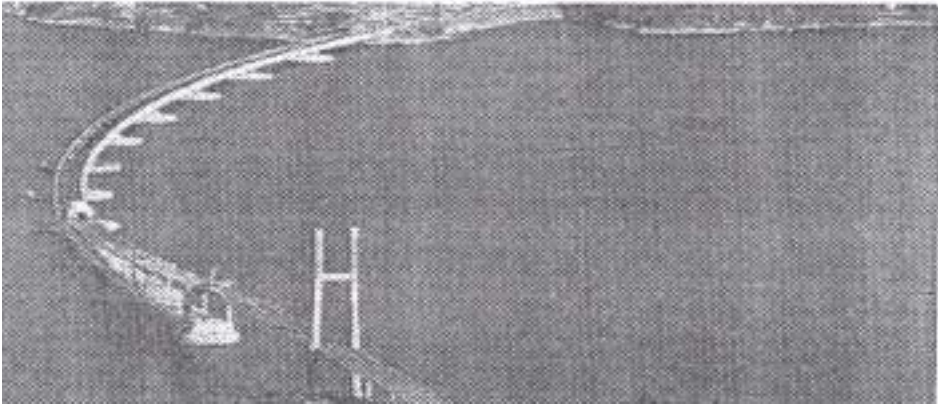
나. 연구현황

노르웨이의 경우 높은 단애사이에 수심이 깊은 협강이 많이 발달되어 있어, 협강 위에 고정식 교량을 설치하는 것은 경제적 문제는 물론 기술적으로 어려운 문제가 발생하므로 이러한 문제를 해결하기 위하여 부유식 교량을 연구개발을 통하여 현재 운영 중에 있다.

1993년에 노르웨이에 건설된 Bergsoysund 부유식 교량은 수심 320m에서 $845\text{m(L)} \times 11.7\text{m(B)} \times 15.1\text{m(H)}$ 의 크기로 강재 튜브형 트러스구조의 상판구조가 7개의 콘크리트 Pontoon 구조에 의해 지지되는 부유식 교량이다. 같은 시기인 1994년에 완공된 Sulhus 부유식 교량은 수심 500m에서 $1,246\text{m(L)} \times 15.9\text{m(B)} \times 16.6\text{m(H)}$ 의 크기로 강재 8각 상자형구조의 상부구조물이 10개의 콘크리트 Pontoon 구조에 의해 지지되는 부유식 교량이다. 일본에서도 미쯔비시중공업, 히다찌조선 등 조선·건설 12개사가 오사카시에 선화가동식 부유교량을 건설 중에 있다. 공사비용은 총 270억엔 규모이며, 교량의 총길이 940m 중 부유식 교량의 길이는 410m

로 수심 24m인 곳에 설치되는데, 철강재로 만들어진 부유구조물 2기가 중량 약 2만 7천톤의 교량을 지탱하게 된다. 이 교량의 독특한 특징은 이곳에 부유식 교량을 설치하는 이유가 되는데, 교량이 설치될 곳이 항로로 사용될 때를 고려하여 한 쪽의 부유구조물을 예인선을 이용하여 선회시켜 대형선박이 통과할 수 있도록 설계한 것이다.

<그림 3-15>

Sulhus 부유식 교량

자료 : 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「황해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

⑥ 해상건축물(도시)

<그림 3-16>

일본의 Royal Phoenix

자료 : 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「황해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

가. 개요

해상건축물(도시)은 해상구조물을 이용하여 레저목적은 물론 인간의 거주와 활동이 가능한 형태로서, 지금까지 건조되어진 해상건축물은 소규모이고, 레저, 관광, 레스토랑 등의 기능으로 사용되어 구조적인 기술적 문제점들이 적었으나, 현재 많은 학자들에 의해 도시 기능, 거주 목적의 구조물들이 제안되고 있다.

나. 연구현황¹⁵⁾¹⁶⁾

일본에서는 1970년대에 제안되어 건설·운영중인 해상건축물은 소규모로서 기술적, 건설적 문제가 적었으나, 현재 많은 전문가들이 세계 인구의 증가로 인한 육지문제의 부족, 자원고갈, 환경오염 등의 문제를 해결하기 위한 방편으로 해상건축물(도시)을 건설하자고 제안하였다.

가) 구상사례¹⁷⁾

1989년 공항도시연구회에서는 가와사키 인공섬 주위에 Pontoon 구조의 동경항 공항도시 건설을 제안하였고, 1993년 일본강구조협회는 부유식 인공섬(FOCOS-B)을 오사카만에 120ha 크기의 반잠수식 인공섬으로 건설하는 안을 제시하였다.

하와이 대학의 타가하시교수가 제안한 해상생산기지는 해양 열에너지 교환시스템을 이용하여 에너지를 습득, 담수, 수산물, 생약을 얻음으로써 환경오염을 줄이고 인구증가에 따른 문제에 대처하는 기능을 한다. 동경대학의 마에다교수는 해상에서 존재하는 다양한 에너지를 이용한 자연에너지공원(Renewable Energy Park)을 건설하여 해양수산자원을 이용하자고 제안하였다. 동경대학의 초시타교수는 대규모 사무공간으로 사용할 수 있는 고리형 반잠수식 구조물(Ring-like Semisubmersible Structure)을 제안하였다. 3천명이 일할 수 있도록 110만 m^2 크기의 사무실 공간을 설계하였다.

나) 운영사례

1975년 일본 오키나와에서 개최된 국제해양박람회를 유치하기 위해 건설된 Aqua Ploice는 일본 부유구조물의 기념비적인 상징적 의미를 지니고 있다. 크기가 104m(L)×100m(B)×26m(D)로서 강제 반잠수식 구조를 지니고 있으며, 체인방식

15) 정태영 외, “해양공간 이용을 위한 부유식 해양구조물”, 「99 대한토목학회지」, 1999.

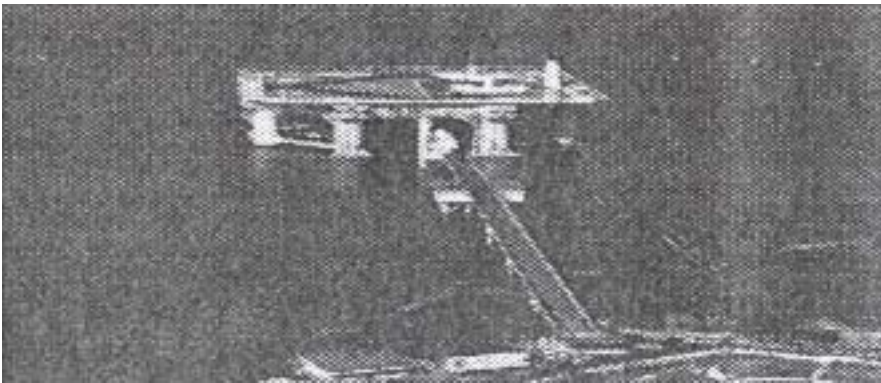
16) Maeda H. et al., “Development of Renewable Energy Park on Oceans”, *Proc. of the Third International Workshop on VLFS'99*, 1999.

17) 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「항해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

계류이다. 또한 자가 발전시설, 쓰레기 처리시설 및 소각로와 2,500명분의 급수장치를 완비하였으며, 현재 해양박물관 본부로 사용되어지고 있다. 1989년에 완공된 사카이하마의 Floating Island는 수족관 및 다목적광장으로 사용되고 있는데, 130m(L)×40m(B)×5m(D)의 크기, 무게 10,660톤으로 강제상자형구조로서 체인 씹커방식 계류를 사용한다. Royal Phoenix(ESTRELLA)는 1992년에 히로시마 구레에 완공되었는데, 128m(L)×38m(B)×3m(D)의 크기로 강선 구조와 돌핀계류를 사용하였으며, 현재 극장 및 레스토랑으로 사용되고 있다.

<그림 3-17>

일본의 Aqua Police

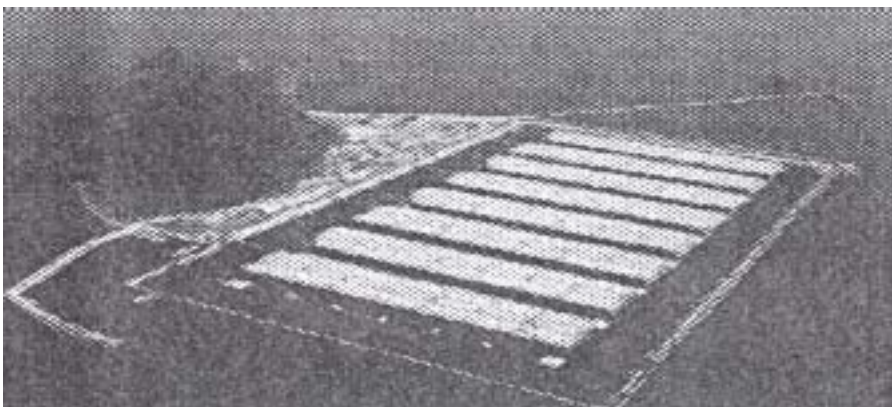


자료 : 정태영 외, “해양공간 이용을 위한 부유식 해양구조물”, 「99 대한토목학회지」, 1999.

⑦ 석유비축기지

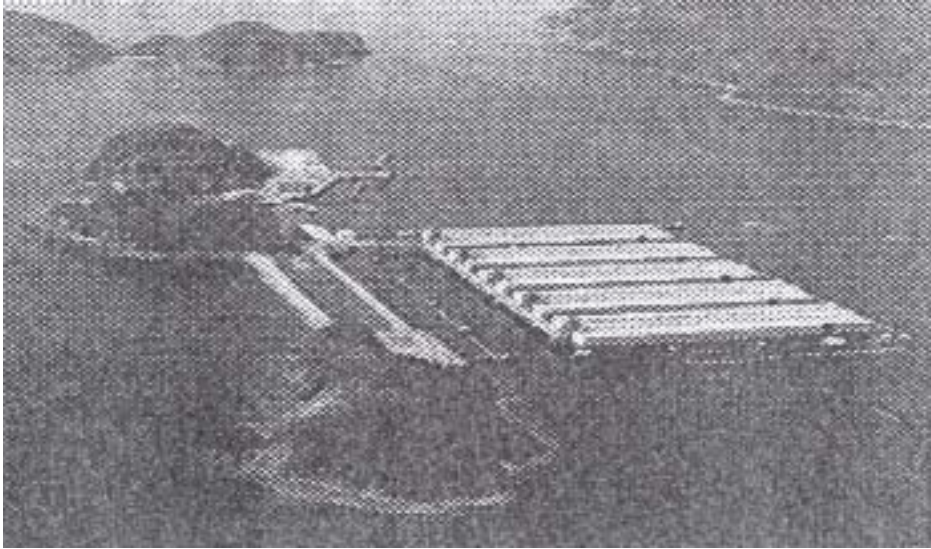
<그림 3-18>

시라시마 석유비축기지



자료 : 정태영 외, “해양공간 이용을 위한 부유식 해양구조물”, 「99 대한토목학회지」, 1999.

<그림 3-19>

가미고토 석유비축기지

자료 : 정태영 외, “해양공간 이용을 위한 부유식 해양구조물”, 「99 대한토목학회지」, 1999.

가. 개요

해상 석유비축기지는 여러개의 부유구조물을 이용하여 석유를 비축하는 형태로서, 해양공간이용을 위하여 개발되어 사용되어진 부유구조물 중 가장 큰 규모를 갖고 있다. 이는 석유를 저장하는 단순한 기능으로 인하여 다른 구조물과 다른 형태와 용도를 지니기 때문에 설계, 건설에 있어서 차이점이 있다.

나. 연구현황

석유비축기지 구조물은 일본에서 많이 연구, 개발되었는데, 일본의 경우, 지진이 많이 발생하는 지리적, 환경적 요인으로 인하여 육지에 건설시 비축기지 파괴로 인한 재난의 문제점이 있기 때문에 지진의 영향을 적게 받는 해상에 설치할 수 있는 구조물에 대한 연구, 개발을 통해 가미고토섬과 시라시마섬 인근에 건설, 운영 중에 있다. 그 운영사례¹⁸⁾¹⁹⁾를 살펴보면 다음과 같다.

지금까지 건설된 석유비축기지는 나가사키의 가미고토섬과 북큐슈의 시라시마섬 두 곳에 설치되었다. 섬근처에 설치하는 이유는 섬 자체가 자연적으로 해역을

18) 정태영외, “해양공간 활용을 위한 대형 부유구조물 이용기술의 현황 및 전망”, 97철강심포지엄 「대한금속학회지」, 1997.

19) 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「항해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

정온화하기도 하고, 또한 손쉽게 주변에 방파제를 설치할 수 있기 때문이다. 석유를 저장하기 위한 부유구조물은 강제상자형구조로서 여러개를 일렬로 배치한 후, 돌핀계류장치를 이용하여 부유구조물을 구속하여 사용한다. 1986년에 완공된 시라시마 석유비축기지의 경우, 부유구조물 1개가 397m(L)×82m(B)×25.4m(D)의 크기로서 8개의 부유구조물을 사용하여 약 600만kl의 석유를 비축할 수 있다. 1993년에 완공된 가미고토 비축기지의 경우 397m(L)×97m(B)×27.6m(D)의 크기로 5개의 바지로 구성되어 있다. 석유비축기지의 크기가 약 400m인 것은, 선박전조와 같은 방법으로 도크 내에서 1개의 Unit로서 건조되었기 때문에 그 규모가 기존의 도크시설 크기를 넘지 않는다.

(2) 국내 부유구조물의 개발현황 및 연구실태

국내의 부유구조물 개발현황은 전무한 상황이다. 그러나, 1996년부터 한국기계연구원에서 해양공간이용 대형 복합플랜트의 개발을 위한 연구가 진행되어 1999년에 연구 완료되었다. 그리고, 1999년부터 부유구조물에 대한 관심이 높아지면서 한국해양연구원의 해양시스템안전연구소, 현대중공업, 울산대학교에서 지속적으로 초대형 부유식 해상구조물에 대한 기술개발이 이루어져 왔다. 이러한 연구의 성과로 2001년 2월 국내에서 VLFS(Very Large Floating Structure) 연구회가 발족되어 운영되고 있으며, 2001년 국내 최대의 항만도시인 부산에서 부산해역의 미래개발을 위한 심포지엄이 개최되었다. 본절에서는 국내의 부유구조물에 대한 연구인 한국기계연구원의 ‘해양공간이용 대형 복합플랜트 개발’, 현대중공업과 울산대학교의 ‘대형 부유식 해상기지 개발’, 한국해양연구원의 해양시스템안전연구소 등의 ‘초대형 부유식 해상구조물 기술개발’ 프로젝트, 홍익대학교 해양시스템 연구센터 등의 ‘초대형 해상구조물 기획연구’에 대한 개요와 연구의 목적 및 범위를 살펴보기로 한다.

① 해양공간이용 대형 복합플랜트 개발

가. 개요

1996~1999년까지 한국기계연구원에서 수행한 해양공간이용 대형 복합플랜트(BMP) 개발에 관한 연구로서 과기부 81억원, 참여기업 26억원 총 107억원이 투입된 프로젝트이다. 해양공간이용 대형 복합플랜트 개발의 사업목표는 첫째, 대형 부유구조물 설계를 위한 핵심요소기술 개발, 둘째, 해상 바지 담수화 시스템 설계

기술 개발, 셋째, 폐기물 해상처리시스템 설계 기술 개발, 넷째, 해양공간 활용방안 수립의 네 가지로 이루어졌다.

참여기업으로는 삼성중공업(주), 현대건설(주), 한국열유체(주), 진도종합건설(주), 한국전력(주), 한국정수공업(주), 고려소각로(주) 등이 참여하였다.

또한 19개 기관에 위탁연구를 실시하여 연구비 11억 7천만원이 소요되었다.

나. 연구개발내용 및 범위²⁰⁾

네 가지 사업목표에 따른 연구개발내용 및 범위는 부유구조물기술 개발을 위해서 1, 2차년도에 대형 부유구조물 설계 핵심 요소기술을 개발하고, 환경친화형 방파제 설계기술을 개발하였다. 3차년도에는 시험플랜트 종합모형 해양공학수조 검증시험을 실시하였으며, 4차년도에는 대형 부유구조물 성능해상 프로그램 GUI 개발 및 통합을 하였으며, 초대형 부유구조물 파랑응답 시험평가 기법을 개발하였다.

해수담수화기술 개발을 위해서는 1차년도에 20톤/일 규모의 소형 해수담수화 시스템 설계기술을 확보하였으며, 2, 3차년도에는 당사도에 해수담수화 기지를 건설하여 운영하였다. 4차년도에는 해상 시험플랜트용 증발식 담수화 장치의 성능, 내구성 실증시험을 실시하였다. 해상소각기술 개발을 위해서는 1차년도에 사업타당성을 수도권, 인천, 부산 등을 대상으로 조사하였다. 2, 3차년도에는 소각/담수화 시스템을 위한 해상부유체 시험플랜트를 설계, 일부 제작을 하였다. 소각시스템은 10톤/일 용량의 화염건류식이며, 담수화시스템은 50톤/일 규모의 소각폐열을 이용한 증발식 담수화 시스템이다. 해양공간활용기술 개발을 위해서는 해상항만개발 타당성을 검토하였으며, 울릉도 해상공항 건설 타당성을 검토하고, 부산 해상공항 및 복합물류기지 건설타당성 검토 및 개념설계를 실시하였다.

② 초대형 부유식 해상기지 개발

가. 개요

1999~2000년까지 2년 간 현대중공업주식회사와 울산대학교에서 수행한 초대형 부유식 해상기지 개발에 관한 연구로서 하부부유체와 계류시설에 대한 구조배치를 포함하는 설계방법 연구 및 시설계를 연구개발목표로 수행되었다.

20) 정태영 외, 「해양공간이용 대형복합플랜트 개발(I-II), 시스템 종합기술개발」, 한국기계연구원, 과기처 특정 연구개발사업 보고서, 1995-1999.

나. 연구개발내용 및 범위²¹⁾

하부부유체와 계류시설에 대한 구조배치를 포함하는 설계방법 연구 및 시설계를 위하여 1차년도에 연구개발내용 및 범위는 3차원 형상 모델러 개발을 위해서 지식기반구조작업을 수행하였으며, 시스템 매개변수를 설정하였다. 또한 자료구조설계와 모델링 방법 연구를 통하여 GUI 및 그래픽 라이브러리를 구축하고 3차원 형상 모델링을 실시하였다. 구조설계 기술개발을 위해서는 보유 기초자료연구를 실시하였으며, 기능을 고려한 기본 구조계획법과 배치, 형상결정법, 설계하중산정법, 구조치수결정법, 구조해석법 등을 연구하였다. 규칙과 중 유탄성해석 및 해석도구 개발을 위해서 유탄성해석, 갑판침수해석, 슬래밍해석, 이착륙해석을 실시하였다.

2차년도의 연구개발내용 및 범위는 계류시설의 3차원 형상화 및 일관설계시스템 구축을 위해서 계류시스템 자료조사, Block 방식 방법연구, 파라메트릭 설계, 재설계, 돌핀계류시스템의 3차원 형상 모델링, 일관설계시스템 구축을 하였으며, 시설계로서 5km(W)×1km(D) 크기의 표준공항을 설계하였다. 불규칙과 중 유탄성해석법 및 대모형실험기법을 위해서 대모형시험, 낙하충격해석, 방파제해석, 표류력해석, 돌핀계류해석을 실시하였다.

③ 초대형 부유식 해상구조물 기술개발

가. 개요

1999~2001년까지 3년 간 해양수산부의 지원을 받아 한국해양연구원의 해양시스템안전연구소(KRISO)에서 한국기계연구원(KIMM)과 서울대학교, 홍익대학교, 한국해양대학교를 참여기관으로 하여 초대형 부유식 해상구조물 기술개발에 관한 연구가 수행되었다. 본 연구의 개발목표는 대상구조물 모델선정 및 형상 개념설계수행, 설계/해석 평가기법 개발 및 시스템 개념설계수행, 개별 시스템 및 통합 성능평가수행의 세 가지를 연구개발하였다.

나. 연구개발내용 및 범위²²⁾

초대형 부유식 해상구조물 기술개발과 관련하여 1차년도에는 대상구조물 모델

21) 정태영 외, 「“2001 부산해역의 미래개발을 위한 심포지엄”-초대형부유식 해상구조물(VLFS)의 기술동향과 활용방안」, 2001. 7. 6

22) 홍사영 외, 「초대형 부유식 해상구조물 기술개발」, 한국해양연구원, 해양수산부 해양수산개발사업 연구보고서, 1999~2001

선정 및 형상 개념설계를 수행하기 위해서 대상구조물 모델을 정립하고, 형상개념설계를 실시하였으며, 파랑응답 특성 해석을 통하여 초기 구조 개념설계를 수행하였다.

2차년도에는 설계/해석 평가기법 개발 및 시스템개발설계 수행을 위한 하부구조물 평가기법 개발에 필요한 유탄성응답 해석, 계류장치 설계기술, 하부구조 손상 안정성 해석을 실시하였으며, 상부구조물 평가기법 개발을 위해서는 상부구조물 구조안전성 평가, 상부시설물 방재시스템 평가를 실시하였다.

3차년도에는 2차년도에 이어서 개별 시스템 및 통합 성능평가 수행을 위해서 하부구조물 평가를 위한 방파제 영향 파랑응답 해석, 시간영역 파랑응답 해석, 돌핀계류시스템 동적해석, 동적구조해석기법 연구를 수행하였다. 상부구조물 평가기법 개발을 위해서는 상부구조 동적 안정성 해석을 위한 연구를 수행하였다.

<표 3-3>

초대형 부유식 해상구조물 기술개발

| 구 분 | | 연구개발목표 | 연구개발내용 및 범위 | 추정연구비 |
|-------------|-----------------|---------------------------------------|--|-------------------------|
| 1 단 계 | 1차 년도 (1999) | 대상구조물 모델 선정 및 형상 개 념설계 수행 | <ul style="list-style-type: none"> - 대상구조물 모델 정립 - 형상개념설계 - 파랑응답 특성 해석 - 초기 구조 개념설계 수행 | 정부 : 64,000 (해양수산부) |
| | 2차 년도 (2000) | 설계/해석 평가기법 개발 및 시스템 개념 설계 수행 | <ul style="list-style-type: none"> - 하부구조물 평가기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 유탄성응답 해석 · 계류장치 설계기술 · 하부구조 손상 안정성 해석 - 상부구조물 평가기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 상부시설물 구조안전성 평가 · 상부시설물 방재시스템 평가 | 정부 : 170,000 (해양수산부) |
| | 3차 년도 (2001) | 개별 시스템 및 통합 성능평가 수행 | <ul style="list-style-type: none"> - 하부구조물 평가기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 방파제 영향 파랑응답 해석 · 시간영역 파랑응답 해석 · 돌핀계류시스템 동적해석 · 동적구조해석기법 - 상부구조물 평가기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 상부구조 동적 안전성 해석 | 정부 : 200,000 (해양수산부) |

* 주관기관 : 한국해양연구원, 해양시스템안전연구소(KRISO).

* 참여기관 : KIMM, 서울대학교, 홍익대학교, 한국해양대학교.

<표 3-4>

초대형 부유식 해상기지 개발

| 구분 | 연구개발목표 | 연구개발내용 및 범위 | | | |
|--------------------|--|-------------|---|--|---|
| 1단계 (1999~2001) | 하부부유체와 계류시설에 대한 구조배치를 포함하는 설계방법 연구 및 시설계 | 1차년도 | <ul style="list-style-type: none"> - 3차원 형상 모델러 개발 · 지식기반구축 · 시스템 매개변수 설정 · 자료구조설계 · 모델링 방법 연구 · GUI 및 그래픽 라이브러리 구축 · 3차원 형상 모델링 | <ul style="list-style-type: none"> - 구조설계 기술개발 · 보유기초자료연구 · 기능을 고려한 기본 구조계 획법 · 배치, 형상결정법, 설계하중 산정법 · 구조치수결정법 · 구조해석법 연구 | <ul style="list-style-type: none"> - 규칙과 중 유탄성해석 및 해석도구 개발 · 유탄성해석 · 감판침수해석 · 슬래밍해석 · 이착륙해석 |
| | | 2차년도 | <ul style="list-style-type: none"> - 계류시설의 3차원 형상화 및 일관설계시스템 구축 · 계류시스템 자료조사 · BLOCK 방식 방법연구 · 파라메트릭 설계 · 재설계 · 돌핀계류시스템의 3차원 형상 모델링 · 일관설계시스템 구축 | <ul style="list-style-type: none"> - 시설계 · 5km×km 크기의 표준공항 설계 | <ul style="list-style-type: none"> - 불규칙과 중 유탄성해석 법 및 대모형실험기법 · 대모형시험 · 낙하충격 해석 · 방파제 해석 · 표류력 해석 · 돌핀계류 해석 |

* 주관기관 : 현대중공업주식회사 · 울산대학교.

<표 3-5>

해양공간이용 대형 복합플랜트(BMP) 개발

| 구분 | 사업목표 | 연구개발내용 및 범위 | | | | 총연구비 | 참여기업 | 위탁연구 | |
|--------------------|---|--|---|-------------------------------------|--|---|--------------------------------|--|--------------------------|
| | | 부유구조물기술 | | 해수담수화기술 | 해상소가기술 | | | | 해양공간 활용기술 |
| 1차 년도 (1996) | · 대형 부유구조물 설계를 위한 핵심 요소기술 개발 · 해상 Barge 담수화시스템 설계기술개발 · 폐기물 해상 처리시스템 설계 기술 개발 · 해양공간 활용방안 정립 | · 대형 부유구조물 설계 핵심 요소기술 | · 해상 부유치 시험플랜트 기본설계 - 부유구조물 : barge type, 크기 :30(L)×22(B)×6(D)m - 계류시설 : 돌핀 3기, 펜더 5점지지 돌핀펜더 계류 | · 소형 해수담수화 시스템 설계 기술 확보(20톤/일 규모) | · 사업타당성 조사(대상 지역: 수도권, 인천, 부산 등) | · 해상항만개발 타당성 검토 · 울릉도 해상공항 건설 타당성 검토 · 부산 해상공항 및 복합물류기지 건설타당성 검토 및 개념설계 | 107억원 (과기부:81억원, 참여기업:26억원) | 삼성중공업(주) 현대건설(주) 한국열유체(주) 진도종합건설(주) 한국전력(주) 한국정수공업(주) 고려소각로(주) | 19개 기관참여, 연구비 약 11억 7천만원 |
| 2차 년도 (1997) | | · 환경친화형 방파제 설계기술 개발 | | · 당사도 해수담수화 기지 건설 및 운영 | · 해상부유체 시험플랜트 소각/담수화 시스템설계 · 일부 제작 | | | | |
| 3차 년도 (1998) | | · 시험플랜트 종합모형 해양공학조 검증 시험 | | | · 소각시스템:화염건류식, 용량 : 10톤/일 · 담수화시스템: 증발식(소각폐열이용), 용량:50톤/일 | | | | |
| 4차 년도 (1999) | | · 대형 부유구조물 성능해상 프로그램 GUI 개발 및 통합 · 초대형 부유구조물 파랑응답 시험평가 기법개발 | | · 해상 시험플랜트용증발식 담수화 장치의 성능, 내구성 실증시험 | | | | | |

* 주관기관 : 한국기계연구원.

④ 부유식 초대형 해상구조물 기획연구

가. 개요

홍익대학교 해양시스템 연구센터에서 주관하여 한국해양수산개발원, 한국해양대학교, 충남대학교가 참여하여 1999년 2월~1999년 6월까지 5개월간 해양수산부의 지원을 받아 이루어진 기획연구이다.

나. 연구개발내용 및 범위²³⁾

부유식 초대형 해상구조물의 개발 필요성 및 타당성 검증과 우리나라 여건에 적합한 해상구조물 대안을 제시하고, 부유식 초대형 해상구조물 개발에 관한 현 수준의 국내기술의 파악, 향후 기술 개발 방향 정립, 체계적인 부유식 해상구조물의 구현 등을 위한 총괄적인 지침을 마련하기 위해서 첫 번째, 부유식 초대형 해상구조물의 개발 타당성 및 사회적 필요성을 검토하였으며, 두 번째, 부유식 초대형 해상구조물의 상부시설 구상하였고, 세 번째, 효율적 기술개발 전략을 수립하였으며, 네 번째, 마스터플랜을 수립하였다.

또한, 부유식 초대형 해상구조물의 실현을 위해 경제성, 사회성을 고려하여 사회경제적 타당성을 분석하였으며, 장단점 비교를 통해서 “해양 종합물류기지 개발”과 “초대형 부유식 해상복합기지”의 두 가지 모델을 제시하였다.

⑤ 해상터미널

가. 개요

국내에서는 한국해양수산개발원에서 초대형선의 기항을 위한 물류거점기지의 선점 역할에 대해 연구하였고, 황해권 수송시스템연구센터에서는 서해안의 조수간만의 차가 심한 환경적 요인으로 인하여 부유구조물을 이용한 터미널에 대한 연구를 제시하였다.

나. 연구/ 개발현황

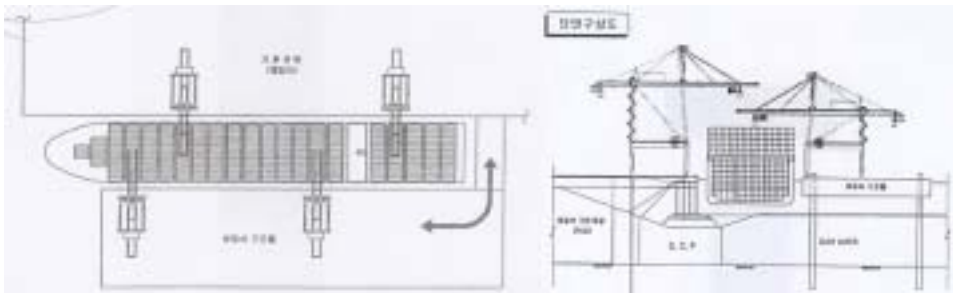
“황해 북부권 부유식 해상 컨테이너터미널과 하역시스템의 구축에 관한 연구”는 황해권 수송시스템연구센터 제6차년도 연구보고서로서 인하대학교 선박공학대에서 부유구조물을 이용한 항만을 제시하였다. 인천은 육로, 해로, 항로를 동시에 이용한 물류의 수송연계로 중국연안과 동남아 시장의 물동량을 효율적으로 처

23) 조규남 외, 「부유식 초대형 부유구조물 기획연구」, 해양수산부(홍익대학교 해양시스템연구센터), 1999.

리할 수 있는 지리적으로 손색없는 세계적인 항구이다. 그러나 유리한 지리적 장점에도 불구하고 높은 간만의 차로 대형선박의 출입에 어려움이 있어 대형항구로 발전하는 데 한계를 갖고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 인천지역에 해상 컨테이너터미널을 제안하였다. 연구내용은 인천지역의 부유구조물 설치 최적의 위치를 조사하기 위해서, 용유도 근방, 영종도 근방, 그리고 북항의 조석, 수심 및 지층, 바람, 조류, 기온, 강수량을 조사하여 해상 컨테이너터미널의 건설 예상 후보지로 인천 북항 근방지역을 선정하였고, 인천 북항 근방지역에 적합한 해상 컨테이너터미널은 허브항으로 5만DWT급 컨테이너선박 5대가 동시에 하역이 가능하며 소형 컨테이너선박의 하역 및 선적이 가능한 접안시설도 갖추어져 있는 규모를 제시하였다.

이러한 허브항의 기능을 수행하기 위해서 기존안벽에 보조하역방식의 부유식 구조물의 양면하역시스템 방안과 수심확보를 위한 고정잔교식, 부유식 하역시스템 방안을 제시하였다.²⁴⁾

<그림 3-20> **황해 북부권 부유식 해상 컨테이너터미널과 하역시스템의 구축에 관한 연구에서 제시된 해상터미널 구성도**



자료 : 김기성 외, “황해 북부권 부유식 해상 컨테이너터미널과 하역시스템의 구축에 관한 연구”, 「황해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

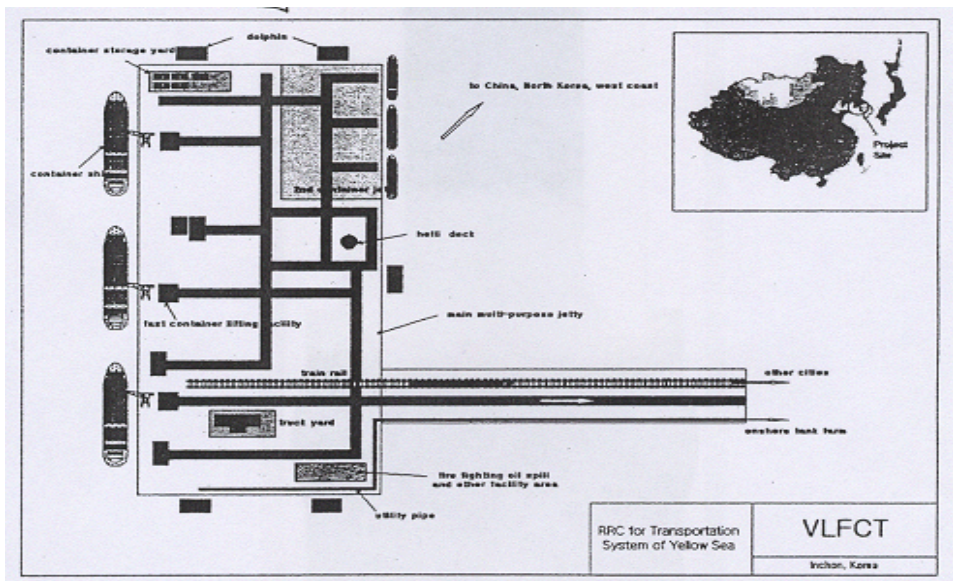
“부유식 해상터미널의 도입방안 연구”도 황해권 수송시스템연구센터에서 제시되었는데, 세계 여러 나라에 설치되어 있는 부유식 해상터미널 및 부유구조물을 조사하고, 인천지역의 환경 데이터를 수집하여 5천TEU급 컨테이너 선박이 조수 간만의 차에 영향을 받지 않고, 작업을 할 수 있는 지역을 조사하였다. 그리고, 경인 지역을 비롯한 대중국, 대북한 물동량을 조사하여 추후 물동량을 예측함으로써

24) 김기성 외, “황해 북부권 부유식 해상 컨테이너터미널과 하역시스템의 구축에 관한 연구”, 「황해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

해상터미널의 크기 설계에 참고하여 부유식 해상터미널의 크기 및 개념을 정립하였다. 주요 연구내용은 물동량조사 및 예측을 위해서 해양수산부의 “항만 기본계획 재정비”를 이용하여 우리나라 외항 컨테이너물동량 전망을 조사하였으며, 이를 바탕으로 인천항 환적물동량의 1/2(해상운송량기준), 즉 인천항의 환적량은 모두 인천/중국항로에서 발생하는 것으로 가정하여 인천/중국 항로 컨테이너교역 물동량을 전망하였다. 또한 통일부의 “남북교류 협력 동향”을 조사하여 연도별 남북한 반출입통관 현황을 조사하였고, 인천지역에 해상 부유구조물의 최적 입지를 선정하기 위해서 인천지역의 조석, 수심 및 지층, 바람, 조류, 기온, 강수 등을 조사하여 용유도 북측을 선정하였다.

연구에서 제시된 부유식 해상터미널 개념설계는 운송차의 정지나 별도의 운반 시스템을 거치지 않고 직접 화물을 연속적으로 선적, 하역하는 자동화된 하역시스템을 갖춘 터미널로 하역과 선적이 컴퓨터 물류관리시스템을 통하여 이루어지며, 컨테이너를 트럭하역장이나 기차하역장 또는 근해 고속선 하역장이 있는 제2터미널로 이동한다. 제2터미널은 컴퓨터 물류관리시스템에 의해 전달된 컨테이너들이 소형 연안고속선에 하역 및 선적되는 시설이다.

<그림 3-21> 부유식 해상터미널의 도입방안 연구에서 제시된 해상터미널 개념도



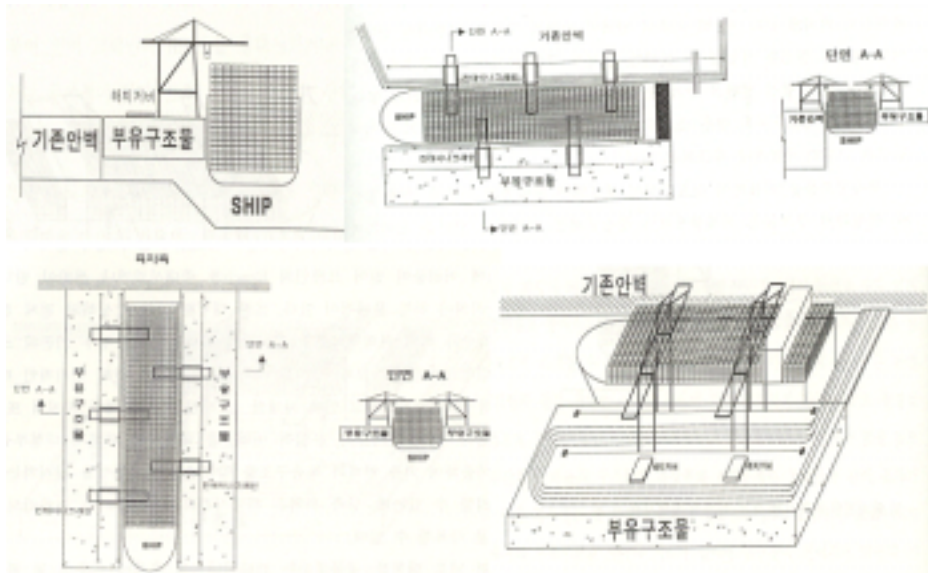
자료 : 김기성 외, “항해 북부권 부유식 해상 컨테이너터미널과 하역시스템의 구축에 관한 연구”, 「항해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

제2터미널은 고속 소형 연안 고속선들을 접안할 수 있는 지역으로 제1터미널로부터 하역되어 이송되어 온 컨테이너 팔레트들이 고속 피더선들로 선적되어 중국 연안도시, 북한, 서해안 도시들로 빠른 시일 안에 직접 연결할 수 있다. 또한 경인 운하와의 연계를 통한 수도권 컨테이너 화물의 신속한 처리를 지원하는 방식이다.²⁵⁾

초대형선에 대비한 물류거점기지로서 제시된 해상터미널은 1997년 한국해양수산개발원이 “부유구조물을 이용한 해상항만개발 타당성 검토” 연구를 통해 다룬 바 있다. 해양공간의 이용형태를 알아보았으며, 해양부유구조물과 매립식 인공섬의 장단점에 대해서 검토하였다. 또한 부유식 해상항만의 장단점과 우리나라의 해안별 건설적지를 비교, 검토하였다. 주요 연구내용은 다양한 기능을 수행할 수 있는 해양구조물의 용도와 부유구조에 따른 분류이다.

부유구조물을 이용한 해상항만구상에서 선박의 신속한 하역을 위한 보조기능, 선박의 흡수심증대로 인한 소요수심을 확보하기 위한 보조기능, 일시적인 하역시설 또는 이동식 하역시설에 대한 구상을 정리하였다.²⁶⁾

<그림 3-22> 부유구조물을 이용한 해상항만개발 타당성 검토에서 제시된 해상터미널



자료 : 임진수 외, 「부유구조물을 이용한 해상항만개발 타당성 검토」, 한국해양수산개발원, 1997.

25) 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「황해권 수송시스템연구보고서」, 2002.

26) 임진수 외, 「부유구조물을 이용한 해상항만개발 타당성 검토」, 한국해양수산개발원, 1997.

(3) 국내외 부유구조물의 개발현황(종합)

그 동안 연안에서의 공간 확보의 필요성에 의해 이용되어진 매립식의 문제점으로 인하여 해양공간의 효율적 활용을 위하여 부유구조물을 이용하려는 노력이 계속되고 있다.

해상식 부유구조물은 1960년대 해저석유개발과 더불어 발전하기 시작하여 1980년대 심해역에서 사용하는 부유구조물로 발전되어 왔다. 일본에서 건설된 광장과 레저의 목적인 소규모의 부유구조물로서 오키나와의 **Auqa Police**, 히로시마의 **Floating Island**, **Royal Phoenix**가 있으며, 지진으로 인한 재난 방지를 위하여 시라시마섬과 가미고토섬 인근 해상에 부유식 석유비축기지를 건설하였다. 부유식 교량의 경우, 지리/환경적, 기술적 요인으로 인하여 노르웨이, 일본 등에서 건설 운영 중에 있으며, 대표적인 예로 노르웨이의 **Bersoyssund** 부유식 교량, **Sulhus** 부유식 교량, 일본의 선회가동식 부유식 교량이 있다. 또한 해상에서 자연에너지를 취득하기 위하여 발전설비를 갖춘 부유식 해상플랜트가 미국에 의해 개발되어 현재 도미니카 공화국에서 운영 중에 있다. 항만의 경우 해저지형의 연약화로 인하여 미국 발데즈항의 안벽을 부유구조물을 건설하여 사용하고 있다. 이러한 부유구조물들은 현재 건설되어 운영 중에 있으나, 해양공간을 더욱 효율적으로 사용하기 위하여 해상공항, 이동식 기지, 해상도시 해상터미널 등 전문가들에 의해서 제안되고, 일부 국가에서 초대형 부유구조물에 대한 실증적 연구가 현재 진행 중이다. 초대형 부유구조물은 기술적 어려움이 많으므로 현재 실현되지는 않고 있으나, 미국과 일본에서 정부와 연구소, 관련업체의 산학협동을 통하여 활발히 진행 중이다.

해상공항의 대표적인 예로 일본에서 1993년부터 마린플로트연구조합을 통해 부유구조물에 대한 연구지원을 하였고, 1995년에 설립된 메가플로트연구조합에서는 1,2단계를 통해서 1km의 초대형 부유구조물을 완성하여 실증적 연구를 수행함에 따라 초대형 부유구조물의 기술적 도약을 이루었다. 미국의 경우 국방성의 지원아래 군사적 목적의 초대형 부유구조물을 이용한 해상이동기지의 개념설계 및 모형수조시험 등 해양공간이용 기술개발에 역량을 집중하고 있다.

항만 환경의 변화와 지리적 요인으로 인하여 부유구조물을 이용한 플로팅터미널의 연구가 일본에서 진행 중에 있다.

해상터미널의 경우 조수간만의 차가 큰 서해안에 부유구조물을 이용한 항만 건설의 필요성과 최적 요지 선정에 대한 타당성 분석 등의 연구와 초대형선의 기항을 통한 물류거점기지로서의 역할을 위한 플로팅터미널의 중요성에 대한 연구를 한국해양수산개발원에서 진행하였다.

국내의 경우 1990년대에 들어서 초대형 부유구조물 관련 연구를 수행하기 시작하였다. 1993년부터 1996년까지 울산대학교 외 10개 기관에서 “초대형 부유식 해양구조물에 관한 연구”를 통해 “초대형 부유식 해양구조물의 초기설계 지침서”를 발간하였으며, 1995년부터 1999년까지 한국기계연구원 주관으로 “해양공간이용 대형 복합플랜트 개발” 프로젝트를 수행하여 설계를 위한 핵심 요소기술, 해수담수화 기술, 해상소각기술, 해양공학 활용기술 개발에 대한 연구를 수행하였다. 해양연구원에서는 1999년부터 “초대형 부유식 해상구조물 기술개발” 프로젝트를 통하여 초대형 부유구조물 기술개발에 박차를 가하고 있다.

현재까지 국내외의 부유구조물에 대한 구상, 연구 개발된 사례는 다음과 같다.

<표 3-6>

국외의 부유구조물 연구사례

| 타입 | 구분 | 수행 국가 | 추진기구(제안자) | 수행 (제안)시기 | 성과 | 최종목표 | 개발 상황 | 특 징 | | |
|-----------|-------------------------------|----------|--|--------------|--|--|----------|----------------------|---|---|
| | | | | | | | | 크기 | 형태 | 의의 |
| 해상 공항 | 1. SEADROME | 미국 | E.R. Armstrong | 1924 | | ■ 제안 - 세계 최초의 해상공항 | 개념구상 | ■ 1370ft(L)×350ft(B) | ■ 반잠수식 | ■ 대서양 횡단 비행의 중계기지로 계획된 세계 최초의 부유식 해상공항 |
| | 2. New York offshore Airport | 미국 | L.Lerner & M.A.Graham | 1973 | | ■ 제안 - 뉴욕 연안에 해상공항 | 개념구상 | | ■ Pontoon 방식 | |
| | 3. 관서국제공항 제1기 공사 | 일본 | 일본조선공업회 | 1977 | | ■ 제안 - 576ha의 해상공항 | 개념구상 | ■ 576ha | ■ 반잠수식, 돌핀링크계류방식 | |
| | 4. 관서국제공항 제2기 공사 | 일본 | 마린플로트추진기구 | 1993 | ■ 연구개발 - 경제성 및 안전성 확보기술에 대한 연구 수행 | ■ 제안 - 850ha의 해상공항 | 개념구상 | ■ 850ha | ■ Pontoon 방식, 돌핀계류방식 | |
| | 5. 메가플로트 | 일본 | 17개 사업체(미쓰비시 등)의 연구조합과 운수성 선박기술연구소 | 1995~2000 | ■ 구조물 건조 - 1단계 : 300m×60m×2m의 모형 (95-97) 건조 - 2단계: 1000m×121m×3m의 모형 해상공항 (98-2000) 건조 | ■ 연구개발 - 부유식 구조물의 기초기반 기술의 확립과 공항이용에 관한 기술적 과제 ■ 구조물 건조 - 5km×1km의 해상공항 | 개발진행중 | ■ 5km×1km | | ■ 해상공항의 실증적 연구 및 실험 |
| 해상 기지 | 1. MOB (Mobile Offshore Base) | 미국 | 미국방성, 미국과학재단, 미해군연구소, Brown & Root, McDermott, Aker, Bechtel, Kvaerner 등 | 1995~현재 | ■ 연구개발 - 다양한 형태의 후보 ■ 구조물에 대한 시설계를 수행하여 각 구조물의 장·단점 비교, 건조비 비교 검토 | ■ 구조물 건조 - 다목적 부유식 해상기지(군사 기지, 해상화물중계기지 등) - 1km에서 2km 크기의 이동식기지 | 개발진행중 | ■ 1km-2km | ■ Hinged semi-submersible module ■ semi-submersible module with flexible bridge ■ Independent semi-submersible module ■ Concrete semi-submersible module | ■ 미국정부와 산학협동을 통한 실증적 연구 수행 |
| 해상 터미널 | 1. 해상복합 물류터미널 | 일본 | 마린플로트추진기구 | 1991 | | ■ 제안 - 20ha의 해상복합 물류터미널 | 개념구상 | ■ 20ha | ■ 반잠수식 | ■ 해상복합물류터미널의 필요성 제시 |
| | 2. MOB | 미국 | | | ■ 연구개발 - Ro-Ro 선박이나 컨테이너선과 직접 하역할 수 있는 기능의 이동식 기지 연구 | ■ 구조물 건조 - 하역기능을 갖춘 부유식 해상기지 | 개발진행중 | ■ 1km-2km | | ■ 미국정부와 산학협동을 통한 실증적 연구 수행 |
| | 3. 플로팅터미널 | 일본 | 시노다 | 2002 | | ■ 제안 - 플로팅터미널의 필요성과 구조 | 개념구상 | ■ 350m×210m×20m | | ■ 40만 TEU를 처리할 수 있는 플로팅터미널의 구조와 시스템에 관한 연구 수행 |
| | 4. 발데즈항 | 미국 | | 1982 | ■ 구조물 건조 - 부유구조물을 사용한 안벽건설 | | 개발완료 | ■ 213m×3m | | ■ 불안정한 해저도양으로 인하여 안벽을 부유구조물로 건설, 장치장과 스틸다리로 연결하여 운영 |

국외의 부유구조물 연구사례(계속)

| 타입 | 구분 | 수행 국가 | 추진기구(제안자) | 수행 (제안)시기 | 성과 | 최종목표 | 개발상황 | 특 징 | | |
|-------------------|----------------------------------|----------|-----------------------------------|--------------|--|-------|--------------------------------------|---------------------------------|---|----|
| | | | | | | | | 크기 | 형태 | 의의 |
| 해상플 랫폼 | 1. 자연에너지를 이 용한 해상발전 설비기지 | 일본(?) | 일리오스'저팬사 | 1996 | ■제안 - 부유식 해상발전기지 구상 | ■개발진행 | ■10Mkw 경우, ■5km(L)×4km(B) | | ■세계최초의 해상발전기지 구상 - 풍력, 파력, 해류 및 태양광의 자연에너지 이용한 해상발전기지 - 갑판, 태양발전패널, 측면, 풍력발전, 수 면, 파력발전, 해중, 해류발전 | |
| | 2. Multi-Use Floating Complex | 미국 | Naval Ocean Systems Center | 1991 | ■제안 - 발전설비를 탑재한 ■다기능 부유구조물 구상 | ■개념구상 | ■1ha | ■반잠수식, 조립 식구조 | ■해수온도차 발전설비 탑재한 다기능 부유 구조물 | |
| | 3. 발전 바지 | 미국 | Smith Congeneration사, Enron사 등 | 1996 | ■구조물 건조 - 185Mw 발전바지 | ■개발완료 | | | ■보합사이클을 이용한 발전바지 도미니카 공화국에 건설 가동 | |
| 부유식 교량 | 1. Bergsøysund 부유식 교량 | 노르 웨이 | | 1993 | ■구조물건조 - 교량건설 | ■개발완료 | ■845m×11.7m×15.1m (h), 수심320m에서 | ■Pontoon 구조 | ■강제 튜브형 트러스구조의 상부구조가 7 개의 콘크리트 Pontoon 구조에 의해 지지 되는 부유식 교량 | |
| | 2. Sulhus 부유식 교량 | 노르 웨이 | | 1994 | ■구조물건조 - 교량건설 | ■개발완료 | ■1,246m×15.9m×16.6 m(H), 수심500m에서 | ■Pontoon 구조 | ■강제 8각 상자형구조의 상부구조물이 10 개의 콘크리트 Pontoon 구조에 의해 지지 되는 부유식 교량 | |
| | 3.선회기동식 부유식 교량 | 일본 | | 2003 | ■구조물건조 - 교량건설 | ■개발진행 | ■전체 교 940m중, 410m×24m(H) | | ■철강재로 만들어진 부유식 구조물 2기가 교량 지탱, 예인선 사용하여 교량을 선회 시기 대형선박 통과 가능한 부유식 교량 | |
| 해상건 축물 (도시) | 1. Aqua Police | 일본 | | 1975 | ■구조물건조 - 해상도시건설 ■(해양박물관본부), 오키나와 | ■개발완료 | ■104m(L)×100m(B)× 26m(D) | ■체인방식계류 | | |
| | 2. Floating Island | 일본 | | 1989 | ■구조물건조 - 해상구조물건설 ■(수족관, 다목적광장), 히로시마 | ■개발완료 | ■130m(L)×40m(B)×5 m(D) | ■강제상자형구조, 무게 10,660톤 체인 썰기방식 계류 | | |

국외의 부유구조물 연구사례(계속)

| 타입 | 구분 | 수행국가 | 추진기구(제안자) | 수행 (제안)시기 | 성과 | 최종목표 | 개발상황 | 특 징 | | |
|-------------------|--------------------------------|------|-----------|--------------|---|--|------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | | | | | | | 크기 | 형태 | 의의 |
| 해상건 축물 (도시) | 3. Royal Phoenix (ESTRELLA) | 일본 | | 1992 | ■구조물건조 - 해양구조물건설 ■(극장, 레스토랑), 히로시마 구레 | | 개발완료 | ■128m(L)×38m(B)×3m(D) | ■강선 구조, 돌핀계류 | ■강선구조의 부유구조물 건설 |
| | 4. 동경항 공항도시 | 일본 | 공항도시연구회 | 1989 | | ■제안 - 가와사키 인공섬 주위에 부유식 구조물 건설 구상 | 개념구상 | | ■Pontoon 구조 | |
| | 5. 부유식 인공섬 (FOCOS-B) | 일본 | 일본강구조협회 | 1993 | | ■제안 - 오사카만에 120ha크기의 인공섬 건설 구상 | 개념구상 | ■102ha | ■반잠수식 | |
| 석유비 축기지 | 1. 시라시마 비축기지 | 일본 | | 1986 | ■구조물건조 - 석유비축기지 건설 ■북큐슈 시라시마섬 근방 | | 개발완료 | ■397m(L)×82m(B)×25.4m(D) | ■강제상자형, 돌핀계 류, 8개의 바지로 구 성 | ■강제상자형의 8개의 바지로 구성된 석유비축기지 건설 |
| | 2. 가미고토 비축 기지 | 일본 | | 1988 | ■구조물건조 - 석유비축기지 건설 ■나가사키 가미고토섬 근방 | | 개발완료 | ■397m(L)×97m(B)×27.6m(D) | ■강제상자형, 돌핀계 류, 5개의 바지로 구성 | ■강제상자형의 5개의 바지로 구성된 석유비축기지 건설 |

<표 3-7>

국내의 부유구조물 연구사례

| 타입 | 구분 | 수행국가 | 추진기구(제안자) | 수행 (제안)시기 | 성과 | 최종목표 | 개발상황 | 특 징 | | |
|-----------|--|------|--------------------------------|-----------------|--|---|-------|---------------------------|-------------|--|
| | | | | | | | | 크기 | 형태 | 의의 |
| 해상 구조물 | 1. 해양공간이용 대형 복합플랫폼 개발 | 한국 | 한국기계연구원 외 | 1995~1999 | <ul style="list-style-type: none"> 연구개발 설계 핵심요소기술 개발 다중화 시스템설계기술 개발 폐기물 해상처리시스템설계기술 개발 해양공간 활용방안 수립 | <ul style="list-style-type: none"> 연구개발 - 부유구조물 건설을 위한 기술 연구개발 | ■개발완료 | | | <ul style="list-style-type: none"> 부유구조물 설계기술 개발 해상부유체 시험플랫폼 설계, 일반 제작 타당성 검토 올바른 해상공간 제안 폐기물 해상처리 방안 제안 부유체 해상공간 제안 |
| | 2. 초대형 부유식 해상기지 개발 | 한국 | 울산대학교 현대중공업(주) | 1999~2000 | <ul style="list-style-type: none"> 연구개발 - 허부구조물과 계류시설에 대한 구조배치를 포함하는 설계방법 연구 및 시설 | <ul style="list-style-type: none"> 연구개발 - 해상구조물 건설을 위한 기술 연구개발 | ■개발완료 | ■5km×1km | ■Pontoon 구조 | ■설계방법 연구 및 5km×1km의 해상중형 시설계 수립 |
| | 3. 초대형 부유식 해상구조물 기술개발 | 한국 | 한국해양연구원의 해양시스템안전연구소, 한국기계연구원 외 | 1999~2001 | <ul style="list-style-type: none"> 연구개발 - 다상구조물 모델설정 및 형상 개념설계 설계해석 평가기법 개발 및 시스템 개념 설계 개발 시스템 및 통합 성능평가 수행 | <ul style="list-style-type: none"> 연구개발 - 해상구조물 건설을 위한 기술 연구개발 | ■개발완료 | | | ■상부구조물 및 허부구조물에 대한 평가기법 개발 |
| | 4. 부유식 초대형 해상구조물 기획연구 | 한국 | 홍익대학교 해양시스템 연구센터 외 | 1999. 2~1999. 6 | <ul style="list-style-type: none"> 기획연구 - 상부구조물에 대한 연구수행 필요요소 기술을 분류하고 설명 위의 사항을 종합하여 비교 분석한 결과를 토대로 마스터플랜 수립 | <ul style="list-style-type: none"> 기획연구 - 상부구조물과 필요기술에 관한 연구를 수행하여 최종 마스터플랜 수립 | ■개발완료 | | | <ul style="list-style-type: none"> 초대형 해상구조물의 실현을 위한 경제적·사회적 타당성을 분석하였으며, “해양중립플랫폼 개발”과 “초대형 부유식 해상복합기지”의 두 가지 모델 제시 |
| 해상 터미널 | 1. 황해북구권 부유식 해상 컨테이너터미널과 하역시스템 구축에 관한 연구 | 한국 | 황해권 수송시스템연구센터 | 2002 | <ul style="list-style-type: none"> 연구개발 - 황해권 부유식 항만의 필요성 제시 인천지역 부유식 항만 최적지 조사 하역시스템 제안 | | ■개발완료 | ■1000m×300m ■640m×100m | | <ul style="list-style-type: none"> 황해권 환경적 요인에 맞는 최적 위치 선정 부유식 항만의 개념설계 매립식 고정장교식 부유식 |
| | 2. 부유식 해상터미널 도입방안 연구 | 한국 | 황해권 수송시스템연구센터 | 2002 | <ul style="list-style-type: none"> 연구개발 - 선진 사례 연구 인천지역 부유식 항만 최적지 연구 부유식 항만 개념 설계 | | ■개발완료 | | | <ul style="list-style-type: none"> 황해권 환경적 요인에 맞는 최적 위치 선정 부유식 항만의 개념설계 |
| | 3. 부유구조물을 이용한 해상항만 개발 타당성 검토 | 한국 | 한국해양수산개발원 | 1997 | <ul style="list-style-type: none"> 연구개발 - 부유구조물과 인공섬의 장단점 분석 건설적지 비교, 검토 | | ■개발완료 | | | <ul style="list-style-type: none"> 부유식 항만의 타당성 제시 부유식 항만의 개념 제시 |

2. 플로팅터미널의 대안제시

1) 플로팅터미널의 대안제시

부유구조물이 항만으로서 역할을 하기 위해서는 기존 항만을 대체하는 수단이나 기존 항만보다는 더 나은 장점들을 가지고 있어야 한다.

본 절에서는 부유구조물을 이용한 항만의 종류와 그 기능에 대하여 살펴보고자 한다.

항만의 기능을 가지는 플로팅터미널은 기존 터미널을 대체할 수 있는 플로팅 형태의 대체항만과 기존 터미널의 보조기능을 가지는 보조항만으로 나누어 볼 수 있다.

기존 매립식 대체항만의 경우 대규모이며 컨테이너터미널의 하역, 야드적재, 이송 등 부유구조물 자체만으로도 완전한 터미널의 기능을 수행할 수 있는 형태를 말한다. 이에 반해 플로팅 보조항만의 경우 기존 터미널의 기능을 보완하거나 특수한 목적을 위해 건설되어 소규모이며 하역 및 이송만을 담당한다. 따라서, 야드적재의 기능은 포함되지 않은 형태이다.

(1) 대체항만의 기능을 가진 플로팅터미널

대체항만의 기능을 가진 플로팅터미널은 기존 매립식을 이용하여 건설되는 신규항만을 대체할 수 있는 대체 컨테이너터미널로서 기능한다. 현재까지의 항만개발은 주로 중력식 방파제를 건설하고 안벽을 축조한 후 후면을 매립하는 방식으로 이루어져 왔다. 이로 인하여 개발조건이 비교적 양호한 천수역이 점차 감소하게 되어 상대적으로 깊은 수심을 갖는 외해측에 부유구조물의 필요성이 대두되게 되었다. 또한 기존의 항만들이 항만개발과 운영을 수행하면서 생태계 파괴와 환경적 측면에서 문제점이 발생하게 됨에 따라 환경보존에 대한 개발의 필요성이 높아지게 된 결과를 가져왔고, 무역환경의 변화에 따른 선박의 대형화 추세를 기존의 항만시설로는 대응하지 못할 것이라는 예측이 나오고 있는 실정이다.

따라서 신규항만 건설시 부유식 구조물을 이용하여 기존 항만의 규모와 동등한 플로팅터미널을 건설함으로써 기존 굴착이나 매립에 의해 발생하는 문제점을 해결할 수 있는 미래 항만의 대안으로 개발 가능하다. 이는 플로팅터미널 내에 기존의 하역시스템 및 안벽, 야드, 게이트, 시설물 등을 모두 포함하는 형태를 가진 완

전한 컨테이너터미널이다.

① 내륙과 연계되지 않은 플로팅터미널(A타입 : 대체항만)

A타입은 내륙으로 교량과 같은 구조물을 통해 연계되지 않고 원양에 인공섬의 형태로 터미널을 건설하는 것이다. 이 경우 수출입화물보다는 주로 환적화물, 연안화물 등의 화물을 취급하는 기능을 가진 터미널로서 역할을 수행한다. 또한 일부구간에 슬립(Slip)형태의 안벽구조를 형성하여 Ship-to-Ship이 가능하도록 건설하여 환적전용으로도 이용 가능한 형태이다.

이러한 형태의 장점은 선박이 내륙까지 입항할 필요가 없어 선박이 수심의 영향을 받지 않고 원양에서 직접 입출항이 가능하기 때문에 선박의 접근이 용이하다. 그에 반해 만약 수출입 화물을 주로 취급한다면 이를 내륙으로 운반하기 위해 별도의 선박을 이용해야만 가능하다는 단점이 있다.

<그림 3-23>

내륙과 연계되지 않은 플로팅터미널(A타입)

② 내륙과 연계된 플로팅터미널(B타입 : 대체항만)

이 형태는 인공섬 형태의 터미널과는 달리 내륙과 교량으로 연계되어 있어 기존 외부트럭을 이용한 내륙과의 자유로운 진출입이 가능하며 선박 접안수심에 대해 제약을 받지 않고 내륙까지 선박입항이 필요 없는 형태이다.

내륙과 연계된 플로팅터미널의 경우 수출입, 환적, 연안 컨테이너 등 화물의 종

류와는 관계없이 기존의 컨테이너터미널이 수행하던 기능을 완전히 대체하여 수행할 수 있다.

<그림 3-24>

내륙과 연계된 플로팅터미널(B타입)

(2) 보조항만의 기능을 가진 플로팅터미널

보조항만의 기능을 가진 플로팅터미널은 완전한 터미널로서의 기능을 가지는 것이 아니라 화물의 이동에 있어 특별한 목적이나 부가적 기능을 수행하기 위한 구조물의 형태와 기능을 가지고 있다.

예를 들어 환적비용 절감을 목적으로 Ship-to-Ship 기능을 가지기 위해 기존 항만과 수직 또는 수평으로 연계되어 있는 형태, 기존 항만의 초대형선 취급에 따른 부가기능을 수행하기 위해 기존 안벽에 접속하여 양현하역을 목적으로 설치하는 것 등이 이에 속한다.

내륙과 연계된 플로팅 보조구조물은 기존항만의 보조하역을 위한 구조물로서 개발 가능하다. 이는 보조구조물의 역할로서 플로팅터미널 내에 별도의 장치장이나 시설물 등을 보유하고 있지 않으며 기존의 안벽과 연계되어 항만의 능력이나 효율을 더욱 높여주도록 하는 형태로서 작은 규모의 크기를 가지고 있다.

보조구조물을 이용한 항만의 형태는 주로 기존 터미널을 대상으로 터미널을 보

완하는 기능을 가지는데, 기존 안벽의 일부 구간에 부유구조물을 접속시키고 안벽 장비를 설치하여 하역하는 기능을 가진다.

이러한 다양한 모양의 안벽 형태를 구성함으로써 급변하는 무역환경이나 항만 시설의 변화에 탄력적으로 대응 가능한 터미널을 갖출 수 있다.

<그림 3-25>

양현하역 플로팅터미널(C타입)

<그림 3-26>

Ship-to-Ship 환적전용 플로팅터미널(D타입)

〈수평형 D-2 타입〉

<그림 3-27>

수심증대용 플로팅터미널(E타입)

기존항만의 보조하역을 위한 플로팅 보조구조물의 기능은 초대형선에 대응하여 생산성을 극대화시킬 수 있는 양현하역 기능, 다면의 안벽을 이용할 수 있어 선박대 선박의 컨테이너 이송이 가능한 환적하역 기능, 초대형선의 등장으로 선박의 홀수 증대에 대처하기 위해 항만의 수심을 증가시키는 등 여러 기능으로 이용 가능하다.

2) 개발구상을 위한 플로팅터미널 1차 대안 선정

2절의 1)에서 2가지 대체 항만형태의 플로팅터미널과 4가지 보조항만 형태의 플로팅터미널을 살펴보았다.

플로팅터미널의 형태를 나누어 보면 크게 물류적 측면에서는 내륙과 연계되지 않은 것과 내륙과 연계되어 있는 부유구조물로 나누어 볼 수 있고 부유구조물의 형태로는 완전한 대체 컨테이너터미널의 기능과 기존 컨테이너터미널의 기능을 증대시키는 보조 컨테이너터미널의 기능으로 나누어 볼 수 있다.

이러한 플로팅터미널의 형태 중 개발의 장점이 가장 크고 또 물류적 측면에서 실현가능한 플로팅터미널의 형태에 대한 기술적, 경제적, 기타 장단점을 분석하여 개발 가능한 형태를 1차적으로 선정하고자 한다.

먼저 신규 항만건설시 대체항만에 대한 대안으로서 플로팅터미널의 형태별 기술적 측면, 경제적 측면, 운영적 측면의 장단점을 살펴보았다.

우선 기술적 측면에서 A, B타입 모두 문제가 없는 것으로 판명되었다. 그 예로 미국에서 길이 1km가 넘는 초대형 이동식 해상군사기지 건설을 기획하여 1994년

길이 914m, 폭 91m, 깊이 65m 규모의 반잠수식 구조의 이동식 해상기지를 설계하였으며 일본에서 길이 1km 규모의 해상공항 시험모델을 제작하여 실증시험을 실시, 이에 대한 실현가능성을 입증하였다. 이에 따라 본 연구에서 개발하고자 하는 800m×850m 규모의 플로팅터미널 건설은 기술적 어려움이 없을 것으로 판단된다.

그러나 A타입과 같이 원양에 플로팅터미널이 건설될 경우 부유구조물이 파도에 안정적인 자세를 유지하기 위하여 적절한 방파제와 계류시설의 설치가 필수적이다.

A타입의 기술적 제약요인은 방파제의 경우 깊은 수심에 Pontoon타입의 구조물을 설치하기 위해서는 중력식 방파제는 경제적이지 못하여 부유식 방파제나 파일형 방파제 등 깊은 수심에 적합한 특수방파제의 개발이 요구되는 점에서 제약요인이 될 수 있다. 또한 계류시설의 경우 컨테이너터미널과 같은 대형구조물의 계류에는 돌핀계류시스템이 적합한 것으로 되어 있으나 수심이 깊어지면 이에 대해서도 기술적인 문제를 재검토하여야 할 것이다.

<표 3-8>

플로팅터미널의 개발형태별 장단점 분석(대체항만)

| 구분 | | A타입 | B타입 |
|--------|----|---|--|
| 기술적 측면 | 장점 | · 초대형 플로팅구조물의 실현가능성 입증 | · 초대형 플로팅구조물의 실현가능성 입증 |
| | 단점 | · 깊은 수심에 대한 방파제, 계류시설 등 기술적 문제를 재검토 | · 교량의 길이 및 위치조절장치 개발이 선행 |
| 경제적 측면 | 장점 | · B타입에 비해 내륙과 연계되는 시설비용이 없음 | · 연근해 설치로 인해 저수심과 인근의 지형이나 환경을 이용할 수 있기 때문에 A타입에 비해 적은 비용의 방파제 투자비 소요 |
| | 단점 | · 원양에 건설하기 때문에 파랑을 방지하기 위한 고가의 방파제 비용 · 깊은 수심의 돌핀계류 시설에 대한 높은 비용 | · 내륙과 연계되는 교량 비용 추가 |
| 운영적 측면 | 장점 | · 원양에 설치 · 선박수심에 대한 제약이 없음 · 입항선박의 항로에 대한 제약이 거의 없음 | · 연근해에 설치 · 기존 터미널의 완전한 대체 기능(내륙과 연계) · 선박수심에 대한 제약이 없음 · 내륙과의 연계시 교량을 이용 |
| | 단점 | · 내륙과의 연계시 선박을 이용 · 수출입 화물 취급 어려움 · 원양에 건설시 구조물의 고정방식에 대한 기술적 문제 대두 | · 교량 건설비 증가 · 입항선박의 항로에 대한 제약이 있을 수 있음 |
| 1차선정 | | | ◎ |

B타입의 경우 부유구조물과 내륙과의 연계Bridge에 있어서 간만의 차, 파도에 의한 부유구조물의 상하운동에 따른 Bridge의 길이 및 위치조절장치의 개발이 선행되어야 한다.

B타입의 경우 운영적 측면에서는 모든 화물(수출입, 연안, 환적 등)의 취급이 가능한 완전한 대체 터미널로서의 기능을 수행할 수 있으나, A타입의 경우 내륙과 연계되지 않아 수출입 화물을 취급할 수 없는 단점이 있다.

따라서 A타입에 비해 기술적, 경제적, 운영적 장점이 뛰어난 B타입의 개발형태가 기존 매립식 항만을 대체하기에는 적절할 것으로 판단된다.

보조항만의 기능을 가진 플로팅터미널은 양현하역 플로팅터미널(C타입 : 수직형 C-1, 수평형 C-2), 환적전용 플로팅터미널(D타입 : 수직형 D-1, 수평형 D-2), 수심증대용 플로팅터미널(E타입)의 형태로 나누어지며 각각의 장단점을 살펴보면 다음 <표 3-9>와 같이 나타난다.

그 결과 보조항만 기능의 플로팅터미널은 C, D, E타입 모두 보조항만의 특성에 따른 양현하역기능, 환적전용기능, 수심증대기능 등 구조물의 형태에 따른 기능을 가지고 있다.

이 중 양현하역기능을 가진 C타입과 환적전용기능을 가진 D타입의 경우 기존 안벽과의 접속형태에 따라 수직형(C-1, D-1타입), 수평형(C-2, D-2타입)으로 나누었는데 각 타입별 2가지 형태의 장단점을 분석한 결과 C-1, D-2타입은 C-2, D-1타입에 비하여 2개의 구조물을 필요로 하여 상대적으로 경제적 측면에서 떨어지거나 안벽의 접속구간이 길어 기존의 안벽활용도 감소 등으로 동일한 물동량을 처리함에도 불구하고 불리한 형태이다.

기술적 분석의 측면에서 살펴보면 C, D, E타입의 형태는 활용 용도가 다르나 이미 국외에서 활용되고 있는 방법이기 때문에 대부분 건설의 문제점이 없을 것으로 판단되며 경제적 측면에서도 기존 항만과 인접하여 건설되기 때문에 추가투자 비용이 발생하지 않는다.

그러나 C-2타입의 경우 B타입과 같이 내륙과 연계되는 교량을 필요로 하기 때문에 연계Bridge에 있어서 간만의 차, 파도에 따라 구조물의 상하운동에 영향을 미치는 Bridge의 길이 및 위치조절장치의 개발이 선행되어야 한다.

각 타입별 수직형과 수평형에 대한 1차선정은 구조물의 소요규모, 기존안벽의 활용도, 기타 장단점을 분석하여 선정하였다.

따라서 보조항만 기능을 가진 플로팅터미널은 C-2타입, D-1타입, E타입을 대안

으로 선정하여 검토하기로 한다.

<표 3-9>

플로팅터미널의 개발형태별 장단점 분석(보조항만)

| 구분 | | 장점 | 단점 | 1차선정 |
|------|--------|---|--|------|
| C 타입 | C-1 타입 | <ul style="list-style-type: none"> · 양현하역기능 · 고생산성 · 내륙측 안벽의 접속구간 짧음 | <ul style="list-style-type: none"> · 2개의 플로팅구조물 필요 (C-2타입에 비해 2배의 시설비) · 선박수심에 대한 제약이 있음 | |
| | C-2 타입 | <ul style="list-style-type: none"> · 양현하역기능 · 고생산성 · D-1타입과 동일한 기능 · 1개의 플로팅구조물 필요 · 내륙측 안벽의 C/C 이용 가능 | <ul style="list-style-type: none"> · 내륙측 안벽의 접속구간 김 · 선박수심에 대한 제약이 있음 | ◎ |
| D 타입 | D-1 타입 | <ul style="list-style-type: none"> · 환적 전용기능 · 하역시스템의 단순화 · 내륙측 안벽의 접속구간 짧음 · 1개의 플로팅구조물 필요 | <ul style="list-style-type: none"> · 선박수심에 대한 제약이 있음 | ◎ |
| | D-2 타입 | <ul style="list-style-type: none"> · 환적 전용기능 · 하역시스템의 단순화 · D-1타입과 동일한 기능 · 1개의 플로팅구조물 필요 | <ul style="list-style-type: none"> · 내륙측 안벽의 접속구간 김 (기존 안벽의 활용도 감소) · 선박수심에 대한 제약이 있음 | |
| E 타입 | | <ul style="list-style-type: none"> · 선박수심의 증가를 위한 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 기존안벽의 접속구간 김 | ◎ |

3. 1차 선정된 플로팅터미널의 개발개념 분석

본 절에서는 2절에서 분석된 대안별(B, C-2, D-2, E타입) 개발개념을 분석하며 세부적 분석 내용은 각 타입별 개발형태 및 규모제시, 물류흐름 및 체계 분석, 하역시스템 및 적용장비 분석, 동선체계 분석 등을 수행한다.

1) 개발대안의 기본적인 형태 및 규모

(1) 대안 1 (B타입 : 대체항만)

내륙과 연계된 플로팅터미널이 기존의 항만과 동일한 기능을 가질 수 있도록 충분한 크기와 해안에서 약 0.5~1km 내외의 거리를 두고 부유구조물을 이용한 독

립된 항만을 건설하는 것이다. 또한 부유구조물의 특성상 플로팅터미널의 크기 변형이 자유로워 터미널의 확장, 축소가 가능하다.

또한 2면 이상을 안벽으로 이용할 수 있어 동일한 규모의 내륙터미널에 비해 안벽에서의 고생산성을 달성할 수 있는 것도 큰 장점이다.

미래에 대비하여 완전한 항만으로서의 기능을 가진 플로팅터미널의 개발형태는 1만 2천TEU급 선박이 접안 가능한 규모여야 한다.

따라서 본 절에서는 신규항만 건설을 위한 플로팅터미널의 용도, 형태와 규모를 구상해 보았다.

2장에서도 나타낸 바와 같이 본 연구에서의 플로팅터미널은 컨테이너터미널에 대한 용도로 개발하는 것으로 설정하였다

먼저 터미널의 형태는 선박의 접안이 용이하며 플로팅터미널의 장점을 최대한 부각시킬 수 있는 형태를 구상하였다. 그 결과 플로팅터미널은 원형, 다각형의 형태로는 선박의 종류에 따라 안벽을 최대한 활용할 수 없으며 그에 적합한 야드의 형태나 배치계획 등도 계획하기가 어려워진다.

따라서 기본적으로 플로팅터미널의 기본 형태는 사각형의 형태로 구상하였으며 그에 따라 다양한 규모의 컨테이너터미널이 구상되었으나 그 중 현재 국내외 공용 및 전용터미널로서 운영되거나 계획되는 규모인 4선석(1만TEU급 선박 이상 접안시 안벽길이 약 1,600m)을 기준으로 운영하는 타입의 개발규모를 설정하였다.

플로팅 컨테이너터미널의 적정규모 산출을 위해 본 연구에서는 기존터미널의

<그림 3-28>

기존 매립식과 플로팅터미널 비교

선석당 처리가능물동량, 장치일수, 피크계수, 평균단적수 등을 고려하여 소요되는 야드의 규모를 산정하고 필요한 시설물 영역의 개략적 분석을 통해 전체적인 플로팅 컨테이너터미널의 소요규모를 산정하였다.

그 결과 기존 매립식 항만에서 1만TEU급 이상의 선박이 기항할 경우 4선석을 건설하기 위해 기본적으로 안벽길이 1,600m, 터미널 깊이 600m가 필요하다.

그러나 플로팅터미널을 건설할 경우 양측의 안벽을 이용하게 되어 이용 가능한 선석은 기존 매립식과 동일한 4선석이나, 플로팅터미널의 필요한 규모는 가로 800m(안벽측 길이), 세로 850m(터미널 깊이)만으로도 수용 가능한 것으로 산출되었다.

이는 플로팅터미널의 효율적인 안벽 이용과 그에 따른 이송장비의 동선거리가 줄어들어 야드의 효율성이 높아졌고 시설물 영역에 대한 효율적 배치가 가능해졌기 때문에 기존 매립식 터미널의 약 71%만으로도 동일한 터미널 처리능력을 가질 수 있다.

기본적으로 플로팅터미널은 4면을 모두 선석으로 활용 가능하나 상부구조물의 중량, 야드의 적정규모, 이송장비의 내부동선 및 터미널 트래픽 등을 고려하여 최대 2개면의 안벽을 사용하는 것으로 설정하였다.

<그림 3-29>

플로팅터미널 B타입의 형태와 규모

(2) 대안 2 (C-2타입 : 보조항만)

C-2타입의 경우 기본적으로 보조항만의 개념이기 때문에 B타입과는 달리 소규모의 플로팅터미널 형태를 띤다.

또한 앞에서 검토하였듯이 C타입의 경우 기존 매립식의 안벽과 접속되어 기존 매립 항만의 보조기능의 역할을 지니는 형태이다.

C-2타입의 경우 초대형선에 대응될 수 있도록 고생산성을 가지는 양현하역터미널로서 1개의 플로팅구조물을 기존 안벽에 접속시켜 하역하는 형태이다.

플로팅터미널의 규모에 있어 구조물의 안벽길이는 1만 2천TEU가 접안 가능해야 하므로 400m의 길이가 필요하고 13열의 C/C가 접안하여 작업해야 하므로 기존 항만의 최소 에이프런 폭 70m가 소요된다.

또한 안벽과 플로팅터미널과의 접속은 길이 약 60m 내외의 교량을 통해 이루어진다.

<그림 3-30>

플로팅터미널 C-2타입의 형태와 규모

(3) 대안 3 (D-1타입 : 보조항만)

D-1타입의 경우 기본적으로 보조항만의 개념이기 때문에 소규모의 플로팅터미널이며 기존 매립식의 안벽과 인접하여 기존 매립 항만의 보조기능의 역할을 가지는 형태이다.

D-1타입의 경우 안벽하역장비 및 시스템을 개선하여 1만 2천TEU급 선박의 컨테이너를 직접 6천TEU급 선박 2척에 적재할 수 있도록 하는 Ship-to-Ship시스템이

며 1개의 플로팅구조물을 기존 안벽에 인접하여 하역하는 형태이다.

플로팅터미널의 규모에 있어 구조물의 안벽길이는 1만 2천TEU가 접안 가능해야 하므로 400m의 길이가 필요하고 컨테이너의 이송단계를 줄일 수 있는 안벽하역시스템을 채용하여야 하기 때문에 양측 선박의 컨테이너들을 모두 취급할 수 있는 안벽장비나 하역시스템이 갖추어져야 한다.

따라서 D-1타입의 기본 형태와 규모는 안벽길이 400m, 레일스팬 30.5m를 가진 C/C가 설치될 수 있는 폭 36.5m를 기본으로 설정한다.

또한 기존 안벽과의 접속구간도 36.5m에 불과하여 기존 안벽의 활용도가 높은 형태이다.

<그림 3-31>

플로팅터미널 D-1타입의 형태와 규모

(4) 대안 4 (E타입 : 보조항만)

E타입의 경우도 기본적으로 보조항만의 개념이기 때문에 소규모의 플로팅터미널이며 D-1타입과 마찬가지로 기존 매립식의 안벽과 인접하여 기존 매립 항만의 보조기능의 역할을 가지는 형태이다.

E타입의 경우 초대형선 입항시나 기존 매립 항만 중 안벽수심이 얕아 대형선이 입항할 수 없는 경우 구조물을 안벽에 수평으로 설치하여 수심을 증가시키는 역할

을 하게 된다. 플로팅터미널의 규모에 있어 구조물의 안벽길이는 1만 2천TEU가 접안 가능해야 하므로 400m의 길이가 필요하고 폭은 C/C가 작업하고 적재할 수 있는 최소 에이프런 폭 70m가 요구된다.

따라서 D-1타입의 기본 형태와 규모는 안벽길이 400m, 레일스팬 30.5m를 가진 C/C가 설치될 수 있는 폭 70.0m를 기본으로 설정한다.

또한 기존 안벽과의 접속구간은 400m이다.

<그림 3-32>

플로팅터미널 E타입의 형태와 규모

2) 대체항만(대안1)의 다양한 개발형태 및 규모 분석

3절의 1)에서 개발대안 B, C-2, D-1, E타입에 대한 기본적인 형태와 규모를 설정하였다. 대체항만의 기능을 가지는 플로팅터미널은 선박접안형태, 하역시스템, 야드적재시스템 등에 따라 각 대안별로 여러 가지의 변형된 형태가 파생될 수 있으며 본 절에서는 기본적 대안을 바탕으로 다양한 형태의 플로팅터미널을 제시하여 그에 적합한 형태와 세부적 규모, 하역시스템, 로지스틱스, 컨테이너 이송의 흐름(동선) 등을 살펴보고자 한다.

보조항만의 경우 이미 2절의 1)과 3절의 1)에서 대안 2,3,4로서 다양한 개발형태와 규모를 분석하였다. 따라서 본절에서는 대안 1인 B타입 대체항만에 대한 형태와 규모를 제시하고 상세하게 분석해 보기로 하겠다.

B타입은 플로팅터미널의 규모 800m×850m가 기본적인 규모이나 선박의 접안형태, 야드적재시스템 등에 따라 다양한 규모의 플로팅터미널이 제시될 수 있다.

따라서 대체항만으로서 플로팅터미널의 운영방안에 따라 구상해 본 결과 B타입은 <그림 3-33>과 같이 3가지 형태의 컨테이너터미널을 제시하게 되었다. 이는 추후 로지스틱스 분석이나 동선체계, 하역시스템 등의 장단점 분석을 통하여 가장

적합한 개발형태를 선정하게 될 것이다.

<그림 3-33>

플로팅터미널 B타입의 3가지 형태

각 형태별 규모와 특징을 살펴보면 <표 3-10>과 같다.

<표 3-10>

플로팅 컨테이너터미널의 개발형태 및 규모

| 구분 | | 규모 | 특징 |
|-----|-------|-----------|--|
| B타입 | B-1타입 | 800m×850m | <ul style="list-style-type: none"> · 중규모의 부유구조물 · 마주 보는 접안형태 · 일반적인 하역시스템 |
| | B-2타입 | 800m×850m | <ul style="list-style-type: none"> · 중규모의 부유구조물 · “ㄱ”자의 접안형태 · 일반적인 하역시스템 |
| | B-3타입 | 800m×500m | <ul style="list-style-type: none"> · 소규모의 부유구조물 · 마주 보는 접안형태 · 첨단 야드적재시스템 |

(1) B-1타입(4선석 규모 : 800m×850m)

B-1타입은 안벽길이 1,600m이나 플로팅터미널의 규모는 800m×850m이며 좌우 측 2면을 안벽으로 활용하여 접안하고 있는 형태이다.

B-1타입의 개발규모 산출에 적용된 터미널의 규모 산출 조건은 선석당 처리능력, 장치일수, 피크계수, 평균단적수 등을 고려하였으며 세부사항은 다음과 같다.

<표 3-11>

터미널 규모 산출 조건

| 구분 | 내용 | 비고 |
|------------|------------|-----------------------------------|
| 선석당 처리능력 | 375,000TEU | · 광양항의 2011년 처리가능 물동량과 동일 |
| TEU/Box 비율 | 1,6 | |
| 피크계수 | 1.2 | |
| 최대단적수 | 5단적 | · 적용은 평균 단적수를 적용 · 일반 하역시스템 적용 |

터미널 규모 산출조건에 따른 전체의 터미널 깊이는 750m로 산출되었으며 전체 150만TEU를 처리하기 위한 야드의 소요TGS(Total Ground Slot)는 12,999TGS로서 그 규모를 산출해보면 소요규모는 710m×685m로 나타났다. 본 야드에는 터미널에서 취급될 수 있는 대부분의 종류별 컨테이너를 모두 취급할 수 있는 공간을 포함하고 있으며 710m×100m의 공간에 종류별 빌딩 및 각종 지원시설들을 설치하는 공간으로 설정하였다.

B-1타입의 규모와 시설현황은 다음과 같다.

<표 3-12>

플로팅 컨테이너터미널의 시설규모(B-1타입)

| 구분 | 내용 | 특징 |
|---------|--------------|---|
| 터미널 규모 | 800m×850m | · C/C : 16대(22열) |
| 안벽길이 | 1,600m | · 12,000TEU급 4선석 동시 접안 가능 |
| 에이프런 규모 | 800m×70m×2EA | |
| 야드 규모 | 710m×685m | · 수출입 적·공, 냉동, 위험물, On-Wheel, 비규격 컨테이너 야드 |
| 시설물 규모 | 710m×100m | · 운영빌딩, 유지보수 빌딩, 근로자빌딩, 세척시설, 주차장 등 대부분의 시설물 포함 |

플로팅 컨테이너터미널의 개발 형태는 다음 그림과 같다.

<그림 3-34>

플로팅 컨테이너터미널 형태(B-1타입)

(2) B-2타입(4선석 규모 : 800m×850m)

B-2타입도 B-1타입과 동일한 플로팅구조물의 형태이나 접안하는 선석의 형태가 “┐”자의 형태로서 안벽길이는 1,650m, 플로팅터미널의 규모는 800m×850m이며 우하단 2면을 안벽으로 활용하고 C/C 레일을 연결하여 공동 이용이 가능한 형태이다.

B-2타입의 개발규모 산출에 적용된 터미널의 규모 산출 조건은 선석당 처리능력, 장치일수, 피크계수, 평균단적수 등을 고려하였으며 세부사항은 다음과 같다.

<표 3-13>

터미널 규모 산출 조건

| 구분 | 내용 | 비고 |
|------------|------------|-----------------------------------|
| 선석당 처리능력 | 375,000TEU | · 광양항의 2011년 처리가능 물동량과 동일 |
| TEU/Box 비율 | 1,6 | |
| 피크계수 | 1.2 | |
| 최대단적수 | 5단적 | · 적용은 평균 단적수를 적용 · 일반 하역시스템 적용 |

터미널 규모 산출조건에 따른 전체의 터미널 깊이는 750m로 산출되었으며 전체 150만TEU를 처리하기 위한 야드의 소요TGS는 12,999TGS로서 그 규모를 산출해보면 소요규모는 760m×630m로 나타났다. 본 야드에는 터미널에서 취급될 수 있는 대부분의 종류별 컨테이너를 모두 취급할 수 있는 공간을 포함하고 있으며 780m×100m의 공간에 종류별 빌딩 및 각종 지원시설들을 설치하는 공간으로 설정하였다. B-2타입의 규모와 시설현황은 다음과 같다.

<표 3-14>

플로팅 컨테이너터미널의 시설규모(B-2타입)

| 구분 | 내용 | 특징 |
|---------|------------------------------|---|
| 터미널 규모 | 800m×850m | · C/C : 16대(22열) |
| 안벽길이 | 1,650m | · 12,000TEU급 4선석 동시 접안 가능 |
| 에이프런 규모 | 800m×70m×1EA 780m×70m×1EA | |
| 야드 규모 | 760m×630m | · 수출입 적·공, 냉동, 위험물, On-Wheel, 비규격 컨테이너 야드 |
| 시설물 규모 | 780m×100m | · 운영빌딩, 유지보수 빌딩, 근로자빌딩, 세척시설, 주차장 등 대부분의 시설물 포함 |

플로팅 컨테이너터미널의 개발 형태는 다음 <그림 3-35>와 같다.

<그림 3-35>

플로팅 컨테이너터미널 형태(B-2타입)



(3) B-3타입(4선석 규모 : 800m×500m)

B-3타입은 B-1타입과 동일하게 안벽길이 1,600m이나 플로팅터미널의 규모는 800m×500m이며 좌우측 2면을 안벽으로 활용하여 접안하고 있는 형태이다.

터미널의 깊이가 기존 850m에서 500m로 감소된 것은 터미널 야드적재시스템을 첨단 렉시스템으로 변경하여 적용하였을 경우를 구상하였기 때문이다. 이는 기존의 일반적인 하역시스템이 최대 5단적의 적재능력을 가지고 있으나 렉시스템의 경우 최대 20단적까지도 가능하기 때문에 야드의 적재면적을 줄일 수 있는 획기적 시스템이다. 따라서 플로팅 컨테이너터미널의 개발형태에서 이러한 렉시스템을 적용함으로써 동일한 안벽길이, 선석당 처리능력으로 하부구조물의 규모를 줄일 수 있는 것으로 판단되어 검토대상에 포함시켰다.

B-3타입의 개발규모 산출에 적용된 터미널의 규모 산출 조건은 선석당 처리능력, 장치일수, 피크계수, 평균단적수 등을 고려하였으며 세부사항은 다음과 같다.

<표 3-15>

터미널 규모 산출 조건

| 구분 | 내용 | 비고 |
|------------|------------|----------------------------------|
| 선석당 처리능력 | 375,000TEU | · 광양항의 2011년 처리가능 물동량과 동일 |
| TEU/Box 비율 | 1,6 | |
| 피크계수 | 1.2 | |
| 최대단적수 | 11단적 | · 적용은 평균 단적수를 적용 · 첨단 렉시스템 적용 |

터미널 규모 산출조건에 따른 전체의 터미널 깊이는 500m로 산출되었으며 전체 150만TEU를 처리하기 위한 야드의 소요TGS는 5,484TGS로서 그 규모를 산출해 보면 소요규모는 360m×672m로 나타났다. 본 야드에는 터미널에서 취급될 수 있는 대부분의 종류별 컨테이너를 모두 취급할 수 있는 공간을 포함하고 있으며 360m×108m의 공간에 종류별 빌딩 및 각종 지원시설들을 설치하는 공간으로 설정하였다.

B-3타입의 규모와 시설현황은 <표 3-16>과 같다.

<표 3-16>

플로팅 컨테이너터미널의 시설규모(B-3타입)

| 구분 | 내용 | 특징 |
|---------|--------------|---|
| 터미널 규모 | 800m×500m | · C/C : 16대(22열) |
| 안벽길이 | 1,600m | · 12,000TEU급 4선석 동시 접안 가능 |
| 에이프런 규모 | 800m×70m×2EA | |
| 야드 규모 | 360m×672m | · 수출입 적·공, 냉동, 위험물, On-Wheel, 비규격 컨테이너 야드 |
| 시설물 규모 | 360m×108m | · 운영빌딩, 유지보수 빌딩, 근로자빌딩, 세척시설, 주차장 등 대부분의 시설물 포함 |

플로팅 컨테이너터미널의 개발 형태는 다음 <그림 3-36>과 같다.

<그림 3-36>

플로팅 컨테이너터미널 형태(B-3타입)

3) 개발대안의 하역시스템 및 로지스틱스 분석

3장 1절의 2)에서 해외의 부유구조물 개발실태와 현황으로 살펴본 바와 같이 기존의 부유구조물은 대규모 개발에 있어서는 해상공항, 군사기지 등으로 개발이 되고 있으며 소규모로는 해상도시, 석유비축기지, 소각시설 등으로 연구 개발되어

왔다. 이러한 연구개발 중에서도 유독 항만으로서의 개발이 미흡한데, 이는 하부유구조물과 더불어 별도의 상부시설(하역장비, 건축시설물, 컨테이너 야드의 적재 등)을 설치하고 운용해야 하는 어려움과 이와 관련된 연구개발의 미흡 때문으로 판단된다.

따라서 본 절에서는 하부구조물의 기술적 부분과는 별도로 선정된 플로팅터미널의 물류흐름, 하역시스템 등 항만으로서의 기능을 가지기 위한 분석을 수행하고자 한다.

컨테이너 이송경로에 따른 물류흐름 및 체계분석에서는 각 타입별로 구조물의 형태 및 전반적 터미널 레이아웃 형태에 따라 하역시스템, 영역의 구성, 적용장비, 연계방안, 동선체계 등을 분석한다.

(1) 대안 1(B-1타입)

① 하역시스템

컨테이너터미널의 하역시스템은 야드의 컨테이너 배열형태나 사용장비에 따라 수직배치와 수평배치로 나뉜다. 일반적으로 컨테이너터미널을 완전무인자동화터미널로 개발할 경우 자동화구간과 유인운영구간을 분리하기 위해 수직배치 형태의 하역시스템을 적용하고 기존 유인 컨테이너터미널의 경우 선박측과 게이트측의 동선을 혼잡하여 이용하기 때문에 대부분 수평배치의 형태를 적용하고 있다.

하역시스템의 결정에는 컨테이너터미널 운영장비도 많은 영향을 미치며 현재까지 대부분의 컨테이너터미널들이 적용하고 있는 시스템은 C/C -YT -RTGC 하역시스템이다. 국외나 일부 국내 터미널의 경우 수직배치로서 완전무인자동화 터미널인 C/C-AGV-ATC(ASC, RMGC)시스템을 적용하고 있는 경우도 있다. 또한 동일 면적에서 기존의 RTGC시스템보다 좀 더 효율성이 뛰어나고 처리능력이 우수한 C/C-YT-RMGC시스템이 있으며 많은 터미널들이 향후 RMGC시스템을 채택할 것으로 예상된다.

C/C-YT-RMGC시스템의 경우 터미널의 블록설계가 수평배치형의 구조로 설계되며, 투입장비는 안벽측에 SHST(Single Hoist Single Trolley), 혹은 DHST(Dual Hoist Lauble Trolley) C/C가 사용되며, 안벽-야드 간 이송에 YT, 야드하역에 유인 혹은 원격제어 RMGC를 사용하는 터미널 하역시스템이며 야드트럭 및 외부트럭과의 연계시 원격조정으로 작업을 수행한다. 대표적인 운영사례로는 영국의 테임즈포트, 싱가포르 PSA의 PPT가 있다.

본 연구에서 나타난 플로팅터미널의 경우 완전무인자동화 컨테이너터미널은 부유구조물의 요동이나 기후조건에 정밀성을 요하는 자동화시스템이 많은 영향을 받을 것으로 판단되어 자동화시스템은 배제하였다.

따라서 플로팅터미널에서는 기존 컨테이너터미널의 RTGC시스템보다는 효율성이 우수하고 생산성이 뛰어나며 하부 구조물과 일체화되어 진동에 대해 안정적인 RMGC시스템을 채택하는 것이 터미널 야드면적의 이용율이나 효율성 등에 유리할 것으로 판단하였다.

② 영역의 구성 및 적용장비

일반적으로 컨테이너터미널은 안벽영역을 포함한 에이프런영역, 컨테이너를 적재하는 야드영역, 터미널 내 시설물을 설치하는 시설물영역, 철송물동량을 처리하는 철송영역, 게이트영역 등 5개의 영역으로 구분된다.

가. 에이프런 영역

에이프런 영역은 본선에 대한 C/C와 야드트럭 간의 작업 및 연계가 발생하는 영역이다.

B-1타입의 경우 에이프런 영역은 플로팅터미널 좌우측에 선박이 접안하는 형태로서 길이는 800m, 각각의 폭이 70m로 설정되었다.

에이프런은 안벽법선과 크레인 해측 레일 간의 폭 3m, 야드트럭의 작업영역을 포함하는 크레인 레일스팬 30.5m, 해치커버 적재 및 여유공간을 위한 크레인 백리치 공간 21m, 에이프런 도로 및 조명탑 설치공간 15.5m로 구성된다.

사용장비로는 C/C, YT가 있고 C/C의 경우 본 플로팅터미널에서 대상으로 하는 선박은 1만 2천TEU급으로서 최대 22열이 적재 가능하기 때문에 B-1타입 C/C의 아웃리치는 22열로 설정한다.

또한 플로팅터미널의 경우 하부구조물의 크기가 커질수록 투자비가 많이 증가하기 때문에 가능한 구조물의 폭을 감소시키기 위하여 레일스팬의 폭이 기존 컨테이너터미널과 동일하면서도 초대형선의 서비스 수준을 만족시킬 수 있도록 레일스팬 폭은 30.5m, 총시간당 처리개수 50개 이상의 생산성을 낼 수 있는 C/C를 적용(예:슈퍼테이너)하는 것으로 구상하였다.

나. 야드영역

야드영역은 본선작업을 위한 컨테이너와 반출입작업을 위한 컨테이너를 적재

하는 곳으로서 운송목적별로는 수출, 수입, 환적 컨테이너, 화물종류별로는 적, 공위험물, 비규격, 냉동컨테이너 등을 취급하는 곳이다.

B-1타입의 경우 야드영역은 크게 2부분으로 나누어 각각 좌우측 2선석씩을 담당토록 하여 야드운영의 안정성을 높였다.

B-1타입은 각각 선석의 전면부에 수출 및 환적 컨테이너를 장치하고 후면부에 수입컨테이너를 장치하는 형태로서 구조물의 중앙에 십자형으로 양방향의 메인도로를 설치하여 야드로의 접근을 용이하게 하는 형태이다.

적용장비는 원격제어의 RMGC를 기본으로 하되 부유구조물의 흔들림과 제어기술을 적용하여야 할 것으로 판단된다.

야드까지의 이송장비는 야드트럭을 적용하며 캔틸레버 타입의 RMGC와 연계된다.

다. 시설물영역

터미널 내 시설물 영역은 2절에서도 언급하였듯이 운영빌딩, 유지보수 빌딩, 근로자빌딩, 세척시설, 주차장 등이 포함되며 가능하면 기존 내륙의 컨테이너터미널과는 달리 조경 및 불필요한 공간을 제거하고 최소한의 필요공간만을 설치하는 것이 경제적인 것으로 판단된다.

라. 철송영역

철송영역은 터미널 내 화차가 진입할 수 있는 트랙 및 선팅야드를 포함한 철송시설을 설치하여야 하나 플로팅터미널의 경우 내부에 철송시설을 설치하는 것은 물리적으로 불가능하며 필요하다면 내륙측에 철송시설을 설치하는 것이 바람직하다.

마. 게이트영역

통상 게이트 영역의 경우 게이트 콤플렉스와 더불어 진출입 대기공간을 필요로 하며 약 1만㎡(진출입 9개 레인 규모의 경우) 이상의 면적을 필요로 한다.

플로팅터미널의 경우 플로팅터미널 내 또는 외부 내륙측에 게이트를 설치할 수 있으나 플로팅터미널의 내부 배치형태나 운영특성에 따라 설치를 고려하는 것이 바람직하다.

③ 물류흐름 및 동선체계

위에서 언급한 하역시스템 및 적용장비에 따른 터미널의 물류흐름은 다음과 같다.

A-1타입의 경우 각 섹션 전면에 수출컨테이너와 환적 컨테이너를 배치하고 섹션 후면에 수입 컨테이너를 배치하여 운영토록 한다.

B-1타입의 컨테이너의 운송경로 및 연계장소와 장비는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

본선 컨테이너는 안벽측 C/C의 레일스팬 작업로, 주행로 및 야드 작업로(①, ②, ④, ⑤, ⑥)를 이용하여 순환하는 형태를 가지고 있다.

반출입 컨테이너는 터미널 블록 내의 모든 메인도로(①, ②, ③, ④, ⑤)와 에이프런측 후면 주행로를 이용하여 운송된다.

화물별 연계장비와 연계장소는 다음과 같이 나타난다.

- 수입 컨테이너

선박→C/C→YT→RMGC(원격)→수입컨야드→RMGC(원격)→외부트럭→게이트

- 환적 컨테이너

선박→C/C→YT→RMGC(원격)→환적컨야드→RMGC(원격)→YT→C/C→선박

- 수출 컨테이너

게이트→외부트럭→RMGC(원격)→수출컨야드→RMGC(원격)→YT→C/C→선박

B-1타입의 동선흐름도는 <그림 3-37>과 같다.

기본적으로 B-1타입의 경우 크게 4개의 섹션으로 나누어 1개의 섹션이 1선석을 담당하도록 구상하였으며 수평방향으로 상부와 중앙부에 양방통행, 수직으로 중앙부에 양방통행을 주어 터미널 내 이송차량의 흐름을 원활하게 하였다. 외부트럭이 터미널 진입 후 메인도로(①,②,③,④,⑤)를 이용하여 야드에 진입하고 작업을 종료한 후 각 섹션의 에이프런 도로를 이용하여 외부로 빠져나가는 동선체계를 가지고 있다. 본선작업을 위한 야드트럭의 경우 안벽에서 안벽측 작업레인을 따라 주행하여 야드로 진입하며 작업종료 후 다시 안벽측 작업로로 복귀하는 흐름을 형성한다.

B-1타입의 야드내부 동선흐름은 이송차량의 원활한 트래픽을 위해 일방통행(⑥번도로)을 하도록 설정하였다.

B-1타입의 경우 플로팅터미널 좌우측에 선박이 접안하는 형태를 가지고 있기

때문에 기존 일렬의 안벽에 비해 이송차량의 이동거리가 줄어든다는 장점을 가지고 있다. 기본적으로 한 섹션이 하나의 선석을 담당토록 되어 있으나 운영시 다른 섹션의 야드를 이용할 경우 이동이 수월하다

<그림 3-37>

B-1타입의 동선희름도

(2) 대안 1(B-2타입)

① 하역시스템

B-2타입의 경우 B-1타입의 경우와 동일하게 RTGC시스템보다는 효율성과 생산성이 뛰어나고 하부 구조물과 일체화되어 진동에 대해 안정적인 RMGC시스템을 채택하는 것이 터미널 야드면적의 이용률이나 효율성 등에 유리할 것으로 판단되기 때문에 C/C-YT-RMGC시스템을 적용한다.

② 영역의 구성 및 적용장비

가. 에이프런 영역

B-2타입의 경우 에이프런 영역은 <그림 3-38>에 나타난 바와 같이 플로팅터미널 우측과 하단부에 선박이 접안하는 형태로서 안벽길이는 각각 800m, 850m이며

폭은 70m로 설정되었다.

에이프런의 전체 폭은 안벽법선과 크레인 해측 레일 간의 폭 3m, 야드트럭의 작업영역을 포함하는 크레인 레일스팬 30.5m, 해치커버 적재 및 여유공간을 위한 크레인 백리치 공간 21m, 에이프런 도로 및 조명탑 설치공간 15.5m로 구성된다.

사용장비로는 C/C, YT가 있다. C/C의 경우 본 플로팅터미널에서 대상으로 하는 선박이 1만 2천TEU급으로서 최대 22열이 적재 가능하기 때문에 C/C의 아웃리치는 22열로 설정한다.

또한 플로팅터미널의 경우 하부구조물의 크기가 커질수록 투자비가 많이 증가하기 때문에 가능한 구조물의 폭을 감소시키기 위하여 레일스팬의 폭이 기존 컨테이너터미널과 동일하면서도 초대형선의 서비스 수준을 만족시킬 수 있도록 레일스팬 폭은 30.5m, 총시간당 처리개수 50개 이상의 생산성을 낼 수 있는 C/C를 적용(예:슈퍼테이너)하는 것으로 구상하였다.

특히 B-2타입은 B-1타입과는 달리 안벽이용을 플로팅구조물 좌측과 하단부에 연이어 설치하여 C/C 이용에 있어 호환이 가능토록 하였다.

나. 야드영역

B-2타입의 경우 야드영역은 선박의 접안형태가 B-1타입과는 달리 우하단부에 연이어 접안해 있어 야드의 운영에 다소 어려움이 따른다.

일반적으로 수평배치의 경우 선박의 접안방향에 대하여 컨테이너블록의 배열이 수평형태이어야 동선이나 운영이 수월하며 수직배치의 경우 해측과 육측의 이송장비 운영구간이 분리되어야 야드운영의 효율성이 높아진다.

그러나 B-2타입의 경우 야드의 블록배치를 우측 선석에 평행하게 수평배치로 배치하게 되면 하단부의 선석에 대해서는 수직형태의 배치가 되나 야드트럭과 외부트럭의 야드블록 접근에 있어 많은 이동거리를 요하게 되어 야드 처리능력의 효율성이 떨어지게 되는 형태이다.

또한 야드블록의 화물별 구분과 적재계획을 수립함에 있어서도 어려움을 겪을 수 있어 전반적으로 야드운영의 문제점을 발생시킬 수 있는 형태로 판단된다.

B-2타입의 야드 적용장비는 원격제어의 RMGC를 기본으로 하되 부유구조물의 흔들림과 제어기술을 적용하여야 할 것으로 판단된다.

야드까지의 이송장비는 야드트럭을 적용하며 캔틸레버 타입의 RMGC와 연계된다.

다. 시설물영역

터미널 내 시설물 영역은 2절에서도 언급하였듯이 운영빌딩, 유지보수 빌딩, 근로자빌딩, 세척시설, 주차장 등이 포함되며 가능하면 기존 내륙의 컨테이너터미널과는 달리 조경 및 불필요한 공간을 제거하고 최소한의 필요공간만을 설치하는 것이 경제적인 것으로 판단된다.

라. 철송영역

철송영역은 터미널 내 화차가 진입할 수 있는 트랙 및 선팅야드를 포함한 철송시설을 설치하여야 하나 플로팅터미널의 경우 내부에 철송시설을 설치하는 것은 물리적으로 불가능하며 필요하다면 내륙측에 철송시설을 설치하는 것이 바람직하다.

마. 게이트영역

통상 게이트 영역의 경우 게이트 콤플렉스와 더불어 진출입 대기공간을 필요로 하며 약 1만 m^2 이상(진출입 9개 레인 규모의 경우)의 면적을 필요로 한다.

플로팅터미널의 경우 플로팅터미널 내 또는 외부 내륙측에 게이트를 설치할 수 있으나 플로팅터미널의 내부 배치형태나 운영특성에 따라 설치를 고려하는 것이 바람직하다.

③ 물류흐름 및 동선체계

위에서 언급한 하역시스템 및 적용장비에 따른 터미널의 물류흐름은 다음과 같다.

B-2타입의 경우 접안위치 및 야드블록배치 형태에 따라 가능하면 접안위치와 가까운 B, C, D 섹션 전면에 수출컨테이너와 환적 컨테이너를 배치하고 A섹션과 B, C, D 섹션 후면에 수입 컨테이너를 배치하여 운영토록 한다.

B-2타입의 컨테이너의 운송경로 및 연계장소와 장비는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

본선 컨테이너는 안벽측 C/C의 레일스팬 작업로와 메인도로(①, ②, ④, ⑤, ⑥)를 이용하여 순환하는 형태를 가지고 있다.

반출입 컨테이너는 터미널의 블록 내의 모든 메인도로(①, ②, ③, ④, ⑤)와 에이프런측 후면 주행로를 이용하여 운송된다.

화물별 연계장비와 연계장소는 다음과 같이 나타난다.

- 수입 컨테이너
선박→C/C→YT→RMGC(원격)→수입컨야드→RMGC(원격)→외부트럭→게이트
- 환적 컨테이너
선박→C/C→YT→RMGC(원격)→환적컨야드→RMGC(원격)→YT→C/C→선박
- 수출 컨테이너
게이트→외부트럭→RMGC(원격)→수출컨야드→RMGC(원격)→YT→C/C→선박

B-2타입의 동선흐름도는 <그림 3-38>과 같다.

기본적으로 B-1타입의 경우 크게 4개의 섹션으로 나누었으며 수평방향으로 상부와 중앙부에 양방통행, 수직으로 중앙부에 양방통행을 주어 터미널 내 이송차량의 흐름을 원활하게 하였다. 외부트럭이 터미널 진입 후 메인도로(①,②,③,④,⑤)를 이용하여 야드에 진입하고 작업을 종료한 후 각 섹션의 에이프런 도로를 이용하여 외부로 빠져나가는 동선체계를 가지고 있다. 본선작업을 위한 야드트럭의 경우 안벽에서 안벽측 작업레인을 따라 주행하여 야드로 진입하며 작업종료 후 다시 안벽측 작업도로로 복귀하는 흐름을 형성한다.

B-2타입의 경우 플로팅터미널 좌측 및 하단에 선박이 접안하는 형태로 야드의 블록배치가 하단 선석측에는 수직으로 배치되어 있어 B-1타입에 비해 이송차량의 이동거리가 증가하는 단점을 가지고 있다. 예를 들어 섹션 D의 선박 앞에서 하역된 컨테이너를 섹션 D의 블록 내로 이송할 때 안벽 에이프런 주행로와 ⑤번 주행로를 따라 섹션 D를 한 바퀴 순환해야 하므로 이송거리가 많이 증가한다.

따라서 B-2타입의 선석 접안형태는 물류흐름적 측면에서 다른 타입에 비해 불리한 점을 많이 가지고 있다.

(3) 대안 1(B-3타입)

① 하역시스템

B-3타입의 경우 B-1, B-2타입의 경우와 비교해 보면 동일 선석의 길이나 야드의 깊이는 350m가 짧은 형태이다.

이 경우 안벽에서의 처리물동량은 B-1, B-2타입과 동일하게 150만TEU이나 이를 처리하기 위한 야드의 면적은 약 $236,880\text{m}^2$ 작은 $241,920\text{m}^2$ 이다. 이는 기존의 B-1, B-2타입이 최대 5단적 적재가 가능한 C/C-YT-RMGC시스템이지만, B-3타입은 10~30단적까지 적재가 가능한 ASRS(Automatic Storage & Retrieval System : 랙저장 시스템)를 채택하였기 때문에 플로팅터미널의 야드면적을 감소시킬 수 있었다.

따라서 B-3타입의 하역시스템은 C/C-YT(혹은 AGV)-SRM(Storage and Retrieval Machine)으로 연계되는 첨단시스템이다.

이 하역시스템의 장점은 자동화된 적재시스템으로 야드작업에 있어 리핸들링 시간을 제거할 수 있으며 무작위적인 컨테이너의 추출이 가능하고 야드의 고단적 적재가 가능하여 토지이용률을 극대화시킬 수 있는 것이다.

<그림 3-39>

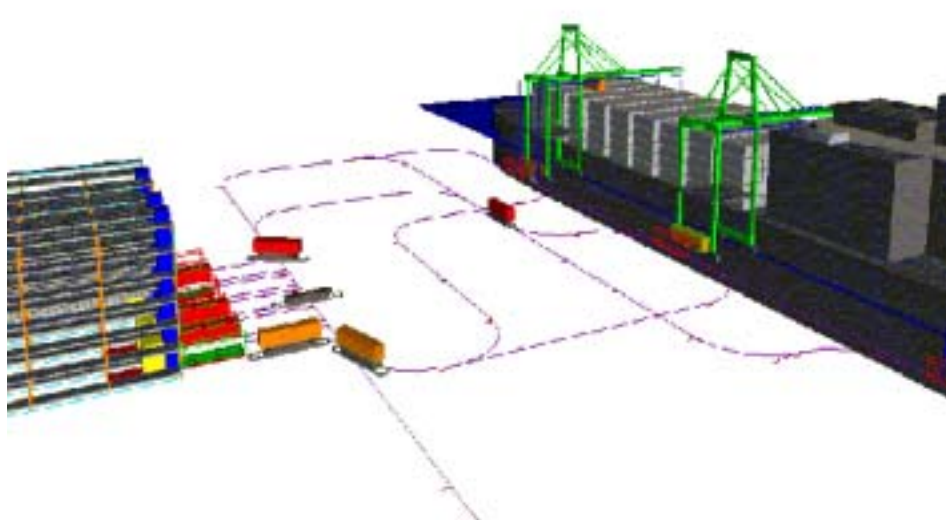
ASRS시스템의 시물레이션 모델과 야드 레이아웃 1



자료 : Ardavan Asef-Vaziri & Behrokh Khoshnevis, *Potential for ASRS & AGVS in Maritime Container Terminal*, 2001.

<그림 3-40>

ASRS시스템의 시물레이션 모델과 야드 레이아웃 2



자료 : Ardavan Asef-Vaziri & Behrokh Khoshnevis, *Potential for ASRS & AGVS in Maritime Container Terminal*, 2001.

② 영역의 구성 및 적용장비

가. 에이프런 영역

B-3타입의 경우 플로팅터미널 좌우측에 선박이 접안하는 형태로서 길이는 800m, 각각의 폭이 70m로 설정되었다.

에이프런의 전체 폭은 안벽법선과 크레인 해측 레일 간의 폭 3m, 야드트럭의 작업영역을 포함하는 크레인 레일스팬 30.5m, 해치커버 적재 및 여유공간을 위한 크레인 백리치 공간 21m, 에이프런 도로 및 조명탑 설치공간 15.5m로 구성된다.

사용장비로는 C/C, YT가 있다. C/C의 경우 본 플로팅터미널에서 대상으로 하는 선박은 1만 2천TEU급으로서 최대 22열이 적재 가능하기 때문에 C/C의 아웃리치는 22열로 설정한다.

또한 플로팅터미널의 경우 하부구조물의 크기가 커질수록 투자비가 많이 증가하기 때문에 가능한 구조물의 폭을 감소시키기 위하여 레일스팬의 폭이 기존 컨테이너터미널과 동일하면서도 초대형선의 서비스 수준을 만족시킬 수 있도록 레일스팬 폭은 30.5m, 총시간당 처리개수 50개 이상의 생산성을 낼 수 있는 C/C를 적용(예:슈퍼테이너)하는 것으로 구상하였다.

나. 야드영역

B-3타입의 경우 야드영역은 선박의 접안형태가 A-1타입과 동일하여 각 선석당 1개씩의 섹션이 담당하여 적재토록 하는 것이 효율적이다.

각 섹션별로 15단적 높이의 랙 적재 구조물이 설치되어 운영된다.

일반적으로 ASRS는 안벽에 수직배치의 형태로 구성이 되나 본 연구에서 제기한 B-3타입의 경우 야드 이용률의 효율적 이용과 플로팅구조물의 최소화를 위해 선박의 접안 방향과 수평형태로 랙 구조물을 설치하여 운영토록 하다. 이 경우 각 섹션별로 설치된 랙의 전면은 야드트럭의 접근이 이루어지고 후면은 외부트럭의 접근이 이루어지는 연계방식을 가지고 있다.

B-3타입의 경우 랙과 이송차량과의 연계지점에는 차량이 전진 및 후진하여 메인도로에 진입할 수 있는 공간이 마련되어야 한다.

다. 시설물영역

터미널 내 시설물 영역은 2절에서도 언급하였듯이 운영빌딩, 유지보수 빌딩, 근로자빌딩, 세척시설, 주차장 등이 포함되며 가능하면 기존 내륙의 컨테이너터미

널과는 달리 조정 및 불필요한 공간을 제거하고 최소한의 필요공간만을 설치하는 것이 경제적인 것으로 판단된다.

라. 철송영역

철송영역은 터미널 내 화차가 진입할 수 있는 트랙 및 선팅야드를 포함한 철송 시설을 설치하여야 하나 플로팅터미널의 경우 내부에 철송시설을 설치하는 것은 물리적으로 불가능하며 필요하다면 내륙측에 철송시설을 설치하는 것이 바람직하다.

마. 게이트영역

통상 게이트 영역의 경우 게이트 콤플렉스와 더불어 진출입 대기공간을 필요로 하며 약 1만 m^2 이상(진출입 9개 레인 규모의 경우)의 면적을 필요로 한다.

플로팅터미널의 경우 플로팅터미널 내 또는 외부 내륙측에 게이트를 설치할 수 있으나 플로팅터미널의 내부 배치형태나 운영특성에 따라 설치를 고려하는 것이 바람직하다.

③ 물류흐름 및 동선체계

위에서 언급한 하역시스템 및 적용장비에 따른 터미널의 물류흐름은 다음과 같다.

B-3타입의 경우 야드트럭 및 외부트럭의 동선에 따라 야드트럭의 접근이 용이한 쪽에 수출컨테이너와 환적 컨테이너를 배치하고 외부트럭의 접근이 용이한 쪽에 수입 컨테이너를 배치하여 운영토록 한다.

B-3타입의 내부 이송차량의 동선은 진입로와 ③번의 중앙 주행로를 제외하고는 전부 일방통행으로 운영된다.

B-3타입의 컨테이너의 운송경로 및 연계장소와 장비는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

본선 컨테이너는 안벽측 C/C의 레일스팬 작업로와 주행로(①, ②, ⑧, ⑨)를 이용하여 야드로 진입하고 ⑥번을 이용하여 ASRS의 SRM과 연계된다. ASRS에 진입시 전진하여 진입하고 작업 완료 후 후진한 다음 ①과 같은 주행로로 진입하여 순환하는 동선을 가지고 있다.

반출입 컨테이너는 ③번 주행로와 ④, ⑤, ⑩, ⑪번 주행로를 통해 ASRS 후면으로 접근하고 ⑦번 연계장소로 후진하여 진입 후 작업을 수행한다. 작업 완료 후

전진하여 주 주행도로로 합류 후 에이프런 전면도로를 거쳐 외부로 빠져나가는 동선 형태를 가지고 있다.

화물별 연계장비와 연계장소는 다음과 같이 나타난다.

- 수입 컨테이너
선박→C/C→YT(AGV)→SRM→수입AS(Automatic Storage)→SRM→외부트럭→게이트
- 환적 컨테이너
선박→C/C→YT(AGV)→SRM→환적AS→SRM→YT(AGV)→C/C→선박
- 수출 컨테이너
게이트→외부트럭→SRM→수출AS→SRM→YT(AGV)→C/C→선박

기본적으로 B타입의 경우 크게 4개의 섹션으로 나누어 1개의 섹션이 1선석을 담당하도록 구상하였으며 진입로와 ③번 도로는 양방통행, 그 외 나머지 도로는 모드 일방통행을 주어 터미널 내 이송차량의 흐름을 원활하게 하였다.

<그림 3-41>

B-3타입의 동선흐름도

B-3타입의 경우 플로팅터미널 좌우측에 선박이 접안하는 형태로 ASRS 야드의 블록배치가 수평으로 배치되어 있어 B-1타입에 비해 이송차량이 ③번 중앙로를 집중적으로 이용하게 되어 다소 혼잡을 가져올 수 있으나 세부적 구상에서는 충분한 도로를 확보함으로써 혼잡을 해소하는 것이 바람직하다. 전반적으로 B-3타입은 야드로의 연계는 일방통행을 지향하고 있어 터미널의 전체적 흐름은 양호하나 랙 전면 이송장비와의 연계구간에 혼잡이 생기지 않도록 세부적 계획이 필요하다.

(4) 대안 2(C-2타입)

C-2타입의 경우 기존항만에 접속한 보조구조물의 형태로서 초대형선에 대한 고생산성의 하역능력을 가지기 위해 양현하역으로 운영되는 형태이다.

① 하역시스템

C-2타입의 하역시스템은 초대형선에 대응하는 양현하역을 위해서는 기본적으로 C/C-YT시스템을 적용한다.

② 영역의 구성 및 적용장비

C-2타입의 경우 구조물 자체에 C/C를 설치하고 본선하역 및 적재 작업과 야드로의 이송작업만을 담당하기 때문에 에이프런 영역만으로 구성된다.

따라서 그 기능과 역할은 양현하역을 목적으로 하기 때문에 <그림 3-42>와 같이 1개의 구조물로 구성되어 있으며 내륙에 C/C 4대를 설치하고 플로팅터미널에 4대의 C/C를 설치하여 양측에서 본선 하역을 담당할 수 있도록 하였다.

보조구조물은 길이 400m, 폭 70m이고 구조물 내에 70m 폭의 에이프런 폭을 가지고 있으며 약 400m에 걸쳐 기존 안벽과 인접되어 있다.

보조구조물의 에이프런은 상하측 모두 동일하게 안벽법선과 크레인 해측 레일 간의 폭 3m, 야드트럭의 작업영역을 포함하는 크레인 레일스팬 30.5m, 해치커버 적재 및 여유공간을 위한 크레인 백리치 공간 21m, 에이프런 도로 및 조명탑 설치 공간 15.5m로 구성된다.

양측 에이프런의 사용장비로는 C/C, YT가 있고 내륙의 안벽과 플로팅터미널 사이의 선박은 양현하역작업이 가능하기 때문에 13열 길이의 아웃리치를 가진 C/C로도 최대 1만 2천TEU까지도 취급 가능하다.

③ 물류흐름 및 동선체계

C-2타입의 물류흐름은 각각의 선박에 대하여 본선작업시 ①,②,③,④의 동선을

따라 야드트럭이 진입하게 되며 작업완료 후 ③,⑤의 동선을 따라 내륙으로 이동하게 된다. 또한 각 진입동선의 중간지점에 U턴 구간을 두어 이동거리를 줄일 수 있도록 하였다.

<그림 3-42>

C-2타입의 동선흐름도

(5) 대안 3(D-1타입)

D-1타입의 경우도 C-2타입의 경우와는 다른 형태로 기존항만에 접속한 플로팅 터미널로서 환적화물을 전용으로 취급하는 터미널의 형태이며 Ship-to-Ship의 기능을 가진다.

① 하역시스템

D-1타입의 하역시스템은 환적만을 위한 전용하역시스템으로서 안벽장비가 1만 2천TEU급 선박과 6천TEU급 선박에 대하여 동시에 서비스가 가능하도록 하여야 한다. 기존 매립식 터미널에서 환적컨테이너 취급을 위하여 C/C→YT→RMGC→환적 컨야드(장치)→RMGC→YT→C/C를 이용하는 물류흐름에서는 총 6단계를 거쳐야 비로서 환적이 이루어지게 된다. 그러나 Ship-to-Ship 시스템에서는 이송장비를 거치지 않고 C/C 1대가 직접 초대형선↔피더 또는 대형선으로 컨테이너를 이송하는 시스템으로 물류흐름을 획기적으로 줄이는 결과를 가져오게 된다.

이는 향후 환적전용의 터미널이기에 가능하며 본 타입의 터미널에 입항하는 선

박은 환적만을 위한 선박이어야 가능하다는 전제조건이 있다.

② 영역의 구성 및 적용장비

D-1타입의 경우 구조물 자체에 C/C를 설치하고 본선하역 및 타 선박 이송작업만을 담당하기 때문에 약 36.5m의 에이프런 영역만으로 구성된다.

보조구조물은 길이 400m, 폭 36.5m이고 구조물의 에이프런은 안벽법선과 크레인 해측 레일 간의 폭 6m(한쪽 3m), 야드트럭의 작업영역을 포함하는 크레인 레일 스패 30.5m로만 구성된다.

에이프런의 사용장비로는 C/C가 있고 C/C의 경우 한쪽은 초대형선 취급을 위하여 22열, 반대쪽은 피더 및 대형선취급을 위해 16열 정도의 아웃리치를 가지는 C/C이어야 한다.

이러한 C/C의 운영에서 향후 본 타입의 개발이 이루어진다면 C/C의 구조적 측면에서 레일스팬의 폭 30.5m로서 양측 아웃리치의 길이를 지탱할 수 있는지 여부를 상세하게 검토해 보아야 할 것이다.

본 타입은 22열, 16열의 양측 아웃리치를 가진 C/C 4대로서 운영이 가능할 것으로 판단된다.

③ 물류흐름 및 동선체계

D-1타입의 물류흐름은 선박에서 선박으로 직접 컨테이너를 이송하는 환적 전용 시스템이기 때문에 물류흐름은 ①과 같은 수평흐름의 이동만이 존재한다.

<그림 3-43>

D-1타입의 동선흐름도



(6) 대안 4(E타입)

E타입의 경우는 C-2타입의 경우와 동일하게 기존항만에 접속한 플로팅터미널의 형태로서 초대형선 취급시 수심증가의 기능 등 별도의 목적을 위해 운영하는 형태이다.

① 하역시스템

E타입의 하역시스템은 기존 항만에 초대형선이 기항하게 되면 안벽수심 문제로 인하여 초대형선이 접안하지 못하게 되는 경우 보조구조물을 이용하여 수심을 증가시키는 목적이기 때문에 기존 항만에서 적용하던 하역시스템을 그대로 적용한다.

② 영역의 구성 및 적용장비

보조구조물의 경우 기존 안벽에 설치하던 C/C를 구조물 자체에 설치하고 본선 하역 및 적재 작업과 야드로의 이송작업만을 담당하므로 에이프런 영역만으로 구성된다.

E타입의 경우 1개의 부유구조물로 구성되어 있으며 보조구조물은 길이 400m, 폭 70m이고 구조물 내에 70m 폭의 에이프런 폭을 가지고 있으며 약 400m에 걸쳐 기존 안벽과 접속되어 있다.

보조구조물의 에이프런은 안벽법선과 크레인 해측 레일 간의 폭 3m, 야드트럭의 작업영역을 포함하는 크레인 레일스팬 30.5m, 해치커버 적재 및 여유공간을 위한 크레인 백리치 공간 21m, 에이프런 도로 및 조명탑 설치공간 15.5m로 구성된다.

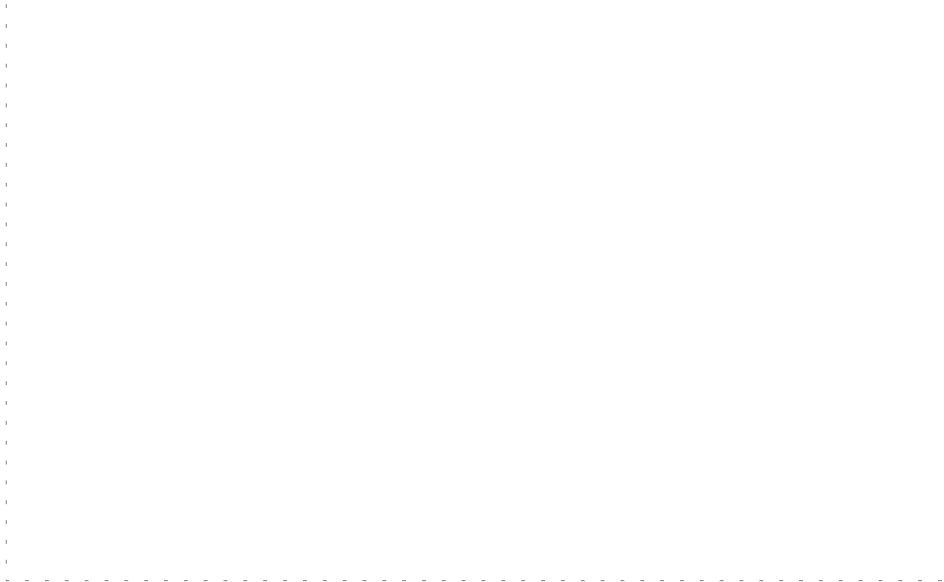
사용장비로는 C/C, YT가 있다. C/C의 경우 보조구조물 하단의 안벽에 1만 2천 TEU가 단독으로 접안하여 작업하는 경우에 대비하여 하단부에는 22열의 C/C 4대를 적용하는 것으로 구상하였다.

③ 물류흐름 및 동선체계

E타입의 물류흐름은 선박에 대하여 작업시 ①, ②의 동선흐름을 따라 이동하며 기존 안벽구간의 흐름과 동일한 과정을 거치게 된다.

<그림 3-44>

E타입의 동선흐름도



4) 플로팅구조물의 기술적 분석

(1) 플로팅터미널의 구조형식

부유구조물은 크게 부상형, 반잠수형, 잠수형으로 나누어질 수 있으며, 플로팅 터미널은 부상형 상자모양의 구조가 가장 적합하다.

부상형 상자모양의 구조는 플로팅터미널의 본래 기능인 컨테이너 하역을 수행하기 위해 부유구조물 상부에서 다수의 하역장비와 이송장비를 이용하여 컨테이너의 하역작업과 이송작업을 수행하고 많은 수의 컨테이너가 장치장에 비균등하게 적재되어 상부구조물의 무게가 균등하지 않은 형태이다. 그러므로 구조물을 수평으로 유지하기 쉬운 형태인 부상형 상자모양이 플로팅터미널에 가장 적합하다.

(2) 플로팅터미널의 계류시설

부유구조물은 설치해역에서의 기상 및 해상조건에 따른 외력과 운동을 적절히 억제하는 계류장치가 필요하며 효율성, 안전성, 작업성 및 경제성이 고려되어야 한다. 계류방식은 설치해역의 수심 및 자연환경조건, 부유구조물의 기능 및 규모를 고려하여 선정되어야 한다. 플로팅터미널의 경우 해상에 떠있는 부유구조물이

지만 선박을 접안해야 하고 접안 후 종방향과 횡방향으로 이동하지 않아야 하므로 돌핀펜더계류²⁷⁾ 방식이 가장 적합하다. 이 방식은 부유구조물의 상하방향 운동만 허용하므로 선박의 접안작업이나 하역작업에 가장 영향을 주지 않는 계류방식이다.

(3) 플로팅터미널의 건설시 필요기술

① 해양환경외력 추정기술

해양구조물 설계에 고려해야 할 환경하중으로 파랑하중, 바람하중, 조류력 등이 있다. 그리고 지역 특성에 따라 지진 및 빙하중 등도 있을 수 있다. 그러나 우리나라의 연근해에서는 이에 대한 고려는 하지않고 있다.

② 선체운동응답 해석기술

부유구조물이 해양환경에서 어떠한 양상으로 운동하게 될 것인지를 해석하는 기술이다. 부유구조물의 운동응답은 조수, 파랑, 바람등의 환경하중의 크기, 구조물의 특성 및 계류시스템의 구조적 특성에 의해 지배된다. 이는 구조물의 작업성능 및 구조안정성의 만족 정도를 판단하여 구조물의 설계 결과가 기준에 부합하는지 여부를 가늠하게 하여 준다.

환경하중과 운동응답을 해석하는 방법은 크게 이론적 방법과 실험적 방법으로 구분할 수 있는데 이 두 가지 방법을 병행하는 것이 효과적이다.

③ 구조해석기술

해양구조물의 구조안전성 검토를 합리적으로 수행하기 위해서는 구조물의 사용목적, 사용환경 및 그 기능을 종합적으로 고려하여, 최종강도 한계상태, 사용 한계상태, 진행성 파괴 한계상태, 피로강도 한계상태 등의 기준에 따라 구조강도를 평가할 필요가 있다.

대형 부유구조물에 대한 구조해석은 구조설계에서의 절차와는 달리 전체 구조의 안전성 검토가 이루어진 후 국부부재의 구조안전성을 검토하는 것이 일반적인 흐름이다. 그리하여 전체강도 해석, 국부강도 해석, 피로강도 해석 등이 수행된다.

부유구조물이 수백m 이상의 초대형인 경우, 깊이 방향의 치수가 종횡 방향의 치수에 비하여 매우 작고, 입사되는 파랑은 부유구조물의 길이와 폭에 비하여 상

27) 해저에 고정된 돌핀구조물과 부유구조물간에 완충재로 사용되는 펜더의 변형에 의해 발생되는 큰 반력을 이용하여 바람 또는 조류 등에 의한 하중 및 부유구조물의 큰 관성력을 작은 변위로 흡수하는 장치.

대적으로 단파장이 되어 파랑에 의해 발생하는 구조물의 거동은 탄성변형이 더욱 현저하게 나타나고 또한 구조응답과 작용파랑하중 사이에는 직접적으로 상호 영향을 주게 된다. 따라서 이러한 유체력-탄성변형 상호작용을 고려한 유탄성해석이 필요하다.

④ 계류시스템 설계기술

부유구조물의 계류방식 및 시설은 구조물의 기능과 규모를 고려하여 설치장소의 수심, 해저지반의 조건, 해상의 풍속 및 풍향, 파고, 조류, 조석차 등을 감안하여 선정하여 설계한다.

부유구조물이 파도, 바람 및 해조류 등의 영향으로 동요될 때, 이 구조물에 미치는 정상외력을 효과적으로 상쇄함과 동시에 파주기 운동성분을 안전하게 허용할 수 있는 계류시설의 사양을 결정하는 기술을 의미한다.

계류방식의 선정은 일반적으로 설치장소의 수심과 구조물의 규모에 좌우된다. 약간 깊은 수심인 경우는 체인 방식과 와이어 방식이 널리 사용되며, 수심이 얕아지면서 단일 체인 또는 현수계류로프의 단점을 보완하기 위하여 중간부이 방식이나 중간싱커 방식이 이용되고, 천해역의 경우는 돌핀방식, 잔교, 계선기둥 등이 채택되고 있다.

⑤ 해역정온화 기술 및 설계기술

육지에서 떨어진 해역에 설치하는 경우 기존의 고정식구조물 형태의 매립식방파제를 설치하여 구조물의 설치지점의 정온도를 확보하기가 불가능하다. 그러므로 작업성 및 안전성을 향상시키는 방안으로 부유구조물의 설치지역의 특성에 따라 부유구조물의 거동을 완하시킬 수 있는 해역정온화 기술이 필요하다. 현재 연구되고 있는 것은 부유식과 매립식의 장점을 살린 해역정온화 구조물로서 경제성과 안정성 향상이 필요하다.

⑥ 부유구조물 연계기술 및 설계기술

부유구조물을 해상에 설치하는 경우 고정된 위치의 육지와 조수간만의 차이에 의해 상하 동적인 위치의 부유구조물을 연결하므로 기존의 매립식 교량으로 부유구조물과 육지를 연결하는 것은 불가능하게 된다. 그러므로 기존의 매립식 교량이 아닌 동적인 위치의 부유구조물과의 수위를 제어할 수 있는 연육교가 필요하게 된다. 수위를 보전할 수 있는 형태의 연육교를 설치하기 위한 연계기술과 설계기술 개발이 필요하다.

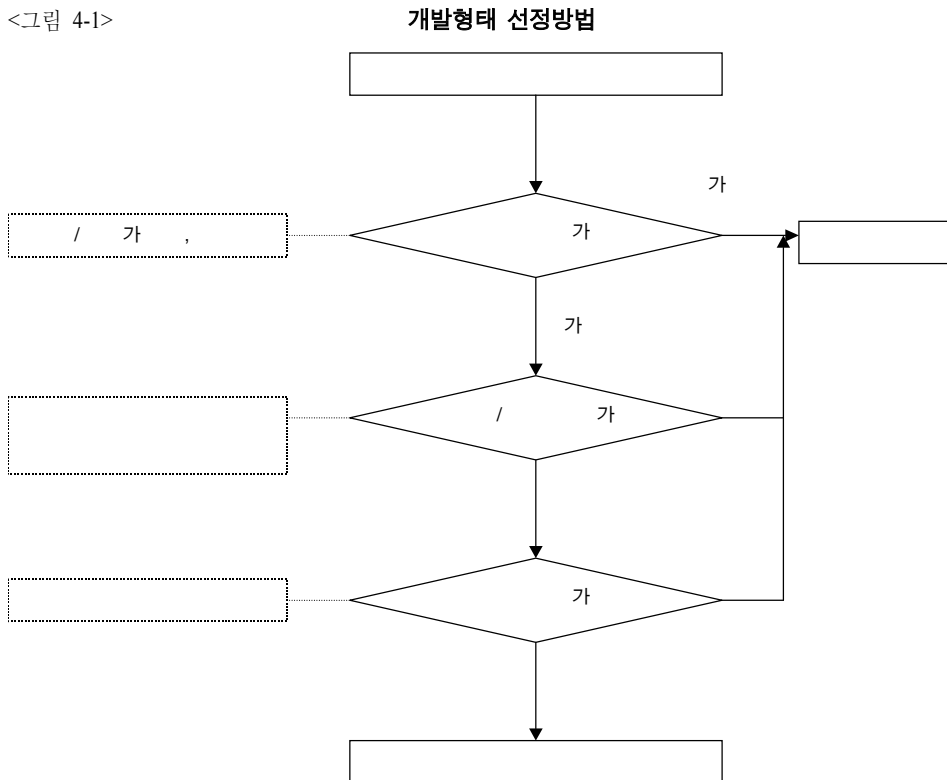
제 4 장 미래형 플로팅터미널 개발형태 선정

1. 개발형태 선정 및 평가방법

1) 대체항만

대체항만의 개발형태에 대한 평가는 기술적 기준, 물류/운영적 기준, 경제적 기준 3가지로 나누어 정하였다. 기술적 기준은 현실적으로 플로팅터미널의 설계 및 건조 가능성과 안정성에 대한 평가이며, 물류/ 운영적 기준은 터미널 운영시 효율적인 물류 흐름과 운영 가능성에 대한 평가이고, 경제적 기준은 각 대안별 시설투자비용에 대한 평가이다.

<그림 4-1>



각 기준에 대한 평가방법은 기술적 평가, 물류/운영적 평가, 경제적 평가로 순차적으로 평가하며, 각 단계에서 최악의 대안은 배제하는 방식을 사용한다. 먼저 기술적 기준에서 건조가 가능한 대안만을 선택하는데, 이는 현실적으로 구조물의 건설 가능성과 안정성이 없는 대안을 배제하기 위해서이다. 기술적 평가에서 선택된 대안들은 각 대안들의 물류/ 운영적 효율성을 평가하여 터미널의 원래 목적인 터미널의 기능을 발휘하는 데 필요한 운영의 효율성이 가장 없는 대안을 배제하도록 한다. 이 단계에서는 터미널의 운영적 요소를 작업영역별로 구분하여 각 대안별 우선순위를 부여하여 평가한다. 마지막으로 전 단계를 통하여 선택된 대안들을 경제적 기준에서 시설투자비용을 평가하여 가장 우수한 대안을 최종 개발 형태로 선정하도록 한다.

각 단계별 대안의 평가기준은 기술적 평가에서는 부유구조체를 설계, 개발하는 전문가의 의견을 통해서 평가하였으며, 물류/ 운영적 평가에서는 객관적 분석을 위하여 시뮬레이션을 이용하였다. 경제적 평가에서는 기존의 부유구조물 건설계획시 사용되었던 시설투자내역을 기준으로 각 타입별 시설투자비의 규모로 대안 평가를 수행하였다.

<표 4-1>

단계별 대안 평가 기준

| 구분 | 기술적 평가 | 물류/운영적 평가 | 경제적 평가 |
|------|--------|-----------|--------|
| 평가기준 | 전문가 의견 | 시뮬레이션 | 시설투자비 |

(1) 기술적 평가

부유구조물 설계 전문가의 의견에 따르면 플로팅터미널에 가장 적합한 부유구조 방식은 상부시설물의 무게가 균등하지 않을 경우에 사용되는 부상형 상자모양의 구조방식이며, 터미널 운영을 위하여 부유구조물의 상하운동만을 허용하는 돌핀펜더계류방식을 사용하여야 한다.

이러한 형태의 부유구조물의 경우, B-1(800m×850m), B-2(800m×850m), B-3(800m×500m) 대안에 제시된 크기나 하중의 차이에 따라서 구조물 설계 및 건조시 필요한 핵심기술의 차이는 발생하지 않으며, 설계 및 건조방식은 동일하므로 대안에 따른 기술적 건조가능성을 구분하여 판단하는 것은 의미가 없다. 그러므로 기술적 평가에서는 부상형 상자모양 부유구조물의 기술적 건조가능성과 안정성을

판단하도록 한다.

기술적 평가기준은 부상형 상자모양 부유구조물의 기술적 개발 가능성, 상부시설물 설치시 부유구조물의 구조적 안정성, 터미널의 운영가능성, 육지와의 연계가능성을 세부항목으로 나누어 평가하였다.

각 세부항목에서는 필요한 핵심기술의 보유 및 개발 가능성을 평가하여 가능여부를 판단하도록 한다.

<표 4-2>

기술적 평가의 세부항목 및 평가 산정방식

| 세부항목 | 평가 산정방식 |
|----------------------|---------|
| 구조물의 기술적 개발 가능성 | 가능, 불가능 |
| 상부시설물 설치시 부유구조물의 안정성 | 가능, 불가능 |
| 터미널의 운영 가능성 | 가능, 불가능 |
| 육지와의 연계 가능성 | 가능, 불가능 |

① 구조물의 기술적 개발 가능성 (가능유무 판단)

구조물의 기술적 개발 가능성은 구조물 자체의 설계 및 건조가능성을 평가하는 것으로 부유구조물이 건조되어 해상에 띄워지기 위한 세부기술들의 개발가능성을 판단한다. 각 필요기술들에 대한 현시점에서의 기술보유유무, 개발가능유무를 통해서 기술들의 실현가능성을 분석하여 구조물의 기술적 개발가능성을 판단한다. 설계 및 건조시 필요한 기술은 다음과 같다.

| 필요기술 | 실현가능유무 |
|-------------------|---------|
| 해양환경외력추정기술 | 가능, 불가능 |
| 선체운동응답해석기술 | 가능, 불가능 |
| 구조해석기술(강도, 유탄성응답) | 가능, 불가능 |
| 계류시설설계기술 | 가능, 불가능 |
| 방파제설계기술 | 가능, 불가능 |
| 부유구조물설계기술 | 가능, 불가능 |
| 부유구조물건조기술 | 가능, 불가능 |

② 상부시설물 설치시 부유구조물의 안정성 (안정성유무 판단)

상부시설물 배치시 터미널의 안정성은 상부에 고중량의 시설물, 장비, 컨테이너가 적재되었을 경우 정적인 상태의 부유구조물의 안정성을 평가하는 것으로, 부유구조물의 안정성을 유지하기 위한 기술들의 실현 가능성을 판단한다. 각 필요기술들에 대한 현시점에서의 기술보유유무, 개발가능유무를 통해서 기술들의 실현가능성을 분석하여 상부시설물 배치시 터미널의 안정성을 판단한다. 필요한 기술은 다음과 같다.

| 필요기술 | 실현가능유무 |
|-------------------|---------|
| 부유체 BALLASTING 기술 | 가능, 불가능 |
| 구조체 국부강조 보완기술 | 가능, 불가능 |

③ 터미널 운영 가능성(작업가능여부 판단)

터미널은 하역작업을 수행하기 위하여 다수의 하역장비와 이송장비의 작업과 이동이 발생한다. 또한 부유구조물 상부의 장치장에 많은 수의 컨테이너를 적재하므로 편하중의 문제가 발생하여 정상적인 항만하역작업을 방해할 수도 있다. 빈번하게 발생하는 상부의 하역작업 수행으로 인해 발생하는 편하중에 대한 기술적 문제를 해결하여 상부에서 항만의 역할을 원활히 수행할 수 있도록 제어해 주는 기술들의 실현가능성을 분석하여 터미널의 운영가능성을 판단하도록 한다.

| 필요기술 | 실현가능유무 |
|-----------------|---------|
| BALLASTING 제어기술 | 가능, 불가능 |
| 고속펌핑시스템 | 가능, 불가능 |

④ 육지와와의 연계 가능성 (연계가능여부 판단)

플로팅터미널은 육지와 떨어져 해상에 독립적으로 설치되어 있으므로 육지와와의 연계가 중요하다. 연계를 위해 교량이 필수적이나 일반적인 교량으로는 고정된 높이의 육지와 유량의 차이에 따라 상하로 움직이는 부유구조물을 고정된 형태로 연결할 수 없다. 즉 간만의 차에 따른 부유구조물과 육지와의 수위 편차를 제어할 수 있는 교량이 건설되어야 한다. 이를 위해 필요기술들에 대한 현시점에서의 기

술보유유무, 개발가능유무를 통해서 기술들의 실현가능성을 분석하여 육지와와의 연계 가능성을 판단한다. 필요한 기술은 다음과 같다.

| 필요기술 | 실현가능유무 |
|-----------|---------|
| 연육교 설계기술 | 가능, 불가능 |
| 수위편차 보상기술 | 가능, 불가능 |

(2) 물류/운영적 평가

플로팅터미널은 항만의 역할을 수행해야 하므로 부유구조물 상부에 컨테이너의 작업이 효율적으로 수행되도록 해야 한다. 물류/운영적 기준에서는 컨테이너의 물류 흐름에 따른 작업영역을 안벽작업, 이송작업, 장치장작업과 안벽에서의 교통 혼잡도로 구분하여 영역별 작업효율성을 시뮬레이션을 이용하여 판단하며, 운영 합리화와 단순화를 위한 자동화 가능 여부와 선박의 크기에 따른 안벽하역장비의 운영 유연성을 판단하도록 한다.

터미널의 작업은 단위적 요소가 아닌 각 작업단위별로 유기적으로 연계되어 있으므로 각 항목에 대한 가중치는 동일하게 10점씩 부여하고, 세부항목에서는 대안별로 우선순위를 부여, 판단하여 효율성이 떨어지는 대안은 배제하도록 한다.

<표 4-3>

물류/운영적 평가 세부항목 및 평가 산정방식

| 세부항목 | 평가 산정방식 | 평가점수 |
|----------------|---------|------|
| 안벽작업 운영효율성 | 순위 | 10 |
| 이송작업 운영효율성 | 순위 | 10 |
| 장치장작업 운영효율성 | 순위 | 10 |
| 안벽 트래픽 혼잡도 | 순위 | 10 |
| 자동화 가능성 | 순위 | 10 |
| 안벽하역장비의 운영 유연성 | 순위 | 10 |

① 안벽작업 운영효율성(10점)

안벽작업의 운영효율성을 판단하기 위해서는 안벽에서 하역작업시 안벽하역장비의 작업대기시간을 비교하여 분석한다. 안벽하역장비의 작업은 이송장비와 유

기적으로 연계되어 있으므로, 이송장비를 대기하는 시간이 길어질수록 안벽하역 장비의 효율성은 감소하게 되므로 안벽에서의 생산성과 효율성은 떨어지게 된다. 시뮬레이션 모델에서 산출된 안벽하역장비의 작업대기시간을 각 대안별로 비교하여 우선순위를 판단한다.

| 안벽작업 운영효율성 | 상 | 중 | 하 |
|------------|----|---|---|
| 점수비율 | 10 | 5 | 0 |

② 이송작업 운영효율성(10점)

이송작업의 운영효율성은 이송장비의 사이클 타임을 비교하여 분석한다. 이송 장비의 사이클 타임은 안벽하역장비의 작업부터 이송, 장치장작업, 이송, 안벽하역장비 작업까지의 시간을 말하는 것으로, 안벽하역장비와 장치장하역장비가 연계되어 있다. 이송장비의 사이클 타임의 증가 원인은 안벽작업 영역에서의 대기과 장치장작업 영역에서의 대기뿐만 아니라 평면배치 방법에 따른 이송시간의 증가를 분석할 수 있다. 이송장비의 사이클 타임의 감소는 이송장비의 운영의 효율성을 측정할 수 있으므로, 각 대안별 산출된 사이클 타임을 비교하여 우선순위를 판단한다.

| 이송작업 운영효율성 | 상 | 중 | 하 |
|------------|----|---|---|
| 점수비율 | 10 | 5 | 0 |

③ 장치장작업 운영효율성(10점)

장치장작업의 운영효율성은 장치장하역장비의 작업대기시간을 비교하여 분석한다. 장치장하역장비의 작업대기시간은 하역작업시 이송장비를 대기하는 시간이며 작업대기시간의 증가는 장치장하역장비의 효율성을 감소시키므로 장치장의 생산성을 떨어뜨리게 된다. 장치장하역장비의 작업대기시간을 각 대안별로 비교하여 우선순위를 판단한다.

| 장치장작업 운영효율성 | 상 | 중 | 하 |
|-------------|----|---|---|
| 점수비율 | 10 | 5 | 0 |

④ 안벽 트래픽 혼잡도(10점)

안벽에서의 생산성이 향상된다는 것은 일정 시간 내에 많은 수의 컨테이너를 이송장비를 사용하여 처리한다는 것이다. 이는 안벽에서의 이송장비의 운동이 활발해지므로 제한된 면적의 안벽에 이송장비의 이동횟수가 많아짐을 의미한다. 하역생산성이 높아질수록 안벽에서의 이송장비의 교통 혼잡도도 증가하게 된다. 이에 생산성을 향상시키면서 안벽 트래픽 혼잡도를 감소시킬 수 있는 레이아웃과 운영방안이 필요하게 된다. 그러므로 안벽에서 일정지점마다 교통혼잡도를 각 대안별로 비교하여 우선순위를 판단한다.

| 안벽트래픽 혼잡도 | 상 | 중 | 하 |
|-----------|----|---|---|
| 점수비율 | 10 | 5 | 0 |

⑤ 자동화 가능성(10점)

항만의 자동화는 운영방식의 단순화, 고속화, 저비용화를 가능하게 한다. 자동화의 영역은 장비 측면에서 안벽하역장비, 이송장비, 장치장하역장비로 나누어질 수 있으며, 각 대안별 자동화의 가능여부를 분석하여 우선순위를 판단한다.

| 자동화 가능성 | 상 | 중 | 하 |
|---------|----|---|---|
| 점수비율 | 10 | 5 | 0 |

⑥ 안벽하역장비의 운영 유연성

안벽하역장비는 선박의 크기에 따라 초기 투입되는 대수의 차이와 접안된 선박의 재항시간을 단축하기 위해 추가로 투입되는 경우가 발생하게 된다. 그러나 인접선석에서 선행작업이 수행되는 경우 물리적으로 장비 투입의 제약이 발생하게 되므로 안벽하역장비의 운영 효율성이 떨어지게 된다. 그러므로 안벽하역장비의 운영 유연성에서는 장비의 효율적인 추가투입 가능성을 각 대안별로 비교하여 우선순위를 판단한다.

| 안벽하역장비의 운영 유연성 | 상 | 중 | 하 |
|----------------|----|---|---|
| 점수비율 | 10 | 5 | 0 |

(3) 경제적 평가

경제적 평가는 플로팅터미널을 개발하는 비용을 산출하여 비교 분석한다. 기존의 부유구조물을 이용한 시설에 대한 건설 비용자료를 이용하여 플로팅터미널의 설계 및 건조비용을 산출, 단위비용으로 환산하여 각 대안별 경제적 비용을 비교한다. 경제적 비용에 산출되는 세부항목은 다음과 같다.

| 구분 | | 금액 |
|--------|---------|----|
| 부유구조물 | 소계 | |
| | 재료비 | |
| | 제작비 | |
| | 설치비 | |
| 계류장치 | 소계 | |
| | Jacket | |
| | 설치비 | |
| 건축시설 | 소계 | |
| | Main 빌딩 | |
| | CIS | |
| | 노무자건물 | |
| | SS | |
| | CC | |
| | 정비고 | |
| | 주유소 | |
| | 게이트 | |
| | 부품창고 | |
| | 중량물창고 | |
| | 경비소 | |
| 하역장비 | 소계 | |
| 방파제시설 | 소계 | |
| 연육교 | 소계 | |
| 부대비 | 소계 | |
| 조사비 | 소계 | |
| | 측량 | |
| | 지질 | |
| 평가/ 실험 | 소계 | |
| | 환경 | |
| | 교통 | |
| 설계/ 감리 | 소계 | |
| 시설투자비 | | |

2) 보조항만

일반항만의 모든 기능을 수행하는 대체항만으로서의 플로팅터미널과는 달리 보조항만 기능으로서의 플로팅터미널은 기존항만에 부가적으로 부유구조물이 설치되어 항만의 기능을 향상시키는 역할을 수행한다. 초대형선을 서비스하기 위한 항만의 인프라와 하역시스템의 향상을 추구하기 위하여 각 항만의 물류적 특성에 맞게 양현에서 안벽하역장비의 서비스가 가능한 양현하역기능의 플로팅터미널, 환적의 로지스틱스를 단축시켜 환적비용을 절감시킬 수 있는 환적전용기능의 플로팅터미널, 초대형선의 접안시 수심의 문제를 해결해 줄 수 있는 수심증대용의 플로팅터미널로 역할을 구분할 수 있다. 양현하역기능의 플로팅터미널과 환적전용기능의 플로팅터미널은 서로 물류나 운영방식이 다르므로 각 항만의 특성에 맞게 설치가 가능하다. 그러나 수심증대용 플로팅터미널의 경우 단순히 초대형선의 접안시 안벽 준설대신 플로팅을 이용하여 수심을 증대시키고자 부유구조물을 설치하는 경우이므로 굳이 구조물 건조, 구조물 상부에 안벽하역장비의 신규 설치 등 고비용의 플로팅구조물과 계류장치 등을 설치하는 것보다는 준설하는 것이 더욱 효율적일 것이다. 그러므로 수심증대용 플로팅터미널은 분석대상에서 제외시키고 설치를 통해 항만의 기능을 향상시킬 수 있는 양현하역기능, 환적전용기능의 플로팅터미널에 대한 분석을 수행한다.

본 절에서 제시된 형태의 보조항만기능의 플로팅터미널은 대체항만의 플로팅터미널보다 작은 크기의 부유구조물 상부에서 하역장비의 작업을 수행하므로 터미널 운영시 작업안정성을 높일 수 있는 기술과 고정된 형태의 안벽과 조수간만의 차에 의해 움직이는 부유구조물과의 연계방안에 대한 해결 기술 개발에 추가적인 연구를 수행하여야 한다.

2. 개발형태 평가 및 선정

1) 기술적 평가

(1) 구조물의 기술적 개발 가능성

개발형태 대안인 B-1(800m×850m), B-2(800m×850m), B-3(800m×500m)의 구조

형태인 부상형 상자모양의 부유구조물을 설계하는 데 필요한 기술인 해양환경외력추정기술, 선체운동응답해석기술, 구조해석기술(강도,유탄성응답), 부유구조물 자체를 설계하는 기술, 설계된 부유구조물을 건조 및 해상에 설치하는 기술은 현재 국내에 보유하고 있다. 그러나 해상의 환경요인을 정온화시키는 최적의 방법은 방파제이다. 방파제 설계에 많은 비용이 소요되는 매립식이 아닌 부유+매립식의 방파제설계기술과 부유구조물의 운동을 제어하는 계류시설설계기술은 현재 미보유상태이다. 그러나 이 기술들은 연구와 개발을 통해 장래에 개발하여 실현이 가능한 기술로 분류되어질 수 있다. 그러므로 모든 대안인 B-1, B-2, B-3의 부상형 상자모양 부유구조물을 설계 및 건조함에 있어 기술적으로 개발이 가능하다.

| 필요기술 | 보유기술 | 미보유기술 | 개발 가능기술 | 개발 불가능기술 | 종합검토 |
|-------------------|------|-------|------------|-------------|------|
| 해양환경외력추정기술 | ○ | | | | 가능 |
| 선체운동응답해석기술 | ○ | | | | 가능 |
| 구조해석기술(강도, 유탄성응답) | ○ | | | | 가능 |
| 계류시설설계기술 | | ○ | ○ | | 가능 |
| 방파제설계기술 | | ○ | ○ | | 가능 |
| 부유구조물설계기술 | ○ | | | | 가능 |
| 부유구조물건조기술 | ○ | | | | 가능 |

(2) 상부시설물 설치시 부유구조물의 안정성

대안 B-1, B-2, B-3는 항만의 기능을 수행하기 위해 설치해야 할 다수의 하역장비와 시설물 그리고 많은 수의 컨테이너가 적재되어 있을 경우, 부유구조물에 많은 하중을 주게 된다. 즉 시설물과 장비를 설치하였을 경우, 부유구조물이 중하중의 상부시설 무게를 견디어 내기 위한 기술인 부유체 **Ballasting** 기술, **Ballasting**을 수행하기위한 구조체 내부의 국부강조 보완기술들은 현재 보유하고 있다. 그러므로 모든 대안인 B-1, B-2, B-3의 부상형 상자모양 부유구조물은 상부시설물 설치시 부유구조물의 안정성을 유지할 수 있다.

| 필요기술 | 보유기술 | 미보유기술 | 개발 가능기술 | 개발 불가능기술 | 종합검토 |
|-------------------|------|-------|------------|-------------|------|
| 부유체 BALLASTING 기술 | ○ | | | | 가능 |
| 구조체 국부강조 보완기술 | ○ | | | | 가능 |

(3) 터미널 운영 가능성

터미널을 운영하는 경우 컨테이너의 유형이 다르므로 장치장에 균등하게 적재하는 경우는 없다. 이러한 경우 컨테이너의 적재수에 따라서 부유구조물에 편하중의 문제가 빈번하게 발생하게 된다. 현재 보유하고 있는 Ballasting 기술은 이러한 문제를 해결할 수 있도록 부유구조물 내부에 해수를 채워 제어할 수 있다. 그러나 컨테이너의 이동이 빈번하게 발생하므로 고속으로 편하중의 문제를 제어할 수 있는 고속펌핑시스템이 개발되어야 한다. 현재 미보유상태이나 개발가능기술이므로 모든 대안인 B-1, B-2, B-3의 부상형 상자모양 부유구조물을 이용한 터미널의 운영은 가능하다.

| 필요기술 | 보유기술 | 미보유기술 | 개발 가능기술 | 개발 불가능기술 | 종합검토 |
|-----------------|------|-------|------------|-------------|------|
| BALLASTING 제어기술 | ○ | | | | 가능 |
| 고속펌핑시스템 | | ○ | ○ | | 가능 |

(4) 육지와 연계 가능성

고정된 육지와 비고정된 부유구조물을 연계하기 위해 필요한 시설인 연육교설계기술과 수위편차 보상기술은 현재 국내에 미보유상태이나 개발가능한 기술로 분류되었다. 그러므로 연육교를 이용한 육지와 연계의 제시한 대안인 B-1, B-2, B-3에서 가능하다.

| 필요기술 | 보유기술 | 미보유기술 | 개발 가능기술 | 개발 불가능기술 | 종합검토 |
|-----------|------|-------|------------|-------------|------|
| 연육교 설계기술 | | ○ | ○ | | 가능 |
| 수위편차 보상기술 | | ○ | ○ | | 가능 |

(5) 기술적 기준 종합검토

전문가의 의견에 따른 부유구조물의 기술적 기준을 살펴본 결과 부유구조물을 이용한 플로팅터미널의 기술적인 부분에서 모든 타입이 문제가 없는 것으로 나타났다. 현재 구조물을 개발하고 안정성을 유지하는 부분에서는 해당 기술들이 개발이 완료된 상태이며, 터미널의 작업안정성을 유지하는 고속펌핑시스템과 육지와 연결하는 연육교 건설기술은 현재 미보유상태이나 기술개발이 가능한 기술들이다.

<표 4-4>

기술적 기준의 평가결과

| 세부항목 | 평가 산정방식 |
|----------------------|---------|
| 구조물의 기술적 개발 가능성 | 가능 |
| 상부시설물 설치시 부유구조물의 안정성 | 가능 |
| 터미널의 운영 가능성 | 가능 |
| 육지와와의 연계 가능성 | 가능 |

2) 물류/운영적 평가

플로팅터미널의 선정을 위한 평가기준 두 번째로 물류/운영적 기준에 따라 대안별 평가를 수행하였다. 따라서, 대안 B-1타입, B-2타입, B-3타입에 대해서 서로 다른 평면배치, 물류적 특성, 운영적 특성에 따른 각 대안들의 물류/운영적 기준으로 평가를 하기 위해서 안벽작업의 운영효율성, 이송작업 운영효율성, 장치장작업 운영효율성, 안벽트래픽 혼잡도, 자동화 가능성, 하역장비의 운영유연성 등 6가지 항목으로 구분하여 평가하였다.

첫 번째, 안벽크레인 운영효율성을 측정하여 순위화하기 위해서 안벽 크레인의 대기시간을 분석하여 안벽작업 운영효율성의 평가기준으로 사용하였다.

두 번째, 이송작업 운영효율성을 측정하여 순위화하기 위해서 YT의 사이클 타임을 분석하여 이송작업 운영효율성의 평가기준으로 사용하였다.

세 번째, 장치장작업 운영효율성을 측정하여 순위화하기 위해서 장치장 하역장비의 대기시간 및 대기길이를 분석하여 장치장작업 운영효율성의 평가기준으로 사용하였다.

네 번째, 안벽트래픽 혼잡도를 측정하여 순위화하였다.

다섯 번째, 자동화 가능성으로 추후 고생산성의 컨테이너터미널 운영을 위해서 나아가야 하는 방향을 자동화로 볼 때, 대안의 자동화 가능성 여부를 분석하여 순위화하였다.

여섯 번째, 하역장비의 운영유연성으로 안벽하역장비, 이송장비, 야드하역장비로 나누어서 각각의 운영유연성을 분석하여 순위화 하였다.

안벽작업 운영효율성, 이송작업 운영효율성, 장치장작업 운영효율성의 세 가지 평가기준은 예비 시뮬레이션을 이용해서 판단기준이 되는 안벽크레인의 대기시간, YT의 사이클 타임, 장치장하역장비의 대기시간을 도출하였으며, 효율성 측정과 트래픽 혼잡도 분석을 위한 예비 시뮬레이션 분석의 조건은 다음과 같다.

<표 4-5>

예비 시뮬레이션 분석조건

| 구분 | 적용생산성 | 비고 |
|----------------|-----------------|--|
| 안벽크레인 생산성 | 35lifts/hr | ○ 현재, 일반적으로 사용되는 안벽크레인의 생산성은 25lifts 이나, 초고속의 슈퍼테이너를 고려하여 시간당 생산성 35lifts를 적용함 |
| RMGC 생산성 | 15lifts/hr | ○ 기계적 생산성은 67lifts/hr 이나, 이동계수 0.5, 크레인 작업손실조정계수 0.6, 크레인 작업계수 0.75을 곱하여 산출 |
| YT 주행속도 | 5m/sec | ○ 20km/hr의 속도를 sec 단위로 환산 |
| 랙시스템 평균입출시간 | 74초 (11단 기준) | ○ 관련업체 보도자료에서 제시된 31단 3분30초의 평균입출시간을 11단의 랙시스템으로 비례적으로 산출 |

(1) 안벽작업 운영효율성

물류/운영적 평가의 첫 번째로 안벽작업의 운영효율성을 기준으로 사용하기 위해서 안벽크레인의 대기시간을 평가기준으로 사용하였다.

안벽크레인이 적양하작업을 수행하면서 원활한 작업을 하지 못하고 YT를 대기해야 하는 경우 생산성 저하의 원인이 된다. 따라서, 대기시간이 짧은 대안을 우수한 대안으로 판단하여 높은 순위를 준다.

시뮬레이션 수행결과 B-1대안의 경우 평균대기시간 32.829초, 표준편차 20.502초, 최대대기시간 69초이며, B-2대안의 경우 평균대기시간 33.082초, 표준편차 20.529초, 최대대기시간 69초이다. 그리고 B-3대안의 경우 평균대기시간, 표준편차, 최대대기시간이 모두 0으로 짧은 장치장 이동거리와 많은 장치장 하역장비들로 인하여 효율적인 작업배분이 이루어져서 안벽크레인의 대기가 발생하지 않았다.

따라서, 순위는 B-3 타입 1위, B-1타입 2위, B-2 타입 3위로 결정되었으며, 결과는 다음 <표 4-6> 안벽크레인 대기시간과 같다.

<표 4-6>

안벽크레인 대기시간

단위 : 초

| 구분 | 평균 | 표준편차 | 최대대기시간 | 순위 | 점수 |
|-----|--------|--------|--------|----|----|
| B-1 | 32.829 | 20.502 | 69 | 2 | 5 |
| B-2 | 33.082 | 20.529 | 69 | 3 | 0 |
| B-3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 |

(2) 이송작업 운영효율성

물류/운영적 평가의 두 번째로 이송작업의 운영효율성을 기준으로 사용하기 위해서 YT의 사이클 타임을 평가기준으로 사용하였다.

YT의 사이클 타임은 YT가 이송작업을 수행하면서 원활한 작업을 수행하여 안벽으로부터 장치장까지 이동하는 시간과 장치장에서 장치장크레인에 의해서 하역작업이 이루어지는 것을 포함하였으며, 사이클 타임이 짧은 대안을 우수한 대안으로 판단하여 높은 순위를 주었다.

시뮬레이션 수행결과 B-1대안의 경우 사이클 타임이 570초, B-2대안의 경우 사이클 타임이 604초, B-3대안의 경우 사이클 타임 335초로 B-2대안의 경우 장치장의 평면배치상 YT의 역주행이 필요하여 이동거리가 증가하였으며, B-3대안의 경우 랙시스템을 이용하여 하역시간과 플로팅구조물의 크기를 줄여서 이동거리가 짧아졌다. 이에 따라, B-3 1위, B-1 2위, B-2 3위로 나타났다.

<표 4-7>

YT 사이클 타임

단위 : 초

| 구분 | 사이클 타임 | 순위 | 점수 |
|-----|--------|----|----|
| B-1 | 570 | 2 | 5 |
| B-2 | 604 | 3 | 0 |
| B-3 | 335 | 1 | 10 |

(3) 장치장작업 운영효율성

물류/운영적 평가의 세 번째로 장치장작업의 운영효율성을 기준으로 사용하기 위해서 장치장 하역장비 대기길이 및 평균대기시간을 평가기준으로 사용한다.

장치장 하역장비 대기길이 및 평균대기시간은 장치장 하역장비가 하역작업을 수행하면서 발생하는 대기길이 및 평균대기시간을 분석하였으며, 대기길이 및 평균대기시간이 짧은 대안을 우수한 대안으로 판단하여 높은 순위를 주었다.

시뮬레이션 수행결과 B-1대안의 경우 평균대기길이 2.194, 표준편차 0.531, 최대 대기길이 3, 평균대기시간 265초이며, B-2대안의 경우 평균대기길이 1.920, 표준편차 0.460, 최대대기길이 3, 평균대기시간 232초, B-3대안의 경우 평균대기길이 0, 표준편차 0, 최대대기길이 1, 평균대기시간 0으로 나타났다. 이에 따라, B-3 1위, B-2 2위, B-1 3위로 나타났다.

B-3대안이 1위로 나타난 것은 장치장의 이동거리가 짧고, 작업배분을 효율적으로 할 수 있으며, 무수히 많은 랙시스템의 주행크레인들이 작업을 수행하여 대기가 발생하지 않았기 때문이다.

<표 4-8>

장치장 하역장비 대기길이 및 평균대기시간

| 구분 | 평균대기길이 (대) | 표준편차 (대) | 최대대기길이 (대) | 평균대기시간 (초) | 순위 | 점수 |
|-----|---------------|-------------|---------------|---------------|----|----|
| B-1 | 2.194 | 0.531 | 3 | 265 | 3 | 0 |
| B-2 | 1.920 | 0.460 | 3 | 232 | 2 | 5 |
| B-3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 10 |

(4) 안벽 트래픽 혼잡도

물류/운영적 평가의 네 번째로 터미널 운영작업의 운영효율성을 기준으로 사용하기 위해서 안벽 트래픽 혼잡도를 평가기준으로 사용한다.

안벽 트래픽 혼잡도는 터미널 내의 이송장비가 작업을 수행하면서 발생하는 터미널의 각 포스트, 즉 이송장비들이 이동을 위해서 교차하는 지점에서의 교통량을 분석하였으며, 특정지점의 트래픽이 적은 대안을 우수한 대안으로 판단하여 높은 순위를 주었다.

이에 따라, B-1과 B-3의 경우 최대 트래픽 발생비율이 3.125로 나타났으며, B-2의 경우 포스트 P4와 P8에서 최대 트래픽 발생비율이 3.625로 나타났다. 이에 따라, B-1과 B-3는 1위, B-2는 2위를 주었다.

<표 4-9>

안벽트래픽 혼잡도

| 대 안 | 포스트 | | | | | | 순위 | 점수 |
|-----|-----|-------|----|-------|----|-------|----|----|
| B-1 | P1 | 2.375 | P2 | 3.125 | P3 | 2.375 | 1 | 10 |
| | P4 | 3.125 | P5 | 3 | P6 | 3.125 | | |
| | P7 | 2.375 | P8 | 3.125 | P9 | 2.375 | | |
| B-2 | P1 | 2.375 | P2 | 2.625 | P3 | 1.5 | 2 | 5 |
| | P4 | 3.625 | P5 | 3 | P6 | 2.625 | | |
| | P7 | 3.25 | P8 | 3.625 | P9 | 2.375 | | |
| B-3 | P1 | 2.375 | P2 | 3.125 | P3 | 2.375 | 1 | 10 |
| | P4 | 3.125 | P5 | 3 | P6 | 3.125 | | |
| | P7 | 2.375 | P8 | 3.125 | P9 | 2.375 | | |

(5) 자동화 가능성

물류/운영적 평가의 다섯 번째로 터미널 자동화 가능성을 기준으로 사용하기 위해서 장치장 자동화 정도와 추후 자동화 가능여부를 평가기준으로 사용한다.

B-1, B-2대안의 경우 안벽하역장비와, YT, RMGC를 사용하는 형태로서 플로팅 구조물의 상하진동으로 인하여 RMGC의 작업안정성 확보에 어려움이 있다. 그러나, B-3대안의 경우 장치장 랙시스템에서 작동하는 크레인도 랙에 고정되어 플로

팅구조물의 상하진동에 영향을 많이 받지 않아서 자동으로 장치장 하역작업을 수행한다. 따라서, B-3대안을 1위, B-1, B-2대안을 2위로 선정하였다.

<표 4-10>

자동화 가능성

| 구분 | 자동화 가능성 | 비고 | 순위 | 점수 |
|-----|------------|---|----|----|
| B-1 | △ | ○ 부유구조물의 상하진동으로 인한 장치장작업장비의 안정성 확보 어려움, 안티 스웨이 기술필요 | 2 | 5 |
| B-2 | △ | ○ 부유구조물의 상하진동으로 인한 장치장작업장비의 안정성 확보 어려움, 안티 스웨이 기술필요 | 2 | 5 |
| B-3 | ○ | ○ 장치장 운영을 위한 랙 시스템의 안정성으로 자동화 용이 | 1 | 10 |

주 : × : 하, △ : 중, ○ : 상

(6) 안벽하역장비의 운영유연성

물류/운영적 평가의 여섯 번째로 터미널 안벽하역장비의 운영유연성을 기준으로 사용하기 위해서 안벽하역장비의 운영유연성을 평가기준으로 사용한다.

B-1, B-3대안의 경우 선석의 배치가 대칭의 형태로 이루어져 있다. 따라서, 일반 컨테이너터미널과 같이 안벽장비의 호환 및 공유를 할 수 없다. 그러나 B-2 대안의 경우 선석의 배치가 “┐”자 형태여서 장비 간의 위치 이동이 가능한 형태이므로 안벽하역장비의 운영유연성이 높다. 따라서, 안벽장비의 운영유연성 측면에서 평가한 결과 B-2대안이 1위, B-1, B-3대안을 2위로 선정하였다.

<표 4-11>

안벽하역장비 운영유연성

| 구분 | 운영 유연성 | 비고 | 순위 | 점수 |
|-----|-----------|--------------------------------------|----|----|
| B-1 | × | ○ 분리된 선석운영으로 안벽하역장비의 유연성 낮음 | 2 | 5 |
| B-2 | ○ | ○ 선석을 “┐” 형태로 운영하므로 안벽하역장비 운영유연성이 높음 | 1 | 10 |
| B-3 | × | ○ 분리된 선석운영으로 안벽하역장비의 유연성 낮음 | 2 | 5 |

주 : × : 하, △ : 중, ○ : 상

(7) 물류/운영적 기준 종합검토

플로팅구조물의 대안선정을 위한 두 번째 단계로 물류/운영적 기준에 따라 평가를 수행한 결과 B-1대안의 경우 순위 합계 12점, 총점 합계 30점으로 나타났으며, B-2대안의 경우 순위 합계 13점, 총점 합계 25점으로 나타났다. 그리고, B-3대안의 경우 순위 합계 7점, 총점 합계 55점으로 나타났다. 따라서, 물류/운영적 기준의 평가결과 B-3대안이 1위이며, B-1대안이 B-2대안과 총점 5점 차이로 2위를 차지하였고, B-2대안이 3위를 차지하였다.

따라서 세 번째 단계의 경제적 기준 평가는 두 번째 단계의 물류/운영적 평가에서 최악의 대안으로 평가된 B-2대안을 제거하고 B-1, B-3대안을 평가한다.

<표 4-12>

물류/운영적 기준 평가결과

| 평가기준 \ 대안 | B-1 | | B-2 | | B-3 | |
|------------------|-----|----|-----|----|-----|----|
| | 순위 | 점수 | 순위 | 점수 | 순위 | 점수 |
| 1. 안벽작업 운영효율성 | 2 | 5 | 3 | 0 | 1 | 10 |
| 2. 이송작업 운영효율성 | 2 | 5 | 3 | 0 | 1 | 10 |
| 3. 장치장작업 운영효율성 | 3 | 0 | 2 | 5 | 1 | 10 |
| 4. 안벽트래픽 혼잡도 | 1 | 10 | 2 | 5 | 1 | 10 |
| 5. 자동화 가능성 | 2 | 5 | 2 | 5 | 1 | 10 |
| 6. 안벽하역장비의 운영유연성 | 2 | 5 | 1 | 10 | 2 | 5 |
| 합 계 | 12 | 30 | 13 | 25 | 7 | 55 |
| 순 위 | 2 | | 3 | | 1 | |

3) 경제적 평가

플로팅터미널 시설투자비에는 부유식 구조물 설치비, 계류장치비, 항만시설비, 건축시설비, 하역장비비, 방파제시설비, 연육교량시설비 등과 같이 시설물 건설에 투입되는 비용과 부대비, 조사비, 평가 및 실험비, 수리 및 수치모형실험비, 보상비, 설계비 등 구조안정실험 등에 투입되는 비용으로 구분할 수 있으며, 총 13가지로 구성된다.

(1) B-1타입 플로팅터미널 시설투자비

850m×800m 크기의 B-1대안 플로팅터미널을 건설하기 위해서 소요되는 비용을 분석한 결과 부유식 구조물 건조비용 4,897억원, 계류장치비용 130억원, 항만시설비용 609억원, 건축시설비용 174억원, 하역장비비용 1,845억원, 방파제시설비용 9,225억원, 연육교량비용 225억원, 부대비용 763억원, 조사비용 3억원, 평가 및 실험비용 4억원, 수리 및 수치모형실험비용 3억원, 설계 및 감리비용 668억원으로 산출되었으며, 총 1조 8,547억원이 소요되는 것으로 나타났다. 세부적 사항은 다음 <표 4-13> B-1타입 플로팅터미널 시설투자비와 같다.

시설투자비 산출내역은 부록의 B-1대안 플로팅터미널 시설투자비 산출내역을 참조한다(부록 1의 1 참조).

<표 4-13>

B-1타입 플로팅터미널 시설투자비

단위 : 억원

| 구분 | 규모 | 수량 | 단위 | 단가 | 금액 |
|--|---------|--|--|--|---|
| | | | | | 18,547 |
| 1) 부유식 구조물 재료비 및 제작비 등 포함 | 850×800 | 377 | 천톤 | 13 | 4,897 4,897 |
| 2) 계류장치 jacket제작(PILE 제작포함) 설치비 | 8기 | 1,960 8 | 톤 기 | 0.05 4.05 | 130 98 32 |
| 3) 항만시설 APRON YARD PARKING&STACKING AREA 방충재 및 곡주설치 | | 1,120 4,864 710 1 | a a a 식 | 0.09 0.09 0.09 6.5 | 609 101 438 64 7 |
| 4) 건축시설 MAIN 빌딩 CIS 노무자건물 변전소(SS) 변전소(CC) 정비고 주유소 게이트빌딩 부품창고 중량물 창고 경비소 | | 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 | 식 식 식 식 식 식 식 식 식 식 식 식 | 59 8 12 17 4 54 0.2 4 4 11 0.7 | 174 59 8 12 17 4 54 0 4 4 11 1 |

B-1타입 플로팅터미널 시설투자비(계속)

단위 : 억원

| 구분 | 규모 | 수량 | 단위 | 단가 | 금액 |
|-----------------------------------|----|-------|----|-------|--------|
| | | | | | 18,547 |
| 5) 하역장비 | | 1 | 식 | 1,845 | 1,845 |
| 6) 방파제시설 | | 6,150 | m | 1.5 | 9,225 |
| 7) 연육교량시설 (2차선, 폭 13M, 강상형) | | 500 | m | 0.45 | 225 |
| 8) 부대비 | 5% | 1 | 식 | | 763 |
| 9) 조사비 측량조사(지형 및 수심지탐) 지질조사 | | 1 | 식 | | 3 |
| | | 1 | 식 | 0.5 | 0.5 |
| | | 50 | 공 | 0.05 | 2.5 |
| 10) 평가 및 실험 환경영향평가 교통영향평가 | | 1 | 식 | | 4 |
| | | 1 | 식 | 2.5 | 2.5 |
| | | 1 | 식 | 1.5 | 1.5 |
| 11) 수리 및 수치모형 실험 | | 1 | 식 | 3 | 3 |
| 12) 보상비 | | 1 | 식 | | |
| 13) 설계 및 감리비 | | 1 | 식 | | 668 |

주 : 항목별 단가는 해양시스템안전연구원, 「초대형 부유식 해상구조물 기술개발」, 2002. 12의 산출내역 참조.

(2) B-3타입 플로팅터미널 시설투자비

800m×500m 크기의 랙시설을 갖춘 B-3대안 플로팅터미널을 건설하기 위해서 소요되는 비용은 부유식 구조물 건조비용 2,881억원, 계류장치비용 82억원, 랙시설을 포함한 항만시설비용 10,609억원, 건축시설비용 174억원, 하역장비비용 918억원, 방파제시설비용 8,700억원, 연육교량비용 225억원, 부대비용 1,133억원, 조사비용 3억원, 평가 및 실험비용 4억원, 수리 및 수치모형실험비용 3억원, 설계 및 감리비용 668억원으로 산출되었으며, 총 2조 5,400억원이다.

부유식구조물의 크기가 줄어드는 대신 항만시설비용에서 야드조성비용(랙시설 설치비)이 1조원 상승하였다.

세부적 사항은 다음 <표 4-14> B-3타입 플로팅터미널 시설투자비와 같다.

시설투자비 산출내역은 부록의 B-3타입 플로팅터미널 시설투자비 산출내역을 참조한다(부록 1의 2 참조).

<표 4-14>

B-3타입 플로팅터미널 시설투자비

단위 : 억원

| 구분 | 규모 | 수량 | 단위 | 단가 | 금액 |
|--|---------|--|--|--|---|
| | | | | | 25,400 |
| 1) 부유식 구조물 재료비 및 제작비 등 포함 | 800×500 | 222 | 천톤 | 13 | 2,881 2,881 |
| 2) 계류장치 jacket제작(PILE 제작포함) 설치비 | 5기 | 1,225 5 | 톤 기 | 0.05 4.05 | 82 61 20 |
| 3) 항만시설 APRON YARD PARKING&STACKING AREA 방충재 및 곡주설치 | | 1,120 2,419 389 1 | a a a 식 | 0.09 0.09 0.09 6.5 | 10,609 101 10,466 35 7 |
| 4) 건축시설 MAIN 빌딩 CIS 노무자건물 변전소(SS) 변전소(CC) 정비고 주유소 게이트빌딩 부품창고 중량물 창고 경비소 | | 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 | 식 식 식 식 식 식 식 식 식 식 식 식 | 59 8 12 17 4 54 0.2 4 4 11 0.7 | 174 59 8 12 17 4 54 0 4 4 11 1 |
| 5) 하역장비 | | 1 | 식 | 918 | 918 |
| 6) 방파제시설 | | 5,800 | m | 1.5 | 8,700 |
| 7) 연육교량시설 (2차선, 폭 13M, 강상형) | | 500 | m | 0.45 | 225 |
| 8) 부대비 | 5% | 1 | 식 | | 1,133 |
| 9) 조사비 측량조사(지형 및 수심지탐) 지질조사 | | 1 1 50 | 식 식 공 | 0.5 0.05 | 3 0.5 2.5 |

B-3 타입 플로팅터미널 시설투자비(계속)

단위 : 억원

| 구분 | 규모 | 수량 | 단위 | 단가 | 금액 |
|------------------|----|----|----|-----|--------|
| | | | | | 25,400 |
| 10) 평가 및 실험 | | 1 | 식 | | 4 |
| 환경영향평가 | | 1 | 식 | 2.5 | 2.5 |
| 교통영향평가 | | 1 | 식 | 1.5 | 1.5 |
| 11) 수리 및 수치모형 실험 | | 1 | 식 | 3 | 3 |
| 12) 보상비 | | 1 | 식 | | 0 |
| 13) 설계 및 감리비 | | 1 | 식 | | 668 |

주 : 항목별 단가는 해양시스템안전연구원, 「초대형 부유식 해상구조물 기술개발」, 2002. 12의 산출내역 참조.

(3) 경제적 평가 종합검토

물류/운영적 평가에 의해서 선정된 B-1대안과 B-3대안의 경제적 평가를 부유식 구조물 건조비용, 계류장치비용, 랙시설을 포함한 항만시설비용, 건축시설비용, 하역장비용, 방파제시설비용, 연육교량비용, 부대비용, 조사비용, 평가 및 실험비용, 수리 및 수치모형실험비용, 설계 및 감리비용으로 분류하여 총액을 산출한 결과 B-1대안의 경우 1조 8,547억원, B-3대안의 경우 2조 5,400억원으로 B-3타입이 B-1타입보다 약 7천억원의 추가 비용이 소요되는 것으로 산출되었다. 이는 B-3타입이 부유구조물, 계류시설, 하역장비에서 약 3천억원의 비용이 절감하였으나 랙시설의 항만시설비용으로 1조원가량 증가하였기 때문이다.

앞에서 산정한 건설투자비용을 본 연구에서 제시한 처리능력 150만TEU의 단위 비용으로 산정하면 B-1대안의 경우 1,236,483원, B-3대안의 경우 1,693,317원으로 B-3타입이 B-1대안보다 약 1.37배 더 비싼 것으로 산출되었다.

따라서, 경제적 평가를 TEU당 단위비용으로 산정한 결과 B-3대안에 비해서 약 1.37배 비용이 저렴한 B-1대안을 대체항만의 개발타입으로 선정한다.

<표 4-15>

경제적기준 종합검토 비교표

| 대안 \ 항목 | 시설투자비 | 단위투자비 | 비고 |
|---------|------------|------------|------------|
| B-1 | 1조 8,547억원 | 1,236,483원 | 6,853억원 저렴 |
| B-3 | 2조 5,400억원 | 1,693,317원 | - |

제 5 장 선정터미널의 개발방안

본 선정터미널의 개발방안에서는 크게 대체항만으로서 선정된 플로팅터미널의 세부적 개발형태 및 규모, 플로팅터미널의 상부시설 마스터플랜(적용 하역시스템, 장비, 영역별 기능과 시설규모, 로지스틱스, 동선계획)을 살펴보고 세부적 평면배치계획을 제시한다.

이어 세부적 평면배치계획에 따라 기존 동일한 규모의 컨테이너터미널과의 경제성 분석(투자비용분석)을 통해 개발 가능성을 분석해 보고 국내 적용 가능성을 검토한다.

또한 보조항만으로서 플로팅구조물은 각 1차 선정에서 채택된 타입별 세부적 개발형태와 규모를 살펴보고 그에 따른 상부시설 마스터플랜(적용 하역시스템, 장비, 영역별 기능과 시설규모, 로지스틱스, 동선계획)을 수립하며 운영방안과 각 타입에 적합한 생산성과 기능성 분석을 통해 국내 적용가능성을 검토해 본다.

1. 대체항만으로서의 플로팅터미널

1) 개요

4장에서 기술적 측면, 물류적 측면, 경제적 측면을 통해 최종 선정된 부유구조물은 B-1타입이다.

(1) 기술적 측면

B-1타입에서 요구되는 필요기술은 구조물의 건조측면에서는 해양환경 외력추정기술 외 6개 기술, 상부시설물 설치시 부유구조물의 정적·동적 안정성 확보를 위한 부유체 밸러스팅 기술 외 2개 기술, 육지와와의 연계를 위한 연육교 설계기술 외 1개 기술로서 구조물을 제작하거나 운영하고, 그에 따른 플로팅터미널로서 개발하는 데 기술적인 문제점이 없다.

(2) 물류·운영적 측면

물류·운영적 측면에서 안벽, 야드 및 이송작업의 효율성, 에이프런측 트래픽의 혼잡도, 자동화 가능성, 안벽장비의 운영유연성 등을 살펴보았으며 총 6가지를 분석한 결과 B-1, B-3타입이 우수한 결과를 보였다.

(3) 경제적 측면

B-1, B-3타입의 시설투자비용을 분석한 결과 각각 1조 8,547억원, 2조 5,400억원 으로서 시설 투자비용 측면에서 B-1타입이 가장 유리한 것으로 나타났다. 참고적으로 이들 투자비용에는 동일한 물동량 처리시 플로팅구조물의 건설비, 상부시설(하역장비, 시설물 등)의 건설비, 계류장치의 건설비, 방파제의 건설비 등을 고려하여 산출하였다.

2) 개발형태, 규모, 구성요소 및 요구기술

개발형태 및 규모에서는 최종 선정된 플로팅구조물의 개발형태와 규모를 확정하고 선정 타입에 적합한 상부 및 하부시설에 대한 하드웨어적 구성요소, 요구기술을 제시한다.

(1) 개발형태 및 규모

B-1타입 플로팅터미널의 개발형태는 좌, 우로 1만 2천TEU급 4선석 동시접안이 가능한 상자형의 구조물이며 상부시설로는 선박의 접안 방향에 따라 C/C가 설치되어 있다. 육상과의 연계는 플로팅터미널과 육상이 부유식 교량으로 연계되어 있다.

B-1타입의 규모로는 가로 850m, 세로 800m, 깊이 5m의 기반 구조물, 구조물의 안정화를 위한 둘레 4.5km의 방파제 시설, 육상과의 연계를 위한 길이 500m 규모의 교량이 설치된다.

(2) 선정 타입의 구성요소 및 요구기술

B-1타입이 항만으로서의 완전한 기능을 가지기 위해서는 다음과 같은 구성요소가 필요하다.

기반시설로는 기존항만의 부지역활을 수행하는 850m×800m×5m 규모의 플로팅구조물, 플로팅터미널을 안정화시키는 계류장치와 방파제, 육상과의 연계를 위

한 교량(일부 부유식, 나머지 잔교식 교량) 등이 있다.

상부시설로서 차세대 C/C인 슈퍼테이너 12대, 야드장비로서 원격조정이 가능한 RMGC 35대, 이송장비로서 YT 65대, 기타 터미널 운영에 필요한 RS 4대가 설치된다. 장비 외에 항만을 운영하기 위한 시설물인 MOB(메인운영빌딩), MS(유지보수빌딩), 세척장, 주차장 등 최소한의 시설물만을 운영토록 구성한다.

플로팅터미널의 경우 항만이 해양에 부유된 상태로 운영이 되기 때문에 기존 매립식 항만과는 달리 여러 가지 핵심기술이 필요하다. B-1타입의 경우 기존항만의 대체항만으로서 건설되고 운영되기 위해 구성요소에 따라 필요한 필수적인 기술을 나타내면 다음과 같다.

<표 5-1>

B-1타입 플로팅터미널 건설 및 운영을 위한 요구기술

| 구분 | 요구기술 | 비고 |
|------|--|----|
| 기반시설 | <ul style="list-style-type: none"> • 해양환경 외력추정기술 • 선체운동 응답해석기술 • 구조해석기술 • 계류시설 설계기술 • 방파제 설계기술 • 부유구조물 설계기술 • 부유구조물 건조기술 • 부유체 Ballasting 기술 • 구조체 국부강조 보완기술 • Ballasting 제어기술 • 고속 펌핑기술 • 연육교 설계기술 • 수위편차 보상기술 | |

3) 플로팅터미널 선정안의 마스터플랜

플로팅터미널 선정안의 마스터플랜에는 크게 하역시스템, 영역별 기능과 규모, 로지스틱스, 동선계획을 살펴보고 이에 대한 최종 평면배치계획을 제시한다.

(1) 하역시스템의 선정

플로팅터미널의 하역시스템은 하부 플로팅 구조물의 개발형태와 규모 결정을 위하여 이미 3장의 개념정립 단계에서 RMGC시스템과 Rack시스템으로 설정하였

으나 본 절에서는 최종 선정개발안 이후 B-1타입 플로팅터미널의 형태에 적합한 세부적인 하역시스템을 선정하기 위해 다양한 하역시스템에 대한 검토 후 최종적인 시스템을 결정하기로 한다.

하역시스템의 대안 중 C/C-YT-Rack시스템은 2차적 대안선정 단계에서 많은 투자비용을 요하기 때문에 물류, 운영적 측면의 유리함에도 불구하고 본 세부 하역시스템 선정단계에서 배제되었다.

① 하역시스템의 대안

B-1타입의 플로팅터미널에 설치, 운영 가능한 하역시스템은 ATC시스템, RMGC시스템, RTGC시스템으로 나누어 볼 수 있다.

각 시스템에 대한 일반적 특성은 다음과 같다.

가. 자동화터미널(수직배치 : C/C - AGV - ATC)

터미널의 블록설계가 수직배치형의 구조로 설계되며, 투입장비는 안벽측에 DHST(Dual Hoist Second Trolley), 안벽-야드 간 이송에 AGV(Automated Guided Vehicle), 야드하역에 ATC(Automated Transfer Crane)를 사용하는 터미널 하역시스템이다.

대표적인 운영사례로는 네덜란드의 ECT, 독일의 HHLA(CTA)가 있다.

나. 반자동화터미널(수평배치 : C/C - YT - RMGC)

터미널의 블록설계가 수평배치형의 구조로 설계되며, 투입장비는 안벽측에 DHST, 안벽-야드 간 이송에 YT, 야드하역에 RMGC를 사용하는 터미널 하역시스템이며 야드트럭 및 외부트럭과의 연계시 원격조정으로 작업을 수행한다. 대표적인 운영사례로는 영국의 테임즈포트, 싱가포르 PSA의 PPT가 있다.

다. 재래식터미널(수평배치 : C/C - YT - RTGC)

터미널의 블록설계가 수평배치형의 구조로 설계되며, 투입장비는 안벽측에 SHST(Single Hoist Single Trolley), 안벽-야드 간 이송에 YT, 야드하역에 RTGC(Rubber Tired Gantry Crane)를 사용하는 터미널 하역시스템이며 현재 국내 대부분의 터미널에서는 RTGC시스템 방식이 적용되어 운영되고 있다.

② 대안별 특성분석

각 대안별 일반적 특성을 비교하면 자동화터미널의 경우 기존 매립식 터미널에

서는 효율적 운영계획과 작업의 고속화, 인력의 의존도 측면에서 가장 유리하나 주변의 환경변화에 민감하며 침하 등 부지의 영향을 많이 받는다. 반자동화터미널의 경우 작업의 안정성과 정확성이 우수하며 재래식에 비해 인력절감(원격조정)이 가능하고 야드작업의 고단적, 광폭 적재가 가능하다. 재래식터미널의 경우 야드작업에 있어 탄력적 장비운용이 가능하나 많은 인력이 소요되며 정밀한 하역작업 즉 인력의 작업숙련도에 많이 좌우된다.

<표 5-2>

대안별 터미널 일반 특성 비교

| 구분 | | 특 | 징 |
|------------------|--------|---|---|
| 자 동 화 | 장 점 | <ul style="list-style-type: none"> • 효율적인 운영계획을 신속하게 터미널 전체에 반영할 수 있음 • 복잡하고 위험한 작업이라도 기계적으로 손쉽게 처리할 수 있음 • 작업의 안전성과 높은 정확도의 실현이 가능함 • 작업의 고속화가 가능하며, 인력의 의존도가 매우 적어 생산성의 정확한 측정이 가능함 • 항만의 가격 경쟁력 확보 용이 | |
| | 단 점 | <ul style="list-style-type: none"> • 건설비용이 높으며, 유지보수비용의 산정이 어려움 • 운영상의 문제시 부분적인 장비교체가 힘들며, 추가비용이 높음 • 주기적이고 정확한 점검이 요구됨 • 재래식에 비해 운영 사례가 거의 없어 신뢰성 확보가 현재로서는 미흡함 • 주변의 환경변화에 민감하며 정밀한 작업을 요함 | |
| 반 자 동 화 | 장 점 | <ul style="list-style-type: none"> • 복잡하고 위험한 야드 작업의 수행을 쉽게 해결할 수 있음 • 야드 작업의 안전성과 정확성이 다소 높아짐(리헨들링 작업 가능) • 야드 작업의 고속화가 가능하며, 생산성의 정확한 측정이 가능함 | |
| | 단 점 | <ul style="list-style-type: none"> • 부분적 자동화이므로 투자대비 효율성이 떨어짐 • 안벽작업생산성을 높이는 측면에서는 다소 부족함 | |
| 재 래 식 | 장 점 | <ul style="list-style-type: none"> • 기존에 검증된 설계로 위험부담이 거의 없고 안정성이 매우 높음 • 숙련된 인력의 확보가 가능하며 운영노하우가 많이 공개되어 있음 • 작업물량의 변화에 따라 장비의 탄력적 운영이 가능함 • 초기투자비가 저렴하며, 산정이 용이함 • 장비 고장시 단일 교체가 가능하며 신속히 복구할 수 있음 | |
| | 단 점 | <ul style="list-style-type: none"> • 인력에 의존하는 경향이 많아 노동쟁의시 대처방안이 곤란함 • 실제운영에 있어 관행적 성향이 많아 효율적 운영방안을 반영하는 데 어려움이 따름 • 작업환경변화에 따른 지속적인 교육이 요구됨 • 획기적인 작업생산성 향상을 기대하기 어려움 • 향후 항만 간 가격 경쟁력에서 열위 우려 | |

③ 하역시스템 선정

하역시스템별 B-1타입 플로팅터미널에 대한 배치형태, 로지스틱스, 소요규모 등을 비교해 본 결과 자동화시스템은 좌우측 선박접안에 대하여 수직형태의 배치로 인해 기존 자동화터미널에 비해 2배의 야드장비와 키오스크, 연계공간, 혼잡도가 증가되는 반면에서 블록 1개의 작업길이는 짧아져 비효율적인 하역시스템이 된다.

RTGC시스템의 경우 장비의 탄력성은 좋으나 고단적, 광폭의 작업공간이 불가능하여 ATC시스템이나 RMGC시스템에 비해 약 30%의 야드공간을 더 필요로 하게 되므로 동일 물동량 처리시 하부 부유구조물에 대한 투자비가 더 소요된다.

<표 5-3>

하역시스템별 터미널 배치, 물류, 소요규모 측면의 비교

| 구분 | ATC시스템 | RMGC시스템 | RTGC시스템 |
|--------------|---|---|---|
| 야드배치 및 로지스틱스 | <ul style="list-style-type: none"> 수직배치의 형태로서 좌·우측 선박접안에 대해 별도의 2개 섹션으로 운용해야 하기 때문에 육측 및 해측 연계지점에 대해 기존 CTA형태보다 2배(육측, 해측)의 연계점이 필요 좌·우측 2개의 섹션으로 분리되어 있기 때문에 기존 자동화터미널보다 블록의 길이는 감소되나 외부트럭에 대한 연계공간 및 혼잡도 증가 | <ul style="list-style-type: none"> RMGC시스템은 수평배치의 형태로서 B-1타입의 좌우측 선박 접안에 대하여 야드배치 및 컨테이너 이동과 할당이 안정적임 야드배치를 총 4개의 섹션으로 나누어 각 섹션별 1개의 섹션으로 운영되기 때문에 효율적 장치장 운영이 가능 | <ul style="list-style-type: none"> RMGC시스템은 수평배치의 형태로서 B-1타입의 좌우측 선박 접안에 대하여 야드배치 및 컨테이너 이동과 할당이 안정적임 야드배치를 총 4개의 섹션으로 나누어 각 섹션별 1개의 섹션으로 운영되기 때문에 효율적 장치장 운영이 가능 |
| 소요규모 | <ul style="list-style-type: none"> 좌·우 2개 섹션의 운영으로 야드블록이 구분되기 때문에 기존형태에 비해 2배의 야드장비가 소요 또한 해측 및 육측 키오스크 영역이 2배가 필요하며 기존 수평배치 터미널보다 많은 에이프런 면적이 소요됨(AGV 운영) | <ul style="list-style-type: none"> 기존의 RMGC시스템과 동일하기 때문에 장비소요 규모나 야드의 소요규모 측면에서 동일함 | <ul style="list-style-type: none"> RTGC시스템의 경우 최고 4(5)단6열 운영이 가능하기 때문에 동일 물동량을 처리하기 위한 야드 소요면적이 다른 시스템에 비해 약 30~35% 더 소요됨 |
| 추천안 | | ○ | |

따라서 광폭, 고단적이 가능하고 효율적 터미널 운영이 유리한 RMGC시스템을 채택하기로 한다.

④ 안벽생산성 및 안벽장비 선정

현재 부산항의 순작업시간당 컨테이너 크레인 생산성은 약 30개(lift) 미만이며, 세계적으로도 컨테이너 크레인의 순작업시간당 생산성은 25~30개 정도이다.²⁸⁾ 그리고 시간당·선박당 처리 생산성이 100개를 넘는 항만은 몇 개 안 된다. 해운 선사들은 재항시간 단축을 위해 이러한 컨테이너터미널의 안벽 생산성에 대해 만족하지 못하고 있는 상황이다. 따라서 최근 5천TEU급 이상 대형 컨테이너선을 취항시키고 있는 선사들은 하역생산성이 낮은 터미널에서 하역생산성이 높은 인근 터미널로 기항지를 바꾸는 사례도 나타나고 있다.

향후 플로팅터미널이 운영되는 시점에 1만 2천TEU 및 1만 5천TEU의 초대형 선박이 취항하게 되면 고가의 선박을 효율적으로 활용하기 위해 선주들은 재항시간 단축에 더욱 많은 역점을 두게 될 것이다.

1만 5천TEU급 선박을 검토하기 위해서는 우선 이 초대형 컨테이너선이 현재 5천TEU 선박처럼 복수의 항만에 걸쳐 선적하고 복수의 항만에 양하하는 해상운송 시스템을 갖는 경우와 앞서 언급한 대로 초대형 중심항에 입항하는 허브앤스포크의 해상수송시스템을 갖는 경우로 나누어 검토해야 한다.

전자의 경우 선적항 2개, 양하항 2개를 가정하면 양적하물동량이 3만TEU가 되고 lifts/TEU 환산계수 1.5를 적용하면 입항 항만당 5천LPC가 된다. 이에 비해 후자의 경우는 선적항과 양하항을 합쳐 2~3개항을 가정하고 있기 때문에 입항 항만당 6,670~1만LPC가 된다.

24시간 내에 양적하 작업을 끝내기 위해서는 전자의 경우 선박당 생산성이 시간당 210개, 후자의 경우는 280~420개에 달하게 된다. 6개의 컨테이너 크레인을 기준으로 할 때 시간당 35~70개의 컨테이너를 처리해야 한다.

1만 5천TEU 선박이 초대형 중심항기항의 운항형태를 가질 경우 기존 크레인의 성능이 개선된 것만으로는 선박당 요구 생산성을 충족시킬 수 없다. 크레인 대수를 6대 정도로 하기 위해서는 컨테이너 크레인의 운영 생산성이 시간당 70개, 그리고 기계적 생산성은 시간당 100개가 되는 새로운 개념의 컨테이너 크레인이 개

28) Joan C. Rijsenbrij, "Impact of Tomorrow Ships on Landside Infrastructure", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2001.

발되어야 한다. 기계적 생산성이 시간당 100개에 이르는 컨테이너 크레인도 현재 여러 가지가 개발 중에 있다.

<표 5-4>

선박크기별 요구 생산성 분석

| 선박선형 | 5,000TEU | 12,000TEU | 15,000TEU |
|----------------------|-------------|-----------|--------------|
| 해상운항형태 | 복수항 선적·양하 | 복수항 선적·양하 | 초대형중심항기항 |
| 평균 LPC | 1,900~2,400 | 5,000 | 6,670~10,000 |
| 컨테이너 크레인의 기계적 생산성 | 50 | 50 | 60 |
| 컨테이너 크레인의 운영 생산성 | 30 | 35 | 40 |
| 양적하 시간 | 20시간 | 24시간 | 24시간 |
| 선박당 요구 생산성(lifts/hr) | 100 | 208 | 280~420 |
| 요구 크레인 수 | 4 | 6 | 7~11 |

주 : 기존 크레인의 성능이 20% 개선된 것을 가정.

한편 기존의 컨테이너 크레인을 사용하면서도 생산성을 높여 선박의 재항시간을 단축시키고 있는 사례도 있다. 암스테르담항의 세레스 파라곤 터미널(Ceres Paragon Terminal-이하 CPT)은 세계 최초로 컨테이너의 선적 및 하역을 전체의 양쪽에서 동시에 수행하는 만입선석(Indented Berth)을 도입하여 기항 선사들에게 시간당 250개의 처리를 보증하고 있다. 양쪽에서 총 8대의 컨테이너 크레인이 동시에 작업하기 때문에 크레인당 32개의 생산성만 보인다면 시간당 250개씩 처리가 가능하다고 한다.

그러나 초대형선의 재항시간을 단축시키기 위한 생산성 향상 요구는 안벽의 컨테이너 크레인만으로 충족될 수 없다.

컨테이너 크레인의 기계적 생산성과 실제 작업시 생산성에 차이가 나는 주된 요인은 컨테이너 크레인이 야드 크레인(RTGC, RMGC 등), 야드 트랙터와 독립적으로 작업할 수 없기 때문이다. 즉 컨테이너 크레인이 야드 트랙터 및 야드 크레인 때문에 대기하게 되는 작업 지연요인이 생기기 때문이다

따라서 컨테이너 크레인뿐만 아니라 터미널의 구조, 나아가 야드에서의 컨테이너 화물처리를 고생산성화할 수 있는 기술·개발이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 1만 2천TEU 이상의 선박 입항시 24시간 이내에 처리가 가능한 안벽장비로서 슈퍼테이너를 적용하는 것으로 설정하였다.

1만 2천TEU 선박의 평균 LPC는 5천개이며 이를 처리하기 위해서는 안벽크레인

의 운영생산성이 시간당 60개 이상 처리가 가능한 하역장비가 필요하므로 이에 적합한 안벽장비는 슈퍼테이너이다.

슈퍼테이너는 시간당 운영생산성이 60개, 기계적 생산성이 90개로서 3대의 슈퍼테이너가 1만 2천TEU급 선박 작업시 24시간 이내에 총 4,320개의 컨테이너 처리가 가능한 것으로 나타났다.

따라서 1만 2천TEU급 선박에 대하여 슈퍼테이너 3~4대가 할당되면 24시간 이내에 원활한 서비스가 가능하다.

최종 선정된 B-1타입의 플로팅터미널에는 선석당 3대의 슈퍼테이너가 적용됨에 따라 총12대의 슈퍼테이너가 운영되고 1만 2천TEU급~1만 5천TEU급의 선박까지도 취급이 가능토록 하였다.

(2) 터미널 설계조건 및 처리능력

① 터미널 설계조건 분석

본 연구에서는 최종 선정된 플로팅터미널의 처리능력에 적합한 소요장비와 시설 규모 산출을 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

따라서 시뮬레이션 수행을 위한 컨테이너터미널의 설계조건들이 필요한데, 본 연구에서 적용한 설계조건은 현 부산항의 경험치와 2011년 장래 물동량 전망치를 반영하였다.

설계조건은 다음과 같다.

- 대상선박 : 1만 2천TEU
- 컨테이너의 TEU/Box 비율 1.6,
- 적컨테이너 비율: 수입 20.04%, 수출 22.68%, 환적 44.69%,
연안 2.76%
- 공 컨테이너 비율 : 수입 1.86%, 수출 0.61%, 환적 6.93%,
연안 0.43%,
- 피크계수 1.2
- 장치일수 : 평균 수출입컨 7일, 평균 환적컨 장치일수 10일
- 장치피크계수 1.2
- 장치단적수 : 적 컨테이너 최대 5단적, 공 컨테이너 : 최대 5단적
- C/C 총 시간당 생산성 60lifts/hr
- 1만 2천TEU 서비스 시간 : 24시간 이내

<표 5-5>

시뮬레이션 설계조건분석

| 항 목 | 계 수 | 대안 구분 | 비 고 |
|--------------------|-------|------------|-----------------------|
| TEU/Box 비율 | 1.6 | | |
| 수입적컨비율(%) | 20.04 | | |
| 수출적컨비율(%) | 22.68 | | |
| 환적적컨비율(%) | 44.69 | | |
| 연안적컨비율(%) | 2.76 | | |
| 수입공컨비율(%) | 1.86 | | |
| 수출공컨비율(%) | 0.61 | | |
| 환적공컨비율(%) | 6.93 | | |
| 연안공컨비율(%) | 0.43 | | |
| 피크계수 | 1.2 | | 계절지수 |
| 평균 수입적컨 장치일수(days) | 7 | | |
| 평균 수출적컨 장치일수(days) | 7 | | |
| 평균 수입공컨 장치일수(days) | 7 | | |
| 평균 수출공컨 장치일수(days) | 7 | | |
| 평균 환적적컨 장치일수(days) | 10 | | |
| 장치피크계수 | 1.2 | | |
| 최대 적컨장치단적수 | 5 | | |
| 최대 공컨장치단적수 | 5 | | |
| C/C 총생산성(lifts/hr) | 60 | Dual Hoist | 기계적 생산성 90lifts/hr |
| 평균 LPC | 957 | 평균LPC | |
| | 1,428 | LPC 50%증가 | |
| | 1,836 | LPC 100%증가 | |
| 접이안시간(hours) | 3 | | 접안, 이안시간 |
| 선박당 C/C 할당 수 | 2.70 | 평균LPC | |
| | 3.09 | LPC 50%증가 | |
| | 3.45 | LPC 100%증가 | |

② 터미널 소요시설 규모 분석

본 연구에서는 플로팅터미널의 마스터플랜을 수립하기 위해 안벽장비, 야드장비, 이송장비의 소요 수량, 야드의 적재계획을 위한 소요TGS 및 계획 TGS, 야드의 소요블록수, 블록길이 등을 산출하였다.

이러한 산출과정은 1차적 예비 시뮬레이션을 통해 이루어졌는데, 예비 시뮬레이션은 안벽능력 분석(BERTHCAP : Berth Capacity Analysis), 야드능력 분석(YARDCAP :

Yard Capacity Analysis), 게이트 분석(GANA : Gate Analysis), 터미널 시뮬레이션 분석(TSIM : Terminal Simulation) 등 총 5개의 시뮬레이션 분석을 통해 소요시설 수량과 야드 배치 규모를 산출하였다.

예비 시뮬레이션을 통한 산출결과는 다음과 같다.

- 안벽서비스 시간 : 24시간 이내
- 장비소요대수 : C/C 12기, RMGC 35기, YT 65기, RS 3기
- 야드장치 계획 블록수 : 30개 블록
 - 일반 컨테이너 블록 : 25개 블록(306TES 2개 블록, 369TGS 2개 블록, 405TGS 21개 블록)
 - 냉동 컨테이너 블록 : 2개 블록(342TGS 2개 블록)
 - 위험물 컨테이너 블록 : 1개 블록(405TGS 1개 블록)
 - On-Wheel 컨테이너 블록 : 1개 블록(143TGS 1개 블록)
 - 비규격 컨테이너 블록 : 1개 블록(144TGS 1개 블록)
- 게이트 규모 : 반입레인 6개 레인, 반출레인 3개 레인, 특수레인 2개 레인, 게이트 대기길이 : 4대

(3) B-1타입 플로팅터미널 로지스틱스

터미널의 운영 마스터플랜을 수립하기 위해서는 먼저 터미널의 물류흐름 및 적용장비, 연계방안 등을 분석하여야 한다.

이러한 터미널의 물류흐름을 통해 터미널의 운영을 위한 계획과 영역별 기능, 영역별 구성요소와 그 기능에 따른 영역의 평면배치계획이 이루어진다.

따라서 본 절에서는 컨테이너 화물종류에 따른 적용 장비, 연계영역, 운송경로 등을 먼저 분석하여 보았다.

이에 따른 취급화물별 연계장비와 연계장소 및 물류흐름은 다음과 같다.

① 일반/냉동/위험물 컨테이너의 물류흐름

B-1타입 컨테이너터미널의 일반/냉동/위험물 컨테이너의 운송경로 및 연계장소와 장비는 동일한 형태로 다음과 같이 나타낼 수 있다(<그림 5-11> 동선계획도 ① ~ ⑥번 참조).

- 수입 컨테이너

선박→C/C→YT→RMGC(원격)→수입 컨야드→RMGC(원격)→외부트

럭→게이트

- 환적 컨테이너

선박→C/C→YT→RMGC(원격)→환적 컨야드→RMGC(원격)→YT→C/C→선박

- 수출 컨테이너

게이트→외부트럭→RMGC(원격)→수출 컨야드→RMGC(원격)→YT→C/C→선박

② 비규격 컨테이너의 물류흐름

비규격 컨테이너 야드는 터미널 좌측 윗면에 위치하며 주로 터미널 중앙(수직/수평주행로)과 상단 주행로(동선계획도 ⑧번)를 주로 이용하여 운송된다(<그림 5-11> 동선계획도 참조).

- 수입 컨테이너

선박→C/C→YT→RS→비규격/재유통 컨야드→RS→외부트럭→게이트

- 환적 컨테이너

선박→C/C→YT→RS→비규격/재유통 컨야드→RS→YT→C/C→선박

- 수출 컨테이너

게이트→외부트럭→RS→비규격/재유통 컨야드→RS→YT→C/C→선박

③ On-Wheel 컨테이너의 물류흐름

On-Wheel 야드 또한 터미널 상단에 위치하여 주로 중앙(수직/수평주행로)과 상단 주행로(동선계획도 ⑦번)를 주로 이용하여 운송된다(<그림 5-11> 동선계획도 참조).

- 수입 화물

선박→C/C→YT→On-Wheel야드→외부트럭→게이트

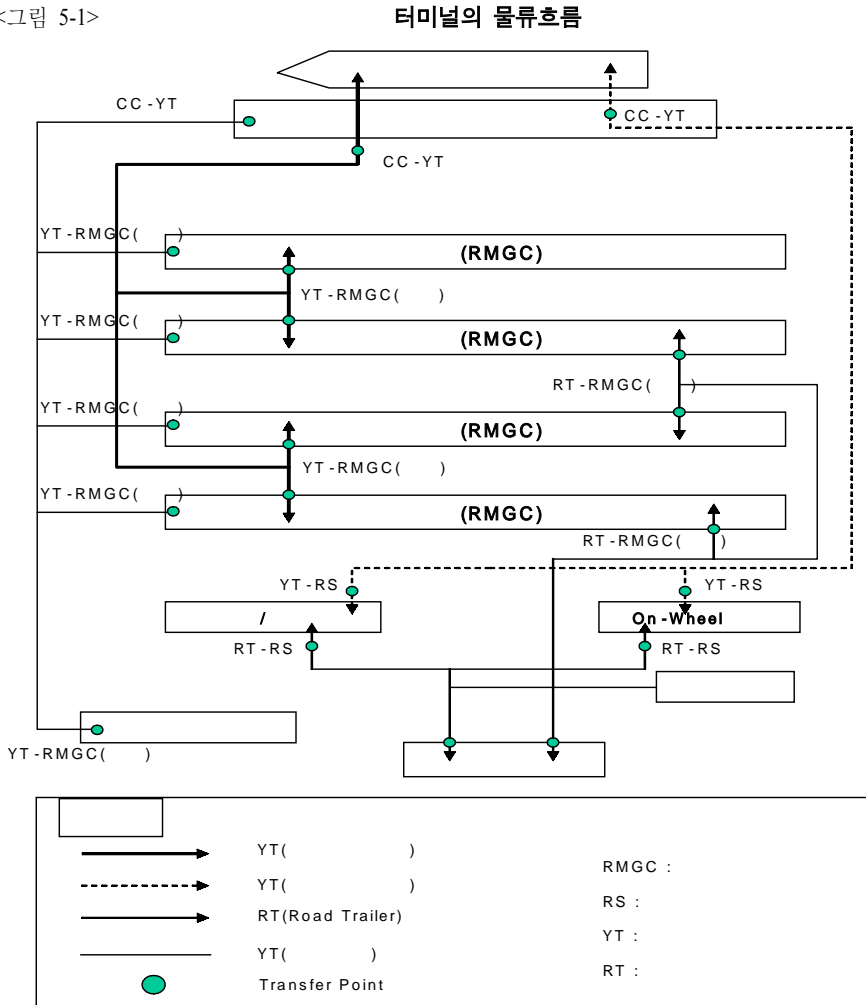
- 환적 화물

선박→C/C→YT→On-Wheel야드→YT→C/C→선박

- 수출 화물

게이트→외부트럭→On-Wheel야드→YT→C/C→선박

<그림 5-1>



(4) 선정된 플로팅터미널의 소요장비 분석

① 안벽장비

안벽하역장비는 일반적으로 C/C 혹은 갠트리크레인, G/C 등으로 불리며 안벽에 선박이 접안하게 되면 야드로 이송할 차량에 컨테이너를 적재하거나 하역하는 역할을 담당하고 있다.

장비의 정격하중은 약 50톤 내외이며, 레일스팬 30.5m이다.

<그림 5-2>

안벽장비(슈퍼테이너)

자료 : New letter, Paceso, 2003.

C/C는 트롤리의 운영방식에 따라 싱글트롤리, 더블트롤리, 듀얼호이스트 방식 등으로 나뉘는데, 본 플로팅터미널에서는 듀얼호이스트 방식에 트래버스시스템까지 갖추어진 슈퍼테이너를 적용하고 있다.

가. 아웃리치의 분석

B-1타입 플로팅터미널에 적용되는 C/C의 아웃리치는 대상선박의 폭과 밀접한 관련이 있다. 따라서 본 연구에서는 최대선형을 22열, 1만 2천TEU급 선박으로 설정하였으며 선폭은 57.0m이다. 따라서 C/C의 요구되는 아웃리치와 비교 검토하여 보았다

아웃리치 영역은 기존 부두와의 연계성, 대상 선박의 선폭 등을 고려하여 아웃리치의 길이가 검토되어야 하며, 대상 선박 1만 2천TEU급의 선폭은 57m로서 횡으로 적재 가능한 컨테이너 열수는 다음과 같이 예상 가능하다.

$$\begin{aligned} \text{예상 컨테이너 적재 열수} &= \frac{\text{선폭} - \text{양 끝 여유} \times 2}{8\text{feet} \times 0.3048\text{m} + \text{컨테이너 여유 간격}} \\ &= \frac{57\text{m} - 0.6 \times 2}{8\text{feet} \times 0.3048\text{m} + 0.02} = 22.77\text{열} \end{aligned}$$

여기서, On-deck에서 양쪽 끝 여유 폭 : 0.6m

컨테이너 적재 여유 간격 : 0.02m

예상 컨테이너 적재 가능열수를 분석한 결과 약 22열의 컨테이너를 적재 가능한 것으로 나타났다. 따라서 아웃리치를 분석해 보면 펜더 폭 2m, 법선에서 해측 레일까지의 거리 3.0m, 선박의 작업 중 좌우 기울어짐으로 인한 허용 요동각 1° ($r \approx 38.0m$)를 고려한 여유폭은 0.7m, 선박 끝단의 여유 1.2m, 선폭 57m를 고려하면 63.9m 이상으로서 제원기준은 64.0m로 결정하였다.

<표 5-6>

아웃리치 영역 구성

| 구 분 | 거 리 |
|------------|------------------------|
| 선 폭 | 57m |
| 펜더 폭 | 2m |
| 법선↔해측레일 거리 | 3.0m |
| 기울어짐 여유 폭 | 0.7m |
| 선박 끝단 여유 | $0.6m \times 2 = 1.2m$ |
| 아웃리치 영역 계 | 63.9m |

나. 레일스팬의 분석

레일스팬의 경우 터미널 설계시 매우 중요한 요소 중의 하나이다. 레일스팬의 크기에 따라 터미널의 에이프런 면적이 달라지고 본선작업시 작업 가능한 야드트럭의 장비수량과 소요 레인수도 달라지게 된다.

레일스팬의 기능은 레일스팬 내부의 컨테이너 작업시 여유공간과 야드트럭 작업레인수의 확보에 중점을 두고 설정된다.

슈퍼테이너를 적용할 경우 레일스팬 내부 야드트럭의 작업에 대해 육측 슈트가 트럭에 대해 정확한 위치제어를 하기 때문에 1개 레인의 폭이 4.5m로도 충분한 작업을 수행할 것으로 판단된다.

따라서 B-1타입의 레일스팬 폭에 따른 작업레인 수를 산출해 보면 해측레그와 작업레인 간의 여유폭 2.0m, 이송차량 작업레인 27.0m(6개레인), 기타 여유공간 1.5m 등을 포함하여 다음과 같이 나타난다.

- 해측레그와 작업레인 간의 여유폭 : 2.0m
- 이송차량 작업레인 : $6\text{레인} \times 4.5m = 27.0m$
- 기타 여유공간 : 1.5m

다. C/C의 백리치 분석

C/C의 백리치는 일반적으로 선박의 해치커버를 놓거나 외부차량 대기장소 등으로 사용된다.

B-1타입의 경우 백리치를 위한 소요 공간을 설정하기 위하여 다음과 같은 사항들을 검토해 보았으며 그 결과 백리치는 21.0m 이상이면 운영이 가능한 것으로 판단되며 상세한 세부사항은 다음과 같다.

- 크레인 레그와의 여유폭 : 크레인 육측 레그와의 여유폭은 해치커버를 장치하기 위하여 크레인 레그와의 여유 간격이 필요하며 여유폭을 1.5m로 설정하였다.
- 해치커버를 위한 확보공간 : 1만 2천TEU급 선박의 취급이 예상됨에 따라 해치커버 장치를 위한 확보공간은 1만 2천TEU급 선박을 대상으로 산출하였다. 해치커버폭은 대상선박 1만 2천TEU급을 기준으로 On-deck에서 22열까지 적재 가능하지만 해치커버 위에는 18열(edge side에 2열 적재시) 또는 20열(edge side에 1열 적재시)이 적재 가능하다. 따라서 18열 적재시에는 3개의 해치커버 위에 각각 6열씩, 20열 적재시에는 7열, 6열, 7열을 적재 가능하며, 7열인 경우의 해치커버폭은 약 18m이므로 이를 계산해 보면 다음과 같이 나타난다.

$$1\text{개 해치커버의 최대 폭} : 7\text{열} \times 2.55\text{m} = 17.85\text{m}$$

여유공간은 해치커버와 야드트럭 주행로 간의 여유폭을 의미하는 것으로서 폭은 1.65m로 설정하였다.

라. C/C의 요구사양

이상과 같이 C/C의 아웃리치 및 백리치를 분석한 결과 B-1타입 플로팅터미널 C/C의 요구 사양은 아웃리치 64.0m, 백리치 21.0m 이상, 레일스팬의 간격 30.5m, C/C의 기계적인 생산성 70 ~ 90개/hr로서 이를 정리하면 다음 <표 5-7>과 같다.

<표 5-7>

C/C 주요 사양

| 항 목 | 사 양 |
|--|---|
| 1. 정격하중 (스프레더 하부) | 50,800kg |
| 2. 해측 도달거리 (Outreach) | 최소 64.0m 이상 |
| 3. 육측 도달거리 (Backreach) | 최소 21.0m 이상 |
| 4. 인양 고도 1) 상향 (주행레일 상면 기준) 2) 하향 (주행레일 상면 기준) | 최소 40.0m 이상 최소 18.0m 이상 |
| 5. 주행레일 간격 | 30.5m |
| 6. 포달 빔(Portal beam) 하부 통과 높이 | 최소 16.5m |
| 7. 속도 1) 권상 a) 해측호이스트 b) 육측호이스트 2) 횡행 a) 해측트롤리 b) 육측트롤리 3) 주행 4) 붐 (Boom) 인양 | 최소 137m/min 이상(부하시) 최소 274m/min 이상(부부하시) 최소 137m/min 이상(부하시) 최소 274m/min 이상(부부하시) 최소 150m/min 이상 최소 76m/min 이상 45m/min 이상 |
| 8. 주행 방향 크레인 폭 (범퍼 끝에서 범퍼끝까지) | 최대 26.0m |

② 야드장비

야드 하역장비는 이송장비를 통하여 선박에서 하역된 컨테이너나 선박에 적재할 컨테이너, 외부로 반출·반입할 컨테이너를 일시적으로 적재, 보관할 때 사용하는 장비로서 야드 내 컨테이너 적재 및 하역을 담당하는 장비이며 야드 하역장비의 특징은 다음과 같다.

- 원격조정의 레일식 크레인
- 야드트럭에 대해 본선 하역, 외부트럭에 대한 육측 하역의 기능
- 안벽에 평행하게 컨테이너 장치
- 원격조정으로 이송장비에 컨테이너 하역 전송

야드하역장비의 사양을 살펴보면 5단 9열 처리가 가능하며 레일중심 간의 간격은 28.39m로서 정격하중은 40.6톤이다. RMGC의 주요 사항을 상세하게 기술하면 다음과 같다.

<표 5-8>

RMGC의 주요 사양

| 항 목 | 사 양 |
|--|--|
| 1. 정격하중 (스프레더 하부) | 40.6ton |
| 2. 컨테이너 적재 | 5단 9열 |
| 3. 인양 고도 1) 상향 (지면 기준) | 최소 17.7m 이상 |
| 4. 레일 중심 간격 (Span) | 28.39m |
| 5. 트롤리 횡행거리 | 최소 38.84m 이상 |
| 6. 주행방향 크레인 간격 | 최소 23.0m 이상 |
| 7. 속도 1) 권상 a) 정격 하중 b) 무부하시 c) 임의 하중 2) 횡행 3) 주행 | 최소 50m/min 이상 최소 90m/min 이상 비례적 운용 최소 150m/min 이상 최소 130m/min 이상 |
| 8. 가속 시간 규정 1) 권상 2) 횡행 | 2.0초 이내 4.0초 이내 |
| 9. 캔틸레버 (양쪽) | 각 12.0m |

B-1타입 플로팅터미널에서는 원격제어를 이용한 RMGC를 사용한다. 따라서 여기에는 많은 첨단 기술들이 필요하며 운영방식 또한 기존의 유인 야드장비와는 상당히 다른 방식을 취하고 있다.

원격제어를 이용한 무인 RMGC는 통합 레이저센서와 카메라 기술을 이용하고 크레인 제어시스템은 원격조정 기능을 이용함으로써 무인운행을 가능케 하는 시스템이다.

무인 RMGC에는 많은 첨단 기술들이 포함되어 있는데 1987년 ABB에 의해 기반기술이 개발되었으며 1990년 크레인의 자동제어와 자동적재를 위해서 센서와 제어개념을 가진 ACC(Automatic Crane Control)를 개발하기 시작하였다. 그 결과 싱가포르 PSA의 PPT(Pasir Panjang Terminal) 크레인에 이를 적용하였고 현재 운영중에 있다.

싱가포르 PPT의 경우 현재 1명이 중앙통제센터의 모니터를 통해 4대의 OHBC를 제어하고 있으며 본 플로팅터미널에서도 이러한 방식을 통해 인력적 절감과 야드의 효율성을 높여야 할 것이다.

원격조정을 통한 크레인 제어기술을 살펴보면 크레인 무인제어 적용기술은 크게 ELC(Electroic Load Control : 전자적재제어)와 ACC(Automatic Crane Control : 자동크레인제어)로 구성된다.

적재 과정에서 적재위치센서가 사용되며 Sway, Skew, 위치 및 최적경로가 ELC를 통해 수행된다. 또한 목표위치센서를 통해 차량의 위치 감지 및 목표 높이가 측정되고 이송차량의 위치 정정신호는 CAS(Chassis Alignment System)에 의해 야드트럭이나 외부트럭에 위치신호를 전송하여 정정케 한다.

크레인의 원격제어 적용기술은 원격제어시스템과 원격감시시스템으로 나누어지고 원격제어시스템은 중앙통제센터에 위치하여 크레인의 기본동작, 수동/자동 전환, 스프레더 및 트롤리 원격 모니터, 작업 및 크레인 정보 모니터, 음성 명령 등을 수행한다.

이를 위하여 크레인의 스프레더나 트롤리에 부착된 감시카메라를 통해 크레인의 동작이나 작업상황 등을 체크하며 크레인 무인제어기술을 이용하면서 원격으로 작업을 수행한다.

<그림 5-3>

야드장비(RMGC)의 단면도

③ 기타장비

안벽장비와 야드장비 외 기타장비로 각 야드 간의 이송을 위한 YT(Yard Tractor : 야드트럭), 새시, 비규격 및 재유통 공컨테이너의 취급을 위한 RS(Reach Stacker) 등이 있다.

(5) 플로팅터미널의 영역별 구성, 기능 및 규모

① 안벽영역(에이프런 영역)

안벽영역은 안벽법선과 크레인 레일, 크레인의 레일스팬, 크레인의 백리치, 트럭 주행공간 등 크게 4가지로 구분되며 에이프런 영역이라고도 한다. B-1타입 플로팅터미널의 안벽영역은 좌, 우측에 에이프런을 형성하고 있다.

안벽 및 에이프런 영역에서는 펜더를 포함한 법선에서부터 장치장 첫 적재 시작위치까지의 영역이다. 이 영역에서는 선박과 C/C, C/C와 YT, YT와 RMGC의 접촉이 이루어지고 YT가 주행하는 영역을 포함한다.

특히 본 영역에서는 접안선박의 규모, 수심, C/C의 사양, 이송차량의 작업레인, C/C의 백리치 구간, 본선화물의 이송을 위한 도로 등이 포함되는 요소를 고려해야 한다.

B-1타입 플로팅터미널에서는 1만 2천TEU급 선박이 입항하여 원활한 양적하 작업이 가능하도록 안벽이 설계되어야 하며, 개발규모는 안벽길이 1,600m, 터미널길이 850m이다.

안벽의 수심은 최대 1만 2천TEU급 선박을 대상으로 운영하기 때문에 DL(-)17m로 설정하였다.

가. 안벽의 서비스 영역

일반적으로 안벽법선과 해측 레일 간의 거리는 선박의 기울어짐, C/C 유지보수를 위한 공간 등으로 활용되어 3.0m로 설정하였다.

나. C/C의 레일스팬 영역

C/C의 레일스팬영역은 30.5m로서 YT 주행 및 작업로와 C/C와의 여유공간 등으로 구성된다. YT의 주행로는 기본적으로 C/C 레일스팬 내부에 위치하며 YT의 주행로를 1레인의 폭이 4.5m인 6차선을 운영, 좌우 여유공간을 3.5m로 설정하였다.

다. C/C의 백리치 영역

백리치의 거리는 크레인 레그와의 여유폭, 해치커버를 위한 확보공간, 여유 작업레인 및 기타차량을 위한 공간을 포함하여 총 21.0m로 설정하였다.

라. 에이프런의 이송장비 주행 영역

YT의 주행영역은 YT가 컨테이너를 적재하고 야드로 이동하거나 본선으로 이동하는 구간으로서 가장 많은 이동이 발생하는 공간이며 C/C의 백리치부터 컨테이너 첫 블록 시작점까지의 공간을 의미한다.

백리치에서 야드까지의 YT 주행공간을 왕복 2차선으로 구성된다고 보았을 때 주행로 8m(트럭폭+여유공간=4m, 왕복 2차선), 여유공간 7.5m의 폭으로 설정되었다.

마. 에이프런의 규모

상기 모든 요소들을 고려하여 보았을 때 소요되는 에이프런의 폭은 총 70m로 설정되었다.

<그림 5-4>

안벽영역의 단면도

<그림 5-5>

에이프런 영역**② 야드영역****가. 컨테이너 장치영역의 구성**

플로팅터미널의 컨테이너 장치영역은 일반 컨테이너(수·출입 적공컨테이너), 냉동 컨테이너, 위험물 컨테이너, 비규격 컨테이너, On-Wheel 장치영역 등으로 구성된다.

플로팅터미널의 경우 재유통 공컨테이너 장치영역과 CFS의 경우 육상측에 별도의 물류단지를 설치하여 처리토록 한다.

본 연구에서는 각 장치영역별 관련 분석 요소는 취급화물 및 취급장비, 블록의 폭과 열, 장치능력, 이송장비와의 연계방안 등으로서 관련 요소를 고려하여 분석하였다.

나. 일반 컨테이너 야드영역

일반 컨테이너 야드영역에서의 취급화물은 정상적인 표준 컨테이너(길이: 20', 40', 45' 폭: 8', 높이: 9.6')로서 화물종류는 수출입화물과 환적화물을 취급하며 컨테이너 종류는 적컨테이너와 공컨테이너를 취급한다.

일반 컨테이너 야드영역의 운영 하역장비는 안벽 길이방향 1런(2블록)당 2~3대

의 무인 RMGC(캔틸레버 타입)로 구성된다.

일반 컨테이너 야드블록의 기능을 살펴보면 일반 컨테이너야드에서는 본선에 서 하역된 수입화물이나 반출입된 수출화물, 환적화물에 대한 일반 수출입(적, 공) 컨테이너를 야드에 저장하는 기능을 가지고 있다.

계획된 블록의 위치 및 규모를 살펴보면 수출과 환적블록은 안벽에 가까운 블록부터 5개 런(Run)에 걸쳐 위치해 있으며 수입블록은 5, 6, 7번째 런에 각각 2개 블록씩 위치해 있다. 일반 컨테이너 야드블록은 405TGS 블록이 22개, 306TGS 블록이 1개, 369TGS 블록이 2개로 구성되어 있다.

블록의 형태는 안벽길이 방향으로 총 4개 섹션, 야드깊이 방향으로 7개 런으로 구성되어 있고 한 블록의 최대 적재 가능한 단적수와 열수는 5단 9열이며 컨테이너의 길이는 20', 40', 45'이고 컨테이너의 폭은 8', 높이는 9.6' 이내이다.

20' 컨테이너를 기준으로 한 GS(Ground Slot)는 컨테이너의 길이 6.06m, 폭은 2.44m, 컨테이너 사이의 간격(좌, 우측)은 0.4m이며 이를 기준으로 블록의 내부를 구성하였다.

<그림 5-6>

일반 컨테이너 야드영역

컨테이너는 각 블록의 길이방향으로 놓이게 되며 40' 컨테이너가 20'용 슬롯 2개에 놓인다면 양끝에 0.2m씩의 차이가 발생토록 해야 하고, 또한 블록 적재열의 양 끝 베이에는 40'와 45'의 컨테이너가 놓이도록 배치하였다.

블록을 단면으로 살펴보면 컨테이너가 놓이는 내부는 9열로 이루어지며 좌우에 적재레인 1개, 주행 및 추월레인 1개 레인씩을 보유하여 1블록의 기본폭이 48.19m에 이른다.

다. 냉동 컨테이너 야드영역

냉동 컨테이너 야드영역에서의 취급화물은 정상적인 표준 컨테이너(길이: 20', 40', 45' 폭: 8', 높이: 9.6')로서 화물종류는 수출입화물과 환적화물을 취급하며 컨테이너 종류는 적 컨테이너를 취급한다.

냉동 컨테이너 야드영역의 운영 하역장비는 일반 컨테이너 야드영역의 하역장비와 동일하게 사용된다.

냉동 컨테이너블록의 기능을 살펴보면 하역된 수입화물이나 환적화물, 반출입된 수출화물에 대하여 냉동 컨테이너를 야드에 저장하고 컨테이너 내부의 일정 온도 유지를 위하여 전력시설을 보유하고 있다.

냉동 컨테이너 블록의 위치 및 규모를 계획한 결과 섹션A와 섹션D 야드의 각 7번 런에 위치해 있으며 342TGS블록 2개로 구성하였다.

냉동 컨테이너 내용물의 일정 온도 유지를 위한 전력 연결장치(리셉터클)를 설치하여야 하며 계획 결과 총 냉동컨테이너의 연결점은 2,736곳을 보유하여야 한다.

블록의 형태를 살펴보면 한 블록의 최대 적재 가능한 단적수와 열수는 4단 9열이며 컨테이너의 길이는 20', 40', 45'이고 컨테이너의 폭은 8', 높이는 9.6' 이내이다.

컨테이너는 각 블록의 길이방향으로 놓이며 컨테이너 사이의 간격은 0.4m로 일반 컨테이너와 동일하다.

블록을 단면으로 살펴보면 컨테이너가 놓이는 내부는 9열로 이루어지며 좌우에 적재레인 1개, 주행 및 추월레인 1개 레인씩을 보유하여 1블록의 기본폭이 48.19m에 이른다.

컨테이너와 컨테이너 사이에는 전력 연결 및 검사 기능을 가진 플랫폼이 설치되며 컨테이너 전원공급 및 관리, 감시를 담당한다. 냉동플랫폼의 크기는 세로 2.46m이고 가로 16.63m의 규모를 가진다.

라. 위험물 컨테이너 야드영역

위험물 컨테이너 야드영역에서의 취급화물은 정상적인 표준 컨테이너(길이: 20', 40', 45' 폭: 8', 높이: 9.6')로서 화물종류는 수출입화물과 환적화물을 취급하며 컨테이너 종류는 적컨테이너를 취급한다. 주로 위험물 컨테이너 중 IMO 1번, 7번을 제외한 위험물 컨테이너를 취급한다.

위험물 컨테이너 야드영역의 운영 하역장비는 일반 컨테이너 야드영역의 하역 장비와 동일하게 사용된다.

위험물 컨테이너 야드영역의 기능은 본선에서 하역된 수입화물이나 환적화물, 반출입된 수출화물에 대하여 위험물 컨테이너를 야드에 저장하는 기능을 가진다.

위험물 컨테이너 블록의 위치 및 규모는 섹션B, 7번 런에 위치해 있으며 405TGS 블록이 1개로 구성되도록 계획하였다.

블록의 형태를 계획한 결과 한 블록의 최대 적재 가능한 단적수와 열수는 5단 9열이며 컨테이너의 길이는 20', 40', 45'이고 컨테이너의 폭은 8', 높이는 9.6' 이내로서 일반 및 냉동 컨테이너 야드블록의 하역장비를 동일하게 사용할 수 있도록 계획하였다.

또한 컨테이너는 각 블록의 길이방향으로 놓이며 컨테이너 사이의 간격은 0.4m

로 일반 컨테이너와 동일하다.

블록을 단면으로 살펴보면 컨테이너가 놓이는 내부는 9열로 이루어지며 좌우에 적재레인 1개, 주행 및 추월레인 1개 레인씩을 보유하여 1블록의 기본폭이 48.19m에 이른다.

<그림 5-8>

위험물 컨테이너 야드영역

마. On-Wheel 컨테이너 야드영역

On-Wheel 야드영역의 취급화물은 기준규격을 벗어나거나 특수 화물로서 일반 컨테이너 야드에 적재될 수 없는 컨테이너를 저장한다.

- 비규격 B형태 : 비규격 컨테이너야드에 적재 불가능한 컨테이너
- 비규격 C형태 : 큰 규모의 화물, 비 컨테이너화 벌크화물(Break Bulk)
- 위험물 컨테이너 : IMO 규정 1번(폭발물), 7번(방사능 물질)을 취급하나 대부분 직반출

On-Wheel 야드영역의 경우 사용되는 별도의 장비는 없으며 새시에 놓인 형태로 저장되고 야드트럭이나 외부트럭이 접근, 연결하여 이동하는 형태이다.

On-Wheel 야드블록의 기능은 비규격 컨테이너, 컨테이너화되지 않는 화물, 대규모의 화물 등을 새시상에서 보관하는 기능을 가진다.

블록의 위치 및 규모를 살펴보면 터미널의 상단에 위치해 있으며 67TGS, 76TGS 블록이 각1개로 구성되어 있다.

블록의 형태는 야드 내 새시의 배열 형태로서 On-Wheel 야드블록의 슬롯은 안벽에 수평방향으로 위치한다.

On-Wheel 야드의 슬롯 1개의 규모는 폭 4.0m, 길이 13.0m의 공간으로 설계되고 On-Wheel 야드 전면에 YT 및 외부트럭 접근과 작업영역 보유하도록 계획하였다.

<그림 5-9>

On-Wheel 컨테이너 야드영역

바. 비규격 컨테이너 야드영역

비규격 컨테이너 야드에서의 취급화물은 정상적인 표준 컨테이너(길이: 20', 40', 45'폭: 8', 높이: 9.6')가 아닌 비규격 컨테이너를 취급하며 주로 비규격 내에서도 일정한 규격을 가진 비규격 A타입을 적재한다.

운용하역장비로는 소량의 화물을 적절하게 취급 가능하고 비규격 컨테이너를 위한 특수 스프레더의 탈착이 용이한 RS가 사용된다.

비규격 컨테이너 야드의 기능은 표준 컨테이너가 아닌 일반적 비규격 컨테이너를 저장하는 기능을 가진다.

블록의 위치 및 규모를 살펴보면 야드의 터미널의 상단에 위치해 있으며

144TGS블록이 1개로 구성 된다.

블록의 형태를 살펴보면 블록 내부 컨테이너의 배열을 안벽에 수평으로 배열하고 길이 방향으로 48베이, 폭 방향으로 3열 배치를 한 블록으로 구성하였다.

<그림 5-10>

비규격 컨테이너 야드영역

③ 게이트영역

선정된 플로팅터미널의 게이트 영역은 플로팅터미널과 육상측을 연계하는 교량 육측부분에 위치하고 있다. 게이트 방식은 기본적으로 자동화 게이트시스템을 적용하며 영상인식에 의한 방식을 채택한다.

규모는 반입레인 6레인, 반출레인 3개 레인이며 게이트의 좌, 우측에 비상시나 표준규모 이상의 컨테이너 통과를 위한 별도의 비상레인을 보유토록 계획하였다.

④ 시설물영역

시설물 영역의 계획에서는 컨테이너터미널을 운영하기 위하여 요구되는 건물 및 주요 운영시설에 대한 기능과 일반적인 배치위치에 관한 계획을 제시한다.

건물 및 주요 운영시설의 규모 및 상세 배치계획은 건물 및 시설물의 기능적인 특징, 동선을 고려하여 계획되었다.

기본적으로 플로팅터미널은 운영인력의 최소화과 필수적 시설물만을 고려하였

으며 CFS(컨테이너조작장)의 기능은 외부 육상 물류단지에서 운영토록 하였다.

플로팅터미널의 시설물 종류에는 터미널 지원을 위한 OB(Operation Building :메인빌딩), MS(Maintenance Shop : 유지보수 빌딩), LB(Labour Building : 근로자 사무실), WR(Wash Room : 컨테이너 세척시설) 등을 계획하였다.

가. 메인빌딩(OB)

메인빌딩은 외부 이용자들을 접견하는 기능과 컨테이너터미널 운영, 재무, 상업적인 업무기능과 기타 지원기능 및 운영직원 수용 및 편의시설 제공기능 역할을 한다.

무인 RMGC의 원격제어 작업, 이송장비와 연계작업 등 컨테이너 야드작업과 C/C 운영상황 및 선박 운영상황 등 감시, 제어, 통제 및 작업명령 하달기능과 정보 시스템 운영 기능을 담당하고 컨테이너터미널의 C/C 작업, 및 YT의 해측작업, 육측작업을 감시하는 역할을 수행한다.

메인빌딩의 위치는 터미널 상단에 위치하고 있으며 다음과 같은 조건에 의해 결정하였다.

- 배후도로에서 명확하게 판별, 중앙 입구는 배후도로에서 곧바로 진입할 수 있는 지점에 위치
- 컨테이너 야드작업과 해측 양·적하작업 전체를 관찰하는 데 용이한 장소에 위치
- 게이트단지와 인접한 곳에 위치
- 주차장 위치에 따른 토지이용과 이용자 보행 안전 측면 및 터미널 내의 운영효율을 위해서 터미널 내·외부의 동선체계를 고려

나. 유지보수빌딩(MS)

플로팅터미널 하역작업에 사용되는 RMGC, 스프레더, YT, 새시의 수리와 유지·보수를 위해 필수적으로 정비시설작업장이 요구된다.

모든 장비는 구조적으로 한 곳의 작업장에서 수리되며, 여기에서 터미널 장비의 복잡한 수리와 정밀검사를 실시하며 그 밖에 내부장비의 작은 수리와 유지·보수 업무를 수행하는 다른 정비시설이 필요하다.

정비센터의 규모, 정비 대상장비의 크기 및 천정 레인의 규모 등을 고려하여 정비센터는 철골구조물처럼 견고한 구조물이어야 한다.

정비지원시설은 타이어 수리실 및 공구창고, 기계기공, 공구실, 엔진부속실, 계

이지실, 보일러실, 유회유창고, 산소창고, 배터리 충전실, 제어실이 포함되어야 한다.

유지보수 빌딩의 위치는 터미널 상단, 주차장 인근에 위치하고 있다.

이는 컨테이너 야드작업에 지장을 주지 않는 곳에 위치하였으며, 기능상, 유지관리상, 미관상 및 효율성 극대화를 도모하였다.

또한 야드트랙터의 주차장소와 인접하여 배치토록 하여 수리나 정비가 잦은 야드트랙터의 정비가 용이하도록 하였다.

기타 터미널 내 대부분의 하역장비에 접근이 용이하도록 터미널 중앙에 배치하여 수리나 정비를 위한 동선의 효율성을 높이도록 계획하였다.

다. 컨테이너 세척시설(Wash Room)

컨테이너 세척시설은 주로 냉동컨테이너의 세척을 위한 기능을 가진다.

세척시설 및 냉동컨테이너 점검시설 작업장은 소규모의 단층건물 형태이며, 작업장 내에 관리사무실과 작업자를 위한 휴게실, 샤워실, 탈의실 등의 편의시설이 갖추어져 있어야 한다.

세척시설 및 냉동컨테이너 점검시설은 세척장비 보관을 위한 창고시설과 세척장비용 수도공급시설, 온수를 공급하기 위한 가스 혹은 전력시설, 쓰레기 수집시설, 탈수시설 및 폐수저장시설을 갖추어야 하며 세척시설 및 냉동컨테이너 점검시설은 수동이나 자동으로 세척을 할 수 있는 고압의 자동화된 스프레이방식의 세척장비시설을 갖추어야 하고 냉동 컨테이너의 정상작동 여부를 사전에 확인할 수 있는 PTI(Pre-Trip Inspection) 장치시설이 구비되어 있어야 한다.

냉동컨테이너 야드와 냉동컨테이너 세척시설 사이의 냉동컨테이너 이송은 야드트랙터로 운송토록 한다.

(6) 동선계획

① 개요

터미널의 동선배치계획은 터미널에서의 생산성이 극대화될 수 있는 방향으로 이루어져야 한다. 따라서 특수한 경우를 제외하고는 터미널은 선박의 접안 방향에 따라 YT 및 외부트럭의 동선배치가 이루어져야 하며 이는 게이트의 진출입 위치와도 많은 상관관계를 가지고 있다.

또한 화물의 흐름에 따라 터미널 영역별 동선체계가 달라지기도 한다.

본 절에서는 취급화물별 운송경로와 사용장비, 그에 따른 동선 배치계획을 살펴 보았다.

동선배치 계획에서는 수평방향과 수직방향의 동선계획을 모두 검토하여 계획 하였다.

② 야드 내부 동선계획

B-1타입 플로팅터미널에서는 야드트럭 및 외부트럭 이송차량의 수평방향 동선을 다음과 같이 설정하였다.

- 레일스팬의 작업 영역 : 하단 → 상단 방향으로의 일방통행
- C/C 백리치 후면 주행도로 : 하단 → 상단 방향 2차선
- 터미널 일반/냉동/위험물 컨테이너 야드영역 : 상단 → 하단 방향으로의 일방통행(양측 2차선씩: 추월2차선, 작업2차선)
- 터미널 비규격/On-Wheel 컨테이너 야드영역 : 양방통행
- 터미널 블록 중앙의 수직 주행도로 : 상단 → 하단 방향 4차선, 하단 → 상단 방향 2차선
- 터미널 상단/중앙/하단 수평 주행도로 : 좌측 ↔ 우측 방향으로의 양방통행 4차선

터미널 야드 블록을 진입하는 동선배치 계획에서는 터미널 야드블록의 작업 및 추월과 관련된 주행은 상단에서 하단으로 일방통행을 계획함으로써 터미널 내 동선을 단순화하였다.

③ 야드별 동선계획

컨테이너 화물흐름에 있어 이송차량은 각 야드별로 컨테이너 접근 동선이 다르다. 특히 일반 유인트럭들은 최단거리로 목적지까지 이동하려는 경향이 빈번하다. 컨테이너 접근로는 최단거리 운행을 고려해야 하나 터미널 내 동선을 단순화시키는 흐름이 중요하기 때문에 터미널 내부 각 야드로의 이동은 가급적 일방통행을 원칙으로 한다.

따라서 본 연구에서 이송차량의 동선체계는 다음과 같다.

일반 컨테이너, 냉동 및 위험물 컨테이너 블록의 본선화물에 대한 동선은 ①~⑥번까지의 동선을 이용하며 블록의 해측(좌측)면을 이용하고 반출입 화물은 블록의 육측(우측)면을 이용한다.

On-Wheel 야드블록에 대한 동선은 ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑦번 동선을 이용하며 비규격 컨테이너 블록의 동선은 ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑧번을 이용한다.

<그림 5-11>

플로팅터미널 동선도

(7) 평면배치도

본 평면배치계획에서는 5장 1절에서 계획한 모든 요소들을 바탕으로 종합하여 도면으로 나타내었다.

최종 선정된 대체항만으로서의 플로팅터미널 평면배치 계획결과 모든 사항들을 고려하여 터미널 물류흐름을 위한 가장 적절한 평면배치계획을 설정하였다.

그 결과는 <그림 5-12>와 같이 나타난다.

4) 부지건설비 비교분석

(1) 비교분석의 전제조건

기존의 매립식 터미널과 선정된 플로팅터미널의 부지건설 비용을 단순히 비교하는 것은 무리가 있다.

그러므로, 본 연구에서는 보수적인 관점에서 매립식 터미널의 시설투자비용을 산정해서 항만외곽시설 및 상부시설, 하역장비 등을 제외한 순수 항만의 기능을 수행하는 데 필요로 하는 안벽, 야드 등의 기초시설물을 건설하기 위한 기존 매립식 터미널과 플로팅터미널의 부지건설 비용만을 비교한다.

부지건설비 비교분석은 다음과 같은 전제조건 하에 분석을 수행한다.

- 기존 매립식과 플로팅터미널 모두 연간 150만TEU를 처리하는 항만으로 가정
- 매립식 터미널의 지반개량공 비용은 보수적인 관점에서 산정
- 안벽길이에 대한 시설투자비를 분석
 - 매립식 : 에이프런 구간의 규모 1,400m×70m
 - 플로팅터미널 : 에이프런 구간의 규모 800m×70m×2EA

- 장치장에 대한 시설투자비를 분석
 - 매립식 : 야드의 규모 1,400m×332m
 - 플로팅터미널 : 야드의 규모 710m×685m
- 터미널의 넓이는 매립식 1,400m×600m, 플로팅터미널 850m×800m
- 순수 항만의 기능을 수행하는 데 필요로 하는 안벽, 야드 등의 기초시설물을 건설하기 위해서 필요로 하는 비용은 동일 기능을 수행하므로 같다고 가정
- 기존 매립식, 플로팅터미널의 하역시스템과 장비수량(C/C, RMGC, YT,기타), 건축, 전기 및 통신비용은 모두 동일하다고 간주

(2) 기존 매립식 터미널의 부지건설 비용

기존 매립식 터미널의 부지건설비를 산정하기 위해서 아시아지역의 대형항만을 대상으로 자료를 참조하여 산정하였다.

터미널의 직접공사비 항목은 안벽공, 기반개량공, 박지준설공, 급·배수공, 포장공, 부대공의 6가지 항목으로 구성된다.

매립식 터미널의 직접공사비에 해당하는 각 항목의 부지건설 비용은 다음과 같다.

안벽공 건설비용 1,900억원, 기반개량공 건설비용 1,895억원, 박지준설공 건설비용 40억원, 급·배수공 건설비용 82억원, 포장공 건설비용 349억원, 부대공 건설비용 638억원이며, 총 직접공사비는 4,904억원이다.

<표 5-9>

기존 매립식 터미널의 부지건설 비용

단위 : 억원

| 구격 | 수량 | 단위 | 금액 |
|-----------|----|----|-------|
| 1. 토목공사 | | | 4,904 |
| 1.1 안벽공 | 1 | 식 | 1,900 |
| 1.2 기반개량공 | 1 | 식 | 1,895 |
| 1.3 박지준설공 | 1 | 식 | 40 |
| 1.4 급·배수공 | 1 | 식 | 82 |
| 1.5 포장공 | 1 | 식 | 349 |
| 1.6 부대공 | 1 | 식 | 638 |

주 : 아시아 대형항만 자료 참조.

(3) 선정된 플로팅터미널의 부지건설 비용

선정된 플로팅터미널의 시설비용을 산정하기 위해서 해양시스템 안전연구소에서 작성한 “초대형 부유식 해상구조물 기술개발”을 참조하여 산정하였다.

터미널의 부지건설비 항목은 부유식 구조물, 계류장치, 항만시설, 연육교량시설, 부대비, 조사비, 평가 및 실험비, 수리 및 수치모형실험비의 8가지 항목으로 구성된다.

850m×800m의 부유식 구조물을 건설하기 위해서 소요되는 부지건설 비용의 각 항목은 다음과 같다.

부유식 구조물 4,897억원, 계류장치비 130억원, 항만시설비 609억원, 연육교량시설비(2차선, 폭 13m 강상형) 225억원, 부대비 293억원, 측량 및 지질조사비 3억원, 평가 및 실험비 4억원, 수리 및 수치모형실험 3억원으로 총공사비는 6,165억원이다.

<표 5-10>

선정된 플로팅터미널의 부지건설 비용

단위 : 억원

| 구 격 | 구 모 | 수 량 | 단 위 | 금 액 |
|---|---------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| 1) 부유식 컨테이너터미널 (재료 및 제작비 등 포함) | 850×800 | | | 6,165 4,897 |
| 2) 계류장치 jacket 제작(PILE 제작포함) 설치비 | 8기 | 1,960 8 | 톤 기 | 130 98 32 |
| 3) 항만시설 APRON YARD PARKING&STACKING AREA 방충재 및 곡주설치 | | 1,120 4,864 710 1 | a a a 식 | 609 101 438 64 7 |
| 4) 연육교량시설 (2차선, 폭 13M, 강상형) | | 500 | m | 225 |
| 5) 부대비 | 5% | 1 | 식 | 293 |
| 6) 조사비 측량조사 (지형 및 수심지탐) 지질조사 | | 1 1 50 | 식 식 공 | 3 0.5 2.5 |
| 7) 평가 및 실험 환경영향평가 교통영향평가 | | 1 1 1 | 식 식 식 | 4 2.5 1.5 |
| 8) 수리 및 수치모형실험 | | 1 | 식 | 3 |

자료 : 해양시스템 안전연구소, 「초대형 부유식 해상구조물 기술개발」, 2002. 12.

주 : 부대비는 1), 2), 3), 4)항목합의 5%로 산정

(4) 비교분석

① 부지건설비 비교 분석

항만의 건설을 위해서는 토목, 건축, 전기 등의 핵심부분이 유기적으로 결합되어 터미널의 기능을 수행할 수 있는 구조물을 건설할 수 있다. 일반적으로 건축, 전기에 소요되는 투자비용은 터미널의 규모와 비례하는 특성이 있다. 그러나, 토목의 경우는 지반 및 수심에 많은 영향을 받아서 투입되는 시설투자비용을 예측하기 어려운 특성이 있다.

따라서, 기존의 매립식 터미널과 선정된 플로팅터미널의 부지건설 비용을 단순히 비교하는 것은 무리가 있다.

그러므로, 본 연구에서는 보수적인 관점에서 매립식 터미널의 부지건설 비용을 산정해서 항만외곽시설 및 상부시설, 하역장비 등을 제외한 순수 항만의 기능을 수행하는 데 필요로 하는 안벽, 야드 등의 기초시설물을 건설하기 위한 기존 매립식 터미널과 플로팅터미널의 부지건설 비용만을 비교하였다.

이에 따라 150만TEU를 처리하는 매립식 터미널과 플로팅터미널의 부지건설 비용을 산출한 결과 매립식 터미널은 약 4,904억원이 소요되며, 플로팅터미널은 6,165억원이 소요되는 것으로 나타났다.

결론적으로 부지건설 비용 측면에서 150만TEU의 물동량을 처리하는 항만을 건설함에 있어 1,400m×600m의 매립식 터미널이 850m×800m의 플로팅터미널보다 1,261억원 저렴한 것으로 산정되었다.

② 실용화시 장·단점 비교 분석

부지건설비 비교분석 결과 플로팅터미널이 기존터미널에 비해 1천 5억원 더 소요되는 것으로 나타났다.

부지건설비 측면만을 보았을 때 현재의 매립식터미널이 플로팅터미널보다 유리하나 초대형선의 대응측면에서 살펴보면 플로팅터미널이 1만 2천TEU급 초대형선이 동시에 4척 접안하여 동일한 서비스가 가능하고 서비스 측면에서도 24시간 이내 처리 가능한 시스템을 보유하고 있는 장점이 있다.

이는 향후 10년 이내 1만 2천TEU 이상의 선박이 대표선형으로 운항될 경우 플로팅터미널이 현재 매립식 터미널을 대체할 수 있는 가장 적절한 대안을 가진 유일한 대체터미널이라 볼 수 있다.

또한 국내의 매립가능한 항만 지역이 모두 소진되었을 경우와 항만이 필요한

지역이지만 매립식 항만이 건설될 수 없는 지역에 대체항만으로서 운영될 수 있는 장점을 가지고 있다.

<표 5-11>

기존터미널과 플로팅터미널의 특성 비교

| 구분 | 기존터미널 | 플로팅터미널 |
|----|---|---|
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> · 플로팅터미널에 비해 부지건설비 경제적(수십 17m시) · 기술적 신뢰성 · 운영성 확보 | <ul style="list-style-type: none"> · 비매립식 항만건설 가능 · 1만 2천TEU급 동시 4척 접안 및 서비스 가능 · 1만 2천TEU급 이상 선박에 대해 24시간 이내 처리 가능 · 이동, 확장, 제거, 증설이 용이 · 건설 공해가 없으며 친환경적 · 항만건설시 매립토 문제에 무관 |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> · 지반의 영향, 침하의 영향을 많이 받음 · 여러척의 초대형선에 대한 동시서비스 불가 · 1만 2천TEU급 이상 선박에 대한 동시 서비스 불가능 (2척이상) · 1만 2천TEU급 선박에 대해 24시간이내 서비스 불가능 (32시간 소요) | <ul style="list-style-type: none"> · 기존 매립식보다 많은 부지건설 소요(1,261억원) |

5) 적용방안 분석

적용방안 분석에서는 플로팅터미널의 운용 가능한 최적의 입지조건을 분석하고 국내에 적용 가능여부를 판단해 본다. 그러나 국내의 적용여부에 대한 조사는 상세한 해역조사를 통해 판단을 해야 할 것으로 생각되며 차후 플로팅터미널에 대한 R&D 과제에서 세부적인 적용에 대한 심도 있는 분석이 이루어져야 할 것이다.

(1) 플로팅터미널의 운용 가능한 최적의 입지조건 분석

① 자연적 조건

플로팅터미널이 원활하게 운영되기 위해서는 플로팅터미널이 외부 환경에 제약을 받지 않는 것이 가장 좋다.

따라서 플로팅터미널이 운영되기 위한 최적의 자연적 조건을 가진 지역을 찾기 쉽지 않다.

양호한 자연적 조건을 갖추지 못한다면 플로팅터미널을 운영하는 데 외부 환경 변화에 영향을 덜 받기 위해서는 환경변화를 차단할 수 있는 인공시설이 설치되어야 하며 그에 따른 투자에 많은 비용이 소요될 것이다.

플로팅터미널의 설치를 위한 자연적 최적 조건을 분석하면 다음과 같다.

- 수심이 깊은 곳 : 수심이 깊을수록 매립식항만보다 플로팅터미널이 상대적으로 경제성이 우수(20m 이상)하기 때문에 건설하기에 최적의 조건을 가지고 있다.
- 자연적으로 정온화되어 있는 지역 : 일반적으로 파고가 통상 2.5m 이내, 태풍시 4.5m 이내이고 풍속이 통상 25m/sec, 태풍시 50m/sec 이내로 정온화되어 있는 지역은 부유구조물이 설치 가능하나 부유구조물 위 상부 항만시설의 작업을 위해서는 부유구조물에 대한 파고가 일반적인 컨테이너터미널의 운영과 비슷한 설계파고 1.4m 이내를 유지할 수 있는 지역이면 가능하다.

② 인공적 조건

일반적으로 플로팅구조물을 설치하기에 자연적으로 조건을 만족하는 지역을 찾기란 매우 어렵다. 따라서 인공적으로 플로팅터미널을 원활하게 운영하기 위한 시설물들을 필요로 하는데 이는 다음과 같다.

- 계류장치 설치 : 플로팅터미널의 상·하, 좌·우 운동을 방지하기 위한 시설로서 플로팅터미널의 규모에 따라 계류장치의 소요 개소는 달라지며 계류장치의 설치로 인해 구조물의 상·하운동을 5~10cm로 제한하고, 좌·우 운동을 제어할 수 있게 된다.
- 방파제 설치 : 자연적인 조건을 만족하지 못하는 지역에서 플로팅터미널의 파고와 풍속에 대처하기 위하여 방파제의 설치가 필수적인데, 방파제를 설치하게 되면 파고가 통상 0.5m 이내, 태풍시 1.0m 이내로 줄어들게 된다.

(2) 국내 적용 가능여부 분석²⁹⁾

국내 적용 가능여부 분석에서는 앞의 내용 중 국내 해안의 특성, 해안별 항만시설물의 설계 특성, 플로팅터미널 건설 적지 등을 기술하였으나 이는 해안별로 특성과 적용여부를 검토하였으며 세부적인 지역검토는 차후 초대형 컨테이너선을 위한

29) 임진수외, 「부유구조물을 이용한 해상항만 개발 타당성 검토」, 한국해양수산개발원, 1997. 11.

항만개발 검토시 세부적으로 분석 검토를 수행한 후 최적 적지를 정하도록 한다.

① 해안별 특성

가. 동해안의 특성

- 해안선이 단조롭고 해저지형은 급경사를 이루고 있으며 배후지가 좁다.
- 해저지질은 사질로 이루어져 있으며 기반암이 얇게 분포되어 있다.
- 조차가 약 0.2~1.0m로 작으며 조류속 역시 미약하다.
- 지형적으로 수심이 깊고 외해에 직접 노출되어 있어 긴 대안거리를 가지고, 높은 파고와 긴 주기의 심해파($H1/3=7\sim 8m$, $T=12\sim 14sec$ 정도)의 영향을 받고 있는데, 이 파랑은 동계의 북동계절풍과 태풍에 의하여 발생되며 주 풍향은 북동 및 남동 방향이다.

나. 서해안의 특성

- 해안선이 굴곡이 심한 리아스식 해안으로 많은 섬들이 산재해 있고 해저지형이 매우 완만하다.
- 해저지질은 연약한 해성퇴적층이 두텁게 분포되어 있으며, 그 아래에 풍화암이 분포되어 있는 경우가 많다.
- 조차는 매우 커 지역에 따라 4.0~9.0m에 이르며 이로 인한 조류속 또한 다른 해안에 비하여 큰 3~4knot를 나타낸다.
- 서해안은 북서계절풍에 의해서 발생하는 파랑의 영향을 주로 받는데 대부분의 항만들은 크고 작은 섬들로 둘러싸여 짧은 대안거리를 갖고 있어 비교적 낮은 파고와 짧은 주기($H1/3=3\sim 4m$, $T=6sec$ 정도)의 파랑에 의한 영향을 받고 있다.

다. 남해안의 특성

- 해안선은 굴곡이 심하고 많은 섬들로 인하여 다도해를 이루고 있으며, 서해안에 비하면 해저지형은 급한 편이다.
- 해저에 암반이 많으나 지역에 따라서는 두터운 연약층이 분포하기도 한다.
- 조차는 지역에 따라 1.0~4.0m 정도이며 조류속은 대략 1~2knot 정도이다.
- 남해안은 태평양에 노출되어 있어 심해로부터 태풍에 의한 파랑이 내습하므로 높은 파고와 긴 주기($H1/3=7\sim 9m$, $T=13\sim 15sec$ 정도)의 심해파 영향을 받고 있다.

② 항만시설물의 계획, 설계 및 시공

가. 동해안

동해안은 파랑이 크고 지형이 단조로와 방파제와 같은 외곽시설이 가장 중요한 시설이며, 항로와 수심의 확보에 따른 문제점은 없다. 항만계획시 포항항, 북평항과 같이 방파제 설치에 따른 공사비를 최소화하기 위하여 굴입식 단면을 채택하는 것이 유리할 경우도 있다. 또한 해저지질은 대부분이 사지토로 파랑에 의한 토사의 이동문제를 특별히 고려하여야 하며, 세굴(洗掘, scour)로 인한 구조물의 안정에 유의하여야 한다. 한편 시공시 내습한 파랑으로 인한 피해에 대비하여 안전한 시공이 이루어질 수 있도록 계획을 수립하여야 하는데 해상장비는 가급적 큰 것으로 준비하여 해상작업시간이 최소화되도록 하여야 한다.

나. 서해안

서해안의 경우 파랑은 작지만 조차가 크고 조류속이 크며, 두터운 연약 지반을 이루고 있기 때문에 외곽시설보다는 접안시설에 더 큰 비중을 두어야 한다. 이러한 자연조건 때문에 하역능력이 저하되므로 인천항과 같이 외곽시설로 갑문을 계획하기도 한다. 또한 지리적인 여건으로 항로계획에도 유의하여야 하며 연약지반상에 축조된 구조물의 기초부에 대해서는 세굴에 대한 대책도 수립하여야 한다. 시공계획의 수립시에는 조수의 간만차를 충분히 고려하여야 하며, 북서계절풍이 강하게 작용하는 겨울철의 시공은 가능한 한 피하는 것이 좋다

다. 남해안

남해안의 경우는 동해안과 마찬가지로 파랑이 커서 외곽시설의 비중이 크므로 가능한 한 굴곡이 있는 지형을 적절히 이용하여 외곽시설에 대한 비중을 줄이도록 하여야 한다. 또한 작은 섬들이 많이 산재해 있어 항로계획에도 주의를 기울여야 한다. 남해안에서는 태풍 내습기인 8~9월을 피하도록 하여 시공계획을 세워야 하는데, 콘크리트 공중을 제외하고는 대부분 겨울철에도 시공이 가능하다는 유리한 점도 있다.

③ 국내 플로팅터미널 건설적지 비교, 검토

가. 동해안

일반적으로 파랑이 크고 조차가 작으며 수심이 깊은 특성을 보이고 있다. 높은

파랑으로부터 항내를 보호해 줄 외곽시설이 절대적으로 필요한데, 이에 소요되는 높은 공사비를 고려하지 않는다면 조차가 작은 장점이 있어 지리적으로 유리한 여건을 갖추고 있다. 조차가 작아 부유구조물을 이용한 해상항만을 건설하기에 적당하다고 판단되나 강원도 지역과 경상북도 지역은 발생화물량도 적고, 고속도로와 철도 등 기간 교통망의 구축도 미비하여 현실적으로 대규모의 플로팅터미널로 개발하기에는 어려움이 있어 기존 항만에 대한 보조기능으로서의 사용이 적합하다고 판단된다.

나. 서해안

파랑은 작으나 조차가 매우 크며 상대적으로 얕은 수심과 완만한 해저구배를 보이고 있다. 큰 조차로 인하여 항내로 선박이 출입하기에 조수대기를 겪는 등 어려움이 있으며 높은 수위변동으로 인하여 하역작업도 용이하지 않은 현실이다. 이와 같은 이유로 큰 규모의 항만들은 갑문시설을 필요로 하고 있다. 서해안에서 부유구조물을 이용한 해상항만은 큰 조차에도 불구하고 선박과 구조물이 수위변동에 따라 같이 거동함으로써 하역사이클이 일정한 장점이 있다. 그러나 해저구배가 매우 완만하고 조위차가 심하여 정온한 항내 수역을 유지하려면 방파제가 상당히 멀리 외해측으로 뻗어 나가게 되어 공사비가 증가되고 육지쪽에서의 이격거리도 멀어져 안벽과의 접근성이 떨어지는 큰 단점이 있어 매우 불리한 여건이라고 판단된다.

다. 남해안

일반적으로 조차는 동해안과 서해안의 평균치를 보이며 태풍으로 인하여 높은 파고가 출현한다. 크고 작은 섬들이 산재해 있어 항로계획에 주의를 요한다. 해안의 돌출부로부터 외곽시설을 축조하는 등 지형을 적절히 이용하고 섬으로 태풍의 영향을 차폐시킬 수 있는 위치를 선정하면 공사비를 절감할 수 있는 안전한 항만을 계획할 수 있다.

남해안은 비교적 기간 교통망에 대한 접근성도 좋고 발생물동량도 많아 지속적인 항만개발이 필요하므로, 기존항만의 보조기능이나 신규항만에 대한 대체항만으로 플로팅구조물을 이용하기에 적합할 것으로 판단된다.

이상과 같이 어느 정도의 시공상의 문제점과 건설비용의 차이는 있지만, 모든 해역에 해상항만의 적용이 가능하다고 판단된다. 특히 남해안은 높은 파고에도 불구하고 적절한 수심과 해저구배를 나타내고 있으며 크고 작은 섬들로 인한 외해로부터의 차폐성을 고려하여 볼 때, 항만개발계획 등을 배제하고 단순히 플로팅터미널

건설후보지로서 고려하자면 삼면의 바다 중 가장 알맞은 적지로 생각된다. 그러나 플로팅터미널을 건설할 후보지에 대한 검토는 전국항만기본계획과 국내외 물동량 추이, 세부적 주변환경 여건 등을 종합적으로 고려하고 해상항만의 건설규모도 적절히 감안하여 이루어져야 하므로 보다 깊이 있는 검토가 차후 이루어져야 할 것이다.

6) 확장방안 분석

본 절에서는 최종 선정된 B-1타입 플로팅터미널의 확장방안에 대하여 분석해보기로 한다.

기존 1차 선정 후 대안으로 제시된 B-1타입과 확장타입의 항만은 기술적, 물류/운영적 기준으로 판단했을 때 개발가능성과 물류흐름, 운영적 측면에서 모두 동일한 형태를 가진다.

따라서 최종 대안 선정에 있어 확장타입의 경우 B-1타입과 동일한 물류흐름과 운영방식을 가지고 있기 때문에 최종 대안 선정 형태에서 제외를 하였다. 다만 규모의 경제 측면에서 B-1타입에 비해 처리물량당 투자비가 적게 소요될 것으로 판단되어 본 절에서 B-1타입을 확장타입으로 확장시 발생되는 이점을 분석해 보았다.

<그림 5-13>의 좌측은 최종안으로 선정된 B-1타입의 기본안이고 우측은 B-1타입의 안벽길이를 2배 증가시킨 확장안이다.

기본안의 처리능력은 연간 150만TEU, 4 berth 1 operation 터미널이고, 확장안은 기본안의 처리능력을 2배 증가시킨 300만TEU, 8 berth 1 operation 터미널이다.

<그림 5-13>

플로팅터미널 기본안과 확장안

(1) 확장시 장점 분석

① 가용 야드면적의 증가

B-1타입의 기본안에서 확장하였을 경우 <그림 5-13>에 나타나듯이 하나의 터미널을 운영하는 데 소요되는 시설물의 면적은 동일하다.

따라서 확장안의 경우 기본적인 시설물 영역은 기본안과 동일하나 야드의 면적은 기본안에 비해 2배의 면적이 아닌 2.168배의 면적 증가가 이루어졌다. 따라서 이는 확장안이 기본안에 비해 116.8%의 야드확보가 더 가능하다고 볼 수 있다.

이를 바꾸어 말한다면 확장안의 안벽에서 처리량이 325만TEU까지 늘어난다 해도 야드에서 이를 처리가능토록 계획을 수립할 수 있다는 의미이다.

이는 규모의 경제 측면에서 플로팅터미널이 제작 가능한 한 규모가 클수록 더욱 많은 이익을 발생시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

② 방파제 설치 길이의 감소

플로팅터미널을 설치·운영하기 위해서는 방파제가 필수적인데 기본안과 확장안을 비교하였을 경우 확장안이 기본안에 비해 안벽길이는 2배, 야드의 면적은 2.168배 늘었으나 방파제의 소요길이는 2배로 늘어나지 않고 2배보다 작게 된다.

이는 플로팅터미널 좌·우측면의 방파제 길이는 동일하나 상·하면의 방파제 길이에서 확장안이 기본안에 비해 2배 늘어나기 때문에 전체적으로 방파제의 길이는 터미널의 규모를 2배 늘리게 되면 2배 이하로 줄게 되는 것이다.

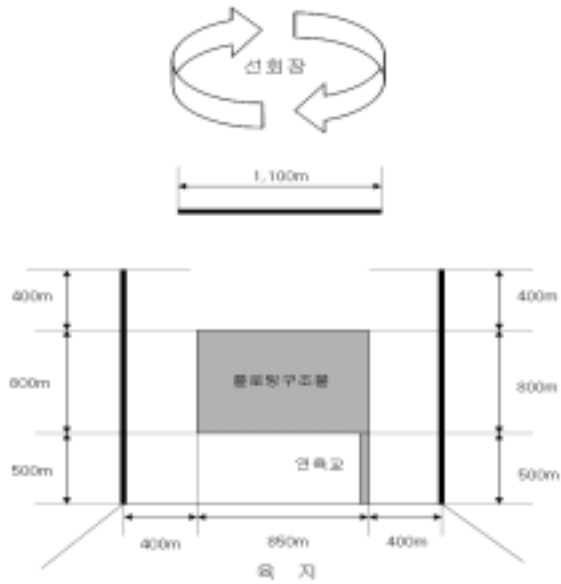
아래 <그림 5-14>를 살펴보면 기본안은 4,500m의 방파제 길이를 필요로 하며 확장안은 6,100m의 방파제 길이를 필요로 한다.

따라서 가용 야드면적의 검토와 방파제 설치길이를 검토해 보았을 경우 기본안에 대해 가능하다면 확장하는 방안이 경제적으로도 이익이 될 것으로 나타난다.

그러나 이러한 확장안은 대규모의 초대형 항만으로서 국내의 전반적인 물동량 예측, 장래의 선석계획과 더불어 모든 요소들을 종합적으로 검토해야 하므로 세부적인 추가 연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

<그림 5-14>

플로팅터미널 방파제 설치(기본안)



<그림 5-15>

플로팅터미널 방파제 설치(확장안)

(2) 확장타입의 마스터플랜

① 확장타입(8선석 규모 : 1,600m×850m)의 시설규모

확장타입은 안벽길이 3,200m로서 B-1타입 컨테이너터미널의 2배 안벽규모를 가지고 있다. 플로팅터미널의 규모는 1,600m×850m이며 상하측 2면을 안벽으로 활용하여 접안하고 있는 형태이다.

확장타입의 개발규모 산출에 적용된 터미널의 규모 산출 조건은 선석당 처리능력, 장치일수, 피크계수, 평균단적수 등을 고려하였으며 세부사항은 <표 5-12>과 같다.

<표 5-12>

터미널 규모 산출 조건

| 구분 | 내용 | 비고 |
|------------|------------|-----------------------------------|
| 선석당 처리능력 | 375,000TEU | · 광양항의 2011년 처리가능 물동량과 동일 |
| TEU/Box 비율 | 1.6 | |
| 피크계수 | 1.2 | |
| 최대단적수 | 5단적 | · 적용은 평균 단적수를 적용 · 일반 하역시스템 적용 |

터미널 규모 산출조건에 따른 전체의 터미널 길이는 850m로 산출되었으며 전체 300만TEU를 처리하기 위한 야드의 소요TGS는 25,998TGS로서 그 규모를 산출해보면 소요규모는 485m×710m로 나타났다. 본 야드에는 터미널에서 취급될 수 있는 대부분의 종류별 컨테이너를 모두 취급할 수 있는 공간을 포함하고 있으며 710m×115m의 공간에 종류별 빌딩 및 각종 지원시설들을 설치하는 공간으로 설정하였다.

확장타입의 규모와 시설현황은 <표 5-13>과 같다.

<표 5-13>

플로팅 컨테이너터미널의 시설규모(확장타입)

| 구분 | 내용 | 특징 |
|---------|----------------|--|
| 터미널 규모 | 1,600m×800m | · C/C : 24대(22열) |
| 안벽길이 | 3,200m | · 12,000TEU급 8선석 동시 접안 가능 |
| 에이프런 규모 | 1,600m×70m×2EA | |
| 야드 규모 | 1,485m×710m | · 수출입 적·공, 냉동, 위험물 컨테이너 야드 |
| 시설물 규모 | 710m×115m | · 운영빌딩, 유지보수 빌딩, 근로자빌딩, 세척 시설, 주차장 등 대부분의 시설물 포함 |

플로팅 확장 컨테이너터미널의 개발 평면도는 다음 <그림 5-16>과 같다.

<그림 5-16>

플로팅 컨테이너터미널 개발 평면도(확장타입)

② 마스터플랜

확장타입의 경우 B-1타입의 확장형태로 모든 하역시스템의 구성은 동일하다. 따라서 하역시스템과 영역의 구성 및 적용장비, 동선체계도 모두 동일하다.

또한 대규모의 컨테이너터미널 건설이기 때문에 규모의 경제적 측면에서 B-1타입에 비해 유리하고 8berth 1termianl의 운영이기 때문에 시설물을 제외한 순 야드 면적으로 이용할 수 있는 터미널의 공간이 다른 형태에 비해 늘어난다.

가. 하역시스템

확장타입의 하역시스템은 B-1타입과 동일하게 C/C-YT-RMGC시스템을 적용하였다.

나. 영역의 구성 및 적용장비

가) 에이프린 영역

확장타입의 경우 에이프린 영역은 플로팅터미널 상하측에 선박이 접안하는 형

태로서 길이는 1,600m, 각각의 폭이 70m로 설정되었다.

에이프런은 안벽법선과 크레인 해측 레일 간의 폭 3m, 야드트럭의 작업영역을 포함하는 크레인 레일스팬 30.5m, 해치커버 적재 및 여유공간을 위한 크레인 백리치 공간 21m, 에이프런 도로 및 조명탑 설치공간 15.5m로 구성된다.

사용장비로는 C/C, YT가 있다. C/C의 경우 본 플로팅터미널에서 대상으로 하는 선박은 1만 2천TEU급으로서 최대 22열이 적재 가능하기 때문에 B-1타입 C/C의 아웃리치는 22열로 설정한다.

또한 플로팅터미널의 경우 하부구조물의 크기가 커질수록 투자비가 많이 증가하기 때문에 가능한 구조물의 폭을 감소시키기 위하여 레일스팬의 폭이 기존 컨테이너터미널과 동일하면서도 초대형선의 서비스 수준을 만족시킬 수 있도록 레일스팬 폭은 30.5m, 총시간당 처리개수 50개 이상의 생산성을 낼 수 있는 슈퍼테이너를 적용하는 것으로 구상하였다.

또한 한 면에 4대의 선박이 접안하고 12대의 C/C가 작업하기 때문에 C/C의 호환성이나 이용률이 B-1타입에 비하여 높아지게 된다.

나) 야드영역

확장타입의 경우 야드영역은 크게 2부분으로 나누어 각각 상하측 4선씩을 담당토록 하여 야드운영의 안정성을 높였으며 안벽길이 1,600m, 야드깊이 600m 규모의 기존 매립식 컨테이너터미널 2개를 동시에 운영하는 형태이다.

확장타입은 각각 선석의 전면부에 수출 및 환적 컨테이너를 장치하고 후면부에 수입컨테이너를 장치하는 형태로서 구조물의 중앙에 십자형으로 양방향의 메인도로 설치하여 야드로의 접근을 용이하게 하는 형태이다.

적용장비는 원격제어의 RMGC를 기본으로 하되 부유구조물의 흔들림과 제어기술을 적용하여야 할 것으로 판단된다.

야드까지의 이송장비는 야드트럭을 적용하며 캔틸레버타입의 RMGC와 연계된다.

다) 시설물영역

터미널 내 시설물 영역은 2절에서도 언급하였듯이 운영빌딩, 유지보수 빌딩, 근로자빌딩, 세척시설, 주차장 등이 포함되며 가능하면 기존 내륙의 컨테이너터미널과는 달리 조경 및 불필요한 공간을 제거하고 최소한의 필요공간만을 설치하는 것이 경제적인 것으로 판단된다.

라) 철송영역

철송영역은 터미널 내 화차가 진입할 수 있는 트랙 및 선팅야드를 포함한 철송 시설을 설치하여야 하나 플로팅터미널의 경우 내부에 철송시설을 설치하는 것은 물리적으로 불가능하며 필요하다면 내륙측에 철송시설을 설치하는 것이 바람직하다.

마) 게이트영역

통상 게이트영역의 경우 게이트 콤플렉스와 더불어 진출입 대기공간을 필요로 하며 약 1만㎡(진출입 9개 레인 규모의 경우) 이상의 면적을 필요로 한다.

플로팅터미널의 경우 플로팅터미널 내 또는 외부 내륙측에 게이트를 설치할 수 있으나 플로팅터미널의 내부 배치형태나 운영특성에 따라 설치를 고려하는 것이 바람직하다.

다. 물류흐름 및 동선체계

위에서 언급한 하역시스템 및 적용장비에 따른 터미널의 물류흐름은 다음과 같다.

확장타입의 경우 각 섹션 전면에 수출 컨테이너와 환적 컨테이너를 배치하고 섹션 후면에 수입 컨테이너를 배치하여 운영토록 한다.

확장타입의 컨테이너의 운송경로 및 연계장소와 장비는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

본선 컨테이너는 안벽측 C/C의 레일스팬 작업로, 각 주행로(①, ②, ④, ⑤, ⑦, ⑧, ⑨, ⑩, ⑪), 야드작업로(⑥)를 이용하여 순환하는 형태를 가지고 있다.

반출입 컨테이너는 터미널의 블록 내의 모든 주행로(①, ②, ③, ④, ⑤, ⑦, ⑧, ⑨, ⑩, ⑪), 야드작업로(⑥)와 에이프런측 후면 주행로를 이용하여 운송된다.

화물별 연계장비와 연계장소는 다음과 같이 나타난다.

○ 수입 컨테이너

선박→C/C→YT→RMGC(원격)→수입컨야드→RMGC(원격)→외부트럭→게이트

○ 환적 컨테이너

선박→C/C→YT→RMGC(원격)→환적컨야드→RMGC(원격)→YT→C/C→선박

○ 수출 컨테이너

게이트→외부트럭→RMGC(원격)→수출컨야드→RMGC(원격)→YT→C/C
→선박

확장타입의 경우 크게 8개의 섹션으로 나누어 1개의 섹션이 1선석을 담당하도록 구상하였으며 수직방향의 양방통행(①, ②, ④, ⑤, ⑦, ⑧, ⑩, ⑪), 수평방향의 양방통행(③, ⑨)을 주어 터미널 내 이송차량의 흐름을 원활하게 하였다.

그러나 터미널의 규모가 거대하여 ③, ⑨의 양방통행만으로는 야드트럭과 외부트럭의 수직방향 이송거리가 늘어날 수밖에 없어 각 섹션의 중앙에 수평방향으로의 양방통행 주행로를 하나씩 더 설치해야 할 것으로 판단된다.

결과적으로 확장타입 플로팅터미널의 경우 물류흐름적 측면에서 비효율적이거나 불리한 점은 없는 것으로 판단이 되며 대규모적인 컨테이너터미널 건설을 위해서는 가장 유리한 형태라 할 수 있다.

<그림 5-17>

확장타입의 동선흐름도

2. 보조항만으로서의 플로팅터미널

1) 양현하역기능 플로팅터미널

(1) 개요

3장에서 제시된 C-2(400m×70m×5m)타입의 플로팅터미널은 초대형선 서비스에 대비하여 안벽하역 기능을 통해 생산성을 향상시키기 위해 제시된 형태이다. 현재 운영중인 항만에서는 기존의 장비와 하역시스템을 사용할 경우 저생산성으로 인하여 초대형선의 서비스가 불가능한 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안은 항만을 새로 건설하거나 기존의 항만을 리모델링하는 방법이 존재한다.

현재 가동 중인 항만에서 검증된 기술인 양현하역기술을 사용하기 위해서는 기존의 안벽을 전면 개조해야 한다. 이러한 경우 공사기간동안 터미널의 운영중단과 새로운 장비의 추가 투입, 안벽시설 구조변화에 따른 장치장의 변화 등이 발생하므로 엄청난 기회비용을 상실하게 된다.

즉 양현하역기능의 플로팅터미널을 건설하는 경우, 건조된 부유구조물을 기존 안벽에 설치하는 방식이므로 기존 안벽의 시설 유지와 터미널을 정상적으로 운영하면서 안벽하역생산성을 향상시킬 수 있는 대안이 될 수 있다.

초대형선인 1만 2천TEU급을 24시간 내에 처리하기 위한 안벽에서의 요구생산성은 208개이다. 기존 항만의 경우 안벽하역장비의 작업공간 제약의 문제로 인하여 투입가능 C/C는 6대이며, 시간당 선석당 처리가능 작업수는 150개이고, 이 경우 초대형선의 작업시간은 34시간이 소요된다. 플로팅터미널의 경우 최대 9대의 C/C가 투입가능하며 처리가능 작업수는 225개로서 22시간 내에 초대형선 처리가 가능하다.

<표 5-14>

기존항만과 양현하역기능 플로팅터미널의 생산성 비교

| 구분 | 기존항만 | 양현하역 플로팅터미널 |
|-------------------------|-----------|-------------|
| 대상 선박 | 12,000TEU | 12,000TEU |
| 최대 작업가능 C/C 대수 | 6 | 9 |
| 선석당 요구생산성 (24시간내 처리) | 208개 | 208개 |
| 선석당 작업생산성 | 150개 | 225개 |
| 12,000 TEU 처리시간 | 34시간 | 22시간 |

(2) 개발형태, 규모, 구성요소 및 요구기술

개발형태 및 규모에서는 양현하역기능의 플로팅터미널의 개발형태와 규모를 확정하고 선정 타입에 적합한 상부시설에 대한 하드웨어적 구성요소, 요구기술을 제시한다.

① 개발형태 및 규모

C-2타입의 양현하역기능 플로팅터미널의 개발형태는 기존의 안벽과 안벽하역장비를 이용해서 최대로 처리할 수 있는 1만 2천TEU급 선박을 서비스할 수 있는 형태가 되어야 한다.

부상형 상자모양의 구조물로서 초대형선이 안벽과 부유구조물 사이에 접안할 수 있도록 설치되어야 하며, 기존 안벽과의 연계를 위해 수위편차를 조절할 수 있는 연육교가 설치되어야 한다. 또한 부유구조물 상부에는 양현하역 작업이 가능한 C/C를 설치하여야 한다.

C-2타입의 규모로는 1만 2천TEU급 선박의 접안 및 서비스가 가능하도록 400m의 길이와 22열의 C/C가 설치되어야 하므로 최소 에이프런 폭은 70m가 소요된다. 그러므로 C-2타입의 양현하역기능의 플로팅터미널은 400m×70m×5m의 부유구조물에 육상과 연계를 위한 60m의 연육교가 필요하다. 기존의 항만에 부유구조물을 설치하는 경우이므로 별도 방파제의 추가설치는 필요 없다.

② 선정 타입의 구성요소 및 요구기술

C-2타입이 항만으로서의 완전한 기능을 가지기 위해서는 다음과 같은 구성요소가 필요하다.

기반시설로는 기존항만의 부지역할을 수행하는 400m×70m×5m 규모의 플로팅 구조물, 플로팅터미널을 안정화시키는 계류장치와 육상과의 연계를 위한 연육교 등이 있다.

상부시설로서 양현하역이 가능한 충돌방지시스템이 탑재된 C/C 4대가 필요하다. 양현하역기능의 플로팅터미널은 기존 안벽에 설치하게 되므로 기존 시설의 변경은 발생하지 않는다. 다만 부유구조물에 설치된 C/C와의 작업을 위한 이송장비 YT가 필요하다.

(3) 플로팅터미널 선정안의 마스터플랜

양현하역기능 플로팅터미널의 마스터플랜에서는 크게 플로팅터미널의 기능과

규모, 로지스틱스, 동선계획을 살펴보고 이에 대한 최종 평면배치계획을 제시한다.

① C-2타입 플로팅터미널 로지스틱스와 하역시스템

양현하역기능의 플로팅터미널의 하역시스템은 건설된 항만시설에 안벽기능의 부유구조물을 추가로 설치하는 경우이므로 사용 중인 하역시스템의 변화는 발생하지 않는다. 즉 기존의 장치장 장비와 이송장비의 사용이 가능하고 플로팅터미널에 추가로 설치된 C/C를 보조할 수 있는 이송장비의 추가 투입이 필요하다

② 선정된 플로팅터미널의 소요장비 분석

양현하역 작업을 수행하기 위한 안벽하역장비는 선박에 최대 9기의 안벽하역장비를 투입해야 하므로 안벽하역장비 간 충돌을 회피할 수 있는 시스템이 탑재된 안벽하역장비여야 한다. 충돌방지시스템이 장착된 C/C의 주요 사양은 다음과 같다.

<표 5-15>

양현하역시스템 C/C의 주요 사양

| 항 목 | 사 양 |
|-------------------------------|--|
| 1. 해측 도달거리(Outreach) | 최소 61.0m 이상 |
| 2. 육측 도달거리(Backreach) | 최소 15.0m 이상 |
| 3. 주행레일 간격 | 30.5m |
| 4. 포털 빔(Portal beam) 하부 통과 높이 | 최소 17m |
| 5. 속도 1) 권상 2) 횡행 | 최소 100m/min 이상(부하시) 최소 250m/min 이상(부하시) |

③ 플로팅터미널의 영역별 구성, 기능 및 규모

C-2타입 플로팅터미널의 안벽영역(에이프런 영역)은 1만 2천TEU급 선박이 입항하여 원활한 양적하 작업이 가능하도록 설계되어야 하며, 개발규모는 안벽길이 400m, 부유구조물 폭은 70m이다.

안벽의 수심은 최대 1만 2천TEU급 선박을 대상으로 운영하기 때문에 DL(-)17m로 설정하였다.

일반적으로 안벽법선과 해측 레일 간의 거리는 선박의 기울어짐, C/C 유지보수

를 위한 공간 등으로 활용되어 3.0m로 설정하였다.

C/C의 레일스팬영역은 30.5m로서 YT 주행 및 작업로와 C/C와의 여유공간 등으로 구성된다. YT의 주행로는 기본적으로 C/C 레일스팬 내부에 위치하며 YT의 주행로로 1레인의 폭이 4.5m인 6차선을 운영, 좌우 여유공간을 3.5m 설정하였다.

백리치의 거리는 크레인 레그와의 여유폭, 해치커버를 위한 확보공간, 여유 작업레인 및 기타차량을 위한 공간을 포함하여 총 21.0m로 설정하였다.

YT의 주행영역은 YT가 컨테이너를 적재하고 야드로 이동하거나 본선으로 이동하는 구간으로서 가장 많은 이동이 발생하는 공간이며 C/C의 백리치부터 컨테이너 첫 블록 시작점까지의 공간을 의미한다.

백리치에서 야드까지의 YT 주행공간을 왕복 2차선으로 구성된다고 보았을 때 주행로 8m(트럭폭+여유공간=4m, 왕복 2차선), 여유공간 7.5m의 폭으로 설정되었다.

상기 모든 요소들을 고려하여 보았을 때 소요되는 에이프런의 폭은 총 70m로 설정되었다.

<그림 5-18>

양현하역기능 플로팅터미널의 안벽영역 단면도

<그림 5-19>

양현하역기능 플로팅터미널의 안벽영역 동선계획도**(4) 국내 적용방안****① 환경적 위치 분석**

양현하역기능의 보조항만은 신규로 터미널을 건설하는 경우나 기존 항만에 적용하는 경우나 외부 환경적인 요인으로부터 터미널을 안정화시키기 위하여 방파제를 사용하여 정온화시킨다. 그러므로 자연적, 인공적 입지조건에의 분석은 보조항만의 설치에는 크게 영향을 미치지 않는다.

② 항만 기능적 위치 분석

양현하역기능의 플로팅터미널은 초대형선 처리를 위해 생산성을 향상시키는 방안으로서 기존의 운영 중인 대형항만이나 대형항만 기능을 수행하기 위해 건설 중인 터미널에 설치하는 것이 바람직하다. 국내의 경우 초대형선의 접안이 가능한 항만인 부산항의 자성대, 감만, 신감만, 신선대와 건설 중인 부산신항만과 광양항에 설치가 가능할 것으로 판단된다. 그러나 구조물과 육지를 연결하는 연육교 설치에 따른 선박 접안의 어려움으로 인하여 각 터미널마다 플로팅구조물의 설치 가능한 선석의 제약이 발생할 것으로 판단된다.

③ 기술적 분석

요구되는 필요기술은 대체항만의 경우와 마찬가지로 구조물을 건조하는 기술과 구조물의 안정성 유지 기술, 터미널의 정상적인 운영기술이다. 현재 부유구조물의 건조기술과 부유구조물의 안정성 유지 기술은 문제가 없는 것으로 판명된다.

그러나 기술적으로 좀 더 연구개발이 필요한 부분은 크게 두 가지로 작업시의 안정성을 유지하는 것과 부유구조물과 육지와와의 조수간만의 차이에 의해 발생하는 수위편차의 문제를 해결하는 것이다.

먼저 작업시의 안정성은 보조항만의 경우 구조물이 대체항만보다 작은 크기이고 하역작업시 중구조물의 안벽하역장비를 사용하므로 흔들림이 대체항만보다 증가될 것으로 예상된다. 전문가의 의견에 의하면 양현하역기능의 플로팅터미널은 안벽하역장비가 한 면의 고정된 위치에 설치되어 작업을 수행하므로 안벽하역장비가 설치된 부분에서만 편하중이 발생하게 된다. 작업 안정성에 문제가 되는 편하중을 해결하기 위하여 부유구조물 하부에서 해수를 이용한 **Ballasting** 기술이 보완 개발되어야 한다.

또한 수위편차 문제는 부유구조물이 육지와 가깝게 연결되어 있는 형태이므로 조수간만의 차에 의하여 육지와 부유구조물 간의 위치편차가 발생하게 된다. 양현하역기능의 플로팅터미널의 수위편차 문제는 남해의 경우 조수간만의 차가 2m 정도이므로 70m 길이의 수위편차용 연육교로 조절이 가능하며, 또한 부유구조물 내부에 수위편차를 위한 **Ballasting** 기술을 사용하여 부유구조물의 위치를 상향시키는 기술의 개발이 보완 개발되어야 한다.

<표 5-16>

양현하역기능 플로팅터미널의 기술적 분석 내용

| 구분 | 가능유무 |
|----------------------|------|
| 구조물의 기술적 개발 가능성 | ○ |
| 상부시설물 설치시 부유구조물의 안정성 | ○ |
| 터미널의 운영가능성 | △ |
| 육지와와의 연계가능성 | △ |

주 : ○ 개발가능, △ 보완기술 개발필요.

④ 경제적 분석

매립식에 비해 부유구조물을 사용하는 경우 매립에 소요되는 건설비용과 시간을 절감할 수 있다는 경제적 장점이 발생한다. 경제적 분석에서는 매립을 통한 신

규 양현하역터미널과 부유구조물을 이용한 양현하역 플로팅터미널의 경제적 분석을 수행하였다.

다음의 그림과 같이 일반적으로 항만이 양현하역기능을 갖기 위해서는 기존 항만의 변경을 통해서는 불가능하므로 신규로 터미널을 건설해야 한다. 매립형태로 양현하역터미널을 건설하기 위해서는 안벽의 모양이 육지와 직각인 형태로 매립되어야 한다. 그러나 부유구조물을 설치할 경우 안벽에 평행인 형태로 배치되어질 수 있다. 이로 인하여 매립형태의 양현하역터미널은 삼면이 막혀있는 형태로 양현 선석 내부에 파도에 의해 조수가 빠지게 되므로 수심이 최소 21m가 되어야 하나 부유구조물을 사용하는 경우 한면이 교량으로 연결되어 있으므로 조수에 의해 발생하는 수심의 문제는 해당되지 않으므로 초대형선의 접안 수심인 17m이면 가능하게 된다.

<그림 5-20>

매립식과 부유구조물 양현하역시스템 형태 비교

매립식 양현하역터미널과 부유구조물을 사용한 양현하역터미널의 경제적 비교는 다음과 같다.

매립하여 양현하역터미널을 건설하는 경우(매립식 양현하역터미널)와 한면을 매립하고 다른면은 플로팅터미널을 사용하는 경우(플로팅 양현하역터미널)에 안벽의 건설비용은 수심에 따라 틀려지는데, 매립식 양현하역터미널의 경우 파도의

유/출입으로 인하여 수심 21m의 안벽 860m을 건설하는 비용 1,720억원, 플로팅 양현하역터미널의 경우 육지의 수심 17m의 안벽 400m 건설비용 600억원과 부유구조물 건설비용 498억원이 소요된다. 부유구조물을 이용한 양현하역시스템의 터미널을 건설할 경우 매립식보다 622억이 절감되어 약 36%의 건설비용이 감소되었다.

기존의 항만에 양현하역기능의 플로팅터미널을 건설하는 경우, 안벽을 건설하는 비용 600억원이 절감되므로 부유구조물 설치비용은 528억원이 소요된다. 이는 매립하여 신규로 건설하는 경우에 비해 69%, 신규로 건설하여 부유구조물을 설치하는 경우에 비해 52%의 경제적 비용 절감효과가 발생한다.

<표 5-17>

매립식과 부유구조물 이용시 경제적비용 분석

| 구분 | | 매립식 양현하역터미널 | 플로팅 양현하역터미널 |
|-------|------------|-------------------|-------------------|
| 필요인프라 | 수심 | 21 m | 17 m |
| | 안벽 건설 길이 | 800 m | 400 m |
| | 부유구조물 | 해당사항없음 | 400m×70m×5m |
| 경제적비용 | 안벽 건설 비용 | 1,720 억 (2억/m) | 600 억 (1억5천/m) |
| | 부유구조물 건조비용 | 해당사항없음 | 480 억원 |
| | 교량건설 비용 | 해당사항없음 | 16 억원 |
| | 계류시설 | 해당사항없음 | 32 억원 |
| | 합계 | 1,720 억 | 1,098 억 |

주: 안벽건설비용은 엔지니어링회사의 내부자료 이용.

⑤ 종합검토

기술적, 경제적 분석을 통해 매립식 양현하역터미널과 부유구조물을 이용한 양현하역터미널을 비교하였을 경우, 매립식의 경우 세레스파라곤 터미널에서 신규로 터미널을 건설하여 양현하역기능을 수행하고 있으므로 기술적 문제는 발생하지 않는다. 그러나 플로팅터미널의 경우 작업시 안정성을 유지하기 위한 기술과 수위편차를 해결하기 위한 기술들을 보완, 개발하여야 한다.

경제적 측면에서는 매립식의 경우 기존 터미널을 개조하기 위하여 터미널의 운영을 중단하고 장치장과 안벽을 새롭게 건설해야 하므로 양현하역기능의 터미널을 새롭게 건설하여야 한다. 그러나 플로팅터미널은 기존 운영 중인 항만의 시설물과 하역시스템의 변경 없이 부유구조물만을 설치하여 양현하역기능을 추가할

수 있으며 기존 터미널 대비 생산성을 35% 증가시킬 수 있다. 경제적 비용은 매립식 양현하역터미널과 플로팅 양현하역터미널, 그리고 부유구조물만 추가하는 경우, 각각 1,720억과 1,098억, 528억원이 소요된다. 즉 부유구조물을 추가로 설치하는 경우보다 매립식 양현하역터미널이 약 3배, 플로팅 양현하역터미널은 2배의 비용이 더 소요되므로 경제적 이점이 크게 발생한다. 양현하역기능의 플로팅터미널은 기술적 안정성을 유지하는 기술을 좀더 심도 있게 연구하여 개발하면 적은 비용으로 높은 생산성을 유지할 수 있는 효율성 있는 방안이 될 것이다.

<표 5-18>

양현하역기능의 플로팅터미널과 매립식 터미널의 종합검토

| 구분 | | 특징 |
|---------|----|---|
| 플로팅터미널 | 장점 | <ul style="list-style-type: none"> • 수심에 영향을 받지 않는 저가의 건조비용 <ul style="list-style-type: none"> - 매립식 양현하역터미널 : 플로팅 양현하역터미널 : 플로팅 구조물만 추가 = 1720억 : 1098억 : 528억 • 생산성 향상 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 터미널에 비해 35% 생산성 향상 • 건설시 터미널의 운영에 영향을 미치지 않음 <ul style="list-style-type: none"> - 도크에서 건조 후 항만에 설치 • 기존 하역시스템 변경 없이 사용가능 <ul style="list-style-type: none"> - 안벽시설만을 설치하므로 하역시스템의 변경 없음 • 장치장 및 시설물의 변경 없이 사용가능 |
| | 단점 | <ul style="list-style-type: none"> • 기술적 연구개발 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 작업시 안정성 유지 위한 Ballasting 기술 보완 필요 - 수위편차문제 해결 위한 연육교 설계기술 보완 필요 - 돌핀계류설계기술 보완 필요 |
| 매립식 터미널 | 장점 | <ul style="list-style-type: none"> • 검증된 기술이므로 매립식에 비해 안정성 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 세레스파라곤 터미널 • 새로운 기술개발의 필요성은 없음 |
| | 단점 | <ul style="list-style-type: none"> • 기존 항만에 적용 불가능 <ul style="list-style-type: none"> - 양현하역기능을 추가하기 위해 신규항만을 건설해야 함 • 신규건설에 따른 새로운 장비추가 및 시설물 건설 • 고가의 건설비용 • 조수가 빠져나가므로 양현하역 선석 내 수심 증대 |

2) 환적전용기능의 플로팅터미널

(1) 개요

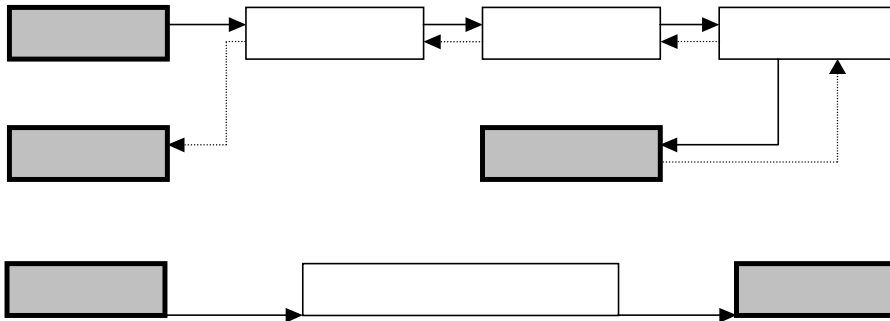
초대형선의 특성상 소수의 중심항만을 운영할 가능성이 크다. 즉 중심항만에서

초대형선에 선적된 화물은 피더선에 적재될 환적 성향을 띠고 있다. 기존 항만에 서 환적기능을 수행하기 위해서는 선박에서 안벽하역장비를 사용하여 장치장에 적재, 일정시간동안 야드에서 장치된 후 피더선이 입항하면 적재하는 방식을 사용한다. 즉 수/출입화물의 작업방식과 동일하다. 그러나 환적물량이 많아지게 되면 소요되는 장치장의 면적과 소요되는 장비의 수의 증가, 작업효율이 감소하게 되므로 비용이 증가하게 된다. 그러므로 대형선에서 피더선으로 화물을 바로 이송할 수 있으면 환적시간과 비용을 절감할 수 있다.

즉 환적전용기능의 안벽하역장비와 안벽을 개발하여 사용할 경우, 기존의 대형선 → 안벽하역장비 → 이송장비 → 야드장비 → 장치장 → 야드장비 → 이송장비 → 안벽하역장비 → 피더선의 작업방식에서 대형선 → 환적기능의 안벽하역장비 → 피더선으로 7회 작업에서 1회 작업으로 횟수 단축이 가능할 수 있다.

그러므로 환적전용기능의 플로팅터미널을 설치할 경우, 부유구조물의 특징인 항만의 정상적인 운영을 수행하면서 기존의 시설물 변화 없이 설치할 수 있는 장점과 환적비용을 절감할 수 있는 이점이 있다.

<그림 5-21> 기존항만과 환적전용기능 플로팅터미널의 환적 물류체계 비교



(2) 개발형태, 규모, 구성요소 및 요구기술

개발형태 및 규모에서는 양현하역기능의 플로팅터미널의 개발형태와 규모를 확정하고 선정 타입에 적합한 상부시설에 대한 하드웨어적 구성요소를 제시한다.

D-1타입의 환적전용기능의 플로팅터미널 개발형태는 부상형 상자모양의 부유구조물로서 양쪽에 선박이 접안하는 형태이며 한 면은 1만 2천TEU 급의 선박 1척, 다른 면은 피더선박 2척이 서비스 받을 수 있는 형태이다. 기존 안벽과의 연계를

위해 수위편차를 조절할 수 있는 기술이 필요하며, 부유구조물 상부에는 대형선에서 피더선으로 컨테이너를 바로 이송할 수 있는 환적전용기능의 C/C를 설치하여야 한다.

D-1타입의 규모로는 1만 2천TEU급 선박과 4천TEU급 선박 2척이 동시에 접안해 서비스가 가능하도록 400m의 길이와 대형선에는 22열의 아웃리치와 13-15열의 아웃리치가 설치된 환적전용기능의 C/C가 설치되어야 하므로 C/C의 하중을 견디어 내기 위한 레일스팬 43m가 필요하다. 따라서 에이프런 폭은 최소 45m가 소요된다. 그러므로 D-1타입의 환적전용기능 플로팅터미널은 400m×45m×5m의 부유구조물이 필요하다. 기존의 항만에 부유구조물을 설치하는 경우이므로 별도의 방파제의 추가설치는 필요 없다.

D-1타입이 항만으로서의 완전한 기능을 가지기 위해서는 다음과 같은 구성요소가 필요하다.

기반시설로는 기존항만의 부지역활을 수행하는 400m×45m×5m 규모의 플로팅구조물, 플로팅터미널을 안정화시키는 계류장치가 필요하다

상부시설로서 대형선에서 피더선으로 바로 이송이 가능한 시스템의 C/C가 4대 필요하다. 환적전용기능의 플로팅터미널은 기존 안벽에 설치하게 되므로 기존 시설의 변경은 발생하지 않는다.

(3) 플로팅터미널 선정안의 마스터플랜

환적전용기능의 플로팅터미널 마스터플랜에는 크게 플로팅터미널의 기능과 규모, 로지스틱스, 동선계획을 살펴보고 이에 대한 최종 평면배치계획을 제시한다.

① D-1타입 플로팅터미널 로지스틱스와 하역시스템

환적전용기능의 플로팅터미널의 하역시스템은 건설된 항만시설에 안벽기능의 부유구조물을 추가로 설치하는 경우이므로 사용 중인 하역시스템의 변화는 발생하지 않는다. 즉 기존의 장치장 장비와 이송장비의 사용이 가능하므로 다른 추가 사항은 발생하지 않는다.

② 선정된 플로팅터미널의 소요장비 분석

환적전용 작업을 수행하기 위해서는 두 선박 사이에 컨테이너의 직접 이송이 가능한 안벽하역장비를 개발하여야 한다. 현재 존재하지 않는 기능과 형태의 장비이므로 주요 사양에 대한 내용은 없다. 다만 장비제작업체의 의견에 의하면 기술

적으로 제작에는 문제가 없으며, 다만 양쪽에 서비스가 가능한 아웃리치가 설치되어야하므로 구조가 현존 안벽하역장비보다 강구조가 되어야 한다.

③ 플로팅터미널의 영역별 구성, 기능 및 규모

안벽영역(에이프런 영역)은 D-1타입 플로팅터미널에서는 1만 2천TEU급 선박이 입항하여 원활한 양적하 작업이 가능하도록 안벽이 설계되어야 하며, 개발규모는 안벽길이 400m, 터미널넓이 45m이다.

안벽의 수심은 최대 1만 2천TEU급 선박을 대상으로 운영하기 때문에 DL(-)17m로 설정하였다.

일반적으로 안벽법선과 해측 레일 간의 거리는 선박의 기울어짐, C/C 유지보수를 위한 공간 등으로 활용되어 3.0m로 설정하였다.

환적전용기능을 수행하는 C/C이므로 하중을 견디어 내기 위한 레일스팬영역은 45m, 해치커버를 적재하는 공간, YT 주행 및 작업로 등으로 구성된다. YT의 주행로는 기본적으로 C/C 레일스팬 내부에 위치하며 YT의 주행로로 초대형선과 피더선쪽에 각 주행로와 작업로가 각 1레인씩으로 구성된다. 환적전용기능을 수행하므로 YT의 별다른 주행영역이 필요 없다. 그러나 예외적인 상황에 대처하기 위하여 레일스팬 내부의 대형선과 피더선 작업영역은 작업로와 주행로가 각 1차선으로 구성되므로 전체 작업로와 주행로는 각각 2차선으로 구성된다. 그러므로 주행로 16m(트럭폭+여유공간=4.5m, 왕복 2차선), 여유공간 4m의 폭으로 설정되었다.

<그림 5-22>

환적전용기능의 플로팅터미널 안벽영역 단면도

안벽하역장비의 특성상 백리치 영역은 존재하지 않는다.

에이프런 규모는 장비의 구조적인 특성을 고려하여 보았을 때 소요되는 에이프런의 폭은 총 45m로 설정되었다.

(4) 국내 적용방안

① 환경적 위치 분석

환적전용기능의 보조항만은 신규로 터미널을 건설하는 경우나 기존 항만에 적용하는 경우 모두 외부 환경적인 요인으로부터 터미널을 안정화시키기 위하여 방파제를 사용하여 정온화시킨다. 그러므로 자연적, 인공적 입지조건의 분석은 보조항만의 설치에는 크게 영향을 미치지 않는다.

② 항만 기능적 위치 분석

환적전용기능의 플로팅터미널은 중심항만에서 환적물량을 저비용으로 처리하기 위한 방안이다. 플로팅구조물 양선석에 선박이 접안해야 하므로 기존의 운영 중인 항만에서는 일반 선석의 일부분을 점유하기 때문에 운영의 효율성이 감소하게 되므로 운영 중인 항만에 적용하는 것보다 플로팅구조물에 접안하는 선박의 위치를 고려하여 일반선석을 건설할 수 있는 신규 항만에 적용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

③ 기술적 분석

요구되는 필요기술은 대체항만의 경우와 마찬가지로 구조물을 건조하는 기술과 구조물의 안정성 유지기술, 터미널의 정상적인 운영기술이다. 현재 구조물의 건조기술과 안정성 유지기술은 문제가 없는 것으로 판명되나, 보조항만은 구조물이 대체항만보다 작은 크기이므로 하역작업시 중구조물의 안벽하역장비를 사용하는 경우 흔들림이 대체항만보다 증가될 것으로 예상된다. 그러므로 흔들림을 제어하는 기술과 육지와 가깝게 연결되어 있는 형태이므로 육지와 부유구조물과의 수위차문제를 해결할 수 있는 기술이 개발되어야 한다. 또한 상부시설로서는 환적하역기능을 수행할 수 있는 안벽하역장비의 개발이 필요하다.

양현하역기능의 플로팅터미널에 대한 기술적 분석은 양현하역기능의 플로팅터미널과 동일하나 선박 대 선박의 직접적인 컨테이너의 이송이 가능한 환적하역기능의 안벽하역장비를 개발해야 한다. 환적전용하역장비는 장비제작회사의 의견에 의하면 제작의 기술적 문제는 없다.

<표 5-19>

환적전용기능 플로팅터미널의 기술적 분석 내용

| 구분 | 가능유무 |
|----------------------|------|
| 구조물의 기술적 개발 가능성 | ○ |
| 상부시설물 설치시 부유구조물의 안정성 | ○ |
| 터미널의 운영가능성 | △ |
| 육지와와의 연계가능성 | △ |
| 환적하역기능의 완벽하역장비개발 | ○ |

주 : ○ 개발가능, △ 보완기술 개발필요.

④ 환적비용 분석

환적전용기능의 플로팅터미널을 운영하는 경우 기존의 터미널에서의 환적의 물류체계인 7단계에서 C/C만을 이용하는 1단계로 축소되며 환적을 위해 장치장에 장치되는 물량이 발생하지 않으므로 터미널의 여러 자원들을 절약할 수 있다.

환적비용 분석에서는 기존 터미널에서 사용되는 환적의 물류체계와 환적전용기능의 플로팅터미널을 사용하였을 경우 소요되는 환적비용을 현재 부산항터미널 운영사의 하역비용을 근거로 추정하여 비교 분석하였다. 부산항 컨테이너터미널의 환적 물류체계 즉 대형선에서 장치장으로 다시 소형선으로 컨테이너가 이송될 때 40ft 기준으로 소요되는 금액은 환적작업 1회당 114,140원이며, 환적전용기능의 플로팅터미널 환적물류체계를 사용할 경우 C/C가 사용되는 선내이적 비용을 비교하여 1회당 48,160원으로 추정하였다. 그러므로 환적전용기능의 플로팅터미널을 이용하는 경우 환적비용은 기존 터미널에 비해 58%가 감소되는 것으로 나타났다.

⑤ 종합검토

환적비용분석에서 검토한 결과 환적전용기능의 플로팅터미널은 환적비용을 줄일 수 있는 물류체계를 통해 기존 터미널의 환적물류체계의 소요되는 비용에 비해 약 58%의 절감효과를 나타낸다.

그러나 환적하역기능의 플로팅터미널의 기술적 분석에서처럼 환적하역기능의 플로팅터미널을 건설하는 경우 플로팅터미널의 작업시 안정성의 유지와 육지와와의 연결을 위한 수위편차를 조절할 수 있는 기술들의 보완 연구가 선행되어야 한다.

현재 환적화물의 수요가 증가하고 있는 항만 시장의 특성상 환적비용의 절감은 매우 중요한 문제이며 환적전용기능의 플로팅터미널의 경우 환적물류체계의 단순화를 통해 비용을 감소시킬 수 있는 하나의 개발 대안으로 추진해야 할 것이다.

제 6 장 결론 및 정책 건의

1. 결론

본 연구는 새로운 개념의 미래형 컨테이너터미널을 부유식 구조물에 의해 개발할 경우 기술적, 물류적, 그리고 경제적으로 적합한 개발대안을 찾아 그 개발 방향을 분석함을 목적으로 하였다. 그동안 부유식 구조물의 하부 기술적인 측면에 대해서는 국내외적으로 여러 번 연구가 되고 미국, 일본 등에서는 실제 제작이 된 바 있으나, 컨테이너항만의 기능을 갖는 부유식 구조물에 대한 상부시설 기본설계는 분석된 바 없다.

우리나라는 동북아 물류중심기지 전략의 일환으로 부산항과 광양항을 초대형선이 기항하는 중심항만(Hub-Port)으로 육성하는 정책을 추진 중에 있다. 중심항만의 최대 선결 요건은 초대형선에 대한 재항시간 단축이다. 초대형 컨테이너선의 기항시 재항시간을 획기적으로 줄일 수 있는 유력한 대안이 선박에서 직접 선박으로 환적하는 방식(Ship-to-Ship)또는 선박양측에서 동시 하역하는 양현하역시스템 등이 가능하며 이러한 방식은 모두 부유식 구조물에 의한 터미널(Floating Terminal)에 의해 구현이 가능하다.

또한 우리나라의 갯벌 환경보전 차원에서 앞으로 항만개발 수요를 현재와 같은 매립식으로 지속하기가 어려울 수 있다. 이를 대체할 수 있는 비매립식 항만건설 기술로 부유식 구조물을 이용한 항만개발이 시급한 실정이다.

플로팅터미널의 개발대안은 기존 매립식 항만을 대체할 수 있는 완전대체 항만 2가지, 그리고 기존 항만과 연계하여 일부만 플로팅터미널로 대체하는 보조항만 대안 5가지를 제시하였다. 이 중에서 완전 대체항만은 내륙과 연계된 플로팅터미널 방식, 보조항만 대안은 안벽과 수평항만의 양현하역 방식, 안벽과 수직형태의 환적전용 터미널 방식, 그리고 수심 증대용 대안 등 3가지를 선정하였다.

여기서 대체항만을 규모나 터미널 형태에 따라 다시 3가지의 대안으로 세분화하여 보조항만 3개 대안과 함께 총 6가지의 대안에 대해 터미널 물류 및 하역시스템, 장비요소 등 상부시설 개발 마스터플랜을 연구하였다.

대체항만 3개 대안에 대해서는 기술적 개발 가능성, 터미널 물류, 운영적 측면의 평가, 그리고 마지막으로 경제성 평가의 순서로 평가하였다.

평가결과 기술적 측면에서는 모든 대안의 개발이 가능한 것으로 나타났으나 예비시뮬레이션 분석에 의한 물류/운영적 분석결과 “ㄱ”자 형태의 접안 방식(B-2)이 가장 평가가 낮게 분석되어 배제하였다.

그리고 경제적 측면에서는 시설투자비 면에서 불리한 랙적재시스템(B-3)을 배제하여 최종적으로 1개안(B-1)이 선정되었다.

보조항만의 경우 수심증대용 대안은 기술적으로 양현하역 부유구조물과 차이가 없기 때문에 별도의 대안으로서는 제외하기로 하고 나머지 2개 대안은 항만의 기능과 요구조건이 다르기 때문에 모두 선정하였다.

이상에서 선정된 대체항만 1개 대안과 보조항만 기능별 2개 대안에 대한 개발 방안을 제시하였다.

우선 대체항만의 경우 상부시설 설계를 거쳐 기존 매립식터미널과의 개발방식 및 경제성을 비교분석하였다. 기존 매립식터미널은 플로팅터미널에 비해 경제적이나 초대형선 입항시 재항시간 단축에 한계가 있는 점, 그리고 매립식이라는 단점이 있다. 이에 비해 플로팅터미널의 경우는 매립식보다는 부지건설비가 4선식 기준으로 1,261억원 정도 더 소요되나, 기존 터미널에 비해 슈퍼테이너 등 고생산성의 하역시스템이 설치 될 경우 초대형선의 재항시간을 줄일 수 있는 장점이 있다. 국내에서는 남해안 지역이 낮은 파고와 저렴한 방파제 비용 등으로 가장 유리한 적용 가능지역으로 분석되었다.

양현하역기능의 보조항만의 경우는 기존 매립식 양현하역터미널에 비해 경제성이 있을 뿐만 아니라, 기존터미널을 활용하여 양현하역시스템으로 변경할 수 있는 장점이 있다. 더욱이 기존 일자 형태의 터미널에 비해 약 35%의 생산성 향상이 기대된다. 환적전용 기능의 보조항만의 경우도 경제성면에서 기존 터미널에 비해 환적비용이 22% 정도 절감될 수 있는 것으로 나타났다.

2. 정책 건의

항만의 건설수요는 크게 늘고 있고 또한 컨테이너터미널의 경우 고생산성의 새로운 항만 기술이 시급한 현 시점에서 비매립식의 고생산성이 가능한 미래형 터미

널로서 부유구조물을 이용한 컨테이너터미널의 대안을 제시하고 개발 마스터플랜을 연구하였다.

플로팅터미널은 미래형 컨테이너터미널로서 민간에서 사업화하기 이전에 기술개발의 실증실험을 통한 실용화 기술개발 및 설계기준 수립이 선결되어야 할 것이다. 또한 실제 미래형 터미널이 구현되기 위해서는 상세 설계와 실험설치 등 국책사업화의 단계가 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

따라서 다음과 같은 두 가지의 정책을 제안한다.

1) 플로팅터미널 실용화 기술 및 설계기준 후속연구시행

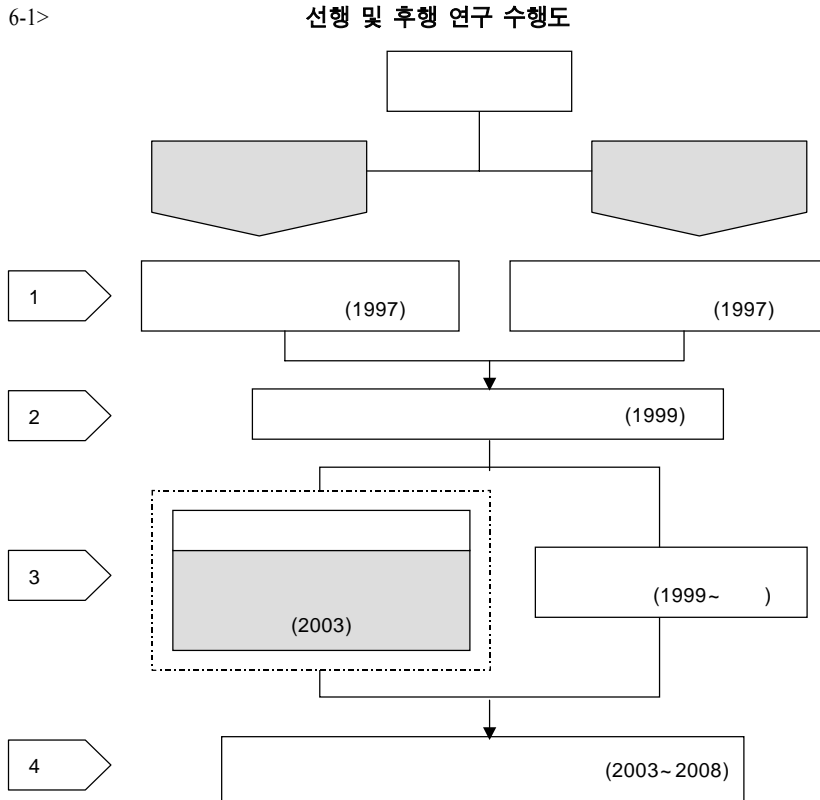
국내에서는 1995년부터 플로팅구조물을 이용한 복합 플랜트, 마리나리조트 시설 등에 관한 연구는 지속적으로 수행되어 왔다. 그러나 플로팅구조물을 이용한 컨테이너터미널 개발에 관한 연구는 「부유구조물을 이용한 컨테이너터미널 개발 타당성 검토」(1997., 한국해양수산개발원)의 용역보고서와 조철희(2002)³⁰⁾의 부유식 해상터미널의 도입방안 연구 논문에서 개략적으로 터미널 개발방안을 언급한 것 외에는 구체적인 플로팅 컨테이너터미널의 마스터플랜과 개발계획을 제시한 적이 없었다.

따라서 본 연구에서는 부유구조물을 이용한 컨테이너터미널 개발에 대한 실질적 추진연구로 미래형 컨테이너터미널의 개발대안에 대한 마스터플랜과 터미널 평면배치계획을 제시하였다.

이를 바탕으로 부유구조물을 이용한 미래형 컨테이너터미널 개발방안 연구가 해양수산부에서 2003년부터 시행하고 있는 “초대형컨테이너선용 항만기술 연구사업”(한국해양연구원, 한국해양수산개발원 등)의 기술개발사업에서 후속 연구로 지속되어야 할 것이다. 특히 기본계획 수준의 항만 설계를 실시설계 수준으로 고도화시키는 연구와 기술적 측면의 개발사항에 대한 후속 연구개발이 이어져야 할 것으로 판단된다.

30) 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「항해권 수송시스템 연구보고서」, 2002.

<그림 6-1>



2) 실용화 및 국내 항만적용 추진

동 과제의 개발 목적은 초대형선에 대응 가능한 미래형 플로팅구조물의 개발이다. 따라서 이에 대한 개발방안으로 대체항만과 양현하역 및 환적 전용의 기능을 가진 보조항만 개발을 제시하였으나 현재의 국내 상황 및 주변 여건, 경제성 등을 종합적으로 판단해 볼 때 기존 운영중인 항만의 시설물을 그대로 이용하면서 소규모 플로팅구조물만의 설치로도 기존 터미널 대비 35%의 생산성 증가를 가져올 수 있는 양현하역 플로팅구조물의 설치에 우선 역점을 두어야 할 것이다.

양현하역 플로팅구조물을 설치함으로써 얻을 수 있는 장점은 다음과 같이 세 가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째, 수심의 영향을 받지 않는 저가의 건조 비용(매립식 양현 하역 : 플로팅 양현하역 = 1,720억원 : 528억원)과 단 기간내에 건설 및 설치 가능하다.

둘째, 기존 매립식 터미널 대비 35%의 생산성 향상을 이룰 수 있다.

셋째, 플로팅 구조물 건설시 기존 터미널의 작업에 영향을 미치지 않으며, 기존 항만의 하역시스템과 장비 등의 변경 없이 사용 가능하다.

양현하역 플로팅 구조물의 실용화 및 국내 항만 적용을 위해 선행되어야 할 사항은 다음과 같다.

- i) 정부, 연구소, 학계, 터미널 운영선사 등 관련업체의 플로팅 터미널구조물 개발 추진체(컨소시엄) 설립
- ii) 차세대 성장동력 산업과 같은 대형 국책과제의 일환으로 수행하여 실용화를 위한 연구개발 지속
- iii) 플로팅구조물과 상부 컨테이너터미널 하역장비가 결합하여 실증해역 실험의 신속한 수행
- iv) 현재 플로팅 구조물과 관련된 연구개발 사업의 유기적 협조체제 구성

이를 위해 해양수산부에서는 동북아 물류중심국가 실현을 위한 차세대 성장동력사업으로 지능형 종합물류시스템이 선정되어 있는 바 부유식 항만설계나 초대형선에 대비한 항만개발의 연구를 통해 실제 사업화를 유도해야 할 것이다.

참 고 문 헌

<국내문헌>

- 강점문, “초대형 부유식 구조물의 산학 공동연구”, 「해양수산부 제3회 VLFS연구회 심포지움-해양공간 활용기술 국제세미나」, 2002.
- 김기성 외, “황해 북부권 부유식 해상 컨테이너터미널과 하역시스템 구축에 관한 연구”, 「황해권 수송시스템연구보고서」, 2002.
- 류청로 외, “한국 근해의 초대형 해상부유구조물의 건설적지 선정에 관한 연구”, 「한국환경과학회지」, 1996.
- 박성환 외, “초대형 부유구조물 구상사례 및 구조형식에 관한 연구”, 「대한조선학회지」, 1999.
- 박성환 · 정태영, “A Study for Structural Design of Floating Airports on Sea - 부유식 해상공항의 구조설계에 관한 연구”, 「대한조선학회지」, 2001.
- 박중흠 외, “Floating, Production, Storage & Offloading Tanker의 개념과 그 기술적 요소 소개”, 「대한조선학회지」, 1994.
- 송화철, “파랑하중을 받는 초대형 부유식 구조물 상부구조체의 정적해석법”, 「한국강구조학회지」, 2001.
- 신현경 외, 「부유식 해양구조물에 관한 연구」, 울산대학교, 과기처 특정 연구개발사업 보고서, 1994~1996.
- 신현경 외, “해상공항의 기하학적 설계”, 「대한조선학회지」, 2001.
- 유경훈 외, “Trial Design of a Verge Floating Structure-초대형 부유식 해상 구조물의 시설계”, 「대한조선학회지」, 2001.
- 윤재돈 · 최항순, “거대 부유식 해양구조물의 유탄성 거동에 대한 기초연구”, 「대한조선학회지」, 1996.
- 이규화(한국기계연구원 재료공정연구부), “대형 해양 부유 구조물의 방식 기술”, 「대한조선학회지」, 1996.
- 이탁기 외, “해양공간이용을 위한 부유구조물 관련 법규의 고찰(일본법규와의 비교를 중심으로)”, 「대한조선학회지」, 1998.
- 임진수 외, 「부유구조물을 이용한 해상항만개발 타당성 검토」, 한국해양수산개발

- 원, 1997.
- 정태영 외, 「해양공간이용 대형 복합플랜트 개발(Ⅰ-Ⅲ), 시스템 종합기술 개발」, 한국기계연구원, 과기처 특정 연구개발사업 보고서, 1995~1999.
- 정태영 · 정정훈, “한국기계(연)의 해양공간이용 대형 복합플랜트 개발 사업”, 「대한조선학회지」, 1996.
- 조규남 외, 「부유식 초대형 부유구조물 기획연구」, 해양수산부(홍익대학교 해양시스템연구센터), 1999.
- 조철희 외, “부유식 해상터미널의 도입방안 연구”, 「황해권 수송시스템연구보고서」, 2002.
- 최항순 외, 「초대형 부유구조물」, 도서출판 대선, 2001.
- 최항순 외, “항만내 파랑응답과 계류선박의 운동해석”, 「한국해안 · 해양공학회지」, 1991.
- 홍사영, “부유식 해양구조물의 기술개발 방향과 전망”, 「해양수산부 제3회 VLFS 연구회 심포지움-해양공간 활용기술 국제세미나」, 2002.
- 홍사영 외, “다수의 부체로 지지된 초대형 해양구조물에 작용하는 정상표류력 (Ⅰ)”, 「한국해양공학회지」, 1995.
- 홍사영 외, “다수의 부체로 지지된 초대형 해양구조물에 작용하는 정상표류력 (Ⅱ)”, 「한국해양공학회지」, 1996.
- 홍사영 외 “동하중에 대한 거대 부유식 구조물의 유탄성 응답”, 「한국해안 · 해양공학회지」, 2001.
- 홍사영 외, “부유구조물 파랑응답 해석”, 「대한조선학회지」, 1996.
- 홍사영 외, “부유식 파력발전장치의 계류설계 연구”, 「한국해양공학회지」, 1998.
- 홍사영 외, 「초대형 부유식 해상구조물 기술개발」, 한국해양연구소, 해양수산부 해양수산개발사업 연구보고서, 1999~2001.
- 홍사영 외, “초대형 부유식 해상구조물의 기술 현황”, 「대한조선학회지」, 2001.

<외국문헌>

- Ertekin, R., et al., “Very Large Floating Structures(VLFS) Part II”, *Marine Structures*, Vol 14. 2001.
- Wung, Chester et al., “MOB Design and Analysis Requirements and Hydrodynamic Tolls Evaluations and Modeling Guidelines”, *Proc. of the Third International Workshop on VLFS'99*, 1999.

- Halebsky, M., et al., "Floating Vessels for Municipal Services", *U.S. Department of Commerce*, 1981.
- Maeda H., et al., "Development of Renewable Energy Park on Oceans", *Proc. of the Third International Workshop on VLFS'99*, 1999.
- Mills, Trevor R.J. and Haney, J.A., "The Mobile Offshore Base as Progenitor", *Proc. of OMAE'01*, 2002.
- Paul, Avery, "The Future of Container Handling Technology", *Cargo System*, 1999.
- Remmers, Gene, "Mobile Offshore Base : A Seabasing Option", *Proc. of the Third International Workshop on VLFS'99*, Vol.1, 1999.
- Rognaas, G., et al., "Mobile Offshore Base Concepts - Hybrid : Concrete Hull and Steel Topsides", *Proc. of the Third International Workshop on VLFS'99*, 1999.
- Shinoda, T., et al., "A Functional Design and Feasibility Study on the Floating Container Terminal with High Efficiency", *Transactions- West Japan Society of Naval Architects*, 2002.
- Sueoka, Hidetoshi and Sato, Chiaki, "Phase II Research of Mega-Float", *Proc. of the Tenth ISOPE*, Vol. 1, 2000.
- Zueck, Robert, et al., "Development Options for Mobile Offshore Base Technology", *Proc. of the 11th ISOPE*, Vol.1, 2001.

부 록

1. B-1타입 플로팅터미널 개략 공사비 산출내역

1) 부체 구조물(850m×800m)

○ 13억원/천톤(재료비, 제작비 등 포함)³¹⁾

2) 계류장치 (8기)

| 구 분 | 통영생산기지 설계서 금액 | 규격에 따른 할증 | 공사 잡비 | 적용금액 | 비 고 |
|-------------------|---|-----------------|----------|----------------|--|
| Jacket 제작 | 1,550천원/톤 | 50% | 50% | ≒ 4,000 | |
| Jacket pile 제작 | 370천원/톤 | 50% | 50% | ≒ 1,000 | |
| 설치비(8기) | ○설치공 : 693,173 ○도장공 : 187,777 880,950 (÷ 1,199) 735천원 | 50% | 50% | ≒ 1,653,000 | ○통영생산기지 (BREASTING DOLPHIN JACKET 중량) : 1,199톤 |

○ 계류장치 (8기)

Jacket 제작(pile 제작 포함) : 5,000,000원/톤

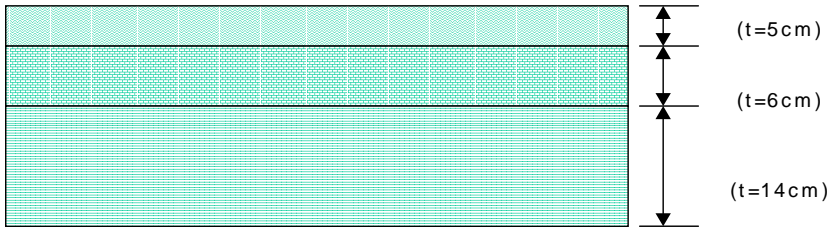
설치비 : (735,000 원/톤×1.5)×1.5 = 1,653,000원/톤(규격 및 공사잡비 할증)

1기당 245톤 → 245×1,630,000 = 405,000,000원/기

31) 정태영, 「2001 부산해역의 미래개발을 위한 심포지엄」, 2001. 7.

3) 항만시설

○ Apron, Yard



| 표층 (t=5 cm) | 중간층 (t = 6 cm) | 역청안정기층 (t = 14 cm) | 합계 | 적용금액 (잡비포함) |
|----------------|-------------------|-----------------------|-------|----------------|
| 3,000 | 2,500 | 500 | 6,000 | 9,000/a |

4) 건축시설

○ 부산신항 북컨테이너터미널 축조공사 내역서 (2000년) 참조

| 건물명 | | 개소 | 규모 (지하/지상) | 연면적 | | 단가 (억) | 금액 (억) |
|------------|------------|----|---------------|----------------------|--------------------|-----------|-----------|
| | | | | m ² | 평 | | |
| 메인빌딩 | | 1 | I/5 | 9,648.04 | 2,918.53 | 59 | 59 |
| CIS(세관) | | 1 | 0/1 | 2,540.20 | 768.41 | 8 | 8 |
| 노무자 건물 | 노무자 대기소 | 3 | P/2 | 1,129.64 | 341.72 | 5.3 | 12.0 |
| | 식당 | 1 | P/1 | 809.80 | 244.96 | 6.7 | |
| 주 변전소(SS) | | 1 | 0/2 | 2,967.06 | 897.54 | 17 | 17 |
| 부 변전소(CC) | | 3 | 0/2 | 837.16 (2,511.48) | 253.24 (759.72) | 4 | 4 |
| 정비고(MS) | | 1 | 0/6 | 9,807.07 | 2,966.64 | 54 | 54 |
| 주유소 | | 1 | 0/1 | 15.54 | 4.7 | 0.2 | 0.2 |
| 게이트 서비스 빌딩 | | 1 | I/5 | 7,236.74 | 2,189.11 | 4 | 4 |
| 크레인 부품창고 | | 3 | 0/1 | 470.02 (1,410.06) | 142.18 (426.54) | 4 | 4 |
| 중량물 창고 | | 1 | 0/1 | 2,023.43 | 612.09 | 11 | 11 |
| 경비실 | 주 경비실 | 4 | 0/1 | 50.22 (200.88) | 15.19 (60.76) | 0.6 | 0.7 |
| | 부 경비실 | 2 | 0/1 | 2.99 (5.98) | 0.90 (1.81) | 0.1 | |

5) 방파제 시설

| 구 분 | 통영생산기지 설계서 금액 | 규격에 따른 할증 | 공사 잡비 | 적용금액 | 비 고 |
|----------------|---|--------------|----------|-----------|--|
| Jacket 제작 | 1,550 천원/톤 | 50% | 50% | ≒ 4,000 | |
| Jacket pile 제작 | 370 천원/톤 | 50% | 50% | ≒ 1,000 | |
| 설치비(8기) | ○ 설치공 : 693,173 ○ 도장공 : 187,777 880,950 (÷ 1,199) 735천원 | 15% | 50% | ≒ 144,000 | ○통영생산기지 (BREASTING DOLPHIN JACKET 증량) : 1,199톤 |

6) 연육교량 시설 (강상형교)

- 단위면적(m²)당 350만원 적용
2차선 (폭 13m) - 350만원×13m = 4,500만원

2. B-3타입 플로팅터미널 개략 공사비 산출내역

1) 부체 구조물(800m×500m)

- 13 억원/천톤(재료비, 제작비 등 포함)³²⁾

2) 계류장치 (5기)

| 구 분 | 통영생산기지 설계서 금액 | 규격에 따른 할증 | 공사 잡비 | 적용금액 | 비 고 |
|----------------|---|--------------|----------|-------------|--|
| Jacket 제작 | 1,550 천원/톤 | 50% | 50% | ≒ 4,000 | |
| Jacket pile 제작 | 370 천원/톤 | 50% | 50% | ≒ 1,000 | |
| 설치비(5기) | ○ 설치공 : 693,173 ○ 도장공 : 187,777 880,950 (÷ 1,199) 735천원 | 50% | 50% | ≒ 1,653,000 | ○통영생산기지 (BREASTING DOLPHIN JACKET 증량) : 1,199톤 |

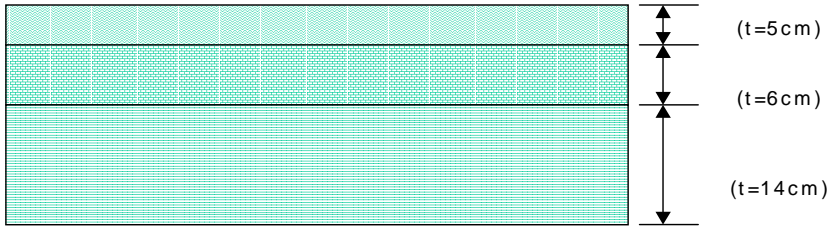
- 계류장치 (5기)
- Jacket 제작(pile 제작 포함) : 5,000,000원/톤

32) 정태영, 「2001 부산해역의 미래개발을 위한 심포지엄」, 2001. 7

- 설치비 : $(735,000\text{원/톤} \times 1.5) \times 1.5 = 1,653,000\text{원/톤}$ (규격 및 공사잡비 할증)
- 1기당 245톤 $\rightarrow 245 \times 1,630,000 = 405,000,000\text{원/기}$

3) 항만시설

○ Apron, Yard



| 표층 (t=5 cm) | 중간층 (t = 6 cm) | 역청안정기층 (t = 14 cm) | 합계 | 적용금액 (잡비포함) |
|----------------|-------------------|-----------------------|-------|----------------|
| 3,000 | 2,500 | 500 | 6,000 | 9,000/a |

4) 건축시설

○ 부산신항 북컨테이너터미널 축조공사 내역서 (2000년) 참조

| 건물명 | | 개소 | 규모 (지하/지상) | 연면적 | | 단가 (억) | 금액 (억) |
|------------|------------|----|---------------|----------------------|--------------------|-----------|-----------|
| | | | | m ² | 평 | | |
| 메인빌딩 | | 1 | 1/5 | 9,648.04 | 2,918.53 | 59 | 59 |
| CIS(세관) | | 1 | 0/1 | 2,540.20 | 768.41 | 8 | 8 |
| 노무자 건물 | 노무자 대기소 | 3 | P/2 | 1,129.64 | 341.72 | 5.3 | 12.0 |
| | 식당 | 1 | P/1 | 809.80 | 244.96 | 6.7 | |
| 주 변전소(SS) | | 1 | 0/2 | 2,967.06 | 897.54 | 17 | 17 |
| 부 변전소(CC) | | 3 | 0/2 | 837.16 (2,511.48) | 253.24 (759.72) | 4 | 4 |
| 정비고(MS) | | 1 | 0/6 | 9,807.07 | 2,966.64 | 54 | 54 |
| 주유소 | | 1 | 0/1 | 15.54 | 4.7 | 0.2 | 0.2 |
| 게이트 서비스 빌딩 | | 1 | 1/5 | 7,236.74 | 2,189.11 | 4 | 4 |
| 크레인 부품창고 | | 3 | 0/1 | 470.02 (1,410.06) | 142.18 (426.54) | 4 | 4 |
| 중량물 창고 | | 1 | 0/1 | 2,023.43 | 612.09 | 11 | 11 |
| 경비실 | 주 경비실 | 4 | 0/1 | 50.22 (200.88) | 15.19 (60.76) | 0.6 | 0.7 |
| | 부 경비실 | 2 | 0/1 | 2.99 (5.98) | 0.90 (1.81) | 0.1 | |

5) 방파제 시설

| 구 분 | 통영생산기지 설계서 금액 | 규격에 따른 할증 | 공사 잡비 | 적용금액 | 비 고 |
|----------------|---|-----------------|----------|-----------|---|
| Jacket 제작 | 1,550 천원/톤 | 50% | 50% | ≒ 4,000 | |
| Jacket pile 제작 | 370 천원/톤 | 50% | 50% | ≒ 1,000 | |
| 설치비(8기) | ○설치공 : 693,173 ○도장공 : 187,777 880,950 (÷ 1,199) 735천원 | 15% | 50% | ≒ 144,000 | ○통영생산기지 (BRESTING DOLPHIN JACKET 중량) : 1,199톤 |

6) 연육교량 시설 (강상형교)

- 단위면적(㎡)당 350만원 적용
- 2차선 (폭 13m) - 350만원×13m = 4,500만원

부유구조물을 이용한 미래형 컨테이너터미널 개발방향 연구

2003年 12月 26日 印刷

2003年 12月 31日 發行

編輯兼

發行人

李 廷 旭

發行處

韓 國 海 洋 水 產 開 發 院

서울특별시 서초구 방배3동 1027-4

수암빌딩

전 화

2105-2700

FAX : 2105-2800

등 록

1984년 8월 6일

제16-80호

組版·印刷/서울기획문화사 2272-1533

정가 15,000원

판매 및 보급 : 정부간행물판매센터

Tel : 394-0337, 734-6818

ISBN 89-7998-208-9