

연안/항만의 파랑 및 폭풍해일  
재해위험도분석평가 시스템 개발 연구

Evaluation system of damage risk by  
waved and storm surges in coastal  
area and port

2014. 12. 31.

한 국 해 양 과 학 기 술 원





# 제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “연안/항만의 파랑 및 폭풍해일 재해위험도 분석평가 시스템 개발 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2014. 12. 31.

총괄연구책임자 : 서 승 남

참 여 연 구 원

참 여 연 구 원

정원무

원덕희

오영민

지창환

백원대

김보미

권오순

류경호

이진학

백승미

한상훈

서정민

한택희

유상량

고진환

이상현

오명학

이성봉

오상호

이혜진

신창주

김태균

박광순

최우리

이종찬

최정운

전기천

최진용

김상익

안희도

김용권

최재호

조홍연

서지혜

최영광



## 보고서 초록

과제고유번호	BSPE9918B -10696-2	연구기간	2014 9. 1. ~ 2014 12. 31. (4개월)		
연구사업명	중사업명	주요사업			
	세부사업명	기관목적사업			
연구과제명	중과제명	기후변화 및 해양재해 대응기술			
	세부과제명	연안/항만의 파랑 및 폭풍해일 재해위험도 분석평가 시스템 개발 연구			
연구책임자	서승남	총연구기간 참여연구원수	총 : 33명 내부: 17명 외부: 16명	총 연구비	191백만원 (직접비 기준 : 191백만원)
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원 연안공학연구본부		참여기업명	-	
국제공동연구	-				
위탁연구					
요 약				보고서 면수	p.72
<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 연안역 파랑 및 폭풍해일 관측자료 및 기존 장기예측자료의 분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바람 요소를 고려한 설계파 계산 (반폐쇄내만)</li> <li>- 조석 및 조류를 고려한 설계파 계산</li> </ul> </li> <li>□ 연안역 해양기인 재해 피해이력 조사와 지역별 취약점 분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연안의 재해 피해이력 조사</li> <li>- 유동모델의 조석 및 조류 결과 개선</li> </ul> </li> <li>□ 우리연구원 주변해역에 대한 연안재해 위험 분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부산캠퍼스인근 파랑모델 수립 (비선형 파랑모델)</li> <li>- 부산캠퍼스 및 남해연구소 인근 유동 및 파랑계산</li> </ul> </li> <li>□ SWAN과 FUNWAVE 파랑모형의 접목기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- SWAN과 FUNWAVE 파랑모형의 접목</li> <li>- FUNWAVE 모형의 수치적인 안정성 검토</li> <li>- Wave breaking 기법 개선</li> <li>- 경계조건 개선</li> </ul> </li> <li>□ 부산캠퍼스 부두 건설 타당성 조사와 개념 설계             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부산캠퍼스 부두 건설 타당성 조사</li> <li>- 다목적 부두 개념 설계</li> </ul> </li> </ul>					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	연안재해, 손상 위험도, 파랑모형, 폭풍해일, 다목적 부두,			
	영 어	Coastal hazard, Damage risk, Wave model, Storm surge, Multi-purpose pier			





## I. 제 목

연안/항만의 파랑 및 폭풍해일 재해위험도 분석평가 시스템 개발 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

최근 지구온난화 등 기후변화에 의한 해수면 상승과 태풍의 강도변화 및 이상파 발생 등으로 우리나라 연안에서 자연재해가 증가하는 추세이다. 이에 대응하기 위하여 해양기인 재해요소 가운데 가장 영향이 큰 파랑 및 폭풍해일에 대한 정밀해상도의 예측시스템을 개발하고, 예측결과를 실제로 적용하기 위한 피해예측시스템 개발이 매우 시급하다.

또한 태풍 등 이상파랑에 의한 단기적인 재해요인과 기후변화에 의한 장기적인 재해요인의 예측을 통해, 시·공간적 재해위험도를 평가함으로써 과학적이고 체계적으로 대처할 수 있는 해양재해 예측 및 관리 시스템 개발도 절실히 요구된다.

연안에 위치할 부산 캠퍼스 부두 건설에 대한 타당성 분석은 이러한 재해 위험도 평가가 도입되어야 하며, 신규 부두 건설에 대한 환경요소를 분석하여 대형 해양과학조사선과 임해실험 시설을 겸한 다목적 부두의 건설 및 향후 활용 방안의 수립은 건설비의 확보를 위해서 반드시 이루어져야 한다.

해양 재해요소인 파랑, 폭풍해일에 대한 정밀 예측자료를 생산하기 위한 예측 도구를 개발하고 이를 이용하여 시·공간적 재해위험도를 과학적이고 체계적으로 평가하고자 하였다. 또한 우리 연구원 주변해역(울진, 장목, 부산)에 대한 연안재해 위험도를 분석하고 이에 따라 부산 캠퍼스 부두 건설 타당성 조사와 개념 설계를 수행하였다.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구개발사업의 주요 연구내용 및 범위는 다음과 같다.

- 연안역 파랑 및 폭풍해일 관측자료 및 기존 장기에측자료의 분석
  - 바람 요소를 고려한 설계파 계산 (반폐쇄내만)

- 조석 및 조류를 고려한 설계파 계산
- 연안역 해양기인 재해 피해이력 조사와 지역별 취약점 분석
  - 연안의 재해 피해이력 조사
  - 유동모델의 조석 및 조류 결과 개선
- 우리연구원 주변해역에 대한 연안재해 위험 분석
  - 부산캠퍼스인근 파랑모델 수립 (비선형 파랑모델)
  - 부산캠퍼스 및 남해연구소 인근 유동 및 파랑계산
- SWAN과 FUNWAVE 파랑모형의 접목기술 개발
  - SWAN과 FUNWAVE 파랑모형의 접목
  - FUNWAVE 모형의 수치적인 안정성 검토
  - Wave breaking 기법 개선
  - 경계조건 개선
- 부산캠퍼스 부두 건설 타당성 조사와 개념 설계
  - 부산캠퍼스 부두 건설 타당성 조사
  - 다목적 부두 개념 설계

## IV. 연구개발결과

### [연안역 파랑 및 폭풍해일 관측자료 및 기존 장기예측자료의 분석]

- 최근 5년간의 파랑 및 폭풍해일 관측자료 및 장기예측자료 수집 및 분석
  - 한국해양과학기술원, 기상청, 국립해양조사원등에서 관측하는 파랑 및 조위 관측 자료들을 수집
  - 한국해양과학기술원의 장기 파랑 예측, 폭풍해일 예측자료를 수집하여 분석하고, 수집한 관측자료와 비교함.
- 도서 및 육지의 영향으로 심해설계파의 입사가 어려운 지역에서의 바람 요소를 고려한 설계파 산출
  - 비선형 파랑모델을 이용하는 방법과 병행하여 외해 입사파 뿐만 아니라 해당지역의 50년 빈도의 통계바람을 이용하여 설계파 계산에 이용함.
  - 바람을 고려하여 설계파를 계산할 경우 항만에서 1~2 m 상승 효과를 가져옴
- 서해 및 남해 항만에서 설계파 계산시 조석과 조류의 영향을 파악하기 위한 유동 + 파랑 접합 모델 구상
  - 해당 지역은 조수간만의 차가 최대 6 m 이고, 창낙조시 조류의 세기가 5 m/s 이상 되는 지역으로 같은 입사조건으로 대조, 소조, 창조, 낙조시의 파랑의 형태가 다르게 분포

### [연안역 해양기인 재해 피해이력 조사와 지역별 취약점 분석]

- 연안 조석모델의 개선을 위한 개방경계조건의 개선 및 관측 자료를 이용한 결과 보정
  - 기존의 유동모델에서는 천문조에 의한 개방경계조건의 자료로 NAO99jb를 사용하였지만, 최신 업데이트된 FES2012의 자료를 이용하여 모델을 새롭게 구축하였음.
  - FES2012에 포함된 조화분조의 수는 64개로 NAO99jb의 16개에 비해 많고, 특히 위성 및 관측자료에 의해 보정되었으므로 모의결과가 크게 향상될 것으로 기대됨.

### [우리연구원 주변해역에 대한 연안재해 위험 분석]

- 부산남항 내의 부산캠퍼스 인근의 연안 재해 위험 분석을 위한 파랑모델 수립
  - 파랑의 비선형성, 회절, 굴절 현상을 모의하기 위해 비선형 파랑모델인 FUNWAVE를 이용.
  - 우리 연구원의 이전 예정지인 부산캠퍼스 인근에 대하여 유동 모델인 MOHID 모델과 파랑 모델인 SWAN 모델을 이용하여 300 m 격자 간격의 모델을 구축함.

### [SWAN과 FUNWAVE 파랑모형의 접목기술 개발]

- 심해에서 전파해오는 파랑을 SWAN으로 계산한 뒤 SWAN 결과를 FUNWAVE의 입사파로 사용하여 부산 해역 모의
  - SWAN과 FUNWAVE로부터 계산된 파고 및 파랑 회절 현상 비교
  - 입사파의 파향에 따른 파랑 전파 형태 비교
  - $H_{mo}=10.32(m)$ ,  $T_p=12.48(s)$ , SE 파향일 때의 결과 :부산캠퍼스 인근 내만의 최대파고에 대하여 SWAN 은 1.18 m, FUNWAVE 는 1.76 m 의 값을 보임.

### [부산캠퍼스 부두 건설 타당성 조사와 개념 설계]

- 부산캠퍼스 부두 건설 개념설계
  - 부산캠퍼스 부두 설계 개념설계서 작성

## V. 활용방안

- 개발된 파랑모델을 운용해양(해양예보)시스템에서의 정밀 파랑예측을 위해서 활용
  - 방파제에서의 월파 경보시스템과 해수욕장 이안류 예측시스템의 정확도 향상
- 부산 캠퍼스의 다목적 부두 건설 활용 방안
  - 다목적 부두를 이용한 지속적인 해양기초과학 및 응용·실용화 연구개발 추진 기반 제공
  - 다목적 부두에 실해역 실증 단지를 구축함으로써 해양기술의 메카로 지역경제 활성화 기대
  - 우리 연구원에서 개발된 기술의 실해역 실증실험장으로 활용 가능

제출문 .....	i
보고서요약서 .....	iii
요약문 .....	v
목차 .....	viii
<b>제1장 서론 .....</b>	<b>1</b>
제1절 연구배경 및 필요성 .....	3
제2절 연구목적 및 범위 .....	6
<b>제2장 국내외 기술개발 현황 .....</b>	<b>10</b>
제1절 국내외 동향 .....	10
<b>제3장 연구개발수행 내용 및 결과 .....</b>	<b>17</b>
제1절 연안역 파랑 및 폭풍해일 관측자료 및 기존 장기예측자료의 분석 .....	17
1. 폭풍해일 관측 자료 및 장기예측자료 수집 및 분석 .....	17
제2절 연안역 해양기인 재해 피해이력 조사와 지역별 취약점 분석 .....	20
1. 연안의 재해 피해이력 조사 .....	20
2. 파랑에 대한 위험 분석 .....	20
3. 유동모델의 조석 및 조류결과 개선 .....	23
제3절 우리연구원 주변해역에 대한 연안재해 위험 분석 .....	24
1. 부산캠퍼스 인근 파랑모델 수립 .....	24
2. 부산캠퍼스 및 남해연구소 인근 유동 모델 수립 .....	24
제4절 SWAN과 FUNWAVE 파랑 모형의 접목기술 개발 .....	26
1. SWAN과 FUNWAVE 파랑모형의 접목 .....	26
2. 임의의 파고, 주기, 파향을 입사파로 사용하여 FUNWAVE 모형의 수치적인 안정	

성 검토 .....	27
3. WAVE Breaking 기법의 개선 .....	28
4. 경계조건의 개선 .....	28
제5절 부산캠퍼스 부두 건설 타당성 조사와 개념 설계 .....	29
1. 부산캠퍼스 부두 건설 타당성 조사 .....	29
2. 부산캠퍼스 다목적 부두 개념 설계 .....	37
<b>제4장 연구개발목표 달성도 .....</b>	<b>67</b>
제1절 연구개발목표 달성도 .....	67
제2절 기대효과 .....	68
<b>제5장 연구개발결과의 활용계획 .....</b>	<b>72</b>

# 표 목 차

표 3.1 부산 동삼동 해양박물관 비조화상수 .....	39
표 3.2 설계적용조위 .....	39
표 3.3 설계파랑 .....	39
표 3.4 강재의 형상규격 .....	40
표 3.5 콘크리트의 재료성능 .....	40
표 3.5 일반구간 위치 변경안 검토 .....	44
표 3.6 방충재 형식별 특성비교 .....	45
표 3.7 개략공사비(직항) .....	48
표 3.8 개략공사비(직항, 소파판 포함 시) .....	48
표 3.9 개략공사비(직항+사항) .....	49
표 3.10 개략공사비(직항+사항, 소파판 포함 시) .....	49

# 그 림 목 차

그림 1.1 다목적 부두 건설 대상 부지 개략도 .....	4
그림 2.1 방파제 주변의 파랑 계산 및 처오름 검증 .....	11
그림 2.2 woods hole oceanographic institution 부두 .....	13
그림 2.3 Scripps Institution of Oceanography 부두 .....	13
그림 2.4 대형 해양과학조사선 정박 .....	14
그림 2.5 KIOST 개발 수중고르기 장비의 현장 적용 .....	14
그림 2.6 실향역 실증 단지 구축 .....	14
그림 2.7 점검용 장비의 현장 실증 및 테스트가능 .....	14
그림 3.1 기관별 관측정점 위치 .....	17
그림 3.2 장기파랑예측 결과 비교 (주문진) .....	17
그림 3.3 설계파 계산시 바람 적용예 (도장항) .....	18
그림 3.4 조석, 조류를 고려한 파랑계산 .....	19
그림 3.5 2005년 이후 연안 피해사례 .....	20
그림 3.6 10년, 50년, 100년 빈도별 유입 파랑의 위험성 분석 .....	21
그림 3.7 주파향 변형에 의한 지형적 취약성 분석 .....	22
그림 3.8 삼척 LNG 임해기지 천퇴(좌)와 그로 인한 파향 집중도(%) 변화(우) .....	22
그림 3.9 CTOH 동중국해 궤도와 조석 모델 검증 결과 .....	23
그림 3.10 부산 캠퍼스 인근 파랑 모델 격자영역 .....	24
그림 3.11 부산 캠퍼스 인근 유동 모델 격자영역 .....	25
그림 3.12 Time=1800(s)일 때의 수면변위 결과 .....	26
그림 3.13 SWAN(좌)과 FUNWAVE(우) 모형의 파고 결과 비 .....	27
그림 3.14 규칙파(좌) 및 불규칙파의 파향(우)에 따른 실험 결과 .....	27
그림 3.15 내해수강 말뚝을 이용한 항만구조물 건설 .....	34
그림 3.16 신형식 잔교공법을 이용한 부두 건설 .....	34
그림 3.17 해상풍력발전기 실증을 위한 선적 작업 .....	34
그림 3.18 항만수중공사 장비의 실증 테스트 모습 .....	34
그림 3.19 부산항 파랑 모니터링 관측위치도. ....	35
그림 3.20 파고관측 장비 설치 모식도. ....	35
그림 3.21 수압식 파고계, WTG(장비 직경 : 0.12 m, 높이 : 0.23 m) .....	36
그림 3.22 WTG 십자형 설치대 .....	36
그림 3.23 수압식 파고계(WTG) .....	36
그림 3.24 WTG 십자형 설치대 도면(평면) .....	36
그림 3.25 WTG 십자형 설치대 도면(측면) .....	36

그림 3.26 부산항 .....	37
그림 3.27 수심도 .....	41
그림 3.28 시추조사 위치도 .....	42
그림 3.29 지층 주상도 .....	42
그림 3.30 평면배치안 검토 .....	43
그림 3.31 표준단면도(직항) .....	46
그림 3.32 표준단면도(직항+사항) .....	47



제1장 서론



## 제1장 서론

### 제1절 연구배경 및 필요성

#### 1. 배경 및 필요성

##### ○ 기술적 측면

- 정밀격자를 이용한 해양 재해 요소(파랑 및 폭풍 해일) 예측시스템 구축
  - 연안 및 항만에서는 복잡한 지형과 연안구조물의 영향을 받기 때문에 해양 재해 요소에 대한 수십m의 정밀격자에서의 예측기술이 필요
  - 연안과 항만의 방파제에서 발생하는 처올림과 월파에 의한 인명사고가 빈번하여, 입사파랑에 따른 처올림과 월파의 예측기술이 필요
  - 또한 연안/항만에서는 파랑변형의 비선형성이 크게 나타나므로 이러한 비선형성을 고려한 파랑-흐름-해일 등의 복합해석 모델 구축이 필요
- 해양 재해 요소에 의한 피해예측시스템 구축
  - 재해 취약지와 항만에 대한 해양 재해 요소의 정밀예측자료로부터 공간정보 및 취약성 분석을 통한 실용적 피해예측모델 개발이 필요
  - 재해요소 단기 예측 자료 및 장기예측 시나리오에 기반을 둔 피해예측모델 개발 필요
- 우리나라 연안재해 위험도 평가에 대한 기후변화 영향 고려
  - IPCC 5차보고서에서 전 지구 평균 해수면 상승이 4차보고서 보다 증가
  - 전 지구 해양에서 관측된 파고의 변화경향이 북반구에서 증가추세
  - 전 지구적인 기후변화 재해요인에 대한 연구는 많이 수행되어 왔지만, 기후변화가 우리나라 연안에 미치는 영향에 대한 연구는 상대적으로 미흡
- 재해 위험도 평가를 도입하여 부산캠퍼스의 부두 건설에 대한 타당성 평가
  - 부산캠퍼스 신규 부두 건설에 대한 자연환경 요소를 분석



- 연안구조물의 재해방지 및 저감을 위한 연안구조물 재해관리 시스템 구축
  - 부산캠퍼스 다목적 부두 건설에 대한 타당성 조사 연구의 수행에 의한 설계 및 건설비용의 절감
- 사회·문화적 측면
- 재해위험도 평가를 통한 안전한 친수환경 보장
    - 파랑 및 폭풍해일 등 재해위험도를 분석하여 제시함으로써 연안에서 보다 안전하고 편안한 경제활동과 레저 활동을 보장할 수 있음
    - 불확실성을 갖는 기후변화 영향을 고려하는 추세에 따라 정량적인 기후 변화의 평가가 요구됨
  - 부산캠퍼스 다목적 부두와 임해실험시설을 통하여 미래를 선도하는 해양과학기술의 전파 및 문화를 창조하는 기반시설로의 활용
- 연구소 고유기능 발전과의 연관성
- 해양관련연구의 선도적인 역할 수행
    - 해양과학기술원의 4대 경영목표인 기후변화에 따른 연안재해 영향평가 연구를 수행하여 국내 관련연구의 선진화를 견인
    - 기후변화에 따른 연안 재해요인에 대한 최신 예측기술 개발 연구 그룹에 참여하고 이를 이용하여 국민의 안전한 삶을 보장하고 재산을 보호
  - 부산 캠퍼스에 우리 연구원의 비전을 실현
    - 부산 캠퍼스에 다목적 부두를 건설함으로써 세계 유수의 해양과학연구기관으로 발돋움하는 기틀 마련

## 제2절 연구목적 및 범위

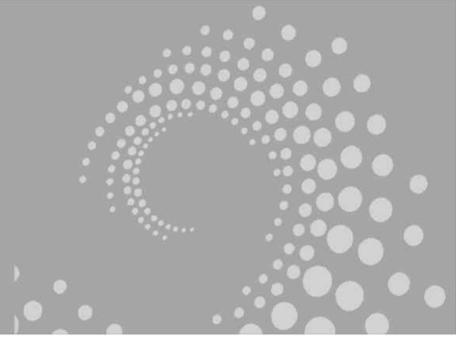
### 1. 연구 목적

- 해양 재해요소인 파랑, 폭풍해일에 대한 정밀 예측자료를 생산하기 위한 예측 도구를 개발하고 이를 이용하여 시·공간적 재해위험도를 과학적이고 체계적으로 평가
  - 우리 연구원 주변해역(울진, 장목, 부산)에 대한 연안재해 위험 분석
  - 부산 캠퍼스 부두 건설 타당성 조사와 개념 설계

### 2. 연구 내용

연구/사업의 수행내용	구체적인 수행방법(이론적·실험적 접근방법명 등)
1. 연안역 파랑 및 폭풍해일 관측자료 및 기존 장기예측자료의 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최근 5년간의 파랑 및 폭풍해일 관측자료 및 장기예측자료 수집 및 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국해양과학기술원, 기상청, 국립해양조사원등에서 관측하는 파랑 및 조위 관측 자료들을 수집</li> <li>- 한국해양과학기술원의 장기 파랑 예측, 폭풍해일 예측자료를 수집하여 분석하고, 수집한 관측자료와 비교함.</li> </ul> </li> <li>○ 반폐쇄 내만에서의 천해 설계파 계산 시 바람과 조류를 고려하여 계산함                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 반폐쇄 내만의 경우 지형적인 요인에 의해 파의 스펙트럼이 평형 상태에 못 미치게 되고 국지 바람에 의해 파랑이 성장할 수 있으며, 조류의 흐름 방향에 따라 천해파랑 변환이 달라지므로 바람과 조류를 고려하여 천해 설계파를 산출</li> </ul> </li> <li>○ 반폐쇄 내만에서의 천해 설계파 계산 시 바람과 조류를 고려하여 계산함                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 반폐쇄 내만의 경우 지형적인 요인에 의해 파의 스펙트럼이 평형 상태에 못 미치게 되고 국지 바람에 의해 파랑이 성장할 수 있으며, 조류의 흐름 방향</li> </ul> </li> </ul>

	<p>에 따라 천해파랑 변환이 달라지므로 바람과 조류를 고려하여 천해 설계파를 산출</p>
2. 연안역 해양기인 재해 피해이력 조사와 지역별 취약점 분석	<p>○ 항만 및 연안에서의 과거 재해 피해이력 조사와 위험 분석</p> <p>○ 관측자료 및 위성자료를 이용한 조석 보정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 프랑스 CTOH(Center for Topographic studies of the Ocean and Hyposphere)에서는 20년간 Topex/Poseidon, Jason-1, Jason-2의 해면고도위성 자료로부터 위성 경로상 매 6.2km 간격 자료점에 대하여 73개 분조 조석조화상수를 도출하여 제공하고 있으며, 이를 조석/조류모델의 자료동화 자료로 활용(그림).</li> <li>- 우리나라 연안에서의 조석 모델의 결과를 조석과 조류의 관측자료를 이용하여 보정하는 방법으로 정확도 향상을 위한 연구 진행</li> </ul>
3. 우리연구원 주변해역에 대한 연안재해 위험 분석	<p>○ 연안 해상상태 정확도 향상을 위한 모델간 접합</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파랑-유동 모델 접합을 통해 연안에서의 파랑에 대한 해수 유동의 영향을 고려할 수 있도록 연구</li> </ul>
4. SWAN과 FUNWAVE 파랑모형의 접목기술 개발	<p>○ 재해예측 도구의 개발에 주요 사용자 그룹으로 참여</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미국 델라웨어 대학의 FUNWAVE 수치모형 개발팀과 유대 강화와 긴밀한 협조체계 구축</li> <li>- 네델란드 델프트 공대에서 개발한 SWAN 수치모형의 사용자 그룹으로 참여하고 협조체계 구축</li> </ul>
5. 부산캠퍼스 부두 건설 타당성 조사와 개념설계	<p>○ 우리 연구원의 분야별 전문가, 설계사와 시공사로 구성된 타당성 검토팀 구성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부두의 규모와 형식, 최적 배치안, 임해시설과 부대시설 등 계획 부두의 기능과 활용성을 부각하여 건설의 타당성 제시</li> <li>- 남해연구소의 장목항을 포함하여 연구원 부두의 활용 및 발전 방향에 대한 기초자료 제공</li> </ul>



## 제2장 국내외 기술개발 현황



## 제2장 국내외 기술개발 현황

### 제1절 국내외 동향

- Spectral 파랑모형 SWAN은 1999년 프로그램 공개이후 많은 국가의 협동 연구그룹 형성과 사용자 확보
  - 흐름을 고려한 파랑에너지 보존을 지배식으로 사용하여 넓은 구역에 대한 파랑을 빠르고 쉽게 계산
  - Spectral energy balance 이론에 근거하여 파랑의 성장과 변형을 계산할 수 있으나, 구조물에 의한 회절과 천해 비선형성이 강한 조건에서는 적용이 제한
  - 일부 제약에도 불구하고 넓은 지역에 대한 파랑추정이 용이하여 활용도가 매우 높음
- 비선형 천해파랑 변형모형 Boussinesque wave (FUNWAVE) model은 지난 20년간의 지속적인 연구에 의해 파랑변형 계산의 유용한 도구로 검증
  - 주기와 파고에 의한 파랑 분산을 적절히 재현, 쇄파대내의 파고감쇄 기법도입
  - 해안선에서 이동 경계기법 사용과 파랑의 급변화를 다루기 위한 곡선 좌표계로 확장
  - 수치 안정화를 위한 다양한 방법 시도: 경계조건의 개선, staggered 격자방법, 이동 경계기법의 개선 등
  - 연안 범람과 쇄파 재현의 정도를 높이기 위한 안정적인 shock-capturing 기법도입
  - 가변 시간차분법에 의한 계산시간 단축과 안정적인 쇄파재현을 위한 Total Variation Diminishing 기법사용
  - 계산에 요구되는 작은 격자로 인해 상당한 계산시간이 소요되나 이를 극복하기 위해 최근 병렬계산법이 도입
- 항만 시설물 주변에서의 처오름 높이와 월파
  - 처오름 및 월파에 대한 연구는 대부분 수리모형 실험을 통해 행해졌으며, 이를 통해 처오름 높이 및 월파량을 산정하는 실험식을 제시하는

형태로 행해졌음 (Owen 1980; Kobayashi *et al.* 1987; Ahrens and Heimbaugh 1988; de Wall and van der Meer 1992; Hedges and Reis 1998; Besley 1999; Mori and Cox 2003 among others).

- 2000년도에는 유럽의 CLASH (Crest Level Assessment of Coastal Structure and Hazard Analysis)를 중심으로 하여 처오름 높이 및 월파에 대한 실험자료 데이터베이스가 구축되었으며, 이를 이용하여 EurOtop(2007)에서는 새로운 처오름 높이 및 월파에 대한 경험식이 도출
- EurOtop(2007)에서 제시한 경험식은 수리모형 실험 결과를 이용하여 추정된 것으로 실제 해역에서의 다양성은 포함하고 있지 않아, 실제 해역에서의 관측 및 수치실험 검증이 필요

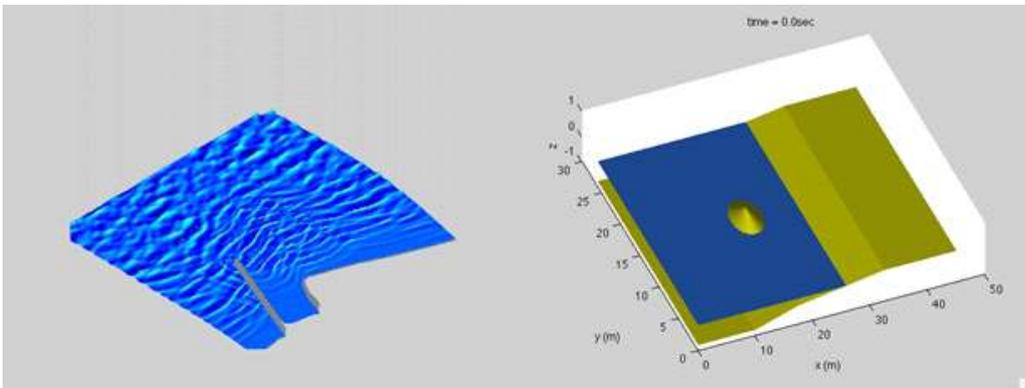


그림 2.1 방파제 주변의 파랑 계산 및 처오름 검증

#### □ 태풍바람장 산출

- 태풍은 큰 파랑과 폭풍해일과 발생시키며 특히 남해안 일대의 해상구조물 및 항만시설의 피해의 주된 요인임
- Hasselmann *et al.* (1997)과 Hsu *et al.* (2011)에 의하면 태풍 등 큰 폭풍시에 파랑수치모델에 의해 예측되는 유의 파고값이 일반적으로 과소평가되는 경향을 보임.
- 태풍시의 파랑 및 폭풍해일의 예측오차의 가장 큰 요인은 해상풍 예측 자료의 정확성에 기인하며, 태풍은 시공간적 변화가 매우 크기 때문에 태풍중심 부근의 기압장을 모수화하여 해상풍을 산출하여야 함

(Cardone, 1996).

○ **현재까지의 연구개발 현황**

□ 연구개발현황

- 2000 ~ 2005 : 항만구조물 설계자동화 시스템 개발연구 용역
- 2006 ~ 2010 : 해일피해 예측 정밀격자 수치모델 구축 및 설계해면 추산
- 2009 ~ 2012 : 국가어항 외곽시설(방파제 등) 설계파 검토 및 안정성 평가 용역
- 2009 ~ 2013 : 운용해양(해양예보)시스템 연구 - 1단계
- 2013 ~ 2019 : 운용해양(해양예보)시스템 연구 - 2단계
- 2013 ~ 2015 : 전국 심해설계파 산출 연구

□ 천해 설계파의 산출

- 추산된 심해설계파의 결과를 이용하여 전국 무역항 및 연안항과 국가어항에 대한 불규칙 천해파 산출

□ “운용해양(해양예보)시스템 연구”(2009~2019)를 통해 국가적 현안문제 해결을 위한 해양환경 현황과 예측정보의 생산·제공이 목표

- 기상모델과 광역의 해양모델 결과를 경계조건으로 연안에서의 파랑, 폭풍해일, 조석, 조류 등 각종 연안 국지 모델을 연계

□ 다목적 부두 건설

- 한국해양과학기술원의 선박플랜트연구소와 울산대학교, 창원대학교에 해양구조물 모형실험 수조가 있으나, 모두 실내수조 실험설비로 실험역 실험은 불가능함
- KIOST에서는 남해연구소에서 개발된 수중장비들의 실험역 실험이 진행되고 있으나 수심이 약 10m로서 장비를 테스트하기에는 너무 수심이 얇기 때문에 장비의 테스트에 한계 존재
- 연구개발적인 측면을 우선 고려하여 구축된 사례는 없으며, 구축이 완료될 경우 전 세계적인 선행 사례가 될 것으로 판단됨



그림 2.2 woods hole oceanographic institution 부두



그림 2.3 Scripps Institution of Oceanography 부두

### ○ 현기술 상태의 취약성

- 반폐쇄 내만에서의 천해 설계파 산출시 바람 및 조류의 영향을 고려하는 방법 필요
  - 반폐쇄 내만의 경우 외해에서 생성된 파랑에너지가 섬·반도 등에 의한 차폐로 감소하며 개방경계에서의 입사파만으로는 연안에서의 파랑을 정확히 재현하지 못함.
  - 이러한 경우 심해설계파를 천해변형하여 천해설계파를 산출하기보다는 각 고파랑 발생시의 천해파랑을 산출하여 이를 극치분석하는 방법으로 천해설계파를 산출하여야 함
- 파랑과 폭풍해일의 독자적인 예측모형 개발이 미흡
  - 우수한 예측모형들의 일반 공개에 따라 기술수준이 상향평준화됨으로써 기술의 우위를 점하기 위해서 지속적인 연구개발이 요구됨
  - 수십 년간 지속적으로 연구된 선진국의 우수 모형 개발자들과 협력을 통해 기술습득과 연구능력 향상
- 연안국지모델의 정밀도 및 정확도 향상이 필요
  - “운용해양(해양예보)시스템 연구”는 우리나라 주변 해양에 대한 예측을 수행하므로 특정한 지역에서의 정밀하고 정확한 해상상태 구현을 위한 노력이 병행되어야 함
  - 정방격자를 이용할 경우 복잡한 연안이나 작은 섬들에 의한 영향을 고려할 수 없음.
  - 기상 모델과 유동모델, 파랑모델과 유동모델의 양방향 접합 필요

- 기후변화에 따른 정량적 예측기술 미흡
  - 기후변화에 따른 자연재해에 대한 정성적인 연구는 많이 수행되어 왔으나, 우리나라 연안에서 기후변화에 의한 재해 위험도의 정량적인 평가가 미흡하여 장기적인 연안개발과 타당성조사에 이용되고 있지 못함
- 임해실험 시설을 갖춘 다목적 부두 건설 사례 없음
  - 국내·외의 다목적 항만(부두) 건설은 주로 항만기능과 친수공간을 만들어 이용자들이 즐길 수 있는 공간을 만들어 주는 것이 목표이나, 연구 목적을 주기능으로 한 다목적 부두의 건설 사례는 아직 없음



그림 2.4 대형 해양과학조사선 정박

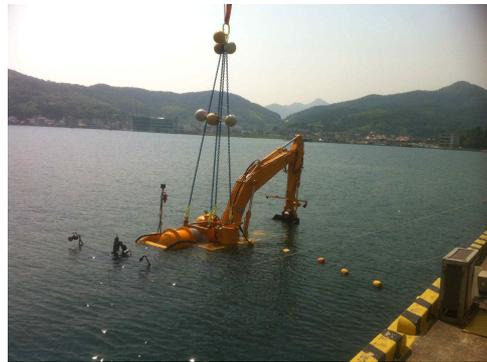


그림 2.5 KIOST 개발 수중고르기 장비의 현장 적용

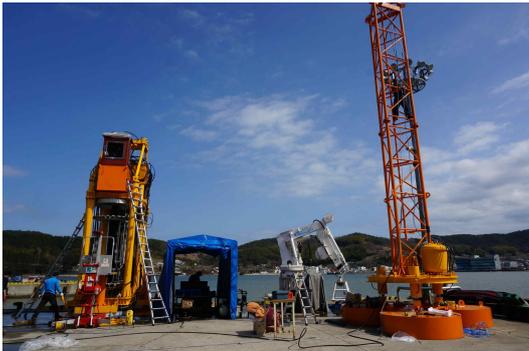


그림 2.6 실해역 실증 단지 구축



그림 2.7 점검용 장비의 현장 실증 및 테스트가능



## 제3장 연구개발수행 내용 및 결과



## 제3장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제1절 연안역 파랑 및 폭풍해일 관측자료 및 기존장기예측자료의 분석

#### (1) 폭풍해일 관측자료 및 장기예측자료 수집 및 분석

- 최근 5년간의 파랑 및 폭풍해일 관측자료 및 장기예측자료 수집 및 분석
- 한국해양과학기술원, 기상청, 국립해양조사원등에서 관측하는 파랑 및 조위 관측 자료들을 수집

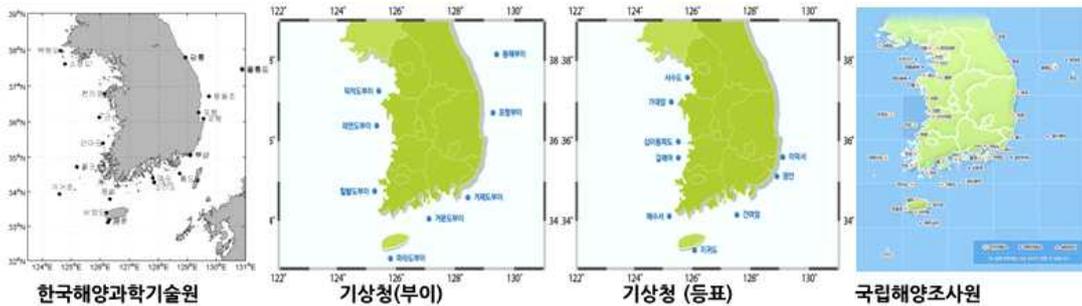


그림 3.1 기관별 관측 정점 위치

- 한국해양과학기술원의 장기 파랑 예측, 폭풍해일 예측자료를 수집하여 분석하고, 수집한 관측자료와 비교함.

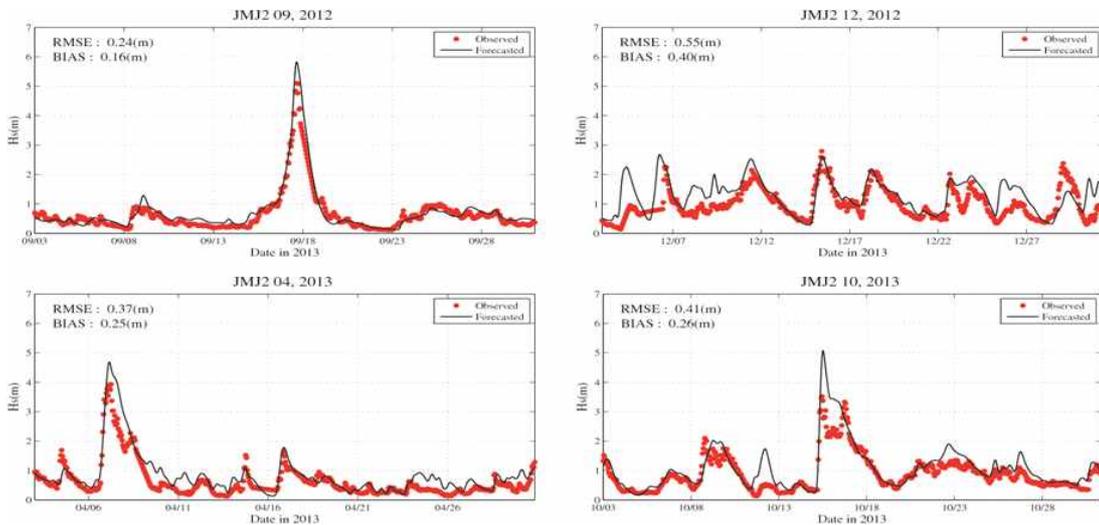


그림 3.2 장기파랑예측 결과 비교 (주문진)

(2) 바람 요소를 고려한 설계파 계산

- 도서 및 육지의 영향으로 심해설계파의 입사가 어려운 지역에서의 바람 요소를 고려한 설계파 산출
  - 남해안 또는 남서해안의 항만에 대하여 스펙트럴 파랑 모델을 이용하여 외해 입사 파랑만으로 현실에 가까운 파랑을 재현하기에는 어려움이 있음.
  - 이에 비선형 파랑모델을 이용하는 방법과 병행하여 외해 입사파 뿐만 아니라 해당지역의 50년 빈도의 통계바람을 이용하여 설계파 계산에 이용함.
  - 바람을 고려하여 설계파를 계산할 경우 항만에서 1~2 m 상승 효과를 가져왔고, 이에 대한 타당성 및 정확성에 대한 판단 여부는 지속적인 모델 연구 및 현장조사 등으로 결정해야 할 것으로 판단됨

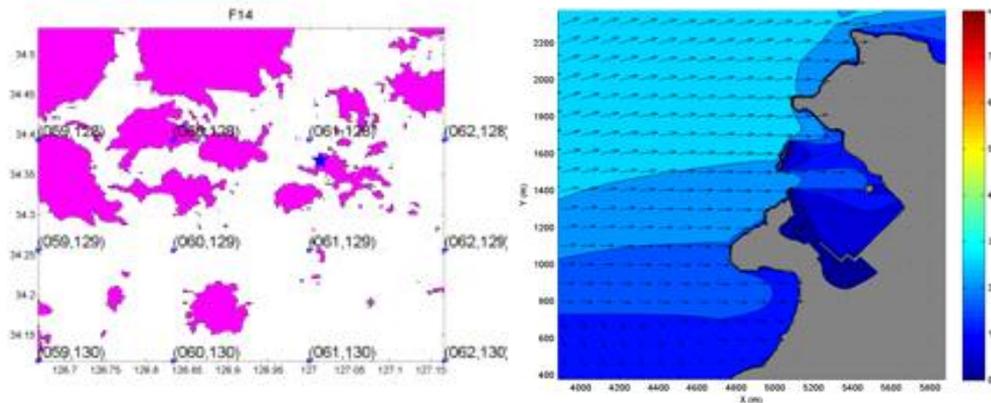


그림 3.3 설계파 계산시 바람 적용예 (도장항)

(3) 조석 및 조류를 고려한 설계파 계산

- 서해 및 남해 항만에서 설계파 계산시 조석과 조류의 영향을 파악하기 위한 유동 + 파랑 접합 모델 구상
  - 기존 연구에서 서해안 태안반도 인근의 연안에 대하여 조석, 조류의 영향을 고려한 설계파 계산 수행한 바 있음.
  - 해당 지역은 조수간만의 차가 최대 6 m 이고, 창낙조시 조류의 세기가 5 m/s 이상 되는 지역으로 같은 입사조건으로 대조, 소조, 창조, 낙조시

의 파랑의 형태가 다르게 분포됨을 확인함.

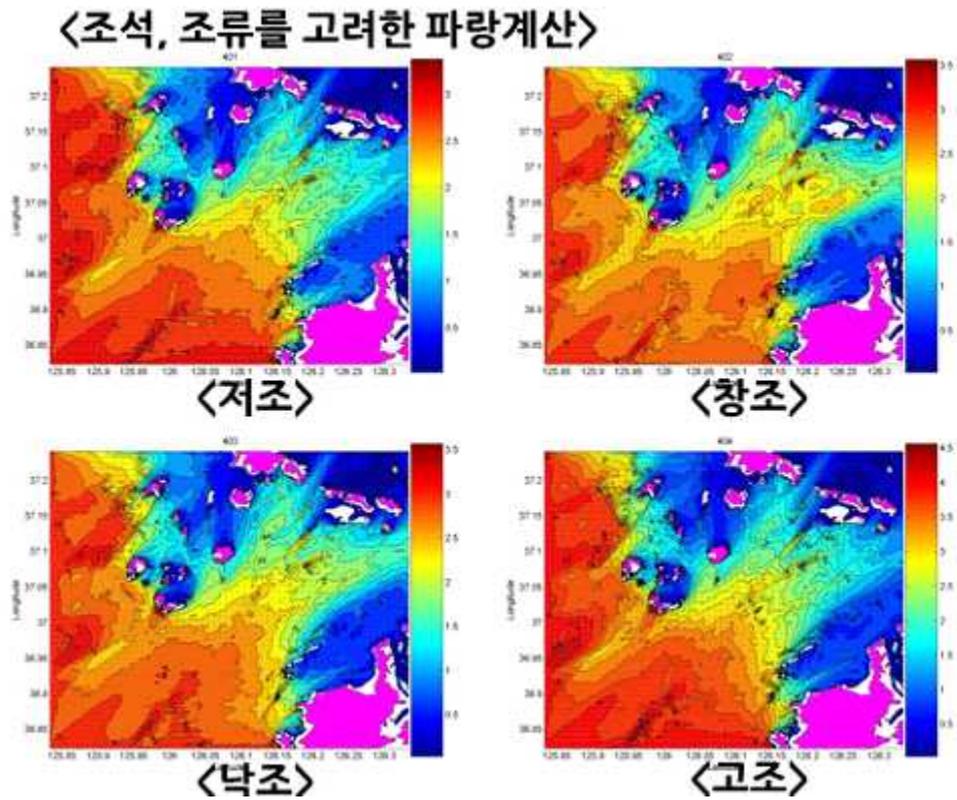


그림 3.4 조선, 조류를 고려한 파랑계산

## 제2절 연안역 해양기인 재해 피해이력 조사와 지역별 취약점 분석

### (1) 연안의 재해 피해이력 조사

#### ○ 항만 및 연안에서의 과거 재해 피해이력 문헌 조사

- 최근 지구온난화 등 기후변화로 인한 기상이변으로 너울성 고파랑, 태풍성 고파랑, 해안의 이안류 등 이러한 여러 연안 재해현상이 돌발적으로 발생하고 있다. 우리나라 주변에서 발생하고 있는 이러한 재해현상에 대해 아직까지 발생원인 및 메커니즘이 정확히 규명되지 않고 있는 상황임.
- 이러한 연안 재해 현상은 재산 및 인명 피해를 가져 오고 있으며, 이에 대한 원인분석 및 지역별 취약점을 분석하여 대비하여 피해를 최소화할 수 있는 지식과 기술이 필요함.

일 시	주요 피해 현황	재해 원인
2005년 10월	<ul style="list-style-type: none"> <li>10월 21일 : 포항 남구 양포리 7 km 해상 선박, 실종 9명</li> <li>10월 22일 : <b>강릉 주문진항</b> 방파제, 사망 1명</li> <li>10월 23일 : <b>울산 정자 및 포항 임곡</b> 방파제, 사망 3명</li> </ul>	고파랑 및 월파 (동해)
2006년 10월	<ul style="list-style-type: none"> <li>10월 8일 : <b>포항 양포항</b> 방파제, 사망 2명</li> <li>10월 9일 : <b>부산 사하 북형제도</b> 갯바위, 사망 1명</li> <li>10월 9일 : <b>울릉 저동</b> 내항 방파제, 사망 1명</li> <li>10월 23일 : 속초 100 km 해상 선박, 사망 4명, 실종 3명</li> <li>10월 24일 : <b>고성 봉포항</b> 방파제, 사망 1명</li> </ul>	고파랑 및 월파 (동해)
2007년 3월	<ul style="list-style-type: none"> <li>3월 31일 : <b>영광 법성면</b>, 고창 상하면, 선박피해</li> </ul>	고파랑 및 월파 (서해)
2007년 10월	<ul style="list-style-type: none"> <li>10월 28일 : <b>속초 영금정</b> 앞 갯바위, 사망 1명</li> </ul>	고파랑 및 월파 (동해)
2008년 2월	<ul style="list-style-type: none"> <li>2월 24일 : <b>강릉 안목항</b>, 사망 2명, 실종 1명, 부상 15명</li> </ul>	고파랑 및 월파 (동해)
2008년 5월	<ul style="list-style-type: none"> <li>5월 4일 : <b>보령 죽도유원지</b>, 사망 9명, 부상 14명</li> </ul>	고파랑 및 월파 (서해)
2009년 1월	<ul style="list-style-type: none"> <li>1월 10일 : <b>강릉 주문진항</b> 북방파제, 사망 3명</li> <li>1월 30일 : 울산 방어진 50 km 해상 선박, 사망 1명, 실종 8명</li> <li>1월 31일 : 거제 흥도 5 km 해상 선박, 실종 4명</li> </ul>	고파랑 및 월파 (동해)
2007 ~ 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>해운대 해수욕장 등 6명 사망</li> </ul>	이안류
2010 ~ 2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>제주도 (서귀포 등) 및 서해안 (가거도 등) 일대 방파제 유실</li> </ul>	태풍성 고파랑
피해내용	사망(실종) : 약 60여명 / 재산피해액 : 약 676억원 규모	

그림 3.5 2005년 이후 연안 피해사례

### (2) 파랑에 대한 위험 분석

- 해역별 기존 설계파 자료의 해양 위험도를 분석하여 식으로 나타냄. 여기서,  $C$ 는 Consequence로서 연안에 영향을 미칠 위협 강도로 본 과제에서는 파향군 최대 파고의 자승으로 취하였으며,  $F$ 는 Frequency로서 재현 주기  $T_R$ 의 역수로서 재현 빈도,  $R$ 은 해양 위협성의 척도로서의 Risk를 나타냄

$$R = C \times F = \frac{H_{TR}^2}{T_R}$$

- 우리나라 연안을 따라 식을 적용한 결과를 도시한 것으로 10년 빈도의 위험성이 가장 크게 나타났으며, 지역적으로는 남해안의 위험성이 가장 크고 남서해안, 동해안, 북서해안 순으로 위험성이 감소하는 것으로 나타남



그림 3.6 10년, 50년, 100년 빈도별 유입 파랑의 위험성 분석

- 빈도가 적은 파랑일수록 연안 재해 위험성이 크다는 판단아래 설계파 파고와는 달리 재해 위험성 파고 분석에서는 Acceptable Consequence 개념의 도입으로 재산출하는 것이 필요함

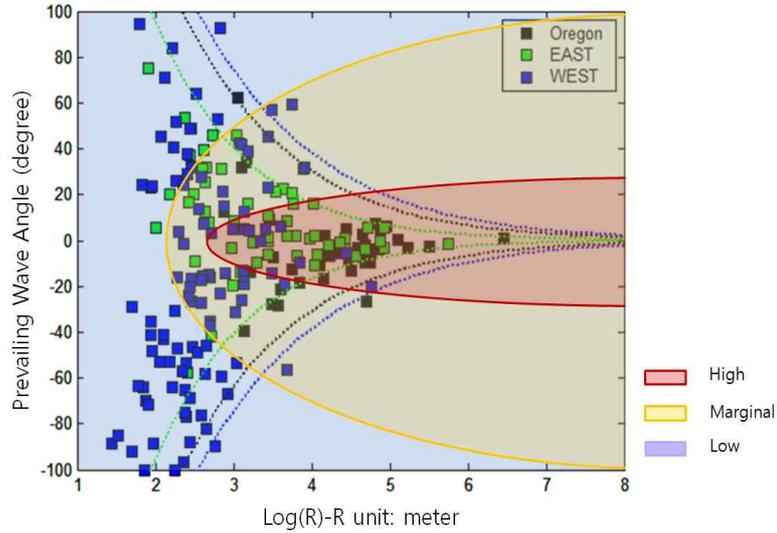


그림 3.7 주파향 변형에 의한 지형적 취약성 분석

- 파랑은 지형 조건과 수심에 따라 변형하며 특히 전반적인 유입 파랑 규모의 변화에는 지형 조건에 따른 영향이 비교적 큼. 그림 3.8은 외해 주파향이 그대로 전달되는 해안과 굴절 및 회절로 인하여 주파향 변형이 일어나면서 파고의 감소를 보이는 해안의 분포를 보이고 있으며, 동해보다 서해에서의 지형적 변화가 비교적 크게 나타남

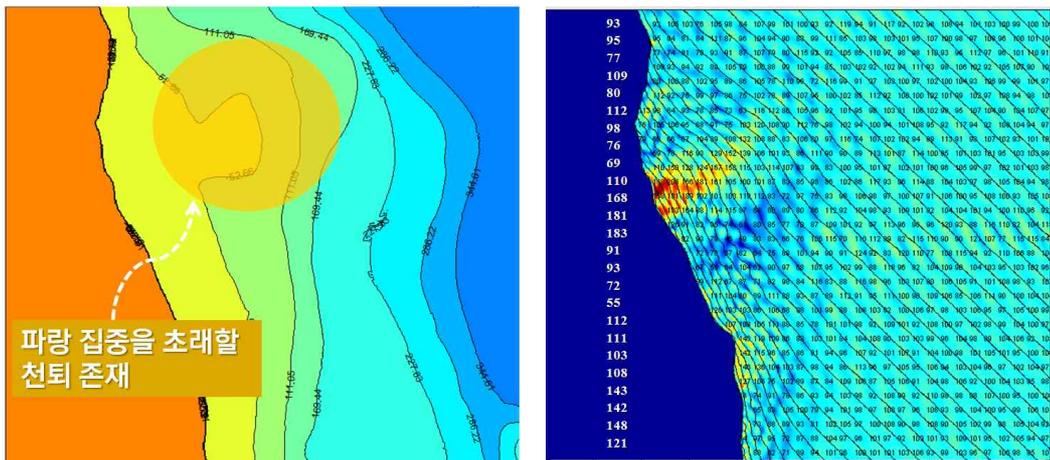


그림 3.8 삼척 LNG 임해기지 천퇴(좌)와 그로 인한 파향 집중도(%) 변화(우)

- 연안은 수심 조건에 따라 국지적으로 다양한 파랑 변형이 발생하므로 외해에서 동일한 파랑 조건이 유입하여도 같은 해안에 영향을 미치는 파의 강도는 서로 다르게 나타남.

## (3) 유동모델의 조석 및 조류 결과 개선

- 연안 조석모델의 개선을 위한 개방경계조건의 개선 및 관측 자료를 이용한 결과 보정
  - 기존의 유동모델에서는 천문조에 의한 개방경계조건의 자료로 NAO99jb를 사용하였지만, 최신 업데이트된 FES2012의 자료를 이용하여 모델을 새롭게 구축하였음.
  - FES2012에 포함된 조화분조의 수는 64개로 NAO99jb의 16개에 비해 많고, 특히 위성 및 관측자료에 의해 보정되었으므로 모의결과가 크게 향상될 것으로 기대됨.

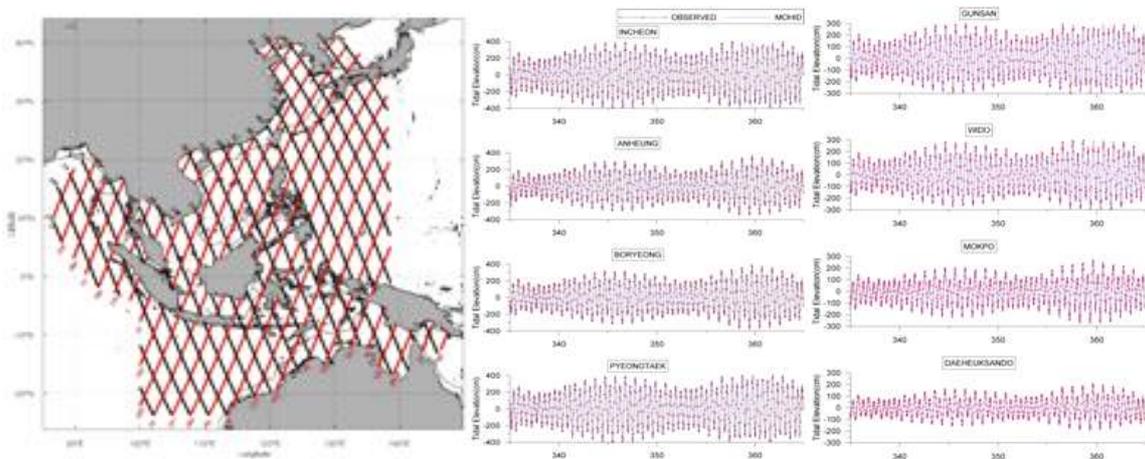


그림 3.9 CTOH 동중국해 궤도와 조석 모델 검증 결과

### 제3절 우리연구원 주변해역에 대한 연안재해 위험 분석

#### (1) 부산캠퍼스 인근 파랑모델 수립 (비선형 파랑모델)

- 부산남항 내의 부산캠퍼스 인근의 연안 재해 위험 분석을 위한 파랑모델 수립
  - 파랑의 비선형성, 회절, 굴절 현상을 모의하기 위해 비선형 파랑모델인 FUNWAVE를 이용.
  - FUNWAVE 모델은 계산 시간이 많이 소요되므로 큰 영역에서의 사용은 불가하므로, 큰 영역에서는 비교적 계산시간이 빠른 SWAN 모델을 이용하고, 그 결과를 FUNWAVE에 적용하는 방식을 채택 (“[라] SWAN과 FUNWAVE 파랑모형의 접목기술 개발” 에서 결과 제시)
  - 우리 연구원의 이전 예정지인 부산캠퍼스 인근에 대하여 유동 모델인 MOHID 모델과 파랑 모델인 SWAN 모델을 이용하여 300 m 격자 간격의 모델을 구축함.

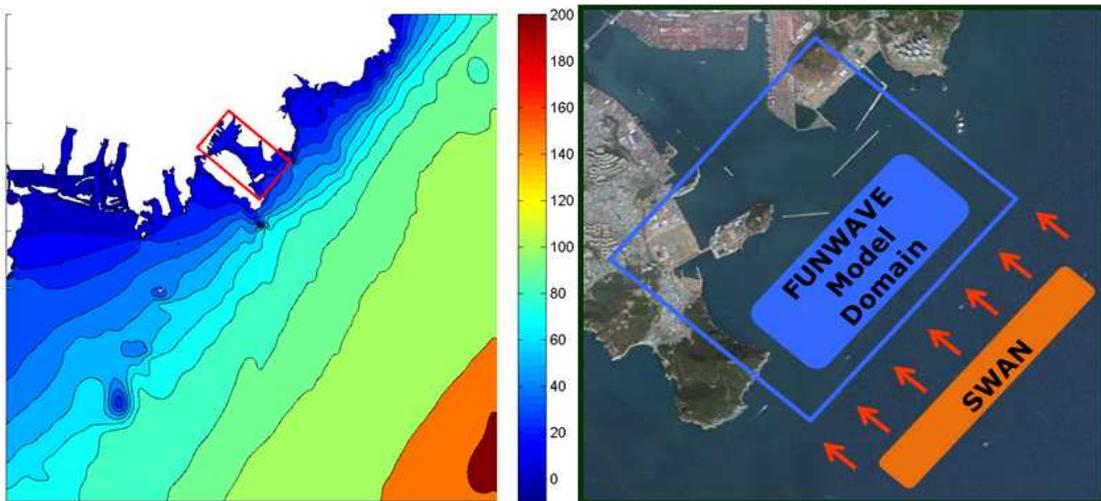


그림 3.10 부산 캠퍼스 인근 파랑 모델 격자영역

#### (2) 부산캠퍼스 및 남해연구소 인근 유동 모델 수립

- 부산캠퍼스 및 남해연구소 인근 설계파 계산시 조류, 조석 등의 영향을 살펴보기 위한 유동모델 수립

- 우리 연구원 이전 예상 지역인 부산캠퍼스 앞에 대하여 유동모델을 수립하고 파랑모의 및 설계파 계산 시 유동모델의 결과를 적용하였음. 해당 지역은 조수간만의 차이와 조류의 세기는 크지 않고 해류의 영향을 받는 지역이므로 유동 계산 시 해류의 영향을 고려하였음.
- 유동모델의 천문조에 의한 개방경계조건은 NAO99를 사용하였고, 해류의 정보는 전지구 모델인 HYCOM 모델의 결과를 초기조건 및 경계조건으로 사용하였음.

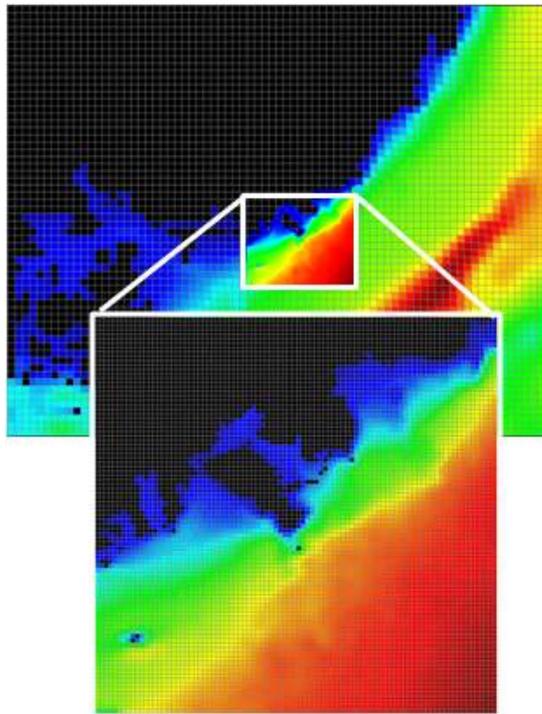


그림 3.11 부산 캠퍼스 인근 유동 모델 격자영역

## 제4절 SWAN과 FUNWAVE 파랑모형의 접목기술 개발

### (1) SWAN과 FUNWAVE 파랑모형의 접목

- 심해에서 전파해오는 파랑을 SWAN으로 계산한 뒤 SWAN 결과를 FUNWAVE의 입사파로 사용하여 부산 해역 모의
  - SWAN으로부터 계산된 파고, 주기, 파향 및 wave spectrum 자료를 FUNWAVE의 입사파 자료로 사용하여 파랑의 비선형성, 회절, 굴절 현상을 모의
  - SWAN과 FUNWAVE로부터 계산된 파고 및 파랑 회절 현상 비교
  - 입사파의 파향에 따른 파랑 전파 형태 비교
  - $H_{m0}=10.32(m)$ ,  $T_p=12.48(s)$ , SE 파향일 때의 결과 :

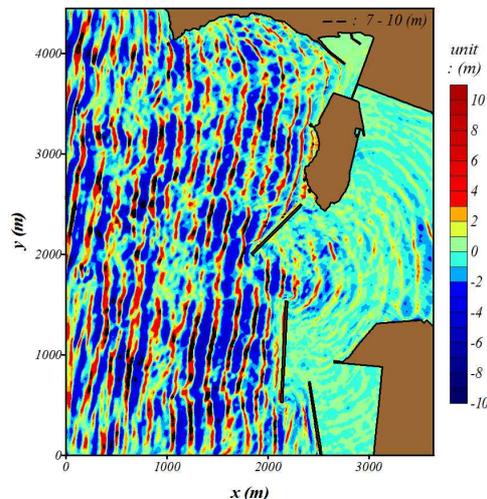


그림 3.12 Time=1800(s)일 때의 수면변위 결과

- 그림에서와 같이 부산캠퍼스 인근 내만의 최대파고에 대하여 SWAN 은 1.18 m, FUNWAVE 는 1.76 m 의 값을 보임.

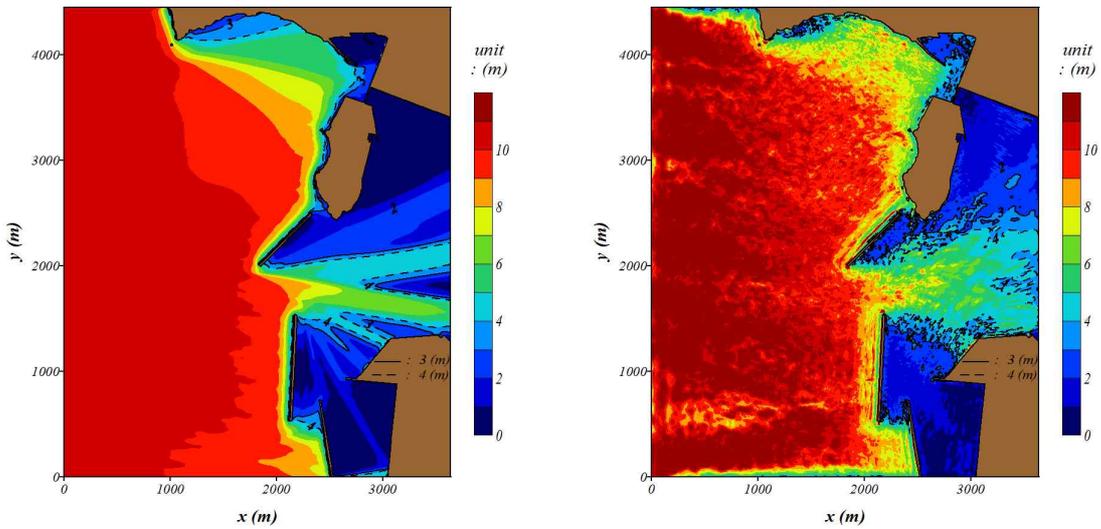


그림 3.13 SWAN(좌)과 FUNWAVE(우) 모형의 파고 결과 비

(2) 임의의 파고, 주기, 파향을 입사파로 사용하여 FUNWAVE 모형의 수치적인 안정성 검토

○ 부산 해역의 실제 수심과 지형 적용

- Wave breaking 기법 및 계수에 따른 수치적인 안정성 및 연안에서의 파고 변화 검토
- 단파 및 장파, 진폭에 따른 모형의 안정성 검토 및 파랑의 전파 양상 비교
- 규칙파와 불규칙파를 사용하여 모형의 안정성 검토
- 입사파의 파향에 따른 모형의 안정성 검토

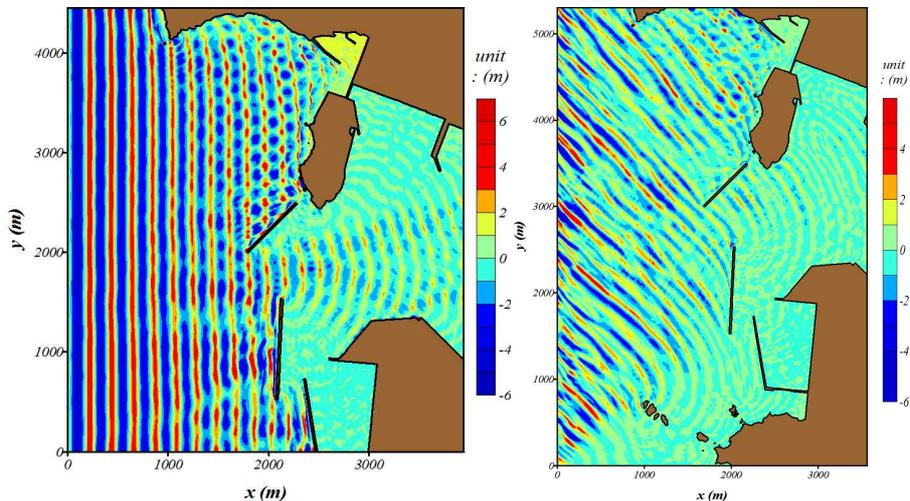


그림 3.14 규칙파(좌) 및 불규칙파의 파향(우)에 따른 실험 결과

(3) Wave breaking 기법의 개선

- 기존의 shock capturing scheme을 이용한 wave breaking 모의는 실해역 적용에 한계가 있어서 eddy viscosity type breaking 기법을 적용
  - Kennedy et al.(2000)의 wave breaking 기법 적용
  - 간단한 수로(channel)에서 wave breaking 계수에 따른 진폭 변화 비교
  - Wave breaking 계수에 따른 부산 해역의 파고 변화 비교

(4) 경계조건의 개선

- 기존의 sponge layer에서는 numerical noise 현상이 나타남
  - Numerical noise 현상을 완화시킬 수 있는 friction type sponge layer 추가
  - 1차원 수로(channel)에서 기존의 sponge layer를 사용했을 때와 결과 비교
  - Friction type sponge layer의 계수에 따른 wave damping 효과 비교
- Sponge layer와 wave maker 사이의 간격에 따른 numerical noise 현상 비교

## 제5절 부산캠퍼스 부두 건설 타당성 조사와 개념 설계

### (1) 부산캠퍼스 부두 건설 타당성 조사

#### ○ 5000톤급 대형 해양과학조사선(이사부호) 건조 계획

##### □ 건조 배경

- 육상자원 고갈에 따른 해외 심해저 광물자원 및 탐사, 기후변화 연구 등 우리 나라의 해양경쟁력 강화를 위해 대양에서 전지구적 해양과학연구를 수행할 5천톤급 해양과학조사선을 건조

##### □ 해양과학조사선 제원

총톤수	전장(L)	폭(B)	흘수(D <sub>f</sub> )	항속거리	탑승인원
5,900톤급	99.8m	18.0m	6.3m	10,000마일	최대 60명

##### □ 신규 접안시설의 최소 수심 및 길이

구 분	소요선석길이		선석소요수심		비 고
	전장(L)	선석길이	흘수(D <sub>f</sub> )	선석수심	
이사부호	99.8m	130.0m	6.3m	DL(-)7.00m	선석길이=L × 1.2 선석수심=D <sub>f</sub> × 1.1

- 대형해양과학조사선(이사부호)는 전장이 99.8m이고 흘수가 6.3m로 선석 길이와 수심은 각각 130m, DL(-) 7m가 요구됨.

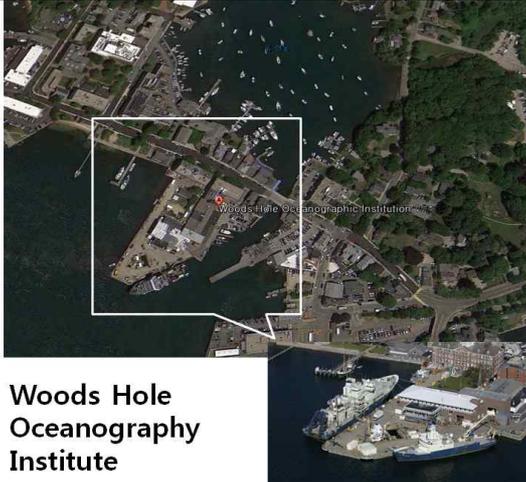
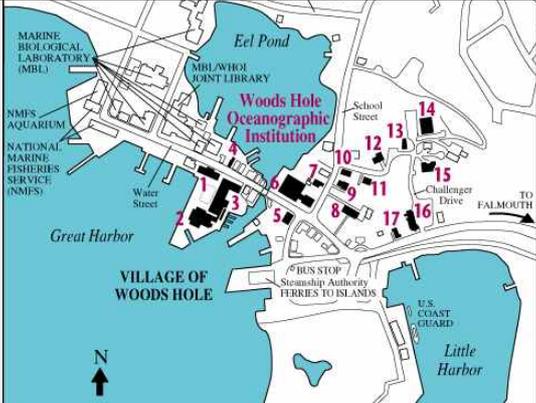
##### □ 기대효과

- 대형 해양과학조사선을 통한 대양에서의 해양 R&D 본격 추진으로 향후 국가경쟁력 제고 및 신성장동력 창출 → 해양선진국과의 협력강화 및 동반성장을 통해 국가위상 제고
- 해양장비 및 해양과학조사선의 국제 동향을 반영한 특수분야 기술(진동, 소음, 방사소음 등) 축적으로 국내 해양산업 발전에 기여

○ 해외 연구선 부두 건설 사례 분석

□ 해외 해양연구소 부두 사례 분석

- 미국 해양 연구소 비교

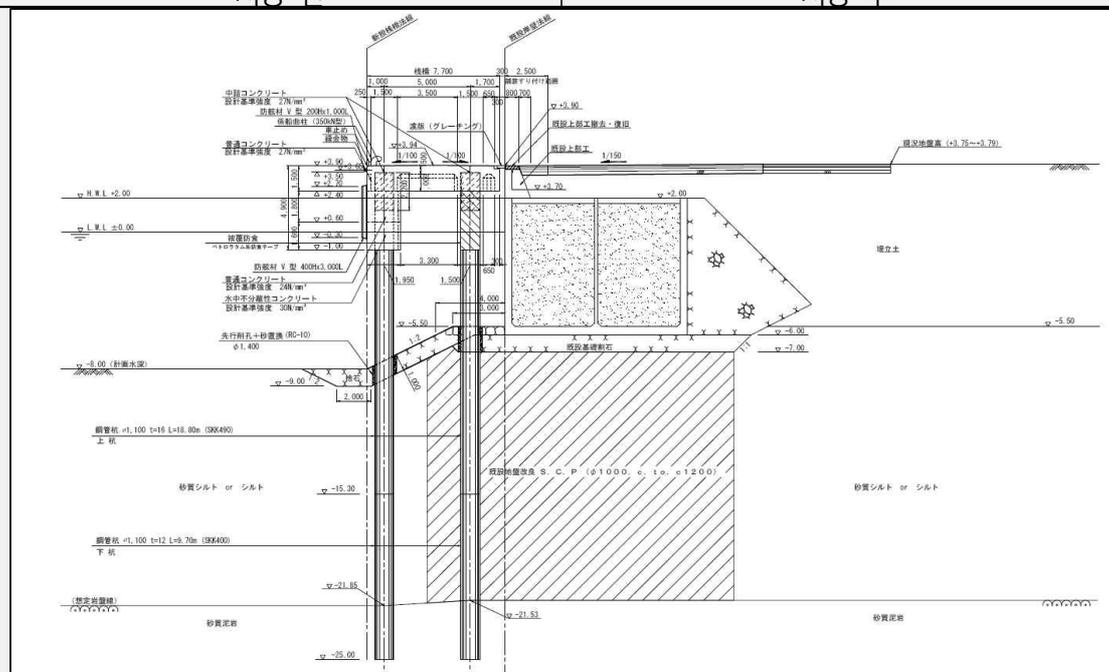
Woods Hole Oceanography Institute	Scripps Institution of Oceanography
 <p><b>Woods Hole Oceanography Institute</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구소내에 연구선용 부두가 위치함.</li> </ul>	 <p><b>Scripps Institution of Oceanography</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구소와 연구선용 부두가 22km 떨어져 있음.</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1번~7번이 주요 연구시설임.</li> <li>• 2번은 부두지원시설로 다이빙, 전기, 기계, 관제, 등의 업무를 지원함.</li> <li>• 부두를 중심으로 반경 300m 내에 주요 연구시설들이 위치함.</li> <li>• 연구선-부두-연구실간의 거리를 최소화하여 활발한 연구 기반을 갖추.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구선 계류용 잔교와 길이 80m, 폭 20m의 지원 빌딩으로 구성됨.</li> <li>• 부두 지원시설에는 용접, 기계, 장비, 전기 등을 지원할 수 있는 시설들이 갖추어져 있음.</li> <li>• 연구선-부두-연구실간에 거리가 상당히 떨어져 있어 연구 시너지 효과가 저하됨.</li> </ul>

- 일본 JAMSTEC 연구선 부두



시공 전

시공 후



- 기존의 부두앞에 잔교 부두를 신설하여 건설 완료함.
- 실설안벽의 길이는 220m, 폭은 8m, 설계 수심 8m 임.
- 공기식 방현재, V형 방현재, 곡선계선주가 설치됨.
- 말뚝의 길이는 수면으로부터 약 25m 이며, 말뚝 직경은 1500mm임.

□ 부두의 활용 사례(Scripps Pier & HAJAKI Pier)

Scripps Pier(USA)	HAJAKI Pier(JAPAN)
	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scripps Institute of Oceanography에서 설치 운용 중임.</li> <li>• 실시간 연안 환경 데이터 수집 및 제공</li> <li>• 연안 날씨 및 수질 정보 제공</li> <li>• 각종 연안 관련 실험 수행</li> <li>• Scripps 연구소 근해에 설치되어져 있음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The Port and Airport Research Institute에서 설치 운용 중임.</li> <li>• PARI 연구소 근처에 설치한 것이 아닌 이 바라키현에 설치함.</li> <li>• 제원 : 잔교 길이(427m), 폭(7m), 수심(5.5m)</li> <li>• 파랑 및 유속, 풍속, 풍향, 해수온도 등을 실시간으로 측정 가능함. (입사각등 측정 가능)</li> </ul>

○ 부두 건설 입지 비교 분석

□ 부산캠퍼스와 남해연구소의 입지 비교 분석

구 분	본원(부산 캠퍼스)	남해연구소
입지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 부산시 영도구 동삼혁신지구</li> <li>- 국제 무역항인 부산항내</li> <li>- 주변 유관기관과 함께 해양 클러스터 형성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 거제시 장목면</li> <li>- 거제도 내만</li> </ul>
자연조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정온한 항내 위치</li> <li>- 조차 1.3m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정온한 내만 위치</li> <li>- 조차 2.0m</li> </ul>
접·이안 용이성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인접부두: 국제 크루즈 부두와 해양 대학교 부두</li> <li>- 인접부두의 접·이안에 문제가 발생하지 않도록 부두배치 계획 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 독립형태의 부두</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 부산 해양 클러스터 구축에 따른 시너지 효과 극대화</li> <li>• 본원과 접해 연구 효율성 극대화</li> <li>• 대양연구의 세계적 거점으로서 확고한 위상 실현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 시설의 확장</li> <li>• 사업비가 확보되었으나 부분 변경 필요</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업비 변경 승인 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제한적인 활용성</li> </ul>
	 <p>부산캠퍼스 부두건설 개략도</p>	 <p>남해연구소 부두건설 개략도</p>

○ 임해 실험시설로서의 활용

□ 항만기술 분야

- 신형식 항만구조물(내해수강 말뚝 또는 콘크리트 충전 이중강관 적용 잔교 등)의 적용성 검토
- 항만 수중공사 및 점검용 장비의 성능평가(굴착, 사석고르기, 지반조사, 안벽 안정성 평가 등)를 위한 실험역 실험시설로 활용

□ 해양에너지-장비 분야

- 해양로봇의 수중실험장으로 활용하여 각종 현장실험(수중 모니터링, 장비 제어, 방수테스트, 주행성능, 파이프매설 등) 수행
- 해상풍력발전기 등 각종 해상구조물의 적·하역작업 및 관련 연구(기초 및 계류앵커 지지력 평가 등) 실증시설로서 활용

□ 관련 사진



그림 3.15 내해수강 말뚝을 이용한 항만구조물 건설



그림 3.16 신형식 잔교공법을 이용한 부두 건설



그림 3.17 해상풍력발전기 실증을 위한 선적 작업

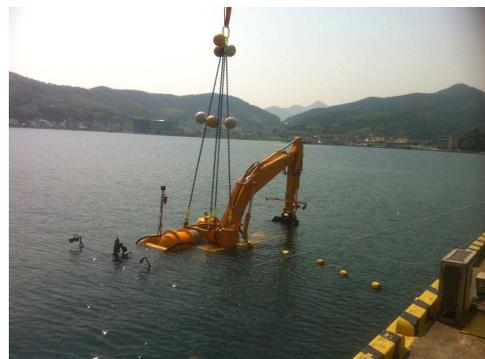


그림 3.18 항만수중공사 장비의 실증 테스트 모습

## ○ 해양환경 분석을 위한 파랑 모니터링

## □ 부산캠퍼스 이전 예정부지 전면 해상 파랑 모니터링

- 설치 배경 및 목적 : 한국해양과학기술원의 부산 영도구 혁신지구 이전으로 인하여 해당해역에 한국해양과학기술원의 해양조사선 접안시설이 필요할 것으로 예상됨에 따라 파랑 및 폭풍해일 재해 위험도를 포함한 타당성 평가가 필요하며 이와 관련하여 과학적이고 객관적인 타당성 평가를 위해 접안시설 예상지 인근 해역에서의 실해역 파랑자료의 수집이 반드시 필요함
- 세부 목표 : 해양조사선 접안을 위한 재해 위험도 평가를 포함한 타당성 검토를 위해 WTG(Wave and Tide Gage, 수압식 파고계)를 착저식 설치대를 사용하여 해저면에 설치하고 해당 실해역에서 1년 이상의 장기 파랑 모니터링을 수행하며 파랑특성계수 분석을 위한 자료를 취득
- 설치 위치 : 부산광역시 영도구 한국해양대학교 혁신지구 전면 해역



그림 3.19 부산항 파랑 모니터링 관측위치도.

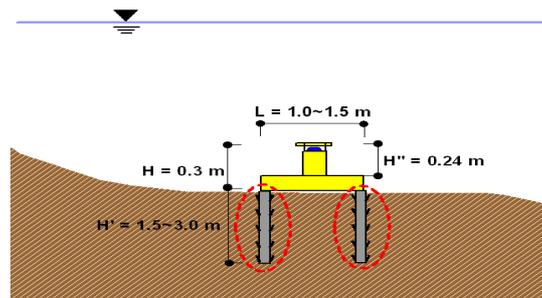


그림 3.20 파고관측 장비 설치 모식도.



그림 3.21 수압식 파고계, WTG(장비 직경 : 0.12 m, 높이 : 0.23 m)



그림 3.22 WTG 십자형 설치대

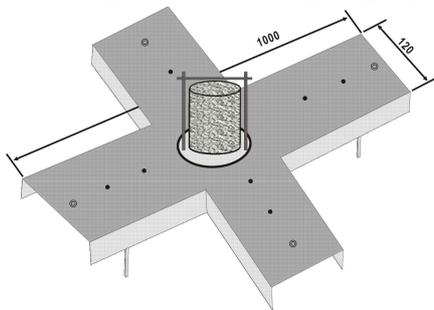


그림 3.24 WTG 십자형 설치대  
도면(평면)



그림 3.23 수압식  
파고계(WTG)

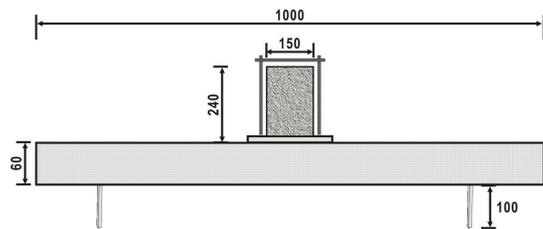


그림 3.25 WTG 십자형 설치대  
도면(측면)

(2) 부산캠퍼스 다목적 부두 개념 설계

○ 검토 개요

□ 검토 배경

- 정부의 공공기관 이전 시책에 따라 한국해양과학기술원이 부산 영도구 동삼동 지역으로 2016년까지 이전을 시행할 예정임.
- 외해에서 해양탐사 및 연구활동 후 해양과학조사선이 국내로 입항하여 조사선에서 연구한 결과와 국내 연구진과의 지속적이고 효율적인 연구성과를 도출하기 위해서는 한국해양과학기술원 인근에 조사선 전용부두가 필요함.
- 기술원 위치 : 부산광역시 영도구 동삼동 해양클러스터 내.



그림 3.26 부산항

- 대형연구조사선(선명:이사부(ISABU)) 제원(2016년 취항 예정)

구 분	제 원
총톤수(GT)	5,900톤
전장(L)	99.8m
폭(B)	18m
흘수(D)	6.3m
항속거리	10,000마일
탑승인원	최대 60명



- 그러나, 이전 지역에는 조사선의 정박과 임해실험을 위한 전용부두가 없

어 정상적인 해양조사 및 연구수행에 막대한 차질이 예상되므로 조속한 부두건설이 필요함.

○ **접안시설 축조계획**

- 대형연구조사선 접안시설은 기술원 전면해역에 매립이 필요없는 교량형의 잔교식(Pile Type) 구조물로 설치하여 환경에 악영향이 없도록 계획함.

○ **부두건설에 따른 기대효과**

- 대형연구조사선부두 축조로 원활한 지구기후변화조사와 심해저 광물자원 및 공해상 해양자원 연구, 전지구적 추적자연구, 해양현상 및 해양실험 등을 통한 해양영토 보전.
- 해양과학기술원 전면에서 여러 가지 해상실험과 장비 성능실험 등을 통하여 실질적인 해양분야 실험 노하우 축적.
- 다양한 실험수행으로 기술축척 및 기술발전을 통하여 대양연구가 가능하게 되고, 대한민국 해양기술을 대표하고 대한민국의 자긍심과 긍지를 가질 수 있을 것으로 기대.

○ 설계기준

□ 설계조위

- 대상지역의 평균해면은 부산항의 DL.(+)64.9cm보다 3.6cm 낮음.

표. 3.1 부산 동삼동 해양박물관 비조화상수

구 분	조 위(cm)	조 위 도
약 최고고조위 (Approx. H.H.W)	DL.(+)122.6	
대조평균고조위 (H.W.O.S.T)	DL.(+)116.4	
평균고조위 (H.W.O.M.T)	DL.(+) 98.8	
소조평균고조위 (H.W.O.N.T)	DL.(+) 81.2	
평균해면 (M.S.L)	DL.(+) 61.3	
소조평균저조위 (L.W.O.N.T)	DL.(+) 41.4	
평균저조위 (L.W.O.M.T)	DL.(+) 23.8	
대조평균저조위 (L.W.O.S.T)	DL.(+) 6.2	
약 최저저조위 (Approx. L.L.W)	DL.(±) 0.0	

자료) 국립해양조사원 누리집(www.khoa.go.kr)>해양관측/예보>조석>기본수준점 성과표(동삼동, 해양박물관)

표. 3.2 설계적용조위

구 분	조 위(m)	비 고
약최고고조위 (Approx. H.H.W)	DL.(+)1.226	설계고조위 산정
평균해면 (M.S.L)	DL.(+)0.613	수상·수중 구분
약최저저조위 (Approx. L.L.W)	DL.(±)0.000	설계 및 공사기준면

□ 설계파랑

표. 3.3 설계파랑

대상시설물	입사파향	H½(m)	T½(sec)	비 고	
친수호안	1구간	E	2.0	11.87	국립해양박물관측
	2구간	E	1.3	11.87	한국해양연구원측

자료) 동삼동 매립지 친수호안 조성공사 기본 및 실시설계 용역 보고서 p.162(부산 지방해양항만청/부산항건설사무소, 2008.6)

□ 마루높이

- 인근 구조물의 마루높이 및 수요수심은 아래와 같으며, 부두가 설치될 동삼동 매립지 친수호안 제2구간의 마루높이를 고려하여 DL.(+)4.80m로 결정함.

표. 3. 인근 구조물 마루높이 및 수요수심

시설명	대상 선박	마루높이	수요수심
해경소형선부두	5,000DT	DL.(+)3.50m	DL.(-)7.00m
해경대형선부두	300DT	DL.(+)3.50m	DL.(-)7.00m
국제여객부두	80,000GT	DL.(+)4.00m	DL.(-)11.50m
친수호안 제1구간	-	DL.(+)4.80m	-
친수호안 제2구간	-	DL.(+)2.30~4.80m	-

자료) 1. 부산항 국제여객 및 해경부두 축조공사 대안설계(포스코건설, 2003.11)  
 2. 동삼동 매립지 친수호안 조성공사 기본 및 실시설계 용역 보고서 p.162(부산지방해양항만청/부산항건설사무소, 2008.6)

□ 사용재료조건

- 강재는 강관말뚝 SPS490 적용.

표. 3.4 강재의 형상규격

강재의 종류		규격	사용강재
강말뚝	강관말뚝	KSF4602	SPS400, SPS490
	H형강 말뚝	KSF4603	SHK400, SHK400M, SHK490M

자료) 항만 및 어항 설계기준 · 해설 p.390(해양수산부, 2014)

- 콘크리트 강도는 35Mpa 적용.

표. 3.5 콘크리트의 재료성능

구분	설계기준 압축강도	비고
철근 및 프리스트레스 콘크리트	35Mpa	
무근콘크리트	30Mpa	

자료) 항만 및 어항 설계기준 · 해설 p.415(해양수산부, 2014)

□ 수심현황

- “동삼동 매립지 친수호안 조성공사 기본 및 실시설계용역(2008)” 시 수행한 수심자료를 인용함.

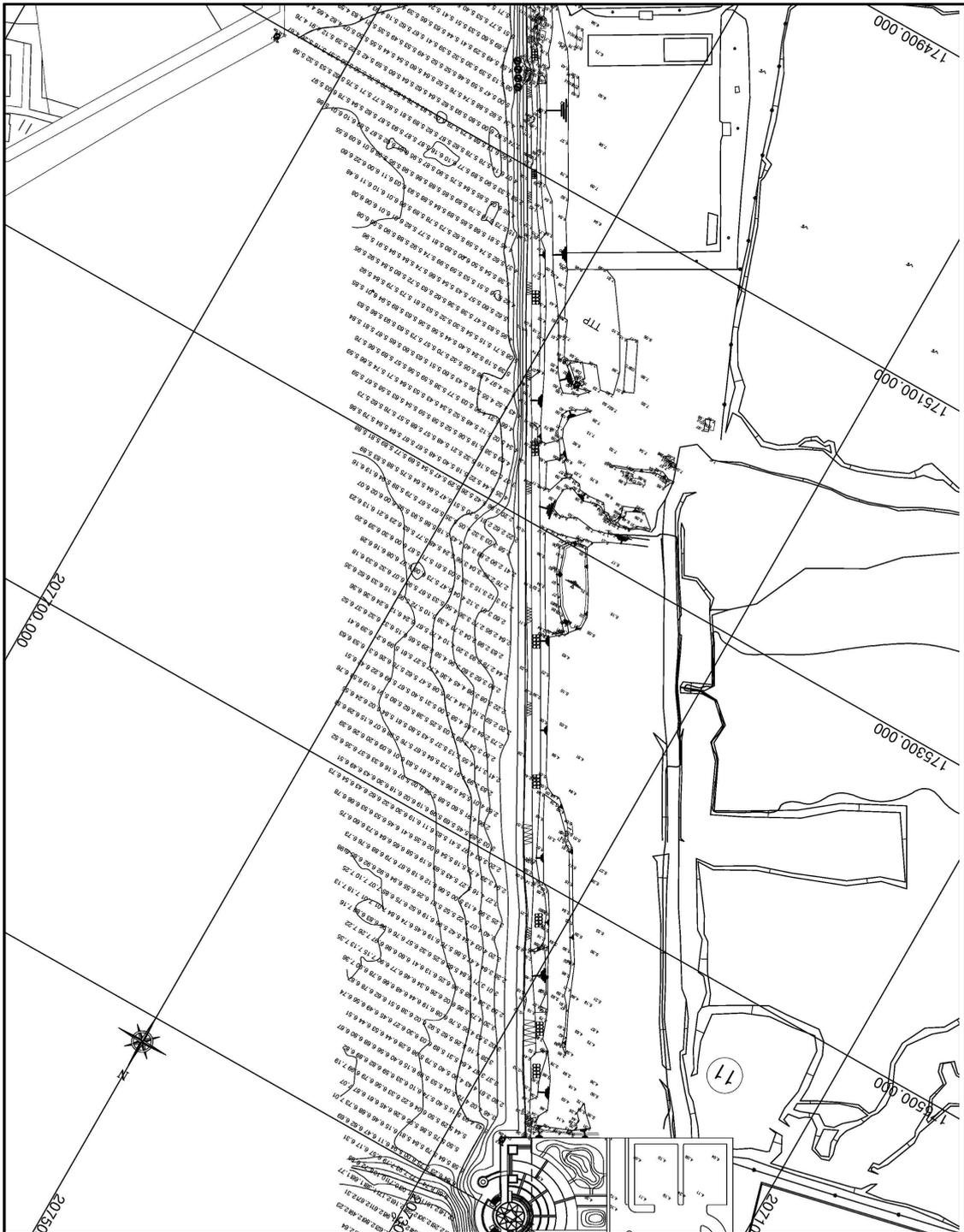


그림 3.27 수심도

□ 지반조건

- 또한, 같은 용역에서 조사한 지반조사 자료를 인용하였으며, 위치상 BH-3 이 과업대상지에 근접하나 연약층이 깊은 BH-4를 설계에 적용함.

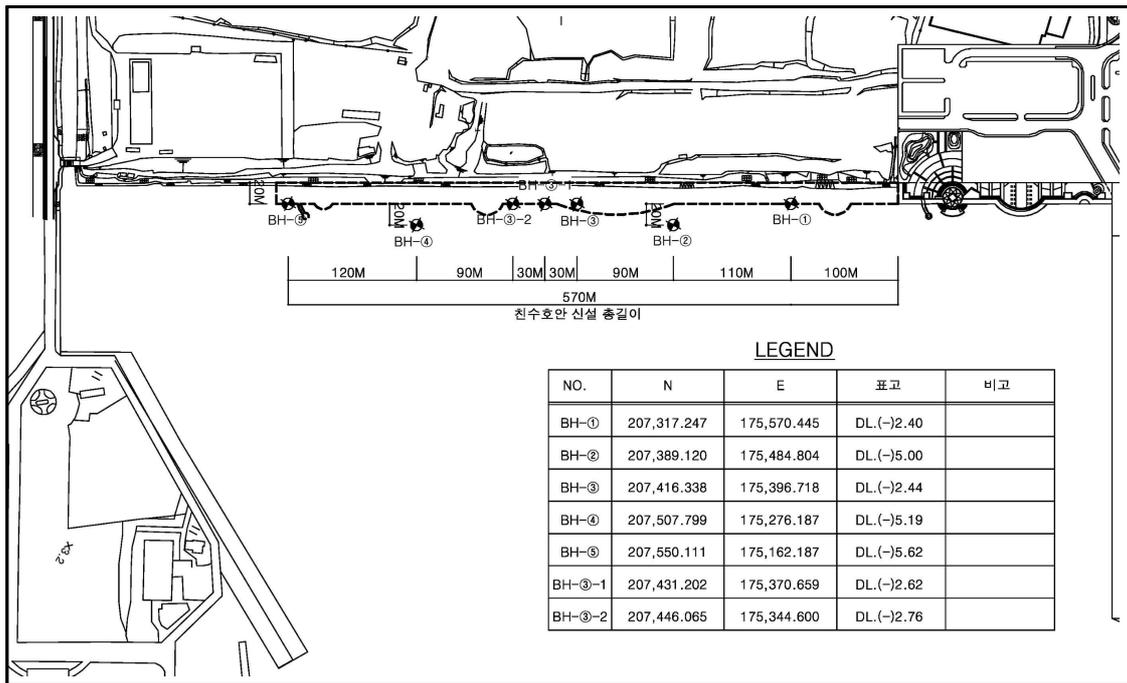


그림 3.28 시추조사 위치도

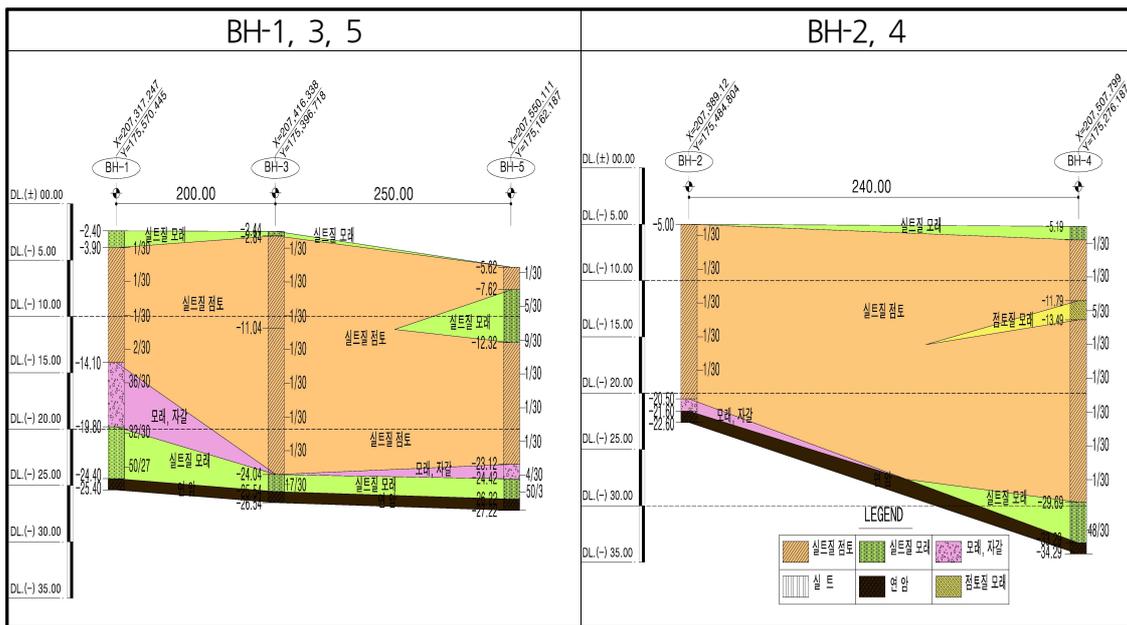


그림 3.29 지층 주상도

○ 평면 및 단면계획

□ 평면계획

- 접안시설의 시점부는 동삼동 친수호안의 친수광장과 휴게광장(2)의 사이 (B=50m)이며, 이 중 친수광장 원호의 남측 종점부를 시점부로 정함.
- 총 연장 250m 중 연구조사선이 접안할 일반구간과 연구 기자재 적치 및 보관을 위한 창고 등이 위치할 확장구간으로 구분.
- 구간 위치 선정에 있어 일반구간이 육측, 확장구간이 해측에 위치할 경우 (제2안) 대상선박의 ①소요수심 미확보로 굴착이 필요하며, ②해측의 확장구간으로 인해 선박의 접·이안의 용이성과 안전성의 문제, ③접안 선박과 친수광장간의 운영 및 경관적 간섭이 발생할 것을 판단됨.
- 따라서, 육측에 확장구간, 해측에 일반구간 배치(제1안)를 제안함.

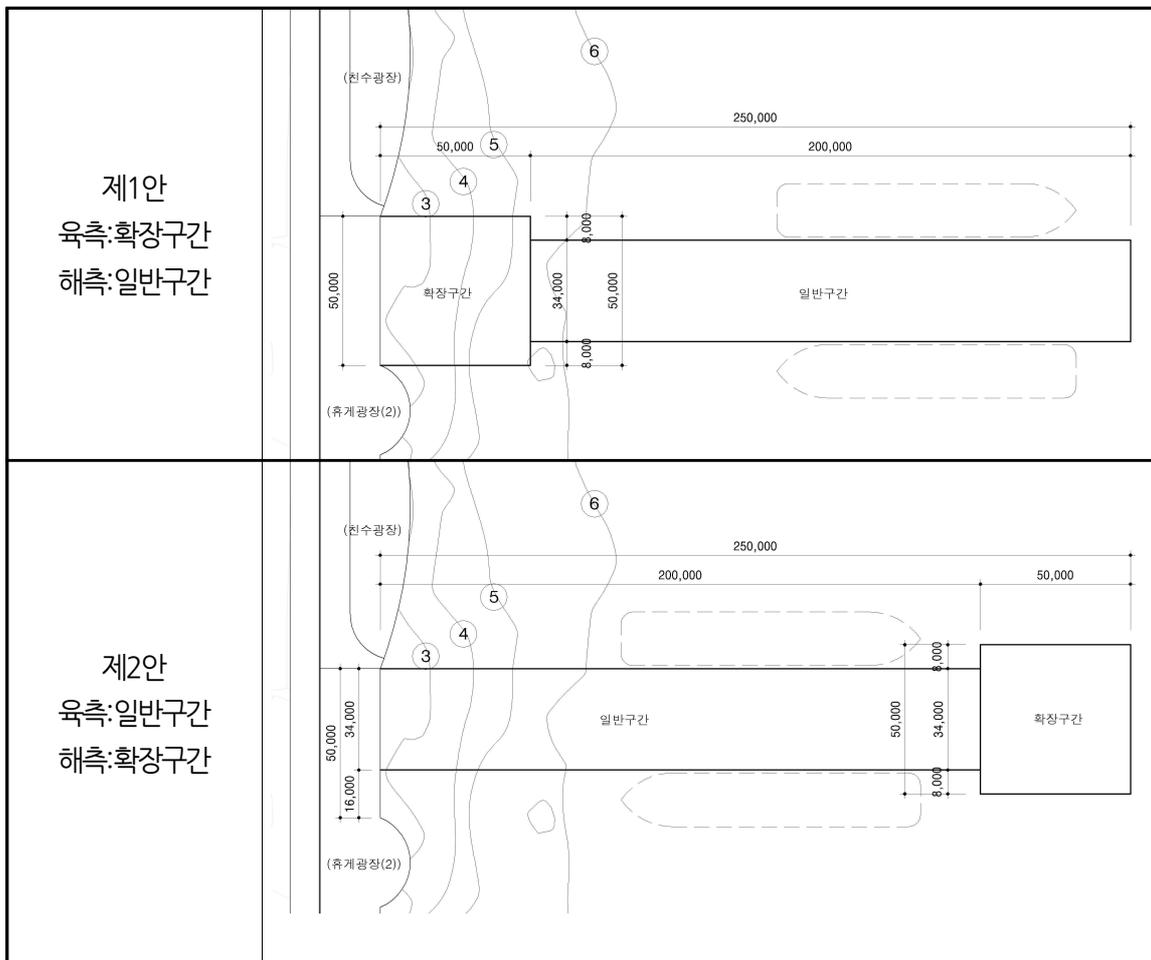
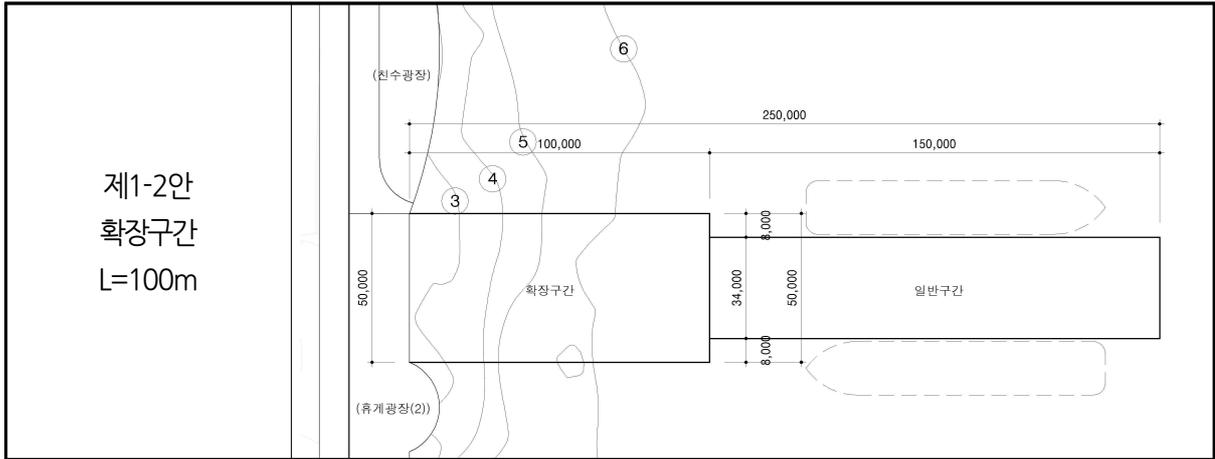


그림. 3.30 평면배치안 검토

- 또한, 보다 넓은 창고부지를 활용할 수 있으며 충분한 선박소요수심을 확보할 수 있는 제1안 변형안으로 확장구간이 100m인 제1-2안과 함께 개략공사비를 검토하기로 함.



- 추가로 제1-2안에 대해 일반구간의 위치를 남측 또는 북측으로 이동하여 확장구간과 직선화하는 안을 검토함.

표 3.5 일반구간 위치 변경안 검토

구분	제A안	제B안
평면		
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 남측으로 조사선보다 대형선박을 접안할 수 있으나, 수심 등의 제한이 있음</li> <li>· 해양대학교 실습선 운항 및 휴계광장(2)의 경관성에 영향</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 북측으로 조사선보다 대형선박을 접안할 수 있으나, 수심등의 제한이 있음</li> <li>· 국제여객부두 여객선 운항 및 친수광장의 경관성에 영향</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 부두 활용계획에 따라 위치변경에 대한 장·단점이 있으므로, 이는 “기본 및 실시설계”에서 보다 상세한 검토 필요함</li> </ul>	

## □ 단면계획

- 일반구간은 연구 및 조사 기자재 운반을 위한 크레인(궤도차량)의 회전 및 작업공간을 고려, 강관Pile  $\phi 914.4\text{mm}$ , C.T.C 8.0m, 5열 배치하여 폭 34.0m으로 결정.
- 확장구간은 일반구간에서 외측으로 강관Pile를 1열씩 추가 배치(총 7열) 하고 친수공간과 휴게광장(2)의 사이 폭과 동일하게 50.0m으로 결정.
- 상기의 5열 및 7열의 직항 배치 이외에 직항(4열/6열)+사항(4열) 배치에 대한 개략공사비를 별도로 산출함.
- 남·북측으로 양측 모두 접안이 가능하며, 확장구간 또한 소형선박의 접안이 가능하도록 상부시설을 배치함.
- 대상선박의 원활한 접·이안을 위한 방충재는 아래와 같이 검토하였으며, 에너지 흡수율이 좋고 중대형에 많이 사용하는 V-TYPE 적용함.

표 3.6 방충재 형식별 특성비교

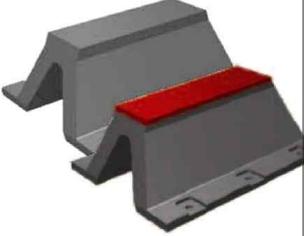
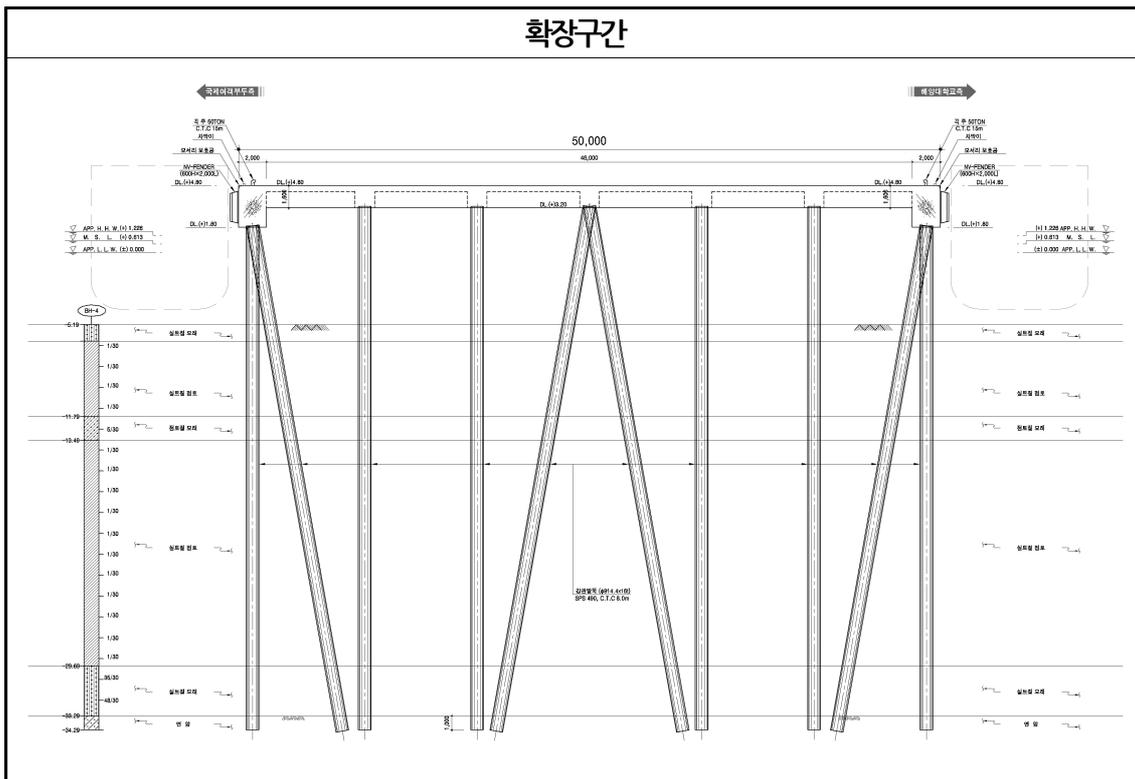
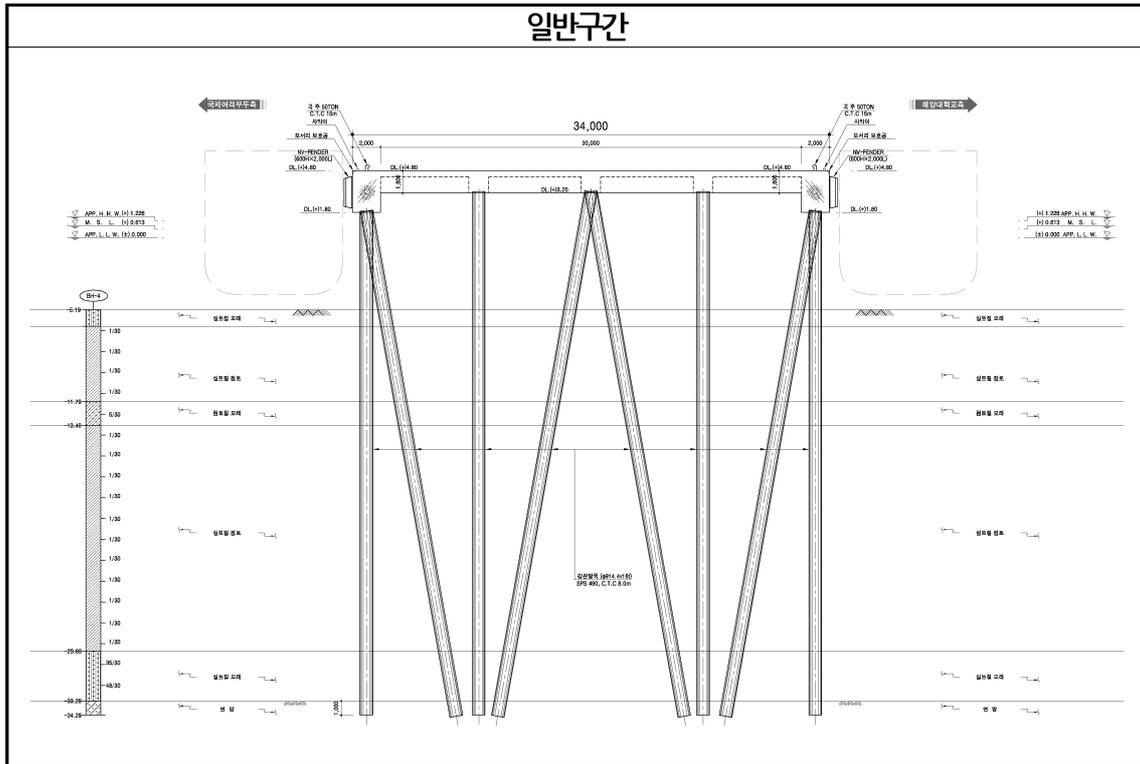
구분	V-TYPE	BP-TYPE	CY-TYPE
형태			
압축율	52.5%	45.0%	50.0%
흡수에너지	15.6ton-m	10.2ton-m	14.4ton-m
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 에너지 흡수율 양호</li> <li>· 공사비 저렴</li> <li>· 내구성 약함</li> <li>· 중·대형에 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선박 접안시 반력이 큼</li> <li>· 어선 및 소형선박에 주로 사용</li> <li>· 내구성 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 체인을 이용하여 종 방향 고정</li> <li>· 부분 파손시 전체 교체로 유지보수비 고가</li> </ul>
적용	◎		



그림. 3.32 표준단면도(직항+사항)



○ 개략공사비 산출

- 개략공사비는 상기에 언급한 제1안과 제1-2안으로 산출하였음.
- 2014년 하반기 단가를 기준으로 하였으며, 가시설 및 소파판은 “부산항 국제여객 및 해경부두 축조공사, 2003)”을 참조함.
- 건축 15억, 전기·통신 5억 등 20억을 각 안에 동일하게 추가 적용.
- 제경비 35%, 부가가치세 10%가 포함된 공사비임.

□ 직항 적용시

표. 3.7 개략공사비(직항)

구분	제1안		제1-2안	
	일반구간	확장구간	일반구간	확장구간
m당 공사비	60.5백만원	82.3백만원	60.5백만원	82.3백만원
총연장	200m	50m	150m	100m
공사비	12,100백만원	4,115백만원	9,075백만원	8,230백만원
건축, 전기등	2,000백만원		2,000백만원	
총공사비	18,215백만원		19,305백만원	

- 또한, 소파판 1열 설치(5백만원/m당)시의 개략공사비는 아래와 같음.

표. 3.8 개략공사비(직항, 소파판 포함 시)

구분	제1안		제1-2안	
	일반구간	확장구간	일반구간	확장구간
m당 공사비	65.5백만원	87.3백만원	65.5백만원	87.3백만원
총연장	200m	50m	150m	100m
공사비	13,100백만원	4,365백만원	9,825백만원	8,730백만원
건축, 전기등	2,000백만원		2,000백만원	
총공사비	19,465백만원		20,555백만원	

## □ 직항+사항 적용시

표. 3.9 개략공사비(직항+사항)

구분	제1안		제1-2안	
	일반구간	확장구간	일반구간	확장구간
m당 공사비	77.5백만원	98.6백만원	77.5백만원	98.6백만원
총연장	200m	50m	150m	100m
공사비	15,500백만원	4,930백만원	11,625백만원	9,860백만원
건축, 전기등	2,000백만원		2,000백만원	
총공사비	22,430백만원		23,485백만원	

- 또한, 소파판 1열 설치(5백만원/m당)시의 개략공사비는 아래와 같음.

표. 3.10 개략공사비(직항+사항, 소파판 포함 시)

구분	제1안		제1-2안	
	일반구간	확장구간	일반구간	확장구간
m당 공사비	82.5백만원	103.6백만원	82.5백만원	103.6백만원
총연장	200m	50m	150m	100m
공사비	16,500백만원	5,180백만원	12,375백만원	10,360백만원
건축, 전기등	2,000백만원		2,000백만원	
총공사비	23,680백만원		24,735백만원	

○ 검토의견

- 확장구간의 위치는 기술원 본원과의 이동거리 및 외해에 설치 시 부두하역작업 구간 통과 등의 문제점을 고려하여 시점부에 위치하는 것으로 하여 제1안(제1-2안 포함)을 제안함.
- ①수심확보를 위한 굴착이 발생하지 않으며, ②DL(-)7.5 이상의 충분한 수심이 확보되고, ③자재 적치 및 창고 등을 위한 확장구간의 활용성이 높은 제1-2안을 제1안에 비해 우선 제안함.
- 단면계획 중 확장구간에 대해 친수광장 및 휴게광장(2) 사이의 폭 50m 전체를 이용하고 잔교식으로 계획함으로, 시설물간의 이질성을 제거하고 공간에 대한 활용성을 높임.
- 잔교식에서 사항의 항타비는 직항의 그것보다 1.5배 고가이며 시공이 어렵고 Pile 평면 배치에 있어 Pile간의 간섭이 심함. 인장력이 약한 PC Pile을 적용 시에는 사항이 많이 필요하나, 압축력과 인장력이 모두 강한 강관Pile을 적용 시 사항이 필요하지 않을 경우가 많음. 실례로, 인근의 “국제여객 및 해경부두”의 경우(B=50m, 대상선박 80,000G/T)  $\phi 1,016$  mm, C.T.C 8.0m, 7열이 모두 직항으로 시공되어 있으므로 본 과업에서도 공사비가 저렴하고 시공이 용이한 직항식 잔교를 제안함.
- 접안 및 하역 등의 정온 확보를 위한 소파판의 설치 후 “기본 및 실시설계” 시 수치모형실험을 통해 그 필요성과 설치 구간 등을 상세히 검토해야 할 것임.

## ○ 6.0 m당 공사비

- 잔교식(직항 : 일반구간)

공종	규격	단위	수량	할증	할증수량	단가	금액	비고
<b>1. 파 일 공</b>							<b>23,142,370</b>	
1) 강관파일 자재	Φ914.4×16t	m	23.14	5%	24.30	440,000	10,692,000	분당 15m
2) 강관파일 야적	Φ914.4×16t	본	1.54	5%	1.62	22,000	35,640	
3) 강관파일 이음(육상)	Φ914.4×16t	개소	0.63		0.63	425,000	267,750	
4) 강관파일 소운반(육상)	Φ914.4×16t	본	0.63		0.63	46,000	28,980	
5) 강관파일 해상운반	Φ914.4×16t	본	0.63		0.63	77,000	48,510	
6) 강관파일 항타	Φ914.4×16t	본	0.63		0.63	3,100,000	1,953,000	
7) 강관파일 두부정리	Φ914.4×16t	개소	0.63		0.63	95,000	59,850	
8) 강관파일 두부보강	Φ914.4×16t	개소	0.63		0.63	900,000	567,000	
9) 사용고재		Tonf	0.410		0.410	-290,000	-118,900	
10) 방식	TAPE 방식	m <sup>2</sup>	6.53		6.53	380,000	2,481,400	
	전기방식(Φ914.4)	ea	1.88		1.88	1,028,000	1,932,640	
11) 방사선투과시험	1회/10개소	회	0.63		0.63	150,000	94,500	
12) 가시설		m <sup>2</sup>	34.00		34.00	150,000	5,100,000	
<b>2. 상 부 공</b>							<b>17,606,870</b>	
1) 레미콘	25-35-120	m <sup>3</sup>	35.52	1%	35.88	76,500	2,744,820	
2) 콘크리트타설	철근, 펌프카(해상)	m <sup>3</sup>	35.52		35.52	52,000	1,847,040	
3) 철 근	SD40	Tonf	6.394	3%	6.586	620,000	4,083,320	
4) 철근 가공조립	복 잡	"	6.394		6.394	530,000	3,388,820	
5) 거푸집	유로폼	m <sup>2</sup>	46.31		46.31	27,000	1,250,370	
6) 곡주	50 TON급	ea	0.13		0.13	2,500,000	325,000	c. t. c 15m
7) 방충재	NV-FENDER (600H×2,000L)	ea	0.33		0.33	10,000,000	3,300,000	c. t. c 6m
8) 차막이		ea	1.87		1.87	250,000	467,500	
9) 모서리보호공		m	2.00		2.00	100,000	200,000	
<b>순 공 사 비</b>							<b>40,749,240</b>	
<b>제 경 비</b>	35%						<b>14,262,234</b>	
<b>소 계</b>							<b>55,000,000</b>	
<b>부 가 가 치 세</b>	10%						<b>5,500,000</b>	
<b>m 당 공 사 비</b>							<b>60,500,000</b>	

- 잔교식(직항 : 확장구간)

공종	규격	단위	수량	할증	할증수량	단가	금액	비고	
<b>1. 파 일 공</b>							<b>32,964,310</b>		
1) 강관파일 자재	Φ914.4×16t	m	32.54	5%	34.17	440,000	15,034,800	본당 15m	
2) 강관파일 야적	Φ914.4×16t	본	2.17	5%	2.28	22,000	50,160		
3) 강관파일 이음(육상)	Φ914.4×16t	개소	0.88		0.88	425,000	374,000		
4) 강관파일 소운반(육상)	Φ914.4×16t	본	0.88		0.88	46,000	40,480		
5) 강관파일 해상운반	Φ914.4×16t	본	0.88		0.88	77,000	67,760		
6) 강관파일 항타	Φ914.4×16t	본	0.88		0.88	3,100,000	2,728,000		
7) 강관파일 두부정리	Φ914.4×16t	개소	0.88		0.88	95,000	83,600		
8) 강관파일 두부보강	Φ914.4×16t	개소	0.88		0.88	900,000	792,000		
9) 사용고재		Tonf	0.577		0.577	-290,000	-167,330		
10) 방식	TAPE 방식	m <sup>2</sup>	9.54		9.54	380,000	3,625,200		
	전기방식(Φ914.4)	ea	2.63		2.63	1,028,000	2,703,640		
11) 방사선투과시험	1회/10개소	회	0.88		0.88	150,000	132,000		
12) 가시설		m <sup>2</sup>	50.00		50.00	150,000	7,500,000		
<b>2. 상 부 공</b>							<b>22,500,930</b>		
1) 레미콘	25-30-120	m <sup>3</sup>	48.60	1%	49.08	76,500	3,754,620		
2) 콘크리트타설	철근, 펌프카(해상)	m <sup>3</sup>	48.60		48.60	52,000	2,527,200		
3) 철 근	SD40	Tonf	8.748	3%	9.010	620,000	5,586,200		
4) 철근 가공조립	복 잡	"	8.748		8.748	530,000	4,636,440		
5) 거푸집	유로폼	m <sup>2</sup>	63.11		63.11	27,000	1,703,970		
6) 곡주	50 TON급	ea	0.13		0.13	2,500,000	325,000	c.t.c 15m	
7) 방충재	NV-FENDER (600H×2,000L)	ea	0.33		0.33	10,000,000	3,300,000	c.t.c 6m	
8) 차막이	140B×120H×750L	ea	1.87		1.87	250,000	467,500		
9) 모서리보호공		m	2.00		2.00	100,000	200,000		
<b>순 공 사 비</b>							<b>55,465,240</b>		
<b>제 경 비</b>							<b>35%</b>	<b>19,412,834</b>	
<b>소 계</b>							<b>74,900,000</b>		
<b>부 가 가 치 세</b>							<b>10%</b>	<b>7,490,000</b>	
<b>m 당 공 사 비</b>							<b>82,300,000</b>		

## - 잔교식(직항+사항 : 일반구간)

공종	규격	단위	수량	할증	할증수량	단가	금액	비고
<b>1. 파 일 공</b>							<b>34,636,620</b>	
1) 강관파일 자재	Φ914.4×16t	m	37.23	5%	39.09	440,000	17,199,600	본당 15m
2) 강관파일 아적	Φ914.4×16t	본	2.48	5%	2.61	22,000	57,420	
3) 강관파일 이음(육상)	Φ914.4×16t	개소	1.00		1.00	425,000	425,000	
4) 강관파일 소운반(육상)	Φ914.4×16t	본	1.00		1.00	46,000	46,000	
5) 강관파일 해상운반	Φ914.4×16t	본	1.00		1.00	77,000	77,000	
6) 강관파일 항타(직항)	Φ914.4×16t	본	0.50		0.50	3,100,000	1,550,000	
7) 강관파일 항타(사항)	Φ914.4×16t	본	0.50		0.50	4,650,000	2,325,000	
8) 강관파일 두부정리	Φ914.4×16t	개소	1.00		1.00	95,000	95,000	
9) 강관파일 두부보강	Φ914.4×16t	개소	1.00		1.00	900,000	900,000	
10) 사용고재		Tonf	0.660		0.660	-290,000	-191,400	
11) 방식	TAPE 방식	m <sup>2</sup>	10.05		10.05	380,000	3,819,000	
	전기방식(Φ914.4)	ea	3.00		3.00	1,028,000	3,084,000	
12) 방사전투과시험	1회/10개소	회	1.00		1.00	150,000	150,000	
13) 가시설		m <sup>2</sup>	34.00		34.00	150,000	5,100,000	
<b>2. 상 부 공</b>							<b>17,606,870</b>	
1) 레미콘	25-35-120	m <sup>3</sup>	35.52	1%	35.88	76,500	2,744,820	
2) 콘크리트타설	철근,펌프카(해상)	m <sup>3</sup>	35.52		35.52	52,000	1,847,040	
3) 철 근	SD40	Tonf	6.394	3%	6.586	620,000	4,083,320	
4) 철근 가공조립	복 잡	"	6.394		6.394	530,000	3,388,820	
5) 거푸집	유로폼	m <sup>2</sup>	46.31		46.31	27,000	1,250,370	
6) 곡주	50 TON급	ea	0.13		0.13	2,500,000	325,000	c.t.c 15m
7) 방충재	NV-FENDER (600H×2,000L)	ea	0.33		0.33	10,000,000	3,300,000	c.t.c 6m
8) 차막이		ea	1.87		1.87	250,000	467,500	
9) 모서리보호공		m	2.00		2.00	100,000	200,000	
순 공 사 비							52,243,490	
제 경 비	35%						18,285,222	
소 계							70,500,000	
부 가 가 치 세	10%						7,050,000	
m 당 공 사 비							77,500,000	

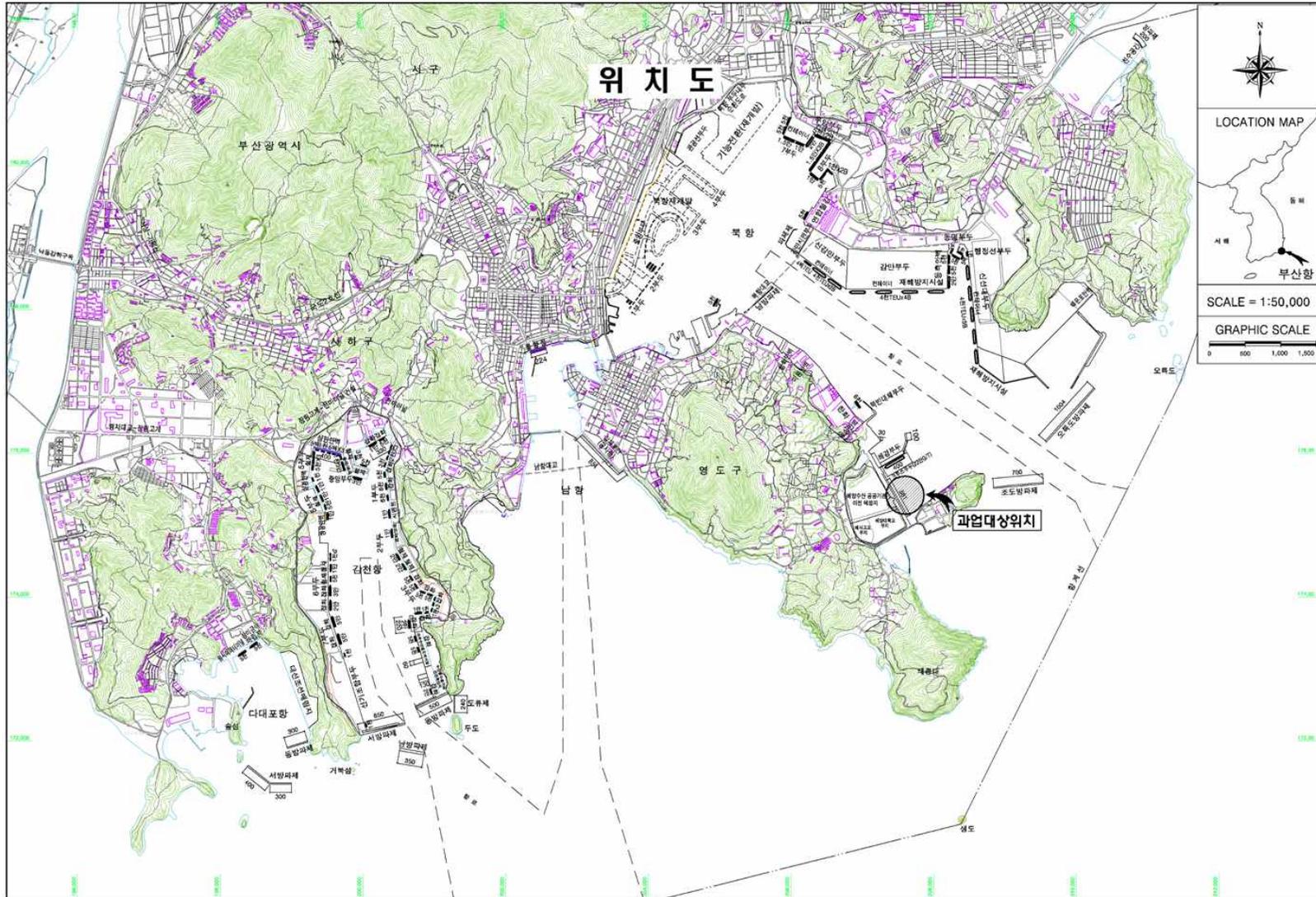
- 잔교식(직항+사항 : 확장구간)

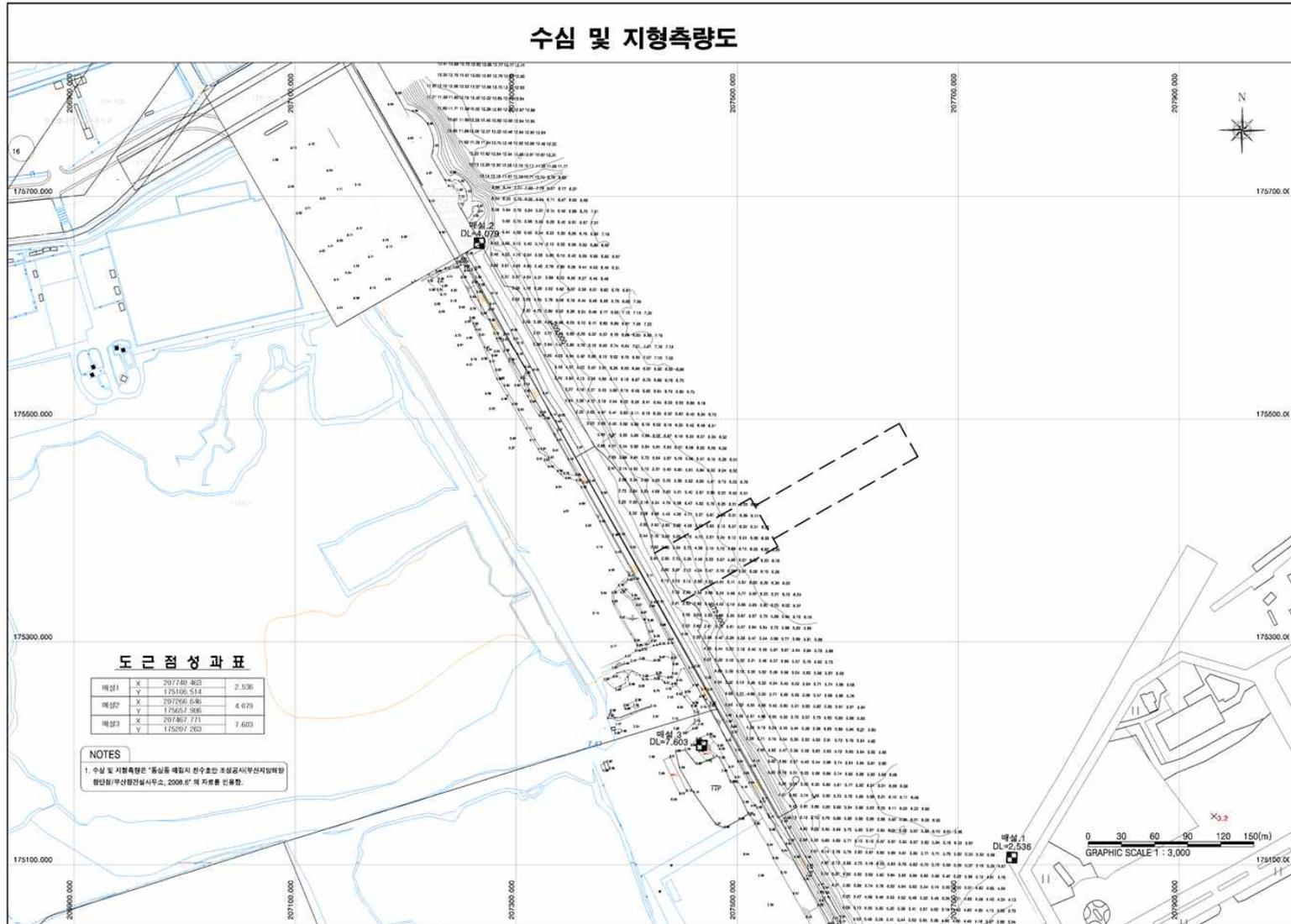
공종	규격	단위	수량	할증	할증수량	단가	금액	비고
<b>1. 파 일 공</b>							<b>43,960,550</b>	
1) 강관파일 자재	Φ914.4×16t	m	46.63	5%	48.96	440,000	21,542,400	본당 15m
2) 강관파일 야적	Φ914.4×16t	본	3.11	5%	3.26	22,000	71,720	
3) 강관파일 이음(육상)	Φ914.4×16t	개소	1.25		1.25	425,000	531,250	
4) 강관파일 소운반(육상)	Φ914.4×16t	본	1.25		1.25	46,000	57,500	
5) 강관파일 해상운반	Φ914.4×16t	본	1.25		1.25	77,000	96,250	
6) 강관파일 항타(직항)	Φ914.4×16t	본	0.75		0.75	3,100,000	2,325,000	
7) 강관파일 항타(사항)	Φ914.4×16t	본	0.50		0.50	4,650,000	2,325,000	
8) 강관파일 두부정리	Φ914.4×16t	개소	0.75		0.75	95,000	71,250	
9) 강관파일 두부보강	Φ914.4×16t	개소	0.75		0.75	900,000	675,000	
10) 사용고재		Tonf	0.828		0.828	-290,000	-240,120	
11) 방식	TAPE 방식	m'	13.06		13.06	380,000	4,962,800	
	전기방식(Φ914.4)	ea	3.75		3.75	1,028,000	3,855,000	
12) 방사전투과시험	1회/10개소	회	1.25		1.25	150,000	187,500	
13) 가시설		m'	50.00		50.00	150,000	7,500,000	
<b>2. 상 부 공</b>							<b>22,500,930</b>	
1) 레미콘	25-30-120	m <sup>3</sup>	48.60	1%	49.08	76,500	3,754,620	
2) 콘크리트타설	철근, 펌프카(해상)	m <sup>3</sup>	48.60		48.60	52,000	2,527,200	
3) 철 근	SD40	Tonf	8.748	3%	9.010	620,000	5,586,200	
4) 철근 가공조립	복 잡	"	8.748		8.748	530,000	4,636,440	
5) 거푸집	유로폼	m <sup>2</sup>	63.11		63.11	27,000	1,703,970	
6) 곡주	50 TON급	ea	0.13		0.13	2,500,000	325,000	c. t. c 15m
7) 방충재	NV-FENDER (600H×2,000L)	ea	0.33		0.33	10,000,000	3,300,000	c. t. c 6m
8) 차막이	140B×120H×750L	ea	1.87		1.87	250,000	467,500	
9) 모서리보호공		m	2.00		2.00	100,000	200,000	
순 공 사 비							66,461,480	
제 경 비	35%						23,261,518	
소 계							89,700,000	
부 가 가 치 세	10%						8,970,000	
m 당 공 사 비							98,600,000	

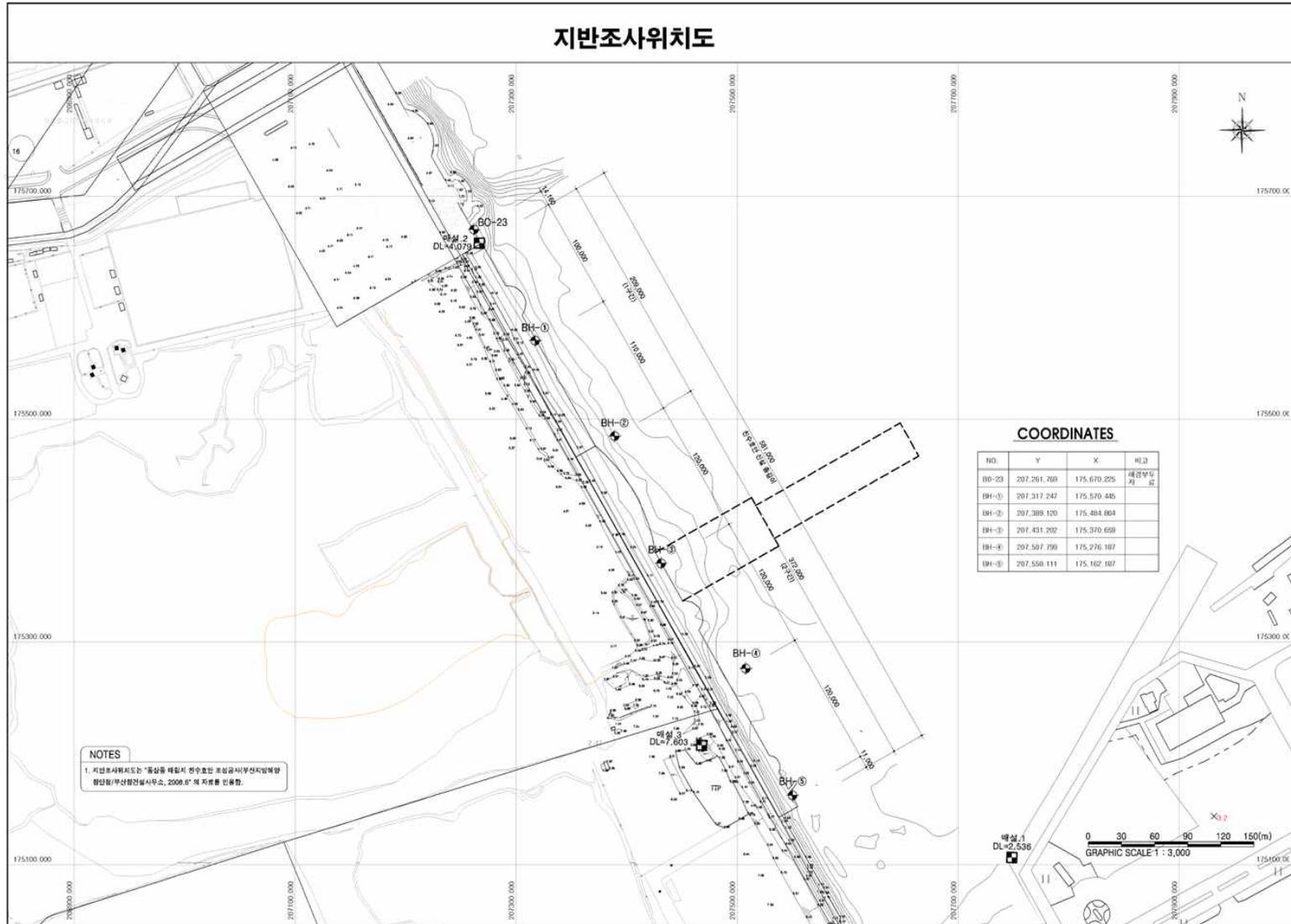
○ 관련 도면

- 위치도
- 수심 및 지형측량도
- 지반조사위치도
- 지층주상도
- 계획평면도
- 표준단면도(1/4~4/4)

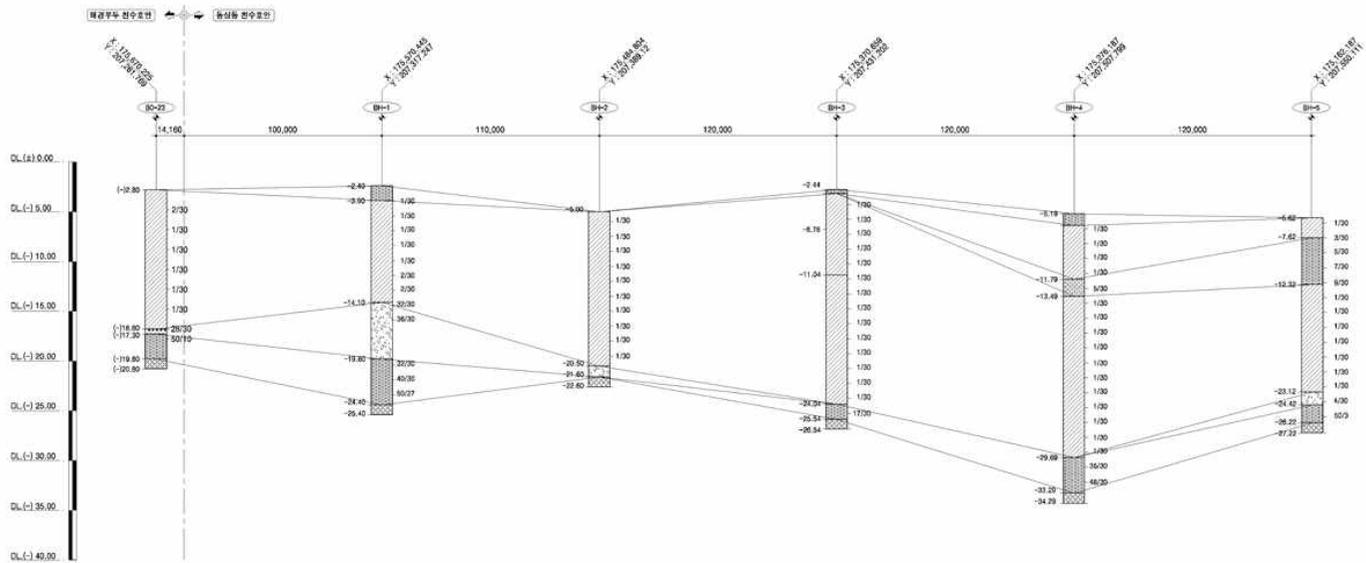
(직항 : 일반구간, 확장구간 / 직항 +사항 : 일반구간, 확장구간)





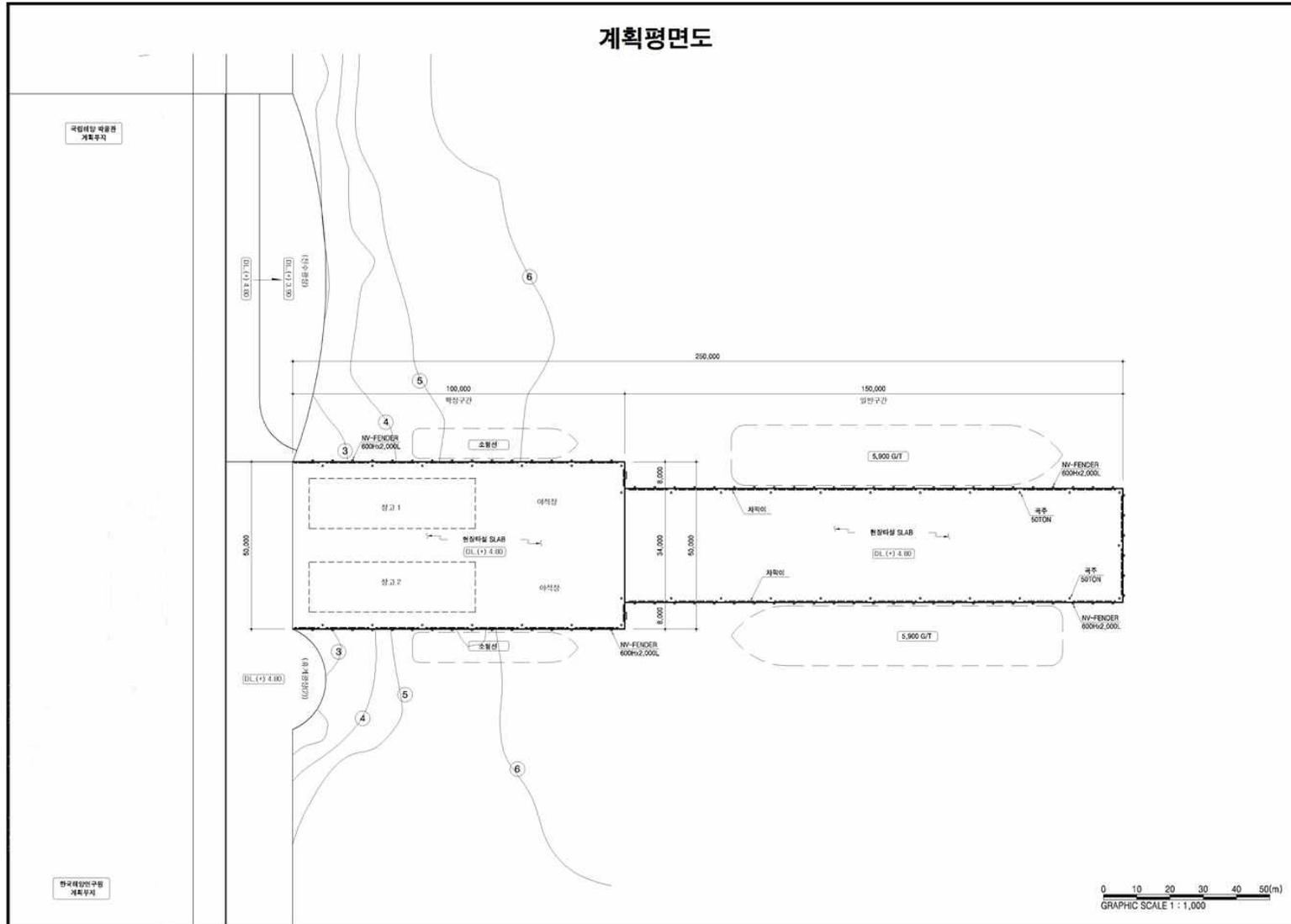


### 지층주상도

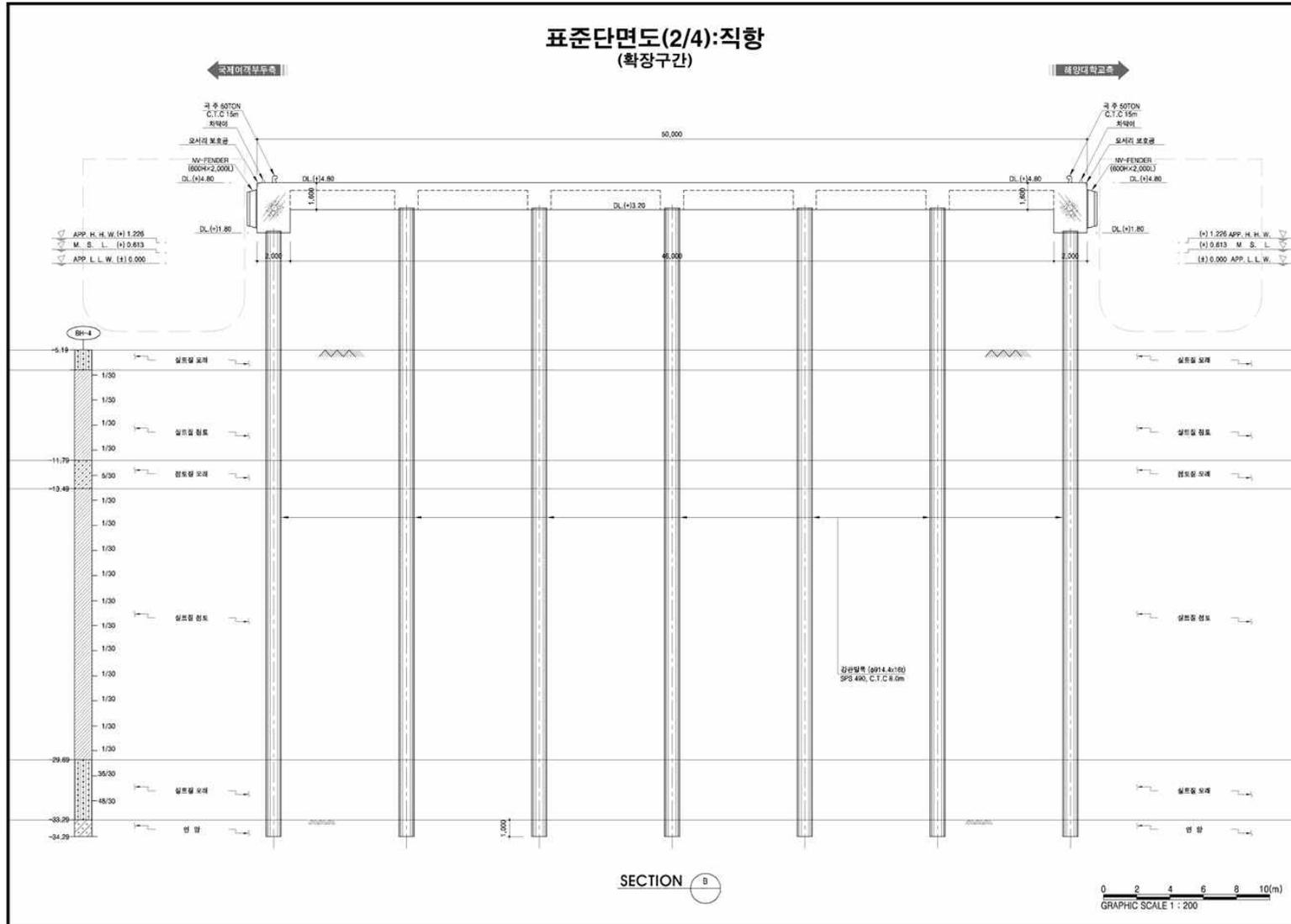


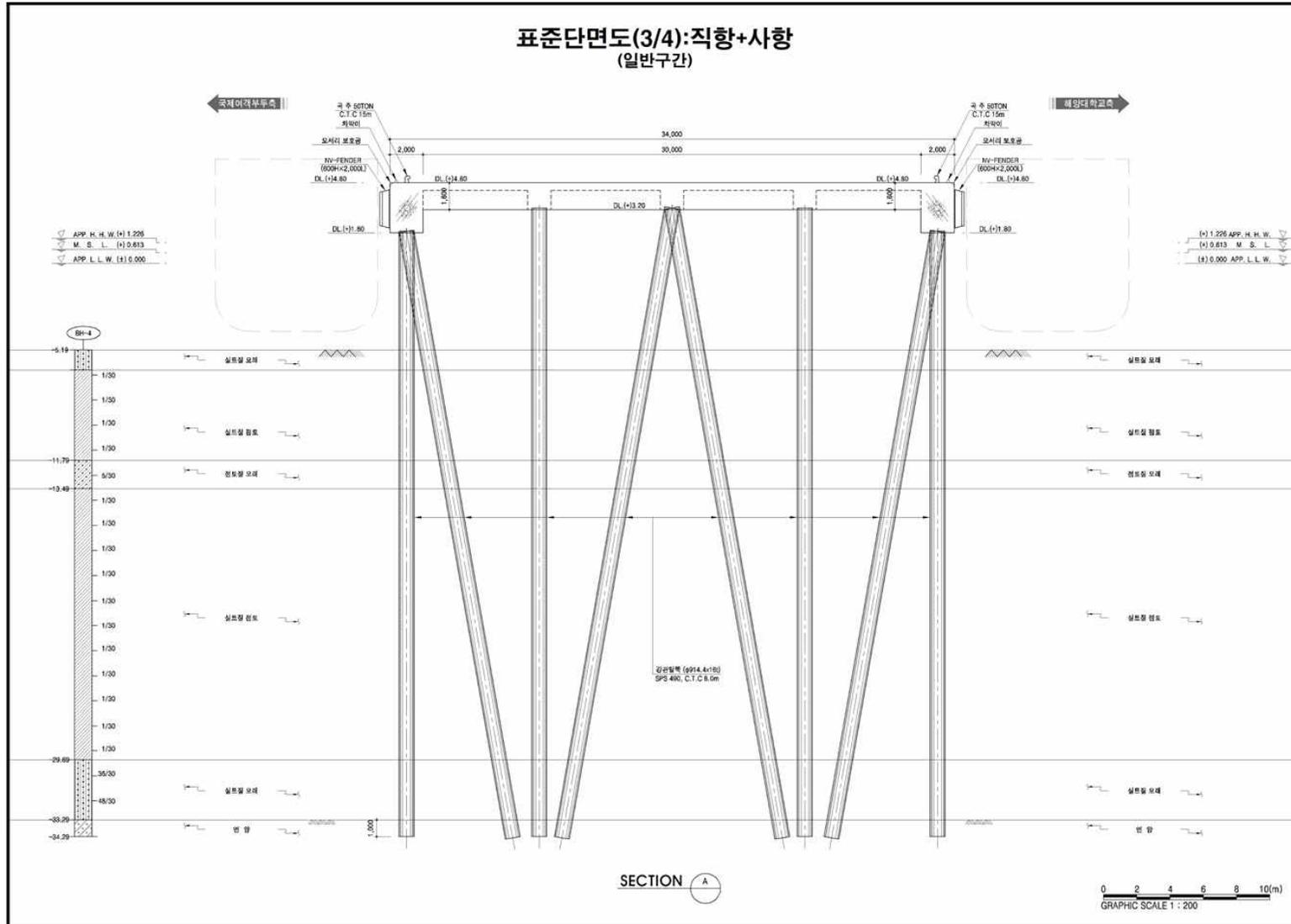
**NOTES**  
 1. 지층주상도는 "동상동 계획지 권수오염 조성공서(부산지방해양수산청/부산환경조사부서, 2008.8)" 의 자료를 인용함.

**LEGEND**

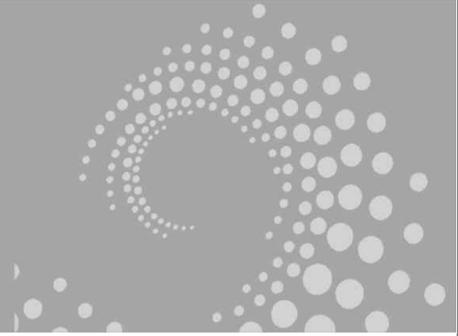













## 제4장 연구개발목표 달성도



## 제4장 연구개발목표 달성도

### 제1절 연구개발목표 달성도

표 5.1 연구개발목표 달성도

총 연구기간내 년차별 연구내용 대비 달성율(%)					
년차	연구성과	진척율		성취도 (정상, 부진)	특기사항 (우수성 및 부진사유)
		년차별 계획대비	총연구 기간대비		
(2014)	연안역 파랑 및 폭풍해일 관측자료 및 기존 장기 예측자료의 분석	100	100	정상	
	연안역 해양기인 재해 피해이력 조사와 지역별 취약점 분석	100	100		
	우리연구원 주변해역에 대한 연안재해 위험 분석	100	100		
	SWAN과 FUNWAVE 파랑모형의 접목기술 개발	100	100		
	부산캠퍼스 부두 건설 타당성 조사와 개념 설계	100	100		

## 제2절 기대효과

### ○ 기술적 측면

- 해양기인 재해요소 및 피해 예측시스템 구축
  - 연안/항만에서의 복잡한 지형 및 연안구조물을 고려한 복합해석 모델을 개발함으로써 해양 재해요소에 대한 예측시스템을 구축
  - 재해 취약지와 항만에 대한 공간 및 시간적 정보를 통합한 실용적 피해예측모델을 구축
- 기후변화에 능동적으로 대응
  - 전지구적 기후변화에 따른 해수면 상승 등에 능동적으로 대응할 수 있는 기술적 토대 마련
- 부산 캠퍼스의 장기 개발계획 실현을 위한 부두 건설의 타당성 분석
  - '16년말 진수하는 대형 해양과학조사선의 접안과 임해 실험시설 기능을 갖춘 다목적 부두 건설의 타당성 분석
  - 우수 외국 연구기관의 다목적 부두의 기능과 활용성을 분석하여 임해시설의 건설 당위성 도출

### ○ 경제·산업적 측면

- 연안항만 구조물에서의 정밀한 파랑산출로 최적 설계에 의한 항만 공사비의 절감과 방파제 등 연안 구조물의 피해 저감
- 항만 내에서 선박의 정박과 하역 등 안전하고 효율적인 항만관리를 위한 정보제공
- 다목적 부두 건설의 효과
  - 연구원과 연구선간의 장비와 샘플 운반이 용이하고 시간과 비용의 감소
  - 실험역 임해실험시설 건설은 다양한 장비개발과 검증과 관련된 연구를 활성화하고 연구기관, 대학 및 산업체의 공동 연구를 촉진

### ○ 사회·문화적 측면

- 재해위험도 평가를 통한 안전한 친수환경 조성에 활용
    - 파랑 및 폭풍해일 등 재해위험도를 분석하여 제시함으로써 연안에 서 보다 안전하고 편안한 경제활동과 레저 활동이 기대됨
    - 불확실성을 갖는 기후변화 영향을 고려하는 추세에 따라 정량적인 기후변화의 평가가 가능해짐
  - 부산캠퍼스 다목적 부두와 임해실험시설을 통하여 미래를 선도하는 해양과학기술의 전파 및 문화를 창조하는 기반시설로의 활용이 기대됨
- 연구소 고유기능 발전과의 연관성
- 해양관련연구의 선도적인 역할 수행 가능
    - 해양과학기술원의 4대 경영목표인 기후변화에 따른 연안재해 영향 평가 연구를 수행하여 국내 관련연구의 선진화를 견인
    - 기후변화에 따른 연안 재해요인에 대한 최신 예측기술 개발 연구 그룹에 참여하고 이를 이용하여 국민의 안전한 삶을 보장하고 재산을 보호
  - 부산 캠퍼스에 우리 연구원의 비전을 실현
    - 부산 캠퍼스에 다목적 부두를 건설함으로써 세계 유수의 해양과학 연구기관으로 발돋움할 수 있음.



## 제5장 연구개발결과의 활용방안



## 제5장 연구개발결과의 활용계획

- 개발된 파랑모델을 운용해양(해양예보)시스템에서의 정밀 파랑예측을 위해서 활용
  - 방파제에서의 월파 경보시스템과 해수욕장 이안류 예측시스템의 정확도 향상
  
- 부산 캠퍼스의 다목적 부두 건설 활용 방안
  - 다목적 부두를 이용한 지속적인 해양기초과학 및 응용·실용화 연구 개발 추진 기반 제공
  - 다목적 부두에 실험실 단지를 구축함으로써 해양기술의 메카로 지역경제 활성화 기대
  - 우리 연구원에서 개발된 기술의 실험실증장으로 활용 가능
  
- 기술적 측면
  - 해양기인 재해요소 및 피해 예측시스템 구축
    - 연안/항만에서의 복잡한 지형 및 연안구조물을 고려한 복합해석 모델을 개발함으로써 해양 재해요소에 대한 예측시스템을 구축
    - 재해 취약지와 항만에 대한 공간 및 시간적 정보를 통합한 실용적 피해예측모델을 구축
  - 기후변화에 능동적으로 대응
    - 전지구적 기후변화에 따른 해수면 상승 등에 능동적으로 대응할 수 있는 기술적 토대 마련
  - 부산 캠퍼스의 장기 개발계획 실현을 위한 부두 건설의 타당성 분석
    - '16년말 진수하는 대형 해양과학조사선의 접안과 임해 실험시설 기능을 갖춘 다목적 부두 건설의 타당성 분석

- 우수 외국 연구기관의 다목적 부두의 기능과 활용성을 분석하여 임해시설의 건설 당위성 도출

○ 경제 산업적 측면

- 연안항만 구조물에서의 정밀한 파랑산출로 최적 설계에 의한 항만 공사비의 절감과 방파제 등 연안 구조물의 피해 저감
- 항만 내에서 선박의 정박과 하역 등 안전하고 효율적인 항만관리를 위한 정보제공
- 다목적 부두 건설의 효과
  - 연구원과 연구선간의 장비와 샘플 운반이 용이하고 시간과 비용의 감소
  - 실해역 임해실험시설 건설은 다양한 장비개발과 검증과 관련된 연구를 활성화하고 연구기관, 대학 및 산업체의 공동 연구를 촉진