

R&D / B04-01

차세대 해안공간 확보기술 연구보고서

2010.07.29.

총괄연구기관 / 한진중공업
세부연구기관 / 경성대학교
한진중공업
한동대학교
경주대학교

국 토 해 양 부
건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 "차세대 해안공간 확보기술 개발에 관한 연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2010. 07. 29

주관연구기관명 : (주)한진중공업

주관연구책임자 : 류 기 정

연 구 원 : 윤 종 태 외

" : 안 경 모 외

" : 권 혁 민 외

과제고유번호	R&D / BD 04-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2009.05.30 ~ 2010.07.29	단 계 구 분	(5차년도)/ (5차년도)
연 구 사 업 명	중 사 업 명	지역기술 혁신사업			
	세부사업명	영남권			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	차세대 해안공간 확보기술			
	세부과제명	해안저지대 방호기술, 해안매립공간 확보기술, 해안레저공간 확보기술, 해안유지 및 확보기술			
연 구 책 임 자	류 기 정	해당단계 참 여 연구원수	총160명	해당단계 연구비	정부 : 998,000천원 기업 411,680천원 계 : 1,409,680천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총948명	총연구비	정부 : 5,875,000천원 기업 : 2,681,081천원 계 : 8,556,018천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	(주)한진중공업		참여기업명	(주) 한진중공업 외 29개사	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	
한반도를 내습하는 태풍해일 및 고파랑의 특성을 분석하고 태풍해일 및 범람을 높은 정도로 모의할 수 있는 수치모의체계를 구축한다. 또한 이를 활용하여 해일 및 범람에 취약한 해안 저지대를 결정하고 각 지역별로 인구, 산업시설, 기상요인 등을 고려한 방호수준을 결정한다. 방호구조물로는 고조방파제를 대상으로 하며 이들에 대한 입지선정, 설계외력, 증고에 따른 지반안정대책, 어메니티형 설계기술을 개발하며 해안구조물에의 친환경 신소재 복합기술의 활용 등을 제공한다. 핵심적인 연구개발기술 4가지로서 해안 연약지반 특성치 획득 및 분석 기술(지반조사 기술, 지반탐사 기술), 해안매립부지 확보방안 연구(개질매립재료 개발, 해안 매립지 설계 기술, 해안 매립지 유지 기술), 해안연약지반보강기술 연구, 해안 매립지반 내진 성능 확보에 관한 연구이다. 이러한 기술들을 통하여, 먼저, 도시형 폐기물을 활용한 새로운 개질매립재 개발 및 관련 매립공법을 제시함으로써 도시형 해안의 공간 부족 문제를 해소하고, 도시형 폐기물의 처리방안 제시함으로써 지역의 애로사항을 해결할 수 있도록 하며 또한 해안매립지반의 내진성능 확보를 통하여 내진보강 설계기술을 정립하고, 연약지반 특성치 획득 및 분석 기술을 통하여 해안매립부지 설계 및 시공이 원활하게 이루어 질 수 있도록 할 수 있다. 고부가가치 해안공간 창출 및 이용을 위하여 친환경적, 생태적, 심미적 해안 및 수변공간을 설계, 건설, 유지하는 기술을 개발한다. GIS, Remote Sensing, 3D Graphics, IT 등의 기술을 생태공학, 환경공학, 도시공학, 건축학, 토목공학, 조경학 등에 접목하여 차세대 해안공간을 창출한다. 대상지역은 해안생태마을, 어업협조형 레저 공간, 해수욕장 및 수변공간 등이다. 차세대 해안공간을 창출하기 위한 구체적인 설계도구 개발, 설계가이드라인 설정, 해안공간 활용 및 보전을 위한 제도적, 법률적 여건 분석과 영남권 해안생태마을의 유형화 및 개발가능성 분류, 파일롯트 해안생태마을의 선정 및 마스터플랜 작성, 대규모 해안공간의 쾌적한 공간활용을 위한 비사방지용 식생 기술, 3D 바람모델 개발 및 배후지 개발을 위한 경관 수치시뮬레이션 기술 개발 등이다. 해안공간의 보전 및 보호에 대해서는 해안선을 따라 무분별하게 축조된 구조물로 야기된 침식 및 퇴적 문제를 환경친화적인 방법으로 개선하고자 한다. 동해안의 급경사 해변과 남해안의 완경사 해변에 대해 그 특성에 맞는 보전공법을 개발하며, 양빈공법과 철재형 방파제 등의 구조물을 이용한 제어공법을 적절히 활용하여 해안의 보전을 하고자 한다.					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	해안공간, 방호기술, 범람, 친환경-기능성 만구조부재 폭풍해일, 해안매립, 연약지반, 지반조사, 흙의 동적특성, 쇄석다짐말뚝공법, 해안생태마을, 어업협조형레저공간, 해안경관, 지리정보시스템			
	영 어	coastal area, mitigation technique, inundation, Environmental-Functional Harbour Structural Member, storm surge, Costal area fill, Soft ground, Site Investigation, Dynamic properties of soil, GCP, eco-village,resort area with fishery port amenity, costal landscape, Geographic Information System			

요 약 문

I. 차세대 해안공간 확보기술

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

나날이 증가하는 해안공간 수요에 대비한 기존의 해안공간에 防·用·保 개념 즉, 해안 저지대 방호기술, 해안 매립공간 확보기술, 친환경 해안 레저공간 확보기술, 그리고 해안유지 및 확보기술개발을 통하여 신자원화, 신산업기지화, 신인프라기반, 신기술구현 등을 확보할 수 있는 환경 친화적 차세대 해안공간 확보를 목적으로 하며, 防·用·保의 세부 목적은 다음과 같다.

○ 防 (해안 저지대 방호기술)

- 해안범람 모의 및 고극조위 산정 연구
- 고조방파제 설계 연구
- 항만구조물에 대한 친환경 신소재의 활용 기술 연구

○ 用 (해안 매립공간 확보기술 / 친환경 해안 레저공간 확보기술)

- 도시 폐기물 등을 활용한 매립공간 확보 기술 개발
- 연약지반 특성치 획득 및 분석 기술 개발
- 해안 매립지반 내진성능 확보에 관한 연구
- 저치환율 변단면 GCP의 시공기술 개발
- 해안생태마을 설계 도구 개발
- 해안생태마을 요소기술 개발
- 친환경 해안경관 확보 기술 개발
- 해안생태마을 및 생태도시 개발

○ 保 (해안 유지 및 관리기술)

- 양빈 및 바이패싱 시스템 기술
- 철재형 이안제 기술

2. 연구개발의 필요성

본 연구는 나날이 증가하는 해안공간 수요에 대비한 환경 친화적 차세대 해안공간 확보를 위한 연구로서, 防·用·保 개념을 통한 해안 저지대 방호기술, 해안 매립공간 확보기술, 친환경 해안 레저공간 확보기술 그리고 해안유지 및 확보기술로 구성되며, 관련 설계기술의 개발과 현장 적용 공법의 확립을 통해 지역 애로기술을 해소하고, 특화된 건설 산업을 육성하며, 나아가 지역 경제 활성화에 기여하기 위한 것이다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

1. 防 (해안 저지대 방호기술)

- 해안범람모의 및 고극조위 산정 연구
 - 태풍 및 해일 피해자료 수집 정리
 - 복합해일모형 구성 및 개발
 - 폭풍해일 모의 및 고극조위 산정
 - 해안범람모형 개발, 검증 및 개선
 - 해안범람도 작성
 - 저지대 방호수준 및 대책 제안
- 고조방파제 설계 연구
 - 고조방파제 기초자료 조사
 - 고조방파제 수리해석 및 지반특성 자료 분석
 - 고조방파제 형식 개발 및 안정성 검토
 - 신형식 고조방파제 설계 기법 개발
 - 신형식 고조방파제 기초 안정성 검토
 - 고조방파제 표준 단면도 및 시공 매뉴얼 작성
- 항만구조물에 대한 친환경 신소재의 활용 기술 연구
 - 건설신소재 개발현황 조사
 - FRP 해안구조부재 활용성 검토
 - 친환경 기능성 콘크리트 연구 개발
 - FRP-강재 합성부재 활용공법 개발
 - FRP에 의한 항만구조물의 보수 및 보강공법 개발
 - 해양환경을 고려한 내해수성(내염성) 콘크리트 개발
 - FRP 적용 시스템의 설계 및 시공 지침서 작성
 - FRP 적용 시스템의 유지관리 매뉴얼 작성

2. 用 (해안 매립공간 확보기술 / 친환경 해안 레저공간 확보기술)

- 도시 폐기물 등을 활용한 매립공간 확보기술 개발
 - 개질 매립재료를 이용한 해안매립지의 설계

- 차수벽체를 고려한 호안 설계
 - 매립지 저류구조물 설계
- 연약지반 특성치 획득 및 분석 기술 개발
- 해안지반조사전용선 개발
 - 스크류재하시험의 현장 적용
 - 현장용 간극비 측정장치 개발
 - MFVP 보완 및 현장용 회로 구성
 - 3차원 자료취득 장비구입 및 자료처리 소프트웨어 개발
 - 비배수전단강도 추정을 위한 CPT기반 적용기법 개발
- 해안 매립지반 내진성능 확보에 관한 연구
- 모형실험 및 합성 모의 실험(하이브리드 시뮬레이션) 수행, 결과분석
 - 진동대, 지오센트리퓨지 시험용 시험체(모형) 제작
- 저치환율 변단면 GCP의 시공기술 개발
- 쇄석다짐말뚝공법 시공기술 개발
- 효과적인 생태마을 계획 및 설계를 위한 GIS 도구 개발
- 해안생태마을 건설요소기술 개발
- 어촌 어항개발 관련제도 및 선행연구 고찰
 - 해안 및 어촌 개발에 관한 생태관광마을 국내사례 조사
 - 어항 및 어촌의 평가요소 및 평가지표 개발
 - 어항 및 어촌의 유형화 및 리모델링
 - 어항·어촌 리모델링 프로시저 매뉴얼 작성
 - 어촌관광 활성화 방안에 대한 연구
 - 어촌·어항 리모델링 활성화 방안 연구
 - 동해 연안권 개발방안 연구 - 해안관광개발 및 환경보전을 중심으로
 - 비사/먼지 침강 해석
 - AIRFLOW ANALYSIS AS A PLANNING TOOL 개발
 - 대기 수치모형 프로그램 개발
 - 경사지 진입로에 따른 공간배치유형에 관한 연구
 - 흙과 사람과 빛이 어우러진 Soil Pent House Design
 - 흙건축 재료의 특성과 벽체의 구조해석을 통한 안정성 평가
 - 해안생태마을 조성을 위한 생태서식지 복원 지침서 작성
- 친환경 해안생태 및 해안경관 확보기술
- 수변공간개발 관련 제도 및 선행연구 고찰
 - 워터프런트 경관계획 및 설계 실험연구 - 여수시를 중심으로

- 미래지향적 도심 해수욕장 설계 매뉴얼 및 지침서 작성
- 미래형 도시해안 레저공간 개발 - 광안리해수욕장·송정해수욕장을 중심으로
- 미래지향적 해양레저공간 설계 가이드라인 작성 - 도심형, 도심외곽형 해수욕장을 중심으로
- 일본 해안경관 형성 및 관리특성에 관한 연구
- 일본 해안경관형성가이드라인 결과보고서 작성 - 해안경관 형성과정의 특성도출을 중심으로
- 국내 해안경관 형성 가이드라인 매뉴얼 작성
- 산업유산으로서 항구의 창조적 재생을 위한 기초 연구 - 부산광역시 남항을 사례로
- 워터프런트 개념 및 개발 유형 분류
- 산업유산으로서 워터프런트 재생 방안 제시

○ 해안생태마을 및 도시 개발

- 다무포 고래 해안생태마을 조성
- 테라노바 포항 프로젝트의 진행
- 영덕군 대탄리 어촌 체험마을 어메니티 환경계획
- SIEM REAP ECOLOGICAL VILLAGE MASTER PLAN
- 차세대 해안도시를 위한 관광과 첨단산업의 통섭(通涉)적 접근 연구
- 차세대 해안공간 개발을 위한 해안공간의 지역특화를 위한 통섭적 연구 - 해양도시 포항을 대상으로 한 Case Study

○ 3D Realtime VR을 활용하여 차세대 해안공간 Total Simulation 제작

3. 保 (해안 유지 및 관리기술)

○ 양빈 및 바이패싱 시스템 기술

- 영남지역의 해안선 침·퇴적 현황조사
- 해빈 모니터링 시스템 및 분석
- 해안의 물리적 특성 조사 및 분석
- 침식 및 퇴적 여부 조사를 위한 해안 모니터링용 임시기준점 시범 설치
- 제주도 단위 구간 표사계 구축 및 관리
- 각 단위표사계별 기준점 및 모니터링 자료 입력 및 관리
- 바이패싱 장비 설계
- 관련기업과 지자체와의 협조를 통한 장비 검증 실험
- 자료분석을 통한 모니터링 방법 분석

○ 철재형 이안제 기술

- 지반조사자료 수집 및 검토
- 물리적(토양 등) 및 생물적(식생 등)조사 및 분석
- 하부구조 및 상부구조 기본 구조형식 결정
- 침·퇴적 자료분석 및 지역별 위치 선정
- 모형실험 실시
- 다열 유공판의 소파기능에 관한 성능 평가
- 수평형 이열 유공판의 수리 모형 실험을 통한 폭-과장비에 대한 직선식 제시
- 철재형 이안제의 파압실험을 통한 구조물의 외력(파력) 산정
- 하중 산정을 통해 상세 동적해석(상세변위, 상세응력) 수행
- 구조 연결부의 형식/제원 선정 및 성능 검토
- 해상지반조사
- 모형실험을 통한 기초의 지지거동 특성 분석
- 철재형 이안제의 파일럿 실험 실시
- 표준단면도 제시
- 현장적용실험 결과 및 평가
- 경제성 및 현장 적용성 분석 및 평가

○ 경관 해빈 조성 기술

- 물리적(토양 등) 및 생물적(식생 등)조사 및 분석
- 선진 적용 사례조사 및 분석
- 46종의 식물에 대한 발아 실험 진행
- 내염성 실험
- 비사 채집기 설치
- 식생기반 조성기술 개발(식생, 토양)
- 현장적용실험 수행을 통한 식생현장적용 기술 개발(pilot test)

IV. 연구개발결과

1. 防 (해안 저지대 방호기술)

- 해안범람모의 및 고극조위 산정 연구
 - 해안재해자료 수집 및 태풍자료 추출 프로그램 개발
 - 해일 방재대책 조사
 - 복합 해일모형 개발
 - 가상태풍에 의한 해일양상 검토
 - 해일범람 모의
 - 해일 재해지도 매뉴얼 작성
- 고조방파제 설계 연구
 - 고조방재계획의 수립
 - 고조대책의 강화
 - 설계에 대한 고찰
 - 고조방파제의 설계
- 항만구조물에 대한 친환경 신소재의 활용 기술 연구
 - FRP를 이용한 RC보의 보수 보강공법 개발
 - FRP 보강 내염성 콘크리트 보 개발
 - 유리 섬유 보강강화 플라스틱 경량 콘크리트 폰툰 개발
 - 유리강화플라스틱을 이용한 소파해안블록 개발
 - 분사식 FRP공법을 이용한 구조물 보강 성능 평가

2. 用 (해안 매립공간 확보기술 / 친환경 해안 레저공간 확보기술)

- 도시 폐기물 등을 활용한 매립공간 확보 기술 개발
 - 개질 매립재료를 이용한 해안매립지의 설계
 - 차수벽체를 고려한 호안 설계
 - 매립지 저류구조물 설계
- 연약지반 특성치 획득 및 분석 기술 개발
 - 해안지반조사전용선 개발 및 매뉴얼 작성
 - 스크류재하시험의 현장 적용 및 지침서 작성
 - 현장용 간극비 측정장치 개발

- MFVP 보완 및 현장용 회로 구성 개발
 - 3차원 자료취득 장비구입 및 자료처리 소프트웨어 개발
 - 비배수전단강도 추정을 위한 CPT기반 적용기법 개발
- 해안 매립지반 내진성능 확보에 관한 연구
- 모형실험 및 합성 모의 실험(하이브리드 시뮬레이션) 수행, 결과분석
 - 진동대, 지오센트리퓨지 시험용 시험체(모형) 제작
- 저치환율 변단면 GCP의 시공기술 개발
- 쇄석다짐말뚝공법 시공기술 개발
- 효과적인 생태마을 계획 및 설계를 위한 GIS 도구 개발
- 생태마을 계획 및 설계를 위한 GIS 도구 S/W 개발
- 해안생태마을 건설요소기술 개발
- 어항·어촌 리모델링 프로시저 매뉴얼 작성
 - 3D Air Flow Model S/W 개발
 - 평판형 범용스캐너와 퍼스컴을 이용한 모래입도분석 시스템 및 방법 개발
 - 흙과 사람과 빛이 어우러진 - Soil Pent House Design - 시작품 제작
 - 흙 건축 재료의 특성과 벽체의 구조해석을 통한 안정성 평가 및 흙 벽체 제작
 - 해안생태마을 조성을 위한 생태서식지 복원 지침서 작성
- 친환경 해안생태 및 해안경관 확보기술
- 미래지향적 도심 해수욕장 설계 매뉴얼 및 지침서 작성
 - 일본 해안경관형성가이드라인 작성
 - 국내 해안경관 형성 가이드라인 매뉴얼 작성
 - 산업유산으로서 워터프런트 재생 방안 제안
- 해안생태마을 및 도시 개발
- 다무포 고래 해안생태마을 조성계획 및 적용
 - 테라노바 포항 프로젝트의 제안
 - 영덕군 대탄리 어촌 체험마을 어메니티 환경계획 공모입상
 - SIEM REAP ECOLOGICAL VILLAGE MASTER PLAN 참여
 - 차세대 해안도시를 위한 관광과 첨단산업의 통섭(通涉)적 접근 (Spain공동연구)
- 3D Realtime VR을 활용하여 차세대 해안공간 Total Simulation 제작

3. 保 (해안 유지 및 관리기술)

- 양빈 및 바이패싱 시스템 기술 개발
 - 수륙양용 이동식 샌드바이패싱 장비 제작
- 철재형 이안제 기술 개발
 - 철재형 이안제 개발을 통한 현장 적용
- 경관 해빈 조성 기술 개발
 - 식생기반 조성기술 개발(식생, 토양)
 - 해안 경관생태 식생기반 적용기술 개발

V. 연구개발결과의 활용계획

1. 防 (해안 저지대 방호기술)

○ 기술적 측면

- 첨단기술로서의 중요성 : 고정도 해일 및 범람모의 기술, 해수용 방식콘크리트, 신소재 FRP의 활용 등과 관련된 기술은 최종기술이 아닌 개발 진행 중의 기술이며 첨단기술로서의 중요성을 지닌다.
- 친환경기술로서의 중요성 : 친수성 방호구조물, 친환경 기능성 항만구조 부재 개발 등은 환경을 최대한 보호하고 배타적 구조물이 아닌 친화적 구조물을 지향하는 친환경기술로서의 중요성을 가진다.
- 방재기술로서의 중요성 : 고조방파제 설계기술, 복합해일 모의기술, 정밀범람 모의기술 등은 해안 재해 저감을 위한 방재기술로서의 중요성을 지닌다.

○ 경제 · 산업적 측면

- 경제적 측면 : 기상재해 통계에 따르면 호우에 의한 피해가 연간 수천억, 태풍에 의한 경우 연간 수천억에서 조에 이르는 것으로 보고되고 있다. 해안저지대 방호 기술은 태풍으로 인한 해일 및 범람의 피해를 크게 감소시킴으로써 경제적 손실을 상당부분 경감할 수 있을 것이다.
- 산업적 측면 : 해일 및 범람으로부터 안전한 해안 공간의 확보는 낙후된 어촌 및 인근지역에 건설 및 위락사업을 가능하게 함으로써 건설경기의 활성화와 새로운 레저 산업의 진작을 도모할 수 있고, 이는 새로운 고용의 창출과 어촌의 소득 증대, 나아가 국토의 균형 발전에 기여하게 될 것이다.

○ 사회 · 문화적 측면

- 사회적 측면 : 국민소득 2만 불이 넘어서면 일반적으로 해양레저에 대한 수요가 급격히 증가한다. 본 연구과제는 향후 예견되는 친화적 레저공간으로서의 해안공간 수요 및 이의 창출을 위한 기초자료 및 토대를 제공할 수 있을 것이다.
- 문화적 측면 : 해양 스포츠, 대형 물놀이동산 및 관련산업, 해안생태마을 등의 부상은 새로운 해안 레저문화를 창출할 수 있을 것이다.

2. 用 (해안 매립공간 확보기술 / 친환경 해안 레저공간 확보기술)

○ 기술적 측면

- 도시형 폐기물 등을 활용한 매립공간 확보 기술
- 폐기물의 재활용성 증대 기술

- 국내 지반조사 및 탐사기술의 발전
- 시험장비 제작 기술의 발전
- 국내 지반조사 및 탐사기술의 발전
- 시험장비 제작 기술의 발전
- 대규모 진동대 실험(large-scale shake table experiment) 기법 정립
- 진동대 실험을 위한 특수형태의 토조(laminar shear box) 설계기술 개발
- 해안지반전용조사선의 개발과 함께 해안 연약지반 조사기술의 발전
- 국내지반에 적합한 독창적인 내진보강설계 기술 개발
- 국내 해안 매립지반의 동적특성에 관한 데이터베이스 축적
- 변단면 쇄석다짐말뚝공법의 시공기술 개발을 통한 국내 연약지반 처리 기술의 발전
- 공기흐름 과정의 해석/예측에 침강과정을 반영함으로써 대기중 오염원 및 입자의 분산과정 해석 역량을 제고한다.
- 한반도 지역에 빈발하는 황사를 비롯한 대기 오염 상황의 예측 및 해석 역량 기반의 향상을 가져온다.
- 3D 공기흐름모델의 개발에서 획득된 기술을 풍파생성 모델, 대기오염확산, 생태마을 설계도구 개발에 활용함으로써 기술적 시너지 효과기대. 현재 전량 외국 S/W 제품에 의존하는 3D Flow Model S/W의 국산화.
- GIS와 RS를 이용한 해안 생태마을 설계도구를 Web GIS, Mobile GIS, Enterprise GIS와 연계할 수 있도록 확장함으로써 해안 생태마을 설계도구의 상용화.
- 수변공간의 평가요소 및 평가지표 개발
- 어항 및 어촌의 지역적 특성과 일치할 수 있는 개발방향 및 개선방안을 제시할 수 있도록 어항 및 어촌의 실태조사 및 평가 시 적용할 수 있는 지표 개발 기술
- 사례연구를 통하여 개발된 평가지표의 적용방안 및 표준화 기술

○ 경제·산업적 측면

- 도시형 폐기물을 이용한 매립공간 확보 기술은 산업폐기물 처리 문제를 저감시키며, 재활용성을 더욱 증대하여 처리비용 절감 및 재활용 기대효과가 증대
- 도시형 폐기물을 재활용한 대규모 매립지를 조성하여 해안 레저 공간 및 산업단지 등을 조성할 수 있는 부지를 제공
- 해안 연약지반 조사기술의 발전에 의한 지반조사비의 감소
- 정밀한 지반조사 및 탐사기술에 의한 경제적 설계가능
- 장비 및 장치의 제작에 따른 관련 산업 활성화
- 국내 기술의 국외 수출에 의한 수입 창출
- 해안 연약지반 조사기술의 발전에 의한 지반조사비의 감소
- 정밀한 지반조사 및 탐사기술에 의한 경제적 설계가능
- 장비 및 장치의 제작에 따른 관련 산업 활성화
- 국내 기술의 국외수출에 의한 수입 창출
- 새로운 대규모 건설시장 창출이 가능하며 지자체, 기업, 대학, 연구소와 긴밀한

연계 체계 구축 가능

- 지방분권을 위한 지방자치단체의 지역혁신산업을 조성할 수 있는 기반기술과 설계기법, 계획기법 등의 애로기술 확보 및 제공.
- 지역 애로기술의 해소 및 지역 건설산업 활성화
- 건설교통기술의 지역 클러스터 구축토대 마련
- 모형실험 및 Hybrid-simulation 수행에 관한 노하우 축적
- 연약지반 개량공사에 적용 시 공사비 절감 및 공기단축 효과
- 방파제·호안 등의 하부 연약지반 처리공법으로 활용성이 증대될 것으로 기대
- 해안 및 어촌의 생태적 리모델링을 통해 관광수입의 증가에 의한 낙후지역의 경제 활성화
- 성공적인 해안생태마을을 구축하기 위한 요소기술 확보를 통해 새로운 해안 레저공간 확보 및 지역혁신산업 구축으로 지방분권화에 기여
- 입도분석기, 설계도구 개발 기술 등을 지역 협력 중소기업에 기술 이전함으로써 경쟁력 확보 및 수익구조 개편, 고용증진 등의 효과를 기대함.
- 3D 공기흐름 수치모델의 개발에 의한 고가의 소프트웨어 수입대체 효과
- 친환경 수변 공간 확보 기술에 관한 연구는 다양한 여가수요를 충족할 수 있는 여건을 마련한다.
- 낙후된 어항 및 어촌의 평가요소 및 평가지표를 개발함으로써 지역적 특성과 일치할 수 있는 개발방향 및 개선방안을 제시할 수 있도록 어항 및 어촌의 실태조사 및 평가 시 적용할 수 있는 지표를 제시
- 어항 및 어촌의 유형화를 통하여 리모델링의 개발방향과 유형에 적합한 리모델링 모형을 제시할 수 있는 방안의 기초자료로 활용
- 개발된 평가지표를 토대로 국내 수변공간에 적용할 수 있도록 여수시 수변공간의 실제 적용한 사례연구를 통하여 적용방안 및 표준화 모색
- 국내의 아름다운 해안경관 창출을 위한 해안경관 형성 가이드라인의 토대 마련

3. 保 (해안 유지 및 관리기술)

○ 기술적 측면

- 해안 공학 기술의 검증 자료 산출
- 해안 공간의 통합적 관리 기술 연구의 기틀 마련
- 각 요소 기술의 기능적 문제점 및 보완책 검토 가능
- 바이패싱 장비 기본 설계 기술 개발
- 철재형 이안제 동적구조해석 기술개발
- 철재형 이안제 설계 기술개발
- 해안사구 녹화 및 복원에 적합한 초본 식생 공급 가능. 지속적인 연구를 통하여 인공 토양 개량제 개발 및 초본식생의 대량 증식법 개발 가능할 것으로 판단됨

○ 경제 · 산업적 측면

- 체계적인 모니터링 시스템 구축으로 해안 관측의 효율성 도모 및 유사 관측과 불필요한 관측 방지
- 정확한 원인 규명 및 예측 시스템 구축으로 불필요한 기술의 남용 방지
- 해안 공간 확보 기술을 바탕으로 배후 공간의 통합적 이용 계획 수립 가능
- 해안 공간의 범용적, 잠재적 가치 평가를 위한 기틀 마련
- 이안제 설계를 위한 인적환경확보
- 경관조성을 통한 관광산업 활성화
- 낙후되는 해안마을 고용창출
- 고용의 창출
- 대량번식기술을 통한 지역 신규산업 창출(양묘업 등)
- 해안 레저 산업 활성화

SUMMARY

New coastal space have 3 concepts(Defense, Protection, Usage), this project is consisted of 4 subjects as follows ;

■ Sub-project 1 : Protection of Coastal Zone from Natural Hazards

During the first year of the project, research has been conducted on the fundamental issues on the protection of coastal zone from natural hazards. Main focuses of the researches include literature reviews, collection of relevant data, categorization and analysis of natural hazards and hazard mitigation structures and preliminary studies of the protective measures of coastal zone from typhoons and storms.

One of the main research output includes the extensive database of historic typhoons passed through Korean peninsula and nearby oceans, which compiles 1468 typhoons' tracks and characteristic parameters such as latitude and longitude of typhoons eye, centre pressure, radius of maximum wind, etc.

For the accurate estimation of the waves conditions combined with tidal and surge elevations, the wind-wave model named WAM Cycle4 was modified using implicit scheme to enhance the numerical efficiency and to reduce simulation time.

Various types of breakwaters in Japan and Europe were investigated and classified into the typical structural types and characteristics. For the protection of coastal low-land zone from extreme typhoons and surges, various types of storm surge barriers and gates in foreign countries were investigated. Mokpo is found to be the optimal storm surge construction site in Korea and further feasibility studies will be carried out in the second phase of the project.

The possible applications of FRP and functional concrete that can be used for coastal and ocean water front were surveyed.

■ Sub-project 2 : Development of Technologies for Coastal Land Reclamation

New Cone Penetration Tester with electric resistant type probe has been developed, which was calibrated through laboratory tests for suitable range. High frequency range over 100 kHz was used to measure electric resistance and LCR board was attached on top of probe to obtain high degree of precision.

Software for high resolution S-wave exploration was developed. The computer program with user-friendly GUI has been verified through three step testing

procedures. The scope of 3-dimensional version of the computer program has been decided and will be implemented in the second phase of the project.

Clean wastewater sludge and incineration ashes were selected as safe reclamation materials which have no negative environmental effect. After several pre treatment methods were tested to obtain high degree of environmental safety, solidification/stabilization method of clean wastewater sludge and incineration ashes was adopted as a suitable method. Reconnaissance of Singapore reclamation site which utilizes the mixtures of urban trashes and incineration ashes as land-fill materials was done. And information collection has been done in th Tokyo bay reclamation site in Japan.

For the field investigation of the shore protection using mild slope revetment, Uljin in Kyeongbuk-do has been selected as a site. Extensive data collection and literature reviews on geomembrane and geotube has been performed.

■ Sub-project 3 : Coastal Zone Utilization Technologies for Leasure Space

As more people tend to visit and live on or near coast, strong pressure has been created for shore development for housing and recreation. Understanding and being able to manage the coastal zone properly is of critical importance. For the environmentally sound and ecological development of the coastal zone without being damaged, renovative technologies need to be developed. In this project, the emphasis should be placed on the invention of the ecological design methodologies and tools .

Our research focuses on the practical and economical utilization and creation of the coastal leisure space. The main research items are as follows;

Ecological design and construction of coastal eco-village.

Development of a design tool for the design and planning of eco-village and eco-city using GIS, Remote Sensing, 3D Graphics, and IT.

Utilization of the sand deposited land and related engineering problems such as wind blown sand and 3D air flow numerical model.

Remodeling of small fishing harbor with functional leasure space

Water front development technology

Coastal landscape using vegetations

Damupo in Pohang city has been selected as a pilot project site for coastal eco-village. New design tool using GIS and Remote Sensing Data has been developed and tested successfully for planning and design of eco-village.

As a by-product of the research, new digital sand size analyzer using commercial scanner has been developed, which is less time consuming and low cost compared to conventional sieve analysis. Patent is pending on this product.

■ Sub-project 4 : Coastal Zone Management and Maintenance

The beach diagnostic system has been developed to measure the erosion damage which may be caused by regional changes in the sediment transport pattern after the construction of man-made coastal structure. The system consists of monitoring process, analysis process, and lastly assessing process. We expect in particular that the sediment budget analysis provides a framework for formulating, documenting, and calculating sediment budgets, including estimation of uncertainty, hence the reliability of the budget. SBAS allows the root-cause analysis through a sediment budget that can be local or regional. The analysis process formulates a sediment budget and erosion rates by allowing the user to create a series of cells and arrows representing sources and sinks which characterize the conceptual budget. For example, the downdrift affects caused by the coastal structure are evaluated through both analytical and numerical approaches. In the first year, we stresses the need of monitoring and analysis process for the effective integrated coastal zone management and shows through the case studies of Osan and Kusan Harbors in the Uljin district how the numerical experiments are accomplished for the coastal zone management.

Database on Korean coastal plants, which was operated by MS-EXCEL program on computer, was composed of the following 12 fields; common name, scientific name, family name, type, origin, habitat, evergreen, height, flowering period, flower color, fruiting period and fruit color. This database would be a powerful tool for searching plant species suitable for an aesthetic marine re-vegetation of a sand dune. Moreover, the contents of the database can be expanded by adding the field research data.

To understand the vegetation distribution of Korean east coast, research and survey activities were conducted along the coastline of Kangwon and Youngnam Provinces. According to the analysed data, major woody sand dune plants were *Pinus thunbergii*, *Rosa rugosa*, *Vitex rotundifolia* and *Euonymus japonica*. And major herbaceous plants were *Carex kobomugi*, *Calystegia soldanella* and *Glehnia littoralis*.

Case studies for an aesthetic marine re-vegetation were performed at TOKYO ODAIBA Marine park and YOKOHAMA YAMASHITA Park in Japan. In these sites, the subtropic plants such as *Machilus thunbergii*, *Pittosporum tobira* and *Aucuba japonica* for. *variegata*. put down roots. But these plants are unavailable for the Korean marine re-vegetation because of their weak cold hardness in winter.

As the sand dune soil has low fertility, the use of an artificial soil as a soil conditioner was required to amend the poor soil condition. Soil condition is essential to the healthy growth of plants. So paper review and sampling of various

artificial soil materials were conducted. In view of the results achieved so far, it was estimated that high water absorbent inorganic soil materials like the vermiculite and the perlite and organic humus like the peatmoss and the cocopeat would have effects enough to improve sand dune soil condition.

Contents

Chapter 1	Summary of Research	1
Chapter 2	Domestic and foreign Technology Status	9
Chapter 3	Research Accomplishment	21
Chapter 4	Annual Research Target and Result	133
Chapter 5	Application Plan of Research Result	151
Chapter 6	Collected overseas scientific technical information during Research & Development	175
Chapter 7	References	179

목 차

제1장 연구개발과제의 개요	1
제2장 국내외 기술개발 현황	9
제3장 연구개발수행 내용 및 결과	21
제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	133
제5장 연구개발결과의 활용계획	151
제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	175
제7장 참고문헌	179

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발의 목적

나날이 증가하는 해안공간 수요에 대비한 기존의 해안공간에 防·用·保 개념. 즉, 해안 저지대 방호기술, 해안 매립공간 확보기술, 해안 레저공간 확보기술, 그리고 해안유지 및 확보기술개발을 통하여 신자원화, 신산업기지화, 신인프라기반, 신기술구현 등을 확보할 수 있는 환경 친화적 차세대 해안공간 확보를 목적으로 하며, 防·用·保의 세부 목적은 다음과 같다.



그림 1.1.1 연구개발 목적

1. 防 (해안 저지대 방호기술)

가. 해안범람 모의 및 고극조위 산정 연구

나. 고조방파제 설계 연구

다. 항만구조물에 대한 친환경 신소재의 활용 기술 연구

본 연구는 해안공간의 자연재해로부터의 방호에 관련한 연구이다. 해안공간의 방호는 폭풍해일 및 범람을 대상으로 하며 이를 정도 높게 모의할 수 있는 수치모의체계를 구축한다. 또한 이를 활용하여 방호가 필요한 해안 저지대를 확정하고 각 지역의 산업적, 지

형적 특성을 고려한 방호수준을 결정한다. 방호구조물로는 고조방파제 등을 대상으로 하며, 이들에 대한 입지, 설계외력, 지반보강 대책, 어메니티(amenity) 형 설계기술을 연구한다. 또한 해안구조물에의 친환경, 신소재 활용기술을 연구하며 특히 해안 부재 요소에의 FRP 활용기술과 관련한 핵심 요소기술을 개발하고자 한다.

2. 用 (해안 매립공간 확보기술 / 친환경 해안 레저공간 확보기술)

가. 도시 폐기물 등을 활용한 매립공간 확보 기술 개발

나. 연약지반 특성치 획득 및 분석 기술 개발

다. 저치환율 변단면 GCP의 시공기술 개발

라. 해안 매립지반 내진성능 확보에 관한 연구

마. 해안생태마을 설계 도구 개발

바. 해안 생태마을 건설 요소 개발

사. 친환경 해안 경관 확보 기술 개발

아. 해안생태마을 및 생태도시 개발

본 “해안 매립공간 확보기술”의 핵심적인 연구개발기술은 4가지로서 도시폐기물 매립 재료 활용방안 연구(개질매립재료, 해안 매립지 설계 기술, 해안 매립지 유지 기술), 해안 연약지반 특성치 획득 및 분석 기술 개발(지반조사 기술, 지반탐사 기술), 해안 매립지반 내진성능 확보에 관한 연구, 연약지반 보강용 쇄석다짐말뚝공법 개발에 관한 연구이며, 이러한 기술들을 통하여 도시형 폐기물을 활용한 새로운 매립재 개발 및 관련 매립공법을 제시함으로써 도시형 해안의 공간 부족 문제를 해소하고, 도시형 폐기물의 처리방안 제시를 통하여 지역의 애로사항을 해결할 수 있다.

본 “친환경 해안레저공간 확보기술” 연구의 경우 건축, 도시설계, 토목, 환경, 경관, 조경, IT(Information Technology) 분야 등의 공동 작업이 필요한 연구이다. 과거 학문간 또는 업종간의 협력과 공동작업의 어려움 때문에 이루어지지 못했던 분야에 대한 접근이 필요한 시기이다. “GIS와 RS 이미지를 이용한 해안생태마을 설계도구 개발”의 경우에도 건축, 토목, 환경, 도시, IT 전공자 들이 함께 공동 작업을 통하여 상호 안목을 넓히고 그동안 방치되어 왔던 분야에 대한 새로운 접근을 통한 시너지 효과를 경험하고 있다. 이러한 복합적 결과물을 통하여 해안 마을/도시를 형상하는 지자체에 정책적 제안 및 가이드라인을 제시하고 해안개발 기술요소를 제공함으로써 해안 마을/도시의 복합적 개발에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

3. 保 (해안 유지 및 확보기술)

가. 양빈 및 바이패싱 시스템 기술

나. 철재형 이안제 기술

다. 경관 해빈 조성 기술

본 “해안 유지 및 확보기술” 연구의 경우 해안공간의 보전 및 보호에 대하여 해안선을 따라 무분별하게 축조된 구조물로 야기된 침식 및 퇴적 문제를 환경친화적인 방법으로 개선하기 위한 신공법 개발을 위한 것으로 실용화 사업화를 위주로 하는 핵심기술개발이다.

제 2절 연구개발의 필요성

본 연구는 나날이 증가하는 해안공간 수요에 대비한 환경 친화적 차세대 해안공간 확보를 위한 연구로서, 防·用·保 개념을 통한 해안 저지대 방호기술, 해안 매립공간 확보기술, 친환경 해안 레저공간 확보기술, 그리고 해안유지 및 확보기술로 구성되며, 관련 설계기술의 개발과 현장 적용 공법의 확립을 통해 지역 애로기술을 해소하고, 특화된 건설 산업을 육성하며, 나아가 지역 경제 활성화에 기여하기 위한 것이다.

자연재해를 높은 정도로 예측하고, 자연재해에 취약한 저지대를 확정하여 해당 저지대의 지형, 기상, 산업적 중요도 등을 고려한 방호수준 및 대책을 적절히 수립하며, 매년 많은 인명 손실과 수 조원에 이르는 경제적 피해를 저감할 수 있는 종합적이고 체계적인 해안저지대 관리체계를 수립하여야 한다.

또한, 폭풍해일 및 범람을 대상으로 이를 정도 높게 모의할 수 있는 수치모의체계를 구축하여 방호가 필요한 해안 저지대를 확정하고 각 지역의 산업적, 지형적 특성을 고려한 방호수준을 결정할 수 있어야 한다.

복합 해일모형에 대한 체계적 분석 및 개발, 심해와 천해에서의 풍파모형의 접합구조 개발, 고정도 범람모의를 위한 비선형 장파모형의 개발, 그리고 상호연계 모의체계 등에 대한 연구가 필요하다. 해일 및 범람의 정밀 모의체계를 구축하고, 범람에 취약한 해안 저지대의 결정 및 평가 기술, 범람 방호를 위한 특수구조물에 대한 연구를 수행함으로써 해안공간 방호의 요소기술 제공이 요구된다.

방호구조물로는 고조방파제의 입지, 설계외력, 지반보강 대책, 어메니티(amenity)형 설계기술, FRP 활용기술 등의 핵심 요소기술이 필요하다.

해안 매립공간 확보기술과 관련한 설계기술의 개발과 현장 적용 공법의 확립을 통해 지역 애로기술을 해소하고, 나아가 지역 경제 활성화에 기여하기 위한 것이다. 도시형 폐기물을 활용한 매립지반 조성 사례를 그림 1.2.1에 나타내었으며 본 과제에서 확보하고자 하는 궁극적인 목표도 이와 유사한 것으로 볼 수 있다.



(a) 일본 사례



(b) 싱가포르 사례

그림 1.2.1 도시형 폐기물을 이용한 해안매립 사례

본 세부과제의 핵심적인 연구개발기술은 4가지로서 해안 연약지반 특성치 획득 및 분석 기술(지반조사 기술, 지반탐사 기술), 도시폐기물 매립재료 활용방안 연구(개질매립 재료, 해안 매립지 설계 기술, 해안 매립지 유지 기술), 해안 매립지반 내진성능 확보에 관한 연구, 연약지반 보강용 쇄석다짐말뚝공법 개발에 관한 연구이며, 이러한 기술들을 통하여 도시형 폐기물을 활용한 새로운 매립재 개발 및 관련 매립공법을 제시함으로써 도시형 해안의 공간 부족 문제를 해소하고, 도시형 폐기물의 처리방안 제시를 통하여 지역의 애로사항을 해결할 수 있다.

현재 국내의 해안 및 어촌마을들은 폭풍 및 해일로 인하여 해안 백사장이 유실되는 경향이 크고, 무분별하게 혹은 무계획적으로 건설된 각종 구조물들로 인하여 주변 생태환경이 파괴되고 오염물질이 쌓이는 등 많은 문제점을 보여 주고 있다. 또한 이러한 마을들은 계획된 곳이기 보다는 자연발생적인 도시이기 때문에 공공시설 및 주거환경이 협소하거나 낙후되어 있어 주민들의 생활환경이 매우 열악한 편이라고 본다. 이들 마을들은 그 면적의 크기, 인구, 산업 등이 매우 다르고 물리적 형태, 역사 및 전통, 대도시 및 항만과의 거리 등이 서로 다르다.

이들 해안 및 어촌마을들의 유형을 분류하고, 각각의 유형에 따라 알맞은 개발방안 및 정책을 제시하여야 한다. 물론 개개의 특성에 따라 어느 정도의 신축성은 있어야 할 것이지만, 몇 개 유형에 따라 표준화된 개발방안 및 정책을 제시하는 것은 시행부서에게 시간을 절약해 주기 위한 이유와 혹시나 있을 수 있는 잘못된 판단이나 비합리적인 결정을 줄이기 위함이다.

요즈음 각 지자체마다 특성화개발을 내세우며 테마관광, 생태관광 등을 내세우고 있지만, 모든 지자체들이 혹은 모든 해안마을들이 테마관광지화 하여야 할 이유가 없다. 열 개의 마을 중 한 두개가 그렇게 개발이 되고, 나머지는 지금까지의 살아온 모습을 거의 보전하면서 위험요소 제거와 생활편의 향상을 위한 방안 수립이 더 중요할 것이라고 본다.

제 3절 연구개발의 내용 및 범위

1. 防 (해안 저지대 방호기술)

가. 해안범람모의 및 고극조위 산정 연구

- (1) 태풍 및 해일 피해자료 수집 정리
- (2) 복합해일모형 구성 및 개발
- (3) 폭풍해일 모의 및 고극조위 산정
- (4) 해안범람모형 개발, 검증 및 개선
- (5) 해안범람도 작성
- (6) 저지대 방호수준 및 대책 제안

나. 고조방파제 설계 연구

- (1) 고조방파제 기초자료 조사
- (2) 고조방파제 수리해석 및 지반특성 자료 분석
- (3) 고조방파제 형식 개발 및 안정성 검토
- (4) 신형식 고조방파제 설계 기법 개발
- (5) 신형식 고조방파제 기초 안정성 검토
- (6) 고조방파제 표준 단면도 및 시공 매뉴얼 작성

다. 항만구조물에 대한 친환경 신소재의 활용 기술 연구

- (1) 건설신소재 개발현황 조사
- (2) FRP 해안구조부재 활용성 검토
- (3) 친환경 기능성 콘크리트 연구
- (4) FRP-강재 합성부재 활용공법 개발
- (5) FRP에 의한 항만구조물의 보수 및 보강공법 개발
- (6) 해양환경을 고려한 내해수성(내염성) 콘크리트 개발
- (7) FRP 적용 시스템의 설계 및 시공 지침서 작성
- (8) FRP 적용 시스템의 유지관리 매뉴얼 작성

2. 用 (해안 매립공간 확보기술 / 친환경 해안 레저공간 확보기술)

가. 개질매립재를 이용한 해안매립지 설계

(1) 개질슬러지를 이용한 해안매립지의 설계

(2) 매립저류구조물 설계

나. 해안지반조사전용선 개발

다. 3차원 자료취득 장비구입 및 자료처리 소프트웨어 개발

라. 스크류재하시험의 현장 적용 및 지침서 작성 및 장비 보완 및 수정

마. CPT기반 비배수전단강도 평가방법 개발

바. 소형 시험체(모형)제작 및 모형실험 및 합성 모의실험(Hybrid Simulation) 수행, 결과분석

사. 변단면 쇄석다짐말뚝 공법 개발

아. 효과적인 생태마을 계획 및 설계를 위한 GIS 도구 개발

자. 어촌 어항개발 관련제도 및 선행연구 고찰

차. 해안 및 어촌 개발에 관한 생태관광마을 국내사례 조사

카. 어항 및 어촌의 평가요소 및 평가지표 개발

타. 어항 및 어촌의 유형화 및 리모델링

파. 어항·어촌 리모델링 프로시저 매뉴얼 작성

하. 어촌관광 활성화 방안에 대한 연구

거. 어촌·어항 리모델링 활성화 방안 연구

너. 동해 연안권 개발방안 연구 - 해안관광개발 및 환경보전을 중심으로

더. 비사/면지 침강 해석 프로그램 개발

러. AIRFLOW ANALYSIS AS A PLANNING TOOL 개발

머. 대기 수치모형 프로그램 개발

버. 경사지 진입로에 따른 공간배치유형에 관한 연구

서. 흙과 사람과 빛이 어우러진 Soil Pent House Design

어. 흙건축 재료의 특성과 벽체의 구조해석을 통한 안정성 평가

저. 해안생태마을 조성을 위한 생태서식지 복원 지침서 작성

쳐. 수변공간개발 관련 제도 및 선행연구 고찰

- 커. 워터프런트 경관계획 및 설계 실험연구 - 여수시를 중심으로
- 터. 미래지향적 도심 해수욕장 설계 매뉴얼 및 지침서 작성
- 퍼. 미래형 도시해안레저공간 설계-광안리해수욕장·송정해수욕장을 중심으로
- 허. 일본 해안경관 형성 및 관리특성에 관한 연구
- 고. 일본 해안경관형성가이드라인 결과보고서 작성
- 노. 국내 해안경관 형성 가이드라인 매뉴얼 작성
- 도. 산업유산으로서 항구의 창조적 재생을 위한 기초 연구
- 로. 워터프런트 개념 및 개발 유형 분류
- 모. 산업유산으로서 워터프런트 재생 방안 연구
- 보. 다무포 고래 해안생태마을 조성
- 소. 테라노바 포항 프로젝트 실시
- 오. 영덕군 대탄리 어촌 체험마을 어메니티 환경 계획
- 조. SIEM REAP ECOLOGICAL VILLAGE MASTER PLAN
- 초. 차세대 해안도시를 위한 관광과 첨단산업의 통섭(通涉)적 접근연구
- 코. 차세대 해안공간 개발을 위한 해안공간의 지역특화를 위한 통섭적 연구

3. 保 (해안 유지 및 확보기술)

- 가. 연안 진단 및 평가시스템 요소기술 침·퇴적 변화량 분석
- 나. 3D 가시화(VR) 해안공간 관리
- 다. 수륙양용 이동식 샌드바이패싱 장비 제작
- 라. 철재형 이안제의 현장 적용 성능 시험
- 마. 식생기반 조성기술 개발

제 2장 국내외 기술개발 현황

차세대 해안공간 확보기술과 관련된 해안저지대 방호기술, 해안매립공간 확보기술, 친환경 해안 레저공간 확보기술, 해안 유지 및 확보기술과 관련된 국내·외 기술동향은 다음과 같다.

제 1절 해안저지대 방호기술 개발

우리나라의 경우 1970년대부터 한국연안의 개발사업이 활발해짐에 따라 원자력 발전소, 대규모 항만의 건설 및 매립 등이 연안을 따라 활발하게 이루어 졌다. 하지만 이러한 개발사업에서 연안범람에 대한 방호, 방어시설의 신뢰성 평가가 중요한 문제임에도 불구하고 체계적인 연구 및 투자가 미흡해 왔다. 1997년 백중사리 때의 서해안 범람 이후 한국해안·해양공학회에선 한국 근해의 폭풍해일에 대한 학술발표회를 주최하여 연안 방호에 대한 중요성을 환기하였다. 학술적 연구로는 최와 엄(1999)이 결합모형을 사용해 서해의 최대유의파고 분포를 계산하였고, 문과 오(2003)는 파랑-해양순환 결합모형을 이용해 폭풍해일에 대한 파랑과 조석의 영향을 연구한 정도로서 관련 연구가 많지 않다.

1953년 북해에서 발생한 강력한 폭풍해일로 인하여 영국과 네덜란드에서 수천 명의 인명피해가 발생한 후 유럽에서의 폭풍해일에 대한 연구가 활성화되기 시작하였고, 초기 연구는 장파방정식 형태의 폭풍해일 모형의 이론적 구성과 수치모형의 개발이 주류를 이루었다. 하지만 폭풍해일과 조석, 파랑간의 연관성이 제기되기 시작하는데, PROMISE (Pre-Operational Modelling In Seas of Europe) 과업에서는 조석, 폭풍해일, 난류 그리고 파랑모형들의 적용을 최적화하기 위한 연구를 수행하였고, 그 결과 조석-해일-파랑의 결합모형을 개발하였다(Ozer et al., 2000). 하지만 이러한 결합모형에서 파랑모형으로 WAM과 같은 심해 파랑모형을 사용하였는데, 우리나라와 같이 대규모의 천해역을 포함한 지형에는 그 적용성에 미흡함이 있다.

우리나라와 지리적으로 또한 해양기상학적으로 가장 유사한 일본의 연안방재대책의 수립방향을 보면 풍요로운 자연환경과 활발한 인간 활동을 위한 지역사회의 주민의 생명, 재산, 지역 경제에의 손실을 최소화하는 것을 중점목표로 설정하여, 재산보호를 위한 구조적대책(Hardware적 대책)과 인명보호를 위한 비구조적대책(Software적 대책)을 연계하여 각 시스템을 통합하는 형태의 방재시스템의 개발을 대책수립의 방향으로 설정하고 있다. 이러한 이원적 시스템은 자연재해를 아직까지 완벽히 통제할 수는 없다는 인식과 지구온난화로 표현되는 전 지구적 기상이변을 고려하여 설정된 것이며, 주어진 사회, 경제적 여건 하에서 최대한 재산과 인명 피해를 줄이기 위한 방법론으로 판단된다.

연안방재의 구조적 대책으로는 고조방파제가 대표적 구조물이 되는데 일본의 경우 1959년 나고야에 설치한 최초의 착저식 고조방파제 이후, 최근에는 평상시엔 해저에 잠겨 있다가 해일이 내습할 때만 부상하여 작동하는 부상식 구조물을 주로 연구하고 있다. 직립부상식 방파제는 일본 항만공학기술연구소와 민간 4개업체가 공동으로 연구개발 중에 있다. 이것은 상부강관과 하부강관으로 구성되는 벽체구조물로서 만 입구 혹은 방파제 사이에 설치한다. 평시에는 해저에 설치한 하부강관 중에 상부강관을 격납시켜두고, 쓰나미 혹은 해일 내습 시에는 상부강관을 부상시켜 쓰나미 혹은 해일의 만내에의 진입을 차단시킨다. 이탈리아의 MOSE Project도 이러한 부상식 구조물의 하나로써, Mose Buoyant Flap Gate는 Venice의 범람 피해를 막기 위해 Venice의 석호(lagoon)와 아드리아 해가 만나는 4곳(Lido-Treporti, Lido-S. Nicolo, Malamocco, Chioggia)에 건설될 예정으로 총 78개의 수문으로 구성되어 있다. 각각의 수문은 지점에 따라 두께 3.6m~5m, 길이 18m~28m, 너비 20m의 다양한 크기로 건설될 예정이다. 수문은 보통 때는 수중에 누워 있다가 바닷물의 수위가 1.1m에 이르면 공기가 주입되면서 자동으로 상승하게 된다.

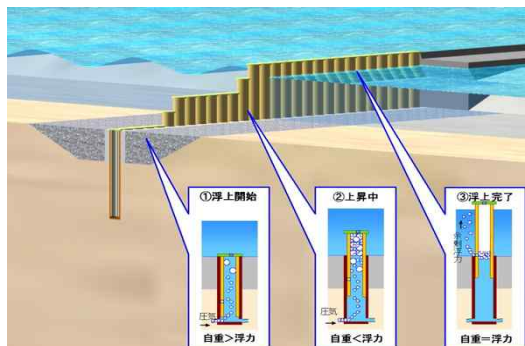


그림 2.1.1 직립부상식 방파제

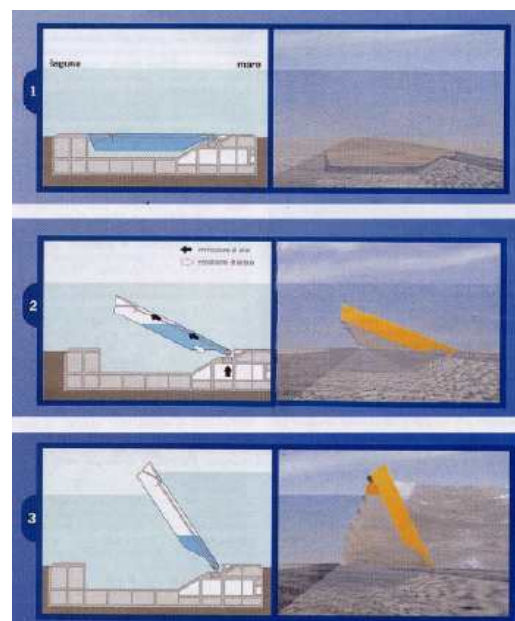


그림 2.1.2 Mose Buoyant Flap Gate

비구조적 대책의 대표적인 수단은 재해지도이다. 국립방재연구소(2002)에서는 최초로 폭풍해일로 인한 해안범람도를 작성하였지만 파랑, 조석의 영향이 고려되지 않은 단순 해일모형을 사용하였고, 해안범람도 또한 시범제작의 형태이어서 적용태풍의 체계적 분류가 미흡하고 범람모형의 정확도 또한 높지 않았다. 미국의 경우 NOAA의 NWS(National Weather Service)에서는 자체 연구 개발한 SLOSH 해일 예보 모형을 전국 연안에 걸쳐 20여개의 영역으로 나누어서 현업 예보에 활용하고 있으며, 또한 이 예보 모형을 근간으로 작성된 재해도(Hazard Map)를 이용하여 지방정부 및 지자체는 허리케인 내습시 예·경보 및 피난처 대피 등 재해저감 및 방재에 적극 활용하는 단계이다. 또한 일본의 경우 문부과학기술성 산하 방재과학기술연구소에서 폭풍, 호우, 홍수, 해일,

지진, 쓰나미, 화산분화 등 일본에서 자연재해를 일으키는 현상들에 대한 기초연구를 장기간에 걸쳐 수행하고 있고, 그 결과들을 문서화하여 잘 정리하고 있다. 또한, 지자체(현 중심)에서 인구밀집 또는 상업적 중요 지역에 태풍의 진로 및 세기에 따른 침수예상지역 및 대피로 등을 명시한 침수재해도를 작성하여 홍보활동에 주력하고 있다.

FRP를 비롯한 신소재 활용연구의 경우, 일본에서는 탄소섬유시트 부착공법을 중심으로 각 건설회사별로 AF 공법, SR-CF 공법, CRS-CL 공법, MARS 공법 등의 독자적인 보강공법이 개발되었으며, 이를 바탕으로 활발한 현장적용이 진행되고 있다. 따라서, 일본에서의 보강공법의 개발역사는 탄소섬유시트 보강공법의 개발역사라 해도 과언이 아닐 정도로 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 특히, 1996년에는 일본 건설성 프로젝트인 “신기술에 의한 기존 건축물의 내진성 향상기술의 개발”이라는 연구과제가 5년간의 연구기간으로 시작되었다. 본 프로젝트에서는 일본 건설성 건축연구소와 CF 건협이 주축이 되어 전국적인 연구체계(All Japan)를 구축하고, 『연속섬유시트 공법 검토 위원회』를 발족하여 탄소섬유 및 아라미드 섬유 등의 연속섬유를 이용한 기존 건축물의 내진성능 향상에 관한 기술개발이 완료되었다.

한편, 일본에서도 외부 프리스트레스트 FRP 보강공법과 관련된 연구개발은 2003년에 처음으로 소개되고 있으며, 오히려 FRP 프리스트레스에 관한 연구는 신설구조물이 건설을 대상으로 하여 이루어지고 있다. 즉 FRP 프리스트레스 공법과 관련된 연구는 1995년 일본 토목학회의 연속섬유보강 콘크리트 편집위원회에서 작성되고 건설성 대신관방기술 조사실에서 감수한 연속섬유보강 콘크리트 【제물성과 설계법】에서부터 자세히 설명되어 있다. 이와 같은 연구개발을 근간으로 하여 일본의 복합소재 연구회에서는 2000년 초부터 ACC 구락부라는 협회를 결성하여 프리스트레스트 FRP에 의한 구조물 건설분야에 집중적으로 투자하고 있는 것으로 알려져 있다.

유럽과 미주 지역에서의 FRP 보강공법에 대한 기술동향은 일본에 비하여 늦게 시작된 것이 사실이나, 일본에서의 개발방향과는 별개로 독자적인 기술개발이 이루어지고 있다. 즉 유럽 및 미국지역에서는 2차 대전 이후인 1950년대에 대량으로 건설된 콘크리트 교량 및 건축물의 노후화가 진행됨에 따라 이에 대한 보강의 필요성이 제기 되었으며, 이러한 보강은 주로 정적하중에 대한 보강형태로 이루어지고 있다. 또한 FRP의 보강형태도 초기에 슈트형으로 개발된 FRP 보강공법은 현장품질 관리 측면에서 우수한 플레이트형 FRP 보강공법으로 발전되었다.

또한, 1990년대 초반부터는 기존 FRP 보강공법과 외부 프리스트레싱에 의한 보강 공법의 장점을 합리적으로 결합한 외부부착 FRP 프리스트레스에 의한 보강공법으로의 개발이 시작되어 최근에 실용화되기 시작하였다. 특히, FRP 부착에 의한 보강공법의 한계를 극복하기 위하여 외부 프리스트레싱에 의한 보강공법이 최초로 시도되어, 스위스 EMPA(스위스연방재료연구시험소), EPFL(스위스연방공과대학, 로잔) 및 ETH(스위스연방공과대학, 취리히)를 중심으로 많은 실험적 연구가 이루어졌다. 이러한 실험적 연구를 바탕으로 외부 프리스트레스트 FRP 보강공법이 세계 최초로 상용화 되었다. 이러한 유럽지역에서의 연구개발은 주로 스위스 Sika 사를 중심으로 노후 건축물 및 교량의 보강에 활발히 적용되고 있으며, 최근에는 탄소섬유 라미네이트에 의한 보강공법에 관한 국가 시방서(Swiss Design Code for Structures strengthened with glued lamellas)가 제

정되었다.

미국 및 캐나다 등의 북미국가에서는 제설제의 과다사용으로 인하여 고속도로 상의 교량에 철근부식으로 인한 심각한 손상이 발생되고 있다. 이에 따라 구조물의 사용성 및 내력보강 효과 뿐만 아니라 보강재의 내부식성이 우수한 FRP에 의한 외부 프리스트레싱 보강공법 개발의 필요성이 절실히 요구되어 많은 연구가 이루어지고 있다. 미국은 1995년부터 2005년까지 20억 달러가 투자되어 시행된 CONMAT(Construction Materials and System Program) 사업에서 FRP의 건설 분야 활용에 가장 많은 예산이 배정되었으며 이를 통해 FRP를 이용한 다양한 형태의 보강기술이 연구 • 개발되고 있다. 캐나다는 1995년 설립된 ISIS Canada(Itelligent Sensing for Innovative Structures) 협의체를 통해 FRP 보강기술에 대한 다양한 기술 개발을 진행하여 노후 구조물의 성능향상 및 수명연장을 위한 노력을 적극적으로 전개하고 있다.

제 2절 해안매립공간 확보기술

우리나라의 짧은 지반조사 역사에 비하여 지반조사 장비의 개선, 다양한 조사방법의 도입, 조사수량의 증가 등은 많은 발전이 이루어졌으며, 충분하고 적절한 지반조사는 전체 프로젝트 비용을 절감하고 안전한 시공에 기여한다는 인식이 퍼지고 있다(한국지반공학회, 2003). 또한, 학회나 연구기관들에 의한 시험기준 표준화와 기존 조사자료의 데이터베이스화의 필요성이 대두되고 있다(한국지반공학회, 2003).

국내에서 2차원, 3차원에 대한 S파 반사법탐사 수행결과는 거의 전무한 상태이고 본 연구진에 의한 연구결과가 있으나(한국지반공학회, 2005), 지반조사 기술수준 및 연약지반과 저수심 해역에 적용 가능한 전용 지반조사와 탐사장비는 거의 전무한 실정이다.

2차원 S파 반사법탐사의 경우 2000년도 이후 극천부에 대한 탐사필요성이 제기되면서 점차적으로 시도가 되긴 하였으나 활성화 되진 않았고, 3차원 S파 반사법 탐사는 석유탐사분야에서는 필수적인 부분이나 공학분야에서는 비용부담과 탐사수행의 어려움 때문에 거의 수행되지 못하지만 그 필요성이 대두되고 있다.

하수슬러지 건조 및 고형화 기술(포스코, 환경신기술), 슬러지, 오니토 개량 및 고화재 제조기술(미래이앤씨, 특허), 건설폐기물 재활용 기술(대한주택공사 주택도시연구원), 발효를 이용한 하수슬러지의 고형화기술(홍진C&T) 등 기초지반 동특성 파악을 위한 실내외 실험 등이 이루어지고 있으며, 이는 한국형 설계 표준응답스펙트럼 작성을 위한 연구이다. 또한 FEM등을 이용한 지반응답 수치해석 등이 이루어지고 있으나, 선진국과 격차가 큰 상태이다. 국외에서는 정수슬러지와 소각재를 동경만 매립재료로 활용(일본), 해양 인공섬 조성시 매립재료로 소각재 활용(싱가폴), 동경만 해안매립공법(일본), 해양 인공섬 매립공법(싱가폴)으로 활용하고 있다. 현재 4면이 바다인 일본, 영토가 협소한 싱가포르 등이 해안 매립사업에 투자하고 있으며 앞으로 수요가 급증할 것으로 예상된다.

해안 매립지 내진성능 평가 및 내진성능 보강기술은 미국과 일본이 세계최고수준의 기술을 보유하고 있다. 미국은 이론과 해석, 그리고 대응공법에서, 일본은 풍부한 연구자금을 바탕으로 대형모형실험분야에서 관련연구 및 기술개발을 선도하고 있다. 이 분야의 국내기술과 국제기술과의 격차는 관련 실험시설 인프라 및 전문가 수에서 큰 격차가 있다. 지반, 기초, 상부구조물에 대한 각각의 연구보다는 지반-기초-상부구조물 상호작용에 대한 평가 및 보강기술이 연구의 초점이 되고 있으며 실시간 하이브리드(Hybrid)해석 및 실험방법이 기술개발의 화두가 되고 있다.

제 3절 해안 레저공간 확보기술

해안 레저공간 확보기술과 관련된 국내기술동향으로서 해안생태마을 설계 및 건설기술은 국내에서 초기 개발 단계이며, 어업협조형 레저공간 확보 기술은 일본의 경우 요소기술을 다량 보유하고 있지만, 국내에서는 이를 활용하거나 적용한 예는 거의 없으며, 비매립형 가교를 비롯한 차세대 수변공간 설계 기술의 축적이 필요할 실정이다.

생태마을의 유형은 크게 농촌형과 도시형으로 구분하고 각각을 개선형과 계획형으로 나누어 볼 수 있다. 지역에 따른 분류 이후에 기존 마을을 개선하여 생태마을을 조성하는 경우와 공동체마을과 같이 새로이 생태마을을 가꾼 경우로 나누는 방법이다.

국내에서는 본격적으로 생태마을을 조성하기 시작한 연원이 짧은 만큼 아직까지 그 사례는 많다고 할 수 없으나 생태마을의 개념을 적용하여 부분적으로 조성하는 사례는 늘고 있다. 농촌 개선형은 기존 마을 주민들이 주체가 되어 친환경농법을 통한 생태마을 가꾸기와 생태관광을 추진하고 있다. 반면, 농촌 계획형은 귀농자 등 새로이 이주하는 사람들을 주체로 형성하고 새로운 생태마을을 가꾸는 것으로 농촌 개선형과는 여러 면에서 차이가 있을 수 있다. 도시형의 경우, 재개발 대상지역 등에 빈민들을 위한 도시 개선형 생태마을을 조성하거나, 새로이 단지를 만들어 희망자들을 입주토록 하는 도시 계획형 생태마을이 있다. 해외사례로는, 세계 최초의 계획공동체 생태마을로 알려진 호주의 크리스털 워터스(Crystal Waters)와 독일의 킬-하쎄(Kiel-Hasse) 생태주거단지 그리고 영국의 유기농산물 생산공동체 어스 밸런스(Earth Balance) 등 생태마을과 유사한 개념의 다양한 사례가 있다.(자료 : 제주발전연구원, 2007, “제주형 친환경 생태마을 조성에 관한 기초연구”)

GIS 및 원격탐사 자료를 이용한 공간설계 기술은 미국의 ESRI를 이용하여 연구되고 있으며, 3D 공기흐름 수치모델을 이용한 공간설계 기술은 미국의 3D FLOW를 이용하여 연구 활동이 수행중이다.

GIS 및 원격탐사 자료를 이용한 공간설계 기술은 컴퓨터를 사용하여 지리정보를 효율적으로 생성, 저장, 분석하는 시스템을 말한다. 최근 GIS의 발달로 인해 GIS가 다양한 분야에 적용되고 있으며, 그 규모 역시 확대되고 있다. 최근 GIS시장의 흐름을 보면 클라이언트와 서버(C/S)방식에서 웹(Web) GIS로, 2차원에서 3차원 방식으로 변화해 가고 있다. 또한 Desktop GIS방식에서 Mobile GIS방식으로 변화하고 있다. 뿐만 아니라 공간 정보 획득 및 분석방법에 있어서 다양한 자료에 대한 취득 및 분석이 이루어지고 있다.

현재 GIS시장은 과거 GIS분석을 위한 C/S개발 위주의 GIS에서 인터넷 기술의 발달로 인터넷 기술과 GIS가 접목된 Web GIS형태로 발전되고 있다. 이를 통해 인터넷으로 연결된 수많은 서버에 분산되어 있는 데이터와 기능의 객체들이 사용자의 요구에 따라 결합, 통합되어 사용자가 GIS 프로그램을 소유하지 않아도 웹을 통하여 보다 손쉽게 GIS를 활용할 수 있게 되었다. 현재의 Web GIS는 처리방식에 있어서 전송부하를 최소화하는 동시에 클라이언트와 서버의 컴퓨팅 자원을 최대한 활용할 수 있는 혼합방식이 주류

를 이루며, 데이터 포맷에 있어서는 전송속도에서 유리하고 객체선택이 가능한 벡터방식이 주를 이루고 있다. 또한 plug-in, Active X, Java 등 인터넷 GIS의 구현방식에 있어 각각의 장단점을 결합한 방식을 채택하는 경우가 많아지고 있다.

기존의 2차원 GIS는 실세계의 지리요소를 점, 선, 면의 2차원 객체로 일반화함으로써 정보의 손실을 가져온다는 한계점이 있다. 이와 같이 현실세계 반영의 측면에서 2차원 GIS가 가지고 있는 한계점을 극복하고 실제 현실세계보다 유사하게 반영하고 다양한 분석을 수행할 수 있는 3차원 GIS로 발전되고 있다. 3차원 GIS는 현실세계와 유사한 입체 공간 정보를 제공함으로써 사용자로 하여금 현실세계의 공간현상에 대한 이해를 돕고, 보다 정확하고 다양한 분석을 수행 할 수 있도록 도와준다. Mobile GIS는 기존의 PC 환경이 아닌 Mobile Computing 환경에서 운영되는 GIS 솔루션으로, Mobile Computer, 개인휴대전화, PDA 등을 사용하여 사용자가 원하는 장소에서 지리정보를 검색하고, 추가 또는 갱신을 수행할 수 있는 GIS의 한 분야다. 최근 거대시장으로 떠오르고 있는 위치기반서비스(Location Based Service: LBS) 및 지능형 차량정보시스템(Telematics) 등이 이에 포함되며, 이외에도 지리정보기반 고객관계시스템(g-CRM) 및 무선 판매관리시점(Point ofSales: POS)을 이용한 유통관리시스템 등의 현장지원시스템까지 다양한 분야에서 활용되고 있다.(자료 : 김인현“우리나라 GIS사업의 현황과 발전과제”)

FLUENT는 유체 및 열전달, 물질 전달 그리고 화학 반응 문제를 해석하기 위해 사용되는 CFD 툴이며, 유한체적법을 사용해서 운동량, 에너지 그리고 화학종의 보존 방식을 푸는 CFD 코드로서 층류 및 난류, 비압축성 혹은 압축성, 열전달 그리고 화학 반응이 있는 유동을 포함하여 다양한 범위의 유체 유동을 모델링하는 범용소프트웨어로 주요특징은 정렬, 비정렬 격자를 이용해 복잡한 형상을 모델링, 최신 난류모델링 기법, 수렴속도를 증가시키기 위한 Multi grid 기법, 수치해에 따른 적응격자 기법, 다른 CAD/CAE Package와 완벽한 호환이며, 점차 FLUENT의 다양한 기능을 추가 예정이다.

3D flow 모델은 허트(C. W. Hirt)박사가 Flow Science사를 설립하고, 1985년 FLOW-3D로 명명한 전산 유체역학 프로그램을 출시하여 일반 사용자가 VOF 방법을 사용, 이상유동을 빠르고 정확하게 해석하는 CFD 프로그램을 개발한데서 시작되었다. 최근 개발된 FLOW-3D는 9.2 버전으로 다양한 사용자의 요구에 응답하여 사용하기 쉽고, 더욱 빠르고 정확하게, 더 다양한 유동현상을 시뮬레이션 할 수 있게 발전되었으며, 특징은 정확한 자유표면 추적, 압축성/비압축성 유동, 층류/난류, 열전달(전도, 대류, 복사), 점성발열, 상변화(응고, 증발)/공동현상, 표면장력, 다상유동, 물질확산, 자연대류/밀도류, 뉴턴/비뉴턴 유체, 텍소트로피, 다공성매질, 가속도계/관성계, 입자추적, 전기영동/전기삼투압/주울 발열, 열모세관 현상 등을 해석할 수 있는 기능들을 가지고 있다는 것이다.

제 4절 해안 유지 및 확보기술

해안을 보전하거나 복구하는 기술로는 강성 및 연성 기술이 있으며, 강성 기술은 기존의 항만 기술에 근간을 둔 것으로 손쉽게 해안 보전 및 침식 해안의 복구 목적의 해안 구조물로 적용되었다. 그러나 해안의 도시화, 항만의 대형화로 연안 토사 유입량이 줄거나 차단되면서 절대적인 모래 budget의 불균형이 초래되어 강성 구조물에 의한 처방 효과가 한계에 도달하였다. 따라서 미국은 1970년대부터 일본은 최근 양빈이나 바이패싱과 같은 연성기술에 의하여 모래 부족 현상으로부터 생긴 현상을 근본적으로 해결해 나가고 있다. 최근 관광 산업의 발달로 해안 공간의 활용도가 증대되고 있어 대규모 양빈으로 1불을 투자하면 8불 또는 20불까지 이익이 창출된다는 보고가 있을 정도다.

연성이든 강성이든 기술이 적용되기 전에 그 지역의 해양 및 지질 환경에 대한 진단 및 분석을 수행할 모니터링 자료가 필요하지만 국내는 해안 관측용 기준점조차도 마련되지 않은 실정이다. 반면에 선진국에서는 다양한 모니터링 시스템을 갖추고 있으므로 본 연구에서는 선진국에 수립된 해안 모니터링 시스템을 연구하여 국내 환경에 맞는 모니터링 시스템을 수립하고 더 발전시켜 자료의 활용도 및 분석력을 향상시켜 사용자가 사용하기 편하며 체계적으로 해안선 변화 및 해저지형 변화 가능성을 진단하고 경제, 사회적으로 평가하는 시스템을 수립한다.

다음으로 지반조사는 지반공학과 관련된 설계 및 시공을 위한 자료의 취득에 그 의미를 가지며 실내시험과 현장조사로 구분되어지고, 대표적인 현장조사는 시추조사(Boring)이다. 해상시추 조사에는 케이싱을 설치한 시추공, 와이어라인을 이용한 시추공, 해저 앞은 곳에서 시추기나 케이싱을 사용하지 않고 직접시추 등 다양한 방법이 사용된다.

최근에는 시추조사의 단점인 지협성(地峽性)을 극복하기 위한 방안으로 물리탐사를 병행하여 조사의 신뢰성에 보다 많은 기여를 하고 있다. 일본에서는 오래전부터 물리탐사 기술을 토목·건설분야에 널리 활용해왔다. 특히 굴절법 탄성과 탐사는 지반조사법으로 많이 사용되고 있다.

또한, 지반개량 효과의 판정, 터널 막장의 전방탐사, 지하수의 거동, 오염 및 정화과정의 모니터링 등에 관한 물리탐사기술이 눈부시게 발전하고 있으며, 자연재해 방지를 위한 지반조사에도 널리 사용되고 있다. 현재는 3차원의 물리탐사 기술이 완성단계에 이르러 이의 토목·건설분야에 대한 활용이 눈앞에 와 있다.

구조분야로서 해빈을 포함하는 연안역은 수리환경특성이 시간과 공간에 따라 급격히 변화하는 곳이다. 연안구조물의 건설로 기존 해안지형의 평형에 혼란이 생길 경우, 여러 가지 해양특성이 복잡한 양상으로 변화되지만 이에 반응하여 스스로 새로운 평형상태로 접근해간다. 또한 해안에서는 에너지의 소멸, 흡수현상이 심하게 일어나므로 미세한 지형변화에도 매우 민감하게 반응하여 예기치 못한 침식 또는 매몰현상이 초래된다. 이와 같은 예는 연안역의 이용도가 점차 증가함에 따라 도처에서 빈번히 발생하고 있다. 이러한 연안지형의 부정적 변화에 대해 그 원인을 분석하고, 보호 대책을 마련하기 위해서는

우선 장기간에 걸친 변화과정의 추적과 이를 근거로 앞으로의 변화에 대한 정확한 예측이 필요하다.

연안구조물 건설에 따르는 해안지형의 변화를 예측하는 방법으로는 경험적 방법, 수리모형실험을 이용하는 방법, 그리고 컴퓨터를 이용하는 수치모형실험 등의 세 가지를 들 수 있다. 해안지형 변화는 그 지역의 지형적 및 수리환경 특성에 크게 지배되므로 한 가지의 예측방법에만 의존하는 것은 적절치 못하며, 두 가지 이상의 방법을 서로 상호 보완적으로 사용하는 것이 일반적이다. 해안선과 해저지형의 변화를 제어하기 위한 방법은 다양한 형태의 반영구적 구조물을 적절히 배치하여 설치하거나, 다른 지역의 모래를 인공적으로 공급함으로써 자연상태와 유사한 해안을 만드는 양빈공법이 대표적이다. 또한 플라스틱 재료로 만든 인공해조를 이용하여 표사이동 조건에 변화를 주거나, Air-Jet 또는 Water-Jet-Curtain 등의 제어장치를 이용하는 방법, 해빈의 지하수위를 저하시키는 방법, 그리고 해빈에 지하 매설물을 설치하여 해빈경사를 조절하는 방법 등이 있다. 표사이동 제어를 위한 반영구적인 구조물은 방사제, 도류제, 돌제, 이안제, 및 호안 등이 있다.

본 과제에서는 철재형 이안제를 제안함으로서 환경을 최대한 보호하고 배타적 구조물이 아닌 친화적 구조물을 지향하는 친환경기술의 개발을 통해 국내 철강산업의 부흥 및 경제성과 시공성에 있어 유사 공법에 비해 우수한 기술을 확보하고자 한다.

경관 해빈 조성기술로서 국내동향으로서 우리나라 해안/해빈 경관과 관련한 연구사례 중 본 과제의 연구내용과 일치되는 것은 없었으나 몇 가지의 다른 접근방법을 통하여 그 실정을 조사할 수 있었다. 첫 번째 접근법은 각 지방자치단체를 중심으로 이루지는 해안경관관리 사례를 조사함으로써 해안경관의 주요 관리목적 및 실행방안을 조사하였으며, 두 번째 접근법은 어촌마을을 대상으로 실시되는 생태마을 조성 실태와 이와 관련된 학계의 연구사례를 통하여 경관해빈과 관련된 식생조성기술의 사례를 찾아보고자 하였다.

먼저 각 지방자치단체별로 시행되고 있는 해안경관 관리방안 및 그 사례지를 조사한 결과, 통영시의 경우는 ‘건물색채 디자인사업’을 통하여 건물색채의 통일 및 건물 형태에 대한 가이드 라인 제시 등을 통하여 해안경관을 관리하고 있었으며, 강원도의 경우는 ‘아름다운 동해안 만들기 사업’을 통하여 강원도 6개 연안지역별 연안경관의 보존과 연안공간 정비 및 관리방안을 마련 시행 중에 있었다. 그리고 경상남도는 ‘아름다운 건축물 가꾸기 사업’으로 경상남도 내 연안도시 및 건축물의 색채와 외부환경의 조화를 통한 지역의 통일성과 차별성을 유지하려 하고 있었다.(윤상호 외, 해안지역의 경관관리방안 연구, 2003)

생태마을의 구성에 있어 구상되어야 할 내용 중 양병이(2000)는 생태계획에 대한 목표 설정과 고려되어야 할 사항에 대하여 제시하였고, 유정규(2000)는 생태마을에서의 환경농업의 중요성에 대하여 언급하였다. 김현수(2000)는 생태마을에서 생태계의 법칙인 에너지와 물질 순환을 건축물 자체에 실현시키기 위한 생태건축의 필요성을 논하고 있다. 그리고 전국귀농운동본부(1997), 녹색연합(1998, 2000), 서울대학교(1997) 등에서 생태마을의 정의 및 개념, 외국사례, 조성방법, 계획/설계과정을 통한 국내 생태마을 모델을 제시하고 있으나 경관해빈조성에 대한 구체적인 결과가 없으며, 특히 경관해빈조성을 위한 식생연구 부분은 전무한 실정이다. 단, 많은 연구결과에서 제시하는 생태마을

조성 접근방향에서 일부 식생과 관련사항을 발견할 수 있었으나 이 또한 ‘생물서식공간, 생태통로 조성’, ‘녹지/환경 네트워크 구축’이라는 표현으로 이루어져 있으며, 그나마 구체적인 연구결과나 조사결과를 제시하고 있지는 않았다.

국외기술동향으로서 일본 도야마현 사례를 볼 때 2002년 도야마현 히미시에서 시작된 ‘전원어촌공간정비사업’의 주요 내용은 어촌 취락지 정비, 어촌 공원이나 녹지 정비, 취락지 주변 수변공간 환경정비, 문화적/역사적 경관의 보전을 포함한 경관보전 정비 등이 있다. 이러한 사업을 통하여 어업생산기반시설의 정비와 어촌생활환경의 정비로 생산활동을 활성화시키고, 양호한 경관의 보전이나 문화를 가꾸어 나가며 도시민에게 편안한 휴식공간을 제공하게 된다.(윤상호 외, 해안지역의 경관관리방안 연구, 2003)



그림 2.4.1 일본 도야마현의 전원어촌공간정비사업

도야마현의 경우에는 새로운 경관조성보다는 문화적/역사적 경관을 보전한다는 경관 보전에 보다 더 목적을 두고 있음을 알 수 있다. 이렇듯 훼손된 해안경관이 아닌 경우 기존의 해안경관이나 해빈경관을 어떻게 잘 보전할 수 있느냐 하는 부분도 본 과제를 수행함에 있어 고려하여야할 부분으로 판단된다.

미국의 샌디에고 사례를 볼 때 Clearwater 해안은 Tampa시 서쪽에 위치한 플로리다주 서부해안으로 아래 그림에서 보는 바와 같이 대규모로 조성된 양빈 해변과 양빈된 해변 후측에 잘 관리된 식생대를 볼 수 있다. 사구에 잘 식생된 식물군은 비사를 억제시킨다는 점에서 해빈조성의 중요한 방재 수단이 됨을 알 수 있다. 또한 후면의 주거지 등에 모래유입을 차단시킬 수 있어 쾌적한 환경조성에도 도움이 된다.



대규모로 조성된 양빈 해변



양빈된 해변 후측에 잘 관리된 식생대

그림 2.4.2 식생대를 잘 갖춘 Clearwater 해변

Destin 해변은 플로리다의 북서부에 위치한 Panhandle지역에 위치하며 Okaloosa county에 속한다. 본 해변은 투명한 물과 백설탕의 모래로 유명하며 쪽빛해안가로 통한다. Destin 해변 일대는 Henderson 주립공원으로 지정되어 있다.

Destin 해변의 식생대는 Sea oat를 주종으로 주성하였으며 본 식생대는 현지의 비사방지과 경관증진에 도움이 되고 있다. 또한 특이한 사항은 Hurricane 58(1998년 10월 발생)에 의한 폭풍해일 발생시 사구가 침식되었을 때 Sea oat가 수직적으로 3~5m정도 뿌리를 내리고 있음을 노출, 확인되어 모래를 잡아주는 중요한 역할을 하고 있음이 입증되었다. 본 식물은 모래가 쌓이면 최종높이는 계속적으로 성장하게 되어 사구의 발달과 안정을 도울 수 있다.

아래 그림의 왼쪽은 Destin 해변의 아름다운 모래사장과 식생대를 보여주고 있으며, 오른쪽 그림은 사구형성에 도움이 되는 Sea oat로 조성된 식생대를 보여주고 있다.(권혁민 외, 미국 플로리다주 연안역 방재에 관한 조사보고서, 2004)



백설탕 모래장과 식생대



Sea Oat로 조성된 식생대와 인식말뚝

그림 2.4.3 식생대를 잘 갖춘 Destin 해변

결국, 이러한 연구동향을 살펴 볼 때 해안녹화기술의 경우 사방기술의 한 분야로 인식되고 있으며, 대부분 구조물을 이용하여 사구이동억제, 비사방지등을 추구하나 영속적이지 못하며, 또한, 국내 식생도입의 경우 해송 등을 이용한 사방림조성위주로 생태적으로

안정적이지 못하다.

따라서 본 연구에서 제안하고자 하는 다양한 식생을 이용한 종합적이고 생태적인 경관 해안녹화기술 개발이 요구된다.

제 3장 연구개발수행 내용 및 결과

본 연구는 차세대 해안공간 확보기술개발을 목표로 방(方)·용(用)·보(保)의 개념을 도입하여 4개의 세부과제를 통해 연구를 수행하였다.

방(方)은 해안저지대 방호기술 연구로서 해안재해의 주요인이 되는 해일피해를 저감하기 위한 연구이다.

용(用)은 해안 매립공간 확보기술 연구와 해안레저공간확보기술의 2개세부로 나누어 연구를 수행하였다. 해안 매립공간 확보기술 연구는 해안 공간의 효율적인 확보를 위해 연약지반 분석기술을 개발하고 매립시 도시형폐기물의 활용에 대한 연구를 수행하였으며, 해안 레저공간 확보기술 연구는 해안생태마을 조성의 요소기술을 개발하고 수려한 해안경관을 확보하기 위한 연구를 수행하였다.

보(保)는 해안유지 및 확보기술 연구로서 해안침식 및 퇴적의 문제를 해결하기 위한 연구를 수행하였다.

본 장에서는 각 세부연구결과에 대한 핵심내용만을 정리하여 기술하고, 더 상세한 내용은 각 세부별 별쇄본에 수록하도록 하겠다.

제 1절 해안저지대 방호기술 개발

1. 해안범람모의 및 고극조위 산정

가. 총론

본 연구는 해안재해의 주요인이 되는 해일피해를 저감하기 위한 연구과제인 해안 저지대 방호기술 연구의 일부로서, 재해 발생요인이 되는 해일 자체의 특성과 거동을 규명하고 이를 보다 정밀하게 모의, 해석할 수 있는 수치모형을 개발하기 위한 것이다. 해일의 발생 현황 및 피해현황, 우리나라와 외국의 해일 방재계획 및 지침 등을 조사하여 그 문제점 및 개선방향을 검토하였고, 파랑-조석-해일의 상호작용이 고려된 해일의 동적모의가 가능한 수치모형 개발, 해안침수 모의를 위한 모형의 개발 및 검증 등을 수행하였다. 이러한 연구결과를 활용하여 250 여개의 시나리오 태풍에 대한 남해안 해역의 해일 응답 특성을 분석하였다. 또한 해안재해지도(CHM ; Coastal Hazard Map) 작성 매뉴얼과 새롭게 개발된 파랑 모형, 해수유동 모형, 동적결합 해일모의 기법의 운용매뉴얼을 작성하였다.

나. 해안재해

(1) 해안재해와 원인

해안재해는 해안지역에서 일어나는 자연재해를 총칭하는 것으로 발생요인, 발생기구 및 형태가 각기 다르며 그에 따라 생기는 재해의 실태나 규모도 다르다. 삼면이 바다에 접한 우리나라의 해안재해는 주로 태풍, 온대성 저기압 그리고 동계의 강한 계절풍 등의 악 기상으로 발생한다. 해상의 고파 및 이에 수반되는 해일과 이상 해면상승에 따른 범람현상은 농경지와 주거지의 침수, 제반 시설물의 붕괴, 유실 그리고 해안 침식을 일으킨다. 그리고 이상해면(異狀海面) 상승으로 생긴 해수 범람은 주로 조석과 폭풍 또는 태풍으로 생긴 해일이 대조기(大潮期)와 중첩될 때 복합작용으로 나타난다. 일반적으로 해안재해의 종류를 그 원인이 되는 현상의 발생기구와 함께 정리, 기술하였다.

(2) 해일

해일은 이상조석현상, 태풍, 지진 등으로 인해 해수위가 비정상적으로 높아져 육지로 넘쳐 오르는 현상으로 정의된다. 해일현상은 그 원인에 따라 폭풍해일, 지진해일, 고파(高波), 고극조위 등으로 구분할 수 있으며, 일반적으로는 태풍 및 발달한 온대성 저기압에 의해서 일어나는 수위의 상승을 말한다. 즉 태풍이나 발달한 저기압이 통과함에 따라 폭풍과 현저한 기압강하로 인하여 해안에서 예보조위보다 수위가 현저히 상승하는 일이 있는데 이것을 폭풍해일이라 하며, 주요 원인은 강풍에 의해 발생하는 기압강하라고 할 수 있다. 이러한 폭풍해일의 이론적 발생기구와 물리적 특성을 조사, 기술하였다.

(3) 해안재해 실태

태풍재해 현황과 해일피해 현황을 조사, 분석하고 최근의 대형태풍 발생과 연관한 기후변화의 연관 가능성을 검토하였다.

(4) 태풍자료 추출 프로그램 개발

태풍자료는 일반적으로 해안구조물의 위치가 주어지면 전체 태풍자료 중에서 사업 지역에 영향을 미친 일부 태풍만이 설계 검토 대상이 된다. 이러한 영향태풍의 선정을 위해 사용자가 사업 지역을 기준으로 적절한 영역을 지정하면 해당 영역을 통한 모든 태풍의 목록과 태풍제원을 제공하는 프로그램을 개발하여 업무시간의 비경제적 손실을 줄이고 업무효율을 제고할 수 있도록 하였다.

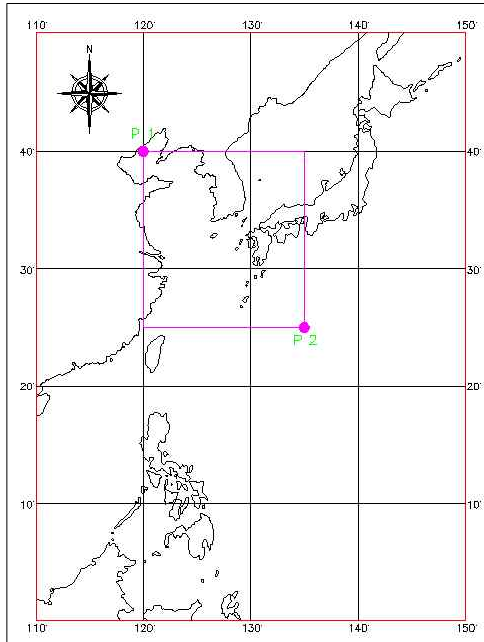


그림 3.1.8 구역 설정 예

위치	N	E
P1	40°	120°
P2	25°	135°

다. 해일 방재대책

(1) 국내 해일 방재대책

정부의 방재 기본계획의 흐름과 현황, 해일을 비롯한 해안재해 방재대책의 체제와 내용 등을 조사하고, 재난대비 30분 대피계획 등을 조사하였다.

(2) 일본의 해일 방재대책

일본의 연안재해 대책 현황을 조사, 분석하였고, 해일 방지를 위한 대책 중 구조적 대책과 비구조적 대책의 특성 및 종류를 조사, 분석하였다.

라. 복합 해일모형

(1) 모형의 구성

복합 해일모형은 파랑모형과 해수유동모형을 동적으로 결합하여 운용하는 모의체계이다. 심해 파랑모형으로는 WAM Cycle4와 WAVEWATCH II를 검토대상으로 선정하였고 이 중에서 WAM Cycle4를 심해 파랑모형으로 선정하였다. 그 이유는 최초의 3세대모형 WAM의 개량형 모형으로서, 유럽 대부분의 국가에서 예보 및 연구 목적으로 활발히 활용되고 있는 모형이라는 점, 기상청을 비롯 국내 연구기관의 활용실적도 높아 연구결과의 신뢰성 확보 및 활용에 유리하다는 점, 그리고 범용성이 높다는 점이 고려되었다. 천해 파랑모형으로는 SWAN을 선정하였는데, 3세대 천해 파랑모형으로서 공개 CODE인

점, 가장 활용도와 범용성이 높다는 점, 그리고 국내에서도 활용 사례가 크게 증가하고 있는 추세임을 고려하였다.

해수 유동모형으로는 POM, ADCIRC를 대상으로 검토하였고, 3차원 유동 모형으로서 공개 CODE라는 점, 압도적 활용실적과 높은 신뢰성 그리고 유한차분법을 사용하여 복합 모의에 적합하다는 점을 고려하여 POM을 선정하였다.

하지만 연구 수행 결과, WAM과 SWAN 두 모형 간 코드 구조의 차이가 심해 두 모형을 각각 사용하는 것 보다는 단일 모형을 확장하여 사용하는 것이 효율적인 것으로 판명되어 파랑모형을 WAM Cycle4로 단일화하였다. 대신 심해 파랑모형 WAM을 수정하여 그 적용 영역을 천해로 확장하였으며, 이러한 확장형 WAM 모형을 Janssen의 파랑응력을 사용하여 POM모형과 결합하였다.

(2) WAM 모형의 수정

(가) 전파기법의 수정 : 기존의 풍상차분 양해법 대신 FSM(Fractional Step Method)을 이용한 음해법을 적용하여 연산효율을 제고하였다.

(나) 천해로의 확장 : 실 수심에 의한 굴절, 쇄파, 삼파 상호작용을 도입

(다) 모형 검증 수행 : 전파기법 검증은 태풍 매미에 의한 이어도의 태풍파랑 모의 실험에서 수행하였고, 확장된 천해효과의 검증은 Chawla et al.(1998)의 수리실험, Ris(1997)의 해석해, Beji and Battjes(1993)의 수리실험을 통해 수행하였다. 이후 영일 만에서의 파랑변형 모의를 통해 실 지형에서의 적용가능성을 검토하고 확인하였다.

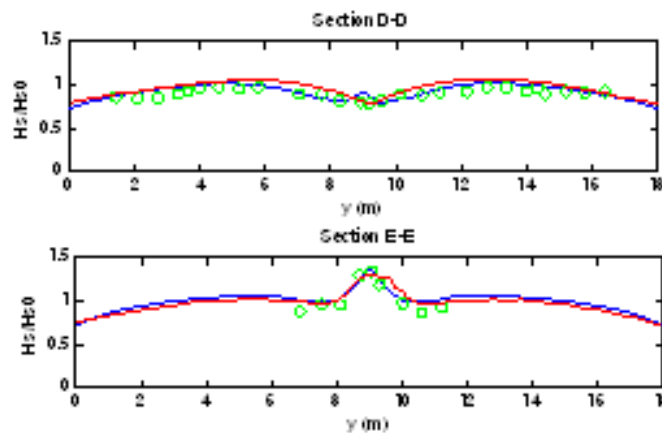


그림 3.1.9 Chawla et al.(1998)의 수리실험 결과

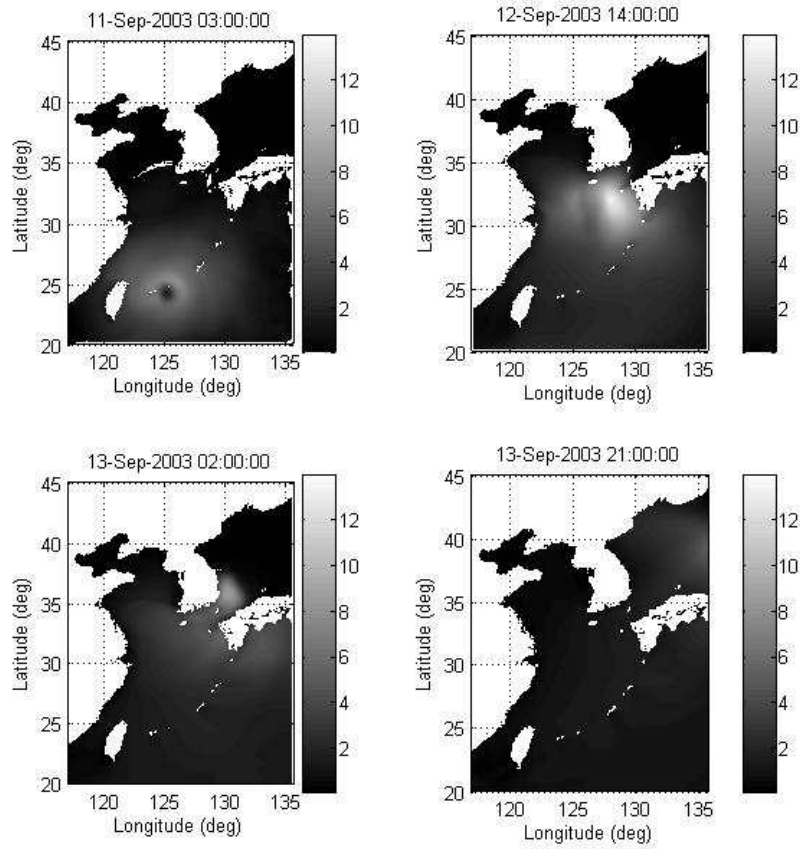


그림 3.1.3 Distribution of significant wave height(leodo)

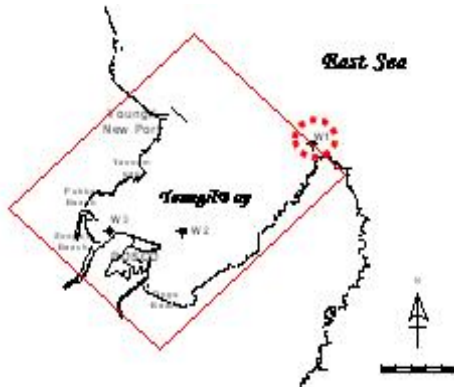


그림 3.1.11 영일만 모형검증 영역설정

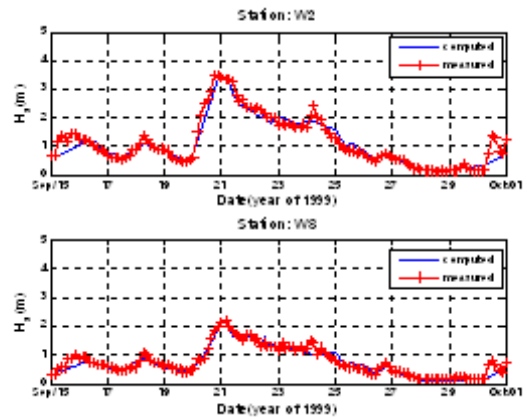


그림 3.1.12 모형 계산결과와 측정치 비교

(3) 해수 유동모형의 수정

(가) 해수 유동모형의 이론적 구조

(나) 난류모형의 수정 및 검증

해양분야에 적합한 $k-k_l$ 모형 대신 해안분야에 보다 적합한 $k-\epsilon$ 모형으로 난류모형을 수정하고 저면마찰 모형을 Madsen 모형으로 대체하여 파랑, 흐름 공존장에서의 모의 정밀도를 제고하였다.

(다) 바람응력의 영향 검증

(라) 수정 POM 모형을 이용한 한반도 남동해역의 조석모의

본 연구의 수치모의 계산 영역은 다음의 그림 3.1.6에 나타내었다. 계산 결과 얻은 수면 변위에 대해서 조화분석을 실시한 후, ATT의 조화상수자료들과 비교하여 정확성을 검증하였고 결과는 양호하게 일치하였다.

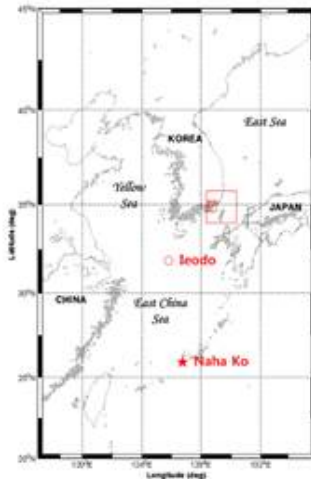


그림 3.1.13 해수유동모형 영역

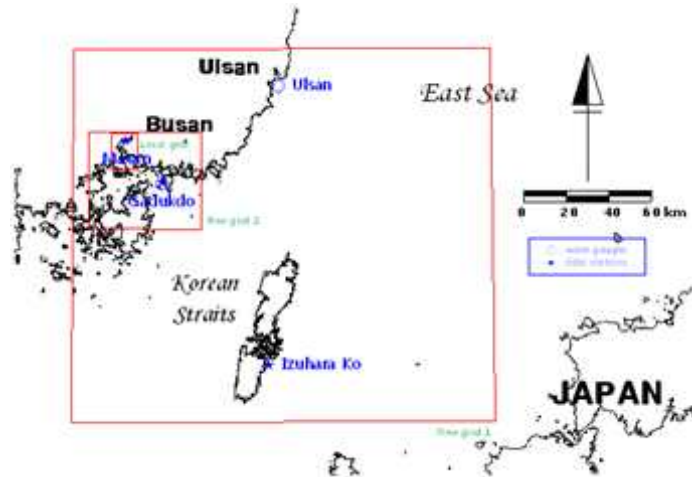


그림 3.1.14 세부역 계산영역 설정

(4) 복합 해일모의

(가) 동적 결합 해일-조석-파랑 모형

동적으로 태풍 해일-조석 수치모의의 진행방식은 다음의 그림 3.1.8과 같다.

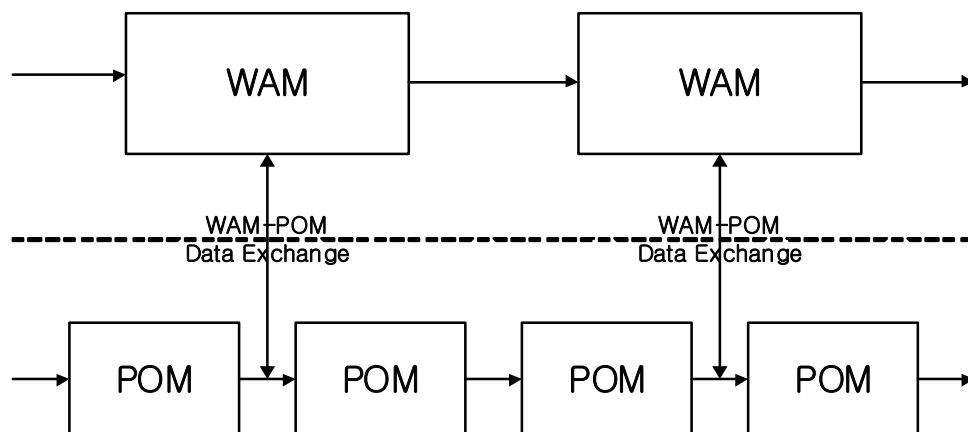


그림 3.1.8 Schmatics of computational procedures between WAM and POM

(나) 수치모의 실험 및 검증

본 과업에서는 4단계의 등지형 격자체계를 이용하여 태풍 매미로 인한 태풍 해일-조석 및 태풍 파랑에 대한 수치모델링을 실시하였고 전 격자 단계에서 관측치와 계산치는

양호하게 일치하였다.

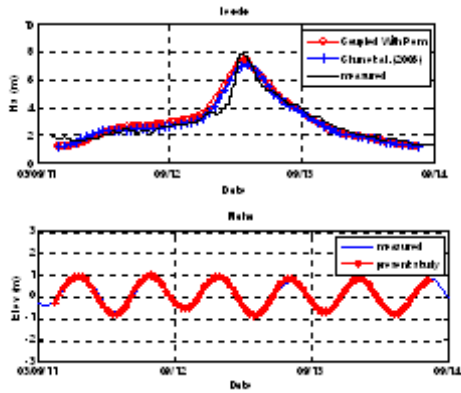


그림 3.1.16 태풍매미 적용 검증 결과

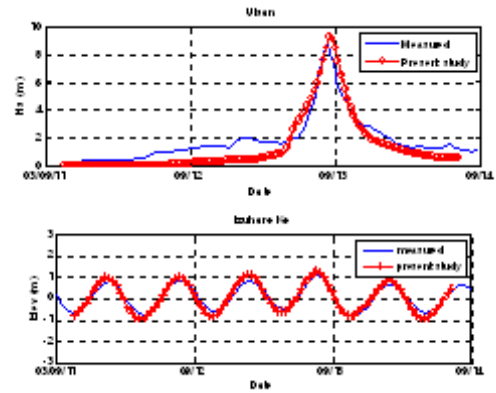


그림 3.1.17 태풍매미 적용 검증 결과

마. 가상태풍에 의한 해일양상 검토

(1) 가상태풍 검증

실제태풍과 경로를 단순화한 가상태풍간의 오차분석을 실시하였고 실제태풍이 단순화된 가상태풍으로도 충분히 재현될 수 있음을 확인하였다.

(2) 가상 시나리오 구축

남해안 전역의 해일 응답 특성을 규명하기위해 태풍강도, 태풍경로, 이동속도에 따른 총 250개의 가상태풍 매트릭스를 구축하였다.

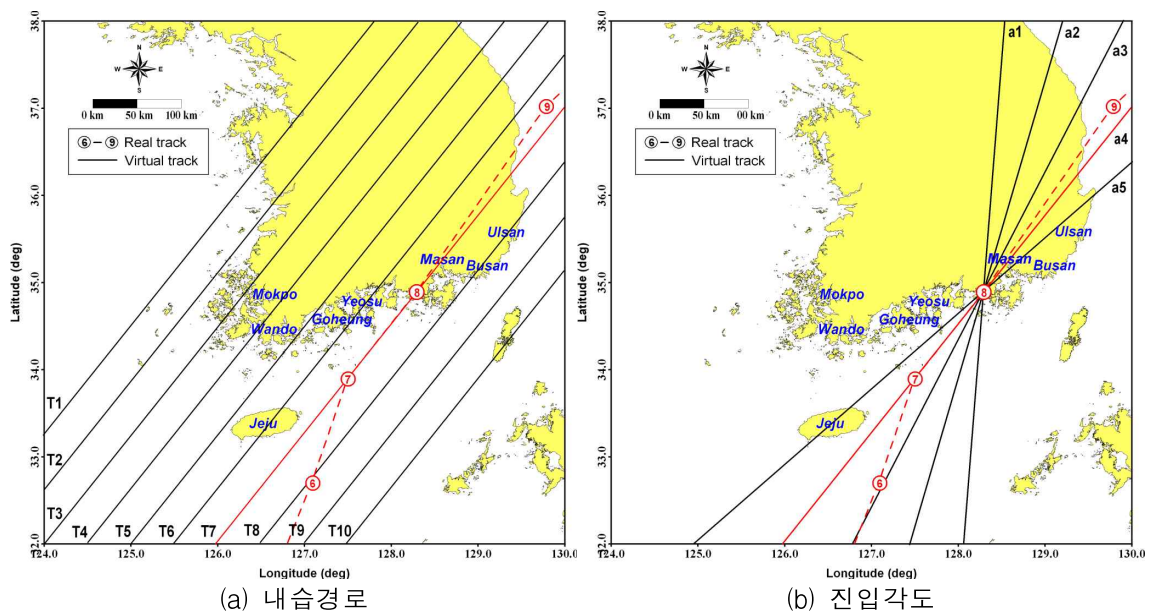


그림 3.1.11 가상태풍의 내습경로 및 진입각도 그림 3.1.12 가상태풍의 내습경로 및 진입각도(계속)

(3) 시나리오별 해일양상

250개의 가상태풍에 따른 해역 및 주요항 별 해일 응답 특성을 규명, 분석하였다.

바. 해일범람 모의

(1) 해일범람 모형 : 3차원 가변격자체계 수치모형, 이류항에 TVD기법 적용

(2) 조건대 모의능력 검토 : 곰소만에서의 젖음/마름 기능 모의

(3) 범람모형의 적용 : 태풍 매미로 인한 마산만에서의 해안범람 모의

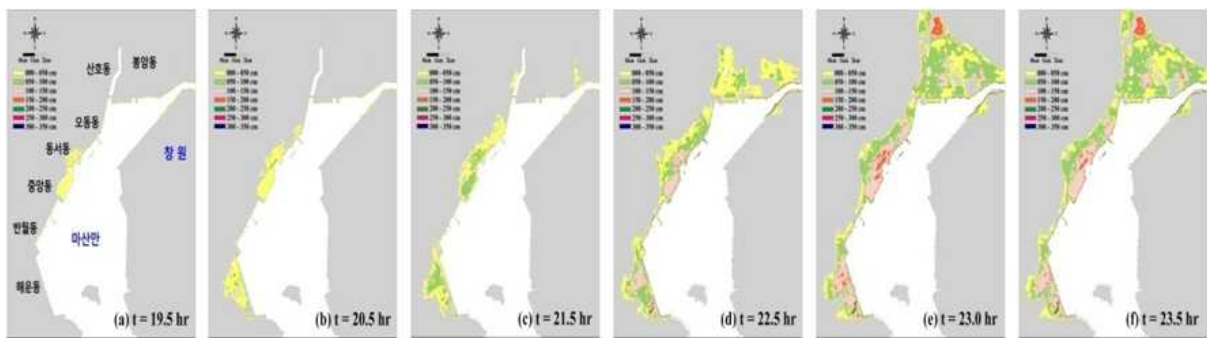


그림 3.1.13 마산해역의 시간대별 범람 현황

사. 해일 재해지도 매뉴얼

(1) 해일 재해지도 작성의 필요성

(2) 해일 재해지도 작성방법 및 사례검토

(3) 해일 재해지도 매뉴얼 작성

아. 개발 S/W 매뉴얼

(1) 수정 WAM모형 매뉴얼 작성

(2) 수정 POM모형 매뉴얼 작성

(3) 복합 해일모형 매뉴얼 작성

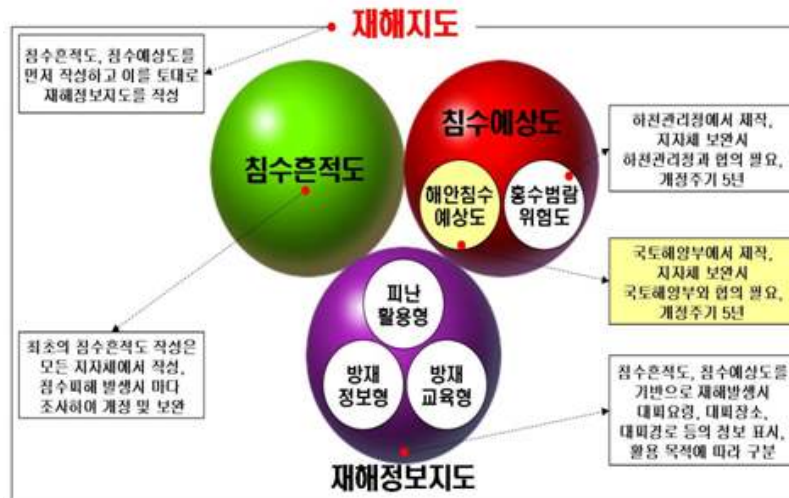


그림 3.1.14 재해지도 종류 및 특성

2. 고조방파제 설계 연구

가. 총론

고조방재계획은 연안지역에서 발생하는 다양한 연안재해 중에서 폭풍해일 및 고조해일을 대상으로 한다. 즉, 평상시 또는 고조 발생 시에 실시할 고조방재대책을 수립하고 이를 추진하여 연안지역 거주민의 생명, 신체 및 재산을 고조로 인한 재해로부터 지키는 것을 목적으로 한다. 본 연구는 고조방재계획을 수립하고 기초조사를 실시하고 고조에 의한 재해를 방지하기 위한 파랑 및 고조 대책시설의 설계 매뉴얼을 작성하였다.

(1) 고조방재계획

고조방재계획은, 연안지역에서 발생하는 다양한 연안재해중에서 고조를 대상으로 한다. 즉, 평상시 또는 고조발생시에 실시할 고조방재대책을 수립하고 이를 추진하여 연안지역 거주민의 생명, 신체 및 재산을 고조로 인한 재해로부터 지키는 것을 목적으로 한다.

연안지역에서 발생하는 재해는 태풍이나 온대성 저기압으로 생긴 폭풍해일(storm surge)과 해저지진이나 해저화산, 해저사면 붕괴나 해안의 붕괴로 생긴 쓰나미(tsunami)가 있으며, 태풍이나 온대성 저기압 통과시 강풍으로 생긴 큰 파랑, 바람, 해류의 변동 등으로 생긴 이상조위상승과 해수의 진동이나 기상요란으로 생긴 부진동 등이 있다. 이외에 우리나라에서는 아직 큰 피해가 발생한 적은 없지만 이웃 일본에서 자주 발생하는 지진에 의한 재해를 들 수 있다.

(2) 고조방재계획의 기본목표

고조방재계획에서는, 해안 및 배후지의 지형이나 해안보전시설 등의 정비상황, 지역의 자연특성, 사회경제성 등에 기초하여 대상으로 하는 고조에 대하여 高潮防護效果 및 피해경감효과가 최대한 발휘되도록 고조방재시설의 정비, 지역 특성에 의거한 방재대책의 추진, 경계·피난을 중심으로 하는 방재체제 강화 3가지 관점에서 방재대책을 강구한다.

나. 고조방재계획의 수립

(1) 계획수립 순서

대상 연안지역의 고조방재계획 수립은, 계획수립을 위한 기초조사 → 대상이 되는 고조(高潮)의 선정 → 침수 피해의 산정 → 고조 방재상 과제의 명확화 → 고조방재계획의 수립의 순서로 행한다.

(2) 계획수립을 위한 기초조사

과거 고조의 특성 및 피해실태를 파악하는 한편, 각 연안지역의 기상, 해상, 지형 등의 자연특성, 토지이용특성, 인구, 산업 등의 현상, 고령자의 비율, 방재의식의 고저(高低)와 같은 주민특성 등에 관한 사회경제 특성, 고조방재대책의 현상에 관한 대책 진척도 등에 대해 기초조사를 한다.

(3) 대상 고조의 선정과 침수피해의 추정

고조방재계획 결정의 전제조건이 되는 외력으로서 대상 고조를 선정한다. 대상 고조의 선정에서는 신뢰할 수 있는 자료에서 얻은 과거 최대의 조위편차와, 현재의 견지에 기초해서 추정되는 최대 규모의 태풍으로 인해 일어나는 조위편차를 비교하여 보다 큰 쪽을 대상 고조의 조위편차로 이용하는 것으로 한다.

(4) 고조방재 과제의 명확화

기초조사나 침수피해의 산정 결과를 기초로 고조에 대한 대상 연안지역의 취약성, 방비성(防備性)을 검토하고, 고조 방재상의 과제에 대해 명확히 한다.

(5) 고조방재 계획의 결정

지역 방재계획에서는 고조대책의 기본적인 실시방침, 대책의 내용, 실시체제, 실시방법, 일정, 비용 등을 명확히 한다.

다. 고조대책의 강화

(1) 고조대책의 기본사항

고조에 의한 재해를 방지하기 위해서는 시설의 정비라는 하드웨어적인 면과 경계·피난 등의 소프트웨어적인 면을 아울러 실시하는 것이 필요하다. 또, 고조 발생 시에는 호우로 인한 내수범람이나 토사재해 등 동시에 발생할 가능성이 있는 재해에 대한 대처도 고려할 필요가 있다.

(2) 파랑 및 고조방재시설

파의 초오름 및 조위 상승에 의해 배후지가 침수·월파 재해를 입을 가능성이 있는 경우에 파랑·고조대책계획이 세워진다. 파랑·고조대책시에는 계획조위·계획파랑의 작용하에서의 초오름높이가 소파시설과 최종방어시설에 의해 계획 초오름높이 이하가 되는 시설을 계획할 필요가 있다. 최종방어시설에서의 월파는 재해갈 발생할 한계내의 조건에서 허용된다. 허용 월파량은 배후지의 중요도에 따라 달라지며 이미 여러 기준이 마련되어 있다.

최종방어시설로는 해안제방 및 호안 또는 방조수문 등이 있다. 소파시설로는 바다에 시공되는 호안제, 인공리프 등의 파랑제어시설, 최종방어시설전면의 양빈 등이 있다. 경우에 따라서는 고조재해를 입을 가능성이 높은 만의 만구부에 대규모 고조방파제를 건설하여 만내에 진입하는 고조의 에너지를 감소시키는 방법도 사용되고 있다.

고조에 의한 수위상승에 대한 각종 대책시설의 기능은 고조의 전파에 관한 수치계산을 이용하여 평가된다. 초오름높이, 월파량은 최종방어시설의 형식·제원, 설치위치, 전면파고에 크게 의존한다. 따라서 이러한 양을 허용치 이하로 억제하기 위해서는 최종방어시설의 마루높이를 높이던지 파랑제어(소파)시설에서의 전면 파고를 낮출 필요가 있다.

파랑제어시설로는 이안제, 인공리프, 소파제 등의 구조물이 있다. 그 설치위치, 평면배치, 단면의 제원은 대상으로 하는 영역의 최종방어시설로의 전달파고, 초오름높이가 기본 초오름높이 이하가 되도록 결정할 필요가 있다. 파랑제어시설의 기능평가는 파랑변형 예측계산 또는 평면적 모형실험에 의하여 이루어지며, 역류·월파랑제어효과의 평가는 기본식 또는 수리모형실험에 의해 이루어진다. 단, 최종방어시설 전면에 전빈이 존재하는 경우에는 그 효과를 충분히 고려한 소파시설을 채택할 필요가 있다. 어떤 방법을 선택할 것인지는 경제성, 주변해빈환경에 미치는 영향, 긴급성, 시공성 등을 고려하여 결정한다.

(3) 방재체제

방재체제는 일반적으로 자연재대책법 등에서 각각 정해져 있으며, 고조재해의 방지라는 면에서 방재체제 수립시 검토해야 하는 주요 항목은 1) 방재대책의 기본사항, 2) 고조에 관계되는 방재기상정보의 수집 및 주민 등에 대한 전달, 3) 방재기관의 체제정비, 4) 피해의 사전방지·확대방지를 위한 대책실시, 5) 피해가 발생한 경우의 대책실시(구조·구급·수색·의료구호 등), 6) 방재훈련 등, 7) 고조방재정보의 충실 등이다.

(4) 고조방재 스테이션

고조방재 스테이션은 쓰나미나 고조 발생시 고조방파제, 대형 수문 등을 효과적이고, 신속하게 관리 제어를 실시하는 일련의 시설이다. 고조방재 스테이션은 1) 고조방파제,

대형 수문 등의 원격조작 등을 종합적으로 관리·제어하는 것으로써, 지역 안전성의 향상을 도모하고, 2) 지진, 쓰나미, 고조 등에 관한 정보를 24시간 실시간으로 신속·정확하게 수집함과 동시에 이들 정보를 지역 주민에게 제공하는 2종류의 기본적인 역할을 수행한다.

라. 설계에 대한 고찰

(1) 개설

해안 시설의 설계시 고려할 사항은 1) 설계외력과 기초조건의 파악, 2) 규모와 내용연수의 확인, 3) 해안이용 및 개발계획과의 조화, 4) 주변 해안환경에 대한 영향, 5) 시공성 및 유지관리면의 배려 등이다.

(2) 설계 외력

해안시설 설계시에는 조위 및 파랑, 파력, 월파량과 처오름높이, 지진 및 지진력, 토질 및 토압, 수심, 수압 등의 외력을 고려한다.

마. 고조방파제의 설계

(1) 목적과 기능

고조방파제는 해당 고조방파제내의 인명, 자산을 고조로부터 방호할 목적으로 설치되는 해안보전시설이다. 고조방파제는 태풍이나, 저기압 등의 요인으로 발생하는 이상 고조에 의한 수위상승을 억제하는 기능을 갖도록 설계 및 시공한다.

(2) 설계 방침

고조방파제는 소정의 기능을 발휘할 수 있도록 방파제의 형식, 천단고, 천단폭, 법선 및 개구부의 수심 및 폭을 정한다.

(3) 구조형식의 결정

고조방파제의 구조 형식은 각 구조형식의 특성과 자연조건, 이용조건, 배치조건, 시공조건, 경제성, 공기, 중요성, 재료입수의 난이도, 유지관리의 난이도 등 주요 사항을 충분히 비교·검토하여 선정한다.

(4) 요구 성능

고조방파제는 원래의 기능을 발휘되도록 적절한 성능을 지니고 있어야 한다. 또한 고조방파제는 이상고조, 파랑, 지진 및 기타의 작용에 대하여 안전한 구조형식을 가져야

한다.

(5) 현장조사시 고려조건

고조방파제의 형식, 법선, 구조 제원 등을 결정할 때 고려할 조건은 조위, 파랑, 이상고조, 흐름, 표사, 해저지형 및 해빈 지형, 지반, 지진, 배후지의 중요도, 해안의 환경, 해안의 이용 및 이용자의 안전, 선박항행조건, 시공조건 등이다.

(6) 목적달성 현장조사

고조방파제 설치목적 달성을 위한 성능은 원칙적으로 형식, 천단고, 개구부의 수심 및 폭을 조합함으로써 평가가 이루어져야 한다. 성능을 조사함에 있어서는 당해 해역에 있어서 상정되는 조위 조건 및 이상고조 조건을 설정하고 고조방파제내측에 있어서 이상고조의 높이에 소정의 조위를 추가한 해수면의 높이가 제방 등의 천단고를 감안하여 설정된 해수면의 높이를 상회하지 않는 것을 확인해야 한다. 조사수법은 신뢰할 수 있는 적절한 수법을 이용하여야 한다.

(7) 안전 성능 조사

고조방파제는 파력, 이상고조, 지진 등의 작용에 대해서 안전한 구조형식이여야 한다. 안전성능의 조사에는 신뢰할 수 있는 적절한 방법을 사용하여야 한다.

(8) 부유형 고조방파제 거동해석

단주기 파랑에 의한 부유형 고조방파제의 거동해석을 위해서는 항내외 수위차에 의한 수압차와 파랑과의 상호작용을 고려한 해석이 필요하다. 본 연구에서는 연구의 효율을 높이기 위해 수위차에 의한 정적 평형상태를 먼저 구하고 이 평형점을 중심으로 상부구조물과 파랑간의 상호작용 해석 수학적 모형을 구성하였다.

(9) 수치실험

부유형 고조방파제의 평형 위치를 산정하는 수치 프로그램 및 동적해석 프로그램 결과는 다음과 같다.

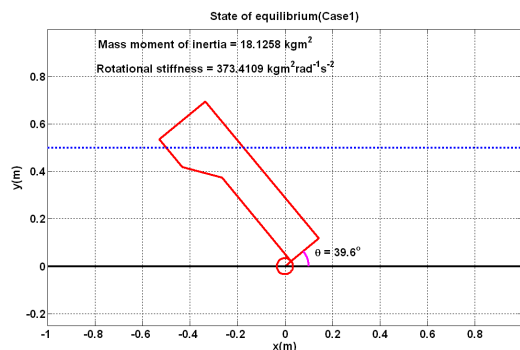


그림 3.2.1 정적 평형 수치실험 결과

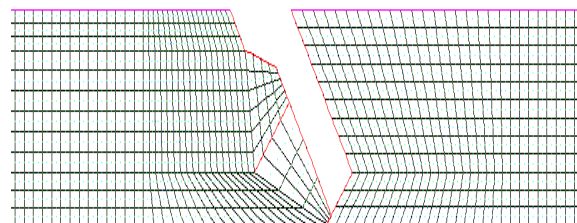


그림 3.2.2 반사 및 전달계수 계산 격자망도

(10) 수리모형실험

3종류의 부유형 고조방파제 모형을 조파수조에 설치, 수리모형실험을 실시하여, 그 결과를 분석하였다.

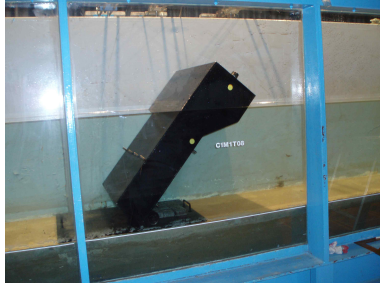


그림 3.2.3 Flap 부유형 방파제 1안 설치 장면.

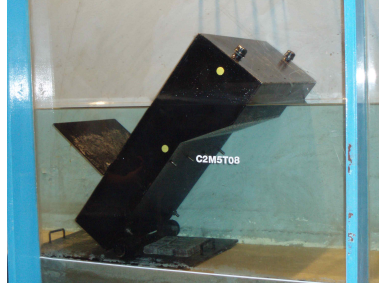


그림 3.2.4 Flap 부유형 방파제 2안 설치 장면.



그림 3.2.5 Flap 부유형 방파제 3안 설치 장면.

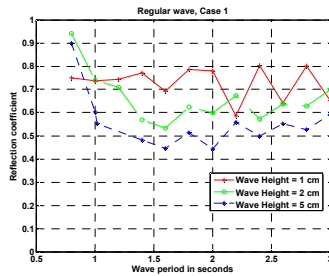


그림 3.2.6 방파제 1안에 작용하는 규칙파에 의한 반사계수.

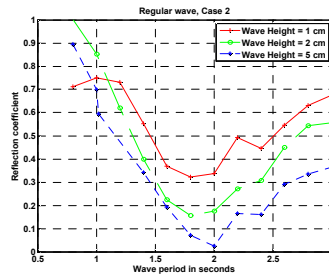


그림 3.2.7 방파제 2안에 작용하는 규칙파에 의한 반사계수.

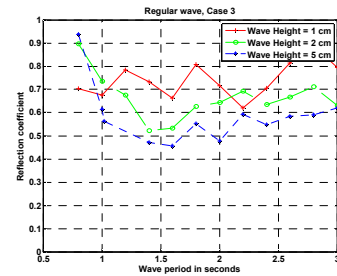


그림 3.2.8 방파제 3안에 작용하는 규칙파에 의한 반사계수.

(11) 결론 및 토의

만입구 또는 방파제 사이에 설치하여 고조 발생시 항내와 외해를 차단함으로써 외해로부터 침입하는 쓰나미, 폭풍해일 등을 포함한 장주기 파랑을 차단함을 목적으로 설치되는 고조방파제의 형식에 대한 연구를 수행하였다. 총 3종류 중 두 종류는 방파제 내외 수위차를 구조부재에 의해 지지하도록 설계된 고정형이며, 다른 하나는 내외 수위차를 부력으로 평형을 이루도록 구상된 부유형이다. 고정형은 파랑에 대해 정적으로 저항하는 한편, 부유형은 파랑에 대해 동적으로 저항한다. 본 연구에서는 파랑에 의한 고조방파제의 반사 및 전달 특성 등 수리학적 특징을 파악하기 위하여 수치 및 수리실험을 실시하였으나, 고조방파제의 현장 적용을 위해서는 구조역학적인 분석, 전기 및 기계 장치의 연구, 토질 및 기초 연구, 고조물 하부에서의 퇴적, 조류에 의한 오염 및 부식, 강구조물의 부식, 조사 및 유지관리 등에 대하여 종합적으로 검토하는 것이 필요하다.

바. 중고구조물

(1) 목적과 기능

중고 구조물은 지구 온난화에 의한 해수면 상승, 기존 연안 구조물에 대한 친수 친환경적 재개발이라는 세계적인 기조에 부응함과 동시에 단순한 화물유통기능을 탈피한 문화, 휴식, 해양 Recreation, 이상 고조 대책 등의 복합기능을 갖춘 구조물로서의 재개발을 목적으로 설계 및 시공된다.

(2) 구조형식의 결정

중고 구조물의 구조 형식은 각 구조형식의 특성과 자연조건, 이용조건, 배치조건, 시공조건, 경제성, 공기, 중요성, 재료입수의 난이도, 유지관리의 난이도, 기존구조물의 배치등을 충분히 비교·검토하여 선정한다.

(3) 요구 성능

중고 구조물은 원래의 기능을 발휘되도록 적절한 성능을 지니고 있어야 한다. 또한 이상고조, 파랑, 지진 및 기타의 작용에 대하여 안전한 구조형식을 가져야 한다.

사. 대형수문

(1) 도시 항만의 대형 수문

도시권의 항만에서는 지금까지 피해 받았던 고조 재해의 경험을 통하여 방조제나 수문의 정비가 실시되고 있다.

(2) 외국의 사례

도시권의 항만, 예를 들어 로테르담, 런던, 동경 등에서는 지금까지 피해 받았던 고조 재해의 경험을 통하여 방조제나 수문의 정비가 실시되고 있다.



그림 3.2.9 Maeslant Storm Surge Barrier

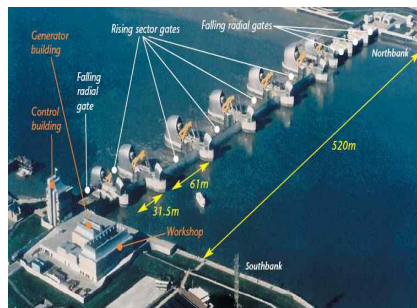


그림 3.2.10 Thames (tidal surge) Barrier

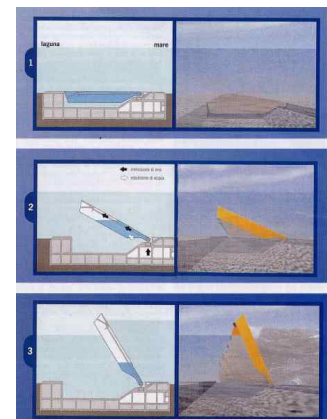


그림 3.2.11 부상식 수중 갑문

아. 고조방파제의 응용

고조방파제의 설계(응용 예) - 말뚝형, 플랩형, Mobile harbor 응용.

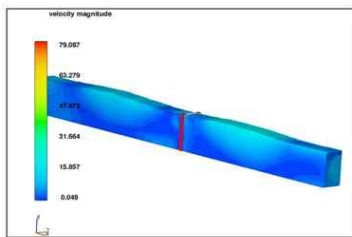
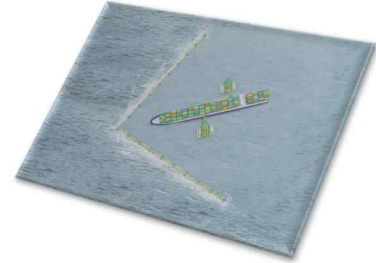
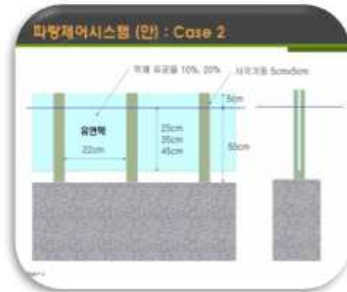


그림 3.2.12 파랑
고조대책(말뚝형)

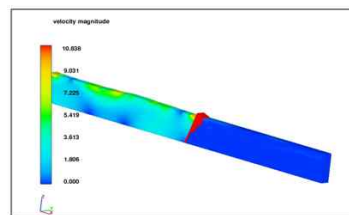


그림 3.2.13 파랑
고조대책(플랩형)

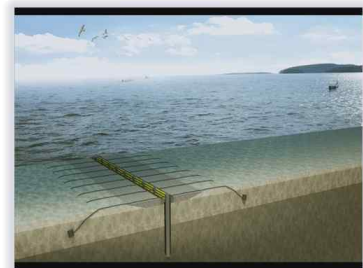


그림 3.2.14 Mobile harbor
응용

3. 항만구조물에 대한 친환경 신소재의 활용기술

가. 총론

본 연구는 신소재(FRP)부재, 친환경 기능성 콘크리트, FRP-콘크리트 복합부재, FRP-강재 복합부재 등에 의하여 사용성, 내구성, 친환경성 등이 우수한 기능성 해안(항만)구조부재를 개발하고, 개발된 기능성 항만구조부재를 활용하여 친환경 해안구조물 건설 및 기존 해안구조물의 보수 및 보강공법을 개발하여 지역의 연구역량을 강화하고 기술을 특화하여 지역 건설산업의 활성화를 목적으로 한다.

나. FRP를 이용한 RC보의 보수 보강공법 개발

- (1) FRP-Rod, 유리섬유-강 복합판으로 보강된 철근 콘크리트 보
첫째 FRP-Rod 보강 공법의 순서는 다음과 같다.

		
1. 홈파기 및 천공작업	2. 로드매입 및 앵커설치	3. 가넷혼입 모르타르로 충전 및 양생

둘째 GFSP 보강 공법의 순서는 다음과 같다.

		
1. 보의 표면처리 및 앵커홀 천공작업	2. 보와 GFSP에 MT-606의 도포	3. 부착 작업 및 박리방지 앵커 설치

(2) FRP 보강 철근콘크리트 보의 피로거동 연구

다. FRP 보강 내염성 콘크리트 보

(1) 콘크리트 구조물의 성능저하

콘크리트 구조물의 성능저하는 염해에 의한 성능저하와 콘크리트의 성능저하로 크게 두 가지로 분류된다. 첫째, 염해에 의한 성능저하로는 비래염분(aerosol salt)에 의한 염해와 제설제에 의한 염해, 복합열화 현상과 염해로 3가지로 나눌 수 있는데 비래염분에 의한 염해는 비래염분 입자는 해수면에서 발생하는 해수기포가 파열될 때 대기 중에 방출되는 것으로 해상에서 상승기류를 타고 내륙까지 날아들어 콘크리트 구조물의 부식 요인으로 작용하며 제설제에 의한 염해의 경우 염화칼슘, 염화나트륨 등으로 구성된 염화물을 포함한 제설제가 다량으로 살포되어 이것이 콘크리트 교량의 바닥판 또는 콘크리트 구조물 내부로 침투하여 철근부식의 원인으로 작용한다. 또한 복합열화 현상과 염해는 알칼리골재 반응과의 복합작용, 동결융해와의 복합작용으로 성능저하 현상이 일어난다. 알칼리골재 반응과의 복합작용은 골재 중에 반응성 실리카 광물과 시멘트 페이스트 중의 세공에 존재하는 고활도의 수산화 알칼리 용액과의 반응에 의해 골재뿐만 아니라 콘크리트 구조물에도 균열이 발생, 동결융해와의 복합작용은 콘크리트 내부의 수분이 동

결융해 작용을 반복적으로 받아 균열이 발생하거나 표층부가 박리함으로서 표면에 존재 하던 염화물이 구조물 내부로 침투하여 구조물의 내구성능이 저하한다. 둘째, 콘크리트의 성능저하는 황산염에 의한 성능저하, 염화물에 의한 성능저하, 철근 부식에 의한 성능저하로 성능저하현상이 일어난다.

(2) 콘크리트의 내염성화

콘크리트의 내염성화를 방지하기 위해서 콘크리트의 배합 및 사용재료에 신경을 써야 한다. 물-시멘트비를 되도록 작게하며, 차염성 시멘트를 사용하고 입도에 알맞은 골재를 사용하여야 한다. 또한 플라이애쉬, 고로 슬래그, 실리카흙 등의 혼화재를 적절히 사용하여 내염성화를 방지한다. 염화물의 침입 차단 및 방식으로는 표면보호 처리(도장, 코팅, 라이닝, 함침 등의 방법), 철근의 방청처리법(철근의 표면을 내식성이 강한 금속으로 도금하거나 에폭시 등의 수지를 피복하는 방법과 철근 자체를 내식성이 강한 합금으로 만드는 방법), 방청제를 이용한다. 또한 포틀랜드시멘트의 사용으로 프리델씨 염과 같은 형태로 염화물을 난용성 염으로 고정화하여 콘크리트 내부에서 용해 가능한 염화물의 양을 줄일 수 있으며 전기적 방식법 또한 콘크리트의 내염성화를 방지할 수 있다.

(3) 국내외 염해에 대한 지방서 규정

(4) 내염성 콘크리트 시험

(5) 실험보 제작

실험보의 제작순서는 다음과 같다.

거푸집 제작 후 방수용 strain gauge 부착 및 보강근 배근한 다음 배합재료 물량 입력 및 혼합, 운반한다. 배합재료 과정에서는 플라이애쉬 20%와 실리카흙 5%를 혼화하는 것이 가장 내염성이 좋다. 그 후 콘크리트를 타설하고 마무리 작업 및 양생 과정을 거친다.

(6) GFRP bar 보강 내염성 콘크리트 보 실험

(7) 결론

라. 유리 섬유 보강강화 플라스틱 경량 콘크리트 폰툰개발

(1) 개요

해안개발, 친수시설 및 레저시설 등을 효율적으로 건설하고 관리하기 위하여 유리섬유 보강 골조와 인공경량골재를 사용하여 폰툰을 제작하였다. 특히, 인공경량골재를 사용하

여 콘크리트 폰툰을 경량화시키고, 유리섬유 강화플라스틱(GFRP)를 철근 대용으로 사용함으로써 구조물 내부의 녹 발생이 없어 폰툰 구조물의 열화를 방지할 수 있다.

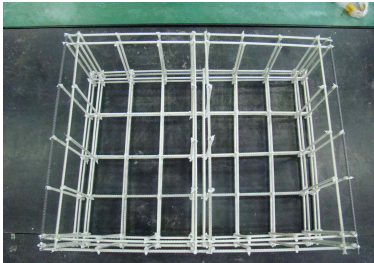
(2) 사용재료

KS L 5201에 규정된 국내 S사의 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며 폰툰의 강도 증진에 이용하기 위하여 실리카 흙을 사용, 혼화제로는 낮아지는 분산성을 개선하기 위해 고성능AE감수제를 사용하였다. 또한 FRP bar 표면에 나선형태의 이형(deform)을 주고 연속압출성형 공정으로 제작된 유리섬유 강화플라스틱과 인공경량골재가 사용되었다.

(3) 인공경량골재콘크리트 제조

인공경량골재콘크리트 제조를 위해 사용골재의 물성실험과 굳지 않은 콘크리트 실험을 통하여 배합설계를 하였다. 사용골재의 물성실험에는 시료 채취, 체가름 실험, 밀도 및 흡수율 실험, 부립률 실험을 하였으며, 굳지 않은 콘크리트 실험에서는 슬럼프 실험, 공기량 실험을 시행하였다.

(4) 제작과정

		
1. FRP Bar 조립	2. 거푸집 제작	3. 1차 타설
		
3. 방수제 및 접착제 도포	4. 스킨로폼 고정 및 재조립	5. 2차 타설



마. 유리강화플라스틱을 이용한 소파해안블록

(1) 적용범위

종래 콘크리트 재질 자체로 제작되던 구조물의 내구성을 보완하고, 파도를 효율적으로 소파시키며 다양한 컬러를 사용하여 주변 환경과의 조화를 이룰 수 있는 유리강화플라스틱(이하 FRP)를 이용한 친환경 컬러 소파 해안블록에 대하여 규정하고 있다.

(2) 종 류

계단식과 벽식으로 구분된다.

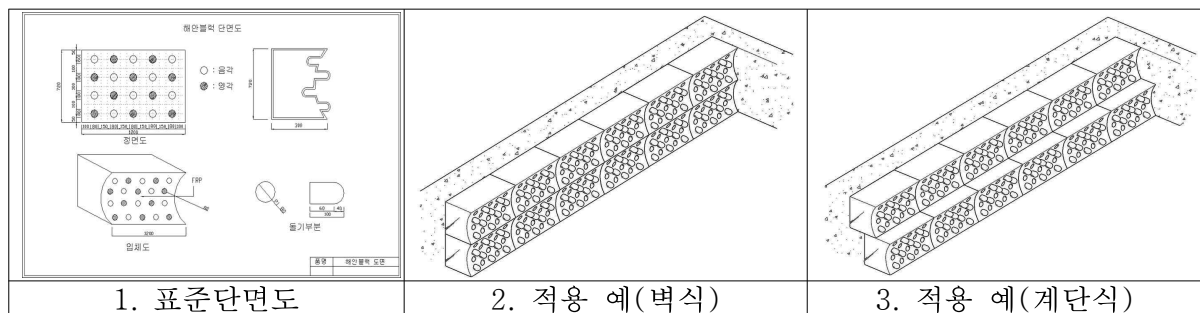
(3) 품 질

겉모양은 유해한 흠이 없고 표면층은 매끄러워야 하고 치수 및 허용차가 규격치에 적합해야 한다. 유리섬유강화플라스틱의 특성치는 재나, 열에 대한 저항성, 내후성이 떨어질 수 있으나 할로젠이나 납화하물 수산화알루미늄 등을 첨가하여 자기소화성을 부여할 수 있다. FRP의 인장강도는 시편개개가 150 N/mm² 이상, 시편평균은 150 N/mm² 이상이어야 하며 블록의 압축강도는 시편개개가 17.64 N/mm² 이상, 시편평균은 20.58 N/mm² 이상이어야 한다. 또한 블록의 흡수율은 시편평균은 0%여야 한다.

(4) 재 료

사용 재료로는 시멘트, 골재, 혼화 재료, FRP를 사용하였다.

(5) 제 조



바. 분사식 FRP공법을 이용한 구조물 보강 성능평가

(1) 개 요

유리섬유(Glass Fiber)와 폴리에스터 수지(Polyester Resin)를 외부에서 혼합하여 요철이 많은 콘크리트 표면에 고속의 압축 공기로 랜덤하게 분사하여 기존 콘크리트 구조물을 보강하는 새로운 공법, 즉 분사식 FRP(Sprayed FRP, SFRP) 공법을 적용하여 콘크리트 Beam 실험체에 대한 선행실험을 수행하여 분사식 FRP의 최적물성치를 제안하고 제안된 물성치를 활용하여 1993년 H공사의 PSC I형 거더교 표준단면(30m)을 1/5로 축소한 모형 구조물 실험에 적용, 분사식 FRP공법의 보강효과를 검증

(2) 콘크리트 Beam의 SFRP 보강 실험



(a) 프라이머 도포



(b) FRP 분사



(c) FRP 합침



(d) 경화



(e) 양생

(3) PSC I형 Beam의 SFRP 보강 실험 및 결과

(4) 결 과

파괴양상은 전반적으로 중앙부에서 시작된 분사식 FRP 보강재의 파단 및 박리가 일어나면서 최종 파단 되었으며, 콘크리트 Beam이 휨파괴가 일어난 후 보강된 FRP 슬립현상에 의한 최종모드로 파괴되었다.

사. 개발 매뉴얼

- (1) 유리 섬유 보강강화 플라스틱 경량 콘크리트 폰툰
- (2) FRP-Rod, 유리섬유-강 복합판으로 보강된 철근 콘크리트 보
- (3) 유리강화플라스틱을 이용한 소파해안블록

제 2절 해안매립공간 확보기술

1. 도시 폐기물 등을 활용한 매립공간 확보 기술 개발

가. 고화하수슬러지의 환경공학적 및 지반공학적 특성연구

(1) 환경공학적 특성

표 3.2.1 중금속 항목 분석결과

항목	함량 (mg/kg)		해양배출기준 (개정)		부속토 원료기준		부속토 제품기준	
	1	2	1 기준	2 기준	가 등급	나 등급	가 등급	나 등급
CN	0.9	0.9	200	40	-	-	-	-
As	0.9	0.8	145	20	50이하	50이하	50이하	50이하
Cu	23.47	22.64	2,000	400	500이하	750이하	500이하	750이하
Cr	10.85	10.79	1,850	370	300이하	370이하	300이하	370이하
Pb	12.91	12.94	1,100	220	150이하	225이하	150이하	225이하
Cd	0.84	0.81	20	4	5이하	8이하	5이하	8이하
Hg	0.3	0.5	5	1	2이하	3이하	2이하	3이하
Zn	89.69	87.74	9,000	1,800	·	·	·	·

표 3.2.2 유분, PCBs, PAHs (나프탈린 ~ 플루오란테), 유기인, 페놀 등의 분석결과

항목	함량(mg/kg)		해양배출기준 (개정)	
	1	2	1기준	2기준
유분(광유류)	778	711	4,000	800
페놀류	0.92	1.10	7,500	1,500
유기인 화합물	불검출	불검출	100	20
PCB - 28	불검출	불검출	0.15	0.03
PCB - 52	불검출	불검출	0.15	0.03
PCB - 101	불검출	불검출	0.15	0.03
PCB - 118	불검출	불검출	0.15	0.03
PCB - 138	불검출	불검출	0.15	0.03
PCB - 153	불검출	불검출	0.15	0.03
PCB - 180	불검출	불검출	0.15	0.03
나프탈렌	0.048	0.044	4	0.8
페난트렌	불검출	불검출	5	1
안트라센	불검출	불검출	4	0.8
벤조(a)피렌	0.224	0.230	4.5	0.9
플루오란테	불검출	불검출	10	2.5
벤조(a)안트라센	0.185	0.191	5	1
벤조(b)플루오란테	0.188	0.192	4	0.8

환경적인 실험을 통하여 안정성을 알아보면 위의 표에서 나타나듯이 해양배출기준의

수치에 비하여 월등히 낮은 수치를 보임으로서 일반적인 토사보다 더욱 안전한 것으로 판단된다.

(2) 지반공학적 특성

(가) 함수비 시험 : 함수비 실험결과 14.67%로 일반적인 토양의 함수비와 비슷한 값을 나타내었다.

(나) 비중 시험 : 비중은 2.28로 나타났으며, 일반적인 흙의 비중인 2.60과 비교 하였을 때 거의 비슷한 정도로 판단된다.

(다) 액성 및 소성 실험 : 액성 및 소성한계 값이 각각 62.72, 61.33으로 나타났 다.

(라) 다짐시험 : 최대건조밀도는 $1.09g/cm^3$ 으로 나타나 일반토양의 최대건조밀도 $1.698g/cm^3$ 보다 낮아 매립 시 다짐에 유리할 것으로 판단되며, 최적함수비는 38.8%로 일반토양의 최적함수비인 17.3%보다 높게 나타났다.

(마) 일축압축 강도 시험

표 3.2.3 고화하수슬러지의 일축압축강도

Properties Material	Number	Mixing ratio	Unconfined compressive strength qu (kg/cm ²)
고화하수슬러지 : Water	1	100 : 20	5.01 ~ 4.96
	2	100 : 25	5.05 ~ 5.03
	3	100 : 30	5.28 ~ 5.18
	4	100 : 35	6.05 ~ 6.00
	5	100 : 40	5.84 ~ 5.76
	6	100 : 45	5.61 ~ 5.59

(바) 삼축압축 강도 시험 : 점착력은 $0.36kg/cm^2$ 으로 나타나 매립시 좋은 지지력을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

(사) 토조 시험 : 1 ton을 약 10 KPa로 볼 경우 1.5 ton 재하 시 2.44%의 침하량을 가진다고 볼 수 있으며, 침하에 대해서 안전하다고 판단된다.

나. 고화하수슬러지 매립공법 연구

(1) 매립공법선정

해저연약 지반에 쇄석말뚝을 시공하여 지지력을 얻을 수 있도록 한 후 원지반으로 부터 차수막을 세워 해수의 흐름을 차단하프로서 호안을 축조한다. 호안은 주위환경에서 가장 쉽게 얻을 수 있는 산토를 사용하여 사석식 제체를 형성하고 호안의 보완을 통하여

전체 호안제체를 완성한다. 그 후 호안 안쪽의 해수를 Pumping 을 하여 제거한(내수배제) 후 원지반 위로 차수막을 설치하여 침출수가 유출되지 않도록 한다. 고화하수슬러지의 강도발현이 가장 좋다고 판단되는 함수비인 35%가 되도록 해수를 혼합시키면서 고화하수슬러지 매립을 실시한다. 매립의 과정으로는 50cm를 기준으로 다짐을 반복하여 진행을 한다. 고화하수 슬러지는 식생으로서 활용이 가능하다고 판단되며, 일반 복토재 기준을 만족시키므로 복토층을 배재하고 고화하수슬러지만으로 매립한다. 고화하수슬러지만으로 매립이 이루어지므로 다량의 하수슬러지치가 가능해지며, 복토재를 사용하지 않아 경제적인 매립이 가능하리라 예상된다.

다. 고화하수슬러지 매립지 모형실험 및 분석

(1) 매립지 모형 단면

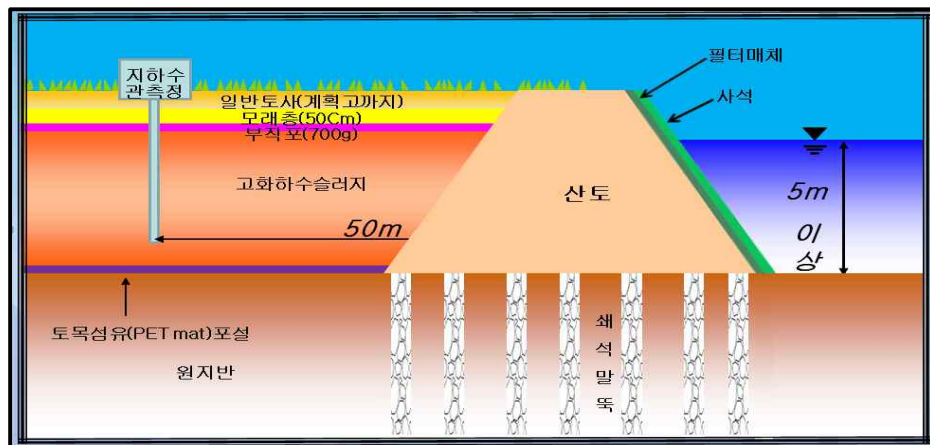


그림 3.2.1 매립지 모형단면

(2) 모형 시험 결과

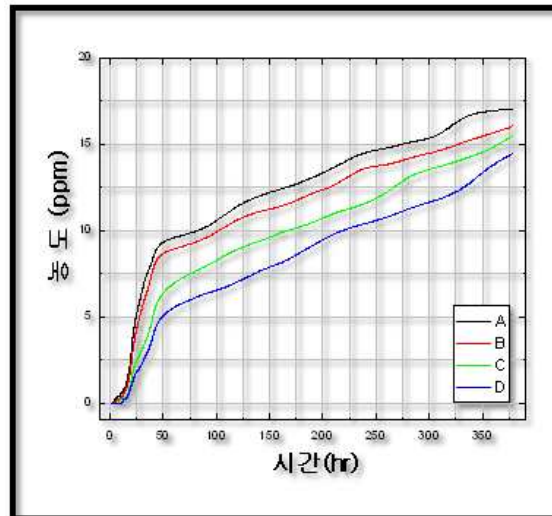


그림 3.2.2 모형 단면 시험 결과

매립공법 결정에 따른 개질매립재료를 이용한 해안 매립을 실내 시험을 한 것으로 추적자를 이용하여 해양으로 유출됨을 알기 위함이다. 유출되는 정도는 최대 16.68ppm이고, 유출되는데 걸리는 기간은 14일(모형실험의 경우)인 것으로 분석되었다. 따라서 제방에 오염방지시설이 필요하다. 오염방지시설로는 연직차수벽공법, 차수쉬트공법, 그라우팅공법 등의 공법이 사용될 수 있다. 일본의 방법에 의하면 차수막을 설치하고 집수정을 두어 강우에 의한 지하수 유출을 집수정에 모이게 하여 펌프를 통한 처리로 유출을 방지하는 방법도 있다. 고화하수슬러지는 환경적으로 안전하나 국내의 환경단체에서는 폐기물로서만 생각하기 때문에 여러 가지 차수에 대한 연구가 시행되었다.

2. 해안 연약지반 특성치 획득 및 분석기술 개발(지반조사 및 탐사기술)

가. 해안 연약지반 조사 및 탐사기술

본 연구는 나날이 증가하는 해안공간확보 수요에 대비한 환경친화적 차세대 해안공간 확보를 위한 연구의 일환으로, 해안육역과 해역의 연약지반에 대한 지반조사 및 탐사기술에 관한 기술적 수준을 분석함으로써 이후 수행될 관련 기술의 개발과 현장 적용성 확보에 그 목적이 있다.

나. 해안공간 지반조사전용선 개발

(1) 연구개발의 배경 및 목적

국내에서의 지반조사 기술수준 및 연약지반과 저수심 해역에 적용 가능한 전용 지반조사와 탐사장비는 현재 거의 전무한 실정이다. 공식적으로 에어보트를 이용한 해안 및 연약지반 조사는 국내에서 처음이며, 특히 환경에 민감하고 조수간만의 차이가 심하여 지반조사 위치의 변동과 시간에 제약을 받고 있는 상황에서는 효율적인 이동장비로 그 역할을 할 수 있다. 국외에서는 습지나 환경에 민감한 지역에서 관광용으로 사용되고 있으며 이를 지반조사에 활용한 사례(그림 3.2.3)는 있으나 지반조사전용선으로 제작된 사례는 없다. 본 연구에서 개발하고자 하는 지반조사 전용선의 경우 보트 후면에 스크류가 없으므로 저수심 해역에서 사용가능하여 지반조사장비 탑재 및 해안공간 지반조사 전용선으로 사용할 수 있다. 전용조사선의 이동이 자유롭고, 전용조사선에 시추장비의 설치시간이 빠르며, 전용조사선의 사용으로 조수간만의 차이에 영향을 받지 않고, 해안 연약지반의 환경 교란을 최소화시키도록 한 해안육역 및 천수심 해역 연약지반 조사·탐사용 탐사선 및 이를 이용한 지반조사 및 탐사방법을 제공하는데 그 목적이 있다.



그림 3.2.3 습지 관광용 에어보트의 지반조사 사용 예

(2) 지반조사 전용선 연구개발 결과



그림 3.2.4 현장검증 및 시연회 모습



그림 3.2.5 지반조사 전용선 시추 모습

다. S파 진원장치 개발 및 3차원 자료 취득시스템 소프트웨어 개발

(1) 연구개발의 개요

연약지반 특성치 획득 및 분석 기술개발의 현장적용으로 조사 및 탐사 장비 기능을 강화하기 위하여 해안연약지반 조사에 대한 새로운 기술이 요구되는바, 국내외에서 최초로

적용되는 지반조사기법을 개발하여 경제적이고, 효율적이며 친환경적인 해안공간 정보를 확보할 수 있는 기술개발을 할 필요가 있으며, 이를 위한 새로운 탐사방법이 필요하며 지반조사 및 탐사기술 지침서를 위해 매뉴얼과 설계기준지침서도 필요하다.

(2) 연구개발 수행내용 및 결과

(가) 지반탐사용 프로그램 개발

탄성과 반사법은 지하의 반사계수를 영상화하는 탐사방법으로서, 동시에 많은 수의 발진 및 수신기를 사용하는 다중채널 탐사기법을 사용한다. 다중채널 탐사기법을 통해 노이즈가 감소된 선명한 지하구조의 영상과 지하 매질의 전파속도를 얻을 수 있으나 이를 위해서는 실내 전산처리 과정을 거쳐야한다. 위의 목적에 맞는 2차원 탄성과 반사법 탐사의 자료처리 프로그램 개발을 완료하였다. 이 소프트웨어는 편집, 이득조정, 주파수 필터링, 디콘볼루션, NMO보정, 중합, 그래픽출력 등의 루틴으로 구성된다.

(나) S파 진원장치 개발

탄성과탐사에서 사용되는 에너지원은 많은 종류가 있다. 그 중에서 천부를 목표로 탐사를 하고 해안 연약지반의 지반조사를 대상으로 한 에너지원의 개발과 관련하여 에너지원의 선택에 가장 중점을 둔 부분은 다음과 같다.

- 매질들이 암석이거나 퇴적물이거나 간에 물성이 달라지는 경계면에서 반사와 굴절이 나타나도록 충분한 에너지를 발생할 수 있어야한다.

- 자료를 해석하기 위해서는 기록과 디스플레이에 충분할 정도로 큰 진폭이 나타나야한다.

- 복잡한 모양의 넓은 파형을 발생시키지 말아야 한다.

이러한 조건을 만족하는 에너지원의 선별을 거쳐 S파 진원장치의 설계와 장비를 제작하였다.

그림 3.2.6은 제작과 테스트 및 수정과정을 병행중인 S파 진원장치이다.



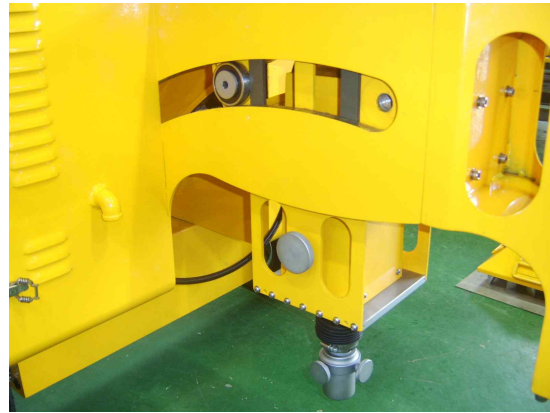
(a)Portable Impact Seismic Source 측면



(b)Portable Impact Seismic Source 후면



(c)Power Generation System 및 Controller



(d)Solenoid Hammer

그림 3.2.6 S파 진원장치 모습

(다) 3차원 자료취득 개발

3차원 자료취득 시스템 구성을 위해 필요한 장비는 표 3.2.4와 같다.

표 3.2.4 3차원 자료 시스템 구성

구 분	장 비 세 부 사 항	비 고
기 록 계 Geode (Seismograph)	Geometrics GEODE-24 Channel Power	4개(Geometrics Co. USA) 96 Ch. 12V DC
수진기 (Receiver)	14Hz Horizontal Geophone	100개
Spread Cable	24Ch geophone cable 50m leading cable	4조(2m간격) 4개
부대장비	Battery Battery Charger Trigger Cable Trigger 그 외	4개(12V, 40A) 5개 1식 3개 1식
자료취득 프로그램	MGOS(Geometrics)	
진원부	P/S파진원 PISS시스템	

(라) GUI 및 매뉴얼 제작

최종목표인 S파 반사법 탐사를 통하여 실제 지하구조를 영상화 하는 기술을 개발하는 것으로 취득된 데이터를 분석하는 전산처리 프로그램(GUI 제작)의 제작을 완료하여 초고해상도 S파 반사법에 대한 시스템 구축과 프로그램 개발을 통한 GUI를 개발, 표준화 매뉴얼 제작 그리고 회사설립을 통한 사업화를 진행 하였다.

(3) 지반조사용 3차원 자료 취득 시스템 현장 시험

탄성파탐사 장비의 시험 및 조정 개발된 자료처리 소프트웨어의 검증을 위하여 탄성파 현장시험을 실시하였다. 시험은 2차에 걸쳐 이루어졌으며 시험장소는 지하지질이 비교적

잘 알려지고 현장에 인접한 시추공이 있는 지역을 택하였다(부경대 교내의 운동장). 이 시험을 통하여 하드웨어시스템이 정상 작동됨을 확인하였으며, 장비의 특성과 탐사배열의 적합도를 확인하였다. 시험결과 일부 장비 (P/S와 진원장치 PISS)의 개선이 요구되어 2008년 12월 부터 2009년 2월까지 해당장비를 개량하였다. 2회의 시험에서 들어난 문제점을 바탕으로 3D탐사의 수진점-진원점 배열 디자인을 다시 설계하였으며 관련된 소프트웨어의 개선이 이루어졌다.

(가) 1차현장시험 (2008.10.26)

(나) 2차현장시험 (2008.11.15-11.16)

라. 스크류 재하시험장치 개발

(1) 새로운 스크류재하시험장치 구성

그림 3.2.7은 현재 새로 개발된 스크류재하시험장치의 전체적인 모식도 및 사진을 나타낸 것이다. 새로 개발된 스크류재하시험장치는 크게 스크류재하판 및 재하축, 유압실린더장치, 하중재하장치, 하중제어 및 측정장치로 이루어져 있다.

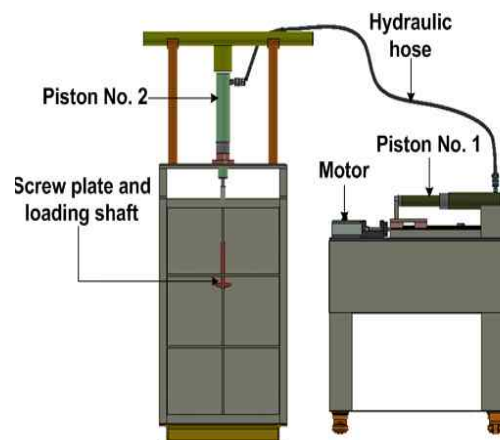


그림 3.2.7 스크류재하시험장치 모식도

(2) 실내시험 및 결과

기존의 연구를 검토한 결과 원위치시험 중 하나인 스크류재하시험은 현장에서 점성토와 비점성토의 지반공학적 특성 측정을 위하여 활용되어진 전통적인 평판재하시험의 개량된 장치로 지반의 교란을 최소화한다.

새롭게 개발한 스크류재하시험장치는 크게 스크류판 및 재하축, 유압실린더장치, 하중재하장치, 하중제어 및 측정장치로 이루어져 있고, 하중장치의 부피와 무게를 간소화시켜 이동성이 뛰어나고 육상이나 해상 설치가 용이하여 광범위한 범위에서 연약지반 조사와 공사비 절감을 기대할 수 있다.

새롭게 개발된 스크류재하시험장치를 검증하기 위해 주문진표준사와 부산신항점토를

이용하여 모형지반에 실내시험을 실시하였고 그 결과 하중-침하, 지지력-침하 곡선을 유도하였다. 스크류재하판을 평판으로 간주, 평판재하시험 이론과 동일한 원리로 단위극한지지력 p_{bu} 및 지반반력계수 K 를 산정하였으며 그 값은 모래의 경우 342kPa, 33.12N/cm³, 점토의 경우 79.5kPa, 14.80N/cm³로 나타났다.

스크류재하시험에서 구한 단위극한지지력을 이용, 이론식을 통하여 점착력과 내부마찰각을 추정하였다. 또한 실제 흙이 가지고 있는 강도정수의 비교를 통해 신뢰성을 확보하고자 같은 조건의 주문진표준사 및 부산신항점토에 대한 직접전단시험과 UU삼축압축시험을 실시하였다. 그 결과 주문진표준사의 경우 이론식과 직접전단시험으로 구한 내부마찰각 ϕ 는 각각 43.87°, 47.72°로 나타났으며 부산신항점토의 경우 이론식과 UU삼축압축시험으로 구한 점착력 c 는 각각 10.20kPa, 12.60kPa로 나타났다.

마. 현장간극비 및 유효응력자동측정장치 개발

(1) 시작품 제작

(가) 현장간극비 측정장치(Cone Probe)

전기저항 콘 프로브 (CP)는 해안 연약지반을 대상으로 관입에 따라 프로브 주변에 발생하는 국부적인 전기 저항을 측정하는 장비이다. 전기화학적, 강도적, 그리고 기하학적 특성을 고려하여 설계 및 제작 되었으며 CP의 전체적인 모식도와 관입기 룯드(rod)와의 연결 방식은 그림 3.2.8과 같다. 프로브는 중심전극과 외부전극 그리고 그 사이를 채우고 있는 폴리에틸렌으로 구성된다. 중심전극과 외부전극의 전기적인 누전을 방지 하기 위해 폴리에틸렌을 이용하여 중심전극을 절연하였다. CP는 해안 연약지반의 간극률 평가에 사용되므로 부식을 방지하고 강도를 증가시키기 위해 스테인레스 스틸을 사용하여 제작되었다.

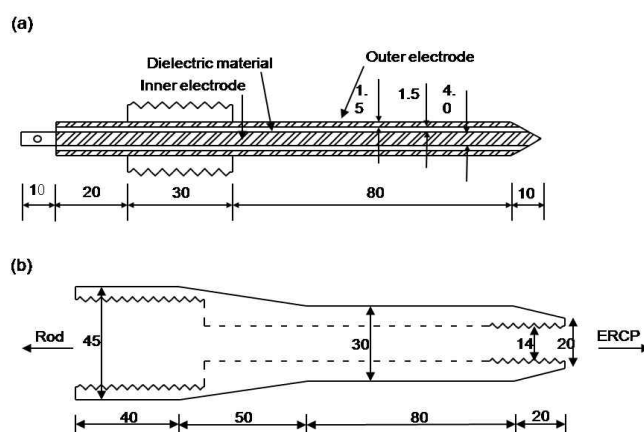


그림 3.2.8 전기비저항 콘 프로브 모식도: (a) 전기저항프로브(CP); (b) 커넥터. 그림내 숫자의 단위는 mm 임

(나) 유효응력자동측정장치(Miniature Field Velocity Probe (MFVP))

링 타입 장비부터 장비의 단점 및 장비에 대한 개발은 대부분 완성이 되어 가기 때문에 무엇보다 교란에 대한 영향을 최소화하기 위하여 관입되는 프레임의 두께를 줄이는데 초점을 맞췄다. 첫번째로 링 타입 MFVP에서 벤더 엘리먼트 고정을 위해 사용되었던 스크류를 제거하여 폭을 줄였으며, 그에 따라 발생하는 기계적인 프레임 파를 최소화하기 위해 벤더 엘리먼트를 프레임 보다 2~3mm 돌출되게 설치하고 파가 쉽게 반향 될 수 있도록 그림 3.2.9와 같이 벤더 엘리먼트 부분의 프레임을 원형으로 제거 하였다. 두번째로는 프레임 모양을 H 빔 형태로 제작하여 전선을 보호하기 위해 사용되던 두께 1mm, 내부 폭 2~3mm 케이스를 사용하지 않고 프레임 안에 전선을 설치하여 케이스 내부 폭 만큼 두께를 줄였다. 또한 벤더 엘리먼트 보호 장치를 제거하고 프레임 끝부분을 튀어나오게 하여 벤더 엘리먼트를 보호 하였으며, 대칭형 웨지를 적용하여 교란에 대한 영향을 최소화 하였다.

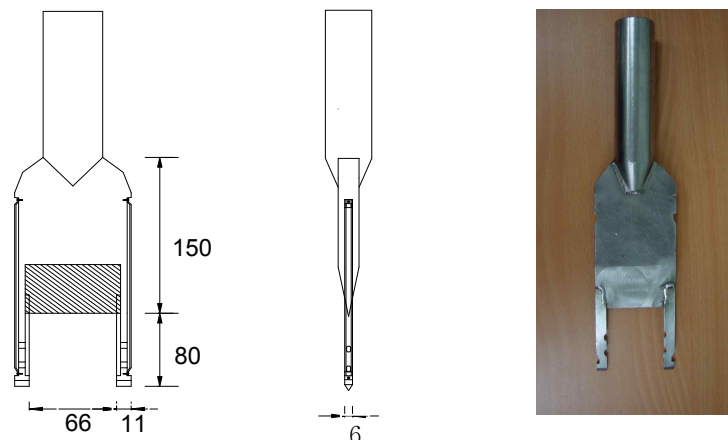


그림 3.2.9 블레이드 타입 MFVP

(2) 현장시연

(가) 현장간극비 측정장치(Cone Probe)

현장실험은 인천 및 부산 현장에서 진행되었으며, 인천현장은 11m 이후 매우 단단한 지층으로써 관입실험은 1~11m 사이에서만 수행되었다. 부산현장은 14m까지의 사석을 제거한 후 14~34m 구간에서 실험을 수행하였다. 측정한 전기비저항과 채취한 시료를 통하여 도출한 간극수의 전기비저항 관계를 이용하여 현장의 간극비를 결정하였다. 이때 간극수의 전기비저항은 원심분리기를 이용하여 추출하였으며, 초기 간극률과 간극수의 전기비저항을 이용하여 각 현장의 상수 m 값도 도출하였다. 도출된 간극률은 그림 3.2.10과 같이 9m 심도 까지는 일정한 간극률 값을 보이다가 9m 이후에서는 갑작스럽게 작아지는 것을 관찰 하였다. 이는 주변 지역에서 측정한 SPT N 값의 경향과도 유사함을 알 수 있다.

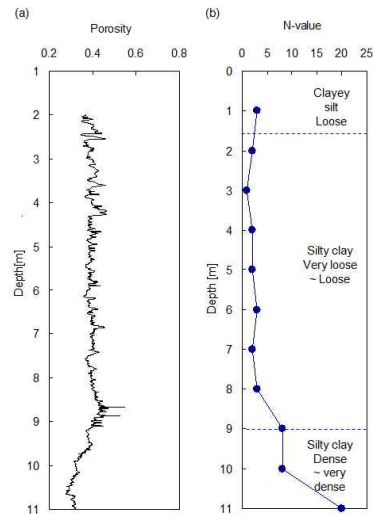


그림 3.2.10 CP를 이용한
산정한 현장 간극비: (a)
간극률; (b) 표준관입저항치

(나) 유효응력자동측정장치(Miniature Field Velocity Probe (MFVP))

MFVP의 적용성 평가 및 연약지반의 개량 효과를 추정하기 위해 부산 신항 북컨테이너 현장에서 총 3번의 관입 실험을 수행하였다. 첫 번째 실험은 연약지반을 개량하기 이전의 원지반에서 실시하였으며, 나머지 2번째와 3번째 실험은 sand mat 와 PBD 공법을 이용하여 원지반을 개량한 이후 진행하였다. 초기 실험은 약 30m 심도 까지 진행되었지만, 나머지 실험은 상부의 sand mat 및 사석의 두께로 (총 13m) 인하여 케이블 길이가 부족하여 약 16m 까지 진행하였다. 전단파 속도는 매심도 10~50cm 간격으로 측정하였으며, 대상지반의 고해상 전단파 속도 분포를 획득하고자 하였다. 측정된 전단파 속도는 그림 3.2.11과 같으며, 사석 및 PBD 등의 압밀축진 공법을 적용하였을 경우 지반이 개량되어 원지반 보다 전단파 속도가 증가함을 관찰할 수 있다. 또한 2번째와 3번째 실험에서는 원지반의 압밀이 거의 이루어져 전단파 속도의 변화는 작게 나타났다.

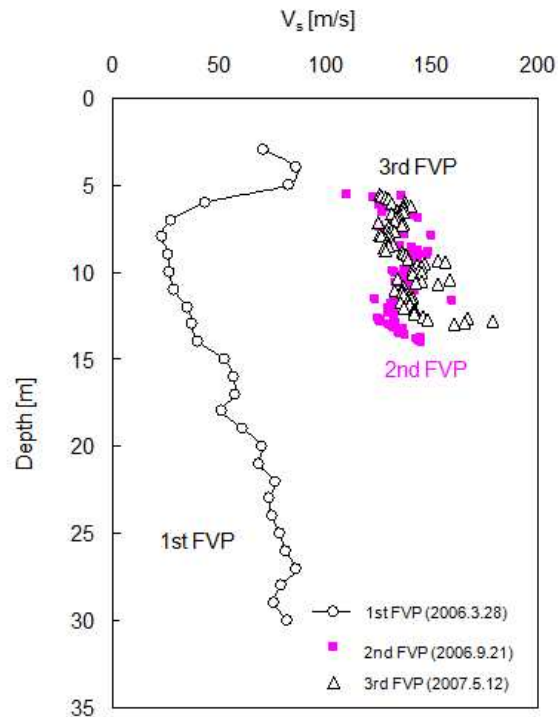


그림 3.2.11 MFVP를 이용하여 측정한 전단파
속도

사. su추정을 위한 CPT 기반 최적 기법 개발

(1) 국내 해안 연약지반의 비배수전단강도(su)특성분석

(가) 대상지반과 시험결과

본 연구를 위하여 남해안의 낙동간 하구 퇴적층을 대상지반으로 선정하였다. 상부는 연약한 실트질 점토층으로 약 20-30m의 두께로 분포하고 있으며, 수심은 약 3m로 점토층은 포화조건을 유지하고 있다. SEP (self elevating platform) Barge를 이용, 해상 18개소에서 피에조콘관입시험(CPTu)이 수행되었으며 총 106회의 현장배인시험이 동일한 위치에서 수행되었다. 대상지반의 점토층은 통일 분류상 주로 CL 및 CH로 구성되어 있으며, 200번체 통과량은 대부분 90%이상으로 연약한 해성 퇴적점토층으로 이루어져 있다. 그림 3.2.12는 심도별 실내시험결과와 피에조콘관입시험(CPTu) 결과를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 함수비와 전체단위중량은 각각 40 - 70% 와 15.0 - 17.0 kN/m³에 분포하고 있으며, 간극비는 1.3 - 1.9에 분포하여 압축성이 크며, 상부로부터 7m 이후에는 정규압밀상태를 유지하고 있다. 또한 그림 3.2.12에 나타난 바와 같이 피에조콘관입시험 결과는 정규압밀된 점토에서 나타나는 전형적인 예를 보여주고 있으며, 비교적 균일한 지반상태를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그림에서 u_2 는 피에조콘 배면에 설치된 간극수압계로부터 얻어진 간극수압을 나타내며, 해당 지점의 정수압과 콘의 관입에 의해 발생하는 과잉간극수압의 합으로 주어진다. 또한 u_i 값은 관입 이전에 존

재하는 간극수압으로 정수압에 해당된다.

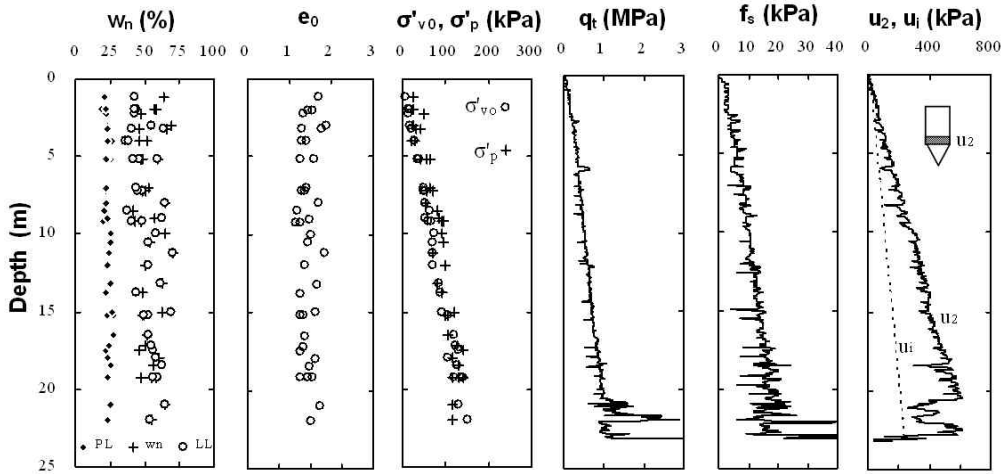


그림 3.2.12 깊이 별 물성치 및 CPTu 시험 결과

(나) CPT 데이터와 s_u 상관관계 연구

다음 그림 3.2.13은 각 시험방법에 따른 비배수전단강도의 심도별 분포를 나타내고 있다. 본 연구에서 적용된 시험은 현장배인시험(FVT), 비배수삼축압축시험(TX-UU), 일축압축시험(UCC) 등이며 각각 그림 3.2.13(a), (b), 및 (c)에 도시되어 있다. 그림에서 보는 바와 같이 TX-UU와 UCC에 의한 결과는 FVT로부터 얻어진 결과와 비교해 볼 때, 다소 작은 값으로 평가되어 있음을 알 수 있다. 회귀분석으로부터 얻어진 분산도 또한 FVT시험에 의한 결과에 비해 큰 것으로 나타났으며 이러한 결과는 시료샘플링과정에서 발생하는 교란 및 시험오차 등에 기인한 것으로 판단된다.

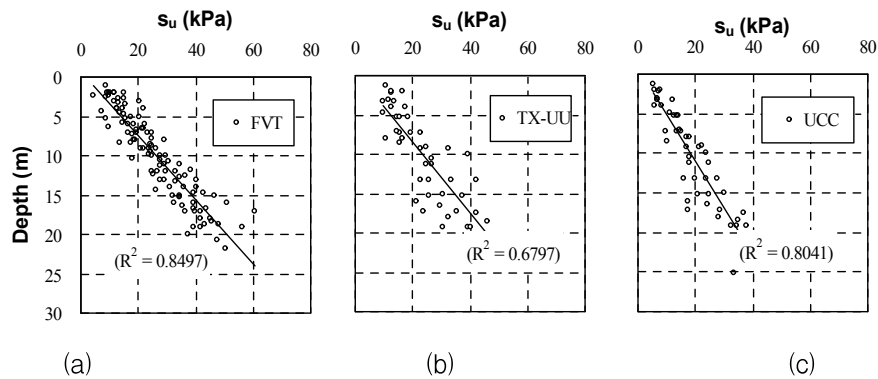


그림 3.2.13 시험종류에 따른 비배수전단강도의 깊이 별 분포

측정된 비배수전단강도를 기준으로 콘계수 N_k 값의 분포 범위를 정량적으로 분석하기 위하여, 그림 3.2.13에 나타난 시험 종류별 비배수전단강도와 동일한 위치에서 수행된 CPTu시험 결과를 직접 적용하여 N_k 값을 산정하였다.

3. 해안 매립지반 내진성능 확보기술 개발

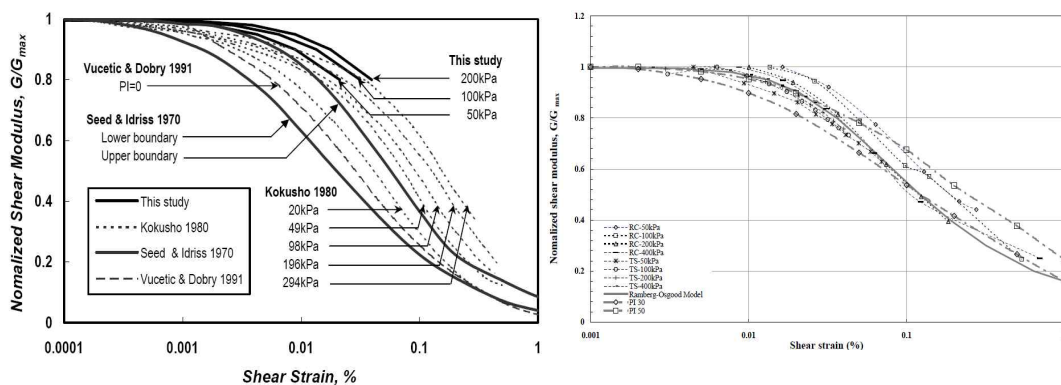
가. 연구내용

(1) 해안매립지반의 동적 변형 특성 파악을 위한 데이터 베이스 구축

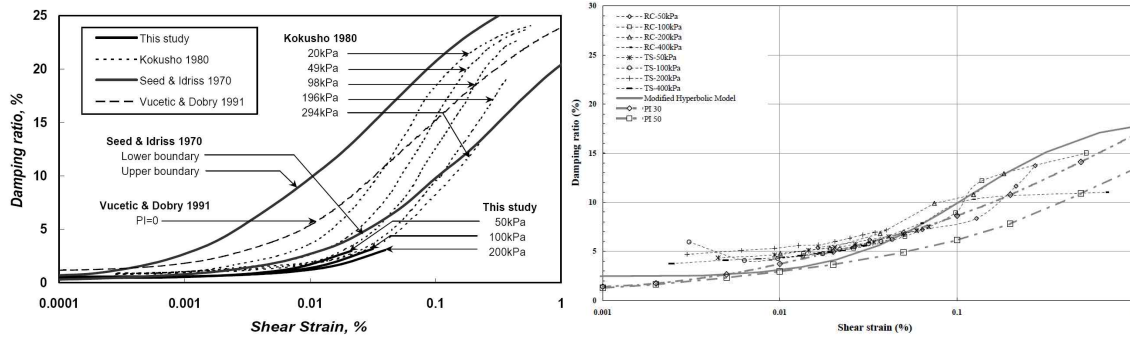
동적물성치와 정적물성치 사이의 통념적인 차이점은 없는 것으로 밝혀지고 있어, 동적 해석에 사용되는 지반물성치를 반드시 동적시험에 의하여 결정하여야 하는 것은 아니다. 바꾸어 이야기하면, 어떠한 시험기법으로 지반의 동적물성치를 정량화할 것인가도 중요하지만 어떠한 방법으로 물성치가 결정 되는 해석 조건에 적합하도록 지반물성치를 합리적으로 결정하는 것이 무엇보다 중요하다.

지반의 동적물성치를 결정하는 기법은 크게 탄성파를 이용한 동적시험, 응력-변형률 관계를 이용하는 정적 또는 반복재하시험, 그리고 표준관입시험의 N 값과 같은 특성치로부터 경험적 상관관계를 이용하여 동적물성치를 추정하는 방법으로 대별된다. 동적인 실내시험에는 공진특성을 이용하는 공진주시험(RC), 자유단 공진주시험(FFRC), 탄성파의 속도를 측정하는 벤더 엘리먼트 시험이 있다. 정적 또는 반복재하시험에는 반복 삼축(압축)시험 및 (반복)단순전단시험 같은 실내시험과, 공내재하시험과 같은 현장시험이 있다 (한국지반공학회, 2006).

본 연구에서는 공진주/비틀전단 시험기와 반복단순전단시험기를 이용하여 지반의 동특성을 연구하였다.



(a) 전단변형률-정규화된 전단계수감소곡선(모래) (b) 구속압별 전단변형률-정규화된 전단계수 감소곡선(점성토)



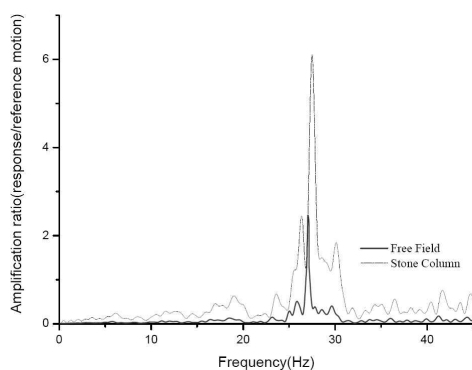
(c) 전단변형률-감쇠비 결과(모래) (d) 구속압별 전단변형률-감쇠비 결과(점성토)

그림 3.2.14 해안 매립지반(모래, 점성토)의 동적변형특성

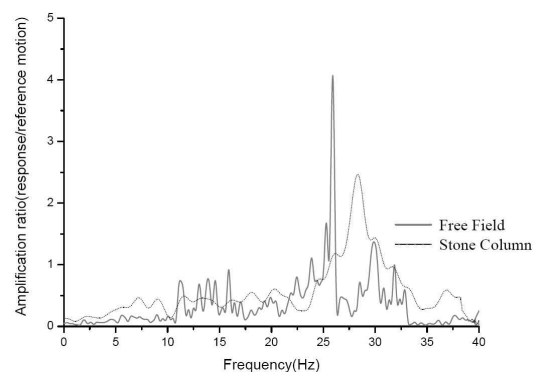
(2) 해안매립지반의 내진성능 확보를 위한 경제적인 보강공법 제시

해석적, 실험적 접근 방법으로 연약지반의 동적거동을 파악하고 이에 적합한 지반개량 공법으로 stone column 공법을 선정하였다. Stone Column 공법은 1994년 Loma prieta 지진 때 액상화 방지에 탁월한 효과를 보였다는 기록이 있으며, 이후 전 세계적으로 액상화 방지 공법으로 가장 많이 사용되고 있는 공법이다. 또한 Stone Column 공법은 연약점토지반을 개량하는 목적으로 개발되어 왔으며, 침하속도 증가, 침하량 감소 지지력 보강의 성능을 가지고 있다. 하지만 연약점토지반 속에 시공된 Stone Column의 내진성능 평가는 연구가 매우 미미하다. 따라서 본 연구에서는 연약점토지반 속에 지반개량 공법으로 적용된 Stone Column의 내진성능 평가를 위해 실험적 접근방법으로 진동대 실험을 실시하고 그에 대한 정량적 평가를 수행하였다.

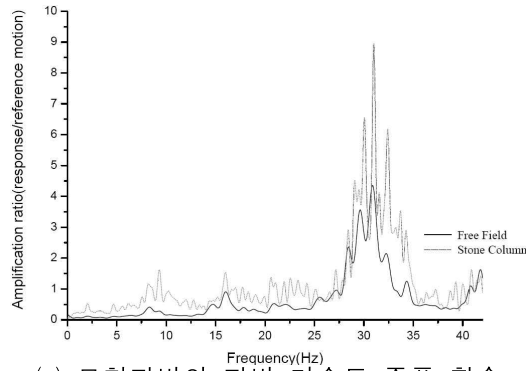
진동대를 이용한 지진모사 실험은 장주기 특성을 가진 Hachinohe파, 단주기 특성을 가진 Ofunato와 Fukuoka 지진파를 사용하였고, 각각 지반 가속도 신호를 구하였다. 가속도 신호는 지반가속도 분포와 증폭 함수, 그리고 응답 스펙트럼에 관한 결과를 산출할 수 있었다. 지진파별로 생성된 지반가속도 증폭 함수를 살펴보면 아래와 같다.



(a) 모형지반의 지반 가속도 증폭 함수
(Fukuoka 파)



(b) 모형지반의 지반 가속도 증폭 함수
(Hachinohe 파)



(c) 모형지반의 지반 가속도 증폭 함수

(Ofunato 파)

그림 3.2.15 각 지진파 별 모형지반의 지반
가속도 증폭 함수

나. 연구결과

본 연구는 해안매립지반의 동특성을 파악하고 그것의 내진성능을 향상시키기 위해 적용된 공법의 성능평가를 하는 것이 주 내용이다. 연구결과에 대한 요약과 결론은 아래와 같다.

(1) 연구대상 지반은 부산 신항 배후 부지중 하나인 웅동투기장과 낙동강 모래지반 으로 한정하였다.

(2) 지반의 기본적인 물리적 특성을 파악하기 위해 물성시험과 압밀시험을 수행하였고, 동특성을 파악하기 위해 공진주/비틀전단 시험, 반복 삼축 시험, 그리고 반복 단순전단 시험을 수행하였다.

(3) 공진주/비틀전단 시험은 낙동강 모래와 웅동 투기장 점토를 대상으로 수행하였고, 커브피팅 기법을 이용하여 동특성 곡선(전단계수 감소곡선, 감쇠비 곡선)을 작성 할 수 있었다.

(4) 동특성 곡선 작성결과, 모래와 점토 둘 다 기존문헌(Seed and Idriss, 1980 및 Vucetic and Dobry, 1994)에 비해 탄성영역이 더 넓게 나오며, 이는 시험방법 및 시편 성형 방법의 차이로 판단된다. 향후 개선된 연구가 필요하다.

(5) 부산 신항의 대표적인 점토를 채취하여 지반개량공법중 하나인 Stone Column 공법의 내진성능 평가를 수행하기 위해 1g 진동대 실험을 수행하였다. 이 연구를 위해 특수형태의 토조(Laminar Shear Box)를 제작하여 사용하였다.

(6) 실험결과 정적인 하중조건만으로 Stone Column 공법을 적용된 지반에서, 단주기 특성의 지진하중이 가해지면, 지반의 고유주기 부근에서 자유장보다 최대 3배 정도의 지

반가속도 증폭이 발생한다.

(7) 이는 자유장보다 Stone Column으로 보강된 지반의 강성이 더 커져, 결과적으로 단주기 성분이 강화되어 나타나는 현상으로 판단된다.

(8) 따라서 정적인 하중조건으로 기 설계 및 시공된 Stone Column 지반은 기존의 성능평가인 정재하 시험과 함께 내진성능 평가를 위해 추가적인 지반조사 및 지반응답 해석이 필요하다.

(9) 대부분의 경우 지반응답 해석을 할 때 Stone Column과 같은 지반개량 공법은 복합지반으로 간주하여 개량된 지반의 물성치로 환산하여 수행하는 경우가 많은데, 이 때 Stone Column의 벌징, 휨, 그리고 전도에 의한 파괴 거동을 간과하는 문제가 발생할 수 있다. 게다가 지진은 특별한 경우를 제외하고는 거의 지반에 수평적인 힘으로 작용하고 시간, 주파수 의존적인 하중이기 때문에 Stone Column은 정적인 하중조건 이외에 추가적인 수평 동하중을 받게 된다.

(10) 지진에 의해 발생한 수평 동하중은 Stone Column에 Local Bearing Failure 또는 Lateral Bearing Failure를 일으킬 수 있으며, 잔류 과잉간극수압을 발생시켜, 추가적인 압밀침하 문제를 야기 시킬 수도 있다.

(11) 특히, 지진으로 인한 잔류과잉간극수압은 Stone Column으로 개량된 지반과 개량되지 않은 지반사이에 압밀시간(과잉간극수압 소산시간) 및 압밀침하량 차이를 발생시켜, 구조물의 사용성에 큰 문제를 가져 올 수 있다.

(12) 따라서 이 문제에 대한 추가적인 연구가 필요하며, 연구방법은 1g 진동대 실험과 수치모델 구성 및 검증으로 진행될 수 있다.

4. 저치환율 변단면 GCP의 시공기술 개발

가. 연구개발의 배경 및 목적

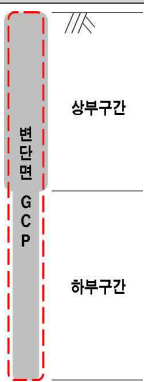
쇄석다짐말뚝공법(GCP)은 여러 연약지반 처리공법 중 지지력 증가, 침하량 감소, 압밀배수 촉진에 의한 지반개량 효과가 있는 효율적이고 경제적인 공법으로 각광받고 있다.

또한, 유럽과 미국, 그리고 일본에서 쇄석말뚝공법이 다양하게 개발되어 활용되어 오면서 국내에서도 점차 활용빈도가 증가하고 있다. 그러나 현재 쇄석다짐말뚝 공법의 시

공방법은 지반 하부에 시공시 높은 압력에 의하여 확경이 곤란하고, 그에 따른 장비의 잦은 정비 등 많은 시간이 소요되고 지반 상부에서는 시공시 상대적으로 낮은 구속압과 케이싱 인발/관입량의 부족으로 충분히 다짐이 되지 못한 상태로 시공되고 있다. 그리고 시공 후 발생된 융기토는 상부 지반에서 채석다짐말뚝과 교란되어 성토시 배수효과를 충분히 발휘할 수 없게 하기도 한다. 이러한 지반상태에서 성토하중 등의 상부하중이 작용하였을 경우 연성말뚝의 주된 파괴형태인 Bulging 파괴에 더욱 취약할 수 있게 된다.

따라서 지반개량공법의 개량체 직경을 깊이에 따라 일정하게 적용하는 것보다 개량체의 직경을 깊이에 따라 효율적으로 적용하는 방안에 대한 연구가 필요하다.

표 3.2.5 등단면 GCP 및 변단면 GCP 개념

구 분	등단면 GCP	변단면 GCP
개 념 도		
- 변단면 GCP가 기존 GCP에 비해 시공이 효율적 ==> 공기단축 효과 - 변단면 GCP가 기존 GCP에 비해 물량 저감 효과 ==> 공사비 저감		

나. 연구결과

(1) 해석 프로그램을 이용한 최적단면 검토

원설계시 GCP는 동일직경 2.0m로 방치기간 3개월 후의 잔류침하량이 9.032cm로 나타났다. 그러나 변단면 GCP(230/200/170)를 적용할 경우 3개월 후 잔류침하량은 8.674cm로 원설계시보다 잔류침하량이 약 0.36cm정도 감소되었다. 또한 최종침하량은 변단면 GCP의 경우 442.975cm로 원설계시 460.033cm 보다 약 17cm가량 감소되었다.

Bishop법으로 안정성 검토결과 상시 최소 안전율이 1.682로 원설계시의 상시 최소 안전율인 1.552보다 안정성이 증대된 것으로 검토되었다. (상시 허용안전율 : 1.3)

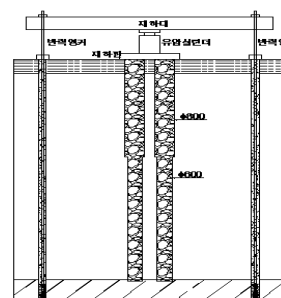
표 3.2.6 잔류침하량 및 안전율 비교(DECALTO, COSTANAK 사용)

구 분	1단/2단/3단 단면(cm)	최종침하 량 (cm)	방치기간 침하량(cm)	잔류침하량 (cm)	방치기간 (월)	비 고
원설계 GCP	200/200/200	460.933	451.901	9.032	3.0	
변단면 GCP	230/200/160	442.975	434.301	8.674	3.0	

(2) 육상부 등/변단면 재하시험 결과



(a) 재하시험 전경



(b) 재하시험 횡단면도

그림 3.2.16 재하시험 전경 및 개요도

표 3.2.7 현장별 군말뚝 및 단일말뚝의 허용지지력 비교

구분		기준 판별법	항복 하중 (tonf)	허용 하중 (tonf)	극한 하중 (tonf)	최소항복 지지력 (tonf)	허용지지력 ($Q_y/2, Q_u/3$)
울산 00현 장	등단면	$P - S$	140	70	—	130	65
		$\log P - \log S$	130	65	—		
		$s - \log t$	140	70	—		
		$\Delta S / \log(\Delta t)$	—	—	—		
	변단면	$P - S$	186	94	—	165	83
		$\log P - \log S$	185	93	—		
		$s - \log t$	165	83	—		
		$\Delta S / \log(\Delta t)$	184	92	—		
울산 00 현장	등단면	$P - S$	60	30	—	45	23
		$\log P - \log S$	45	23	—		
		$s - \log t$	75	38	—		
		$\Delta S / \log(\Delta t)$	58	29	—		
	단말 뚝	$P - S$	83	42	—	68	34
		$\log P - \log S$	68	34	—		
		$s - \log t$	80	40	—		
		$\Delta S / \log(\Delta t)$	84	42	—		
김해 00현 장	등단면	$P - S$	—	25	75	59	25
		$\log P - \log S$	—	25	75		
		$s - \log t$	75	37.5	—		
		$\Delta S / \log(\Delta t)$	59	29.5	—		
	군말 뚝	$P - S$	124	62	—	104	52
		$\log P - \log S$	120	60	—		
		$s - \log t$	130	65	—		
		$\Delta S / \log(\Delta t)$	104	52	—		
김해 00현 장	등단면	$P - S$	—	5.33	16	12	5.33
		$\log P - \log S$	—	5.33	16		
		$s - \log t$	12	6	—		
		$\Delta S / \log(\Delta t)$	15	7.5	—		
	단말 뚝	$P - S$	—	6	18	15	6
		$\log P - \log S$	—	6	18		
		$s - \log t$	15	7.5	—		
		$\Delta S / \log(\Delta t)$	15	7.5	—		

다. 결론 및 종합의견

변단면 GCP 시공기술 개발을 위한 연구로 해상부의 변단면 GCP를 시험시공하여 시공성을 확인하였고 전산해석프로그램을 통하여 등단면 GCP와 변단면 GCP의 압밀침하량 및 안정성 검토를 하였으며, 연구현장의 융기특성을 분석하였다. 또한 육상부 2개 현장에서 등/변단면 GCP를 시험시공하였고 정재하시험을 통하여 지지력특성을 분석하였다.

이들 연구결과를 정리·요약하면 다음과 같다.

(1) 국내 최초로 해상부에서 3가지 형태의 변단면 GCP를 시험 시공하였고, 작업시간과 쇄석투입물량을 비교하여 하부구간에서 소구경형태, 상부구간에서 대구경 형태인 변단면 GCP가 등단면 GCP보다 시공성에서 효율적임을 확인하였다.

(2) 동일한 지층조건과 시공조건에서 등단면 GCP(D=200cm)를 변단면(240/220/200) GCP로 변경 적용하는 경우에 대하여 침하특성 및 사면안정 해석을 수행하였으며 검토 결과는 아래와 같다.

(가) 등단면 GCP의 경우 준치기간 3개월 후 잔류침하량이 9cm였으나 변단면 GCP의 경우 2.25cm로 대폭 감소하는 것으로 나타났다.

(나) 최종침하량은 원설계 474cm에서 424.947cm로 저감되는 효과를 보였다.

(다) 사면 안전율은 1.552에서 1.682로 개선되었다.

(라) 상재하중이 GCP 상부에 직접적으로 작용하고 상부구간의 GCP 직경이 증가되었으므로 벌징에 대하여 안정성이 증가되었다.

(3) 『울산OO현장』과 『김해OO현장』에서 연약지반처리공법은 쇄석다짐말뚝공법을 적용하도록 계획되어 있으며 이들 각 현장에서 등단면 GCP 및 변단면 GCP를 사각형 배열의 군말뚝과 단일말뚝을 시험시공한 후 각각의 경우에 대하여 재하시험을 실시한 결과는 다음과 같다.

(가) 울산 OO현장의 재하시험 결과 변단면 GCP가 등단면 GCP보다 군말뚝일 경우 허용 지지력이 1.28배, 단일말뚝일 경우 1.48배 증대되었다.

(나) 김해 OO현장의 재하시험 결과 변단면 GCP가 등단면 GCP보다 군말뚝일 경우 허용지지력이 2.08배, 단일말뚝일 경우 1.13배 증대되었다.

(다) 변단면 GCP가 등단면 GCP보다 군말뚝과 단일말뚝 모두의 경우에서 침하량이 개선되는 효과를 보였다.

제 3절 친환경 해안 레저공간 확보기술 연구 개발

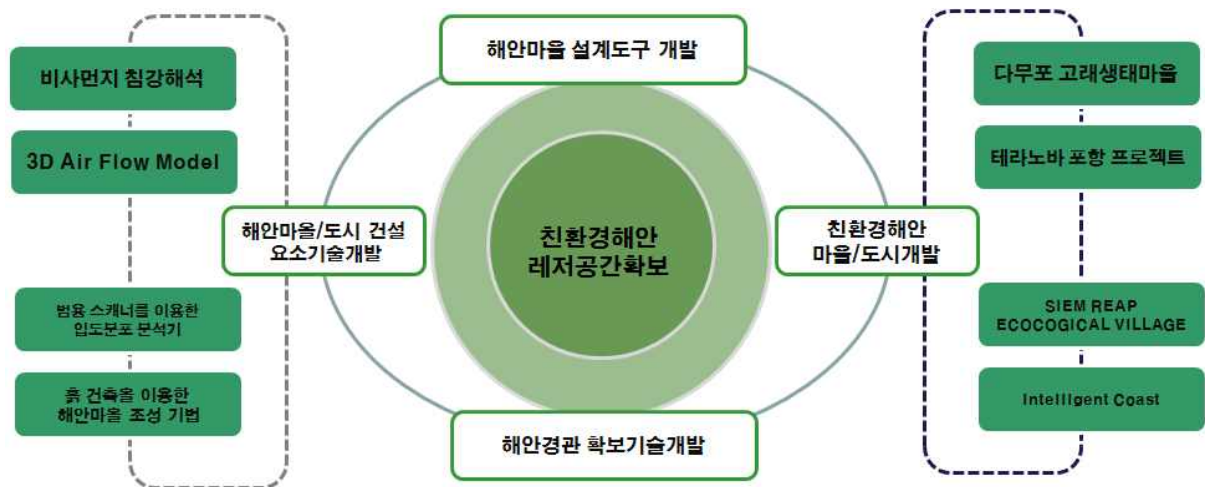
1. 서 론

본 연구는 해안마을/도시의 재창출이라는 주제를 가지고 해안레저공간 확보기술을 개발하는데 목적이 있다. 마을 계획, 마을개발, 지속가능한 발전 및 성공 모델 창출의 4가지 모델을 통하여 공동화 되어 가는 해안지역의 어항어촌을 리모델링하고 자연 문화 자원을 이용한 해안생태마을/도시를 개발을 통하여 최종적인 해안레저공간을 창출할 수 있다.

본 연구의 내용은 고부가가치 해안공간 창출 및 이용을 위하여 친환경적, 생태적, 심미적 해안 및 수변공간을 설계, 건설, 유지하는 기술을 개발한다. GIS, Remote Sensing, 3D Graphics, IT 등의 기술을 생태공학, 환경공학, 도시공학, 건축학, 토목공학, 조경학 등에 접목하여 차세대 해안공간을 창출한다. 대상지역은 해안생태마을, 어업협조형 레저공간, 해수욕장 및 수변공간 등이다. 차세대 해안공간을 창출하기 위한 구체적인 설계도구 개발, 설계가이드라인 설정, 해안공간 활용 및 보전을 위한 제도적, 법률적 여건 분석과 영남권 해안생태마을의 유형화 및 개발가능성 분류, 파일럿트 해안생태마을의 선정 및 마스터플랜 작성, 대규모 해안공간의 쾌적한 공간활용을 위한 비사방지용 식생 기술, 3D 바람모델 개발 및 배후지 개발을 위한 경관 수치시뮬레이션 기술 개발 등이 연구 범위이다.

본 연구의 Vision은 신개념 해안마을/도시 개발 방향 제시를 통한 산업, 관광, 문화, 환경의 통섭적 해안도시 개발, 친화적 수변 공간 확보 및 어촌과 어항 관련 친수공간 조성 연구를 통해 사양화 되어가는 어촌지역 경제의 활성화, 다양한 해안 어메니티를 제공함으로써 증가하는 해안 레저 공간 수요에 대응이다.

본 연구의 활용방안은 해안 도시의 경관, 문화, 관광이 공생하며 보여 지는 관광문화에서 행하여지는 Intelligent Coast 형성, 잡는 어업의 사양화, 낙후되어 가는 어촌, 해안 어메니티에 대한 여가수요 증가 등을 고려하여, 레저와 어업이 복합적으로 연계된 휴양공간 설계에 대해 연구 그리고, 소규모 어항 리모델링, 수변공간 설계 기술, 해안생태마을 조성을 위한 설계지침 개발, 배후단지 조성을 통한 복합 차세대 해안공간의 확보이다.



2. 효과적인 생태마을 계획 및 설계를 위한 GIS 도구 개발

가. 연구의 배경

본 연구는 생태마을 조성계획에서 무엇보다 중요한 것은 지역의 자연/인문환경에 대한 정확한 조사와 이를 기초로 실질적이고 장기적인 조성계획을 세우는 것이다. 또한, 장기적으로 진행되는 마을 조성 과정에서 생성되는 많은 자료들을 체계적으로 정리/분석할 수 있는 방안이 마을 만들기를 성공적으로 수행하기 위해 반드시 필요하다.

나. 연구의 목적

본 연구의 목적은 지구단위 또는 마을단위의 도시설계, 건축설계, 또는 환경계획에 GIS 기술이 어떻게 활용될 수 있는지를 보여주고, 현재 GIS 프로그램 시장을 독점하고 있는 미국 ESRI(社)의 ArcGIS 프로그램이 가지고 있는 비싼 가격과 사용상의 어려움이라는 단점을 해결하여 저렴한 가격과 사용상의 편리성을 가지고 있는 효과적인 생태마을 계획 및 설계를 위한 GIS 도구(software)를 개발하여 상용화 하는 것이다.

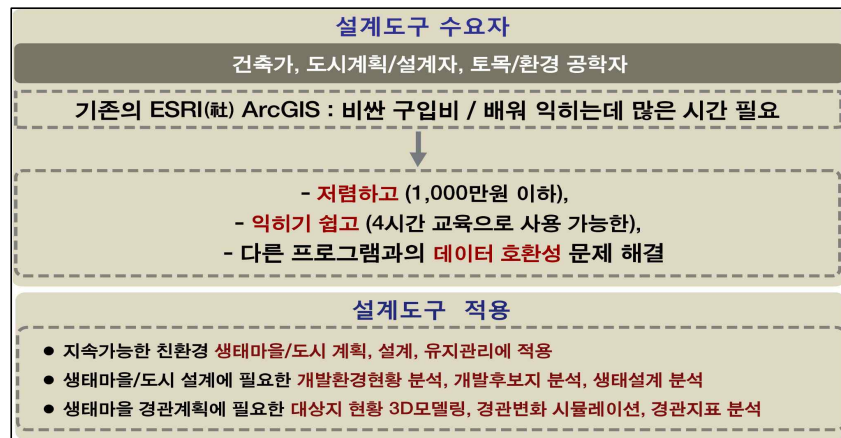


그림 3.3.1 연구의 목적

다. 연구의 과정

(1) 년차별 과정

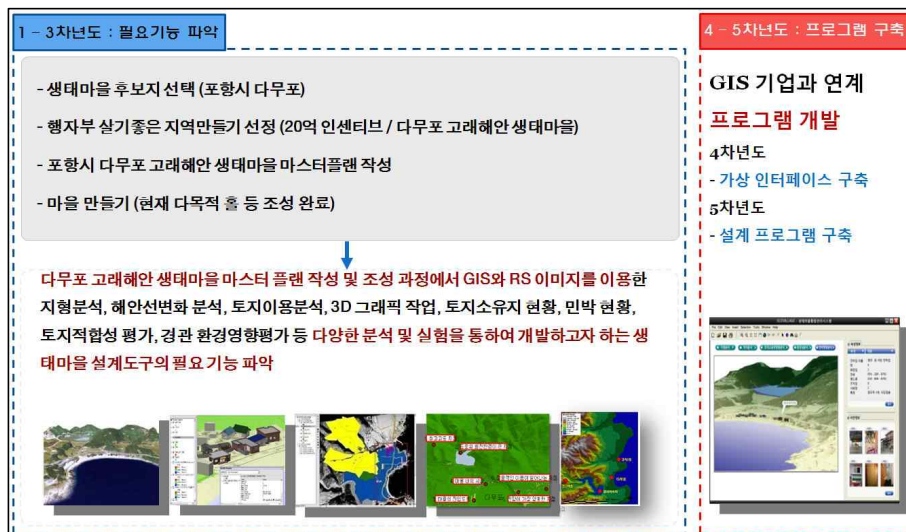


그림 3.3.2 연구의 과정

(2) 협력업체와의 연계

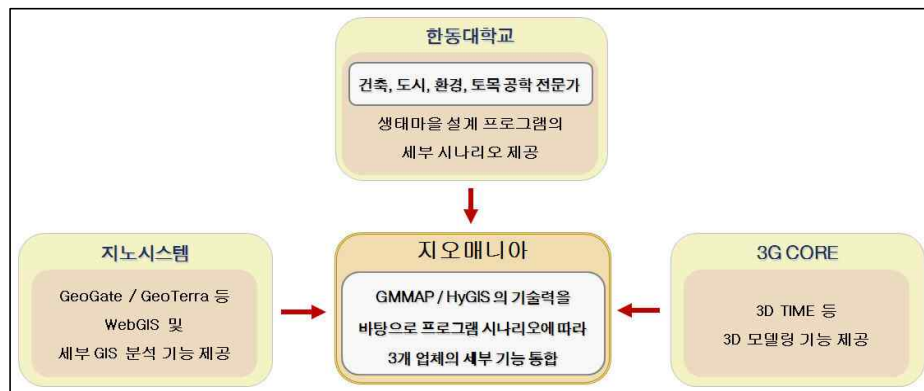


그림 3.3.3 산·학 협력을 통한 프로그램 개발 전략

라. 연구의 내용

(1) 프로그램 구성의 컨셉

GIS와 RS를 활용한 생태마을 설계도구는 그림 과 같이 크게 데이터관리(data management), GIS 분석(GIS analysis), 3D 모델링(3D function)의 세 가지 기능으로 구성되었다.

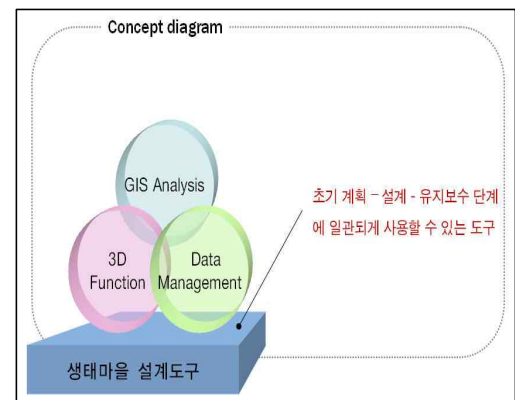


그림 3.3.4 생태마을 설계도구의 컨셉 다이어그램

(2) 생태마을 설계도구의 주요 기능

생태마을 설계도구의 주요기능은 데이터 처리/관리 (data management) 기능과 GIS 분석 (GIS analysis) 기능, 3D 모델링 (3D function) 기능이다.

(3) 프로그램 시나리오 작성

본 연구개발은 국산 기술력을 사용한 프로그램의 개발은 값싼 프로그램의 개발을 유도하기 위함이라면, 시나리오 기반의 프로그램 개발은 사용자가 쉽게 프로그램을 사용할 수 있게 하는 사용자 편의성을 확보에 있다.



그림 3.3.5 기존 프로그램과의 비교를 통한 시나리오 작성의 필요성 확인

프로그램 시나리오 작성을 위하여 우선 시나리오 구성요소를 아래와 같이 도출하였다.

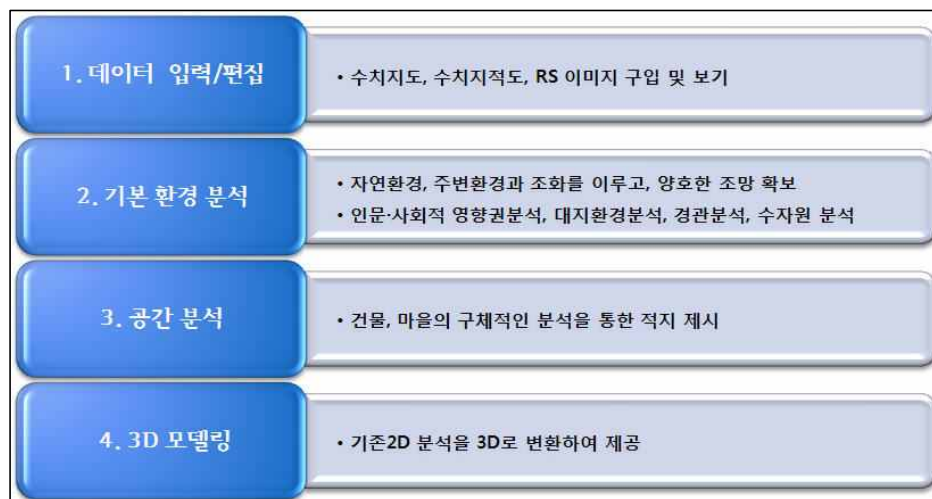


그림 3.3.6 프로그램 시나리오 구성요소 도출

전체 시나리오 알고리즘은 아래와 같다.

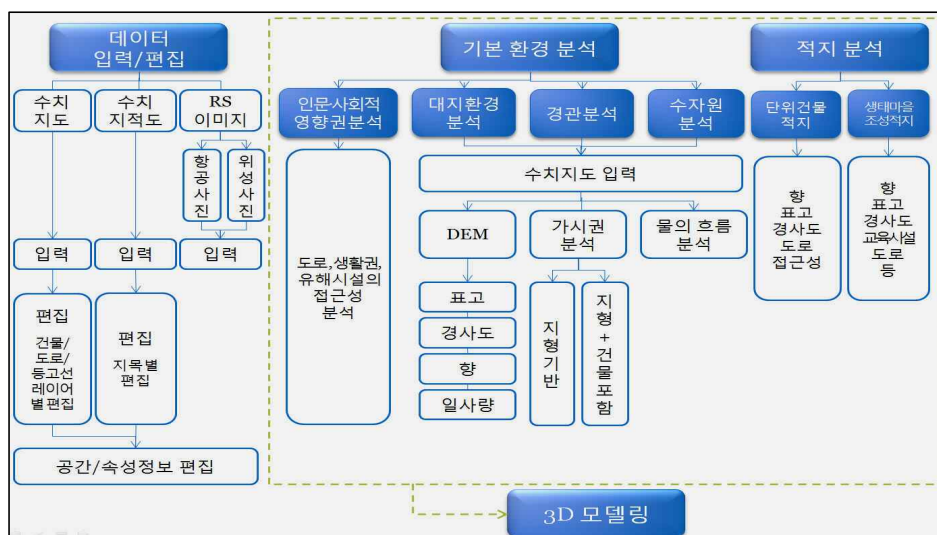


그림 3.3.7 전체 시나리오 알고리즘

기본 환경 분석은 인문·사회적 영향권 분석, 대지환경 분석, 경관 분석, 그리고 수자원 분석으로 구성되어 있다. 인문·사회적 영향권 분석은 도로, 생활권, 유해시설 등의 접근성 분석을 수행하기 위하여 간단한 버퍼(buffer) 기능을 사용한다. 표고, 경사도, 향, 일사량 분석을 할 수 있는 대지환경 분석과 가시권 분석을 할 수 있는 경관 분석, 그리고 물의 흐름을 분석할 수 있는 수자원 분석은 모두 기본 데이터로 수치지도를 입력 받아 DEM을 생성하게 되고, 생성된 DEM을 기반으로 각각의 결과를 산출하게 된다.

적지 분석은 단위 건물 적지 분석과 생태마을 조성 적지분석의 두 분야로 구성되어 있다. 기본 데이터로 수치지도를 입력 받아 향, 표고, 경사도, 접근성 등의 조건을 만족하는 적지 결과를 보여준다.

마지막으로 3D 모델링 분석은 기본 데이터로 수치지도를 입력받아 대상지역의 3D 지형 모델링 작업을 수행하고, 사용자가 분석한 모든 결과물을 3D 지형 위에서 표시할 수 있는 기능을 가지게 된다.

마. GIS 생태마을 설계도구 개발 결과

본 연구에서 한동대학교에서 작성한 시나리오 알고리즘 및 GUI를 바탕으로 협력업체인 지오매니아에서 최종 생태마을 설계도구 시범프로그램을 완성하였으며, 기본적으로 지오매니아 GMMMapBeta2009의 GIS 엔진을 사용하였고, 표와 같은 프로그램 개발 환경, 가동을 위한 사전 요소, 그리고 프로그램 개발 방식의 특징을 바탕으로 독립적인(stand-alone) 프로그램을 개발되었다.

표 3.3.1 프로그램 개발의 개요

프로그램 개발 환경	Visual Studio 2008 (VB.Net)
가동을 위한 사전 요소	지오매니아 HyGIS 2009 Beta
프로그램 개발 방식의 특징	모델 방식으로 개발된 마이크로소프트 닷넷 클래스 라이브러리 모듈(DLL)

본 연구에서 개발된 프로그램의 화면구성 모습은 아래의 그림과 같으며, 메뉴, 도구바, Connection 파일, 지도목록창, 그리고 지도 편집도구로 이루어져 있다. 메뉴의 파일 및 편집 기능 및 지도 편집 도구를 사용하여 자유롭게 벡터 및 래스터 형식의 데이터를 다룰 수 있도록 개발되었다.

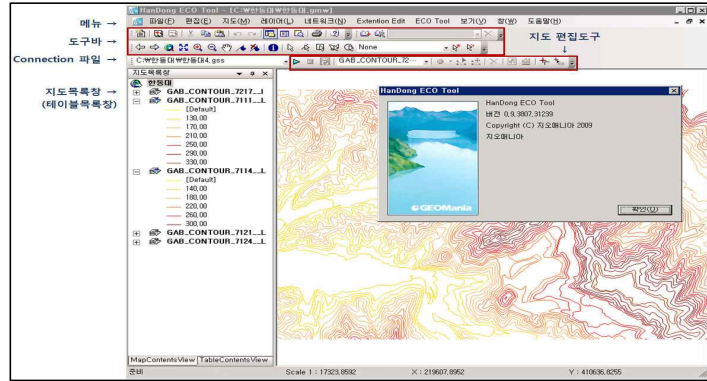


그림 3.3.8 개발된 생태마을 설계도구의 화면구성 모습

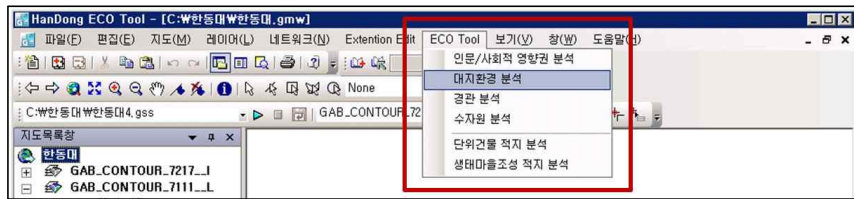


그림 3.3.9 시나리오가 반영된 생태마을 설계도구 작동 모습

3. 해안생태마을 요소기술 개발

가. 어촌 어항개발 관련제도 및 선행연구 고찰

본 연구는 어항 및 어촌의 기능 축소에 따른 유희화 증대와 새로운 장소적 기능 수요에 대한 연구 필요성이 증대되고 해안도시의 새로운 레저공간 자원 및 인프라로서의 어항 및 어촌지역에 대한 자원평가방법의 필요함을 배경으로 한다.

본 연구는 선행연구에 대한 분석을 통해 해안레저공간의 다양한 개념에 대한 조사가 필요하며 선행연구 고찰을 통한 해안레저공간의 주요 대상인 어항 및 어촌 리모델링 과정의 문제의 정의(Define Problems) 및 이미 제시된 해결방안에 대한 종합검토를 하여 실용화를 위한 기초적 관련제도 연구를 통한 추후 제도개선안 마련의 기본 틀 적성을 목적으로 한다.

본 연구의 문제점은 경관형성 및 해안지역의 개발에 대한 종합적 검토가 이루어지지 못하였고 연안지역 전체를 고려한 개발계획의 틀 속에서 추진되고 있는 것이 특징이다. 또한 행정을 담당하는 부서가 없으면 업무가 조직 내에서 여러 부서로 분산되어 관리되고 있다. 선행연구의 시사점을 종합해보면 자족성을 위한 통합적 시스템이 필요하며, 지역 실정에 맞는 유형 구분의 기준을 마련하고, 유형별 설계가이드라인 및 지침을 통해 지역 어업민의 어업과 정주환경 개선을 통한 생활 유지를 해야 한다.

나. 해안 및 어촌 개발에 관한 생태관광마을 국내사례

본 연구는 해안 및 어촌 개발에 관한 생태관광마을 국내사례 조사를 통하여 해안생태마을 조성을 위한 지침서를 기존의 문헌자료에 근거하여 작성하였다. 국내에서 생태마을 만들기를 계획단계부터 시작해서 생태마을 조성을 지속적으로 수행하고 이에 대한 모니터링과 문제점 등을 지역 재디자인, 주민 삶의 질 향상, 지역 공동체 복원, 주민소득 수준 향상 등의 여러 면에서 조망하고 평가한 자료는 찾아 볼 수가 없다. 본 연구에서는 해안공간 및 어촌 친수공간의 분류, 해안생태관광마을의 디자인 원리의 정립을 위하여 기존의 사례조사를 참고하였다. 이러한 친수공간의 분류 및 디자인 원리를 적용하여 다 무포 고래 해안생태마을을 계획단계에서 체계적으로 모니터링 하여 분석하는 기초자료로서 제공하였다.

다. 어항 및 어촌의 평가요소 및 평가지표 개발

우리나라의 경우 공업화 산업화와 함께 급속한 도시화로 인해 어민들은 현재 도시나 농촌 주민들과 비교하여 상대적으로 소득이 저하되었다. 또한 낙후되어진 생활환경으로 인해 정주여건이 악화되어 젊은이들이 줄어들고, 노령화 부녀화의 심화로 지역사회의 활력이 저하됨으로 인해 어촌어항의 활성화를 위해서는 리모델링이 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 어촌어항의 리모델링을 위하여 먼저 국내 및 해외에서의 개발 사례를 살펴보았다. 외국의 경우 개발사업마다의 특징 및 시사점이 있는 것에 비교하여 현재 우리나라에서 시행되고 있는 다양한 개발사업에서는 지역적 특성을 반영하지 않은 획일화된 유형,千篇일률적인 체험마을식 개발 방향, 열악한 제정상태 등의 많은 문제점이 있었다. 따라서 이에 본 연구에서는 지역적 특성을 고려한 지역 활성화를 위해 어촌어항이 공동체 중심지로서의 기능유지 및 지역개발의 토대, 그리고 자연과 조화된 공간으로의 개발이라는 개발방향을 제시하였다.

또한 앞에서 살펴본 외국의 성공사례 및 우리나라 개발제도에서의 문제점 그리고 개발 방향에 비추어 볼 때 차후 어촌어항지역의 개발은 지역의 입지적 기능을 최대한 살리면서 어항이 어민들의 소득을 제고시키는 산업기반으로 발전하기 위해서 소규모 어촌어항의 종합적, 체계적인 개발이 요구된다. 따라서 이런 낙후되어진 어촌어항지역의 활성화를 위하여 낙후지역 개발 시 전문가와 주민의 의식, 평가척도의 개발, 시설 및 경관과의 연계 등의 고려사항을 제시하여 어촌어항 리모델링의 방향을 제시하였다.

라. 어항 및 어촌의 유형화 및 리모델링

우리나라는 지리적으로 좁은 국토에 3면이 바다로 둘러싸여져 있으며 어촌 지역은 예

로부터 농촌지역과 함께 중요한 비중을 차지하고 있다. 하지만 공업화 산업화와 함께 급속한 도시화로 인해 어민들은 현재 도시나 농촌주민들과 비교하여 상대적으로 소득이 저하되고, 낙후되어진 생활환경으로 인해 정주여건이 악화되어 젊은이들이 줄어들고, 노령화, 부녀화의 심화로 지역사회의 활력이 크게 떨어지고 있다.

따라서 어촌어항지역에 대한 삶의 활력소를 위해 어촌어항 리모델링이 시급한 실정이다. 특히 소규모 어항의 경우 가족어업에 바탕을 둔 기반시설로서 한국 수산업의 기초를 유지하는 시설로 전국 어촌의 75%를 차지하고 있는 대다수의 어민들이 거주하고 있는 지역이다. 하지만 대규모의 국가어항이나 지방에 어항에 비해 상대적으로 낮은 투자비율과 관리소홀로 인해 낙후화는 더욱 심각한 수준이다. 또한, 1990년대 중반부터 어촌어항의 낙후지역 개발차원에서 소규모 어항개발사업이 시행되었지만, 단순히 낙후지역에 대한 개발차원에서 이루어져 주변지역과의 관계 및 지역수산업기능, 향후 기능에 대한 체계적인 검토 없이 산발적으로 이루어졌다.

이에 본 연구에서는 이러한 소규모 어촌어항을 대상으로 효율적인 개발방향을 정립하기 위하여 우리나라에서 어촌어항의 개발에 있어서의 문제점을 바탕으로 어촌어항 개발시의 고려사항을 바탕으로 한 리모델링의 방향에 대하여 살펴보고자 한다.

우리나라의 경우 공업화 산업화와 함께 급속한 도시화로 인해 어민들은 현재 도시나 농촌 주민들과 비교하여 상대적으로 소득이 저하되었다. 또한 낙후되어진 생활환경으로 인해 정주여건이 악화되어 젊은이들이 줄어들고, 노령화 부녀화의 심화로 지역사회의 활력이 저하됨으로 인해 어촌어항의 활성화를 위해서는 리모델링이 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 어촌어항의 리모델링을 위하여 먼저 국내 및 해외에서의 개발 사례를 살펴보았다. 외국의 경우 개발사업마다의 특징 및 시사점이 있는 것에 비교하여 현재 우리나라에서 시행되고 있는 다양한 개발사업에서는 지역적 특성을 반영하지 않은 획일화된 유형,千篇일률적인 체험마을식 개발 방향, 열악한 제정상태 등의 많은 문제점이 있었다. 따라서 이에 본 연구에서는 지역적 특성을 고려한 지역 활성화를 위해 어촌어항이 공동체 중심지로서의 기능유지 및 지역개발의 토대, 그리고 자연과 조화된 공간으로의 개발이라는 개발방향을 제시하였다.

또한 앞에서 살펴본 외국의 성공사례 및 우리나라 개발제도에서의 문제점 그리고 개발방향에 비추어 볼 때 차후 어촌어항지역의 개발은 지역의 입지적 기능을 최대한 살리면서 어항이 어민들의 소득을 제고시키는 산업기반으로 발전하기 위해서 소규모 어촌어항의 종합적, 체계적인 개발이 요구된다. 따라서 이런 낙후되어진 어촌어항지역의 활성화를 위하여 낙후지역 개발 시 전문가와 주민의 의식, 평가척도의 개발, 시설 및 경관과의 연계 등의 고려사항을 제시하여 어촌어항 리모델링의 방향을 제시하였다.

마. 어항어촌 리모델링 프로시저 매뉴얼

우리나라의 어촌은 인구 및 소득 감소로 인하여 타 지역과 비교해 낙후의 정도가 심각한 수준이다. 최근 소득의 증대, 주5일근무제의 도입 등으로 관광산업에 대한 수요가 증대하고 있어 지역의 경제를 활성화시키기 위한 방안으로 다양한 관광자원이 개발되고 있

으며 어촌어항은 관광개발 잠재력이 매우 큰 지역이라 할 수 있다.

그러나 공공부문 주도의 관광개발 사업은 성공확률이 매우 낮으며 어촌지역의 무분별한 개발사업으로 지역 정체성 훼손 및 난개발을 부추길 가능성이 존재하기 때문에 차세대 해안공간 리모델링 프로시저를 통하여 주민의 적극적 참여를 유도하고 지역의 고유성을 보호하며 최소한의 개발을 통한 어촌 환경의 보호가 필요하다.

바. 어촌관광 활성화 방안에 대한 연구

어촌지역의 대표적 관광 개발사업은 어촌체험마을조성사업이라 할 수 있다. 2001년부터 조성되기 시작한 어촌체험마을은 2007년말 현재 87개이다. 그러나 조성된 이후 많은 지역이 활성화되지 못하고 있는 실정이다. 개발도 중요하지만 개발이후의 관리 역시 매우 중요하게 다루어져야한다.

기존의 연구를 살펴보면 어촌·어항의 관광개발 쪽에 치우쳐 있으며 개발이후의 활성화 방안의 연구는 부족한 실정이다. 따라서 국민의 세금으로 투자된 사업이 본래의 목적을 달성하기 위하여 사업후의 관리적 차원의 연구가 필요하다.

본 연구는 어촌관광의 개발 및 체험의 문제점을 고찰하고, 어촌체험관광의 활성화를 위한 방안을 모색하는 것을 목적으로 한다.

어촌체험마을 조성사업은 이러한 배경에서 성공가능성이 매우 큰 사업이다. 그러나 현재의 어촌체험마을 조성사업은 물리적 환경의 개선에 집중되어 있어 사업 완료 이후의 관리적 측면에 대한 관심이 부족하다.

사. 어촌어항 리모델링 활성화 방안 연구

어촌과 관련된 사업은 시군읍면 단위 사업으로 농촌 정주기반 확충 사업이 있으며 마을 단위 사업으로 어촌종합개발사업, 어촌체험관광마을조성사업이 있고 단위시설사업으로 농어촌도로정비사업, 농어촌다목적광장조성사업 등 개발주체별로 다양한 사업이 진행되고 있다.

본 연구는 어촌어항의 리모델링 문제점을 고찰하고 그 활성화 방향을 제시 하는 것을 목적으로 한다.

본격적인 산업개발의 붐이 일어난 70년대 이후 도시와 농촌의 경제, 산업, 문화적 격차는 시간이 지날수록 심화되고 있다. 특히 어촌어항의 경우 인구와 소득의 감소로 지역의 낙후가 더욱 심화되고 있는 추세이다. 어항어촌의 낙후를 막고 새로운 기능과 경제적 활력을 부여하기 위하여 다양한 개발주체들에 의한 사업들이 추진 되어야 하며 개발 주체의 다원화는 한 지역 개발에 중복투자, 예산의 소규모화 등의 문제를 발생 기킬수 있다. 따라서 어촌어항 리모델링의 활성화를 위하여 주민 참여를 적극적으로 유도해야 하며, 관광개발에 대한 교육사업의 실시 등이 필요하다.

아. 동해연안권 개발방안 연구

본 연구는 경북 동해안 지역의 물리적, 환경적 현황을 파악하고, 이들 지역이 특성화된 관광산업과 함께 환경친화적인 개발을 이룰 수 있는 대안을 모색하는 데 있다.

본 연구는 첫째, 경북 동해안지역을 개발가능 유형별로 구분할 지침을 마련해 볼 것이며, 둘째, 각 유형에 맞는 개발방향을 연구할 것이다. 그 개발방향은 그 지역의 경제활성화는 물론 자연재해방지, 환경친화개발, 지역특성화, 선택과 집중, 지역네트워킹 등의 원칙들을 포함할 것이며, 본 연구에서는 동해안 연안권을 크게 4가지 타입으로 분류하고, 각각에 맞는 개발방향을 제시하였다.

우선 지역의 크기, 인구, 산업 및 특산물, 물리적 형태, 역사, 대도시 및 항만과의 거리 등을 바탕으로 해안지역을 유형을 분류 해 볼 것인데, 본 연구에서는 지역을 다음과 같이 크게 4가지로 분류하였다.

- (1) 대도시 지역 혹은 개발가능지가 넓은 지역
- (2) 중소규모 도시 혹은 중소규모 개발이 가능한 지역
- (3) 어촌 및 자연취락지역
- (4) 자연녹지 및 보전지역

위에 제시된 유형에 따라 알맞은 개발방안 및 정책을 제하고 대도시 및 개발가능지가 넓은 지역은 동해안권의 관광허브의 역할을 감당 할 수 있도록 비교적 대규모의 개발, 소규모 도시지역은 중소규모의 개발을 시도하되 허브지역과의 네트워크 속에서 상생발전 할 수 있도록 제시하였다. 어촌 및 자연취락지역은 소규모의 체험형 생태관광활성화 측면에서 개발방향을 제시하였다. 그리고 자연녹지지역은 동해안의 대부분 지역을 차지 할 것으로 보는데, 개발을 제한하여 자연환경을 보전하되, 백사장이나 도로유실을 방지하고 지역에 따라 가능한 제한적인 시설들을 연구하였다. 물론 4개의 분류 안에도 여러 가지의 소분류가 있을 수도 있으며, 상황에 맞는 유연성 있는 개발방안들이 제시 될 수 있을 것으로 본다.

자. 비사/먼지 침강 해석

본 연구는 대기중의 비사/미세먼지 침강 과정 해석을 위한 이론적 역량 확보 및 전산 수치 해석을 통한 비사/미세먼지 침강 과정 해석을 위한 이론적 능력 기반 확보이다.

본 연구의 범위는 비사/미세먼지의 침강 과정에 관한 자료 조사 및 분석, 침강의 전산 해석을 위한 이론적 기반 확보, 전산 프로그램 AERMOD 를 활용한 모의 침강 상황 해석 이다. 이를 위하여 이론적 분석 방법으로 침강속도를 사용한 건식 침강 모델의 이론을 분석하고 이론을 바탕으로 만들어진 모의실험 프로그램으로 분석하였다.

AERMOD를 이용하여 실제 지표면 상황에서의 대기중 입자의 하강 과정을 분석하고자

하였다. 모의 실험을 통해 대기 중의 입자 플룸의 하강 현상은 중력에 의한 건식 침강이 주요 원인으로 작용함을 보였으며 이들의 균형에 따라 플룸의 형태가 다양하게 다른 모습으로 나타남을 알 수 있다. 본 연구에서는 다음과 같은 결론이 도출되었다.

첫째, 실제 복잡한 지형에서 입자 오염원 물질 확산 예측에 AERMOD가 유용하게 사용될 수 있다. 둘째, 배출 오염원의 온도가 주위 대기 온도보다 높으면 오염원 물질 분포 plume 이 상승하여(부력 효과에 의함) 원거리로의 이동이 강화된다. 셋째, 수평면 상에서의 지형 분포 변화 양상이 입자 오염원 plume 의 중심 부분 최대 농도치 변화에 미치는 영향은 미약하다. 넷째, 오염원 입자의 크기가 증가하면 오염원 분포 양상의 하강이 강화되어 지형 분포 변화에 의한 영향이 증가한다. 다섯째, 실제 지형에서 입자 오염원의 거동은 입자의 하강(중력 효과에 의한 건식침강)과 상승 효과(부력에 의함)가 균형을 갖추어 작용한다.

차. AIRFLOW ANALYSIS AS A PLANNING TOOL

Air flow can have significant effect on the air quality as well as thermal performance in a region, a city, a neighborhood, and to an individual building or groups of buildings. In light of recent developing problem of the dust particles traveling from China to Korea in a much more frequency, the need for air flow studies are justified. The primary goal of this paper is to create a general framework in understanding air flow by investigating into mechanics of air flow and its effects. The goal for this report is to have the designers use the material provided as a guideline and a reference as they master plan the physical environment.

Air flow is a complex natural phenomenon that is altered by both the natural topography and artificial structures. Therefore, task of predicting a precise air flow becomes very difficult with many different variables that dictate its flow. Within the natural topography, there are macro and micro level of air flow. Overlaying the topographical issues, there are built environments that affects the environment in a micro climate level. The aim of this study is to have the planners be aware on these two issues; topography as a determinant of air flow and built environment as a determinant of air flow.

The tools for air flow analysis are both computational and physical such as wind tunnel. The computational tools are much more accessible and easier to use; and pose no constraint in the problem of scaling down of the buildings when studying natural ventilation of the building internally. For larger site with complex of the buildings, land topographical models and studies on the pressure coefficients on the surface of the buildings, wind tunnel is a traditionally a good tool to be used. In the future studies we will be using computational method, simply because it is most readily available tools and that no wind tunnel is available for academic research

purpose in this region.

The goal of this project is to help the planners understand the issue of air flow as they plan the communities along the coastal region. By having insight into airflow the aim is to have them predict the consequences of having certain planning decisions. The aim of this project therefore is to have the planners plan effectively with the consideration of airflow and its effect on the energy consumption. Since the focus of this project is on the planning the built environment, the character of this project concentrates on various airflow movements around its physical settings, natural and artificial, rather than data based hardcore engineering frame work.

First part of this project is on the subject of air flow on the topography. This stage of report is to set the frame work and actual computational fluid dynamics (CFD) shall come on next stage of the report.

The second part of this project is to see the impact of air flow by the structural masses. Series of massing examples are identified and discussed. Testing with CFD for the structural massing shall be given on next stage of the report, as a team work with others involved with the computation of wind analysis.

The coastal land requires a special planning guideline since the edge along the coast requires a delicate balance between the ocean life and the land that lines the waterfront. One of the amenities that the water front has is the openness of the space along the coastal line. Hence, much of the air that can be transferred from the open space along the coastal line can be used to the advantage in planning the new developments along the coastal lands.

The intent of this report is to have the general understanding of complex character of airflow; however there is always a room to develop such an understanding to expand to more detailed data oriented studies.

For instance, on the paper published by Lam at Carnegie–Mellon university (Lam, 2005), when calculating a speed of the wind, the authors states that the macro level data can be adjusted by using a mathematical equation $v/v' = (H/10) / [(H'/10)^{0.14}]$, where v is the wind speed at height H , with H as the height of the building, v' is measured wind speed (m/s), H' is the height of wind speed measurement which is normally at 10m above the ground, and are terrain parameters (unprimed values refer to the location of the building, prime values refer to the location of weather station) (p.13, Lam, 2005).

To be able to apply this studies as a planning tool, a study should be expended to creating or operating with an existing computational modeling program. This paper is presenting various design tools that can be used in regards to airflow. It will be useful than to develop a computer aided tools to test various environmental setting in a real site conditions along the Eastern Coast of Peninsula.

카. 대기 수치모형 프로그램 개발

본 연구에서는 수치모의 실험에 대한 전문적인 지식을 갖추고 있지 않는 사용자들도 간편하게 사용할 수 있도록 하기 위해서, 대기 흐름 해석을 위한 수치모의 프로그램을 개발하였다.

수치모의 실험은 컴퓨터로 유체의 질량 및 운동량 방정식을 풀어내는 것을 말하는 데, 수치모의 실험이 연속적인 수학 방정식을 불연속적인 식으로 변환하는 과정에서 불가피하게 오류가 발생한다. 그 외 수치해석 기법에 따라서 안정성 문제가 발생하여 해가 발산하는 경우도 많이 발생한다.

이러한 이유로 본 연구에서는 다음의 사항을 염두에 두고 소프트웨어를 개발하였다.

- 계산 조건에 관계없이 소프트웨어의 안정적 구동
- 적용 계산 조건의 간략화
- 계산 결과의 정확성
- 입력 자료의 간단화

본 연구에서는 대기 역학 및 CFD를 잘 모르는 비전문가들도 사용하는 것에 염두에 두고, 대기 수치모형을 개발하였다. 이를 위해서, 본 연구에서는 음해법을 도입하였으며, 계산 조건 및 입력 자료를 최대한 간단화 하였다.

본 연구에서 구축한 수치모형을 T0215 Rusa가 상륙했을 당시의 부산항 주변에 적용하여 관측 결과와 비교하였다. 이 때 당시, 부산항 주변에서는 약 21.2 m/s 의 풍속이 관측되었는데, 이는 부산 시내의 극한 풍속 분석 결과에 의하면, 약 1.6 년의 재현 주기를 가지는 바람이었다.

수치모의 실험 결과, 계산 결과는 최대 풍속이 약 25 m/s 로 나타나고 있는데, 이 때의 풍속은 2002년 8월 31일 16시경에 나타나고 있다. 반면에, 관측 자료에서는 21.2 m/s 의 풍속 2002년 8월 31일 22시에 나타나고 있다. 당시 태풍이 2002년 8월 31일 15시 30분경에 전라남도 고흥에 상륙한 것으로 볼 때, 관측 자료에 약간 이상이 있음을 추정해 볼 수 있다.

타. 스캐너를 이용한 모래입도분포 분석 알고리즘 개발

본 연구에서는 기존의 표준체분석법의 대안으로 일반 상업용 평판스캐너를 이용한 입도분석 방법을 제안하였으며), 체분석방법과 비교하여 정확도를 비교 검증하였다.

현재 시판되는 상업용 평판스캐너의 해상도는 1200, 2400, 3600, 4800 dpi(dot per inch) 정도 이다. 1200 dpi 스캐너의 경우 1인치(약 25.4mm)의 직선을 나타내기 위해서 1200개의 점이 사용되는데, 이로부터 해상도 1200dpi의 스캐너를 사용한 입자 최소 분석범위가 약 21 μ m인 것을 알 수 있다. 예를 들면, 입경이 약 0.4mm인 모래 입자를 실제 1200dpi 해상도의 상업용 평판스캐너를 이용하여 스캔한 결과인데 여기서 모래 입자를 구성하는 작은 정사각형들의 한 변의 길이가 21 μ m이다. 모래의 입자의 최소 직경

이 60 μ m이고 표준체 분석법에서 사용하는 체의 최소 눈금이 75 μ m인 것을 고려해 볼 때 1200dpi 해상도를 가진 상업용 평판스캐너를 이용하여 모래 입자의 크기를 분석 할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 현재 상업용 스캐너의 해상도는 계속해서 증가할 것으로 기대되므로 스캐너를 이용한 입도분포 분석법의 정밀도는 계속해서 향상될 것으로 기대 된다.



그림 3.3.10 모래입도 분석기 시제품 모습

파. 경사지 진입로에 따른 공간배치유형에 관한 연구

본 연구는 경사지가 많은 대한민국 국토의 특성을 살린 해안 레저공간 확보에 대한 친환경적 접근을 계획 컨셉트로 한다. 아름다운 해안선을 지닌 우리나라 국토는 70%가 산으로 구성되어 있는 관계로 지형의 특성상 경사지면적이 상대적으로 많고, 특히 동해안의 경우 태백산맥의 지형적 특성이 해안 경관에 크게 나타나 있다. 그러므로 본 연구는 경사지를 활용한 해안 레저 공간 구축을 목표로 한다.

본 연구에서 다무포지역의 서쪽 능선지대의 특성을 분석하고 경사각도 및 진입유형에 따른 공간배치의 특성을 적용한 결과 북쪽 능선상에 0-10도의 완만한 경사도를 가지는 지역은 초기 개발시 진입로로 활용가능하며 산 정상을 중심으로 동쪽지역은 아름다운 전망이 제공되는 장소로서 그 지역의 공간배치는 “상부→하부”로의 개발이 이루어지는 것이 타당하다고 판단된다.

본 연구결과를 바탕으로 적절한 가이드라인의 부재로 활용되어 지지 못하고 있는 대다수의 해안 경사지에 진입로 유형에 따른 공간배치 가이드라인을 적용함으로써 좋은 전망과 접근성을 가진 장소로서 가치를 부각시키고 친환경적 이고 공간이용 효율적 공간계획이 가능할 것으로 판단된다.

하. 흙과 사람과 빛이 어우러진 - Soil Pent House Design -

포항을 첨단과 생태의 조화를 동시에 이루어 내면서 포항의 농업특성화를 통한 삶의 질을 높이기 위해서는 흙과 함께 흘러온 포항의 역사, 문화, 생태를 중심으로 하여 생태적 친환경 도시로서의 발전이 이루어져야 한다. 본 계획에서는 국내 모범에코도시 포항의 비전을 이루기 위해 포항 다목포 Soil Pent house를 흙을 중심으로 하여 포항의 빛과 흙과 사람이 어우러져 이루어 온 문화를 담는 공간으로 재창조하고자 하였다. Soild Pent House는 지역생태자원인 흙을 재료로 하였으며, 자연환기 및 채광시스템을 도입하여 어린이부터 노인까지 Soil Pent House 휴양을 통해 건강한 삶을 누릴 뿐만 아니라 흙과 관련된 자연요양 및 생태체험의 장이 될 수 있는 생태주거문화를 제시하고자 하였다.

거. 흙건축 재료의 특성과 벽체의 구조해석을 통한 안정성 평가

차세대 해안 공간 개발에서 있어서 해안에 위치한 기존의 어촌들을 생태마을 형태로 조성하는 것이 바람직한 대안으로 대두되고 있다. 생태마을이란 주거 분야에서 지속 가능한 개념을 근거로 하는 바람직한 대안적 주거 모델로서 현대 사회에 하나의 주거 양식으로 인식되고 있다. 최근 이러한 생태마을의 개념은 급속히 확산 되고 있으며, 전국 각처에서 도입되고 있다. 생태마을의 건설은 건축분야를 포함하는 모든 구성분야에서 환경친화적으로 조성되어야 한다. 특히 생태마을을 목적으로 이루어지는 건축은 생태재료의 사용이 필수적이며, 현지에서 구할 수 있는 재료를 활용한다면 더욱 바람직할 것이다. 그러나 최근 생태마을의 무분별한 도입은 생태재료와 해당 지역에 대한 사전 연구 없이 조성되어 본래의 취지에서 벗어나는 결과를 초래하고 있다.

현재 포항의 다목포 마을에 고래를 테마로 하는 생태마을이 도입 되고 있다. 이 마을은 해안공간을 활용한 곳으로 장기적인 계획아래 다양한 분야에서 연구가 이루어지고 있다. 본 연구는 이곳에 건축될 흙집에 대한 사전 연구로 진행되었다. 앞선 연구에서 흙의 강도를 평가하기 위해 두 번의 실험이 진행되었고, 이번 연구에서는 앞선 실험의 결과를 바탕으로 MIDAS를 이용한 구조해석을 수행함으로써 실제적인 적용에 초점을 맞추었다. 흙집에 대한 설계도는 별책에 따로 나타내었으며 이를 바탕으로 벽체를 모델링하고 그 안정성을 파악하였다. 연구에 대한 축적된 자료가 많지 않고, 해안에 위치한 특수한 상황임을 감안한다면 이번 연구는 더욱 의미가 있으리라 사료된다.

너. 해안생태마을 조성을 위한 생태서식지 복원 지침서

본 연구는 해안생태마을 조성을 위하여 생태서식지 복원 지침서를 작성함으로써 해안 생태마을 구성에 필요한 다양한 구성 요소들을 실용적으로 활용하기 위하여 제시하였다.

이에 생태연못의 조성, 생물종의 도입기법등을 지침서로 제시하였다. 생태연못의 조성은 습지의 한 유형으로, 도시화와 산업화 등으로 훼손되거나 사라진 자연적인 습지를 대

신하여 다양한 종들이 서식할 수 있도록 조성된 인공습지의 유형 중에 하나이다. 생태마을에는 생태계의 복원이 이루어져야 하는데 생태계의 구성원인 동식물의 생명의 출발점은 물에서 시작된다. 따라서 생태연못의 조성은 생태계 복원의 중요한 시작점으로 본 연구에서는 생태연못 복원 지침서와 현재 사라져 가는 반딧불이의 육성에 관한 지침 또한 제시하였다. 이러한 지침을 기준으로 한동대학교 생태연못을 시범조성단지로 조성하여 실제 적용하였다.

더. 해안생태마을 조성을 위한 지침서

현재 한국의 해안 및 어촌마을들은 폭풍 및 해일로 인하여 해안 백사장이 유실되는 경향이 크고, 무분별하게 혹은 무계획적으로 건설된 각종 구조물들로 인하여 주변 생태환경이 파괴되고 오염물질이 쌓이는 등 많은 문제점을 보여 주고 있다. 또한 이러한 마을들은 계획된 곳이기 보다는 자연발생적인 도시이기 때문에 공공시설 및 주거환경의 협소하거나 낙후되어 있어 주민들의 생활환경이 매우 열악한 편이다. 이들 마을들은 그 면적의 크기, 인구, 산업 등이 매우 다르고 물리적 형태, 역사 및 전통, 대도시 및 항만과의 거리 등이 서로 다르다. 이들 해안 및 어촌마을들의 유형을 분류하고, 각각의 유형에 따라 알맞은 개발방안 및 정책을 제시하여야 한다. 물론 개개의 특성에 따라 어느 정도의 신축성은 있어야 할 것이지만, 몇 개 유형에 따라 표준화된 개발방안 및 정책을 제시하는 것은 시행부서에게 시간을 절약해 주기 위한 이유와 혹시나 있을 수 있는 잘못된 판단이나 비합리적인 결정을 줄이기 위함이다. 요즈음 각 지자체마다 특성화개발을 내세우며 테마관광, 생태관광 등을 내세우고 있지만, 모든 지자체들이 혹은 모든 해안마을들이 테마관광지화 하여야 할 이유가 없다. 열개의 마을 중 한 두개가 그렇게 개발이 되고, 나머지는 지금까지의 살아온 모습을 거의 보전하면서 위험요소 제거와 생활편의 향상을 위한 방안 수립이 더 중요할 것이라고 본다. 이에 본 연구는 해안생태마을 조성을 위한 해안 및 어촌마을의 유형을 분류하고 각각의 유형에 따라 알맞은 개발 방안 및 정책을 제시하였다.

4. 친환경 해안경관 및 해안공간 확보기술

가. 수변공간개발 관련 제도 및 선행연구 고찰

(1) 연구의 배경

수변공간(Waterfront)의 기능 축소에 따른 유희화 증대와 새로운 장소적 기능 수요에 대한 연구 필요성이 증대되고 있다. 그래서 신개념(新概念)의 수변공간(Waterfront)의

도입방안 검토가 필요하며, 이를 위해 관련제도 및 선행연구에 대한 DB 구축이 선행되어야 한다.

(2) 연구의 목적

선행연구 고찰을 통한 수변공간의 주요대상인 해안, 항만, 어항 및 어촌공간의 문제의 정의(Define Problems) 및 이미 제시된 해결방안에 대한 종합적인 검토가 필요하다. 그리고 실용화를 위한 기초적 관련제도 연구를 통한 추후 제도개선안 마련의 기본 틀 작성하고, 수변공간의 구성에 따른 경관요소 및 경관평가방안을 마련하는 것을 목적으로 한다.

(3) 문제점 및 시사점

(가) 문제점

문제점을 물리적, 제도적, 행정적 측면으로 구분하여 검토를 해야 한다. 경관형성 및 해안지역의 개발에 대한 종합적 검토가 이루어지지 못하였고, 경관관리를 위한 제도나 계획의 부재로 인해 난개발 및 경관의 부조화를 보이고 있다. 또한 연안 지역 전체를 고려한 개발계획의 특 속에서 추진되고 있는 것이 특징이나 향후 경관계획 수립이나 경관 정비, 연안·배후지역간의 전체적인 구조파악이 필요하다.

(나) 시사점

선행연구의 시사점을 종합해보면 지역 실정에 맞는 유형 구분의 기준을 통일성, 독자성, 차별성 유지로 보면서 유형별 설계가이드라인 및 지침을 두고, 경관형성과 관리를 위한 기준과 기법을 마련해야 한다. 또한 해안지역의 관리를 위한 제도로 통합적 관리, 개선 및 규제가 필요하고 계획 전 경관검토를 위한 제도 역시 준비해야 할 것이다.

나. 워터프런트 경관계획 및 설계 실험 연구 - 여수시를 중심으로 -

여수시는 전라남도에서 수려한 자연환경과 해안과 인접한 관광지를 보유한 지역으로 최근 정주환경에서 가장 중요시 되고 있는 경관에 대한 높은 가치를 지니고 있다.

하지만 여수시의 우수한 경관자원을 활용하지 못하고, 지역적, 역사적 특성을 무시한 도시개발로 인해 무개성화, 획일화 등의 고유의 경관 아이덴티티의 전달 미흡이라는 결과를 초래하였다.

따라서 본 연구는 여수시 경관자원을 보전, 개선, 창조 및 육성할 경관관리방안을 마련하여, 도시경관의 미래상을 제시하고 도시경관자원의 고부가가치화와 도시경쟁력을 강화하는 것을 목적으로 한다.

본 연구의 연구방법으로는 여수시 워터프런트의 경관자원 및 유형을 조사·분석하여 경관과제를 해석하고, 이를 해결하기 위해 해안경관 형성방안을 수립하고 이를 공간적 범위를 대상으로 적용하는 실험설계를 실시하였다.

본 연구는 여수시 도시경관의 미래상을 제시하고 도시경관자원의 고부가가치화와 도시경쟁력을 강화를 시키기 위하여 경관자원을 보전, 개선, 창조 및 육성할 경관관리방안을

모색하는 것 이었다. 여수시 해안의 워터프론트를 사례로 경관구조를 분석하고 해석하여 워터프론트 경관형성 방안을 제시하였다.

또한 워터프론트 경관형성을 위한 실험설계를 통하여 계획내용을 실제 적용할 수 있는 방안을 제시하였다.



그림 3.3.11 진남관 일대 실험설계 결과



그림 3.3.12 소매시장 일대 실험설계 결과

다. 미래지향적 도심 해수욕장 설계 매뉴얼 및 지침서

급속한 인구증가와 개발압박에 따른 절대적 가용토지의 부족 현상을 초래하였고 따라서, 개발논리가 우선한 계획이 해안이용의 효율적 기능을 무시하고 해안의 무질서한 개발을 선도 하였다.

이 중 친수공간으로서의 해수욕장의 역할이 중요시 되는데 우리나라의 해수욕장은 전반적으로 토지이용 및 도로, 경관체계가 획일적이며 난개발이 되어있으며 해수욕장을 통합적으로 관리하는 방안도 드문 실정이다.

이에 각 해수욕장의 특성에 맞는 친환경적이며 지속가능한 개발(ESD)이 가능한 토지이용, 도로체계, 경관체계의 확립이 중요시된다.

본 매뉴얼 및 지침서는 경관MAP을 활용한 조사단계를 비롯하여 차세대 해수욕장으로 지켜야할 큰 틀과 방향을 제시하는데 의의를 둔다.

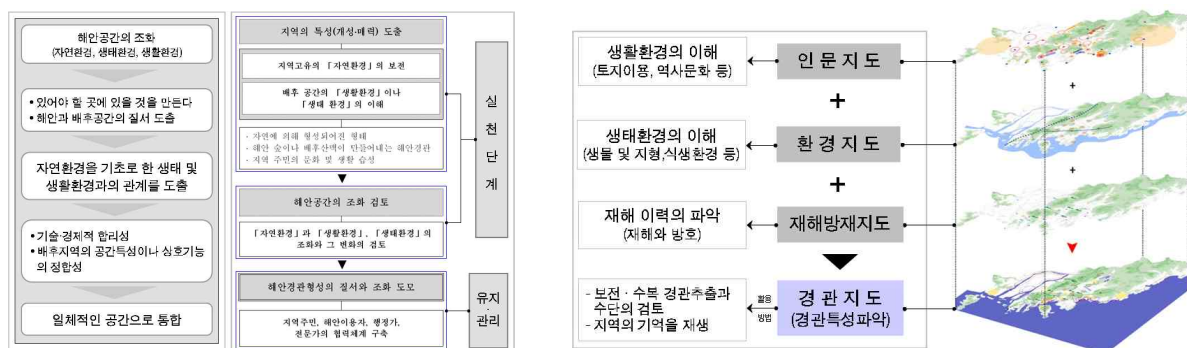
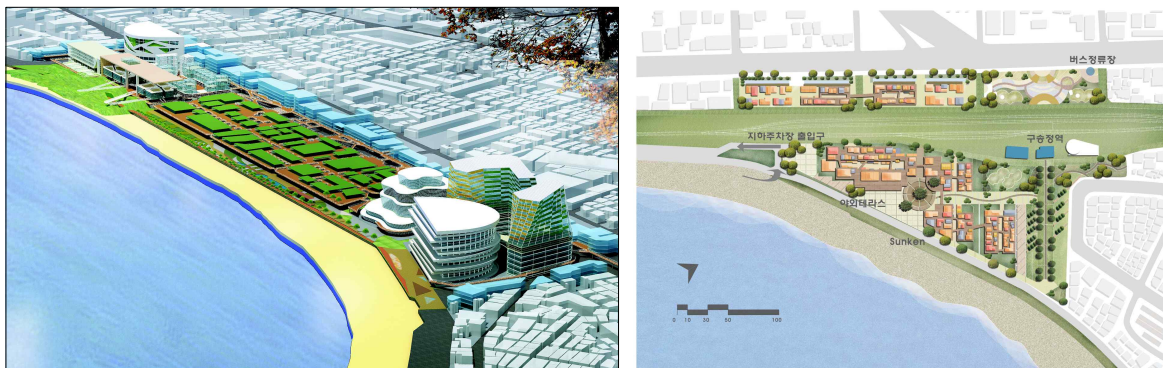


그림 3.3.13 현황조사 분석방법

라. 미래형 도시해안레저공간 - 광안리해수욕장, 송정해수욕장을 중심으로 -

경제성장과 더불어 해안이 개발됨에 따라 해안공간은 그 중요성이 더 커지면서 인간, 문화, 자연, 장소성 측면의 통합적이며 체계적인 접근을 필요로 한다. 국내 해안 상황과 유사한 일본에서는 해안공간형성에 많은 투자를 하고있는 반면 국내에서의 실질적 해안 공간 관리방안은 미비하다. 따라서 해안경관자원들의 보전과 지속적인 유지 관리와 자연 재해에 대한 방재와 도시민의 어메니티(Amenity)확보를 위해 체계적이고 통합적 접근의 개념 수립이 필요하다.

본 연구는 해당 해안공간 지역을 경관과 관련하여 조사를 하며, 문헌자료 및 현장조사를 하고 조사된 내용을 바탕으로 중요성을 부각시키고 특성을 파악한다. 시사점 및 적용가능성을 가지고 지역의 가치향상을 위한 해안공간 형성의 수립 방안을 모색하는 것을 목적으로 한다.



마. 도심형 해수욕장 배후지의 용도분포 특성 -광안리 해수욕장 배후지를 중심으로-

본 연구에서는 도심형 해수욕장으로서 대표적 상업시설이 형성되어 온 부산시 수영구 광안리해수욕장 배후지를 대상으로, 해수욕장과 배후지 기존 상업시설들의 건축물 용도 분포 분석과 그 특성을 파악하여 거시적 차원에서 효율적인 토지이용을 위한 다양한 수준의 공간계획 수립 시 기초 자료가 필요할 것이라는 관점에서 출발한다.

본 연구에서는 부산시 광안리해수욕장 배후지를 대상으로 특정 공간에 밀집되어 형성된 유사용도의 계승 및 변화의 원인 규명과 해안으로부터 영향을 받는 용도분포 특성을 파악하는 것이 본 연구의 궁극적 목적이다.

이를 위해 수평·수직적 측면으로 구분하여 광안리해수욕장 배후지의 용도분포를 분석하고자 하였다. 수평적 측면에서는 과거와 현 시점에서의 비교·분석을 통해 유사용도의 형성·소멸·변화의 원인을 파악하고자 하였으며, 수직적 측면에서는 해안조망이라는 분석 기준을 바탕으로 해안으로부터 영향을 받는 용도분포 특성을 분석하고자 하였다.

해수욕장 배후지의 주거지역과 상업지역의 경계가 모호한 지역에 밀집되어 형성된 유
사용도의 생성·소멸·변화 과정은 그것을 유발하는 사회·경제적 요인 및 도시공간구조 변화
에 따른 인구이동에 의해 이루어진다. 그러나 주변 도시공간구조 변화와의 관계를 잘못
설정할 경우 도시환경 및 도시경관의 질적 저하를 유발할 수 있다는 것이다.

바. 미래지향적 해양레저공간 설계가이드라인 -도심형도심외곽형 해수욕장을 중심으로-

부산은 매력적인 해안공간이나 해수욕장, 수변 여가시설, 수변 공원시설, 수변 주거단
지 등 독특한 해안환경을 보유하고 있다. 또한 해당 지역의 독특한 역사 및 문화를 간직
해오고 있는 해안공간들이 많이 있다. 최근들어 해안 중심적인 개발이 대두됨에 따라 해
안공간의 중요성이 대두되고 있으며, 다양한 해안공간들이 늘어나고 있는 추세이다.

기개발된 국내 해안공간은 획일적인 개발방식으로 지역사회의 정체성 및 지역민들의
자족성 감소의 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점들은 인간, 문화, 자연, 장소성 측면
의 통합적이며 체계적인 접근이 결여되게 한다. 부산시는 해안공간을 실질적·통합적으로
관리할 수 있는 지침이 부재한 실정이다.

해안공간의 회복과 보전, 지속적인 유지관리 차원에서의 통합적 해안 설계 지침 마련이
요구되는 시점이다. 범지구적 차원의 환경오염이 심각해짐에 따라 수변공간의 자연재해
및 방재에 대비한 해안공간의 안전성 확보에 관한 지침 마련도 필요하다. 따라서, 해안
레저공간 설계 지침의 기본적인 분석 및 이슈 고찰을 통해 해안레저공간 설계지침 설정
을 목적으로 한다.

사. 일본 해안경관 형성 및 관리특성에 관한 연구

최근 우리나라 해안도시가 직면하고 있는 개발행위의 문제는 해안경관의 원형 파괴와
획일화 현상에 따른 지역사회의 정체성 및 지역민의 자족성 감소와 자연환경과의 부조화
에 따른 부작용으로 정리될 수 있다.

이는 해안경관에 대한 인식의 부재, 관리 미비와 점진적인 파괴에서 그 문제점을 발견
할 수 있다. 또한, 경제성장과 더불어 연안 개발이 진행됨으로 인하여 자연재해에 의한
피해가 속출하고 있는 실정이다.

따라서 우리 해안도시가 직면하고 있는 궁극적 문제점을 인식하고 그 문제점들을 해결
하기 위해서는 해안도시 내 다양한 형태로 잔존하고 있는 해안경관 자원들의 보전과 지
속적인 유지·관리를 위해 가장 중요한 해안경관의 구체적 방안에 대한 체계적이고 창의
적인 형성 및 관리방안 수립이 우선적으로 이루어져야한다.

본 연구는 이를 위한 선행적 연구로서 해안경관과 관련된 많은 경험을 축적하고 있는
일본의 해안경관 형성 및 관리방안의 특성 도출을 기본 목적으로 한다.

해안경관의 형성이념과 관련하여서는 지역고유의 자연환경기반을 존중하며 배후공간의

생활환경과 생태환경에 대한 이해가 기반이 되고 있다. 이러한 접근을 바탕으로 일본의 해안경관 형성 및 관리는 크게 네 가지의 단계로 이루어지고 있다. 먼저 조사단계로서 경관특성과악이 그 주를 이루며, 구상 및 계획단계에서는 기본방침 및 정비방책이 검토되어지고 이를 바탕으로 설계단계에서 구체적 배치나 형상, 재료 등이 검토되고 마지막 시공단계에서는 일관성 유지를 목적으로 디자인 감리체제를 구축하고 있다.

우수 선진국의 경우 해안경관계획은 특정 지역이나 단편적인 개발계획을 통한 경관형성보다는 전체 연안에 대한 경관계획의 틀 속에서 배후지역을 포함하여 접근되어지고 있다. 따라서 우리나라에서도 국내연안에 대한 보다 종합적인 해안경관구축 총괄계획 및 가이드라인의 제공을 위한 후속연구가 지속적으로 필요할 것으로 판단된다.

아. 일본해안경관형성가이드라인 결과보고서 -해안경관 형성과 정의 특성도출을 중심으로-

본 연구는 2005년 일본 국토교통성하천국에서 발행한 일본 해안경관형성가이드라인 및 각종 문헌자료의 검토·분석을 통해 일본 해안경관형성프로세스의 특성도출을 목적으로 한다.

이를 통해 국내해안의 잠재적인 매력이나 과제를 발견하고 지역의 가치향상을 도모하기 위하여 국내 실정에 알맞은 해안경관검토의 큰 줄기나 구상의 수립방법을 제시하였다.

국토의 삼면이 바다로 둘러싸인 국내는 아름다운 모래 해변이나 거친 암초 등 독특한 자연경관을 가지고 있고, 지역고유의 역사·문화를 형성하여 온 해안을 가지고 있다. 하지만 최근 개발된 국내 해안도시는 획일화 현상에 따른 지역사회의 정체성 및 지역민의 자족성 감소와 더불어 자연환경과의 부조화에 따른 해안경관의 원형 파괴 등을 말할 수 있으며 이는 해안경관에 대한 인식의 부재, 유지·관리 미비와 점진적인 파괴에서 그 문제점을 발견할 수 있다. 또한 해안은 자연재해(태풍, 해일, 해안침식 등)에 의한 피해로부터 해안을 보호하는 것은 물론 해안경관을 고려해야 할 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

그러나 국내에서는 해안경관을 검토하고 형성해 나가는 과정에서 이러한 요소들의 통합적 접근이 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 일본 해안경관 형성 프로세스를 크게 해안경관의 인식단계, 형성이념의 설정단계, 구체적 해안경관형성단계로 구분하여 각 단계별 특성을 도출하고, 국내해안의 잠재된 매력을 발견하여, 친환경적이고 매력적인 국내해안경관 창출을 위한 구체적 가이드라인 작성의 기초자료로 활용하는데 궁극적 목적이 있다.

자. 국내 해안경관 형성 가이드라인 매뉴얼

지난 70년대 이후 급속한 도시화가 진행되었고, 대부분의 해안 도시들이 획일화된 개발패턴으로 인해 해안경관의 매력과 특성이 점차 상실되고 있다. 인구성장을 고려하지 않는 무분별하고 부적절한 위치에 대규모의 관광지 및 획일화된 건축물 형태의 주거지

개발로 인해 해안지역의 고유한 지역성이 상실되었다.

생활수준의 전반적인 향상과 높은 환경과 문화의 질에 대한 욕구 상승은 해안공간 자체의 시각적인 질의 고품격화를 요구하게 되었다. 또한 2007년 경관법이 제정되어 경관 형성에 준하는 사업의 전개 요구되고 있다.

본 가이드라인의 목적은 양호한 해안경관 형성을 위한 개념의 전환과 지역의 가치향상 도모, 해안경관 형성의 이념이나 원칙을 수립하는 것에 둔다.

본 가이드라인의 역할은 해안의 잠재적인 매력을 발견하는 연결 고리를 찾고 양호한 해안경관을 형성하는 지침을 마련하며, 지역주민, 해안이용자, 해안을 관리하는 행정이나 전문가 등에 활용될 수 있게 하는 것이다.

차. 워터프런트 개념 및 개발 유형

워터프런트의 일반적인 정의는 1차적 수변기능인 항만 활동뿐만 아니라 여타 도시활동 모두를 수용 가능한 유연성과 규모를 가진 장소를 말하며, 공업, 유통, 어업 등의 생산활동과 상업, 업무, 주거, 레크레이션 기능 등의 보조적 기능이 함께 수용되는 공간으로 모든 도시민의 공공(公共)공간을 말한다.

워터프런트의 개발 유형 및 목적에 따른 구분으로 보면 도시내 존재하는 고유한 지역 특성을 활용하는 개발, 도시문제의 해결형, 황폐지 재생형, 시장성 착안형, 도시기반 정비형으로 볼 수 있다. 개발유형에 따른 주요사례로는 고유한 지역성 활용형에는 보스턴 쿤시마켓, 샌프란시스코의 Cannery와 Ghirardeli square(통조림 및 초코렛 공장), 기타큐슈시의 모지코 리트로지구, 삿포르 오타루 창고수로지구, 도시문제 해결형에는 일본의 고품격제방인 슈퍼뱅크, 도시의 황폐지를 재생하기 위한 개발에는 영국 런던의 도크랜드와 일본 고베의 하버랜드, 시장성 착안형에는 요코하마 미나토미라이21, 도시기반 정비형에는 도쿄오다이바로 설명한다.

카. 산업유산으로서의 항구 재생(再生) 방법론 개발

본 연구의 목적은 수복(修復)형 레저항구 모델을 구축하는 것으로 항구와 문화관광산업과의 연계성을 파악하고 실천 방향을 찾는 것이다.

본 연구의 목표는 항구와 관련된 산업유산 개념을 정립하고 항구에 잔존하는 각종 산업시설(방제시설, 수운시설, 수송시설, 수리시설, 저장시설, 접안시설, 안내시설 등)에 대한 개념 정의를 시도한다.

산업유산이란 진행형 문화재이며, 산업혁명 이후 공업 중심의 근대화 과정에서 남겨진 과학기술과 연관된 유산이다. 광복 후 경제개발 착수기인 60년대까지 조성된 산업시설들도 해당되며, 구체적인 대상으로는 광복 후 건설된 공장시설과 광업, 요업, 양잠업, 임업, 염전업 등과 관련된 생산시설, 터널 등 철도시설, 방파제, 조선소(도크) 시설 등의 항구

시설이다.

우리나라의 산업 역사는 100여년이 되었고, 본격적인 산업화 역사는 50여년에 이른다. 50년이라는 시간은 ‘산업화 과정=역사적 과정’으로 인정할 수 있는 중요한 기준이다. 이제는 선대에서 조성하여 사용하여 온 산업시설들을 단순히 쓸모없는 과거의 부속물로 여겨 대체 대상으로만 파악하기 보다는 역사적 관점 속에서 그 시대에서의 존재 가치와 기능에 대한 본격적인 검토 작업이 필요한 시기라고 생각한다.

전세계적으로 이러한 산업유산에 대한 폭은 계속 확장되는 추세이다. 우리의 경우에도 근대문화유산의 하위개념 속에 산업관련 건축물들과 산업구조물을 둬으로써 산업유산에 대한 1차적인 정의는 내려져 있는 상태이고, 등록문화재 제도의 도입 이후 이에 대한 관심이 크게 확산되고 있다.

타. 산업유산으로서 항구의 창조적 재생을 위한 기초 연구 -부산광역시 남항을 사례로-

부산 근대기의 항구(waterfront)인 남항을 중심으로 잔존하는 산업유산에 초점을 둔다. 남항에 연접하여 남아있는 각종 산업시설들과 지원시설에 대한 개념정의를 시도하고 이의 유형정립을 토대로 산업유산으로서 남항의 가치 및 특성, 재생 조건의 도출을 최종적인 연구 목적으로 한다.

남항은 100여년의 개발 역사를 가진 근대역사의 항구이나 북항 마스터플랜이 최종적으로 발표되면서(2007년 9월) 북항과 연접하고 있는 남항의 급속한 변화가 예측되며, 특히 남항 일대의 재개발은 필연적일 것으로 사료된다.

우리 부산은 지난 100여 년 동안 우리나라 근대기 역사 속에서 여러 차례의 고비를 넘기고 지탱하여 준 도시이고, 우리나라를 현존케 한 마지막 보루의 역할을 하였으며, 이의 중심에 있었던 남항에 대한 접근은 일반적인 항구재개발과는 분명히 달라야 한다.

급속한 변화과정 속에서 용케도 버텼지만 황폐해 지고 보잘 것 없어진 흔적과 기능들을 치유해 주고, 남항만의 분위기를 전해주는 요소들을 보호하고, 또 새로운 쇄신을 위해 신(新)문화를 스며들게 하는 등 부산 남항만의 전략을 가져야 한다.

부산의 산업유산은 개항기 즉, 1900년대 말에서 광복과 한국전쟁기(1950년대)에 걸쳐 조성(형성)된 부산의 항만, 교통, 수도·수리, 군, 생활지원시설들이 해당하며 부산의 남항 주변부에는 이와 관련된 각종 산업유산들(호안, 교량, 창고시설, 도크, 철로, 등대, 시장 등)이 현존하고 있다.

근대기의 문화를 알려주는 산업유산의 보호와 재활용은 분명 부산 남항의 ‘남항다움’을 지키는 지름길이 되는 것은 물론이며, 현대적인 시설들과 경관적으로 또 기능적으로 조화를 이루어 창조적 항구 재생의 튼튼한 기반을 제공해 줄 것으로 기대한다.

파. 산업유산으로서 워터프론트 재생 방안

근대기에 형성된 산업시설들을 역사적인 관점에서 본 것이 ‘산업유산(industrial heritage)’이며, 이러한 관점은 자원 재활용(reuse)이라는 시대 흐름에 부응하며 퇴락지역의 활성화를 위한 새로운 지평을 열어 가고 있다.

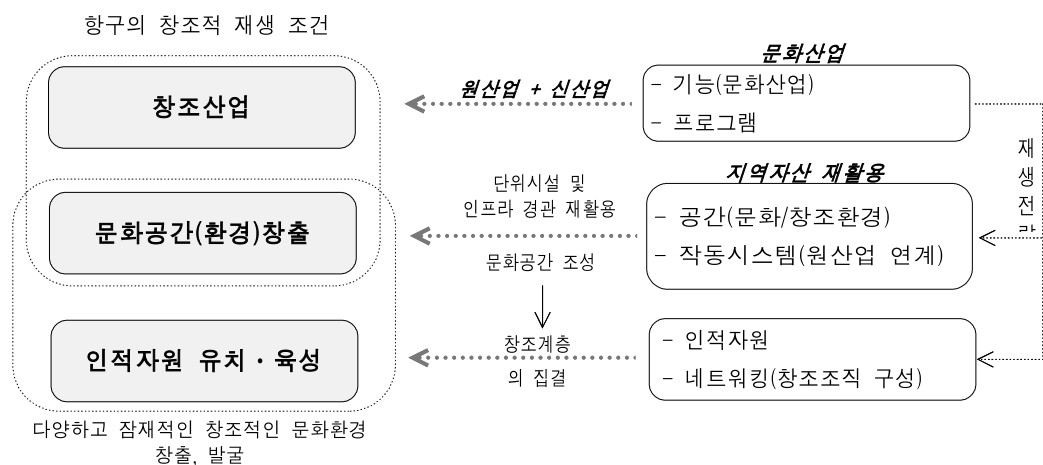
산업유산은 지역을 기반으로 했던 산업들과 기능적으로 밀접한 관계를 맺고, 구도심이나 항구지역에 집중적으로 분포(농·임업과 광산업은 예외)하는 속성을 가진다.

이러한 속성들은 산업유산 재활용의 근거가 되며, 새로운 차원에서 지역재생을 이루어가는 실마리를 제공한다.

본 연구에서는 근대기의 항구(waterfront)에 남아있는 산업유산에 초점을 둔다.

항구에 남아있는 각종 산업시설과 지원시설에 대한 개념 정의를 시도하고 이의 유형 정립을 1차적으로 도출하며, 이를 근거로 근대기의 항구를 산업유산으로 인식하는 선진 사례들에 대한 분석과 수복형 항구 재생의 특성 도출을 최종으로 한다.

■ 항구의 창조적 재생의 틀(가설)



하. 지속가능한 통합형 Coastal Zone Management 제안

우리나라는 해안선이 가장 긴 국가이며, 육지면적의 약 4.5배에 달하는 배타적 경제수역을 보유한 국가이다.

현재 해안배후지에는 51개의 항만, 2,239개의 어항, 25개의 해안도시와 22개의 임해공단이 배치되어 있으며, 우리나라 전체 인구의 약 33%가 해안도시에 거주하고 있는 중요한 제2의 국토 공간이라 할 수 있다.

해안지역은 환경이 서로 다른 육지와 해양 사이의 물리적인 공간의 접속지역일 뿐만 아니라 물질과 에너지의 교환이 활발하게 일어나 생태·환경적으로 통합된 장으로 구성요소들 간의 밀접한 상호작용을 통하여 하나의 시스템을 구성하고 있는 복합공간이다.

또한 해안지역은 연안해역과 배후의 연안육역을 포함하는 지역으로서 인간을 포함한 생명체에 있어 지질학적, 생태학적 및 생물학적으로 매우 중요한 기능을 가지고 있어 개발과 보전의 조화가 필요한 지역이다.

우리나라 해안지역은 그 동안 여러 가지 목적에 의해 집중적으로 개발되어 왔다. 그러나 지금까지 연안도시개발, 산업입지, 매립·간척 등 해안지역 및 해안자원의 이용에 있어서 무분별한 선점식 개발로 인하여 해안환경오염, 해안서식처의 파괴, 어족자원의 고갈 등 여러 가지 문제가 발생되고 있는 실정이다.

지역차원에서의 해안관리를 위하여 해안관리지역을 어떻게 나누고, 공간 Data 구축은 어떻게 할 것이며, 누가 관리할 것인가? 하는 것이 효율적이고 통합된 해안관리를 위해 해결해야 할 시급한 문제이다.

해안지역 및 해안자원의 이용에 관련된 다양한 이해관계를 합리적으로 조정하고, 해안지역의 지속가능한 개발이 가능하도록 이를 통합·조정하기 위한 방안 마련이 시급한 실정이다.

따라서, 지속가능한 Coastal Zone의 통합관리 기법 개발을 위한 본 제안의 최종목표는 다음과 같다.

첫째, 국내·외 Coastal Zone의 관리시스템(행정·제도적 차원, 기술적 차원, 유지·관리 차원)을 비교·분석하여 특성 및 시사점을 도출하고, 국내 Coastal Zone 관리시스템 즉, Coastal Zone의 관리 기준과 그 내용을 제안하는 것이다.

둘째, 중앙정부와 지방정부의 관할 구역 설정에 대해서는 문헌연구 및 국내·외 기술동향을 파악하여, 지역차원에서의 Coastal Zoning 체계 즉, CZB(Coastal Zone Boundary) 설정 방법을 제안하는 것이다.

셋째, Coastal Zone의 지속가능한 개발이 가능하도록 이를 통합·조정할 수 있는 효율적이며, 체계적인 SDI (Spatial Data Infrastructure) 구축 및 활용 방안을 제안하는 것이다.

5. 친환경 해안마을/도시 개발 기술

가. 다무포 고래 해안생태마을 조성계획

본 연구의 해안생태마을 조성 계획을 위하여 포항 다무포지역을 대상 사이트로 하여 해안생태마을 조성을 실제 지역에 적용하였다. 다무포 고래 해안생태마을 조성계획의 추진 배경 및 필요성은 지방분권과 지역혁신사업의 경제적 토대 마련과 해안생태관광 도시로서의 포항 이미지 구축, 동해연안의 무분별한 관광과 관광소득의 외부화 방지, 생태적으로 건전하고 지속가능한 개발의 가능성 적용, 국제적 수준의 해안·해양 관광자원과 상실된 연안 문화유산의 회복에 있다.

본 연구의 기본방향은 대상지역을 기존의 호미곶 해맞이 공원, 구룡포 해수욕장 등과 연계하여 포항시의 대표적인 해양 생태관광 축으로 육성하고, 현재 호미곶 해맞이 공원은 연 200만의 관광객이 방문한다. 인근의 다무포에 체류형 생태관광을 이끌어내어 어촌 문제 해결 및 지역의 새로운 경제적 기반을 마련하고, 지역민 중심의 해안생태 관광마

을을 구축함으로써 지역을 특성화시키고, 관광소득을 지역민에게 돌려줌으로써 지속가능한 마을 발전을 이룰 수 있도록 하며, 환경친화적이며 장소적 특성을 살린 마을공동체를 활성화하고, 친환경 생산방식을 정착시키며, 어촌과 도시가 적극적으로 교류하는 살기좋은 해안생태마을로 바꾸어 나가고, 주민의 자발적 참여를 이끌어내어 주민이 주체가 되는 마을발전계획을 수립·시행함으로써 지속가능한 발전이 이루어지도록 하여 다양한 생태마을 관광프로그램을 개발함으로써 자연을 보전하면서 관광이 이루어질 수 있도록 본 연구에서 개발되고 연구된 다양한 요소기술을 실제적으로 적용하였다.

나. 테라노바 포항 프로젝트의 성과 및 진행과정에 대해서

포항의 영일만은 자연적·지형적으로 볼 때 타 지역에서 볼 수 없는 강한 아이덴티티를 지니고 있음에도 불구하고 포항제철의 대두이후 공업도시로서의 이미지 때문에 풍요로운 자연의 역동적인 형상으로서의 지형이 지니는 아름다움이 도시이미지에 크게 영향을 주지 못하고 있는 것이 현실이다.

지금은 에코 투어리즘(생태관광)이라는 산업이 전 세계적으로 확산되어지고 있는 이때에 포항이 지니고 있는 생태도시로서의 가능성을 다시 한 번 살펴봐야 될 시기이다

철강의 도시, 해맞이 도시, 해병대의 도시라는 과거의 포항이미지를 문화예술과 산업공존, 친환경 생태관광도시, 쾌적한 환경도시의 이미지로의 변화를 추구하기 위한 동기부여의 일환으로서 도시 조직속의 작은 공간에서부터 변화시켜 감에 따라 도시의 전체 이미지를 변화시켜가는 전략으로서 테라노바 포항 프로젝트를 계획하게 되었다.

또한 단순 기능주의적 공업도시 이미지에서 새로운 가치를 지닌 생태도시 이미지로의 전환은 영일만의 자연적·지형적 특성을 살린 개발이라는 단순한 논리로는 도시기능이 가지고 있는 복잡성으로 인해 오히려 효과를 거두기 어렵다는 것이 일반적인 견해이다.

특히 건전하면서도 생명력있는 도시 만들기에 있어서 전제되는 중요한 개념은 도시민의 적극적인 참여와 대화를 통한 공동체의식이라고 말할 수 있음. 구마모토 아트폴리스의 성공은 주민의 참여의식이 뒷받침 되었기에 가능하였다고 평가되고 있음. 이러한 평가 뒤에는 도시의 모든 요소가 자산이 된다는 창조적 패러다임이 전제되고 있다.

포항에서의 테라노바 포항 프로젝트¹⁾(이하 TPP)는 도시의 자산을 특정한 전문가들의 전문성에 의해 파악되는 자산(자연환경, 건축물, 지적유산, 기타) 뿐만 아니라 일반시민의 자발적인 참여에 의해서 개발되는 내용도 창의적 자산이 될 수 있음을 기본 전제로 함.

그러므로 앞으로 대두되는 생태관광산업을 개발하는데 있어서 필요한 것은 현재 갖추고 있는 자연환경이나 건축물 뿐만 아니라 새롭게 지어질 건축물이나 여러 도시기반시설물도 전문가와 시민들의 적극적인 참여 속에서 만들어질 창의적 문화유산이라고 인식함으로써 생명력 있는 문화도시를 만들어가는 야심찬 계획을 추진 중에 있다.

1) Terranova Pohang Project, 포항시에서 2007년 1월 선포식 및 시민공청회 이후 시행되고 있는 사업으로서 도시 공간 자체를 관광 상품화하여 도시경쟁력을 높이는 도구로 활용하고자 하는 도시마케팅 전략의 일환이다

다. 영덕군 대탄리 어촌 체험마을 어메니티 환경계획- 흰 포말 넘실대는 뚝에
살어리랏다 -

‘뚝’이란 미역을 채취하는 구역을 뜻하는 말로써 전통적인 어촌 공동체를 의미한다. 대탄 어촌체험마을의 환경계획에 있어서 ‘뚝’은 지역 특산물인 미역을 가장 중요한 어메니티 자원으로 활용하여 체류 관광객 유도를 통한 마을의 경제적 자립과 나아가서는 진정한 어촌 공동체 회복에 그 의미가 있다.

대탄마을은 바닷물이 거세게 굽이쳐 들며 흰 포말을 만들어내는 멋진 경관으로 인하여 백탄마을이라 불리기도 하였다. ‘흰 포말 넘실대는 뚝에 살어리랏다’는 환경이 회복되고 도시로 떠난 자녀들이 돌아오는 살맛나는 마을에서 살고 싶은 주민의 마음을, 제2의 고향 같은 마을에서 쉬고 싶은 도시민의 마음을 담고 있다.

주변 경관분석을 통하여 전체적인 공간 컨셉을 잡았으며, 주거환경분석 및 적지분석을 통하여 기존의 어촌마을의 모습을 유지, 회복시키는 방향으로 마스터플랜의 기초를 잡았다. 이에 따른 마을공간 기본 구상과, 동선계획 및 전체적인 마스터플랜 디자인을 완성하였다.

라. SIEM REAP ECOLOGICAL VILLAGE MASTER PLAN

본 연구는 기존에 연구된 생태도시조성에 관한 다양한 요소기술을 제3국인 캄보디아 씨엠립에 적용하여 개발 계획에 적용한 사례이다. 캄보디아(Cambodia)의 세계적인 유적지이자 UNESCO에서 지정한 보호지인 Ankor Wat의 거주민(약 10만명)을 이동시키는 작업을 위한 기초연구로써 이번 연구는 거주민들을 위한 생태마을 Master Plan 작업을 하는 것에 목적을 두고 있다.

환경친화형 주거단지는 환경문제를 해결하고 예방하고자 하는 목적 하에 모든 개발행위와 경제활동에서 환경을 중요하게 배려하여 환경에 미치는 악영향을 최소화시키자는 개념으로 정의되고 있다. 주택도시연구원 친환경 건축물 인증센터. 환경친화형 주거단지 개념과 정의. [HTTP://ECOHOUSE.JUGONG.CO.KR](http://ecohouse.jugong.co.kr) 구체적으로 에너지와 자연자원의 절약 및 재활용, 자연생태계의 보존, 인간 정주지의 조성이 쾌적하면서 자연과 순응하는 것을 주개념으로 하며, 본 연구에서 생태마을(환경친화주거단지)는 이러한 개념을 바탕으로 양코를 와트의 주민을 계획적이고 친환경적으로 건설하기 위한 씨엠립으로 이전하기 위한 다양한 요소기술인 물계획, 이주계획, 주거계획 등을 계획하는 단계에서 적용하였다.

마. 차세대 해안도시를 위한 관광과 첨단산업의 통섭(通涉)적 접근연구

본 연구에서는 정보화 사회에서의 해안관광도시의 나아가야 할 미래의 방향에 대하여 스페인 바르셀로나 시를 대상으로 조사, 분석, 연구하였다. 최근 바르셀로나 시에 소재하고 있는 인텔리전트 해안(Intelligent Coast) 대학원에서는 바르셀로나 시를 관광과 지식기반 산업을 결합한 도시로 전환시키고자 하는 연구를 수행하고 있다. 이는 정보기술의 발달과 더불어 관광객들이 차별화된 도시체험을 원하게 될 것이라는 전망과 관광객이 관광지에서의 소비를 통한 경제적인 이익 창출뿐만이 아니라 그들이 가진 정보, 즉 지식을 지역에 창출하고 남기게 함으로서 지식기반의 도시(City of Knowledge)로 전환되게 하고자 하는 발상에서 시작되었다. 이와 같은 접근방법은 세계화에 따른 무한경쟁 시대에 바르셀로나 시를 지속가능한 관광도시로 변모시키고 지속적인 경쟁력을 갖게하는 시도로 수행되고 있다. 이는 요약해서 표현하자면 지적인 관광객을 선별하여 활용함으로서 지식기반 관광도시로서의 전환을 꾀하자는 새로운 시도인 것이다.

본 연구에서는 이러한 바르셀로나 시의 시도를 소개하고, 본 연구진이 바르셀로나 시에서 수행한 파일롯트 프로젝트를 통해 인텔리전트 해안도시 조성에 대해 재해석된 개념과 방법론을 제시하고자 하였다. 이를 위해 통섭적인 접근방법으로 인텔리전트 해안개발 개념과 해안도시 개발정책을 재해석하였다.

바. 차세대 해안공간 개발을 위한 해안공간의 지역특화를 위한 통섭적 연구

- 해양도시 포항을 대상으로 한 Case Study -

본 연구는 해안레저공간 확보기술 개발의 일환으로 해양도시 포항이 나아가야 할 미래의 방향을 인텔리전트 해안(intelligent coast)도시 삼고, 포항시의 인텔리전트 해안도시 조성을 위한 도시설계(urban design)의 과정에 대한 방법론을 제시 하고자 한다.

본 연구는 한동대학교 공간환경시스템공학부 학생들과 바르셀로나 인텔리전트 해안(Barcelona Intelligent Coast) 대학원이 합동으로 바르셀로나 시의 관광과 첨단산업과의 연계성을 공동 연구한 컨셉(concept)을 바탕으로 인텔리전트 해안도시의 개념을 포항시에 적용하였다.

본 연구는 크게 세 가지 데이터(data)를 가지고 공간적 분석을 하며 이는 다음과 같다.

- (1) 자연이 가지고 있는 지형적인 데이터
- (2) 인위적으로 만들어진 환경 데이터
- (3) 비물리적(non-physical) 데이터

위의 세 가지 데이터를 GIS(Geographic Information System)를 통하여 여러 가지 정보 레이어(informational layer)로 변환하여 서로 중첩(overlap) 하면서 공간적 분석과 매스구성(massing)분석을 수행하고 이는 도시 디자인 과정에 반영된다.

매핑(Mapping)과 매트릭스(Matrix) 분석기법을 통해 도시환경분석을 수행하고, 이 기법을 통하여 도시의 다양한 정보를 보다 정확하게 분석하여 그 결과를 가시화하여 제공함으로써 정확하고 효율적인 도시 디자인을 가능하게 한다.

6. 차세대 해양공간 Total Simulation 제작 - 3D Realtime VR을 활용하여

신개념 수변공간 가이드라인을 적용한 차세대 해안공간 전경

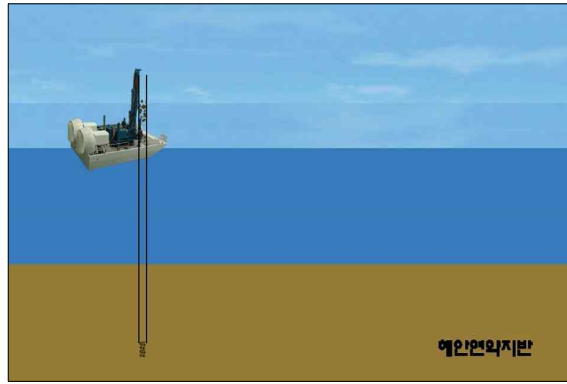


Sand Bypassing 구현 3D VR 모델

이안재 구현 3D VR 모델



해안 공간전용조사선 3D VR 모델



제 4절 해안유지 및 확보기술

해안 유지 및 확보기술은 해안공간의 보전 및 보호에 대해서는 해안선을 따라 무분별하게 축조된 구조물로 야기된 침식 및 퇴적 문제를 환경친화적인 방법으로 개선하고자 한다. 동해안의 급경사 해변과 남해안의 완경사 해변에 대해 그 특성에 맞는 보전공법을 개발하며, 양빈공법과 철재형 방파제 등의 구조물을 이용한 제어공법을 적절히 활용하여 해안의 보전을 하고자 한다.

1. 양빈 및 바이패싱(Bypassing) 시스템 기술

가. 개요

해안선 침식문제는 최근 들어 우리나라 전해역에 걸쳐 발생하여 사회적인 문제로 부각되어 왔다.

침식문제에 대한 대책공법으로는 구조물에 의한 강성기술과 양빈과 샌드바이패싱에 의한 연성기술로 대별된다. 침식문제를 심각한 사회문제로 인식하여 이에 적극대응을 시도한 미국 플로리다 주 등은 강성공법보다 연성공법에 의한 해안선 보호 정책을 실시하여 과거보다 만족한 성과를 얻고 있다. 하지만, 어항 등의 시설물 설치가 불가피한 경우, 강성공법에 의한 구조물 설치 등으로 인하여 상류로부터 하류로의 연안표사가 단절되어 모래 공급이 차단된 하류 쪽에 침식이 발생할 수 있다.

양빈공법은 신규로 모래를 해안선에 공급하는 반면 샌드바이패싱은 그림 3.4.1과 같이 상류 측에 퇴적된 모래를 하류 측으로 강제로 이동시키는 방법으로써 모래를 재사용한다는 의미에서 리사이클링 개념에 해당한다.

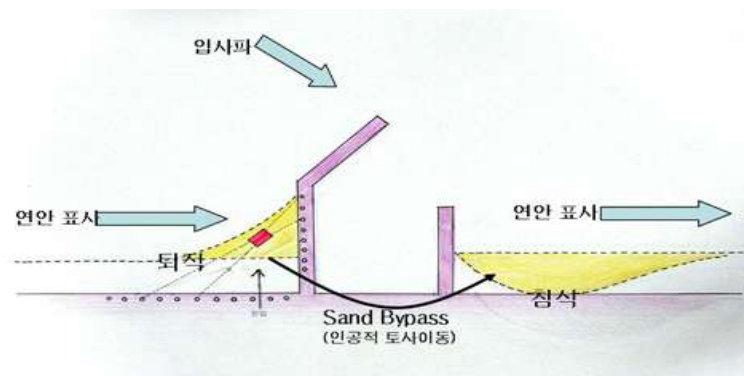


그림 3.4.1 샌드바이패싱 개념도

상기한 그림 3.4.1에 보인 바와 같이 강제이동 시키는 샌드바이패싱 장비는 고정식과 이동식으로 구상할 수 있다. 본 연구에서는 해역의 풍치를 있는 그대로 유지할 수 있는 이동식으로 개발하고자 한다. 이동식은 별도의 이동장비인 트럭에 탑재할 수 있는 정도

의 크기이며 바지에 탑재하여 평상과 내습시 왜파대 일대에서 작업을 수행할 수 있는 것을 목표로 한다.

장비의 기본 요소로써는 ① 이동 방식 ② 탑재 동력 ③ 흡입 파이프 ④ 배출 파이프 시스템 등으로 분류할 수 있다.

본 연구는 상류 측 모래를 하류 측으로 강제이동할 수 있는 소형 샌드바이패싱장비를 개발하기 위하여 펌프용량 및 관의 제원을 추산하고자 한다.

나. 공법

(1) 제1공법 ; 직송방법



그림 3.4.2 제1공법(직송방법)

상류에 쌓인 모래를 하류지역으로 강제 압송식으로 이동시키는 방법. 해안류는 상류에서 하류로 발생하면서 모래가 흐름을 따라 이동한다. 방파제 등 해안구조물에 의한 침식 현상은 주로 상류에서 하류로 이동하는 해안류를 차단함에 따라 발생한다. 따라서 상류 지역에 모래가 쌓이고 하류로 흘러가야 할 모래가 차단되어 침식이 발생한다. 이를 저감시키기 위하여 기계적 방법으로 모래를 이동시키는 방법.

(2) 제2공법 ; 원거리 이동방법 I



그림 3.4.3 제2공법(원거리 이동방법 I)

제 2 공법은 상류와 하류가 비교적 장거리에 해당하는 경우에 적용하는 공법인 점은 동일하나 하류지역의 평탄작업을 본 장비를 활용한다는 점에서 상이하다. 이는 하류지역의 해안 종단선이 급경사인 경우에 적용이 가능하다. 왜냐하면 해안 종단선이 급경사일 경우는 육상장비가 함몰 하거나 수몰이 되므로 접근이 불가능하기 때문이다.

(3) 제3공법 ; 원거리 이동방법 II



그림 3.4.4 제3공법(원거리 이동방법 II)

제 2 공법은 상류와 하류가 비교적 장거리에 해당하는 경우에 적용하는 공법인 점은 동일하나 하류지역의 평탄작업을 본 장비를 활용한다는 점에서 상이하다. 이는 하류지역의 해안 종단선이 급경사인 경우에 적용이 가능하다. 왜냐하면 해안 종단선이 급경사일 경우는 육상장비가 함몰 하거나 수몰이 되므로 접근이 불가능하기 때문이다.

(4) 제4공법 ; 전면 해안 이동법(sand borrow method)



그림 3.4.5 제4공법(전면 해안 이동법(sand borrow method))

해안선 침식의 원인 중 하나인 대규모 파랑에 의한 岸沖(안충)방향 이동모래를 전면 해안에 원위치 시키고자 하는 방법. 본 방법에 의해 해안선 침식을 경감시킬 수 있다. 이는 해안 구조물이 없을 경우에도 적용이 가능하다.

다. 설계

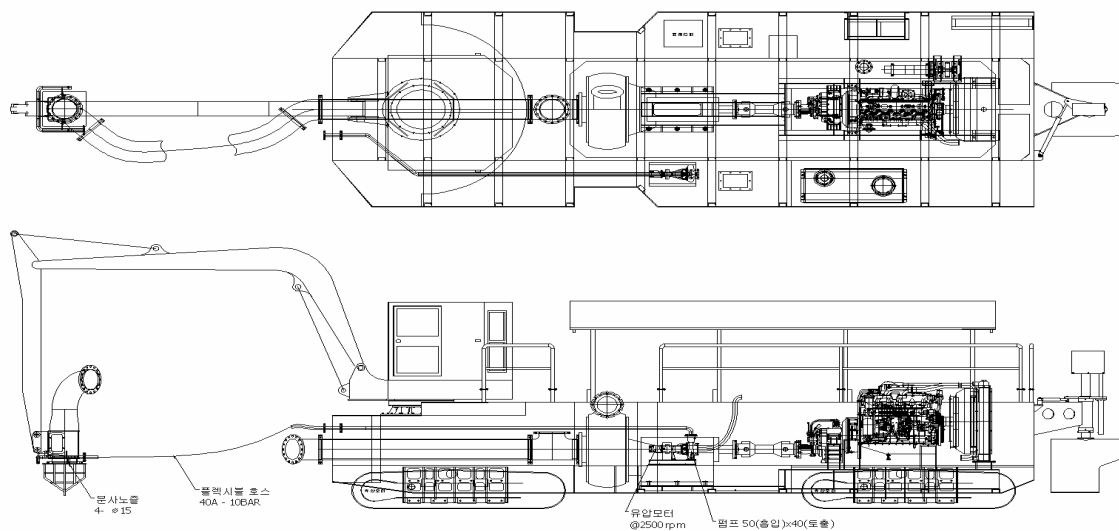


그림 3.4.6 샌드바이패싱 장비 설계

라. 공장 제작



(a) 샌드바이패싱 장비 제작



(b) 샌드바이패싱 장비 제작 완료

그림 3.4.7 수륙양용 이동식 샌드 바이패싱

마. 현장 테스트



그림 3.4.8 샌드바이패싱 장비 성능 테스트

(2010년도 한국건설교통평가원, 샌드바이패싱 장비를 활용한 해안선 안정화 사업)

2. 철재형 이안제 개발 기술

가. 철재형 이안제의 설계, 시공, 기능

(1) 개요

최근 들어 우리나라 전해역에 걸친 해안선 침식문제가 심각한 사회 문제로 되어가고 있다. 해안침식은 모래의 이동에 의한 문제로서 주로 연안류 및 먼 바다 방향의 되돌이 흐름(return flow)에 의한 모래양의 감소에 기인한다. 현재는 해안선에 축조되어 있는 방파제 등 연안구조물의 연안류 흐름을 차단하여 발생하는 침식이 주로 지적되고 있으나 계절적으로 대파랑의 내습에 의한 대규모 침식현상 후 회복되지 않아 동적안정이 파괴되는 현상이 동시에 발생하고 있다. “철재형 이안제 개발 기술”에서는 대파랑의 파고를 감소시켜 되돌이 흐름을 억제함으로써 해안선 침식을 저감할 수 있는 요소기술을 제공하고 자 한다.

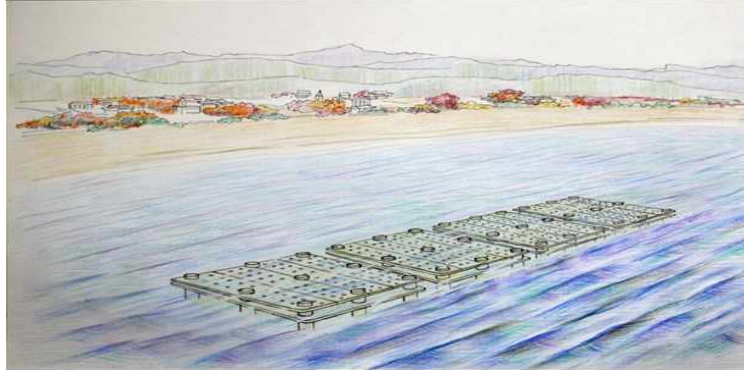


그림 3.4.9 철재형 이안제의 개념도

해안선 보호를 위해서는 기존의 중력식 이안제가 수역의 경관을 저해하며 해수교환이 충분하지 않고 석산개발의 부담 등 여러 가지 문제점이 지적되어 왔다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 최근 들어 해수유통, 경관확보, 석산개발억제, 대수심 축조 유리, 급조식 축조, 철거시 비용절감 등의 장점이 있는 철재형 이안제가 주목받고 있다. 철재형 이안제는 그림 3.4.9에 개념도를 보이는 바와 같이 여러 개의 셀로 연결되어 있는 형식으로써 육상제작을 하여 Frame에 소파장치를 탑재하는 축조가 가능하도록 하였다. 그림 3.4.10는 철재형 이안제의 기본구조를 보인 것이다.

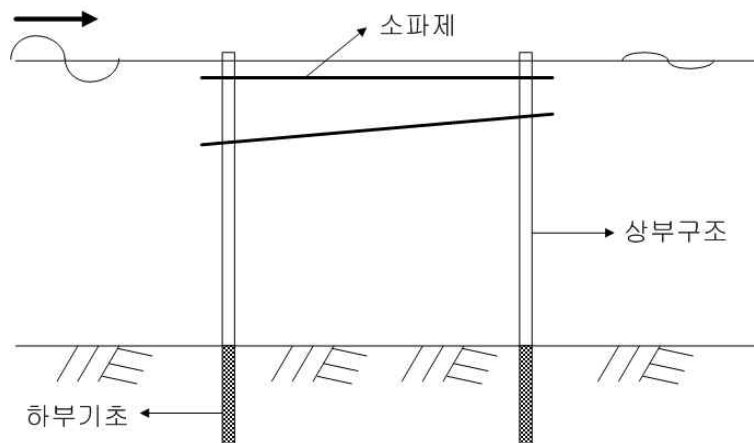


그림 3.4.10 철재형 이안제의 기본 구조

(2) 설계단계

철재형 이안제의 설계는 수리적 성능 검토, 상부 구조물 설계, 하부 기초 설계 부분으로 대별하여 각각 정보를 서로 주고받으면서 수행 되었다. 그림 3.4.11는 철재형 이안제 설계 단계 세분화를 보인 것이다.

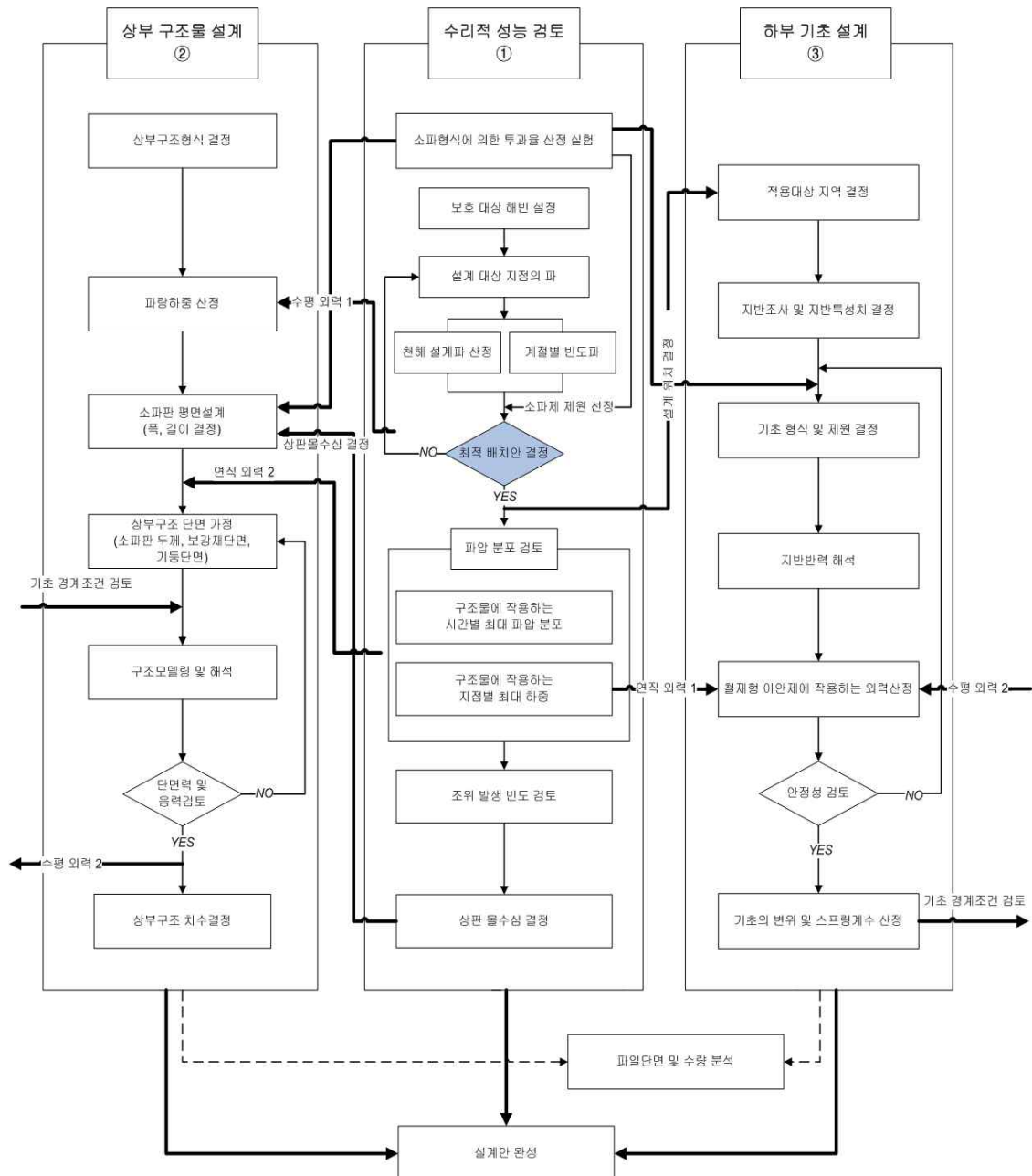


그림 3.4.11 철재형 이안제 설계 단계 세분화

본 연구에서 수행된 실험결과는 권혁민등(2008)의 투과율과 반사율 결과와 비교를 하고자 한다. 그림 3.4.12은 폭-파장비에 대한 투과율 KT와 반사율 KR에 대하여 본 연구결과와 권혁민 등(2008)이 제안한 각각의 직선식을 비교한 것이다. 유의파 파장의 입사 파조건 $L(1/3)i$ 에 대한 폭 w 의 비로 표시했다.

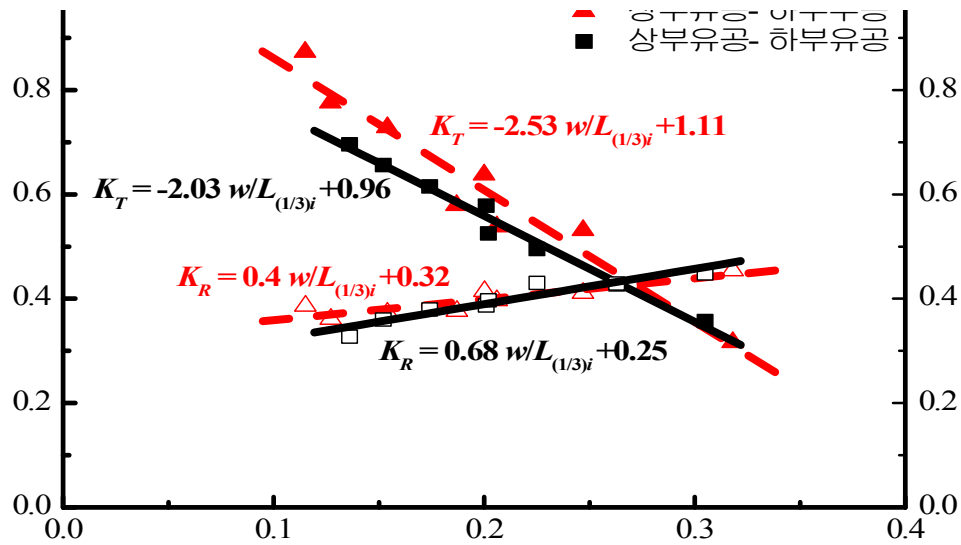
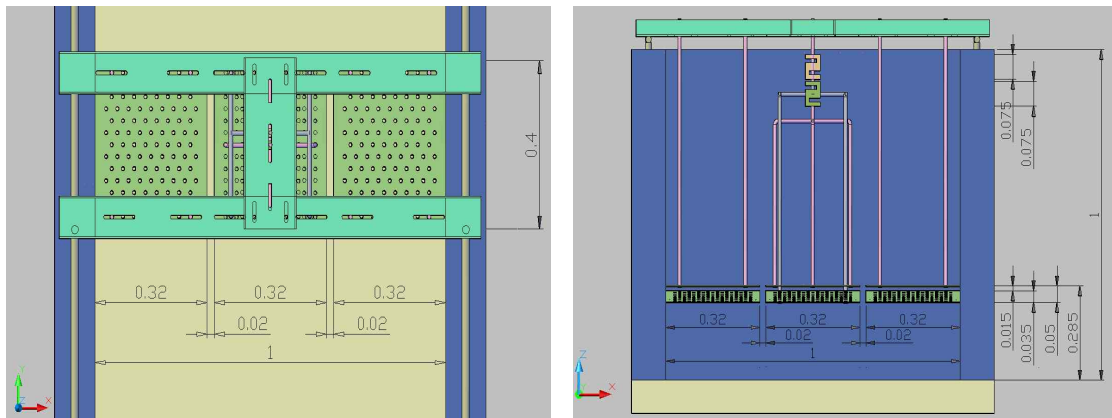


그림 3.4.12 투과율과 반사율에 대하여 권 혁민 등(2008)의 결과와 비교

파압측정을 위한 모형거치 및 실험방법 : 파압측정을 위해 설치하고자 하는 단면의 거치 형상은 그림 3.4.13와 같다. 평면도에서 보이는 바와 같이 3등분한 유공판을 0.02m 간격으로 이격하여 가운데판을 수조의 양 끝단 지점으로부터 자유롭게 했다.

(unit : m)



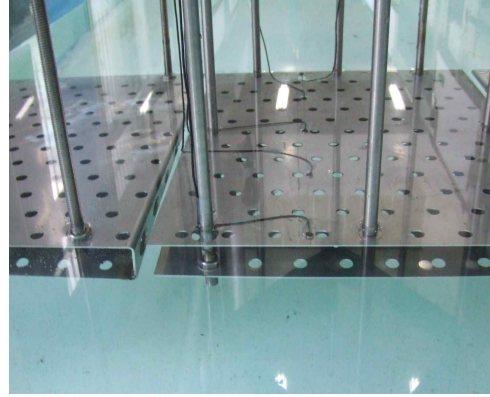
(a) 파압 실험 배치도(평면도)

(b) 파압 실험 배치도(정면도)

그림 3.4.13 수평형 이열 유공판 거치 도면



(a)



(b)

그림 3.4.14 파압측정을 위한 거치

철재형 이안제의 설계 제원은 31m × 12m × 0.02m이며 상세한 도면은 그림 3.4.15에 보인다. 실효역 검증 실험을 위한 시공은 3개의 셀 중 하나만을 대상으로 하였다.

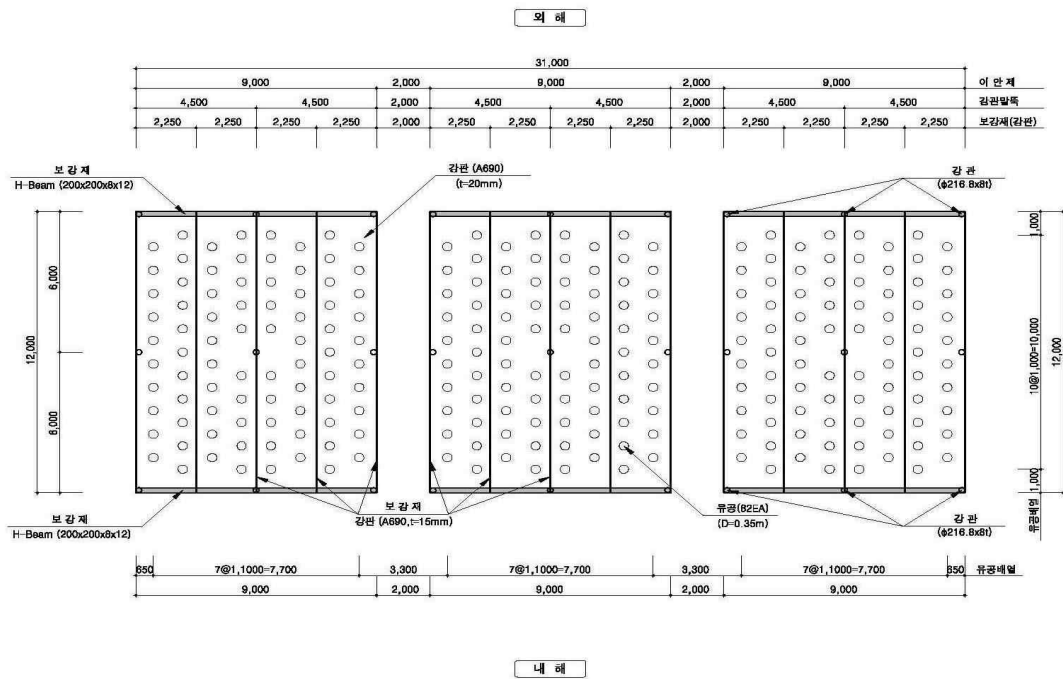


그림 3.4.15 철재형 이안제 제원

(3) 실효역 검증 실험

(가) 시공

본 연구는 실효역 검증 실험을 수행하였다. 검증의 대상은 구조물의 시공성, 안정성, 안전성, 이안제로써의 효과 등을 보고자 하였다. 시공위치는 울진군 원남면 오산리 인근 해역으로써 북위 36-54- 8.98, 경도 129-25-19.64 이다. 그림 3.4.16 설치위치를 보인 것이며 그림 3.4.17는 상세도이다.

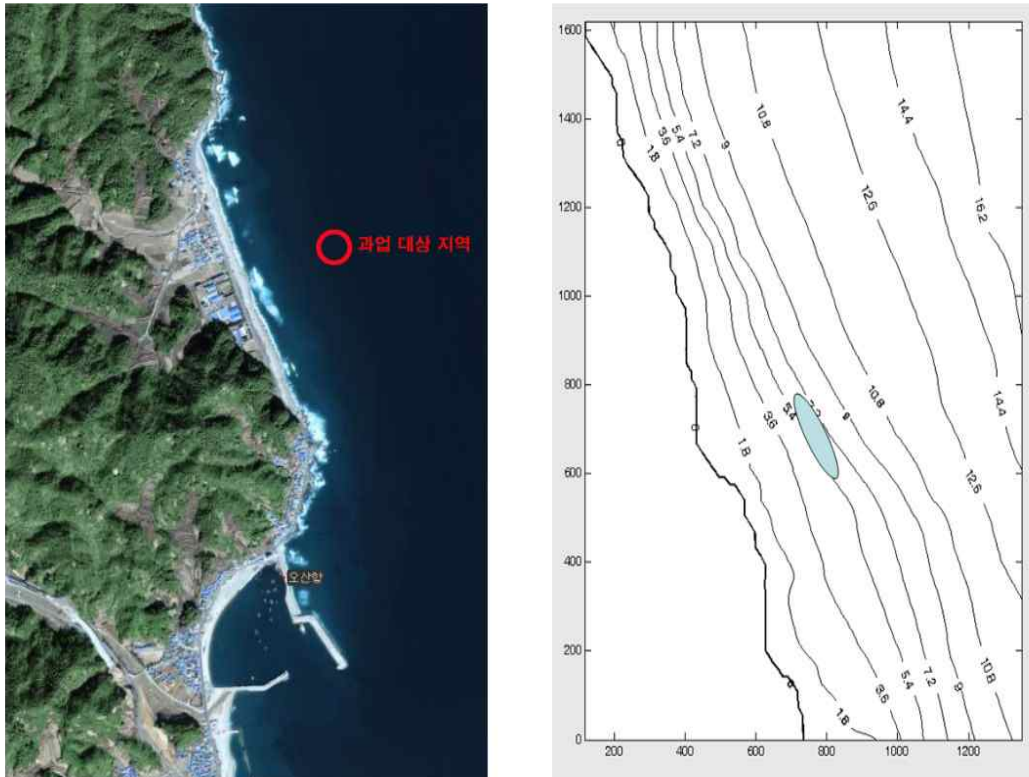


그림 3.4.16 철재형 이안제 설치 위치

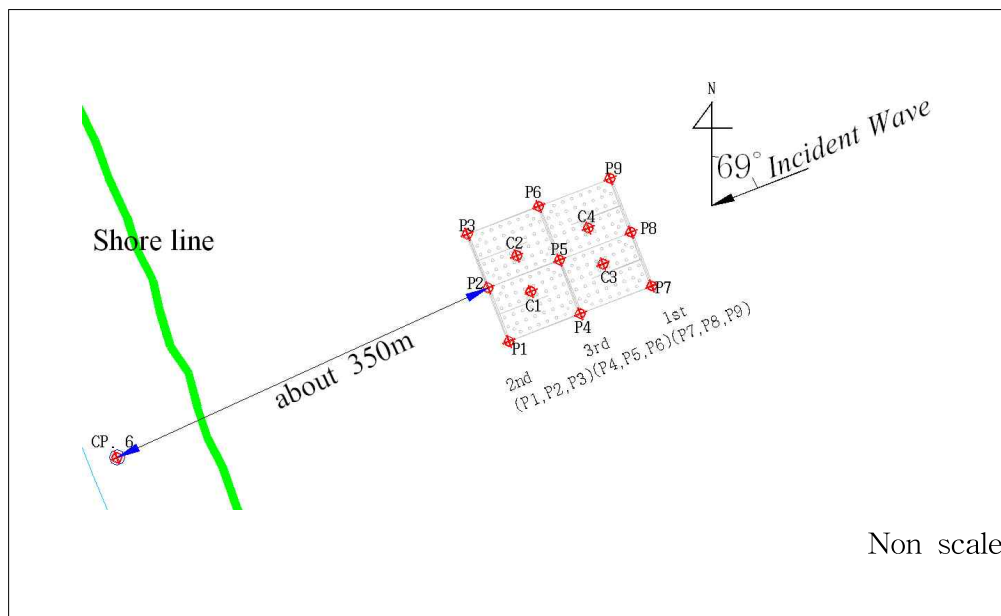


그림 3.4.17 철재형 이안제 설치 지점

그림 3.4.18는 철재형 이안제의 실효역 시공을 보인 것이다. 설치기간은 2009년 4월 ~ 11월 25일 이다.



(a)



(b)

그림 3.4.18 철재형 이안제 실효역 시공

(나) 파랑관측

파랑관측은 철재형 이안제의 외해 쪽과 내해 쪽에 각각 1개씩 부이를 설치하였다. 그림 3.4.19은 정점 W-2에서 2009년 4월 17일 ~ 5월 21일까지 약 35일간 계측된 파랑자료를 분석하여 파랑의 최대파고(H_{max}), 유의파고($H_{1/3}$) 및 유의파주기($T_{1/3}$)를 나타낸 것이며, 동 기간 동안의 울진기상관측소에서 관측된 풍속 및 풍향자료도 함께 도시하였다.

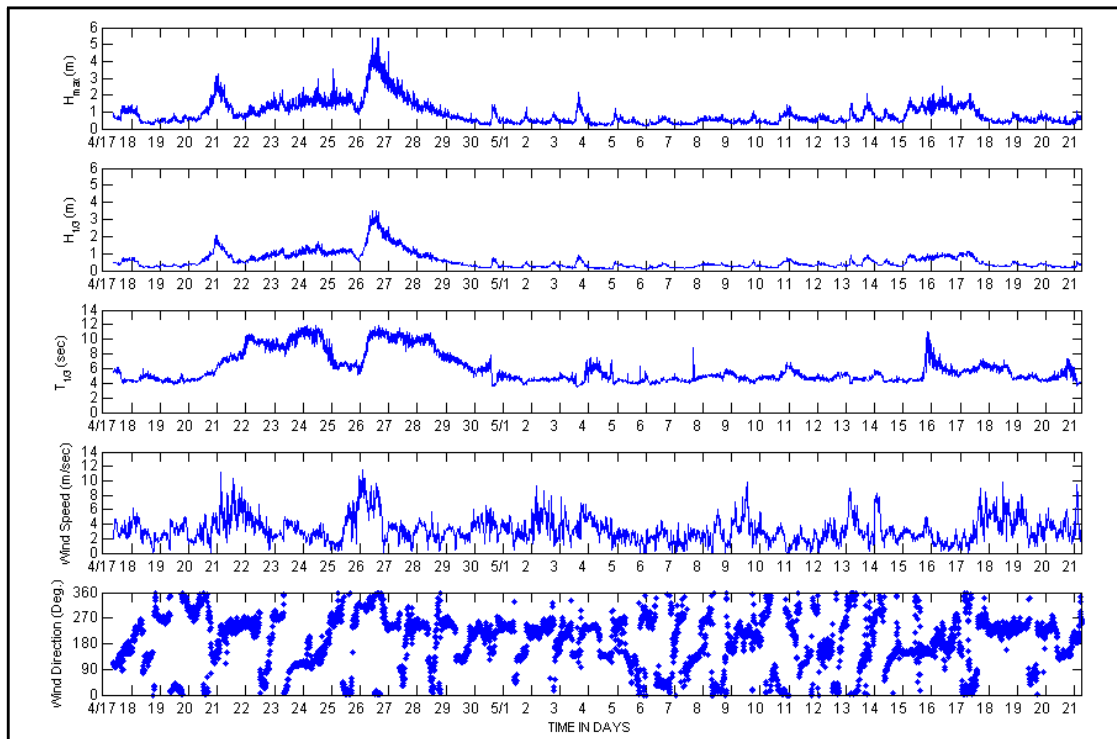


그림 3.4.19 파랑계측 자료의 시계열(W-2)

최대파는 관측기간 중 4월 26일에 발생하였다. 그림 3.4.20은 일기도(2009. 4. 26 00:00), 그림 3.4.21은 지점별 매시 파랑자료 비교(2009.4.24 00:00 ~ 4.28 00:00)를 각각 보인 것이다.

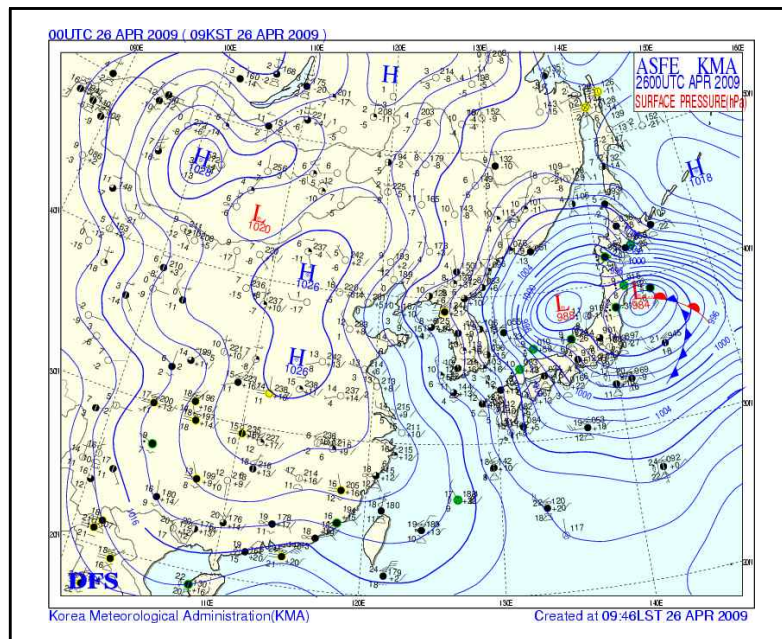


그림 3.4.20 일기도(2009. 4. 26 00:00)

4월 26일 00시 기상일기도에 보인 바와 같이 발달한 저기압이 남동해상을 느리게 통과하면서 전형적인 북고남저형 기압배치를 형성하고 있다. 26일 바람이 가장 강했던 02시의 바람자료를 보면 16.9m/sec 이상의 강한 북동기류가 경북북부앞바다와 경북동해안 지방으로 강하게 유입되면서 육상에는 돌풍이 발생하였고, 해상에는 강풍 및 고파를 유발하는 악기상을 초래했다.

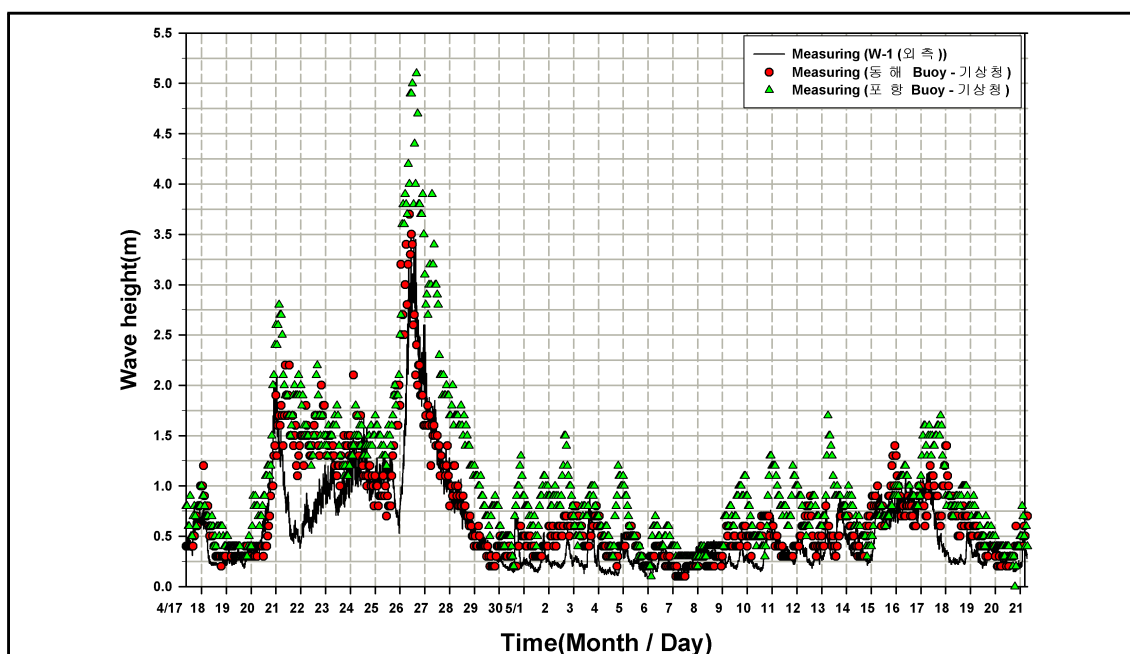


그림 3.4.21 지점별 매시 파랑자료 비교(2009.4.24 00:00 ~ 4.28 00:00)

(다) 철재형 이안제 강관파일 변위계측

철재형 이안제의 변위 관측을 위한 시트지 부착은 아래의 표 3.4.1에 보이는 바와 같이 철재형 이안제 현장시공이 완료된 후 울진 인근해역의 해상의 상태를 확인한 후 시트지 부착시 안전을 고려하여 해상의 날씨 상태가 좋은 2009년 4월 29일 시트지를 강관파일에 부착하였다.

표 3.4.1 강관파일 변위계측 일정

날짜 항목	4월					5월						6월				비고
	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	
철재형 이안제 시공																4.9~4.10
파랑계측																4.17~5.21
강관파일 변위계측																5.1, 6.4, 6.16

관측용 시트지는 그림 3.4.22에 보이는 바와 같이 가로 10cm 세로 10cm의 크기이며 광파기를 사용하여 거리 측정시 프리즘이 필요 없으며 약 500m정도의 거리를 측정할 수 있다.

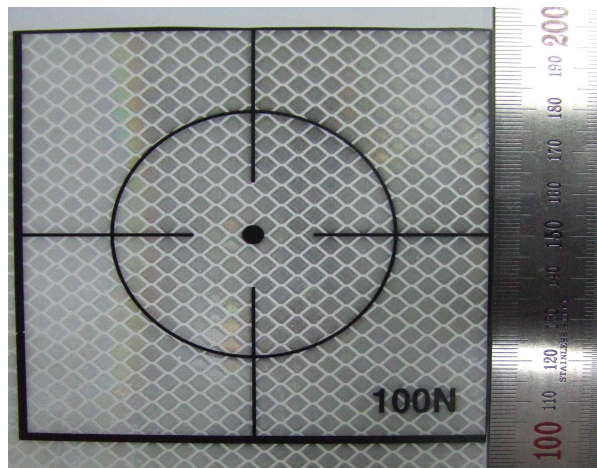


그림 3.4.22 관측용 시트지

강관파일을 파력에 의한 변위를 측정하기 위하여 그림 3.4.22에 보이는 바와 같이 강관파일에 측량용 시트지를 육상 기준점 CP.6에서 시준이 가능한곳에 부착하였다.

관측용 시트지 부착은 사포를 사용하여 강관파일의 녹을 제거한 후 관측용 시트지를 강관파일에 부착하였다.



그림 3.4.23 강관파일에 시트지 부착

강관파일 변위 관측은 육상 기준점 CP.6에 기계를 세운 후 CP.5를 시준한 후 강관파일에 부착되어 있는 시트지를 광파기를 사용하여 수평각 및 연직각을 정·반위 관측하여 수평각, 연직각 수평거리를 보정한 후 관측용 시트지가 부착된 중심 지점의 N, E, Z의 거리를 주기적으로 관측을 실시하였으며, 측정시 수평각 및 연직각 관측오차는 $\pm 4''$ 이며, 수평거리 측정오차는 $\pm 3\text{mm}$ 이다.

철재형 이안제 강관파일 변위분석 : 철재형 이안제 강관파일 변위측정은 아래의 그림 3.4.24에 보이는 바와 같이 총 8개소에 시트지를 부착 하였으며, S1 부분의 시트지는 5월 1일 첫 번째 관측이후 손실되었다.

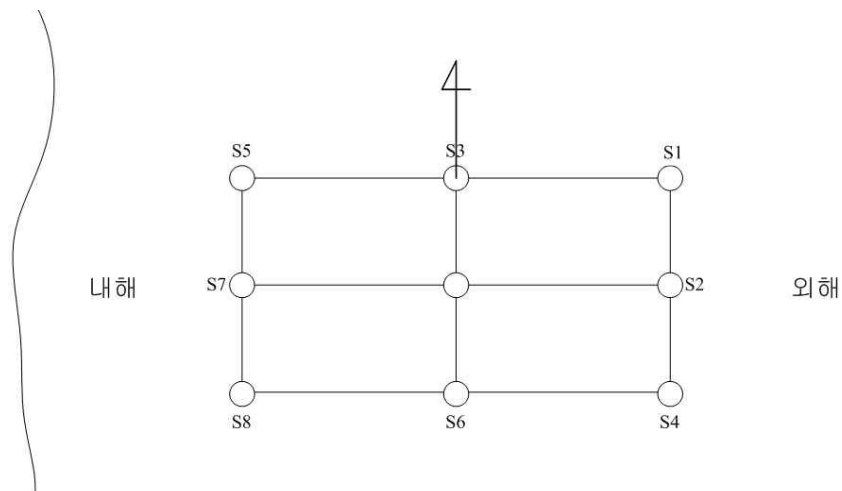


그림 3.4.24 관측용 시트지 부착위치

울진군 원남면 오산리 오산 출장소의 히어링 조사결과 5월 29에는 풍랑주의보가 발효되어 오산항의 출항이 통제 되었으며, 5월 30일에 풍랑주의보가 해제되었다. 강관파일의 변위계측 기간 동안의 기상관측 Buoy 자료의 최대파고를 비교한 결과 동해 Buoy는 5월 21일 최대파고 3.4m, 포항 Buoy는 5월 29일 5.8m가 관측되었다.

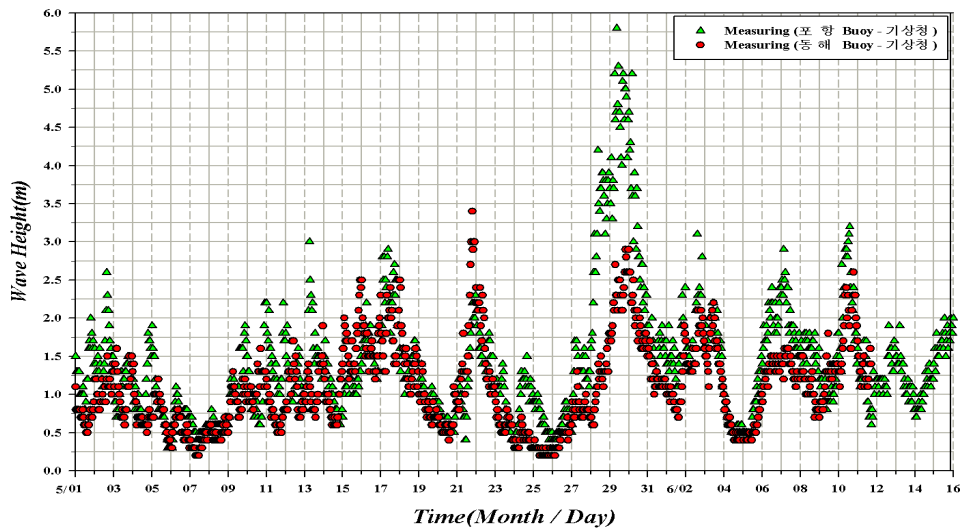


그림 3.4.25 강관파일 변위계측 기간 동안의 기상관측 Buoy자료 비교

철재형 이안제의 강관파일 변위 계측기간 동안 철재형 이안제에 내습한 파랑계측 자료가 미흡하여 철재형 이안제에 내습한 파랑 추산은 어려우나 히어링 조사와 기상관측 Buoy자료를 통하여 계측기간 동안 철재형 이안제에 설계파에 상응하는 파랑이 내습한 것으로 판단된다.

구조물의 안정성 여부를 판단하기 위하여 강관파일의 변위를 2009년 6월 4일과 6월 16일에 철재형 이안제에 부착되어 있는 시트지를 이용하여 5월 1일에 관측한 방법과 동일한 방법으로 관측을 실시하여 아래의 표 3.4.2에 보이는 바와 같이 분석 하였다.

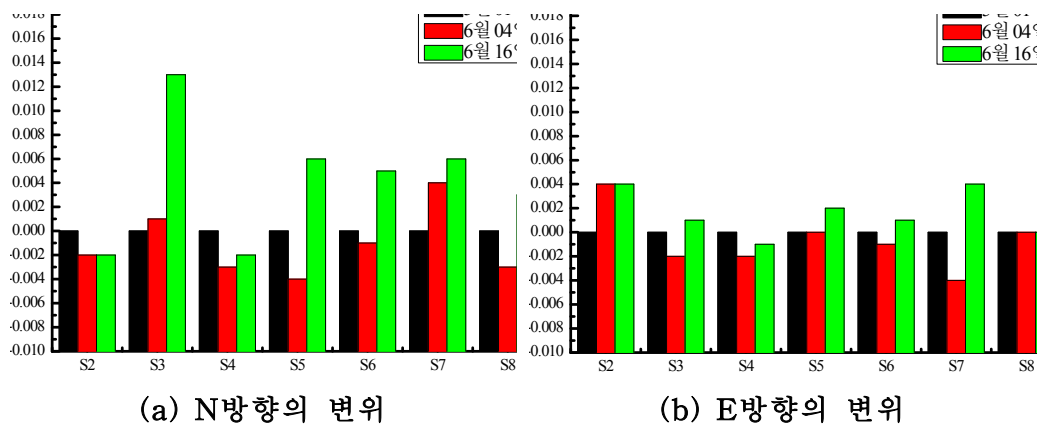
표 3.4.2 강관파일 변위측정 data

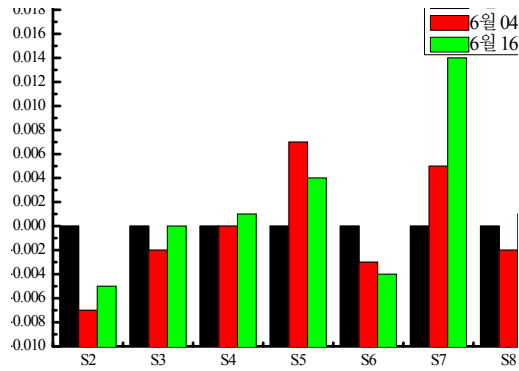
(단위 : m)

측점		2009년 05월 01일	2009년 06월 04일	2009년 06월 16일
S1	N	4083301.322	손실	손실
	E	537801.790		
	Z	1.567		
S2	N	4083297.252	4083297.250	4083297.250
	E	537803.977	537803.981	537803.981
	Z	1.373	1.366	1.368
S3	N	4083298.343	4083298.345	4083298.356
	E	537796.576	537796.574	537796.578
	Z	1.550	1.548	1.550
S4	N	4083293.446	4083293.442	4083293.444
	E	537806.272	537806.269	537806.271
	Z	1.397	1.397	1.398
S5	N	4083295.411	4083295.407	4083295.418
	E	537791.473	537791.473	537791.475
	Z	1.554	1.561	1.558
S6	N	4083290.488	4083290.487	4083290.493
	E	537801.050	537801.049	537801.051
	Z	1.251	1.248	1.246
S7	N	4083291.441	4083291.445	4083291.447
	E	537793.583	537793.579	537793.588
	Z	1.494	1.500	1.508
S8	N	4083287.544	4083287.542	4083287.548
	E	537795.804	537795.803	537795.804
	Z	1.603	1.600	1.604

철재형 이안제 강관파일의 변위를 측정한 결과를 이용하여 아래의 그림 3.4.26에 보이는 바와 같이 방향별로 변위량을 나타내었다.

설계파에 상응하는 파입 내습시 수평변위는 S3번의 위치에 북쪽 방향으로 13mm, 변화를 보였으며, 연직변위는 S7번의 위치에서 상향으로 (+)14mm 변화를 보였다.





(C) Z방향의 변위

그림 3.4.26 강관파일 변위량

강관파일 수평변위는 설계파에 상응하는 파가 내습시 남서(SW)방향으로 움직임을 보였으며, 이후(6월16일) 관측시 북동(NE)방향으로 강관파일이 움직임을 보인 것으로 추정된다.

구조물의 기초를 설계하는 데에는 파파에 대하여 안전할 것과 허용된 침하범위 이상의 침하가 발생하지 말아야 할 것 등 두가지 기준에 의한다. 파파에 대하여 안전하도록 하는 지지력개념의 설계에서는 파괴를 유발하는 극한지지력을 구하고 비교적 높은 2.0~3.0의 안전율을 적용한다. 따라서 지지력 개념의 설계는 극한지지력의 확인에 의하는 것이 가장 바람직하며 이 개념은 우리나라 건설부 제정 “구조물 기초설계 기준”에도 명시되어 있다. 또한 각종 문헌에서도 극한지지력을 기준으로 할 것을 제안하고 있다.

극한상태의 정의는 하중의 증가없이 침하량이 무한대로 증가하는 상태 이지만 대부분의 말뚝재하시험에서는 이와 같은 이론적인 극한지지력은 확인이 되지 않는다. 따라서 인위적인 침하량에 도달하면 그때의 하중을 극한하중으로 인정하는 방법이 보다 폭 넓게 적용되고 있다.

아래의 표 3.4.3에 보이는 바와 같이 전 침하량의 기준으로부터 강관말뚝의 연직변위는 허용범위 내에서 변위량이 만족이 되며, 수평변위는 표 3.4.4에 보이는 바와 같이 국내외 시방서 및 기준의 수평변위의 기준에서 보는바와 같이 허용범위 내에서 변위량이 만족이 된다. 따라서 구조물에 설계파고의 상응하는 파가 내습시 파력에 의한 구조물은 안전하다고 판단된다.

표 3.4.3 국내외 시방서 및 전침하량 기준

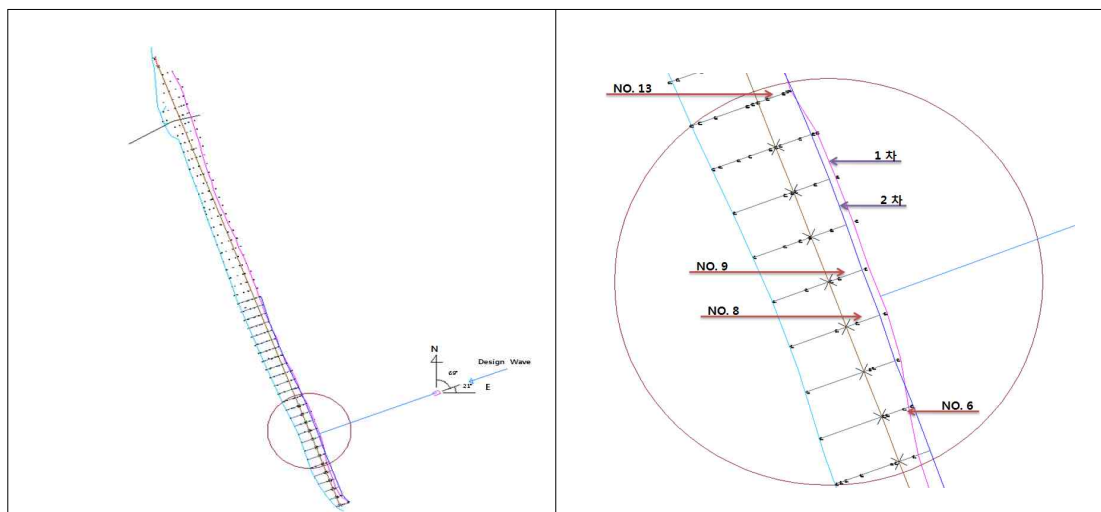
구분		전침하량 기준
국 내 규 정	BS규정	· 말뚝직경의 10% 침하량 · Terzaghi and Peck 제안한 25mm
	인위적인 기준값 (De Beer)	· 항타말뚝의 경우 말뚝직경의 10% · 현장타설 콘크리트 말뚝에서는 말뚝직경의 30% 침하
국 외 규 정	Singapore 지하철 설계기준	· 설계하중에서 6~9mm · 설계하중의 1.5배 하중에서 9~20mm
	일본 토질공학회	· 설계하중의 1.5배 하중에서 25mm
	러시아	· 설계하중의 1.5배 하중에서 40~80mm

표 3.4.4 국내외 시방서 및 기준의 수평변위 기준(한국지반공학회, 2006)

구분		수평변위기준(한국지반공학회, 2006)
국 내 규 정	구조물기초설계기준 (2003)	· 말뚝머리의 수평방향 변위량이 상부구조에서 정해지는 허용 변위량을 넘어서지 않는 조건을 만족
	도로교설계기준 (2001)	· 말뚝의 수평변위는 기초폭의 1%이며, 최소 15mm, 최대 50mm으로 함
국 외 규 정	AASHTO (2004)	· 말뚝의 수평변위는 Barker 방법 또는 p-y해석 절차 적용 · 수평변위는 지반-말뚝 상호작용을 고려하여야 함. · 말뚝의 수평변위는 선택된 허용수평변위 이내 · 수평방향 변위는 38mm로 제한
	Candian Geotechnical Society (1992)	· 수평지지력은 3가지 조건에 의해 제한. · 그 중 말뚝두부 변위에 의해 상부구조의 존립이 가능하여야 함.
	FHWA (1999)	· 교대의 수평 변위는 연직변위보다 구조물 손상에 더 큰 영향을 미치며, 사용성 예측에 의해 38mm보다 작아야 함.
	AASHTO (1996)	· 매입말뚝의 수평변위 기준은 연직변위와 수평변위를 결합시킬 수 있는 경우, 수평변위를 25mm이하, 연직변위가 작은 경우 수평변위는 50mm이하로 규정. - 예측 변위가 위의 규정을 초과하였다면, 정밀분석이 필요함.

(4) 기능

해안선 변화는 (a) 철재형 이안제 시공전(09.4.10)에 비하여 (b) 철재형 이안제 시공후 (09.6.30)가 톱보로 형태의 지형이 보인다.



중단면 1차, 2차 관측자료 중 주요 보호대상지역인 500m 구간에 대하여 해안선 변화량을 계산해 보았다. 중단면 1차, 2차 관측기간 동안 해안선 변화량은 퇴적이 31m³이 나타났음을 알 수 있었다.

(5) 철거

철재형 이안제는 해안선 보호 목적의 구조물로써 상판의 착탈과 전구조체 제거 가능여부를 판단하는 것이 중요한 연구목적 중 하나이다. 그림 3.4.29는 말뚝의 제거와 상판의 해체를 보인 것이다.



(a) 말뚝의 인발력 해체

(b) 상부 소파판 제거

그림 3.4.29 말뚝 및 상판의 구조물의 해체

(6) 축조비용 비교

잠제와 철재형 이안제 비교 결과 (잠제보다 철재형 이안제의 계획법선이 외해로 이동했을 경우)

표 3.4.5 case 2: 75m-7set (1set당 9m×15.5m, 강관말뚝 9)

구 분	잠 제	철재형 이안제
단면형상		
시설규모	L=100m, B=20.68m 마루높이 DL.(+)0.2m, 수심 4m 이상과조건 : Hs=3.0m, Ts=11.0sec	L=75m, B=15.5m(9m×15.5m, 7set) 마루높이 DL.(-)0.545m, 수심 5m
파 랑 투과율	Kt=0.54 (수리실험결과)	Kt=0.54 (수리실험에 의한 제안식)
개 략 공사비	2,806백만원 (1.00)	2,921백만원 (1.04)
공사기간	약 4.5개월	약 1개월
제한고도 및 장비높이	· 제한고도 : 18.6m · 최대 작업높이 : 12.6m	· 제한고도 : 20.6m · 최대 작업높이 : 18.5m
특징	· 쇄파에 의한 에너지감쇠(쇄파류 발생) · 방사잠재로의 역할 기대 · 어초기능 기대 · 안정성 우수, 시공경험 풍부	· 소파, 반사에 의한 전달과 감쇠 · 외해에서 해안으로의 모래이동 원활 · 공기가 짧고 상판이 착탈식이므로 해안을 전략적으로 관리 및 운영이 가능 · 수심에 제한을 받지 않음으로 깊은 수심의 경우 경제적 배치가 가능
검 토 결 과	· 상기 2개안 모두 경제성 및 파랑저감효과 측면에서는 유사한 것으로 검토됨 · 수심의 제한을 받지 않는 철재형 이안제의 장점을 고려해볼 때, 금번 계획된 잠제의 위치보다 깊은 수심에 설치할 경우, 파랑의 회절로 인한 감쇠 영역이 넓어지므로 소요 연장의 축소가 가능하여 경제성 확보가 가능할 것으로 검토됨 (<첨부-2> 차세대 해안공간확보기술 연구단 검토자료 참조) · 그러나 현 단계에서 평면계획을 변경할 경우, 추가 지반조사, 실험 및 관계기관 재협의 등 세밀한 검토 및 절차가 필요하므로 사업 추진이 지체 될 우려가 있음 · 추후 유사사업의 초기단계부터 면밀히 검토되어 적용될 경우 친환경·차세대 구조물로서 각광을 받을 것으로 사료됨	

자료) 강릉시 남항진리 연안정비사업 실시설계용역 보고서 (동해지방해양항만청 2010. 6, p720)

(7) 보완 사항

(가) 부식 문제

본과제의 실효역 검증 실험에서 철재형 이안제는 약 4m정도의 파일이 노출되어 있었으나 이는 현지어민들의 항해 안전성을 확보해 달라는 요구를 수용한 결과로 일반적인 철재형 구조물 형식은 부식의 정도가 매우 낮다고 할 수 있다. 향후 철재형 이안제 설계 시 항만 및 어항설계 기준에서 제시하는 일반적인 방식 공법과 부식에 강한 신형 강재(예; 포스코 A690)를 검토해 볼 필요성이 있다 판단된다.

(나) 따개비 부착 문제

따개비 부착문제는 선박의 전통적인 문제로서 선박에서 이용되는 기존의 방법을 적용한다.

① 따개비 부착을 고려하여 설계시는 파일의 직경을 10%할증하여 구조검토를 수행한다.

② 친환경 ANTIFOULING PAINT(오손방지 도료), 방오도료 사용. (예; 해양수산부(2003)는 순천대학교 신현웅 교수팀이 해조류에서 천연 방오물질 추출에 성공했다고 3일 밝혔다. 이번에 추출된 방오물질은 일정한 시험기간을 거쳐 내년부터는 실용화할 수 있게 될 전망이다.(페인트신문 2003.09.05.))

(다) 설치 기준

철재형 이안제의 장점은 기존의 이안제와 잠재의 단점을 극복한 형태이므로 경제성과 기능성이 탁월하다. 따라서 아래의 기준으로 설치기준을 정하면 합리적이라고 판단된다.

- ① 기존의 공법에 비하여 환경친화적인가?
- ② 기존의 공법에 비하여 공기가 단축되는가?
- ③ 기존의 공법에 비하여 철거가 용이한가?
- ④ 기존의 공법에 비하여 해안선 보호 기능이 유사하거나 탁월한가?
- ⑤ 기존의 공법에 비하여 경제적인가?

본 구조물은 수심이 깊을수록 경제성이 확보되는 특징이 있으므로 기존의 중력식 구조물의 규모에 따른 공사비 증가율을 극복하였다. 따라서 ④와 ⑤가 만족되면 기존 공법에 우선하여 설치하며 만족되지 않으면 ①,②,③의 요소를 포함하여 최종결정을 한다. 이때, 경제성 판단을 할 때 주의할 점은 기존의 공법과 동일한 수심에서만 비교하지 말고 더 깊은 수심에서도 해안선 보호가 가능한지를 판단해야 한다. 철재형 이안제를 더 깊은 수심에 설치하면 목표로 하는 해안선 보호 지역이 회절효과로 인하여 구조물 설치 총 길이가 짧아져도 가능해 진다.

♣ 추가설명 :

① 기존의 공법에 비하여 환경친화적인가? ; 철재형 이안제는 해수유통이 자유롭다. 쇠파를 동반하지 않고 반사구조물이므로 이안류 등 인위적 흐름이 발생하지 않는다. 물수심을 가지고 있으므로 해안의 풍치를 있는 그대로 유지할 수 있다.

② 기존의 공법에 비하여 공기가 단축되는가? ; 길이 100m, 수심 약 4m정도는 이안제는 약 4.5개월, 철재형 이안제는 1개월 정도 소요.

③ 기존의 공법에 비하여 철거가 용이한가? ; 해안선 보호는 전세계적으로 실패를 거듭하고 있으므로 전략적인 방호공법이 필요하다. 즉, 철거가 용이해야 방호전략을 수립할 수 있다.

④ 기존의 공법에 비하여 해안선 보호 기능이 유사하거나 탁월한가? ; 장주기파가 구조물을 통과할 수 있으므로 해안선 방향 표사이동을 저해하지 않는다.

⑤ 기존의 공법에 비하여 경제적인가? ; 깊은 바다로 갈수록 회절효과로 인하여 차폐지역이 넓어지므로 철재형 이안제의 길이가 짧아져 재료비 절감 및 공기단축이 가능하다.

(8) 결론

실제 사용상의 장점으로는 소파판에 해당하는 상판은 착탈식이므로 해안선 사정에 따라 운영이 가능하다는 점, 셀(cell) 단위로 축조가 가능하므로 예산에 따라 연차적 축조가 가능해진다는 점 등을 꼽을 수 있다. 상기한 해안선 보호 목적뿐만 아니라 본 구조물 형식은 말뚝 지지형이므로 대수심 파 에너지제어를 위한 기본구조형식으로 채택이 기대되어 국내의 지반공학기술의 발전과 더불어 기술적인 범용성이 전 세계적으로 파급될 것으로 확신한다.

철재형 이안제의 경우 비용의 절감과 함께 환경적 가치를 발생시키는 기술로 상용화를 적극 검토해야 할 것으로 사료됨(기술혁신사업과급효과분석, 2010, 한국건설교통평가원)

3. 해안 초본식생 조성사업 기술

가. 해안녹화식물 선발을 위한 식생 피복도 모니터링

(1) 서론

해안가에서 발생하는 비사는 바람과 모래의 마찰에 의한 것으로서, 해안 침식, 도로 퇴적, 경작지 매몰, 해안 보안림 매몰 등의 원인으로 작용한다. 이러한 비사 발생을 억제하는 것은 해안선 유지 및 확보 측면뿐만 아니라 주변 환경오염 방지 측면에서도 중요하다.

한국농촌공사 새만금사업단(2006)에 따르면, 모래의 비산을 막기 위한 방법으로서 방

풍림을 조성하는 방법, 지피 식물로 조기에 피복하는 방법, 그리고 지하수 조절에 의한 토양 수분을 관리 하는 방법 등이 있다. 특히, 지피 식물을 이용하여 피복하는 방법은 해안녹화를 일컫는 것으로서, 현장 특수성을 살리고 주변 환경과 조화를 이룰 수 있는 방법이다. 또한, 해안가의 식물 생태계를 직접 복원한다는 점에서 생태적으로 가치가 있으며 비용 측면에서도 효율적인 방법이다.

식물에 의한 비사저감효과는 식물체의 뿌리나 지상부에 의해 직접적인 모래의 이동이 억제되거나 혹은 공기 흐름을 변화시켜 간접적인 영향을 미치는 것으로 나눌 수 있다. 후자의 경우, 식물의 비사저감능력은 공기흐름에 대한 저항력인 항력계수(drag coefficient)로 표현된다(Jacobs, 1985). 일반적으로 식물의 항력계수는 풍동실험을 실시하여 추정한다(Guan 등, 2003). 하지만, 풍동을 이용하는 방법은 식물의 구조를 일반화하기가 쉽지 않고, 현장의 상황을 반영하기 힘들다는 어려움을 가지고 있다.

해안녹화식물의 비사저감효과에 관한 외국의 연구사례를 살펴보면 Nordstorm 등(1990)은 지피피복형 뿌리가 비사저감에 효과적이라는 것을 실험적으로 증명하였으며, Wasson과 Nanninga(1986)은 식물의 피복도, 바람의 속도, 모래 이동율의 관계를 현장 조사를 통하여 밝혀내었다. Musick 등(1996)은 식물의 구조가 비사발생에 미치는 영향을 밝히기 위하여 식생 모조품을 이용하여 풍동실험을 한 결과 측면피복(lateral cover) 즉, 지표 피복도(surface coverage)가 비사발생에 큰 영향을 미친다는 것을 밝혔다. 한편, 柳嶋과 上岡(2003)는 식물이 해변의 지형변화에 미치는 영향을 알기 위하여 현지조사를 수행한 결과, 식물이 있는 해변은 지반고가 상승한 반면 식물이 없어진 해변은 지반고가 하강하는 것으로 나타났다.

국내의 경우에는 비사방지대책에 대하여 권혁민(1997, 1999), 권혁민 등(2004)은 식생에 의한 해안선보호 사례를 보고한 바 있다. 또한, 한국농촌공사 새만금사업단(2006)은 새만금 간척지에 염생식물 현장 생육시험과 함께 비산먼지의 확산을 예측하기 위한 CFD 시뮬레이션을 이용하기도 하였다. 하지만, 해안녹화식물의 비사저감효과의 평가에 관한 연구는 여전히 부족한 실정이다.

이에 따라 본 연구는 해안녹화식물의 비사저감효과를 정량적으로 분석하기 위한 기초 연구로서, 비사저감효과를 고려한 해안녹화식물을 선발하는 것을 목적으로 실시되었다. 비사저감능력의 평가를 위하여 현장에 식재한 식물의 피복도를 이용함으로써 식물의 생장도 함께 고려할 수 있도록 하였다. 이를 위해서 문헌조사를 통하여 해안녹화식물 후보군을 선정한 후, 내염성실험과 현장식재실험을 차례로 실시하여 그 결과를 분석하였다.

(2) 연구 방법

본 연구는 그림 1과 같은 순서로 실시되었다. 먼저 문헌조사를 통하여 해안녹화에 적합한 후보식물군을 선정하고, 식생 생산포지를 조성하여 생육하였다. 그 후, 후보식물군에 대하여 해안가 현장생육에 필수적인 특성인 내염성을 평가하기 위하여 바닷물로 처리한 내염성 실험을 실시하였다. 최종적으로 내염성 실험에서 좋은 결과를 보인 식물들을 선별하여 현장식재를 실시하여 피복도 모니터링을 실시하였다.



그림 3.4.30 연구의 흐름

(3) 후보식물군 선발 및 생장포지 조성

우리나라에 적합한 해안녹화용 식물을 선정하기 위하여 문헌조사를 실시하였다. 해안 녹화용 식물 후보군의 조건으로서 해안가에서의 생육 가능성, 조기녹화를 위한 빠른 생육 능력, 비사저감을 위한 지상부 체적 및 표면적 등이 고려되었다. 선발된 후보식물은 총 24종으로서 표 1과 같다. 선발된 후보식물들은 돌나물과에서 5종, 국화과에서 4종, 콩과, 산형과 2종 그리고 앵초과, 메꽃과, 석죽과, 백합과, 지치과, 부처꽃과, 벼과, 꿀풀과, 붓꽃과, 사초과, 현삼과에서 각각 1종이 선정되었다. 해안녹화용 식물 후보군으로 선정된 식물들은 경북 포항시 청하면에 소재한 3,290m² 크기의 식생포지에서 생육되었다.

표 3.4.6 선정된 후보식물 목록 및 특성

국명 (학명)	과명	성상	생육지
갯기름나물 (<i>Peucedanum japonicum</i> Thunb.)	산형과	숙근초	바닷가, 냇가
갯까치수염 (<i>Lysimachia mauritiana</i> Lam.)	앵초과	이년초	바닷가
갯메꽃 (<i>Calystegia soldanella</i> (L.) Roem. & Schultb.)	메꽃과	다년초	바닷가 모래땅
갯방풍 (<i>Glehnia littoralis</i> F. Schmidt ex Miq.)	산형과	다년초	바닷가 모래땅
갯씀바귀 (<i>Ixeris repens</i> (L.) A. Gray)	국화과	다년초	바닷가 모래땅
갯완두 (<i>Lathyrus japonicus</i> Willd.)	콩과	다년초	바닷가 모래땅
갯패랭이 (<i>Dianthus japonicus</i> Thunb. ex Murray)	석죽과	다년초	바닷가
기린초 (<i>Sedum kamtschaticum</i> Fisch. & Mey.)	돌나물과	다년초	산지 바위 길
돌나물 (<i>Sedum satmentosum</i> Bunge)	돌나물과	다년초	약한 습지
두메부추 (<i>Allium senescens</i> L. var. <i>senescens</i>)	백합과	다년초	바닷가
땅채송화 (<i>Sedum oryzifolium</i> Makino)	돌나물과	다년초	바닷가 바위 길 햇볕이 잘 쬐고 건조한 풀밭 또는 모래땅
반디지치 (<i>Lithospermum zollingeri</i> A. DC.)	지치과	다년초	산지의 습지
별노랑이 (<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonica</i> Regel)	콩과	다년초	습지 및 냇가
부처꽃 (<i>Lythrum anceps</i> (KOEHNE) MAKINO)	부처꽃과	다년초	냇가의 모래땅
사철쭉 (<i>Artemisia capillaris</i> Thunb.)	국화과	다년초	-
섬기린초 (<i>Sedum takesimense</i> Nakai)	돌나물과	다년초	바닷가 모래땅
왕잔디 (<i>Zoysia macrostachya</i> Franch. & Sav.)	벼과	다년초	바닷가 모래땅
참골무꽃 (<i>Scutellaria strigillosa</i> Hemsl.)	꿀풀과	다년초	바닷가 모래땅
큰쟁의비름 (<i>Hylotelephium spectabile</i> (Boreau) H. Ohba)	돌나물과	다년초	산지
타래붓꽃 (<i>Iris lactea</i> var. <i>chinensis</i> (Fisch.) Koidz.)	붓꽃과	다년초	산지
털머위 (<i>Farfugium japonicum</i> (L.) Kitam.)	국화과	다년초	바닷가 숲 속
통보리사초 (<i>Carex kobomugi</i> Ohwi)	사초과	다년초	바닷가 모래땅
해국 (<i>Aster spathulifolius</i> MAX.)	국화과	다년초	바닷가
해란초 (<i>Linaria japonica</i> Miq.)	현삼과	다년초	바닷가 모래땅

(4) 해안녹화식물의 내염성 실험

(가) 실험 설계

현장식재실험에 이용될 해안녹화식물을 선발을 위해 후보식물로 선정된 24종에 대해서 바닷물을 이용한 내염성 실험을 실시하였다. 처리수준은 바닷물 100% 용액, 66% 용액, 33% 용액, 0% 용액 등 4수준으로 설계하여 처리하였으며, 관수는 2일 간격으로 3회 실시하여 최종적으로 7일 후에 관찰되는 잎의 염분피해 여부를 정성적으로 평가하였

다.

(나) 실험 결과

내염성실험을 실시한 결과는 표 2와 같다. 내염성에 대한 평가 점수는 1부터 5까지 5등급으로 분류하여 부여하였으며 1은 ‘완전 고사’이며, 5는 ‘피해가 없음’을 나타낸다. 갯기름나물, 갯방풍, 기린초, 땅채송화, 섬기린초, 왕잔디, 큰평의비름, 해국 등은 강한 내염성을 나타내었다. 반면, 갯완두, 누리장나무, 사철쭉 등은 내염성이 약한 것으로 나타났다.

표 3.4.7 바닷물 처리 농도에 따른 가시적 피해 정도

식물명	바닷물 처리 농도 (%)			
	0	33	66	100
갯기름나물	5	5	5	5
갯까치수영	5	5	5	4
갯메꽃	5	5	5	4
갯방풍	5	5	5	5
갯씀바귀	5	5	5	4
갯완두	5	3	2	1
갯패랭이꽃	5	5	5	4
기린초	5	5	5	5
누리장나무	5	3	2	1
돌가시나무	5	5	4	3
돌나물	5	5	5	4
두메부추	5	5	5	4
땅채송화	5	5	5	5
모감주나무	5	5	4	3
반디지치	5	5	5	4
별노랑이	5	5	4	3
부처꽃	5	5	4	3
사철쭉	5	4	3	2
섬기린초	5	5	5	5
순비기나무	5	5	5	4
쉬나무	5	5	4	3
왕잔디	5	5	5	5
줄사철나무	5	5	4	3
참گل무꽃	5	5	4	3
다래붓꽃	5	5	4	3
털머위	5	5	5	4
통보리사초	5	5	5	4
큰평의비름	5	5	5	5
해국	5	5	5	5
해당화	5	4	3	3
해란초	5	5	4	3

(5) 현장식재실험

(가) 실험 설계

현장식재실험은 해안녹화식물이 현장조건에 적응하여 생장하는 정도와 시기별 토양면의 피복 정도를 분석하기 위하여 시행하였다. 현장식재실험은 실제적으로 해안의 특성을 잘 반영할 수 있도록 경상북도 울진군 원남면 오산리에 위치한 오산항 부근 해변에서 실시하였다. 또한, 식재 토양의 특성을 파악하기 위하여 실험포장에 대한 토양 조사를 실시하였으며, 그 결과는 표 3.4.8과 같다. 실험포장의 토양조건은 일반 밭 포장과 비교할 때 낮은 유기물 함량과 높은 pH 등으로 인하여 다양한 식물이 자라기에 매우 불리한 조

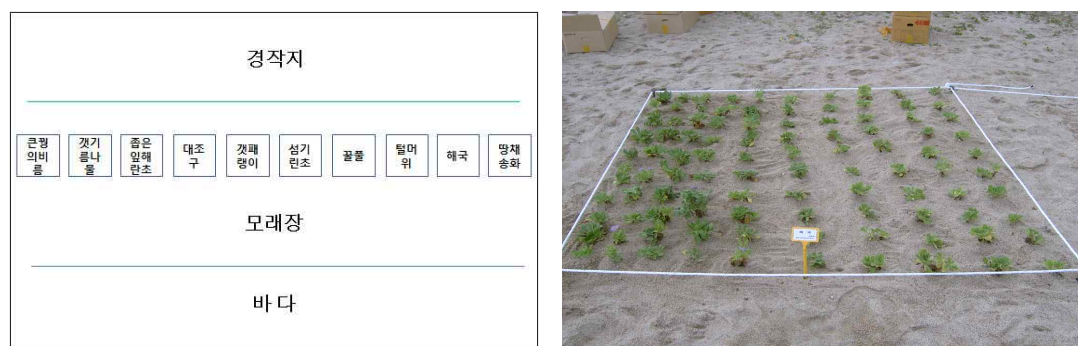
건이다.

실험대상종은 내염성실험 결과 등을 종합적으로 고려하여 갯기름나물, 갯패랭이, 땅채송화, 섬기린초, 좁은잎해란초, 큰평의비름, 털머위, 해국 등 7종과 함께 해안녹화식물 후보군에는 선정되지 않은 일반 초화류인 꿀풀(*Prunella vulgaris* var. *lilacina* Nakai)과 좁은잎해란초(*Linaria vulgaris* Mill.) 등 2종을 선정하였다. 선정된 총 9종의 식물은 경상북도 울진군 원남면 오산리에 위치한 오산항 부근 해변가에 식재되었다.

표 3.4.8 현장식재실험 포장의 토양 특성

깊이	유기물 함량(%)	유효인산 (%)	pH	EC (S/m)	NH4 (ppm)	NO3 (ppm)	Ca (cmol/ kg)	Mg (cmol/ kg)	K (cmol/ kg)	Na (cmol/ kg)
0 ~ 15cm	0.35	2.0	7.9	0.045	0.00	7.33	0.79	0.32	0.07	0.43
15 ~ 30cm	0.15	2.0	6.8	0.06	11.88	8.24	0.79	0.29	0.14	0.38
30 ~ 45cm	0.35	2.0	9.0	0.02	14.63	1.84	1.30	0.33	0.09	0.50

식재포장은 2m × 2m 크기로 조성하였으며, 단일 종에 대하여 각 100본을 식재하였다(그림 2). 식재작업은 2007년 10월 4일에 실시하였으며, 이후 정기적으로 각 포장의 생육특성을 조사하고 사진촬영을 실시하였다. 한편, 시기별로 촬영한 사진은 SigmaScan Pro 5.0(Systat Software Inc.)를 이용한 이미지 프로세싱 방법으로 피복정도를 분석하였으며, Prucell(2000)의 방식을 적용하여 식물별 피복도를 계산하였다.



(a) 포장 배치도

(b) 포장내 식재 모습

그림 3.2.31 현장식재실험 포장

(나) 실험 결과

그림 3.4.32와 그림 3.4.32는 식재 1년 후의 초종별 생존 개체수와 초장(높이)를 나타낸 것이다. 꿀풀, 좁은잎해란초, 털머위는 대부분의 개체가 고사하였으며 특히, 꿀풀의 경우 모든 개체가 고사하였다. 이외의 종들은 대부분 양호한 생존율을 보였으며, 섬기린초의 경우 모든 개체가 생존하였다. 초장의 경우, 갯패랭이의 꽃대가 평균 25 cm 정도로 가장 큰 성장을 보였으나, 대부분의 개체는 평균이 5cm 내외인 것으로 나타났다.

식물별 피복도는 2007년 10월 4일, 10월 15일, 11월 9일, 12월 16일, 2008년 3월 26일, 4월 3일, 4월 15일, 6월 15일, 9월 18일 등 총 9회에 걸쳐서 측정되었다. 9종의 식물에 대한 시기별 피복도를 조사한 결과는 그림 5와 같다. 2007년 10월 4일 식재한

이후 9개 식물 모두 2007년 12월 16일까지는 전반적으로 피복도가 감소하는 경향을 나타내었다. 2007년 12월 16일을 기준으로 하였을 때 피복도가 비교적 높은 식물은 갯패랭이, 털머위, 섬기린초 등 이었다.

2008년 3월 26일 측정에서는 갯패랭이, 섬기린초, 해국을 제외한 6개 식물은 모두 3% 이하의 피복도를 보였다. 이러한 피복도의 양상은 식물중에 따라서는 겨울철에는 지상부가 존재하지 않는 생태적 특성으로 인한 것이라고 판단된다. 또한, 2008년 2월말 경 해일로 인하여 바닷물이 식물이 식재된 플롯에 침입하여 발생한 염해로 인하여 꿀풀, 털머위, 좁은잎해란초의 경우에는 대부분의 개체가 고사된 것으로 생각된다. 그 이유는 2008년 9월 18일까지도 지상부의 피복도가 1% 이하로 측정되었고 지상부가 거의 존재하지 않았기 때문이다.

2008년 9월 18일에 높은 피복도를 보이는 식물은 섬기린초, 갯패랭이, 해국 등이다. 특히, 이 종들은 2007년 12월 16일에도 높은 피복도를 보이고 있어서 겨울철의 생육도 양호하므로 전체적으로 다른 종들에 비해서 현장에 잘 적응하고 있으며 그에 따라 높은 피복도를 나타내고 있다고 판단된다.

이상에서 현장식재실험 결과 생존율과 피복도가 가장 높은 식물로 섬기린초, 갯패랭이, 해국 등으로 나타났다. 그러므로 위의 식물들은 다른 식물들에 비해 생육능력과 비사저감효과가 클 것으로 판단된다. 반면, 일반 초화류인 꿀풀과 좁은잎해란초는 대부분의 종 이 고사하여 해안가 생육에는 적합하지 않은 것으로 나타났다. 향후 선발된 식물들의 비사저감능력을 정량화하기 위해서는 풍동실험을 통한 항력계수를 산정하는 추가적인 연구가 필요할 것이다.

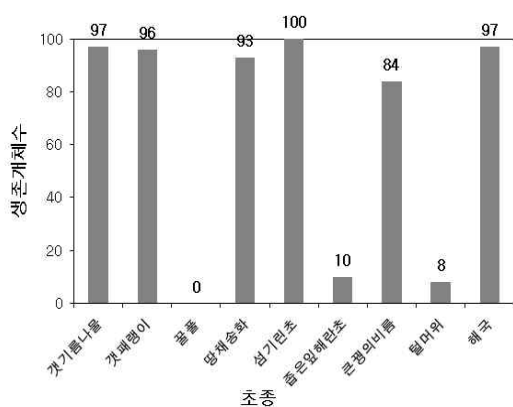


그림 3.4.32 초종별 생존 개체수

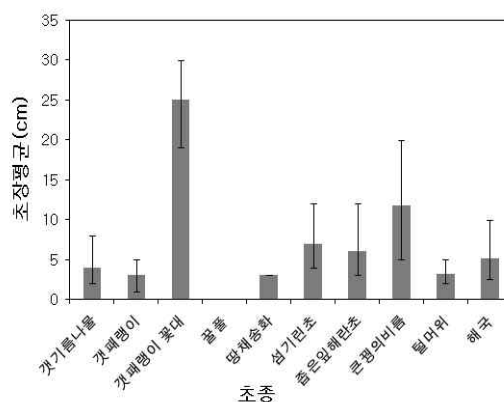
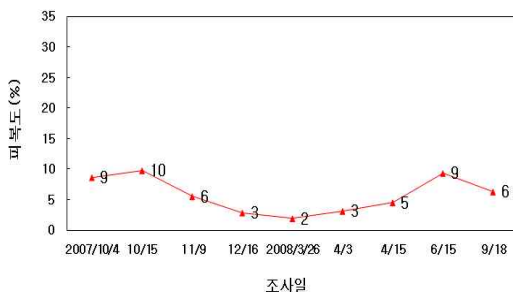
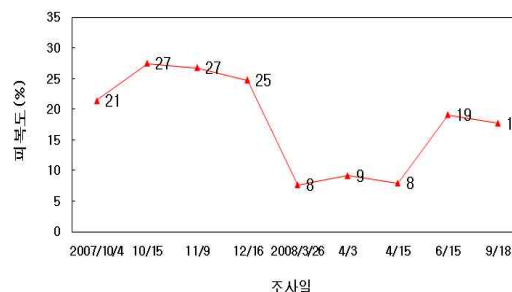


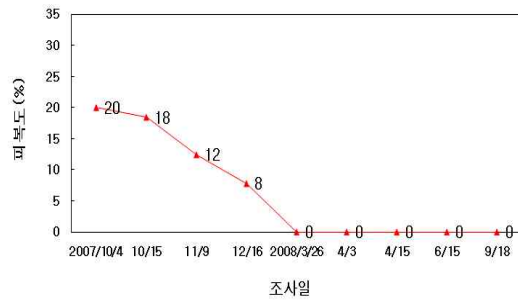
그림 3.4.33 초종별 초장



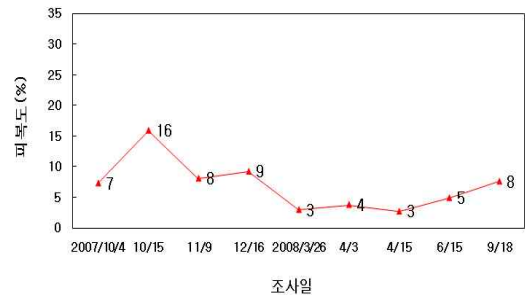
(a)



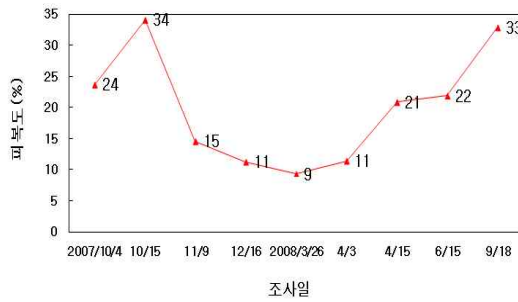
(b)



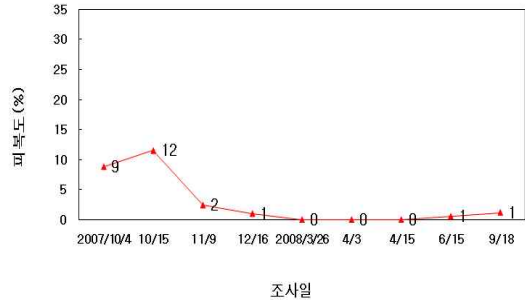
(c)



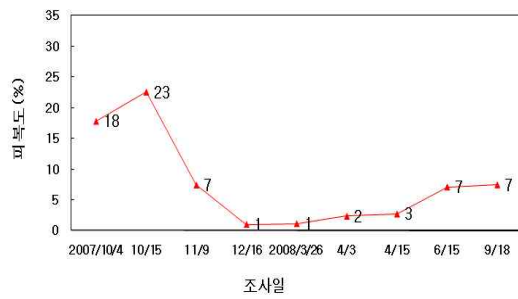
(d)



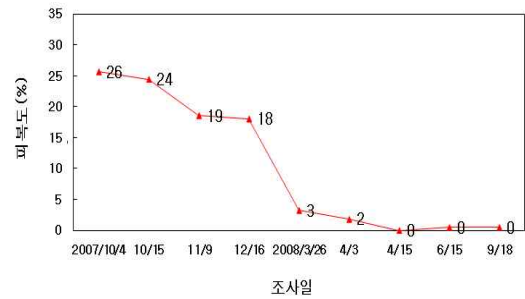
(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

그림 3.4.34 시기별 피복도 변화. (a) 갯기름나물, (b) 갯패랭이, (c) 꿀풀, (d) 땅채송화, (e) 섬기린초, (f) 좁은잎해란초, (g) 큰꿩의비름, (h) 털머위, (i) 해국

(다) 결 론

본 연구는 비사저감효과를 고려하여 해안녹화에 적합한 식물을 선발하고자 하는 목적으로 수행되었다. 이를 위해서 문헌연구를 통하여 후보식물군을 선정하여 생산포지에서 생육한 후, 내염성실험 및 현장식재실험을 차례로 실시하여 해안녹화에 적합한 식물을 단계적으로 선정하였다. 그 결과, 문헌조사를 통하여 총 24종의 해안녹화식물 후보군으로 선정하였으며, 식생포지에서 생육하면서 내염성 실험을 실시하여 9종의 식물에 대한

여 현장식재실험을 실시하였다. 최종적으로 현장식재실험에서 섬기린초, 갯패랭이, 해국 등이 높은 생존율과 피복도를 보여 해안녹화에 적합한 식물로 선발되었다. 본 연구는 향후 수행될 해안녹화식물의 비사저감효과를 정량화하는 연구에 대한 기초연구로서 연구대상종을 선발한 것에 그 의의가 있다. 추후 본 연구에서 선정된 식물에 대해서 풍동실험을 실시하여 각 식물의 항력계수를 산정하는 추가적인 연구가 필요하다.

(6) 식생의 종류 및 밀도에 따른 공기역학적 거칠기 변화

(가) 서론

바람에 의한 토양의 침식은 건조지역이나 간척지, 해안과 같이 식생이 부족한 나지에서 문제시된다. 최근에 반건조지역에서는 사람들에 의한 과도한 방목과 기후변화로 인한 잦은 가뭄으로 인해 풍식에 의한 비사입자의 발생의 잠재위험성이 증가하고 있다(Wolfe와 Nickling, 1993). 풍식은 지표면 바람의 속도가 토양표면의 침식에 필요한 임계전단속도보다 클 때 발생하게 된다. 따라서 풍식 임계전단속도를 기반으로 하여 바람에 의해 토양입자가 유동하는 양을 산정하는 모델링이 이루어지고 있다. 이러한 모델링의 변수는 크게 토양의 특성에 대한 것과 식생과 같은 장애물에 의한 영향으로 나뉘어진다. 토양의 변수는 그 입자의 무게와 내부점착력이 침식임계전단속도를 결정하는데, 이에 영향을 미치는 인자는 토양의 수분과 입자의 크기분포로서 결정되어 이를 기반으로 모델링된다. 한편, 식생이 풍식의 저감에 미치는 영향은 식생의 양과 식생에 의한 효과를 모델링하기 위해, 식생 성장 모델링과 식생의 효과에 대한 모델링이 같이 이루어진다. 식생이 풍식저감에 영향을 미치는 과정은 1) 식생이 직접 토양표면을 피복하거나 풍식에 의해 발생한 비사입자와 충돌하여 퇴사하는 과정, 2) 바람의 전단력을 흡수하여 토양표면에 전달되는 전단력을 감소시키는 과정, 3) 식생 주변의 토양의 수분과 같은 미세환경을 변화시켜서 임계전단속도를 변화시키는 과정으로 나뉜다(Ven 등, 1989). 이와 같은 식생에 의한 풍식저감을 모의하기 위해서 식생의 특성과 토양입자 이동량의 관계에 대한 연구(Siddoway 등, 1965; Hagen과 Lyles, 1988; Gillies 등, 2006)가 이루어졌는데, Wolfe와 Nickling(1993)는 토양입자의 이동량과 식생에 의해 생기는 공기동역학적 거칠기에 대한 연구가 함께 이루어져야한다고 제안하였다.

식생에 의해 제공되는 공기동역학적 거칠기에 대한 연구는 실제 식생의 모양 및 유연성, 공극 등으로 인해 생기는 임의성을 배제하고자, 막대, 원통, 원뿔과 같은 강체를 대상으로 연구가 진행되어 왔다(Marshall, 1971; Raupach, 1980). Minvielle 등(2003)과 Musick 등(1998)은 기존실험들이 공극이 없는 강체를 식생의 모델로서 사용해온 것에 주목하여, 이 연구결과를 공극을 갖는 실제 식생구조에 그대로 반영하면 식생에 의해 제공되는 공기역학적 거칠기가 과대추정될 수 있다고 지적하였다. 특별히 식생이 듚성하게 분포해있는 지역에서는 과대추정의 정도가 민감한 요인이 될 것이라고 지적하였다. 이에 따라, Minvielle 등(2003)과 Musick 등(1998)은 공극에 의한 영향을 알아보기 위해 원통형막대를 이용하여 공극을 갖는 모델과 그렇지 않은 모델을 설계하여 공극에 따른 영향을 알아보고자하였다. 그 결과 공극을 갖는 모델이 그렇지 않은 모델보다 거칠기에 미치는 영향이 적다는 결론을 얻은 바 있다.

현장에서 실제 식생에 대해 접근한 연구로는 사막의 관목류(creosote bush)를 대상으

로 한 Wolfe와 Nickling(1998)의 연구가 있으며, 풍동(wind tunnel)을 이용한 연구에서는 Cionco(1972, 1983)에 의해 실제 식생과 나무막대와 같은 식생 모델을 대상으로 난류의 특성을 모의하기 위한 연구가 이루어진 바 있으며, 또한 실제식생 및 식생의 형상을 구현한 모조식생을 대상으로 풍속의 발생량을 측정하고 식생의 밀도인자나 피복률과의 관계에 대해 접근한 연구(Buckley, 1987; Udo 등, 2007) 등이 있다. 그러나 풍동 내에서 실제 식생을 대상으로 공기역학적 거칠기에 대해 접근한 연구는 많지 않다.

따라서 본 연구에서는 유연성과 공극을 갖으면서 균일한 모양과 면적을 유지할 수 있는 모조식생을 대상으로 풍동실험을 하여, 식생의 특성에 따른 공기역학적 거칠기의 변화를 분석하고, 선행 연구 결과와 비교하는 것을 목적으로 하였다.

(나) 재료 및 방법

① 풍동을 이용한 모조식생군락의 수직 풍속프로파일의 측정

㉠ 풍동(wind tunnel)

풍동은 균일한 조건으로 통제된 바람을 생성하여 물체가 공기의 흐름에 미치는 영향을 바람의 조건에 구애받지 않고 측정하기 위해 개발되었다(Lee et al. 2004). 본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부 소유의 풍동을 이용하여 진행하였다. 이 기기는 Eiffel type으로, 송풍부, 축류부, 시험부로 구성되어 있으며 총길이가 29m이고, 시험부의 크기는 2.0m × 1.7m × 15.0m 이다. 본 풍동의 난류강도는 0.5% 미만이며, 0.5% 이내에서 균등한 바람을 생성하며, 시험 가능한 공기 유속의 범위는 0.3 m/s ~ 15 m/s 이다.

풍속의 측정은 multichannel anemometer (KANOMAX Model 1560)을 이용하였으며, traversing system에 바람방향에 대해 직각으로 설치하여 센서를 이동시켜가면서 측정하였다.

㉡ 모조식생의 종류 및 풍동 내 배치

1) 모조식생의 종류

바람에 대해 유연성을 갖는 식생의 특성을 지니면서도 높이와 canopy의 두께, 옆면적 등의 특성을 각 식생마다 균일한 조건으로 맞춰주기 위해 플라스틱 모조식생을 식생의 모델로서 사용하였다. 잎과 크기에 따른 영향을 다양하게 비교하기 위하여, 가늘고 긴 잎의 형태를 갖는 모조식생(기호 H1)과 둥근 잎을 가지며 canopy 밑에 줄기부분을 갖고, 높이와 잎의 크기다 다른 두 모조식생(기호 H2과 H3)을 식생 모델로서 선택하였다(그림 3.4.35). 그리고 H3에 대해서는, 잎의 크기와 개수를 달리하여 옆면적만을 다르게 한 5종류의 식생을 추가로 도입하였다. H3 기호 뒤에 붙은 숫자는 가지에 붙은 잎의 종류에 대한 기호(면적이 큰 순서로부터 4, 3, 2, 1)이며, 한 종류의 잎당 총 잎의 개수는 16개이다. 잎이 모두 없고 줄기만 남은 경우에는 B 기호를 사용하여 표시하였다.

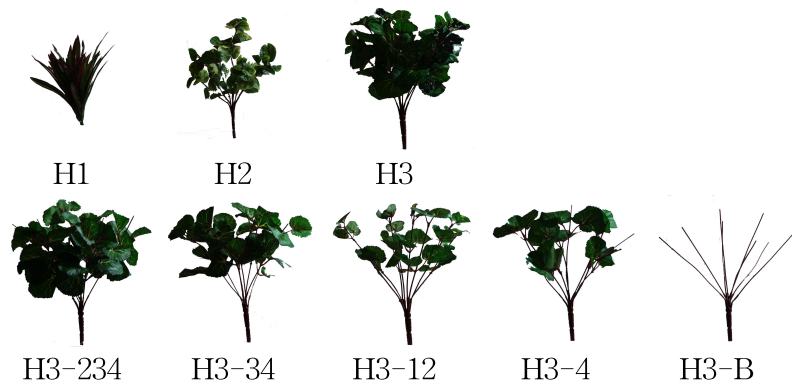


그림 3.4.35 모조식생의 종류와 기호

2) 풍동 내 모조식생의 배치

종류 및 옆면적을 달리한 총 8가지 종류의 모조식생(Figure 1)을 2×1 (m)의 크기를 갖는 2cm 높이의 나무판위에 배치하였다. 배치 형식은 총 9가지이며 표 3.4.36과 같다.

표 3.4.36 모조식생의 배치

(dia. : diagonal, rect. : rectangular)

배치 기호	개수	개체간 간격(cm)	배열 형식	배치 그림 (점: 식생배치 위치)
G10-1	100	14.1	dia.	
G20	50	20.0	rect.	
G10-40	50	22.4	dia.	
G30	28	30.0	rect.	
G30-40	20	36.1	dia.	
G30-60	14	42.4	dia.	

㊤ 수직 풍속프로파일의 측정

풍속 약 5m/s를 만들어내는 풍동의 팬 회전속도 273 rpm 에 대해서 식생군락을 막

통과한 풍속의 수직 프로파일을 측정하였다. 측정은 모조식생군락의 풍하측 바로 끝과 끝으로부터 100cm 떨어진 지점에서 이루어졌으며, 바닥면으로부터 5cm 높이에서 시작해 80cm 높이까지 5cm의 간격으로 1분간 평균값을 측정하였다.

② 모조식생의 종류 및 배치에 따른 군락의 밀도인자 산정

㉠ 식생군락의 밀도인자

1) 엽면적밀도

엽면적 밀도는 식생의 군락이 이루는 전체 부피에서 식생의 잎과 줄기의 한쪽면의 면적이 차지하는 총 면적의 합의 비율이다(식 3.1). 엽면적밀도의 산정을 위해서 각 모조식생별로 잎과 줄기를 모두 분리한 뒤 스캔을 하여 이미지 프로세싱을 통해 총 엽면적을 산정하였으며, 줄기의 면적은 한쪽 면에서 바라볼 때 투영되는 면적으로 계산하였다. 각각의 식생의 엽면적은 3개의 개체의 평균값을 사용하였다.

$$\text{엽면적밀도(LAD)} = \frac{\text{잎의면적(한쪽면)}, \text{줄기의측면면적}}{\text{군락의 체적(바닥면적*식생높이)}} \quad (3.1)$$

2) Roughness density (λ)

Roughness density (λ)은 바람이 부는 방향에서 바라본 개개의 식생의 투영면적의 합과 식생이 배열되어있는 바닥면적에 대한 비율이다(식 3.2). 이 값은 식생에 의한 풍속의 저감의 정도를 알아보기위한 연구에서 널리 사용되어온 모수이다(Wolfe and Nickling, 1993). 이 값을 산정하기 위하여 식생의 측면을 사진촬영하여 이미지 프로세싱을 통해 면적을 산정하여 계산하였다.

$$\text{Roughness density } (\lambda) = \frac{\text{식생의 측면면적(/개)} * \text{식생의 개수}}{\text{바닥면적}} \quad (3.2)$$

3) covering area (%)

Covering area 는 식생이 바닥면을 덮고 있는 면적에 대한 백분율로서 평면의 모습을 촬영하여 이미지 프로세싱을 통해 면적을 산정하여 계산하였다.

③ 풍속 수직프로파일의 모수 산정

식생군락을 지나온 바람은 식생에 의한 방해로 난류가 발생하여, 경계층이 형성된다. 식생군락에 대해 일정 높이 이상에서는 풍속분포가 대수법칙(Logarithmic law)을 따라 근사될 수 있다(식 3.3).

$$u = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z-d}{z_0} \quad (k: \text{karman 상수}, 0.4) \quad (3.3)$$

대수법칙에서는 d , z_0 , u_* 의 세 모수가 주어지는데, d 는 영면변위(zero-plane displacement height), z_0 는 거칠기길이(roughness length), u_* 는 마찰속도(friction

velocity)로서, 이들은 식생군락의 공기역학적 거칠기와 관련이 있다. 영면변위는 경계층의 풍속분포가 대수법칙에 잘 근사되도록 하기 위해 도입된 높이이지만, Thom(1971)은 영면변위의 물리학적 의미에 대해, 식생과 같은 거칠기 물체가 흡수하는 운동량의 평균 수준으로 볼 수 있다고 하였다. 거칠기길이는 대수법칙에 의해 근사된 풍속분포를 풍속이 0이 되는 높이까지 외삽했을 때 얻어지는 높이에서 영면변위를 뺀 값이다. 이 값은 거칠기물체에 의해 발생한 난류소용돌이의 크기와 관련된다고 제안되었다(Jackson, 2006).

마찰속도는 전단속도(shear velocity)로도 불리는데, 이 값은 유체의 점성에 의해 운동 방향으로의 운동량이 수송되는 정도를 의미하며, 이 값이 클수록 높이에 따른 풍속의 변화가 더 커지게 된다. 이 값은 삼차원 풍속계를 이용해 수평풍속과 수직풍속의 값을 이용해 얻을 수도 있고, 풍속의 수직프로파일을 이용해서도 추정될 수 있다.

프로파일의 모수를 추정하는 방법은 여러 연구에 의해 다양하게 제시되어왔는데, 그 중에 대표적인 방법으로는 curve-fit method, 최소자승법(Robinson, 1963; Stearns, 1970), mass conservation methods(Molion and Moore, 1983), 한 높이에서 삼차원 풍향 풍속계로 측정한 값을 이용하여 구하는 법, the center-of-pressure hypothesis(Thom, 1971) 등이 있고, 이 방법들을 혼합해서 사용할 수도 있다. 본 연구에서는 비교적 간단하면서 다양한 연구(Bruin and Moore, 1985; Dong, 2001)에서 의미 있는 값을 추정한다고 알려진 mass conservation methods를 이용하여 영면변위값을 추정하고, 그 이후 curve-fit method를 이용하여 거칠기길이와 전단속도를 추정하였다.

㉔ 영면변위 (d, zero-plane displacement height)의 추정

Mass conservation methods는, 크고 작은 높이의 식생에 의한 변위에 반응하여 평균적인 공기유동의 궤적이 윗방향으로 이동되는 것과 영면변위가 관련이 있다는 개념 하에서 만들어진 추정법이다. 이 방법은 표면에서의 공기유동이 비압축성이라는 것을 가정으로 하며, 부드러운 표면위의 바람(u_s)과 거친 표면 위의 바람(u_f) 사이에는 공기의 유동량이 같아지는 높이(각 표면에 대해, z_s 와 z_f)가 있다는 것을 기본으로 한다(식 3.4).

$$\int_0^{z_s} u_s(z) dz = \int_0^{z_f} u_f(z) dz \quad (3.4)$$

(u_s 는 부드러운 표면에서의 풍속, u_f 는 거친 표면에서의 풍속)

이 방법은, 가장 간단한 방법인 최소자승법을 이용해 추정한 영면변위가 측정값의 오차에 민감하게 반응하고, 높이가 높은 거칠기 물체에 대해서는 추정되는 값의 범위가 너무 넓다는 이유로, 높이가 큰 나무와 숲과 같은 거칠기 물체에 대한 영면변위를 추정하기 위한 연구(Bruin and Moore, 1985; Kou-Fang, 1995; Molion and Moore, 1983)에서 주로 도입되었다. Dong et al. (2001)는 3cm~15cm의 원통형막대를 이용한 풍동실험에서 위 방법을 이용하여 영면변위를 계산하여, 거칠기 물체의 특성과의 관계를 규명하였다.

mass conservation methods에서 영면변위의 값은 $u_s(z_f) = u_s(z_s) = U$ 라고 가정하

면 아래의 식으로 간소화할 수 있다.

$$d = \Delta z = z_f - z_s = \frac{1}{U} \int_0^{z_f} u_s(z) - u_f(z) dz \quad (3.5)$$

또한, 중립대기상태일 때 대수법칙에 의해

$$u_s = U \frac{\ln(z/z_{os})}{\ln(z_f/z_{os})} \quad (3.6)$$

로 나타낼 수 있다. 식 (3.5)와 식 (3.6)을 조합하여 근사적분법인 사다리꼴 적분법을 적용하면, 아래의 식으로 나타낼 수 있고, 이는 측정된 풍속의 수직 프로파일을 통해서 계산할 수 있다.

$$d = \Delta z = z_f - z_s = \left[z_f - \frac{z_f - z_{os}}{\ln(z_f/z_{os})} \right] - \frac{1}{2U} [\sum (u_i - u_{i-1})(z_i - z_{i-1}) + u_1 z_1] \quad (3.7)$$

($2 \leq i \leq N$ (측정높이), z_{os} 는 부드러운 표면에서의 거칠기 길이)

㊤ 거칠기길이(z_o , roughness length)

영면변위가 결정되면, logarithmic law를 이용하여 z_o 를 산정할 수 있다.

$$z = (z - d)e^{-ku/u_*} \quad (k: \text{karman 상수}, 0.4) \quad (3.8)$$

풍속 프로파일에서 영면변위를 적용한 뒤, logarithmic의 경향을 보여주는 변이층 (transition layer)를 선택해 $u=0$ 이 되게 외삽하여, z_o 를 산정하였다.

㊤ 항력계수(C_d , drag coefficient)

영면변위와 거칠기길이가 결정되면, $k=0.4$ 가 되게 하는 u_* 를 산정할 수 있다. u_* 가 구해지면, 아래 과정을 통해 항력계수를 산정할 수 있다.

$$\text{중립대기일 때, } c_d = c_{dn} = \frac{k^2}{\ln(z/z_0)^2} = (u_*/u)^2 \quad (3.9)$$

$$(\because \tau = \rho u_*^2 = \rho c_d u^2)$$

위 과정을 통해 풍속 수직 프로파일로부터 추정된 영면변위, 거칠기길이, 항력계수의 값은 식생군락의 특성에 대한 값과의 연관성을 살펴보아, 식생군락이 공기역학적 거칠기로서 작용하는 정도를 알아보는데 사용하였다.

(다) 결과 및 고찰

① 모조식생의 종류 및 배치에 따른 군락의 밀도인자

㉠ 식생군락의 밀도인자

모조식생군락의 밀도특성을 나타내는 엽면적밀도, roughness concentration, coverage(%) 의 값은 표 3.4.9과 같다.

표 3.4.9 식생의 종류 및 배치별 밀도 인자

종류 및 배치 (종류기호_배치기호)	height (cm)	엽면적밀도 (LAD) (/m)	roughness concentration (Lc)	covering area(%)
H1_G10-1	18.00	26.33	0.65	51.01
H1_G20	18.00	13.16	0.32	22.64
H1_G10-40	18.00	13.16	0.32	22.64
H1_G30	18.00	7.37	0.18	12.68
H1_G30-40	18.00	5.27	0.13	9.06
H1_G30-60	18.00	3.69	0.09	6.34
H2_G10-1	28.00	12.67	0.97	52.00
H2_G20	28.00	6.33	0.49	23.35
H2_G10-40	28.00	6.33	0.49	23.35
H2_G30	28.00	3.55	0.27	13.08
H2_G30-40	28.00	2.53	0.19	9.34
H2_G30-60	28.00	1.77	0.14	6.54
H3_G10-1	33.00	26.79	1.61	100.00
H3_G20	33.00	13.40	0.81	52.41
H3_G10-40	33.00	13.40	0.91	92.57
H3_G30	33.00	7.50	0.51	38.98
H3_G30-40	33.00	5.36	0.37	27.84
H3_G30-60	33.00	3.75	0.26	19.49
H3-234_G30-40	33.00	4.90	0.35	24.72
H3-34_G30-40	33.00	3.89	0.28	20.42
H3-12_G30-40	33.00	1.82	0.18	14.56
H3-4_G30-40	33.00	2.29	0.19	12.76
H3-B_G30-40	33.00	0.15	0.03	2.00

㉠ 식생군락의 밀도인자와 공기역학적 거칠기와의 관련성

1) 풍속 수직프로파일

H1의 세가지 배치에 대한 식생의 풍속 수직프로파일을 식생의 높이에 대해 무차원적으로 표현하였다(그림 3.4.37). 식생의 밀도가 커질수록 식생이 바람에 미치는 공기역학적 거칠기가 커지기 때문에 높이별 풍속변화가 커지는 것을 확인할 수 있다.

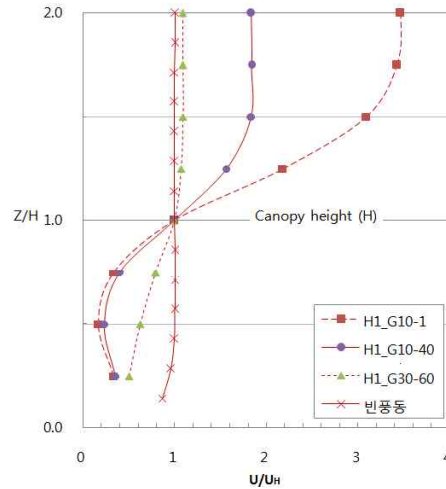


그림 3.4.37 풍속 수직프로파일

2) 밀도인자와 Z_0/H 와의 관계

밀도인자와 Z_0/H 의 관계에 대해 Marticorena et al.(1997)는 Z_0/H 와 λ 간에 다음과 같은 경험식을 도출하였다.

λ 가 0.11보다 작은 경우;

$$\frac{Z_o}{H} = 10^{(1.33 \log \lambda - 0.03)}$$

λ 가 0.11보다 큰 경우에는 Z_0/H 가 일정한 값으로 간주된다.

본 연구에서 Z_0/H 는 0.016에서 0.46의 범위를 보였다. λ 가 0.11보다 작은 경우는 H3-B_G30-40과 H1_G30-60에 해당되었는데, 이 때의 값은 각각 0.016과 0.049이었다. Marticorena et al.(1997)의 경험식에서 도출하는 값과는 각각 22%, 36%의 차이를 보였으며, 다양한 모양의 강체 식생모델을 대상으로 실험한 Marshall(1971)의 연구와 Hagen and Lyles(1988)의 값의 범위에 들었다. 반면, λ 가 0.11보다 큰 경우에는, Marticorena et al.(1997)에 의해 언급된 바와 같이 λ 에 따라 Z_0/H 값이 큰 변화가 없었다. Hagen and Lyles(1988)의 연구와 비교할 때 H1은 대체로 비슷한 값의 범위를 보였으나, H2와 H3에 대해서는 Z_0/H 가 더 큰 것으로 나타났다. H2와 H3에 비해 H1일 때 Z_0/H 값이 낮은 경향을 보였으며, H1과 H2의 경우 하나의 데이터를 제외하고는 감소하는 경향을 보였다(그림 4.3.38). 식생군락이 $\lambda < 0.082$ 일때는 isolated roughness flow, $0.083 < \lambda < 0.198$ 일때는 wake flow 그리고 $\lambda > 0.198$ 일때는 skimming flow로 분류할 수 있는데, 이 분류를 적용해 Z_0/H 값을 살펴보면, skimming flow의 흐름양상을 보이는 $\lambda > 0.198$ 의 구역에서는 변동계수가 H1, H2, H3에 대해 각각 0.32, 0.09, 0.14로서 H1을 제외하고는 대체로 값이 일정한 경향을 보여주나, wake flow(후류)의 흐름양상을 보이는 $\lambda < 0.198$ 의 구역에서는 H3를 제외하고는 H2, H3에서 모두 큰 값의 차이를 보였다(그림 3.4.39).

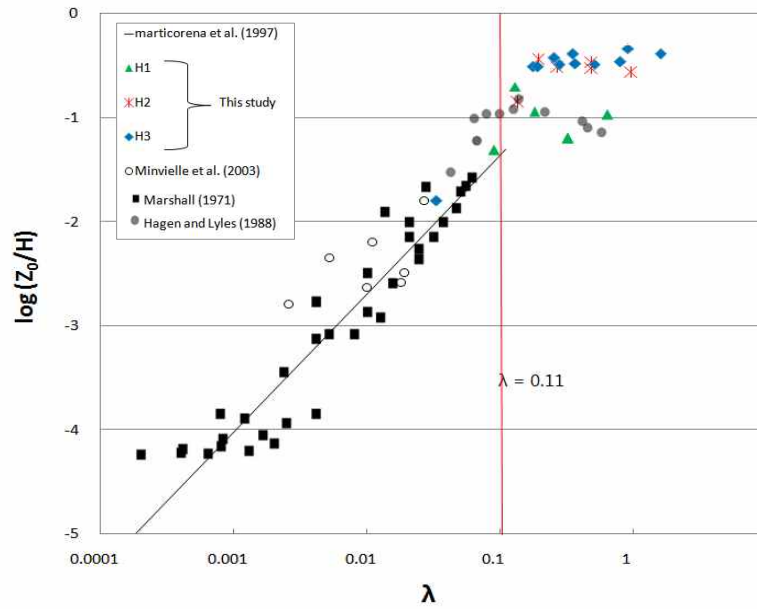


그림 3.4.38 Z_0/H 와 거칠기밀도(λ)와의 관계(강제식생 모델(Data from Marsall(1971); Minvielle et al. (2003)), 식생(Data from Hagen and Lyles(1988)) 그리고 Marticorena et al.(1997)의 식과 비교).

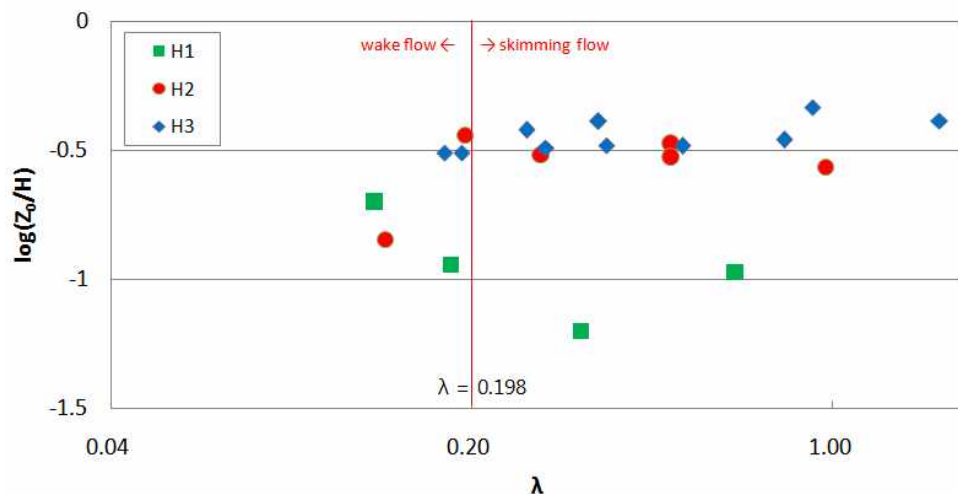


그림 3.4.39 Z_0/H 와 거칠기밀도(λ)와의 관계.

3) 전단력분리비율과 밀도인자와의 관계

가) 전단속도비율

식생군락의 표면을 지나는 바람이 토양표면에 미치는 영향은 식생이 없을 때의 토양표면의 전단속도와 식생이 있을 때의 전단속도의 비율로서 정량화할 수 있다.

$$R = \frac{u_{*s}}{u_*}$$

(단, 여기서 u_{*st} 는 식생이 없는 표면에서 표면전단속도, u_*t 는 식생이 있을 때의 전단속도)

아래 그림(그림 3.4.40)은 본 연구에서 구한 전단속도비율을 Wolfe와 Nickling(1996)이 반건조지에서 관목류를 대상으로 측정한 값과 Raupach 등(1993)에 의해 개발된 값과 비교하여 나타낸 것이다. Raupach 등(1993)의 모델과 비교할 때, H1에 대해서는 모델의 값의 범위에 속하는 결과를 보여주었으나, H3, H2에 대해서는 일부값을 제외하고는 모두 더 낮은 전단속도비율을 보였다. 비슷한 수준의 밀도인자(λ)일 때 H1로 이루어진 표면이 H2, H3로 이루어진 표면보다 더 전단속도비율이 높게 나타났다.

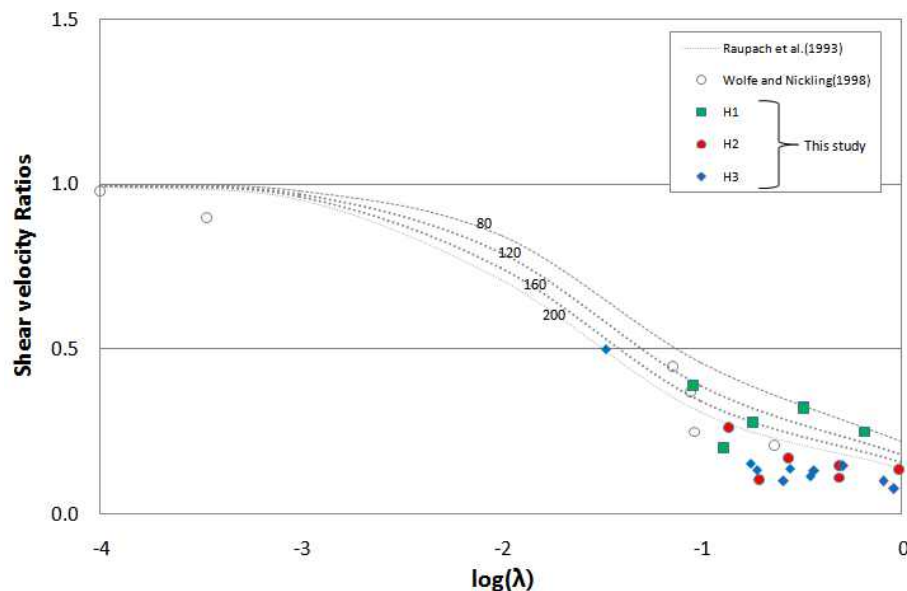


그림 3.4.40 전단속도비율과 거칠기밀도(λ)와의 관계. 야외에서 조사된 Wolfe and Nickling(1996)의 데이터와 Raupach et al.(1993)의 이론적 모델의 값과 비교하였다. Raupach et al.(1993)의 모델에 적용된 값은 β 는 80, 120, 160, 200 이며, σ 는 1, m 는 0.5을 일괄적으로 적용하였다.

나) 전단력배분 비율

바닥에 전달되는 전단력의 비율(F_g/F_0)은 전단속도의 비율로서 표현될 수 있다.

$$\frac{F_g}{F_0} = 1 - \frac{F_v}{A\tau_0} = \frac{\tau_g}{\tau_0} \cdot \frac{A_g}{A} = R^2 \cdot \frac{A_g}{A}$$

(F_v , F_g 는 각각 식생과 토양표면에 미친 전단력이며 A 는 전체 바닥면적, A_g 는 식생 사이에서 드러나있는 토양표면)

아래 그림(그림 3.4.41)은 전단속도의 비를 이용하여 구한 전단력의 배분비율과 밀도인자(λ)와의 관계를 도시한 것이다. 전단력배분 비율의 값은 H1은 0.03~0.14, H2는 0.01~0.06, H3는 0~0.25의 범위를 보였으며, 전단속도의 비와 마찬가지로, 일부값을 제외하면 비슷한 수준의 밀도인자일 때, H1에서의 값이 H2나 H3의 비율보다 높게 나타났다

다.

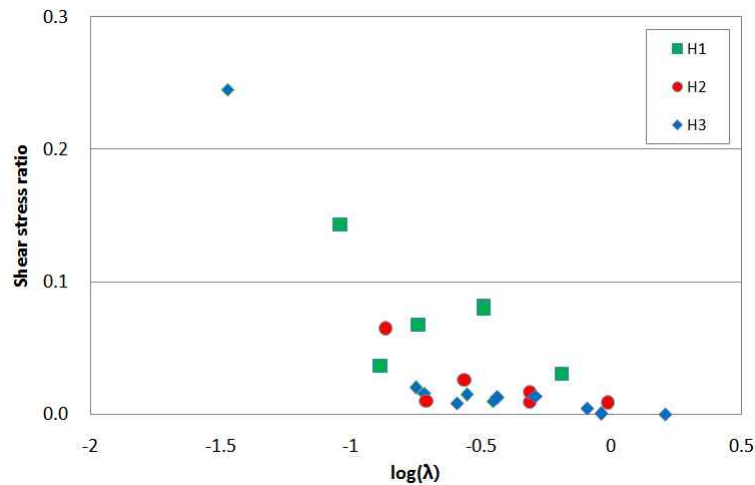


그림 4.3.41 전단력비율과 거칠기밀도(λ)와의 관계.

(라) 결론

① 본 연구는 식생에 의한 풍식저감의 효과를 알아보기 위해 모조식생을 이용한 풍동실험을 실시하였다. 그 결과로 얻어진 식생의 밀도에 대한 공기역학적 거칠기 값을 이용하여 피복식생의 종류에 따른 상대적 비사절감 효과를 구별할 수 있을 것으로 사료된다.

② 정량적인 평가를 위해서는 식생에 의한 풍식저감효과를 산정하는 데는 한계가 있다고 판단되며, 풍식저감효과를 보다 정확히 정량화하기 위해서는 토양의 수분, 식생이 직접적으로 토양 표면을 덮는 효과 등이 추가로 고려되어야 할 사항이다.

③ 식생이 존재하면 미세 기후가 바뀌어 토양의 수분조건도 변화되고 토양의 수분 함량에 따라 풍식에 필요한 임계 전단속도는 크게 달라짐에 따라 식생이 존재함으로써 변화되는 토양수분량에 대한 추가 연구가 필요하다. 또한 그 연구결과를 풍식저감효과로서 나타낼 수 있는 정량적인 분석이 필요하다.

④ 식생은 토양표면을 직접적으로 덮어서 바람이 토양표면에 도달하지 못하도록 하고 식생의 몸체는 발생한 비사먼지와 충돌하여 퇴적시키는 역할을 한다. 이러한 물리적 과정들을 정량화하여 풍식저감효과를 산정할 필요가 있다.

⑤ 그밖에도 식생의 지하부는 토양입자들을 그 몸체에 가둠으로써 토양 입자들이 더욱 견고하게 뭉치도록 한다. 식생에 의해 토양의 구조가 변화하면 임계전단속도 또한 그에 따라 변하게 된다.

⑥ 위의 내용과 같이 여러 과정들을 통합한 연구를 진행하면, 여러 환경조건에서 적용이 가능한 값을 얻어낼 수 있을 것이며, 그 결과는 비사먼지 발생을 억제 또는 저감하기 위해 조성해야 할 식생의 양을 산정하여 현장에 적용하는데 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 연구개발 목표달성도

방용보를 통한 차세대 해안공간 확보기술 개발의 주요 연구목표인 해안저지대 방호기술, 해안매립공간 확보기술, 해안레저공간 확보기술, 해안유지 및 확보기술의 연구개발 목표 및 평가의 착안점은 다음과 같다.

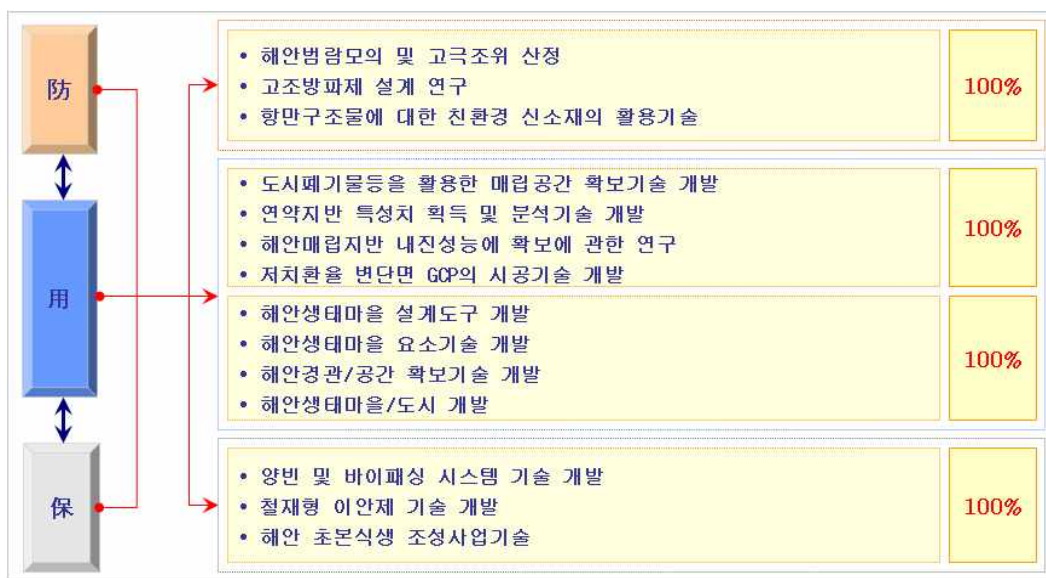


그림 4.0.1 연구단 목표 달성도

1. 해안저지대 방호기술

해안저지대 방호기술은 해안범람 모의 및 고극조위 산정, 고조방파제 설계연구, 항만구조물에 대한 친환경 신소재 활용 기술로 구성되며, 각 활동별 연구개발목표는 다음과 같다.

가. 연구개발 목표

(1) 연구목표

- 해안범람모의 및 고극조위 산정 연구

- 고조방파제 설계 연구
- 항만구조물에 대한 친환경 신소재의 활용 기술 연구

(2) 연구내용

- 태풍 및 해일 피해자료 수집 정리
- 복합해일모형 구성 및 개발
- 폭풍해일 모의 및 고극조위 산정
- 해안범람모형 개발, 검증 및 개선
- 해안범람도 작성
- 저지대 방호수준 및 대책 제안
- 고조방파제 기초자료 조사
- 고조방파제 수리해석 및 지반특성 자료분석
- 고조방파제 형식 개발 및 안정성 검토
- 신형식 고조방파제 설계 기법 개발
- 신형식 고조방파제 기초 안정성 검토
- 신형식 고조방파제 설계 기법 개발
- 고조방파제 표준 단면도 및 시공 매뉴얼 작성
- FRP-내염성 콘크리트 부재의 기능실험
- 건설신소재 개발현황조사
- FRP 해안구조부재 활용성 검토
- 친환경 기능성 콘크리트 연구 개발
- FRP-강재 합성부재 활용공법 개발
- FRP에 의한 항만구조물의 보수 및 보강공법 개발
- 해양환경을 고려한 내해수성(내염성) 콘크리트 개발
- FRP 적용 시스템의 설계 및 시공 지침서 작성
- FRP 적용 시스템의 유지관리 매뉴얼 작성

나. 연구개발 목표 및 성과지표

표 4.1.1 목표대비 연구개발 성과 (1세부)

연구목표	성과지표	달성치/목표치	성과물 명칭
해안범람모의 및 고극조위 산정	S/W	5/3	태풍-조석-해일 복합모형 외 4건
	학술지논문	12/0	WAM모형의 천해역 확장에 관한 연구 외 11건
	학술회의발표	11/0	대수심에서의 storm surge Barrier 사례 고찰 외 10건
	매뉴얼	4/3	해일해저드맵 매뉴얼 외 3건
고조방파제 설계 연구	S/W	5/2	자립 부유형 방파제의 정적 평형유지 결정 프로그램 외 4건
	특허 출원	2/2	고정형 고조방파제 유동형 고조방파제
	특허 등록	2/0	고정형 고조방파제 유동형 고조방파제
	학술지 논문	4/0	분석기간에 따른 동해안 비조석성분의 통계적 특성변화 분석 외 3건
	학술회의발표	3/0	플랩형 부유 방파제의 파랑 반사 및 전달 특성 외 2건
	매뉴얼	2/2	고조방파제 설계 매뉴얼 외 1건
	시작품제작	2/2	부유식 방파제 자립부유형 방파제
항만구조물에 대한 친환경 신소재의 활용기술	특허 출원	2/2	유리섬유보강 섬유콘크리트 폰툰 개발 외 1건
	학술지논문	4/0	정착앵커를 이용한 FRP로드 보수 RC보의 거동 외 3건
	학술회의발표	9/0	GSP로 보강된 RC보의 파괴거동 외 8건
	매뉴얼	3/3	유리섬유 강화 플라스틱 보강 경량콘크리트 폰툰 제작 매뉴얼 외 2건
	시작품제작	3/3	Hybrid FRP를 이용한 파쇄형 해안블럭 외 2건

다. 연구개발 목표달성도



그림 4.1.1 해안저지대 방호기술 목표 달성도

2. 해안매립공간 확보기술

해안매립공간 확보기술은 도시 폐기물 등을 활용한 매립공간 확보 기술 개발, 연약지반 특성치 획득 및 분석 기술 개발, 해안 매립지반 내진성능 확보에 관한 연구 및 저치환율 변단면 GCP의 시공기술 개발로 구성되며, 각 활동별 연구개발목표는 다음과 같다.

가. 연구개발 목표

(1) 연구목표

- 도시 폐기물 등을 활용한 매립공간 확보 기술 개발
- 연약지반 특성치 획득 및 분석 기술 개발
- 해안 매립지반 내진성능 확보에 관한 연구
- 저치환율 변단면 GCP의 시공기술 개발

(2) 연구내용

- 개질 매립재료를 이용한 해안매립지의 설계
- 차수벽체를 고려한 호안

- 매립지 저류구조물 설계
- 해안지반조사전용선 개발 및 매뉴얼작성
- 스크류재하시험의 현장 적용 및 지침서 작성
- 현장용 간극비 측정장치 개발.
- MFVP 보완 및 현장용 회로 구성
- 3차원 자료취득 장비구입 및 자료처리 소프트웨어 개발(Ⅱ단계)
- 비배수전단강도 추정을 위한 CPT기반 적용기법개발
- 모형실험 및 합성 모의 실험(하이브리드 시뮬레이션) 수행, 결과분석
- 진동대, 지오센트리퓨지 시험용 시험체(모형) 제작
- 쇄석다짐말뚝공법 시공기술 개발

나. 연구개발 목표 및 성과지표

표 4.2.1 목표대비 연구개발 성과 (2세부)

연구목표	성과지표	목표치 (목표치 /달성치)	성과물 명칭
도시 폐기물 등을 활용한 매립공간 확보 기술 개발	학술회의발표	2 (2/2)	Geotechnical Characteristics of solidified sewage sludge 외 1건
	홍보자료	1 (1/3)	도시형 폐기물을 이용한 해안매 립공간 확보사례연구 외 2건
	매뉴얼	0 (0/1)	도시폐기물을 이용한 매립공간 확보기술
연약지반 특성치 획득 및 분석 기술 개발	학술지논문	5 (5/8)	부산지역 점토의 비배수전단강 도 평가를 위한 CPT 콘계수 해 석 및 평가 외 7건
	학술회의발표	10 (10/28)	전단파를 이용한 쉘비 튜브의 샘플 교란 효과 평가 외 27건
	특허출원	3 (3/6)	공기추진 환경조사선 외 5건
	S/W	1 (1/1)	토목 지반조사를 위한 극천부 S 파 탄성파반사법 자료처리 프로 그램
	시작품	5 (5/5)	3차원 고해상도 탐사장비 외 4 건
	매뉴얼	2 (2/4)	스크류 재하장치 지침서 외 3건
해안 매립지반 내진성능 확보에 관한 연구	학술지논문	1 (1/3)	층 분할된 연성전단상자의 경계 효과에 관한 수치해석적 분석 외 2건
	학술회의발표	1 (1/6)	동적단순전단 시험기를 이용한 매립지반 거동특성에 관한 연구 외 5
	매뉴얼	1 (1/1)	해안매립지반의 내진성능 확보 를 위한 스톤칼럼 공법의 적용 가이드
저치환율 변단면 GCP의 시공기술 개발	학술회의발표	2 (2/3)	Upheaval Characteristics of Gravel Compaction Piles with Low Replacement Ratio 외 2건
	매뉴얼	0 (0/1)	변단면 쇄석말뚝시공 매뉴얼

다. 연구개발 목표달성도



그림 4.2.1 해안매립공간 확보기술 목표 달성도

3. 친환경 해안레저공간 확보기술

친환경 해안레저공간 확보기술은 해안 생태마을/ 생태조시 설계 및 건설 기술, 미래형 수변공간 설계 기법 및 해안경관 평가 시뮬레이션, 해안생태마을 및 생태도시 조성, 어촌 어항 리모델링 기법 개발로 구성되며, 각 활동별 연구개발목표는 다음과 같다.

가. 연구개발 목표

(1) 연구목표

(가) 친환경 해안레저공간 확보 기술 개발

- ▶ 환경친화적 해안생태마을 계획, 설계 및 건설 기술
- ▶ 도심 수변공간 확보 및 테마화 기술
- ▶ 문화, 첨단산업, 관광, 생태 등을 결합한 새로운 해안도시 조성 프로세스 개발

(나) 정도 높은 해안 이용을 위한 생태 어촌 조성 및 소규모 어항을 관광자원화 할 수 있는 설계도구 및 경관설계 도구개발을 위한 핵심 요소기술을 확보한다.

- ▶ GIS와 RS 이미지를 이용한 생태마을/도시 설계도구 개발
- ▶ 인텔리전트 해안도시 조성을 위한 프로세스 개발 및 적용

- ▶ 미소기후(micro climate)를 고려한 해안마을 설계방법 제안 및 기술 확보
- ▶ 모래입도분석을 위한 상용 스캐너를 이용한 디지털 입도분석기
- (다) 저탄소 녹색성장 도시 조성 및 설계를 위한 요소기술 확보
- (라) 관광과 지식기반, 생태복원, 환경계획을 결합한 해안도시 재생
- (마) 국내 해안경관 가이드라인 작성
- (바) 차세대 해안도시 형성을 위한 친환경적 설계기법 도입
- (사) 산업유산적 관점에서 본 근대기 항구 비교 분석 연구
- (아) 어촌·어항 리모델링 활성화 방안 연구 및 리모델링 기법의 적용방안 연구

(2) 연구내용

- 효과적인 생태마을 계획 및 설계를 위한 GIS 도구 개발
- 어촌 어항개발 관련제도 및 선행연구 고찰
- 해안 및 어촌 개발에 관한 생태관광마을 국내사례
- 어항 및 어촌의 평가요소 및 평가지표 개발
- 어항 및 어촌의 유형화 및 리모델링
- 어항·어촌 리모델링 프로시저 매뉴얼
- 어촌관광 활성화 방안에 대한 연구
- 어촌·어항 리모델링 활성화 방안 연구
- 동해연안권 개발방안 연구 - 해안관광개발 및 환경보전을 중심으로 -
- 비사/먼지 침강 해석
- AIRFLOW ANALYSIS AS A PLANNING TOOL
- 대기 수치모형 프로그램 개발
- 경사지 진입로에 따른 공간배치유형에 관한 연구)
- 흙과 사람과 빛이 어우러진 - Soil Pent House Design -
- 흙건축 재료의 특성과 벽체의 구조해석을 통한 안정성 평가
- 해안생태마을 조성을 위한 생태서식지 복원 지침서
- 수변공간개발 관련 제도 및 선행연구 고찰
- 워터프런트 경관계획 및 설계 실험연구 - 여수시를 중심으로 -
- 미래지향적 도심 해수욕장 설계 매뉴얼 및 지침서
- 미래형 도시해안레저공간-광안리해수욕장·송정해수욕장을 중심으로
- 미래지향적 해양레저공간 설계 가이드라인- 도심형·도심외곽형 해수욕장을 중심으로
- 일본 해안경관 형성 및 관리특성에 관한 연구
- 일본 해안경관형성가이드라인 결과보고서 - 해안경관 형성과정의 특성도출을 중심으로
- 국내 해안경관 형성 가이드라인 매뉴얼
- 산업유산으로서 항구의 창조적 재생을 위한 기초 연구- 부산광역시 남항을 사례로
- 워터프런트 개념 및 개발 유형

- 산업유산으로서 워터프런트 재생 방안
- 다무포 고래 해안생태마을 조성계획
- 테라노바 포항 프로젝트의 성과 및 진행과정에 대해서
- 영덕군 대탄리 어촌 체험마을 어메니티 환경계획
- SIEM REAP ECOLOGICAL VILLAGE MASTER PLAN
- 차세대 해안도시를 위한 관광과 첨단산업의 통섭(通涉)적 접근연구
- 차세대 해안공간 개발을 위한 해안공간의 지역특화를 위한 통섭적 연구
- 해양도시 포항을 대상으로 한 Case Study -
- 차세대 해양공간 Total Simulation 제작 - 3D Realtime VR을 활용하여

나. 연구개발 목표 및 성과지표

표 4.3.1 목표대비 연구개발 성과(3세부)

연구목표	성과지표	달성치/ 목표치	성과물 명칭
효과적인 생태마을 계획/설계를 위한 GIS 도구 개발	특허	1/1	영상자료 정보 편집 및 저장 장치(출원번호 10-2010-0077222)
	S/W	1/1	GIS와 RS 이미지 자료를 활용한 생태마을 설계도구 (등록번호 2010-01-199-004447)
	논문	17/8	GIS와 RS를 이용한 해안생태마을 설계도구 개발 외 17건
해안생태마을 요소기술 개발	특허	2/2	평판형 범용스캐너와 퍼스컴을 이용한 모래입도분석 시스템 및 그 방법 출원 외 1건
	S/W	3/2	3d Air Flow외 2건
	논문	8/7	미세입자의 침강에 의한 대기환경 여건 변화 예측 외 7건
	매뉴얼 및 지침	2/0	해안생태마을조성을 위한 생태서식지 복원 지침서 외 1건
친환경 해안경관 및 해안공간 확보기술	특허	1/0	도시경관 평가를 위한 객관적 조망점 선정방법(특허출원중)
	논문	13/7	해안경관형성 특성분석에 관한 연구외 12건
	매뉴얼 및 지침	2/2	국내 해안 경관 형성 가이드라인 외 1건
친환경 해안마을/ 도시 개발 기술	특허	1/1	통섭적 접근에 의한 차세대 해안도시 설계(출원번호 10-2010-0077223)
	논문	4/0	차세대 해안공간 개발을 위한 관광과 첨단산업의 통섭적 연구외 3건
	MOU	1/1	국제 MOU, 스페인, Intelligent Coast

다. 연구개발 목표달성도

用	• 해안생태마을 설계도구개발	• GIS와 RS를 이용한 해안생태마을 설계도구 개발	100%
	• 해안생태마을 요소기술개발	• 어촌어항 리모델링 프로시저 개발 • 비사/머지 침강 해석 • 3 D Air Flow Model • 경사지 유형에 따른 공간배치유형에 관한 연구 • 흙 건축 재료의 특성 및 이용에 관한 연구	100%
	• 해안경관/공간 확보기술개발	• 수변공간 개발 선행연구 • 경관계획 및 설계 선행연구 • 해안공간 설계 가이드라인 작성 • 일본 해안경관 가이드라인 작성 • 산업유산으로서의 항구의 창조적 재생을 위한 연구	100%
	• 해안생태마을 /도시 개발	• 다무포 고래 해안생태마을 조성 계획 • 테라노바 포항 프로젝트 • 영덕대단리 어촌 체험마을 어메니티 계획 • 차세대해안도시를 위한 관광과 첨단산업의 통섭적 연구	100%

4. 해안유지 및 확보기술

해안유지 및 확보기술은 양빈 및 바이패싱 시스템 기술, 철재형 이안제 개발, 경관 해빈 조성사업 기술로 구성되며, 각각 활동별 1~5차년도 연구개발목표는 다음과 같다.

가. 연구개발 목표

(1) 연구목표

- 양빈 및 바이패싱 시스템 기술 개발
- 철재형 이안제 기술 개발
- 경관해빈 조성사업 기술 개발

(2) 연구내용 및 범위

- 문헌조사
- 영남지역의 해안선 침·퇴적 현황조사
- 지반조사자료 수집 및 검토

- 물리적(토양 등) 및 생물적(식생 등)조사 및 분석
- 선진 적용 사례조사 및 분석
- 해빈 모니터링 시스템 및 분석
- 해안의 물리적 특성 조사 및 분석
- 하부구조 및 상부구조 기본 구조형식 결정
- 침·퇴적 자료분석 및 지역별 위치 선정
- 모형실험 실시
- 다열 유공판의 소파기능에 관한 성능 평가
- 침식 및 퇴적 여부 조사를 위한 해안 모니터링용 임시기준점 시범 설치
- 제주도 단위 구간 표사계 구축 및 관리
- 각 단위표사계별 기준점 및 모니터링 자료 입력 및 관리
- 바이패싱 장비 설계
- 수평형 이열 유공판의 수리 모형 실험을 통한 폭-파장비에 대한 직선식 제시
- 철재형 이안제의 파압실험을 통한 구조물의 외력(파력) 산정
- 하중 산정을 통해 상세 동적해석(상세변위 , 상세응력)수행
- 구조 연결부의 형식/제원 선정 및 성능 검토
- 해상지반조사
- 모형실험을 통한 기초의 지지거동특성 분석
- 46종의 식물에 대한 발아 실험 진행
- 내염성 실험
- 비사 채집기 설치
- 관련기업과 지자체와의 협조를 통한 장비 검증 실험
- 자료분석을 통한 모니터링 방법 분석
- 철재형 이안제의 파일럿 실험 실시
- 식생기반 조성기술 개발(식생, 토양)
- 현장적용실험 수행을 통한 식생현장적용 기술 개발(pilot test)
- 표준단면도 제시
- 현장적용실험 결과 및 평가
- 경제성 및 현장 적용성 분석 및 평가
- 샌드바이패신 매뉴얼
- 철재형 이안제 매뉴얼

나. 연구개발 목표 및 성과지표

표 4.4.1 목표대비 연구개발 성과(4세부)

연구목표	성과지표	달성치/목표치	성과물 명칭
양빈 및 바이패싱 시스템 기술 개발	논문발표	6/3	- 해상 공사시 위험 파랑 예보용 파고계 - 강원도 해안의 단위구간 표사계에 대한 연구 - 샌드바이패싱 장비의 설계 및 부력시험 외 3건
	특허출원 및 등록	5/3	- 부유식 파고계 및 그 파고계를 이용한 파고 및 주기 경고방법(등록) - 수륙양용 준설선에 구비된 부력장치(출원) - 모래 흡입 조력 장치(출원) - 외 2건(출원)
	S/W	2/2	- WADEM - DICEM
	시작품	1/1	- 샌드바이패싱 장비
철재형 이안제 기술 개발	논문발표	13/4	- 영남권 동해안 사질해안의 구역별 관리 체계 수립 - 철재형 이안제 후면에서의 토사이동 - 철재형 이안제 시공공정 및 성능에 관한 연구 - 외 10건
	특허 출원 및 등록	3/3	- 해안 침식 방지용 해안구조물 및 시공방법(등록) - 소파부재들 간의 연결구조(등록) - 철재형 이안제(출원)
	시작품	1/1	- 철재형 이안제 현장적용 실험
해안 초본식생 조성사업 기술	논문발표	3/2	- 비탈면 녹화용 식물 뿌리의 인장강도 측정 - 모조 식생의 항력계수 산정을 위한 풍동 시험 외 1건
	특허 출원	1/1	- 해안토양개량용 토양개량제 및 이를 이용한 해안토양 개량 방법

다. 연구개발 목표 달성도



제 2절 관련분야의 기여도

최종목표대비 연구개발성과의 기여도는 다음과 같다.

먼저, 방의 개념으로서 폭풍해일 모의 및 해안범람모형 개발, 고조방파제 형식개발 및 안정성 검토, FRP-강재 합성부재 활용공법 개발을 하여 저지대 방호기술분야의 기술에 기여하였다.

다음으로 용의 개념으로서 해안매립을 위한 개질매립재료의 매립공법 개발, 해안 연약지반 전용 지반조사전용선의 제작, 해안연약지반 탐사장비 개발, 매립재료의 내진성능 확보를 위한 동적 특성시험, 연약지반용 쇄석다짐말뚝 시공기술 개발, 생태마을 계획, 설계, 구축 및 유지관리 기술 확보, 항만 배후 단지와 연계한 해안 레저공간 확보 기술개발, 어항어촌 리모델링 유형별 프로세스 개발, 해안 경관형성 가이드라인 작성 및 설계를 하여 해안매립공간 및 레저공간 기술에 기여하였다.

마지막으로 보의 개념으로서 해안 공간 3D 관리시스템 구축, 바이패싱 설계 해안선 측량 로봇개발, 철재형 이안제 설계, 해안생태 식생 선발을 실시하여 해안유지 및 확보기술 개발에 기여하였다.

1. 해안저지대 방호기술

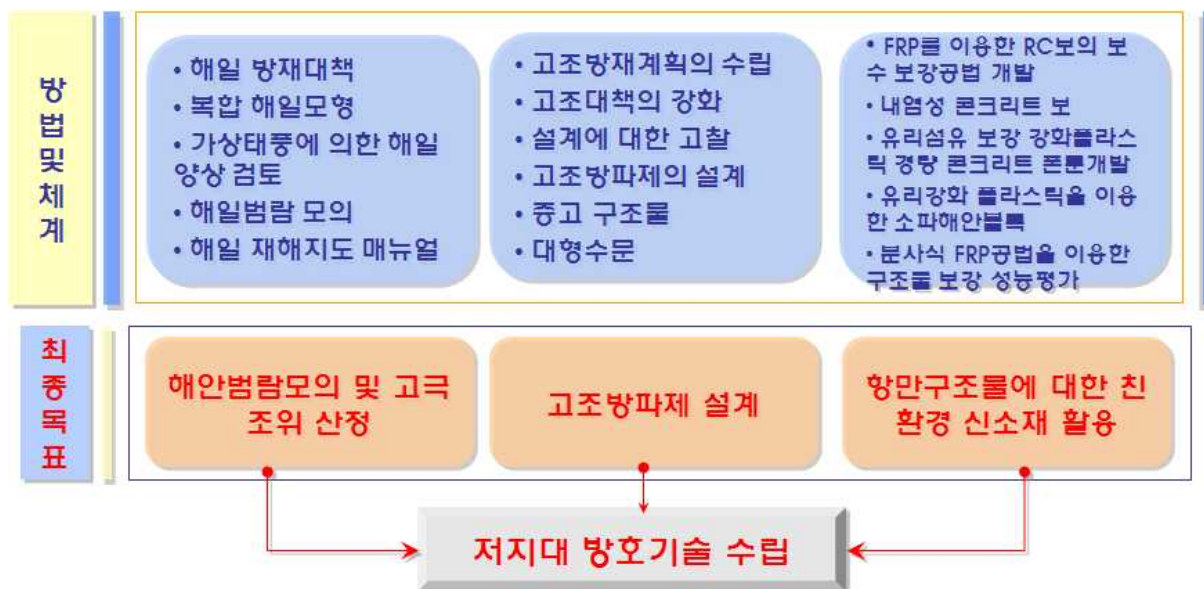


그림 4.2.1 해안저지대 방호기술 관련분야 기여도

2. 해안매립공간 확보기술

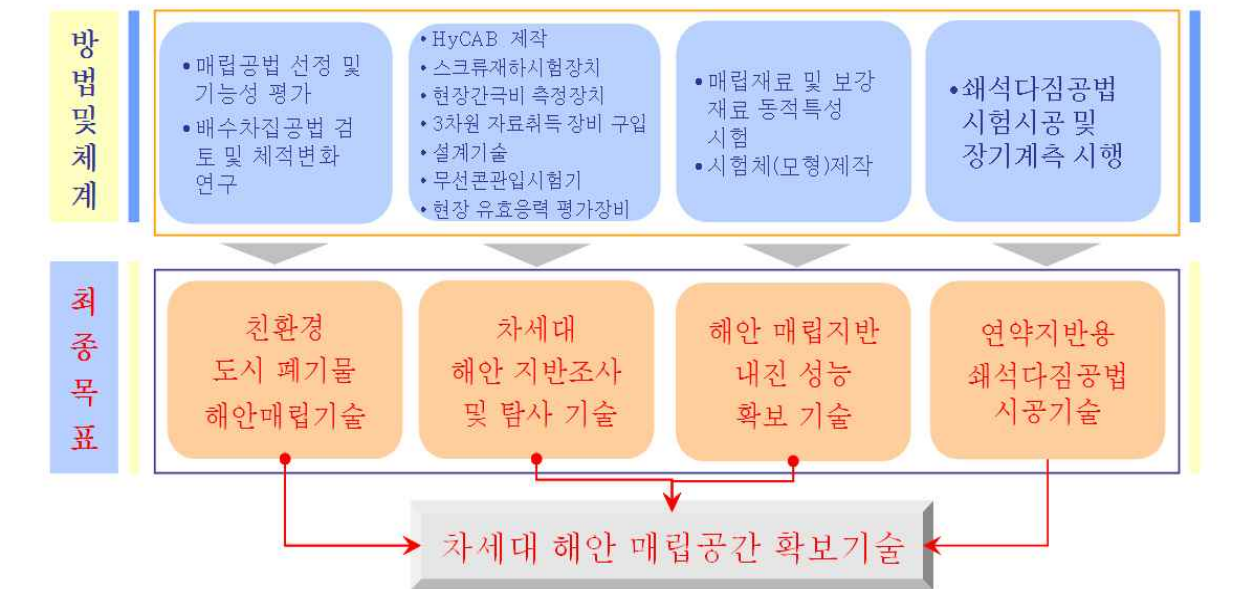


그림 4.2.2 해안매립공간 확보기술 관련분야 기여도

3. 해안레저공간 확보기술

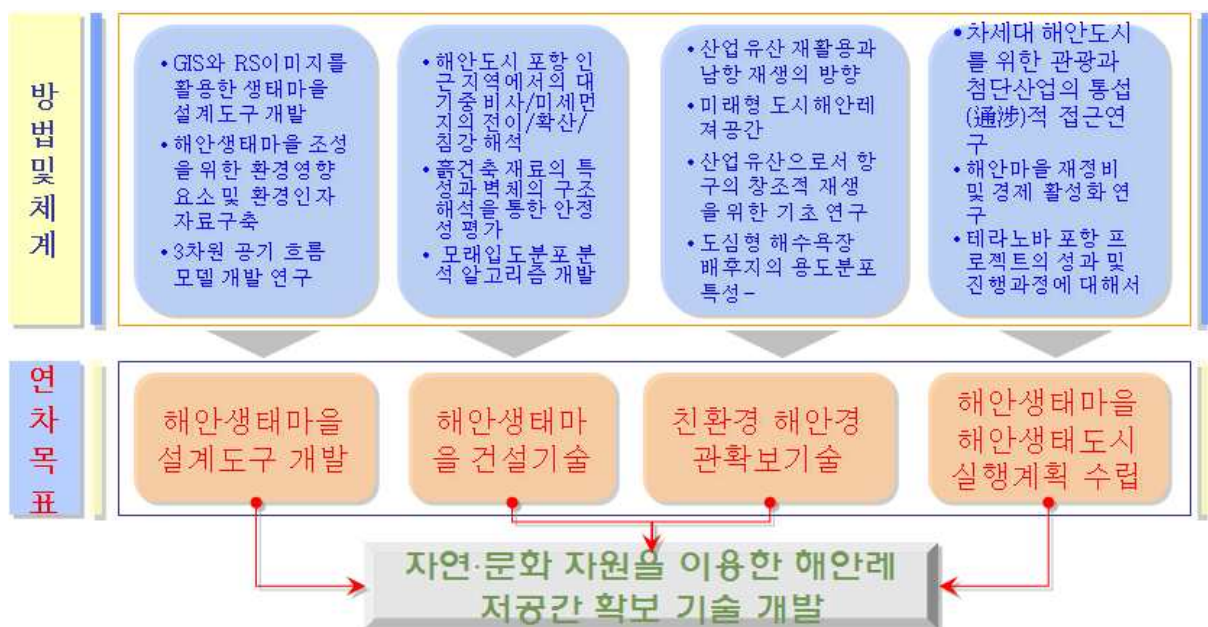


그림 4.2.3 해안레저공간 확보기술 관련분야 기여도

4. 해안 유지 및 확보기술

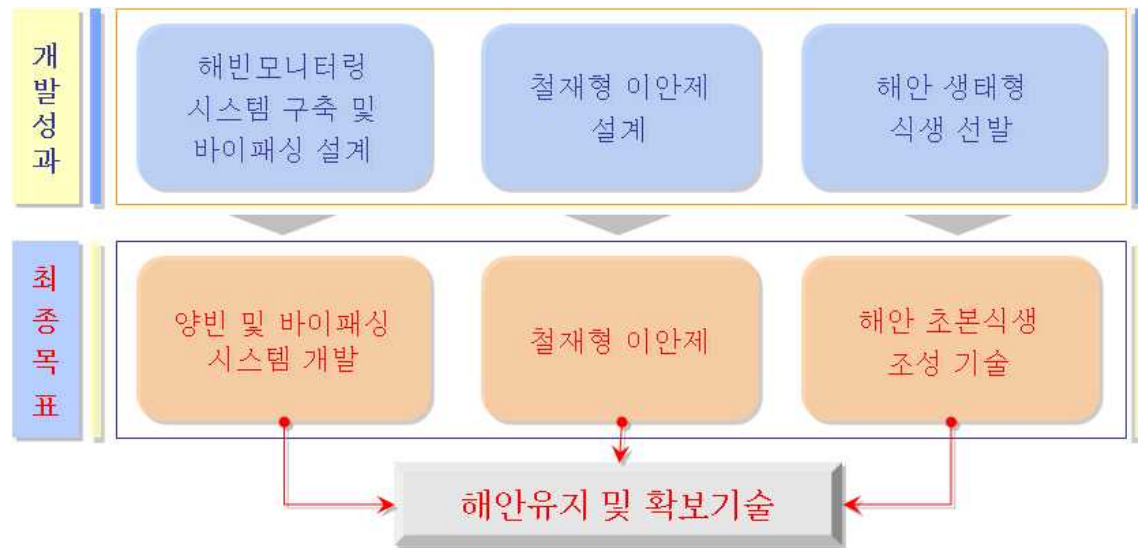


그림 4.2.4 해안유지 및 확보기술 관련분야 기여도

제 5장 연구개발결과의 활용계획

차세대 해안공간 확보기술을 통한 연구개발결과는 다음과 같이 활용할 수 있다.

해안저지대 방호기술의 연구개발결과의 해일 모형과 범람모형은 천해와 심해의 설계과 산정 및 해안구조물 설계 및 천단고 산정에 활용될 수 있다. 또한 예상 범람도 및 해안 저지대의 방호 수준 산정은 태풍 해일 및 침수로 재해를 겪는 해안 저지대의 방재 대책 및 방재 정책 수립의 기초자료로 활용할 수 있다.

해안매립공간 확보기술의 연구개발결과의 도시형 폐기물을 이용한 매립기술은 매립설계 기준 설립 및 시방서등에 활용될 수 있으며, 도시형 폐기물의 재활용 방안으로도 고려할 수 있다. 연약지반 조사 및 탐사장비 개발은 국내보급과 지반조사 용역업 등에 활용될 수 있다. 또한 쇄석다짐말뚝공법의 시공기술 개발을 통하여 지침서를 작성하고 연약지반처리기술에 널리 적용가능하다.

해안레저공간 확보기술의 연구개발결과는 관련업체의 마을/도서 설계도구로 활용할 수 있으며 과일롯트 생태마을 계획 및 개발을 통해 체계적인 가이드라인 제시가 가능하다. 또한 신개념 수변공간설계의 매뉴얼 및 지침서로 활용될수 있다

해안유지 및 확보기술은 해안선 침퇴적에 저항하여 해안의 전략적 유지 및 확보에 대한 하나의 기술체계를 구축하였으며 샌드바이패싱 장비는 사업화를 위한 기술계약을 진행 중에 있다.

제 1절 해안저지대 방호기술

1. 연구성과의 활용방안

복합 해일 모형과 범람모형은 천해와 심해의 설계과 산정과 해안구조물 설계 및 천단고 산정에 활용될 수 있다. 또한 예상 범람도 및 해안 저지대의 방호 수준 산정은 태풍 해일 및 침수로 재해를 겪는 해안 저지대의 방재 대책 및 방재 정책 수립의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 참여기업을 대상으로 개발 S/W의 기능과 목적, 모형 특성, 운용대상 및 활용방법 등을 연구기간 중에도 워크숍 등을 통해 진행하여 왔으며, 추후에도 모형의 개선 및 확장과 함께 정기적인 교육을 계속하여, 개발모형들이 설계업무에 어려움 없이 활용될 수 있도록 계획하고 있다. 또한 이를 위한 기초자료로 각 S/W의 매뉴얼을 작성하였다.

현재 해안방재 관련 업무는 행정적으로 소방방재청을 중심으로 일원화되어 있지만 구체적이고 실질적인 업무는 중앙부처보다는 지방자치단체 단위로 시행되고 있다. 그 구체적인 업무는 방파제, 호안, 안벽, 수문 등의 기존 구조물의 정비, 해일로 인한 침수위험 구

역의 예측, 대피처 및 대피경로의 설정, 방재정보의 교육 및 홍보 등이다. 이러한 일련의 업무가 가장 효과적으로 요약, 기술되는 자료가 재해지도이다. 재해지도는 침수흔적도, 침수예상도, 재해정보지도를 통칭하는 것으로 각 지자체 별로 지역 특성에 맞게 작성 활용하게 되어 있다. 이 중 가장 중요한 것이 침수예상도인데, 위험 수준별 외력에 대해 해당지역에서의 침수예측을 수행하여 지역별 침수고, 침수시간, 침수면적 등의 결과를 정리한 것으로서, 그 결과에 따라 안전구역 및 요 대피구역의 결정, 대피소 및 대피경로가 설정되게 된다. 이 과정에서 가장 중요한 것은 적절한 외력수준의 결정, 정확한 해일고의 산정 그리고 침수의 정밀 모의이다. 4차년도에 수행한 250여개의 태풍 시나리오별 남해안 해일반응 분석 결과는 각 지자체가 해당 지역의 외력수준을 결정할 때 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 본 연구에서 개발한 복합해일모의 기법은 해일만을 모의하는 기존의 기법과 달리 태풍 시에 발생하는 강력한 파랑과 해일의 상호작용을 고려하여 해일을 모의함으로써, 보다 정확한 해일고 산정이 가능하고 이를 통해 침수예측의 정확도를 높일 수 있다. 또한 파랑모형이 해수유동모형과 연계되어 운용되므로 태풍으로 인한 고파랑 자료가 동시에 산출, 획득되는 장점이 있다. 또한 범람모형을 활용하면 국부적으로 보다 정밀한 침수모의를 수행할 수 있어, 본 과제의 연구결과는 침수예상도 작성의 전 과정에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

이러한 연구성과를 지자체에 체계적으로 홍보하고 교육하여 연구성과의 활용도를 높이고자 하며, 이를 보다 효율적이고 실질적으로 수행하기 위해 재해지도 매뉴얼을 작성하였다. 기존의 재해지도 매뉴얼이 용어정의, 제작 주체 및 과정 등의 개괄적 기술에 국한되어 있는 것과 달리, 제작 주체가 되는 해안 방재 담당자가 재해지도의 의의와 필요성을 쉽게 이해할 수 있도록 하였고, 재해지도의 작성 목적, 종류, 수록 정보, 주의사항 등을 상세히 기술하여 지도 제작 상의 실질적 가이드가 될 수 있도록 하였다. 또한 그 이 활용 방법 및 주민에의 주지에 관한 사항을 기술하고, IT 기술의 활용 가능성을 언급하였다.

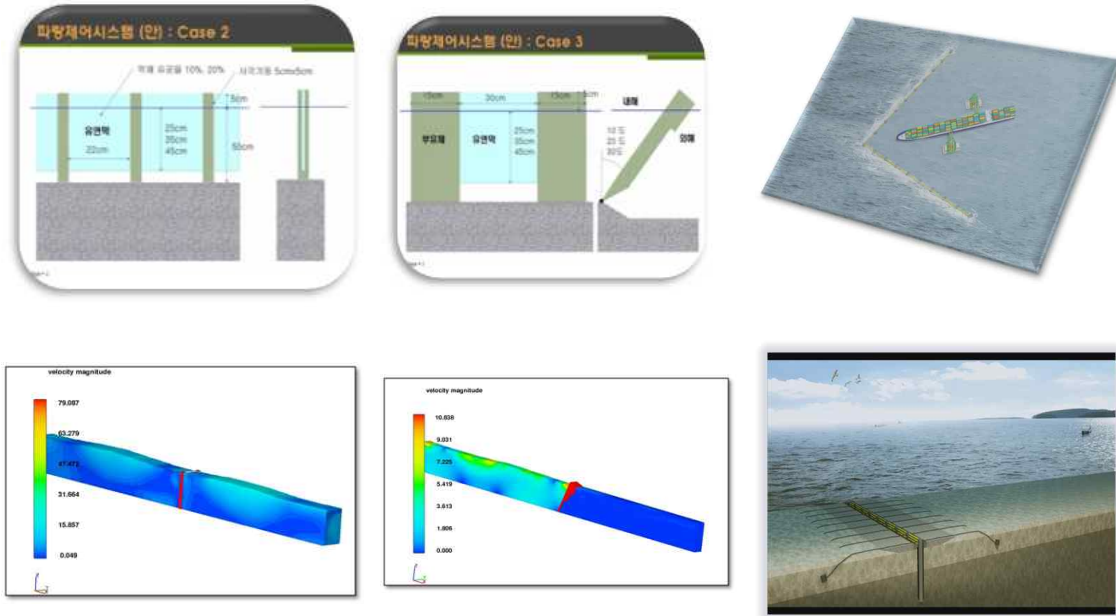
이러한 연구 성과의 실용화를 위하여 먼저 과제 참여 업체를 대상으로 개발 모형들에 대한 기술 전수 및 활용교육을 실시하여, 향후 해일관련 설계업무에 본 개발 모형들이 적극 활용될 수 있도록 홍보하고자 한다. 현재 해안 방재 계획 수립, 해안 재해지도 작성, 주민 방재교육 등 대부분의 방재업무가 중앙기관이 아닌 지자체 별로 수행되고 있는데, 이를 담당하는 방재 관련 인력의 수는 크게 모자라며 그 전문성도 부족한 실정이다. 또한 지자체 별로 방재계획을 수립하다 보니 지자체가 접하는 영역에서는 서로 상이한 기준을 적용하게 되어 자료의 정합성이 떨어지고, 예산의 낭비요인 또한 커질 수 있다. 이러한 점을 감안하여 지자체의 방재 담당자에게 필요한 연구 성과를 실용적이고 알기 쉽게 요약하여 우편으로 배포하며, 이들을 대상으로 한 연구성과 발표회를 가져 본 연구단의 연구성과를 홍보하고, 그 활용도를 제고하고자 한다.

고조방파제는 항만이나 기타 구조물이 존재하여 제방 및 호안의 설치가 곤란한 경우에 약간 외해쪽에 방파제를 설치하여 고파 및 고조 등에 대비하는 구조물이다.

최근 기후변화로 해수면이 상승하고, 태풍이 급속도로 대형화하고 있어 이에 수반되는 폭풍해일에 대비하기 위하여 이러한 특수 목적의 구조물을 설계 및 시공할 필요가 있다. 본 연구 결과는 고조방파계획 수립에서부터 고조방파제 및 고조방재 스테이션 설계, 수치 및 수리모형 실험에 이르기까지 설계에 필요한 사항을 정리하여 매뉴얼을 작성하여

유사한 구조물의 설계, 유지관리, 그리고 개량시 활용토록 하였다.

이러한 고조방파제 원리는 말뚝형과 플랩형 파랑제어시스템 및 Mobile harbor등에 응용할 수 있다(그림 참조).



<그림> 파랑 고조대책(말뚝형)

<그림> 파랑 고조대책(플랩형)

<그림> Mobile harbor 응용

부유 플랩형 고조방파제의 경우 특수 해안구조물에 대한 연구성과의 집적 및 랜드마크적 기능을 통한 관광명소화가 가능하며, 해일 연구 및 고조방파제 연구와의 유기적인 틀 안에서 상호 보완적이고 효율적인 연구수행이 가능하다. 적용대상 해역의 주변 여건을 감안하여 연구를 수행함으로써 기존 시설물과의 통합운용 및 기존 시설물의 개선책 마련의 기초를 제공할 수 있으며, 대수심 해역에서의 여타 구조물 설계시에도 기초자료로써 다양한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

이러한 부상식 고조방파제는 평상시에는 해저에 착저되어 있고 해일이 내습할 때만 부상하여 작동하므로 기존의 착저식 방파제가 가지는 해수유통이나 표사이동과 관련한 환경적 문제요인이 없고, 기존의 해수면을 평상시 활용 할 수 있으며, 해양경관의 보존성 등이 우수하여 일본과 유럽을 중심으로 연구가 활발하게 수행되고 있다. 다만 이 공법의 단점은 기존의 공법에 비해 비용이 높아 당장 적용하기가 용이하지 않다는 점인데, 제한된 국토에 해안저지대 및 매립지의 활용도가 높은 우리나라의 경우, 해안 저지대 방호의 중요성은 계속 커갈 것이며, 동시에 해안의 환경요인과 경관요인의 가치가 높아질 것을 감안하면 비용대비 효과는 곧 상승할 것으로 생각된다. 향후 경제적 효과가 충분한 입지에 대한 조사를 독자적으로 계속 수행하며, 중앙기관, 지자체의 관련 실무자에 대한 기술홍보를 병행함으로써 연구성과의 실용화를 위한 노력을 계속할 계획이며, 또한 세부 요소기술들을 여타 해안구조물에 응용, 융합하는 기술 및 과제를 계속 개발함으로써 연구 성과를 실용화하고자 한다.

또한, 항만구조물에 대한 친환경 신소재의 활용 기술의 개발은 세부적으로는 내염성을 가진 친환경 기능성 콘크리트를 개발하고, 여기에 신소재(FRP)를 적용하여 해양 레저시설을 포함한 항만구조물의 제작과 손상된 해안/해양 구조물의 보수공법을 개발하는 것이다.

수행된 연구결과로 개발된 유리섬유보강 강화플라스틱 경량콘크리트 폰툰과 친환경 컬러 해안블록은 친환경적 해안 구조물 건설에 의한 친수공간을 확보하고 건설 신소재 사용증대에 대한 신규산업의 창출과 해안/해양 등의 항만 구조물의 확장에 따른 고용증대와 관광산업의 활성화에 기여할 것으로 기대된다.

또한, FRP-bar, plate를 이용한 RC보의 보수 및 보강공법의 개발은 노후 항만구조물의 수명연장에 의한 손실비용을 감소시키고, 해안/해양구조물의 내구성 및 사용성 저하 문제 해결에 활용될 계획이다.

이와 같은 5개년 연구의 최종성과는 해안/해양 구조물의 설계를 위한 설계기법 개선, 건설 신소재 활용사업, 해안 친수시설 확대 등의 창출을 뒷받침할 수 있을 것을 기대된다. 해안블록에 대해서는 향후 블록의 파랑에 대한 수리특성을 조사하여 최적 단면을 선정 후 실용화를 추진할 계획이며, 경량 콘크리트 폰툰의 경우 충격 및 파괴에 대한 보강연구를 완성한 후 시제품을 제작, 홍보하고자 한다.



그림 5.1.1 해안저지대 방호기술 활용방안

2. 기대성과 및 파급효과

가. 기술적 측면

복합해일모의 기법은 기존의 단순 해일모의 기법과 달리 파랑과 해일 그리고 조석의 상호작용을 고려하며 해일을 모의하는 기법이다. 해일과 조석은 수위와 유속 변화를 통해 해일고에 변화를 일으키며 이러한 효과는 천해역에 가까울수록 증폭된다. 또한 파랑은 해수면의 조도를 변화시켜 바람응력의 크기를 변화시키며, 해일로 인한 유속 및 수위 변화는 반대로 파랑에 영향을 미치게 된다. 이러한 상호작용은 파랑모형과 해수유동 모형을 동적으로 결합하여 구동함으로써 모의될 수 있다. 특히 본 연구에서는 광범위한 천해역을 포함하는 우리나라 해안지형을 고려하여, 최초로 파랑모형을 심해 및 천해 전 영역에 걸쳐 구동될 수 있게 함으로써 해일모의의 정확도 및 기술적 수준을 제고하였다. 범람모형은 3차원 가변격자 유한차분모형으로 구성하였으며, 이류항에 TVD기법 적용함으로써 이류항의 급변 구간에서 발생하는 오차를 최소화하여 모의의 정밀도를 높였다. 이를 활용한 범람예측 모의를 통해 범람 및 침수 양태에 구조물이 미치는 영향을 분석하고 평가하였으며 범람예측의 모의기준을 제시하였다.

고조방파제는 기존의 착저식이 아닌 부유 플랩형 구조물로 개발하였다. 평상시에는 해저에 잠겨 있다가 해일의 내습시에 부상하여 작동하는 형태로서, 항만 등에서 기존의 수역배치 및 운용에 변화를 주지 않는 장점이 있으며, 기존의 해수유통에도 변화가 없으므로 구조물로 인한 표사 및 수질환경의 변화를 피할 수 있다. 부유 플랩형 방파제의 반사 및 전달 수리특성을 수리 및 수치모형 실험을 이용하여 규명하였고 정적 평형위치를 결정하기 위해 개발된 S/W는 향후 유사 해안구조물의 설계에 유용하게 이용될 수 있을 것이다. 또한 고조방파제의 기본 입지가 되는 남해안의 경우 지반이 연약하여 기초공에 어려움이 많은데, 부유 플랩형 구조물의 적극적 활용은 연약지반의 문제를 해소할 수 있으며, 대수심 구조물의 설계에도 적극 도입, 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

또한 기후변화로 해수면 상승, 태풍의 대형화에 수반되는 폭풍해일에 대한 대비를 할 수 있으며, KAIST에서 연구중인 Mobile Harbor 즉, 화물을 실은 배가 수심이 얕은 항구로 들어오는 것이 아니라, 배는 먼바다에 가만히 있고 항구가 배가 있는 곳으로 이동하는 시스템에 필요한 파랑제어시스템에 파급될 수 있다.

해안구조물의 경우 염해로 인한 콘크리트 및 철근의 부식이 발생하고 이로 인해 구조물의 내구성 및 사용성이 저하된다. 이러한 문제의 해결을 위해 내염성 콘크리트를 개발하였고 혼화제의 최적비를 제시하였고, 철근 대신 FRP bar를 활용하는 공법을 개발하여 철근 부식으로 인한 문제의 해결을 도모하였다. 또한 기존 구조물이 손상을 입은 경우에 대한 보수 보강공법으로 FRP 판을 이용한 보강공법과 FRP rod를 매입해 보강하는 공법을 개발하였으며 이러한 보수 보강공법의 매뉴얼을 작성하였다.

나. 사회·경제적 측면

기상재해 통계에 따르면 호우에 의한 피해가 연간 수천억, 태풍에 의한 경우 연간 수천억에서 조에 이르는 것으로 보고되고 있다. 해안저지대 방호 기술은 태풍으로 인한 해일 및 범람의 피해를 크게 감소시킴으로써 경제적 손실을 상당부분 경감할 수 있을 것이다. 광운대학교에서 수행한 지역기술혁신사업 파급효과분석에서 고조방파제의 경제성 분석을

수행하였는데 그 내용을 요약하면 아래와 같다.

(1) 공사비 변동액

- 신/구형 방파제 비용 차이 (연구단 제출) : 신형 방파제의 m당 공사비가 690,000
천원만큼 큼
- 방파제의 평균 길이는 400m 가정 (연구단 제출)
- 개소당 신형 방파제의 공사비가 260,000,000천원 증가

	구형	신형	구/신형 차이
비용(천원/m)	160,000	850,000	690,000
방파제 평균 길이(m)	400	400	0
개소당 비용	64,000,000	340,000,000	276,000,000

(2) 내용연수 : 50년 가정

(3) 해안 경관 보전 가치

(가) 방파제 설치 지역당 1,870,815천원/연(2006년 가치) 가정

① 김규한, 박찬익, 박정욱(2006)의 조건부가치추정법(Contingent Valuation Method)에 의한 강원도 정암해안 해안침식방지대책공사 환경가치 추정치를 사용

(나) 50년간 36,338,886천원의 가치 발생

② 1,870,815천원을 2009년 가치로 환산하고 내용연수 50년간 발생가치의 현재 가치로 전환

③ 2009년 가치로 환산 : 한국은행 소비자물가지수 2006년 102.2, 2008년 109.7를 사용 2008년 가치로 환산 후 1989~2008년 평균 소비자물가지수 증가율 1.0449을 사용 2009년 가치 추정 (2009년 소비자물가지수 미발표)

④ 매년 동일 가치 발생 가정 후 할인율 5.37%를 사용 현재가치로 전환

(4) 신형 방파제의 공사비 증가액이 환경가치 평가액 대비 지나치게 높아 현재로서 신 기술을 채택하기 어려운 것으로 판단됨

이상의 분석은 고조방파제의 가치발생 요인으로 강원도 정암해안의 침식방지에 따른 가치를 적용한 경우의 예에 불과하다. 가치발생 요인은 대상지역의 특성에 따라 경관, 수질, 수운 및 항로, 선박 항행 및 교역량 등 다양하게 설정될 수 있고 경우에 따라 몇 가지가 복합되어 발생할 수도 있다. 향후 조망권의 중요도가 계속 높아지고 고조방파제와 같은 대규모 사업이 시행될 수 있는 곳은 그 사회, 경제적 가치가 대단히 큰 곳이 될 수 있음을 감안하면 이로 인한 가치발생 규모는 대폭 상향될 수 있을 것으로 사료된다.

해일 및 범람으로부터 안전한 해안 공간의 확보는 낙후된 어촌 및 인근지역에 건설 및 위락사업을 가능하게 함으로써 건설경기의 활성화와 새로운 레저 산업의 진작을 도모할 수 있고, 이는 새로운 고용의 창출과 어촌의 소득 증대, 나아가 국토의 균형 발전에 이바지 할 수 있을 것이다.

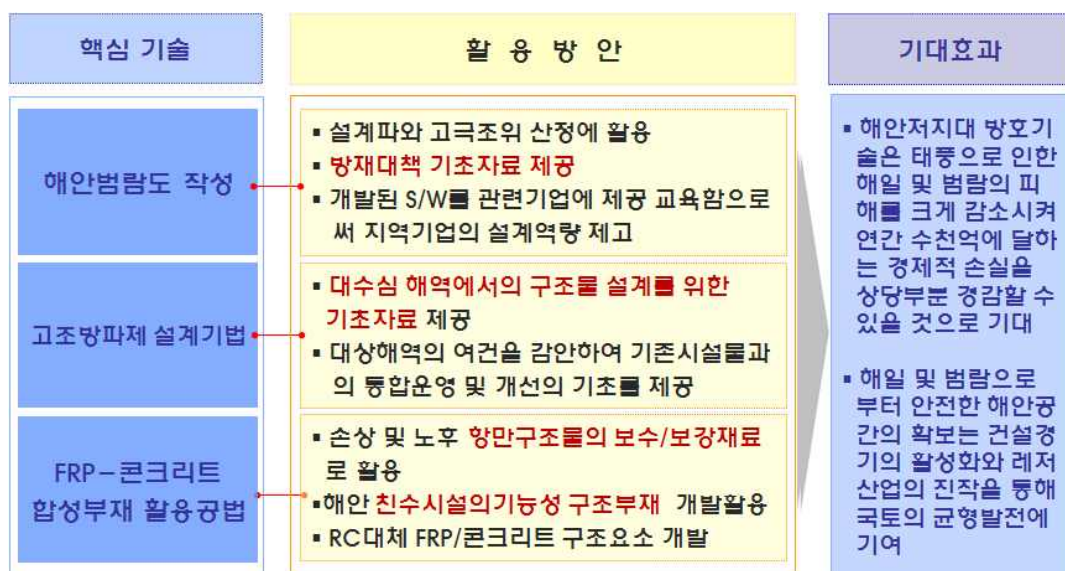


그림 5.1.2 해안저지대 방호기술 기대효과

제 2 절 해안매립공간 확보기술

1. 연구성과의 활용방안

개질슬러지를 매립재로 활용한 해안매립공간 설계 및 시공 기술을 제시함으로써 개질슬러지에 대한 활용성을 증대시키고, 슬러지 재활용 기술을 제시함으로써 도시형 폐기물의 효과적 재활용방법을 모색하여 개질슬러지의 생산성 증대 및 개질슬러지의 매립설계 기준 설립 및 시방서를 제작함으로써 개질슬러지를 이용한 공법에 대한 표준을 제시하여 도시형 폐기물을 재활용하고 개질슬러지를 이용하는 공법을 활성화 할 수 있으며 향후 후속 과제 수행 후 사업화 가능성이 있다. 연구단에서는 도시형 폐기물 등을 활용한 매립공간 확보기술에 대하여 연구단장님께서 토목신문에 적극적으로 연구성과 등을 활용 홍보하고 있다(그림 5.2.1 참조).

해안 탐사 및 지반조사 기술의 하나인 3차원 전단파 반사법 탐사기술은 S파 다중채널(96ch.)을 이용한 TSP탐사(Tunnel Seismic Profiling, 터널전방예측탐사), S파를 이용한 지반정밀탐사(공동, 연약대, 용수대, 단층 파쇄대, 암종경계)를 활용하여 부경대학교에서 직접 사업화를 진행 중에 있다. 현재 중소기업 진흥공단에 실사를 마치고 학교에 대표자 겸직승인신청을 하여 허가를 득하여 (주)리딩엣지 법인회사를 설립하여 활용할 계획으로 진행하고 있다.

또한, 해안공간 지반조사 및 탐사기술인 해안연약지반 전용조사선을 이용하여 연약지반 조사, 설계 및 개량효과를 확인하고 스크류재하시험장치, 현장간극비 자동측정장치, 현장유효응력측정장치에 대한 사업화를 진행하기 위해 먼저 참여기업에 사업화 관련 홍보자료를 배포하였으며, 2차로 동아지질, 유광계측 및 한라엔지니어링에 사업화 관련 홍보자료를 배포하였다. 이에 동아지질과 유광계측에서 사업화를 진행하기 위해 현재 기술이전에 관한 협의가 진행 중에 있다.

저치환율 변단면 쇄석다짐말뚝기술과 관련하여 육상 및 해상 연약지반보강, 변단면 GCP 설계기술을 참여기업인 석정건설에서 사업화를 진행 할 예정으로 있다.

폐기물을 3조원의 가치로 만드는 한진중공업 기술연구소

“흔히 폐기물로 생각하는 하수슬러지가 3조원의 가치를 갖고 있다고 한다면 믿어지십니까?”

‘차세대해안공간확보기술연구단’의 총괄연구단장을 맡고 있는 류기정 한진중공업 기술연구소 소장(사진)은 5년동안 3조원의 가치를 만들었다. 해안연구단의 연구가 그것인데 특히 2세부과제인 하수슬러지를 통한 매립재 재생산이 상당한 부분 역할을 했다.

류 소장은 “우리나라 전체적으로 발생하는 하수슬러지의 양은 엄청나다. 또한 이를 처리하기 위해서는 소각을 해야 하는데 이에 따른 탄소 배출량도 많아 에너지가 낭비되고 있다. 이를 해결하기 위해 하수슬러지를 매립재로 만드는 방법을 연구했다”고 말했다.

연구단 경제성 분석은 공운대학교 산학협력단에서 진행한다. 작년 말에 연구단장을 모아놓고 연구사업에 대한 경제성을 분석한 중간 결과 해안연구단의 경우 3조의 경쟁력을 갖췄다는 연구결과 발표가 있었다.

한진중공업 기술연구소는 차세대해안공간확보기술의 연구를 위해 △해안공간의 자연재해로부터의 방호△해안공간의 창출 및 활용 △해안공간의 보전 및 보호를 가치 및 목적으로 설정했다. 연구소는 1986년 설립해 기술혁신과 공법개선의 결과로 생산성 향상 및 대외 경쟁력 제고를 추구하고 나아가 국가 발전에 기여함을 목적으로 설립됐다.

연구단장이기도 하면서 2세부과제인 해안매립공간 확보기술에 관한 세부책임 연구자이기도 한 류 소장은 해안 매립을 통해 환경은 물론 경제성까지 생각할 수 있게 돼 앞으로 국내에 큰 영향을 끼칠 것으로 내다보고 있다.

“앞으로 연구가 더 남았지만 폐기물이 재료다 보니 환경부와의 협조관계가 필요하다. 이미 시험을 통해 환경성에 유해한 요소는 전혀 없고 바다에 매립해도 문제가 없는 강도를 가지고 있다. 하지만 폐기물에 대한 인식 때문에 이를 바꿀 무리 연구가 남아있다. 앞으로 환경부와의 조율을 통해 절차를 진행 할 것이다.”



하수슬러지를 가공해 실제로 매립지에 사용되면 발생하는 경제효과는 엄청날 것으로 보인다.

아울러, 연구결과가 좋게 나오기 위해서는 정부의 지원도 많이 필요하다. 좋은 연구결과 뒤에는 좋은 후원이 있기에 가능한 것이라 말하는 류 소장은 “R&D가 활성화 되고 지원이 늘어날수록 세상을 변화시키는 결과가 많이 나올 것이다”고 말해 적극적인 지원이 필요하다는 말을 전했다.

정필순 기자 feel@

그림 5.2.1 토목신문에 기고한 내용발췌



그림 5.2.2 해안매립공간 확보기술 활용방안

2. 기대성과 및 파급효과

가. 기술적 측면

도시형 폐기물 등을 활용한 매립공간 확보 기술은 해안매립공간 기술개발로 부지난 해소에 기여를 하고 도시형 폐기물의 효과적 재활용 방법을 모색할 수 있다. 또한, 개질 슬러지에 대한 활용성을 증대하여 매립지의 침출수 저감 기술 보급에 기여할 것이다.

지반조사 및 탐사기술은 국내 지반조사 및 탐사기술의 기술력 향상에 기여할 것이다. 해안지반전용조사선의 개발과 함께 해안 연약지반 조사기술의 발전과 해안 연약지반 조사기술 개발에 따른 지반조사비용의 감소를 가져 올 것이며, 정밀한 지반조사 및 탐사기술에 의한 경제적 설계가 이루어 질 수 있다.

해안 매립지반의 내진성능 확보기술은 국내에서 주로 사용되고 있는 공진주시험법, 진동삼축시험법과 더불어 동적단순전단시험, 모형실험(진동대)에 관한 노하우를 축적할 수 있으며, 모형실험 및 합성모의 실험 수행에 관한 노하우 축적에 기여할 것이다.

해안연약지반 보강기술은 해안 연약지반 보강기술의 발전에 기여하고, 해안항만구조물 기초로 활용 가능할 것이다.

나. 사회·경제적 측면

해안 연약지반 조사기술의 발전에 의한 지반조사비의 감소와 정밀한 지반조사 및 탐사기술에 의한 경제적 설계가능하다. 장비 및 장치의 제작에 따른 관련 산업 활성화와 국내 기술의 국외수출에 의한 수입 창출할 수 있다.

또한 광운대학교에서 수행한 지역기술혁신사업 파급효과분석에서 도시 폐기물 등을 활용한 매립에 대한 경제성 분석을 수행하였는데 그 내용을 요약하여 활용하였다.

(1) 도시 폐기물 등을 활용한 해안 매립

(가) 세부 논리 및 데이터

① 순가치 = 매립비용 절감액 - 고화하수슬러지 생산비용 + 폐기물 처리 비용

② 매립 비용 : 매립자재 운송 및 포설 관련 비용

㉔ 준설토(해양에서 채취한 흙)를 사용하는 경우와 고화하수슬러지(산토와 동일 비용으로 가정) 사용시의 비용

1) 양 비용의 차이를 매립면적(m²)당 비용절감액으로 적용

	매립단가(원/m ³)	평균 수심(m)	매립면적단비용(m ²)
준설토	4.934	10	49.340
고화하수슬러지	2.425	10	24.250

③ 고화하수슬러지 생산 비용 : m² 매립당 필요한 고화하수 슬러지 생산비용

㉞ 고정비는 시설 설치비용을 50ton/일, 330일 운용, 내용연수 10년을 적용 ton 당 비용으로 전환

1) m³당 1.92ton이 필요하며 수심은 평균 수심 10m 적용

	발효고화하수슬러지
변동비(천원/ton)	25
고정비(천원/ton)	485
합계(천원/ton)	510
m ³ 필요 ton	1.92
평균수심	10
면적당생산비(천원/m ²)	9,789

④ 폐기물 처리 비용 : 고화하수슬러지 생산과 동일 논리로 산출하며, 비용절감액에 포함

㉞ 세 가지 처리방식 비용의 단순 평균 적용 : 해양투기의 경우 미래에 적용이 불가능한 대안으로 고려되고 있으나 보수적인 경제성 평가 원칙을 고려 이를 포함 산출

	건조	소각	해양투기
변동비(천원/ton)	40	52.5	27
고정비(천원/ton)	515	1,061	
합계(천원/ton)	555	1,113	27
평균비용(천원/ton)	834		
m ³ 당필요ton	1.92		
평균수심	10		
면적당처리비(천원/m ²)	16,015		

⑤ 최대고화하수슬러지 생산량 Parameter

㉞ 처리가능 슬러지 양은 2,789톤/일(연구단 추산)을 가정하고 생산설비 가동일을 330일로 잡아 920,370톤/연을 가정

㉞ 매립면적 m²당 19톤(평균 수심 10m 가정)을 가정

	값
처리가능 슬러지(톤/일)	2,789
처리 가능 슬러지(톤/년)	920,370
m ² 당요구량(톤)	19

⑥ 연간 매립면적 상한(고화하수슬러지 생산량 제약 고려)

㉠ 2011년 육상매립 및 하양투기 슬러지의 처리비율 5% 가정

㉡ 2011년 이후 : 전년도 처리비율 + (전년도 처리비율-2년전 처리비율)×0.8

→ 2020년 22.3% 처리 가정

㉢ 슬러지처리비율로 산출된 고화하수슬러지 생산량을 m²당요구량(톤)으로 나누어 연간 매립면적 상한 계산

⑦ 매립 수요 : 연간 8,015,789m²

㉠ 국토해양부 '2009년 국토의 계획 및 이용에 관한 연차보고서(안)'에서 정리된 1990~2008년 까지의 연간 매립면적의 평균치 사용

⑧ 채택율 가정

㉠ 현재 고화하수슬러지 생산능력의 부족을 고려 초기 채택율 낮게 적용

㉡ 고화하수슬러지 생산과 관련된 물량의 한계를 고려하여 잠재채택율을 낮게 적용

	값
초기채택율	1%
잠재채택율	10%
전기채택율영향요소	30%

⑨ 연간매립면적

㉠ 매립면적 및 채택율 가정으로 산출된 매립면적과 고화하수슬러지 생산 가능량을 고려한 연간 매립면적 상한의 두가지 값 중 작은 값을 사용

⑩ 연도별 채택율과 결과적인 연도별 매출, 순가치, 순가치의 현재가치 등은 3장에서 설명된 공통 논리에 의해 계산

(나) 경제성 계산 Worksheet

매립비용

	매립단가 (천 원/m ³)	평균 수심(m)	매립면적단 비용(m ²)
준설토	4.9	10.0	49.3
고화하수슬러지	2.4	10.0	24.3

고화하수슬러지 생산비용

	발효고화하 수슬러지
변동비(천원/ton)	25.0
고정비(천원/ton)	484.8
합계(천원/ton)	509.8
m ³ 필요 ton	1.9
평균수심	10.0
면적당생산비(천원/m ²)	9,789.1

폐기물 처리 비용

	건조	소각	해양투기
변동비(천원/ton)	40.0	52.5	27.0
고정비(천원/ton)	515.2	1,060.6	
합계(천원/ton)	555.2	1,113.1	27.0
평균비용(천원/ton)	565.1		
m ³ 당필요ton	1.9		
평균수심	10.0		
면적당처리비(천원/m ²)	10,849.6		

* 미래에는 해양투기 금지 고려 건조 및 소각의 평균 단가를 사용

잠재수요(연 매립 면적) (m²)

년도	km ²	m ²
1990년	6	5,600,000
1991년	2	2,300,000
1992년	2	1,600,000
1993년	2	1,600,000
1994년	1	1,300,000
1995년	5	5,400,000
1996년	81	81,100,000
1997년	28	28,200,000
1998년	2	1,600,000
1999년	3	3,400,000
2000년	2	1,500,000
2001년	1	700,000
2002년	0	100,000
2003년	1	1,000,000
2004년	2	2,300,000
2005년	1	1,000,000
2006년	3	2,900,000
2007년	9	9,000,000
2008년	2	1,700,000
평균	8	8,015,789

국토해양부 2009년 국토의 계획 및 이용에 관한 연차보고서(안)

최대 매립면적

처리가능 슬러지(톤/일)	2,789
처리 가능 슬러지(톤/년)	920,370
m ² 당요구량(톤)	19

연최대매립면적(m²) : 슬러지 생산가능상한 고려

년도	슬러지 처리 비율	연최대매립 면적(m ²)
2011년	5.00%	2,422
2012년	9.00%	4,360
2013년	12.20%	5,910
2014년	14.76%	7,150
2015년	16.81%	8,142
2016년	18.45%	8,936
2017년	19.76%	9,570
2018년	20.81%	10,078
2019년	21.64%	10,485
2020년	22.32%	10,810

채택율 가정

	값
초기채택율	1.0%
잠재채택율	10.0%
전기채택율영 향요소	30.0%

가치창출액

년도	채택율	고화슬러지매 립면적(m ²)	비용절감액 (천원)	현재가치
2011년	1.00%	2,422	2,629,467	2,037,563
2012년	1.36%	4,360	4,733,041	3,228,533
2013년	1.80%	5,910	6,415,899	3,852,514
2014년	2.32%	7,150	7,762,187	4,102,914
2015년	2.94%	8,142	8,839,216	4,112,859
2016년	3.63%	8,936	9,700,840	3,973,388
2017년	4.39%	9,570	10,390,139	3,746,232
2018년	5.18%	10,078	10,941,578	3,472,762
2019년	5.98%	10,485	11,382,730	3,180,263
2020년	6.74%	10,810	11,735,651	2,886,327
합계		77,862	84,530,747	34,593,356

총편익

34,593,356

해안매립공간 확보기술의 경우 하수 슬러지 등 폐기물을 재활용함으로써 폐기물 처리 비용의 절감과 함께 가치를 창출하고 있어 높은 경제적 잠재력을 가지고 있는 것으로 평가되고 있다. 그러나, 슬러지 처리용량의 제약이 있음을 가정(육상매립과 해양투기 슬러지의 4~22.3%를 연도별로 고화하수슬러지로 재처리함을 가정)하여 가치창출액이 계산되었으며, 재처리시설의 확산 시 경제성이 크게 증가할 수 있다.

(2) 도시 폐기물 등을 활용한 해안 매립 실용화 전략

(가) 개발기술에 대한 성과 확보

⇒ 매립시설계 지침 및 매뉴얼, 논문, 특허

(나) 실용화를 위한 추가적인 후속 연구 진행 필요

⇒ 후속 과제명 : 고화하수슬러지를 이용한 해안 매립기술의 실용화 연구

(다) 신기술 개발 및 건설신기술 등록

⇒ 하수슬러지를 이용한 개질 매립재의 활용 및 토목재료로의 활용을 위한 기술

(라) 관련기업체를 대상으로 한 홍보

⇒ (주) 홍진씨앤티의 하수슬러지 발효기술의 장점을 개질매립재에 결합시켜 상호 보완

(마) 학술적 홍보

⇒ 국내·외 논문집이나 학술 발표회를 통한 학술적인 홍보를 통해 학문적 관심을 유도하고 타당성 검증

(바) 관련법 개정

⇒ 매립재에 관한 관련규정이 미비한 관계로 매립재의 규정을 확립



그림 5.2.2 해안매립공간 확보기술 기대 효과

제 3절 해안레저공간 확보기술

1. 연구성과의 활용방안

본 연구단의 연구에 기초하여 한동대학교, 포항 YMCA, 다무포 지역주민 협의회 및 포항시의 협력으로 행정자치부 ‘살기 좋은 지역 만들기’추진. 국비, 도시, 시비, 민자유치등을 통해 2007년부터 3년간 총 97억원의 예산을 확보하여 마을만들기 시작. 다무포 고래마을 재디자인, 삶의 질 향상, 마을 공동체 복원, 마을 소득기반 확충에 대한 종합마스터프랜을 2008년 2월에 작성 완료 후 포항시와 포항시 의회에 발표 후 승인을 받았다.

본 연구단에서 포항시에 제안한 포항시를 문화, 예술, 생태 도시로 만들고자 하는 테라노바 포항 프로젝트 출범. 테라노바 포항 프로젝트는 본 연구단의 이대준교수에 의해 제안되어 “포항시 테라노바 디자인 자문위원회 운영조례”를 제정하고, 훈령으로 운영 중이던 “포항시 테라노바 포항프로젝트 추진위원회 운영규정”의 법률적 기반을 보완하여 조례 제정. 2007년도에는 디자인 자문위원회에서 포항시 북부해수욕장 바다시청 외 60건의 공공디자인 자문을 통해 문화·예술·생태 도시 포항 만들기의 기초를 다짐. 이에 대한 공로로 본 연구단의 한동대학교 이대준교수는 2007년 12월 문화공보부 장관상을 수상하였으며, 포항시 북부해변지역인 칠포리로부터 월포리에 이르는 5개 마을의 조사/분석, 재정비/재활성화 방안 연구를 통해 동해안에 수없이 존재하는 크고 작은 어촌의 환경친화적인 개발 및 관광활성화를 위한 재정비에 큰 방향을 제시해 줄 것임. 본 연구는 토지적성평가의 기법을 활용하여 해안마을 지역의 용도지역 지정을 위한 지침을 제공해 줌으로서, 장차 우리나라 해안지역의 용도지역 지정에 활용되게 할 것임. 용도지역의 지정은 궁극적으로 해안지역의 난개발과 환경오염을 줄이게 해 줄 것임. 또한 본 연구를 통해 크고 작은 해안마을들을 한 커뮤니티 단위로 연계하여 인프라 및 커뮤니티 시설의 효율적인 공급을 도모 할 뿐만 아니라, 해안마을의 새로운 형태를 제시하게 될 것임. 최종적으로 본 연구는 해안마을의 지역성과 역사성을 살린 재정비 방향과 디자인가이드라인을 제시할 것이다.

영일만 신항 및 배후단지는 글로벌화를 추구하는 포항의 새로운 기능인 물류와 비즈니스의 장소인데, 이곳에 규모 있는 테마관광단지를 모색하는 것은 이 영일만항 배후단지의 물류 및 비즈니스 유치를 높이는 기능만이 아니라 동해안 관광의 허브역할 담당할 기회를 제공 할 것임. 이를 위해 현재 컨테이너항으로만 추진되고 있는 영일만 신항을 마리나, 크루즈부두 등을 포함한 다목적 복합항으로의 전환가능성을 진단하는 초기 기초연구를 완료하였으며, 해안 및 어촌의 생태화 리모델링 현황과악, 분류, 정책지침, 실행계획, 설계도구의 개발을 지자체에 정책제안을 시도하고, 파일럿트 프로젝트 수행 등을 통해 실용화함으로써 지역 침체된 해안 및 어촌 지역 활성화며 개발 요소기술의 사업화를 위하여 참여기업에 기술이전 및 사업화를 타진하고 있다.

해안 지자체에 특성을 잃어 가고 있는 우리나라 항구도시에 새로운 유형의 항구경관 증진을 위한 방법론을 제시하고 이와 연관된 도시산업을 제시하고 도심지 해안의 해안경

관가이드라인의 실험설계를 통한 가이드라인의 적절성 검토하고 기법활용을 통한 해안경관 창출 및 도시관광 산업의 활성화를 제안한다. 요소개발기술 중 특허를 출원한 현장적용형 디지털 입도분석기의 특허출원 및 상용화를 통해 참여기업에서 사업화 추진한다.



그림 5.3.1 해안레저공간 확보기술 활용방안

2. 기대성과 및 파급효과

본 연구의 결과물을 다무포 고래해안생태 마을 구성에 구체적으로 적용하여 연구된 내용의 모니터링 및 검증자료로 활용. 마을의 다목적활 건설을 위한 디자인 가이드라인 제공.하며, 포항시에 제안한 아트폴리스계획인 테라노바 포항 프로젝트에 연구내용과 개발된 도구를 직접 적용하여 활용함으로써 향후 포항시 자체가 관광상품이 되도록 한다. GIS와 RS 이미지를 이용한 설계도구와 낙후된 해안의 재정비 방안 및 해안레저공간 확보 기술을 포항시 영일만 신항 배후단지에 적용하고 포항시에 정책제안하며, 환경친화적 생태재료인 황토를 이용한 모델 민박집을 다무포 고래해안생태마을에 직접 실시설계 후 시공한다. 완성된 모델 민박집의 에너지 효율, 실내공기 정화 등에 대한 모니터링을 실시하여 자료 분석 및 축적하고 축적된 데이터를 이용하여 다른 해안 마을에 적용시 설계단계에서 실시단계에 까지 에너지 세이프 하우스를 만드는데 활용한다. 첨단과학기술을 활용한 IT기반의 건설기술과 지역밀착형 산업, 문화, 관광을 통합시켜 지식 탐구를 겸한 체류형 관광이 가능한 해안관광지개발을 통한 해안관광도시재세의 거점개발을 목표로 하며, 창의적인 사람들이 살고 싶어하고, 창의적인 사람들이 인텔리전트 해안도시 조성에 자발적으로 참여하여 만들어가는 선순환 구조를 이루도록 한다.

해안설계기법의 가이드라인을 작성하여 향후 미래에 재생되는 해안지역의 환경적, 경제적, 경관적으로 우수한 친수공간 구성에 선구적인 역할을 할 수 있도록 지침을 만들고, 근대기 항구의 구체화된 모습을 지니는 “물적대상”, 시각적인 모습은 볼 수 없지만

이미지와 옛 흔적들을 통해 인지 가능한 “비물적대상”으로 나누어 분석의 기준 틀로 설정하여 해당지역의 재생시 재활용될 산업유산을 통속적이고 역사적인 요소로 부각시켜 지역이미지를 제고한다.

가. 기술적 측면

GIS와 RS 이미지를 이용한 생태마을 설계도구 개발은 농어촌 활성화의 일원으로 전국적으로 시행되고 있는 살기좋은 지역 만들기 사업에 유용하게 활용될 수 있는 기술이다. 현재 GIS 소프트웨어는 사용영역이 급증하고 있으나 미국 ESRI사의 ArcGIS가 독점하고 있는 형편이다. 건축, 도시개발, 토목, 환경 등의 전문가가 GIS를 배워서 전공분야에서 사용하기엔 소프트웨어의 고비용과 운용기술 습득의 어려움으로 인해 제한성이 있다. 건축가 및 엔지니어가 손쉽게 사용할 수 있는 기능을 저렴한 가격으로 제공할 있는 설계도구 개발을 통해 GIS 소프트웨어 시장에 진입할 수 있을 것이다. GIS와 RS 이미지를 이용한 3차원 그래픽 구현기술은 향후 급속한 수요가 예상되는 U-Eco CITY (Ubiquitous Eco City) 분야의 요소기술로 활용될 것으로 판단된다. 또한 생태마을을 조성하기 위해서 필요한 생태서식지 복원, 3D 공기흐름 모델링, 그리고 수질오염 저감을 위한 수자원 분석 기술 등은 생태마을 또는 생태도시 조성에 필요한 요소기술로서 관련 기술력 향상에 기여할 것이다. GIS와 RS를 이용한 해안 생태마을 설계도구를 Web GIS, Mobile GIS, Enterprise GIS와 연계할 수 있도록 확장함으로써 해안 생태마을 설계도구의 상용화할 수 있으며, 공기흐름 과정의 해석/예측에 침강과정을 반영함으로써 대기 중 오염원 및 입자의 분산과정 해석 역량을 제고함으로써 환경영향평가 등에 광범위하게 사용될 수 있다. 3D 공기흐름모델의 개발에서 획득된 기술을 풍파생성 모델, 대기오염확산, 생태마을 설계도구 개발에 활용함으로써 기술적 시너지 효과기대. 현재 전량 외국 S/W 제품에 의존하는 3D Flow Model S/W 의 국산화를 실현시킨다.

나. 사회·경제적 측면

해안 및 어촌의 생태적 리모델링을 통해 관광수입의 증가에 의한 낙후지역의 경제활성화하며 성공적인 해안생태마을을 구축하기 위한 요소기술 확보를 통해 새로운 해안 레저 공간확보 및 지역혁신산업 구축으로 지방분권화에 기여한다. 해안지역을 방문하는 관광객 또는 지역에 거주하는 거주민들에게 삶의 가치를 향상시킬 수 있는 기회를 제공하고, 여가욕구 해결수준이 점차 친환경적 자연상태로 되돌아 갈려고 하는 성향에 부합되는 환경을 제공할 수 있는 여건을 마련한다. 수변부를 끼고 있는 친수공간 일부에 대해 개선 재개발이 일어나게 함으로써 해당지역의 친환경적 정비와 거주민에 대한 생활 환경을 개선함. 이는 나아가 지역 이미지제고에 이바지 하며, 고부가가치의 해안경관을 창출을 통한 도시전반적인 관광상품화 및 지자체의 경제적 자립유도한다.

친환경 수변공간 확보 기술에 관한 연구는 다양한 여가수요를 충족할 수 있는 여건을 마련한다. 수변공간만을 의미하지 않고 친수공간을 포함한 임해부를 재개발함으로써 지역 환경정비와 생활의 활성화를 도모하고 나아가 지역·산업구조 및 문화구조를 재구축하고, 고부가가치의 해안경관을 창출을 통한 관광상품화 및 지자체의 재정 자립을 유도한다. 산업유산은 약간의 조정만을 통해서도 원래의 기능을 되살릴 수 있는 재활용(reuse)이 가능한 대상이고 또 장소마케팅(place marketing) 차원에서 지역 그 자체의 향수를 불러일으킬 수 있는 독특한 잠재력을 가지고 있다. 이러한 산업유산의 관점에서 재생된 항구들은 대부분 해당 도시의 문화관광산업과 직접적인 연관성 및 활성화한다.

도시의 재생측면에서 현재의 획일화된 물리적 환경을 개선가능하게 하고, 지역 관광객들에게 긍정적인 도시 및 해안 이미지를 제공하며 이는 지역의 경제성 향상에도 긍정적인 영향을 끼치고 해안지역의 물리적인 접근이나 제도적인 접근에서 벗어나 지역민을 위한 소프트웨어적 접근을 통해 우수한 지역관리 방안 제공하며, 도시민과 어촌과의 교류를 확대하게 되어 국가적 차원에서 도시지역·비도시지역간 상생할 수 있는 가능성 제공한다. 우리나라 항구에 산재해 있는 산업유산 활용을 통해 항구에 초점을 둔 지역마케팅 차원에서의 전략 및 프로그램 개발하여 어촌 및 항구도시의 고유한 특성을 활용한 관광상품화 전략사업으로 활용한다.

본 연구인 해안 레저공간 확보 기술로 개발된 GIS와 RS를 이용한 해안 생태마을 설계도구의 경제적 가치에 대하여(광운대학교) 한국건설교통기술평가원에서 실시한 지역기술 혁신사업과급효과분석 보고서를 인용하면 잠재적 사용처를 정부기관, 설계사무소 및 학교로 구분하여 추정하며 정부기관(243개소) : 시/군/구 지방자치단체 수, 설계사무소(6,429개소) : 건축사협회 등록 건축사 수에 80% 적용, 학교(3,000Copy) : 전국 건축 관련 학과 100개에 실습인원 30인 적용하여 산출하였을 때 연도별 순가치는 212,847천원이며 현재의 순가치는 82,259천원으로 평가되었다.



그림 5.3.2 해안레저공간 확보기술 기대 효과

제 4절 해안 유지 및 확보기술

1. 연구성과의 활용방안

해안 유지 및 확보를 위하여 수행된 본 연구는 다음과 같이 활용이 가능하다. a. 해안 구조물 설계 및 환경 영향 평가시에도 기초 자료를 제공할 수 있다. b. 과학 기술적 관리 제도의 정착을 위한 관리 표준화와 행위 통제를 위한 전략 수립에 참고할 수 있다. c. 해안 모니터링을 위한 임시 기준점을 설치하고 모니터링을 수행하여 수립된 ‘진단 및 평가 시스템’의 시범적 운영으로 모니터링 체계 및 시스템 운영의 총체적 평가 완수를 할 수 있다. d. 3D 가시화 기술 적용으로 해안공간 및 모니터링 결과, 해안의 변화에 대한 이해도 증가가 가능하다. e. 해안선의 등고선 측정을 통한 모래의 변화량 측량이 가능하다. f. 지능형 로봇카 측량시스템으로의 활용할 수 있다.

철재형 이안제의 설계 및 시공을 위한 참고자료로 활용이 가능하며 구체적으로는 다음과 같다. a. 철재형 이안제 설계를 위한 자료로 활용, b. 해양구조물 연결부 설계를 위한 자료로 활용, c. 기존의 자료를 토대로 해안지역의 계략적인 지질특성을 파악하고, 해상 지역 지반조사를 실시할 장소의 지질조사 방법 등에 대해 계획, d. 지반조사를 통하여 지질특성을 파악하고 향후 철재형 이안제 건설시 적절한 기초구조물을 계획, 설계에 반영 등 이다. 또한 모형실험을 실시하여 수평하중에 따른 기초의 지지거동 특성을 파악하여 철재형 이안제의 하부구조물인 기초의 계획 및 설계에 반영할 수 있다.

비사저감을 위한 해안초본식생 조성은 경관해빈조성을 위한 핵심요소기술로써 활용이 가능하며 구체적으로 다음과 같다. a. 해안식생 별로 적합한 증식방법을 적용하여 이를 대량으로 생산하여 실제 식재현장에 공급할 수 있음, b. 해안식재 시 식생의 조기 활착 및 지속적으로 건강한 생육에 적합한 환경을 제공하는 인공토양을 생산할 수 있음, c. 실제 해안에 식재 실험을 실시하여 해안 식생의 효과에 대한 기초자료를 구축할 수 있음 등 이다.



그림 5.4.1 해안유지 및 확보기술 활용방안

2. 연구성과의 기대효과

가. 기술적 측면

해안유지 및 확보기술의 연구성과는 교육, 홍보용, 기술적용 사례지의 조성, 해안 공학 기술의 검증 자료 산출, 해안 공간의 통합적 관리 기술 연구의 기틀 마련, 각 요소 기술의 기능적 문제점 및 보완책 검토 가능, 전파기술의 정밀탐사적용에 의한 신호기술의 실용화 추구, 로봇카의 구동부설계에 의한 측량기기의 고성능화 및 상품화 추구, 측량데이터베이스의 실시간 처리 및 효과적인 소프트웨어 개발로 해안선변화량의 효율적인 관리 기술 확보, 철재형 이안제 동적구조해석 기술개발, 철재형 이안제 설계 기술개발, 해안사구 조성 및 녹화 시 선발 중에 대한 대량증식법 도입 및 인공토양공급, 그리고 양묘기술 적용 등을 종합적으로 제공하는 토털솔루션(total-solution) 구축 가능

나. 사회·경제적 측면

광운대학교에서 수행한 지역기술혁신사업 파급효과분석에서 철재형 이안제 및 샌드바 이패싱장비에 대한 경제성 분석을 수행하였는데 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

(1) 상세 논리 및 데이터

(가) 순가치

- ① 이안제 순가치 = 공사비 절감액 + 환경가치
- ② 이동식 바이패싱 순가치 = 공사비 절감액

(나) 이안제 공사비 절감액 (연구단 제공)

① 108m를 표준 이안제로 보아 해당 공사에 필요한 사석이안제(구형 기술) 및 철제형이안제(신형 기술)의 공사비를 산출

② 비용절감율 = 공사비 차이 / 사석이안제 공사비

표 5.4.1 철제형이안제와 사석이안제 비용절감액 비교

	사석이안제	철제형이안제	비용절감액
비용(천원/108m)	6,159,250	4,560,392	1,598,858
비용절감율	25.96%		

(다) 이안제 환경가치

① 신형식/고조형 방파제에서 적용된 개소당 환경가치의 1/2 적용

(라) 샌드바이패싱 비용절감율 : 5%

(마) 유형별 예산(연구단 제공)

① 10년간 연안정비사업비가 10년간 매년 균등하게 발생함을 가정하고 이안제 및 바이패싱 관련 예산 비율을 매년 동일하게 가정

㉠ 전체 예산중 이안제와 관련된 비율을 25%

㉡ 전체 예산중 샌드바이패싱 관련 비율을 40% 가정

표 5.4.2 유형별 예산

	사업비
10년간 연안정비사업비(천원)	1,100,000,000
연간 연안정비사업비(천원)	110,000,000
이안제 사업 비중	25%
샌드바이패싱	40%

② 이안제 적용 대상 지역 수 : 이안제의 환경가치를 적용하기 위해서는 총 공사 대상지역수 가정 필요

㉢ 잠재 지역 수(120개소) : 동해안 40개소(연구단 제공)를 전국으로 환산하기 위해 3배 적용

㉣ 연간 12개소 가정 : 10년간 매년 잠재 지역 수의 1/10씩 공사 진행 가정

(바) 채택율 가정

표 5.4.3 채택율(가정)

	값
초기채택율	5%
잠재채택율	25%
전기채택율영향요소	30%

(사) 연도별 채택율과 결과적인 연도별 매출, 순가치, 순가치의 현재가치 등은 3장에서 설명된 공통 논리에 의해 계산

(2) 경제성 계산 Worksheet

표 5.4.4 사업비 절감액

년도	채택율	이안제 절감액	이안제 환경가치	바이패싱 절감액	현재가치
2011년	5.0%	356,931	4,620,995	110,000	3,942,613
2012년	7.2%	513,981	6,654,232	158,400	4,997,678
2013년	9.6%	687,301	8,898,113	211,814	5,882,879
2014년	12.2%	868,952	11,249,846	267,796	6,547,270
2015년	14.7%	1,048,495	13,574,287	323,128	6,954,283
2016년	17.0%	1,215,053	15,730,619	374,458	7,094,190
2017년	19.0%	1,359,874	17,605,547	419,089	6,989,212
2018년	20.7%	1,478,216	19,137,655	455,560	6,687,889
2019년	22.0%	1,569,685	20,321,850	483,749	6,251,515
2020년	22.9%	1,637,157	21,195,370	504,543	5,739,640
합계(천원)		10,735,647	138,988,514	3,308,538	61,087,169

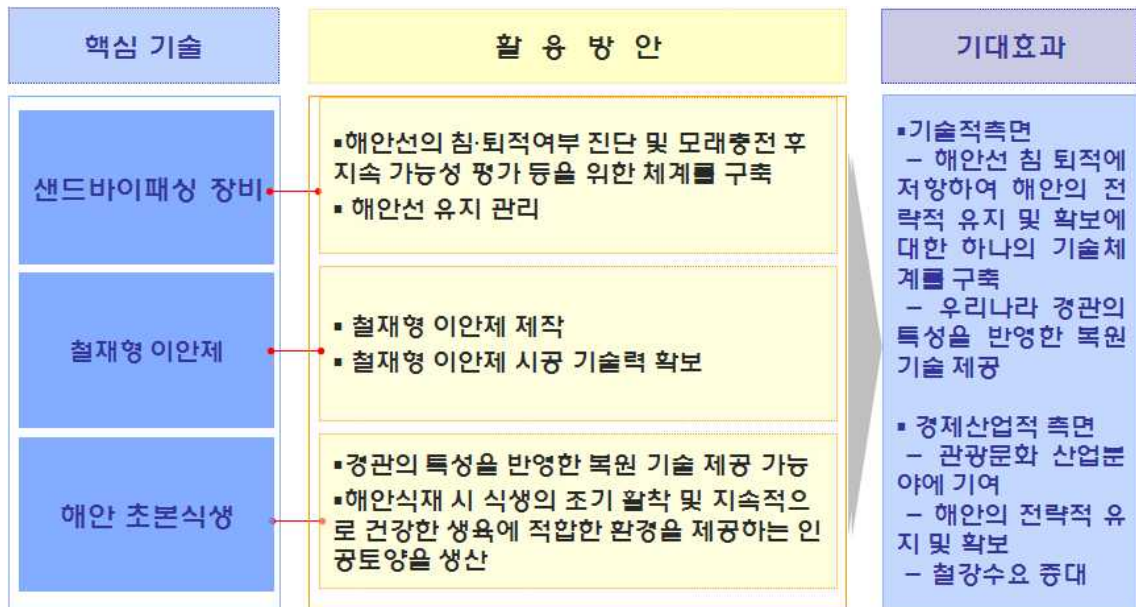


그림 5.4.2 해안 유지 및 확보기술 기대효과

제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

차세대 해안공간 확보기술 연구단에서는 다음과 같은 해외기술정보를 수집하였으며, 구체적인 내용을 표 6.1.1에 요약하였다.

표 6.1.1 해외기술정보 수집자료

수집정보 항목	특기사항	비고
도심 수변레저공간의 선진사례 조사 및 답사(호주)	- 시드니/브리스베인/골드코스트 Arbor Zone 조성 현황 조사 - 시드니 달링 하버 - 시드니 Sea World 및 수족관 주변부 - 브리스베인 Street Beach - 브리스베인 City Cat - Spit 및 Wave Break Island - 골드코스트 지역의 인공섬 및 수상레저가옥 배치 및 설계 기술	  
일본의 산업유산 및 경관 사례 조사 및 답사	- 오타루 운하 - 홋카이도 지역의 항만시설을 문화관광상품으로 어떻게 재생하는지에 대한 자료수집 및 사례조사	 

표 6.1.1 해외기술정보 수집자료(계속)

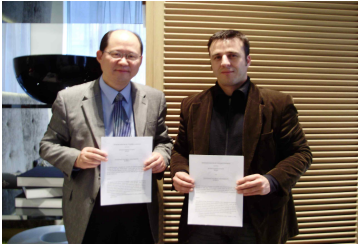
수집정보 항목	특기사항	비고
스페인 인텔리전트 코스트	- MOU 체결 - 공동 연구 - 스페인 바르셀로나 해안의 인텔리전트 해안도시 형성	 
일본 TOKYO ODAIBA海浜公園, Y O K O H A M A YAMASHITA公園 등을 방문하여 식생 을 조사함.	식생은 주로 후박나무, 돈나무, 금식나무 등 난대수종으로 온대 기후대인 우리나라에 직접 적용 하기는 어려울 것으로 판단됨.	

표 6.1.1 해외기술정보 수집자료(계속)

수집정보 항목	특기사항	비고
일본 요코하마 수변공간 및 매립항만 조사	-요코하마 수변공간 조사 -요코하마 매립항만 방문 조사 -일본항만공학기술연구소 워크샵 및 혼모쿠항 폐기물 해안매립지와 부두견학 -향후의 공동연구 및 자료 교환을 위한 인적 교류체계 구성 협의	관련사진, 세미나 발표자료, 팸플렛 등
싱가포르 폐기물 매립에 대한 관련 세미나	-세마카우섬 폐기물 매립 진행상황 -폐기물 매립재의 종류 및 폐기물 매립 방식 -폐기물 매립에 따른 환경영향평가 -향후 진행내용 소개 -소각재 중심의 폐기물을 이용한 해안매립은해양환경에 큰 문제가 없는 것으로 판단됨 -싱가폴과는 문화적, 지리적, 기상환경적 차이로 인해 국내 적용하기에는 면밀한 검토가 필요한 것으로 판단됨	관련사진, 팸플렛 등
해안지역의 지반조사 및 탐사기술용 전용조사선 개발을 위한 자료 수집	- 전용조사선 제작공장 방문 - 전용조사선 엔진 시스템 자료수집 - 엔진 구입 및 개조에 대한 협의	관련사진
해안지역의 지반조사 현장 견학 및 연구관련 하노이대학 방문	- 해안 매립지 공사 현장 방문 - 대우자동차판매 건설부문 베트남 하노이 공사현장 방문 - 베트남 하노이 대학 학술 교류 및 대학 연구시설 방문	관련사진, 팸플렛

표 6.1.1 해외기술정보 수집자료(계속)

수집정보 항목	특기사항	비고
학회에 참가하여 연구 성과 논문 발표 및 지반공학 관련 국외 연구 결과의 경향을 수집	- the 9th International Symposium on Environmental Geotechnology and Sustainable Development” 학회 참석 - 논문 발표: Assessment of the improvement of soft marine sedimentary applied plastic board drains) - 국외 연구 동향 파악 및 자료 수집	관련사진, 발표자료, 팸플렛
학회에 참가하여 연구 성과 논문 발표 및 지반공학 관련 국외 연구 결과의 경향을 수집	-the 10th International Symposium on Landslides and Engineered Slopes 학회 참석 - 논문 발표: Stability analysis for cut slopes reinforced by an earth retention system by considering the reinforcement stages - 현장 견학 - 국외 연구 경향 파악	관련사진, 발표자료, 팸플렛
학회에 참가하여 연구 성과 논문 발표 및 지반공학 관련 국외 연구 결과의 경향을 수집	- the 19th International Offshore and Polar Engineering Conference 학회 참석 - 논문 발표: Shear wave velocity profiles in offshore soils using the Field Velocity Probe - 국외 연구 경향 파악	관련사진, 발표자료, 팸플렛
싱가폴 매립공사 현장 (현대건설) 및 난양대학교 지반공학연구실 방문	- 준설매립공사 현장 방문 조사 - 매립지반 처리 공법 견학 - 난양대학교 지반공학연구실 방문 - 본 연구실과 난양대학교의 장비 및 시험 방법 비교 및 분석	관련사진
국제 지진공학회 참석 및 U.C.Berkeley 지반공학연구실 방문 (미국, Sacramento)	- ASCE에서 주최하는 GEESD IV학회에 참여 - 학회참여를 통해 지반진동 및 지진공학에 대한 선진기술 경향 파악 - U.C.Berkeley 지반공학연구실 방문 - U.C.Berkeley의 동적시험기 개량에 관한 자료 수집 및 Elastomer Gage 적용사례에 관한 문의	관련사진, 팸플렛
국제 지반공학회 참석 (이집트, 알렉산드리아)	- 국제지반공학회 정기학술대회 참석 (17th International Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering) - 연구관련 자료수집 및 최신공법에 대한 정보 습득	관련사진, 팸플렛

제 7장 참고문헌

제 1절 국문 참고문헌

- 과학기술(1999). 해양토목기술, 250p.(원서: 日本海洋開發協會(1997): 海洋土木技術)
- 과학기술처 (1989). 해안구조물의 파력흡수를 위한 신소재 개발 연구(I), pp. 394.
- 과학기술처 (1990). 해안구조물의 파력흡수를 위한 신소재 개발 연구(Ⅱ), pp 356.
- 과학기술처 (1995). 부유식 해양구조물에 관한 연구, pp. 492.
- 국립해양조사원 홈페이지(<http://www.nori.go.kr>)
- 기상청 홈페이지(<http://www.kma.go.kr>)
- 박우선, 전인식, 송만순(2009) 항만재개발 공학기반구축 R/D사업 소개, 항만 2009 봄호.
- 박우선, 윤정방, 편종근(1989). "파랑하중 산정을 위한 무한요소." 한국해안·해양공학회지, 제1권, 제1호, pp. 71-80.
- 박우선, 윤정방, 편종근(1991). 해양구조물의 파력산정을 위한 3차원 무한요소, 한국전산구조공학회지, 제4권 제4호, pp.135 ~144.
- 박우선 (1991). 파랑하중에 대한 Tension Leg Platform의 신뢰도해석. 박사학위논문, 한국과학기술원, pp. 144.
- 박우선, 이달수, 오영민, 정원무(1991). "연직 2차원 회절 및 방사문제 해석을 위한 무한요소." 한국해안·해양공학회지, 제3권, 제4호, pp. 235-243.
- 박우선, 전인식, 이달수(1993). 유공방파제의 파압분포특성과 안정도,. 한국해안·해양공학회지, 제5권 제2호, pp. 66 ~75.
- 박우선, 정원무 (1993). 경계 Damper를 이용한 항만 파랑응답 해석, 한국해안·해양공학회지, 제5권 제1호, pp. 39 ~44.
- 방재연구소 홈페이지(<http://www.nidp.go.kr>)
- 삼성건설(2006). 항만건설기술.
- 서경덕, 지창환(2007). "다열 커튼월 파일 방파제에 의한 규칙파의 반사 및 투과." 한국해안·해양공학회지, 제18권, 제2호, pp. 97-111.
- 소방방재청 홈페이지(<http://www.nema.go.kr>)
- 양우석, 조원철, 박우선(2001). "부유식 방파제의 파랑 차단 성능 제어", 한국해안·해양공학회지, 제13권, 제3호, pp. 230-236.
- 정신타, 박우선, 이호찬(2002). 다열 부유식 방파제의 유한요소 해석. 한국해안·해양공학회지, 제14권 제4호, pp. 257~264.
- 정신타, 박우선, 정원무(1999). 파랑-막구조의 상호작용 해석을 위한 유한요소모형(I): 개발 및 검증. 대한토목학회논문집, 제19권 제II-4호, pp. 485 ~492.
- 조일형, 고혁준(2007). "원형 파일 방파제에 의한 반사율과 투과율." 한국해안·해양공학회지, 제19권, 제1호, pp. 38-44.

- 한국해양자료센터 홈페이지(<http://kodc.nfrdi.re.kr>)
- 해양수산부(1999). 港灣 및 漁港施設의 耐震設計 標準書.
- 해양수산부(2000). 해수교환방파제의 실용화연구(Ⅲ).
- 해양수산부(2001). 해수교환방파제의 실용화연구(Ⅳ).
- 해양수산부(2002). 해수교환방파제의 실용화연구(Ⅴ).
- 해양수산부(2005). 항만 및 어항 설계기준.
- 한국해양연구원(2005). 전해역 심해설계과 추정 보고서 II.
- 한국콘크리트학회, 콘크리트 표준시방서 해설, 2003
- 한국콘크리트학회, 콘크리트 혼화재료, 기문당, 2001. 12
- 한국콘크리트학회, 콘크리트 구조설계기준 해설, 2003
- 정일영, 콘크리트구조 재료공학, 기문당, 2004.9
- 박운용, 토목재료학, 형설출판사, 2005. 10
- ACI committee 440, Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with FRP Bars, 2006
- 박광수, 혼화재의 품질특성에 따른 구조적 거동에 관한 연구, 조선대학교 대학원 학위논문, 2001
- 김은검, 고로슬래그 미분말을 치환한 콘크리트의 염해 저항특성에 관한 연구, 서울시립대학교 산업대학원 학위논문, 2002
- 김광열, 부순모래 콘크리트의 황산염 침해에 대한 연구, 부경대학교 산업대학원 학위논문, 2006
- 이화준, FRP 보강근의 종류에 따른 콘크리트 보의 휨거동 특성, 한양대학교 산업경영대학원 학위논문, 2006.2
- 김광호, FRP Bar를 사용한 콘크리트 보의 거동에 관한 실험적 연구, 경남대학교 대학원 학위논문, 2006.6
- 문한영, 건설용 신재료로서 고성능콘크리트, 대한토목학회 논문집, 제42권 제5호, 1994.10, pp.82~95
- 정태영, 해양공간의 적극 활용, KDI 나라경제, 1998.1, pp. 39~42
- 박영식, 서진국, 이재훈, 신영식, 실리카-흙을 사용한 고강도 콘크리트의 황산염 침해에 따른 강도특성, 1998년도 대한토목학회 학술발표회 논문집(1), 1998, pp. 249~252
- 형원길, 소형석, 소승영, 소양섭, 물-시멘트비에 따른 콘크리트의 투과성 및 염화물 이온의 침투성에 관한 연구, 1998년도 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 제10권 제2호, 1998, pp. 179~184
- 문소현, 소승영, 소양섭, 재령에 따른 시멘트 경화체내 염화물 이온의 거동에 관한 연구, 1998년도 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 제10권 제2호, 1998, pp. 185~190
- 문한영, 김홍삼, 이승태, 5종류 시멘트모르타르의 화학약품용액에 대한 저항성, 1999년도 대한토목학회 학술발표회 논문집(1), 1999, pp. 297~300
- 형원길, 소승영, 소양섭, 시멘트 모르타르의 황산염 침식 저항성에 대한 혼화재의 영향, 2000년도 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, 제12권 제1호, 2000, pp.

- 문한영, 이승태, 김홍삼, 김진철, 시멘트 모르타르의 황산염 및 해수 침식에 대한 저항성, 대한토목학회 논문집, 제20권 제3-A호, 2000.5, pp. 473~482
- 정해문, 유환구, 안태송, Kawano Hirotaka, 고강도 콘크리트의 염화물 침투특성, 2001년도 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, 제13권 제1호, 2001, pp. 985~990
- 오병환, 해양환경에서의 내구성 향상을 위한 고성능 콘크리트의 적용과 전망, 시멘트, 한국양회공학회, 제154권, 2001.6, pp. 16~23
- 문한영, 김성수, 김홍삼, 우리나라 콘크리트 구조물의 철근 부식 현황, 한국콘크리트학회지, 제13권 제5호, 2001.9, pp. 58~63
- 고경택, 류금성, 김성욱, 윤의식, 김상윤, 해안환경하에 노출된 콘크리트의 내구성에 미치는 시멘트 종류 및 플라이애시 치환율의 영향, 2002년도 대한토목학회 학술발표회 -한국건설 비전 2025- 논문집, 2002, pp.634~637
- 오병환, 콘크리트의 고성능화와 고내구성화 기술, 대림기술정보, 2002 가을호, pp.4~27
- 김동훈, 임남기, 이상범, 철근콘크리트의 염해와 중성화 피해 사례 연구, 한국건축시공학회지, 제2권 제2호, 2002.5, pp. 165~172
- 정해문, 안태송, 이광명, 염해에 대한 콘크리트 교량의 내구성 향상 기술, 한국콘크리트학회지, 제16권 제2호, 2004.3, pp.31~37
- 한상훈, 건습이 반복되는 환경하의 해양 콘크리트 구조물에 대한 염소이온 침투해석, Ocean and Polar Research, 제26권 제1호, 2004.3, pp.43~50
- 김영진, 김동석, 유재강, 고내구성 해양콘크리트의 개발 및 실용화에 관한 연구, 대우건설기술연구소, 대우건설기술, 통권 제26호, 2004.6, pp. 120~129
- 신홍철, 유재강, 박상준, 물시멘트비 및 시멘트 종류가 해양콘크리트의 내염해성에 미치는 영향, 대우건설기술연구소, 대우건설기술, 통권 제27호, 2005.6, pp. 130~133
- 쌍용양회공업 기술연구소, 염화물이 콘크리트의 내구성에 미치는 영향, 시멘트 콘크리트 기술자료집, 2005.6, pp.1~14
- 김강민, 백동일, 김명식, 부순모래 콘크리트의 황산염 침해 저항 특성, 2005년도 대한토목학회 학술발표회 논문집, 2005, pp. 1177~1180
- 정상균, 장영, 장현갑, 부산-거제간 연결도로 콘크리트 구조물의 내구성 설계, 2005년도 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 2005.11, pp.491~494
- 한천구, 윤기원, 김기훈, 국내 콘크리트용 부순모래의 사용실태에 관한 조사 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 제21권 제11호, 2005.11, pp. 119~126
- 편종근, 김규한, 차세대 항만-해안공간 개발 기술 전망, 대한토목학회지, 제54권 제3호, 2006.3, pp. 77~85
- 김영근, 조병영, 염해를 고려한 콘크리트 구조물의 내구성능 설계, 한국콘크리트학회지, 제18권 제4호, 2006.7, pp.32~40
- 김도겸, 김성수, 이승태, 김종필, 화학적 침식을 고려한 콘크리트 구조물의 내구성 증진 방안, 한국콘크리트학회지, 제18권 제4호, 2006.7, pp.49~56
- 심종성, 김규선, 건설 분야에서의 FRP 활용, 한국콘크리트학회지, 한국콘크리트학회, 제12권 6호, 2000, pp.37~43

- 김경수, 고영주, 배주성, 철근 대체재로서의 유리섬유보강 플라스틱바 개발에 관한 실험적 연구, 대한토목학회 논문집, 제17권 제I-6호, 1997, pp. 889~895
- 원종필, 박찬기, 황금식, 윤종환, 김명균, 고연성 하이브리드 FRP 보강근의 전단 및 인장 거동, 2003년도 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 2003, pp. 1229~1234
- 박찬기, 원종필, 강주원, 콘크리트 보강용 FRP 보강근의 내구성 설계를 위한 환경영향계수의 제안, 한국콘크리트학회 논문집, 제16권 제4호, 2004.7, pp. 529~539
- 심종성, 문도영, 오홍섭, 하우진, FRP 보강근의 부착성능에 대한 실험적 연구, 2004년도 한국구조물진단학회 가을 학술발표 논문집, 2004, pp. 75~82
- 권민호, 조창근, 새로운 기술:FRP-RC부재의 FRP 보강근 설계 및 시공, 한국콘크리트학회지, 제16권 제1호, 2004.1, pp. 124~128
- 원종필, 박찬기, 서정민, 공태웅, 표면형상 변화에 따른 FRP 리바의 부착특성, 2004년도 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 2004, pp. 3216~3220
- 최익창, 연준희, 고재용, FRP Rods로 보강한 콘크리트 보의 전단 내하력의 평가, 한국해양공학회 논문집, 제18권 제1호, 2004, pp.63~682
- 윤순중, 토목구조용 FRP에 대한 국내외 연구 및 활용 현황, 2005년도 대한토목학회 정기 학술대회 논문집, 대한토목학회, 2005, pp.3015~2018
- 윤형수, 장희석, 김희성, FRP Bar를 사용한 고강도 콘크리트 보의 콘크리트 전단강도, 2005년도 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 2005.11, pp. 287~290
- 김재생, 서대원, 신성우, 안종문, 한범석, FRP 보강근을 사용한 콘크리트 보의 콘크리트 강도효과, 대한건축학회 창립60주년기념 학술발표대회 논문집, 2005, pp. 401~404
- 이영환, 신성우, 안종문, 유석형, 서대원, FRP Re-bar로 보강된 콘크리트보의 휨거동, 2005년도 한국구조물진단학회 봄 학술발표 논문집, 2005, pp. 213~219
- 심종성, 오홍섭, 박철우, 주민관, 강태성, GFRP 스티럽으로 보강된 콘크리트 보의 전단 성능에 관한 실험적 연구, 2005년도 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 2005, pp. 263~266
- 김태영, 박지선, 이정운, 유영찬, 김궁환, 콘크리트 강도가 GFRP 복합재료 보강근의 부착강도에 미치는 영향, 2005년도 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제17권 제2호, 2005, pp. 189~192
- 김재생, 서대원, 한범석, 안종문, 신성우, 박영환, FRP Re-bar로 보강된 콘크리트 휨부재의 연성증진방안, 2006년도 한국구조물진단학회 가을 학술발표 논문집, 2006, pp. 213~218
- 유영준, 박지선, 박영환, 김궁환, GFRP 보강근으로 보강된 슬래브의 보강비에 따른 거동 실험연구, 2006년도 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 2006, pp. 1009~1012
- 심종성, 박철우, 오홍섭, 주민관, GFRP 보강근으로 휨 및 전단보강된 보 시험체의 구조 성능 평가, 2006년도 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 2006, pp. 469~472
- 노경배, 진치섭, 장희석, 김희성, 황금식, FRP Bar 콘크리트 보의 휨보강근비 변화에 따른 콘크리트 전단강도, 한국구조물진단학회 논문집, 제10권 제 2호, 2006, pp. 76~82

- 김재생, 서대원, 신성우, 안종문, 한범석, FRP Bar로 보강된 일방향 콘크리트 슬래브의 휨 및 전단강도, 2006년도 대한건축학회 학술발표회 논문집-구조계, 2006, pp. 189~192
- 문도영, 심종성, 오홍섭, 초단유리섬유(milled glass fibers)와 에폭시 혼합물을 이용한 FRP 보강근 표면성형기법 연구, 대한토목학회 논문집, 제26권 제4A호, 2006.7, pp. 775~785
- 심종성, 박철우, 주민관, 강태성, 철근대체용 GFRP 보강근의 인장특성에 관한 연구, 대한토목학회 2006년도 정기 학술대회 논문집, 2006, pp. 2503~2506
- 장종완, “반복하중을 받는 CFS로 보강된 R/C 보의 휨 강성”, 경성대학교 일반대학원 석사학위논문, 2004, 2
- 이우철, “탄소섬유시트로 보강된 RC 보의 휨거동 특성에 관한 연구”, 부산대학교 대학원 박사학위논문, 2005, 2
- 노경배, “FRP Bar 콘크리트보의 전단특성”, 부경대학교 대학원 박사학위논문, 2006, 2
- 허성재, “Glass fiber-Steel Plate로 보강된 RC 보의 전단 거동에 대한 실험적 연구”, 경성대학교 일반대학원 석사학위논문, 2006, 8
- 남정훈, 윤손중, 문환두, 배기선, 민원, “가넷 코팅한 FRP-Rod와 고성능 폴리머모르타르로 보강된 철근콘크리트 보의 보강설계”, 2004년도 대한토목학회 정기학술발표회 논문집, 2004
- 문도영, 오홍섭, 심종성, “이형 리브를 갖는 GFRP 보강근의 부착성능에 관한 실험적 연구”, 대한토목학회 논문집, 제25권, 제5A호, 2005. 9, pp719~727
- 조백순, 정진환, 김성도, “FRP 시스템 보강 철근콘크리트 구조부재의 휨 성능”, 2005년도 대한토목학회 정기 학술발표회 논문집, 2005,
- 정상모, 이차돈, 원종필, 황윤국, 김정호, “FRP보강근을 이용한 표면 매립 및 단면확대공법의 실험적 성능평가”, 2003년도 한국 콘크리트 학회 가을 학술발표회 논문집, 2003
- 윤손중, 김병석, 정상균, 정재호, “유리섬유 보강 플라스틱 보강근 다발로 보강된 콘크리트 보의 휨거동”, 대한토목학회 논문집, 제23권, 제6A호, 2003. 11, pp1067~1075
- 황태일, “R.C 보에 부착된 섬유시트의 파단변형을 평가에 관한 실험적 연구”, 경성대학교 일반대학원 석사학위논문, 2003, 2
- 원종필, 박찬기, “콘크리트 보강용 FRP 보강근의 수분 민감성 및 열화특성”, 대한토목학회 논문집, 제24권, 제2A호, 2004. 3, pp381~390
- 원종필, 박찬기, “고연성 하이브리드 FRP 보강근 및 인장 거동 예측 모델 개발”, 대한토목학회 논문집, 제24권, 제3A호, 2004. 5, pp491~500
- 김충호, 고신웅, “사전균열로 손상된 RC 보의 탄소섬유시트 보수 후의 균열성장 및 박락 거동”, 한국구조물진단학회지, 제 10권, 제5호, 2006. 9, pp121~128
- 조근희, 진원중, 김성태, 조정래, 김병석, “신개념 FRP-콘크리트 합성 바닥판의 정적 특성 고찰”, 2004년도 대한토목학회 정기 학술발표회 논문집, 2004, pp2032~2035
- 박지선, 유영찬, 박영환, 유영준, 김형열, 김금환, “FRP 보강근의 부착 특성에 관한 실험적 연구”, 2004년도 대한토목학회 정기 학술발표회 논문집, 2004,

- 김충호, 장희석, 박현영, 고신웅, “CFS 보강 R/C 보의 균열 및 탈착”, 2005년도 한국 콘크리트 학회 가을 학술발표회 논문집, 2005
- 여경윤, 박덕흠, 임윤묵, 김문겸, “FRP를 이용한 RC보의 보강효과에 관한 해석적 연구”, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 2001, pp1~4
- 김영갑, 이우철, 조백순, 정진환, 김성도, “탄소섬유시트로 보강된 철근 콘크리트 구조물의 공칭 휨 모멘트 산정에 관한 연구” 대한토목학회 논문집, 2002.11, pp719~722
- 박상렬, “탄소 FRP 시트로 휨 보강된 R.C 보의 보강효과에 관한 연구”, 대한토목학회 논문집, 제21권, 제6A호, 2001, pp997~1005
- 노경배, 진치섭, 정치홍, 장희석, “FRP Bar 콘크리트 보의 휨보강근비 변화에 따른 콘크리트 전단강도”, 2005년도 대한토목학회 정기학술발표회 논문집, 2005,
- 박지선, 유영찬, 박영환, 유영준, 김형열, 김궁환, “FRP 보강근의 정착 길이 산정식에 대한 고찰”, 2005년도 대한토목학회 정기학술발표회 논문집, 2005
- 심중성, 오홍섭, 박철우, 문도영, “철근콘크리트 T형 교량 재하시험을 통한 FRP 외부부착공법의 보강성능 검증”, 대한토목학회 논문집, 제 25권, 제 1A호, 2005. 1, pp143~1510
- 김생빈, 김동신, “FRP 보강효과에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트 학회 학술발표 논문집, 제 2권, 2호, 1990. 11, pp163~168
- 신승교, 고태호, 김문겸, 임윤묵, “보강된 노후 구조물 파괴거동 예측을 위한 수치해석기법 개발”, 2000년도 한국 콘크리트 학회 가을 학술발표회 논문집, 2000
- 조근희, 김병석, 이영호, “파괴 거동을 고려한 FRP-콘크리트 합성 바닥판의 단면 설계에 관한 연구”, 2002년도 한국 콘크리트 학회 가을 학술발표회 논문집, 2002
- 이차돈, 정상모, 원종필, 이승한, “부분 비부착 NSM Hybrid FRP 보강근에 의한 철근 콘크리트보의 연성 보강”, 한국 콘크리트 학술 발표 논문집, 제15권, 1호, 2003. 2, pp143~153
- 박찬기, 원종필, 유정길, “화학적 환경에 노출된 콘크리트 보강용 FRP 보강근의 장기 효과”, 한국 콘크리트 학술 발표 논문집, 제15권, 6호, 2003. 12, pp811~819
- 정영수, 김영섭, 박창규, “FRP로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 거동에 관한 연구”, 2003년도 대한토목학회 정기 학술발표회 논문집, 2003, pp1257~1262
- 최기선, 유영찬, 김궁환, “아라미드섬유시트로 휨 보강된 RC보의 부착파괴 방지 상세에 관한 실험적 연구”, 2004년도 한국 콘크리트 학회 봄 학술발표회 논문집, 2004
- 유영준, 박영환, 박지선, 유영찬, 김형일, 김궁환, “FRP Rebar의 부착거동 해석”, 2004년도 한국 콘크리트 학회 봄 학술발표회 논문집, 2004
- 김태우, “FRP보강 RC보의 조기파괴기준 I”, 2005년도 한국 콘크리트 학회 가을 학술발표회 논문집, 2005
- 곽계환, 장화섭, 양동운, “Hybrid FRP-Rod로 보강된 철근콘크리트 보의 휨 거동”, 2005년도 한국 콘크리트 학회 가을 학술발표회 논문집, 2005
- 박상렬, “부착길이와 복부정착이 CFRP판으로 보강된 RC 보의 휨 보강 효과에 미치는 영향”, 한국 콘크리트 학술 발표 논문집, 제14권, 5호, 2002. 10, pp645~652
- 박석균, 김대훈, “탄소섬유를 전기저항센서로 이용한 하이브리드 섬유보강근 콘크리트의 파괴거동 예측”, 2005년도 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 2005

- 유기찬, 이영미, 김우석, 백승민, 곽윤근, “구조적 손상을 받은 RC 보의 휨보강 효과에 관한 실험적 연구”, 대한 건축학회 논문집, 제 19권, 3호, 2003. 3, pp51~60
- 윤현도, 성수용, 오재혁, 서수연, 김태용, “탄소섬유메쉬와 콘크리트의 부착거동”, 한국 콘크리트 학술 발표 논문집, 제15권, 6호, 2003. 12, pp769~777
- 박상렬, 김태우, “CFRP판으로 부착된 R.C 보의 복부정착 형태에 따른 보강효과”, 대한토목학회 논문집, 제23권, 제6A호, 2003. 11, pp1113~1121
- 조근희, 조정래, 이영호, 김병석, “FRP-콘크리트 계면의 파괴 역학적 부착 모델”, 대한토목학회 논문집, 제 24권, 제 4A호, 2004. 7, pp653~661
- 이종렬, 이웅중, “구조물의 보수. 보강 재료의 현황”, 대한토목학회지, 제47권, 4호, 1999. 4, pp34~45
- 이상민, 박상순, 최홍식, “IT 시대의 콘크리트 구조물의 유지관리기술 발전전망”, 한국 콘크리트 학회지, 제 14권, 3호, 2005. 5, pp35~44
- 심종성, 김규선, 이석무, “탄소섬유 laminate 을 이용한 RC보의 효율적인 보강기법에 관한 실험적 연구”, 1998년도 대한토목학회 정기 학술발표회 논문집, 1998, pp221~224
- 정원용, 이성우, “탄소 및 유리섬유 폴트루전 스트립을 이용한 RC보의 휨보강 연구”, 1999년도 한국 콘크리트 학회 가을 학술발표회 논문집, 1999, pp689~692
- 박홍용, “FRP 보강 철근콘크리트 슬래브의 휨 거동”, 한국 콘크리트 학술 발표 논문집, 제12권, 3호, 2000, pp103~114
- 박은정, 신영수, “Hybrid FRP(Fiber Reinforced Polymer)로 보강된 철근 콘크리트 보의 휨거동에 관한 연구”, 2001년도 한국 콘크리트 학회 가을 학술발표회 논문집, 2001, pp515~520
- 오홍섭, 심종성, 최창환, “유리섬유보강재로 외부부착 보강된 교량 바닥판의 구조거동”, 한국 콘크리트학회 논문집, 제14권, 6호, 2002, pp922~933
- 홍건호, 신영수, “RC 구조물에 적용된 부착식 휨보강공법의 보강성능평가”, 한국 콘크리트학회 논문집, 제15권, 1호, 2003, pp78~86
- 이동원, “CFS로 보강된 RC보의 양생중 반복하중이 보강효과에 미치는 영향에 대한 실험적 연구”, 부경대학교 산업대학원 석사학위논문, 2004, 8
- 심종성, 박철우, 박성재, 최광민, “주철근 위치에서의 응력을 고려한 FRP로 보강된 철근 콘크리트보의 조기파괴하중 예측”, 2004년도 대한토목학회 정기 학술발표회 논문집, 2004, pp387~392
- 조정래, 조근희, 진원중, 김성태, 김병석, “일방향 FRP-콘크리트 합성 바닥판의 거동”, 2004년도 대한토목학회 정기 학술발표회 논문집, 2004, pp4628~4631
- 환선, 황윤국, 경갑수, 박기태, “FRP 바닥판의 정적 거동 분석을 위한 실험적 연구”, 2004년도 대한토목학회 정기 학술발표회 논문집, 2004, pp203~208
- 박상렬, 최현, “RCarbon FRP Grid로 휨 보강한 철근콘크리트 슬래브의 파괴형태와 설계 기준”, 한국 콘크리트학회 논문집, 제16권, 5호, 2004, pp667~675
- 윤순중, 김병석, 정상균, 정재호, “유리섬유 보강 플라스틱 보강근 다발로 보강된 콘크리트 보의 휨거동”, 대한토목학회 논문집, 제23권, 제6A호, 2003. 11, pp1067~1075

- 심종성, 오홍섭, 문도영, 이정환, “FRP-Rod의 부착성능에 관한 실험적 연구”, 2004년도 대한토목학회 정기 학술발표회 논문집, 2004, pp3770~3775
- 원종필, 박찬기, “축진 열화 환경에 노출된 콘크리트 보강용 고연성 하이브리드 FRP 보강근의 부착 특성”, 대한토목학회 논문집, 제24권, 제5A호, 2004. 9, pp969~979
- 심종성, 오홍섭, 문도영, 주민관, 김동희, “FRP 보강근의 최대부착강도 예측에 관한 연구”, 2004년도 대한토목학회 정기 학술발표회 논문집, 2004, pp3764~3769
- 박정용, 김성도, 조백순, 김인태, 정진환, “탄소섬유시트로 보강된 RC보의 피로내구성 향상에 관한 연구”, 한국구조물진단학회 제10권 제6호 2006.11, pp 205~212
- 곽계환, 박종건, 장기웅, “폴리머 콘크리트 보와 강섬유 콘크리트 보의 전단 피로거동에 관한 실험적 연구”, pp103~106
- 곽계환, 장기웅, 김종효, “초고강도 철근콘크리트 보의 전단-피로거동과 보수”, pp 229~232
- 한만엽, 황의승, 이영현, “단부 부착력 개선을 위한 보강콘크리트보의 피로특성에 관한 연구”, 대한토목학회지 제20권 제3-A호, pp 407~416
- 백신원, 김동백, “초기균열을 갖는 콘크리트 보의 피로특성에 관한 실험적 연구”, 대한토목학회지 제16권 제1-1호, pp 63~70
- 박태효, 이상희, “철근 이중 콘크리트 보의 피로 거동”, 한국콘크리트 학회 2005년도 가을 학술발표회 논문집 pp 37~40
- 연구석, 박제선, 김광우, 성기태, 김태경, “무근 폴리에스터 폴리머 콘크리트 보의 휨피로 거동”, 콘크리트학회 논문집 제5권 제3호 1993.9 pp 179~186
- 김진근, 김윤용, “고강도 콘크리트의 피로거동에 관한 실험적 연구”, 콘크리트학회 논문집 제5권 4호, pp 179~187
- 강태성, “피로하중을 받는 GFRP Rebar로 보강된 콘크리트 보의 휨·부착특성”한양대학교 석사논문, 2007
- 홍성용, “FRP 긴장재로 외부 보강된 철근콘크리트 보의 피로거동”, 제주대학교 석사논문, 2008
- 이진성, “강섬유를 혼입한 2경간 연속보의 피로균열 발생과 진전에 관한 실험적 연구”, 원광대 대학원, 2003
- 강주환(1991) 유한차분모형에 의한 하구의 염도확산 분석. 박사학위논문, 서울대학교.
- 강주환, 문승록, 박선중(2004). 해수유동모형에서 조간대 모의의 필요성. 대한토목학회논문집. 제24권 제3B호. pp.259-265.
- 강주환, 문승록, 박선중(2005) 조석확폭에 수반되는 조간대 영역 확대의 영향성. 한국해양·해양공학학회지, 한국해양·해양공학학회, 제17권, 제1호. pp. 47-54.
- 강주환, 박선중, 박민원(2008) 서남해안의 해수면 상승과 해일고 증가 경향. 한국해양·해양공학학회지, 한국해양·해양공학학회, 제20권, 제1호, pp. 14-24.
- 강주환, 박상현, 이길성(1993) 음해법을 이용한 천수방정식의 수치해석. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제13권, 제3호, pp. 119-127.
- 강주환, 송재준, 오남선(1998) 낙조우세와 관련된 목포해역의 조류특성 분석. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제18권, 제II-2호, pp. 185-193.

- 김차겸, 양한섭, 김기철(1999) 3차원 layer-level 혼성 해수유동 모델 개발. 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제19권, 제II-5호, pp. 603-614.
- 농어촌진흥공사(1998) 방조제 축조 후 연안의 해안지형과 퇴적환경 변화 연구 II. 농어촌연구원.
- 목포지방해양수산청(1998) 목포항 수리현상조사 및 방재대책수립 용역 보고서.
- 문승록, 박선중, 강주환, 윤종태(2006). MIKE21 모형을 이용한 목포해역 해일/범람 모의. 한국해안·해양공학회지. 제18권 제4호. pp.348-359.
- 서승원(1999a) 3차원 유한요소모형을 이용한 황해 및 동중국해의 조석수동역학 해석. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제19권, 제II-3호, pp. 375-387.
- 서승원(1999b) 비선형 3차원 조화유한요소모형을 이용한 황해의 천해조석 발생. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제19권, 제II-3호, pp. 389-399.
- 서승원, 김정훈(2003) 조석수동역학 모의에서 조간대 침수-노출 고려효과 비교연구. 한국해안·해양공학회지, 한국해안·해양공학회, 제15권, 제2호, pp. 97-107.
- 윤행호(2005) 금강하구 해양 구조물의 영향에 따른 침퇴적에 관한 연구. 석사학위논문, 군산대학교.
- 용창진(2004) 하천의 흐름과 유사이동 모형의 비교분석, 석사학위논문, 호남대학교.
- 이경선, 박경, 오정환(2000) 조간대 처리 기법을 포함한 3차원 Semi-Implicit 수역학 모델 개발. 한국해안·해양공학회지, 한국해안·해양공학회, 제12권, 제2호, pp. 70-80.
- 이종찬, 서승남(1992) 선형 천수방정식의 ADI 유한차분법. 한국해안·해양공학회지, 한국해안·해양공학회, 제4권, 제2호, pp. 108-120.
- 정태성(1996) 마산·진해만 해류에 관한 3차원 수치모형. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제16권, 제II-1호, pp. 63-72.
- 정태성, 김성곤, 강시환(2002) 3차원 흐름 모델링시스템(FEMOS)을 이용한 아산만 조류 모의. 한국해안·해양공학회지, 한국해안·해양공학회, 제14권, 제2호, pp. 151-160.
- 최병호, 서경석(1992) Computation of Meteorologically-Induced Circulation on the East China Sea using a Fine Grid Three-dimensional Numerical Model. 한국해안·해양공학회지, 한국해안·해양공학회, 제4권, 제1호, pp. 45-58.
- 최병호, 우승범(1995) 2차원 및 3차원 동적복합조석모형에 의한 경남해역의 조석산정. 한국해안·해양공학회지, 한국해안·해양공학회, 제7권, 제2호, pp. 176-197.
- 해양수산부(2004) 울산신항 남방파제 및 기타공사 기본·실시설계용역 보고서, 제1-2권.

제 2절 해외 참고문헌

- Bennett, G.S., Meiver, P. and Smallman, J.V. (1992). A Mathematical model of a slotted wavescreen breakwater. Coastal Engineering. 18, pp. 231-249.
- CERC. Dept. of the Army U.S.(1992), Automated Coastal Engineering System. Tech. Ref.
- Dhatt, G. and Touzot, G. (1984). The finite element method displayed. John Wiley and Sons, pp. 509.
- Eatock-Taylor, R. and Zietsman, J. (1981). "A comparison of localized finite element formulations for two-dimensional wave diffraction and radiation problems." International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 17, pp. 1355-1384.
- Goda. Y.(1988), On the methodology of selecting design wave height, Proc. 21st ICCE, ASCE, Spain, pp. 899~913.
- Hales, L.Z. (1981). Floating Breakwaters: State-of-the-Art Literature Review. Technical Report No. 1-1, CERC, pp. 270.
- Sollitt, C.K., Chung-Pan L., William, G.N., and Thomas, J.P., (1986). "Mechanically Coupled Buoyant Flaps: Theory and Experiment." Coastal Engineering, pp. 2445-2459.
- Sommerfeld, A. (1949). Partial differential equations in physics. Academic Press, New York, pp. 181-200.
- Takahashi, S.(1996). Design of Vertical Breakwaters, Reference Document No. 34, Port and Harbour Research Institute, Ministry of Transport, Japan, 85p.
- 合田良實 (1987). 수치 simulation에 의한 파랑의 표준 spectral과 통계적 성질. 제34회 해안공학강연회 논문집, pp. 131-135.
- 國際海洋科學技術協會 (1987). 浮防波堤-現狀 と 課題, pp. 89.
- Vicki L. Brown, Charles L. Batholomew, FRP Reinforcing Bars in Reinforced Concrete Members, ACI Materials Journal, January~February 1993, Vol.90 No.1, pp.34~39
- B. Benmokrane et al., Glass fibre reinforced plastic(GFRP) rebars for concrete structures, Construction and Building Materials, Vol.9 No.6, February 1995, pp. 353~364
- Alsayed, S. H., Flexural behaviour of concrete beams reinforced with GFRP bars, CEMENT AND CONCRETE COMPOSITES, THE CEMENT ASSOCIATION OF JAPAN, 1998, Vol.20 No.1, pp. 1~12
- Koray Tureyen, Robert J. Frosh, Shear Tests of FRP-Reinforced Concrete Beams without Stirrups, ACI Structural Journal, 2002.7~8, Vol.99 No.4, pp.427~434
- A.F. Ashour, Flexural and shear capacities of concrete beams reinforced with GFRP

- bars, Construction and building Materials 20, 2006, pp.1005~1015
- R. Park, T. Paulay (1974.8), "Reinforced Concrete Structures", pp11~17
- Hollaway, L.C. & Mays, G.C.(1999), "Strengthening of Reinforced Concrete Structures", Edited by Hollaway, L.C. and Leeming M.B., CRC Press, pp327
- J.G. Teng, J.F. Chen, S.T. Smith, L. Lam (2002), "FRP Strengthened RC Structures", John Wiley & Sons Ltd, pp31
- ACI 440.2R-02 (2002) "Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures", American Concrete Institute (ACI) Committee 440, Sami H. Rizkalla, John P. Busel
- ACI 440.1R-03 (2003) "Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with FRP Bars", American Concrete Institute (ACI) Committee 440, Sami H. Rizkalla, John P. Busel
- Norby. G. M., "Fatigue og Concrete— A Review of Reaserch." Journal of ACI, Proceedings, Vol. 57, NO.8, 1958, pp.174~219
- Romualdi, J.P. and Batson, G. B, "Mechanics of Creck Arrest in Concrete." ASCE, EM3, 1963, pp.147~168
- Romualdi, J.P. and Batson, G. B, "Behavior of Reinforced Concrete Beams with Closely Spaced Reinforcement." Journal of ACI, Proceeding Vol. 60, 1963, pp.775~790
- Batson, G. B, "Flexural Fatigue Strength of Concrete Beam", Journal of ACI, Proceedings, Vol. 11, 1972, pp.673~677
- Knut Waagaard, "Fatigue Strength Evaluation of Offshore Concrete Structures", ACI SPECIAL PUBLICATION, Vol. 75, 1982, pp 373~397
- P. R. Sparks, "The Influence of Rate of loading and Material Variability on the Fatigue Characteristics of Concrete", ACI SPECIAL PUBLICATIONS, Vol. 75, 1982, pp331~342
- P. J. Robins, S. A. Austin, "Bond of Lightweight Aggregate Concrete Incorporating Condensed Silica Fume", ACI SPECIAL PUBLICATIONS, Vol. 91, 1986, pp941~958
- Knut Waagaard, "Fatigue Strength of Offshore Concrete Structures", he Committee on Surface Mining and Reclamation (COSMAR) report, 1981 ,pp314~325
- Hatano Tadashi ; Watanabe Hiroyuki, "Fatigue Failure of Concrete under Periodic Compressive Load", Transactions of the Japan Society of Civil Engineers, Vol. 3 No. 1, 1971, pp106~107
- J. O. Holmen, "Fatigue of Concrete by Constant and Variable Amplitude Loading", Division of Concrete Structures, NTH(Norwegian Institute of Technology), Bulletin No. 79-1, Vol. 79 NO. 1, 1979, pp213~220

- Baumert, H. and Radach, G., 1992, Hysteresis of turbulent kinetic energy in nonrotational tidal flows: a model study, *Journal of geophysical research*, 97(c3), 3699~3677
- Beji, S., and Battjes, J.A., (1993), Experimental investigation of wave propagation over a bar, *Coastal Engineering* 19, 151~162
- Beji, S. and Battjes, J.A., (1994), Numerical simulation of nonlinear wave propagation over a bar, *Coastal Engineering* 23, 1~16
- Burchard, H., Peterson, O., and Rippeth, T.P., 1998, Comparing the performance of the Mellor–Yamada and the $k-\epsilon$ turbulence models, *Journal of geophysical research*, 103(c5), 10,543~10,554
- Burchard, H., and Peterson, O., 1999, Models of turbulence in the marine environment – a comparative study of two–equation turbulence models, *Journal of marine systems*, 21, 29~53
- Burchard, H., and Deleersnijder, E., 2001, Stability of algebraic non–equilibrium second–order closure models, *Ocean modelling* 3, 33~50
- Chawla, A., Ozkan, H.T., and Kirby, J.T., (1998) Spectral model for wave transformation and breaking over irregular bathymetry, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 124(4), 189~198
- Chen, Q., Zhao, H., Hu, K., and Douglass, L. (2005) Prediction of wind waves in a shallow estuary, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 131(5), 137~148
- Deleersnijder, E., and Luyten, P., 1994, On the practical advantages of the quasiequilibrium version of Mellor and Yamada level 2.5 turbulence closure applied to marine modelling, *Applied Mathematical modelling*, 18, 281~287
- Huang, W. and Spaulding, M., 1999, 3D model of estuarine circulation and water quality induced by surface discharges, *Journal of hydraulic engineering*, 121(4), 300~311
- Jones, B., 2000, A numerical study of wave refraction in shallow tidal waters, *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 51, 331~347
- Matsumoto, K., Takanezawa, T., and Ooe, M., (2000), Ocean tide models developed by assimilating TOPEX/POSEIDON altimeter data into hydrodynamic model : a global model and a regional model around Japan, *Journal of oceanography*, 56, 567~581p
- Rogers, W.E., Kahnhatu, J.M., Petit, H.A.H., Booij, N., and Holthuijsen, H., 2002, Diffusion reduction in an arbitrary scale third generation wind wave model, *Ocean Engineering* 29(11), 1357~1390
- Sorenson, R.M., (1993) *Basic wave mechanics*, John Wiley and Sons, Inc.,
- Kuang, C-P. and Stansby, P. (2006) Sandbanks for coastal protection: implications of sea-level rise Part 3: wave modeling, Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper 88
- Asselin, R. (1972) Frequency filters for time integrations, *Mon. Weather Rev.*, Vol.

- 100, pp. 487–490.
- Balzano, A.(1998). "Evaluation of methods for numerical simulation of wetting and drying in shallow water flow models", Coastal Engineering. Vol.34, pp.83–107.
- Bates, P.D.(2000). "Development and testing of a subgrid-scale model for moving-boundary hydrodynamic problems in shallow water", Hydrological Processes. Vol.14, pp.2073–2088.
- Bates, P.D., Dawson, R.J., Hall, J.W., Horritt, M.S., Nicholls, R.J., Wicks, J. and Hassan, M.A.A.M.(2005). "Simplified two-dimensional numerical modelling of coastal flooding and example applications", Coastal Engineering. Vol.52, pp.793–810.
- Bates, P.D. and De Roo, A.P.J.(2000). "A simple raster-based model for flood inundation simulation", Journal of Hydrology. Vol.236, pp.54–77
- Benque, J.P., Cunge, J.A., Feuillet, J., Hanguel, A. and Holly, F.M. (1982) New method of tidal current computation. Proc. of ASCE, Waterway, Port, Coastal Ocean Div., Vol. 108.
- Blumberg, A.F. and Mellor, G.L. (1987) A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. Three-dimensional coastal ocean models. Coastal and estuarine sciences, Vol. 4, N. Heaps, ed., American Geophysical Union, Washington, D.C., pp. 1–16.
- Bryan, K.A. (1969) A numerical method for the study of the circulation of the world ocean. Journal of Computational Physics, Vol. 135, pp. 154–169.
- Cai, S., Long, X., Liu, H. and Wang, S. (2006) Tide model evaluation under different conditions. Continental Shelf Research, Vol. 26, pp. 104–112.
- Casulli, V. and Cheng, R.(1992). "Semi-implicit finite difference methods for three-dimensional shallow water flow", International J. for Numerical Methods in Fluids. Vol.15, pp.629–648.
- DHI Water and Environment (1995) User guide and Reference manual, Hydrodynamic Module. Scientific documentation.
- Falconer, R.A. (1986) A water quality simulation study of a natural harbor. J. Waterway, Port, Coastal Ocean Eng. Division, ASCE, Vol. 112, pp. 15–34.
- Falconer, R.A. and Owens, P.H.(1987). "Numerical simulation of flooding and drying in a depth-averaged tidal flow model", Proceedings Institution Civil Engineers. Vol.83, pp.161–180.
- Flather, R.A. and Heaps, N.S.(1975). "Tidal computations for Morecambe Bay", Geophysical J. Royal Astronomical Society. Vol.42, pp.489–517.
- Hamrick, J.M.(1994). Application of the EFDC, environmental fluid dynamics computer code to SFWMD Water Conservation Area 2A. Report JMH-SFWMD-94-01, Williamsburg, VA, pp.126.
- Hervouet, J.M., Janin, J.M. (1994) Finite element algorithms for modelling flood propagation. In: Molinaro, P. and Natale, L. (Eds.), Modelling of Flood

- Propagation Over Initially Dry Areas, American Society of Civil Engineers, New York, pp. 102–113.
- Hoffmann, K.A. and Chiang, S.T. (2000) Computational fluid dynamics. Engineering Education System. pp. 236–252.
- Horritt, M.S. and Bates, P.D.(2002). "Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation", Journal of Hydrology. Vol.268, pp.87–99.
- Hubbert, G.D. and McInnes, K.L.(1999). "A storm surge model for coastal planning and impact studies", J. of Coastal Research. Vol.15, No.1, pp.168–185.
- Hunter, N.M., Horritt, M.S., Bates, P.D., Wilson, M.D. and Werner, G.F.(2005). "An adaptive time step solution for raster-based storage cell modelling of floodplain inundation", Advances in Water Resources. Vol.28, pp.975–991.
- Ip, J.T.C., Lynch, D.R. and Friedrichs, C.T.(1998). "Simulation of estuarine flooding and dewatering with application to Great Bay, New Hampshire", Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol.47, pp.119–141.
- Ji, Z.G., Morton, M.R. and Hamrick, J.M.(2001). "Wetting and drying simulation of estuarine processes", Coastal and Shelf Science. Vol.53, pp.683–700.
- Kang, J.W. (1999) Changes in tidal characteristics as the result of the construction of sea-dike/seawalls in the Mokpo coastal zone in Korea. Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 37, pp. 429–438.
- Kang, S.K., Lee, S.R. and Lie, H.J. (1998) Fine grid tidal modeling of the Yellow and East China Seas. Continental Shelf Research, Vol. 18, pp. 739–772.
- Kinnmark, I.P.E. (1985) The shallow water wave equations: formulation, analysis and application. Lecture Notes in Engineering, Vol. 15.
- Lee, J.C. and Jung, K.T. (1999) Application of eddy viscosity closure models for the M2 tide and tidal currents in the Yellow Sea and the East China Sea. Continental Shelf Research, Vol. 19, pp. 445–475.
- Leendertse, J.J. and Gritton, E.C.(1971). "A water quality simulation model of well mixed estuaries and coastal seas: Vol.2, computational procedures", Rand Corp., Report R-708-NYC, New York, pp.53.
- Leendertse, J.J. (1987) Aspects of SIMSYS, A system for two-dimensional flow computations. RAND Publication R-3572-USGS.
- Luetlich, R.A., Westerink, J.J. and Scheffner, N.W. (1992) ADCIRC: An advanced three-dimensional circulation model for shelves, coasts, and estuaries, report 1: theory and methodology of ADCIRC-2DDI and ADCIRC-3DL. Dredging Research Program Technical Report DRP-92-6, U.S. Army Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Lynch, D.R. and Gray, W.G. (1979) A wave equation model for finite element tidal computation. Computers and Fluids, Vol. 7, pp. 207–228.
- Lynch, D.R. and Gray, W.G.(1980). "Finite element simulation of flow deforming regions", J. of Computational Physics. Vol. 36, pp.135–153.

- Madsen, H. and Jakobsen, F.(2004). "Cyclone induced storm surge and flood forecasting in the northern Bay Bengal", Coastal Engineering. Vol.51, pp.277–296.
- McInnes, K.L., Walsh, K.J.E., Hubbert, G.D. and Beer, T.(2003). "Impact of sea-level rise and storm surges on a coastal community", Natural Hazards. Vol.30, pp.187–207.
- Mellor, G.L. (2004) Users Guide for a three-dimensional, primitive equation, numerical ocean model. Princeton University.
- Oey, L.-Y.(2005). "A wetting and drying scheme for POM", Ocean Modelling. Vol.9, pp.133–150
- Oey, L.-Y.(2006). "An OGCM with movable land-sea boundaries", Ocean Modelling. Vol.13, pp.176–195.
- Peng, M., Xie, L. and Pietrafesa, L.J.(2004). "A numerical study of storm surge and inundation in the Croatan-Albemarle-Pamlico estuary system", Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol.59, pp.121–137.
- Stelling, G.S. (1984) On the construction of computational methods for shallow water equations. Rijkswater-staat communication No. 35/1984.
- Stelling, G.S., Wiersma, A.K. and Willemse, J.B.T.M. (1986) Practical aspects of accurate tidal computations. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 112, No. 9.
- Weare, T.J. (1976) Errors arising from irregular boundaries in ADI solutions of the shallow-water equations. Int. J. for Numerical Methods in Engineering, Vol. 14.
- Wilders, P., Stun, L.V., Stelling, G.S. and Fokekema, G.A. (1988) A fully implicit splitting method for accurate tidal computations. Int. J. for Numerical Methods in Engineering, Vol. 26.
- Xie, L., Pietrafesa, L.J. and Peng, M.(2004). "Incorporation of a mass-conserving inundation scheme into a three dimensional storm surge model", J. of Coastal Research. Vol.20, pp.1209–1223.
- Zhang, Q.Y. (2006) Comparison of two three-dimensional hydrodynamic modeling systems for coastal tidal motion. Ocean Engineering, Vol. 33, pp. 137–151.

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 지역혁신 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 지역혁신 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.