15CCTI-B064664-04

현장 테스트베드 운영·관리 및 요소기술 실용화 최종보고서 2018

국토교통기술촉진연구사업 최종보고서

국토교통과학기술진흥원

국 토 교 통 부

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )

R&D / 15CCTI-B064664-04

현장 테스트베드 운영·관리 및 요소기술 실용화

최종보고서

2018. 10. 10.

주관연구기관 / 한국해양과학기술원

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'환경친화적 준설토 확보, 매립 및 운송거리 30km이상급 이송기술 개발' 연구단 총괄 및 4세부 '현장 테스트베드 운영·관리 및 요소기술 실용화'(연구개발 기간 : 2015. 07. 27. ~ 2018. 07. 26.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2018. 10. 10.

주관연구기관명 : 한국해양과학기술원 (대표자) 김 웅 서 (인)

주관연구기관책임자 : 윤 길 림

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>12기술혁신E12</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td>2016.07.27.
~2018.07.26.</td><td>단계구분</td><td>5/5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">환경친화적 준설토 확보, 매립 및 운송거리 30km이상급 이송 기술 개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">현장 테스트베드 운영·관리 및 요소기술 실용화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">윤 길 림</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 8명
내부: 4명
외부: 4명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부: 316,000천원
기업: 천원
정부 외: 천원
계: 316,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 8명
내부: 4명
외부: 4명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 751,000천원
기업: 천원
정부 외: 천원
계: 751,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">한국해양과학기술원
연안개발·에너지연구센터</td><td colspan="2">참여기업명:</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td colspan="2">보고서 면수: 73</td></tr>
</table>

(1) 연구단 총괄운영

○ 세부과제 팀구성 및 연구팀의 편성 (3세부 분리공모 연계사업)
○ 세부과제 요소기술의 현장적용을 위한 테스트베드 연계방안 전략수립
○ 세부과제별 연구개발비 배정 및 연구내용 조정
○ 세부과제별 연구개발 추진내용 점검 및 진도관리 (월별 진도보고)
○ 연구단 자체평가, 국내외 전문가 구성 및 전문가 자문회의
○ 세부과제 정성·정량적 성과관리

(2) 현장 테스트베드 운영 및 기술지원

○ 테스트베드 추진계획 검토 및 진행관리
○ 테스트베드 계측모니터링 관리 및 추진내용 점검
○ 테스트베드 실증실험 기술지원 (수치해석, 데이터분석 등)

(3) 연구단 성과 홍보 및 사업화

○ 연구단 사업의 성과분석 및 기술의 경제성 평가
○ 국내외 학술발표 및 학회지, 기술기사 작성
○ 주요 개발기술 홍보영상 및 모형제작
○ 국내·외 준설분야 전문가 인적 네트워크 구축
○ 세부과제별 연구개발 실용화 전략구축 및 내용 조정
○ 주요 개발기술 실용화를 위한 대외기술협력 및 기술이전 사업화 추진

국문 요약문

연구의 목적 및 내용	○ 연구단 총괄운영 - 세부과제 팀구성 및 연구팀의 편성 (3세부 분리공모 연계사업) - 세부과제 요소기술의 현장적용을 위한 테스트베드 연계방안 전략수립 - 세부과제별 연구개발비 배정 및 연구내용 조정 - 세부과제별 연구개발 추진내용 점검 및 진도관리 (월별 진도보고) - 연구단 자체평가, 국내외 전문가 구성 및 전문가 자문회의 - 세부과제 정성·정량적 성과관리 ○ 현장 테스트베드 운영 및 기술지원 - 테스트베드 추진계획 검토 및 진행관리 - 테스트베드 계측모니터링 관리 및 추진내용 점검 - 테스트베드 실증실험 기술지원 (수치해석, 데이터분석 등) ○ 연구단 성과 홍보 및 사업화 - 연구단 사업의 성과분석 및 기술의 경제성 평가 - 국내외 학술발표 및 학회지, 기술기사 작성 - 주요 개발기술 홍보영상 및 모형제작 - 국내·외 준설분야 전문가 인적 네트워크 구축 - 세부과제별 연구개발 실용화 전략구축 및 내용 조정 - 주요 개발기술 실용화를 위한 대외기술협력 및 기술이전 사업화 추진
연구개발성과	**가. 연구단 총괄운영** ○ 세부과제 요소기술의 현장적용을 위한 테스트베드 연계방안 전략 수립 - 1세부와 2세부 과제에서 개발된 준설토 활용기술과 준설토 고효율 이송기술을 테스트베드에서 실증하기 위한 전략 수립 ○ 세부과제 팀구성 및 연구팀의 편성 (3세부 분리공모 연계사업) - 테스트베드 실증을 위한 3세부 분리공모 관련 가이드라인 제시 - 3세부 분리공모 RFP 작성 지원 - 3세부 분리공모를 위한 사전 팀구성 및 추진회의 ○ 세부과제별 연구개발비 배정 및 연구내용, 연구기간 조정 - 연차별 중간평가를 반영한 세부과제 연구내용 조정 (KAIA 협의) - 연구내용 조정 및 연구수행체계 변경 등에 따른 연구개발비 조정 (KAIA 협의) - 테스트베드 실증을 위한 연구기간 조정 (실증 구조물 장기 모니터링) ○ 세부과제별 연구개발 추진내용 점검 및 진도관리, 자체평가 - 월간 진도보고 - 연구단 자체평가, 국내외 전문가 자문단 구성 및 전문가 자문회의 - 세부과제 추진내용 점검회의 ○ 세부과제 정성·정량적 성과관리 - 국토교통과학기술진흥원(KAIA)에서 제시하고 있는 정량적 성과지표를 바탕으로 연차실적계획 정성·정량적 목표대비 실적을 모니터링하여 세부과제의 성과 달성정도를 점검하고 부진한 부분에 대한 대책협의 및 향후 조치방안 강구 **나. 현장 테스트베드 운영 및 기술지원** ○ 테스트베드 추진계획 검토 및 진행관리

	- 테스트베드 후보지, 공간계획 및 관련기관 인허가를 통한 최적지 검토 - 테스트베드 실증적용에 대한 경제적 타당성과 기술의 진보성 검토 - 테스트베드 현장 운영방안 수립 및 통합관리체계 구축 - 전문가자문을 통한 테스트베드 추진계획 검토 및 보완 ○ 테스트베드 계측모니터링 관리 및 추진내용 점검 - 준설토 활용기술 테스트베드 현장(영종도) 및 준설토 이송기술 테스베드 현장(군장항, 부산신항) 계측모니터링 관리 - 전문 계측업체와 협업하여 계측모니터링 및 각종 재하실험 수행 관리 - 수시 현장점검 및 연구단 월간추진회의를 실시하여 지속적 관리 ○ 테스트베드 실증실험 기술지원 (수치해석, 데이터 분석 등) - 준설토 활용기술 테스트베드 현장 실물재하실험 사전검토와 재하실험 결과분석를 위한 수치해석 - 준설토 이송기술 실증현장 실험데이터 분석 **다. 연구단 성과 홍보 및 사업화** ○ 연구단 사업의 성과분석 및 기술의 경제성 평가 - 본 연구단 과제의 사업성과 제고를 위해 전문업체인 기술가치평가 용역 수행 ○ 국내외 학술발표 및 학회지, 기술기사 작성 - 국제학술대회 발표 3건, 국내학술대회 발표 4건 - 국제 학술지(SCI) 1건, 국내 학술지 2건 ○ 주요 개발기술 홍보영상 및 모형제작 - 세부과제에서 개발한 주요 요소기술을 국내·외에 홍보하기 위한 홍보영상 및 모형 제작 - 준설토 활용기술 홍보영상 (5, 10분 분량) - 준설물량 산출 자동화 프로그램 홍보영상 (4분 분량) - 준설토 고효율 이송기술 홍보영상 (5분 분량) - 준설토 고효율 이송기술 축소모형 (700mm×1,100mm) - 전시부스 운영 ○ 국내·외 준설분야 전문가 인적 네트워크 구축 및 기술협력 - 준설전문업체 벨기에 DEME 방문 - 2016 WODCON XXI 참가 - 농어촌공사 새만금산업단지사업단 사무소 방문 - WEDA Dredging Summit & Expo 2017 참가 - ASGT 2018 참가 및 베트남 건설공사 현장 방문 ○ 세부과제별 연구개발 실용화 전략구축 및 내용 조정 - 본 연구단의 핵심 연구성과인 준설토 활용기술과 준설토 이송기술을 실용화를 위한 중점 항목으로 선정하여 홍보활동 및 대외기술협력에 집중 - 준설토 활용기술 및 준설토 고효율 이송기술 실용화 전략 ○ 주요 개발기술 실용화를 위한 기술이전 사업화 추진 - 기술이전 협약 2건 - 국외 기술이전 협약 (기술이전을 위한 LOI) - 현장적용을 위한 설계반영 (2018년 8월 현재 진행 중)

핵심어 (5개 이내)	준설	매립	이송	사업화	관리

SUMMARY

Purpose & Contents	○ General management of research team ○ Test bed operation and technical support ○ Promotion and commercialization of research results				
Results	○ General management of research team - Composition of detailed task team - Establishment of test bed linkage strategy for application of each element technology - Assignment of R&D expenses and adjustment of research contents - Inspection and progress management of detailed R&D promotion - Self-evaluation of the research team, expert organization of domestic and international experts - Qualitative and quantitative performance management ○ Test bed operation and technical support - Review and manage progress of test bed promotion plan - Technical support for field test ○ Promotion and commercialization of research results - Performance evaluation of the research project and economic evaluation of technology - Domestic and international conferences - Promotion video and model production of major development technology - Establishment of human network for experts in domestic and overseas dredging field - Promotion of foreign technology cooperation and technology transfer commercialization for practical development of major development technology				
Keywords	dredging	reclamation	transfer	commercialization	Management

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· 1

1. 연구개발의 목적 ····· 1
2. 연구개발의 필요성 ····· 1
   가. 기술적 측면 ····· 1
   나. 경제-산업적 측면 ····· 8
   다. 사회-문화적 측면 ····· 10
3. 연구개발의 범위 (총괄과제 및 4세부, 4~5차년도) ····· 12
   가. 연구단 총괄운영 ····· 12
   나. 현장 테스트베드 운영 및 기술지원 ····· 12
   다. 연구단 성과 홍보 및 사업화 ····· 12

제 2 장 국내외 기술 개발 현황 ····· 13

1. 관련 분야의 국내외 연구동향 및 학술적 성과 ····· 13
   가. 국가 연구개발사업 유사연구 실적 ····· 13
   나. 관련분야의 국내외 연구동향 및 학술적 흐름 분석 ····· 17
2. 국내외 시장분석 및 산업 동향 ····· 21
   가. 국내 기술 및 산업 동향 ····· 21
   나. 국외 기술 및 산업 동향 ····· 28

제 3 장 연구 수행 내용 및 성과 ····· 45

1. 개요 ····· 45
1. 연구 수행 내용 및 성과 (4~5차년도) ····· 45
   가. 연구단 총괄운영 ····· 45
   나. 현장 테스트베드 운영 및 기술지원 ····· 50
   다. 연구단 성과 홍보 및 사업화 ····· 52

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 62

1. 성과지표 달성도 (총괄과제, 4세부) ····· 62
2. 관련 분야 기여도 ····· 63

제 5 장 연구개발성과의 활용 계획 ····· 64

제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 64

제 7 장 연구개발성과의 보안등급 ····· 64

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구실적·장비 현황 ····· 64

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ····· 64

1. 연구실 안전조치 이행 실적 ····· 64

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 65

제 11 장 기타 사항 ····· 66

제 12 장 참고 문헌 ····· 67

제 1 장 연구개발과제의 개요

1. 연구개발의 목적

○ 친환경적인 준설토 확보와 매립 관련 기술분야에서 지금까지는 실제 설계/시공 시 지반환경, 해석 및 준설장비 등의 다양한 문제점을 사전에 예측하고 해결하는 핵심기술을 확보하지 못하였음. 이러한 문제점을 해결하려면 토목 및 기계, 전기전자, 생태공학 등이 접목된 학문적 융합연구가 필요하며, 이를 통해 고효율 준설토 확보와 유효활용 기술을 개발하여야 함.

○ 준설토 확보-이송-매립-현장적용과 관련한 "One Package Solution" 방법으로 수행되는 본 연구단 과제는 국내 최초의 준설매립분야 R&D이므로 학계 및 업계 그리고 연구소에서 지난 20여년간 얻은 연구성과를 집대성하여 국내 준설매립기술을 한단계 도약케 하고 이를 실용화하고자 하는데 그 목적이 있음.

○ 본 총괄과제는 3차년도 1세부(연구단 주관기관 포함) 종료 후 4차년도 협약 시 연구단 총괄운영을 위해 신규로 편성되었으며, 5차년도 협약 시 현장테스트베드 운영·관리 및 세부과제 요소기술의 실용화를 주 연구내용으로 하는 4세부 과제로 재편됨.

2. 연구개발의 필요성

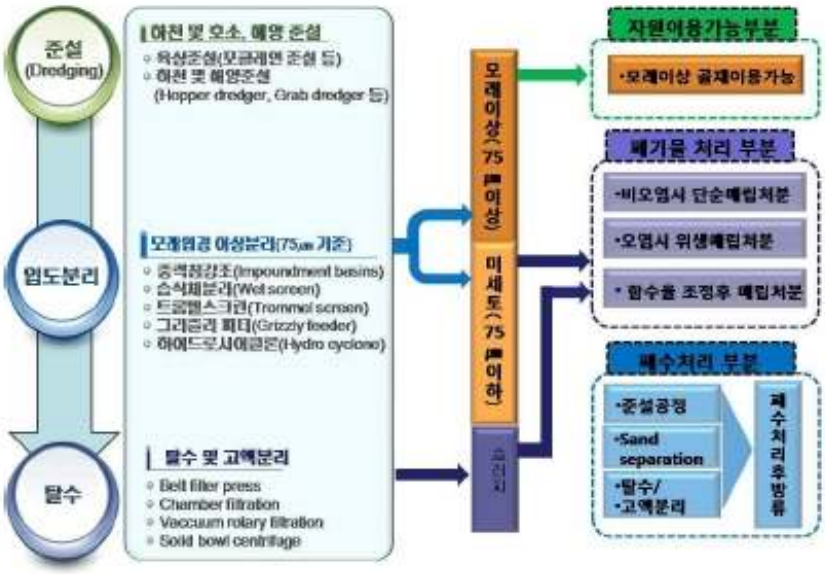
가. 기술적 측면

■ 국내 준설매립 지반기술의 강점을 극대화한 "**One Package Solution**" 기술개발이 절대적으로 필요

○ 우리나라의 전반적인 녹색경쟁력은 주요 15개국 중 11위로 신재생에너지 활용과 에너지 효율성이 매우 취약하나, 과학기술과 환경경영 분야에서 강점을 보유함.

○ 과학기술과 환경경영 분야를 극대화하여 원천기술 확보 및 상용화기술 확보를 통하여 중국 등 우리나라와 실정이 비슷한 개도국에 진출할 경우, 환경시장 확대 및 시너지 효과를 나타낼 수 있음.

○ 기존의 준설토 확보기술은 물리적 처리인 입도분리 및 선별로 구성되는 처리방식으로 재료화 / 환경오염 유발 기술이며, 오염 준설토의 경우 폐기 및 매립에 의한 환경오염 등 2차적인 비용이 발생하므로 오염준설토의 정화·복원 공정이 필요하며, 에너지 저감 및 환경오염물질의 줄일 수 있는 녹색 준설기술을 고전적 준설기술에 덧붙여 발전시킴으로써 환경지속성과 함께 경제성장을 추구할 수 있음.



<그림 1.2.1 전통적인 준설매립토 처리 프로세스>

○ 효율적 준설토 이송 및 운반을 위해서 준설선과 준설 매립지까지 먼 거리를 배송할 수 있는 장비 개발과 더불어 오염 준설토의 전이 방지장치 및 준설장비의 장비 최적화 시스템 및 자동화 시스템이 필요

○ 기존의 준설토 운송방법은 이송 및 운반과정에서 다른 지역으로 오염원이 전이되는 문제점과 더불어 트럭에서 발생되는 CO_2 및 질소산화물(NOx)로 인한 대기오염 및 지구온난화를 가속화 시키고 있어 보다 안정적이며 효율적으로 준설토를 이송 및 운반할 수 있는 기술이 절실히 요구됨.

○ 국내 준설매립공사는 새만금 지역을 제외하고는 항로 및 하천정비 준설이 주를 이루고 있어 퇴적된 불량토로 인해 투기장 관리 및 환경피해, 신속한 지반조성 등이 어려운 실정이므로 조속한 관련기술 개발 및 확보가 중요한 시점임.

○ 환경친화적 매립기술과 관련하여 국내의 경우 매립장 설계 및 시공 사례가 전무하여 연약지반에 친환경 매립장을 건설함에 있어 설계 및 시공의 불확실성을 내포하고 있음. 현재까지 개발된 국내 매립장 기술을 적용하기에는 친환경 매립장 건설에 어려운 한계점이 있으므로 친환경 준설토 매립장 기술 확보는 시급한 당면 과제임.

○ 환경친화적 준설매립기술 현장적용과 관련한 연구의 발굴 및 전략을 수립하기 위하여 신뢰도 높은 오염확산방지 기술체계를 수립하고 국내적용에 대한 정밀진단 및 타당성 확인, 신기술 요건 성립여부, 도출된 문제점 해결 및 기술의 최적화 달성여부를 정량적, 정성적으로 분석하여 오염 준설토 처리를 위한 “One-package Solution” 실용화 연구가 필연적임.

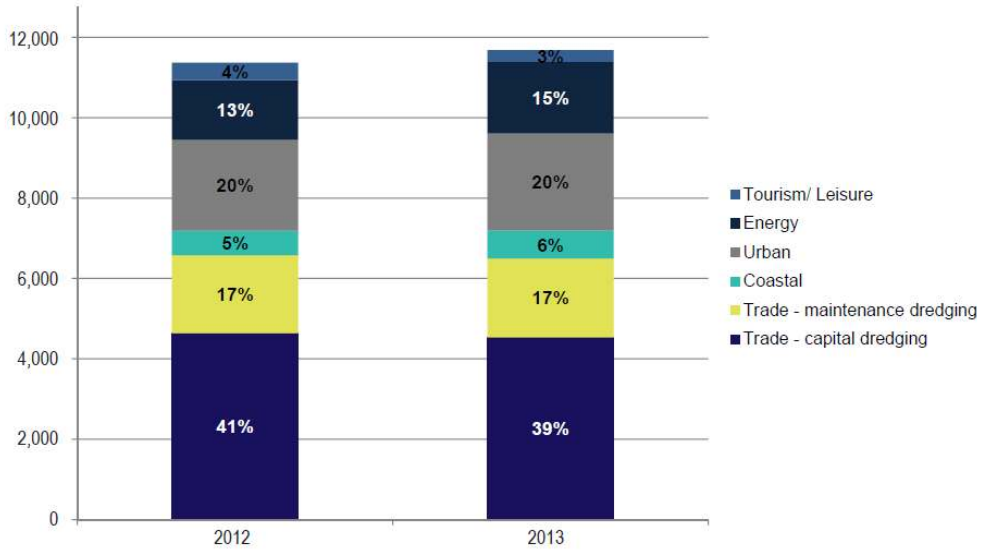


<그림 1.2.2 친환경 준설매립기술개발의 개념>

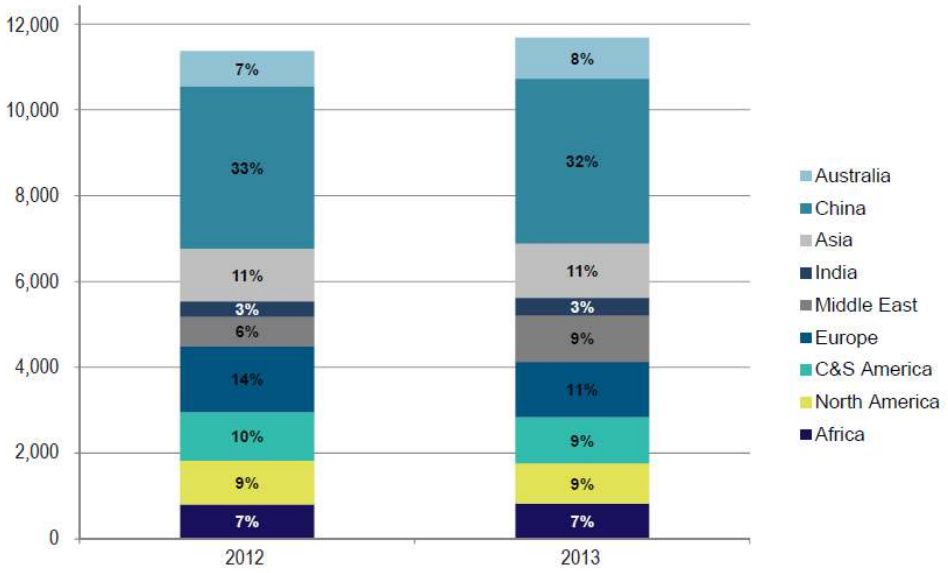
○ 국내의 경우에는 국토해양부의 Eco-River 프로젝트와 환경부의 GAIA프로젝트를 통하여 오염된 퇴적토 및 토양을 정화하려는 연구들을 시작하려 하고 있으나, 친환경 준설토에 대한 연구들은 아직 소규모의 기초연구만 진행되고 있는 실정이어서 공공의 이익과 사업성이 뛰어난 미래지향·선도적 연구 과제를 수행하여야 함.

■ 세계 준설매립 시장 규모 확대에 부응하는 준설매립기술개발이 필요

○ 최근 세계 준설, 이송 및 매립시장 규모는 약 126억US$로 추산되며(2013년 기준), 2012년 약 122억US$ 대비 2.7% 증가하였음(IADC, 2013)



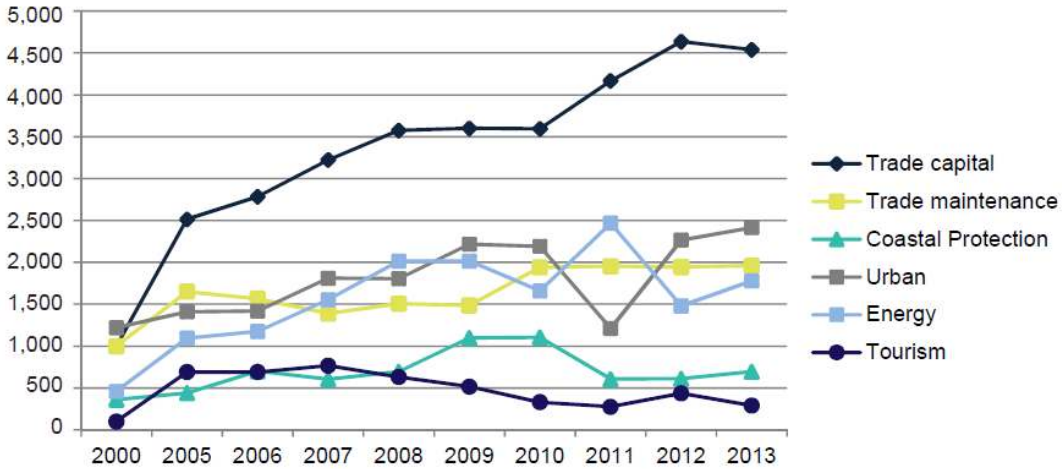
<그림 1.2.3 2012~2013년 수요처별 세계 준설시장 규모, 단위: 10^6EURO>



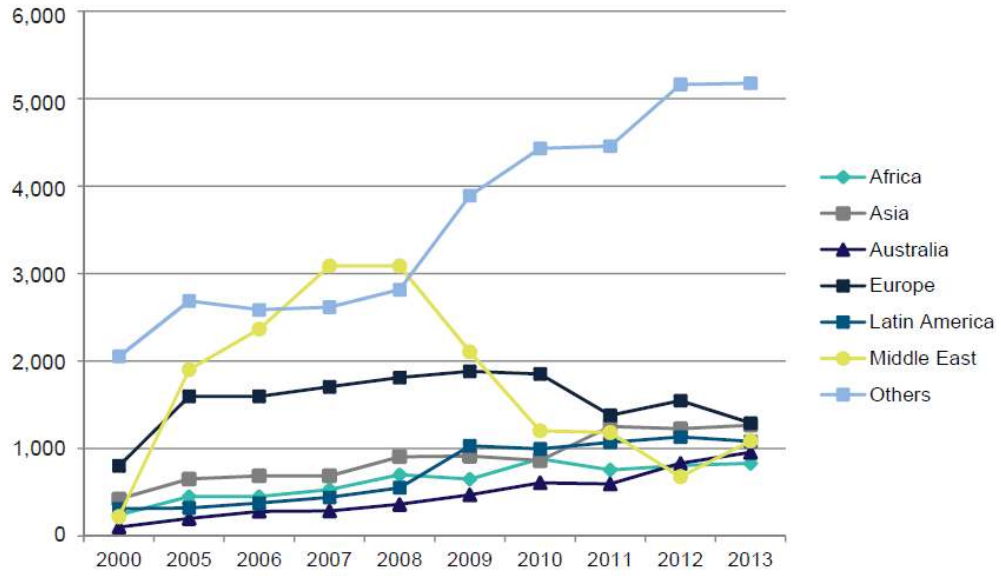
<그림 1.2.4 2012~2013년 지역별 세계 준설시장 규모, 단위: 10^6EURO>

○ 2000년부터 최근까지 세계 준설시장 규모는 두 배가 넘는 규모로 성장하였음. 이러한 성장은 지역 전반에 걸쳐 이루어졌다기보다는 중국, 북미, 인도를 포함한 기타지역(closed markets)에서 꾸준한 속도로 누적되어 왔음.

○ 1위의 중국, 2위의 미국을 비롯하여 국제입찰에 포함되지 않은 준설시장 점유율은 여전히 중요한 역할을 하고 있음. 중국에서는 몇 개의 프로젝트가 국제입찰에 개방되어 있으며, 미국시장은 연방법령(일명 Jones Act)에 의해 해외경쟁이 가로막혀 국외(또는 국외에서 지배받는) 발주처가 준설공사를 맡는 것이 불가능하게 되어있음. 인도의 경우 심지어 외국기업이 대규모 준설계약을 수주한 경우라도 국영 준설회사(DCI)가 공공입찰에서 보다 유리한 지위를 가지고 있음. 전 세계적으로 이러한 폐쇄적 시장(closed markets)의 점유율은 2012년 46%, 2013년 45%에 이르고 있음.



<그림 1.2.5 2000년 이후 수요처별 세계 준설매립시장 추이, 단위: 10^6EURO>



<그림 1.2.6 2000년 이후 지역별 세계 준설매립시장 추이, 단위: 106EURO>

■ 이송기술개발의 필요성

○ 현재 준설 관련 기술에 있어 외국의 선진 기술에 대한 의존성이 상당히 심하며, 이는 위에서 언급했듯이 외국 기술에 대한 고가의 기술료를 지불하고 있으며, 실제 외국 시장 경쟁에서 이러한 부분에 의한 종속이 갈수록 심화되고 있음.

○ 본 연구과제를 진행하는 기관들에서는 이미 굳지 않은 콘크리트의 유동성을 확보하고 펌프를 통한 압송에 있어 유체 저항력을 최소화 하는 기술을 개발하였고, 또한 배관내 유동상태 분석을 위한 새로운 기법 등을 개발하였으며, 이러한 기술적 배경을 바탕으로 준설토 이송에 관한 새로운 기술을 정립하여 준설토 이송분야에 있어 세계 일류 수준의 기술력 확보와 이를 바탕으로 한 준설 시장에서의 시장 확보를 그 목적으로 함.

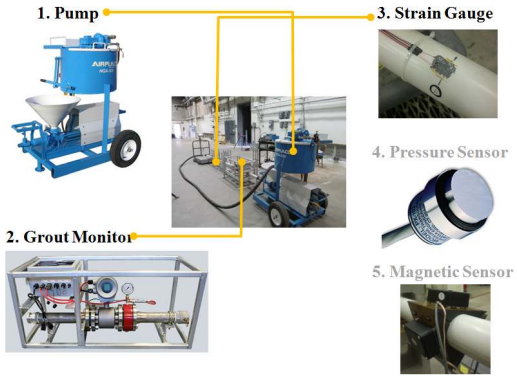
○ 특히 준설토 이송 분야에 대한 연구 부분은 현재 중국이나 미국의 선진국에서 현재 연구 진행을 하기 위한 준비를 진행 중이며, 이 분야에 대한 연구 지원이 활발히 진행되고 있는 상황임. 아직 그 연구 부분이 초기 단계이긴 하나 기초 분야에서부터 유동성 전반에 걸친 연구 진행이 지속되고 있어 본 연구개발을 통해 슬러리 및 준설토 이송에 대한 기술적 배경을 확보할 필요가 있음. : 근거, 추가설명 자료(혜인, KTMG)

○ 현재 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology) 에서는 CREME Project를 통해 관내 슬러리 혼합류의 이송에 있어 제기되는 기술적 부분에 대한 원천기술 확보를 연구하고 있으며, 이를 위한 이론적 접근과 실질적 현장 적용에서의 기술문제를 해결하기 위한 연구를 진행하고 있음. 또한 이러한 원천기술을 검증하기 위한 장치를 설계하고 실험을 통하여 기술의 검증을 진행하고 있는 상태로 이 프로젝트 종료 시 미국은 이러한 슬러리 이송에 있어 상당한 기술적 진전을 기대하고 있음.

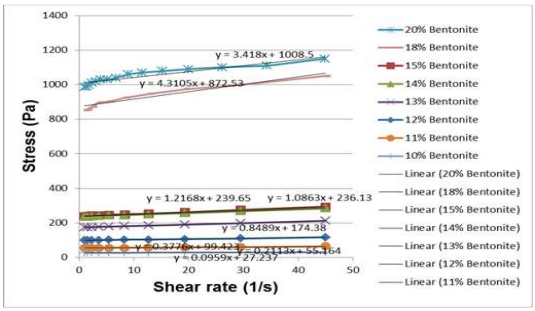
○ 다음 그림에서처럼 미국 NIST 에서는 슬러리 유동에 대한 기초 원천기술 확보 등을 위하여 표준물질로 벤토나이트를 선정하여 이에 대한 이론적 기술 접근을 진행하고 있음.



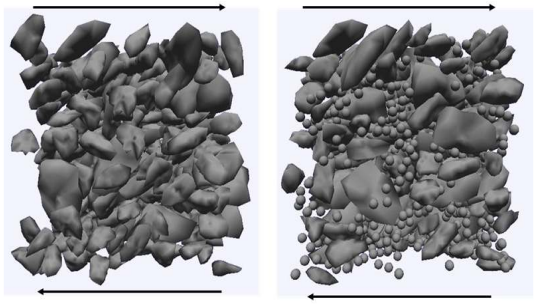
(a) 슬러리 압송 실험 장치



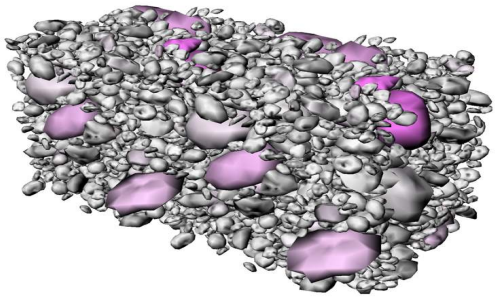
(b) 슬러리 압송 실험 장치 개요



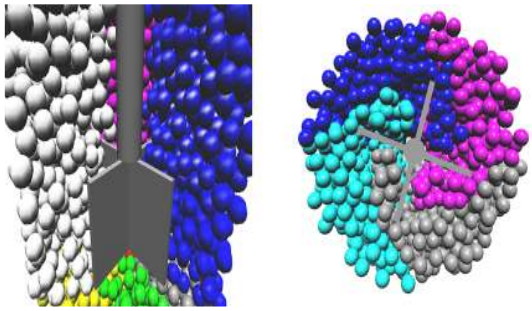
(c) 벤토나이트 유동실험 데이터



(d) 압송압력의 영향



(e) Multi- Scale 모델링



(f) Rheometer 수치해석

<그림 1.2.7 NIST (미국) CREME 프로젝트 개요>

○ 또한 중국에서도 이와 관련하여 준설토 이송 및 유동 특성에 대한 활발한 연구가 진행중이며, 이를 위한 실험장치 및 실규모 실험장을 구축하여 준설과 관련된 원천기술 확보를 위한 노력을 진행하고 있음.

○ 다음의 표에서와 같이 중국 Hohai 대학에서는 네덜란드의 델프트 공대 기술을 기반으로 자체 준설토 및 슬러리의 이송에 관련된 유동 특성에 관한 실험을 진행하고 있으며, 관련 기술 개발을 진행하고 있음.



(a) Laboratory test Circuit



(b) Soil cutting Flume



(c) Two-Phase flow model stand

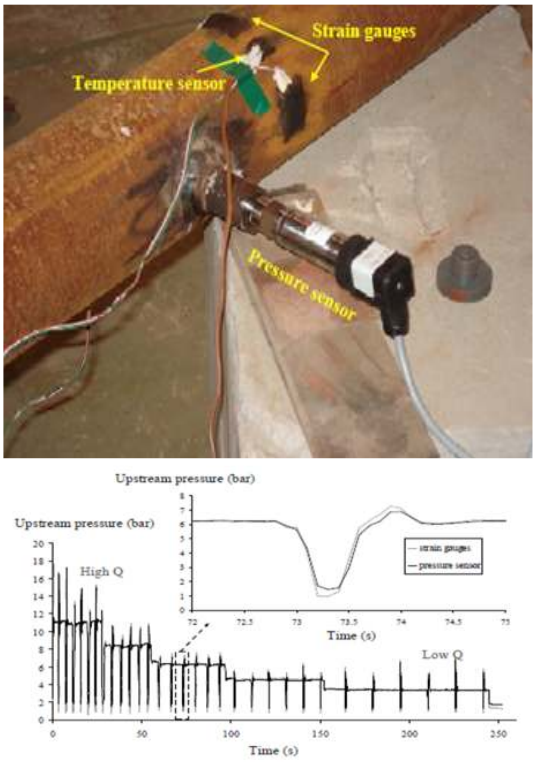


(d) Pump pipeline slurry test stand

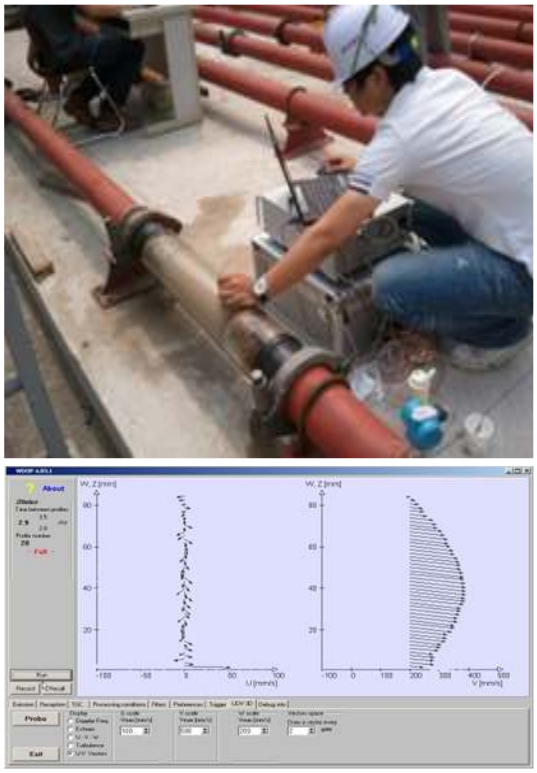
<그림 1.2.8 중국 Hohai 대학 준설토 이송 관련 실험장치>

○ 다음의 그림에서 보는 바와 같이 현재 굳지 않은 콘크리트의 경우 배관내 유동 물성 분석 및 유동상태 제어 부분에 있어 해외 유동 분석 기술에 비해 상당부분 진일보한 기술을 확보하고 있으며, 이러한 기술을 준설토 이송에 적용하였을 경우 이러한 관련 부분에서의 연구 진행에 상당한 부분의 기여를 할 수 있고 선점할 수 있음.

○ 좌측의 사진은 배관내 압력센서를 통한 거리에 따른 압력강하량과 스트레인 값을 통하여 유동상태를 추정하고 있으며 우측의 경우 초음파를 이용한 배관내 Velocity Profile 계측을 통하여 배관의 유동을 확인하고 있음.



<그림 1.2.9 압력강하량을 통한 배관 유동계측>



<그림 1.2.10 UVP를 통한 배관 Velocity profile 계측>

나. 경제-산업적 측면

■ 국가 성장정책에 부합하는 준설매립기술 개발이 필요

○ 기후변화와 자원위기가 현실적 위협으로 등장하면서 에너지와 환경문제가 국가경제의 미래를 결정하는 주요변수로 부각되고 있음. 따라서 환경기술이 경제성장의 제약요인이 아닌 지속가능한 성장을 위한 새로운 기회요인으로 전환되었으며, 신재생에너지, 환경산업이 새로운 국가성장 신 동력으로 부상

○ 녹색성장은 온실가스와 환경오염을 줄이는 지속가능한 성장이며 녹색기술과 청정에너지로 신 성장 동력과 일자리를 창출하는 신 국가발전 패러다임임.

○ 전국 항만기관을 대상으로 2000년 이후 준설토사 발생량 및 처리실적을 조사한 '준설토사처리 및 유효활용 기준수립(2007. 6)'에 의하면, 준설토는 연평균 6,624,725m^3 발생하고 있으며, 이 가운데 81%가 준설토 투기장으로 투기되며, 준설토의 재활용률이 낮은 것으로 평가되어 친환경 준설토 확보를 통한 재활용과 더불어 준설토 투기/매립장의 용량확보가 시급한 실정

○ 국내 하상 준설작업은 하천정비 사업의 중요한 요소이며 현재 하천과 수자원 사업에 국가적으로 연간 1조원 이상이 투입(신규하천정비: 5,500억/년, 하천재해복구: 5,000억/년)

되고 있으며, 관련시장 성장에 따른 기술개발요구도 급증할 것으로 판단되고 오염원의 종류(유기물, 유류, 중금속), 성상 등의 특성에 따른 다양한 처리·처분법 개발과 정립으로 오염 준설토 시장은 급격히 성장할 것으로 예상

○ 이송중인 준설토를 관내에서 혼합, 개량 등의 과정을 진행함으로써 IT, BT분야의 관련 요소기술을 접목하여 과거 토목위주의 준설매립 공사에서 기계, 전기, 바이오 등의 다양한 분야에서 기술발전을 도모할 수 있어 관련 요소기술 융합을 통한 시너지 제고가능

○ 해양개발 및 항만 물동량의 증가와 시설물의 대형화에 따른 항로준설 등으로 인해 신규 준설토 투기장 및 단지조성의 필요성이 증가되는 현실에서 합리적이고 체계적인 준설매립 시스템을 구축함으로서 불필요한 건설비의 증가를 방지하고 나아가 해외시장으로의 기술보급을 통한 국가 경쟁력 상승을 도모할 수 있음.

■ 준설매립 관련 기술 및 장비의 국산화가 필요

○ 현재 국제적인 준설매립 관련 기술은 기술 장벽 등의 기술 독점화하는 추세임. 국내 준설관련기술은 외국 선진기술에 대한 의존적이며, 이는 외국 기술에 대한 고가의 기술료 지불과 기술적인 종속화 됨.

○ 국내 준설매립 관련 기술수준을 국제적인 기술수준과의 격차를 줄이고 경쟁력을 높여 국내 시장 및 해외 시장 진출을 위해 정부주도의 정책적 사업 시행과 친환경적인 준설매립 기술 및 장비의 국산화가 필요함.

○ 현재 준설매립 사업이 시행되고 있는 새만금 단지를 포함하여 각 지자체에서 현재 준설매립 사업이 확대되고 있으며, 친환경적인 준설매립기술 적용에 대한 요구가 확대되고 있는 실정임. 그러나 이러한 기술 수요에 비해 국내의 연구 및 장비의 국산화가 미비하여, 외국 준설장비 업체가 시장을 장악하고 있음. 국내 건설공사의 많은 부분에서 건설기계 및 장비 등이 국산화 되어 있지만, 준설 장비의 경우 다양한 부분의 기술이 접합되고 그 개발비용이 고가이므로 사실상 개발 실적이 미비하며, 개발이 이루어진 준설장비 및 준설선의 경우도 그 용량이 작고 소형이어서 대형 사업에 적용하기 어려운 실정임. 특히 매립지와 준설지역 사이의 물리적 공간 한계로 인하여 적절한 준설매립이 힘들고 이로 인한 비용 증가가 상당하여 매립을 위한 토사 확보가 상당한 이슈로 제기되고 있으며, 이를 극복하기 위한 대안이 필요한 실정임.

○ 운반을 고려한 효율적인 준설토 확보 시 경제적인 준설 → 운송 → 매립 방안을 도출하여 편익발생을 위한 준설토 확보, 준설토의 운반 및 투기방법의 현대화 기술 개발 필요함.

○ 현재 일본, 중국 등을 기반으로 준설장비 관련 연구가 상당부분 진행되고 있으며, 특히 준설 효율을 높이기 위해 이송거리에 대한 연구가 상당 부분 진전을 보이고 있음.

○ 국내외 준설 장비의 이송거리 현황으로써 최대 배송거리는 10km 까지가 현재 기술로써

의 한계라고 할 수 있으며, 이송거리에 대한 기술개발을 통해 부가적 경제효과와 친환경적이고 효율적인 준설-매립 시공 할 필요성 있음.

<표 1.2.1 국내외 준설장비 이송거리 현황>

선 명	준설선 선종	총 기관사용 마력	준설능력	최대 배송거리	배송관 직경
한진 영종호	펌프준설선	5,400 HP x 3	2,500㎥/Hr	7.5 Km	Ø 900 MM
아산 2호	펌프준설선	5,400 HP x 3	3,900㎥/Hr	7 Km	Ø 900 MM
코쌀 P-7	펌프준설선	420 Hp x 2	100㎥/Hr	10 Km	Ø 150 MM
AP-1000 良成丸	공기압송식	2,500 Hp x 2	200㎥/Hr	3 Km	Ø 800 MM
若葉丸	커터준설선	14,800 Hp	1,500㎥/Hr	10 Km	Ø 760 MM

다. 사회-문화적 측면

■ 환경오염 유발을 최소화하는 친환경 준설매립기술 개발이 필요

○ 신항만개발과 항만유지를 위하여 실시한 준설토의 오염조사 사례 검토한 결과(국토해양부, 2007), 카드뮴 등의 중금속과 독성유기화학물이 페놀의 오염은 국내 토양오염우려기준을 초과하는 것으로 조사되어 준설토 내 오염물질의 확산 및 전이를 방지할 수 있는 친환경적 정화기술과 더불어 오염물질을 안정화하여 매립 시 오염물질에 의한 2차 오염방지 및 생태계파괴를 방지할 수 있는 친환경 준설매립기술이 필요

○ 일본의 경우, 주요 선진국 중 녹색성장에서 가장 앞선 국가로 평가되고 있으며, 2007년부터 저탄소사회 를 국가비전으로 제시하였다. 2008년 05월 'COOL EARTH 에너지 혁신기술계획'에 따라 21개 탄소저감기술을 선정하고 기술개발을 위한 로드맵 제시하였음.

○ 미국의 경우, 신에너지경제의 실현으로 미국의 에너지 독립을 달성하고자 하는 목표로 향후 10년간 1,500억 달러를 청정에너지 산업에 투자하여 그린 에너지 산업 시장창출과 신규일자리 500만개 창출을 계획함. 이를 위해서 미국의 탄소배출량을 2050년까지 1990년 대비 온실가스 80% 감축과 더불어 차세대 녹색기술 개발을 통한 녹색시장 진출 추진과 첨단 에너지 계획(Advanced Energy Initiative)을 발표

○ 미국 전역의 수로 및 항로의 퇴적물 중 약 10% 이상이 심각하게 오염되어 경제적이고 안전한 처리 방안을 모색하고 있음. 특히, 미국의 Superfund 오염 퇴적토 현장의 복원 사례를 분석한 결과, 약 50%는 준설 및 굴착 기술에 의존하였으며, 오염복원 현장의 약 1/3은 자연복원기술 및 원 위치 캡핑기술을 동반한 준설 및 굴착기술에, 나머지는 순수한 자연복원 및 캡핑(capping)기술에 의존

○ 기본적으로 오염된 준설 퇴적토에 대하여는 친환경적인 적정 처리 후 재활용 또는 매립 등을 통하여 처리를 하여야 하나, 국내의 각종 규제 등에 의한 매립부지의 한계와 사업규모에 따른 막대한 양의 준설토를 감안하였을 때, 기존의 처리방법을 대신할 수 있는 친환경 준설토 처리방안의 모색이 필요

○ 최근 다양한 토목 분야에서 GIS를 이용한 정보화 시스템 개발 및 활용이 많이 이루어

지고 있으며, 이에 편승하여 준설/매립 현장에서 현장 자료 관리 및 활용을 위한 자료 정보화관련 연구가 국제적으로 매우 활발히 진행하고 있음. 하지만 우리나라에서는 준설토 확보에 대한 자료의 정보화 연구 및 준설토의 환경적 영향 평가 체계에 대한 연구는 아직 미진한 단계임.

○ 실제 지반에서는 깊이뿐만이 아니라 평면 위치에 따라 그 특성이 변하므로, 기존의 2차원적인 단면 형태로 대상 지반의 특성을 파악하고 분석하는 것은 비효율적임. 준설 현장의 특성에 대한 3차원 DB 구축 및 이를 이용한 다양한 분석 및 활용 기능을 포함한 정보화 시스템 개발이 요구됨.

○ 예전에 단순 투기되었던 준설토가 최근 재활용 매립재로 각광받음에 따라 채취를 비롯한 매립지까지의 운송 및 매립재로서의 활용에 대한 준설토 특성을 분류할 필요성이 대두

○ 일반적으로 준설 시공은 대규모 부지를 대상으로 수행되므로, 제한된 지반 조사 결과를 최대로 활용하여 전체 대상 지반의 특성을 파악할 수 있는 3차원 공간정보화 기법 개발 필요

○ 오염된 준설 퇴적토에 대하여는 그 오염 물질의 종류 및 정도에 따라 적절한 친환경적 처리를 수행한 후 재활용 또는 매립 등을 통하여 처리를 하기 때문에, 경제적이고 합리적인 환경적 처리를 위해서는 준설 대상 영역에서 오염 물질 분류 및 위치 및 깊이에 따른 오염 정도의 평가가 필수

○ 본 연구 과제를 통하여 친환경 준설토의 확보 분야에서 정보화 기술 및 환경 평가 분야를 극대화하고 원천기술 확보 및 상용화기술 확보를 통하여, 국제적으로 확대되고 있는 준설 매립 시장에서 선구적인 역할을 수행할 수 있음.

○ 준설 및 매립 System을 이용하여 합리적인 설계를 수행하여 사전에 공기 및 공사비를 예측하고, 다양한 공정 시뮬레이션에 따른 절감방안을 강구함으로서 효율적 공사관리를 유도할 수 있음.

○ 방조제 건설, 무분별한 해안매립으로 인한 배후 연안침식, 레저 활동 증가에 따른 워터프런트(Water Front) 난개발로 인한 해빈침식 등이 많이 발생하고 있어, 이를 복원하기 위한 양빈(Nourishing)이 요구되는 바, 본 요소기술의 적용을 통해 환경저감형 생태복원이 가능

○ 준설토 장거리 이송 기술을 개발함으로써, 준설토 투기장 인근지역에서의 제한적인 매립뿐만 아니라 장거리 매립장에 투기가 가능하도록 하여 준설토의 외해투기를 최소화시킬 수 있도록 함.

○ 연안항만과 하천에서 발생되는 준설토는 친환경적인 적정 처리 후 재활용 또는 매립 등을 통하여 처리를 하여야 하나, 국내의 각종 규제 등에 의한 매립 부지의 한계로 인하여 기존의 처리방법을 대신할 수 있는 환경친화적 준설토 확보, 매립 및 이송기술에 대한 요구증가

3. 연구개발의 범위 (총괄과제 및 4세부, 4~5차년도)

가. 연구단 총괄운영

○ 세부과제 팀구성 및 연구팀의 편성 (3세부 분리공모 연계사업)

○ 세부과제 요소기술의 현장적용을 위한 테스트베드 연계방안 전략수립

○ 세부과제별 연구개발비 배정 및 연구내용 조정

○ 세부과제별 연구개발 추진내용 점검 및 진도관리 (월별 진도보고)

○ 연구단 자체평가, 국내외 전문가 구성 및 전문가 자문회의

○ 세부과제 정성·정량적 성과관리

나. 현장 테스트베드 운영 및 기술지원

○ 테스트베드 추진계획 검토 및 진행관리

○ 테스트베드 계측모니터링 관리 및 추진내용 점검

○ 테스트베드 실증실험 기술지원 (수치해석, 데이터분석 등)

다. 연구단 성과 홍보 및 사업화

○ 연구단 사업의 성과분석 및 기술의 경제성 평가

○ 국내외 학술발표 및 학회지, 기술기사 작성

○ 주요 개발기술 홍보영상 및 모형제작

○ 국내·외 준설분야 전문가 인적 네트워크 구축

○ 세부과제별 연구개발 실용화 전략구축 및 내용 조정

○ 주요 개발기술 실용화를 위한 대외기술협력 및 기술이전 사업화 추진

제 2 장 국내외 연구개발 현황

1. 관련 분야의 국내외 연구동향 및 학술적 성과

가. 국가 연구개발사업 유사연구 실적

(1) 연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토결과

○ 유사과제 조사결과

(단위 : 억원)

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
국토해양부	건설기술혁신사업	해양공간 개발 및 신항만 건설을 위한 준설매립지반의 수평진공 배수공법에 대한 시스템 기술개발에 관한 연구	7.02	1998.12.28~ 2001.12.27
국토해양부	건설기술혁신사업	준설효율 향상을 위한 최적 배송시스템 및 친환경 커터헤드 개발	19.88	2006.12.20~ 2009.12.16
국토해양부	건설기술혁신사업	초연약지반 표층처리를 위한 최적 설계기법 연구	12.93	2006.12.20~ 2009.12.16
국토해양부	건설기술혁신사업	PVDF와 바이오 계면활성제를 이용한 준설토의 탈수/정화기술 개발	8.79	2009.12.29~ 2011.12.28
국토해양부	건설기술혁신사업	호소 및 하천의 퇴적오니 분포조사 및 환경친화적인 준설·재이용 기술개발	3.14	2001.08.30~ 2003.08.29
국토해양부	미래해양산업기술개발	해양준설토 재이용을 위한 친환경 고화처리시스템 개발	2.52	2011.09.01~ 2014.08.31
교육과학기술부	핵심연구지원사업	경제성과 신뢰성 이론에 기초한 폐기물매립장 차수시설 접촉면거동 평가 및 최적설계	3.34	2009.09.01~ 2012.08.31
교육과학기술부	일반연구자지원	초음파 및 미세공기를 이용한 오염 하천퇴적토 제거 메커니즘 연구	1.42	2010.09.01~ 2013.08.31
중소기업청	산학연협력기술개발	저탄소 고화제를 이용한 CO2 저장 및 준설토 재활용 기술 개발	1.68	2011.06.01~ 2012.05.31
한국해양연구원	기관고유사업	친환경 인공섬 조성 핵심기술 개발	8.97	2009.01.01~ 2011.12.31
해양수산부	해양환경 및 폐기물처리기술개발	준설토 재활용 방안 연구	4.90	2000.03.01~ 2003.12.01
환경부	미래유망녹색기술실증화지원사업	준설토와 사토장 발생 탁질 및 오염물질 처리시스템 개발	7.32	2010.03.01~ 2011.08.31

환경부	지역환경기술센터운영	환경생태계 보존 및 복원을 위한 친환경적 지오튜브 공법 개발	0.6	2002.04.01~ 2003.02.01
국토해양부	해양수산부용역과제	해양오염퇴적물 처리방안 및 기술개발연구	14.85	2007.06.15~ 2010.10.11
해양수산부	해양수산부용역과제	해양오염퇴적물 조사, 정화, 복원체계 구축	14.56	2004.03.31~ 2007.02.12
해양수산부	해양수산부용역과제	준설토사 처리 및 유효활용 기준 수립	2.06	2006.06.16~ 2007.06.15
교육과학기술부	특정기초연구지원사업	센서 네트웍 기반 계측 기술을 이용한 연약지반 설계 및 시공관리시스템 개발	0.7	-
한국건설교통기술평가원	건설핵심기술연구개발사업	디지털 정보화를 통한 연약지반 성토 관리 통합 시스템의 개발과 실용화 연구	2.5	-
중소기업청	산학연 공동기술개발	암거준설용 로봇 개발	0.18	2005.07~ 2008.05
중소기업청	산학연 공동기술개발	원격 조종 하저면 준설장비 개발	0.90	2007.07~ 2008.05
중소기업청	중소기업기술혁신개발	대형고무코팅 로터리 펌프의 개발	0.91	2002.04~ 2003.03
국토해양부	해양한국발전프로그램	해저 지반 굴삭용 첨단장비 개발에 관한 기초연구	1.47	2005.08~ 2007.07
중소기업청	구매조건부신제품개발사업	환경오염을 유발하지 않는 준설장치 개발	2.08	2012.11~ 2013.10
중소기업청	산학연 공동기술개발	대용량 친환경 준설흡입장치	1.61	2008.07~ 2010.06
국토해양부	첨단항만건설기술개발	수두차를 이용한 퇴적물 준설장비 개발	1.50	2004.03~ 2006.06
중소기업청	산학연 공동기술개발	발전소 냉각수 취수구 갯벌 준설시스템 개발	0.73	2007.07~ 2008.05
중소기업청	산학연협력기술개발	이동식 준설일괄처리시스템을 위한 수직(수평)형 데칸트 고형화시스템 개발	0.68	2012.06~ 2013.05
국토해양부	건설기술혁신사업	준설효율 향상을 위한 최적 배송시스템 및 친환경 커터헤드 개발	19.89	2006.12~ 2009.12
중소기업청	산학연협력기술개발	새만금 간척지 내부 굴착을 위한 Smart GIS 공간분석 시스템 개발	0.72	2011.06~ 2012.05

○ 유사과제 검토결과

과제명	연구내용	중복도
해양공간 개발 및 신항만 건설을 위한 준설매립지반의 수평진공 배수공법에 대한 시스템 기술개발에 관한 연구	-수평진공배수공법의 이론적 정립 -수평배수공법용 배수재 및 펌프 개발 -시험시공을 통한 수평배수공법의 효과 확인 -수평진공배수공법 시공지침서 작성	5%
준설효율 향상을 위한 최적 배송시스템 및 친환경 커터헤드 개발	-고효율, 최적 배송 시스템 개발 및 실용화 -친환경 고생산성 준설 기술의 실용화 -친환경 준설 커터석션 헤드 기술의 실용화	5%
초연약지반 표층처리를 위한 최적 설계기법 연구	-연약지반 표층처리 설계기법 분석 및 공법 정립 -연약지반 표층처리공법 설계소프트웨어(S/W) 개발 및 설계/시공/유지관리 지침서(안) 제안	5%
PVDF와 바이오 계면활성제를 이용한 준설토의 탈수/정화기술 개발	-PVDF(Polyvinylidene Fluoride)적용 친환경적 통합탈수 정화법 및 장치 개발 -정화처리 된 준설토의 물리적 특성에 대한 DB화	10%
호소 및 하천의 퇴적오니 분포조사 및 환경친화적인 준설·재이용 기술개발	-국내의 하천과 호소의 퇴적오니 선별, 분리기술 개발 -선별/분리과정에서 발생하는 준설토와 불용토의 성상에 따른 건설자재로서의 재이용기술 개발	10%
해양준설토 재이용을 위한 친환경 고화처리시스템 개발	-오염된 준설퇴적물의 정화기술 개발 -준설토의 고화처리기술 개발	10%
경제성과 신뢰성 이론에 기초한 폐기물매립장 차수시설 접촉면거동 평가 및 최적설계	-폐기물매립장 차수시설의 접촉면 물성치 산정 및 MCS 기반 신뢰성분석 모듈 개발 -물성치 특성에 기초한 구성방정식 개발과 이를 적용한 차수시설 접촉면 거동 예측프로그램 개발 -매립장 지반의 차수시설 최적화 설계기법 구축	10%
초음파 및 미세공기를 이용한 오염 하천퇴적토 제거 메커니즘 연구	-준설대상 하천 및 호수의 오염물질 및 현황 DB화 -미세퇴적입자 수면부상 및 제거기술 개발 -산화에 의한 오염물질 분해기술 개발	10%
저탄소 고화제를 이용한 CO2 저장 및 준설토 재활용 기술 개발	-산업부산물 활용한 시멘트 대체 저탄소 고화제 개발 -저탄소 고화제를 이용한 CO2 저장 기술 및 준설토 처리기술 개발	10%
친환경 인공섬 조성 핵심기술 개발	-국내 해양지반 및 인공섬 입지분석 자료 구축 -반응성 재료 및 반응성 배수공법 개발	10%
준설토 재활용 방안 연구	-준설토의 오염도 분석, 재활용 및 위해성 평가 -점토질 준설토를 활용한 경량혼합토 개발	5%
준설토와 사토장 발생 탁질 및 오염물질 처리시스템 개발	-함수율에 따른 고화제 투입율(량) 및 고화제 구성비율 최적화, 오염 농도별 수처리 시스템 최적화 -통합으로 운영되는 준설토와 사토장 발생 탁질 및 오염물질 처리 시스템의 개발	10%
환경생태계 보존 및 복원을 위한 친환경적 지오튜브 공법 개발	-지오텍스타일 튜브 내부에 해저퇴적토사 및 기타 해저 오염토사 등을 수리학적 방법(준설펌핑)으로 충진하여 제방 및 방파제 건설 기술의 실용화	5%
해양오염퇴적물 처리방안 및 기술개발연구	-효율적인 해양오염퇴적물 정화·복원사업 추진을 위한 기본계획 마련 및 수거공법 특성 조사 -해양오염퇴적물 중간처리 방류수 수질기준 마련	10%
해양오염퇴적물 조사, 정화, 복원체계 구축	-해양오염퇴적물 정화기준 및 범위설정 지침 완성 -해양오염퇴적물 9개 해역 오염현황 조사 및 DB화	10%

준설토사 처리 및 유효활용 기준 수립	-준설토사인 해양퇴적물질의 위해성 분석 -준설토사 국내외 유효활용사례 분석, 처리·활용기준 정립 및 제시	10%
센서 네트웍 기반 계측 기술을 이용한 연약지반 설계 및 시공관리시스템 개발	-연약지반의 효율적 관리를 위한 정보화 시공 시스템 개발과 관련	5%
디지털 정보화를 통한 연약지반 성토 관리 통합 시스템의 개발과 실용화 연구	-해안지역 연약지반 정보화설계 및 시공관리 시스템 개발로 구성되어 있음	5%
암거준설용 로봇 개발	-원격제어시스템을 이용한 암거 준설용 셔블로더의 개발	3%
원격 조종 하저면 준설장비 개발	-원격조종 준설장비가 연결된 수중준설로봇 개발 -분쇄용 회전로터가 설치된 흡입호퍼의 개발	3%
대형고무코팅 로터리 펌프의 개발	-rubber 코팅을 통한 고흡입력(max 8.6M) 펌프개발	3%
해저 지반 굴삭용 첨단장비 개발에 관한 기초연구	-해저굴삭, 준설에 따른 부유물질 이동, 확산 예측 모형 개발	3%
대용량 친환경 준설흡입장치	-흡입호퍼를 조정하는 굴절팔의 상태를 준설선의 운전자가 확인하여 효율적으로 준설하는 흡입장치개발	3%
수두차를 이용한 퇴적물 준설장비 개발	-해수면과 퇴적물 제거시스템의 내수면과의 수두차를 이용하여 해저면 상층의 오니만을 제거하는 장비 개발	3%
발전소 냉각수 취수구 갯벌 준설시스템 개발	-분사펌프(Jet pump)에 의한 준설기구 개발. -로봇팔을 이용한 펌프흡입구 이동용 준설로봇 개발	3%
이동식 준설일괄처리시스템을 위한 수직(수평)형 데칸트 고형화시스템 개발	-슬러지 처리를 위한 수직형 데칸드 개발 -데칸트용 구동,감속, 에어베어링 개발	3%
새만금 간척지 내부 굴착을 위한 Smart GIS 공간분석 시스템 개발	-DIPLDM공법을 적용한 새만금 지역에 대한 (Flying, Navigation, Temporal Simulation) Mode 개발	3%

(2) 연구개발과제의 차별화

○ **"환경친화적 준설토 확보, 매립 및 운송거리 30km이상급 이송 기술 개발"** 연구단 과제는 준설 및 매립기술 분야에서 국제적으로 랜드마크가 될 수 있는 환경친화적 준설매립기술을 개발하는 것이 최종목적임. 이를 위하여 준설매립시 오염을 최소화하고 준설매립토 이송, 운반기술과 연계된 모듈식 준설선 장비 개발(운송거리 30km이상 급), 준설매립지반 DB구축 및 BIM기반 효율적 준설토 매립 기술 개발, 고함수/고유기질토의 기능성공학소일의 개발로 오염준설토 안정화 기술 개발, 준설매립 통합 운영관리체계, 준설·매립기술 지침(안) 개발을 포함하며, 최종적으로는 현장Test-Bed에 적용하여 개발된 기술을 검증함으로써 친환경 준설, 매립기술의 실용화를 목적으로 함.

○ 본 연구단의 1세부과제에서는 "준설매립지반 DB 구축 및 매립 시뮬레이터 개발, 준설매립토 안정화 및 활용 기술 개발"을 수행함으로써 친환경적인 준설토 확보 및 매립기술을 체계화하여 통합적인 기술을 개발한다는 점에서 기존의 연구화 차별화됨.

○ 본 연구단의 1세부과제 중 본 컨소시엄이 수행하는 연구과제는 “준설매립지반 DB 구축 및 매립 시뮬레이터 개발”을 목적으로 하며 이를 위하여 “준설매립지반 3D DB구축 및 준설물량 산출 프로그램”을 개발하고, 준설토 매립 거동 예측 시뮬레이터를 개발하며, BIM기술의 준설매립지반 실용화 기술개발을 주요 연구내용으로 수행한다는 점에서 기존연구와 차별화됨.

○ 준설매립지반 DB구축은 준설 대상 지반을 평가하여 친환경 준설토를 확보하고 준설토 물량을 자동으로 산출하는 것을 목표로 하는 정보화 시공·관리 시스템으로, 기존에 수행되었던 연약지반의 관리를 위해 개발된 기존의 시스템과는 목적이 다르며, 지반조사 정보와 함께 토양 오염 정보를 표준화하여 입력함으로써 친환경 준설토의 분석 및 관리를 위한 지반 공학적 평가와 함께 환경적인 평가도 수행 가능하고, 준설토의 활용성을 극대화하기 위하여 준설토의 특징을 채취·이송 및 향후 활용 방안을 고려하여 분석, 분류하는 체계 확립

○ 본 연구단의 1세부과제 중 두번째 연구목표는 준설매립토 안정화 및 활용 기술 개발로 이를 위하여 “고함수/고유기질 준설점토의 함수비 및 유기물 함량 변화에 따른 고화처리기술을 개발하고, 고분자 제재를 활용한 오염준설토 정화 및 유용화 기술개발을 주요 연구내용으로 한다는 점에서 기존연구와 분명하게 차별화됨.

○ 본 연구단의 2세부과제에서는 “준설토 고효율 이송기술 개발”을 목적으로 하며 유체 저항력 최소화 및 Plug Flow 반송을 통하여 펌프 동력 및 이송효율을 증가시킬 수 있으며 특정한 준설선이나 준설방식이 아니라 모든 준설선과 준설방식에 적용 가능하다는 점에서 기존연구와 차별되며, 특히 선진국형 그래브 준설선을 주요 대상으로 적용 할 수 있으며 선행 연구 결과와도 접목이 가능

○ 초음파 유속 프로파일러 사용 및 유동 상사실험과 수치해석을 통한 입자 유동 및 Multi-Phase 모델링등을 수행하여 유동 파라미터의 종류를 세분화(윤활층, 유체의 성분, 점성 및 항복응력)하여 계측하고 Mesh Network를 활용한 Multi Hopping 무선 통신 기술을 도입하여 장거리 이송으로 인한 데이터 통신 사이트를 커버하는 자체 망을 구성하여 유지관리 한다는 점에서 기존의 연구와 차별화됨.

○ 본 연구단의 2세부에서는 “다목적 모듈식 준설 이송시스템 개발”을 목적으로 하여 관중 세척, 관중 선별, 관중 고화처리 등의 융합이송이술의 기초기술 및 요소기술을 개발하여 전반적인 준설공정 프로세스에 맞추어 진행한다는 점에서 기존의 연구와 차별화됨.

○ 본 연구단의 3세부에서는 1세부와 2세부에서 개발한 “준설토 활용기술”과 “준설토 고효율 이송기술”을 현장 테스트베드를 통해 실증하고 관련 현장적용 기술기준 및 설계 기술을 개발함.

나. 관련분야의 국내외 연구동향 및 학술적 흐름 분석

○ 현재까지의 준설/매립 분야의 연구는 국토교통부, 해양수산부, 교육과학기술부, 환경부 등의 정부지원으로 연구가 추진된 바 있으며, 연구주제는 주로 고화제・정화기술개발/매립지반 설계/준설장비 개발을 위한 연구가 수행되었음.

○ 준설/매립분야 주요연구기관은 한국해양과학기술원은 많은 연구실적을 가지고 있으며, 그 외에도 한국건설기술연구원 등의 정부출연연구기관을 비롯하여 명지대, 부경대 등의 대학과 현대건설, 대우건설 등의 시공사를 비롯한 기관에서 다양한 연구를 수행한 바 있음.

○ 특히, 한국해양과학기술원(KIOST)은 준설토사를 폐기물이 아닌 건설자원으로서 활용하기 위하여 2000~2003년에 4년간 “준설토 재활용 방안” 연구를 수행하고 2008~2009년에 “준설토사 처리 및 활용기준 개발”연구를 수행하여 “준설토사가 더이상 폐기물이 아닌 유용한 자원임”을 국토해양부에 건의하였음.

○ 본 연구단 컨소시엄의 위탁기관인 명지대학교는 국토부 국책과제인 오염된 준설토의 정화 방법 및 장치개발을 위한 연구를 수행한 바 있고 부경대에서는 낙동강 하구역의 준설토 활용을 위한 다양한 혼합처리토 기반연구를 수행하였음.

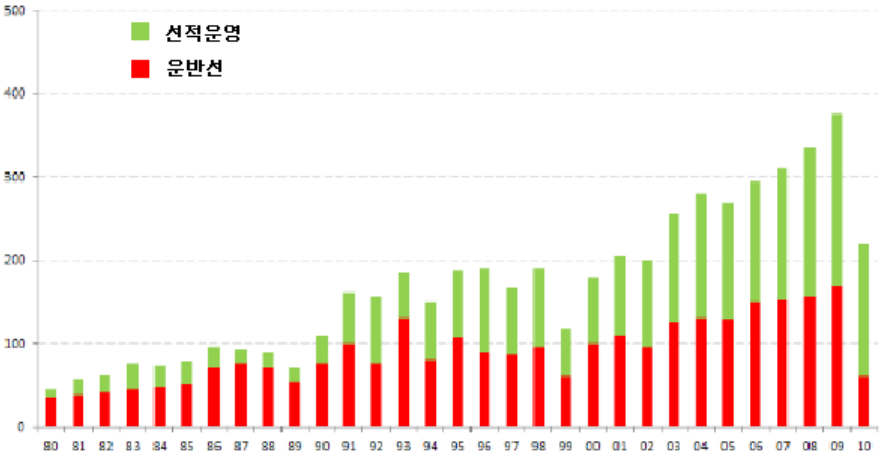
○ 최근 30년간의 준설토 특성평가는 매립지 조성 전후에 환경적 영향의 중요성이 대두되기 시작한 1990년 중반 이후로 연구가 활발히 이루어지고 있음, 미국이나 일본 등에서 발표한 논문에서는 준설토의 물리적, 화학적 특성을 평가하기 위한 새로운 방법들과 특성별, 지역별 준설토 특성에 대한 DB화에 관한 연구가 1990년대 이후 꾸준히 진행됨. 2000년 이전의 논문은 주로 준설토의 침강 및 압밀 거동 특성을 규명하는데 중점을 두고 2000년 이후의 논문들은 준설토의 증발산 영향 및 불포화 거동과 준설토 내 오염물이 유출되는 경우에 대한 연구가 활발히 진행되었음. 비선형 유한변형 거동을 하는 준설 매립지반의 거동을 평가하기 위해 시스템 프로그램이 도입되고 이를 현장 계측결과와 비교분석하려는 시도가 있으며 준설토의 불포화거동과 매립 시 발생하는 오염물 이동에 관한오염물의 이동, 준설토 퇴적이나 유동 특성 관련 수치 모델링과 모니터링에 학문적인 관심이 높은 것으로 조사됨

○ 주요 과제와 연구내용은 다음과 같음.

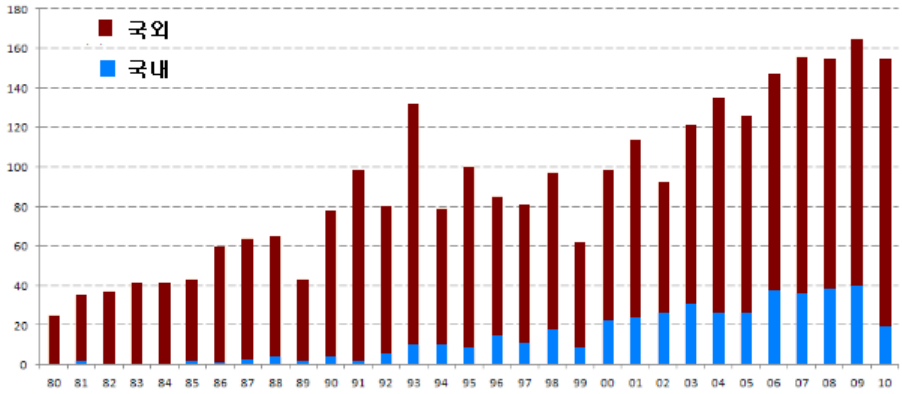
수행 기관	과제명	연구 기간	예산	내용
한국해양 과학기술원	준설토 재활용 방안 연구	2000~ 2003	4.90	-준설토의 오염도 분석, 재활용 및 위해성 평가 -점토질 준설토를 활용한 경량혼합토 개발
한국해양 과학기술원	해양오염퇴적물 조사, 정화, 복원체계 구축	2004~ 2007	14.56	-해양오염퇴적물 정화기준 및 범위설정 지침 완성 -해양오염퇴적물 9개 해역 오염현황 조사 및 DB화
한국해양 과학기술원	준설토사 처리 및 유효활용 기준 수립	2006~ 2007	2.06	-준설토사인 해양퇴적물질의 위해성 분석 -준설토사 국내외 유효활용사례 분석, 처리・활용기준 정립 및 제시

한국해양 과학기술원	해양오염퇴적물 처리방안 및 기술개발연구	2007~ 2010	14.85	-효율적인 해양오염퇴적물 정화·복원사업 추진을 위한 기본계획 마련 및 수거공법 특성 조사 -해양오염퇴적물 중간처리 방류수 수질기준 마련
한국해양 과학기술원	친환경 인공섬 조성 핵심기술 개발	2009~ 2011	8.97	-국내 해양지반 및 인공섬 입지분석 자료 구축 -반응성 재료 및 반응성 배수공법 개발
명지 대학교	PVDF와 바이오 계면활성제를 이용한 준설토의 탈수/정화기술 개발	2009~ 2011	8.79	-PVDF(Polyvinylidene Fluoride)적용 친환경적 통합탈수정화법 및 장치 개발 -정화처리 된 준설토의 물리적 특성에 대한 DB화
부경 대학교	초음파 및 미세공기를 이용한 오염 하천퇴적토 제거 메커니즘 연구	2010~ 2013	1.42	-준설대상 하천 및 호수의 오염물질 및 현황 DB화 -미세퇴적입자 수면부상 및 제거기술 개발 -산화에 의한 오염물질 분해기술 개발
한국건설기 술연구원	호소 및 하천의 퇴적오니 분포조사 및 환경친화적인 준설·재이용 기술개발	2001~ 2003	3.14	-국내 하천과 호소의 퇴적오니 선별/분리기술 개발 -선별/분리과정에서 발생하는 준설토와 불용토의 성상에 따른 건설자재로서의 재이용기술 개발
한서 대학교	경제성과 신뢰성 이론에 기초한 폐기물매립장 차수시설 접촉면거동 평가 및 최적설계	2009~ 2012	3.34	-폐기물매립장 차수시설의 접촉면 물성치 산정 및 MCS기반 신뢰성분석 모듈 개발 -물성치 특성에 기초한 구성방정식 개발과 이를 적용한 차수시설 접촉면 거동 예측프로그램 개발 -매립장 지반의 차수시설 최적화 설계기법 구축
(주)대우 건설	해양공간 개발 및 신항만 건설을 위한 준설매립지반의 수평진공 배수공법에 대한 시스템 기술개발에 관한 연구	1998~ 2001	7.02	-수평진공배수공법의 이론적 정립 -수평배수공법용 배수재 및 펌프 개발 -시험시공을 통한 수평배수공법 효과 확인 -수평진공배수공법 시공지침서 작성
현대 건설(주)	준설효율 향상을 위한 최적 배송시스템 및 친환경 커터헤드 개발	2006~ 2009	19.88	-고효율, 최적 배송시스템 개발 및 실용화 -친환경 고생산성 준설 기술의 실용화 -친환경 준설 커터석션 헤드기술 실용화
(주)한국항 만기술단	초연약지반 표층처리를 위한 최적 설계기법 연구	2006~ 2009	12.93	-연약지반 표층처리 설계기법 분석 및 공법 정립 -연약지반 표층처리공법 설계소프트웨어(S/W) 개발 및 설계/시공/유지관리 지침서(안) 제안
(주)오에치 케이	준설토와 사토장 발생 탁질 및 오염물질 처리시스템 개발	2010~ 2011	7.32	-함수율에 따른 고화제 투입율(량) 및 고화제 구성비율 최적화, 오염 농도별 수처리 시스템 최적화 -통합으로 운영되는 준설토와 사토장 발생 탁질 및 오염물질 처리 시스템의 개발
부산 대학교	저탄소 고화제를 이용한 CO2 저장 및 준설토 재활용 기술 개발	2011~ 2012	1.68	-산업부산물 활용한 시멘트 대체 저탄소 고화제 개발 -저탄소 고화제를 이용한 CO2 저장 기술 및 준설토 처리기술 개발
(주)큐엔 솔루션	해양준설토 재이용을 위한 친환경 고화처리시스템 개발	2011~ 2014	2.52	-오염된 준설퇴적물의 정화기술 개발 -준설토의 고화처리기술 개발

○ 준설선 및 운영 등에 관한 연구동향은 관련 논문의 추세를 보면 2000년 까지는 완만한 증가를 보이다가 2000년도 이후 급격한 증가 추세를 보이고 있으나, 대부분 국내의 발달된 IT기술과의 접목등을 통한 장비 운영의 현대화 및 준설 자동화 기술에 치우쳐 있어서, 준설토 이송에 대한 효율적인 접근방식등에 대한 연구는 미비한 실정임. 특히 준설선 및 준설장비 관련 기술의 연구는 기계, 유체, 지반, 준설, 조선, 전기전자, IT 등 다양한 전공분야의 종합적 연구가 진행되어야 하나, 현재 관련 연구는 토목 및 지반·준설 분야에서 대부분의 연구가 이루어져 있어 보다 다양한 전공분야 연구인력의 참여 및 연구진행이 요구 됨. 이러한 연구분야의 편중은 준설장비 기술의 활용 및 적용과 요소기술에서의 부분적 기술 개량에 초점이 맞춰져 있음. 이러한 한계를 극복하기 위해 원천기술에서 부터의 이론적 접근 및 활발한 신기술 도입 및 이에 대한 연구가 요구됨.



<그림 2.1.1 년도별 준설선 및 운영 등에 관한 연구 논문 발표 추계>



<그림 2.1.2 운반선 기술군의 논문발표>

○ 준설토의 흐름 및 이송에 관한 연구동향은 대부분 퇴적지나 투기장 에서의 퇴적과정 및 자중압밀 등에 대한 연구가 주요 부분을 차지하고 있어서, 유체이송에 대한 동수역학적 고려가 부족하고 또한 대부분 수치해석을 기반으로 한 이론적 해석에 연구바탕을 두고 있어 현장 실험등의 기초데이터가 부족한 실정임.

2. 국내외 시장분석 및 산업동향

가. 국내 기술 및 산업 동향

(1) 일반현황

○ 1972년 12월에 채택된 “런던해양오염방지협약”은 폐기물의 해양투기 금지목적으로 제정되었고, 우리나라는 1992년 12월에 가입하여 해양오염방지에 노력해왔으며 법률적으로도 구 해양오염방지법을 해양환경관리법으로 2008년에 개정하여 해양투기가 불가능한 퇴적물등의 처리시장이 더욱 활성화 될 것으로 판단됨.

○ 미래기술예측조사 결과(한국과학기술정책연구원)에 따르면 도시・건설・토목분야에서 ‘환경을 고려한 건설기술’의 수요가 68%로 전체분야 평균 65%를 초과하고 있어 관련 시장의 성장이 예상됨.

○ 국내 하상의 준설작업은 하천정비 사업의 중요한 요소이며 현재 하천과 수자원 사업에 국가적으로 연간 1조원 이상이 투입(신규하천정비: 5,500억/년, 하천재해복구: 5,000억/년)되고 있음.

○ 이와 관련하여 관련시장 성장에 따른 기술개발요구도 급증할 것으로 판단되며 오염원의 종류(유기물, 유류, 중금속) 및 성상 등의 특성에 따른 다양한 처리·처분법의 개발 및 정립에 따른 준설 및 오염 준설토 시장은 급격히 성장할 것으로 예상됨.

○ 우리나라의 입지조건은 다른 나라와 매우 상이하며, 세계적인 조간대의 형성으로 환경적인 고려사항이 필수적이나 이에 대한 연구는 미진한 상태임.

○ 국내의 경우 현재 각 지자체 별 인공섬 개발 계획(부산 북항, 포항 영일만, 거제 고현항 등)이 발표된 시점으로 준설/매립과 같은 인공섬 조성과 관련한 일부 요소(인력등)기술은 가능하나, 국가적 차원의 기술개발이 시급하고, 산발적으로 진행되고 있는 연구를 체계적으로 정립할 필요성이 있음.

○ 특히, 부산항 북항 재개발 사업은 국민소득 3~4만불 시대에 걸 맞는 해양관광 활성화, 마리나 시설 확충을 본격화하여 Multi-function 항만 구축 사업을 본격 추진 중에 있고 고현 워터프런트 시티 조성 사업은 경남 거제시 고현항 앞바다에 49만여㎡ 규모의 인공섬을 조성하는 사업 추진. 항만, 수변공원, 하천, 상업용지 등을 조성하고 육지와 50m 쯤 떨어진 인공섬은 육지와 6개의 교량으로 연결을 계획함.

○ 한국의 인공섬 관련 건설시장규모는 2020년 기준으로 약 100억불 정도로 예측됨. 많은 선진국들이 세계의 글로벌화에 국가기간사업의 중점을 두고 국제-무역-상업-교류단지의 조성에 박차를 가하고 있는 현재의 상황을 감안할 때 인공섬을 이용한 국가인프라 건설시장의 잠재적인 규모는 매우 클 것으로 판단됨.

○ 친환경 세부 기술 및 친환경적 시공 경험 등 여러 면에서 선진국에 비해 미흡.

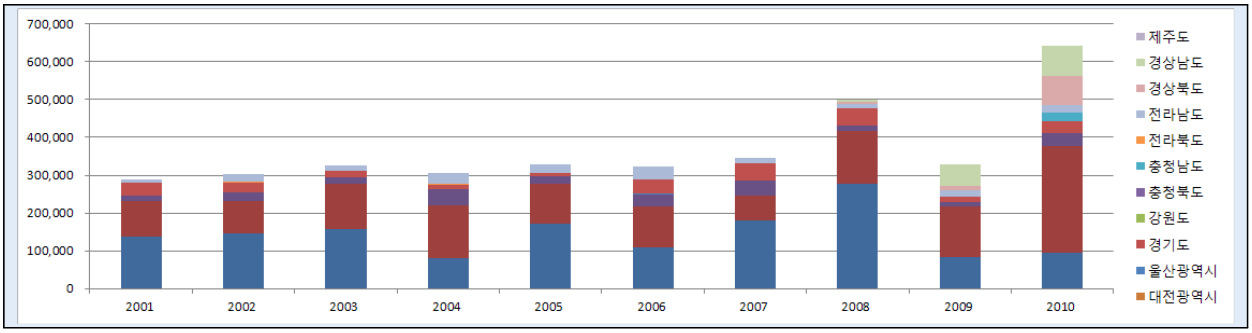
○ 정부의 녹생 성장 지원 및 4대강 살리기 사업을 바탕으로 친환경 준설·매립 기술의 수준 향상 및 노하우를 습득하는 것이 필요. 또한 향후 지속 가능한 개발을 위한 생태 친화적 현장 적용 기술 개발을 통해 막대한 규모의 준설·매립 설계·시공 시장에서 부가가치를 창출하는 것이 필요.

○ 전세계적으로 지구온난화에 의한 기후변화문제의 심각성으로 온실가스 배출을 규제하고자 교토의정서가 2005년 발효되었음. 이에 CO2배출량 세계 9위인 한국은 배출권 거래제, 공동이해(JI), 청정개발체제(CDM)등을 핵심으로 하는 에너지 효율 향상, 온실가스 흡수원 및 저장원 보호, 신재생에너지 개발, 해상풍력 등과 같은 온실가스 감축계획을 수립한 바 있음. 자원 빈국인 우리에게 당면한 과제는 기후변화와 에너지위기를 넘어 에너지 독립국으로 자리메꿈하기 위해서는 녹색성장 계획이 성공적으로 달성되어야 함. 이러한 장기 계획에 근거하여 최근 정부는 저탄소화 및 녹색 성장을 양대 축으로 하는 “저탄소 녹색성장”을 새로운 국가 비전으로 제시하였음.

○ 국내 준설 시장 현황은 지자체 별로 준설 관련 계약 금액이 2010년에 이르기 까지 꾸준히 증가해 왔으며 전국적으로도 그 증가추세가 확연히 나타나고 있음. 이를 년도별로 분류하여 비교하여 보면 준설관련 계약물량이 증가하고 있음. 또한 새만금 단지 및 부산 북항 단지등 관련 공사현장이 증가하는 추세임.

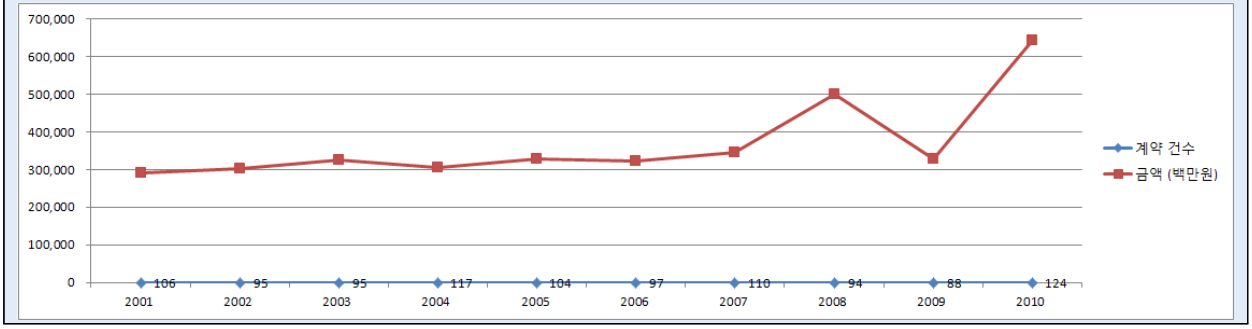
<국내 준설 시장 현황>

시도별 준설 계약 실적 (계약금액)									단위 : 백만원	
행정구역별	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
서울특별시	138,664	147,183	158,007	81,470	171,400	110,131	179,593	276,718	82,153	94,217
부산광역시	91,988	84,139	120,373	137,582	105,329	107,516	66,371	140,696	135,739	284,266
대구광역시										
인천광역시	16,178	21,956	15,117	44,452	21,113	32,372	40,018	13,544	10,918	32,416
광주광역시										
대전광역시										
울산광역시						518	1,165			
경기도	34,150	26,623	16,925	12,196	8,905	38,310	44,142	45,013	13,722	31,794
강원도										
충청북도										
충청남도										22,562
전라북도	192	4,385	2,112	502	423					
전라남도	8,881	18,554	13,302	28,430	22,018	34,160	15,374	12,502	18,887	20,682
경상북도								5,266	10,529	75,552
경상남도								5,305	57,333	81,867
제주도										
전국	290,055	302,841	325,838	304,634	329,188	323,008	346,663	499,044	329,280	643,356

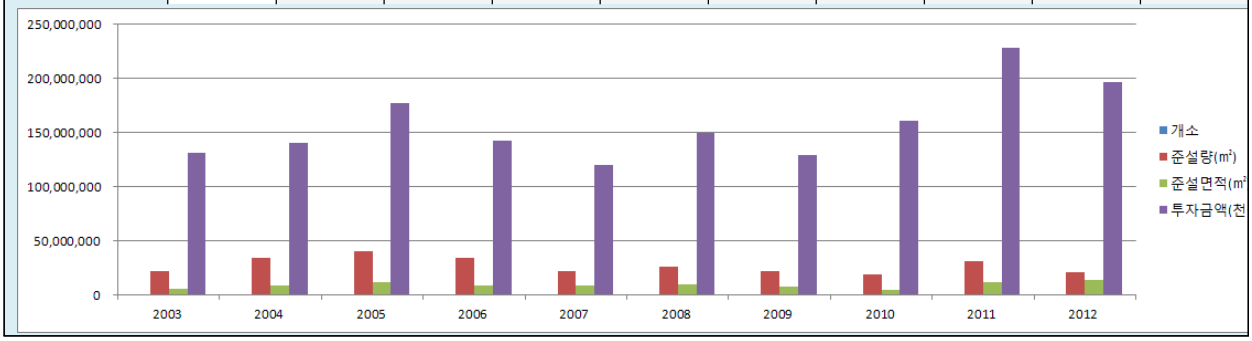


* 조회기간 : [년] 2001 ~ 2010
* 출처 : 대한전문건설협회 건설지원본부 건설지원실 계약제도부 02-3284-1031/1010

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
계약 건수	106	95	95	117	104	97	110	94	88	124
금액(백만원)	290,055	302,841	325,838	304,634	329,188	323,008	346,663	499,044	329,280	643,356



	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
개소	41	33	30	40	36	61	60	34	50	51
준설량(㎥)	22,016,804	34,171,875	40,755,292	34,563,234	21,781,427	25,980,090	21,507,725	18,971,965.83	31,195,833	21,140,859
준설면적(㎡)	5,837,653	8,807,185	12,160,312	8,901,376	8,245,239	9,973,317	7,484,284	5,081,957	11,591,845	13,663,746
투자금액(천원)	130,813,890	140,155,925	177,300,566	142,373,840	120,526,489	150,116,092	129,564,059	160,489,816	228,265,561	197,184,943



* 조회기간 : [년] 2003 ~ 2012
* 출처 : 해양수산부 항만국 항만정책과 044-200-5921

(2) 국내 친환경 준설·매립 기술 주요 현황

○ 갯벌 복원 및 인공 갯벌 개발

- 갯벌 복원과 관련하여 2009년 국토해양부는 인근 습지보호지역 지정여부, 생태계 기능 개선 가능성, 향후 활용 가능성 등을 고려하여 순천, 고창 등 17개 우선사업 대상지를 선정·발표하였으며, 시범대상지 3~4개소를 선정하여 금년부터 시범사업을 실시한다고 밝힘.

- 지금까지 우리나라에서 인공갯벌이 조성된 사례는 없으나 인공갯벌에 관한 수요는 이미 발생하고 있음. 그 예로서 시화호 생태계 공원 조성을 위하여 인공백사장과 인공갯벌 조성이 계획하고 있으며, 경상남도 진해시 경화동 지역에서는 공유수면을 매립하고 인공갯벌을 조성하는 계획이 있음.

○ 준설토/폐기물 매립장

- 기존 준설토 투기장 (19개소)의 잔여량이 매우 부족 → 적극적인 처리와 재활용 증대를 통하여 그동안 폐기처분되어 왔던 사토의 양을 줄이는 노력이 필요함.

- 폐기물의 발생량이 지속적으로 증가하는 추세이나 런던의정서에 의해 2012년 이후 해양 투기 불가능 → 저오염 폐기물 매립장 및 매립장 활용 방안의 개발 필요성이 대두되고 있음.

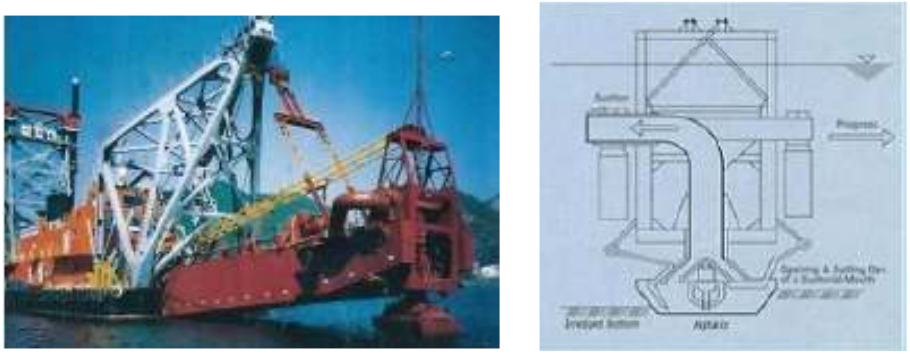
○ 환경 준설

- 4대강 살리기 사업 중 환경오염에 대한 대중의 우려가 커짐에 따라 친환경적 준설 기술의 개발 및 적용이 활발하게 진행되고 있음.

- 낙동강 살리기에 적용된 주요 환경 준설 기술 (박경호 등, 2010)

  · 환경영향 최소화를 아지테이터식 준설공법과 커터후드를 개발·적용한 친환경 준설 공법

  · 준설 부유사 저감을 위한 침사지 및 오탁방지막의 합리적인 설계 및 적용



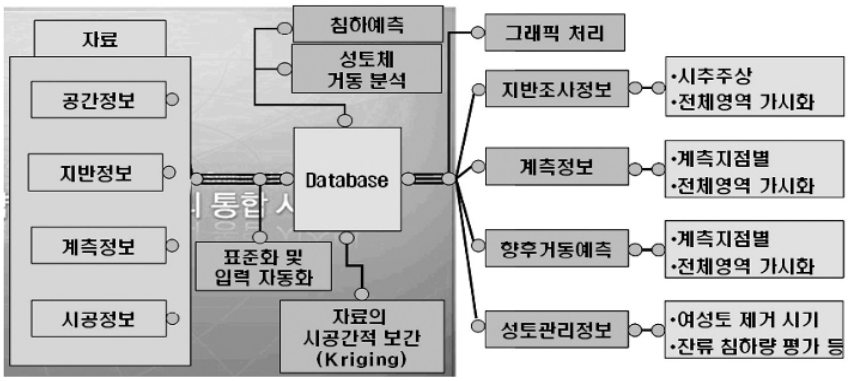
<그림 2.2.1 아지테이터식 준설공법과 커터후드를 개발·적용한 친환경 준설 공법>

○ 준설매립 시공 관리 및 모니터링

- 시공사 및 감리사 중심으로 개별적인 공사 관리 및 지반 거동 모니터링 시스템이 적용 중이며 통합적인 준설매립 관리 시스템 구축이 요구되고 있음.



<그림 2.2.2 유비쿼터스 기반 준설통합모니터링 시스템-현대건설>



<그림 2.2.3 GIS기반 현장 관리 시스템-유신>

- 국책연구소, 민간기업, 대학 등을 중심으로 준설시공에 따른 환경오염 모니터링에 관한 연구들이 진행 → 미공병단에서는 탁도와 생태영향에 대한 연구에 기초한 환경영향도 작성

- 최근에는 2D-CAD에서 3D-CAD로 그리고 건물의 전 생애주기의 정보를 통합하고자 하는 Building Information Modeling(이하 BIM)환경으로 빠른 전환이 이루어 지고 있음.

- 초창기 토목구조물을 대상으로 한 BIM 기술 : 구조분야 및 교량분야에 집중, 2009년 말 대형국가사업 진행으로 효과적인 공사관리 및 시공계획 방안으로 BIM 도입, 최근에는 교량, 수자원, 지하철, 철도, 도로, 단지, 터널, 항만분야 등 거의 모든 분야로 확대



<그림 2.2.4 BIM 적용사례>

○ 매립지 신재생 에너지 단지 구축

- 한강 하구 지역 준설·매립 개발 및 기 구축된 매립지(새만금/석문/장항 산업단지)를 활용한 신재생 에너지 발전을 계획 및 시공 중에 있음.





<그림 2.2.5 한강하구 준설·매립을 통한 조력발전소> <그림 2.2.6 권역별 LFG 자원화 시설 CDM 현황>

(3) 가상 시뮬레이터 개발동향 및 준설 매립분야 적용성

○ 국내 건설장비 및 선박 시뮬레이터 동향

- 다양한 건설기계의 성능 테스트나 운전자의 조작방법을 숙련시키기 위한 시뮬레이터가 해외에서 개발된 사례가 있음. 국내에서는 타워 크레인의 운전을 반자동화하여 작업 속도를 향상시킴으로써 사용료가 비싼 타워 크레인을 효율적으로 활용하기 위한 시뮬레이터가 개발된 사례가 있음.



<그림 2.2.7 캐터필러사의 굴삭기 시뮬레이터>



<그림 2.2.8 볼보사의 굴삭기 시뮬레이터>

- 컴퓨터 환경에서 가상의 건물을 시공하고 미리 시뮬레이션함으로 실제 시공 전에 발생할 수 있는 문제점을 보완할 수 있는 '가상건설 시스템' 연구가 현재 진행 중임. 이 연구는 교량, 고층건물, 고속철도와 관련된 토목공사에서 전체적인 공정이 어떤 순서로 진행 및 연결되느냐에 따른 사업비나 공기 단축과 관련된 연구임. 하지만 여러 가지 공정으로 이루어진 토목공사에서 구체적이고 독립적인 공정에 대한 시뮬레이터는 현재

개발되지 못한 실정

- 한국건설기술연구원에서 개발된 '교통안전의 첨병 가상현실 도로주행 시뮬레이터'인 'K-로드'는 운전자 중심의 도로환경을 가상으로 구현하여 교통사고로 인한 개인과 사회의 막대한 피해를 줄일 수 있을 것으로 기대됨. 이와 같은 시뮬레이터를 이용하여 향후 건설될 도로를 사전에 주행해 봄으로 교통안전에 위협이 될 수 있는 요인들을 미리 파악하여 인간 중심적 안전한 도로설계가 가능할 것으로 기대



<그림 2.2.9 도로주행 시뮬레이터>

- 가상매립시스템과 관련하여 장비 운용에 따른 매립과정을 시뮬레이션 할 수 있는 시스템은 아직 개발되지 않음. 토목공사는 주로 자연을 대상으로 하기 때문에 유사한 시공환경이 반복되지 않아서 유사한 건설 환경을 재현하고자 하는 시뮬레이터가 불필요한 경우가 많음. 시공 공법이 주어진 자연환경에 맞게 변형되는 경우나 특수한 경우가 많기 때문에 지금까지 시공 공법과 관련된 시뮬레이터는 수요가 적어 크게 개발된 사례 없음.

- 하지만 최근 서해안이나 남해안 지역에서 해안매립이 유사한 공법을 사용하여 반복적으로 이루어지고 있음. 즉, 매립에 사용되는 공정은 주로 근해 준설선에서 파이프를 통하여 펌핑하거나 육지에서 석산 개발로부터 나오는 사석을 투기, 매립하게 되는데, 이와 같은 매립에서 가장 중요한 것이 준설토의 배출구 위치에 따른 토사의 이동 정도와 거리에 따른 매립토의 3차원 형상이며, 이와 같은 공정의 시뮬레이션이 가능할 경우 매립되는 토사를 가능한 평평하게 하는 공정에 추가적인 장비투입이 필요 없으므로 친환경 저탄소 건설이 가능하게 됨. 이와 같은 매립에 따른 토사의 3차원 유동을 시뮬레이션하기 위하여, '토사의 다양한 유동 해석법 개발'과 '가상 매립시스템 개발'이 필요

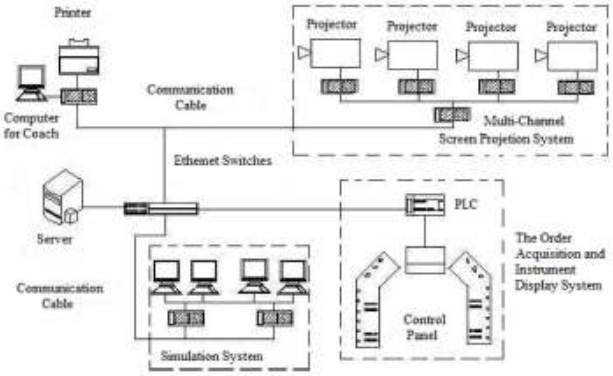
○ 중국 준설 시뮬레이터 기술(19th World Dredging Congress, 중국 상하이, 2010)

- 중국에서는 커터석션 준설선을 이용한 준설시뮬레이션 장비가 개발되어 준설지역에 적용되고 있으며 향후 많은 시공현장을 시뮬레이션 할 수 있게 되었음. 그러나 아직 국내는 물론이고 해외에서 매립시뮬레이터에 대한 기술은 보고된 바 없으며 향후 연구해야 할 항목임.

- 준설 시뮬레이션 시스템은 디젤엔진 모듈, 준설선 이동 모듈, 준설굴삭 모듈, 펌핑모듈, 조수간만 조정 모듈, 응력 모듈과 위 모듈을 합성하여 해석하고 계산하는 모듈로 구성되어 있으며 이러한 시뮬레이션은 컴퓨터로 그 기능을 나타낼 수 있음.



<그림 2.2.10 준설 시뮬레이터 광경>



<그림 2.2.11 준설 시뮬레이터 시스템>

나. 국외 기술 및 산업 동향

(1) 글로벌 준설·매립 산업 현황 (IADC 2009년도 연례보고서)

○ 2000년대 들어 준설·매립 관련 산업 시장 규모는 그 이전에 비하여 급격하게 성장

○ 2008년 전 세계 준설·매립시장은 100억 유로(약15조)로써 2000년도 40억 유로(약 6조)에 비하여 약 2.5배의 신장을 이루었음.

- 무역 활성화로 인하여 항만 유지관리 및 인프라 구축 분야 약 150% 성장
- 연안 도시 개발 및 해안 보호에 대한 관심 증가로 분야별로 48% 및 93% 성장
- 해안자원 개발 및 수송 분야 약 340% 성장
- 관광자원 개발(인공섬·크루즈 터미널, 테마파크 등)이 6.3억 유로로 성장

○ 지역별로는 2008년 기준 중동-유럽-중국 순으로 3대 시장을 형성

- 중동 : 아랍 에미레이트와 카타르를 중심으로 한 인공섬 개발
- 유럽 : 무역물동량 증대를 위한 항만 유지관리 및 항로 준설
- 중국 : 관공주도의 대형 하천(황하강/양자강 등) 유역 준설 및 연안 준설

○ 국가별 준설·매립 시공 능력 순위는 네덜란드, 벨기에, 미국, 중국의 순으로 나타남

- 네덜란드, 벨기에가 대부분의 점유
- 중국의 경우 국영 CHEC를 중심으로 점유율을 증가 시키고 있음.
- 국내의 경우 현대건설이 친환경적인 시공 공법인 TSHD (Trailing Suction Hopper Dredger) 분야 세계 7위권의 준설 능력을 보유한 것으로 나타남.

<표 2.2.1 준설 기술별 시공 능력 순위 - Backhoe, Grap, Dipper Dredger>

1	Royal Boskalis Westminster (Netherlands)	11%
2	Great Lakes Dredge & Dock (USA)	6%
3	CHEC(China)	5%
4	Jan de Nul NV (Belgium)	4%
4	DEME NV (Belgium)	4%
4	Van Oord NV (Netherlands)	4%
7	GIE Dragages - Ports	3%
7	Weeks Marine Inc (USA)	3%
9	Inai Kiara (Malaysia)	2%
9	UDL Marine Assets	2%
& of global capacity - top 10		44%

<표 2.2.2 준설 기술별 시공 능력 순위 - Cutter Suction Dredgers>

1	Royal Boskalis Westminster (Netherlands)	8%
2	CHEC(China)	7%
3	Van Oord NV (Netherlands)	6%
3	DEME NV (Belgium)	6%
3	Jan de Nul NV (Belgium)	6%
6	Great Lakes Dredge & Dock (USA)	5%
6	National Marine Dredging Company (UAE)	5%
8	Suez Canal Authority (Egypt)	4%
8	Penta Ocean Construction (Japan)	4%
#	Mike Hooks Inc (USA)	3%
& of global capacity - top 10		55%

<표 2.2.3 준설 기술별 시공 능력 순위 - Trailing Suction Hopper Dreders>

1	CHEC(China)	14%
2	Van Oord NV (Netherlands)	11%
3	Jan de Nul NV (Belgium)	9%
3	Royal Boskalis Westminster (Netherlands)	9%
3	DEME NV (Belgium)	9%
6	Dredging Corporation of India (India)	3%
7	Indonesian State	2%
7	Hyundai E&C (Korea)	2%
7	Inai Kiara (Malaysia)	2%
7	Great Lakes Dredge & Dock (USA)	2%
& of global capacity - top 10		63%

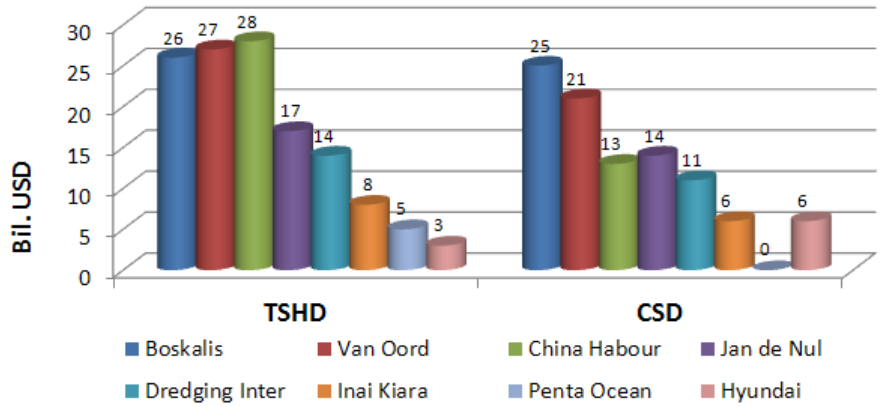
○ 준설 기술의 첨단화, 대형화를 주도하고 있는 유럽은 델프트 공대(준설시험실)와 세계 최대 준설선 건조 회사인 IHC, 주요 준설회사들로 구성된 준설협회(Central Dredging Association)를 중심으로 10년간 준설관련 요소 기술의 개발과 실용화를 추진하여 전 세계 주요 준설분야 시장을 선점하고 있으며 최근에는 부산 신항만 공사에도 진출하고 있음.

○ 미국의 준설 기술은 미 공병단 준설 프로그램(DOTR, DOER)과 연방환경청(EPA), 연방수로국, 항만청 등의 국가 기관 주도하에 성장, 발전하고 있음. TEXAS A&M 대학의 준설 시험실과 엘리코트, GIW 등의 제조 회사들과 Great lakes등의 대형 준설선단을 보유한 건설 회사들이 미주준설협회(Western Dredging Association)를 설립, 운영하며, 관·산·학 연계가 조화를 이루고 있으며, 2000년 이후에는 인도, 중동 등 해외시장 진출을 시작하였음.

○ 일본의 국제 경쟁력은 준설선 설계, 환경 준설, 기계, 자동제어 분야에서 우세하지만, 80년대 이후에는 상대적으로 저렴한 인건비 구조인 한국과의 가격 경쟁력이 약화되어, 동남아시아 준설 공사에서는 한국 건설 업체와 심한 경쟁 중에 있음.

○ 중국은 자국내 황하강, 양쯔강, 광동성, 동부해안 등의 개발로 인한 연간 2억m^3 이상의 준설 공사 물량을 소화하기 위해 최근 대형 점보급 준설선을 수입 또는 자체 제작하고 있음. 난징 호하이 대학은 델프트 공대와 연구 협약하여 준설 시험실을 설치하였고, 주요 준설회사들은 중국 준설 협회(China Dredging Association)를 조직하여 국제 준설 세미나를 개최하는 등 활발한 국제 기술 교류를 통해 저임금의 풍부한 노동력과 기술 개발을 조화시킴으로써 우리나라에게는 가장 강력한 위협이 되고 있음.

○ 국내 건설업체 중 H사가 유일하게 11대 (점보급 TSHD 1대)의 다양한 준설선을 보유하고 있으나, 네덜란드 Boskalis의 경우에는 소형에서부터 점보급까지 총 51대(TSHD 26대)를 보유하고 세계 준설 시장을 주도하고 있음.

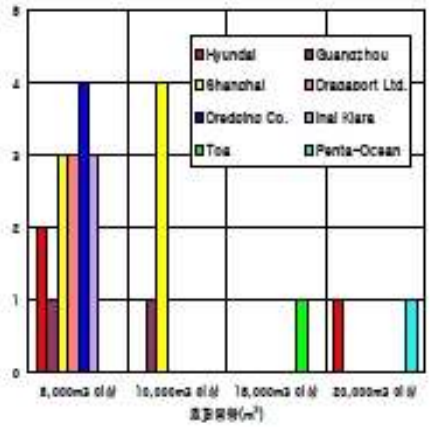


<그림 2.2.11 준설선 보유현황>

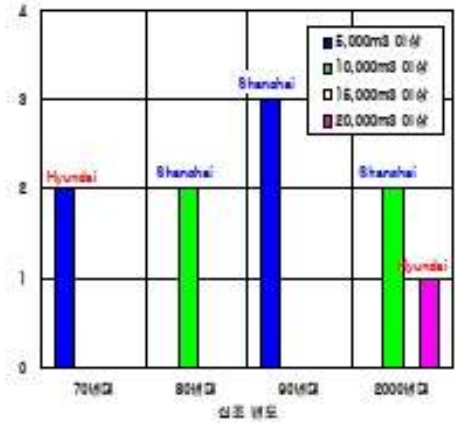
○ 중국도 China Habour의 경우에는 이미 신조 또는 개조한 다양한 준설선을 다수 보유하고 있지만 지속적으로 준설선을 신조하고 있는데, 보유 대수 측면에서 이미 유럽의 선

진 준설 전문회사와 거의 비슷한 규모에 이르고 있음.

○ 호퍼용량 15,000m^3 이하 중, 대형 준설선 시장에서 일본회사들의 준설 경쟁력은 한국회사들과 비슷하나, 중국의 China habour, Shanghai dredging 등은 종사자의 임금이 저렴하고 대형급 준설선을 다량 보유하고 있어, 준설선단 측면에서 한국회사들보다 경쟁력이 있는 것으로 나타났음.

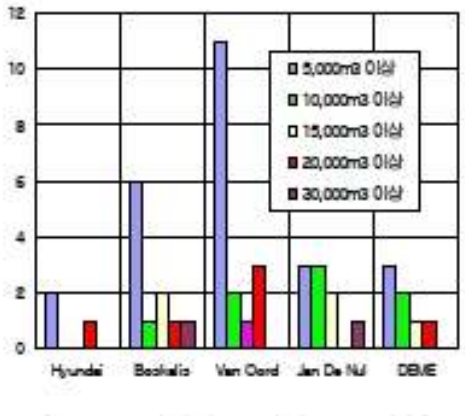


<그림 2.2.12 한국과 아시아 지역 주요 준설사>

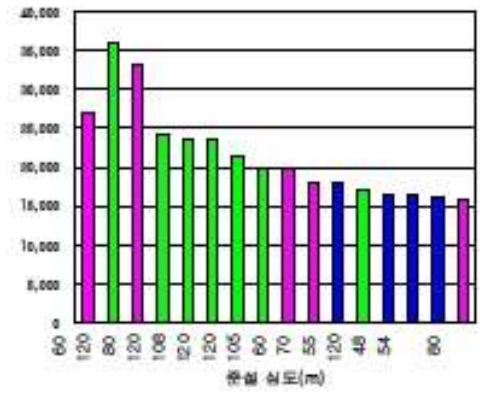


<그림 2.2.13 한국과 중국의 준설선 신조년도>

○ 2000년 초반까지는 대심도 준설이 가능한 점보급 준설선은 대부분 유럽에서 주로 신조됨. 한국과 일본이 각각 보유한 1대씩을 제외하면, 네덜란드와 벨지움의 주요 준설 회사들이 모든 점보급 준설선을 보유하고 있음.



<그림 2.2.14 주요 준설회사 준설선 보유대수>



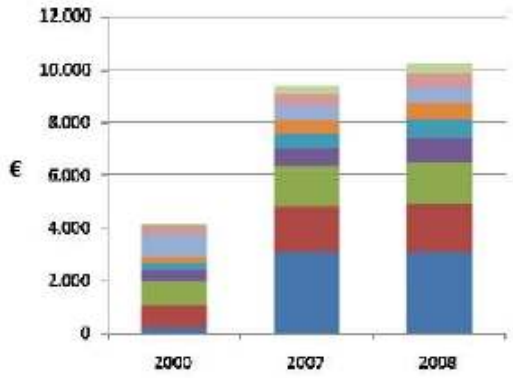
<그림 2.2.15 점보급 준설선 준설가능 심도>

○ 유럽 주요 경쟁사의 준설선 건조 동향을 분석해 보면 세계 준설시장은 친환경, 첨단화, 대형화, 대심도 추세이며, 원천 기술력을 보유한 유럽 등은 기술이전을 적극적으로 회피하고 있으므로, 준설선의 효율적인 운영 및 친환경 고효율 매립기술 뿐만 아니라, 준설선 설계 및 건조관련 기술개발이 시급

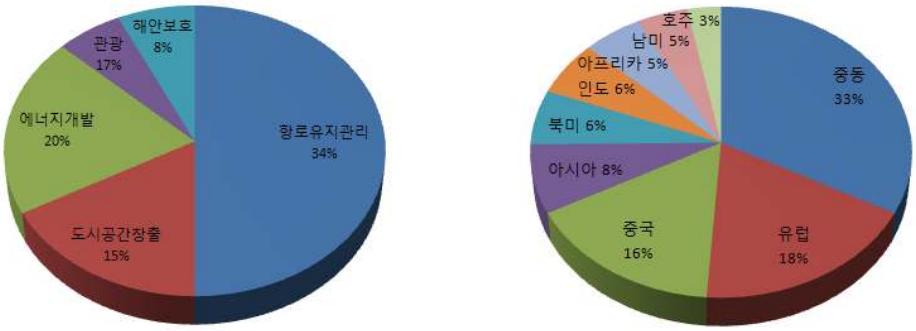
○ 준설 부유 물질의 양을 최소화 하며 흡입 농도를 임의로 조절하기 위해서는 현장 작업조건, 준설토의 특성, 커터 헤드의 성능을 조합 하여야 하므로 매우 복잡한 기술에 대한 이해가 필요

○ 국내에서는 준설에 대한 연구가 현재까지 학제간 전문 연구진이 구성되지 못하여, 토목공학과, 기계, 조선, 제어 등 여러 학문의 사각지대로 남아있음. 따라서 준설 현장 기술자들은 경험에 의존하여 운영할 수밖에 없는 실정이며, 최근에는 장비의 대형화, 첨단화가 진행되면서 과거의 경험지식 만으로는 국제 경쟁력이 약화되어 심각한 위기에 처해있는 현장기술 분야임. 우리나라에서도 실기하지 않도록 체계적인 연구를 시급히 착수한다면 과거의 풍부한 시공 경험을 바탕으로 충분히 경쟁국과 대등한 수준의 기술 개발이 가능 하다고 판단됨.

○ 환경 오염 저감을 위한 규제로 인하여 저오염 준설 장비의 활용이 지속적으로 증가 추세를 나타냄 (Trailing Suction Hopper Dredger, TSHD / Cutter suction Dredger, CSD 등).

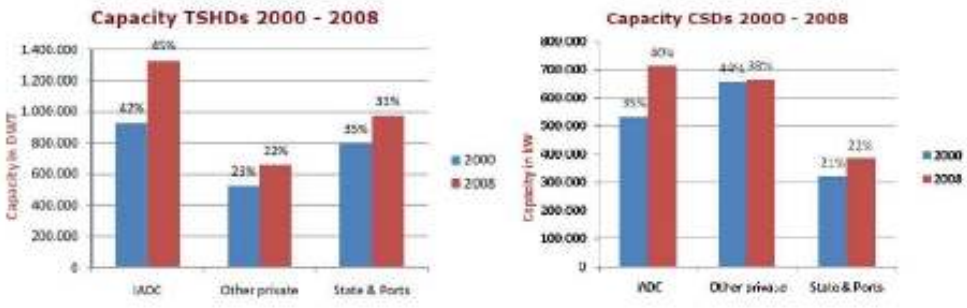


<그림 2.2.16 글로벌 준설매립 시장 규모의 변화>



(a) 분야별 (b) 국가별

<그림 2.2.17 2008년도 준설매립 시장 점유율>



<그림 2.2.18 친환경 준설장비 활용의 증가 추세>

(2) 세계 지반 환경 시장 동향 - 생태 친화적 유역 관리 시장의 폭발적인 확대

(미국 Environmental Business Internation, EBI 보고서)

○ 세계 환경시장의 규모는 584억불로 미국이 227.4억불로 가장 큰 규모의 시장을 형성하고 있음.

○ 미국, 서유럽, 일본 등의 선진국의 환경시장의 성장률은 평균 연 2.5%이며, 아시아와 더불어 중동 등의 국가들은 약 8%로 급증하고 있는 실정임.

○ 세계 환경시장의 구성에서 준설이 포함된 오염정화 및 복원에 해당하는 Consulting & Engineering 시장은 전체 환경시장의 6%를 차지하고, 매년 연4%의 성장을 하고 있음.

○ 미국 Consulting & Engineering 시장은 1980년대 이후로 급격히 증가하였으며, 1999년부터 2003년까지 매년 8.0~8.4%의 성장을 나타냄.

○ 시장규모의 경우 2001년 183.7억불(22조원)에서 2003년 194.6억불(24조원)로 증가하였으며, 준설이 포함된 유역관리시장인 Natural Resource분야는 2001년 9.8억불에서 2003년 11.1 억불로 증가하였음.

○ 미국의 생태 친화적 유역관리 분야는 2005년 이후로 향후 10년 동안 총 1000억불의 시장으로 확대되어 환경시장의 새로운 블루 오션으로 전망되고 있음.

<표 2.2.4 지역별 환경시장 규모, 2000-2003>

Region	2000	2001	2002	2003	Est Ann Gr 2006-2010
USA	210.5	215.2	221.4	227.4	2.4%
Western Europe	157.8	160.8	165	169.3	2.7%
Japan	93.7	93.3	92.4	93.5	2.6%
Rest of Asia	24	25.6	27.1	29.5	6.0%
Mexico	3.57	3.61	3.79	4.0	5.0%
Rest of Latin America	9.0	9.2	9.7	10.3	6.0%
Canada	15	15.2	15.7	16.2	2.0%
Australia/NZ	8.4	8.6	8.8	9.1	3.0%
Central&Eastern Europe	9.6	10.2	11.2	12.3	8.0%
Middle East	6.8	7	7.4	7.7	8.0%
Africa	3.4	3.6	3.8	4.1	12.0%
Total	542	552	566	584	3%

[Source: Environmental Business International Inc. (San Diego, Calif.)]

<표 2.2.5 분야별 환경 시장 규모, 2000-2003>

Region	2000	2001	2002	2003	Est Ann Gr 2007-2010
Equipment					
Water Equipment & Chemicals	42	42.9	43.7	45.3	3.5%
Air Pollution Control	35.2	35.3	35.7	36.6	2.5%
Instruments & Info System	6.5	6.6	6.8	7	3.0%
Waste Mgmt Equipment	31.7	32.6	33.2	33.5	1.0%
Process & Prevention Tech	2.9	3	3.2	3.3	4.0%
Service					
Solid Waste Management	117	120.3	122.7	125.2	1.9%
Haz Waste Management	20.7	20.9	21	21.2	1.0%
Consulting & Engineering	30.2	31.4	32.1	33.3	4.0%
Remediation/Ind's Services	27.7	28.2	28.9	30.6	5.0%
Analytical Servieces	4.2	4.3	4.3	4.4	2.0%
Water Treatment Works	77	79.5	81.1	82.9	2.5%
Resources					
Water Utilities	84.2	86.9	88.6	91	2.8%
Resource Recovery	40.6	36.6	38.8	40.3	3.0%
Clean Energy System & Power	22.1	23.9	26.3	28.9	10.0%
Total	542	552	566	584	

[Source: Environmental Business International Inc. (San Diego, Calif.)]

<표 2.2.6 환경복원 관련 시장 규모, 2001-2003>

By media	2001	2002	2003	2002	2003	Ann GR 04-08
Hazardous waste	4,300	4,160	3,910	22%	20%	-2%
Remediation	4,240	4,490	4,620	24%	24%	4%
Solid Waste	1,070	1,010	1,010	5%	5%	-2%
Wastewater	3,430	3,660	3,850	19%	20%	6%
Water	2,280	2,400	2,890	13%	15%	5%
Energy	280	260	200	1%	1%	1%
Air Quality	1,250	1,290	1,190	7%	6%	-4%
Natural Resource	980	1,000	1,110	5%	6%	8%
Multi-Media	540	510	680	3%	3%	6%
Total	18,370	18,780	19,460	100%	100%	2.90%

[Source: Environmental Business International Inc. (San Diego, Calif.)]

(3) 해외 친환경 준설·매립 기술 주요 현황

○ 갯벌 복원 및 인공 갯벌 개발

- 미국

· 연안습지의 50%이상이 훼손되어 순손실 방지제(No net loss) 및「연안습지 계획-보호-복원법」(CWPPRA) 시행

· 2005년부터 Bush 행정부는 4년 동안 39억불 (약 5조 700억원)을 투자

· 샌프란시스코만의 경우 폐염전을 습지로 복원하는 등 16,000에이커(64.7㎢) 면적의 복원 사업을 추진

· 루이지애나 연안(Coast 2050 project) 및 포플라섬(메릴랜드주)은 침식으로 훼손된 연안 습지의 복원을 추진 중. 루이지애나 연안복원에는 2050년까지 총13억불 투자 예정



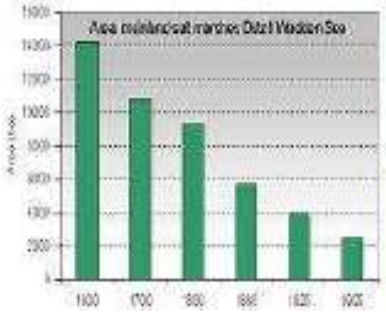


- 유럽

· (네덜란드) 와덴해 주변 네덜란드의 갯벌은 1935년 이후 방조제건설 및 간척지(폴더) 조성으로 축소.

· 2001년부터 방조제제거(de-embankment) 및 갯벌복원 추진.

· EU Life Nature 프로젝트를 통해 4,000ha의 토지매입 및 복원사업시행.





- 홍콩

· 홍콩 마이포 습지는 어류, 새우양식장, 논으로 사용되던 지역이었으나 도시화 확대로 이를 보전하기 위해 습지공원을 조성.

· 습지공원은 신도시 개발로 인한 습지 손실을 보충하는 '생태 완충 지역'으로 건설

(총 0.6㎢)되어 '06년 5월 개장, 생태탐방지로 활용.




- 일본

  · 최근 50년간 연안습지의 약 40%에 해당하는 327㎢가 훼손됨에 따라, 80년대부터 복원사업 추진현재 1,200ha가 복원되었고, '09년까지 총 3,500ha복원.

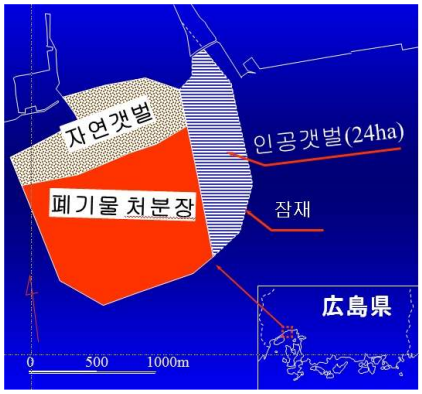
  · SEA BLUE, Eco-Port 사업 등을 통해 갯벌복원 및 인공갯벌 창출 사업을 지속 실시 중이며 수질정화, 해양생물서식지 조성 등을 목적으로 동경만, 오사카만, 미카와만 등에 갯벌복원 사업 시행.

  · 최근에는 준설토를 활용한 인공갯벌조성 사업도 활발히 진행 중임.









○ 준설토/폐기물 매립장

- 일본

  · 육상에 더 이상의 매립장을 확보하기 어려운 현실을 감안하여, 해양에 폐기물을 매립하고 향후 매립이 완료된 인공섬을 스포츠 레저시설, 주택단지, 산업단지, 항만시설 등의 다양한 목적으로 활용하기 위한 Recycling Port가 추진됨.

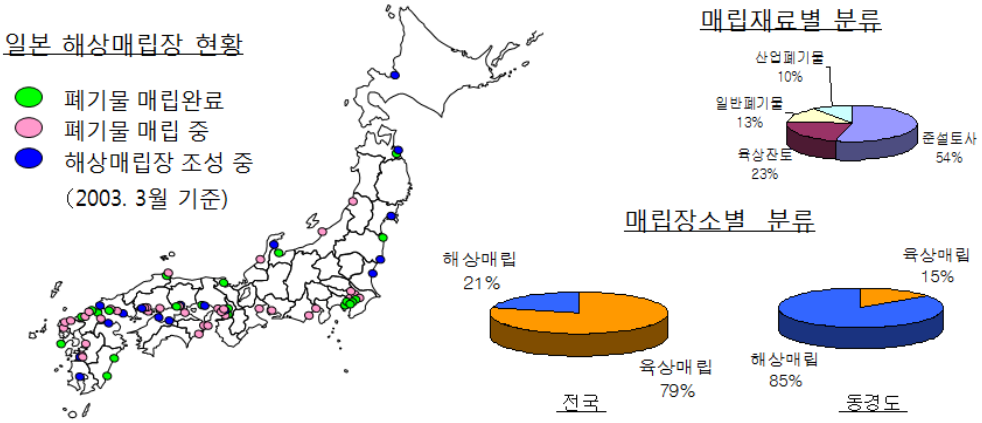
  · 일본의 해상폐기물 처리장은 1960년대 초부터 건설되어 현재 동경, 요코하마, 오오사카 등과 같은 대도시에서 발생하는 생활폐기물의 대부분을 해상매립에 의존하고 있으며, 일본 전역에서 약 100개소, 매립면적 1500만평에 이름.

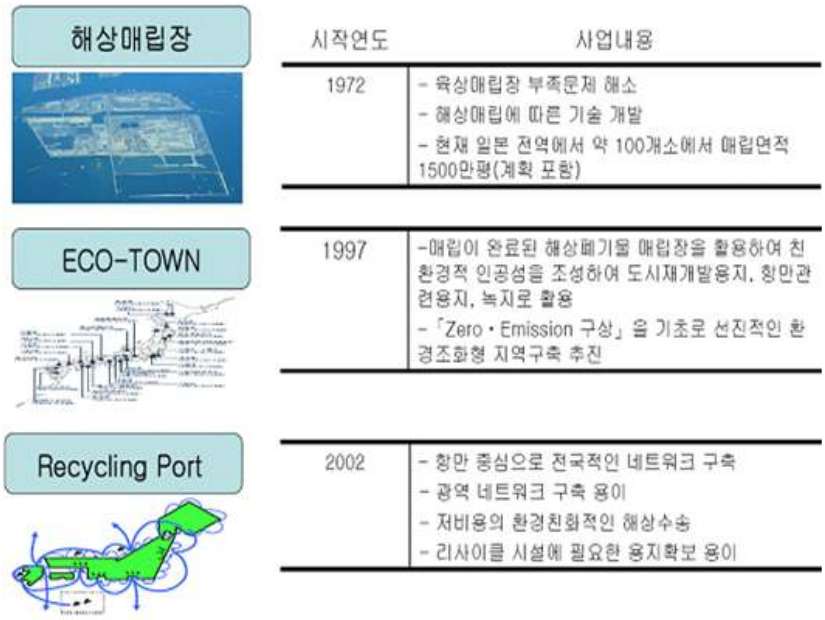
  · 과거의 매립방식은 중간처리 없이 단순매립하여 환경오염 유발하였지만, 현재는 소각, 파쇄 등 중간처리 후 분류하여 매립하여 환경오염을 방지하고 있음.

  · 일본의 Recycling Port 관련 정책은 항만을 Recycling Port의 거점으로 활용하고, Eco-Town과 해상 폐기물 매립장을 해상수송을 통한 광역 네트워크 구축하는 방향

으로 추진되고 있음.

- 시모노세키항에서는 항로 준설이나 유지관리 준설을 통해 꾸준하게 발생하는 준설토를 처리하는 동시에 준설토로 매립이 완료되면 조성된 인공섬을 이용하여 항만을 건설하는 프로젝트도 진행되고 있는데, 선박의 접근이 용이한 외해에 준설토 투기장을 만들어 외해 인공섬 항만을 조성하고 있음.





<그림 2.2.19 Recycling Port와 Eco-Town의 광역네트워크 구축>



<그림 2.2.20 시모노세키 항 매립장>

- 싱가포르 (세마카우섬)

  · 세계 최초로 싱가포르 남쪽 마리나 베이 8km의 해안가 매립지에 소각로에서 나온 재 80%와 나머지는 금속 부스러기 등 불연소 무기물질로 매립한 인공섬을 만들어 국토를 확장하고 동시에 자연생태계 공원을 조성함.

  · 기존 세마카우 섬과 세캉 섬 사이에 둘레 7km의 암반 제방을 설치하고 매립을 수행. 주변 해저 산호초 보호를 위하여 실트 스크린을 설치함.





- 미국 (Craney Island)

  · 1946년 미 의회의 승인을 얻고 미국 버지니아 주 Norfolk 주변에 건설되어 1956년부터 인근 수로와 항구로부터 준설된 토사를 매립 저장

  · 매립 용량의 한계로 2007년 투기장 확장이 계획되었으며 확장된 투기장은 2017년 해상터미널 건설 부지로 활용될 계획

- 네덜란드 (게테르미아 호 아이세록 처분장)

  · 라인강 지류 하류에 있는 게테르미아 호에 퇴적된 오염 저니를 준설하고 이를 아이세록 처분장에 투기

  · 처분장의 규모는 직경 1km의 원형으로 깊이 -45m까지 굴착하여 주변에 +10m높이의 호안을 구축하며 처분용량은 2,300만m^3임.

  · 처분장 법면의 대부분은 시트 등의 차수구조를 설치하지 않았으나, 정상부에 투기된 오염 저니는 제방을 투과하여 이동확산의 가능성이 높으므로 제방 천단에서 -6.0m까지의 약 16m는 차수재와 점성토 등을 이용하여 수밀성을 향상시킴.

○ 환경 준설

- Gorai 강 복원, 방글라데시

  · Gorai 강에 침전된 모래로 인해 물부족 현상이 유발

  · 친환경 준설로 퇴적 모래층을 제거하고 준설된 모래는 방글라데시 주변 매립사업에 활용

- 오염 하천 복원, 스페인

  · 스페인의 공업지역인 Asturias 지역 강의 오염 퇴적토를 제거하여 복원

· 오염토의 화학적 구성분석과 처리 및 투기에 대한 방대한 연구가 진행됨

- 운하 및 항구 환경 준설, 벨기에

· 벨기에에서는 운하 및 항구의 오니 준설 및 투기가 지속적으로 진행

· Scheldt 강의 경우 인공 석호 및 탈수 공정을 통해 오염토를 처리하고 이를 매립에 활용

· 브뤼셀 인근의 Ruisbroek에 구축된 인공 lagoon은 브뤼셀 공항 부지 매립에 활용됨

· Krankeloon, Couillet, Tubize 지역의 오염준설토 처리 및 매립 구역은 공업지대로 활용



<그림 2.2.21 Gorai 강 복원, 방글라데시>





<그림 2.2.22 오염 하천 복원, 스페인>



<그림 2.2.23 운하 및 항로 환경준설, 벨기에>

- 환경 준설 기술 개발 현황 (네덜란드, 벨기에가 주도적으로 수행)

· 친환경 준설 장비 개발: Environmental Grab(준설토 유출을 최소화), Environmental Auger Dredger (얇은 오염퇴적토 층을 효율적으로 제거), Disc Bottom Dredger (부유퇴적물이 외부로 확산되는 것을 방지), Scoop Dredger (오염퇴적물의 준설)



· 친환경 준설토 이송-운반 기술: Hopper Dredger Recirculation System, DOP Submersible Dredger Pumps (수중 펌프시스템을 적용하여 준설의 정확성 및 효율성 증대), Low Turbidity Dredger Head (얇은 오염층 제거/ 준설토양 및 내부 오염물의 주변 수체 이동 방지)



- 준설토 재활용



<그림 2.2.24 Illinois주 Des Plaines강의 인공습지 전경>



<그림 2.2.25 미국-Battery Park City 해변공원>



<그림 2.2.26 일본-오다이바 해변공원>



<그림 2.2.27 후쿠오카 Marinoa>

○ 항만 유지 관리 및 항로 준설

- Tanjung Pelepas 항구 확장, 말레이시아

  · 말레이시아 최대 항구 확장 건설에 부유사 저감을 위한 Trailing suction hopper dredger를 사용

  · 항구 입구의 점토를 준설하고 모래로 매립을 수행

  · 모래 매립 후 하부 지반 안정화를 위해 4000만 미터 길이의 연직배수재 설치



<그림 2.2.28 말레이시아 Tanjung Pelepas 항구 확장>

- Le Havre 항구 항로 준설, 프랑스

  · 프랑스와 북부 유럽 간 물동량 확보를 위한 항로 준설을 수행

  · 저오염 준설 장비를 이용하여 항구 입구 10km 구간을 준설하고 방파제 구축



<그림 2.2.29 프랑스 Le Havre 항구 항로 준설>

- 수에즈 운하 확장 및 항만 구축, 이집트

  · 수에즈 운하로의 대형 선박 진입을 확보하기 위한 준설사업을 수행

  · 암반 조건의 해저면을 고려한 Cutter Suction Dredger를 적용

  · 운하 확장 후 인근 지역을 준설하는 것을 통해 Port Said와 Port Al Sukhna 허브 항만 구축



<그림 2.2.30 수에즈 운하 확장 및 항구 구축을 위한 준설>

○ 해안선 보호 - 연안 환경 보존

- Sheldt 방파제 구축

  · 네덜란드 남서부의 해수면보다 낮은 지역을 보호하기 위하여 Delta Plan이 수행됨

  · 초기 댐 형식으로 계획되었으나 환경오염을 이유로 개방식 개방형 갑문식 댐 형식으로 구축

  · 방파제 설치 위치에 대한 대규모 준설이 수행됨



<그림 2.2.31 Sheldt 방파제 구축-네덜란드>

- 해안선 보호 프로젝트, 영국

  · UK 지역의 해안지역은 심각한 침식에 의해 소멸위기에 놓임

  · 홍수 예방의 방법으로 해안에 인공 암초를 설치하기 위해 해안에 유실된 모래를 준설하여 해안선에 재공급



<그림 2.2.32 해안선 보호 프로젝트, 영국>

- 모래댐 방파제 구축, 남아프리카 공화국

  · 대서양에서 오는 12m 높이의 파도로부터 Saldanha 항구를 보호하기 위하여 Marcus섬과 Hoedjes 지점을 연결하는 1800m 길이의 모래 댐을 구축



<그림 2.2.33 모래댐 방파제 구축 - 남아공>

○ 해양 자원 개발 - 해안 플랫폼 / 자원 운송 파이프라인 구축

- Malampaya 천연가스개발 기지 구축, 필리핀

  · 천연 가스 개발을 위하여 내륙으로부터 50km 떨어진 지역에 플랫폼을 구축하기 위하여 해전 지반 준설과 해전 지반 개선 그리고 침식 방지 공법이 적용되었고 9만톤에 달하는 콘크리트 중력 구조물을 설치

  · Berm과 암반 트렌칭을 이용하여 플랫폼으로부터 504km에 달하는 운송 파이프라인 보호

- 원유 개발을 위한 인공섬 구축, 노르웨이

  · 노르웨이 북쪽 해안 Beaufort Sea에서의 원유 개발을 위하여 Trailing Suction Hopper Dredger를 이용, 해안으로부터 25km 떨어진 지역에 100km길이의 인공 모래섬을 구축하여 원유 시추를 수행



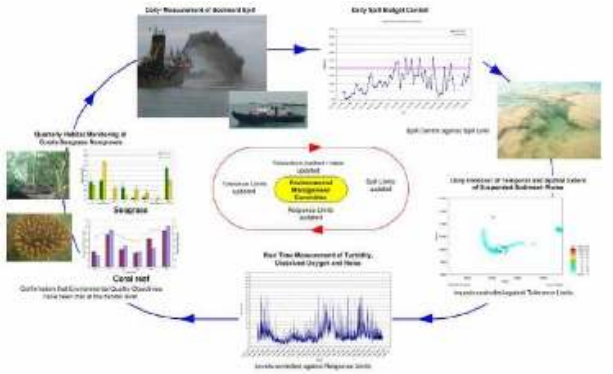
<그림 2.2.34 Malampaya 천연가스개발 기지>



<그림 2.2.35 원유 개발을 위한 인공섬 구축>

○ 시공 관리 및 모니터링

- 준설매립 시공 관리 및 지반 모니터링은 물론 주변 환경 모니터링 시스템이 무선/실시간/인터넷 네트워크가 잘 구축되어 있음.
- 유럽/일본/싱가포르/인도/미국/영국/캐나다 등이 주요 기술을 보유
  - 국책연구소, 민간기업, 대학 등을 중심으로 준설시공에 따른 환경 오염 모니터링에 중점
  - 탁도(Turbidity)와 생태 영향에 대한 연구를 바탕으로 모니터링 결과 해석 (미 공병단)

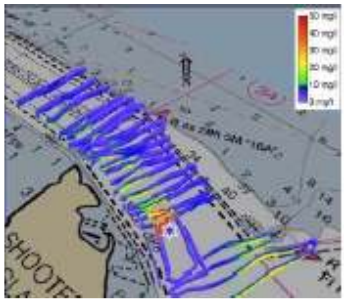


<그림 2.2.36 매립 중 환경 영향 계측 및 시공 관리 기술, DHI W&E, 싱가포르>



<그림 2.2.37 Boskalis International b.v. (2008), Khalifa Port and Industrial Zone, UAE>

- 실시간 계측 및 위성 통신을 통한 준설 탁도 모니터링 및 map 작성



<그림 2.2.38 Turbidity Monitoring에 근거한 환경 영향도 작성 - 미공병단>

○ 매립지 신재생 에너지 단지 구축

- LFG(Land Fill Gas)를 신재생 에너지로 활용하는 사업이 활발히 진행 중
  - 미국 : EPA 내에 LMOP(Landfill Methane Outreach Program)을 설립, 주정부와 에너지 이용자 및 공급자 협약에 의한 사업을 지원
  - 캐나다 : 44개 매립장에서 매립가스를 직접공급 또는 발전하는 방법으로 2003년에 312천톤의 메탄을 처리
  - 유럽 : 생분해성 폐기물 매립장 매립가스 자원화 설비 관련지침 규정 (Landfill Directive 1999/31/EC)
- 매립지 폐기물 에너지 재생과 관련하여 140여건에 달하는 프로젝트가 추진/등록되고 있으며 인도, 중국, 브라질, 멕시코 등의 국가가 선도적으로 수행 중임

<표 2.2.67 폐기물프로젝트 추진건수>

Host country	건수	%
India	360	25
China	203	14
Brazil	222	15
Mexico	127	9
Malaysia	114	8
Thailand	90	6
Philippines	62	4
Indonesia	61	4

제 3 장 연구 수행 내용 및 성과

1. 개요

○ 1~3차년도 연구단 총괄운영은 1세부 주관기관인 한국해양과학기술원에서 역할 수행

○ 3차년도 종료 후 4차년도 협약 시 연구단 총괄운영을 위한 연구단 총괄과제 신규 편성

○ 5차년도 협약 시 국토교통과학기술진흥원의 연구단 과제에 대한 총괄과제 운영중단 방침으로 기존 연구단 총괄과제를 종료하고, “연구단 총괄운영”을 비롯하여 “현장테스트베드 운영·관리 및 세부과제 요소기술의 실용화”를 위해 4세부 과제 신규 편성

2. 연구 수행 내용 및 성과 (4~5차년도)

가. 연구단 총괄운영

(1) 세부과제 요소기술의 현장적용을 위한 테스트베드 연계방안 전략 수립

○ 1세부와 2세부 과제에서 개발된 준설토 활용기술과 준설토 고효율 이송기술을 테스트베드에서 실증하기 위한 전략 수립



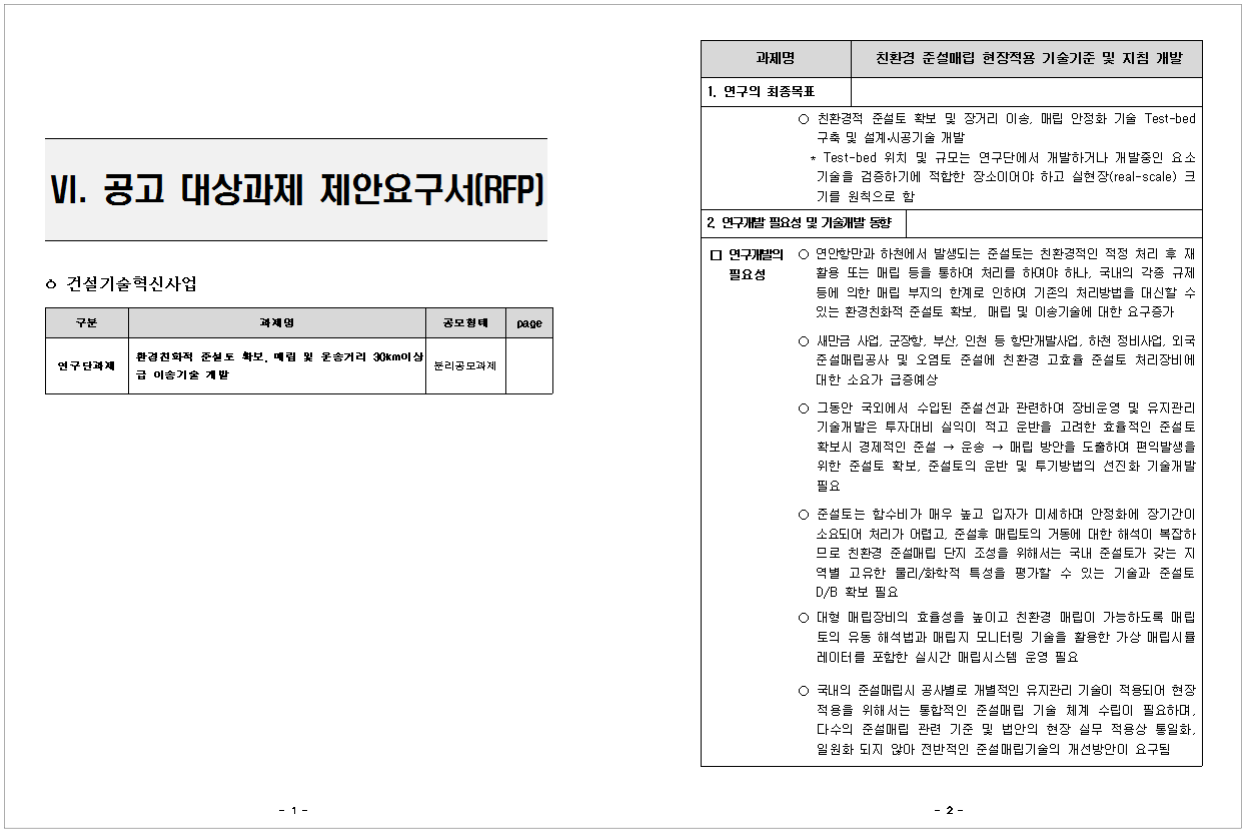
<그림 3.2.1 세부과제 요소기술의 현장실증을 위한 테스트베드 연계방안>

(2) 세부과제 팀구성 및 연구팀의 편성 (3세부 분리공모 연계사업)

○ 테스트베드 실증을 위한 3세부 분리공모 관련 가이드라인(평가항목, 선정 시 유의사항, 연구단과의 연계성 등) 제시

○ 3세부 분리공모 RFP 작성 지원

○ 3세부 분리공모를 위한 사전 팀구성 및 추진회의 (GS건설, 대림산업, 혜인이엔씨, 삼부토건 등)



Ⅵ. 공고 대상과제 제안요구서(RFP)

ㅇ 건설기술혁신사업

구분	과제명	공모형태	page
연구단과제	환경친화적 준설토 확보, 매립 및 운송거리 30km이상급 이송기술 개발	분리공모과제	

- 1 -

과제명	친환경 준설매립 현장적용 기술기준 및 지침 개발
1. 연구의 최종목표	
○ 친환경적 준설토 확보 및 장거리 이송, 매립 안정화 기술 Test-bed 구축 및 설계·시공기술 개발 * Test-bed 위치 및 규모는 연구단에서 개발하거나 개발중인 요소기술을 검증하기에 적합한 장소이어야 하고 실현장(real-scale) 크기를 원칙으로 함	
2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 연안항만과 하천에서 발생되는 준설토는 친환경적인 적정 처리 후 재활용 또는 매립 등을 통하여 처리를 하여야 하나, 국내의 각종 규제 등에 의한 매립 부지의 한계로 인하여 기존의 처리방법을 대신할 수 있는 환경친화적 준설토 확보, 매립 및 이송기술에 대한 요구증가 ○ 새만금 사업, 군장항, 부산, 인천 등 항만개발사업, 하천 정비사업, 외국 준설매립공사 및 오염토 준설에 친환경 고효율 준설토 처리장비에 대한 소요가 급증예상 ○ 그동안 국외에서 수입된 준설선과 관련하여 장비운영 및 유지관리 기술개발은 투자대비 실익이 적고 운반을 고려한 효율적인 준설토 확보시 경제적인 준설 → 운송 → 매립 방안을 도출하여 편익발생을 위한 준설토 확보, 준설토의 운반 및 투기방법의 선진화 기술개발 필요 ○ 준설토는 함수비가 매우 높고 입자가 미세하며 안정화에 장기간이 소요되어 처리가 어렵고, 준설후 매립토의 거동에 대한 해석이 복잡하므로 친환경 준설매립 단지 조성을 위해서는 국내 준설토가 갖는 지역별 고유한 물리/화학적 특성을 평가할 수 있는 기술과 준설토 D/B 확보 필요 ○ 대형 매립장비의 효율성을 높이고 친환경 매립이 가능하도록 매립토의 유동 해석법과 매립지 모니터링 기술을 활용한 가상 매립시뮬레이터를 포함한 실시간 매립시스템 운영 필요 ○ 국내의 준설매립시 공사별로 개별적인 유지관리 기술이 적용되어 현장 적용을 위해서는 통합적인 준설매립 기술 체계 수립이 필요하며, 다수의 준설매립 관련 기준 및 법안의 현장 실무 적용상 통일화, 일원화 되지 않아 전반적인 준설매립기술의 개선방안이 요구됨

- 2 -

<그림 3.2.2 3세부 분리공모 RFP 작성 지원>

(3) 세부과제별 연구개발비 배정 및 연구내용, 연구기간 조정

○ 연차별 중간평가를 반영한 세부과제 연구내용 조정 (KAIA 협의)

○ 연구내용 조정 및 연구수행체계 변경 등에 따른 연구개발비 조정 (KAIA 협의)

○ 테스트베드 실증을 위한 연구기간 조정 (실증 구조물 장기 모니터링)

□ 중간평가의견을 반영한 연구진 보완 결과

○ (환경친화적 준설토 확보, 매립 및 운송거리 30km이상급 이송기술 개발)

구분			당초	변경	비고
연구비			전체 : 54.00억원 분리공모제외 : 25.77억원 / 7.76억원 / 33.53억원	전체 : 변동가능 분리공모제외 : 25.77억원 / 7.76억원 / 33.53억원	미정 -
연구기관 구성체계			- 2개 세부	- 2개 세부(분리공모 포함) 및 총괄 과제	- 1세부 과제 종료 - Test Bed관련 분리공모 발주예정 - 총괄과제 생성
주요변경 사항	1세부	연구내용	-	- 총괄과제	- 1세부 연구기간 종료에 따른 총괄과제 생성
		연구비	- 2.85억원/ - / 2.85억원	- 2.85억원/ - / 2.85억원	-
	2세부	연구내용	- (명지대) · 유동상태 모사를 통한 장치 성능 점검 · 유동상태 수치해석 및 모델링 비교 검증	- (명지대) · 전자기장 인가 장치를 사용한 실내 실험(변경) · 현장실험에 대한 유동 수치해석 및 실험(변경) · 관내 Velocity profile과 Volume concentration Profile과의 연관성 분석 및 관계식 도출(추가)	(변경) Test Bed 구축 관련하여 3세부 분리공모 과제와 연계하여 연구하기 위해 기존의 수치해석을 실내 실험을 통해 검증하고 테스트 베드 구축시 적용 (추가) 현장에서 계측된 프로파일을 통해Test Bed 구축 핵심결정인자 제공
			- (농어촌연구원) · CFD 해석을 통한 피드백	- (농어촌연구원) · ~~CFD 해석을 통한 피드백~~(삭제) · 관중혼합 사전검토 결과를 반영한 현장검증 Pilot Test(추가)	(삭제·추가) CFD 해석을 통한 피드백이라는 다소 모호한 연구계획보다는 관중혼합 사전검토 결과를 반영한 현장검증 Pilot Test 연구내용 추가
		연구비	- 22.92억원 / 776.0억원 / 30.66억원	- 22.92억원 / 776.0억원 / 30.66억원	-
	3세부	연구내용	- (지구환경전문가그룹) · 관중혼합 및 이송 운용시스템 개발 · 준설토 이송관리 모니터링	- (지구환경전문가그룹) · 관중혼합 이송처리 배합설계법 개발 및 검증(변경) · 관중혼합 처리를 위한 설계 기준서 및 시공관리 표준서 제시(변경)	(변경) Pilot Test에 집중·검증하기 위해 기존의 시스템 개발 모니터링 개발 등의 연구내용을 변경
				- (대우건설) · 현장검증을 위한 Pilot Test(추가)	(추가) Pilot Test 시스템 구축 및 제작 지원
		연구비	- 28.23억원 / 미정 / 미정	- 미정 / 미정 / 미정	- 분리공고전 전문가 자문회의를 통해 연구비 및 연구내용 조정 가능

<그림 3.2.3 중간평가를 반영한 세부과제 연구내용 조정(예)>

[준설연구단] 5차년도 연구비 조정(안)

■ 당초 연구비

◦ 기관별 총괄

(단위: 천원)

구 분		3세부 협동	3세부 공동	3세부 공동	3세부 공동	3세부 공동	4세부 주관	계
		헤리이엔씨	삼부토건	포항산업과학연구원	상함이엔씨	케이티엠지	한국해양과학기술원	
5차년도	정부출연금	491,680	274,700	260,000	147,372	1,165,348	470,000	2,789,000
	기업부담금 현금	16,900	20,000	-	6,000	43,400	-	86,400
	기업부담금 현물	152,100	100,000	-	46,000	390,600	-	535,600
	기업부담금 소계	169,000	120,000	-	50,000	434,000	-	604,000
	정부 외 출연금	-	-	-	-	-	-	-
	합계	660,680	394,700	260,000	197,372	1,599,348	470,000	3,662,000

◦ 비목별 총괄

(단위: 천원)

비목	협동기관(헤리이엔씨)		공동기관(삼부토건)		공동기관(포항산업과학연구원)		공동기관(상함이엔씨)		공동기관(케이티엠지)		주관기관(한국해양과학기술원)		합계		구성비(%)
	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	
1. 직접비	639,756	152,100	284,701	100,000	206,048		140,372	46,000	1,168,748	390,600	450,800		2,745,303	687,000	99.4
인건비	161,832	152,100		100,000	115,632			46,000		240,600	274,659		552,123	537,000	30.6
학생인건비															
연구장비재료비	116,000		197,300		59,600		140,372		1,068,748	150,000	13,000		1,596,920	150,000	48.8
연구활동비	110,924		48,600		11,411		4,000		40,000		82,220		297,035		8.3
연구과제 조정비	86,000		18,801		19,600		4,000		60,000		14,980		193,281		5.1
연구수당	30,000		20,000						30,000		45,941		125,941		3.5
위탁연구개발비															
2. 간접비	23,844		10,000		43,952		2,000		10,000		39,200		128,001		3.6
인력지원비	18,000										7,100		25,100		0.7
연구지원비			1,200		43,952						7,100		52,252		1.5
성과활용지원비	5,844		8,800				2,000		10,000		25,000		51,644		1.4
합계	660,680	152,100	294,701	100,000	250,000		142,372	46,000	1,198,748	390,600	470,000		2,874,303	687,700	100

■ KAIA 조정안 및 연구단 제시안 (정부출연금 기준)

◦ 기관별 총괄 (정부출연금 기준)

구 분	3세부 협동	3세부 공동	3세부 공동	3세부 공동	3세부 공동	4세부 주관	계
	헤리이엔씨	삼부토건	포항산업과학연구원	상함이엔씨	케이티엠지	한국해양과학기술원	
당초액	491,680	274,700	260,000	147,372	1,165,348	470,000	2,789,000
KAIA 제시안 (감액)	221,000	29,000	32,000	10,000	34,000	4,000	330,000

- 한국해양과학기술원 – 행정지원인력, 홍보 관련 업무는 간접비로 지출하여야 하여 직접비에서 제외하고, 국외출장 관련 비용 등 64백만원을 삭감 필요. 다만, 4세부과제에서 테스트베드 현장 모니터링 등 추가 과업을 위해 인건비 일부를 보존하여 총 4백만원 감액 필요
- 헤리이엔씨 – 현장 모니터링 등 일부 과업을 4세부로 이관하고, 3세부는 지침, 매뉴얼 작성 등을 주요과업으로 조정하여 인건비, 해외출장, 분담구입, 회의장 사용 등 221백만원 감액 필요
- 삼부토건 – 국외출장, 국내출장, 학회참석, 노트북 구입 비용 등 29백만원 감액
- 포항산업과학연구원 – 인건비, 국내출장, 회의비 등 32백만원 감액
- 상함이엔씨 – 구체적인 시공비 내역이 제시되어 있지 않아 불분명한 시공비 10백만원 감액
- 케이티엠지 – 국외출장, 국내출장, 학회 참석 비용 등 64백만원 감액

연구단 최종안

1. 헤리이엔씨 : 188,000천원 감액함. 당초 221,000천원에서 1년 연장에 따른 부지사용료 48,000천원 해외출장 축소로 인한 국제세미나 개최(2회)비 40,000천원 반영함
2. 삼부토건 : 원안대로 29,000천원 삭감
3. 포항산업연구원 : 62,000천원 감액함. 인건비 20,000천원 삭감하여 부지사용료 반영
4. 상함이엔씨 : 원안대로 10,000천원 삭감
5. 케티엠지 : 74,000천원 삭감. 전문가 시스템 및 토질분석비 40,000천원 감액하여 국제세미나 개최비에 헤인이엔씨에 반영함
6. 해양과기원 : 62,000천원 삭감. 연구협정 인건비 28,000천원 감액하여 부지사용료 반영함

구 분		3세부 협동	3세부 공동	3세부 공동	3세부 공동	3세부 공동	4세부 주관	계
		헤리이엔씨	삼부토건	포항산업과학연구원	상함이엔씨	케이티엠지	한국해양과학기술원	
당초액		491,680	274,700	260,000	147,372	1,165,348	470,000	2,789,000
감액	KAIA 제시안	221,000	29,000	32,000	10,000	34,000	4,000	330,000
	연구단 제시안	133,000*	29,000	62,000	10,000	74,000	32,000	330,000

* 1년연장에 따른 부지사용료 48,000천원 반영 및 국제세미나(준설토 활용 1건 및 이송기술 1건) 개최비 40,000천원을 헤인이엔씨 추가반영 (인건비 및 외부용역비 절감)

<그림 3.2.4 연구개발비 조정 협의(예)>

(4) 세부과제별 연구개발 추진내용 점검 및 진도관리, 자체평가

○ 월간 진도보고

○ 연구단 자체평가, 국내외 전문가 자문단 구성 및 전문가 자문회의

- 본 연구단 연구방향의 적정성, 연구내용간의 연계성, 연구성과의 사업화 등 과제 전반적인 적정성과 성과달성도를 점검하고, 효율적인 연구추진에 필요한 제반사항을 검토



<그림 3.2.5 연구단 과제 성과 및 진도관리 체계>

2016년 1월 주요 연구활동

□ 1월 주요 연구활동

1. 2세부 : 효율적 준설토 이송 및 운반장비 기술 개발
 1) 2-1세부 준설토 고효율 이송기술 개발
 ○ (코리아쌀베지)
 - 새만금 현장실험 및 data 정리 및 분석
 ; 밀도, 유량 준설량 data 정리 및 운항 data 분석
 ; 준설선 동력 data 정리 및 분석
 - 특허 등록 사항 확인 및 진행
 ; 특허출원이후 심사중 상태 확인 및 등록진행 추진

 ○ (나다건설)
 - 모바일 모니터링 기능 개발(~계속)
 ; UI 버전, 데이터 시각화 업데이트 (80%)
 - 현장 실험 및 계측데이터 수집 (~계속)
 ; 새만금 현장 준설 이송 테스트 준비
 (현장 기상, 환경 및 스케줄 문제상 2월로 실험 변경)
 ; 전문가 시스템의 추가 필요한 데이터 확보를 위한 lab. test 준비 (명지대, 몰타르 펌핑 세킷 시스템)
 ; 유량, 유속, 밀도, 펌프 RPM 데이터 분석
 ; 펌프 전력 절감정도 확인을 위한 lab. test (2차) 결과분석
 ; 해외 투고 논문 작성작업(~계속)
 - 3세부 착수회의 참석(2016.01.08., 정순용외 1명)
 - 독일출장(1.20~27)
 ; 연구결과 홍보 및 사업화 방안 협의 (with IFT, Schwing)

<그림 3.2.6 월간 진도보고(예)>

<표 3.2.1 전문가 자문단 구성>

구 분	성명	소속
학계	곽문수	명지전문대학
	김태형	한국해양대학교
	박성식	경북대학교
	윤여원	인하대학교
	장용채	목포해양대학교
	전상수	인제대학교
	최명성	동국대학교
업계	곽상돈	진우기술
	김대학	유니콘기술연구소
	채광석	GS건설
연구소	전철민	한국지질자원연구원
	조삼덕	한국건설기술연구원
공기업	진규남	LH공사





<그림 3.2.7 연구단 자체평가 및 전문가자문회의(예)>

준설연구단 4차년도 전문가 자문회의 회의록

- 행사명 : 준설매립이송기술연구단 4차년도 중간발표 및 전문가 자문회의
- 일시/장소 : 2016년 3월 18일(금) / 대한상공회의소 중회의실B
- 자문위원 : 곽문수 교수(명지전문대), 김태형 교수(한국해양대), 박성서 교수(경북대), 전철민 박사(한국지질자원연구원), 조삼덕 박사(한국건설기술연구원), 진규남 박사(LH공사), 채광석 박사(GS건설), 최명성 교수(동국대)

1. [2세부] 준설토 고효율 이송기술 개발 (코리아쌀베지)

- 전철민 박사
  - 2세부의 요소기술 개발에서 세부적으로 파악된 이송효율 관련 파라미터들의 민감도를 현장적용을 감안하여 현장 활용 시 표준화가 필요할 것으로 판단됨. 이러한 과정은 테스트베드 뿐만 아니라 향후 계획된 상용/실용화 단계로 기술이전 시 반드시 필요함.
  - 이송특성을 모니터링하는 위치와 지점이 일부분이며, 따라서 모니터링으로 취득된 자료들을 파일럿 혹은 테스트베드 규모나 시험시설 규모 전체로 해석할 때 활용하기 위한 전체 시스템의 전산적 혹은 수치적 모형과 이에 대한 해석이 필요할 것으로 판단됨. 유량, 유속, 밀도 등의 효율성 평가인자들은 간접적인 수치이므로 정량적인 이송효율 및 인자별 민감도도 이러한 전체 모형(이송관련)에 비추어 평가되어야 할 것으로 판단됨.
- 채광석 박사
  - 2세부의 각 기관별 연구내용이 상호 연계성이 부족하니 유기적으로 연계성을 설명가능하도록 조치를 강구하는 것이 필요하다고 판단되며 총괄이 통합관리를 추진하도록 권고함.
- 진규남 박사
  - 준설토 이송효율분야는 현재는 '준설량 vs. 동력' 만을 비교 분석하였는데, 실질적으로 이송거리(장거리)에 대한 준설토의 유동특성에 대한 시험결과를 도출해야 함.
  - 준설토 이송에 따른 "준설량 vs. 유속, 밀도" 분석 시, 관내 유속의 측정방법(센서위치 등)에 대한 신뢰성을 검증하여야 함.
  - EMF 방식에 의한 유동제어 시스템 적용 시 "균질", "비균질" 준설토 특성에 대한 보다 상세한 준설토 혼합비율에 대한 제시가 필요함.
- 조삼덕 박사

준설연구단 4차년도 전문가 자문 조치계획서 (혜인이엔씨)

친환경 준설매립 현장적용 기술기준 및 지침개발

자문위원 검토의견	조치의견	반영안
■전철민 박사 - 설계 및 시공지침서가 법적 시방서 및 표준시방서로 제안될 수 있도록 관계법령 및 전문가와 협의 필요	- 관계 법령 및 전문가와 협의를 통해 설계 및 시공지침서가 제안될 수 있도록 추진 중임.	반영
■채광석 박사 - 2세부 참여기관이 3세부 실증실험에 참여하는지? 기술이전 연속성에 문제가 없는지?	- 1세부 및 2세부 참여기관인 삼부토건(주) 및 KTMG가 본 3세부 과제에 참여하고 있으며, 특허 및 기술이전의 연속성을 유지하고 있으며 연구단과 세부과제간 유기적 체계 구축으로 연속성에 문제가 없음.	반영
- 전문가시스템을 현장실증에서 적극적으로 활용하여 2세부 연구성과를 효율적으로 반영하여 이송 효율이 극대화될 수 있도록 계획 반영이 필요함.	- KTMG가 주수행하고 있는 준설토고효율 이송기술을 실증하는 본 3세부 과제에서는 현재 KTMG가 수행하고 있으며 최종 단계에 있는 2세부 연구성과를 효율적으로 반영할 수 있도록 계획을 수립하고 추진 중임.	반영
- 지반특성(입도 등)을 반영한 실증이 되도록 계획에 수립 요망	- 지반특성(입도 등)을 반영하기 위하여 유속 프로파일 등 계측 지점에서 준설시료를 확보하여 시료분석 및 분류를 시행토록 계획하고 있으며 점토, 실트 및 모래질에 대한 각각의 이송효율을 검토할 수 있도록 sample 획득 유효일수를 90일로 설정하고 총 시간은 240시간 데이터를 확보하여 지반특성에 따른 이송효율 실증 계획을 수립하였음.	반영
■최명성 교수 - 기존 1세부, 2세부의 개발기술이 테스트베드에 적용되는데 있어서 현실적인 애로사항·문제점이나 실제 적용성에 대한 평가를 사전에 수행하였나?	- 1세부 및 2세부 참여기관인 삼부토건(주) 및 KTMG가 본 3세부 과제에 참여하고 있으며, 애로사항 및 문제점을 사전 파악하여 당 3세부 Test-bed에서 실증할 수 있도록 계획을 수립하였으며, 1세부 및 2세부 연구성과에 대한 평가는 기수행 되어 적용	반영

<그림 3.2.8 전문가 자문의견 및 조치결과(예)>

○ 세부과제 추진내용 점검회의

- 4차년도 2세부 착수회의 (2015년 7월 28일, 서울역)
- 준설이송기술 현장검증 (2015년 10월 19일, 새만금 군장항 실증현장)
- 준설 이송기술 관련 세미나 (2015년 10월 26일, 한국해양과학기술원)
- 연구단 자체평가 및 전문가자문회의 (2015년 11월 27일, 라마다서울호텔)
- 3세부 착수회의 (2016년 1월 8일, 더케이서울호텔)
- 3세부 워크샵 (2016년 1월 28일, 여수엑스포홀 & 묘도 준설토 투기장)
- 테스트베드 추진회의 (2016년 3월 2일, 혜인이엔씨)
- 연구단 자체평가 및 전문가자문회의 (2016년 3월 18일, 대한상공회의소)
- 테스트베드 추진회의 (2016년 5월 4일, 서울역)

- 2-2세부 자체평가 보고회 (2016년 5월 12일, 한국해양과학기술원)
- 영종도 테스트베드 착공 (2016년 6월 8일, 영종도 실증현장)
- 준설토 이송기술 심층토론회 (2016년 7월 5일, 한국해양과학기술원)
- 5차년도 착수회의 (2016년 9월 9일, 서울역)
- 월간 진도점검회의 (수시)

(5) 세부과제 정성·정량적 성과관리

○ 국토교통과학기술진흥원(KAIA)에서 제시하고 있는 정량적 성과지표를 바탕으로 연차 실적계획 정성·정량적 목표대비 실적을 모니터링하여 세부과제의 성과 달성정도를 점검하고 부진한 부분에 대한 대책협의 및 향후 조치방안 강구

나. 현장 테스트베드 운영 및 기술지원

(1) 테스트베드 추진계획 검토 및 진행관리

○ 테스트베드 후보지, 공간계획 및 관련기관 인허가를 통한 최적지 검토

○ 테스트베드 실증적용에 대한 경제적 타당성과 기술의 진보성 검토

○ 테스트베드 현장 운영방안 수립 및 통합관리체계 구축

○ 전문가자문을 통한 테스트베드 추진계획 검토 및 보완



<그림 3.2.9 테스트베드 추진계획 협의를 위한 워크샵 개최>



2016. 6. 20.(월요일)		전체		Site B						Site S						B1	
작업진행 개요		협상금액: 금일작업		- B2, B3 정형토 투기반설(노적심도 약 180cm, 6/18), 정량토 타설장비 정비(6/20), 정량토 마루리 타설레벨(20cm, 6/21 도전)						- S2, S3: 80cm타설 완료(6/14) - S1, S2: 계측기(지표 침하판 각 12A)설치완료(6/16)						- 브라기 완료(6/18)	
특기사항		- 현업의 보강토 공벽 설치 일정, 계측기 추가설치 일정 등 작업추진 특기사항 확인(with 삼우 Dr. 김) - 정량흙합도 플랜트로부터 Site B1까지 약 500m비포장이 있어서 이동 고려한 추후일정 협의															
완료 상세		전체		B1		B2		B3		S1		S2		S3		B1	
6/20일 현재		계획	시행	계획	시행	계획	시행	계획	시행	계획	시행	계획	시행	계획	시행	계획	시행
토공	타설기(심도)					200	200	200	200	150	150	100	100	50	50	2400	
정량토 타설	타설기부 (cm) 1단계				-	50	50	50	50	50	30	50	50	50	50		
	타설기부 (cm) 2단계				-	100	100	100	100	100	-	50	-	-	-		
	타설기부 (cm) 3단계				-	50	30	50	30	-	-	-	-	-	-		
	소계				-	200	180	200	180	150	30	100	50	50	50		
계측기 설치	지중수평변위계	9		2	2	3	3	3	2	-	-	-	-	-	-	1	0
	토압계(파형강판)	16		6(3)	1(0)	2(3)	0	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	지중침하계(개소)	4		1	1	1	1	1	0	-	-	-	-	-	-	1	0
	구조물경사계	4		-	-	2	0	2	0	-	-	-	-	-	-	1	0
	지하수위계	2		-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0
	간극수압계	10	4	2	2	2	2	2	0	-	-	-	-	-	-	2	0
	지표침하계 관	7	완료	1	1	3	3	3	0	1	1	1	1	-	-	-	-
	지표침하계 판	12		2	0	-	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	변형률계(파형강판)	6		2	0	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	변위계(파형강판)	4		2	0	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<그림 3.2.10 테스트베드 실증현장 작업일보(예)>

(2) 테스트베드 계측모니터링 관리 및 추진내용 점검

○ 준설토 활용기술 테스트베드 현장(영종도) 및 준설토 이송기술 테스베드 현장(군장항, 부산신항) 계측모니터링 관리

○ 전문 계측업체와 협업하여 계측모니터링 및 각종 재하실험 수행 관리

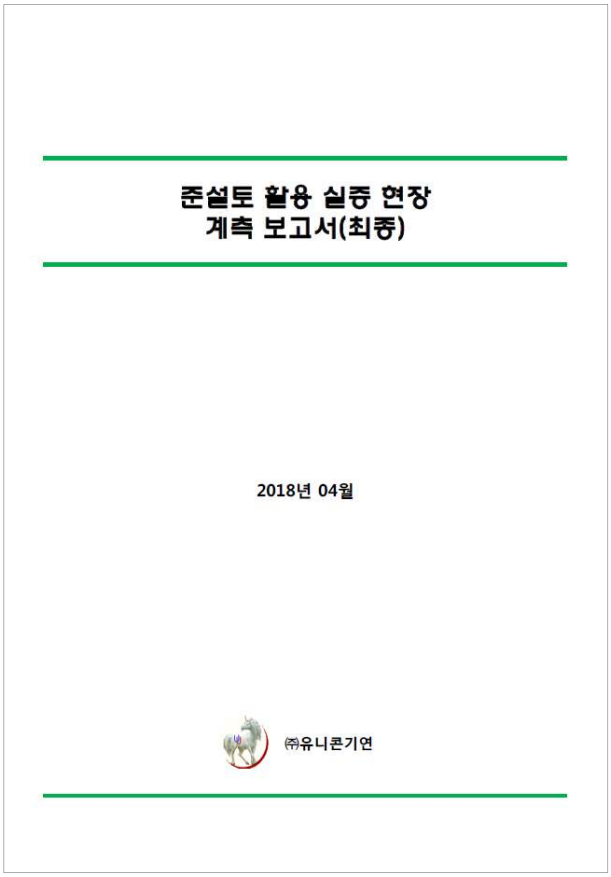
○ 수시 현장점검 및 연구단 월간추진회의를 실시하여 지속적 관리



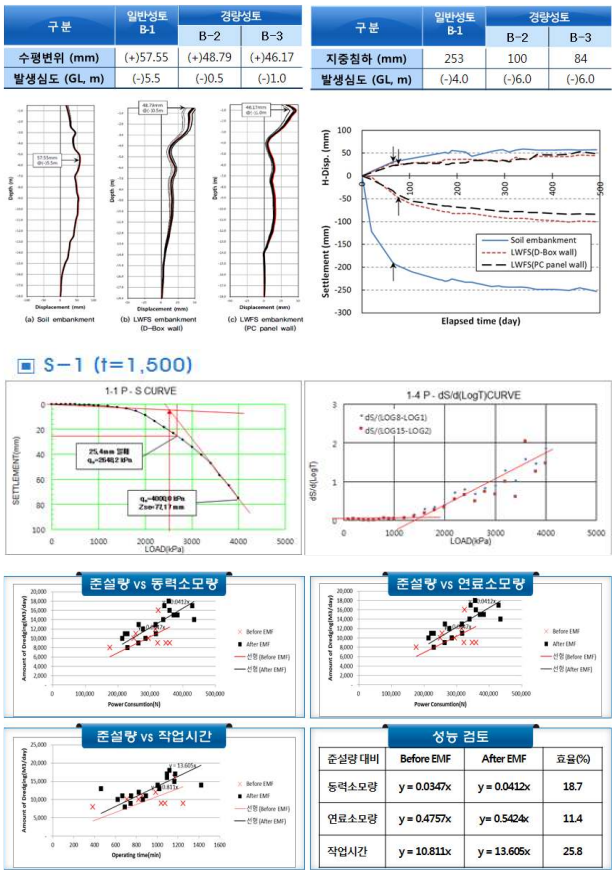
<그림 3.2.11 준설토 활용기술 테스트베드 현장점검>



<그림 3.2.12 준설토 이송기술 테스트베드 현장점검>



<그림 3.2.13 준설토 활용기술 테스트베드 계측보고서>



<그림 3.2.14 계측모니터링 데이터(예)>

(3) 테스트베드 실증실험 기술지원 (수치해석, 데이터 분석 등)

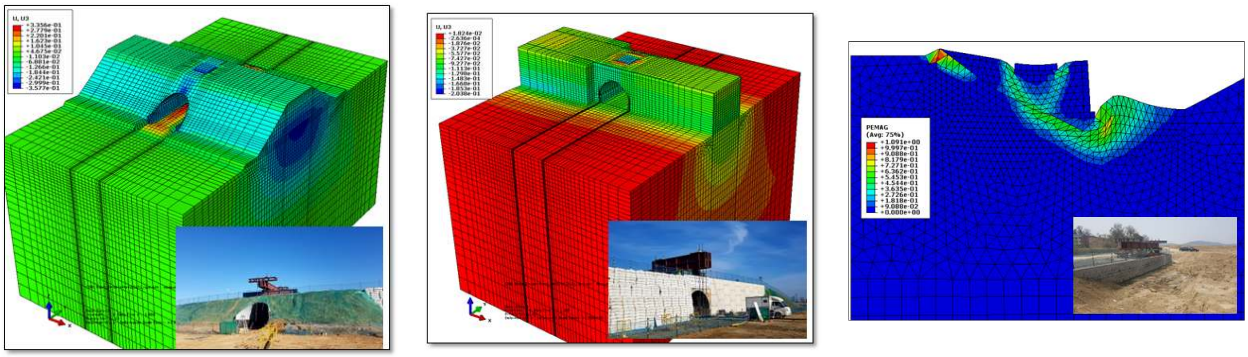
○ 준설토 활용기술 테스트베드 현장 실물재하실험 사전검토와 재하실험 결과분석를 위한 수치해석

- 수치해석을 통한 재하하중 및 반력앵커 용량 결정

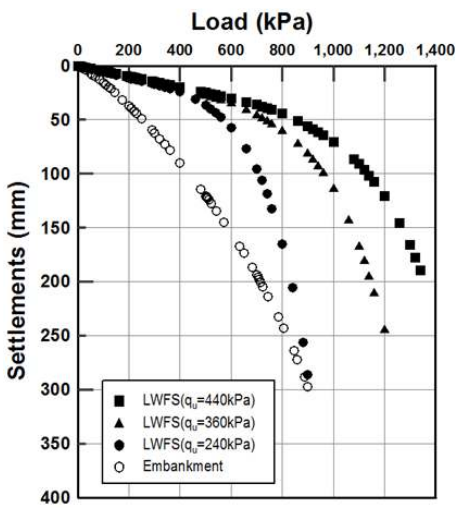
- 재하실험 시 주요 계측항목인 하중-변위 관계 그래프 가이드라인으로 활용
- 재하실험 시 하중전달 및 파괴거동 메카니즘 분석
- 재하실험 결과를 반영한 수치모델 검증 및 추가 매개변수 연구

○ 준설토 이송기술 실증현장 실험데이터 분석

- 전자기장 인가를 통한 이송효율 증가 효과 분석



<그림 3.2.15 준설토 활용기술 테스트베드 실물재하실험 수치해석>



<그림 3.2.16 하중-침하 관계 그래프(예)>



Journal of Coastal Research | SI | 85 | 1141–1145 | Coconut Creek, Florida | 2018

Hydraulic Gradient Reduction Effects on Sand-Water Mixture Flows Caused by Electro-Magnetic Force Generation

Gil-Lim Yoon†, Hong-Yeon Cho††, Yoo-Seung Kim*, and Seung-Hee Kwon**

†Department of Coastal Development/ Ocean Data Science Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology Yeongdo, Busan, Republic of Korea

*KTMG Inc., Seocho, Seoul, Republic of Korea

**Myung-Gi University, Yongin, Gyeonggido, Republic of Korea

www.cerf-jcr.org

www.JCRonline.org

ABSTRACT

Yoon, G.-L.; Cho, H.-Y.; Kim Y.-S., and Kwon, S.-H., 2018. Hydraulic gradient reduction effects on sand-water mixture flows caused by electro-magnetic force generation. *In:* Shim, J.-S.; Chun, I., and Lim, H.S. (eds.), *Proceedings from the International Coastal Symposium (ICS) 2018* (Busan, Republic of Korea). *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 85, pp. 1141–1145. Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.

Large coastal development projects are frequently accompanied by reclamation and dredging works to create coastal land. In coastal reclamation projects, the construction materials and their transportation methods should be determined from an economic perspective because they constitute a large portion of the construction cost. Therefore, improvements to transportation efficiency are strongly expected to contribute to a substantial reduction in construction costs. In this study, an electro-magnetic force (EMF) generation method is proposed, and the quantitative effects of this method are analyzed via hydraulic model experiments with variable practical conditions. The experimental results show that a change in the typical flow type from bottom rolling to suspension contributes to a significant reduction in the bottom resistance and hydraulic gradient because of the lowered deposition height after EMF generation. The EMF effect was larger in fine soils than in coarser soils, and EMF generation reduced the hydraulic gradient by approximately 10%. Thus, EMF generation technology can be applied to reduce transportation costs, including of dredged materials, in many types of fluid flowing projects.

ADDITIONAL INDEX WORDS: *Hydraulic gradient, dredged materials, elector-magnetic force, transport efficiency.*

INTRODUCTION

Reclamation often occurs during coastal development projects to create a large expanse of ocean and coastal land. In general, the materials needed for reclamation are supplied by transporting materials dredged from the coastal sea areas adjacent to the construction sites. Therefore, the transportation costs represent a large proportion of the total construction cost, especially in case of a large-scale coastal project. In this case, the material transportation distance can reach more than 10 km, and the installation and operation of a series of the large capacity pumping system will be inevitably required. The cost of the system is directly proportionate to the transportation distance. An improvement in transportation efficiency is expected to contribute substantially to a reduction in construction cost.

boundaries by the settling of the sediment. Research on pipe flow of dredged materials is concentrated on hydraulic experimental methods because sediment is heterogeneous material and pipe flow can be considered the two-phase flow of sand-water mixtures (Matousek, 2002; Ni and Zhao, 2004; Lee *et al.*, 2005). The design of the dredged material transportation is an optimization problem because the objective function is the minimization of the total transportation cost with fixed constraints based on the project scale data, such as the target flow discharge, water content, sediment grain size, and available pipe diameter. In the case of long-distance transport, the number of and distance between the pumps should be determined for transporting the materials to the target site. Based on the conventional method, the design is focused on the exact

<그림 3.2.17 준설토 고효율 기술 실증실험 분석 논문>

다. 연구단 성과 홍보 및 사업화

(1) 연구단 사업의 성과분석 및 기술의 경제성 평가

○ 본 연구단 과제의 사업성과 제고를 위해 전문업체인 기술가치평가 용역 수행

○ 연구단의 비용·편익 분석결과 B/C ratio는 13.5로 평가됨

- 준설토 안정화 및 활용기술 적용 시 편익 488억원, 준설토 고효율 이송기술 적용 시 편익은 1,020억원 수준으로 평가됨

(2) 국내외 학술발표 및 학회지, 기술기사 작성

○ 국제학술대회 발표 4건

- The 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (2건)
- Dredging Summit & Expo 2017 (1건)
- The 6th International Conference on Green and Smart Technology (1건)

○ 국내학술대회 발표 4건

- 2015 한국해안·해양공학회 학술발표회
- 2015 대한토목학회 정기학술대회
- 2016 한국지반공학회 연약지반기술위원회 계속교육
- 2017 연안방재학회 연례 학술대회

○ 국제 학술지(SCI) 1건

- Journal of Coastal Research, Special Issue No.85, 2018

○ 국내 학술지 2건

- 한국지반환경공학회논문집, Vol.18, No.5, 2018
- 한국지반신소재공학회논문집, Vol.17, No.2, 2018

(3) 주요 개발기술 홍보영상 및 모형제작

○ 세부과제에서 개발한 주요 요소기술을 국내·외에 홍보하기 위한 홍보영상 및 모형 제작

- 준설토 활용기술, 준설물량 산출 자동화 프로그램, 준설토 고효율 이송기술 홍보영상
- 전자기장을 이용한 준설토 고효율 이송기술 축소모형

○ 준설토 활용기술 홍보영상 (5, 10분 분량)

- YouTube 및 SNS 업로드를 통한 홍보
- 기술전시회, 국내·외 학술대회 활용
- 홍보영상 주요내용 : 준설토를 활용한 경량혼합토공법 기술 소개, 실증현장 개요 및 적용기술, 기술의 우수성 및 가치, 기대효과

○ 준설물량 산출 자동화 프로그램 홍보영상 (4분 분량)

- YouTube 및 SNS 업로드를 통한 홍보

- 기술전시회, 국내·외 학술대회 활용
- 홍보영상 주요내용 : 준설매립지반에 대한 3D-DB 구축기법 소개, 준설물량 산출 자동화 프로그램 적용 방법 설명, 개발 프로그램의 우수성 및 가치, 적용분야

○ 준설토 고효율 이송기술 홍보영상 (5분 분량)

- YouTube 및 SNS 업로드를 통한 홍보
- 기술전시회, 국내·외 학술대회 활용
- 홍보영상 주요내용 : EMF를 이용한 준설토 고효율 이송기술 소개, 실증현장 개요 및 적용기술, 기술의 우수성 및 가치, 기대효과

○ 준설토 고효율 이송기술 축소모형 (700mm×1,100mm)

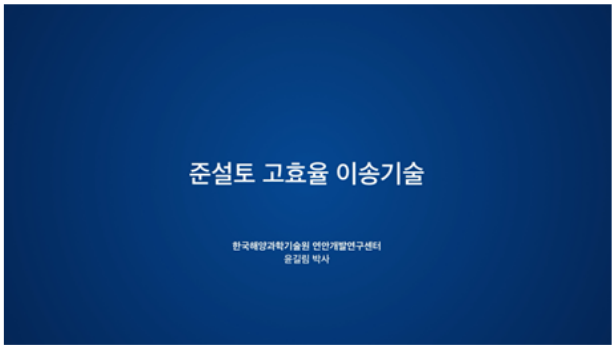
- 한국해양과학기술원 홍보관 상시 전시
- 기술전시회, 학술대회 전시부스에 활용
- 축소모형 주요내용 : 주요 EMF system 및 주요 계통 설명, LED를 이용하여 EMF 효과에 대한 시인성 극대화, 홍보 영상 display 활용



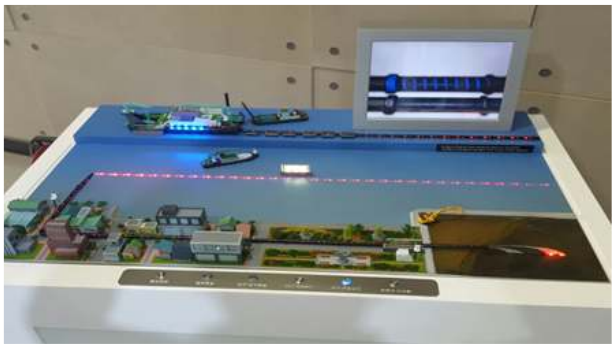
<그림 3.2.18 준설토 활용기술 홍보영상>



<그림 3.2.19 준설물량 산출 프로그램 홍보영상>



<그림 3.2.20 준설토 고효율 이송기술 홍보영상>



<그림 3.2.21 준설토 고효율 이송기술 모형>

○ 최종성과 자료집 작성 및 배포

- 준설연구단 소개와 각 세부별 요소기술의 특징 및 주요 성과물을 정리한 최종성과 자료집 작성 및 배포



<그림 3.2.22 준설연구단 최종성과자료집>

○ 전시부스 운영

- 2017 국토교통기술대전, 19th ICSMGE* 전시부스 운영

* ICSMGE : International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering



<그림 3.2.23 국토교통기술대전, 19th ICSMGE 홍보포스터 및 전시부스>

(4) 국내·외 준설분야 전문가 인적 네트워크 구축 및 기술협력

○ 준설전문업체 벨기에 DEME 방문

- 준설토 장거리 이송기술, 준설토 처리 및 유효활용방안 토의
- 면담자 : Simon Van De Sande, Luk Verstraelen, etc.

○ 2016 WODCON XXI 참가

- 준설 관련 최신동향 파악 및 연구단 개발 기술 (준설토 활용기술, 준설토 고효율 이송기술) 토의
- 면담자 : S. A. Miedema (Delft University of Technology), R. C. Ramsdell (Texas A.

M. University)

○ 농어촌공사 새만금산업단지사업단 사무소 방문

- 준설토 활용기술 및 준설토 고효율 이송기술 소개

○ WEDA Dredging Summit & Expo 2017 참가

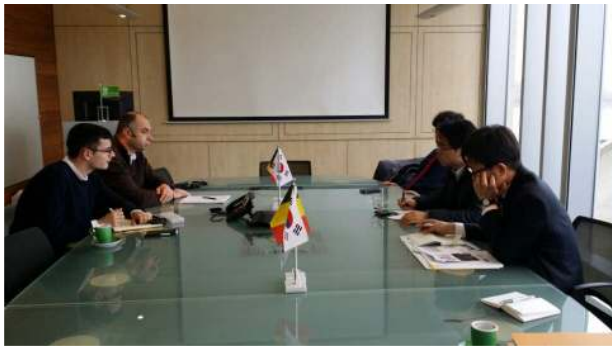
- 준설토 고효율 이송기술 논문발표 및 기술시연회

- 면담자 : Brain Mortaugh, Ryan Bossert, Viuton Bossert(US Army Corps of Engineers), AL Coneau(Industrial ALL)

○ ASGT 2018 참가 및 베트남 건설공사 현장 방문

- 준설토 활용기술 논문발표, 베트남 건설현장(2개소) 방문 및 준설토 활용기술 소개

- 면담자 : 최병욱(대우건설), 김도균, 윤창호, 윤기항(현대건설)



<그림 3.2.24 DEME 방문 및 준설전문가 면담>



<그림 3.2.25 2017년 농어촌공사 기술시연회>



<그림 3.2.26 2017 WEDA 기술시연회(미공병단)>



<그림 3.2.27 WEDA Dredging Summit & Expo 2017 발표>



<그림 3.2.28 베트남 하노이 건설현장 방문(대우건설)>



<그림 3.2.29 베트남 하노이 건설현장 방문(현대건설)>

(5) 세부과제별 연구개발 실용화 전략구축 및 내용 조정

○ 본 연구단의 핵심 연구성과인 준설토 활용기술과 준설토 이송기술을 실용화를 위한 중점 항목으로 선정하여 홍보활동 및 대외기술협력에 집중

○ 준설토 활용기술 실용화 전략

- 대상 기술 : 준설토를 주원료로 하는 경량혼합토와 제강슬래그 혼합토 기술

- 실용화 방안

; 대상 기술의 수요기업 및 협력 파트너 발굴과 수요기업 타겟 마케팅을 통한 기술이전(기술실시계약) 추진

; 수요기업에서 대상 기술을 사업화(시장진입) 하기 위한 지원활동 계속 (장비 플랜트 제작, 실시설계 반영, 후속연구 지원 등)

○ 준설토 고효율 이송기술 실용화 전략

- 조인트 벤쳐(Joint venture) 설립

; 연구단 및 희망 지원자(기업) funding을 통한 비즈니스 전문기업 설립

; 준설토 고효율 이송기술 관련 전문기업 육성을 통하여 경쟁력 확보 목적

- 기술 마케팅 분야와 기술지원 분야로 역할 구분

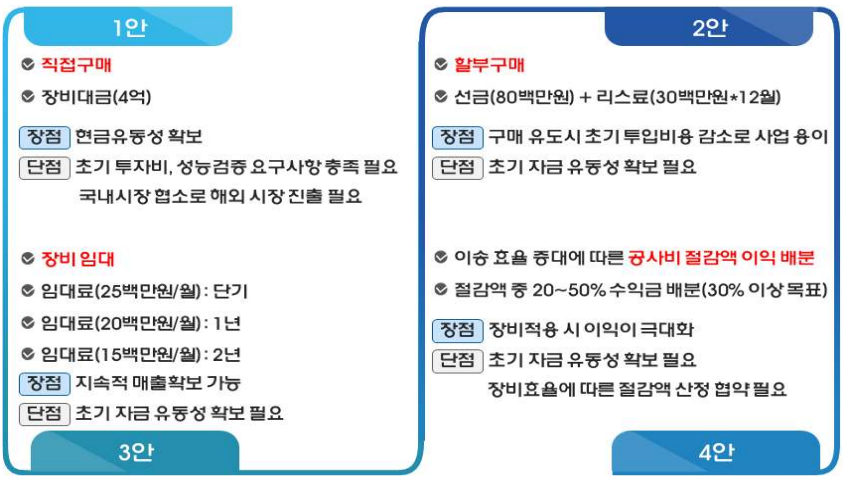
<표 3.2.2 조인트 벤쳐 분야별 역할 분장(예)>

기술 마케팅 분야		기술지원 분야	
구 성	(주)혜인이엔씨, (주)상합이엔씨 등	구 성	KTMG, KIOST
역 할	국내·외 마케팅 및 수주 활동	역 할	현장실무, 장비 납품 및 A/S 기술지원, 교육, 이미지 제고

- 해외 영업을 위한 관련 인증 확보

- 사업화 모델 확정 후 전문인력(영업) 및 조직 구성

- 사업화 모델(안)



<그림 3.2.30 준설토 고효율 이송기술 조인트 벤쳐 사업화 모델(예)>

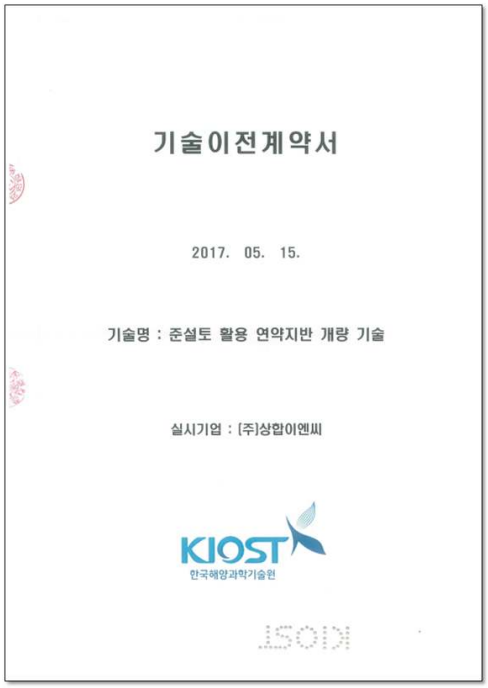
(6) 주요 개발기술 실용화를 위한 기술이전 사업화 추진

○ 기술이전 협약

- 기술명 : 준설토 활용 연약지반 개량 기술
  (특허기술 : 경량혼합토를 이용한 연약지반 개량방법 외 2건)
- 일시 / 장소 : 2017년 6월 15일 / 한국해양과학기술원
- 실시기업 : (주)상합이엔씨, 시지엔지니어링(주)
- 기술료 : 1.65억, 경상 기술료 : 총 매출액 3%



<그림 3.2.31 기술이전 계약 체결식>


기술이전계약서

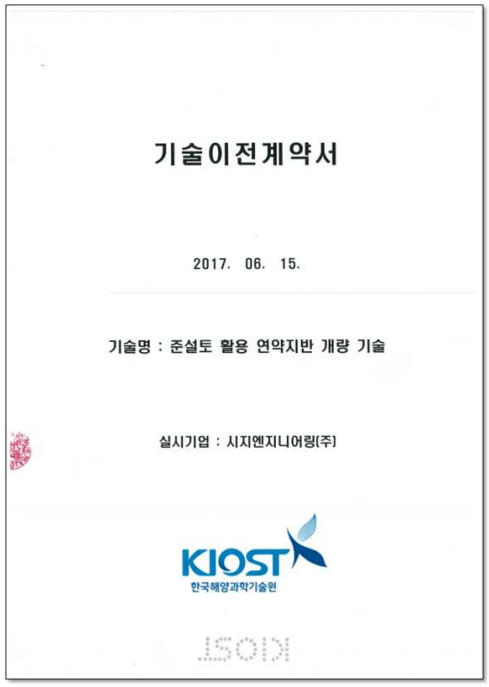
2017. 05. 15.

기술명 : 준설토 활용 연약지반 개량 기술

실시기업 : (주)상합이엔씨

KIOST
한국해양과학기술원

<그림 3.2.32 기술이전계약서(실시기업 : (주)상합이엔씨)>


기술이전계약서

2017. 06. 15.

기술명 : 준설토 활용 연약지반 개량 기술

실시기업 : 시지엔지니어링(주)

KIOST
한국해양과학기술원

<그림 3.2.33 기술이전계약서(실시기업 : 시지엔지니어링(주))>

○ 국외 기술이전 협약 (기술이전을 위한 LOI)

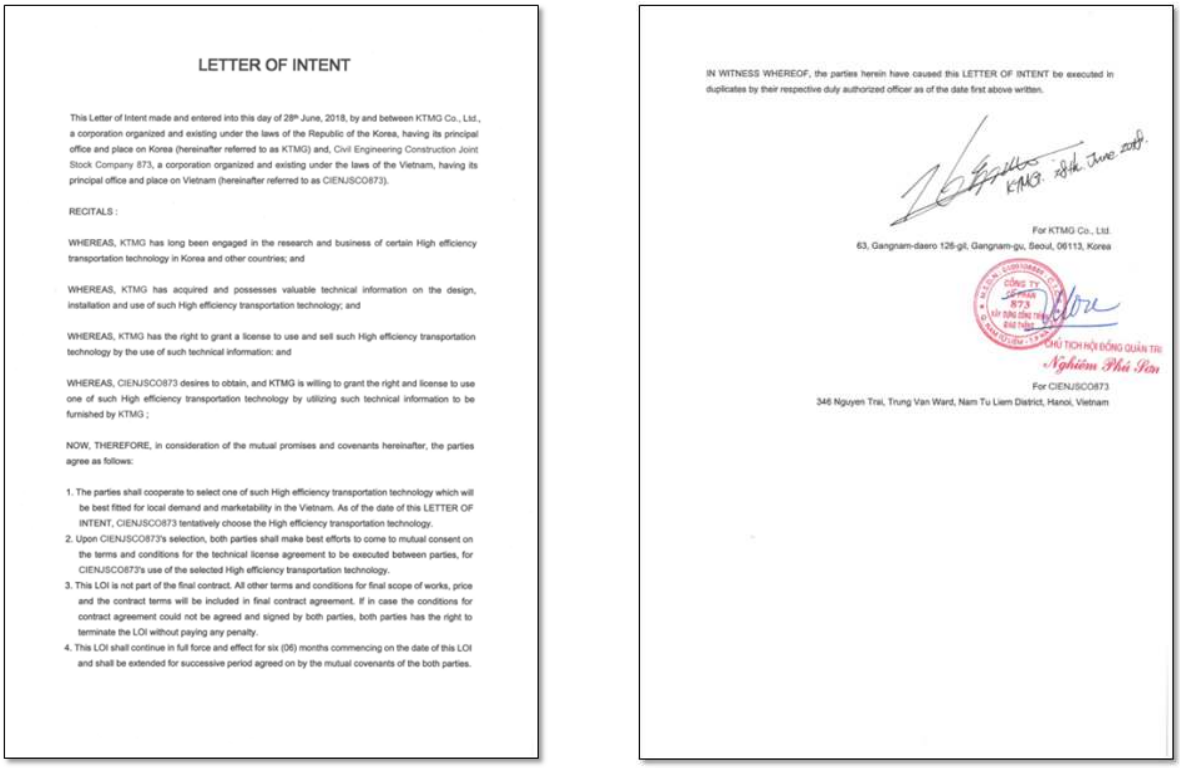
- 기술명 : 준설토 고효율 이송기술
- 일시 / 장소 : 2018년 6월 28일 / 베트남 Malley Hotel Hanoi
- 실시기업 : CIENCO873(베트남)
- 대상지 : 베트남 남딘, 다낭 지역 매립지

※ LOI - Letter of Intent

※ CIENCO873 - 한국의 한국토지주택공사와 유사한 베트남 현지업체



<그림 3.2.34 기술이전을 위한 LOI Signing Ceremony>



LETTER OF INTENT

This Letter of Intent made and entered into this day of 28th June, 2018, by and between KTMG Co., Ltd., a corporation organized and existing under the laws of the Republic of the Korea, having its principal office and place on Korea (hereinafter referred to as KTMG) and, Civil Engineering Construction Joint Stock Company 873, a corporation organized and existing under the laws of the Vietnam, having its principal office and place on Vietnam (hereinafter referred to as CIENJSCO873).

RECITALS :

WHEREAS, KTMG has long been engaged in the research and business of certain High efficiency transportation technology in Korea and other countries; and

WHEREAS, KTMG has acquired and possesses valuable technical information on the design, installation and use of such High efficiency transportation technology; and

WHEREAS, KTMG has the right to grant a license to use and sell such High efficiency transportation technology by the use of such technical information: and

WHEREAS, CIENJSCO873 desires to obtain, and KTMG is willing to grant the right and license to use one of such High efficiency transportation technology by utilizing such technical information to be furnished by KTMG ;

NOW, THEREFORE, in consideration of the mutual promises and covenants hereinafter, the parties agree as follows:

1. The parties shall cooperate to select one of such High efficiency transportation technology which will be best fitted for local demand and marketability in the Vietnam. As of the date of this LETTER OF INTENT, CIENJSCO873 tentatively choose the High efficiency transportation technology.
2. Upon CIENJSCO873's selection, both parties shall make best efforts to come to mutual consent on the terms and conditions for the technical license agreement to be executed between parties, for CIENJSCO873's use of the selected High efficiency transportation technology.
3. This LOI is not part of the final contract. All other terms and conditions for final scope of works, price and the contract terms will be included in final contract agreement. If in case the conditions for contract agreement could not be agreed and signed by both parties, both parties has the right to terminate the LOI without paying any penalty.
4. This LOI shall continue in full force and effect for six (06) months commencing on the date of this LOI and shall be extended for successive period agreed on by the mutual covenants of the both parties.

IN WITNESS WHEREOF, the parties herein have caused this LETTER OF INTENT be executed in duplicates by their respective duly authorized officer as of the date first above written.

For KTMG Co., Ltd.
63, Gangnam-daero 126-gil, Gangnam-gu, Seoul, 06113, Korea

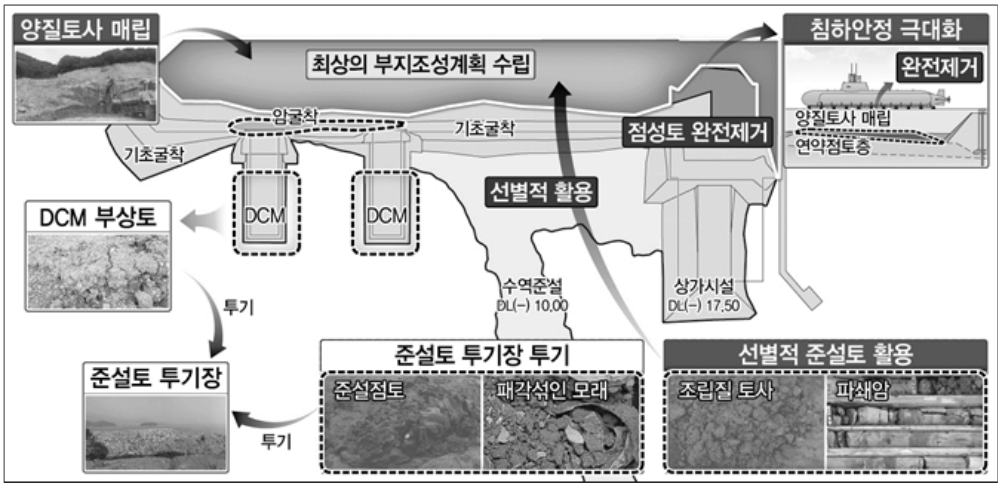
CHỦ TỊCH HỘI ĐỒNG QUẢN TRỊ
Nghiêm Phú Sơn

For CIENJSCO873
346 Nguyen Trai, Trung Van Ward, Nam Tu Liem District, Hanoi, Vietnam

<그림 3.2.35 기술이전을 위한 LOI (실시기업 : CIENCO873)>

○ 현장적용을 위한 설계반영 (2018년 8월 현재 진행 중)

- 사업명 : ○○항 건설사업
- 시공사 : ○○건설 (설계주관 : (주)혜인이엔씨)
- 매립부지 조성 설계 반영사항 : 준설토 30만m^3 전량 준설토 투기장 확보 후 투기(60억)
- 적용방안 : 매립지 내 1단계 가호안 조성 후 준설토-슬래그 혼합토 적용 계획 설계반영 (당초 계획 대비 공사비 20~25% 절감 예상)



<그림 3.2.36 준설토 활용기술(준설토-슬래그 혼합토) 현장적용 계획>

○ 준설토 고효율 이송기술 사업화 추진 사항

- 과제 초기에 타겟으로 정한 새만금 매립사업에 본 기술을 적용하기 위해 농어촌공사 새만금사업단과 지속 협의 진행
  * 새만금 매립을 위한 준설공정이 현재는 내항 중심으로 진행
- 여수신항 인근에 14km 운송 규모의 준설공사가 준비중이어서 본 기술의 적용성이 큼
- 베트남 Hai Phong 도로공사 현장 적용을 위해 MOU 및 LOI 계약 체결
- 장거리 준설구간이 다수 존재하는 미시시피강 준설공사에 적용하기 위해 미공병단과 협의를 지속 (사업화 모델 및 수주 관련 진행중)



<그림 3.2.37 준설토 이송기술 사업화를 위한 추진 현황>

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 성과지표 달성도 (총괄과제, 4세부)

○ 목표

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과		성과점검기준						양적 성과 건수
					질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	
주관 (KIOST)	4	현장 테스트베드 운영·관리 및 요소기술 실용화	4-1	Test-Bed 총괄운영, 관리 및 기술지원	① 계측모니터링 관리 및 추진내용 점검	수시점검/ 자체평가		실시여부	자체평가 실시 및 회의록	0.5	특허 : 출원 1 건 등록 건 논문 : 2 건 시제품 : 건 S/W : 건 기타 : 1 건
					② 준설토 활용·매립 테스트베드 수치모델 검증	계측 모니터링 검증		전문가 검증	논문발표 실적	1.0	
			4-2	연구단 개발기술 가치평가 및 경제성 분석	① 연구단 개발기술의 가치분석 및 경제성 검토	테스트베드 결과를 반영한 경제성 분석		전문가 검증	기술수준 가치평가 보고서	0.5	특허 : 출원 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 건 S/W : 건 기타 : 1 건
			4-3	연구단 개발성과 홍보, 국제교류 및 사업화 방안 마련	① 대외홍보 및 국제 기술교류	연구성과 홍보 및 기술자문		실시여부	기술시연회, 전시, 국제세미나	1.0	특허 : 출원 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 건 S/W : 건 기타 : 6 건
					② 기술이전 및 사업화 전략	기술 실용화		전문가 검증	기술이전 증빙서류, 실용화 보고서	1.0	
계											특허 : 출원 1 건 등록 건 논문 : 2 건 시제품 : 건 S/W : 건 기타 : 8 건

○ 실적

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과		성과점검기준						양적 성과 건수
					질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	
주관 (KIOST)	4	현장 테스트베드 운영·관리 및 요소기술 실용화	4-1	Test-Bed 총괄운영, 관리 및 기술지원	① 계측모니터링 관리 및 추진내용 점검	수시점검/ 자체평가		실시여부	자체평가 실시 및 회의록	0.5	특허 : 출원 2 건 등록 건 논문 : 3 건 시제품 : 건 S/W : 건 기타 : 1 건
					② 준설토 활용·매립 테스트베드 수치모델 검증	계측 모니터링 검증		전문가 검증	논문발표 실적	1.0	
			4-2	연구단 개발기술 가치평가 및 경제성 분석	① 연구단 개발기술의 가치분석 및 경제성 검토	테스트베드 결과를 반영한 경제성 분석		전문가 검증	기술수준 가치평가 보고서	0.5	특허 : 출원 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 건 S/W : 건 기타 : 1 건
			4-3	연구단 개발성과 홍보, 국제교류 및 사업화 방안 마련	① 대외홍보 및 국제 기술교류	연구성과 홍보 및 기술자문		실시여부	기술시연회, 전시, 국제세미나	1.0	특허 : 출원 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 건 S/W : 건 기타 : 6 건
					② 기술이전 및 사업화 전략	기술 실용화		전문가 검증	기술이전 증빙서류, 실용화 보고서	1.0	
계											특허 : 출원 2 건 등록 건 논문 : 2 건 시제품 : 건 S/W : 건 기타 : 8 건

※ 성과점검기준 외 실적 - 국내·외 학술발표회 논문발표 7건, 저서 1건

○ 핵심 연구성과

연번	핵심성과 (CTE)	핵심성과 설명	성과유형[1]	연구기관	해당 연차	TRL
4	현장 테스트베드 운영·관리 및 요소기술 실용화	• 3세부에서 추진되는 준설토 활용 및 이송기술 테스트베드 실증현장에 대한 총괄운영과 관리, 기술지원을 통해 연구성과 극대화 • 연구단 개발기술에 대한 비용·편익 분석을 실시하여 기술수준과 가치평가 결과 제시 • 연구단 개발성과의 실용화를 위한 대외홍보와 국제교류사업을 적극 추진하고, 이를 통해 기술이전 및 사업화 방안 마련	기타	한국해양과학기술원	5	8

※ 성과유형 설명

성과유형	정 의	예 시
① 공법·기법	- 기존에 존재하였거나 활용되었던 장비, 장치, 재료, 자재 등으로 새로운 제작물이나 제작 및 시공 방법 등을 제시	시공방법, 설계기법 등
② 재료·자재	- 효율성, 경제성, 적합성 등으로 기존의 원료 및 재료를 대체할 수 있는 새로운 대안을 제시	강, 콘크리트 등
③ 소프트웨어	- 스프레드시트 템플릿, 워드프로세서 매크로, 그래픽/애니메이션 스크립트 등과 같이 특화된 요구를 충족시키는 s/w를 개발	설계프로그램, DB 등
④ 장비·장치	- 기존의 장비/장치, 설비, 도구 등을 대체하거나 발전시킬 수 있는 새로운 구조, 작동원리, 알고리즘 등을 적용한 대체물을 제시	기계, 로봇, 부품 등
⑤ 시스템	- 다양한 장치와 소프트웨어 등이 결합하여 일체로 활용되는 하나의 통일적 전체를 구성하는 대상들의 집합으로 운영되는 체계를 제시	공조, 제어 등 시스템
⑥ 정책·제도	- 각종 법령, 건설공사 기준, 지침, 제도개선 방안	법령, 지침, 시공기준 등
⑦ 기타	- 위의 6가지 유형에 해당하지 않는 경우로서 별도로 성과유형명 작성	-

2. 관련 분야 기여도

제 5 장 연구개발성과의 활용 계획

제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

제 7 장 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
		√
결정 사유	RFP 제시사항	

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구실적·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호
해당 사항 없음								

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

제 1 절 연구실 안전조치 이행 실적

○ 한국해양과학기술원 온라인 법정교육(6시간/분기) 및 외부강사 교육을 통해 연구개발과제 수행 중 발생가능한 안전사고 방지

○ 매월 1회 연구기관 내 모든 컴퓨터에 대한 보안 점검 실시 중

○ 원내 자체 보안안전관리팀에 의해 매일 보안 점검이 이루어지고 있음

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	Hydraulic Gradient Reduction Effects on Sand-Water Mixture Flows Caused by Electro-Magnetic Force Generation	한국 해양 과학 기술원	주관	Journal of Coastal Research	1.06	2018. 05.	단독	SCI
2	논문	연약지반에 시공된 도로용 경량성토체의 재료 및 거동특성	한국 해양 과학 기술원	주관	한국지반 신소재학회 논문집		2018. 06.	단독	국내학술지
3	논문	준설 실트질 점토를 이용한 경량기포혼합토의 압축강도 특성	한국 해양 과학 기술원	주관	한국지반 환경공학회 논문집		2017. 05.	단독	국내학술지
4	특허	준설토 운송 시스템 및 그 제어방법	한국 해양 과학 기술원	주관	대한민국		2016. 04	단독	등록번호: 10-1514269
5	특허	자기장과 토네이도 와류기술을 이용한 장거리 준설토 운송 시스템 및 그 제어방법	한국 해양 과학 기술원	주관	대한민국		2016. 03.	단독	등록번호: 10-1602172
6	특허	Dredged soil transport system and its control method thereof	한국 해양 과학 기술원	주관	일본		2016. 04.	단독	등록번호: 5922174
7	특허	Dredged soil transport system and its control method thereof	한국 해양 과학 기술원	주관	호주		2016. 11.	단독	등록번호: 2013382749

8	특허	Dredged soil transport system and its control method thereof	한국해양과학기술원	주관	미국		2017. 08.	단독	등록번호: 9,725,876
9	특허	Dredged soil transport system and its control method thereof	한국해양과학기술원	주관	중국		2017. 05.	단독	등록번호: ZL201310500663.5
10	특허	Dredged soils long distance transport system using magnetic field and tornado and its control method thereof	한국해양과학기술원	주관	호주		2016. 06.	단독	등록번호: 2014227445
11	특허	Dredged soils long distance transport system using magnetic field and tornado and its control method thereof	한국해양과학기술원	주관	싱가포르		2016. 08.	단독	등록번호: 11201408117W
11	특허	Dredged soils long distance transport system using magnetic field and tornado and its control method thereof	한국해양과학기술원	주관	일본		2016. 06.	단독	등록번호: 5945890
12	특허	Dredged soils long distance transport system using magnetic field and tornado and its control method thereof	한국해양과학기술원	주관	중국		2017. 08.	단독	등록번호: 105102356
13	특허	Dredged soils long distance transport system using magnetic field and tornado and its control method thereof	한국해양과학기술원	주관	미국		2016. 12.	단독	등록번호: 9,517,900

제 11 장 기타 사항

제 12 장 참고 문헌

1. 준설토 활용기술 관련

(1) 국토해양부(2008), 다기능 I-PORT 구축. 한국해양과학기술진흥원

(2) 국토해양부(2011) 저탄소 녹색 준설매립 기술 개발 기획연구 보고서, 국토해양부

(3) 강인석, 김슬기, 김현승, 문현석, 토목공사 기획 및 설계단계의 BIM 적용방안 연구(2011), Journal of KBIM Vol.1,No.1

(4) 고인룡, 김명근, 민영기, 정태승, BIM 기반 설계프로세스 및 적용방법에 관한 연구(2012), 한국BIM학회 정기학술대회 논문집

(5) 권승희, 조선두, 박찬규, 정재홍, 이승훈 (2010), “전단유도입자이동을 고려한 콘크리트 펌핑에서의 윤활층 형성에 대한 해석적 평가”, 가을 학술대회 논문집, 한국콘크리트학회, pp. 3-4.

(6) 김영진, 남경필, 권영호 (2010), “하천 오염준설토 재활용을 위한 관리 및 처리방안”, 한국수자원학회지, 한국수자원학회, vol. 43, no. 3, pp. 16-22.

(7) 김영진, 남경필, 이승배, 김병규, 권영호, 황인성 (2010), “세척과 안정화기술을 적용한 오염준설토의 처리 및 재활용 시스템 개발”, 한국지하수토양환경학회지, 한국지하수토양환경학회, vol. 15, no. 2, pp. 47-54.

(8) 김원기, 김지수, 문윤섭, 정교철, 김사덕 (2008), 효과적인 유적탐지를 위한 지질공학적 모형설정과 이에 대한 GPR탐사의 적용, 대한지질공학회 학술발표회논문집, pp191-196.

(9) 김윤태, 강효섭(2008), 폐타이어 분말을 이용한 혼합경량토의 역학적 특성연구”, 대한토목학회 논문집, 제28권, 제4C호, pp. 247~253.

(10) 김윤태, 강효섭(2009), 직접전단시험에 의한 폐타이어 혼합경량토의 전단특성 연구, 한국해양공학회지, 제23권, 제3호, pp. 20-29.

(11) 김윤태, 권용규, 김홍주, 조상찬(2005), 섬유혼합 보강경량토의 거동 특성, 대한토목학회 정기학술대회, pp. 3381~3384.

(12) 김홍택, 김영윤, 강인규, 김경모, 박준용, 박시삼(2001), EPS bead 혼합경량토의 재료적 특성과 보강토 구조물 뒤채움재로의 활용, Geosynthetics Conference, Nov. 30, 2001, pp. 257-264.

(13) 류찬열 (2009), “동경 하네다 국제공항 해상 활주로 공사 견학”, 한국지반공학회지, 한국지반공학회, vol. 25, no. 3, pp. 47-51.

(14) 배환진, 조대철, 권성현 (2010), 토착균주 활성화를 위한 산소발생제 MgO2 투입에 의한 연안저질의 이화학적 성분 변화 관찰, 한국환경과학학회지 제 19권(제5호), pp617-625

(15) 백원진, 이강일(2006), 뒷채움재로 이용한 고로 수쇄슬래그의 토압특성에 관한 실험적 연구, 한국지반공학회 논문집, 제22권, 제8호, pp. 119-127.

(16) 송준호, 임종철, 홍석우(2008), 원료토의 특성에 따른 경량기포혼합토의 압축강도 영향인자, 한국지반공학회 논문집, 제24권, 제1호, pp. 157-166.

(17) 신방웅, 이종규, (2000), 폐스티로폴 입자와 현장 발생토를 활용한 경량혼합토의 공학적 특성, 한국지반환경공학회 논문집, 제1권, 제1호, pp. 43-50.

(18) 신은철, 오영인, 김종인 (2000), “준설선을 활용한 지오튜브공법 개발”, 가을학술발표회, 한국지반공학회, pp. 177-184.
(19) 심민성 (2004), 시공사례 : “SPUD GRAB DREDGER & GPS를 이용한 준설관리 시스템”, 한진건설기술, 한진중공업, vol. 36, pp. 55-63.
(20) 심창수, 이광명, 강인석, 김용한, 황규환, BIM 적용 설계 가이드 라인 - 3차원 토목설계 지침(2011), 가상건설시스템개발 연구단
(21) 여수지방해양수산청, 2000, OO항 O컨부두 배후지 준설토 투기장 가호안 기본 및 실시설계 보고서
(22) 오명학, 김용성, 박준범, (2006), 지반 오염도 조사를 위한 전기비저항/정전용량 측정콘의 적용성 평가, 한국지반공학회 논문집, 제22권 7호, pp.45-54.
(23) 윤길림(2003), 준설토 재활용 방안연구, 한국해양연구원 연구보고서, 해양수산부
(24) 윤길림(2004), 차세대 항만설계기술개발 (IV), 한국해양연구원 연구보고서, 해양수산부
(25) 윤길림(2005), 차세대 항만설계기술개발(V), 한국해양연구원 연구보고서, 해양수산부
(26) 윤길림, 김병탁, (2004), 경량기포혼합토의 압축 및 강도특성 연구, 한국지반공학회 논문집, 제20권, 제4호, pp. 5-13.
(27) 윤길림, 김한선(2011), 준설토 활용공학, 씨아알
(28) 윤길림, 이근하, 함태규, 이규환 (2011), “해상풍력발전(Offshore Wind Turbine)과 지반공학”, 한국지반공학회지, 한국지반공학회, vol. 27, no. 2, pp. 8-17.
(29) 윤길림, 이찬원, 정우섭 (2008), “준설토 유효활용을 위한 한국형 환경기준 개발”, 한국지반공학회논문집, 한국지반공학회, vol. 24, no. 5, pp. 5-13.
(30) 이강근, 여인욱, 문희선, 김훈미, 양재하, 한국환경산업기술원 (2011), DNAPL오염부지 조사 및 특성평가, 한국환경산업기술원 보고서, pp9-25
(31) 이성순, 이진용, 윤희성, 이강근, 김창균, 유영철, (2006), 불량 매립지 오염평가를 위한 지구물리 탐사 사례연구, 대한환경공학회지, 28권5호, pp.463-71.
(32) 이주한, 진영근, 홍종국, 홍성민, 김예동 (2005), GPR을 이용한 리빙스톤섬 빙하층 탐사, 지구물리, pp.63-66.
(33) 이중우, 정대득, 조증언, 김주영, 오동훈 (2005), “스퍼드 준설선 공정관리시스템을 이용한 항로준설작업의 평가”, 한국항해항만학회지, 한국항해항만학회, vol. 29, no. 5, pp. 395-402.
(34) 조창근, 김화중, 최열 (2008), “점소성 유동 입자법에 의한 굳지 않은 콘크리트의 유동해석 모델”, 콘크리트학회논문집, 한국콘크리트학회, vol. 20, no. 3=no. 105, pp. 317-323.
(35) 포항지방해양수산청, 2004, OO항 개발 실시설계용역 보고서
(36) 포항지방해양수산청, 2004, OO항 O방파제 축조공사 실시설계 보고서
(37) 해양수산부(1999), 항만 및 어항 설계기준(상권)
(38) A. Kumar, D. R. Kaushal and U. Kumar (2008), “Bend pressure drop experiments compared with Fluent”, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Engineering and Computational Mechanics 161, March 2008 Issue EM1, pp. 35 - 42.
(39) Ahmet Bilgil, Baki Öztürk and Ayhan Samandar (2010), “Application of numerical analysis for investigation of relationship between slump values and other rheological properties of fresh concrete”, Scientific Research and Essays Vol. 5(10), pp. 1111-1121,

18 May, 2010.
(40) Alessandro Berni (2005), "UNSTEADY VELOCITY PROFILES AND ENERGY DISSIPATION IN TURBULENT PIPE FLOW", PHD THESIS, Perugia, 11 february 2005.
(41) ANNIKA GRAM AND PROF. JOHAN SILFWERBRAND (2010), "Simulation of Fresh Concrete Channel Flow - Evaluation of Rheological Parameters", 8th fib PhD in Kgs. Lyngby, Denmark June 20 - 23, 2010.
(42) Annika Gra (2009), "Numerical Modelling of Self-Compacting Concrete Flow - Discrete and Continuous Approach", TRITA-BKN. Bulletin 99, ISSN 1103-4270, ISRN KTH/BKN/B - 99 - SE.
(43) B. Patz´ak and Z. Bittnar (2008), "SIMULATION OF FRESH CONCRETE FLOW", 8th.World Congress on Computational Mechanics (WCCM8), 5th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2008), June 30 - July 5, 2008, Venice, Italy.
(44) Chapman, S. W.,Byerley, B. T., Smyth, J. A., Mackay, D. M., (1997), A Pilot Test of Passive Oxygen Release for Enhancement of In Situ Bioremediation of BTEX-Contaminated Ground Water, Ground Water Monitoring and Remediation. 93-105.
(45) Dennis E. Becker(2006), "Limit State Design Based Codes for Geotechnical Aspects of Foundation in Canada", International Symposium on New Generation Design Codes for Geotechnical Engineering Practice-Taipei 2006
(46) Harrison M. Wadsworth(1990), HANDBOOK of Statistical Methods for Engineers and Scientists, McGraw-Hill, Inc.
(47) Heikki Haario, Arto Laari (2010), ""CFD Simulation of Two-phase and Three-phase Flows in Internal-loop Airlift Reactors", Master's thesis, Lappeenranta University of Technology, Department of Mathematics and Physics on 27th May, 2010.
(48) Leonid Bolshov, Vladimir Chudanov (2007), "CFD APPROACH TO MODELING OF CORE-CONCRETE INTERACTION", International Conference, Transactions, SMiRT 19, Toronto, August 2007, Paper # B07/1.
(49) Matsuda, H., Ohira, N., Takamiya, K., Shinozaki, H., Kitayama, N. and Murakami, M.(2003), Application of granulated blast furnace slag to light weight embankment, Proceedings of the international conference organized by British Geotechnical Association and held in Dundee, pp. 603-611.
(50) Nanoweekly (2004), Korea Institute of Science and Technology Information, 89, pp 1-16
(51) NAVFAC (2002), Surfactant-Enhanced Aquifer Remediation (SEAR) Design Manual, NFESC Technical Report TR-2206-ENV.
(52) Nicolas Roussel, Mette R. Geiker, Frédéric Dufour, Lars N. Thrane, Peter Szabo (2007), "Computational modeling of concrete flow : General overview", Cement and Concrete Research, Volume 37, Issue 9, September 2007, pp. 1298-1307.

(53) Pierce, CE. and Blackwell, M.C.(2003), Potential of Scrap Tire Rubber as Lightweight Aggregate in Flowable Fill, Waste Management, 23, pp.197-208.
(54) Poon, K.K. and Kulhawy, F.H.(1999), "Characterization of Geotechnical Variability", Canadian Geotechnical Journal, Vol. 36
(55) Sandro Longo, Dongfang Liang, Luca Chiapponi, Laura Aguilera Jiménez (2012), "Turbulent flow structure in experimental laboratory wind-generated gravity waves", Coastal engineering, vol. 64, pp.1-15.
(56) Sandro Longo (2010), "Experiments on turbulence beneath a free surface in a stationary field generated by a Crump weir: turbulence structure and correlation with the free surface", Experiments in fluids, vol. 50, no. 1, pp. 201-215.
(57) Seongho Hong (2004), "SENSITIVITY ANALYSIS OF PLUG FLOW PORE SURFACE DIFFUSION MODEL I: FOR SINGLE COMPONENT", Environmental engineering research, vol. 9, no. 1, pp. 38-44.
(58) Submitted By Deepali Patro, Under the guidance of Prof. (Dr.) K. C. Biswal, "CFD SIMULATION OF MIXING AND SEGREGATION IN A TAPERED FLUIDIZED BED", Department of Chemical Engineering, National Institute of Technology, Rourkela, Roll No. : 10400019.
(59) Toufik Zebbiche and ZineEddine Youbi (2006), "Supersonic Plug Nozzle Design and Comparison to the Minimum Length Nozzle Configuration", KSAS international journal vol. 7, no. 1, pp. 27-42.
(60) Trevor L.L. Orr and Eric R. Farrell(1999), Geotechnical Design to Eurocode 7, Springer
(61) Trevor L.L. Orr(2006), "Development and implementation of Eurocode 7", International Symposium on New Generation Design Codes for Geotechnical Engineering Practice-Taipei 2006
(62) V. SINGH, S. SRIVASTAVA, R.CHAVAL, V. VITANKAR, B. BASU, M.C.AGRAWAL (2006), "SIMULATION OF GAS-SOLID FLOW AND DESIGN MODIFICATIONS OF CEMENT PLANT CYCLONES", Fifth International Conference on CFD in the Process Industries CSIRO, Melbourne, Australia 13-15 December 2006.
(63) 土田孝, 長井興詒, 湯川雖之, 岸田洚夫(1996), 山本實: 岸壁の裏込め材として打設さわそ輕量混合處理土の土質特性, 港灣坡硏工資料, No.833.
(64) 橫田聖哉, 三嫣信雄(1996), 기포혼합 경량토공법, 토목기술, 제4권, 제6호, pp. 45-54.

2. 준설토 이송기술 관련

(1) 이진덕, 이재빈, 김현호 (2011), “비콘 DGPS기반 펌프식 해상준설 공정관리시스템의 구축”, 한국측량학회지, 한국측량학회, vol. 29, no. 6, pp. 613-620.

(2) 심민성 (2004), 시공사례 : “SPUD GRAB DREDGER & GPS를 이용한 준설관리 시스템”, 한진건설기술, 한진중공업, vol. 36, pp. 55-63.

(3) 정대득, 이중우, 조증언 (2002), “펌프식 준설선의 통합공정관리시스템 개발”, 한국항해항만학회지, 한국항해항만학회, vol. 26, no. 1, pp. 146-151.

(4) 정대득, 이중우, 조증언 (2001), “준설공정관리시스템 개발에 관한 연구”, 한국항해항만학회지, 한국항해항만학회, vol. 15, no. 1, pp. 75-85.

(5) 이중우, 정대득, 조증언, 김주영, 오동훈 (2005), “스퍼드 준설선 공정관리시스템을 이용한 항로준설작업의 평가”, 한국항해항만학회지, 한국항해항만학회, vol. 29, no. 5, pp. 395-402.

(6) 조홍제, 한군연, 김상호 (1996), “낙동강 하류부에서의 오니준설에 따른 수질영향 분석”, 한국수자원학회지, 한국수자원학회, vol. 29, no. 3, pp. 177-186.

(7) 조홍제, 이병호, 김정식, 이근배 (2002), “토시하천의 하상퇴적토 준설에 따른 수질변화 예측”, 한국수자원학회지, 한국수자원학회, vol. 35, no. 2, pp. 137-148.

(8) 유상철, 서승원, 이화영 (2012), “새만금 내부개발이 체류시간 및 수질변화에 미치는 영향”, 한국해양환경공학회지, 한국해양환경에너지학회, vol.15, no.3, pp. 186-197.

(9) 박재현, 김명학, 권대영 (2003), “준설토 투기장의 배출수 오염 저감에 관한 연구”, 학술발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 509-512.

(10) 안재환, 김미경, 이미경, 황병기 (2005), “퇴적물 준설에 따른 수환경 영향 예측 모의”, 대한환경공학회지, 대한환경공학회, vol. 27, vol. 11, pp. 1228-1237.

(11) 홍남식 (2010), “3차원 수치모형실험을 통한 오탁방지막의 오염물질 및 준설토 확산 저감 특성 조사”, 한국해양공학회지, 한국해양공학회, vol. 24, no. 4, pp. 78-85.

(12) 남양원 (2012), “준설토와 사토장 발생 탁질 및 오염물질 처리시스템 개발”, 환경부.

(13) 김영진, 남경필, 권영호 (2010), “하천 오염준설토 재활용을 위한 관리 및 처리방안”, 한국수자원학회지, 한국수자원학회, vol. 43, no. 3, pp. 16-22.

(14) 오명학, 윤길림, 오영민 (2012), “준설토 처리를 위한 해상처분장 기술 현황”, 춘계학술대회, 한국항해항만학회, pp. 383-385.

(15) 이준호, 양승호, 신용균, 방기웅 (2011), “Chitosan 응집제를 이용한 준설토 부유물질 처리”, 대한환경공학회지, 대한환경공학회, vol. 33, no. 11, pp. 834-846.

(16) 김영진, 남경필, 이승배, 김병규, 권영호, 황인성 (2010), “세척과 안정화기술을 적용한 오염 준설토의 처리 및 재활용 시스템 개발”, 한국지하수토양환경학회지, 한국지하수토양환경학회, vol. 15, no. 2, pp. 47-54.

(17) 윤길림, 이찬원, 정우섭 (2008), “준설토 유효활용을 위한 한국형 환경기준 개발”, 한국지반공학회논문집, 한국지반공학회, vol. 24, no. 5, pp. 5-13.

(18) 신은철, 오영인, 이규홍 (1999), “유수지 준설매립토의 적정량 산출에 관한 연구”, 학술발표회논문집, 한국지반공학회, pp. 381-388.

(19) 신은철, 오영인 (2000), “준설오니의 토량 산출 및 성분분석”, 한국토양환경학회지, 한국지하수토양환경학회, vol. 5, no. 2, pp. 13-21.

(20) 신은철, 오영인, 김종인 (2000), "준설선을 활용한 지오튜브공법 개발", 가을학술발표회, 한국지반공학회, pp. 177-184.
(21) 김토문, "분할형 토운선", 출원번호(1990-0013965)
(22) 진영용, "지연식 정류벽을 갖는 토운선", 출원번호(1996-041802)
(23) 박상경, "준설토를 적재하기 위한 컨테이너를 구비한 토운선 및 이를 이용한 준설토 처리방법", 출원번호(10-2007-0015968)
(24) 최근철, "해양 오염방지를 위한 해안 매립 언로딩공법", 출원번호(10-2009-0092201)
(25) 이만수, 전찬후, 한병원, "준설 모니터링 시스템", 출원번호(10-2008-0025233)
(26) Nicolas Roussel, Mette R. Geiker, Frédéric Dufour, Lars N. Thrane, Peter Szabo (2007), "Computational modeling of concrete flow : General overview", Cement and Concrete Research, Volume 37, Issue 9, September 2007, pp. 1298-1307.
(27) Leonid Bolshov, Vladimir Chudanov (2007), "CFD APPROACH TO MODELING OF CORE-CONCRETE INTERACTION", International Conference, Transactions, SMiRT 19, Toronto, August 2007, Paper # B07/1.
(28) Heikki Haario, Arto Laari (2010), ""CFD Simulation of Two-phase and Three-phase Flows in Internal-loop Airlift Reactors", Master's thesis, Lappeenranta University of Technology, Department of Mathematics and Physics on 27th May, 2010.
(29) C. Ferraris, F. de Larrard, N. Martys (2001), "Fresh Concrete Rheology : Recent Developments", Reprinted from Materials Science of Concrete VI, Sidney Mindess and Jan Skalny, eds., The American Ceramic Society, 735 Ceramic Place, Westerville, OH 43081, pp. 215-241.
(30) Alessandro Berni (2005), "UNSTEADY VELOCITY PROFILES AND ENERGY DISSIPATION IN TURBULENT PIPE FLOW", PHD THESIS, Perugia, 11 february 2005.
(31) 조창근, 김화중, 최열 (2008), "점소성 유동 입자법에 의한 굳지 않은 콘크리트의 유동해석 모델", 콘크리트학회논문집, 한국콘크리트학회, vol. 20, no. 3=no. 105, pp. 317-323.
(32) 권승희, 조선두, 박찬규, 정재홍, 이승훈 (2010), "전단유도입자이동을 고려한 콘크리트 펌핑에서의 윤활층 형성에 대한 해석적 평가", 가을 학술대회 논문집, 한국콘크리트학회, pp. 3-4.
(33) 정연식 (1998), "콘크리트의 펌프 압송성", 레미콘, 한국레미콘공업협회, no.4 =no.55 pp. 39-53.
(34) Submitted By Deepali Patro, Under the guidance of Prof. (Dr.) K. C. Biswal, "CFD SIMULATION OF MIXING AND SEGREGATION IN A TAPERED FLUIDIZED BED", Department of Chemical Engineering, National Institute of Technology, Rourkela, Roll No. : 10400019.
(35) A. Kumar, D. R. Kaushal and U. Kumar (2008), "Bend pressure drop experiments compared with Fluent", Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Engineering and Computational Mechanics 161, March 2008 Issue EM1, pp. 35 - 42.
(36) Ahmet Bilgil, Baki Öztürk and Ayhan Samandar (2010), "Application of numerical analysis for investigation of relationship between slump values and other rheological

properties of fresh concrete", Scientific Research and Essays Vol. 5(10), pp. 1111-1121, 18 May, 2010.
(37) J.D.Dewar (1999), "Computer Modelling of Concrete Mixtures", First published 1999 by E & FN Spon. This edition published in the Taylor & Francis e-Library, 2002.
(38) T.L.H. Nguyen, N. Roussel, P. Coussot (2006), "Correlation between L-box test and rheological parameters of a homogeneous yield stress fluid", Cement and concrete research, vol. 36, no. 10, pp.1789-1796.
(39) Annika Gra (2009), "Numerical Modelling of Self-Compacting Concrete Flow - Discrete and Continuous Approach", TRITA-BKN. Bulletin 99, ISSN 1103-4270, ISRN KTH/BKN/B - 99 - SE.
(40) B. Patz´ak and Z. Bittnar (2008), "SIMULATION OF FRESH CONCRETE FLOW", 8th.World Congress on Computational Mechanics (WCCM8), 5th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2008), June 30 - July 5, 2008, Venice, Italy.
(41) ANNIKA GRAM AND PROF. JOHAN SILFWERBRAND (2010), "Simulation of Fresh Concrete Channel Flow - Evaluation of Rheological Parameters", 8th fib PhD in Kgs. Lyngby, Denmark June 20 - 23, 2010.
(42) V. SINGH, S. SRIVASTAVA, R.CHAVAL, V. VITANKAR, B. BASU, M.C.AGRAWAL (2006), "SIMULATION OF GAS-SOLID FLOW AND DESIGN MODIFICATIONS OF CEMENT PLANT CYCLONES", Fifth International Conference on CFD in the Process Industries CSIRO, Melbourne, Australia 13-15 December 2006.
(43) Stefan Jacobsen, Jon Håvard Mork, Siaw Foon Lee , Lars Haugan (2008), "Pumping of concrete and mortar - State of the art", ISSN 1891 - 1978, ISBN 978 - 82 - 536 - 1069 - 6.
(44) JOURNAL ARTICLES BY FLUENT SOFTWARE USERS, "Computer Simulation of Multiphase Separators for Floating Platforms Helps Shrink Size by 50%".
(45) A. Levy (2000), "Two-fluid approach for plug flow simulations in horizontal pneumatic conveying", Powder Technology, vol. 112, no. 3, pp. 263 - 272.
(46) F. NI & V. MATOUSEK (1999), "Flow of aqueous mixture of sand composed of fractions of different particle size", BHR Group conference series publication, vol. 36, pp. 31-44.
(47) Sandro Longo, Dongfang Liang, Luca Chiapponi, Laura Aguilera Jiménez (2012), "Turbulent flow structure in experimental laboratory wind-generated gravity waves", Coastal engineering, vol. 64, pp.1-15.
(48) Sandro Longo (2010), "Experiments on turbulence beneath a free surface in a stationary field generated by a Crump weir: turbulence structure and correlation with the free surface", Experiments in fluids, vol. 50, no. 1, pp. 201-215.
(49) Toufik Zebbiche and ZineEddine Youbi (2006), "Supersonic Plug Nozzle Design and Comparison to the Minimum Length Nozzle Configuration", KSAS international journal vol. 7, no. 1, pp. 27-42.

(50) Wooshin Park, Yoeng-Hee Ahn, Kyung-Ja Jung, Rameshwar Tatavarty, and In S. Kim (2005), "MATHEMATICAL MODEL OF SULFUR UTILIZING AUTOTROPHIC DENITRIFICATION IN AN UP-FLOW PACKED-BED REACTOR BASED ON BIOMASS DISTRIBUTION", Environmental engineering research, vol. 10, no. 4, pp. 191-198.

(51) Seongho Hong (2004), "SENSITIVITY ANALYSIS OF PLUG FLOW PORE SURFACE DIFFUSION MODEL I: FOR SINGLE COMPONENT", Environmental engineering research, vol. 9, no. 1, pp. 38-44.

(52) F. FRANCA, M. ACIKGOZ, R. T. LAHEY JR and A. CLAUSSE (1991), "THE USE OF FRACTAL TECHNIQUES FOR FLOW REGIME IDENTIFICATION", International journal of multiphase flow, vol. 17, no. 4, pp. 545-552.

(53) A. B. D. Brown, C. G. Smith, and A. R. Rennie (2001), "Pumping of water with ac electric fields applied to asymmetric pairs of microelectrodes", Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics, vol. 63, no. 1, pp. 016305-.

(54) Nobuyuki Azuma, Nobuhiro Tanatsugu, Tetsuya Sato, Hiroaki Kobayashi, Motoyuki Hongo (2004), "Study on the Off-design Performance on a Plug Nozzle with Variable Throat Area", 제22회 추계학술대회논문집, 한국추진공학회, pp. 644-648.

(55) NI Fusheng, HAN Yuhong, GU Lei, JIANG Shuang, "EXPERIMENTAL STUDY OF THE LOCAL RESISTANCE OF HORIZONTAL BENDS IN SAND HYDRAULIC TRANSPORT",.

(56) D. P. Frankum, V. V. Wadekar, B. J. Azzopardi (1997), "Two-Phase Flow Patterns for Evaporating Flow", Experimental thermal and fluid science : ETF science, vol. 15, no. 3, pp. 183-192.

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.