

기술 설명서 요약본

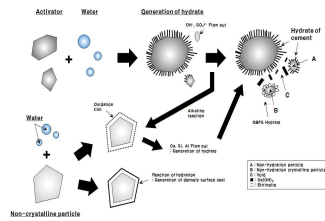
기술명	On-Shore 기초보강용 순환자원 기반 탄소중립형 무기결합재를 이용한 심층고화재 제조 및 적용 기술	
기술분류 (대분류-중분류)	해안·항만(HLG)-해안/항만 건설 및 공간활용(HLG03))	
공사 관련 기술 여부	공사 외 기술	공사 관련 기술
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
기업명	㈜씨엠디기술단, ㈜대웅, ㈜한국항만기술단, ㈜지안산업	

기술 개요

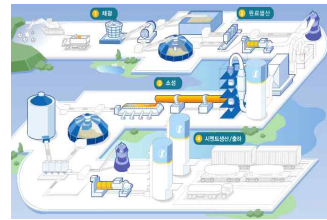
■ 신청 기술 주요내용 및 특징

1. 핵심 요소기술 주요내용 및 특징

- 본 신청기술은 기존의 항만 및 연안의 기초보강용 지반고화재로 사용되었던 시멘트를 대체하는 제품 및 현장적용에 대한 기술임.
- 사용되는 원료는 고로슬래그 미분말 및 저품위 산업부산물을 대량으로 이용하여, 고로슬래그의 알칼리 활성화 반응으로 수화물을 생성함으로써 지반의 강도발현을 유도하는 기술을 적용한 탄소중립형 무기결합재 제조 및 현장적용 방안을 포함하는 기술임.



< 고로슬래그 알칼리 활성화 반응 모식도 >



< OPC제조과정(성산양회) >



원료반입(이물질 분리막)



정제 및 분급



분쇄, 선별



원료 사일로 저장



원료 계량



제품 혼합(믹서)



제품 사일로 저장



제품 출하(계근대)

<본 기술적용 제품 생산 과정>

■ 기존 기술과의 차별성

- 기존 항만 및 연안의 기초보강용 고화재로 사용되는 시멘트는 천연자원의 다량의 석회석 사용과 제조 공정 상 1,400℃의 고온의 소성공정에 따른 다량의 온실가스 배출문제를 고려할 때, 탄소중립 및 순환사회 구축을 위해서는 그 사용량을 줄여야 하는 제품으로 알려져 있음.
- 본 기술을 적용한 제품은 산업부산물이 고로슬래그 및 저품위 순환자원을 대량 활용하고 천연자원인 석회석 및 화석연료의 사용을 최소화함으로써 탄소중립 및 순환사회 구축에 일조한다고 할 수 있음.

< 기존 기술 및 제품과 본 신청기술 및 제품의 비교 >

구분	기존 기술 및 제품	본 신청 기술 및 제품
제조 기술	<ul style="list-style-type: none"> ■ 채광-원료생산-소성-제품화[完] ■ 소성과정에 의한 환경오염 초래 ■ 천연자원 소모-석회석 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 각종 산업부산물의 맞춤형 최적배합 (계량-혼합-제품화[完]) ■ 소성과정이 필요 없으며, 청정공정으로 생산
주원료	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시멘트 ■ S/P(고유동화제) ■ F급 플라이애시 ■ 벤토나이트(팽창 필요시) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 고로슬래그 미분말 ■ 로내탈황 방식 순환유동층보일러에서 발생되는 저품위 플라이애시 ■ 제철공정 탈황 부산물 ■ Free CaO가 50% 정도 함유된 발열성 소재 등
기능 및 특성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시멘트 제조시 CO₂ 발생 (시멘트 1톤 당 약 0.8톤의 CO₂ 발생) ■ 최근 지속적인 단가 상승 ■ 고비중 물질로 분체량 저하 ■ 원재료 채굴로 자연환경 훼손 ■ 고강도 경화로 재 채굴 곤란 ■ 6가크롬 용출 위험 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시멘트 사용하지 않음(CO₂ 발생 저감) ■ 저활용 순환자원 사용으로 가격 경쟁력 확보 및 환경부하 저감 ■ 저비중 물질(blaine 3,000cm²/g 이상)의 분체량으로 활성도 증가 ■ 원재료 수득에 따른 자연훼손이 없는 환경친화적 제품 ■ 6가크롬 등 중금속 용출 위험 없음

- 개발기술 적용제품을 육상지반에서 혼합비별 시험시공을 실시한 결과 양생 30일 기준 2.65~4.31MPa의 고화도 압축강도가 발휘되는 것으로 확인되었으며, 경과시간에 따라 고화도의 압축강도는 지속적으로 상승하는 것으로 확인되었음. 또한, 최근 해상 심층혼합처리공법에 적용된 고화도 강도 2.30MPa 보다 큰 압축강도가 발휘되는 것으로 확인됨.

- 개발기술 적용제품의 환경성 검토를 위해 폐기물용출시험 및 어독성시험을 공인기관에 의뢰하여 시험한 결과, 폐기물용출시험에서 용출기준을 만족하는 것으로 확인되었으며, 어독성시험에서도 시험개체의 이상반응이 확인되지 않아 해양 및 수생태계에 미치는 영향은 극히 미미한 것으로 확인됨.

경제·산업적 파급 효과

1) 건설시장에 미칠 파급효과

- 기존 항만 구조물 기초치리에 주로 활용되고 있는 S.C.P, D.C.M은 재료수급 문제와 시멘트 가격상승에 따른 항만 개발비용 증대 등의 문제가 나타나고 있는 점을 고려할 때, 개발기술을 적용한 제품의 보급 및 상용화의 효과는 매우 클 것으로 기대됨.
 - 부산항 신항 개발 초기에 케이슨 등 접안시설 기초의 대부분은 EEZ(배타적 경제수역, Exclusive economic zone)에서 공급되는 모래를 이용한 SCP(Sand Compaction Pile) 공법이 적용되었으나, 2017년 환경문제로 인한 EEZ에서의 모래채취 금지, 북한과의 무역단절 등의 영향으로 발생한 모래 수급문제가 발생함에 따라 DCM(Deep Cement Mixing) 공법 등이 도입되어 활성화 됨.

<p>- 2021년 1월부터 2023년 7월까지 해상 DCM공법용으로 사용되는 고로슬래그시멘트의 가격변동을 살펴보면 보면 2021년 1월 75,240원에서 2023년 07월 기준 123,000원으로 약 63% 가격 인상으로 DCM공법의 고화재관련 원가부담이 가중되고 있는 점을 고려할 때, 개발기술을 적용한 제품 사용에 따른 비용절감과 안정적인 원가관리를 고려하면 관련산업의 파급효과는 매우 클 것으로 기대됨.</p> <p>- 부산항 신항 개발 초기에 케이스 등 접안시설 기초의 대부분은 EEZ(배타적 경제수역, Exclusive economic zone)에서 공급되는 모래를 이용한 SCP(Sand Compaction Pile) 공법이 적용되었으나, 2017년 환경문제로 인한 EEZ에서의 모래채취 금지, 북한과의 무역단절 등의 영향으로 발생한 모래 수급문제가 발생함에 따라 DCM(Deep Cement Mixing) 공법 등이 도입되어 활성화 됨.</p> <p>- 2021년 1월부터 2023년 7월까지 해상 DCM공법용으로 사용되는 고로슬래그시멘트의 가격변동을 살펴보면 보면 2021년 1월 75,240원에서 2023년 07월 기준 123,000원으로 약 63% 가격 인상으로 DCM공법의 고화재관련 원가부담이 가중되고 있는 점을 고려할 때, 개발기술을 적용한 제품 사용에 따른 비용절감과 안정적인 원가관리를 고려하면 관련산업의 파급효과는 매우 클 것으로 기대됨.</p>
<p>< 고로슬래그 시멘트의 가격변동 추이 ></p> <p>2) 환경부하 저감, 시장확대, 고용창출 및 타산업 활성화 등 간접효과</p> <p>○ 기존 DCM공법과 비교시 시멘트를 사용하지 않고, 산업활동의 부산물인 저품질 순환자원만을 사용하기 때문에 시멘트 생산을 위한 천연자원 및 에너지 소비를 최소화 할 수 있으며, 시멘트 1톤 생산시 발생하는 약 0.8톤의 이산화탄소를 고려하면, 개발제품 적용에 따른 연간 이산화탄소 저감효과는 약 8만톤(약 10만톤의 시멘트 대체조건) 이상이 될 것으로 기대됨.</p> <p>○ 저활용 순환자원의 활용으로 기존에 위탁처리 및 매립되던 순환자원에 새로운 부가가치를 부여하여 새로운 유효자원으로 활용이 가능하다는 측면에서 사회적 환경부하 감소효과를 기대할 수 있음.</p> <p>○ 최근 사회간접자본의 투자가 많이 진행되고 있는 베트남과 같이 연약지반의 심도가 깊고, 산업부산물이 많이 발생하는 저개발 국가에 기술이전이 가능할 것으로 판단됨.</p>

지식재산권 및 시험성적				
기술개발자원 투입 및 개발방법				
연구개발비(참여인력 인건비를 포함한 금액) 2,500 백만원		연구개발 기간 2019 년 4 월 ~ 2023 년 6 월		
기술개발 방법(복수응답 가능) [] 자체(단독)개발 [○] 공동개발 [] 위탁개발 [] 기술도입 [] 기술지도 대상기관(업체)명 : (주)씨엠디기술단, (주)대웅, (주)한국항만기술단, (주)지안산업 소요비용 2,500 백만원				
개발 참여자 총인원 총 8 명(자체개발 외의 방법이 포함된 경우 외부참여인원 0 명)				
핵심개발 참여자				
소속기관(업체)명	직위	성명	참여 분야	비 고
(주)씨엠디기술단	대표	문경주	• 기술개발 총괄	
(주)씨엠디기술단	실장	문영환	• 원재료 수급 및 성분분석 담당	
(주)대웅	연구소장	윤성진	• 수급처별 원재료 분석 및 실내시험 총괄	
(주)대웅	공장장	전한준	• 원재료 최적 전처리 방안 담당	
(주)한국항만기술단	연구소장	김병규	• 개발기술 관련 기준 및 현황 조사	
(주)한국항만기술단	차장	이두호	• 보고서 작성 및 취합	
(주)지안산업	연구소장	서세관	• 개발제품의 지반적용 특성 검토	
(주)지안산업	과장	조대성	• 자체 시험시공 진행	
공동개발 또는 위탁개발의 경우 기관·방법별 담당부문 및 개발내용				
담당부문	주요 개발내용			기관명
시장조사	• 국내 연약지반 건설현황 조사 • 국내 주요 항만 기본계획 검토 및 시장성 분석			(주)한국항만기술단
기술조사	• 유사기술 현황 조사 및 특성 분석 • 국내·외 기술동향 분석			(주)지안산업 (주)한국항만기술단
MOU 체결	• 기관별 업무 분장 및 추진계획 수립 • MOU 협약서 작성			(주)씨엠디기술단 (주)대웅 (주)한국항만기술단, (주)지안산업
특허등록	• 특허 제10-1592199호 • 6가 크롬이 용출되지 않는 심층혼합처리 공법			
현장 자체시공	• 충남 보령에서 자체시험을 성공적으로 완료 • 개발제품 품질 검증 완료			(주)씨엠디기술단 (주)대웅 (주)한국항만기술단, (주)지안산업
신기술 신청서	• 신기술 신청서 작성 및 접수			

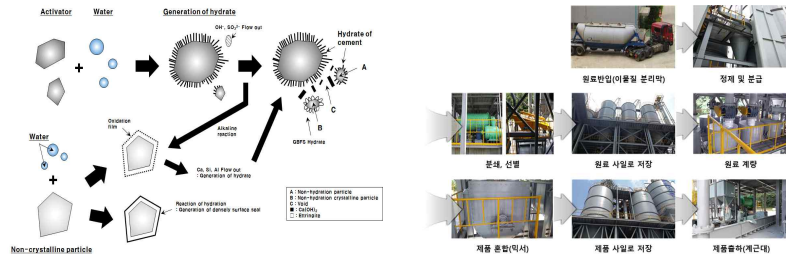
■ 지식재산권				
구분	출원번호 (등록번호)	출원일자 (등록일자)	출원명칭 (등록명칭)	권리자
특허	2014-0127724 (10-1592199)	2014.09.24. (2016.01.17.)	6가 크롬이 용출되지 않는 심층혼합처리 공법	(주)지안산업, (주)씨엠디기술단, (주)대웅 (주)한국항만기술단
■ 시험성적				
시험일자 (인증일자)	시험기관 (인증기관)	시험내용 (인증내용)	시험결과 (인증결과)	
2019.11.14	환경부	해양 및 연약지반 혼합처리 개량공법용 고화재 제조기술	녹색기술인증 (GT-19-00782, 00783, 00784)	
2020.07.16	환경부	철강부산물을 이용한 연약지반 처리용 지반고화재 제조기술	녹색기술인증 (GT-20-00904, 00905)	
2021.11.05	한국표준협회	지반고화재, 무시멘트 무기결합재, 파일채움재의 설계, 개발, 제조 및 판매의 품질경영시스템 인증	ISO 9001 인증 (QMS-4911)	
2021.11.10	KTR	양생일별 고화재 압축강도	공인시험성적서 (TAK-2021-140618)	
2021.12.08	건설품질기술연구원	어독성 시험	공인시험성적서 (ICT-20211179)	
2022.03.04	한국세라믹기술원	고화재 강열감량, 분말도, 밀도	공인시험성적서 (2022-0525)	
2021. 05	해평엔지니어링	시험시험 지반조사	지반조사 결과보고서	
2022.06.16	FITI 시험연구원	고화재 폐기물용출시험	공인시험성적서 (M283-22-00633)	
■ 국내외 유사·경쟁 기술과의 특징 비교				
비교항목	자사 신청기술	국내 유사·경쟁기술	선진국 유사·경쟁기술	
	(기술명: On-Shore 기초보강용 순환자원 기반 탄소중립형 무기 결합재를 이용한 심층고화재 및 적용 기술) (제품명: Z-banment)	(기술명: 보통 포틀랜드시멘트 제조기술) (제품명: 보통포틀랜드 시멘트)	(기술명: 고로슬래그미분말과 포트랜드 시멘트를 혼합한 고로 슬래그시멘트 제조기술) (제품명: 고로슬래그시멘트)	
기술내용	- 산업부산물인 고로슬래그, 저 품위 플라이애시, 제철공정 탈황 부산물을 대량 활용하 여 소정과정 없이 지반혼합 공법에 적용이 가능한 무기	- 천연자원인 석회석 등을 활 용하여 1,400℃이상의 소성 공정이 반드시 필요하여 다 량의 온실가스 및 천연자원 을 소비하는 제품임.	- 고로슬래그 미분말과 보통 포틀랜드 시멘트를 혼합한 제품으로 고로슬래그의 알칼 리 활성화 자극제로 시멘트 를 활용함.	

	결합재 제조기술 - 고로슬래그의 알칼리 활성화 반응의 자극제로 저품위 플 라이애시 및 제철공정 탈황 부산물을 대량 활용하여 분 쇄-선별-혼합-저장-제품 순 으로 제품이 생산되어 기존 의 제품에 비해 온실가스 및 천연자원의 소비를 최소한으 로 하는 탄소중립형 무기결 합재 제조기술	- 콘크리트 등 고강도제품의 원료로 사용되며, 국내에서 연간 4,000 ~ 5,000만톤 정 도가 사용되고 있음.	- 가장 많이 사용되는 2종 고 로슬래그 시멘트의 경우 고 로슬래그 약 60%, 보통 포 틀랜드시멘트를 40% 정도를 혼합하여 제조되며, 온실가스 저감노력으로 꾸준히 제품의 활용이 증대되고 있으며, 연 간 약 1,000만톤 정도가 사 용되고 있음.
차이점	- 산업부산물인 고로슬래그, 저 품위 플라이애시, 제철공정 탈황 부산물을 대량 활용하 여 제품을 생산하므로 기존 제품대비 90%이상의 탄소를 줄여 탄소중립에 기여할 수 있음 - 순환자원의 활용으로 기존 제품대비 경제성 확보가 용 이함. - 적용현장에 맞게 제품의 배 합 조정이 가능함. - 재활용율이 저조한 저품위 순환자원의 활용으로 사회적 환경부담을 최소화 할수 있 어, 탄소중립 및 순환사회구 축에 일조하는 기술임.	- 시멘트 1톤 생산시 천연자원 인 석회석이 약1.15톤 정도 가 필요함, - 국내 연간 생산량을 4,0 00 만톤으로 산정 시 약 4,600 만톤의 석회석이 필요함. - 시멘트 생산시 0.8톤의 온실 가스가 발생하며, 연간생산량 4,000만톤 기준시 약 3,200 만톤의 온실가스가 발생함. - 석탄 및 연료비의 증가로 지 속적인 단가 상승이 이루어 져 건설업계의 부담이 증가 함. - 탄소중립을 위해서는 시멘트 의 사용을 줄일 수 있는 대 체재 개발이 필요한 실정임.	- 고로슬래그시멘트의 경우 시 멘트와 고로슬래그를 혼합하 여 생산하므로 기존의 시멘 트에 비해 온실가스를 감축 할 수 있는 방안이나, 시멘트 를 40%정도 사용하여 근본 적인 대안은 안됨. - 단순 계산시 0.32ton의 온실 가스를 발생하는 것으로 계 상됨. - 시멘트의 단가 상승으로 고 로슬래그시멘트 역시 지속적 으로 단가가 상승하고 있어 건설업계의 부담이 증가함.
기술개발 완료시기	2023 년 10 월	상용화 제품	상용화 제품

신청 기술 대표 도면 및 시제품 사진 등

가. 제품의 사진, 개략도 또는 구성도

- 개발기술을 적용한 제품의 경우 재활용율이 저조한 저품질 순환자원 및 고로슬래그를 대량으로 사용하여, 분쇄-선별-혼합-제품화의 생산공정을 통해 제조되어 온실가스 발생을 최소화하는 탄소중립형 제품임.



[순환자원 활용 알칼리 활성화 반응 모식도]

[기술적용 제품 생산과정]

나. 제품의 용도

- 개발기술을 적용한 제품은 건설공사 시 필요한 소요지리적 및 강도를 만족하지 못하는 연약지반을 개량하는 심층혼합처리공법에 기존제품인 시멘트를 대체하여 적용이 가능함.



[심층혼합처리공법 적용 개요도]



[연약지반 표층개량공법 개요도]

다. 제품의 성능

- 개발기술을 적용한 제품을 적용한 시험시공시험결과 양생 30일 기준 2.65~4.31MPa의 고화도 압축강도로 나타나 심층혼합처리공법에 적용이 가능할 것으로 판단됨

[시험시공 후 코어시료 양생일별 평균 압축강도 측정결과]

양생일	200kg/m ³ (No.1, MPa)	250kg/m ³ (No.2, MPa)	300kg/m ³ (No.3, MPa)	400kg/m ³ (No.4, MPa)
30	4.31	3.64	2.65	2.72
56	5.53	4.03	2.72	4.90

신청 기술 대표 도면 및 시제품 사진 등

- 개발기술을 적용한 제품의 환경성을 검토하고자 공인시험기관에 폐기물용출시험과 어독성시험을 의뢰하여 수행하였으며, 시험결과 폐기물 용출시험에서는 관련기준을 만족하는 것으로 확인되었으며, 어독성시험의 경우 이상반응을 보이는 개체는 없는 것으로 확인되어, 향후 적용되는 해상 및 수생태계에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단됨.

라. 예상 시장규모

- '제4차(2021년 ~ 2030년) 전국 무역항 기본계획(해양수산부)' 보고서를 활용하여 연약층 심도가 비교적 깊은 항만에서 기초처리 공법이 반드시 필요한 외곽시설과 계류시설에 대한 사업비를 이용하여 예측된 시장규모는 10년간(2021년 ~ 2030년) 약 1.3 조원이 될 것을 예상됨.
- 또한, 최근 주목받고 있는 가덕도 신공항 사업의 경우 기본계획 수립 결과 약 2.0 조원 규모의 지반개량 시장으로 예측되어 이와 같은 시장규모를 종합해 볼 때 향후 신기술의 적용 시장성이 매우 좋을 것으로 예측됨.

[항만분야 시장규모 예측결과(단위 : 백만원)]

구 분		시장규모 예측결과(2021년 ~ 2030년)	
		사업비	시장규모
합계		8,340,166	1,328,000
부산항	외곽시설	2,538,822	404,000
	계류시설	2,859,246	455,000
인천항	외곽시설	612,041	97,000
	계류시설	625,442	100,000
광양항	외곽시설	436,861	70,000
	접안시설	724,865	115,000
평택당진항	외곽시설	5,170	1,000
	계류시설	537,719	86,000

시장규모

