

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 type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
기업명	(주)안산업, (주)씨애티기술단, (주)대웅, (주)한국항만기술단	

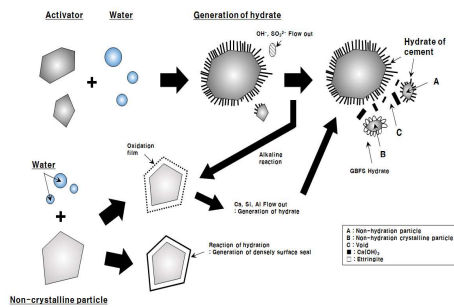
기술 개요

■ 신청 기술 주요내용 및 특징

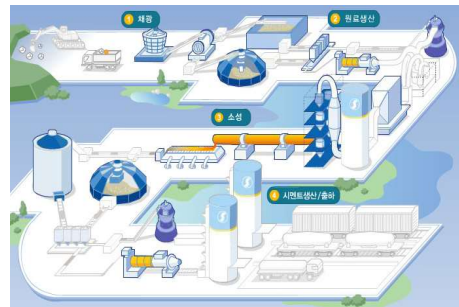
1. 개발기술 핵심내용

가. 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(성신양회) >



원료반입(이물질 분리막)



정제 및 분급



분쇄, 선별



원료 사일로 저장



원료 계량



제품 혼합(믹서)



제품 사일로 저장



제품출하(계근대)

<본 기술적용 제품 생산 과정>

■ 기존 기술과의 차별성

- 기존 항만 및 연안의 기초보강용 고화재로 사용되는 시멘트는 천연자원인 다량의 석회석 사용과 제조 공정상 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 산업부산물인 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
재료	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(고유동화재) ▪ F급 플라이애시 ▪ 벤토나이트(팽창 필요시) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고로슬래그 미분말 ▪ 로내탈황 방식 순환유동층보일러에서 발생하는 저품위 플라이애시 ▪ 제철공정 탈황 부산물 ▪ Free CaO가 50% 정도 함유된 발열성 소각재 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 ▪ 6가크롬 용출 위험 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시멘트 사용하지 않음(CO₂ 발생 저감) ▪ 재활용 순환자원 사용으로 가격 경쟁력 확보 및 환경부하 저감 ▪ 저비중 물질(blaine 3,000cm²/g 이상)의 분체량으로 활성도 증가 ▪ 원재료 수급에 따른 자연훼손이 없는 환경친화적 제품 ▪ 6가크롬 등 중금속 용출 위험 없음

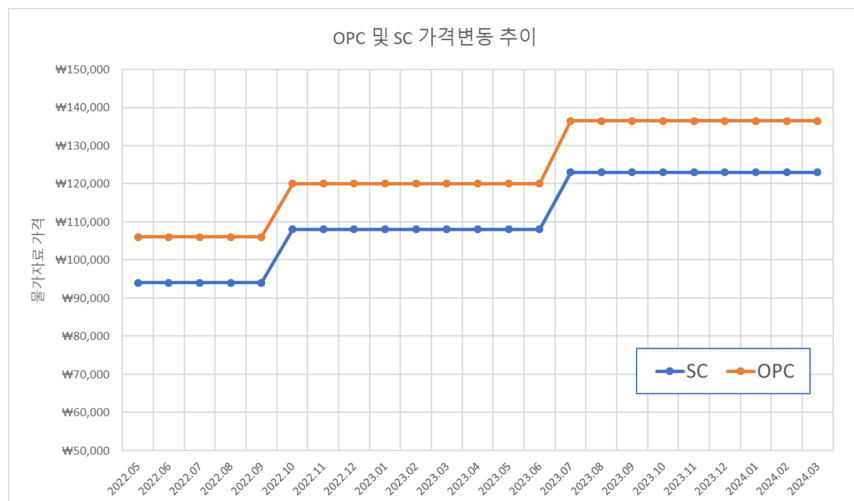
- 개발기술 적용제품과 기존 보통포틀랜드 시멘트(OPC) 및 고로슬래그시멘트(SC)와 광양항 원지반토에 대한 동일한 고화재 사용량을 적용한 배합시험을 실시하였으며, 시험결과 양생 28일 기준 OPC의 경우 3.44 - 4.28MPa, SC의 경우 3.23 ~ 3.82MPa, 개발제품의 경우 4.62 - 4.91MPa로 측정되어 동등 이상의 성능을 나타내는 것으로 확인됨.
- 개발기술 적용제품을 육상지반에서 혼합비별 시험시공을 실시한 결과 양생 30일 기준 2.65~4.31MPa의 고화토 압축강도가 발현되는 것으로 확인되었으며, 경과시간에 따라 고화토의 압축강도는 지속적으로 상승하는 것으로 확인되었음. 또한, 최근 해상 심층혼합처리공법에 적용된 고화토 강도 2.30MPa 보다 큰 압축강도가 발현되는 것으로 확인됨.
- 개발기술 적용제품의 환경성 검토를 위해 폐기물용출시험 및 어독성시험을 공인기관에 의뢰하여 시험한 결과, 폐기물용출시험에서 용출기준을 만족하는 것으로 확인되었으며, 어독성시험에서도 시험개체의 이상반응

이 확인되지 않아 해양 및 수생태계에 미치는 영향은 극히 미미한 것으로 확인됨.

경제·산업적 파급효과

1) 건설시장에 미칠 파급효과

- 기존 항만 구조물 기초처리에 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 모래 수급문제가 발생함에 따라 DCM(Deep Cement Mixing) 공법 등이 도입되어 활성화 됨.
- 2022년 5월부터 2024년 3월까지 해상 DCM공법용으로 사용되는 고로슬래그시멘트의 가격변동을 살펴 보면 보면 2022년 5월 94,000원에서 2024년 03월 기준 123,000원으로 약 31% 가격 인상으로 DCM 공법의 고화재관련 원가부담이 가중되고 있는 점을 고려할 때, 개발기술을 적용한 제품 사용에 따른 비용절감과 안정적인 원가관리를 고려하면 관련산업의 파급효과는 매우 클 것으로 기대됨.



2) 환경부하 저감, 시장확대, 고용창출 및 타산업 활성화 등 간접효과

- 기존 DCM공법과 비교시 시멘트를 사용하지 않고, 산업활동의 부산물인 저품위 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) 이상될 것으로 예상됨.
- 저활용 순환자원의 활용으로 기존에 위탁처리 및 매립되던 순환자원에 새로운 부가가치를 부여하여 새로운 유효자원으로 활용이 가능하다는 측면에서 사회적 환경부하 감소효과를 기대할 수 있음.
- 최근 사회간접자본의 투자가 많이 진행되고 있는 베트남과 같이 연약지반의 심도가 깊고, 산업부산물이 많이 발생하는 저개발 국가에 기술이전이 가능할 것으로 판단됨.

지식재산권 및 시험성적						
■ 지식재산권						
국내 특허			해외 특허		기타(실용신안, 상표, 디자인 등)	
출원: 건	등록: 1 건	출원: 건	등록: 건	출원: 건	등록: 건	
구분	출원번호 (등록번호)	출원일자 (등록일자)	출원명칭 (등록명칭)		출원인 (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)한국항만기술 단	
■ 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)		
2024.03.04	건설품질시험원	OPC 고화토 압축강도		공인시험성적서 (CQTC-2024-0015)		
2024.03.04	건설품질시험원	SC 고화토 압축강도		공인시험성적서 (CQTC-2024-0016)		
2024.03.04	건설품질시험원	개발제품 고화토 압축강도		공인시험성적서 (CQTC-2024-0017)		

신청 기술 대표 도면 및 시제품 사진 등

가. 제품의 사진, 개략도 또는 구성도

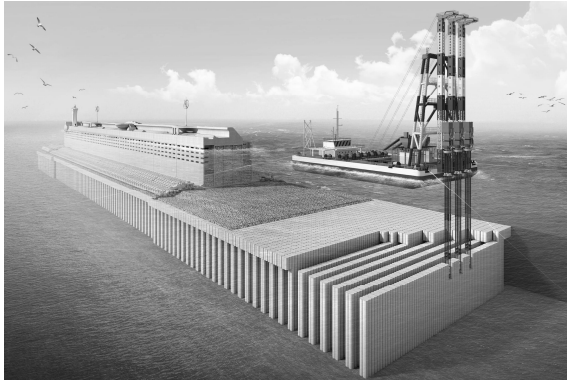
○ 개발기술을 적용한 제품의 경우 재활용율이 저조한 저품질 순환자원 및 고로슬래그를 대량으로 사용하여, 분쇄-선별-혼합-제품화의 생산공정을 통해 제조되어 온실가스 발생을 최소화하는 탄소중립형 제품임.

[순환자원 활용 알칼리 활성화 반응 모식도]

[기술적용 제품 생산과정]

나. 제품의 용도

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



[심층혼합처리공법 적용 개요도]



[연약지반 표층개량공법 개요도]

다. 제품의 성능

- 개발기술을 적용한 제품과 기존제품인 보통포틀랜드시멘트(OPC) 및 고로슬래그시멘트를 원지반토와 혼합한 고화토의 양생 28일 압축강도는 평균 3.53 ~ 4.77MPa로 나타나 심층혼합공법의 고화재로 적용이 가능한 것을 확인함.

[제품별 양생 28일 고화토 압축강도 측정결과]

구분	양생일	투입량 (kg/m³)	W/B(%)	시험결과		
				1	2	평균
개발제품	28	250	80%	3.44	4.28	3.86
OPC	28	250	80%	3.23	3.82	3.53
SC	28	250	80%	4.62	4.91	4.77

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

[시험시공 후 코어시료 양생일별 평균 압축강도 측정결과]

양생일	200kg/m³ (No.1, MPa)	250kg/m³ (No.2, MPa)	300kg/m³ (No.3, MPa)	400kg/m³ (No.4, MPa)
30	3.64	4.31	2.65	2.72
56	4.03	5.53	2.72	4.90

- 개발기술을 적용한 제품의 환경성을 검토하고자 공인시험기관에 폐기물용출시험과 어독성시험을 의뢰하여 수행하였으며, 시험결과 폐기물 용출시험에서는 관련기준을 만족하는 것으로 확인되었고, 어독성시험의 경우 이상 반응을 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 시장규모

모는 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 기반개량 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

