

연구개발 핵심성과 요약

작성일 : 2020. 12. 31 작성자 : 함우정

1. 연구개발과제 개요

사 업 명	국토교통기술촉진연구사업		과 제 번 호	20CTAP-C158044-01	
연구개발단계	■기초연구 ■실험 □시작품 □실용화 □사업화		최 종 성 과 유 형	■공법,기법 □재료,자재 ■소프트웨어 □장비,장비 □시스템 □정책,제도 □기타	
연구과제명	지상5층 치장조적 건물의 상태판정(배부름, 균열, 앵커철물 등)과보강안 도출을 8시간 내에 수행 가능한 솔루션 개발			과제구분	■일반 □연구단 □사업단
주관연구기관	(주)미래구조엔지니어링			연구책임자	김용남
총 연구기간 및 연구개발비 (단위 : 천원)	2020년 04월 13일 ~ 2021년 12월 31일 (1년 9개월)				
	정부출연금	민간부담금	정부외 출연금	합계	
	370,000	150,000		520,000	
당 해 년 도 연구기간 및 연구개발비 (단위 : 천원)	2021년 01월 01일 ~ 2021년 12월 31일 (12개월)				
	정부출연금	민간부담금	정부외 출연금	합계	
	210,000	80,000		290,000	

2. 연구개발 핵심성과

□ 핵심성과

연번	세부	핵심성과	최종 성과유형	핵심성과 달성을 위한 전체기간 중 주요실적
1	항목별 현장조사개소 산정 기준 개발 및 현장조사 자동화	치장조적벽과 철물의 보강견적 산출 시스템 및 그 산출방법 개발	시제품 개발(특허), 보강기준 작성, 웹플랫폼 구축	웹 플랫폼을 통해 연결철물의 위치, 상태판정, 균열의 길이측정, 3D 모델을 통한 입면의 길이 측정, 보강안제시, 보강견적 제시
2		GNSS를 활용한 연결철물의 위치 기록 장치		연결철물의 위치정보를 입력 및 GNSS의 오차를 수정하는 촬영기기 개발
3		드론을 이용한 건물의 3D 모델 획득		3D 모델을 통한 입면의 길이 측정
4	치장조적조에 대한 신축줄눈(Move ment Joint) 설치 요령 및 관련 상세	치장조적 보강 기준 정립	보강기준 작성	치장조적의 보강기준을 정립
5	자료수집을 위한 현장조사방법 실제 조적조 건축물에 적용 및 검증 후 피드백	연결철물 상태 판단을 위한 금속탐지 및 내시경카메라 조사 방법 현장 검증	현장조사방법 문서화	연결철물 상태판단을 위한 금속탐지기 및 내시경카메라 조사 방법 현장 검증 보고서작성 완료
		줄눈몰탈접착강도 측정장치 및 방법 검증	특허등록	시제품제작 후 현장검증 완료, 특허등록 완료
6	보강공법의 실제 설계 적용을 위한 체계 수립	표준시방서, 일위대가, 품질관리기준 정립	표준시방서, 표준일위대가, 품질관리기준 작성완료	표준시방서, 표준일위대가 현장적용
		치장벽돌 보강공법 개발	특허출원	시제품 제작, 보강성능 실험, 특허출원, 현장적용
7	1. 대상 조적벽체에 대한 핵심영향인자 다변화를 통한 학습데이터 구축	앵커로 고정된 치장 조적조 이산요소해석 모델링 수립	SCI 논문 1편	치장조적조 손상 평가 관련 문헌 조사 및 분석 및 범용 이산요소해석 소프트웨어 활용 치장조적조 해석모델 개발
		핵심영향인자 다변화를 통한 데이터 세트 구축	이산요소해석 데이터 세트	이산요소해석 모델 기반 현장보강 전략 구축을 위한 입출력 변수 계획 및 이산요소해석 모델 기반 변수의 다변화를 통한 219가지 케이스의 데이터 세트 구성 완료
8	2. 이미지모듈을 통한 외관조사망도 작성 프로토콜과 기계학습을 통한 건전성 평가	치장조적조 균열 탐지 기술	소프트웨어 1건, 국내 논문 1편	적벽체의 손상 및 내진 정보를 현장에서 신속히 도출하기 위한 치장 조적 이미지 내 균열 정보 도출 모델을 완성함
		치장조적조 균열 길이 산출	소프트웨어 1건, 기술이전, 특허출원	조적조 이미지 내 규격화된 벽돌을 활용한 균열길이 산출 기술을 개발함

3. 핵심성과별 세부 설명

1) 핵심성과명 : 치장조적벽과 철물의 보강건적 산출 시스템 및 그 산출방법 개발

관련 그림 / 사진		 ① 웹플랫폼 설계 ② 프로젝트 기획 ③ 현장조사 자료 일보도 ④ 현장 조사 결과 집계 ⑤ 3D 모형 검토 ⑥ 군중 조사 결과 집계 (AI 활용한 군중검출) ⑦ 보강공법 선택 ⑧ 보강공사에 적용						
정의		• 웹플랫폼을 통해 치장조적벽과 철물의 보강안과 보강건적 산출						
목적		• 현장조사 데이터를 웹플랫폼을 통해 하나의 Process로 상태판정, 보강량계산, 보강안제시, 보강건적 산출하는데 목적이 있다.						
성능목표		• (기존기술 수준) 구조계산 없이 치장조적 보강공사의 개략 건적작성 (개발기술 수준) 현장조사와 구조검토를 통하여 합리적인 보강공사 건적 산출						
성과달성 책임자 (소속기관)		김용남((주)미래구조엔지니어링)						
소요기간		'20.04 ~ '21.12(1년9개월, 2년차)						
핵심 성과	달성 확인방법	1차년도	• 웹플랫폼 계획 및 개발 업체 선정					
		2차년도	• 웹플랫폼 구축 및 실제 현장 적용					
		3차년도	해당없음					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			1		국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
				1	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
	질적성과	1차년도	• 웹플랫폼 개발 업체 선정 후 개발 진행 • 해당 내용 특허 출원					
		2차년도	• 웹플랫폼 1차 시안 구축, 보완 진행 중 • 특허 등록 완료					
		3차년도	해당없음					
성과 활용계획		• 치장조적조 보강설계 시 체계적인 보강설계를 위해 본연구개발성과 활용						
성과 활용실적		• 동해광희고등학교 현장 시범 적용						

2) 핵심성과명 : GNSS를 활용한 연결철물의 위치 기록 장치

관련 그림 / 사진								
정의		• 치장조적 연결철물의 위치를 자동 기록할 수 있는 기록장치						
목적		• 치장조적 연결철물의 현장 조사 시 연결철물의 위치를 자동으로 기록 할 수 있다.						
성능목표		• (기존기술 수준) GNSS의 위치 기록시 안테나와 촬영기기가 별도 (개발기술 수준) GNSS 안테나와 촬영기기를 결합						
성과달성 책임자 (소속기관)		김용남((주)미래구조엔지니어링)						
소요기간		'20.04 ~ '21.12(1년9개월, 2년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	해당없음					
		2차년도	• 시제품을 이용한 현장 조사 후 결과 검토					
		3차년도	해당없음					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			1		국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
	질적성과	1차년도	해당없음					
		2차년도	• cm단위의 오차범위 데이터 획득 • 웹플랫폼을 통한 연결철물의 위치 도면화(개략) 성공					
		3차년도	해당없음					
성과 활용계획		• 치장조적조 보강설계 시 체계적인 보강설계를 위해 본연구개발성과 활용						
성과 활용실적		• 강릉교육지원청, 부산대학교 현장적용						

3) 핵심성과명 : 드론을 이용한 건물의 3D모델 획득

관련 그림 / 사진		 ① 입면 가로거리측정 ② 입면 세로거리측정						
정의		• 치장조적건물의 3D 모델을 획득						
목적		• 치장조적 건물의 3D 모델을 획득하여 입면에 대한 치수를 측정한다. • 측정된 치수를 토대로 보강견적을 작성할 수 있다.						
성능목표		• (기존기술 수준) 드론을 이용한 측량기법(토목) (개발기술 수준) 드론을 이용한 치장조적 건물의 측량기법(건축)						
성과달성 책임자 (소속기관)		김용남(주미래구조엔지니어링)						
소요기간		'20.04 ~ '21.12(1년9개월, 2년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	해당없음					
		2차년도	• 실제 측량을 통해 건물의 입면 측정					
		3차년도	해당없음					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
	질적성과	1차년도	해당없음					
		2차년도	• 획득한 3D 모델을 활용하여 입면의 길이 측정 성공					
		3차년도	해당없음					
성과 활용계획		• 치장조적조 보강설계 시 체계적인 보강설계를 위해 본연구개발성과 활용						
성과 활용실적		• 동해광희고등학교 현장적용						

4) 핵심성과명 : 치장조적 보강 기준 정립

관련 그림 / 사진								
정의		• 치장조적 보강기준 정립						
목적		• 치장조적건물의 보강의 실제 설계 적용을 위한 기준 수립 • 치장조적 현장조사 방법, 조사빈도, 상태판정 등 보강공법에 대한 기준 개발						
성능목표		• (기존기술 수준) 치장조적 보강기준 존재 유(有)무(無): 무(無) (개발기술 수준) 치장조적 보강기준 존재 유(有)무(無): 유(有)						
성과달성 책임자 (소속기관)		김용남(주미래구조엔지니어링)						
소요기간		'20.04 ~ '21.12(1년9개월, 2년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	• 치장조적 보강기준 정립 • 현장조사방법 개발 및 실제 현장 적용					
		2차년도	• 전문가를 통한 보강기준 적정성 검토					
		3차년도	해당없음					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		1
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
	질적성과	1차년도	• 치장조적 보강기준 개발					
		2차년도	• 현장조사방법 개발 및 실제 현장 적용					
		3차년도	해당없음					
성과 활용계획		• 치장조적조 보강설계 시 체계적인 보강설계를 위해 본연구개발성과 활용						
성과 활용실적								

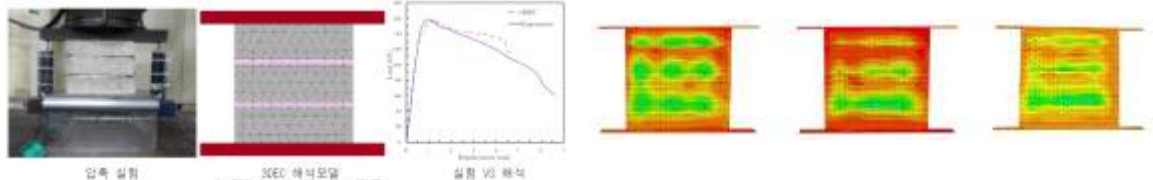
5) 핵심성과명 : 자료수집을 위한 현장조사방법 실제 조적조 건축물에 적용 및 검증 후 피드백

관련 그림 / 사진		 						
정의		• 연결철물 상태 판단을 위한 금속탐지 및 내시경카메라 조사 방법 현장 검증 및 보고서 • 줄눈물탈접착강도 측정장치 및 방법 검증						
목적		• 기존 치장조적조 건축물에 대한 현장조사시 방법과 기준이 존재하지 않았으나, 본연구성과물을 활용하여 국내 치장조적조 현장조사에 대한 기술적 진보를 이루려함. • 기존에는 존재하지 않던 줄눈물탈접착강도 측정장치 및 방법을 개발하여 기술적 진보를 이루려함.						
성능목표		• (기존기술 수준) 치장조적조 현장조사 시 현장조사 방법 유(有)무(無): 무(無) (개발기술 수준) 치장조적조 현장조사 시 현장조사 방법 유(有)무(無): 유(有) • (기존기술 수준) 치장조적조 현장조사 시 줄눈물탈접착강도 조사 방법 유(有)무(無): 무(無) (개발기술 수준) 치장조적조 현장조사 시 줄눈물탈접착강도 조사 방법 유(有)무(無): 유(有)						
성과달성 책임자 (소속기관)		김양중(피에스엔지니어링(주))						
소요기간		'20.04 ~ '21.12(1년9개월, 2년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	• 연결철물 상태 판단을 위한 금속탐지 및 내시경카메라 조사 방법 현장 검증 • 줄눈물탈접착강도 측정 장치 시제품 제작 및 특허출원					
		2차년도	• 연결철물 상태 판단을 위한 금속탐지 및 내시경카메라 조사 방법 보고서 작성 • 줄눈물탈접착강도 측정 장치 및 방법 현장적용, 특허등록완료					
		3차년도	해당없음					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
				1	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
	질적성과	1차년도	• 연결철물 상태 판단을 위한 금속탐지 및 내시경카메라 조사 방법 현장검증					
		2차년도	• 연결철물 상태 판단을 위한 금속탐지 및 내시경카메라 조사 방법 보고서화					
		3차년도	해당없음					
성과 활용계획		• 치장조적조 보강사업 진행 중 적절한 보강설계를 위한 현장조사 시 본연구개발성과 활용						

6) 핵심성과명 : 보강공법의 실제 설계 적용을 위한 체계 수립

관련 그림 / 사진		  <표준시방서> <공법 개발>						
정의		• 표준시방서, 표준일위대가 및 품질관리기준 정립 • 치장벽돌보강공법 개발 및 성능검증						
목적		• 치장벽돌보강공법의 실제 설계 적용을 위한 체계 수립 • 치장벽돌보강공법에 대한 개발 및 성능검증						
성능목표		• (기존기술 수준) 치장벽돌보강공법 체계 존재 유(有)무(無): 무(無) (개발기술 수준) 치장벽돌보강공법 체계 존재 유(有)무(無): 유(有)						
성과달성 책임자 (소속기관)		김양중(피에스엔지니어링(주))						
소요기간		'20.04 ~ '21.12(1년9개월, 2년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	• 표준시방서,표준일위대가 정립 및 실제 설계 적용 • 보강공법 개발 및 실제 설계 적용					
		2차년도	• 실제 설계 적용 • 보강공법 성능 검증 및 특허 출원					
		3차년도	해당없음					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			1		국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0		
	질적성과	1차년도	• 표준시방서,표준일위대가 정립 및 실제 설계 적용 • 시제품 제작 및 현장적용					
		2차년도	• 표준시방서,표준일위대가 실제 설계 적용 • 보강공법 성능 검증 및 특허 출원					
		3차년도	해당없음					
성과 활용계획		• 치장조적조 보강설계 시 체계적인 보강설계를 위해 본연구개발성과 활용						
성과 활용실적		• 강릉교육지원청, 홍천교육지원청, 구리남양주교육지원청, 한국문화예술위원회, 재단법인경기문화재단, 부산대학교, 동해광희고등학교, 동해삼육초등학교에서 발주한 사업에 낙찰되어 현장적용						

7) 핵심성과명 : 앵커로 고정된 치장조적조 이산요소해석 모델링 수립

관련 그림 / 사진		 입력 실험 3DEO 해석모델 실험 결과 그래프 실험 결과 열도 실험 결과 열도 실험 결과 열도 «조적조실험결과 3DEO 해석 결과»						
정의		• 앵커로 고정된 치장조적조 이산요소해석 모델링 수립						
목적		• 치장조적조 손상 평가 관련 문헌 조사 및 분석 • 치장조적조의 이산요소해석 모델 개발						
성능목표		(기존기술 수준) 치장조적조 이산요소해석 모델링 수립 유(有)무(無): 무(無) (개발기술 수준) 치장조적조 이산요소해석 모델링 수립 유(有)무(無): 유(有)						
성과달성 책임자 (소속기관)		이기 학(세종대학교)						
소요기간		'20.04 ~ '21.12(1년9개월, 2년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	해당없음					
		2차년도	조적조 실험 논문 검증					
		3차년도	해당없음					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
					국외 1			
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
	질적성과	1차년도	범용이산요소해석 프로그램의 활용 방안 및 적용 관련 문헌조사					
		2차년도	현장을 반영한 앵커로 고정된 치장조적조 이산요소해석 모델링 개발					
		3차년도	해당없음					
성과 활용계획		* 성능 예상 및 치장조적조 구조 안전성 판단 자료로 활용 가능						

관련 그림 / 사진		입력변수, 출력변수 설정 입력변수 • 줄눈 배치의 다변화 • 조적조 형상의 다양성 • 연결 철물의 간격 • 모르타르의 강성 출력변수 • 균열 및 파괴형상 • 변위에 따른 성능 입력변수들의 조합 설정  변수들의 최대, 최솟값, 평균값 산정 후 조합						
정의		• 핵심영향인자 다변화를 통한 데이터 세트 구축						
목적		• 이산요소해석 모델 변수의 다변화를 통한 219가지 케이스의 데이터 세트 구축 • 데이터세트 분석 후, ‘착한조적 웹’ 이용자를 위한 구조성능 기준표 제시						
성능목표		(기존기술 수준) 치장조적조 구조 성능에 대한 데이터 셋 유(有)무(無): 무(無) (개발기술 수준) 치장조적조 구조 성능에 대한 데이터 셋 유(有)무(無): 유(有)						
성과달성 책임자 (소속기관)		이기 학(세종대학교)						
소요기간		’20.04 ~ ’21.12(1년9개월, 2년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	해당없음					
		2차년도	조적조 실험 논문과 비교					
		3차년도	해당없음					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
								1
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
	질적성과	1차년도	해당없음					
		2차년도	이산요소해석 모델링을 활용하여 추후 영구자료로 사용 가능한 데이터 세트 구축					
		3차년도	해당없음					
성과 활용계획		인공지능을 활용한 조적조 예측 연구에 활용 가능						

관련 그림 / 사진								
정의		• 치장조적조 균열 탐지 기술 개발						
목적		• 조적벽체의 손상 및 내진 정보를 현장에서 신속히 도출하기 위한 치장 조적 이미지 내 균열 정보 도출 모델 완성						
성능목표		(기존기술 수준) 콘크리트 구조체 이미지의 균열탐지 (개발기술 수준) 노이즈가 많은 치장조적 이미지 내 균열 탐지						
성과달성 책임자 (소속기관)		이기학(세종대학교)						
소요기간		'20.04 ~ '21.12(1년9개월, 2년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	균열이 있는 조적조 이미지 및 콘크리트 균열 이미지 데이터 세트 구축					
		2차년도	오브젝트 디텍션을 활용한 균열 탐지 모델 개발					
		3차년도	해당없음					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
							1	
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
	질적성과	1차년도	해당없음					
		2차년도	균열이 있는 치장조적조 이미지 속 균열 도출					
		3차년도	해당없음					
성과 활용계획		치장조적조 및 조적조의 안전 진단 시 균열 판단 모듈로 활용						

관련 그림 / 사진		<pre>graph LR Input((Input image)) --> Bricks[Masonry bricks detection] Input --> Seg[Crack segmentation] Bricks --> RealUnit[Get the crack length's real unit] Seg --> Skeleton[Crack skeletonize] Skeleton --> Length[Get the crack length] RealUnit --> ALength[A length by cracks] Length --> ALength ALength --> Total[Total cracks length]</pre>						
정의		• 치장조적조 균열 길이 산출 기술 개발						
목적		• 조적조 이미지 내 규격화된 벽돌을 활용한 균열길이 산출 기술을 개발함 • 측정된 균열의 픽셀 수와 벽돌의 높이에 해당하는 픽셀 값을 곱하여 균열의 실제 값을 도출하는 기술을 개발 완료함						
성능목표		(기존기술 수준) 치장조적조 균열 산출 기술 유(有)무(無): 무(無) (개발기술 수준) 치장조적조 균열 산출 기술 유(有)무(無): 유(有)						
성과달성 책임자 (소속기관)		이기학(세종대학교)						
소요기간		'20.04 ~ '21.12(1년9개월, 2년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	해당없음					
		2차년도	현장 균열 이미지 균열 검출 검증					
		3차년도	해당없음					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			1				2	1
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
	질적성과	1차년도	해당없음					
2차년도		벽돌을 레퍼런스 객체로 하여 균열의 길이를 산출하는 기술 개발 완료						
3차년도		해당없음						
성과 활용계획		조적조 문화재 안전진단 시 객관적 자료 산출 기술로 활용 가능						