

연구개발계획서

[국토교통기술촉진연구사업]

과제 번호	20CTAP-C158044-01						
연구주제	(대분류)융합기술을 통한 건설 지능화 실현	(중분류)건설 자동화	(소분류)시설물 무인 진단 시스템				
기술성숙도(TRL)	연구시작시 (3) 단계		연구종료시 (6) 단계				
보안등급	일반[☒ , 보안[☐]						
과제 성격	기초[☐], 응용[☒ , 개발[☐]						
(총괄)과제명	국문	지상5층 치장조적 건물의 상태판정(배부름, 균열, 앵커철물 등)과 보강안 도출을 8시간내에 수행가능한 솔루션 개발					
	영문	Development of investigation(bowing, cracks, wall tie classification etc) and seismic strengthening drafting solution on the 5 story brick veneer within 8 hours					
주관과제명	국문	치장조적 현장조사 자동화 및 상태판정기준, 보강기준 개발					
공동과제명	국문	치장조적 보강공법 시방서, 일위대가 및 품질관리기준 개발					
공동과제명	국문	손상 유형 및 수준을 반영한 인공신경망 기반의 조적벽체의 내진성능평가 데이터 생성 및 의사결정 틀 개발					
주관연구기관	기관명	미래구조엔지니어링	사업자등록번호	220-86-17680			
(총괄)연구책임자	성명	김용남	직급(직위)	대표이사			
	전화번호	02-558-6090	전자우편	structurekim@gmail.com			
	휴대전화번호	010-6288-8096	과학기술인등록번호	1103-1201			
참여연구원	책임급	(3명) 박사후연구원	()명				
	연구원	(6명) 학생	박사 (3)명, 석사 (1)명, 학사 ()명				
총 연구기간	2020. 04. 13 - 2021. 12.31 (21개월)						
해당 연도 연구기간	2020. 04. 13 - 2020. 12. 31(9개월)						
연구비 현황(단위: 천원)							
연도	정부 출연금 (A)	민간부담금			정부 외 출연금 (E)	상대국 부담금 (F)	합계 (G=A+D+E+F)
		현금 (B)	현물 (C)	소계 (D=B+C)			
1차 연도	160,000	8,000	62,000	70,000			230,000
2차 연도	210,000	12,000	68,000	80,000			290,000
합계	370,000	20,000	130,000	150,000			520,000
참여기관 (공동연구기관, 위탁연구기관, 참여기업)	기관명	책임자 성명	직급(직위)	전화번호	전자우편	과학기술인 등록번호	
	피에스엔지니어링(주)	김양중	대표이사	031-763-1739	pseng3941@hanmail.net	1120-9123	
	세종대학교 산학협력단	이기학	정교수	02-3408-3286	kihaklee@sejong.ac.kr	1011-3733	
참여기업	참여기관 중 중소기업 (2)개, 중견기업 ()개, 대기업 ()개						
국제공동연구	상대국 연구기관 수		상대국 연구비		상대국 연구책임자 수		
실무담당자	성명	서민정	직급(직위)	실장			
	전화번호	02-558-6090	전자우편	seommjj@naver.com			
	휴대전화번호	010-2446-2823					

관련 법령 및 규정과 모든 지시 사항을 준수하면서 이 국가연구개발사업을 성실히 수행하고자 아래와 같이 연구개발계획서를 제출합니다. 아울러 이 연구개발계획서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 선정 취소, 협약 해약 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2020년 4월 9일

주관연구책임자: 김 용 남 (인)
주관연구기관의 장: 김 용 남 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

<연구분야 및 분류>

코드 구분		중심 분야		관련 분야1		관련 분야2		관련 분야3		관련 분야4	
		코드	비중	코드	비중	코드	비중	코드	비중	코드	비중
필수	국가과학기술표준분류	건설교통	100 %	시설물안전/유지 관리기술	50 %	시설물설계/해석 기술	50 %		%		%

<요약문>

연구 개발 목표	지상5층 치장조적 건물의 상태판정(배부름, 균열, 앵커철물 등)과 보강안 도출을 8시간내에 수행가능한 솔루션 개발																																						
연구 개발 내용	본 연구개발은 치장조적이 적용된 5층 이하의 연면적 2,000m²(층당 교실4개가 있는 5층 교사건물 규모) 내외의 독립된 건축물 1개동에 대하여 이미지 스캔과 기계학습을 통하여 균열 및 배부름을 확인하고, 위치기록 기능이 포함된 금속탐지장치를 통하여 앵커철물(벽연결철물;wall tie)의 위치 및 간격을 확인 후, 기존의 벽연결철물의 부식상태를 확인하는 등 자료를 종합하여 현재 상태를 분석하고 추가적인 보강여부, 개략적인 보강공법 제시까지를 8시간 내에 수행하기 위한 것이다 현장조사와 관련한 적절한 표본조사 수량, 조사항목, 판정기준도 함께 제시될 예정이며, 보강을 위해서는 국내의 시공상황 및 현장여건에 맞는 표준보강기준을 제시하고, 실제 시공을 위한 표준시방서, 표준품셈 등을 제시하여 예산집행 및 품질관리에 활용할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다.																																						
연구 개발 성과	<예상되는 연구개발성과 유형> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">논문</th><th rowspan="2">특허</th><th rowspan="2">보고서 원문</th><th rowspan="2">연구시설 · 장비</th><th rowspan="2">기술요약 정보</th><th rowspan="2">소프트웨 어</th><th rowspan="2">화합물</th><th colspan="2">생명자원</th><th colspan="2">신품종</th></tr> <tr> <th>생명 정보</th><th>생물 자원</th><th>정보</th><th>실물</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>예상성과 (N/Y)</td><td>Y</td><td>Y</td><td>Y</td><td>Y</td><td>Y</td><td>Y</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>											구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트웨 어	화합물	생명자원		신품종		생명 정보	생물 자원	정보	실물	예상성과 (N/Y)	Y	Y	Y	Y	Y	Y					
구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트웨 어	화합물	생명자원		신품종																													
								생명 정보	생물 자원	정보	실물																												
예상성과 (N/Y)	Y	Y	Y	Y	Y	Y																																	
활용 계획 및 기대 효과	2018년 11월 ‘건축물의 구조기준등에 관한 규칙’ 개정에 의해 치장조적조의 내진성능 확보가 의무화되었다. 기존 치장조적조의 내진성능을 확보하기 위해서는 현장조사와 보강여부에 대한 판단을 신속히 수행할 필요가 있으며, 본 연구는 현장조사 결과를 신속히 수집하고, 정리함으로써 보강여부와 방법을 조기에 결정할 수 있도록 해 준다. 내진설계에 있어서 중요도가 높은 관공서나, 대피시설로 지정된 학교에 치장조적조가 적용된 경우가 많아서, 이 연구 성과를 통하여 신속하고, 객관적이며 정량적인 현장조사, 보강여부 판단이 가능해 질것으로 기대된다. 또, 종교시설과 같이 치장조적조가 많이 적용된 건물과 노후 상업시설에도 적용이 가능하다																																						
국문핵심어 (5개 이내)	치장조적	비구조요소	내진보강	안전진단	자동화																																		
영문핵심어 (5개 이내)	Brick veneer	non structural elements	seismic strengthening	structural safety diagnosis	automation																																		

목 차

1. 연구 개발의 필요성	1
1-1. 연구 개발의 개요	1
1-2. 연구 대상의 현황 및 중요성	2
1-3. 선행연구내용 및 결과	4
2. 연구 개발의 목표 및 내용	8
2-1. 연구 개발의 목표 및 내용	8
2-2. 평가의 착안점 및 기준	16
3. 연구 개발의 추진전략·방법 및 추진체계	17
3-1. 연구개발 추진전략·방법	17
3-2. 연구개발 추진체계	18
3-3. 추진일정	19
3-4. 위탁연구/외부용역/국제공동연구 현황(해당 시 작성)	20
4. 연구 개발 성과의 활용 방안 및 기대효과	21
4-1. 연구 개발 성과의 활용 방안	21
4-2. 기대효과	21
5. 연구기관 현황	22
5-1. (총괄)연구책임자	22
5-2. 공동·위탁 연구책임자(해당 시 작성)	23
5-3. 기관(기업) 정보 현황(기업만 작성)	25
5-4. 연구개발 참여연구원 및 비영리법인 연구부서의 연구 지원인력 현황	26
6. 연구비 명세	28
6-1. 연도별 연구비 총괄표	28
6-2. 연구기관별 연구비 내역	30
7. 보안 등급의 분류 및 결정 사유	42
8. 연구에 활용 예정인 장비 현황	42
9. 사업화 계획	43
9-1. 생산 계획	43
9-2. 투자 계획	43
9-3. 사업화 전략	43
9-4. 사업화를 위한 비즈니스 모델	44
10. 성과점검기준표	45

1. 연구 개발의 필요성

1-1. 연구 개발의 개요

세계적으로 지진 발생 빈도가 증가하는 추세와 더불어 대한민국에서 발생한 지진의 횟수 또한, 2008년 46회에서 2017년 223회로 대략 4.8배가 증가하였으며, 이 중 규모 3이상의 지진 발생 횟수는 2008년 10회에서 2017년 19회로 1.9배가 증가하였다. 특히, 최근5년 이내 발생한 '16.9.12경주지진(규모5.8) 및 17.11.15포항지진(규모5.4)에서 알 수 있듯이 더 이상 한반도는 지진으로부터 안전을 보장할 수 없는 지역이 되었다.

이러한 실정을 고려하여 국내의 건축구조 관련 법규 또한 내진성능을 반영한 개정이 이루어지고 있지만, 신축을 대상으로 하고 있어서, 기존 건물에 대한 보강에는 활용하기 어려운 실정이다.

경주, 포항 지진에서는 비구조요소 중 치장벽돌 탈락에 의한 피해가 대다수였으며, 최근에는 지진동이 아닌 단순 노후화로 인한 치장벽돌 탈락 사고도 빈발하고 있다



[그림 1.1] 지진 및 노후화로 인한 치장벽돌 탈락 사고 모습

선진국 및 강진주요국들은 이미, 비구조요소에 대한 설계요건을 마련하여 점차 강화하고 있으며, 내진보강방법의 개발이 활발한 단계이다. 미국 같은 경우 FEMA E-74에서 비구조요소에 대한 거동 및 내진보강상세도 등을 제시하는 등 사회전반적으로 비구조요소 내진성능 향상이 이루어지고 있다. 최근 국내의 경우도 비구조요소 내진설계기준 마련에 대한 연구가 이루어지고 있으나, 기존 치장벽돌에 대한 구체적 평가 및 보강방안 제시에 대한 연구는 이루어지지 않고 있는 실정이다.

광범위하게 분포되어 있는 치장조적벽에 대한 신속한 조사를 우선으로 적절한 보강기준 및 공법의 제시를 통하여 이러한 위험에 대처할 필요가 있다

1-2. 연구 대상의 현황 및 중요성

2018.11.9 개정된 ‘건축물의 구조기준등에 관한 규칙’에 의해 모든 비구조요소에 대한 내진설계가 의무화되었고, 2019.3.14. 개정된 건축물내진설계기준에 의하여 치장조적벽의 경우에는 규모에 관계 없이 내진설계가 의무화되었다. 신축의 경우에는 새로운 기준을 반영한 내진설계를 통하여 필요한 조치를 하게되지만, 내진설계를 적용하지 않았던 기존의 치장조적 건물의 경우, 내진보강을 위해서는 현장조사와 보강공사를 함께 수행해야 한다.

2016년과 2017년에 있었던 경주, 포항 지진 당시 구조물의 붕괴사례는 많지 않았지만, 치장조적조의 피해사례는 매우 많았다. 특히 노후된 건물의 경우 지진이나 바람에 의한 외력이 없는 상태에서도 붕괴사례가 증가하고 있으며, 인명사고¹⁾로 이어지고 있다.

이렇듯 치장조적벽의 위험성이 높아지는데도 기존건물의 치장조적벽의 안전을 확보하기 위한 기술은 거의 없다시피한 상황이다. 치장조적벽의 건전성을 확인하기 위한 현장조사에 활용할 수 있는 현장조사 기준이나 지침이 없기 때문에, 현장조사가 주먹구구식으로 이루어지고 있으며, 현장조사 결과 얻은 자료를 분류하고 등급을 구분할 수 있는 체계적인 시스템이 없어서 조사결과를 임의로 평가하여 보강 여부 및 보강량을 결정하고 있는 실정이다. 또, 보강공법도 품질관리기준 없이 진행되고 있어서 비용대비 효과가 의문스럽다.

개정된 내진기준에서는 치장조적벽의 벽연결철물(wall tie) 등을 다루고 있어서 신축건물의 시공에는 좋은 참고가 될 수 있지만, 기존 건물에 어떻게 보강할 것인지를 다루고 있는 기준이나 지침은 국내에 없는 상황이다.

치장조적벽의 하자사례를 살펴보면, 벽연결철물과 함께 치장조적의 자중을 지지할 수 있는 구조물이 확실하지 않아 침하를 일으키는 경우와 함께, 온도변화, 습도변화에 따른 치장조적조의 면내방향 거동에 의한 균열이 보고 되고 있다. 변위방향 거동을 위해서는 wall tie가 유효할 수 있지만, 면내방향의 거동은 신축줄눈 등으로 대비하여야 하는데, 이에 대한 조치요령이 국내 기준에 명문화되지 못하고 있어서, 동일한 실패를 반복하고 있는 상황이다.

기존 치장조적조는 단독주택부터 고층공동주택까지 다양한 건물에 광범위하게 사용되어 왔는데, 내구성이 좋지 않은 자재가 사용된 경우도 많아서, 현장조사와 내진보강을 위한 기준이 늦어지게 되면 내구연한이 임박하거나 연한을 초과한 치장조적조의 붕괴사례가 계속될 것으로 우려되고 있다



[그림 1.2] 지진에 의한 한동대 외벽 탈락 및 노후화로 인한 부산대 외벽 탈락 사고 모습

1) 2019년5월21일 부산대 미술관 치장조적 붕괴 및 사망사고

치장조적이 적용된 대표적인 노후 건축물로 학교건물이 있으며, 교육부소관 교육시설(유치원, 초, 중, 고) 중 치장조적벽이 적용된 건물의 대부분은 엘리베이터가 없는 중저층 건물로서 전체의 98.8%가 5층 이하이다. 학교시설의 경우 1920년대부터 외부마감재로 치장벽돌을 사용해왔으며, 시공된지 30년 이상 경과된 학교시설물이 전체중 약 23%정도를 차지하고 있다. 전국의 교육부소관 교육시설 중 외부 치장벽돌이 적용된 18,000여 동에 있어서, 치장벽돌의 안전여부를 신속하게 확인하고 보강의 우선순위를 결정하는 것이 매우 중요한 과제로 대두된 것이다. 이에 본 연구에서는 지상5층 치장조적 건물에 대한 상태판정과 보강안 도출을 1근무일인 8시간 내에 수행하고자 하는 목표를 설정하였다.

[표 1.1] 연구 필요성

연구필요성(AS-IS)	(TO-BE)
건축물의 내진설계는 대형, 중요 구조물의 붕괴방지를 목표로 하고 비구조요소 특히 외부 치장조적조에 대한 내진설계는 간과되었음	2018.11.9 개정 ‘건축물의 구조기준 등에 관한 규칙’에 의해 모든 비구조요소에 대한 내진설계가 의무화되었고, 2019.3.14. 개정된 건축물내진설계기준에 의하여 치장조적조는 규모에 관계없이 내진설계가 의무화되어, 신축은 물론, 기존구조물의 보강을 위한 대책이 요구되고 있음
건축물의 노후화와 함께 치장조적벽이 중력하중/태풍/지진에 의한 인명피해 사례가 증가하고 있으나, 우리나라의 환경에 맞는 치장조적조에 대한 결함평가 방법이나 보강공법이 정립되어 있지 않음	3D 스캐너를 이용하여 외벽의 배부름을 확인할 수는 있으나, 치장조적조를 구성하는 벽돌의 형상이나 줄눈 등을 구분하여 조사위치를 수동으로 조정해야 하는 문제가 있음 특히 치장조적조의 안전에 결정적인 벽이음 철물의 위치를 비파괴적인 방법으로 조사하고, 평가하는 방법이 필요
외벽에 대한 현장 조사과정은 위험을 수반하기 때문에 안전하고 신속한 현장조사 방법이 필요함	치장조적조의 균열양상을 조사하기 위해서는 외부조사가 필요한데, 건물의 외부에서 조사하는 데는 안전상의 위험이 뒤따르고 있고, 조사를 위한 가시설 또는 장비를 동원하는 문제점이 있음
기존 치장조적조를 보강하기 위한 인증된 공법이 없음	보강을 위한 기준, 선택할 수 있는 인증공법 제시 필요
국가주도로 진행되고 있는 기존구조물 내진성능평가 및 보강공사에 있어서도 외부 치장조적벽에 대한 조사방법이나 보강에 대한 어떠한 가이드도 없는 실정임	치장조적벽에 대한 신속한 현장조사를 통하여 보강필요여부를 신속히 확인한 후, 인증된 방법으로 보강을 할 수 있도록 국가가 가이드를 제시할 필요가 있음
기존에 신축위주의 건설시장에서 노후 건물의 보수보강 수요가 증가하는데 비하여 3D업무로 인식되고 있는, 안전진단 업무에 인력수급에 어려움이 많음	안전진단 및 보강업무에 IT기술을 도입하여 현장작업을 최소화하고, 정확도를 높이기 위한 기술개발이 필요함

1-3. 선행 연구내용 및 결과

가. 국내 연구동향

- 2008년 청주대학교 김태영 교수에 의해 근대 조적 건축물의 결함특성에 관한 연구가 진행된 바 있음(김태영, 근대 조적 건축물의 결함특성에 관한 연구, 대학건축학회 논문집, 2008)
- 해당 연구에 따르면 조적벽의 매입된 앵커의 상태를 외부에서 확인 불가, 시간의 경과에 따라 앵커의 녹이나 부식 발생, 지지력 저하 등이 발생하고 시간이 지날수록 벽돌의 강도가 저감되어 조적벽 전체에 수직 및 수평 균열이 발생함
- 이러한 조적벽의 결함에 대해 현재까지 국내 연구진은 기존의 전문가에 의한 안전진단을 통해 연구를 진행하였으며, 이에 대해 최근 4차 기술 혁명에 따른 신기술의 도입이 시급함



[그림 1.3] 조적조 벽체의 균열 양상 및 피해 현황

- 국내 손상 탐지 기법 중 3D 스캔과 영상처리기술 및 적외선 열화상 기법을 활용한 구조 결함 평가법에 대한 연구가 진행됨(이병주, 레이저 스캔 및 영상처리 기술을 이용한 3D 구조물 진단 시스템 개발, 한국콘크리트 학회, 2014)
- 3D 스캔을 통한 도면 및 데이터 처리는 많은 연구가 진행되었지만 이를 활용한 조적벽 균열 탐사 및 보강에 대한 연구가 미미함(강정모, 3D 스캐너를 이용한 BIM 설계 계획, 대한설비공학회, 2016)
- 3D 스캔 기술과 영상처리 기술을 도입하여 3D 형상정보와 표면 영상 데이터를 획득 후 이를 맵핑, 분석, 구조해석을 실시할 필요성이 있음



[그림 1.4] 3D 스캐너를 통한 조적벽 스캐닝

- 최근 국내에서 열화상 기법 등을 활용하여 콘크리트 균열 등에 대한 연구가 진행됨(고려대학교, 15층 이상 고층건물 15층 이상 고층건물의 깊이 50mm급 구조체 손상 평가를 위한 UAV 및 열화상 모듈 기반 SMART SKY EYE 기술 개발 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2019)
- 적외선 열화상 기법을 이용하여 콘크리트 균열부 온도, 정상부 온도 및 열전달에 영향을 줄 수 있는 요인들을 파악하여 균열에 대한 Data Base를 구축



[그림 1.5] 적외선 열화상 기법을 활용한 콘크리트 균열 평가법

- 구축된 Data Base를 활용한 균열 깊이를 예측하는 알고리즘 도출
- 최근에는 이미 파악된 손상의 영상 이미지를 이용하여 손상을 정량화 및 손상의 위치를 모르는 상태에서 손상을 신속하게 탐지해 내고 정량화하기 위한 인공지능망을 개발 연구 중임(안윤규, 무인체 탑재용 이종영상 스캐닝을 통한 딥러닝 기반의 구조물 균열 평가 기술, 한국공간구조학회, 2017)

[표 1.2] 국내 조적조 및 비구조요소 내진보강 관련 연구개발 동향

부처명 (사업명)	과제명 (수행기간 및 예산)	검토결과	연계방안
국토해양부 (도시건축 연구사업)	건축물 비구조요소 내진성능 확보기술 개발 (2018.04.13.~2021.12.31./ 진행중)	· 기존 치장 조적조에 대한 내진성능평가/보강은 포함되어 있지 않음. · 신축건축물의 비구조요소 내진성능확보를 위한 연구임이었음.	· 비구조요소에 대한 내진성능평가 기법 개발 시 참조
국토해양부(국토교통 기술촉진연구사업)	도심지 내 중·저층 주요시설물 (학교, 병원 등)의 응급복구 내 진보강 기술 개발 (2013.05.30.~2014.09.29./1 3.1억)	· 비구조요소를 제외한 구조부재에 대해서만 내진보강기술을 제시하고 있음	· 비구조요소에 대한 내진보강기술 중 FRP적용 시 활용
국토해양부 (국토교통기술촉진연구사업)	사용중인 조적조 학교건물의 내진 보수·보강을 위한 저비용 분사형 PU 재료 및 시공기술 개발(2019.04.15.~2020.12.3 1./2억~2차년도)	· 조적조 학교건물에 대한 내진보강기술을 제시하고 있으나, 상태평가 및 보강기준에 대한 제시가 없음.	· 보강방법 비교 시 활용.
국토해양부 (국토교통기술촉진연구사업)	기존 조적조건축물의 내진 및 에너지효율 복합 성능 개선을 위한 TCP 보강기술 개발 (2019.04.05.~2021.12.31./2 억~2차년도)	· 기존 조적조건축물의 내진성능 및 에너지 효율 향상 기술을 제시하고 있으나, 시공 전 상태평가 및 구조적 해석에 대한 제시가 없음.	· 보강방법 비교 시 활용.

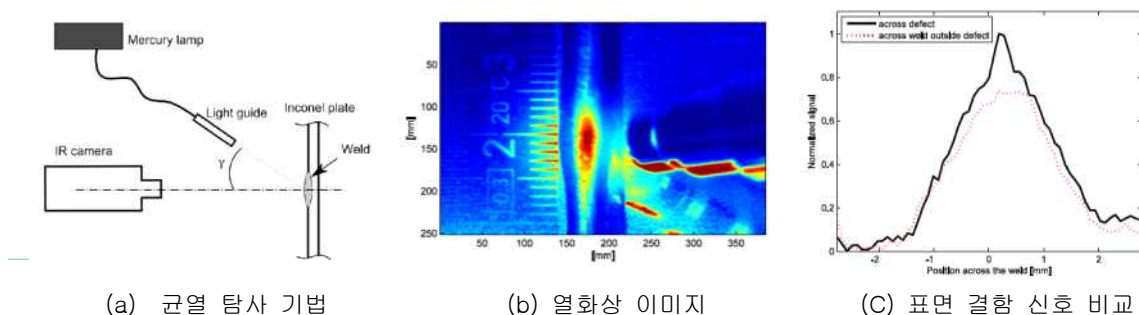
부처명 (사업명)	과제명 (수행기간 및 예산)	검토결과	연계방안
국토해양부 (국토교통기술촉진연구사업)	초속경 스프레이드 고점도·고인성 시멘트계 복합체를 활용한 조적조 건축물의 내진보강 기술 개발(2019.04.19.~2021.12.31./2.1억~2차년도)	· 기존 조적조건축물의 내진보강기술을 제시하고 있으나, 치장벽돌이 아닌 내력벽에 국한되어 있음.	· 보강방법 비교 시 활용.
국토해양부 (국토교통기술촉진연구사업)	노후 조적조 건물의 거주 중 내진보강을 위한 건식 및 바름형 FRM 적정기술 개발 (2019.04.19.~2021.12.31./1.8억~2차년도)	· 기존 조적조건축물의 내진보강기술을 제시하고 있으나, 치장벽돌이 아닌 내력벽에 국한되어 있음.	· 보강방법 비교 시 활용.

기존에 진행되었거나 진행중인 국가연구개발사업을 조사하여 비교한 결과, [표1.2]에서 나타난 것과 같이 기존연구들은 내력벽으로 사용된 조적벽체의 보강을 통한 내진성능향상을 목표로 하고 있으며, 치장조적벽에 대한 연구에서는 신축을 전제로 내진설계에 적용하기 위한 연구이다.

본 연구는 치장조적조 건축물의 현재 상태를 저비용·단시간내에 확인하기 위한 진단 방법을 제시하고 안전성 판단 기준을 정립하여 최적의 보강공법을 제안하는 통합 솔루션을 최종 목표로 하고 있는 면에서, 기존의 국내연구에서는 다루지 않은 분야이다.

나. 해외 연구동향

- 국외 연구의 경우 열화상 및 자외선을 이용한 카메라를 통한 이미지 추출 연구가 국내에 비해 활성화 되어 있으며, 이를 활용한 머신러닝 알고리즘 개발이 현재 진행 중에 있음
- University West에서 적외선 열화상 및 자외선을 이용한 표면 균열 탐사에 대한 연구를 진행함(Surface crack detection using infrared thermography and ultraviolet excitation, by A. Runnemalm and P. Broberg, University West)
- 적외선 카메라를 통해 촬영한 이미지에 대한 소음을 제거하여 표면 결함을 탐지하는 기술을 통해 표면 균열 탐사에 활용 가능하게 함



[그림 1.6] 적외선 카메라를 통한 균열 이미지 추출

- 2018년 Thammasat University에서 조적 구조물에 대한 머신러닝 알고리즘을 적용한 균열 탐사법을 연구함(Krisada Chaiyasarn, Crack Detection in Masonry Structures using Convolutional Neural Networks and Support Vector Machines, ISARC, 2018)
- UAV를 통한 조적 균열 및 비균열 이미지 데이터 수집을 통한 알고리즘 형성 data base 이미지 추출



(a) 조적조 균열 이미지



(b) 조적조 비균열 이미지



(c) 머신러닝 알고리즘

[그림 1.7] 조적 구조물에 대한 균열 탐지 예시

- 머신러닝 알고리즘 중 하나인 CNN(Convolutional Neural Network)을 통하여 기존 균열 이미지를 학습하여 조적 구조물에 대한 균열 손상을 식별함



[그림 1.8] 조적 구조물에 대한 균열 탐지 예시

- 치장조적조에서 외벽의 안전여부를 진단하고, 보강하는 기술은 내진성능확보 또는 내구성 확보 측면에서 영국, 미국 등에서 광범위하게 수행되고 있다. 노후화된 조적벽 건물이 많고, 내구연한을 넘어선 치장조적조에서 다양한 문제를 일으키고 있기 때문일 것이다. 그러나, IT기술을 접목하여 단기간에 많은 정보를 신속하게 처리하려는 시도는 아직까지 없었던 것으로 판단된다.

2. 연구 개발의 목표 및 내용

2-1. 연구 개발의 목표 및 내용

가. 연구 개발의 최종 목표 및 최종성과물

구분	내용 및 설정근거
최종 목표	본 연구개발은 치장조적이 적용된 5층 이하의 연면적 2,000m ² (층당 교실4개가 있는 5층 교사건물 규모) 내외의 독립된 건축물 1개동에 대하여 이미지 스캔과 기계학습을 통하여 균열 및 배부름을 확인하고, 위치기록 기능이 포함된 금속탐지장치를 통하여 앵커철물(벽연결철물;wall tie)의 위치 및 간격을 확인 후, 기존의 벽연결철물의 부식상태를 확인하는 등 자료를 종합하여 현재 상태를 분석하고 추가적인 보강여부, 개략적인 보강공법 제시까지를 8시간 내에 수행하기 위한 것이다
세부 목표	현장조사와 관련한 적절한 표본조사 수량, 조사항목, 판정기준도 함께 제시될 예정이며, 보강을 위해서는 국내의 시공상황 및 현장여건에 맞는 표준보강기준을 제시하고, 실제 시공을 위한 표준시방서, 표준품셈 등을 제시하여 예산집행 및 품질관리에 활용할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다.

나. 최종성과물의 기술성숙도 설정근거

구분		연구착수	연구종료	단계별 설명	
기초연구 단계	TRL 1	☐	☐	TRL 1	이론적 연구단계
	TRL 2	☐	☐	TRL 2	기술적 개념정립 단계
실험 단계	TRL 3	☒	☐	TRL 3	실험적 증명 단계
	TRL 4	☐	☐	TRL 4	실험실 성능평가 단계
시작품 단계	TRL 5	☐	☐	TRL 5	유사환경 시험 단계
	TRL 6	☐	☒	TRL 6	유사환경 기술시험 단계
실용화 단계	TRL 7	☐	☐	TRL 7	실제환경 시작품 데모 단계
	TRL 8	☐	☐	TRL 8	시제품 설치 및 성능시험 단계
사업화 단계	TRL 9	☐	☐	TRL 9	현장적용/사업화 단계

최종성과물	기술성숙도(TRL)		설정근거
	연구시작시	연구종료시	
현장조사결과 종합분석 Tool	3	6	-(연구시작시) 개개의 요소기술은 개발이 되어있고, 이론적으로는 융합하여 적용이 가능한 것으로 판단되지만 실험적 증명이 필요한 단계임 -(연구종료시) Pilot 현장을 대상으로 개발된 기술이 적용 가능한 것을 확인할 수 있음

다. 연차별 연구개발 목표 및 내용

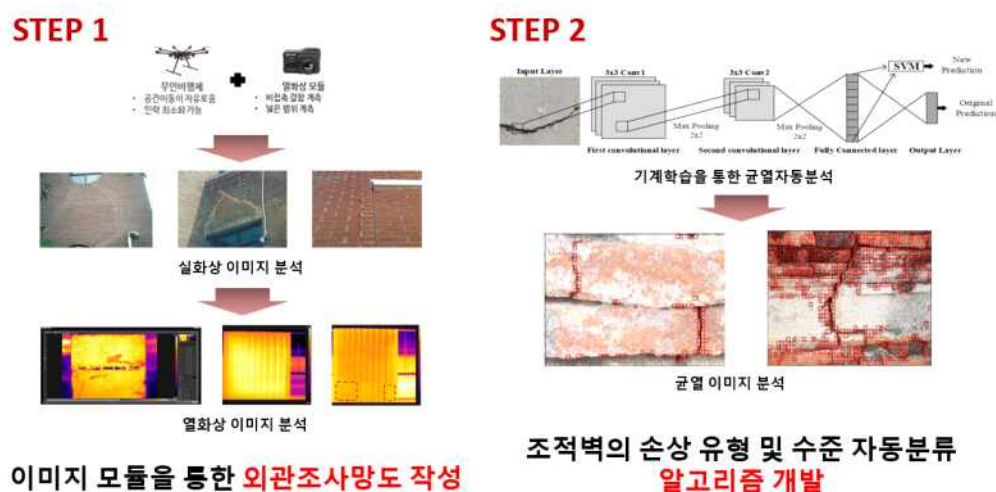
연번	핵심성과물	성과 유형	핵심성과 개요
1 세종 대	이미지모듈을 통한 외관조사망도 작성 프로토콜과 기계학습을 통한 건정성 평가		- 열화상 모듈을 활용하여 촬영된 열화상 및 실화상 이미지 분석 - 손상 유형 및 수준을 반영한 인공지능망 기반의 조적벽체의 내진성능평가 데이터 생성 기술 개발 - 데이터 학습 모델(ANN)을 활용한 내진성능평가와 보강전략 구축을 위한 신속의사결정 툴 개발 - 조적벽체 관련 손상 및 내진성능 정보의 BIM 모델 연동 모듈 개발
2 미래 구조	치장조적벽의 건전성 평가를 위한 현장조사방법, 조사자료 통합처리 Solution 및 보강기준 개발		3D 스캔 등으로 배부름 데이터 생성 및 결함정보 도면화 - 현장조사 개소, 방법, 판정기준 개발 - 현장조사결과를 신속히 확인할 수 있도록 하는 데이터 처리기술 - 기존 벽연결철물의 상태평가 후 보강용 벽연결 철물을 활용한 보강기준 개발 - 치장조적조에 대한 신속줄눈 설치요령 및 관련상세 제시
3 PS 엔지 니어 링	치장조적벽 현장조사, 시공관련 solution제공		- 자료시험을 위한 현장조사방법 실제 조적조 건물에 적용 및 검증 후 피드백 - 기존 벽이음 철물 및 보강용 벽이음 철물을 활용한 보강공법에 대한 표준시방 제시 - 보강공법의 공사비 산출을 위한 일위대가 제시 - 시공 품질관리를 위한 품질관리기준 정립 - 시공 완료 후 유지관리를 위한 기준 정립

1) 1차년도 연구계획

- 세종대

연 차	주요 연구활동	세부 연구내용
1차년도	- 열화상 모듈을 활용하여 촬영된 열화상 및 실화상 이미지 분석	- 열화상 모듈 기반 조적벽체의 탐사 및 이미지 데이터 확보 및 분석 - 열화상 이미지의 손상 유형/수준에 대한 데이터 레이블링
	- 손상 유형 및 수준을 반영한 인공지능 기반의 조적벽체의 내진성능평가 데이터 생성 기술 개발	- 손상 유형/수준에 따른 조적벽체의 성능 저감율의 정량화 - 대상 조적벽체에 대한 핵심영향인자의 다변화를 통한 유한요소해석 기반의 학습데이터 구축 - 이미지 학습 모델과 데이터 학습 모델을 결합한 딥러닝 모델 구축

- UAV와 열화상 모듈을 결합하여 안전 및 신속 정확한 조적벽 탐사를 실시하고, 이를 바탕으로 이미지 학습 데이터를 확보하고 손상 유형/수준에 대한 레이블링(Data Labeling)을 통한 이미지 학습 데이터를 구축
- 손상 유형/수준 등을 자동 분류하기 위하여 AlexNet, ImageNet 등 CNN을 활용한 이미지 데이터 학습을 수행하고, 입력된 이미지에 대한 특징 정보를 추출하고 기존 이미지와의 차이를 분석해 손상 부분을 추출
- 조적벽체의 내진성능에 영향을 미칠 수 있는 핵심영향인자(주기, 강도, 연성 등)를 선별하고, 이를 바탕으로 컴퓨터 해석 기반의 학습데이터를 생성함.
- 이미지 학습 모델의 출력값을 데이터 학습 모델의 입력값으로 활용하는 방식으로, 이미지 학습 모델과 데이터 학습 모델을 결합한 딥러닝 모델을 구축함 - 현장조사결과의 신뢰성 확보를 위하여 학습대상 현장사진 200장이상을 대상으로 90%이상의 인식성공률을 목표로 함



[그림 2.1] 이미지모듈을 통한 외관조사망도 작성 및 기계학습을 통한 건정성 평가

- 미래구조

연 차	주요 연구활동	세부 연구내용
1차년도	- 배부름, 벽체연결철물(wall tie) 등 현장조사 항목별 조사빈도, 판정기준 개발 - 조사항목별 위치정보 전산화	• 항목별 현장조사 개소 산정기준 개발 • 3D 스캔 등 조적조 배부름 등 데이터 생성 및 결함정보 도면화 • 금속탐지기를 사용한 연결철물위치 자동탐지 및 도면화 기술개발 • 내시경카메라를 위한 연결철물 상태촬영, 위치정보 등 조사결과 자동저장

- 치장조적조에 대한 현장조사 항목, 개소(빈도), 조사방법, 판정기준을 개발
- 조적조의 경우, 벽돌과 줄눈으로 구성되어 일반적인 3D 스캔만으로는 배부름을 판독하기 어려우므로, 조사된 결과를 후처리하여 배부름을 자동으로 탐지하거나, 위치를 특정하여 배부름을 확인
- 치장조적벽체의 탈락사고는 벽체 연결철물(wall tie)이 처음부터 너무 성기게 설치되었거나, 시간경과에 따른 부식으로 성능이 저하된 것이 주요 요인이므로, 벽이음철물의 현장조사는 금속탐지가 선행되어야 하며, 일정한 빈도로 내시경카메라 등을 활용하여 벽이음철물의 현재상태를 확인하여야 함
- 벽체 연결철물의 위치, 철물의 부식상태조사 결과를 신속처리하기 위해서 조사위치정보를 자동으로 인식하고, 도면화하는 기술개발(GPS 또는 Beacon 활용)
- 현장에서 조사된 연결철물의 간격이 적절한지를 판단하기 위한 기준 제시
- 연결철물의 부식상태 및 단면적으로 잔여수명을 판단하기 위한 기준 수립



[그림 2.2] 배부름, 벽연결철물(wall tie) 탐지 및 조사 개념

- PS엔지니어링

연 차	주요 연구활동	세부 연구내용
1차년도	- 자료수집을 위한 현장조사방법 실제 조적조 건축물에 적용 및 검증 후 피 드백	• Pilot 현장조사, 시험적용 • 균열탐사를 위한 열화상카메라 조사 방법 현 장 검증 • 배불름 여부 판단을 위한 3D 스캐닝 현장 검 증 • 연결철물 상태 판단을 위한 금속탐지 및 내시 경카메라 조사 방법 현장 검증 • 저비용, 시간단축을 위한 GPS 연계 현장 검 증

- 치장벽돌 상태판단을 위한 비파괴검사(열화상카메라, 3D 스캐닝, 금속탐지, 내시경카메라 및 GPS 연계)의 현장 적용 및 검증 후 피드백을 통한 최종 방법 수립



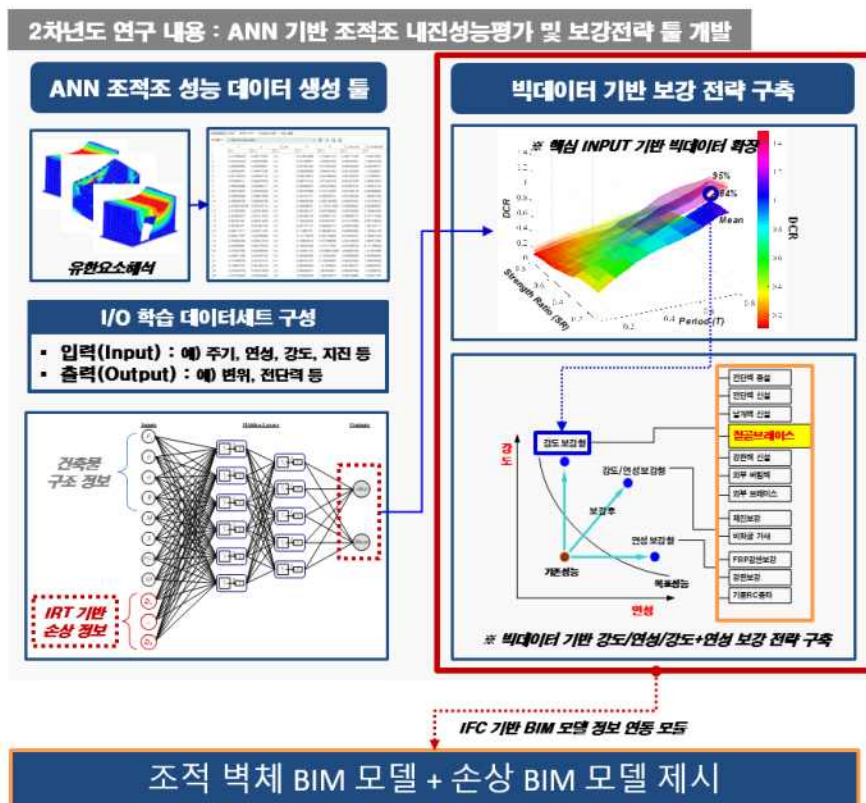
[그림 2.3] 현장조사방법 수립

2) 2차년도 연구계획

-세종대

연 차	주요 연구활동	세부 연구내용
2차년도	- 데이터 학습 모델(ANN)을 활용한 내진성능평가와 보강전략 구축을 위한 신속의사결정 툴 개발	- 핵심 영향인자 다변화를 통한 조적벽체의 내진성능 관련 빅데이터 생성 - 연성/강도/연성+강도 중심의 조적벽체 맞춤형 보강전략(안) 구축을 위한 신속의사결정 툴 구축 및 검증
	- 조적벽체 관련 손상 및 내진성능 정보의 BIM 모델 연동 모듈 개발	- BIM 모델의 IFC 정보 기반 연동 기술 구축 - BIM의 표준언어인 IFC 기반 조적벽체의 손상 유형/정보의 시각화 및 내진성능 정보 연동

- 학습 범위 내에서 핵심영향인자를 랜덤하게 다변화하는 방식으로, 내진성능과 관련한 빅데이터를 생산하고, 이를 활용한 핵심 영향인자 기반의 신속 내진성능평가 툴을 개발 및 검증 함.
- 데이터 기반의 신속 내진성능평가 툴을 활용하여, 조적벽체의 결함을 분석한 이후 연성/강도/연성+강도 중심의 맞춤형 보강전략(안)을 제시.
- 이와 같이 구축된 조적 벽체의 손상 수준/유형 및 잠재적 재난에 대한 내진성능평가 정보 등을 가시화하기 위하여, BIM의 표준언어인 IFC 양식과 자동으로 연동할 수 있는 연동 모듈을 개발하고, 이를 시각화 하는 연구를 수행함.



[그림 2.4] 데이터 활용모델(ANN)을 통한 보강과 평가 결정 툴 개발

-미래구조엔지니어링

연 차	주요 연구활동	세부 연구내용
2차년도	- 조사결과 전산화 및 자동분류 - 기존 벽이음 철물 및 보강용 벽이음 철물을 활용한 보강기준 개발	• 현장조사 내용을 별도의 후처리 과정없이 위치정보를 현장에서 직접인식하도록 함으로써 현장조사 결과확인 속도 증가 • 보강공법별 치장조적에 대한 내진보강기준 개발 • 치장조적조에 대한 신축줄눈(Movement Joint) 설치요령 및 관련 상세 • 치장조적조에 대한 중력하중 지지구조물 표준 상세

- 현장조사결과를 종합적으로 DB화하고, 시각화함으로써 전문가 및 비전문가의 판단에 활용
- 자동으로 현장데이터를 판독하여 종합처리결과를 보고할 수 있도록 하는 정보처리 기술
- 기존건물에 적용할 수 있는 치장조적에 대한 내진보강기준을 제시 → 보강량 도출
- 보강자재의 성능기준 및 현장품질관리기준 수립
- 보강을 위한 벽이음 공법을 복수로 제시함으로써 현장여건에 맞추어 선택 가능하도록
- 치장조적조를 위한 중력하중 지지구조, 신축줄눈 설치기준 제시



Ref	Corrosion level	Predicted life years (Fig 1)	Recommended action		Predicted life years (3)	Recommended action	
			Best	Minimum (2)		Best	Minimum (2)
0	Zinc none - light corrosion	> 25	None	-	-	-	-
1 (1)	Zinc/bitumen uncorroded	> 10	10 year inspection	None	< 10/ND	5 year inspection	10 year inspection
2 (1)	Zinc/bitumen light corrosion	> 10	10 year inspection	None	< 10/ND	5 year inspection	10 year inspection
3	Zinc moderate corrosion	> 10	10 year inspection	None	< 10/ND	Fit remedial ties	5 year inspection
4 (1)	Zinc/bitumen heavy corrosion	> 10	5 year inspection	10 year inspection	< 10/ND	Fit remedial ties	5 year inspection
5	Zinc white rust	> 10	5 year inspection	10 year inspection	< 10/ND	Fit remedial ties	5 year inspection
6 (1)	Terminal corrosion	> 10	5 year inspection	10 year inspection	< 10/ND	Fit remedial ties	2 year inspection
7 (1)	Red rusting	NA	NA	NA	NA	Fit remedial ties	Schedule repairs
8 (1)	Red rusting & erosion	NA	NA	NA	NA	-	Fit remedial ties
9 (1)	Total failure	NA	NA	NA	NA	-	Fit remedial ties

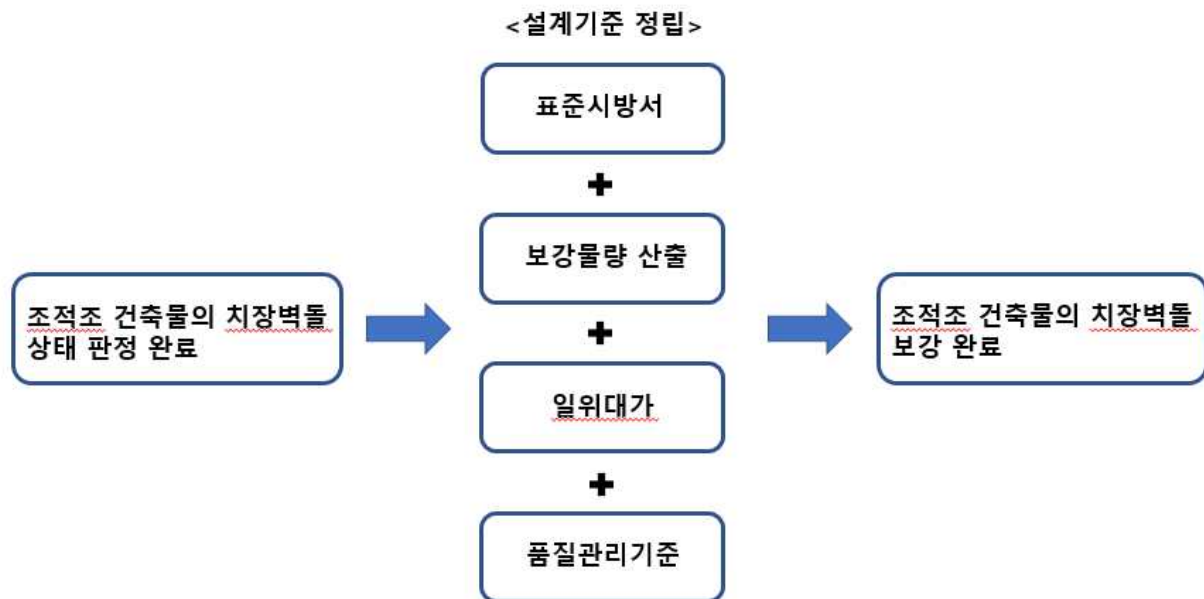
Notes:
1. Classifications suitable for products protected by bitumen paint films.
2. Take the minimum option only if all the samples are the same corrosion level or some are less corroded than the worst sample.
3. Cases where predicted life is less than 10 years by analysis (Fig 1) or where only visual evidence is used.
NA = not applicable.
ND = not determined by chemical analysis.

[그림 2.5] 조사자료 정리 및 분석, 분류, 보강 개념

- PS엔지니어링

연 차	주요 연구활동	세부 연구내용
2차년도	-보강공법의 실제 설계 적용을 위한 체계 수립	• 보강공법 별 표준시방서 정립 • 진단 완료 후 상태등급 별 보강물량 산출 • 보강공법 시공을 위한 공사비용 산출 • 시공 및 공사완료 후 품질관리기준 정립

- 치장벽돌 상태 판정 완료 후 상태별 보강공사 수행을 위한 실질적인 설계자료(표준시방서, 물량산출 기준, 일위대가 및 품질관리기준) 정립



[그림 2.6] 설계기준 정립

2-2. 평가의 착안점 및 기준

(단위 : 편, 건, 명, 천원)

구분		1차년도	2차년도	계
국외논문 게재	SCI			
	비SCI			
	계			
국내논문 게재	SCI		1편	1편
	비SCI	1편	1편	2편
	계	1편	2편	3편
특허출원	국내	2건	2건	4건
	국외			
	계	2건	2건	4건
특허등록	국내			
	국외			
	계			
인력양성	석사	2명	2명	4명
	박사		1명	1명
	계	2명	3명	5명
기술이전	계약건수		1건	1건
	계약액		5,000	5,000
	징수액			
국제 표준화	기고서 제출			
	기고서 채택			
	표준안 채택			
국내 표준화	기고서 제출			
	기고서 채택			
	표준안 채택			
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문			
	연구시설·장비			
	기술요약정보			
	생명자 원	생명정보		
		생물자원		
		신품종		
	소프트웨어			
기타	화학물			
	시제품			
	성과 홍보			
	일자리 창출			

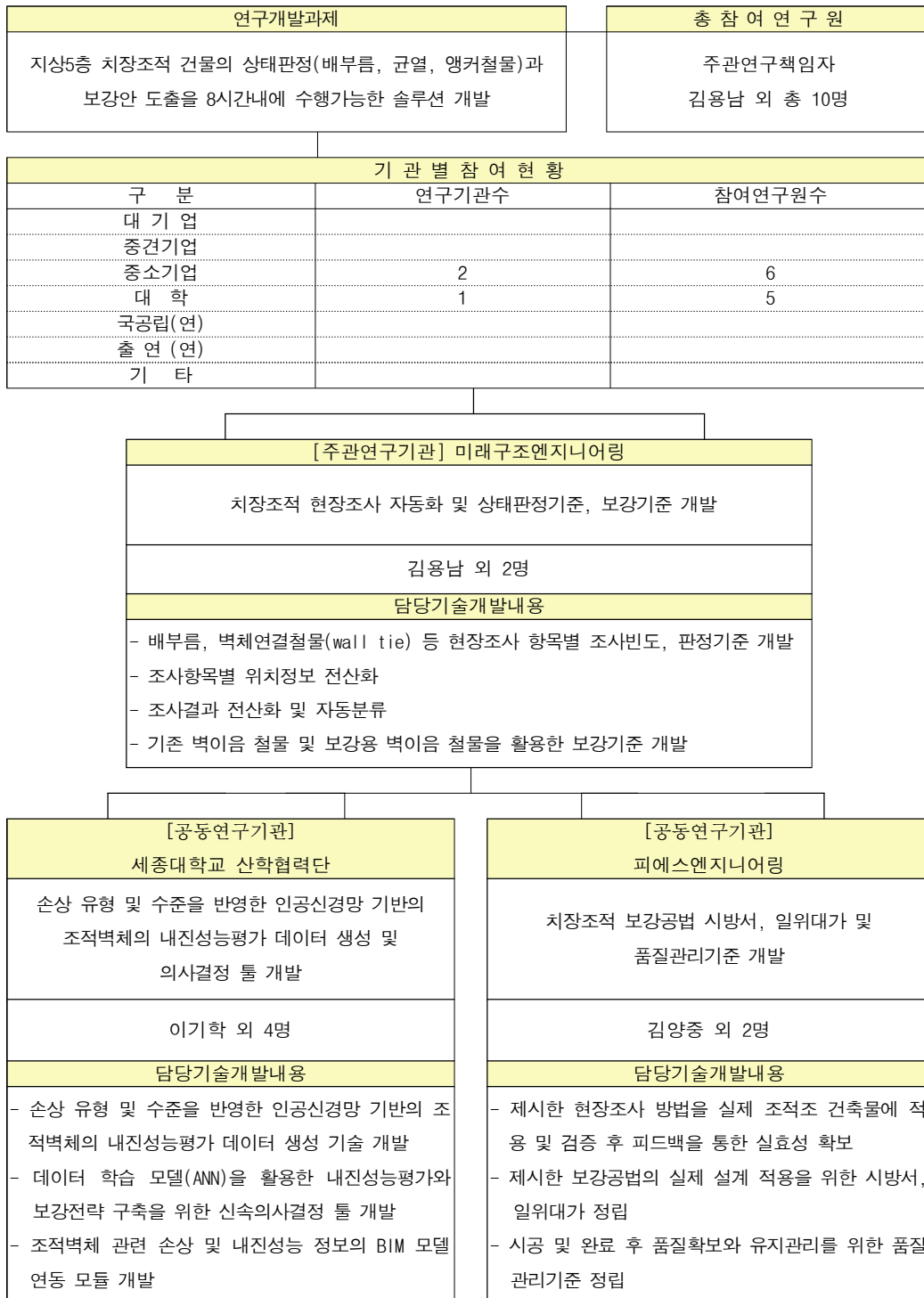
3장 연구개발의 추진전략, 방법 및 추진체계

3-1. 연구개발 추진전략·방법

- 본 과제는 치장조적의 내진보강을 정확하고, 신속하게 수행하는 것을 목표로 하고 있으며, 업무추진과정을 시계열로 정리하면 다음과 같다

소 과제	추진전략/방법
현장조사 대상, 빈도에 대한 기준수립	해외 및 국내기준에 기반하여 치장조적 안전진단에 필요한 항목, 샘플링 기준 수립
신속하고 정확한 현장조사(자동화)	세종대, 미래에서 현장조사 항목을 나누어 현장조사를 자동화하고, PS에서 현장조사를 직접 수행하면서, 문제점 도출 및 Feedback하여 Solution 개발
현장조사 판단기준 수립	현장조사결과에 대한 등급부여 기준을 수립하고, 인공지능 등을 활용하여 현장조사결과를 등급으로 분류
위치정보를 기반으로 현장조사 결과를 전산화하고 정리하여 보강여부 판별에 활용	조사된 결과를 위치기반 정보를 기반으로 정리 및 분류하고, 자동분류되도록 coding
보강기준 수립	현장여건에 따른 횡력조건과 기존 치장조적벽의 잔여 내구연한을 감안하여 보강공법, 보강의 밀도를 결정할 수 있도록 보강기준을 수립
보강기준에 따른 공사비 산정 및 품질관리 기준 수립	보강공법별 시방서 및 품질관리기준이 제시되어야 하며, 공사중 각 자재의 성능실험방법/기준도 제시필요

3-2. 연구개발 추진체계



3-3. 추진일정

1차년도															
일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	계획수립 및 자료조사														
2	현장조사 항목 및 표본개수 등 조사기준 수립														
3	열화상, 3D 스캔 등 1차 현장조사														
4	현장조사 자동화 장치 고안														
5	데이터 학습모델을 활용한 자료 추출														
6	현장조사 자동화 시제품 개발														
7	시제품을 활용한 종합 현장조사 실시														
8	현장조사 결과분석 및 Feedback														
9	1년도 성과취합 및 2차년도 계획														
2차년도															
1	BIM기반 정보연동기술 구축	*****	*****	*****	*****	*****									
2	내진성능평가와 보강전략구축을 위한 신속 의사결정 툴 개발						*****	*****	*****	*****	*****				
3	기존 조적벽의 보강기준 개발	*****	*****												
4	표준시방서/ 일위대가 작성	*****	*****	*****	*****	*****									
5	품질관리기준 수립						*****	*****	*****	*****	*****				

3-4. 위탁연구/외부용역/국제공동연구 현황

가. 위탁연구/외부용역 현황

구 분	과 제 명	발주 기관	수행자 (수행 기관)	위탁 또는 용역 필요성	위탁 또는 용역 목표 및 내용	연구기간	소요 금액 (천원)
위탁연구							
외부용역*	현장조사 데이터 정리 및 분류 자동화	미래구조	미정	현장조사 결과를 수 작업 대신 자동화하 기 위한 플랫폼 및 Software 필요	위치정보와 조사결 과를 연계하여 도면 화하고, 의사결정을 위한 분류 및 정리	4개월이상	4000 (예상)

4. 연구 개발 성과의 활용 방안 및 기대효과

4-1. 연구 개발 성과의 활용 방안

- 현장조사 자동화 시스템, 획득자료 자동분류 및 등급분류 시스템을 통하여 현장조사 소요시간을 대폭 절감 가능하며, 위험한 고소작업이 없어서 엔지니어가 위험에 노출되지 않게 됨
 - 치장조적 현장조사에 대한 기준을 확립하여 현장조사의 정확성을 높일 수 있으며, 기존 치장조적의 내진보강을 위한 설계기준, 표준시방서, 품질관리기준이 확보됨
 - 노후화된 치장조적조에 대한 신속하고, 정확한 현장조사를 통하여 취약부를 확인, 신속한 조치시행으로 예방적 안전관리 구현
 - 국내 중저층 건축물의 대부분을 차지하는 치장조적조시스템에 대해 지진재해 발생시 심각한 균열 및 탈락을 방지할 수 있는 내진설계 기준의 발전 및 보완이 가능할 것으로 예상됨
 - 단독주택 및 다양한 용도의 치장조적벽 요소에 적용하는 것은 물론, 위치정보 자동기록 기능을 확장하면 구조물의 균열조사와 철근탐사 등 안전진단 업무 자동화에도 활용이 가능해지므로, 안전진단의 정밀도가 높아지는 것과 동시에 안전진단관련 산업의 부가가치를 높일 수 있음
-

4-2. 기대효과

- 기술적 측면
 - 치장조적벽에 대한 조사, 보강설계에 대한 기준이 수립됨
 - 기존 RC벽체에 대한 내진설계기술이 집중되어 있는 상황에서 치장조적조의 보수 및 보강에 대한 건설융합 기술을 통해 해결방안을 제시함
 - 치장조적조 시스템의 균열 및 손상 탐사기술과 이에 따른 최적 보강시스템의 종합적인 solution 제공으로 기술의 선진화가 가능함
 - 경제적·산업적 측면
 - 기존 치장조적벽에 대한 보강여부, 보강비용을 신속하게 파악가능하기 때문에 단기간 내에 기존 치장조적벽에 대한 내진보강을 수행할 수 있음
 - 학교와 같은 공공 시설물이나, 노후 상업용 건물은 물론 치장조적이 많이 적용되고 있는 종교시설에 대하여 단기간 내에 내진성능 확보할 수 있어 지진과 같은 자연재해로 인한 구조물의 손상 및 인명피해를 방지할 수 있으며, 장기적으로는 치장조적벽의 하자균열을 방지함으로써 건물의 사용연한 증가, 보수·보강 비용의 절감이 가능
 - 포항지진 이후 국내 공공 시설물 등의 조적벽에 대한 내진성능보강 수요가 많기 때문에 상용화 시 경제성확보 가능
 - 사회적 측면
 - 노후화된 치장조적조에 대한 신속하고, 정확한 현장조사를 통하여 취약부를 확인, 신속한 조치시행으로 예방적 안전관리 구현
 - 비구조요소에 대한 내진설계를 강화 및 지원하려는 정부정책에 부합
 - 국내 건축물의 97%이상을 차지하는 5층 이하 중저층 건축물에 대하여 지진피해 저감에 기여함으로써 국민들의 삶의 질 향상 및 국가적 이미지 제고 가능
-

5. 연구기관 현황

5-1. (총괄)연구책임자

가. 인적 사항

성명	국문	김용남 (한문)金容南	생년월일(성별)	1967.11.25
	영문	KIM YONG NAM	과학기술인등록번호	11031201
직장	기관명	미래구조엔지니어링	전화번호	02-558-6090
	부서	기술연구소	휴대전화번호	010-6288-8096
	직위	대표	전자우편	structurekim@gmail.com
	주소	(05836) 서울시 송파구 법원로 127 대명벨리온 417호		

나. 학력(대학 이상 기재)

연도	학교명	전공	학위	지도 교수
1993. 3~1996. 2	고려대학교	건축구조전공	석사	김상대
1994.10~1995. 8	東京工業大學	和田연구실	-	和田
1986. 3~1990. 2	고려대학교	건축공학과	학사	김상대

(최종 학위 논문명) 고층건물의 능동진동제어 알고리즘에 대한 연구

다. 경력

연도	기관명	직위	비고
2017. 4~	미래구조엔지니어링	대표	
2004.08~2016.08	삼성물산 건설부문	부장	
2001.09~2004.07	CS구조엔지니어링	실장	
2000.09~2001.08	롯데건설	과장	
1996.01~2000.08	CS구조엔지니어링	팀장	

라. 주요 연구수행 실적(3개 이내)

연구 제목	연구 내용	연구 기간	연구 수행 당시의 소속 기관	역할(연구책임자 또는 연구원)	연구비 지급 기관	비고
2017 포항지진에서 드러난 벽식아파트 수벽과 날개벽 균열하자 및 탈락 등 재발 방지를 위한 내진설계/시공 Solution 개발	공동주택 비내력벽의 지진재해에 대한 손상과 균열 방지를 위한 설계/시공 솔루션 개발 연구	2018.03.01.~2021.02.28	미래구조엔지니어링	연구원	국토교통과학기술진흥원	

연구 제목	연구 내용	연구 기간	연구 수행 당시의 소속 기관	역할(연구책임자 또는 연구원)	연구비 지급 기관	비고
LH PC구조 공동주택 구조설계 및 시공지침 작성	한국토지주택공사에서 활용하기 위한 PC공법 구조설계 및 시공지침서 작성연구	2018.8.14.~2019.7.13	미래구조엔지니어링	연구원	한국토지주택공사	

* 비고란에는 지식재산권 출원, 취득 등 특기할 만한 사항을 기술함

마. 대표적 논문/저서 실적(최근 5년간 실적, 5개 이내로 작성)

구분	논문명/저서명	게재지 (권, 쪽)	게재 연도 (발표연도)	역할	비고 (피인용 지수)
논문					
저서	비구조요소 내진설계 예제집		2019.5	집필간사	

바. 현재 수행 중인 타 과제 현황

(단위: 천원)

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)	참여율
부처명/사업명	참여 유형	참여 종료일	해당 연도 연구비	
2017 포항지진에서 드러난 벽식아파트 수벽과 날개벽 균열하차 및 탈락 등 재발 방지를 위한 내진설계/시공 Solution 개발	세종대학교	2018. 04. 17	33개월	20%
국토교통과학기술진흥원/국토교통기술촉진연구사업	공동연구책임자	2020. 1. 31	79,000	

5-2. 공동·위탁 연구책임자(해당 시 작성)

가. 인적 사항

성명	국문	이기학 (한문) 李起學	생년월일(성별)	1968년 4월 16일 (남)
	영문	Kihak Lee	과학기술인등록번호	1011-3733
직장	기관명	세종대학교	전화번호	02-3408-3286
	부서	건축공학과	휴대전화번호	010-9390-4005
	직위	교수	전자우편	kihaklee@sejong.ac.kr
	주소	(우: 05006) 서울특별시 광진구 능동로 209 세종대학교 총무관 723호		

나. 학력(대학 이상 기재)

연도	학교명	전공	학위	지도 교수
1996 ~ 2000	Uinv. of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, U.S	토목공학과	박사	Douglas A. Foutch
1993 ~ 1996	Purdue Univ., West Lafayette, IN, U.S	토목공학과	석사	
~ 1993	고려대학교	건축공학과	학사	

(최종 학위 논문명) Performance Prediction and Evaluation of Steel Special Moment Frame Buildings for Seismic Loads

다. 주요 연구수행 실적(3개 이내)

연구 제목	연구 내용	연구 기간	연구 수행 당시의 소속 기관	역할(연구책임자 또는 연구원)	연구비 지급 기관	비고
도시기능 유지에 필수적인 건축물의 기능유지를 위한 자기복구형 감쇠시스템과 내진성능평가법 개발	건축물의 기능유지를 위한 자기복구형 감쇠시스템과 내진성능평가법 개발	2016.06.01.~ 2019.05.31	세종대학교	연구책임자	한국연구재단	
350톤의 탄소저감 확보를 위한 9층 목조건축물 공학목재-하이브리드 구조시스템 적용기술 개발	350톤의 탄소저감 확보를 위한 9층 목조건축물 공학목재-하이브리드 구조시스템 및 전단연결재 개발	2016.06.22. ~ 2018.06.21	세종대학교	연구책임자	국토교통과학기술진흥원	
2017 포항지진에서 드러난 벽식아파트 수벽과 날개벽 균열하자 및 탈락 등 재발 방지를 위한 내진설계/시공 Solution 개발	공동주택 비내력벽의 지진재해에 대한 손상과 균열 방지를 위한 설계/시공 솔루션 개발 연구	2018.03.01.~ 2021.02.28	세종대학교	연구책임자	국토교통과학기술진흥원	

* 비고란에는 지식재산권 출원, 취득 등 특기할 만한 사항을 기술함

라. 현재 수행 중인 타 과제 현황

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)	참여율
부처명/사업명	참여 유형	참여 종료일	해당 연도 연구개발비	
지진 전문인력 양성 교육기관 사업	세종대학교	2018. 09. 01	24개월	20.5%
행정안전부/지진분야 전문인력 양성사업	주관연구책임자	2020. 08. 31	200,000	
2017 포항지진에서 드러난 벽식아파트 수벽과 날개벽 균열하자 및 탈락 등 재발 방지를 위한 내진설계/시공 Solution 개발	세종대학교	2018. 04. 17	33개월	30%
국토교통과학기술진흥원/국토교통기술촉진연구사업	주관연구책임자	2020. 1. 31	200,000	

5-3. 기관(기업) 정보 현황 (※ 기업만 작성)

	구분		수행 기관명	피에스엔지니어링	미래구조엔지니어링
①	사업자등록번호			212-81-31274	220-86-17680
②	법인등록번호			110111-1197387	110111-2299570
③	대표자 성명(국적/성별)			문경희(대한민국/여) 김양중(대한민국/남)	윤광섭(대한민국/남) 김용남(대한민국/남)
④	최대 주주(국적)			김양중(대한민국)	윤광섭(대한민국)
⑤	기업(기관) 유형 (중소기업, 중견기업, 대기업) (대학, 출연연, 국공립연, 기타 등)			중소기업	중소기업
⑥	설립 연월일			1995년10월02일	2000.7.31
⑦	주생산 품목			건설업	건축엔지니어링
⑧	상시 종업원 수			8	15명
⑨	전년도 매출액(백만원)			1,531	1,536
⑩	매출액 대비 연구개발비 비율			9%	2.6%
⑪	부채 비율		2018년	26.3%	49%
			2017년	28.5%	42%
⑫	유동 비율		2018년	691.1%	236.5%
			2017년	775.1%	287.2%
⑬	자본 잠식 현황	자본총계 (백만원)	2018년	1,523	1,713
			2017년	1,471	1,709
		자본금 (백만원)	2018년	1,000	100
			2017년	1,000	100
⑭	이자 보상 비율		2018년	4.6%	0.75%
			2017년	1.2%	8.92%
⑮	영업 이익 (백만원)		2018년	69	12
			2017년	21	230

5-4. 연구개발 참여연구원 및 비영리법인 연구부서의 연구 지원인력 현황

5-4-1. 연구개발 참여연구원 현황

- 주관연구기관 : 미래구조엔지니어링

번호	소속 기관명	직위	생년월일	전공 및 학위		연구 담당 분야	신규 채용 여부	국가연구개발사업 참여율 (%) [B]	국가연구개발사업 참여 과제 수 (건)
	성명	과학기술인 등록번호	성별	취득 연도	학위 (전공)	과제 참여 기간	이 과제 참여율 (%) [A]	전체 참여율 [A+B, %]	
1	주관-미래구조엔지니어링	대표	671125	1996	석사 (건축)	총괄 20.04~21.12	×	20%	1
	김용남	11031201	남				25%	45%	
2	주관-미래구조엔지니어링	실장	791023	2004	석사 (건축)	보강기준 20.04~21.12	×	61.2	1
	서민정	11818112	여				25%	86.2%	
3	주관-미래구조엔지니어링	대리	921121	2017	학사 (건축)	진단기준 20.04~21.12	×	60.1%	1
	함우정	11918858	남				21.7%	81.8%	
4							○	0	
	신입사원						100%	100%	

- 공동연구기관 : 세종대학교

번호	소속 기관명	직위	생년월일	전공 및 학위		연구 담당 분야	신규 채용 여부	국가연구개발사업 참여율 (%) [B]	국가연구개발사업 참여 과제 수 (건)
	성명	과학기술인 등록번호	성별	취득 연도	학위 (전공)	과제 참여 기간	이 과제 참여율 (%) [A]	전체 참여율 [A+B, %]	
1	세종대	정교수	680416	2000.10	박사 (건축구조)	책임급	X	50.5	2
	이기학	10113733	남			2020.04 ~ 2021.12	10	60.5	
2	세종대	박사과정	900606	2016.02	석사 (건축재료)	원급	X	67	3
	PHAM VO ANH KHOA	11561486	남			2020.04 ~ 2021.12	20	87	
3	세종대	석박사과정	901019	2015.01	학사 (토목공학)	원급	X	59.44	3
	NGUYEN VU LUAT	11793291	남			2020.04 ~ 2021.12	20	79.44	
4	세종대	석박사과정	930317	2017.02	학사 (건축공학)	원급	X	55	4
	이가운	11561232	여			2020.04 ~ 2021.12	20	75	
5	세종대	석박사과정	920514	2015.08	학사 (토목공학)	원급	X	56.1	3
	Tran Van Han	12443604	남			2020.04 ~ 2021.12	20	76.1	

- 공동연구기관 : 피에스엔지니어링

번호	소속 기관명	직위	생년월일	전공 및 학위		연구 담당 분야	신규 채용 여부	국가연구개발사업 참여율 (%) [B]	국가연구개발사업 참여 과제 수 (건)
	성명	과학기술인 등록번호	성별	취득 연도	학위 (전공)	과제 참여 기간	이 과제 참여율 (%) [A]	전체 참여율 [A+B, %]	
1	공동-피에스 엔지니어링	연구소장	510116	2012	박사 (건축)	건축	×	0	0
	김양중	11209123	남			20.04~21.12	25	25	
2	공동-피에스 엔지니어링	연구원	880606	2017	석사 (토목)	건축	×	0	0
	김선우	11833181	남			20.04~21.12	28	28	
3	공동-피에스 엔지니어링	연구원	760408	1999	학사 (환경)	건축	×	0	0
	최년수	11833249	여			20.04~21.12	28.58	28.25	
4	공동-피에스 엔지니어링						○	0	0
	신입						100	100	

5-4-2. 비영리법인 연구부서의 연구 지원인력 현황

번호	소속 기관명	성명	전공 및 학위		지원 업무	국가연구개발사업 참여 과제 수 (건)
	소속 연구부서명	생년월일	취득 연도	학위 (전공)	참여 기간	
1						
2						

6. 연구비 명세

6-1. 연도별 연구비 총괄표

가. 연차별 총괄

(단위: 천원)

구분	1차 연도 (2020)		2차 연도 (2021)		합계
	금액	%	금액	%	
정부출연금	160,000	69.6%	210,000	72.4%	370,000
민간 부담금	현금	8,000	3.5%	12,000	4.1%
	현물	62,000	27.0%	68,000	23.4%
	소계	70,000	30.4%	80,000	27.6%
정부 외 출연금					
합계	230,000	100%	290,000	100%	100%

나. 정부출연금, 민간부담금(현금, 현물) 및 정부 외 출연금 배분 내용

(단위: 천원)

구 분		주관연구기관명 (미래구조엔지니어링)	공동연구기관명1 (세종대학교)	공동연구기관명2 (피에스엔지니어링)	계
1차 연도	정부출연금	64,000	48,000	48,000	160,000
	민간 부담금	현금	4,000	4,000	8,000
		현물	31,000	31,000	62,000
		소계	35,000	35,000	70,000
	정부 외 출연금				
	합계	99,000	48,000	83,000	230,000
2차 연도	정부출연금	84,000	63,000	63,000	210,000
	민간 부담금	현금	6,000	6,000	12,000
		현물	34,000	34,000	68,000
		소계	40,000	40,000	80,000
	정부 외 출연금				
	합계	124,000	63,000	103,000	290,000
총계	정부출연금	148,000	111,000	111,000	370,000
	민간 부담금	현금	10,000	10,000	20,000
		현물	65,000	65,000	130,000
		소계	75,000	75,000	150,000
	정부 외 출연금				
	합계	223,000	111,000	186,000	520,000

다. 비목별 총괄

(단위: 천원)

비 목	세 목				1차 연도	2차 연도	합계	
					2020	2021		
직 접 비	인 건 비	참 여 연구 원	내부 인건비	미지급		14,400	19,200	33,600
				지급	현금	19,200	57,600	76,800
					현물	62,000	68,000	130,000
			외부 인건비	미지급				
				지급	현금			
					현물			
		연구지원인력인건비						
		학생인건비				20,925	27,900	48,825
		인건비 소계				102,125	153,500	255,625
	연구시설·장비비			현 금	일반	49,500	8,900	58,400
					통합관리			
				현물				
	연구활동비				10,779	14,252	25,031	
	연구재료비			현금				
				현물				
	연구수당				19,465	16,220	35,685	
	위탁연구비							
	직접비 소계				219,769	276,572	496,341	
간접비				10,231	13,428	23,659		
연구비 총액				230,000	290,000	520,000		

6-2. 연구기관별 연구비 총괄표

가. 주관연구기관(참여기관) : 미래구조엔지니어링

(단위: 천원)

비 목	세목				1차 연도	2차 연도	합계	
					2020	2021		
직 접 비	인 건 비	참 여 연구 원	내부 인건비	미지급				
				지급	현금	10,000	30,000	40,000
					현물	31,000	34,000	65,000
			외부 인건비	미지급				
				지급	현금			
					현물			
		연구지원인력인건비						
		학생인건비						
	인건비 소계				41,000	64,000	105,000	
	연구시설·장비비			현 금	일반	45,000	4,400	49,400
					통합관리			
					현물			
	연구활동비				1,000	2,000	3,000	
	연구재료비		현금		5,800	6,800	12,600	
			현물					
	연구수당				6,200	6,800	13,000	
	위탁연구비(외부용역)					40,000	40,000	
	직접비 소계				99,000	124,000	223,000	
간접비								
연구비 총액					99,000	124,000	223,000	

나. 공동연구기관(참여기관) : 세종대

(단위: 천원)

비 목	세목				1차 연도	2차 연도	합계	
					2020	2021		
직 접 비	인 건 비	참 여 연구 원	내부 인건비	미지급		7,200	9,600	16,800
				지급	현금			
					현물			
			외부 인건비	미지급				
				지급	현금			
					현물			
		연구지원인력인건비						
		학생인건비				16,740	27,900	44,640
	인건비 소계				16,740	27,900	44,640	
	연구시설·장비비		현 금	일반	8,700	1,000	9,700	
				통합관리				
			현물					
	연구활동비				7,541	13,172	20,713	
	연구재료비		현금					
			현물					
	연구수당				4,788	7,500	12,288	
	위탁연구비							
	직접비 소계				37,769	49,572	87,341	
간접비				10,231	13,428	23,659		
연구비 총액				48,000	63,000	111,000		

다. 공동연구기관(참여기관) : 피에스엔지니어링

(단위: 천원)

비 목	세 목				1차 연도	2차 연도	합계	
					2020	2021		
직 접 비	인 건 비	참 여 연 구 원	내부 인건비	미지급				
				지급	현금	9,200	27,600	
					현물	31,000	34,000	
			외부 인건비	미지급				
				지급	현금			
					현물			
		연구지원인력인건비						
		학생인건비						
	인건비 소계				40,200	61,600		
	연구시설·장비비		현 금	일반	3,500	3,500		
				통합관리				
			현물					
	연구활동비				1,000	1,000		
	연구재료비		현금		32,100	36,900		
			현물					
	연구수당							
위탁연구비								
직접비 소계				83,000	103,000			
간접비								
연구비 총액				83,000	103,000			

6-3. 민간부담 연구비 중 참여기업별 부담 금액(참여기업이 있는 경우만 기재)

(단위: 천원)

구분	기업명	기업 유형	민간 부담액		
			현금	현물	계
1차년도	미래구조엔지니어링	중소기업	4,000	31,000	35,000
2차년도	미래구조엔지니어링	중소기업	6,000	34,000	40,000
1차년도	피에스엔지니어링(주)	중소기업	4,000	31,000	35,000
2차년도	피에스엔지니어링(주)	중소기업	6,000	34,000	40,000
계	150,000				

6-4. 1차년도 비목별 연구비 소요명세(주관연구기관: 미래구조엔지니어링)

가. 직접비: 99,000 천원

1) 내부인건비

(단위: 천원)

성명	직위 (직급)	참여 시작일	참여 종료일	월급여	참여율 (%)	실지금액	현금/ 현물	지급 여부
김용남	대표	2020.4.1	2020.12.31	7,000	25%	15,750	현물	지급
서민정	실장	2020.4.1	2020.12.31	4,000	25%	9,000	현물	지급
함우정	대리	2020.4.1	2020.12.31	3,000	21.7%	6,250	현물	지급
신입	사원	2020.9.1	2020.12.31	2,500	100%	10,000	현금	지급

2) 외부인건비

(단위: 천원)

성명	직위 (직급)	참여 시작일	참여 종료일	월급여	참여율 (%)	실지금액	현금/ 현물	지급 여부

3) 연구 지원인력인건비(비영리법인 연구부서)

(단위: 천원)

소속 연구 부서명	성명	직위 (직급)	참여 시작일	참여 종료일	월급여	실지금액	지급 여부
합계							

4) 학생인건비(학생 인건비 통합 관리 시행 기관인 경우)(통합 관리 미 시행 기관인 경우 삭제)

(단위: 천원)

구분	월 급여	월 작업량 (man-month)	총액	비고
박사후연구원				
박사 과정				
석사 과정				
학사 과정				
합 계				

4) 학생인건비(학생 인건비 통합 관리 미 시행 기관인 경우)(통합 관리 시행 기관인 경우 삭제)

성명	과정명	학과/학부명	월 급여 (man-month)	참여 기간 (개월)	참여율(%)	합계 (단위: 천원)
합 계						

5) 연구시설·장비비

(단위: 천원)

구분	내역	단가	횟수(수량, 건)	금액			비고
				현금	현물	계	
연구 시설							
연구 장비	측량기(토탈스테이션)	4,900	1	4,900		4,900	
	열화상시스템	19,200	1	19,200		19,200	
	금속탐지 관련부자재	241	1	241		241	
	철근탐지기	20,659	1	20,659		20,659	
통합관리비							
	총액					45,000	

※ 범용성 장비(외장형 하드디스크, 범용 구조해석 프로그램 등) 계상 불가

- 필요성 및 용도

구분	품명	필요성 및 용도
연구시설		
연구장비	측량기(토탈스테이션)	외벽면의 배부름 탐지, 건물기울기 확인
	열화상시스템	조적 균열위치확인, wall tie 위치 추정, 단열성능 확인
	금속탐지 관련부자재	wall tie 사진촬영을 위한 내시경카메라 등 부자재
	철근탐지기	wall tie위치 탐지
통합관리비		

6) 연구활동비

(단위: 천원)

구분	내역	단가	횟수(수량, 건)	금액	비고
연구활동비	연구실 운영비	500	1	500	
	전문가 활용비	200	1	200	
	도서구입비	300	1	300	
총액				1,000	

7) 연구재료비

(단위: 천원)

구분	내역	단가	횟수(수량, 건)	금액	비고
연구재료비	전산처리비	1	식	5,800	
총액				5,800	

8) 연구수당

(단위: 천원)

구분	산정 기준	금액	비고
연구수당	인건비 × (20)% = (6,200) 원	6,200	
합계	6,200	6,200	

9) 위탁연구비

_____ 천원

나. 간접비

1) 영리기관의 경우

(단위: 천원)

구분		성명	직위	신규채용 구분	실지 금액 (A)	참여율(%) (B)	합계(A×B/100)		
							현금	현물	계
인력 지원비 (1)	지원인력인건비								
	연구개발능률성과급								
	연구지원전문가인건비								
		소계(C)							

구 분		내역	단가	횟수(수량, 건)	금액	비고
기타 (2)	연구지원비(D)					
	성과활용지원비(E)					
	소계(F=D+E)					
간접비 총액(G=C+F)					천원(간접비율: %)	

6-5. 1차년도 비목별 연구비 소요명세(공동연구기관: 세종대)(해당 연도만)

가. 직접비: 37,769 천원

1) 내부인건비

(단위: 천원)

성명	직위 (직급)	참여 시작일	참여 종료일	월급여	참여율 (%)	실지금액	현금/ 현물	지급 여부
이기학	교수	2020.4.1	2020.12.31	8000	10	7,200	-	미지급

2) 외부인건비

(단위: 천원)

성명	직위 (직급)	참여 시작일	참여 종료일	월급여	참여율 (%)	실지금액	현금/ 현물	지급 여부

3) 연구 지원인력인건비(비영리법인 연구부서)

(단위: 천원)

소속 연구 부서명	성명	직위 (직급)	참여 시작일	참여 종료일	월급여	실지금액	지급 여부
합계							

4) 학생인건비(학생 인건비 통합 관리 시행 기관인 경우)(통합 관리 미 시행 기관인 경우 삭제)

(단위: 천원)

구분	월 급여	월 작업량 (man-month)	총액	비고
박사 과정	2,500	1.8	4,500	
박사 과정	2,500	1.8	4,500	
박사 과정	2,500	1.8	4,500	
석사 과정	1,800	1.8	3,240	
합 계		7.2	16,740	

5) 연구시설·장비비

(단위: 천원)

구분	내역	단가	횟수(수량, 건)	금액			비고
				현금	현물	계	
연구 시설							
연구 장비	열화상 무인항공기	1,000	1	1,000		1,000	임대운용
	3DEC v7.0 standard for Edu	7,700	1	7,700		7,700	구입
통합관리비							
총액							

※ 범용성 장비(외장형 하드디스크, 범용 구조해석 프로그램 등) 계상 불가

- 필요성 및 용도

구분	품명	필요성 및 용도
연구시설		
연구장비	열화상 무인 항공기	열화상 및 실화상 이미지 촬영
	3DEC v7.0 standard for Edu	조적벽 해석을 위한 소프트웨어
통합관리비		

6) 연구활동비

(단위: 천원)

구분	내역	단가	횟수(수량, 건)	금액	비고
연구활동비	국내외 출장여비	625	4	2,500	
	인쇄, 우편, 택배비 및 수수료	200	1	200	
	전문가 활용, 학회, 세미나	450	4	1,800	
	연구개발서비스 활용비	200	1	200	
	세부과제 조정 및 관리비	-	-	-	
	지식재산 창출 활동 경비	200	1	200	
	회의비, 사무용품비	428.2	5	2,141	
	사무기기, 소프트웨어	500	1	500	
	종합사업관리 추진비	-	-	-	
총액				7,541	

7) 연구재료비

(단위: 천원)

구분	내역	단가	횟수(수량, 건)	금액	비고
연구재료비					
총액					

8) 연구수당

(단위: 천원)

구분	산정 기준	금액	비고
연구수당	인건비 × (20.0)% = (4,788)원	4,788	
합계		4,788	

9) 위탁연구비

_____천원

나. 간접비

1) 비영리기관의 경우

: _____천원(간접 비율 : 27.09 %)

2) 영리기관의 경우

(단위: 천원)

구분		성명	직위	신규채용 구분	실지 금액 (A)	참여율(%) (B)	합계(A×B/100)		
							현금	현물	계
인력 지원비 (1)	지원인력인건비								
	연구개발능률성과급								
	연구지원전문가인건비								
		소계(C)							

구 분		내역	단가	횟수(수량, 건)	금액	비고
기타 (2)	연구지원비(D)					
	성과활용지원비(E)					
	소계(F=D+E)					
간접비 총액(G=C+F)					천원(간접비율: %)	

6-6. 1차년도 비목별 연구비 소요명세(공동연구기관: 피에스엔지니어링)(해당 연도만)

가. 직접비: 83,000 천원

1) 내부인건비

(단위: 천원)

성명	직위 (직급)	참여 시작일	참여 종료일	월급여	참여율 (%)	실지급액	현금/ 현물	지급 여부
김양중	대표이사	2020.4.1	2020.12.31	7,000	25	15,750	현물	지급
김선우	차장	2020.4.1	2020.12.31	3,500	28	8,820	현물	지급
최년수	과장	2020.4.1	2020.12.31	2,500	28.58	6,430	현물	지급
신입	사원	2020.9.1	2020.12.31	2,300	100	9,200	현금	지급

2) 외부인건비

(단위: 천원)

성명	직위 (직급)	참여 시작일	참여 종료일	월급여	참여율 (%)	실지급액	현금/ 현물	지급 여부

3) 연구 지원인력인건비(비영리법인 연구부서)

(단위: 천원)

소속 연구 부서명	성명	직위 (직급)	참여 시작일	참여 종료일	월급여	실지급액	지급 여부
합계							

5) 연구시설·장비비

(단위: 천원)

구분	내역	단가	횟수(수량, 건)	금액			비고
				현금	현물	계	
연구 시설							
연구 장비	고소장비임대료	700	5	3,500		3,500	
통합관리비							
	총액					3,500	

※ 범용성 장비(외장형 하드디스크, 범용 구조해석 프로그램 등) 계상 불가

- 필요성 및 용도

구분	품명	필요성 및 용도
연구시설		
연구장비	고소장비임대료	탐사방법 실제 건축물에 적용 및 검증 작업 시 필요
통합관리비		

6) 연구활동비

(단위: 천원)

구분	내역	단가	횟수(수량, 건)	금액	비고
연구활동비	사무용품 및 연구환경유지비	1	1	1,000	
총액					

7) 연구재료비

(단위: 천원)

구분	내역	단가	횟수(수량, 건)	금액	비고
연구재료비	보강재료	5,000	1	5,000	
	Mock up 실험	27,100	1	27,100	
총액				32,100	

8) 연구수당

(단위: 천원)

구분	산정 기준	금액	비고
연구수당	인건비 × (20)% = (6,200) 원	6,200	
합계	6,200		

9) 위탁연구비

_____ 천원

나. 간접비

1) 영리기관의 경우

(단위: 천원)

구분		성명	직위	신규채용 구분	실지 금액 (A)	참여율(%) (B)	합계(A×B/100)		
							현금	현물	계
인력 지원비 (1)	지원인력인건비								
	연구개발능력성성과급								
	연구지원전문가인건비								
		소계(C)							

구분		내역	단가	횟수(수량, 건)	금액	비고
기타 (2)	연구지원비(D)					
	성과활용지원비(E)					
	소계 (F=D+E)					
간접비 총액(G=C+F)						

7. 보안 등급의 분류 및 결정 사유

보안등급 분류	보안	일반
		✓
결정 사유	보안과제로 지정할 필요는 없음	

8. 연구에 활용 예정인 장비 현황

보유기관	연구시설 · 장비명	규격	수량	용도	활용용도 및 시기
미래구조	철근탐사 장비		1	금속탐지 보조	1차년도

9. 사업화 계획(필요시 작성)

9-1. 생산 계획(보강제품;피에스엔지니어링)

구분		(2022년) 개발 종료 후 1년	(2023년) 개발 종료 후 2년	(2024년) 개발 종료 후 3년
국내	시장점유율(%)	20	30	45
	판매량(단위:개/m)	200,000 / 100,000	300,000 / 150,000	450,000 / 225,000
	판매단가(원/개, 원/m)	10,000 / 25,000	10,000 / 25,000	10,000 / 25,000
	국내매출액(백만원)	4,500	6,750	10,125
해외	시장점유율(%)	N/A	N/A	N/A
	판매량(단위:)			
	판매단가(\$)			
	해외매출액(백만\$)			
당사 생산능력(단위:개/m)		360,000 / 120,000	480,000 / 240,000	500,000 / 250,000

9-2. 투자 계획

(단위 : 백만원)

항목		(2022년) 개발 종료 후 1년	(2023년) 개발 종료 후 2년	(2024년) 개발 종료 후 3년
매출원가 ¹⁾		1,580	2,490	3,915
판매관리비 ²⁾		144	180	216
자본적 지출	토지			
	건물/구축물			
	기계장치등	200	100	50
자본적지출 합계		200	100	50

9-3. 사업화 전략

- 단기간내에 전국의 치장조적 건전성을 객관적으로 확인하고, 보강여부 판별/보강공사에 활용
 - 학교시설관리 부문과 협력하면 전국적으로 확대적용 가능

가. 미래구조엔지니어링

구분	구체적인 내용
형태/규모	○ 상용화 형태 : 현장조사 대행 - 현장조사자동화 및 판정시스템(장비 및 소프트웨어로 구성) 활용 ○ 수요처 : 교육지원청 또는 교육부 및 안전진단전문기관 ○ 예상 단가 : 5백만원 ○ GPS 위치정보와 금속탐지 정보를 조합하여 스마트폰 앱으로 제작/활용
상용화 능력 및 자원 보유	○ 안전진단 현장조사
상용화 계획 및 일정	○ 2021년 : 시제품 ○ 2022년 : 안정화 및 시장출시

나. 피에스엔지니어링

구분	구체적인 내용
형태/규모	○ 상용화 형태 : 보강재 제작·판매 - 현장조사 및 판정완료 후 보강안을 제시하고 보강제품 제조 ○ 수요처 : 시공사 ○ 예상 단가 : 1만원~3만원(보강제품 최소 단위 당) ○ 보강설계별 보강제품 대량생산으로 시공자가 구매가능
상용화 능력 및 자원 보유	○ 기존 제작공장 보유
상용화 계획 및 일정	○ 2021년 : 시제품 ○ 2022년 : 대량생산

9-4. 사업화를 위한 비즈니스 모델

가. 사업화 모형 수립(BM) :

현장조사는 전국의 많은 안전진단회사에서 수행되고 있으나, 치장조적과 같은 특정분야의 조사를 위한 장치는 많아서 전문성이 있는 기관이 없으므로, 보강설계에 대한 구체적인 근거 및 기준을 제시하여 실질적인 보강이 이루어질 수 있도록 함

나. 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인

자동화에 따른 인력절감, 위험요인 최소화, 보강제품의 경제성

다. 목표 시장 구조

(1) 경쟁 기업 현황

현재까지는 구체적인 기준에 근거한 보강설계 및 보강공사를 수행하는 국내기업은 없음

(2) 시장 진입 장벽

조사에 대한 전문성, 자동화 조사장비

라. 수익 확보 전략

(1) 주요 고객군

교육지원청 또는 교육부 및 안전진단전문기관, 시공사

(2) 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출 방안

대규모 현장조사를 단기간에 수행(필요시 안전진단전문기관과 연계)

10.성과점검기준표

10-1. 총괄

구분	핵심 성과물 (CTE)	단위 성과물	성과점검기준								양적성과 현황			
			질적 성과지표		목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	가중치	해당 기관	예산 (백만원)	목표치	달성 치	가중 치
주관 (미래구조엔지니어링)	배부름, 벽체연결철물(wall tie) 등 현장조사 항목별 조사빈도, 판정기준 개발 및 현장조사 자동화	항목별 현장조사 개소 산정기준 개발 및 현장조사 자동화	①	항목별 현장조사 개소 산정 기준 작성	산정기준 1건 작성		임의현장에 대한 현장조사 개소산정 기준에 대한 적정성 평가	전문가 검증	20	미래구조엔지니어링	99	특허: 출원 1건 논문(BQ): 1건 SW: 1건 기타: 보고서 1건		20
	기존 벽이음 철물 및 보강용 벽이음 철물을 활용한 보강기준 개	치장조적조에 대한 신축 줄눈(Movement Joint) 설치요령 및 관련 상세	②	치장조적조에 대한 신축줄눈 (Movement Joint) 설치요령 , 관련 상세 및 보강설계법 개발	상세 1건 이상 제시		상세견수	관련 상세의 적절성 평가 전문가검증	20	미래구조엔지니어링	124	특허: 출원 1건 논문(BQ): 1건 SW: 1건 기타: 보고서 1건		20
공동 (세종대)	배부름, 벽체연결철물(wall tie) 등 현장조사 항목별 조사빈도, 판정기준 개발	항목별 손상수준 판정표 개발 및 전문가 검증	①	항목별 손상수준 판정표 개발	손상수준 판정표 1건		조적벽 손상 검증	전문가 검증	10	세종대학교	48	특허: 출원 1건 논문(BQ): 1건 S/W: 1건 기타: 보고서 1건		10
	데이터 학습 모델(ANN)을 활용한 내진성능평가와 보강전략 구축을 위한 신속의사결정틀 개발	핵심 영향인자 다변화를 통한 조적벽체의 내진성능 관련 빅데이터 생성	②	핵심 영향인자 다변화를 통한 조적벽체의 내진성능 관련 빅데이터 생성 알고리즘 도출	성능표 도출 1건		알고리즘실증	전문가 검증	20	세종대학교	63	특허: 출원 1건 논문(QQ): 1건 SW: 1건 기타: 보고서 1건		20
공동 (PS엔지니어링)	자료수집을 위한 현장조사방법 실제 조적조 건축물에 적용 및 검증 후 피드백	연결철물 상태 판단을 위한 금속탐지 및 내시경카메라 조사 방법 현장 검증 증	①	연결철물 상태 판단을 위한 금속탐지 및 내시경카메라 조사 방법 현장 검증 보고서	현장조사 방법 문서화 1건		현장조사방법의 적정성	전문가 검증	10	PS엔지니어링	83	특허: 출원 1건 논문(BQ): 1건 SW: 1건 기타: 보고서 1건		10
	보강공법의 실제 설계 적용을 위한 체계 수립	보강공법 별 표준시방서 정립	②	보강공법 별 표준시방서 제작	보강공법 별 1건, 총 3건 시방서 작성		보강공법별, 시방서의 적절성	전문가 검증	20	PS엔지니어링	103	특허: 출원 1건 논문(BQ): 1건 S/W: 1건 기타: 보고서 1건		20
계									100			특허: 출원 4건 논문(BQ): 1건 논문(QQ): 1건 SW: 2건 기타: 보고서 6건		100

10-2. 1차년도

구분	핵심 성과물 (CTE)	단위 성과물	성과점검기준								양적성과 현황			
			질적 성과지표		목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	가중치	해당 기관	예산 (백만원)	목표치	달성 치	가중 치
주관 (미래구조엔지니어링)	배부름, 벽체연결철물(wall tie) 등 현장조사 항목별 조사빈도, 판정기준 및 현장조사자동화	항목별 현장조사 개소 산정기준 개발 벽연결철물 현장조사자동화	①	항목별 현장조사 개소 산정기준 성능표	산정기준 1건 작성		임의현장에 대한현장 조사 개소산정 결과에 대한 적정성 평가	전문가검증	20	미래구조엔지니어링	99	특허: 출원 1건 논문(BQ): 1건 S/W: 1건 기타: 보고서 1건		20

구분	핵심 성과물 (CTE)	단위 성과물	성과점검기준								양적성과 현황			
			질적 성과지표		목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	가중치	해당 기관	예산 (백만원)	목표치	달성 치	가중 치
공동 (세종대)	배부름, 벽체연결철물(wall tie) 등 현장조사 항목별 조사빈도, 판정기준 개발	항목별 손상수준 판정표 개발 및 전문가 검증	①	항목별 손상수준 판정표 개발 및 실제 조적벽 손상에 대한 판정 결과 기반 전문가 검증	손상수준 판정표 1건		조적벽 손상 검증	전문가 검증	10	세종대학교	48	특허: 출원 1건 논문(BQ): 1건 S/W: 1건 기타: 보고서 1건		10

구분	핵심 성과물 (CTE)	단위 성과물	성과점검기준									양적성과 현황		
			질적 성과지표		목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	가중치	해당 기관	예산 (백만원)	목표치	달성 치	가중 치
공동 (PS엔지니어링)	자료수집을 위한 현장조사방법 실제 조적조 건축물에 적용 및 검증 후 피드백	연결철물 상태 판단을 위 한 금속탐지 및 내시경카 메라 조사 방법 현장 검 증	①	연결철물 상태 판단을 위한 금속탐지 및 내시경카메라 조사 방법 현장 검증 보고서	현장조사 방법 문서화 1건		전문가 검증	현장조사방법의 적정성 검증	10	피에스엔지니 어링	83	특허: 출원 1건 논문(BQ): 1건 S/W: 1건 기타: 보고서 1건		10

10-3. 2차년도

구분	핵심 성과물 (CTE)	단위 성과물	성과점검기준								양적성과 현황		
			질적 성과지표	목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	가중치	해당 기관	예산 (백만원)	목표치	달성 치	가중 치
주관 (미래구조엔지니어링)	기존 벽이음 철물 및 보강용 벽이음 철물을 활용한 보강기준 개발	치장조적조에 대한 신축 줄눈(Movement Joint) 설치요령 및 관련 상세	② 치장조적조에 대한 신축 줄눈(Movement Joint) 설치요령, 관련 상세 및 보강설계법 개발	상세1건 이상		상세견수	관련 상세의 적절성 평가 전문가검증	20	미래구조엔지니어링	124	특허: 출원 1건 논문(BO): 1건 SW: 1건 기타 보고서 1건		20

구분	핵심 성과물 (CTE)	단위 성과물	성과점검기준									양적성과 현황		
			질적 성과지표		목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	가중치	해당 기관	예산 (백만원)	목표치	달성 치	가중 치
공동 (세종대)	데이터 학습 모델 (ANN)을 활용한 내 진성능평가와 보강 전략 구축을 위한 신속의사결정 툴 개발	핵심 영향인자 다변화를 통한 조적벽체의 내진성 능 관련 빅데이터 생성	②	핵심 영향인자 다변화를 통 한 조적벽체의 내진성능 관 련 빅데이터 생성 알고리즘 도출	성능표 도출 1건		알고리즘실증	전문가검증	20	세종대 학교	63	특허: 출원 1건 논문(SCI): 1건 S/W: 1건 기타 보고서 1건		20

구분	핵심 성과물 (CTE)	단위 성과물	성과점검기준								양적성과 현황			
			질적 성과지표		목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	가중치	해당 기관	예산 (백만원)	목표치	달성 치	가중 치
공동 (PS엔지니어링)	보강공법의 실제 설계 적용을 위한 체계 수립	보강공법 별 표준시방서 정립	②	보강공법 별 표준시방서 제 작	보강공법 별 1건, 총 3건 시방서 작성		보강공법별, 시방서의 적절성	전문가 검증	20	PS엔지니어링	103	특허: 출원 1건 논문(BO): 1건 SW: 1건 기타: 보고서 1건		20

○ 핵심 연구성과

연번	핵심성과 (CTE)	핵심성과 설명	성과 유형	연구기관	해당 연차	TRL
1	배부름, 벽체연결철물(wall tie) 등 현장조사 항목별 조사빈도, 판정기준 및 현장조사자동화	배부름, 벽체연결철물(wall tie) 등 현장조사 항목별 조사빈도, 판정기준에 따른 현장조사 자동화 보고서 현장조사를 통하여 벽체연결철물의 상태를 객관적으로 평가할 수 있음	④장비·장치	미래구조엔지니어링	1	6
2	배부름, 벽체연결철물(wall tie) 등 현장조사 항목별 조사빈도, 판정기준 개발	배부름, 벽체연결철물(wall tie) 등 현장조사 항목별 조사빈도, 판정기준 개발 보고서 작성	⑥정책·제도	세종대학교	1	2
3	자료수집을 위한 현장조사방법 실제 조적조 건축물에 적용 및 검증 후 피드백	자료수집을 위한 현장조사방법 실제 조적조 건축물에 적용 및 검증 후 피드백 보고서 작성	①공법·기법	PS엔지니어링	1	6
4	기존 벽이음 철물 및 보강용 벽이음 철물을 활용한 보강기준 개발	기존 벽이음 철물 및 보강용 벽이음 철물을 활용한 보강기준 개발 보고서 및 특허 출원 보강철물의 내력을 객관적으로 확인할 수 있는 방법을 제시하고, 보강시 현장에서 내력을 확인하고, 기록을 관리하는 절차를 제시	①공법·기법	미래구조엔지니어링	2	6
5	데이터 학습 모델(ANN)을 활용한 내진성능평가와 보강전략 구축을 위한 신속의사결정 툴 개발	데이터 학습 모델(ANN)을 활용한 내진성능평가와 보강전략 구축을 위한 신속의사결정 툴 개발 보고서 및 논문 발간	③소프트웨어	세종대학교	2	6
6	보강공법의 실제 설계 적용을 위한 체계 수립	보강공법의 실제 설계 적용을 위한 체계 수립 보고서 및 특허출원	⑥정책·제도	PS엔지니어링	2	2