보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( ) 발간등록번호( )

국토교통기술사업화 지원사업 제3차 연도 최종보고서

R&D / 19TBIP-C124991-03

말뚝기초 하중분배 기술(선재하) 설계 및 시공 프로세스 개발 최종보고서

2020.01.22.

주관연구기관 / (주)골든엔지니어링
공동연구기관 / 롯데건설(주)

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'말뚝기초 하중분배 기술(선재하) 설계 및 시공 프로세스 개발'(연구개발 기간 : 2017.04. ~ 2019.12.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020. 01. 22.

주관연구기관명 : (주)골든엔지니어링 (대표자) 최 재 진 (인)

참여기관명 : 롯데건설(주) (대표자) 하 석 주 (인)

주관연구기관책임자 : 이 기 환
참여기관책임자 : 양 희 정

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

LOTTE E&C

유현식 / 기술연구원 인프라연구팀 / 2020-01-21 08:14:29

보고서 요약서

과제 고유 번호	19TBIP-C124991-03	해당 단계 연구 기간	2019.01.01～2019.12.31	단계구분	3차년도/3차년도
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화 지원사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	말뚝기초 하중분배 기술(선재하) 설계 및 시공 프로세스 개발			
연구책임자	이기환	해당단계 참여연구원 수	총: 12명 내부: 12명 외부: 명	해당단계 연구비	정부: 110,000천원 민간: 110,000천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 220,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 12명 내부: 12명 외부: 명	총 연구비	정부: 370,000천원 민간: 370,000천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 740,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)골든엔지니어링 기술연구소			참여기업명 롯데건설(주)	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반 (국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제24조의5(분류 절차)에 따라 검토한 결과 일반으로 분류)				

9대 성과 등록・기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설・장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록・기탁 번호		3									

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비 현황

구입기관	연구시설・장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요 약

- 선재하 기술을 적용함으로써, ① 추가되는 하중에 대한 기존 기초 구조물(직접기초 또는 말뚝기초)의 하중분담율을 경감시켜 기존 기초의 안정성을 확보할 수 있고, ② 하중지지능력이 우수한 마이크로파일의 성능을 최대한 활용 가능하며(최적설계 가능), ③ 전체 기초 구조물의 침하량 저감 가능

- 시공성 및 경제성이 우수하고 친환경적인 공사가 가능한 선재하 동시 두부정착장치 제공으로, 국내 및 해외 리모델링 시장을 주도할 기술(기초 보강 분야) 선점 가능

- 재하시험으로 입증된 제품을 표준화하여 제품의 신뢰도 및 현장 적용성 제고

보고서 면수 57페이지

요약문

연구의 목적 및 내용	• 선재하 하중 손실량 측정 및 선재하 장치(시작품) 최적화 • 선재하 동시 두부정착 기술 설계 프로세스 개발 • 마이크로파일 축력 측정용 하중계 개선 • 실대형 기초구조물 현장재하시험을 통한 기초구조물 하중전이 특성 파악 • 선재하 동시 두부정착 기술 시공 프로세스 개발 • 리모델링 기초구조물 해석적 검증 설계 • 마이크로파일 두부정착 장치 설계도면 및 사양서 작성 • 마이크로파일 두부정착 장치 시제품 제작
연구개발성과	• 선재하 기술을 적용함으로써, ① 추가되는 하중에 대한 기존 기초 구조물(직접기초 또는 말뚝기초)의 하중분담율을 경감시켜 기존 기초의 안정성을 확보할 수 있고, ② 하중지지능력이 우수한 마이크로파일의 성능을 최대한 활용 가능하며(최적설계 가능), ③ 전체 기초 구조물의 침하량 저감 가능 • 시공성 및 경제성이 우수하고 친환경적인 공사가 가능한 선재하 동시 두부정착 장치 제공으로, 국내 및 해외 리모델링 시장을 주도할 기술(기초 보강 분야) 선점 가능 • 재하시험으로 입증된 제품을 표준화하여 제품의 신뢰도 및 현장 적용성 제고
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	• 수직증측 리모델링 허용 및 내진보강 활성화 등으로 인해 기존 기초구조물 보강 수요가 급격히 증가할 것으로 예상 • 개발 장치는 초기투자 비용이 크지 않고 시공절차가 간단하여 조기 상용화 및 현장적용 가능 • 개발 기술은 수직, 수평증축 리모델링 아파트 기초 보강공사 필수적용 기술로서, 일반 구조물 기초 보강공사(교량기초 보강, 내진보강 등) 등 여러 방면에서 활용성이 증대될 것으로 예상

국문핵심어 (5개 이내)	선재하	하중분배	두부정착	마이크로파일	기초보강
영문핵심어 (5개 이내)	preloading	load sharing	(pile) head connection	micropile	underpinning

〈 목 차 〉

1. 연구개발 과제의 개요 ····· 5

2. 연구수행 내용 및 성과 ····· 7

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 47

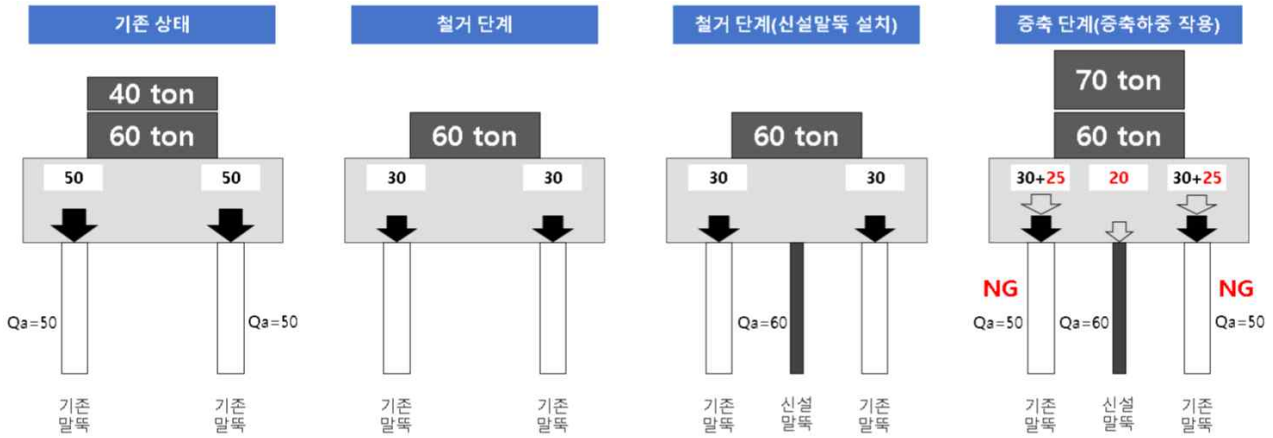
4. 연구개발성과의 활용계획 등 ····· 52

붙임. 참고 문헌 ····· 57

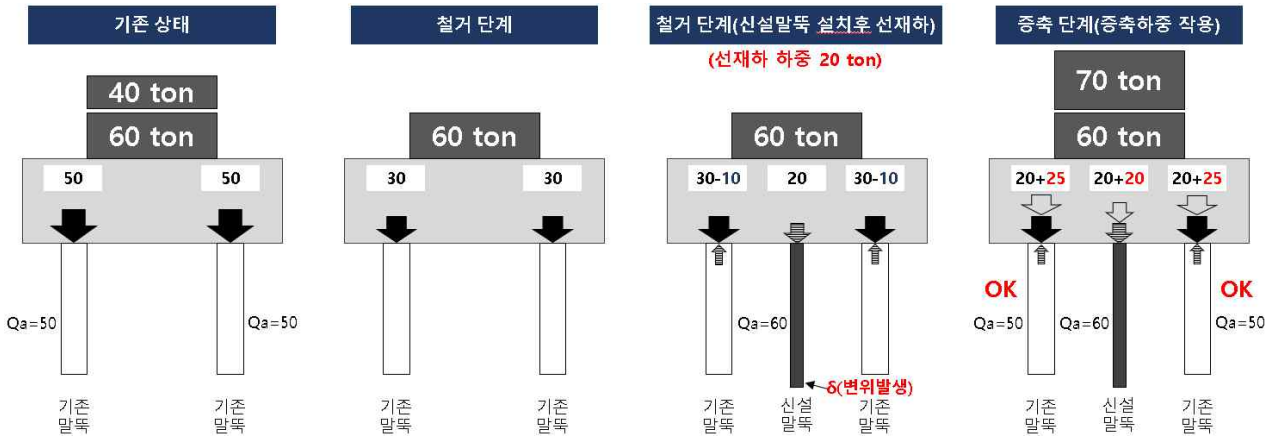
1. 연구개발 과제의 개요

가. 기술 개요

- 수직증축 리모델링시 증축하중에 대응하여 말뚝을 추가로 보강하여도 기존 말뚝과의 강성 차이, 말뚝 변위 발생 정도, 기초 slab 강성 등에 따라 하중분배가 발생
- 말뚝기초 하중분배 기술(선재하 기술)을 적용함으로써, ① 증축하중 작용시, 기존 기초 구조물(직접기초 또는 말뚝기초)의 하중분담율을 경감시켜 기존 기초의 안정성을 확보할 수 있고, ② 하중지지능력이 우수한 마이크로파일의 성능을 최대한 활용 가능하며(최적설계 가능), ③ 전체 기초 구조물의 침하량 저감 가능



<선재하 기술 미적용시 - **허용지지력 초과로 기존 말뚝 안정성 미확보**>



<선재하 기술 적용시 - **기존 말뚝 안정성 확보**>

그림 1.1 선재하 기술 개념도

나. 연구개발 목적 및 범위

(1) 연구개발 목적

- 신설 보강말뚝 선재하 기술 설계 및 시공 프로세스 개발
- 실대형 현장재하시험 및 리모델링 기초구조물 해석적 검증설계를 통해, 선재하 기술의 우수성을 검증하여 표준화된 제품 상용화

(2) 연구개발 범위

주요 연구활동	세부내용
선재하 하중 손실량 측정 및 선재하 장치(시작품) 최적화	– 마이크로파일 강봉 선재하 및 두부정착 완료후, 시간경과에 따른 프리스트레스 손실량 측정(실내시험) – 실내시험을 바탕으로 선재하 동시 두부정착 장치(시작품) 최적화 설계
선재하 동시 두부정착 기술 설계 프로세스 개발	– 기존 기초구조물 보강사례 분석 – 보강사례 분석을 바탕으로 선재하 동시 두부정착 기술 설계 프로세스 개발
마이크로파일 축력 측정용 하중계 개선	– 상용되고 있는 마이크로파일 강봉에 설치가능하고, 시공중 선재하 하중값 계측 및 시공후 추가 하중전이 따른 말뚝 축력 변화량 측정이 가능하도록 하중계 개선(계측 정밀도 및 범위 개선)
실대형 기초구조물 현장재하시험	– 기초 설계 및 시공 – 군말뚝 현장재하시험
선재하 동시 두부정착 기술 시공 프로세스 개발	– 선재하 장치 설치방법 표준화 – 시공전, 시공중 주요사안 명기
기술실시계약	– 연구수행 결과로 획득한 기술과 관련하여, 전문시공업체와 기술실시계약 체결
리모델링 기초구조물 해석적 검증 설계	– 상부 건축물과 하부 기초구조물 분리해석 – 보강말뚝 선재하효과(하중전이효과) 정량적 검증
두부정착 장치 설계도면 및 사양서 작성	– 최종 제품과 관련된 도면 및 사양서(제원 및 구조적 특성 등 명기) 작성
두부정착 장치 시제품 제작	– 개발 장치 상용화를 위한 시제품 제작
경제성 분석	– 개발 장치의 경제성을 평가하기 위해 기존 두부정착 방식과 비교 검토

2. 연구수행 내용 및 성과

가. 연구 개발 내용

(1) 1차 연도

세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
마이크로파일 축력 측정용 하중계 개선	• 하중계 시제품 제작 • 실내 압축재하시험을 통한 하중계 계측 성능 평가	• 하중계의 형태를 원주형(Cylindrical Type)으로 변경하여 내하력 증대 • 상용되고 있는 마이크로파일 강봉에 설치 가능 • 시공중 선재하 하중값 계측 및 시공후 추가 하중전이에 따른 말뚝 축력 변화량 측정 가능 • 계측 가능범위 향상(최대 압축하중 1,000kN) • 계측 정확도 개선(선형성 오차 0.5% 이내) • 특허출원 1건 • 시제품 제작 1건
선재하 하중 손실량 측정	• 마이크로파일 강봉 선재하 및 두부정착 완료후, 프리스트레스 손실량 측정(실내시험)	• 선재하 동시 두부정착 장치 개선 • 선재하 하중 손실량 목표치 달성(선재하 하중의 20% 이내)
선재하 동시 두부정착 기술 설계 프로세스 개발	• 선재하 기술을 설계에 적용하기 위한 프로세스 개발	• 기존 기초 보강 설계시 활용 가능한 선재하 기술 적용 프로세스 정립

(2) 2차 연도

세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
실대형 기초구조물 현장재하시험	• 신설 보강말뚝(마이크로파일) 선재하 적용시 기초구조물의 하중전이 특성을 파악하기 위해 실대형 기초구조물 현장재하시험 수행 • 리모델링 시공단계를 모사하여 현장재하시험을 수행	• 신설말뚝에 압축하중을 재하(선재하)하고 이를 반력으로 확대기초에 상향력을 작용시켜, 기존말뚝에 작용하는 하중의 일부를 신선말뚝으로 전이시킴으로써 기존말뚝에 작용하는 하중이 감소됨을 확인 • 증축하중 작용시 기존말뚝의 안정성 확보 가능
선재하 동시 두부정착 기술 시공 프로세스 개발	• 공사품질 향상을 위해 선재하 기술 공정 표준화	• 선재하 장치 설치방법 표준화 • 시공전, 시공중 주요사안 명기

(3) 3차 연도

세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
리모델링 기초구조물 해석적 검증 설계	• 상부 건축물과 하부 기초구조물 분리해석 수행 • 선재하 기술 적용 여부에 따른 해석결과 비교 검토	• 선재하 기술 적용에 따른 하중전이효과 확인 • 선재하 방법(동시재하 및 순차재하)에 따른 영향 검토 • 선재하 하중 관리기준치 적용에 따른 기초구조물 안정성 검토
두부정착 장치 설계도면 및 사양서 작성	• 각 자재별 성능 검토	• 각 자재별 설계도면 작성 • 각 자재별 제원 및 구조성능이 명기된 사양서 작성
경제성 분석	• 선재하 동시 두부정착 방식과 기존 두부정착 방식 비교 검토	• 기존 두부정착 방식 대비 60% 이상 공사비 절감

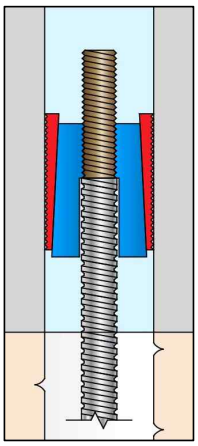
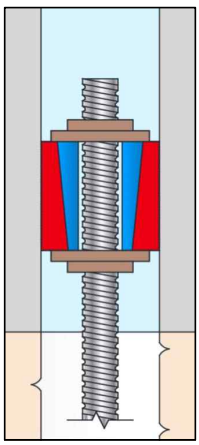
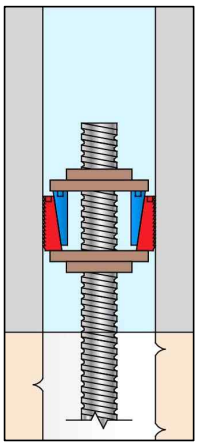
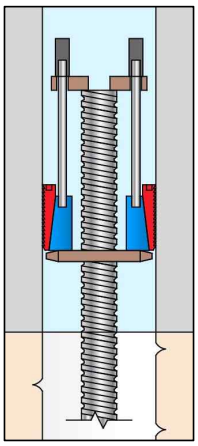
나. 연구 개발 성과

(1) 선재하 동시 두부정착 장치 개발

(가) 시작품 개발 과정

- 수직증축 리모델링시 신설 말뚝(보강 말뚝)의 하중분담율을 높일 수 있는, 선재하 동시 두부정착 장치 개발
- 선재하 동시 두부정착 장치의 문제점을 분석한 후, 이를 개선하여 아래 표 2.1과 같이 1~3차 시작품을 단계별로 제작하였음

표 2.1 선재하 동시 두부정착 장치 시작품 개발 과정

구 분	최초 개발 계획	1차 시작품	2차 시작품	3차 시작품
설치개요도 (시공완료시)				
선재하 적용 유무	○	○		○
선재하 장비	대형 토크렌치	복동식 유압잭		단동식 유압잭
선재하 방법	회전력으로 축방향력 (압축하중) 간접 재하	축방향력(압축하중) 직접 재하		축방향력 (압축하중) 직접 재하
반력시스템 설치 유무	×	○ (반력대, 케미컬 앵커 등)		×
내하체 제원	• 쐐기 : 4EA (H=250mm) • 콘 : 1EA (H=240mm)	• 쐐기 : 3EA (H=200mm) • 콘 : 1EA (H=200mm)	• 쐐기 : 3EA (H=100mm) • 콘 : 1EA (H=100mm)	• 쐐기 : 4EA (H=120mm) • 콘 : 1EA (H=100mm)
비 고	미제작		1차 시작품 대비 내하체 크기 축소	

(나) 시작품 제작 및 개선

- 1~3차 시작품을 제작하고, 각각의 문제점을 분석하여 개선하였으며, 주요 개선사항은 표 2.2와 같음

표 2.2 선재하 동시 두부정착 장치 시작품 개선사항

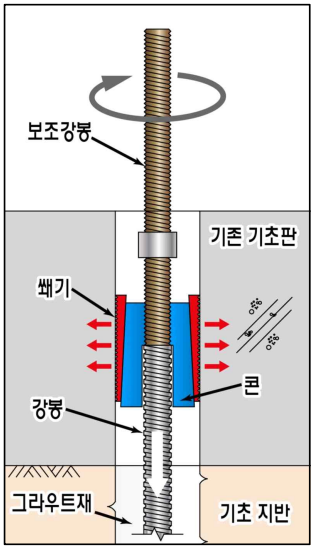
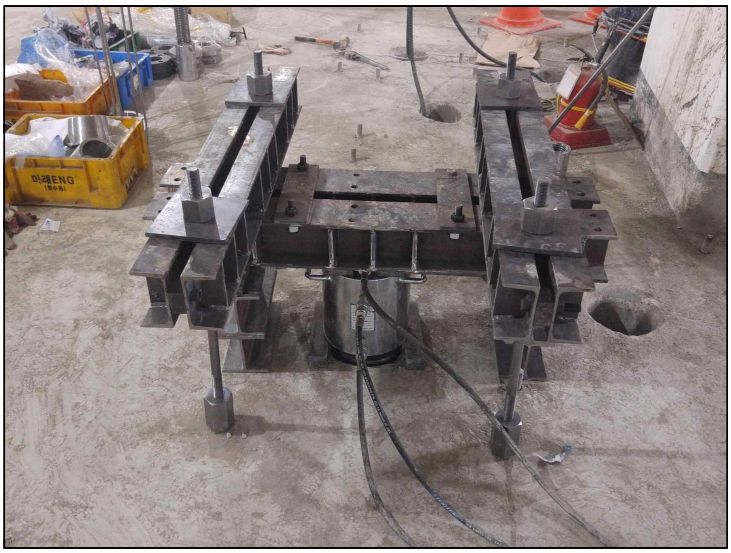
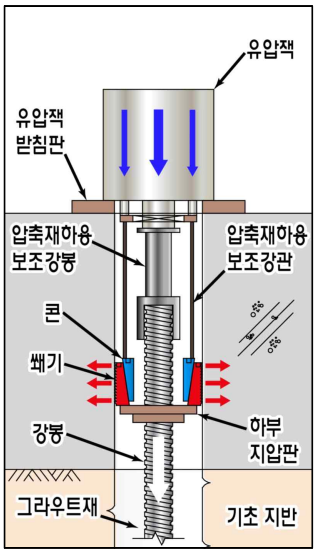
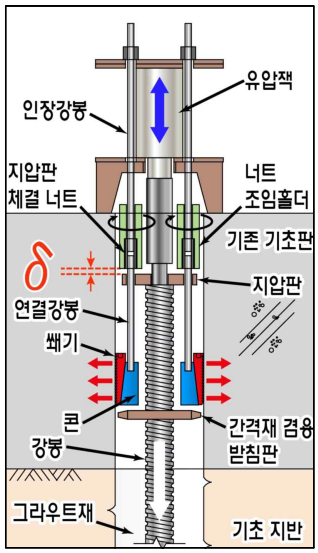
<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="2">내 용</th></tr>
<tr><td>최초
개발 계획
장치의
문제점</td><td>• 회전력(토크)과 선재하 하중과의 상관관계 분석 필수
• 동일한 회전력을 적용하여도 콘과 보조강봉의 재질, 윤활정도, 접촉부 상태, 표면처리 등 여러 가지 요인에 따라 전해지는 선재하 하중값에 차이가 발생
• 일정한 값으로 선재하하기 위해서는 체결 조건이 다르면 토크도 달라져야 하는 문제점 발생</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>1차 시작품
개선사항</td><td colspan="2">• 일정한 값으로 선재하하기 위해, 회전력을 이용한 간접 재하방식에서 유압잭을 이용한 직접재하 방식으로 변경</td></tr>
<tr><td>2차 시작품
개선사항</td><td colspan="2">• 내하체의 무게를 경감시켜 시공성 및 경제성 향상
• 1차 및 2차 시작품의 시공순서는 동일
<table>
<tr><th>구 분</th><th>1차 시작품</th><th>2차 시작품</th></tr>
<tr><td>시작품
사진</td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>제원</td><td>• 콘(1EA)
– 높이 : 200mm
– 내경 : 80mm
– 두께 : 상단 38.5mm,
하단 18.5mm
• 쐐기(3EA)
– 높이 : 200mm
– 두께 : 상단 30mm,
하단 50mm</td><td>• 콘(1EA)
– 높이 : 100mm
– 내경 : 116.5mm
– 두께 : 상단 26.5mm,
하단 11.5mm
• 쐐기(3EA)
– 높이 : 100mm
– 두께 : 상단 20mm,
하단 35mm</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

표 2.2 선재하 동시 두부정착 장치 시작품 개선사항 (계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="2">내 용</th></tr>
<tr><td>2차 시작품의 문제점</td><td colspan="2">• 복동식 유압잭을 이용해 마이크로파일을 먼저 선재하한 상태에서 콘을 재하하여 내하체를 정착시키는 방식으로, 내하체 정착상태에 따라 선재하 하중값 변동 가능
• 마이크로파일 선재하 및 콘 재하를 위한 별도 반력시스템(반력대, 케미컬 앵커 등) 필요
 
  </td></tr>
<tr><td>3차 시작품 개선사항</td><td>• 내하체를 코어보링홀 내 먼저 정착시킨 후, 이를 반력구조물로 이용하여 마이크로파일을 선재하함으로써, ① 일정한 하중으로 선재하 가능, ② 별도의 선재하 반력시스템 불필요</td><td>  </td></tr>
</table>

(다) 시제품 제작

- 3차 시작품의 문제점을 개선하여 최종적으로 두부정착 장치 시제품을 제작 완료하였으며, 시제품 장치의 개요는 표 2.3과 같고, 시공순서는 표 2.4와 같음

표 2.3 선재하 동시 두부정착 장치 시제품

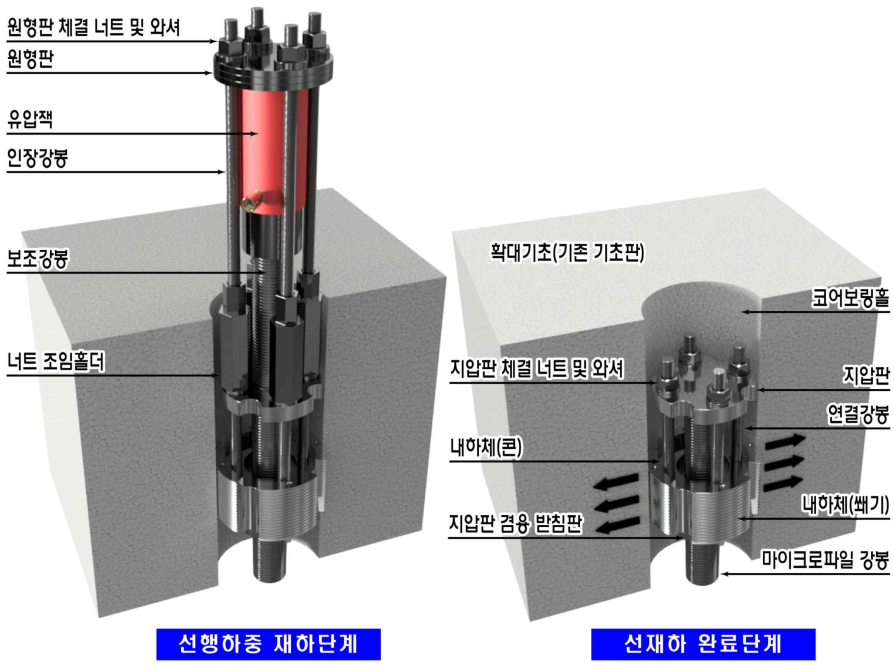
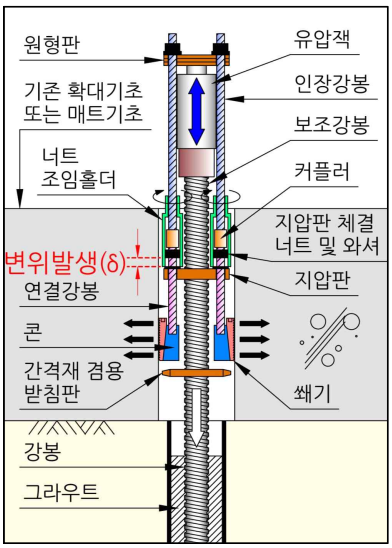
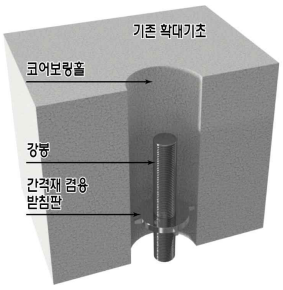
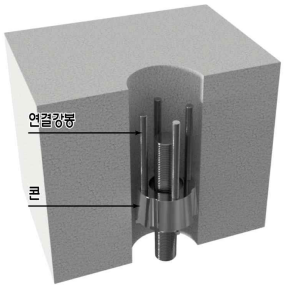
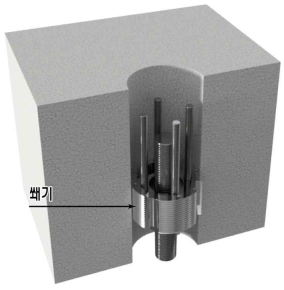
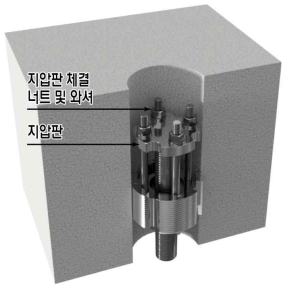
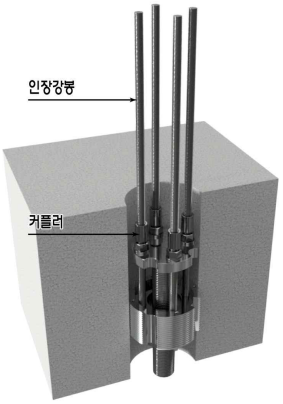
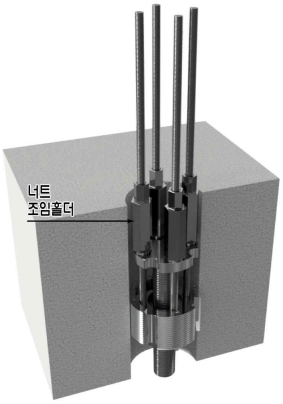
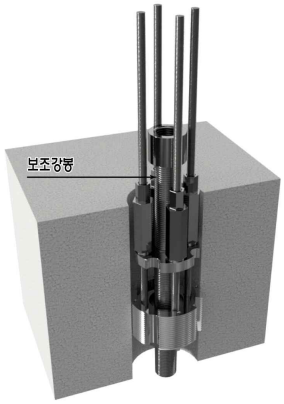
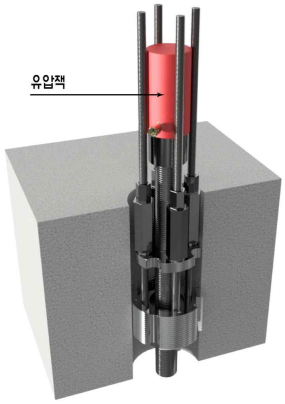
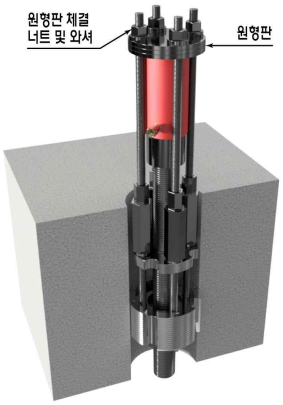
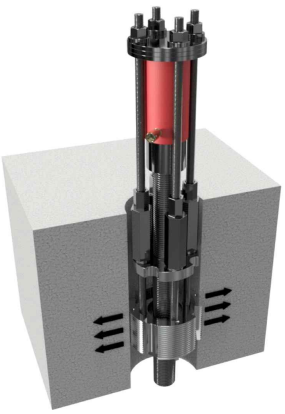
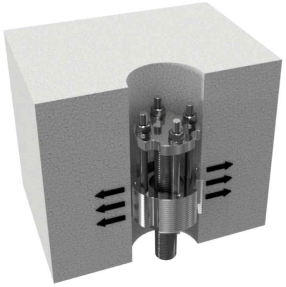
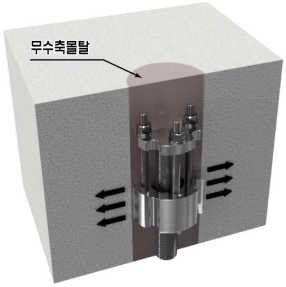
<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="4">내 용</th></tr>
<tr><td>장치
개요도</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">주요 자재
사진</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>지압판</td><td>내하체(쐐기)</td><td>내하체(콘)</td><td>내하체(콘+쐐기)</td></tr>
<tr><td>시제품
개선사항</td><td colspan="2">• 지압판 중심부에 홀을 형성시키지 않고, 지압판 자체에 하중을 가함으로써, 마이크로파일 강봉에 압축하중을 전달하는 구조로 변경. 지압판의 저항성능을 향상시켜, 선재하 하중 손실 최소화 가능
• 커플링 겸용 지압판 체결 너트를 커플링+지압판 체결 너트로 변경. 너트 체결력을 향상시켜, 선재하 하중 손실 최소화 가능</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

표 2.4 선재하 동시 두부정착 장치 시공순서

STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4
			
• 기존 확대기초 또는 매트기초 코어보링 • 마이크로파일 시공 • 간격재 겸용 받침판 설치	• (콘 + 연결강봉) 설치	• 쐐기 설치	• 지압판 설치 • 지압판 체결 너트 및 와셔 설치
STEP 5	**STEP 6**	**STEP 7**	**STEP 8**
			
• 커플러를 이용하여 인장강봉 설치	• 너트 조임홀더 설치	• 압축재하용 보조강봉 설치	• 유압잭 설치
STEP 9	**STEP 10**	**STEP 11**	**STEP 12**
			
• 원형판 설치 • 원형판 체결 너트 및 와셔 설치	• 유압잭으로 강봉을 압축하여 선재하 • 선재하한 상태에서 조임홀더로 너트 체결	• 유압잭, 보조강봉, 너트 조임홀더, 인장강봉 및 커플러 해체	• 무수축몰탈 타설(시공완료)

(라) 시제품 성능평가(선재하 하중 손실량 측정시험)

- 개발 장치를 이용한 보강 말뚝 선재하시, 선재하 하중이 적절히 유지됨을 평가하기 위해, 한국건설생활환경시험연구원(KCL)에서 검증시험 수행
- 마이크로파일 선재하 및 두부정착 완료후, 프리스트레스(선재하 하중) 손실량을 측정하기 위해, 두부정착 장치 및 확대기초판 시험체를 제작하여 실내시험을 수행하였으며, 시험결과는 표 2.7 및 표 2.8과 같음
- 선재하 하중 손실량은 선재하 하중 초기치에 비례하여 증가하는 경향을 보이며, 선재하 하중 손실은 약 3~5% 정도 발생하는 것으로 나타남

표 2.5 선재하 하중 손실량 측정시험 개요

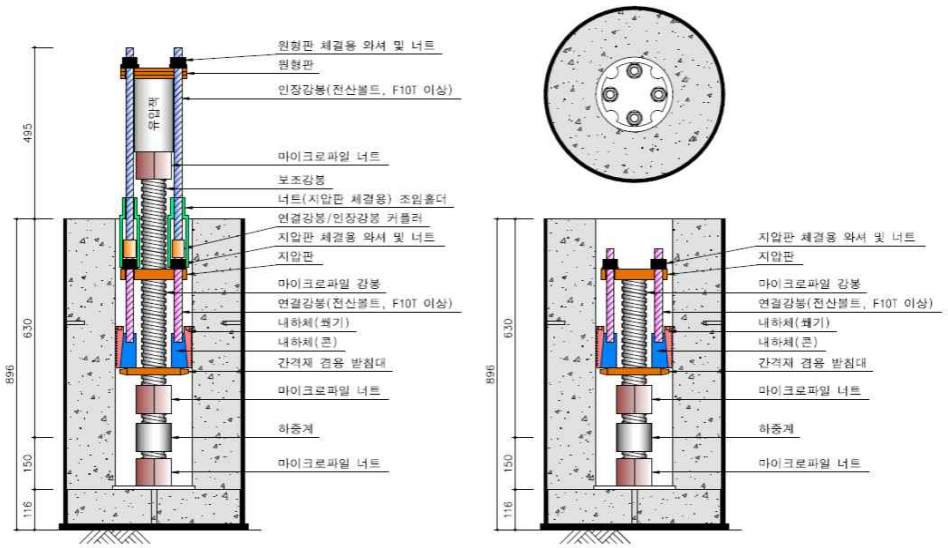
구 분	내 용
시험 개요도	 [선재하 하중 재하 단계] [유압 및 선재하 장치 제거 단계]
시험목적	• 마이크로파일 선재하 및 두부정착 완료후, 프리스트레스(선재하 하중) 손실량 측정하여, 말뚝에 최종 작용하는 선재하 하중값 분석 • 시공중 선재하 하중 관리기준치 마련을 위한 기본 데이터로 활용
정착장치 제원	• 콘(1EA) – 높이 : 100mm – 내경 : 100mm – 두께 : 상단 35mm, 하단 45mm • 쐐기(4EA) – 높이 : 120mm – 두께 : 상단 23mm, 하단 9mm
확대기초판 제원	• 강관몰드 – OD=508mm, t=9mm, H=880mm • 콘크리트 강도 : 24MPa
기타 제원	• 코어보링홀 직경(아크릴 파이프를 설치하여 hole 형성) – 직경 : 216mm • 마이크로파일 강봉 직경 – 직경 : 65mm
선재하 하중 초기치	• 시험적용 범위 : 200~300kN(마이크로파일 선재하 설계하중 예상치) • 계측방법 : 하중계 시제품 적용(선재하 하중 초기치 및 손실량 측정)
지압판 체결 너트 체결 토크	• 체결 토크 관리기준(토크 렌치 사용) : 85N·m ± 5N·m

표 2.6 시험전경 사진

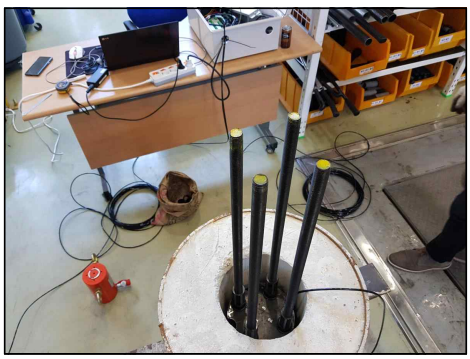
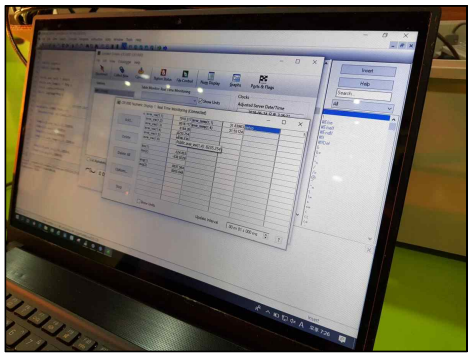
• 하중계 및 마이크로파일 강봉 연결 • 간격재 겸용 받침판 설치	• 콘에 연결강봉 체결 • 콘을 간격재 겸용 받침판 상부에 거치
• 쐐기 거치용 환봉을 이용하여 쐐기 설치 • 쐐기 설치후 거치용 환봉 제거	• 지압판 설치 • 지압판 체결 너트 및 와셔 설치
	
• 커플러 설치 • 커플러를 이용하여 연결강봉과 인장강봉 연결	• 너트 조임홀더 설치 • 압축재하용 보조강봉 설치 / 유압잭 설치
	
• 유압잭으로 강봉을 압축하여 선재하 • 선재하한 상태에서 조임홀더로 너트 체결	• 시험단계별 하중값 계측

표 2.7 선재하 하중 손실량 측정시험 결과

시험 CASE (시험 번호)	선재하 하중 목표치 (kN)	선재하 하중 초기치 F_P (kN)	유압 제거시 축력 F_R (kN)	선재하 하중 변화량[2)] (kN)	선재하 하중 변화율[3)] (%)
W1	196	202	216	+14	+6.9
W2	245	249	242	−7	−2.7
W3	294	293	278	−15	−5.2

1) 선재하 하중 변화량 = 유압제거시 축력(F_R) - 선재하 하중 초기치(F_P)
   ① 양의 값 : 선재하 하중 손실 미발생
   ② 음의 값 : 선재하 하중 손실 발생

2) 선재하 하중 변화율 = (F_R - F_P / F_P) × 100

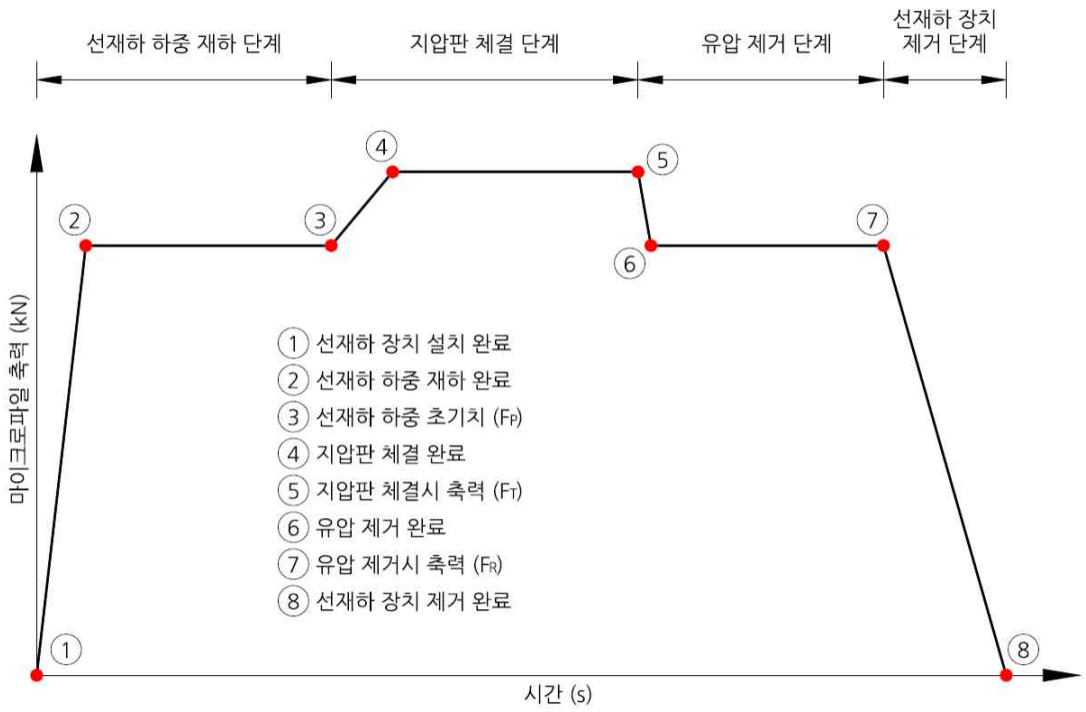


표 2.8 공인 시험성적서

The way to trust KCL

0736-2507-5484-8216

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT19-072689K
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)골든엔지니어링
   - ○ 주 소 : 서울특별시 송파구 법원로 11길 11 B동 410호(현대지식산업센터)
3. 시험기간 : 2019년 06월 21일 ~ 2019년 08월 05일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리용
5. 시 료 명 : 웨기 방식 선재하 장치(W1)
6. 시험방법 / 시험장소
   (1) 의뢰자 제시 〉충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73

확인	작성자 성 명	김호룡	김호룡	기술책임자 성 명	이봉춘	

비고 : 1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 없으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2019년 08월 05일

한국건설생활환경시험연구원장

결과문의 : 28115 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73 ☎ (043)210-8945

총 2페이지 중 1페이지

양식TQP-12-01-03(0)

The way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT19-072689K

7. 시험결과

1) 웨기 방식 선재하 장치(W1)

시험항목	단위	시험방법 /시험장소	시험결과	비고
선재하 하중 변화량	kN	(1)	+14	(23 ± 2) ℃
선재하 하중 변화율	%	(1)	+6.9	(23 ± 2) ℃

가) 선재하 하중 변화량 시험

① 시험 조건

선재하 하중 재하 단계		자입판 제결 단계		유압제거 단계
목표 하중(kN)	유지시간(s)	조임 토크(N·m)	유지시간(s)	유지시간(s)
196	300	85±5	300	300

② 시험 결과

- 선재하 하중 변화량(kN) ····· +14
- 선재하 하중 변화율(%) ····· +6.9

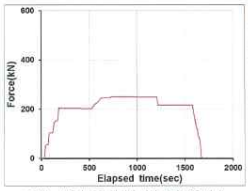


그림 1. 선재하 하중 변화량 시험 결과(하중-시간)

사진 1. 선재하 하중 변화량 시험 현황

※ 선재하 하중 변화량: 유압 제거시 측력 - 선재하 하중 초기치(양의 값: 선재하 하중 손실 미발생, 음의 값: 선재하 하중 손실 발생)
※ 선재하 하중 변화율: (선재하 하중 변화량 / 선재하 하중 초기치) × 100
※ 본 시험성적서는 한국건설생활환경시험연구원 입회하에 ㈜골든엔지니어링에서 시험한 결과임

------ 끝 ------

총 2페이지 중 2페이지

양식TQP-12-01-03(0)

The way to trust KCL

0615-6435-8468-7064

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT19-072690K
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)골든엔지니어링
   - ○ 주 소 : 서울특별시 송파구 법원로 11길 11 B동 410호(현대지식산업센터)
3. 시험기간 : 2019년 06월 21일 ~ 2019년 08월 05일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리용
5. 시 료 명 : 웨기 방식 선재하 장치(W2)
6. 시험방법 / 시험장소
   (1) 의뢰자 제시 〉충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73

확인	작성자 성 명	김호룡	김호룡	기술책임자 성 명	이봉춘	

비고 : 1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 없으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2019년 08월 05일

한국건설생활환경시험연구원장

결과문의 : 28115 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73 ☎ (043)210-8945

총 2페이지 중 1페이지

양식TQP-12-01-03(0)

The way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT19-072690K

7. 시험결과

1) 웨기 방식 선재하 장치(W2)

시험항목	단위	시험방법 /시험장소	시험결과	비고
선재하 하중 변화량	kN	(1)	-7	(23 ± 2) ℃
선재하 하중 변화율	%	(1)	-2.7	(23 ± 2) ℃

가) 선재하 하중 변화량 시험

① 시험 조건

선재하 하중 재하 단계		자입판 제결 단계		유압제거 단계
목표 하중(kN)	유지시간(s)	조임 토크(N·m)	유지시간(s)	유지시간(s)
245	300	85±5	300	300

② 시험 결과

- 선재하 하중 변화량(kN) ····· -7
- 선재하 하중 변화율(%) ····· -2.7

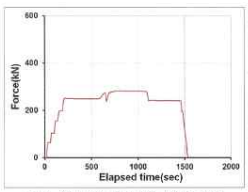


그림 1. 선재하 하중 변화량 시험 결과(하중-시간)

사진 1. 선재하 하중 변화량 시험 현황

※ 선재하 하중 변화량: 유압 제거시 측력 - 선재하 하중 초기치(양의 값: 선재하 하중 손실 미발생, 음의 값: 선재하 하중 손실 발생)
※ 선재하 하중 변화율: (선재하 하중 변화량 / 선재하 하중 초기치) × 100
※ 본 시험성적서는 한국건설생활환경시험연구원 입회하에 ㈜골든엔지니어링에서 시험한 결과임

------ 끝 ------

총 2페이지 중 2페이지

양식TQP-12-01-03(0)

표 2.8 공인 시험성적서 (계속)

the way to trust KCL

7542-6003-2170-5889

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT19-072691K
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)골든엔지니어링
   ○ 주 소 : 서울특별시 송파구 법원로 11길 11 B동 410호(현대지식산업센터)
3. 시험기간 : 2019년 06월 21일 ~ 2019년 08월 05일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리용
5. 시 료 명 : 쐐기 방식 선재하 장치(WS)
6. 시험방법 / 시험장소
   (1) 의뢰자 제시) 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73

확인	작성자 성 명	김호용	기술책임자 성 명	이봉춘

비고 : 1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 미평과 관련이 없으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kct.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2019년 08월 05일

한국건설생활환경시험연구원장

결과문의 : 28115 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73 ☎ (043)210-8945

총 2페이지 중 1페이지 양식TQP-12-01-03(0)

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT19-072691K

7. 시험결과

1) 쐐기 방식 선재하 장치(WS)

시험항목	단위	시험방법 /시험장소	시험결과	비고
선재하 하중 변화량	kN	(1)	-15	(23 ± 2) ℃
선재하 하중 변화율	%	(1)	-5.2	(23 ± 2) ℃

가) 선재하 하중 변화량 시험

① 시험 조건

선재하 하중 재하 단계		지압판 체결 단계		유압제거 단계
목표 하중(kN)	유지시간(s)	조임 토크(N·m)	유지시간(s)	유지시간(s)
294	300	85±5	300	300

② 시험 결과

- 선재하 하중 변화량(kN) ····· -15
- 선재하 하중 변화율(%) ····· -5.2

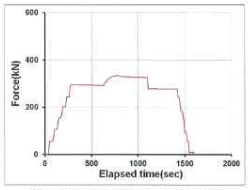


그림 1. 선재하 하중 변화량 시험 결과(하중-시간)

사진 1. 선재하 하중 변화량 시험 현황

※ 선재하 하중 변화량: 유압 제거시 측력 - 선재하 하중 초기치(양의 값: 선재하 하중 손실 미발생, 음의 값: 선재하 하중 손실 발생)
※ 선재하 하중 변화율: (선재하 하중 변화량 / 선재하 하중 초기치) × 100
※ 본 시험성적서는 한국건설생활환경시험연구원 양질화의 마골든엔지니어링에서 시험한 결과임

----- 끝 -----

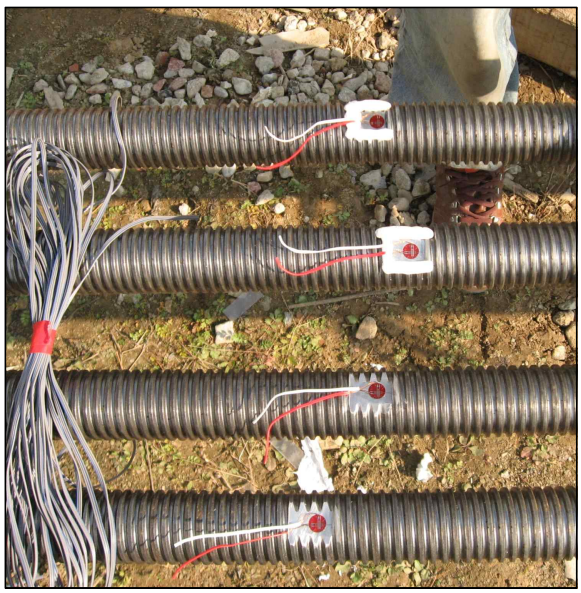
총 2페이지 중 2페이지 양식TQP-12-01-03(0)

(2) 마이크로파일 축력 측정용 하중계 개발

(가) 기존 계측방법의 문제점 및 하중계 개발 필요성

- 기존 기초 보강용 마이크로파일(신설 말뚝) 설치시, ① 해당 프로젝트 요구사항으로 마이크로파일로 전이되는 축하중 계측이 필요할 수 있으며, ② 선재하 기술이 적용될 경우 마이크로파일 시공중 선재하 하중값 계측, 시공후 추가 하중전이에 따른 말뚝 축력 변화량 계측이 요구됨

표 2.9 기존 계측방법의 문제점 및 하중계 개발 필요성

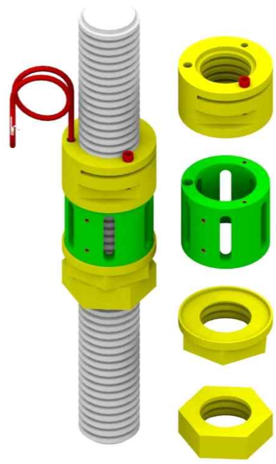
구 분	내 용
기존 계측방법의 문제점	• 마이크로파일에 작용하는 축력은 주로 변형률계(아래 사진 참조)를 이용하여 측정하고 있으며, 변형률계는 다음과 같은 단점을 가지고 있음 – 마이크로파일 강봉 표면에 변형률계를 부착하는 경우, 강봉 나사산 절삭 작업(면처리 가공) 필요 – 부착된 변형률계 손상방지 처리 필요 – 변형률값(계측치)과 말뚝 탄성계수값(추정치)을 이용해, 산식으로 말뚝에 작용하는 축력 계산  <마이크로파일 변형률계 부착 예시>
하중계 개발 필요성	• 마이크로파일(신설 말뚝) 축하중을 정확히 측정할 수 있는 계측장치 없음 • 선재하 기술 적용시, 마이크로파일(신설 말뚝) 시공중 선재하 하중값 계측, 시공후 추가 하중전이에 따른 말뚝 축력 변화량 계측 요구 ⇒ 장기적인 안정성 확인 및 품질확보 • 설치가 용이하고 신설 말뚝의 축하중을 단계별로 정확히 계측할 수 있는 하중계 필요

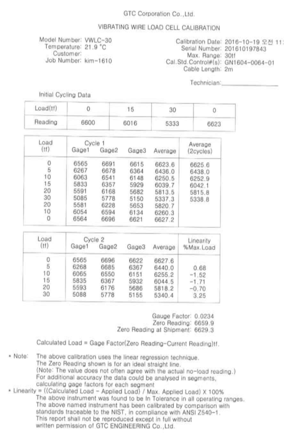
(나) 하중계 시작품 제작

- 표 2.10에서와 같이 개발 하중계(1차 시작품)의 문제점을 개선하여 2차 시작품을 제작하였고, 계측기의 신뢰도를 파악하기 위해 하중계 성능평가시험을 수행하였음

표 2.10 하중계 시작품 제작

1차 시작품





GTC Corporation Co.,Ltd.

VIBRATING WIRE LOAD CELL CALIBRATION

Model Number: VWLC-30
Temperature: 21.9 °C
Customer:
Job Number: kim-1610

Calibration Date: 2016-10-19 오전 11:24:05
Serial Number: 201610197843
Max. Range: 30tf
Cal.Std.Control#(s): GN1604-0064-01
Cable Length: 2m

Technician:

Initial Cycling Data

Load(tf)	0	15	30	0
Reading	6600	6016	5333	6623

Load (tf)	Cycle 1 Gage1	Gage2	Gage3	Average	Average (2cycles)
0	6565	6691	6615	6623.6	6625.6
5	6267	6678	6364	6436.0	6438.0
10	6063	6541	6148	6250.5	6252.9
15	5833	6357	5929	6039.7	6042.1
20	5591	6168	5682	5813.5	5815.8
30	5085	5778	5150	5337.3	5338.8
20	5581	6228	5653	5820.7	
10	6054	6594	6134	6260.3	
0	6564	6696	6621	6627.2	

Load (tf)	Cycle 2 Gage1	Gage2	Gage3	Average	Linearity %Max.Load
0	6565	6696	6622	6627.6	
5	6268	6685	6367	6440.0	0.68
10	6065	6550	6151	6255.2	-1.52
15	5835	6367	5932	6044.5	-1.71
20	5593	6176	5686	5818.2	-0.70
30	5088	5778	5155	5340.4	3.25

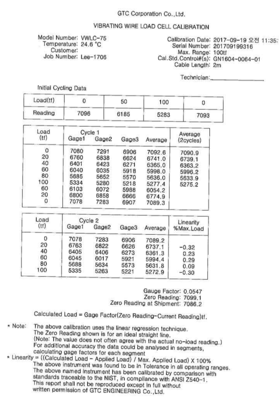
Gauge Factor: 0.0234
Zero Reading: 6659.9
Zero Reading at Shipment: 6629.3

Calculated Load = Gage Factor(Zero Reading-Current Reading)tf.

* Note: The above calibration uses the linear regression technique.
The Zero Reading shown is for an ideal straight line.
(Note: The value does not often agree with the actual no-load reading.)
For additional accuracy the data could be analysed in segments,
calculating gage factors for each segment
* Linearity = ((Calculated Load - Applied Load) / Max. Applied Load) X 100%
The above instrument was found to be In Tolerance in all operating ranges.
The above named instrument has been calibrated by comparison with standards traceable to the NIST, in compliance with ANSI Z540-1.
This report shall not be reproduced except in full without written permission of GTC ENGINEERING Co.,Ltd.

- 마이크로파일에 전달되는 축하중은 상·하부 너트를 통해 하중계로 전달(축하중 간접 전달)되므로, 너트 체결 상태에 따라 계측 정확도가 상이
  ⇒ 현장 체결시 시공관리가 어려움
- 하중계 성능평가시험 결과, 계측 정확도가 상대적으로 높지 않음(선형성 오차 최대 3.25%)
- 하중계 형태가 중공형(Ring Type)으로, 원주형(Cylindrical Type)에 비해 상대적으로 단면적이 크지 않음

2차 시작품



GTC Corporation Co.,Ltd.

VIBRATING WIRE LOAD CELL CALIBRATION

Model Number: VWLC-75
Temperature: 24.6 °C
Customer:
Job Number: Lee-1706

Calibration Date: 2017-09-19 오전 11:35:13
Serial Number: 201709199316
Max. Range: 100tf
Cal.Std.Control#(s): GN1604-0064-01
Cable Length: 2m

Technician:

Initial Cycling Data

Load(tf)	0	50	100	0
Reading	7096	6185	5283	7093

Load (tf)	Cycle 1 Gage1	Gage2	Gage3	Average	Average (2cycles)
0	7080	7291	6906	7092.6	7090.9
20	6760	6838	6624	6741.0	6739.1
40	6401	6423	6271	6365.0	6363.2
60	6040	6035	5918	5998.0	5996.2
80	5685	5652	5570	5636.0	5633.9
100	5334	5280	5218	5277.4	5275.2
60	6103	6072	5988	6054.2	
20	6800	6858	6666	6774.9	
0	7078	7283	6907	7089.3	

Load (tf)	Cycle 2 Gage1	Gage2	Gage3	Average	Linearity %Max.Load
0	7078	7283	6906	7089.2	
20	6763	6822	6626	6737.1	-0.32
40	6405	6406	6273	6361.3	0.23
60	6045	6017	5921	5994.4	0.29
80	5688	5634	5573	5631.8	0.09
100	5335	5263	5221	5272.9	-0.30

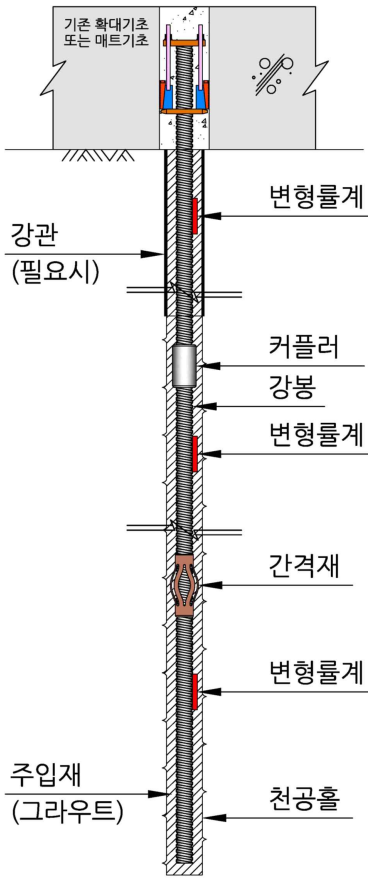
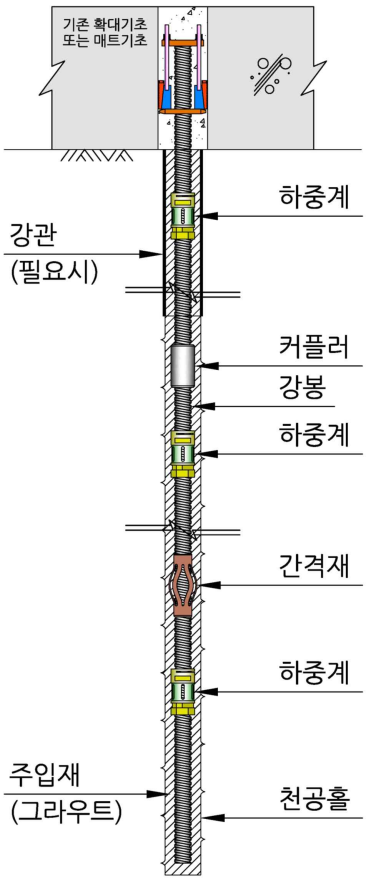
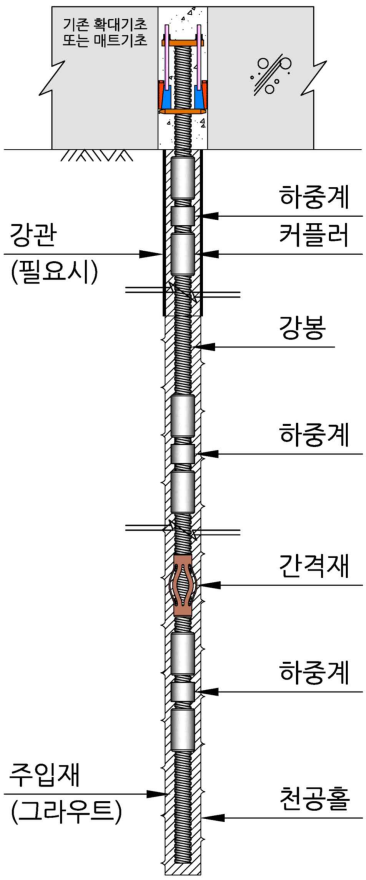
Gauge Factor: 0.0547
Zero Reading: 7099.1
Zero Reading at Shipment: 7086.2

Calculated Load = Gage Factor(Zero Reading-Current Reading)tf.

* Note: The above calibration uses the linear regression technique.
The Zero Reading shown is for an ideal straight line.
(Note: The value does not often agree with the actual no-load reading.)
For additional accuracy the data could be analysed in segments,
calculating gage factors for each segment
* Linearity = ((Calculated Load - Applied Load) / Max. Applied Load) X 100%
The above instrument was found to be In Tolerance in all operating ranges.
The above named instrument has been calibrated by comparison with standards traceable to the NIST, in compliance with ANSI Z540-1.
This report shall not be reproduced except in full without written permission of GTC ENGINEERING Co.,Ltd.

- 커플러를 이용해 강봉과 하중계를 연결하여 마이크로파일 축하중이 하중계에 직접적으로 전달되도록 변경
  ⇒ 계측 정확도 개선(선형성 오차 0.5% 이내)
- 하중계의 형태를 원주형(Cylindrical Type)으로 변경하여 내하력 증대
- 계측 가능범위 향상(최대 압축하중 1,000kN)
  ⇒ 측정범위를 마이크로파일의 일반적인 설계하중(P=600~800kN) 이상으로 조정

표 2.11 마이크로파일 축력 측정용 계측기 비교

구 분	변형률계 (기존)	하중계 (개발)	
		1차 시작품	2차 시작품
설치 개요도			
계측기 형태	부착형, 매설형	중공형 (Ring Type)	원주형 (Cylindrical Type)
설치 방법	• 변형률계를 강봉에 부착(본딩 또는 용접)하거나, 주입재에 매설	• 상·하부 너트를 이용해 하중계를 강봉에 체결	• 커플러를 이용해 강봉에 하중계를 연결
특징	• 변형률값(계측치)과 말뚝 탄성계수값(추정치)을 이용해, 산식으로 말뚝에 작용하는 축력 계산 ⇒ 말뚝 축하중값의 정확도가 상대적으로 낮음	• 너트 체결 상태에 따라 계측 정확도가 상이 ⇒ 현장 체결시 시공관리가 어려움	• 마이크로파일 축하중이 하중계에 직접적으로 전달되도록 하여 계측 정확도 개선

(다) 하중계 시제품 제작

- 시작품의 문제점을 개선하여 최종적으로 하중계 시제품을 제작 완료하였으며, 시제품의 주요 특징은 표 2.12와 같음

표 2.12 마이크로파일 축력 측정용 하중계 시제품 특징

마이크로파일 축력 측정용 하중계

기존 기초(직접기초 또는 말뚝기초) 보강용 마이크로파일(신설 말뚝) 설치시, ① 해당 프로젝트 요구사항으로 마이크로파일로 전이되는 축하중 계측, ② 선재하 기술이 적용될 경우 마이크로파일 시공중 선재하 하중값 계측, 시공후 추가 하중전이에 따른 말뚝 축력 변화량 계측

▸ 적용(APPLICATIONS)

- 선재하 기술 적용시 시공중 선재하 하중값 계측, 시공후 추가 하중전이에 따른 말뚝 축력 변화량 계측
- 특정 심도별로 하중계를 설치하여, 마이크로파일의 축하중전이 특성 파악
- 리모델링 현장 장기계측을 통한 마이크로파일 하중분담율 확인

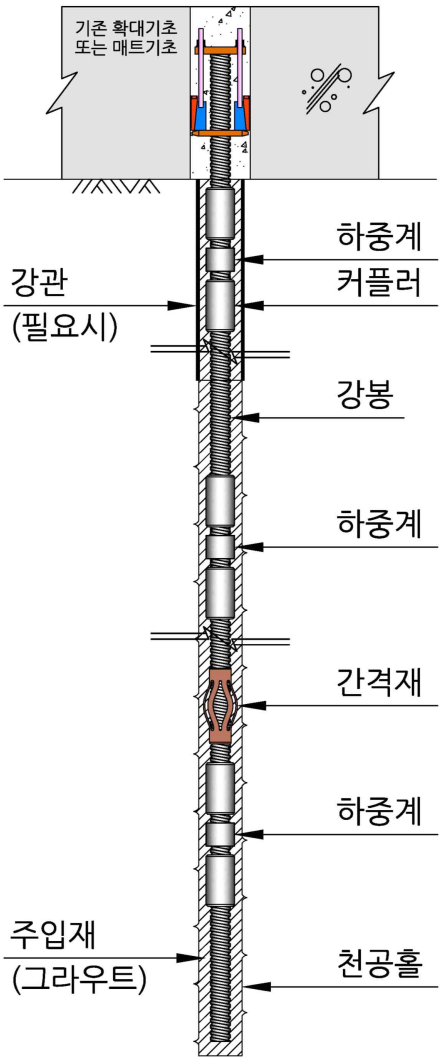
▸ 특징 및 장점(ADVANTAGES)

- 케이블 길이나 저항 변화에 영향을 받지 않음
- 완벽한 방식, 방수 구조
- 재하하중에 맞춘 다양한 모델 생산 가능
- 변형률계 대비 계측 신뢰성 우수
- 설치가 간편하여 시공성 우수

▸ 설치방법(INSTALLATION)

- 상용되고 있는 마이크로파일 커플러를 이용하여 강봉(Thread bar)에 연결하여 설치
- 커플러를 이용한 하중계 설치시, 사용되는 강봉 직경별 체결길이 준수

▸ 적용예(TYP. APPLICATIONS)



▸ 제원(SPECIFICATIONS)

제품 치수	전체 높이	320mm (중심부 80mm, 나사산 가공부 120mm)
	직경	98mm (나사산 가공부 68mm)
정격 하중		1,000kN
직선성 오차		±0.5%FSR
재질		SCM440(기계구조용 합금강)
게이지 부착수		3 VW Strain gauge(개별 출력)

▸ 제품 사진

표 2.13 공인 시험성적서(하중계 성능평가시험)

시 험 성 적 서
(TEST REPORT)

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 19-031849-01-3
Report No.
페이지 (1)/(총 4)
Page of Pages

1. 의 뢰 자 (Client)
기 관 명 (Name) : (주)지티씨코퍼레이션
주 소 (Address) : 경기도 광주시 초월읍 지월로100번길 29-67
의뢰일자 (Date of Receipt) : 2019. 05. 15.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : Q.C

3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)
제 품 명 (Description) : LOAD CELL
제작회사 (Manufacturer) : GTC Corporation
모 델 명 (Model Name) : VWLC-73
제조번호 (Serial Number) : 0169
기 타 (Remark) :

4. 시험기간 (Date of Test) : 2019년 05월 17일 ~ 2019년 05월 17일

5. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 시험결과 참조

6. 시험환경 (Testing Environment)
온도 (Temperature) : (22.4 ± 0.1) ℃, 습도 (Humidity) : (48 ± 1) % R.H.

7. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조

비고(Note) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재 가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
('원본'이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함하여 제공하는 모든 형식을 의미합니다.)

확 인 Affirmation	작성자(Tested by) 성 명(Name): 김영철 (Signature)	기술책임자(Technical Manager) 성 명(Name): 문재택 문재택 (Signature)

2019. 05. 17.

한국산업기술시험원장

FP204-01-04

원본대조필

※위 마크는 추후 진위확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 19-031849-01-3
Certificate No.
페이지 (2)/(총 4)
Page of Pages

1. 일반 사항

◇ 제 품 명 : LOAD CELL
◇ 제작회사 : GTC Corporation
◇ 모 델 명 : VWLC-73
◇ 제조번호 : 0169

2. 사용한 표준장비

사용장비명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of next calibration	교정기관 Calibration Laboratory
유압식 힘교정기	경성시험기 / 1 MN	2012-89	2023. 04. 17.	KRISS

3. 시험 방법
3.1 시험대상인 로드셀을 유압식 힘교정기(경성시험기 / 1 MN)에 설치한다.
3.2 의뢰자가 로드셀과 함께 반입시킨 지시계를 로드셀과 연결한다.
3.3 로드셀의 최대용량으로 사전부하를 3회 반복한다.
3.4 최대시험하중까지 5단계로 하중을 나누고 3회 반복측정을 실시한다.
*출력값은 각 케이블의 색깔별로 모두 기록한다.

4. 시험 결과

제 1회 압축 시험 (0°)

기준하중 (kN)	GAGE 1 Brown	GAGE 2 Pink	GAGE 3 Yellow	SUM
0	7 950	8 104	8 273	24 326
196	7 394	7 774	8 200	23 367
392	7 033	7 468	7 945	22 446
588	6 710	7 164	7 669	21 542
785	6 398	6 869	7 399	20 666
981	6 095	6 570	7 128	19 793
0	7 958	8 102	8 261	24 321

FP201-02-02

원본대조필

※위 마크는 추후 진위확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

시 험 성 적 서
(TEST REPORT)

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 19-031849-01-4
Report No.
페이지 (1)/(총 4)
Page of Pages

1. 의 뢰 자 (Client)
기 관 명 (Name) : (주)지티씨코퍼레이션
주 소 (Address) : 경기도 광주시 초월읍 지월로100번길 29-67
의뢰일자 (Date of Receipt) : 2019. 05. 15.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : Q.C

3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)
제 품 명 (Description) : LOAD CELL
제작회사 (Manufacturer) : GTC Corporation
모 델 명 (Model Name) : VWLC-75
제조번호 (Serial Number) : 0174
기 타 (Remark) :

4. 시험기간 (Date of Test) : 2019년 05월 17일 ~ 2019년 05월 17일

5. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 시험결과 참조

6. 시험환경 (Testing Environment)
온도 (Temperature) : (22.2 ± 0.1) ℃, 습도 (Humidity) : (48 ± 1) % R.H.

7. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조

비고(Note) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재 가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
('원본'이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함하여 제공하는 모든 형식을 의미합니다.)

확 인 Affirmation	작성자(Tested by) 성 명(Name): 김영철 (Signature)	기술책임자(Technical Manager) 성 명(Name): 문재택 문재택 (Signature)

2019. 05. 17.

한국산업기술시험원장

FP204-01-04

원본대조필

※위 마크는 추후 진위확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 19-031849-01-4
Certificate No.
페이지 (2)/(총 4)
Page of Pages

1. 일반 사항

◇ 제 품 명 : LOAD CELL
◇ 제작회사 : GTC Corporation
◇ 모 델 명 : VWLC-75
◇ 제조번호 : 0174

2. 사용한 표준장비

사용장비명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of next calibration	교정기관 Calibration Laboratory
유압식 힘교정기	경성시험기 / 1 MN	2012-89	2023. 04. 17.	KRISS

3. 시험 방법
3.1 시험대상인 로드셀을 유압식 힘교정기(경성시험기 / 1 MN)에 설치한다.
3.2 의뢰자가 로드셀과 함께 반입시킨 지시계를 로드셀과 연결한다.
3.3 로드셀의 최대용량으로 사전부하를 3회 반복한다.
3.4 최대시험하중까지 5단계로 하중을 나누고 3회 반복측정을 실시한다.
*출력값은 각 케이블의 색깔별로 모두 기록한다.

4. 시험 결과

제 1회 압축 시험 (0°)

기준하중 (kN)	GAGE 1 Brown	GAGE 2 Pink	GAGE 3 Yellow	SUM
0	8 284	8 252	7 787	24 323
196	7 978	7 975	7 444	23 397
392	7 683	7 685	7 146	22 514
588	7 397	7 395	6 861	21 652
785	7 112	7 108	6 578	20 797
981	6 814	6 817	6 301	19 932
0	8 284	8 251	7 784	24 319

FP201-02-02

원본대조필

※위 마크는 추후 진위확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

(3) 실대형 기초구조물 현장재하시험

(가) 현장재하시험 개요

- 신설 보강말뚝(마이크로파일) 선재하 적용시 기초구조물의 하중전이 특성을 파악하기 위해 실대형 기초구조물 현장재하시험 수행
- 리모델링 시공 단계별 기존 말뚝 및 신설 말뚝의 하중분담 특성을 분석하여 개발기술의 실효성 입증

(나) 실대형 기초구조물, 재하구조물 및 계측기 설치

- 시험구조물 및 계측기 제원, 시공전경은 각각 표 2.14, 표 2.15와 같으며, 재하시험 개요도는 그림 2.1~2.3과 같음

표 2.14 실대형 기초구조물, 재하구조물 및 계측기 제원

구 분		제 원	비 고
기초 구조물	PHC말뚝 (종류 : A)	• 직경 : 400mm • 두께 : 65mm • 근입길이 : 평균 약 21m • 설치공수 : 4공	
	마이크로파일	• 천공직경 : 152mm • 근입길이 : 25m • 설치공수 : 4공 • 강봉 직경 : 65mm	강관 사장 φ165.2mm, 5t
	확대기초판	• 크기 : 2.6m×2.6m×0.8m • 콘크리트 강도 : 30MPa • 주철근 : HD25(400MPa) • 무수축몰탈 강도 : 50MPa • 코어보링홀 직경 : 216mm	코어보링홀 : PVC 파이프를 설치하여 hole 형성
재하 구조물	MAIN BEAM	• H-596×199×10×15 • 길이 : 9.0m	6본 용접연결
	SUB BEAM	• H-300×300×30×30 • 길이 : 1.7m	스티프너 보강
	받침보	• H-298×201×9×14 • 길이 : 1.8m	
	유압잭	• 직경 : 400mm • 높이 : 610mm • 수량 : 1EA • 용량 : 5,000kN	Stroke : 250mm
	스크류잭	• 용량 : 1,000kN	
	반력앵커	• 천공직경 : 127mm • 근입길이 : 30m • 설치공수 : 8공 • 강연선 : 12.7mm×6가닥	
계측기	PHC말뚝 하중계	• 용량 : 1,000kN	
	마이크로파일 하중계	• 용량 : 1,000kN • 직경 : 98mm • 전체 높이 : 220mm	중심부 높이 : 80mm
	PHC말뚝 및 마이크로파일 변위계	• Stroke : 50mm (1/100mm)	

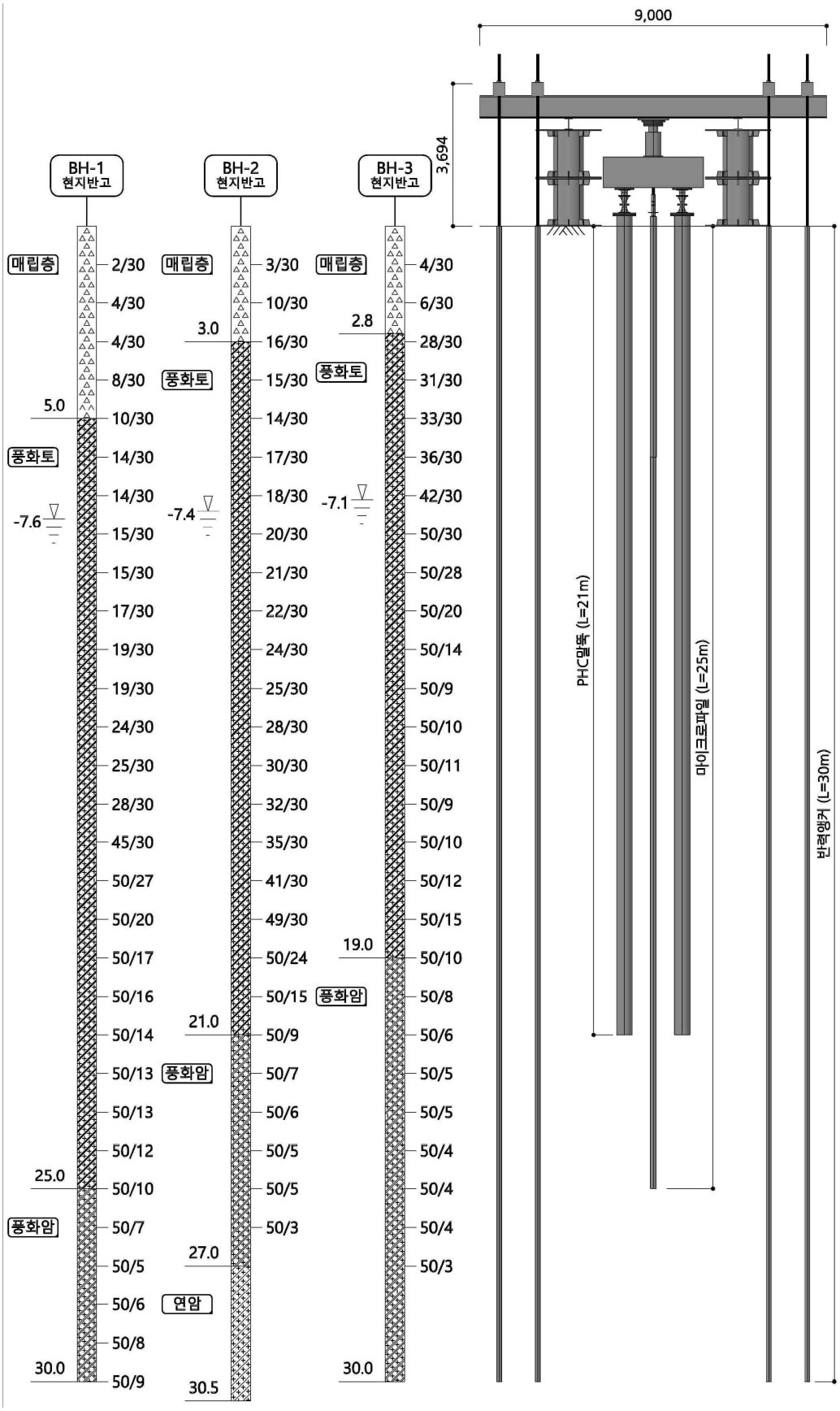


그림 2.1 실대형 기초구조물 현장재하시험 개요도(1)

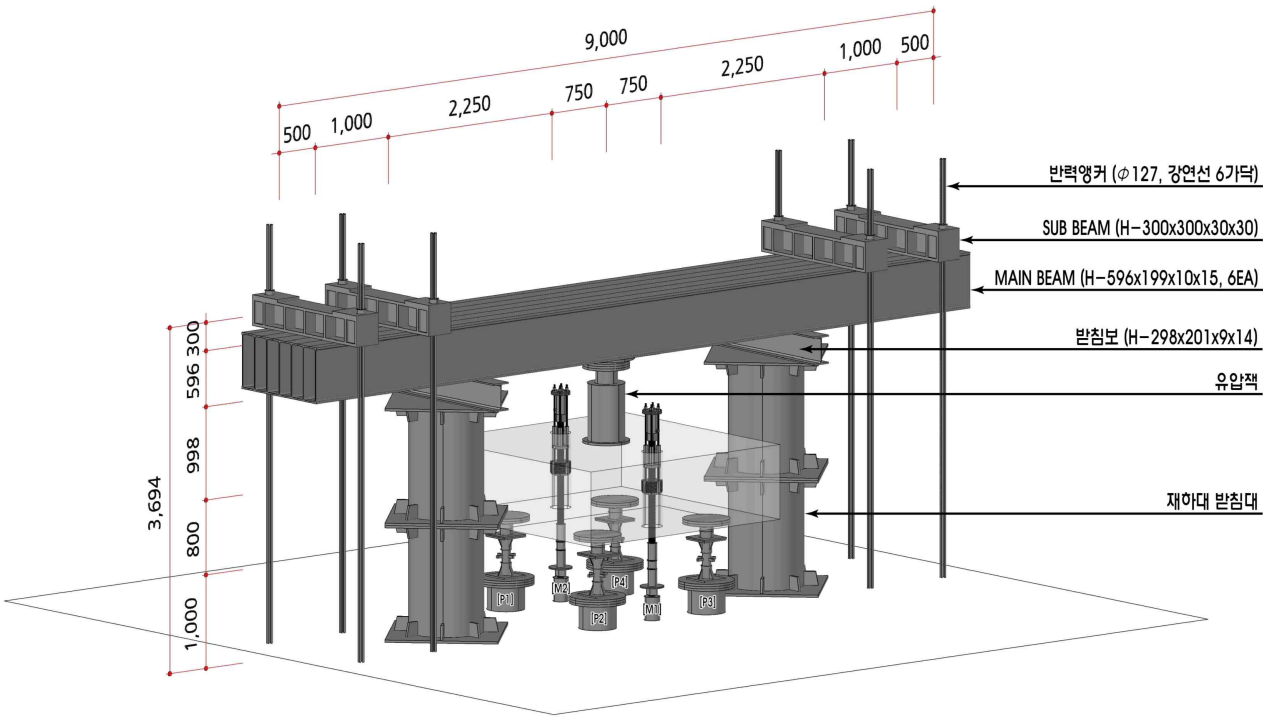


그림 2.2 실대형 기초구조물 현장재하시험 개요도(2)

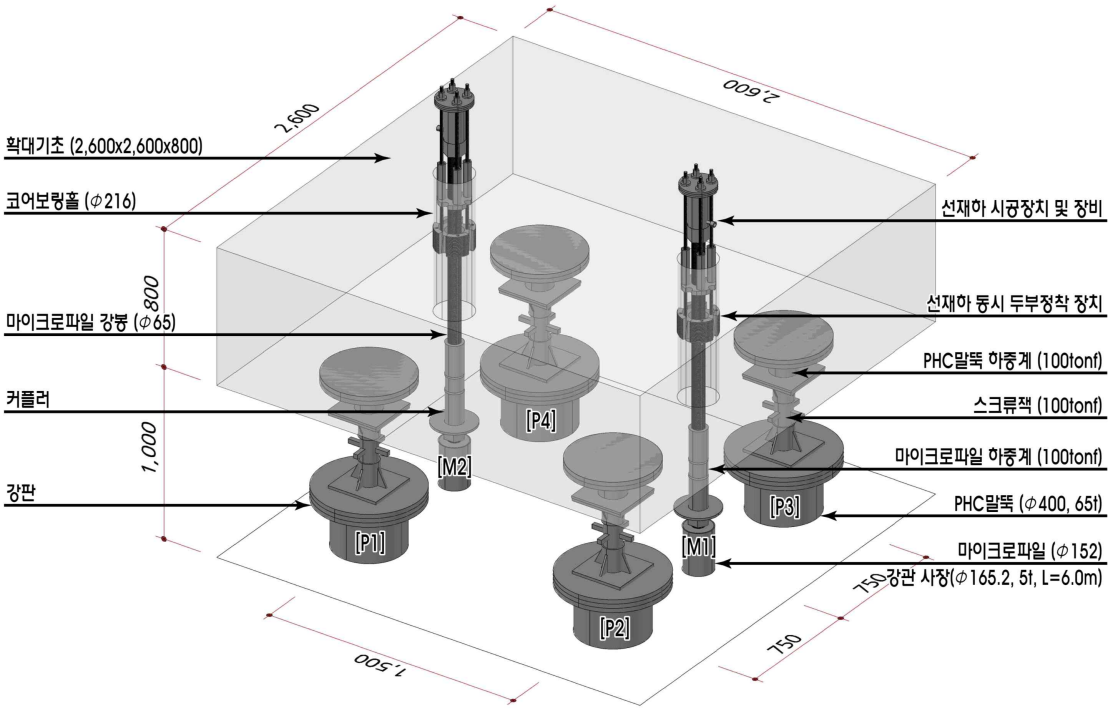


그림 2.3 실대형 기초구조물 현장재하시험 개요도(3)

표 2.15 시공전경(실대형 기초구조물, 재하구조물 및 계측기)

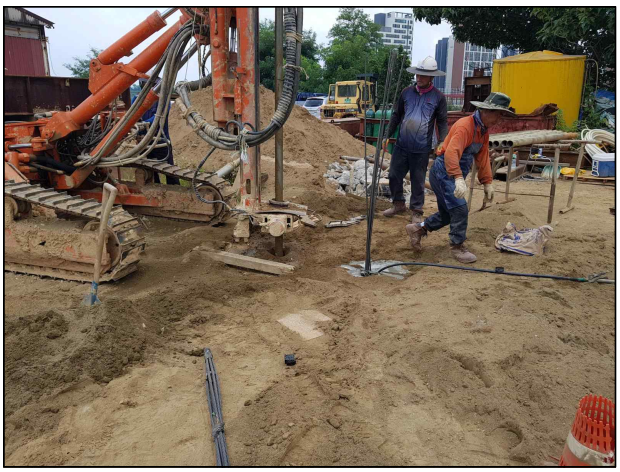
1	• PHC말뚝 시공(SIP공법) • PHC말뚝 최종 관입량 체크	
2	• 마이크로파일 시공	
		
3	• 반력앵커 시공	

표 2.15 시공전경(실대형 기초구조물, 재하구조물 및 계측기) (계속)

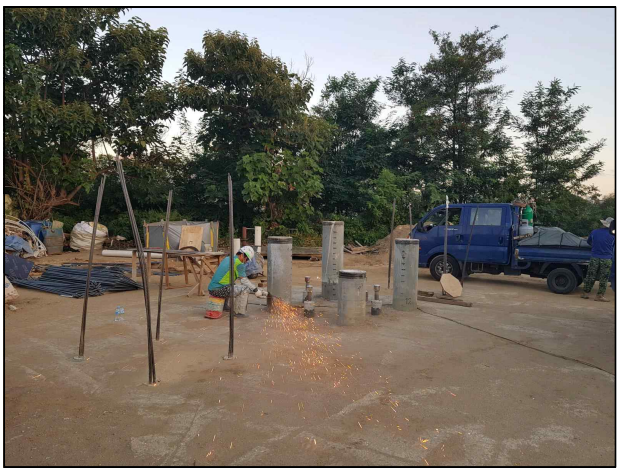
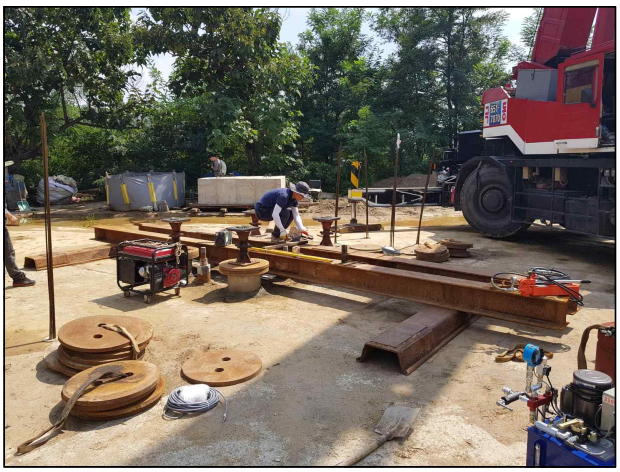
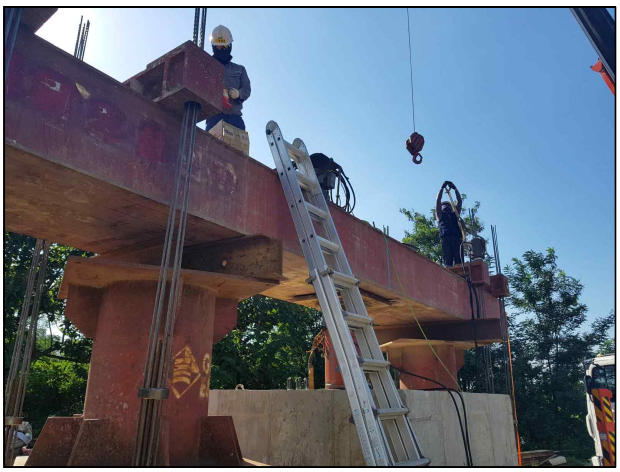
4	• 확대기초 철근배근 • 거푸집 타설후 레미콘 타설	
		
5	• PHC말뚝 두부 정리	
		
6	• 변위계 거치를 위한 Reference Beam 설치 • PHC말뚝 하중계 설치	

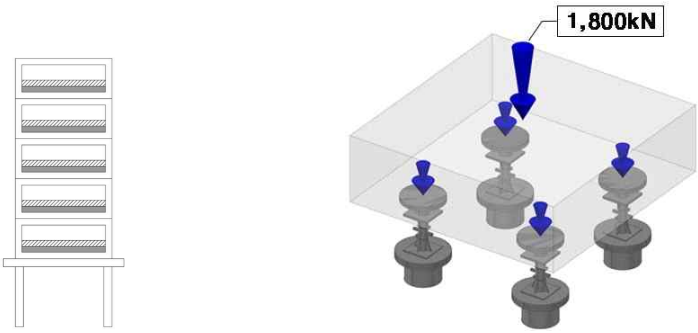
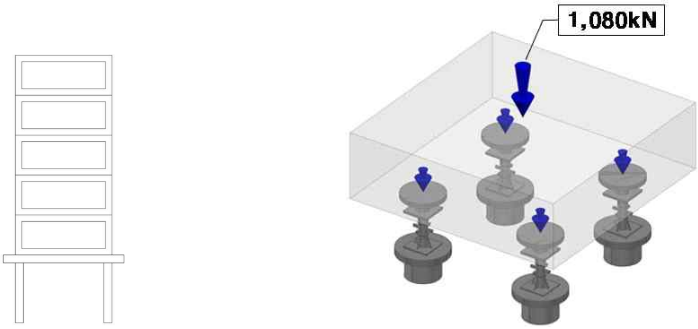
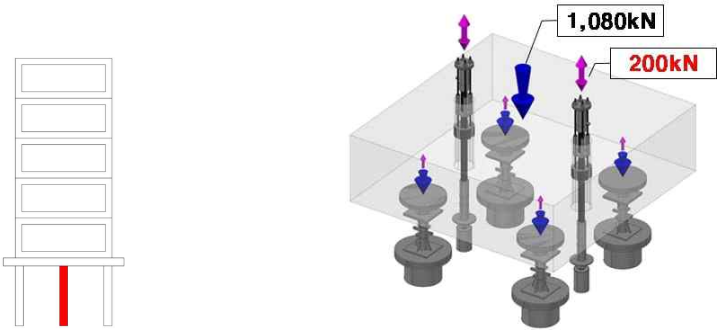
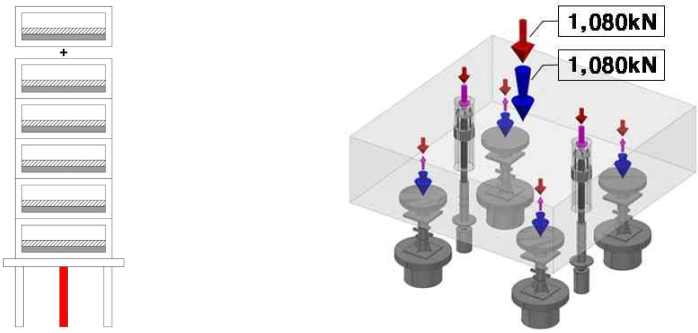
표 2.15 시공전경(실대형 기초구조물, 재하구조물 및 계측기) (계속)

7	• 확대기초 거치 • 재하대 설치	
		
8	• 반력앵커 재하대 연결 및 강선 초기 인장 • 재하대 설치 완료	
9	• 말뚝 변위계 및 마이크로파일 하중계 설치 • 자동화 계측기 설치 완료	

(다) 하중 재하 및 제하 계획

- 리모델링 시공단계를 모사하여 현장재하시험을 수행하였으며, 하중 재하 및 제하 단계는 표 2.16과 같음

표 2.16 하중 재하 및 제하 계획

재하시험 1단계 (기존 상태) 100%	 • 리모델링 시공단계 : 기존 상태 • 세부 재하단계 : 4단계 • 기존 하중 분담 : PHC말뚝 4본
재하시험 2단계 (철거 단계) 60%	 • 리모델링 시공단계 : 철거 단계 • 세부 재하단계 : 4단계 • 철거 단계 기존 하중 분담 : PHC말뚝 4본
재하시험 3단계 (보강말뚝 선재하) 60%	 • 리모델링 시공단계 : 보강말뚝 선재하 • 세부 재하단계 : 1단계 • 선재하 단계 기존 하중 분담 : PHC말뚝 4본 + 마이크로파일 2본
재하시험 4단계 (증축 단계) 120%	 • 리모델링 시공단계 : 증축 단계 • 세부 재하단계 : 4단계 • 증축 단계 하중(기존 및 증축) 분담 : PHC말뚝 4본 + 마이크로파일 2본

(라) 선재하 동시 두부정착 장치 시공순서

- 현장시험에 적용된 선재하 동시 두부정착 장치의 시공순서는 표 2.17과 같음

표 2.17 선재하 동시 두부정착 장치 시공순서

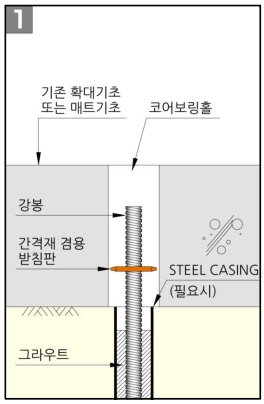
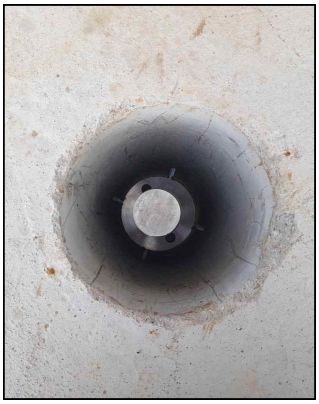
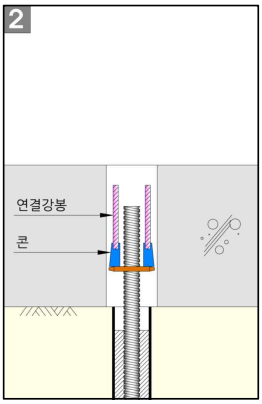
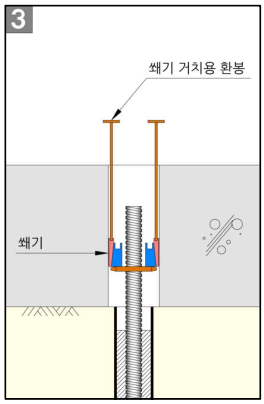
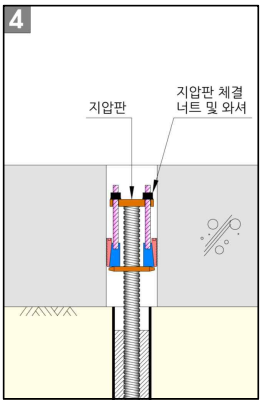
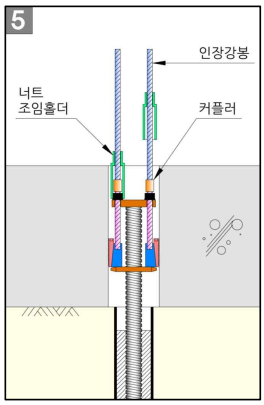
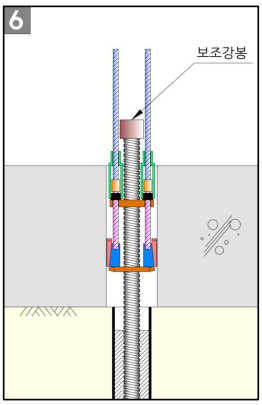
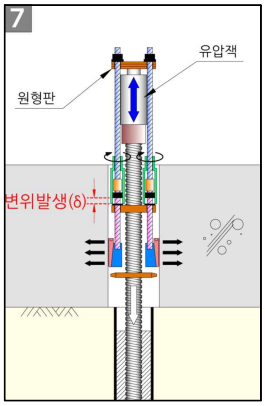
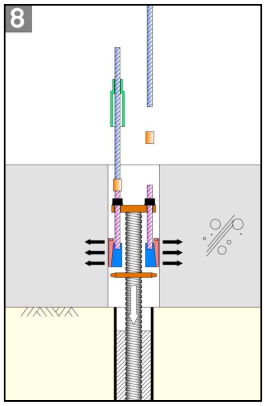
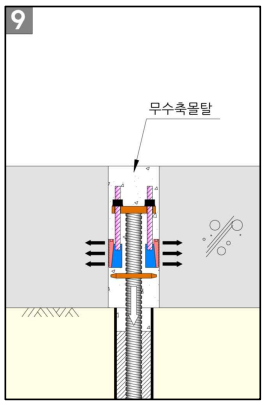
STEP 1	STEP 2
 	
• 기존 확대기초 또는 매트기초 코어보링 • 마이크로파일 시공 • 간격재 겸용 받침판 설치	• (콘 + 연결강봉) 설치
STEP 3	**STEP 4**
	
• 쐐기 설치	• 지압판 설치 • 지압판 체결 너트 및 와셔 설치
STEP 5	**STEP 6**
	
• 커플러를 이용하여 인장강봉 설치 • 너트 조임홀더 설치	• 압축재하용 보조강봉 설치

표 2.17 선재하 동시 두부정착 장치 시공순서 (계속)

STEP 7		STEP 8	
			
• 유압잭 설치 • 유압잭으로 강봉을 압축하여 선재하 • 선재하한 상태에서 조임홀더로 너트 체결		• 유압잭, 보조강봉, 너트 조임홀더, 인장강봉 및 커플러 해체	
STEP 9			
			
• 무수축몰탈 타설(시공완료)			

(마) 현장재하시험 결과

- PHC말뚝(기존 말뚝 모사)의 설계하중을 본당 450kN으로 가정하였으며, 재하시험 1단계에서는 약 1,800kN(=450kN×4본)의 하중을 단계별 재하함
- 철거 완료시에는 기존 하중의 약 40%가 감소하는 것으로 가정하였으며, 재하시험 2단계에서는 약 1,080kN(=1,800kN×0.6)의 하중이 최종 재하 되도록 단계별로 하중을 제하함
- 증축 완료시 작용하중은 기존 하중의 약 120%로 가정하였으며, 재하시험 4단계에서 최종적으로 약 2,160kN(=1,800kN×1.2)의 하중을 단계별로 재하함
- 시험결과, 신설말뚝에 압축하중을 재하(선재하)하고 이를 반력으로 확대기초에 상향력을 작용시켜, 기존말뚝에 작용하는 하중의 일부를 신설말뚝으로 전이시킴으로써 기존말뚝에 작용하는 하중이 감소하므로, 증축하중 작용시 기존말뚝의 안정성 확보 가능한 것으로 판단됨(표 2.18에서와 같이 증축시 최종적으로 PHC말뚝에 작용하는 하중이 기존 하중보다 작음)

표 2.18 재하시험 단계별 말뚝 작용 축력

재하시험 단계	세부 재하시험 단계	말뚝 작용 축력(kN)								
		PHC말뚝 작용 축력					마이크로파일 작용 축력			축력 합계
		R(P1)	R(P2)	R(P3)	R(P4)	R(P_{SUM})	R(M1)	R(M2)	R(M_{SUM})	R_{SUM}
재하시험 1단계 (기존 상태)	1	136	129	91	144	500				500
	2	291	220	205	256	972				972
	3	436	316	337	362	1,451				1,451
	4	**530**	**391**	**418**	**442**	**1,781**				1,781
재하시험 2단계 (철거 완료시)	1	472	346	370	394	1,582				1,582
	2	417	302	323	348	1,390				1,390
	3	377	274	287	316	1,254				1,254
	4	323	241	241	277	1,082				1,082
재하시험 3단계 (보강 말뚝 선재하)	1	212	172	140	198	722	217 (선재하)	220 (선재하)	437 (선재하)	1,159
재하시험 4단계 (증축 완료시)	1	266	203	187	235	891	260	260	520	1,411
	2	332	244	241	280	1,097	288	294	582	1,679
	3	394	287	294	325	1,300	316	327	643	1,943
	4	**454**	**335**	**345**	**373**	**1,507**	329	342	671	2,178

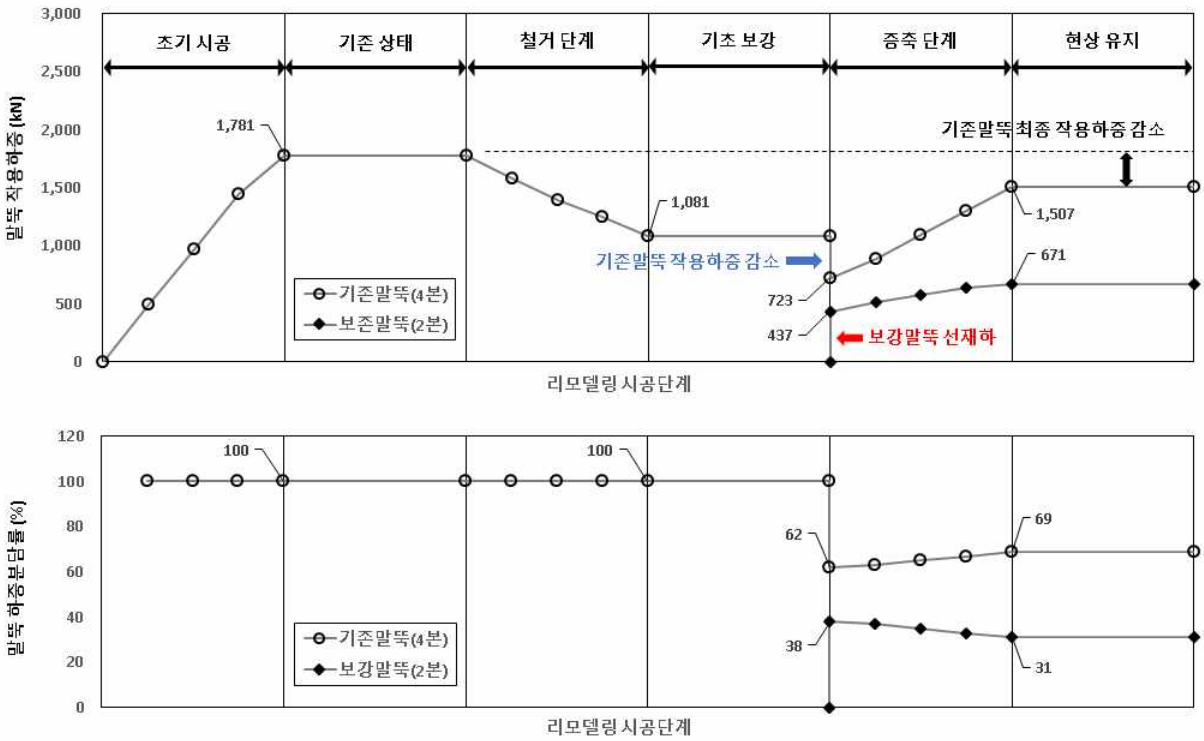


그림 2.4 시공단계별 말뚝 작용하중 및 하중분담율

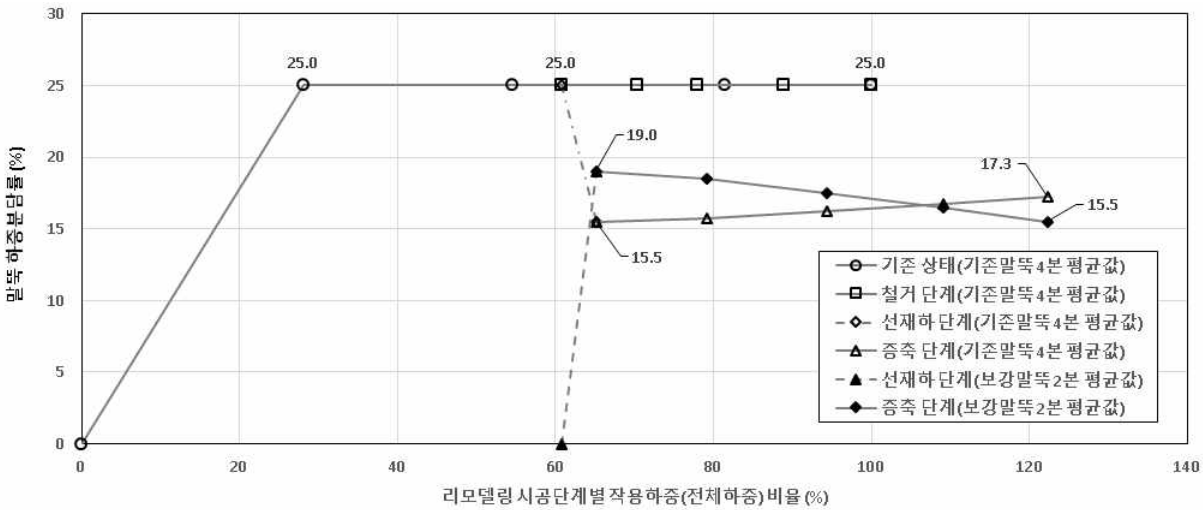


그림 2.5 시공단계별 하중분담율

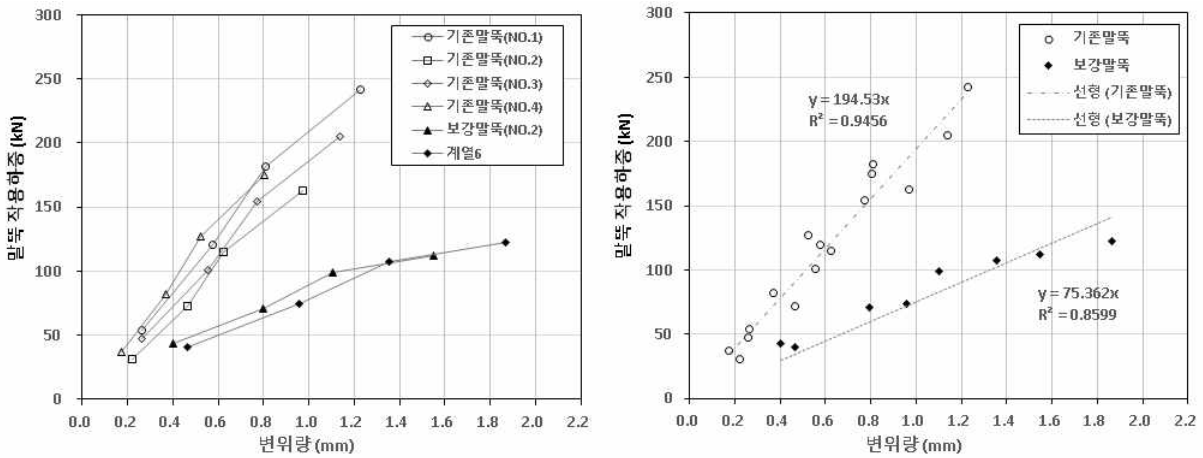


그림 2.6 말뚝별 하중-변위 관계(증축 단계)

(4) 리모델링 기초구조물 해석적 검증설계

- 수직증축형 리모델링 구조물(공동주택)을 대상으로 하여 신설 보강말뚝(마이크로파일)의 선재하 효과를 해석적으로 검증하였음
- 리모델링 시공단계별 작용하는 하중을 고려하여 기존 말뚝의 안정성을 평가하였음

(가) 상부 구조해석

표 2.19 건물개요

항 목	내 용		비 고
건물용도	공동주택 및 부대복리시설		
건물규모	증축전 : 지상15층	증축후 : 지상18층	

표 2.20 구조형식 개요

항 목	내 용
구조방식	내력벽 시스템-철근콘크리트 보통전단벽 (1-b)
구조종별	철근콘크리트조

표 2.21 기초형식

구 분	설 계 검 토 반 영 사 항	
기초형식	말뚝기초(기존, 신설)	
적용 말뚝의 종류	기 존	PC 말뚝(∅350)
	신 설	PHC 말뚝(∅500) 마이크로파일(∅152)

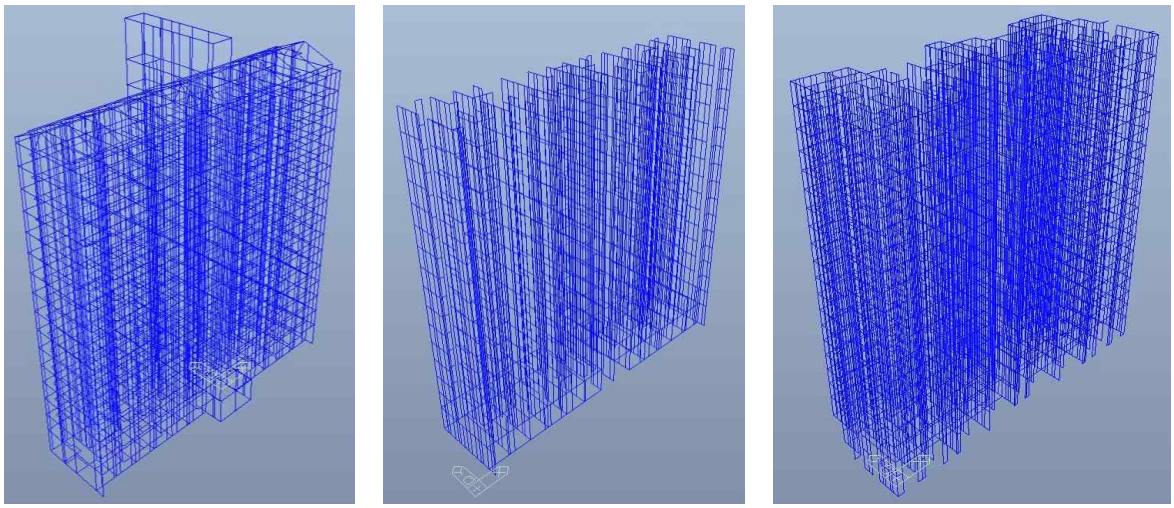


그림 2.7 시공단계별 구조해석 모델링(골조 해석)

(나) 기초구조물 검토

- 대상 구조물은 수평증축을 수반한 공동주택 리모델링이므로, 수평증축 구간은 기존 건물과의 간섭이 없기 때문에 기본적으로 일반적인 PHC 말뚝을 배치하였으며, 기존 말뚝과 인접한 구간에는 마이크로파일을 설치하는 것으로 계획하였음
- 골조해석을 통해 산출한 리모델링 시공단계별 기초 작용하중을 검토시 적용하였으며, 공사단계별로 기존 말뚝과 신설 말뚝의 반력을 산정하였음

표 2.22 말뚝기초 검토 CASE

검토구분		말뚝 배치		말뚝기초 반력 산정
		기존 구간	수평증축 구간	
1	기존 말뚝기초 무보강	PC 말뚝	PHC 말뚝 마이크로파일	① 철거 후 기초보강 전 연직하중 조합에 대한 기존 말뚝기초 반력 ② 기초보강 및 증축 후 연직하중 조합에 대한 기존 및 신설 말뚝기초의 반력 ③ 기초보강 및 증축 후 전체하중 조합에 대한 기존 및 신설 말뚝기초의 반력
2	기존 말뚝기초 보강	PC 말뚝 마이크로파일	PHC 말뚝 마이크로파일	
3	기존 말뚝기초 보강 (보강말뚝 선재하)	PC 말뚝 마이크로파일	PHC 말뚝 마이크로파일	

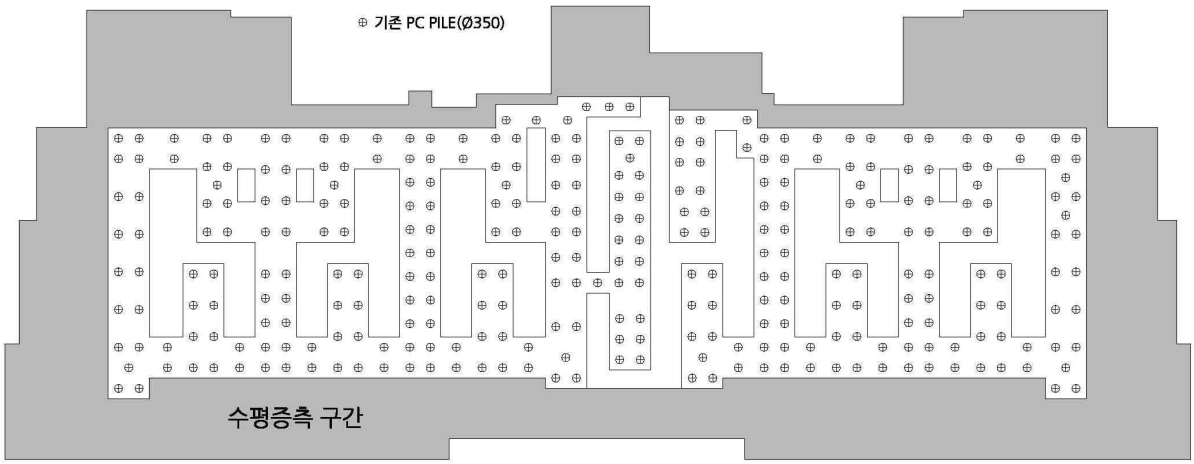


그림 2.8 기존 말뚝(PC 말뚝) 배치 평면도

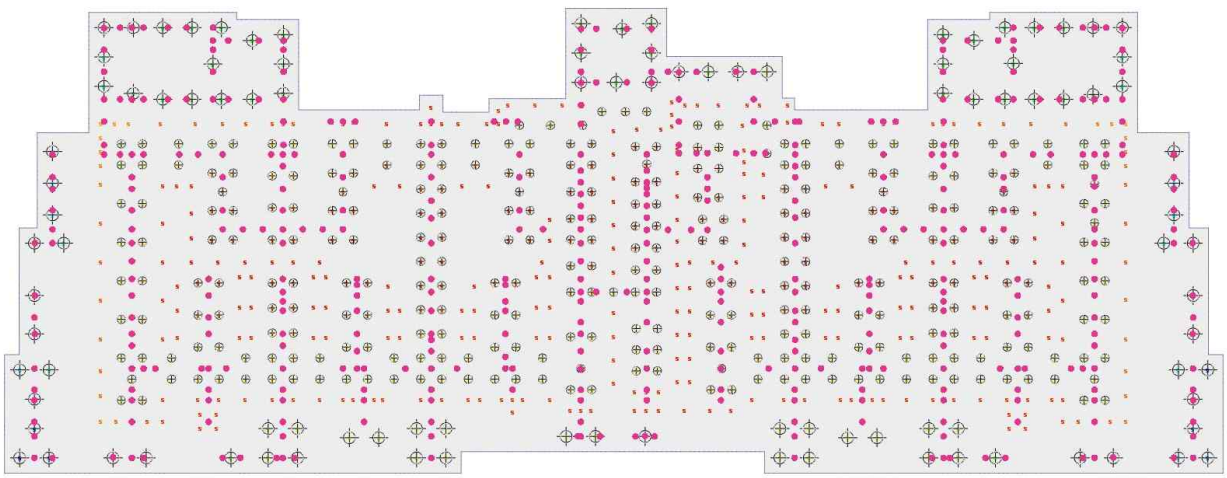


그림 2.9 기초해석 모델링

① 기존 PC말뚝 반력 산정 결과-기존 말뚝기초 무보강시(CASE 1)

- 기존 PC 말뚝을 보강하지 않은 상태로 리모델링 공사를 완료하는 경우에 대해, 기존 PC말뚝의 반력을 산정하였음
- 말뚝 반력 산정 결과, 총 303공 중 244공의 말뚝에서 반력값이 허용지지력 400kN(통상값)을 초과하는 것으로 평가되었음

표 2.23 말뚝기초 설치공수 및 설치구간(기존 말뚝기초 무보강시)

구 분		설치공수(본)	설치구간	비 고
기존	PC 말뚝	303	기존 구간	
신설	PHC 말뚝	101	수평증축 구간	
	마이크로파일	96	수평증축 구간	

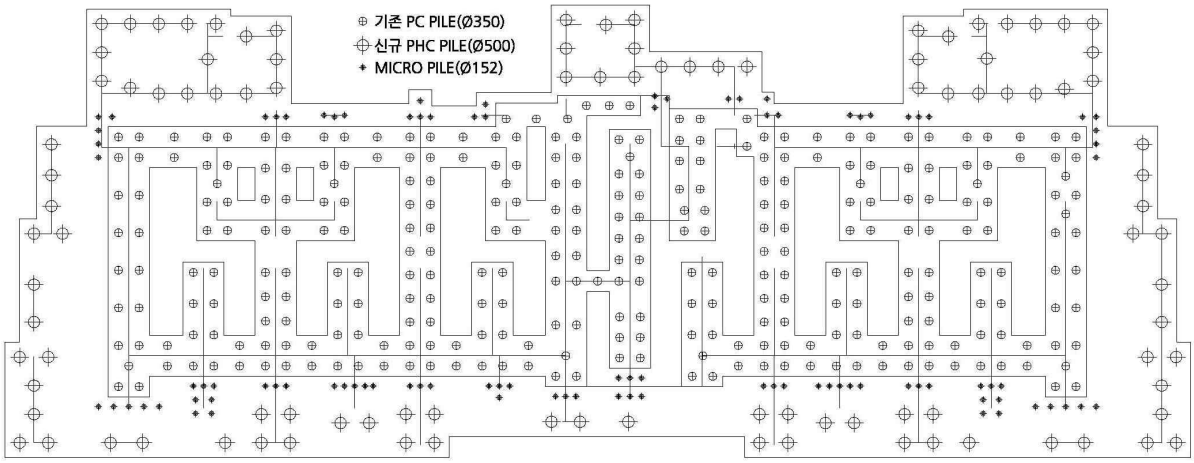


그림 2.10 말뚝기초 배치 평면도(기존 말뚝기초 무보강시)

② 기존 PC말뚝 반력 산정 결과-기존 말뚝기초 보강시(CASE 2)

- 기존 PC 말뚝을 보강하기 위해 마이크로파일 185공을 추가로 배치하였으며, 말뚝 반력 산정 결과, 마이크로파일을 이용해 기존 PC 말뚝을 보강하더라도 총 303공 중 155공의 말뚝에서 반력값이 허용지지력 400kN(통상값)을 초과하는 것으로 평가되었음

표 2.24 말뚝기초 설치공수 및 설치구간(기존 말뚝기초 보강시)

구 분		설치공수(본)	설치구간	비 고
기존	PC 말뚝	303	기존 구간	
신설	PHC 말뚝	101	수평증축 구간	
	마이크로파일	281	기존/수평증축 구간	

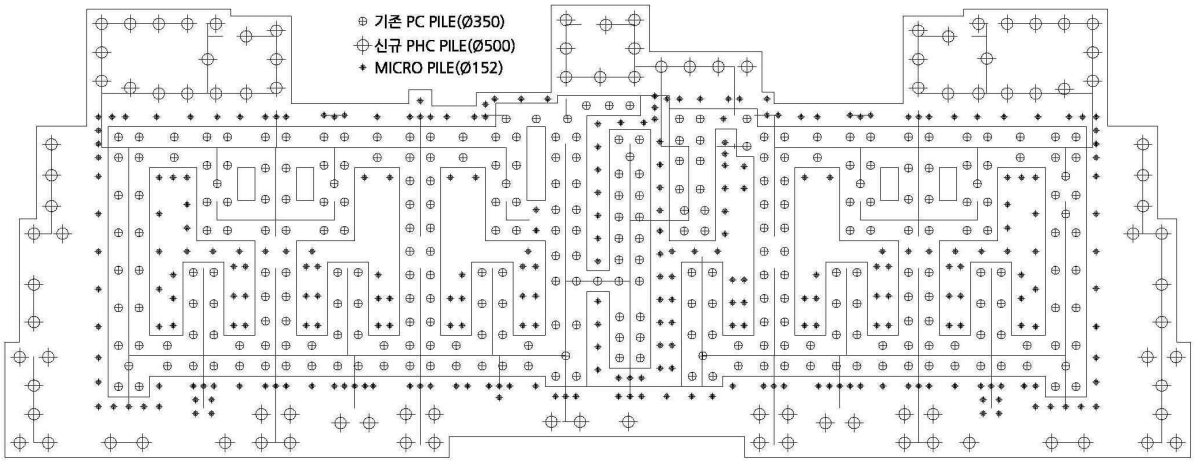


그림 2.11 말뚝기초 배치 평면도(기존 말뚝기초 보강시)

③ 기존 PC말뚝 반력 산정 결과-기존 말뚝기초 보강시(보강말뚝 선재하, CASE 3)

- 기존 PC 말뚝을 보강하기 위해 마이크로파일을 추가로 배치하였으나, 총 303공 중 155공의 기존 말뚝에서 반력값이 허용지지력 400kN(통상값)을 초과하는 것으로 평가되어, 보강말뚝에 선재하 하중을 적용하였음
- 총 281공의 마이크로파일 중 113공을 선재하 하였으며, 선재하 하중 크기는 공당 150kN으로 적용하였음
- 말뚝 반력 산정 결과, 기존 말뚝의 반력값은 허용지지력 400kN(통상값) 이내로 평가되었음

표 2.25 말뚝기초 설치공수 및 설치구간(기존 말뚝기초 보강시-보강말뚝 선재하 적용)

구 분		설치공수(본)	설치구간	비 고
기존	PC 말뚝	303	기존 구간	
신설	PHC 말뚝	101	수평증축 구간	
	마이크로파일	281	기존/수평증축 구간	113공 선재하

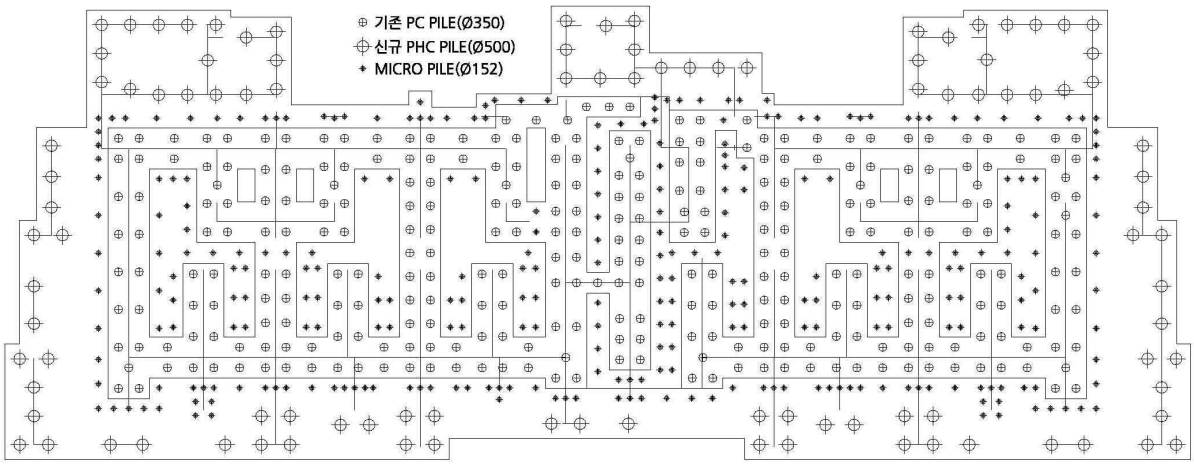


그림 2.12 말뚝기초 배치 평면도(기존 말뚝기초 보강시-보강말뚝 선재하 적용)

(다) 검토결과

- 수직증축형 리모델링 구조물(공동주택)을 대상으로 하여 신설 보강말뚝(마이크로파일)의 선재하 효과를 해석적으로 검증하기 위해, 시공단계별 해석을 수행하였음
- 골조해석을 통해 기초판 작용하중을 산출하였으며, 기존 말뚝기초 보강유무와 보강말뚝 선재하 유무에 따라 말뚝기초의 반력을 산정하였음
- 검토결과, 보강말뚝을 선재하 할 경우, 기존 말뚝에 작용하는 하중이 분담(기초판에 상향력을 작용시켜, 기존 말뚝에 작용하는 하중의 일부를 보강말뚝으로 전이)되어, 기존 말뚝의 안정성 확보가 가능하고, 전체 리모델링 기초 보강량을 최소화 할 수 있을 것으로 판단됨

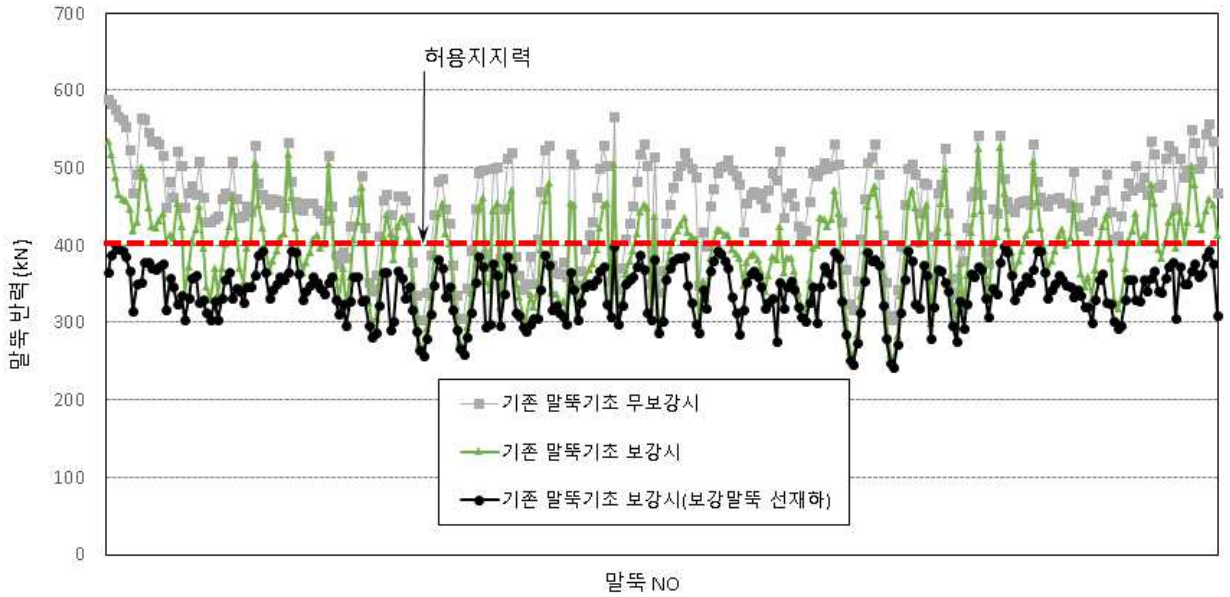


그림 2.13 기존 PC 말뚝 반력 산정 결과

(5) 선재하 동시 두부정착 기술 설계 및 시공 가이드라인 작성

- 기존 기초 보강 설계시 활용 가능한 선재하 기술 설계 가이드라인 작성. 선재하 장치 설치방법을 표준화하였으며, 시공전/시공중 주요사안을 시공 가이드라인에 명기

표 2.26 선재하 동시 두부정착 기술 설계 가이드라인

2. 선재하 동시 두부정착 기술 설계 프로세스

• 선재하 동시 두부정착 기술 설계 프로세스 및 세부내용은 표 2.1 및 표 2.2와 같음

표 2.1 선재하 동시 두부정착 기술 설계 프로세스

설계단계		내 용
1단계	STEP 1	<일반해석 – 시공단계 미반영> • 변화된 하중조건 해석 반영 • 기존 말뚝에 작용하는 하중 산정
	STEP 2	<기존 말뚝기초 안정성 검토> • 기존 말뚝 지지력 검토 • 기존 말뚝 본체 구조 검토 • 기존 말뚝 침하량 검토 • 기존 확대기초(또는 매트기초) 구조 검토
2단계	STEP 1	<신설 보강말뚝(마이크로파일) 예비 검토> • 신설 보강말뚝 설치간격 • 신설 보강말뚝 길이 • 신설 보강말뚝 단면형상
	STEP 2	<시공단계해석> • 시공단계별로 변화된 하중조건 해석 반영 • 말뚝기초 하중분담 특성을 해석에 반영하기 위해서는 기존 말뚝, 신설 말뚝 및 기존 기초판의 강성을 고려해야 하며, 이를 위해서는 기존 기초구조물의 특성을 파악할 수 있는 충분한 자료가 요구됨 – 신설 말뚝 설치전 : 기존 말뚝이 하중 전부 부담 – 신설 말뚝 설치후 : 기존 말뚝과 신설 말뚝이 기초구조물 강성에 따라 각각 하중 분담 • 필요시 지반-구조물 상호작용을 고려한 모델링 및 해석 수행 • 기존 및 신설 말뚝에 작용하는 하중 산정
	STEP 3	<기존 및 신설 말뚝기초 안정성 검토> • 기존 및 신설 말뚝 지지력 검토 • 기존 및 신설 말뚝 본체 구조 검토 • 기존 및 신설 말뚝 침하량 검토 • 기존 확대기초(또는 매트기초) 구조 검토
3단계	STEP 1	<신설 보강말뚝(마이크로파일) 예비 검토> • 신설 보강말뚝중 선재하가 요구되는 말뚝 산정 • 신설 보강말뚝 선재하 하중 적용치 산정
	STEP 2	<시공단계해석 – 신설 보강말뚝 선재하 단계 포함> • 시공단계별로 변화된 하중조건 해석 반영 • 말뚝기초 하중분담 특성을 해석에 반영하기 – 신설 말뚝 설치전 : 기존 말뚝이 하중 전부 부담 – 신설 말뚝 설치후 ① 신설 말뚝 설치후 선재하 단계 : 선재하 하중 작용시 기존 말뚝 반력 산정(해석시 신설 말뚝의 저항은 고려하지 않으며, 선재하 되는 신설 말뚝의 위치에 선재하 하중 재하) ② 신설 말뚝 선재하 및 두부정착 완료 단계 : 기존 말뚝과 신설 말뚝이 기초구조물 강성에 따라 각각 하중 분담 • 필요시 지반-구조물 상호작용을 고려한 모델링 및 해석 수행 • 기존 및 신설 말뚝에 작용하는 하중 산정
	STEP 3	<기존 및 신설 말뚝기초 안정성 검토> • 기존 및 신설 말뚝 지지력 검토 • 기존 및 신설 말뚝 본체 구조 검토 • 기존 및 신설 말뚝 침하량 검토 • 기존 확대기초(또는 매트기초) 구조 검토

– 2 –

표 2.2 선재하 동시 두부정착 기술 설계 프로세스 세부내용

설계단계		내 용
1단계	STEP 1	<일반해석 – 시공단계 미반영> • 설계기준에 제시된 하중조합을 모두 고려하여 해석에 반영 • 기존 말뚝에 작용하는 설계하중(최대 축력, 최대 모멘트 및 최대 전단력) 산정
	STEP 2	<기존 말뚝기초 안정성 검토> • 기존 기초구조물 각각에 대한 안정성 검토 수행 • 기초구조물에 대한 안정성 검토결과, 설계기준을 만족하는 경우에는 기초보강이 필요하지 않으며, 설계기준을 만족하지 않은 경우에는 2단계 설계진행
2단계	STEP 1	<신설 보강말뚝(마이크로파일) 예비 검토> • 말뚝 최소 설치간격 기준, 기존 기초구조물하의 간섭여부, 현장 제반조건 등을 감안하여 마이크로파일 설치간격, 길이 및 단면형상 산정 • 마이크로파일 예비 검토결과를 시공단계해석(2단계 STEP 2)에 반영
	STEP 2	<시공단계해석> • 시공단계별로 설계기준에 제시된 하중조합을 모두 고려하여 해석에 반영 • 말뚝기초 하중분담 특성을 해석에 반영하기 위해서는 기존 말뚝, 신설 말뚝 및 기존 기초판의 강성을 고려해야 하며, 이를 위해서는 기존 기초구조물의 특성을 파악할 수 있는 충분한 자료가 요구됨 – 신설 말뚝 설치전 : 기존 말뚝이 하중 전부 부담 – 신설 말뚝 설치후 : 기존 말뚝과 신설 말뚝이 기초구조물 강성에 따라 각각 하중 분담 • 필요시(확대기초를 강체로 가정할 수 없는 경우, 기초지반의 저항력을 설계에 반영할 경우 등) 지반-구조물 상호작용을 고려한 모델링 및 해석 수행 • 기존 및 신설 말뚝에 작용하는 설계하중(최대 축력, 최대 모멘트 및 최대 전단력) 산정
	STEP 3	<기존 및 신설 말뚝기초 안정성 검토> • 기존 및 신설 기초구조물 각각에 대한 안정성 검토 수행 • 기초구조물에 대한 안정성 검토 수행 결과 – 설계기준을 만족하는 경우 : 설계완료 – 설계기준을 만족하지 않은 경우 ① 신설 보강말뚝(마이크로파일)의 설계제원(설치간격, 단면형상 등)을 변경하여 시공단계해석(2단계 STEP 2)부터 반복 재검토 ② 반복적으로 재검토하여도 기초구조물의 안정성을 확보할 수 없는 경우에는 3단계 설계진행
3단계	STEP 1	<신설 보강말뚝(마이크로파일) 예비 검토> • 2단계 설계산정 결과(기존 기초구조물의 저항력 부족정도 파악)를 기준으로 신설 보강말뚝중 선재하가 요구되는 말뚝 산정 및 선재하 하중 적용치 산정
	STEP 2	<시공단계해석 – 신설 보강말뚝 선재하 단계 포함> • 시공단계별로 설계기준에 제시된 하중조합을 모두 고려하여 해석에 반영 • 말뚝기초 하중분담 특성을 해석에 반영하기 위해서는 기존 말뚝, 신설 말뚝 및 기존 기초판의 강성을 고려해야 하며, 이를 위해서는 기존 기초구조물의 특성을 파악할 수 있는 충분한 자료가 요구됨 – 신설 말뚝 설치전 : 기존 말뚝이 하중 전부 부담 – 신설 말뚝 설치후 ① 신설 말뚝 설치후 선재하 단계 : 선재하 하중 작용시 기존 말뚝 반력 산정(해석시 신설 말뚝의 저항은 고려하지 않으며, 선재하 되는 신설 말뚝의 위치에 선재하 하중 재하) ② 신설 말뚝 선재하 및 두부정착 완료 단계 : 기존 말뚝과 신설 말뚝이 기초구조물 강성에 따라 각각 하중 분담 • 필요시(확대기초를 강체로 가정할 수 없는 경우, 기초지반의 저항력을 설계에 반영할 경우 등) 지반-구조물 상호작용을 고려한 모델링 및 해석 수행 • 기존 및 신설 말뚝에 작용하는 설계하중(최대 축력, 최대 모멘트 및 최대 전단력) 산정
	STEP 3	<기존 및 신설 말뚝기초 안정성 검토> • 기존 및 신설 기초구조물 각각에 대한 안정성 검토 수행 • 기초구조물에 대한 안정성 검토 수행 결과 – 설계기준을 만족하는 경우 : 설계완료 – 설계기준을 만족하지 않은 경우 : 선재하 대상 보강말뚝(마이크로파일)의 설계제원(설치간격, 단면형상 등) 및 선재하 하중값을 변경하여 시공단계해석(3단계 STEP 2)부터 반복 재검토

– 3 –

표 2.27 선재하 동시 두부정착 기술 시공 가이드라인

1. 일반사항

가. 적용범위

(1) 본 시공관리 지침서는 선재하 두부정착 장치를 이용한 마이크로파일-확대기초 연결부 시공에 적용한다.
(2) 본 시공관리 지침서에 표기되지 않은 사항은 관련 시방서 및 기준에 따른다.

나. 용어의 정의

(1) 마이크로파일 : 강재로 보강된 소구경의 현장타설말뚝(일반적으로 직경이 300mm 이하)
(2) 강봉 (Thread Bar) : 마이크로파일 단면의 구조적 성능을 향상시키기 위해 설치되는 고강도의 보강재(표면에 나사산이 형성되어 있고, 국내에서는 일반적으로 직경 50~75mm 단일 강봉이 주로 적용되고 있음)
(3) 확대기초 : 상부 구조물의 하중을 넓은 면적에 분포시켜 구조물의 하중을 안전하게 지반에 전달하기 위해 설치되는 철근 콘크리트 구조물(직접기초의 기초판 및 말뚝기초의 CAP이 이에 해당)
(4) 코어보링홀 : 마이크로파일을 시공하기 위해 천공기를 이용해 확대기초에 형성시킨 hole(일반적으로 직경 200mm 내외)
(5) 선재하 하중 : 기존 기초의 안정성 증대 및 전체 기초 시스템의 침하량을 최소화하기 위한 목적으로, 구조물 추가하중 작용전 마이크로파일에 선행하여 작용시키는 압축하중
(6) 선재하 설계하중 : 해석적 방법으로 도출된 마이크로파일 선재하 하중 설계값
(7) 선재하 손실하중 : 시공중 지압판의 변형 등으로 발생되는 선재하 하중 손실량

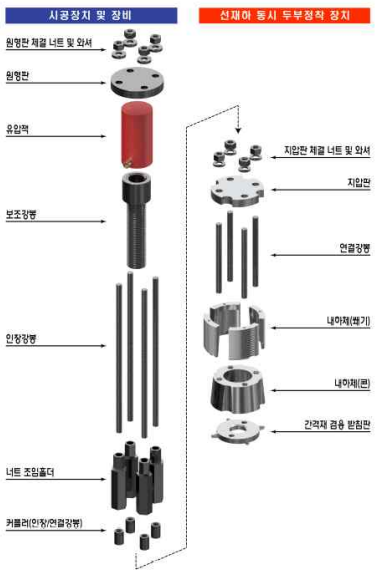
다. 기타

(1) 현장에 반입된 자재는 감리 및 감독의 입회하에 검사를 하고, 손상 또는 결점이 있는 것은 즉시 반출하고, 재반입 물량은 공사일정의 영향을 주지 않는 범위 내에서 협의 후 반입일정 계획에 따라 재반입 하여야 한다.
(2) 자재는 변질, 손상, 오염, 뒤틀림, 변색 등 품질에 영향을 주는 일체의 변화가 생기지 않도록 보관, 운반, 취급하여야 한다.
(3) 자재의 품질기록 및 증빙서류는 발주자 요청시 제출하여야 하며, 각 재료의 해당 규격에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 것을 사용하여야 한다.
(4) 강재의 기계적 성질은 KSD 3503(일반구조용 압연강재)과 동등 이상인 것으로 한다.

– 1 –

2. 자재

가. 장치 및 장비 조합



– 2 –

(6) 두부정착 장치 설계도면 및 사양서 작성

- 선재하 동시 두부정착 장치 / 단순 두부정착 장치와 관련된 도면 작성. 선재하 동시 두부정착 장치 자재별 사양서(제원, 구조적 특성 등 명기) 작성

표 2.28 두부정착 장치 설계도면

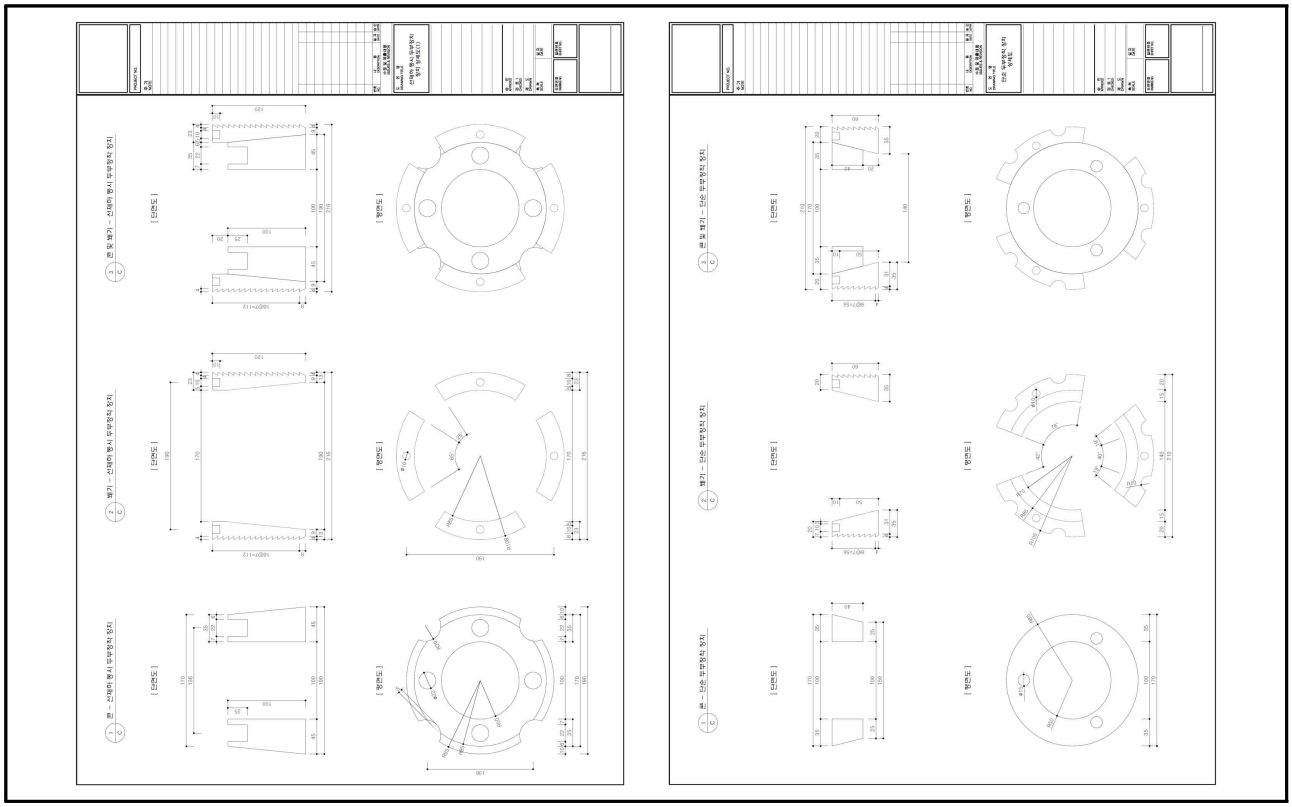
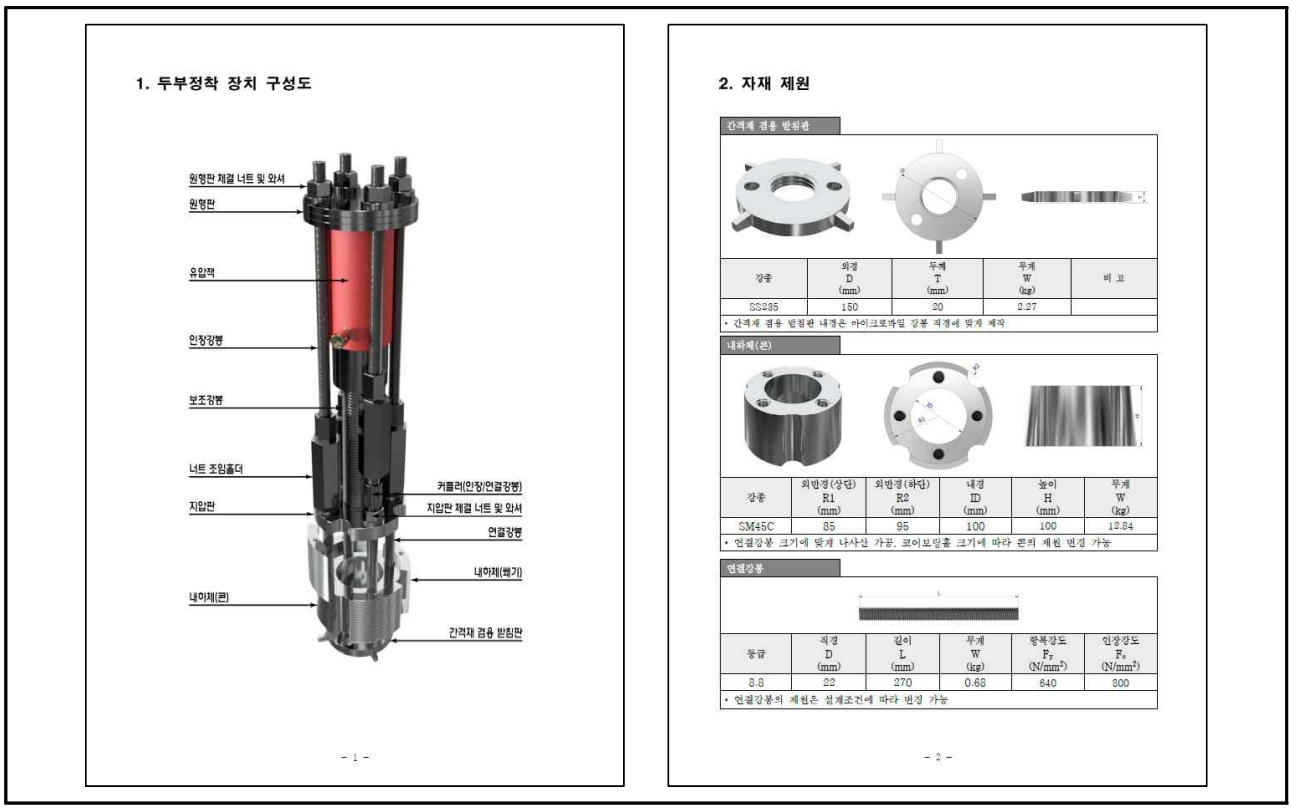


표 2.29 두부정착 장치 사양서



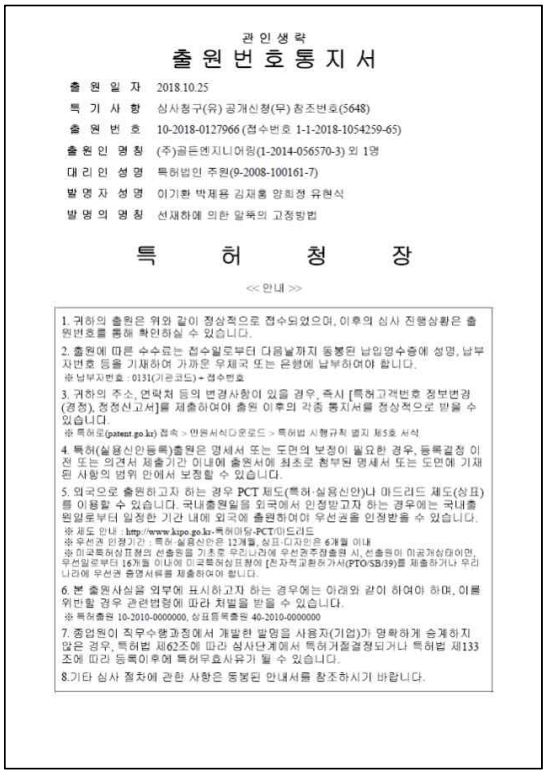
(7) 특허 출원 및 등록

- 선재하 기술 및 계측기와 관련하여 특허 출원 2건, 등록 1건

표 2.30 특허 출원 및 등록 현황

구 분		발명의 명칭	출원인	출원일 / 등록일	출원번호 / 등록번호
출원	1	파일구조물 및 그 시공방법	(주)골든엔지니어링 외 1명	2017.11.01	10-2017-0144629
	2	선재하에 의한 말뚝의 고정방법	(주)골든엔지니어링 외 1명	2018.10.25	10-2018-0127966
등록	1	파일구조물 및 그 시공방법	(주)골든엔지니어링 외 1명	2019.01.17	10-1941502

표 2.31 특허 출원번호통지서 및 특허증



관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2018.10.25
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(5648)
출 원 번 호 10-2018-0127966 (접수번호 1-1-2018-1054259-65)
출원인 명칭 (주)골든엔지니어링(1-2014-056570-3) 외 1명
대 리 인 성 명 특허법인 주원(9-2008-100161-7)
발 명 자 성 명 이기환 박제용 김재홍 양희정 유현식
발 명 의 명 칭 선재하에 의한 말뚝의 고정방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청이 [전자적교환하가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8.기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

특허증
CERTIFICATE OF PATENT

특허 Patent Number 제 10-1941502 호
출원번호 Application Number 제 10-2017-0144629 호
출원일 Filing Date 2017년 11월 01일
등록일 Registration Date 2019년 01월 17일

발명의 명칭 Title of the Invention
파일구조물 및 그 시공방법

특허권자 Patentee
등록사항란에 기재

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2019년 01월 17일

특허청
Korean Intellectual Property Office

QR코드로 현재기준 등록사항을 확인하세요

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
박 원 주

(8) 기술실시계약

- 전문시공업체와 기술실시계약 1건 체결

표 2.32 기술실시계약

기 술 실 시 계 약 서

○ **과제번호** : 18TBIP-C124991-02
○ **예산연도** : 2018년
○ **연구개발과제명** : 말뚝기초 하중분배 기술(선제하) 설계 및 시공 프로세스 개발
○ **연구개발비** : 320,000천원 (정부출연금 : 160,000천원, 기업부담금 : 160,000천원)
○ **기술실시 계약명** : 마이크로파일 선제하 공법
○ **기술료** : 고정기술료 20,000,000원 + 경상기술료(매출액의 2.0%)
○ **계약기간** : 2년 (2018.10.23.~2020.10.22.)
○ **계약당사자**
연구개발결과물 소유기관 : (주)골든엔지니어링
실시기업 : (주)태평양기술산업

연구개발결과물 소유기관과 실시기업((주)태평양기술산업)은 연구개발결과물 소유기관이 국토교통부 "국토교통기술사업화지원사업"으로 개발한 기술을 실시기업이 실시함에 있어 다음과 같이 계약을 체결한다.

제1조 (정의) 본 계약서에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.
1. "기술"이라 함은 연구개발결과로 획득된 "말뚝의 선행하중 제하방법"(등록특허 10-1732134)을 말한다.
2. "실시"라 함은 연구개발결과물을 사용하는 것을 말한다.
3. "기술료"라 함은 기술을 실시하는 권리(실시권)를 획득하는 대가로 실시기업이 연구개발결과물 소유기관에게 지급하는 금액을 말한다.

제2조 (실시권의 내용)
① 연구개발결과물 소유기관은 실시기업이 본 계약의 조건에 따라 대한민국 내에서 "상기기술"(특허가 발생하는 경우 특허권 포함)을 실시하는데 동의하여 "실시기업"에게 실시권을 설정한다. 단, 국외실시의 경우에는 제3조에 따른다.
② 실시기업은 연구개발결과물 소유기관의 사전 서면동의 없이 제3자에게 동 실시권을 제공하거나 양도할 수 없다.

제3조 (국외실시)
"국외실시"는 대한민국 이외의 지역에 실시권을 대여하거나 기술을 수출하는 것(동 지역에서 제품을 생산, 판매하는 행위 포함)을 말하며, 실시기업이 "기술"을 "국외실시"하고자 하는 경우 사전에 연구개발결과물 소유기관과 협의하여 본 계약과 별도로 "국외실시"에 관한 기술실시계약을 체결하여야 한다.

제4조 (실시권의 포기)
실시기업은 특약이 없는 한 계약일로부터 2년 이내에 기술을 실시하여야 하며, 정당한 사유 없이 동 기간 내에 기술을 실시하지 않거나 일부만 사용하는 경우에는 실시기업은 실시권의 전부 또는 일부를 포기한 것으로 간주한다.

제5조 (기술료 납부)
[고정기술료]
① 실시기업은 실시권에 대한 대가로서 제2항의 기술료를 연구개발결과물 소유기관에게 납부한다. 본 조항은 제4조에 따라 실시기업이 "기술"의 전부 또는 일부를 포기할 경우에도 계속 유효하다.
② 실시기업은 고정기술료 금 이천만원정(₩20,000,000)을 연구개발결과물 소유기관에게 납부하여야 한다.
(계약후 6개월 내에 50%, 12개월 내에 50%로 분납 가능)

[경상기술료]
① 실시기업은 계약기간 동안 매년 매출액의 2.0%를 연구개발결과물 소유기관에게 기술료로 납부하여야 한다.
② 기술료의 계산은 계약기간 동안 매년 1월 1일부터 12월 31일까지 1년 단위로 하여 당해 기술료를 익년도 3월말까지 연구개발결과물 소유기관에게 지급한다.
③ 매출액의 계산은 국내 판매분의 순매출액을 기준으로 한다.

제6조 (지식재산권의 취득)
연구개발결과물 소유기관이 기술실시의 결과로서 특허권, 실용신안권 등 지식재산권을 취득·소유하게 된 경우 실시기업은 본 계약에 대한 대가로서 그 지식재산권에 대한 통상실시권을 소유하는 것으로 본다.

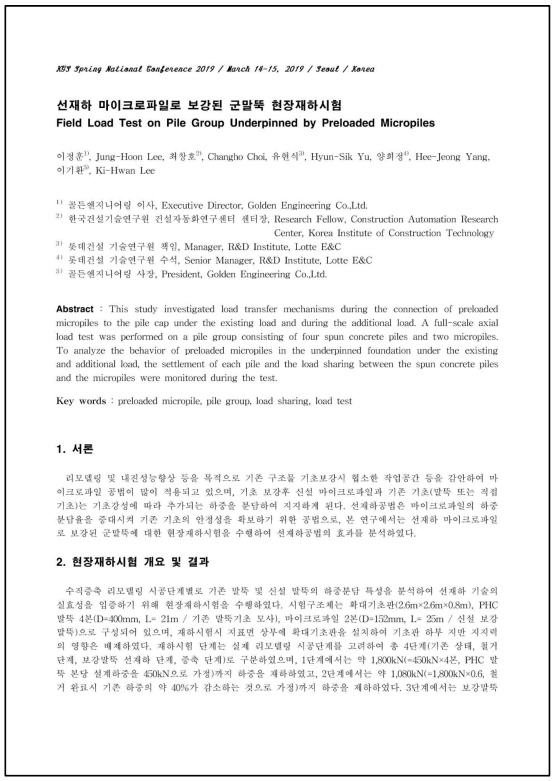
제7조 (개량기술의 실시권)
① 실시기업 또는 실시기업의 임원 및 피용자가 기술을 개량·확장·대체 또는 추가 발명(이하 "개량기술"이라 한다)하여 이를 적용하거나 이를 근거로 새로운 산업재산권을 취득하고자 할 경우 실시기업은 사전에 연구개발결과물 소유기관에게 통보하여 상호 협의하여 추진하여야 하며, 실시기업이 취득한 산업재산권은 쌍방의 공동소유로 한다.
② 특약이 없는 한 실시기업의 개량기술에 대한 실시권은 본 계약에 따라 설정되는 것으로 보고 실시기업은 개량기술을 사용할 수 있다.

제8조 (신의성실의 의무와 자료협조)
① 본 계약의 목적하는 바를 상호 충족시키기 위하여 필요한 제반사항에 대하여 연구개발결과물 소유기관은 신의성실을 다하여 실시기업에게 적극 협조하여야 하고, 실시기업은 본 계약의 의무사항을 성실히 이행하여야 한다.
② 연구개발결과물 소유기관은 필요시 실시기업에게 연구개발 성과의 활용 등 필요한 자료를 요구할 수 있으며, 실시기업은 정당한 사유 없이 이를 거절할 수 없다.

(9) 국내 학술회의 논문 발표

- 실대형 기초구조물 현장재하시험 성과를 바탕으로, 국내 학술회의 논문 1건 발표

표 2.33 국내 학술회의 논문 발표



KGS Spring National Conference 2019 / March 14-15, 2019 / Seoul / Korea

선재하 마이크로파일로 보강된 군말뚝 현장재하시험

Field Load Test on Pile Group Underpinned by Preloaded Micropiles

이정훈[1], Jung-Hoon Lee, 최창호[2], Changho Choi, 유현식[3], Hyun-Sik Yu, 양희정[4], Hee-Jeong Yang, 이기환[5], Ki-Hwan Lee

[1] 골든엔지니어링 이사, Executive Director, Golden Engineering Co.,Ltd.
[2] 한국건설기술연구원 건설자동화연구센터 센터장, Research Fellow, Construction Automation Research Center, Korea Institute of Construction Technology
[3] 롯데건설 기술연구원 책임, Manager, R&D Institute, Lotte E&C
[4] 롯데건설 기술연구원 수석, Senior Manager, R&D Institute, Lotte E&C
[5] 골든엔지니어링 사장, President, Golden Engineering Co.,Ltd.

Abstract : This study investigated load transfer mechanisms during the connection of preloaded micropiles to the pile cap under the existing load and during the additional load. A full-scale axial load test was performed on a pile group consisting of four spun concrete piles and two micropiles. To analyze the behavior of preloaded micropiles in the underpinned foundation under the existing and additional load, the settlement of each pile and the load sharing between the spun concrete piles and the micropiles were monitored during the test.

Key words : preloaded micropile, pile group, load sharing, load test

1. 서론

리모델링 및 내진성능향상 등을 목적으로 기존 구조물 기초보강시 협소한 작업공간 등을 감안하여 마이크로파일 공법이 많이 적용되고 있으며, 기초 보강후 신설 마이크로파일과 기존 기초(말뚝 또는 직접기초)는 기초강성에 따라 추가되는 하중을 분담하여 지지하게 된다. 선재하공법은 마이크로파일의 하중분담율을 증대시켜 기존 기초의 안정성을 확보하기 위한 공법으로, 본 연구에서는 선재하 마이크로파일로 보강된 군말뚝에 대한 현장재하시험을 수행하여 선재하공법의 효과를 분석하였다.

2. 현장재하시험 개요 및 결과

수직증축 리모델링 시공단계별로 기존 말뚝 및 신설 말뚝의 하중분담 특성을 분석하여 선재하 기술의 실효성을 입증하기 위해 현장재하시험을 수행하였다. 시험구조체는 확대기초판(2.6m×2.6m×0.8m), PHC 말뚝 4본(D=400mm, L= 21m / 기존 말뚝기초 모사), 마이크로파일 2본(D=152mm, L= 25m / 신설 보강 말뚝)으로 구성되어 있으며, 재하시험시 지표면 상부에 확대기초판을 설치하여 기초판 하부 지반 지지력의 영향은 배제하였다. 재하시험 단계는 실제 리모델링 시공단계를 고려하여 총 4단계(기존 상태, 철거단계, 보강말뚝 선재하 단계, 증축 단계)로 구분하였으며, 1단계에서는 약 1,800kN(=450kN×4본, PHC 말뚝 본당 설계하중을 450kN으로 가정)까지 하중을 재하하였고, 2단계에서는 약 1,080kN(=1,800kN×0.6, 철거 완료시 기존 하중의 약 40%가 감소하는 것으로 가정)까지 하중을 재하하였다. 3단계에서는 보강말뚝

다. 연구 결과

(1) 기술적 성과

- 사업화 대상기술은 기존 확대기초판 코어보링홀 내부에 설치되는 장치를 이용하여, 보강 말뚝 두부를 기초판에 정착함과 동시에 기존 말뚝과 신설 말뚝 간에 적정 하중 분배를 위한 목적으로 신설 보강말뚝에 압축하중을 선재하하는 기술로서, 안정성, 시공성 및 경제성이 우수하다는 특징을 가지고 있음

- 국내·외 관련 기술 및 특허를 조사한 결과, 기존 기초 보강 목적으로 말뚝을 설치하는 기술 및 설치된 말뚝의 저항력을 반력으로 삼아 유압잭을 이용하여 기존 기초 구조물을 인상 또는 복원하는 기술은 다양하나, 사업화 대상기술과 같이 선재하를 통한 말뚝의 하중분배가 발생토록 하는 유사한 기술은 없는 것으로 확인되었음

- 따라서 연구개발 성과 달성을 통해 기초 보강 핵심기술을 확보함으로써 기술경쟁력을 높일 것으로 판단됨

(2) 경제적 성과

- 전체 리모델링 공사의 안전성 및 경제성 확보에 있어, 기존 기초 보강은 핵심요인 중 하나이며, 기존 말뚝기초의 보강량이 과다하게 되면, 신설 보강말뚝의 설치가 불가하거나, 제한된 공간에서 기초 보강량의 증가로 인해 경제성과 시공성이 매우 불리해짐

- 신설 보강 말뚝에 선재하 기술을 적용할 경우, 건축물 증축에 따른 추가하중이 보강 말뚝으로 효과적으로 전이되어 기존 말뚝의 안정성을 확보할 수 있고, 효율적인 보강 말뚝 배치가 가능하여 전체 보강 공사비가 절감됨. 또한, 하중지지능력이 우수한 보강 말뚝의 성능을 최대한 활용 가능하여 기초 보강 최적설계가 가능함

- 수직증축 리모델링 공사를 위한 보강 말뚝 공사시, 노후된 건물의 안정성을 확보할 수 있고, 건설재료, 건설공해의 총량이 감소함으로 경제적이고 친환경적인 건설 공사가 가능함

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 목표 달성도

(1) 질적 목표 및 성과

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		질적 목표 및 성과							해당 기관	예산 (백만)
					성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치		
총괄	A	말뚝기초 하중분배 기술 (선재하) 설계 및 시공 프로세스 개발	A-1	마이크로파일 축력 측정용 하중계 개선	①	계측 가능범위	압축하중 600kN	압축하중 1,000kN	성능 평가 시험	보고서	1	롯데건설(주)	
			A-2	선재하 하중 손실량 측정	①	손실량	선재하 하중 20% 이내	선재하 하중 15% 이내	재하 시험	보고서	1	롯데건설(주)	
			A-3	선재하 동시 두부정착 기술 설계 프로세스개발	①	지침/ 매뉴얼	1건	1건	개발 건수	보고서	2	(주)골든 엔지니어링	
			A-4	실대형 기초구조물 현장재하시험	①	기초 구조물 설계/ 시공, 재하시험	1건	1건	적용 건수	보고서	3	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)	
			A-5	선재하 동시 두부정착 기술 시공 프로세스 개발	①	지침/ 매뉴얼	1건	1건	개발 건수	보고서	1	(주)골든 엔지니어링	
			A-6	리모델링 기초구조물 해석적 검증 설계 [선재하효과 (하중전이효과) 정량적 검증]	①	설계서	1건	1건	작성 건수	보고서	3	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)	
			A-7	두부정착 장치 설계도면, 사양서 및 시방서 작성	①	도면 및 제품 사양서	1건	1건	작성 건수	도면/ 보고서	1	(주)골든 엔지니어링	
			A-8	두부정착 장치 및 하중계 시제품 제작	①	시제품	3건	3건	제작 건수	시제품	2	롯데건설(주)	
			A-9	특허출원	①	특허 출원	2건	2건	출원 건수	출원 사실 증명원	1	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)	
			A-10	논문 게재	①	학술지 게재 논문	1건	0건	논문 건수	논문집	1	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)	
			A-11	기술실시계약	①	전문시공 업체와의 기술 실시계약	1건	1건	계약 건수	기술 계약서	2	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)	
			A-12	특허등록	①	특허 등록	1건	1건	등록 건수	등록증	1	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)	
			A-13	경제성 분석	①	보고서	1건	1건	작성 건수	보고서	1	롯데건설(주)	
계											20		

(2) 양적 목표 및 성과

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		해당 기관	양적 목표 및 성과			비고
						목표치	가중치	달성치	
총괄	A	말뚝기초 하중분배 기술 (선재하) 설계 및 시공 프로세스 개발	A-1	마이크로파일 축력 측정용 하중계 개선	롯데건설(주)	매출액 : 백만원 특허 : 출원 2 건 등록 1 건 시제품 : 3 건 S/W : 건 인력양성 : 명 표준채택 : 명 신규인력 고용 : 명	20 10 20 10 5 10 20 5	매출액 : 백만원 특허 : 출원 2 건 등록 1 건 시제품 : 3 건 S/W : 건 인력양성 : 명 표준채택 : 명 신규인력 고용 : 명	
			A-2	선재하 하중 손실량 측정	롯데건설(주)				
			A-3	선재하 동시 두부정착 기술 설계 프로세스개발	(주)골든 엔지니어링				
			A-4	실대형 기초구조물 현장재하시험	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)				
			A-5	선재하 동시 두부정착 기술 시공 프로세스 개발	(주)골든 엔지니어링				
			A-6	리모델링 기초구조물 해석적 검증 설계 [선재하효과 (하중전이효과) 정량적 검증]	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)				
			A-7	두부정착 장치 설계도면, 사양서 및 시방서 작성	(주)골든 엔지니어링				
			A-8	두부정착 장치 및 하중계 시제품 제작	롯데건설(주)				
			A-9	특허출원	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)				
			A-10	논문 게재	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)				
			A-11	기술실시계약	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)				
			A-12	특허등록	(주)골든 엔지니어링, 롯데건설(주)				
			A-13	경제성 분석	롯데건설(주)				
계						매출액 : 백만원 특허 : 출원 2 건 등록 1 건 시제품 : 3 건 S/W : 건 인력양성 : 명 표준채택 : 명 신규인력 고용 : 명	20 10 20 10 5 10 20 5	매출액 : 백만원 특허 : 출원 2 건 등록 1 건 시제품 : 3 건 S/W : 건 인력양성 : 명 표준채택 : 명 신규인력 고용 : 명	

나. 관련 분야 기여도

(1) 기술적 측면

- 건설기술연구원에서 수직증축 리모델링시 기존 말뚝과 신설 말뚝의 하중분배를 고려한 선재하 설계기법을 개발하였으며, 본 개발 기술은 이러한 설계개념을 시공현장에서 구현할 수 있는 선재하 및 보강 말뚝 두부정착 장치에 관한 것으로, 수직 및 수평 증축 리모델링 현장에 선택이 아닌 필수로 적용해야 되는 기술임. 따라서 리모델링 구조물의 기초 보강에 있어 세계적인 원천 기술 확보가 가능할 것으로 판단됨

(2) 사회·경제적 측면

- 수직증축 리모델링 공사를 위한 말뚝 공사시 기존 구조물에 위해한 영향 없이 공사가 가능하여 노후 건물의 안정성을 확보할 수 있고, 건설재료, 건설공해의 총량이 감소하므로 친환경적인 건설 공사가 가능하여, 급격히 증가하고 있는 국내 및 해외 리모델링 시장을 주도할 기술(기초 보강 분야) 선점이 가능할 것으로 판단됨

(3) 정책적 측면

- 국내 리모델링 수요뿐 아니라 세계적으로도 그 수요가 증가하고 있는 상황에서, 쉽게 해외 진출이 가능한 세계적 수준의 기초 보강 기술로 국가 건설 기술력 위상 제고가 가능함

다. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

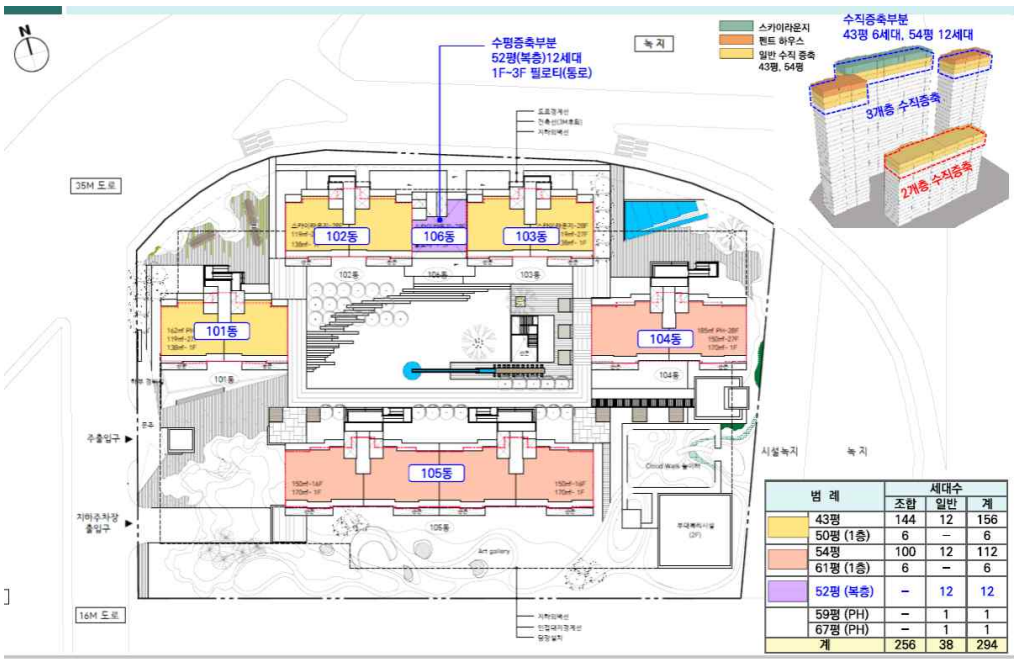
- 최근 리모델링 사업의 연기 또는 수직증축형 리모델링과 관련하여 전문기관의 안정성 검토가 강화됨에 따라, 2021년 이후부터 순차적으로 기존 대기 리모델링 공사가 착공될 것으로 예상됨
- 학술지 논문 게재 및 당초 목표했던 건설 신기술 신청은 향후 리모델링 현장(표 3.2 참조, 수직증축으로 인해 보강말뚝을 이용한 기존 기초 보강이 요구되는 현장)에 개발 기술을 적용한 후 추진할 예정임

표 3.1 목표달성계획(논문 게재 / 신기술 신청)

구 분	목표달성계획	비 고
학술지 논문 게재	• 리모델링 현장 선재하 기술 적용 및 개발 하중계를 이용한 계측 수행 – 전통적인 방법에 의한 보강말뚝 설계 – 선재하 기술을 적용한 시공단계별 해석에 의한 보강말뚝 설계 – 증축하중 작용시 신설 보강말뚝으로 전이되는 하중값 측정 • 마이크로파일 선재하 효과 현장검증 후 학술지 논문 게재	
신기술 신청	• 전문시공업체와 기술실시계약 후 선재하 기술 현장적용 – 현장적용 과정에서 개발 장치의 사양 다양화 도모 – 시공시 공사시간을 세부 공종별로 확인하여 기존 기술 대비 공기단축 효과 확인 • 관련 기술 현장적용실적 확보 후 신기술 신청	

표 3.2 선재하 기술 적용예정 리모델링 현장

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td>사업개요</td><td>
• 사업명 : 잠원롯데캐슬 갤럭시1차 리모델링사업
• 시공사 : 롯데건설(주)
• 착공예정 : 2022년 10월
<table>
<tr><th rowspan="2">사업형태</th><th rowspan="2">대지면적</th><th colspan="2">현 재</th><th colspan="2">리모델링후</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>연면적</th><th>세대수</th><th>연면적</th><th>세대수</th></tr>
<tr><td>리모델링</td><td>3,612평</td><td>16,058평</td><td>256세대</td><td>21,572평</td><td>294세대</td><td>38세대 증가</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>위치도 및
조감도</td><td>

</td></tr>
<tr><td>단지배치도
(리모델링후)</td><td>


범 례	세대수		
	조합	일반	계
43평	144	12	156
50평 (1층)	6	–	6
54평	100	12	112
61평 (1층)	6	–	6
52평 (복층)	–	12	12
59평 (PH)	–	1	1
67평 (PH)	–	1	1
계	256	38	294
</td></tr>
</table>

4. 연구개발성과의 활용계획 등

가. 국내·외 시장규모 및 전망

(1) 국내 시장규모 및 전망

(가) 공공주택 리모델링

- 2012년말 기준 15년 이상 된 아파트가 전국 약 400만호에 이르는 등 향후 노후 공동주택의 재고가 증가할 것으로 예상되며, 노후 공동주택 대다수(350만호 내외)가 재건축 연한에 미치지 못하여 주민불편 해소를 위한 리모델링 활성화 필요
- 주택법 등 관련 법령 개정으로 리모델링 활성화 및 수요 증가 예상

표 4.1 리모델링 관련 주택법 개정 주요내용

개정일 (시행일)	법령	주 요 내 용
′07.03.16 (′07.03.16)	주택법 시행령 제4조의2	• 공동주택 증축 리모델링 허용 연한을 20년에서 15년으로 단축
′13.12.24 (′14.04.25)	주택법 제2조 등	• 수직증축 리모델링 허용 및 세대수 증가범위 확대(기존 세대수의 10%→15%) • 안전진단 보완, 전문기관 안전성 검토, 수직증축 구조기준 등 안전성 확보방안 마련 • 리모델링 기본계획 수립 의무화(특 · 광역시, 50만 이상 대도시) 등
′16.11.22 입법예고 ′17.01 시행예정	주택법 시행령 제75조의1	• 리모델링 동의비율 완화(재건축사업과 유사한 수준으로 리모델링 동의비율(80%→75%)을 완화하여 정함)

- 서울시 4,136개 단지를 분석한 결과, 세대수 증가형 리모델링 추정 168개 단지로 도출(2025 서울특별시 공동주택 리모델링 기본계획, 서울특별시, 2016)

그림 4.1 수요예측 결과 추정값

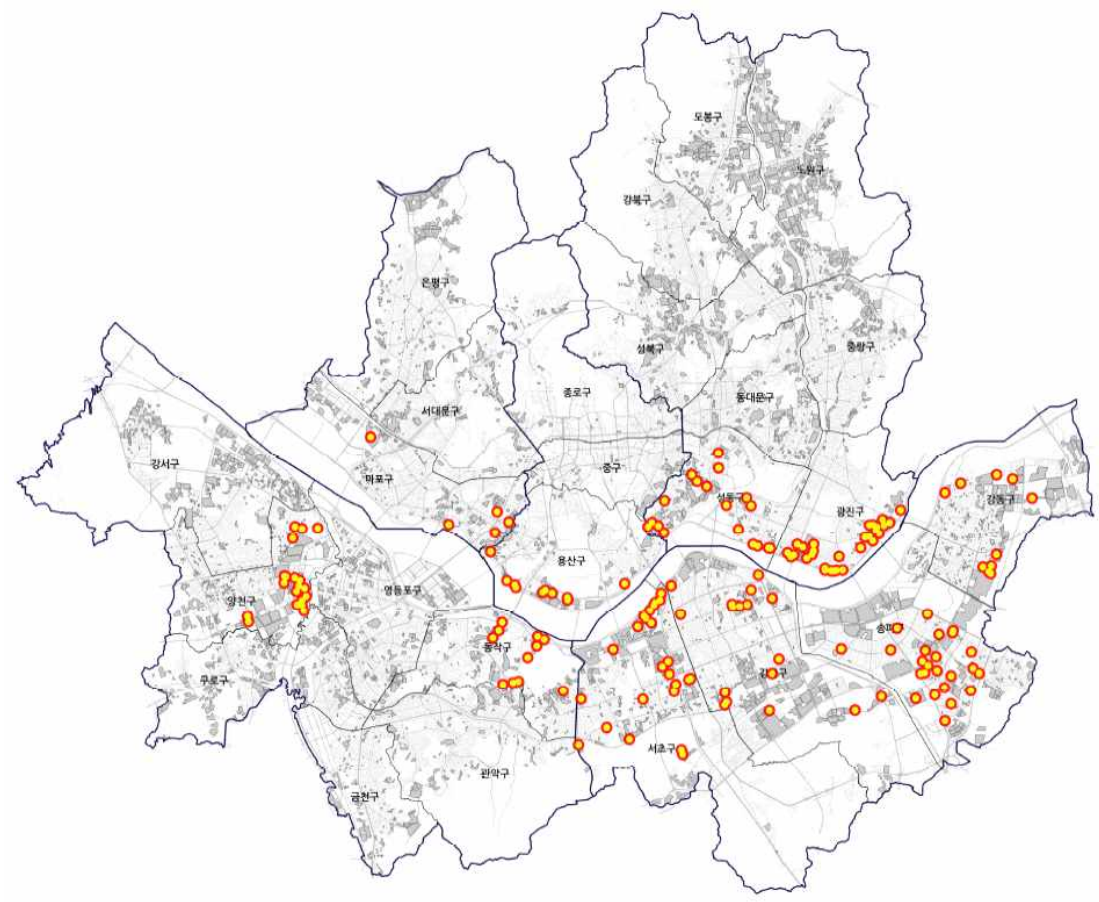


그림 4.2 세대수 증가형 리모델링 추정 168개 단지 분포도

(나) 공공·민간시설 내진보강

- 공공·민간 시설물 내진대책이 포함된 범정부 차원의 지진방재 개선대책(2016.05.27)이 마련됨에 따라 기초구조물 내진보강 수요 증가 예상
  - 건축물의 내진설계는 ′88년 「건축법」 개정으로 처음 도입된 이후로 그 대상을 소규모 건축물 까지 지속적으로 확대하였고, ′08년 「지진재해대책법」 제정으로 기존 시설 내진보강 의무화를 추진하였으나, 국내 건축물의 내진율은 일본에 비하여 상대적으로 저조[기존 민간건축물 내진율 : 30.3%(일본 82%의 37% 수준)]하며, 민간분야는 소요 비용에 대한 경제적 부담 등으로 내진보강이 활성화되어 있지 않은 실정임
  - 이런 현실을 보완하기 위하여 신규건축물에 대한 내진설계를 강화[내진설계 대상을 현행 3층 이상(또는 연면적 500㎡ 이상)에서 2층 이상(또는 연면적 500㎡ 이상)으로 확대]
  - 공공시설물은 내진보강 2단계(′16~′20년) 계획에 따라 현재 40.9%[기존 공공시설물 내진율 : 40.9%(일본 88.3%의 46% 수준)]인 내진율을 ′20년까지 49.4% 달성을 목표로 추진

(2) 해외 시장규모 및 전망

- 국가별로 건설시장에서 리모델링 건설시장이 차지하는 비중을 보면, 이탈리아 46%, 프랑스와 영국이 43%를 점유하고 있으며, 덴마크, 스웨덴, 노르웨이가 39%를 점유하고 있음. 그러나 포르투갈의 경우 리모델링 건설시장의 비중이 5% 미만을 나타내고 있는데, 이는 자가 수선의 비중이 매우 높고, 지하경제의 영향으로 통계에 반영되지 않기 때문임
- 유럽의 리모델링 건설산업은 건설 산업내에서 고도성장을 유지하는 신규 사업으로 각광을 받고 있으며, 이는 향후 우리나라를 포함한 아시아에도 큰 영향을 미칠 것으로 전망됨

나. 사업화 전략

(1) 개발 장치의 생산특성

- 개발 장치는 일반적인 철강제품을 가공한 부품형태의 제품으로 체결 너트, 지압판, 강봉, 콘, 쐐기 등이 있음.
- 각 부속장치의 재질은 일반적인 강재로 재료 수급에 있어 문제가 없고, 국내 순수 제작으로 현장 여건에 맞게 쉽게 변경 제작 및 공급이 용이
- 중규모 생산시설로 아웃소싱에 의한 일괄 생산 예정
- 국내 제작으로 제작 기간은 통상 7일 정도 소요

(2) 기존 자원 활용정도

- 기존 사업아이템과 R&D과제의 연관정도
  - 연관 없음
- 기존 생산라인(설비포함) 예상 활용정도
  - 어스앵커의 콘과 쐐기와 같은 방식으로 강재를 절삭 가공하므로, 기존 생산라인 100% 이용 가능
- 원재료 및 개발설비 공용화정도
  - 일반적인 철강을 사용, 별도의 개발설비 필요 없음

(3) 수익모델

수익모델		주 요 내 용
① 개발 장치 판매		• 선재하 장치 – 선재하가 필요한 구간 적용 • 단순 두부정착 장치 – 확대기초 연결부 구조성능 향상을 목적으로, 선재하가 필요하지 않은 구간에 적용 – 모든 업체 시공 가능하도록 할 예정으로, 별도의 기술료 징수 없이 장치만 판매할 예정 • 마이크로파일 축력 측정용 하중계 – 강봉 타입 보강재를 사용하는 모든 마이크로파일에 적용 가능하므로, 개발 장치가 적용되지 않은 현장에도 판매할 예정
② 기술료 징수	정액 기술료	• 전문시공업체와 선재하 동시 두부정착 공법에 대한 기술실시계약 체결 • 통상실시권에 대해 년 단위로 정액기술료 징수
	경상 기술료	• 전문시공업체와 선재하 동시 두부정착 공법에 대한 기술실시계약 체결 • 마이크로파일 공사비를 포함한 매출액을 기준으로 하여, 매년 경상기술료 징수

(4) 수익성 확보를 위한 원가경쟁력 제고방안

구 분	주 요 내 용
① 자재 제원 다양화	• 두부정착 장치 – 설계하중에 따라, 각 자재(연결강봉, 지압판, 내하체 등)의 제원(크기, 강종 등)을 세분화하여 적용함으로써, 두부정착 장치의 구조적 성능목표를 달성함과 동시에, 소요되는 자재 물량 최소화 • 마이크로파일 축력 측정용 하중계 – 설계하중 및 마이크로파일 보강재(강봉, 강관 등) 종류에 따라, 하중계 및 하중계 연결용 커플러의 크기/형상을 다양하게 제작
② 자재 가공비용 최소화	• 자재의 구조적 성능목표에 따라 가공방법(절삭 및 주조)을 차별화하여, 금속 자재의 가공비용을 최소화함으로써 원가절감 도모

다. 개발 기술의 활용방안

- 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 향후 수 년 안에 기존 기초구조물 보강 수요가 급격히 증가할 것으로 예상
- 개발 장치는 초기투자 비용이 크지 않고 시공절차가 간단하여 조기 상용화 및 현장적용 가능
- 본 개발기술은 수직, 수평증축 리모델링 아파트 기초 보강공사 필수적용 기술로서, 선재하 기술을 적용할 경우 ① 신설 마이크로파일의 증축하중에 대한 하중분담율이 증가하게 되므로, 이로 인해 기존 기초 구조물(직접기초 또는 말뚝기초)의 하중분담율을 경감시킬 수 있고, ② 하중지지능력이 우수한 마이크로파일의 성능을 최대한 활용할 수 있으며(최적설계 가능), ③ 전체 기초 구조물의 침하량을 저감 가능. 특히, 보강 대상 구조물이 침하에 대해 민감하거나, 기초(직접기초 또는 말뚝기초)의 지지력 또는 구조성능에 있어 여유가 없는 경우(추가하중 작용시 지지력 또는 구조성능 허용치 초과)에는, 반드시 선재하 공법의 적용 검토 필요
- 또한 일반 구조물 기초 보강공사 등 여러 방면에서 활용성이 증대될 것으로 예상
  - 수직, 수평증축 리모델링 아파트 기초 보강공사 필수적용 기술
  - 공장 증축 기초공사
  - 교량 기초 보수공사
  - 내진보강 구조물 기초공사
  - 침하된 건물 인상
- 적극적인 홍보를 통하여 시장성 확대
- 리모델링 구조물 기초 보강기술 발전 및 시공품질 향상에 기여

붙임. 참고문헌

1. 골든엔지니어링, 한국건설기술연구원(2013), 말뚝의 선행하중 재하장치 및 이를 이용한 선행하중 재하방법, 대한민국, 특허출원, 10-2013-0154136.

2. 국토교통부(2014), 수직증축형 리모델링 구조기준.

3. 국토해양부(2010), 도로교 설계기준.

4. 국토해양부 (2012), 전단벽식 공동주택 리모델링의 구조설계기준 작성 및 안정성 평가 등 연구, 한국건설기술연구원.

5. 서울특별시 (2016), 2025 서울특별시 공동주택 리모델링 기본계획.

6. 한국건설기술연구원(2013), 공동주택 리모델링을 위한 기초구조물 하중 선재하 기술 개발.

7. 한국건설기술연구원(2014), 2014년도 시드사업 중간점검 자문회의 발표자료(선재하 기술 개발 관련).

8. 한국지반공학회(2009), 구조물 기초 설계기준 해설.

9. SPRING Singapore(2012), Singapore Standard-Code of Practice for Foundations.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화 지원사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화 지원사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

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