

최종보고서(일반과제용)										보안등급	
										일반[☒], 보안[☐]	
중앙행정기관명	국토교통부				사업명	사업명		2020년 국토교통기술사업화지원사업			
전문기관명	국토교통과학기술진흥원					내역사업명		중소기업보유기술사업화			
공고번호	공고-제2호				총괄연구개발 식별번호				-		
					연구개발과제번호				20TBIP-C155760-01		
국가과학기술 표준분류	EI02		50%	EI04		40%	EI03		10%		
총괄연구개발명	국문	타워 구조물 이용, 작업자 이동수단(엘리베이터)이 구비된 대심도(깊이150m, 직경 30m) 지하 수직구 벽체 시공 기술 개발									
	영문	Development of large depth (150m in depth, 30m in diameter) underground vertical opening wall construction technology using a tower structure and a equipped with worker transportation									
연구개발과제명	국문	타워 구조물 이용, 작업자 이동수단(엘리베이터)이 구비된 대심도(깊이150m, 직경 30m) 지하 수직구 벽체 시공 기술 개발									
	영문	Development of large depth (150m in depth, 30m in diameter) underground vertical opening wall construction technology using a tower structure and a equipped with worker transportation									
주관연구기관	기관명	진형건설(주)				사업자등록번호		416-81-52570			
	주소	(우) 경기도 안양시 동안구 흥안대로 415 두산벤처다임 동관1122호				법인등록번호		204611-0023423			
주관연구책임자	성명	나준수				직위		차장(팀장)			
	연락처	직장전화	070-4452-8118				휴대전화		010-2712-2181		
		전자우편	jsna@jhsys.co.kr				국가연구자번호		1113 7315		
연구개발기간	전체	2020. 04. 27 - 2021. 12. 31 (21개월)									
	1년차	2020. 04. 27 - 2020. 12. 31 (9개월)									
	2년차	2021. 01. 01 - 2021. 12. 31 (12개월)									
연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계		연구개발비 외 지원금	
				지방자치단체		기타()					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
	총계	620,000	52,000	460,000	-	-	-	-	672,000	460,000	563,000
1년차	307,000	26,000	230,000	-	-	-	-	333,000	230,000	569,000	-
2년차	313,000	26,000	230,000	-	-	-	-	339,000	230,000	1,132,000	-
공동연구기관 등	기관명	책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고	
										역할	기관유형
	공동연구기관	-		-		-		-		-	-
	위탁연구기관	-		-		-		-		-	-
연구기관 외 기관	-		-		-		-		-	-	
연구개발담당자 실무담당자	성명	김경환				직위		차장(팀원)			
	연락처	직장전화	070-4060-0263				휴대전화		010-3176-1002		
		전자우편	khkim@jhsys.co.kr				국가연구자번호		1134 4568		

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022년 3월 3일

주관연구책임자 : 나 준 수 (직인)

주관연구기관의 장 : 구 자 화 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

< 요약 문 >

사업명		2020년 국토교통기술사업화지원사업			총괄연구개발 식별번호		-	
내역사업명		중소기업보유기술사업화			연구개발과제번호		20TBIP-C155760-01	
국가과학기술 표준분류		EI02	50%	EI04	40%	EI03	10%	
총괄연구개발명		타워 구조물 이용, 작업자 이동수단(엘리베이터)이 구비된 대심도(깊이150m, 직경 30m) 지하 수직구 벽체 시공 기술 개발-						
연구개발과제명		Development of large depth (150m in depth, 30m in diameter) underground vertical opening wall construction technology using a tower structure and a equipped with worker transportation						
전체 연구개발기간		2020. 04. 27 - 2021. 12. 31 (21개월)						
총 연구개발비		총 1,132,000 천원 (정부지원연구개발비 : 620,000천원, 기관부담연구개발비 : 512,000천원, 지방자치단체 : 0천원, 그 외 지원금 : 0천원)						
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[☒] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도		착수시점 기준(7) 종료시점 목표(9)	
연구개발과제 유형		지정공모 [☒] 자유공모 []						
연구개발과제 특성		실용화						
연구 개발 목표 및 내용	최종 목표		- 대심도(목표 깊이150m, 직경30m) 지하 수직구 벽체 시공기술개발 - 대심도 지하 수직구 시공시 시공 안전성 확보 - 타워 구조물 개발(목표높이150m) - 타워 구조물을 이용한 슬립폼 시스템개발 (목표 시공속도 주간작업2.4m 벽체형성, 주야 작업4.8m 벽체형성) - 안전이 확보된 작업자 이동 시스템 개발(개발높이150m,엘리베이터) - 개발 공법 건설신기술 인증 - 개발 공법 대심도 지하 수직구 현장 적용 및 매출					
	전체 내용		대심도(목표 깊이150m, 직경30m) 지하 수직구 벽체 시공기술을 확보하며 동시에 대심도 지하수직구 시공시 시공안전성 합법성을 확보한다, 위 목표들을 달성하기 위해서는 기존 슬립폼을 상승방식을 변경하여 타워 리프트 작업 방식으로 채택하고 이에 따른 타워 마스트 및 타워를 이용한 슬립폼 작업 시스템을 개발하였다. 타워내부에는 작업자 이동용 엘리베이터를 최적화하여 개발 하였고 최종 타워 높이는 160m까지 검토 및 인증 하였다. 최종적으로 개발된 공법은 실제현장에서 적용 검증 하였으며 매출을 발생시켰다. 이를 바탕으로 건설신기술 인증을 수행하는 것이 연구의 주요 내용이다.					
	1년차	목표	-기존 슬립폼 공법 조사 -개발공법 비즈니스 모델 수립 -타워 구조물 구조검토 -타워 구조물 제작 -타워 구조물 이용한 슬립폼 작업 시스템 설계 및 제작 -타워 구조물 이용한 슬립폼 설계 및 제작 -타워 구조물 이용한 슬립폼 시스템 현장 시험(공품 작업) -타워 구조물 구조 실험(실내실험)					
내용		-기존 슬립폼 공법 조사  국내외 슬립폼 공법회사조사, 지적재산권 조사 -개발공법 비즈니스 모델 수립  사업화 비즈니스 모델수립으로 사업화 성공 -타워 구조물 구조검토  타워구조물 구조적 검증 -타워 구조물 제작  타워구조물 시제품 제작(마스트 기초, 기본마스트) -타워 구조물 이용한 슬립폼 작업 시스템 설계 및 제작  타워구조물과 슬립폼이 혼용되어서 작업될수 있는 유압시스템 설계 및 제작 -타워 구조물 이용한 슬립폼 설계 및 제작  타워구조물 고려되어 수직으로 상승 할수 있는 슬립폼 설계 및 제작 -타워 구조물 이용한 슬립폼 시스템 현장 시험(공품 작업)  타워구조물과 혼용되어서 슬립폼 시스템이 상승 할수 있는지 실물 검토 -타워 구조물 구조 실험(실내실험)  타워 구조물 구조 실험으로 타워 및 전단강봉 극한강도 검토						

연구개발 목표 및 내용	2년차	목표	-작업자 고속 이동 시스템 설계 -작업자 고속 이동 시스템 인허가 취득(노동부) -작업자 고속 이동 시스템 제작 -개발 공법 표준도 작성 -개발 공법 시방서 작성 -개발 공법 일위대가 개발 -개발 공법 기술 가치 평가 -개발 공법 홍보 자료 작성 (카다로그, 공법 설명서) -개발 공법 홍보용 영상 제작 -개발 공법 홍보용 모형 제작 -개발 공법 건설신기술 인증 -개발 공법 사업화 수행(현장 적용 및 매출 실적 발생) -개발 공법 안전관련 시방서 표준안 제안										
		내용	-작업자 고속 이동 시스템 설계 ☞ 안전하고 합법적인 인화물 엘리베이터 설계 -작업자 고속 이동 시스템 인허가 취득(노동부) ☞ 안전하고 합법적인 인화물 엘리베이터 인허가 -작업자 고속 이동 시스템 제작 ☞ 안전하고 합법적인 인화물 엘리베이터 제작 -개발 공법 표준도 작성 ☞ 개발 공법 대표 도면 작성 -개발 공법 시방서 작성 ☞ 개발 공법 특별 시방서 작성 -개발 공법 일위대가 개발 ☞ 개발 공법 특성 포함된 일위대가 개발 -개발 공법 기술 가치 평가 ☞ 개발 공법 사업적 가치 평가 -개발 공법 홍보 자료 작성 (카다로그, 공법 설명서) ☞ 개발 공법 홍보자료, 설명자료, 카다로그 등 작성후 사업화 -개발 공법 홍보용 영상 제작 ☞ 개발공법 설명 홍보 설명 영상 제작 -개발 공법 홍보용 모형 제작 ☞ 개발공법 대표도면을 이용 표준화 모형 제작 -개발 공법 건설신기술 인증 ☞ 개발공법 사업 성공을 위한 건설신기술 인증 -개발 공법 사업화 수행(현장 적용 및 매출 실적 발생) ☞ 개발공법 실현장 적용 및 검증 -개발 공법 안전관련 시방서 표준안 제안 ☞ 안전관련 표준안 제안										
연구개발성과		-지하 수직구 벽체 시공시 공기 단축 -지하 수직구 벽체 시공시 경제성 확보 -지하 수직구 벽체 시공시 작업자 이동문제 해결 및 시공 안전성 확보 -안전 표준안 시방서 개정 -건설 신기술 인증 -개발 공법 현장 적용 및 매출실적 발생 -일자리 창출 -특허 출원 -기술가치평가											
연구개발성과 활용방안 및 기대효과		-안전한 대심도 지하 수직구 시공 공법 확보 -대심도 지하 수직구 공기 단축 -대심도 지하 수직구 경제성 확보 -대심도 지하 수직구 작업자 이동문제 해결											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유													
연구개발성과의 등록·기탁 건수		논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	신규 고용	공인 인증 (NET, NEP)	매출액	기술 실시 계약	기타
			1(출원)						3		6.1억원		
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황		구입기관	연구시설·장비명		규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)		구입처 (전화)	비고 (설치장소)		ZEUS 등록번호
국문핵심어 (5개 이내)		슬립폼			타워		지하구조물			작업자		안전	
영문핵심어 (5개 이내)		SlipForm			Tower		Underground Structure			Worker		Safety	

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	7
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	41
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)	127
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	131
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	135
# 별책 (성과점검기준표 및 증빙자료)	

1. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

- 대심도(목표 깊이150m, 직경30m) 지하 수직구 벽체 시공기술개발
- 대심도 지하 수직구 시공시 시공 안전성 확보
- 타워 구조물 개발(목표높이150m)
- 타워 구조물을 이용한 슬립폼 시스템개발 (목표 시공속도 주간작업2.4m 벽체형성, 주야 작업 4.8m 벽체형성)
- 안전이 확보된 작업자 이동 시스템 개발(개발높이150m,엘리베이터)
- 개발 공법 건설신기술 인증
- 개발 공법 대심도 지하 수직구 현장 적용 및 매출



그림1. 연구목표 주요 가치관

2) 연구개발과제의 년차별 목표

○ 1차년도

- 대심도 지하수직구 벽체시공기술 개발
 - ☞ 기존 슬립폼 공법 조사(국내외 관련 기술조사, 국내외 관련 특허 조사)
- 타워 구조물 개발
 - ☞ 타워구조물 구조검토
 - ☞ 타워 구조물 제작
- 타워 구조물 이용한 슬립폼 시스템 개발
 - ☞ 타워 구조물 이용 슬립폼 작업 시스템 제작
- 개발공법 건설 신기술 인증
 - ☞ 타워 구조물 구조 실험
- 개발공법 대심도 지하 수직구 현장 적용 및 매출
 - ☞ 개발공법 비즈니스 모델 수립 보고서

○ 2차년도

- 대심도 지하 수직구 벽체 시공기술 개발
 - ☞ 수직구 벽체 시공기술
 - ☞ 대심도 대직경 슬립폼 구조검토
 - ☞ 개발공법 시방서 작성
 - ☞ 개발공법 일위대가 개발
 - ☞ 개발공법 표준도 작성
- 대심도 지하 수직구 시공시 안전성 확보
 - ☞ 안전확보 작업자 고속 이동 시스템 설계
 - ☞ 안전확보 작업자 고속 이동 시스템 인허가
 - ☞ 안전확보 작업자 고속 이동 시스템 제작
 - ☞ 공법 안전관련 시방서 표준안 제안
- 타워 구조물 이용한 슬립폼 시스템 개발
 - ☞ 타워구조물을 이용한 슬립폼 설계 및 제작
- 개발공법 건설 신기술 인증
 - ☞ 개발공법 건설신기술 접수
 - ☞ 개발공법 건설신기술 인증
- 개발공법 대심도 지하 수직구 현장 적용 및 매출
 - ☞ 타워 구조물을 이용한 슬립폼 시스템 현장 작업(공품 작업)
 - ☞ 개발공법 비즈니스 모델 개발
 - ☞ 개발공법 기술 가치 평가
 - ☞ 개발공법 홍보자료 작성
(공법카다로그, 소개보고서, 홍보 영상 작성, 자사홈페이지 홍보, 유튜브홍보, 블로그 홍보))
 - ☞ 개발공법 홍보모형 제작
 - ☞ 개발공법 사업화 (현장 적용 매출)

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가 중 치 (%)
1년차 (2020)	-기존 슬립폼 공 법 조사	-국내외 관련기술 조사 보고서	-수직구에 특화된 슬립폼 기술 국내 외 없음	-수직구에 특화된 슬립폼 기술 확보	-국내외 수직구에 특화된 슬립폼 기 술 없음	5
		-국내외관련 특허 조사 보고서	-국내 일부 수직구 관련 슬립폼이 관 련 특허가 있으나 타워를 이용한 특 허는 없음	-수직구에 특화된 특허 기술 확보	-대심도 수직구 시 장에 최적화된 수 직구 특허 기술 확보	5
	-타워구조물 구조 검토	-구조검토 보고서	-본기술에 특화된 내용으로 국내외 기술없음	-슬립폼 지지가 능한 타워구조물 (극한하중 목표 60tonf, 타워높이 150m이상)	-타워1기당 최대 수용할수 있는 하 중 60tonf 설정	5
	-타워 구조물 제작	-타워구조물 시제 품	-본기술에 특화된 내용으로 국내외 기술없음	-타워마스트 기본 시제품 제작 -타워마스트 기초 시제품 제작 (기본144m, 기초 6m, 총 150m분)	-조사된 수직구 현 장 최대 심도 120m 이에 대응 하기위해 150m 높이 타워 구비	20
	-타워 구조물 이용 슬립폼 작업 시스 템 제작	-슬립폼 작업 시스 템 제작, 8연동 작업	-본기술에 특화된 내용으로 국내외 기술없음 -국내 유압기술 우 수함	-유압실린더 1기당 15tonf 이상 전 진, 후진력 -8연동 유압실린더 및 유닛 펌프 개발(총추력 120tonf)	-슬립폼 전체 하중 40tonf 이하 설정 -콘크리트 마찰력 발생 고려 하여 최종 추력 타워 마스트 1기당 60tonf	5
	-타워 구조물 구조 실험	-타워구조물 극한 강도확인 -타워구조물 구조 적 안정성 확인 -구조해석 보고서 및 실험성적서	-본기술에 특화된 내용으로 국내외 기술없음	-탄성범위내에서 60tonf 작동확인 -60tonf 하중재하 후 잔류변형 확인	-슬립폼 전체 자중 과 콘크리트 마찰 력, 작업하중을 고려한 전체 하중 60tonf	5
	-개발공법 비즈니 스 모델 수립 보고서	-개발공법 사업방 향 확인 및 비즈 니스 모델 개발 -비즈니스 모델 수 립 보고서 작성	-본기술에 특화된 비즈니스 모델을 개발 하는 것으로 국내외 관련 기술 없음	-비즈니스 모델 개 발 -비즈니스 모델 개 발 보고서	-국내 시장에 환경 분석과 사업화 성 공을 위한 비즈니 스 모델 개발	5

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가 중 치 (%)
2년차 (2021)	수직구 벽체 시공기술	타워형 슬립폼 수직구 벽 체 시공기술	벽체타설속도 약2.1m/day	벽체타설속도 약 2.4m	수직구 시공속도를 올려 공기단축과 경제성 효과 획득	2.5
	대심도 대직경 슬립폼 구조검토	대심도 대직경 슬립폼 구 조검토 보고서	국내최대 심도120m 국내최대 직경 26m	최대심도 타워높이 150m 최대직경 슬립폼 직경 30m	국내에서 최대 규모 수직 구를 시공하기위한 구조 검토 보고서 확보	1.25
	-개발공법시방서작성	-공법 특별 시방서 1건	-본기술에 특화된 내용으 로 국내외 기술없음	-공법 특별 시방서 1건	-개발공법을 시공하기 위 해 특징을 정확히 분석 한 시방서 필요	1.25
	-개발공법일위대가 개발	-공법 전용 일위대가 1건	-본기술에 특화된 내용으 로 국내외 기술없음	-공법 전용 일위대가 1건	-개발공법 경제성 및 금 액 산정을 위한 일위대 가 필요	1.25
	-개발공법표준도 작성	-개발공법 표준화도면 1 건	-본기술에 특화된 내용으 로 국내외 기술없음	-개발공법 표준화도면 1 건	-개발공법의 설계시 표준 화된 도면 필요	1.25
	-안전확보 작업자 고속이 동시스템 설계	-렉기어 엘리베이터 설계 38m/min	-국내 렉기어 엘리베이터 표준화된 속도	-렉기어 엘리베이터 설계, 목표속도 38m/min	-수직구 평균적인 높이 60~80를 고려해 2분내 편도 주행이 가능한 속 도 설정	2.5
	-안전확보 작업자 고속이 동 시스템 인허가	-렉기어 엘리베이터 인허 가 1건	-국내 기준 허가 사항	-인화물 엘리베이터 국내 공인기관 인허가 획득	-법적으로 작업자가 탑승 가능한 엘리베이터 확보	2.5
	-안전확보 작업자 고속이 동 시스템 제작	-렉기어 엘리베이터 제작 1건	-일반적인 렉기어 엘리베 이터이나 타워내부에 있 음	-렉기어타입 엘리베이터 제작(목표하중500kg)	-작업자 탑승 5~6인 목표 로 설계해 수직구 왕복 시 10분 이내 15인 왕복 가능하도록 설정	2.5
	-공법 안전관련 시방서 표준안 제안	-시방서 표준안 제안 기 고서 1건	-국내외 법이 명확 하지 않음	-법적으로 모호한 시방 기준 변경제시 -언론등에 문제점 제시	-수직구 관련 안전 기준 이 모호하며 편법이 성 행하여 시방 혹은 법령 제정이 필요함	2.5
	-타워 구조물 이용한 슬 립폼 설계 및 제작	-타워구조물 이용한 슬립 폼 설계 및 제작	-타워와 혼용된 슬립폼 국내외 없음	-타워와 혼용되어 상승되 는 슬립폼 제작	-타워와 혼용되어 상승 되는 슬립폼 설계 및 제 작후 현장 검증	3
	-개발공법건설신기술접수	-신기술접수 관보	-국내 신기술 관보	-건설신기술 관보 확인	-건설신기술 접수 확인	5
	-개발공법건설신기술인증	-신기술인증서	-국내 신기술 인증	-건설신기술 인증	-건설신기술 인증	8
	-타워 구조물이용한 슬립 폼 시스템 현장 작업	-현장 작업 시연 (공품책임)	-타워와 혼용된 슬립폼 책임 검증	-현장책임 시연 시연높이 약 지상에 30cm~50cm	-지상에서 타워와 슬립폼 이 혼용되어 정상적으로 상승하는지 검증	1.5
	-개발공법 비즈니스 모델 개발	-비즈니스 모델 개발 자문회의 10건, 보고서 1건	-국내외 유사기술 없음	-비즈니스 모델 개발 자문회의 10건, 보고서 1건	-개발기술의 사업화 방 향에 대한 방향성 제시	1.0
	-개발공법 기술가치 평가	-기술가치평가 보고서	-개발기술에 대한 시장성 평가	-개발기술에 대한 금전적 가치 평가	-개발 기술에대한 금전적 가치평가를 통해 기술의 가치를 상승시키기 위함	1.5
	-개발공법 홍보자료 작성	-공법카드로그 작성	-국내외 유사기술 없음	-공법카드로그 1건	-사업화 성공 목표	1.25
		-공법소개보고서작성	-국내외 유사기술 없음	-공법소개보고서 1건	-사업화 성공 목표	1.25
		-공법 홍보영상 작성	-국내외 유사기술없음	-공법 홍보영상 1건	-사업화 성공 목표	1.25
	-개발공법 홍보모형 제작	-홍보 모형 제작 1건	-국내외 유사기술없음	-공법 홍보 모형 1건	-사업화 성공 목표	1.25
	-개발공법홍보	-자사홈페이지 홍보	-국내외 유사기술없음	-자사홈페이지 홍보1건	-사업화 성공 목표	0.5
		-유튜브 홍보	-국내외 유사기술없음	-유튜브 채널 개설 및 홍 보 1건	-사업화 성공 목표	0.5
		-블로그 홍보	-국내외 유사기술없음	-블로그 홍보 1건	-사업화 성공 목표	0.5
	-개발공법 사업화 (현장적용, 매출)	-개발공법 현장적용 및 매출 5.3억	-국내 현장 매출	-국내현장 매출 1건 및 5.3억 이상 매출	-사업화 성공 및 건설신 기술 인증시 실적	5

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

1) 기술개발 환경

A 도시 밀집화로 인한 지하공간 활용 대두

A 1 전 세계적 도시화 진행

- 세계적으로 도시화가 가속되고 있으며, 2008년 이후 세계인구 절반 이상이 도시에 거주
- UN보고서에 따르면 2050년까지 전 세계 인구의 70%가 도시에 거주할 것으로 예상
- 우리나라처럼 국토가 제한된 나라는 국토의 공간 활용성을 극대화 필수
- 국내 수도권의 인구 밀도는 OECD 국가 최고 수준

최근 몇 년 간 이동인구가 증가함에 따라 수도권 내 개발 사업이 다양하게 진행되었다. 현재 지상에 서는 더 이상 개발을 위한 부지 확보가 매우 어려워 부지 확보를 위해서는 많은 비용이 발생한다. 또 한 도심지에서는 도로 및 철도 등에서 소음 관련 민원이 증가하고 있으며 이를 해결하기 위해 여러 가 지 기술들이 동원되나, 근본적인 해결이 어렵다. 이처럼 현재 지상에서의 사회기반시설 개발은 부지확 보, 소음민원, 비용 등에서 많은 문제점들을 가지고 있다.

한편 수도권에서는 도로 및 철도 등 지상보다 지하에서 사업이 진행되는 경우가 많다. 이런 사회기 반시설을 지하화 하는 움직임은 향후 수도권에서 계속 진행될 것이다. 다음 표와 그림은 각국 도시화 과정과 인구 밀집에 대한 조사 개요이다.

순위	나라	인구밀도(명/ km^2)	순위	나라	인구밀도 (명/ km^2)
1	대한민국	527,300	5	벨기에	382,700
2	네덜란드	508,200	6	일본	346,900
3	인도	464,100	7	영국	280,600
4	이스라엘	400,000	8	룩셈부르크	241,700

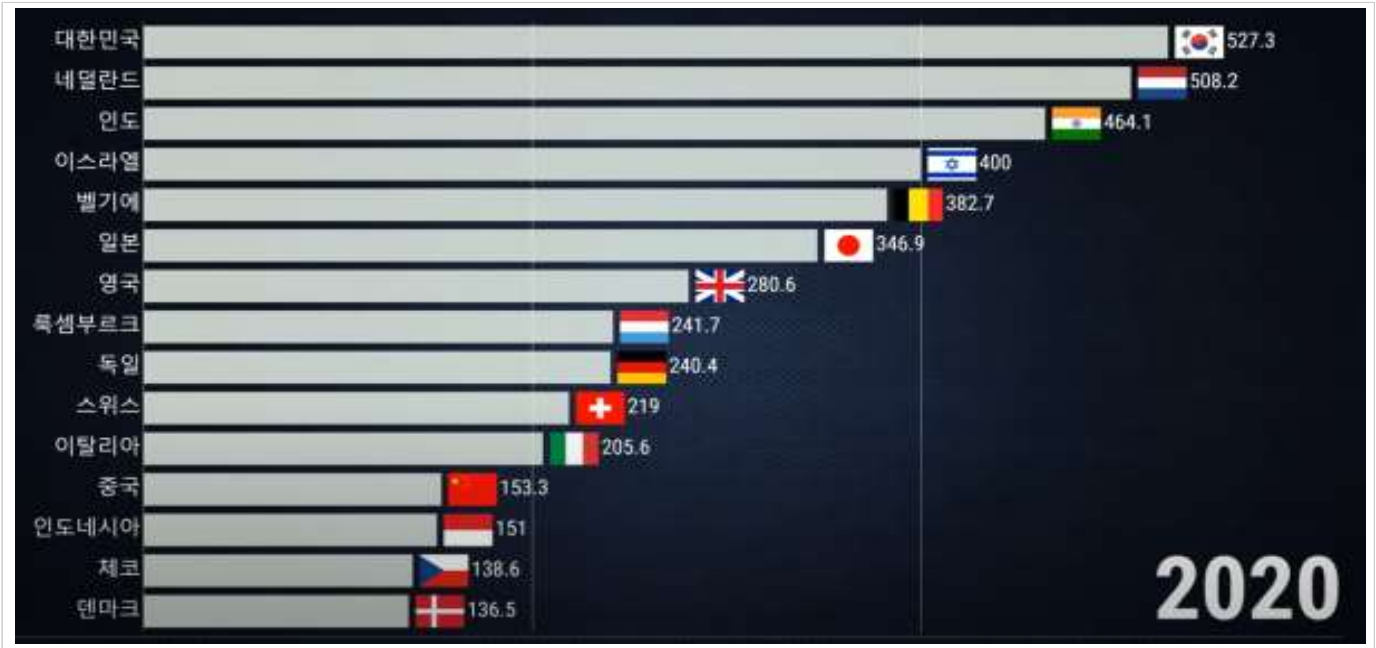


그림2. 주요국가(OECD+G20)WBD 인구 밀도 순위 (출처UN, 단위)



그림3. 각 나라의 도시화 및 도시인구 과밀화로 교통 문제 전경

제5차 국토 종합 계획의 인구이동과 국토공간구조의 구조 변화를 확인해보면 대한민국의 인구비중을 조사한 결과 1975년 대비 2015년은 군 지역의 인구비중은 25~8% 감소가 되고 있으며 대도시로 인구가 밀집되고 있음을 알수 있다. 전세계적으로 도시화는 하나의 현상이며 이에 따라 많은 부작용이 발생되기도한다. 이런 이유로 도시화에 따른 여러 가지 요구사항이 나오며, 교통 문제 또한 심각하다. 교통문제에 대한 대안으로는 각국에서 시설물 지하화를 진행 하고 있으며, 대한민국 역시 시설물이 지하화진행 하는 추세이기도 하다. 하지만 무턱대고 선진국이 대심도 지하화를 진행한다고 해서 따라하기만 할수 는 없고 대한민국 만의 특징이 가미된 대심도 지하화가 필요한 시점이다.

현재 대한민국은 선진국의 진입문턱에 서있으며 선진국이란 후발주자들에서 전에 없던 대안을 제시할 수 있는 국가여야 한다. 대심도, 지하화 역시 선진국에 트렌드이나 대한민국이 진입하기 위해서는 대심도 지하화 시설물에 대해서 새로운 방법, 새로운 대안을 제시 할 필요가 있다. 그리고 현재 21년 이 그 시점이다. 때문에 대심도 지하화 시설물 시공 등 여러 가지 분야에서 연구가 필요하다.

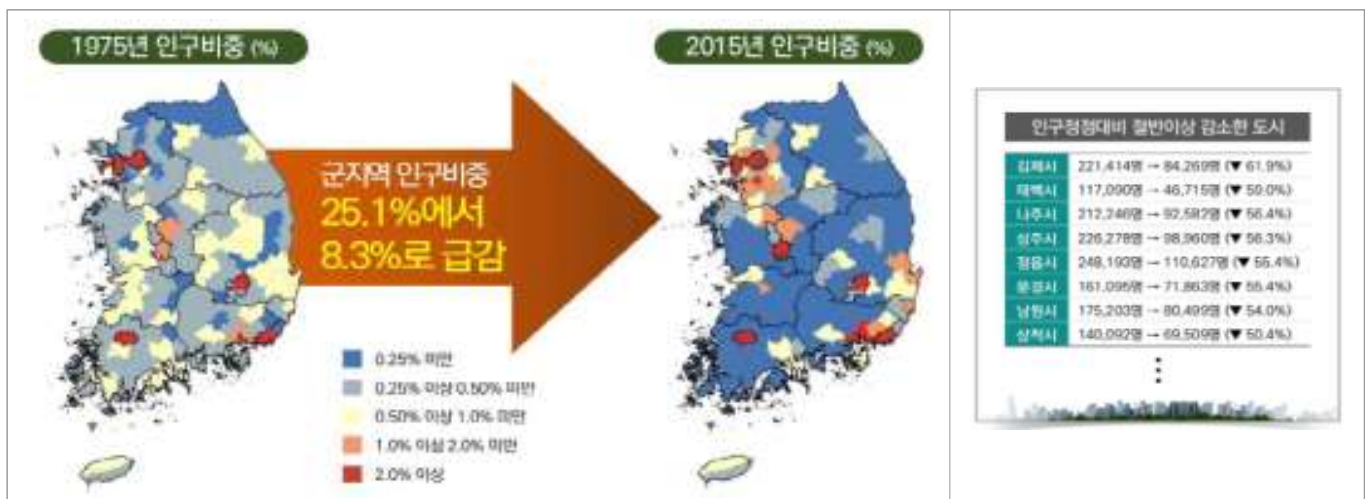


그림4. 대한민국 인구 이동과 국토공간구조의 변화(1975~2015) %제5차 국토종합계획

A 2 도시화로 따른 국내외 사회 기반시설 지하화

- 수도권 인구 밀집으로 지상에서의 개발사업 부지확보가 매우 어려움
 - 수도권 내 지상 사업부지 확보를 위한 막대한 예산비용 발생
 - 도심지 도로 및 철도에서의 심각한 소음 민원 발생
 - 도로 및 철도 소음 저감을 위한 공법을 사용해도 근본적 소음문제 해결이 어려움
- 👁️ 사회기반시설의 대심도(깊이40m이상) 지하화 필요

전세계적인 도시화 및 도심지 밀집화로 사회기반시설물(도로, 철도, 공동구) 등이 더 이상 도심지에 건설되기 어려워 지하화가 추진되고 있다. 아래 그림은 국내외 도심지 지하화 전경이다.



최근 완공된 제물포 터널(한국 서울)



A86 고속도로 복층터널(프랑스 파리)



고트하르트 베이스 터널(스위스 취히리)



스마트터널(말레이시아 쿠알라룸프)



중앙환상선 (일본 동경)



유라시아 터널(터키 이스탄불)

그림5. 국 내 외 사회 기반 시설 지하화 전경

A 3 사회 기반시설 지하화 정책적 동향

- 국토교통부 “광역교통비전 2030” 발표
 - ☞ 대도시권 광역교통망 철도 중심으로 재편
 - ☞ 세계적 수준의 급행 광역교통망 구축
 - ☞ 순환도로, 대심도 지하도로 신설·검토



그림6. 국토교통부 광역 교통 비전 2030



그림7. 국토교통부 광역 교통 비전 2030 주요 목표

- GTX A노선이 공사중이며, B,C,D노선등이 구체적으로 계획되고 있음
- GTX A노선은 6개의 공구로 대심도 공사중
- GTX 삼성~동탄 노선은 5개의 공구로 대심도 공사중



그림8. GTX A 노선 공사전경(2021.7)

- 제5차 국토종합계획 (2020~2040)에서 제시한, 지역간 균형발전 및 네트워크형 인프라 구축을 위해서, 수도권권역과 서울시를 연계하는 지하고속도로 구상안을 제안하였음
 - 주요 내용 발췌(인구와 경제활동부분, 11p)
- ☞ 우리나라의 총인구는 5,163만 명(2018년)이며, 출산율 저하로 인구성장이 둔화되고 고령화 현상이 급속히 진행
- ☞ 합계출산율은 1970년 4.53명에서 계속 감소하여 2002년부터 초저출산율 수준 (1.30 미만)이 지속되다가 2018년 0.98명으로 역대 최초로 1명 미만을 기록
- ☞ 생산가능인구는 2017년부터 실질적 감소세로 전환하였고, 65세 이상 고령인구 비율은 지속적으로 증가하여 2018년 현재 14.3% 수준
- ☞ 수도권과 대도시로의 인구집중 경향으로 도시지역 인구비율(도시화율)은 1970년 50.1%에서 계속 증가하여 2017년 91.8%를 기록
- ☞ 지역 간 인구 이동은 도시지역 특히 수도권과 대도시로 집중 경향이 강하며, 지방은 인구유출.감소로 인구정점 대비 절반 이상 감소한 중소도시 증가

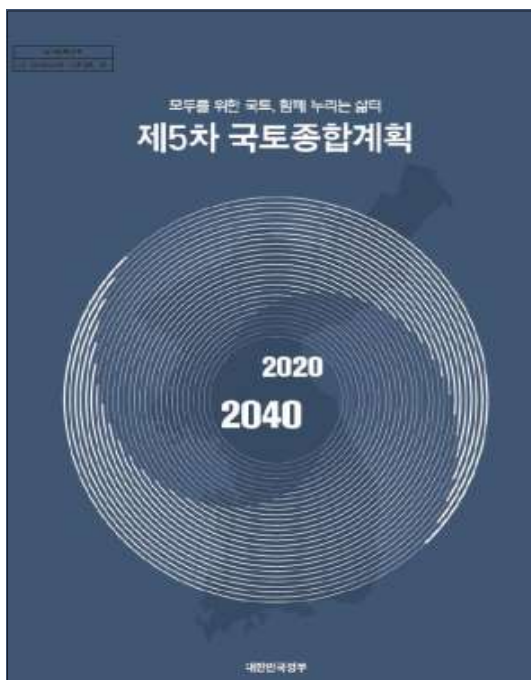


그림9. 제5차 국토종합계획 (2020~2040)

- KBS 뉴스 “대심도’ 철도 안전할까?...지하 50미터 현장 가보니”
 - ☞ 대심도철도에 대한 불안감 해소를 위한 기사
 - ☞ 기술적으로 안전성을 강조



그림10. KBS 뉴스 “대심도’ 철도 안전할까?...지하 50미터 현장 가보니” 기사

- 충청뉴스 “국가철도공단 수도권, 철도건설현장 안전관리 강화”
 - ☞ 수도권 GTX-A 노선등 대심도 터널 수직구에 설치된 리프트 점검
 - ☞ 공사현장 안전관리 CCTV 설치 및 안전관리 강화



그림11. 충청뉴스 “국가철도공단 수도권, 철도건설현장 안전관리 강화” 기사

- 연합뉴스 “원주시, GTX-A 수서역 접속부 설치 국토교통부 건의”
 ☞ GTX-A 노선을 경강선에 연결하기 위한 수서역 접속부 설치 필요성을 촉구



그림12. 연합뉴스 “원주시, GTX-A 수서역 접속부 설치 국토교통부 건의” 기사

- 매일경제 “경부고속도 화성~양재 지하화...3조원 투입 '대심도터널' 뚫겠다”
 ☞ 노형욱 국토교통부 장관(사진)이 공사비 총 3조원 정도면 경부고속도로 화성 ~ 양재동 구간을 지하화할 수 있다고 밝혔다



그림13. 매일경제 “경부고속도 화성~양재 지하화...3조원 투입 '대심도터널' 뚫겠다” 기사

B 안전이 중요시 되는 미래 사회

B 1 건설현장 사고 사례

대한민국은 발전의 바탕아래 안전을 등한시한 경향이 있었다. 과거 여러 가지 사건사례를 확인해도 안전에대한 중요성 인식은 부족했던 것이 사실이다. 코로나19 국면에서 대한민국의 위상은 세계 선진국으로 발돋움 하였다. 대한민국은 선진국의 위상에 맞게 코로나 19를 대처 하였다. 그러나 사회의 안전망은 여전히 불안하다. 2022년부터는 중대재해관리법이 시행되면서 사회 안전에 대한 중요성이 인식되고 있다. 그러나 건설 현장에서는 사건 사고가 끊임없이 발생되고 있다. 이러한 사고들은 대부분의 원인이 경제적인 이유가 많다. 경제적인 이유로 저렴하고 빠르게 공사를 진행 할려고 하다가 사고가 종종 발생된다. 우리나라도 이제는 건설현장에서 중요시되는 항목 들 중 여러 가지 항목이 있었지만 그중 경제성부분 항목보다는 안전성 항목에 중요성을 강조할 시기가 왔다고 생각한다. 다음은 국내 사건 사례 이다.



그림14. 광주 현대산업개발 신축아파트 붕괴사고

최근 광주에서는 신축아파트 붕괴사고가 발생 하였다. 시행사인 현대산업개발은 콘크리트 양생이 어려 조건에서 무리하게 공사를 진행하고, 안전 관리를 등한시한 이유로 붕괴사고가 발생되고 6명의 사망사고가 발생하였다. 위사고는 인사사고 뿐 아니라 경제적인 이유에서도 많은 문제가 발생할것으로 예상된다.



2018.05.19.

교좌장치 보수를 위해 근로자 4명이 용접 발전기(약77kg)를 들고 이동중 붕괴 (사망4명)

그림15. 건설현장 사고 사례 1(교량안전점검시설 추락)



【천안·예산=뉴스시스】이종익 함형서기자 =19일 충남 예산군 대전당진고속도로 차동1교에서 근로자 4명이 추락해 숨진 것과 관련해, 이들이 추락한 것으로 추정되는 교량 점검 시설물이 지난해 12월께 시공된 것으로 확인됐다.

고용노동부 천안지청에 따르면 이날 추락사고가 발생한 차동1교 하부 점검 시설 구간에 대한 전면 작업중지 명령을 내린 가운데 이 시설물이 지난해 12월 시공된 것으로 파악됐다.

이날 사고는 오전 8시 47분께 충남 예산군 신양면 차동리 대전당진고속도로 당진방향 41km지점 차동1교 교각에서 작업중이던 근로자 A(52)씨 등 4명이 20여m 아래 숲으로 추락했다.

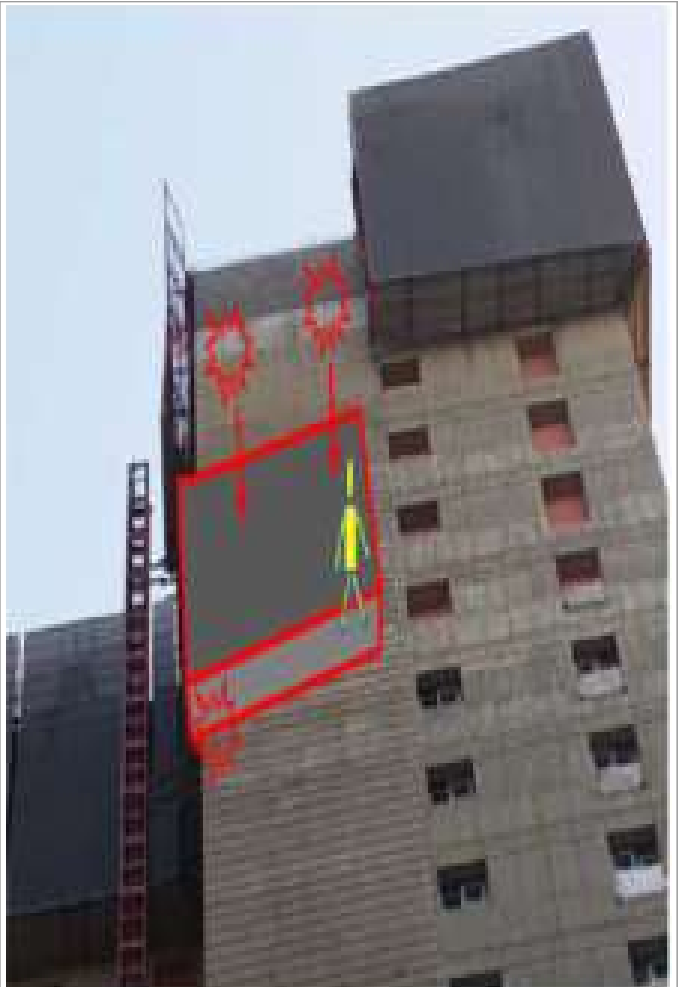
출동한 소방대원들이 근로자들을 인근 예산종합병원으로 이송했으나 4명 모두 숨졌다.

% 출처 “한국언론 뉴스허브” 2018.05.19

그림15. 교량안전점검시설 추락사고 기사(출처 한국언론 뉴스허브 2018.05.19.)



2018.06.21.
아파트 갱폼 인양중 붕괴(사망1명)

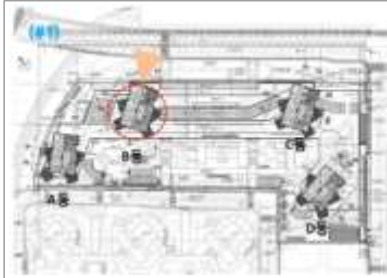


2018.04.11. 아파트 갱폼 인양중 붕괴 (사망1명)

그림16. 아파트갱폼 시공중 추락 사망 사고(2009~2016)

2009 ~ 2016년 갱폼 관련 사망재해 현황 (출처 안전보건공단 안전교육자료)

재해발생 작업공정	건수(인)	비율 (%)
갱폼 해체 작업	8	38.1
갱폼 인양 작업	7	33.3
이동 중 추락	3	14.3
작업 발판 설치 중	1	4.8
기타	2	9.5
합계	21	100



《공사단계별 최소 낙하위험범위》

연동층 높이 (h)	작업위험 범주	최소 낙하위험 범위
h < 100m	1도	155m
100m < h < 150m	2도	205m
150m < h < 200m	3도	255m
200m < h	4도	305m



2016.3.15. 부산 초고층아파트 오토클라이밍 시스템 낙하 사고 (사망4명)

2016.03.15. 복합시설 코어부 통로 단부와 ACS 폼 발판 사이 추락 (사망1명)



2010.07.27. 부산 해운대 주상복합현장 RCS폼 해체 중 낙하 (사망3명)

2018.01.10. 인천고층 아파트 GCS폼 해체 작업중 폼에서 추락(사망1명)

그림17. 2009~2018년 클라이밍폼 관련 사망재해 현황 (출처 안전보건공단 안전교육자료)

2009~2018년 클라이밍폼 관련 사망재해 현황 (출처 안전보건공단 안전교육자료)

날자	설명	사망자(인)
2009.09.06	서울 중구, 오피스빌현장, ACS폼 낙하	1
2010.04.14	경기 용인, 빌딩현장, ACS폼 낙하	1
2010.07.27	부산 해운대구, 주상복합현장, 시스템폼 해체중 낙하	3
2012.10.12	경기 군포, 아파트형 공장 현장, SWC 자재 과적으로 낙하	1
2013.06.25	서울송파구, 초고층 현장, 시스템폼 낙하	1
2016.03.15	부산 남구, 초고층현장, 통로단부와 시스템 폼사이 추락	4
2017.05.13	서울 서초구, 업무시설현장, 레일인양중 낙하	1
2018.01.10	인천 연수구, 고층아파트 현장 GCS폼이 기울어지며 추락	1
2018.03.02	부산 해운대 초고층 현장, 시스템 작업대 낙하	4
2018.04.15	울산 북구, 복합시설현장 RCS발판 자재 과적으로 파단	1
합계		18
갱폼 시스템, 클라이밍 시스템 사망사고 합계(2009~2018)		39

대한민국 사회는 2014년 세월호 참사 및 각종 안전사고에 대한 아픔이 기억되는 사회이다. 최근에는 사회 전 분야에서 사회적 안전의 중요성 즉 사람의 생명과 관련된 위험요소를 제거 하기 위해 국가, 민간 등 많은 노력을 하고 있다.

한편 정부는 사회적 참사 등 여러 가지 사회적 위험요소 제거를 위해 여러 가지 정책적인 노력을 하고 있지만 현실적으로 어려움이 있다. 특히 위험요소가 많은 건설현장은 현장의 시공성, 편리성, 법적인 문제, 비용등의 문제로 위험요소가 다양하게 산재되어있다.

최근(2021.1.26.지정, 2022.1.27.시행) 제정된 중대재해처벌법(중대재해 처벌 등에 관한 법률)에 따르면 산업현장, 건설현장등에서 사망자가 1명이상, 동일사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자 2명이상, 동일한 유해요인으로 급성중독 등 대통령령으로 정하는 직업성 질병자가 1년 이내 3명이상 발생 할 경우, 경영책임자들은 1년 이상의 징역 또는 10억원 이하의 벌금에 대한 처벌을 받게 되는 강력한 법안이 나왔다. 이는 우리사회가 안전에 대한 중요도가 높아졌다는 인식에서 법률로 제정된 사례라고 할수 있다.

대한민국 사회 미래는 인구감소로 생산인력은 급속하게 줄것으로 전망되며 재해등의 사망사고는 앞으로더욱 중요하게 인식될것으로 전망된다.

○ 중대재해처벌법 주요내용

- 중대재해란

“중대재해”란 “중대산업재해”와 “중대시민재해”를 말한다.

“중대산업재해”란 ?산업안전보건법? 제2조제1호에 따른 산업재해 중 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 결과를 야기한 재해를 말한다.

- ① 사망자가 1명 이상 발생
- ② 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생
- ③ 동일한 유해요인으로 급성중독 등 대통령령으로 정하는 직업성질환자가 1년 이내에 3명 이상 발생

[제7조(중대산업재해의 양벌규정)]

법인 또는 기관의 경영책임자 등을 벌하는 외에 그 법인 또는 기관에게 사망자가 1명 이상 발생한 경우 50억원 이하의 벌금을, 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생하거나, 동일한 유해요인으로 급성중독 등 대통령령으로 정하는 직업성질환자가 1년 이내에 3명 이상 발생한 경우에는 10억원 이하의 벌금형을 과한다. 다만, 법인 또는 기관이 안전 및 보건 의무 위반행위를 방지하기 위해 해당 업무에 관하여 상당한 주의와 감독을 게을리하지 않은 경우에는 그렇지 않다.

중대재해기업처벌법 제정운동의 역사

2006년	노동계 살인기업전쟁 시작, 영국의 기업 살인법 소개 및 제정요구
2012년	민주노총, 민변, 노동건강연대 산재사망처벌강화특별법 법률안 입법운동 시작
2013년	“심상정 정의당 의원” 산재사망처벌강화특별법 발의(기간만료로 폐기됨)
2014년	세월호 참사 ☞ 세월호 참사 국민대책회의 중심으로 시민재해를 포괄하는 법안 준비
2015년	중대재해기업처벌법 재정연대 발족
2017년	“노회찬 정의당 의원” 중대재해기업처벌법 발의(기간만료로 폐기됨)
2018년	태안 화력발전소 비정규직 노동자 김용균씨 산재 사고 사망 ☞ 원청 책임 강화하는 산업안전보건법 전부 개정
2020년	경기도 이천시 물류창고 공사장 화재로 노동자 38명 사망 ☞ “강은미 정의당 의원” 중대재해기업처벌법 재발의 2021년 1월 국회 찬성 164표 본회의 통과

C 안전과 공기단축의 목적으로 대심도 수직구 슬립폼 공법의 대두

C 1 수도권 대심도 지하 시설물(도로, 철도 등) 특징

- 민간자본사업으로 시행되는 수도권 대심도 지하시설물
- 민자자본사업의 특징상 수익성을 위해 공기가 매우 중요
- 마지막 공정인 수직구 벽체(라이닝, 내벽등)공사에서 제레식 공법 공기 안전등의 이유로 지양함

최근 수도권 대심도 시설물(도로, 철도)은 GTX, 동부간선도로 지하화 등 수도권에서 시공중 및 계획중에 있다. 이런 대심도 시설물은 대부분 민자사업이 주를 이루고 있다. 민자 사업의 특징중 하나는 민자 사업의 특징상 빠른 수익 창출을 위해서 빠른 공기를 요구하고 있으며, 특히 공기연장은 시행사나, 발주처에서도 고려를 하지 않는편이다. 이런이유로 민자로 진행되는 대심도 시설물의 경우 빠른 공기를 요구하고 있으며 대심도 시설물 공정 중 마지막 단계에 시공되는 수직구 벽체(라이닝,내벽등) 시공의 경우는 마지막 단계의 특징상 빠른 공기를 요구한다. 또 한편 대심도 수직구의 경우 보통 심도가 40~120m 까지 다양하며 매우 깊다. 이런 수직구를 제레식 공법인 갯폼등으로 시공할 경우 공기가 상당히 지연되기 때문에 시행사 나 발주처 입자에서도 제레식 공법을 지양 하는 편이다.

한편 민간투자사업 BTO의 경우는 계속해서 증가되는 추세이며 향후에도 사회간접자본의 민간투자사업은 국내 환경의 특성상 증가할 것으로 판단된다. 다음은 기획재정부에서 발간한 2020년도 민간투자사업 운영 현황 및 추진 실적이다.

민간투자사업 추진 단계별 투자비 실적 ('94~'20)

구분	사업수(개)					투자비(조원)			
	합계	운영중	시공중	준비중	종료	합계	민간 투자비	건설 보조금	토지 보상비
BTO	263	205	21	13	24	99.3	62.4	23.2	13.7
BTL	502	469	16	6	11	33.5	32.6	0.4	0.5
합계	765	674	37	19	35	132.9	95.0	23.6	14.2

민간투자사업 추진 단계별 투자비 실적 ('20)

구분	사업수(개)					투자비(조원)			
	합계	운영중	시공중	준비중	종료	합계	민간 투자비	건설 보조금	토지 보상비
BTO	26	3	20	3	0	3.2	2.0	0.4	0.8
BTL	24	7	14	3	0	1.0	0.9	0.04	0.01
합계	50	10	34	6	0	4.2	3.0	0.4	0.8

그림 1. 민간투자사업의 기본구조



자료: 기획재정부·KD(2015)

그림 18. 민간투자사업의 기본구조

C 2 대심도 수직구 시공시 안전과 빠른공기로 각광 받는 슬립폼 공법

- 사회기반시설(도로,철도,공동구,저류조 등) 대심도 적용시 수직구가 필요함
- 수직구 시공시 대심도(깊이 40m)이상 시공시 안전위험이 높으며 시공이 어려움
- 시공시 안전 및 공기단축을 목적으로 슬립폼 공법 필요함
- 대부분 민자로 진행되는 대심도 지하시설물은 공기가 부족함
- 도심지에서는 부지확보를 장시간 확보하기 어렵고 빠른 시공방법이 필요

최근 수도권 대심도 수직구 시공시에는 슬립폼이 각광을 받고 있다. 그이유로는 빠른 공기단축, 안전 등이 있다. 슬립폼 공법은 기존 사일로, 연돌, 교각, 장대교량 주탑에서 주로 사용되어왔던 공법이다. 최근에는 수직구에서도 슬립폼 공법을 적용하여 성공함으로서 수도권에서는 슬립폼이 많이 시공되고 있다.



그림 19. 도로내 부지확보로 교통이 불편한 지하시설물 공사

C 3 슬립폼 공법 특징

- 슬립폼 공법은 1일(주간) 수직구조물 벽체를 2m 시공하여 공기가 매우빠르다
- 공기 단축으로 장비, 부지 임대비등 부대 비용 감소
- 상, 중 하 작업대를 통해 작업자의 안전이 확보되어 안전한 시공
- 벽체 품질이 우수함
- 약한 우천시도 작업이 가능함

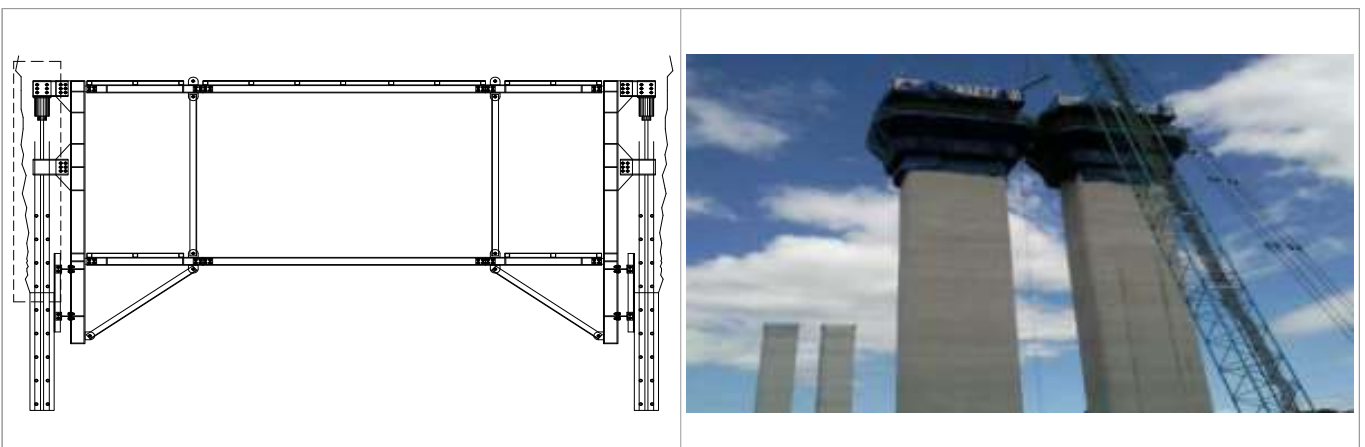


그림 20. 슬립폼 공법 전경

D 슬립폼 공법 대심도 수직구 적용시 문제점

D 1 작업자 이동의 안전, 위법 문제 (산업안전 보건법 위반)

- 기존 대심도 수직구 시공시에는 작업자가 이동시 이동식 크레인에 케이지를 이용하여 지하로 작업자를 이동
- 이동식 크레인과 케이지 운송방법은 건설표준시방 및 산업안전보건법 시행규칙 위반한 것이며 안전상 매우 위험
- 기존 현장에서는 비용, 공기, 작업의 편의성등 사유로 아래그림과 같이 작업자를 운송



그림 21. 작업자를 수직구 내부 슬립폼으로 이동시키기 위한 산업안전보건법 위반 전경

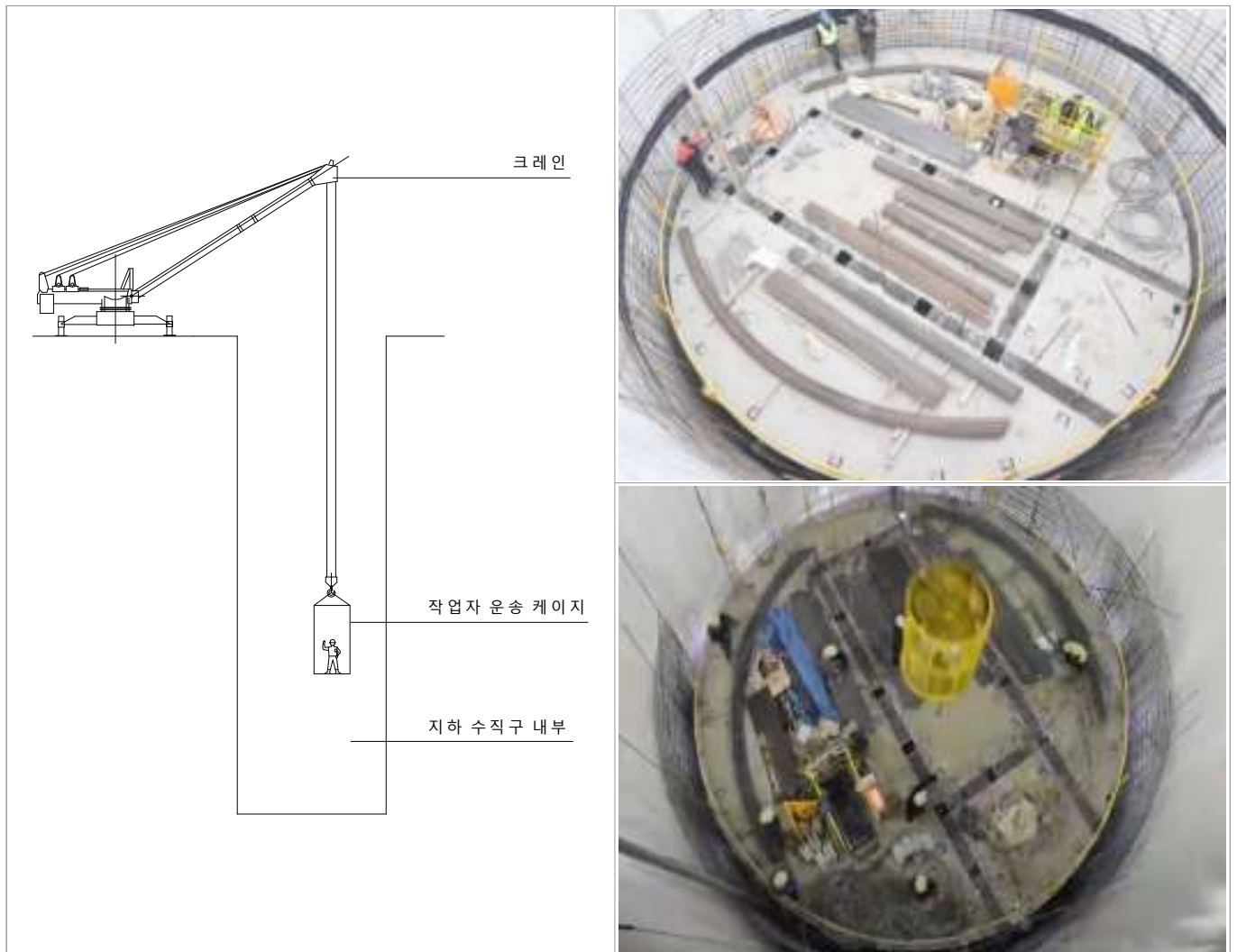


그림 22. 슬립폼으로 작업자를 위법적으로 이동시키는 전경, 이동할 방법이 없는 수직구내부 슬립폼 전경

산업안전보건기준에 관한 규칙

[시행 2019. 10. 15.]

[고용노동부령 제263호, 2019. 10. 15., 타법개정]

제2편 안전기준

제1장 기계·기구 및 그 밖의 설비에 의한 위험예방

제1절 기계 등의 일반기준

제86조(탑승의 제한)

- ① 사업주는 크레인을 사용하여 근로자를 운반하거나 근로자를 달아 올린 상태에서 작업에 종사시켜서는 아니 된다. 다만, 크레인에 전용 탑승설비를 설치하고 추락 위험을 방지하기 위하여 다음 각 호의 조치를 한 경우에는 그러하지 아니하다.
1. 탑승설비가 뒤집히거나 떨어지지 않도록 필요한 조치를 할 것
 2. 안전대나 구명줄을 설치하고, 안전난간을 설치할 수 있는 구조인 경우에는 안전 난간을설치할 것
 3. 탑승설비를 하강시킬 때에는 동력하강방법으로 할 것
- ② 사업주는 이동식 크레인을 사용하여 근로자를 운반하거나 근로자를 달아 올린 상태에서 작업에 종사시켜서는 아니 된다.

건설지원장비 국토교통부

2019년 4월 2일 개정 <http://www.kcsc.re.kr>

2019년 4월 2일 개정 건설표준시방서 “KCS 21 20 10 : 2019 건설지원장비”

3.2.3 이동식 크레인

- ⑧ 크레인에 불법 부착물(탑승케이지, 추가 웨이트 등)장착을 금지하여야 한다. 다만, 탑승케이지의 경우 해당 국가의 법규에서 정하는 기준을 따라 사용하여야 한다.



그림 23. 슬립폼으로 작업자를 위법적으로 이동시키는 전경

D 4 철근조립시 간섭 문제

수직구 내부는 원형으로 암벽이 둘러 쌓고 있게 때문에 내부가 매우 좁다. 특히 철근을 조립하는 공간은 매우 좁다.

기존 슬립폼 공법은 벽체중간에 매설되는 로드(환봉)를 유압 실린더가 집게처럼 집어가면서 수직으로 상승 하는데 타설되는 벽체 윗면에 유압실린더가 배치되기 때문에 철근 조립에 제한이 있다. 또한 유압실린더를 슬립폼 과 고정시키기 위해 요크 라는 장치가 구비되는데 이것은 철근을 조립하면서 상승시키는데 방해요소가 된다.

- 기존 슬립폼 공법은 로드와 유압 자키에 의해 슬립폼이 상승됨 유압자키는 요크라는 부품에 정착되는데 이런 요크는 철근 조립 시 많은 간섭이 발생되며 작업 환경을 저해하는 요소가 되며 시공 속도가 저하됨
- 철근공이 횡 철근을 조립하는 제약이 발생(횡철근 미리 조립 시 요크와 간섭 및 슬립폼 상승 불가)
- 시공속도가 저하된 슬립폼 공법은 경쟁력이 없음

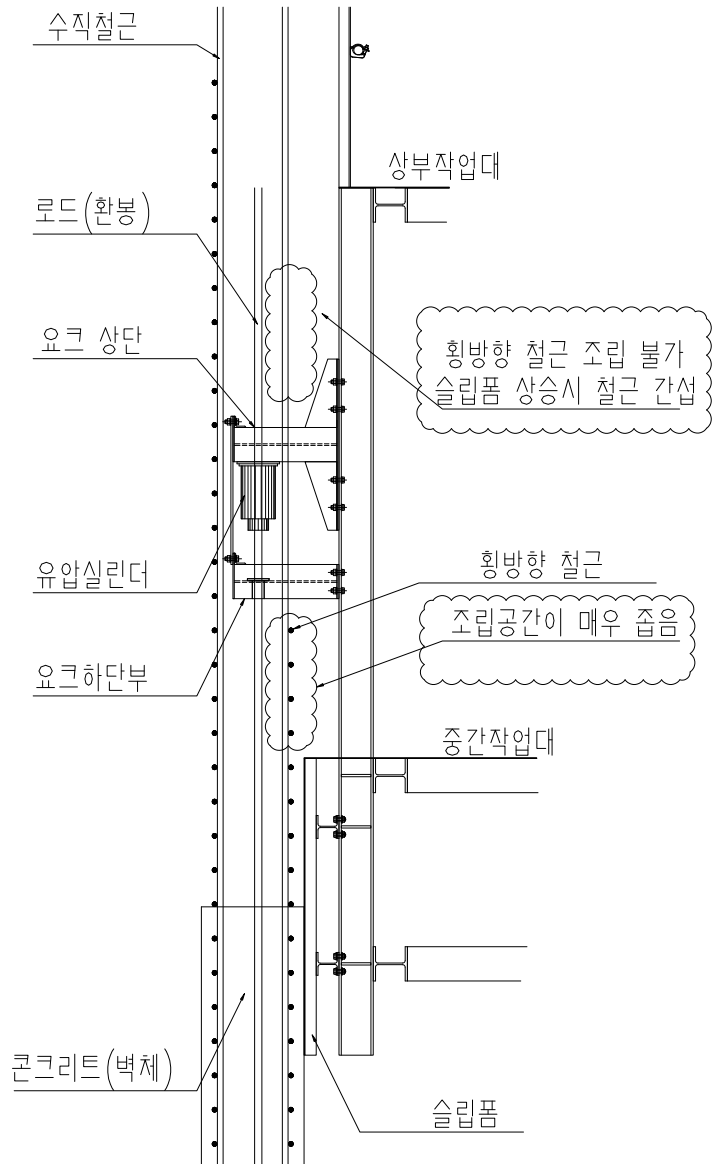
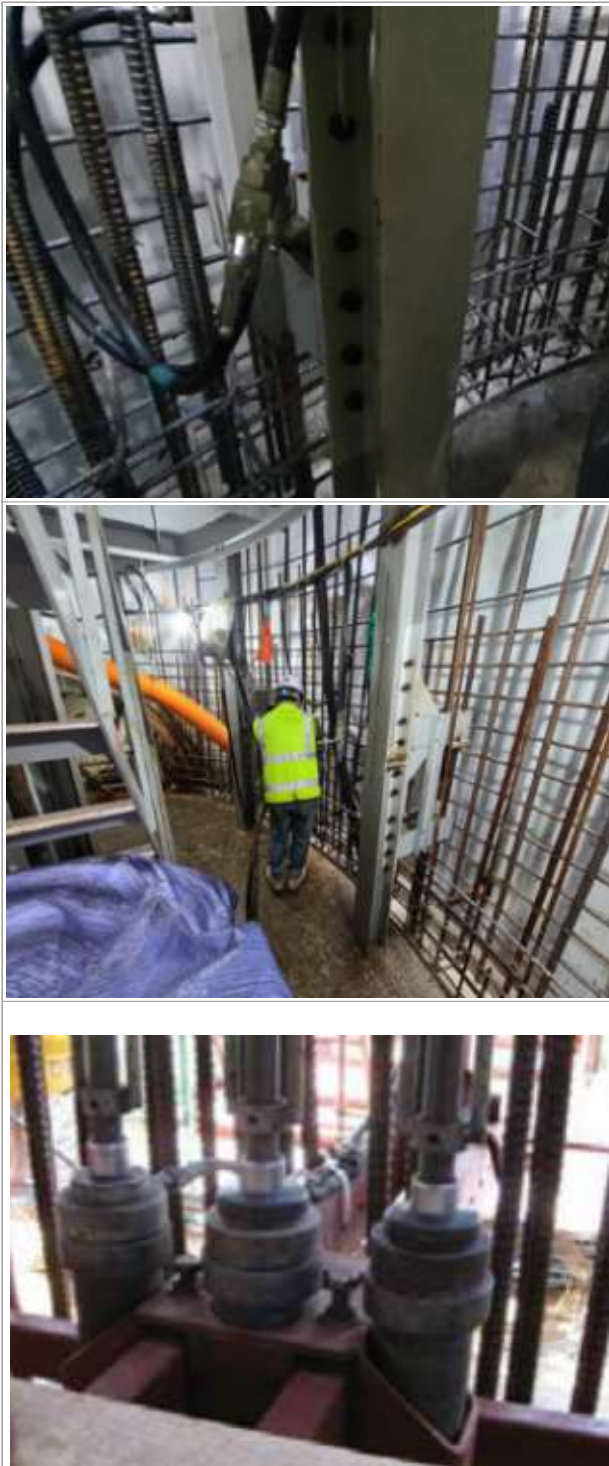


그림 24. 요크 와 로드, 복잡한 유압실린더에 철근 간섭이 심한 기존 슬립폼 전경

D 5 수십개의 유압실린더 조절 어려움 수직도 조절 어려움 벽체품질 하락

- 기존 슬립폼은 수직구 시공 시 20~30개 사이의 요크 및 로드 실린더가 필요함
- 20~50개 사이의 유압실린더를 1개의 펌프로 조정함
- 1개의 펌프로 유압실린더를 조정해 유압이 정확히 분배가 되지 않으며 슬립폼수직도가 정확하지 않음
- 기존 슬립폼 공법의 수직도를 유지하기 위해 시공중 수직도 조절 작업을 수행함

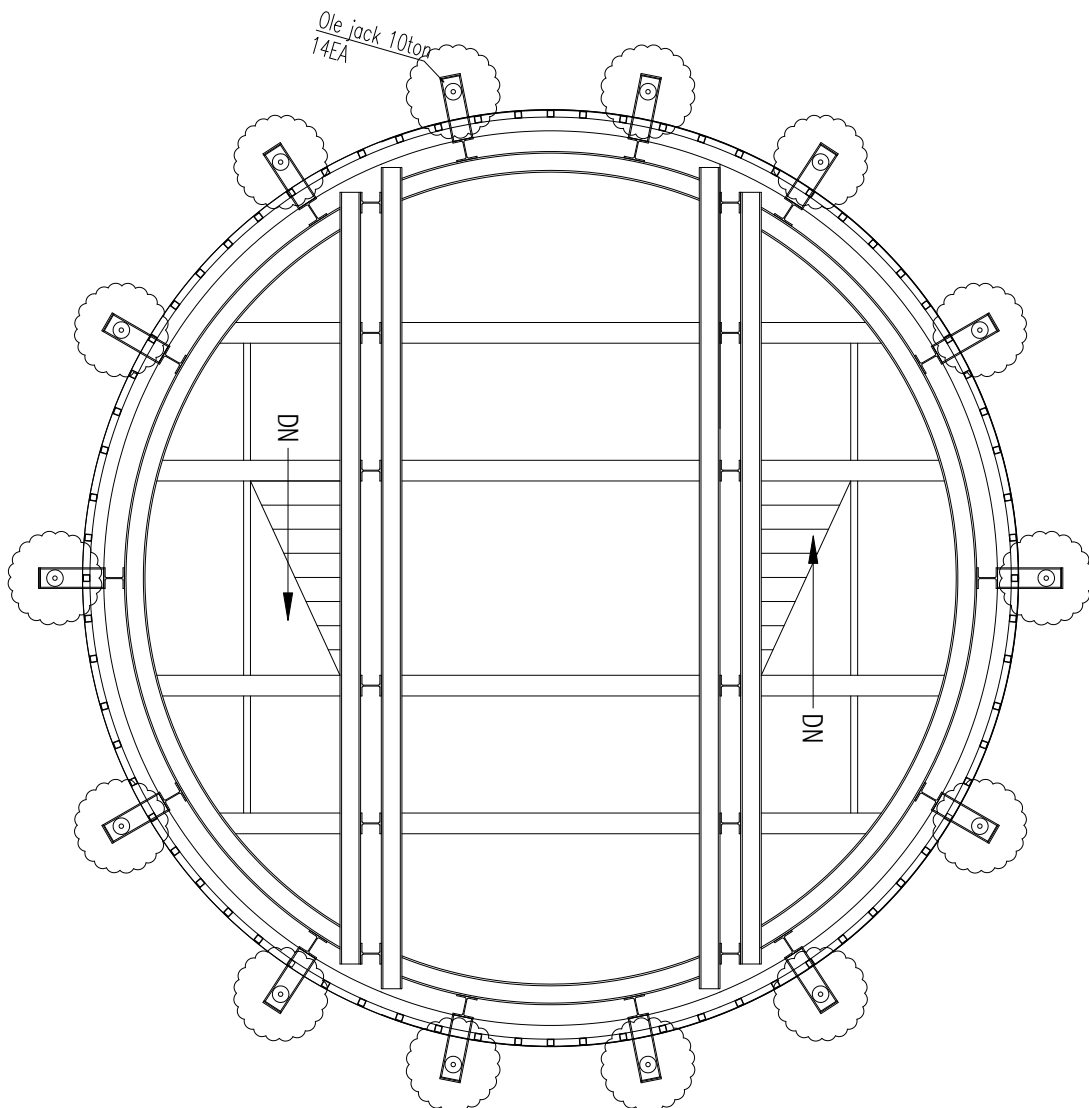


그림 25. 직경 6.8m 슬립폼에 설치된 유압장치(14개) 한 개의 유압펌프로 조정하여 유압조절이 어려움

D 6 수직구 하부 횡갱 접속부 통과시 로드 배치가 불가하여 수직상승시 어려움

- 기존 슬립폼 공법은 횡갱 접속부 로드 매설 불가
- 수직지지 장치인 로드가 횡갱접속부에 매설되지 않으므로 수직상승시 어려움
(실제현장에서 크레인 및 윈치로 수직 상승 시키기도 함)
- 기존 슬립폼 공법 횡갱 통과 시 시공성 매우 불리함

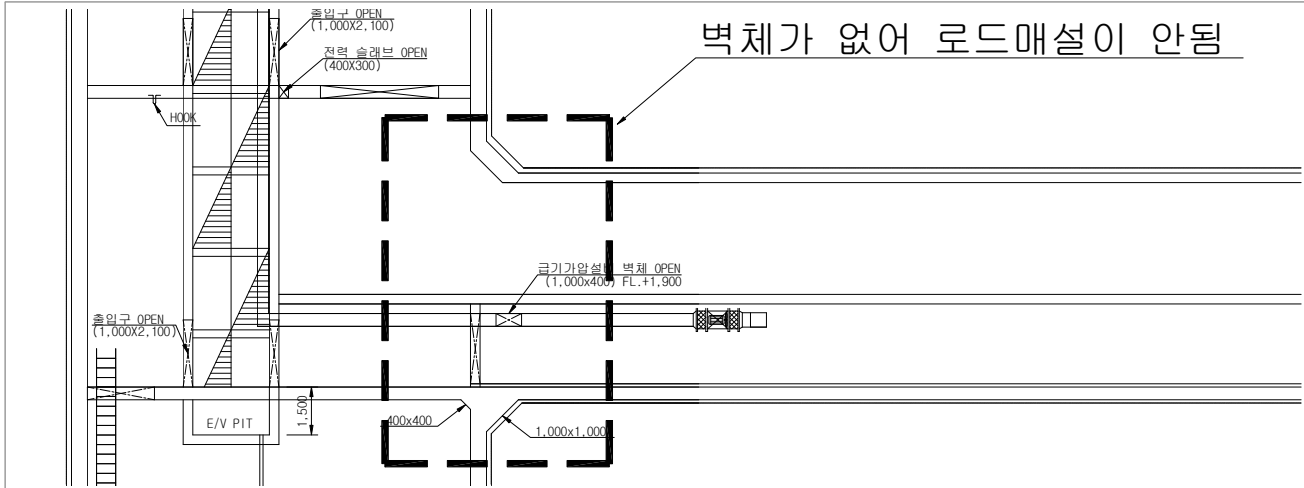


그림 26. 수직구 하부 횡갱 접속부 슬립폼 시공 전경, 로드를 매설할 수 없는 횡갱접속부

D 7 슬립폼 공사 시 하부로 진입이 불가하며 타 공정 제약 발생

- 기존 슬립폼 공법은 수직구 공사시 수직구 전체가 막히며 하부로 이동이 불가능
- 타공정 제약사항 발생

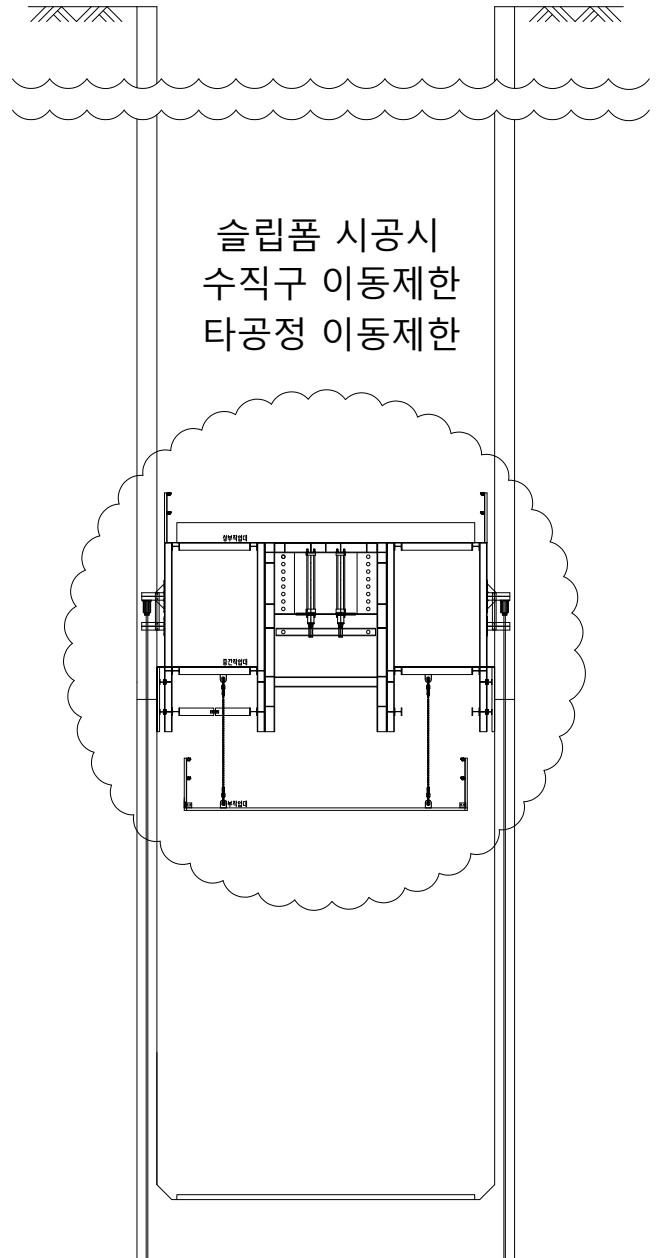


그림 27. 수직구 하부 및 상부로 이동 할수 없어 작업자 이동이 막힌 전경

2) 기술개발 목표 가치 설정

A 개발기술 목표치 설정

A 1 수직구 크기(심도, 직경) 목표치 설정

- 수직구의 크기 및 목표치는 현재 시공, 설계, 시공완료된 수직구를 바탕으로 조사를 실시한후 목표치를 설정
- 수직구 심도 조사
- 수직구 직경 조사
- ☞ 직경 30m이하, 심도 120m 이하로 목표치 설정

건설 예정 및 완료 대심도, 대구경 수직구 크기 조사표

건설 예정 및 완료 노선		깊이(m)		직경(m)	
노선명	구분	최대	최소	최대	최소
GTX-A (파주~삼성)	철도	80	40	18	8
GTX-A (삼성~동탄)	철도	80	40	12	8
신안산선	철도	100	40	26	8
대곡~소사	철도	100	30	12	6
서부간선도로	도로	110	55	11	11
경인고속도로 제물포터널	도로	100	60	12	8
부산 만덕 센텀 지하도로	도로	120	80	12	8
최대 크기		120		26	

A 2 작업자 안전하고 합법적인 이동 목표치 설정

- 작업자가 안전하게 이동할수 있는 방법 고안
- 작업자가 합법적으로 산업안전 보건법을 준수하며 이동할수 있는 방법 고안
- ☞ 건설현장에서 사용하는 렉기어 타입 인화물용 호이스트 방법 설정



그림 28. 건설현장에서 사용되는 렉기어타입 인화물용 EV

A 3 철근 조립공간의 확보로 철근 조립속도 저하 현상 개선

- 기존 슬립폼, 요크, 실린더, 로드 로 철근 조립 공간 간섭이 심하던 부분 해결
- 기존 슬립폼 요크에 간섭되는 횡철근 때문에 슬립폼이 상승 할수 없어서 철근공과 콘크리트 타설공이 동시에 작업이 불가능한 현상 개선 목표

☞ 요크 제거, 횡철근 슬립폼 상승과 상관없이 조립, 로드 제거 목표 설정

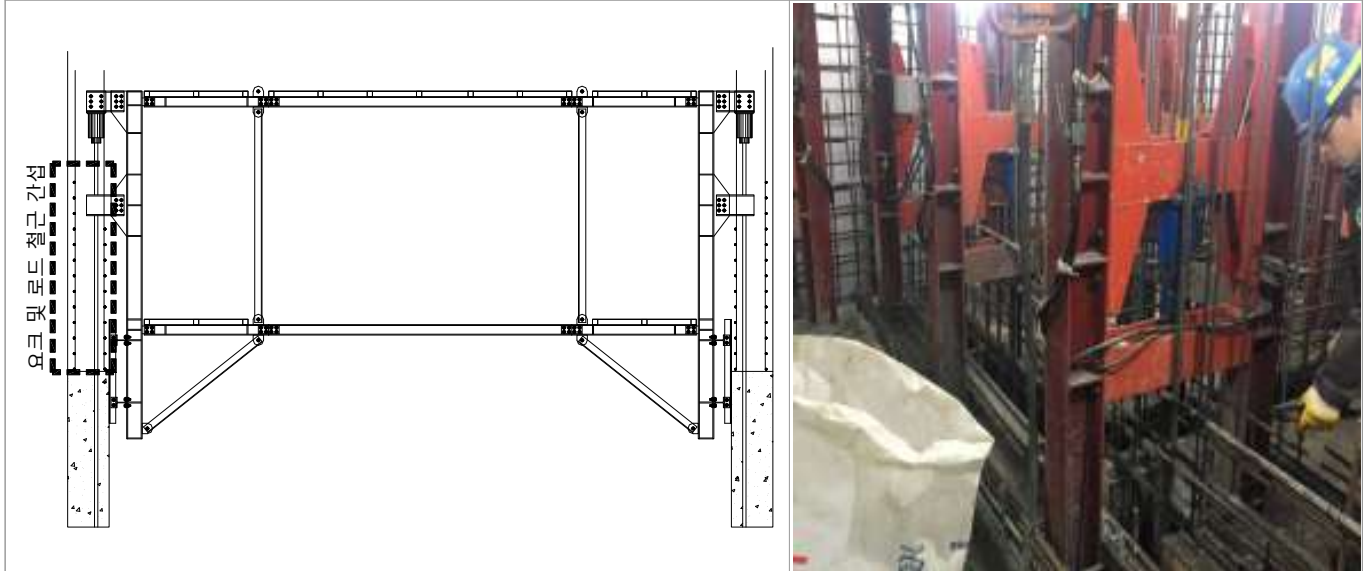


그림 29. 철근 간섭 전경 및 복잡한 수직구 슬립폼 내부

A 4 수직도 개선

- 수십개의 유압 실린더를 한 개의 유압펌프로 조정함 ☞ 유압이 일정하게 분배되지 않아 수직도 조절이 어려움
- 기존 슬립폼 수직도 조절 개선 필요

☞ 수직도 개선이 필요하며 수직도가 틀어지더라도 수직도를 조정할 방법 확보 목표치 설정

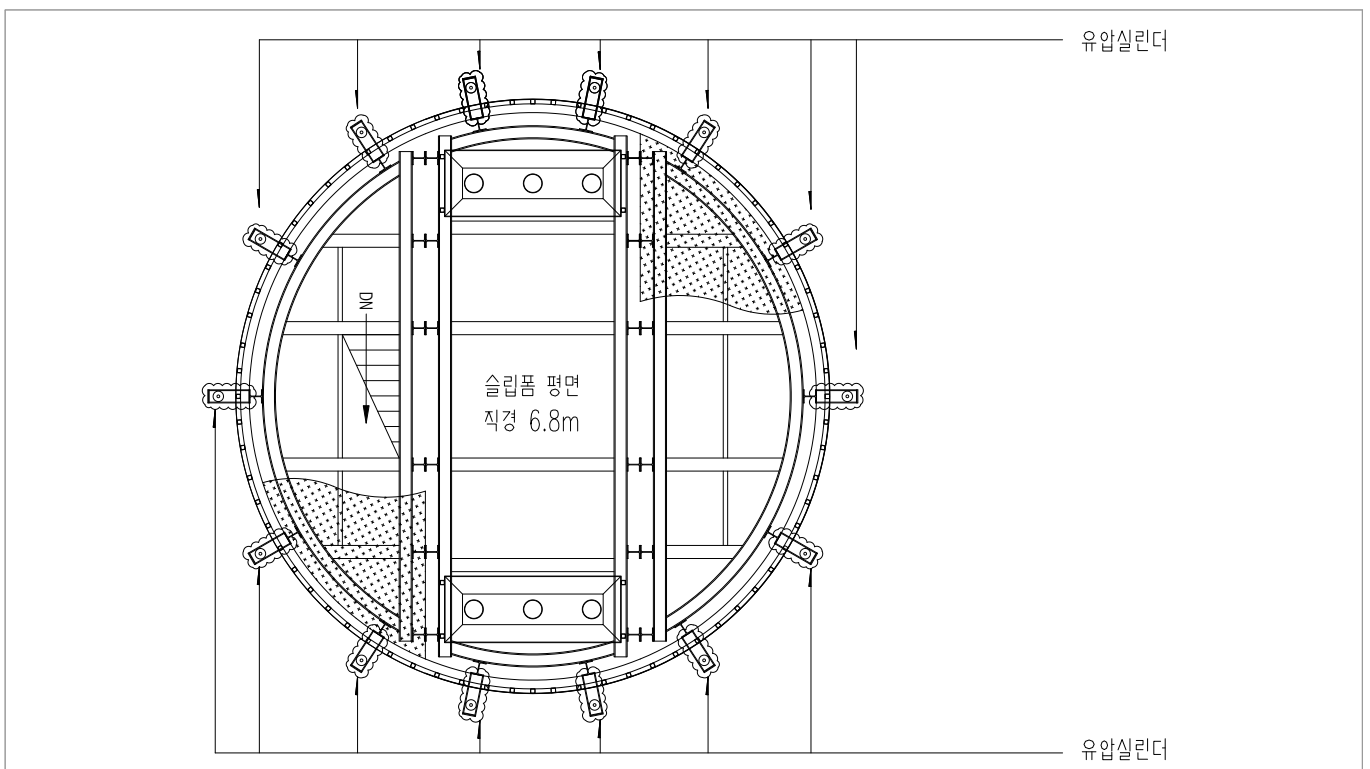


그림 30. 직경 6.8m 슬립폼에 설치된 유압실린더 14개 유압오일 분배가 어렵다

A 5 슬립폼 상승시 횡갱접속부 로드 매설 문제 해결

- 기존 슬립폼 공법은 횡갱 접속부 로드 매설 불가
- 수직지지 장치인 로드가 횡갱접속부에 매설되지 않으므로 수직상승시 어려움
(실제현장에서 크레인 및 윈치로 수직 상승 시키기도 함)
- 👉 로드를 이용하여 상승이 아닌 기타 상승 방법 목표치 설정



그림 31. 로드를 매설하기 할 수 없는 수직구 횡갱 접속부 전경

A 6 슬립폼 시공시 단면 막힘 문제 해결

- 기존 슬립폼 공법은 횡갱 접속부 로드 매설 불가
- 수직지지 장치인 로드가 횡갱접속부에 매설되지 않으므로 수직상승시 어려움
(실제현장에서 크레인 및 윈치로 수직 상승 시키기도 함)
- 👉 로드를 이용하여 상승이 아닌 기타 상승 방법 목표치 설정



그림 32. 직경 6.8m 슬립폼에 설치된 유압실린더 14개 유압오일 분배가 어렵다

A 7 산업 안전 최우선

- 대심도 수직구는 심도가 보통 40m 이상이기 때문에 낙하 위험요소를 완벽히 차단 해야함
(낙하위험, 화재시 질식 위험등, 낙하물 위험 등 위험요소가 많음)
- 산업안전에 대한 중요도가 매우 높아지는 현 사회에서 최선을 다해 안전을 최우선 연구개발 목표 가치 설정
- 공법의 모든 구성 안전 검토

B 연구개발 최종 설정 목표치

구분	최종 목표						
	적용성 연구개발	안전성 연구개발	시공성 및 경제성 연구개발				사업성 연구개발
	적용 수직구 목표치	작업자 안전하고 합법적 이동	철근조립 공간 확보 철근조립 속도 확보	수직도 개선	횡강 접속부 로드매설 문제 해결	슬립폼 시공시 단면 막힘 문제 해결	현장적용 매출 건설신기술인증
목표치 설정 근거	국내 시공예정 수직구 조사 조사최대심도 120m 조사최대직경 26m	기존 슬립폼 작업자 이동방법 없음 불법적으로 이동식케이지와 이동식 크레인 이용하여 작업 자 이동	기존 슬립폼 지하수직구 내부 철근 조립 공간 매우 협소 하며 횡철근 조 립시 간섭 심함	수십개의 유압 실린더를 한 개 의 펌프로 조정 하기 어려움	로드 매설불가로 수직상승시 지지 점이 없어 문제 가 발생됨	슬립폼 시공시 수직구 단면이 슬립폼에 막혀 서 작업자가 하 부로 이동 할수 없으며 전체 공정에 영향을 주며 공 사가 불편함	사업화 과제인 본과제를 성공시 키기 위해 현장 적용 및 매출을 일으키고 이 실 적을 바탕으로 건설신기술 인증
목표치 설정 및 연구 개발 방향	국내 모든 대심 도 수직구를 커 버 할수 있는 슬 립폼 연구 개발	기존건설현장 작업자 이동방 법 조사후 안전 하고 합법적인 작업자 이동방 법 연구개발	횡철근 조립을 위해 로드와 유 압실린더를 배 제하고 기타 다 른 방식의 상승 방식 필요	수십개의 유압 실린더를 배제 하고 유압실린 더가 개별적 조 작이되는 방법 연구개발	로드를 통한 슬 립폼 상승이 아 닌 다른지방법 을 이용하여 슬 립폼 상승 방법 연구개발	작업자가 하부로 이동가능하 도록 타워내부 를 이용하고 타 워 내부에는 렉 기어타입 인화 물 리프트 개발	현장적용 현장매출 건설신기술인증
최종 설정 목표	목표최대심도 150m 목표최대직경 30m	렉기어타입 인화물리프트 개발 필요 안전,합법적 인화물 리프트 확보	타워마스트를 이용하여 철근 조립공간을 확 보하고 횡철근 조립시 간섭 배제	각각의 유압실 린더가 전진 후 진이 가능하고 개별적 조절이 가능한 대용량 유압실린더 적용	타워마스트를 와 전단키를 이 용하여 슬립폼 상승	타워내부를 이 용하여 수직구 상단에서 하부 로 이동할 통로 확보	현장적용 1건 현장매출5.3억원 이상
목표치 검증 방법	최대직경 최대깊이 구조검토 적용가능 현장 실적용	실제현장적용 후 안전성 및 합법성 검증	실제현장 적용 후 공간 확보 확인 및 실제 철근 조립 성능 작업자와 확인	실제현장 적용 후 수직도 검증	타워마스트 개 발 및 제작 타워마스트 현장 적용 및 사용성 검증	확보된 타워마스 트 내부 공간 검증	현장 매출 계약 서 및 계산서, 사 진대지등 건설신기술 인증

안전과 시공성 을 최우선 가치로 안전 개발을 진행

최종 목표

- 연구개발 목표 최대 심도 150m, 목표 최대 직경 30m(타워 및 슬립폼 검토)
- 안전하고 합법적인 작업자 이동방법(인화물 리프트)
- 철근조립 공간 및 철근조립 간섭현상 제거
- 개별 유압실린더 조절을 통해 수직도 확보
- 수직구 하부 횡강 접속부위 슬립폼 통과시 안정적으로 수직상승
- 수직구 상단에서 하부로 혹은 반대로 작업자가 상시 이동가능 하도록 통로 확보
- 개발 공법 현장적용, 현장 매출, 건설 신기술 인증

3) 기술개발 과정

A 1단계 개발

A 1 기존 공법 문제점 파악 단계 (2015~2017)

- 기존 슬립폼 공법 교량 및 사일로등 지상 구조물에서 지하대심도 수직구 적용 시작
 - ☞ 수서 ~ 평택 2015년 경부터 대심도 수직구 슬립폼 적용
 - ☞ 횡갱 접속부 슬립폼 통과 어려움 극복 필요성 인식
 - ☞ 철근 조립 시 횡철근 슬립폼 상승시 간섭되어 개선 필요 인식됨
 - ☞ 작업자 이동시 위험하고 위법한 사항 개선 필요 인식됨
 - ☞ 기존 슬립폼 공법 대심도 적용시 개선의 필요성 인식 (2017년경)



그림 33. 대심도 수직구 슬립폼이 적용된 SRT (수서 평택)

A 2 문제점 개선 아이디어 도출 단계 (2018 상반기)

- 2018년 초반 시장조사, 아이디어 도출 및 연구 시작
 - ☞ 국내외 시장 조사, 국내외 지적재산권 조사
 - ☞ 타워 마스트를 이용하여 상승 하는 방법 아이디어 채택 ☞ 특허 출원
 - ☞ 타워 내부 비상 사다리 채택 ☞ 특허 출원

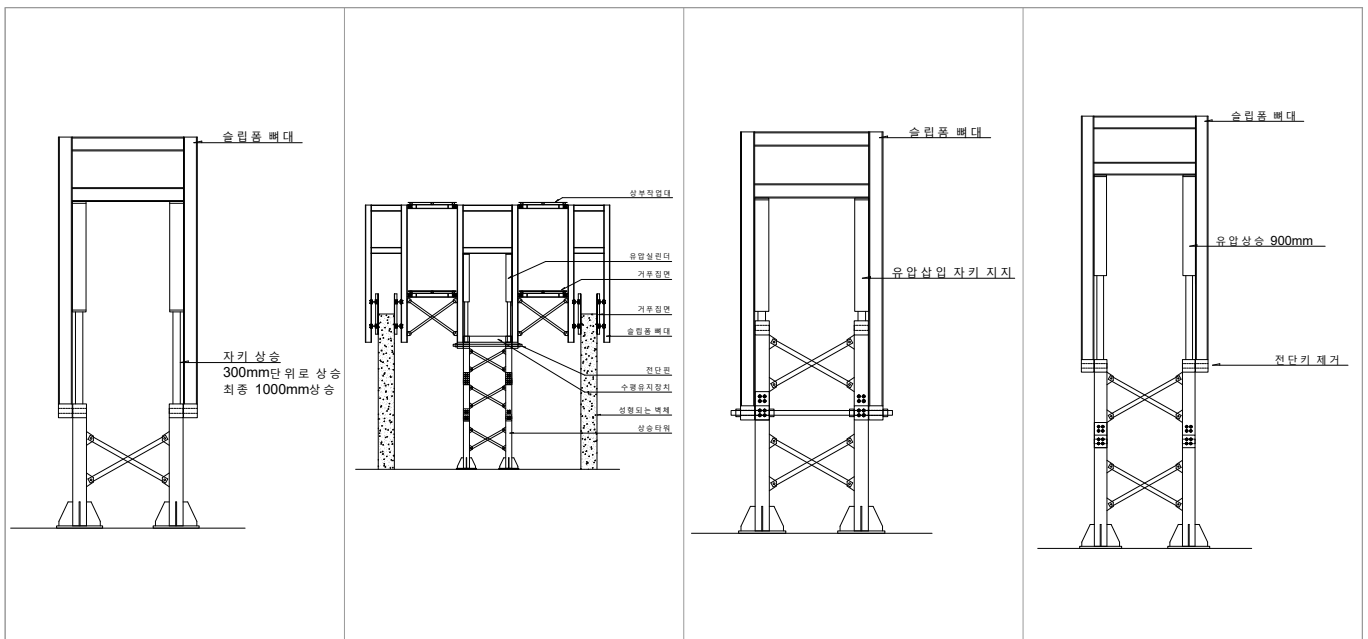
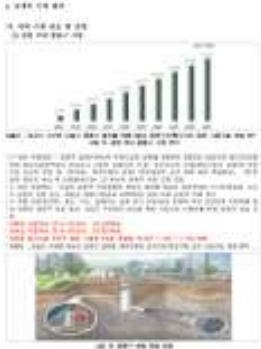
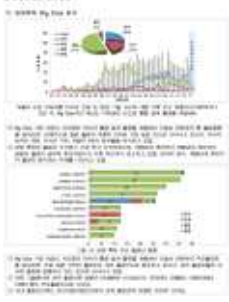
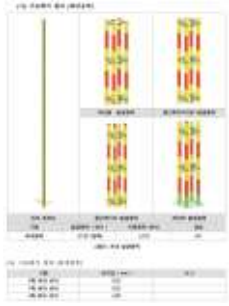
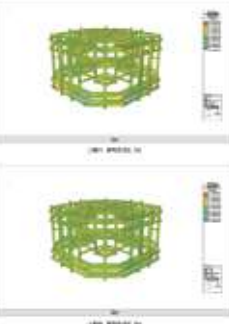


그림 34. 초기 프로토 타입 아이디어 (안)

A 3 프로토 타입 개발 과정(2019년도 상반기)

내용	보고서 전경	
○ 대상기술 시장조사 ☞ 국내외 시장조사 ☞ 국내외 장래 시장 규모 파악		
○ 선행기술조사 ☞ 국내외 선도 업체 기술 조사 ☞ 관련 기술 조사 ☞ 국내외 특허 조사		
○ 타워형 슬립폼 설계 ☞ 타워형 슬립폼 표준설계 ☞ 타워형 슬립폼 구조검토 ☞ 기초 및 전단키, 마스트 좌굴 검토		
○ 타워형 슬립폼 탈형강도 목업 실험 ☞ 탈형 강도 측정 목표 설정 ☞ 목업 실험 실시 및 탈형강도 추정		
○ 타워형 슬립폼 프로토타입 공장 제작 ☞ 설계된 내용으로 타워 마스트제작 ☞ 타워 연계 슬립폼 제작 ☞ 동조화 및 전진 후진이 가능한 유압실린더 제작		
		

내용	전경
○ 타워형 슬립폼 시험 시공 ☞ 프로토타입 테스트베드(진형건설 공장부지) 실제 시공 ☞ 현장 가조립 수행 ☞ 8m 구조물 슬립업 수행(4일간) ☞ 기초 타설 및 기초 매립 ☞ 폼조립 수행 ☞ 철근 조립 수행 ☞ 콘크리트 타설 수행 ☞ 슬립업 수행 ☞ 프로토 타입 모델 전체적 공법 운영 ☞ 신기술 프로토 타입 문제점 확인 필요 ☞ 신기술 프로토 타입 문제점 확인 및 개선 ☞ 타워 내부 작업자 엘리베이터 필요성 인식	
○ 타워형 슬립폼 대표 시방서 초안 작성 ☞ 프로토 타입 제작과 초기 시공을 통해 특별 시방서 작성	보. 보타형 슬립폼 시공방안 1. 개요 2. 목적 3. 적용 범위 4. 관련 법령 5. 참고 문헌 6. 기타 보. 보타형 슬립폼 시공방안 1. 개요 2. 목적 3. 적용 범위 4. 관련 법령 5. 참고 문헌 6. 기타
○ 공법 홍보자료 ☞ 공법 홍보를 위한 영상제작 ☞ 공법 홍보를 위한 공법 소개자료 제작	보. 보타형 슬립폼 1. 개요 2. 목적 3. 적용 범위 4. 관련 법령 5. 참고 문헌 6. 기타 

B 2단계 개발

B 1 프로토타입 개선 (2019년도 하반기)

- 프로토타입 시험시공을 통해 몇 가지 문제점 도출
 - ☞ 품의 경량화 필요
 - ☞ 작업자가 편하게 이동할수 있는 타워내부 엘리베이터 시설 필요
 - ☞ EV 시설이 타워 내부 반입되기 위해서는 타워마스트 단면 조정 필요
 - ☞ 유압실린더 높낮이 조절 기능 필요
- 2019년 8~9월 프로토타입 시험 시공을 통해 나온 문제점 해결 필요
 - ☞ 추가 연구과제 필요
 - ☞ 2019년도 말 2단계 연구 개발 목표 수립
 - 목표내용
 - 가. 타워 내부 인화물 EV 시설 구비
 - 나. 타워 높이 120m 이상 구조검토 (1단계 80m검토)
 - 다. 슬립폼 직경 30m 이상 구조검토 (1단계 8m검토)
 - 라. 타워 상부 콘크리트 분배 호퍼 배치 연구
 - 마. 타워 내부 EV 시설 구비하기 위한 타워 마스트 단면 변경
 - 라. 타워 및 인화물 리프트(EV) 인허가 절차 필요
 - 사. 실제 현장 적용후 검증 필요
 - 아. 개발 신기술의 사업 활성화를 위한 비즈니스 모델 개발 필요

B 2 타워 마스트 신규 개발 (2020년도 상반기)

- 기존에 연구 되었던 타워 마스트가 인화물리프트(엘리베이터)를 구비하기 공간이 협소하여 타워마스트 새로운 단면 개발
 - 기존단면(1m × 1m) → 신규단면 (1.3m × 2.0m)
- 신규단면 구조검토 및 설계

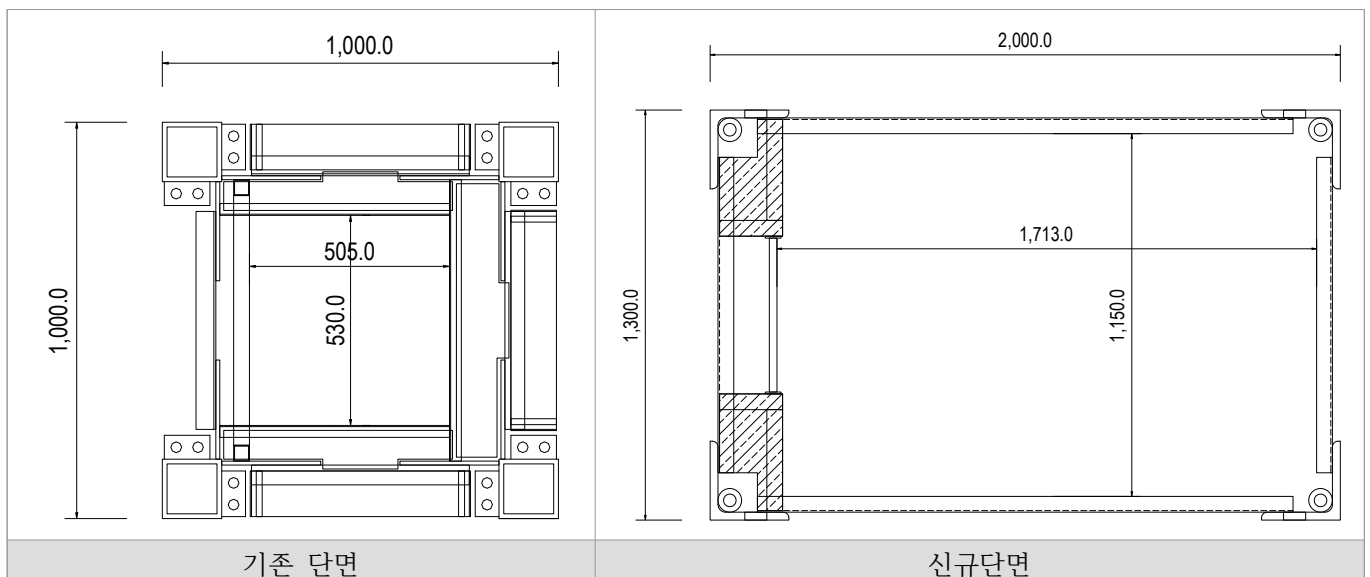


그림 35. 기존 단면, 변경된 신규단면

B 3 타워 마스트 신규단면 제작 (2020년도 하반기)

- 새롭게 설계된 신규단면 제작
- 새롭게 개발된 타워 마스트는 호이스트 및 타워크레인 전문업체를 통해 제작함



그림 36. 제작중, 제작완료된 타워마스트

B 4 타워 마스트 실내 실험 (2020년도 하반기)

- 새롭게 개발된 타워 마스트와 전단키를 이용하여 실제 슬립폼이 작업될 때 부하가 걸리는 부분을 실내실험을 수행함
- 실험장소 한국전력연구원
- 실험목표 : 개발 공법중 중요 구성인 타워 마스트, 전단키의 구조적 성능 확인
- 실험방법 : 타워 마스트와 슬립폼 작업시 사용되는 전단키를 삽입하여 가력기로 전단키를 가력하여 타워마스트 전단키삽입구멍과, 전단키(환봉) 구조적 검토 확인

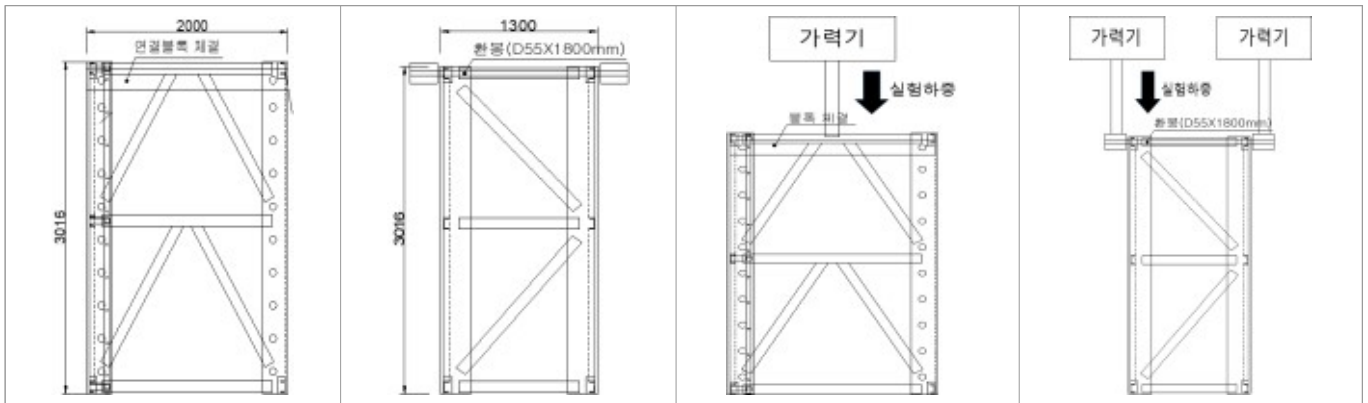


그림 37. 실험 방법 전경



그림 38. 실험 전경

B 5 타워마스트 내부 엘리베이터 (렉기어타입) 개발 및 인허가 (2020년하반기)

- 새롭게 개발된 타워 마스트 내부 최적화된 인화물 호이스트 개발
- 인, 화물 모두 가능한 EV 설정
- 타워 마스트 내부를 최대한 활용하여 인화물 호이스트 개발
- 인화물 호이스트 전선 꼬임 방지를 위한 파워케이블 적용

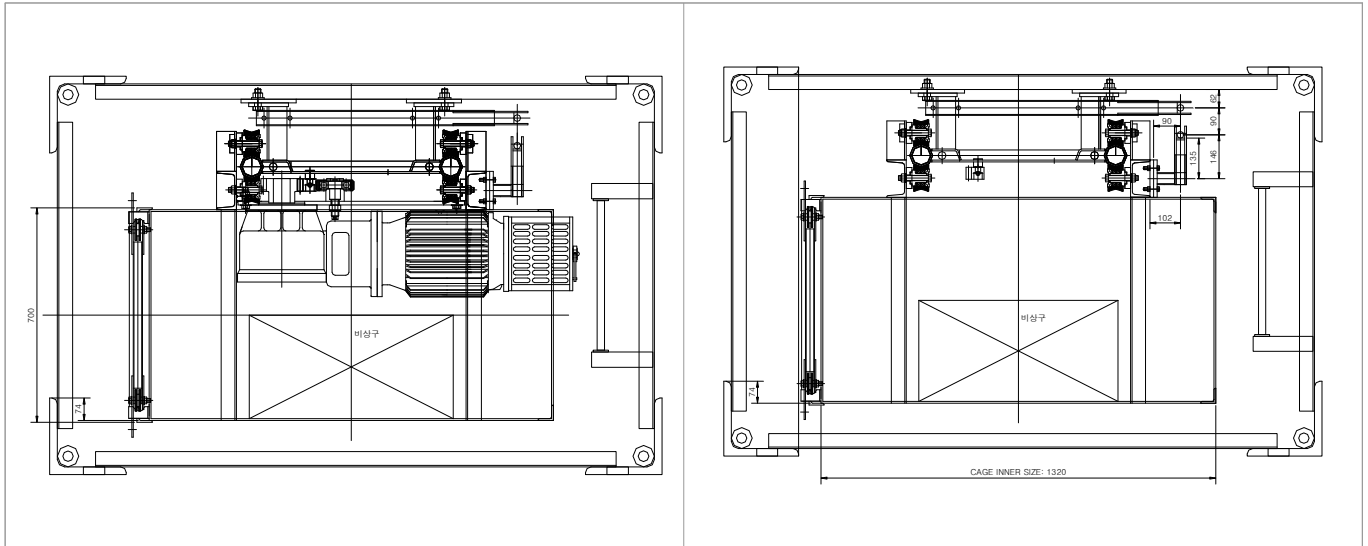


그림 39. 인화물 호이스트 렉기어타입 설계안(타워내부 엘리베이터)



그림 40. 제작중인 타워 내부 인화물 호이스트 (타워내부 엘리베이터)



그림 41. 인화물 호이스트 시운전 (타워내부 엘리베이터)

B 6 대용량 유압실린더 제작 (2020년 하반기)

- 전체 슬립폼 시스템을 안전하게 상승 시킬수 있는 대용량 유압실린더 제작
- 스트로크 1000mm(변위량)
- 전진 및 후진력 15tonf



그림 42. 대용량 유압실린더 전경

B 7 4연동, 8연동 동조 유압펌프 제작 (2020년 하반기)

- 4개, 8개 유압실린더 동시 연동 유압 펌프 제작
- 정확한 유압 분배가 되어 정확한 스트로크가 발생하며 정확한 수직도가 유지됨
- 전진, 후진, 정지 기능 제작, 개별 조절 밸브 포함 제작



그림 43. 4연동 및 8연동 유압 펌프 전경

B 8 최초 적용 현장조사, 기술 설명 및 홍보 (2020년 상반기, 하반기)

본 공법은 새롭게 개발 한 공법이며 기존 현장에서 새로운 공법을 적용하기는 매우 어려웠다, 모든 현장에서 좋은 장점은 인정하지만 실제현장에서 검증되지 않은 불안정 요소가 있었기에 대부분의 현장에서 거부감이 컸었다.

본 기술개발자와 영업 담당자들은 본 기술을 소개, 홍보등에 노력을 하였으며 아래 리스트는 그동안 공법 소개 및 영업 진행 현장 리스트이다.

최종적으로는 한국전력공사 전력구 현장인 광양~여수 수직구 현장에서 최초 적용 할 수 있었다.

- 공법 소개 및 홍보 현장 리스트

- GTX A 라인
- GTX A 파주~삼성 라인
- 신안산선 전체 사업단(포스코건설)
- 대곡소사 복선전철 민간투자사업 라인
- 서부간선도로 민간투자사업 라인
- 경인고속도로 지하화 제물포 터널 라인
- 여수지역 전기공급시설 전력구공사(광양CC~신여수) (두산건설) ☞ 최초 현장 적용

B 9 슬립폼 공장 가조립 및 공품 책임 공개 시연(2021년 상반기)

본신기술은 새롭게 개발 한 공법이며 최초 적용 현장인 광양~신여주CC 에서도 공법적용을 부정적으로 인식 하였다. 발주처(한국전력공사)에서는 새로운 공법을 적용하기 위해선 슬립폼이 정상적으로 작동되는지를 확인 하고 싶었고 개발사인 진형건설은 비용투자 실시하고, 공법 적용을 위해 공개 시연을 준비하고 진행하였다. 공법시연은 진형건설 공장 부지내에서 진행하였으며, 슬립폼에 콘크리트를 타설하지 않은 공품인 상태로 타워 를 이용하여 공품이 상승되는 시연을 진행하였다. 공품 상승 높이는 지상에서50cm 상승 시연을 진행하고, 전 체 TL-FORM 시스템의 구성요소의 검증을 수행함.



그림 44. 진형건설 공장 부지내 TL-FORM 조립 전경 및 공개시연 전경

B 10 슬립폼 최초 현장 적용 (광양CC~신여수 전력구, 2021년 상반기)

본 신기술은 광양CC~신여수 전력구 현장 수직구#3에서 최초 적용 및 검증 하였다. 광양CC~신여수의 수직구#3 공사 개요는 다음과 같다.

- 공 사 명 : 광양-여수지역 전기공급시설 전력구공사(광양CC-신여수) 수직구#3
- 공사규모 : 56.365m(깊이), 7.6m(직경)
- 공사기간 : 착수일로부터 5개월
- 공사목적 : 광양-여수지역 전기공급시설 전력구 공사 중 수직구 구조물 시공을 TL-FORM 을 이용하여 시공 하며, 설계도서와 시방서에 의거 현장여건, 안정성 및 시공성 등 제반측면을 고려 안전과 고품 질의 목적물을 확보하고 공기내 공사를 시행하기 위함임
- 발 주 처 : 한국전력공사
- 시 공 사 : 두산건설 주식회사
- 공사내용 : 수직구#3 구조물 TL FORM 공사
- 공사시기
 - 2021년 4월초 폼조립(약5일)
 - 2021년 4월~2021년5월 초 TL-FORM 상승(약25일)
 - 2021년 6월~2021년6월 말 내부 PC구조물 공사(약5일)



그림 45. TL-FORM 공사 전경

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

A 기존 슬립폼 공법 조사

슬립폼 공법을 조사하기 위해 먼저 정부의 정책동향에 대해서 조사를 수행하였다. 정책 동향은 향후 공법의 사용성 과 사업성과 연계되어 중요한 부분이다. 다음은 예산 안에 대해서 간략 조사를 수행하였다. 정부 예산 동향 역시 사업성과 연계된 부분이며 본과제의 최종 목적인 사업화와 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다.

특허안에 대해서는 키프리스 조사와, 관련된 타 연구과제의 조사결과를 바탕으로 조사를 수행하였다. 관련 기술 업체에 대해서는 인터넷 조사를 바탕으로 수행되었으며 전화 접촉 방법으로도 관련 업체 기술을 조사하였다.

A 1 국내 관련 정책 동향

5대 국정 목표 및 100대 국정과제 정책의 건설안전 중요성

- 5대 국정목표 중 ‘내 삶을 책임지는 국가’의 인프라 시설물의 안전성 확보
- 100대 국정과제 중 ‘안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축’, ‘지속능한 국토환경 조성’, ‘미세먼지 걱정 없는 쾌적한 대기환경 조성’의 달성을 위한 건설안전 분야 필수 기술로 확보

국토교통부 : 도시지역 지하도로 설계지침 및 보상제도 제정

- 도시지역 지하도로 계획 및 건설이 증가하고 있으나, 보상제도가 토지소유자의 높아진 권리의식에 부합하지 못하여 건설이 지체되고 있어 원활한 사업의 진행을 위한 법적 근거 마련을 위한 제도의 제정을 수행 중

국토교통부 : 안전기준 대폭 강화, 구분지상권 미설정 등 골자로 특별법 제정 (2019.11.21.)

< 「(가칭) 대심도 교통시설 안전관리 등에 관한 특별법」 주요내용 >

- ① 대심도에 대한 기준(한계심도)을 법률로 규정
- ② 대심도 교통시설에 대폭 강화된 안전, 소음·진동 등 기준 적용
- ③ 주민의 재산권 행사 제약 가능성 차단
- * 구분지상권 미설정, 장래 토지이용상 불이익 배제, 인센티브 부여 등

수도권 지하고속도로 관련 계획 및 정책

- 제4차 국토종합계획 수정계획(2006~2020)에서 제시한, 지역간 균형발전 및 네트워크형 인프라 구축을 위해서, 수도권역과 서울시를 연계하는 지하고속도로 구상안을 제안하였음
- 수도권지역 기존 고속도로망에 대한 도로용량을 증대시켜 교통 혼잡을 해소하기 위하여 수도권 지하고속도로구상계획안을 검토 하는 등 지하 교통망 구축을 위한 구체적인 시도가 진행되고 있는 상황임 (한국도로공사, 2011)

정부예산은 기획재정부의 국가재정 운용계획 중 건설 분야에 대해서 조사를 하였다. 조사 결과 SOC 투자 감소세가 나타 나고있는 것을 확인된다.

구분	2014	2015	2016	2017	2018	2019
도로	8,470	9,085	8,372	7,366	6,809	6,346
철도·도시철도	6,803	7,405	7,183	6,414	5,987	5,737
해운·항만	1,505	1,664	1,728	1,599	1,474	1,443
항공·공항	101	136	144	151	165	171
물류 등 기타	2,015	205	2,016	2,059	2,059	2,036
수자원	2,389	2,273	2,175	1,968	1,806	1,654
지역 및 도시	1,514	1,349	1,075	1,029	985	942
산업단지	899	890	630	512	443	391
합계	23,696	23,007	23,323	21,098	19,728	18,720

% 기획재정부, “2015~2019 국가재정운용 계획” 단위(억)

- 최근 10년 동안 정부의 SOC 부문에서 예산 추이에서도 전반적인 감소가 뚜렷하며, 특히 2015년 10.4%의 예산 증액 이후 매년 8~9% 이상으로 큰 폭의 예산 감소가 되는 실정
- 최근 SOC 부문에 대한 예산이 줄고 있는 실정이나, 수도권 교통혼잡 등 인구의 50%가 밀집한 수도권의 특성을 감안한 광역교통 비전 등이 발표되면서 지하 교통 인프라에 대한 수요는 증가될 것으로 예상됨
- 특히 대도시권 광역 교통위원회의 지난 10월 31일자 발표 중 '광역교통 비전 2030'의 내용에는 GTX, 환승센터, 지하도로 등 수도권 전체를 연결하는 지하 교통망 계획이 포함되어 있어 지하 교통 인프라 건설에 필요한 안전성 확보 기술의 개발이 필요할 것으로 판단
- 건설현장 안전을 위해 적정안전 관리비 예산 확보 계획함



그림46. 건설 현장 안전이 중요시 되는 향후 정책 방향



%출처 도심 지하교통 인프라 건설 및 운영 기술 고도화 개발 기획 연구 최종보고서(2019.12.)

그림 47. Big Data기반 대심도 지하공간 인프라 통합 설계 플랫폼 개발(AA)

- Big Data 기반 대심도 지하공간 인프라 통합 설계 플랫폼 개발(AA) 기술과 관련하여 특허 출원동향을 살펴보면, 전체적으로 일본 출원의 비중이 51%로 가장 높은 것으로 나타나고 있으며, 이어서 한국이 28%, 미국이 17%, 유럽이 4%의 점유율을 차지하고 있음
- 관련 특허의 출원은 미국에서 가장 먼저 시작되었으며, 1980년대 후반부터 1990년대 후반까지 일본의 출원이 급격히 증가하였다가 이후 최근까지 감소하고 있음. 한국의 경우, 1990년대 후반부터 출원이 증가하는 추세를 나타내고 있음

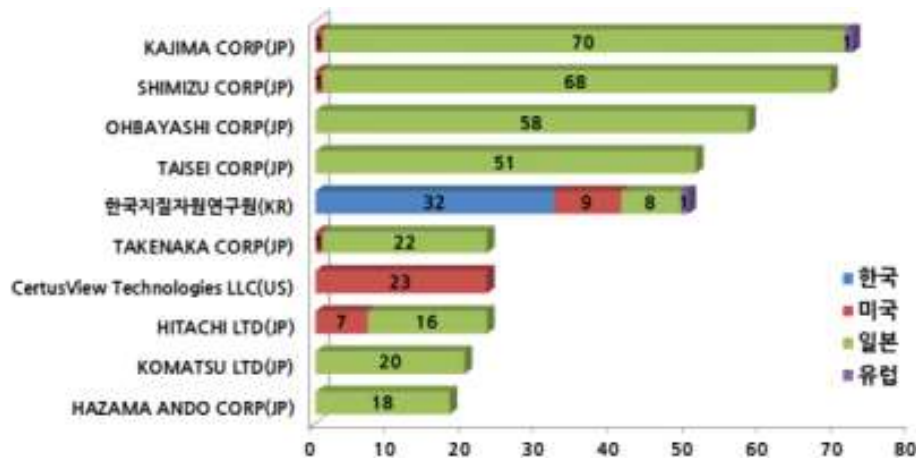


그림 48 관련 특허 주요 출원인 현황

- Big Data 기반 대심도 지하공간 인프라 통합 설계 플랫폼 개발(AA) 기술과 관련하여 주요출원인을 살펴보면, 주로 일본 국적의 출원인이 상위 출원인으로 분포하고 있으며, 상위 출원인들은 자국의 출원에 집중하고 있는 것으로 나타나고 있음.
- 관련 기술분야의 최다 출원인은 일본의 KAJIMA로 나타났으며, 이외에도 SHIMIZU, OHBAYASHI, TAISEI 등이 주요출원인으로 나타남.
- 국내 출원인으로는 한국지질자원연구원이 상위 출원인에 포함된 것으로 나타남.

국내특허			
NO.	명칭	특허권자	내용 요약
1	슬립폼을 이용한 수직구 시공방법	(주)피디티건설	별도의 흠막이 가시설 없이 지반 굴착과 동시에 수직구 벽체를 시공하면서도 수직구 벽체의 상부에서 양생 기간과 상관없이 수직구 벽체의 연속 시공이 가능한 슬립폼을 이용한 수직구 시공방법에 대한 것
2	분리형 하이브리드 슬립폼 장치 및 슬립폼 공법	현대건설(주)	타설된 콘크리트의 부착력을 측정하여 필요에 따라 부착력이 강한 폼의 하단부를 콘크리트와 분리시키도록(거푸집 분리용 유압잭) 구성함으로써 시공의 효율성을 향상시킬 수 있는 슬립폼 장치 및 슬립폼 공법에 관한 것
3	새로운 슬립폼 및 이를 이용한 콘크리트 타설공법	(주)대한트레이산업	새로운 슬립폼 및 이를 이용한 콘크리트 타설공법에 관한 것으로, 고정용 스킨플레이트와 이의 이면에 고정 부착되는 길이가 긴 복수의 메인 보강파이프로 구성되어 상기 고정용 스킨플레이트가 좌,우로 연결 배열되는 구성으로 설치되는 슬립폼에 있어서, 복수의 고정용 스킨플레이트 들이 좌,우로 연결 배열될 때 상단부분에 "n" 모양으로 형성된 복수의 조립요홈이 형성되며, 상기 복수의 조립요홈 각각에는 서로 이웃하는 조립용 스킨플레이트 각각의 상단이 수평하게 형성되도록 "m" 모양으로 된 복수의 조립용 스킨플레이트가 조립 연결되도록 구성된 슬립폼과 이를 이용한 콘크리트 타설공법을 특징
4	섬유강화복합소재 판을 이용한 슬립폼	한국건설기술연구원	섬유강화복합소재(FRP)로 이루어지고 간편하게 조립 분해가 가능한 구성을 가지는 판부재를 이용하여 슬립폼 공법에 이용되는 콘크리트 타설용
5	수직터널 복공벽 성형용 슬립폼장치	(주)성풍건설	수직터널 복공벽 성형용 슬립폼장치에 관한 것
6	원치 권상식 슬립폼	(주)성풍건설	원치 권상식 슬립폼에 관한 것으로서, 작업데크부 상기 작업데크부에 결합되고, 굴착지반에 이격된 위치에 구비되어 콘크리트 주입 공간을 제공하는 스킨플레이트 및 상기 작업데크부가 수평 균형을 유지하면서 상기 굴착지반 내를 이동하게 하는 원치부를 포함하며, 상기 원치부는 상기 작업데크부에 결합되며, 상기 스킨플레이트의 방사상 내측 상부에 위치하는 케이블과, 지반에 고정되어, 상기 케이블을 권취 또는 권출하는 케이블 드럼을 포함하는 것을 특징으로 하며, 본 발명에 따르면, 복공벽 내에 위치하는 철근의 검침이 가능하기 때문에 양생 이후의 복공벽 내 구성이 향상될 뿐만 아니라, 스킨플레이트가 비틀어지는 것을 방지할 수 있어서 수직 터널의 연직도를 유지할 수 있다
7	수직터널 콘크리트 주벽 성형용 슬립폼과 그 콘크리트 주벽시공방법	삼부토건(주)	원형 수직터널 콘크리트 주벽 성형용 슬립폼은 본선터널에 연결되는 원형 수직터널의 주벽 내주면을 형성하기 위한 복수개의 원호형 스킨 플레이트와, 상기 스킨 플레이트가 외측으로 용접되어 지지되는 제1,제2,제3 활꼴형 프레임과, 상기 제1, 제2,제3 활꼴형 프레임이 서로 절첩 가능하게 연결되어 형성되는 주벽 성형용 슬립폼과, 상기 주벽 성형용 슬립폼의 제1,제2 활꼴형 프레임이 좌우로 절첩되도록 그 일단부를 회동식으로 절첩 가능하게 연결하는 힌지 연결부와, 상기 제1,제2 활꼴형 프레임의 타단부에 제3 활꼴형 프레임의 양단부를 절첩 가능하게 연결하는 절첩 연결부를 포함하여 구성되는 원형 수직터널 콘크리트 주벽 성형용 슬립폼과 그 콘크리트 주벽 시공방법
8	굴곡벽 구조물 시공용 슬립폼 장	최성한	굴곡벽 구조물의 시공시 단차가 형성되지 않도록 하여 응력의 집중을 막을 수 있으며, 철근과 같은 보강재의 사용량을 줄이면서도 동일한 강도를 유지할 수 있도록 한 굴곡벽 구조물 시공용 슬립폼 장치를 제공하는 것을 목적
9	슬립폼 양중 속도에 따른 타설 속도 제어 장치	(주) 대우건설	슬립폼 양중 속도에 따른 타설 속도 제어 장치에 관한 것
10	슬립폼을 이용한 사일로 시공방법	주식회사 지스코	벽체를 구성후 지붕을 올리는 방법에 대한 특허
11	히팅슬립폼 패널	네오시티	거푸집이 가열되어 양생속도를 빠르게 하는 특허
12	변단면 수직구 시공을 위한 슬립폼 및 이를 이용한 변단면 수직구 시공방법	네오시티	내벽 안쪽에 돌출부가 형성되어 있어 평면단면이 작아지는 부분을 갖는 변단면 수직구 시공에 이용되는 슬립폼과 이를 이용한 변단면 수직구 시공방법에 관한 것

국내외 경쟁기술 조사는 업체를 바탕으로 조사를 수행하였다. 국내 슬립폼 관련 업체중 수직구를 중심으로 슬립폼 시공하는 업체는 네오시티가 대표적이다. 네오시티는 가열하여 슬립폼 상승속도를 높이는 공법 특허를 보유하며 강세를 보이고 있으며, 철도, 한전 등에서 실적을 다수 보유하고 있다. 반면 네오시티는 수직구 공사중 가장 문제가 되는 작업자 이동에 대해서는 여러 가지 방법으로 문제해결을 수행하려고 노력 하고 있으나 문제가 해결된 것으로 보이지는 않고 있다. 작업자 이동방법은 결국 안전과 직결되어 해결하기 쉽지 않은 문제로 보인다. 다음은 조사 결과 이다.

국내외 관련 경쟁 기술 및 업체 조사표		
NO.	업체명	기술개요
1	성현엔지니어링 (국내업체)	폼 전문업체 슬립폼 뿐 아니라 케이스폼 교각폼, 코핑폼, 클라이밍 폼등 거푸집공법 다수 보유 국내업체 중 시공경험 다수 일반적인 슬립폼 공법
2	청진건설(주), 한국건설기술연구원, 금호산업(주) (국내업체)	BIM을 이용한 설계 및 제작, GFRP 거푸집, 초음파 이용 슬립폼 최적기 상승시스템, 전동 스피들, GPS와 정밀센서를 활용한 시공정밀도 및 형상관리시스템 등을 구비한 신형식 슬립폼시스템과 이를 이용한 콘크리트 타워, 주탑, 교각 구조물을 시공하는 변단면 슬립폼공법 건설신기술 776호
3	네오시티 (국내업체)	주로 지하수직구로 경험함 향후 GTX, 신안산선등 수주를 위해 노력중 일반적인 슬립폼 공법
4	(주) 성풍건설 (국내업체)	굴착과, 라이닝 시공을 동시에 수행 주로 터널 환기구를 수행하며 확강기술을 보유함
5	(주) 우원미래산업	잡철물 제작 전문 수직구 슬립폼 사업진출 철제계단등 기타 잡철물 제작 다수
6	한틀엔지니어링 (국내업체)	일반적인 슬립폼 공법 코핑폼, 피어폼 등 주로 교량 폼웍 전문업체
7	동해이앤씨 (국내업체)	일반적인 슬립폼 공법 코핑폼, 피어폼 등 주로 교량 폼웍 전문업체
8	주식회사 한길	1) 공법개발의 개요 가) 개발 목적 계획 저류량 및 계획부지의 형상에 대응한 합리적, 경제적 설계 및 시공이 가능하고 대용량의 저류공간 확보 및 유지관리가 용이하며, 우수저류조 상부는 공원시설이나 주차장 시설 등으로 이용 가능한 지하 매설형으로 개발된 우수유출억제시설‘프리캐스트 콘크리트 수직구 우수저류조’공법이다. ① 공법의 개요: 공장에서 제작된 링형 형태의 프리캐스트 콘크리트 세그먼트를 지상에서 조립 후 내부 굴착으로 하향 시키는 공법으로 지상 세그먼트 조립-수직구 내부 굴착-침설작업을 반복하여 시공이 단순하고 공장제작방식으로 품질관리가 우수한 공법
9	BEC (싱가폴업체)	싱가포르 본사소재 동남아시아에서 주로 영업 일반적인 슬립폼 공법 코핑폼, 피어폼 등 다양한 구조물에서 슬립폼 경험
10	BITSCHNAU (독일 업체)	슬립폼 특화 업체 슬립폼시스템을 분할하여 현장여건에따라 조립가능 유럽에서 다수 실적
11	NERU (터키업체)	슬립폼 특화 업체 일반적인 슬립폼
12	GBG (오스트리아 업체)	슬립폼 특화 업체 일반적인 슬립폼, 선도적 업체 기술
13	bygging-Uddemann (스웨덴 업체)	슬립폼 특화 업체 일반적인 슬립폼, 선도적 업체 기술

B 타워구조물 구조검토

타워 구조물은 본 연구기술의 핵심 부품이다. 타워는 향후 대량으로 생산되기 때문에 최적화된 단면을 통해서 안전과 경제성 시공성을 모두 확보 해야 만 하는 중요한 구성 이다. 본 연구에서는 타워 구조물을 1차 연구, 2차 연구를 수행하였으며, 1차 연구에서는 주로 작업자가 사다리로 이동하며 슬립폼을 안정적으로 좌굴 없이 상승 시킬수 있는지에 대해서 검토를 수행 하였다. 1차 연구 타워의 주요 포인트는 4각형 각관이 주요 자재를 이루었으며 채널 각관으로 부자재를 이루며 구성되었다. 가로 세로 단면의 크기는 1m × 1m 크기로 구성하였다. 1차연구결과를 바탕으로 진형건설 공장내에서 실제 시험 시공을 하며 문제를 파악 하였다. 실제 대심도에서는 50~100m 높이의 작업자 이동통로가 사다리로는 현실성이 없는 것으로 인식 하고, 이를 토대로 2차연구를 수행하였다. 2차 타워 개발 연구에서는 타워 내부에 인화물 엘리베이터를 구비하는 것이 가장 중요한 연구 사항이었다. 최초에는 윈치나 체인호이스트 같은 장치를 이용하여 타워 내부에 엘리베이터를 구비 할려고 하였으나. 이는 현행법상 사람이 탑승하기에는 안전장치를 구비할 수가 없어 추후 배제가 되었으며. 현재 건설현장에서 사용하고 있는 랙기어 타입의 인화물 호이스트를 이용하는 것으로 결정 하였다. 랙기어 타입의 인화물 호이스트는 일반적으로 사용되는 현장 호이스트로는 타워 내부에 구비할 수 가 없었다. 때문에 호이스트를 별도로 개발 하였다. 구조검토 항목은 타워 구조검토 1차 초기품, 타워 구조검토 2차 상용품, 타워 좌굴 검토 타워 기초 검토를 수행하였다.



그림 49. 타워 마스트 초기품 및 상용품 전경

B 1 타워 구조물 구조검토 1차 검토

구조검토 모델링

- 타워는 전체 타워 자중을 포함, 슬립폼 하중을 40tonf 인양 가능한 슬립폼으로 가정함
- 구조해석은 마이다스를 이용하였으며 요소는 빔요소를 사용함

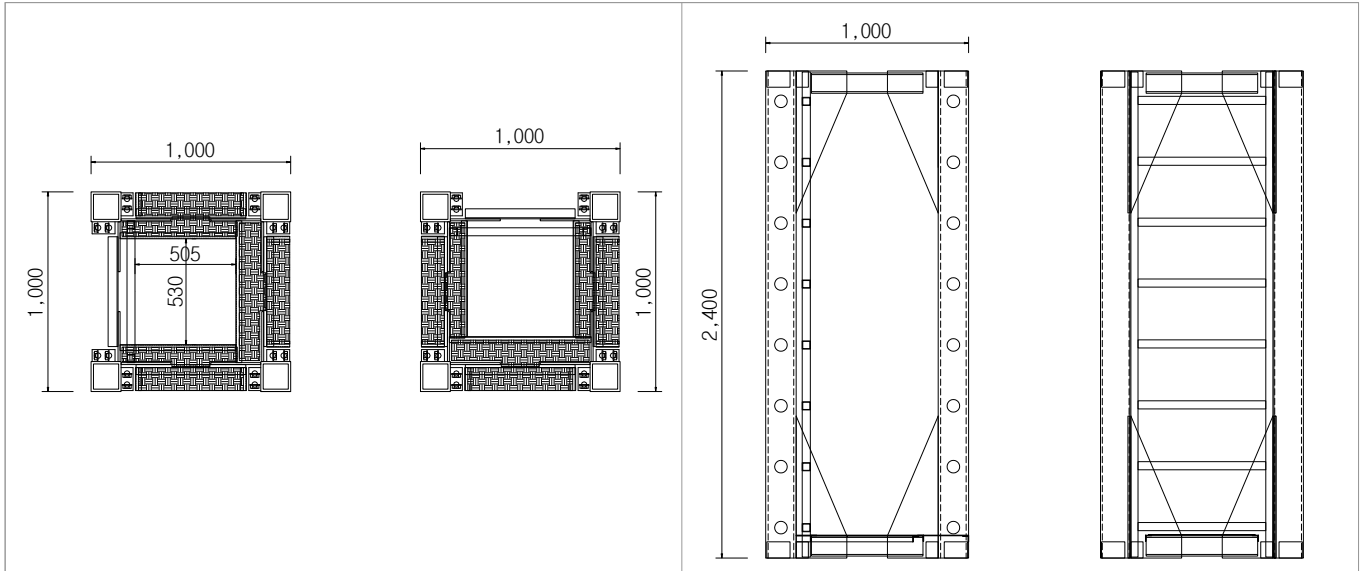


그림 50. 타워 마스트 1차 검토안

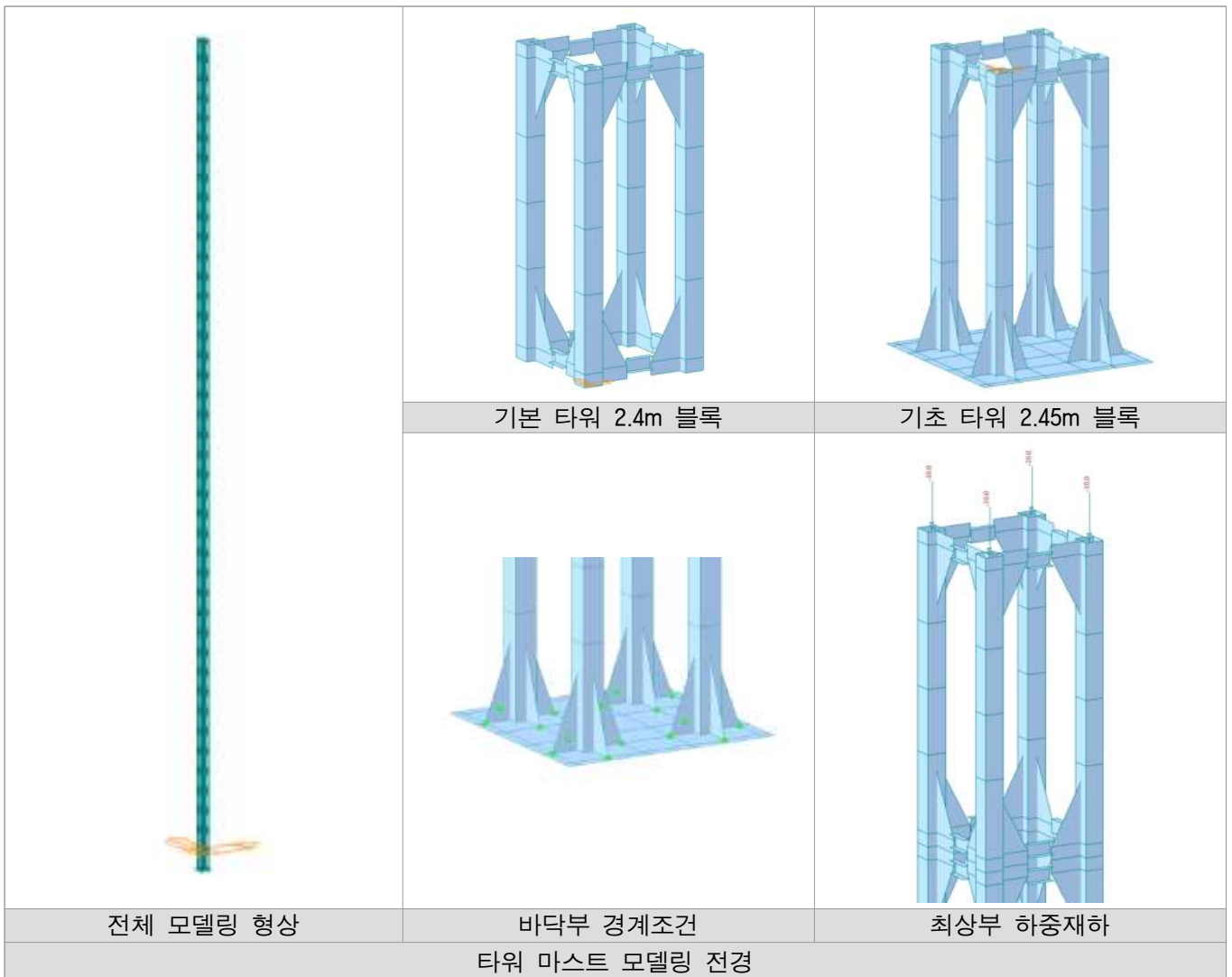
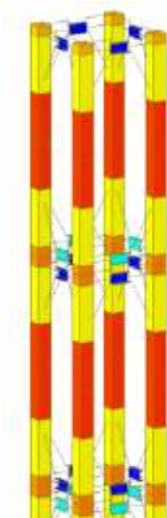
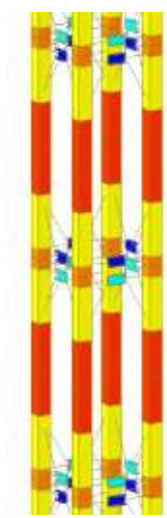
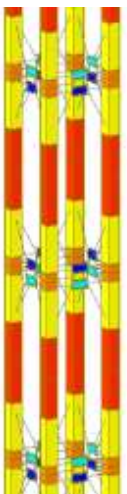
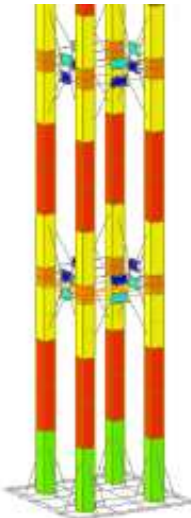


그림 51. 타워 마스트 1차 검토안

구조검토 결과 (최대응력)

					
		최상층 발생응력		중간부(2/3지점) 발생응력	
					
전체 응력도		중간부(1/3) 발생응력		최하부 발생응력	
구분	발생응력 (MPa)	허용응력 (MPa)		검토	
최대응력	-27.35 (압축)	±275		O.K.	

구조검토 결과 (세장비 검토)

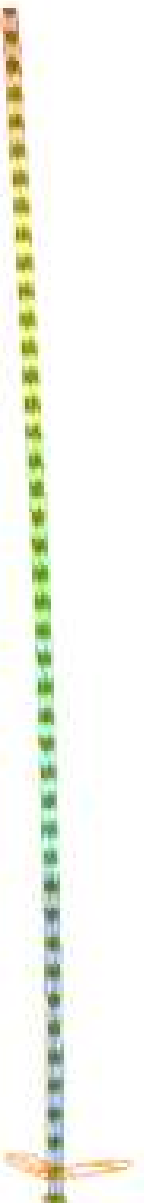
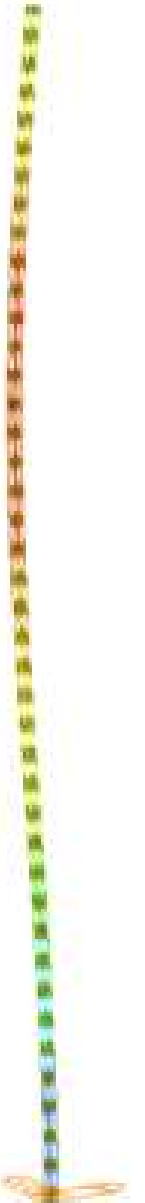
- 설계압축강도 $\phi_c P_n$ 은 힘좌굴, 비틀림좌굴, 힘 비틀림 좌굴중 작은 값으로 함
- $\phi_c = 0.90$ 을 사용함
- 일반 강구조의 경우 세장비 (KL/r) 200을 넘지 않도록 한다

구분	양단고정	한단고정 타단힌지	한단고정 타단회전고정	양단힌지	한단고정 한단자유	한단힌지 한단회전고정
가동의 좌굴형태 점선표시						
K	0.5	0.7	1	1	2	2
설계값	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0
단부조건		회전고정 및 이동고정				
		회전자유 및 이동고정				
		회전고정 및 이동자유				
		회전자유 및 이동자유				

세장비 검토				
구분	값	단위	설계규정	검토
K	0.65	-	-	
L	150,000	mm	-	
A	5,037,005.6	mm ²	-	
I_x	1,638,584,594,132.6	mm ⁴	-	
I_y	683,359,626,570.0	mm ⁴	-	
r_x	570.36	mm	-	
r_y	368.33	mm	-	
λ_x	113.96	-	$\lambda_x \leq 200$	O.K
λ_y	176.47	-	$\lambda_y \leq 200$	O.K

구조검토 결과 (좌굴검토)

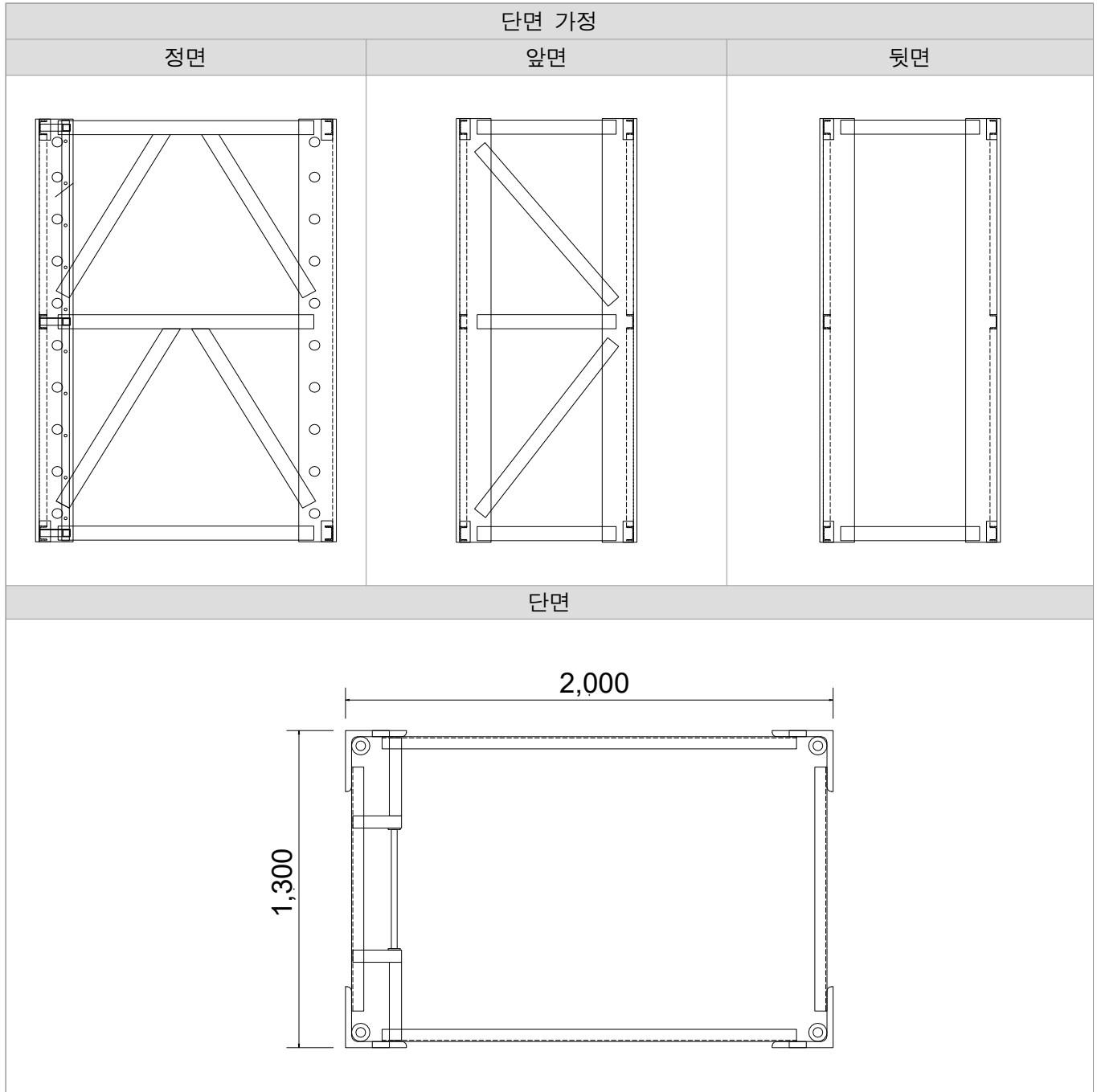
고유치 해석		
Mode	EigenValue	Tolerance
1	0.016078	4.2796e-029
2	0.016078	7.4179e-029
3	0.144541	5.5424e-017
4	0.144541	3.6526e-017
5	0.401343	1.0071e-014

1 st Mode	2 st Mode	3 st Mode	4 st Mode	5 st Mode
				

B 2 타워 구조물 구조검토 2차 검토

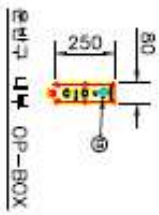
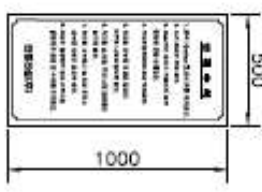
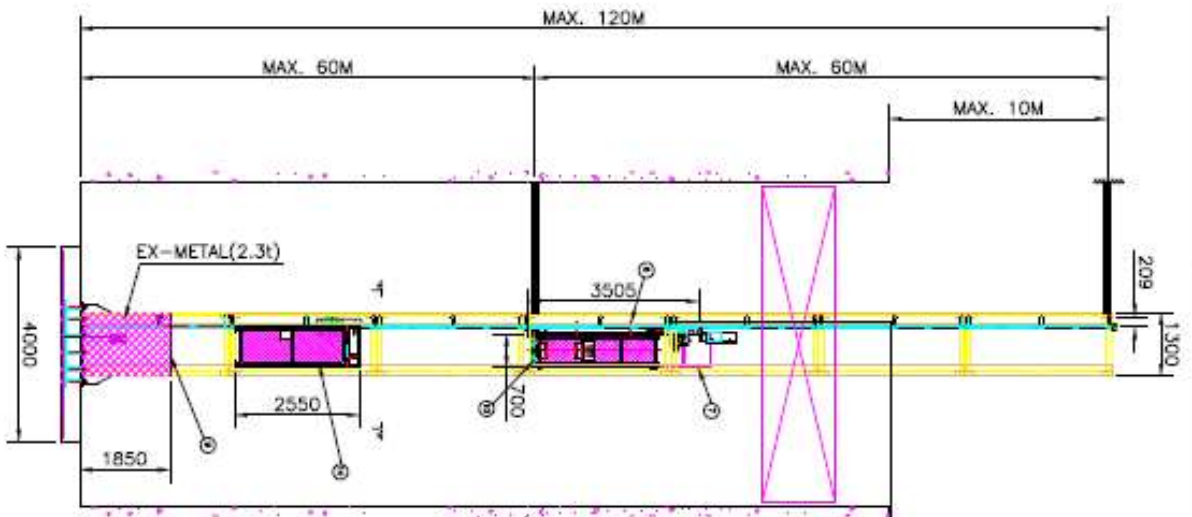
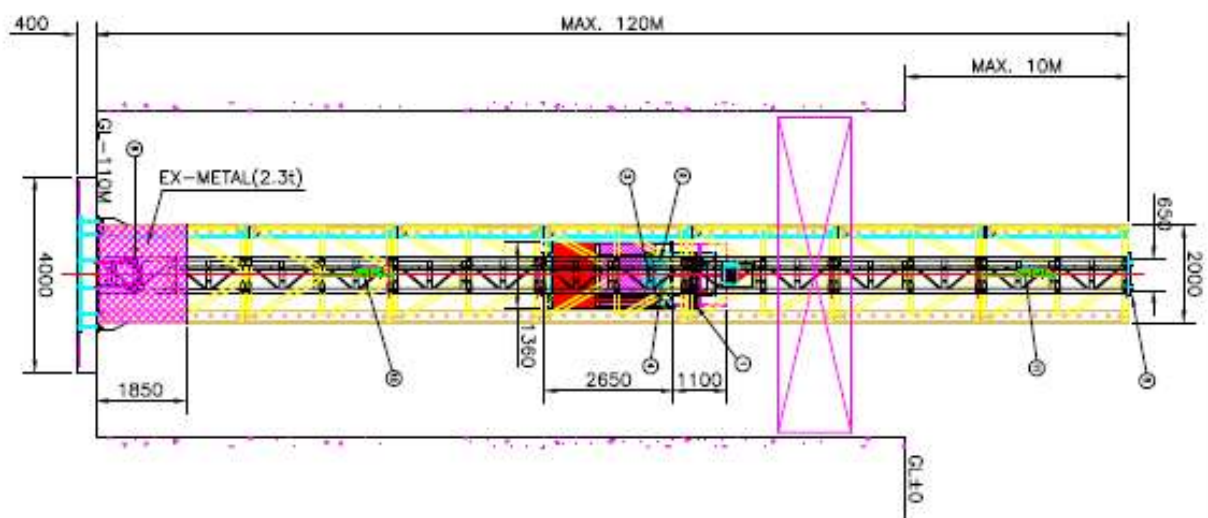
구조검토 모델링

- 1차 검토 구조적으로는 만족 하였으나 추후 개발될 록이어 타입 엘리베이터를 적용시키기에는 내부가 너무 좁음
- 엘리베이터를 적용시키기 위해 마스트 단면을 확장하고 주요부재를 각관에서 L형강으로 변경



각부의 중량표 (kg)

NO	품명	수량	UNIT	TOTAL
			중량	중량
1	Tower Basic Mast	1	3,200	3,200
2	Tower ST. Mast	39	1,500	58,500
3	Slip Form	1	40,000	40,000
4	Tower Wall-tie	2	500	1,000
Total				102,700

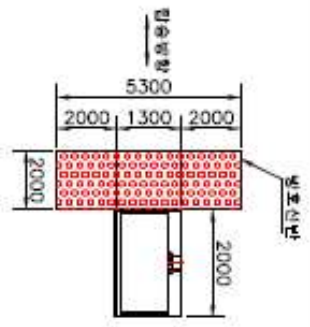


문반구 내부 OP-BOX

⑨⑨⑨⑨⑨⑨⑨

SECTION "A-A"
(원호선반 설치도)

- NOTE
1. 원호선반 상부에는 원호선반 하부, 원호선반 하부에는 원호선반 상부의 낙하물저장 또는 원호선반 부동 설치하여야 한다.
 2. 원호선반 하부에는 원호선반 하부, 원호선반 하부에는 원호선반 상부의 낙하물저장 또는 원호선반 부동 설치하여야 한다.



REV	DATE	CAUSED

NO	DESCRIPTION	SIZE	UNIT	QTY	REMARK
1	PIPE	φ1100	m	2	
2	PIPE	φ1100	m	1	
3	PIPE	φ1100	m	1	
4	PIPE	φ1100	m	1	
5	PIPE	φ1100	m	1	
6	PIPE	φ1100	m	1	
7	PIPE	φ1100	m	1	
8	PIPE	φ1100	m	1	
9	PIPE	φ1100	m	1	
10	PIPE	φ1100	m	1	
11	PIPE	φ1100	m	1	
12	PIPE	φ1100	m	1	
13	PIPE	φ1100	m	1	
14	PIPE	φ1100	m	1	

그림 52. 타워 마스트 최종안

각부의 허용응력표

각부의 허용응력표

명칭	재료	항복응력	극한강도	허용응력 (kg/cm^2)				
				인장	압축	전단	휨	복합
마스트	SS275	2,400	4,100	1,600	1,391	923	1,391	1,600
볼트류	F10.9T	9,560	10,600	6,373	-	3,679	-	6,373
전단키	SCM440	5,000	7,000	3,330	2,898	1,922	2,898	3,330

하중 계산

- 하중 계수 (LOAD FACTOR)
- 정하중 계수 (DEAD LOAD FACTOR) .D = 1.1
- 동하중 계수 (HOISTING LOAD FACTOR) .L = 1.25
- 수평 동하중 계수 (HORIZONTAL LOAD FACTOR) .H = 0.2

■ LIFT MAST & CAGE 계산

1) DEAD LOAD (F_1 kg/m) (L : 마스트 길이, W_M : 마스트 1개 무게)

$$F_1 = \varnothing D \times W_M \times \frac{1}{L} = 1.1 \times 150 \times \frac{1}{3.016} = 54.7 kg/m$$

2) HOISTING LOAD : $F_2 = FC + FL$

FC(케이지의 수직동하중) = $WC \times \varnothing L = 800 \times 1.25 = 1000kg$ (W_c : CAGE무게)

FL(적재하중의 수직동하중) = $WL \times \varnothing L = 500 \times 1.25 = 625kg$ (WL : 적재하중)

∴ $F_2 = 1000 + 625 = 1625$ kg

3) HORIZONTAL LOAD : $FHL = FCH + FLH$

FCH(케이지의 수평동하중) = $WC \times \varnothing H = 800 \times 0.2 = 160$ kg

FLH(적재하중의 수평동하중) = $WL \times \varnothing H = 500 \times 0.2 = 100$ kg

∴ $FHL = 160 + 100 = 260$ kg

4) 풍하중 : $W = QCA$ (kg)

Q : 속도압 (kg/m^2) = $8.5 \times 4.h$

C : 풍력 계수

A : 압력을 받는 면적

$\varnothing$: 충실률 (EFFECTIVE WIND PRESSURE RATIO)

(1) 풍압 면적 계산 (LIFT MAST)

① MAST $AM = A_1 + A_2 \times 0.6$ $A_1 = 1.01m^2$ $A_2 = 0m^2$

∴ $AM = 1.01 + 0 \times 0.6 = 1.01m^2$

(여기서 A_1 : 바람방향에 대해 제 1면의 투영면적, A_2 : 제 2면중 제 1면과 겹친부분의 투영면적)

$$\text{충 실 률 } \varnothing = \frac{A_1}{L \times h} = \frac{1.01}{3.016 \times 0.7263} = 0.46 \quad \therefore C = 1.6 \text{ (L:마스트길이, h : 마스트 외곽 폭)}$$

② CAGE : AX(CAGE X-방향의 풍압면적)

$$A_{fy} = 3.6\text{m}^2 \{1.36(\text{운반구길이}) \times 2.65(\text{운반구높이}) = 3.6\text{m}^2\}$$

$$\therefore AX = 3.6\text{m}^2$$

Ay (CAGE Y-방향의 풍압면적)

$$A_{fy} = 2.2\text{m}^2 \{0.825(\text{운반구폭}) \times 2.65(\text{운반구높이}) = 2.2\text{m}^2\}$$

$$\therefore AY = 2.2\text{m}^2$$

$\therefore$ 풍력 계수 C = 1.2 (운반구 전면이 막혀있는 구조로 가정)

(2) 속도압 계산 : $Q = 8.5 \times \sqrt[4]{h}$

① IN SERVICE (작업시)

$$V = 16\text{m/sec}$$

$$h = \text{MAX. } 120\text{m}$$

(지상 MAX. 10m, 지하 MAX. 110m - 지상 16m이하 이므로 16m로 계산)

$$\therefore Q = 8.5 \times \sqrt[4]{16} = 17\text{kg/m}^2$$

② OUT OF SERVICE (비작업시)

$$V = 35\text{m/sec}$$

$$h = \text{MAX. } 120\text{m}$$

(지상 MAX. 10m, 지하 MAX. 110m - 지상 16m이하 이므로 16m로 계산)

$$\therefore Q = 40.8 \times \sqrt[4]{16} = 81.6\text{kg/m}^2$$

(3) 풍하중 계산

① 마스트에 걸리는 풍력 계산 (LIFT MAST)

$$W_{X1} = W_{Y1} = \frac{QCA_M}{L} (\text{kg/m}) \quad (W_{X1} : X\text{-방향})$$

- IN SERVICE(작업시)

$$W_{X1} = 17 \times 1.6 \times 1.01 / 3.016 = 9.1 (\text{kg/m})$$

- OUT OF SERVICE(비작업시)

$$W_{X1}' = 81.6 \times 1.6 \times 1.01 / 3.016 = 43.7 (\text{kg/m})$$

② CAGE에 걸리는 풍력 계산

- IN SERVICE(작업시)

$$W_{X2} = C \times Q \times AX = 1.2 \times 17 \times 3.6 = 73.4\text{kg}$$

$$W_{Y2} = C \times Q \times Ay = 1.2 \times 17 \times 2.2 = 45\text{kg}$$

- OUT OF SERVICE(비작업시)

$$W_{X2}' = C \times Q \times AX = 1.2 \times 81.6 \times 3.6 = 352.5\text{kg}$$

$$W_{Y2}' = C \times Q \times Ay = 1.2 \times 81.6 \times 2.2 = 215.4\text{kg}$$

■ TOWER FORM MAST 계산

(1) DEAD LOAD (F1T kg/m) (L : 마스트 길이, WM : 마스트 1개 무게)

$$F_{1T} = \varnothing D \times W_M \times \frac{1}{L} = 1.1 \times 1,500 \times \frac{1}{3.016} = 547.1 \text{ kg/m}$$

(2) 풍압 면적 계산 (TOWER FORM MAST)

$$\textcircled{1} \text{ MAST AMT} = A_1 + A_2 \times 0.6 \quad A_1 = 2.48 \text{ m}^2 \quad A_2 = 2.48 \text{ m}^2$$

$$\therefore \text{AMT} = 2.48 + 2.48 \times 0.6 = 3.97 \text{ m}^2$$

(여기서 A1 : 바람방향에 대해 제 1면의 투영면적, A2 : 제 2면중 제 1면과 겹친부분의 투영면적)

$$\text{충 실 른 } \varnothing = \frac{A_1}{L \times h} = \frac{2.48}{3.016 \times 2.3} = 0.36$$

$\therefore C = 1.6$ (L:마스트 길이, h : 마스트 외곽 폭)

(3) 풍하중 계산 (TOWER FORM MAST)

$\textcircled{1}$ 마스트에 걸리는 풍력 계산

$$W_{XT1} = \frac{QCA_M}{L} (\text{kg/m}) \quad (W_{XT1} : X\text{-방향})$$

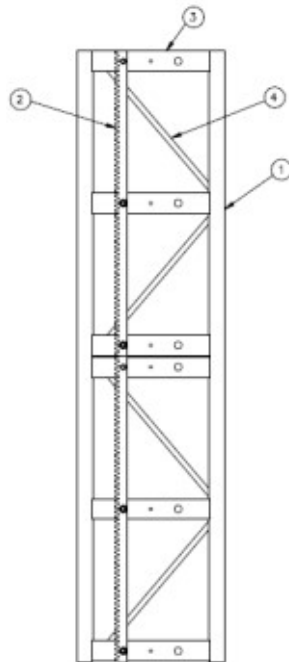
- IN SERVICE(작업시)

$$W_{xt1} = 17 \times 1.6 \times 3.97 / 3.016 = 35.8 \text{ (kg/m)}$$

- OUT OF SERVICE(비 작업시)

$$W_{xt1}' = 81.6 \times 1.6 \times 3.97 / 3.016 = 171.9 \text{ (kg/m)}$$

마스트 풍압면적계산



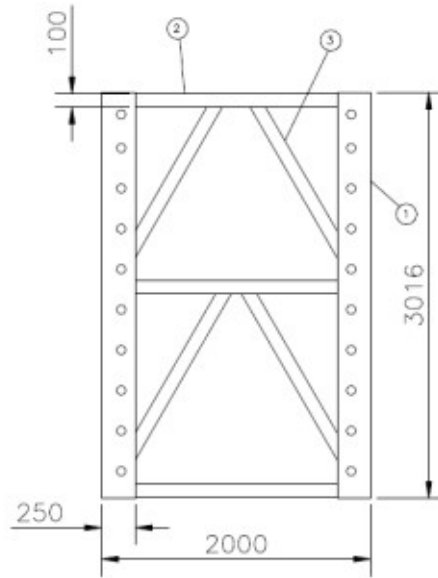
제1면의 면적

- ① $0.0763 \times 3.016 \times 2\text{개} = 0.46\text{m}^2$
- ② $0.06 \times 1.508 \times 2\text{개} = 0.18\text{m}^2$
- ③ $\{(0.574 \times 0.1) - (0.06 \times 0.1)\} \times 6\text{개} = 0.31\text{m}^2$
- ④ $0.019 \times 0.775 \times 4\text{개} = 0.06\text{m}^2$

=====

TOTAL : 1.01m²

타워 폼 마스트 풍압면적 (TOWER FORM MAST) 계산



제1면의 면적

- ① $0.25 \times 3.016 \times 2\text{개} = 1.51\text{m}^2$
- ② $0.1 \times 1.5 \times 3\text{개} = 0.45\text{m}^2$
- ③ $0.1 \times 1.293 \times 4\text{개} = 0.52\text{m}^2$

=====

TOTAL : 2.48m²

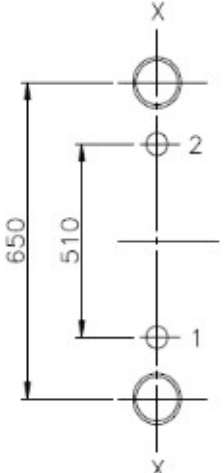
제2면의 면적중 제1면과 겹치는 면적

- ① $0.25 \times 3.016 \times 2\text{개} = 1.51\text{m}^2$
- ② $0.1 \times 1.5 \times 3\text{개} = 0.45\text{m}^2$
- ③ $0.1 \times 1.293 \times 4\text{개} = 0.52\text{m}^2$

=====

TOTAL : 2.48m²

- 단면 성능

	$a = 65\text{cm}$ Material Spec. SpS400 $\varnothing 76.3 \times 5.2\text{t}$ $ZX = Zy = 19.3\text{cm}^3$ $Ix = Iy = 73.8\text{cm}^4$ $rx = 2.52\text{cm} = ry$ $Ae = 11.6\text{cm}^2$ $\Sigma Ae = 11.6 \times 2 = 23.2\text{cm}^2$
---	---

MAST 중립축에 대한 단면 2차 모멘트, 단면계수

$$I = \Sigma Ix = 2 (Ix) = 2 (73.8) = 147.6\text{cm}^4$$

$$Z = \Sigma Zx = 2 (19.3) = 2 \times 19.3 = 38.6\text{cm}^3$$

$$Kx = Ky = \sqrt{\frac{I}{\Sigma Ae}} = \sqrt{\frac{147.6}{23.2}} = 2.52\text{cm}$$

하중 DATA 정리

NO	품명	수량	UNIT	하중계수	설계하중 (kg)	비고
			중량 (kg)			
1	기초타워	1	3,200	1.1	3,520	
2	기본타워	39	1,500	1.1	64,350	
3	슬립폼하중	1	40,000	1.25	50,000	
4	타워월타이	2	5000	1.1	1,100	

결과정리

구분	작업조건	규격	재질	계산응력 kg/cm^2	허용응력 kg/cm^2	결과
타워마스트	작업시(16m/s)	$\square 100 \times 50$	SS275	481	1,600	O.K
	비작업시(35m/s)	$\square 100 \times 50$	SS275	1,372	1,600	O.K
리프트마스트	작업시(16m/s)	$\varnothing 76.3 \times 5.3\text{t}$	SPS400	328	1,600	O.K
	비작업시(35m/s)	$\varnothing 76.3 \times 5.3\text{t}$	SPS400	284	1,600	O.K
월타이	작업시(16m/s)	L-65x65x6t	SS275	364	1,600	O.K
	비작업시(35m/s)	L-65x65x6t	SS275	214	1,600	O.K

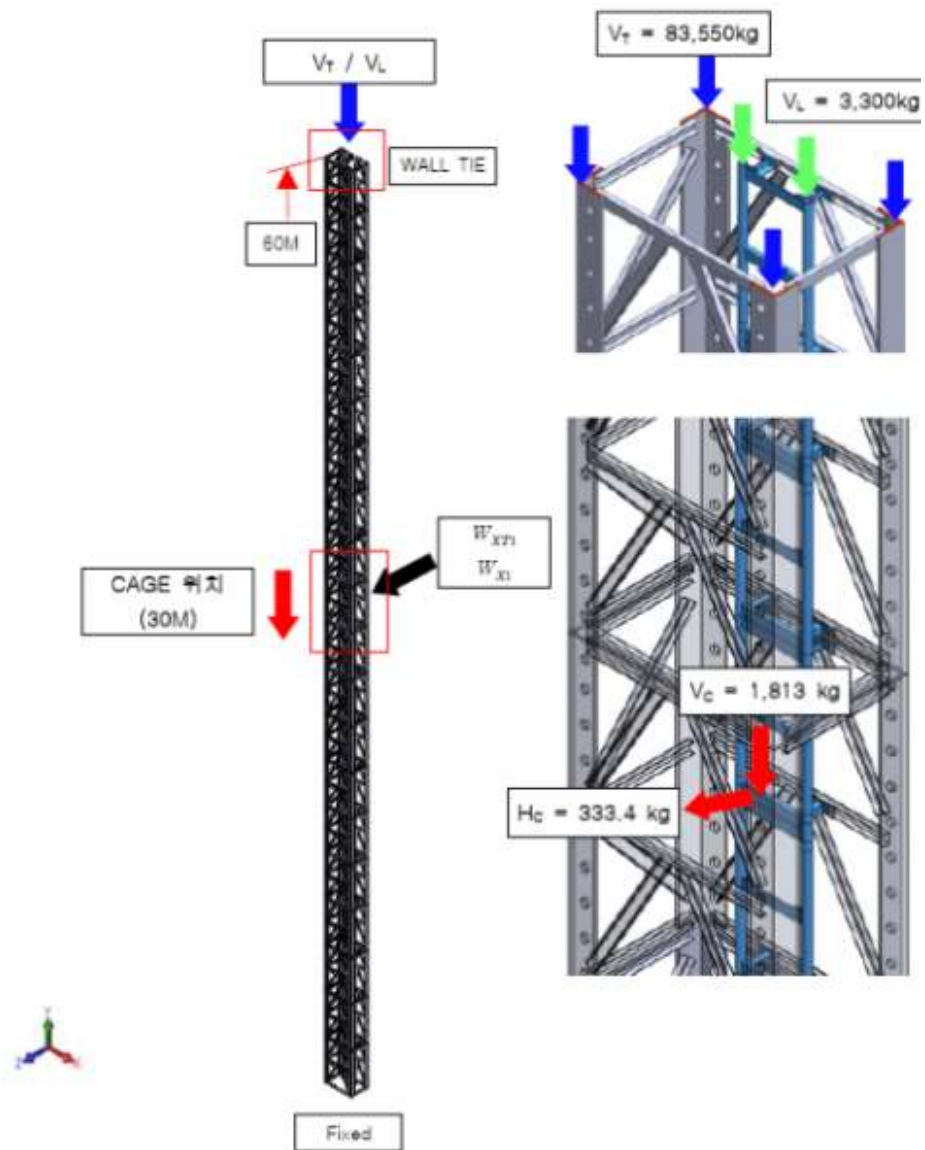


그림53. 하중 재하 전경

$$VT = (TOWER FORM + TOWER3T.MAST + TOWERWALL - TIE)$$

$$= (50000 + 20 \times 1650 + 550) = 83550 \text{ kg}$$

$$VL = (LIFT 3T. MAST)$$

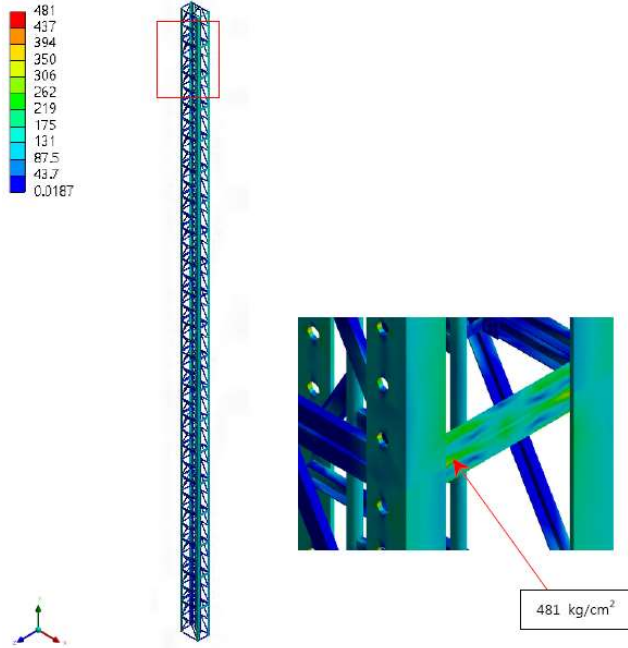
$$= (20 \times 165) = 3300 \text{ kg}$$

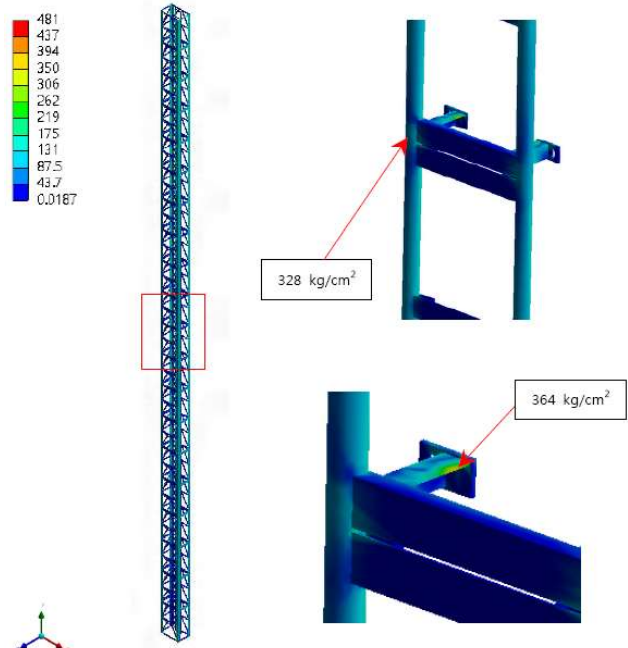
$$VC = CAGE + \text{적재하중} + POWERCABE + TROLLEY$$

$$= 1000 + 625 + 125 + 63 = 1813 \text{ kg}$$

$$HC = Fhl + Wx2$$

$$= 260 + 73.4 = 333.4 \text{ kg}$$

구조물		슬립폼 위치		비고		
타워폼 마스트		30M				
481 437 394 350 306 262 219 175 131 87.5 43.7 0.0187 						
구조물	부재	재질	MAX. Von Mises stress (kg/cm^2)	허용 응력 (kg/cm^2)	결과	비고
타워	100×50×5/7.5t	SS275	481	1,600	O.K	

구조물		슬립폼 위치		비고		
리프트 마스트		30M				
481 437 394 350 306 262 219 175 131 87.5 43.7 0.0187 						
구조물	부재	재질	MAX. Von Mises stress (kg/cm^2)	허용 응력 (kg/cm^2)	결과	비고
PIPE	Ø 76.3×5.2t	SPS400	328	1,600	O.K	
ANGLE	L-65×65×6t	SS275	364	1,600	O.K	

단면 가정

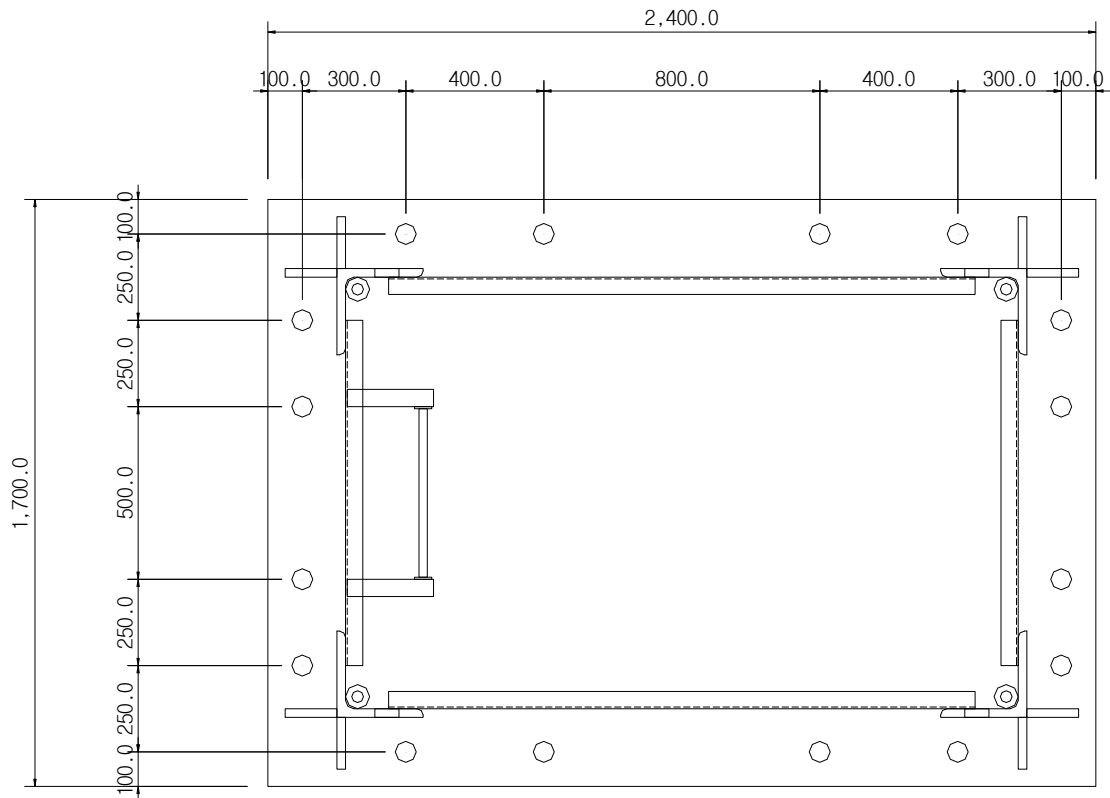


그림54. 타워 마스트 기초 단면

설계 조건			
구분		내용	단위
사용 스테드볼트		M48	mm
Ae		1808.64	mm ²
스테드볼트 강도 fy		900	MPa
유요물함깊이 h_{ef}		300	mm
설계인장 강도		$0.75\phi N_n$	kN
설계전단 강도		$0.75\phi V_n$	kN
콘크리트파괴 강도		$0.75\phi N_{sb}$	kN
앵커뽑힘 강도		$0.75\phi N_{sb}$	kN
앵커작용력 (해석결과)	Max Fx	22.02	kN
	Max Fy	22.02	kN
	Max Fz	42.88	kN
	Max Mx	483.22	kN • m
	Max My	483.11	kN • m
	Max Mz	0.65	kN • m

○ 강재 강도 (N_{sa})

$$N_{sa} = n A_{se,N} \cdot f_{uta}$$

- $A_{se,N}$: 인장을 받는 앵커의 유효단면적 mm^2
- f_{uta} : 앵커강재의 설계 기준 강도 $900MPa$

$$N_{sa} = 16 \cdot 900 \cdot 28938.24 = 26,044,416N = 26,044kN$$

○ 콘크리트 파괴강도 (N_{cbg})

앵커그룹의 공칭 콘크리트 파괴 강도

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{ed,N} \cdot \psi_{c,N} \cdot \psi_{cp,N} \cdot N_b$$

- A_{Nc} : 인장을 받는 앵커에서 콘크리트 파괴체의 투영면적
- A_{Nco} : 연단거리가 $1.5h_{ef}$ 이상인 인장을 받는 단일 앵커 파괴면의 투영면적
- $\psi_{ec,N}$: 인장을 받는 앵커 그룹에서 편심의 영향을 고려한 수정계수
- $\psi_{ed,N}$: 인장을 받는 앵커의 연단거리에 대한 수정계수
- $\psi_{c,N}$: 인장을 받는 앵커의 콘크리트 균열에 대한 수정계수
- $\psi_{cp,N}$: 인장을 받는 앵커의 콘크리트 쪼개짐에 대한 수정계수
- N_b : 인장을 받는 앵커의 기본 콘크리트 파괴 강도

$$A_{Nc} = 2,400 \cdot 1,700 = 4,080,000 mm^2$$

$$A_{Nco} = 9h_{ef}^2 = 9(350)^2 = 1,102,500 mm^2$$

$$\text{검증 } A_{Nc} \leq n A_{Nco} \quad \Leftrightarrow \quad 4,080,000 < 16(1,102,500) \text{ 만족}$$

$$\psi_{ec,N} = 1 \text{ (편심이 없음)}$$

$$\psi_{ed,N} = 1 \text{ (연단거리 많음)}$$

$$\psi_{c,N} = 1 \text{ (선설치앵커)}$$

$$\psi_{cp,N} = 1 \text{ (선설치앵커)}$$

$$N_b = k_c \sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 10 \sqrt{28} (350)^{1.5} = 348,482 N = 348.5kN$$

$$\begin{aligned} \therefore N_{cbg} &= \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{ed,N} \cdot \psi_{c,N} \cdot \psi_{cp,N} \cdot N_b \\ &= \frac{4,080,000}{1,102,500} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 348.5 = 1,289.7 kN \end{aligned}$$

○ 뿔힘 강도 (N_{pn})

$$N_p = 8A_{brg} f_{ck} = 8(4,415.6)28 = 989,100N = 989.1kN$$

$$N_{pn} = 2\psi_{c,p} N_p = 16 \times 1 \times 989.1 = 15,825.6kN$$

B 3 슬립폼 및 타워 연결 전단키 구조검토

- 전단키는 슬립폼 전체 하중을 지지하는 구조물이고 매우 강해야한다
- 전단키는 고강도 강인 SCM440재질을 사용함
- SCM440 : $F_u = 1,020MPa$, $F_y = 675MPa$
- 전단키 단면은 d=60mm검토
- 하중은 단면에 22tonf의 전단력을 적용한다
- 프로그램은 마이다스 시빌 LSD를 사용하며, 요소는 솔리드 요소를 사용함



그림 55. 해석결과 응력 전개도

검토				
구분	내용	해석값(MPa)	허용값(MPa)	검토
Sig XX	전체좌표계 X축방향의 축응력	308	675	O.K
Sig YY	전체좌표계 Y축방향의 축응력	287	675	O.K
Sig ZZ	전체좌표계 Z축방향의 축응력	555	675	O.K
Sig XY	전체좌표계 X축에 수직인 평면 위에서 Y방향으로 작용하는 전단응력	36	675	O.K
Sig YZ	전체좌표계 Y축에 수직인 평면 위에서 Z방향으로 작용하는 전단응력	187	675	O.K
Sig XZ	전체좌표계 X축에 수직인 평면 위에서 Z방향으로 작용하는 전단응력	121	675	O.K
Sig P1	주축 1방향의 주응력	205	675	O.K
Sig P2	주축 2방향의 주응력	263	675	O.K
Sig P3	주축 3방향의 주응력	605	675	O.K
MAX Shear	최대전단응력(Tresca Stress)	224	675	O.K
Sig eff	유효응력(von-Mises Stress)	414	675	O.K
Sig pmax	Sig-P1, Sig-P2, Sig-P3 중 최대절대치	605	675	O.K

그림 56. 응력 설명 구분 및 결과

C 타워구조물 제작

타워 구조물은 구조검토를 바탕으로 제작되었다. 주요 부재는 ㄱ자 앵글 250×250mm 25t를 주요 부재로 설정하여 제작 되었다. 제작장소는 타워 및 호이스트 전문 업체에서 제작 되었다.

- 타워 마스트 구조검토를 바탕으로 제작도 작성
- 타워 마스트 공장 제작
- 렉기어 타입 엘리베이터 적용을 위한 공간 확보

C 1 타워 마스트 설계도

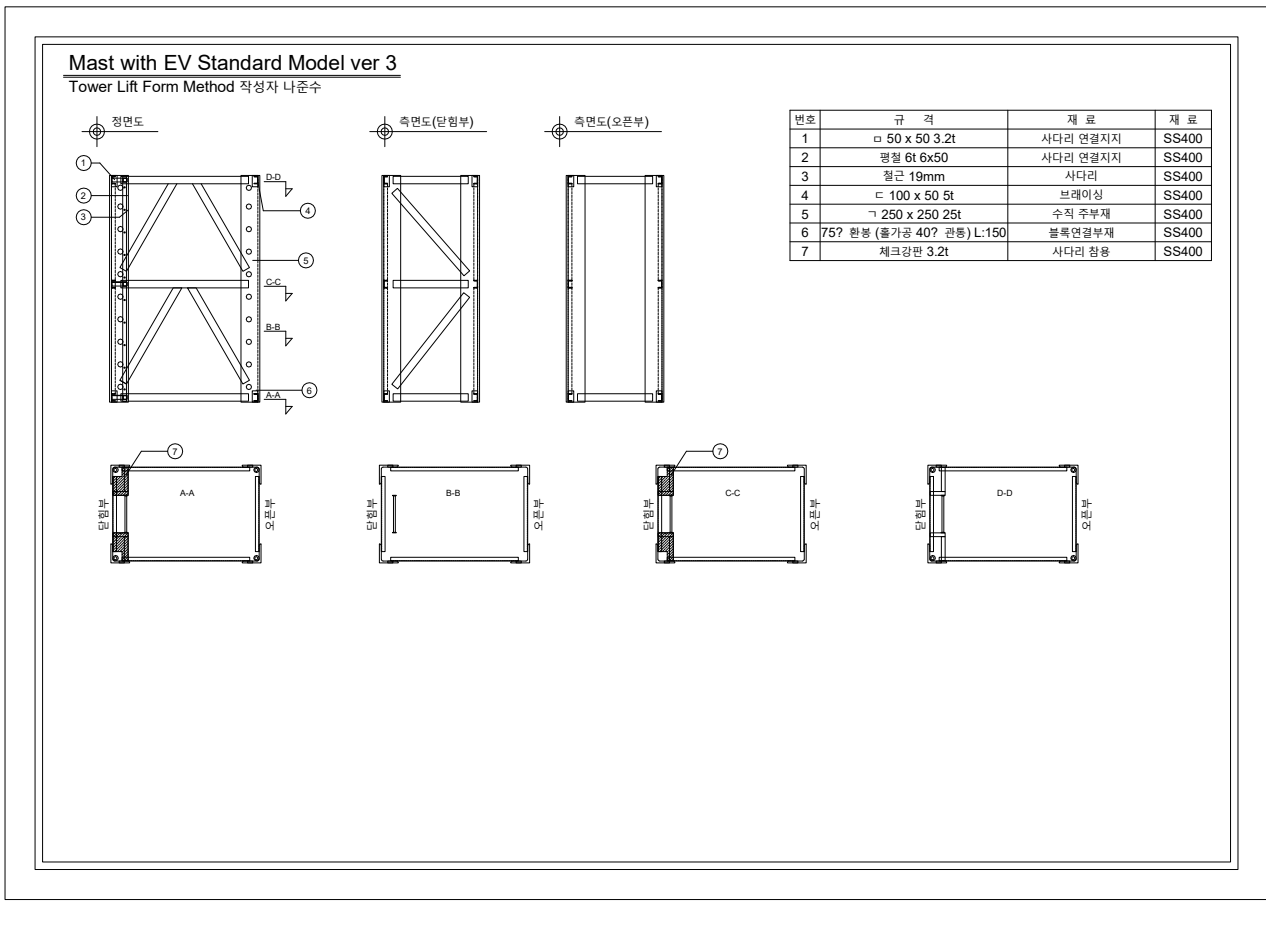


그림 57. 타워 마스트 설계 도면

C 2 타워 마스트 제작 전경

타워 마스트는 자재입고, 자재 절단 및 가공, 자재 용접 및 조립 도장 및 완성 단계로 제작 하였다.



그림 58. 자재입고 전경

D 타워 구조물 이용 슬립폼 작업 시스템 제작

슬립폼이 타워를 타고 작업 되기 위해서는 유압시스템이 매우 중요하다. 타워는 타워에 전단 키 통과 구멍을 구비하고 있고 유압실린더 헤드에는 타워를 지지하고 올라갈수 있도록 전단키가 통과된다. 본 연구과제에서는 타워와 타워내부에 작업자 엘리베이터가 구비되어있고 전단키를 이용하여 작업하는 슬립폼 시스템을 개발하는 것으로서 유압실린더의 개발 역시 매우 중요한 부분이다. 본 슬립폼 작업 시스템은 타워와 연계되어 안전적으로 슬립폼을 상승시킬수 있는 작업 시스템을 개발 하는 것이다. 개발된 작업 시스템은 공장에서 시운전을 수행하였고, 공장에서 실제 시스템을 작업 수행하였다. 또 테스트베드 현장에서 실제 사용되며 검증 되었다. 본 챕터에서는 다음과 같은 내용으로 정리 하였다.

- 타워 마스트 작업 시스템 설계
- 타워 마스트 작업 시스템 제작
- 슬립폼 하중은 마스트 1기당 최대 40tonf 의 하중으로 설계함

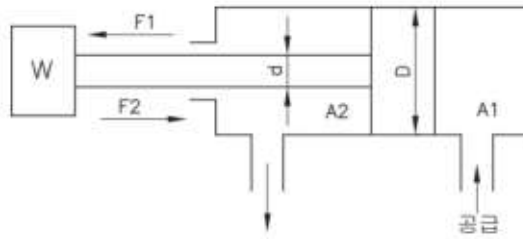
D 1 유압실린더 설계 및 선정

순번	결정항목	결정사항
1	실린더 내경	140mm
2	실린더 속도	3mm/sec 이하
3	지지방법	하단지지형
4	피스톤 로드경의 선정	80mm
5	패킹 재질	고무
6	쿠션의 유무	적용
7	방진 커버의 설정	적용

○ 실린더 결정시 필요사항

- 설정압력 : 안전변의 설정압력
- 부하의 크기 : 움직이는 물체의 중량(kg)
- 부하의 상태 : 부하의 설정상태 및 사용방법
- 실린더의 필요한 스트로크 : 실린더 행정 (실린더가 움직이는 거리)
- 작동속도 : mm/sec
- 작동빈도 : n/sec
- 사용환경 : 온도, 분진상태, 진동 기타 등등

실린더 내경의 결정



1. 전진시 $F1 = A1 \times P \times \beta$ (kgf/cm^2)

2. 후진시 $F2 = A2 \times P \times \beta$ (kgf/cm^2)

$A1$: 전진시 피스톤의 수압면적(cm^2) $A1 = \pi D^2/4$

$A2$: 후진시 피스톤의 수압면적(cm^2) $A2 = \pi (D^2 - d^2)/4$

D : 실린더 내경(cm)

d : 피스톤 로드경(cm)

P : 작동압력(kgf/cm^2)

β : 부하율(%)

○ 실제의 추력은 실린더 흡동부의 저항, 배관과 기구의 압력손실등을 고려해서 결정됨

○ 부하율이라 함은 실린더에 걸리는 실제 부하력과 회로 설정 압력에서 계산된 이론력(이론 실린더력)의 비율을 말하고 대체적으로 다음과 같다

- 관성력이 적을 때 : 60 ~ 80%

- 관성력이 클 때 : 25 ~ 35%

본 유압실린더 선정시에는 부하율 80%로 계산함

피스톤 면적 = (실린더힘(kgf) / 실효율(%)/사용압력(kgf/cm^2))

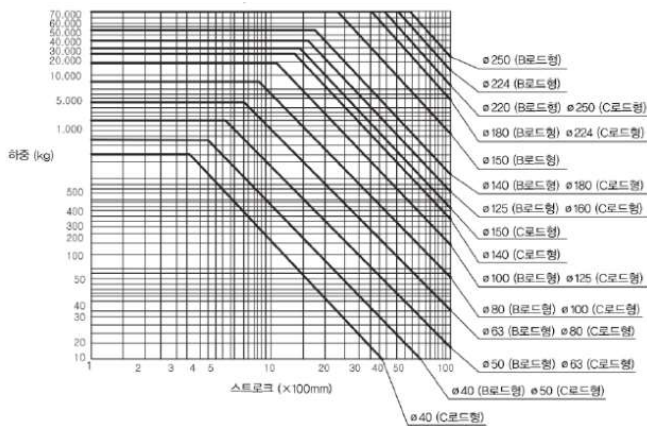
피스톤 면적 = $\frac{15,000kgf / 0.8}{140(kgf/cm^2)} = 133.93 cm^2$ 140mm O.K

피스톤 로드경 결정

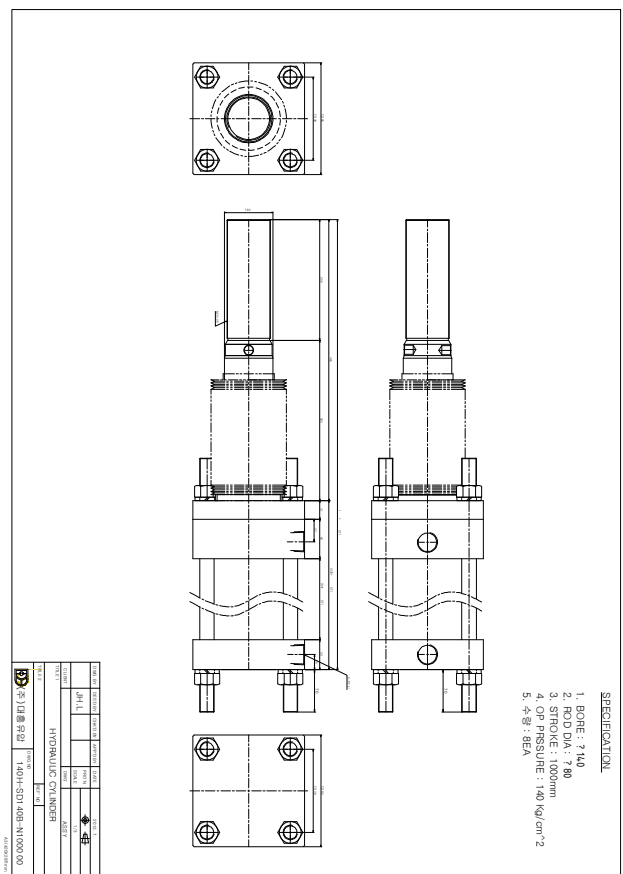
- 유압실린더를 사용할 때 실린더는 스트로크에 따른 압축응력과 좌굴에 대한 것을 고려하여야 함
- 피스콘 로드축을 긴 기둥이라고 생각할 때 이것에 대한 강도는 높은 항장력강을 사용한다든가 또는 열처리 한다고 해서 강해지는 것이 아니며, 피스톤 로드의 좌굴 강도를 유지할 수 있는 방법으로는 오로지 피스톤 로드경을 굵게 하는 것 이외에는 다른 방법이 없다.

D 2 유압실린더 설계도

유압 실린더는 평균적인 슬립폼의 무게와 슬립폼의 작업하중 타설하중등을 고려하여 설계 하였다. 평균적인 슬립폼의 무게는 20~30tonf 내외로 설계된다. 그리고 자재 및 작업자의 하중은 10tonf 로 추정된다. 또 슬립폼이 타워를 타고 인상될때의 하중은 콘크리트 면과 슬립폼 거푸집면의 마찰이 고려되어야하므로 이또한 10tonf 하중을 추가 하여야 한다. 또 여유량을 위해 10tonf 하중이 필요하다. 유압실린더는 타워1개 구성 조립분당 4개의 유압실린더로 구성되는 것이 기본 구성으로 구성하였다. 그리고 유압실린더는 정확한 오일 분배를 위해 오일 동조화를 수행하였다. 최종 유압실린더 1기의 전진력은 15tonf로 구성하였다. 유압실린더의 스트로크는 1000mm로 설정하였다. 설정 근거로는 슬립폼 30tonf, 작업하중 10tonf, 마찰하중 10tonf, 여유하중 10tonf 총 60tonf 의 설정으로 유압실린더를 구성하여 이는 4개의 유압실린더가 분담하므로 유압실린더 1기당 15tonf의 추력이 필요하다.



직경별 좌굴 그래프



유압실린더 설계 도면

D 3 유압실린더 제작 및 유압 펌프 동조화 장치 제작

유압 펌프의 경우는 최소 4-8개까지 유압력을 동조화하여 유압을 분배할수 있도록 제작 하였다. 각각의 유압 밸브는 유압량을 조절 할수 있도록 구성하였다. 유압실린더의 조정 방식은 유압유니트에서 전진, 후진, 정지로 구성되며 정지시 충격이 발생되지 않도록 하였다. 유압 밸브는 온 오프 방식을 채택해 각각의 유압 실린더가 개별적으로 움직이며 스트로크를 조절할 수 있다. 유압실린더의 높이 조절은 실제 현장에서 유압 실린더의 높이 조절을 통해 슬립폼의 수직도 조절과 연동 되기 때문에 매우 중요하다. 유압실린더의 추진력과, 유압오일의 충분한 용량을 위해 유압펌프 내부의 오일통을 구비하였다. 유니트에는 펌프 및 유압오일의 온도관리를 위해 온도 센서가 구비되어 과열 및 냉간시 작동 방지를 할 수 있다.



그림 59. 유압 실린더 및 유압 유니트(동조화 펌프) 완료

E 타워 구조물 실물 시험

개발된 타워는 전단키를 이용하여 슬립폼과 결합되어 슬립폼을 상승 시킨다. 전단키와 타워의 전단홀은 매우 중요한 구성이다. 타워와 전단홀의 구조적 안전성을 검증하기 위해서, 구조실험을 수행하였다. 실험 내용은 다음과 같다.

본 실험은 2020년 국토교통기술사업화지원사업 중 “타워구조물 이용 작업자 이동수단이 구비된 대심도 지하 수직구 벽체 시공 기술 개발” 과제를 통해 개발된 TL폼 공법의 성능 인증을 위한 실험이다. TL폼 공법은 전체 슬립폼 시스템이 타워를 통해 상승되며, 상승하면서 벽체를 형성하는 공법으로 기존 사용되는 로드가 배제되어 철근 조립 시 시공성과 안정성에서 우수한 공법이다. TL폼의 주요부재인 타워와 전단키의 극한하중을 검토하여 구조적인 안정성 검증이 본 실험의 목표이다.

E 1 실험체

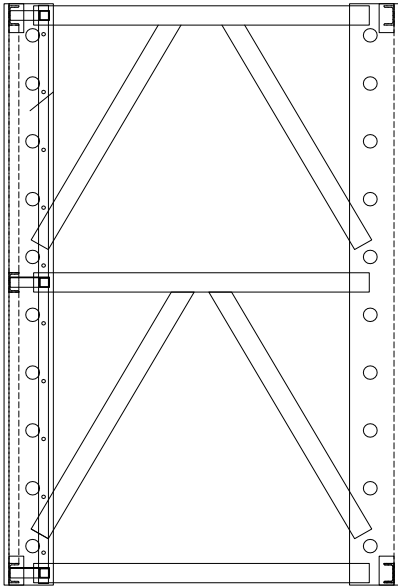
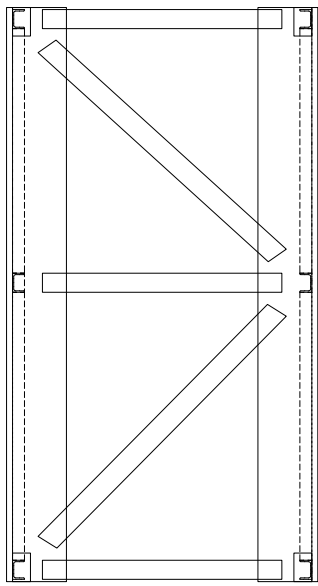
TL폼 타워 형상	
정면도	측면도
	
실험체 크기 : 2,000(W)×1,300(B)X3016(H) mm	

그림 60. 실험체 타워 형상

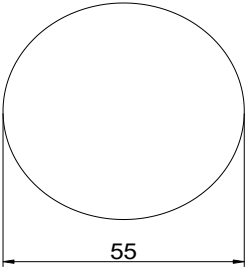
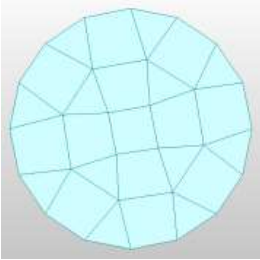
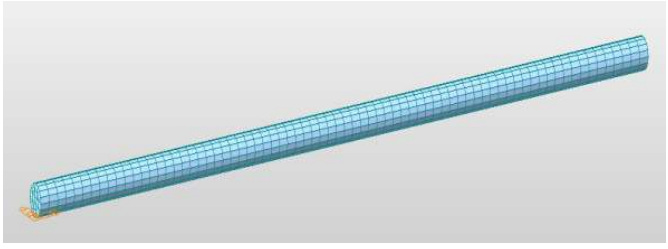
E 2 실험방법

전단키(D=55mm, L=1800mm)를 꽂은 실험체에 3mm/sec 속도로 최소하중 20t부터 하중을 일정한 값으로 증가시키며 재하한 후, 변위 발생의 유무 시점을 확인하여 극한하중을 검토

실험방법	
구분	내용
1단계	0~20tonf 하중재하 (속도 3mm/sec 이하)
2단계	20~40tonf 하중재하 (속도 3mm/sec 이하)
3단계	40~60tonf 하중재하 (속도 3mm/sec 이하)
4단계	60~80tonf 하중재하 (속도 3mm/sec 이하)
○ 매단계별 육안 및 계측 확인 후 다음단계 진행 ○ 실험중 이상 발생시 바로 중지 ○ 목표하중 80tonf ○ 전단키 및 타워 극하하중 검토	

E 3 실험 모사 사전 구조검토

실험의 결과값을 예측하며 실험의 구성을 검증하고, 안전성을 확인 하기 위해 미리 사전 모사 구조검토를 수행하였다. 전단키의 경우는 직경 55~60mm 구조검토를 수행하였으며, 전단키의 단면을 설정하고 모델링 하며 하중을 실제 상황과 맞춰 재하 하였다.

		
단면 재원		모델링 형상
재료 : SM355 지름 : D55		

하중재하전경

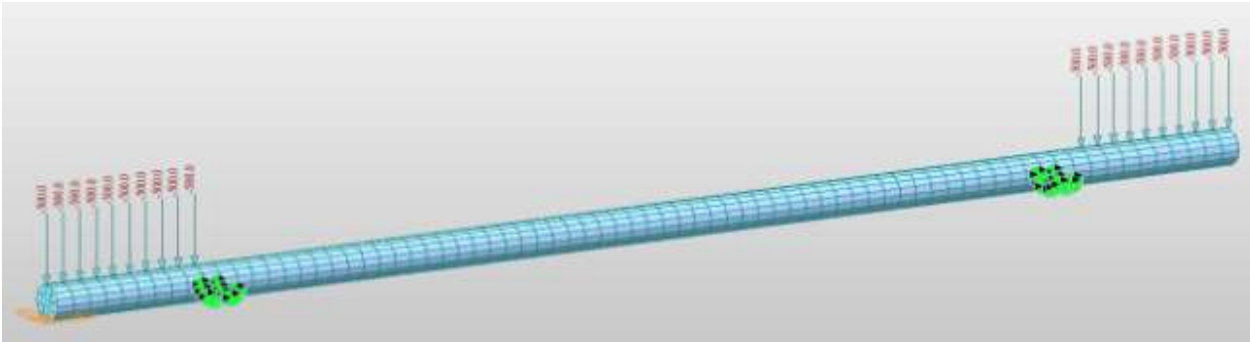
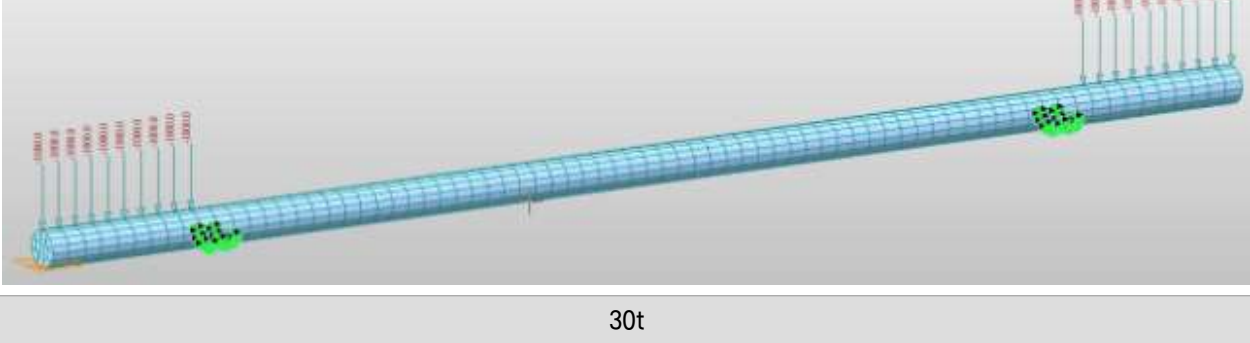
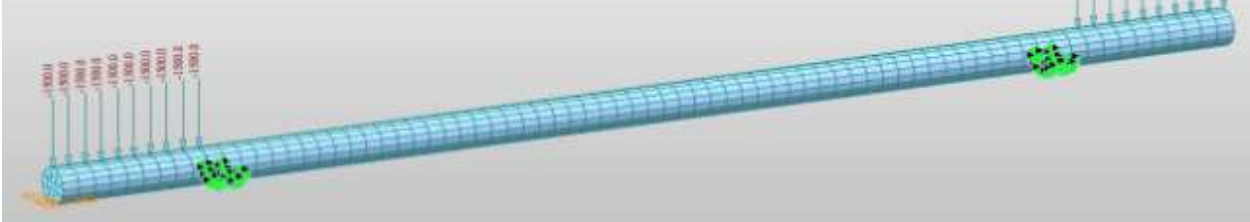
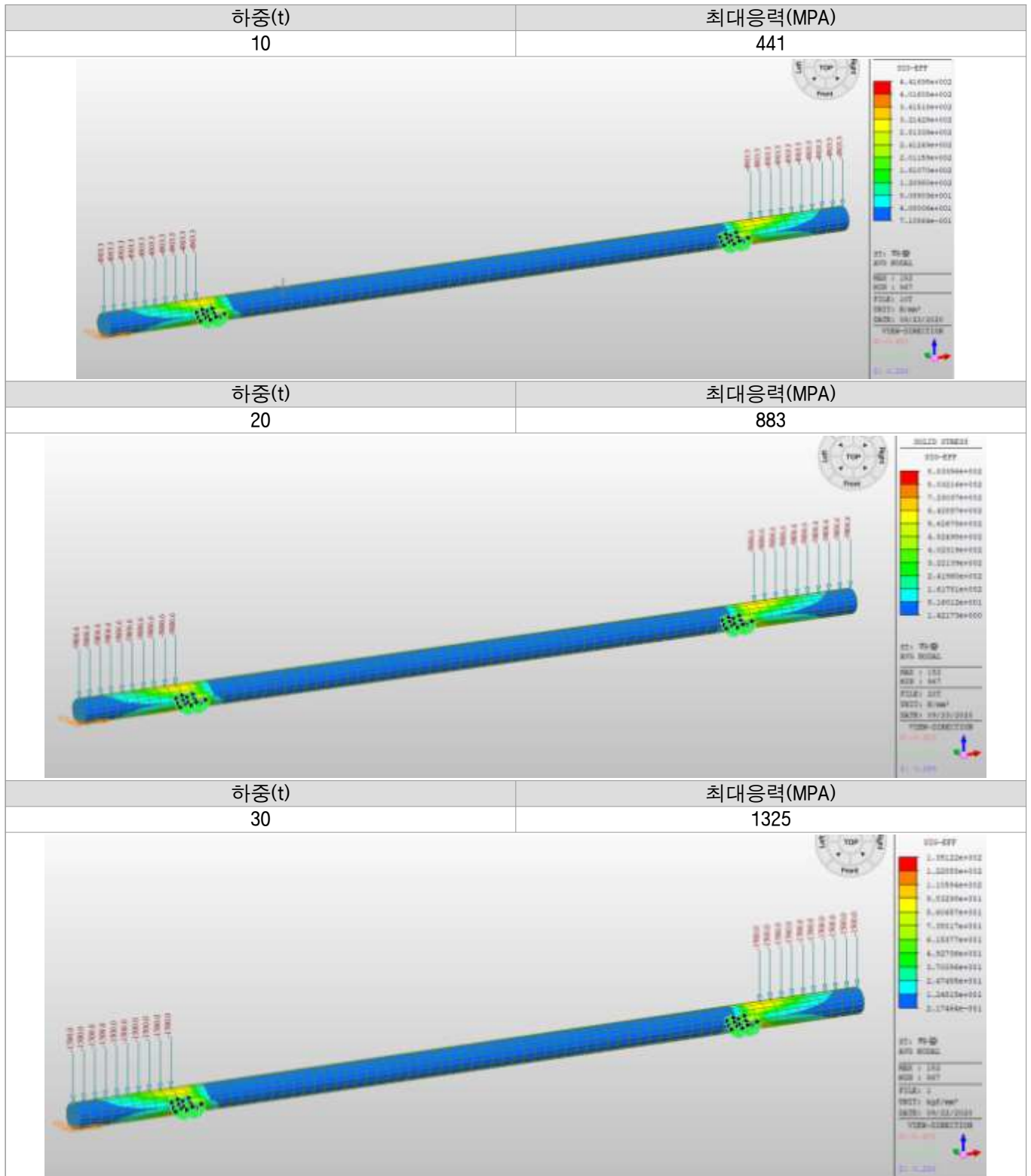
10t	
	
20t	
	
30t	
	

그림 61. 전단키 하중재하 형상

해석결과



검토결과

구분	하중(t)	해석결과 최대응력	허용응력(MPA)	검토
1	20	441	800 (SCM440 기준)	O.K
2	40	883		N.G
3	60	1325		N.G

E 4 실험결과

실험결과 테스트는 3회까지 실행되었다. 변형은 20tonf에서 약 5mm의 변형이 생겼으며, 40tonf의 하중에서 6mm의 변형이 발생되었다. 시험3번에서는 60tonf의 하중에서 10mm의 변형이 발생되었으며 전단키와 타워 모두 잔류변형은 없는 것으로 확인 되었다. 시험결과 60tonf의 하중에서 탄성 영역에서 거동하는 것으로 확인되며, 타워와 슬립폼이 실제 현장에서 최대 60tonf 의 하중을 재하 할수 있으므로 실험장에서도 탄성영역에서 거동할수 있음을 확인하였다.

	시험 성적서 TEST CERTIFICATE	STNTCE200901-01
---	-----------------------------------	-----------------

	대전광역시 유성구 문지로 105, 한국전력 벤처기업육성센터 206호 Tel. 042-867-8386 Fax. 02-6280-6388	
1. 성적서 번호 : STNTCE200901-01 2. 시험명 : TL FORM의 타워 극한하중 실험 3. 시험체 : TL FORM 타워 시험체 (의뢰자 제공) 4. 시험기간 : 2020년 10월 28일 5. 시험의뢰 기관명 : 진형건설(주) 6. 시험의뢰 기관 주소 : 인천광역시 서구 고산후로121번길 25, 306호 7. 실험성적서 용도 : 성능 검증 증빙용 8. 실험환경 : 온도 (18±2) °C , 습도 (76±6) % R.H.		

시험 결과

Test #	하중방향	최대하중 (kN)	최대하중 대비 재하위치 처짐 (mm)	사용성 평가 (연결장부 변형 유무)	실험종료 후 소성변형 유무
Test#1	압축	192	5.1	변형 없음	없음
Test#2	압축	393	8.3	다소 변형	없음
Test#3	압축	594	10.4	다소 변형	없음

※ 실험 하중은 1 000 kN 로드셀의 출력값이고, 변위는 200 mm 와이어변위계의 출력값임.
 ※ 실험체의 연결장부에 대한 사용성 평가는 육안관찰로 평가함.
 ※ 시험체의 실험과정 및 이상 유무는 의뢰기관 일제하에 직접 확인함.

화 인	작성자	승인자
	직 위: 실무자	직 위: 기술책임자
	성 명: 심 낙훈	성 명: 심 낙훈

2020. 10. 29.

(주)조실험네트워크 대표이사



※ 위 성적서에 실무자와 실험책임자의 서명이 자필로 기재되지 아니한 경우에는 성과에 대한 보증을 할 수 없음.

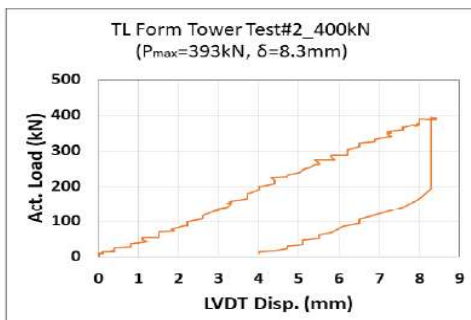
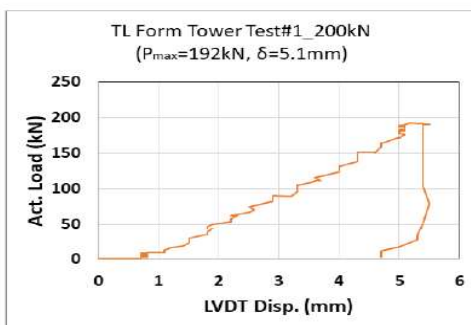
	시험 성적서 TEST CERTIFICATE	STNTCE200901-01
---	-----------------------------------	-----------------



<사진 1> TL FORM의 타워 극한하중 실험 진행

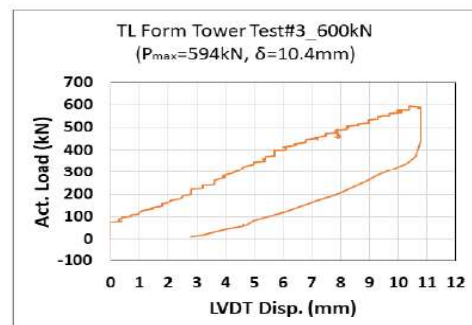
- 2/4 -

	시험 성적서 TEST CERTIFICATE	STNTCE200901-01
---	-----------------------------------	-----------------



- 3/4 -

	시험 성적서 TEST CERTIFICATE	STNTCE200901-01
---	-----------------------------------	-----------------



- 4/4 -

F TL-Form 탈형강도 목업 실험 (추가목표)

F 1 실험개요

TL-FORM은 기존 슬립폼의 탈형방식과는 조금 다른 방식으로 탈형된다. 기존 슬립폼은 벽체에 매설된 로드를 이용하여 유압실린더가 로드를 지지하며 상승하며 슬립업이 되지만, TL-FORM은 타워와 전단키를 이용하여 슬립업이 되므로 탈형 방법에서 약간의 차이를 보인다. 때문에 탈형방법에대한 검증이 필요하다. 실험 방법은 아래와 같다.

- 본 실험은 슬립폼 작업 시기를 추정하기 위해 탈형강도 실험을 수행하였다
- 본 실험을 통해 기온에 따른 양생 시간을 추정함
- 실험조건 : 실내실험
- 실험온도 : 22 ~ 26 $^{\circ}C$
- 실험장소 : 진형건설 공장내
- 실험방법
 - 가로 1000mm X 세로 300mm X 높이 600mm 몰드 15개 제작
 - 몰드 5셋 X 시편3 총 15개 시편 제작
 - 8:30 타설 시작으로 3개시편씩 30분 단위로 탈형 시작
 - 탈형후 직접 제작한 양생강도 측정기로 측정
 - 탈형후 저장도 반반력 강도 측정기 측정
 - 시험데이터 정리 및 결론 도출

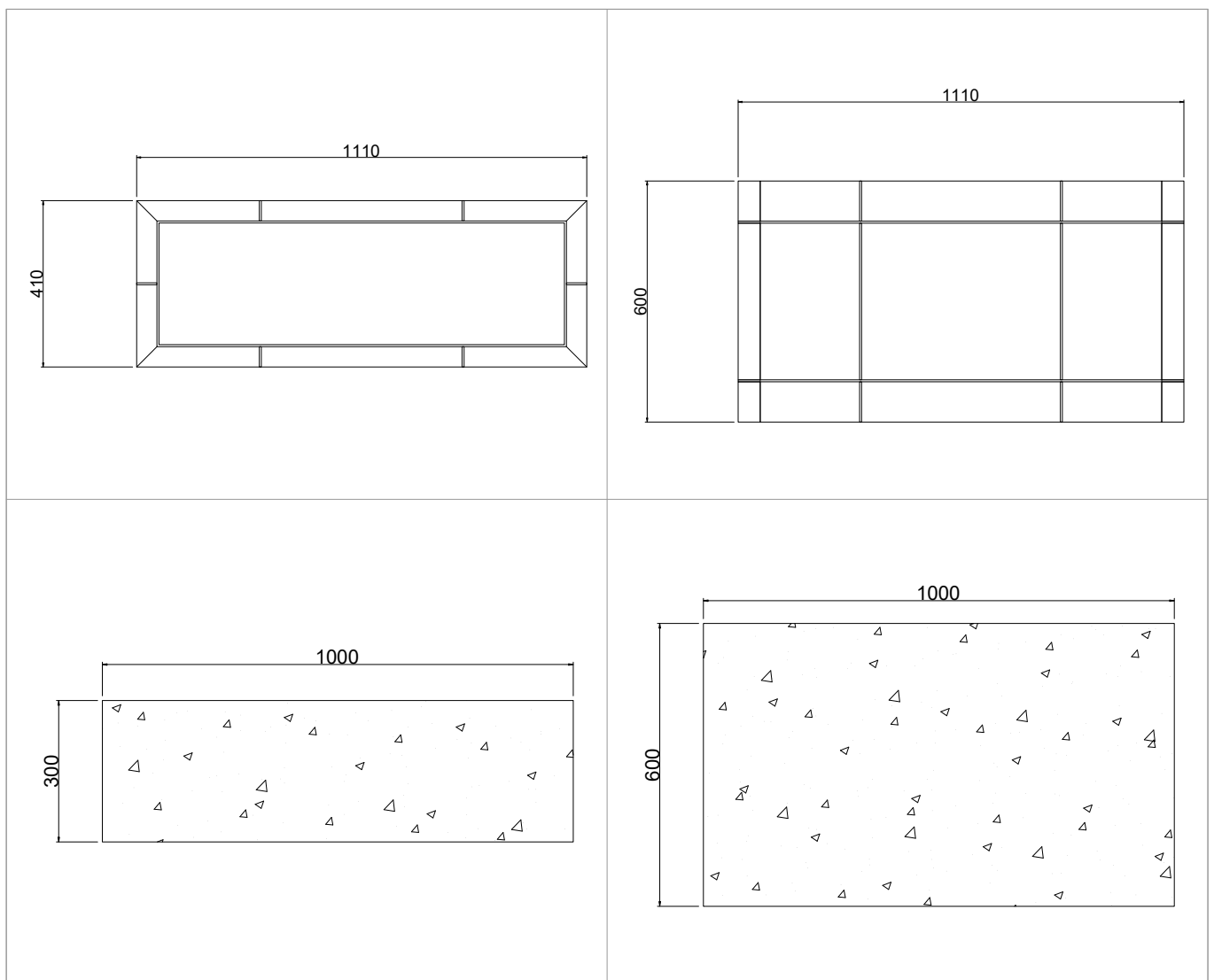


그림 62. 실험시편 몰드 구성

F 2 양생 목업 실험 내용 및 전경

- 15개 콘크리트 총 $2.7m^2$ 타설한다
- 최소양생시간은 2시간 양생후 30분 단위로 탈형
- 탈형시 측정 목록 탐침봉 압력값 측정
- 콘크리트 종류는 25-27-150
- 온도측정, 습도측정, 탈형부 벽면 저항도 콘크리트 반발 측정계 검토



그림 63. 실험시편 몰드 전경



그림 64. 콘크리트 타설 및 양생 전경

F 2 목업 실험 결과

- 온습도계는 레이저로 측정하였으며, 온도측정은 탈형시 측정하였음



그림 65. 레이저 온습도 측정 전경

○ 탐침봉은 콘크리트 양생 시 탈형 판단 기준을 마련함



그림 66. 레이저 온습도 측정 전경

- 콘크리트 반발력 측정기는 저강도 측정기 사용
- 측정값을 변환곡선을 통해 응력으로 변환



그림 67. 콘크리트 반발력 측정 전경

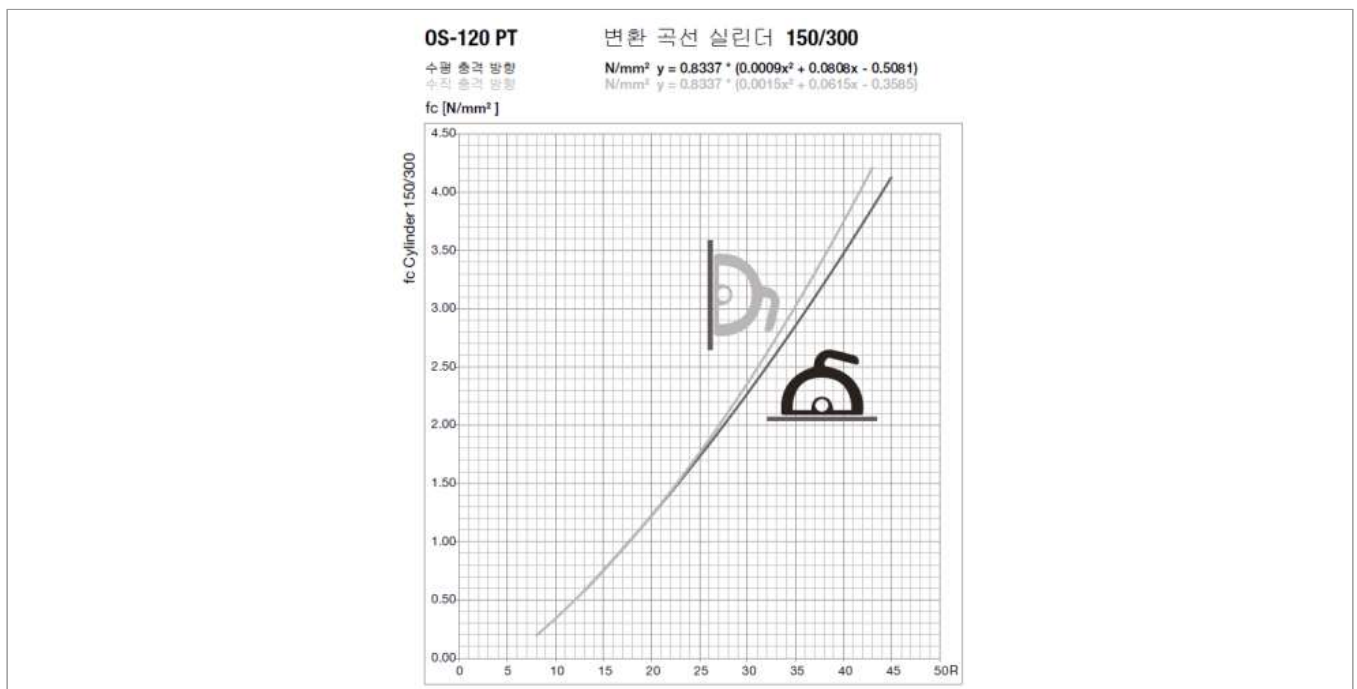


그림 68. 저강도 콘크리트 반발력 측정값 변환 곡선

탈형시 양생시간은 100분부터 ~ 30분단위로 220분까지 탈형을 수행하였다 탈형하면서 표면온도 대기온도를 측정 하였으며 각30분 단위마다 탈형되는 시편은 3개씩 탈형을 하였다. 탈형시 탐침봉으로 강도를 측정하였고 저강도 콘크리트반발력 측정기로 반발력을 측정하였다.



그림 69. 탈형시 전경

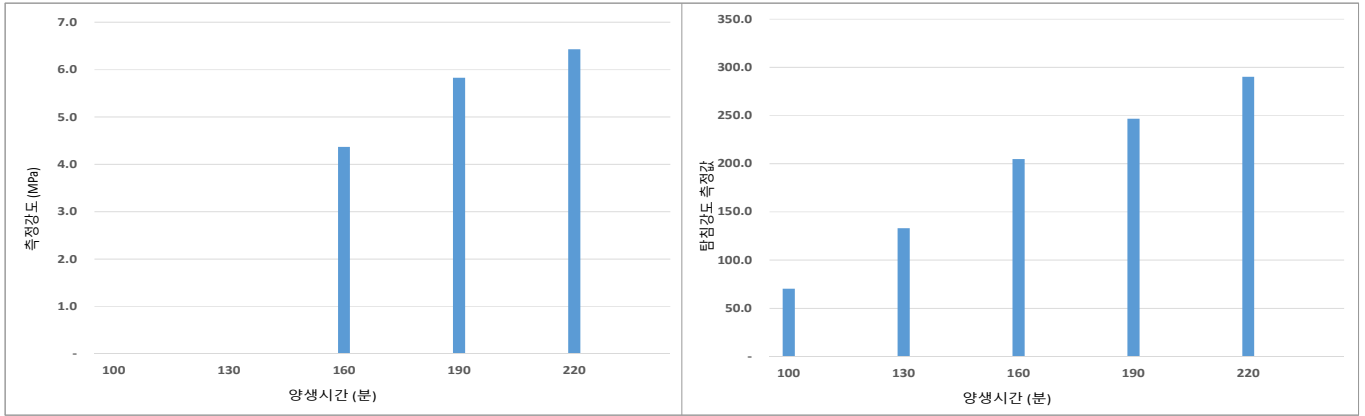


그림 70. 양생시간별 측정강도 그래프

구분					탈형시 온도 ($^{\circ}C$)	탈형시 습도 ($^{\circ}C$)	탈형시 탐침강도 (계수값)	탈형시 콘크리트반발력		탈형시 콘크리트 표면온도 ($^{\circ}C$)
조	타설 시간	탈형 시간	양생 시간	시편 구분				측정값 (계수값)	변환값 MPa	
1	AM 8:50	AM 10:30	100	1	24.3	78.3	70	측정불가	-	23.8
				2	24.3	78.3	71	측정불가	-	23.8
				3	24.3	78.3	70	측정불가	-	23.8
2	AM 8:50	AM 11:00	130	4	25.1	73.0	133	측정불가	-	23.8
				5	25.1	73.0	133	측정불가	-	23.8
				6	25.1	73.0	133	측정불가	-	23.8
3	AM 8:50	AM 11:30	160	7	25.4	71.9	200	47	4.3	23.1
				8	25.4	71.9	210	47	4.3	23.1
				9	25.4	71.9	205	48	4.5	23.1
4	AM 8:50	AM 12:00	190	10	25.7	70.8	220	56	5.7	23.5
				11	25.7	70.8	250	58	6.0	23.5
				12	25.7	70.8	270	57	5.8	23.5
5	AM 8:50	PM 12:30	220	13	26.1	70.1	280	58	6.0	24.1
				14	26.1	70.1	290	61	6.4	24.1
				15	26.1	70.1	300	64	6.9	24.1

결론

- 5가지 케이스를 온도별 습도별 양생강도를 측정하였다
- 탐침봉으로 탐침강도 측정시 적정 측정값은 4MPa 이상 강도가 200계측값이 정적인 것으로 사료됨
- 반발력 측정 결과 케이스 4부터 탈형이 적정한 것으로 사료됨



그림 71. 콘크리트 양생확인용 탐침 측정 장비 및 측정 전경

G 테스트베드 현장 조사 및 선정

본 과제에서 개발된 공법을 적용하기 위해

○ 테스트베드 선정을 위한 시공중인 현장 조사 수행

○ 현장 조사 조건

- 깊이 40m 이상 대심도 수직구, - 직경 6m 이상 수직구

○ 조사 방식

- 뉴스, 조달청등 모든 자료를 취합하여 현장을 직접 방문

- 현장 방문후 직접 본 연구과제 공법 설명, - 설명후 실행 견적서 작업 및 협상

G 1 현장 조사 결과표

현장조사 결과표					
현장명		구분	수직구현황		공법설명 유무
			직경 (m)	깊이 (m)	
대곡~소사 3공구	EV 수직구	철도	8	46.5	공법 설명 수행
	수직구 3번	철도	12	69.2	공법 설명 수행
	수직구 4번	철도	8	75.9	공법 설명 수행
	수직구 5번	철도	12	75.9	공법 설명 수행
대곡~소사 4공구	수직구 6번	철도	12	59.1	공법 설명 수행
	수직구 7번	철도	8	34.6	공법 설명 수행
	수직구 8번	철도	8	42	공법 설명 수행
	수직구 9번	철도	12	31.4	공법 설명 수행
대곡~소사 5공구	EV수직구	철도	5.4	27	공법 설명 수행
	수직구 10번	철도	12	43.9	공법 설명 수행
	수직구 11번	철도	8	21	공법 설명 수행
	수직구 12번	철도	8	21.7	공법 설명 수행
서부간선1공구	수직구1번	도로	11	55.9	공법 설명 수행
	수직구2번	도로	11	87.8	공법 설명 수행
서부간선2공구	수직구3번	도로	11	88.4	공법 설명 수행
제물포 1공구	수직구1번	도로	12.5	75.4	공법 설명 수행
제물포 2공구	수직구2번	도로	12.5	75.4	공법 설명 수행
광양~여수 전력구	수직구1번	전력구	7.6	86.3	공법 설명 수행
	수직구2번	전력구	9	82.2	공법 설명 수행
	수직구3번	전력구	7.6	56	공법 설명 수행

○ 최종 결정된 현장은 광양cc-신여수 전력구 수직구#3 번 이다, 최종 결정에는 현장 하도급사의 공법에 대한 관심과 적극적 의지, 안전에 대한 중요성등을 대두하여 결정하였다

○ 공사명 : 광양~여수지역 전기공급시설 전력구 공사(광양CC-신여수)

○ 발주처 : 한국전력공사 중부건설본부

○ 원청사 : 두산건설

○ 하청사 : 아주지오텍

○ 계약금액 : 5.3억원



H 수직구 벽체 시공기술

H 1 철근 조립속도 상승으로 전체 시스템 상승속도 검증

- 철근 조립공간 확보 → 철근조립편리 → 철근 조립속도 상승 → 철근공 콘크리트 타설 병행 가능 → 전체적인 시공속도 향상
- 4월15일 슬립폼 상승 시작, 5월22일 상승 종료
- 전체 콘크리트 타설일자 26일, 전체 상승높이 53.9m → $53.9/26=2.1\text{m/day}$
(평균 2.1m 상승, 최대 2.4m 기존 슬립폼 평균 1.9m 상승, 약5~10% 시공속도 상승 확인)
- 철근공 초반에 7인 투입, 중반부터 5인 투입(철근조립수월로 인해 철근공 공수 감소)
- 검증 자료 시공일지 확인

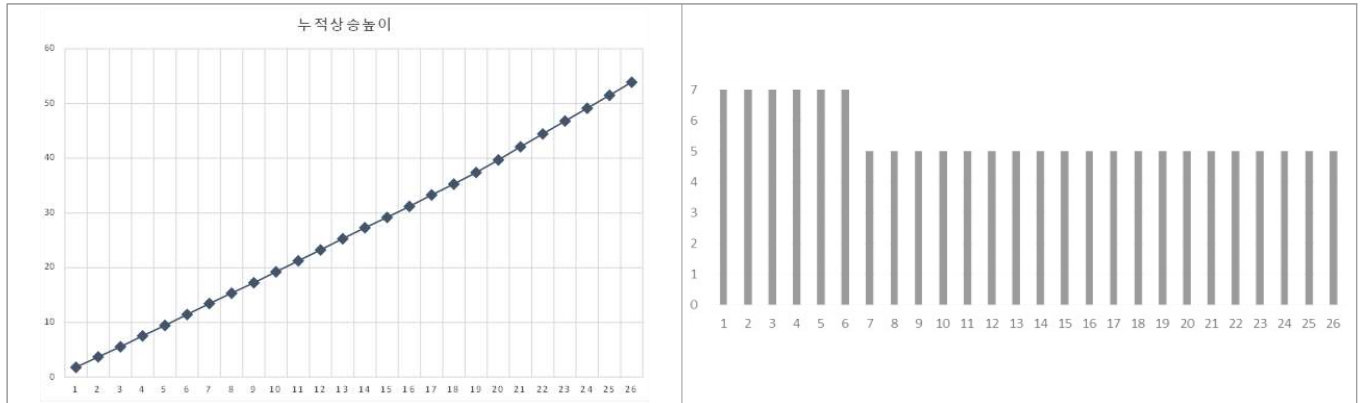


그림 72. 광양CC~여수 현장 수직구#3 슬립폼 상승 누적 높이 및 철근공 투입 인원 현황(투입일 누적 슬립폼 상승 높이(평균 2.1m, 최대 2.4m 상승))

H 2 개발공법 적용현장(광양~여수 수직구#3) 시공 날짜별 상승높이 추이

- 4월15일 슬립폼 상승 시작, 5월22일 상승 종료
- 전체 콘크리트 타설일자 26일, 전체 상승높이 53.9m → $53.9/26=2.1\text{m/day}$
(평균 2.1m 상승, 기존 슬립폼 평균 1.9m 상승, 약5~10% 시공속도 상승 확인)
- 검증 자료 시공일지 확인

일수	날 짜	일일 상승 높이	누적 상승 높이	철근공 투입 인원	일수	날 짜	일일 상승 높이	누적 상승 높이	철근공 투입 인원
1	04월15일	1.80m	1.80m	7인	15	05월04일	1.90m	29.2m	5인
2	04월16일	1.90m	3.7m	7인	16	05월06일	2.00m	31.2m	5인
3	04월19일	1.85m	5.55m	7인	17	05월07일	2.10m	33.3m	5인
4	04월20일	2.00m	7.55m	7인	18	05월08일	2.00m	35.3m	5인
5	04월21일	1.90m	9.45m	7인	19	05월10일	2.10m	37.4m	5인
6	04월22일	2.00m	11.45m	7인	20	05월11일	2.30m	39.7m	5인
7	04월23일	2.00m	13.45m	5인	21	05월12일	2.40m	42.1m	5인
8	04월24일	1.90m	15.35m	5인	22	05월13일	2.35m	44.45m	5인
9	04월26일	1.90m	17.25m	5인	23	05월14일	2.35m	46.8m	5인
10	04월27일	2.00m	19.25m	5인	24	05월17일	2.35m	49.15m	5인
11	04월28일	2.00m	21.25m	5인	25	05월18일	2.35m	51.5m	5인
12	04월29일	2.00m	23.25m	5인	26	05월21일	2.40m	53.9m	5인
13	04월30일	2.05m	25.3m	5인	27	05월22일	상승종료		5인
14	05월03일	2.00m	27.3m	5인					
계					53.90m				

H 3 개발공법 및 일반 슬립폼 공법 공기 비교

공종		작업 투입일수																					
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
슬립폼 반입 조립	TL-FORM	■	■																				
	슬립폼	■	■																				
타워설치 및 인허가	TL-FORM			■																			
	슬립폼																						
슬립폼 잭업 상승	TL-FORM (day 2.0m)				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	슬립폼 (day 1.8m)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
슬립폼 해제	TL-FORM																					■	
	슬립폼																						■
- TL-FORM 총 투입일수 42일																							
- 기존 슬립폼 총 투입일수 40일																							

위 표에서 확인해보면 개발공법의 경우는 “타워 설치 및 인허가” 공정에서 기존 슬립폼 대비 2일의 추가 일수가 발생하였다. 하지만 슬립폼 잭업 상승의 경우 기존 슬립폼 대비 TL-FORM이 작업투입일수가 4일 감소 하였다. 따라서 전체적인 공정상 60m 수직구의 경우 약 2일의 작업자 투입량의 감소를 확인 할 수 있다. 12m직경 수직구의 경우 슬립폼 시공시 약 20명의 전체 작업자가 투입되기 때문에 2일의 경우 약 (25만(인건비)×20명×2일(day)) 약 1천만원 가량의 작업자 투입비 절감효과를 볼수 있을 것으로 사료된다.

I 대심도 대직경 슬립폼 구조검토

본 연구과제의 목적인 직경 30M 높이 깊이 150M 에대한 슬립폼 구조검토를 수행하였다. 목표치를 직경 30M로 설정한 사유는 현재 시공진행 예정인 국내 대심도 수직구는 최대직경이 신안산선에서 약 26m 직경으로 구성된다. 때문에 직경 30M에 대해서 구조검토를 수행하여 검증을 수행할 필요가 있다. 본 구조검토는 직경 30M를 수용할수 있는 TL-FORM에 대해서 구조검토를 수행하였다.

- 구조검토 대상 : 슬립폼 (직경30M) 구조해석
- 대상 구조 형식 : 철골구조 슬립폼 구조물
- 검토기준 : 가설공사표준시방서 2014 설계편 (국토교통부)
- 구조해석은 마이다스를 이용하였으며 요소는 빔요소를 사용함

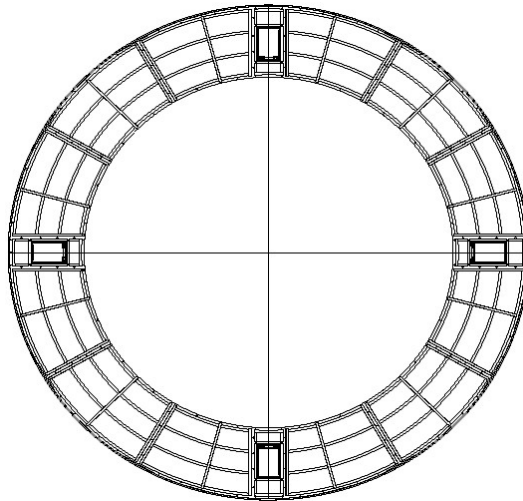


그림 73. 단면개요

- 검토 기준: 가설공사 표준시방서
- 구조해석 프로그램 : 마이다스 시빌
- 재료 : 일반부재 SS400, 볼트 고력볼트 F10T
- 특기사항 : 가. 작업용 데크에 자재를 적재 할 경우 하나의 SPAN 집중하지 말 것.
나. 나. 시간당 콘크리트 타설 속도는 높이 300mm이하로 할 것.
다. 설계하중 이상의 하중이 재하 될 경우 재 검토 되어야 함.
- 설계하중
 - 가. 수직하중 : 시설물의 설계 시 작용되는 수직하중의 종류는 다음과 같다.
(1) 고정하중(D), (2) 활하중(L)
 - 나. 수평하중 : 가시설물 설계 시 작용되는 수평 하중은 다음과 같다. 다만 지진하중은 가시설 물의 존치기간 및 현장 여건에 따라 고려 할 수 있다.
(1) 풍하중(W), (2) 지진하중(E), (3) 콘크리트 축압(P), (4) 수압(F), (5) 토압(H)
(6) 타설시 충격 또는 시공오차 등의 의한 최소 수평하중(M)
 - 다. 하중조합 : 가시설물 설계 시에는 시공 중 또는 사용기간 중에 작용할 것으로 예상되는 하중들을 각 하중들의 발생특성에 따라 합리적으로 조합하여 검토하여야 한다. 하중 종류에 따라 적용되는 하중조합 및 증가계수는 다음과 같다. 다만, 허용압축하중으로 검토할 경우 에는 증가 계수를 적용하지 않는다.
- 거푸집 및 동바리, 비계 및 기타 시설물

구분	하중조합	허용응력 증가계수
1	D+Li+M	1.00
2	D+Li+M+W	1.25
3	D+Li+M+S	1.50

라. 콘크리트 측압 (가설공사표준시방서 2014 설계편)

- (1) 콘크리트의 측압은 거푸집의 투영면에 수평방향으로 작용하는 것으로 하며, 일반 콘크리트용 측압, 슬립 폼용 측압, 수중 콘크리트용 측압, 역타설용 측압 그리고 프리팩트 콘크리트(packaged concrete)용 측압으로 구분할 수 있다.
- (2) 슬립 폼(slip form)의 측압은 타설 높이가 높지 않고 타설 속도가 빠르지 않아 측압을 낮추어 고려할 수 있다.

① 슬립 폼에는 다음의 측압을 적용할 수 있다.

$$P = 4.8 + \frac{520R}{T+18}$$

T : 타설시 온도 15℃가정 계산

R : 상승높이 0.3m/hr

② 다만, 압력용기나 차수용 구조물과 같이 콘크리트의 밀실도를 높이기 위하여 추가로 진동다짐을 할 경우에는 다음의 측압을 적용한다.

$$P = 7.2 + \frac{520R}{T+18}$$

- (6) 수중에 타설하는 콘크리트는 수압에 의해 측압이 감소되는 효과를 고려하여 적용할 수 있다.
- (7) 콘크리트를 거푸집 하부에서 주입하는 역타설의 경우에는 주입하는 압력이 추가로 고려되어야 하며, 최소한 다음식에 의해 계산된 측압의 최소 25% 이상을 추가로 고려하여야 한다.

$$P = W \cdot H \cdot g$$

P : 콘크리트 측압 (kN/m^2)

W : 굳지 않은 콘크리트의 단위질량 (kg/m^3)

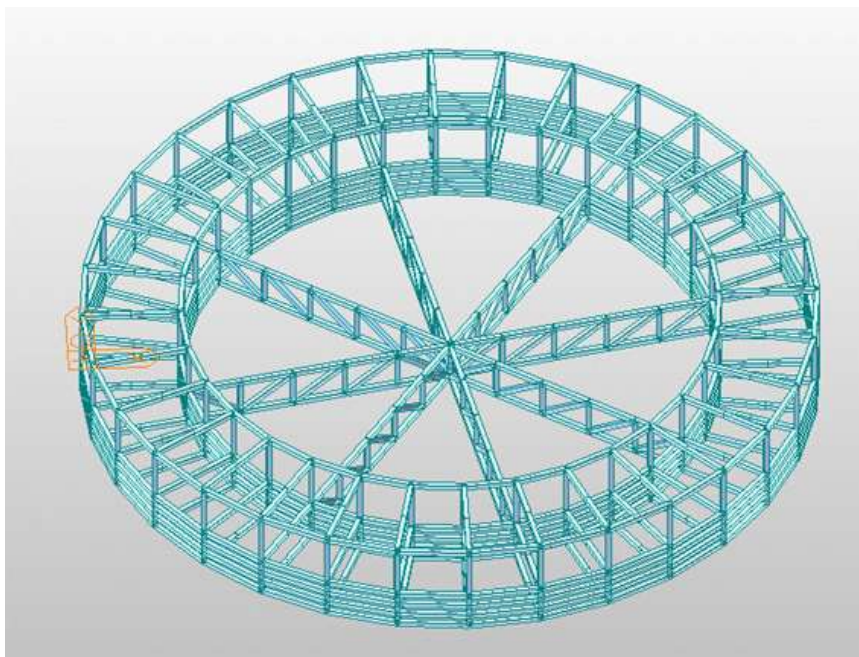
H : 콘크리트의 타설 높이 (m)

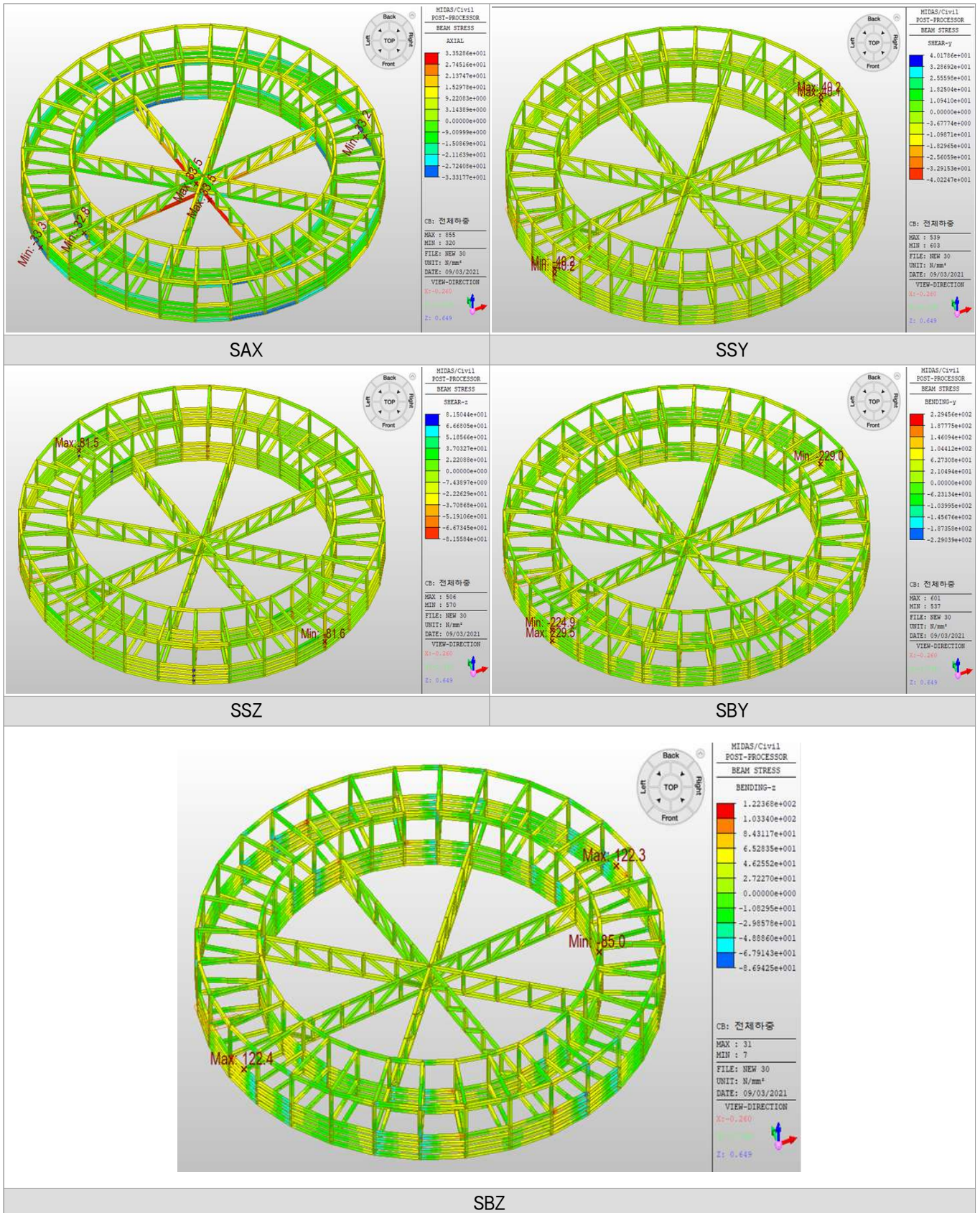
g : 중력가속도 10 N/kg

- (8) 프리팩트 콘크리트용 거푸집의 측압은 골재 투입 시에 거푸집에 작용하는 측압과 주입 모르타르의 측압을 고려하여야 한다.
- (9) 콘크리트 다짐을 외부 진동다짐으로 할 경우에는 이에 대한 영향을 고려하여야 한다.
- (10) 적용 하중

$$P = 7.2 + \frac{520 \times 0.3}{15 + 18} = 11.93 kN/m^2$$

단면	형상	단면적 cm^2	I cm^4	Cy cm	Z cm^3
H 200 X 200 8 / 12	H형강	63.53	4,720.00	10.00	472.00





구분	내용	해석값 (MPa)	허용값 (MPa)	검토
SAX	요소좌표계 x축 방향 축응력	33	235	O.K
SSY	요소좌표계 y축 방향 전단응력	40	235	O.K
SSZ	요소좌표계 z축 방향 전단응력	81	235	O.K
SBY	요소좌표계 z축의 휨모멘트(Mz)에 의한 축방향 응력	229	235	O.K
SBZ	요소좌표계 yz축의 휨모멘트(My)에 의한 축방향 응력	122	235	O.K

J 개발공법 시방서 작성

TL-FORM 공법은 기존에 없던 새로운 공법이다. 기존 슬립폼에 관련된 시방서로는 시공이 불가하기 때문에 새로운 시방서 작성이 필요하다. 본연구에서는 최초 프로토 타입 시험 시공을 바탕으로 시방서 초안을 작성하고, 검증하여 개발공법에 대한 특별 시방서 작성 하였다.

- 타워형 슬립폼 대표 시방서 초안 작성
- 프로토 타입 제작과 초기 시공을 통해 특별 시방서 작성

1. 수직구 구조물 타워형 슬립폼 시공 (시방서)

1.1 적용범위

- 1.1.1 본 시방서는 수직구 구조물공사용 슬립폼 공법중 타워를 이용한 TL-FORM 공법에 대한 시방서로서 다음 특허를 준용한다.
특허 제 10-2027499 타워구조물을 이용한 이동 수단이 부가된 슬립 폼 장치 및 수직 구조물 형성 방법

- 1.1.2 본 특기 시방은 하기 각항에 준하며, 일반 사항은 건설 표준 시방서, 토목공사 표준 시방서, 콘크리트학회 표준시방서를 적용하되 본 시방은 타시방서에 우선하여 적용 한다.

1.2. 공사범위

1.2.1 설계도서 작업

- 1) 수직용 TL-FORM 설계도면
- 2) 수직구 시공계획서 (착공 전 제출)
- 3) 시공진행 흐름도

1.3. 제작 및 설치

- 1.3.1 공사 착수 전 아래 사항에 대한 수직터널용 TL폼, PC Slab, 강제 계단의 제작, 및 설치 도면을 제출하여 감독원의 승인을 득한다.

- 1) 수직구 구조물 시공순서도
- 2) 수직구 표준 TL-FORM 평면도(하부, 중간, 상부 평면도)
- 3) 수직구 TL-FORM 주 단면도
- 4) PC Slab 제작도면
- 5) PC 및 철제 계단 제작도면
- 6) 타워 및 렉기어 타입 승강기 설치도
- 7) 기타 잡철물(난간, 그레이팅 등) 설치도

- 1.3.2 상기 항목 이외의 제작도 및 시공도가 필요한 부분이 발생하면 제작설치에 문제가 발생하지 않도록 필요도면을 빠짐없이 작성 제출한다.

- 1.3.3 도면 및 특기시방서에 기재 안 된 사항은 아래 기준에 따른다.

- 1) 구조계산서
- 2) 표준시방서 KCS(Korean Construction Specification)

- 1.3.4 수직구용 표준 TL-FORM 설계도 구조 검토결과 보완이 필요하거나 변경이 필요한 경우에는 본 시방서 작성의 제출 후 감독(또는 감리)의 승인 후 변경 한다.

1.4. TL-FORM(Tower Lift Slipform) 품질 및 시공 주의사항O.K

1.4.1 TL-FORM 강재는 EXCS 14 31 00 (2.4)에 따른다.

EXCS 14 31 00 강구조공사 재료

2.4 용접구조용 내후성 열간 압연강재

(1) 용접구조용 내후성 열간 압연강재는 KS D 3529의 규정에 적합한 것을 사용하여야 한다. 내후성이라 함은 대기중에서 부식에 견디는 성질을 말한다. 필요에 따라 노멀라이징 퀴칭템퍼링 또는 템퍼링을 하여도 좋다. 또 전 종류의 기호에 대하여, 주문자와 제조자 사이의 협정에 따라서 열가공제 어등의 적당한 열처리를 하여도 좋다.

1.4.2 콘크리트는 EXCS 44 55 20 (2.1)에 따른다.

EXCS 14 31 00 강구조공사 재료 : 2.1 일반 구조용 압연강재

(1) 일반 구조용 압연강재는 KS D 3503의 규정에 적합한 것을 사용하여야 한다. 일반 구조용 압연강재 중 SS315는 용접구조에 사용하여서는 안되며, SS275는 용접구조에 사용할 수 있지만 판두께가 두꺼워짐에 따라 강철의 조직이 거칠어지고 취성이 증가하며, 수축응력에 따라 다축응력상태로 될 염려가 있기 때문에 두께 22mm 이하일 때만 사용하여야 한다.

1.4.3 TL-FORM에 사용되는 모든 구조용 자재는 콘크리트 압력, 형틀 전체의 자중 및 제반작업 하중에 의한 휨 및 좌굴에 견딜 수 있도록 충분한 강도와 두께를 가져야 한다.

1.4.4 TL-FORM 제작 및 설치는 사전에 구조적 안정성 검토를 확실히 하여 조립, 해체할 때 문제점이 발생하지 않아야 하며, TL-FORM 제작 및 설치 시공 상세도면을 제출하여 공사감독자의 확인을 받은 후 시행하여야 한다.

1.4.5 타워는 TL-FORM 형틀 전체의 자중과 제반작업 하중을 지지하여야 하므로 좌굴 등을 감안한 안전성을 확보하여야 한다.

1.4.6 TL-FORM은 콘크리트 측압에 견디고 모르타르 등의 손실을 방지할 수 있어야 하며, 콘크리트와 접촉되는 면에서 슬라이딩이 잘 되어야 하고 강판은 0.8mm 이상을 사용하여야 한다.

1.4.7 철근조립에 필요한 공간을 확보하여야 하며, 굳지 않은 콘크리트에 하중을 가하지 않는 구조를 갖추어야 한다.

1.4.8 콘크리트는 24시간 연속타설 시 배치 플랜트 조종원, 애지테이터, 트럭 등에 야간작업조를 구성하여야 하며, 비상 전력시설(예비발전기)을 준비하여야 한다.

1.4.9 고공 작업을 할 때에는 피뢰침을 반드시 설치하여 낙뢰에 대비하여야 하며, 1일 2회 이상 측량을 하여 뒤틀림과 편심을 조정하여야 한다.

- 1.4.10 고공 작업을 할 때에는 피뢰침을 반드시 설치하여 낙뢰에 대비하여야 하며, 1일 2회 이상 측량을 하여 뒤틀림과 편심을 조정하여야 한다.
- 1.4.11 거푸집이 상승할 때 콘크리트와의 마찰을 줄이고 콘크리트 표면의 원만한 성형을 위하여 잔골재의 조립률(FM)을 3.2 이하로 관리하며, 폼 셔터(form shutter)의 철판은 가공성 및 성형성을 고려하여 1.2~3mm 정도를 사용하는 것이 좋다.
- 1.4.12 4~8개의 타워의 기둥에 의지하여 거푸집이 상승하는 만큼 동시에 일정량을 정확하게 상승하여야 하나 잭(jack)별 미세한 차이가 있어 구조물의 위치이동 또는 뒤틀림이 발생하므로 연속적인 측량 및 조정이 필요하다.
- 1.4.13 직사각형 구조물의 경우 콘크리트 측압에 의해 긴 변이 회전하므로 이에 대해 세심한 대책이 필요하다.
- 1.4.14 TL-FORM 시공할 때에는 비중계법, 급결촉진법 등으로 강도를 2시간 이내에 조기 평가할 수 있는 방법을 강구하여야 한다.
- 1.4.15 수밀한 콘크리트를 만들기 위해 다짐봉을 구조에 맞도록 제작하여 전면을 고르게 다지고, 특히 접촉부위는 정밀하게 다짐을 실시하여야 하며, 콘크리트를 타설할 때 작업중단으로 인하여 구조체에 시공이음이 생겨서는 안 되므로 콘크리트 공급에 철저를 기하여야 한다.
- 1.4.16 강우로 인해 콘크리트 타설에 영향이 없도록 천막을 준비하여야 하며, 콘크리트가 완전히 경화되기 전 거푸집 인상과 동시에 면처리를 실행하여야 한다.
- 1.4.17 TL-FORM 공법의 시공속도를 높이기 위해서는 낮은 슬럼프가 좋으나 콘크리트 타설 후의 표면 상태나 시공성 등을 감안하여 공사감독자의 확인을 받아 고유동화제를 사용할 수도 있다.
- 1.4.18 TL-FORM 시공 시에는 바람의 영향을 고려하여 안전에 유의하여야 하며, 일반적으로 순간풍속이 10m/sec이상이거나 돌풍이 예상될 때에는 작업을 중지하고 전체 시스템을 별도의 고정철물(앵커)을 사용하여 구조물에 결속하여야 한다.

1.4.19 거푸집 표면에 대한 허용오차는 EXCS 14 20 10 (3.12.2)에 따른다.

EXCS 14 20 10 일반콘크리트

3.12.2 치수의 허용오차

(1) 거푸집을 사용한 콘크리트의 면이 거칠게 마무리 되었을 경우 구멍, 기타 결함이 있는 부위는 보수를 하여야 하며, 6mm 이상의 돌기물은 제거하여야 한다.

(2) 수직오차

① 높이가 300mm 미만인 경우 :

가. 선, 면 그리고 모서리 : 25mm 이하

② 높이가 300mm 이상인 경우 :

가. 선, 면 그리고 모서리 : 높이의 1/1,000 이하, 다만 최대 50mm 이하

나. 노출 모서리 기둥, 컨트롤 조인트 홈 : 높이의 1/2,000 이하, 다만 최대 75mm 이하

(3) 수평오차

① 부재(슬래브밀, 천장, 보밀 그리고 모서리) : 25mm 이하

② 슬래브 중앙부에 300mm 이하의 개구부가 생기는 경우 또는 가장자리에 큰 개구부가 있는 경우 : 13mm 이하

③ 쇠톱 자름, 조인트 그리고 슬래브에서 매설물로 인해 약화된 면 : 19mm 이하

(4) 콘크리트 슬래브 바탕 마감의 허용오차

① 슬래브 상부면

가. 지반면에 접한 슬래브 : 19mm 이하

나. 동바리를 제거하지 않은 기준 층 슬래브 : 19mm 이하

② 동바리를 제거하지 않은 부재 : 19mm 이하

(5) 부재 단면 치수의 허용오차

① 기둥, 보, 교각, 벽체(두께만 적용) 그리고 슬래브(두께만 적용) 등의 부재

가. 단면치수가 300mm 미만 : +9mm, -6mm

나. 단면치수가 300mm~900mm 이하 : +13mm, -9mm

다. 단면치수가 900mm 이상 : +25mm

(6) 기타 허용오차

① 계단

가. 계단의 높이 : 3mm 이하

나. 계단의 넓이 : 6mm 이하

② 홈

가. 폭이 50mm 이하인 경우 : 3mm

나. 폭이 50mm~300mm 이하인 경우 : 3mm

③ 콘크리트면 또는 선의 기울기는 3.0m 당 다음의 허용오차 범위 이내이어야 한다.

가. 노출 모서리 기둥의 수직선, 노출 콘크리트에 있는 컨트롤 조인트의 홈 : 6mm

나. 기타의 경우 : 9mm

(7) 부재를 관통하는 개구부

① 개구부의 크기 : +25mm, -6mm

② 개구부의 중심선 위치

1.4.19 최저 -10℃ PANEL 표면온도, 최고 50℃에 대하여 충분한 수축, 팽창 여유를 갖도록 설계하여 이로 인한 좌굴, 접합 및 연결부 SEAL의 파손, 기타 구조상의 응력 발생등을 예방토록 한다.

1.4.20 TL-FORM 폼 상승기준

최초 콘크리트 타설 후 4시간~8시간 후 최초 표준 성형 폼 높이 1.2m~1.5m 중 2시간 이내 200mm~300mm 연속상승 24시간 작업시간 2~3m상승/day의 평균 기준을 적용시키고 미경화 수직콘크리트 부어넣기 후 폼 상승 강도를 확인하여 상승속도를 조절한다. 상승속도는 15cm-30cm / 2HR를 기준으로 하되, 시공 당시의 기온과 콘크리트의 경화속도에 따라 감독원의 승인 하에 조절할 수 있다. 상승속도를 조절할 때에는 다음 사항에 유의 한다.

기 온	성형폼 높이(cm)	1 일 상 승 높 이	시간당 상승속도
썩썩 35 ° 내외	1.2 ~ 1.5 m일때	3.0 M 이상	20 ~ 30 cm
썩썩 20 ° 내외	1.2 ~ 1.5 m일때	2.0 M 이상	15 ~ 25 cm
썩썩 10 ° 내외	1.2 ~ 1.5 m일때	1.5 M 이상	10 ~ 20 cm
지하조건	1.2 ~ 1.5 m일때	2.0 M 이상	15 ~ 25 cm

1.4.21 상시변형 성능

온도조절 및 구체의 변위등으로 부터 기인하는 부재변형 구조 응력 등을 검토하여 장기 내구성에 문제가 발생하지 않도록 그 접합방법 및 설치방법을 고려하여야 한다.

1.4.22 수밀 성능

TL-FORM 연결 부분의 수밀성을 별도의 지시가 없는 한 콘크리트 타설 및 진동 다짐기의 방법에 따른 콘크리트 측압에 해당하는 정압 압력차에서 누수되지 않도록 한다.

1.4.23 BRACKET 설치

SLIPFORM SLIDING 상승 중 브래킷 설치 위치에 도달하면 하부 작업대에서 철제브래킷을 라이닝에 앵커볼트 고정시켜 조립설치하거나, 수직 벽 철근과 연결 조립하는 현장 콘크리트 부어넣는 방식으로 TL-FORM 하부 작업대에서 설치한다.

본 과제로 개발된공법은 새로운 공법이므로 원가산출에 대한 검토가 필요하다. 원가계산은 사업성을 확보하고 경제성을 확보하기 위해 검토 하였다.

원가조사중 비교대상기술은 일반 슬립폼 공법에 대하여 원가 검토를 수행하였고, 기존 슬립폼 대비 TL-FORM의 원가 약 96.13%로 확인되며 약 4%의 원가 절감 내용을 확인 하였다. 다음은 원가계산 및 절감에 대한 요약이다.

검토대상을 실제 현장에서 시공되었던 광양~여수 현장의 수직구를 토대로 검토하였다 광양 여수의 전력구 현장은 도달수직구 였으며 직경은 내경으로 6.8m, 깊이는 56.365m이다.

원가계산은 전문 기관에 의뢰하여 원가 계산용역을 수행하였다.

원가계산 조사 개요는 다음과 같다

1. 서 론

본 조사는 “진형건설(주)”에서 위촉한 “TL폼 공법과 슬립폼 공법”에 대한 원가조사입니다.

2. 목 적

본 법인에서는 신기술진흥법 제18조 및 동법시행령에 의거 국내에서 최초로 개발한 기술또는 외국에서 도입하여 개량한 것으로 국내에서 신규성, 진보성 및 현장적용성이 있다고판단되는 기술에 대한 경제성을 조사하여 신기술 지정·고시 시 필요한 원가구성요인과 예정원가를 조사하여, 기초자료를 제공함으로써 합리적인 관리업무에 활용토록 하는데 그 목적이 있습니다.

3. 원가조사 대상

가. 품명 : TL폼 공법과 슬립폼 공법

나. 규격 : 내경 6.8m, 높이 56.365m

다. 조사기준일 : 2021. 09.

4. 원가조사 근거

- 국가를 당사자로서 하는 계약에 관한 법률(이하 “국가계약법”이라 함)시행령 제9조 (예정가격작성기준)
- 국가계약법 시행규칙 제6조 및 11조(원가요소별 산정기준)
- 예정가격작성기준(기획재정부 계약예규)(원가비목별 산출기준)
- 기타 관계기초자료 및 증거자료

5. 참 조 사 항

본 조사는 상기여건을 전제로 조사된 것으로 이에 대한 결과는 다음 총괄표(원가계산 집계표) 및 기초산출표와 같습니다. 단 다음 사항의 변동요인이 있을 경우에는 산정결과에 대한제고가 있어야 할 것입니다.

- 구매규격 및 제작사양의 변동
- 제조업체의 제작설비 및 작업도의 변동
- 제작기간 및 현장설치 등 조사기준일의 변동
- 단가 및 공공요율의 변동
- 기타 원가에 영향을 미치는 제반요인의 발생 시 등

5. 산 출 내 용

- 이하 다음 장의 원가계산집계표 및 산출내역서를 참조바랍니다.

검토결과								
건명	규격	단위	수량	개발기술 (TL-FORM)		비교대상기술 (슬립폼 공법)		비고
				단가 (원)	금액 (원)	단가 (원)	금액 (원)	
TL-FORM 공법 및 슬립폼 공법	내경 6.8m 높이 56.365m	m	56.365	32,940,144	1,856,671,216	34,267,301	1,931,476,420	96.13 (약 -74,000,000)
	원가 절감내용			1. 유압식 실린더 수량감소로 인한 금액 절감				16,000,000
				2. 승강용 장치(호이스트) 및 잭로드 비용				44,000,000
				3. 철근 조립 유리(작업 능력 저하 할증 제거)				14,000,000
				원가 절감 합계(부가가치세 포함)				74,000,000

원가조사 보고서

원 가 계 산 서

(명칭 : TL-FORM 공법과 슬립폼 공법)

(신청인 : 진형건설(주))

2021. 09

 계단 법 인
 건설산업정보연구원

제비용 산출표

(단위 : %)

항 목	비 율	비 고
산 출 경 비	직접산출	표준통계기준
간 절 노 무 비	직접노무비의 13.80%	50억미만, 6개월이하, 토목
산 제 보 형 료	노무비의 3.70%	모든 공사에 적용
고 송 보 형 료	노무비의 0.87%	7등급이하, 모든 공사에 적용
견 강 보 형 료	직접노무비의 3.43%	1개월 이상 공사에 적용
연 금 보 형 료	직접노무비의 4.50%	1개월 이상 공사에 적용
퇴 직 공 제 부 감 비	직접노무비의 2.30%	1억원 이상 공사에 적용
노인장기요양보험료	간접보형료의 11.52%	1개월 이상 공사에 적용
산업안전보건관리비	계도+직노의 1.86%	5억~50억미만, 일반건설(갑)+5,348원천
환 경 보 전 비	계도+직노+경의 0.80%	기타토목(하천 등)
기 타 경 비	계도+노무의 8.30%	50억미만, 6개월이하, 토목
일 반 관 리 비	계도+경의 6.00%	5억미만, 토목
이 른	노+경+일관리의 16.00%	50억미만

주1) 산출경비 : 표준통계 일의대가로 직접 산출하였음.

주2) 제비용 산출은 "조달청 2021.4.21 토목,조경, 산업환경정비공사 원가계산 제비용 적용기준"을 적용하였음.

신기술 원가조사 보고서

진형건설(주) 귀하

본 원가조사 보고서는 "진형건설(주)"에서 의뢰한 "TL-FORM 공법과 슬립폼 공법"에 대하여 기획재정부 계약제군 계약가격조사 기준 제534호(2020. 12. 23)를 기초로 조사, 산출한 금액은 다음과 같습니다.

— 다 음 —

건 명	규 격	단 위	수량	신기술기술 (TL-FORM)		비교대상기술 (슬립폼 공법)		비 고						
				단 가	금 액	단 가	금 액							
TL-FORM 공법 및 슬립폼 공법	내경 6.8m 높이 56.365m	m	56.365	32,940,144	1,856,671,216	34,267,301	1,931,476,420	96.13% (약 -74,000,000)						
원가 절감 내용				1. 유압식 수량감소로 인한 금액 절감		16,000,000								
				2. 승강용 장치(호이스트) 및 잭로드 비용		44,000,000								
				3. 철근조립 유리(작업 능력 저하 할증 제거)		14,000,000								

주) 1. 부가가치세 포함

2021. 09

계 단 법 인
 진형건설정보연구원

책임 연구원 한 경

등록 고유번호 제68호

원가계산용역기관 인증서

기관명 : (재)진형건설정보연구원

대표자 : 김 철 상

주 소 : 서울 금천구 가마산로 96, 505호
(가산동, 대동테크노타운 8차)

상기 기관은 기획재정부 및 행정안전부의 관계법령(및면 약조)에서 정한 아래의 원가계산용역기관의 요건을 충족하고 본 협회에 정회원으로서 등록하였으므로 관련법규에 의거하여 원가계산용역기관임을 본 협회가 인증하고 이를 공표합니다.

- 기획재정부 원가계산용역기관 요건 적합
- 행정안전부 원가계산용역기관 요건 적합
- 행정안전부 원가검토기관 요건 적합
- 국토교통부 개발비용산정기관 요건 적합(참고)
- 국토교통부 개발비용산정검토기관 요건 적합(참고)

유효기간 : 2021. 07. 01 ~ 2022. 06. 30 까지

2021년 07월 01일

사단법인 한국원가관리협회장

본회는 기획재정부로부터 비가환은 원가계산용역기관으로 인정받았습니다. 기획재정부 계약제군 계약가격조사기준 제 534호에 의거하여 본 협회에서 정회원인 원가계산용역기관이 자격요건 충족 여부를 확인한 기관으로 별도의 자격심사를 면제할 수 있도록 규약되어 있습니다.

문의 : 한국원가관리협회 | Tel: (02)598-4753 Fax: (02)598-4752 | http://www.kcaa.or.kr

- 67 -

국도77호선 신안압해-해남화원도로건설공사(1공구)

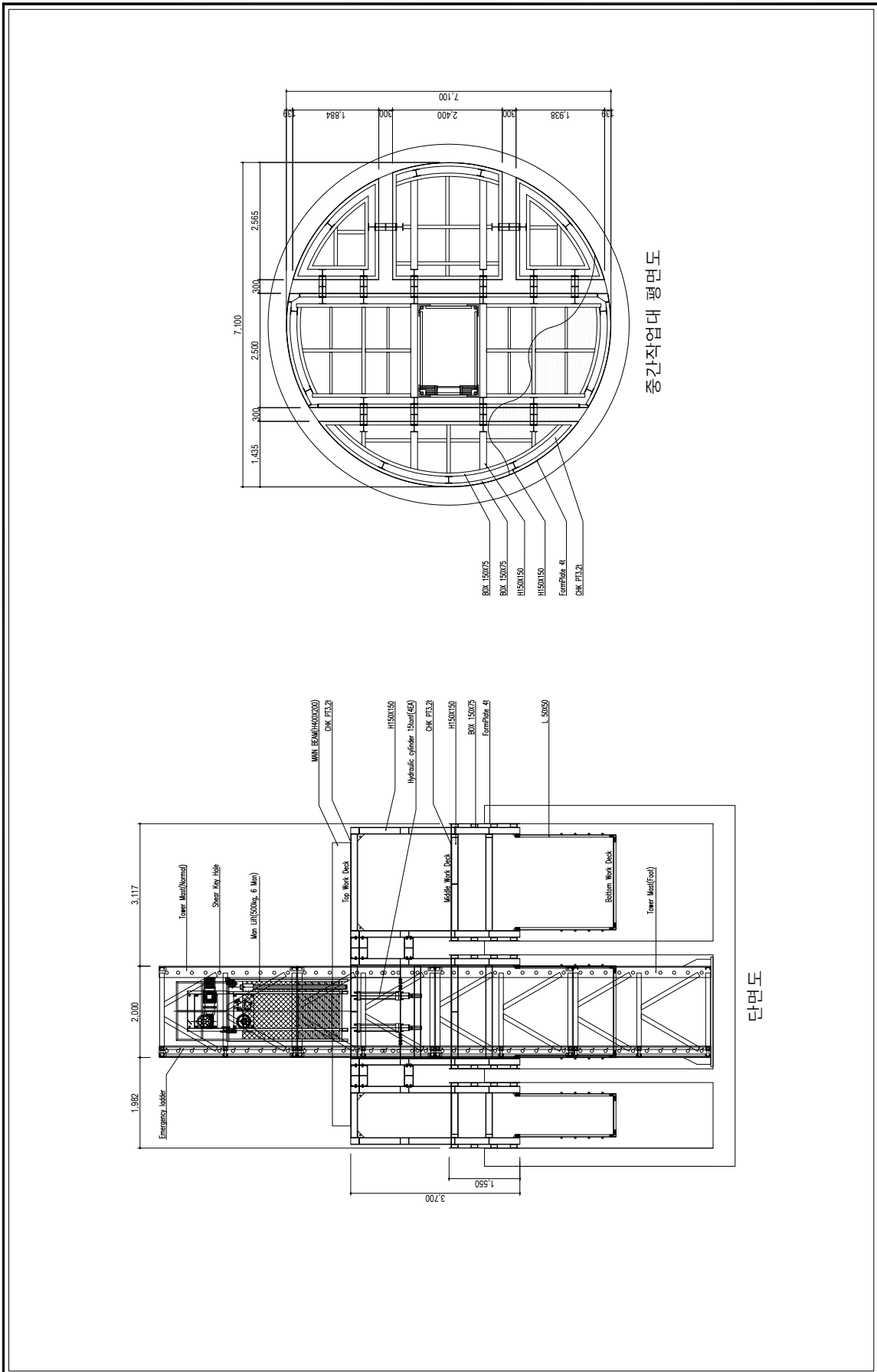


그림 74. TL-FORM 표준도면

M 안전확보 작업자 고속 이동 시스템 설계

본 연구에서 개발되는 공법은 타워내부에 작업자 이동 엘리베이터를 구비하는 것이 핵심적인 내용이다. 작업자 이동엘리베이터는 타워내부에서 10cm 이격해서 간섭을 제거 하였으며 비상시 사다리를 구비하였다. 랙기어 타입으로 설계 되었고, 전전의 움직임을 최소화 하기위해 고층 건물에서 사용되는 파워 케이블을 구비하였다. 이동속도는 40m/min 속도로 이동하며, 중량은 500kg으로 설정하였다.

- 새롭게 개발된 타워 마스트 내부 최적화된 인화물 호이스트 개발
- 인, 화물 모두 가능한 EV 설정
- 타워 마스트 내부를 최대한 활용하여 인화물 호이스트 개발
- 인화물 호이스트 전선 꼬임 방지를 위한 파워케이블 적용

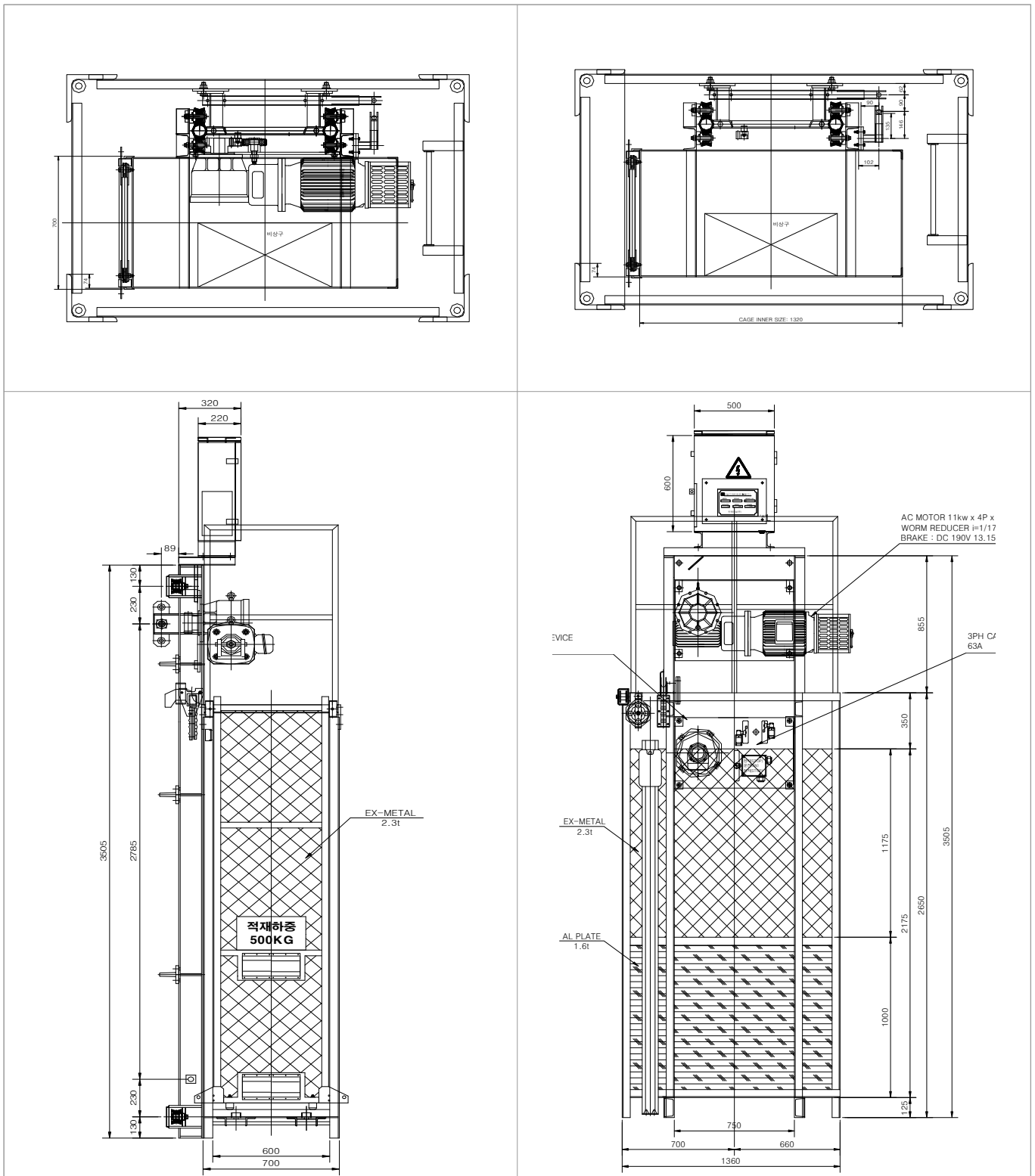


그림 75. 타워 내부 작업자 안전 엘리베이터(랙기어타입) 설계안

N 안전확보 작업자 고속 이동 시스템 인허가

본 연구에서 개발되는 공법은 타워내부에 작업자 이동 엘리베이터를 구비하는 것이 핵심적인 내용이다. 작업자 이동엘리베이터는 타워내부에서 10cm 이격해서 간섭을 제거 하였으며 비상시 사다리를 구비하였다. 렉기어 타입으로 설계 되었고, 전전의 움직임을 최소화 하기위해 고층 건물에서 사용되는 파워 케이블을 구비하였다. 이동속도는 40m/min 속도로 이동하며, 중량은 500kg으로 설정하였다.

- 새롭게 개발된 타워 마스트 내부 최적화된 인화물 호이스트 개발
- 인, 화물 모두 가능한 EV 설정
- 타워 마스트 내부를 최대한 활용하여 인화물 호이스트 개발
- 인화물 호이스트 전선 꼬임 방지를 위한 파워케이블 적용

심사결과통보서

문서번호	제 CE2100639호	발주	인천광역시(주) 대표
접수번호	CE2100639	심사구분	서면심사
사업장명	인천광역시(주)	대표자	구자화
소재지	인천광역시 서구 한강로 144 10층 1006호 (마천동, 프라임타워)		
관련근거	■ 「산업안전보건법」 제84조(안전인원)제1항 및 제4항 ■ 동법 시행규칙 제 110조(안전인원 심사의 종류 및 방법의 규정에 의한 심사 ■ 「안전인원·자율안전확인신고의 절차에 관한 고시」의 규정에 의한 심사		
설치사업장명			
설치현장주소			
심사기간	2021.03.02		
안전인원대상 외계·기구물	건설작업용리프트	형식번호	JHL-500SH
신청대수 및 검사결과	신청대수	심사결과 적합 부적합	
	1	1 0	
최초안전검사 일시	"해당없음"		
붙임	심사결과통지서 1부		

2021년 03월 02일

한국승강기안전공단이사장

서울지역본부: 서울특별시 구로구 디지털로31길 41, 13층(구로동, 이연씨벤처드빌딩 6층) (구로동)

■ 산업안전보건법 시행규칙 (별지 제45호서식)



심사결과 통지서

사업장명	인천광역시(주)	사업장관리번호	41681525700
신청인	사업자등록번호 4168152570	대표자	장영 구자화
소재지		인천광역시 서구 한강로 144 10층 1006호 (마천동, 프라임타워)	

안전인원대상 기계·기구물 건설작업용리프트

형식(규격) JHL-500SH 용량(등급) 0.5 Ton

「산업안전보건법」 제84조 및 같은 법 시행규칙 제110조에 따라 실시한

[] 예비심사

[x] 서면심사

[] 기술능력 및 생산체계 심사 결과가 [x] 적합

[] 개별 계통심사 함을 통지합니다.

[] 형식별 계통심사

2021년 03월 02일

인용심사원 윤환수

이장우

한국승강기안전공단이사장

최초안전검사 실시일: 해당없음

불법복제 및 배포금지

건설용리프트 서면심사도서

품명: 건설용리프트
모델명: JHL-500SH
용량: 500kg
속도: 38M/MIN

2021년 2월



진영건설(주)

주 소: 인천광역시 서구 고산로121번길 25
T E L: 031 - 987 - 8009
F A X: 031 - 987 - 8339



불법복제 및 배포금지

건설용 리프트 서면심사조건 [JHL-500SH]

항 목	내 용
1. 적재하중	500 kg
2. 케이지	규 격 1360mm(L)×700mm(W) ×2650mm(H) 자재하중 800kg
3. 승강 방식	MAX. 160m (자상: MAX. 10m, 지하: MAX. 150m)
4. 양 정	38m/min
5. 정격속도	건설용 자재 및 인원 운반 작업
6 용 도	□ 옥내 ■ 옥외
7. 설치 위치	□ 경 ■ 중 □ 重
8. 하중을 받는 회수	□ 輕 ■ 中 □ 重
9. 주위 온도	-10℃ ~ 40℃
10. 운전 조작	□ 팬던트 □ 리모콘 ■ PUSH BUTTON 조작방식
11. 방폭구조사용 유무	□ 有 ■ 無



2/181

그림 76. 전문기관 인허가증(서면심사용)

0 안전확보 작업자 고속 이동 시스템 제작

1. 제작 전경



2. 제작완료 전경



그림 77. 제작 전경 (타워 내부 엘리베이터)

3. 타워 내부 조립 및 설치 전경



그림 78. 타워 내부 조립 및 설치 전경 (타워 내부 엘리베이터)

4. 시운전 전경



그림 79. 시운전 전경 (타워 내부 엘리베이터)

P 공법 안전관련 시방서 표준안 제안

P 1 개발공법 관련 기사 작성



매일건설신문

지하수직구 벽체 품질 향상·안전확보... 신개념 '슬립폼 공법'

건형건설(주)의 대성도 적용 'TL-FORM 공법'

기사입력시간 : 2021/07/26 [14:49:00] 출처: 기사

산업안전보건법 준수, 작업자 안전·공기 단축 등 확보
전력구 공사 수직구 60M 시공에도 성공 적용
구자화 대표 "건설현장 안전 최우선 가치로 설정 후 개발된 공법"



▲ 전력구 공사 수직구 'TL-FORM(Tower Lift-Form) 공법' 시공 모습 © 매일건설신문

최근 건설현장의 안전에 대한 문제가 대두되고 있는 가운데 건형건설(주)(대표 구자화)은 작업자의 안전성을 확보한 새로운 슬립폼 공법인 'TL-FORM(Tower Lift-Form) 공법' 개발에 성공했다. 건형건설은 2018~2019년 타워구조물을 이용한 슬립폼 장치의 특허(제 10-2027499호)를 획득했다. TL-FORM(Tower Lift-Form) 공법은 지난해 국토교통과학기술진흥원 사업화 연구과제로 달성했다.

TL-FORM(Tower Lift-Form) 공법이란, 전체 슬립폼 시스템이 타워를 지지하며 상승하는 구조를 가지며 수직 벽면을 형성하는 공법이다. 지하 수직구 벽체 시공을 위한 타워 리프트 몸이라고도 한다. 기존 슬립폼 공법의 로드가 배제된 시공성이 우수하며 타워 내부에 작업자 이동시설을 구비해 안전성이 향상된다.

도로·철도·공동구·지하구조 등 SOC(사회기반시설)의 대성도 적용 시 수직구(비상대피로, 분가구)가 필요하다. 그러나 수직구 시공 시 대성도(깊이 40m) 이상에서 일반 제레식 공법을 적용할 경우 안전위험이 높으며 시공이 어렵다는 문제가 있었다. TL-FORM 공법은 도심지 공사 부지 확보, 공기 단축, 안전 확보 등의 문제를 해결했다.

기존 슬립폼 공법은 수직구 시공 시 작업자의 이동에 있어 이동식 크레인과 캐이저를 이용했다. 구자화 대표는 "이는 산업안전 보건기준에 위반되고, 작업자에게 매우 위험하다"며 "TL-FORM 공법은 타워 내부에 별도의 작업자 이동시설을 구비해 산업안전보건법에 위반되는 것 없이 작업자가 안전하게 이동할 수 있고 기존 안전성에 대한 문제점을 해결했다"고 설명했다.

현재 수도관을 중심으로 대성도 지하구조물의 공사가 증가하고 있다. 이는 도심지 내의 부지 확보가 어렵고 공사로 인한 도시 분열을 최소화하기 위한 움직임이라고 볼 수 있다. 도로 및 철도, 공동구 등 사회기반시설의 대성도 적용 시 비상대피로와 분가구 등 수직구 공사는 필수적이다. 슬립폼 공법은 이러한 수직구 공사에 널리 쓰이고 있다.

일반 슬립폼 공법은 연속화된 공법으로 벽체 품질이 우수하며 공기가 매우 빠른 것이 가장 큰 장점이다. 공기 단축으로 장비 및 부지 임대비 등 시공 비용을 절감할 수 있어 수직구 벽체 타설 시 우수한 시공성을 가진 공법이다.

하지만 슬립폼 공법의 필수부품인 로드와 요크로 인해 절근조립 등에 많은 간섭이 생겨 작업환경이 지해된다는 단점이 있다. 또한 수십개의 유압실린더를 조정해 상승하는 슬립폼은 일정한 수직도를 유지하는 것이 어려워 시공의 완벽성이 떨어진다. 이 외에도 환경 점검부위 통과 시 로드의 배치가 불가해 수직 상승이 어렵고 또한 시공 시 하부로 작업자 진입이 불가한 구조로 타 공법에 제약이 발생한다.

건형건설(주)이 자체 개발한 TL-FORM 공법은 기존 슬립폼 공법의 이러한 문제점들을 완벽 보완했으며 벽체 시공의 품질은 더욱 향상시켰다. 중앙에 위치한 타워를 지지하며 상승하는 TL-FORM 공법은 로드와 요크가 필요 없이 상승 시 절근 작업이 원활하다. 환경부 점검 통과 시에도 로드의 간섭이 없으므로 더 빠르고 제약 없이 시공이 가능하다. 또한 4~8개의 대당량 유압실린더를 이용해 잭업(jack-up)하는 방식으로써 유압조절이 매우 쉽고 정밀한 수직도 조정이 가능해 벽체 품질이 우수하다.

이 같은 기존 공법의 문제점을 기술적으로 보완한 TL-FORM 공법은 '광양-여수지역 전기공급시설 전력구 공사 수직구'(깊이 약 60M) 시공에도 성공적으로 적용돼 우수성을 입증했고 앞으로의 대성도 수직구 공사 시장 진출에 탄력을 받고 있다.

구자화 대표는 "앞으로의 미래 산업사회에서는 산업안전보건법을 준수하며 더욱 안전한 작업환경을 보장하는 기술을 필요로 할 것"이라며 "이에 향후 지하구조물 수직구 벽체 공사에서 국내 신 슬립폼 공법인 TL-FORM 공법이 더욱 확대될 것으로 기대한다"고 밝혔다.

그림 80. 개발공법 관련 홍보 기사 작성

P 2 안전관련 고발 기사 작성



매일건설신문

이동식 크레인에 '아슬아슬'... 지하수직구 불법공사 만연

지하수직구 벽체 시공에 '이동식 크레인' 불법 사용

기사입력시간 : 2021/05/20 [16:57:00] 표명: 윤 기자

'안전보건규칙' 위반, "수도권에 한 수십곳 있을 것"
고용노동부 "적발에 어려움, 국민신문고 등 신고 당부"



▲ 수도권 한 지하 건설현장에서 수직구 작업을 위해 근로자들이 이동식 크레인에 탑승해 이동하고 있는 모습. 작업자가 이동식 크레인에 부착된 캐이저에 탑승해 이동하는 것은 고용노동부 안전보건규칙을 위반한 불법이다. © 매일건설신문

지난해 10월 수도권 소재 민간투자사업 철도건설현장, 이동식 크레인에 부착된 캐이저에 탑승한 작업자가 지하 수직구 입구로 이동하는 모습이 아슬아슬해 보였다. 건설현장의 한 관계자는 "고정식 크레인에 캐이저를 설치해야 하지만 작업 비용 등을 이유로 불법에 몰려 불법을 저지르고 있는 것"이라며 "눈에 잘 띄지 않는 수직구 건설현장의 특성상 이를 적발하기도 쉽지 않다"고 말했다.

지하 수직구 건설현장에서 '이동식 크레인'에 불법 부착물을 장착해 작업하는 일이 반복됐다는 것으로 나타났다. 사회기반시설의 지하화 추세에서 지하 수직구 작업을 위한 근로자들의 안전 위험이 무뎌질 상태에 놓인 가운데 지도 감독을 강화해야 한다는 지적이다.

본지 제보에 따르면, 지하 사회기반시설(SOC)의 수직구 벽체 시공 시 이동식 크레인에 캐이저를 이용해 작업자를 이동시키거나 시공을 진행하고 있는 것으로 알려졌다. SOC의 대성도(깊이 40m) 적용 시 비상대피로·분가구 등 수직구가 필요한데, 이들 작업 시 비용 등을 이유로 작업자 안전 우려가 큰 불법이 자행되고 있다는 것이다.

하지만 국토교통부 건설표준시방서 건설자원장비 기준에 따르면, 이동식 크레인에는 탑승캐이저의 경우 법규에서 정하는 기준을 따라 사용을 규정하고, 불법 부착물(탑승캐이저, 추가 웨이트 등) 장착은 금지하고 있다. 또한 고용노동부 '산업안전보건기준에 관한 규칙(안전보건규칙)'에 따르면 사업주는 이동식 크레인을 사용해 근로자를 운반하거나 근로자를 달아 올린 상태에서 작업을 해서는 안 된다.

문제는 지하 작업의 특성상 외부로 건설현장이 외부로 드러나지 않아 건설사들이 '눈속임 작업'을 할 수 있다는 것이다. 건설현장의 한 관계자는 "수직구 내부 벽체 콘크리트 작업을 하는 과정에서 작업자를 그냥 이동식 크레인으로 이동시키고 가두집 작업을 하는 것"이라며 "이런 현상이 수도권에만 수십 군 데 있을 것"이라고 했다.

이에 정부 차원에서 지하 수직구 건설현장에 대한 실태조사를 통한 제도적인 안전장치를 강화해야 한다는 지적이 나온다. 고용노동부 관계자는 "이동식 크레인을 이용해 작업자를 운반하거나 달아 올린 상태에서 작업하는 것은 명백한 불법이다"며 "지방노동관서에서 현장 감독을 나가지만 적발에 어려움이 따르는 만큼, 지방 고용노동부 관할이나 국민신문고에 적극 신고해줄 것을 당부드린다"고 말했다.

/조영관 기자

그림 81. 안전관련 고발기사

R 개발공법 건설신기술 접수

○ 접수 완료

○ 접수번호 2466(지정신청)으로 접수가 완료되었으며

접수명칭 : “타워와 전단 강봉을 이용하여 슬립폼을 수직 상승시키고 벽체를 형성하며, 타워 내부 작업자 탑승 호이스트가 구비되어 작업자 안전을 고려한 공법 (타워리프트 폼 공법,TL-FORM)”

관리번호	건설 - 2466 (지정신청)
신청기술명	타워와 전단 강봉을 이용하여 슬립폼을 수직 상승시키고 벽체를 형성하며, 타워 내부 작업자 탑승 호이스트가 구비되어 작업자 안전을 고려한 공법 (타워리프트 폼 공법,TL-FORM)
기술키워드	슬립폼, 수직구, 대심도, 호이스트, 타워, 안전
과학기술표준분류	건설 교통 > 건설시공 재료 > 토목시공기술
기술분야	토목 > 타설 > 기타 타설시설, 건축 > 철근콘크리트 > 거푸집
신청기술참고사항	☐ 스마트 건설기술 신청 여부 ☐ 신청기술의 독창인증 획득 여부 ☐ 신청기술의 환경친화성 인증 여부 ☒ 신청기술의 국가R&D사업 수행 여부 (주관부처 : 국토교통부) ☒ 신청기술의 국가R&D사업 시험시공 현장 적용 여부 ☐ 신청기술 자진성 여부 ☐ 국토교통부 건설기술 시험시공 지원 여부
신청기술범위	타워와 전단기를 이용하여 슬립폼을 상승시키며 벽체를 형성 하고, 타워내부 작업자 안전 엘리베이터가 구비되어 시공중 안전성을 향상시킨 슬립폼 공법으로서 철근 조립 공간이 확보되고, 환경친화적부 통과시, 작업자의 이동성, 수직도 조절에서 유리한 공법
신청기술내용	대심도 지하수직구(직경30m이하, 길이 150m이하) 벽체 타설을 위해 타워 마스트와 슬립폼을 결합하여 슬립폼이 전단기를 이용하여 타워마스트를 지지하여 상승하면서 벽체를 형성하고, 타워마스트 내부에는 작업자 전용 엘리베이터(인화물 호이스트)가 구비되어 작업자 안전과 작업환경이 개선된 공법
신청인(법인,개인)	진형건설(주) , 경남기업(주)
실무책임자	나준수 , 김태경
진출원 담당자	최호환

그림 84. 건설신기술 접수 현황

S 개발공법 건설신기술 인증

○ 심사전

T 타워 구조물을 이용한 스립폼 현장 작업 시연

현장 작업 시연 - 지면에서 30cm 이상 작업(공품 작업)

TL-FORM의 작업시스템이 현장에서 검증되지 않았으므로 현장 출고전 공장에서 작업이 무리없이 진행되는지에 대해서 작업 시연을 수행함

○ 본 현장 작업은 진형건설(주) 공장 내에서 조립 및 현장 진행됨

○ 지면에서 최대 50cm 작업되었음을 확인함



작업 전



작업 후(지면에서 50cm 작업)

그림 85. 타워 구조물을 이용한 슬립폼 시스템 작업 전후 비교

U 개발공법 비즈니스 모델 개발

본 과제의 선정시 기본 목표였던 비즈니스 모델을 개발 하기위 해서 전문가 자문 및 전문 보고서를 발간 하였다. 전문가 자문의 경우 총 10회 이상 수행하였으며, 자문의견을 토대로 비즈니스 모델 컨설팅을 수행하였다. 다음은 비즈니스 모델 보고서 전경이며, 보고서 전문은 별책에 수록되어있음.

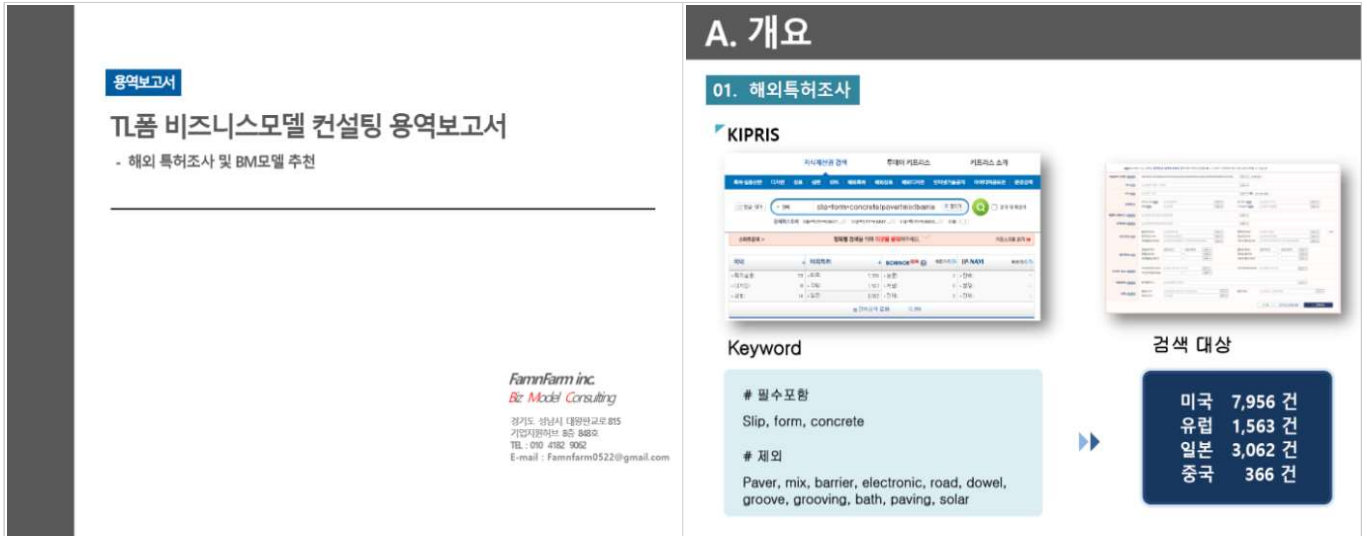


그림 86. 비즈니스모델 용역 보고서 전경

V 개발공법 기술가치평가

본 과제 선정 시 기본 목표였던 기술 가치 평가도 진행하였다. 평가 바탕은 특허를 기반으로 평가 되었으며 2022년 기준 평가 금액은 336백만원 으로 평가되었다. 기술가치평가 전문은 별책에 수록하였다.

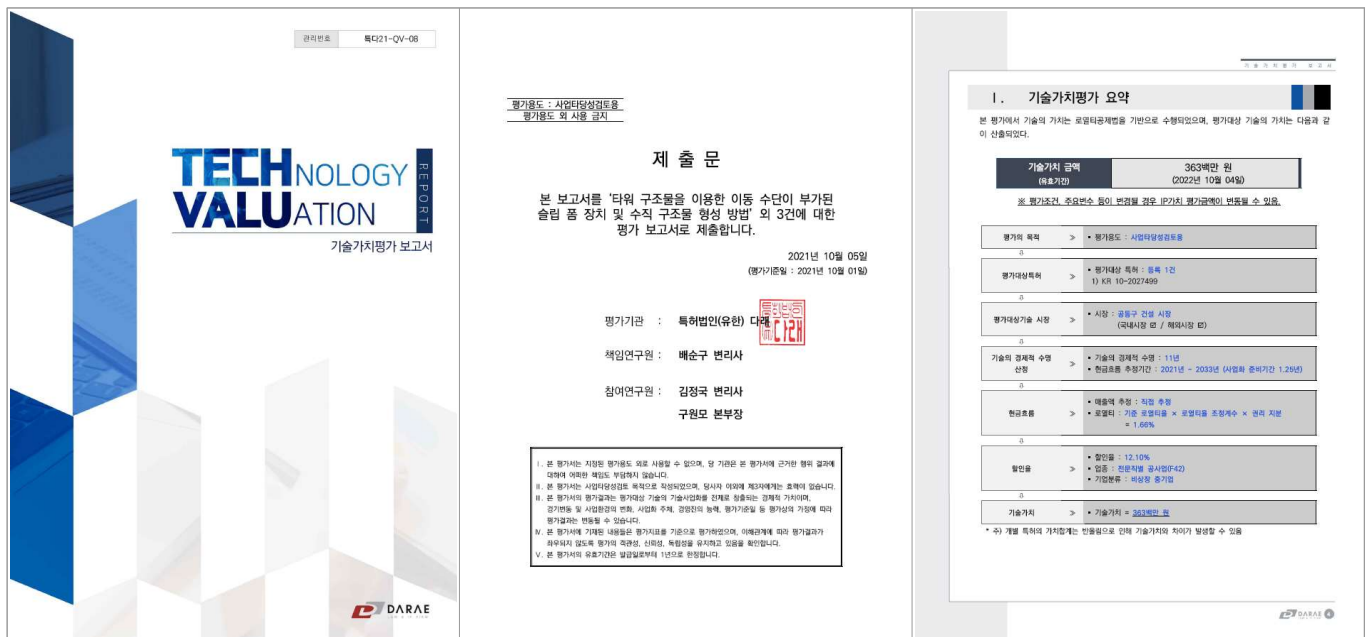


그림 87. 기술가치평가 보고서 전경

V 1 평가지표 - 기술성 평가

기술성(권리성 포함)은 기술적 측면에서 사업가치를 판단하기 위한 평가지표로 사업적 측면에서 대상기술의 유용성 및 경쟁성 수준이나 정도를 평가하는 것이다.

기술성(권리성 포함) 평가항목											
평가항목		평가내용									점수
1	기술적 우월성 (우수성)	시장에서 경쟁기술의 존재 여부 및 정도를 파악하고, 경쟁기술 대비 차별적 우위성을 분석한 결과를 활용함. 대상기술의 차별적 기능 및 성능이 기존 시장의 주요 경쟁기술에 비해 차별성(기능개선, 원가 절감 등)이 높을수록 기술위험이 상대적으로 낮아짐.									4.0
		① 경쟁기술과 대비하여 차별적 속성이 상대적으로 매우 강하여 이에 비견할만한 기술을 찾아보기 어려움 ② 경쟁기술과 대비하여 차별적 속성이 상대적으로 강함 ③ 경쟁기술과 대비하여 기능 및 성능이 유사함 ④ 경쟁기술과 대비하여 차별적 속성이 상대적으로 미흡함 ⑤ 경쟁기술과 대비하여 차별적 속성이 상대적으로 낮음									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		a		b		c		d		e	
2	혁신성	기술혁신의 정도에 따라 revolutionary(혁신기술), major improvement(주요 개량기술), minor improvement(보통개량기술)등으로 구분하고 그 기술이 제품에 적용될 경우 어떤수준의 제품생산이 될 것인가를 평가함.									3.5
		① 기술 자체가 혁신적인 것으로 판단됨 ② 기술의 많은 부분이 혁신적인 것(주요 개량기술)으로 판단됨 ③ 기술의 작은 부분이 혁신적인 것(보통 개량기술)으로 판단됨 ④ 기존 기술에 대해 부가에 의해 개선된 기술임 ⑤ 기존 기술에 비해 개선되었다고 볼 수 없음									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		a		b		c		d		e	
3	시장 경쟁의 변화	시장에서 경쟁정도의 변화가 적어 안정적인가를 평가함.									3.0
		① 대상기술 시장의 특성상 경쟁정도의 변화가 거의 없음 ② 대상기술 시장은 시장 내 경쟁이 일부 존재하나 비교적 안정적인 시장 경쟁구도를 유지함 ③ 대상기술 시장 내의 경쟁 정도는 타 시장과 비슷한 수준임 ④ 대상기술 시장의 특성상 신규 제품, 기술 또는 업체의 진입, 기존 경쟁업체 또는 기술변화로 인한 영향이 다소 크게 작용함 ⑤ 대상기술 시장은 신규 제품, 기술 또는 업체의 진입, 기존 경쟁업체 또는 기술변화로 인한 영향이 커 해당 시장의 경쟁 구도 변화가 매우 심함									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		a		b		c		d		e	
4	시장 성장성	대상기술이 적용될 목표시장의 향후 성장 가능성에 대하여 평가함. 해당 기술이 적용될 제품시장의 성장 추세가 안정적인 증가와 성장추세가 예상될 경우 기술과 연관된 시장위험은 상대적으로 작아짐.									4.0
		① 목표시장의 성장이 최근 고도 성장기에 있어, 향후 성장추세가 매우 가파를 것으로 예측됨 ② 목표시장의 성장이 지속적으로 성장추세를 보이고 있고, 장기적으로 성장 추세가 지속될 것으로 예측됨 ③ 목표시장의 성장률이 완만하게 성장하고 있고, 향후 장기간 이러한 추세가 지속될 것으로 예측됨 ④ 목표시장의 성장률이 최근 정체 상태에 있어, 향후 성장 가능성 여부가 불확실함 ⑤ 목표시장의 성장 최근 지속적으로 감소하는 추세를 보이고 있고, 향후 성장 가능성이 매우 불확실함									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		a		b		c		d		e	

기술성(권리성 포함) 평가항목												
평가항목		평가내용									점수	
5	대체성	대상기술을 대체할 경쟁(유사)기술의 존재 여부 및 출현 가능성을 평가하여 기술의 경쟁성을 평가함.									3.5	
		㉠ 현재의 생산 시장에서 어떤 대체기술도 존재하지 않음 ㉡ 대체기술이 다소 존재하나, 그 대체기술이 대상기술의 핵심요소와는 대체 되지 않음 ㉢ 경쟁자의 대체기술은 진입하려는 기술도입자의 의사결정에 아무런 영향을 미치지 못할 것임 ㉣ 유사한 결과를 도출할 수 있는 대체기술이 다소 존재함 ㉤ 유사한 결과를 도출할 수 있는 대체기술이 많이 존재함										
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5		5
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤		
6	활용성	대상기술(제품)을 도입한 자(기술사용자)의 사업전략에 경제적 이익을 제공하는 기술이거나 현재의 사업전략을 유지하는데 얼마나 중요한 기술인가를 평가함.									3.5	
		㉠ 기술도입자에게 핵심적인 기술: 전략을 유지하고, 현존하는 하부구조에 의해 유지될 수 있으며, 경쟁적인 이익을 고양시킴 ㉡ 기술도입자에게 중요한 기술: 경쟁적인 이익을 고양시키고, 현존하는 하부구조의 작은 변화만 있으면 유지 가능함 ㉢ 기술도입자에게 다른 선택이 가능: 비슷한 기술을 제공하는 다른 회사가 많음 ㉣ 기술도입자에게 보통 수준의 기술임 ㉤ 기술시장에서 가치를 발견할 수 없음										
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5		5
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤		
7	전망성	관련 기술개발은 활발하게 이루어지고 있는가? 다양한 방법들이 연구개발 되고 있는가? (활발하면 본 기술제품시장은 성장기라 할수 있음)로 대상기술의 전망성을 평가함.									2.0	
		㉠ 연구에 대한 지지가 지속적으로 계속될 것임 ㉡ 어느 정도(some) 연구에 대한 지지가 지속될 것임 ㉢ 기술을 지원하는 연구 수행을 계획 중임 ㉣ 기술과 관련된 연구가 1년 이내에 종료될 것임 ㉤ 기술과 관련된 연구가 곧 종료될 것임										
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5		5
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤		
8	파급성	대상기술이 현재 적용될 수 있는 시장 및 제품을 조사하고, 대상기술이 향후 타제품 및 시장으로 확장 적용 가능성(기술의폭과 깊이)을 평가함.									2.5	
		㉠ 다양한(3개 이상) 시장에서 다양한(3개 이상) 신제품에 적용 가능함 ㉡ 복수의 시장에서 다양한 신제품에 적용 가능함 ㉢ 단일시장의 다양한 신제품에 적용 가능함 ㉣ 단일시장에서 단일 신제품에 적용 가능함 ㉤ 단일시장에서 단일 생산물에 적용 가능함										
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5		5
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤		
9	진부화 가능성 (기술 수명)	진부화 가능성은 기술의 진부화가 어떻게 이루어지고 있는가, 그 이유는 무엇인가, 언제부터 진부화가 진행될 것인가에 관한것으로 대상기술 또는 적용제품이 진부화된다는 것은 가치 측면에서 부정적 영향을 미침. 기술의 진부화 연구개발 동향, 기술의 변화에 따른 기술적 수명주기상(도입기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기)으로 판단할 수 있음.									2.5	
		㉠ 기술수명주기가 10년 이상으로 예상됨 ㉡ 기술수명주기가 5~10년 사이로 예상됨 ㉢ 계속 진행되는 연구로 성숙기에 있으나 현 단계에서 쇠퇴기로 보기 어려움 ㉣ 2~5년 사이에 기술이 쇠퇴할 것임 ㉤ 2년 내 기술이 쇠퇴할 것임										
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5		5
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤		

기술성(권리성 포함) 평가항목											
평가항목		평가내용									점수
10	기술 사업화 환경	기술적 관점에서 상용화에 소요되는 시간, 비용, 기술적인 문제해결 가능성, 법·제도 등 외부 환경적인 측면에서 극복해야 될 요소들을 평가한 후 결정함. 대상기술과 연관된 기술사업화 환경이 긍정적일수록 기술위험이 상대적으로 작아짐.									4.0
		㉠ 기술적 문제점이 없기 때문에 당장 양산 단계 사업화가 가능함 ㉡ 기술적 문제점이 거의 없기 때문에 1년 이내에 사업화가 가능함 ㉢ 기술적 보완을 통해서 2년 내에 사업화가 가능함 ㉣ 기술 사업화를 위해서 기술적으로 어려운 문제를 해결해야 함 ㉤ 추가적인 기술이 개발되지 않는 한 사업화가 불가능함									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤	
11	모방 용이성	기술의 모방 가능성, 외부 공개 자료에 의한 모방 가능성 존재 여부, 출시 제품에 대한 리버스 엔지니어링을 통한 모방 가능성, 기술의 모방에 반드시 필요하거나 요구되는 능력 등을 평가한 후 결정함. 즉, 기술적인 모방이 어려워서 기술보유자만이 전용할 수 있는지, 아니면 모방이 쉬운지를 판단함. 대상기술과 연관된 모방용이성 수준이 낮을수록 기술위험이 상대적으로 작아짐.									2.5
		㉠ 고도의 기술축적이 이루어졌기 때문에 향후 상당기간 모방이 거의 불가능하여 사업화 위험이 매우 작음 ㉡ 기술적 모방이 어렵기 때문에 향후 상당기간 사업화 위험이 작음 ㉢ 기술적 모방이 쉽지는 않으나, 향후 모방을 통해 현재 이익 및 미래에 향유하고자 하는 이익이 크게 침해받지는 않음 ㉣ 기술적 모방이 비교적 용이하여, 향후 사업의 이익감소가 우려됨 ㉤ 기술적 모방이 용이하여, 향후 사업화 자체의 존립이 위험함									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤	
12	권리 범위	권리범위가 명확하고 넓은지, 특허청구 범위의 보호강도를 평가함.									3.0
		㉠ 특허의 청구범위가 명확하고 넓으며 잠재적인 사업라인까지도 보호 가능함 ㉡ 특허의 청구범위가 현재사업의 모든 제품을 보호할 만큼충분히 넓음 ㉢ 특허의 청구범위가 주요 기능과 핵심 생산라인 제품만을 보호함 ㉣ 특허의 청구범위가 좁고 보호될 수 있는 부분이 적음 ㉤ 특허의 청구범위가 좁고 명확하지 않아 보호되기 어려움									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤	
13	권리 안정성	대상기술과 연관된 특허 풀에 대한 권리들의 법적 안정성의 정도를 평가함. 만약 유사특허 권리가 다수 존재할 경우 이들 권리들 간의 차별적 속성을 통하여 권리의 안정성을 평가함. 권리의 안정성이 높을수록 기술위험은 상대적으로 감소함.									4.0
		㉠ 선행기술이 없어 권리의 무효화 가능성이 매우 낮음 ㉡ 소수의 유사한 선행기술이 있으나 권리의 무효화가능성은 희박함 ㉢ 소수의 유사한 선행기술이 있으나 청구범위의 축소를 통해 유지 가능함 ㉣ 유사한 선행기술이 다수 존재하여 권리가 다소 불안정함 ㉤ 기술에 대한 권리확보활동이 없음									

V 1 평가지표 - 사업성 평가

사업성(시장성 포함)은 시장성과 사업적 측면에서 대상기술이 내재하고 있는 유용성 및 경쟁성을 어느 정도 확보하고 있는가를 평가하는 것이다.

사업성(시장성 포함) 평가 항목

평가항목		평가내용	점수																				
1	시장 집중도	대상기술 실시기업이 시장을 주도하는 기업인가 또는 몇 개의 기업에 집중하는 정도인가를 평가함. ① 대상기술의 시장은 시장집중도가 거의 없는 시장으로 시장진입이 매우 용이함. ② 대상기술의 시장은 보통 미만의 경쟁적 시장으로 시장진입이 다소 용이함. ③ 대상기술의 시장은 보통 수준의 경쟁적 시장으로 시장진입 난이도가 보통임. ④ 대상기술의 시장은 과점 특성을 보여 시장 진입의 난이도가 높고, 시장 진입 이후에도 점유율을 높이기가 어려움. ⑤ 대상기술의 시장은 독점 특성이 강하여 진입 난이도가 매우 높음. <table><tr><td>0.5</td><td>1</td><td>1.5</td><td>2</td><td>2.5</td><td>3</td><td>3.5</td><td>4</td><td>4.5</td><td>5</td></tr><tr><td colspan="2">a</td><td colspan="2">b</td><td colspan="2">c</td><td colspan="2">d</td><td colspan="2">e</td></tr></table>	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	a		b		c		d		e		3.0
0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5														
a		b		c		d		e															
2	시장 경쟁성	대상기술이 속한 목표시장의 구조, 지배자의 유형, 독과점 여부, 경쟁제품의 과다 여부 등을 고려하여 경쟁정도를 평가함. 시장구조가 독과점 정도가 높을수록 혹은 시장 선도 기업들의 경쟁이 치열할수록 시장침투가 용이하지 않기 때문에 기술과 연관된 시장위험은 상대적으로 커짐. ① 목표시장에서 경쟁기업 및 경쟁제품이 거의 없기 때문에 사업화 경쟁력은 매우 높음 ② 목표시장에서 경쟁기업 및 경쟁제품이 소수 있으나, 선도업체가 없는 상황이기 때문에 사업화 경쟁력은 높음 ③ 목표시장에서 경쟁기업 및 경쟁제품이 다수 있고, 선도 기업들이 시장을 분할하고 있음 ④ 목표시장에서 기업 간 경쟁이 치열하고, 강력한 경쟁기업 또는 경쟁제품이 시장을 과점하고 있음 ⑤ 목표시장에서 기업 간 경쟁이 매우 치열하고, 강력한 경쟁기업 또는 경쟁제품이 시장을 독점하고 있음 <table><tr><td>0.5</td><td>1</td><td>1.5</td><td>2</td><td>2.5</td><td>3</td><td>3.5</td><td>4</td><td>4.5</td><td>5</td></tr><tr><td colspan="2">a</td><td colspan="2">b</td><td colspan="2">c</td><td colspan="2">d</td><td colspan="2">e</td></tr></table>	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	a		b		c		d		e		3.0
0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5														
a		b		c		d		e															
3	시장 경쟁의 변화	시장에서 경쟁정도의 변화가 적어 안정적인가를 평가함. ① 대상기술 시장의 특성상 경쟁정도의 변화가 거의 없음 ② 대상기술 시장은 시장 내 경쟁이 일부 존재하나 비교적 안정적인 시장 경쟁구도를 유지함 ③ 대상기술 시장 내의 경쟁 정도는 타 시장과 비슷한 수준임 ④ 대상기술 시장의 특성상 신규 제품, 기술 또는 업체의 진입, 기존 경쟁업체 또는 기술변화로 인한 영향이 다소 크게 작용함 ⑤ 대상기술 시장은 신규 제품, 기술 또는 업체의 진입, 기존 경쟁업체 또는 기술변화로 인한 영향이 커 해당 시장의 경쟁 구도 변화가 매우 심함 <table><tr><td>0.5</td><td>1</td><td>1.5</td><td>2</td><td>2.5</td><td>3</td><td>3.5</td><td>4</td><td>4.5</td><td>5</td></tr><tr><td colspan="2">a</td><td colspan="2">b</td><td colspan="2">c</td><td colspan="2">d</td><td colspan="2">e</td></tr></table>	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	a		b		c		d		e		3.0
0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5														
a		b		c		d		e															
4	시장 성장성	대상기술이 적용될 목표시장의 향후 성장 가능성에 대하여 평가함. 해당 기술이 적용될 제품시장의 성장 추세가 안정적인 증가와 성장추세가 예상될 경우 기술과 연관된 시장위험은 상대적으로 작아짐. ① 목표시장의 성장이 최근 고도 성장기에 있어, 향후 성장추세가 매우 가파를 것으로 예측됨 ② 목표시장의 성장이 지속적으로 성장추세를 보이고 있고, 장기적으로 성장 추세가 지속될 것으로 예측됨 ③ 목표시장의 성장률이 완만하게 성장하고 있고, 향후 장기간 이러한 추세가 지속될 것으로 예측됨 ④ 목표시장의 성장률이 최근 정체 상태에 있어, 향후 성장 가능성 여부가 불확실함 ⑤ 목표시장의 성장 최근 지속적으로 감소하는 추세를 보이고 있고, 향후 성장 가능성이 매우 불확실함 <table><tr><td>0.5</td><td>1</td><td>1.5</td><td>2</td><td>2.5</td><td>3</td><td>3.5</td><td>4</td><td>4.5</td><td>5</td></tr><tr><td colspan="2">a</td><td colspan="2">b</td><td colspan="2">c</td><td colspan="2">d</td><td colspan="2">e</td></tr></table>	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	a		b		c		d		e		4.0
0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5														
a		b		c		d		e															

사업성(시장성 포함) 평가 항목												
평가항목		평가내용									점수	
5	시제품 출현빈도	관련 시장(업종)에서 신제품 출현이 적은 정도를 평가함.									4.0	
		① 대상기술이 사업화되는 시장(업종)에서 신제품이 나올 확률이 낮음 ② 대상기술이 사업화되는 시장(업종)에서 신제품이 간혹 나오는 수준임 ③ 대상기술이 사업화되는 시장(업종)에서의 신제품 출현 정도는 기타 시장과 비슷한 수준임. ④ 대상기술이 사업화되는 시장(업종)은 보통 수준 이상의 다수 신제품이 출시되고 있음 ⑤ 대상기술이 사업화되는 시장(업종)은 현재 많은 신제품이 출시되고 있으며 향후에도 출시될 가능성이 매우 큼										
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5		5
		a		b		c		d		e		
6	상용화 요구시간	-기술을 개발하여 완전히 상용화 단계까지 요구되는 추가시간은 어느 정도인가? -기술개발 이후 최종 고객의 평가, 구매에 이르기까지 어느 정도 추가시간이 요구되는가? -실행에 소요되는 시간이 길면 길수록 이익이 발생할 확실성이 감소하고 기술의 순현재가치(NPV)가 낮아질 것임.									3.5	
		① 6개월 이내에 기술을 구현할 준비가 되어 있음 ② 기술을 구현하는 데 6개월~1년이 소요될 것임 ③ 기술을 구현하는 데 1년 정도가 소요될 것임 ④ 기술을 구현하는 데 1~2년이 소요될 것임 ⑤ 기술을 구현하는 데 2년 이상 소요될 것임										
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5		5
		a		b		c		d		e		
7	상용화 소요자본	-기술을 구현하는 데 필요한 소요자본은 어느 정도인가? -기술사용자는 상용화를 위한 필요한 투자를 할 정도의 충분한 자본력을 가지고 있는가? -일반적으로 기술투자자들은 투자수익률(ROI) 관점에서 판단함. 매우 높은 수익률을 제공한다 할지라도 그와 비례하여 또는 사업적 측면에서 기술을 구현하는 데 막대한 자본이 소요된다면 기술의 가치를 잃을 수 있음. 즉 상용화되지 못한 기술은 시간이 지나면서 그 가치가 소멸되고 말 것임.									3.0	
		① 자본이 요구되지 않고, 현재의 기술적 수준으로 사업을 수행할 수 있음 ② 기술의 상용화를 보증하기 위한 약간의 자본(10억 원 이내)이 요구됨 ③ 기술을 상용화를 위한 자본투자(10억 원 정도)가 요구됨 ④ 기술을 상용화를 위한 자본투자(20억 원 이상)가 요구됨 ⑤ 기술을 상용화를 위한 상당한 자본투자(약 50억 원 이상)가 요구됨										
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5		5
		a		b		c		d		e		
8	생산 용이성	제품을 생산하는 데 필요한 설비 중 기존 설비 및 신규 설비의 활용 가능 범위와 대상기술을 사업화하는 데 필요한 원부자재 조달 및 수급의 안정성에 대해서 평가함. 생산 용이성이 높을수록 연관 사업위험은 상대적으로 작아짐.									3.0	
		① 기존 생산설비를 대부분 그대로 활용할 수 있으며 원부자재의 상당부분을 국내에서 조달하여 사업화 가능함 ② 기존 생산설비를 대부분 그대로 활용할 수 있으며 원부자재의 일정부분을 국내에서 조달하여 사업화 가능함 ③ 기존 생산설비의 보완 또는 확장이 필요하고 원부자재의 상당부분(예:60% 이상)을 국내에서 조달하여 사업화 가능함 ④ 기존 생산설비의 보완 또는 확장이 필요하고 원부자재의 일정부분(예:30~60%)을 국내에서 조달하여 사업화 가능함 ⑤ 기존 생산설비의 활용이 불가능하여 신규 설비에 대한 의존도가 절대적이거나 원부자재의 일부(예: 30% 미만)만 국내에서 조달 가능함										
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5		5
		a		b		c		d		e		

사업성(시장성 포함) 평가 항목											
평가항목		평가내용								점수	
9	경제적 수명	기술의 사업가치는 매출의 크기뿐만 아니라 기술제품이 수익을 창출할 수 있는 기간인 제품의 경제적 수명에 따라 크게 영향을 받으므로 사업성을 결정하기 위해서는 기술제품의 경제적 수명의 길이를 중요한 평가기준으로 삼음.								4.5	
		㉠ 기술제품의 경제적 수명이 상당히 장기(10년 이상)로 예상됨 ㉡ 기술제품의 경제적 수명이 비교적 장기(5년~10년)로 예상됨 ㉢ 기술제품의 경제적 수명이 중장기(3년~5년)로 예상됨 ㉣ 기술제품의 경제적 수명이 중단기(3년 정도)로 예상됨 ㉤ 기술제품의 경제적 수명이 단기(2년 이하)로 예상됨									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4		
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤	
10	수요성	시장의 수요자들이 가지고 있는 특성이 기술 및 사업에 어떤 영향을 끼치는가? 해당 시장에서 수요 주체들이 가지고 있는 일반적인 수요특성을 파악하고 수요자들이 경기변동과 가격변화에 얼마나 민감한지 파악함.								4.0	
		㉠ 경기변동에 관계없이 수요자가 반드시 필요로 하는 필수품에 해당하여 가격변화에 관계없이 꾸준한 수요가 존재함 ㉡ 제품군에 대한 수요는 꾸준하나 수요자들이 가격변화에 다소 민감함 ㉢ 제품에 대한 수요는 있으나 경기변동에 큰 영향을 받음 ㉣ 수요 창출을 위해서는 적극적인 홍보 등이 필요함 ㉤ 유사 제품들이 산업계나 시장에서 외면되어 왔음									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4		
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤	
11	시장 진입성	대상기술이 목표시장에 진입하기 위해서 필요한 핵심요소들 중 규모의 경제, 비용우위성, 영업망 등 경쟁요소, 규제나 정책, 제도 등과 같은 외생적 요소에 의한 영향 등을 평가함. 목표시장 진입 가능성이 클수록 시장위험은 상대적으로 작아짐.								4.0	
		㉠ 규모의 경제·비용우위성·영업망 등을 고려할 때 시장진입 장벽이 낮고, 향후법·제도적 장려요인이 있어 시장진입이 용이함 ㉡ 규모의 경제·비용우위성·영업망 등을 고려할 때 시장진입 장벽이 낮고, 향후법·제도에 장려요인이 생길 가능성이 있음 ㉢ 규모의 경제·비용우위성·영업망 등을 고려할 때 시장진입 장벽이 높지 않지만, 법·제도적 장려나 제약요인은 없음 ㉣ 규모의 경제·비용우위성·영업망, 법·제도적 등에서 어느 한 요소로 인한 시장진입 장벽이 매우 높기 때문에 사업화 위험이 큼 ㉤ 규모의 경제·비용우위성·영업망, 법·제도적 등에서 복합적인 제약으로 인한 시장진입 장벽이 매우 높기 때문에 사업화 위험이 매우 큼									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4		
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤	
12	예상 시장 점유율	대상기술제품의 시장진입으로 대상기술 제품의 예상 시장 점유율 또는 경쟁자의 시장 점유율에 미치는 영향을 파악하여 평가함.								3.0	
		㉠ 본 기술에 의해 거의 모든 경쟁자가 시장 점유율을 잃을 것임 ㉡ 본 기술에 의해 상당수의 경쟁자가 시장 점유율을 잃을 것임 ㉢ 본 기술에 의해 경쟁자는 다소나마 시장 점유율을 잃을 것임 ㉣ 본 기술이 시장에 진입하더라도 상당수의 경쟁자는 시장 점유율을 유지할 것임 ㉤ 본 기술이 시장에 진입하더라도 거의 모든 경쟁자는 시장 점유율을 유지할 것임									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4		
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤	

사업성(시장성 포함) 평가 항목											
평가항목		평가내용									점수
13	매출 성장성 (예상수익)	기술제품의 미래 매출에 대한 성장성과 지속성을 고려하여 평가함.									3.5
		㉠ 지속적인 높은 매출성장에 따른 수익흐름이 예상됨 ㉡ 지속적인 수익(매출)흐름이 예상됨 ㉢ 기술을 도입 또는 사용하는 목적이 원가(cost)와 관련성이 있는 것이지 수익(revenue)과 관련성이 있는 것이 아님(원가절감을 통해 가격경쟁력 확보가 기술도입의 주목적임을 의미) ㉣ 기술을 사용하여 발생하는 수익(매출)이 약간 있고, 주기적으로 발생할 것임 ㉤ 기술제품의 수익(매출)이 적고, 간헐적으로 발생할 것임									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤	
14	수익성 및 안정성	해당 시장에서 연관 경쟁업체들의 최근 5년간 수익성 수준과 변동을 평가함. 일정기간 수익성 평균이 일정 수준 이상이고 안정적이면 사업위험이 상대적으로 작아짐.									4.0
		㉠ 경쟁업체의 5년간 영업이익의 수준이 연관 업종 평균보다 매우 높고, 영업이익률 변동도 매우 낮아 안정적임 ㉡ 경쟁업체의 5년간 영업이익의 수준이 연관 업종 평균보다 높고, 영업이익률 변동은 낮아 어느 정도 안정적임 ㉢ 경쟁업체의 5년간 영업이익의 수준이 연관 업종 평균과 유사함 ㉣ 경쟁업체의 최근 5년간 영업이익의 수준이 연관 업종 평균보다 낮거나, 영업이익률 변동이 심함(수익 발생 불확실성이 높음) ㉤ 경쟁업체의 최근 5년간 영업이익의 수준이 연관 업종 평균보다 매우 낮거나, 영업이익률 변동이 매우 심함(수익 발생 불확실성이 매우 높음)									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤	
15	영업 이익성	영업이익이란 매출에서 매출(제조)원가와 판관비를 차감한 것이며 영업이익률이란 매출에서 영업이익이 차지하는 비율을 의미함. 매출이 아무리 많아도 이익(margin)이 없으면 사업적 가치가 없는 기술이라 할 수 있음. 따라서 매출흐름을 평가하는 것도 중요하지만 이익흐름을 평가하는 것도 사업성평가에서 중요함. 생산을 시작하는 경우나 판매실적이 없는 경우 관련 자료를 수집하여 영업이익률을 추정하여 평가함. 비교대상은 대상기술이 속하는 업종의 평균으로 함.									3.0
		㉠ 영업이익률이 해당 기술이 속하는 업종 평균보다 20% 이상 높음 ㉡ 영업이익률이 해당 기술이 속하는 업종 평균보다 10% 이상 높음 ㉢ 영업이익률이 해당 기술이 속하는 업종 평균과 유사함 ㉣ 영업이익률이 해당 기술이 속하는 업종 평균 이하임 ㉤ 영업이익률 측면에서 개선의 여지가 없음									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤	
16	파생적 매출	기술도입 또는 사용과 관련된 긍정적인 영향으로 타 사업분야에서의 파생적 매출이 어느 정도 발생할 것인가로 평가함.									3.0
		㉠ 상당한 파생적 매출이 발생함 ㉡ 약간의 파생적 매출이 발생함 ㉢ 약간의 파생적 매출 발생 가능성이 있음 ㉣ 파생적 매출을 위한 약간의 투자가 요구됨 ㉤ 기술과 관련된 어떠한 매출 발생도 없음									
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		㉠		㉡		㉢		㉣		㉤	

W 개발공법 홍보자료 작성

기술 홍보를 위해 공법카다로그와, 공법소개보고서, 공법 홍보영상, 공법 모형을 제작 하였다.

W 1 공법카다로그 작성



그림 88. 공법 카다로그 전경

W 2 공법소개보고서 작성



그림 89. 공법 카다로그 전경

W 3 공법 홍보영상 작성



그림 90. 개발공법 홍보용 영상

X 개발공법 홍보모형 제작



그림 91. 개발공법 홍보용 영상

Y 개발공법 홍보

개발공법 홍보 행위로는 자사 홈페이지 홍보, 유튜브 홍보, 블로그 홍보(NAVER)를 수행하였다.

Y 1 자사 홈페이지 홍보



그림 92. 자사 홈페이지 홍보

Y 2 유튜브 홍보 및 채널 개설

(<https://www.youtube.com/channel/UCxiWURhCuOnMheCq55lysGg>)

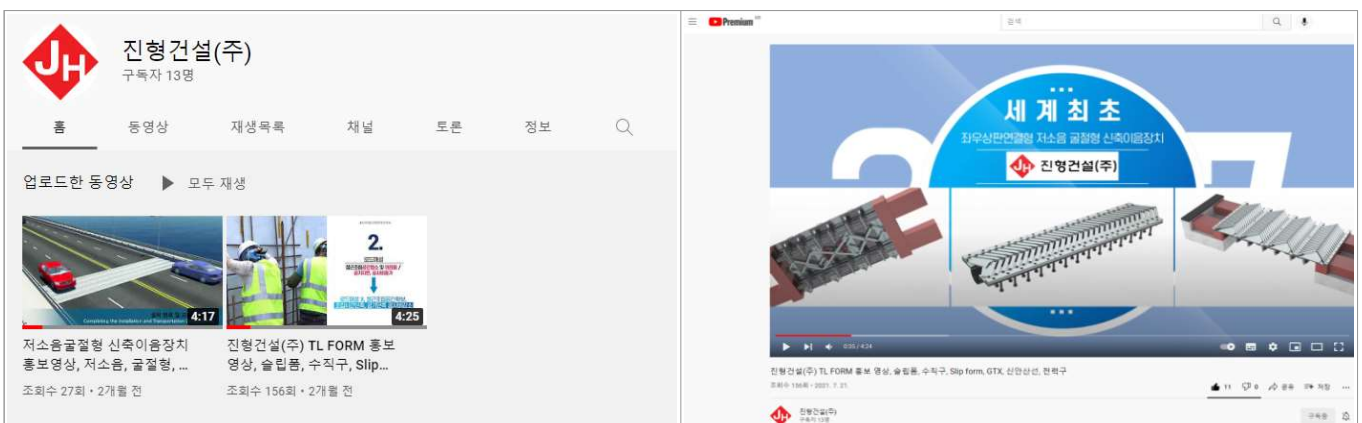


그림 93. 자사 홈페이지 홍보

본공법 홍보를 위해 블로그를 개설 하였으며 개설 포털은 네이버에 개설하였다. 주소는 아래와 같다
<https://blog.naver.com/PostView.naver?blogId=rustyna&Redirect=View&logNo=222514050056&categoryNo=3&isAfterWrite=true&isMrblogPost=false&isHappyBeanLeverage=true&contentLength=29380>



그림 94. 개발공법 블로그 개설 전경

Z 개발공법 사업화

개발 공법을 사업화를 수행하기위해 전국의 현장에 공법을 홍보하고 설명하였다. 그중 한국 전력공사 전력구중 도달 수직구를 계약 할 수 있었다. 다음은 계약서 이다. 계약금액은 530,000,000 원에 계약을 하며 개발공법에 대해서 사업화를 완료 할수 있었다.

계약서

용역계약서

1. 용역명 : 광양~여수 전력구현장 #3수직구 구조물(슬립플) 공사 용역
 2. 계약내용 : 첨부 내역서에 준함
 3. 계약금액 : 일금 오억삼천만원정 (₩530,000,000원, VAT 제외)
 4. 용역기간 : 2020년 11월 1일 ~ 2021년 05월 31일(7개월)
 5. 대금의 지급
 - 가. 선금금 - 없음
 - (1) 계약 체결 후 ()일 이내 매 일금 ()만원 (₩)원
 - (2) 발주처(또는 원도급사)로부터 지급받은 날 또는 계약일로부터 [*]일 이내 그 내 용과 비율에 따른
 - 나. 용역기성금
 - (1) 매월 20일 마감 후 익월 10일(50일)
 - (2) 지급방법 : 현금 100%
 - 다. 계약변경
 - (1) 물량증감에 따라 정산 (발주처 또는 원도급사 정산에 따른)
 6. 지급자재, 장비의 품목 및 수량
 - (1) 철근, 레미콘, 용전(750kw)
 7. 계약이행보증금률 : 총 용역금액의 10% (서울보증보험)
 8. 하자담보책임기간 : 총 공사금액의 5% (전체 공사 준공일까지)
 9. 지체상금률 : 지체 시 1일마다 총공사금액의 0.1%
- 당사자는 위 내용과 별첨 용역계약 일반조건, 특기사항, 설계도, 시방서에 의하여 본 용역 계약을 체결 하고 계약서 2통을 작성하여 각각 1통씩 가진다.

2020년 11 월 1 일

• 도급인

주 소 : 인천시 서구 중영대로198번길 2(7리동)
상 호 : 아주지오텍 주식회사
성 명 : 대표이사 안 종 국 (인)

• 수급인

주 소 : 경기도 안양시 동안구 흥안대로 415
상 호 : 진형건설(주)
성 명 : 구 자 화 (인)

현 장 명	도 급 인	수 급 인
광양~여수 전력구현장 #3 수직구 구조물 공사	아 주 지 오 텍 (주)	(주) 진 형 건 설

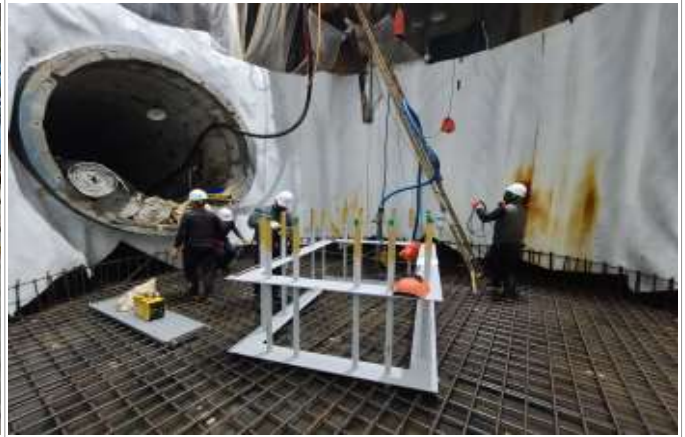
현장 시공 착수회의



그림 95. 시공 착수회의 현장사진

현장 시공 사진 및 순서

1. 타워 기초매설



2. 타워 반입 및 타워 설치



3. 슬립폼 현장 반입 및 지하조립



4. 철근 조립 및 콘크리트 타설



5. 전단키 조정 및 상승 반복



6. 타설 및 상승 완료 후 폼 해체



매출현황

월	매 출 액		월	매 출 액	
3월	기성액(A)	44,000,000 원	6월	기성액(A)	220,000,000 원
	노무비공제(B)	15,400,000 원		노무비공제(B)	33,000,000 원
	매출액(A-B)	28,600,000 원		매출액(A-B)	187,000,000 원
4월	기성액(A)	89,920,000 원	7월	기성액(A)	44,000,000 원
	노무비공제(B)	50,620,000 원		노무비공제(B)	26,500,000 원
	매출액(A-B)	39,300,000 원		매출액(A-B)	17,500,000 원
5월	기성액(A)	175,000,000 원	8월	기성액(A)	40,000,000 원
	노무비공제(B)	51,000,000 원		노무비공제(B)	-
	매출액(A-B)	124,000,000 원		매출액(A-B)	40,000,000 원
매 출 누 계		410,660,000 원	기성누계 : 612,920,000 원, 노무비공제 : 202,260,000 원		

(2) 정량적 연구개발성과

A 특허 출원

- 연구성과 지적 재산권 확보를 위해 타워와 혼용하여 사용되는 슬립폼 특허 출원함
- 출원 건수는 총 3건 출원하며 연구 개발 성과를 상회하여 달성 하였다.
- 출원 내용 요약은 다음과 같다

출원일자	출원번호	출원명칭	출원내용
2020.10.16	10-2020-0134114	타워 마스트 및 수직 이동 수단이 부가된 슬립 폼 장치	본 발명은 슬립 폼 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로 마스트 및 수직 이동 수단이 부가된 슬립 폼 장치에 관한 것이다.
2021.12.17	10-2021-0181451	슬립폼용 거푸집 패널	본 발명은 슬립폼용 거푸집 패널에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 매끄러운 콘크리트 벽체면을 확보하기 위해 거푸집 패널의 한쪽면상에 딴돌형태의 리세스를 형성하여 오일을 머금게 함으로써, 거푸집 패널의 슬라이딩 탈형 시 매끄러운 탈형을 가능하게 하여 콘크리트 벽체면에 기포자국 등이 발생하는 것을 근본적으로 방지할 수 있으므로 경제성 및 시공성이 우수한 슬립폼용 거푸집 패널에 관한 것이다.
2021.12.17	10-2021-0181450	철근밀림 방지장치 및 거푸집 박리제 도포장치를 구비한 슬립폼 구조물	본 발명은 슬립폼 구조물에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 수직구 슬립폼 구조물의 상부면 외측에 철근밀림 방지장치를 구비함으로써 콘크리트 타설전에 미리 조립해둔 철근이 슬립폼 안쪽으로 밀려들어오는 것을 방지할 수 있으며, 거푸집의 외부면상에 박리제를 머금은 롤러형태의 거푸집 박리제 도포장치를 구비함으로써 수직구 슬립폼 시공 시 타설면과 거푸집면을 쉽게 탈형할 수 있는 슬립폼 구조물에 관한 것이다.

B 시제품 증빙

B 1 타워 마스트(기본 마스트)



그림 96. 타워 마스트 시제품 전경

B 2 타워 마스트(기초 마스트)



그림 97. 타워 마스트 시제품 전경

B 3 슬립폼 작업 시스템 제작, 8연동 유압 실린더 및 유압 유닛



그림 98. 슬립폼 작업 시스템 제작, 8연동 유압 실린더 및 유압 유닛 시제품 전경

B 4 타워 내부 작업자 안전 락기어 엘리베이터 제작



그림 99. 제작완료 전경 (타워 내부 엘리베이터)

B 5 타워 구조물 이용한 슬립폼 설계 및 제작

시제품 제작 조립, 완료 전경



그림 100. 타워 구조물 이용한 슬립폼 시제품 전경

C 신규 고용 인력 증빙

이름	생년월일	성별	참여기간	담당업무	과학기술인 등록번호
김태경	1996.02.16	여	2020.06.08. ~ 과제종료시	기술연구 및 설계연구	1259-8218
김무현	1990.07.30	남	2020.06.02. ~ 과제종료시	연구보조 및 공무보조	1260-6758
김보미	1995.07.15	여	2020.11.16. ~ 과제종료시	연구보조 및 공무보조	1273-4279
김영주	1985.12.15	남	2021.06.01. ~ 과제종료시	연구보조 및 공무보조	1142-5378

서식8

신규 참여연구원 채용 계획서

☐ 과제현황

(단위 : 천원)

사 업 명	국토교통기술사업화지원사업		
과 제 명	타워 구조물 이용, 작업자 이동수단(엘리베이터)이 구비된 대성도(길이150m, 직경30m) 지하 수직구 벽체 시공 기술 개발		
주관연구기관	진형건설(주)	주관연구책임자	나 준 수
총 연구기간 (당해연차 연구기간)	2020년 4월 1일 ~ 2021년12월31일 (2020년 4월 1일 ~ 2020년12월31일)		
총 연구개발비	1,132,500천원		
당해연차 연구개발비	(정부출연금 620,500천원, 민간부담금(현금) 52,000천원, 민간부담금(현물) 460,000천원) 563,500천원		
당해연차 연구개발비	(정부출연금 307,500천원, 민간부담금(현금) 26,000천원, 민간부담금(현물) 230,000천원)		

☐ 신규 참여연구원 인적사항

(단위 : 천원)

성명	김 태 경		
생년월일	1996년 2월 16일		
과학기술인등록번호	1259-8218		
소속 및 직위	진형건설(주) 사원		
담당업무 / 전공	기술연구 및 설계 1명 / 토목공학 및 공학계열		
주소 / 연락처	대구시 동구 국제보상로 163길51번지 201호 / 010-5398-2048		
참여기간	2020. 6. 8. ~ 계속 채용	참 여 율	0
인건비 계상액(현금/현물)	회사 자체 집행 연구비 내역 없음	집행액	0

상기인은 국토교통부에서 시행하는 2020년도 국토교통연구개발사업의 연구과제 수행을 위하여 청년인력을 신규로 채용하였음을 확인합니다.

2020. 7. 1.

주관연구기관의 장 : 구 자 화 (인)
주관연구책임자 : 나 준 수 (인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

서식8

신규 참여연구원 채용 계획서

☐ 과제현황

(단위 : 천원)

사 업 명	국토교통기술사업화지원사업		
과 제 명	타워 구조물 이용, 작업자 이동수단(엘리베이터)이 구비된 대성도(길이150m, 직경30m) 지하 수직구 벽체 시공 기술 개발		
주관연구기관	진형건설(주)	주관연구책임자	나 준 수
총 연구기간 (당해연차 연구기간)	2020년 4월 1일 ~ 2021년12월31일 (2020년 4월 1일 ~ 2020년12월31일)		
총 연구개발비	1,132,500천원		
당해연차 연구개발비	(정부출연금 620,500천원, 민간부담금(현금) 52,000천원, 민간부담금(현물) 460,000천원) 563,500천원		
당해연차 연구개발비	(정부출연금 307,500천원, 민간부담금(현금) 26,000천원, 민간부담금(현물) 230,000천원)		

☐ 신규 참여연구원 인적사항

(단위 : 천원)

성명	김 무 현		
생년월일	1990년 7월 30일		
과학기술인등록번호	1260-6758		
소속 및 직위	진형건설(주) 대리		
담당업무 / 전공	연구보조 및 공무보조 / 토목공학 및 공학계열		
주소 / 연락처	경기도 의정부시 만일로 90 호원우성5차아파트 502동 305호 / 010-5507-3678		
참여기간	2020. 6. 2. ~ 계속 채용	참 여 율	0
인건비 계상액(현금/현물)	회사 자체 집행 연구비 내역 없음	집행액	0

상기인은 국토교통부에서 시행하는 2020년도 국토교통연구개발사업의 연구과제 수행을 위하여 청년인력을 신규로 채용하였음을 확인합니다.

2020. 7. 1.

주관연구기관의 장 : 구 자 화 (인)
주관연구책임자 : 나 준 수 (인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

서식8

신규 참여연구원 채용 계획서

☐ 과제현황

(단위 : 천원)

사 업 명	국토교통기술사업화지원사업		
과 제 명	타워 구조물 이용, 작업자 이동수단(엘리베이터)이 구비된 대성도(길이150m, 직경30m) 지하 수직구 벽체 시공 기술 개발		
주관연구기관	진형건설(주)	주관연구책임자	나 준 수
총 연구기간 (당해연차 연구기간)	2020년 4월 1일 ~ 2021년12월31일 (2021년 1월 1일 ~ 2021년12월31일)		
총 연구개발비	1,132,500천원		
당해연차 연구개발비	(정부출연금 620,500천원, 민간부담금(현금) 52,000천원, 민간부담금(현물) 460,000천원) 569,000천원		
당해연차 연구개발비	(정부출연금 313,000천원, 민간부담금(현금) 26,000천원, 민간부담금(현물) 230,000천원)		

☐ 신규 참여연구원 인적사항

(단위 : 천원)

성명	김 보 미		
생년월일	1995년 7월 15일		
과학기술인등록번호	12734279		
소속 및 직위	진형건설(주) 사원		
담당업무 / 전공	연구보조 및 공무보조 / 토목공학 및 공학계열		
주소 / 연락처	경기도 수원시 권선구 금곡동 삼익3차아파트 304동 1002호/010-5106-4947		
참여기간	2020. 11. 16. ~ 계속 채용	참 여 율	100
인건비 계상액(현금/현물)	회사 자체 집행 연구비 내역 없음	집행액	0

상기인은 국토교통부에서 시행하는 2020년도 국토교통연구개발사업의 연구과제 수행을 위하여 청년인력을 신규로 채용하였음을 확인합니다.

2021. 3. 19.

주관연구기관의 장 : 구 자 화 (인)
주관연구책임자 : 나 준 수 (인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

서식8

신규 참여연구원 채용 계획서

☐ 과제현황

(단위 : 천원)

사 업 명	국토교통기술사업화지원사업		
과 제 명	타워 구조물 이용, 작업자 이동수단(엘리베이터)이 구비된 대성도(길이150m, 직경30m) 지하 수직구 벽체 시공 기술 개발		
주관연구기관	진형건설(주)	주관연구책임자	나 준 수
총 연구기간 (당해연차 연구기간)	2020년 4월 1일 ~ 2021년12월31일 (2021년 1월 1일 ~ 2021년12월31일)		
총 연구개발비	1,132,500천원		
당해연차 연구개발비	(정부출연금 620,500천원, 민간부담금(현금) 52,000천원, 민간부담금(현물) 460,000천원) 569,000천원		
당해연차 연구개발비	(정부출연금 313,000천원, 민간부담금(현금) 26,000천원, 민간부담금(현물) 230,000천원)		

☐ 신규 참여연구원 인적사항

(단위 : 천원)

성명	김 영 주		
생년월일	1985년 12월 15일		
과학기술인등록번호	11425378		
소속 및 직위	진형건설(주) 과장		
담당업무 / 전공	연구보조 및 공무보조 / 토목공학 및 공학계열		
주소 / 연락처	전북 순창군 금과면 독동1길 8-14 / 010-5009-5080		
참여기간	2021. 08. 01 ~ 계속 채용	참 여 율	100
인건비 계상액(현금/현물)	회사 자체 집행 연구비 내역 없음	집행액	0

상기인은 국토교통부에서 시행하는 2020년도 국토교통연구개발사업의 연구과제 수행을 위하여 청년인력을 신규로 채용하였음을 확인합니다.

2021. 8. 2.

주관연구기관의 장 : 구 자 화 (인)
주관연구책임자 : 나 준 수 (인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

용역계약서

1. 용역명 : 광양-여수 전력구현장 #3수직구 구조물(슬립폼) 공사 용역
2. 계약내용 : 첨부 내역서에 준함
3. 계약금액 : 일금 오억삼천만원정 (₩530,000,000원, VAT 제외)
4. 용역기간 : 2020년 11월 1일 ~ 2021년 05월 31일(7개월)
5. 대금의 지급
 - 가. 선금금 - 없음
 - (1) 계약 체결 후 ()일 이내에 일금 ()원정(₩)원
 - (2) 발주처(또는 원도급사)로부터 지급받은 날 또는 계약일로부터 ()일 이내 그 내
용과 비율에 따른
 - 나. 용역기상금
 - (1) 매월 20일 마감 후 익일(50일)
 - (2) 지급방법 : 현금 100%
 - 다. 계약변경
 - (1) 물량증감에 따라 정산 (발주처 또는 원도급사 정산에 따른)
6. 지급자재, 장비의 품목 및 수량
 - (1) 철근, 레미콘, 용전(750kw)
7. 계약어형보증금율 : 총 용역금액의 10% (서울보증보험)
8. 하자담보책임기간 : 총 공사금액의 5% (전체 공사 준공일까지)
9. 지체상금율 : 지체 시 1일마다 총공사금액의 0.1%

당사자는 위 내용과 별첨 용역계약 일반조건, 특기사항, 설계도, 시방서에 의하여 본 용역 계약을 체결
하고 계약서 2부를 작성하여 각각 1통씩 가진다.

2020년 11월 1일

• 도급인

주 소 : 인천시 서구 중흥대로198번길 2(가래동)

상 호 : 아주지오택 주식회사

성 명 : 대표이사 안 롱 국 (인)

• 수급인

주 소 : 경기도 안양시 동안구 통안대로 415

상 호 : 진형건설(주)

성 명 : 구 자 화 (인)

현 장 명

광양-여수 전력구현장
#3 수직구 구조물 공사

도 급 인

아 주 지 오 택 (주)

수 급 인

(주) 진 형 건 설

매출현황

월	매 출 액		매출 증빙자료
3월	기성액 (A)	44,000,000 원	 본 판매물품 국제통출액서(www.trade.go.kr)에서 발급 또는 전송 입력된 전자세금계산서입니다. 발급사실 확인은 납기 홈페이지의 '조회/발급' 전자세금계산서> 제3자 발급사실 조회'를 이용하시기 바랍니다.
	노무비 공제 (B)	15,400,000 원	
	매출액 (A-B)	28,600,000 원	
4월	기성액 (A)	89,920,000 원	 본 판매물품 국제통출액서(www.trade.go.kr)에서 발급 또는 전송 입력된 전자세금계산서입니다. 발급사실 확인은 납기 홈페이지의 '조회/발급' 전자세금계산서> 제3자 발급사실 조회'를 이용하시기 바랍니다.
	노무비 공제 (B)	50,620,000 원	
	매출액 (A-B)	39,300,000 원	
5월	기성액 (A)	175,000,000 원	 본 판매물품 국제통출액서(www.trade.go.kr)에서 발급 또는 전송 입력된 전자세금계산서입니다. 발급사실 확인은 납기 홈페이지의 '조회/발급' 전자세금계산서> 제3자 발급사실 조회'를 이용하시기 바랍니다.
	노무비 공제 (B)	51,000,000 원	
	매출액 (A-B)	124,000,000 원	

월	매 출 액		매출 증빙자료
6월	기성액 (A)	220,000,000 원	
	노무비 공제 (B)	33,000,000 원	
	매출액 (A-B)	187,000,000 원	
7월	기성액 (A)	44,000,000 원	
	노무비 공제 (B)	26,500,000 원	
	매출액 (A-B)	17,500,000 원	
8월	기성액 (A)	40,000,000 원	
	노무비 공제 (B)	-	
	매출액 (A-B)	40,000,000 원	
매 출 누 계		410,660,000 원	기성누계 : 612,920,000 원, 노무비공제 : 202,260,000 원

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

☐ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

☐ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
-	-	-	-	-	-	-

☐ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

☐ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호
-	-	-	-	-

☐ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도
-	-	-	-	-

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	특허 출원	타워 마스트 및 수직 이동 수단이 부가된 슬립폼 장치	진형건설 주식회사	2020. 10.16	10-2020 -0134114	미등록	미등록	미등록	-	-
2	특허	특허 출원	슬립폼용 거푸집 패널	진형건설 주식회사	2021. 12.17	10-2021 -0181451	미등록	미등록	미등록		
3	특허	특허 출원	철근밀림 방지장치 및 거푸 집 박리제 도포장 치를 구비한 슬립 폼 구조물	진형건설 주식회사	2021. 12.17	10-2021 -0181450	미등록	미등록	미등록		

○ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
-	-	-	-	-	-	-	-

□ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호
-	-	-	-	-

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		
1	-[산업안전보건법] 제84조(안전인증)제1항,제4 항 -동법시행규칙 제100조(안전 인증심사의 종류 및 방법)의 규정에 의한 심사 -[안전인증, 자율안전확인신 고의 절차에 관한고시] 의 규정에 의한 심사 -건설작업용리프트	한국승강기 안전공단	[산업안전보건법] 제84조 및 같은 법 시행규칙 제110조 -서면심사- 건설작업용리프트	접수번호 CE2100639호	2021년3월02일	한국

□ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자
-	-	-	-	-	-	-	-

○ 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	타워마스트 기본	2020.09	(주)디케이이엔지	진형건설 음성공장	TL-FORM공법	3개월	-	-
2	타워마스트 기초	2020.09	(주)디케이이엔지	진형건설 음성공장	TL-FORM공법	3개월	-	-
3	8연동 유압실린더 및 유압유닛	2020.11	대흥유압	진형건설 음성공장	TL-FORM공법	3개월	-	-
4	타워구조물 이용한 슬립폼 설계 및 제작	2021.03.22	대한테크(주)	진형건설 음성공장	TL-FORM공법	3개월	-	-
5	랙기어, 엘리베이터 제작 (JHL-500SH)	2021.05.06	(주)디케이이엔지	광양여수 TEST BED	TL-FORM공법	3개월	한국승강기 안전공단	2021.03.02

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)
1	TL-FORM공법(개발공법)	2021.3.	(주)아주지오텍	진형건설(주)	광양-여수 전기공급시설

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	실물 현장 적용	TEST BED	여수	광양-여수 전기공급시설 전력구	TEST BED	(주)아주지오텍	436,400	-	2021	

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
1	광양-여수 전기공급시설 전력구	2021년	436,400	-	436,400	세금계산서
합계						

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			-		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		-		
	소요예산(천원)		-		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			-	-	-
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	-	-
		국외	-	-	-
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		-			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			-	-	-
	수출		-	-	-

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)		합계(명)
			2020년	2021년	
1	국토교통기술사업화지원사업 중소기업보유기술개발사업 TL-FORM 공법 사업화	진형건설(주)	2	2	4
합계			2	2	4

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	4
		생산인력	10
	개발 후	연구인력	6
		생산인력	16

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
-	-	-	-	-
합계				-

□ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도	-	-	-	-	-	-	-
기대 목표	-	-	-	-	-	-	-

□ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)
-	-	-	-	-	-

□ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/ 수입
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용
-	-	-	-	-	-	-	-

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
-	-	-	-	-	-

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구 분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용
-	-	-	-	-	-

□ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)
-	-	-	-	-	-

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

□ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원
-	-	-	-	-	-	-	-

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용
-	-	-	-	-	-	-

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	유튜브홍보	유튜브	개발공법 홍보 영상 유튜브 홍보	2021.6
2	블로그 홍보	네이버블로그	개발공법 홍보 자료 네이버 블로그 홍보	2021.9
3	홈페이지 홍보	자사홈페이지	개발공법 자사 홈페이지 홍보	2021.1
4	언론홍보	매일건설신문	언론사 개발공법 성공 시공사례 홍보	2021.7

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
-	-	-	-	-	-	-

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[그 밖의 성과](해당 시 작성)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성)

<참고 1> 연구개발성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기를 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	지식재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등

<참고 2> 「국가연구개발혁신법」 시행령 제33조 제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설 · 장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상(부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동 활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보(소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함)
기탁	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

2) 목표 달성 수준

연구개발목표	달성내용	달성도(%)
-기존 슬립폼 공법 조사	-국내외 특허조사 보고서	100%
	-국내외 기술조사 보고서	100%
-타워구조물 구조검토	-타워 구조물 구조 검토 보고서	100%
-타워 구조물 제작	-타워 구조물 시제품 제작 (기본타워, 기초타워 각1건, 총2건)	100%
-타워 구조물 이용슬립폼 작업 시스템 제작	-8연동 유압실린더 및 유압 유닛 제작	100%
-타워 구조물 구조실험	-타워 구조물 구조실험 보고서 및 성적서	100%
-개발공법 비즈니스 모델 수립 보고서 1차년	-개발공법 비즈니스 모델 개발 1차년도 보고서	100%
-수직구 벽체 시공기술	-수직구 벽체 시공기술 확보 (벽체 타설 속도 2.1m/day, 최대 2.4m/day)	100%
-대심도 대직경 슬립폼 구조검토	-구조검토 보고서 및 공법 확장	100%
-개발공법시방서작성	-개발공법 시방서 완료	100%
-개발공법일위대가 개발	-개발공법 일위대가 완료	100%
-개발공법표준도 작성	-개발공법 표준도 완료	100%
-안전확보 작업자 고속이동시스템 설계	-건설작업용 안전 인화물 리프트 설계	100%
-안전확보 작업자 고속이동 시스템 인허가	-건설작업용 안전 인화물 리프트 인허가	100%
-안전확보 작업자 고속이동 시스템 제작	-건설작업용 안전 인화물 리프트 제작	100%
-공법 안전관련 시방서 표준안 제안	-관련 안전관련 기사 작성	50%
-타워 구조물 이용한 슬립폼 설계 및 제작	-타워 구조물 이용한 슬립폼 설계 및 제작	100%
-개발공법건설신기술접수	-개발공법건설신기술접수 작성중 10월중 접수예정	100%
-개발공법건설신기술인증	-현재 보안 답변중	10%
-타워 구조물이용한 슬립폼 시스템 현장 작업	-타워 구조물이용한 슬립폼 시스템 현장 작업 시연 및 검증	100%
-개발공법 비즈니스 모델 개발 2차년	-개발공법 비즈니스 모델 개발 2차년도 보고서	100%
-개발공법 기술가치 평가	-개발공법 기술가치 평가 진행 완료	100%
-개발공법 홍보자료 작성	-공법 카다로그 작성완료	100%
	-공법 소개보고서 작성완료	100%
	-공법 홍보영상 작성 완료	100%
-개발공법 홍보모형 제작	-홍보 모형 제작 1건	100%
-개발공법홍보	-자사 홈페이지 홍보	100%
	-유튜브 홍보	100%
	-블로그 홍보	100%
-개발공법 사업화 (현장적용, 매출)	-개발공법 현장 적용 및 매출	100%

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 건설신기술 인증 지연
 - 본 과제 개발공법 첫 번째 적용 현장 2020년 10월 계약
 - 본 과제 개발공법 2021년 1월~3월 시공 진행 예정
 - 현장 코로나 및 발주처의 개발공법 검증 사유로 현장 적용 연기됨
 - 공사 시작 4월~7월 종료
 - 광양~여수 현장의 실적을 바탕으로 건설신기술 인증을 진행하려고 하였으나 일부 다소 연기됨
 - 현재 접수 완료 되었으며, 보완사항 답변중
 - 접수번호 2466호

2) 자체 보완활동

- 건설신기술 인증 지연
 - 현재 접수완료 서류심사 완료
 - 서류심사 답변사항 제출 완료
 - 현재 1차심사 대기중
 - 건설신기술 인증 스케줄표 참조
- 특허 등록 실패 1건
 - 추가 특허 출원 2건 수행
 - 추가 특허 2건 등록 심사중, 심사 스케줄표 참조

- 건설 신기술 인증 관련 스케줄표

구분	21년12월	22년1월	22년2월	22년3월	22년4월	22년5월	22년6월	22년7월	22년8월	22년9월
신청서 접수	■									
신청서 1차검토		■	■							
신청서 보완			■							
신기술 관보 공고				■	■					
신기술 의견사항접수					■					
신기술 의견사항 답변					■					
1차심사						■				
현장심사							■			
2차심사								■		
최종인증 홍보물작성									■	■

- 추가 특허(2건) 등록심사 스케줄표

구분	21년12월	22년1월	22년2월	22년3월	22년4월	22년5월	22년6월	22년7월	22년8월	22년9월	22년10월
특허 출원											
1차 등록심사											
2차 등록심사 (1차 실패시)											
3차 등록심사 (2차 실패시)											
등록											

3) 연구개발 과정의 성실성

- 목표 대비 약 95%의 연구 성과를 발생 시킨 것으로 자체적인 평가
- 미완료 목표 달성 위해 최선을 다하고 있으며, 미달성 목표분 달성을 위해 스케줄표를 제시하며 달성에 대한 계획을 구축함
- 본과제의 핵심 목표인 사업화 성공함

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 대심도 수직구 벽체 시공기술 확보
- 기존 대심도 수직구 벽체 시공시 위법이면서 위험하던 작업자 이동방법에 대한 새로운 방법 확보
- 기존 대심도 수직구 벽체 시공시 철근 조립 공간 확보되어 시공 속도 향상 및 경제성 확보
- 기존 대심도 수직구 벽체 시공시 다양한 대안 기술 마련
- 기존 대심도 수직구 벽체 시공시 수직구 단면 막힘 개선
- 기존 대심도 수직구 벽체 시공시 작업자 언제든지 최상단 최하단 이동 가능
- 기존 대심도 수직구 벽체 시공시 수직도 개선으로 벽체 품질 개선
- 기존 대심도 수직구 벽체 시공시 누수를 완벽히 차단하여 하자 발생 차단
- 기존 대심도 수직구 벽체 시공시 횡강접속부 통과시 문제점 개선

1) 공공에 대한 공익 기여(기대효과)

A 도심밀집화로 지하공간 활용 대두로 새로운 공법 대안

대한민국은 도시 밀집화가 극심화 되고 있으며 도시 밀집화는 계속해서 심해질 것으로 예상된다. 국가에서 발간 되는 각종 보고서도 도시 밀집화는 계속 진행 될 것이며 해결이 쉽지 않다고 보고 되고 있다. OECD 보고서에서는 대한민국의 인구 밀집도는 전세계 최고 수준이라고 보고되고있다. 서울등 수도권은 더 이상 사회 간접자본(도로,철도)등을 제공하기에는 토지가 부족하며 토지를 매입하며 공사를 하기에는 천문학적인 비용이 발생된다. 이런 사회적흐름에 따라 지하공간 활용이 대두 되고 있으며 지하공간을 활용하기위해 최근에는 GTX, 지하도로 등 여러 가지 대안이 나오고 있다. 이런 부분들은 공공의 편리성을 위해 지하공간 활용이 필요하다고 사회적으로 인식이 되고 있으며 사회적으로 지하공간을 활용하는 여러 가지 사회간접자본이 시공되고 있는 실정이다. 현재 국내에서는 대심도공사에 대한 경험을 축적하기 시작하는 단계이며, 대심도 공사에 대한 공법들도 하나 둘씩 제안되고 활용되고 있다.

신청기술은 대심도 지하공간 활용에 있어서 제안이 되는 새로운 기술이라 할수 있다. 특히 수직구 분야에서 다음과 같은 다양한 이점을 제공함으로써 공익성을 확보했다고 할 수 있다.

- 대심도 지하 시설물 요구에 따른 필요 공법 확보
- 기존 기술의 단점을 극복한 수직구 전용 슬립폼 공법
- 작업자의 안전과 편리성을 확보



그림 101. 사회적 요구에 부응하는 수직구 신공법(TL-FORM) 공법

B 공기 최소화로 공공의 이익 최대화

대심도 지하 시설물(도로, 철도, 공동구, 저류시설 등)은 대부분 지상의 부지가 적절하지 않아 지하에 설치되는 것이 보편적이다. 이런 대심도 지하 시설물 역시 시공중에는 지상의 공간을 일부 사용해야한다. 이런 대심지 현장은 대부분 도심지이며, 지상의 시공 현장을 도심지에서 구비한다는 것은 매우 어려운 일이다. 시공하는 시공사, 지상을 이용하는 일반 시민 양측의 입장에서 모두 불편하다고 할 수 있다. 또한 이런 분위기 속에서 빠른 공기가 요구가 되는 것이 당연한 결과 라고 할 수 있다.. 본 신청기술은 기존 슬립폼 기술을 지하에 적용하였을 때 단점을 극복한 공법으로서, 기존 슬립폼의 빠른 시공속도의 DNA는 그대로 유지하고 기존 슬립폼의 단점은 극복함으로써, 지하수직구 시공에 최적화 되었다고 할 수 있다. 신청기술은 기존 슬립폼 보다 약 5%의 빠른속도로 공기단축 효과를 볼수있으며, 공기단축효과는 사회적으로 공공의 이익을 최대화 했다고 할 수 있다. 또 대부분의 대심도 지하 시설물의 경우는 민간자본사업의 형태로 공사가 진행되며 민간자본사업의 특성상 빠른 공기가 필수적이다.

- 공기단축으로 공공의 이익 극대화



그림 102. 도로내 부지확보로 교통이 불편한 지하시설물 공사

C 안전이 강조되는 사회에서 안전 확보된 공법

대한민국 사회는 선진국 반열에 올랐다고 할수 있다. 이런 선진 사회에서는 사회적 안전망이 매우 중요하며, 대한민국에서도 사회적 안전망에 대해 강하게 요구가 되고 있다. 한편 건설현장에서는 끊임없이 사건 사고가 발생되고 있다. 대부분 경제적인문제, 공기단축의문제, 시공편의성의문제, 안전불감증이 사고발생의 원인이 되고 있다.

신청기술은 작업자를 합법적이고 안전하게 이동시킬 수 있으며, 3중으로 구성된 상, 중, 하 작업대는 낙하에 대한 방지를 원천적 차단하며 시공시 안전에 최선을 다하였다. 이런 안전한 공법에대한 확대는 공공의 이익에 직 간접적으로 영향을 줄수 있다고 생각한다.

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

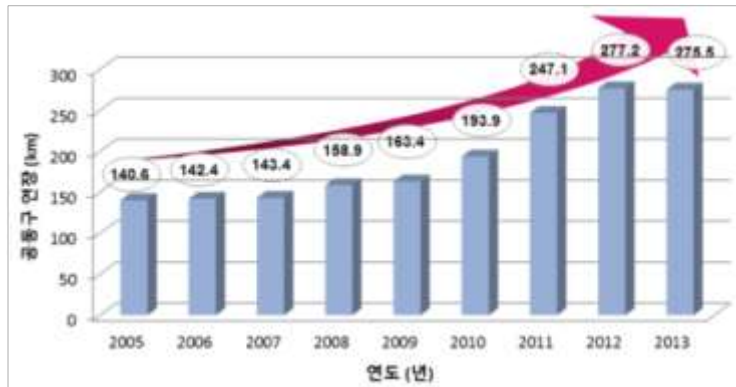
6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

- 기존 도심도 지하수직구 시공시 적극 활용
 - GTX A 노선 공법 적극 홍보 및 적용
 - GTX B 노선 공법 적극 홍보 및 적용
 - GTX C 노선 공법 적극 홍보 및 적용
 - GTX D 노선 공법 적극 홍보 및 적용
 - 신안산선 노선 공법 적극 홍보 및 적용
 - 동부간선도로 지하화 노선 공법 적극 홍보 및 적용
 - 한전 전력구 공법 적극 홍보 및 적용
- 향후 지상에서도 적용 가능하도록 추가적인 연구개발 필요
 - 교각, 주탑, 사일로 등

1) 시장성 및 활용 방안

A 공동구 시장 동향 및 시장규모 예측

우리나라 전체 인구 중 도시지역에 거주하는 인구비율은 2005년 이후 약 90% 이상으로 매우 높은 편이며 이러한 추세는 지속될 것으로 추정된다. 이에 따른 사회기반시설 건설 시의 집단 민원, 세종시 등에서의 공동구 설치 의무화, 도시 미관에 대한 욕구 증진 및 인식 변화 등으로 공동구의 설치 연장은 꾸준한 증가세를 나타내고 있다.



2010년 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 시행령 개정으로 대규모 개발사업 지역에 공동구 설치가 의무화 되었다. 또한, 공동구 설계기준에서 수용시설의 범위를 4종에서 2종으로 변경추진 중에 있다. 현재 공동구는 신도시에서 적용되는 개착식 공동구와 기존 도심지에 적용되는 개착/터널식 단독구가 주류이며, 기존 도심지 민원대책으로 터널식 단독구가 증가 추세이다. 터널식 단독구는 전력구가 가장 큰 시장을 형성하고 있으며, 공동구로 수용될 수 있는 부분이 75%를 차지하여 효율성을 크게 증가시킬 수 있다. 통계청, 한전, 한국감정원 등의 자료를 통해 향후 공동구 건설 수요를 예측해 본 결과 2014년부터 2023년까지 10년간의 공동구 건설시장의 누적규모는 약 6조2천억원인 것으로 추정된다. 보다 장기적으로는 도심지 공동구 수용 용량의 확대에 의하여 단면 직경 6~7m 규모의선진화 및 대단면화 공동구에 대한 수요가 발생할 수 있으며, 인천 송도 및 새만금과 같은 신도시 개발 (시장규모 4000억원)에 따른 공동구 신규 수요가 증가할 것으로 예상되는 등 본 연구에서 개발될 기술에 대한 잠재적 수요까지 고려하면 본 연구의 경제적 타당성은 충분히 설득력을 지닌다고 판단된다. 소단면 쉘드터널 공사비는 약 800만원/m, 수직구(Φ6~8m) 공사비는 약 3천만원/m 이다.

※ 출처 : R&D / 20SCIP-B105148-06 “도심지 소단면(Φ3.5m급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발 최종보고서”

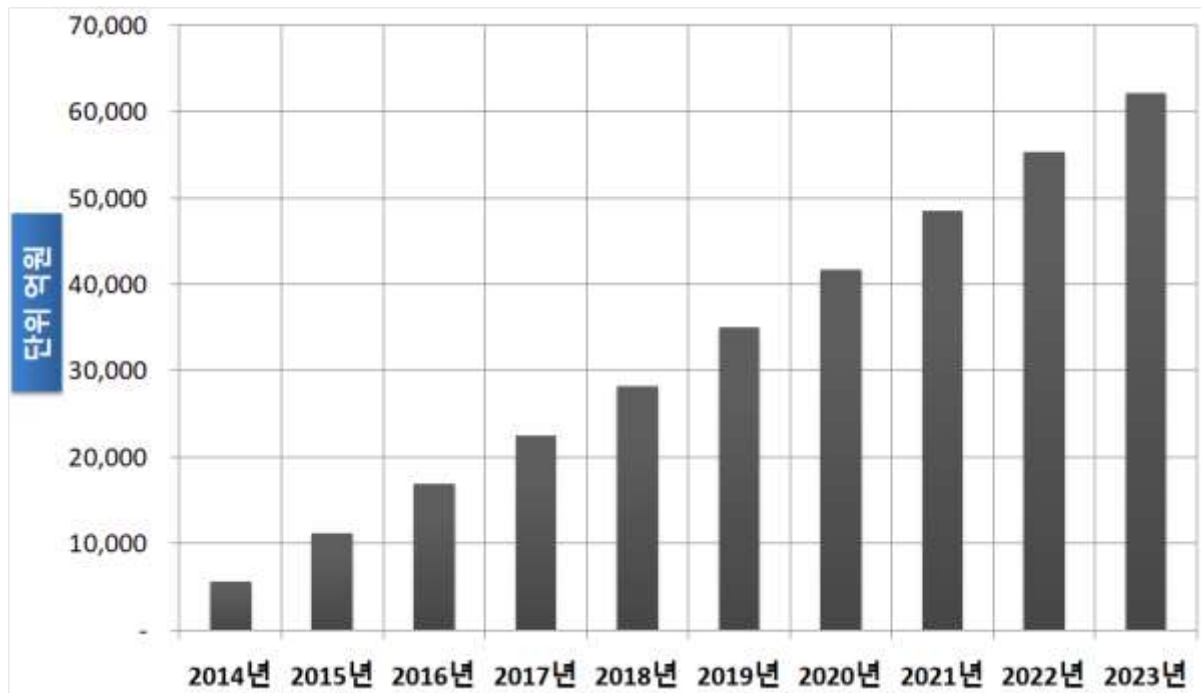


그림103. 2014~2023 공동구 연도별 누적 시장규모 예상

* 출처 : R&D / 20SCIP-B105148-06 “도심지 소단면(Φ3.5m급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발 최종보고서”

%산출근거

- 공동구 시장은 크게 한국전력 부문과 비(非)한국전력 부문으로 나누어 산정하였음.
- 비한국전력 부문은 통계청의 2005~2012년 전체 공동구 건설현황에서 한국전력 부문을 제외한뒤, 기존 성장추세를 외삽하는 방식으로 산정하였으며(한국전력 부문의 비율설정은 이정일(2011)의 연구결과에 근거하였음), 한국전력 부문은 신규 공동구 건설 수요와 주거환경 개을 위한 기존 시가지 경과 가공선로의 지중화 수요로 나누어 산정하였음.
- 신규공동구 건설 수요는 한국전력의 공동구 사업계획안에 근거, 투자추이를 외삽하는 방식으로 작성하였고, 지중화 수요는 산업자원부의 보고서에 제시된 지중화 최우선 대상선로 공사 비를 추정기간에 등분하여 배분하는 방식을 취하였음.

공동구 전체 공사비중 수직구 슬립폼 공사비

- 공동구 전체 시공비중 수직구 시공비는 전체 공사비의 약 2.5%로 추정된다
- 2.5% 추정으로 위 예상치로 시장 규모를 산정해보면 다음과 같이 연간 시장규모가 예상된다.
- $62,163\text{억원} \times 0.025(2.5\%) = 1,554 \text{ 억원}$

B 철도 시장 동향 및 시장규모 예측

- 최근 SOC 부문에 대한 예산이 줄고 있는 실정이나, 수도권 교통혼잡 등 인구의 50%가 밀집한 수도권의 특성을 감안한 광역교통 비전 등이 발표되면서 지하 교통 인프라에 대한 수요는 증가 될것으로 예상
- 특히 대도시권 광역 교통위원회의 지난 10월 31일자 발표 중 '광역교통 비전 2030' 의 내용에는 GTX, 환승센터, 지하도로 등 수도권 전체를 연결하는 지하 교통망 계획이 포함되어 있어 지하 교통 인프라 건설에 필요한 안전성 확보 기술의 개발이 필요

수도권 광역 교통 대책 계획					
구분	사업명	사업구간	연장(km)	대심도여부	대심도구간연장(km)
동북권	GTX-B	마석~송도	80.1	Y	80.1
	GTX-C	덕정~수원	74.2	Y	74.2
	진접선	당고개~진접	14.9	Y	14.9
	별내선	암사~별내	12.9	Y	12.9
	별내선 연장	별내~진접	3.2	Y	3.2
	7호선 연장	도봉산~옥정	15.3	Y	15.3
		옥정~포천	19.3	Y	19.3
	구리선	신내역~구리역	4	Y	4
동남권	S-BRT	다산역~풍양역	10	N	0
	GTX-A	운정~동탄	83.1	Y	83.1
	하남선 연장	상일동~창우동	7.7	Y	7.7
	인덕원~동탄	인덕원 동탄	37.1	Y	37.1
	위례~신사선	위례중앙~신사	14.7	Y	14.7
	신분당선연장	광교~호매실	11.1	Y	11.1
	위례 과천선	북정~경마공원	15.2	Y	15.2
	3호선연장	오금~덕풍	10	Y	10
	9호선연장	강일~미사	1.4	Y	1.4
	신분당선	신사~강남	2.5	Y	2.5
	동탄도시철도	반월~동탄2	32.3	N	0
	성남도시철도	판교~정자역	13.7	N	0
서남권	GTX-B	마석~송도	80.1	Y	80.1
	GTX-C	덕정~수원	74.2	Y	74.2
	신안산선	안산~여의도	44.6	Y	44.6
	월곶~판교	월곶~판교	34.1	Y	34.1
	수인선	수원~한대앞	19.9	Y	19.9
	원종~홍대	원종~홍대입구	16.3	Y	16.3
	인천2호선연장	인천대공원~신안산선	10	Y	10
	인천1호선 송도	동막역~송도랜드마크	7.4	Y	7.4
	7호선연장	부평구청역~석남동	4.2	Y	4.2
		석남동~청라국제역	10.7	Y	10.7
	제2경인선	인천 청학~광명	18.5	Y	18.5
	BRT	안양~사당	11.2	N	0
		구로디지털단지~장안	25.9	N	0
		청라~강서	23.1	N	0

수도권 광역 교통 대책 계획					
구분	사업명	사업구간	연장 (km)	대심도 여부	대심도구간 연장(km)
서북권	GTX-A	운정~동탄	83.1	Y	83.1
	인천1호선검단연장	계약역~검단신도시	6.9	Y	6.9
	인천2호선 연장	독정역~불로지구	4.45	Y	4.45
		불로지구~일산역~탄현	15	Y	15
	김포 한강선	방화~양곡	24.2	Y	24.2
	일산선연장	대화~운정	7.6	Y	7.6
	고양선	새절역~고양시청	14.5	Y	14.5
	신분당선서북부연결	삼송~용각	18.5	Y	18.5
	대곡~소사선	대곡역~소사역	18.4	Y	18.4
	S-BRT	계약지구~부천종합운동장	9.3	N	0
박촌역~김포공항역		8	N	0	
합계			1,052.85		919.35
% 출처 국토교통부					

- 대심도 구간 연장 919km 추정
- 대심도 구간 5km 구간 수직구 1개소 적용 $919 \div 5 = 184$ 개소
- 심도 60m 추정 $184 \times 60 = 11,040$ m
- 수직구 벽체 슬립폼 시공 평균 1m 3,500만원 $11,040 \times 3,500 = 386,400$ 백만원
(약 4000억원 예상)



그림 104. 2020~2030 수도권광역교통 구상(철도망)

C 도로 시장 동향 및 시장규모 예측

C 1 서울시 지하도로 건설계획

과거 서울시는 도심 및 도시 외각 교통혼잡을 해소하기 위해 남북 3축, 동서 3축의 지하도로를 장기적으로 계획하였다. 총연장은 149.7km, 사업비는 11조를 예상하고 있다. 현재 서부간선도로, 제물포터널 일부구간은 완공이 되어 공용중이며, 단기적으로는 상계에서 삼성동(동부간선도로) 현재 설계 중이며 초 장기적으로는 149km 지하도로망을 계획 하고 있다.



그림 105. 최근 개통된 서부간선지하도로(좌), 제물포터널(우) 전경

C 2 부산시 지하도로 건설계획

대한민국 인구 2번째 도시인 부산시에서는 동서4개의축 남북으로 1개의 축의 지하도로를 계획하고 있다. 그중 동서 1축에 해당하는 만덕교차로~센텀시티의 경우는 현재 시공이 활발히 진행중에 있으며, 최종적으로는 87.77km의 지하도로를 계획하고 있다.



구분	연장 (km)	사업비 (억원)
동서 1축	8.92	7,601
동서 2축	28.1	11,918
동서 3축	19.4	8,411
동서 4축	14.75	9,664
남북축	16.6	10,663
합	87.77	48,257



그림 106. 부산시 만덕~센텀 지하고속도로 노선도



그림 107. 고속도로 지하화 계획안(경부고속도로 한남대교~동탄)

경부고속도로 지하 건설은 고속도로 때문에 나뉘어진 생활권을 잇고 주변 주거환경을 쾌적하게 하고자 추진됐다. 서울 서초구가 구상했던 한남대교 남단~양재IC 구간 6.8km 지하화는 지하 1, 2층에 상·하행선을 분리 건설해 12차로를 확보하고, 지상에는 공원 등을 꾸며 단절된 동서 생활권을 연결하자는 것이다. 현재 공사 중인 동탄 신도시 지하도로 건설과 같은 개념이다.

동탄분기점~기흥·동탄IC 3.64km 구간에서는 기존 왕복 8차로를 10차로로 확장해 직선화하면서 1.2km를 지하로 건설하는 공사가 진행 중이다. 동탄 지하화 구간은 수도권고속철도(SRT) 지하 동탄역 위를 지나간다. 동탄역은 지하 4층, 경부고속도로는 지하 1층을 지난다. 지상부에는 주차장과 버스·트램 환승시설이 들어서고 일부 공간은 공원으로 꾸며진다.

%참조 : 서울신문 021-05-05 “경부선 지하 고속도로 ‘꿈’ 23조 공사비 마련은 ‘현실’” 기사



그림 108. 고속도로 지하화 계획안(경부고속도로 한남대교~동탄)

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 ‘2020년 국토교통기술사업화 지원사업’ 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.