

도심지 소단면($\phi 3.5\text{m}$ 급) 터널식 공동구
설계 및 시공 핵심기술 개발 연구단

연구성과 자료집

Development of Core Technology for Urban
Small-diameter Utility Tunnel Construction





Contents

03

연구단장 인사말

04

연구단 개요

10

1세부 과제

도심지 터널식 공동구 최적 설계용량산정 및 글로벌 표준화 설계기술 개발

24

2세부 과제

도심지 소단면 터널식 공동구 굴진율 예측기법과 급곡구간/특수지반 급속 시공기술 개발

42

3세부 과제

공동구용 수직구 급속시공을 위한 저소음/ 무진동 시공시스템, 보강/차수 기술 개발

54

연구단 운영 및 성과관리

61

연구단 성과



공동구(共同溝)란 라이프라인의 하나로 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따른 도시계획시설로 분류되며, 전선로·통신선로·수도관·열수송관·중수도관·가스관·하수도관·쓰레기수송관 등 다양한 지하 매설물을 공동 수용함으로써 도시미관, 도로구조 보전, 교통의 원활한 소통, 효율적인 안전·유지관리 등을 꾀하는 지하 시설물입니다. 기존의 지하 매설물들을 공동구로 대체할 경우 도시미관의 개선, 자연재해로부터 전력/통신/가스 등의 인프라 네트워크 보호, 그리고 네트워크 운용의 효율성 제고 등 다양한 긍정적 효과를 볼 수 있기 때문에, 그 필요성에 대한 인식이 확산되고 있는 추세입니다. 이에 따라 2010년 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 시행령 개정으로 대규모 개발사업 지역에 공동구 설치 의무화 되어 공동구 시장이 급격하게 증가될 것으로 전망되고 있습니다.

도심지 라이프라인(Life-Line) 및 공동구는 대규모 신도시 개발에서 의무화되어 서울시에서도 총 7개소 공동구가 관리되고 있습니다. 그러나 신도시 등의 개발지가 아닌 기존 도심지에는 그 사회적 요구나 필요성에도 불구하고 공동구의 설치 및 적용이 어려웠습니다. 도심지는 주로 단독구 또는 관로 위주의 각종 지하매설물이 난립하여 추가시설물 설치에 어려움을 겪고 있으며, 또한 이로 인한 잦은 개착 공사 등으로 인하여 경제적 손실과 함께 많은 민원이 발생합니다. 또한 각종 지하매설물의 난립은 관리에 어려움을 불러와 공사 시 가스관 파손 등 큰 재해 위험성을 내포하고 있습니다. 오랜 기간 전력, 통신, 가스, 상수도, 하수도 등 각종 생활기반시설이 무분별하게 개별 매설된 기존 도심지에서 지난해 KT통신구 화재, 고양 열수송관 파열 등 연이은 안전사고를 계기로 지하시설물 관리 강화에 대한 필요성이 지속적으로 제기되고 있습니다.

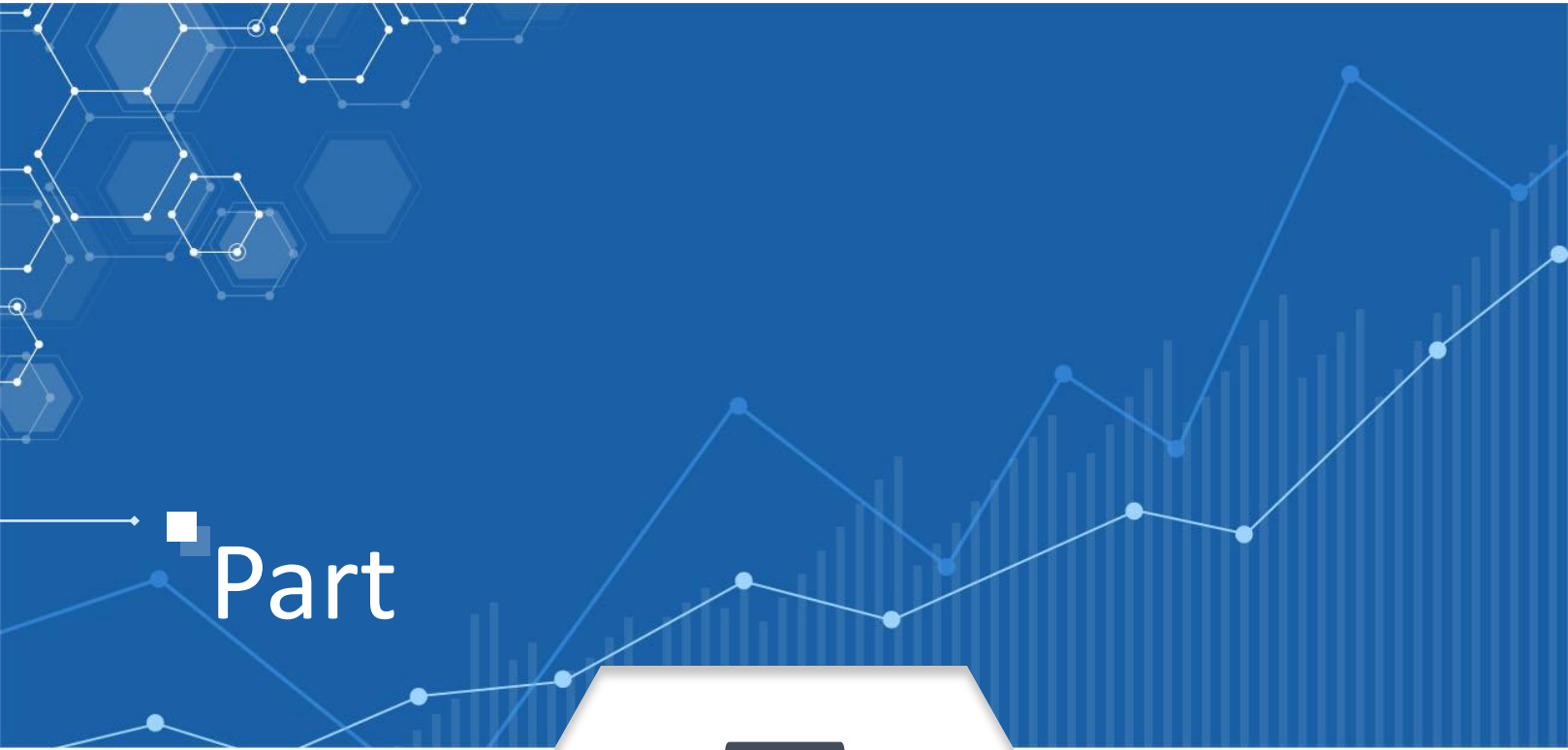
이러한 상황에서 기존 도심지에서 공동구를 민원없이 효율적으로 설치할 수 있는 기술자립화를 위하여 국토교통부의 R&D 사업으로서 “도심지 소단면(φ3.5m급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발” 연구단 사업을 지난 2015년 11월부터 2020년 5월까지 수행하였습니다. 국내 공동구 설치 관련 정책 및 시장 전망에 기반 하여, 본 연구는 도심지내 20m 심도 내외의 총적층 토사 및 암반 지반에 쉴드 TBM 공법을 통해 시공될 단면 직경 3.5m급 소단면 공동구 및 단면 직경 6~8m급 수직구를 구체적인 연구 대상으로 선정하여 연구의 초점을 맞추었습니다. 연구단의 주요 연구내용은 크게 ① 도심지 공동구 설계용량산정/단면 최적화 및 글로벌 표준화 설계기술, ② 도심지 소단면 터널식 공동구 굴진율 예측기법과 급곡구간/특수지반 급속 시공기술, ③ 공동구용 수직구 급속시공을 위한 저소음/무진동 시공시스템 및 보강/차수 기술로 나누어집니다.

본 연구단에서 수행한 연구는 지하 복합공간 시장 창출을 위한 기획·설계·시공·유지관리의 통합 기술 경쟁력을 확보하고, 위험요소 관리를 통한 시설물 안전 및 유지관리 기술 및 재해 예방을 위한 선제적 대응체계를 구축하며, 건설 프로세스의 지능화·효율화, 건설기술의 표준화에 기여할 수 있는 연구로 안전하고 경제적인 도심지 라이프라인 구축을 통해 쾌적한 도시 생활공간을 창출할 수 있습니다. 이러한 측면에서 본 연구단의 연구성과는 큰 의의가 있다고 하겠습니다. 이에 본 연구단의 연구성과가 널리 활용될 수 있도록 많은 관·산·학·연 관계자분들의 도움과 관심을 부탁드립니다. 향후 본 연구단의 연구성과를 바탕으로 도심지 공동구 활성화 및 쉴드TBM 터널 설계 및 시공기술 발전에 기여하도록 노력하겠습니다. 감사합니다.

「도심지 소단면(φ3.5m급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발」 연구단

연구단장 조 계 준





■ Part

I

연구단 개요

◆ 과제 개요

주관연구기관 ▶ 한국과학기술원

총 연구기간 ▶ 2015.11.30 ~ 2020.05.29 (4년 6개월)

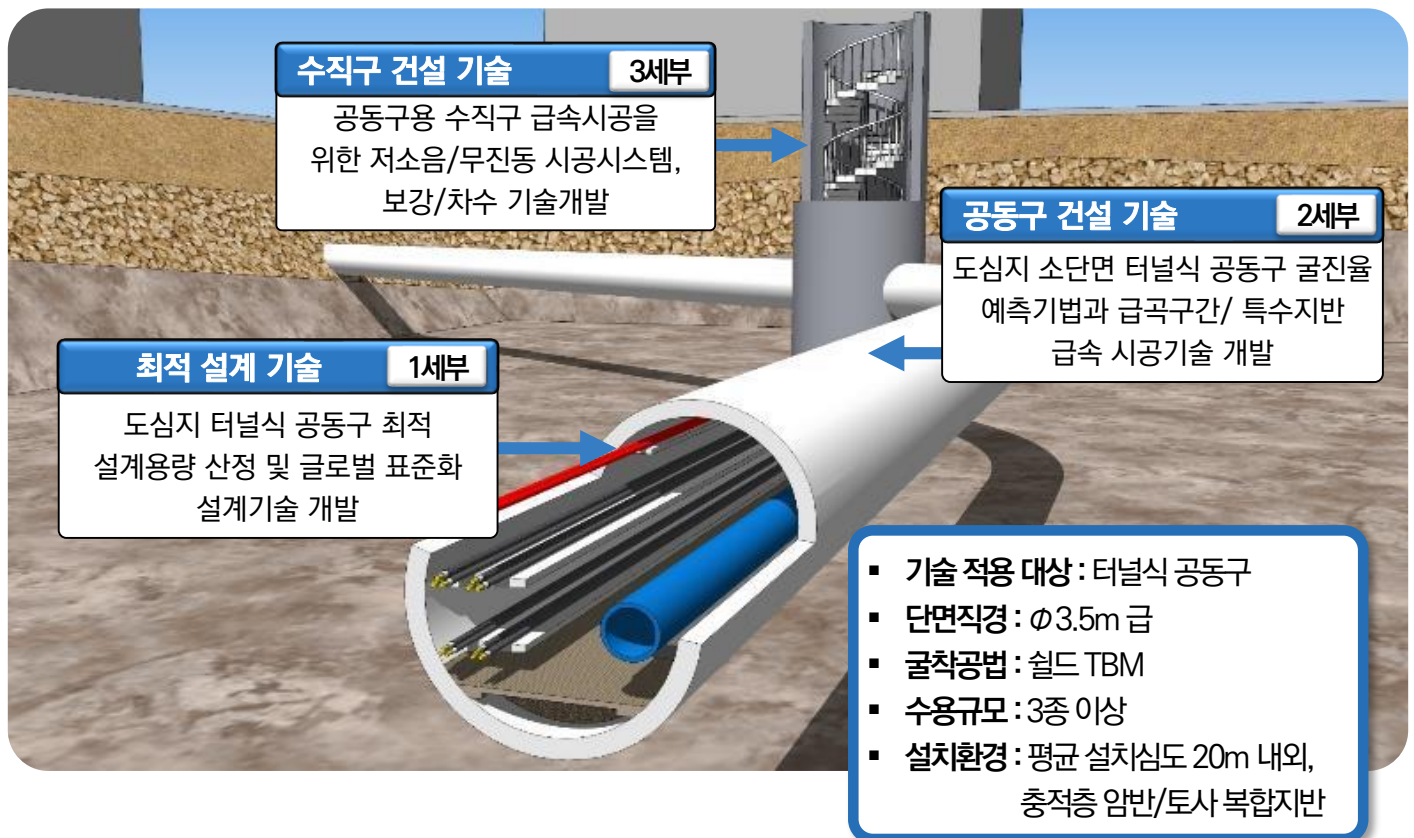
총 연구개발비 ▶ 26,931백만원 (정부: 19,200백만원, 민간: 7,731백만원)

사업수행 주관 ▶ 국토교통부

연구관리 기관 ▶ 국토교통과학기술진흥원

◆ 연구 비전 및 목표

실대형 성능검증 시험을 통한 도심지 소단면($\phi 3.5\text{m}$ 급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발 및 검증



시공 중 민원 30% 저감, 건설 안전 재해 20% 저감, 건설 비용 10% 절감 기여

연구 배경

- 세계적 추세와 달리 공동구와 같은 지하구조물의 설계 기준이 LRFD(Load and Resistance Factor Design)로 전환되지 못하여 하중과 지반의 불확실성을 고려하지 못하고 획일적인 안전율이 적용되어 경제적이고 효율적인 설계 불가능
- 도심지 내 공동구 설치를 위한 소단면 쉴드TBM 시공시 도심지에서 사유지 침범을 최소화 하고 기존 지장물을 통과하기 위해서는 급곡구간 시공기술이 필수불가결하나, 국내에서는 곡률반경 최소화 기술 수준이 선진국(일본의 경우 곡률 반경 15m 시공 사례 존재)에 비해 매우 낮음
- 터널식 공동구의 중요한 설계인자인 굴진을 설계값이 지반조건별로 명확하지 않아 터널 시공 시 공기지연 및 공사비 증가
- 호박돌층, 복합이질층, 고수압조건 등의 특수 지반 조건에서는 굴진 속도의 저하, 배토량 관리의 어려움, 동공 발생, 지반 침하로 인한 도로 붕괴 등 다양한 시공문제가 발생하고 있으나, 이러한 특수 지반, 특수 조건에서의 시공 기술이 매우 부족
- 도심지 내 공동구 설치를 위한 수직구 암반 굴착은 발파 시공시 민원문제로 저소음/저진동 공법이 적용되나 시공속도가 매우 낮아(0.3m/day) 부지점유 장기화로 인한 교통혼잡, 민원, 공사비증가 등 유발
- 선진국에서는 기계화시공을 통해 저소음/무진동 급속 시공을 달성하고 있으나 장비 및 시공비가 매우 고가이므로 도심지 공동구용 수직구(평균 심도 20m 내외)에는 적합하지 않아 국내 도입 무리

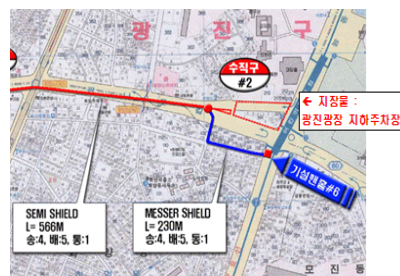
터널식 공동구 건설기술의 한계

시공 중 문제 및 안전 재해



시공 중 굴착 효율성 저하,
공사 중/운용 중 안전 재해 발생

공사 비용



사유지 및 지장물로 인한 선형
변경으로 공사 비용 증가

민원



수직구 공사 도로점유 장기화,
터널 발파 및 굴착 진동

도심지 소단면 터널식 공동구 건설 기술 미비로 경제·사회적 비용 증가

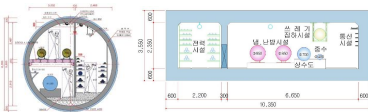
연구 목표

도심지 소단면(φ3.5m 급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심 기술 자립화

[1세부] 공동구 최적 설계기술

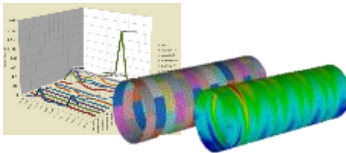
최적 설계용량산정 및 글로벌 표준화 설계기술

1-1
요소
기술



수용시설별(3종이상) 설계용량 및 단면 최적화 기술

1-2
요소
기술



글로벌 표준화 설계법(LRFD)

1-3
요소
기술

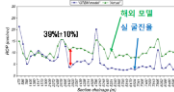


건설단계별 안전관리기술

[2세부] 공동구 시공기술

굴진율 예측기법과 급곡구간/특수지반 급속시공 기술

2-1
요소
기술



셸드TBM 현장굴진자료 DATA 분석을 통한 굴진성능 예측 및 산정기법

2-2
요소
기술



급곡구간(R30m 급) 셸드TBM 추진기술 및 중절장치

2-3
요소
기술



특수지반/특수조건 셸드TBM 급속 (downtime 40% 이하) 시공기술

2-4
요소
기술



실대형 성능검증시설 및 운영기술

[3세부] 수직구 시공기술

수직구 저소음/무진동 급속 굴착 시공 기술 및 장비

3-1
요소
기술



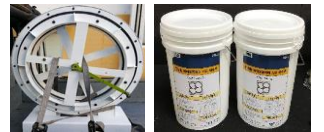
수직구 저소음(60dB(A))/무진동 급속 굴착 (1m/day 이상) 시공기술 및 장비

3-2
요소
기술



수직구 하향식 라이닝 현타 급속 (1m/day 이상) 시공기술 및 장비

3-3
요소
기술



수직구 접속부 보강/차수장치(심도 50m 이내, 차수율 100%) 및 친환경 차수재

연구단 구성체계



1세부 협동



도심지 터널식 공동구 최적 설계용량산정 및 글로벌 표준화 설계기술 개발

2세부 협동



도심지 소단면 터널식 공동구 굴진율 예측기법과 급곡구간/특수지반 급속 시공기술 개발

3세부 주관



공동구용 수직구 저소음 (60dB(A))/무진동 급속굴착 (1m/day) 시공기술 및 장비 개발

참여기관

한국토지주택공사 토지주택연구원, (주)대정건설엔트, (주)한국종합기술, 유니콘스(주), (주)평화엔지니어링, (주)희송지오테크, (주)우성디앤씨, 한국시설안전공단, 인천대학교

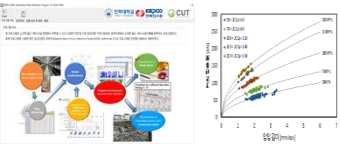
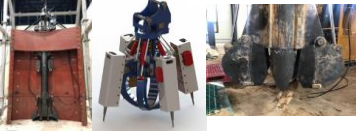
참여기관

인하대학교, 이엠코리아(주), 호서대학교, (주)콘텍이엔지, 건국대학교, 부산대학교, 서울대학교, (주)수성엔지니어링, (주)동아지질, (주)진성티씨, 한국과학기술원

참여기관

(주)제영이엔씨, (주)네오시티, (주)세니츠코퍼레이션, (주)에이치비씨, University of New South Wales

주요 연구내용

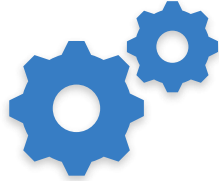
최종 연구성과물		성과 개요
1-1 요소 기술	도심지 공동구 수용시설 별(3종이상) 설계용량 및 단면 최적화 기술 	- 수용시설 별 설계용량 최적화 - 단면 최적화 설계 기술 - 공동구 설치 타당성 평가시스템 - LCC 표준공정 및 공사비 관리시스템
1-2 요소 기술	터널식 공동구의 글로벌 표준화 설계법 (LRFD) 	- 글로벌 표준화 설계요소기술 및 최적 설계기준 - 한계상태설계법에 의한 라이닝 설계 기술 - 한계상태 지반정수 평가 기법 - LRFD 내진해석 및 내진설계 기술
1-3 요소 기술	도심지 소단면 터널식 공 동구 건설단계별 안전위험요인을 고려한 안전관리기술 	- 건설단계별 안전위험요인을 고려한 안전관리기술 - 시공 중 대형건설재해 대응 기술
2-1 요소 기술	쉴드TBM 현장굴진자료 DATA분석을 통한 굴진 성능 예측 및 산정기법 	- 쉴드TBM 현장굴진자료 DB/굴진율 산정기법 - 복합지반(토사/암반지반) 실굴진율 예측 모델 및 프로그램
2-2 요소 기술	급곡구간(R30m 급) 쉴드TBM 추진기술 및 중 절장치 	- 급곡(R30m) 시공을 위한 급곡 장치 - 급곡구간 세그먼트 및 굴진 안정을 위한 시공기술 - 급곡구간 세그먼트 보강상세 및 최적형상 - 지수재 최적화를 통한 급곡구간 이음부 방수시스템 - 워터젯을 이용한 급곡구간 여굴생성 기술
2-3 요소 기술	특수지반/특수조건 쉴드 TBM 급속(downtime 40% 이하) 시공기술 	- 특수지반 분류 및 효율적 통과기법 - 최적보강공법 및 설계기준
2-4 요소 기술	소단면 터널식 공동구 실 대형 성능검증시설 및 운 영기술 	- 소단면 터널식 공동구 성능 검증 시설 - 다양한 터널 및 건설 신기술/장비의 검증
3-1 요소 기술	공동구용 수직구 저소음/ 무진동 급속굴착 (1m/day 이상) 시공기술 및 장비 	- 지반 변위와 지하수 유출을 최소화하는 수직구 외주면 급속굴착(1m/day) 기술 및 장비 - 저소음/무진동 암반지반 급속굴착(1m/day 이상) 시공기술 및 장비
3-2 요소 기술	공동구용 수직구 하향식 라이닝 현타 급속 (1m/day 이상) 시공기술 및 장비 	- 수직구 하향식 라이닝 현타 급속(1m/day 이상) 시공기술 및 장비 - 수직구 구조물 슬래브/계단/접속 개구부 시공기술 - 수직구-수평터널 연결부 성형장치
3-3 요소 기술	공동구용 수직구 접속부 보강/차수장치(심도 20m 이상) 및 바이오 폴 리머 차수공법 	- 공동구용 수직구 접속부 보강/차수 장치 - 수직구 바이오 폴리머 보강/차수공법

◆ 연구 성과



논문 76건

(국내 60건, SCIE 16건)



특허 70건

(출원 42건, 등록 28건)



소프트웨어 11건



시제품 13건



MOU 6건

(한국전력공사, 종로구청, 중국 SKL사, 서울시청 등)



성과홍보 14건

(기사, 방송, 전시회 등)



**기술실시계약 및
기술이전 24건**



기술실용화 13건

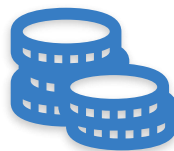
(현장적용, 정책반영 등)

◆ 경제적 효과

연구개발 전체편익 **460억원** (B/C ratio = 1.54)



**생산 유발효과
총 1,450억원**



**부가가치 유발효과
총 460억원**



**고용/취업 유발효과
총 1,407명**

총 2,360억원의 경제적 효과 발생



Part

II

[1세부]

도심지 터널식 공동구 최적
설계용량산정 및 글로벌
표준화 설계기술 개발

[1세부] 도심지 터널식 공동구 최적 설계용량산정 및 글로벌 표준화 설계기술 개발

연구개발 비전

도심지 터널식 공동구 최적 설계용량산정 및 글로벌 표준화 설계기술 개발을 통한 도심지 공동구 활성화, 설계 기술력 확보 및 건설안전 관련 제도 정착에 기여

과제개요

협동연구기관 ▶ 한국건설기술연구원

협동연구책임자 ▶ 이성원 선임연구위원

연구기관(공동/위탁) ▶ 한국토지주택공사 토지주택연구원, (주)대정컨설팅, (주)한국종합기술, 유니콘스(주), (주)평화엔지니어링, (주)희송지오텍, (주)우성디앤씨, 한국시설안전공단, 인천대학교

총 연구기간 ▶ 2015.11.30 ~ 2020.05.29 (4년 6개월)

총 연구비 ▶ 4,185백만원 (정부: 3,108백만원, 민간: 1,077백만원)

연구 목표

도심지 공동구
수용시설별(3종이상)
설계용량 및 단면 최적화 기술



터널식 공동구의 글로벌
표준화 설계법(LRFD)



도심지 소단면 터널식 공동구
건설단계별 안전위험요인을
고려한 안전관리기술

기대 효과

01

기술적 효과

- 기설치된 개착식 공동구 및 아직 시공되지 않은 터널식 공동구 기본계획 절차 제시
- 하중과 재료저항의 불확실성을 고려한 터널식 공동구 한계상태기반설계 매뉴얼(안)
- 공동구 건설공사 안전 위험요소 및 단계별 저감 대책 리스트, 공동구 재해발생 시나리오 및 건설공사 참여자별 행동 다이어그램 등의 안전 및 재해 대응 관련 세부기술 개발

02

경제적 효과

- 수용시설물의 최적 설계용량 산정 및 공사비/공정을 통한 합리적인 공동구 사업비 선정 가능
- 기존 강도설계법 대비 한계상태설계법을 적용할 경우, 터널식 공동구의 세그먼트 라이닝 제작비 3% 이상 절감, 공사비 기준으로 5~10% 절감 예상

03

학술적 효과

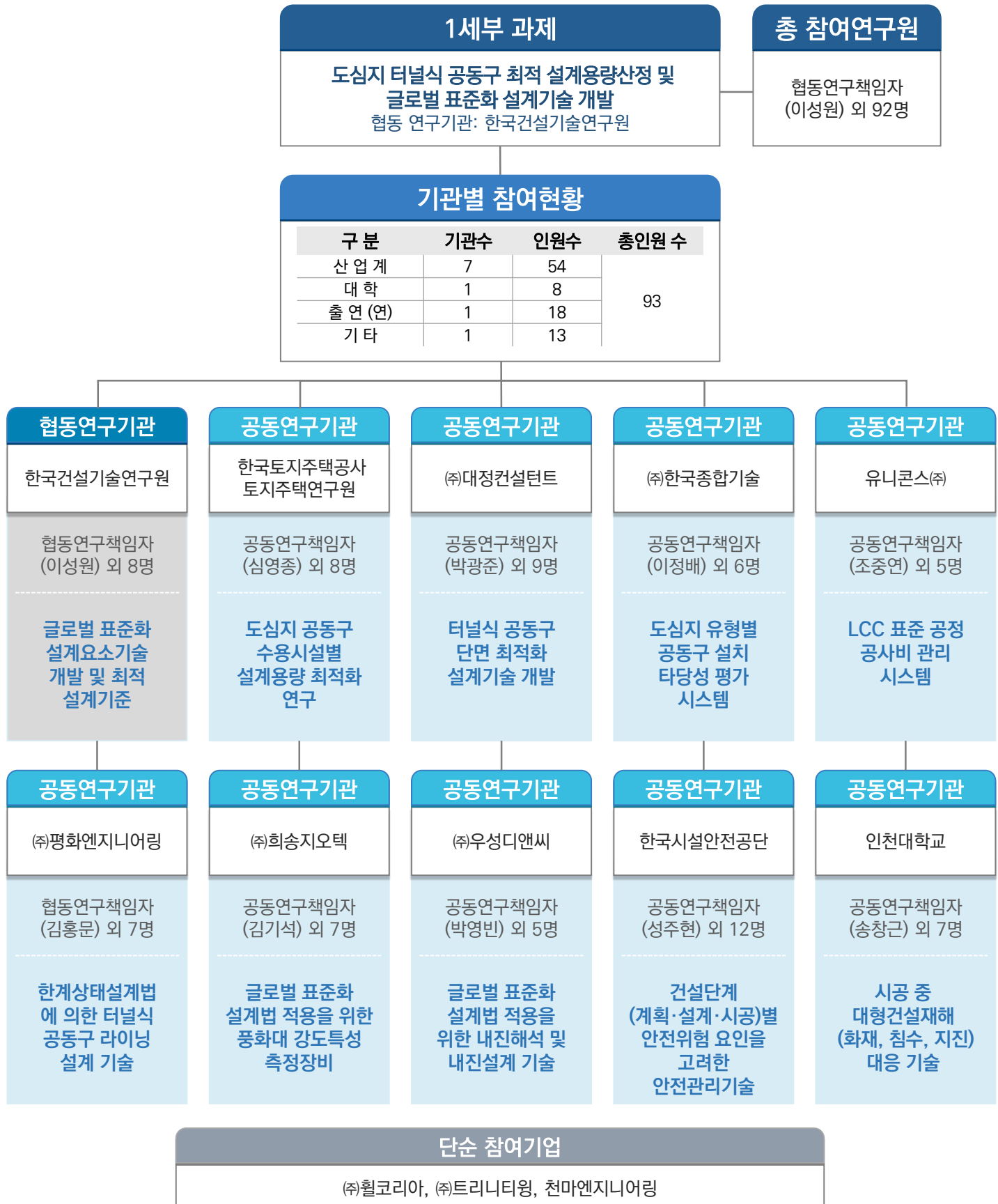
- 신도시 및 기존시가지의 공동구에 대하여 수용시설물, 타당성 및 경제성 분석을 통하여 체계적인 사업 추진 방향 설정
- 공동구 최적 설계용량 산정, 한계상태 설계기준, 안전/재해 관리 관련 국내 논문 27건 게재

04

공공적 효과

- 공동구 수용시설물 및 최적 노선 결정이 가능하여 공동구 계획 및 설계에 활용가능
- 국제표준화기구(ISO)에 부합하는 글로벌 표준화 설계 개발로 공동구 구조물 설계기술의 국제 경쟁력 확보
- 공동구 건설공사 중 안전 및 재해 대응을 위하여 공동구 건설공사 안전관리 업무 매뉴얼과 도심지 터널식 공동구 대형재해 대응 매뉴얼

연구수행 체계도



[1세부] 도심지 터널식 공동구 최적 설계용량산정 및
글로벌 표준화 설계기술 개발

◆ 1-1 요소기술

“ 도심지 공동구 수용시설별(3종이상) 설계용량 및 단면 최적화 기술 ”

기술개발
기관

한국토지주택공사 토지주택연구원 (책임자: 심영중 수석연구원)

(주)대정건설턴트 (책임자: 박광준 대표이사)

(주)한국종합기술 (책임자: 이정배 상무)

유니콘스(주) (책임자: 조중연 대표이사)

기술개요

도심지 공동구 수용시설별 설계용량 최적화

터널식 공동구 단면 최적화 설계법

공동구 설치 타당성 평가 시스템

LCC 표준 공정 공사비 관리 시스템

기존 기술의
문제점과
한계

공동구 활성화를 위한 정책 및 제도의 변경이 필요

공동구 설계 시 내부(시설물, 단면) 기준 필요

공동구 표준 공정/공사비 관리시스템 미비

LCC 미고려로 합리적 적정 공기/공사비 및 사업비 산정 불가

관로/단독구와의 경제성 분석(비용 문제) 연구 필요

◆ 개발기술의 차별성 및 효과

차별성

도심지 공동구 기본계획 및 설치 타당성 조사 툴 개발로 공동구 활성화에 기여

기술경쟁력

- 공동구 기초(계획) 단계에서 수용시설물 결정시 지역의 특성 및 환경 등을 고려하여 적합한 수용시설물 선택 가능
- 각 노선에 대한 최적 수용시설 항목 분석을 통해 공동구 기본계획에 활용 가능
- 공동구내 수용시설물의 예비단면을 통하여 최적 배치 가능
- 국내 신도시 공동구를 탈피하여 기존 도심지 유형에 따라 세분화된 정량적 평가를 통한 타당성 평가시스템의 제시
- 지역의 여건을 고려한 공사비 및 공정(공기) 산정이 가능하여 총 공사비 및 공사기간의 예측에 도움

경제적 효과

- 공동구 표준 공정/공사비 관리 시스템 확보
 - 보급률 : 6.7% → 11.4%
 - 공사비 : 단독구 대비 공동구가 57% 절감
- 국내 지하매설물(상수도, 통신망, 전력망 등) 및 수용시설물의 유지관리 비용 절감
- 지하안전종합대책의 일환으로 대두된 도심지 공동구의 효율적 타당성 평가 가능
- 설계용량 최적화를 통해 경제적 도심지 공동구 도입 가능
- 합리적 타당성 평가를 통해서 전력, 통신, 상수도 등 공동구 점용기관 민원 저감
- 프로그램을 이용 타당성 검토 용역비 절감

 기술활용 실적 및 기술내용

활용 실적

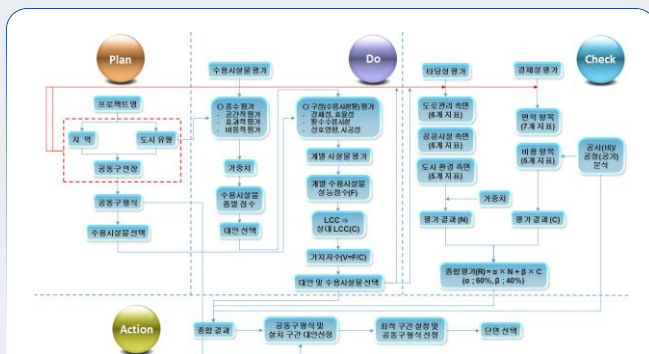
- 서울특별시 ‘지하시설물 통합안전관리 대책’ 내 공동구 확대 검토내용 반영 (2019.08)
- 국토교통부 ‘공동구 활성화 종합연구’ 용역 수행 (2019.10~2019.12)

기술 내용

도심지 공동구 수용시설별 설계용량 최적화 연구

한국토지주택공사
토지주택연구원

- 도심지에 적합한 터널/개착식 공동구를 활성화 시킬 수 있는 개선방안 분석 및 제시
- 도심지 유형을 고려한 공동구 통합프로그램 중 타당성 평가 부분 모듈



설계용량 최적화 통합 프로그램 알고리즘

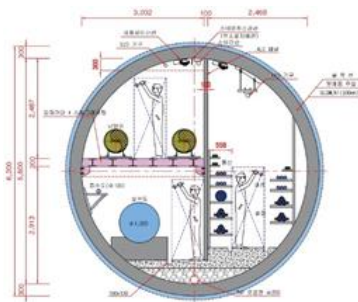


수용시설물 최적조합 단위 모듈

터널식 공동구 단면 최적화 설계기술

(주)대정컨설턴트

- 3~6종 시설 수용가능한 터널식 공동구 표준단면
 - 종별 부대시설 설치를 위한 격벽, 중간슬라브의 적정재료 및 스펙, 배수구, 조명, 방재설비 설치방안 제시
- 터널식 공동구 단면 설계 매뉴얼



터널식 공동구 표준 단면도



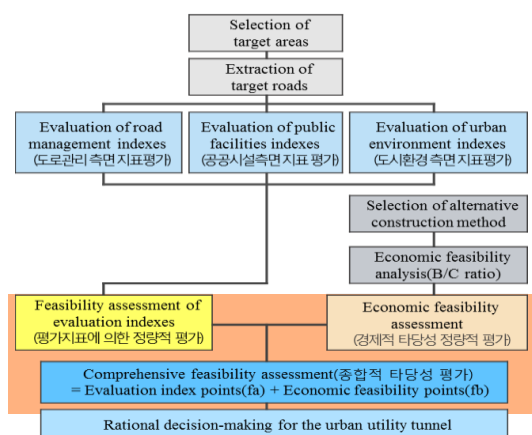
개착식 공동구 표준 단면도

[1세부] 도심지 터널식 공동구 최적 설계용량산정 및 글로벌 표준화 설계기술 개발

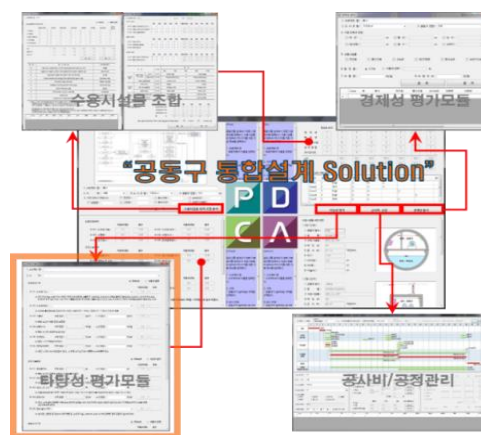
도심지 유형별 공동구 설치 타당성 평가 시스템

(주)한국종합기술

- 도심지 유형별 특성이 고려된 상위 3개 부문, 16개 평가지표를 활용하여 세분화된 정량적 평가를 통한 타당성 평가시스템 제시
- 도심지 공동의 최적노선과 우선 도입구간 선정, 수용시설의 종류 및 규모 등의 설계용량 최적화와 타당성 평가 모듈
- 서울시 주간선도로 123개 구간 258.34 km를 대상으로 현장검증 수행



정량적 타당성 평가시스템의 개요도



도심지 공동구 통합프로그램 개요

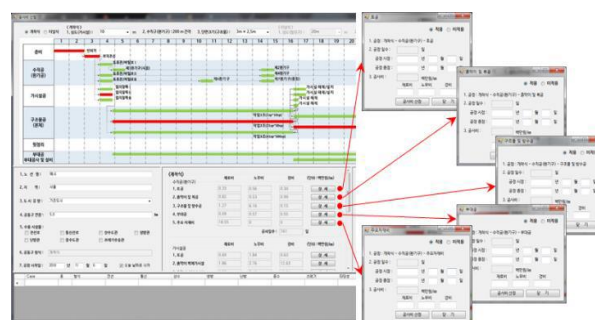
도심지 터널식 공동구 설치를 위한 LCC 표준공정 및 공사비 관리 시스템

유니콘스(주)

- 기초모델에 의한 공동구 형식별 B/C분석 및 상세모델에 의한 공동구 최적 LCC산정
- 경제성 평가를 위한 LCC 및 B/C 분석 방법 제시, 경제성 평가 매뉴얼
- LCC 표준공정 및 공사비 관리시스템 프로그램
- 공사비/공정(공기) 분석 매뉴얼

The screenshot displays a software window titled '경제성 평가 단위 모듈' (Economic evaluation unit module). It contains a large table with multiple columns and rows of numerical data, likely representing cost and benefit calculations for different tunnel types and sections.

경제성 평가 단위 모듈



공사/공정 단위 모듈

◆ 수요처

수요처	수요처	적용처
	기술이전 : (주)한국종합기술 → (주)천마 엔지니어링 (2020.05) 기술이전 : 유니콘스(주) → 아이엠디 (2020.05)	- 공동구 관련 제도개선에 따른 지방자치 단체 및 공공기관 - 공동구 기본계획 및 설계 관련 연구기관 및 설계사

권리현황	발명의 명칭	등록번호	비고
	공동구 공사비/공정 프로그램	C-2020-015926	소프트웨어 등록
	공동구 타당성 평가 프로그램	C-2020-015927	소프트웨어 등록
	공동구 경제성 평가 프로그램	C-2020-015928	소프트웨어 등록

◆ 추가기술정보

기술수준	시장전망
☐ 기술개념확립 ☐ 연구실환경검증 ☒ 시제품 제작 ☐ 실제환경검증 ☐ 신뢰성평가 ☐ 상용품 제작	- 국내 도시지역 거주 인구비율은 약 90% 이상으로 매우 높은 편이므로 지하 매설 Life-line의 정비를 통한 도심지 공동구의 사회적 요구는 지속 증가 - 사회적인 요구의 증가에 따라 전력구 및 공동구에 대한 시장규모는 점차 크게 성장할 것으로 예상됨 - 도심지 지하안전 종합대책의 일환으로 지방자치단체 타당성 검토용역 발주 예상 - 설계용량 최적화에 따라 3.5m급 소단면 터널식 공동구 시장 선점 예상

◆ 기술 문의

 담당자	한국토지주택공사 토지주택연구원	심영중 수석연구원	T. 042-866-8426	E. yjsim@lh.or.kr
	(주)대정건설터트	박광준 대표이사	T. 031-478-4660	E. kjoon@djenc.co.kr
	(주)한국종합기술	이정배 상무	T. 02-2049-5443	E. leejb@kecc.co.kr
	유니콘스(주)	조종연 대표이사	T. 02-3463-7861	E. uniconscopy@hanmail.net

[1세부] 도심지 터널식 공동구 최적 설계용량산정 및
글로벌 표준화 설계기술 개발

◆ 1-2 요소기술

“ 터널식 공동구의 글로벌 표준화 설계법(LRFD) ”

기술개발
기관

한국건설기술연구원 (책임자: 이성원 선임연구위원)

(주)평화엔지니어링 (책임자: 김홍문 전무)

(주)희송지오택 (책임자: 김기석 대표이사)

(주)우성디앤씨 (책임자: 박영빈 부사장)

기술개요

글로벌 표준화 설계요소기술 개발 및 최적 설계기준

한계상태설계법에 의한 터널식 공동구 라이닝 설계 기술

글로벌 표준화 설계법 적용을 위한 풍화대 강도특성 측정장비

글로벌 표준화 설계법 적용을 위한 내진해석 및 내진설계 기술

기존 기술의
문제점과
한계

강도설계법, 허용응력설계법 적용으로 인한 효율적 설계 곤란, 임시하중 및 추가하중에 대한 구조설계 개념 부족

국제적 경쟁력 확보를 위한 국제표준화기구(ISO)의 요구조건에 부합하는 글로벌 표준화 설계요소 기술 개발 필요

공내전단시험의 불확실성 개선 필요 (시험기기 비확일, 시험방법 미준수 등)

국제 표준에 부합하는 지진 시 한계상태설계기준 개발 필요

◆ 개발기술의 차별성 및 효과

차별성

터널식 공동구 라이닝 설계법 및 지침 표준안 제시, 신뢰성 기반 터널 라이닝 설계법 국산화

기술경쟁력

- 하중과 재료의 불확실성을 고려한 신뢰성해석을 기반으로 한 합리적인 설계 가능
- 국제표준화기구(ISO)에 부합하는 글로벌 표준화 설계요소 기술로써 공동구 구조물 설계기술의 국제 경쟁력을 마련
- 세그먼트 적재, 이동, 그라우팅 주입 등과 같은 공사 중 임시하중조건과 조인트 볼트 및 조인트 버스팅과 같은 추가 하중조건에 대한 터널식 공동구 라이닝 한계상태설계법 제시
- 일관성 있고 정확한 지반 전단강도 측정 가능
- 신뢰성 기반의 설계를 위한 핵심 파라미터인 목표 신뢰도 지수와 하중 및 저항계수를 국내 실정에 맞춰 제시

경제적 효과

- 기존 설계법 대비 공사비 기준 5~10% 절감
- 기존 강도설계법 대비 한계상태설계법을 적용할 경우, 터널식 공동구 세그먼트 라이닝 제작비 최대 7% 절감
- TBM터널 세그먼트 설계에 필요한 지반 파라미터 중 풍화대 강도특성과 관련된 정확한 측정값 제공으로 시공 시 설계 오류에 따른 위험 감소
- 세계적 수준의 소단면 터널식 공동구 설계, 시공 기술 확보로 개발도상국 중심으로 개발기술의 해외 수출 가능 (설계지원, 기술이전 및 사업수주 등)

기술활용 실적 및 기술내용

활용 실적

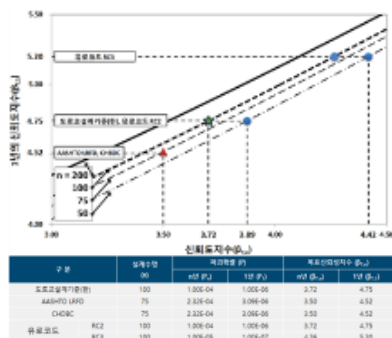
- 국토교통부 ‘공동구 활성화 종합연구’ 용역 수행 (2019.10~2019.12)
- ‘풍화대 강도특성 측정장치’ 현장 시험 (강원도 양양군 편마암 분포지역, 2019.08)

기술 내용

글로벌 표준화 설계요소기술 개발 및 최적 설계기준

한국건설기술연구원

- 쉴드 TBM 설계 자료를 바탕으로 한계상태설계기준 목표신뢰도 지수, 하중계수 및 저항계수 제시
- 목표신뢰도 지수 $\beta_T = 4.30$, 철근 재료계수 0.9, 콘크리트 재료 계수 0.65
- 한계상태설계법에 의한 구조해석 절차정립, 한계상태설계법을 적용한 터널식 공동구 한계상태 설계기준



국내외 신뢰도 지수 비교 검토



한계상태방정식 정의를 위한 분석



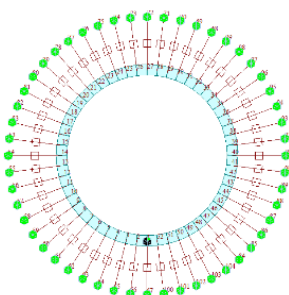
한계상태설계법 공동구 설계기준

터널식 공동구 단면 최적화 설계기술

(주)대정컨설팅

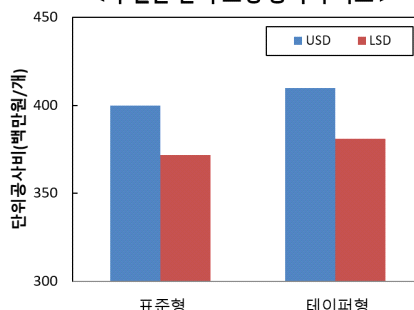
- 한계상태 설계법에 의한 수치해석 결과를 반영한 계획설계
- 강도설계법 대비 축력 57~63%, 전단력 79~95%, 모멘트 98~134%
- 강도설계법 대비 안전율 확보로 철근량 또는 세그먼트 두께 변경 가능, 제작비 최대 7% 절감
- 한계상태설계법을 활용한 세그먼트 라이닝 설계매뉴얼

$$\sum \eta_i \times r_i \times Q_i \leq R\{\phi_i X_i\}$$



터널식 공동구 빔프링 모델

< 주철근 간격 조정 공사비 비교 >



세그먼트 제작비 비교



세그먼트 라이닝 설계매뉴얼

[1세부] 도심지 터널식 공동구 최적 설계용량산정 및 글로벌 표준화 설계기술 개발

글로벌 표준화 설계법 적용을 위한 국내 지반 특성값 평가 기법

(주)희송지오테크

- 글로벌 표준화 설계법 적용을 위한 지반특성값 결정 표준절차 지침 제시
- 글로벌 표준화 설계법 적용을 위한 지반특성값 결정 프로그램 개발
 - 지반물성 DB, 지반특성값 결정 프로그램의 통합 → 설계값 제시 통합 프로그램화
- 풍화대 강도특성 측정장비 개발 및 현장 검증 보완 (강원도 양양군 편마암 분포지역)



지반특성값 데이터베이스 및
통계분석 프로그램



풍화대 강도특성 측정장비 개발 및
현장 검증

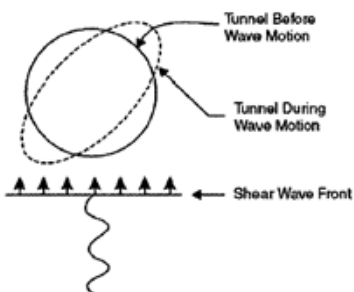


지반정수 평가 매뉴얼

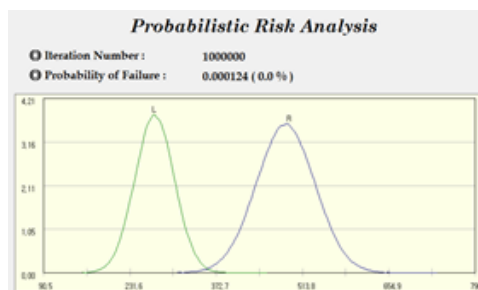
글로벌 표준화 설계법 적용을 위한 내진해석 및 내진설계 기술

(주)우성디앤씨

- 지진 시 지중구조물의 신뢰성 해석 및 목표 신뢰도지수 검증 ($\beta=2.0-3.0$ 구간상의 최적목표치)
- 구조안전성 및 경제성을 고려한 내진설계법과 설계기준(안)



MCS기법에 의한 파괴확률 및 신뢰도지수 산정



한계상태설계법 공동구 설계기준
(내진설계편)

◆ 수요처

수요처



수요처	적용처
기술이전 : (주)희송지오텍 → (주)씨임코리아	- 공동구 및 교통터널 계획 및 건설에 관련된 지자체/공공기관 - 도심지 공동구 사업의 터널 구조물설계 및 시공 분야에 참여하는 토목설계업체 - 지반조사 수행 동종 업계

권리현황

</

◆ 추가기술정보

기술수준	시장전망
☐ 기술개념확립 ☐ 연구실환경검증 ☒ 시제품 제작 ☐ 실제환경검증 ☐ 신뢰성평가 ☐ 상용품 제작	- 도심지 성장과 공동구에 대한 요구가 점차 증대되고 있는 상황이며, 교통혼잡과 민원문제를 발생시키는 개착식 공동구 보다는 터널식 공동구에 대한 수요가 증가하고 있으므로 장래 성장성이 충분함 - 소단면 터널식 공동구에 국한하였으나, 중단면 및 대단면 터널 구조물 설계에 연구결과를 확대 적용할 수 있어 수요가 클 것으로 전망 - 지반 강도특성은 대부분의 토목 구조물 설계에 필요한 조사 항목이므로 개발된 측정장치의 우수성이 알려짐에 따른 수요 증가 기대

◆ 기술 문의

 담당자	한국건설기술연구원	이성원 선임연구위원	T. 031-910-0226	E. swlee@kict.re.kr
	(주)평화엔지니어링	김홍문 전무	T. 031-420-7280	E. iguakim@naver.com
	(주)희송지오텍	김기석 대표이사	T. 02-576-3801	E. kskim@hsgeo.co.kr
	(주)우성디앤씨	박영빈 부사장	T. 070-8656-9097	E. civilkkaby@nate.com

[1세부] 도심지 터널식 공동구 최적 설계용량산정 및 글로벌 표준화 설계기술 개발

◆ 1-3 요소기술

“도심지 소단면 터널식 공동구 건설단계 (계획, 설계, 시공)별
안전위험요인을 고려한 안전관리기술

기술개발 기관

한국시설안전공단 (책임자: 성주현 부장)

인천대학교 산학협력단 (책임자: 송창근 부교수)

기술개요

도심지 소단면 터널식 공동구의 건설단계(계획, 설계, 시공)별 및 시공 특성을 고려한 안전관리
업무 매뉴얼

도심지 소단면 터널식 공동구 시공 중 발생 가능한 대형건설재해(화재, 침수, 지진) 대응에
활용 가능한 안전 대응 매뉴얼

기존 기술의 문제점과 한계

공동구의 고난도 공사에 기인한 기존과 판이하고 다양한 위험요소

기존 재난 대응 매뉴얼의 방대한 분량, 산만한 구성 문제

국내 공동구 시공 중 발생 가능한 대형건설재해에 대한 안전 확보 기준 전무

건설기술진흥법의 설계안전성검토 도입 초기에 따른 설계실무자 보고서 작성 가이드 전무

◆ 개발기술의 차별성 및 효과

차별성

공동구 시공 특성을 반영한 안전관리 및 대응기술 확보, 체계적이고 효율적인
안전관리 업무 및 대처과정 제시

기술경쟁력

- 공동구 건설공사 안전관리 업무 매뉴얼을 통한 터널식 공동구 건설단계별 안전관리 업무 수행
- 공동구 시공 중 대형건설재해 대응 매뉴얼을 통한 재해 대응 업무가능
- 도심지 소단면 터널식 공동구의 설계안전성검토에 대해 설계자의 원활한 작성과 손쉬운 검토 기여
- 기존 안전대응 매뉴얼과는 다른 Activity Diagram 개발을 통해 현장 특성에 맞는 효율적인 대응 가능 기대
- 공동구 건설공사 안전관리 업무 및 대형재해 대응 업무를 공동구 건설기준 개정(안)에 반영

경제적 효과

- 공동구 건설공사 중 안전사고 및 대형재해로 인한 인적·물적 피해 및 공기 지연 저감
- 재해 저감 및 대응력 10% 향상 가능
- 일반 개착식 BOX 공동구를 포함하여 공동구 활성화에 기여

기술활용 실적 및 기술내용

활용 실적

- 국토교통부 ‘공동구 활성화 종합연구’ 용역 수행 (2019.10~2019.12)
- 공동구 건설공사 안전관리 업무 및 대형재해 대응 업무를 ‘공동구 건설기준 개정(안)’에 반영 (2020.05)

기술 내용

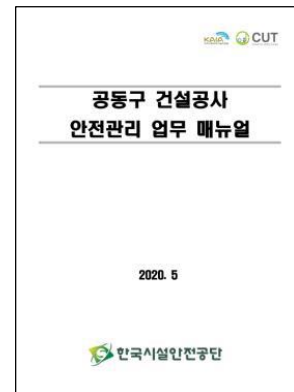
건설단계(계획·설계·시공)별 안전위험요인을 고려한 안전관리기술

한국시설안전공단

- 공동구 안전 추가 위험요소 도출 및 위험요소의 저감기법 리스트 개발
- 건설단계별 안전관리 기준 및 설계 안전성 검토 작성을 위한 매뉴얼(안)

[illegible]

공동구 건설공사 위험요소 및 건설단계별 저감대책 리스트



공동구 건설공사 안전관리 업무 매뉴얼

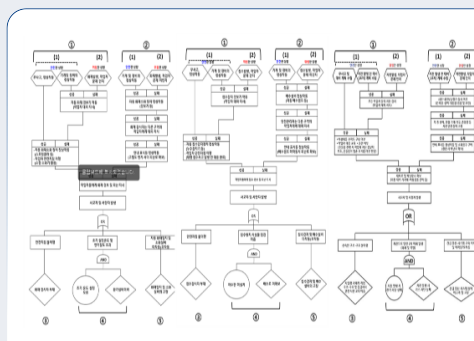
시공 중 대형건설재해(화재, 침수, 지진) 대응 기술

인천대학교

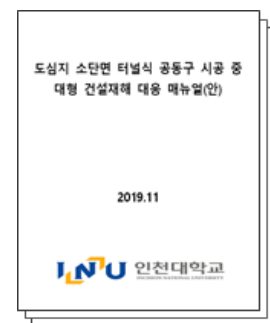
- 재해 유형별 위기경보 수준 단계 설정, 재해 유형별 시나리오 도출
- 공동구 시공 중 대형재해 위험요인을 기반으로 건설재해 대응 매뉴얼(안)

학업지원정책		청소년 위기지원정책	
구분	주요내용	구분	주요내용
학업지원	초·중·고등학교에 입학한 청소년에게 학업지원금 지급(연간 100만원) 고등학교 3학년 재학생에게 학업지원금 지급(연간 100만원) 고등학교 3학년 재학생에게 학업지원금 지급(연간 100만원) 고등학교 3학년 재학생에게 학업지원금 지급(연간 100만원)	초·중·고등학교에 입학한 청소년에게 학업지원금 지급(연간 100만원) 고등학교 3학년 재학생에게 학업지원금 지급(연간 100만원) 고등학교 3학년 재학생에게 학업지원금 지급(연간 100만원) 고등학교 3학년 재학생에게 학업지원금 지급(연간 100만원)	초·중·고등학교에 입학한 청소년에게 학업지원금 지급(연간 100만원) 고등학교 3학년 재학생에게 학업지원금 지급(연간 100만원) 고등학교 3학년 재학생에게 학업지원금 지급(연간 100만원) 고등학교 3학년 재학생에게 학업지원금 지급(연간 100만원)
취업지원	취업준비교육 프로그램 제공 취업준비교육 프로그램 제공 취업준비교육 프로그램 제공 취업준비교육 프로그램 제공	취업준비교육 프로그램 제공 취업준비교육 프로그램 제공 취업준비교육 프로그램 제공 취업준비교육 프로그램 제공	취업준비교육 프로그램 제공 취업준비교육 프로그램 제공 취업준비교육 프로그램 제공 취업준비교육 프로그램 제공
복지지원	복지지원금 지급 복지지원금 지급 복지지원금 지급 복지지원금 지급	복지지원금 지급 복지지원금 지급 복지지원금 지급 복지지원금 지급	복지지원금 지급 복지지원금 지급 복지지원금 지급 복지지원금 지급

위기경보 단계



재해 발생 시나리오



시공 중 대형건설재해 대응 매뉴얼

[1세부] 도심지 터널식 공동구 최적 설계용량산정 및
글로벌 표준화 설계기술 개발

◆ 수요처

수요처



적용처

- 공동구 건설공사 프로젝트의 설계 안전성 검토 등 안전관리 업무
- 공동구 건설공사 발주자, 설계자 및 시공자

◆ 추가기술정보

기술수준

- ☐ 기술개념확립
- ☐ 연구실환경검증
- ☐ 시제품 제작
- ☐ 실제환경검증
- ☐ 신뢰성평가
- ☒ 상용품 제작

시장전망

- 공동구의 장기적인 높은 경쟁력과 노후 단독구의 복합재난 발생 우려에 따른 공동구 필요성 증대
- 공동구 관련 법·제도 개정 추진에 따른 공동구 활성화 및 공동구 건설공사 수요 증대 예상
- 건설기술진흥법 개정 현황과 사회적 요구에 따른 건설안전의 중요성 증대에 따른 안전 시공 요구 증대

◆ 기술 문의



담당자

한국시설안전공단

성주현 수석연구원

T. 055-771-1650

E. bluehill@kistec.or.kr

인천대학교 산학협력단

송창근 부교수

T. 032-835-8291

E. baybreeze91@inu.ac.kr



Part

III

[2세부]

도심지 소단면 터널식
공동구 굴진율 예측기법과
급곡구간/특수지반 급속
시공기술 개발

[2세부] 도심지 소단면 터널식 공동구 굴진율 예측기법과 급곡구간/특수지반 급속 시공기술 개발

연구개발 비전

터널식 공동구 시공에 필요한 굴진율 예측기법, 급곡구간/ 특수지반 시공 기술 개발 및 실대형 성능검증 시설 구축으로 도심지 소단면 터널식 공동구 시공기술 및 기술검증 방안 확보

과제개요

협동연구기관 ▶ 한국전력공사 전력연구원

협동연구책임자 ▶ 김경열 책임연구원

연구기관(공동/위탁) ▶ 인하대학교, 이엠코리아(주), 호서대학교, (주)콘텍이엔지, 건국대학교, 부산대학교, 서울대학교, (주)수성엔지니어링, (주)동아지질, (주)진성티이씨, 한국과학기술원

총 연구기간 ▶ 2015.11.30 ~ 2020.05.29 (4년 6개월)

총 연구비 ▶ 15,549백만원 (정부: 10,717백만원, 민간: 4,832백만원)

연구 목표

셸드TBM
현장굴진자료
DATA분석을 통한
굴진성능 예측 및
산정기법



소단면 터널식
공동구 급곡구간
(R30m 급)
셸드TBM 추진기술
및 중절장치



소단면 터널식
공동구 특수지반/
특수조건 셸드TBM
급속(downtime
40% 이하) 시공기술



소단면 터널식
공동구 실대형
성능검증시설 및
운영기술

기대 효과

01

기술적 효과

- 국내 최초 지반조건과 셸드TBM 장비 운전조건을 고려한 소단면 순굴진율 산정기법 개발 및 예측 정확도 80%까지 향상
- 셸드TBM 최적운전 기법 개발 및 시추공 간 암반상태 탐사 기법 보유
- 셸드TBM 급곡구간 중절장치(R30) 국산화
- 특수지반 조우 시 즉각적으로 대처 가능한 시공매뉴얼 및 설계 지침으로 시공 기술 향상
- 셸드TBM 성능검증 시설 구축을 통해 국내 최초 TBM 실증실험 가능

02

경제적 효과

- 셸드TBM 장비 최적 운전을 통한 장비능력 및 시공효율 향상으로 안전사고 예방(약 24억/년)
- 급곡구간 장비(R30) 국산화로 공동구 소단면 셸드장비 해외 수입 의존도 50% 절감 효과
- 특수지반에 대응 가능한 기술의 개발로 다운타임 저감 및 공사기간 축소에 따른 공사비 절감
- 셸드TBM 성능검증을 통해 지금보다 더욱 현장에 적합한 조건의 TBM을 배치함으로써, 예상치 못한 문제로 인한 공사기일연장을 줄일 수 있어 보다 경제적인 터널시공 가능

03

학술적 효과

- 암반 및 장비 운전조건에 따른 셸드TBM 굴진율 예측 기술 및 최적운전 기법 확보
- 3.5m급 셸드TBM 굴진 DB를 활용한 데이터기반 의사결정 가능 및 기술자립
- 시공단계에 적용 가능한 머신러닝 기반 굴진율 예측 프로그램 개발
- 셸드TBM 장비 기계화 접목을 통한 융복합적 기술 향상

04

공공적 효과

- 실시간 굴진 성능평가로 공기지연, 민원 및 안전 사고비용 예방
- 지하시설물 및 지장물 회피를 위한 급곡 시공 및 장치를 적용하여 도심지 소음, 환경, 교통 체증, 공사비용을 절감하여 경제적 편익 및 기술적 진보 향상
- 특수지반 내 발생하는 트러블에 효과적으로 대응 가능한 기술의 개발로 사회적 민원 및 교통, 환경적 피해 저감에 기여
- 셸드TBM 성능검증 시설 구축을 통한 교육훈련 및 기술검증으로 TBM 기술발전 기여

연구수행 체계도



[2세부] 도심지 소단면 터널식 공동구 굴진율 예측기법과
급곡구간/특수지반 급속 시공기술 개발

2-1 요소기술

“ 쉐드TBM 현장굴진자료 DATA분석을 통한 굴진성능 예측 및 산정기법 ”

기술개발
기관

한국전력연구원 전력연구원 (책임자: 김경열 책임연구원)

인하대학교 산학협력단 (책임자: 송기일 부교수)

기술개요

쉐드TBM 현장 굴진자료 DATA분석을 통한 굴진성능 예측 및 산정기법

소단면 쉐드TBM 복합지반(암반/토사) 실굴진율 예측 모델 및 프로그램

기존 기술의
문제점과
한계

국내 3.5m급 소단면 쉐드TBM 순굴진율(Penetration Rate) 산정기법 부재

굴진율 예측 오차로 인한 적기 준공 지연 발생

국내 지반조건 및 장비의 기계적 특성을 반영한 소단면 굴진율 모델 개발 필요

소단면 터널의 굴진DB 데이터베이스 구축 및 최적 장비운전 방안 도출 필요

국내외 암반용 TBM 굴진율 모델은 암석특성을 이용한 면판 설계용으로 현장 평균굴진율 산정 불가

해외에 암반특성을 고려한 모델은 국내지반조건과 맞지 않음

개발기술의 차별성 및 효과

차별성

국내 최초 3.5m급 소단면 쉐드TBM의 현장 굴진데이터 DB 구축 및 데이터기반
머신러닝/통계분석을 통한 굴진율 예측방법 도출

기술경쟁력

- 암반 및 장비 운전조건에 따른 쉐드TBM 굴진율 및 공사기간 최적 예측
- 현장 및 장비특성에 따른 최적운전 제시
- 굴진 DB를 활용한 데이터기반 의사결정
- 3.5m급 소단면 쉐드TBM 실규모 실증을 통한 장비 기본 설계
- 예측 정확도 향상(오차율 40% → 20%이내)으로 인한 합리적이고 신뢰성 있는 의사결정 가능
- 몇 가지 지반 및 기계인자 입력으로 손쉽게 굴진율 예측 가능

경제적 효과

- 쉐드TBM 순굴진율의 예측정확도 향상으로 인한 공기지연 감소 및 초과비용 저감
- 기존 공기증가로 약 24억원/년 손실
- 공동구 적기사용에 따른 국민편익 증가
- 안전사고 예방 약 16억원/년
- 국내 현장조건에 적합한 쉐드TBM 적용/운영 및 순굴진율 예측으로 인한 시공관리 용이, 시공 Trouble 최소화
- 공기지연 예방에 따른 도로 점용기간 감소 및 민원저감

기술활용 실적 및 기술내용

활용 실적

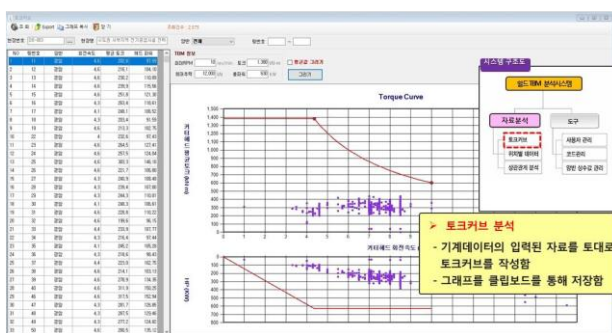
- 굴진율 예측기법 ○○-○○지역 전기공급시설 전력구 공사 현장 적용 (2019.03)
- 한국전력공사 표준시방서 70500 Shield 터널공 / 실무지침서 내 굴진율 산정기법 수록 (2020.05)
- 총 6회의 실대형 굴진실험 운영 (180시간 운영/년 및 노하우 축적)

기술 내용

쉴드TBM 현장굴진자료 DATA분석을 통한 굴진성능 예측 및 산정기법

한국전력공사
전력연구원

- 약 30km의 소단면 터널 현장의 굴진 Big data(지반과 기계) DB 구축
- 암반강도(UCS, RMR 등) 및 장비 운전조건을 고려한 3.5m급 쉴드 TBM 굴진율 예측 및 산정 기술
- 국내최초 실대형 규모의 굴진실험을 바탕으로 소단면 쉴드TBM 굴진율 모델 도출
 - 순굴진율 예측 모델 적용 시 최소 3.7%의 예측 오차율 달성(평균 20±10% 달성)
- 굴진DB 관리시스템을 통한 효율적인 굴진데이터 관리 및 지반과 기계데이터간 상관관계 자동화 분석



굴진DB 관리시스템

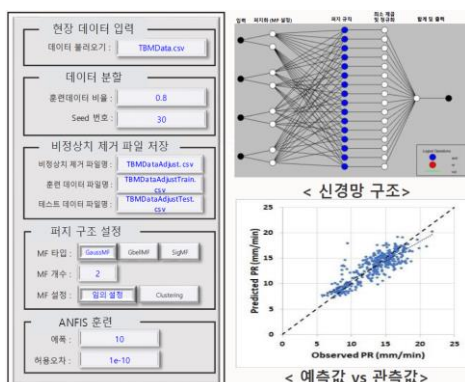


실대형 굴진 실험

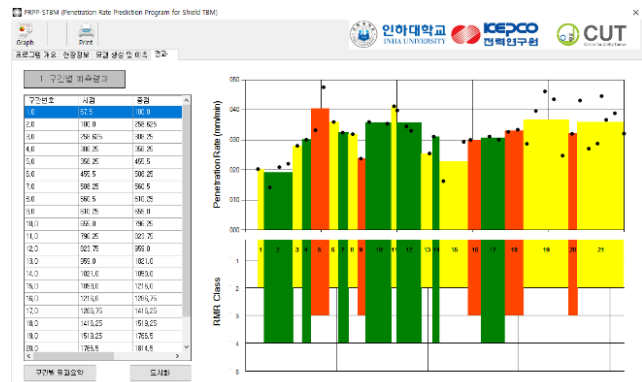
소단면 쉴드TBM 복합지반(암반/토사) 실굴진율 예측 모델 및 프로그램

인하대학교

- 현장 데이터베이스를 활용한 머신러닝 기반 예측 프로그램 개발
- 순굴진율 예측 알고리즘 국내 최초 개발 → 오차율 11.5% 달성



ANFIS 최적화 기법을 이용한 순굴진율 예측 알고리즘



소단면 쉴드 TBM 굴진율 예측 프로그램

[2세부] 도심지 소단면 터널식 공동구 굴진율 예측기법과
급곡구간/특수지반 급속 시공기술 개발

◆ 수요처

수요처



수요처	적용처
기술이전 : 한국전력공사 전력연구원 → (주)에이치비씨 (2017.07) 기술이전 : 한국전력공사 전력연구원 → 엠포러스 (2018.12)	- 공동구 및 교통터널 계획 및 건설에 관련된 지자체/공공기관 - 한국전력공사 내 터널식 전력구 현장 - 셸드TBM 면판 및 구동부 설계를 위한 설계사 및 장비 제작사 - 셸드TBM Operator 교육훈련

권리현황



발명의 명칭	등록번호	비고
셸드 TBM의 순굴진속도 예측 장치 및 그 방법	10-1967978	특허등록
셸드 TBM의 실굴진속도 예측 장치 및 그 방법	10-2003612	특허등록
임반상태평가를 위한장치및방법, 컴퓨터 프로그램	10-2003612	특허출원
셸드 기계식굴착기기 순굴진율 예측 프로그램 ver.1	C-2018-019978	소프트웨어 등록
셸드 터널굴착기기 순굴진율 예측 프로그램	C-2019-040731	소프트웨어 등록

◆ 추가기술정보

기술수준

- ☐ 기술개념확립
- ☐ 연구실환경검증
- ☐ 시제품 제작
- ☒ 실제환경검증
- ☐ 신뢰성평가
- ☐ 상용품 제작

시장전망

- 도심지(대심도) 및 해저구간 등 어려운 건설환경 증가에 따른 터널식 공동구 수요 증가 예상 (향후 10년간 6조원 예상)
- 3.5m급 소단면 터널의 연장은 2,000년 이후 약 10km씩 증가 추세
- GTX 사업 등 도심지 내 기계화 시공 증가 추세
- 세계 셸드TBM 시장규모 500억 달러 고성장

◆ 기술 문의



담당자

한국전력공사 전력연구원

김경열 책임연구원

T. 042-865-5893

E. solasido@kepco.co.kr

인하대학교 산학협력단

송기일 부교수

T. 032-860-7577

E. ksong@inha.ac.kr

2-2 요소기술

“소단면 터널식 공동구 급곡구간(R30m 급) 쉴드TBM 추진기술 및 중절장치”

기술개발 기관	이엠코리아(주) (책임자: 강신현 전무)
	호서대학교 산학협력단 (책임자: 김상환 교수)
	(주)콘텍이엔지 (책임자: 김항희 연구소장)
	건국대학교 산학협력단 (책임자: 이석원 교수)
	부산대학교 산학협력단 (책임자: 오태민 조교수)
기술개요	급곡구간(R30m급) 쉴드TBM 추진기술 및 중절장치
	급곡구간 굴착 모사 및 급곡 시공 운전 가이드라인
	급곡구간 세그먼트 라이닝 보강상세 및 최적형상
	지수재 최적화를 통한 급곡구간 이음부 방수시스템 및 시공기술
	워터젯을 이용한 급곡구간 여굴생성기술
기존 기술의 문제점과 한계	도심지 사유지 침범 최소화 및 지장물 통과를 위한 급곡구간 시공 필요
	국내 곡률반경 최소화 기술 수준이 해외에 비해 매우 낮음 (일본: R15m시공)
	국내 급곡구간 쉴드TBM 자체 설계/제작 기술 전무
	급곡구간용 세그먼트, 지수재 및 여굴생성 기술 필요

개발기술의 차별성 및 효과

차별성	국내 최초 급곡구간(R30m 급) 쉴드TBM 관련 기술 개발을 통한 기술 자립화 달성
기술경쟁력 - 터널 시공에 적용 가능한 국내 최초 급곡 장치 설계 및 제작 기술 자립화 - 국내 최초 급곡구간 (R30 급) 설계, 시공, 장비 운영매뉴얼 등 개발 - 기존 급곡 건설 방법 : R90~150, 최소R60 - 고강도 고인성 세그먼트를 사용하여 급곡구간 추진 시 세그먼트 파손방지 및 내구 수명 향상 - FRP Plate 적용으로 섬유보강 세그먼트의 휨하중 향상 및 적용범위 확대 - 새로운 일면 방수시스템을 통한 급곡구간 세그먼트 방수성능 확보 - 예상치 못한 급곡 암반구간에서의 효율적인 여굴 생성 및 굴착 가능	경제적 효과 - 소단면(φ3.5m) 급곡 구간(R30m이하)장비 개발을 통하여 대단면(φ6m~8m급) 급곡구간 (R30m 이하) 장비 개발에 활용 - 중절(급곡)장치(R30m)기술의 국산화를 통한 기술료 및 해외 도입비 절감 - 중절장치비의 약 5~10% - 급곡구간 시공이 가능함으로써 연장감소로 인한 공사비용 절감 및 지장물 우회로 발생하는 추가 공사비용 절감 - 고강도 고인성 세그먼트 개발로 내구수명 증가에 따른 유지관리 비용 절감 - 신기술 적용으로 급곡구간 누수 유지보수 비용 절감

[2세부] 도심지 소단면 터널식 공동구 굴진율 예측기법과 급곡구간/특수지반 급속 시공기술 개발

기술활용 실적 및 기술내용

활용 실적

- 중절장치 ○○-○○지역 전기공급시설 전력구 공사 현장 적용 (2019.03)
- 공동구 실험형 성능검증센터 내 $\phi 3.5\text{m}$ 급 EPB 쉴드 TBM 장비 설치 (카이스트 문지캠퍼스)

기술 내용

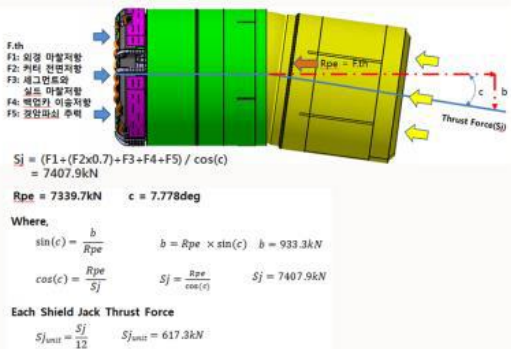
급곡구간(R30m급) 쉴드TBM 추진기술 및 중절장치

이엠코리아(주)

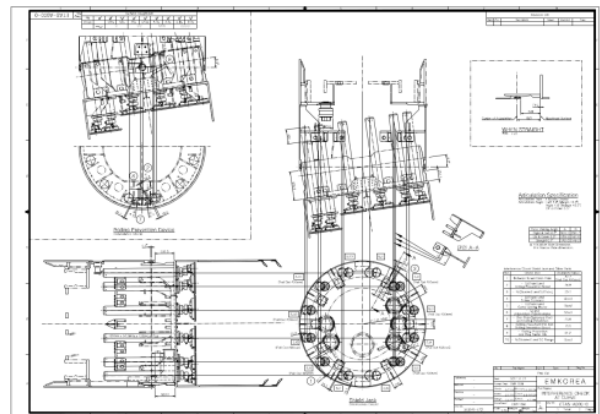
- R30m 시공을 위한 주요 설계 인자 및 쉴드 급곡 장치 설계 기술 확보
 - X 타입 중절방식 개발을 통한 중절각도 7.7 확보
- 급곡 장치 핵심 부품(구동부, 스킨 플레이트, 중절잭, 쉴드잭 등) 제작 및 시제품 설치
 - 주요 성능: 굴착 여굴경 $D=3,622\text{mm}$, 추력 $12,000\text{kN}$, 회전수 10RPM , 회전 토크 $1,380\text{kN}\cdot\text{m}$
- EPB Shield TBM 3540_R30m (NTIS등록번호 NFEC-2018-07-244876) 장비 제작 및 등록
- 실험형 성능검증 실험을 통한 시제품 테스트 및 R30m 육안 검증

쉴드 장비에 대한 주요 하중에 따른 구조 검토

- Load Case3 : (Upper Part load + Top Horizontal Load) x 70% + Shredding Force + 7.778deg



쉴드TBM 구조검토 및 급곡장치 설계



급곡장치 상세도면



급곡(R30m) 장치 시제품

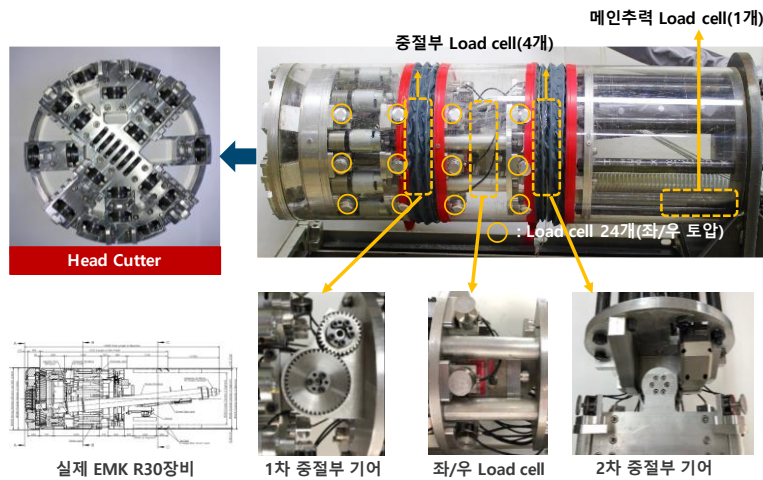


실험형 성능검증 - 급곡 R30m 치수 검사

급곡구간 굴착 모사 및 급곡 시공 운전 가이드라인

호서대학교

- 국내지반 특성에 맞는 급곡구간 쉴드TBM 추진시스템 개발
- 쉴드 TBM 모형시뮬레이션 장비 및 자동화 굴착을 위한 제어시스템 개발
- 쉴드 TBM 급곡구간 시공가이드라인 제시 및 가이드라인 현장적용 검증



축소모형 TBM 실모형시뮬레이션 장비

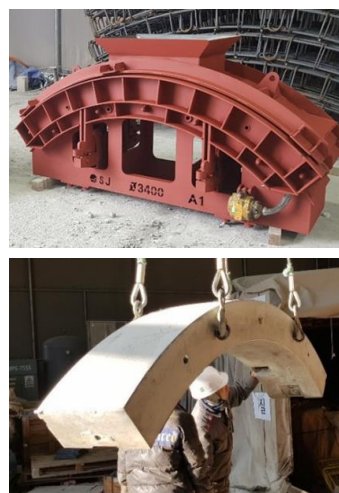
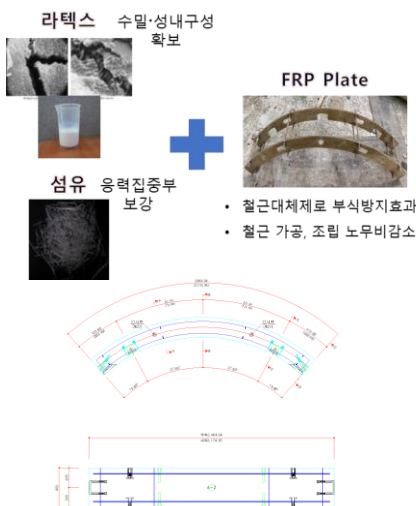


급곡구간 시공 가이드라인

급곡구간 세그먼트 라이닝 보강상세 및 최적형상

(주)콘텍이엔지

- 구조용 합성섬유 및 라텍스를 사용한 고강도 고인성 세그먼트 재료 개발
- Plate형의 유리섬유강화 플라스틱을 보강재로 적용한 FRP Plate 세그먼트 개발
- 급곡구간용 세그먼트의 실험형 성능평가, FRP Plate 세그먼트 조립 및 시공성 검토
- 급곡구간 세그먼트 라이닝 조립·시공 매뉴얼

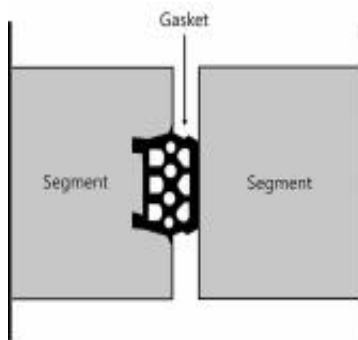


[2세부] 도심지 소단면 터널식 공동구 굴진을 예측기법과 급곡구간/특수지반 급속 시공기술 개발

지수재 최적화를 통한 급곡구간 이음부 방수시스템 및 시공기술

건국대학교

- 급곡구간 일면 지수재 설치방안
 - 기존의 양면 지수재 설치의 성능 유지 및 시공오차로 인한 방수성능 저하 요인 제거 가능
- 수평창 지수재 및 가스켓 (1열 배열/2열 배열) 내수압 실험을 통한 적용성 평가
- 일면 지수재 설치 및 재질 선정에 대한 가이드라인



일면 가스켓 설치 방안

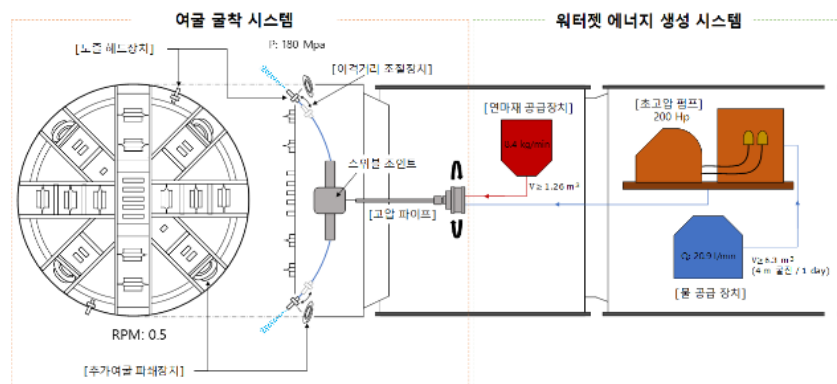
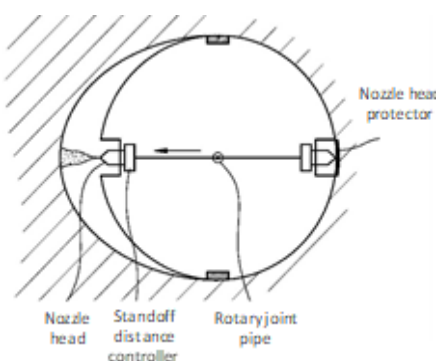


새롭게 제안한 지수재 내수압 시험기

워터젯을 이용한 급곡구간 여굴생성기술

부산대학교

- 암반 여굴생성 설계값 제시를 위해 워터젯 에너지 양 분석
- 효율적인 암반 여굴생성을 위한 워터젯 시스템 설계안
 - 화강암 일축압축기준 300 MPa까지 여굴생성 가능한 시스템 설계값 제시
 - 효율적인 워터젯 여굴생성을 위해 펌프 스펙 100 Hp 및 200 Hp으로 나누어 최적 설계값 제시



워터젯 암반여굴 생성 기술 설계안 및 순서도

◆ 수요처

수요처	수요처	적용처
	기술이전 : 건국대학교 → 더드림이앤씨 (2019.11)	• 국내 소단면 TBM 급곡장치 실용화
	기술이전 : (주)콘텍이엔지 → (주)KC산업 (2020.03)	• 중고 및 수입된 TBM 급곡장치 검증 기준 활용 및 장치 개조
	기술이전 : (주)콘텍이엔지 → (주)KC산업 (2020.03)	• 대단면 TBM 급곡장치 개발 활용
		• TBM 시공사 및 제작사 기술 적용
		• 공동구 및 교통터널 계획 및 건설에 관련된 지자체 /공공기관
		• 한국전력공사 내 터널식 전력구 현장

권리현황	발명의 명칭	등록번호	비고
	EPB 쉴드 TBM φ3,540mm	NFEC-2018-07-244876	NTIS등록 장비
	경암용 커터헤드	30-0935782	디자인 등록
	쉴드 TBM 터널용 매크로 합성섬유 보강 콘크리트 조성물 및 이에 의하여 제조된 쉴드 TBM 터널용 콘크리트 세그먼트	10-1794960	특허등록
	쉴드 TBM 터널용 하이브리드 세그먼트	10-2081959	특허등록
	급곡구간 터널 굴착 장치	10-2018-0125946	특허출원
	워터젯을 이용한 여굴 굴착 장치 및 방법	10-2018-0001621	특허출원
	축소모형 TBM 장비 제어 프로그램	C-2020-000000	소프트웨어 등록

◆ 추가기술정보

기술수준	시장전망
☐ 기술개념확립 ☐ 연구실환경검증 ☒ 시제품 제작 ☐ 실제환경검증 ☐ 신뢰성평가 ☐ 상용품 제작	• 급곡구간 중절장치 및 추진시스템 개발을 통해 해외 수입에 벗어나 국내 장비를 대체 가능 • 쉴드 소단면(φ3.5m) 뿐 아니라 추후 대단면 공동구(φ6m~8m급)에도 적용 가능 • 세그먼트는 터널 공사비의 차지하는 비율이 25~40%로 가장 높고, 시공연장이 길어질수록 세그먼트의 공사비는 선형적으로 증가하기 때문에 세그먼트 비용절감을 위한 세그먼트의 연구와 시장은 더욱 커질 것으로 예상 • 암반 여굴생성으로 급곡구간 TBM 시장이 더욱 성장할 것으로 기대

◆ 기술 문의

 담당자	이엠코리아(주)	강신현 상무	T. 055-211-9851	E. ksh1265@yesemk.com
	호서대학교 산학협력단	김상환 교수	T. 041-540-5793	E. kimsh@hoseo.edu
	(주)콘텍이엔지	김황희 연구소장	T. 070-4285-6053	E. hwang1032@contecheng.co.kr
	건국대학교 산학협력단	이석원 교수	T. 02-452-1567	E. swlee@konkuk.ac.kr
	부산대학교 산학협력단	오택민 조교수	T. 051-510-7644	E. geotaemin@pusan.ac.kr

[2세부] 도심지 소단면 터널식 공동구 굴진율 예측기법과
급곡구간/특수지반 급속 시공기술 개발

◆ 2-3 요소기술

“ 소단면 터널식 공동구 특수지반/특수조건 쉴드TBM 급속 ”
(downtime 40% 이하) 시공기술기술개발
기관

서울대학교 산학협력단 (책임자: 전석원 교수)

(주)수성엔지니어링 (책임자: 강병윤 대표이사)

(주)동아지질 (책임자: 권준용 이사)

(주)진성티이씨 (책임자: 김갑부 부사장)

기술개요

특수지반 분류 및 쉴드TBM 효율적 통과기법

특수지반 최적보강 설계기준 및 시방서

특수지반 쉴드TBM 최적운용조건 및 장비선정 기법

특수지반 대응형 고성능 디스크커터

기존 기술의
문제점과
한계

천층 굴착으로 특수지반(호박돌층, 복합이지층) 조우 가능성 높음

특수지반 굴착 시 높은 가동휴지시간 발생률 (약 86%) 및 시공효율성 급감

특수지반 최적 장비 운용조건 가이드라인 부재

소단면 쉴드TBM내 사용 가능한 프로브 드릴의 저사양으로 인한 특수지반의 천공 및 보링 작업 효율 저하

디스크커터 내마모성/내충격성 부족으로 커터 교환에 따른 공기 및 공사비용 과다 소요

◆ 개발기술의 차별성 및 효과

차별성

특수지반 효율적 통과를 위한 가이드라인 및 장비 개발로 Downtime최소화, 급속 시공 달성

기술경쟁력

- 특수지반의 효율적 사전보강 및 대응력 제고로 다운타임 저감 기대
- 특수지반 통과대책 수립 시 기존대비 가동휴지시간(downtime)을 40% 이하로 유지
- 장비의 특성 및 지층별 용도에 맞게 선택적으로 설치·운영 가능한 Probe drill로 적절한 천공작업 수행 가능
- 특수지반 대응형 내마모성/내충격성이 우수한 신소재 커터링 및 최적 플로팅씰 사용으로 커터 교체주기 증가
- 현장 커터 대비 약 20% 이상의 내마모 성능 향상

경제적 효과

- 특수지반으로 인한 굴진속도 저하, 동공발생, 지반침하 등을 방지하여 공사기간 단축, 공사비 절감
- 시공시 downtime 40% 이하로 유지해 굴진속도 저하 등의 트러블로 인해 발생하는 경제적 손실 최소화
- Probe drill을 사용한 적절한 그라우팅 공법으로 시공효율 향상
- H사 프로브 드릴 신규구매가 대비 37% 원가 절감
- 국외 디스크커터 대체로 외화 유출 절감

기술활용 실적 및 기술내용

활용 실적

- 디스크커터 ○○-○○지역 전기공급시설 전력구 공사 현장 적용 (2019.03)
- 쉴드TBM용 Probe drill 성능시험 (㈜동아지질 이천공장) (2020.04)
- 쉴드 TBM 급곡구간 시공 가이드라인 지침 반영 (180시간 운영/년 및 노하우 축적)

기술 내용

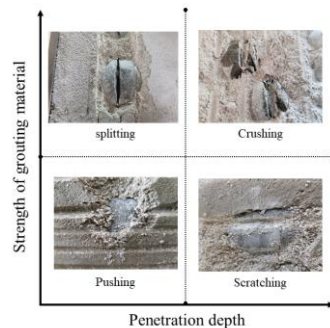
특수지반 분류 및 쉴드TBM 효율적 통과기법

서울대학교

- 특수지반 분류체계 및 분류에 따른 시공트러블, 대책 제시
- 특수지반 시험체와 선형절삭시험을 통한 특수지반의 절삭메커니즘 분석 및 효율적 굴착을 위한 최소 그라우팅 보강강도 규명 (호박돌 강도 대비 190:1)
- 특수지반의 분류체계, 보강방법, 커터선정 등을 포함하는 특수지반 쉴드TBM 급속시공매뉴얼

TBM 특수지반	공동구 TBM 특수지반
- Fault/shear zones - Blocky/fractured/jointed	Fault/shear zones
Mixed/changing Clay soil	Mixed ground
Boulder-cobble	Cobble-Boulder ground
High water pressure	Highwater pressure/inflow
- Swelling/slacking - Convergent/squeezing - Karstic cavities - High in-situ stress - Gassy grounds	Not for utility tunnel

특수지반 분류체계



특수지반 절삭메커니즘 및 보강강도 규명

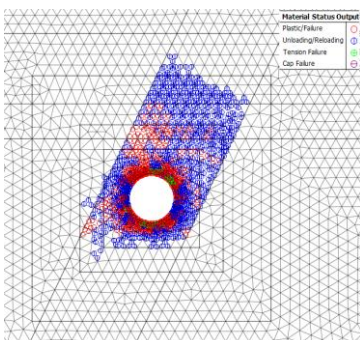


특수지반 급속시공 매뉴얼

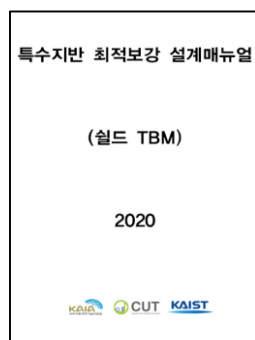
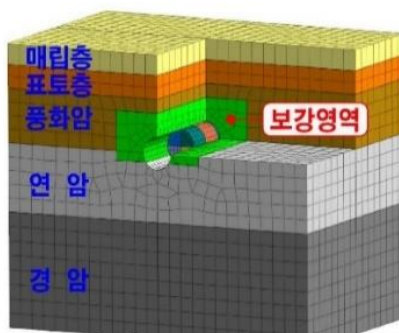
특수지반 최적보강 설계기준 및 시방서

(주)수성엔지니어링

- 특수지반 1700개 케이스를 고려한 안정성 검토 및 최적보강영역 선정
 - 토피고, 지하수위, 축압계수, 특수지반조건 등의 매개변수 적용
 - 주변 지반 조건에 따른 최적 보강영역 제시
- 특수지반 최적보강 설계매뉴얼 제안



수치해석을 통한 특수지반 최적보강영역 제시



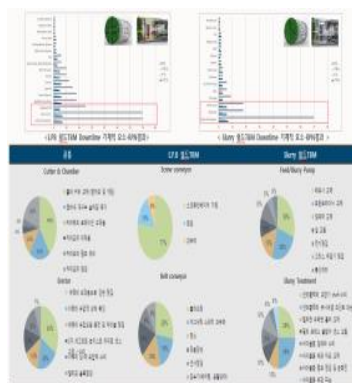
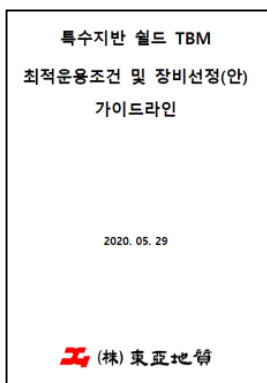
특수지반 최적보강 설계매뉴얼

[2세부] 도심지 소단면 터널식 공동구 굴진율 예측기법과 급곡구간/특수지반 급속 시공기술 개발

특수지반 쉘드TBM 최적운용조건 및 장비선정 기법

(주)동아지질

- 특수지반 쉘드TBM 운용조건 및 장비사양 검토
 - 국내외 TBM현장 굴진데이터, 쉘드TBM장비사양 및 특수지반 운용조건 분석
 - FMEA기법을 활용한 Downtime 발생시키는 기계적 요소 분석
- 쉘드TBM 프로브 드릴 시제품 제작 및 성능검증
 - 고속 고 토크 회전성능 향상으로 천공 및 보링 복합기능 (경암 90MPa 성능검증)
 - 제한된 공간 활용을 위한 Clamping bar의 Extension 기능 및 세부 각도 조절 기능 추가 (Up 80°, Down 16°)
 - 센서를 통한 Data Log장치 및 자동제어 기능 추가



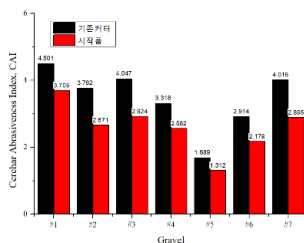
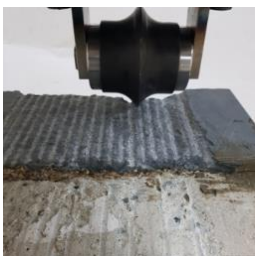
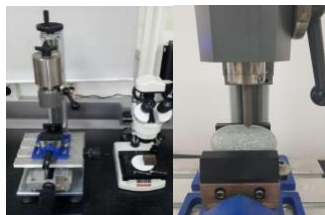
특수지반 쉘드TBM 최적운용조건 및 장비선정 가이드라인

쉘드TBM 프로브 드릴 시제품 제작 및
성능검증시험

특수지반 대응형 고성능 디스크커터

(주)진성티이씨

- 특수지반에 적합한 고인성, 고내마모성의 신소재 커터링 제작 및 이에 적합한 열처리 개발
- 내마모성 + 내충격성을 겸비한 신소재 커터링 및 최적설계를 반영한 디스크커터 제작
 - 시험용 디스크커터 내구성 검증 결과 동등 이상 수준 확보 (경암 200MPa)
 - 세르샤 마모시험을 통한 마모성능 30% 향상 효과 검증
- 현장적용을 통한 디스크커터 시제품 내마모성 20% 향상 확인



디스크커터 선형 절삭 시험 및 신소재 세르샤 마모 시험



디스크커터 시제품 현장적용 검증

◆ 수요처

수요처	적용처
	- 공동구의 활용·관리하는 공공사업기관 또는 지자체 - 공동구의 시공 주체인 토목건설회사 및 설계회사 - TBM 시공회사(동아지질, 아주지오텍, 강릉건설, 특수 건설 등) - TBM 토목/건설회사(현대건설, SK건설, 대우 건설 등)

권리현황	발명의 명칭	등록번호	비고
	복합지반용 TBM 커터헤드의 커터배열 및 굴진 성능 예측 프로그램	C-2019-041681	소프트웨어 등록
	TBM용 프로브드릴 어셈블리	10-0076463	특허등록

◆ 추가기술정보

기술수준	시장전망
☐ 기술개념확립 ☐ 연구실환경검증 ☒ 시제품 제작 ☐ 실제환경검증 ☐ 신뢰성평가 ☐ 상용품 제작	- 특수지반에 효과적으로 대응 가능한 기술의 개발로 다운타임 저감 및 공사기간 축소에 따른 공사비 절감 기여 - 셸드터널 직접공사비에서 TBM장비는 10~20%로 디스크커터 소요비용 10~15%와 유사하게 구성

◆ 기술 문의

 담당자	서울대학교 산학협력단	전석원 교수	T. 02-880-8807	E. sjeon@snu.ac.kr
	(주)수성엔지니어링	강병윤 대표이사	T. 02-2142-9342	E. by-gang@soosungeng.com
	(주)동아지질	권준용 이사	T. 070-7595-5742	E. jykwon@dage.co.kr
	(주)진성티이씨	김갑부 부사장	T. 031-658-0100	E. kgb@jinsungtec.com

[2세부] 도심지 소단면 터널식 공동구 굴진율 예측기법과
급곡구간/특수지반 급속 시공기술 개발

◆ 2-4 요소기술

“ 소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증시설 및 운영기술 ”

기술개발
기관

한국과학기술원 (책임자: 권태혁 부교수)

기술개요

직경 3.5m급 소단면 TBM 실대형 성능검증을 할 수 있는 장비 및 토조와 TBM과 관련된
기술검증을 할 수 있는 시설 구축

소단면 TBM 실대형 성능검증 실험동

소단면 TBM 실대형 성능검증 굴진시험 지상장비

소단면 TBM 실대형 성능검증 지하토조

기존 기술의
문제점과
한계

기존 TBM 성능 확인을 위한 직접적인 TBM 굴진시험 수행 불가

TBM 각 부분별로 개별적 성능확인을 하는 것이 최선이나, TBM 조립문제로 검증하기가 어려움

◆ 개발기술의 차별성 및 효과

차별성

국내 최초 TBM 실대형 성능검증 시설 구축

기술경쟁력

- 쉘드TBM 성능검증 시설 구축을 통해 국내 최초 TBM 실증실험 가능
- 성능검증 시설을 통한 교육훈련 및 기술검증으로 TBM 기술발전 기여
- 실대형 실험 및 시험으로 학술적 성과 다량 도출 가능
- TBM 운용교육장 및 기술검증 기관으로 활용 하여 TBM Operator 교육훈련
- TBM 기술발전 및 터널 시공품질 향상과 TBM 전문가 인력 양성 추진

경제적 효과

- 사용한 TBM의 성능검증을 통해 적합한 현장에 재투입 함으로써 신규 TBM 제작비 절감
- 쉘드TBM 성능검증을 통해 지금보다 더욱 현장에 적합한 조건의 TBM 배치 가능
- 검증된 TBM배치로 예상치 못한 문제로 인한 공사기일연장을 줄일 수 있어 보다 경제적인 터널 시공 가능

◆ 기술활용 실적 및 기술내용

활용 실적

- 총 6회의 실대형 굴진실험 운영 (180시간 운영/년 및 노하우 축적)

기술 내용

소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증시설 및 운영기술

한국과학기술원

- 국내 최초 TBM 실대형 성능검증 시설 구축
 - 실험동 : $2,100\text{m}^2$ (635평)
 - 지하토조 : $38.2\text{m} \times 12.8\text{m} \times (\text{D})10\text{m}$ (굴진가능 길이 13m)
 - 소단면 TBM 선단부 굴진 시험 장비 : 3m 굴진가능, 8000 kN 허용 추력
 - 50/30ton 겐트리 크레인 설치
- 실험지원동 구축
 - 실험데이터 분석실, 워터젯 실험실, 자재창고



실대형 성능검증 실험동



실험동 내부 (겐트리 크레인 및 지하토조)



소단면 TBM 굴진 시험



소단면 TBM 굴진 시험 후 해체

[2세부] 도심지 소단면 터널식 공동구 굴진율 예측기법과
급곡구간/특수지반 급속 시공기술 개발

◆ 수요처

수요처



수요처	적용처
기술이전 : 한국과학기술원 → (주)다올산업 (2018.03)	- TBM 공사 발주처(한국전력공사, 한국가스공사, 한국수자원공사) - TBM 사용 시공사(동아지질, 삼성물산, SK건설, 현대건설, 포스코건설, 호반건설 등등) - TBM 제작 업체(이엠코리아) - 쉴드TBM Operator 교육훈련

권리현황



발명의 명칭	등록번호	비고
열 전도도 측정장치	10-1881921	특허등록
소단면 TBM 선단부의 굴진 시험 장비	10-1987866	특허등록

◆ 추가기술정보

기술수준

- ☐ 기술개념확립
- ☐ 연구실환경검증
- ☐ 시제품 제작
- ☐ 실제환경검증
- ☒ 신뢰성평가
- ☐ 상용품 제작

시장전망

- 공동구 수요에 따라 그리고 지상위의 교통량 증가 및 자연재해와 전쟁피해우려로 인해 지하공간 개발이 늘어나고 있는 추세인 만큼 TBM 수요도 증가하고 있음
- 이에 따른 신규 및 재사용 TBM 수가 급증할 것으로 예상됨

◆ 기술 문의



담당자

한국과학기술원

권태혁 부교수

T. 042-350-3628

E. t.kwon@kaist.ac.kr



■ Part

IV

[3세부]

공동구용 수직구 급속
시공을 위한 저소음/무진동
시공시스템, 보강/차수
기술 개발

[3세부] 공동구용 수직구 급속시공을 위한 저소음/무진동 시공시스템, 보강/차수 기술 개발

연구개발 비전

공동구용 수직구 급속시공을 위한 저소음/무진동 시공시스템 및 보강/차수 기술 개발을 통해 도심지 환경에 적합한 수직구 시공기술 확보

과제개요

협동연구기관 ▶ 한국과학기술원

협동연구책임자 ▶ 조계춘 교수

연구기관(공동/위탁) ▶ (주)에이치비씨, (주)제영이엔씨, (주)네오시티, (주)세니츠 코퍼레이션, University of New South Wales

총 연구기간 ▶ 2015.11.30 ~ 2020.05.29 (4년 6개월)

총 연구비 ▶ 7,196백만원 (정부: 5,375백만원, 민간: 1,821백만원)

연구 목표

공동구용 수직구 저소음/
무진동 급속굴착 (1m/day
이상) 시공기술 및 장비



공동구용 수직구 하향식
라이닝 현타 급속(1m/day
이상) 시공기술 및 장비



공동구용 수직구 접속부 보강/
차수장치(심도 20m 이상) 및
바이오 폴리머 차수공법

기대 효과

01

기술적 효과

- 공동구용 급속 굴착 시공 장비 및 공법 개발을 통해 1m/day의 높은 수직구 굴착 및 라이닝 시공 속도를 확보하여 공기 절감 20% 달성 및 수직구 건설 분야 장비 및 공법 분야 기술 선도 가능할 것으로 예상 (Ø1.0m급 접속부 차수장치 실증시험 결과 변위 20mm, 차수율 100% 달성 (관련 특허출원 6건/특허등록 4건 달성))
- 높은 토-수압 조건에서 급속 고결(24시간 내 성능 90% 발현) 및 10^{-8} m/s 이하의 차수능을 발휘하는 친환경 차수재 개발 (관련 특허출원 3건 달성)

02

경제적 효과

- 공동구 수직구 급속 시공기술의 개발로 공사비 10%~20% 절감 예상되며 그 외 교통터널 등 다양한 지하시설물에 확장 적용 가능하여 수직구 건설기술 자립화로 기술 수입으로 인한 국내 자본의 해외 유출 방지 및 기술 경쟁력 확보 예상
- 수직구 급속 시공을 통한 공기 감소 및 부지 점유 기간 감소를 통해 교통혼잡비용의 50% 저감효과 (서울 및 6대 광역시의 경우, 교통 혼잡도 1% 증가시 2015년 기준 약 1000억/년 필요)
- 접속부 보강/차수 장치 설치시 기존 접속부 처리방식 대비 수직구 접속부 개소당 연간 유지관리비 약 13.9% 절감 가능

03

학술적 효과

- 수직구 굴착 시 안정성 분석 및 수직구-접속부 안정성 평가에 관한 국문 논문 5건 게재 완료
- 바이오폴리머 기반 친환경 차수재 원천기술 개발 및 적용성에 관한 SCI(E)급 논문 4건 게재 완료
- 국내외 학술회의에 참여하여 공동구용 수직구 및 접속부 연구 결과에 대한 발표 30건 이상

04

공공적 효과

- 수직구 저소음 급속 시공을 통해 공기 감소 및 부지 점유 기간 감소를 통해 민원저감 30% 및 건설안전재해 20% 저감효과 예상
- 친환경 바이오 폴리머 차수재를 활용하여 시멘트 중금속 유해성 논란 및 그라우팅 주입재 사용에 따른 지하수 오염으로 인한 주변 민원 저감 기대

연구수행 체계도



[3세부] 공동구용 수직구 급속시공을 위한 저소음/무진동
시공시스템, 보강/차수 기술 개발

3-1 요소기술

“ 공동구용 수직구 저소음/무진동 급속굴착(1m/day 이상) 시공기술 및 장비 ”

기술개발
기관

한국과학기술원 (책임자: 조계춘 교수)

(주)에이치비씨 (책임자: 김한성 대표)

(주)제영이엔씨 (책임자: 전형우 대표)

기술개요

지반 변위와 지하수 유출을 최소화하는 수직구 외주면 굴착 장비 개발

저소음/무진동 암반지반 급속굴착 시공기술 및 장비 개발

기존 기술의
문제점과
한계

기존 수직구 굴착 시 가시설물 설치 공법(H-Pile 토류판 공법, 주열식연속벽, 지중연속벽 등)들의 경우 시공 단계가 복잡하고, 지반에 따른 적용성이 제한됨

해외 장비 사용 시 공사비 과다 필요하며 지반 개량용 슬라임으로 인해 지하수 및 지반 오염 유발
가시설 등의 부지 점유 장기화로 인해 민원 유발 및 사회적 비용 발생

암반지반 발파 공사는 진동 및 소음으로 인한 주변 피해 및 집단 민원 유발

기존 기계식 암반굴착은 복잡한 공종으로 인해 많은 시간과 비용 소모

개발기술의 차별성 및 효과

차별성

가시설 설치 배제, 굴착 동시 라이닝 압입하여 공기를 감축시키며 저소음/무진동
암반지반 굴착을 통해 민원을 방지하는 수직구 굴착공법

기술경쟁력

- 공동구용 급속 굴착 시공 장비 및 공법 개발을 통해 1m/day의 높은 수직구 굴착 및 라이닝 시공 속도를 확보하여 공기 절감 20% 달성 및 수직구 건설 분야 장비 및 공법 분야 기술 선도 가능할 것으로 예상
- 관련 특허출원 15건/ 특허등록 9건 달성
- Ø1.0m급 접속부 차수장치 실증시험 결과 변위 20mm, 차수율 100% 달성
- 관련 특허출원 6건/특허등록 4건 달성
- 높은 토-수압 조건에서 급속 고결(24시간 내 성능 90% 발현) 및 10⁻⁸m/s 이하의 차수능을 발휘하는 친환경 차수재 개발
- 관련 특허출원 3건 달성

경제적 효과

- 전력구, 지하철, 자원개발, 지하 저장시설 등과 같은 유사 지하시설 구축 기술 파급효과 발생
- 교통터널 등 지하시설물에 확장 적용될 시 약 120~180억원 절감 기대
- 수직구 건설기술 자립화로 기술 수입으로 인한 국내 자본의 해외 유출 방지 및 기술 경쟁력 확보 예상
- 수직구 급속 시공을 통한 공기 감소 및 부지 점유 기간 감소를 통해 교통혼잡비용의 50% 저감효과 예상
- 서울 및 6대 광역시의 경우, 교통 혼잡도 1% 증가 시 2015년 기준 약 1000억/년 필요
- 접속부 보강/차수 장치 설치 시 기존 접속부 처리방식 대비 수직구 접속부 개소당 연간 유지관리비 약 13.9% 절감 가능

기술활용 실적 및 기술내용

활용 실적

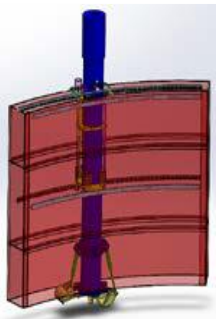
- 실대형 성능검증시험을 통한 '수직구 외주면 급속굴착 장비' 시제품 시공성 및 작동성 검증 (2019.10)
- '저소음/무진동 암반지반 급속굴착 장비' 테스트베드 시험 (경기도 광주시 송정지구 도시개발사업 주지조성공사 부지, 2020.05)

기술 내용

지반 변위와 지하수 유출을 방지하는 수직구 급속굴착 기술 및 장비

한국과학기술원
(주)에이치비씨

- 외주면 선행 굴착장비 설계 및 지반 종류별 굴착장비 활용 방안 도출
- 외주면 선행 굴착장비를 사용한 수직구 굴착 시 주변 지반 거동 억제를 통한 안정성 향상 성능 확보
- 축소모형시험 및 실대형 성능검증시험 수행을 통한 개발 장비의 최적 굴착 방법 도출 및 시제품 성능검증
- 굴착장비 제어시스템 제작 및 유/무선 제어 성능 확보
- 수직구 외주면 굴착의 공정 자동화 및 다수의 굴착용 모듈 연동



수직구 외주면 굴착장비 설계



수직구 외주면 굴착장비 시제품 제작

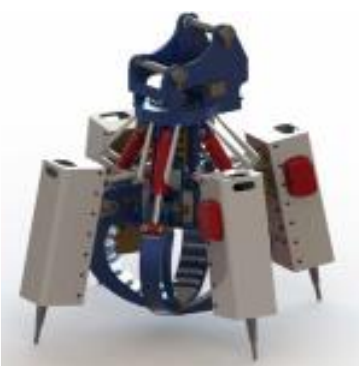


실대형 성능검증시험

저소음/무진동 암반지반 급속굴착 기술 및 장비

(주)제영이엔씨

- 워터젯을 이용한 암반 굴착 기술을 위한 천공, 절삭, 할암, 버력 상차 등을 수행하기 위한 일체화 장비 개발
- 저소음/무진동 암반지반 급속 굴착을 위한 워터젯 굴착 기술 개발



굴진DB 관리시스템



테스트베드 전경(경기도 광주시 송정지구 공사부지)



[3세부] 공동구용 수직구 급속시공을 위한 저소음/무진동
시공시스템, 보강/차수 기술 개발

◆ 수요처

수요처



수요처	적용처
한전, LH공단 등 참여기관의 사업 현장에 우선적으로 접촉하여 전력구/공동구 등 소단면 터널에 활용될 수 있을 것으로 기대됨 기술이전 : 한국과학기술원 → (주)네오시티 (2020.04)	- 한국과학기술원 문지캠퍼스 내 위치한 공동구연구단 실험형 성능검증센터에서 실험형 성능검증시험 수행 - 경기도 광주시 송정지구 도시개발사업 부지 조성공사부지 테스트베드 적용

권리현황



발명의 명칭	등록번호	비고
수직구 굴착시스템 및 이를 이용한 수직구 시공방법	10-2002526	특허등록
수직구 외주면 굴착시스템	10-2002525	특허등록
수직구 굴착방법	10-2059051	특허등록
수직구 굴착시스템	10-2079802	특허등록
수직구용 외주면 굴착장비 제어 프로그램	C-2020-001635	프로그램 등록
할암장치	10-1803452	특허등록
암반 굴착 장치	10-1858060	특허등록
암반 급속굴착을 위한 일체형 구조를 갖는 굴착장치	10-2067515	특허등록

◆ 추가기술정보

기술수준

- ☐ 기술개념확립
- ☐ 연구실환경검증
- ☒ 시제품 제작
- ☐ 실제환경검증
- ☐ 신뢰성평가
- ☐ 상용품 제작

시장전망

- 소단면 공동구 수직구 공사의 최근 5년간 국내 누적 시장 규모는 약 610원, 수직구 급속 시공기술 개발로 공사비 10% 절감시 5년간 총 61억원 절감 기대됨
- 교통터널 등 다양한 지하시설물 확장 적용 시 약 120~180억원의 추가 절감 기대됨
- 지표면 천공장비의 세계시장 규모는 매년 10% 이상의 성장세 유지 중
- 현재 도심지 현장의 지속적 성장 실정으므로 향후 시장 확보 기대됨

◆ 기술 문의



한국과학기술원

조계춘 교수

T. 042-350-3622

E. gyecheon@kaist.edu

(주)제영이엔씨

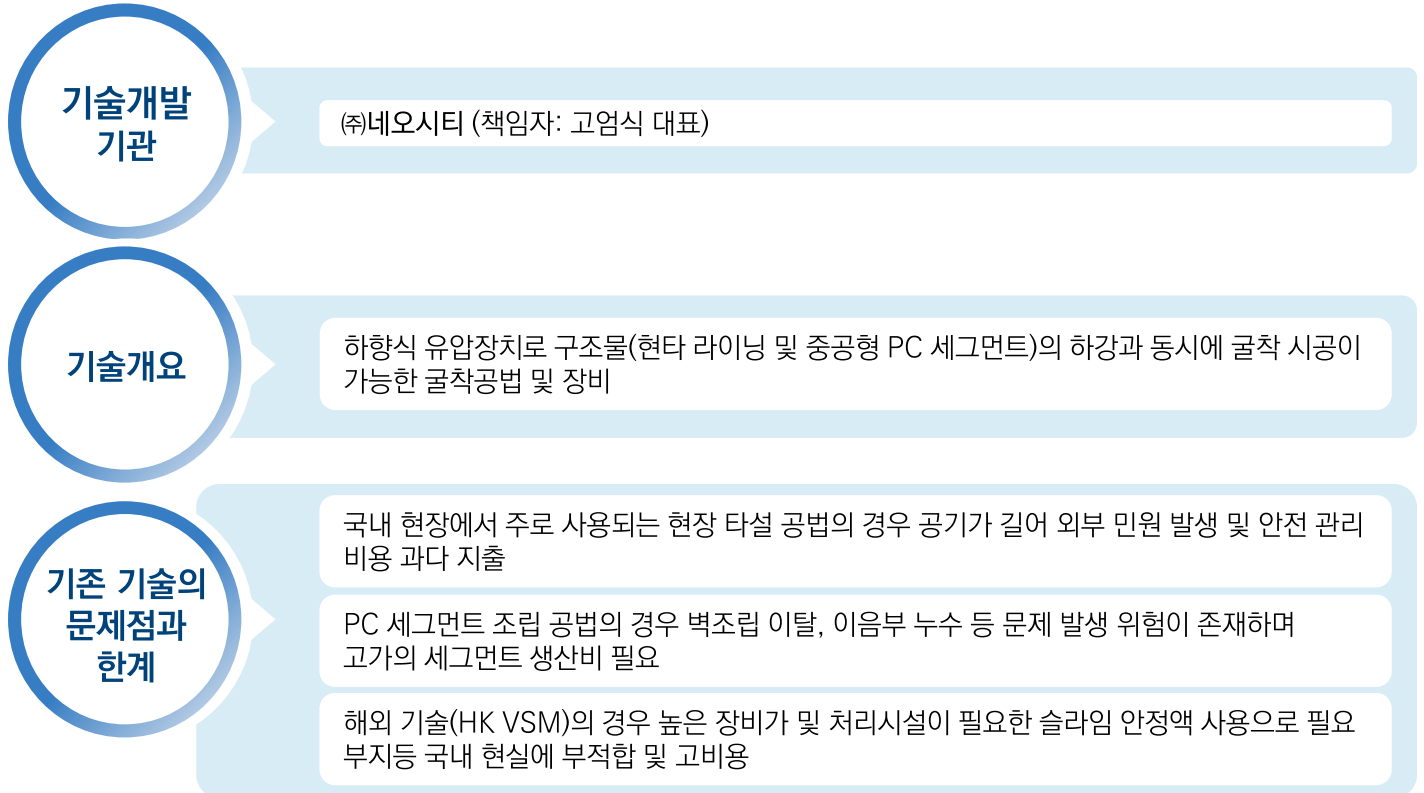
전형우 대표

T. 031-595-0241

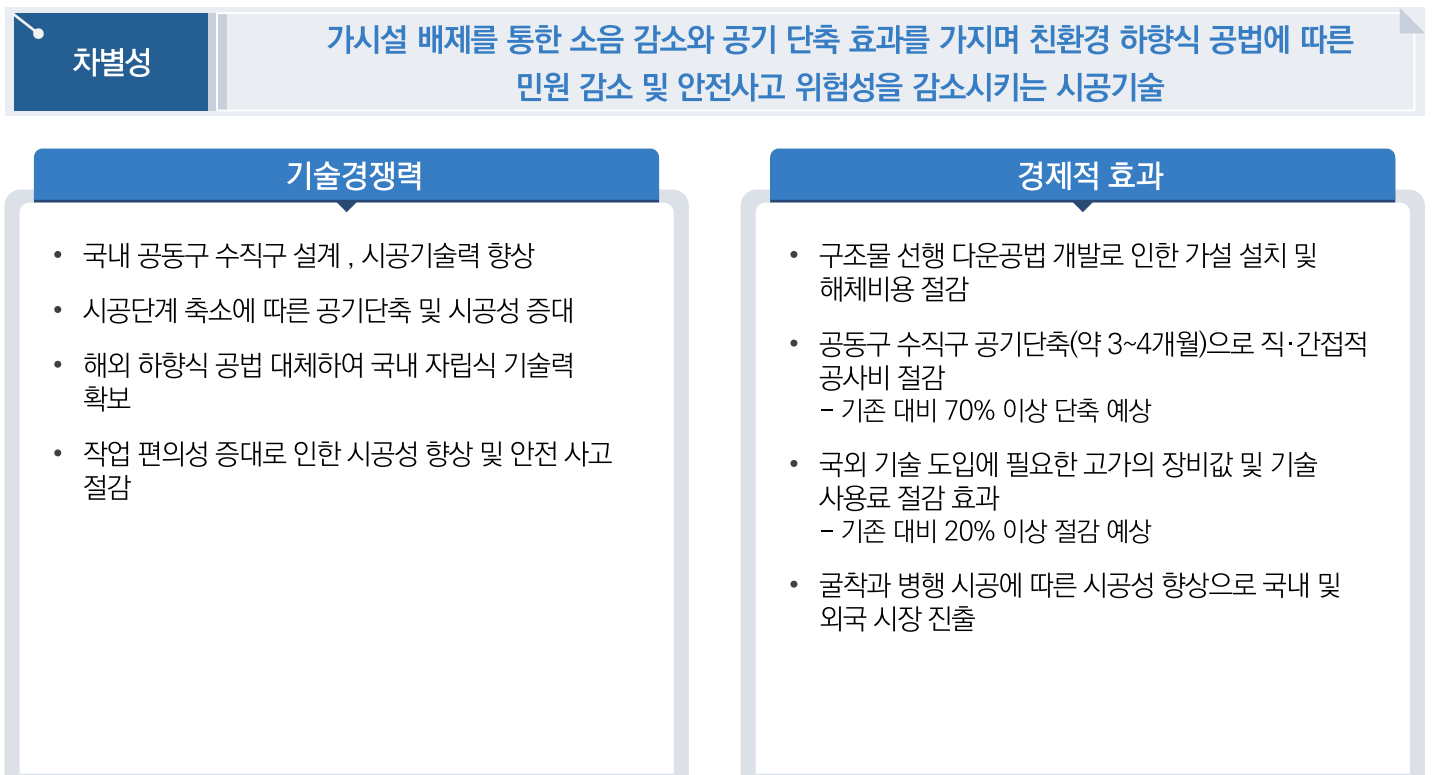
E. miamigos@naver.com

3-2 요소기술

“공동구용 하향식 라이닝 현장타설 급속(1m/day 이상) 시공기술 및 장비”



개발기술의 차별성 및 효과



[3세부] 공동구용 수직구 급속시공을 위한 저소음/무진동 시공시스템, 보강/차수 기술 개발

◆ 기술활용 실적 및 기술내용

활용 실적

- ‘수직구 하향식 라이닝 현타 급속 시공 장비’ 시제품 실험형 성능 검증 시공 수행 (네오시티 보은공장, 2020.04)
- 한국전력 경인건설처 및 기타 전력구 수직구 현장에 설계 반영 (협의 진행중)

기술 내용

수직구 하향식 라이닝 현타 급속(1m/day) 시공기술 및 장비

(주)네오시티

- 국내외 하향식 굴착 공법 사례 조사 결과를 바탕으로 도출한 개선안을 반영, 하향식 급속 성형장치 및 수직구 구조물(SLAB, 계단, 접속개구부) 설계
- 하향식 공법용 수직구 압입장치 및 이를 이용한 수직구 공법 개발 (특허 등록 1건)
- 수직구 수평터널 연결부 성형장치 설계 및 시제품 제작(특허 등록 1건)
- 콘크리트 세그먼트의 중공부를 통해 경량화, 이동 및 취급이 용이한 중공형 PC 개발 (특허 등록 1건)
- PC 공법의 단점을 보완한 중공형 PC공법을 활용한 하향식 구조물 공사 설계 매뉴얼 작성



하향식 시공기술 3D 모델링



수평터널 연결부 성형장치 설계



급속 성형 장치 시제품 제작



중공형 PC 세그먼트



세그먼트 2단 하향 시공 실험형 성능검증 시험



◆ 수요처

수요처	수요처	적용처
	- 철도, 지자체, 반도체 공장 등의 공동구 수직구 - 복합 공동구(전력, 통신, 가스, 상하수도 등을 동시 수용) 건설 분야와 고압 송전선의 지하화를 위한 배전선 공동구 건설 분야	- 네오시티 보은 공장 실대형 성능 검증 시공 - 한국전력 경인건설처 동송도-서송도 및 기타 전력구 수직구 현장 설계에 반영하는 것을 목표로 협의 진행중

권리현황	발명의 명칭	등록번호	비고
	하향식 공법용 수직구 압입장치 및 이를 이용한 수직구 시공방법	10-2001526	특허등록
	다양한 브라켓 연결수단을 갖는 수직구조물용 프리캐스트 콘크리트 세그먼트 블록	10-2026112	특허등록
	수직구 구조물의 수평터널 연결부 성형장치	10-2102593	특허등록

◆ 추가기술정보

기술수준	시장전망
☐ 기술개념확립 ☐ 연구실환경검증 ☒ 시제품 제작 ☐ 실제환경검증 ☐ 신뢰성평가 ☐ 상용품 제작	- 공동구의 10년간 연장 평균은 약 245km로, 시장 규모가 지속적으로 성장중임 - 기술 수준의 발달로 SOC 시설물의 지하화가 늘어나는 추세로 현재 흐름을 상회할 것으로 판단됨 - 지하시설물 시공을 위해 필수적으로 선행되어야 하는 수직구 시공에 대한 수요 또한 지속적으로 성장할 것이라 예상됨

◆ 기술 문의

 담당자	(주)네오시티	고영식 대표	T. 02-417-3700	E. kosan9970@hanmail.net
---	---------	--------	----------------	--------------------------

[3세부] 공동구용 수직구 급속시공을 위한 저소음/무진동
시공시스템, 보강/차수 기술 개발

3-3 요소기술

“ 공동구용 수직구 접속부 보강/차수장치(심도 20m 이상)
및 바이오 폴리머 차수공법 ”기술개발
기관

(주)세니초코퍼레이션 (책임자: 김기중 대표)

University of New South Wales (책임자: 장일한 부교수)

기술개요

홀더링, 탄성체, 수직 및 수평방향 스프링으로 구성된 접속부 보강/차수 구조로서 Ø3.5m 규모의 공동구용 수직구 접속부에 대하여 상대변위를 최대 ±50mm 수용하고 차수율 100% 달성 가능한 장치

급속 고결 성능을 가지며 높은 토압/수압 조건에서 높은 차수 성능(투수계수 10^{-8} m/s 이하) 보유한 비시멘트 계열 바이오 폴리머 기반 친환경 차수재기존 기술의
문제점과
한계

공용 중 구조물 본체의 내구성능 등을 고려한 별도의 접속부 보강/차수 장치의 부재로 변위에 대한 손상 및 누수로 인한 유지관리비 증가

기존 보강/차수재료인 물유리계 약액은 구지적 환경피해 발생

고수압 및 지하수유동 시 고결 전 유실되어 보강/차수 효과가 저하되는 문제 발생

개발기술의 차별성 및 효과

차별성

접속부 조건별, 지하수위 저하 및 지진 등 특수 상황에서의 상대변위에 대응 가능한 차수장치
시공 후 급속 고결이 가능하여 유실최소화에 따른 공기단축, 보강/차수 효과 유지 가능한
친환경 바이오 폴리머 기반 차수재

기술경쟁력

- 기존 접속부에 대한 직접적인 보강/차수효과 발현(수용변위 ±50 mm, 차수율 100%)
- 10^{-8} m/s 이하 차수성을 나타내는 친환경 바이오 차수재
- 급속 고결효과(24시간내 성능 90% 발현)를 나타내는 차수재
- 분말형 재료로 규격화 및 제품화 용이한 차수재

경제적 효과

- 보강/차수 장치 공사비 공사 시(공사비 1억원/개소) 기존 접속부의 누수 보수를 위한 개소당 유지관리비 약 116백만원 대비 약 13.9% 비용 절감 가능
- 도심지 고수압 굴착 현장 급속 고결을 통한 공기지연 방지 및 처리비용 저감
- 공기지연 예방에 따른 민원 저감
- 전 세계적으로 친환경 바이오 기반 신재료 시장 창출 가능성
- 예: 국내 그라우팅 재료 10% 대체시 약 100억원 규모의 시장 형성 가능

기술활용 실적 및 기술내용

활용 실적

- 실대형 성능검증시험을 통한 보강 및 차수성능 검토 및 공인인증기관을 통한 **공인시험성적서 확보**
- ‘접속부 보강/차수장치’ 테스트베드 현장 시험 수행, 보강/차수장치 성능 검증 (경기도 안성시 양성면 참고 접속부, 2020.05)
- 바이오폴리머 기반 차수재 성능 **공인인증시험** 수행, ‘차수재 분말 시제품’ (20kg) 제작

기술 내용

공동구용 수직구 접속부 보강/차수장치 개발

(주)세니츠코퍼레이션

- 터널-수직구 접속부 보강/차수장치 개발 및 공인 시험기관을 통한 성능 검증
- 직경별/심도별 지진 발생 상황 최대 20 mm 변위 흡수 성능, 차수율 100% 성능 확보
- 보강/차수장치 제작 및 시공 매뉴얼 작성



차수장치 시제품 - 평면형/곡률형

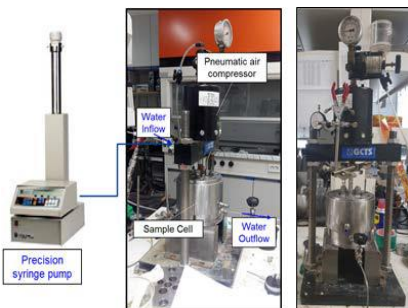


차수장치 테스트베드 전경(경기도 안성시)

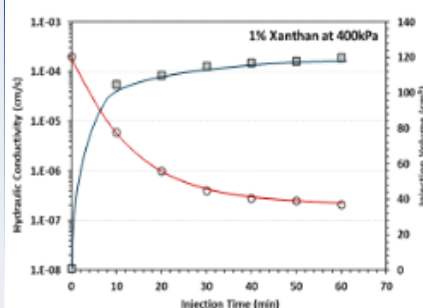
수직구 보강/차수를 위한 비시멘트 바이오폴리머 차수공법

UNSW

- 10^{-8} m/s 이하 차수성을 나타내는 바이오 폴리머 기반 차수재 개발
- 고수압 투수 시험을 통한 차수성능시험 수행, 지반 내 유효응력/수압조건 모사 가능한 실내시험 장치 고안 및 제작
- 바이오폴리머 차수재 유동학적 특성 개선, 차수재 처리 지반-구조물 인터페이스 특성 분석
- 효율적 시공을 위한 차수재 주입 특성 파악 완료



유효응력/수압 조건 모사 투수시험 장치



차수재 차수성능 및 투입성능 평가



차수재 시제품 제작

[3세부] 공동구용 수직구 급속시공을 위한 저소음/무진동
시공시스템, 보강/차수 기술 개발

◆ 수요처

수요처



수요처

- 터널-수직구 접속부와 각종 터널, 개착박스 구조물, 침매터널 등 선형 구조물 연결부, 도로, 철도 등 각종 SOC 시설물 공사
- 공동구 및 도심지 터널 계획 및 건설에 관련된 지자체/공공기관
- 한국전력공사 터널식 전력구 현장
- 수자원공사 수리환경 지반구조물(댐, 제방 등) 급속 차수 시공

적용처

- 시제품 실험형 성능검증시험을 수행하였으며, 공인인증기관을 통한 시험성적서(상대변위 흡수 20mm, 차수율 100% 달성) 확보
- 경기도 안성시 창고 부지조성 공사에서의 테스트베드 현장 시험 수행
- 바이오폴리머 기반 차수재 시제품 제작 완료, 주입 특성 및 차수 성능 검증을 위한 공인인증 시험 수행

권리현황



발명의 명칭

등록번호

비고

- | | | |
|--|------------|------|
| 공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 구조 | 10-1820872 | 특허등록 |
| 공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 구조 | 10-1859611 | 특허등록 |
| 공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 구조 | 10-1859612 | 특허등록 |
| 공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 장치 및 그 시공방법 | 10-1968968 | 특허등록 |
| 지반 개량용 차수재, 이를 이용하는 지반 내 차수를 위한 개량 방법, 및 이를 테스트하기 위한 실험 장치 | 10-2040869 | 특허등록 |

10-1820872

특허등록

10-1859611

특허등록

10-1859612

특허등록

10-1968968

특허등록

10-2040869

특허등록

◆ 추가기술정보

기술수준

- ☐ 기술개념확립
- ☐ 연구실환경검증
- ☒ 시제품 제작
- ☐ 실제환경검증
- ☐ 신뢰성평가
- ☐ 상용품 제작

시장전망

- 개발된 터널-수직구 접속부 보강 차수 장치는 기존 수직구 접속방식을 대체, 보완할 수 있는 새로운 장치로서 수직구 접속부 보강/차수장치 매출을 통한 새로운 시장 확보를 기대할 수 있음
- 접속부 누수 방지를 통한 접속부 누수 유지 보수비 절감(개소당 약 13.9%) 가능함
- 국내 지반 보강/차수 시장 규모 약 1조원, 보강재료 시장 규모 약 1천억원, 해외 차수재료 및 차수공법 관련 시장규모 약 50억달러로 추정되며, 연평균 성장률은 4.5%로 추정됨
- 친환경 바이오 폴리머 기반 신재료를 활용한 차수재의 수요 증가 예상됨

◆ 기술 문의



담당자

(주)세니츠코퍼레이션

김기중 대표

T. 02-3461-6604

E. kijung_kim@hanmail.net

UNSW

장일한 부교수

T. +61-2-6268-8295

E. ilhan.chang@adfa.edu.au



■ Part

V

연구단 운영 및
성과 관리

◆ 연구단 운영

성과지표를 활용한 성과목적물 중심의 과제목표를 수립하고 연구단 전체 워크숍과 자체평가 회의를 통해서 지속적인 성과관리 및 평가를 수행하였음

◆ 연구단 정기 워크숍 (2-3회/년) ◆



◆ 자체평가 회의 (1회/년) ◆



◆ 언론 매체를 통한 공동구 연구단 홍보

연구단 과제에 대한 전반적인 소개 및 개발 기술 소개를 통해 국내 공동구 기술 개발의 필요성을 강조하였으며, 연구단에 의해 개발된 기술들의 실물실험 및 시제품 등의 결과물을 언론을 통해 꾸준히 홍보하였음

신문기사



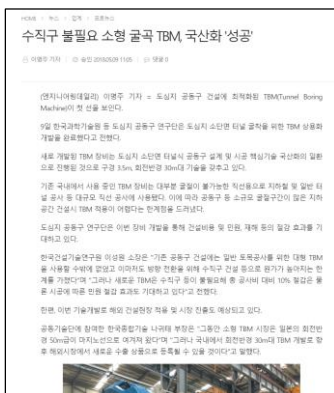
에너지데일리 (2016년 9월 30일)
신타형 성능검증센터 구축 홍보



에너지데일리 (2017년 9월 4일)
공동구 활성화 촉진



건설경제 (2018년 2월 8일)
공동구 활성화 촉진



에너지데일리 (2018년 5월 9일)
연구성과 홍보



오늘의 한국 (2019년 4월 10일)
연구단 홍보



매일건설신문 (2019년 5월 16일)
공동구 연구단-서울시 MOU 홍보

미디어 방송



YTN 뉴스 : '터널공사 우리 기술로! 굴착장비 국산화 성공' (2019년 7월 9일)

◆ 국내·외 전시회 및 학술대회 참가

국내·외 전시회 및 학술대회에 공동구 연구단 또는 세부 과제로 참가하여 개발된 기술의 우수성을 홍보하여 상업화를 도모하였으며, 이를 통해 기술이전 및 사업화 성과를 달성하였음

전시회



2017 국토교통기술대전 (2017년 5월 24~26일)
일산 킨텍스 제2전시장 10A홀



2017 AIB 연차총회 (2017년 6월 16~18일)
제주 국제컨벤션센터



19회 세계지반공학회 (2017년 9월 18~22일)
서울 코엑스 D홀



대한토목학회 2017 CIVIL EXPO (2017년 10월 19~20일)
부산 벅스코 3층 컨벤션홀



2018 국토교통기술대전 (2018년 6월 7~8일)
서울 코엑스 D홀

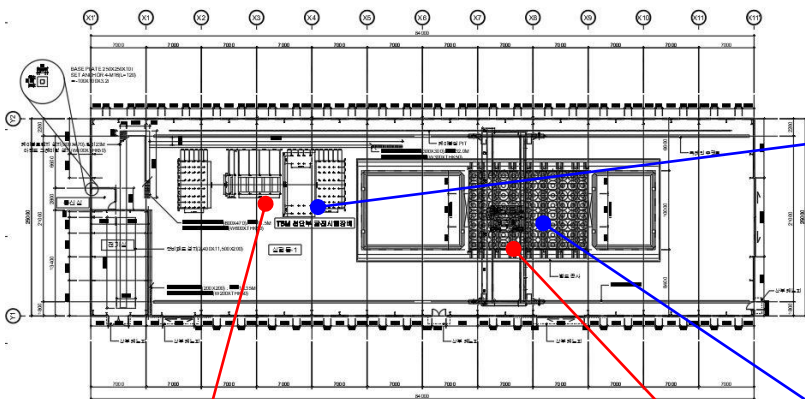


2019 국토교통기술대전 (2019년 5월 29일~31일)
일산 킨텍스 10홀

◆ 센터 운영 및 성능검증 시험 수행

공동구 성능검증센터를 구축하여 소단면 TBM 굴진시험, 수직구 굴착 시험 등 공동구 건설과 관련된 검증 실험 수행하였고 외부기관 견학을 통해 연구개발 성과를 홍보하였음

실대형 성능검증 실험



〈지상굴진시험 장비 해체〉



〈지상 굴진시험장비〉

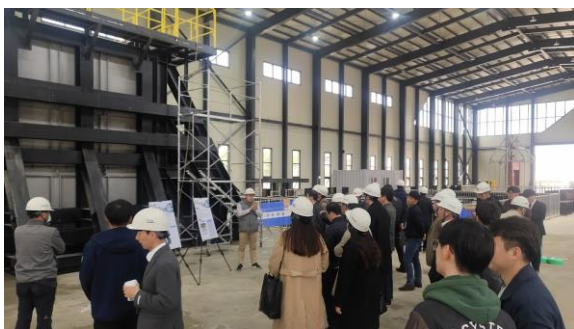


〈지하토조 및 실험동 내부〉



〈수직구 관련 기술 시험〉

외부기관 견학



- 국내 공동구 관리기관 및 연구기관 합동 워크숍 참석자 견학 (2018년 12월 5일)
- 쉴드TBM 관계자(한국철도시설공단 등 12개기관) 등 관련 기술 교류 (2019년 7월 3일)
- 전력구 업무담당자를 위한 쉴드TBM 실대형 실험 시연회 시행 (2019년 7월 5일)

◆ 국내 공동구 관리기관 및 연구기관 합동 워크숍 개최

국내 공동구 관련 종사자간 최근 제도변경 사항 및 연구동향 등을 공유하고 향후 발전 방향을 모색하기 위한 행정안전부-국토교통부-공동구 연구단 공동주관 합동 워크숍을 2회 개최하였음

합동 워크숍



1차 합동 워크숍 (2018년 12월 5일)

참석: 중앙부처, 지자체(수탁기관), 점용기관, 연구기관 등 100여명

발표: 행정안전부, 국토교통부, KT, 공동구 연구단, 파주공동구



2차 합동 워크숍 (2019년 6월 11일)

참석: 중앙부처, 지자체(수탁기관), 점용기관, 연구기관 등 60여명

발표: 행정안전부, 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 공동구 연구단, 한국시설안전공단, 상무공동구

◆ 업무협약 (MOU)

연구단 차원에서 다수의 공동구 유관기관과의 MOU를 주도하여 개발된 핵심기술들의 기술이전, 실용화, 사업화 및 공동구 활성화가 원활하게 이루어질 수 있도록 노력하였음

업무협약 (MOU)



한국전력공사 남부건설처 기술 협력 MOU 체결
(2016년 4월 14일)



한국전력공사 남부건설처 기술 사용 협약 체결
(2016년 10월 6일)



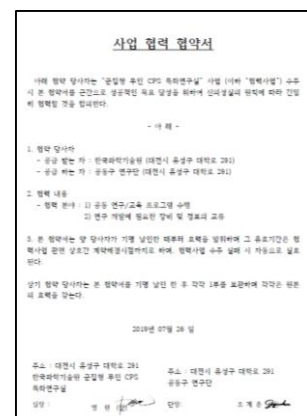
종로구청-공동구 연구단 상호 협력 MOU 체결
(2017년 8월 18일)



중국중철 SKL-한국전력연구원-공동구 연구단 상호협력
MOU 체결 (2018년 7월 24일)



서울특별시-공동구 연구단 업무협약 체결
(2019년 5월 16일)



군집형 무인 CPS 특화연구실 사업 협력 MOU 체결
(2019년 7월 26일)

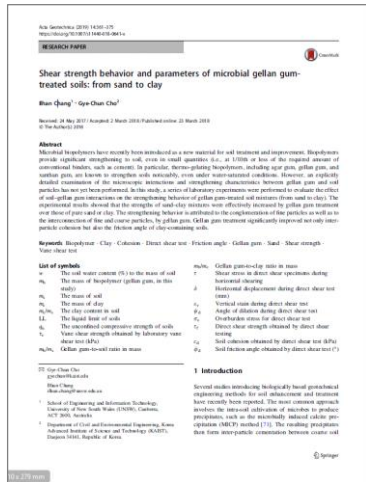


■ Part

VI

연구단 성과

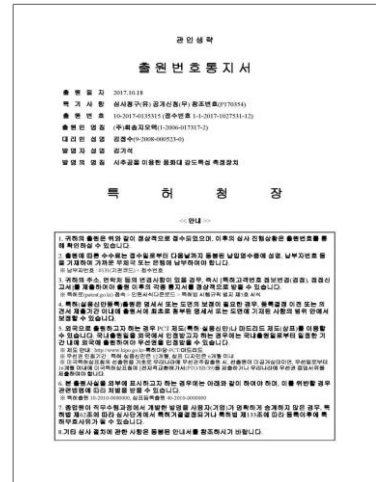
연구성과물 형태



1. SCIE 논문



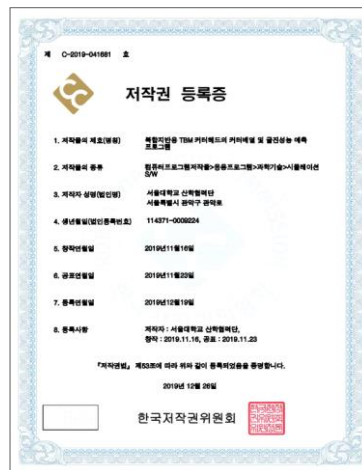
2. BISCIE 논문



3. 특허 출원



4. 특허 등록



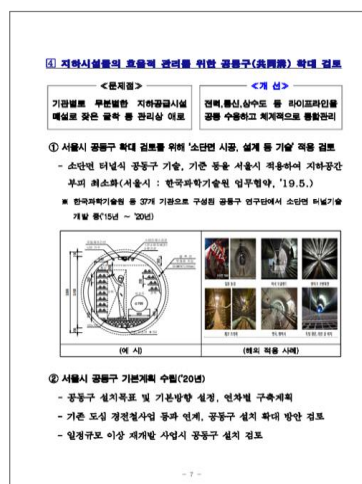
5. 소프트웨어 등록



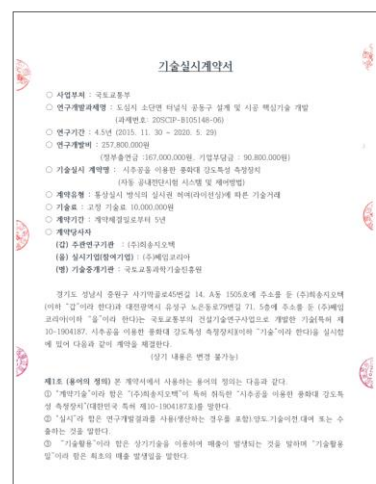
6. 시제품 제작



7. 현장시험/적용



8. 정책 제언



9. 기술이전 및 기술실시계약

1. SCIE 논문

No.	논문명	학술지명	주저자명	게재일
1	Performance Evaluation and Field Application of Red Clay Green Roof Vegetation Blocks for Ecological Restoration Projects	Sustainability	Hwang-Hee Kim	2017.02.28
2	Prediction of Fragmentation Zone Induced by Blasting in Rock	Rock Mechanics and Rock Engineering	Youngjong Sim	2017.04.10
3	Strength and Dynamic Properties of Cement-Mixed Korean Marine Clays	KSCE Journal of Civil Engineering	Ah-Ram Kim	2017.07.14
4	Mechanical Properties and Durability of Latex-Modified Fiber-Reinforced Concrete: A Tunnel Liner Application	Advances in Materials Science and Engineering	Joo-Ha Lee	2018.01.21
5	The Effect of Confining Pressure and Water Content on Energy Evolution Characteristics of Sandstone under Stepwise Loading and Unloading	Advances in Civil Engineering	Shuren Wang	2018.02.19
6	Performance-Based Evaluation of a Double-Deck Tunnel and Design Optimization	Sustainability	Kyung-Nam Kang	2019.01.03
7	Characteristics of steady-state propagation of hydraulic fractures in ductile elastic and two-dimensionally confined plate media	International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences	Soo-Min Ham	2019.02.01
8	Effect of Garnet Characteristics on Abrasive Waterjet Cutting of Hard Granite Rock	Advances in Civil Engineering	Tae-Min Oh	2019.03.12
9	Effect of Abrasive Feed Rate on Rock Cutting Performance of Abrasive Waterjet	Rock Mechanics and Rock Engineering	Tae-Min Oh	2019.03.18
10	Shear strength behavior and parameters of microbial gellan gum-treated soils: from sand to clay	Acta Geotechnica	Ilhan Chang	2019.04.01
11	Experimental study on effect of underground excavation distance on the behavior of retaining wall	Geomechanics & Engineering	Seok-Won Lee	2019.04.10
12	Video data of hydraulic fracture propagation in two-dimensionally confined gelatin plates	Data in Brief	Soo-Min Ham	2019.06.15
13	A new geophysical exploration method based on electrical resistivity to detect underground utility lines and geological anomalies : Theory and field demonstrations	Geomechanics and Engineering	Seon-Ah Jo	2019.07.19
14	Laboratory triaxial test behavior of xanthan gum biopolymer-treated sands	Geomechanics and Engineering	Sojeong Lee	2019.07.21
15	Xanthan Gum Biopolymer as Soil-Stabilization Binder for Road Construction Using Local Soil in Sri Lanka	Journal of Materials in Civil Engineering	Sojeong Lee	2019.08.21
16	Preliminary study on the ground behavior at shore connection of submerged floating tunnel using numerical analysis	Geomechanics and Engineering	Seok-Jun Kang	2020.04.25

2. 비SCI E 논문

No.	논문명	학술지명	주저자명	게재일
1	2차원 수치해석을 통한 초저심도 박스형 터널 편측확폭시 지반침하거동 특성 분석	한국터널지하공간학회 논문집	차요한	2016.01.30
2	TBM 굴진성능 예측모델 분석: 리뷰	한국터널지하공간학회 논문집	이항로	2016.03.31
3	운영 중 해저 터널의 안정성 평가를 위한 역해석 프로그램 개발: 종단방향	한국터널지하공간학회 논문집	안준상	2016.11.30
4	도심지 유형별 공동구 설치 타당성 평가시스템 개발에 관한 기초 연구	한국터널지하공간학회 논문집	이성원	2017.01.31
5	쉴드터널 세그먼트라이닝설계에서 빔-스프링 구조모델이 단면력에 미치는 영향	한국터널지하공간학회 논문집	김홍문	2017.03.31
6	축소모형실험을 통한 급곡선 터널에서의 Shield-TBM 추진 압력 적용 기술에 대한 연구	한국터널지하공간학회 논문집	강시온	2017.03.31
7	전기비저항을 이용한 지하매설물 탐사(II)-현장실험 중심으로	한국터널지하공간학회 논문집	류희환	2017.05.31
8	수치해석을 통한 급곡선 구간Shield TBM의 중절책 및 스킨플레이트 구조에 관한 연구	한국터널지하공간학회 논문집	강신현	2017.05.31
9	도심지 공동구 최적 설계를 위한 평가 모델 개발	한국터널지하공간학회 논문집	심영종	2017.05.31
10	국내 유해화학물질 폭력사건 예방을 위한 개선방안 연구	한국가스학회지 논문집	이덕재	2017.08.30
11	경암의 취성도와 TBM 순굴진율간의 관계	한국터널지하공간학회 논문집	이기준	2017.07.31
12	최상부분집합이 고려된 능형화귀를 적용한 현장관입지수에 대한 통계적 예측기법 개발 및 적용	한국터널지하공간학회 논문집	이항로	2017.10.30
13	강재주열벽을 적용한 지하건축물 가설공법의 개발 및 강재주열벽의 휨성능 연구	한국터널지하공간학회 논문집	정지승	2017.11.30
14	TBM 터널 굴착 안정성에 영향을 미치는 위험요소 도출 및 중요도 결정	한국터널지하공간학회 논문집	성주현	2017.11.30
15	한계상태설계법-AASHTO LRFD를 적용한 쉴드터널 세그먼트 라이닝의 구조해석 영향인자 평가	한국터널지하공간학회 논문집	김양운	2018.01.31
16	공동구의 정량적 경제성 평가를 위한 항목별 중요도 분석	한국터널지하공간학회 논문집	조종연	2018.01.31
17	계층의사분석 기법을 적용한 도심지 공동구 타당성 평가모델 연구	한국터널지하공간학회 논문집	정지승	2018.01.31
18	퇴적층 암석의 픽 커터 절삭성능 평가를 위한 선형절삭시험	한국터널지하공간학회 논문집	정호영	2018.01.31
19	점성토 지반 수직구 굴착 중 히빙 안정성 증가에 대한 관내토 효과에 대한 실험적 연구	한국터널지하공간학회 논문집	강석준	2018.01.31
20	특수지반에서 쉴드TBM의 시공을 위한 기술적 고찰	터널과지하공간	정호영	2018.02.28
21	터널 라이닝의 내진성능 간편 평가법 제안	한국터널지하공간학회 논문집	안재광	2018.03.31
22	VE/LCC 분석을 통한 공동구 수용시설물의 최적 대안 결정 기법	한국터널지하공간학회 논문집	심영종	2018.03.31
23	항만 위험 · 유해화학물질 안전관리 개선방안 연구	한국방재학회지	이덕재	2018.06.30
24	해저터널 굴진자료 분석을 통한 FPI와 비에너지의 경험식 제시	한국터널지하공간학회 논문집	김경열	2018.07.31
25	3차원 형상을 고려한 점성토 지반 원형 수직구 굴착 중 히빙에 대한 안전율 산정을 위한 연구	한국터널지하공간학회 논문집	강석준	2018.07.31
26	Development and research trends of TBM manufacturing technology	한국자원공학회지	Zhang Nan	2018.08.29
27	GFRP plate를 적용한 섬유보강세그먼트의 휨성능 평가	한국터널지하공간학회 논문집	오리온	2018.09.30
28	3차원 수치해석을 이용한 지진 시 수직구-터널 접속부 동적 거동 분석	한국터널지하공간학회 논문집	김정태	2018.09.30
29	리스크 매트릭스를 활용한 PSC박스 거더교의 긴장재 평가	한국건설관리학회 논문집	김형조	2018.09.30
30	합리적인 건설안전 관리를 위한 건설기술진흥법상 안전관리비의 적정요율 산정에 관한 연구	한국안전학회지	윤영근	2018.10.31
31	세그먼트 시공오차에 따른 이음부 지수재별 방수성능 평가	한국터널지하공간학회 논문집	허승무	2018.11.30

2. BISCIE 논문

No.	논문명	학술지명	주저자명	게재일
32	터널식 공동구 최적단면 설계기술 개발	한국터널지하공간학회 논문집	박광준	2018.11.30
33	도심지 소단면 터널식 공동구의 핵심 안전 위험요소 및 위험성 평가 연구	한국터널지하공간학회 논문집	성주현	2018.11.30
34	조인트 버스팅을 고려한 세그먼트 라이닝 구조해석 및 설계방법	한국터널지하공간학회 논문집	김홍문	2018.11.30
35	기존시가지의 공동구 건설을 위한 표준공기 산정에 대한 연구	한국산학기술학회논문지	이성원	2018.12.31
36	건설공사의 작업불능일 기준설정에 의한 보정계수 계산 및 적용을 통한 최적공기 산정	한국산학기술학회논문지	이필윤	2018.12.31
37	특수지반에서 쉴드TBM 굴착 시 프리그라우팅 적용사례 고찰	터널과지하공간	윤영민	2018.12.31
38	유전자 프로그래밍과 개체군집최적화를 이용한 픽 커터의 절삭비에너지 예측모델	터널과지하공간	Shahabedin Hojjati	2018.12.31
39	도심지 터널식 지하공동구의 화재예방 및 안전관리를 위한 위험성 평가 시나리오 구축	한국방재학회지	서현정	2019.01.30
40	정량적 지표평가와 비용·편익 분석을 활용한 도심지 공동구의 타당성 평가기법 연구	한국터널지하공간학회 논문집	이성원	2019.01.31
41	기본 계획 단계에서의 공동구 수용시설물 결정 기법	한국터널지하공간학회 논문집	오원준	2019.01.31
42	EPB-TBM 암반굴착시 스크류컨베이어의 배토 거동에 대한 DEM 기반 수치해석적 연구	한국터널지하공간학회 논문집	이기준	2019.01.31
43	건설업 사고 발생원인 파악을 위한 사고 분석 모델 개발	한국안전학회지	임원준	2019.02.28
44	쉴드TBM 굴진주요 영향인자 분석 및 굴진을 예측모델 제시	한국터널지하공간학회 논문집	조선아	2019.05.31
45	방유벽 내 위험·유해화학물질 대기 확산 방지를 위한 안전시스템 연구	한국소방학회 논문집	이덕재	2019.08.31
46	개별요소법을 이용한 스크래퍼 비트방향이 토사지반에서의 쉴드 TBM 굴진에 끼치는 영향 연구	한국터널지하공간학회 논문집	권태혁	2019.09.30
47	쉴드 터널 세그먼트 라이닝의 신뢰성 설계를 위한 변수의 변동계수 결정	한국터널지하공간학회 논문집	변요셉	2019.11.30
48	특수지반 구간의 소단면 쉴드 TBM 터널 굴착 시 최적 보강영역 연구	한국터널지하공간학회 논문집	강병윤	2019.11.30
49	급곡구간 굴착을 위한 Shield-TBM 축소모형 장비 시스템 개발	한국터널지하공간학회 논문집	공민택	2019.11.30
50	타당성 평가지표를 활용한 터널식 공동구 설치가능지역 검토	한국터널지하공간학회 논문집	오원준	2019.11.30
51	지진 시 공동구용 수직구-터널 접속부 거동에 대한 경계면 강성 계수의 영향	한국터널지하공간학회 논문집	김정태	2019.11.30
52	기존시가지의 규모(면적)에 따른 공동구 설치 타당성에 관한 연구	대한토목학회지	오원준	2019.12.01
53	단층대와 복합지반을 통과하는 쉴드TBM의 굴진을 및 다운타임 발생 특성 분석	터널과지하공간	정호영	2019.12.31
54	쉴드 TBM 세그먼트 지수재의 배열수 변화에 따른 방수성능 평가	한국터널지하공간학회 논문집	함수권	2020.01.31
55	도심지 터널식 공동구 시공 중 대형건설재해 피해 저감을 위한 Activity Diagram 개발	한국방재학회지	한용식	2020.02.28
56	한계상태설계법 지반정수 산정을 위한 풍화대 강도특성 측정장치의 개발 및 현장적용에 관한 연구	터널과 지하공간	김기석	2020.04.30
57	쉴드 터널 세그먼트 라이닝의 내진설계를 위한 신뢰성해석	한국터널지하공간학회 논문집	박영빈	2020.05.31
58	신뢰성 기반 쉴드터널의 한계상태설계를 위한 지진하중 효과의 변동계수에 관한 연구	한국터널지하공간학회 논문집	박영빈	2020.05.31
59	매개변수 분석을 통한 단층파쇄대의 소단면 쉴드 TBM 터널 굴착 시 최적 보강영역 연구	한국터널지하공간학회 논문집	강병윤	2020.05.31
60	Development of a TBM advance rate model and its field application based on full-scale shield TBM tunnelling tests in 70MPa of artificial rock mass	KEPCO Journal	김정주	2020.06.30

3. 특허 출원

No.	특허명	출원번호	출원인	출원일자
1	굴착 시스템 및 이를 이용한 수직구 시공 방법	10-2016-0029744	한국과학기술원	2016.03.11
2	할암 장치	10-2016-0039012	(주)제영이엔씨	2016.03.31
3	공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 구조	10-2016-0041076	(주)세니츠코퍼레이션	2016.04.04
4	수직구 굴착시스템 및 이를 이용한 수직구 시공방법	10-2016-0089362	한국과학기술원	2016.07.14
5	구조물 크기 연산 장치	10-2016-0109414	한국전력공사	2016.08.26
6	흙막이 가시설 구조물	10-2016-0109186	한국전력공사	2016.08.26
7	공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 구조	10-2016-0113368	(주)세니츠코퍼레이션	2016.09.02
8	공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 구조	10-2016-0140849	(주)세니츠코퍼레이션	2016.10.27
9	수직구 외주면 굴착시스템	10-2016-0158498	한국과학기술원	2016.11.25
10	수직구 굴착방법	10-2016-0158499	한국과학기술원	2016.11.25
11	열 전도도 측정 장치	10-2016-0166720	한국과학기술원	2016.12.08
12	암반 굴착 시스템	10-2017-0011778	제영이엔씨	2017.01.25
13	셸드 TBM 터널용 매크로 합성섬유 보강 콘크리트 조성물 및 이에 의하여 제조된 셸드 TBM 터널용 콘크리트 세그먼트	10-2017-0027759	(주)콘텍이엔지	2017.03.03
14	경암용 커터헤드	10-2017-0011436	이엠코리아(주)	2017.03.13
15	공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 구조	10-2017-0042117	(주)세니츠코퍼레이션	2017.03.31
16	암반 굴착 장치	10-2017-0048234	(주)제영이엔씨	2017.04.14
17	셸드 TBM의 굴진속도 예측 장치 및 그 방법	10-2017-0049843	인하대학교	2017.04.18
18	소단면 TBM 선단부의 굴진 시험 장비	10-2017-0064127	한국과학기술원	2017.05.24
19	시추공을 이용한 풍화대 강도특성 측정장치	10-2017-0135315	(주)희송지오텍	2017.10.18
20	철타 기초 재원 예측 방법	10-2017-0069557	한국전력공사	2017.06.05
21	내부해체가 가능한 터널 굴착기 및 이를 이용한 터널 굴착기 해체 방법	10-2017-0093248	이엠코리아(주)	2017.07.24
22	셸드 TBM 터널용 하이브리드 세그먼트	10-2017-0144633	(주)콘텍이엔지	2017.11.01
23	수직구 굴착시스템	10-2017-0157317	한국과학기술원	2017.11.23
24	셸드TBM의 굴진속도 예측 장치 및 그 방법	10-2017-0159530	인하대학교	2017.11.27
25	워터젯을 이용한 여굴 굴착 장치 및 방법	10-2018-0001621	한국지질자원연구원	2018.01.05
26	지반 개량용 차수재, 이를 이용하는 지반 내 차수를 위한 개량 방법, 및 이를 테스트하기 위한 실험 장치	10-2018-0001644	한국과학기술원	2018.01.05
27	공동구용 터널-수직구 접속부 보강차수 구조	10-2018-0002775	(주)세니츠코퍼레이션	2018.01.09
28	암반 급속 굴착을 위한 일체형 구조를 갖는 굴착 장치	10-2018-0011313	(주)제영이엔씨	2018.01.30
29	콘크리트 수직구조물용 하향식 콘크리트벽체의 시공방법 및 상기 방법을 수행하는 시공장치	10-2018-0011401	(주)네오시티	2018.01.30
30	수직구 구조물의 수평터널 연결부 성형방법 및 장치)	10-2018-0011719	(주)네오시티	2018.01.31
31	암반 상태 평가를 위한 장치 및 방법, 컴퓨터 프로그램	10-2018-0062074	한국전력공사	2018.05.30
32	공동구용 수직구 접속부 보강 차수 구조	10-2018-0103411	(주)세니츠코퍼레이션	2018.08.31
33	급곡구간 터널 굴착 장치	10-2018-125946	호서대학교	2018.10.22
34	하향식 공법용 수직구 압입장치 및 이를 이용한 수직구 시공방법	10-2018-0135111	(주)네오시티	2018.11.06
35	이물질 차단 시일을 포함하는 터널보링머신	10-2018-0137702	이엠코리아(주)	2018.11.09

3. 특허 출원

No.	특허명	출원번호	출원인	출원일자
36	지반 구조물 윤활 및 강도 증진을 위한 생체다당류 활용기술	10-2018-0141629	한국과학기술원	2018.11.16
37	다양한 브라켓 연결수단을 갖는 수직구조물용 프리캐스트 콘크리트 세그먼트 블록	10-2018-0156250	(주)네오시티	2018.12.06
38	셸드 TBM 터널용 하이브리드 세그먼트	10-2019-0016145	(주)콘텍이엔지	2019.02.12
39	TBM용 프로브 드릴 어셈블리	10-2019-0076463	(주)동아지질	2019.06.26
40	암반 굴착 모니터링 시스템	10-2019-0084942	(주)제영이엔씨	2019.07.15
41	수직구 굴착방법	10-2019-0100521	한국과학기술원	2019.08.16
42	바이오폴리머-함유 하이드로겔을 포함하는 부마찰력 저감용 주입재	10-2019-0136704	한국과학기술원	2019.10.30

4. 특허 등록

No.	특허명	등록번호	등록권리자	등록일
1	셸드 TBM 터널용 매크로 합성섬유 보강 콘크리트 조성물 및 이에 의하여 제조된 셸드 TBM 터널용 콘크리트 세그먼트	10-1794960	(주)콘텍이엔지	2017.11.01
2	할암장치	10-1803452	(주)제영이엔씨	2017.11.24
3	경압용 커터헤드	30-0935782	이엠코리아(주)	2017.12.11
4	공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 구조	10-1820872	(주)세니츠코퍼레이션	2018.01.16
5	암반굴착장치	10-1858060	(주)제영이엔씨	2018.05.09
6	공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 구조	10-1859611	(주)세니츠코퍼레이션	2018.05.14
7	공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 구조	10-1859612	(주)세니츠코퍼레이션	2018.05.14
8	열 전도도 측정 장치	10-1881921	한국과학기술원	2018.07.19
9	시추공을 이용한 풍화대 강도특성 측정장치	10-1904187	(주)희송지오텍	2018.09.27
10	흙막이 가시설 구조물	10-1908371	한국전력공사	2018.10.10
11	철타 기초 제원 예측 방법	10-1928193	한국전력공사	2018.12.05
12	셸드 TBM의 순굴진속도 예측 장치 및 그 방법	10-1967978	인하대학교	2019.04.04
13	공동구용 터널-수직구 접속부 보강 차수 장치 및 그 시공방법	10-1968968	(주)세니츠코퍼레이션	2019.04.09
14	소단면 TBM 선단부의 굴진 시험 장비	10-1987866	한국과학기술원	2019.06.04
15	하향식 공법용 수직구 압입장치 및 이를 이용한 수직구 시공방법	10-2001526	(주)네오시티	2019.07.12
16	수직구 굴착시스템 및 이를 이용한 수직구 시공방법	10-2002526	한국과학기술원	2019.07.16
17	수직구 외주면 굴착시스템	10-2002525	한국과학기술원	2019.07.16
18	셸드 TBM의 실굴진속도 예측 장치 및 그 방법	10-2003612	인하대학교	2019.07.18
19	다양한 브라켓 연결수단을 갖는 수직구조물용 프리캐스트 콘크리트 세그먼트 블록	10-2026112	(주)네오시티	2019.09.23
20	지반 개량용 차수재, 이를 이용하는 지반 내 차수를 위한 개량 방법, 및 이를 테스트하기 위한 실험 장치	10-2040869	한국과학기술원	2019.10.30
21	수직구 굴착방법	10-2059051	한국과학기술원	2019.12.18
22	암반 급속굴착을 위한 일체형 구조를 갖는 굴착 장치	10-2067515	(주)제영이엔씨	2020.01.13
23	수직구 굴착 시스템	10-2079802	한국과학기술원	2020.02.14
24	셸드 TBM 터널용 하이브리드 세그먼트	10-2081959	(주)콘텍이엔지	2020.02.20
25	TBM용 프로브 드릴 어셈블리	10-2095678	(주)동아지질	2020.03.25
26	워터젯을 이용한 여굴 굴착 장치 및 방법	10-2101868	부산대학교	2020.04.10
27	수직구 구조물의 수평터널 연결부 성형장치	10-2102593	(주)네오시티	2020.04.14
28	공동구용 수직구 접속부 보강 차수 구조	10-2103978	(주)세니츠코퍼레이션	2020.04.17

5. 소프트웨어 등록

No.	소프트웨어명	등록번호	저작자명	등록일
1	GeoParDB	C-2016-033467	(주)희송지오택	2016.12.21
2	GCVCal	C-2018-001286	(주)희송지오택	2018.01.16
3	GCV using GeoParDB	C-2018-034641	(주)희송지오택	2018.11.26
4	쉴드 기계식굴착기기 순굴진율 예측 프로그램 ver.1	C-2018-019978	인하대학교	2018.08.07
5	쉴드 터널굴착기기 순굴진율 예측 프로그램	C-2019-040731	인하대학교	2019.12.16
6	복합지반용 TBM 커터헤드의 커터배열 및 굴진성능 예측 프로그램	C-2019-041681	서울대학교	2019.12.19
7	트렌칭커터의 커터배열 및 사양설계 프로그램	C-2019-041616	서울대학교	2019.12.19
8	수직구용 외주면 굴착장비 제어 프로그램	C-2020-001635	한국과학기술원	2020.01.07
9	공동구 공사비/공정 프로그램	C-2020-015926	한국건설기술연구원	2020.05.14
10	공동구 타당성 평가 프로그램	C-2020-015927	한국건설기술연구원	2020.05.14
11	공동구 경제성 평가 프로그램	C-2020-015928	한국건설기술연구원	2020.05.14

6. 시제품 제작

No.	시제품명	이용분야	설치장소	제작업체명	출시/제작일
1	중절(급곡)장치 유압설비	건설 및 굴착장비	실대형 검증 센터	이엠코리아(주)	2017.04.
2	EPB Shield TBM(R30m)급곡 장비	건설 및 굴착장비	실대형 검증 센터	이엠코리아(주)	2018.05.
3	소단면 TBM 굴진시험 장비	성능실험용	실대형 검증 센터	다올산업	2018
4	수직구 하향식 급속성형장치 목업	하향식 성형장치 시각화 및 목업용	네오시티 본사	(주)네오시티	2018
5	수직구 하향식 급속성형장치	수직구 하향식 공법 적용	네오시티 보은공장	(주)네오시티	2018
6	세그먼트	성능실험용	KC산업	KC산업	2019
7	외주면 굴착장비	연구개발 기술 성능검증 및 수정 보완	실대형 검증 센터	다성테크놀로지	2019
8	외주면 굴착장비 제어시스템	연구개발 기술 성능검증 및 수정 보완	실대형 검증 센터	코펜엔지니어링	2019
9	암반지반 급속굴착 장비	연구개발 기술 성능검증 및 수정 보완	제영이엔씨 연구소	(주)제영이엔씨	2019
10	수직구-수평터널 연결부 성형장치	수직구-수평터널 연결부	네오시티 보은공장	(주)네오시티	2019
11	신소재 커터링을 적용한 디스크커터	TBM 자재	(주)진성티이씨	(주)진성티이씨	2019.11.30
12	바이오폴리머 기반 친환경 차수재 시제품	수직구 차수 및 시공	한국과학기술원	한국과학기술원	2020
13	쉴드TBM용 Probe Drill	쉴드TBM	동아지질 이천공장	(주)동아지질	2020.04.01

7. 현장시험/적용

No.	적용명	적용현장	적용기관	적용일자
1	TBM 굴진율 산정기법 적용	서서울-산본 전력구 공사 현장	한국전력공사	2016.12
2	전기공급시설 전력구 공사	○○-○○지역 (시공업체: 두산건설(주))	한국전력공사, 인하대학교, (주)이엠코리아, (주)진성티씨	2018.05
3	High Pressure Slurry Shield TBM φ3,540mm(C.D φ3620mm) 장비 공급	광양-여수 지역 전기 공급 시설 전력구 건설 공사(2공구)	이엠코리아(주)	2018.10
4	TBM 굴진율 산정기법 시범적용	광양CC-신여수 전력구 공사 현장	한국전력공사	2019.03
5	풍화대 강도특성 측정장치 현장검증	강원 양양 편마암 분포지역	(주)희송지오텍	2019.10
6	셴드 TBM용 Probe Drill 성능시험	동아지질 이천공장	(주)동아지질	2020.04
7	수직구 외주면 급속 굴착장치 성능시험	KAIST 공동구 성능 검증 센터	한국과학기술원	2020.04
8	접속부 보강/추수 장치 현장 시험	충북 보은 네오시티 보은공장	(주)세니츠코퍼레이션	2020.04
9	저소음/무진동 암반지반 급속굴착 장치 성능시험	경기도 광주시 송정지구 도시개발사업 주조조성공사 부지	(주)제영이앤씨	2020.05
10	하향식 라이닝 급속 성형장치 성능 시험	경기도 안성시 양성면 창고 접속부	(주)네오시티	2020.05

8. 정책 제언

No.	정책명	관련기관 (담당부서)	정책내용	시행일시
1	서울특별시 지하시설물 통합안전관리 대책	서울특별시 안전총괄실 (안전총괄과)	지하시설물 효율적 관리를 위한 공동구 확대 검토	2019.08.12
2	공동구 활성화 종합연구	국토교통부 (도시활력지원과)	공동구를 활성화를 위한 타당성 평가시스템 관련 부분 반영	2019.12.28
3	공동구 활성화 정책	국토교통부 (도시활력지원과)	국토교통부에서 공동구 활성화를 위한 목적으로 발주한 '공동구 활성화를 위한 종합연구' 연구성과에, 본 연구를 통해 도출한 공동구 계획, 설계, 시공단계 안전관리 업무를 '공동구 설치 및 관리지침(안)'에 반영	2020.05.20

9. 기술이전 및 기술실시계약

No.	기술 명칭	계약 형태	기관명	계약대상자	계약일자
1	전기비저항 측정을 통한 지하매설물 탐지 방법	기술이전	한국전력공사	(주)에이치비씨	2017.07.12
2	터널식 공동구 한계상태설계 기준	기술실시계약	한국건설기술연구원	한국건설기술연구원	2018.02.28
3	도심지 소단면 터널식 공동구 건설단계별 안전위험 요인을 고려한 안전관리기술	기술실시계약	한국시설안전공단	한국시설안전공단	2018.02.28
4	도심지 소단면 터널식 공동구 시공 중 대형 재해 대응 방법론	기술실시계약	인천대학교	인천대학교	2018.02.28
5	TBM 굴진율 예측 모델	기술실시계약	인하대학교	인하대학교	2018.02.28
6	급곡선 굴착 모형 시뮬레이션 장비	기술실시계약	호서대학교	호서대학교	2018.02.27
7	급곡구간 지수재 선정 가이드라인	기술실시계약	건국대학교	건국대학교	2018.02.27
8	특수지반분류기법 및 특수지반 쉴드 TBM 효율적 통과 기법	기술실시계약	서울대학교	서울대학교	2018.02.27
9	소단면 TBM 선단부의 굴진 시험 장비	기술실시계약	한국과학기술원	한국과학기술원	2018.02.27
10	공동구용 수직구 저소음/무진동 급속굴착(1m/day 이상) 시공기술 및 장비 개발	기술실시계약	한국과학기술원	한국과학기술원	2018.02.27
11	바이오폴리머 기반 친환경 차수재 및 차수재 주입방법	기술실시계약	한국과학기술원	한국과학기술원	2018.02.27
12	소단면 TBM 선단부의 굴진 시험 장비	기술이전	한국과학기술원	(주)다올산업	2018.03.08
13	전기비저항 특성을 통한 지하매설물 탐지 방법	기술이전	한국전력공사	엠포르스	2018.12.26
14	세그먼트에 설치하는 지수재 일면 설치기술	기술이전	건국대학교	(주)더드림이앤씨	2019.11.19
15	쉴드 TBM 터널용 매크로 합성섬유 보강 콘크리트 조성물 및 이에 의하여 제조된 쉴드 TBM 터널용 콘크리트 세그먼트	기술이전	(주)콘텍이엔지	(주)KC산업	2020.03.18
16	쉴드 TBM 터널용 사이브리드 세그먼트	기술이전	(주)콘텍이엔지	(주)KC산업	2020.03.18
17	시추공을 이용한 풍화대 강도특성 측정장치 (자동 공내전단시험 시스템 및 제어방법)	기술이전	(주)희송지오택	(주)세임코리아	2020.04.07
18	공동구용 수직구 접속부 보강/차수 장치 설계	기술실시계약	(주)세니츠코퍼레이션	(주)세니츠코퍼레이션	2020.04.27
19	수직구용 외주면 굴착장비 제어 프로그램	기술이전	한국과학기술원	(주)네오시티	2020.04.28
20	수직구 외주면 굴착시스템, 수직구 굴착 시스템	기술이전	한국과학기술원	(주)네오시티	2020.04.28
21	저소음/무진동 암반지반 급속굴착 장비 설계	기술실시계약	(주)제영이엔씨	(주)제영이엔씨	2020.05.20
22	공동구용 수직구 하향식 라이닝 현장타설 급속(1m/day) 시공기술 및 장비	기술실시계약	(주)네오시티	(주)네오시티	2020.06.08
23	도심지 유형별 공동구 설치 타당성 평가 시스템	기술이전	(주)한국종합기술	천마엔지니어링 건축사사무소	2020.05.29
24	공동구 경제성 분석 알고리즘	기술이전	유니콘스(주)	아이엠디	2020.05.29

매뉴얼 목록

No.	매뉴얼 제목	매뉴얼 코드	기관명
1	터널식 공동구 단면 설계 매뉴얼	CUT-1-01	(주)대정컨설턴트
2	터널식 공동구 라이닝의 한계상태설계법에 의한 설계매뉴얼	CUT-1-02	한국건설기술연구원
3	한계상태설계법을 적용한 세그먼트라이닝 설계매뉴얼(안)	CUT-1-03	(주)평화엔지니어링
4	터널식 공동구의 한계상태 설계를 위한 지반정수 평가 매뉴얼 (라이닝 세그먼트 LRFD 설계용)	CUT-1-04	(주)희송지오택
5	터널식 공동구 안전관리 매뉴얼	CUT-1-05	한국시설안전공단
6	도심지 소단면 터널식 공동구 시공 중 대형건설재해 대응 매뉴얼	CUT-1-06	인천대학교
7	공동구(직경3.5m급)급곡(R30m)시공을 위한 급곡장치 개발 매뉴얼	CUT-2-01	이엠코리아(주)
8	급곡구간용 FRP Plate 세그먼트 조립·시공 매뉴얼	CUT-2-02	서울대학교
9	급곡구간 암반 여굴 생성을 위한 워터젯 시스템 설계 매뉴얼	CUT-2-03	부산대학교
10	공동구 쉴드 TBM 특수지반 급속시공매뉴얼	CUT-2-04	서울대학교
11	특수지반 최적보강 설계매뉴얼	CUT-2-05	(주)수성엔지니어링
12	특수지반 쉴드TBM 최적운용조건 및 장비선정 가이드라인	CUT-2-06	(주)동아지질
13	소단면 TBM 선단부 굴진시험장비 시험 매뉴얼	CUT-2-07	한국과학기술원
14	수직구 외주면 선행 굴착장비 구동 매뉴얼	CUT-3-01	한국과학기술원
15	저소음/무진동 암반지반 급속굴착 시공기술 및 장비 매뉴얼	CUT-3-02	(주)제영이엔씨
16	수직구 PC 슬래브 매뉴얼	CUT-3-03	(주)네오시티
17	하향식 중공형 PC 세그먼트 라이닝 매뉴얼	CUT-3-04	(주)네오시티
18	공동구용 수직구 접속부 보강/차수 장치 제작 및 시공 매뉴얼	CUT-3-05	(주)세니츠코퍼레이션

주의사항

1. 본 책자는 공동구 연구단이 편집 발간한 것입니다.
2. 본 책자의 내용을 대외적으로 게재, 인용할 때에는 반드시 연구단과 사전협의를 하여야 하며, 무단복제를 절대 금합니다.

공동구 연구단 연구성과 자료집

| 발행일 | 2020년 6월
| 발행인 | 단장 조 계 춘
| 발행처 | 공동구 연구단
(34141) 대전광역시 유성구 대학로 291 카이스트 W1-2 응용공학동 1204호
Tel. 042-350-5662 / 042-350-7201 Fax. 042-350-7200



공동구 연구단

도심지 소단면($\phi 3.5\text{m}$ 급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발

(34141) 대전광역시 유성구 대학로 291 카이스트 W1-2 응용공학동 1204호

Tel. 042-350-5662 / 042-350-7201 Fax. 042-350-7200