

PSTM (가압지보 터널공법)

Pressurizing Support Tunneling Method

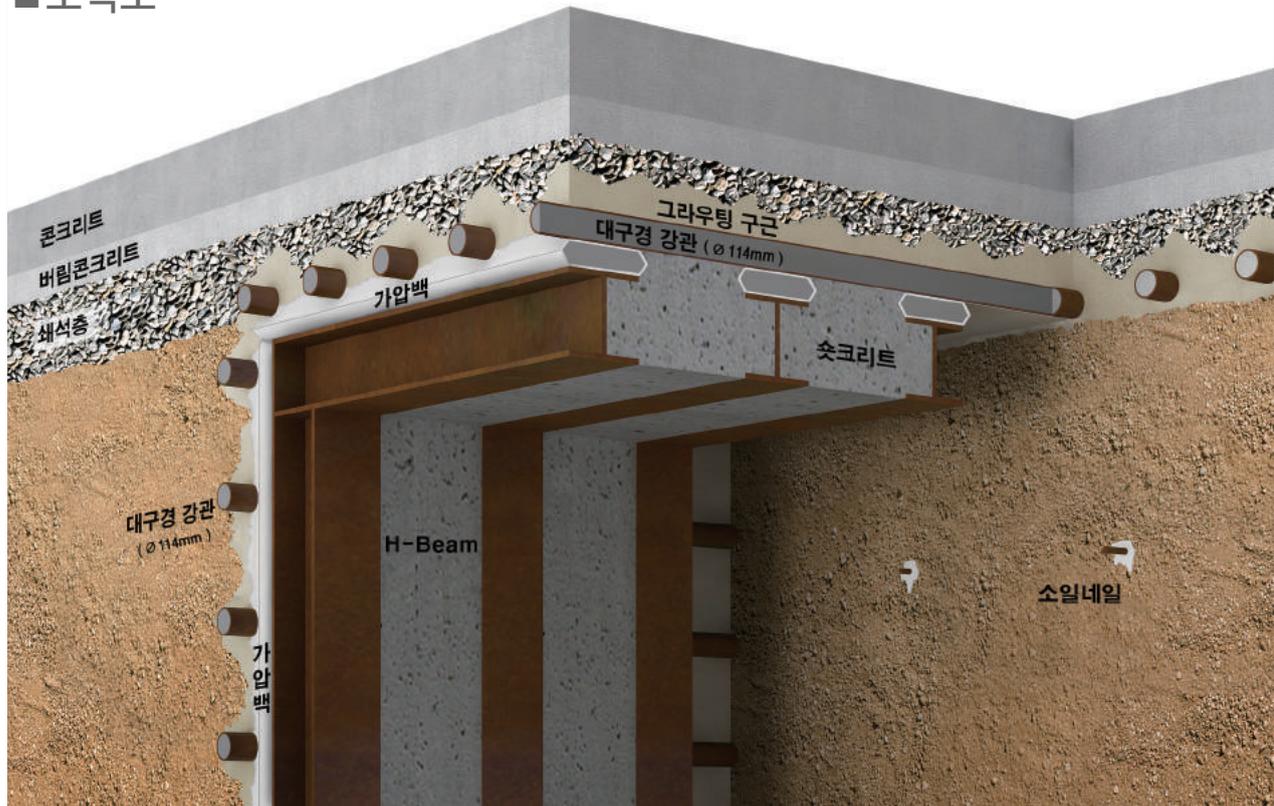
PSTM
PRESSURIZING SUPPORT TUNNELING METHOD



공법 개요

PSTM (Pressurizing Support Tunneling Method, 가압지보 터널공법)은 강관다단 그라우팅, 고강도 슛크리트, H-Beam과 가압지보 시스템을 주 지보재로 사용하는 주동적인 구조로서 대구경 파이프 루프를 사용하는 기존 비개착공법과는 달리 슬림한 구조물로도 지반침하를 효과적으로 방지할 수 있고 공기단축이 가능한 경제적인 공법입니다. 또한 터널의 사용목적 및 설치 지반의 조건에 따라 박스형, 마제형 등 다양한 형태로 단면의 변화가 가능합니다.

■ 모식도



가압지보 시스템

H-beam으로 제작한 강지보재 설치후 강지보재의 외부 플랜지면과 굴착면 사이에 자루형태의 가압백(토목섬유)을 삽입한 후 시멘트 밀크를 가압백에 주입하여 지반에 압력을 가함으로써 굴착시 발생한 지반변위를 원상태로 복원시킬 수 있습니다.

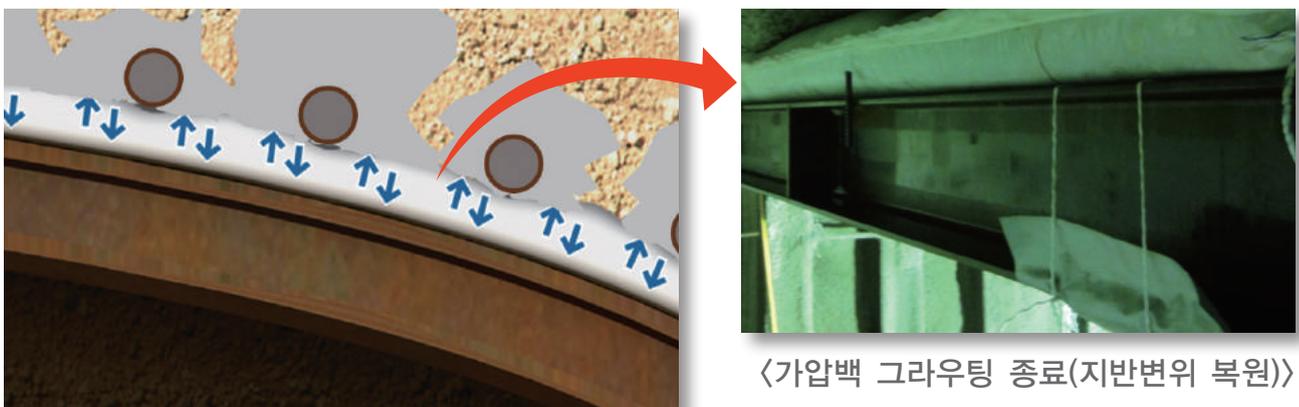
■ 가압백 삽입



■ 가압백 그라우팅(가압백 팽창)

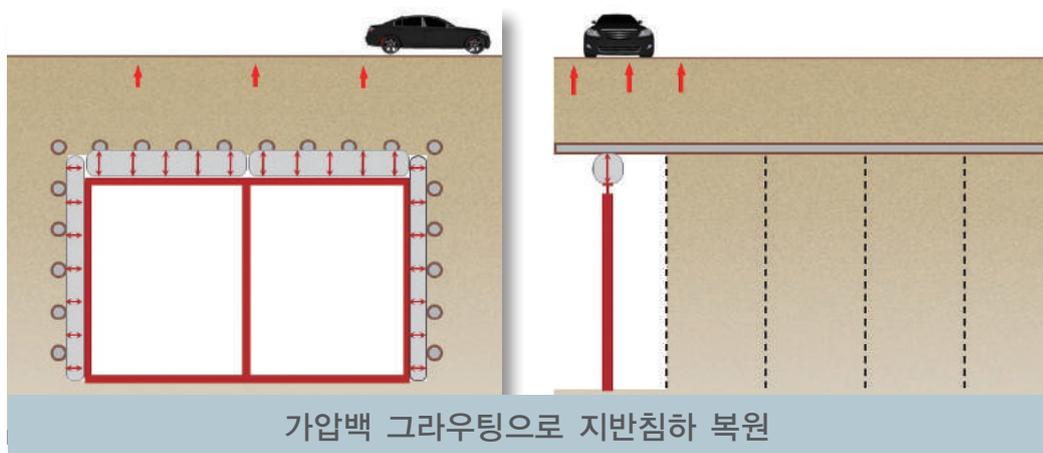
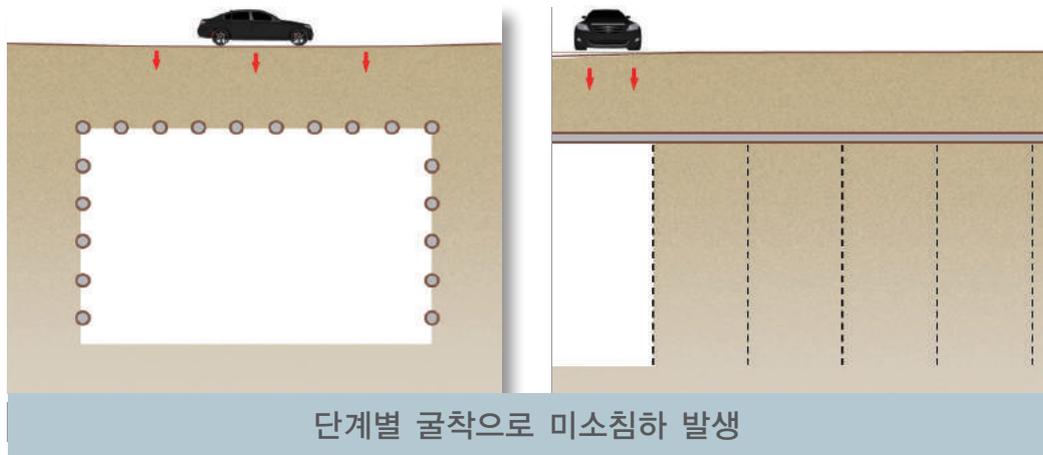
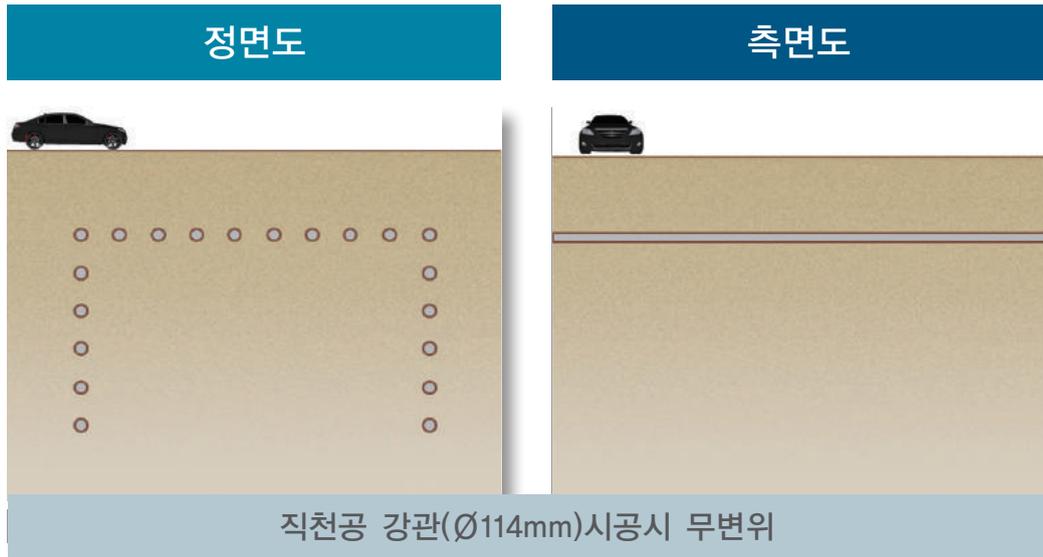


■ 가압백 그라우팅 종료(지반변위 복원)



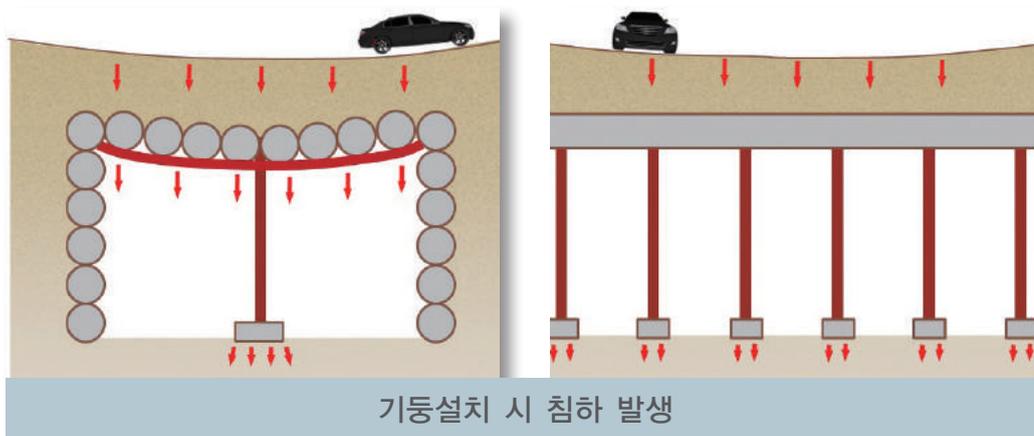
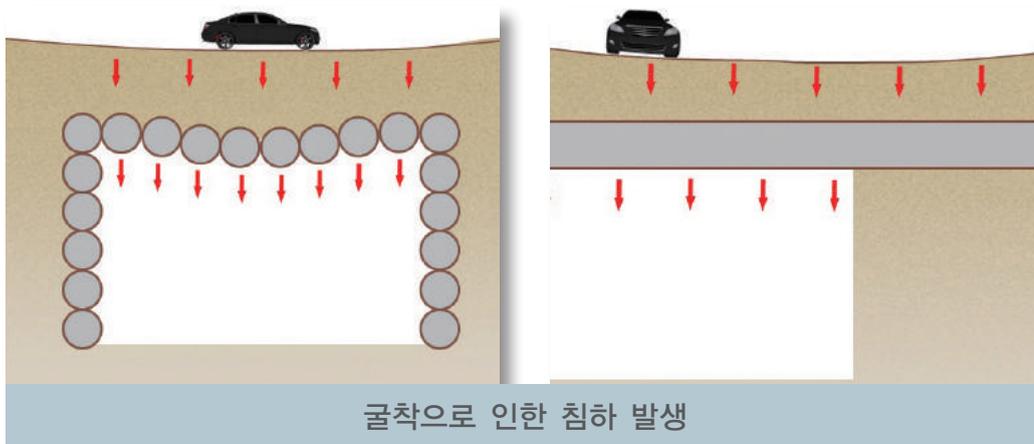
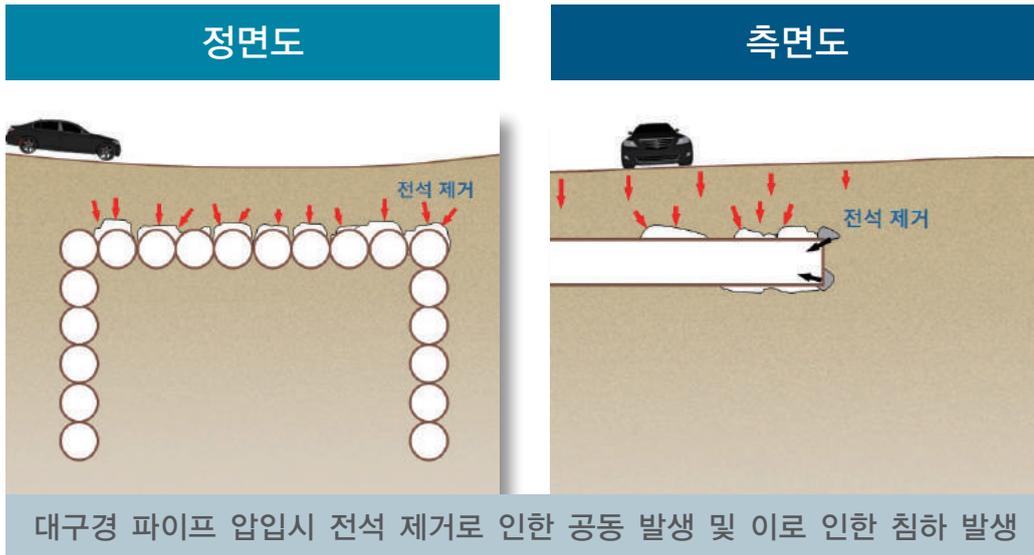
PSTM의 지반침하 억제 원리

PSTM의 지반침하 억제 원리



기존 대구경 파이프 압입 공법의 지반침하 요인

시공 단계별 지반침하 요인

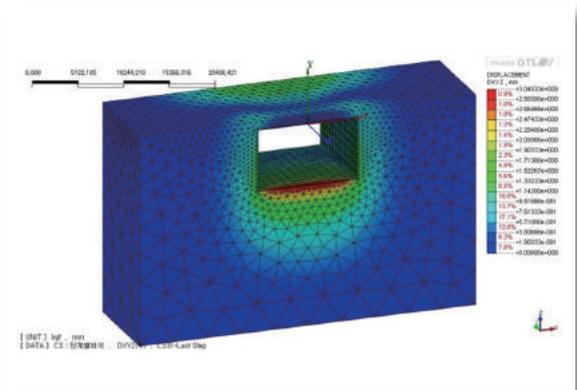
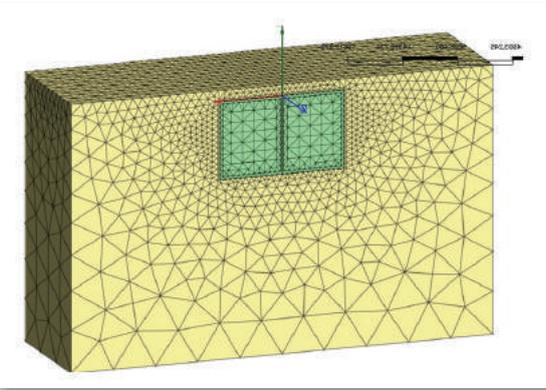
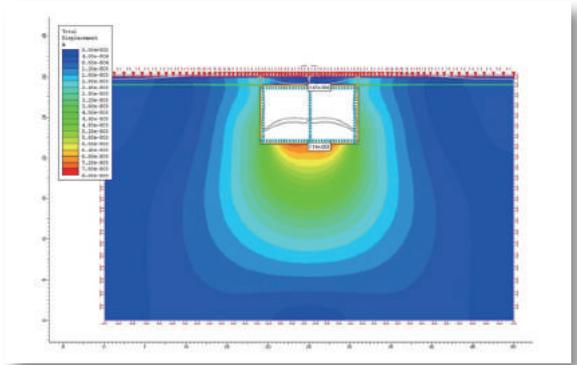
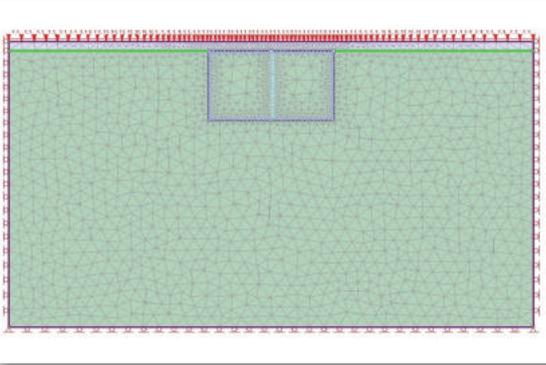


PSTM 검증

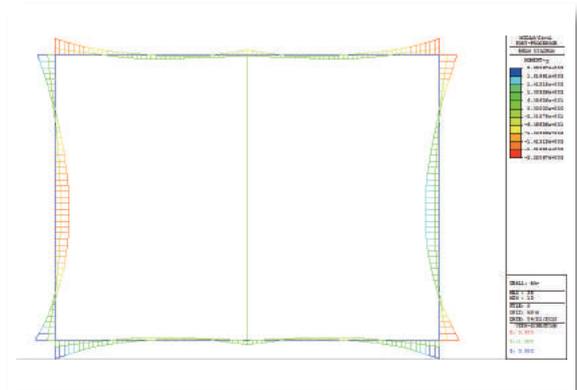
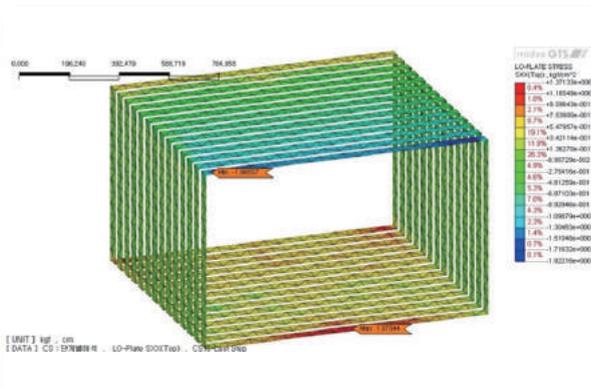
수치해석

2D, 3D 유한요소해석

가압지보로 인한 변위억제효과 및 부재력 안정성 검증



가설지보(강지보) 및 접합부 구조 검토



모형시험

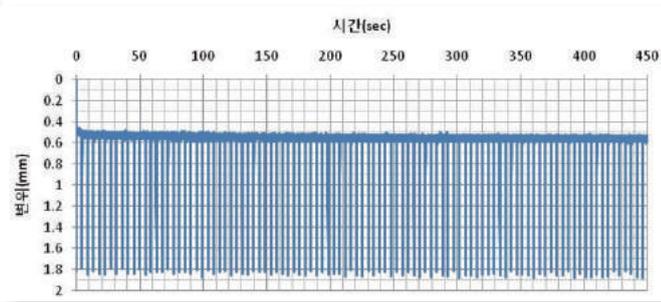
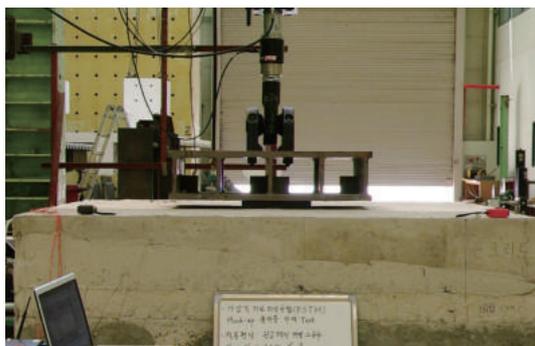
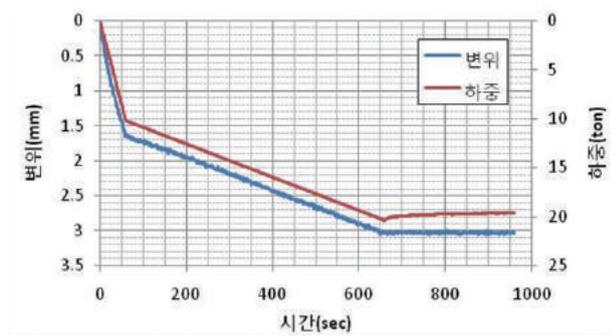
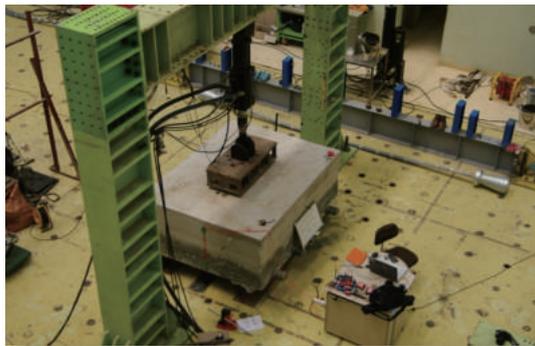
가압백 그라우팅 시험

| 가압백 그라우팅 시스템 검증, 그라우팅 중 압력유지 및 종료 후 상향 변위 확인



윤하중 재하시험

| 현장의 포장 및 지반상태를 그대로 모사한 시험체에 정하중 및 동하중(교통하중) 재하시험을 실시하여 PSTM 안정성 검증



공법의 장점

공정의 단순화 및 작업의 용이성

대구경 파이프 압입을 위한 추진 반력벽 설치 및 별도의 굴진장비가 필요없으므로
공사기간 단축 및 공사비 절감 효과가 큼니다.

PSTM(가압지보 터널공법)



- 일반 터널굴착공법과 유사한 굴착방식
- 범용 터널장비 사용

기존공법

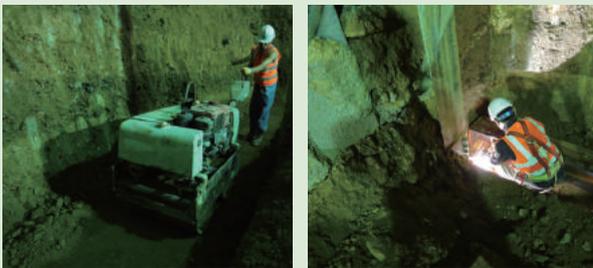


- 대구경 파이프 압입을 위한 부대시설 과다필요
- 이에 따른 간섭발생 등 공정 복잡

인력작업환경의 개선

대구경 파이프 내부에서 인력굴착, 철근 조립 및 용접작업을 수행해야하는 기존
비개착 터널공법과는 달리 일반 터널공사와 같이 넓은 작업공간에서의 작업으로
작업환경이 매우 양호하여 작업자의 안전사고를 미연에 방지할 수 있습니다.

PSTM(가압지보 터널공법)



- 넓은 공간에서의 작업환경 양호
- 안전사고 위험성 낮음

기존공법



- 대구경 파이프내에서의 인력작업으로 작업환경 열악
- 감전, 질식, 붕괴사고 위험 높음

시공 관련 시스템

정밀 그라우팅 시스템

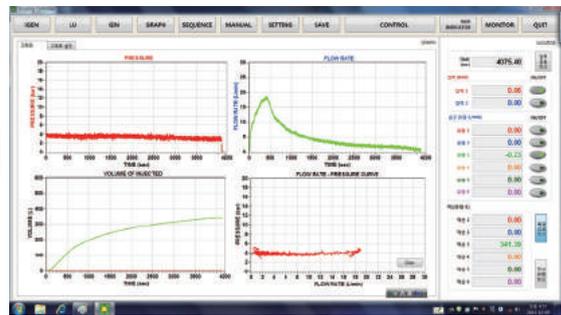
동시에 다수의 주입공에 정압/정량으로 자동그라우팅을 수행할 수 있는 인텔리전트 그라우팅 시스템을 개발·적용함으로써 가압백 그라우팅 시 상부지반의 침하 및 용기를 방지할 수 있습니다.



대용량 고압펌프
(138L/min X 2ea, 83bar)



컨트롤 및
다중주입시스템



실시간 모니터링 및
제어 프로그램

급결제 자동분사 시스템 탑재 고품질 슛크리트 타설 머신

콘크리트 유량연동 광물계 급결제 자동분사 시스템을 슛크리트 머신에 탑재하여 고강도 슛크리트의 품질을 확보함으로써 터널의 안정성을 증대시키는 동시에 슛크리트 리바운드량 및 급결제 분사량을 획기적으로 절감할 수 있습니다.



단계별 시공 순서



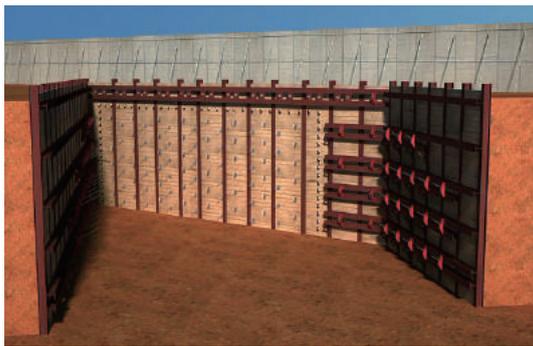
1단계



2단계



3단계



1

갱구부 가시설 및 직천공 강관 설치

- 갱구부 가시설 설치
- 굴착 외주면 직천공 강관 설치



2

단계별 굴착

- 굴착면 가시설 벽체 제거
- 단계별 굴착



3

강지보 설치

- 바닥, 수직, 상부 강지보 (H-Beam) 설치

PS
시공



4단계



5단계



6단계

4 | 가압백 그라우팅

- 상부 및 측벽 가압백 설치
- 가압백 정압 그라우팅



5 | 고강도 스티크리트 타설

- 강지보 사이 스티크리트 타설
- 굴착면 스티크리트 타설



6 | 구조물 축조

- 방수 작업
- 철근 배근 및 콘크리트 타설
- 중앙 가설지보 제거



TM
순서

시공 사례

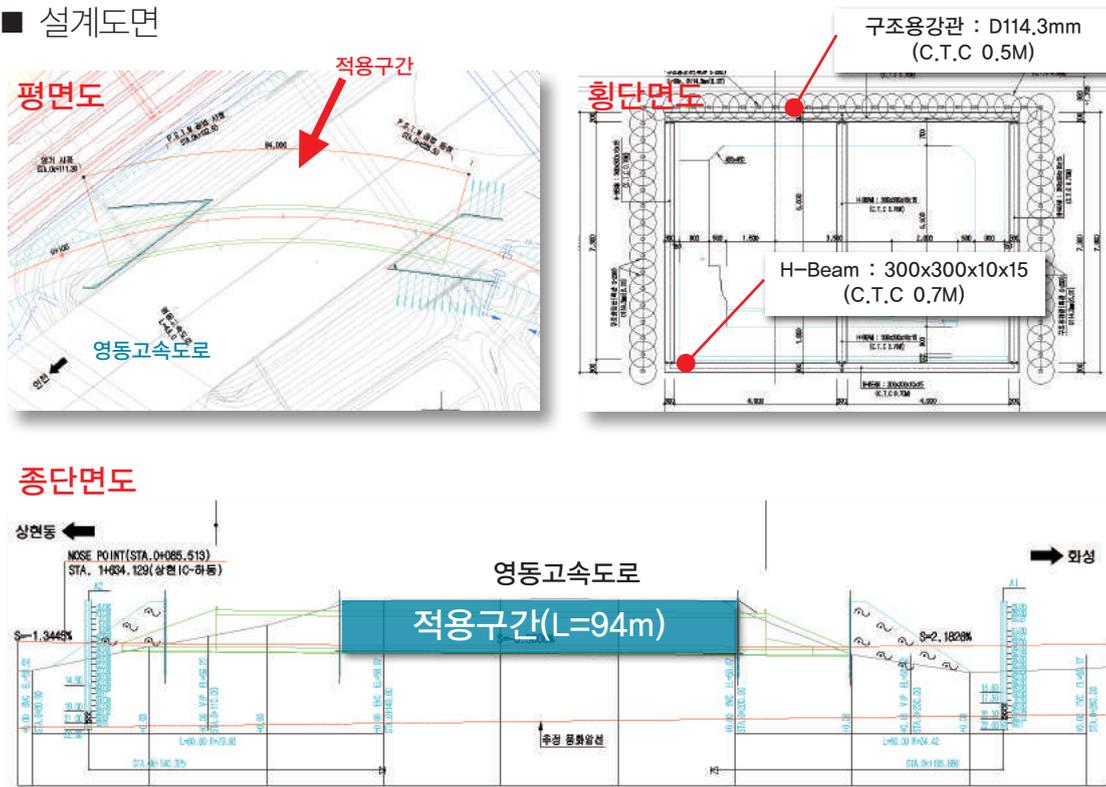
광교택지개발2공구

- 위치 : 경기도 수원시 광교택지 부지조성공사 영동고속도로 하부통과구간
- 기존 비개착 공법으로는 시공이 불가능한 Ramp-B에는 PSTM 적용



단면 제원(m)	연장(m)	총 공사기간
10.7m(B) X 7.9m(H)	94m	2010.08 ~ 2012.04 (순공사 기간 13.5개월)

■ 설계도면



현장 조건

광교택지개발2공구



곡선부 시공

영동고속도로 하부 연장 94m의 곡선형 Ramp로서 대구경 파이프를 압입해야하는 기존 비개착 공법으로는 시공 불가



초 저토피(80cm)구간 시공

왕복8차선(1일 교통량 60만대) 영동고속도로의 80cm~160cm 하부 굴착



굴착면 수로박스 존재

종점부 굴착면에 약 3.0mX2.5m 크기의 대형 수로박스 존재



굴착면 상부 각종 지장물 존재

시점부 굴착면 상부(고속도로 노건부)에 가로등 전력케이블, 콘크리트 암거 등 각종 지장물 존재

시공 전경

광교택지개발2공구



추진부 가시설 및 직천공 강관다단



굴착면 보강 Soil-nailing



단계별 굴착



굴착면 슛크리트 타설



바닥 및 수직 강지보 설치



상부 강지보 설치



가압백 설치 및 그라우팅



강지보 사이 슛크리트 타설



관통 전경



관통 전경



방수 작업



콘크리트 라이닝 설치

시공 결과

상부지반 침하 및 융기 비교

PSTM(가압지보 터널공법)






→ 지반침하 없음

→ 포장슬래브 융기 없음

기존공법



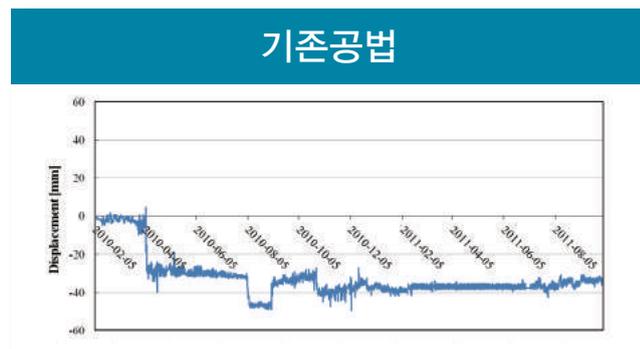
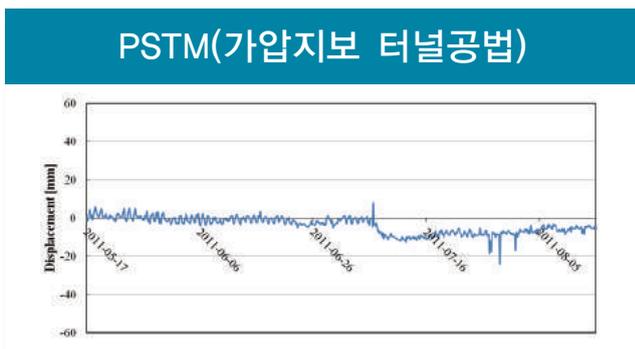



→ 단차발생(10cm)
전체 침하량(25cm)

→ 포장슬래브 융기(12cm)

지반 변위 계측결과 비교

기존 공법에 비해 지반침하 억제효과가 월등히 우수합니다.



수상실적 및 학술발표논문

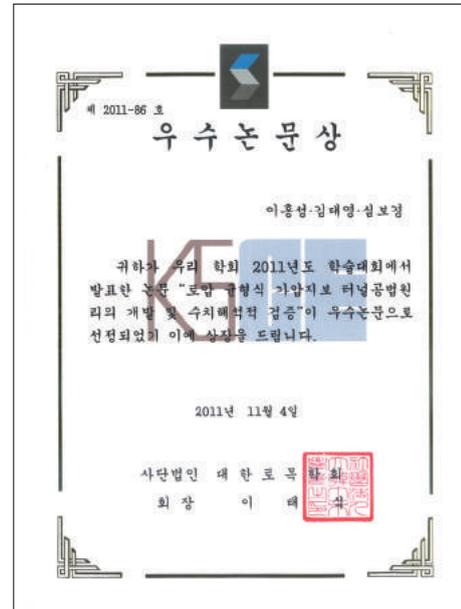
수상실적



현대건설 혁신대상 최우수상
(2011.10)



현대자동차그룹
변화와 혁신대상
최우수상
(2011.11)

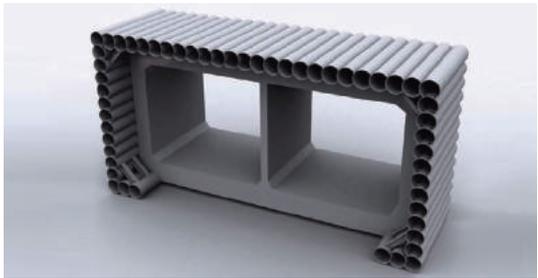


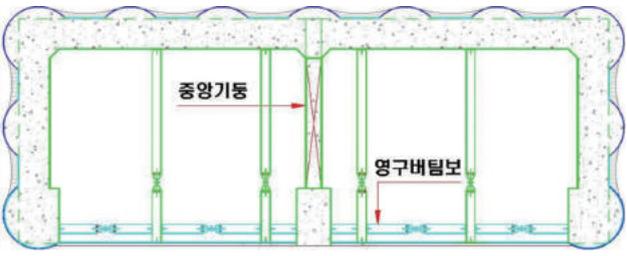
대한토목학회 가을학술발표회
우수논문상
(2011.11)

학술발표논문

- 토압 균형식 가압지보 터널공법원리의 개발 및 수치해석적 검증 (2011, 대한토목학회 학술발표회)
- 가압식 지보를 이용한 비개착 터널공법 개발 및 현장적용 (2012, 한국지반공학회 학술발표회)
- 가압 지보를 이용한 구조물 하부 통과공법 개발 및 현장적용 사례 (2012, 한국터널지하공간학회 학술발표회)
- 기존 구조물 하부 통과를 위한 가압 지보 터널공법 개발 및 시공사례 (2012, 한국철도학회 학술발표회)
- Development of earth pressure balanced tunnelling method and its field application (2012, International Tunnelling and Underground Space Association World Tunnel Congress)

비개착 공법 비교표

공 법		PSTM (가압지보 터널공법)	기존공법 1
공법개요		강지보재(H-Beam)의 외부 플랜지면과 굴착면 사이에 자루형태의 가압백(토목섬유)을 삽입한 후 시멘트 밀크를 가압 그라우팅하여 지반에 압력을 가함으로써 굴착시 발생한 지반 변위를 원상태로 회복시키는 공법	대구경 파이프다발체를 연결고리인 레일에 의해서 맞물려 압입하고 연결부위를 용접으로 보강한 후 철근다발체를 설치하고 콘크리트를 타설하여 일체화된 파이프다발 구조체를 형성하는 공법
개요도			
특징	시공성	<ol style="list-style-type: none"> 1. 강관 압입을 위한 추진 반력벽 설치가 필요 없어 시공속도가 빠름 2. 일반 터널굴착공법과 유사한 굴착 및 보강 작업으로 공정 단순 3. 곡선부, 초저토피 및 장거리구간 시공 가능 4. 터널 선형확보에 용이 5. 풍화토~연암 시공 가능 6. 넓은 공간에서의 작업환경 양호 	
	안정성	<ol style="list-style-type: none"> 1. 직천공강관 설치시 지반침하 없음 2. 가압지보 시스템으로 단계별 굴착시 발생한 미소 지반침하 회복가능(변위제어 탁월) 	
완성사진			
적용예		광교택지개발지구 영동고속도로 하부 Ramp-B	서울외곽선 1.88km 지점 횡단구조물 공사 외
공사비		1.00	1.05
공사기간		1.00	1.30

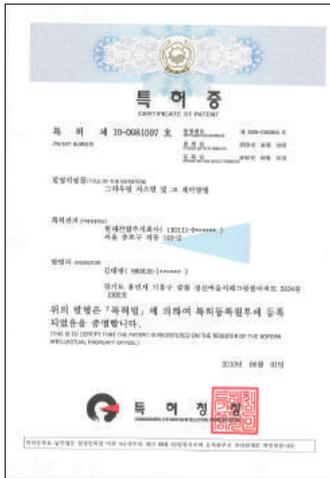
기존공법 2	기존공법 3
<p>대구경 파이프내 토압 지지대를 설치하고 강관 상하 또는 좌우를 절개한 다음 절개된 강관외측을 철판으로 용접하여 방수를 시킨 후 철근 및 H-Beam를 설치하고 콘크리트를 타설하여 지중내에 터널 구조체를 형성하는 공법</p>	<p>날개강판을 부착시킨 소형강관을 사용하여 지중에 루프를 형성하고 파이프의 횡방향 연결부를 철근으로 보강한 후 몰탈을 타설하여 일체화된 라멘구조체를 형성하는 공법</p>
	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 대구경 파이프 압입을 위한 추진 반력벽 및 굴진장비 등 부대시설이 과다하게 필요함 (시공속도 느림) 2. 파이프 추진시설 설치, 굴착 및 보강작업의 구분으로 공정 복잡 3. 곡선부 시공 취약 및 초저토피, 장거리구간 시공 불가 4. 대구경 파이프 압입시 전석, 풍화암 및 연암 조우시 선형확보 어려움 5. 풍화암 이상 지반에서 대구경 파이프 압입 및 선형관리에 어려움 6. 파이프 내부에서의 인력굴착, 철근조립 및 용접작업으로 작업환경 열악 (감전, 질식, 붕괴사고 위험 높음) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 대구경(∅800~2000mm) 파이프 압입 및 파이프 내부 토사제거시 토사 유실에 따른 침하 발생 2. 기 발생한 지반침하 회복 불가능
	
경부고속도로 종단 수로터널 공사 외	고당 - 수산간 도로 확포장공사 외
1.15	1.10
1.50	1.50

특허등록현황

국내특허등록



제 10 - 1041264 호



제 10 - 0981007 호



제 10 - 0880351 호



제 10 - 1041262 호

해외특허출원

APPLICATION DATA SHEET

(1) Applicant Information
Inventor name: KIM, Do Young
Residence: Gyeonggi-do, Republic of Korea
Mailing Address: 2104-1202, Songnamnam Seohui Grandbou Apt., Jang-dong, Gihwang-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 446-754, Republic of Korea
Citizenship: Korea
Correspondence Information: *30448*
Consequence Address: *30448*

(2) Correspondence Information
Title: TUNNEL REINFORCEMENT STRUCTURE AND TUNNEL CONSTRUCTION METHOD CAPABLE OF CONTROLLING GROUND DISPLACEMENT USING PRESSURIZATION

(3) Application Information
Total No. of Drawing Sheet: 10
Suggested Figure for Publication: 1
Doclet Number: 9965-20
Type of Application: Utility

(4) Representative Information
Representative Information: *30448*
Mark D. Pevler, Registration No. 40,764
Aesman Scientific
P.O. Box 2188
West Palm Beach, FL 33402-3188
Telephone: (361) 633-5000

(5) Domestic Priority Information
N/A

(6) Foreign Priority Information
Foreign priority: Korean Patent Application No. 10-2010-0106286, filed October 28, 2010
Korean Patent Application No. 10-2010-0106289, filed October 28, 2010

(7) Assignee Information
Assignee Name: Hyundai Engineering & Construction Co., Ltd.
Assignee Address: 140-2, Gye-dong, Chungso-Ku, Seoul 110-793, Republic of Korea

미국
(Application No:13271907)

IPC Class
H01M 2/14

In Reply Please Quote Our Reference:
Your Ref: 1 ASM/ILL/2011/USPC/1
Our Ref: 2 201074440/1/1001/AM/010/10
Date: 1 201072011
WIPO's Draft Date: 3 4150249

REPOK & DAVIDSON LLP
P.O. Box 480
2200 BAYVIEW AVE
SUITE 4000 TORONTO
ON M2W 2E1 CANADA
Tel: 416-461-4000
Fax: 416-461-4001
www.repok.com

Singapore Patent Application No: 201074440
Title of invention: TUNNEL REINFORCEMENT STRUCTURE AND TUNNEL CONSTRUCTION METHOD CAPABLE OF CONTROLLING GROUND DISPLACEMENT USING PRESSURIZATION
APPLICANT: HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION CO., LTD. (908)
ALLOCATION OF DATE OF FILING

Thank you for the documents that you have submitted in relation to your application for the grant of a patent which was received on 15/10/2011.

We are pleased to inform you that the application has been accepted in filing (Ref: 421) 01/11.

The application number allocated to the application includes, at its end, a check digit. The full application number, including the check digit, should be cited in all correspondence concerning proceedings in respect of the application up to the grant of the patent. When the application is published, under section 17(1) of the Patents Act (Cap. 22), it will be assigned a secondary serial number. This number should be used only when seeking to identify papers after grant and on make enquiries concerning status in the register.

If you have any further queries, please contact us.

Yours faithfully,
Tariq Mohamed Chaudhry
INVENTOR/APPRAISER
PATENT LEGAL PROPERTY OFFICE OF INNOVATIONS,
SINGAPORE

싱가폴
(Application No:2011074440)

PATENT COOPERATION TREATY
PCT/KR2011/008599

To: ERM Korea Inc.
2F, Skirwan Bldg, #40-45, Yeoksam-Dong, Gangnam-Gu Seoul 151-880 (Seoul) of Korea

INTERNATIONAL APPLICATION NO: PCT/KR2011/008599
INTERNATIONAL FILING DATE: 11 NOVEMBER 2011 (11.11.2011)

Applicant's request for the entrance (WA-01)
INTERNATIONAL PRIORITY: PCT/KR2011/008599 (11 NOVEMBER 2011) (11.11.2011)

Applicant: HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION CO., LTD. et al

Title of the invention: TUNNEL REINFORCEMENT STRUCTURE AND TUNNEL CONSTRUCTION METHOD CAPABLE OF CONTROLLING GROUND DISPLACEMENT USING PRESSURIZATION

1. The applicant hereby certifies that the international application has been accepted for international publication and the international filing date indicated above.

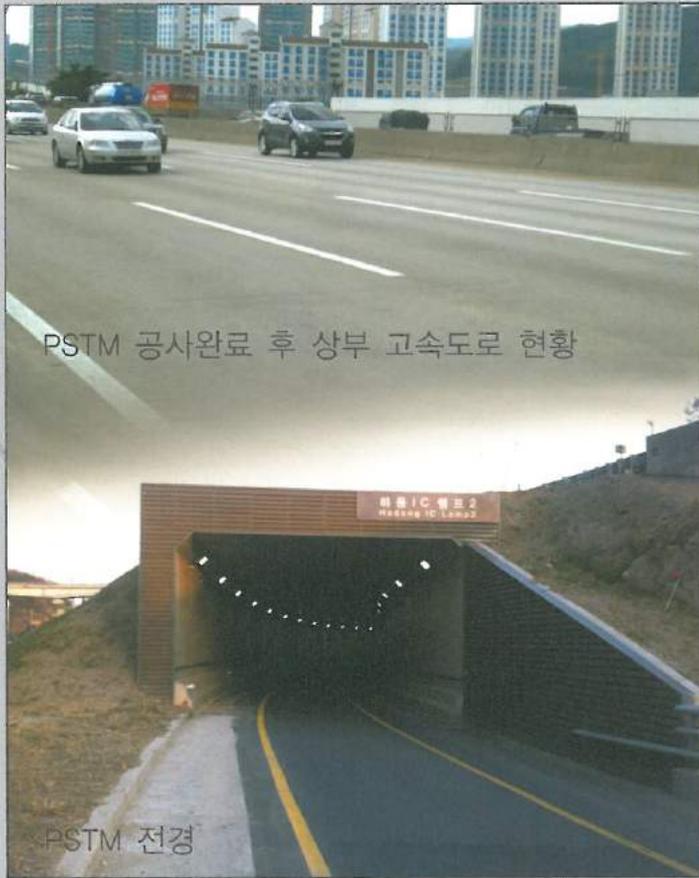
2. The applicant is further notified that the second stage of the international application:

- has been transmitted to the International Bureau on...
- has not yet been transmitted to the International Bureau, for the reasons indicated below and a copy of this notification has been sent to the International Bureau.
- because the necessary national priority claimant has not yet been identified.
- because of a procedural defect.

3. The International Bureau, whether the transmittal of the second copy by the receiving Office and will notify the applicant (with Form PCT/IB/101) if it occurs. Should the second copy not have been received by the expiration of 18 months) from the priority date, the International Bureau will notify the applicant (with Form PCT/IB/101) if it occurs.

Name and mailing address of the receiving Office: Intellectual Property Office, Government Complex (Palace), 110 Chongnyongri, Gangnam District, Seoul 151-701, Republic of Korea
Telephone No. 82-42-472-2118
Fax: PCT/IB/101 (July 2009)

유럽
(Application No:PCT/
KR2001/008599)



PSTM 공사완료 후 상부 고속도로 현황

PSTM 전경



지오텍엔지니어링(주)
GEO TECH ENGINEERING CO., LTD

경기도 안양시 동안구 호계동 555-9 대우디오밸리 414호
TEL : (031)479-6610 FAX : (031)479-6611
<http://www.geotech.co.kr>



경기도 용인시 기흥구 마북동 102-4 현대건설 연구개발본부
TEL : (031)280-7261 FAX : (031)280-7678