



Week 15

Tunnel (2)

457.308 Construction Methods and Equipment

Department of Civil and Environmental Engineering
Seoul National University

Prof. Seokho Chi

shchi@snu.ac.kr

건설환경공학부 35동 304호

강구부 및 터널 중간 계곡부의
개착부분, 터널과 터널 사이의
길이가 짧을 경우에 터널로
연장시키고자 할 때

Open Cut Tunnel (개착터널)

- Excavation → Tunnel Construction → Refilling



Open Cut through Precast Concrete Assembly

Foundation + Prefabrication (반아치형 세그먼트) simultaneous construction
→ Fast

Good quality, light, durable → less cracking, good watertightness and
efficient maintenance

Thin thickness of the segment → economical, easy transportation and
construction



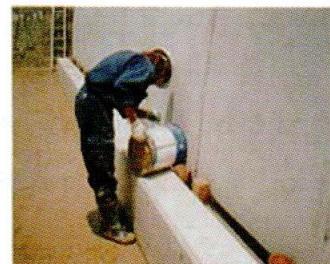
(a) PC부재의 현장 운반



(b) 기초부 시공



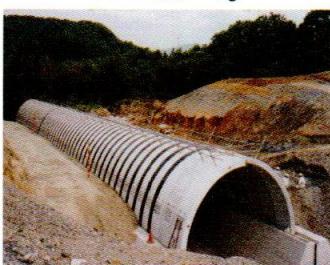
(c) 아치형 세그먼트 조립



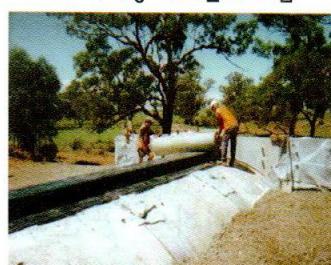
(d) 하단기초 모르타르 채움



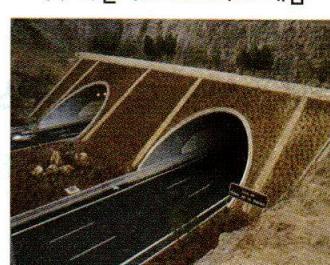
(e) 연결부 방수처리



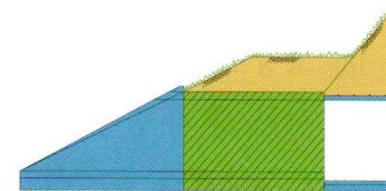
(f) 뒤채움 다짐



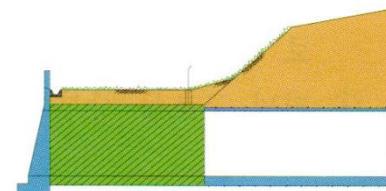
(g) Crown beam 거치/ 방수처리



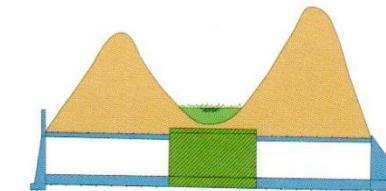
(h) 조립식 터널 시공 완료



돌출형 간문의 개착터널



면벽형 간문의 개착터널

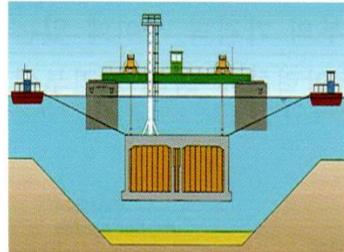


계곡 통과 시 개착터널

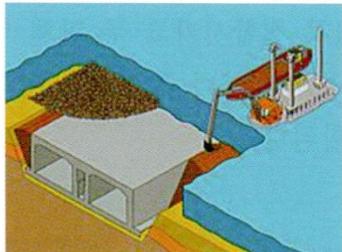
Immersed Tunnel (침매터널)



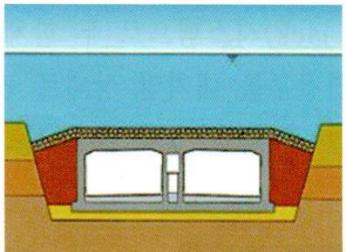
Immersed Tunnel



(a) 트랜치 굴착+침매함체 침설+접합



(b) 침매함체의 되메우기

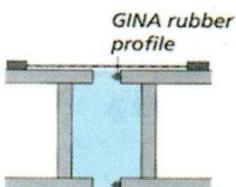
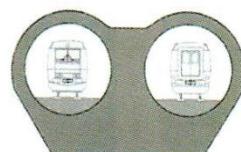
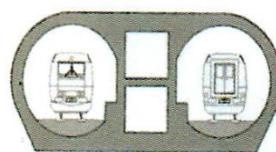
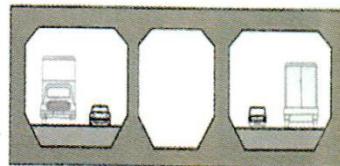
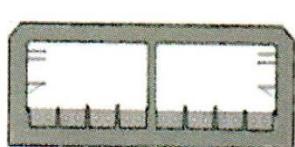


(c) 침매함체의 보호공

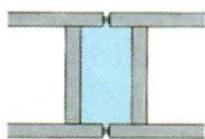
Transport prefabricated immersed tunnel segments and sink them by filling waters into the ballast tank in the segments

"Joint" is the most important part to determine life and performance of the tunnel, allow very limited movement

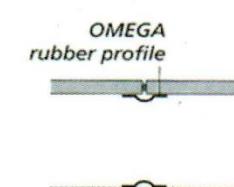
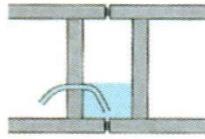
Rectangle: better space use, thicker cross section due to larger bending moment



(a) 함체의 1차접합

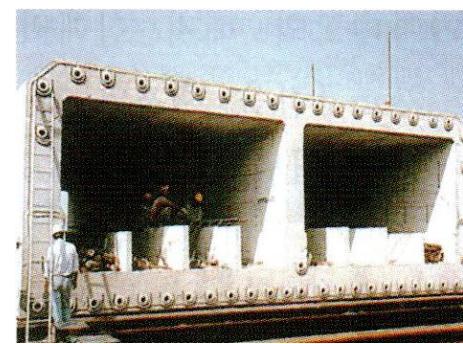


(b) 함체연결부의 배수



(c) 고무 침설조인트 접합

Immersion Joint: 침설 조인트는 침설된 선행함체와 연결되는 부분의 접합을 위한 조인트로서 고무재질로 제작되어 침매함체의 양단에 설치. 풀링잭 시스템으로 두 함체를 1차 접합시키고 두 함체 연결부의 가격벽 사이에 있는 물을 배제시켜서 연결부를 대기압 상태로 만들면 연결부와 침설함체 양단의 압력차에 의해 연결부에 기 설치된 고무 친설 조인트가 2차 수압으로 접합



Segment Joint: connect segments with rubber waterstops

Immersed Tunnel



(a) 침매함체의 제작



(b) Trench 굴착



(c) 침매함체의 진수



(d) 침매함체의 인양 및 이동



(e) 침매함체의 침설 거치



(f) 침매함체 주변의 되메우기

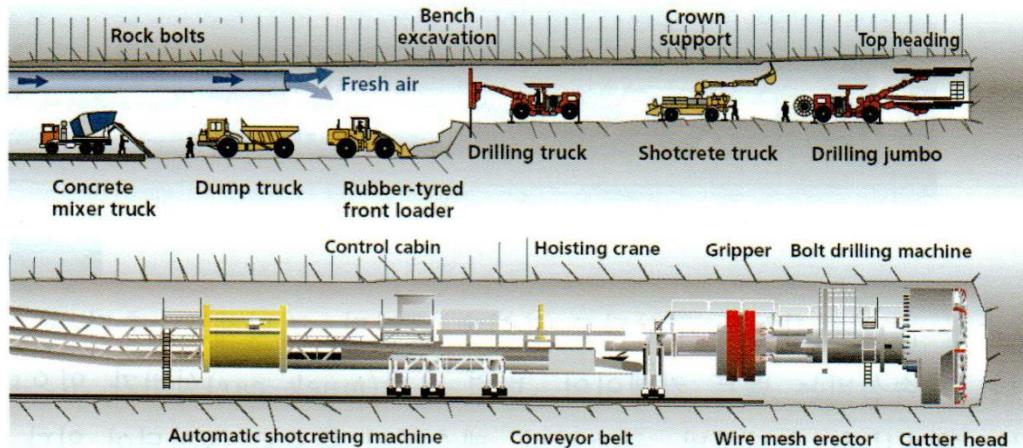
Gravel bed → Sink tunnel → Locking fill to prevent movement → Backfill and rock protection → Internal finish

*DCM/SCP 등
기초보강 중요*



*거가대교: Busan-Gerjae Do 8.2km,
48m depth Immersed tunnel*

TBM (Tunnel Boring Machine)

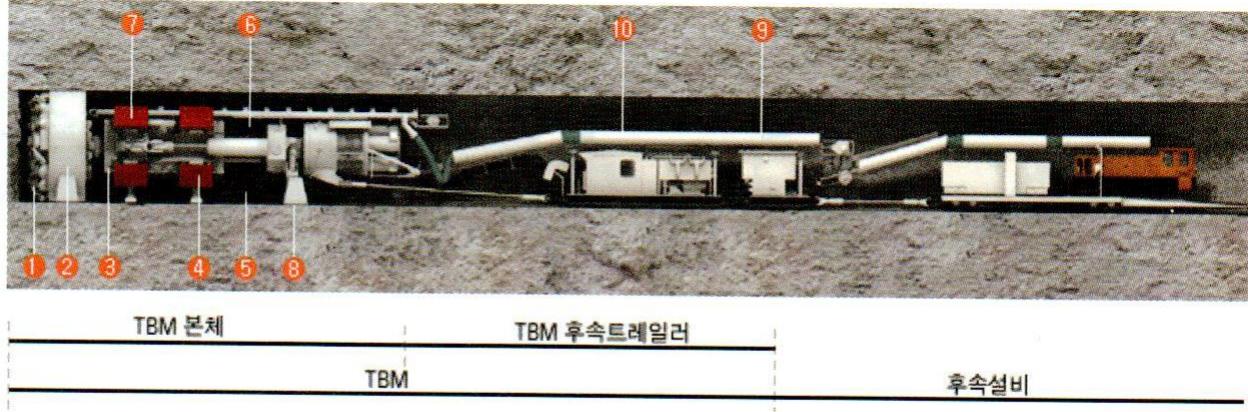


Manual → Big Tunneling Machinery

Better safety, Reduce blasting pollution, Less public complaint



Open TBM



- ① Cutter Head
- ② Cutter Head Jacket
- ③ Inner Kelly
- ④ Outer Kelly
- ⑤ Advance Cylinder
- ⑥ Cutter Head Drive
- ⑦ Clamping Pad
- ⑧ Rear Support
- ⑨ Belt Conveyor
- ⑩ Dust Collector

Cutter Head: 커터의 압축력과 회전력에 의해 암석을 압쇄시켜 굴착하고 버력을 설치된 벨트 컨베이어에 적재하여 후방으로 배출시키며 내부Kelly의 작동으로 전진

Cutter Head Jacket: 커터헤드를 둘러싸고 있어서 터널 벽면으로부터 떨어지는 낙반을 방지하며 클램핑 및 리셋팅시에 본체 전방 지지대의 역할과 굴진 중에 커터헤드를 지지하여 본체의 진동을 감소

Inner Kelly: 유압작동으로 커터헤드를 회전/전진시킴(커터헤드 드라이브)

Outer Kelly: 내부Kelly를 감싸며 굴착 운행시 본체를 지지하는 클램핑 패드장치가 있어 터널 벽면에 압착 지지하여 TBM 이 전진하면서 굴착

Trailer: 유압시스템, 버력처리시설로 구성

Open TBM

Cutting style
Rotating button cutter, weathered ground

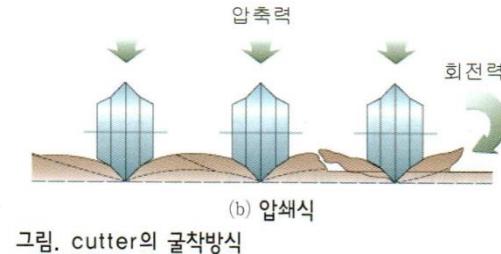
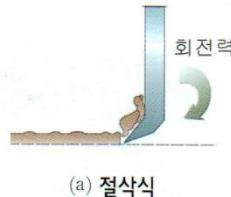
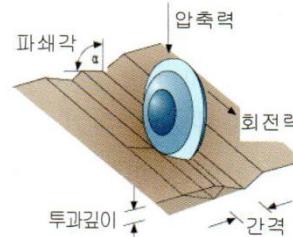


그림. cutter의 굴착방식



Crushing style
Rotating disk cutter,
harder ground than
cutting style

①		1. 클렘핑 패드를 터널 벽면에 압착 2. 기계지지대를 위로 오므림 3. 커터헤드가 작동 시작
②		1. 1-stroke 굴진 완료 2. 내부 켈리의 전진상태
③		1. 기계지지대를 지상으로 내림 2. 클렘핑 패드를 터널벽면에서 풀음
④		1. 외부 켈리를 1-stroke 전진 2. 기계지지대로 터널의 굴진방향을 조정

Open TBM



Manufacturing Site

Width = Main TBM width + crane operation width

Length = Main TBM length + trailer length



Pilot Tunnel (발진터널)

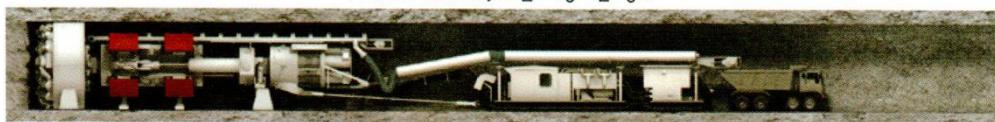
For the first placement not using clamping pad, excavate or blast access having 30cm extra width



(a) Locomotive + 광차(muck car)를 사용하는 경우



(b) Belt conveyor를 사용하는 경우



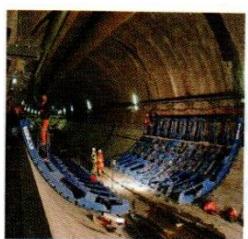
(c) 덤프트럭과 hopper를 사용하는 경우

Loss time 이 적어 효율적, 연속적
버력처리 가능
고가 초기투자비, 디젤기관차
환기용량 증가

연속적 버력처리 가능, 가장 효율적
고가 초기투자비, 벨트의 재사용 곤란, 인원 및 자재
수송에 별도 시설이 필요

초기투자비 저렴

환시설비 용량 증가, 연속적인 버력처리가 불가능,
인원대피 및 덤프트럭 운행을 위한 시설이 필요



Concrete Lining

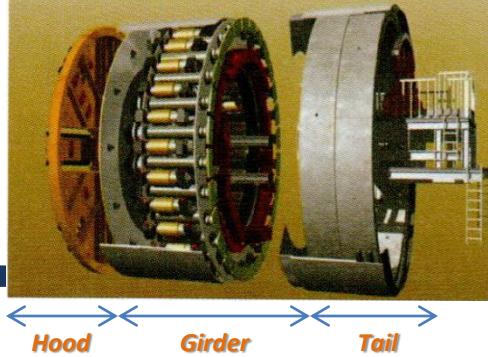
Needle beam form: 9-12m, 유압잭에
의해서 이동

Telescopic full round form: 30-36m,
작업대차를 사용하여 이동 및 조립

Shield TBM

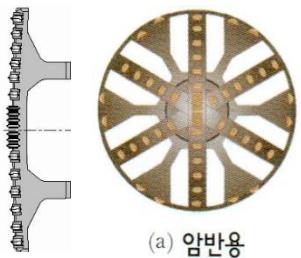


Shield TBM



- **Hood**

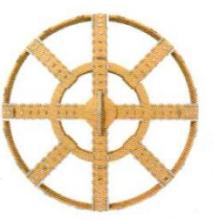
Cutter Head



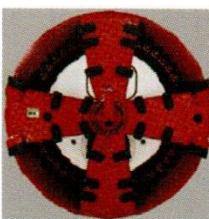
(a) 암반용



(b) 경암용



(c) 풍화암용



(d) 토사용

Full Face Cutting Type (Flat Dome)

Better compaction of tunnel face

Spoke Type (Flat)

Less torque, Easy mucking

- **Girder**

- 외부 토압 지지, 후드와 테일을 연결, 본체는 테일부 세그먼트의 반력으로부터 거더부 잭의 추진력을 받아서 추진

- **Tail**

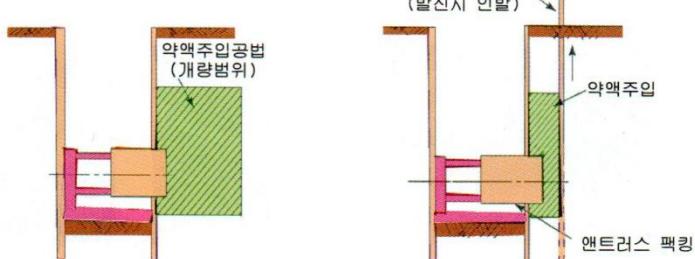
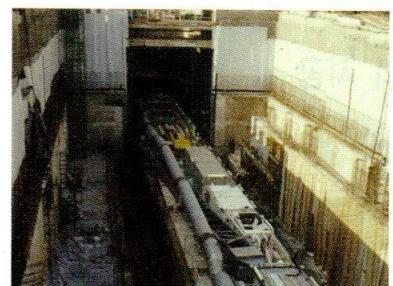
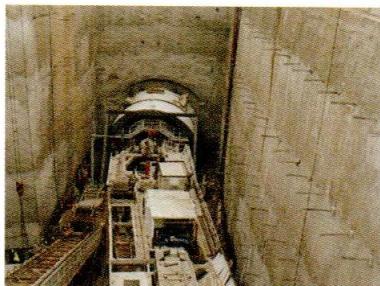
- **스킨 플레이트:** 쉴드 본체는 굴착, 추진장치를 보호하기 위하여 외곽에 작용하는 토압에 견디도록 스키 플레이트로 둘러싸고 링 거더 등으로 보강
- **테일 씰:** 스키 플레이트 내측과 세그먼트 외측의 사이로 뒤채움재, 지하수, 이토사 등이 유입되지 않도록 고무 등의 재료로 설치
- **중절장치:** 급곡선 시공에서는 2단, 3단의 중절장치를 사용하여 곡선부 여굴량을 적게 하고 중절에 의해서 구부리기 쉽도록 함

Shield TBM

Take off (발진)

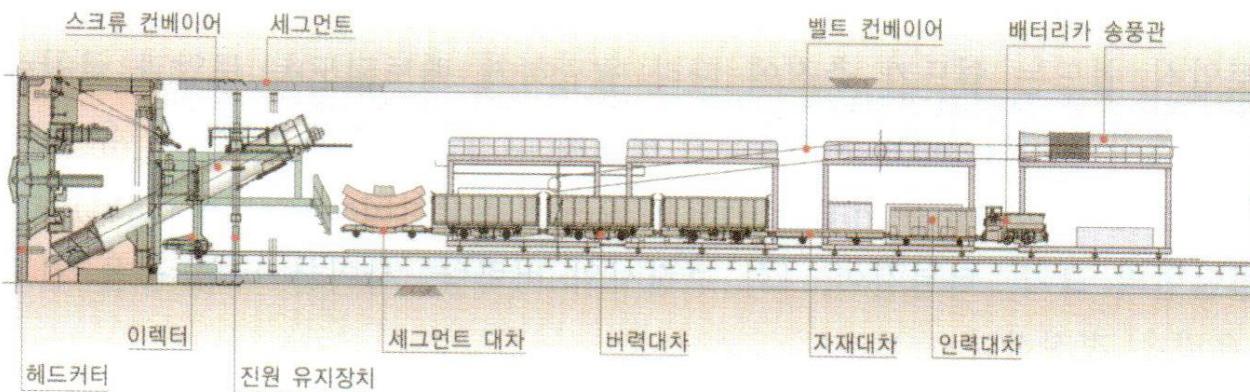
Reaction system to push enough and protect adjacent environment and structures

Entrance packing to prevent injection of underground water and soils

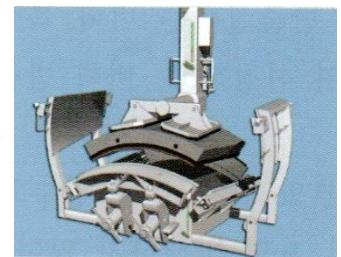


Stabilization of ground for taking off

Segment Placement

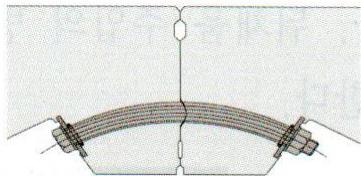


Erector



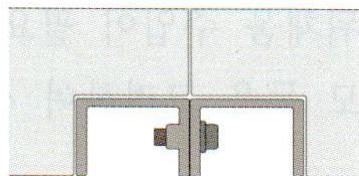
Shield TBM

- Segment Placement



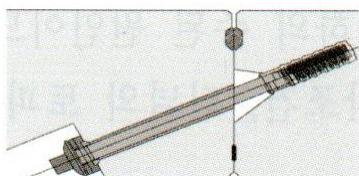
Curved Bolt

Structurally effective



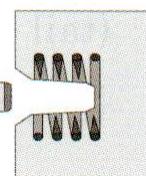
Bolt Box

Corrosion/Loose, Big possible leakage



Sloped Bolt

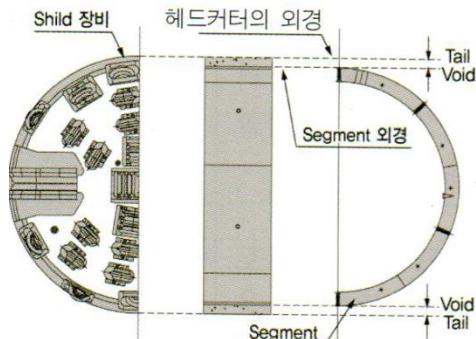
Not fully connected,
Weak to twisting,
Possible leakage



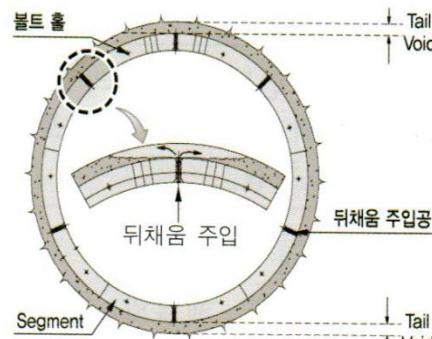
Connection Bar

No corrosion,
Possible leakage with time,
Impossible to take apart

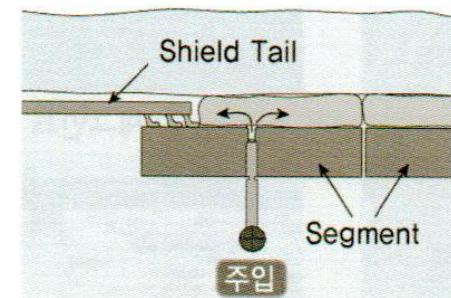
Backfilling(뒤채움 주입): 세그먼트와 굴착한 지반 사이에서 필연적으로 발생하는 공극을 채움



(a) tail void



(b) 뒤채움 주입



Shield TBM



① 발진작업구



② 쉴드 조립



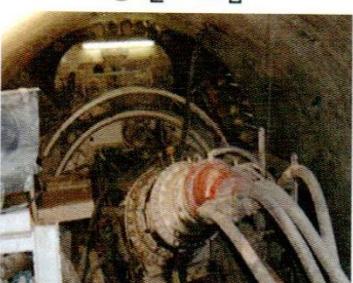
③ 후방시설 조립



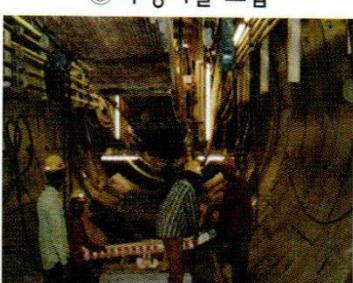
④ 반력대 설치



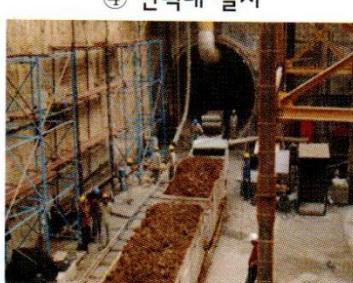
⑤ 엔트란스 팩킹 설치



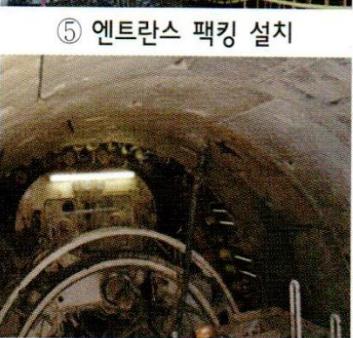
⑥ 쉴드 굴진



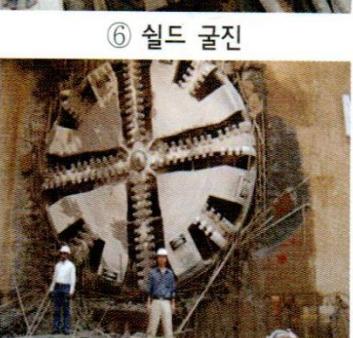
⑦ 세그먼트 조립



⑧ 버력처리



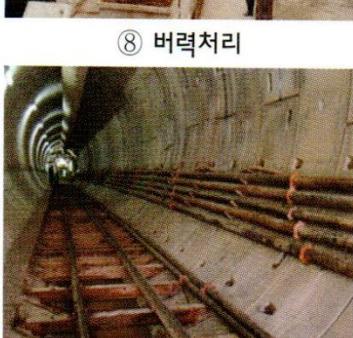
⑨ 뒤판음 주입



⑩ 쉴드 도달



⑪ 쉴드기 반출



⑫ 완성단면

Shield TBM

