

2026 국토기술대전 | TBM 기술 자립 및 활성화 포럼

국내 TBM 산업 진단

Diagnosis of the Domestic TBM Industry

발제 1 박진수

공학박사 | 고려대학교 연구교수 | 한국터널지하공간학회 기술전담이사

2026. 6. 26.

발표의 관점과 구성

- 본 발제는 「진단(Diagnosis)」입니다 — 업계 25년·학계·KTA의 시선으로 국내 TBM 산업의 증상과 원인, 예후를 짚고, 처방의 방향을 제시합니다.

1

Part 1 시장은 열렸다

수요 측 현황 — 세계가 주목하는 TBM, 그러나 한국 적용률 1%

2

Part 2 그런데 못 만든다

공급 측 진단 — 제작 이력의 천장과 100% 외산 구조

3

Part 3 무엇이 문제인가

예후 — 국부유출·기술종속의 심화와 골든타임

4

Part 4 제언의 방향

국산TBM의 재제작 및 차후 국산화(→ 발제2에서 제시)

십수 년 전의 진단은 현실이 되었다

- 과거의 문제 제기과 전망이 실제 현장과 기술 변화로 이어 졌다는 점은 이번 산업 진단의 출발점입니다.

2008

중국 TBM 산업 분석
외국기술 의존 탈피·협력
기반 자립·재활용 필요
제언



2011

한국 기계화시공 전망
국내 적용률·발주 필요성·
커터 교체센서·장대터널
전망



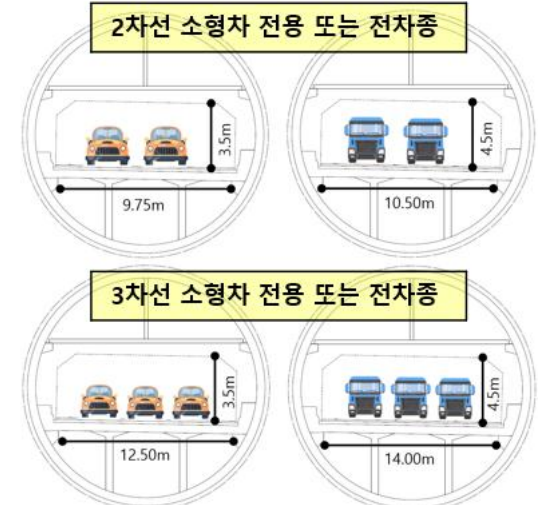
2014~2025

전망의 현실화
원주~강릉·별내선
GTX-A·김포~파주
대구경 교통터널



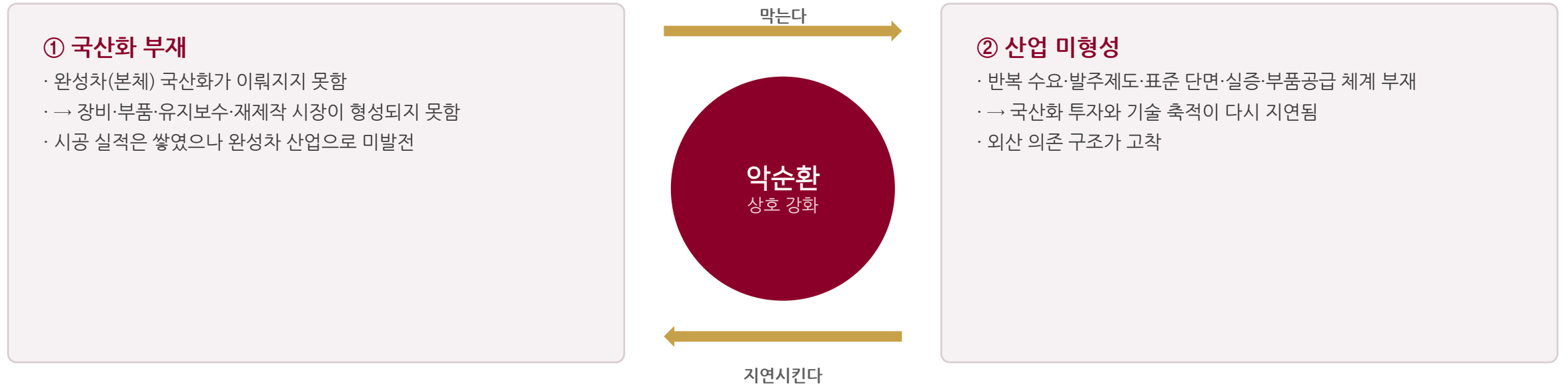
2026

현재의 진단
수요 증가와 외산
의존이 동시에
확대되는 구조



발표의 중심 — 국산화와 산업화의 악순환

- 국내 TBM 문제의 본질은 「국산화 부재」와 「산업 미형성」이 서로를 강화해 온 악순환입니다.



핵심은 이 악순환의 고리를 끊는 것 — 사용 TBM의 유지보수·재제작을 출발점으로 완성차 통합 역량을 확보


PART 1

시장은 열렸다

수요 측 현황 — 세계가 주목하는 TBM, 그러나 한국 적용률 1%


세계는 안전성과 고속시공의 TBM에 주목

- 기계식 굴착(TBM)은 다수의 디스크커터를 장착한 커터헤드를 회전시켜 암반을 압쇄·굴진하는 공법으로, 기존 발파굴착(NATM) 대비 뚜렷한 장점을 가집니다.




소음·진동 최소화

발파 과정이 없어 도심 민원·구조물 영향 최소화




붕락·사고로부터 안전

실드가 굴진면을 지지, NATM 대비 사고 현저히 적음



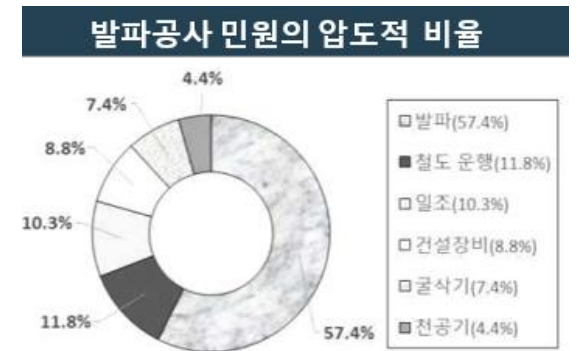
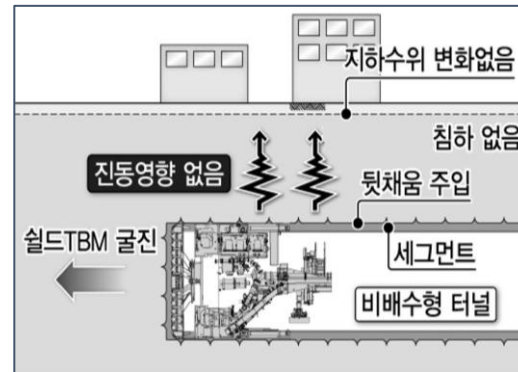
비배수 자동화 시공

지하수 유출 문제에서 자유, 원지반 안정성 유지



빠른 시공 속도

공구 2.5km 초과 시 공기단축, 균질 지반에서 효율적



NATM 대비 TBM의 안전성 — 데이터로 본다

- TBM의 안전성은 정성적 주장이 아니라 사고 통계로 확인됩니다.

5건

중국 '10~'20 TBM 중대사망사고
(28명)

43건

동기간 NATM 중대사망사고
(262명)

- MIT 전세계 터널사고 DB 206건 분석
- 스위스 Amberg 진동 측정 — 이격거리별 TBM 진동이 발파 대비 2.6~19% 수준
- 사망자 기준 NATM이 TBM의 약 9배 — 안전이 곧 TBM 확대의 명분

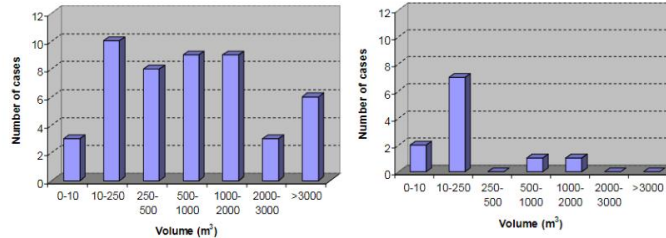
02 현재 국내 · 외 TBM 현황



2.1 해외 현황

NATM 대비 TBM 사고 저감 효과

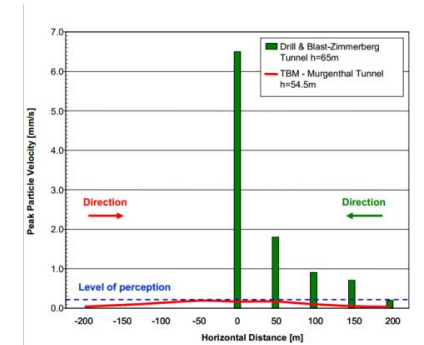
- 미국 MIT대학교 - 전세계 터널사고 DB분석(206건) / 붕괴, 봉락



- 중국 사례 - 세계 최대 터널시장인 중국의 '10년부터 '20년까지 발생한 주요 터널 공사사고 분석 결과
- 중대 사망사고(3명 이상) 발생건수 : TBM 5건(28명), NATM(DBM) 43건(262명)

NATM 대비 TBM 진동 저감 효과

- 스위스 Amberg사 측정 - 이격거리별 진동속도 측정

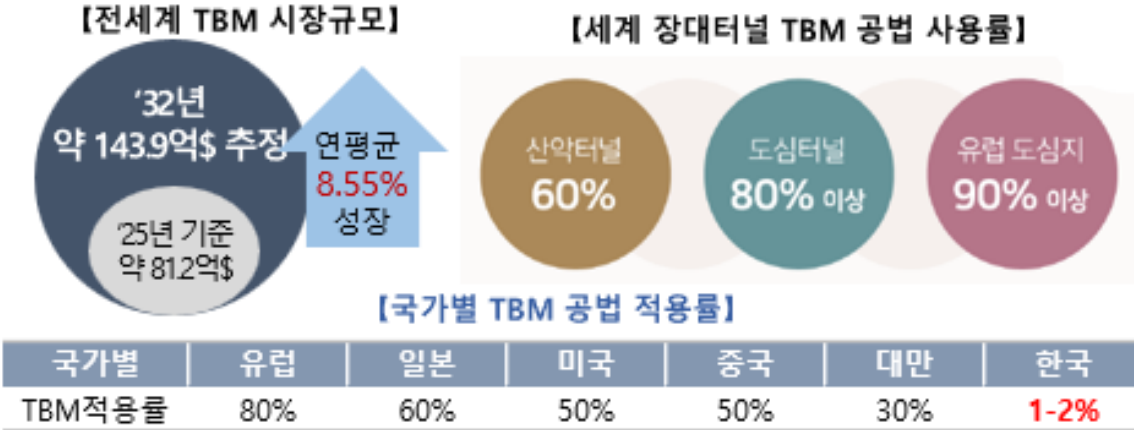


진동속도 (단위: cm/sec)	굴착지점과 측정지점 간의 이격거리				
	0 m	50 m	100 m	150 m	200 m
발파공법 (A)	0.65	0.18	0.09	0.07	0.02
TBM (B)	0.017	0.02	0.017	0.01	0.003
B÷A	2.6%	11.1%	18.9%	14.3%	15.0%

- 출처 : Sousa, R.L. and Einstein, H.H.(2021), "Lessons from accidnets during tunnel construction", *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2027".
- : Zhy Y. 등(2022), "Statistical analysis of major tunnel construction accidents in China from 2010 to 2020", *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 34, 104460

세계 시장은 커지는데, 한국 적용률은 1%

● 세계 TBM 장비 시장 규모



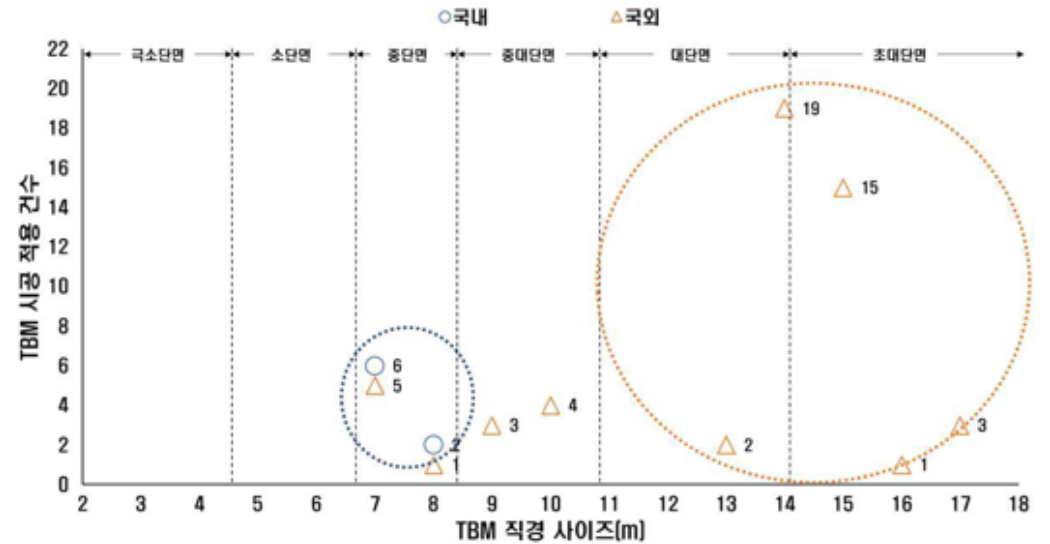
- 도시 인프라시설 완료 후 지하공간개발, 대규모 교통터널 확충
- 소형 → 중대형 TBM 수요 급성장

- 교통인프라 지하화에 따라 세계적으로 가장 빨리 TBM 확산속도 증가
- '15 이후 760km, 1조 2천억원 규모 TBM 활용

- 엘론머스크는 교통체증문제 해결을 위해 지하를 뚫는 보링컴퍼니(Boeing Company) 창설

- 도시 집중화로 인한 지상공간 한계에 따라 지하공간 개발을 대안으로 활용
- 유럽 지하공간공동프로젝트 TUNCONSTRUCT

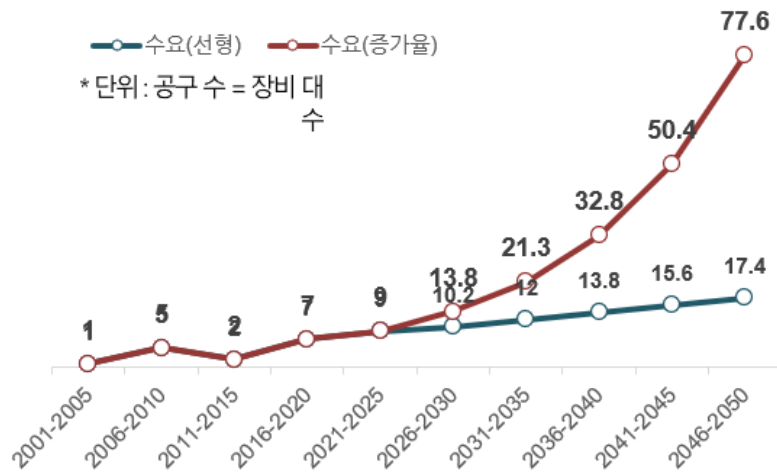
대형터널 공사TBM 실적을 5년 단위로 분류한 결과, TBM 적용사례 지속적 증가
(과학기술전략연구소, TBM 기획연구 조사결과(2020))



국내 수요는 증가한다 — 철도지하화·GTX

- 철도지하화 특별법('25 시행)과 GTX·4차 국가철도망으로 향후 5~10년 내 TBM 수요가 급증할 전망입니다.

기존 TBM 공사이력 기준 추정 (교통터널)

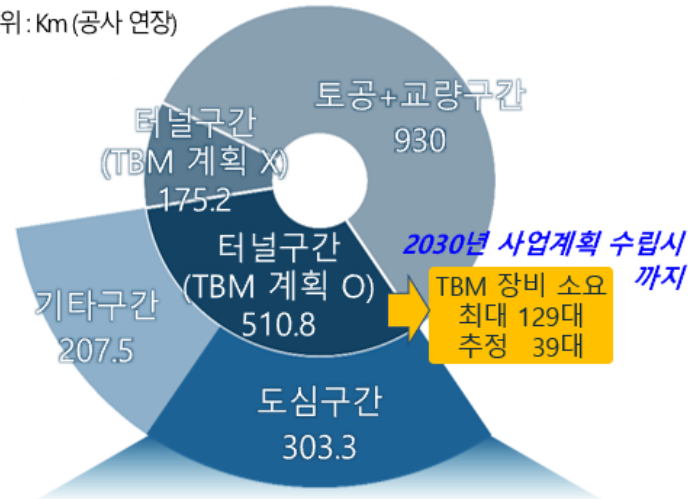


2026년부터 2050년까지

- 최소** 약 70대의 TBM 장비가 소요
= 약 1조 9천억 원의 국비유출 규모
- 최대** 약 196 대의 TBM 장비가 소요
= 약 5조 4천억 원의 국비유출 규모

제4차 국가철도망 구축계획 (2021~2030)기준 추정

* 단위: Km(공사 연장)



제4차 국가철도망 구축계획(도심지)에서

- 30% 도입** 약 23대의 TBM 장비가 소요
= 약 6천 3백억 원의 국비유출 규모
- 최대** 약 77 대의 TBM 장비가 소요
= 약 2조 11백억 원의 국비유출 규모

※ 3차 구축계획 후반기(16~20) 예산집행률 76% 3km당 1대 투입 기준

수요의 실체 — 지하고속도로 TBM 적용성

- 추진 중인 지하고속도로는 대구경·복합단면 터널로, 대단면 TBM 역량이 그대로 시험대에 오릅니다.

추진 중인 지하고속도로

노선	구간	연장
경인 지하고속도로	인천~서울	19.3 km
경부 지하고속도로	화성~서울	26.1 km
수도권1순환 입체화	퇴계원~판교	31.5 km
신갈~과천	수도권	31.7 km

다양한 단면형식

2·3차로 소형차/전차중, 단선병렬 vs 복층 — 복층은 직경 최대 ~20.5m(World record급)

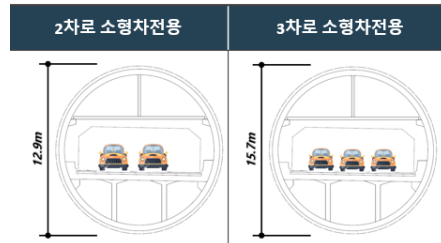
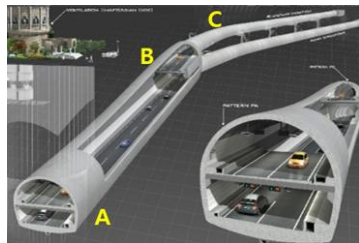
분합류부 시공

단층터널은 분기 접속부 NATM 병행 가능, 복층은 단선병렬로 적용

지반 — 경부 신갈단층대

단층대 직접영향권 → 실드TBM 적극 필요 (SRT 울현터널 바닥 웅기 트러블 사례)

지하고속도로 = 대단면 TBM 수요의 핵심 — 표준단면·분기 및 합류부 시공역량이 관건



열린 시장의 그림자 — 국부유출

-  수요가 늘수록, 장비를 100% 수입하는 구조에서는 국부유출도 함께 커집니다.

2,546 억원/년

4차 국가철도망 기준 TBM 장비 연평균 국부유출

2조 5,456 억원

10년간 철도터널 TBM 장비 구매비용

8조 4,854 억원

10년간 철도터널 TBM 공사비 총액

“TBM 공법을 활성화할수록, 장비를 외산에 의존하는 한 국부유출은 오히려 확대된다”

→ 시장이 열린 것은 기회인 동시에 위험이다 (Part 2·3에서 그 구조를 진단)

재제작 국산화의 경제효과 — 국부유출 절감

- TBM 재제작을 국내화하면 2031~2060년 최대 0.5~1.7조원 규모의 국부유출을 국내생산으로 전환할 수 있습니다.

5,053억 ~ 1조 4,149억

재제작 국산화 국부유출 절감효과

6,216억 ~ 1조 7,405억

신규구매 대비 장비비용 절감효과 (30년)

재활용 주기의 국내화 (가치사슬)

TBM 터널공사 발주



TBM 장비 발주



TBM 터널 시공



시공 종료 후 재투입

분석 가정 중단면급 해외社 TBM 대당 275억 원(신규) · 재제작 비용 신제품 구입가의 52.5% · 25년간(2026~2050) 투입 최소 70 ~ 최대 196대 · 재제작 장비 활용률 50% 가정 · 해상운반 1회 약 23.5억(왕복 47억)

PART 2

그런데, 우리는 못 만든다

공급 측 진단 — 제작 이력의 천장과 대구경 100% 외산 구조

국내 제작 이력 — 소구경에 머문 천장

- 1985년 구덕수로터널 이후 TBM을 도입해왔으나, 국내 자체 제작은 소구경에 머물렀습니다.

3.5_m

국내 제작 실드 TBM 최대 굴착외경

3대

국내 제작 3.5m 실드 TBM 실적

6대

세미실드 제작 실적

8m+

중·대단면 제작 원천기술 미확보

제작이 다양화되지 못한 이유

- 2010년 이후 정부 R&D로 부품·설계 기술력은 향상됐으나 본체 원천기술은 미확보
- 구동부(베어링·실링)·전자제어시스템은 암호화·비공개 — 기술협약 외 인수 곤란
- **8.2m급 커터헤드는 제작했으나 여러가지 문제로 현장 미적용**

대구경 현장은 전량 외산이다

- 국내 주요 대구경 TBM 현장은 모두 해외 제작사 장비로 시공되었습니다.

현장	TBM 형식	비고	제작사
고속국도 400호선 김포~파주 2공구	이수식	Ø14.01m · 국내 최대	외산
GTX-A 5공구 · 6공구	Open · 이수식	대단면 교통터널	외산
별내선 2공구	이수식	도심 철도	외산
검단선	토압식 (EPB)	도심 철도	외산

대구경 교통터널 TBM의 국산 제작 실적은 "0" — 100% 수입 의존

문제의식의 출발점 — 한강터널 제작사 선정

- 국내 최대 한강터널(Ø14.01m) 제작사 선정 과정에서, 국내·중국 제작사는 대단면 실적이 없어 외산이 불가피했습니다.

구분	Herrenknecht (독일)	CREG (중국)	CRCHI (중국)
대단면(D13m↑) 제작 실적	다수	일부	일부
최신기술 보유	○	○	○
선정 결과	선정 ◆	미선정	미선정

제작사 선정 5대 기준 ① 현장조건 부합 ② 제작 실적 ③ 기술인력 보유 ④ 사후 기술지원 ⑤ 재무 건전성

선택의 여지가 없었다 — “우린 언제까지 외산 TBM 장비에 의존해야 하는가?”

국내 쉴드TBM 제작사 변화 — 줄곧 외산

- 1997년 이후 국내 쉴드TBM 현장의 장비는 예외 없이 외산이며, 제작사만 일본에서 독일·중국으로 바뀌었을 뿐입니다.

대표 현장	시기	굴착외경	장비사	국적
광주 지하철 1공구	'97	7,380 mm	NKK	일본
분당선 3공구 (한강 하저)	'04	8,020 mm	NKK	일본
서울 7호선 703공구	'05	7,400 mm	Mitsubishi	일본
서울 9호선 921공구	'16	7,800 mm	KAWASAKI	일본
원주~강릉 11-3공구 (남대천)	'14	8,410 mm	Herrenknecht	독일
김포~파주 · GTX-A (대구경)	최근	Ø14 m급	Herrenknecht	독일

제작사는 일본 → 독일·중국으로 바뀌었지만, 국산 대구경은 단 한 대도 없었다

최신 현장까지 — 중대단면 TBM은 100% 외산

- 2008년 이후 착공한 중대단면(Ø7m+) TBM 현장은 완공·시공중·실시설계 단계 모두 예외 없이 외산 장비입니다.

착공	사업명	직경·연장 (m)	TBM 형식	제작사 (국적)
'14	원주~강릉 11-3공구	Ø8.41 · 1,160	이수식 쉴드	Herrenknecht (독)
'19	별내선(8호선) 2공구	Ø7.6 · 2,559	이수식 쉴드	KAWASAKI (일)
'20	GTX-A 5공구	Ø11.6 · 4,443	Open TBM	Herrenknecht (독)
'22	수도권2순환 김포~파주 2공구	Ø14.01 · 2,980	이수식 쉴드	Herrenknecht (독)
'23	동해북부선 강릉~제진 1공구	Ø9.0 · 1,748	토압식 쉴드	중국
'24	춘천~속초 7공구	Ø9.0 · 13,557	Open TBM (2대)	CRCHI (중)
'24	평택~오송 2복선화 2공구	Ø10.7 · 3,655	토압식 쉴드	Herrenknecht (독)
'25	평택~오송 2복선화 5공구	Ø11.0 · 2,482	Open TBM	Herrenknecht (독)
미정	가덕도 신공항 인입철도 1공구	Ø12.8 · 1,100	이수식 쉴드	실시설계중

시공 중인 최신 현장도 전량 외산 — 국산 중대단면 제작 실적은 여전히 “0”

외산 의존은 줄지 않고, 대상만 바뀌었다

- 중·대구경 실드 TBM 주요 현장의 제작사는 시기별로 바뀌었을 뿐, 외산 의존 구조 자체는 유지되고 있습니다.



의존 대상이 일본→독일→중국으로 바뀌었을 뿐 — 국내 완성차·재제작 역량 축적은 여전히 별개의 과제

본체 원천기술 — 소수 선진사의 독과점

- 글로벌 TBM 본체 시장은 독일·미국·중국·일본 소수 제작사가 장기 독과점하며, 설계·구동·제어 원천기술을 비공개로 보호하고 있습니다.

1

Herrenknecht (독일)

세계 1위·업역 41년, 대단면(Ø13m↑)
39대 실적, 6단계 자체 재제조 운영

2

Robbins (미국)

TBM 최장수 74년, Open·Main Beam
강자, Crossover 등 5종 라인업

3

CRCHI (중국)

CRCC 산하, 연 200여 대 생산, Green
TBM 5단계 재제조, 9종 라인업

4

CREG (중국)

CRHC 산하, 독일 Wirth 인수(2014),
특수단면 포함 9종 라인업

5

JIMT (일본)

IHI·JFE·MHI 합병(2016), 3사 누적 공
급 3,500대

6

UGITEC (일본)

Kawasaki·Hitachi Zosen 합병, 2사 누
적 공급 2,700대

TBM 적용이 늦어진 구조적 이유

- 국내에서 TBM 적용이 늦어진 데에는 발주·단가 제도와 NATM 경쟁구도라는 구조적 원인이 있습니다.

1

NATM 기술 우수

국내 발파굴착(NATM) 기술력이 세계적 수준으로 축적되어 대안 채택 유인이 낮음

2

실적단가 — 공사비 고가

실적단가 적용 시 NATM 대비 TBM 공사비가 높게 산정되어 경제성 열위

3

NATM과 경쟁구도 발주

TBM이 NATM과 같은 잣대로 경쟁 발주되어 초기 도입 장벽으로 작용

공사비 구조 — 세그먼트는 국산, 정작 핵심 장비가 외산

- TBM 공사비는 세 덩어리로 나뉩니다. 세그먼트는 이미 국산화되었고 소모품도 일부 국산이나, 가장 핵심인 장비 본체는 100% 외산입니다.

20~30%

장비가

외산

TBM 본체(구동부·전자제어) 전량 외산
— 발주 시 단가 협상력 부재

20~30%

세그먼트

국산

국내 제작·공급 체계 확보 — 이미 국산화된 영역

20~30%

디스크커터 외 소모품

일부 국산

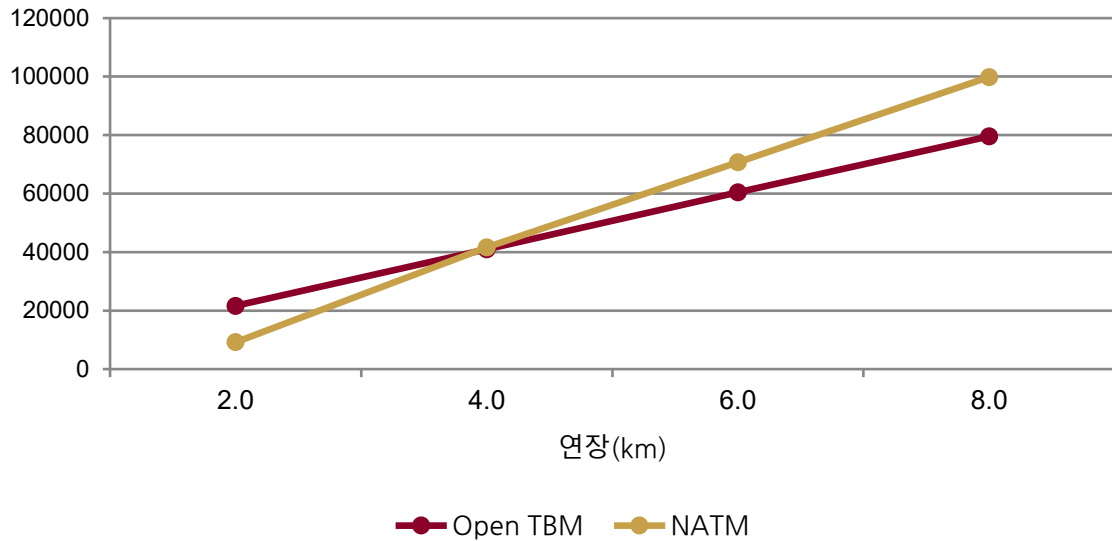
디스크커터 등 일부 국산화 진행 — 핵심 소모재
는 외산 의존

국산화 여지가 큰 세그먼트·소모품과 달리, 정작 핵심인 장비 본체의 외산 의존이 구조적 문제

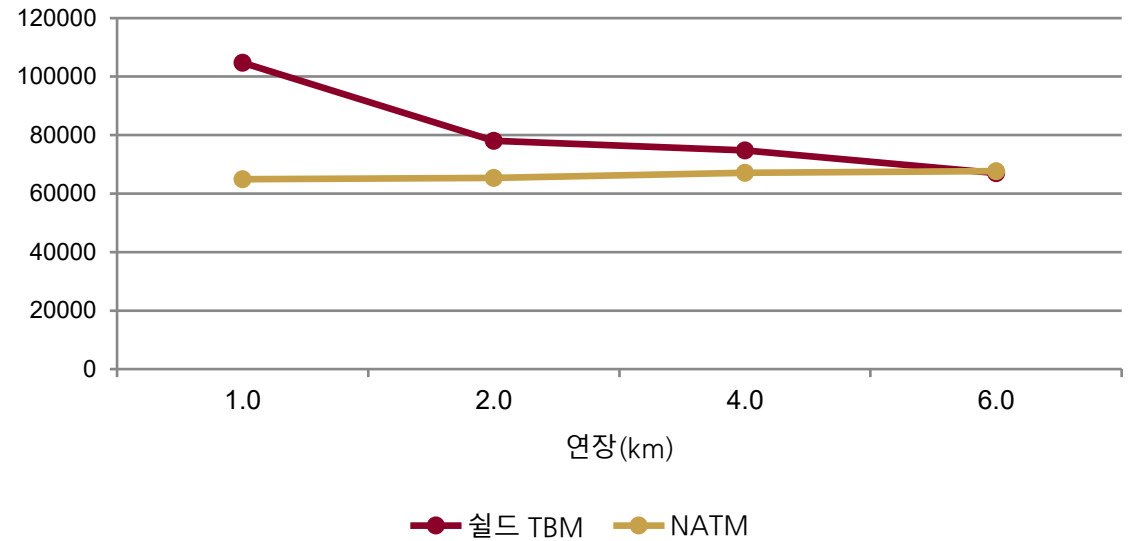
경제성 분기점 — 국가철도공단 공식 분석 (2025.11)

- 공식 기준: Open TBM은 단선 >4.0km, 쉴드TBM은 단선병렬 >6.0km(단선터널 12.0km)에서 NATM 대비 경제성을 확보합니다.

Open TBM vs NATM — 연장별 직접 공사비 (백만원)



쉴드 TBM vs NATM — 연장별 m당 공사비 (원/m)



Open TBM 4.0km · 쉴드TBM 단선병렬 6.0km 이상에서 NATM 대비 경제성 역전

공사비만으로는 부족하다 — 복합 경제분석의 필요

- 기존 TBM 공사비 분석은 방법론적 한계가 있습니다. 공법 선택의 유일한 요인이 공사연장은 아닙니다.

핵심 공사구간이 길수록 TBM이 경제적이거나, 시민안전·편의 등 정량화되지 않은 가치를 포함하는 **복합 경제분석 모델이 필요합니다.**

1

시공작업자 안전

밀폐·기계화 시공으로 갱내 재해 위험
저감

2

지하수 유출 방지

비배수 시공으로 지반·지하수 영향 최
소화

3

지반침하 억제

굴진면 지지로 상부 구조물 안전 확보

4

발파소음 민원 해소

무발파 굴착으로 도심 환경분쟁 회피

공법 선정 기준을 '공사비'에서 '시민안전·편의를 포함한 복합 가치'로 확장해야 한다

QUANTIFIED BENEFIT

복합 편익의 실증 — 4,196.9억원

- 서울시 도시기반시설본부 분석에서, NATM 대비 쉴드TBM의 '공사비 외 편익'이 10년간 4,196.9억원으로 산정되었습니다.

4,196.9 억원

NATM 대비 쉴드TBM 적용 시 10년간 사회경제적 파급효과 (서울시 도기본, 2020)

시공 안전

갱내 사고·붕락 저감

환경·민원

발파소음·진동 분쟁 회피

지반 안정

지표침하·구조물 영향 최소화

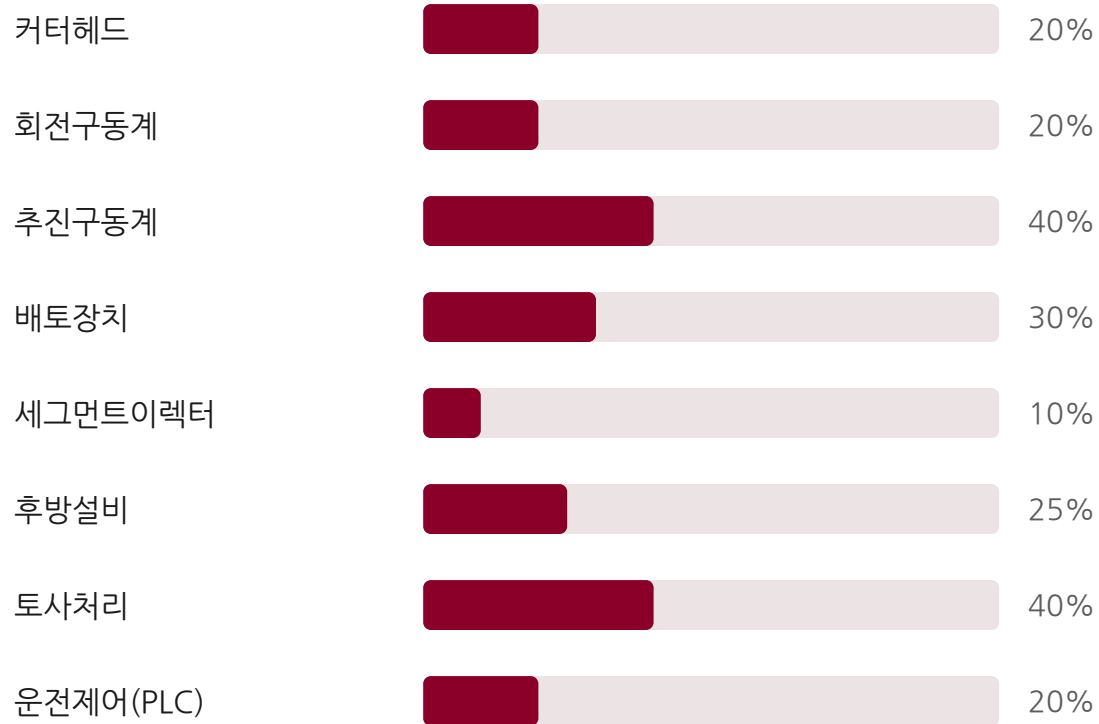
사회적 비용

교통·환경 외부비용 절감

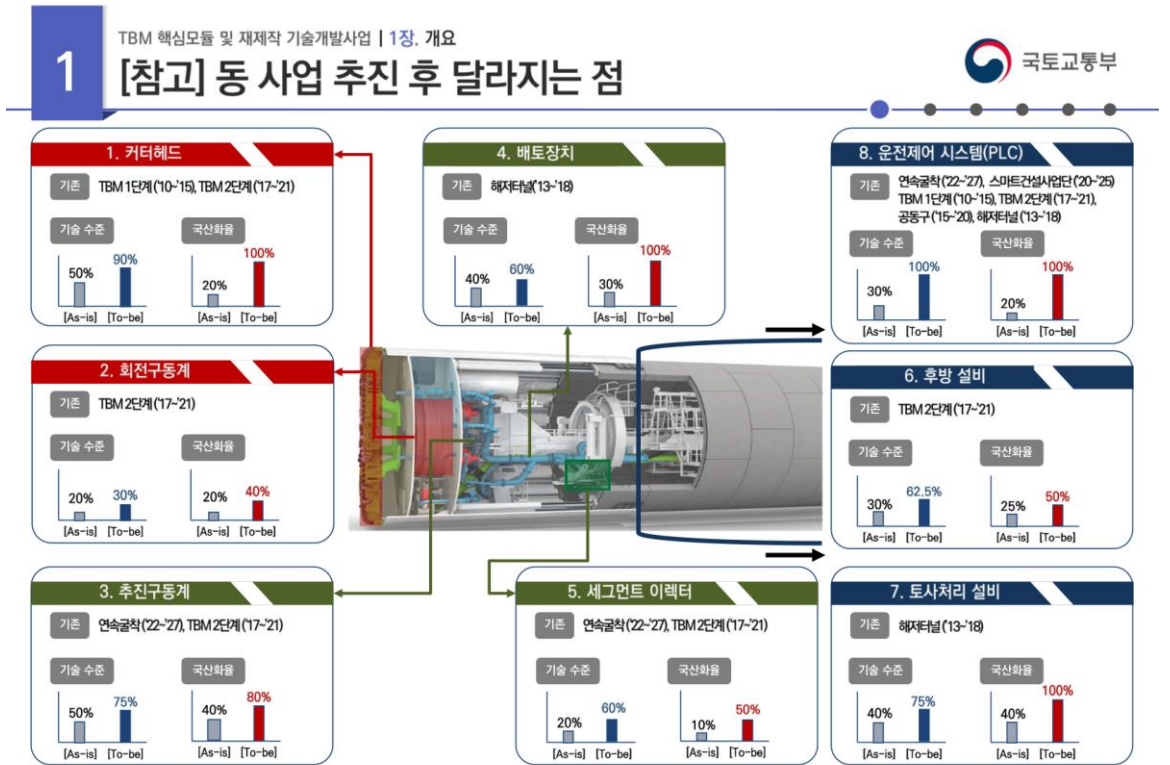
공사비에 잡히지 않는 편익까지 더하면, 경제성 평가의 결론은 달라진다

8개 핵심모듈 국산화율 — 현주소

- 정부 자료 기준, TBM 8개 핵심모듈의 현재(As-is) 국산화율은 대부분 20~40%에 머물러 있습니다.



현재(As-is) 국산화율 — 8개 모듈 평균 약 26%



무엇이 가능한가 — 직경별 국산화 가능영역

- 정부 기술탐색 결과, 막힌 것은 ‘대단면 본체’ 하나뿐입니다. 후방설비 · 세그먼트 · SW는 전 직경에서 국산화가 가능합니다.

TBM 구성	소단면 3~3.5m	중단면 7~8m	대단면 10~14m
본체 (커터헤드·구동부·샤프트)	○	○	×
테일부 (이렉터·록볼트·덕트)	○	○	○(8m급이후)
후방설비 (동력·유지관리)	○	○	○(8m급이후)
세그먼트	○	○	○(8m급이후)
SW·운영·장비시험	○	○	○(8m급이후)

범례

- 국산화 가능
- △ 가능성 발견
- × 즉시 개발 불가

대단면에서 막힌 것은 오직 ‘본체(메인 베어링)’ — 주변 시스템은 전 직경에서 국산화 가능
TBM 제작 선진국인 독일에서도 메인베어링은 주문 제작

중단면 핵심부품 — 부품은 있으나 통합이 없다

- 부품 단위로는 국내 제작 가능 기업이 다수 존재하나, 이를 한 대의 완성차로 통합하는 시스템 통합 역량이 부재합니다.

3

TBM 핵심모듈 및 재제작 기술개발사업 | 3장. 정책적 부합성

[참고] 사업추진 위험요인의 해소



기존 국산화 예비타당성조사에서 지적된 사업 위험 요인의 해소

실증계획 수립과 참여기업 확보를 통해 'TBM 체계종합과 사업화로 연계할 수 있는 수요기업의 사전식별이 미흡' 상황을 해결

실증, 1단계

호반TBM(OPEN形)



실증, 2단계

LT 삼보(Shield形)

체계종합

중단면(7~8m급) TBM 핵심부품 국내 제작 기업

체계종합

* 밑줄은 국내 TBM 부품/장비 재제작/리퍼비시 경험 보유 회사

1. 회전구동시스템

① 커터헤드	동아지질, 케이테크, 준 엔지니어링, (주)티엔엠
② 디스크커터 / 비트커터	인터중공업 등 2~3개 중소기업 존재 글강 TEK, 신우정밀, DY씨엔씨, (주)ASTBM
③ 커터헤드 모터	두산모트롤, 태성중전기
④ 베어링	신라정밀, 신일정밀, 일진베어링, 신라정밀
⑤ 토사실	동성 SRNT, 티에스에스
⑥ 여굴장치	2~3개 중소기업 존재, 태성기계, (주)티엔엠
⑦ 감속기	효성중공업, 지아산업
⑧ 조립/통합기술	동아지질, 준 엔지니어링 (주)티엔엠, 케이엔글로벌, 동아지질

주) 커터헤드와 디스크커터의 경우 국내 기업이 상품 제작 가능

2. 추진/배토 시스템

① 실드잭(추진용 유압잭)	DY POWER, 태성기계, 금용하이드로릭스, 티엔엠, (주)케이엔지니어링
② 중절잭(중절용 유압잭)	DY POWER, 태성기계, 금용하이드로릭스, (주)티엔엠, 엠케이엔지니어링
③ 추진용/중절용 유압 펌프	두산모트롤, 태성기계, 금용하이드로릭스, (주)금용하이드로릭스
④ 송니·배니·바이패스관 (Slurry)	동아지질, 호반티비엔, 케이테크, 준 엔지니어링, (주)티엔엠, 신신이엔지(주)
⑤ 송·배니/순환두산모트롤 펌프 (Slurry)	동우유체기계, 신신이엔지(주)
⑥ 송배니 시스템	동아지질, 호반티비엔, 조립 : 준 엔지니어링, 통합기술 : 광진테크놀로지, (주)티엔엠

※TBM용 대형고압 실린더는 아직 국내기업 생산품 없음.

국내업체는 소형 유압부품(모터, 펌프, 감속기)을 건설기계(굴착기)용 생산중임. 본 사업을 통해 유압부품 대형화 기술개발 필요.

3. 세그먼트 시스템

① 고강도 세그먼트 (제조)	엔터컨스텍, 태명실업, KC산업 등 다수 (주)태명실업, (주)엔터컨스텍
② 세그먼트 이렉터 인양용 잭	DY POWER, 태성기계, 금용하이드로릭스, (주)티엔엠, (주)엠케이엔지니어링
③ 세그먼트 이렉터 회전용 모터	두산모트롤, 태성기계, 금용하이드로릭스 (주)금용하이드로릭스
④ 세그먼트 이렉터 감속기	효성중공업, 태성기계, 금용하이드로릭스
⑤ 핫채움주입/태일셀	동아지질, 호반티비엔, 케이테크, 준 엔지니어링, (주)티엔엠, (주)맥테크놀로지
⑥ 세그먼트 시스템 조립/통합기술	동아지질, 호반티비엔, 태성기계, 금용하이드로릭스, (주)티엔엠

4. 전기/유압 시스템

① 전기제어 설비(본체제어)	LS ELECTRIC, 광진테크놀로지, (주)티엔엠
② 유압설비(구동부, 이렉터, 스크류 제어)	두산모트롤, 태성기계, 금용하이드로릭스, (주)티엔엠
③ 냉각설비(구동부 냉각)	이화전기공업, 태성기계, 금용하이드로릭스, (주)티엔엠, 대호냉각기
④ 변압설비 및 대차	이화전기공업, 광진테크놀로지, (주)티엔엠

R&D 성과는 있었으나, 산업화로 잇지 못했다

- 2010~2015년 국가 R&D로 기술 성과는 축적됐지만, 완성차·실증·시장으로 연결되지 못했습니다.

축적된 R&D 성과

- 커터헤드 설계 및 제작
- 고성능 디스크커터
- 세그먼트·운용·리스크 기술
- 8.2m급 시제품 개발

연결되지 못한 고리

- 반복 발주와 적용 현장
- 완성차 제작기업
- 본체 시험·검증 인프라
- 사업화와 후속 수요

산업화 결과

- 8.2m급 시제품 미사용
- 일부 성과 사장(死藏)
- 완성차 통합경험 미축적
- 외산 의존 지속

2010~2015년 R&D 성과 특허출원 20건 · 등록 17건 · S/W 19건 · 시제품 28건


문제는 성과의 '양'이 아니라, 성과를 완성차·실증·시장으로 잇는 '산업화 구조'의 부재

PART 3

무엇이 문제인가

예후 — 국부유출과 기술중속의 심화, 그리고 골든타임

기술종속은 심화되고 있다

-  진입장벽이 높아지는 동안, 우리의 의존은 더 깊어집니다.



해외 제작사의 기술 보호 강화

설계·제어 인터페이스 정보를 제공하지 않아 기술 확보에 근본적 제약



현장 문제 대응을 해외에 의존

원격 지원·정보 독점 — 국내 현장이 데이터·노하우 습득 장소로 활용됨



선도기업의 격차 확대

굴진속도 예측·AI 설계 최적화 등 지속 투자로 기술 격차 계속 확대

지금이 대응의 골든타임이다

- 수요 급증과 기술종속 심화가 동시에 진행되고, 자립에는 최소 4~6년의 중장기 R&D가 필요합니다.



TBM 수요 급증

철도지하화·GTX로 향후 5~10년 수요 급증
— 외산 의존 시 국부유출 확대



기술종속 심화

해외 선도기업의 기술보호 강화로 진입 기회
의 창이 점점 좁아짐



중장기 대응 필요

재제작·시스템통합은 단기 불가 — 최소 4~6
년 복합 R&D 소요

DIAGNOSIS SUMMARY

진단 결과 — 두 곡선이 만나는 지점

수요는 가파르게 오르고 · 자립 역량은 제자리다

- 증상 — 시장은 열렸다 (수요 급증, 적용률 1%의 반등)
- 원인 — 못 만든다 (제작 천장 3.5m, 8m급 원천기술 부재, 대구경 100% 외산)
- 예후 — 국부유출·기술종속 심화, 진입장벽 상승
- **처방의 시점 — 지금이 대응의 골든타임**

신조 본체는 당장 어렵다 — R&D 방향 전환

- 정부·학계 합동 진단은 현재 역량만으로 대구경 신조 완성차에 바로 진입하는 것은 기술·시장·실증 위험이 크다고 보았고, 이에 R&D 방향을 본체 신조에서 재제작으로 전환했습니다.

진단 — 대구경 신조 본체 직접 진입은 '시기상조'

- 국내 제조사 소수 — 핵심부품 해외조달·조립 수준
- 선진 6개국이 원천기술 독점 — 설계·제조 비공개
- 본체 테스트 인프라 1건 (82건 중, 그나마 소단면)
- 기술협력 가능성 낮음 — 제조사 기술유출 우려



전환 — 재제작으로 R&D 재설정

① 사용 TBM 재제작 및 성능 재생

분해, 점검, 손상부 복원으로 재투입

② 핵심 부품, 모듈 국산 재생산 기반

본체, 후방설비, 테일부 등 점진적 확대

국가 R&D 재제작으로 재설정

대구경 완성차 — 우리 역량은 어디까지 와 있나

- 완성차 확보는 필수지만, 현재 국내 역량은 대구경 신조 제작으로 바로 넘어가기 어려운 수준입니다.

설계·제작 기반

- 국내 제조사 소수
- 대구경 본체 원천 설계기술 미확보
- 해외 핵심부품 조달 후 조립 중심

기술 확보 여건

- 선진국 원천기술 독점·비공개
- 기술이전·공동개발 불확실성
- 핵심부품 개발기업 기반 취약

시험·실증 기반

- 본체·핵심부품 테스트 인프라 부족
- 본체 실증은 소단면 중심
- 대구경 성능검증 경험 부족

상대적 확보 가능 영역(후방설비·전기/유압·SW·운영·부품 시험·평가)부터 본체까지 → 유지보수·재제작이 현실적 확장 경로

PART 4

진단에서 도출되는 제언

원형단면 활용 · 후방설비 국산화 · 경제성 확보 (구체안은 발제 2로)

현실적 산업화 경로 — 유지보수에서 완성차 통합으로

- 국산화는 신조 제작이 아니라, 사용 TBM을 이해하고 다시 살리는 과정에서 시작해야 합니다.



유지보수·재제작은 완성차 국산화의 전 단계이자 필수 기반 — 설계·제작·검증 리스크를 단계적으로 저감

이미 시작된 현실 — 국내 재활용 선례와 ITA 기준

- 재활용 장비의 기술적 가능성은 국내에서도 확인됐습니다. 다만 그 재활용·재제작은 여전히 해외 서비스에 의존합니다.

국내 적용 사례 — 별내선 2공구

- 실드 TBM 연장 1.28 km (단선 병렬)
- 굴착경 약 7.66 m · 연·경암 지반
- 일본 Kawasaki 재활용 장비 적용
- 국내 재활용 장비 활용 성공 사례로 제시

ITA 구분 — 재보수와 재제작

- 재보수(Refurbishment): 사용 이력 부품을 원래 구성 또는 소규모 수정 후 재사용
- 재제작(Remanufacturing): 주요 시스템·부품을 복원·교체하여 새 프로젝트 수행이 가능한 장비 사이클 확보

핵심은 재활용 장비를 '쓰는' 것이 아니라, 그 재활용·재제작을 '국내 산업이 수행'하는 것

본체 확보의 현실적 경로 중 하나 — 해외 기업 M&A

- 선진 6개국이 원천기술을 독점한 상황에서, 유력한 본체 확보 대안의 하나는 중국식 ‘정부주도 기업 간 M&A’입니다 (중국 CRTG 사례).

독일 Aker Wirth → 중국 CRTG

2013. 11 인수 완료

China Railway Tunnelling Group이 Wirth의 TBM·수직구 굴착기 기술 전체를 인수 — 이후 중국은 세계 최대 TBM 제작국으로 성장

오스트리아 Alpine → 체코 Metrostav

2013. 07 인수 완료

Alpine Bau 파산 정리 과정에서 터널링 자회사(Alpine BeMo)를 Metrostav가 인수 — 서유럽 터널기술 확보

시사점 독자 개발이 막힌 본체 원천기술은, 정부가 뒷받침하는 해외 제작사 인수(M&A)가 유력한 경로의 하나

대단면 TBM 국산화의 유력한 대안 = 중국식 ‘정부주도 기업 간 M&A’

자립의 선례 — KTX 기술이전과 역설계

- 한국은 이미 한 번 해냈습니다. KTX는 기술이전과 역설계(Reverse Engineering)로 고속철도 자립을 이뤄낸 국가적 선례입니다.



한강터널 대단면 TBM = 한국형 TBM 자립의 'KTX 순간'. 현장 운영 노하우와 상세 시공기록을 자산화하고, 이전이 막힌 기술은 역설계로 확보하는 전략이 유효하다.

기술이전에 유리한 계약 + 거부 기술의 역설계 — KTX가 보여준 자립의 공식

감사합니다

국내 TBM 산업 진단