

중국의 TBM 현황 및 전망



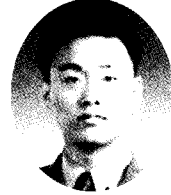
지왕틀
한국건설기술연구원
지하구조물연구실
책임연구원



장수호
한국건설기술연구원
지하구조물연구실
책임연구원



배규진
한국건설기술연구원
지하구조물연구실
연구위원



이상주
국토해양부
도시광역교통과
서기관

1. 개요

현재 중국은 급속한 경제발전과 도시화에 따라 세계에서 가장 활발히 터널 및 지하공간 프로젝트를 수행하고 있는 나라이다. 2007년 기준으로 향후 2,500km 이상의 철도터널이 시공될 예정이며, 이 가운데 1/3이상인 760km 구간이 초장대터널로 계획되어 있다. 또한 향후 10,000km의 신규 도로구간의 터널 건설에 약 100대 이상의 TBM이 발주될 것으로 예상되고 있다. 무엇보다도 주지할만한 중국의 최대 TBM 관련 프로젝트로는 양쯔강의 3개 지점에 운하를 뚫어 베이징과 텐진 등 물부족 현상을 겪고 있는 북부 황하 유역으로 물을 보내는 남·북 수로 건설 프로젝트(South to North Water Transfer Project)를 들 수 있다. 이상과 같이 장대터널과 초장대터널에 대한 수요가 급증하면서 중국에서는 적극적으로 TBM을 활용하고 있는 상황이다.

본 고에서는 세계 최대의 터널 시장으로 부상한 중국의 TBM터널 현황 및 전망과 함께 중국의 TBM 관련 기술 전망을 간략히 소개하여, 국내 TBM 기술 수준과의 격차를 직·간접적으로 비교함으로써 TBM 기술확보가 매우 중요한 상황임을 상기시키고자 한다.

2. 초장대터널에서 TBM의 적용

중국의 TBM 현황을 소개하기에 앞서, 전세계적인 초장대터널의 현황을 간략히 소개하고자 한다. 표 1은 현재 시공 중이거나 운영 중인 전세계 10대 초장대터널을 정리한 것이다. 이상의 전세계 10대 터널 가운데 50%인 5개 터널이 TBM으로 시공 또는 완공되었음을 확인할 수 있다. 특히 1960년대 중반에 착공된 일본의 세이칸 터널과 지질조건이 매우 불량해서 NATM을 적용한 일본의 하코

다(Hakoda)터널, 이와테-이치노에(Iwate-Ichinoe)터널 및 이이야마(Iiyama)터널을 제외하면, 최근의 세계적인 초장대 터널 프로젝트에서 TBM이 차지하는 비중이 절대적임을 확인할 수 있다.

세계 최장 터널인 스위스 고타르트 베이스 터널(Gottard base tunnel)은 알프스철도 건설 계획의 일환으로 시공되고 있으며, 총 연장 57.07km를 4대의 TBM(직경 10m)으로 굴착하고 있다. 양호한 암반조건에서 1일 최대 굴진장은 25~30m에 달하며, 전체 시공연장의 79%인 약 45km를 TBM으로 시공할 예정이다.

이상의 초장대터널 이외에도 21세기의 메가 프로젝트로 고려되고 있는 초장대 해저터널의 건설에도 TBM의 적용이 필수적인 것으로 고려되고 있다. 스페인과 모로코를 연결하는 지브롤터 해협 터널(Gibraltar Strait

Tunnel, 연장 38.7km), 러시아 본토와 사할린 섬을 연결하는 타타르 해협 터널(Tatar Strait Tunnel, 연장 11.6km), 러시아와 미국 알래스카를 연결하는 베링해협 터널(Bering Strait Tunnel, 연장 85km), 이탈리아 시칠리아 섬과 튀니지를 연결하는 시칠리 해협 터널(Sicily Channel Tunnel, 연장 136km) 등이 구체적으로 논의되고 있으며 TBM, 특히 쉴드 TBM의 적용이 필수적인 것으로 검토되고 있다. 이외에도 조심스럽게 논의되고 있는 중국 본토와 대만을 연결하는 연장 125~130km의 대만 해협 터널, 연장 120km 이상의 한일 해저터널 및 한중 해저터널 등의 시공에도 TBM의 적용이 필수적일 것으로 판단된다.

이상과 같이 도심지에서 친환경적인 터널 건설과 지역 간 또는 국가 간 교통 네트워크로서 장대터널의 경제적

표 1. 시공 중 또는 운영 중인 세계 10대 초장대터널

터널명	연장(km)	국가	용도	터널공법
고타르트 베이스 터널 (Gottard base tunnel, 시공 중)	57.07	스위스	철도	4대의 경암반 TBM
세이칸 터널 (Seikan tunnel)	53.85	일본	철도	재래식 공법
영불 해저터널 (Channel tunnel)	50.45	영국-프랑스	철도	11대의 쉴드 TBM
뢰치베르크 베이스 터널 (Lötschberg base tunnel)	34.58	스위스	철도	경암반 TBM
과다라마 터널 (Guadarrama tunnel)	28.38	스페인	철도	4대의 하이 파워 쉴드 TBM
하코다 터널 (Hakoda tunnel)	26.46	일본	철도	NATM
이와테-이치노에 터널 (Iwate-Ichinoe tunnel)	25.81	일본	철도	NATM
파야레스 베이스 터널 (Pajares base tunnel, 시공 중)	24.67	스페인	철도	10대의 더블 쉴드 및 싱글 쉴드 TBM
라에르달 터널 (Lærdal tunnel)	24.51	노르웨이	도로	NMT(Norwegian Method of Tunnelling)
이이야마 터널 (Iiyama tunnel, 시공 중)	22.23	일본	철도	NATM

건설을 위해 TBM의 적용사례와 중요성이 더욱 증대되었음을 확인할 수 있다.

3. 중국의 TBM 터널건설 현황 및 전망

2001년부터 2006년까지 6년간 중국에 도입된 TBM은 138대이며, 시공연장은 600km에 달하는 것으로 보고되고 있다. 이를 환산하면 연간 23대의 TBM과 시공연장 100km에 해당하는 수치이다. 하지만 이 수치에는 재활용 또는 재사용된 TBM이 제외되고 있어 실제 중국의 TBM 시장규모를 다소 과소평가한 것으로 지적되고 있다 (Craig, 2006).

TBM의 1대당 가격은 적용 사양과 굴착대상 지반조건에 따라 매우 상이하나, 독일 W사에서 제작된 직경 8.8m의 TBM(약 3천만US\$)을 기준으로 가정할 경우, 연간 약 6억9천만US\$(=3천만US\$/대×23대/년)의 TBM 제작시장이 형성되어 있는 것으로 추정된다. 하지만 이는 TBM 장비 가격에만 해당되는 것으로서, TBM 공사비의 약 20~30% 이상을 차지하는 커터 비용, 직접공사비, 노무비, 각종 부대비용 등을 고려한다면 TBM 관련 시장의 규모는 더욱 클 것으로 예상할 수 있다.

표 2. 전세계 교통터널의 시장 예측

국가	교통터널의 수요 (2004~2014)
중국 (향후 20년간)	20,000개소
일본	2,500개소
오스트리아+스위스+독일	800개소
북아메리카	650개소
남아메리카	500개소
노르웨이+스웨덴+핀란드	500개소
스페인+포르투갈	500개소
프랑스+이탈리아	350개소
영국	250개소
네덜란드+벨기에	100개소

향후 20년간 중국에서 건설될 교통 터널은 약 20,000여개에 달할 것으로 예상되며(Assis, 2004), 이는 세계 2위인 일본보다 8배, 그리고 터널 선진국인 오스트리아, 스위스, 독일 전체의 터널을 합친 것보다 25배가 큰 시장 규모이다(표 2 참조). 이상과 같은 중국 TBM터널의 현황과 전망을 세부적으로 살펴보면 다음과 같다.

3.1 철도터널

2005년 현재 중국에서 운영 중인 철도터널은 7,538개에 총 연장 4,314km로서 세계 최대이다. 중국의 11차 5개년 계획에 의하면 향후 5년간 2,500km 이상의 철도터널이 시공될 예정이며, 특히 이 가운데 1/3이상인 760km 구간이 초장대 터널로 계획되어 있어, 경제적인 급속시공을 위해 TBM의 적용이 필수적인 것으로 지적되고 있다 (Huawu, 2006). 또한 신설 철도노선에서 터널이 전체 노선 연장의 30%를 차지하고 있다(Qihu, 2003). 특히, 1990년대에 TBM이 적극 도입된 이후로 과거의 천공-발파 굴착에서 기계화·자동화 시공으로 전환되는 계기가 되었다고 지적되고 있다(Huawu, 2006).

대표적으로 20세기에 지어진 철도터널 가운데 최장 철도터널인 Qinling터널은 연장이 18.46km인 단선 병렬터널이다(그림 1). 산시 지방에 위치한 Qinling터널 건설에 총 12억 US\$의 예산이 투입되었는데, 예산 규모에 비해 공기가 매우 촉박한 프로젝트로서 급속시공이 요구되었다. Qinling터널의 No. 1 터널에서는 2대의 TBM(직경 8.8 m의 전단면 TBM, 독일 Wirth사 제작)에 의해 압축강도가 200 MPa 이상인 경암반을 굴착하였다. 반면, No. 2 터널에서는 사전 지질조사 목적으로 발파굴착에 의해 파일럿 터널을 시공한 후 확경하였다. TBM의 굴진율은 509(남측)~528.1(북측)m/month로 기록되어 고속 굴진에 성공하였다. Qinling터널은 발파굴착에서 TBM에 의한 기계화시공으로 전환되는 계기가 되었으며, 특히 철도터널의 기계화시공 기술분야에서 중국이 세계 최고

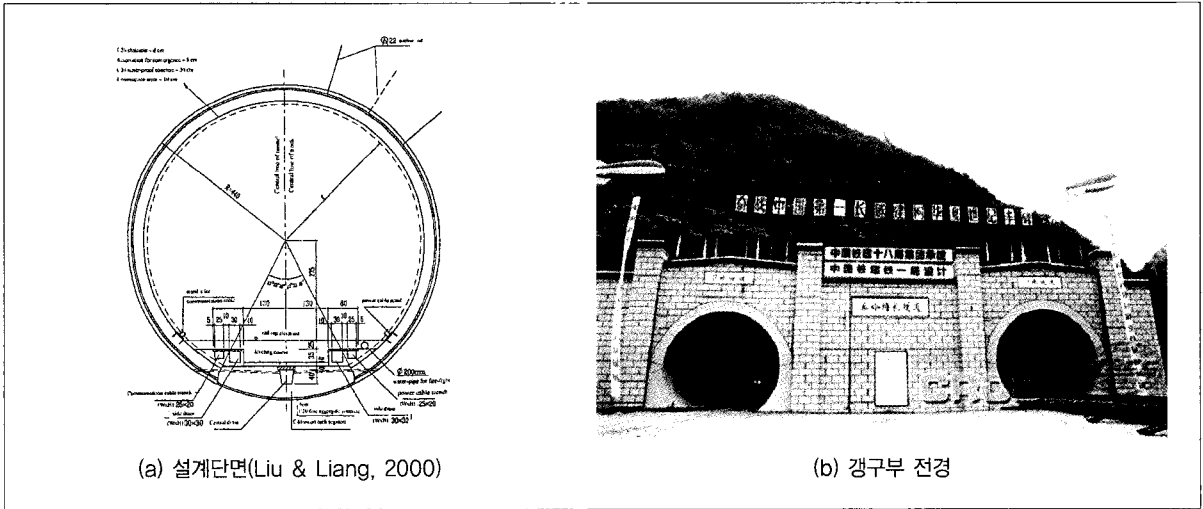


그림 1. Qinling 터널

수준에 도달할 수 있었다고 자부하고 있는 실정이다 (Huawa, 2006)

일반철도 이외에도 고속철도의 건설도 활발하여 고속 철도의 총 연장은 향후 20,000km 이상이 될 예정이다. 이 가운데 2007년 11월에 완공된 Shiziyang 하저터널에서는 4대의 이수식 쉴드 TBM이 투입되었다. 이 터널은 Zhujiang강 하부를 통과하는 터널로서 중국 최초의 하저 철도터널로 기록되었으며 총 23개의 피난용 횡갱이 설치

되어 있다(그림 2).

또한 티베트 노선에 위치한 Guanjiao터널은 연장이 약 32.6km로서 현재 중국에서 계획 중인 최장 터널이다. 단 선 병렬 터널로서 터널 사이의 이격 거리는 40m이며, 터널은 해발 3,380m에 위치한다. 주지할만한 사항은 성공적인 TBM 시공을 위하여 실제 본 터널 굴착 전에 복잡지반의 조사를 위해 발파에 의한 선진도갱 굴착을 계획하였다는 점이다.

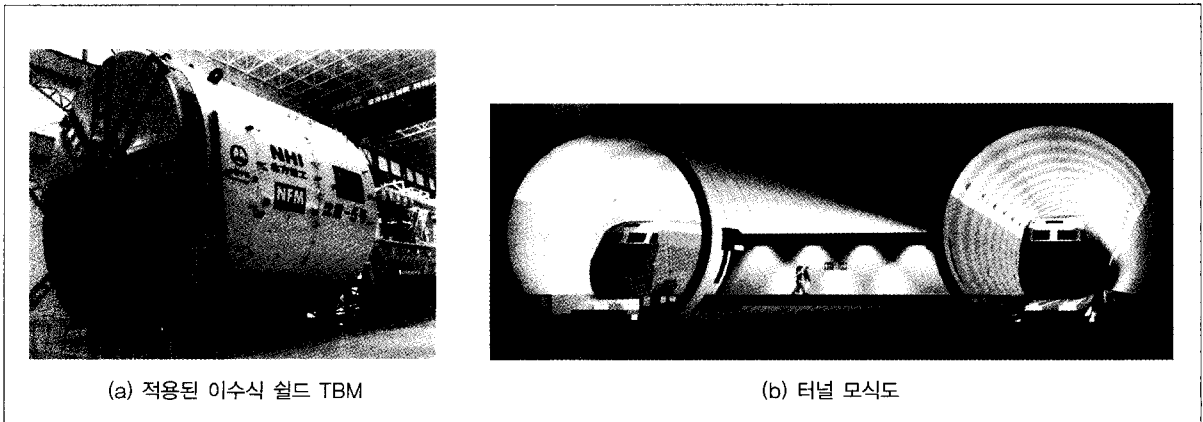


그림 2. Shiziyang 하저터널

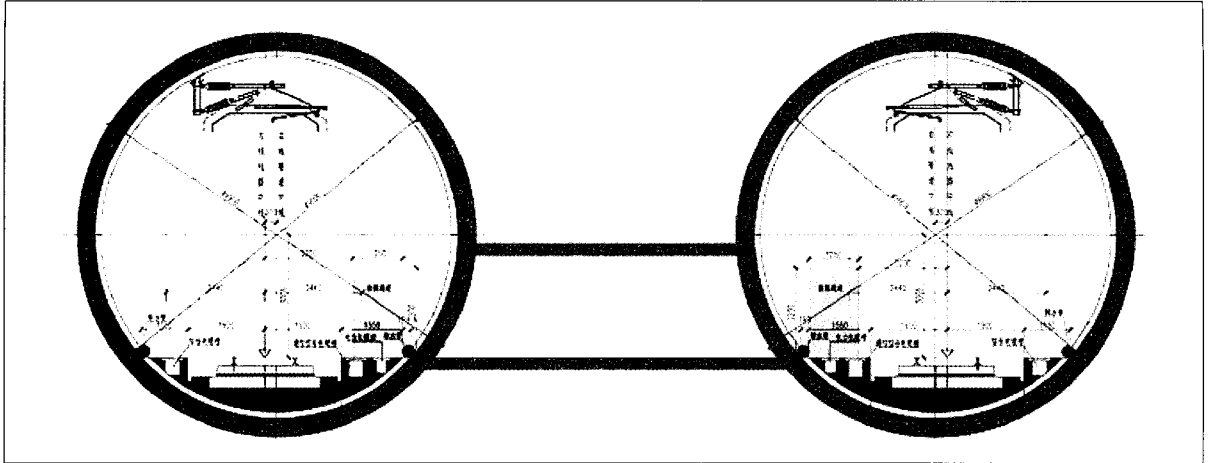


그림 3. Xiangpu 철도구간의 철도터널 설계단면

Xiangtang과 Putian을 연결하는 Xiangpu 철도구간에는 20km 이상의 초장대터널이 3개나 되며 10km 이상의 터널도 11개나 된다(그림 3). 가장 긴 터널은 Dai Yunshan터널로서 연장이 27.8km에 달한다. 15km 이상인 4개의 터널들은 모두 단선병렬의 TBM 터널로 계획되었으며 설계속도는 200km/h이다.

이상과 같이 중국에서는 철도터널 건설 시에 중점적인 혁신기술로서 TBM에 의한 터널 기계화시공을 지적하고 있다. 특히 장대터널과 초장대터널에서 TBM의 적용을 필수적으로 검토하고 있다(Huawu, 2006).

3.2 지하철터널

중국 대도시가 안고 있는 가장 심각한 사회문제 중의 하나로 교통문제를 들 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 대규모의 지하철 시스템이 건설되고 있다.

1975년에 완공된 베이징 순환선은 총 연장 54km로서 모두 개착식 공법으로 시공되었다. 왜냐하면 당시만 해도 개착식 공법이 가장 경제적인 시공법이었기 때문이다. 하지만 대도시에서 터널 굴착으로 인한 인접구조물의 손상, 각종 환경적인 문제 등으로 인해 점차 개착식 공법에서

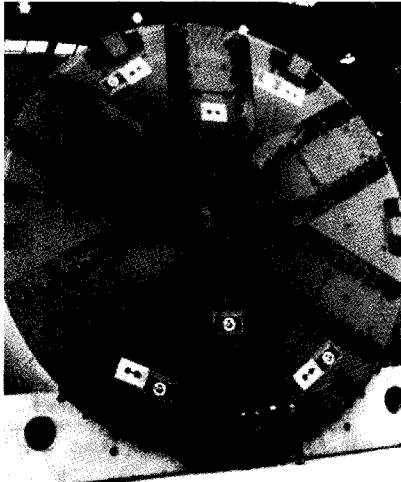
TBM 공법으로 전환되었다. 특히, 2004년 기준으로 전체 지하철 구간의 70% 이상이 TBM으로 시공되고 있다(Lu 등, 2004). 2001년부터 2006년까지 6년간 중국에 도입된 138대의 TBM 가운데 대부분이 중국 6대 주요 도시의 지하철 건설에 적용되었다. 특히 상하이 지하철 건설에서만 46대가 투입되었다.

지하철 터널은 평균적으로 매년 180km가 신설되고 있으며(Qihu, 2007), 2020년까지 15대 도시에 계획된 지하철은 2,280 km에 달할 것으로 예상된다(Qihu, 2003).

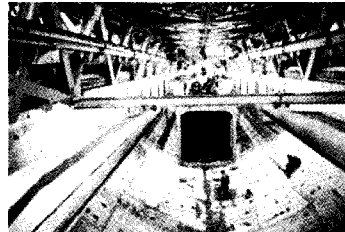
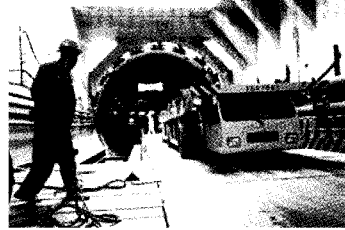
3.3 도로터널

향후 10,000km의 신규 도로구간의 터널 건설에 약 100대 이상의 TBM이 발주될 것으로 예상되고 있다. 또한 중국 정부는 2020년까지 총 35,960km의 고속도로를 건설할 예정인데, 이 가운데 약 20%인 3,670km가 산악 지역을 통과하게 된다. 예를 들어 Qinling Zhongnanshan 터널은 연장이 18.4km에 달한다.

대표적으로 세계 최대의 이수식 실드 TBM이 2대가 투입된 상하이 양쯔강 하저터널(연장 9km)은 상하이와 충밍(Chongming)을 연결하는 고속도로 구간에 위치하고 있



(a) 세계 최대규모의 이수식 쉴드 TBM



(b) 시공 장면

그림 4. 상하이 양쯔강 하저터널

다. 이 터널은 2010년 상하이 세계 엑스포에 맞추어 완공될 예정이다. 독일 Herrenknecht사에서 제작한 쉴드 TBM의 직경은 15.43m에 달하며 점토, 실트, 모래 등 연약 지반 조건에서 월 굴진 400m를 목표로 하고 있다(그림 4). 그러나 높은 수압으로 인해 압축공기 조건에서 절삭도구의 교체가 불가능하여, 후방의 대기압 조건에서 작업자들이 절삭도구를 회수·교체할 수 있도록 설계되었다.

언론 매체에 따르면 상하이 양쯔강 하저터널에 투입된 2대의 쉴드 TBM을 포함하여 2006년에만 독일 Herrenknecht사가 40대의 전단면 TBM을 중국에 공급하였으며, 타사의 실적을 포함할 경우 총 50대가 넘을 것으로 보도된 바 있다.

3.4 하·해저터널

향후 10년 이내에 상하이에서만 황푸강 하부에 연장 1km 이상인 3개의 고속도로와 지하철 터널들을 건설할 예정이다. 우한에서는 2개의 하저 횡단터널을, 그리고 난

징에서는 양쯔강 하부에 1개의 고속전철 터널을 건설할 예정이다. 또한 Qiongzhou 해협 해저터널에 대한 타당성 연구를 완료한 상황이다(Qihu, 2003).

무엇보다도 큰 대형 프로젝트로는 현재 계획 중인 대만 해협 해저터널을 들 수 있다. 중국 본토와 대만을 연결하는 대만해협 해저터널은 현재 양국 간에 해저터널을 건설하기로 합의하였으며 구체적인 노선선정 작업에 착수 중이다. 대만해협 해저터널의 노선은 크게 3가지로 논의되고 있다. 북쪽 노선은 푸젠성 칭화에서 핑탄다오까지 장대 교량을 건설하고 핑탄다오에서 대만의 신주까지는 해저터널로 연결하는 것으로서 총 연장은 125km이다. 중간 노선은 푸젠성 푸티엔에서 대만 중부까지 연결하는 것으로서 총 연장은 130km이다. 남쪽 노선은 푸젠성 샤먼에서 시작해 대만의 진먼다오와 평후다오를 거쳐 대만섬의 자이에 이르는 것으로서 길이는 170km이다. 터널이 완공되면 양국의 경제발전에 크게 기여할 것으로 예상되는데, 특히 인구 2,300만명인 대만이 해저터널을 통해 중국대륙과 연결되면 중국 동남부에 미치는 경제적 효과가

매우 클 것으로 예상하고 있다. 그러나 가장 큰 문제는 대만과 중국 사이의 정치적 갈등 이외에도 엄청난 건설비용과 환경문제이다. 전문가들은 대만해협 해저터널의 공사비가 약 48조~60조원에 이를 것이라고 추산했다. 영국과 프랑스를 연결하는 유로터널 건설에 소요된 약 15조원의 3~4배이다. 또한 대만해협의 지질이 매우 복잡하고 지진도 가끔 발생한다는 문제점도 지적되고 있다.

3.5 도심지 지하 고속도로

중국에서도 프랑스 파리의 A86도로, 일본 동경도 중앙환상 신주쿠선 지하도로 등과 마찬가지로 대도시 지하 고속도로를 건설할 계획을 수립하고 있다. 특히 상하이에서는 2010년까지 26km의 지하도로를 건설할 예정이다. 베이징에서도 井자 형태의 4개 지하 고속도로망을 2020년까지 구축할 예정이며, 각 도로구간에는 4~6개의 입·출입구가 건설되도록 계획되었다. 선진의 Gangshen west routeway에는 약 7km의 지하 고속도로가 건설될 예정이다(그림 5), 난징에서도 도심지 교통체증 문제를 해소하기 위하여 지하 고속도로의 건설 계획을 적극적으로 연구하고 있다(Qihu, 2003).

3.6 수로터널

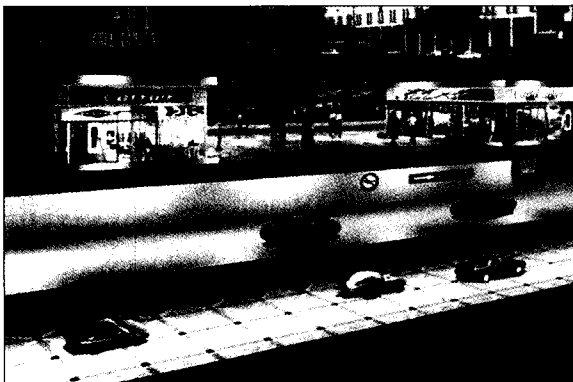


그림 5. 선진시의 지하 고속도로 구성(Gangshen west routeway)

향후 중국의 가장 큰 TBM 시장은 수로터널이 될 것으로 예상할 수 있다. 대표적으로 중국 최대 프로젝트 중의 하나로서 남수북조(南水北調) 프로젝트의 하나인 '서부 지역 남·북 수로건설 프로젝트(West line of the South to North Water Transfer Project)'를 들 수 있다(그림 6). 이 프로젝트는 중국 북서지역의 가뭄해소를 위해 양쯔강 상류의 물을 황하 상류로 돌리기 위한 프로젝트로서 약 36조원이 투입되어 세계 최대 규모로 알려진 썬샤댐보다 12조원 이상 규모가 큰 수로건설 프로젝트가 될 예정이다. 이 프로젝트의 1단계는 5개의 댐, 7개의 터널 및 1개의 수로로 구성되어 있다. 터널 총 연장은 244km에 달하며, 터널 직경은 9.5~10.2m이다. 특히 7개의 터널 가운데 3개 터널의 연장은 50km가 넘으며 가장 긴 터널의 연장은 73km에 달한다. 가장 짧은 터널도 연장이 6.9km이다. 이로 인해 모든 터널에서 TBM의 적용이 필수적이며, 1단계에서만 필요한 TBM이 수십 대에 이를 것으로 추정된다. 이 프로젝트는 현재 타당성 평가 단계이며 약 2010년에 추진될 예정이다(Lu 등, 2004).

또한 2000~2020년 사이에 10개 이상의 수력발전소를 건설할 예정인데, 수력발전소의 수로터널 연장은 1,100km에 달하여 매년 180km의 수로터널을 건설해야 할 상황이다(Qihu, 2003).

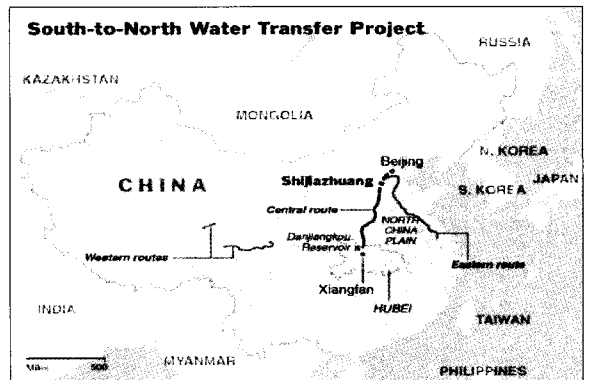


그림 6. 남수북조 프로젝트 계획

4. 중국의 TBM 기술 현황

중국은 1960년대부터 TBM을 적용하기 시작하였고 1980년 이후부터 본격적으로 활용하고 있다. 1966년에는 Shanghai Waterworks Mechanical Plant에서 중국 최초로 직경 3.5m의 전단면 open TBM을 설계·제작하여 Xierhe 수력발전소의 분수로 터널 건설에 투입하였다. 특히 open TBM의 경우에는 수로터널과 광산에 적용된 사례가 많았다. 그 이후에도 수차례 독자 제작한 TBM들이 실제 적용되었다. 또한 1987년에는 Shanghai Tunnel Engineering사에서 중국 최초의 토압식 쉴드 TBM(직경 4.3m)을 개발하는데 성공하여 상하이 하저횡단 통신구 건설에 적용하였다. 특히 모든 부품과 부속이 중국산이었다는 점이 주지할만한 사항이다.

1990년에는 프랑스의 FCB사와 Shanghai Tunnel Engineering사 등이 공동으로 총 7대의 토압식 쉴드 TBM(직경 6.34m)을 제작하고 상하이 지하철 1호선 건설에 투입하였다. 1996년에는 2호선 건설시 24km 연장을 굴착하기 위해 재활용되었다.

1997년에는 Qingling터널과 Shanxi Wanjiashai Water Conversion Project의 88km 터널 굴착에 직경 4.88m의 더블쉴드 TBM이 총 4대 투입되었는데, 이 가운데 2대는 Shanghai Tunnel사에서 제작되었으며 나머지 2대는 Atlas-Robins사에서 제작되었다.

또한 1999년에는 프랑스 FMT사와 Shanghai Heavy Machinery Plant가 공동으로 홍콩에 투입될 8.75m 직경의 TBM을 생산한 바 있다.

2005년에는 연장 1km 이상의 상하이 지하철 건설에 사용될 쉴드 TBM을 18개월간의 연구를 통해 Shanghai Tunnel Engineering사에서 독자적으로 설계·제작하였다. 특히 원격제어시스템을 갖추고 있으며, 외국산 TBM과 비교하여 가격을 2/3 수준으로 줄일 수 있었다. 중국에서는 지하철 건설시 90% 이상의 쉴드 TBM을 수입하고 있는 현실에서 건설비용을 절감할 수 있는 획기적

인 계기가 된 것으로 보도된 바 있다.

이외에도 1967년경에 상하이에서 소규경 토압식 파이프 잭킹 장비가 개발된 이후로 다양한 마이크로터널링 장비들도 개발·적용되고 있다.

특히 1990년대 이후로 중국에서는 10대 이상의 직경 3.8~6.34m 쉴드 TBM을 개발하였으며, 개발된 TBM의 대부분은 지하철, 통신구, 배수터널 등에 투입되었다. TBM 제작과 관련된 기술적인 수준은 세계 수준에 근접해 있지만, 각종 밸브와 유압 펌프의 제작 기술은 다소 뒤떨어져 있는 것이 사실이다(Qihu, 2003).

또한 1960년대부터 약 30년간 20대 이상의 open TBM을 개발하였지만 역시 성능이 다소 떨어졌던 것으로 보고되고 있다. 쉴드 TBM의 경우와 마찬가지로 핵심부품과 후방설비 등에 있어서 기술력이 부족한 상황이다. 2001년부터 현재까지 중국에서 open TBM의 제작은 중단된 상태이다(Qihu, 2003).

그러나 수많은 터널 공사에 TBM이 널리 활용되고 있으며, TBM의 재활용 사례 또한 증가하고 있다. 더욱이 외국 유수의 TBM 제작사들이 중국에 현지 공장을 설립하고 있으며, 중국 자체적으로도 실제 TBM을 개발·제작한 기술과 경험을 보유하고 있다는 점을 주지할만한 필요가 있다.

Qihu(2003)는 중국의 TBM 시장을 확대하고 기술력을 확보하기 위한 방안을 다음과 같이 제시하였다.

- 1) 외국의 TBM장비와 기술에 항상 의존할 수는 없으므로 TBM 기술 자립이 필요하다. 이는 외국 기술과 전문가를 배제하지는 것이 아니라, 외국 기업 및 전문가들과의 협력을 통해 TBM 터널 시장을 더욱 확대하고 자립 기술력을 확보하지는 것을 의미한다. 또한 터널 기술자들이 TBM을 충분히 이해하고 활용할 수 있도록 하는 것이 중요하다.
- 2) TBM은 고가의 장비이기 때문에 TBM의 재활용을 적극 도모해야 한다. 이를 위해 가능하면 다양한 기

능을 갖추도록 TBM을 설계·제작해야 한다. 또한 시장의 요구에 부합하기 위하여 TBM의 개조 및 보수 기술을 확보해야 한다.

- 3) 일반적으로 TBM은 장대터널에 적용되므로 커터헤드, 커터·비트 및 취약 부위에 대해 내마모성을 향상시키고 원활한 교체를 도모할 수 있는 기술을 개발해야 한다.
- 4) 지하수 침투를 방지하고 터널의 내구성을 확보하기 위하여 세그먼트 라이닝의 균열 발생을 방지하는 것이 중요하다.

또한 Qihu(2003)는 중국 정부에서 TBM의 자립 기술 확보를 매우 중요하게 고려하고 있다는 점을 강조하였다.

5. 결론

앞서 살펴본 바와 같이 친환경적이고 경제적인 터널 시공을 위해서 도심지뿐만 아니라 산악지역에서도 장대터널을 위주로 TBM의 적용이 전세계적으로 일반화되고 있다. 더욱이 초장대 해저터널을 위시하여 TBM 관련 메가 프로젝트들이 구상되고 있으며, 세계 최대의 터널 시장으로 급부상한 중국에서도 TBM을 적극적으로 적용하여 자체적인 기술력과 경험 축적에 역점을 두고 있다.

이에 비해 우리나라는 종래의 NATM터널 또는 개착식 터널을 여전히 고수하고 있어, TBM 관련 기술력, 경험 및 전문인력이 매우 부족한 상황이다. 따라서 현재의 기술력과 경험으로는 중국을 포함한 전세계 TBM 터널 시장에 참여하는 것이 불가능하다고 할 수 있다.

특히 2006년에 수행된 한국공학한림원의 기술수준분석 결과에 따르면 TBM의 적용성이 높은 장대터널의 설계·시공 능력이 이미 중국보다 뒤쳐진 것으로 평가되었다(세계일보, 2006). 이는 서부 대개발 등 대규모 사회인프라 구축사업이 본격화되면서 중국이 TBM 관련 기술과

경험을 상당히 축적했기 때문이다. 따라서 더 이상 과거와 같은 저가 수주방식으로는 외국 시장에 진출할 수 없다고 할 수 있다. 더욱이 국내에서 TBM의 최대단면 시공 실적은 현재 시공 중인 분당선 3공구 하저터널에 적용되고 있는 직경 8.1m의 쉴드 TBM으로서 대단면 TBM터널의 시공 실적이 전무한 상황이다. 또한 불필요한 공구 분할, 고가의 TBM을 재활용하기 위한 단면 표준화의 미비 등도 TBM의 적용을 저해하는 주요 요인이라고 할 수 있겠다.

다행인 점은 국내에서도 2010년말에 사업 착수가 예상되는 화성 동탄-서울 삼성간 대심도 급행광역철도(지하 40m 이하, 연장 37.7km)와 고속도로 ○○터널(연장 7.5km) 등에서 대규모 TBM 사업이 예상되고 있으므로 TBM 기술력을 향상시킬 수 있는 중요한 계기가 될 수 있을 것으로 기대한다.

따라서 전세계 터널 시장에 진출하고 터널 기술의 선진화를 도모하기 위해서는 TBM 기술의 자립과 발전이 매우 중요하다. 국산 TBM의 제작은 어렵다하더라도 TBM 터널과 관련된 각종 제작·설계·시공 핵심기술 확보를 적극적으로 도모하는 것이 매우 시급한 시점이라고 할 수 있다.

참고문헌

1. 세계일보 기사 (2006), “한국, IT등 기술경쟁력 중국에 추월 당했다”, 2006. 1. 24.
2. Assis, A.P. (2004), Sensible Underground Solutions for Urban Problems, China Tunnel & Underground Space Development Seminar, 17 June 2004, Shanghai, China.
3. Craig, Rodney (2006), TBMs, made in China, Tunnelling & Trenchless Construction, April 2006, pp. 30~32.

-
4. Huawu, He (2006) Development of Railway Tunneling Technology in China, 2006 China International Symposium on High Speed Railway Tunnels, 20~21 November, Beijing, China
 5. Liu, P. and Liang, W.H. (2000), Design Considerations for Construction of the Qinling Tunnel Using TBM, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 15, No. 2, pp. 139~146.
 6. Lu, Y., Ma, J.-M. and Xu, Q.-J. (2004) TBM in the Future of China, Marine Georesources and Geotechnology, Vol. 22, pp. 185~193.
 7. Qihu, Qian (2003), Present situation and future prospect of application of tunnelling machine to Chinese underground engineering construction, Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, Vol. 12, No. 2, pp. 2071~2080.
 8. Qihu, Qian (2007) Evaluation of the status and outlook of the urban underground space development and utilization in China, Proc. of 11th ACCUS Conference – Underground Space: Expanding the Frontiers, September 10-13, Athens, Greece.