

TBM 장비와 PC Segment의 선진 조달방안에 대한 기술연구



지왕률
강릉건설 부회장

1. 서론

최근의 글로벌 TBM 건설시장은 뜨거운 감자와 같다. 엄청난 물량의 TBM 공사가 전세계적으로 동시 다발적으로 쏟아져 나와, TBM 제작사들은 주문량을 소화 하지 못할 정도로 호황을 누리고 있다. 예를 들어 발파공법을 금지하다 시피한 싱가포르의 지하공간 개발, 홍콩의 주요 교통 터널의 발주 및 공사, 그리고, 중동의 카타르 도하의 지하철 건설 등 엄청난 량의 TBM 공사가 발생하여, 현재, TBM 장비 부족, TBM 터널관련 Engineer, 기능공 등의 부족 상태가 벌어지고 있고, TBM 의 장비 발주 문제에 대해서 미국과 아시아를 중심으로 OPP (Owner Procure Process) 방식의 활발한 적용이 이뤄지고 있으며, 아직도 TBM 터널공사의 발주방법과 더불어 중요한 이슈로 연구 진화 중이다. 이러한 방법의 장단점을 조사하여 앞으로 다가올 TBM을 이용한 터널의 기계화 시공 시대를 맞이하

여, TBM 공법의 국내 본격적인 도입에 앞서 국내 TBM 장비 도입 방향을 정립하여, 21세기 TBM 시장에 적합한 제도적 장치를 제시해 본다.

1.1 싱가포르의 TBM 터널의 건설 시장 및 TBM 장비의 조달 방법

싱가포르의 모든 기간산업 Infrastructure는 싱가포르 육상 건설청, 즉 Singapore LTA (Land Transport Authority) 에서 관장하고 있다. 지난 2013년 3월 25일 방한한 LTA 건설청장 Michael Lim, 의 향후 2030년까지 싱가포르의 교통시설 건설 계획에 따르면, 남북으로 23km, 동서로 42km, 면적 716km² 의 소국 싱가포르에 거주하는 인구는 530만명으로, 현재 불어나는 공공 교통 수요를 소화 할 수 있는 대대적인 지하 공간을 이용한 교통시설 건설 계획이 수립 되어 있다.

(1) 싱가포르의 향후 건설될 철도와 도로 사업

현재 싱가포르의 차량덱수는 96만대로 곧 100만대를 추월 할 것이며, 도로연장은 340km, 철도 연장은 178km에 이르고 있고, 교통시설 이외에도 대구경 (직경 6.5m) 전력구 공사도 한창이다. 현재의 지하철 철도노선은 아래와 같은 7개 노선 총 178km에 이른다.

- EW Line (동서선)
- NS Line (남북선)
- NE Line (동북선)
- BL Extension Line (분레이 연장선)
- CC Line (순환선)
- LRT (경전철)
- Changi Extension Line (창이 연장선)

현재 계획은 2030년까지 기존 178km 연장의 지하철을 360km로 확장하는 것이며, 그 첫 번째 사업이 2013년 새로 발주되는 Thomson Line (2013년 발주 공구 26군데) 등 총 7 Line 공사 계획과 1개 고속도로 계획, KL-Singapore 간 고속전철 계획 등을 발표하였다.

- Thomson Line (연장: 30km, 정거장 수 22군데, 예상 준공 연도 2021년)
- Eastern Region Line (연장: 21km, 정거장 수 12, 예상 준공 연도 2020년)

- Jurong Region Line (연장: 20km, 예상 준공 연도 2025년)
- Circle Line Stage 6 (연장: 4km, 예상 준공 연도 2025년)
- Downtown Line Extension (연장: 2km, 예상 준공 연도 2025년)
- Cross Island Line (연장: 50km, 예상 준공 연도 2030년)
- North East Line Extension (연장: 2km, 예상 준공 연도 2030년)
- North-South Expressway (연장: 21.5km, 예상준공 연도 2020년) 고속도로

또한 싱가포르 - 말레이시아간 고속전철 건설 (SIN-MYS High Speed Rail Link) 으로 2020년부터 말레이시아 수도 쿠알라룸푸어 (KL)에서 Singapore까지 90분대 내로 통과하는 계획이 잡혀 있고, 싱가포르 구간은 터널로 굴착하기로 최종 합의가 되었다. 2013년부터 향후 투자 금액은 미화 550억불로 엄청난 프로젝트가 수행 될 것이고, 지하철의 모든 터널공법은 TBM공법을 적용하게 되어 있어 싱가포르의 TBM터널 공사의 발주와 TBM 및 PC Segment의 조달 방안은 국내의 TBM 터널의 활성화를 위해서 중요한 Barometer라고 판단된다.

표 1. LTA Masterplan for New Infrastructure Projects

Projects	Length (km)	No. of Station	예상준공시기
Thomson Line (TSL)	30	22	20129, 2020, 2021
Eastern Region Line (ERL)	21	12	2020
Jurong Region Line (JRL)	20	-	2025
Circle Line 6 (CCL)	4	-	2025
Downtown Line Extension	2	-	2025
Cross Island Line (CIL)	50	-	2030
North East Line Extension	2	1	2030
North South Expressway	21.5	NA	2020

표 2. Major Rail and Road Projects

LTA 2008 Projects	추정연장 (km)	예상준공시기
공사중 사업		
Downtown Line (DTL)	42km	2013, 2015, 2017
North South Line Extension (NSLe)	1	2014
Tuas West Extension (TWE)	7.5	2016
입찰 및 설계중인 사업		
Thomson Line (TSL)	30	2019,2020,2021
North South Expressway (NSE)	21.5	2020
Eastern Region Line (ERL)	21	2020

또한 현재 시공 및 발주 중인 LTA의 주요 사업은 표 2와 같다.

(2) 싱가포르의 TBM 터널 공사의 발주 특이사항

싱가폴은 특이한 예외 구간 외에는 모든 발파공사를 금하고 있다. 터널공사도 기본적으로 TBM 을 이용한 기계화 시공법만을 사용하도록 하고 있으며, TBM 장비 조달도 관키타공사의 경우 TBM 장비를 공사와 별도로 초기 설계 단계에서 발주처인 LTA가 직접 구매 조달하는 OPP 방식 (Owner Procure Process) 를 사용하며, 이를 통하여 제대로 된 가격의 잘 설계가 된 장비를 Procurement Consultant의 주도하에 경쟁 입찰을 통해 구입하고 있어, Contractor가 공사 수주 후 급히 장비를 주문 조달할 필요가 없고, 장비의 제작 기간을 절약하여 공기에 차질을 주지 않으며, 장비를 대량으로 구매하여 장비값을 할인할 수 있으며, 대량구매에 따른 제작사의 보다 나은 AS와 공사중 유지관리 서비스 등을 받을 수 있게 된다. 반면에 설계 시공 일괄 입찰인 Turn Key 방식에서는 시공사가 직접구매 하도록 하고 있다. 국내와 같이 Subcontractor의 TBM 구매는 금지하고 있다. 저가 수주에 따른 적정한 TBM 장비 구매에 있어 불리한 조건을 갖고 있어, 장비를 공사금액에서 제외하여 OPP 방식으로 구매하고 있다.

세계적으로 볼 때, 1980년대부터 벌써 미국과 캐나다에서는 TBM 장비와 PC Segment 조달을 발주처에서 직

접 해 주기 시작하였다. 이때부터 발주처 자체 구매 (Client Procurement)의 장점이 부각되기 시작되었다. 전통적으로 TBM 장비와 지보재인 PC Segment는 수주한 시공자가 조달하는 것이 상식이었으나, 사업에 대한 Risk 분석 이후 별 조건 없이 발주처가 직접 조달하는 방안이 검토되어 왔다. 터널공법이 기계화 시공인 TBM 공법으로 선정되면, 어떤 TBM이 공사에 적합한지? TBM 운영은 어찌해야 하는지? 등의 논란이 일어난다.

TBM 경험 많고 능력 있는 전문 Consultant 가 제안하는 TBM 장비 선정 기준은 다음과 같다.

- * 발주자는 지질조건과 관련된 Parameter를 제시하여 시공자가 올바른 터널장비 선정이 가능하도록 해주어야 한다.
- * 발주자는 지질조건과 관련된 Parameter를 제공하고 사용될 TBM Type을 구체화하여 시공자가 TBM 제작사와 상세 사양을 가지고 계약 협의를 하도록 한다.
- * 발주자는 지질조건과 관련 Parameter를 제공하고 TBM의 정확한 Type과 Configuration을 정해준다. 그러면 시공자가 사전 선정된 장비들로부터 선정 작업을 하고, TBM 공급자와 장비 가격과 장비 상세에 대해서 협상을 하게 된다.
- * 발주자가 TBM 장비를 선정하여 구매하고 장비를 시공자에게 주면 이 장비는 운전자에게 넘겨지게 된다.
- * 발주자가 장비를 선정하고 구매한다: TBM 소유권은

사업을 수주한 시공사에게 넘겨진다.

- * 발주자가 PQ 서류를 제출한 시공사 중에서 가장 적합한 TBM을 선정한 시공사를 찾는다. 발주자는 이 문제를 시공사에게 주문하여 적합한 장비 선정이 되도록 한다.
- * 발주자는 PQ 통과 시공사들이 최상의 TBM을 선정했는지 분석하고, 시공사 선정전에 TBM 장비를 구매 조달하여 차 후 시공사에 TBM 운영 작동을 맡긴다.
- * 발주자는 PQ 통과 시공사들이 최상의 TBM을 선정했는지 분석하고, 시공사 선정전에 TBM 장비를 구매 조달하여 차 후 시공사에 TBM 소유권을 넘긴다.

위의 여러 가지 케이스가 혼합되어, 발주자와 Consultant의 협의를 통해 조달방식이 정해지고, TBM 제작사와 공급사가 직·간접적으로 발주자, 시공사, 설계사에게 TBM 조달에 있어 자문 역할을 맡게 된다. 간혹 TBM 제작사도 PQ를 통과 한 경우 장비 조달 과정에 합류하기도 한다.

조달방법은 최종적으로 발주자의 결정에 따르게 된다. 그러나 중요한 사실은 시공사가 결정되기 전에 장비 조달에 대한 발주자의 조달방법 결정에 대한 Process가 중요하다는 것이다.

2. 본론

2.1 사례조사

예외적으로 1972년 호주 멜번 지하철에서 OPP 방식으로 발주자가 TBM장비를 구입한 이후 실제적으로 OPP 방식은 1980년도 후반에 이르러서 활용되기 시작하였다. 적용된 사업은, 광산개발, 수자원공사, 핵폐기물 처리공사, 그리고, 지하철 공사였다. OPP발주방식을 주로 사용한 프로젝트는 17개중 9개가 Rail/Subway/Metro Project

표 3. Reference Projects for Owner Procured TBM Projects

Projects	Client	Country	Type	Specification	Year
Melbourne Rail Loop	Melborne URL Authority	Australia	Rail	ø 6.85m, 4x2.8km	1972
Stillwater Mine	Stillwater Mining Company	USA	Mine	ø 4.1m	1987
London Water Ring Main	Thames Water Authority	UK	Water	ø 2.95m, EPBM, 1.8km	1991
St. Clair River Tunnel	Canadian National Rail	Canada/USA	Rail	ø 9.5m EPBM, 1.8km	1992
Lower Kalamazoo Mine	Magma Copper Company	USA	Mine	ø 4.6m, 9.7km	1993
Nuclear Waste Repository	US Department of Energy	USA	Nuclear Waste	ø 7.6m, 7.3km	1994
Rio Subterraneo	Aguas Argentina	Argentina	Water	ø 4m EPBM, 19.2km	1995
Shepard Subway	Toronto Transit Commission	Canada	Subway	ø 5.9m EPBM, 2x3.9km	1996
Stillwater mine	Stillwater Mining Company	USA	Mine	ø 2x4.6m, 2x5.6km	1996
Changi Metro	Land Transport Authority	Singapore	Subway	ø 6.1m, EPBM 3.5km	2000
Singapore Downtown Line	Land Transport Authority	Singapore	Subway	Tender for 10 TBNs	2008
Spadina Subway	Toronto Transit Commission	Canada	Subway	4 EPBMs, 2x8.6km	2009
Shanghai River Tunnel	Shanghai Highway Authority	China	Highway	Mixshield	2010
Downtown Line, Stage3	Shanghai Metro	China	Subway	EPBM	2011
Sotheast Collector Truck Sewer	York Region	Canada	Sewer	ø 3.5m, 2x2.5km 2x5km	2011
Metro Fortaleza	Metorfor	Brazil	Metro		2012
Eglinton Scabourough Subway	Toronto Transit Commission	Canada	Subway	ø 5.75m, 2x6.2km	2012

였고, 발주처 조달 방식으로 구매한 TBM Type은 43개중 30개가 EPBM Type으로 주로 연약 지반 굴착용으로 선정되었다. 이 자료를 보면, 교통국, 광산회사, 수자원 회사들이 주로 OPP 방식을 애호 하였다. 특이한 경우로 Edmonton 시는 8대의 EPBM 장비를 직접 조달하여 직접 터널공사를 하여, 발주자겸 시공사의 역할을 하였다. 지정학적으로 보면 17개 Projects중 9개가 북미에서 OPP 방식으로 (53%) 발주되었으며, 그 뒤를 이어 중국이 23%로 2위이며 유럽은 전통적으로 시공사가 장비를 선정하여, 단 한 건의 OPP 방식도 선정 하지 않았다.

2.2 OPP 입찰방식의 주요 참여자

- 발주처 (소유자)
- 컨설턴트 (설계사)
- 계약자 (시공사)
- TBM 제작사

모든 Process 입찰에 있어 결정에 주요 역할을 하게 된다.

(1) 발주처 (Clients)

발주처는 사업을 실행 하도록 하거나, Project의 Network 을 만들도록 한다. 발주처의 주요 역할은 모든 사업을 공기와 예산에 맞게 수행하는 것이다. 특히 터널공사는 예

상치 못한 지질조건의 변화 등에 따른 Risk를 예상해야 한다. TBM 장비 조달과 관련된 발주처의 우선주요 사항은

- 프로젝트 수행에 대한 잠재적 가속화로서 우선적으로 재정지원 상황을 준비하고, 시공사 선정을 해야 한다.
- 모든 일은 공기와 예산에 준해 시행한다.
- 사업수행에 있어서 Risk를 최소화한다.
- 입찰환경을 경쟁상황으로 조성하여 (PQ가 우수한 시공사의 참여를 최대화 시킨다)
- 터널 공사중 시공의 안전성을 확보한다. (TBM 장비 사양을 좀 더 규모있게 정한다)
- 시공 관리 경험을 정립한다. (다중 프로젝트 동시 수행 또는 System 정립을 위하여)
- 사업 시공중 예상되는 조건을 극복할 최고의 장비선정을 하도록 한다.

(2) Consultants (설계사)

컨설턴트 (설계사)는 발주자를 위해 장비 조달 전략에 관하여 자문하고, 기술적으로 설계를 수행한다. 설계사의 우선적 과업은

- 발주처에 대한 자문 영역을 넓히고, 설계와 시공 동안 사업관리를 주도 한다.
- TBM 경험을 정립한다.
- 사전 사업들로부터의 경험자료등을 이용한다.

(3) Contractors (시공사)

시공사는 본질적으로 발생될 모든 상황에 대해서 전략적 결정을 한다. 시공사는 사업의 전방에 서게 되며, 발주자에 의해 준비된 장비 조달 서류 등을 다루게 된다.

시공사의 우선 과제는

- 경쟁력 있는 최고의 Offer를 준비한다. (정보전달을 최소화 하여 경쟁력 있는 상태를 유지 한다)
- 이전 프로젝트에서의 경험을 정립하여 활용하여, 경쟁력 있는 상태를 유지한다.
- 시공사가 소유한 재고품 물목을 잘 활용한다. (TBM,

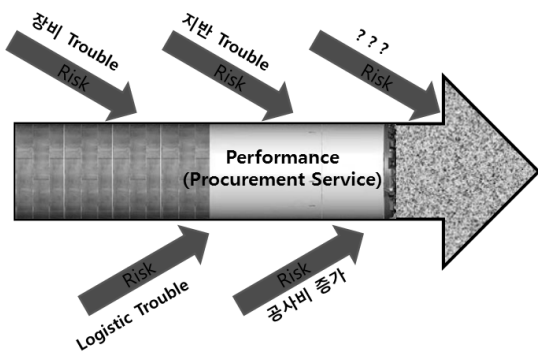


그림 1. Requirement of the TBM Procurement Services

Trailing Gear, Conveyor Belt System, Rolling Stocks, Supply Line 등)

- 장비 사양에 대한 정보를 확보하던지, TBM 장비 선정에 깊숙이 관여 한다. (예를들면: Open TBM : Double Shield TBM, 또는 EPB : Slurry Type)
- TBM의 형태유지와 운전에 대한 책임을 진다.
- 계약 수주 (기술력과 경험을 바탕으로)

(4) TBM 제작사

TBM 제작사는 현재 계획된 모든 프로젝트에 적합한 설계를 한 TBM 장비를 제공해야 한다. 세계적인 활동을 하며 단지 제한된 몇 회사만 TBM 장비 조달에 참여 하고 있으며, 공사 초기에 이미 자신들의 장비와 기술을 팔기 위해서 발주처와 설계사의 일에 참여 하여 토론을 벌이기도 한다. 간혹 이러한 초기 영업의 결과 입찰 안내서에 장비 사양이 특화 되기도 한다 (Movable Cutter Head, 또는 특화된 그라우팅 기법 등) 기존의 시공사들과의 협력 체제 뿐 아니라 자체 보유기술을 활용하여 새로운 TBM 개발에 앞장서고 있다.

지형학적 위치 이유 때문에 다음 요소들이 고려된다.

- 노동자 인건비
- 숙련된 기능직의 활용도
- Spare Part의 운반에 걸리는 시간

기계화 수준은 상기 요소에 의해 정해지며, 인건비가 높을수록 TBM 장비의 설계와 형상에 더 집중을 하며, 버력 처리 등에 기술력을 집중하고, 반대의 경우 단순 생산 제작에 집중한다.

2.3 Client 가 직접 TBM을 구매하는 경우

각 프로젝트의 특수한 상황을 고려할 때, TBM 장비를 발주처가 직접 사전 구매를 할 수도 있다. 이 경우의 장단점에 대해서 Project 주요 참여자인 발주처, 시공자, 설계

자, 그리고 TBM 제작사가 사전 조율을 하게 된다.

(1) Clients

일반적으로 공공기관 (교통건설청 등) 결정과정은 오랜 기간의 숙고를 통해 이뤄진다. 사업계획 부터 수행에 이르러 최종 시공에 이르기 까지 수많은 퍼즐조합을 풀어나가야 한다.

일반적으로 사업 계획을 짜서 착공하기 까지는 수많은 난관을 거쳐, 10여년이 소요되는 것이 현실이다. TBM 사업의 자본 집중적인 특성이 본사업의 연기와 불확실성에 대한 의혹의 원인이 되기도 한다. 자본조달이 가능해 지면 사업은 즉시 개시하여 최소한의 공기로 시공을 마치고 국민을 위한 Infrastructure로서의 기능을 살려야 할 것이다. 이러한 이유 때문에 조기 착공을 위해 발주처가 미리 장비를 자체 조달해 주면 공기 준수가 가능해 진다.

일반적으로 TBM 장비를 현장에서 조립하기 전에 장비 조립용 지하공간 Cavern 과 운반용 수직구, 터널갱구 등의 접근로 구조물의 준비가 필요하다. 장비를 제작 조달하는 초기 10-12개월 내로 TBM 장비를 설치할 사전 구조물 작업이 완수 되지 않으면, 장비가 선 조달되어 현장에 도착하여도 공기에 도움이 될 수가 없다.

TBM 장비의 선 조달 방법은 정치적인 의도도 있다. 일단 TBM 장비가 주문되면 무슨일이 있어도 이사업은 계속 해야 되는 그런 장점이 있다. 정치쪽은 여러 가지 변수가 있다. 선거를 통해 새 정부가 들어서면, 관련 사업의 존폐 여부가 문제시 되고, 간혹 취소되기도 한다. 예를 들면 캐나다의 Shepard & Elington Line의 선 TBM 조달이 1990년 초에 이뤄 졌음에도 프로젝트를 취소할지 연기할지에 대한 문제가 있었다. 공공 건설청이 10대의 TBM 장비를 선 자체 조달한 싱가포르의 경우, 동일한 설계의 TBM 장비 10대를 자체 조달하여 지하철 Downtown Line에 투입하여 많은 이득을 얻었다. 장비를 대규모로 구입하면서 구입 단가를 조정할 수 있었다. 이러한 상세한 협상을 추진하기 위해서 발주처는 경험이 많은 전문가 직원의 도움

이 필요하고, 또한 Consultant의 조언을 받는다. 이때 발주처는 외부의 전문가에게만 의존하는, 즉, 외부의 TBM Procurement Consultant에게 전적으로 의존하는 시스템을 선호하지는 않는다. 발주처는 단일 터널 프로젝트보다는 다중 터널 프로젝트를 위하여 이러한 시스템을 고려하며, 가능하면 장비의 최적사양 검토를 한 후 공공기관에서 최적 장비구입가를 도출하는데 그 목적을 둔다. 장비조달에 대해 발주처 담당이 한번이상 경험을 갖게 되면 조달 업무가 원활하게 수행된다. 이러한 장비 조달의 Risk가 시공사에 집중되는 것을 막고, 최적가의 최적 장비 구입에 있어 발주처의 역할이 중요하다. 일단 시공계약이 체결되면 TBM 소유권은 시공사로 넘어가거나, 또는 시공 굴진율에 대한 책임만 시공사에 전가되기도 한다. 시공사는 계약 시 상기 Risk에 대한 결정을 내려야 한다.

조기에 TBM 장비 선행조달을 하는 이유는 어려운 지반조건을 고려해서 발주처가 Risk를 분산시키려 하는데 있다. 간혹 잘못 선정된 TBM Type 과 잘못된 장치가 설치된 장비 때문에 터널사업이 실패하기도 한다. 이러한 문제는 시공사가 사용하려는 장비 사양을 정확하게 준비하거나, TBM을 미리 구매함으로써 해결될 수 있다. 발주처는 TBM 조달 과정에 참여함으로써 자신들이 Risk를 안게 되는 것을 인지하고 있으나, Project 수행 상 필요한 것을 인지하여 자체 조달 방법을 이용하기도 한다. 문제는 누가 이러한 Risk를 더 잘 수행하고 경험이 있느냐는 것이다. Client 또는 시공사?

(2) Consultants

컨설턴트는 TBM 장비 조달에 있어서 거의 열외자 입장이다. 전문적인 기술력을 바탕으로 발주자의 장비조달의 자문 역할을 초기단계에서 수행할 뿐이다. 장비의 조달에 관련된 서류를 준비하고, 세그먼트 설계를 통한 PC Segment 조달 자료를 제공한다. 실제로 장비사양 검토와 Segment 조달에 대한 고급 서비스를 할 수 있는 Consultant는 거의 없으며, 그 효율도 떨어진다.

(3) Contractors

시공자는 장비조달과 Segment 조달에서 일단 벗어나 있어, 특별한 상황에서 터널 프로젝트를 준비해야 한다. 시공자는 사전 조달된 TBM 장비에 있어서 운전상의 문제에 대한 책임이 줄어들고, 발주자는 경험 있는 시공사의 능력을 사전 조달 방식에서는 시공사가 선정되어 있지 않아 활용할 수는 없다. 사전 장비 조달의 문제점은 시공사가 직접 TBM 제작자를 접촉할 수 없어서, 발주처/ TBM 제작자/ 시공사 간의 업무 접촉상의 묘한 구조가 나타난다. 계약상에 당연한 문제이나, 장비 제작상 상호 협조, 협력, 대화 업무 추진에서 애매한 상황이 연출된다. OPP 방식으로 장비가 조달 시 장비 조립 및 초기 굴진 준비시 시공사가 맡아하는 일이 장비 제작사가 없는 상황이 되는 Risk가 발생할 수도 있다. TBM 장비 조립과 초기 굴진단계 과업은 발주처가 한번 소유했던 TBM과 소유한 TBM의 경우 제작자의 업무 및 책임 범위가 달라 질 수가 있다.

터널 시공자는 일반적으로 다양한 터널공법을 경험하였고, 자체내 기술팀이 있어 모든 프로젝트 공사 계획 및 공무 경험을 갖고 있으며, TBM 현장 운반 조달, 운전 및 PC segment 생산 및 설치에 대한 방법을 숙지하고 있다. 사전 조달 방법에서 시공사의 역할은 줄어들 수밖에 없다. System을 중간에 교체하는 것은 거의 불가능하다. 예를 들어 버력처리를 광차에서 컨베이어로 바꾸는 것은 발주처의 결정 사항으로 번복이 어렵게 된다. 시공사는 장비구입에 따른 초기 재정비용 사용을 줄일 수 있고, 장비를 재사용하거나, 팔 의무가 없게 되는 장점이 있다. 조달된 장비를 이용하여 열심히 터널굴착을 하는 것이 주요 업무이다.

(4) TBM 제작사

조기 선 발주 시스템에서 장비 제작사는 초기부터 장비 선정과 사양 결정에 참여하게 된다. 실질적으로 장비 사양을 최적화 하고, 자신의 제작 장비가 터널굴착에 쓰이게 하는 데 주 사업 목적이 있다.

경험이 많은 시공사와 협상하는 것과 발주처와 협상 하는 것은 다른 이야기다. 발주처는 좀더 고급의 TBM사양 을 쓰고자 하며, 이때 장비 동력, 토크, 추력 등을 최대 화 한 사양을 수립하여 추진한다. 제작사로서의 이 시스 템의 단점은 발주자에게 이행보증을 해야 되어 재무상에 추가적인 부담을 안게 되는데 있다. TBM 제작사는 계약 서상에 터널 굴진율을 입력하게 되어 있으며, 이러한 최 소 굴진율은 시공사가 지켜야 할 항목이 된다.

발주자의 초기 TBM 장비 구매 방법은 다음과 같은 장 점을 갖고 있다.

- 시공계획을 가속 시킨다.
- 유사한 기종의 TBM의 복수 대량조달이 가능해 진다.
- TBM 외형이 발주처의 사양에 의해 결정된다.
- 위기관리 또는 위기 분산이 가능해 진다.

여기에는 발주처 자체의 TBM 장비 조달 기술력이 있 어야 주관이 가능하다. 여기에는 기존 TBM기술과 사양에 대한 완벽한 이해력이 필요하다. 이 Process에서 모든 Risk를 시공사에게 전이하는 것은 조달과정을 해롭게 할 것이다. 모든 지질학적, 지정학적, 수리학적 조건이 사전에 잘 조사가 될수록 TBM 선정의 정확도가 높아 질 것이다.

3. 결론

OPP 방식의 최고 장점은 TBM장비의 초기 선정과 시 공현장에 늦지 않은 장비 조달 효과를 들 수 있다. 발주처 는 지반조건이 바뀌어 공사비가 증액 되는 것에 대해서도 장비의 성능에 대해서도, 장비의 직접 조달자로서 100% 책임이 있다. 시공사가 TBM 장비에 대한 책임에서 자유 로운 감이 있으나, 발주처는 재정적으로 건전하고, 시공 능력이 뛰어난 시공자를 찾아야 한다. 공기 준수 및 대량 TBM 장비 구매 또한 OPP를 통해 가능해 지며 가격 및 제 작조건 등에서 많은 장점이 있다. 지정학적으로 OPP 방

식은 북미와 아시아에서 널리 사용되며, 아직도 유럽에서 는 적용되지 않고 있는데, 이것은 시공사의 시공 능력과 경험에 대한 발주처와의 신뢰의 문제이며, 문화적 차이이 나, 오늘날 국내와 같이 TBM공사에서 최저가 입찰, 실적 공사비 적용, 더욱이 장비손료적용 등의 방법으로는 제대 로 설계가 된 현장 지반 조건에 맞는 우수한 TBM 장비의 도입이 사실상 어려워 장차 국내TBM 장비 발주 방법은 싱가포르 같은 OPP 방식을 공공공사에 적용하면 보다 좋은 New TBM장비의 도입이 가능하여, 해외와 같이 우수한 TBM 터널 굴진율로 보다 경제적인 터널시공이 가능해 질 것으로 예상된다. 또한 TBM 기술의 국내 정착을 위해서는 외국과 같이 TBM 기술자에 대한 기술면허의 제도적 준비도 필요할 것이다. 특히 터널내에서 대형 TBM 공장 을 운전하는 TBM Operator에 대한 기술면허제도의 설립 이 필요할 것이다. 이를 통한 TBM Engineer와 TBM Operator 들의 양성화도 시급한 문제일 것이다.

참고문헌

1. W. Jee, Modern TBM Procurement System, 선진화된 TBM 조달시스템, KTA Journal, 자연, 터널, 그리고 지하공간, June 2011, Vol.13, No.3.
2. W. Jee, 한국 터널기계화 시공기술의 현황 및 전망, Present Status of the Mechanized Tunnelling Technology of Korean Tunnelling Industry 한국터널지하공간학회, 2011, 8 Vol. 13, No.4.
3. W. Jee Consideration from the tunnel seismic exploration and its validation based on data from TBM control 터널내 탄성파 반사법 탐사 (TSP) 와 TBM 굴진 자료의 상관성 검토 연구 고찰2011.9.29. 한국암반공학회 창립 30주년 기념 심포지 움, 알펜시아, 평창 리조트.
4. W. Jee, 한강 하저터널의 대구경실드 TBM 설계, The Large Scale Shield TBM design of the Han River Tunnel, The 12th KTA International Symposium on Mechanized Tunnelling Technology, 2011.11.11, Seoul, Korea.
5. W. Jee, 한반도 기후 변화에 따른 수해 및 빙물 저류터널 건설의 세계 동향 검토 연구 World Tunnel trends according to the



Flood protecting drainage tunnel construction to protect the flood damage by the change of the given weathers. KTA Journal Vol. 14/No.2 April 2012.

6. Biggart, A.R., Krammer, G.j.E., Waters, A., Owner Procured Tunnell Boring Machine, 2005 RETC Proceedings, SME, pp 32–47.