

# Modern TBM 장비 발주제도



지왕탈  
평화엔지니어링 부사장



윤희로  
평화엔지니어링 부사장

## 1. 개요

대구경 Traffic TBM은 Modern High Power TBM이라 할 수 있으며, TBM 면판의 직경이 8.0~15.0m이고 중량은 3,000~6,000ton, 길이는 150m~250m 정도이다(그림 1).

흔히 토목공사에 활용되는 기계화 시공의 장비는 많이 있으나 TBM의 경우와는 많은 차이가 있다(표 1).

운전의 개념과 후방 설비 시스템 등을 비교해 볼 때 TBM은 단순한 건설장비보다는 종합 플랜트적 성격을 지녔다. 그리고 TBM은 지반의 강도와 환경에 맞게 설계, 제작된다는 측면에서 일반 건설장비와는 크게 차별화 된다.

한국에서 소구경 Utility TBM이 1984년에 도입되어 현재까지 대구경 Traffic TBM으로 발전되지 못한 것은, 현장상황에 맞는 TBM 장비가 설계·제작되지 않고 일반 건설장비 관리하듯 SPEC 검토 없이 장비가 투입되었기 때문이다.

일반적으로 구매는 Buying(매입), Purchasing(구매), Procurement(조달)로 3단계로 구분할 수 있다.

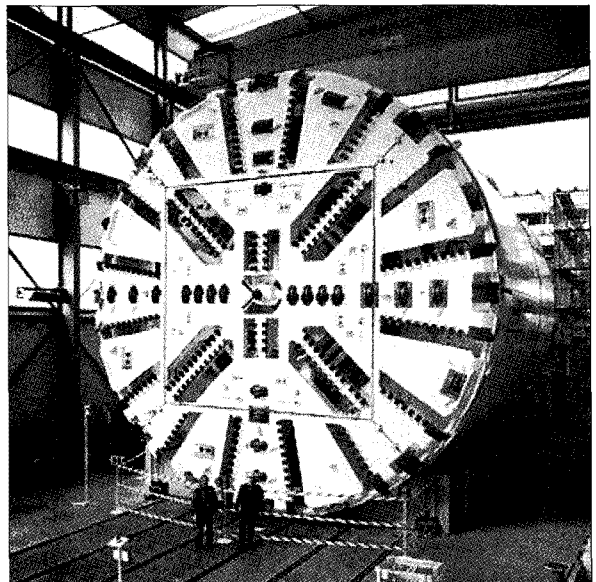


그림 1. 대구경 Traffic TBM

- Buying : 일반 소비제품의 불특정 다수의 단순매입 (買入)

표 1. 일반 건설장비와 TBM의 차이점 분석

	건설장비	TBM
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주문형태</li> <li>• 재활용률</li> <li>• 공종</li> <li>• 대당 운전자</li> <li>• Back Up System</li> <li>• 구매 형태</li> <li>• 보수 유지</li> </ul>	Ready Made(기성품) 높다 단위공정 1~2명 없음 기성품 구매 Maker에서 지원	Order Made(주문제작) 낮다 복합공정 6명 다수 주문 생산 Client 자체 관리

표 2. 소구경 Utility Tunnel과 대구경 Traffic Tunnel의 차이점

항목	소구경 Utility 터널	대구경 Traffic 터널
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통관련법의 제한</li> <li>• 터널 단면</li> <li>• 안전환경의 문제</li> <li>• 위치</li> <li>• 정밀도 요구</li> </ul>	무 5m 이하 보통 산악도심지하저 보통(융통성 있음)	유 7m 이상 매우 중요 도심산악하저해저 고도정밀 요구

- Purchasing : 특수목적의 공산품을 제조회사로부터 구매(購買)
- Procurement : Client가 특수한 상황에 맞게 SPEC. 을 정하여 제작자의 설계·제작 과정을 관리하여 반입 되는 구매

이렇게 볼 때 일반 건설장비의 구입을 Purchasing(購買)이라 하며, TBM의 구매는 Procurement라 하며 이를 조달(調達)이라 한다.

## 2. 한국의 TBM 발주 실태

### 2.1 소구경 Utility TBM의 발주(Micro TBM)

소구경 Utility TBM은 1984년 당시 Utility Tunnel 건설의 필요성과 업체의 의지로 출발하였다. 장비의 도입과정을 보면 독일, 미국, 일본의 TBM 제조회사에서 보유한 기성품 32대가 구매(Purchasing)되었다.

이들 장비는 지반의 특성을 고려하지 못 하였기에 많은 경우 장비가 제 효율을 발휘하지 못 하였다. 이런 상황은 소구경 Utility TBM 터널 프로젝트에서 TBM의 발주부분이 생략되었고 나아가 모든 TBM 공사에서 TBM Procurement의 개념이 형성되지 못 하는 계기가 되었다.

소구경 Utility TBM터널이 대구경 Traffic Tunnel과의 다른 점은 표 2와 같다.

### 2.2 대구경 Traffic TBM의 발주 현황

대구경 Traffic 터널의 건설은 현재까지 교통과 철도 터널로서 총 1700여건의 실적이 있다. 이 중 TBM으로 시공된 터널은 완료기준으로 볼 때 7건이다.

종합건설업체(시공사)가 직접 구매한 경우가 3건, 전문건설업체가 구매한 경우가 4건이며 국내에서는 발주처 조달방식 OPP(Owner Procurement Process)은 아직 없는 것으로 파악된다. 자세한 장비 구매 과정은 알 수 없으나, TBM Procurement 절차에 의해 TBM 제작자가 제시한 장비에 대한 기술 평가를 하였다고는 보여지지 않는다.

표 3. 국내 Traffic TBM 발주 현황표

공사업	실드직경(mm)	실드TYPE	장비 제작사	입찰방법	시공사/협력사	발주방법	비고
광주지하철T/K-1공구	7,380	EPB	N.K.K	T/K	성원/경빈	GPP	경암구간 Trouble
부산지하철230공구	7,280	Slurry	N.K.K, Komastu	T/K	두산/경빈	GPP	"
인천공항철도 2-5B	7,600	EPB	Kawasaki	민자	삼환/동아지질	SCPP	동화암 지역
분당선 3공구	8,100	EPB	Komastu	대안	대우/경빈	SCPP	경암돌출 Trouble
서울지하철 909	7,800	Slurry	Kawasaki	T/K	두산/동아지질	SCPP	"
서울지하철 703	7,530	EPB	Mitsubishi	대안	대우/경빈	SCPP	"
서울지하철 704	7,280	EPB	Hitachi	대안	삼성물산/동아지질	GPP	주로 동화암지역

장비구매를 위한 계약조건에 장비 및 굴진율 등에 대한 보증조건(Guarantee) 또한 언급이 없는 것으로 보이면서 이는 실제 투입된 장비의 굴진율이 국제적 표준에 미치지 못하며 것으로 나타나게 되었다.

이는 발주형태를 분석할 때 TBM 장비는 현장의 지반 환경과 건설 요구 등에 부합 하도록 설계되어야 하며 제작과정에도 품질보증(Quality Assurance)제도에 의하여 발주자의 감독하에 품질을 관리하여야 한다. 특히 지반의 불확실한 상황에 대응하는 Risk Management 관련 Code (A Code of Practice for Management of Tunnel Works, The International Tunneling Insurance Group, 2003) 에 의해 프로젝트의 지반 및 건설환경에 대응한 TBM 장비가 설계되도록 하여야 한다.

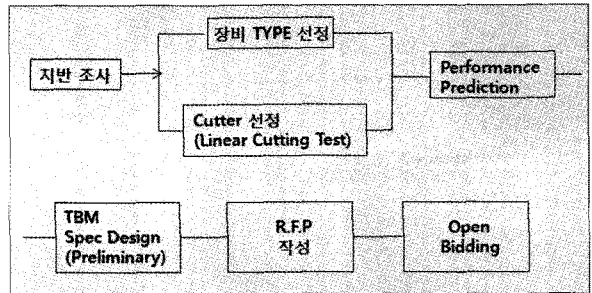
### 2.3 TBM 발주 시 기본 유의 사항

TBM 장비를 구매한다는 것은 구매 행위 이전에 누가 어떤 장비를 구매할 것인가에 대한 정확한 요구를 바탕으로 하여야 한다.

#### 2.3.1 발주 전 단계의 구매 관련 행위

국내의 TBM 장비 구매상황은 초기에 적정한 SPEC, 을 작성하여 사업이 요구하는 굴진 성능을 갖춘 TBM을 구매하는 것 보다 SPEC, 의 작성 없이 제작사나 일부 전문업체의 보유 중고 장비 등을 값싸게 구입하여 투입하고

표 4. 입찰 이전 단계의 Procurement 관련 절차



있는 실정이다.

이는 세계표준에 미치지 못하는 굴진율·가동률의 결과를 낳고 나아가 TBM에 대한 인식을 부정적으로 갖게 하였다.

표 4는 TBM 입찰 이전 단계의 Procurement 관련 절차에 관한 업무 흐름도이다. 대부분 Client와 TBM 엔지니어에 의해 준비되는 작업으로서 입찰자에게 정확하고 시험 근거에 의한 자료를 제공하며, TBM의 설계·제작·운용에 대한 입찰자의 책임사항을 명확하게 정리하는 것이 입찰요청서(R.F.P. : Request for Proposal)이다.

#### 2.3.2 발주단계에서의 구매 관련 행위

기계화 시공에서의 TBM 장비의 발주는 단순 장비의 개념을 넘어서 터널의 전반적인 굴착 공사를 발주와 TBM 장비의 설계·제작·시운전·운전 등 플랜트가 갖는 발주의 특성 그리고 사용 후 장비의 소유 및 Client가 요구하는

표 5. 입찰단계의 Procurement 관련 절차

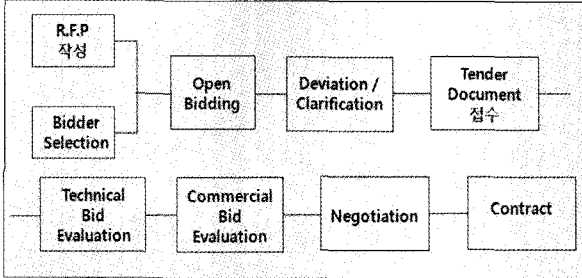
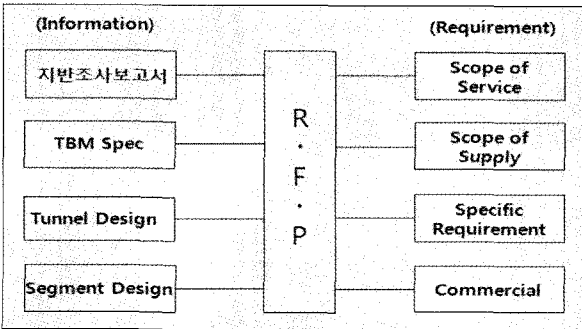


표 6. R.F.P의 구성



※ R.F.P : Request For Proposal

굴진율(Performance Rate)의 보증(Guarantee) 등의 문제가 폭넓게 검토되어야 한다.

1) R.F.P. 작성

터널기계화 시공에서 TBM이 차지하는 중요도만큼 지반환경에 맞는 TBM의 선택과 TBM의 성능을 발휘할 수 있도록 하기 위하여 TBM 제작에서의 설계·제작·설치 등에 관련된 모든 사항을 포함해야 한다.

• TBM Bidder에게 제공해야 할 Information

TBM 엔지니어가 입찰자(Bidder)에게 제공할 정보는 아래와 같다.

- 지반조사보고서
- 절삭시험보고서

- TBM Specification
- Performance Prediction Analysis
- Tunnel Design(Tunnel Route, Section Profile, etc.)
- Project Master Schedule
- Risk Register(기획설계 시 작성)
- 장비조립·진입을 위한 공간 등
- TBM Cutter Design
- TBM Head Design

특히 ITIG의 “A Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works”에서는 프로젝트의 기획설계 시 지반의 불확실한 상황에서 예측되는 위험에 대해 정의(Identification), 평가(Assessment), 위험기록부(Risk Registers) 등 코드를 요구하고 있다.

• Client가 TBM 제작자에게 요청할 사항

가. Scope of Technical Service

TBM 터널공사에는 TBM 장비 외에 사업관리, 장비관리, 물류관리 등의 분야에서 많은 전문기술분야를 포함한다. 이 부분의 기술 서비스는 해외의 경우 전문 컨설팅 회사에서 수행하고 있으나 국내에서는 이를 지원하는 전문가 조직이 없다. 이 서비스 업무를 요약하면 아래와 같다.

- Logistics Planning
- Temporary Planning
- Risk Management Plan
- Health and Safety
- Operation Assist
- Maintenance Assist
- Quality Management Plan
- etc.

특히 기계화 시공에서의 사업관리의 중심에 있는 Risk

Management는 TBM 제작자가 Client에 의해 주어진 자료를 토대로 자체적인 위험요소 관련 회의나 연구를 통하여 얻어진 문제점과 대책 그리고 시공 중의 Risk Management 계획을 제시토록 하여야 한다.

#### 나. Scope of Supply

대부분의 TBM 장비는 중(重)·후(厚)·장(長)·대(大)한 것으로서 많은 부분이 국내에서의 생산이 가능하다. 때문에 국내·해외를 분리 발주를 통하여 원가를 절감하고 또한 이 과정을 통하여 기술을 축적할 수 있다. 지금까지 우리의 TBM 발주를 보면 TBM 제작자에게 TBM 본체를 포함한 전체("Full Scope of Service and Supply")를 TBM 제작자에게 주는 Turn-key Base의 계약 형태를 취하였다.

여기서 오는 문제점은 업무 범위는 전체이나 제작자의 책임은 면제된 상황이었으므로, 결과적으로 기대에 미치지 못하는 굴진율(Performance Rate)을 나타냈으며 운전 중 TBM Head를 교체하는 사례도 있었다.

그간의 TBM 제작자의 공급범위는 아래와 같다.

- TBM 본체
- Slurry System (Option)
- Conveying System
- Consumable
- Spare Parts
- Hydraulic System
- etc.

#### 다. Specific Requirements

TBM 장비의 설계는 지반환경과 터널공사와의 조화를 이루어야 한다. 그리고 터널장비에 포함된 설비의 수준과 안전·환경에 대한 요구사항 등 많은 부분에서 발주자로서의 요구사항이 있다.

- TBM의 상세설계도와 Specification

- TBM 참여 기술자 경력서
- Project 인력 지원 요청
- Spare Parts 지원 System
- Cutter Repairing System
- Back-up Equipment System
- TBM Operation Manual
- TBM Maintenance Manual
- Ladders and Platforms for Segment Assembly
- etc.

이렇듯 많은 요구사항들이 제작자로부터 준비될 때 TBM 장비, Back-up System, 현장의 운영·관리 등의 수준이 높아지고 Client가 목표하는 건설관리에 도달될 수 있는 방법이다. Procurement란 이런 다양하고 복잡한 건설 엔지니어링의 전반적인 사항들이 논의·관리·계약·제작되는 일련의 과정을 관리하는 것이다.

#### 라. Commercial

TBM 장비는 일반 건설장비와 달리 장비의 성능(Performance)을 보장하기 어려운 상황이다. 이는 장비를 인계 받은 건설사의 운영·유지 능력과 불확실한 지반 상황이 맞불려 TBM 장비의 Performance Rate(굴진율)는 장비성능, 운전·관리능력·지반상황이 복합돼 나타난다.

싱가포르의 경우 계약의 Warranty와 Bond 조항에서 장비의 성능을 보장(Guarantee)토록 하고 있으며, TBM 장비의 계약은 TBM Manufacturer와의 조건 협상을 거쳐 계약 조항을 살려가는데 반해 우리의 경우 TBM 장비의 기술적·운영적 내용을 알고 그들과 협상할 전문가나 조직이 정상적으로 가동되지 않고 있다고 본다.

계약 조건에 대한 많은 연구와 전문가의 참여를 통해 우리의 관리·기술력을 높이는 것이 중요하다.

#### 2) Bidder Section

현재 세계적으로 터널기계화 시공이 발달되어 TBM 장

비제조업체가 많아져 Client는 선택의 폭이 넓어졌다. 특히 중국의 경우 직경 8.0m 이하의 장비는 자국 생산품을 활용하고 있는 실정이다. 반면 우리나라의 대구경 Traffic TBM은 모두 일본 업체의 장비가 들어왔다.

따라서 우리 지반환경에 맞는 경험과 기술력을 보유한 업체를 선정하는 것은 매우 중요하며 이를 선별할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 해외의 경우 다양한 제조회사가 입찰에 참여하고 있으나 지난 Traffic TBM 7건이 모두 일부 업체만 참여했다는 사실만으로도 우리의 TBM Procurement 과정은 편향됐으며 정상적 절차를 밟았다 할 수 없다. 따라서 사전 Pre-qualification의 과정을 두어 심의에 의해 Bidder를 선정하거나, 능력 있는 업체를 Client가 지명하는 지명경쟁입찰이 이루어지고 이 후 기술평가와 영리적 가치 평가를 통하여 TBM 장비를 선정하여야 한다.

### 3. TBM 장비 구매의 형태

TBM 장비구매는 대체로 Client(Project Owner), Genecon (종합건설사), Sub-contractor(전문건설회사)로 구분된다. TBM 장비는 고가이며 프로젝트를 위하여 설계·제작되는 특성을 갖고 있으므로 외국의 경우 Client나 Genecon이 직접 구매하여 전문 운영회사에 운영과 유지관리를 맡기며 종합 관리하는 형태를 취하고 있다. 우리나라는 대체로 Sub-contractor(전문건설업체)가 소유하거나 Sub-Contractor가 직접 구매한 장비를 지입 개념으로 운영된다. 소수의 경우 Genecon이 직접구매하고 Sub-Contractor가 운영하는 경우도 있으나 세계적 흐름은 OPP 방식이다.

- 발주처 조달방식 : OPP(Owner Procurement Process)
- 종합건설사 조달방식 : GPP(Genecon Procurement Process)

- 전문건설사 조달방식 : SCPP(Sub-contractor Procurement Process)

#### 3.1 발주처 조달 방식(OPP)

OPP는 국제적으로 증명된 선택계약 인도방법으로 수많은 터널 프로젝트에 적용 할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. OPP의 목표는 프로젝트에 발생할 수 있는 Risk를 줄이며, 공기를 단축시킬 수 있으며, 발주처 요구명세서, TBM 조달, 세그먼트 라이닝 등을 터널 시공사에게 제공한다.

이 프로세스는 1970년대 초기에 호주에 있는 Melbourne시에서 최초로 사용되었고, 적어도 전 세계 10곳의 발주처에 사용되어 왔으며 최근에는 중국과 러시아, 인도 등 세계적으로 일반화 되고 있는 실정이다(표 6.1). 일반적으로 OPP는 다음과 같은 사항이 포함되어 있다.

- 본선터널계약 중 기본설계를 하는 동안 발주처는 필요한 TBM SPEC.을 결정한다.
- TBM 제조회사는 최종 실시설계를 하는 동안 결정되며, 동시에 발주처는 터널 라이닝(PC Segment의 경우)도 직접 조달한다.
- 이 프로세스에 터널 계약자가 포함되어 있다.
- TBM과 라이닝은 채택된 터널 시공사에 공급한다.

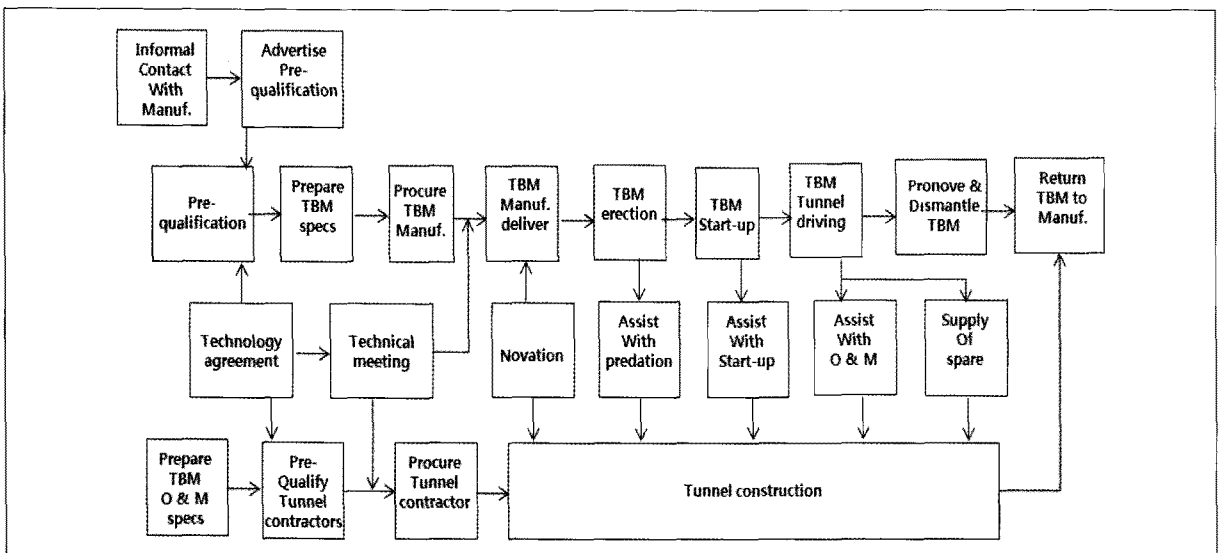
전체 프로젝트 위험요소가 감소됨에 따라 각각 부분적인 위험요소 또한 감소되며 이는 공기 절감과 공사비 절감으로 연결된다.

이와 같이 OPP 방식이 좋다 하더라도 이를 지원할 각종 시스템과 조직이 없는 한 실행은 어려우므로 OPP 방식의 장단점을 면밀히 분석하여 향후 국내 TBM Procurement의 방식으로 채택할 수 있도록 연구 검토되어야 할 것이다.

표 6.1. Listing of known projects with owner procured TBMs

Project	Owner	Location	Year	Use	Ground	Machines	Length
London Wear Ring Main	Thames Water Authority	London, UK	1991	Water	Clay, Sands, gravels	3x2.95m EPB/Open	33km
St. Clair River Tunnel	CN North America	Ontario/Mi Chigan	1992	Rail	Soft Clay	9.5m EPB	1.8km
Sheppard Subway	Toronto Transit Commission	Toronto, Ontario	1996	Subway	Glacial Till	2x5.9m EPB	3.9km Each
Rio Subterraneo	Agua s Argentina	Buenos Aires, Argentina	1995	Water	Soil	2x4m EPB	15.2km
Changi Metro Line	Land Transport Authority	Singapore	2000	Subway	Weak Rock	2x6.1m EPB/Open	3.5km
Various Sewer Projects	City of Edmonton, Alberta	Edmonton, Alberta	13 Machines Since 1972	Sewer	Glacial Till	12 Open Face & EPB (2.4 to 6.7m)	100km
Melbourne Rail Loop	Melbourne Underground Rail Loop Authority	Melbourne, Australia	1972	Metro	Weak Rock	2x6.85m	4 drives 2800m Each
Nuclear Waste Repository Study	US Department Of Energy	Yucca Mountain, Nevada	1994	Nuclear Waste	Welded Tuff	7.6m	7.3km
Lower Kalamazoo Mine	Magna Copper Company	Oracle, Arizona	1993	Mine	Hard Rock	4.6m Open gripper	9.7km
Stillwater Mine, East Boulder Project	Stillwater Mining Company	Nye, Montana	1996 1987	Mine Mine	Rock Rock	2x4.6m 1x4.1m	5.6km Each Not Known

표 6.2. Planned operation of the OPP on the SVRT project



#### 4. TBM의 Preliminary Design 단계에서의 구매 행위

TBM 장비는 플랜트나 조선의 경우와 마찬가지로 Procurement가 설계·제작 과정에 포함 되어야 한다. 따라서 구매자는 이 과정의 관리에 참여 하여야 한다.

특히 대구경 터널의 경우 장비의 규모가 대당 3,000~6,000ton에 이르며 길이 또한 150m~250m가 되므로 터널의 설계 시에 장비의 조립·운전에 대한 여건이 반영 되어야 하며 장비설계 또한 터널의 제반 환경에 맞게 설계되어야 하므로 터널관련 엔지니어와의 기술정보교환 및 협의는 매우 중요하다. 특히 ITIG와 ITI에서 요구하는 Risk Management Code나 Guideline에 의하면 이때 Risk Management Meeting은 Client, 터널 Designer, 제조회사, 시공 계약자 등이 모여 진행하고 그 결과를 각 분야의 설계에 반영토록 할 것을 요구하고 있다(표 7).

#### 5. TBM 상세 설계 단계의 구매 행위

TBM 상세설계(Detailed Design)단계는 크게 보아 Preliminary Design 단계와 유사하다.

기술회의, Risk Management 회의가 반복적으로 행해지며, 이때 발생한 기술적·경제적 문제를 해결하고 TBM 자재구매의 착수 등 총괄적 공정 관리를 필요로 하는 때이다.

특히 중요한 사항은 이때 TBM 장비의 주요자재 및 장

비 중 구매 기간이 긴 것(Long Load Item)은 반드시 구매(Purchasing)가 시작되어야 한다는 것이다.

#### 6. 장비 제작 시 구매 행위

장비 제작 시 구매 행위는 품질관리와 공정관리이다.

- 제작감독(Manufacturing Supervision)
- 공정관리(Management & Controlling of The Progress)
- 품질관리(The Quality Controlling of The Equipment Manufacturing)

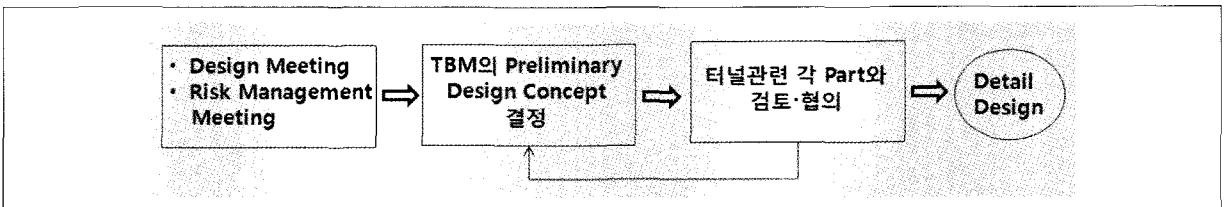
감독 업무의 기준(Principle & Rule)은 구매 계약서에 명시된 제작감독의 경로와 상세규칙에 따른다.

제조공정의 기술적 분류는 기계·전기·계측·배관·구조·자재로서 각 분야의 품질관리 기준을 수행할 엔지니어의 감독활동을 필요로 한다. 품질관리란 TBM에 포함된 많은 시스템, 장비, 구조물 등이 설계도서에 맞게 자재가 투입되고 제작되는가를 Client를 대신해서 감독하는 것을 말한다.

그리고 제작의 마지막 시험단계인 성능 검사를 거치게 된다.

TBM의 장비가 조립(Assembly) 완료된 상태를 기계적 준공(Mechanical Completion)이라 한다. 이후 TBM의 많은 시스템을 개별 운전 시험하는 것을 Pre-commissioning이라하고 전체를 시험운전하며 성능을 시험운전

표 7. Preliminary Design 단계의 Coordination Process





하며 성능을 Test하는 것을 Commissioning이라 한다. Mechanical Completion까지의 관계는 품질관리 기준에 따른 검사·승인의 과정을 거치나, Pre-commissioning 과 Commissioning은 제조회사에서 작성한 절차에 의해서 실시된다.

## 7. 현장 조립(Assembly) 및 Commissioning 단계

현장은 협소한 가설부지와 때론 좁은 수직구를 활용하므로 장비의 전체조립이 불가능한 상태에서 진행되기도 한다(그림 2).

현장에서의 조립·시운전 기간도 공장의 시운전기간의 2~3배를 예상하여야 한다. 이를 극복하는 방법은 터널설계 및 공사계획(Construction Planning)이 TBM 엔지니어와 함께 TBM 장비의 원활한 조립·시운전을 위한 기본 바탕을 마련하는 것이 중요하다.

- Start Shield Body Installation
- Main Driver Installation
- Start Back-up Steel Structure Installation
- Structure Welding Work
- Cutter Arms Installation

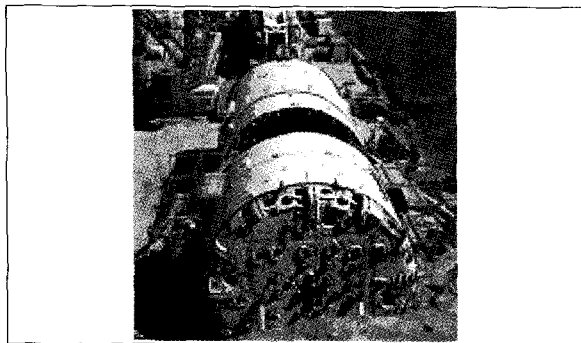


그림 2. TBM 현장 조립 전경

- Start Commissioning
- Completion of Commissioning

이 모든 작업이 현장의 품질 관리·감독하에 시행되어야 한다.

여기서 문제가 되는 것은 이 작업이 비록 현장에서 진행된다 하나 관리감독에 대한 권한과 책임은 Procurement 관점에서 볼 때 장비의 인도(Head-Over)이전이기 때문에 구매의 품질 관리 기준에 따라야 한다는 것이다.

## 8. TBM Acceptance 및 Launching 단계

Commissioning이 성공적으로 끝난 다음 Client는 제작자에게 최종 승인을 발행하며 이를 근거로 하여 양도를 시작하게 된다. 대체로 승인의 발행 조건은 Commissioning 과정 중의 절차에 의하여 승인여부를 가름하게 된다.

- Commissioning Procedure 승인
- 각종 테스트 입회검사 및 승인
- Commissioning 준비검사 및 시작승인
- Commissioning 과정 중의 문제에 대한 조치관리 및 승인
- Mechanical Performance(기계적 성능)
- Test & Commissioning 관련 문서의 충실도 확인 및 접수

이후 장비는 현장에 인계되며 아울러 설계·제작 과정의 모든 문서가 계약 내용대로 Client에게 제출된다. 이 모든 과정이 완료되었을 때 양도 증명서가 발행된다.

발진(Launching)업무 (그림 3)는 운영 절차에 포함되기도 하고, 때에 따라 성능검사 절차에 포함되기도 하는데 계약의 업무 영역에 따라 좌우되는 것이다.



그림 3. 대구경 Traffic TBM 발진 준비

## 9. Launching 이후 Operation 단계

Commissioning 이후 제작사에서 작성한 절차에 의한 TBM의 관리 행위는 아래의 절차에 따른다.

- Launching Procedure
- Operating Procedure
- Maintenance Procedure
- U-Turn Procedure
- Spare Part Control Procedure
- Reception Procedure 등

이 문서는 현장 개설 초기에 제작자가 제출하여 공사관리에 반영하게 되는데 기계화 시공의 특성상 이 설명서나 절차가 정상적으로 지켜지고 있는가에 대한 감독의 문제이나 위험 발생시의 기계적 대응에 있어서는 TBM 엔지니어의 참여가 필요하다.

## 10. 결론

일반 토목사업에서 Procurement(조달)이란 부분은 매우 생소한 것은 틀림없다. 한국에서의 대구경 Traffic TBM이 활성화되지 않는 것은 토목 엔지니어링이나 종합건설사의 터널 엔지니어가 TBM의 기술을 습득하지 못하였기 때문이기도 하나, Procurement라는 엔지니어링의 관리 기술 또한 습득하지 못한 때문이기도 하다.

Procurement는 엔지니어링 업무를 관리적 차원에서 구분할 때

- Engineering(설계)
- Procurement(조달)
- Construction(공사)

세 분야로 구분되어 설계·공사와 버금가는 관리 항목이다. 이 세 분야를 모두 관리하는 시행사를 E·P·C Contractor라 칭한다. 유감스럽게도 한국의 토목관련 조직은 Procurement에 무관하다. TBM 특히 대구경 Traffic TBM의 경우에는 Procurement 능력이 없을 때 TBM 공사의 설계·공사는 취약해지며 적합·우수한 장비 조달은 어렵게 된다.

많은 다른 나라에 비하여 특히 인접국인 중국·일본에 비하여 뒤쳐져 있는 터널기계화 시공의 기술을 극복하기 위해서는 Procurement 행위를 국제 수준에 적합하게 수행할 수 있는 제도적·기술적 연구를 발전 시켜야 하며, 현장 여건에 적합한 우수한 TBM 장비의 조달이 TBM공법 적용의 주요 핵심 기술임을 인지해야 할 것이다.