제 1장

NATM의 설계

1-1. 총 론

1-2. 터널굴착공법 선정

1-3. 터널설계의 기본방향

1-4. 터널 내공 단면결정

1-5. 갱문형식의 선정

제 1장 NATM의 설계

1-1. 총 론

(1) 적용범위

터널설계기준(건설교통부. 1999) 및 터널표준시방서(건설교통부. 1999)의 규정내용을 관련으로 터널설계에 쉽고 바르게 적용할수 있도록 규정에 대한 배경과 제반 참고자료 등을 적용.

(2) 계획 및 설계 일반사항

터널의 계획·설계에 있어서는 터널의 설치목적을 달성할 수 있도록 요구되는 규모(연장)와 기능(단면공간, 선형, 부대시설)을 구비하도록 해야 한다. 이때 계획·설계 단계에서부터 터널 시공상의 안정성과 운영 및 유지관리에 따른 경제성에 대해서도 충분히 검토하여야 한다. 특히 갱구의 위치 결정은 건설비뿐만 아니라 완공 후의 유지 관리비에도 큰 영향을 미치므로 이에 대해 면밀히 검토하여야 한다.

도로 터널에서는 터널 내부를 주행하는 차량의 안전을 확보하기 위해 필요한 환기, 조명, 방재 등의 부대 시설을 설치하여야 한다. 터널부대 시설의 내용 및 규모는 터널의 연장, 교통량, 선형 등에 따라 정해지지만 이들은 터널의 본체 공사의 계획·설계와 불가분의 관계가 있다. 이들의 설비에 필요한 공간을 터널 단면내에 확보하도록 함은 필수요건임에도 불구하고 경제성만 강조하여 이의 중요성이 간과되어 터널의 기능이 떨어지게 되는 경우가 종종 발생하고 있음을 주지할 필요가 있다. 따라서 계획단계에서는 터널의 시공법은 물론 부대 시설등의 전체적인 것을 포함한 광범위한 검토가 필요하며 이에 대한 충분한 인식도 요구된다.

터널 구조의 설계에서 가장 인지되어야 할 중요 사항중의 하나는 터널구조물이 일반구조물에 비하여 지형, 지질 등의 지반조건이나 시공방법에 영향을 크게 받는다는 것이다. 즉, NATM개념의 터널공법에서는 터널 주변지반은 단순히 터널 구조에 작용하는 하중으로만이 아니라 터널의 공동을 유지하는 지보 구조체 자체가 된다. 그렇기 때문에 원지반 조건은 계획 단계에서 개통 후의 유지 관리 단계에 이르기까지 터널의 안정성에 영향을 주며, 설계의 전체가 되는 자료로써 세밀히 평가되어야 할 사항이다. 그러나 터널은 굴착 전에 설계를 확정할 수 있는 원지반 조건에 관한 정확한 평가를 수행한다는 것은 현재의 기술 수준 및 경제성의 관점에서 어려울 때가 많다. 따라서 터널의 설계는 에비설계의 개념이 강하며 시공단계에서 실제의 지반조건을 확인하고 원지반이나 지보 구조의 거동을 관찰, 계측하여 실제 지반에 가장 합리적이고 경제적인 지보를 설치하도록 하여야 한다. 최근에는 기계식 굴착 공법인 TBM 터널공법이나 쉴드 터널공법이 도입되어 NATM 개념의 터널공법의 단점을 보완할 수 있도록 하고 있다. 터널은 시공법에 따라 굴착단면의 모양이나 굴착에 따른 원지반의 거동에 차이가 있으므로 설계방법 및 지보구조의 형식이 다를 때가 있다. 따라서 터널 구조의 설계에 있어서는 초기단계부

터 시공법에 대하여 고려할 필요가 있다.

이와 같이 터널은 일반 구조물이 정해진 설계 방법에 따라 구조 설계가 가능한 것과는 달리 계획·설계에 있어서는 과거의 시공 실적이나 실험 등에 의해 실증된 경험적 방법에 따라 터널 구조물로서 필요한 안정성을 가진 형상과 치수로 하고, 시공단계에서 설계의 합리화를 도모하는 치수를 결정하여 사용한다. 그러나 실제적인 터널 구조물의 안정성은 터널이 원지반 조건이나 시공법에 크게 영향을 받으므로 그 안정성의 정도를 정량적으로 파악하기는 어려우며, 터널은 일반구조물과 달리 개축이나 수리가 곤란하므로 그 계획·설계 단계에서 내구성을 충분히 고려할 필요가 있다.

단계 건설의 경우에는 사전에 완성 후의 상태를 염두에 두고 전체적으로 합리적인 계획·설계가 되도록 노력하여햐 한다. 가령 고속도로에서 2차선을 우선 시공하는 잠정 시공인 경우, 갱구 부근의 지형·지질 조건과 상이한 구간이 터널이나 대피 연결갱과 분기부 터널과 같이 구조적으로 복잡한 부분, 시공상의 간섭을 받기 쉬운 부분에 대해서는 장래 시공시점의 어려움을 고려하여 사전에 부분적으로 완성시켜 두는 특별한 배려가 필요하다. 또 인터체인지 등 차량 출입이 있는 부근에서 교통의 원활한 흐름이 손상될 염려가 있는 구간에 터널이 설치될 때는 처음부터 그 구간을 완성 단면으로 하는 등의 방법이 바람직하다.

이상과 같이 터널의 계획·설계에 있어서 터널을 설치하는 목적 및 터널 구조가 갖는 특징을 충분히 이해한 후에 터널이 설치되는 위치의 지형, 지질, 환경 등 여러 조건을 검토하여 터널이 안전하고 합리적으로 시공되고 나아가서 개통 후의 유지관리도 포함된 전체적인 관점에서 경제적인 설계가 되도록 힘써야 한다.

(3) 용어의 정의

- **시설한계** : 터널 이용목적을 원활하게 유지하기 위한 공간적 한계이며 시설한계 내에는 시설물을 설치할 수 없도록 규제하고 있음.
- **경사** : 층리면, 단층면, 절리면과 같은 지질 구조면의 기울기 각으로서 주향과 직각으로 만나는 연직면내에서 수평면과 지질구조면이 이루는 사이각.
- **계측** : 터널굴착에 따른 주변지반, 주변구조물 및 각 지보재의 변위 및 응력의 변화를 측정하는 방법 또는 그 행위를 말함.
- **굴착공법** : 막장면 또는 터널의 길이 방향의 굴착계획을 총칭하는 것으로서 전단면굴착, 분할굴착, 선진도갱굴착공법 등이 있음.
- **기계굴착** : 중장비에 부착된 브레이커, 파워쇼벨, 커터붐 등을 이용하여 굴착하는 방법을 말함. TBM, 쉴드 등에 위한 굴착도 기계굴착에 속함.
- **내공변위량** : 터널굴착후에 생기는 터널 내공의 변화량으로 통상 내공단면의 축소량을 양(+)의 값으로 함.
- **뇌관** : 폭약 또는 화약을 기폭시키기 위해 사용되는 기폭약 또는 첨장약이 장전된 관체를 말함.

- **다단발파** : 발파시 진동을 억제할 목적으로 시간차를 둔 뇌관 또는 발파기를 사용하여 단계적으로 발파하는 방법.
- **단차** : 뇌관의 폭파시간 간격.
- **단층** : 외력에 의하여 지반이 상대적으로 이동된 단열구조로서 이동면을 따라 심한 파쇄암이나 점토 등 충진물이 협재하며, 발생유형에 따라 정단층, 역단층, 충상단층(thrust fault)등으로 구분됨.
- **디스크 커터(disk cutter)** : 쉴드나 TBM 등 각종 기계굴착기에 부착되는 원반형의 커터로 회전력과 압축력에 의해 암반을 압쇄시켜 굴착함.
- **뜬돌(부석)** : 낙석의 위험이 있는 암편.
- **록볼트(rock bolt)** : 지반중에 정착되어 단독 또는 다른 지보재와 함께 지반을 보강하거나 지반간의 결속을 꾀하여 변위를 구속함으로써 지반의 지내력을 증가시키는 봉상의 부재.
- **록볼트 인발시험** : 록볼트의 인발내력을 평가하기 위한 시험.
- **막장** : 터널내에서 굴착작업이 수행되는 최전방 지역.
- **바닥부** : 터널단면의 바닥부분을 말함.
- **발진터널** : TBM의 초기 굴착시 TBM 본체의 발진을 위한 터널로서 발파공법에 의해 굴착하며, 일반적으로 TBM 본체길이 정도의 터널이 필요함.
- **발파굴착** : 착암기나 점보드릴 등 천공장비에 의해 천공된 공에 화약을 장약하여 그 폭발력을 이용하여 암반을 굴착하는 방법.
- **버력** : 터널 굴착과정에서 발생하는 암석덩어리, 암석조각, 토사 등의 총칭.
- **변형여유량** : 굴착에 따른 지반 변형량에 의해 계획내공단면이 축소되지 않도록 미리 예상되는 지반 변형량 만큼 여유를 두어 굴착하는 내공 반경방향의 여유량.
- **벤치(bench)** : 터널 단면을 수평면으로 분할하여 굴착하는 경우에 분할면을 벤치(bench)라 함.
- **벤치길이** : 분할굴착시 분할면의 터널 축방향의 길이.
- **보조지보재** : 막장전방에 설치하여 굴착시 지반의 자체 지보능력을 발휘하도록 도와주는 지보재로서 주지보재를 제외한 지보재의 총칭.
- **섬유보강숏크리트(fiber reinforced shotcrete)** : 숏크리트의 역학적인 특성을 보완하기 위하여 강 또는 기타 재질의 섬유를 혼합하여 타설하는 숏크리트.
- **세그먼트** : 터널, 특히 쉴드터널공법에 사용되는 라이닝을 구성하는 단위조각으로 일반적으로 철재 또는 프리캐스트 콘크리트가 있음.
- **숏크리트(shotcrete)** : 굳지 않은 콘크리트를 가압시켜 노즐로부터 뿜어내어 소정의 위치에 시공하는 콘크리트.
- **스프링 라인(spring line)** : 터널의 상반 아치의 시작선 또는 터널단면중, 최대폭을 형성하는 점을 종방향으로 연결하는 선.
- **스킵(skip)** : 수직갱을 통하여 버럭 등을 운반하는 데 사용되는 운반용구를 말

함.

- **외판(skin plate)** : 쉴드기계에서 굴진장치, 세그먼트 조립장치 등을 감싸고 있는 원통형의 판을 말함.
- **언더피닝(underpinning)** : 기존 구조물이나 기초를 변경 혹은 확대하거나 인접공사 등으로 보완이 필요할 경우 기존구조물을 보강 또는 지지하는 공법.
- **이렉터(erector)** : 쉴드기의 구성요소로 세크먼트를 들어올려 링으로 조립하는데 사용하는 장치.
- **RMR(Rock Mass Rating) 분류** : 비에니아스키(Bieniawski)가 제안한 정량적인 암반분류방법이며 암석강도, RQD, 절리면 간격, 절리면 상태, 지하수 상태, 절리면의 상대적 방향 등을 반영하여 암반상태를 분류하는 방법.
- **RQD(Rock Quality Designation)** : 시추코아중 10cm 이상되는 코아편의 길이의합을 시추길이로 나누어 백분율로 표시한 값으로서 암질의 상태를 나타내는데 사용함. 이때 코아의 직경은 NX규격 이상이어야 함.
- **애추(talus)** : 절벽 기슭이나 산 사면에 쌓인 모난 암석의 집합체
- **어깨(shoulder)** : 터널의 천단과 스프링 라인의 중간점을 말함.
- **엽리** : 변성암에 나타나는 지질구조로 암석이 재결정 작용을 받아 같은 광물이 판상으로, 또는 일정한 띠를 이루며 형성된 지질구조로 말함.
- **용출수** : 터널의 굴착면으로부터 용출되는 지하수를 말함.
- **이완영역** : 터널굴착으로 인해 터널 주변의 지반응력이 재분배되어 다소 느슨한 상태로 되는 범위를 말함.
- **인력굴착** : 삽, 곡괭이 또는 픽햄머, 핸드브레이커 등의 소형장비를 이용하여 인력으로 굴착하는 방법.
- **인버트(invert)** : 터널 단면의 바닥부분에 설치되어 터널단면을 폐합시키기 위하여 숏크리트 또는 콘크리트 등으로 설치한 지보재를 말함.
- **일상계측** : 일상적인 시공관리를 위해 실시하는 계측으로서 지표침하, 천단침하, 내공변위 측정 등이 포함된 계측.
- **장대터널** : 터널의 연장이 1,000m 이상인 터널을 말함.
- **절리** : 암반중에 발달되어 있는 비교적 일정한 방향을 갖는 갈라진 틈이며 그 양측 암석의 상태이동량이 없거나 거의 없는 불연속면.
- **정밀계측** : 정밀한 지반거동 측정을 위해 실시하는 계측으로서 계측항목이 일상계측보다 많고 주로 종합적인 지반거동 평가와 설계의 개선 등을 목적으로 수행함.
- **주 지보재** : 굴착후 시공하는 지보재로서 보조 지보재 및 콘크리트 라이닝을 제외한 지보재의 총칭이며, 강지보재, 숏크리트, 록볼트, 철망 등으로 구성됨.
- **주향** : 지층, 단층과 같은 판상의 평면과 수평면이 이루는 교선의 방향을 진북방향으로 기준하여 측정한 방위를 말함.
- **지구물리탐사(geophysical expioration)** : 지구물리학적 방법에 의해 광화대

의 존재. 지하수분포의 상태, 지질특성 및 지질구조를 조사하는 방법으로서 중력탐사, 자력탐사, 전기탐사, 탄성파탐사, 방사능탐사등이 있음.

- **지반** : 건설행위의 대상이 되는 지표 구성물질로서 토사 및 암반층을 총칭함.
- **지보재** : 굴착시 또는 굴착후에 터널의 안정 및 시공의 안전을 위하여 지반을 지지, 보강 또는 피복하는 부재 또는 그 총칭.
- **지보패턴** : 각 지보재들의 규격, 시공위치, 시공순서, 수량 등을 일정한 형식(pattern)으로 정한 것을 말함.
- **지중변위** : 터널굴착으로 인해 발생하는 굴착면 주변 지반의 변위로써 터널 반경방향의 변위를 말함.
- **지중침하** : 터널굴착으로 인해 발생하는 터널상부지반의 깊이별 침하
- **지표침하** : 터널굴착으로 인해 발생하는 터널상부 지표면의 침하
- **지하매설물** : 지표하부에 묻혀있는 인공구조물로서 지장물이라고도 함.
- **천단침하** : 터널굴착으로 인해 발생하는 터널 천단부의 연직방향의 침하를 말하며 기준점에 대한 하향방향의 절대 침하량을 양(+)의 천단 침하량으로 정의함.
- **천정부(crown)** : 터널의 천단을 포함한 좌우 어깨 사이의 구간을 말함.
- **초기응력** : 굴착전에 원지반이 가지고 있는 응력.
- **추가볼트** : 설계된 지보패턴에 추가하여 시공되는 록볼트.
- **측벽부(wall)** : 터널어깨 하부로부터 바닥에 이르는 구간을 말함.
- **측선** : 계측을 위해 설정한 측점사이의 최단거리에 해당하는 가상의 선.
- **층리** : 퇴적암이나 충적토 등이 층상으로 쌓이며 생성되는 불연속면.
- **커터비트(cutter bit)** : 쉴드기의 면판에 부착하는 칼날형의 비트로 본체와 팁으로 구성되어 있음. 주로 크롬몰리브덴강, 니켈크롬몰리브덴강 등의 내마모강으로 만든 본체의 끝부분에 텅스텐, 코발트, 카본으로 만든 초경합금인 팁을 용접하여 사용함.
- **커터숍(cutter shop)** : TBM작업이나 쉴드작업시, 특히 암반부 굴착시 다량 소요되는 예비 커터를 보관하며, 커터의 정비를 하는 창고.
- **커터슬리트(cutter slit)** : 쉴드굴착시 굴착토를 커터헤드의 회전에 따라 쉴드기 안으로 끌어담는 역할을 하는 부분을 말함.
- **커터헤드(cutter head)** : 쉴드나 TBM의 맨앞부분에 배열 장착된 각종 커터나 비트를 부착하여 회전·굴착하는 부분을 말함.
- **케이지(cage)** : 수직갱을 통하여 버력이나 작업원 등을 운반하는 데 사용되는 바구니 형상의 운반용구.
- **K형 세그먼트** : 쉴드의 세그먼트 조립시 마지막으로 끼워 넣는 세크먼트를 말함.
- **콘크리트 라이닝(concrete lining)** : 터널의 가장 내측에 시공되는 무근 또는 철근 콘크리트의 터널 부재를 말함.

· **Q-시스템** : 바톤(Barton)등이 제안한 정량적인 암반분류의 하나이며 RQD, 절리군수, 절리면 거칠기, 절리면 변화정도, 지하수에 의한 감소계수, 응력감소계수 등을 반영하여 분류하는 방법.
· **테일 보이드(tail void)** : 세그먼트로 형성된 링의 외경과 실드기 외판의 바깥 직경사이의 원통형의 공극. 즉, 테일 스킨 플레이트의 두께와 테일 클리어런스의 두께의 합을 말함.
· **테일 스킨 플레이트(tail skin plate)** : 쉴드기계의 테일부의 외판(skin plate)을 말하며 일반적으로 외판보다 약간 두꺼움.
· **테일 씰(tail seal)** : 쉴드의 외판 내경과 세그먼트간의 틈이 생기는데 이곳에서 지하수 유입 또는 뒤채움 주입재의 역류를 막기 위해 쉴드 후단에 부착하는 부재를 말함.
· **테일클리어런스(tail clearance)** : 테일 스킨플레이트의 내면과 세크먼트 외면 사이의 간격.
· **토피** : 터널 천단으로부터 지표까지의 연직두께.
· **특수지반** : 팽창성 지반, 함수미고결지반 등을 말함.
· **틈새** : 절리 등의 불연속면의 벌어진 정도.
· TCR(Total Core Recovery) : 총시추길이에 대한 총 회수된 코아의 길이비를 백분율로 표시한 값.
· **파쇄굴착** : 유압가스, 팽창성 모르터, 특수저폭속화약 등을 이용하여 암반을 파쇄시켜 굴착하는 방법.
· **편압** : 터널 좌우 또는 전후방향으로 불균등하게 작용하는 지반압력.
· **팽창성 지반** : 팽창성 광물을 다량 함유한 토사 혹은 암반 및 잔류지중응력이 높은 지반.
· **표준지보패턴** : 지반의 등급에 따라 미리 표준화한 지보패턴을 지칭함.
· **필러(pillar)** : 굴착면 사이에 남아 있는 기둥이나 벽모양의 지반을 말함.
· **함수미고결지반** : 신생대 3기말부터 제4기에 형성된 퇴적물, 암석의 풍화대, 파쇄대 등의 미고결 또는 고결도가 낮은 지반을 말함.
· **허용편차** : 변형 여유량에 시공상 피할 수 없는 오차를 합한 값을 말함.

(4) 참조법규

터널건설시 준수하여야 하는 법규내용을 모두 검토하여 관련 법규에 위배되는 설계가 되지 않도록 하여야 한다. 조사대상이 되는 주된 법규는 다음과 같다.

① 공해방지 및 환경보전 관계 : 자연환경 보전법, 자연공원법, 산림법, 조수보호 및 수렵에 관한 법률, 소음진동 규제법, 수질환경 보전법, 해양오염 방지법, 수도법 및 하수도법, 광업법, 지하수법, 폐기물 관리법, 토양환경 보전법 등
② 재해방지 관계 : 사방 사업법, 택지개발 촉진법, 농어업 재해대책법, 풍수해 대책법 등

③ 국토개발 관계 : 국토건설 종합계획법, 국토이용 관리법 등
④ 하천관계 : 하천법, 공유수면 관리법, 지하수법, 온천법 등
⑤ 도시계획 관계 : 도시계획법, 도시공원법 등
⑥ 도로 및 교통 관계 : 도로법, 도로교통법, 철도법 등
⑦ 군사관계 : 군사기밀 보호법, 군사시설 보호법 등
⑧ 문화재 관계 : 문화재 보호법, 전통구조물 보존법 등
⑨ 안전관계 : 시설물 안전에 관한 특별법, 건설기술 관리법, 산업안전 보건법 등
⑩ 총포 및 화약류 단속법 등

1-2. 터널 굴착공법 선정

터널의 시공법은 크게 발파굴착공법과 기계굴착공법으로 분류할 수 있으며 발파굴착의 대표적인것으로 NATM(New Austrian Tunneling Method)과 기계굴착의 대표적인 것으로 TBM(Tunnel Boring Machine)이 있다. 현재 국내 도로터널은 대부분 경험이 풍부하고, 시공이 용이하며 경제적으로 유리한 NATM공법을 적용하고 있으 며, TBM은 소음이나 진동방지가 필요한 지하철 및 대도시 인근에 일부 적용되고 단면이 작고 단면이용 효율이 높은 수로터널의 경우에 많이 이용되고 있다. 솔치터널에서는 NATM, ASSM, TBM에 대해 시공성, 안정성, 경제성을 비교검토하여 합리적인 공법을 채택하여야 한다.

(1) 공법별 특징

비교항목	NATM공법	ASSM공법	TBM공법
지보재의 역 할	· 숏크리트 : 굴착면에 밀착시켜 시공하므로 풍화 등에의한 이완을 억제할수 있다. · 록볼트와 함께 작용하여 지반의 내벽면에 구속압을 준다. · 굴착면을 평활하게 함으로써 응력집중을 완화시킨다. · 아치로 작용하여 하중을 지지한다.	· 강지보재는 초기에 목재와 함께 낙석방지 및 지반의 하중을 지지한다. · 최후에는 1차와 2차로 타설되는 콘크리트와 함께 주변지반의 이완에 의한 이완하중을 지지한다. · 콘크리트는 강지보재와 함께 작용하여 이완하중을 지지한다.	· 굴착단면이 원형이므로 구조적으로안정하고 숏크리트와 록볼트로써 지보가 가능하다.
시 공 성	· 대형장비를 사용할 수 있다. · 굴착기의 천공각도가 비교적 작기 때문에 천공길이에 따른 여굴량이 크게 증가하지 않는다. · 소단면으로 분할하여 시공하는 것이 비교적 쉬우므로 나뿐 지질을 굴착할때도 시공성이 양호하다. · 숏크리트나 록볼트의 지보는 단면의 변화와 변형에 대처하기 쉬우므로 터널의 지점, 분기점, 단면변화부 등의 시공에 유리하다.	· 대형장비의 사용이 곤란하다. · 강지보재의 크기 때문에 천공각도가 크게 된다. · 분할시공이 용이하지 않다. · 공종이 단순하고 시공경험이 많아 시공성이 우수하고 공정관리가 용이하므로 공기단축이 가능하다. · 큰 규격의 강지보재와 콘크리트 라이닝으로 지보하게되므로 변형이 용이하지 않는다.	· 전단면 굴착기에 의한 완전 기계화된 공법이다. · 원추형의 굴삭기가 앞에서 회전하여 터널을 굴착하고 발생토석은 자동으로 운반된다. · 자동화로 노무인력을 극소화할 수 있다. · 기계능력이 버럭 운반능력에 좌우된다. · 고압배선이 막장까지 필요하다. · 기계가 무겁고 크며, 설치해제기간이 길다.

비교항목	NATM공법	ASSM공법	TBM공법
시 공 성	· 무거운 강지보재 등의 취급이 불필요하므로 작업이 용이하다. · 2차 라이닝은 최종적으로 전체를 거의 동시에 시공하므로 시공이음이 줄어들고 마무리가 쉽다. · 강지보재는 일반적으로 숏크리트가 경화될 때까지의 보강재료로 작용한다.	· 무거운 강지보재를 취급해야한다. · 2차 라이닝은 최종적으로 전체를 거의 동시에 시공하므로 시공이음이 줄어들고 마무리가 쉽다.	· 굴착가능 단면은 D=4.5, 7.8, 11.3m이며, D=7.0m 이상 단면은 선행굴착 후 발파 확공하는 방법으로 병행굴착이 가능하다.
안 정 성	· 계측에 의하여 터널 주변 지반 거동을 파악, 불안전 상태를 예측하여 사전 대책을 강구할 수 있다. · 발파에 의한 진동으로 낙반사고 및 터널 주위의 지장물에 대한 피해가 예견된다. · 터널 주변 지반의 이완을 허용하지 않고 응력재배치에 필요한 약간의 변형만을 허용하므로 지표침하를 억제할 수 있다. · 지보재가 지반에 밀착되어 시공되므로 재래식보다 막장 안정성이 좋아 1회 굴착길이를 길게 할수 있다. · 대단면 터널, 연약지반등 지질변화가 큰 지반조건에 유리하다.	· 육안에 의한 형상발견이 가능할 뿐 사고 예측은 불가능하므로 안전성이 확보되지 않는다. · 지반이완을 허용하기 때문에 지표침하를 막을 수 없으며, 따라서 지하매설물, 지하구조물등의 안전이 보장되지 않는다. · 지질이 나쁘면 지보공이 커져 라이닝이 두껍게 되므로 굴착단면을 크게 해야한다. · 변형이 안정되지 않은 시공도중에 콘크리트 라이닝을 타설하므로 굴착 진행에 따라 변형이 생기는 경우가 있다.	· 비발파로 지상 및 지하의 안전도가 증대된다. · 여굴이 거의 없으며 버럭처리가 용이하다. · 단층지질이나 지질조건이 서로 다른 연약층이 있을 경우 등의 지질변화에 대한 적용성이 결여되어 있다.
경 제 성	· 지반자체를 주 지보재로 이용하여 지보공의 경비가 적게든다. · 계측의 결과를 설계 및 시공에 반영하기 때문에 경제적인 설계 및 시공이 가능하다.	· 지보재의 규모가 커져서 설치비가 많이들고 굴착량이 많다. · 계측을 하지 않으므로 지보의 과부족을 판단 할 수가 없다.	· 공사기간이 단축된다. · 터널내 작업환경이 양호하다. · 터널 굴착단면에 따라 경제성이 평가된다.(직경이 6.5m이하일때 유리하고 8.0m이상이면 NATM이 유리하다고 보고됨).

비교항목	NATM공법	ASSM공법	TBM공법
경 제 성	· 숏크리트, 록볼트 등의 지보로 변형이 안정된 후 2차 라이닝의 두께를 얇게 할수 있다. · 시공성 및 안정성이 좋으므로 경제적인 공법이다.	· 콘크리트 라이닝이 하중을 지지하는데 중요한 역할을 하고 최종적인 지보재이므로 두께를 두껍게 해야 한다.	· 국내 시공경험이 적고 TBM장비는 장비보유 회사가 많지 않아 타사업과 중첩될 경우 시공계획의 조정이 필요하다.

1-3. 터널설계의 기본방향

터널설계시 단면형상, 굴착공법 및 지보패턴을 선정함에 있어서 다음과 같은 사항을 고려하여 설계를 수행하야야 한다.

o 설계 기본 방향

■ 최적 단면형상 결정

- 구조물의 기능, 보강을 위한 내공단면 산정
- 지반조건과 방, 배수형식 및 경제성을 고려한 단면형상 결정

■ 지반조건을 고려한 굴착공법 결정

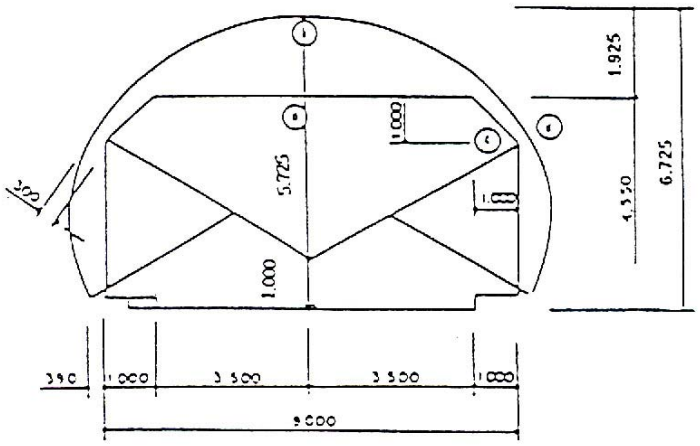
- 지반조사를 통해 지질, 공학적 특성을 고려한 굴착공법 결정
- 터널의 안정성을 고려한 보조공법 적용

■ 최적 지보패턴 결정

- 지반 분류기준에 의한 지반의 분석, 평가
- R.M.R분류에 의한 지반조건 평가 및 지보패턴 결정

1-4. 터널 내공단면 결정

터널의 내공단면은 차량이 안전하고 쾌적한 주행을 위해 필요한 공간을 확보하고 단면의 크기게 따라 공사비의 영향이 매우 크므로 터널의 기능에 따라 가장 적절하고 경제적인 단면을 결정해야 한다. 일반적으로 터널의 단면은 공사비, 터널의 안전성, 터널의 기능에 따라 가장 적합하고 경제적인 단면을 선정하여야 하며, 이는 터널설계에 있어서 가장 중요한 요소일 뿐만아니라 NATM의 가장 커다란 특성중의 하나이므로 몇 번의 시산을 거쳐 결정하여야 한다. 따라서 내공단면은 차도공간, 측대 및 시설대등의 건축한계와 환기에 필요한 공간, 조명설비등 시설물 설치를 위한 여유폭을 고려하여 결정하여야 하며 구조적으로도 안정되도록 모든 조건들을 고려하여 결정하였다.



구배 2%의 터널내공단면

1-5. 갱문 형식 선정

(1) 공법별 특징

갱문은 원지반 조건, 주변 경관과의 조화, 차량 주행에 주는 영향, 유지관리상의 편의를 고려하여 갱문의 위치, 형식, 구조를 정하여야 한다. 특히 갱문배면에는 개통 후 낙석, 눈사태등의 재해를 미연에 방지할 수 있는 대책이 필요하고, 자연 경사면으로부터 본선으로 빗물이 들어오는 것을 막기 위한 적절한 배수공법도 설계하여야 한다.

(2) 갱문의 위치

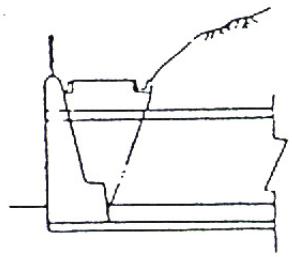
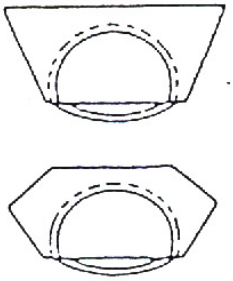
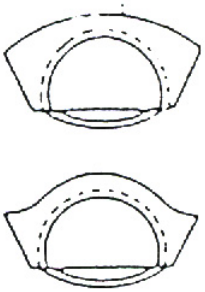
갱문의 위치 결정은 다음 사항을 고려하여 선정하여야 한다.

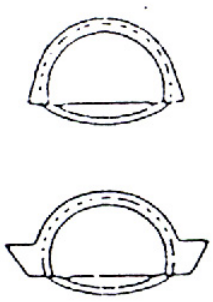
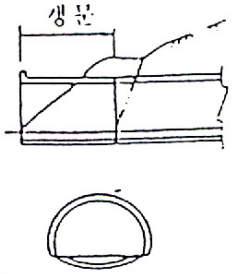
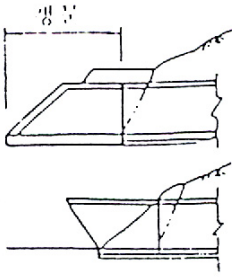
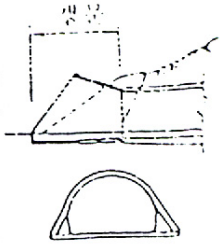
- o 갱문의 위치는 지형의 횡단면이 터널 축선에 대하여 될수록 대칭이 되는 위치로 하고 편토압을 받지 않도록 한다.
- o 갱문의 위치는 늪이나 시냇물과는 교차하지 않도록 선정한다. 그러나 부득이 할 때는 충분한 배수시설을 만들어 물을 처리하고 터널에 나쁜 영향을 주지 않도록 한다.
- o 교량구조물과 근접할 때의 갱문의 위치는 원지반을 고려하고 갱문기초의 지반반력 분포범위와 교대의 굴착선과의 관계를 충분히 검토하여 터널에 나쁜 영향을 주지 않도록 한다.
- o 갱문의 위치 결정은 갱구부근에 계획된 장래의 유지관리시설의 배치에 대해서도 고려한다.

(3) 갱문의 형식

갱문은 갱구를 보호하고 변위, 침하등이 생기지 않도록하며 공기압 감소효과, 소음방지, 전열을 이용한 눈녹임장치, 미관 등을 고려하여 설계하여야한다. 갱문의 종류에는 여러가지가 있으나 국내에서 사용하고 있는 옹벽식 및 벨 마우스식의 특징과 장단점을 기술하면 다음표와 같다.

o 갱문형식비교

항목 \ 형식	중 력 식	양 벽 식	
	중력·반중력식	윙 식	아치윙식
형 상			
원지반조건에 의한 적용성	· 비교적 지형이 험할 때나 흙막이 옹벽적 구조가 필요할 때 · 낙석이 많다고 예상될때 · 배면의 배수처리가 쉽다.	· 양절토공사일 때 · 배면토압을 전면적으로 받을 때 · 적설량이 많을때는 방설공사를 병용	· 비교적 지형이 완만할 때 · 좌우의 절토공사가 비교적 적을 때
시 행 성	· 불량원지반에선 절토량이 많아지므로 배수면절토 비탈면의 안정화 대책으로서의 방호를 충분히 해야 한다.	좌와 같음. · 터널본체와의 일체화가 필요	· 지형에 따라서는 일부, 빛끌기(특히 아치부)가 필요하다. · 다소의 보호성토가 필요하다.
경 관	· 벽면적이 크고 휘도를 낮춘 연구(벽면깍기)가 필요 · 중량감이 있으나 주행상의 압박을 느끼기 쉽다.	좌와 같음.	· 아치부의 곡선이 주변지형과 그다지 위화감을 느끼지 않도록 배려가 필요.

항목 \ 형식	돌 출 식			
	반돌축(파라피트)식	돌 출 식	반달(역)식	벨마우스(역)식
형 상				
원지반조건에의한적용성	· 능선모양의 지형이나 좌우에 다른구조물과 접촉이 적을때 · 적설지에도 가능	누름성토를 시행했을 때 · 갱구주변의 지질이 좋지 않을때 · 적설지에도 가능 · 갱구주변지형의 깍아내기등 정형이 비교적 가능할때	· 갱구주변의 지형이 완만할 때 · 역반달식일 때 중심 위치관계에서 기초 지지분의 충분한 검토가 필요하다.	· 지형, 지질이 비교적 좋고 갱구주변의 트인장소에 가능. · 적설지에서는 날라들기 눈차양이 생기기 쉽다.
시 행 성	· 수m의 본체공사의 빛끌기가 필요하고 또한 넘치는 것에 대해 다소의 흙막이 벽이 생기나 갱문으로서는 합리적인 구조이다.	· 지형, 지질이 안정되었을때는 가장 경제적이나 지질이 나쁘고 느름성토가 필요할때는 먼저 빛끌기를 필요로 한다.	· 거푸집, 배근에 시간이 걸려 경비도 많이 든다.	좌와 같음.
경 관	· 갱문콘크리트의 평면적 면적이 적지 않으므로 시각적으로 위화감을 느끼지 않게 한다. · 갱구주변지형과 잘 적합한다.	좌와 같음.	· 주변지형을 수정함으로써 갱문과의 조화가 잡힌다.	· 차량주행에 주는 영향은 적다. · 갱구주변지형과 잘 적합하다.