

2Arch 도로터널 설계 및 시공 개선방안 고찰



김상균
(주)석탐엔지니어링
지반공학부, 이사



김태혁
삼성물산 건설부문
토목기술팀, 과장



이인도
고려대학교
토목환경공학과, 교수

1. 서론

현재까지 국내에 시공된 도로터널은 2차로 병렬로 이루어진 산악터널이 주종을 이루고 있으나 환경훼손저감 및 터널 입·출구부 구조물과의 연계성 확보를 위한 1Arch 대단면 터널 또는 2Arch 터널을 채택하는 사례가 증가하고 있다. 1Arch 대단면 터널과 2Arch 터널의 적용은 일반적으로 지반 및 토피조건이 양호하고 일방향 4차로로 구성되는 경우에는 1Arch 대단면 터널 적용사례가 많고 지반 및 토피조건이 불리하거나 양방향 4차로의 차로구성을 이루는 경우는 터널안정성 및 운전자 주행성 등에 유리한 2Arch 터널이 적용되고 있다.

2Arch 터널은 도심지 지하철 정거장에 적용사례가 많으며 도로터널에 있어서는 현재 공용중인 서울 외곽순환 고속도로의 소래터널을 시작으로 다수의 터널에 적용되어 시공 중에 있다. 이와 같은 2Arch 터널은 이격 거리가 매우 짧은 2차로 병렬터널로 볼 수 있으며 이로 인해 충분한 이격거리를 확보한 터널과 달리 굴착시 터널상호간에 미치는 영향이 크고 거동양상도 달라진다. 그러나 아직까지 이와 같은 2Arch 터널의 거동양상을 반영한 설계가 이루어지지 못하고 있고 특히, 매우 중요한 구조물인

중앙벽체에 작용하는 하중 및 단면제원 등에 대한 설계방법도 확립되어 있지 않은 실정이다. 또한 발표된 논문(왕이완, 2001)등에 의하면 공용중인 2Arch 터널의 경우, 설계 및 시공 그리고 유지관리에 많은 문제점이 있는 것으로 파악되었으며 시공중인 터널의 경우에도 이에 대한 근본적인 해결방안이 아직 수립되지 않은 상태이다.

2Arch 터널의 시공실적이 가장 많은 일본은 다수의 시공경험과 계측등을 통해 2Arch 터널 굴착에 따른 거동을 파악하여 이를 토대로 안정성 및 경제성을 확보하고 시공성 및 유리관리에 유리한 다양한 형태의 2Arch 터널을 시공하고 있다. 지금도 2Arch 터널의 설계·시공 개선방안에 대한 연구를 계속 수행하고 있으며 굴착단면에 있어서도 양방향 4차로 뿐만아니라 양방향 6차로 터널 또는 상·하행선의 차로수가 다른 2Arch 터널도 시공한 사례를 가지고 있다.

본 고에서는 일본에서 1974년부터 2001년 사이에 시공이 완료됐거나 시공중인 30건의 2Arch 터널적용사례와 국내 적용사례를 비교·분석하고 국내 실정에 맞는 2Arch 터널의 설계 및 시공 방안을 제안함으로써 향후 적용되는 2Arch 터널의 적절한 설계기법 수립 그리고 시공성 및 유지관리성을 개선하는데 도움이 되고자 하였다.

2. 2Arch 터널형식 적용현황

일본 2Arch 터널의 연도별 시공착수현황을 보면 그림 1과 같이 1980년 이후부터 시공수가 증가되고 있고 최근 5년간의 시공수는 8건이다. 터널연장에 있어서는 300m 이하의 터널이 70%이상을 차지하며 100m 에서 200m 사이의 터널이 가장 많은 것으로 나타나 현재 국내에서 적용되는 2Arch 터널의 연장과 유사한 경향을 보였다. 지형 및 지질조건에 있어서 각 터널의 최대 토피 분포는

70% 이상이 25m 이내의 토피를 가지는 것으로 나타났고 터널상부에는 문화재와 주택등 침하를 억제할 필요가 있는 구조물이 설치되어 있어 개착공사의 적용이 곤란한 경우가 대부분이다. 지층조건에 있어서는 일반적인 산악터널에 비해 지층이 상대적으로 열악한 토사 및 풍화암층으로 구성된 경우가 많은 것으로 나타났으며 이는, 총 30건의 2Arch 터널에 대한 굴착방법에 있어서 27건은 기계굴착, 1건은 발파굴착 그리고 2건에 대해서는 기계굴착 및 발파굴착을 병행하여 시공된 예와도 일맥 상통한다. 일본

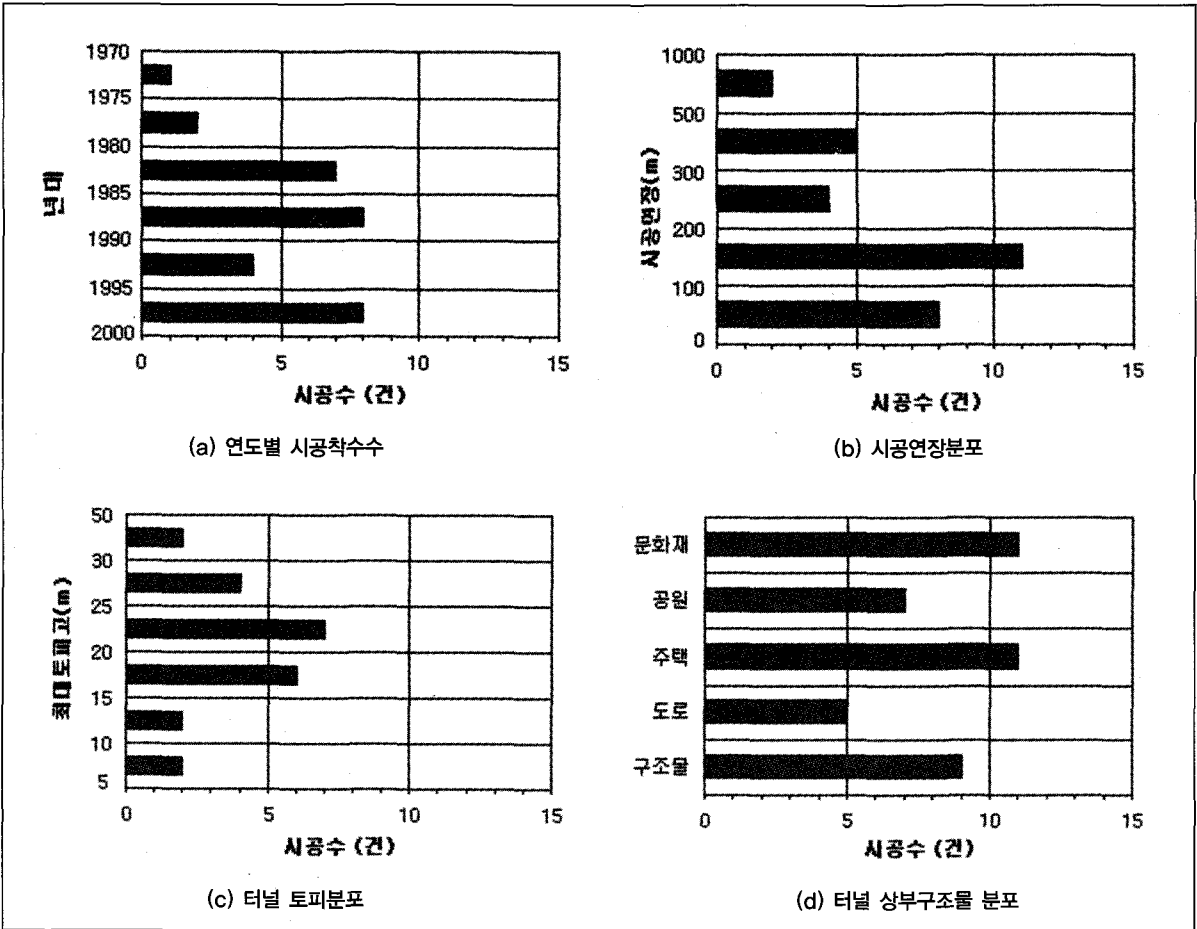


그림 1. 일본 2Arch 터널 적용 현황

표 1. 국내 2Arch 도로터널 적용 현황

터널명	터널연장	최대토피	암반등급	차로구성	적용사유	시공상황
소래터널	446m	50m	Ⅳ	일방향 4차로	지반상태 불량	'99 시공완료
정지산터널	130m	30m	Ⅳ~Ⅴ	양방향 4차로	상부문화재 존재	'02 시공완료
산성우터널	210m	50m	Ⅳ~Ⅴ	"	환경훼손 최소화	시공중
정착터널	140m	40m	Ⅳ~Ⅴ	"	"	시공중
신성터널	178m	40m	Ⅱ~Ⅳ	"	"	'03 시공예정
서천터널	440m	60m	Ⅱ~Ⅳ	"	"	'03 시공예정

2Arch 터널 구간의 지층조건과 비교할 때, 국내의 2Arch 터널 구간의 지층조건은 상대적으로 양호한 것으로 파악되었으며 특히, 터널 굴착부의 지층조건은 암반을 이루고 있어 대부분 발파굴착에 의해 시공되고 있다. 일본의 기계굴착 사례가 많은 것은 지층이 불량한 이유도 있지만 한편으로는 2Arch 터널의 특성상, 중앙벽체 및 본선터널이 발파굴착시 영향을 받기 때문에 매우 경질의 암반이 아닌 이상 발파굴착에 비해 영향이 적은 기계굴착을 적극적으로 도입한 결과로도 볼 수 있다. 그러므로 터널형식 결정시, 2Arch 터널과 1Arch 터널의 적용성에 대한 면밀한 검토가 필요한 것으로 파악되었으며 또한 2Arch 터널을 적용하는 경우에 있어서도 굴착방법 채택시 발파굴착 적용에 따른 영향을 면밀히 분석하고 기계굴착의 적용성을 적극적으로 검토할 필요가 있는 것으로 나타났다.

3. 중앙터널 단면 및 벽체제원

일본과 국내 2Arch 터널의 단면설계에 있어서 가장 큰 차이는 중앙터널 굴착단면 및 벽체의 제원이 서로 상이한 점이다. 일본의 경우, 그림 2와 같이 지반 및 시공조건, 차로수등에 따라 중앙터널 및 벽체의 폭과 높이를 다양하게 적용하고 있으며 평균적인 수치에 있어서는 중앙터널 폭 및 높이가 4.8m 및 5.4m 이며 벽체의 폭과 높이는 2.1m 와 4.5m로 나타났다. 이에 반해 국내 2Arch 터

널의 중앙터널 및 벽체제원은 그림 3과 같이 거의 획일적으로 적용되고 있으며 중앙터널의 굴착단면적은 일본에 비해 2배 이상 크고 벽체의 두께는 상대적으로 작은 양상을 보인다.

먼저 중앙터널 굴착단면의 크기에 따른 특징을 살펴보면 굴착단면의 크기가 작을수록 터널 안정성 확보에 유리하며 벽체높이도 축소되기 때문에 시공성 및 품질확보가 용이하다. 중앙터널 굴착단면이 큰 경우는 터널자체의 굴착시공성에 있어서는 유리하나 안정성 확보에 불리하고 철근콘크리트 중앙벽체 및 거더시공을 위한 고소작업을 시행하므로 시공성이 저하되며 본선터널 굴착시 제거되는 지보재량도 과다하게 발생하게 된다. 또한 기하학적 특성상 상부물고임부도 2개소가 되어 원할한 방·배수체계를 수립하는데 어려움이 있다. 이와 같은 특징 및 일본의 적용사례를 종합할 때 중앙터널 단면설계시 굴착시공성이 확보되는 한도 내에서의 적극적인 단면축소 가능성을 검토할 필요가 있는 것으로 나타났다. 중앙터널의 굴착단면의 크기는 터널의 안정성과 시공성 뿐만아니라 뒷절에서 언급하겠지만 방·배수 설계, 굴착공법, 시공순서등의 결정에 있어서도 매우 중요하다. 그러므로 중앙터널 굴착단면의 크기에 따른 영향을 각 공종별로 비교·검토하기 위해서 국내에서 적용되는 굴착장비 및 공동구터널등 소단면 터널 시공사례를 바탕으로 시공성을 검토하여 중앙터널 폭과 높이를 변경한 4차로 2Arch 터널을 선정하였으며 개략적인 굴착단면 형상은 그림 4와 같다.

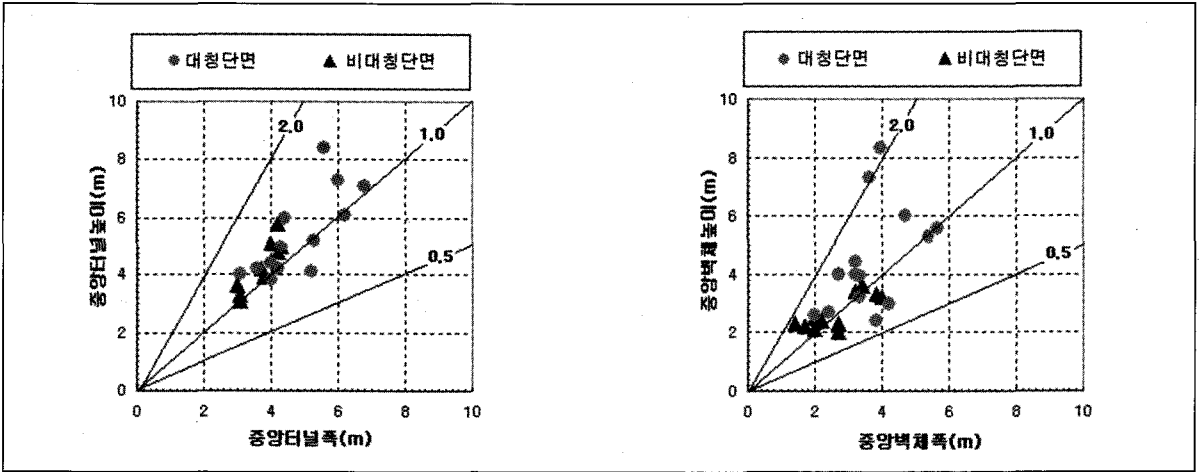


그림 2. 일본 중양터널 굴착단면 및 벽체제원

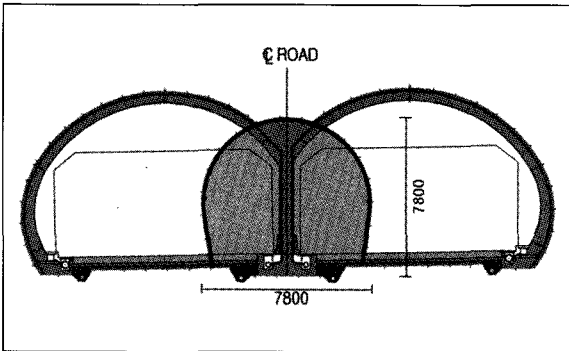


그림 3. 기존 2Arch 도로터널 단면

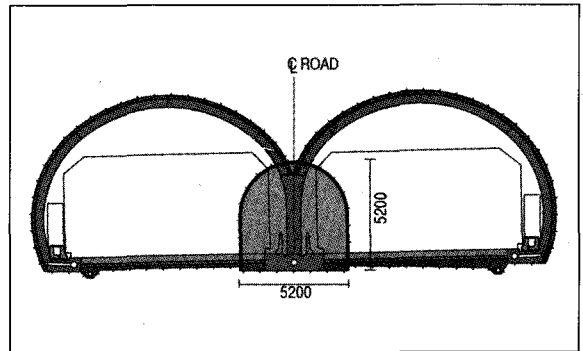


그림 4. 중양터널을 축소한 도로터널 단면

중양터널 내부에 설치되는 벽체는 본선터널 굴착시, 천단부지 및 본선터널에 설치되는 강지보 및 슛크리트의 지지점으로 활용되는 구조물로 두께 및 기초폭은 지반조건으로부터 작용하중을 산정하고 구조적 안정성을 확보할 수 있도록 결정되어야 한다. 일본과 국내의 2Arch 터널이 적용되는 지역의 지층조건을 보면 일본은 상부지반이 토사 및 풍화암층으로 구성된 경우가 많고 국내지반은 상대적으로 양호한 지층조건을 보이는 것으로 나타나 벽체두께의 차이는 지층조건의 차이에 기인한 것으로 볼 수 있다. 이와 같은 지층조건의 차이는 일본의 경우 대부분

의 2Arch 터널에 인버트가 적용된 반면에 국내에서는 인버트를 설치하는 경우가 많지 않은 예로도 알 수 있다.

그러나 세부설계사항을 살펴보면 일본의 경우, 계측 및 해석자료를 바탕으로 그림 5와 같이 하중작용의 폭과 높이를 기준으로 설계하중을 산정하여 벽체두께를 결정하고 하부지반의 지지력을 파악하여 기초폭을 결정함으로써 중앙벽체의 중요성을 감안한 설계를 시행하고 있는 반면에 국내의 경우에는 중앙벽체에 작용하는 하중산정 및 단면설계에 대한 면밀한 검토가 이루어진 사례가 없는 실정이다. 그러므로 향후 2Arch 터널의 설계시에 시

- 중앙벽체에 작용하는 하중의 폭은 양측 터널의 중심선사이 거리(W)
- 토피(H)가 터널폭(D)보다 큰 경우
 $P = \gamma \cdot D \cdot W$, γ : 지반단위중량
- 토피(H)가 터널폭(D)보다 작은 경우
 $P = \gamma \cdot H \cdot W$

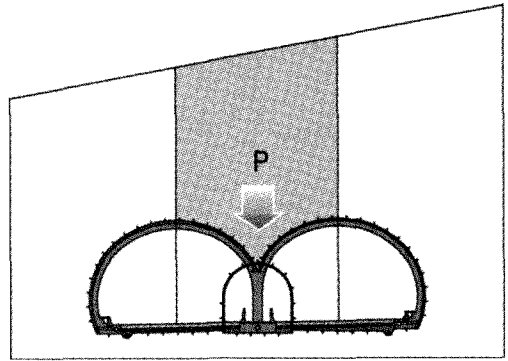


그림 5. 2Arch 터널 중앙벽체에 작용하는 하중(Matsuda, 1997)

공순서에 따른 하중작용양상을 파악하고 특히, 암반으로 구성된 지반에 대한 하중은 토사 및 풍화암등에서의 하중양상과는 다르므로 이에 대한 계측 및 해석을 실시하여 하중을 파악하여 적절한 벽체 두께 및 기초폭을 결정할 필요가 있다.

4. 굴착공법 및 시공순서

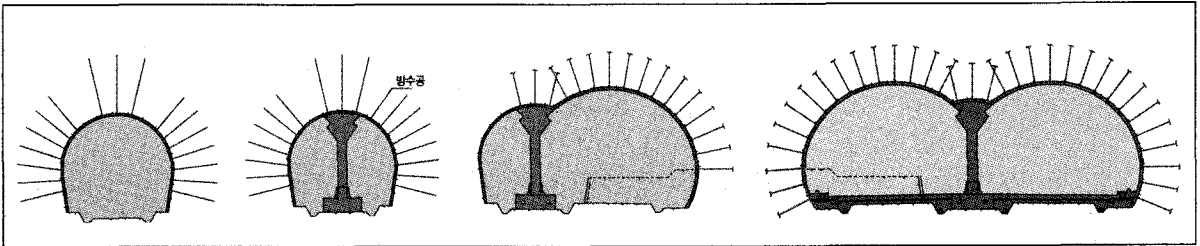
현재 공용중인 소래터널 뿐만아니라 국내에서 시공중에 있는 대부분의 2Arch 도로터널의 굴착 및 시공순서는 그림 6과 같으며 중앙터널을 축소한 터널을 기준으로 일본의 굴착 및 시공순서를 적용하면 그림 7과 같다. 개략적인 시공상황은 유사해 보이나 전술한 바와 같이 중앙터널 굴착단면의 차이가 전반적인 터널 시공에 큰 영향을 미치며 이에 대한 주요내용을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 중앙터널의 굴착의 경우, 국내 2Arch 터널은 지반조건이 불량한(지보패턴 IV, V) 구간에 대해 상·하 반 단면 분할굴착공법을 적용하지만 중앙터널 굴착단면적을 축소하면 전단면 굴착공법의 적용이 가능하므로 굴착시공성에 있어서도 유리해 진다. 또한 중앙벽체 및 거더부의 시공 그리고 누수문제에 있어서도 국내에서 시공되는

터널은 거더부를 중앙터널 천단까지 시공하게 되며 이때 방수막을 미리 설치하는 순서를 적용한다. 그러므로 그림 8과 같이 철근조립 및 콘크리트 타설시, 고소작업에 의한 시공성 저하 그리고 기하학적 조건에 의해 상부에 공동이 발생할 가능성이 높다. 또한 그림 9와 같이 방수막 조기 설치에 의해 본선터널 발파굴착시 방수막손상에 의한 누수 또는 추후 배수관 설치시 방수막 관통에 의한 누수가 능성이 크다. 일본의 경우에는 상부거더의 천단지지 없이 벽체만을 시공하고 벽체 높이도 낮으므로 철근조립 및 콘크리트 타설작업에 상대적으로 유리하다. 또한, 방수막은 본선터널 굴착완료후에 설치하며 중앙벽체 상부에 공간을 확보하여 터널내 유입수를 집수함으로써 배수체계를 단순화하고 방수막을 관통할 필요가 없어 방수막 손상 및 관통에 따른 누수가능성을 최소화한 시공이 가능하다.

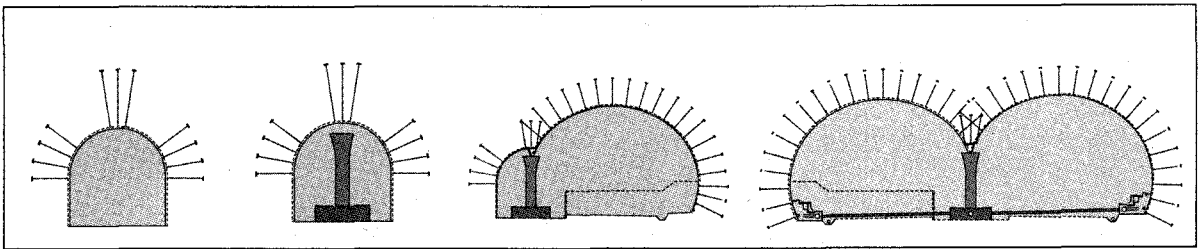
5. 지보패턴 계획

굴착에 따른 상호간의 영향이 없도록 충분한 이격 거리를 확보한 2차로 병렬터널의 거동양상과 2Arch 터널의 거동양상은 다르게 나타난다. 상호 이격거리가 좁은 2Arch 터널의 경우, 동일한 지반조건 및 토피조건에서도



[1] 중앙터널굴착 및 지보재설치 [2] 터널관통후 방수막 및 벽체설치 [3] 선행터널 굴착 및 지보재 설치 [4] 후행터널 굴착 및 지보재 설치

그림 6. 국내시공중인 2Arch 터널 시공 순서



[1]중앙터널 굴착 및 지보재 설치 [2]터널관통후 벽체 설치 (천단 및 벽체사이 공간 확보) [3]선행터널 굴착 및 지보재 설치 (벽체를 지보재 지지점으로 활용) [4] 후행터널 굴착 및 지보재 설치

그림 7. 일본 2Arch 터널 시공 순서

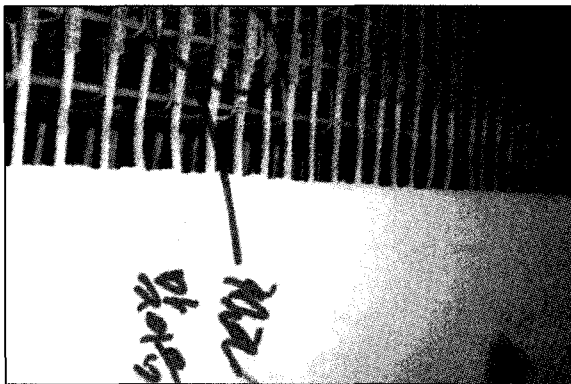


그림 8. 고소작업에 의한 벽체 및 거더 시공



그림 9. 방수막손상에 따른 거더부 누수

시공순서에 따라 선행터널 및 후행터널의 거동이 달라진다. 선행터널의 경우, 굴착 및 지보재 설치가 완료되어 변위가 수렴된 이후에도 후행터널 굴착으로 인해 중앙 상부의 Arching 현상이 없어짐에 따라 선행터널부로 하중전이가 발생하여 추가적인 지반변위 및 지보재단면력이 발

생하게 된다. 이와 같은 현상은 그림 10과 같이 일본에서 실시된 계측결과로 확인되었고 그림 11의 수치해석 결과에서도 파악할 수 있다. 후행터널 굴착시 선행터널부에 발생하는 추가하중은 지반조건 및 위치에 따라 10~30% 정도로 다르게 나타났으며 계측결과에 의한 중앙부의 최

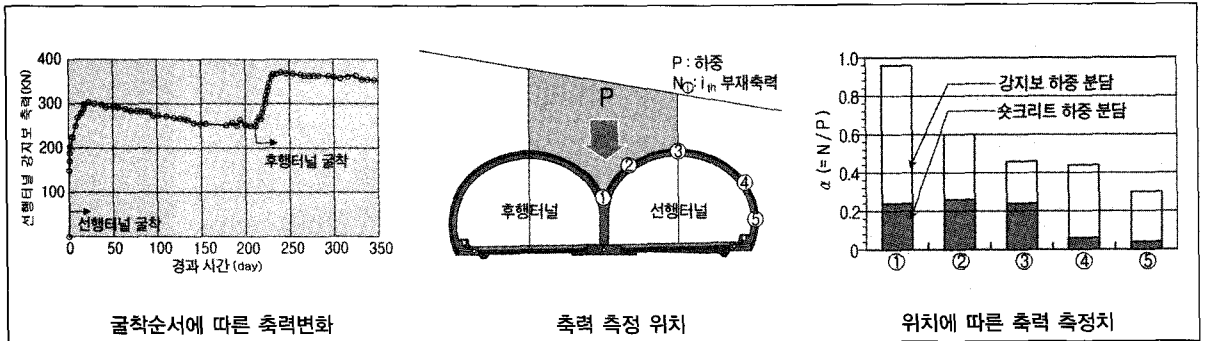


그림 10. 굴착순서에 따른 2Arch 터널거동 계측결과

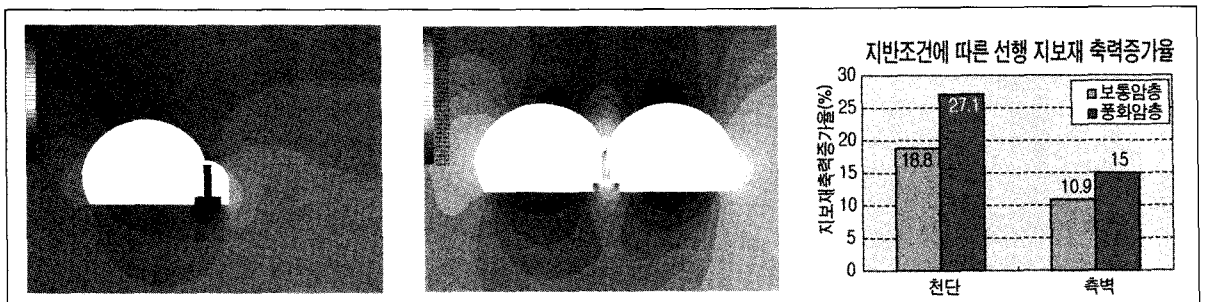


그림 11. 굴착순서에 따른 2Arch 터널거동 해석결과

중하중은 상부 토피하중과 유사하게 나타났다.

일본의 경우에는 이와 같은 2Arch 터널의 굴착순서에 따른 영향을 반영하여 그림 12와 같이 선행터널의 강지보 제원과 숏크리트두께를 후행터널에 비해 증대시키거나 후행터널 굴착에 의해 선행터널로 전이되는 하중을 감소시키기 위해 선행터널측에서 중앙부로 추가 록볼트 등을 설치하는 사례가 늘고 있다. 그러나 국내의 경우, 아직까지 선행터널과 후행터널의 지보패턴을 동일하게 적용하고 있으며 선행터널 측에서 후행터널 측으로 보강계획을 수립한 사례도 많지 않다. 2Arch 터널의 거동특성상, 선행터널과 후행터널의 지보패턴을 동일하게 적용하는 것은 선행터널의 안정성확보에 문제가 되거나 후행터널의 지보량 과다를 유도할 수 있으므로 향후 설계에 있어서는 2Arch 터널의 거동에 적절한 지보패턴 계획을 수립할 필요가 있는 것으로 생각된다. 또한, 보조공법 등의 적용에

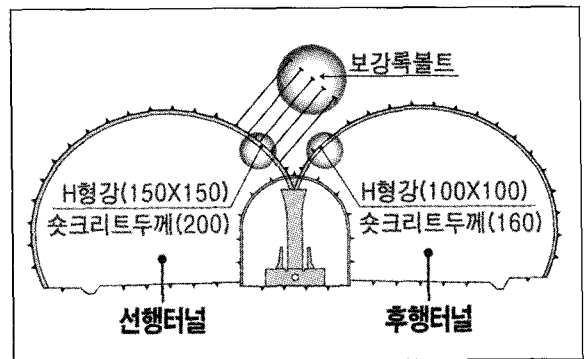


그림 12. 2Arch 터널 거동양상을 반영한 지보패턴 계획

있어서 기존의 선진보강 이외에 기 굴착된 중앙터널 및 선행터널을 작업공간으로 활용한 후행터널 보강 등으로 안정성 및 경제성을 개선하는 방안을 수립하는 것도 2Arch 터널특성을 반영한 주요사항으로 판단된다.

6. 방·배수 설계

기존의 시공사례로부터 국내 2Arch 터널의 방·배수 설계에 많은 문제점이 있는 것으로 파악된 이후 현재 시공중인 터널에 대해서는 부분적으로 개선방안이 마련되어 시공중에 있지만 중앙터널의 굴착단면 및 방수막과 배수관의 설치작업등 중요사항에 대한 변화가 크지 않아 근본적인 해결방안이 수립된 것으로 보기는 어렵다. 현재 시공중인 2Arch 터널의 중앙부 방·배수설계 내용을 살펴보면 우선 집수부위가 2개소가 되고 각각에 대한 방·배수시공시, 그림 13과 같이 필터콘크리트 및 종배수관 설치를 위한 시공성이 매우 취약하며 방수막 관통에 따른 누수 그리고 배수관 절곡에 의해 막힘현상이 발생할 가능성이 높다. 이에 비해 중앙터널 굴착단면이 축소된 경우의 방·배수시공은 그림 14와 같이 기 확보된 중앙터널 상부공간으로 집수하는 시스템을 적용하여 배수시스템을 일원화할 수 있고 높이도 낮아 시공성 확보에 유리하다. 또한 방수막 관통 및 배수관 절곡이 필요 없기 때문에 누수 및 막힘현상이 발생할 가능성도 적어 기존 방법에 비해 개선효과는 매우 크다. 이와 같은 방·배수시스템을 적용하는 경우 누수가능성이 있는 부위는 중앙벽체와 좌·우터널 라이닝과의 연결부가 되며 이 부분에 적절한

방수공법을 적용하는 것이 중요한 과제가 된다. 일본의 경우 이 부위의 누수방지를 위해 수팽창 지수재를 설치하여 방수성을 확보하였으며 부분적으로 발생된 누수부위에 대해서는 발포우레탄을 이용한 핀 그라우팅을 실시하여 누수문제를 해결한 사례가 있다. 국내의 경우에도 수팽창 지수재의 적용 및 누수부위에 대한 보수·보강사례는 있지만 보다 근본적인 방수성 확보를 위해서는 개착 Box 구조물에 적용되는 지수관 기능과 유사한 효과로도 출하기 위해 방수막을 중앙벽체에 삽입하는 방법에 대한 검토등을 실시하여 공사완료후 발생하는 누수에 대한 보수보다는 공사중에 완전한 방·배수시스템을 수립할 수 있는 대책이 필요한 것으로 판단된다.

7. 결론

본 고에서는 2Arch 터널의 시공실적이 많은 일본의 사례와 국내사례를 비교·분석하여 향후 계획되는 2Arch 터널의 적절한 설계기법 수립 그리고 시공성 및 유지관리성을 개선하는데 도움이 되고자 하였다. 주로 2Arch 터널 적용조건, 단면계획, 굴착공법 및 지보패턴, 방·배수설계를 중심으로 언급하였으나 이외에도 굴착방법, 계측

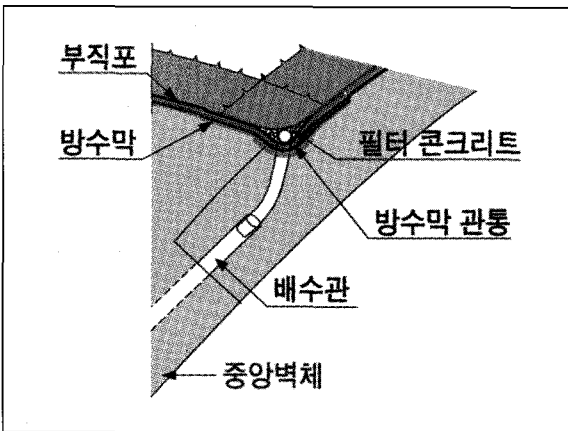


그림 13. 국내 2Arch 터널 중앙부 방·배수시스템

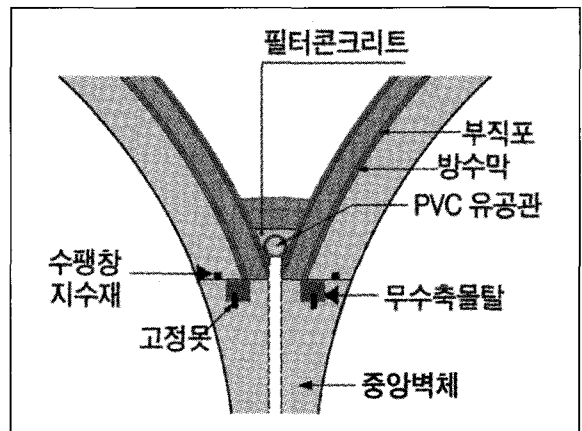


그림 14. 개선된 중앙부·방배수 시스템

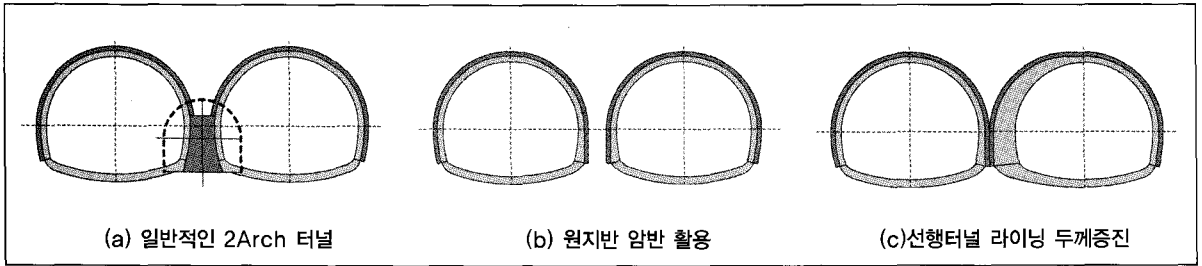


그림 15. 근접터널 단면계획

계획, 2차 라이닝설계 등의 공중에 있어서도 2차로 병렬 터널과 다른 특성을 반영한 검토가 필요하다. 특히 발파 공법은 일본에서는 거의 적용되지 않는 공법이므로 발파 공법 적용에 의해 중앙벽체 및 인접터널에 미치는 영향과 이에 대한 대책방안이 적절히 마련되어야 한다. 이와 병행하여 굴착에 따른 영향을 최소화 할 수 있는 기계굴착(일본의 경우 TBM 이나 실드가 아닌 별도의 굴착기계를 적용하고 있음)방법을 도입하는 방안 대해서도 검토가 필요하다. 계측계획에 있어서도 기존 병렬터널과 유사한 계측방법에서 탈피하여 실제로 2Arch 터널 거동파악에 중요한 중앙벽체 축력 및 강지보변형 등에 대한 계측이 실시되어야 할 것으로 생각된다. 특히, 중앙벽체에 대한 계측은 터널굴착시 뿐만아니라 라이닝 설치시 그리고 유지관리 단계에서의 하중변화양상을 파악 할 수 있어 터널 및 구조물의 장기 거동파악에도 유용한 것으로 생각된다. 2차 라이닝 설계에 있어서는 철근보강여부와 소요두께 뿐만 아니라 설치시기 및 위치에 있어서도 검토가 필요한 것으로 파악되었다. 일본의 경우는 후행터널 굴착전에 선행터널의 2차 라이닝을 설치하여 지보기능을 수행하게 하거나 라이닝을 중앙벽체 상부가 아닌 측벽부에 설치하는 등, 터널안정성 및 시공성 그리고 유지관리의 용이성을 검토하여 다양하게 적용하고 있다.

2Arch 터널 특성을 활용한 설계에 있어서는 시공순서 상 중앙터널 굴착이 완료된 후에 본선터널을 굴착하게 되므로 중앙터널은 일종의 대규격 선진시추나 Pilot 터널과

유사한 기능을 수행할 수 있다. 즉, 중앙터널 굴착시에 파악된 지층상태 및 계측결과는 본선터널 굴착계획 수립 및 관통부 위치 선정등에 있어서 매우 유용한 자료로 활용이 가능하다.

서론에서 언급한 바와 같이 일본은 다수의 시공경험 등을 통해 단면계획, 굴착 및 지보패턴, 방·배수설계등에 변화를 시도하면서 시공성 및 경제성 확보 그리고 유리관리에 유리한 다양한 형태의 2Arch 터널을 시공하고 있다. 이에 반해 국내의 경우에는 2Arch 터널 시공사례가 많지 않은 이유도 있겠지만 너무 획일적인 단면계획 및 지보설계를 유지하고 있어 기존 문제점에 대한 개선방안을 마련하는 데에 미흡했던 것도 사실이다. 또한 도입초기에 지하철 정거장에서의 시공사례를 준용하면서 예상되는 문제점에 대한 면밀한 분석 및 대책방안의 마련도 부족했던 것으로 판단된다. 일본의 경우에는 지금도 2Arch 터널의 설계·시공 개선방안에 대한 연구를 계속 수행하고 있는데 예를 들면, 근접터널 단면계획에 있어서도 그림 15와 같이 지반조건에 따라 2Arch 터널 뿐만아니라 원지반 암반을 중앙벽체로 활용하거나 선행터널 라이닝의 두께를 증진함으로써 중앙터널을 시공하지 않은 사례가 있다. 이와 같은 원지반 암반활용 및 선행터널 라이닝의 두께 증진방안은 일본에 비해 상대적으로 지층조건이 양호한 국내에 적용성이 더욱 크며 시공성 및 누수문제에 대한 근본적인 해결방안이 될 수 있으므로 적극적인 검토가 필요한 것으로 판단된다.

향후 터널 설계시에는 계획단계에서부터 세부공종에 이르기까지 국내 지형 및 지층조건 그리고 현장조건에 따른 2Arch 터널의 거동특성을 적절히 반영한 설계가 이루어지고 지속적인 자료수집과 계측등을 통해 터널의 안정성 뿐만아니라 시공성, 경제성, 유지관리성을 개선하려는 노력이 계속되기를 희망하며 본 고가 조금이라도 도움이 되었으면 한다.

감사의 글

일본의 2Arch 터널 현황에 대한 자료수집 및 적용사례 분석에 대해 도움을 주신 인하대학교 윤지선 교수님께 감사드립니다.

참고문헌

1. 왕이완, "도로에서 2Arch 터널의 적용성", 대한터널협회 정기학술발표회, 2001, pp 141~152
2. M. Kamimura, "Discussion on the behaviours of parallel tunnel with a small clearance", 28th ITA General Assembly and World Tunnel Congress, 1997, pp 898~906
3. Tetsuo Matsuda, "Gound behavior and settlement control of twin tunnels in soil ground", Tunnels and Metropolises, 1998, pp 1193~1198
4. 上川裕之, "小土かぶり地山に大断面メガネトンネルを貫く - 四國横断自動車道 大代古墳トンネル", 日本土質 工學會誌, 2002, pp 19~29
5. 青木宏一, 上村正人, "わが國におけるめがねトンネルの現状", トンネル工學研究論文報告集, 第10巻 2000, pp 161~166
6. 青木宏一, 上村正人, "わが國におけるめがねトンネルの現状と課題", トンネルと地下, 第32巻 9 2001, pp 53~62

평생회비 납부에 대한 안내

우리 터널공학회는 회원여러분의 적극적인 노력으로 2002년 드디어 회원수 1,000명을 돌파하였습니다. 회원 1,000명 돌파를 기념하고 회비를 연체하신 분들의 부담을 덜어드리고자 다음과 같이 평생회비 납부에 대한 보완 규정을 만들었습니다. 평생회비의 납부를 통하여 학회의 안정적인 재정확보에도 기여하시고, 여러분의 학회활동이 더욱더 활성화 되었으면 합니다.

● 보완 규정

▲ 시행기간 : 2003년 01월 ~ 2003년 6월 30일 까지

- 평생회비(회비 12년분 : 288,000원)를 납부할 경우
- 연체연도와 상관없이 연체회비를 감면하고 평생회비를 납부한 것으로 간주함.

▲ 시행기간 : 2003년 7월이후

- 3년 미만의 연체자의 경우
- 평생회비를 납부할 경우, 연체연도와 상관없이 연체회비를 감면(평생회비만 납부)하고, 평생회비를 납부한 것으로 함
- 3년 이상 연체자의 경우
- 평생회비의 납부를 원할 경우: 2년(48,000원) + 평생회비를 납부할 경우 평생회비를 납부한 것으로 간주함

▲ 기 연회비 완납회원 중 평생회비를 납부하고자 하는 회원의 경우 평생회비에서 기 납부한 연회비를 제외한 금액을 납부할 경우도 평생회비를 납부한 것으로 간주함