

2-ARCH터널 개선방안 및 시공사례



최 원 중
씨지엔지니어링(주) 부장
heetrust7@naver.com



남 명 우
씨지엔지니어링(주) 대표이사

1. 개요

국내에서 터널이 설치되는 구간은 산악지형과 대도시 구간으로 크게 분류가 되며 적절한 선형을 위해 터널과 교량 구조물의 형성이 크게 늘어나는 경향을 보이고 있다. 특히 환경훼손 및 보강면적 최소화, 터널형성을 위한 지반, 지형조건, 민원해결 등을 고려하여 500m이하의 단 터널에서는 선형을 상/하행선으로 분리하지 않고 단일 선형으로 적용하는 경향이 뚜렷해지고 있다.

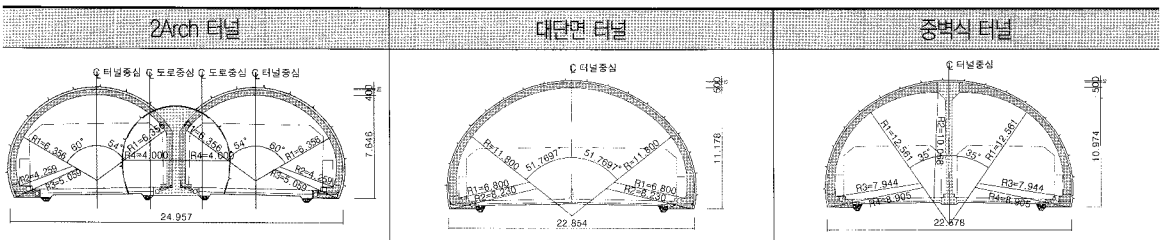
따라서 터널형식을 2-ARCH터널, 대단면터널, 중벽식 터널등과 같이 대단면화 되어가고 있으며 이에 대한 시공

성, 경제성, 기술검토가 활발히 이루어지고 있다.

2. 터널 형식 비교

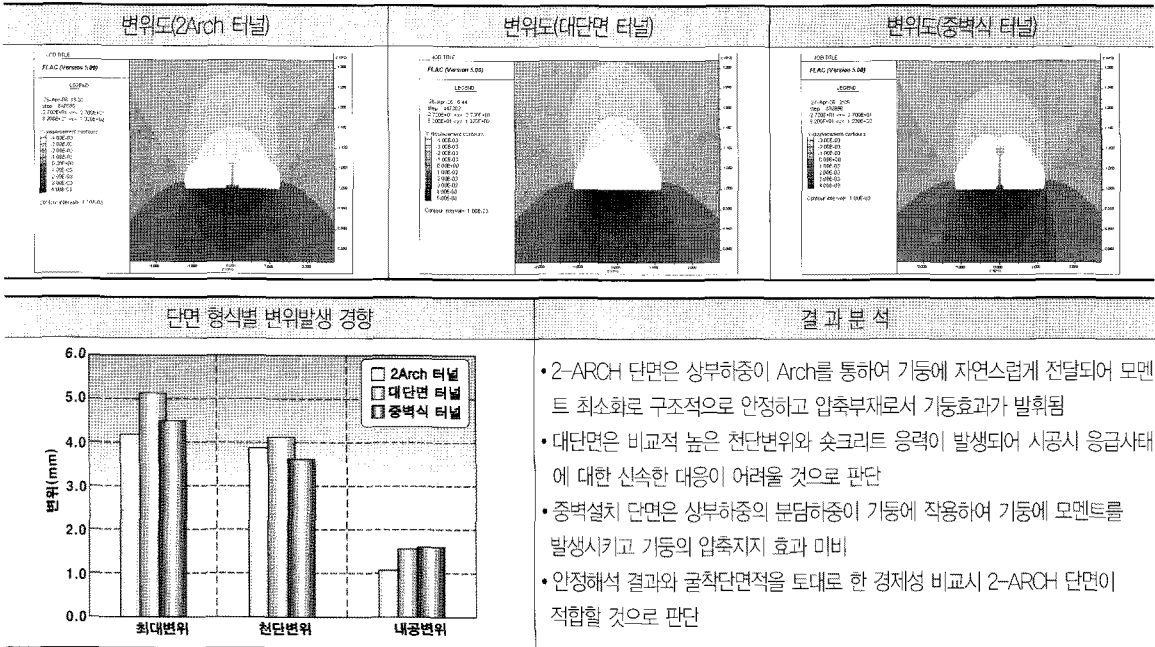
일반적으로 대단면 터널은 2-ARCH터널에 비해 시공성이 양호하고 운용중 유지관리가 유리하여 국내 터널현장에 많이 적용하였다. 그러나 2-ARCH터널에 비해 대규모 굴착에 따른 경제성과 안정성이 불리하고, 차량운행에 필요한 내공단면 뿐만 아니라 불필요한 공간이 포함되어 있어, 2-ARCH터널을 적극적으로 검토하여 설계에 반영하고 있는 추세이다.

표 1. 터널 형식 비교



기술 기사 2

표 2. 터널 형식 비교



3. 2-ARCH터널 개선방안 및 시공사례

3.1 지보재 과다 선정

2-ARCH터널의 굴착단면적은 148.6m²로 비슷한 조건의 대단면 터널에 비해 23.8m²가 작고 편평율은 0.65로 대단면터널의 0.49에 비해 유리한 조건을 내포하고 있다. 그러나 지보재 설치에 있어서는 2-ARCH터널의 지보재가 대단면터널에 비해 록볼트 74%, 콘크리트라이닝 49%가 많이 설치되며, 중앙터널 굴착시 설치한 지보는 본선터널 굴착시 제거를 해야 하는 비경제적인 요소를 내포하고 있다.

이러한 단점을 극복하기 위하여 중앙터널 굴착단면적 및 중앙벽체의 크기, 중앙터널에 설치되는 지보재에 대한 적정성을 검토한 후 실제 설계 및 시공에서는 다음과 같이 개선하여 적용되고 있다.

- ① 중앙터널 단면적 축소로 굴착단면적 및 가벽에 설치

표 3. 대단면터널과 2-ARCH터널 지보량 비교

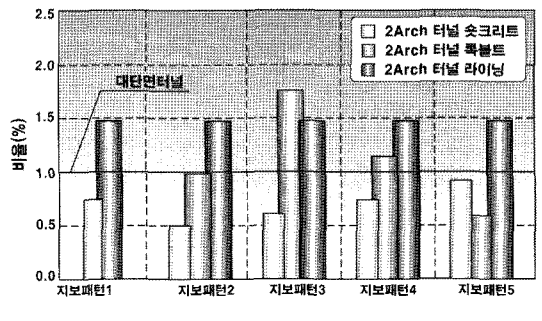
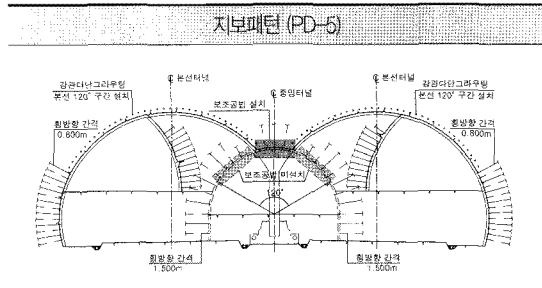


표 4. 2-ARCH터널 지보설치 개선



되는 지보재 절감

- ② 천단부와 측벽부에 설치되는 록볼트 횡방향 설치 간격 조정
- ③ 천단부 120°에 설치되는 강관다단그라우팅을 중앙기둥 상부에만 설치

3.2 방/배수 시스템 문제점

2-ARCH터널의 초창기 방/배수 시스템은 중앙터널의 상부에서 집수를 함으로써 중앙벽체 상부에서 시공이음

및 신축이음을 통해서 누수가 발생하여 구조물의 유지관리비가 과다하게 지출되고 있다. 이런 문제점에 대한 개선방법으로 상부에서 집수하던 방식을 중앙벽체하부에서 집수하는 방식으로 변경하여 시공되고 있다.

3.3 터널 굴착에 따른 문제점

3.3.1 중앙터널

가) 중앙터널(굴착단면적) 크기

중앙터널의 크기는 터널의 안정성/시공성과 밀접한 연

표 5. 방수 시스템

구분	방수시스템	배수 및 유지관리
당초		
개선		

표 6. 영덕오산 1공구 개선사례

구분	개요도	중앙터널 시공성	중앙벽체 시공성
기본 설계			
실시 설계			

기술기사 2

표 7. 덕동-수정간 도로 개설공사 개선사례

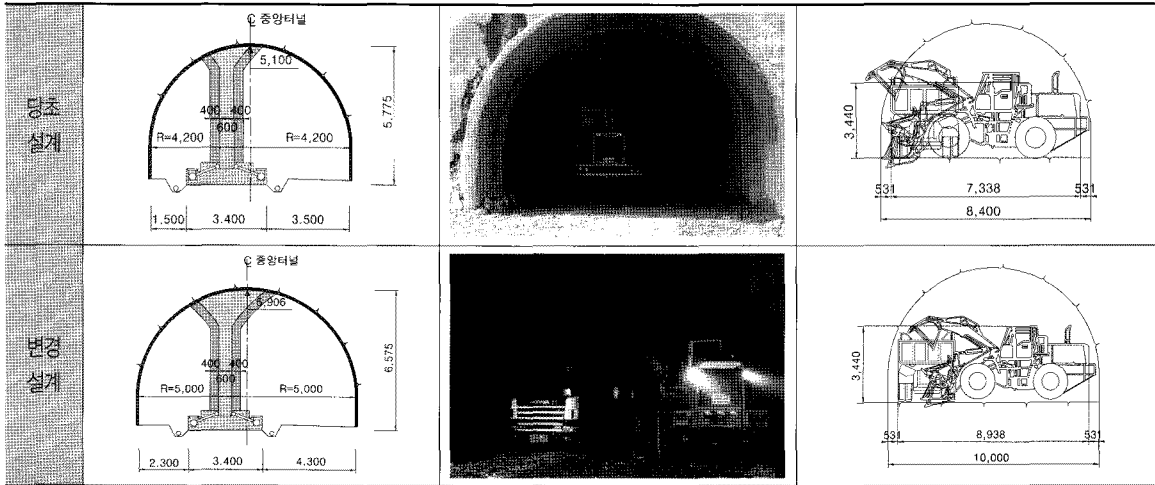


표 8. 보강비 및 굴착비 비교

구분	당초설계(천원)	변경설계(천원)	공사비(천원)	비고
shotcrete 버력처리	1,202	1,251	49	
강지보공	324,414	336,256	11,842	
shotcrete 공	663,810	691,390	27,580	
락볼트공	377,431	392,943	15,512	
소계			(중)54,983	
중앙터널 버력처리	206,150	37,087	169,063	덤프+페이로더 단독운반
중앙벽체콘크리트타설 및 자재운반	107,289	94,197	13,092	차량진입에 어려움이 있어 인력 소운반 포함
소계			(감)182,155	중앙터널(L=338m)
합계			(감)127,172	

관이 있으며 이에 대한 다각적인 검토가 이루어졌다. 일반적으로 중앙터널 굴착단면적이 적으면 터널의 안정성이 크게 확보가 되나 시공성에 문제가 발생하고, 시공성을 확보하기 위해 단면적을 키우면 터널의 안정성에 문제가 발생하는 것으로 검토되어 왔으며, 시공과정에서도 중앙터널의 크기는 설계변경 및 현장상황에 알맞게 조정(최소폭 10.0m)하여 시공하는 사례가 많다.

나) 본선 발파에 따른 중앙벽체 손상

중앙터널에 설치된 중앙벽체는 본선터널 발파시 비산석에 의한 중앙벽체의 충격손상 및 진동에 의한 손상이

우려되므로 이에 대한 대책방안이 수립되어야 하며 일반적으로 중앙터널 shotcrete 벽 활용, 중앙벽체 보호시설 설치, 무장약공 배치와 제어발파 등 조치계획을 수립하여 중앙벽체의 손상이 최소화되도록 하고 있다.

3.3.2 본선터널 분할 굴착방법

2-ARCH 터널의 본선구간은 병렬터널에 비해 굴착폭이 크기 때문에 굴착방법을 전단면굴착이나 상하분할 굴착이 아닌 CD분할 굴착과 같이 보수적으로 결정하는 경향이 많이 나타난다. 영덕~오산2공구 청명터널의 경우, 당초 CD분할 굴착으로 계획되어 있어 시공시 측벽 록볼

표 9. 중앙벽체 보호대책

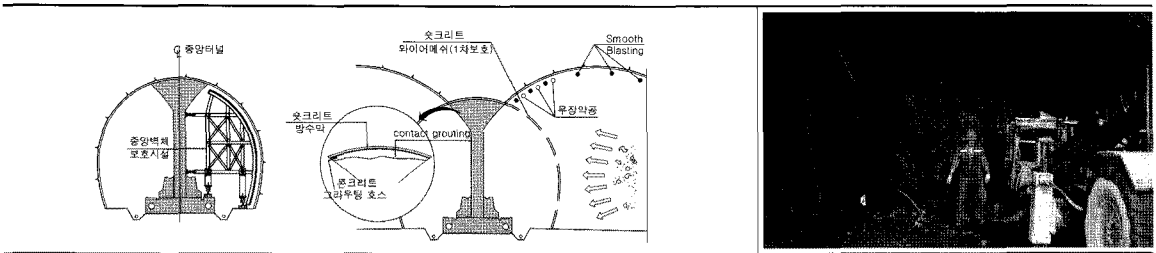


표 10. 굴착방법 변경

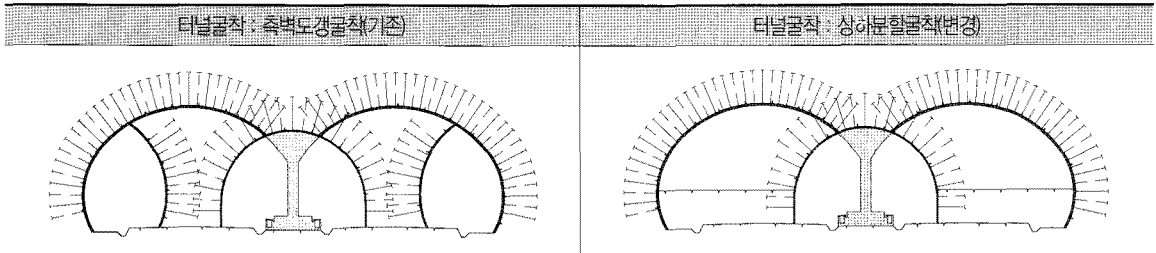
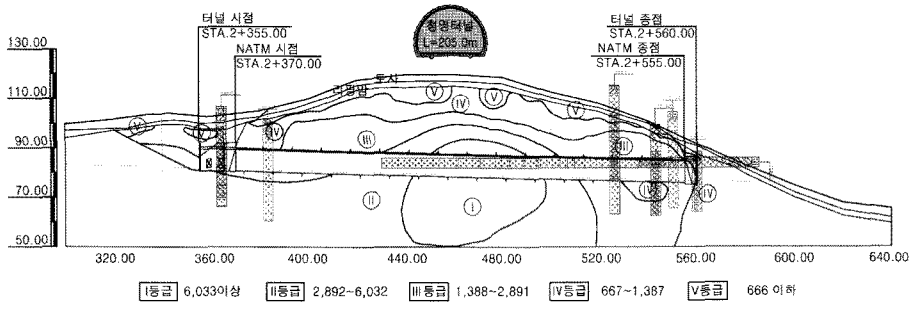


표 11. 지반조건



- 흑운모면마암 : 호상, 괴상구조, 석영, 장석, 흑운모, 각섬석, 백운모등으로 구성
- 규장편마암 : 규장화 작용을 받아 유색광물이 적고, 염리 잘 발달되지 않음, 석영, 장석, 각섬석, 운모등 구성

표 12. 설계지반정수

구 분	변형계수E(MPa)	점착력C(kPa)	내부마찰각(°)	포아송비	단위중량k(N/m³)
표토(붕적)	11.8	17.6	25	0.40	17.6
풍 화 토	48.1	21.6	28	0.36	18.6
풍 화 임	215.7	31	31	0.31	20.6
I	29,420	2,550	48	0.20	26.0
II	16,671	1,226	40	0.22	25.5
III	7,355	800	34	0.23	24.0
IV	1,863.3	420	33	0.26	22.6
V	411.9	120	30	0.31	20.6
단 층 대	400	50	27	0.34	21.0

기술기사 2

트 천공을 위한 회전반경이 확보되지 못하여 시공성이 떨어졌으며, 시공기간 내에 굴착을 마무리하기 위해서 굴착 방식의 변경이 필요하였다

본 설계변경에서 청명터널에 적용된 지보패턴 P-2 ~ P-4는 상하분할 굴착으로 변경하여 시공성을 향상시켰으며, 지보패턴 P-5(강구부)는 암이 불량하고 상부 사면 굴착으로 아칭효과가 감소되는 구간이므로 기존 CD분할 굴착을 적용하되 중앙터널굴착과 좌우측 도갱을 동시에 굴착하여 공기단축으로 인한 경제성, 시공성을 높이기 위한 검토를 실시하였다.

1) 안정성 검토 결과

청명터널에 대해 P-2~P-4패턴은 CD분할 굴착을 상

하분할 굴착으로 공법을 변경하고, P-5는 좌우측 도갱을 동시에 굴착하는 것으로 변경하여 안정성 검토를 한 결과 최대변위 3.68mm, 슛크리트 최대휨압축응력 2.4MPa, 록볼트 최대축력은 30.1KN이 발생하여 모든 패턴에서 안정성을 확인하였으며, 이를 근거로 굴착을 진행하여 시공 완료 하였다.

4. 결론

2-ARCH 터널은 연장이 500m이하의 단터널에 주로 적용되어 왔으며 시공성과 경제성이 불량하기 때문에 부득이한 경우를 제외하고 병렬터널을 계획하였다.

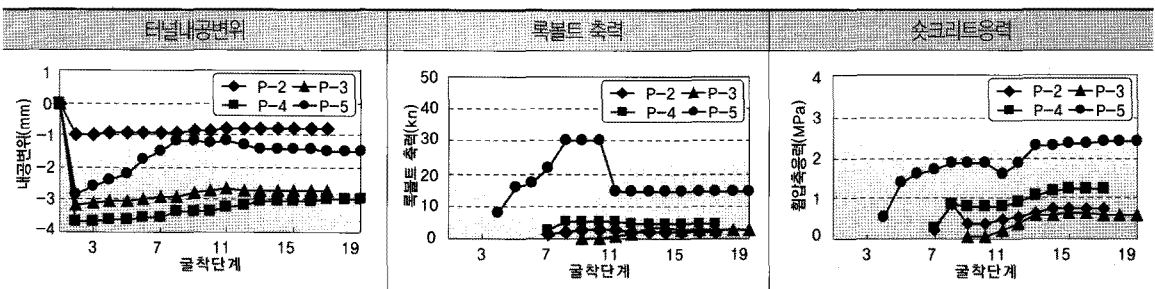
표 13. 시공순서 (지보패턴 P-2 ~ P-4)

중앙터널 굴착 및 지보재 설치	중앙기둥설치	좌측터널상반굴착 및 지보재 설치	좌측터널하반굴착 및 지보재 설치	우측터널상반굴착 및 지보재 설치	우측터널하반굴착 및 지보재 설치

표 14. 시공순서 (지보패턴 P-5)

중앙터널 및 좌우측 도갱굴착 및 지보재 설치	중앙기둥설치	좌측터널상반굴착 및 지보재 설치	우측터널상반굴착 및 지보재 설치	좌측터널하반굴착 및 지보재 설치	우측터널하반굴착 및 지보재 설치

표 15. 안정성 검토결과



2-ARCH 터널의 시공성과 경제성이 떨어지는 가장 큰 요인은 지보재의 과다적용 및 굴착방법이 복잡하기 때문이며 이러한 요인은 여러 번의 설계 및 시공경험을 통하여 다음과 같은 개선방안이 마련되었으며 시공을 통하여 입증되었다.

① 중앙터널의 천단부와 측벽부(가벽)의 지보재 크기 및 간격을 차별화

② 보조공법 설치시 상부 120° 구간에서 중앙기둥 상부에만 설치

③ 중앙터널의 폭을 시공장비가 원활히 운용되도록 최소 폭을 10.0m 확보

④ 본선 굴착시 굴착단계를 안정성을 확보하면서 최소화되도록 계획

[참고문헌]

1. 김상균, 김태혁, 이인모(2003), "2ARCH 도로터널 설계 및 시공방안 고찰", 한국터널공학지 Vol. 5, No. 1, pp. 29-38.
2. 전경환, 전완기, 이주형(2007), "새로운 형태의 2-ARCH 터널 설계 및 시공방안", 한국터널공학회 정기총회 및 학술발표회, pp. 91-99.