

공용중인 터널 확폭에 의한 기능향상¹⁾

김 동 규²⁾, 정 호 섭³⁾

1. 개요

최근들어 일본에서는 건설된 지 오래된 산간부 및 해안을 접하는 도로터널에서 차량의 대형화, 교통량의 증대, 및 콘크리트 라이닝의 열화에 의한 기능 저하 등에 의해 터널기능향상을 목적으로 기존 터널의 확폭에 대하여 많이 계획되어지고 있다. 아울러 용지매수와 자연환경에의 영향 등에 대한 사회적 제약과 기존 자원의 유용한 활용이라는 관점에서 기존 터널의 확폭공사는 앞으로 증대될 것으로 예상되어진다. 그러나 기존 터널의 확폭공사는 다음과 같은 문제점들 때문에 일본내에서도 40여 차례의 실적밖에 보고되지 않고 있으며 확폭공사를 위한 새로운 기술개발이 강하게 요구되어지고 있는 유지·관리 분야중에 하나이다.

- ① 신설터널건설에 비하여 공사비가 높게 된다.
- ② 차선확보를 위하여 강(鋼)재 방호공을 설치할 필요가 있는 경우가 많다.
- ③ 협소한 작업 공간에서 소형작업장비나 기기를 사용하기 때문에 시공성이 나빠 공기가 길어진다.
- ④ 교통규제를 필요로 하는 경우가 많고 시공연장이 길어지게 되면 적용하기가 곤란하게 된다. 실제 사례에서 최대 시공연장이 330m이다.

기존 터널의 확폭공사에 대한 조사는 안전성, 경제성, 및 환경 등을 고려함과 동시에 터널 입출구부에 접속하는 도로의 확폭을 포함하여 종합적으로 검토할 필요가 있다. 특히 시공중 도로교통 규제대책에 대한 검토가 가장 중요한 항목이다. 시공중 도로교통의 확보에는 일정크기 이하의 차량을 장재 보호 공하부로 통과시키면서 시공하는 「활선시공」과 우회로를 확보하여 도로교통을 확보하는 「전면교통규제」에 의한 시공이 있다. 이것들의 선택은 공사비, 공기에 크게 영향을 주기 때문에 터널입지조건과 주변 도로조건 등에 관해서 충분한 검토를 실시할 필

*1 원저자 및 출처: 猪熊明, 현장 기술자를 위한 터널 유지관리 실태, 산해당, 2004

*2 한국건설기술연구원, 국토지반연구부, 선임연구원 (dgkim2004@kict.re.kr)

*3 한국건설기술연구원, 국토지반연구부, 선임연구원 (hsnsj97@kict.re.kr)

공용중인 터널 확폭에 의한 기능향상

요가 있다.

설계에 있어서는 터널에 요구되는 단면형상(폭원 구성, 건축한계 등), 터널 입출구에 접속되는 도로선형, 지형·지질 및 기존터널의 콘크리트라이닝 등과 같은 모든 조건과 시공방법을 고려하여 합리적인 단면형상을 선정할 필요가 있다. 특히 우회로를 확보할 수 없는 경우에는 시공중 도로교통의 안전을 확보하기 위하여 방호공법이 필요하게 된다. 방호공법은 프로텍터를 이용하는 것, 기존 터널의 콘크리트 라이닝을 이용하는 것 등 여러 가지 방법이 있다.

도로터널에서는 교통의 안전을 확보함과 동시에

통행의 쾌적성을 향상시켜야 하고, 기존 도로터널은 환기설비, 조명설비, 비상용시설 등의 부속시설과 그 외의 통신, 가스, 전력, 상하수도 등의 매설물이 설치되어 있다. 이러한 시설물의 종류 및 규모는 터널 확폭공법 선정 및 공사비·공기에 중대한 영향을 미친다. 터널 확폭후의 시설·설비계획, 시공방법 및 기존 시설과의 조합도 확폭을 위한 계획단계에서 검토해 둘 필요가 있다.

본문에서는 과거에 수행되었던 터널 확폭공법중 강성이 높은 프로텍터를 사용하여 터널연장 전체노선에 고정설치하고 터널건설을 위한 범용기계로 시공(범용

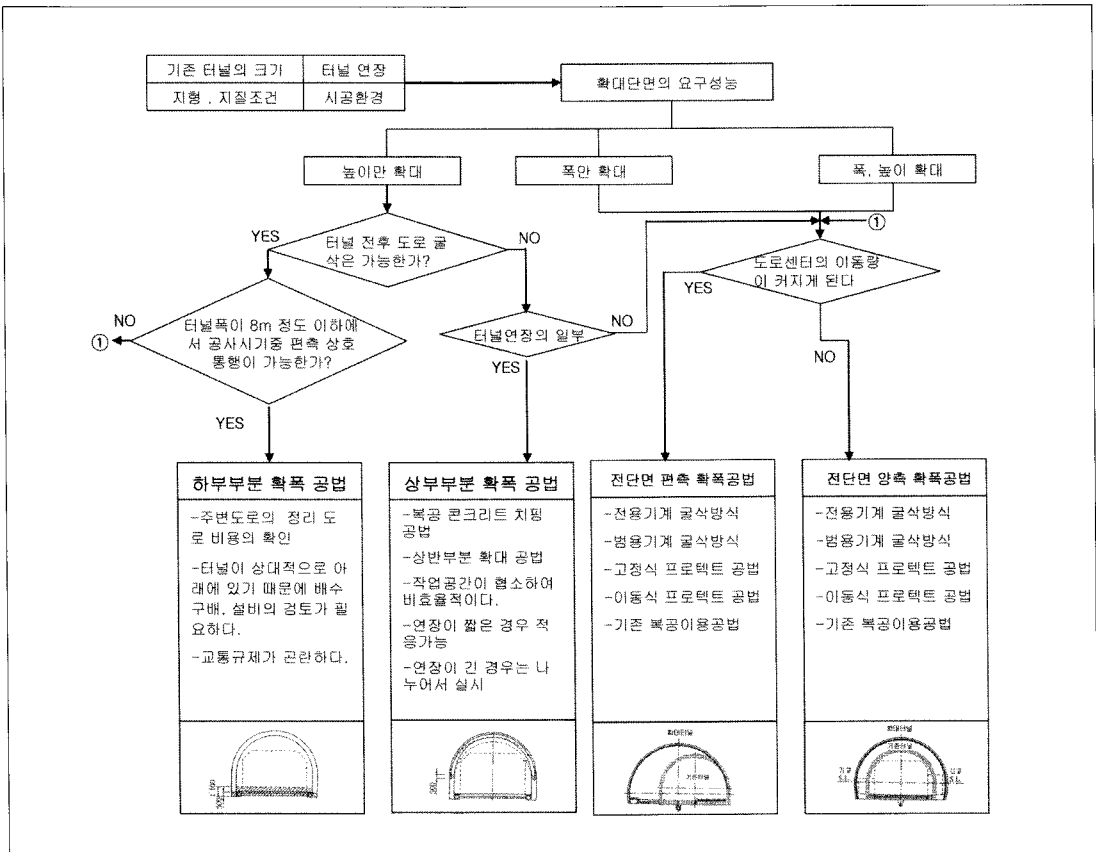


그림 1. 터널 확폭방법의 분류

기계사용 : 전단면 확폭공법)한 사례를 소개하겠다. 또한 일본토목연구소와 선단건설기술센터 및 민간 17개사의 공동연구에 있어서 앞으로 터널 확폭기술개발을 위해 고려하여야 하는 부분을 소개하겠다.

체를 확폭한다. 터널중심의 이동량이 크지 않은 경우에 적용한다. 실제 시공사례가 가장 많은 시공패턴이다. 도로선형의 제약이 적지만 작업공간이 협소하고 대형범용기계의 사용이 곤란한 경우가 일반적이다.

2. 확폭의 분류

터널 확폭공법에 있어서 단면형상은 그림 1에 나타낸 바와 같이 필요한 확폭량, 확폭방향에 따라 크게 4가지 패턴으로 분류가능하다.

- ① 하부부분 확대공법 : 기존 터널의 폭원을 변경하지 않고 노반아래 굴착과 포장두께의 축소에 의한 내공높이만을 확대한다. 비교적 비용은 저렴하지만 터널의 지지력확보와 배수공 이설 등에 문제가 있다.
- ② 상부부분 확대공법 : 기존 터널의 폭원을 변경하지 않고 터널 상부 아치의 일부 또는 전면을 확대 굴착하여 내공높이만을 확대한다. 작업공간이 협소하여 작업효율이 나쁘며 결과적으로는 전단면 확폭에 비하여 비용이 높게 되는 경우가 많다. 도로터널에서는 실제 시공사례가 없으며, 철도터널에서는 전기 시설물 공사를 위한 실제 사례가 있다.
- ③ 편측확대공법 : 기존 터널의 터널중심선을 이동하여 한쪽 방향으로 단면전체를 확대한다. 폭원을 한쪽 방향으로 집중하여 작업공간을 크게 하고 효율적인 시공작업이 가능하다. 단 도로선형 등의 제약조건을 받는 것 이외에 기존 콘크리트 라이닝의 건전도 및 접속부에 관한 구조 등이 중요한 요소로 된다.
- ④ 양측확대공법 : 기존 터널의 양측으로 단면전

3. 터널 확폭공법

여기서는 강성이 높은 강재 프로텍터를 이용하여 터널 전단면 확폭공법의 실제 사례를 소개하겠다.

(1) 시공 플로우

시공플로우는 그림 2와 같다.

(2) 프로텍터

프로텍터의 사이즈는 도로구조, 통행차량규모 및 교통량에 따라서 여유량을 어떻게 설정하는가에 따라 다르다. 실제 시공사례에서는 내공단면의 폭 4.0m와 높이 4.0m가 가장 많으며, 최소폭 3.2m와 최소높이 3.8m의 시공실적도 있다. 그림 3은 강재 프로텍트의 참고도를 나타내고 있다.

일반적으로 프로텍터는 H형강과 철판으로 구성되어지며 한 스펠이 6.0m이다. 한 스펠을 6.0m로 하는 이유는 프로텍터 상부에 설치하는 철판을 일반적인 리스 제품(1.5m×6.0m)으로 사용하여 비용저감을 도모하기 위해서이다.

(3) 시공방법

굴착은 지반조건에 따라 다르지만 일반적으로는 기계굴착이 많다. 일본의 북해도지역에서 수행된 시공실적에는 발파공법을 적용한 사례도 있다. 확폭공

공용중인 터널 확폭에 의한 기능향상

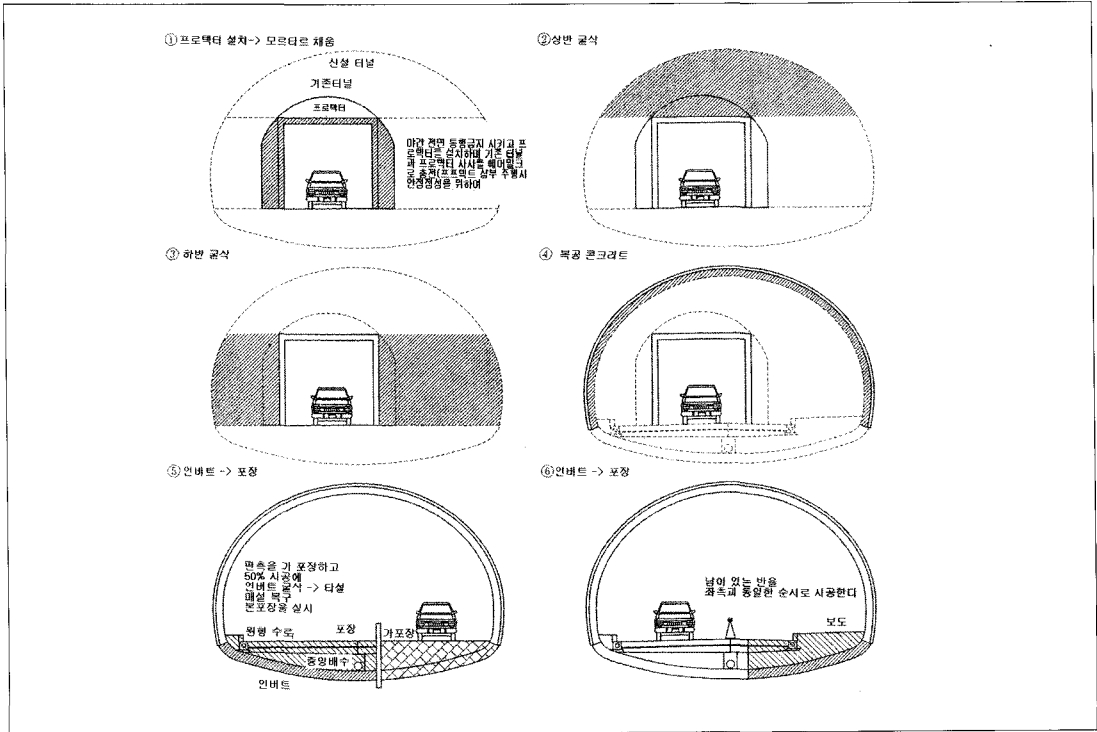


그림 2. 확폭공법 시공플로우

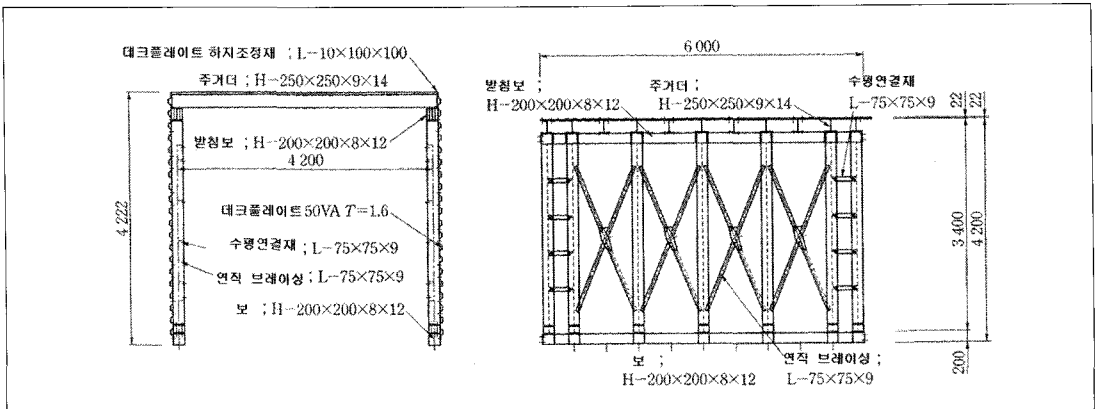


그림 3. 강제프로텍터 참고도

사에서 가장 큰 문제는 기존 터널 콘크리트 라이닝 및 강지보재의 철거이다. 일반적으로는 착암기를 사용하지만 작업공간이 협소하기 때문에 소형착암기

밖에 사용할 수 없는 경우가 많다. 이것은 확폭 작업의 효율화를 도모하기 위한 가장 큰 문제점이 되고 있다. 버력반출은 강제프로텍터 위를 주행할 수 있는 4t

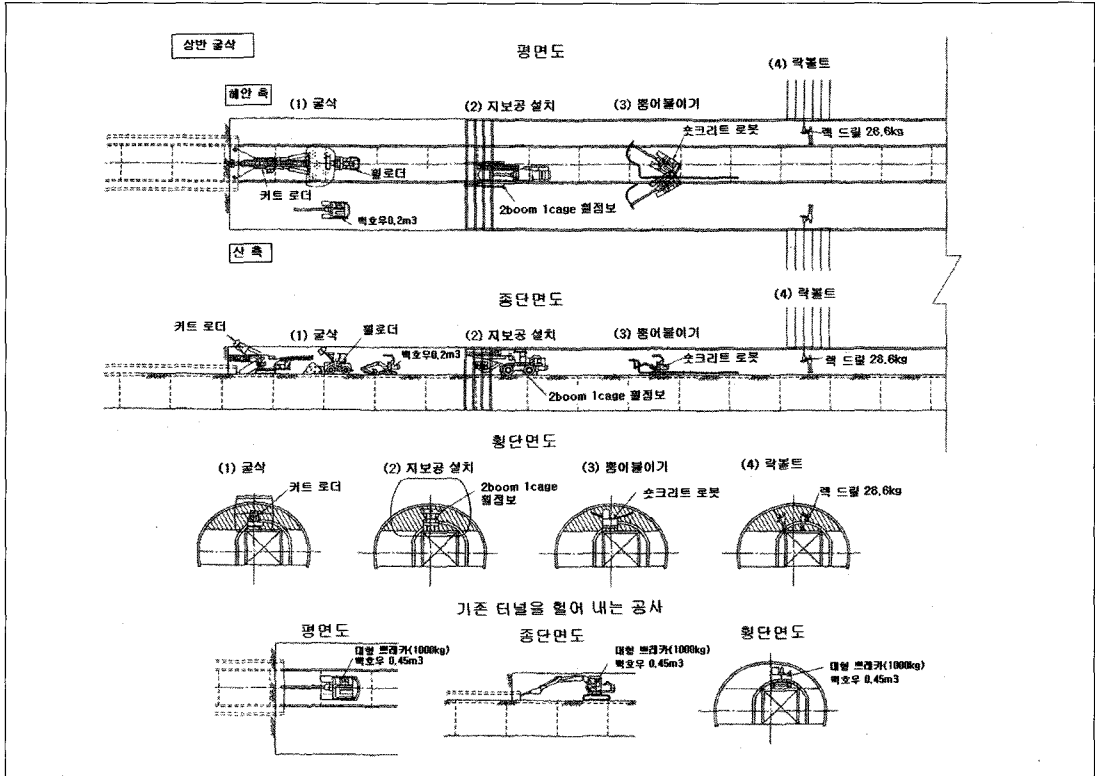


그림 4. 터널확폭시공·상반굴착 시공도

덤프같은 소형운반기계를 사용하는 경우가 많다.

뽀아붙이기 콘크리트 공법은 기본적으로는 분진 발생을 방지하기 위하여 습식방식을 채용한다. 단 뽀아붙이는 각도와 거리를 충분히 확보할 수 없으므로 리바운드량이 많게 된다. 리바운드 청소에 상당한 시간이 걸리는 것도 시공조건으로 고려해야 한다.

락볼트 설치의 상반단면의 작업공간인 관계로 대형착암기를 사용할 수 없는 경우가 많다. 대부분의 시공사례에서는 인력시공(레그 드릴 등)과의 병용으로 시공되고 있다. 또한 범용기계의 가이드 셀을 짧게 개량하여 시공한 사례도 보여주고 있다. 게다가 시공사이클의 효율화를 도모할 목적으로 자천공 락볼트를 채용하는 사례도 많다.

그림 4는 상반굴착에 의한 터널 확폭 시공사례를 나타내고 있다.

콘크리트 라이닝은 일반적인 NATM과 동일하게 전단면을 강재 원형 거푸집을 이용하여 타설하는 경우가 많다. 그러므로 강재 원형 거푸집의 구조는 프로텍터가 존재하고 수평보가 높은 위치에 설치되어 폭도 넓기 때문에 일반 터널용 강재 원형 거푸집과 비교하면 강성이 낮게 된다. 따라서 타설속도의 제한과 앵커볼트 등에 의하여 보강을 검토할 필요가 있다. 또한 작업수 등을 차도로 흘려보내지 말아야 하므로 콘크리트를 타설할 때마다 시트등을 사용하여 프로텍터를 확실하게 보호할 필요가 있다. (그림 5~그림 10)

공용중인 터널 확폭에 의한 기능향상



그림 5. 프로텍터 설치

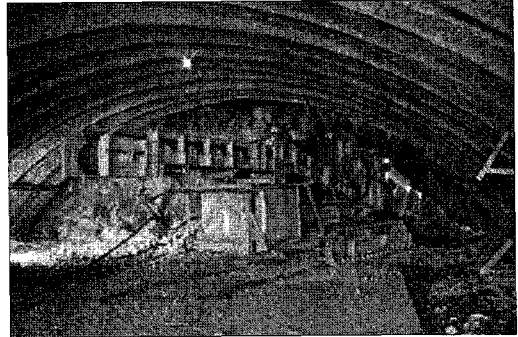


그림 6. 상반굴착기계에 의한 굴착

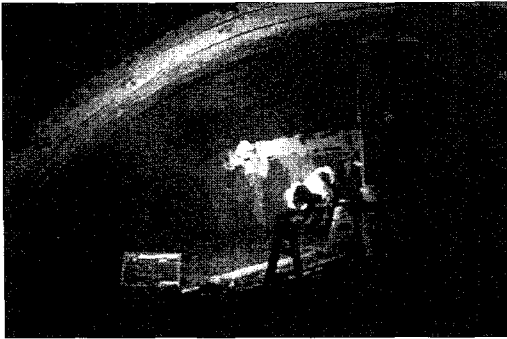


그림 7. 상반 뿔어붙이기

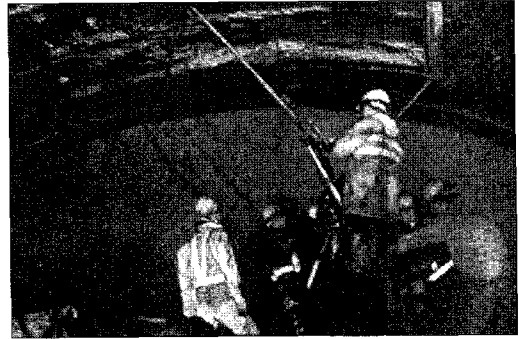


그림 8. 락볼트 시공



그림 9. 하반굴착

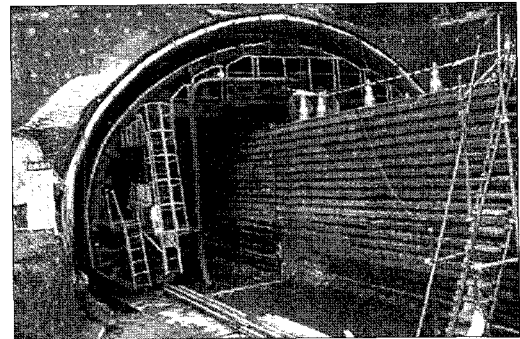


그림 10. 콘크리트 라이닝 시공

4. 신공법개발을 위한 과제

현재 단계에서 단면확대 시공법의 실적조사와 함께 단면확폭 시공과 관련된 문제점들을 해결하기 위

하여 다음과 같은 항목들을 고려하여야 한다.

- ① 공사로 인한 규제기간이 길면 사회적 부담비용이 크게 되므로 차선규제를 하지 않는 확폭방법이 요구되어 지고 있다. 구체적인 예로서는

기존 터널의 콘크리트 라이닝을 프로텍터로 이용한 확폭공법과 교통흐름 유지를 위하여 2차 선을 확보한 확폭공법 등의 기술개발을 들 수 있다.

- ② 협소한 작업공간에서 싸이클 타임 손실을 최소화하기 위하여 굴착, 뿔어붙이기 콘크리트, 록볼트시공 등의 일련의 작업을 시스템화한 급속시공이 가능한 전용장비의 개발이 필요로 하다.
- ③ 프로텍터에 의한 작업공간이 협소하여 상반굴삭, 버력반출, 지보재설치 등의 각 공정에서 장비를 교체할 필요가 있다. 그러므로 충분한 작업공간을 확보할 수 있고 이동도 가능하여 효율성·경제성이 높은 프로텍터 개발이 필요하다.
- ④ 단면확대를 하는 경우 단면형상의 결정방법에 있어서 특별히 고려되어야 하는 것들이 많다. 현재 상태에서는 신설터널과 거의 동일한 규모를 채용하고 있는 예가 대부분이다. 기존터널 단면확대에 있어서 기존 터널의 천단 주변이 완만한 것과 작업공간의 협소 등의 고유한 특징을 고려한 합리적인 단면형상의 설계방법을 확립할 필요가 있다.
- ⑤ 지보구조에 있어서도 확대단면 특유의 지보패턴 설정이 필요하다. 특히 록볼트 시공을 위한 작업성이 매우 나쁘기 때문에 록볼트 패턴을 다시 검토할 필요가 있다. (천단부에서는 사전 록볼트 및 록볼트의 경사타설, 측벽부에서는 록볼트의 생략등)
- ⑥ 2차 콘크리트 라이닝의 타설전에 프로텍터 없이 차량을 통행시키는 방법도 공정단축에 큰 요인으로 된다. 합리적이고 경제적이면서 시공성이 확보된 프리캐스트 라이닝 공법과 같은 기술개발이 필요하다.

위에 언급된 문제점들은 한 번에 해결될 내용은 아니다. 터널 확폭기술 개발에 있어서 터널 시공에 대한 풍부한 경험도 필요하지만 장비개발 및 재료개발도 포함되므로 다양한 분야의 기술자들이 모여 연구함으로써 문제점을 확실하게 개선시킬 필요가 있다. 또한 일본토목연구소를 중심으로서 검토 개발된 신공법의 상세에 대해서는 참고문헌을 참조하기 바란다.

참고 문헌

1. 일본도로협회 : 도로터널 유지관리편람, pp. 140, 1993.
2. 일본토목학회 : 산악터널복공의 현상과 대책, pp. 168, 2002.
3. (재) 철도종합기술연구소 : 터널보강·보수 매뉴얼, 1990. 10.
4. 일본도로공단 : 설계요령제3집터널, 터널본체 공정 전편 (변상대책), 1998. 10.
5. 일본토목학회 : 산악터널 복공의 현상대 대책, 2002년 9월
6. 독립행정법인 토목연구소 : 도로터널변상대책공 매뉴얼 (안), 토목연구소자료, 2002.2
7. (재) 철도종합기술연구소 : 터널보강·보수 매뉴얼 (제Ⅳ편 '누수·동결대책'), 1990. 10.
8. 眞下 英人, 石村 利明 : 기존터널의 단면확대 기술의 개발, 터널과 지하, Vol. 34, 2003. 9.
9. 石村 利明, 眞下 英人 : 기존터널의 단면확대 기술의 현상, 제23회 일본도로회의 논문집(B)