

발파에 의한 터널확대 굴착 시 교통처리를 위한 교통량 분석 Analysis of traffic volume for control during an existing tunnel enlargement

김웅구¹⁾, Woong-Ku Kim, 백기현²⁾, Ki-Hyun Baek, 서경원³⁾, Kyoung-Won Seo

¹⁾ 대우건설 토목연구팀 선임연구원, Associate, Civil Research Team, Daewoo E&C

²⁾ 대우건설 토목연구팀 책임연구원, Researcher, Civil Research Team, Daewoo E&C

³⁾ 대우건설 토목연구팀 선임연구원, Researcher, Civil Research Team, Daewoo E&C

SYNOPSIS : The enlargement of existing tunnels is required to cope with problems related to traffic congestion. Sometimes, the tunnel traffic must be maintained through existing tunnels during their reconstruction due to non-availability of detours. And excavation by drill and blasting is desired for widening a hard rock tunnel. In this case, the road must be closed for some period for blasting through analyzing of traffic volume.

In this paper, a case study on some traffic countermeasures for tunnel enlargement by blasting was performed. And the traffic flow characteristics of some tunnels in domestic main city were analyzed.

Keywords : the enlargement of existing tunnel, traffic countermeasures, traffic volume, traffic flow characteristics

1. 서 론

도심지 터널의 경우 만성적인 정체현상이 생기는 구간이 증가하고 있으며 원인은 기존의 차선으로는 현재의 교통량을 원활히 허용하지 못하는 것이므로 이에 대한 대책으로 차선의 증가가 필요하다.

터널의 경우 차선을 증가시키기 위해서는 신규터널을 건설하거나 교통을 우회시킨 후 기존터널을 확대하는 방법이 있다. 하지만 도심지의 경우 주변건물, 용지보상 및 민원 등의 문제로 용지의 확보가 불가능할 경우가 발생할 것으로 예상되며 이에 따라 교통 흐름을 유지한 채 기존터널을 확대하는 기술의 개발이 요구되고 있다.

이와 관련된 해외사례를 살펴보면 굴착방법은 기계굴착과 발파굴착으로 나눌 수 있으며 소형장비를 이용한 기계굴착이 주를 이룬다. 하지만 국내에서는 이러한 소형장비의 수급이 원활하지 않으며 NATM의 도입 이후 대부분의 터널이 발파에 의해 굴착되어져 왔기 때문에 경험과 노하우가 많이 축적되어 있으므로 발파에 의한 굴착이 안정성, 경제성 및 시공성 측면에서 유리할 것으로 판단된다. 발파 시 차량의 안전확보를 위해서는 차량을 통제하여야 하는데 이를 위해 교통량 분석이 필요하다.

본 논문에서는 해외 터널확대 발파 굴착 사례를 분석하여 교통처리대책에 대해 분석하고 국내 교통량 자료를 통해 도심지 주요 터널에서의 교통류의 특성에 대해 분석하였다.

2. 해외사례분석

교통을 보존하면서 터널을 확대 시공한 사례는 일본에서 가장 많이 보고되고 있으며 대부분 기계굴착이다. 발파에 의한 사례는 1건으로 2000년도 Iwanai Town에서 국도 229호 Shikishimanai 터널을 확대한 사례가 있으며 지반이 화강암 기반의 경암으로 시공성과 경제성을 고려하여 발파굴착을 한 사례이다. 그림 1에 Shikishimanai 터널확대 시공프로세스를 나타내었다.

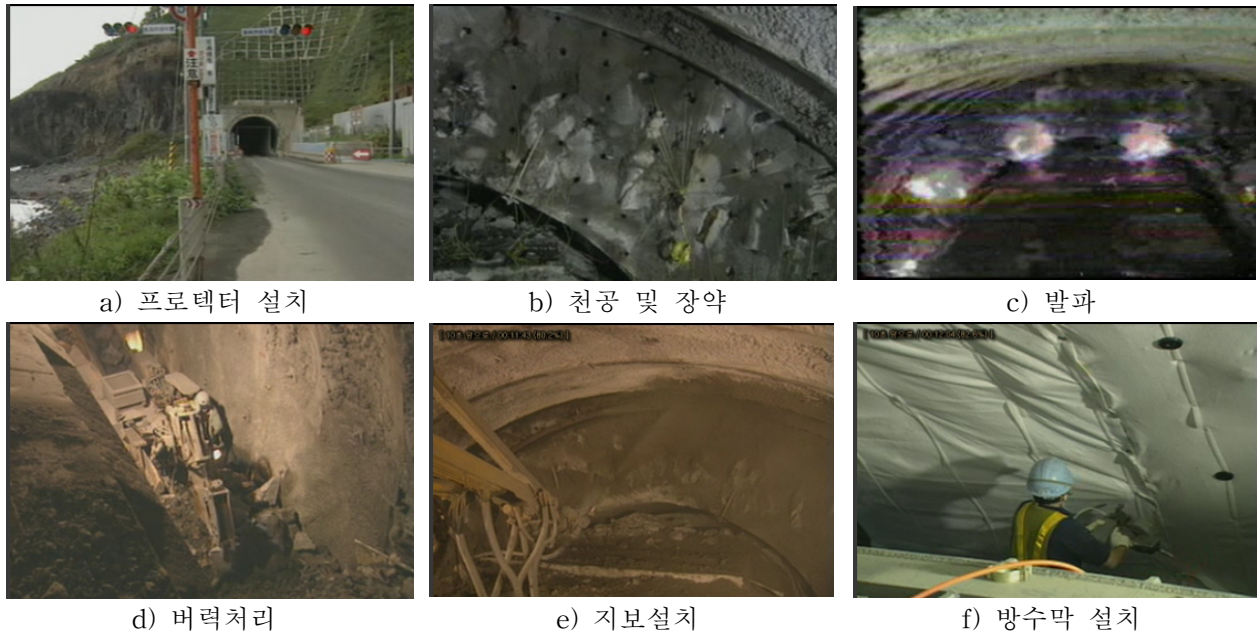


그림 1. 발파에 의한 터널확대 시공프로세스

Shikishimanai 터널은 폭이 6.0m로 매우 좁기 때문에 인명사고의 위험이 매우 크고 대형차량의 통행이 매우 어려웠으며 주변이 해변이라 신설터널 선형을 계획할 수 없었다. 또한 건설기간 중 교통의 우회도로를 건설하기 불가능하였으며 차단자체가 불가능하였기 때문에 교통을 유지하면서 기존터널을 확대하였다. 그림 2에 교통 흐름을 유지하면서 기존터널을 확대하게 된 이유를 나타내었다.

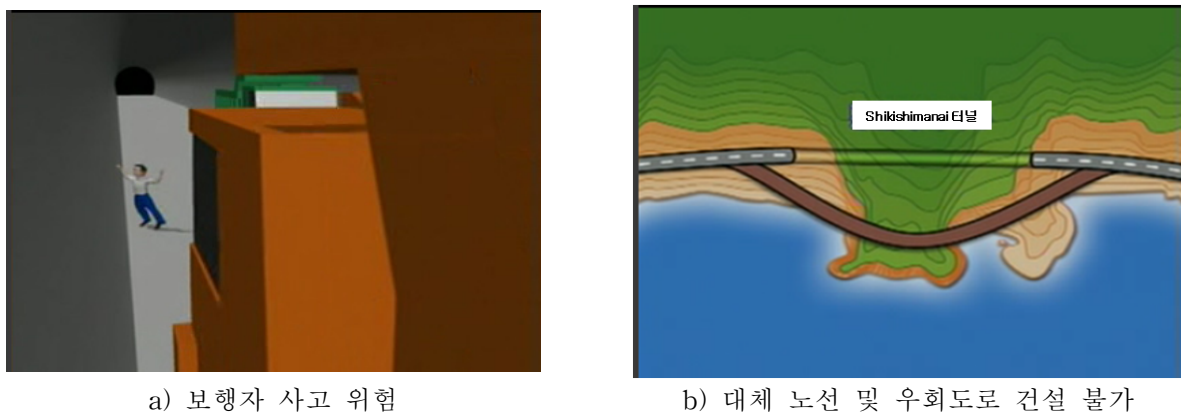


그림 2. 교통흐름 유지 터널확대 시공 이유

터널연장은 98.5m으로 기존터널의 내공단면적은 31.0m^2 폭은 6m이며 이를 내공단면적 62.9m^2 폭 9.75m의 터널로 확대하였다. 기존터널과 확대터널의 제원을 다음 표 1에 나타내었다.

표 1. 기존터널과 확대터널 제원

구분	기존터널	확대터널	단면도
내공단면적(m ²)	223	0.9505	
폭(m)	202	0.9277	

발파는 차량을 모두 차단시킨 후 실시하였으며 주변이 관광지임을 고려하여 1일 1발파를 적용하였다. 1회 발파 굴진장은 1.0 ~ 1.2m이다. 터널의 하루 교통량은 평균 5,000대이나 야간(22:00~05:00)은 하루 평균 200대로 교통차단에 따른 교통정체를 최소화하기 위해 심야에 발파하였다. 발파부터 환기까지 평균 20분 정도 소요되었으며 이 시간동안은 교통을 완전히 차단하였다. 터널갱구 전방 48m 위치에 정지선을 마련하였으며 40m 위치에 감응식 신호기를 설치하여 불의의 사고에 대비하였다.

3. 국내 도심지 교통량 분석

발파 시 교통을 완전히 차단하게 된다. 교통의 차단시간이 길어지면 사고발생에 대한 위험도가 높아지고 공사로 인한 불편과 마찰이 증대되므로 이를 최소화하기 위해 교통량 분석을 통해 최적의 차단시간을 산정해야 한다. 여기서는 서울시에서 제공하는 교통량 정보를 바탕으로 2009년도 서울시 주요 터널(남산3호터널, 사직터널, 자하문터널)에서의 월별, 요일별, 시간대별 교통량 특성을 분석하였다.

3.1 월별 교통량 분석

그림 3에 각 터널의 월별 평균교통량 변화를 나타내었다. 월별 교통량은 대체적으로 3월이 최대이며 3월을 기점으로 8월까지 감소하다가 다시 증가하는 추세를 보인다. 이는 휴가철을 맞아 도시에서 지방으로 점차적으로 차량의 유출이 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 8월 이후의 변화에서 남산3호터널과 자하문터널은 유사한 경향을 보이나 사직터널은 다른 경향을 보이고 있다. 즉, 같은 도심지라도 지점별 교통량 특성이 다를 수 있다. 따라서 발파에 의한 터널확대 시 각 지점별로 교통량의 조사가 필요할 것으로 판단되며 전체 공사기간을 고려하여 공사 착수 시점에 대한 검토도 필요할 것으로 판단된다.

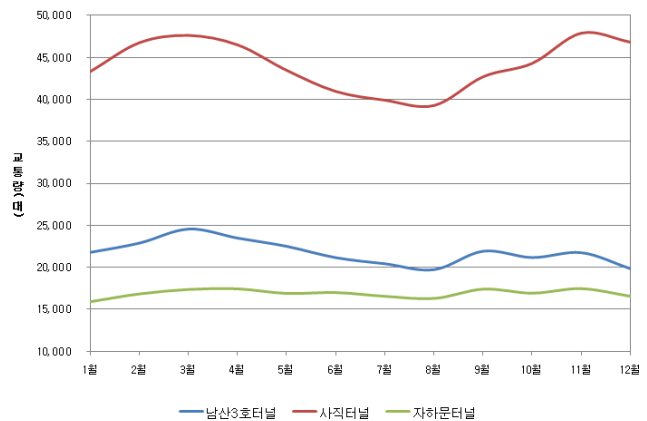


그림 3. 월별 교통량 분석

3.2 요일별 교통량 분석

그림 4에 각 터널의 요일별 평균교통량을 나타내었다. 요일별 교통량을 보면 3개의 터널 모두 유사한 경향을 보이는데 월~금까지 주중의 교통량은 일정하다가 주말인 토요일과 일요일에 감소하는 경향을 나타내고 있다.

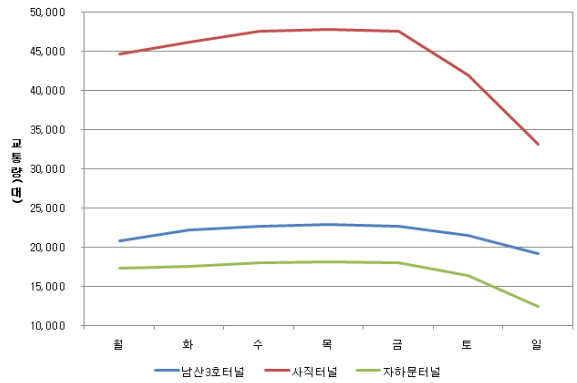


그림 4. 요일별 교통량 분석

3.3 시간대별 교통량 분석

그림 5에 각 터널의 일별 시간대별 평균교통량을 3일 간에 대해 나타내었다. 각 터널별 교통량의 차이는 발생하나 모두 유사하여 경향을 보이고 있는데 5시에 교통량이 최소가 되며 9시까지 급격히 증가하다가 13시까지 감소하고 13시부터 19시까지 큰 변화가 없다가 다시 5시까지 감소하는 것으로 나타났다. 오전에 급격히 증가하는 것은 출근차량, 17시까지는 업무차량과 퇴근차량, 17시부터 다음날 5시까지는 수면시간대이므로 급격히 감소하는 것으로 판단된다. 이러한 경향은 전술한 Shikishimanai 터널에서의 교통량과도 유사하며 이러한 경향은 인간의 삶의 패턴에 의한 것이므로 도심지뿐만 아니라 전국 어느 곳에서나 유사한 경향을 보일 것으로 판단된다. 따라서 교통을 완전히 차단하고 발파하는 경우 야간시간대를 이용하는 것이 합리적인 것으로 판단되며 특히 3시~6시 사이가 가장 효과적일 것으로 판단된다. 만약 하루에 2발과 이상을 하고자 할 경우에는 운전자의 마음이 급해지는 출근시간대를 피하고 오후 교통량이 급격히 떨어지는 17시부터 다음날 6시까지 작업계획을 수립하는 것이 교통 차단에 의한 위험과 불편을 최소화하는 방법일 것으로 판단된다.

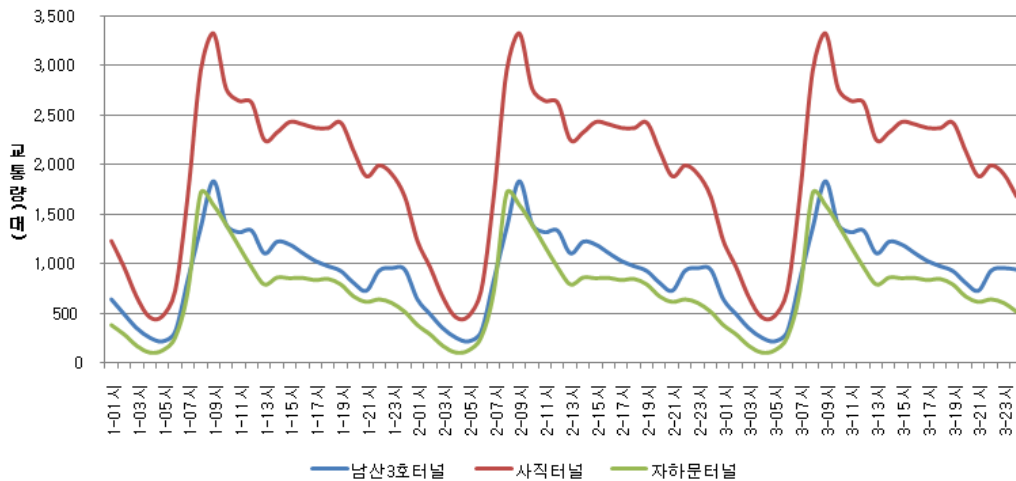


그림 5. 시간대별 교통량 분석

4. 결 론

교통의 흐름을 유지한 채 터널을 확대 발파하기 위해서는 교통을 완전히 차단시켜야 하며 이를 위해 교통량 변화 특성을 분석하여 한다. 본 논문에서는 해외사례와 서울시 주요 터널에서의 교통량 분석을 통해 교통대책과 도심지에서의 교통흐름의 특성에 대해 고찰하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 해외 터널 확대 발파 사례는 Shikishimanai터널 1건으로 터널 확대 발파 시 교통정체를 최소화하기 위해 교통량이 가장 적은 심야(22:00~05:00)에 발파하였다. 발파부터 환기까지 평균 20분 정도 소요되었으며 이 시간동안은 교통을 완전히 차단하였다. 터널갱구 전방 48m 위치에 정지선을 마련하였으며 40m 위치에 감응식 신호기를 설치하여 불의의 사고에 대비하였다. 따라서 발파 시 교통량이 최소화되는 시간대에 작업을 해야 하며 적절한 교통규제대책을 마련하여야 할 것으로 판단된다.
- (2) 서울시 주요 터널의 월별 교통량을 분석한 결과 대체적으로 3월이 최대이며 3월을 기점으로 8월까지 감소하다가 다시 증가하는 추세를 보이며 같은 도심지라도 지점별 특성이 다를 수 있다. 따라서 계획단계부터 대상 터널의 실제 교통량을 조사·분석하여 공사착수 시점에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.
- (3) 시간대별 교통량 특성을 보면 각 터널 모두 유사한 경향을 보이는 데 5시에 교통량이 최소가 되며 9시까지 급격히 증가하다가 13시까지 감소하고 13시부터 19시까지 큰 변화가 없다가 다시 5시까지 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 교통을 완전히 차단하고 발파하는 경우 야간시간대를 이용하는 것이 합리적일 것으로 판단되며 특히 3시~6시 사이가 가장 효과적일 것으로 판단된다. 만약 하루에 2발파 이상을 하고자 할 경우에는 운전자의 마음이 급해지는 출근시간대를 피하고 오후 교통량이 급격히 떨어지는 17시부터 다음날 6시까지 작업계획을 수립하는 것이 교통 차단에 의한 위험과 불편을 최소화하는 방법일 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부 건설기술혁신사업(과제번호 09기술혁신E01)으로 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건교부(1996), “도로를 점용하는 공사구간의 교통처리 방안”, pp.53-156
2. Yamamoto, T.(2003), “발파에 의한 터널활선공법-일반국도 229호(sikisimanai터널)”, 터널과 지하공간, 제34권 5호, pp.25-34
3. Kobayashi, Y., Imaoka, H., Ito, K., Yamamoto, T. and Saito, K.(2002), “Enlargement of Live Line Tunnel by Drilling and Blasting”, ITA2002