

국내 터널 암판정 문제점 분석 및 개선방안 연구*

Study on Improvement of Rock Mass Classification for Tunnel

Jin Hwan Kim **, O Il Kwon ***, Yong Baek ****, Wan Kyu Yoo *****

Geotechnical Engineering Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyangdae-ro, Ilsanseo-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, 411-712, Korea

Abstract

Rock mass classification(RMC) is usually carried out to decide the support pattern based on the rock classification when the ground condition at field is different from the predicted data at the design stage. An insufficient RMC can result cause a tunnel collapse and many problems. In this study, the problems of the conventional RMC were analyzed on the basis of the expert survey, and improvements were suggested. The main problems of the conventional RMC were the lack of experts and insufficient cost. To improve the RMC's problems, institutionalization of the RMC process and implementation of the RMC cost were proposed.

Key words: tunnel construction, rock mass classification, expert survey

국문초록

터널 공사과정에서 당초 설계조건과 다른 지반조건이 나타나면 암판정을 수행하여 정확한 암반등급을 결정하고 등급에 적합한 보강 지보패턴 결정을 한다. 부실한 암판정은 터널 붕괴의 원인이 될 수 있으며 건설 현장에서는 암판정 수행과 관련하여 많은 문제점이 제기되었다. 본 연구에서는 암판정과 관련하여 전문가 설문조사를 통하여 문제점을 분석해보고 개선 방안을 제시하였다. 설문조사 결과 제시된 주요 문제점은 암판정 전문가의 부족,

* 이 논문은 국토교통과학기술진흥원 건설기술연구사업 13건설연구S03 "터널시공 중 디지털 맵핑을 통한 온라인 암판정 기술 및 운영모델 개발" 과제의 지원에 의하여 연구되었음.

** Tel. +82-31-910-0099. Fax. +82-31-910-0561. E-mail. goethite@kict.re.kr

*** Tel. +82-31-910-0512. Fax. +82-31-910-0561. E-mail. kwonoil@kict.re.kr

**** Tel. +82-31-910-0228. Fax. +82-31-910-0561. E-mail. baek44@kict.re.kr

***** Corresponding author. Tel. +82-31-995-0877. Fax. +82-31-910-0561. E-mail. lyu5553@kict.re.kr

Submission & Publication Process

Received: Jun. 19, 2015 / Revised: Jul. 14, 2015 / Accepted: Jul. 17, 2015

암판정 수행 비용의 불합리성이 제기되었다. 문제점 개선을 위한 방안으로 암판정 공정의 제도화와 암판정 수행 비용을 터널 공정에 산정할 수 있도록 제안하였다.

주제어: 터널 공사, 암판정, 설문조사

I. 서론

터널 공사는 교량, 항만 등과 같은 일반적인 구조물 공사의 설계와 다르게 당초 설계한 사항이 수시로 변경되는 과정이 많이 발생한다. 이는 터널 설계를 위하여 수행되는 사전 지반조사 물량의 적정성 및 지반 상태 해석의 한계성에 의해 터널 설계 전 구간에 대한 지반 특성을 정확하게 파악하기 어렵기 때문이다. 이러한 이유로 터널 공사는 시공과정에서 당초 설계와 다른 지반상태가 나타나면 “암판정”이라는 일련의 절차를 거쳐 설계와 다른 지반 보강을 위하여 터널지보 패턴 변경을 한다.

국내에서 발생한 터널 붕괴 사례를 보면 크게 5가지로 구분하여 붕괴 메커니즘을 구분한 바 있다(한국터널공학회, 2010). 그중 가장 높은 빈도로 발생하는 붕괴 메커니즘은 암반 불연속면 및 단층과 쉐대 등 연약대를 통한 굴진면(막장) 붕괴로 보고된 바 있다. 터널 굴진면은 터널 공사 과정에서 지반 상태를 직접적으로 관찰할 수 있는 유일한 구간이다. 굴진면 관찰을 통하여 설계 당시 지반상태와의 동일성 혹은 차이점을 관찰할 수 있다. 설계 당시 지반조사 결과와 굴진면 관찰 결과가 동일할 경우, 당초 설계 지보패턴대로 공사를 수행하면 되고 차이점이 나타날 경우, 현장에 적합한 지보패턴을 선정하게 된다.

터널 건설 공사 현장에서는 그동안 터널지보 패턴 변경과 관련하여 암판정 전문가의 부재, 암판정 결과의 객관성 확보, 암판정 수행 기간, 지보패턴 변경에 따른 터널 공사비의 증가 등 여러 가지 문제점이 발생하였다. 본 연구에서는 우리나라 터널 공사에서의 지보패턴 변경과 관련된 다양한 문제점에 대하여 전문가 설문조사로부터 분석해보고 개선 방안을 제시해보고자 한다.

II. 국내 터널 지보패턴 변경 절차

우리나라 건설 공사의 암판정과 관련된 최상위 규정은 국토교통부 고시로 시행되고 있는 “책임감리 현장참여자 업무지침서”로 해당 규정의 38조 암반선 확인에서 암판정에 대하여 기술하고 있다. 암판정은 터널 공사뿐만 아니라 비탈면, 구조물 기초 공사의 경우에 당초 설계와 다른 암반이 관찰되면 수행하도록 명시하고 있으며 암판정 수행 절차를 기술하고 있다. 특히 터널의 경우에는 주상도, 측량성공표, 종평면도 등 암판정에 필요한 자료를 준비하고 암판정위원회의 심의를 거쳐 진행하도록 되어 있다(국가법령정보센터, 2013).

건설 공사를 주로 발주하는 우리나라 공공기관에서는 국토교통부 고시를 기본으로 하여 보다 상세한 암판정 지침을 기관별로 제정하여 사용하고 있다. 한국도로공사, 한국철도시설공단, 한국전력공사에서는 관할 공사와 관련하여 공사 과정에서 설계와 다른 지반 조건이 나타날 경우, 암판정 지침 절차에 따라 설계변경(지보패턴 변경)을 진행한다(한국도로공사, 1999, 한국도로공사, 2000, 한국전력공사, 2010, 한국철도시설공단, 2013). 각 기관에서 설계변경과 관련된 절차를 규정하여 진행하는 것은 설계변경 결과에 따라 공사비용에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 각 기관에서 제정하여 사용하고 있는 암판정 지침의 주요 내용을 <표 1>에 정리하였다.

<표 1> 국내 암판정 지침 및 주요 내용

명칭	목적	주요내용	비고
책임관리 현장참여자 업무지침서 (국토교통부)	책임관리 업무의 효율적 수행을 위한 방법, 절차의 세부기준 수립	- 암판정 대상 : 절토부, 구조물기초, 터널 - 준비, 절차, 암판정 자료 목록 등	
철도건설공사 암판정지침 (한국철도시설공단)	철도시설공단 관할 건설공사의 암판정 업무에 대한 표준 기준과 절차 제시	- 암판정 절차 : 요청, 필요 자료, 위원회 구성, 절차, 보고, 설계변경 - 터널 : 패턴변경 및 지질이상대 발견 등 - 위원회 구성 : 요청 후 3일 이내, 터널은 1일 이내	<위원회 구성> 깎기부: 최소 3인 구조물기초 : 최소 4인 터널 : 최소 4인
굴착공사 암판정 절차서 (한국전력공사)	지중배전 굴착공사에 따른 암판정 기준, 절차 정립	- 암판정 절차 : 현장보고, 제출자료, 암판정, 암분류 기준	위원회 구성 등 세부 절차 내용 미흡
암판정 시행 지침 (한국도로공사)	터파기, 굴착 작업시암질을 정확히 판정, 경계선 확정	- 암판정 대상 : 절토부, 구조물 직접 기초 - 암판정 위원회 구성 - 암판정 요령, 암분류 기준	암판정 위원: 최소 4인 터널은 “고속도로 검측편람” 활용
고속도로 공사현장 검측편람 (한국도로공사)	검측체계 절차 표준화	- 검측종류, 시기 및 빈도, 절차, 검측주체, 검측대상 - 검측 대상 공종: 토공, 교량, 포장, 배수, 터널 - 터널 암판정: 단계별검측 - 암판정검측: 암판정검측대상, 암판정사진 등	검측주체: 감리원

III. 현행 터널 지보패턴 변경 관련 전문가 의견 조사 및 문제점 도출

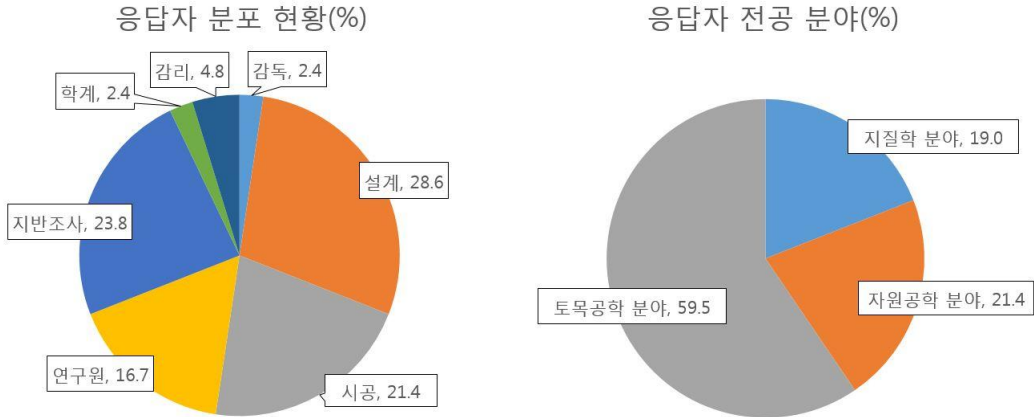
터널공사와 관련된 지보패턴 변경은 암판정 지침의 순서에 따라 진행하게 된다. 그동안 암판정 지침에 따라 진행된 암판정에 대해서 여러 가지 문제점이 발생되었다. 앞서 언급한 바와 같이 지보패턴 변경은 공사 비용과 증감과 직접적인 연관이 있기 때문에 상당히 신중하게 진행되고 있으나 그동안 제도 운영과 관련하여 여러 가지 문제점이 노출되고 있다.

현행 터널 지보패턴 변경의 문제점 및 원인을 파악하기 위하여 지반조사, 설계, 시공, 감리 분야에 근무하는 전문가에 대하여 설문조사를 수행하였다. 설문조사는 구글(Google) 서비스를 이용하여 온라인 방식으로 진행되었다. 설문문항은 총12문항으로 응답자의 일반적인 인적사항에 대한 4개 문항과 전문적인 질의 사항 8개로 구성하였다. 이번 조사의 질문 내용은 <표 2>에 나타내었다.

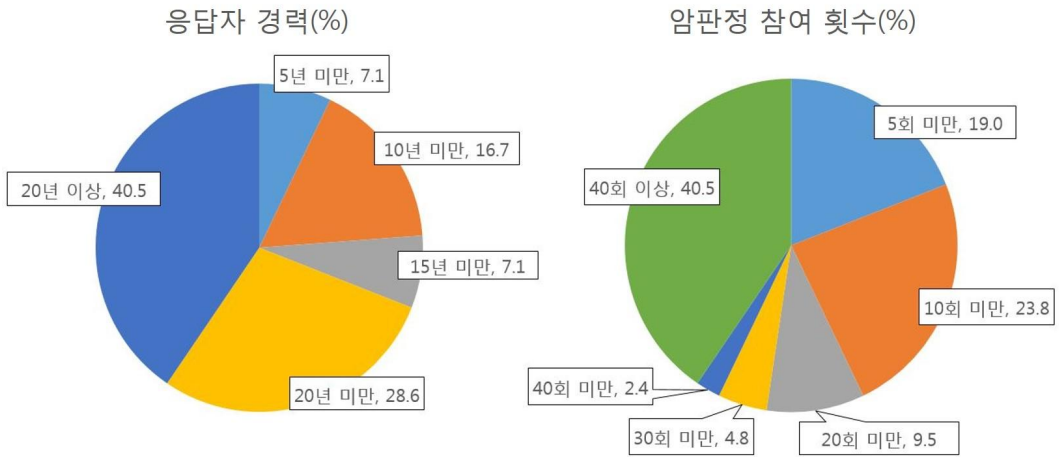
<표 2> 전문가 설문조사 질의 내용

구분	질문 내용
인적사항	<ul style="list-style-type: none"> - 귀하의 담당업무는 무엇입니까? - 귀하의 근무 기간을 적어 주십시오. - 귀하의 전공분야를 적어 주십시오. - 암판정 업무에 참여한 횟수를 표시해 주십시오.
전문사항	<ul style="list-style-type: none"> - 암판정 수행시 발생하는 주요 문제점은 무엇이라고 생각하십니까?(중복체크 가능) - 암판정 수행 절차 과정에서의 문제점은 무엇이라고 생각하십니까?(중복체크 가능) - 암판정 전문가와 관련된 문제점은 무엇이라고 생각하십니까?(중복체크 가능) - 암판정 수행을 위한 전문가의 관련 분야 경력은 어느 정도 수준이 적당하다고 생각하십니까? - 암판정 수행을 위한 기반 자료로 가장 중요하다고 판단되는 자료를 표시해 주십시오. - 터널 시공중 암판정 수행을 위한 비용에 대하여 어떻게 생각하십니까? - 암판정 수행시 발생하는 문제점 개선을 위하여 시급히 개선되어야 할 분야는 무엇이라고 생각하십니까? - 현행 터널 암판정 수행과 관련하여 문제점 및 개선 사항 등 의견이 있으면 기술해 주십시오.

온라인 설문에 응답한 응답자는 총 42명으로 많은 수의 응답이 이루어지지는 않았지만 응답자의 경력을 고려할 때, 암판정 문제점을 도출하는데 큰 문제는 없을 것으로 판단하였다. 설문 결과로부터 응답자의 특성 파악을 먼저 파악하였다. 응답자의 담당업무는 설계분야(28.6%)에 근무하는 전문가가 가장 많았으며 지반조사(23.8%)와 시공사(21.4%) 순으로 나타났으며 학계와 감독분야가 적었다. 응답자의 전공분야는 토목공학(59.5%) 분야가 가장 많았으며 자원공학(21.4%) 분야 전공자가 뒤를 이어 나타났다. 응답자의 경력과 관련하여 15년 이상 근무한 경력자의 분포가 69.1%로 높았으며 터널공사와 관련하여 암판정에 20회 이상 참여한 응답자의 분포가 47.7%로 나타났다. 설문 응답자가 제기하는 문제점에 신뢰성이 있음을 간접적으로 지시한다고 볼 수 있다.

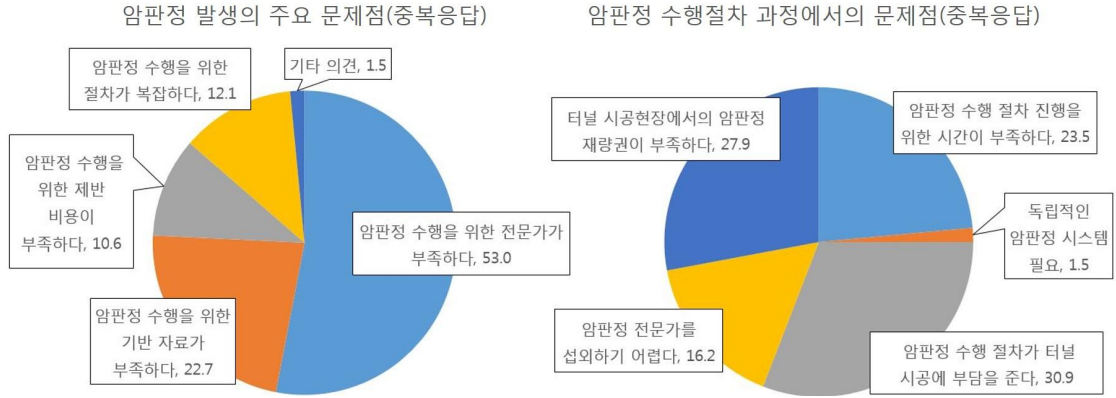


<그림 1> 설문조사 응답결과(응답자 근무 분야 및 전공)



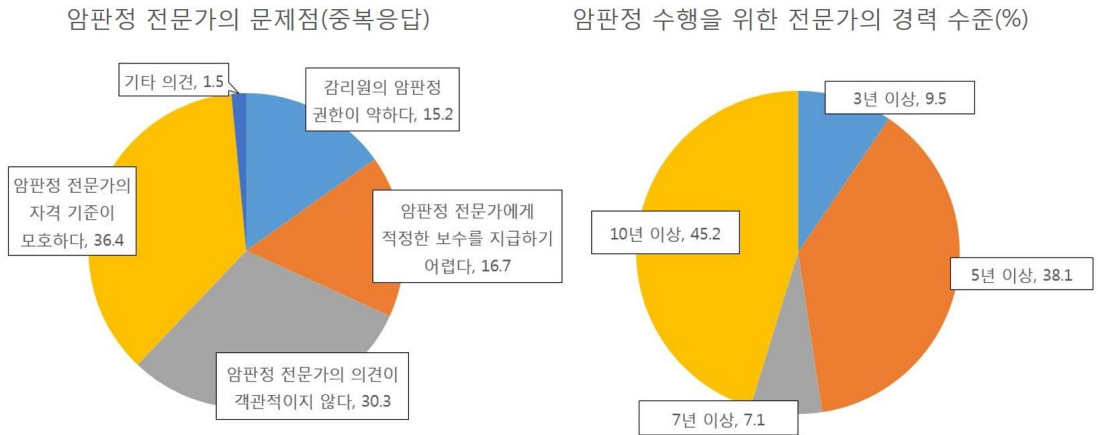
<그림 2> 설문조사 응답결과(응답자 경력 및 암판정 참여 횟수)

현행 터널 암판정과 관련하여 고민하고 있는 문제점에 대하여 질문을 하였다. 터널 시공중 암판정에 대한 주요 문제점에 대한 의견과 암판정을 수행하는 절차상의 문제점에 대하여 의견을 들었다. 암판정과 관련하여 가장 문제점은 전문가가 부족하다는 의견이 가장 많았으며 그 뒤로 암판정 수행을 위한 기반자료가 부족하다는 의견이 있었다. 암판정 수행 절차와 관련된 문제점으로 가장 많이 지적한 사항은 암판정 절차가 터널 시공에 부담을 준다는 것이었으며 그 뒤를 이어 암판정 재량권의 부족과 암판정 수행을 위한 시간이 부족하다는 의견이 많았다. 이러한 의견은 현재 터널 건설 현장에서 암판정 공정이 터널 전체 시공 공정에서 차지하는 비중이 비교적 낮다고 볼 수 있으며 암판정의 수행하는 기관의 독립성이 낮음을 반증한다고 볼 수 있다.



〈그림 3〉 설문조사 응답결과(안전정 발생 및 수행절차의 문제점)

안전정 전문가와 관련된 의견을 들어보았다. 안전정 전문가와 관련된 문제점은 전문가의 자격기준이 모호하다는 의견이 가장 많았으며 그 뒤를 이어 전문가의 의견이 객관적이지 않다는 의견이 많았다. 안전정 전문가에 대한 자격기준에 대한 의문은 그 결과에 대하여 불신을 낳을 수 있으며 이러한 의견은 안전정에 대한 전문가 의견이 객관적이지 않다는 인식을 만들게 된다. 온라인 안전정 지침 또는 현행 안전정 지침에 대하여 안전정을 수행하는 전문가에 대한 자격 기준을 명시하는 것이 필요한 사항이라고 볼 수 있다. 안전정 전문가의 적정 경력에 대해서는 10년 이상과 5년 이상이라는 의견이 다수를 차지하였다.

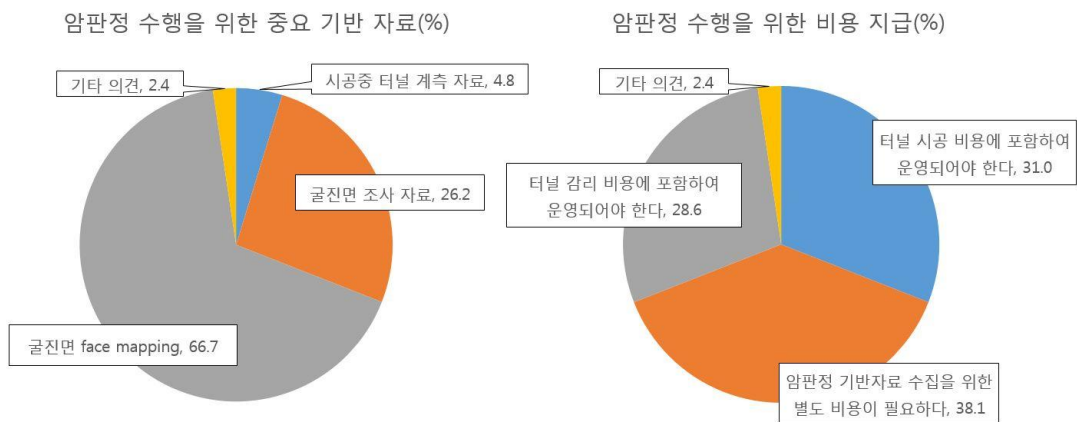


〈그림 4〉 설문조사 응답결과(안전정 전문가 문제점 및 필요 경력 수준)

안전정 수행과 관련하여 가장 필요한 자료에 대한 의견과 안전정을 수행 비용에 대한 의견도 조사를 하였다. 안전정 수행에 가장 필요한 자료로는 터널 굴진면 맵핑자료(face mapping)가 가장 높았으며 그 뒤를 이어 굴진면에 대한 사진 등 현장 상황을 알 수 있는 자료로 나타났다. 안전정 업무는 일

반적으로 매 굴진면마다 수행하는 것이 원칙이며 현장에서 중요하게 고려되는 경우는 굴진면의 암반 상태가 당초 설계와 다른 등급이 나타났을 때이다. 암반 상태가 다르게 나타날 경우 터널 굴진면 맵핑(현황도) 작성을 통해 새로운 암반 등급을 결정하게 된다.

암판정 수행을 위한 비용 지급은 별도의 비용 마련이 필요하다는 의견이 많았으며 그 뒤로 시공 비용에 포함하는 방안과 감리 비용에 포함하는 방안 순으로 나타났다. 별도의 비용 마련의 의미는 암판정 수행을 시공사나 감리사의 영향을 받지 않는 별도의 발주를 통해 관리가 필요하다는 것을 의미한다. 현재는 터널 계측 관리 비용에서 암판정 비용도 포함하고 있어 암판정을 수행하는데 많은 어려움이 있는 것으로 알려져 있다.



<그림 5> 설문조사 응답결과(암판정 수행 필요 자료 및 비용 지급 주제)

IV. 문제점 분석 및 개선방안 도출

설문조사 결과로부터 각각의 질문으로부터 암판정 문제점과 관련하여 가장 많은 응답이 나온 답변을 정리하면 “암판정 수행을 위한 전문가의 부족”, “암판정 전문가의 자격기준 모호”, “암판정 수행 절차가 터널 시공 과정에 부담”으로 나타난다. 먼저 암판정 수행 과정이 터널 전체 시공 공정에 부담을 준다는 의견은 우리나라의 건설 현장 문화를 대변한다고 볼 수 있다. 그동안 인식이 많이 바뀌었지만 아직까지도 안전 시공을 위한 여러 가지 절차로부터 발생하는 비용을 낭비라고 생각하는 인식이 남아있다고 볼 수 있다. 암판정 절차가 터널 시공 공정에 부담을 주는 문제점과 더불어 현장에서 이루어지는 암판정을 수행하기 위한 전문가가 부족하다는 문제도 제기되었다. 암판정 전문가는 지질, 지반에 대한 이해와 더불어 터널 공정에 대한 전체적인 프로세스에 대한 이해가 필요한데 이런 전문가가 국내에는 많지 않다. 지질, 지반의 전문가로 볼 수 있는 지질 및 지반기술사와 토질 및 기초기술사의 경우 매년 평균 20~40여명의 합격자를 배출하고 있어 매우 적은 편으로 볼 수 있으며(한국산업인

력공단, 2015) 암관정 수행을 위한 체계화된 교육 프로그램도 없는 상태로 전문가 양성을 위한 과정이 전무하다.

암관정과 관련된 문제점으로 암관정 수행을 위한 비용 지출의 주체의 중요성이 제기되었다. 설문조사에 대한 다수 의견으로는 암관정 수행을 위한 별도의 비용이 필요하다는 의견이 많았다. 터널 시공 비용 혹은 감리 비용에 포함되어야 한다는 의견도 있었으나 암관정을 외부 영향으로부터 독립적으로 수행하기 위해서는 별도의 비용 지출이 필요하다고 볼 수 있다. 현재는 암관정 수행 비용이 터널 계획비용에 포함되어 지급되고 있어 암관정 업무 행위에 대한 적절한 비용 지급이 이루어지지 않고 있으며 이는 암관정 업무 수행의 질이 낮아지는 결과를 초래한다고 볼 수 있다. 비용 문제는 앞서 제기한 암관정 전문가의 부족과도 연계되고 암관정 전문가가 작성하는 굴진면 맵핑자료의 신뢰성 저하 문제와도 연계된다고 볼 수 있다.

제기된 문제점 개선을 위한 방안으로 크게 두 가지 관점에서의 접근이 필요하다. 먼저 암관정 공정이 터널 시공 공정에 부담이 아닌 당연한 절차로 진행되기 위하여 제도적 개선이 필요하다. 발파, 환기, 버력처리, 부석제거, 지보공의 일반적인 터널 공사 공정 사이에 암관정 절차를 명시할 필요가 있다. 두 번째로 제도 개선에 따른 암관정 공정 추가에 대한 비용 지급이 필요하다. 암관정의 결과는 터널 공사비용의 증감에 많은 영향을 미치므로 발주처에서 암관정을 독립적으로 수행할 수 있는 기관에 적절한 비용 지급이 이루어져야 한다. 또한, 터널 공사를 수행하는 시공사에는 암관정에 따른 터널 공정 연장에 대한 비용 산정도 함께 이루어져야 한다고 볼 수 있다. 암관정 공정에 대한 적절한 비용 지급이 이루어진다면 암관정 전문가 부족 현상도 점진적으로 해결될 수 있을 것으로 판단된다.

<표 3> 터널 암관정 개선 방안

구분	개선 사항
제도 분야	- 암관정 공정의 터널 시공 시방서 명문화 예) 발파 → 환기 → 버력처리 → 부석제거 → 암관정 → 지보공
비용 분야	- 발주처의 암관정 비용 별도 산정 및 지급 - 암관정 공정 증가에 따른 터널 공정 연장 및 비용 산정

V. 결론

해마다 건설 공사 현장에서는 많은 재해가 발생하게 된다. 건설공사 현장에서 발생한 재해의 상당 부분은 안전 수칙을 지키지 않아서 발생하게 된다. 터널 공사 현장에서도 터널 굴진면의 지질, 지반조건 상태를 정확하게 파악하지 못하여 붕괴되는 사례가 많으며 터널 굴진면에서의 붕괴는 공사기간 및 공사비용의 증가로 이어지게 된다. 당초 터널 굴진면에 대한 상세한 조사가 이루어졌다면 사전에 예

방할 수 있는 사항이다.

본 연구에서는 현재 우리나라 터널 시공과정에서 이루어지는 암판정의 문제점을 전문가 설문조사를 통하여 도출 및 분석하였다. 터널 암판정과 관련하여 암판정 전문가의 부재, 암판정 수행을 위한 비용 부족 등 문제점 인식에 대한 공감대가 형성되어 있음을 확인할 수 있었으며 문제점 해결하기 위한 첫 단추로 제도분야와 비용분야의 개선이 필요함을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 제도 개선안이 터널 공사 공정에 반영된다면 터널 공사과정에서의 붕괴 사고를 예방하는데 기여할 것으로 기대하며 장기적으로 우리나라 건설문화를 변화하는데 단초가 될 수 있을 것으로 생각한다.

참고문헌

- 국가법령정보센터. 2013. 책임감리 현장참여자 업무지침서. 국토교통부고시 제2013-74호.
 한국도로공사. 1999. 암판정 시행 지침.
 한국도로공사. 2000. 고속도로 공사현장 검측편람.
 한국산업인력공단. 2015. <http://www.q-net.or.kr/main.jsp>
 한국전력공사. 2010. 굴착공사 암판정 절차서.
 한국철도시설공단. 2013. 철도건설공사 암판정 지침.
 한국터널공학회. 2010. 터널 붕괴 사례집. 서울: 씨아이알.

김진환: 한국건설기술연구원 전임연구원으로 재직 중이다. 터널, 자연 재해 대응이 주요 관심 분야이며, 주요 논문으로는 “건기 조건의 사면 안정 해석과 관련된 문제점 고찰 및 대안(2012)”, “A Study on the Variation of Ground Safety Factor by Earthworks(2014)” 등이 있다(goethite@kict.re.kr).

권오일: 한국건설기술연구원 수석연구원으로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 터널, 사면, 재해 관리이다(kwonoil.kict.re.kr).

백용: 일본 동북대학교에서 암반공학 박사학위를 받고 현재 한국건설기술연구원 지반연구소 연구위원으로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 터널, 사면, 재난 대응이다(baek44@kict.re.kr).

유원규: 명지대학교에서 토목환경공학 박사학위를 받고 현재 한국건설기술연구원 박사후연구원으로 재직 중이다. 구조물 기초, 연약지반 개량, 터널이 주요 관심 분야이며, 주요 논문으로는 “Model Test Study on the Behavior of Geotextile-encased Sand Pile in Soft Clay Ground(2015)” 등이 있다(lyu5553@kict.re.kr).