

국내 터널시공 중 막장지질조사의 문제점 및 개선방안에 관한 연구

김광염¹ · 김창용¹ · 임성빈² · 윤현석² · 서용석^{2*}

¹한국건설기술연구원 국토지반연구부

²충북대학교 지구환경과학과 · 기초과학연구소

A Study on Problems and Improvements of Face Mapping during Tunnel Construction

Kwang-Yeom Kim¹, Chang-Yong Kim¹, Sung-Bin Yim²,
Hyun-Seok Yun², and Yong-Seok Seo^{2*}

¹Korea Institute of Construction Technology, Dept. Geotechnical Engineering Research

²Dept. of Earth & Environmental Sci. & Institute for Basic Science Research,
Chungbuk National University

터널 시공 시에 관찰되는 막장의 상태는 굴착예정 막장의 지질상태를 가장 잘 표현하며, 지보패턴의 결정에 큰 영향을 미치므로 막장지질조사는 매우 중요하다. 따라서 막장지질조사를 통해서 단순히 암반평가만을 수행하는 것이 아니라 터널 시공 중에 영향을 미칠 수 있는 모든 지질요소 등을 관찰하여 다음 시공 막장의 지반상태를 예측하여야 한다. 그러나 현재 막장지질조사 시 기술 및 경험, 시간적인 제약 등으로 인한 한계로 조사결과를 시공에 충분히 반영하지 못하는 것이 현실이다. 본 연구에서는 기 시공된 국내 터널의 막장관찰기록지의 기록상황을 집계하여 막장지질조사의 문제점을 분석하고 그 개선 방안을 제시하였다.

주요어 : 막장 지질조사, 막장관찰기록지, 지질정보, 막장전방 지반예측

Face mapping during tunnel construction is useful and critical to predict the characteristics and stability condition of following tunneling sections and to select optimum support pattern. Therefore, a detailed geological survey of the tunnel faces, as important as a routine underground survey and a RMR evaluation, should provide critical information of the tunnel face condition in terms of the engineering geological condition and the safety of working environment for the following tunneling section. But the results of the face investigation have not been applied satisfactorily during tunneling due to limitation of technique, experience and time. This study analyze problems of face mapping in tunnel construction site by using statistical results of face mapping sheets obtained from completed tunnels, and suggest several opinions to improve face mapping during tunnel construction.

Key words : face mapping, face mapping sheet, geological information, prediction of ground condition of the following tunneling section

서 론

터널은 기하학적 특성상 가늘고 긴 지중구조물이므로 설계단계에서 수행되는 지질조사 결과의 정확도에서 다른 구조물과 차이가 있다. 예를 들어 댐이나 교량의 기초와 같이 좁은 지역 내에서 지표 또는 천부를 대상으로

로 수행되는 지질조사는 비교적 대상지반의 지질구조 및 지반상태를 정밀하게 파악할 수 있다. 하지만 터널은 전 구간에 대하여 정밀한 조사를 수행하기 힘들며, 조사의 정밀도를 높이기 위해서는 큰 경제적 대가를 치러야 한다. 따라서 터널은 시공 중에 이루어지는 조사 및 예측이 향후 터널 시공에 따른 안정성을 확보함에 있어 매

*Corresponding author: ysseo@cbu.ac.kr

우 중요하다. 터널 시공 중 이루어지는 조사 중 핵심이 되는 것은 막장지질조사이다. 막장지질조사는 터널 시공을 안전하고 경제적으로 진행시키기 위한 필수 기초자료이므로 정확하게 수행되어야 하며, 터널시공의 지연을 최소한으로 줄이기 위하여 신속하게 이루어져야한다.

日本トンネル技術協會(1990)에 의하여 수행된 “일본 터널공사 중 지반붕괴사례 실태조사”에 의하면 128건의 조사대상 사례 중 84%가 터널공사의 최전방부인 막장에서 발생하고 있으며, 그 붕괴원인별로는 용수, 단층 및 파쇄대 등과 같은 지질학적 요인에 의한 붕괴가 막장면 사고의 89%를 차지하고 있다. 이는 터널 시공 중 발생하는 붕괴사고의 대부분이 막장 부근 지반의 지질조건과 관련이 있음을 시사하고 있다. 막장붕괴는 갱내 작업자의 인명사고로 연결될 뿐만 아니라, 붕괴규모가 클 경우에는 지표침하 및 합몰이 발생하여 도심부 터널의 경우 일반 시민의 생명과 재산에 피해를 주는 대참사로 이어질 수 있다. 또한 이러한 대참사는 막대한 사회적 비용의 손실은 물론 건설공사 그 자체에 대한 사회적 이미지 훼손으로 이어져 그 영향이 대단히 크다. 시공사 입장에서는 복구를 위한 공정 지연으로 인한 경제적 부담으로 이어진다.

터널 선진국에서는 이미 장기간에 걸쳐 구축된 터널 D/B 자료를 활용한 연구를 통하여 자국의 지질특성에 적합한 독자적인 막장평가, 계측기법 및 암반분류법에 대하여 연구를 수행하고 있다. 日本土木研究所(1997)에서는 통계적인 기법을 이용하여 막장관찰 항목에 대한 평가지표 연구를 수행하였고, 동시에 계측결과를 함께 활용하는 연구를 수행하였으며, 이를 통하여 일본의 독자적인 암반분류 기준을 제시하고 있다. 中川 等(1994)은 대학, 시공사, 연구소의 공동연구팀을 만들어 4년에 걸쳐 암반평가 합리화에 대한 자율적인 연구를 수행한 결과를 발표하였다. 이 연구를 통하여 그동안 기술자의 경험과 주관에 의지하여 수행되던 암반평가를 보다 객관적인 판단기준을 가지고 평가를 수행할 수 있도록 새로운 평가지표를 제시하였다. 이 연구는 기존 데이터의 분석을 통하여 암반평가에 있어서의 문제점을 밝혀내고 개선방안을 제안하면서 기존 시공 자료를 이용하여 통계적인 방법과 앙케트 조사방법을 이용하여 객관적인 막장평가 기준을 제시하고 있다. 이들의 연구는 나아가 더 많은 자료수집과 분석을 수행하여 터널구조물 설계에 위한 지질조사의 여러 문제점과 이를 개선하기 위한 연구(中川 등, 2000)를 수행하였다. 막장관찰기록의 중요한 목적 중 하나는 관찰기록을 활용하여 지보패턴을 결정

하는 것이다. 이와 관련하여 寺戶 等(1998)은 막장관찰을 이용한 지보패턴 변경 시 적절한 판단을 유도하기 위하여 일종의 전문가시스템을 활용한 연구를 수행하였다.

국내에서 주로 막장지질조사를 위해 사용되는 양식은 대부분이 RMR 및 Q-분류를 위해 작성되고 있다. RMR 및 Q-분류법은 Bieniawski(1989)가 말한 것처럼 지역별 구조적 지질특성을 조사하여 구분한 후에 적용되어야함에도 불구하고, 다양한 지질특성을 보이는 현장의 특이성을 전혀 고려하지 못하고 있다. 그리고 국내 터널현장의 수는 꾸준히 증가함에 비해 숙련된 지질기술자는 갈수록 모자라는 현실을 고려할 때, 모든 현장에서 전문가에 의한 지질조사를 기대하기는 어려운 현실이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 출현 빈도가 높은 지질, 즉 화강암, 퇴적암, 천매암 지역에 건설된 터널들을 대상으로 막장지질조사의 결과물인 막장관찰기록지를 분석하여, 막장관찰시의 문제점을 도출하고 그 해결방안에 대하여 고찰해 보았다.

막장관찰기록지의 분석

국내에서 시행되고 있는 터널 막장관찰은 막장전방지질을 예측하여 터널시공에 활용되기 보다는 형식적으로 실시되는 경우가 많다. 이러한 막장관찰은 여러 가지 지질정보를 누락시켜 획일적이고 형식적인 암반평가를 초래하고 있으며 단순한 작업 기록지로 전락되기 쉽다. 본 연구에서는 국내에서 기 시공된 퇴적암, 화강암, 천매암을 기반으로 하는 터널들의 막장관찰기록지를 분석하여 막장관찰의 문제점을 찾고자 한다. 상기 3개 암종은 지질 특성에 있어 뚜렷이 차이가 있으므로 그에 따른 관찰결과와의 차이를 알아보기 위하여 데이터를 구분하여 분석을 실시하였다.

퇴적암 터널의 관찰기록

Table 1은 퇴적암 기반 터널 1869개소의 막장관찰기록지를 대상으로 막장관찰 시 필수적으로 조사되어야 하는 주요 항목별 기재횟수를 나타낸 것이다. Table 1에서 []안의 숫자는 기재는 하였으나 다소 주관적이고 애매한 표현들의 기재 횟수이며, ()안의 백분율에는 포함되지 않았으며, ()안의 백분율에는 포함하였다. 기재 사항 중 주관적이고 애매한 표현은 막장 전반적인 항목과 절리 관련 항목 중 다소 정량적인 표현이 필요한 항목에서 다수 확인되었다. 그 예로는 “절리 간격이 조밀

Table 1. Frequency of mention about each geological parameters included in face mapping sheet (sedimentary rock tunnel).

Parameter	Total number	Number of answers			
		Rock type	Strength	Weathering	Inflow
Face condition	1869	480 (25.7)	819 [60] (47.0)	1115 [110] (65.5)	972 (52.0)

Parameter	Total number	Number of answer					
		Dip / Direction	Spacing	Aperture	Persistence	Filling	Roughness
Joint	1869	1066 (57.0)	147 [72] (11.7)	189 [327] (27.6)	3 (0.2)	291 (15.6)	[609] (32.6)

Parameter	Total number	Number of answer		
		Dip / Direction	Width	Filling
Fault/Fracture zone	395	158 (40.0)	44 (11.1)	84 (21.3)

Parameter	Total number	Number of answer			
		Dip / Direction	Rock type	Weathering	Width
Dyke	125	63 (50.4)	0 (0)	75 (60.0)	0 (0)

※The unit of numbers in () is %; Numbers in [] are subjective or equivocal answer

하다”, “다소 open 되어 있다” 등의 표현이다.

막장상태에 대한 풍화도, 지하수에 관한 항목은 상대적으로 높은 기재율을 보이며, 관입암류의 풍화도에 관한 항목도 비율이 높은 편이다. 또한 절리의 방향성에 대한 기재도 비교적 충실한 편이다. 그러나 절리에 대한 세부적인 항목인 간격, 간극, 연장성, 충전물, 거칠기에 대한 항목은 매우 낮은 기재율을 보인다. 또한 터널의 거동에 큰 영향을 미치는 단층 및 파쇄대와 관입암류에 관한 기재는 전체적으로 매우 낮다. 특히 이들 연약대의 규모와 구성물질은 아주 중요함에도 불구하고 극히 낮은 기재율을 보인다. 이는 막장관찰자가 단층대 및 암맥에 대한 인지능력이 떨어지거나, 일반적인 RMR 기재에 익숙해 있어 기재를 하지 않은 것으로 보인다. 전체 막장을 구성하는 암종에 대한 기재율도 낮은 편인데, 아마도 동일 암석이 연속적으로 나타나서 생략한 것으로 판단된다.

천매암 터널의 관찰기록

천매암 기반 터널의 총 173개소의 막장 관찰지를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 막장상태 전반, 절리, 단층 및 파쇄대의 모든 항목이 전반적으로 기재율이 낮은 편이며, 다만 전체막장의 지하수 항목만 상대적으로 높은 기재율을 보인다. 본 터널에서는 관입암류가 확인되지 않았기 때문에, 관입암류 관련 항목은 분석에서 제외되었다.

막장상태 관련항목에서의 암종에 대해서는 동일한 암석으로 구성되었기 때문에 기재를 전혀 하지 않았으며, 구성암석의 전반적인 특성을 규정하는 강도와 풍화도의 항목 기재율은 매우 낮다. 또한 절리 관련 항목에 대한 기재는 매우 부실한 편이며, 단층 및 파쇄대 관련 항목은 단지 스케치상에서 도시만 했을 뿐, 그에 대한 세부적인 기재는 거의 없다고 할 수 있다. 그리고 스케치가 너무 개략적이며, 암석 상태나 각 분리면에 따른 특징적인 범례를 사용하지 않아서 구분하기가 힘든 상태이다. 따라서 막장 관찰지만으로는 막장의 상태를 추정하고 이해하기가 매우 힘들다.

화강암 터널의 관찰기록

Table 3은 화강암 기반 터널의 막장관찰지 총 255개를 대상으로 각 항목별 기재 빈도를 분석한 것이다. 막장상태와 관입암류와 관련된 항목의 기재는 매우 충실한 편이다. 그러나 절리와 단층 및 파쇄대에 대한 항목에서는 기재빈도가 상대적으로 빈약하다.

막장상태에 관련된 항목 중 암종, 풍화도, 지하수 항목은 거의 모든 관찰지에 기재되어 있으며, 강도 항목도 소수를 제외하고는 대부분 기재되어 있다. 그러나 절리 관련 항목에서는 방향성만이 일부 기재된 것 이외에는 간격, 간극, 연장성, 충전물, 거칠기의 항목에 대한 기재는 거의 확인되지 않는다. 또한 단층 및 파쇄대 관련항목에서는 방향성의 기재율만이 상대적으로 높을 뿐, 폭

Table 2. Frequency of mention about each geological parameters included in face mapping sheet (phyllite tunnel).

Parameter	Total number	Number of answers			
		Rock type	Strength	Weathering	Inflow
Face condition	173	0 (0)	9 (5.2)	46 (26.6)	119 (68.8)

Parameter	Total number	Number of answer					
		Dip / Direction	Spacing	Aperture	Persistence	Filling	Roughness
Joint	173	35 (20.2)	27 (15.6)	37 (21.4)	16 (9.2)	44 (25.4)	57 (32.9)

Parameter	Total number	Number of answer		
		Dip / Direction	Width	Filling
Fault / Fracture zone	99	3 (3.0)	3 (3.0)	0 (0)

※The unit of numbers in () is %

Table 3. Frequency of mention about each geological parameters included in face mapping sheet (granite tunnel).

Parameter	Total number	Number of answers			
		Rock type	Strength	Weathering	Inflow
Face condition	255	255 (100)	224 (87.8)	254 (99.6)	255 (100)

Parameter	Total number	Number of answer					
		Dip / Direction	Spacing	Aperture	Persistence	Filling	Roughness
Joint	255	73 (28.6)	9 (3.5)	9 (3.5)	0 (0)	8 (3.1)	0 (0)

Parameter	Total number	Number of answer		
		Dip / Direction	Width	Filling
Fault / Fracture zone	32	12 (37.5)	7 (21.9)	5 (15.6)

Parameter	Total number	Number of answer			
		Dip / Direction	Rock type	Weathering	Width
Dyke	21	8 (38.1)	19 (90.5)	0 (0)	20 (95.2)

※The unit of numbers in () is %

과 충전물과 같은 세부적인 항목에 대한 언급은 부족한 편이다. 관입암류와 관련해서는 암종과 폭의 항목은 기재빈도가 매우 높으며, 풍화도에 대한 기재는 없다. 또한 관입암의 방향성 항목이 다소 낮는데, 이는 관입암의 규모가 커지면 방향성을 확인하기가 어려워지기 때문이다.

막장관찰 항목별 기재 빈도 분석

본 연구를 통하여 조사된 터널의 막장관찰 항목별 기재빈도를 퇴적암 A, 천매암 B, 화강암 C로 구분하여 나타내면 다음과 같다. Fig. 1은 막장상태에 관련된 항목에 대한 기재 빈도수를 나타낸 것이다. 화강암 C에서는 100%에 가까운 매우 높은 값을 보이지만, 퇴적암

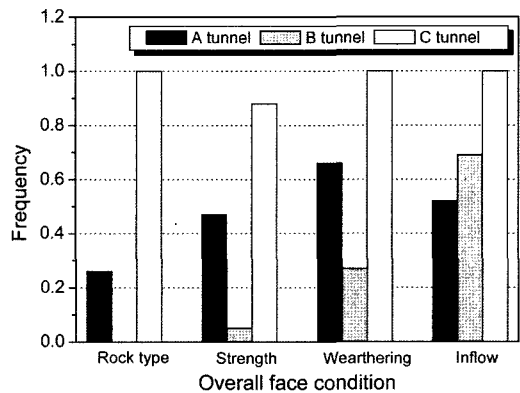


Fig. 1. Frequency of mention about each geological parameters for overall face condition.

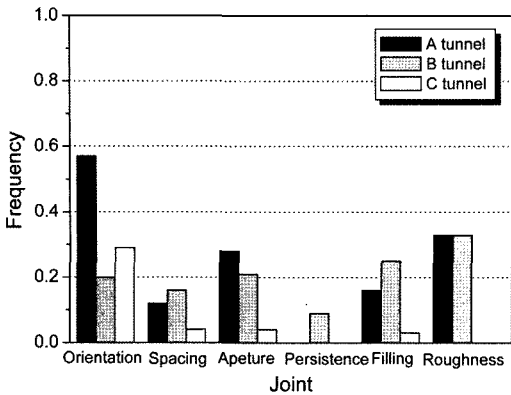


Fig. 2. Frequency of mention about each geological parameters on joint.

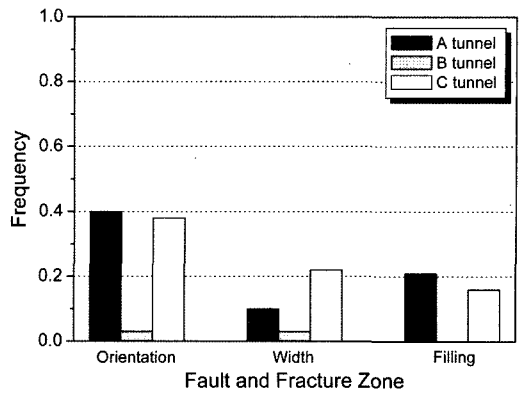


Fig. 3. Frequency of mention about each geological parameters on fault and fracture zone.

A와 천매암 B에서는 기재빈도가 약 60% 이하로서 낮은 편이다. 사실 이들 항목은 막장 관찰에 있어서 가장 기본적인 항목이며 조사가 그다지 어렵지 않은 부분들이다. 그러나 조사자들은 비슷한 상태의 지질이 연속적으로 출현하는 경우 습관적으로 생략하게 되는 경우가 많다. 하지만 이들 항목은 가장 기본적인 필수항목인 만큼 차후 자료로서의 활용 가치를 높이기 위해서는 반드시 기재되어야 할 부분이다.

절리와 관련된 항목의 기재빈도를 Fig. 2에 나타내었다. 전반적으로 약 50%이하의 낮은 기재율을 보이고 있다. 특히 절리간의 간격, 간극, 연장성 등 절리의 기하와 관련된 항목과 충전물의 빈도는 매우 낮다. 일반적으로 절리는 분리면으로 작용하여 암괴를 형성하게 되며 이 암괴의 크기와 분리성은 이들 절리 관련 항목을 통해 추정 가능하게 된다. 따라서 절리에 관한 세부적인 묘사가 필수적이며, 이들이 불충분할 시 암반 전체의 전반적인 공학적 거동에 대한 이해가 어렵다. 또한 절리면의 전단강도를 간접적으로 결정할 수 있는 항목들의 부재로 낙반가능한 블록에 대한 시공자들의 예측을 불가능하게 한다.

Fig. 3은 암반의 거동에 크게 영향을 미치는 단층 및 파쇄대와 관련된 항목의 기재빈도를 나타낸 것이다. 이들이 일반적으로 터널의 안정성에 결정적인 역할을 하는데 비해, 기재빈도는 40% 이하로 매우 낮은 편이다. 단층과 파쇄대의 폭은 이들의 규모를 지시하고, 내부의 충전물질은 이들의 전단강도를 결정할 수 있는 중요한 요소이다. 따라서 이들 항목에 대한 상세한 기재 없이는 터널에서의 단층 및 파쇄대의 활동을 충분히 예측할 수 없다. 또한 이들 항목을 잘 기재하면 터널 안전시공의

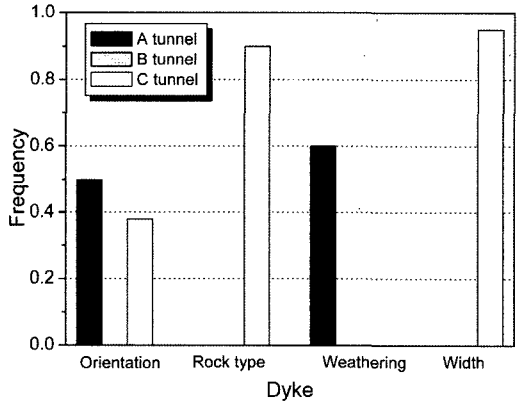


Fig. 4. Frequency of mention about each geological parameters on dyke.

핵심이 되는 막장전방에 대한 예측이 가능하게 되므로 매우 중요하다. 기재율이 낮은 이유로는 단층 및 파쇄대 자체에 대한 막장관찰자의 인지도가 매우 낮은 것과 RMR 암반분류의 주요기재항목에서 누락되어 있을 것을 들 수 있다. 이러한 문제점들은 현장기술자에 대한 지속적인 재교육과 새로운 막장관찰기록지를 개발함으로써 어느 정도 해소가 가능할 것으로 판단된다.

Fig. 4는 관입암류와 관련된 항목에 대한 기재율을 나타낸 것이다. 관입암류와 관련된 항목은 다른 지질구조에 비하여 상대적으로 높은 기재율을 보인다. 천매암 B에서는 관입암류가 확인되지 않아서 분석에서 제외하였다. 규모가 큰 관입암에서 방향성을 찾기가 어렵다는 것을 가정한다면, 방향성 항목에 대한 기재는 비교적 충실하다고 할 수 있다. 그러나 관입암의 규모와 공학적 거동특성의 추정을 가능하게 하는 암종, 풍화도, 폭의 향

목에서는 각 터널별로 기재번호가 아주 높거나 아니면 전혀 기재를 하지 않았다. 이는 조사자의 개인적인 성향에서 초래하는 것으로 판단된다. 따라서 터널시공지역의 야외지질조사에서 획득된 정보를 통하여 분포하는 암맥의 특징을 막장관찰자로 하여금 사전에 파악하고 막장관찰에 임하게 하여 암맥의 암중 구분을 용이하게 하고, 모암과의 풍화도 차이 및 지하수유동경로 역할, 단층대와 공존 등 암맥이 가지는 지질공학적 특성에 대하여 교육을 실시함으로써 기재유을 향상시킬 필요가 있다.

막장지질조사의 문제점 분석

일반적으로 막장지질조사 시 기술 및 경험, 시간적인 제약으로 인해 발생하는 여러 요인으로 인하여 조사가 충실히 이루어지지 않고 있으며, 그 결과 조사결과를 시공에 적절하게 반영하지 못하는 것이 현실이다. 이러한 문제점이 발생하게 된 원인을 살펴보면 다음과 같다.

지질조사 기술의 한계

최근 다양한 조사장비와 방법이 동원되어 과거에 비하여 지질상태에 대한 예측능력이 많이 향상된 것은 사실이지만, 막장 전방의 파쇄대나 지하 대수층 등 터널 시공에 악영향을 미치는 지질요소를 정확히 파악하는 것은 기술적으로 불가능하다. 따라서 전방지질예측을 위해서는 숙련된 지질기술자의 경험에 의한 해석에 의존하는 면이 강하지만 숙련된 기술자의 수는 점점 줄어들고 있는 것이 현실이다.

지질조사 내용의 부족

터널 현장에서는 안전한 시공을 추구하면서도 굴착 사이클 타임을 줄이려고 노력하고 있다. 이러한 이유 때문에 하나의 막장지질조사에 소요되는 시간은 현장에 따라 다소 차이가 있을지 모르지만 약 10여분에 지나지 않는다는 것이 현장기술자들의 의견이며, 이는 충분한 지질조사가 이루어지지 못하는 중요한 요인이 되고 있다. 국내의 막장관찰 자료를 보면 막장 스케치의 내용이 매우 불충분하며, 이를 통해서는 불연속면의 지질학적 특성을 파악하기 힘들다. 특히, 막장붕괴 및 변위발생과 밀접한 관계가 있는 단층, 파쇄대 등의 경우 단층의 주향/경사, 폭과 길이, 단층 구성물질, 습윤상태 등에 대하여 스케치와 함께 자세하게 기재되어야 함에도 불구하고 잘 이루어지지 않고 있는 것이 현실이다. 또한 절리의 경우 막장에서 보이는 테로 간단히 선으로 표시하여

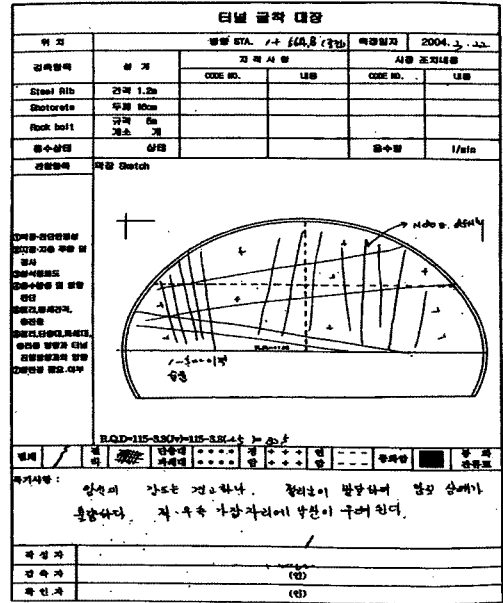


Fig. 5. An example of a face mapping sheet used in tunnel construction site.

공간적 발달상황을 파악하기 힘들고, 절리충진물, 주향/경사, 습윤상태, 절리면 풍화정도 등에 대한 정보가 거의 없는 편이다. 단적인 예로 Fig. 5는 막장관찰 기록지의 한 예인데, 퇴적암에서 중요한 층리의 주향/경사는 물론, 절리의 방향정보, 전단강도를 예측할 수 있는 모든 정보가 누락되어있다.

기술자 개인의 해석 차

지질현상에 대한 해석에 있어서의 개인차는 항상 존재한다. 일반적인 경우에는 그 차이가 그다지 크지 않을 수 있지만, 지질구조에 있어 학문적 해석이 필요한 영역에서는 클 수밖에 없다. 中川 等(2000)에 의하면 암반평가를 실시하는 지질기술자의 개인차에 따라서 해석이 달라질 가능성이 있으며, 따라서 평가결과도 서로 달라짐을 지적하면서 개인의 경험차에 의한 암반평가의 신뢰도 차이가 발생하는 것으로 보고하고 있다. Fig. 6은 상기 中川 等(2000)의 연구에서 제시한 결과를 나타내고 있다. 먼저 서로 다른 3개의 터널에서 관찰된 각 3단면, 총 9단면의 지질조사 결과를 제시하고 지질기술자, 설계기술자 및 시공기술자에게 앙케이트 형식으로 막장평가를 요청하였다. 각 부문의 기술자에 의하여 판단된 암반평가의 결과를 보면 지반등급의 응답률이 좌우대칭을 나타내는 정규분포로 나타나며, 대략 최빈치를 중심으로

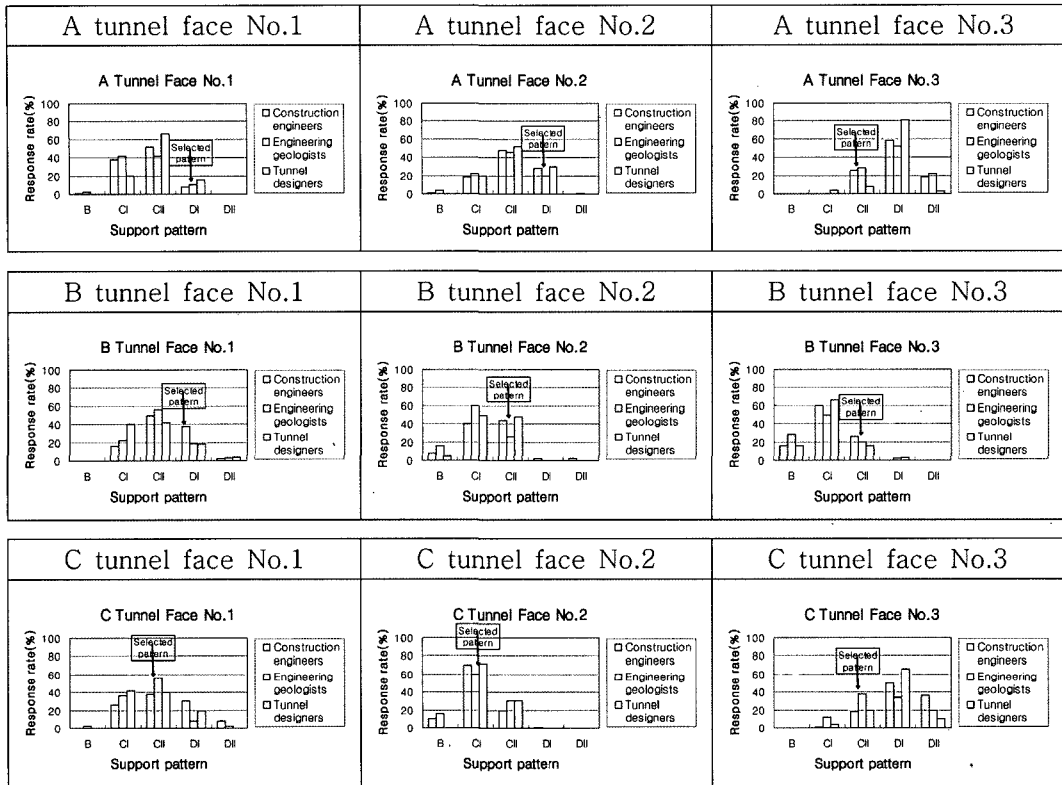


Fig. 6. A result of a questionnaire about tunnel face evaluation carried out by construction engineers, engineering geologists and tunnel designers(中川 等, 2000).

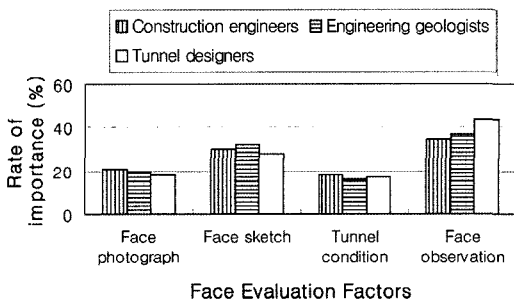


Fig. 7. A result of a questionnaire about rate of importance for each face evaluation factor(中川 等, 2000).

좌우 한 등급정도의 폭을 가지는 것으로 나타났다. 각 분야의 기술자별 평가경향은 큰 차이를 보이지 않고 비슷한 분포를 보이고 있다. 상기 앙케이트 연구결과에서 막장평가 시 평가요인의 중요도에 관한 설문을 실시한 결과 막장스케치와 막장관찰기록이 차지하는 비중이 60%를 넘었다(Fig. 7).

사전조사 자료의 활용 미흡

설계단계에서의 지질조사는 길고 좁은 건설예정지의 특성상 여러 가지 한계를 가지고 있다. 이는 많은 사람들이 동의하는 부분이다. 따라서 굴착 중 굴착예정 지반에 가장 가까이 위치하는 막장을 직접 관찰하는 것이 터널시공에 따른 안정성과 경제성을 확보하는 최선의 길이다. 이때 비교적 광역적인 지질특성을 잘 반영하고 있는 설계단계의 지질조사 결과를 충분히 이용할 필요가 있다. 하지만 대부분의 현장에서 활용할 수 있는 설계단계의 지질조사결과는 지질 또는 지반조사보고서 형태로 주어지는 지질도와 간단한 지질공학적 설명이 전부이다. 하지만 정작 중요한 정보는 지질조사 시 얻은 원시 자료일 것이기 때문에 필드노트나 route map 등 가공 전 자료를 현장에서 이용할 수 있도록 하는 장치가 필요하다.

분석결과

상기 분석한 결과를 살펴보면 국내의 막장관찰기록지

별 동일 항목에서의 각 터널 간 기재빈도가 크게 차이가 난다. 이는 기재항목에 대한 이해가 부족하고 개인적인 판단에 의해 기재 유무가 결정되기 때문이다. 또한, 대부분의 막장 관찰이 비숙련자에 의해 수행되고, 시간적 제약을 받는 환경 하에서는 객관적이고 정량적인 결과를 얻기가 힘들다. 따라서 막장에서 지질 특성을 명확하게 이해하기 힘든 초급 기술자에게는 각 항목을 관찰지에서 세분하여 줌으로써 이들의 기재를 유도하여야 할 것이다. 또한 다소 정량적인 표현이 필요한 항목에서는 주관적이거나 추상적인 언급으로 인해 자료로서의 가치가 떨어지는 경우가 많다. 이를 위해서는 정량적인 표현에 있어서의 기준을 구체적으로 예시함으로써 객관적인 기재를 유도할 필요가 있다. 또한 수치적인 표현이 가능한 항목에서는 반드시 정확한 숫자를 사용하여 기재하도록 유도하여야 향후 해당 터널의 지질정보를 충분히 활용 가능할 것이다.

결 론

터널 시공 중 실시되는 막장지질조사는 굴착예정 막장의 지질상태를 예측하는 근거가 될 뿐 아니라 지보패턴을 결정하는데도 큰 영향을 미친다. 따라서 막장 지질조사를 통해서 단순히 암반평가만을 수행하는 것이 아니라, 터널 시공 중 안정성에 영향을 미칠 수 있는 모든 지질요소 등을 관찰하여 굴착예정 막장의 지질상태를 예측하여야 한다. 또한 충실하게 시행된 막장 지질조사 결과는 중요한 지질정보 자료로서 향후 유지관리 및 다른 터널 시공에도 활용 가능할 것이다.

본 연구에서는 국내 기 시공된 터널의 막장관찰기록지를 분석하여 그 실태를 파악하고, 막장지질조사 시 기술 및 경험, 시간적인 제약으로 조사가 충분히 이루어지지 않는 일반적인 원인에 대하여 고찰하였다.

1. 국내 기 시공된 터널의 막장관찰 기록지를 분석한 결과, 기재 내용의 양적, 질적 부족으로 인해 객관적이고 정량적인 지질정보를 획득하기 힘든 경우가 많으며, 이는 막장 지질조사를 통한 시공 중 지질정보의 활용을 저해하는 요인으로 작용한다.

2. 막장 지질조사의 문제점으로는 지질조사 기술의 한계, 지질조사 내용의 부족, 기술자 개인의 해석 차, 사전조사 자료의 활용 미흡 등이 있다. 이들 요인으로 인해 막장 지질조사가 충실히 이루어 지지 못하고 있으며, 그 결과 지질조사결과를 시공에 적절하게 반영하지 못하고 있다.

3. 초급 기술자들의 객관적이고 정량적인 막장관찰을 위하여 막장관찰기록지의 각 항목을 세분화하여 제시함으로써 충실한 기재를 유도하며, 정량적인 표현이 필요한 항목에 대해서는 기준을 구체적으로 예시하여 객관적인 기재를 도울 필요가 있다.

4. 최근 학교에서는 터널현장에서 활약할 젊은 예비기술자들이 줄고 있어 그 양성에 어려움을 겪고 있다. 이러한 대안으로 세계최고 수준에 있는 국내 IT기술을 터널분야에 적용하려고 하는 시도가 많아지고 있다. 터널 막장관찰부문에서도 디지털영상촬영 및 분석기술을 활용하여 현장기술자들이 보다 객관적이고 빠르게 현장 지질상태를 파악할 수 있도록 도울 수 있는 기술이 많이 적용될 필요가 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 '03건설핵심기술연구개발사업(R/D/03 산학연 A02-08)의 일환으로 수행되었으며, 원활히 연구를 수행할 수 있도록 도와주신 각 시공사 및 담당자분들께 감사의 말씀을 드립니다.

참 고 문 헌

- Bieniawski, Z.T., 1989, Engineering rock mass classifications, John Wiley & Sons, 52.
 日本トンネル技術協會, 1990, 山岳トンネルの施工法に関する調査研究報告書.
 中川 等, 1994, NATMにおける岩盤評価の合理化に関する調査研究報告書.
 日本土木研究所, 1997, 切羽観察・計測に基づくトンネルの地山評価に関する研究報告書.
 寺戸 等, 1998, 切羽観察記録から支保パターンを決定するための一手法の検討, 山口大學研究報告, 49, 1p.
 中川 等, 2000, トンネル事前設計における地質調査の問題点とその評価に関する研究, 日本土木學會論文集, 658, VI-48, pp.33-43.

김광엽

한국건설기술연구원 국토지반연구부
411-712, 경기도 고양시 일산구 대화동 2311
Tel: 031-910-0225
Fax: 031-910-0211
E-mail: kimky@kict.re.kr

김창용

한국건설기술연구원 국토지반연구부
411-712, 경기도 고양시 일산구 대화동 2311
Tel: 031-910-0224
Fax: 031-910-0211
E-mail: cykim@kict.re.kr

임성빈

충북대학교 지구환경과학과
361-763, 충북 청주시 흥덕구 개신동 12
Tel: 043-261-2765
Fax: 043-276-9645
E-mail: bins123@daum.net

윤현석

충북대학교 지구환경과학과
361-763, 충북 청주시 흥덕구 개신동 12
Tel: 043-261-2765
Fax: 043-276-9645
E-mail: yhs0211@hanmail.net

서용석

충북대학교 지구환경과학과
361-763, 충북 청주시 흥덕구 개신동 12
Tel: 043-261-2765
Fax: 043-276-9645
E-mail: ysseo@cbu.ac.kr