

퇴적암 터널에서의 지질인자별 변위 영향도 분석

임성빈¹⁾ · 윤현석²⁾ · 서용석^{3)*} · 박시현⁴⁾

1. 서론

터널계측은 굴착에 따른 주변 지반의 거동 및 각 지보재의 역학적 특성을 파악하여 안전하고 경제적인 터널 시공을 하는데 필수적인 요소이며, 계측기술은 NATM 터널시공의 핵심이라 할 수 있다. 그리고 계측에 의해 가시화 및 정량화되는 터널 내 지반거동은 여러 가지 지질특성과 관련이 있다.

지금까지 국내에서 적용되어온 계측기술은 지질특성을 충분히 반영하지 않은 상태에서 수행되고 있으며, 계측관리 및 분석에 대한 기술자의 자질 및 이해 부족으로 인해 계측이 안전시공에 큰 도움이 되지 못할 뿐만 아니라 시공 후 얻어지는 계측정보에 대한 분석이 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 터널 계측은 현장 단위의 일과성으로 끝나 계측이 갖는 중요한 역할을 살리지 못하고, 자료로서의 보존가치를 상실하여, 계측현장 자체는 물론 향후 설계와 시공에도 사용하지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 막장 지질조사를 통해 얻어지는 지질특성 데이터와 계측으로부터 획득되는 지반거동 특성 데이터의 연계분석을 통해 이들 간의 통계적인 상관성을 분석하였다. 퇴적암을 기반으로 하는 터널을 연구 대상으로 선정하였으며, 총 1869개 막장에서 지질조사 자료와 계측결과가 분석에 사용되었다. 이들은 통계분석기법의 일종인 정준상관분석을 통한 수량화기법에 의해 분석되었으며, 최종적으로 퇴적암 터널에서의 RMR 항목별 변위 영향도를 산정하였다.

2. 본론

본 연구의 대상으로 선정된 OO 터널은 중생대 백악기 경상누층군의 하양층군의 퇴적암류로 이루어져 있으며, 부분적으로 관입한 불국사 화강암으로 구성된다. 또한 화강암의 관입으로 인한 접촉 열변성작용으로 인해 혼펠스화 된 부분도 나타난다. 대상지역에 가장 넓게 분포하는 퇴적암류는 주로 적색, 녹회색 및 암회색을 띠는 사암과 셰일이 교호하고 층리가 잘 발달하고 있다. 지표지질조사 결과 획득된 대상 지역과 인근에 분포하는 불연속면의 지질공학적 특성은 Table 1과 같다.

OO 터널의 1869개 막장에서 수행된 face mapping 결과 획득된 기초 RMR 값은 12~79점이며, 이는 II~V등급의 암반에 해당된다. 암반 등급별 각각의 RMR 인자의 배점 빈도수 및 분포 특성은 Table 2에 히스토그램으로 요약하여 나타내었다.

Fig. 1은 퇴적암 터널의 RMR 값과 거동특성, 즉 천단침하간의 관계를 나타낸 그래프이다. 이론적으로는 RMR값이 낮으면 터널의 천단침하량이 커지며, RMR값이 높으면 반대로 천단침

주요어 : 터널계측, 지질인자, 막장맵핑, 수량화기법

1) 충북대학교 지구환경과학과(bins123@hanmail.net)

2) 충북대학교 지구환경과학과(yhs0211@hanmail.net)

3) 충북대학교 지구환경과학과(ysseo@cju.ac.kr)*

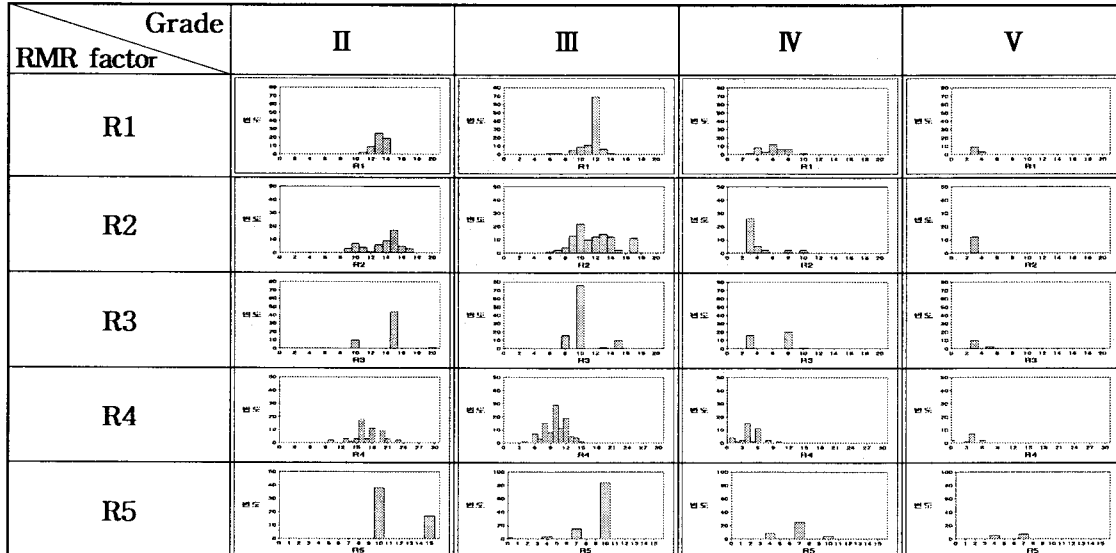
4) 한국시설안전기술공단(parksh@kistec.or.kr)

하량이 작아진다. 그러나 Fig 1과 같이 실제 터널의 데이터는 RMR 값의 변화에 따라 터널 변위량의 변화가 크게 나타나지 않는다. 이는 암반등급에 따라 적용된 보강효과에 의한 것으로 판단된다.

Table 1 The characteristics of discontinuities in the study area

Field index	SET1		SET2		SET3		Total	
	Mean	ISRM	Mean	ISRM	Mean	ISRM	Mean	ISRM
Orientation	184/16	-	285/79	-	033/80	-	-	-
Spacing (cm)		Close	23.4	Moderate	24.1	Moderate	23.9	Close
Persistence (m)	17.0	Medium	2.41	Low	2.88	Medium	7.51	Very low
Roughness	-	IV,V	-	V	-	V	-	V
JCS(Mpa)	57.1	Strong	66.9	Strong	62.3	Strong	62.9	Strong
Aperture (mm)	0.8	Very tight	1.27	Open	1.18	Open	7.51	Open
Seepage	-	I	-	I	-	I	-	I
Weathered	-	III	-	III	-	III	-	III
RQD(%)	58.5	Fair	58.5	Fair	58.5	Fair	58.5	Fair

Table 2 Histograms showing frequencies of RMR values with each rock mass grade



퇴적암 터널의 지질 특성과 변위특성간의 연계분석을 위해 본 연구에서는 정준상관분석을 통한 수량화기법을 이용하였다. 정준상관분석은 두 변수집단 사이에 존재하는 상관구조를 설명하기 위한 통계적 분석기법의 일종이다. 이 분석은 여러 변수들을 두 변수집단인 종속변수 집단과 독립변수집단으로 분류한 후, 두 변수집단 사이의 상관구조를 가장 잘 설명할 수 있는 변수들의 선형결합을 찾는 기법이다.

정준상관분석을 이용한 수량화 과정 중 정준계수의 범위(range)는 편상관(partial correlation coefficient)의 값으로 대체될 수 있는데, 여기서 편상관은 수량화 결과로부터 모든 질적변량을

양적변량으로 대체한 후 다중회귀를 통해 구해진다. 이 과정을 통해 얻어진 결과 및 최종적인

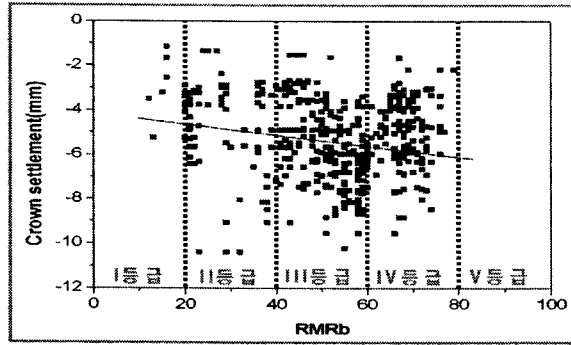


Fig. 1 Relationship between RMR value and crown settlement of sedimentary tunnel

퇴적암 보강 터널에서의 RMR 인자별 변위에 미치는 영향도를 Table 3에 요약하였다. 기존 RMR 항목의 배점과 비교해 보면, 무결암의 강도(R1)와 지하수 상태(R5)는 각각 15점에서 28점, 15점에서 29점으로 높아졌다. 반면에 절리 간격(R3)과 절리 상태(R4)는 원래의 배점에 비해서 낮아졌다. 이는 보강된 퇴적암 터널에서의 변위는 상대적으로 무결암의 강도와 지하수 상태에 의해 많이 지배받음을 의미한다.

Table 3 Results of quantification using canonical correlation analysis

RMR factor	Rating	Range	Partial corr.(1)	Partial corr.(2)	Influence
R1	15	0.30641 (27.8%)	0.3322 (28.6%)	0.2601 (24.5%)	28%
R2	20	1.8652 (17%)	0.2359 (20.3%)	0.2240 (21.1%)	17%
R3	30	2.2575 (20.6%)	0.1780 (15.3%)	0.1670 (15.8%)	20%
R4	20	0.6295 (5.8%)	0.1013 (8.7%)	0.1096 (10.3%)	6%
R5	15	3.1391 (28.7%)	0.3164 (27.2%)	0.2998 (28.3%)	29%

3. 결론

본 연구에서는 퇴적암을 기반으로 하는 터널의 지질정보와 변위특성간의 정준상관분석을 통한 수량화 기법을 이용하여 각 RMR 항목이 터널의 천단침하에 미치는 영향도를 분석하였다. 그 결과를 요약해보면, 원래의 RMR 항목의 배점에 비해 R1, R5의 영향도가 상승하였고 R3과 R4는 감소하였다. 각 인자의 절대적인 영향도 크기 또한 R1과 R5가 가장 크다. 이는 굴착중인 퇴적암 터널의 변위를 추정하기 위해서는 막장 지질조사 시 무결암의 강도와 지하수 상태에 대한 조사가 다른 항목에 비해 좀 더 신중하게 이루어져야 함을 의미한다.

향후 본 연구 결과는 터널 굴착 중 암반의 변위를 추정하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 물론 이를 위해서는 더 많은 퇴적암 터널의 데이터를 획득하여 분석해야 하며, 또한 변성암 및 화성암 등의 다른 암종에 대한 동일한 연구가 꾸준히 수행되어야 할 것이다.

4. 사 사

본 연구는 건설교통부의 2005년 건설핵심기술연구개발사업인 "IT 및 신소재를 활용한 급속 안정화 터널시공기술개발(과제번호:C105A1020001-05A0502-00240)" 연구사업의 일환으로 수행되었습니다.