

국내 터널 갱구사면 데이터베이스 관리 시스템 개발 및 상태평가 기법에 관한 연구

Study on development of data base system and pattern analysis of tunnel portal slope in Korea

백 용*¹, 권오일², 구호본³, 배규진⁴, 이승호⁵

Baek, Yong · Kwon, O-Il · Koo, Ho-Bon · Bae, Gyu-Jin · Lee, Seoung-Ho

Abstract

The number of tunnels are in fact increasing as a part of linear improvement project of general national highway and road enlargement and pavement project. Recently, collapses of portal slope are also occurring considerably, due to local raining from severe rain storm and abnormal weather. Accordingly, it was risen a necessity to efficiently respond to tunnel portal slope damage and maintenance in Korea and oversea nations. This paper is a basic proposal to execute a survey on the current status and state of the tunnel portal slopes that were already installed and are now being operated along general national highways, and also to execute state evaluation for the purpose of managing those effectively. As a research method, domestic tunnels were analyzed in accordance with geometrical shape such as access type, portal form, and tunnel type, etc. via field survey to analyze the types of tunnel portal slopes along national highways. State evaluation classification sheet is presented to divide classes for the danger state of the surveyed portal slopes, and then the related grades are divided. It is mainly aimed at classifying the tunnel portal slope along national highways with using this state evaluation, to use it as basic data so that continuous maintenance can be executed in the future in accordance with danger classes.

Keywords: Tunnel portal slope, portal form, pattern analysis, state evaluation classification sheet

요 지

일반 국도의 선형개량사업 및 도로 확포장 사업의 일환으로 터널의 수가 증가하고 있는 실정이다. 최근들어 집중호우 및 이상기후로 인하여 국지적인 강우가 발생하여 갱구사면의 붕괴도 적지 않게 발생하고 있다. 따라서, 국내의 터널 갱구사면 피해 및 유지관리를 효율적으로 대처할 필요성이 대두되었다. 본 연구는 일반국도변에 기설치 운영되고 있는 터널 갱구사면의 현황 및 상태에 대한 조사를 실시하고 수집된 데이터의 효율적인 관리를 위한 데이터베이스 시스템을 개발, 향후 유지관리를 위한 상태평가 기법을 개발하는 것이다. 연구방법으로는 국도변의 터널 갱구사면의 형태를 분석하기 위하여 현장 조사를 통하여 국내의 터널을 진입형태,

*1 정회원, 한국건설기술연구원 지반연구부 선임연구원 (baek44@kict.re.kr)

2 정회원, 한국건설기술연구원 지반연구부 연구원

3 정회원, 한국건설기술연구원 지반연구부 수석연구원

4 정회원, 한국건설기술연구원 지반연구부 연구위원

5 정회원, 상지대학교 토목공학과 부교수

갱문형식, 터널 유형 등 기하학적인 형태에 따른 분석을 실시하였다. 수집된 자료의 효율적인 관리를 위해서 그래픽 사용자 인터페이스를 사용하여 입력, 수정 및 조회가 가능한 데이터베이스 관리 시스템을 개발하였고, 조사된 갱구사면의 위험상태에 대한 등급을 분류하기 위한 상태평가 기준표를 제시하고 이에 따른 등급을 분류하였다. 본 상태평가를 이용하여 국도변의 터널 갱구사면을 분류하여 위험 등급에 따라 향후 지속적으로 유지 관리를 실시할 수 있도록 기초자료로 활용하고자 하는 것이 주 목적이다.

주요어: 터널 갱구사면, 갱문형태, 유형분석, 데이터베이스 관리 시스템, 상태평가 기준표

1. 서론

국내의 경우 지형특성상 70% 이상이 산지로 구성되어 있어 도로 건설에 따른 터널의 발생은 필연적이다. 해마다 터널 갱구사면 및 입출구 사면의 붕괴로 발생하는 교통의 두절과 인명 손실은 엄청난 국가적 손실을 발생시키고 있는 실정이다. 터널 시공중에 있어 안정성 검토 등에 대한 연구는 최근 활발히 이루어지고 있다 (유충식, 2004). 반면, 갱문부의 사면에 대한 연구는 미진한 상태라 할 수 있다. 일반사면의 경우, 절토사면 유지관리시스템이나 상시점검 체계를 구축하여 고속도로, 국도, 철도 등에서 일괄 관리하고 있으며 지침도 마련되어 있다 (한국시설안전기술공단, 2003). 전국 18개 국도유지건설사무소에서 관리하고 있는 터널의 개수는 총 112개소에 해당되고 있으며 전국 5개청별 분포현황을 보면 표 1과 같다. 원주청, 부산청, 대전청의 터널 개수가 많으며 평균연장은 대전청이 가장 긴 것으로 조사되었다.

본 연구는 일반국도 터널 갱구사면을 현장에서 직접 조사, 관찰하여 수집된 자료를 바탕으로 전반적인 현황을 분석하고 갱구사면의 시공 및 안정성을 평가하여 향후 유지관리 대책 마련과 관련된 연구에 기초 자료로 활용하는데 그 목적이 있다. 도로설계편람 (1999)에 의하면 터널 갱구사면의 관리의 터널 연장이 1km 이상인 구조물을 대상으로 관리사무소를 두고 관리인이 상주하면

서 점검한다. 반면, 일반국도의 경우, 표 1에서 보는 바와 같이 1km 미만의 터널이 대부분이다. 따라서, 일반국도변 터널 갱구사면을 어떻게 관리하여야 하는 것은 국도 관리자나 국도를 이용하는 이용자의 관심에 대상이 되고 있다.

본 연구는 일반 국도변의 터널 갱구사면의 현황조사를 실시하고 터널 갱구사면의 실태를 조사 분석하였다. 또한 이들의 자료를 효율적으로 관리하기 위하여 데이터베이스 시스템 (D/B system)을 구축하였으며 안정성 평가를 위한 상태평가기법을 제시하는 것이다.

2. 터널 갱구사면 현황 분석

국도변의 터널 갱구사면 현황분석 및 상태평가를 위하여 현장조사를 통하여 수집된 자료를 사용하였다. 본 자료 분석에 활용된 현장은 표 2와 같다. 표 2에서 보는 바와 같이 터널 명, 터널 갱문수, 갱구사면의 수로 구분하여 현황을 분석하였다. 이런 차이는 일반국도의 터널이 상하행으로 구분되어 있는 터널과 왕복차선으로 된 터널, 갱구사면이 없는 터널이 있기 때문이다. 갱구사면의 수는 갱구사면의 현장조사시 이용된 현장 조사 수로써 갱문을 정면으로 바라보았을 때, 갱구부 상부에 위치하는 사면을 “정면사면”이라 하고, 갱구부와 연결되어

표 1. 전국 일반국도변의 터널 분포 현황

청 별	총 계	서울청	원주청	대전청	익산청	부산청
터널 개수	112	20	25	23	20	24
평균연장	608	458	653	729	607	568

표 2. 관리 기관별 터널 및 갱구사면 개수

청 별	관리국도	터널명	갱문 갯수	터널 현장수
총 계		72	161	112
서울청	수원	2	8	4
	의정부	8	17	16
원주청	홍천	15	34	21
	강릉	-	-	-
	정선	4	8	4
대전청	논산	5	10	7
	충주	7	17	14
	보은	-	-	-
	예산	1	1	2
익산청	광주	6	15	9
	진주	1	2	1
	남원	4	8	5
	순천	3	8	5
부산청	대구	-	-	-
	진주	2	4	4
	포항	4	8	6
	영주	7	14	10
	진영	3	6	4

좌측에 위치하는 사면을 “좌안사면”, 우측에 위치하는 사면을 “우안사면”이라 구분하였다. 각각의 터널 갱구부는 위에서 살펴본 진입형태 등과 같은 지형적인 요인에 의해서 좌안, 정면, 우안사면이 모두 존재하는 경우도 있지만 그렇지 못한 경우도 존재한다. 지방청별로 서울청이 25개소로 가장 적은 분포를 나타내고 있으며 원주청, 익산청, 부산청의 갱문 개수는 비슷하다. 터널을 가장 많이 유지관리하고 있는 국토유지건설사무소는 홍천국도이며, 관할 관내에 터널이 없는 국토유지건설사무소는 3개소로 강릉, 보은, 대구국도유지건설사무소이다. 이외에는 관할 국토내에 골고루 분포하고 있는 것으로 나

타났다.

터널 갱구사면 분석을 위하여 각각의 터널 현장을 입구부와 출구부로 구분하였다. 또한, 세부적으로 갱문을 분석하기 위하여 갱문의 위치 및 단선터널, 복선터널로 구분하였다. 이는 향후 유지관리차원에서 적용하여야 할 유지관리시스템 적용성 유무에 이용되기 위함이다. 터널 유형별 개수 및 터널 연장을 분석한 결과는 표 3과 같다. 표 3의 단선병렬터널은 터널 갱문의 위치가 동일하며 상하행선이 구분이 되어 있는 터널이며, 복선터널은 상하행선이 동일한 터널을 말한다. 또한 단선터널은 상하행선 중 일부 노선이 터널로 구성된 것이다. 분석결과 국내

표 3. 터널 유형별 개수 및 터널 연장

터널 유형	터널 갯수	갱문별 갯수	구분	연장 (m)	비고
단선병렬터널	40	97	최소	150	광주국도 (추월산 터널)
복선터널	31	62	최대	1,960	충주국도 (박달재 터널)
단선터널	1	2	평균	608	

대부분의 경우, 단선병렬터널이 대부분인 것으로 나타났다. 단선터널의 경우, 유일한 터널은 진영국도유지건설 사무소 관내 마암산터널이 하행 차선만 터널로 이루어져 있기 때문이다. 일반 국도 터널 연장은 광주국도유지건설 사무소 관내 추월산 터널이 연장이 가장 짧으며 최대 충주국도유지건설 사무소의 박달재 터널이 가장 긴 것으로 조사되었다.

터널 갱문 위치와 형태에 대하여 향후 유지관리와 상시 계측시스템의 도입 등 유지관리 차원에서 이용하기 위하여 분석하였다. 표 4는 진입형태와 갱문 형식에 대한 분석 결과이다. 먼저, 진입형태에 대한 분석을 시도하고 갱문형식에 대한 분석을 살펴본다.

일반적으로 갱구부의 진입형태는 지형이나 기상의 영향을 가장 많이 받으며, 지형과 터널 중심축과의 관계에 따라서 총 다섯가지 형태로 구분할 수 있다. 가장 이상적인 터널 축선과 경사면의 위치관계인 “경사면 직교형”, 터널 축선이 경사면에 대해 비스듬하게 진입하는 “경사면 경사교차형”, 경사 교차가 가장 극단적인 “경사면 평행형”, 지형의 능선을 따라 진입하여 선형상으로 갱구부의 굴착량이 최소가 되는 “밀뿌리 평행형”, 지형의 골짜기를 따라 진입하는 “골짜기 진입형” 등으로 구분된다. 분석결과 가장 많은 진입형태는 경사면 경사교차형, 골짜기 진입형, 밀뿌리 평행형, 경사면 평행형, 경사면 직교형 순으로 나타났다. 이는 산악지형인 국내의 여건과 도로선형화를 추진하고 있는 현 기본 계획에 부합된 결과로 생각된다. 터널의 길이를 최소화 하기 위한 골짜기 진입형의 형태도 많은 것으로 나타났으며, 터널 안정성에 영향을 미치는 편압을 고려할 경우 경사면과 평행한

터널은 상대적으로 적게 나타났다.

다음으로 갱문형식에 대하여 분석하였다. 터널 입구를 형성하는 갱문의 형식은 낙석 붕괴, 눈사태, 누수 등으로부터 갱문부를 보호하기 위해 지형, 지질, 배수 등을 고려하여 선택한다. 갱문의 형식은 크게 중력형, 면벽형, 돌출형 등으로 구분된다. 자료를 분석한 결과 국내 터널 갱문 형식은 크게 면벽형 날개식이 대부분을 차지하고 있으며 돌출형 원통절개식이 다음으로 많은 빈도를 나타내고 있다. 이는 국내의 산악지형이 많은 국도와 지세를 이용한 도로 개설 등으로 인하여 원지반 훼손을 최소화하기 위하여 터널의 갱문형식을 선정, 시공된 것으로 볼 수 있다.

3. 데이터베이스 관리 시스템 개발

3.1 시스템 개요

본 연구에서는 전국 일반국도에 분포하는 터널 갱구사면의 현황조사를 실시하여 수집된 자료를 체계적이면서 효율적으로 관리하고 상태평가에 활용할 뿐 아니라 향후 유지관리에 실무적인 차원의 적용을 위하여 터널 갱구사면 데이터베이스 관리 시스템을 개발하였다.

본 과업을 통하여 개발된 터널 갱구사면 관리 시스템은 그래픽 사용자 인터페이스 (GUI:Graphic User Interface)를 사용하여 입력, 수정 및 조회가 쉽도록 만들어졌으며 입력방식에서 Excel 파일을 Import 할 수 있어 Excel 파일로 작업한 데이터들을 한번에 입력 시킬 수

표 4. 터널 갱구부의 진입형태 및 갱문형식별 갱구사면 개수

진입형태	갱구사면 개수	갱문형식		갱구사면 개수
경사면 직교형	10	중력형	중력반중력식	3
경사면 경사교차형	49	면벽형	날개식	106
			아치날개식	7
경사면 평행형	12	돌출형	원통절개식*	42
밀뿌리 평행형	42		파라켓트식	2
골짜기 진입형	48		돌출식	1
			벨마우스식	0

*:국내에서 일부 원형절개식이라는 용어로 혼용하여 사용되고 있음

있도록 하여 입력을 용이 하게 하였다. 그와 아울러 지리 정보시스템 (GIS:Geographic Information System) 을 이용하여 이미 구축된 다양한 속성을 가진 수치지도를 통하여 분석이 용이하도록 시스템을 구축하였으며 현장의 상태나 주변환경의 상태를 이미지 화일 / 파노라마 이미지를 통해 시각적으로 보다 현실적인 자료들을 열람 할 수 있도록 하였다. 이와 같이 구축된 시스템은 전체 갱구사면의 현황 및 특징을 누구나 손쉽게 열람하여 확인할 수 있을 뿐만 아니라 일상점검, 정기점검, 정밀점검, 긴급점검 등의 조사목적 구분을 두어 각각의 갱구사면이 향후에 유지관리 되는 과정을 체계적으로 데이터베이스 화할 수 있는 특징이 있어 실무에 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

3.2 데이터베이스 시스템 개발환경

본 시스템의 개발을 위해 (주)한국인프라에서 개발한 GIS 소프트웨어를 사용하였고, 그래픽 사용자 인터페이스 방식의 사용을 위해 확장성과 활용도가 높은 Micro-Soft사의 Visual C++을 사용하여 다양한 모듈을 구축하였다. 본 프로그램은 Windows 95, 98 및 NT, 2000, XP 등에서 작동되도록 프로그래밍 되어 있으며 사용자에게 직관적이며 손쉬운 입력, 수정, 삭제, 검색의 도구를 제공한다. 또한 효율적인 데이터베이스의 관리와 향후 자료의 증가 시 발생할 수 있는 관리 시스템 (응용 프로그램)의 효율 저하를 방지하기 위해서 MySql을 사용하였다. 지도데이터와 데이터베이스 서버의 구축을 위하여 사용된 프로그램의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

3.2.1 지도데이터 - AccuMap X/VCL

공간자료는 지도상에서 점, 선, 면을 이용하여 종이 위에 객체의 위치와 형태를 표현된다. 이에 반해 컴퓨터에서는 객체의 위치가 좌표 값의 형태를 가지고 있으면서 시각적으로 지도와 똑같이 점, 선, 면으로 객체의 위치나 형태로 표현된다. 속성자료는 지도에서나 컴퓨터에서 객체의 이름, 크기, 길이 등과 같은 속성이나 의미를 문자나 숫자로 나타내는 것이다.

지리정보시스템에서의 모든 자료는 그래픽으로 도시 될 수 있도록 공간좌표를 기반으로 저장되며, 각각의 공

간적 자료와 관련되어 속성자료들을 저장함으로써 사용자의 요구에 맞추어 저장, 검색, 수정, 삭제, 추가될 수 있다. 또한 자료를 처리, 변환, 조합, 분석, 질의, 모형화 (modeling)함으로써 사용자가 원하는 결과를 산출하며 이를 시각화한다. 이러한 공간좌표처리의 편의성으로 인하여 지리정보시스템은 자원탐사, 토지이용 계획수립, 교통량 분석, 녹지개발, 마케팅 등의 다양한 분야에 응용되고 있다.

본 시스템에서는 도로관리통합시스템의 지도자료인 도로망 주제도를 사용하였다 (한국건설기술연구원, 2002). 도로망 주제도는 교통개발 연구원의 '99년도 정보화근로 사업'의 일환으로 수행되었던 전국교통 DB구축사업의 지도 데이터로써 "NGIS 수치지도" 편집, 교통DB화 작업 및 실사로 작성되었다.

도로망 주제도의 모든 자료의 저장 및 관리 단위는 레이어이다. "레이어"라 함은 하나 하나의 물체가 여러 개의 논리적인 객체들로 구성되어 있는 경우 이러한 각각의 객체를 하나의 레이어라 한다. 일반적으로 하나의 레이어는 유사한 특징을 가지는 객체들을 포함하여 구성한다. 예를 들어 지형도를 건물, 도로, 등고선 등의 레이어로 구분하며, 도로 레이어에는 고속도로, 국도, 지방도 등 여러 종류의 도로가 포함된다.

또한 모든 지도는 지구를 편평한 종이 위 또는 컴퓨터 스크린에 투영하기 위해 좌표계를 가져야하며, 도로망 주제도에서 사용한 좌표계는 다음과 같다.

1. 좌표를 전개할 때 사용되는 지구의 형상 및 크기는 베셀 타원체의 값을 사용한다.
2. 좌표의 전개는 평면직각좌표계에 의한 횡단메르카토르 (TM) 도법으로 하며 축척계수는 0.9999, 좌표의 단위는 m이다.
3. 평면직각좌표계의 원점은 북위 38°, 동경 128°이다.
4. 평면직각좌표계의 X축은 좌표원점을 지나는 자오선에 일치하는 축으로 하며, 북의 방향을 (+)부호로 한다. 좌표계의 Y축은 좌표원점에 있어서 좌표계의 X축에 대하여 직교하는 축으로 하며 동의 방향을 (+)부호로 한다.
5. 좌표계 원점의 값은 X=400,000m Y=600,000m로 한다.

도로망 주제도의 자료형식은 공개된 자료형식인 DXF

표 5. 도로망 주제도의 레이어 분류표

대분류	중분류	소분류 레이어명	자료내용	DXF 레이어	비고	
A (시설물)	AA (건물 및 관련 지물)	AA001G	면형건물	411X, 42XX, 4322, 4411, 4413, 4431, 4432, 4511, 4513, 4521~3, 4525, 4531, 461~4614,	공+속	
	AB (문화 및 오락)	AB100P	점형 문화 및 오락시설	4414, 4415, 4425, 4426, 4427, 5321, 5323	공+속	
		AD001L	도로	311X, 313X, 314X	공+속	
	AD (도로)		AD0022	레벨2 도로중심선	3	공+속
			AD0023	레벨3 도로중심선		
			AD0024	레벨4 도로중심선		
			AD0102	레벨2 도로교차점		
			AD0103	레벨3 도로교차점	4	공+속
			AD0104	레벨4 도로교차점		
			Turn_Info2	레벨2 회전제한 정보		
			Turn_Info3	레벨3 회전제한 정보		
			Turn_Info4	레벨4 회전제한 정보	링크 속성정보	속성
			Signal_Info	신호현시 정보		
	AE (도로시설)		AE001	인도	3324	공+속
			AE010	교량	333X	공+속
			AE020	터널	3122	공+속
			AE040	고가도로	3341	공+속
			AE050	지하도	3342	공+속
			AE100	육교	3321	공+속
			AE110	도로분리대 (중앙분리대)	3121	공+속
			AE132	신호등	3367	공+속
			AE230	주차장경계	3354	공+속
			AE260	정류장	3411, 3412	공+속
			Tollgate	요금징수시설	3367 (신규입력)	공+속
			AE999	기타		
			Road_Operation	도로운행특성구간		속성
			Oper_Sec_Links	운행특성구간 링크구성정보		속성
			Rd_Fac_Links	도로시설관련 링크구성정보		속성
	AF (철도)		AF002	철도중심선	1141 (신규입력)	공+속
			AF030	철도교차점	1151 (신규입력)	공+속
	AG (철도시설)		AG080	철도정차장 (역)	1161 (신규입력)	공+속
	BA (내륙수계)		BA001	하천경계	2111	공+속
	B (수계)	BB (수계시설)	BA010	호수, 저수지	2114, 2115	공+속
BB001			계방상단		공+속	
BB002			계방하단		공+속	
BB020			댐		공+속	
BB050			선착장, 항만		공+속	
BC (해양)		BC000	해안선수가	2121, 2122	공+속	
C (지형/지질)	C (고도)	CA001	등고선	711X, 712X, 713X	공+속	
E (행정/경계)	EA (행정구역)	EA0011	전국 행정구역경계	811X	공+속	
		EA0012	시/도 행정구역경계		공+속	
		EA0013	시/군/구 행정구역경계		공+속	
		EA0014	읍/면/동 행정구역경계		공+속	
(대중교통망)	버스교통망	Bus_Route	버스노선링크	신규입력	공+속	
		Bus_Node	버스노선간 교차점			
		Bus_Links	버스노선링크 구성정보			속성
Z (일반)	ZC (주기)	ZC001	시설물 (미분류)	AFXXX, AGXXX	공+속	
		ZC002	건물 및 관련지물	AXXXX	공+속	
		ZC003	문화 및 오락	ABXXX	공+속	
		ZC005	도로	ADXXX	공+속	
		ZC006	도로시설 (I)	(AE001-AE053)	공+속	
		ZC007	도로시설 (II)	(AE100-AE160)	공+속	
		ZC008	도로시설 (III)	(AE200-AE270)	공+속	
		ZC009	도로시설 (IV)	(AE300-AE340)	공+속	
		ZC101	내륙수계	BA001	공+속	
		ZC103	해양	BA010, BA000	공+속	
		ZC199	수계 (기타)	신규입력	공+속	
		ZC401	행정구역	EA001	공+속	
		ZC499	행정/경계 (기타)	EA000	공+속	
		ZD (도락)	ZD002	격자	신규입력	공+속
	T1 (교통계획 및 분석)	T11 (교통분석준)	T1110	교통준	교통분석자료	공+속
			T1120	센트럴로이드	교통분석자료	공+속
			T1130	센트럴로이드커넥터	교통분석자료	공+속
T12 (교통조사지점)		T1210	교통조사지점	교통조사도면	공+속	

파일과 ESRI사의 SHAPE형식으로 작성되었고, 이 형식의 자료를 본 시스템에서는 GIS Tool인 AccuMap의 형식으로 변환하였다. DXF파일은 Data eXchange Format으로 NGIS수치지도의 저장 및 보급 파일 형식이며, SHAPE (.shp, .shx, .dbf)는 미국의 ESRI사의 GIS 프로그램에서 사용하는 파일 형식이다. 도로망 주제도의 레이어 분류는 표 5와 같다.

3.2.2 데이터베이스처리시스템 (Data Base Management System)

데이터베이스처리시스템으로 MySQL이 사용되었으며, 이는 기본적으로 데이터베이스의 확장이 가능하고, 자료가 증가함에 따라 DB Access속도에 영향을 받지 않고 빠르며, 관리가 편리할 뿐만 아니라 응용프로그램의 수정이 편리하고 향후 데이터의 활용 시 별도의 수정 없이 활용이 가능하며, Web page와의 연동도 아주 편리하다. 또한 많은 사용자들이 쓰고 있으며, 기술지원이 풍부하여 프로그램 개발에 용이하고 테이블 당 하나의 파일로 저장되므로 Backup이 편리할 뿐만 아니라 디스크의 물리적 결합에 의한 손실을 대부분 복구 할 수 있는

틀도 제공해 줌으로 안정성이 있다. 그리고 자료의 보안을 유지하기 위하여 데이터베이스에 암호를 부여하였다. 아래 그림에서 알 수 있듯이 다른 DB도구와 벤치마크테스트 결과에서 오라클과 거의 유사한 성능을 발휘하고 있다.

3.3 시스템 모듈

개발된 프로그램의 구성은 데이터베이스에 접근하여 자료들을 열람/검색하는 현장데이터 검색 모듈과 데이터를 입력/수정/삭제하는 데이터 입력 모듈이 구축되어 있고, 이를 사용자가 개인 컴퓨터를 사용하여 데이터베이스에 접근하는 방식으로 되어있다.

3.3.1 현장데이터 검색 모듈

사용자가 현장정보 검색 모듈을 통해 데이터베이스에 접근하여 터널 일반정보들과 사면정보, 현장 이미지 등을 검색 할 수 있고 기간별 검색뿐만 아니라 데이터의 항목별 다양한 조건으로 원하는 데이터 검색이 가능하도록 하였다. 사용자가 AND, OR을 사용하여 검색 조건문

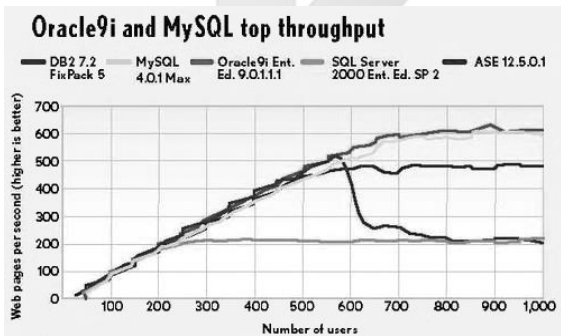


그림 1. MySQL과 다른 DB 도구와의 성능 비교

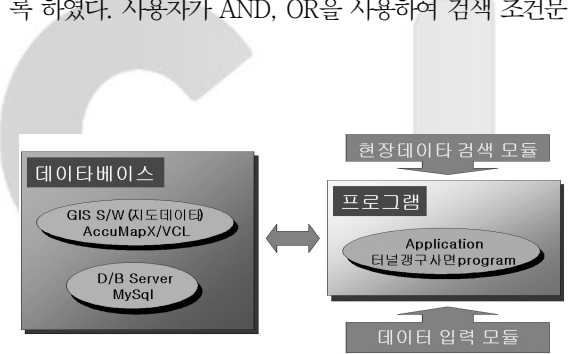


그림 2. 시스템 모듈 구성도

표 6. 현장 데이터 항목별 세부 검색조건

항 목	세 부 사 항
일반현황	조사목적, 터널유형, 현장명, 행정지명, 조사일자, 차선
도로/위치정보	도로 호선
터널개요	관리관청, 관리사무소, 터널 연장길이, 준공년도, 터널진입형태, 터널갱문형식
지질특성	암종구분, 풍화도, 암석명
사면정보	좌안, 정면, 우안사면 존재유무, 연장길이, 높이, 사면경사, 이격거리, 시공현황, 붕괴이력

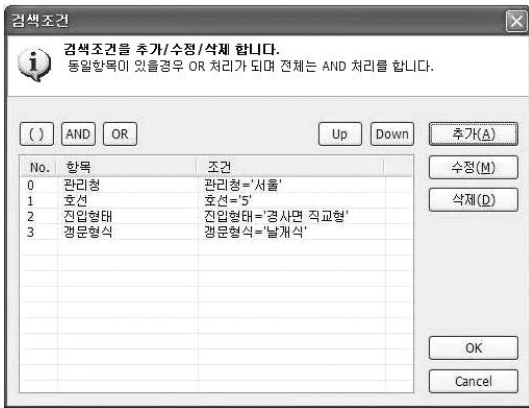


그림 3. 데이터 검색조건 설정창 및 검색 결과창

을 직접 작성 할 수 있도록 하여 보다 세밀하고 정확한 데이터를 추출/검색하는데 효과적이다. 표 6은 현장정보 검색 모듈을 통해 검색이 가능한 항목과 세부조건을 보여준다.

표 7. 데이터 항목별 세부 입력사항

항 목	세 부 사 항	
일반현황	조사목적, 터널유형, 현장명, 행정지명, 조사자, 조사일자, 날씨, 차선	
도로/위치정보	거리표 체계에 따른 위치, 위/경도 좌표	
터널개요	관리관청, 관리사무소, 터널 연장길이, 발주 및 준공일자, 발주처, 감리처, 시공처, 터널진입형태, 터널경문형식	
지질특성	암종구분, 풍화도, 암석명, 불연속면 종류	
사면정보	좌안사면	존재유무, 연장길이, 높이, 사면방향, 이격거리, 시공현황, 붕괴이력, 현황도
	정면사면	존재유무, 연장길이, 높이, 사면방향, 이격거리, 시공현황, 붕괴이력, 현황도
	우안사면	존재유무, 연장길이, 높이, 사면방향, 이격거리, 시공현황, 붕괴이력, 현황도
이미지 자료	파노라마 전경사진 자료, 세부사진 자료, 동영상 자료	

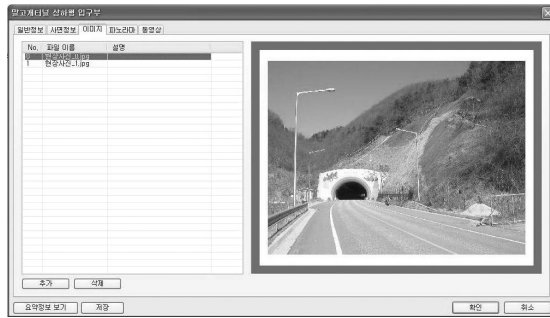


그림 4. 사면정보 입력창 및 이미지 자료 입력창

관리관청 및 사무소, 도로 호선, 현장명, 행정지명 등의 조건을 적용할 경우 터널 갱구사면의 유지관리 주체 별로 해당 현장들의 현황을 쉽게 파악하고 관리할 수 있다. 조사목적, 조사일자, 준공년도, 시공현황 등의 조건을 적용하면 현장별로 유지관리되는 과정 및 향후 유지관리 대상을 선별하는데 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 연장, 높이, 경사, 풍화도 등의 지질 및 사면정보를 검색조건으로 적용함으로써 유지관리

대상의 우선순위를 결정하는데 도움이 될 것으로 판단되는 등 본 시스템의 다양한 검색기능은 그 활용도가 매우 높다고 할 수 있다.

3.3.2 현장데이터 입력 모듈

데이터 입력 모듈을 통해 데이터베이스를 구축하고 수정 / 삭제가 가능하도록 하였다. 직접 입력화면을 통해 입력 하는 방식이 있고, Excel파일을 Import함으로써 많은 데이터들을 한번에 입력하는 방식이 있다. 또한 Excel 파일로 Export하는 기능이 있어 Excel 파일로 데이터 보관이 가능하며, 데이터가 손상되었을 때 저장되어있는 Excel 파일을 다시 Import함으로써 시스템 정상화를 손쉽게 빠르게 할 수 있는 장점이 있다.

이미지 데이터 입력 모듈은 원본 이미지를 복사하여 현장별로 폴더를 생성하여 데이터베이스를 구축하며 일반 사진 이미지뿐만 아니라 파노라마 이미지도 관리할 수 있어 보다 사실적으로 현장을 이해할 수 있는 데이터 체계를 구축할 수 있다.

3.4 시스템 구축 결과 및 향후 계획

터널 갱구사면 데이터베이스 관리 시스템은 전국 일반 국도에 분포하는 모든 터널 갱구사면의 현황자료가 포함되어 있다. 현황자료는 일반현황, 위치정보, 터널개요, 지질특성, 사면정보, 이미지 자료 등 다양한 정보를 포함한다. 시스템 내에 체계적으로 수집되어 있는 많은 자료들은 터널 갱구사면의 유형분석 및 상태평가 기법을 연구하는데 효과적으로 활용되었으며, 향후 관련 연구의 기초 자료로 활용하는데 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

개발된 시스템은 국내 터널 갱구사면의 현황을 파악하고 이를 체계적으로 데이터화하여 관리한다는 점에서 큰 의미를 부여할 수 있으며, 각 국도유지건설사무소의 담당자가 현장을 효율적으로 유지관리 하는데도 도움이 될 것으로 기대된다. 아울러 향후 터널 갱구사면의 보다 효율적이고 전문화된 유지관리를 위하여 전문가 시스템이나 상시 계측 시스템 등과 연계된 통합 시스템을 구축하는 연구가 요구된다.

4. 터널 갱구사면 상태 평가

4.1 상태평가 결정 방법

터널 갱구사면의 효율적인 유지관리를 위하여 조사된 터널 갱구사면의 상태를 평가할 필요가 발생한다. 제시된 상태평가의 기준에 따라 터널 갱구사면의 상태를 평가하고 집중관리 대상을 선정하여 중장기적으로 대책을 마련하는 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 터널 갱구사면의 체계적인 관리를 위하여는 먼저 터널 갱구사면의 기본 자료, 갱구사면 상태평가, 그리고 피해확률을 고려하여 종합적인 판단을 수행하여야 할 것이다.

본 연구에서는 갱구사면의 상태평가를 실시할 수 있는 항목에 대하여 기본 배점을 부여하고 각각의 요소에 대하여 정량화 값을 부여하여 최종적인 등급을 부여하게 된다. 상태평가 등급은 구조물 안전진단 결과와 마찬가지로 총 5개의 등급으로 구분한다.

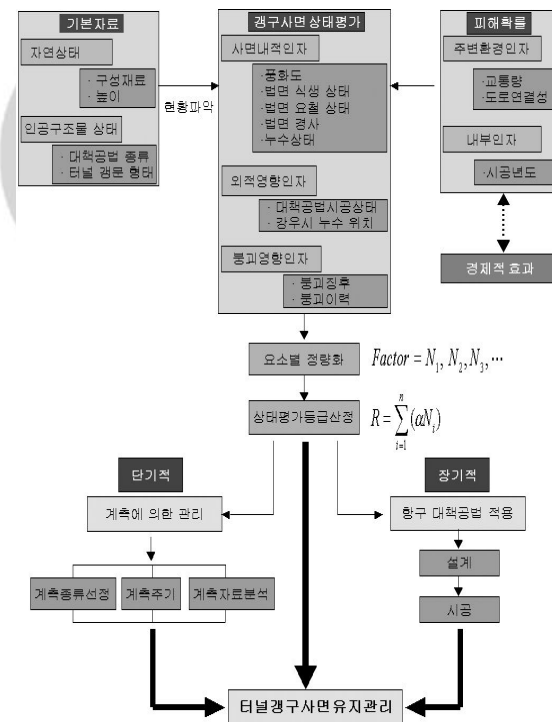


그림 5. 터널 갱구사면 상태평가 흐름도

그림 5는 터널 갱구사면의 상태평가를 수행하고 향후 지속적인 유지관리를 실시하기 위한 흐름도를 개략적으로 나타낸 것이다. 개괄적으로 갱구사면의 관리는 상태평가를 실시한 후 이를 단기적인 차원에서 계측시스템을 사용하여 관리할 것인지, 또는 안정성을 확보되지 못하여 시급한 대책이 마련되어야 할 지를 판단하여 항구대책을 수립하여야 하는 지 판단할 수 있도록 되어있다.

터널 갱구사면의 상태평가 등급의 배점은 크게 16개의 평가항목으로 구성되어 있다. 크게 3개의 단위로 구분하였으며 12개의 평가항목은 배점을 부여하여 갱구사면의 상태평가 등급 분류의 기본 점수로 하였다. 이중 기본 자료에 해당이 되는 구성재료, 높이, 대책공법 종류와 갱문형태에 대하여는 배점을 부여하지 않고 기본 자료로만

이용하였다. 표 8은 상태 평가를 실시하기 위하여 제안된 배점 기준표이다. 각 배점은 갱구사면의 붕괴와 안전성을 고려하여 안정성에 영향을 미칠 가능성이 높은 순을 이용하여 배점분포를 달리하였다. 총 상태평가 등급 산정은 다음 식(1)로 나타낼 수 있다.

$$R = \sum_{i=1}^n (\alpha N_i) \quad (1)$$

여기서 R 은 상태평가 총 합계를 나타내는 점수이며, N 은 각 요소별 배점이다.

터널 갱구사면의 상태평가는 세부 평가 항목별로 총계를 산출한 R 을 이용하여 다섯 개의 등급으로 구분하였

표 8. 상태평가 적용 배점표

항 목		등 급					
		I	II	III	IV	V	
기본 항목	구성재료	토사, 암반, 혼합사면					
	대책공법 종류	기 시공된 사면 대책공법 기재					
	갱문 형태	중력형, 면벽형, 돌출형으로 구분, 세부적 7개로 분류					
위험도 항목	사면높이	구분	10m 이하	20m 이하	30m 이하	40m 이하	40m 초과
		배점	0	2	4	6	8
	풍화도	구분	신선	약간풍화	보통풍화	심한풍화	완전풍화
		배점	0	3	5	7	9
	식생상태	구분	양호	보통	불량	-	-
		배점	0	3	5	-	-
	요철상태	구분	평탄	보통	요철	-	-
		배점	0	3	5	-	-
	법면경사	구분	30° >	50°이하	60°이하	60° <	-
		배점	0	3	6	9	-
배점비율 (80%)	누수상태	구분	건조	습함	젖음	흐름	-
		배점	0	2	5	8	-
	대책공법 상태	구분	양호	보통	불량	-	-
		배점	0	4	8	-	-
	강우시 누수위치	구분	없음	하부	중부	상부	-
		배점	0	2	5	8	-
	붕괴징후	구분	없음	낮음	보통	높음	-
		배점	1	4	7	10	-
	붕괴이력	구분	없음	낙석	표층유실	법면붕괴	-
		배점	1	4	7	10	-
피해도 항목	시공년도	구분	5년 이하	10년 이하	20년 이하	20년 초과	-
		배점	0	2	4	6	-
배점비율 (20%)	교통량	구분	5,000대 >	10,000대 >	20,000대 >	20,000 <	-
		배점	1	3	5	7	-
	도로연결성	구분	고속도로	일반국도	지방도	마을길	없음
		배점	0	1	3	5	7

표 9. 상태 평가 기준 및 향후 대책 방안

상태 등급	구분	터널 갱구사면 세부 상황
A	$0 \leq R < 30$	<ul style="list-style-type: none"> · 시공 상태 및 관리 상태가 매우 양호한 상태 · 단기간에 대책마련 및 유지관리의 우선순위가 낮은 터널 갱구사면
B	$30 \leq R < 40$	<ul style="list-style-type: none"> · 경미한 손상상태가 발견되는 경우 · 대책공법이 기시공되어 있어 급박한 대책마련은 요구되지 않으나 중장기적인 대책 마련은 필요하여 유지관리 대상으로 구분 관리하여야 하는 경우 · 일부 안정성이 낮은 구간별로 대책마련을 추구하고야 하는 갱구사면
C	$40 \leq R < 50$	<ul style="list-style-type: none"> · 부분적 붕괴가 진행될 가능성이 있으며 부분적 대책마련이 필요한 상태 · 갱구사면의 대규모 붕괴 가능성은 희박하며 중장기적인 대책마련은 필요한 상태의 갱구사면
D	$50 \leq R < 60$	<ul style="list-style-type: none"> · 붕괴 가능성이 다소 있고 조속한 기간내에 대책마련을 강구하여야 할 상태 · 도로 이용시 다소 주의를 요하는 갱구사면
E	$60 \leq R < 100$	<ul style="list-style-type: none"> · 안정성이 확보되지 않아 빠른 시일내에 대책마련이 실시되어야 할 상태 · 전구간에 대한 전문가의 안정성 검토가 수행되어야 하는 갱구사면

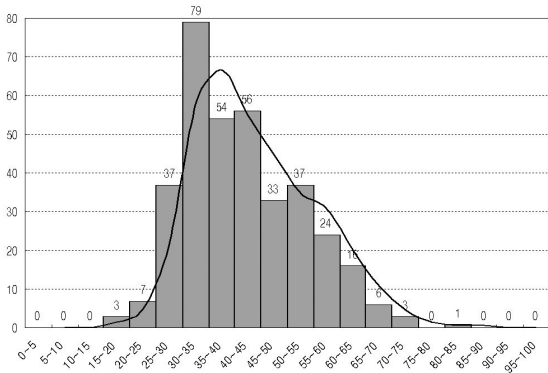


그림 6. 상태평가 분석 결과 그래프

다. 표 9는 터널 갱구사면의 상태평가가 분류를 나타낸 기준이다. 본 상태평가기준은 향후 갱구사면의 유지관리면에서 계획 및 향후 대책공법을 적용할 것인지에 대한 판단의 기준으로 활용될 것이다.

현장 조사가 완료된 자료를 이용하여 터널 갱구사면의 상태평가를 실시하였다. 분포 비율을 보면 정규분포 형태를 나타내고 있다. 그림 6은 상태평가 분포형태를 그래프로 나타낸 것이다.

5. 결론

국내 일반 국도상의 터널 갱구사면을 대상으로 현황조

사를 통하여 갱구사면의 유형을 분석하였고 수집된 데이터의 효율적인 관리를 위하여 데이터베이스 관리 시스템을 개발하였다. 총 161개의 터널 갱문을 분석하였으며 터널 갱구사면의 상태평가를 위하여 상태평가 분류표를 제안하였다. 제시된 제안표를 이용하여 일반국도상의 갱구사면 상태평가를 실시하였다. 다음은 본 연구에서 수행한 연구결과를 정리한 것이다.

1. 전국 18개 국도유지건설사무소에서 관리하고 있는 터널의 개수는 총 112개소이다. 지방청 별로 분포하는 현황을 살펴보면 원주청, 부산청의 터널수가 많았으며 평균 연장면에서는 대전청이 단연 긴 것으로 조사되었다.
2. 터널 갱구사면 현황분석 및 상태평가를 위한 분석결과, 터널 유형별 개수는 국내의 경우 단선병렬터널이 대부분인 것으로 나타났다. 연장면에서 보면 추월산 터널의 연장이 가장 짧으며 충주국도유지건설사무소의 박달재 터널이 가장 긴 것으로 조사되었다. 현재 조사된 자료의 평균 연장을 구하면 608m이다.
3. 터널 갱문 위치와 형태에 대하여 향후 유지관리와 상시 계획시스템의 도입 등 유지관리 차원에서 이용하기 위하여 분석한 결과, 진입형태는 경사면 경사교차형, 골짜기 진입형, 밀뿌리 평행형, 경사면 평행형, 경사면 직교형 순으로 나타났다. 갱문형식은 주로 면벽형 날개식이 대부분을 차지하고 있으며 돌출형 원

- 통절개식이 다음으로 많은 빈도를 나타내고 있다.
4. 터널 갱구사면의 효율적인 유지관리를 위하여 갱구사면의 상태 평가를 실시하였으며 상태평가 기준표를 본 연구에서 제안하였다. 상태평가는 기본 배점을 부여하고 각각의 요소에 대하여 정량화 값을 부여하여 최종적으로 5등급으로 구분하였다. 상태 평가 분포는 다소 변형된 정규분포를 나타내고 있다.
 5. 터널 갱구사면의 경우 식생의 발달상태가 매우 좋아 불연속면의 관찰이 매우 어려우므로 구조적인 붕괴 가능성에 대한 조사가 대단히 어렵다. 따라서 향후 이를 보완할 수 있는 조사기법이나 안정성 평가 기법의 개발과 더불어 사면계측과 같은 모니터링 기법을 활용한 유지관리 방안의 수립에 대한 연구가 요구된다. 또한 개발된 데이터베이스 관리 시스템에 전문가 시스템이나 상시 계측 시스템 등을 접목한 통합 시스템을 구축하는 연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 2004년도 산학연 연구과제인

“시간열화 특성을 고려한 터널 갱구사면 안정성 기법 및 상시계측시스템 개발”과 관련하여 수행되었으며, 이에 협조해주신 분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. 철도청 (2003), 철도설계편람(노반편), 제5편 터널, pp. 1-42.
2. 이봉희, 신재상, 김일환, 김우성, 김영근 (2003), “도로 안전성을 고려한 친환경적 터널 갱문부 설계기준”, 한국터널공학회 터널기술, 제5권, 제4호, pp. 18-33.
3. 한국시설안전기술공단 (2003), “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(절토사면)”, 건설교통부, 제1권, p.118.
4. 한국건설기술연구원 (1999), “도로설계편람(I)”, 건설교통부, 제1권, pp. 600-1 - 623-5.
5. 유충식, 정영우, 김재훈, 박영진, 유정훈 (2004), “GIS 기반의 터널 시공에 따른 위험도 평가 시스템 개발 및 적용”, 한국지반공학회논문집 제20권 1호, pp. 49-59.
6. 한국건설기술연구원 (2002), “도로절개면 유지관리시스템 개발 및 운용 **IV**” 연구보고서, 건설교통부, pp. 153-173.





백 용
한국건설기술연구원 지반연구부
선임연구원
baek44@kict.re.kr



권오일
한국건설기술연구원 지반연구부
연구원
kwonoil@kict.re.kr



구호본
한국건설기술연구원 지반연구부
수석연구원
hbko@kict.re.kr



배규진
한국건설기술연구원 지반연구부
연구위원
gjb@kict.re.kr



이승호
상지대학교 토목공학과 부교수
shlee@mail.sangji.ac.kr

