

IT기술을 접목한 국도 비탈면의 체계적 관리



전 만 경 | 국토해양부 도로운영과 과장
 구 호 본 | 정회원 · 한국건설기술연구원 지반연구실 선임연구원
 김 종 오 | 정회원 · 국토해양부 도로운영과 사무관
 박 영 은 | 정회원 · 국토해양부 도로운영과 사무관
 김 승 현 | 한국건설기술연구원 지반연구실 연구팀장

1. 서론

국가 경쟁력의 선진화는 잘 갖추어진 사회기반시설을 필수로 하며, 사람과 물류의 이동을 담당하는 도로시설은 이러한 사회기반시설의 핵심을 차지한다고 해도 과언이 아니다. 우리 사회의 지속성장 및 국민의 안전한 삶에 기여하는 도로시설의 중요성을 고려하여 최근 국내에서는 도로시설의 건설뿐만 아니라 유지관리에도 심혈을 기울이고 있으며, 재해로부터 자유로운 도로 이용이 될 수 있도록 노력하는 단계에 있다. 우리나라는 매년 여름철 장마기나 태풍의 영향, 해빙기 동결융해 현상 등으로 인하여 산사태와 낙석 사고가 반복적으로 발생되고 있으며, 비탈면 재해로 인한 국민의 인명 및 재산 피해가 반복적으로 발생하는 상황이다. 국토해양부와 한국건설기술연구원에서는 국도를 따라 존재하는 위험비탈면의 과학적이고 체계적인 관리를 위하여 “도로비탈면유지관리시스템(Cut Slope Management System, 이하

CSMS)”을 운영 중에 있으며, 기존의 ‘사고 후 대책 방안 마련’ 방식을 탈피한 ‘사전 예방 차원의 적극적이고 효율성을 갖춘 선진국형 재해예방관리 시스템 개발’에 박차를 가하고 있다.

비탈면의 관리를 위해서는 비탈면의 위치, 기본 정보, 붕괴 이력, 조치사항을 현장에서 바로 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 그러나 비탈면은 교량이나 터널과는 달리 분명하게 구분되는 지반구조물이 아니며, 비탈면에 대한 대부분의 정보가 실내 컴퓨터에 저장되어 있기 때문에 관리자가 이러한 정보를 현장에서 확인하기가 매우 어렵다. 따라서 CSMS에서는 내비게이션(Navigation)과 스마트 어플리케이션(Smart Application) 개발을 통해서 비탈면 관리의 현장성을 확보하고자 하는 연구를 진행하게 되었다. 본 고에서는 CSMS를 소개하고, 최첨단 IT기술(Information Technology)을 접목시킨 내비게이션, 스마트 어플리케이션 개발 현황을 설명하고자 한다.

2. 도로비탈면유지관리시스템(CSMS)

비탈면은 자연상태의 구성재료를 대상으로 단순 절취에 의해 만들어지는 구조물로서, 절취에 의한 응력 이완, 구성 재료의 공기 중 노출, 강우, 강설, 동결융해 등 외부환경 및 시간경과에 따른 풍화작용으로 구성 재료의 열화가 발생되기 쉽다. 강우와 강설의 경우 사면 내 지하수 침투를 유발시켜 암반 내 발달한 불연속면의 지반강도를 저하시킴으로써 비탈면의 붕괴에 의한 재해를 일으킨다. 해빙기에 발생하는 동결융해 현상은 토양, 암석 내 수분의 팽창·수축의 영향으로 지반의 변형을 유발시켜 붕괴를 일으키기도 한다. 최근에는 과거 설계 및 시공 단계에서 반영하지 못했던 집중호우 및 국지성 강우 등 기상 이변의 영향으로 도로개통 후 2년 이내에 절토사면이 붕괴되는 사례가 종종 발생하고 있다.

CSMS는 반복적으로 발생하는 낙석 및 산사태 재해에 대해 사후대책 위주의 공법 적용 방식을 개선함으로써 과학적이고 체계적인 재해 예방을 가능케 하였다. 또한 일률적이고 체계적이지 못한 공법의 적용으로 발생할 수 있는 국가 예산의 과다한 사용을 줄임으로써 국가 예산을 효율적으로 활용하는 데 기여하고 있다(그림 1).



그림 1. CSMS 기여 효과

CSMS 기초조사를 통하여 파악된 깎기비탈면은 총 28,707개소이며, 불연속면의 발달 방향, 풍화 등급, 수리 상태 등을 고려할 때 위험비탈면은 약

10,900개소로 추정된다. 위험성이 높은 비탈면에 대해서는 전문가에 의한 정밀조사를 수행하고 있으며, 지반 특성을 고려한 안정성 해석결과 등을 바탕으로 비탈면의 안정화나 추가적인 낙석 발생 등에 대비한 대책공법을 제시하고 있다. 또한 국가 예산의 효율적인 집행을 위하여 위험도와 피해도를 고려한 투자우선순위를 산정하고, 투자우선순위 결과에 따라 순차적으로 위험비탈면에 대한 정비를 실시하고 있다(그림 2).

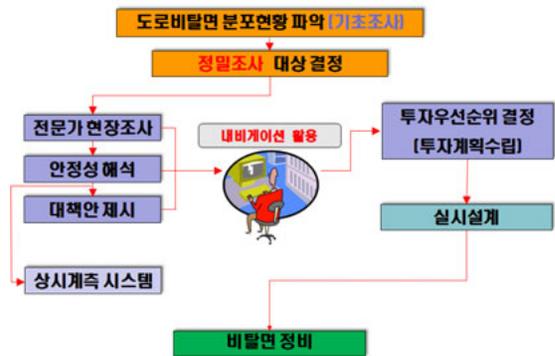


그림 2. CSMS 업무흐름도

CSMS 연구의 초석인 비탈면 기초조사 단계에서 도로깎기비탈면의 구분을 위한 체계적 명명법(naming) 마련이 요구되었다. 일반적으로 비탈면은 도로를 따라 연속적으로 분포하고 있으므로 터널이나 교량처럼 그 지역의 행정지역명이나 대표적인 이름을 그대로 사용하기가 쉽지 않았다. 따라서 CSMS에서는 비탈면에 대한 절대코드 체계를 새롭게 구현하였다. 절대코드는 조사연도, 관리기관, 노선, 상/하행, 순서 등의 정보로 이루어져 있다. 그림 3에서, ①은 기초조사 수행년도를 의미하고, ②는 관리기관을 표기한 것이다. ③은 해당국도의 노선이며, ④는 도로의 상·하행을 표기한 것이며, ⑤는 노선의 시점에서 종점까지 비탈면이 위치하는 순서대로 숫자를 기재한 것이다. ⑥은 향후 도로의 정비나 신설 도로 개설에 따라 새롭게 추가되는 비탈면을 표기하기 위하여 만들어 놓은 일종의 안전장치이다. 그림 3

의 의미는 2006년에 기초조사를 실시한 서울지방국도관리청 수원국도관리사무소 관내의 국도 46호선의 상행에 위치하고, 첫 번째 비탈면임을 나타낸 것이다.

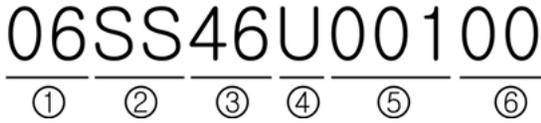


그림 3. 비탈면 절대코드 표기 형식

이러한 표기 방식은 향후 내비게이션과 스마트용 어플리케이션을 개발함에 있어 데이터모델링(data modeling) 구축을 용이하게 하였으며 독립적인 의미를 좀 더 기본적인 속성들로 분해할 수 있는 복합속성(composite attribute)이 가능하도록 하였다. 국도를 따라 분포하는 모든 비탈면은 이러한 절대코드가 부여되어 있으며, 중복되는 절대코드는 절대 발생하지 않는다. 따라서 모든 비탈면 구분이 가능하다.

3. CSMS 내비게이션 기술

앞서 기술한 바와 같이 도로비탈면은 각각의 현장의 구분 자체가 쉽지 않을 뿐만 아니라 정보를 야외에서 직접 확인하기가 쉽지 않다. 이러한 문제점을 해결하고자 IT기법을 이용한 GIS 기술과 내비게이션 시스템 융복합기술로 '내비게이션을 이용한 절도사면의 현장관리시스템'을 개발하게 되었으며, 효율적이며 효과적인 절도사면의 현장 관리가 가능하도록 하였다.

홍콩에서는 비탈면의 관리를 위하여 직접 표지판을 부착하였으나, 최근에는 시설물의 정보를 탑재한 RFID(Radio Frequency IDentification)칩을 시설물에 설치하여 관리하는 유비쿼터스 기술이 각광을 받고 있다. 그러나 도로비탈면은 안정적으로 RFID 칩을 부착하기가 쉽지 않으며, 기후의 영향으로 칩

자체가 훼손될 가능성이 매우 큰 단점이 있었다. 또한 RFID 기술을 도입하려면 인식칩을 사면에 내장하고 리더기를 구입해야 하는 데에만 적어도 10억 원 규모의 예산소요가 예상되며, 달리는 차량에서는 인식이 불가능하므로 활용성 면에서 유리하지 못하다고 판단하였다. 이를 극복하기 위하여 차량에 부착하는 내비게이션에 비탈면 정보를 탑재할 수 있는 기술을 개발하였다. 내비게이션 시스템은 RFID 기술에 비하여 개발비가 훨씬 저렴할 뿐만 아니라, 사용자의 이용 접근성 확보 차원에서 쉽게 익숙해질 수 있다는 장점이 있다(그림 4).

구분	RFID	표지판	내비게이션
개요	정보가 어색한 전지판을 배탈면 에 설치하여 리더기를 통하여 정보 를 획득하는 기술	비탈면의 코드를 기재한 현판 설치하여 관리자의 편의를 제공 해주는 형태	차량용 내비게이션에 비탈면 정보 를 탑재하여 운행 중에도 비탈 면 정보를 파악할 수 있는 기술
기술 장단점	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 많은 양의 정보 탑재 가능 ▶ 기후 민감 훼손가능성 존재 ▶ 달리는 차에서 인식 불가능 ▶ 설치비 및 운영비 고가 ▶ 지속적 보수관리 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 현장거후 변화에 저항 큼 ▶ 훼손 가능성 적음 ▶ 많은 정보 탑재 불가 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 현장거후 영향 전혀 없음 ▶ 달리는 차 인식 가능 ▶ 태모터 저장용량 한계 발생 ▶ 설치비 및 운영비 저렴 ▶ 관리성, 영구적 기술
개발비	10억원	20억원	5천만원

그림 4. 도로비탈면 현장관리시스템 비교

새롭게 개발된 현장관리시스템인 '내비게이션을 이용한 깎기비탈면의 현장관리시스템'은 'SLOPE-NAVI.'라고 명명하였다. 현재 개발된 SLOPE-NAVI.에는 기초조사가 완료된 모든 깎기비탈면이



그림 5. 아이콘 색깔에 따른 높이별 분류

지도에 아이콘 형태로 표시되어 있다. 관리기관과 비탈면 절대코드를 알거나 아이콘을 클릭하면 비탈면 아이콘은 색깔을 달리하여 규모를 나타내거나, 위험 구간 설정에 따라 아이콘의 색깔이 다르게 표시되도록 조치하였다(그림 5).

비탈면 아이콘을 클릭하면 그림 6과 같이 해당 비탈면의 일반 현황, 비탈면 특성, 조사자 의견 등의 정보를 확인할 수 있으며, 간단한 메모도 가능하도록 조치하였다. 또한 비탈면 전경, 측면, 세부사진 등을 함께 확인할 수 있어 비탈면 관리자가 쉽게 현장에서 비탈면 정보를 확인하는 것이 가능하도록 하였다. 이들 자료는 데이터 싱크 기능을 이용하여 데이터베이스에서 통합 관리할 수 있도록 구현되어 있으며, 여러 비탈면 지점의 특이사항을 통합관리시스템을 통하여 관리 조회할 수 있다.

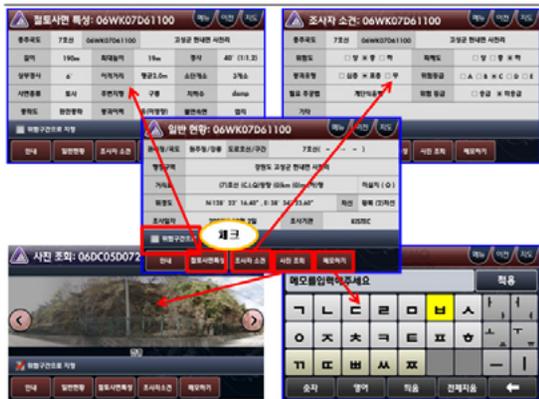


그림 6. SLOPE-NAVI. 세부내용 조회 화면

4. 비탈면 관리용 스마트폰 어플리케이션

SLOPE-NAVI의 개발은 비탈면 관리의 현장성을 확보하는 데 크게 기여하였다. 그러나 비탈면 관리와 관련된 컴퓨터에 저장되어 있는 방대한 자료를 SLOPE-NAVI.만을 활용하는 데 있어 용량 문제로 인한 제약이 발생되었다. 또한 비탈면 관리자가 수행하는 각종 점검 내용, 붕괴 발생 비탈면 상황 보고 전

달 등에 있어 통신을 사용할 수 없다는 단점을 가지고 있었다. 이를 보완하기 위하여 스마트폰이 갖는 장점인 휴대성 및 GPS를 이용한 위치 관리, 카메라를 통한 증강현실(AR : Augmented Reality) 기능 등을 이용한 비탈면 관리시스템을 통하여 붕괴 피해의 최소화 및 기존 사후 대책 관리뿐만 아니라 현장의 정보를 이용한 이력 관리를 통하여 사고 예방에 효율적인 시스템을 구축하였다.

스마트폰용 어플리케이션에 적합한 시스템의 특성 및 구조에 맞추어 최적화된 데이터 구조와 SQL을 통하여 효율적인 깡기비탈면 관리시스템을 개발하였으며 다음과 같은 특징을 가지고 있다. (1) 현장에서 실시간으로 수집되는 데이터가 원거리의 서버에 전송되어 데이터베이스에 반영되어야 하므로 자바(Java)를 이용하여 미들웨어를 개발하였으며, 내부 데이터베이스인 SQL Server와의 연동으로 효율적인 데이터베이스 관리가 이뤄질 수 있도록 지원하였다. (2) 비탈면에서 다루어지는 데이터베이스는 일반인이 쉽게 접근할 수 없는 데이터로서 보안 역시 중요하다고 할 수 있다. 이를 위하여 어플리케이션은 허가된 장비와 허가된 사용자만이 사용 가능하도록 사용자 인증 및 장비 인증 과정을 거쳐 관리자가 승인하는 자만이 접속 가능하도록 조치하기 위하여 사전에 등록된 자와 등록된 단말기만 사용할 수 있다. (3) SLOPE-NAVI.와 동일하게 안드로이드 기반 비탈면용 내비게이션 어플리케이션을 개발하여 관리자 및 전문가의 비탈면 위치 확인 및 이동을 용이하게끔 하였다. (4) 깡기비탈면 조사용 어플은 크게 관리자용과 전문가용으로 구분된다. 이는 일반적인 정기점검을 하여 보고하는 양식과 기초조사와 정밀조사를 하여 보고하는 양식에 의해 구분되며, 이는 사용자 인증 과정을 통하여 전문가 및 관리자를 구분하여 해당 어플 화면으로 이동할 수 있도록 구현하였다. (5) 붕괴비탈면 또는 위험비탈면의 경우, 사고 발생시 즉각적으로 관계자에게 연락을 취할 수 있도록 메시지 송·수신 기능을 탑재했다. 이는 사고 발생시 실시간으로 해당 정보가 관계자에게 전송되어 사고처리를 할 수 있도록 한 것이다.

(6) 깡기비탈면의 위경도 위치 정보를 바탕으로 서버로부터 속성 정보를 가져와 사용자가 카메라를 이용한 증강현실 기능을 통하여 각종 정보를 스마트폰 화면에서 확인할 수 있도록 하였다.

이와 같이 스마트폰을 활용한 비탈면 관리시스템은 시간적·공간적 제약 없이 실시간으로 정보 검색이 가능하며, 증강현실 기능을 활용하여 현실성을 확보하였으며, 관리자와 전문가용으로 구분된 관리체계로 시스템에 대한 접근 권한 차별화에 따른 보안관리가 가능한 시스템이라 할 수 있다.

스마트폰을 활용한 비탈면 관리시스템 구성도는 그림 7과 같다. 전문가 또는 관리자가 스마트폰용 깡기비탈면 관리시스템을 이용하여 점검표 및 사진을 작성하고, Wi-Fi 혹은 무선 통신망을 이용하여 데이터베이스 관리시스템에 저장 관리하며, 시스템 관리자는 사용자 관리시스템을 이용하여 최종 사용자인 전문가와 일반관리자의 권한, 연락처 등을 관리하도록 하였다. 현장에서 작성한 점검표는 사무실에 돌아와 Web용 관리시스템을 이용하여 확인 및 수정 작업을 거쳐 최종 데이터베이스에 반영토록 하였다.

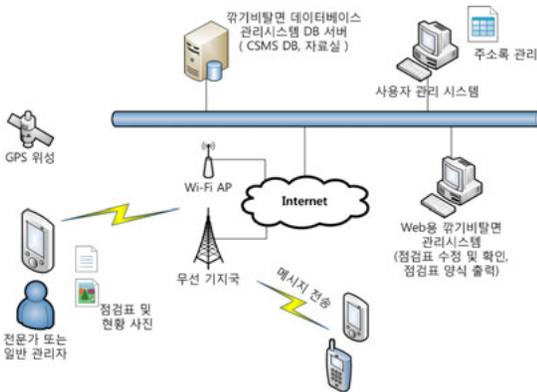


그림 7. 스마트폰 관리시스템 구성도

비탈면 어플리케이션은 로그인한 사용자의 ID를 구분하여 관리자로 로그인하였을 경우 일반 관리자용 어플로 실행되며, 전문가로 로그인하였을 경우에는 전문가용 어플로 구분하여 실행하도록 구분하였다. 관리자용 어플은 깡기비탈면과 깡기비탈면에 대

하여 일상점검표 작성 메뉴, 해빙기 대비 점검표 작성 메뉴, 그리고 우기 대비 점검표 작성 메뉴로 나뉜다. 또한 직접 네비게이션을 실행하는 메뉴와 증강현실을 통해 인근(반경 최대 1Km)에 위치한 비탈면을 확인할 수 있는 증강현실 메뉴, 그리고 등록된 다른 사용자들에게 메시지를 전송할 수 있는 메뉴로 구분하였다(그림 8과 그림 9).



그림 8. 관리자용 메뉴



그림 9. 점검표 작성 모드 선택

관리자용 어플에서 사용될 깎기비탈면 일상점검표 작성 양식에 대한 하나의 예제로 사용 방법을 설명하면 다음과 같다. 깎기비탈면의 일상 점검표 내용을 작성하는 화면으로 크게 일반현황, 붕괴, 깎기비탈면 상태, 현황 사진 메뉴가 하단 탭으로 구성된다. 일반현황 작성은 관리청과 사무소를 선택한 후, 조사일시 항목을 선택하면 날짜를 선택할 수 있는 별도의 대화상

자가 출력된다. 위·경도의 경우 메뉴의 [GPS 수신]을 선택하면 현재 위치의 GPS 좌표를 가져와 해당 항목을 자동으로 채우도록 하였다(그림 10). 그리고 지도 모양의 아이콘을 선택하면 현재 비탈면 코드를 이용하여 현재 위치에서 부터의 경로를 탐색할 수 있는 내비게이션이 실행됨으로써 관리자가 비탈면의 위치까지 쉽게 찾아갈 수 있도록 하였다. 어플 하단의 “붕괴”의 항목에서는 비탈면의 붕괴 상태를 입력하는 화면으로 붕괴 징후 및 붕괴 이력을 입력한다. “깎기비탈면 상태 입력”메뉴에서는 암석의 결, 풍화도, 필요공법은 해당 항목을 선택하면 별도의 대화상자가 출력되어 사용자가 선택할 수 있도록 하였으며, 조사자 소견의 경우 현장에서 직접 입력하기 힘든 점을 고려하여 [음성 입력] 버튼을 선택하면 사용자의 음성을 인식하여 텍스트로 변환, 내용을 입력하도록 하였다(그림 11). 또한 비탈면의 현장 사진을 직접 찍어서 서버에 전송하는 메뉴로 최대 10장까지 사진을 찍어 추가 설명을 입력하여 서버에 전송하도록 작성하였다.

앞서 기술한 바와 같이, 특정 구간에 집중되어 분포하는 비탈면은 현장에 도착하더라도 그 구분이 쉽지 않다. 이를 보완하기 위한 하나의 방법으로 증강현실 기술을 이용하여, 현재 사용자가 위치한 장소에서 반경 1Km 이내(반경 조절 가능)의 비탈면의 위치 및 기본 정보를 화면에 출력하여 서로 인접한 비탈면들을 손쉽게 구별할 수 있도록 하였다(그림 12). 만일 사용자가 바라보는 방향에 비탈면이 위치하였을 경우 화면 중앙과 같이 비탈면의 위치 및 기본 정보가 화면 위에



그림 10. 일반 현황 입력창



그림 11. 깎기비탈면 상태 입력창

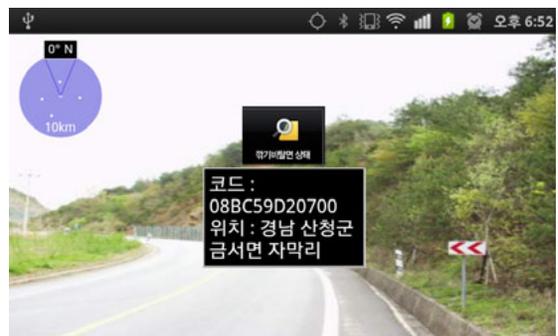


그림 12. 증강현실을 이용한 비탈면 위치 및 기본 정보 출력 화면

표시되며, 위치를 나타내는 아이콘을 선택하면 해당 비탈면의 자세한 정보를 보여주는 화면으로 이동된다.

상기 기능 이외에 CSMS 업무와 관련된 국토해양부, 비탈면 전문가, 비탈면 관리자 등 사용자의 주소를 통하여, 상황 발생 시 바로 “카카오톡”과 같은 푸쉬(push) 기능 형태의 알림 발송이 가능하도록 지원하였다. 또한 CSMS와 관련된 각종 서식을 탑재하여, 뷰어프로그램을 통하여 확인할 수 있도록 하였으며, 각종 서식의 대부분이 한글 문서(HWP)를 많이 사용하는 것을 고려하여, 어플 설치 시 별도의 한글 뷰어 프로그램을 탑재, 이를 이용하여 서식을 확인할 수 있도록 했다. 그리고 현장의 주요 특성에 대한 상황을 조사자가 음성으로 녹음하여, 음성 파일을 조사용 어플 내에 저장 및 재생 될 수 있도록 구현함으로써, 긴급한 현장 상황이 발생되었을 때 신속한 상황 입력 및 자판 입력으로 인한 현장 상황의 정확한 묘사가 이루어지지 않을 경우를 대비하였다.

5. 맺음말

본 고에서는 선진국형 재해예방시스템으로서 발전 중인 CSMS를 소개하고, 도로비탈면의 현장성을 최대한 확보하기 위한 연구의 일환으로 개발하였던 내비게이션과 어플리케이션을 소개하였다. 우리나라의 비탈면 관리 수준은 세계적으로 선도적인 역할을 충분히 보여 주고 있으며, IT기술과의 접목 수준은 거의 최첨단을 향해 나아가고 있는 시점이다. CSMS의 IT기술 활용은 기타 다른 도로구조물, 즉 포장, 교통량, 점용, 교량, 터널 등의 관리차원에서 기감이 될 뿐 아니라, 우리나라 토목기술의 IT활용의 좋은 선례가 될 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 향후 높은 수준의 효율화 및 정확도 향상을 위해 많은 부분에서 기술 발전이 이루어져야 할 것이며, 유저 중심의 친근한 시스템을 구축함으로써 사용자의 활용 빈도를 높이는 게 중요할 것이다.

회원가입안내

본 학회는 건설교통부장관의 설립허가(1999. 5. 29)를 받은 사단법인 한국도로학회입니다. 본 학회는 다음 사업내용으로 건설한 학회운영을 하고 있습니다. 여러분의 기술적 자질향상을 위해서 널리 회원을 모집하오니, 본 사업취지에 찬동하시는 개인이나 단체는 입회하시어 본 학회의 발전에 협조하여 주시기 바랍니다.

- 사업내용**
- 도로공학에 관한 국내외 기술교류와 공동연구
 - 학회지 · 논문집 및 도서의 간행
 - 도로공학에 관한 조사연구와 성과의 보급
 - 학술발표회, 세미나의 개최
 - 도로공학에 관한 자문, 평가 및 교육
 - 현장견학, 시찰 등의 실시
 - 도로공학에 관한 시방과 기준의 연구
 - 기타 학회의 목적에 필요한 사업

- 회원의 종류**
- 정 회원 : 도로 및 포장공학과 관련된 학문의 학식 또는 경험이 있는 자
 - 학생회원 : 도로 및 포장공학과 관련이 있는 학과의 대학, 전문대학에 재학중인 학생
 - 특별회원 : 본 학회의 목적사업에 찬동하는 단체
 - 참여회원 : 학회 회장을 역임한 자
 - 명예회원 : 대의원회에서 추대한 자

- 회 비**
- 입 회 비 : 20,000원(정회원에 한함)
 - 연 회 비 : ① 정 회원 : 30,000원 / (중신회비 400,000원)
 ② 학생회원 : 15,000원(대학 및 전문대학생에 한함)
 ③ 특별회원 : 특급-100만원 이상, 1급- 50만원 이상, 2급-30만원 이상, 도서관회원-10만원

입회신청 회원이 되고자 하는 개인이나 단체는 소정의 입회원서와 입회비 및 연회비를 납부하시기 바라며, 자세한 사항은 학회사무국에 문의하시기 바랍니다.

회비납부(가입회원명으로 입금) 한국씨티은행 : 102-53510-243 (사)한국도로학회

사무국 : 우)121-706 서울시 마포구 공덕동 456 르네상스타워 1410호 / 전화 : 02-3727-1992~3 / 전송 : 02-3272-1994
 E-mail : ksre1999@hanmail.net http://www.ksre.or.kr

사단법인 **한국도로학회**