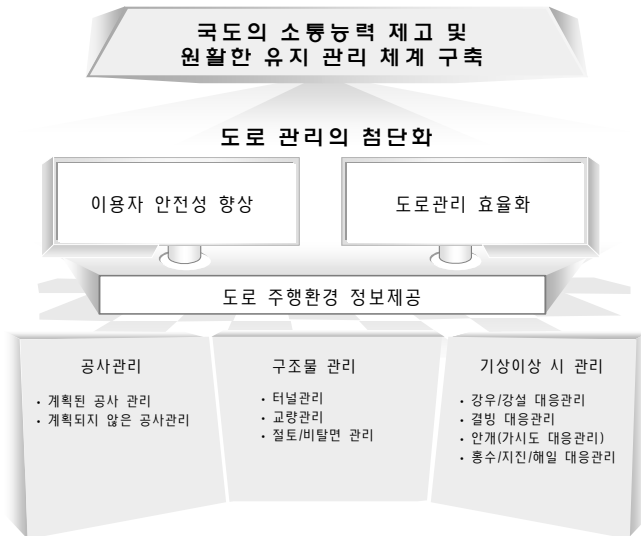


국도 ITS기반 인프라의 도로관리 전략

양정모, 김현석, 임성한

I. 서론

산지가 국토의 약70%를 차지하고 있는 우리나라의 특성상 국도의 상당 구간은 교량이나 터널 등을 포함하고 있으며, 절토사면이나 하천변 등과 이웃하고 있다. 이처럼 불안정한 국도의 주변 환경은 교량 붕괴와 산사태나 낙석 등 돌발상황의 위험을 항상 안고 있다. 이러한 국도의 돌발상황은 도로의 이동성을 저해할 뿐만 아니라 이용자의 안전을 위협하게 된다. 이 같은 상황에



〈그림 1〉 도로관리 전략 방향 및 목표

양정모 : 한국건설기술연구원 첨단교통연구실, cibus99@kict.re.kr, 직장전화:031-9100-788, 직장팩스:031-919-5694
 김현석 : 한국건설기술연구원 첨단교통연구실, hskim3@kict.re.kr, 직장전화:031-9100-176, 직장팩스:031-919-5694
 임성한 : 한국건설기술연구원 첨단교통연구실, atdaya@kict.re.kr, 직장전화:031-9100-686, 직장팩스:031-919-5694

대해 신속한 정보수집, 정보제공 및 복구작업 지원을 통한 국도의 원활한 소통과 운전자의 편의성과 안전성을 높일 수 있는 도로관리의 기능 강화가 절실하다.

국도 ITS(Intelligent Transport Systems, 이하 ITS)시스템은 VDS (Vehicle Detection System : 차량검지기), AVI(Automatic Vehicle Identification : 차량번호인식장치), CCTV(Closed Circuit Television : 동영상정보 수집장치) 등 교통정보 수집 장치를 통하여 교통 상황을 관측하고, 교통정보 제공매체를 통해 실시간으로 도로이용자에게 정보를 제공하고 있다. 또한 교통량, 점유율, 속도 등의 기본적인 교통정보뿐만 아니라 도로의 노면상황, 기상정보, 터널정보 및 재해위험지역 등의 정보도 수집이 가능하여 도로관리측면에서의 활용성이 기대되고 있다.

II. 도로관리 전략 개요

도로관리의 전략은 크게 공사 관리(Reconstruction Management), 구조물 관리(Structure Management), 기상이상 대응관리(Road Weather Management) 등 3가지로 구분되며, 도로관리 시스템은 이들의 적절한 관리를 통해 도로관리의 효율성 증대와 안전한 도로서비스를 제공하는데 초점을 맞추고 있다.

1. 공사 관리(Reconstruction Management)

1) 계획된(scheduled) 공사 관리

도로관리부서에 의해 미리 계획된 공사의 경우는 정해진 기간 전에 운영자에게 통보되어 DB에 공사기간이나 구간, 공사내용(고정식, 이동식, 폐쇄차로수)등이 입력되도록 하며 입력된 공사에 대해서는 미리 정해진 시간 전에(일주일, 하루전, 2시간전, 10분전 등) 운영자에게 경보(alarm) 조치된다. 또한 경보 조치된 공사에 대해서는 미리 정의된 대응방안(Response Plan)에 따라 정보제공시스템이 가동된다.

2) 계획되지 않은(unscheduled) 공사 관리

미리 계획할 수 없는 긴급공사 상황이 발생되었을 때 계획되지 않은 공사

관리 체계를 따르며, 계획되지 않은 공사로는 낙석, 산사태, 교량붕괴, 터널붕괴 등 상황을 상정한다. 이때, 상황파악은 현장의 정보수집 시스템(CCTV 모니터링 시스템) 또는 도로순찰차, 도로이용자 등의 접보를 통해 이루어지며, 신고가 접수되면 정해진 업무 절차에 따라 현장 통제, 응급 복구, 정보 전달 등의 대응 처리가 이루어진다.

2. 구조물 관리(Structure Management)

1) 터널 관리

터널의 내구성을 확보하고 터널의 구조기능을 유지, 터널내 주행성을 확보하고 교통 안전성 유지, 비상상황 발생시 신속한 상황파악 및 대응 그리고 터널 유지보수 공사시 이용자 불편 최소화를 목표로 하며, 장대터널(1km이상)의 경우에는 설치된 터널관리시스템(Tunnel Management System, 이하 TMS)과 연결되어 상황정보(터널 붕괴, 화재 등)를 모니터링하게 된다.

2) 교량 관리

교량의 내구성을 확보하고 교량의 구조기능을 유지, 교량구간내 주행성을 확보하고 교통의 안전성 유지, 안개 및 결빙 모니터링을 통한 이용자 안전정보제공 그리고 비상상황 발생 시 신속한 상황파악 및 대응을 목표로 한다. 노후 교량에 대해서는 실시간 모니터링을 통해 구조물의 상태를 파악하고 교량의 유지보수 공사계획 수립시 공사정보를 사전, 공사중, 사후로 나누어 인근 VMS(Variable Message Sign) 및 Web을 통해 이용자에게 정보를 제공하며 상황발생시 정해진 업무 절차에 따라 현장 통제, 응급 복구, 정보 전달의 순으로 대응하게 된다.

3) 절토비탈면 관리

낙석 및 산사태의 감지 및 조기 대응으로 피해를 최소화하며, 절토비탈면내의 이동성을 확보, 모니터링을 통한 이용자 안전정보제공 그리고 비상상황 발생시 신속한 상황파악 및 대응이 목표이다. 상습 낙석, 산사태 절토비탈면에 대해서는 정보수집 시스템을 이용하여 실시간 온라인으로 감시하고 상황발생시 정해진 업무 절차에 따라 현장 통제, 응급 복구, 정보전달의 순으로 대응하게 된다.

3. 기상이상 대응관리(Road Weather Management)

1) 강우/강설 및 노면결빙 관리전략

강우/강설 관리는 강우상황에 따라 VMS를 통해 감속유도 및 기상예보 메시지를 전달하며, 강설시 재해대책 업무편람에 따라 3단계 대응방안을 시행한다. 또한 적설량에 따른 대응 수준 정의 및 정보 전달을 수행한다.

노면결빙 관리는 상습결빙지역중 사고발생이 많거나 도로관리청 판단에 따라 필요한 지점에 RWIS(Road Weather Information System) 및 CCTV 설치를 통하여 도로의 기상상태와 노면상태를 감시하고, 긴급 상황 발생시 즉시 CCTV를 통하여 현장확인 및 대응조치를 시행한다. 또한 결빙이 감지되면 결빙 처리대안 및 정보 전달을 수행한다.

2) 안개(가시도), 풍향/풍속 및 홍수, 태풍, 지진, 해일 등 관리전략

안개(가시도)관리는 하천이나 댐 근처의 상습안개지점이 잠재적 정보수집 시스템 설치지점이 되며, 상습안개 발생지점에 시정계를 설치하여 시거 장애거리(100m 미만, 30m 미만, 10m 미만)에 따라 20% 속도감속, 50% 속도감속, 통행제한 등의 조치를 실시간 온라인으로 처리한다.

풍향/풍속 관리는 풍속 상황에 따라 VMS를 통하여 국도상 감속유도 및 교량부의 차량통제 메시지를 전달하며, 최대 20m/s 이상의 풍속발생시 교량부의 차량통제가 필요하다.

〈표 1〉 도로관리 제공 서비스

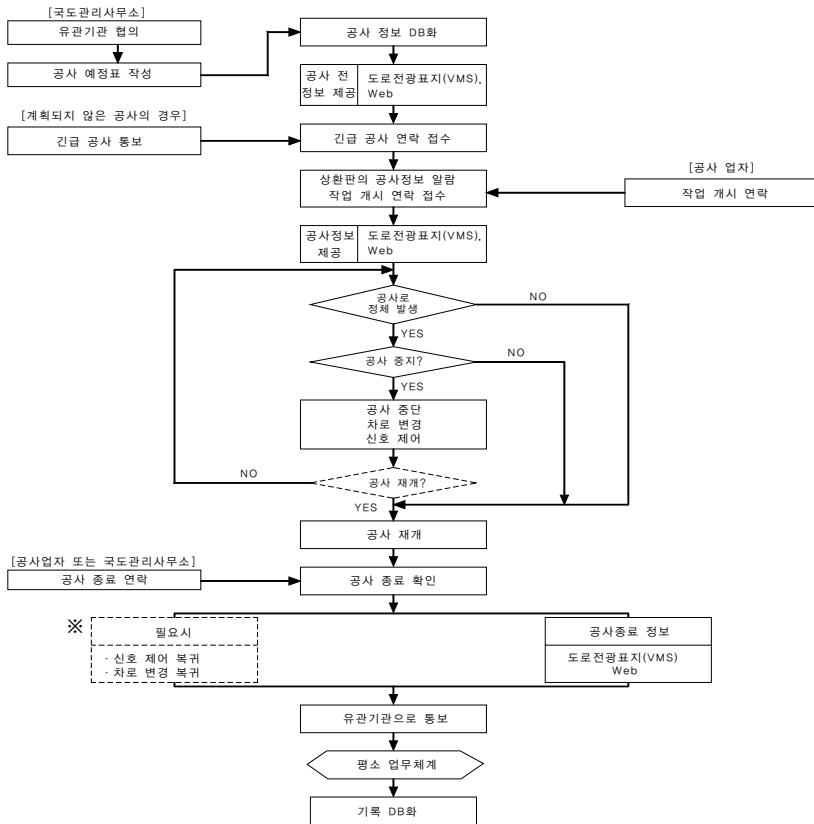
대분류	소분류	내 용
공사관리 (Reconstruction Management)	• 계획된 공사	• 계획된 공사는 DB화 되어 공사전 운전자에게 경고되며 공사구간 인근VMS를 통하여 정보를 제공
	• 계획되지 않은 공사	• 돌발상황이 발생하면 즉각적으로 유지관리팀 현장급파 • 현장통제, 응급복구, 정보전달 등의 대응처리
구조물관리 (Structure Management)	• 터널관리	• TMS 연계 및 모니터링을 통한 터널관리 및 정보제공
	• 교량관리	• CCTV 모니터링 및 정보제공
	• 절토비탈면 관리	• 낙석갯은 구간에 CCTV를 설치하여 낙석발생시 대처
기상이상 대응관리(Road Weather Management)	• 강우/강설	• 강우/강설센서를 이용한 정보수집 및 정보제공
	• 결빙	• 노면감지센서를 이용한 정보수집 및 정보제공
	• 안개(가시도)	• 안개 상습지역에 시정계, CCTV를 설치
	• 풍향/풍속	• 풍향/풍속계를 이용한 정보수집 및 제공
	• 홍수,태풍,지진, 해일	• 홍수, 태풍, 지진, 해일의 범위, 지속시간, 강도 등 정보 및 통제정보 제공

홍수, 태풍, 지진, 해일 등 관리는 기상청과 정보 연계를 통해 기상상황을 파악하며, 상황의 강도에 따라 “건설교통 재해대책 편람, 2004. 5., 건설교통부”에 정해진 업무절차대로 진행한다.

Ⅲ. 대응시나리오 및 운영 절차

1. 공사 관리

예정된 공사에 대해서는 사전관리, 공사중 관리, 사후관리로 나누어 도로 이용자에게 정보를 제공하며, 공사의 개요 및 공사내용, 공사정보 등이 사전에



주 : 점선부분은 유관기관과의 협이가 필요한 부분임

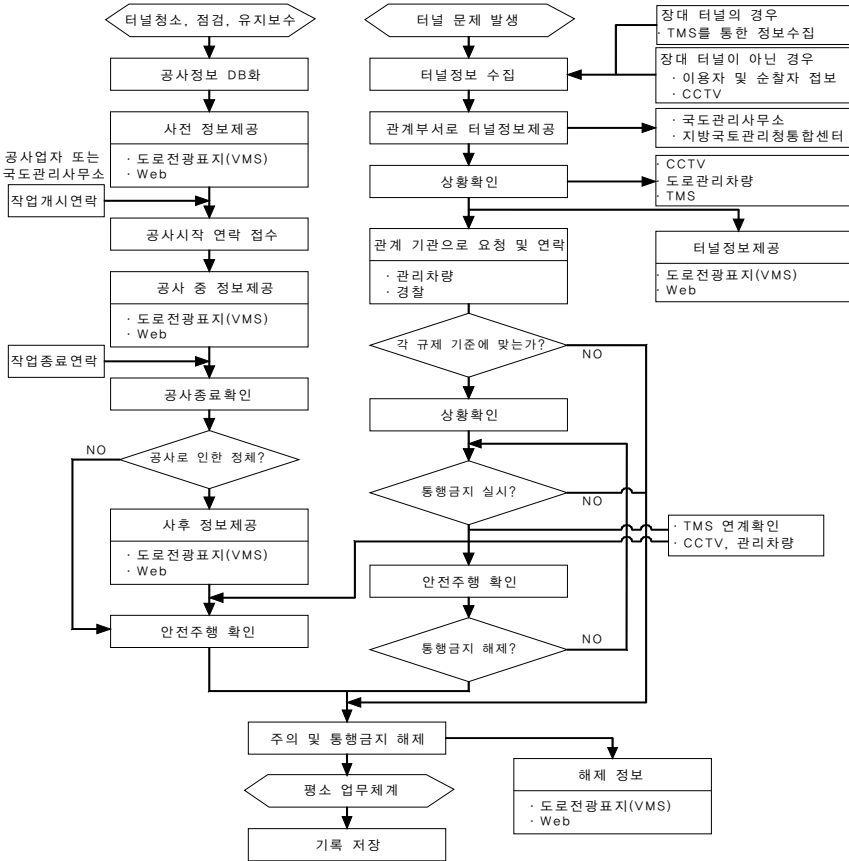
〈그림 2〉 예정된 공사 대응시나리오

DB화되어 자동으로 공사전 및 공사중에 정보를 제공한다. 또한 공사로 인한 정체의 심각도에 따른 대응방안으로는 공사정보제공, 우회도로정보제공, 차로제어 방법 등이 사용된다. 예정된 공사 대응시나리오는 <그림 2>와 같다.

2. 구조물 관리

1) 터널 관리

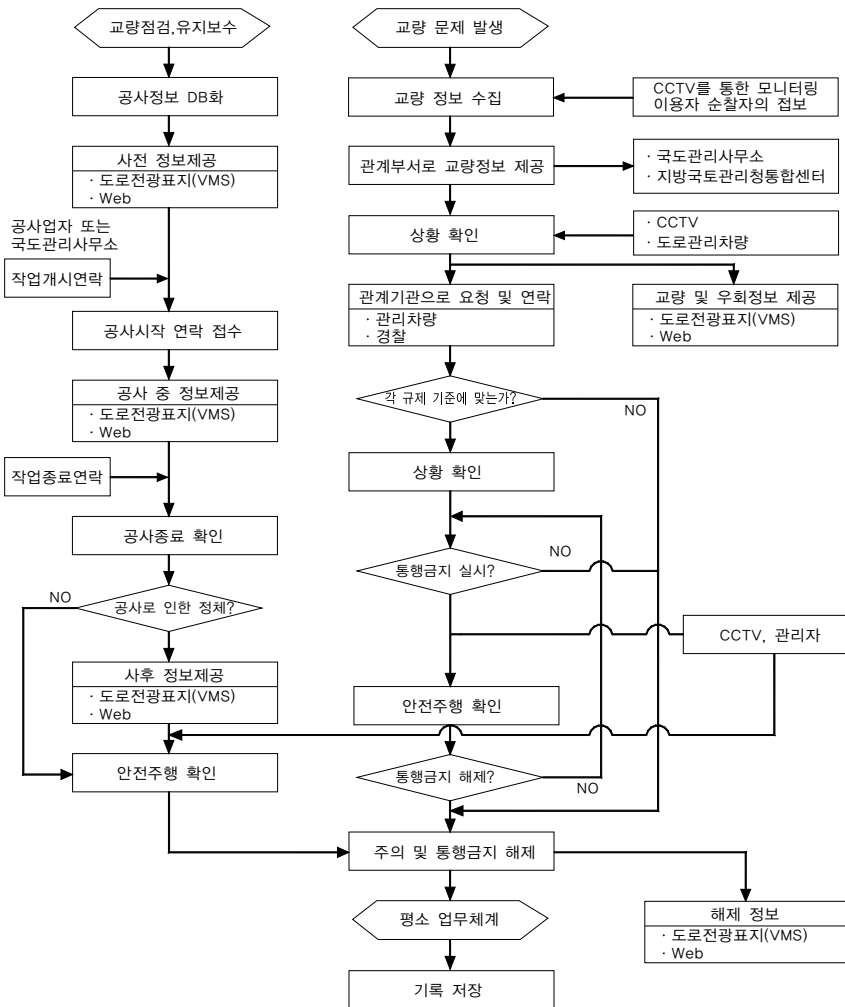
터널관리는 TMS가 이루어진 터널과 이루어지지 않은 터널로 나뉘며 TMS가 이루어진 터널일 경우 TMS와 연계를 통해 관리가 이루어진다.



<그림 3> 터널관리 대응시나리오

2) 교량 관리

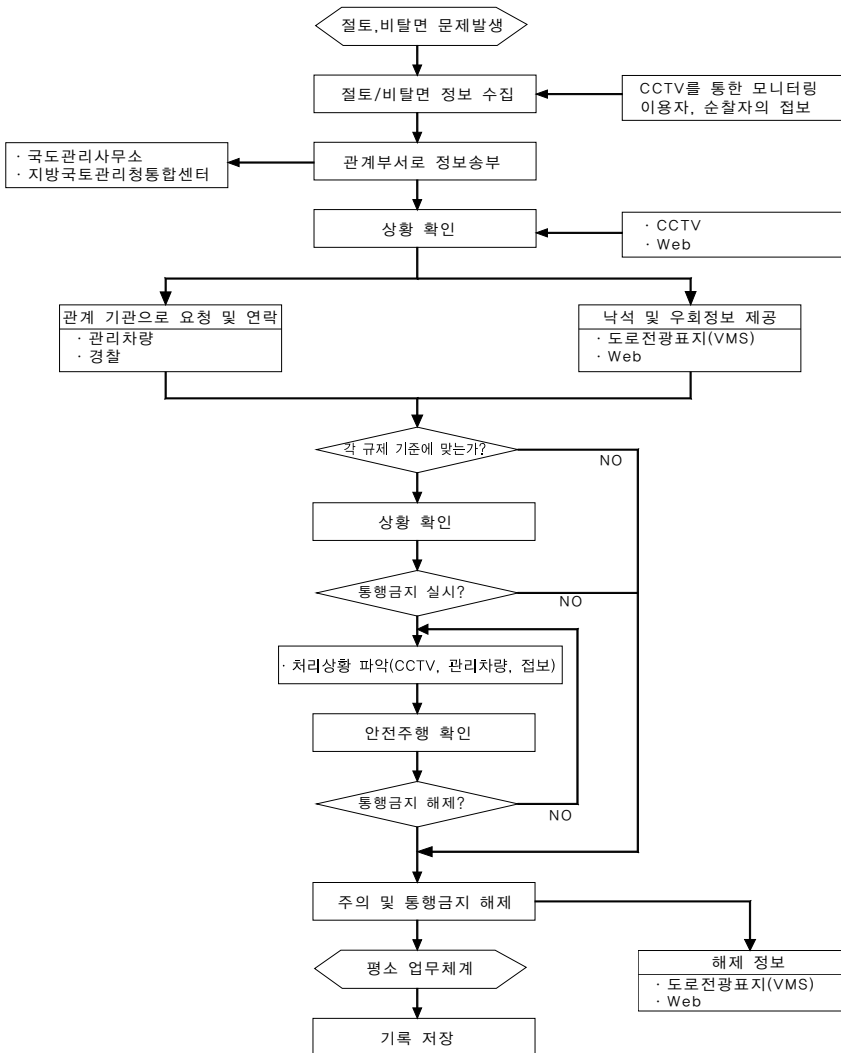
교량에서 발생할 수 있는 문제점으로는 교량의 침수, 교량의 붕괴, 교량파손 노면결빙 등이 있으며, 노면결빙의 경우 기상이상 대응의 시나리오를 따르며, 교량관리 시나리오에서는 침수, 붕괴, 파손 등의 상황의 대응 시나리오를 작성한다.



〈그림 4〉 교량관리 대응시나리오

3) 절도/비탈면 관리

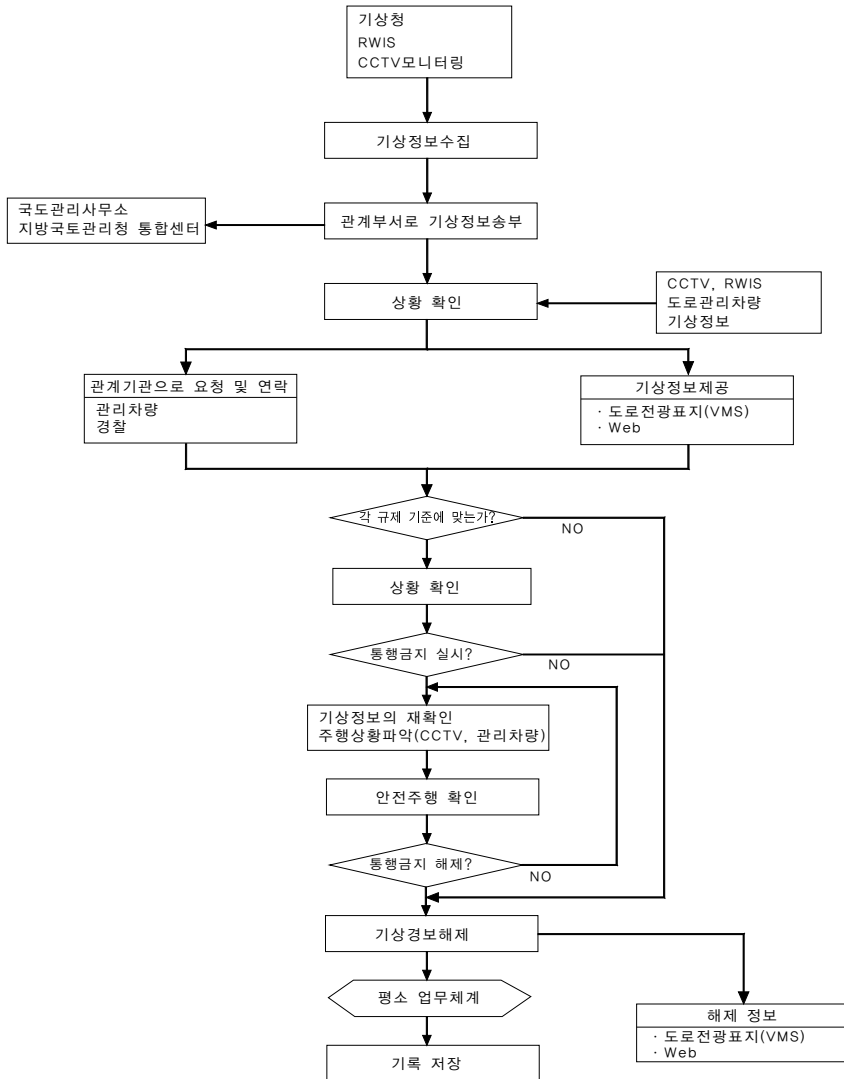
절도/비탈면 관리시나리오는 낙석, 산사태 등이 있으며 각 사항 확인 후 원활한 소통을 위하여 신속한 대응이 필요하며, 이러한 문제 해결을 위하여 관계기관과의 신속한 정보의 연계가 필요하다.



〈그림 5〉 절도/비탈면 관리 대응시나리오

3. 기상이상 대응

기상이상의 대응은 정보수집시스템을 이용한 신속한 정보수집과 기상청, 재해대책사무소 등의 유관기관과의 긴밀한 협조 체계가 중요하다.



〈그림 6〉 기상이상 대응시나리오

Ⅳ. 관리시스템별 전략

1. 정보수집 전략

1) 공사 관리

계획된 공사는 사전에 운영자에게 통보되어 공사기간, 공사시간, 작업구간, 공사내용(고정, 이동, 폐쇄차로수 등)을 운영자가 입력하며, 계획되지 않은 공사는 각 사항별(구조물관리, 기상이상 대응)로 정보수집이 이루어진다.

2) 구조물 관리

터널 관리의 정보수집 시스템은 CCTV 및 Web카메라 모니터링, TMS 연계, 구조물 거동측정센서, 이용자 및 순찰자의 접보 등이 있으며 이는 터널의 길이, 현재 TMS운영 유무, 터널의 노후화 정도에 따라 정보수집 시스템을 선정한다. 교량관리 정보수집 시스템으로는 CCTV 및 Web카메라 모니터링, 이용자 및 순찰자의 제보 등이 있으며 절토/비탈면 관리 정보수집은 자동방식과 수동에 의한 방식이 있다.

3) 기상이상 대응

강우/강설, 노면결빙, 안개, 풍향/풍속에 대한 정보수집을 위한 방안으로

〈표 2〉 서비스별 정보수집 시스템

서비스분류	소분류	정보수집시스템	정보 수집방법
공사 관리	계획된 공사	-	• 운영자의 수동입력
구조물 관리	터널	CCTV 및 Web카메라	• 실시간 영상정보수집
		TMS 연계	• 장대터널의 경우 TMS와 정보 연계
		접 보	• 이용자 또는 순찰자의 접보
	교량	CCTV 및 Web카메라	• CCTV 및 Web카메라를 이용한 교량의 모니터링
접 보		• 이용자 또는 순찰자의 접보	

서비스분류	소분류	정보수집시스템	정보 수집방법
구조물 관리	절도/비탈면	이미지 센서	• 영상처리기법을 통한 자동절도면/비탈면 감시
		GPS 이동센서	• 절도/비탈면 상에 설치된 GPS의 좌표변화를 이용한 낙석, 붕괴 감지
		방호책 지자기센서	• 방호책상의 지자기 검지기가 방호책과 낙석의 충돌이 있을시 이를 감지
		CCTV 및 Web카메라	• CCTV 및 Web카메라를 이용한 절도/비탈면 모니터링
		접 보	• 이용자 또는 순찰자의 접보
기상 이상 대응	강우/강설, 결빙, 안개, 풍향/풍속	RWIS(도로기상정보시스템)	• 환경적 특성을 고려한 각 상황별 센서 선택(풍향계, 풍속계, 가시도 측정기, 온도계, 습도계, 강우량계, 기압계)
		CCTV 및 Web카메라	• CCTV 및 Web카메라를 이용한 도로기상 모니터링
	홍수, 태풍, 지진, 해일	기상청 자료 연계	• 기상청과 재해대책 사무소의 정보 연계를 통한 자료 수집

는 RWIS를 이용한 자동검지와 CCTV 및 Web카메라를 이용한 수동검지로 나눌 수 있으며 홍수, 태풍, 지진, 해일의 정보수집 방법은 기상청 및 재해대책 본부와의 연계 및 뉴스 모니터링을 통하여 정보를 수집한다. 각각의 특성을 살펴보면 <표 2>와 같다.

2. 위치 선정기준 설정전략

CCTV 및 Web카메라는 24시간 상시위험 구조물 모니터링을 위하여 정보수집 구간에 최대의 조망권을 확보하고 건물 등에 의한 시야장애를 고려하여 위치 및 높이를 확정한다.

RWIS의 설치지점은 크게 교통조건, 토목조건, 전기·통신조건, 그리고 기타조건을 고려하여, “악천후 등 특수한 도로환경하에서 도로교통안전성 향상을 위한 도로안전시설 개선방안 연구, 건설교통부, 2004. 12.”에 의해 설치위치를 선정한다.

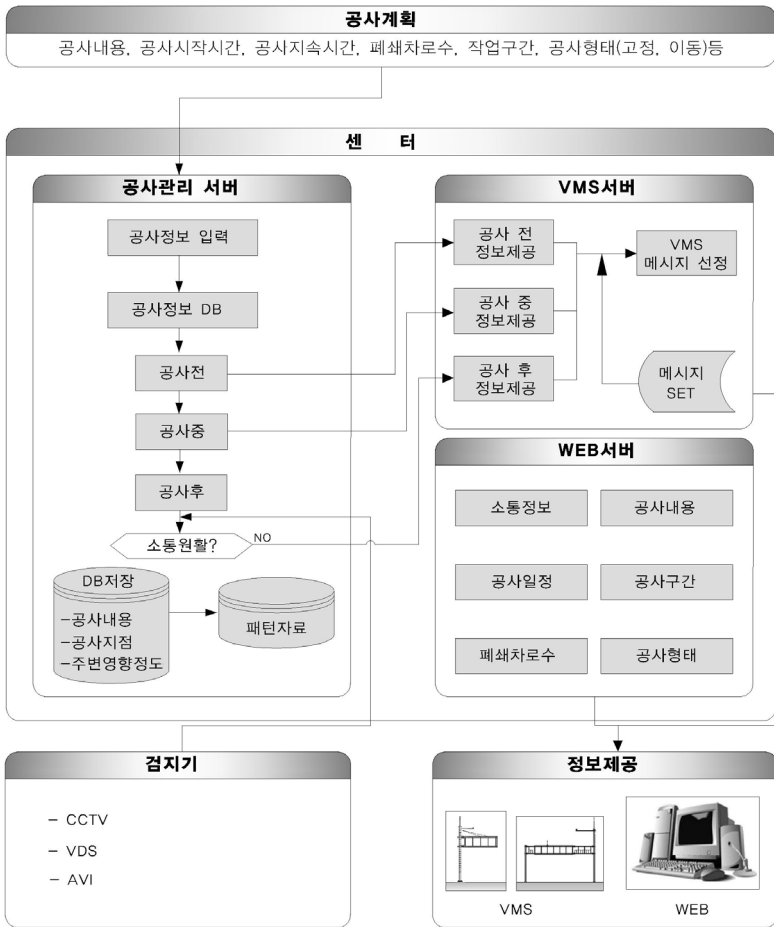
〈표 3〉 CCTV 및 Web카메라, RWIS 현장설치 선정기준

구분		선정기준
CCTV 및 Web 카메라	도로 관리	<ul style="list-style-type: none"> • CCTV 및 Web카메라 주 용도는 모니터링이므로 위험구조물에 대해 최대의 조망권이 확보되는 지점에 설치 • 설치지점에 대한 모든 접근로에 대하여 횡단/종단과 같은 조망권에 방해를 주는 설치지점은 지양 • 기존 설치 혹은 교통관리로 계획된 CCTV 및 Web카메라를 적극 활용하여 중복 투자를 방지
	기타	<ul style="list-style-type: none"> • 토지수용이 어려운 지점(사유지 등)은 지양 • 아파트 단지가 밀집하여 민원발생 소지가 있는 지점은 가능한 배제 • CCTV 및 Web카메라 설치가 불가피한 경우, 팬/틸트 기능 제약, 높이제한 등 적절한 방법을 모색하여 민원발생 최소화 • 도로 확·포장중이거나 계획이 있는 지점은 지양
R W I S	교통	<ul style="list-style-type: none"> • 주 용도는 강설로 인한 결빙 등 도로상태정보를 수집하기 위함으로 결빙 등을 예상되는 구간에 설치
	토목	<ul style="list-style-type: none"> • 다리, 옹벽과 같이 도로 굴착에 방해를 받는 지점은 지양 • 지하 지장물(통신관로, 가스관로)에 방해를 받지 않는 지점 • 지상 지장물(고압선, 기존시설물)에 방해를 받지 않는 지점
	전기 통신	<ul style="list-style-type: none"> • 전원공급(200m 이내)이 원활한 지점 • 통신공급(200m 이내)이 원활한 지점
	기타	<ul style="list-style-type: none"> • 토지수용이 어려운 지점(사유지 등)은 지양 • 아파트 단지가 밀집하여 민원발생 소지가 있는 지점은 가능한 배제 • 도로 확·포장중이거나 계획이 있는 지점은 지양

3. 정보처리체계 전략

1) 공사 관리

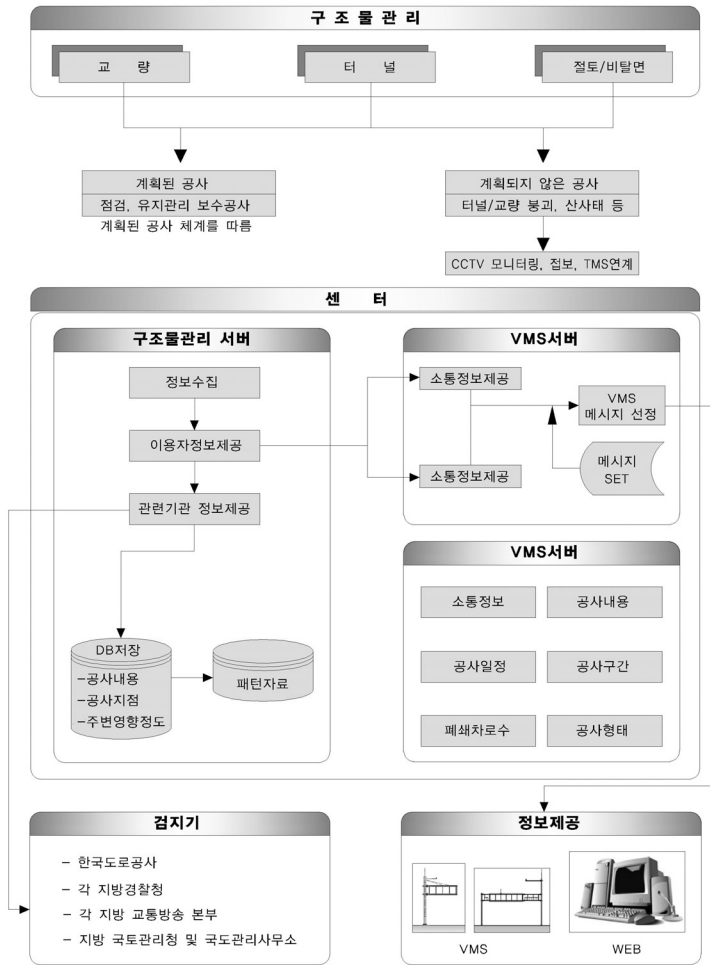
공사관리는 공사내용, 공사시작시간, 공사지속시간, 폐쇄차로수, 작업구간 등 자료를 수집하여 공사관리서버로 전송하게 된다. 자료를 입력받은 관리서버는 서버내 DB를 통해 공사전 및 공사중 정보를 VMS 및 WEB 서버로 제공하게 되며 검지기의 수집자료를 통해 해당 정보의 영향을 판단하여 공사 후 정보를 해당 서버에 제공하게 된다. 공사관리 정보처리체계의 절차는 다음과 같다.



〈그림 7〉 공사관리 정보처리 절차

2) 구조물 관리

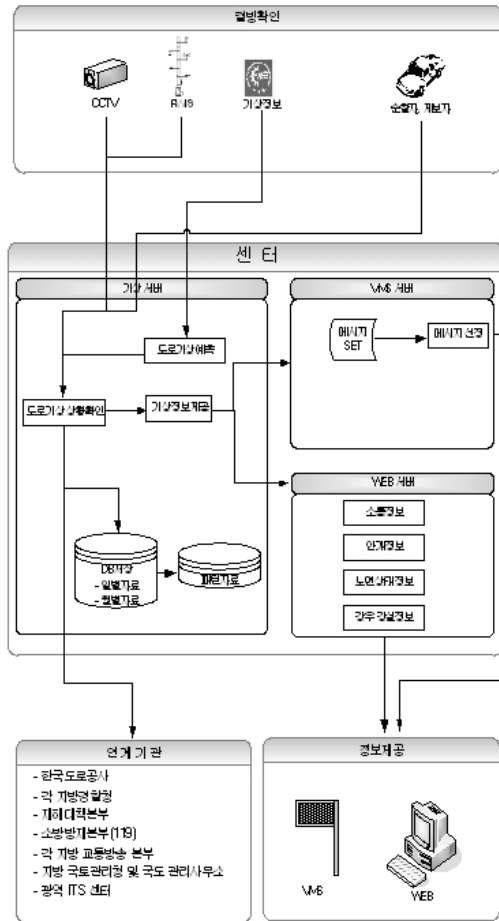
구조물관리는 각 구조물(교량, 터널, 절토/비탈면)의 CCTV, 첩보 및 TMS연계로 수집된 자료를 구조물 관리서버로 전송한다. 수집된 정보는 이용자와 관련기관에 정보가 제공되며, 수집된 정보는 DB화하여 패턴자료를 구축하게 된다. 관리서버에서 전송된 정보는 VMS서버 및 WEB서버를 통해 소통 및 구조물 정보 등이 제공된다. 구조물관리 정보처리체계의 절차는 〈그림 8〉과 같다.



〈그림 8〉 구조물관리 정보처리 절차

3) 기상이상대응 관리

기상이상대응은 CCTV, RWIS, 유관기관(기상청 등), 순찰자 제보 등을 통해 수집된 자료를 기상관리서버로 전송한다. 수집된 자료는 한국도로공사, 재해대책본부, 지방국토관리청 및 국토관리사무소 등의 연계기관으로 정보가 제공되며 VMS서버 및 WEB서버를 통하여 소통정보, 안개정보, 노면상태정보 등이 제공된다. 기상이상대응관리 정보처리체계의 절차는 〈그림 9〉와 같다.



〈그림 9〉 기상이상 대응 정보처리 절차

V. 결론 및 향후연구과제

ITS는 경제규모 증가에 따라 수반되는 차량통행량의 증가로 인한 시간손실비용 및 환경오염비용, 사고비용 등 사회적 비용의 급격한 증가추세를 완화시키고 국민의 삶의 질 향상에 따른 선진국형 ITS에 대한 욕구 증가, 그리고 IT등 첨단기술 발전에 따른 실시간 정보제공과 환경친화적 교통체계에 대한 수요 증가 등으로 인해 매년 확대 구축되고 있다. 이와같은 움직임

은 세계적인 추세로서, 선진국에서도 ITS를 통하여 폭우, 폭설, 재해 등과 같은 돌발 및 긴급상황에 대한 처리능력을 증대시키기 위한 서비스와 관련 기술 개발에 노력을 경주하고 있다.

따라서, 우리나라의 국도 ITS기반 인프라가 공사 관리, 구조물 관리, 기상이상 대응관리 등 3가지 도로관리 시스템과의 접목을 통해 도로관리의 효율성 증대뿐만 아니라 재난, 재해 등에 대한 처리능력이 향상됨으로써, 보다 안전한 도로 서비스를 제공할 수 있게 되어 각종 도로사고로 인한 사회적비용을 절감하여 경제적인 효과가 클 것으로 기대된다. 또한, 이러한 효과를 극대화하기 위해서는 도로관리전략 측면에서 유지관리 할 수 있는 조직을 갖추기 위한 노력도 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 부산지방국토관리청, 한국건설기술연구원(2009), “2009년도 국도 ITS 기반 인프라(국도 7호선 등) 구축 설계보고서”.
2. 익산지방국토관리청, 한국건설기술연구원(2009), “2009년도 국도 ITS 기반 인프라(국도 1호선 등) 구축 설계보고서”.
3. 문학룡(2004), “국도 ITS와 도로관리기술의 접목”, 한국ITS학회지 제2호, pp.54~59.
4. 국토해양부 국가교통정보센터(<http://www.its.go.kr>)
5. 한국ITS학회(www.kits.or.kr)
6. ITS Korea(www.itskorea.or.kr)



양정모



김현석



임성한