

도로 인프라 디지털화를 기반으로 한
디지털 도로교통정책 연구

2025년 1월

국토교통부
김철기

목 차

제 1 장 연구의 배경 및 목적	1
제 1 절 도로 및 도로 관리	1
제 2 절 우리나라 도로의 현황	3
제 3 절 우리나라 도로 관리 체계	6
제 4 절 도로 관리 예산	12
제 5 절 도로 관리의 현황 및 연구 목적	16
제 2 장 미국의 도로 관리 체계	24
제 1 절 미국의 도로 현황	24
제 2 절 미국의 도로 관리 체계	29
제 3 장 미국의 디지털을 활용한 정책 현황	31
제 1 절 인프라 투자 및 일자리 법	31
제 2 절 도로 상의 데이터 수집과 AI의 활용	37
제 3 절 작업 구역 안전 및 이동성 규칙과 임시 교통 통제 장치 규칙 개정	42
제 4 절 WZDx	45
제 4 장 미국의 디지털을 활용한 체계 현황	51

제 1 절 도로 상의 디지털 정보 제공	51
제 2 절 교통량 데이터의 제공	59
제 3 절 교통사고 정보의 제공	64
제 4 절 Weigh in Motion	69
제 5 절 도로 상황 정보 시스템	72
제 6 절 도로 상 기상 정보 시스템	77
제 7 절 전기차 충전소 정보 제공 플랫폼	80
제 8 절 자율주행 테스트 베드	84
제 5 장 결론 및 정책적 제언	88

국외 훈련 개요

1. 훈련국 : 미국
2. 훈련기관명 : UGA IRIS
(Institute of Resilient Infrastructure Systems
at University of Georgia)
3. 훈련분야 : 직무훈련(교통정책)
4. 훈련기간 : 2023.07월 ~ 2025.01월

훈련기관 개요

명 칭	미국 University of Georgia, Institute for Resilient Infrastructure Systems(IRIS)		
소재지	Georgia		
홈페이지	http://www.iris.uga.edu		
설립목적	○ 급변하는 디지털 환경 및 기후변화에 대한 장기적인 복원력을 강화하기 위해 자연 및 기존 인프라 시스템의 통합 및 발전을 위해 설립된 연구 센터		
조 직	○ 공학, 컴퓨터, 환경, 사회 과학, 생태학, 기상학, 경제학, 커뮤니케이션, 공공 정책 및 법률을 포함한 여러 분야의 교수진 및 전문가 약 60여명		
주요기능 및 연구분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 분야 간 전문 지식, 디지털 등 최첨단 도구 및 기술 등을 활용한 협업 파트너십을 통해 의사 결정 지원 ○ 자연과 기존 인프라의 통합을 통해 홍수, 해수면 상승, 가뭄 및 기타 장애에 대한 장기적인 복원력 강화 연구 ○ 지역사회, 기업, 기관에 사회, 경제 및 환경적 성능이 향상된 인프라를 제공하는 전략 마련 		
주요인사 인적사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ Brian P.Bledsoe <ul style="list-style-type: none"> ■ UGA 토목공학과 교수 ■ 토목환경공학, 재해 및 재난 시에서 지속가능한 인프라 시스템 구축 		
교섭창구	Dr. S. Sonny Kim		
	전화	1-706-542-9804	FAX
	E-mail	kims@uga.edu	
훈련경비	총 13,500불 (사무 공간 및 집기 제공, 도서관활용, 세미나 참석 등)		

표 목차

[표 1.1]	우리나라의 도로 관련 법령 및 도로의 정의	1
[표 1.2]	2023년 기준 우리나라의 도로 연장	3
[표 1.3]	우리나라의 지역별 도로 연장	4
[표 1.4]	지자체별 교량 및 터널 현황	5
[표 1.5]	도로법 상 도로관리청 관련 법령	6
[표 1.6]	도로의 등급에 따른 도로관리청	7
[표 1.7]	일반국도의 도로관리체계	7
[표 1.8]	한국도로공사의 지역본부 및 지사 현황	9
[표 1.9]	한국도로공사의 조직별 역할	10
[표 1.10]	공단의 도로관리 담당 부서 및 업무분장 예시	10
[표 1.11]	국토교통부의 도로 관리 시스템 현황	11
[표 1.12]	'19년~'23년 국토교통부의 도로 관련 예산	13
[표 1.13]	'23년 도로 유지 보수 실적	14
[표 1.14]	'12~'21년 도로 유지 보수 실적	15
[표 1.15]	도로 보수 현황 입력 내용	19
[표 1.16]	'24.2.13일 법 개정 이전 도로대장 관련 조문	20
[표 1.17]	'24.2.13일 법 개정 이후 도로대장 관련 조문	21
[표 2.1]	미국의 주간 고속도로와 미국 국도의 차이	26
[표 2.2]	미국 도로의 기능별, 연장정부 지원 여부별 연장	28
[표 2.3]	미국 도로의 소유 기관별 연장	29
[표 3.1]	미국 BIL 투자 내용	31
[표 3.2]	2024년 연방 지원 도로 관련 프로그램	32
[표 3.3]	도로 상에서 수집되는 전통적인 정보들	37
[표 3.4]	도로 상에서 수집되는 새로운 정보들	38
[표 3.5]	DAVI 이니셔티브	45
[표 3.6]	WZDx의 Road Events 데이터 형식	47
[표 3.7]	WZDx의 Field Device 데이터 형식	48
[표 3.9]	WZDx 참여 주 및 기관	49
[표 4.1]	미국 조지아 주 도로 관련 정보 제공 페이지 내용	52
[표 4.2]	도로 상황 정보 시스템에서 제공되는 정보 현황	74

[표 4.3] '23.8.30 15시 기준 소요 시간 경과한 작업 현황	74
[표 4.4] 2가지 경로를 설정하여 정보를 수신한 사례	76

그림 목차

[그림 1.1] 2001~2023년 연도별 도로 현황	3
[그림 1.2] 한국도로공사의 조직 현황	9
[그림 1.3] '19년~'23년 국토교통부의 도로 관련 예산	13
[그림 1.4] 도로관리청별 연장당 도로관리 예산	15
[그림 1.5] 도로노면상태 조사 장비	17
[그림 1.6] 도로 균열 분석 AI프로그램 적용	18
[그림 2.1] 미국의 도로 연장, 차선연장, 차량 당 주행거리	24
[그림 2.2] 미국의 주간 고속도로(Interstate Highway) 현황	25
[그림 2.3] 미국의 U.S. State Highway 주별 심볼 현황	27
[그림 3.1] 미국의 도로 상태 평가	35
[그림 3.2] 미국에서 제일 교통 체증이 심한 10개 대도시	36
[그림 3.3] 원격 감지 데이터를 활용한 도로 상태 평가 결과	41
[그림 4.1] 미국 조지아 주 GRIP 추진 현황	57
[그림 4.2] 미국 조지아 주 교통량 제공 웹페이지 메인 화면	59
[그림 4.3] 미국 조지아 주 교통량 Short Term Station	60
[그림 4.4] 우리나라의 교통량 제공 페이지 화면	61
[그림 4.5] 교통량 측정 지점별 정보	62
[그림 4.6] 각 지점별 세부 정보	62
[그림 4.7] 미국 조지아 주 교통사고 정보 제공 페이지	64
[그림 4.8] 교통사고 정보 제공	65
[그림 4.9] 교통사고 정보의 주 전역 현황	65
[그림 4.10] 시기별 교통사고 정보 제공	66
[그림 4.11] 원인별 교통사고 정보 제공	66
[그림 4.12] 차량 사고 이외 원인별 사고현황	67
[그림 4.13] 지역별 교통사고 정보 제공	67
[그림 4.14] 사고자의 성별, 연령별 사고 현황	68
[그림 4.15] 미국 조지아 주 Weigh-In-Motion 설치 현황	69

[그림 4.16] 미국 플로리다 주 Weigh-In-Motion 설치 현황	70
[그림 4.17] 도로 상황 정보 시스템 기본 화면	73
[그림 4.18] 도로 상황 정보시스템 제공 정보	73
[그림 4.19] 주요 경로 설정	75
[그림 4.20] 조지아 교통부에서 제공하는 도로 상 기상 정보	78
[그림 4.21] 조지아 주에서 제공하는 다양한 기상 정보들	79
[그림 4.22] 무공해차 통합누리집	80
[그림 4.23] 네이버 전기차 충전소 검색	81
[그림 4.24] Alternative Fuels Data Center	82
[그림 4.25] PlugShare	82
[그림 4.26] ChargeHub	83
[그림 4.27] M-City 개념도	85
[그림 4.28] M-City 현황	86
[그림 4.29] 도로인프라 국가 성능시험장	87

제 1 장 연구의 배경 및 목적

제 1 절 도로 및 도로관리

1.1 도로의 개념

현 시대를 살면서 공간 상의 이동은 너무나 당연한 인간의 행동이며, 특히 이러한 이동을 위해 교통을 이용하는 시간이 하루에도 상당히 많이 소요되고 있다. 이러한 이동에 쓰이는 교통 수단 중 특히, 자가용 자동차, 버스, 택시 등을 이용하는 비중이 상당한 부분을 차지하고 있으며, 이러한 교통 수단은 도로라고 하는 인프라가 필수적으로 필요한 수단이다.

우리가 살고 있는 집 밖으로만 나와도 이러한 도로는 쉽게 확인할 수 있지만, 법적으로 정의된 도로는 우리가 쉽게 볼 수 있는 것과는 다르다고 할 수 있다. 우리나라에서 도로를 정의하고 있는 관련 법률과 해당 도로를 살펴보면 다음과 같다.

< 표 1.1. 우리나라의 도로 관련 법령 및 도로의 정의 >

관련 법령	관련 내용
도로법	법 제2조 제1호 “도로”란 차도, 보도, 자전거도로, 측도, 터널, 교량, 육교 등 대통령령으로 정하는 시설로 구성된 것으로서 제10조에 열거된 것을 말하며, 도로의 부속물을 포함한다. 법 제10조(도로의 종류와 등급) 도로의 종류는 다음 각 호와 같고, 그 등급은 다음 각 호에 열거한 순서와 같다. 1. 고속국도(고속국도의 지선 포함) 2. 일반국도(일반국도의 지선 포함) 3. 특별시도·광역시도 4. 지방도 5. 시도 6. 군도 7. 구도

농어촌도로 정비법	법 제2조 제1항 이 법에서 “농어촌도로”란 「도로법」에 규정되지 아니한 도로로서 농어촌지역 주민의 교통 편의와 생산·유통활동 등에 공용 되는 공로 중 제4조 및 제6조에 따라 고시된 도로를 말한다.
사도법	<p>법 제2조 이 법에서 “사도”란 다음 각 호의 도로가 아닌 것으로서 그 도로에 연결되는 길을 말한다. 다만, 제3호 및 제4호의 도로는 「도로법」 제50조에 따라 시도 또는 군도 이상에 적용되는 도로 구조를 갖춘 도로에 한정한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「도로법」 제2조제1호에 따른 도로 2. 「도로법」의 준용을 받는 도로 3. 「농어촌도로 정비법」 제2조제1항에 따른 농어촌도로 4. 「농어촌정비법도」에 따라 설치된 도로

위에서 보다시피 여러 법률에서 도로를 정의하고 있으나, 이 중 특히 많은 교통량을 소화하는 도로는 도로법에 따른 도로라고 할 수 있으며, 각각 그 구간에 따라 지정된 도로관리청¹⁾이 유지관리 업무를 수행하고 있다.

여기에서는 도로법에 따른 도로에 대해서 논의하고자 한다.

1.2 도로관리

도로관리는 도로 자체, 즉 차가 다니는 차도와 갓길과 도로 구역 내에 설치되어 있는 각종 표지판과 안전시설 등을 건설 및 설치한 이후 제 기능을 지속적으로 할 수 있도록 보수하거나 유지하는 업무를 말한다.

「도로법」에서는 제2조제8호에서 “도로의 유지·관리”란 도로의 기능을 유지하기 위하여 필요한 일반적인 도로관리(경미한 도로의 보수 공사 등을 포함한다) 활동을 말한다. 라고 하고 있다.

이에 따라 도로관리청은 관리계획을 수립하도록 하고 있으나, 「도로법」

1) 도로법 제23조(도로관리청) ① 도로관리청은 다음 각 호의 구분에 따른다.
 1. 제11조 및 제12조에 따른 고속국도와 일반국도 : 국토교통부장관
 2. 제15조제2항에 따른 국가지원지방도 : 도지사·특별자치도지사
 3. 그 밖의 도로 : 해당 도로 노선을 지정한 행정청

제6조(도로건설·관리계획의 수립 등)에서 건설과 유지·관리계획을 5년마다 수립하여 시행하도록 하고 있어 주로 건설 중심의 계획으로 수립되고 있다.

2. 우리나라 도로의 현황

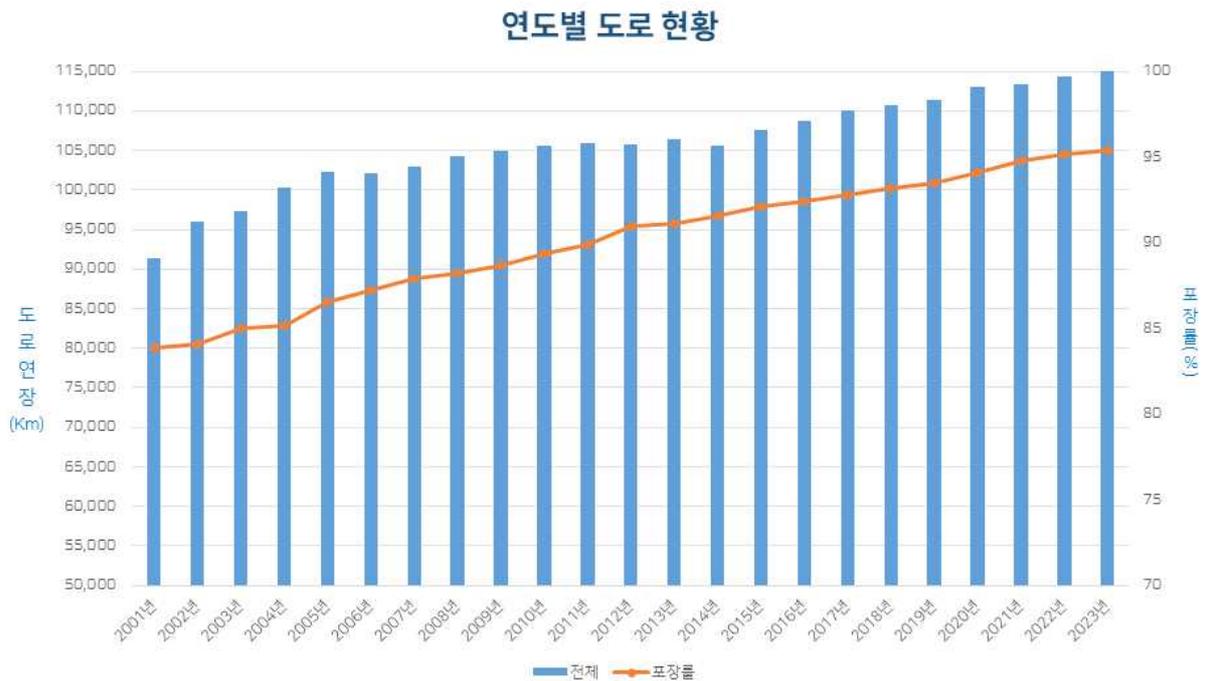
우리나라의 도로 현황에 대해서는 매년 국토교통부에서 도로현황조서를 발간하고 있으며 이에 따른 2023년 말 기준 도로의 현황은 다음과 같다.

< 표 1.2. 2023년 기준 우리나라의 도로 연장(km) >

구분 총계	고속국도	일반국도	특별· 광역시도	지방도	시도	군도	구도
115,878	4,974	14,220	5,281	18,349	33,925	22,241	16,879

또한, 2001년부터 전체 도로연장의 변화를 보면 다음과 같이 연평균 약 1%씩 꾸준히 증가하고 있음을 알 수 있다.

< 그림 1.1. 2001~2023년 연도별 도로 현황2) >



2) 국토교통부, 2023 도로현황조서

도로의 등급에 따른 지역별 연장분포를 보면 다음과 같다.

< 표 1.3. 우리나라의 지역별 도로 연장(m)³ >

구분 지역	고속국도	일반국도	특별· 광역시도	지방도	시도	군도	구도
서울시	27,610	173,120	1,052,915	-	-	-	7,105,852
부산시	68,300	100,782	830,153	29,730	-	165,185	2,221,574
대구시	96,840	144,793	893,674	11,604	-	143,300	1,725,140
인천시	109,480	75,613	771,930	48,390	-	477,101	1,834,546
광주시	26,370	86,569	577,974	16,060	-	-	1,172,456
대전시	76,140	83,887	507,517	30,446	-	-	1,527,546
울산시	96,750	162,680	556,223	17,260	-	783,922	927,558
세종시	18,530	70,961	-	25,450	307,900	-	-
경기도	880,004	1,645,504	1,940	2,669,800	9,168,494	446,953	-
강원도	472,020	1,906,849	-	1,636,019	2,639,458	3,202,923	-
충청북도	388,406	985,393	-	1,422,440	1,834,606	2,283,857	-
충청남도	429,990	1,291,718	-	1,708,732	2,980,335	1,176,804	-
전라북도	418,420	1,488,426	-	1,894,578	2,387,565	2,378,869	-
전라남도	416,690	2,078,712	-	2,299,104	2,639,979	3,341,648	-
경상북도	778,330	2,333,352	-	3,181,583	3,430,827	3,920,440	-
경상남도	561,940	1,546,640	-	2,540,674	4,787,561	3,410,445	-
제주도	-	-	-	753,888	1,575,478	887,600	-
총계	4,865,820	14,174,999	5,192,326	18,285,758	31,752,203	22,619,047	16,514,672

3) 국토교통부, 2023 도로현황조사

또한, 도로 자체 연장에 더불어 도로 관리의 대상이 되는 주요 시설물 현황은 다음과 같다.

< 표 1.4. 지자체별 교량 및 터널 현황 >

구분 지역	교량		터널	
	개소수	연장(km)	개소수	연장(km)
서울시	736	196.0	81	85.8
부산시	612	136.0	85	100.2
대구시	644	73.4	42	43.9
인천시	494	117.2	34	21.4
광주시	404	45.5	30	14.8
대전시	492	55.8	35	22.9
울산시	852	80.6	68	51.6
세종시	218	22.7	8	3.9
경기도	6,664	637.3	439	337.1
강원도	3,766	382.1	402	339.4
충청북도	2,883	270.6	185	133.2
충청남도	3,009	281.8	124	75.0
전라북도	3,048	268.3	208	122.6
전라남도	3,397	341.0	300	225.7
경상북도	5,156	496.1	367	313.1
경상남도	4,293	377.7	347	323.3
제주도	410	13.2	-	-
총계	37,078	3,795.1	2,755	2,214.1

이 중, 고속3국도 및 일반국도에 있는 교량은 총 19,689개소로 전체의 약 53%를 차지하며, 연장기준으로는 2,399km로 전체의 약 63%차지하고, 고속국도 및 일반국도에 있는 터널은 2,030개소로 전체의 약 74%를 차지하며, 연장기준으로는 1,709km로 전체의 약 77%를 차지한다.

3. 우리나라 도로 관리 체계

우리나라의 도로는 표 1.1에서 본 바와 같이 「도로법」에서 그 종류를 구분하고 있으며 그 도로의 종류에 따라 계획, 건설, 관리의 주체를 별도로 지정하고 있다.

이에 대해 세부적으로 살펴보면, 먼저 도로의 계획, 건설, 관리의 주체를 도로관리청이라고 정의하고 있으며, 도로의 종류에 따라 도로관리청을 달리 지정하고 있다.

< 표 1.5. 도로법 상 도로관리청 관련 법령 >

관련 조문 및 내용
<p>제2조(정의) 5. “도로관리청”이란 도로에 관한 계획, 건설, 관리의 주체가 되는 기관으로서 도로의 구분에 따라 제23조에서 규정하는 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 기관을 말한다.</p> <p>가. 국토교통부장관</p> <p>나. 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사·시장·군수 또는 자치구의 구청장(이하 “행정청”이라 한다)</p>
<p>제23조(도로관리청) ① 도로관리청은 다음 각 호의 구분에 따른다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 제11조 및 제12조에 따른 고속국도와 일반국도 : 국토교통부장관 2. 제15조제2항에 따른 국가지원지방도(이하 “국가지원지방도”라 한다) : 도지사·특별자치도지사(특별시, 광역시 또는 특별자치시 관할구역에 있는 구간은 해당 특별시장, 광역시장 또는 특별자치시장) 3. 그 밖의 도로 : 해당 도로 노선을 지정한 행정청

이에 따라, 도로의 등급에 따라 국토교통부와 지방정부가 나누어 도로의 유지, 관리업무를 수행하고 있다. 고속국도의 경우에는 국토교통부가 도로관리청이나 고속국도에 관한 도로관리청의 업무를 한국도로공사가 대행⁴⁾할 수 있도록 함에 따라 한국도로공사가 관리하고 있다. 이를 토대로 도로의

4) 「도로법」 제112조(고속국도에 관한 도로관리청의 업무 대행) ① 국토교통부장관은 이 법과 그 밖에 도로에 관한 법률에 규정된 고속국도에 관한 권한의 일부를 대통령령으로 정하는 바에 따라 한국도로공사로 하여금 대행하게 할 수 있다.
 ② 한국도로공사는 제1항에 따라 고속국도에 관한 국토교통부장관의 권한을 대행하는 경우에 그 대행하는 범위에서 이 법과 그 밖에 도로에 관한 법률을 적용할 때에는 해당 고속국도의 도로관리청으로 본다.

등급에 따른 도로관리청은 아래와 같다.

< 표 1.6. 도로의 등급에 따른 도로관리청 >

도로의 구분	도로관리청	관리기관
고속국도	국토교통부 장관	국토교통부 장관 (대행 : 한국도로공사 사장) (민간 사업자)
일반국도	국토교통부 장관	국토교통부 장관
특별· 광역시도	특별시장 광역시장	특별시장 광역시장
지방도 (국가지원지방도)	도지사 (시구역 : 시장)	도지사 (시구역 : 시장)
시도	시장	시장
군도	군수	군수
구도	구청장	구청장

따라서, 국토교통부, 지방정부, 한국도로공사 등이 각 기관별 소관 도로에 대해 예산을 수립하여 건설 및 유지관리를 하고 있으며, 이에 따라 기관별 유지관리 업무에 필요한 체계, 기술 개발 등도 별도로 진행하고 있다.

3.1 일반국도의 관리체계

일반국도를 관리하고 있는 국토교통부에서는 전국에 5개 지방국토관리청을 두어 지역별로 나누어 관리하고 있으며, 지방국토관리청은 산하에 3~5개의 국토관리사무소를 두어 추가로 구간을 구분하여 관리하고 있다.

< 표 1.7. 일반국도의 도로관리체계 >

지방국토관리청	국토관리사무소	소관 연장	비고
서울	수원	1,058.2	
	의정부	668.5	
	경기위임	154.3	경기도에 위임 ⁵⁾
원주	홍천	519.1	
	강릉	503.0	
	정선	396.0	
	강원위임	491.7	강원도에 위임

대전	충주	413.0	
	보은	358.8	
	충북위임	223.9	충북도에 위임
	논산	537.4	
	예산	589.0	
	충남위임	324.0	충남도에 위임
익산	전주	810.9	
	남원	471.8	
	전북위임	248.0	전북도에 위임
	광주	888.9	
	순천	674.0	
	전남위임	600.3	전남도에 위임
부산	대구	758.0	
	포항	730.4	
	영주	442.0	
	경북위임	481.4	경북도에 위임
	진주	808.8	
	진영	718.7	
	경남위임	350.1	경남도에 위임
총계		14,220.5	

위임국도를 제외한 약 11,346km를 총 18개의 국토관리사무소가 나누어 관리하고 있으므로 1개의 국토관리사무소 당 평균 약 630여km를 관리하고 있다.

3.2 고속국도의 관리체계

고속국도는 국토교통부 소관이나 위에서 살펴본 바와 같이 「도로법」 제 112조에 따라 한국도로공사에 대행을 함에 따라 한국도로공사가 도로관리청이 된다. 한국도로공사의 조직 중 도로본부에서 도로의 관리 업무를 총괄하고 있으며, 실제 현장에서의 관리 업무는 지역본부에서 담당하고 있다.

5) 도로법 제23조(도로관리청)제2항에 따라 일반국도이나 특별시·광역시·특별자치시·특별자치도 관할구역의 동 지역에 있는 일반국도는 해당 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사가 도로관리청이 되며, 이를 위임국도라고 함

< 그림 1.2. 한국도로공사의 조직 현황6) >



실제로 고속도로의 유지관리 업무를 수행하고 있는 한국도로공사의 지역 본부와 지사 현황은 다음과 같다.

< 표 1.8. 한국도로공사의 지역본부 및 지사 현황(‘24.1월 기준) >

지역본부	소관지사
서울경기본부	인천, 시흥, 동서울, 수원, 군포, 경기광주, 화성
강원본부	원주, 홍천, 대관령, 강릉, 양양, 춘천, 이천
충북본부	진천, 충주, 엄정, 제천, 보은, 상주
대전충남본부	천안, 대전, 영동, 당진, 공주, 부여
전북본부	전주, 부안, 무주, 논산, 진안, 보령
광주전남본부	광주, 함평, 구례, 순천, 담양, 보성, 남원
대구경북본부	구미, 대구, 군위, 영천, 고령, 영주, 성주, 청송
부산경남본부	울산, 양산, 창원, 진주, 산청, 경주, 창녕, 고성, 서울산
8개 본부	56개 지사

고속도로의 경우 일반국도보다 교통량이 훨씬 많으며 진출입로가 일정 위치에 정해져 있으므로 원활한 관리를 위해서 하나의 지사가 담당하는 구간이 하나의 국토관리사무소가 담당하는 구간보다 짧은 구간을 담당하고 있다.

6) 출처 : 한국도로공사 홈페이지

한국도로공사의 본사와 지역본부 및 지사는 도로의 관리 측면에서 아래와 같이 역할을 구분할 수 있다.

< 표 1.9. 한국도로공사의 조직별 역할 >

조직	업무
본사	<ul style="list-style-type: none"> - 도로 유지보수 계획 수립 및 지침방향 설정 - 예산집행계획 수립 및 사업추진 총괄 - 장비관리 및 운영계획 수립
지역본부	<ul style="list-style-type: none"> - 자체 도로유지보수 시행계획 및 사업추진 - 교통관리 및 안전관리 업무 주관 - 관내 지사, 요금소 및 휴게소 관리 감독
지사	<ul style="list-style-type: none"> - 도로유지보수 시행 - 도로순찰, 안전관리 및 사고처리 - 각종 도로부대시설 운영관리

한국도로공사는 업무 효율성 제고를 위하여 내부적으로 포장관리시스템, 교량관리시스템, 사면관리시스템, 지능형교통시스템, 유지관리시스템 등을 운영하고 있다.

3.3 지방정부의 관리체계

지방정부의 경우 도로 담당부서에서 관내 도로에 대한 계획 수립, 예산 집행, 도로 유지관리 업무 등을 담당하고 있으나, 실제 현장에서 이루어지는 보수 등 작업 등은 사업소나 산하 시설관리공단 등을 설치하여 운영하는 형태가 대부분이다.

< 표 1.10. 공단의 도로관리 담당 부서 및 업무분장 예시⁸⁾ >

구분	담당처	업무분장
도로관리 본부	도로관리처	<ul style="list-style-type: none"> - 각종 유지관리 계획 수립 - 포장, 사면, 방음, 도로표지 등 관리 총괄
	도로시설처	<ul style="list-style-type: none"> - 도로시설물 관리, 재난 및 안전관련 업무 - 도로시설 정밀점검 및 안전진단

7) 국토교통부, 도로 공공성 관리 강화를 위한 도로관리방안 연구용역

8) 국토교통부, 도로 공공성 관리 강화를 위한 도로관리방안 연구용역

	도로환경처	- 청소, 수방 및 제설업무 총괄 - 자동차전용도로 녹지관리 업무
	도로정보처	- 교통관리센터 운영 - 현장 교통관리시스템 보수
교통사업 본부	주차시설 운영처	- 주차장 운영 및 차고지 관리
	교통시설 운영처	- 혼잡통행료 징수, 요금소 관리 등
	공공자전거 운영처	- 공공자전거 운영 및 유지관리

3.4 국토교통부의 관리 시스템

국토교통부는 이렇게 다양한 기관들이 수행하고 있는 유지관리 업무의 일관성과 효율성을 높이고, 전문적인 지식이나 기술 등이 필요한 업무를 지원하기 위하여 전문기관에 위탁을 통해 지원하고 있다.

< 표 1.11. 국토교통부의 도로 관리 시스템 현황 >

구분	시스템	주요 수행업무	수행 기관
시설물 관리	도로 포장 관리 시스템	- 포장상태 조사 및 평가 - 공법선정 및 우선순위 검토 등 - 차선도색 유지관리시스템 운영	건설기술연구원 (‘87년 도입 ‘06년 위탁)
	도로 비탈면 유지관리 시스템	- 비탈면 조사 및 안정성 분석 - 대책공법 및 투자우선순위 결정 등	건설기술연구원 (‘97년 도입, ‘06년 위탁)
	도로표지 관리센터	- 전국 도로표지 정보 관리 - 관련 제도개선 등	건설기술연구원 (‘02년 도입, ‘02년 위탁)
	도로교량 관리시스템	- 교량 제원 등 정보 수집·갱신 - 장·단기 유지관리 전략 수립 지원 등	건설기술연구원 (‘14년 위탁)
	도로터널 관리시스템	- 터널 제원, 방재시설 등 정보 수집 및 갱신 - 사고 대응 체계 수립·유지 관리 전략 수립 지원 등	건설기술연구원 (‘17년 위탁)
업무 관리	도로관리 통합시스템	- 도로관리통합포털 운영·관리	건설기술연구원 (‘03년 도입, ‘06년 위탁)

척척해결서비스	- 도로불편신고체계 운영·관리	건설기술연구원 (‘14년 도입, ‘14년 위탁)
도로제설 관리시스템	- 도로제설전산체계 운영·관리	건설기술연구원 (‘14년 도입, ‘14년 위탁)
도로교통량 조사업무	- 통계연보 작성 - 조사장비 유지관리 시스템 운영	건설기술연구원 (‘96년 도입, ‘96년 위탁)
도로점용시스템	- 점용 인허가 업무 지원 - 정보마당 운영 - 지도기반 서비스 도입 등	건설기술연구원 (‘11년 도입, ‘13년 위탁)
도로 및 보수현황 시스템	- 지방도 포함한 전국 도로현황 - 보수실적 DB관리	건설기술연구원 (‘12년 도입, ‘14년 위탁)
도로대장 정보시스템	- 도로대장 전산화 - 자료검수 및 갱신 등	한국국토정보공사 (‘16년 도입, ‘16년 위탁)

위 12개 시스템 중 도로포장, 도로비탈면, 도로표지, 도로교량, 도로터널 관리시스템은 각 시설물을 관리하는 데 필요한 시스템을 제공해주고 그 이외의 시스템을 각 업무를 하는데 필요한 기능을 제공해주고 있다. 이러한 시스템은 국토교통부에서 관리하고 있는 일반국도에 대해서만 적용되고 있으며, 그 이외의 도로관리청, 특히 지방정부의 경우 자체시스템을 개발하여 운영하고 있거나, 시스템 없이 인력이 직접 운영하고 있는 경우가 대부분이다.

4. 도로 관리 예산

도로 예산은 크게 건설과 관리 예산으로 구분해 볼 수 있으나, 신규로 건설하는 사업이 조금씩 줄고 있는 반면, 관리해야할 연장은 늘어남에 따라 건설예산은 줄고 유지관리 예산은 지속 증가하는 추세이다.

‘19년부터 ‘23년까지의 국토교통부의 도로 관련 예산을 보면 다음과 같다.

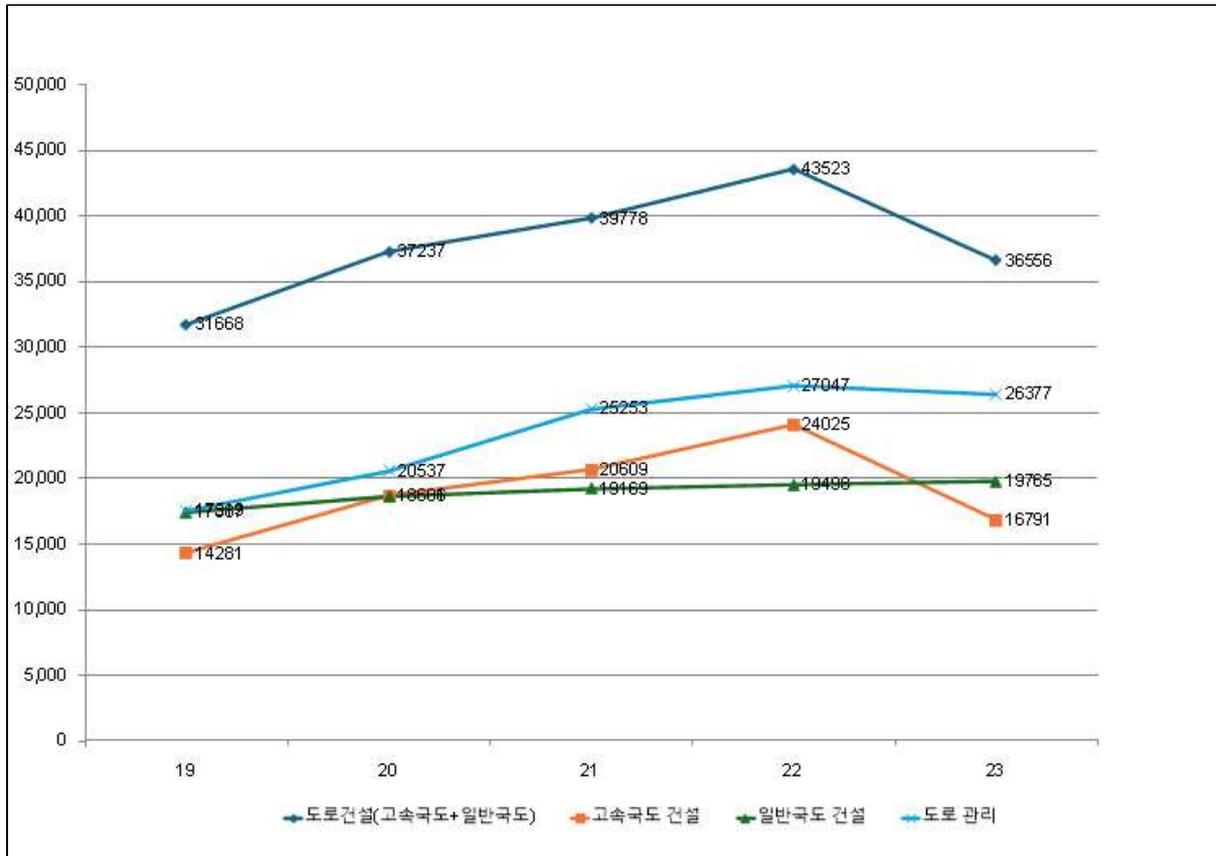
< 표 1.12. '19년~'23년 국토교통부의 도로 관련 예산 >

(단위 : 억원)

구분	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년	'19~'23년 연평균
총계	57,842	69,166	74,997	83,322	78,408	72,747
고속도로 건설	14,281	18,636	20,609	24,025	16,791	18,868
국도 건설	17,387	18,601	19,169	19,498	19,765	18,884
건설 소계	31,668	37,237	39,778	43,523	36,556	37,752
도로관리	17,519	20,537	25,253	27,047	26,377	23,347
지자체지원	3,163	2,965	4,026	4,416	4,740	3,862
민자도로	5,493	8,427	5,940	8,334	10,735	7,786

< 그림 1.3. '19년~'23년 국토교통부의 도로 관련 예산 >

(단위 : 억원)



도로 건설예산의 경우, '22년도를 기점으로 감소세로 전환된 상황이다. 일반국도의 건설 예산은 5년간 약 13% 증가하였으나, 고속국도 건설예산의 경우 '19년 대비 '22년까지 약 68% 증가하였으나, '23년에는 약 30%가 감소함에 따라 전체 도로 건설 예산은 5년간 약 15% 증가하였다.

반면, 도로관리 예산의 경우 지난 5년 간 약 50% 증가하여, 건설예산에 비해 큰 폭으로 상승한 것을 알 수 있으며, 건설예산과 도로관리 예산의 차이도 점차 줄어들어 도로관리의 비중이 지속적으로 늘어나고 있음을 알 수 있다.

상기 예산은 국토교통부가 확보한 예산을 기준으로 검토한 것이며, 이 중 실제 도로 보수 공사, 즉 포장보수, 교량 보수, 안전 시설 설치, 위험도로 개선 등 실제 보수 공사에 투입된 예산을 도로 등급별로 구분하면 다음과 같다.

< 표 1.13. '23년 도로 유지 보수 실적9) >

(단위 : 백만원)

구분	합계	국비	지방비	민간사업비
고속국도	527,480	391,291	7	136,182
일반국도	1,722,902	1,701,010	21,893	-
- 국토부 관리	1,564,584	1,564,584	-	-
- 지자체 관리 ¹⁰⁾	136,426	136,426	-	-
- 시관리 ¹¹⁾	21,892	-	21,892	-
특별·광역 시도	283,518	12,493	-	-
지방도	514,133	37,560	476,573	-
시도	655,174	11,526	643,648	-
군도	314,657	16,229	298,428	-
구도	335,231	7,541	327,690	-
총계	4,353,095	2,177,650	2,039,263	136,182

국가가 관리하는 고속국도와 일반국도의 총 연장은 '23년 기준 19,194km로 '23년 기준 도로의 총 연장 115,878·km 대비하여 16%에 불과하나, 실제 보수 공사에 투입되는 예산은 각각 약 2,178억원과 약 2,039억원으로 비슷한 수준이다.

지난 10년간 도로 유지보수 집행실적을 살펴보면 아래와 같다.

9) 국토교통부, 2023 도로보수현황

10) 위임국도

11) 시관내국도

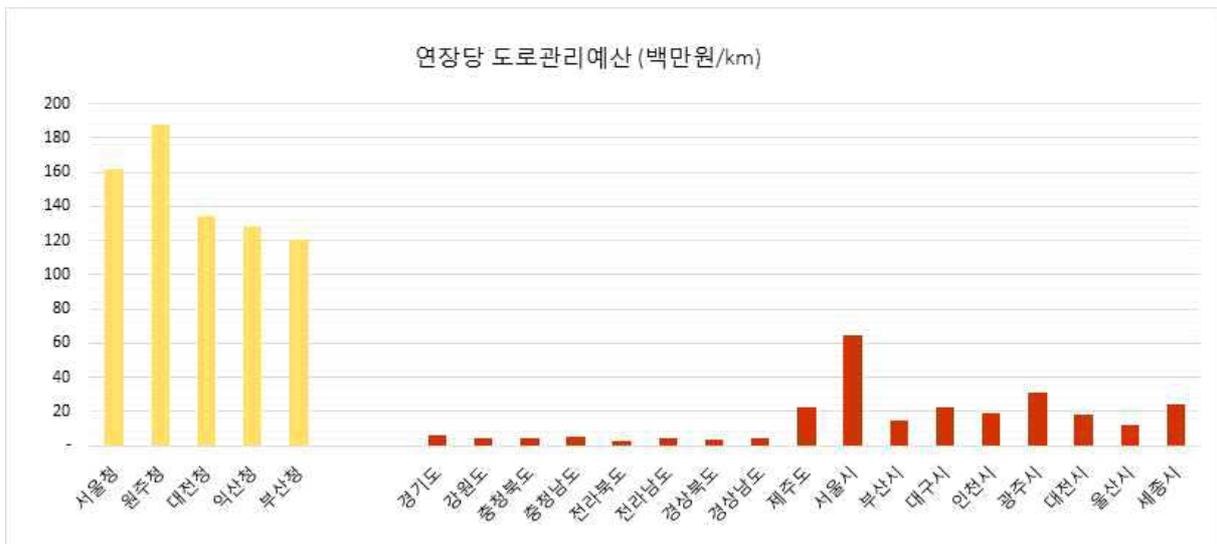
< 표 1.14. '12~'21년 도로 유지 보수 실적¹²⁾ >

(단위 : 백만원)

구분	총계	고속국도	일반국도	특별· 광역시도	지방도	시도	군도
2012	2,324,688	393,167	818,992	410,249	250,221	217,615	234,444
2013	2,420,049	326,277	848,390	458,371	278,014	314,658	194,389
2014	2,302,069	323,391	820,955	430,918	242,406	336,434	147,965
2015	2,768,925	372,003	1,170,951	422,458	265,319	371,163	167,031
2016	2,738,727	401,996	1,240,190	255,155	312,528	468,942	204,172
2017	3,316,887	489,164	1,313,124	417,443	322,497	499,932	274,727
2018	3,403,127	554,841	1,381,557	363,951	341,079	501,387	260,312
2019	3,758,021	532,677	1,587,872	209,662	398,027	527,952	303,836
2020	4,087,566	648,742	1,642,005	560,102	414,827	518,945	302,945
2021	4,042,373	556,397	1,671,180	506,590	425,053	527,199	355,954

도로관리청별 연장당 도로관리예산을 비교해 보면 일반국도를 관리하는 국토교통부 산하 국토지방관리청과 지자체가 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

< 그림 1.4. 도로관리청별 연장당 도로관리 예산¹³⁾ >



12) 국토교통부, 2022 도로업무편람

13) 국토교통부, 도로 공공성 관리 강화를 위한 도로관리방안 연구용역

5. 도로 관리의 현황 및 연구 목적

이상에서 살펴본 바와 같이, 우리나라의 도로관리체계는 도로의 등급에 따라 관리청을 달리하고 있으나, 간선기능을 주 역할로 하는 일반국도의 경우에는 행정경계에 따라 도로관리청을 달리하여 관리하고 있다. 이는 도로의 보수를 위해서는 직접 인력의 이동이 있어야 하는 공간적인 제약 등으로 인해 해당 구간에 근접한 기관이 관리하는 것이 효율성을 높일 수 있는 체계가 될 수도 있지만, 도로의 기능적인 측면을 고려할 경우에는 특정 노선이 두 지점을 연결하는 연속적인 기능을 하고 있으므로, 그 관리의 주체를 행정구역과는 무관하게 동일한 주체가 하는 것이 보다 효율적일 수도 있다는 지적도 상존한다.

또한, 도로의 연장으로 고려했을 경우, 대부분을 차지하고 있는 지방정부의 역할이 매우 중요하나 예산, 인력 부족 등으로 발생하는 여러 가지 문제점을 많은 전문가들이 지적하고 있다.

5.1 지방정부

도로 관리에 관하여 주로 지방정부의 문제점으로는 전문성 부족, 시스템 부재, 예산 부족, 지역이익을 위한 접근관리 소홀 등을 주로 지적한다.¹⁴⁾

중앙정부나 한국도로공사 조직과는 달리 순환보직으로 대부분의 직원이 2~3년 정도 짧은 기간만 업무를 담당하게 되어 전문성이 상대적으로 부족하고, 도로 관리 예산이 부족하다보니 효율적으로 업무를 수행하는 데 필요한 정보시스템의 개발·운용이 미흡하다. 국토교통부는 상기에서 살펴본 바와 같이 12가지의 각종 정보시스템을 한국건설기술연구원, 한국국토정보공사 등에 위탁하여 운용하고 있으며, 한국도로공사도 자체적으로 여러 시스템을 개발하여 운용 중에 있다, 하지만 지자체의 경우 예산, 인력 등의 부족으로 시스템 개발에도 어려움을 겪고 있다. 또한, 지자체의 열악한 재정 여건으로 도로관리 예산 자체도 부족하다. 그림 1.4에서 살펴본 바와 같이 국토교통부 산하의 지방국토관리청과 지방정부의 도로 연장당 투입 예산을 보면 상당히 많은 차이가 나는 것을 알 수 있다.

14) 국토교통부, 도로 공공성 강화를 위한 도로관리방안 연구용역, 2019.2

이러한 결과로 고속국도나 일반국도와 지방도 간의 관리 수준이 상이함에 따라 하나의 도로 노선 중에서도 도로관리청이 다른 곳의 경우 도로 포장 상태의 차이 등으로 인한 교통사고 위험성도 증가하는 현실이다.

5.2 업무의 특성

도로관리의 업무 특성 상 차량이 운행 중인 도로를 점검하여 상태를 파악하고 필요한 경우 보수작업을 진행하여야 하는 것이므로 매우 위험하며, 자동화하기 어려워 많은 인력이 투입되어야 하는 작업이다.

예를 들어, 도로의 균열 등을 파악하여 보수 필요성과 우선순위를 판단하고 보수 공법을 결정하여 실제 보수 공사를 할 수 있도록 지원하는 업무의 경우 총 연장이 14,220km인 일반국도를 차선별로 매년 상태조사를 해야 하며, 이를 통해 취득한 영상 및 이미지 데이터를 확인하여 도로의 상태를 파악하고 있다. 물론 노면상태를 조사하는 장비를 탑재한 차량의 운행을 통하여 조사를 실시하고 있으나, 이 역시 매우 많은 시간을 필요로 한다.

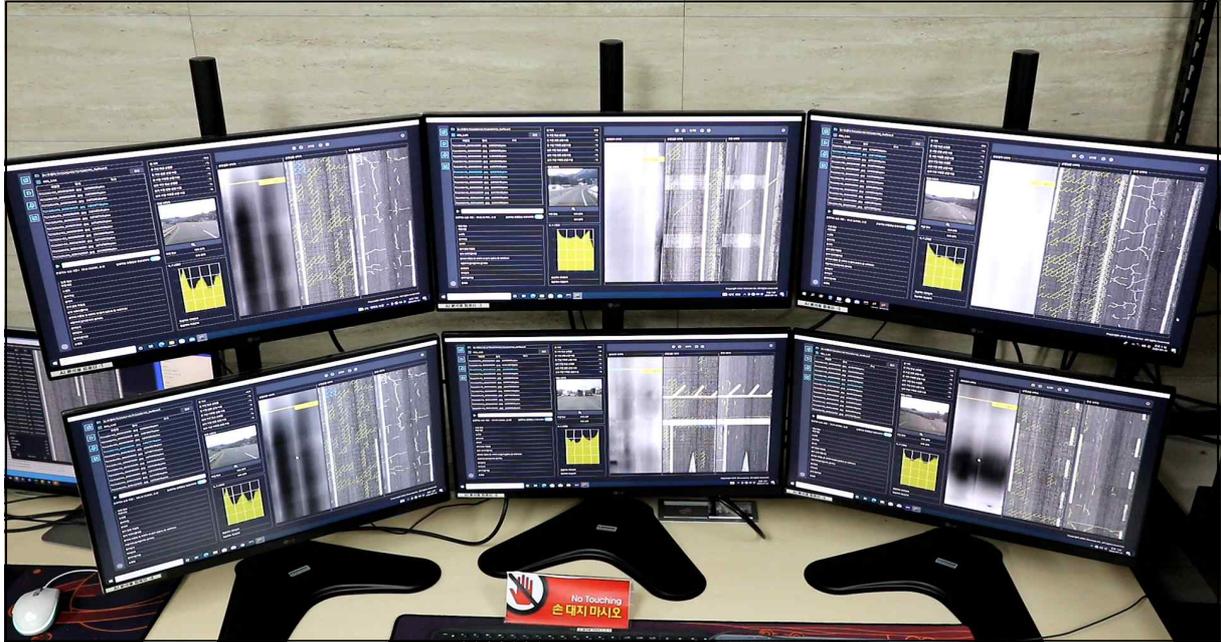
< 그림 1.5 도로노면상태 조사 장비¹⁵⁾ >



15) 건설기술연구원, 도로포장관리시스템 업무보고 자료

위 장비를 통해 노면 파손, 소성 변형, 평탄성, 도로선형 등을 측정하고, 도로의 이미지 데이터를 취득하여 균열 발생여부를 판단한다.

< 그림 1.6 도로 균열 분석 AI프로그램 적용16) >



국토교통부로부터 업무 위탁을 받은 한국건설기술연구원에서는 도로의 균열 파악을 위하여 일부 AI프로그램을 개발하여 인력이 투입되는 시간을 줄여 효율성을 높이고 있다.

위의 과정을 통해 정밀조사가 필요한 것으로 파악되는 구간에 대해서는 추가적으로 비파괴 포장 지지력 측정과 레이더 투과 검사기를 통해 도로 하부에 대한 상세한 정보를 취득한다.

또한, 도로관리 현황에 대한 기본적인 데이터를 제공해 줄 수 있는 도로의 보수 현황관리에도 많은 시간과 인력이 필요하다. 우리나라의 모든 도로관리청에서는 매년 소관 도로에 대한 보수 실적을 입력하여 국토교통부에서 총괄 취합 후 국가 통계로 공표하고 있다. 이 때 입력하는 내용은 다음과 같다.

16) 건설기술연구원, 도로포장관리시스템 업무보고 자료

< 표 1.15. 도로 보수 현황 입력 내용 >

구분	입력 내용
도로포장	소파보수(m ²), 표면처리(m ²), 덧씌우기(m ²), 재포장(m ²), 미포장(m ²) 균열실링(m), 포트홀 보수(개소)
구조물	교량(개소), 터널(개소), 사면(개소), 소구조물(개소) 안전진단(개소), 내진보강(개소)
안전시설	방호시설(m), 방음시설(m), 도로표지(개소), 노면표시(m ²) 생태통로 및 경관도로(m), 길어깨(m), 과속방지시설(개소) 과적차량 단속시설(개소), 보도(m ²), 시인성증진안전시설(개소) 중앙분리대(m), 미끄럼방지시설(m ²), 줄음쉼터(개소) 횡단보행시설(개소), 안전시설정비(개소), 어린이보호구역(개소)
위험도로개선	위험도로(개소), 사고잦은곳(개소)
병목지점개량	교차로 개선(개소), 오르막차로(m), 입체교차로(개소) 버스정차대(개소), 단구간 확장(m)
재해 및 응급복구	재해대비(개소), 재해복구(개소), 응급복구(개소) 도로손괴원상복구(식)
접도구역관리	접도구역관리(개소)
자전거도로	자전거도로(m)
기타	시설부대비(식), 설계비(식), 감리비(식), 연구개발비(식) 자산취득비(식), 인건비(식), 위탁사업비(개소) 기타운영비(식), 보전금(식)

위의 내용을 입력하기 위하여 준비 및 사용자 교육 이후 각 도로관리청의 직원들이 직업 보수 공사 내역에서 위의 항목으로 구분하여 시스템에 입력 후 집계 및 검증을 거쳐 통계로 공표하게 된다. 이 때 도로관리청의 직원들은 상당히 많은 시간을 입력 작업에 투입하여야하며, 이러한 보수 현황 데이터의 누적을 기반으로 향후 업무의 개선 방향 분석 등에 활용될 수 있지만, 그 효용성에 비해 현재 투입되는 시간이 많은 현실이다.

5.3 관련 법령의 개정

도로관리 업무의 효율성을 도모할 수 있는 기본 플랫폼의 기반이 될 수 있는 도로대장을 기존에는 「도로법」에서는 그 작성의 의무만 강조하였고, 국토교통부령에서 보관 방법에 대한 내용을 간단히 규정하였으나, 2024.2.13 일 「도로법」 제56조의 개정과 제56조의2, 제56조의3의 신설을 통하여 도로대장을 디지털화하여 통합관리체계를 구축할 수 있는 기반을 마련하였다.

< 표 1.16. '24.2.13일 법 개정 이전 도로대장 관련 조문 >

관련 조문 및 내용	
법 제56조(도로대장)	<p>① 도로관리청은 소관 도로에 대한 도로대장을 작성하여 보관하여야 한다.</p> <p>② 제1항에 따른 도로대장의 작성, 기재사항, 보관, 그 밖에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다</p>
시행규칙 제24조(도로대장)	<p>① 도로관리청은 도로의 종류, 노선번호 및 노선명을 단위로 각 도로마다 법 제56조제1항에 따른 도로대장(이하 “도로대장”이라 한다)을 별지 제22호서식에 따라 작성하여야 한다.</p> <p>② 도로대장은 다음 각 호의 사항을 포함한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 주요시설물 제원 2. 지하구조조서 3. 토공 및 배수조서 4. 안전시설조서 5. 부대시설조서 6. 도로구역, 접도구역 및 도로점용 등의 사항에 관한 조서 <p>③ 도로관리청은 지적정보 등이 표시된 다음 각 호의 도면을 도로대장과 함께 관리하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 준공도면(제32조제1항 각 호의 사항이 포함된 도면을 말한다) 2. 지형도면(지적이 표시된 지형도에 도로구역 및 접도구역 등을 명시한 도면을 말한다) <p>④ 도로관리청은 다음 각 호의 구분에 따라 도로대장을 보관해야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 부책(簿冊: 내용을 자세히 적은 별도 문서나 장부 등을 말한다)으로 된 도로대장: 도로대장 보관상자에 넣어 보관 2. 카드로 된 도로대장: 100장 단위로 바인더(binder)에 넣어 보관 <p>⑤ 도로관리청은 도로대장(정보처리시스템을 통하여 기록·저장한 경우를 포함한다)을 영구히 보존하여야 한다.</p>

상기와 같이 법에서는 도로대장의 작성 의무에 대해서만 규정하고 있으며, 부령에서 부책이나 카드로 된 도로대장으로 보관하도록 하고 있어 대부분 디지털화하지 못하고 문서형태로 보관하고 있어 그 효용성이 거의 없다.

< 표 1.17. '24.2.13일 법 개정 이후 도로대장 관련 조문 >

관련 조문 및 내용
<p>제56조(도로대장) ① 도로관리청은 소관 도로에 대한 도로대장을 작성하여 보관하여야 한다. 이 경우 도로대장은 전자적 처리가 불가능한 특별한 사유가 없으면 전자적 처리가 가능한 방법으로 작성하고 보관·관리하여야 한다.</p> <p>② 제1항 전단에도 불구하고 도로관리청은 도로관리청이 아닌 자가 도로대장의 변경을 수반하는 도로공사 등 대통령령으로 정하는 도로공사를 시행하는 경우에는 도로대장의 작성에 관한 업무를 해당 도로공사의 시행자가 대행하게 하여야 한다.</p> <p>③ 제2항에 따라 도로대장의 작성에 관한 업무를 대행하는 자는 도로공사를 준공하였을 때에는 지체 없이 도로대장을 작성하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 도로관리청에 제출하여야 한다.</p> <p>④ 도로관리청은 도로공사, 도로의 유지·관리 등에 따라 도로대장의 정보가 생성되거나 변경된 때에는 도로대장을 작성 또는 수정하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 국토교통부장관에게 제출하여야 한다.</p> <p>⑤ 제1항부터 제4항까지에 따른 도로대장의 작성, 기재사항, 보관, 관리, 그 밖에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다.</p>
<p>제56조의2(도로대장 통합관리체계) ① 국토교통부장관은 도로대장을 활용 및 관리하기 위하여 도로대장 통합관리체계를 구축·운영하여야 한다.</p> <p>② 국토교통부장관은 제1항에 따른 도로대장 통합관리체계를 효율적으로 관리하기 위하여 도로관리청, 관계 행정기관 및 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 공공기관(이하 이 조에서 “도로관리청등”이라 한다)에 필요한 자료를 요청할 수 있다. 이 경우 도로관리청등은 특별한 사유가 없으면 그 요청에 따라야 한다.</p> <p>③ 도로관리청은 제1항에 따른 도로대장 통합관리체계를 활용하여 다음 각 호의 업무를 수행할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 제56조에 따른 도로대장의 작성·보관·관리 및 제출 2. 제2항에 따른 자료의 제출 3. 그 밖에 국토교통부장관이 도로대장의 효율적인 활용 및 관리를 위하여 필요하다고 인정하는 업무 <p>④ 제1항부터 제3항까지에 따른 도로대장 통합관리체계의 구축·운영·관리·활용 및 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.</p>
<p>제56조의3(도로대장 활용지원) 국토교통부장관 및 시·도지사는 도로대장의 활용을 촉진하기 위하여 필요한 지원을 할 수 있다.</p>

'24.2.13일 개정('25.2.14일 시행)으로 도로대장의 작성의무에 추가하여 전자적처리가 가능한 방법으로 보관하고 관리할 것을 의무화하였으며, 각 도로관리청은 국토교통부에 도로 대장을 제출하도록 하였다. 이에 더하여, 국토교통부는 각 도로관리청에서 제출한 도로 대장을 통합하여 관리할 수 있는 시스템을 구축하고 운영할 수 있는 근거를 마련하여 도로 관리 업무에 있어서 기본 플랫폼으로 활용될 수 있는 도로대장의 디지털화를 위한 기반을 마련하였다. 또한, 제56조의3에서는 국토교통부가 이 도로대장의 활용을 촉진하기 위해 지원을 할 수 있도록 하여 보다 활성화될 수 있도록 하였다.

5.4 연구 목적

도로의 유지관리 업무에 대해서는 여러 가지 문제점이 있으나, 위에서 살펴본 바와 같이 몇 가지 특징이 있다. 유지관리 업무는 크게 현장 점검, 현황 분석, 보수 실시로 이루어지는 특성 때문에 실제 보수해야할 곳이 어디인지 확인하기 위해 많은 시간과 인력이 투입되어야 한다. 또한, 도로관리청에 매우 세분화되어 있다 보니 관리체계도 다르고 유지 관리 수준도 매우 다르다. 또한, 도로 자체 이외에 많은 시설물들이 있고 다양한 보수 형태가 있으므로 매우 다양한 형태의 데이터들이 형성되고 있어 일관된 형태로 취합하기가 어려운 측면이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 통상적으로는 도로관리 주체의 변경, 즉 단일 노선, 특히 간선도로의 경우 하나의 도로관리청이 일관되게 관리하거나, 도로의 관리 계획을 보다 구체적으로 수립하도록 하며, 첨단 기술을 활용하여 효율성을 높여야 한다는 등의 해결책을 제시하기도 한다.

하지만, 도로관리청을 변경하는 거버넌스 측면이나 관리계획을 구체적으로 수립하는 방법 등은 실효성에 의문이 있다.

현재 상태를 고려하여 보다 효율적인 도로관리 업무를 하기 위해서는 도로 관리 전반에 보다 디지털화를 적극 도입하여 그 효율성을 극대화할 필요가 있다.

현장 점검 측면에서 고려해 보면, 위에서 언급한 도로의 포장 상태를 평가하기 위해 현장을 직접 확인해야 하는 것을 그 이외의 디지털 자료를 통한 사전 점검 등을 도입하고, 취득된 자료의 분석에 AI를 도입하여 많은 인력이 투입되어야 하는 것을 개선할 필요가 있다. 현재에도 일부 균열 파악이나 포트홀 파악 등에 AI탐지 기술을 개발하여 사용하고 있으나, 도로 포장 이외에도 각종 시설물의 상태를 평가하는 데 디지털 기술을 적용할 필요가 있다.

또한, 이렇게 취득된 데이터를 일정하게 관리할 수 있도록 취득된 데이터를 축적할 수 있는 도로 정보의 플랫폼을 개발 도입도 매우 중요할 것이다. 이를 위해 위에서 살펴본 바와 같이 「도로법」의 개정으로 도로대장을 모든 도로관리청이 디지털화하여 작성토록하고 있으며 통합 정보체계를 운영할 수 있는 기반을 마련함에 따라 이를 적극 추진하도록 해야 한다.

더불어, 도로관리청별로 관리하고 있는 데이터 등에 대한 표준화를 하고 디지털형태로 축적 관리하도록 하여 향후 AI등의 활용이 쉽도록 하여야 한다. 이러한 작업을 통해 모든 도로관리청이 유사한 수준의 도로관리 기술을 보유하고 적용하여야 재정이 상대적으로 열악한 지방정부에서도 높은 수준의 도로관리를 추진할 수 있을 것이다.

이러한 방향 아래 미국에서는 도로관리 측면에서 디지털 또는 AI등의 기술을 활용하여 효율성 있는 정책들이 있는 지 살펴보고 우리나라에 적용가능성에 대해 검토해보고자 한다.

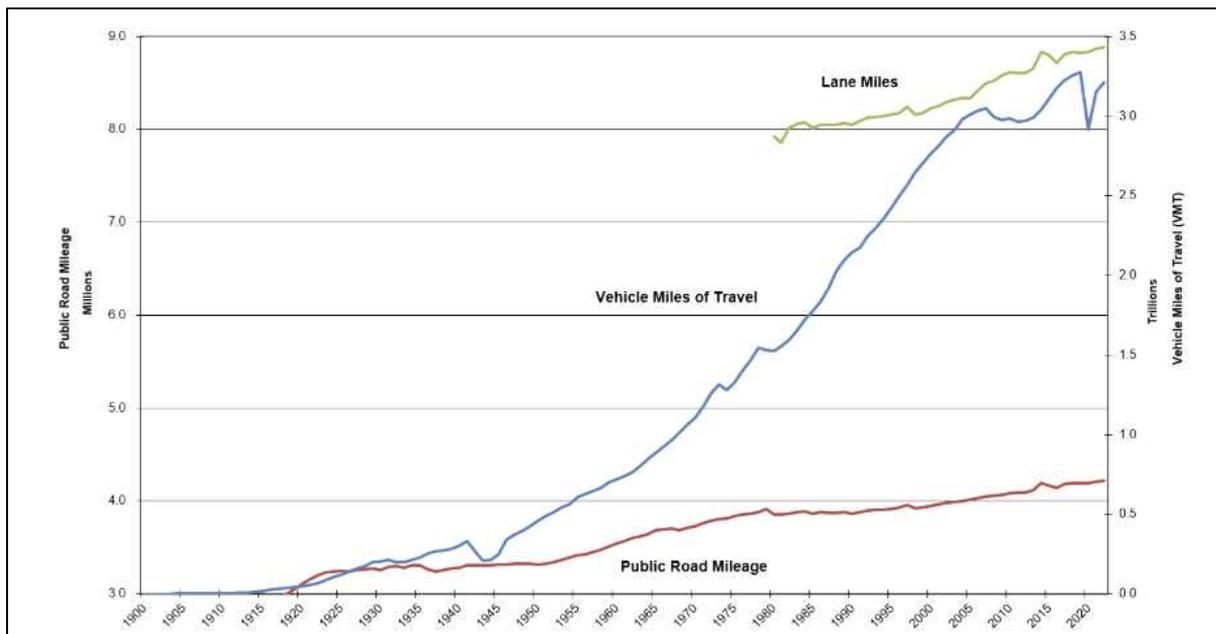
제2장 미국의 도로 관리 체계

1. 미국의 도로 현황

미국의 총 면적은 약 9,833,517km²로 남한 총면적(약 100,210km²)의 약 98배에 해당한다. 우리나라의 도로법에 근거한 도로의 연장은 2023년 기준으로 총 115,878km이며, 미국의 공공 도로의 경우 2022년 기준 4,217,423마일, 즉 6,787,284km로 우리나라의 약 59배에 해당하는 연장을 가지고 있다.

또한, 도로의 차선수를 고려¹⁷⁾할 경우 총 8,885,907마일, 즉 14,300,481km에 해당한다. 고속도로 전체 연장은 1980년 3,859,837마일로 2022년에는 약 1.1배 증가하였다. 같은 기간 내에 차량이 주행한 거리를 나타내는 VMT(Vehicle Miles Traveled)는 1,527,295 millions miles에서 3,211,120 millions miles로 2.1배 증가하였다. 즉, 도로의 연장의 증가보다 차량 운행 거리가 더 많이 늘어났으며, 이에 따라 도로의 노후도 빠르게 진행되었을 것으로 추정해 볼 수 있다.

< 그림 2.1 미국의 도로 연장, 차선연장, 차량 당 주행거리¹⁸⁾ >



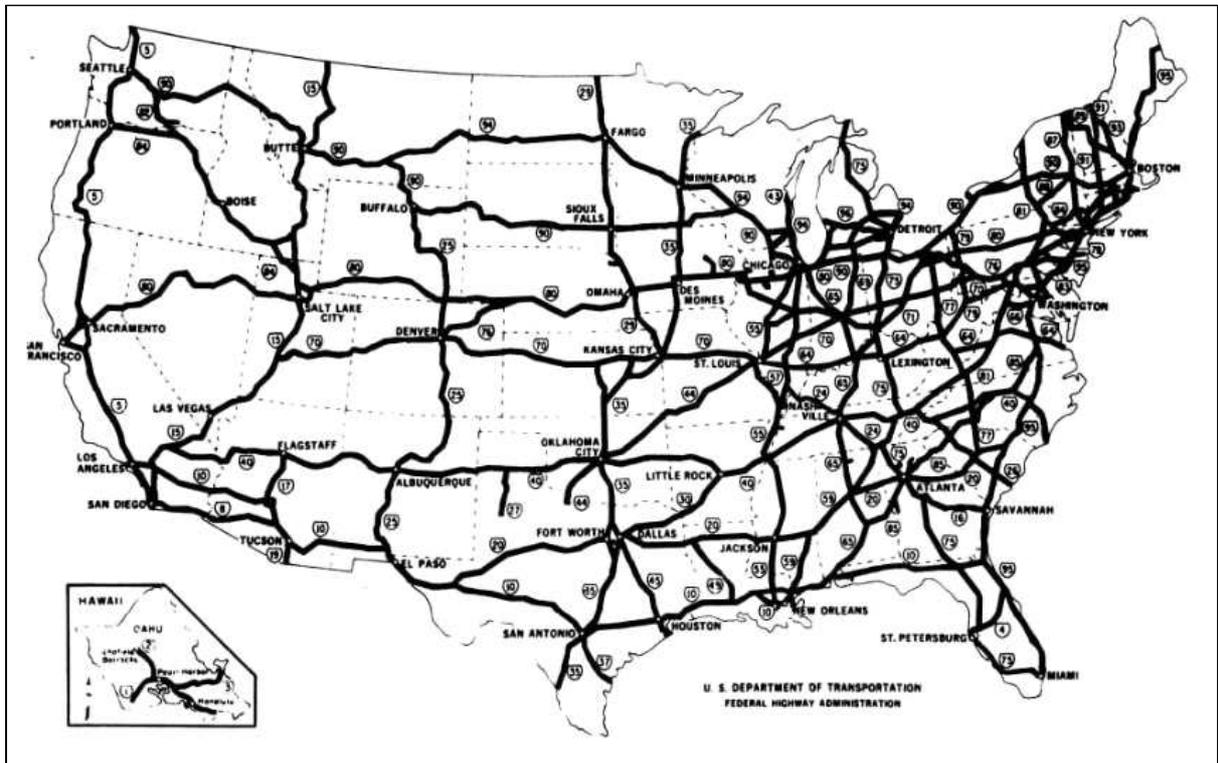
17) 도로의 연장에 한 방향 내의 차선수를 곱하여 계산(Lane miles 라고 함)

18) 출처 : US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Highway Statistics Series

우리나라는 도로법에서 고속국도, 일반국도, 특별시도·광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도 등으로 구분하듯이 미국에서도 도로의 종류 별로 구분하는데, 미국의 경우 영토가 넓고, 도로 연장이 길며, 연방국가이므로 우리나라보다 도로의 종류를 좀 더 세분화 하고 있다. 특히, 우리가 흔히 고속도로라고 해석하는 Highway의 경우 그 중요도와 관리 주체 등에 따라 여러 종류로 구분된다.

먼저, 미국 도로망의 제일 기본 골격이 되는 도로는 주의 경계를 뛰어 넘어 전 국토를 연결하고 있는 주간 고속도로(Interstate Highways)가 있으며, 전체 연장은 2022년 기준 48,890마일(78,224km)이다.

< 그림 2.2. 미국의 주간 고속도로(Interstate Highways) 현황¹⁹⁾ >



주간 고속도로는 1956년 개정된 연방 원조 고속도로법(Federal-Aid Highway Act)에 따라 규정되는 데, 당시에는 국가 주간도로 및 방위 시스템(The National System of Interstate and Defense Highways)이라 명명되었으며, 1956년 개정 당시 총 연장을 41,000마일로 제한하였으나 지속 확장

19) 출처 : US Department of Transportation, Federal Highway Administration

하여 현재의 연장을 보유하게 되었다. 주간 고속도로는 최소 12피트(약3.7미터) 폭의 주행 차선 4개 이상, 최소 10피트(약 3미터) 폭의 갓길, 완전한 접근 통제, 지형유형에 따라 시속 50마일 이상의 설계속도이어야 한다.

주간 고속도로 이외에 중요한 역할을 하는 도로를 미국 국도 또는 미국 고속도로라고도 분류한다. 영문으로는 U.S. Route 또는 U.S. Highways로 표기한다. U.S. Route는 총 연장 약 157,724마일(약 253,832km)에 달하며, 미국의 주간 고속도로가 구축되기 이전에 1926년에 도입되어 미국 전역의 주요 간선도로의 기능을 하였으며, 현재에도 중요한 역할을 하고 있다.

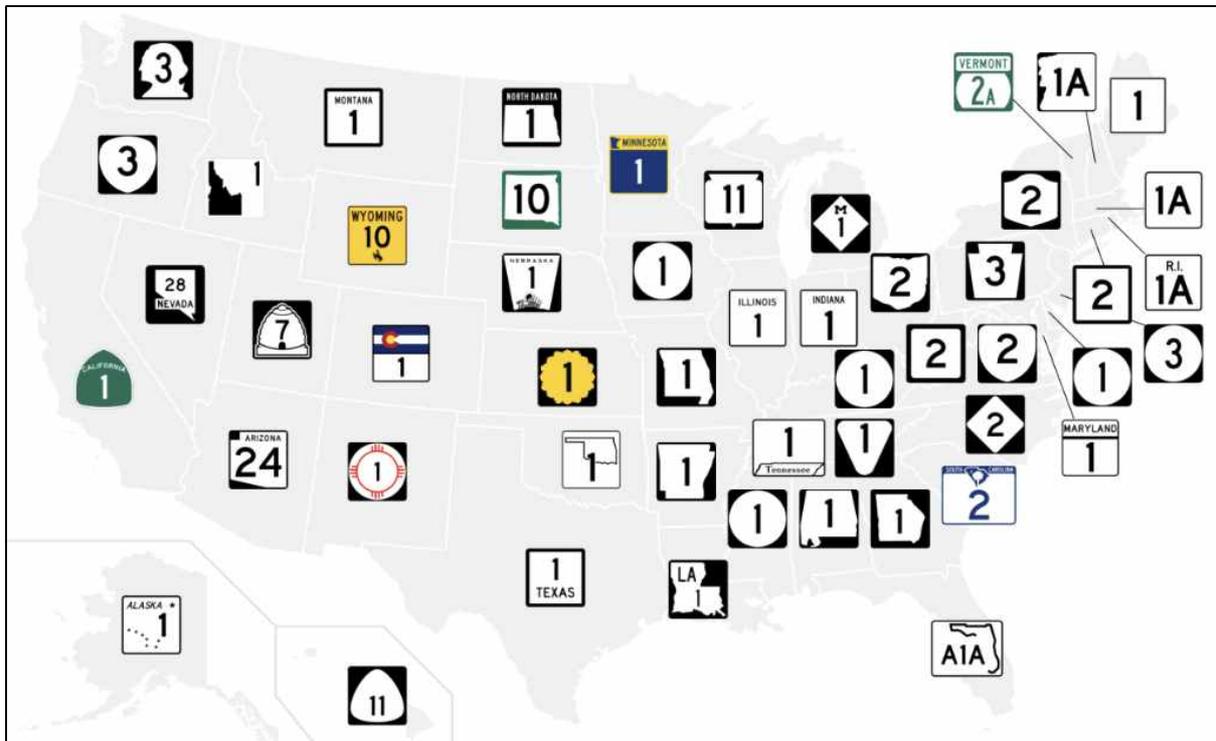
이러한 주간 고속도로와 U.S Highways는 주와 주를 연결하는 기능을 하는데 있어서 유사한 면이 있지만, 예산 지원 및 관리 주체 등에서 뚜렷한 차이가 있다.

< 표 2.1. 미국의 주간 고속도로와 미국 국도의 차이 >

구분	Interstate Highway(주간 고속도로)	US Route/Highway(미국 국도)
설립 연도	1926년	1956년
관리주체	주정부가 관리, 연방정부가 번호 체계 관리	연방정부와 주정부가 공동 관리
번호체계	“U.S.” + 숫자로 표기	“I” + 숫자로 표기
설계속도	보통 65mph 이하	65~80 mph
교차로	신호등이나 평면 교차로	입체 교차로만 포함
자금지원	일부 연방 자금 지원	연방 자금 90%이상 지원
심볼 마크		

그 이외에, U.S. State Highway가 있다. 주고속도로 또는 줄여서 주도라고 명명할 수 있겠으며, 특정한 주 내에서 중요한 역할을 하는 도로이며 총 연장은 약 660,000마일(약 1,056,000km)이다. 각 주의 교통부에서 관리를 하는 도로이므로 각 주마다 설립시기가 다르며, 각 주별로 번호체계, 마크 등이 다르며, 연방 정부의 자금 지원도 없다. 일부 자연재해 등으로 인한 피해복구를 위해서는 예외적으로 지원을 받을 수는 있다.

< 그림 2.3. 미국의 U.S. State Highway 주별 심볼 현황 >



이 외에도, 카운티가 관리하는 County Road, 시정부나 지역 자치단체가 관리하는 Local Road, 유료 고속도로(Toll Highway) 등이 있다.

이러한 구분과는 별개로 미국이 국가적으로 중요한 도로를 지정하여 국가 고속도로 시스템(National Highway System)으로 명명하여 관리하고 있다. 국가 고속도로 시스템(National Highway System)은 주요 인구 밀집지역, 국제 국경 교차지점, 항구, 공항, 대중교통 시설 등을 연결하는 도시 및 농촌 지역의 주요 간선도로 등을 포함한다. 국가고속도로 시스템의 총 연장은 약 160,000마일로 전체 연장의 약 4%를 차지하지만, 교통량은 약 40%를 차

지한다. 주간 고속도로는 모두 NHS에 포함되며, US Route는 전체 구간 중 NHS 요건을 충족하는 41%구간인 약 65,000마일만 NHS에 포함이 된다. 농촌지역이나 낮은 교통량을 처리하는 구간이나 일부 지역 주민의 이동성만을 지원하는 등 국가적 중요성이 낮거나 설계 기준에 미달하는 구간은 제외된다. US State Highway는 일부 국가적인 중요성이 높은 구간이 포함되며, 전체 US State Route 중 약 16%인 약 108,000마일이 포함된다. 그 밖의 주요 군사 시설로 연결되는 고속도로 네트워크 전략 고속도로 회랑 네트워크(Strategic Highway Corridor Network, STRAHNET) 약 61,000마일을 포함하며, County Road나 Local Road 중에서도 국가적 중요성이 높은 경우 포함될 수 있다. 이러한, NHS는 총 221,282마일이며, 연방정부차원에서의 지원을 받을 수 있는 도로이다.

또한, 미국 공공도로의 총 연장 4,217,423마일을 연방정부의 지원을 받는 도로와 연방정부의 지원 없이 지방정부가 관리하여야 하는 도로로 구분해 볼 수도 있다.

< 표 2.2. 미국 도로의 기능별, 연방정부 지원 여부별 연장²⁰⁾ >

Functional System	Federal Aid Highways					Non Federal Aid Highways	Total
	National Highway System			Other	Total		
	Interstate	Other	Total				
Interstate	48,890	-	48,890	-	48,890	-	48,890
Other Free ways	-	18,633	18,622	237	18,859	-	18,859
Other	-	148,100	148,100	10,182	158,282	-	158,282
Minor Arterial	-	4,487	4,487	242,981	247,468	-	247,468
Major Collector	-	954	954	539,650	540,604	-	540,604
Minor Collector	-	45	45	22,304	22,349	259,992	282,341

20) 출처 : <https://fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics/2022>

Local	-	185	185	-	185	2,920,795	2,920,980
Total	48,890	172,392	221,282	815,354	1,036,636	3,180,787	4,217,423

2. 미국의 도로 관리 체계

우리나라의 경우 고속국도와 일반국도의 경우 국가의 소유이며, 이에 따라 국토교통부가 유지관리 업무를 담당하고 있다. 물론 고속국도의 경우 한국도로공사에 유지관리 업무를 대행하였으므로 실질적으로는 한국도로공사가 담당하고 있으며, 일반국도의 경우 국토교통부 산하 지방국토관리청이 담당하고 있다.

미국의 경우, 우리나라보다 좀 더 복잡한 구조로 되어 있다. 도로 네트워크의 제일 중요한 근간을 이루며 연방 예산이 지원되는 주간 고속도로(Interstate Highway)의 경우에도 대부분 각 주(State)의 고속도로 관리기관이 소유하고 있으며 연방기관은 소유권이 없다. 그 밖의 US Route의 경우에도 대부분 주(State) 관리기관이 소유하고 있다. 미국의 주요 간선도로망인 NHS의 경우에도, 총 연장 중 약 90%인 198,543마일이 주(State) 정부 관리기관에서 소유하고 있다. NHS 중 연방기관이 소유한 연장은 불과 188마일에 불과하고, 전체 미국의 도로망 중 연방기관의 소유는 약 3.6%에 불과하다.

< 표 2.3. 미국 도로의 소유 기관별 연장²¹⁾ >

Ownership	Federal Aid Highways					Non Federal Aid Highways	Total
	National Highway System			Other	Total		
	Interstate	Other	Total				
State Highway Agency	46,449	152,094	198,543	372,728	571,271	217,178	788,448
County	1	4,765	4,766	279,876	284,641	1,516,538	1,801,179
Town etc.	16	13,945	13,961	151,234	165,195	1,218,753	1,383,948

21) 출처 : <https://fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics/2022>

Other Jurisdictions	2,424	1,401	3,825	4,660	8,485	82,236	90,721
Federal Agency	-	188	188	6,856	7,044	146,082	153,126
Total	48,890	172,392	221,282	815,354	1,036,636	3,180,787	4,217,423

우리나라의 경우 도로의 소유권에 따라 고속국도와 일반국도는 국비로(고속도로의 경우 한국도로공사가 예산을 투입) 유지관리를 하며, 특별시도·광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도 등도 소유 관할 지방정부가 유지관리비용을 투입하여 관리하고 있다.

미국의 경우에는 소유권과는 별개로 연방정부의 지원이 가능한 도로가 별도로 지정되어 있다. <표 2.3>에서 보면, 연방정부의 지원이 가능한 Federal Aid Highway의 경우 총 연장의 약 25%인 1,036,636마일을 차지한다. 이를 위한 법적 근거는 최초 Federal Aid Road Act가 제정된 1916년 출발하였으며, 1956년에 주간 고속도로 시스템(Interstate Highway System)의 건설을 승인하고 연방자금 지원을 목적으로 한 Federal Aid Highway Act 발효하면서 연방정부가 건설비용의 90%와 유지관리 비용을 지원할 수 있도록 근거를 마련하였다.

이 법률을 근거로 Title 23 of the United States Code에서 세부적인 연방자금의 할당 기준 등을 제시하고 있다. 연방자금은 각 주 별로 도로의 길이, 교통량, 인구, 기타 요인 등을 고려하여 배분하며, 인구가 너무 적거나 도로 네트워크가 작더라도 일정규모의 예산을 받을 수 있도록 최소 비용을 할당한다. 이러한 연방 자금은 주요 고속도로 시스템 유지(National Highway Performance Program, NHPP), 다목적 도로 프로젝트(Surface Transportation Block Grant Program, STBGP), 도로 안전개선(Highway Safety Improvement Program, HSIP) 등 다양한 프로그램을 통해 지원된다.

제3장 미국의 도로관련 디지털 활용 현황

1. 인프라 투자 및 일자리 법

조 바이든 행정부가 들어오면서 미국의 노후화된 인프라를 현대화 하고, 경제, 환경, 안전을 개선하며 미래 세대를 위한 지속 가능한 인프라를 구축하기 위해 '21.11.15일 대규모 연방 인프라 투자 법안인 Infrastructure Investment and Jobs Act(Bipartisan Infrastructure Law라고도 명명함, 줄여서 BIL로 표기)이 발효되었다.

BIL에서는 '22년~'26년까지 5년 간 교통 인프라, 에너지 및 환경, 광대역 인터넷, 물 관리 및 기후 복원력 회복 등 인프라 관련 분야에 총 1조 2천억 달러를 투자하는 내용을 담고 있다. 초당적인 합의로 통과되었으며, 미국 역사상 가장 규모가 큰 인프라 투자 중 하나로 평가 받고 있다. 기존에 인프라 투자 관련 내용에서 교통, 에너지 분야는 추가 자금을 배정하였으며, 전기차 충전소 구축이나 스마트 기술 보급 등 새로운 내용도 포함시켰다.

< 표 3.1. 미국 BIL 투자 내용 >

(단위 : 억달러)

분야	예산	주요 내용
도로 및 다리	3,830	기존 도로 및 다리의 유지보수와 운영비용
대중교통	1,480	기존 버스, 지하철, 철도 네트워크의 운영 및 유지보수
철도	1,320	Amtrak과 지역 화물 철도의 운영 유지 및 노선 관리
공항 및 항구	590	기존 공항과 항구 시설의 유지보수
광대역 인터넷	1,300	기존 네트워크의 관리 및 접근성 확장 지원
전기차 충전소	75	신규 투자 내용을 전국에 50만개 이상 충전소 설치
환경 및 기후	730	홍수 및 하수 처리 시스템의 유지보수
스마트 기술	200	신규투자내용으로 스마트 신호등, 자율 주행도로 등
에너지 인프라	1,460	기존 전력망의 운영과 에너지 저장 시설의 관리
기타	985	농촌 지역 교통, 대기 질 개선을 위한 교통 혼잡 완화
총합	12,000	

이 중, 도로 및 다리의 유지보수와 개선 등에 3,830억 달러를 투자할 예정이며, 이는 물류 네트워크를 개선하여 운송 시간과 비용을 절감하고, 건설·유지보수·기술 개발 분야 등에서 수백만 개의 일자리를 창출하고, 교통의 안전성을 개선하여 교통사고 사망률을 감소시키고, 스마트 도로 기술과 전기차 인프라 확충 등을 통해 혁신적 교통 시스템을 구축하기 위해서 추진되고 있다.

BIL을 근거로 2024 회계 연도 연방 정부에서 지원하는 프로그램은 다음과 같다.

< 표 3.2. 2024년 연방 지원 도로 관련 프로그램²²⁾ >

Program	Budget (\$)
National Highway Performance Program (국가 고속도로 성능 프로그램으로 고속도로의 재건, 유지보수, 교량 수리 등 지원)	29,588,395,810
Surface Transportation Block Grant Program (지상 교통 블록 보조금 프로그램으로 도로건설, 대중교통, 보행자 시설 등 다양한 교통 관련 프로젝트)	14,394,354,721
Highway Safety Improvement Program (고속도로 안전 개선 프로그램으로, 사고 다발 지역의 개선, 안전 시설 설치 등을 지원)	3,110,182,769
Railway Highway Crossing Program (철도, 도로 교차로 프로그램으로 교차로의 안전 향상을 위해 필요한 개선을 지원)	245,000,000
Congestion Mitigation & Air Quality Improvement (교통 혼잡 완화 및 대기 질 개선프로그램으로 대중 교통 확충, 자전거 도로 건설 등 친환경 교통 수단 지원)	2,638,965,032
Metropolitan Planning (도시권 계획으로 대도시 지역 내 교통 시스템의 효율성, 접근성, 안전성 등을 개선하기 위해 지원)	455,821,233
National Highway Freight Program (국가 고속도로 물류 프로그램으로 주요 화물의 경로와 인프라를 개선하기 위해 지원)	1,429,439,392
Carbon Reduction Program (탄소 저감 프로그램으로 교통에서 발생하는 탄소 배출을 줄이기 위한 인프라와 기술 도입 등에 지원)	1,283,496,627
PROTECT Formula Program (교통인프라를 자연재해와 기후변화로 부터 보호하고, 그 회복력을 강화하기 위해 지원)	1,459,427,633
Total	54,605,083,217

22) Apportionment of Federal-Aid Highway Program Funds For Fiscal Year 2024

BIL이 지원하는 내용 중 스마트 기술을 활용하여 분야에 대해 지원을 하는 내용으로는 지능형 교통 시스템 프로그램(Intelligent Transportation System, ITS), 기술 및 혁신 배치 프로그램(Technology and Innovation Deployment Program, TIDP), 데이터 통합 기술 프로그램 등을 지원한다.

지능형 교통시스템 프로그램은 교통 혼잡 완호, 안전성 강화, 효율적인 교통 관리 등을 목표로 교통 시스템을 현대화하며, 교통 데이터를 실시간으로 수집, 분석, 활용하여 도로 인프라의 성능을 개선하는 프로그램이다. 스마트 신호제어시스템과 실시간 교통 데이터 공유 플랫폼 구축을 지원하는 진보된 교통 및 혼잡 관리 기술 적용(Advanced Transportation and Congestion Management Technologies Deployment) 프로그램, 실시간 교통 정보 제공을 통해 도로 이용자와 관리자의 의사 결정 지원하는 Real-Time Transportation Management Systems, V2I기술을 활용하여 신호대기 시간을 줄이고, 위험 구간 접근 시 경고 시스템을 제공하는 기술을 지원하는 Vehicle-to-Infrastructure(V2I) Communications 프로그램, AI와 머신러닝을 사용하여 신호 타이밍을 최적화하고 센서를 통한 보행자와 차량의 움직임을 실시간 모니터링하는 기술을 지원하는 Advanced Traffic Signal Control 프로그램 등이 있다.

기술 및 혁신 배치 프로그램은 교통 인프라 분야에서 혁신적인 기술과 솔루션의 개발과 현장 적용을 촉진하는 것을 목표로 하고 있으며, 주 및 지역 교통 기관이 혁신적인 기술을 신속하게 채택하도록 지원하는 보조금인 AID 프로그램(Accelerated Innovation Deployment), 교통 연구 프로그램에서 개발한 솔루션을 현장에 적용하여 교통문제를 해결하는 SHRP2솔루션 프로그램, 각 주의 교통 혁신 위원회를 통해 지역별 혁신 기술의 도입을 촉진하는 STIC(State Transportation Innovation Councils) 프로그램 등이 있다. 이 중, AID 프로그램은 주 교통부(State DOT), 지역 교통계획 조직(Metropolitan Planning Organization), 지방정부 등이 혁신적인 아이디어를 통한 문제해결에 주로 지원하며, 모듈화된 교량 일부분을 사전 제작하여 슬라이드-인 방식으로 설치함에 따라 교량 건설 및 교체 시간을 대폭 줄이는 데 지원하는 Accelerated Bridge Construction(ABC), 교통 흐름과 안전성을 향상시키기 위해 차량과 인프라 간의 통신을 위한 기술을 지원하는 Connected

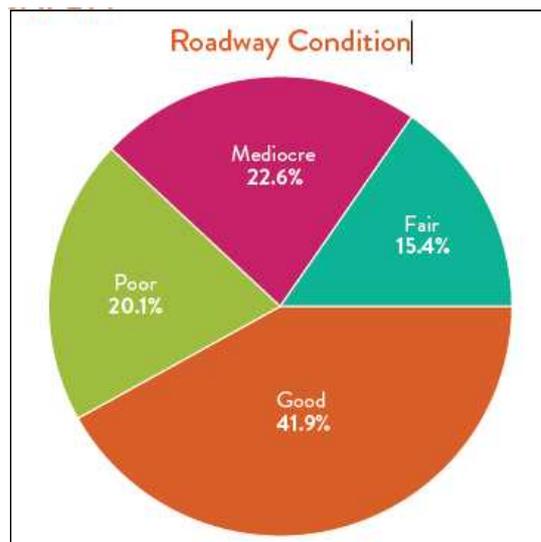
Vehicle Technology, 교량의 유지보수 비용을 줄이고, 구조적인 안정성을 높일 수 있도록 내구성이 높은 콘크리트를 사용하는 데 지원하는 Ultra-High Performance Concrete, 소규모 교량과 벽체에 흙과 합성재료를 결합하여 비용 효율적이고 내구성이 좋은 구조물 구축을 지원하는 Geosynthetic Reinforced Soil, 설계 오류 감소 등을 위해 3D설계와 디지털 기술 활용을 지원하는 Smart Traffic Management Systems, 장기적으로 유지보수 비용을 절감하고 탄소배출을 감소할 수 있는 재활용이 가능한 재료를 사용한 도로를 지원하는 Sustainable Pavements 등의 세부 프로그램으로 구성되어 있다.

데이터 통합 기술 프로그램은 데이터 통합 기술을 활용하여 교통 인프라의 효율성과 안전성을 높이는데 중점을 두고 있으므로 대부분 디지털 기술을 활용한 분야를 지원하게 된다. 스마트 교통 인프라 프로그램(Smart Transportation Infrastructure Program)은 도로 및 교량에 설치된 센서를 통해 실시간으로 교통, 도로 상황 데이터를 수집하며, 실시간으로 데이터를 분석하여 신호등, 경고 시스템을 자동으로 제어하는 등의 기술에 지원한다. 첨단 디지털 건설 관리 프로그램(Advanced Digital Construction Management Systems Program)은 건설 현장과 관련된 데이터를 실시간으로 모니터링하여 작업 흐름을 최적화하고, 디지털 모델링(BIM 등)을 통해 교량 도로 설계, 건설, 유지관리를 효율화하는 기술에 지원한다. 국가 데이터 생태계 프로그램(National Data Ecosystem Program)은 전 국가의 교통 데이터의 일관성을 확보해 어느 기관이나 동일한 형식으로 활용토록 하고, 다양한 교통수단의 데이터를 통합하여 포괄적인 교통 흐름을 분석할 수 있는 기술 등에 지원한다. 자율주행 및 연결 차량 지원 프로그램(Autonomous and Connected Vehicle Support Program)은 차량과 도로 인프라 간의 실시간 데이터 교환을 확대하고, 도로에 내장된 무선 센서를 통해 자율주행 차량의 실시간 데이터 통신을 지원하는 등 자율 주행을 원활히 하도록 하는 기술에 지원한다. 전기차 충전 네트워크 통합 프로그램(EV Charging Network Integration Program)은 충전소의 위치, 사용가능 여부 등을 통합 플랫폼에 제공하고 전기차 주행 중 충전 경로를 최적화 지원할 수 있는 기술 등에 지원한다. 교통 혼잡 관리 프로그램(Congestion Management Program)은 교통 혼잡 완화를 위해 데이터 기반의 각 교차로

의 신호 시간을 동적으로 조정하고, 차량 흐름과 혼잡 패턴을 분석해 최적의 경로를 제공하는 등의 기술에 지원한다. 회복력 및 재난 대응 통합 프로그램(Resilience and Disaster Response Integration Program)은 기상, 도로 상태, 교량 안전 데이터를 통합하여 위험을 예측하고 비상 상황에서 교통 경로 최적화를 지원하는 실시간 데이터 플랫폼 운영 등을 지원한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 미국은 우리나라보다 훨씬 긴 연장, 즉 4백만 마일이 넘는 공공 도로를 가지고 있으며, 1980년 대비 도로의 연장은 1.1배 증가하였으나, 같은 기간 차량 당 주행거리는 2.1배 증가하였다. 이에 따라 미국의 공공 도로 중 약 43%가 열악하거나 중간 수준의 상태에 있으며, 이러한 현상이 지속되고 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 미국 운전자들에게는 매년 약 1,300억 달러에 달하는 추가 차량 수리 및 운영비용 초래하고 있고, 매년 36,000명 이상이 도로에서 사망하고 있다.

< 그림 3.1. 미국의 도로 상태 평가²³⁾ >



또한, 미국의 도로는 국가 물류의 72%, 약 17조 달러의 운송을 담당하고 있으나, 교통 체증은 매년 증가하여 2014년 매년 교통 혼잡을 겪는 시간이 42시간에서 54시간으로 증가하였으며, 자동차 통근자 한명 당 연간 약 1,080달러에 해당하는 시간과 연료의 낭비를 유발한다. 이러한 문제점 등을 해결하기 위해 교통시스템을 보다 효율적으로 관리하고 운영하기 위한 국

23) 2021 Infrastructure Report Card

가 데이터베이스 구축이 필요하다.

< 그림 3.2 미국에서 제일 교통 체증이 심한 10개 대도시²⁴⁾ >

10 Most Congested Urban Areas in the U.S.

2019 Congestion Rank	Urban Area	Hours Lost In Congestion	2018-2019 Change	2017-2018 Change	Incident Impact	Cost Per Driver	Total Cost Per City	Bike	Transit	Last Mile Speed (Mph)
1 (1)	Boston, MA	149	-5%	3%		\$2,250	\$4.1B			12
2 (3)	Chicago, IL	145	4%	0%		\$2,146	\$7.6B			11
3 (5)	Philadelphia, PA	142	4%	5%		\$2,102	\$4.5B			10
4 (2)	New York City, NY	140	-4%	-3%		\$2,072	\$11B			11
5 (3)	Washington, DC	124	-11%	4%		\$1,835	\$4.1B			10
6 (7)	Los Angeles, CA	103	4%	-8%		\$1,524	\$8.2B			16
7 (6)	San Francisco, CA	97	-8%	-4%		\$1,436	\$3B			10
8 (9)	Portland, OR	89	10%	-7%		\$1,317	\$1.2B			14
9 (11)	Baltimore, MD	84	5%	9%		\$1,243	\$1.3B			10
10 (12)	Atlanta, GA	82	9%	-3%		\$1,214	\$3.0B			12

Source: Inrix 2019 Global Traffic Scorecard

미국은 오랜 기간 동안 도로의 유지보수에 대한 재정 지원이 부족하였으며, 이로 인해 7,860억 달러 규모의 도로 및 교량 자본 수요가 누적되었다. 가장 큰 부분은 기존 도로 수리로 4,350억 달러이며, 교량 수리 1,250억 달러, 대상 시스템 확장 1,200억 달러, 대상 시스템 향상 1,050억 달러 등이 필요하다. 고속도로 건설 및 관리의 재원이 되는 고속도로 신탁기금은 유류세를 그 원천으로 하고 있는데 유류세가 '93년 이후 인상되지 못함에 따라 기금도 부족한 상황에 직면하고 있다. 이러한 상황에서 도로 시스템을 현대화하고 디지털화하는 것이 매우 필요한 현실이다. 이에 따라 도로에 내장된 무선 연결 센서로 도로의 상태를 지속 모니터링하고 혼잡 데이터를 수집하고 교통 흐름을 개선하기 위한 혁신적인 솔루션으로 분산형 신호 시스템을 도입하는 등의 노력을 진행 중에 있으며, 연결형 및 자율 주행 차량의 도입으로 도로의 혼잡을 줄이고 탄소 배출량도 감소할 것으로 기대하고 있다. 이러한 작업들은 연방 정부의 예산 지원과 각 주의 교통 관련 기관의 자체적인 혁신 아이디어를 통한 새로운 기술 등을 도입 등을 통해 차츰 이루어 가고 있다.

24) 2021 Infrastructure Report Card

2. 도로 상의 데이터의 수집과 AI의 활용

모든 정책 결정에 있어서 관련된 정보의 수집은 필수적이며, 매우 기본적인 단계일 것이다. 특히 Artificial Intelligence(AI)의 발전이 가속화됨에 따라 대용량의 데이터를 기반으로 일정한 패턴을 찾아내고, 이를 기반으로 한 예측결과를 내는 등의 작업이 과거에 비해 매우 쉽고 빠르게 이루어질 수 있는 환경이 조성되고 있다.

도로의 유지관리나 선형개량 또는 교통 관리 등이 업무를 함에 있어서도 이러한 발전을 적용하여 보다 효율적으로 추진할 수 있을 것이다. 미국에서는 이러한 시도들이 매우 활발하게 이루어지고 있으며, 개별 주의 교통부(State Department of Transportation)에서는 이러한 결과를 정책에 적용하는 사례가 많이 늘고 있다.

메인 주에서는 도로상에서 취득되는 다양한 데이터를 통해 도로 상 작업을 위한 통제계획 수립을 개선하고, 곡선 구간이나 램프에서의 과속문제의 해결책 등을 제시하고 있다. 이러한 작업에 활용될 수 있도록 미국에서 취득되는 도로 상에서 수집되는 데이터들은 다음과 같다.

< 표 3.3. 도로 상에서 수집되는 전통적인 정보들 >

정보	특징
고속도로 정보	- 루프 감지기, 마이크로파 감지기, CCTV 카메라 등을 통해 교통량, 지연 시간, 통행 시간, 구간 속도 등 파악
기상 정보	- 도로 상에 기상 모니터링 시스템을 자체적으로 가지고 있으며, 기상 예보 기관에서 발표하는 정보와 통합하여 활용 - 또한, 도로 유지관리 차량에 센서를 설치하여 포장 및 공기 상태, 포장 균열, 습도 등을 측정
공사 현장 정보	- 마이크로파 감지기, 카메라 등으로 교통상황 등을 파악 - 주로 WZDX 포맷 형태로 공유
과적 차량 정보	- 도로 상에 설치된 Weigh-In-Motion 시스템을 통해 자동으로 과적 차량을 감지
요금소 정보	- 미국에서 요금소는 대부분 민간이 운영하기 때문에 민간으로부터 필요한 정보를 요청하여 취득 - 자동 지불 시스템이나 차량 번호판 조회 등을 통해 이동 시간

	교통량 등 파악
사고 정보	- 모든 사고에 대한 위치, 시간, 경과 시간 등을 데이터베이스화하여 관리하여 안전 순찰 등에 활용
교통 정보	- 대중 교통 이용객과 관련된 정보들로 스마트 카드나 모바일 티켓 등으로부터 수집
주차장 정보	- 주차장의 위치, 주차장의 수, 주차 시간, 주차 요금 등의 데이터가 수집되지만 대부분 민간 회사에서 수집되므로 교통부에서는 필요시 민간 업체에 요청하여 필요한 정보만 취득
도로 정보	- 도로자체 또는 시설물에 대한 정보로 대부분 교통부에서 관리 - 특히, ITS장비 등은 장비의 상태에 대한 정보까지 취득

우리나라에서도 유사하게 관련 정보들을 취득하고 있지만, 도로 관리 기관이 자체로 도로 상의 기상상태를 파악하는 시스템이나 자동 과적 파악 시스템 등은 미비한 상황이다. 이와 반대로 요금소 정보의 경우, 우리나라는 대부분 공기업인 한국도로공사가 관리하고 있으므로 정보의 취득이 상대적으로 용이하다. 물론, 국내에도 민자고속도로와 민간이 운영하는 유료도로의 경우에는 별도의 정보 취득을 위한 행정행위가 필요하다.

< 표 3.4. 도로 상에서 수집되는 새로운 정보들 >

정보	특징
드론	- 드론에 카메라나 LiDAR장비등을 장착하여 도로 상의 정보를 취득, 작동이 어렵지 않고, 기동성이 좋으며, 넓은 면적을 한번에 촬영할 수 있는 등의 장점이 있음
LiDAR	- LiDAR 정보는 한번에 도로 상에 있는 많은 정보를 취득할 수 있으며, 그 중 필요한 것들만 추출하여 사용할 수 도 있음 - LiDAR를 통해 취득된 데이터 중 필요한 정보를 어떻게 추출하고 활용할 것인가에 조금 더 초점이 있음
ATSPM	- Automated Traffic Signal Performance Measures로 1/10초마다 교통 신호 성능 데이터를 수집하고 실시간으로 교통 관리에 활용
운전자	- 운전자의 Waze앱 등을 통해 사고, 도로의 파편, 속도 단속 등과 같이 보고되는 정보를 취득하고, 운전자가 사용하는 네비게이션을 통해 이동 시간, 속도, 사고 감지 등을 파악할 수 있음
프로브 차량	- GPS와 무선 통신 기술을 갖춘 차량으로 버스나 상업용 트럭 등에 설치되어 운전자의 위치, 트럭 후진 횟수, 방향 지시등 사용 여부, 속도 위반 등을 실시간 으로 파악 - Lyft나 Uber같은 차량도 프로브 차량으로 운행될 수 있으며, 민

	간 업체에서 수집되는 정보로 교통부에서 필요로 하는 정보를 판매하기도 함
모바일 기기	- 최근의 대부분의 모바일 기기는 GPS가 탑재되어 있으므로, 이를 활용하여 출발지-도착지 등의 정보를 취득하는 데 활용 가능
자율주행 차량정보	- 자율주행 차량에는 많은 센서들이 장착되어 있으므로 이를 통해 손상된 표지판, 포트홀, 공격적인 운전자, 도로 위 파편 등 다양한 정보를 취득할 수 있으나, 이는 민간 데이터로 공공기관이 직접 활용하기에는 어려움이 있음
AI	- AI는 방대한 양의 데이터를 유용한 정보로 전환하는데 활용될 수 있어 방대한 양의 이미지, 비디오 데이터 등으로부터 교통량을 추출하는 등으로 사용될 수 있음

이러한, 새로운 정보들 중 특히 프로브 차량을 통하여 수집되는 정보의 활용이 매우 활발하게 이루어지는 것을 알 수 있다. Eastern Transportation Coalition²⁵⁾에서는 Wejo²⁶⁾데이터를 활용하여 실시간 교통량을 추정하는 연구를 수행하였으며, Wejo데이터는 도로 상의 모든 차량의 약 3%를 차지하고 있으며, 각 차량에서 3초마다 데이터를 수집하고 있어 3개월 동안 2,300억개 이상의 데이터 포인트를 생성하였다.

또한, 미 교통부가 직접 소유한 차량, 경찰차량, 공공기관 소유 차량 등은 대부분 자동 차량 위치 추적 시스템(AVL, Automated Vehicle Location)을 갖추고 있어 차량의 이동 경로 정보 등을 취득할 수 있으므로 이를 통해 악천 후 시 이동 상황 등을 쉽게 파악할 수 있다. 향후 판매되는 신규 차량의 대부분은 연결성 기능을 내장하여 출시될 예정이므로 이러한 차량의 정보를 이용하여 교통 흐름을 이해하고 유지관리에 활용할 수 있을 것이다.

조지아 주에서는 기존의 도로 평가 방법의 문제점을 개선하고자 인공위성 영상 데이터와 AI를 활용하여 도로의 상태 평가를 하는 방안을 모색하여 적용하고 있다.

25) 미국 동부의 19개 주와 워싱턴 D.C.가 협력하여 200개 이상의 공공기관이 참여하고 있으며, 교통의 안전성과 효율성을 높이기 위해 필요한 교통 시스템 관리 및 운영, 화물, 혁신과 관련된 다양한 활동을 수행

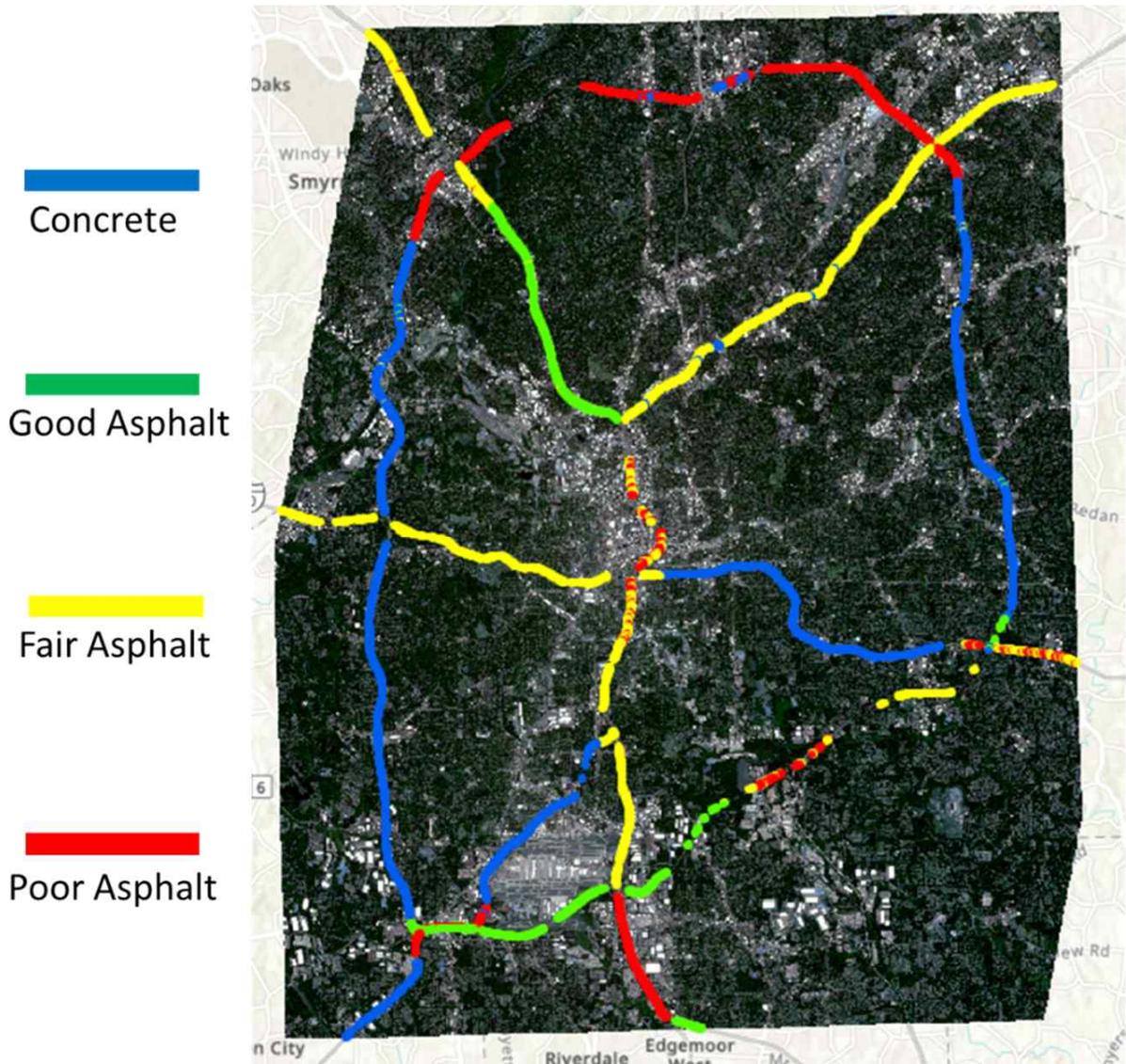
26) Wejo라는 영국 기반의 데이터 회사가 제공하는 차량의 이동 경로 및 위치, 속도, 급제동, 안전벨트 사용 여부, 와이퍼 작동, 자율 긴급 제동 등의 데이터를 실시간으로 수집하고 제공함

전통적인 방식의 도로의 포장 상태 평가는 주로 주행성, 구조, 표면 손상, 미끄럼 저항 등에 대한 정보를 수집 및 분석하여 도출된 포장 상태 지수를 통해 이루어졌다. 이러한 방식은 상태 평가에 필요한 데이터를 직접 도로 상에서 취득해야 하기 때문에 교통을 통제하고, 숙련된 전문가가 현장에서 작업을 해야한다는 특징이 있습니다. 미국의 방대한 도로 네트워크를 이러한 방식으로 일정 주기로 평가하여 도로의 유지관리에 적용해야 한다는 것을 점점 노후화된 도로 연장을 증가하는 현실에서 원활히 추진하기에는 어려운 측면이 있다. 이에 따라, 인공위성 데이터 같은 원격 측량 데이터를 통하여 작업자가 직접 도로 현장에 갈 필요 없이 도로의 상태를 평가할 수 있는 연구를 진행하였다.

이를 통해, 원격 감지 데이터를 활용하여 포장의 유형과 상태를 예측하는 데에는 74%의 정확도를 기록하였으며, 교통 데이터를 포함할 경우 82%로 상승하였다. 이러한 작업은 현장 조사 없이 인공위성 데이터만으로 이루어진 것으로 도로의 상태를 조사하는 데 많은 시간과 인력을 줄일 수 있으며, 이를 통해 파악된 노후된 도로 구간에 대해서만 정밀 조사를 실시하여 보다 효율성이 있는 도로 유지보수 계획을 수립할 수 있게 되었다.

우리나라의 경우, 특히 일반 국도를 관리하는 국토교통부의 경우 매년 도로의 직접 조사를 통하여 그 상태를 평가하고 평가 결과에 따라 우선순위가 높은 순서부터 예산을 투입하는 형태로 도로의 유지관리 업무를 수행하고 있다. 이에 따라 매년 일반 국도의 모든 구간을 인력을 통하여 스캐닝하는 작업을 수행하여야 함에 따라 장기간 소요되며, 이를 분석하는 작업에도 많은 인력이 투입되어야 한다. 지속적으로 늘어나는 도로의 파손 등으로 필요한 작업량은 많아지고 있으나, 이에 따른 작업의 효율성은 뒷받침되지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 이러한 원격탐지 데이터(이러한 데이터는 위성을 통해 정해진 주기, 즉 매주, 매월, 매년 등으로 제공)를 활용하여 짧은 시간에 개략적인 도로의 상태를 파악하여 실질적인 정밀조사가 필요한 구간에 대해서만 현장조사 실시함으로써 보다 효율성을 높일 필요가 있다. 따라서 이러한 원격 탐지 데이터 등을 활용한 도로의 상태 평가에 대한 연구 개발도 적극 추진할 필요가 있다.

< 그림 3.3. 원격 감지 데이터를 활용한 도로 상태 평가 결과 >



위 사진은 미국 조지아 주의 주요 고속도로에 대해 원격 데이터를 활용하여 도로의 상태를 평가한 결과로 도로의 포장 상태가 콘크리트 또는 아스팔트인지 구분하고 아스팔트인 경우 3가지 상태로 구분함에 따라 POOR 상태인 구간을 먼저 정밀조사 할 수 있도록 기초 데이터를 제공할 수 있다. 조지아 주에서는 이러한 연구 결과를 바탕으로 일부지역에 대해 시범적용을 한 후 전역으로 확대할 계획이다.

3. 작업 구역 안전 및 이동성 규칙²⁷⁾과 임시 교통 통제 장치 규칙²⁸⁾ 개정

도로가 점차 노후화되고 사회가 복잡해지면서 도로의 기능 유지를 위한 보수 작업이나 도로 상이나 도로 하부에 각종 시설물을 설치하는 작업 등을 위해 공용 중인 도로를 일부 통제하는 경우가 빈번하게 일어나고 있다. 이러한 작업이 이루어지는 경우 작업자의 안전이 위협되는 경우, 작업을 미리 인지하지 못한 운전자에 의해 사고가 발생하는 경우 등 위험한 상황이 발생될 수 있다. 실제로 미국에서도 이러한 문제점을 인지하여 작업 구역 안전 및 이동성 규칙과 임시 교통 통제 규칙을 20여년 만인 지난 '24.11월 개정을 하였다. 자율 주행 자동차의 시대의 도래를 앞두고 있는 시점에서 이러한 작업에 대한 위치, 시기, 통제 규모 등에 대한 정확한 정보의 제공 또한 매우 중요한 일이 되고 있다. 이러한 점을 고려한 미국의 작업 구역 안전 및 이동성 규칙과 임시 교통 통제 장치 규칙의 개정 내용을 살펴볼 필요가 있다.

미국에서는 이러한 작업 구역이 작업자의 안전과 차량의 이동성에 문제를 일으키는 것을 인지하여 도로 및 고속도로용 교통 통제 장치 통합 매뉴얼 (Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways, MUTCD)을 제정하여 관리하고 있으며 이 매뉴얼의 하위 규정으로 작업 구역 안전 및 이동성 규칙을 제정하여 세부적인 지침을 제공하고 있다.

지난, '24.11월 개정된 지침에서는 제일 중요한 개정 내용은 “작업 구역 체계적인 검토”라는 개념을 도입하여 정량적, 정성적인 다양한 데이터를 활용하여 작업구역이 안전 및 이동성 성과를 평가하여 해당 기관의 작업 구역 절차 등을 개선하는 데 활용하도록 하는 내용이다. 이러한 성과를 평가하는데 필요한 성과 지표를 구체적인 예시로 제시하고 있다. 제시된 성과 지표들은 작업 구역에서 발생한 사망 부상 사고 건수, 작업 구역에서 사전 설정된 사고율을 초과한 프로젝트 비율, 발생한 고속도로 작업자의 사망자 및 부상자 수, 작업 시간 당 고속도로 작업자의 사망 및 부상 비율, 사전 정의된 임계값을 초과하는 정체가 발생한 프로젝트 비율, 작업 구역에서의 속도

27) Work Zone Safety and Mobility Rule

28) Temporary Traffic Control Devices Rule

가 사전 정의된 임계값 아래로 떨어진 시간의 비율 등이다. 이러한 평가는 각 주에서 5년마다 수행하도록 하고 있으며, 그 결과를 연방도로청(Federal Highway Administration)에 공유하도록 하고 있다. 평가 대상이 되는 프로젝트를 선정할 때에는 토지 이용 현황(도시, 농촌 등), 도로 유형, 작업 구역 유형, 작업 구역의 영향 범위 등을 고려하도록 하고 있다. 이러한 검토를 수행할 경우 이전 검토 이후 발생한 작업 구역 안전 및 이동성 성과 평가, 주(State)의 작업 구역 관리 프로세스와 절차를 체계적으로 식별하고 평가하여 개선이 필요한 사항을 도출, 개선을 달성하기 위한 실행 항목, 실행을 담당할 주(State)의 부서 또는 사무소, 실행을 위한 예상 일정 등을 포함해야 한다. 또한, 이러한 검토에는 작업 구역의 안전 및 이동성 확보에 직접 관련된 내용 뿐만 아니라 관련 부서의 다양한 노력도 검토하도록 하고 있다. 이러한 노력이라고 함은 프로젝트 계획, 설계, 실행, 유지보수 활동, 교통 운영 및 관리, 허가 절차, 교육, 공공 정보 및 홍보 활동 등을 포함한다.

또한, 각 주의 작업 구역 안전 및 이동성 정책을 구현하고 유지하기 위해 각 주가 해야 할 프로세스와 절차를 규정하고 있는데, 기존 규정에는 도로 상의 작업, 즉 프로젝트의 계획 단계에서 작업 구역의 영향을 평가하도록 규정하고 있으나, 개정하면서 그 대상을 모든 고속도로 작업자와 예상되는 도로 이용자로 명확히 하여 안전과 이동성을 반드시 고려하도록 하였다.

이러한 작업에 필요한 데이터를 규정하고 있는데, 기존에 현장 관찰 데이터, 가능한 작업 구역 사고 데이터, 운영 정보만 규정하였는데, 이에 추가로 안전 관련 대체 데이터, 가용한 노출 데이터를 추가하며 이에 대한 구체적인 예시를 제시하였다. 사고 데이터는 사망자, 부상자, 사고 건수 등을 의미하고, 안전 대체 데이터는 속도 차이, 급제동, 연결 및 자율 주행 차량에서 수집된 기타 데이터, 운영 정보는 속도, 이동 시간, 정체 길이, 정체 지속 시간, 노출 데이터는 프로젝트 수, 차선 폐쇄 횟수 및 길이, 작업 구역을 통과한 차량 주행 거리 등을 의미한다. 이러한 데이터를 취득하기 위해서는 도로 상의 다양한 센서와 차량 간의 통신, 여러 장비 등 디지털화가 되어야만 가능할 것이다.

또한, 임시 교통 통제 장치 규칙도 개정을 하였다. 이 규칙은 연방 지원 고속도로 프로젝트에서 진행 되는 작업 구역에서 작업자와 도로 이용자의 사망 및 부상 가능성을 줄이기 위해 필요한 사항을 규정한다. 예를 들어 작업 공간과 차량 통행 간에 적극적 보호 장치 사용, 임시 교통 통제 장치의 설치 및 유지보수, 건설·설비 및 유지보수 작업 중 유니폼을 착용한 법 집행관의 배치 등이 포함된다. 이번 개정에서 새로 “공학적 연구(Engineering Study)”라는 개념을 도입하였는데, 이는 작업 구역을 안전하게 관리하기 위해 적극적 보호 장치, 노출 통제 조치 또는 기타 교통 통제 장치의 선택과 적용을 결정하기 위한 관련 정보의 분석 및 평가, 그리고 적절한 원칙, 규정 및 관행의 적용을 의미한다. 이러한 공학적 연구는 각 기관별로 프로세스, 절차, 지침 등을 마련할 때 프로젝트 별 공학적 연구를 통해 결정하도록 하고 있으며, 이 때 공학적 연구에서는 비용 및 편익 분석, 의사 결정 매트릭스, 의사 결정 트리 분석 등의 도구를 사용할 수 있도록 하고 있다. 이러한 분석 시 다음의 요소를 분석에 고려하도록 하고 있다. 1) 프로젝트의 범위와 기간, 2) 작업 구역을 통과하는 예상 운행 조건(교통량, 차량 유형 혼합, 속도 등), 3) 예상 교통 안전 영향, 4) 작업 유형, 5) 작업자와 차량 통행 간 거리 및 작업자 노출 정도, 6) 작업 공간으로 차량이 침입했을 때 작업자가 대피할 수 있는 경로, 7) 작업 시간대, 8) 작업 구역 제한 사항(작업자 노출에 미치는 영향 포함), 9) 도로 이탈로 인해 도로 이용자와 작업자에게 미치는 결과, 10) 장치 자체 또는 장치의 설치 및 제거 과정에서 작업자와 도로 이용자에게 발생할 수 있는 잠재적 위험, 11) 충돌 위험을 증가시킬 수 있는 도로 기하구조, 12) 작업 공간으로의 접근 및 출입, 13) 도로 분류, 14) 프로젝트 비용 및 기간에 미치는 영향, 이 중 3) 예상되는 교통 안전에 대한 영향은 '24.11월 개정하면서 새로이 추가된 내용이다.

또한, 해당 규정에서는 작업 구역에서 발생하는 사고와 작업 공간으로의 차량 침입으로 인한 위험 및 결과를 줄이기 위해 기타 교통 통제 조치를 적절히 고려해야 하며 다양한 예를 들고 있다. 이러한 예시에는 효과적이고 신뢰할 수 있는 표지판, 가변 메시지 표지판, 화살표 패널, 표지판에 경고 깃발과 조명 추가, 종방향 및 측방향 완충 공간, 훈련된 신호수와 감시자, 강화된 신호수 작업 환경 또는 자동 신호 지원 장치 사용, 침입 경보 장치, 선도 차량, 유도 장치 간격 축소, 속도 안전 카메라, 드론 레이더 등이 포함

되어 있다. '24.11월 개정 시에 잘못된 차량으로부터 작업자와 장비를 보호하기 위한 보호 차량 또는 그림자 차량, 지능형 교통 시스템 및 기타 첨단 기술 솔루션과 전략을 새로이 규정하여 보다 다양하고 발전된 보호 조치를 할 수 있도록 하였다.

4. WZDx (Work Zone Data Exchange)

도로 상을 운행하는 자동차의 지속적인 발전으로 머지 않아 완전 자율주행 자동차의 출현을 볼 수 있는 시기도 점점 다가오고 있는 현실이다. 자율주행자동차의 안전한 주행을 위해서 여러 가지 기술들이 필요하지만, 도로 관리 측면과 관련해서는 도로 상의 데이터의 취득일 것이다. 도로 상의 데이터라 함은 단순히 물리적으로 특정시점에 있는 도로 포장, 시설물, 차선 등의 정보 뿐만 아니라, 도로 상에서 일어나고 있는 행위나 사건, 즉 도로 공사, 교통 사고 등의 정보를 파악하는 것도 안전한 자율 주행을 위해서 매우 필수적인 요소일 것이다.

미국에서는 이러한 도로의 상태 뿐만 아니라 도로의 공사 정보 등도 실시간으로 취합하고 공유하여 자율 주행 차량의 안전을 향상시키고, 자율 주행 차량이 아닌 운전자의 경우에도 안전하고 효율적으로 운전할 수 있도록 자율 주행에 필요한 데이터 통합(Data for Automated Vehicle Integration, DAVI) 이니셔티브의 일환으로 Work Zone Data Exchange(WZDx)를 추진하고 있다.

< 표 3.5. DAVI 이니셔티브 >

<ul style="list-style-type: none"> · 추진배경 : 자율주행 자동차의 개발이 본격화되면서 안전한 운행을 위해 다양한 데이터의 교환이 매우 중요해 짐에 따라 2018.11.8일에 Data for Automated Vehicle Integration(DAVI)를 발표 · 기본원칙 <ul style="list-style-type: none"> - 민간 부문의 혁신을 장려하고, 사이버 보안과 개인정보 보호를 통해 자율주행차량의 안전한 운행을 가속화 - 보다 안전한 자율주행을 위해 데이터의 교환이 필수적이라는 것을 인식하여 다양한 기관들이 데이터 교환에 참여할 수 있도록 지원함

- 사전에 교환이 필요한 모든 데이터를 규정할 수 없으므로 소규모로 시작하여 보다 큰 비전을 위해 확대해 나감
- 미교통부 산하 행정기관과 외부 이해 관계자들은 서로 도구와 자원을 공유함으로써 비용을 절감하고 협력을 보다 증진함

이를 추진하는 배경은 다음과 같다. 많은 도로와 같은 인프라 소유기관 또는 운영기관(IOOs, Infrastructure Owners and Operators)들은 해당 인프라에서 발생하는 각종 행위에 대한 데이터를 관리하고 있다. 하지만, 해당기관들이 관리하는 데이터의 표준화가 되어 있지 않을 경우, 이러한 데이터를 활용해야 하는 제3의 기관, 예를 들어 인프라 시설 제작업체, 네비게이션 업체 등은 기관마다 관리하고 있는 데이터가 상이하기 때문에 이러한 데이터에 접근하고 이를 활용하는 데 매우 큰 어려움에 직면하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 IOOs에게 통일된 도로 상의 정보를 취득 및 관리할 수 있도록 하는 것이 WZDx이다.

미 교통부는 이를 통해 인프라와 관련된 다양한 기관들의 데이터 교환을 촉진하고 나아가 자율주행 자동차의 필요한 요구사항을 충족하기 위해 기반 데이터를 구축할 목적으로 추진하였다.

초기에 미 교통부 산하 연방도로청(FHWA, Federal Highway Administration)과 ITS(Intelligent Transportation Systems)가 공동으로 시작하였으며, 미국 교통 통계국(Bureau of Transportation Statistics)과 연방화물차 안전관리국(Federal Motor Carrier Safety Administration) 등이 참여하여 2019년 최초 버전을 개발하여 이를 기반으로 데이터를 생성하기 시작하였다. 그 이후 연방지리데이터위원회(Federal Geographic Data Committee) 교통 소위원회 산하에 작업그룹을 설립하여 지속적으로 업데이트를 하고 있으며, 2023년 2월 최신 버전인 4.2를 발표하였다.

아래는 최신 버전의 WZDx가 포함하고 있는 도로 상의 작업에 대한 정보 내용이다.

< 표 3.6. WZDx의 Road Events 데이터 형식 >

객체	주요 내용 및 속성
FeedDataSource	- 데이터의 생성 출처에 대한 정보 - data_source_id, organization_name 등
Feedinfo	- 메타데이터, 정보 담당자 정보, 데이터 출처 등 - Publisher, Version, update_date 등
DeviceFeed	- WZDx 장치 데이터의 최상위 객체 - feed_info, type, features 등
WorkZoneFeed	- 하나의 WZDx Work Zone 데이터의 최상위 객체 - feed_info, type, features, bbox 등
CdsCurbZonesReference	- 도로 작업에 의해 영향을 받는 하나 이상의 연석 구역 - cds_curb_api_url, cds_curbs_zone_id
DetourRoadEvent	- 우회로에 대한 정보 - core_details, start_date, end_date, beginning_cross_street, ending_cross_street 등
Lane	- 도로 상에 작업이 이루어지는 개개의 차선 - order, type, status, restriction, lane_number
RelatedRoadEvent	- 작업이 이루어지는 도로와 연관이 있는 도로 - type, id
Restriction	- 도로 상 작업이나 차선의 제한 사항들 - type, value, unit
RoadEventCoreDetails	- 도로 상에서 일어나는 일에 대한 자세한 내용 - event_type, data_soure_id, road_names, direction
RoadEventFeature	- 도로 작업 구역 등의 위치 및 속성을 표현 - id, type, geometry, properties
TypeOfWork	- 도로 상에 이루어지는 작업의 형태에 대한 정보 - type_name, is_architectural_change
WorkerPresence	- 작업이 이루어지는 도로 상에 작업자 유무 - are_workers_present, definition, method 등
WorkZoneRoadEvent	- 작업의 위치, 시간, 종류에 대한 정보 - core_details, start_date, end_date, work_zone_type location_method, vehicle_impact 등
Relationship	- 도로 상 작업들 간의 관계에 대한 정보 - first, next, parents, children

아래는 최신 버전의 WZDx가 포함하고 있는 도로 상의 작업 시 설치되는 장비들에 대한 정보 내용이다.

< 표 3.7. WZDx의 Field Device 데이터 형식 >

객체	주요 내용 및 속성
ArrowBoard	- 교통 유도를 위한 전자식 화살표 표시판 - core_details, pattern, is_in_transport_position
Camera	- 사진을 촬영할 수 있는 현장에 설치된 카메라 - image_url, image_timestamp
DynamicMessagesSign	- 운전자에게 정보를 제공하는 현장 전광판 - core_details, message_multi_string
FieldDeviceCoreDetails	- 현장에 설치된 모든 장비들의 세부 정보 - device_type, data_source_id, device_status update_date, has_automatic_location, road_direction
FieldDeviceFeature	- 장비의 지리적 위치, 장비 속성 등 - id, type, properties, geometry, bbox
FlashingBeacon	- 일시적인 교통 통제 등을 위한 점멸 신호기 정보 - function, is_flashing, sign_text
HybridSign	- 전자 메시지와 고정된 메시지가 결합된 표시판 - dynamic_message_function, dynamic_message_text static_sign_text
LocationMarker	- 현장 장비의 위치를 파악하는 장비에 대한 정보 - core_details, marked_locations
MarkedLocation	- 위치 정보 장비가 설치된 위치 - type, road_event_id
TrafficSensor	- 교통량 측정을 위해 설치된 장비 정보 - collection_interval_start_date, average_speed collection_interval_endt_date, lane_data 등
TrafficSensorLaneData	- 작업 중인 도로 한 차선 내의 교통량 등 정보 - lane_order, road_event_id, average_speed_kph volume_vph, occupancy_percent
TrafficSignal	- 임시 신호등 정보 - core_details, mode

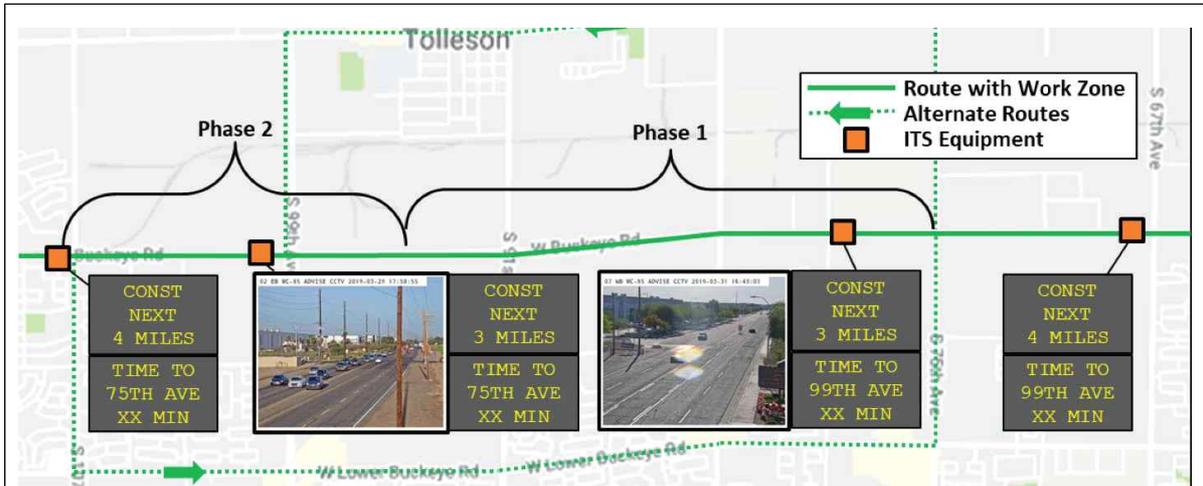
현재, WZDx에 참여하고 있는 주 및 도시 등을 다음과 같다.

< 표 3.8. WZDx 참여 주 및 기관 >

- Colorado Department of Transportation
- Florida Department of Transportation
- Hawaii Department of Transportation
- Kentucky Transportation Cabinet
- Maricopa County(Arizona) Department of Transportation
- Maryland Department of Transportation
- Massachusetts Department of Transportation
- Metropolitan Transportation Commission(California)
- Michigan Department of Transportation
- Minnesota Department of Transportation
- Missouri Department of Transportation
- New Jersey Department of Transportation
- New Mexico Department of Transportation
- New York State Department of Transportation
- National Park Service(COverage of select NPS units)
- North Carolina Department of Transportation
- Oklahoma Department of Transportation
- Pennsylvania Turnpike Commission
- St. Charles County(Missouri)
- Texas Department of Transportation
- Utah Department of Transportation
- Virginia Department of Transportation
- Washington State Department of Transportation
- Wisconsin Department of Transportation

Maricopa County에서 WZDx를 적용한 사례는 다음과 같다.

- 추진 배경 : 애리조나 주의 마리코파 카운티는 4백만명이상이 거주하는 대도시
심으로 주요 도로 중 주 85번 고속도로의 공사 진행 시 우회도로 안내에 필요한 정보를 교환하는 데 WZDx를 적용



- 녹색 실선으로 된 구간이 공사가 이루어지고 있는 도로이며, 점선으로 보이는 구간이 우회도로 구간임
- 공사 중인 구간 곳곳에 ITS 장비를 설치하여 공사 장 내 현황 데이터를 수집
- 적용 내용 : Maricopa DOT는 WZDx사양을 기반으로 작업 구간에 대한 데이터를 생성하여 공사 구간에 차량이 진입 시 운전자에게 알림, 경고, 주의 메시지를 제공토록함
- 적용 결과 : 차량이 통행이 많은 시간에 주행시간을 단축하고, 이동 속도 등을 준수하는 효과가 확인됨

이에 더 나아가, WZDx를 활용하여 도로 상 작업자의 안전성을 높이고자 하는 정책을 추진하고 있다. 미국 도로교통안전국(National Highway Traffic Safety Administration)에 따르면 2020년 미국에서 857명이 도로 작업 구역에서 사망하였으며, 연간 약 10만 2천 건의 사고가 발생하였다. 이러한 사고의 원인 중 하나로 인프라에 설치되어 있는 표지판 등 시설과 차량 장치간의 데이터 교환이 불일치함이 하나로 지적됨에 따라 이에 대한 데이터 표준 구축이 필요해졌다. 이에 따라 WZDx 4.1을 기반으로 도로 상의 작업 공간 상과 관련된 주요 데이터 요소 등의 표준을 만드는 작업을 추진하고 있다.(Connected Work Zone Standard, CWZS)

제 4 장 미국의 디지털을 활용한 체계 현황

1. 도로 상의 디지털 정보 제공

컴퓨터 등 디지털 기기의 발달로 인하여 데이터를 컴퓨터가 활용할 수 있도록 디지털화된 형태로 축적하는 것은 오래전부터 중요해졌다. 특히, 최근에는 AI의 발달로 인하여 잘 축적되고 정리된 디지털 데이터가 AI가 학습하기에 충분한 만큼 있을 경우 AI의 분석을 통하여 데이터 분석 등 다양한 업무를 매우 효율적으로 추진할 수 있는 세상이 도래하고 있다. 이에 따라, 컴퓨터가 출시된 이후 보다 더욱 디지털화가 매우 중요한 시점이 되었다. 이러한 디지털화의 대상은 기본적으로는 우리가 업무를 추진하면서 생성되는 각종 데이터나 현장에서 발생하는 현상에 대한 데이터 등이 될 것이다. 또한, 이러한 디지털 데이터를 쉽고 편하게 활용할 수 있는 디지털 플랫폼을 구축하는 것도 매우 중요하며, 이러한 플랫폼은 현실 세계를 모방하여 만든 메타버스의 개념과도 유사할 수도 있다. 즉, 도로 인프라를 예를 들면, 도로 자체와 도로에 설치되어 있는 시설물에 대한 기본 정보를 담은 플랫폼이 갖추어져야 하며, 이러한 플랫폼 기반으로 도로 상의 각종 데이터, 즉 교통량, 사고 정보, 공사 정보, 기상 정보 등이 디지털화되어 함께 활용될 수 있어야 할 것이다. 이러한 정보들을 미국과 우리나라는 어떠한 형태로 관리하고 제공하고 있는 지 비교 분석해 보고자 한다. 미국의 경우에는 도로 관리를 위한 예산 지원이나 규정 제·개정 등은 연방정부에서 담당하나 실제로 도로를 관리하고, 관련 정보를 제공하는 등의 업무는 주 교통부에서 담당하기 때문에 주 별로 현황은 조금씩 다를 수는 있다. 여기에서는 미국 조지아(Georgia) 주에 대해서 살펴보기로 한다. 조지아 주에서는 주 교통부가 운영하는 웹 페이지에 도로 관련 정보들을 모아서 제공해 주고 있는 기본 플랫폼이 존재한다. 해당 페이지는 <http://dot.ga.gov>이다. 해당 페이지에서는 제공하는 정보는 크게 Projects, Travel Info & Data, Doing Business with GDOT, Local Government, Program & Funding 등으로 구성되어 있다. 우리나라의 경우에는 이러한 도로 상 프로젝트, 교통 정보 등을 하나의 웹 페이지에서 확인해 볼 수 있는 페이지는 없는 것으로 보인다. 특히, 진행 중인 프로젝트에 대한 정보를 확인할 수 있는 페이지는 없으며, 다른 정보들은 각 정보들을 관리하는 페이지를 별도로 두고 있다. 하나의

페이지에서 모든 정보를 보여주는 것이 좀 더 이용자 측면에서는 편리할 수 있을 것이나, 이러한 페이지 운영 방안은 각 국의 상황에 맞춰 변경이 쉽게 가능한 것이며, 실제로는 제공되는 정보가 무엇인지가 더욱 중요할 것이다. 조지아 주 교통부에서 운영하고 있는 페이지에서 제공하는 정보에 대해 보다 구체적으로 살펴보면 아래와 같다.

< 표 4.1. 미국 조지아 주 도로 관련 정보 제공 페이지 내용 >

대 메뉴	세부 메뉴		
Projects	<i>Project Search Portal</i>		
	Public Outreach &Community Engagement		
	Research Projects & Reports		
	<i>Major Projects</i>		
	Studies		
	Historical Plans Research		
	<i>Geo Pi-Transportation Information Search</i>		
Travel Info & Data	Maps & Data	<i>Road & Traffic Data</i>	
		<i>Crash Data & Reporting</i>	
		Maps	
	Travelers & Commuters	Georgia Commute Options	
		Weather Emergencies	
		HERO	
		<i>Interstate Exit Numbers</i>	
		<i>Rest Areas & Welcome Centers</i>	
		Safety	
		CHAMP	
	Operations & Infrastructure	<i>Weekend Lane Closures</i>	
		Alternative Intersections	
		<i>Traffic Signals</i>	
		Bridges	
	Travel Programs & Services	Georgia Express Lanes	
		<i>Bicyclists & Pedestrians</i>	
		<i>Scenic Byways</i>	
		Looking for Driver Services	
		Interstate ITS and Connected Vehicle(CV)	
		Georgia's National Electric Vehicle Infrastructure Program	
	Keep Georgia Safe		

Doing Business With GDOT	Business Opportunities	Consultants
		Prequalification
		Vendor Management
		Vendor Password Reset
		Contractors
		Bid Information
		Disadvantaged Business Enterprise(DBE)
		User Account Registration
	Service	Materials & Testing
		Right-of-Way Services
		Real Estate for Sale
		Utilities
		Permits
	Manuals & Training	Design Manuals & Software
		Certification & Training
		Environmental & Cultural Guidebooks
		The Source
	Resource for Business	Public-Private Partnership(P3)
		Civil Rights
		Federal Small Business Program
		Design-Build
State Supported Funding Program		
Traffic Counts		
Innovative Projects		
Local Governm ent	Current & Future Investments	Local Maintenance & Improvement (LMIG)
		REBC Grant Program
		Transportation Investment Act (TIA)
		Metro Planning Funding
		Rural Statewide Active Transportation
	Local Programs	Local Administered Projects(LAP)
		Transit Program
		Single Audit
		Airport Aid Program
		Transportation Alternatives Program
		Local Road Activity Form
		FHWA Discretionary Grants Administration
	Training	Certifications & Training
		Local Technical Assistance Program (LTAP)

Programs & Funding	Transportation Plans & Programs	Statewide Transportation Improvement Program (STIP)
		Georgia Express Lanes
		Transportation Asset Management (TAM)
		Statewide Strategic Transportation Plan (SSTP)
		Major Mobility Investment Program (MMIP)
		Governor's Road Improvement Program (GRIP)
	Current & Future Investment	Taxpayer Transportation Funding
		REBC Grant Program
		Metro Planning Funding
		Transportation Investment Act (TIA)
		Transportation Alternatives Program
		State General Funds
		Rural Statewide Active Transportation
	Business Partnership	Design-Build
		Disadvantaged Business Enterprise (DBE)
		Federal Small Business Program
		Public-Private Partnership (P3)
		State Supported Funding Program
		GDOT Bridge Marketing Program
		Education
		Keep Georgia Safe
	Environmental Sustainability	Stormwater Pollution Prevention
		Air Quality
		Keep it Clean Georgia
		Wildflower Program
		Adopt-A-Highway
		Cultural Resources Projects
		Landscapes
		Noise
		Carbon Reduction Program
		Georgia Pollinators

위의 표에서 보는 바와 같이 하나의 페이지에서 매우 다양한 정보가 제공되는 것을 알 수 있다. 그 내용을 좀 더 구체적으로 살펴보면, Projects의 경우 조지아 주 내에서 진행되는 도로 프로젝트를 확인할 수 있다. 조지아 주에서 진행되는 프로젝트는 크게 TFA(Transportation Funding Act)프로젝트와 TIA(Transportation Investment Act)프로젝트로 구분할 수 있는데, 크

게 자금 조달 방식과 관리 및 감독 방식이 다르나 도로의 신규 공사나 유지관리 공사, 개선 공사 등 내용은 동일하다. 이러한 프로젝트들을 지도 기반으로 프로젝트의 개요, 위치, 기간, 예산 규모 등을 파악할 수 있다. 우리나라의 경우 진행 중인 도로 상의 프로젝트에 대해 전체 현황을 파악할 수 있는 정보를 제공하는 페이지 등은 아직 갖추지 못한 상황이다. 또한, 이러한 프로젝트 중 주 차원에서 매우 중요한 프로젝트들은 별도로 Major Projects라고 세부 내용과 진행 상황 등을 확인할 수 있도록 제공하고 있다. 그 밖에 현재 진행 중인 다양한 연구과제에 대한 현황(주제, 기간, 수행 기관, 예산 금액, 담당자 등)도 파악할 수 있으며, 주민 공청회(Public Outreach & Community Engagement) 등에 대한 정보도 파악할 수 있다. 또한 GIS기반의 맵을 통하여 주 전역의 프로젝트 관련 내용(계약서도 공개), 교량, 교통사고, 신호등 교통현황 등을 파악할 수 있는 별도의 페이지도 제공하고 있다. (GeoPi-Transportation Information Search)

두 번째 Travel Info & Data에서는 도로 상의 정보 중 제일 중요하다고 할 수 있는 교통량 정보를 자세하게 제공한다. 이는 별도의 페이지로 운영하고 있으며 제4장 2. 교통량 데이터의 제공에서 자세히 다루기로 한다. 그 이외에도 교통사고 데이터도 별도의 페이지에서 제공하고 있으며 제4장 3. 교통사고 데이터의 제공에서 자세히 다루기로 한다.

Travelers & Commuters 메뉴에서는 카풀 등 교통 관련 공유 정보 등을 제공하고 있으며, 도로 상에 발령되는 기상정보도 제공하고 있다. 또한, 조지아 교통부 자체적으로 운영하는 도로 상 비상 상황을 긴급지원해 주는 HERO(Highway Emergency Response Operators), CHAMP(Coordinated Highway Assistance & Maintenance Program)에 대한 정보를 제공해 주고 있다. 통상 도로 상의 비상상황(타이어 펑크나 배터리 방전 등)에 대한 긴급 처리 서비스는 보험사나 자동차 관련 협회 등에서 제공하나 애틀란타 인근이 주요 고속도로(총 382miles)에 대해서는 HERO 프로그램이 서비스를 제공해 주며, 애틀란타 이외 주요 고속도로(총 981miles)에 대해서는 CHAMP 프로그램이 서비스를 제공해 주고 있다. 그 이외에 고속도로 출구 번호나 고속도로 휴게소 정보 등도 제공하고 있다.

또한, Operations & Infrastructure에서는 도로 상의 공사, 사고 등으로 인한 도로 통제 현황을 제공하고 있으며, 다양한 교차로, 교통 신호등, 교량 등에 대한 정보도 제공하고 있다. Travel Programs & Services에서는 조지아 주 내 자전거 도로와 경관 도로 현황을 확인할 수 있고, 전기차 충전소나 고등학생 운전자를 위한 교육 프로그램 등에 대한 정보도 확인할 수 있다.

Doing Business With GDOT에서는 조지아 교통부에서 발주되는 설계, 공사 등에 대해 입찰을 하고자 하는 업체들에게 필요한 정보들을 제공해 준다. 설계에 필요한 기준 이외에 입찰에 참여하고자 하는 업체의 사전 자격 검사 등에 필요한 정보 등을 제공하고 있다.

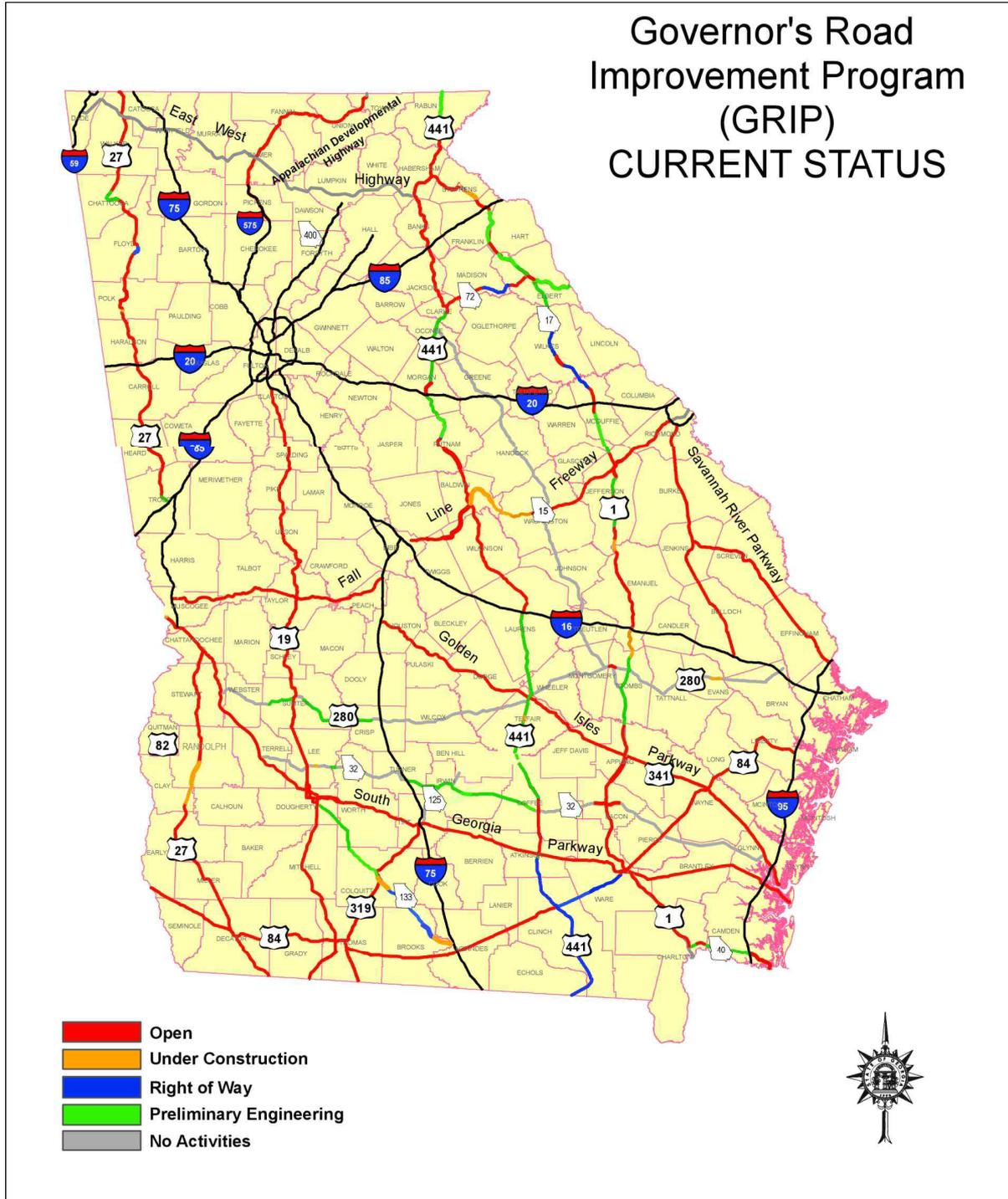
Local Government에서는 주 교통부 이외의 주 내 다른 정부 기관을 지원하는 내용에 대해 확인할 수 있다. 도로의 유지관리 업무는 지방 정부의 역할이 매우 크며, 미국의 하나의 주도 규모가 크기 때문에 주 정부 이외에 Metropolitan, County, City 등 지방정부의 역할이 매우 중요하다. 기본적으로 주정부에서는 카운티나 시의 인구규모, 도로 연장 등에 따라 도로 유지관리 예산을 배분해 주고 있다.(LMIG, Local Maintenance & Improvement Grant) 또한, 조지아 주 도로변의 개선 및 미화 프로젝트에 자금을 제공해주는 REBC(Roadside Enhancement and Beautification Council) 보조금 프로그램이 있다. 이 예산은 도로변에 조경 식물 재료와 설치에 활용된다. 미국의 경우 주 내에 대도시권인 경우에는 여러 도시들의 계획을 통합 조정하는 기구(Metropolitan Planning Organizations)가 존재한다. 이러한 기구에 예산을 지원하는 Metro Planning Funding이 있다. 이러한 대도시권 이외의 주변 지역에 대해서 보행자와 자전거 등의 교통 수단을 확대하는 Statewide Active Transportation Plan에 대한 정보도 확인할 수 있다. 그 이외에 지역 정부 직원들에 대한 교육, 감사 등에 대한 정보도 확인할 수 있다.

마지막으로 제공되고 있는 내용은 Program & Funding이다. 주 정부에서 County, City 등 지역 정부에 지원되는 예산 프로그램 내용이다. 주로 STIP, SSTP, TAM, GRIP, MMIP 등에 대한 정보를 제공하고 있다. 프로그

램 별로 간단히 살펴보면, STIP(주 전역 교통 개선 프로그램, Statewide Transportation Improvement Program)은 4년 단위의 교통 및 자본 개선 프로그램으로 대도시 계획 기구(MPO, Metropolitan Planning Organization)의 경계 밖에 위치한 연방 지원 프로그램이며, 고속도로, 교량, 대중교통, 자전거 도로, 보행자 시설, 철도 등에 대한 개선 프로젝트에 투자하는 프로그램이다. MMIP(Major Mobility Investment Program)은 조지아 주 내 주요 교통 지점에 대해서 교통 이동성 확대 등을 위해 집중 투자하는 프로그램으로 주요 인터체인지 개선, 고속도로 내 Express 라인 설치, 주요 주간 고속도로 차선 확대, 물류 차량 전용선 설치 등이 포함된다. GRIP(The Governor's Road Improvement Program)은 1989년 조지아 주 의회에 의해 승인된 프로젝트로 조지아 주 내 2,500명 이상의 규모의 모든 도시 중 95%가 주간 고속도로(Interstate Highway)에 쉽게 접근할 수 있으며 조지아 주 주민의 98%가 4차로이상의 주간 고속도로 20마일 이내에 거주할 수 있도록 조지아 주 내의 주간 고속도로의 확대를 위해 지속 추진 중인 프로젝트이다.(그림 4.1) 이는 우리나라의 고속도로 건설계획과 같은 성격의 프로젝트라고 할 수 있다. 그 이외에 탄소저감을 위한 프로젝트에 예산을 지원하는 Carbon Reduction Program, 식물 모양이 있는 자동차 번호판 구매 금액을 재원으로 하여 도로변에 실제 식물을 식재하는 데 투자하는 Wildflower Program 등 다양한 프로그램이 있다. 이상에서 살펴본 바와 같이 조지아 주에서는 도로와 관련된 다양한 정보들을 하나의 페이지에서 제공하고 있다. 또한 표 4.1에서 이탤릭체로 표시되어 있는 정보들은 도로 상의 각종 데이터가 디지털화 되어 지도 상에 표시해 주거나, 여러 가지 검색 기준을 통해 원하는 정보를 찾아 볼 수 있도록 구성되어 있어 기본적으로 데이터의 디지털화가 어느 정도 되어 있다고 볼 수 있다. 우리 나라에서도 해당 정보들의 자료는 잘 관리되거나 디지털화되어 있긴 하지만 이러한 대국민 서비스를 위해 일목요연하게 제공해 주는 페이지는 부족한 현실이다. 특히 현재 진행 중인 프로젝트들을 검색해 볼 수 있고 지도 상에서 해당 프로젝트의 위치와 주요 내용 등을 파악할 수 있게 구성되어 있다는 것은 모든 프로젝트들의 기본적인 정보가 표준화되고 디지털화되어 관리되고 있다는 의미이다. 또한, 교통 사고 현황에 대해서도 매우 자세하게 확인할 수 있는데, 교통 사고의 처리 자체는 우리나라와 마찬가지로 경찰 인력이 담당하지만, 해당 정보들이 도로 관리기관과도 공유되어 누구나 쉽게 어느 구간언제

언제 어떠한 사고가 발생하였는지에 대한 정보도 쉽게 확인해 볼 수 있는 점 등을 우리나라도 참고해 볼 만하다.

< 그림 4.1. 미국 조지아 주 GRIP 추진 현황²⁹⁾(2023.2월 기준) >

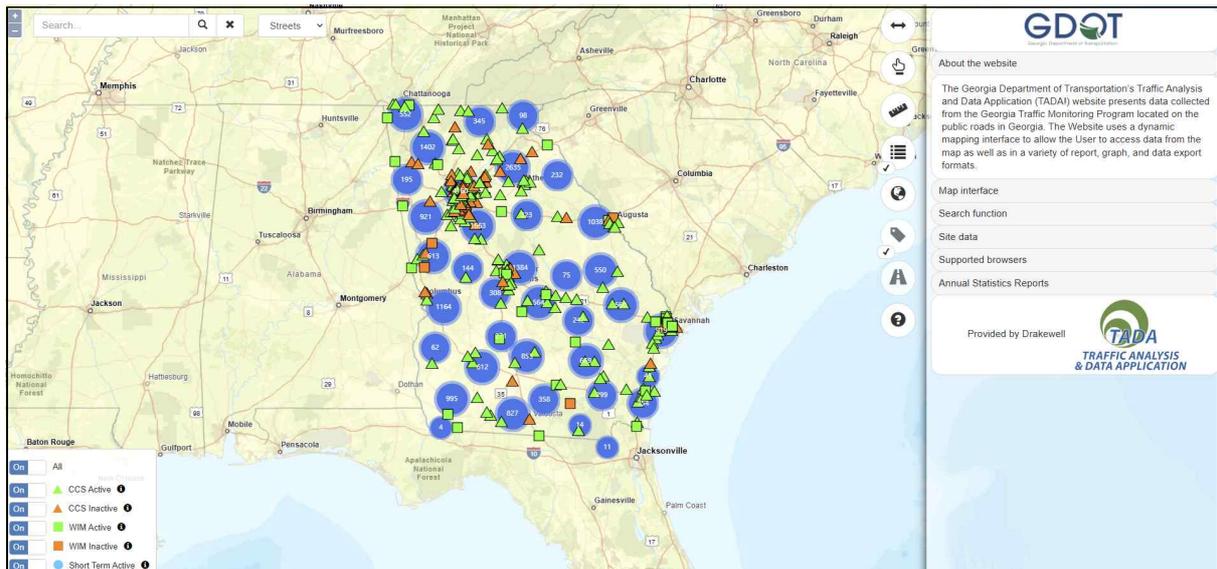


29) <http://dot.ga.gov/GDOT/Pages/GRIP.aspx>

2. 교통량 데이터의 제공

도로 상에서 생성되는 정보 중 가장 기본이 되는 것은 교통량일 것이다. 교통량을 기반으로 새로운 도로의 건설 여부도 결정할 수 있으며, 현재 도로 상의 교통량을 통하여 도로의 상태나 보수 필요 여부 등의 판단에도 활용할 수 있을 것이다. 또한, 교통량을 차량의 종류별로 구분하여 대형차량의 이동 경로를 바꿀 수 있는, 예를 들어 도심지나 보행자가 많은 도로를 우회하도록 하는 등의 정책 등도 분석할 수 있을 것이다. 우리나라도 이러한 필요성을 인식하여 지난 1993년 도로법에 도로에 관한 조사를 할 수 있는 근거³⁰⁾를 만들고 1996년부터 전문기관으로 한국건설기술연구원을 지정하여 교통량 조사 업무를 하고 있다. 미국에서는 주(state)에서 주도하여 각 주별 교통량 등 기본적인 정보를 제공하고 있다. 미국에서는 조지아 주(Georgia)를 중심으로 관련 데이터의 제공현황을 우리나라 현황과 비교해 보고자 한다. 미국의 조지아 주에서는 교통량 정보를 제공하는 웹사이트를 별도로 운영하고 있다.

< 그림 4.2. 미국 조지아 주 교통량 제공 웹사이트 메인 화면 >

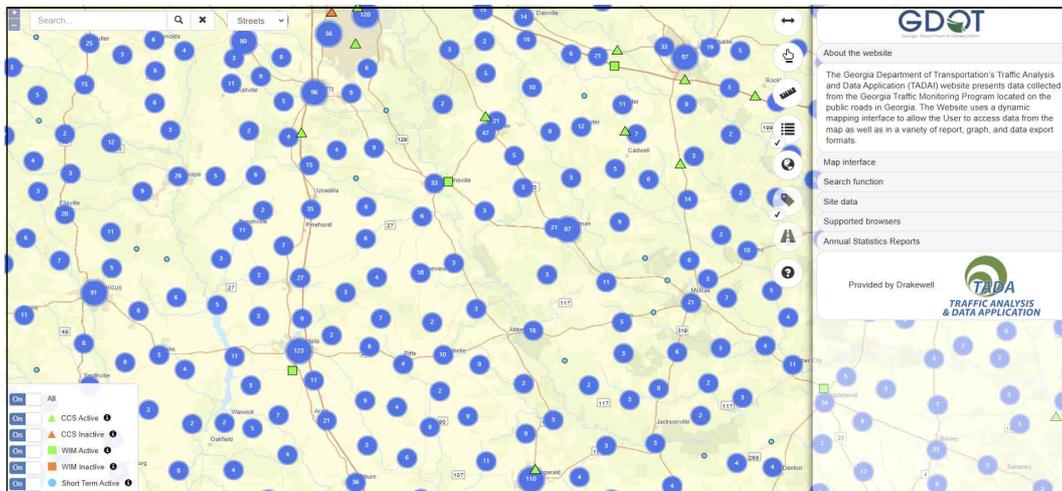


교통량을 측정하는 지점을 크게 3가지로 분류할 수 있는데, 첫째로 CCS(Continuous Count Station), 둘째로 WIM(Weigh in Motion Station),

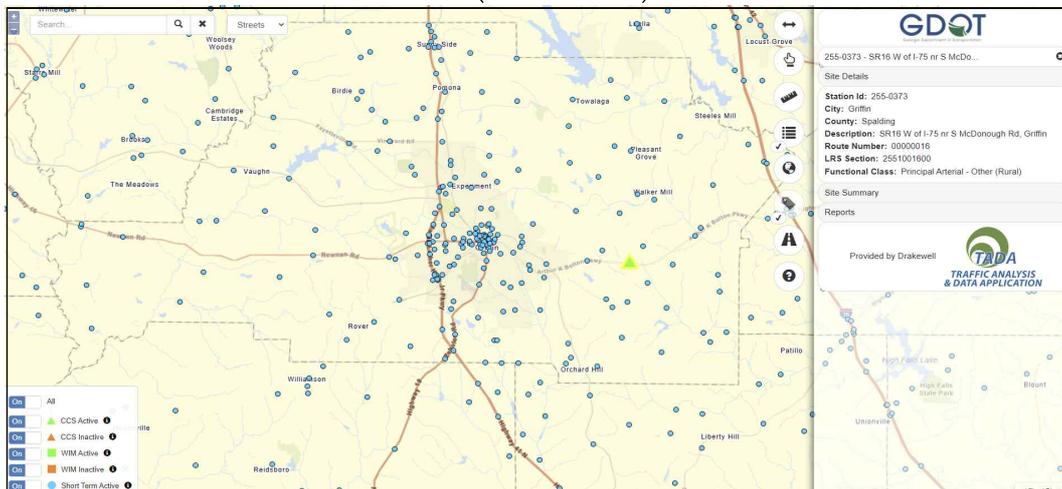
30) 제102조(도로에 관한 조사) 도로관리청은 도로와 관련된 계획의 효율적인 수립과 도로의 보수, 도로의 유지·관리 등을 위하여 필요하면 구간별 교통량, 도로의 구조, 그 밖의 도로에 관한 사항을 조사할 수 있다.

그리고 Short Term Station이다. 이 중 CCS와 Short Term Station은 교통량 조사만을 위하여 설치된 지점이며, Weigh in Motion Station은 과적차량을 조사하기 위해 설치된 Station이나 교통량도 제공하는 곳이다. 조지아 주 내에 설치되어 있는 CCS와 Short Term Station은 총 25,714개소이며, 이중 CCS는 286개소, Short Term Station은 25,428개소이다. 우리나라의 경우 상시 조사 지점이 총 649개소(일반국도 550개소, 고속국도 99개소)이며, 수시 조사 지점이 총 3,215개소(일반국도 1,055개소, 고속국도 570개소, 지방도 1,590개소)이다. 상시 조사 지점은 우리나라가 많으나, 전체 교통량 조사 지점 수에서는 큰 차이를 보이고 있다. 위 그림 4.2에서는 조지아 주의 교통량 조사 지점이 어떻게 분포하고 있는지 한 눈으로 볼 수 있도록 GIS를 통해서 보여 주고 있다.

< 그림 4.3. 미국 조지아 주 교통량 Short Term Station >



↓ (최대 확대)



해당 화면을 자세히 확대해서 보면 Short Term Station도 구체적으로 어느 지점에 설치되어 있는 지 확인할 수 있다.

위와 같이 지도를 확대하면 25,714개의 모든 측정 지점의 위치를 정확히 확인할 수 있다. 이를 통해, 측정 지점이 매우 촘촘하게 설치되어 있는 것을 알 수 있다. 반면에 우리나라의 교통량 제공 페이지(<http://road.re.kr>)의 경우 각 지점별 위치는 지도에서 확인이 가능하나 지도에서 교통량 측정지점의 전체적인 분포를 확인하기는 어렵다. 그림 4.4에서 보는 바와 같이 조사 지점에 대해서 리스트 형태로 주어지며 각 지점번호를 클릭하여 개별 지점의 지도 상의 위치를 확인할 수 있다. 즉, 미국의 교통량 제공 페이지는 지도 기반의 위치를 보여 주고 각 지점별 세부 정보를 보여주는 형태이고, 우리나라의 시스템의 경우에는 리스트 형태로 정보를 먼저 제공해주며 각 지점별 위치를 확인하고자 할 때 별도로 지도 상의 위치를 확인할 수 있는 형태이다. 이러한 교통량 측정 지점의 위치를 확인하는 것은 미국 조지아 주에서 제공하는 페이지가 좀 더 편의성이 높은 것으로 보이긴 하나, 한국의 정보제공 페이지에서도 지점에 대한 위치 정보를 가지고 있기 때문에 필요 시 모든 지점을 하나의 지도에 표시하여 보여주는 형태로 변경하는 것은 그리 어렵지는 않을 것이다.

< 그림 4.4. 우리나라의 교통량 제공 페이지 화면 >

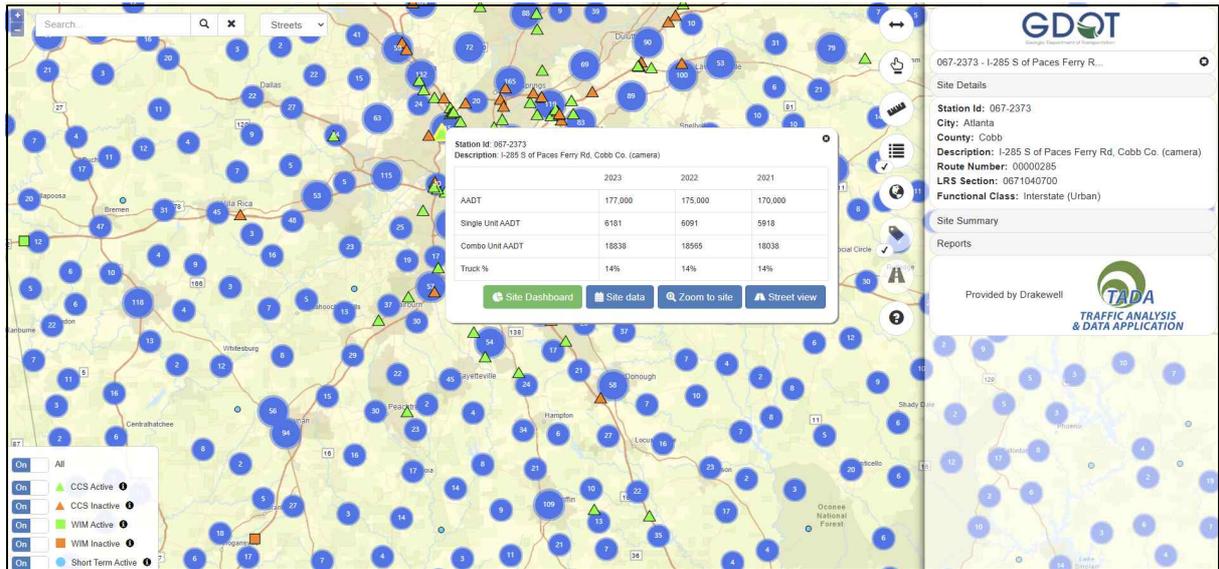
The screenshot displays the TMS Traffic Monitoring System interface. On the left, there is a sidebar with navigation options like '통계자료' and '상시조사지점'. The main area shows a table of stations with columns for '번호', '구간', '차량수', '노선번호', '도', '시/군', '구/읍/면', '통/차', and '지점번호'. A map on the right shows the geographical location of a selected station, with a pop-up window displaying '지점번호: 0120-01', '평균 일교통량: 19,748', and '주소: 전북 완주 신례 추정'.

번호	구간	차량수	노선번호	도	시/군	구/읍/면	통/차	지점번호
1	백포시-상계면	4	1	전남	무안	상향	통산	0101-00
2	다시면-공곡면	4	1	전남	나주	다시	죽암	0104-00
3	남평읍-영주시	4	1	전남	나주	남평	황산	0106-00
4	광산구-중앙동	4	1	전남	광성	진흥	영산	0108-00
5	상동시-대인면	4	1	전북	정읍	정읍	정읍	0110-01
6	김제시-진주시	4	1	전북	김제	김제	대화	0112-02
7	오봉리-상덕동	4	1	전북	완주	이서	이서	0117-03
8	완주시-상계동	4	1	전북	완주	상계	죽장	0120-01
9	신례읍-영주읍	4	1	전북	익산	익산	계성	0121-04
10	익산읍-죽산시	4	1	전북	익산	죽산	죽산	0122-02
11	연산면-대인면	4	1	전남	논산	연산	영호	0124-00
12	투마면-죽장리	6	1	충남	공주	반포	운천	0124-02
13	조치읍-죽장리	4	1	충남	세종	조치읍	신안	0127-08
14	신안시-신항리	4	1	충남	천안	신항	신항	0130-01
15	영덕시-오상시	4	1	경기	영덕	진북	신	0134-00
16	고양시-고양면	4	1	경기	과주	고직	장곡	0141-01
17	문산읍-가유동	4	1	경기	과주	문산	당동	0142-00
18	압해면-압해면	2	2	전남	신안	압해	송곡	0201-11
19	압해면-백포시	4	2	전남	신안	압해	신당	0201-08
20	상현면-상현동	4	2	전남	강진	상현	도림	0202-02
21	조성면-발교동	4	2	전남	보성	발교	계동	0209-01
22	함양읍-함양동	4	2	전남	함양	함양	죽성	0212-00
23	해인동-죽월동	4	2	전남	광양	광양	상향	0213-04
24	취월동-진주시	4	2	전남	사천	취월	석남	0216-02
25	진천면-대산시	6	2	경남	황유	진천	진천	0220-02

미국 조지아 주의 페이지의 경우, 지도 상에서 특정 지점의 Station을 클릭

하면 자세한 정보를 제공해준다.

< 그림 4.5. 교통량 측정 지점별 정보 >



위 그림과 같이 특정 지점의 Station을 선택하면 일일교통량(Annual Average Daily Traffic, AADT)과 Single Unit, Combo Unit의 교통량 그리고 Truck의 비율을 보여준다. 보다 자세한 정보제공을 위해 Site Dashboard와 Site Data가 있으며 해당 지점의 위치와 확인을 확인할 수 있는 Zoom to Site, Street View를 제공하고 있다. 각 지점별 Site Dashboard를 선택하면 아래와 같이 매우 자세한 지점별 정보를 제공해 주는 것을 알 수 있다.

< 그림 4.6. 각 지점별 세부 정보 >

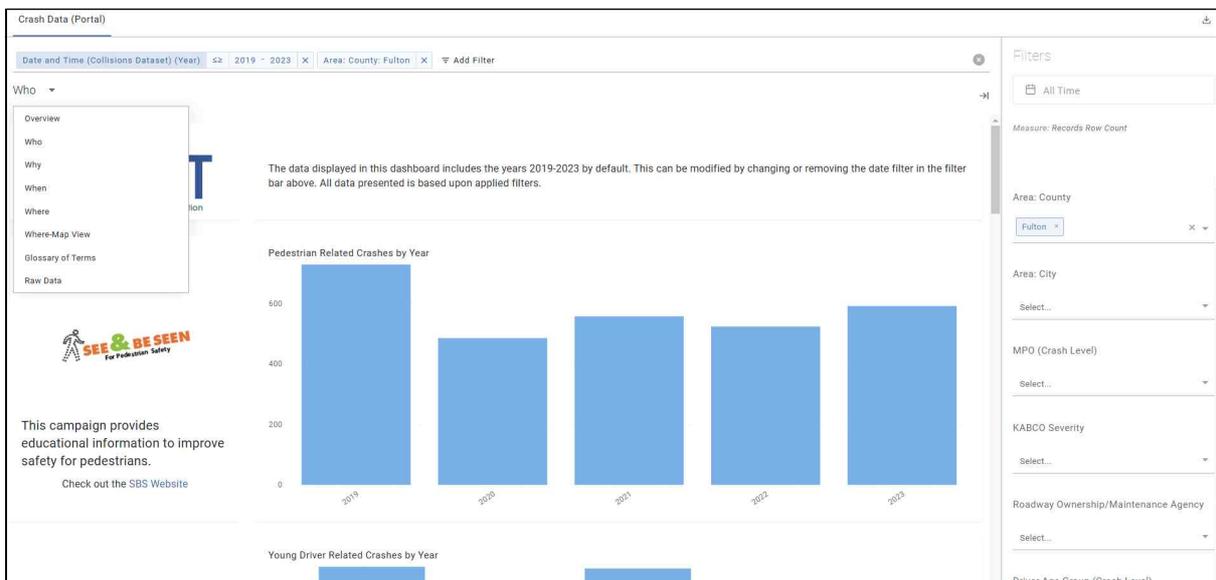


지점별 세부 정보를 살펴보면 지점의 위치과 지점의 고유 번호 등 기본 정보와 도로의 방향별 평균 통행량을 제공하고 있고, 최근 10년간의 교통량도 표와 그래프의 형태로 보여주고 있다. 또한, 요일별 및 시간별 교통량을 그래프 형태로 보여주고 있다. 마지막으로 미국의 자동차 분류 기준에 따라 총 13종의 자동차 별로 통행비율을 한눈에 보기 쉽도록 그래픽화하여 보여주고 있다. 우리나라의 교통량 정보제공 시스템의 경우에도 각 지점별로 다양한 기준의 교통량을 보여주고 있으나, 구체적인 내용을 별도로 버튼을 클릭해서 볼 수 있는 형태라고 할 수 있다. 각 지점별 정보를 한눈에 보기에 는 미국 조지아 주의 시스템의 형태가 조금 더 편할 수는 있겠으나, 각 기관이 보유한 교통량의 정보 자체는 거의 유사하다고 볼 수 있다. 웹 페이지의 형태는 사용자의 편의성을 고려하여 얼마든지 변경이 가능한 부분이기 때문에 이를 고려하여 필요 시 변경할 수도 있을 것이다.

3. 교통사고 정보의 제공

도로 상에서 교통사고가 발생 시 사고 자체에 대한 조사는 경찰에서 담당하나 이로 인해 도로가 파손되었을 경우 도로관리청의 업무가 된다. 따라서, 우리나라의 경우 도로 사고 자체에 대한 기본 정보를 도로관리청이 체계적으로 관리하거나 축적하지는 않는다. 하지만, 미국 조지아 주의 경우에는 조지아 주 교통부에서 도로 상의 교통사고에 대한 기본 정보를 제공해주고 있다. 이러한 도로 상의 사고 정보는 도로의 유지관리 및 도로 선형 개선이나 포장 보수 등을 실시할 때 매우 중요한 참고사항이 될 수 있으므로 이에 대한 데이터의 관리도 중요할 것이다. 우리나라의 경우에도 결빙취약구간 등을 선정할 때 교통사고의 건수 등도 고려 대상이므로 중요한 정보라고 할 수 있다.

< 그림 4.7. 미국 조지아 주 교통사고 정보 제공 페이지³¹⁾ >

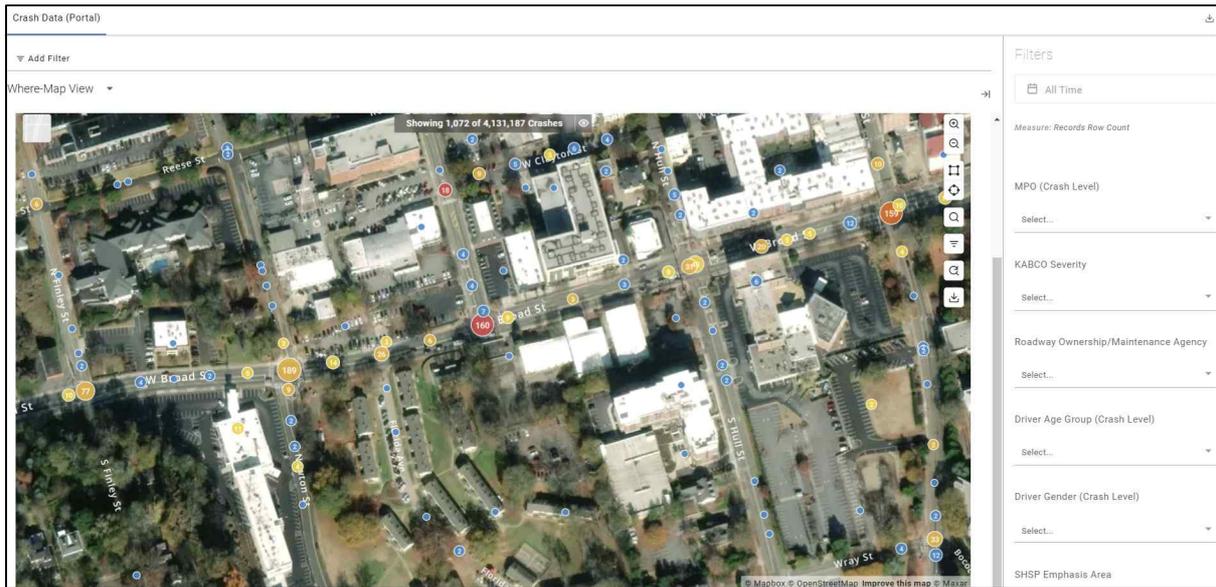


위 그림은 미국 조지아 주에서 제공하는 교통사고 정보에 대한 페이지이다. 교통 사고 현황을 지역별(County, City 등)로 검색이 가능하며, 교통사고의 관련자 현황(성별, 나이 등), 사고 원인, 사고 시기(월, 일, 시간 등), 사고 장소 등 뿐만 아니라 기본 자료도 제공하고 있다. 또한, 아래와 같이 특정 지역을 확대해보면 지도 상에서 어느 위치에서 사고가 있었는지 쉽게

31) <http://gdot.aashtowareasafety.net/crash-data#/>

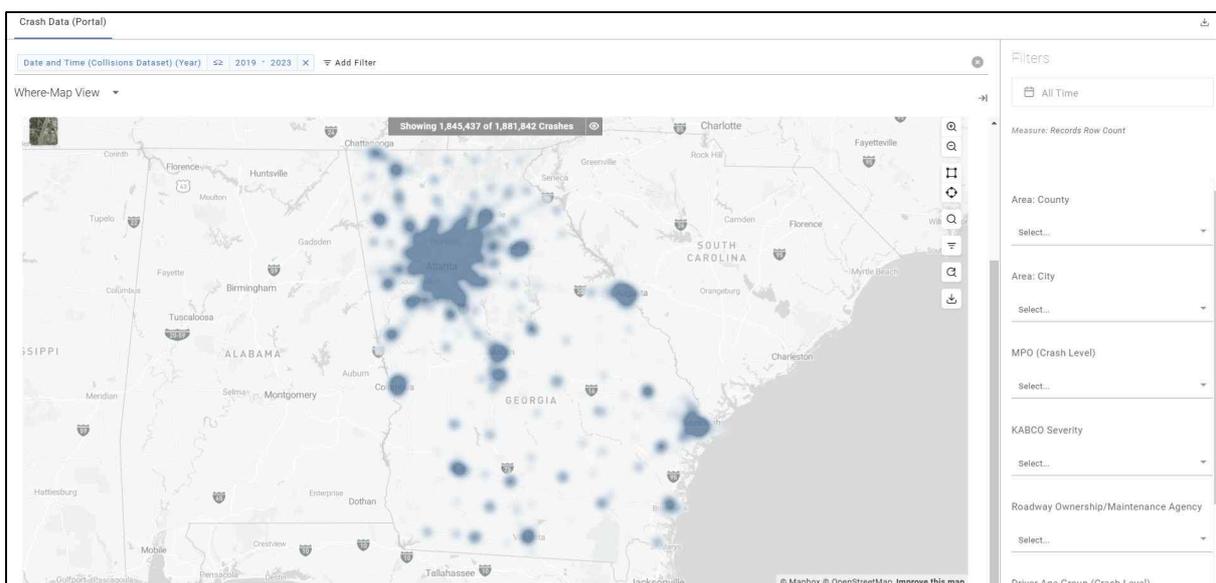
확인이 가능하며, 간단한 사고 정보도 확인할 수 있다.

< 그림 4.8 교통사고 정보 제공 >



각 표시된 지점이 사고가 발생했던 지점이며 숫자는 사고 건수를 의미한다. 이러한 데이터를 도심 지역 뿐만이 아니라 신고된 교통 사고에 대해 주 전역에 대한 데이터가 축적되어 있기 때문에 주 전역에 대한 정보를 한눈에 확인할 수 있다.

< 그림 4.9. 교통사고 정보의 주 전역 현황 >



위 그림은 조지아 주 전역에서 2019~2023년 사이에 발생한 교통사고에 대한 정보를 검색한 것이며, 총 1,881,842건의 교통사고 중 1,845,437건의 교통사고를 보여주고 있다. 음영으로 진하게 표시되어 있는 곳이 발생한 곳이며, 지도를 확대하면 그림 4.8에서 보는 바와 같이 정확한 지점을 확인할 수 있다. 주로 대도시권에서 발생되고 있으며 주요 간선도로에서 사고가 집중되어 있는 것을 알 수 있다.

< 그림 4.10. 시기별 교통사고 정보 제공 >

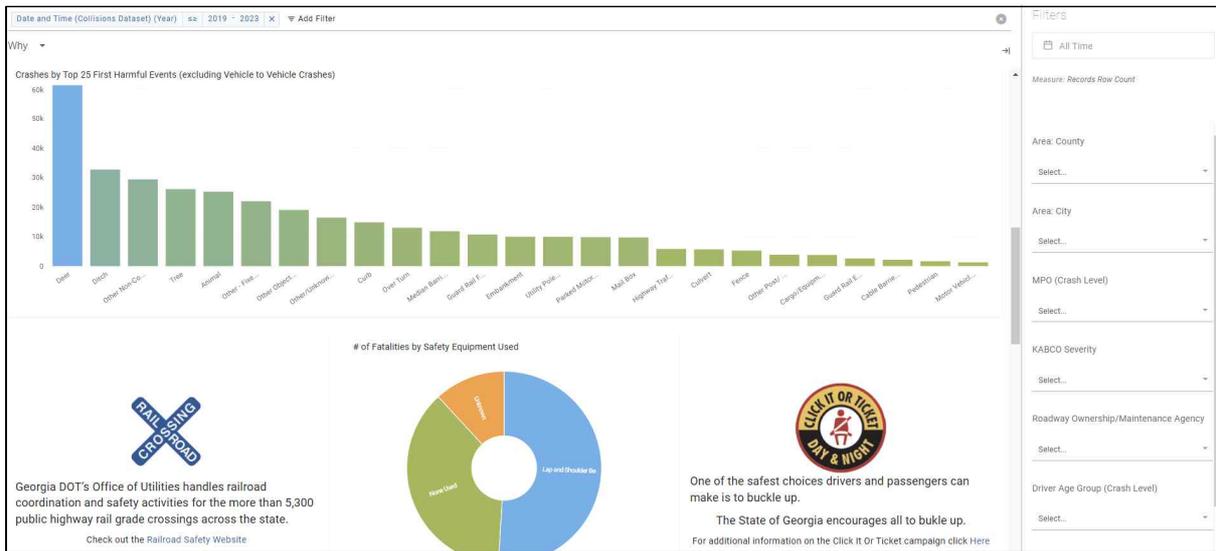


< 그림 4.11. 원인별 교통사고 정보 제공 >



그림 4.10은 사고 시점을 기준으로 검색한 자료이며, 월별, 요일별, 시간별로 구분하여 데이터를 제공해 주는 것을 알 수 있다. 또한, 그림 4.11은 사고 원인별 검색한 데이터이며, 사망률이 높은 순서대로 20가지에 대해 구분하여 보여 주는 것을 알 수 있다. 또한, 운전자 부주의나 보행자 부주의 등에 따른 사고도 구분하여 보여주고 있다.

< 그림 4.12. 차량 사고 이외 원인별 사고 현황 >



< 그림 4.13. 지역별 교통사고 정보 제공 >

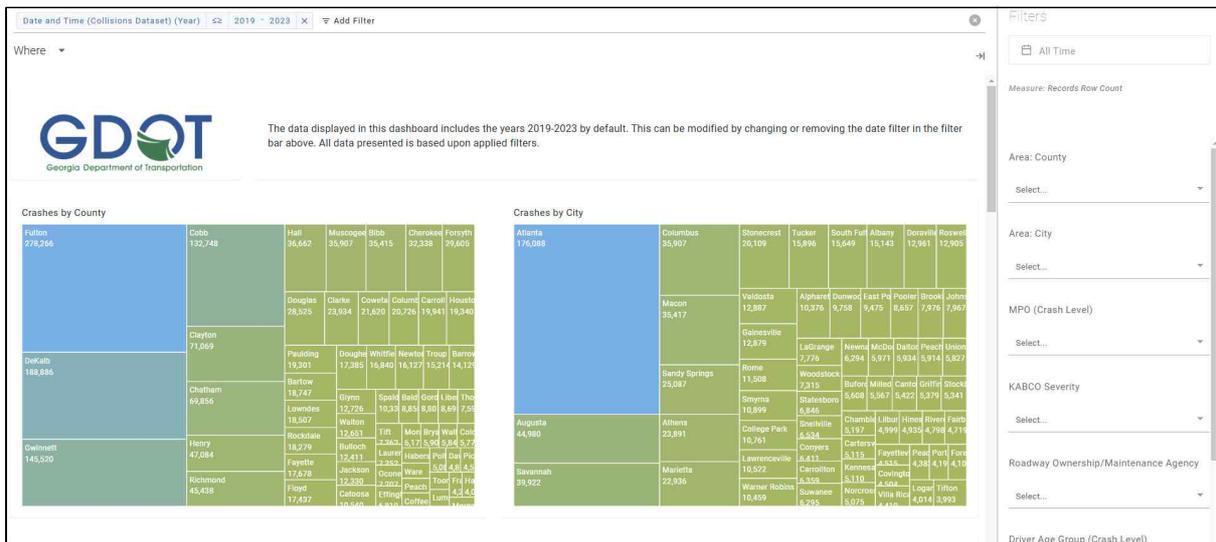


그림 4.12은 교통사고 원인 중 차량 대 차량 충돌이 아닌 원인에 대해서도 제시해주고 있으며, 데이터를 보면 사슴과의 충돌이 제일 큰 원인임을 알

수 있으며, 이러한 사고를 예방하기 위해 운전자들에 대한 지속적인 교육, 특히, 야간에 사슴 출몰지역에 대한 저속 운전 등을 실시할 수 있다. 또한, 그림 4.13에서는 지역별 교통사고 현황을 보여주고 있으며, County, City별로 건수를 쉽게 확인할 수 있다.

< 그림 4.14. 사고자의 성별, 연령별 사고 현황 >



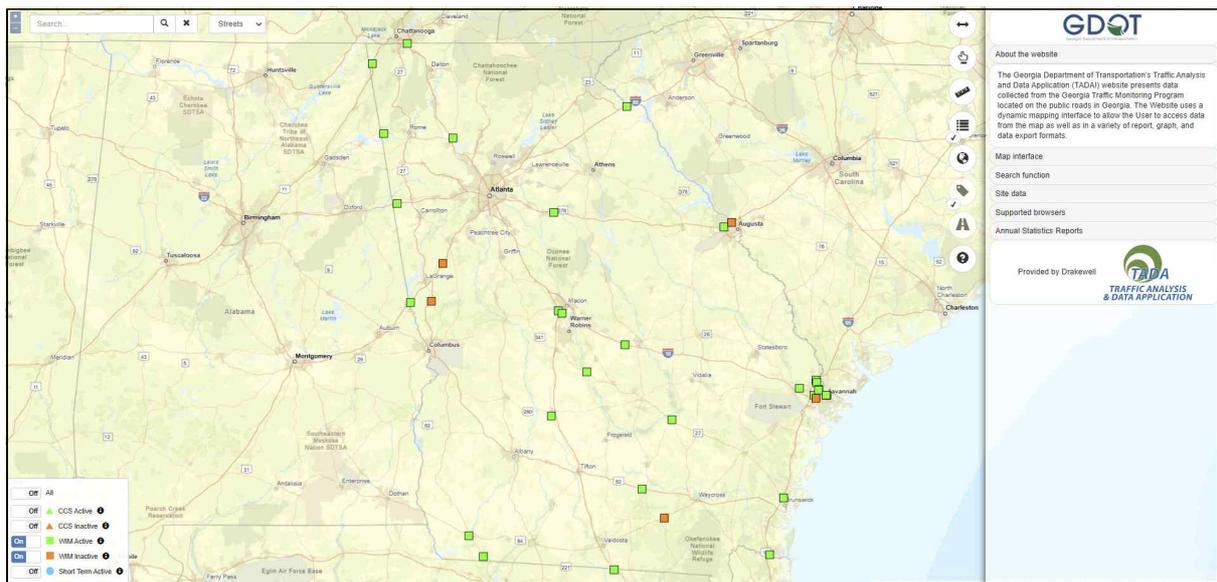
이외에도, 그림 4.14에서는 성별, 연령별에 따른 사고 현황도 보여주고 있다.

이러한 정보의 제공은 교통사고에 대한 원인, 시간, 장소, 운전자 특성 등에 대한 데이터가 적절히 축적이 되고 있다는 의미이며, 이러한 데이터들은 다양한 정책 결정 시에 참고자료로 활용하기 매우 좋은 자료가 될 것이다.

4. Weigh in Motion

그림 4.2 미국 조지아 주 교통량 제공 웹페이지 메인 화면을 살펴보면 교통량을 제공하는 지점 중 WIM(Weigh-inMotion)이 있을 것을 알 수 있다. 이 지점은 교통량 측정을 하기도 하지만, 주 목적은 화물 차량들의 과적을 단속하기 위하여 주행 중인 차량의 하중을 측정하는 지점이다. 우리나라의 경우에도 과적 단속은 도로의 피로도를 감소시키고 도로 상의 안전을 높이기 위해 매우 중요한 업무로 각 국토지방관리청에서 과적 단속원을 운영하여 단속하고 있다. 하지만, 우리나라의 경우 과적 단속 업무가 인력 투입이 많고 아직 자동화되지 못한 상황이나 미국의 경우 WIM Station을 통하여 자동으로 측정하고 있다. 이러한, WIM Station은 주로 화물차의 이동이 많은 구간이나 주의 경계에 설치되어 이 지점을 이동하는 화물차량들에 대해서 측정하고 있다. 현재 조지아 주에서는 측정하고 WIM Station은 29군데 운영 중에 있고, 현재 설치되어 있는데 운영되지 않는 Station은 5군데가 있다.

< 그림 4.15. 미국 조지아 주 Weigh-In-Motion 설치 현황 >

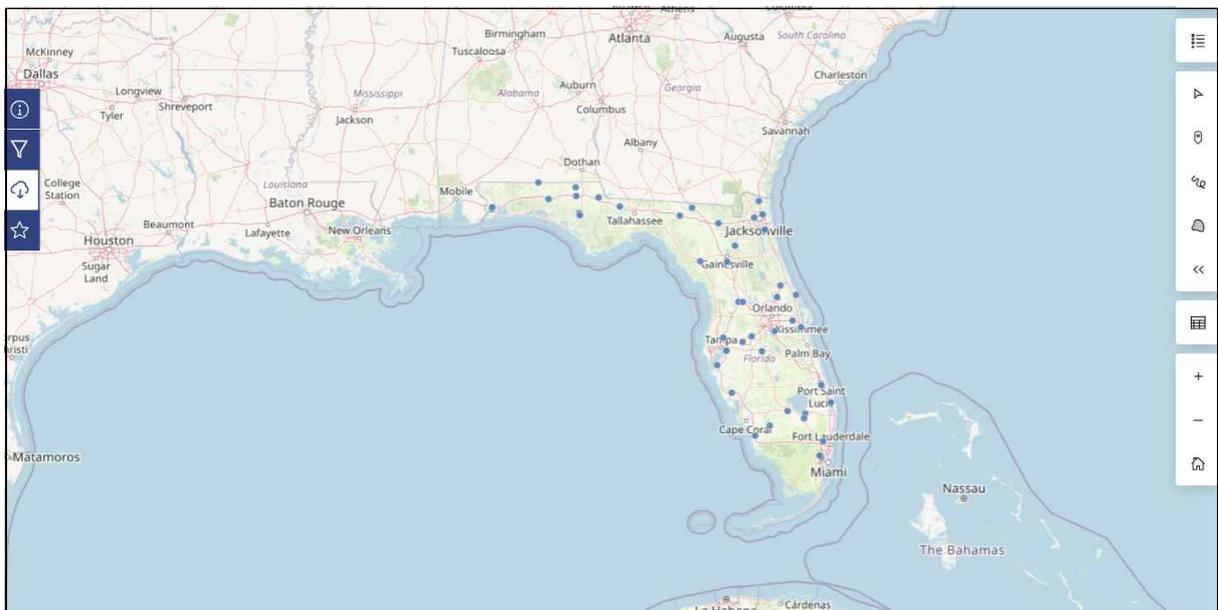


위의 현황을 보면 조지아 주의 주요 물류 거점인 서베너(Savannah) 항구의 주요 도로에 설치되어 있으며 남쪽의 플로리다 주, 서쪽의 앨라배마 주, 북쪽의 테네시 주 경계와 주요 도시로 이어진 도로에 설치되어 있는 것을

알 수 있다.

이러한 WIM을 설치하기 위해서 필요한 장비 선택, 장비 구입, 지점 선정, 유지관리, 보정 등에 관련된 가이드는 연방 기관인 Federal Highway Administration에서 제공하고 있다. 미국 전역에서 총 1,200개 이상의 Station을 설치하여 운영 중에 있으며 교통량이 많은 캘리포니아, 텍사스, 플로리다 등에 많은 Station이 설치되어 있다. 설치현황에 대한 정보 제공은 주(State)마다 다르며, 텍사스, 캘리포니아는 지점 리스트나 이미지 형태의 파일로 제공하며, 플로리다 주는 조지아 주와 유사하게 GIS를 활용하여 지도 상에서 확인할 수 있고, Station의 기본적인 정보 등도 파악할 수 있다.

< 그림 4.16. 미국 플로리다주 Weigh-in-Motion 설치 현황³²⁾ >



한편, 오레건(Oregon) 주에서는 74곳의 Station을 운용 중에 있으며, WIM 데이터를 활용하여 도로의 손상을 예측하여 유지보수 계획을 수립하는 연구를 진행하였다. WIM을 통해 수집된 차량의 하중, 교통량, 차량의 주행 속도, 차량의 종류 등의 데이터를 활용하여 도로에 부과되는 하중과 교통 패턴을 파악하고 이를 통하여 도로의 손상 예측모형을 개발하고, 이를 통해 손상 시기에 맞춰 유지보수 계획을 수립하는 것이다. 또한, 버지니아 주에서는 자동 단속 기능이 있는 하이브리드 WIM을 시범운영하고 있다. WIM

32) <http://gis-fdot.opendata.arcgis.com/datasets/fdot::weigh-in-motion-tda/about>

을 통해 정지 없이 주행 중인 차량의 무게를 정확히 측정하고, 중량이 초과된 차량에 대해서는 자동으로 벌금을 부과할 수 있는 기능을 갖춘 Station을 운영 중이다. 주요 고속도로 및 진입로에 설치되어 있으며, 초과 중량 차량의 경우 바로 카메라로 차량의 번호를 식별 후 벌금 고지서가 차량 소유주에게 발송되는 체계로 운영된다. 이를 통해 단속의 효율성을 대폭 높이고, 도로의 유지보수 비용을 절감하는 효과를 기대하고 있다.

이에 반해, 우리나라의 경우에는 현재 WIM시스템을 개발하기 위한 연구 개발이 진행 중인 상황으로 아직 수동 측정으로 과적 단속을 진행하고 있다. WIM을 통해 과적 단속의 효율성을 높이는 것도 중요하지만, 과적 현황과 고중량 차량의 통행 현황 등도 디지털 정보로 축적하기 위해서도 매우 필요한 시스템이다.

5. 도로 상황 정보 시스템 (511ga.com)

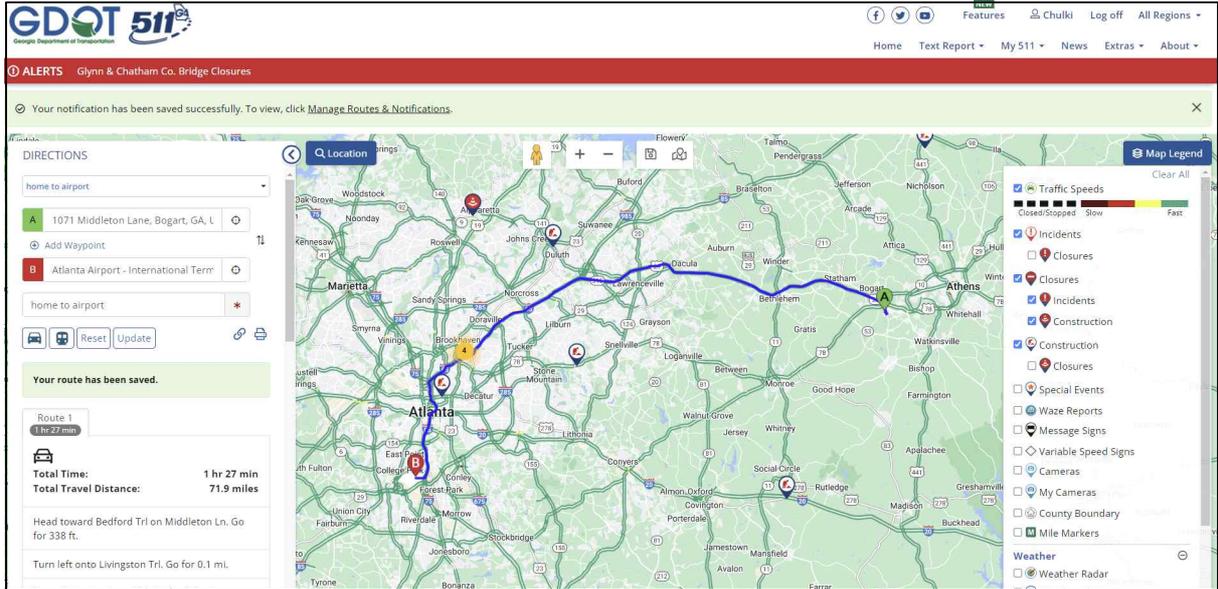
도로를 주행하다보면 예기치 못한 교통사고 구간이나 공사구간을 만나 예상치 못한 정체에 막혀 차량 운행 시간이 늘어나는 경우를 경험한 운전자를 찾는 것은 그리 어렵지 않을 것이다. 요즘에는 지도나 네비게이션 서비스를 하는 업체에서 지도 상에 이러한 정보들을 표시해 주기도 한다. 하지만, 이러한 정보들은 보통 운전자가 업체에 제공하는 정보 등을 활용하여 표시되는데, 실제 도로 상에서 일어나는 모든 일들을 다 파악하여 제공하는 쉽지 않다. 이러한 정보들 중 도로상에 일어나는 공사관련 정보의 경우에는 대부분 도로를 관리하는 기관에서는 미리 알 수 있는 정보들이다. 공용 중인 도로 상에서 공사를 하기 위해서는 사전에 도로관리청에 허가를 받아야 하기 때문에 허가 관련 정보를 토대로 공사 구간, 시기 등을 알 수 있는 것이다. 교통 사고의 경우에는 이와는 조금 다르게 사전에 인지하기는 힘들고, 사고 구간을 지나는 운전자들의 정보에 의존하는 것이 편리할 수도 있다.

미국에서는 이러한 정보들을 운전자에게 제공하기 위한 시스템을 운영하고 있다. 초기에는 각 주별로 교통관리시스템을 설립하여 운영하였으나, '00년 미국 연방 통신 위원회(Federal Communication Commission)에서 전국적으로 교통관련 정보를 제공하는 서비스를 "511"번호로 통합하였다. 번호는 통합하였으나, 각 주별로 시스템을 운영하다 보니 세부 내용과 접근 방식 등을 현재에도 주 마다 조금씩 상이한 면이 있다. 조지아 주에서는 '07년부터 기존에 전화를 기반으로 제공하던 것을 실시간, 인터넷 기반으로 한 GA511서비스를 제공하기 시작하였고, 현재에는 공식 웹사이트(511ga.org) 모바일 앱, 트위터, 페이스북, 공식 웹사이트에 등록된 개인 계정(문자나 이메일 등) 등으로 서비스를 제공하고 있다.

GA511은 조지아 주 내 Interstate Highway와 US Route, US State Highway에서 발생하는 교통 사고, 교통 속도, 공사 정보, 도로 차단 정보, 기상 정보를 제공하고 있다. 또한, 개인이 주로 이동하는 경로를 설정해 놓을 수 있으며, 해당 경로 상에서 발생하는 정보를 문자나 이메일로 받아볼 수 있다. 또한, 도로 상에 설치되어 있는 카메라를 개인 계정에 내 카메라

로 지정해 놓으면 언제든지 편하게 도로 상의 화면을 볼 수 있다.

< 그림 4.17. 도로 상황 정보시스템(511ga.org) 기본 화면 >



< 그림 4.18. 도로 상황 정보시스템(511ga.org) 제공 정보 >

	<ul style="list-style-type: none"> - 사고정보 - 도로차단 - 공사정보 - 전광판 - 카메라 - 내카메라 - 카운티 경계 - 거리표지 		<ul style="list-style-type: none"> - 기상정보 - 우회경로 - 휴게소 - 우선차로
--	--	--	---

특정 시점을 기준으로 그 시점 상에 제공되는 정보를 확인한 결과 총 51건의 정보가 시스템 상에서 확인되며, 이 중 6시간 이상되는 정보 40건은 모두 공사 관련 정보이며, 6시간 이내의 정보 11건은 모두 교통 사고, 나무 처리 등 일시적으로 발생한 사건에 대한 정보이다.

< 표 4.2. 도로 상황 정보 시스템에서 제공되는 정보 현황 >

작업 시간	24시간 이내	24~ 48시간	48시간~ 168시간(7일)	168시간~ 한달 이내	한달~ 6개월	6개월~ 1년	1년 이상
건수	25건	2건	1건	1건	8건	8건	6건

* 1년 이상 작업은 394일 ~ 889일

조지아 주 면적(153,909km², 남한의 1.5배), 공공 도로의 연장 등을 고려할 경우, 위 시점에서의 도로 공사 건수가 40건이라는 도로 상에서 진행되는 모든 공사의 정보가 취합되는 것으로 보기에는 어려움이 있어 보인다. 하나의 사건에 대해서는 그 원인(공사, 사고, 나무 처리 등), 발생한 위치, 차단된 차로 개수, 처리 완료 예정 시간이 제공된다. 처리 완료 예정 시간이 변경될 경우에는 시간이 수정되기도 한다. 현장 사진도 제공되도록 시스템이 개발되어 있으나 실제로 제공되는 경우는 많지 않았다.

또한, 위의 특정 시점 이후 시스템 상 완료예정 시간이 지났음에도 불구하고 시스템 상에서 확인되는 작업이 11건이었으며, 모두 하루 이내, 몇시간 정도의 시간이 소요되는 작업이었다. 이는 처리 시간이 지연되었으나 시스템에 업데이트를 하지 않은 경우이거나 종료되었으나 시스템 상에 종료처리를 안하여 발생한 것으로 보인다.

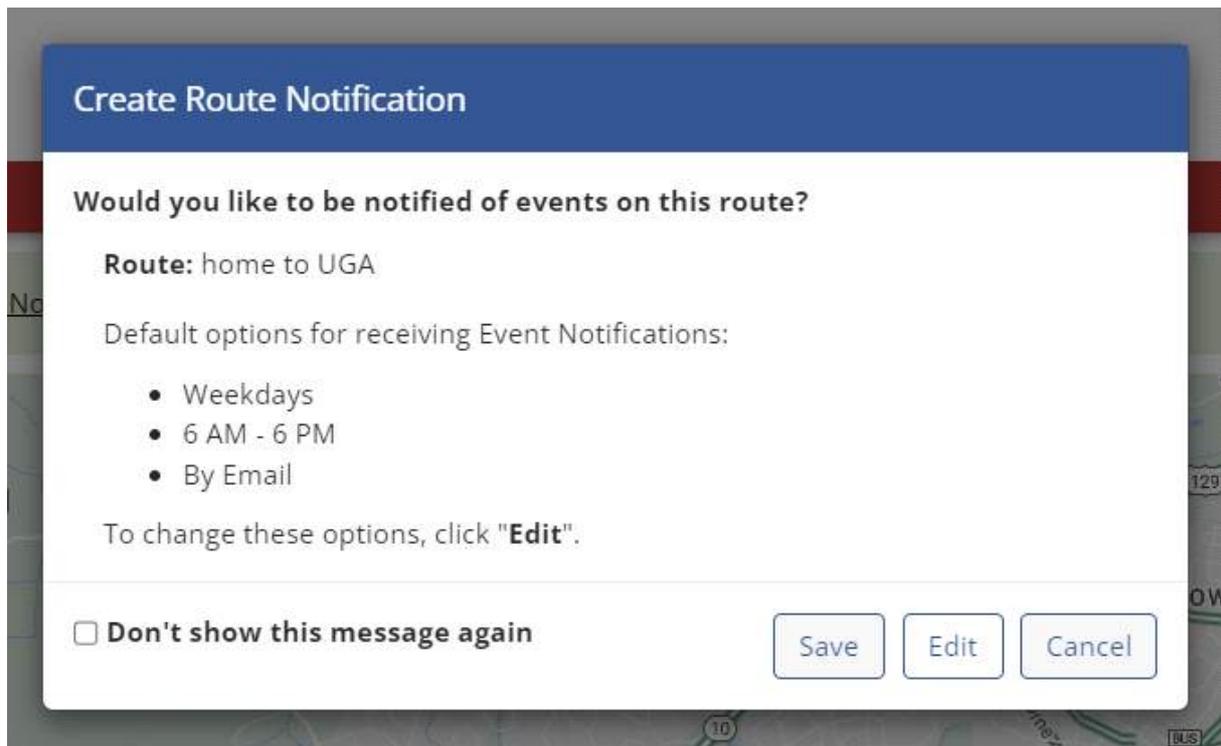
< 표 4.3. '23.8.30 15시 기준 소요 시간 경과한 작업 현황 >

완료예정 시간	정보 내용	소요 예상 시간
23-8-19 6:00	Road construction on SR 12 Northbound at SHIRE PKWY. 1 lane (of 2) blocked	10
23-8-23 6:30	Road construction on SR 30 Eastbound at SR4. 1 lane(of 2) blocked	12
23-8-30 10:38	Flooding on I-75 Southbound exit to SR 31/Madison Hwy Exit 11. All lanes closed.	0.5

23-8-30 12:51	Tree limb on I-16 Westbound Past SR 199. 1 lane (of 2) blocked.	0.5
23-8-30 13:00	Stalled vehicles on I-285 Westbound past SR 9/Roswell Rd. 2 lanes(of 5) blocked.	1
23-8-30 13:18	Vehicle on fire on I-85 Southbound before SR 34. 1 lane(of 4) blocked	0.5
23-8-30 13:22	Crash on I-75 Northbound at Pate Road CR 286. 1 lane (of 2) blocked	0.5
23-8-30 14:00	Crash on I-75/85 Northbound exit to I-75 NB. All lanes closed.	2.2
23-8-30 14:10	Tree Limb on Sr 376 both directions at SANDY HILL DR. All lanes closed	0.5
23-8-30 14:13	Tree Limb on Sr 376 both directions at SANDY HILL DR. All lanes closed	0.5
23-8-30 15:00	Tree limb on SR 7 Southbound at OLD COFFEE RD. All lanes closed	2.05

또한, 주로 이동하는 경로를 설정하여 해당 경로에서 발생하는 정보를 받아 볼 수 있는 서비스도 제공한다.

< 그림 4.19. 주요 경로(집에서 University of Georgia) 설정 >



집에서 UGA로 가는 경로 상에 원하는 시간에 발생하는 정보를 원하는 수신 방법으로 설정할 수 있다. (예 : 주중 6AM~6PM사이, 이메일로 수신)

< 표 4.4. 2가지 경로를 설정하여 정보를 수신한 사례 >

구분	경로1	경로2
		Home -> 애틀란타 공항
거리	64mile	8.5mile
8.30일 (수)	낙하물 수거 1건(30분) 사고 3건(처리시간 : 30분, 30분, 40분)	정보 제공 없음
8.31일 (목)	사고 4건(처리 시간 : 30분, 36분, 1시간 23분, 12분)	정보 제공 없음
9.1일 (금)	사고 14건(처리 시간 : 36분, 35분, 1시간 48분, 1시간 10분, 1시간 11분, 44분, 3분 39분, 30분, 34분, 36분, 32분, 36분, 34분)	정보 제공 없음

도로 상에 발생하는 사고에 대한 정보는 매우 신속하게 제공하고 짧은 시간 안에 처리하는 것을 확인할 수 있다. 도로관리정보다는 경찰이 훨씬 활발히 활용하는 것으로 보인다.

기본 교통량 정보를 제공하는 플랫폼을 기반으로 실시간으로 일어나는 도로 상의 작업, 사고 등의 정보를 제공할 수 있도록 시스템적으로는 잘 갖춰 놓은 것으로 보인다. 하지만, 전체 공사나 작업 정보라고 하기에는 매우 적은 것으로 보이므로 공사 정보의 취득 방법에 대해서 일부 보완이 필요한 것으로 보인다. 또한, 제공되는 공사 정보의 경우 대표 위치와 차단되는 차로수 정도를 제공하고 있는데, 작업 범위(작업 시점, 종점) 등도 추가적으로 포함하면 보다 좋은 서비스가 될 것으로 판단된다.

6. 도로 상 기상 정보 시스템

도로 기상 정보 시스템(Road Weather Information System)은 차량의 운행에 영향을 줄 수 있는 도로표면의 온도, 공기 온도, 가시거리, 습도, 노면의 상태 등의 다양한 기상 정보를 수집하여 제공하는 시스템이다. 기상으로 인하여 발생된 도로의 이상상황을(예를 들면, 결빙이나 빗물로 인한 미끄러움 등) 운전자가 미리 알지 못할 경우 대형 사고로 이어질 수 있다.

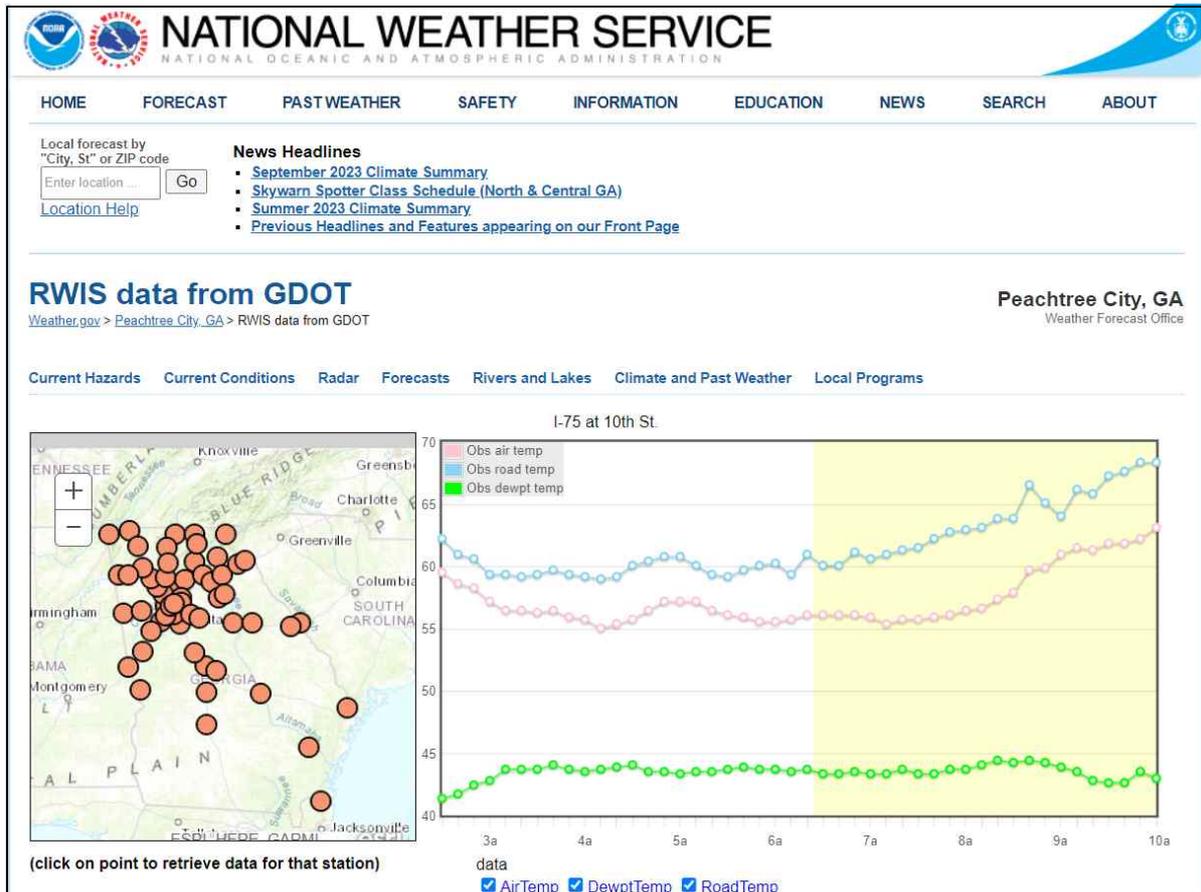
도로 상에 비 등으로 물이 존재하다 살얼음으로 변해가는 시기에 미끄러움으로 인한 사고가 발생할 가능성이 매우 높아지므로, 도로 상의 물의 유무와 물이 살얼음으로 변할 수 있는 도로 표면의 온도 등의 확인이 매우 중요하다. 하지만, 시스템이 제공하는 데이터는 시스템을 운영하는 기관마다 상이하며, 보다 정확하고 운전자의 안전운행에 도움이 될 수 있는 정보를 수집하기 위해 지속적으로 개선이 필요하다.

우리나라의 고속도로, 국도의 경우 외부로 기상정보를 제공해 주는 시스템은 현재 구축되어 있지 않으나, 도로관리청에서는 도로의 노면 온도 측정 장비를 갖추고 있어 겨울철 살얼음 대비 또는 제설제 예비 살포 등을 위한 데이터로 활용하고 있다.

개별 지자체에서는 일부 도입하여 데이터를 제공한 경우도 있으나, 장비의 노후화와 지속적인 유지관리 비용 투입 등이 필요함에 따라 많이 활성화 되지 못한 실정이다. 기상청에서는 23.2월부터 중부내륙고속도로 상에 기상센서를 설치하여 도로의 노면 상태, 특히 살얼음 예보를 시범 서비스하고 있는 중으로 향후 지속 확대할 계획이다.

조지아 DOT(Department of Transportation)의 경우 조지아 주 전역의 약 60여개 지점에 대하여 10분 간격으로 도로의 온도, 공기 온도, 이슬점 정보를 제공해 주고 있다.

< 그림 4.20. 조지아 교통부에서 제공하는 도로 상 기상 정보 >



비가 내리지 않은 상황에서도 이슬점 온도와 도로표면의 온도가 근접한 경우에는 도로 표면에 응결로 인한 물이 존재 할 수 있으며, 도로 표면 온도가 0°C 이하일 경우(공기의 온도는 영상이어도 도로표면의 온도는 0°C이하가 될 수 있음) 도로에 살얼음이 발생될 수 있으므로 공기온도, 도로표면 온도, 이슬점의 정보는 겨울철 도로의 미끄럼 발생 여부를 판단할 수 있는 중요한 데이터이다. 따라서 위와 같은 정보는 운전자에게는 매우 유용한 정보가 될 수 있다.

조지아주 DOT에서는 온도 정보이외에도 습도, 풍향, 풍속, 가시거리, 도로 표면 상태 등을 제공하고 있다.

우리나라의 경우에도 조지아 DOT에서 제공하는 것처럼 지속적으로 특정 도로의 지점 상의 온도 등의 기상을 측정할 수 있는 시스템을 구축하는 것이 매우 중요할 것으로 보인다. 최근에는 도로의 노면 상태 자체를(얼음, 살

얼음, 슬러시, 물기, 건조 등) 측정할 수 있는 센서도 개발되고 있어 이를 통해 도로 노면의 정확한 상태를 파악하여 도로 이용자에게 제공하는 것도 필요하다.

< 그림 4.21 조지아 주에서 제공하는 다양한 기상 정보들 >

Date (Local)	Temp (°F)	Dew Point (°F)	Relative Humidity (%)	Wind Direction	Wind Speed (kts)	Vsby Road (mi)	SubSfc Temp (°F)	Road Surface	1h Pcp (in)	12h Pcp (in)	24h Pcp (in)
10/23 11:02	63	43	39	NNW	3G6 ≥ 1.2	68	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 10:52	62	44	43	NNW	2G5 ≥ 1.2	68	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 10:42	62	43	43	WSW	2G6 ≥ 1.2	68	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 10:32	62	43	44	WSW	2G5 ≥ 1.2	67	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 10:22	61	43	46	WSW	3G7 ≥ 1.2	66	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 10:12	62	44	43	NNW	2G5 ≥ 1.2	66	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 10:02	61	44	45	WNW	1G6 ≥ 1.2	64	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 09:52	60	44	53	NNE	3G6 ≥ 1.2	65	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 09:42	60	44	55	NNE	3G6 ≥ 1.2	67	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 09:32	58	44	57	NW	2G3 ≥ 1.2	64	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 09:22	57	44	58	NW	1G4 ≥ 1.2	64	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 09:12	57	44	60	WNW	2G5 ≥ 1.2	63	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 09:02	56	44	60	NNW	2G5 ≥ 1.2	63	70	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 08:52	56	44	60	NNW	2G6 ≥ 1.2	63	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 08:42	56	43	61	WSW	2G4 ≥ 1.2	62	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 08:32	56	43	61	WSW	2G3 ≥ 1.2	62	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 08:22	56	44	61	WNW	1G6 ≥ 1.2	61	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 08:12	55	43	62	W	2G5 ≥ 1.2	61	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 08:02	56	43	61	WNW	2G4 ≥ 1.2	61	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 07:52	56	44	62	NNE	2G10 ≥ 1.2	61	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 07:42	56	43	61	N	2G8 ≥ 1.2	60	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 07:32	56	43	61	NNE	3G8 ≥ 1.2	60	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 07:22	56	44	62	NNE	4G7 ≥ 1.2	61	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 07:12	56	44	63	N	3G10 ≥ 1.2	59	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 07:02	56	44	63	N	3G8 ≥ 1.2	60	71	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 06:52	56	44	63	NNE	3G9 ≥ 1.2	60	72	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 06:42	56	44	63	N	3G8 ≥ 1.2	60	72	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 06:32	56	44	62	N	3G8 ≥ 1.2	59	72	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 06:22	56	44	60	NNE	4G9 ≥ 1.2	59	72	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 06:12	57	44	59	N	3G10 ≥ 1.2	60	72	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 06:02	57	43	59	N	3G9 ≥ 1.2	61	72	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 05:52	57	44	60	NNE	5G10 ≥ 1.2	61	72	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 05:42	56	44	62	NNW	2G7 ≥ 1.2	60	72	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 05:32	56	44	64	N	3G7 ≥ 1.2	60	72	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 05:22	55	44	64	NW	1G5 ≥ 1.2	59	73	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 05:12	55	44	64	NNW	1G5 ≥ 1.2	59	73	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 05:02	56	44	63	NW	1G6 ≥ 1.2	59	73	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 04:52	56	44	63	N	2G5 ≥ 1.2	59	73	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 04:42	56	44	62	N	3G7 ≥ 1.2	60	73	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 04:32	56	44	61	N	2G7 ≥ 1.2	59	73	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 04:22	56	44	61	N	3G6 ≥ 1.2	59	73	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 04:12	56	44	60	N	3G6 ≥ 1.2	59	73	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 04:02	57	43	57	N	3G5 ≥ 1.2	59	73	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 03:52	58	42	54	N	3G6 ≥ 1.2	61	73	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 03:42	59	42	52	N	3G6 ≥ 1.2	61	73	Dry	0.0	0.0	0.0
10/23 03:32	60	41	49	NNW	3G7 ≥ 1.2	62	74	Dry	0.0	0.0	0.0

7. 전기차 충전소 정보 제공 플랫폼

최근 전기차의 급속한 보급에 따라 전기차 충전소의 확충이 큰 사회적 이슈가 되고 있으며, 다양한 기관들이 참여하고 있다. 대부분 아파트와 같은 공동주택, 대형 마트 등의 경우에는 주차장에 충전시설을 확충하고 있으나, 장거리 이동 등을 할 때에는 도로 인근에 설치된 충전소도 필요한 경우가 많이 발생한다. 특히, 장거리 이동을 할 경우에는 이동 경로 상 또는 목적지 인근 등에 충전소가 어디에 설치되어 있는지 등의 정보를 파악하는 것이 매우 중요하다. 따라서, 우리나라와 미국의 전기차 충전소 인프라에 대한 정보를 제공하는 플랫폼들을 비교 분석해 볼 필요가 있다.

우리나라의 경우 환경부, 한국전력공사 등 71공공기관과 네이버 등 민간 기업에서 전기차 충전소 현황을 제공하고 있다. 환경부의 경우 무공해차 통합누리집(ev.or.kr)을 통해 제공하고 있으며, 우리나라 전체의 전기차 충전소 및 수소차 충전소 현황을 제공한다. 시/도, 시/군까지 선택하여 자세하게 검색할 수 있으며, 지도 형태로 서비스하기 때문에 원하는 지역으로 지도를 옮겨 검색할 수도 있다. 충전기 타입과 운영기관에 따라서도 선택하여 검색할 수 있다.

< 그림 4.22. 무공해차 통합누리집 - 가까운 충전소 찾기 메인화면 >

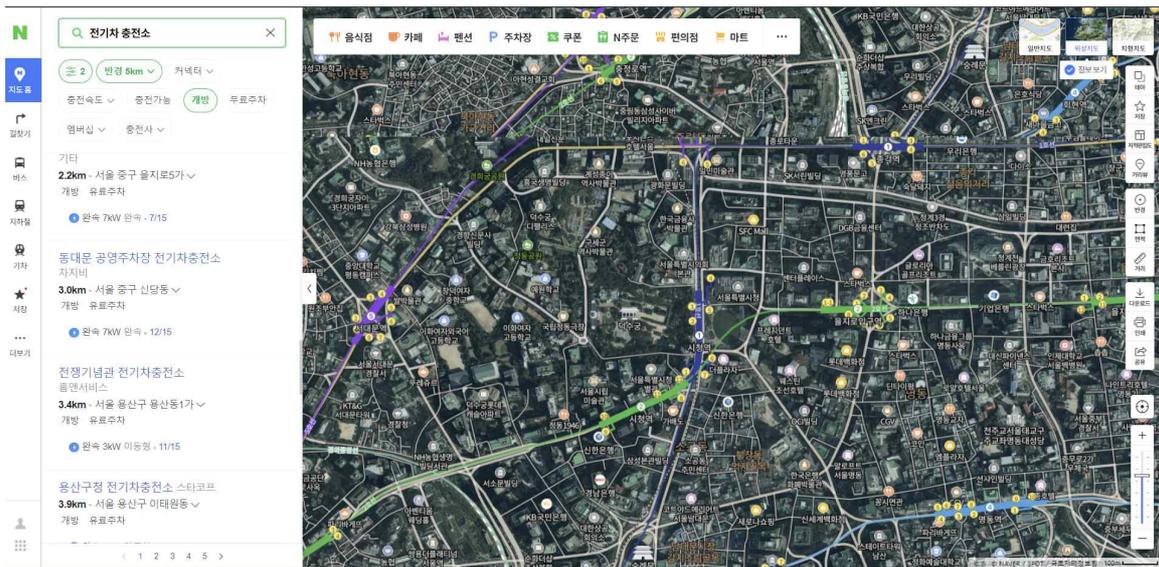


충전소 분류 메뉴가 있어서 충전소가 설치된 시설(공공시설, 주차시설, 휴게 시설, 관광시설, 상업시설, 차량정비시설, 공동주택시설, 근린생활시설, 교육문화시설, 기타 시설)에 따라 구분하여 검색할 수 있으며, 충전소 별로, 사용가능, 사용 중, 사용불가를 확인 가능하며, 하나의 충전소를 선택하여 세부 정보를 확인하면 충전기기 하나마다 상태를 확인할 수 있다.

한국전력공사의 경우 홈페이지-충전소 조회(etc.kepco.co.kr)에서 검색할 수 있으며, 환경부 홈페이지와 유사하게 지역별, 충전타입별 검색이 가능하다. 또한, 길찾기 기능을 제공하여 내가 찾은 길의 경로 상에 있는 충전소를 확인할 수 있어, 장거리 여행 시 이동 경로 상 충전소를 찾기에 수월한 기능을 제공한다.

네이버 지도의 경우 전기차 충전소 정보만을 별도로 제공하는 것이 아니라 네이버 지도 상에서 전기차 충전소를 검색 가능하며, 충전속도, 충전가능 여부, 개방여부, 주차비 유무, 멤버십, 충전사 별로 구분하여 검색할 수 있다. 충전소를 검색하면 충전소 내에 있는 충전기의 세부 용량과 타입을 표시해 준다.

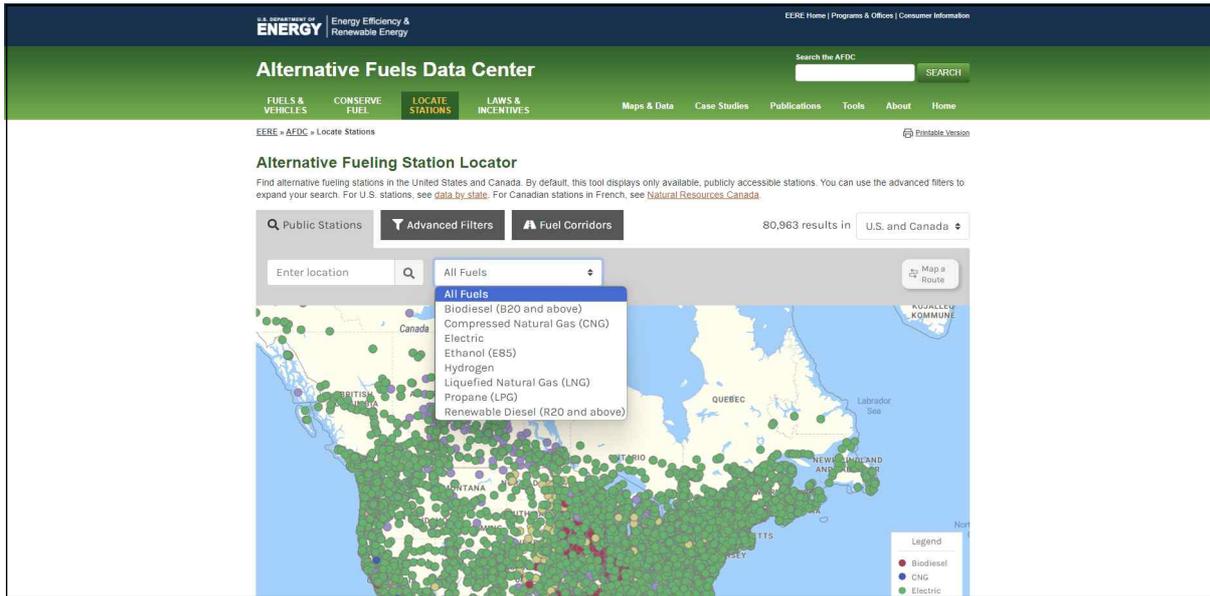
< 그림 4.23. 네이버 전기차 충전소 검색 >



미국의 경우 우리나라와 유사하게 공공 또는 민간에서 이러한 정보를 제공하고 있다. Alternative fuel data center는 Department of energy에서 제공하는 플랫폼으로 전기차 충전소 뿐만이 아니라 모든 종류의 대체 연료 충전소에 대

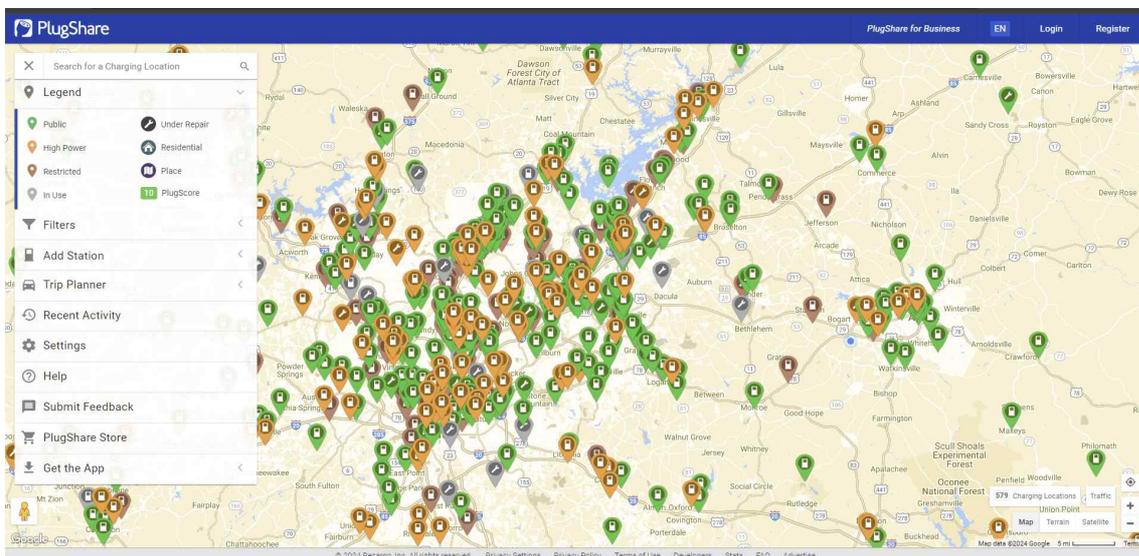
한 정보를 제공하며, 전기차 충전소의 충전타입, 커넥터에 따라 구분하여 제공하고 있으나, 각 개별 개소별 포트의 사용현황을 자세히 파악하기에는 어려움이 있다. '24.1.30 현재, 미국 및 캐나다 내 전기차 충전소는 71,884개소(188,810기)가 설치되어 있음

< 그림 4.24. Alternate Fuels Data Center >



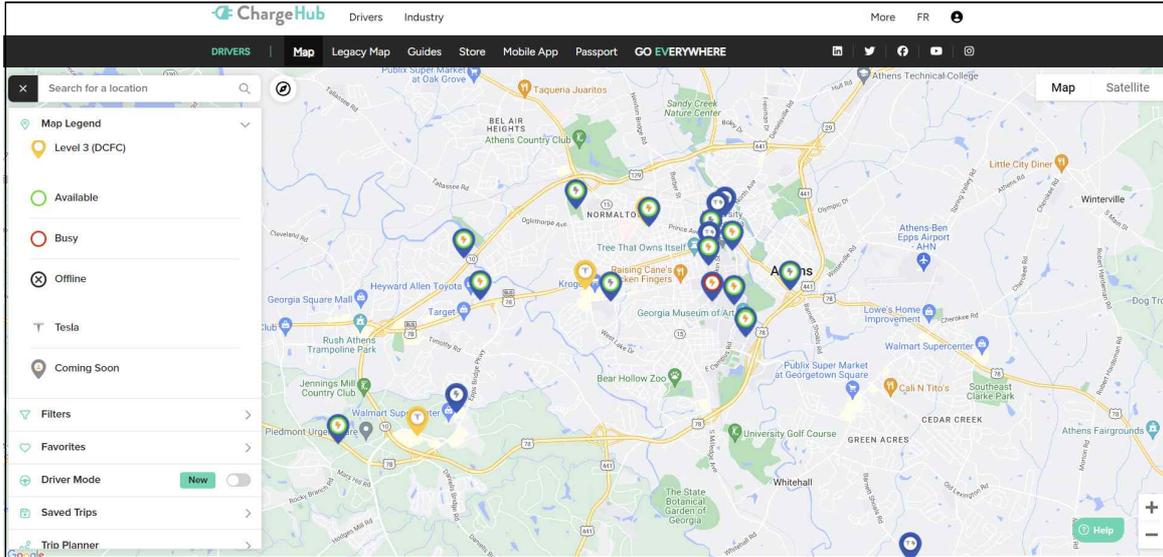
Plugshare라는 플랫폼에서도 제공하고 있으며, 검색 시 리뷰 평가 점수, 충전 속도, 스테이션 개수, 부속시설, 주차 여부, 운영사, 플러그 종류에 따라 검색이 가능하다.

< 그림 4.25. PlugShare >



Chargehub에서도 제공하고 있으며, 검색 종류는 plugshare와 유사하다.

< 그림 4.26. Chargehub >



미국의 경우 전기차, 수소차 뿐만이 아니라 다양한 대체 연료 수단의 이용으로 다양한 충전소의 정보를 제공하고 있으나, 우리나라는 아직 전기차와 수소차의 대체연료 차량이 운행 중으로 두 가지에 대한 정보를 제공한다. 우리나라의 경우 충전소의 기본정보 이외에 충전소 별로 운영 현황을 쉽게 파악이 가능하나, 미국의 경우 충전소의 위치와 충전용량 등의 기본 정보 파악에 초점이 맞춰져 있다.

8. 자율주행 테스트 베드 (M-City)

자율주행 자동차의 대두로 인해 도로는 단순히 자동차가 이동하는 공간적인 개념에서 확장되어 도로의 상태나 도로 상에서 발생하는 여러 가지 일들, 예를 들어 교통사고, 도로 상 공사를 위한 작업 등에 대한 정보를 실시간으로 자율 주행 자동차가 취득할 수 있는 디지털화된 공간으로 변모해야 하는 현실이 다가 왔다. 따라서, 완전한 자율 주행을 안전하게 실현하기 위해서는 수많은 장비와 센서 등을 설치하여 자동차와 통신을 함으로써 실시간 정보를 취득할 수 있게 하여야 하며, 이를 위해 관련 장비들의 연구, 개발 또한 매우 중요해진 상황이다. 자율주행 자동차를 제작하는 기업에서도 이러한 필요성을 인식하여 자체 연구를 활발히 진행하고 있겠지만, 도로라고 하는 공공 인프라에 새로운 장비나 센서 등을 도입하여 설치하는 것은 도로를 관리하는 공공의 역할 없이는 할 수 없으므로 공공의 자체적인 연구도 매우 필요한 상황이다. 미국에서는 지난 2015년 미시간 대학교에 M-city를 설립하여 자율주행차량과 커넥티드 차량 기술을 연구하고 테스트할 수 있는 시설을 운영 중이다. 우리나라의 다양한 기관과도 공동 연구를 추진 중에 있어 이에 대해 살펴볼 필요도 있다.

M-city는 미국의 미시간 주 앤 아버(Ann Arbor)라는 도시에 위치한 미시간 대학교 캠퍼스 내에 설치되어 있다. 전체 면적 약 130,000m²(축구장 약 32개 면적)에 다양한 도시 환경에서 있는 다양한 도로 상태에서 많은 장비들을 테스트 할 수 있게 설치하였다. 크게 신호등, 교차로, 보행자 횡단보도, 버스 정류장 등이 많이 설치되어 있어 일반적인 도심지 내의 모습을 모사해놓은 중앙 도시 구역과 주거나 상업지역이 주로 배치되어 있는 교외 지역 그리고 고속 주행 환경을 모사한 고속도로 구간으로 구분할 수 있다. 또한, 도로의 표면은 아스팔트, 콘크리트, 벽돌 등 여러 유형의 재질이 있으며, 일방 통행로, 교차로, 굽은 도로, 장애물이 있는 도로 등 물리적인 차이가 있는 현실도 고려하였다. 또한, 안개, 비, 눈 등 다양한 기상 조건을 재현하여 각종 시스템 및 장비의 내구성과 신뢰성 등을 평가할 수 있도록 하고 있다. 이러한 테스트를 위해서 M-city 내부에서는 5G네트워크를 활용할 수 있도록 마련되어 있으며 이를 통해 차량 간 통신(V2V), 차량 및 인프라 간 통신(V2I)도 모두 가능하다. 실제 보행자와 자전거를 모방한 로봇 시스템도 있으며, 차량이 예상치

< 그림 4.28. M-city 현황³⁴⁾ >



34) 구글지도

또한, M-city는 단지 미시간 대학교 내 설치되어 있는 실험공간을 활용한 연구 뿐만 아니라 그 이외의 다양한 기관과의 협력을 통하여 자율 주행차 및 커넥티드 차량 기술의 연구와 테스트를 진행하고 있다. 그 중 하나가 앤아버 커넥티드 환경 2.0(Ann Arbor Connected Environment 2.0, AACE 2.0)이다. 이는 앤 아버 전역에 차량-사물 통신기술을 적용하여 차량과 인프라 간의 실시간 데이터 교환을 촉진하여 이를 통해 교통 안전성과 효율성을 향상시키는 것을 목표로 합니다. 이 연구는 2023년 5월 미국 교통부(US DOT)로부터 약 985만 달러의 지원을 받아 추진하고 있는 것으로 2026년 까지 이어질 예정이다. 이 프로젝트에서는 커브 속도 경고 지점(2지점), 보행자 중간 교차로(4지점), 교차로 39지점, 로터리 1지점 등 총 72군데 도로변 장치를 설치하고, 차량 100대에 온보드 유닛 장착을 통해 새로운 기술을 테스트 하고 있다.

우리나라에도 이와 유사한 도로 시험장이 있다. 국토교통부에서 지원하고 한국건설기술연구원 내 연천 SOC실증센터가 운영 중인 도로인프라 국가성능시험장이 있다. 하지만, 해당 시설은 M-city와 같이 자율주행자동차 및 커넥티드 기술 보다는 다양한 조건에서의 도로의 포장 성능 등을 연구하는 데에 조금 더 비중이 있다. 약천 후 기상 재현시설을 보유하고 있어 안개, 강우, 강설, 야간 조명 등을 실제 수준으로 재현할 수 있으며, 이외에 도로 소음, 기능성 포장, 에너지 하베스팅 등으로 구성되어 있다. 우리나라도 이러한 시설 등을 통해 자율주행 기술 등을 연구할 수 있는 기반을 더 확대할 필요가 있다.

< 그림 4.29. 도로인프라 국가 성능시험장³⁵⁾ >



35) 한국건설기술연구원 홈페이지

제 5 장 결론 및 정책적 제언

컴퓨터의 개발로 정보화 시대가 도래한 이래로 데이터의 디지털화는 필수 불가결한 요소가 되었다. 이미 이러한 데이터의 디지털화는 1990년대 후반 부터 활발하게 진행되었다. 초기에는 종이로 되어 있던 각종 정보들을 컴퓨터 프로그램이 인식할 수 있도록 하는 작업들이 진행되었다. 이렇게 디지털 형식으로 변환된 데이터는 컴퓨터로 인식하는 순간 매우 편리하게 편집, 수정, 분석 등을 할 수 있게 되었지만, 기존에 아날로그 형식으로 존재하던 데이터를 디지털 형태로 바꾸는 것 자체는 매우 많은 시간과 노력이 투입되어야 하는 것이었다. 시간이 흐르면서 데이터의 생성 자체를 컴퓨터를 활용하여 디지털로 하다 보니 어느 시점부터는 많은 분야에서 기존 아날로그 데이터를 변환할 필요 없이 디지털 형태로 생성, 관리, 활용하고 있다.

도로의 유지관리 분야의 경우, 표 1.11에서 제시하고 있는 국토교통부의 도로 관리 시스템이 디지털화의 현주소라고 할 수 있을 것이다. 도로의 유지보수에 중요한 업무 분야인 포장 관리, 도로 옆 비탈면 관리, 도로 상의 표지판 현황 관리, 교량 및 터널의 현황, 제설 현황, 도로 및 보수 실적 현황 등에 대한 데이터를 표 1.11에서 언급된 시스템들을 통하여 디지털화함으로써 어느 정도 업무의 효율성을 기하고 있다.

하지만, 여전히 부족한 도로 유지관리 예산과 인력과 시간이 많이 투입되어야 하는 업무 체계인 현황과 단순한 컴퓨터를 넘어 인공지능의 시대가 도래한 지금 시점에서는 보다 더욱 효율성을 높여야 하는 시점이기도 하다. 물론, 디지털화 자체가 정책의 목표가 될 수는 없으며, 효율적인 도로 유지관리를 위해 필요한 수단이 디지털화가 될 것이며, 어느 정도의 효율성을 목표로 하느냐와 업무 담당자의 관심도 등에 따라 그 디지털화의 수준이 달라질 것이다.

이러한 점은 미국에서도 마찬가지이며, 특히나 미국의 경우 도로의 유지관리 업무는 주(State) 단위로 이루어지다 보니 주 별로도 매우 상이한 수준을 보이긴 한다. 하지만, 위에서 살펴본 여러 가지 좋은 사례들을 기반으로 우리나라의 디지털 정보의 생성, 디지털 정보의 범위, 디지털 정보의 활용 범

위, 디지털 플랫폼 등의 측면에서 시사점이 있을 것이다.

첫째로, 디지털 정보의 생성의 측면에서 살펴보면, 디지털 정보의 활용성을 높이기 위해서는 그 정보의 일관성과 항목별 체계화가 잘 갖추어져 있어야 한다. 정보의 일관성이라고 하면, 대부분 정보의 경우 그 정보를 생성하는 주체들이 매우 다양한 형태일 것이다. 이러한 경우, 각 정보 생성의 주체들에게 표준화된 양식이 주어지지 않아 각 주체마다 정보의 구성 형태가 다르다면 이렇게 취합된 데이터는 활용성이 매우 낮을 것이다. 미국에서는 이러한 점을 착안하여 제3장 제4절에서 다룬 Work Zone Data Exchange(WZDx) 표준을 만들어 어느 공사 현장에서 일어나는 데이터라고 하더라도 동일한 형태의 포맷으로 만들도록 하여 그 활용성을 높이고 있다. 이러한 정보를 기반으로 도로 상의 공사나 작업으로 인해 일부 차선이 통행 차단이 되어 있는 경우 일반 국민이 확인할 수 있는 웹페이지 등을 통하여 그 정보를 전해줄 수 있는 것이다. 하지만, 도로 상의 일어나는 작업, 일반 보수 공사, 점용 공사, 사고 등에 대해 표준화된 형태로 데이터를 생성하고 있지 않기 때문에 이러한 정보를 대민 서비스하기 위해서는 별도의 데이터 분석 작업이 필요한 실정이다. 하지만, 자율 주행차의 시대가 도래하고 있어, 이러한 도로 상의 작업 정보들이 자율 주행차량의 주행에 보다 안전성을 높일 수 있는 데이터로 활용될 수 있음에도 불구하고 이러한 일관성 있는 데이터의 생성은 부족하므로 이러한 논의가 필요하다.

또한, 표 1.11에 제시된 도로 및 보수현황 시스템의 경우, 각 도로관리청의 업무담당자들이 개별적으로 담당 공사에 대하여 자료를 수기로 시스템에 입력하여 모든 기관의 데이터의 취합이 완료된 후 총괄적으로 한국건설기술연구원에서 검수하여 최종 데이터를 만든다. 이는 정보화 시대 초기에 아날로그 형태의 데이터를 많은 시간과 인력을 투입하여 디지털로 전화했던 시기의 업무 방식과 다를 바가 없는 형태이다. 각 도로관리청의 개별 업무담당자들이 입력해야 하는 정보를 해당 공사를 하는 업체 등으로부터 얻을 수 있는 자료이기 때문에 해당 업체가 관련 자료(설계도서, 공사 시방서 등)를 만드는 시점에서부터 표준화된 형식을 통하여 도로관리청에 제출하고 이를 자동적으로 시스템이 인식할 수 있도록 업무 자체도 디지털화가 되어야 할 것이다.

또한, 미국의 주요 물류 거점을 중심으로 Weigh-In-Motion을 통해 자동으로 화물차량의 중량을 파악하여 과적을 줄이는 업무체계를 갖추고 있다. 우리나라도 과적에 대한 단속을 시행하긴 하지만, 아직은 자동화된 시스템을 갖추고 있지 못해 업무의 효율성이 매우 떨어지는 상황이다. 이렇듯 도로 관리에 필요한 정보를 취득하는 데에 있어서도 보다 효율적이고 자동화된 시스템의 도입을 적극 검토해야할 필요가 있다.

두 번째로, 디지털 정보의 범위에 대해서 살펴보면, 표 4.1에서 살펴본 바와 같이 미국의 경우에는 외부로 제공되는 도로 관련된 정보들이 우리나라보다 매우 많은 것을 알 수 있다. 미국의 경우 외부로 공개되는 정보들이 진행 중인 도로 건설 프로젝트 현황, 교량·신호등, 고속도로 출입구, 휴게소, 자전거도로, 경관도로 등 도로시설물 현황, 도로 상 작업 및 교통사고 등으로 인한 도로 통행 제한 현황, 교통량 정보, 도로 상 기상정보 등을 제공하고 있다. 또한, 교통 사고 정보의 경우 우리나라와 미국 모두 교통 사고 자체는 경찰이 담당하는 업무이나 미국의 경우 이러한 사고 정보를 도로관리기관이 공유받아 도로 상의 사고 지점을 표시해 주고, 사고로 인한 도로 차단 현황을 실시간으로 제공해 주고 있다. 또한, 기상 정보 역시 기상을 담당하는 기관으로부터 도로 상의 기상 정보를 공유 받아 도로관리청이 외부로 제공해 주고 있다. 이렇듯 도로관리청이 직접 생산하지 않는 정보에 대해서도 도로관리청이 외부로 공개해주고 있는 것이다. 물론, 도로 점용(일반국도에 한함), 보수 현황(모든 도로에 해당) 등은 미국에서는 관리하고 있지 않는 정보이나 우리나라에서는 관리하고 있는 정보들도 있다. 또한 비탈면 관리를 위해서 현황 정보도 관리하고 있다. 우리나라는 겨울철 눈 등으로 인한 결빙으로 대형 사고가 빈번히 발생하고 있는 상황으로 도로관리청이 직접 생산하지 않는 기상정보 등도 관련기관을 통해 공유받아 겨울철 사고 예방에 활용하는 것도 필요하다. 지방국토관리사무소의 경우에는 노면온도를 측정하는 장비를 보유하고는 있으나 그 활용성이 매우 떨어져 업무 프로세스의 개선 등을 통해 활용성을 높일 필요도 있다.

또한, 우리나라의 경우 국토교통부가 한국건설기술연구원에 위탁하여 운영하는 시스템을 통해 교통량, 교량, 표지판 등을 관리하고 있으나, 시설물의 경우 국토교통부가 관리하는 일반 국도 상에 있는 시설물만 해당이 되어

그 범위가 매우 제한적이다. 물론, 고속도로를 관리하는 한국도로공사나 지방 정부의 경우에도 자체적인 시스템을 도입하여 운영하는 경우도 있으나, 각 기관별로 운영함에 따라 우리나라 전체에 대한 일관성 있는 정보의 제공이 어려운 현실이다. 일반 도로 사용자에게도 필요한 정보의 경우에는 도로관리청과 무관하게 표준화되고 일관되게 정보를 수집하여 하나의 플랫폼에서 제공될 수 있도록 하는 작업이 필요할 것이다.

셋째, 디지털 정보의 활용 범위에 대해 살펴보면, 미국의 경우 도로 상의 공사나 교통사고로 인한 도로 폐쇄나 차단 정보를 실시간으로 홈페이지를 통해 제공하고 있다. 이에 따라, 특정 구간을 이용하고자 하는 도로 이용자들은 이동 예상 경로 상에 도로의 차단 정보 유무를 확인하여 우회로를 선택할 수도 있고, 주로 이용하는 경로를 설정해 놓으면 도로가 폐쇄, 차단되었을 경우 자동으로 메시지를 수신 받을 수 있다. 이러한 데이터의 활용을 비단 일반 도로 이용자 뿐만 아니라, 향후 자율 주행차량이 활성화되었을 때 도로의 폐쇄나 차단 등으로 범비거나 사고의 위험성이 높은 구간을 우회하여 이동할 수 있도록 함으로써 그 안전성을 매우 높일 수 있는 정보가 될 것이다. 우리나라의 경우에도 도로가 폐쇄되는 경우는 도로의 보수 공사나 점용으로 인한 공사 또는 교통사고 등일 것이다. 이 중 도로의 보수 공사나 점용으로 인한 공사의 경우에는 사전에 도로관리청의 허가를 얻어야 할 수 있는 작업으로 도로관리청이 허가를 내주는 시점에서 어느 구간에 어느 시점에서 폐쇄나 차단될 것이라는 예상을 충분히 할 수 있다. 또한 도로관리청이 직접 직영으로 보수 공사를 하는 경우에도 사전에 작업할 구간을 미리 확인하여 진행하므로 관련된 위치, 시간 정보를 확보할 수 있다. 이러한 정보들을 취득하여 관리하고 외부에 공개함으로써 운전자의 안전을 물론 해당 구간 내에서 작업하고 있는 작업자들의 안전 또한 확보할 수 있을 것이다. 교통사고 정보의 경우에는 경찰이 관리하는 정보이나 관련 정보의 공유 등을 통해 도로 상에 일어나고 있는 일들에 대해 도로관리청이 실시간으로 모니터링 할 필요가 있다.

마지막으로 디지털 플랫폼에 대해 살펴보면, 도로 상의 정보를 제공하는 플랫폼은 정보의 범위, 정확도 등은 그 활용을 어떻게 하느냐에 따라 매우 다른 형태로 만들어질 수 있는 것이다. 즉, 플랫폼은 원활한 서비스를 위한

수단이므로 우리나라나 미국이나 정보 제공 형태에 맞춰 제공해주고 있다. 현재 보여지는 대부분의 플랫폼은 지도 기반의 필요한 정보들만 표시해주는 형태로 운영되고 있다. 하지만, 기본적으로 도로관리청의 측면에서 도로 상에서 발생하는 정보 뿐만 아니라 도로를 관리하여야 하는 시설물에 대한 정보 등도 플랫폼에서 제공해준다면 그 업무 효율성이 높아질 수 있을 것이다. 우리나라는 도로법에서 도로대장을 정의해 놓고 있으며, 국토교통부령³⁶⁾으로 도로대장에 포함되어야 할 각종 도로의 시설물을 규정해 놓고 있다. 이러한 시설물 정보를 포함하여 동일한 포맷의 도로 관련 플랫폼을 구축한다면, 도로관리청이 어느 기관인지 무관하게 우리나라 전역에 대한 도로와 도로 시설물을 파악할 수 있을 것이다. 미국에서도 교통 신호등, 휴게소 등 일부 시설물에 대한 정보를 담은 플랫폼을 운영하고 있으나, 이러한 기본적인 도로 시설물에 대한 플랫폼의 구축은 미비한 것으로 보인다. 하지만, 이러한 플랫폼이 구축이 된다면, 도로관리청이 어느 기관인지 무관하게 이를 기반으로 다양한 시스템을 활용할 수 있게 됨에 따라 고속국도, 일반국도, 지방도 등의 유지관리 수준이 유사해 질 수 있어 전 국가적인 차원에서 유지보수 비용의 절감 효과를 기대할 수 있을 것이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 도로 관리 업무 과정 중 많은 부분을 보다 적극적으로 디지털화를 추진하여 그 효율성을 높이고 보다 안전한 운행을 할 수 있도록 필요한 정보는 일반 국민에게도 적극 개방하는 한편, 도로 등급별로 유지관리의 차이가 발생하는 것을 국토교통부 중심으로 기본 플랫폼을 구축하여 차츰 그 격차를 줄여나가야 할 것이다.

36) 도로법 시행규칙 제24조(도로대장) 도로관리청은 도로의 종류, 노선번호 및 노선명을 단위로 각 도로마다 법 제56조제1항에 따른 도로대장을 별지 제22호서식에 따라 작성하여야 한다.

참고문헌

국토교통부, 2022 도로업무편람

국토교통부, 2023, 도로보수 현황

국토교통부, 2023, 도로현황 조서

국토교통부, 2019.2, 도로 공공성 강화를 위한 도로관리방안 연구

국토교통부, 2017.4, 첨단기술을 활용한 미래도로 관리방안 연구

U.S. Department of Transportation, FHWA Apportionment of Federal-Aid Highway Program Funds For Fiscal Year 2024

U.S. Department of Transportation, FHWA 23 CFR Part 630

U.S. Department of Transportation, FHWA Work Zone Management Program Case Study - Utilizing Work Zone Event Data In Connected And Smarter Work Zone Applications - Maricopa County, Arizona

Georgia Department of Transportation, 2023, Satellite Image and Remote Sensing Analysis For Highway Asset Management

University of Michigan Transportation Research Institute, 2021, Connected/Automated Vehicle and Infrastructure Research

Current Status of Transportation Data Analytics and Pilot Case Studies Using Artificial Intelligence, Maine Department of Transportation

Apportionment of Federal-Aid Highway Program Funds For Fiscal Year 2024

FHWA Strategic Plan FY2022-2026

Ahmed Abdelmawla, Shihan Ma, Jidong J. Yang and S. Sonny Kim, 2023, Subsurface anomaly detection utilizing synthetic GPR images and deep learning model

Minnesota Department of Transportation, Dean Deeter, 2024, Using Apps to Notify the Public of Local Road and Bridge Closures
ASCE, 2021 Report Card for America's Infrastructure

Federal Register / Vol. 89, No. 212/Friday, November 1, 2024/Rules and Regulations

Alice Consilvio, Jose Solis Hernandez, Weiwei Chen, Ioannis Brilakis, Luca Bartoccini, Federico Di Gennaro, Mara van Welie, 2022, Towards a digital twin-based intelligent decision support for road maintenance

참고 사이트

<http://github.com/usdot-jpo-ode/wzdx/blob/main/spec-content/README.md>

<http://transportation.gov/av/data>

<http://transportation.gov/av/data/wzdx>

<http://fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics/2022>

<http://dot.ga.gov/applications/Pages/default.aspx>

<http://gis-fdot.opendata.arcgis.com/datasets/fdot::weigh-in-motion-tda/about>

<http://gdot.aashtowareasafety.net/crash-data#/>

<http://mcity.umich.edu>

<http://kict.re.kr>

<http://road.re.kr>

<http://plugshare.com>

<http://chargehub.com>

<http://afdc.energy.gov/>