

시설물 안전 및 유지관리 기술의 미래니즈와 개발전략



홍성호 대한건설정책연구원 연구위원

I. 서론

다가오는 10년은 '안전이 곧 복지다'라고 할 만큼 국민의 안전과 복지는 같이 가야 할 행복사회의 필수 수단으로 자리 잡고 있다. 그러나 최근 세월호 참사 등 각종 안전사고로 국민의 안전과 행복이 위협받고 있다. 그러므로 국민의 생활과 밀접한 관련이 있는 시설물의 안전 확보가 그 어느때보다도 중요하다. 이러한 시설물의 안전은 무엇보다도 미래의 변화를 사전에 예측하고 이에 부합된 기술을 선제적으로 개발할 경우에 확보 가능하다. 따라서 본고는 시설물 안전 및 유지관리 기술의 미래 이슈와 국내·외 기술개발 동향을 짚어봄으로써, 향후 요구되는 기술개발 전략을 살펴본다.

II. 미래이슈와 현 주소

1. 자연재해로 인한 사회기반시설 피해 증가

지질학적 환경변화로 전 세계적으로 대규모 지진이 빈번함에 따라 우리나라도 대규모 지진이 발생할 가능성이 커지고 있다. 실제로 지진 평균 발생횟수가 2000년 이전 19.2회/년에서 이후 43.6회/년으로 증가하고 있다. 이러한 지진 이외에도 우리나라는 기상이변으로 인하여 바람, 폭설, 호우에 의한 자연재해의 빈도 및 강도가 증가하고, 이에 따라 특수 교량에서 케이블 및 주형의 진동으로 인한 안정성 및 사용성 문제, 폭설로 인한 라멘구조 창고 붕괴, 호우로 인한 소규모 교량 붕괴 등 인명 및 재산의 피해규모도 점차 커지고 있는 상황이다. 그러나 시설물 복구를 위한 매뉴얼, 각종 기준 등 대규모 지진 발생에 대비한 종합적 대응체계가 매우 미흡한 상태이며, 기존 시설물의 내풍·내설 성능평가기준의 부재로 인해 바람과 폭설에 의한 시설물 피해 사전예방도 곤란하다.



(a) 거문초교 구조재 손상
(*10 오대산지진 리히터 규모 4.8)

(b) 경기도 여주시 신진교 붕괴
(*10년 9월 집중호우)

그림 1. 자연재해로 인한 시설물 피해사례

또한 시설물의 사용성능을 고려한 안전관리에 관한 관심이 고조되고 있으나, 이용자의 불안감을 해소하기 위한 준비는 미흡한 편이다. 실제로 테크노마트 진동발생으로 주민동요 및 불안이 초래되는 등 사용자가 느끼는 사용성능 측면의 안전관리에 관한 관심이 증가하여 사회적으로 이슈화되기도 하였다. 그럼에도 불구하고 현행의 시설물 평가가 구조안전 및 내구성능 위주로 이루어지고 있다.

2. 사회기반시설의 고령화 시대 진입

일본, 미국과 달리 우리나라의 시설물은 아직 노후화되었다고 할 수 없지만, 조만간 고령화 시대에 진입할 것으로 예상된다. 표 1과 같이 사회기반시설이 대부분인 제1·2종 시설물은 고령화되지 않았으나, 30년 후에는 댐·항만 등 상당수의 사회기반시설물이 사용연한을 초과할 것으로 예상되기 때문이다. 실제로 경제발전과 더불어 신규 건설된 건축물과 달리 댐·항만·하천 등의 사회기반시설은 향후 30년 후에 사용연한에 도달할 경과년수 21년 이상 시설물의 비중이 상당하다. 따라서 사회기반시설의 급속한 노후화로 인하여 향후 필요한 유지관리·개량비용도 비약적으로 증가하여 조만간 건설투자 총액을 상회할 것이므로, 사회기반시설의 신규 건설 및 유지관리의 지

표 1. 제1·2종 시설물의 경과년수

(단위: 개, %)

구분	5년 이하	6~10년	11~15년	16~20년	21~25년	26~30년	31년 이상	합계
교량	2,291	2,042	2,016	1,219	543	343	516	8,970
	25.5%	22.8%	22.5%	13.6%	6.1%	3.8%	5.8%	100.0%
터널	803	553	502	289	74	124	108	2,453
	32.7%	22.5%	20.5%	11.8%	3.0%	5.1%	4.4%	100.0%
항만	71	49	53	62	31	17	49	332
	21.4%	14.8%	16.0%	18.7%	9.3%	5.1%	14.8%	100.0%
댐	18	38	52	29	32	53	300	522
	3.4%	7.3%	10.0%	5.6%	6.1%	10.2%	57.5%	100.0%
건축물	9609	11,463	12,021	8,143	1,124	468	432	43,260
	22.2%	26.5%	27.8%	18.8%	2.6%	1.1%	1.0%	100.0%
하천	945	89	98	129	125	86	264	1,736
	54.4%	5.1%	5.6%	7.4%	7.2%	5.0%	15.2%	100.0%
상하수도	238	284	297	177	130	125	137	1,388
	17.1%	20.5%	21.4%	12.8%	9.4%	9.0%	9.9%	100.0%
옹벽	424	212	142	99	35	15	108	1,035
	41.0%	20.5%	13.7%	9.6%	3.4%	1.4%	10.4%	100.0%
절토사면	82	179	105	29	2	2	0	399
	20.6%	44.9%	26.3%	7.3%	0.5%	0.5%	0.0%	100.0%
전체	14,481	14,909	15,286	10,176	2,096	1,233	1,914	60,095
	24.1%	24.8%	25.4%	16.9%	3.5%	2.1%	3.2%	100.0%

주: 시설물정보관리종합시스템(FMS), '12. 11 기준

장이 초래될 것으로 보인다. 우리나라도 사회기반시설의 효율적 관리방안으로 예방 보전적 관리(자산관리)를 적극 추진하여 생애주기비용의 최소화를 모색할 필요가 있으나, 아직까지 활성화되지 못하고 있는 실정이다.

3. 지능형 안전 및 유지관리기술 중요성 부각

우리나라의 지능형 시설물 안전 및 유지관리의 기술수준은 54.2%로서 최고 기술보유국인 미국(최고수준 100% 대비 71.1%)과 비교하여 16.9%의 기술격차를 보이고 있다. 이는 지금까지의 시설물 안전 및 유지관리 기술이 하드웨어적 기술을 중심으로 개발되어 소프트웨어 기술과 핵심장비 등 기초·원천기술 부족하기 때문으로 판단된다.

표 2. 시설물 안전 및 유지관리 분야 지능형 기술수준 비교

국가	미국	EU	일본	한국	중국	세계 최고국 기술격차
기술수준	71.1%	70.9%	68.2%	54.2%	45.4%	43년

주: 국가과학기술위원회, 국가 R&D 기술산업정보서비스에서 발췌('10년)

실제로 현장에서 조사내용을 야장 및 도면에 기록, 사무실에서 PC 입력, 자료정리 및 보고서 작성 등 업무과정에서 많은 시간과 노력이 소요되는 등 시설물 점검 및 진단의 비효율성이 발생하고 있다. 이를 해결하기 위하여 ICT 기술의 접목이 일부 시도되고 있으나, 그 성과는 아직까지 미흡한 편이다. 또한 기술자 부족, 점검·진단의 위험개소 접근성 요구 증대로 인하여 진단장비의 개선 및 효율성·정밀도 향상 요구가 증가하고 있으나, 적정 진단장비 활용을 위한 기준 부재로 장비 선정의 어려움이 발생하고 있다. 다양한 주체가 참여하는 시설물 안전 및 유지관리 업무의 속성 상 정보교류가 필수적이다. 그럼에도 불구하고 시설물 설계·시공시 활용되는 BIM 기술이 시설물 안전 및 유지관리 분야에 적용되고 있지 않아 정보교류 및 통합관리의 토대가 마련되지 않는 실정이다.

III. 국내·외 기술개발 동향

표 3과 같이 국외의 경우에는 자연재해에 강한 사회기반시설 정비, 사회기반시설의 고령화 대비, 지능형 안전 및 유지관리 모색에 중점을 두고 기술개발을 계획하고 있다. 예를 들어 캐

나국의 "Civil Infrastructure System Technology Roadmap"은 장수명화·성능평가 기술과 자연재해 극복기술, 지능형 모니터링 기술의 개발 등을 통해 사회기반시설의 고령화와 자연재해에 대처하고, 안전 및 유지관리 업무의 효율성 증대를 모색하고 있다. OECD의 "Infrastructure to 2030"에 따르면, 일본은 종래의 사회기반시설과 정보기술을 연계하여 정보의 통합관리·운용이 가능토록 하는 "차세대 인프라 정비를 위한 기술개발 사업"을 추진할 계획으로 있다. 또한 기후변화로 인한 사회기반시설의 부정적인 영향을 최소화하기 위하여 안전 및 유지관리 기준 및 실무자 매뉴얼을 작성·보급하여 활용하고 있다. ECTP(European Construction Technology Platform)의 "Networking Europe Vision 2030 and SRA"도 장기성능 예측 모델, 자연재해에 강한 신소재, 손상조기감지 기술 개발 등을 통해 사회기반시설의 고령화와 자연재해에 대비하고, 안전 및 유지관리 업무의 지능화를 꾀하고 있다.

표 4와 같이 국내도 자연재해에 강한 사회기반시설 정비, 사회기반시설의 고령화 대비, 지능형 안전 및 유지관리 모색을 위하여 기술개발을 시도하고 있다. 그러나 외국의 경우에는 별도의 로드맵을 마련하여 체계적으로 안전 및 유지관리 기술을 개발하고 있으나, 국내는 안전 및 유지관리에 특화된 종합적인 기술개발 계획 없이 산발적으로 이루어지고 있다는 점이 차이가 있다. 이로 인해 기술개발을 위해 많은 자원이 투입되에도 불구하고 그 성과가 크지 않다는 단점이 발생하고 있다.

표 3. 국외의 시설물 안전 및 유지관리 분야 기술개발 동향

구분	사회기반시설 고령화 대비	자연재해에 강한 사회기반시설 정비	지능형 안전 및 유지관리 기술 개발
[캐나다] Civil Infrastructure System Technology Roadmap	•SOC장수명화·성능평가 •자산목록화 •SOC 유지관리기술 평가 •SOC 생애주기 비용 분석	•자연재해 극복기술	•SOC 지능형 모니터링 기술 개발 •SOC 통합정보시스템 •SOC 유지관리정보 지식화
[OECD] Infrastructure to 2030	•자산관리 체계 적용 및 전산시스템 개발 •차세대 인프라 정비를 위한 기술개발 사업	•일본 기후변화 대응 시설물 관리 매뉴얼 작성	•호주 E-infrastructure 개발
[ECTP] Networking Europe Vision 2030 and SRA	•SOC 노후화에 따른 장기성능 예측모델 개발 •SOC 장수명화 기술	•자연재해에 강한 다기능 신재료 개발	•다수의 SOC 통합관리 방법 및 도구 개발 •SOC 손상조기감지 기술 개발 및 시험방법 마련 •유지관리 용이 센서, 모니터링, 성능예측 시스템 개발 •IT, ITS SOC 지능화

표 4. 국내의 시설물 안전 및 유지관리 분야 기술개발 동향

구분	사회기반시설 고령화 대비	자연재해에 강한 사회기반시설 정비	지능형 안전 및 유지관리 기술 개발
제4회 과학기술 예측조사	•없음	•없음	•스마트 기반 지반 거동예측 시스템 •자가진단 및 수명 연장기술
Green-Up 30(국토해양)	•없음	•없음	•지능형 친환경 교량 개발 •네트워크 기반 SOC 시설물 관리기술
제5차 건설기술진흥 기본계획	•LC기반 시설물 유지관리 확립	•없음	•없음
건설교통 R&D 중장기 계획 (2013-2017년)	•SOC 시설물 성능 평가기술	•지진 및 기후변화 대비 건축물 구조 안정성 향상기술 •건축물 내구설계법 개발 •기존 건축물 구조 보강	•고층 구조물 지능형 유지관리 로봇 시스템 개발 •스마트 수중점검 시스템 •시설물 점검용 휴대 KIT 개발

IV. 향후 기술개발 전략 및 추진과제

한국이 행복사회로 진입하는데 필수 전제 조건인 시설물의 안전이 확보되기 위해서는 미래의 변화 동인인 시설물의 고령화, 자연재해로 인한 피해증가, 안전 및 유지관리 업무의 비효율성을 해결하기 위한 기술을 선제적으로 개발할 필요가 있다. 그러나 외국과 달리 우리나라의 경우에는 시설물 안전 및 유지관리 분야에 특화된 기술개발 종합계획이 없는 실정이다. 따라서 지금이라도 체계적인 기술개발 계획이 담긴 로드맵이 작성되어야 할 것이다. 이러한 관점에서 향후의 시설물 안전 및 유지관리 기술개발은 시설물의 고령화, 자연재해로 인한 피해증가, 안전 및 유지관리 업무의 비효율성을 해결하기 위하여 그림 2와 같이 기술기준 표준화, 시설물 고령화 및 자연재해 대응 기술 개발, 미래형 시설안전체계 마련 및 건설안전 강화, 시설물 정보의 고도화 및 통합·연계에 목표를 두고 이루어져야 할 것이다. 이러한 4대 목표가 달성된다면, 세계 최고의 기술보유국보다도 우수한 기술을 갖게 되어 안전 및 유지관리 분야의 글로벌 리더가 될 수 있을 것이다. 이를 위해서는 다음과 같은 4대 기술개발 전략을 모색할 필요가 있다.



그림 2. 시설물 안전 및 유지관리 기술개발 비전 하우스

첫째, ICT 기반 안전진단 기술, SOC 정보 통합관리 및 활용 증진 기술, 특수시설 모니터링 및 유지관리 효율화 기술의 개발을 통해 융·복합형 선진화 기술이 개발될 수 있도록 할 필요가 있다.

둘째, 선진형 건설 및 시설안전 정책을 개발하고 각종 시설 안전 기술을 개선하여 글로벌 표준화될 수 있도록 함으로써 미래지향적인 정책과 기술기준을 마련될 수 있는 토대를 구축해야 한다.

셋째, 적은 규모의 유지관리를 반복적으로 실시하는 예방 보전적 관리(자산관리)를 적극 추진하여 SOC 장수명 및 유지관리 효율화가 모색될 수 있도록 자산관리 플랫폼 구축기술과 SOC 수명예측 및 연장기술, 스마트 BIM기술을 개발하는데 노력해야 한다.

넷째, 이상기후 대응 지반재해 저감기술, 지진재해 대응능력 및 실행력 제고기술을 개발하여 점차 빈번해지고 있는 재해·재난에 선제 대응할 수 있는 기술을 개발할 필요가 있다.

V. 결론

다가오는 행복사회를 맞이하여 우리는 중요한 선택의 시점에 놓여있다. 지금까지 잘 관리하여 시설물 무사고를 유지하고 있으나 시설물의 고령화, 자연재해로 인한 피해증가, 안전 및 유지관리 업무의 비효율성은 그동안 지켜왔던 시설안전에 언제든지 큰 위협이 될 수 있기 때문이다. 따라서 한국이 행복사회로 진입하는데 필수 전제 조건인 시설물의 안전이 확보되기 위해서는 미래의 변화를 사전에 예측하고 이에 부합된 기술을 선제적으로 개발하는데 노력해 나가야 할 것이다.

표 5. 시설물 안전 및 유지관리 분야의 기술개발 추진과제

전략	중점과제	세부과제
융·복합형 선진화 기술 개발	11 ICT기반 안전진단 기술개발	111 모바일 진단 자동화 및 실시간 정보 활용 시스템 구축 112 진단장비 및 활용 증대 기술개발
	12 SOC정보 통합관리 및 활용증진 기술개발	121 시설물 정보공유 및 통합관리 시스템 구축 122 시설물정보관리종합시스템 고도화
	13 특수시설 모니터링 및 유지관리 효율화 기술개발	131 특수시설 기술기준 마련 및 업그레이드 132 특수시설 유지관리 효율화 기술개발
미래지향적 안전정책 및 기술기준 개발	21 선진형 건설 및 시설안전 정책개발	211 시특법 체계 선진화 연구 212 건설안전 정책 및 제도 개발
	22 건설 및 시설안전 기술기준 개선 및 글로벌 표준화	221 시설안전 기술기준 업그레이드 및 글로벌 표준화 222 현장 밀착형 건설안전 기술기준 개발 및 보완
SOC 장수명 및 유지관리 효율화 기술 개발	31 국가시설 자산관리 플랫폼 구축기술 개발	311 자산관리 시스템 도입방안 마련 312 자산관리 전산시스템 Pilot 프로그램 개발
	32 SOC 고령화 대비 수명 예측 및 연장 기술개발	321 시설물 잔존수명 예측기술 개발 322 시설물 장수명화 유지관리 기술개발
	33 스마트 BIM 유지관리 기술 개발	331 BIM기반 SOC시설 유지관리 도입방안 수립 332 BIM의 유지관리 활용 기반기술 개발
재해재난 선제 대응 기술 개발	41 이상기후 대응 지반재해 저감기술 개발	411 지반재해 사전예방기술 개발 412 지반재해 최적 대응기술 개발
	42 지진재해 대응능력 및 실행력 제고기술 개발	421 지진재해 대응 및 실행력 제고방안 마련 422 내진성능평가 기술기준 개발