

재난에 강한 수자원시설 안전관리 기술력 제고



K-water 댐·유역관리처
처장 차기욱



K-water 댐·유역관리처
팀장 김수근



K-water 댐·유역관리처
선임위원 강기천

1. 서론

1.1 다변화되는 재난유형 및 재난 방지 대책법

우리나라의 주요 재난의 대부분은 홍수, 가뭄, 지진, 화재 등 자연재난이 주(主)를 이루고 있다. 하지만, 자연재난의 발생 빈도와 피해 규모는 지속적으로 증가하고 있고, 홍수 발생 빈도는 1980년 이후 3배, 태풍은 2배 이상 증가했다. 그 결과 최근 10년간 물재해로 인한 피해액은 6조 5천억원이며 이는 전체 자연재난 피해액 8조3천억 원의 78%를 차지하고 있다(소방방재청, 2013).

반면 산업화, 도시화 등으로 각종 시설물이 대형화, 복잡화되었지만 이들 시설물의 부실공사, 관리소홀 등으로 빚어진 건물붕괴, 위험가스 누출과 같이 자연재난과 맞먹는 파급력을 가진 사회재난에 대한 관심이 자연재난과 함께 높아져 왔다. 사회재난은 주로 인재(人災)로써 그 발생과 더불어 재난 방지 대책이 마련되었다. 1986년 독립기념관 화재, 1994년 성수대교 붕괴, 1995년 삼풍백화점 붕괴, 2003년 대구지하철 참사 등이 있었고, 이런 대형 참사 이후에 「건설기술관리법(1988 제정)」, 「시설물의 안전관리에 관한 특별법(1995 제정)」, 「재난 및 안전관리 기본법(2004 제정)」 등 우리나라 재난 및 안전관리 근간을 이루는 법들이 제정되었다. 그리고 작년 2월 경주 마우나리조트 체육관 붕괴와 4월 세월호 침몰사고는 국가재난관리체계를 근본적으로 개선하는 계기가 되었다.

70년대, 80년대 산업화를 거치면서 건설된 수많은 대규모 시설물들은 이제 30년, 40년이 된 노후시설물이 되었다. 이들 시설물들의 노후화가 더 진행될수록 시설물 파손, 붕괴 등의 재난사고 발생할 가능성이 더욱 커지게 된다. 이러한 점을 고려할 때 시설물 노후화에 대한 대책강구가 그 어느 때보다 시급한 실정이며, 또한 각종사회재난을 계기로 안전관리의 중요성이 절실히 요구되는 현실이다.

1.2 수자원시설물 현황 및 국내 피해사례

K-water에서 관리중인 댐 및 다기능보 등 수자원시설물은 생공용수 공급, 전력생산, 홍수조절, 여가 활용 공간 제공 등의 중요기능을 하는 국가 기반시설물인 동시에 홍수, 지진 등에 의해 시설물 붕괴 등의 피해 발생시에는 어마어마한 인명과 재산피해를 야기시키는 재난시설물이다. 이러한 피해를 사전에 방지하기 위해서는 설계 및 시공단계에서부터 철저한 품질 및 안전관리를 시행해야하고, 준공 이후에는 시설물의 효율적·체계적인 관리를 통해 예기치 못한 자연재해 발생시 신속한 위기대응이 이뤄지도록 해야 할 것이다.

국내 댐·저수지의 경우는 약 17천여개소이며, 이들 중 K-water에서 관리중인 34개 댐 및 하굿둑은 122억톤의 용수공급 및 49억톤의 홍수조절을 담당하고 있다. 용수공급은 우리나라 전체의 65%를, 홍수조절은 우리나라 전체의 95%에 육박하고 있다. 이런 수자원시설물 대부분 작게는 10년, 많게는 50년이 경과되어 노후화에 대한 대책마련과 시설물점검 등 체계적인 안전관리가 지속적으로 요구되고 있다.

또한, 집중호우 등으로 2002년 이후 21건의 저수지의 붕괴사고가 발생하였고, 최근 2013년, 2014년에는 각각 산대저수지(경북 경주시), 조산저수지(전북 고창군) 제방이 붕괴되거나 파손되었다. 붕괴된 대부분의 저수지는 약 50년이상 경과된 노후저수지이며 특히, 산대저수지의 경우 균일형 흙댐으로 중심코아의 부재로 애초부터구조적인 불안정을 가지고 있었으며, 반복적인 동해와 응결작용으로, 사고 당시 상시만수위(저수율 100%)에 도달하자, 댐체내에 생성된 침투경로를 통해 파이핑이 발생되어 붕괴된 것으로 알려져 있다. 이와 같이 노후 된 저수지 및 댐은 지속적인 일상점검과 정기점검을 통하여 손상이 발생할 시 즉각적인 보수보강을 실시하여 시설물의 내구연한을 늘려야 하는 것이다.

시설물 유지관리의 가장 기본으로 볼 있는 일상점검과 정기점검의 경우, K-water에서는 기존의 현장 점검과 더불어 댐 및 저수지에 설치되어 있는 계측기기를 활용하여 시설물의 이상거동을 즉시 감지하는 방식의 체계가 구축되어 있다. 특히 최근 IT의 발달로 수자원시설물의 안전에 관련된 모든 요소를 통합하여 관리하는 시스템적인 관리로 이상예측과 징후포착, 신속한 대응이 더욱 용이하게 이뤄지고 있다.

2. 수자원시설물 관리현황

2.1 시설물 유지관리

K-water가 관리하는 댐 및 다기능보의 유지관리 목표는「시설물안전관리에 관한 특별법과 댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률 및 동법 시행령 제 17조」에 의거 시설물의 생애주기인 계획, 설계, 시공, 유지관리, 해체의 5단계 과정 중 유지관리단계의 안정성을 확보함으로써 시설물 운영의 효율성을 증진하고 생애주기를 연장하는데 있다. K-water는「댐관리규정」을 제정하여 댐 시설물에 대한 안전 및 유지관리계획을 수립하고, 관리중인 수자원시설물을 대상으로 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단, 특별점검을 계획·이행하고 있다.

2.2 수자원시설물 계측관리

수자원시설물의 유지관리에 있어 가장 중요한 요소인 “안전”을 확인하는 작업은 시설물에 대한 세심한 관측과 지속적인 계측관리를 통해서 실현된다. 이러한 계측관리를 통해 수자원 시설물 손상에 대한 사전 감지, 시설물의 운용에 필요한 시간 및 경비절약, 운용방식 선택, 댐체 및 부속시설물의 최신 신기술의 개발 등 잠재적으로 많은 성과를 이루었다.

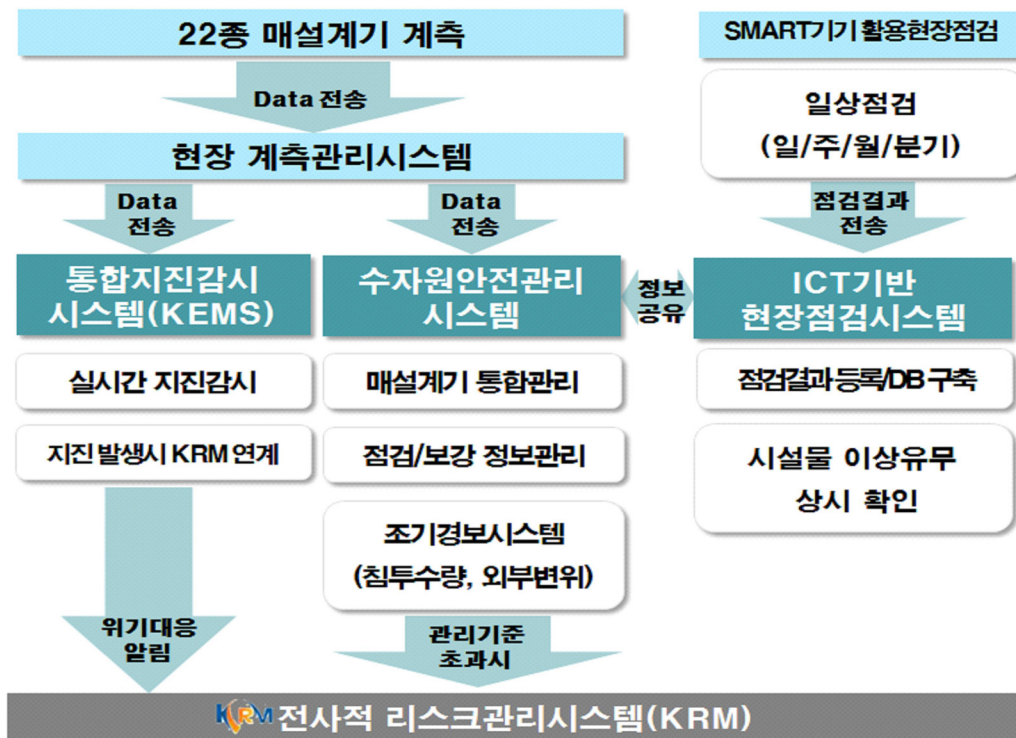
K-water의 계측업무는 계측계획 수립과 계측 데이터 측정 및 분석, 계측기 유지관리로 구성된다. 특히, 2000년대 이후로 대부분의 계측기가 자동측정으로 변환하여 현재 22종 약 2300개소의 80% 이상이 자동으로 계측되어 수집되고 있다. 계측업무의 기본개념은 이상계측에 대한 조기감지로 신속한 대응, 계측치의 경시변화 분석을 통한 안전관리, 안전점검 및 보수보강 이력을 통한 안정성 확보 및 성능 개선으로 정의할 수 있다.

3. 수자원시설물 통합안전관리 시스템

K-water에서는 수자원정보의 생성·취득, 분석·가공 그리고 정보제공까지의 일련의 과정을 기상, 수문, 수질, 안전, 발전, 퇴사 6개 주요 분야에 대한 업무흐름 형태로 통합 DB화하여 계층별 사용자(실무자, 일반, 경영진)에게 쉽고 편리한 방식으로 제공함으로써 업무효율성을 높이고 신속한 의사결정을 지원하는 “수자원통합정보시스템”을 구성하고 있다.

이 시스템의 구성요소로서 “통합안전관리시스템”은 K-water관리 중의 다목적댐, 용수댐, 다기능보에 대한 계측기기의 실시간 계측현황 등 계측기기 통합관리, 점검계획 및 점검결과, 유지보수이력자료 등을 체계적으로 통합하여 시설물 정보를 신속·정확하게 제공함으로써 시설물 관리업무를 효율적으로 지원할 수 있도록 구축되었다. 그림 1은 수자원시설물에 대한 통합안전관리시스템의 체계도를 나타내고 있으며 크게 “수자원안전관리시스템”, “통합지진감시시스템”, “현장안전점검시스템”이 있다.

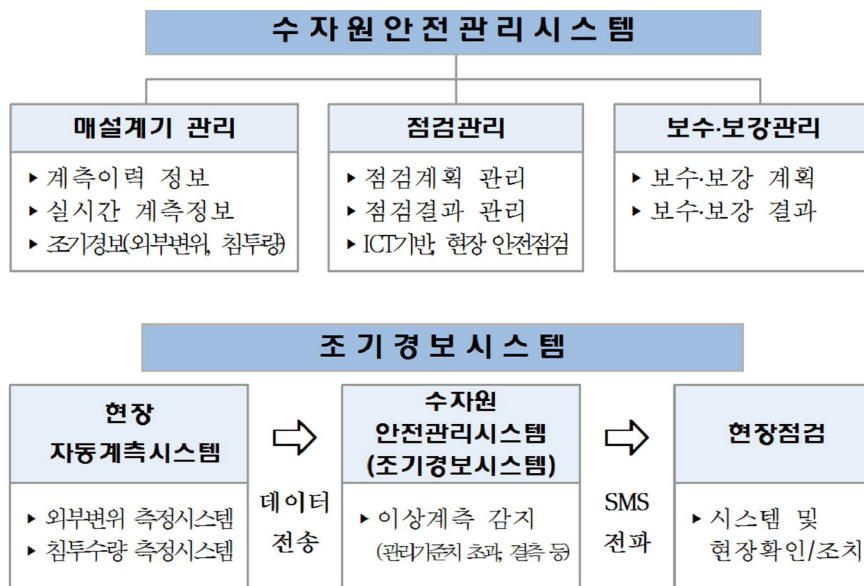
〈그림 1〉 수자원시설 통합안전관리시스템 개요



3.1 수자원안전관리시스템

그림 2에 나타난 바와 같이 수자원안전관리시스템은 현장 계측정보의 실시간 모니터링, 계측치 DB(데이터베이스) 구축 및 분석 시스템이며, 점검 및 보수·보강 정보의 이력도 통합 관리할 수 있다.

〈그림 2〉 수자원안전관리시스템 및 조기경보시스템



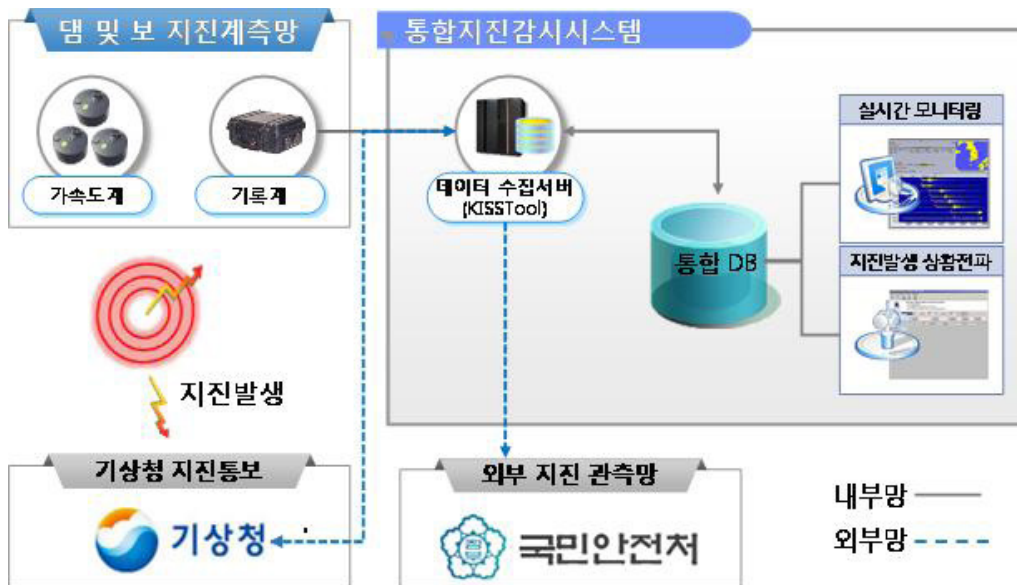
수자원안전관리시스템 내에 탑재되어 있는 조기경보시스템은 실시간 계측정보의 수집여부(결측) 및 이상계측에 대한 사전 예방적인 조치(사전인지 및 점검) 시스템으로 댐 외부변위(댐정상침하, 댐사면 침하), 침투수량의 계측값에 대해 조기경보시스템에서 정한 관리기준치를 초과하거나 결측시 담당자에게 경보 자동 발송(SMS)하여 댐 안전 위협요소의 신속 감시체제 구축을 위해 도입 운영 중에 있다.

3.2 통합지진감시시스템

K-water는 예기치 못한 지진에 대비하기 위해 통합지진감시시스템(KEMS)을 구축하여 실시간 지진 모니터링과 유관기관(국민안전처, 기상청)과의 연계를 통해 지진재난 발생 시 신속한 공동 대응체제를 위해 운영 중에 있다. 예를 들어 기상청 통보 지진이 리히터 규모 4.0이상(내륙) 또는 4.5 이상(해역)이 발생하면 통합지진 감시시스템에서는 관리중인 댐 등 시설물의 지진영향을 파악함과 동시에 이를

연계된 KRM(K-water 리스크관리시스템)으로 하여금 담당 실무자들에게 자동으로 위기상황을 통보하도록 한다. 이후 「지진 위기대응 실무매뉴얼」에 의거 지진대응이 이루어지는데, 3시간 이내에 모든 수자원시설에 대한 긴급 점검을 하고 국토교통부에 그 상황을 보고하도록 되어 있다.

〈그림 3〉 통합지진감시시스템(KEMS)



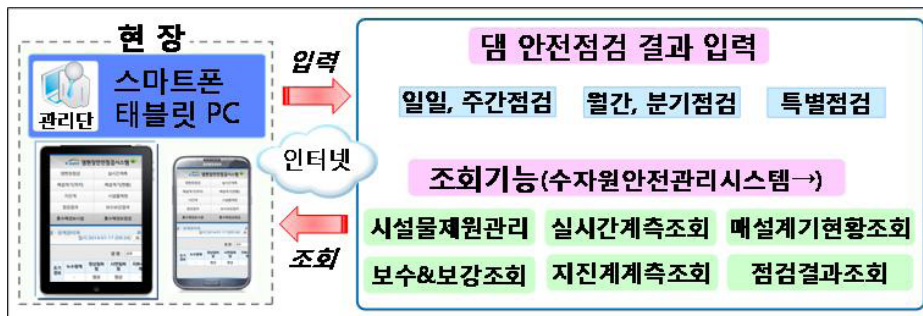
3.3 현장안전점검시스템

K-water는 기 수립된 안전 및 유지관리 계획에 따라 점검반을 구성하여 점검 착안사항에 맞추어 해당 항목을 면밀히 검토하고, 안전점검 및 정밀안전진단지침에서 정하는 바에 따라 점검을 시행한다. 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 및 K-water의 「댐관리규정」에 의거 정기점검을 6개월에 1회, 정밀 점검 및 정밀안전진단을 등급에 따라 각각 1년~3년, 4년~6년을 1회 시행하고 있으며, 이와 더불어 자체적으로 일상점검을 강화하여 일일/주간/월간/분기별 점검을 수행하고 있다. 한편, 시설물 유지관리 측면에서 계측관리, 안전관리 시스템 운영은 중요한 요소이지만, 관리중인 수자원시설물들이 10년~30년 이상 경과했다는 점을 감안할 시 가장 중요한 것은 현장중심의 안전점검이라고 생각된다. 예를 들어, 일본 댐 기술센터의 류우이치(2006)에 의하면 제3기 댐의 안전관리 착안점은 현장점검을 통한 노후화나 열화의 감시가 중요하다고 지적하였다. 이와 같이 육안에 의한 시설물 손상도의 확인이 무엇보다 중요하며 이러한 점검이력을 DB화하여 활용할 필요가 있다.

K-water의 현장안전점검시스템은 위의 일상점검을 체계적이고 효율적으로 수행하기 위해 구축한 시스템이다. 즉, 과거 일상적인 현장점검 수행시 점검 전에 시설물의 제원, 점검 및 보강이력 등을 검토한 후 점검을 수행하고 그 결과는 문서에 의해 정리하였다. 이러한 점검형식 및 자료관리를 개선하기 위해 그림 4에 나타낸 바와 같이 스마트폰, 태블릿 PC등을 활용하여 현장에서 시스템 제원, 과거 점검 이력, 보수·보강 이력, 계측정보 등을 조회하면서 점검을 수행하며, 그 결과를 현장에서 직접 스마트폰 등에 입력하면 본사시스템에 등록되어 본사-현장간 실시간 피드백이 이뤄질 수 있게 되었다.

4. 안전관리 기술력 제고 노력

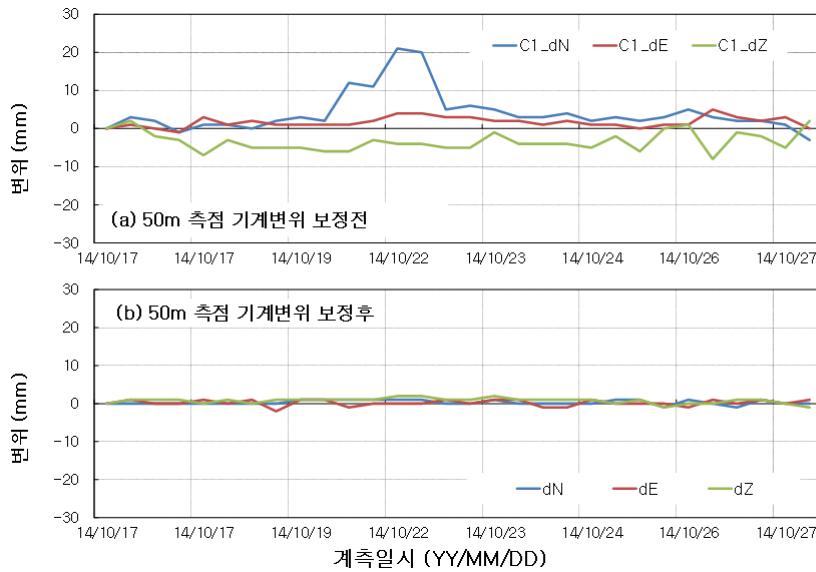
〈그림 4〉 현장안전점검시스템



K-water에서는 수자원시설의 안전관리 기술력 제고를 위해 댐안전중장계획(1차:2009~2013, 2차:2014~2018)을 수립하여 연차별로 안전관리 기술개발에 힘쓰고 있다. 제1차 계획의 주요 추진내용은 계측자동화, 안전시스템 구축, 안정성 평가 등이었고, 제2차 계획의 주요 추진 내용은 계측 및 시스템의 정확도·신뢰성의 개선, 신기술 도입, 전문가 역량 강화 등 이다.

또한, 댐체의 실시간 안전 감시를 위한 주요 계측항목으로 댐 변위, 침투수량 등이 있으며, 이들의 계측정보의 정확도를 개선하기 위한 노력이 추진 중에 있다. 예를 들어, 현재 K-water에서 운영중인 광파기를 통한 댐변위 감시의 정확도를 개선하기 위해 기계점의 오차를 최대한 줄이기 위한 이론 정립 및 시스템을 개발 중에 있다. 그림 5은 K-water에서 관리중인 사력댐에서 계측된 댐 변위 자료를 나타내며, 기계오차 보정에 의해 최대 20mm의 계측값이 3mm로 감소한 것을 알 수 있다. 현재까지는 이와 같은 오차가 즉각적인 판단을 저해하는 요인으로 빈번하게 발생되었으나, 이러한 정확도·신뢰성 개선을 통해 보다 과학적인 안정성 판단이 가능할 것으로 생각된다.

〈그림 5〉 댐 변위 계측: (a) 기계변위 보정전, (b) 기계변위 보정후



K-water가 관리하는 수자원시설에서 대형 사고가 한 번이라도 발생하게 되면 그 결과는 사회적·경제적인 파급여파는 상상을 초월할 것으로 생각된다. 따라서 K-water는 관리중인 시설물들이 국민의 생명과 직결된다는 것을 주지(主知)하고, 수자원시설에 대한 안전관리 기술력 제고 자구노력을 끊임없이 수행하여, 각종 재난피해를 최소화하도록 앞으로도 최선의 노력을 다 할 것이다.

아울러, K-water는 2015년부터 대국민 물복지 향상 및 재해걱정 없는 안심국토 실현을 위해 그동안 축적된 댐 안전·유지관리 기술력 및 전문인력을 활용하여 재해위험이 높은 지자체 노후저수지 점검 및 정비 등을 적극 지원하고 있다. 완도 해동제 및 영천시 3개 재해위험저수지 보수·보강, 용인시 등 점검·진단 지원 등 다양한 지원을 통해 예산 및 전문인력 부족으로 효율적 재해예방 및 유지관리가 어려운 지자체 노후저수지의 안전성 강화로 지류차원의 물재해 예방이 이루어질 수 있도록 적극 동참하고 있다. 이러한 K-water의 재해예방 및 안전관리 노력들이 향후 우리 국민들이 재해예방이 완벽하게 갖춰진 수자원시설에서 안심하고 생활할 수 있는 무재난 국가로의 첫걸음이 되기를 기대해 본다.

참고 문헌

소방방재청(2013). 재해연보. / 飯田隆一(2006). ダムの安全管理.

2 0 1 5 K N C O L D M a g a z i n e

