

변화에 대응하는 농업생산기반시설의 안전관리와 후속피해 관리의 중요성



이 제 명
서울대학교 생태조경·지역시스템공학부 /
연구원
lgm00@snu.ac.kr

1. 서언

우리는 자연을 이용하고 때로는 자연재해의 위협으로부터 피하기 위해 저수지나 제방과 같은 기반시설을 건설하고 관리하여왔다. 기반시설을 통한 재해를 방지함에 있어 예측가능한 범위 내에서 위험요인을 고려하여 시설의 규모를 결정하고 이를 운영하여 왔으나 모든 재해를 예방할 수는 없었다. 2005년에 발생한 허리케인 카트리나로 인해 미국 뉴올리언스주에서는 제방이 붕괴되는 사건이 있었으며, 2011년에는 동일본 대지진에 의해 발생한 쓰나미로 인해 센다이 지역의 제방이 붕괴되고 후쿠시마 원전의 일부 원자로가 폭발하는 사고가 발생하였다. 이들 사건으로 인한 피해는 이전의 재해에 비해 특히 이슈가 되었는데, 이는 재해로 인한 직접적인 피해가 컸던 이유도 있으나 그보다도 재해 이후에 발생한 간접적인 2차피해의 규모가 훨씬 컸다는 데에 원인이 있었다. Burton and Hicks (2005)의 연구에 따르면

카트리나의 경우 제방붕괴로 인한 직접적인 피해액은 520억\$ 이나, 그 이후 도시 침수로 인한 사회·경제 전반에 걸친 간접적인 2차 피해액은 1,560억\$에 이르는 것으로 나타났다. 이들 사건을 통해 안전과 관련된 기반 시설이 파괴되는 경우 단기간의 직접적인 피해보다 장기간의 간접적인 피해가 훨씬 크다는 것을 알 수 있는 계기가 되었다.

기반시설의 내구성을 유지하기 위해 보수·보강을 수행하고 위험에 대비하여 안전성을 확보하여야 하는 것에는 이견이 없을 것이다. 농업생산기반시설의 경우 정기적으로 안전진단을 수행하고 필요시 보수보강을 실시하고 있으며 독농임사업 등을 통해 안전성을 높이는 작업을 수행하여 왔다. 그러나 시설물의 안전관리 위한 예산이 한정되어 있으며, 관리 대상이 되는 시설물의 수가 많아 어느 시설을 어느 정도로 관리할 것인가에 대한 우선순위를 결정하는 일은 늘 어려운 문제였다. 농업용 저수지와 같은 시설물은 설치된 이후에도 시설을 둘러싼

환경이 끊임없이 변화한다. 기후가 변화하여 설계홍수량이 증가하기도 하며, 환경용수의 증가와 같은 새로운 수요가 발생하기도 한다. 또한 저수지 하류에 없던 건물 이 생기기도 하며 몽리구역이 줄어들기도 한다. 이렇듯 농업생산기반시설은 자연적, 사회적 환경변화에 노출되어 있어 이에 대응하는 관리가 중요하다. 본 글에서는 농업생산기반시설을 둘러싼 농업 및 농촌의 환경변화와 이에 대응한 시설물의 관리방안, 그리고 안전성 관리에 있어서 직접적인 피해 예방뿐만 아니라 후속피해에 대한 간접적인 위험을 예방하는 일의 중요성에 대해 얘기하고자 한다.

2. 농업생산기반시설의 안전성 변화

농업생산기반시설은 중소규모 관개사업에서 시작하여 농촌근대화를 위한 영농기반시설 조성 사업으로 규모를 확장하며 설치되어 왔다. 그러나 1990년대 전환기 농정시대를 지나면서 신규 시설의 건립과 함께 물관리 자동화 사업과 같이 기존 시설을 효율적으로 사용하고 자 하는 시대적 요구가 발생하였다. 2000년대에 이르러 동인도 쓰나미와 동일본 대지진과 같은 큰 천재지변을 겪으면서 이미 설치된 기반 시설의 안전에 대한 관심이 커지고 있다. 이는 빠른 시간 내에 효과를 얻기 위해 건설을 중심으로 하던 정책에서 기반시설이 초래할 수 있는 재해를 예방하는 것을 중요시하는 정책을 고려해야 한다는 시대적 흐름으로 볼 수 있다.

기반시설의 안전과 관련한 주요한 문제는 기반시설을 구성하는 단위시설들이 서로 유기적으로 결합되어 있기 때문에, 단위 시설이 취약해짐에 따라 대부분의 시설이 안전하더라도, 전체 시스템 안정성이 취약할 질 수 있다는 점이다. 태풍 '루사'의 경우 장현댐 여수로 및 일부

접합부의 파손이 댐 전체에 피해를 야기한 바 있으며, 허리케인 '카트리나'의 경우는 뉴올리언즈 배수시설 침수로 도시 전체가 마비되기도 하였다.

시설물의 안정성이 떨어지는 이유는 상대적으로 덜 안전했던 설계기준, 설계기준을 넘어서는 잦은 기상이변, 시설 노후화에 따른 기능저하 등으로 생각할 수 있다. 먼저 설계기준의 변화를 살펴보면, 설계기준이 과거에 비해서 강화되고 있다. 이는 과거 시설물이 현재에 비해서 덜 안전하게 설계되었다고 볼 수 있다. 예로 2000년도에서는 설계홍수량으로 200년 빈도를 사용하였으나 2002년 이후에는 PMF(가능최대홍수량)으로 기준을 상향한 바 있다.

기후변화에 따른 안전성 변화 사례로는 배수시설의 규모를 결정하기 위한 기준이었던 인천시 사례가 있다. 인천시의 20년 빈도 강우량은 1984년 기준으로 67.0 mm 이었으나 2007년 기준 값은 74.7 mm 로 예전 설계 기준을 상회하였다. 태풍 '루사' 때의 유출량은 313 m³/s 로 장현저수지 설계홍수량인 190 m³/s 을 초과하여 저수지가 붕괴되었다. 태풍 '곤파스' 때는 서울시 빗물처리장 용량인 75 mm/h을 훌쩍 넘는 260 mm/h 의 강수량을 기록한 바 있다. 구리시의 수택배수펌프장은 5년 빈도 집중호우에 대비하도록 설계되어 있으나 500년 빈도의 강우가 온 바 있어 처리장의 용량을 넘는 강수량을 기록한 바 있다.

한편 시설의 노후화로 인한 안전성 저하를 우려하는 시각도 있다. [그림 1]을 살펴보면, 총 67,000여 개소(2004년 기준)의 농업기반시설 중 약 53.6%가 1976년 이전에 설치되어 약 40년 이상 운영되고 있다. 특히 시설물 붕괴시 피해가 클 수 있는 농업용 저수지는 [그림 2]에 나타난바와 같이 54.8%가 1945년 이전에 축조된 것으로서 다른 시설에 비해서 노후화 정도가 더 심한 편이다.

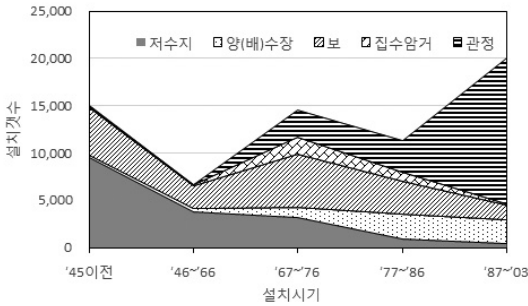


그림 1. 준공년대별 수리시설물 현황
*자료: 농업생산기반정비사업통계연보 (2004, 농림수산식품부)

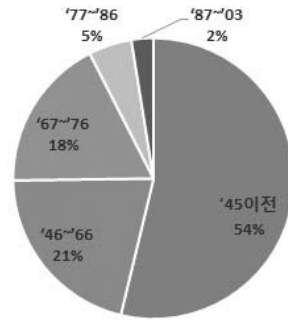


그림 2. 준공년대별 저수지 설치현황
*자료: 농업생산기반정비사업통계연보 (2004, 농림수산식품부)

농업기반시설물 안전에 대한 이러한 우려에 대하여 시설물 관리의 중요성이 부각된다. 자연재해로부터의 재산피해와 노후화로 인한 기능저하를 최소화하기 위해서는 시설물의 상태를 올바르게 평가하고, 지속적인 관리 계획 및 투자가 필요하다.

그러나 많은 관리 노력이 도시 대하천 주변으로 집중되어, 농촌 지역 농업기반시설물에 대한 관리·투자 노력이 부족한 실정이다. 이에 연평균 홍수 피해가 1974~1983 기간에는 1,700억원이던 것이 1994~2003 기간에는 1조7,100억원으로 10배 가까이 증가하였다. 또한 1940~1970년 기간에는 호우재해 발생빈도가 5.3 회 이던 것이 1980~1990년 기간에는 8.8회로 늘어나는 등 자연재해로 인한 피해가 증가하고 있다. 따라서 현재 농업기반시설에 대한 안정성 확보 방안 마련이 시급한 상황이다. 이에 따라 시설물에 대한 설계 재평가 필요하며, 기후변화에 따른 취약성, 직접피해와 예상 간접피해 등 객관적 자료 구축이 요구되는 상황이다.

3. 농업·농촌을 둘러싼 환경의 변화와 시설물의 관리

1) 기후의 변화와 시설물의 노후화

우리나라의 기후변화는 일 80mm 이상의 집중호우 발생일수가 1970년대에 비해 2배 이상 증가하는 등 강수량은 증가하며 강수일수가 감소하여 강수강도(집중호우 일수)가 증가하고 있다. 기상여건은 점차 열악해지는 것에 비해 농업생산기반시설은 그 변화를 따라잡지 못하거나 노후화된 상태로 운영되고 있어 이에 대비한 농업생산기반시설의 관리방침이 필요한 실정이다. 농업생산기반시설의 가장 대표적 시설이라 할 수 있는 저수지 중 1945년 이전에 준공된 시설이 9,154개로 등록된 저수지 전체의 52%를 초과하고 있어 이들 시설의 보수·보강 사업이 시급한 실정이다.

2) 수요의 변화와 시설물 역할의 변화

농업이 과거 쌀생산에서 채소와 과실류 등 다양한 상품작물로 변화하고 있으므로 용수공급체계도 이에 따라 바뀌어야 하며, 오늘날 농촌은 식량생산의 역할을 하는 것 이외에도 국토의 환경보전 및 지역사회 유지 등 다원적 역할을 요구받고 있는 등 농업생산기반시설은 다양한 용수수요를 요구받고 있다. 또한 그 수요량도 증가하

고 있기 때문에 이에 대한 적절한 대응이 필요하다. 농촌은 식량생산의 공간으로서의 시장 경쟁력을 확보하는 동시에 생활의 편익, 지역주민의 경제적·문화적 혜택, 어메니티 제공 등으로 역할을 확대해야하는 상황이다. 따라서 농업생산기반시설도 이러한 요구를 충족시킬 수 있도록 대응해야 한다.

3) 농업생산기반시설 설계 및 관리의 변화

국가발전에 따라 농업생산기반 시설물의 설치목적이 이수로부터 재해예방을 거쳐 지역종합개발사업으로 발전하고 있으므로 이미 설치된 시설물과 설치하고 있는 시설물의 기준이 다르며 시설물의 설치목적이 변화하였다. 시설 시설물의 관리와 보강 시에 종전기준을 준수하게 되면 시설의 이용에 합리화를 기하기 어려우므로 보강사업 시 가능한 새로운 기준을 적용할 필요가 있다. 농업생산기반 조성사업의 시설물 설치 후 하류의 변화나 발전상이 설치 당시와 다를 수 있으므로 이를 반영하고 자원의 활용도를 높일 필요가 있다. 현재는 보강과 관리 개선에 의한 경제효과를 계량하기 어려워 소극적이 되고 있으므로 적극적으로 시설의 사회적, 경제적 가치를 평가에 반영하여야 한다.

4. 기후 및 사회변화에 대응하기 위한 시설물 관리방안

1) 기존시설물에 대한 사회적 기능 확대

최근 국책 사업으로 진행되고 있는 새만금 간척지 조성 및 4대강 사업과 같이 다양한 시설물이 유기적으로 기능을 발휘하여 전체 시스템의 기능으로 이어지는 대단위 사업이 이루어짐에 따라 각 시설물의 안전진단 및 유지관리 시 통일된 기준으로 시행되어야 필요성이 대

두고 있다. 관개 및 생활용수의 공급뿐만 아니라 기후변화와 환경, 지속가능한 농촌 및 농업의 발전을 위해서 농업생산기반시설에 새롭게 부여된 사회적 기능을 원활하게 수행하기 위해 현재 농업생산기반시설이 처해 있는 안정성 문제를 재평가 할 수 있는 기반 자료의 구축이 요구되고 있다.

2) 단위시설간의 연관효과를 감안한 유역관리

기후변화로 인한 이상기후 현상으로 집중호우가 빈번하게 발생하고 있으며 예측 불가능한 집중호우는 농업생산기반시설물의 피해를 일으키고 있다. 이러한 시설물의 피해는 많은 인명 및 재산 피해를 야기하고 있어 이에 대한 예방과 대책이 필요하다. 농업생산기반시설의 유지관리는 관리기관의 분화, 인력 부족 등 현실적인 문제에 직면하였고 상대적으로 작은 규모의 시설, 광역에 산재되어 있는 위치 조건과 같은 농업 수리시설물의 특성에 따라 체계적인 유지관리에 어려움을 겪고 있다. 이에 농업 수리시설의 유지관리가 시설물의 설치 못지않게 그 중요성이 부각되고 있으며 단일 시설물의 안전뿐만 아니라 시설간의 연관효과를 고려한 유역 단위의 안정성 관리가 필요하다.

3) 유지관리비의 증가에 대한 대비

농촌용수개발사업과 같은 대규모의 투자사업은 단기에 많은 초기비용이 투입되는 반면 투자에 대한 효과는 장기간에 걸쳐 상대적으로 적게 발생하는 사업특성이 있다. 이로 인해 유지관리보다 초기투자비용이 주요 관심사였으나, 최근 원자재와 인건비의 상승 등으로 인한 보수·보강 및 유지관리 비용이 증가함에 따라 시설물의 유지관리에 대한 관심이 커지고 있다. 농업생산기반 시설의 경우 초기건설 후 지속적인 유지관리가 수행되

지 않을 경우 시설물은 계획을 초과하는 대규모 보수·보강을 하게 되거나 심지어 설계한 수명을 채우지 못하고 기능을 상실하게 되는 문제점이 발생할 수 있다. 이에 따라 해외에서도 시설물의 운영 및 유지관리를 위한 최적 계획·설계 및 적정유지 관리에 많은 노력을 기울이고 있으며 그에 대한 관리도구로서 가치관리(Value Management; VM), 위험도관리(Risk Management), 자산관리(Asset Management) 등과 같은 체계적인 관리기법을 개발하여 사용하고 있다. 농업생산기반시설의 경우도 지속적인 유지관리를 수행하기 위한 관리기법이 필요하다.

4) 노후시설의 안전관리 대책수립

농업생산기반시설은 안전 및 유지관리수준에 따라서 노후화의 진행속도가 달라지거나 시설의 수명이 증대될 수 있으므로 시설물의 안전관리와 보수, 보강 등의 유지관리체계를 구축하는 것이 필수적이다. 구조물에 따라 사용 중의 환경조건이 구조물별로 서로 다르기 때문에 손상현상도 구조물별로 서로 다르게 나타나며, 손상의 원인도 서로 다르게 나타난다. 우리나라 농업용 저수지 제방의 대부분을 차지하고 있는 필댐의 경우 그 결함의 원인이 여유고 부족(28%)과 침투누수(32%)인 경우가 전체의 60%에 이를 정도로 높아 안정성 재검토와 보수·보강 계획이 필요한 실정이다.

현재 4대강 사업의 일환으로 기존 농업용 저수지 제체의 단면 확대를 실시하여 필요 수량 및 홍수량 증가로 인한 여유고 부족 문제를 해결하고 있으나 기존 제체에 새롭게 성토를 실시할 경우 제체의 안정성 조건이 변화하게 되어 새로운 안정성 검토가 필요하며, 기존 제체의 경우 제체의 안정성 평가를 위하여 상황 변화에 따른 사면의 활동 안정성 평가, 지속적인 침투 누수 안정성 등

에 대한 분석이 필요하다. 농업생산기반시설 중 제체의 안정성 분석을 위해서 제체 기초지반에 대한 조사가 필요하며 제체의 재료로 사용된 사석과 토사의 기본적인 물리적, 역학적 성질에 대한 분석이 필요하므로 종합적인 농업생산기반시설 안정성 파악을 위하여 구조물의 지반과 토질에 대한 체계적이고 정확한 분석할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다.

5) 생애주기비용(LCC)기법 적용

시설물을 관리하고 보수보강에 할당된 예산을 한정되어 있다. 시설물의 안전성을 확보하여야 하는 상황에서 비용 대비 편익을 늘리기 위해서는 적정한 시설물의 보수보강 및 안정성 유지관리수준을 평가할 수 있는 수단이 마련되어야 한다. 이를 위해 시설물의 운영 및 유지관리 수준을 파악하고 적절한 보수보강 비용에 대해 고려할 수 있는 방안이 필요하다. 이를 위해 생애주기비용 분석기법을 통한 운영 및 안전관리 시스템을 구축이 필요하다. 농업생산기반 시설물에 대한 사업 추진 시 사업의 타당성 평가방법의 전환과 설계단계에서 부실하거나 과도한 설계를 방지하고 시설물의 성능향상과 공사비 절감 및 비용/편익을 극대화 할 수 있는 합리적인 분석기법의 개발 및 이를 통한 농업생산기반시설 안전관리 시스템의 구축이 필수적인 상황이다.

6) 시설관리 통합시스템의 개발

농업기반시설을 안전하게 관리하기 위해서는 다양한 위해 요소를 파악하고, 이를 객관적으로 평가하여, 적절한 대응전략을 수립할 수 있는 체계가 중요하다. 이를 위해서 농업기반시설과 관련된 외부 요인과 내부 요인을 정립하고, 이들의 변화를 파악해야 한다. 또한 변화에 적응하지 못했을 경우, 재해와 같은 파국이 발생하게 되

는데, 사례 분석을 통해 위험정도를 가늠할 수 있어야 할 것이다. 현재 상태는 과연 어느 정도 안전한지에 대한 정량적이고 객관적인 평가가 이루어져야하며, 분석 과정에서 사용된 많은 자료와 분석을 통해 도출된 자료들을 효과적으로 저장하여 의사결정에 반영할 수 있도록 정보관리 시스템이 필요하다.

7) 환경변화 대응을 통한 시설관리 및 2차피해 예방

시설물의 안전성을 관리하기 위해서는 먼저 기후변화, 사회변화, 수요변화 등과 같은 주변 환경 외적 요인의 변화를 파악할 필요가 있다. 외적 요인에 의해서 농업기반시설이라는 시스템이 영향을 받게 되고, 취약한 일부 단위 시설의 붕괴가 전체 시스템에 영향을 줄 수 있기 때문에 외부 요인의 변화를 파악하는 것이 중요하다. 한편 노후화와 설계 관리방법의 변화와 같은 내부 요인 역시 중요하게 살펴볼 필요가 있다. 내부 요인은 외부 충격에 의해 시스템이 얼마나 강건하게 유지할 수 있는지를 평가할 수 있기 때문에 중요하다. 또한 내부 요인은 외부 요인과 달리 인위적으로 개선할 수 있기 때문에 개선 방법과 개선 가능성 등을 평가하는 데 주요한 지표가 될 수 있다.

외부 요인과 내부 요인을 파악하고 농업기반시설을 잘 관리하더라도, 100% 안전을 보장할 수는 없다. 그럼에도 불구하고 보다 철저히 예방하고, 피해 발생을 최소화할 수 있는 대책 수립을 위해서는 다양한 재난 사례를 통해 시스템이 붕괴하였을 때 예상되는 피해와 시설 파괴에 따른 2차 피해와 그 원인들을 파악할 필요가 있다. 앞서 파악한 외부 요인과 내부 요인의 변화를 바탕으로 서로 상이한 내구연한을 지닌 시설들을 현재 시점으로 재평가함으로써 시설물의 안정성을 객관적으로 파악하고, 앞으로 얼마나 유지할 수 있을지, 그리고 유지하기

위해서는 얼마나 보수보강을 해야 하는 지에 대한 정량적인 분석이 필요하다. 지속가능한 시설 관리를 위해서는 조사된 여러 가지 요인과 단위 시설에 대한 분석결과를 효과적으로 관리할 필요가 있다. 이를 위해서 자료를 효율적으로 저장할 수 있도록 데이터베이스를 설계해야 하며, 설계된 데이터베이스에 자료를 축적하기 위한 방안이 필요하다.

5. 후속피해 관리의 중요성

1) 기후변화로 인한 재해현황

온실가스 증가로 인하여 열파, 가뭄, 홍수 등 극한 기상현상이 증가하였으며, 바람, 강수량의 유형(pattern) 교란 등 물리 및 생태계 전반의 심대한 변화를 가져왔다. 기후변화의 영향과 심각성은 여러 분야에 다양한 형태로 나타나는데, 근래 들어 집중호우나 태풍, 폭설 등과 같은 자연재해로 인한 피해가 두드러지게 나타나고 있다. 특히 자연재해로 인한 기반시설의 피해는 시설물을 손상시키고 수명을 감소시키며, 사회·경제적인 손실과 더불어 국민의 안전을 위협할 수 있다(명수정, 2010). 농업기반시설을 기후변화에 적절히 대응 가능할 수 있게 하는 것은 장기적으로 기후변화로 인한 피해와 복구비용을 줄일 수 있다.

이러한 기후변화의 영향에 가장 민감한 분야 중 하나가 바로 농업분야로 기후변화는 농산물 시장의 교란을 가중시킨다. 또한, 기상이변이 발생하면 공사 일정의 지연, 안전사고 노출 등 건설업계의 비용 및 인명사고 위험이 증가하고, 수송업의 경우 항공기/선박 등의 결항, 도로 교통체증 증가로 인한 교통혼잡 비용이 급속히 증가하는 등 사회간접비용의 증가를 초래하게 된다.

우리나라에서 1916년부터 통계작성이 시작된 이래 기

표 1. 한국 기상이변의 연간 재산피해액 순위 (1916~2010년)

순위	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
연도	2002	2003	2006	1987	1998	2001	1999	2004	2005	1990
피해액 (조원)	7,795	5,497	2,216	2,039	2,000	1,596	1,574	1,447	1,208	1,153

* 2010년 물가 환산기준

* 자료: 재해연보 2010 (2010, 소방방재청)

상이변에 따른 연간 재산피해액이 가장 컸던 10번 중 6번이 2001년 이후에 발생하였다. 태풍 '루사' 등의 영향을 받았던 2002년이 7조 7,948억 원으로 피해가 가장 컸고, 다음으로는 태풍 '매미' 등의 영향을 받았던 2003년이 5조 4,972억 원의 피해를 가져왔다.

시설은 자연재해, 노후 등의 원인으로 파괴가 일어나는 경우가 있으며, 이때 경제적 손해뿐만 아니라 돈으로 환원이 어려운 인명 등을 포함한 사회적 손실을 시설파괴에 의한 피해라 한다. 특히 현대로 오면서 인구가 늘어나고 이를 뒷받침하기 위한 경제의 크기를 증가하였으며, 이에 고도의 기술발전을 이룩하여 시설의 규모가 커지고 있어 시설의 파괴가 일어나면 과거에 비해 심각한 피해가 발생할 것이다. 또한 자연재해 등 시설파괴가 일어날 경우를 예상하여 시설을 설치, 관리, 대책마련 등을 하고는 있으나, 기후변화로 인해 예측하지 못한 자연재해가 생기고 있어, 이로 인한 시설의 파괴 및 피해가 발생하고 있기 때문에 시설파괴로 인해 발생하는 피해의 규모는 커질 것으로 예상된다.

2) 피해범위의 확산과 재해방지

시설의 파괴가 발생하면 직접적인 피해와 시설의 파괴로 의해 파생되는 인명 등의 사회 및 시설을 이용하지 못함으로써 발생하는 경제 손실 등 간접적인 피해가 발생한다. 특히 재해에 의한 시설파괴는 하나의 시설이외

에 불특정 다수를 대상으로 발생하여 시설의 파괴 범위가 크고, 관리 및 복구 기능의 마비가 되기 때문에 간접적인 피해의 규모가 상대적으로 커지는데 이러한 시설파괴에 이은 간접피해의 규모가 커지는 대표적인 사례로써 원자력 발전소 파괴가 있다. 1986년 4월 26일 체르노빌 원자력 발전소의 폭발은 재해에 의한 피해가 아닌 인재에 의한 것이지만, 피해복구비용으로 2015년까지 2,500억\$ 가 필요할 것으로 예상하고 있을 뿐 만 아니라, 방사선 오염으로 인한 생태계 교란, 피폭 등 계산하기 어려운 피해들도 발생하였다. 이와 유사한 피해로 2011년 3월 일본 동북지역 해안에서 지진으로 발생한 해일이 일본 동북지방의 인프라 시설과 후쿠시마 원자력 발전소를 파괴한 것이 있으며, 간접 피해액은 약 1,500억\$ 로 추정된다.

2011년에 일본 동북지역 해안에서 발생한 규모 9.0의 대지진은 해일을 발생시켰고 이때 일본 방재를 통합 관리하는 시스템을 가동했음에도 예상하지 못한 지진해일은 많은 시설을 파괴하여 일본 전역에 사회 및 경제 활동에 막대한 지장을 주어 추정간접피해액을 넘어설 것으로 판단된다. 특히 지진해일에 의해 인명, 인프라 시설의 피해가 컸으며, 후쿠시마 원자력 발전소의 붕괴로 2차 간접피해가 확산될 것이다. 2011년 3월 지진해일이 해안가를 덮쳐 대피능력이 상대적으로 뒤지는 노약자와 어린이를 중심으로 약 23000명의 사상자가 발

생하였다. 이러한 사상자는 지진해일에 의한 대규모 범람으로 인해 라이프라인시설의 파괴가 이어지면서 화재 등으로 더욱 가중되었으며, 지진해일은 연안에 위치한 원자력발전소, 정유공장, 공항 등을 급습하면서 상대적으로 취약한 가스라인과 전기 시설 등을 파괴하면서 2차적인 피해가 발생하였다. 또한 동북지역은 제조업 및 수출입 비중은 작으나, 관동지역과의 분업구조를 형성하고 있어 조립산업인 자동차 및 전기전자 분야의 피해가 일본 전 지역 경제시스템에 부정적인 영향을 미쳤다.

일본 동북부의 대지진 이후 후쿠시마 원전 붕괴로 인한 방사선 누출로 간접피해가 확산되었고 시설파괴에 대한 피해복구가 늦어지고 있다. 연이은 사고에 후쿠시마현 제 1원전의 6기중 1호기와 3호기의 수소폭발에 이어, 2호기의 노심노출 후 폭발, 4호기 화재가 잇따르며 방사능이 누출되었다. 이로 인해 전력부족인한 산업피해와 인근 바다에서는 기준치의 750만 배에 달하는 방사능 물질이 검출되어 농수산·식품, 수돗물 등 기본생활에 필요한 부분까지 방사능 오염이 확산되어 2차 피해가 확대 지속되고 있는 실정이었으며, 원전에서 150km 떨어진 이바라키지역 어촌에서 방사능이 검출되는 등 방사능 유출이 확산되자 전 세계 각국은 일본산 농수산물에 대한 수입제한 조치를 실시하였다. 이렇게 발생한 피해를 복구하기 위한 기간은 약 5년, 완전 복구까지는 30년 이상이 걸리며, 복구예산은 200억\$ 이상이 필요할 것으로 예상하고 있다.

6. 결론

과거에는 시설에 대한 잘못된 설계, 노후 등으로 인

해 시설파괴가 일어난 것에 반해 현대에는 기술 및 시설물 관리시스템의 발전으로 과거에 발생했던 인재에 의한 피해는 거의 줄었지만, 예상하지 못한 재해로 인한 피해가 나타나고 있다. 이러한 예상하지 못한 재난에 의한 피해는 그 규모가 클 뿐 아니라, 앞에서 살펴본 것과 같이 직접적인 피해뿐만 아니라 간접적인 피해도 일으키고 있다. 그래서 시설의 거동에 따라 관리하고 대책을 마련하는 통합 관리시스템이 운영되고는 있어 과거에 비해 큰 피해가 일어났음에도 불구하고 인명피해의 최소화과 빠른 복구 등이 이루어지고 있다. 앞에서 언급한 체르노빌과 후쿠시마 원자력발전소의 파괴를 비교해 보면 신속한 대응을 할 수 있었음에도 불구하고 더딘 피해사실 전파, 늦장 원조요청 등으로 상대적으로 더 큰 간접피해가 체르노빌에서 일어나고 있다. 일본에서 발생한 큰 지진에 의한 피해를 과거와 같이 방재대책 등 시설에 대한 관리시스템이 없었더라면 2011년에 발생한 일본 동북지역 지진 및 해일에 대한 피해는 현재 예상하고 있는 피해보다 몇 배나 더 큰 피해를 입었을 것이다. 하지만 기후변화 등의 이유로 예측하지 못한 자연재해가 발생으로 인해 시설파괴가 일어났다. 이러한 시설파괴는 시설의 이용이 불가능해짐으로써 발생하는 피해뿐만 아니라 직접적인 피해 규모 이상으로 시설파괴로 인한 간접피해가 발생하고 있다. 따라서 시설에 대한 관리시스템을 구성하고 운영함에 있어서, 재난 등으로 발생하는 시설파괴로 인한 간접피해 발생의 가능성 및 피해에 대한 대책을 고려하여야만 기후변화와 같이 겪어보지 못한 자연현상으로부터 발생하는 재난에 대해 대처할 수 있으며, 피해의 규모를 최소화 할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 강상혁, 2004, 2002년 태풍루사 및 2003년 태풍 매미에 따른 지역수해 대응의 개선대책에관한 연구, 한국방재학회지, 3(4), 111-118
2. 김홍상, 신은정, 2004. 농업용수 관리체계 개편의 방향과 정책과제, 한국농촌경제연구원
3. 김홍순, 2010, 계획의 실패 또는 한계에 관한 연구 : 허리케인 카트리나로 인한 뉴올리언즈 시의 재난을 중심으로, 한국지역개발학회지 22(4)
4. 노삼규, 이종설, 권기환, 강성희, 2005, 허리케인 '카트리나'의 피해현황, 국립방재교육연구원, 방재연구 7(4), 28
5. 농림수산식품부, 2004, 농업생산기반정비사업통계연보, 농림수산식품부
6. 농림수산식품부·한국농어촌공사, 2010, 농어촌 환경용수 실태조사 및 산정방안 연구(최종)
7. 농어촌연구원, 1995, 수리시설물관리의 문제점 및 개선방안 연구, 농어촌진흥공사
8. 대한무역투자진흥공사, 2011, 일본 대지진 발생 한 달 - 일본 산업계 복구현황과 대일 수출입 영향, Global Business Report
9. 명수정, 2009. 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구 I. 한국환경정책·평가연구원
10. 명수정, 김지영, 신상희, 안병옥, 2010. 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구 II. 한국환경정책·평가연구원
11. 소방방재청, 2010, 재해연보 2010, 소방방재청
12. 이지평, 배민근, 윤상하, 2011, 일본 대지진 - 경제적 충격 파는 어디까지?, 빌딩경영, pp. 56-66.
13. 이형근, 김은지, 2011, 동일본대지진 이후 일본의 피해복구 현황과 시사점, 오늘의 세계경제, 대외경제정책연구원
14. 조용식, 2011, 동일본 지진해일과 방재대책, 시설안전 38: 9-21.
15. 조환익, 2011, 일본 대지진 발생 한달, KOTRA, Global Business Report 11-012
16. 행정자치부, 국립방재연구소, 2001, 재해취약시설의 선정 기준 및 점검기법 연구
17. Burton and Hicks, 2005, Hurricane Katrina: Preliminary Estimates of Commercial and Public Sector Damages, Center for Business and Economic Research, Marshall University