

기후변화 대응 농업생산기반시설 통합안전관리시스템



이 정 재
서울대학교 / 교수
ljj@snu.ac.kr

1. 변화하는 기후와 농업생산기반시설 설계기준

농업생산기반시설의 경우 시대별로 그 설치목적이 변화하여 왔으며 그에 대응하여 설계기준도 변화하여 왔다. 1960년대까지는 토지개량조합법에 따른 이양용수 공급을 주목적으로 하는 중소규모 관개사업 중심으로 저수지가 설치되었는데 미국 식량원조계획인 PL480과 같은 외국원조와 수리조합결성 등을 통해 사업을 추진하였다. 그 이후부터 1990년대까지의 저수지 설치는 농촌근대화촉진법에 따른 전천후 영농기반조성을 목적으로 설계기준에 10년빈도 내한기준을 적용하는 항구적 한해대책을 수행하기 위한 농업용수 10개년계획을 추진하였다. 그로부터 현재까지는 저수지의 설치목적이 농

어촌정비법 및 농어업인 삶의질 향상 관련 특별법을 통한 지역종합개발로 변화하였으며 전환기 농업 이후 지역환경개선사업과의 조화를 위한 사업이 수행되었다.

설치목적에 따른 설계기준의 변화는 저수지당 설치규모에도 반영되어 있다. 한국농어촌공사에서 발행하는 농업생산기반시설 통계연보(2007년)에 따르면 1966년까지 설치된 저수지 개수는 총 13,163개로 전체의 75%를 차지하는 반면 만수면적에 있어서는 총 277,000ha로 전체의 57%에 그치고 있다. 1967년부터 1991년까지 설치된 저수지의 개수는 4,145개로 비율은 전체 저수지 중 23%가 이 시기에 설치되었으나 만수면적은 153,000ha로 전체의 32%를 차지해 설치된 시설 개수에 비해 만수면적의 규모가 그 이전에 비하여 증가한 것

표 1. 저수지 설치 개수 및 만수면적

		~1966	1967~1991	1992~2006
저수지	개소수(개)	13,163 (75%)	4,145 (23%)	371 (2%)
	만수면적(천ha)	277 (57%)	153 (32%)	52 (11%)

*자료 : 2007 농업생산기반시설통계연보, 한국농어촌공사

을 알 수 있다. 1992년부터 2006년 사이에 설치된 저수지는 이러한 경향이 더욱 증가하여 시설 개수만으로는 371개로 전체의 2%에 불과하지만 만수면적은 총 52,000ha로 전체면적에서 11%나 차지하고 있다(2007 농업생산기반시설통계연보, 한국농어촌공사). 이는 표 1을 통해 정리하였다.

최근 발생하고 있는 급격한 기후 및 사회변화도 설계기준 변경을 요구하고 있다. 최근들어 농업생산기반시설의 설계기준을 초과하는 자연재해가 빈발하고 있는데, 2002년에 발생한 태풍 '루사' 때의 유출량은 313m³/s로 장현저수지의 설계홍수량인 190m³/s를 초과하여 저수지가 붕괴되는 피해가 발생하였으며, 2010년에 발생한 태풍 '곶파스' 때 75mm/h 용량의 서울시 빗물처리장의 용량을 상회하는 260mm/h의 강수량을 기록한 강우로 인하여 서울시의 일부가 침수되는 피해가 발생하기도 하였다.

이뿐만 아니라 하천주위 환경에 대한 관심증가와 수변주변에 관리에 대한 요구로 인해 필요한 환경용수량이 증가하거나 생활수준 향상에 따른 물사용량 증가로 인해 필요한 급수량이 늘어남으로 인해 설계기준이 바뀌는 경우도 있다. 또한 지진에 대한 사회적 관심증가로 인해 하천설계기준에 내진설계 관련 항목이 추가되는 사례를 통해서도 사회적인 변화가 농업생산기반시설의 설계기준 변화에 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다.

한국농어촌공사 농어촌연구원에서 2006년도에 발행한 『농업생산기반 시설물에 대한 설계 VE평가 실무지침 개발(Ⅰ)』보고서를 살펴보면 그동안 시설기준의 시대적인 변천이 얼마나 이루어졌는지 알 수 있다. 변화는 자연재해에 대한 시설물의 안정성을 높이는 방향으로 추진되었는데, 앞서 언급한 보고서에 따르면 설계홍수

량의 빈도기준은 1969년 제정 당시 '100년 빈도 홍수량 또는 기왕최대홍수량의 1.2배'에서 1982년 개정 시 '200년 빈도 홍수량 또는 기왕최대홍수량의 1.2배'로 개정되었으며, 2003년 개정 시에는 '200년 빈도 홍수량 또는 기왕최대홍수량의 1.2배'와 함께 홍수에 따른 인적, 물적 피해가 큰 지구(유역면적 2,500ha 이상, 총저수량 500만m³ 이상)는 '가능최대홍수량(Probable Maximum Flood, PMF)'을 적용하도록 상향 조정되었다. 웅벽 여유고의 경우 1945년까지 1~2m 이었던 것이 1960년대부터는 2~3m로 높아졌다.

그러나 설계기준이 변경되더라도 이미 설치된 시설에 대해서는 적용하기가 어렵다. 앞서 언급한 『농업생산기반 시설물에 대한 설계 VE평가 실무지침 개발(Ⅰ)』보고서에 따르면 설계기준에 미달되는 저수지가 전체의 96%를 차지하고 있어 이상강우에 의한 돌발 홍수 시 물넘이 방수로의 단면이 부족하고 수위조절능력도 미흡하여 재해위험을 항상 안고 있는 실정이다.

이렇듯 농업생산기반시설은 시기에 따라 서로 다른 설계기준에 의해 개별사업으로 추진되어 왔으나 새만금·4대강 사업을 기점으로, 여러 사업이 통일된 기준 아래 종합적으로 추진되어야 하는 전기를 맞고 있다. 특히 농업생산기반시설의 경우 취약한 개별시설로 인해 전체 농업생산기반시설의 안정성이 취약해지는 문제가 야기되므로 이에 대한 대비가 필요하다. 국내사례의 경우 태풍 '루사' 때 장현댐 여수로 및 일부 접합부의 파손이 댐 전체에 피해를 입혔던 사례가 그러하였으며, 국외사례의 경우 허리케인 '카트리나' 발생 시 뉴올리언즈의 배수시설 침수로 인해 도시전체의 기능이 마비되었던 사례를 살펴볼 때 취약시설을 보강할 수 있는 설계기준이 필요하다. 또한 설치시기가 다른 시설의 안전성

을 유지관리하기 위한 설계기준의 마련이 필요하다. 설계홍수량의 경우 2000년 이전에 설계한 시설의 경우 200년빈도를 적용하였으나 2002년 이후에 설계기준이 가능최대홍수량(PMF)로 증가된 사례나 하수처리용량이 수해를 입을 때마다 증가한 사례와 같이 서로 다른 설계기준에 의해 설치된 시설에 대해서도 안전성을 통일하고 유지관리할 수 있는 방안이 필요하다.

2. 한정된 자원, 시급한 방재

우리나라의 농업생산기반시설은 총 62,281개소로서 이 중 저수지가 18,034개소, 양·배수장 6,141개소, 보 18,252개소, 기타 32,989개소이며, 1970년 이전에 설치되어 운영 중인 시설이 전체의 53%를 차지하고 있어 노후화가 매우 진행된 상태이다.

현재 운영 중인 농업생산기반시설의 절반에 해당하는 시설물은 건설 당시 기준인 100년 빈도로 여수로의 규모가 결정되어 건설되었으나, 2003년 200년 빈도 또는 가능최대홍수량의 규모에 따라 설계하도록 규정이 개정되어 다수의 농업생산기반시설 구조물이 설계 기준에

미치지 못하고 있다.

2004년 기준, 우리나라에 설치된 총 68,000여 개소의 수원공 시설 중, 약 47%가 1971년 이전에 설치되어 경과년수가 40년 이상 되었으며(2004, 한국농어촌공사, 홍수재해예방을 위한 저수지의 수리·구조적 안전도 개선연구) 특히, 전국에 존재하는 농업용 저수지는 홍수 조절에 있어 중요한 역할을 하지만 현재 우리나라의 농업용 저수지의 약 54%가 1945년 이전에 축조된 것으로서(농업생산기반정비사업통계연보, 2002) 노후화가 상당히 진행된 것으로 판단되어 안전성이 의심되고 있는 상황이다.

노후화가 가속화되고 있는 농업용 저수지의 기능저하와 자연재해로부터의 재산피해 예방, 그리고 농업경쟁력 향상을 위해서는 농업용 저수지의 적정개보수 수준을 정립하고 지속적인 개보수 투자계획의 수립이 시급한 실정이다. (김현태, 2005, 필댐의 결함원인과 홍수를 대비한 시설물 안전진단 방향, 한국시설안전공단)

한국농어촌공사가 관리하는 수원공시설 중에서 55%가 개보수 대상시설물이며 추정 수리시설개보수 사업비는 약 1조 6천억원에 달한다. 수원공시설 중 저수지의

표 2. 준공연대별 수리시설물 현황

(단위 : 개소)

구분	계	'450전	'46~'66	'67~'76	'77~'86	'87~'03
계	67,481(100%)	14,978(22.2%)	6,643(9.9%)	14,523(21.5%)	11,272(16.7%)	20,065(29.7%)
저수지	17,764(100%)	9,551(53.8%)	3,735(21.0%)	3,143(17.7%)	884(5.0%)	451(2.5%)
양(배)수장	6,179	162	437	1,167	2,599	2,542
보	18,064	5,114	2,349	5,542	3,553	1,506
집수암거	3,094	114	99	1,821	906	154
관정	21,652	37	23	2,850	3,330	15,412

*자료 : 농업생산기반정비사업통계연보(2004, 농림수산식품부)

개보수 사업비는 수원공 전체 개보수 사업비의 52%를 차지하며, 수원공 시설의 개보수 대상시설을 준공연도 별 보면 1970년 이전에 준공된 시설의 비율이 높게 나타나 오래된 시설물의 개보수 사업 필요성이 높다. (농업생산기반 시설물에 대한 설계 VE평가 실무지침 개발(I), 2006, 한국농어촌공사 농어촌연구원)

한정된 예산으로 시설물을 관리·운영해야 하는 상황에서 편익을 최대로 늘리기 위해서는 적정한 안전 및 유지관리수준을 도출할 수 있는 평가수단이 마련되어야 한다. 이를 위해서는 개별시설의 생애주기비용(Life Cycle Cost)을 고려한 운영, 유지관리비용산정, 유지관리체계 개발 및 안전관리 시스템의 구축이 필요하다.

3. 기후변화 및 사회연관효과를 고려하는 안전관리시스템의 필요

기후변화로 인한 이상기후 현상으로 집중호우가 빈번하게 발생하고 있으며 예측 불가능한 집중호우는 농업생산기반시설물과 많은 인명 및 재산 피해를 야기하기 때문에 이에 대한 예방과 대책이 필요하다.

농업생산기반시설의 유지관리는 관리 기관의 분화, 인력 부족과 같은 현실적인 문제에 직면하였고, 상대적으로 작은 규모의 시설, 광역에 산재되어 있는 위치 조건과 같은 농업 수리시설물의 특성에 따라 체계적인 유지관리에 어려움을 겪고 있는 상황이다. 그러나 농업 수리시설의 유지관리가 건설 못지않게 그 중요성이 부각되고 있다. 농업생산기반시설은 안전 및 유지관리수준에 따라서 노후화의 진행속도가 달라지거나 시설의 수명이 증대될 수 있으므로 시설물의 안전관리와 보수, 보강의 유지관리체계를 구축하는 것이 건설 못지않게 필

수적인 상황이다.

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 대두되고 있다.

새롭게 구축된 농업생산기반시설의 자료를 토대로 네트워크를 이루고 운영되고 있는 개별 시설물의 안정성을 상호 비교가 가능한 수치적 지표로 표현할 수 있어야 하고, 전체 시스템의 안정적 운영을 위해 농업생산기반 시스템을 구성하는 전 구조물에 적용 가능한 통일된 안정성 평가체계의 개발이 필요하다. 또한 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 재평가할 수 있는 기반 자료의 구축이 요구되고 있다.

농업생산기반시설의 안전을 관리함에 있어 기후변화뿐만 아니라 하류지역에 대한 영향역시 중요하게 고려되어야 한다. 같은 규모와 목적의 시설물일지라도 파괴시 발생시킬 수 있는 피해의 범위에 따라 시설물의 안전성을 달리 관리해야 한다. 하류지역에 보호하여야 할 인명과 재산이 있는 경우는 그렇지 않은 지역보다 보다 더 높은 안전성을 유지·관리하여야 하며, 이미 설치된 기반시설이라 하더라도 시간이 지나 하류지역에 새로운 시설이나 마을이 들어섰을 경우 그에 대응하여 기반시설의 안전성을 높일 수 있도록 보수·보강해야 한다.

기반시설 파괴시 발생할 수 있는 하류지역의 피해를 고려함에 있어 홍수로 인한 직접적인 피해도 고려되어

야 하겠지만 2차, 3차의 추가피해 역시 중요하게 고려되어야 한다. 실제로 1985년에 발생한 허리케인 ‘글로리아’의 경우 폭풍으로 인한 도로시설파괴와 발전소의 가동중단이 직접적인 피해였으나 이로인해 전기공급이 중단되고 배수시설가동이 멈추면서 인근지역의 공장가동이 중단되고 식료품이 부패함으로 인해 해당 지역의 피해범위가 확산된 사례가 있다. 이러한 예는 2005년 발생한 허리케인 ‘카트리나’ 때도 찾을 수 있다. ‘카트리나’로 인해 제방이 붕괴되어 도시가 침수되는 직접적인 피해가 발생하였다. 그러나 피해는 여기서 그치지 않았는데 배수시스템이 제기능을 하지 못하면서 침수지역이 확대되어 전력이 차단되고 교통·통신 기능이 정지되는 등 도시전체가 마비되는 2차 피해가 발생하였다. 더 나아가 수질오염에 따른 전염병발생 및 치안공백으로 인한 폭동발생 등 심각한 연쇄피해가 발생하였다. 2011년에 발생한 일본 센다이 지진은 이러한 예를 가장 극적으로 보여준다. 지진이 발생하고 이로 인한 쓰나미 발생으로 인해 수 많은 인명이 희생되고 재산이 파괴되는 엄청난 피해가 발생하였다. 그러나 피해범위는 이후 더욱 확대되었고 후쿠시마 원전사고와 같은 그 피해규모를 짐작하기도 어려운 연쇄적인 피해가 발생하였다.

기반시설물의 경우 안전성을 고려함에 있어 직접적인 피해뿐만 아니라 연쇄적인 피해를 고려하여야 하는 이유가 여기에 있다. 농업생산기반시설의 경우도 예외는 아니다. 따라서 농업생산기반시설의 안전성을 관리함에 있어서도 이러한 사회연관효과를 고려할 필요가 있다. 그러기 위해서는 방대한 자료를 처리하여 안전에 대해 평가할 수 있는 시스템이 필요하다. 기후변화와 사회연관효과를 고려하면서 농업생산기반시설의 안전성을 관리할 수 있는 안전관리시스템의 개발이 필요한 것이다.

4. 계획된 안전관리를 위한 통합안전관리시스템 구축계획

시설관리시스템(Facility Management System, FMA)은 고려하는 요소를 어디까지 확장하는가에 따라 크게 4단계로 구분할 수 있으며 이는 최적설계 단계, 생애주기 단계, 자원활용 단계, 그리고 연관효과연계 단계로 구분할 수 있다. 최적설계단계는 시설의 경제적인 설치에 초점이 맞춰져 있는 단계로 아직 관리에 대한 요소는 미흡한 단계이다. 생애주기 단계는 원활한 시설의 관리와 안전성 확보를 통해 시설의 생애주기비용을 최적으로 유지하는 시설관리 단계이다. 자원활용 단계는 시설의 기능적인 요소뿐만 아니라 시설의 환경자원화와 어메니티활용을 고려한 단계이다. 마지막으로 연관효과연계 단계는 시설의 사회적, 경제적 활용도를 극대화하기 위한 시설관리를 수행하는 시스템 구성을 목적으로 하는 단계이다. 연관효과연계 단계에서는 기반시설로 인한 사회적, 경제적인 영향을 분석하고 이를 시설관리에 활용하게 된다. 농업생산기반시설의 안전관리시스템을 구성함에 있어서, 기반시설로 인한 사회·경제적인 영향을 고려하여야 하므로 연관효과연계 단계의 시스템을 구성하여야 한다.

사회연관효과를 연계한 농업생산기반시설의 안전관리를 위해서, 현재 농업생산기반시설의 통합안전관리시스템의 구축에 대한 가이드라인을 마련하는 연구가 추진 중에 있다. 이 연구를 통해 구축하고자 하는 시설관리시스템은 농업생산기반시설의 시설 및 하류지역에 대한 자료를 축적하고 관리할 수 있는 DB와의 연계를 통해서 시설의 안전성을 계산하고 사용자에게 최적의 유지관리대안을 제시할 수 있는 의사결정지원시스템이다.

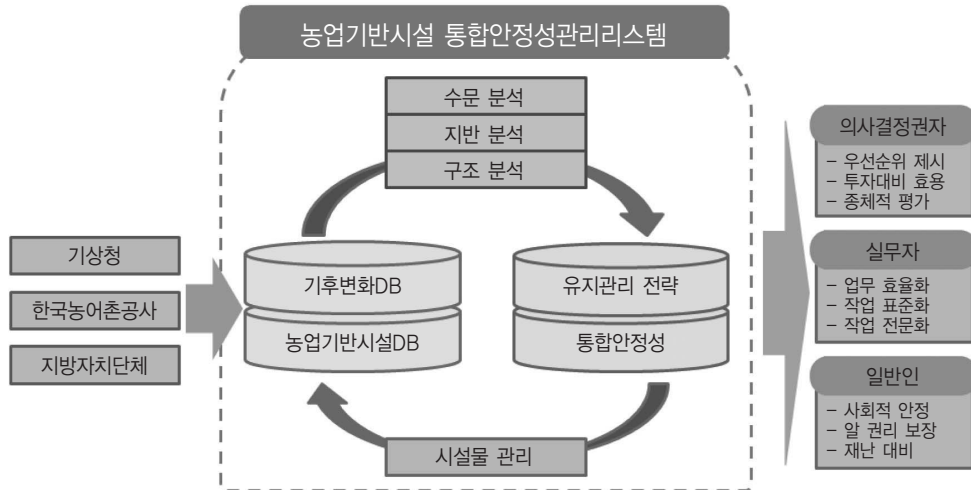


그림 1. 농업생산기반시설 통합안전성관리시스템 모식도

시스템개발 과정은 다음과 같다. 이미 구축된 기반시설 및 하류지역의 DB와 관리시스템과의 연동을 위한 자료관리 모듈 개발을 통해서 농업생산기반시설 관리시스템 DB 모듈 개발한다. 그리고 생애주기비용모델을 통해 구조물의 노후화를 반영한 안전성 분석 및 각 생산기반시설의 안전성을 동일수준으로 유지하기 위한 방안 제시를 통해 기후변화를 고려한 농업생산기반시설의 안전성지수 달성목표를 설정 및 농업생산기반시설 안전성향상 방안을 제시할 수 있는 시스템을 설계한다. 마지막으로 생산기반시설 안전성 및 유지관리비용의 불확실성 고려하고 설정된 목표에 따른 최적 운영방안 및 보수보강방안 분석할 수 있는 기후변화 및 가치평가를 고려한 생애주기비용모델과 최적화기법을 통한 최적유지관리 계획 수립방안을 제시할 수 있는 시스템을 개발한다.

최근 연이어 발생하고 있는 이상기후로 인해 기후변화에 대비한 농업생산기반시설의 안전성 확보에 대한 필요성이 증가하고 있으나 얼마만큼의 안전성을 확보하

여야하는가에 대한 문제는 여전히 정책적인 결정과 사회적인 합의가 필요한 사안이다. 농업생산기반시설의 안전관리를 계획함에 있어서는 시설의 안전성을 객관적으로 나타낼 수 있으며 이를 서로 비교하고 정책결정 관점에 따른 최적관리방안을 제시할 수 있는 시설관리시스템이 필요하다. 관리시스템의 구축에 있어서 반드시 고려되어야 할 사항은 농업생산기반시설의 붕괴가 야기하는 2차피해에 대한 영향까지 정량적으로 계산할 수 있어야 한다는 것이다. 사회적인 관심이 기반시설의 경제적인 설치에서 자원의 활용, 그리고 더 나아가 사회연관효과에 대한 고려로 그 관심대상이 확장함에 따라 기반시설의 안전관리시스템 또한 이에 대응하여 관리범위를 확장할 수 있도록 구축되어야 할 것이다. 이를 통해 궁극적으로 재해로 인한 피해를 최소화함으로써 한정된 재원을 활용하여 효과적으로 방재체제 구축을 할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

1. 한국농어촌공사, 2007, 농업생산기반시설 통계연보, 한국농어촌공사
2. 한국농어촌공사 농어촌연구원, 2006, 농업생산기반 시설물에 대한 설계 VE평가 실무지침 개발(), 한국농어촌공사
3. 김현태, 2005, 필댐의 결함원인과 홍수를 대비한 시설물 안전진단 방향, 한국시설안전공단
4. 농림수산식품부, 2004, 농업생산기반정비사업통계연보, 농림수산식품부
5. 한국농어촌공사, 2004, 홍수재해예방을 위한 저수지의 수리·구조적 안전도 개선연구, 한국농어촌공사
6. 농림수산식품부, 2002, 농업생산기반정비사업통계연보, 농림수산식품부

기획: 손영환 syh86@snu.ac.kr