

관계형 데이터베이스와 지형정보를 이용한 농업구조물의 안전점검 및 이력관리 지원시스템

Supporting System for Safe Appraisal and Management of Agricultural Structures using Relational Database and Geographic Information

김 종 옥* · 김 한 중** · 이 정 재*** · 고 만 기****

Kim, Jong Ok · Kim, Han Joong · Lee, Jeong Jae · Ko, Man Ki

Abstract

Most of the agricultural structures are in shortage of feasible facility management because these structures are small in size and spacially distributed in rural area. Inspection tools based on visual inspections are generally used for agricultural structures in most of the countries, including Korea. It is necessary to survey data of the irrigation structures to maintain records, and to develop the interface program by constructing database of inspection data. This study was conducted to develop a system for safe appraisal and repair works on agricultural irrigation structures. Repair and rehabilitation method can be chosen from an optimum viewpoint if the information between the method and life-cycle management cost of agricultural structures is constructed in the database. In this study, the system assisting onsite field investigation and determining the typical rehabilitation method of typical agricultural structural problems such as fractures and cracks of members was developed.

Keywords : System, Safe appraisal, Management, Relational database, Geographic information, Rating method

I. 서 론

농촌지역의 주요 농업수리시설물은 저수지의 여수토, 방수로, 사통, 복통, 양수장, 수로교, 압거, 잠관 등과 같은 구조물이며, 기존의 농업용수 위주의 용수체계에서 생활용수를 포함한 공업용수와 축산용수를 공급하는 다목적 시설물로 전환되어가고 있다. 현재 이러한 시설물들은 크게 농업기반공사 관리시설과 시/군 또는 국가관리 시설로 구분되어

* 공주대학교 생물산업공학부 교수
** Post Doctoral Researcher in University of Colorado
*** 서울대학교 생물자원공학부 교수
**** 공주대학교 건설환경공학부 교수
* Corresponding author. Tel.: +82-41-330-1095
fax: +82-41-331-1391
E-mail address: jokim@kongju.ac.kr

있다. 이 중에서 농업기반공사 관리시설의 73%가 저수지이고 양수장이 24%, 보와 기타시설이 3%의 비중을 보이고 있다.¹⁰⁾

이외에도 농촌에는 농로교, 옹벽 등의 구조물이 있으며, 이들은 수리구조물들과 함께 시/군 단위로 유지·관리되고 있다. 이와 같은 농업구조물은 막대한 인력과 경비를 들여 시공한 구조물임에도 불구하고 넓게 분포되어 있고 접근성이 떨어지기 때문에 이 시설물들에 대한 효율적인 유지관리를 하기가 힘들며, 1종이나 2종의 대규모 시설물이 아닌 경우에는 현행의 관리규정과 보고체계에서 제외되거나 사후 관리가 미흡한 실정이다.⁸⁾ 현실적으로 일선기관에 의존하여 노후도 조사를 실시하고 있기 때문에 전체 시설물들을 대상으로 투자 우선 순위를 판별하거나 유지관리와 개·보수의 수준을 판단하기가 곤란한 경우가 많았다.³⁾ 따라서 농업수리시설물에 대한 현장조사 및 안전점검은 그 결과로부터 향후 유지관리의 시점과 보수·보강의 방법에 이르기까지 구조물의 물리적 성능과 기능적인 성능의 단계적인 평가에 이용될 수 있도록 하고, 지속적인 조사와 그 결과를 토대로 시설물의 유지관리와 개·보수 방안을 지원하는 체계적 관리 체계가 요구된다. 국내의 다목적 댐이나 하구둑과 같은 대형구조물에 대해서는 1983년부터 1994년까지 유지보수 기준과 지침을 제정하여 운영해오고 있다. 그러나 농업용 저수지의 경우를 보면 70% 정도가 1970년 이전에 완공된 것이기 때문에 대부분 노후되었을 것으로 판단되지만, 농업기반시설의 경우는 1994년 제정된 '농업기반시설관리규정'의 적용을 받기 때문에 중·소규모의 농업용 저수지는 체계적인 관리가 이루어지지 못하고 있다. 최근에 농업수리시설물과 관련하여 농업수리시설물의 노후도 조사와 시설물관리시스템 등을 개발한 바 있다.^{1,4,5)}

시설물의 규모, 관리시설의 정비수준, 시설물의 노후도와 시설물의 공적 기여도 등에 따라서 자료를 조사하고 관리기준을 제시함으로써 시설물 관리 대책을 수립할 수 있도록 하는 시스템으로서, 현재

까지는 자료관리와 시설물의 실태파악을 위하여 GIS, 데이터베이스, Internet 기술의 접목을 시도하고 있다. 따라서 현장의 시설관리자들이 시설물의 현재 상태와 향후 보수·보강에 따른 시설물의 요소 및 시스템의 성능평가를 통하여 노후도와 안전진단을 내릴 수 있도록 시설물관리 데이터베이스를 통합하고, Thoft-Christensen(2001),¹⁶⁾ Miyamoto(1997, 1999),^{9,15)} Kong(2001)⁷⁾ 등이 제시하는 기존 구조물에서의 최적 유지관리 기법으로부터 수명기간 동안 시설물의 보수·보강 공법을 선정할 수 있는 시스템이 필요하다.

본 연구의 목적은 산재한 농업수리시설물에서 수명기간 동안에 발생하는 노후화 현상을 조사하고, 경우에 따라서는 항구적인 대책의 수립이 필요한 시설물들을 평가하여, 향후 농업구조물에 대한 관리지침의 기초자료를 제공할 수 있는 데이터베이스를 구축하고, 노후 시설물들에 대한 평가지표를 통하여 최적의 보수·보강 공법을 제시할 수 있는 농업수리시설물의 유지관리시스템을 개발하는 것이다.

II. 농업용 수리시설물 관리시스템 개발

1. 수리시설물 안전점검의 기준 및 방법

농어촌정비법과 농업기반시설관리규정의 시행요령에 따라 시설의 안전점검일지를 작성하고 법정 보고기간 내에 이 사실을 중앙기관에 보고하도록 되어있는 현행의 농업시설물의 안전관리에 대한 기준은 토목, 건축물에 비해서 재해 발생시에 큰 인명이나 재산에 피해우려가 적기 때문에 다소 완화된 규정을 적용하여 관리하고 있다.³⁾ 따라서 농업생산기반시설의 관리에 필요한 유지관리 기준은 시설물의 물리적 노후도와 시설물 관리자가 판단하는 범위에서 본연의 기능을 유지하고 있는 정도로부터 시설물의 실태를 정확히 파악할 수 있는 자료를 조사하고, 평가하도록 하여야 한다.

Table 1 List of tables and objectives for managing agricultural structures

Table	Objective	Table	Objective
SiteMan	Data of project area	FailStructure	Hierarchy of substructure
StructureMan	Information of structures	DefectName	Defect code of structures
StructureGroup	Code management of group of structures	RepairCode	Code of repair specification and objective
FailStructureGradeWeight	Rate of each failed substructures	DefectRepairCode	Relationship between defect and repair method
StructureCheckResult	Result of investigation, grade and final data	DefectCodeWeight	Total weight of type of defect in the substructures

2. 수리시설물 이력관리 DB 시스템 개발

현황조사 결과를 기초로 농로교, 터널, 수로교, 암거, 잠관, 개거, 낙차공, 취수탑 등에 대한 이력관리 자료를 구축하고, 시설물의 기능을 합리적으로 평가하기 위한 객체지향-관계형 데이터베이스 시스템을 개발하였다. 또한 각종 농업수리시설의 특성분류로부터 관리기준을 정립하기 위한 김^{4,5)}과 장 등¹⁾의 연구결과를 토대로 하여 시설물의 이력관리 테이블을 설계하였다.

가. 시설물 D/B 및 이력 D/B 구축

기존 GIS (RGIS, NGIS)와 데이터베이스의 통합 운영을 위하여 시설물의 속성자료 표현은 기 개발된 데이터베이스 설계내역을 기초로 시설물의 이력관리, 안전진단과 개·보수 결과, 사업비 집행결과 등을 표현할 수 있도록 설계하였다. 시설물의 대장에 해당하는 테이블을 작성하여 이력관리의 기준 테이블을 Table 1과 같이 작성하였다. 구축 대상 구조물은 구조물공사, 경지정리 사업 등에서 조사된 자료를 이용하였다. 시설물의 물리적 성질, 규모 등의 이력관리 자료, 실제 구조물에 대한 조사자료, 구조물 노후화의 원인과 재료 특성 등의 계층관계를 대상으로 하기 위해서 관계형 데이터베이스를 시설물 객체 단위로 사용이 가능하도록 설계하였다.

시설물에 대한 안전진단 결과의 관리 및 보수·

보강 지원 시스템과의 호환 데이터베이스 설계는 기본적인 시설물의 이력관리에 관한 테이블과 안전진단 및 보수·보강업무 등의 흐름도를 바탕으로 작성하였다. 농업구조물이 주로 콘크리트 구조물이므로 콘크리트 구조물의 재료 및 강도 특성을 파악하기 위한 조사항목과 방법을 정리하였으며, 시설물의 이력관리 테이블은 시설물의 안전진단을 위한 현장조사표 작성에 이용되고 보수·보강에 관한 결과를 관리할 수 있도록 하였다.

나. 농업시설물의 관리 지원 호환 시스템

통합환경 하에서 데이터베이스와 시설물 진단 자료의 입출력 관리 및 분석, GIS를 이용한 이력관리, 데이터베이스의 자료관리 등을 지원하는 시스템을 개발하였다. 시설물 관리시스템은 농업기반공사 및 시/군 단위의 시설관리자가 사용 가능한 시스템을 기본 사양으로 정하였다.

일선 시설관리 기관에서 시설물의 이력관리와 시설물 조사보고서 작성을 위하여 객체지향 기법을 이용하여 지구단위의 물 관리 시스템으로 개발되어 적용된 바 있는 지원시스템을 바탕으로 시설물의 이력관리를 동시에 수행할 수 있도록 보완 개발하였다. 기본도는 지형도와 NGIS 중에서 선택하여 사용할 수 있다.

다. 농업시설물의 안전진단 지원 시스템 개발

농업시설물에 대한 기존의 정기점검 및 안전진단 방법과 평가기법을 조사하여, 중·소형 구조물의 안전진단을 간편하게 하기 위한 조사방법과 평가기준(판정 Rule)을 제안하였다.³⁾ 각 시설물의 상태를 부위별로 조사하여 먼저 재료와 노후도 종류별로 구분하고, 평가기준 테이블로부터 부재별 노후도 판정과 전체구조물의 노후도 판정 Rule에 따라서 상태를 판정하고 이 결과를 수치적으로 변환시키도록 하였다. 각 구조물의 상태를 구간으로 평가하여 필요한 대책을 선정하고 그 결과와 향후 필요한 개·보수 방법을 선택하도록 시스템을 개발하였다. 이때 개·보수의 사업시기와 적합한 공법은 구조물의 수명기간 동안 지속적으로 변화되는 부분이므로 Fig. 1에서 보는 바와 같이 시간에 관한 유지보수계획에 따라서 총괄 기대가격이 변동될 수 있기 때문에 적용시기와 공법의 선택과정이 최적화되어야 한다.^{7,14,15,16)} 현재까지는 소규모의 농업시설물에 대한 안전진단 결과와 개·보수 사업비의 상관관계가 조사된 바가 없기 때문에 이 분야에 관한 정보가 지속적으로 보완된다면 최적화가 가능할

것으로 판단된다. 이 결과를 바탕으로 농업생산기반 중에서 시설물의 안전진단과 유지관리를 위해서 필수적으로 시설물의 이력관리를 시행할 수 있으며, 시설물의 상태를 관리자가 합리적으로 판단할 수 있는 의사결정 과정을 지원할 기반 시스템으로 적용이 가능할 것이다.

농로교, 수로교, 터널, 취수탑 등의 농업구조물에 적용가능한 규칙을 작성하기 위하여 교량을 중심으로 한 조사기법을 토대로 조사항목과 조사양식을 재조정하였다. 그러나 농업시설물의 유지관리 면에서는 내구성뿐만 아니라 농업시설물의 본래의 기능을 유지하는지에 관한 조사가 포함되어야 할 것으로 판단된다. 즉 농업구조물의 사용성능(performance of serviceability)에 관한 조사지표의 개발이 요구된다. 본 연구에서는 구조물의 부분별 상태 지표(score)와 구조물 전체의 등급지표(rating score)를 제공할 수 있는 규칙을 제안하였다. 구조물 전체에 대한 등급지표의 결정은 시스템의 신뢰도를 결정하는 각 요소의 성능저하 현상과 관련되어 있으나, 시스템의 구성방법, 파괴 또는 한계상태에 대한 시스템 모델링에 따라서 달라지기 때문에

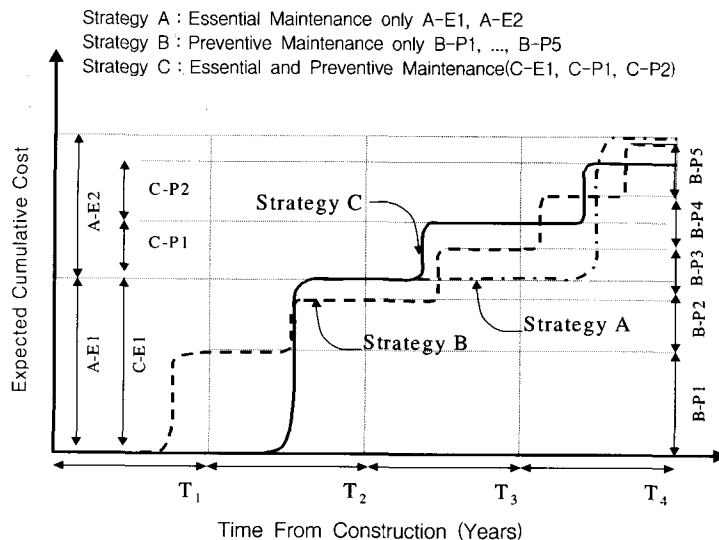


Fig. 1 Comparison of present values of expected cumulative costs¹⁶⁾

점검 단계에서 확정적인 값으로 제시되기는 곤란하다.⁷⁾

현장에서 구조물의 부위별 조사는 구조물의 종류에 따라서 준비된 조사표를 기준으로 외관 노후도를 블록단위로 조사한다. 이는 전체 구조물의 지수가 부분별로 나누어 조사된 부분별 판정지수와 각 요소의 시스템에 기여하는 가중치를 이용하면 결정될 수 있다는 기본 가정을 채택하고 있다. 즉 이 가중치가 부분별 중요도에 따라서 만들어지면 전체 구조물의 노후도는 상향식으로 누적되어 계산된다는 개념이다. 그러나 구조물의 부분별 가중치는 시스템의 신뢰성 해석 과정에서 요소별 민감도와 설계요소의 초기 신뢰지수 등에 결정적 영향을 받기 때문에, 현재까지 알려진 시스템 평가방법으로는 각 부재단위의 실제 노후상태등급과 직접적인 관계식의 정의가 곤란하고, 또한 이들의 관계정립에 대한 연구 또한 미흡한 실정이다.

본 연구에서 예제로 사용한 슬래브 교량, 합성교량의 경우 조사자의 공학적 판단기준에 따라서 결정된 값을 사용하였다.³⁾ 따라서 향후 시스템 신뢰성 해석을 필요로 할만큼 중요도가 높지 않은 소규모 시설물에서 객관적인 지표로써 판정지표를 사용하기 위해서는 각 요소의 신뢰도와 노후화 상태등급이 시스템의 신뢰도에 미치는 영향을 구조물의 종류와 설계형식에 따라서 현장조사 및 분석 결과로부터 관계식을 정의하여야 할 것으로 판단된다. Table 2에서는 농로교의 상부구조 요소의 중요도 지표로부터 각 등급별 지표를 선형 보간 방법으로 가정하여 작성한 등급지표를 제안하였다.

보수·보강 공법의 선정은 농업 구조물을 대상으로 열화 원인 분석과 보강공법의 적용성에 관한 연구를 기초로 하여 시스템의 수명기간 동안 유지관리 비용의 최적화를 기준으로 실시되어야 한다.³⁾ 그러나 이들의 관계에 대한 체계적인 연구와 현장조사 자료가 부족하기 때문에 구조물의 노후화 원인과 이미 알려진 적용 가능한 여러 공법에 대한 자료를 데이터베이스로 구축하여 돕으로써 실제 적

Table 2 Decision table for rating current state of the deteriorated components

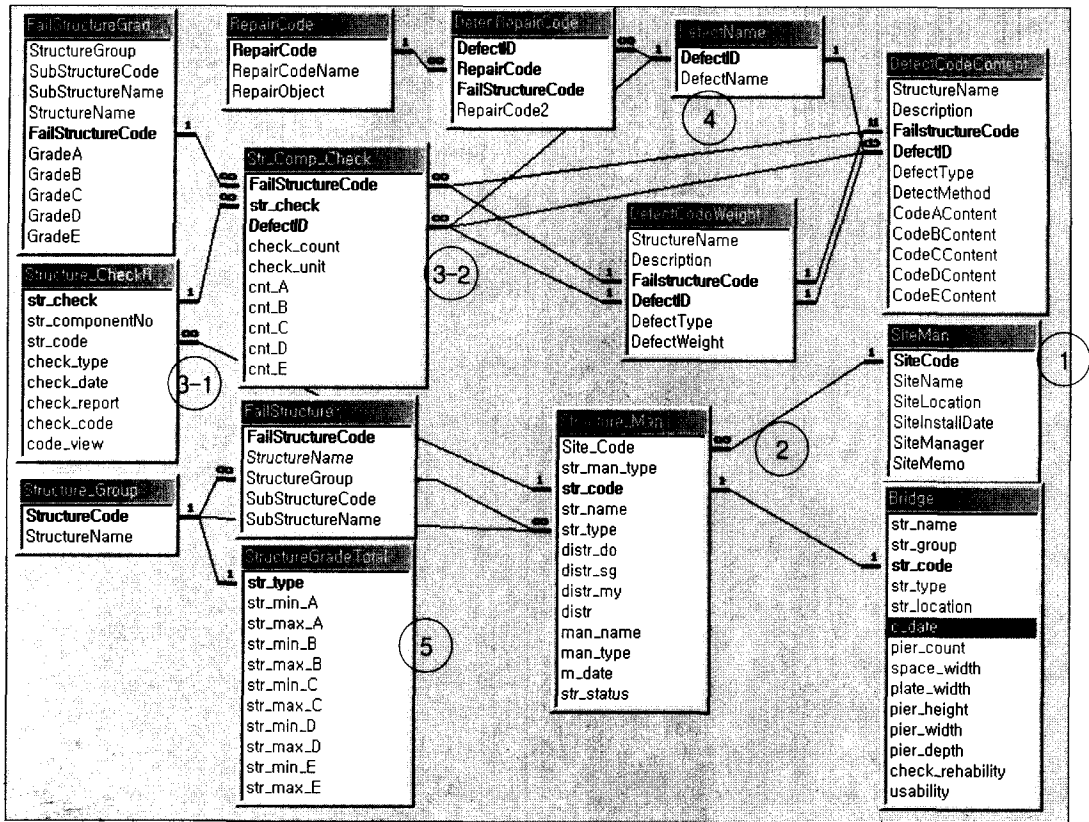
Components	Rate				
	A	B	C	D	E
① pavement of deck	5	4	3	2	1
② drainage facilities	5	4	3	2	1
③ guard rail	5	4	3	2	1
④ under surface of slab	20	16	12	8	4
⑤ concrete girders	60	48	36	24	12
⑥ concrete beam	5	4	3	2	1

용결과에 대한 이력관리 자료를 바탕으로 이에 대한 분석이 가능할 것으로 사료된다.

본 연구에서 제시할 안전진단 및 개·보수 지원 시스템에서 사용할 데이터베이스 구조와 조사결과로부터 등급을 결정하기 위해서는 다음 Fig. 2의 절차를 통해서 결정할 수 있도록 데이터베이스를 설계하였다. 개체-관계는 정의된 절차에 따라서 사전에 정의된 검색 문(query clause)이 수행되면서 의사결정과정 및 등급의 결정을 지원한다. Fig. 3은 재료별 노후화 원인과 그에 대한 적용 가능한 공법 데이터베이스로부터 새롭게 보완된 환경을 출력한 결과이다. 데이터베이스로부터 출력되기 때문에 특정 노후화 부위나 재료문제를 개선한 새로운 공법이 개발된 경우에 선정 시스템에서 그 결과를 즉시 이용할 수 있다.

시설물 관리 시스템에서 입력한 시설물 단위의 안전진단 및 보수·보강공법 선정 데이터베이스의 구축내용의 일부는 Fig. 3과 같이 단독으로 웹서비스 시스템에서 이용될 수 있다. 또한 Fig. 4에서와 같은 운영 시스템을 통해서 데이터베이스는 노후현상 및 원인별로 적용이 가능한 공법을 제시함으로써 진단결과로부터 향후 각 공법의 경비와 새로운 공법이 필요한 경우 등을 포함하여 최적화 된 유지관리 계획의 수립에 필요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 안전진단 기술자가 추후 확인하거나, 증빙 자료로 제출할 보고서 작성을 지원할 수 있도록 하



- step 1) Insert information of project area
- step 2) Insert information of registered structures of project area
- step 3) Start drawing up the inspection data of target structure
 - step 3-1) Grant facility code and propose objective of inspection
 - step 3-2) Insert result of inspection that is referred to registry and defection code of structures
- step 4) Retrieve the result of inspection and start decision making process
- step 5) Define the inspection rating from the result of decision making process
- step 6) Search optimum repair and rehabilitation methods

Fig. 2 E-R diagram of database for the decision support system for rating of the deteriorated structures

였다. 자료관리의 기본환경은 시설물이 지구 단위로 관리될 때 객체 단위로 이루어지므로 시설물관리에서 구조물을 등록하고, 조사자료의 입력 화면 폼과 구조물의 성능평가를 지원하며, 향후 지구 전체의 수자원 시스템에 대한 사용성의 평가 등을 동시에 지원할 수 있는 시스템으로 사용될 수 있을 것이다.

III. 적용 및 고찰

시범지구의 노후화 된 수리시설물에 대한 현장조사를 실시하고 그 결과를 바탕으로 시설물의 노후도를 진단평가 하였다. 충청남도 예산군 방산지구 농업용수 개발사업 지구내의 농로교, 용수가통(수

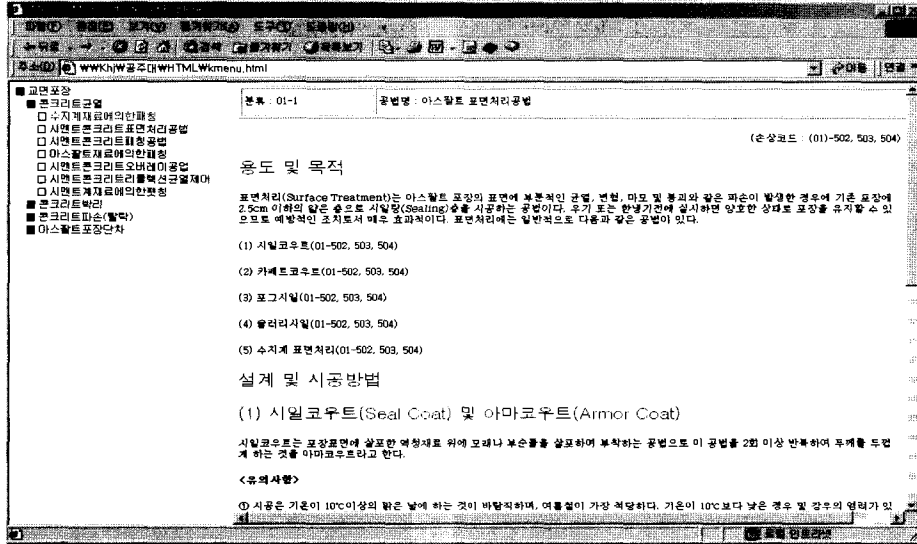


Fig. 3 Database of specification of the repair/rehabilitation method for the deteriorated structures

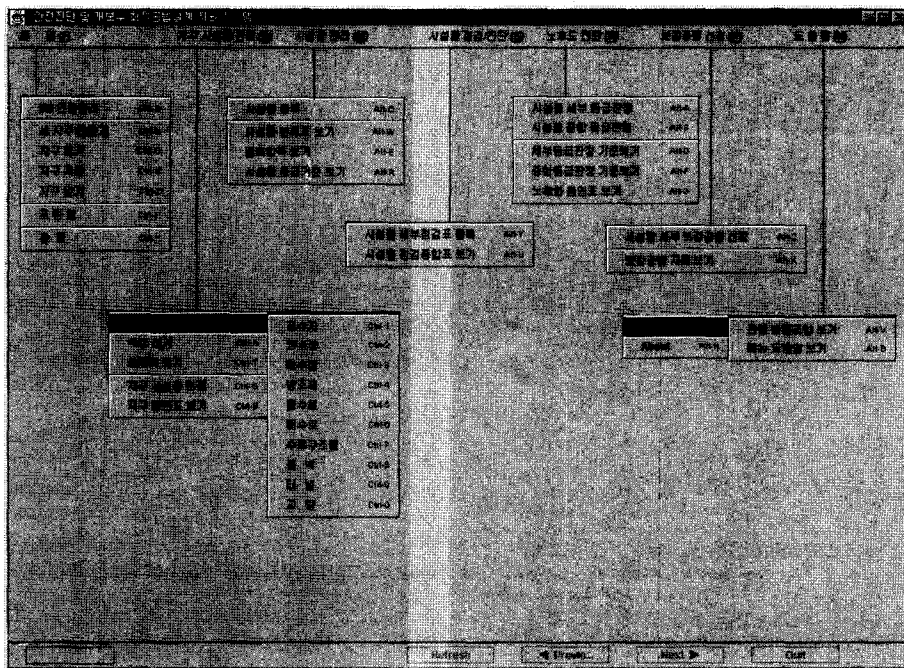


Fig. 4 System menu of decision support system for rating of the deteriorated structures and the repair/rehabilitation

로교), 방산 저수지 내의 여수토에 대하여 외관 조사 결과 중에서 농로교에 대한 자료중 일부를 Fig. 5와 Table 3에 제시하였다.

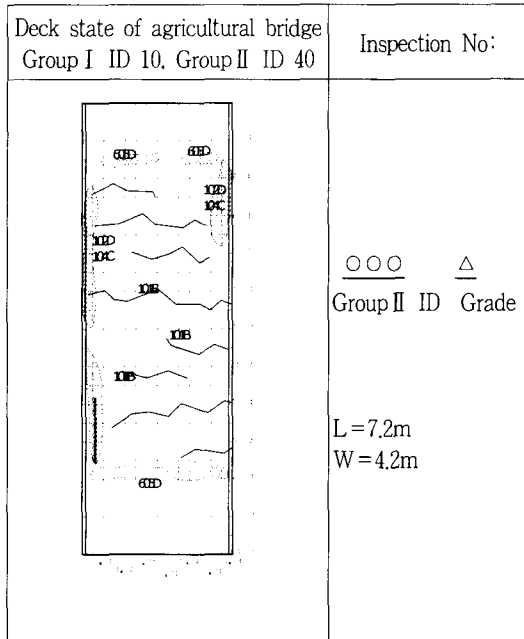


Fig. 5 Inspection data sheet for deck of agricultural bridge

조사결과는 현재 상태가 진단항목별로 평가된 후 부분별 평가는 A등급이 97%, B, C, D 등급이 각각 1%가 나왔다. 이 결과는 Table 2에서 제시한 전체 구조물에서 부분별 가중치를 기준으로 평가되었다.

상부구조 전반에 관한 데이터베이스 분석 결과는 Table 4와 같다. 상부구조의 등급지표는 B등급에 해당하였다. Fig. 2와 같은 절차에 따라서 작성된 규칙을 적용하여 시설물 전체의 등급을 출력한 결과는 Fig. 6에 제시하였다. 현재 개발된 시스템에서는 상부구조, 하부구조, 기초 등의 각 부분별 등급지표에 대한 가중치로서 구조물의 설계관점에서 설계자가 제안한 값을 이용하여 작성하였다. 따라서 구조요소 및 각 구조요소가 시스템의 신뢰도에 미치는 가중치에 대한 구조시스템 신뢰성 해석 결과를 통합한다면 수명기간 동안의 상태등급을 이용하여 안전한 구조물의 유지관리가 가능할 것으로 판단된다. 또한 Thoft-Christensen(2001),¹⁶⁾ Kong(2001)⁷⁾ 등이 제안한 바와 같이 수명기간 동안 경제적인 유지관리 일정을 시설물 단위로 또는 대상지구의 전체 시설물을 대상으로 사전에 수립할 수도 있게 될 것이다.

Table 3 Example of the result of components rating in the database and an inspection data of defected deck

Grade (Score)	Crack (AP-502)			Unevenness (AP-501)			Sinking (AP-504)S			Σ (Score×Qty)	Ratio (%)		
	Description	Quantity	Grade (Score)	Description	Quantity	Grade (Score)	Description	Quantity					
a(25)	Non, Infinitesimal	134/144	93%	a(25)	Non	136/144	94%	a(50)	Non	138/144	96%	94.75**	97
b(15)	One way Crack < 20%	6/(8×18)	4%	a(25)	Non	0	0	a(50)	Non	0	0	0.6	1
c(10)	20%~30%	4/(8×18)	3%	b(20)	Infinitesimal	8/(8×18)	6%	b(40)	Partly sinking	0	0	1.5	1
d(5)	Two way crack > 30%	0	0	c(15)	Drop in running performance	0	0	c(30)	Sinking > 30mm	6/144	4%	1.2	1
d(5)	Two way crack > 30%	0	0	d(10)	Deep impact in running performance	0	0	d(20)	Overall sinking and fragment	0	0	0	0
-Total grade is A			** 25×0.93+25×0.94+50×0.96			Total			Σ 98.05	100			

Table 4 Table for rating state of the super structure of the agricultural bridge

Components	Weighted score	Score	Rating
① pavement of deck	5	5	A
② drainage facilities	5	4	B
③ guard rail	5	4	B
④ under surface of slab	20	12	C
⑤ concrete girders	60	60	A
⑥ concrete beam	5	4	B
Sum	100	89	B급

□ Criteria to rate the super structure of bridge B

- A : 100 ~ 90
- B : 90 ~ 70
- C : 70 ~ 50
- D : 50 ~ 35
- E : 35 ~ 0

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 현행의 농업시설물에 대한 안전관리에 대한 기준을 검토하고 현장의 시설관리자들이 노후도를 평가하여 안전진단을 내릴 수 있도록 시설물관리 통합 데이터베이스 시스템을 개발하였고

이를 시설물 관리 대상지구의 수리시설물에 대한 노후도 평가에 적용한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 현재까지 농업시설물관리에 사용되어온 안전관리 시행요령을 보완할 수 있는 데이터베이스 시스템을 개발하였다.

2. 농업시설물의 보수·보강 사업계획서 작성과정에서 적절한 공법의 선정을 위한 데이터베이스를 재료별, 구조부위별 계층관계를 통하여 구축하였으며 단위 공법별 비용과 가능한 적용단위에 대한 충분한 품셈자료 입력을 통하여 개·보수 사업비를 산출할 수 있는 지원시스템으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 농업구조물의 노후화 특성과 부위별로 새로운 보강공법이 개발될 경우에도 공법 선정을 Internet으로 지원하며, 수명기간 동안 사후에도 지속적으로 시설물을 관리해야하는 통합시스템에서 시설물의 평가, 개·보수 공법선정 및 시설물관리 시스템으로 적용이 가능할 것으로 판단되었다.

향후 농업시설물에 대한 용수의 공급능력과 재해방지능력 등의 기능을 평가하고, 노후 시설물들에 대한 평가지표를 보완하면 보수·보강 공법에 대한

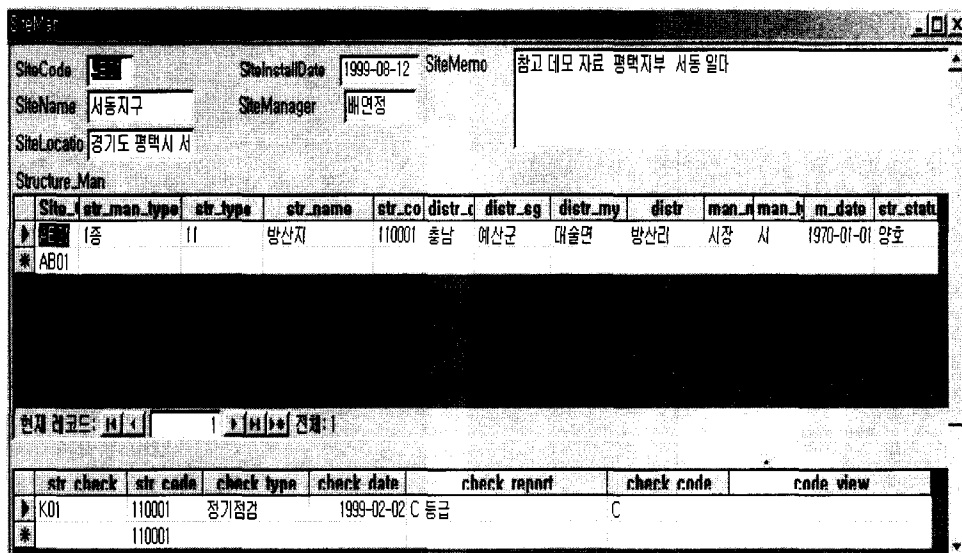


Fig. 6 Example result of the rating procedure of the agricultural bridge

지원과 농업수리구조물의 전반적인 성능진단 및 관리에 대한 지원 시스템으로 적용이 가능할 것으로 사료된다.

이 논문은 농림기술개발사업 연구비 지원에 따라 수행된 "농업구조물의 최적설계안 선정, 안전진단 및 개보수를 위한 시스템 개발" 연구 결과의 일부임.

References

1. Chang, P.W., C.S. Song, Y.K. Park, C.W. Woo and J.Y. Won, 1997, Studies on structural degradation of agricultural reservoirs in Kyunggi province, *KSAE*, Vol.39, No.4 : 90-97. (in Korean)
2. Kim, D.K., J.H. Lee and S.W. Kim, 1997, Research of the repair and reinforcing material for the RC structures, *Research Report* 97-079, Korea Institute of Construction Technology. (in Korean)
3. Kim, J.O., 2000, Development of system for optimum design, safety appraisal and repair works on agricultural structures, *Research Report*, Seoul. Ministry of Agriculture and Forestry. (in Korean)
4. Kim, S.J., K.Y. Lee and J.H. Park, 1997, A study on the characteristics of irrigation facilities, *KSAE*, Vol.39, No.6 : 41-53. (in Korean)
5. Kim, S.J., C.K. Yoon, S.Y. Park and K.Y. Lee, 1997, Development of the optimal management system for irrigation structures, *KSAE*, Vol.39 No.2 : 86-94. (in Korean)
6. Ko, H.S., J.K. Choi, J.M. Lee, S.C. Park and D.S. Oh, 1998, The design and prototype presentation of Web-based geographic information system for irrigation facilities, 1998, *KSAE*, Vol.40, No.3 : 54-62. (in Korean)
7. Kong, J.S., 2001, Lifetime maintenance strategies for deteriorating structures. *Ph. D. diss*, Colorado, University of Colorado.
8. Korea Agricultural Infrastructure Corporation, 1995, Precision safety analysis report for the sea dike of Youngsan river (in Korean).
9. Kushida, M., A. Miyamoto, and K. Kinoshita, 1997, Development of concrete bridge rating prototype expert system with machine learning, *Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE*, Vol.11, No.4 : 238-247.
10. Ministry of Agriculture and Forestry, 2000, Yearbook of agricultural land and water development statistics, Seoul, Korea. (in Korean)
11. Ministry of Construction and Transportation, 1996, Safety inspection and precision diagnosis in bridge : Detail Guide, Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation in Korean. (in Korean)
12. Ministry of Construction and Transportation, 1995, Handbook of bridge repair and rehabilitation methods (in Korean).
13. Ministry of Construction and Transportation, 1988, Bridge maintenance practical manual for the official in charge (in Korean).
14. Miyamoto, A., K. Kawamura and H. Nakamura, 2000, Optimization of maintenance management for existing concrete bridges, ILCDE.
15. Miyamoto, A., K. Kawamura, and H. Nakamura, 1999, The development of a bridge management system for existing bridges, *Artificial Intelligence Applications in Civil and Structural Engineering*, CIVIL-COMP PRESS, 7-21, Edinburgh.
16. Palle Thoft-Christensen, 2001, Advanced bridge management system, International Conference of Bridge Management System Software, Japan.