

댐 시설물의 NFC 기반 이력관리시스템 프로토타입 개발

안지원* · 박진홍** · 장원석***

An, Ji-Won*, Park, Jin-Hong**, Jang, Won-Suk***

Development of Maintenance Prototype for Dam Facilities Using NFC Technology

ABSTRACT

Construction industry becomes large and complicated as that occurred in the construction processes and operations, and the growing social demand for more systematic and efficient methods of integrated management increases. Current facility maintenance system has been regarded as large labor-intensive and fairly stagnant, and faced on several issues including inefficiency in cost and time to collect and utilize various field information. Thus, this paper presents a maintenance prototype utilizing NFC technology and smart devices to efficiently collect and manage the field information in the course of the construction processes. By choosing dam facilities as a case study, construction data for dam inspection and maintenance were classified according to dam maintenance guideline, and database structure was constructed to incorporate with the NFC tags and smart device interface. The system prototype presented in this paper would improve the quality of the dam facilities maintenance system and provide business convenience and usability by contributing increased efficiency of field information management and sharing

Key words : NFC tag, Dam maintenance, Database, Smart device

초 록

국내 건설 산업이 대형화 및 복잡화됨에 따라 건설프로세스에서 발생하는 각종 공사 관리정보를 보다 체계적이고 효율적인 방법과 통합적으로 관리하는 것에 대한 사회적 요구가 증대되고 있다. 하지만 현재 국내의 시설물 유지관리 체계는 시스템 개발과 적용보다는 유지관리 노동에 대한 투자가 큰 노동집약체로서 시스템 발전이 상당히 정체되어 있고, 건설 프로세스 과정에서 생성되는 정보의 수집 및 활용에 상당한 시간 및 비용이 비효율적으로 소모되는 등 여러 가지 문제점에 직면해 있다. 따라서 본 연구는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 새로운 IT기술인 NFC(Near Field Communication)와 데이터베이스 시스템 그리고 스마트 기기를 연동하여 건설 프로세스 과정에서 생성되는 각종 건설정보의 데이터베이스를 구축하고, 체계적이고 효율적인 유지관리체계를 통해 건설공정 및 유지관리 품질을 향상할 수 있는 댐 시설물을 대상으로 한 스마트 통합유지관리시스템을 개발함으로써 업무 편의성과 사용성을 향상하고, 건설 유지관리업무의 효율성 증진에 이바지하고자 한다.

검색어 : NFC 코드, 댐 유지관리, 데이터베이스, 스마트 기기

* 영남대학교 건설시스템공학과 석사과정 (anjiii@ynu.ac.kr)

** 영남대학교 건설시스템공학과 석사 (happayday138@naver.com)

*** 정희원 · 교신저자 · 영남대학교 건설시스템공학과 조교수 (Corresponding Author · Yeungnam University · wsjang@ynu.ac.kr)

Received March 4, 2013/ revised May 2, 2013/ accepted August 26, 2013

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

오늘날 건설 산업은 대형화, 복잡화, 전문화됨에 따라 수많은 건설 정보들을 통합 관리 할 수 있는 정보화 시스템의 필요성이 대두하고 있다. 하지만 국내 시설물의 정보관리 및 유지관리 체계는 노동집약 체계로서 시스템 발전이 상당히 정체되어 있으며 건설프로세스 과정에서 데이터 수집 및 활용에 많은 시간과 비용이 소모되는 등 여러 문제점이 존재하고 있다 (Kim and Ahn, 2009). 특히, 주요 SOC 시설물의 노후화에 따라 시설물 유지관리의 중요성이 더욱 부각되고 있으나, 과거 유지관리 이력자료의 미비 탓에 노후화정도, 필요보수를 산정, 관련 예산수립 등에서 많은 어려움을 겪고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 새로운 IT기술인 NFC 태그, 데이터베이스 시스템 그리고 스마트기기를 활용하여 건설프로세스 과정에서 생성되는 모든 정보에 대한 데이터베이스를 구축하고 이를 통한 종합적인 유지관리 정보를 통하여 건설공정 및 유지관리 품질을 향상할 수 있는 댐 시설물을 대상으로 한 “NFC 기반 스마트 유지관리 시스템”을 개발하고자 한다.

1.2 선행연구동향

국내 건설 산업은 점차 노동집약적 프로세스에서 고부가가치와 생산성 효율증대를 위한 다각적인 노력이 기울여지고 있다. 특히 댐 시설물과 같은 주요 사회기반시설물의 유지관리체계에 관한 문제점을 개선하는 연구가 다수 수행되었다. Kim et al. (2004)은 우리나라의 다목적댐 및 주요 용수 전용 댐들을 건설, 관리 및 운영하고 있는 수자원공사의 댐 시설물 안전관리 현황 및 유지관리 체계를 제시하였고, Kim and Ahn (2009)은 시설물의 안전 및 유지관리의 체계, 제도적 문제, 예산 등에 대한 현재 국내의 실태와 문제점에 대한 분석과 개선방안을 제시하였으며, Kim (2003)은 시설물 안전관리의 객관적인 평가기준 정립과 평가개념의 구체화를 통해 평가결과 정량화 방안의 필요성을 요구 및 신뢰성 있는 유지관리 기법을 제안하였으며, Nam and Son (2011)은 댐 계측 현장, 유지관리 시스템, 최근 댐 계측 기술동향에 대하여 제시하였다.

Lee (2005)은 위치기반 모바일 시스템을 구축하여 수작업 방식의 현장 업무 방식을 전산화 환경 및 전산화 유지관리를 연구하였으며, Park and Han (2010)은 데이터베이스 시스템을 이용하여 시설물 관리주체, 진단업체, 유지관리업체들의 상호 간에 유기적인 정보교환 시스템을 제안하였으며 Lee (2011)은 스마트폰과 NFC 기술 기반의 세렌디피티 시스템을 구축하여 NFC를 터치하면 사용자가 흥미를 느낄만한 정보, 컨텐츠, 서비스를 제공하는 시스템을 연구하였다. Jang and Moon (2012)은 NFC 탑재 디바이스를

가진 사용자는 헬스장을 이용할 때 출석 확인, 운동법 제시 및 식단일지와 운동일지를 기록하여 이를 트레이너와 공유함으로써 더욱 체계적인 운동을 도와주는 어플리케이션을 개발하였고 Kim and Moon (2012)은 NFC 기술을 대형 마트 도메인에 적용하여 마트를 방문하는 고객이 장보기 전에 구매할 상품을 장바구니에 미리 등록할 수 있으며 예산금액을 설정하는 어플리케이션을 개발 하였다. 이러한 서비스 측면에서의 다양한 NFC 적용사례가 보고되고 있으나, NFC기술을 이용하여 건설사공 및 관리에 적용된 사례는 매우 미흡한 실정이다.

1.3 연구의 범위 및 방법

본 연구는 스마트 유지관리 시스템구축을 위하여 새로운 IT기술인 NFC와 웹페이지 구성을 위한 프로그래밍 언어인 PHP (Personal Hypertext Preprocessor), 데이터베이스 관리 시스템인 MYSQL 그리고 스마트폰과 스마트패드와 같은 스마트기기를 활용하였다. 그리고 해당 시설물은 현재 정기적인 유지관리가 이루어지고 있는 사회기반시설 중 규모가 크고 장기간 유지관리 업무가 요구되는 댐 시설물로 한정하였다.

댐 시설물의 효율적인 유지관리를 위한 통합 시스템 개발을 위해, NFC 기반의 새로운 IT 기술을 활용하여 점검자의 업무 편의성과 사용성을 향상하고, 건설 유지관리업무의 효율성 증진을 목적으로 총 5단계의 연구방법을 제시한다.

첫째, 댐 시설물 유지관리 항목의 표준화 작업을 수행한다. 둘째, 유지관리 항목에 대한 ID 부여 및 코드화 작업을 수행한다. 셋째, 시설물 정보 및 유지관리정보에 대한 데이터베이스 시스템을 구축한다. 넷째, 웹페이지 기반의 스마트 유지관리 시스템에 적용 가능한 미들웨어를 구축한다. 다섯째, 댐 시설물의 정보수집 및 유지관리를 위한 통합 유지관리 시스템 개발의 방법론을 제시한다.

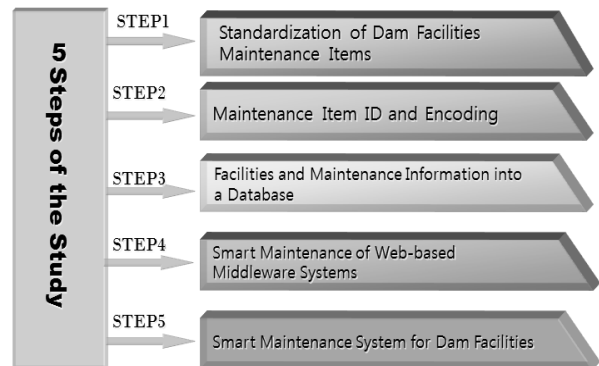


Fig. 1. Step 5 Research Methods

2. 댐 시설물의 유지관리 절차 및 문제점

2.1 현행 시설물 유지관리의 정의 및 대상 시설물

시설물 유지관리는 시설물 이용자의 편의와 안전을 확보하고 유지 관리되는 시설물의 상태조사, 기능보존 및 사후조치라 정의할 수 있다. 더불어 사전위험요인을 제거하기 위해서는 수시점검, 일상점검 및 정기점검 등을 실시하여 사후조치를 시행해야 하며 건설물 외관의 노후화로 비롯되는 불안정 요소 제거 및 안전 확보를 목적으로 한다.

Table 1과 같이 댐은 경제적 파급효과 및 자연재해에 대한 요인이 크게 작용하는 SOC 구조물 중 하나이다. 이에 댐은 경제적이며 구조적 안정성을 갖춘 유지관리 시스템을 요구한다.

2.2 현행 시설물 유지관리 방식의 절차

시설물의 유지관리는 완공된 시설물의 사용가치를 향상하기 위해 시설물을 가장 최적의 비용으로 보존하고자 하는 일련의 활동으로 결함의 예측, 점검, 평가 및 판정, 대책, 기록 등을 실시하게

Table 1. Maintenance Facilities (FMA, 2012)

Category	Maintenance Facilities
Road	Bridge, Tunnel, Subway, Covered open Structures, Overhead Road, Road Facilities, ect.
Railway	Route Structure (Track, Bridge, Embankment, Overhead Road, ect), Station and Station Square, Car Shed, Tunnel, Subway, ect.
Harbor	Suburb Facilities(Breakwater, Coastal Levee, Groyne, Jetty, Lock Gate, Revetment, ect), Harbour Facilities(Ocean Lane, Mooring basin, ect), Berthing Facilities(Quay Wall, Pier, Dolphin, etc), Land Facilities(Unloading Facilities, Storage Facilities, Harbor Railway, Harbor Road, ect)
Dam	Dam Foundation, Dam Body, Water Intake, Spillway, Feed Canal, Effluent Facilities, Gate, ect.
Building	Underground Mall, Apartment House, Airport Office, Terminal, Hospital, Accommodation, Viewing & Meeting Facilities, ect.
River	Gate, Dyke, Revetment, Erosion Protection Facilities, Beam, Water Way Tunnel, Estuary Dike, Floodgate.
Sewage Waste Disposal Facilities	Water Source Facilities, Water Intake Facilities, Sewage Treatment Plant, Water-cleaning Facilities, Drainage and Water Supply Facilities, Sewer Facilities, Sewage Treatment Facilities, Waste Storage Structure, cut-off wall Facilities, Storm drainage Facilities, Leachate Treatment Facilities, ect.
Retaining Wall, Cut Slope	Road, Railway, Harbor, Dam or Building's Additional Facilities as Retaining Walls and Cut Slopes.

된다. 또한, 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단은 현장조사 및 각종 시험을 통해 시설물의 기능적·물리적 결함과 위험요인을 발견하고 이에 대한 신속한 조치를 함으로써 안전을 확보하는데 목적이 있다.

일반적으로 시설물 유지관리는 정량적으로 기준화된 것이 아니므로 경험적 판단이 중요시되는 경우가 많다. 적절하고 객관적인 평가가 이루어지기 위해서는 시설물별 점검기준 및 평가판정기준을 마련하여 각 기준에 따라 유지관리를 시행하는 것이 바람직하다.

유지관리를 적절히 수행하기 위해서는 Fig. 2와 같은 절차에 따른다.

2.3 현행 댐 시설물 유지관리의 문제점

현행 댐 시설물 유지관리 체계는 시스템 연구와 개발보다는 유지관리 시 필요한 노동력에 대한 투자가 큰 노동집약적인 형태를 띠며, 유지관리체계의 고도화, 자동화 시스템 발전이 상당히 정체되어 있다. 또한, 유지관리 업무과정에서 생성되는 여러 정보의 수집 및 활용에서 상당한 시간 및 비용이 비효율적으로 소모되는 문제점에 직면해 있다.

시설물 유지관리 업무 수행 시 얻어지는 보수 보강 자료나 기타

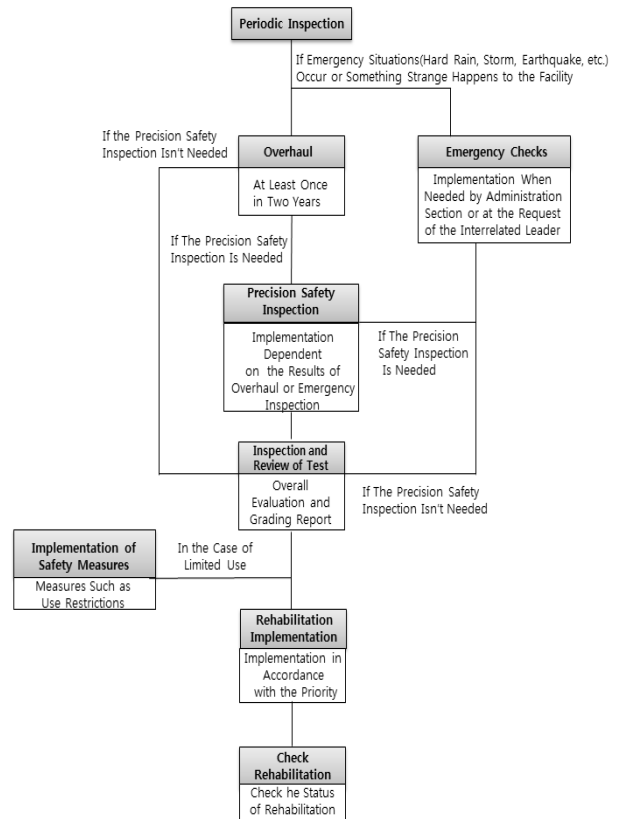


Fig. 2. Facilities Maintenance Process (Shin, 2011)

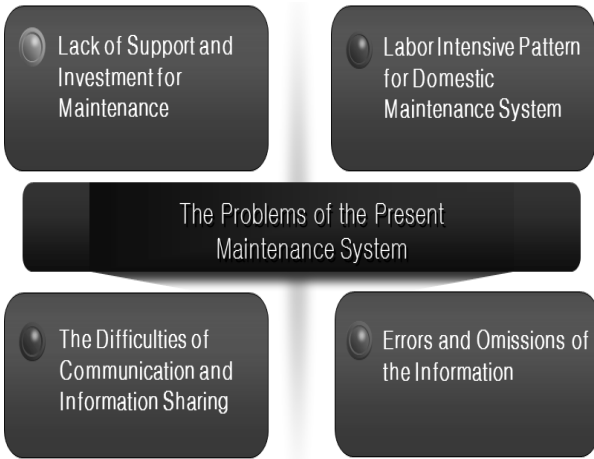


Fig. 3. Current Maintenance Problems

이력들을 관리하는 것이 현재 운영 중인 유지관리 시스템의 핵심 사안이라 할 수 있고, 기존의 유지관리 시스템은 단순히 정보 보관 이상의 의미를 있지는 않고 있으며 유지관리 수행 시 얻어지는 정보 및 이력을 체계적으로 관리하고 있지 못하여 정보의 중복, 보안의 취약성이 대두하고 있다. 또한, 기존 시스템에서는 다양한 댐 시설물 정보를 기반으로 데이터베이스가 제공되지만, 현장조사 시 참고자료로 활용되는 기본 정보를 시설물과 일일이 대조하여 점검해야하기 때문에 현행 유지관리 시스템은 점검자가 업무를 수행에서 비효율적인 문제가 발생한다.

기존 유지관리 업무는 점검자가 도면 및 관련 서류를 직접 소지하고 업무를 수행하므로 노동력 및 업무의 편의성이 저하되는 문제점이 존재하며, 정보의 진산화가 제대로 이루어지지 않아 관리자가 여러 건설 정보를 일괄적으로 관리에 어려움이 있고 신속한 사후조치 및 대응이 어렵다. 또한, 건설정보를 문서 위주로 작성·전달하는 방식을 사용함으로써 정보의 축적 및 관리가 체계적으로 이루어지지 않아 인력과 비용의 손실, 정보의 오류 및 누락 그리고 중복업무와 같은 문제가 발생한다.

이와 같은 요인들은 유지관리 업무에 참여하는 각 주체에게 정보의 공유 및 전달이 효율적으로 이루어지지 못하는 문제를 일으키며 설계변경 때문에 불필요한 시간의 증가, 의사소통 부재로 인한 갈등 발생, 건설 정보 부족으로 인한 부실시공 문제로 이어질 수 있다.

현행 댐 시설물 유지관리 체계에서 발생하는 다양한 문제를 개선하고 유지보수업무의 편의성 및 경제성을 확보하여 유지관리 업무의 효율성을 증진하기 위해서는 건설정보를 통합적으로 관리할 수 있고, 유지관리 비용과 노동력을 최소화할 수 있는 진산화된 유지관리 시스템의 적용이 필요하다.

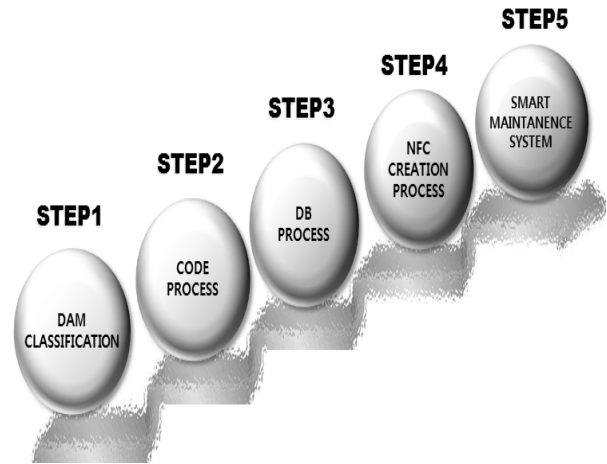


Fig. 4. System Design Process

3. NFC 코드 기반 스마트 유지관리 시스템

현재의 시설물 관리에서 전반적으로 쓰이고 있는 유지관리 시스템은 정보의 수집과 활용에서 상당한 노동력, 비용 및 시간이 소모된다. 더불어 국내외의 경제시장의 불안과 건설업의 축소는 기존의 유지관리 시스템보다 더 효율적이며 경제적인 시스템을 요구하고 있다. 이에 본 연구는 스마트 기기의 NFC 인식 기능 및 WEB 서버를 활용하여 시설물의 유지관리를 보다 효율적으로 수행하는 것에 목적을 가진다.

Fig. 4는 댐 시설물의 NFC기반 스마트 유지관리 시스템의 개발 단계를 나타낸 것으로 모두 5단계로 구성되어 있다. 1단계에서는 체계적인 댐 정보의 정형화로 각 구간을 분류하는 것이며 2단계에서는 앞 단계에서의 분류된 각 댐의 요소에 적합한 ID를 부여하여 항목별 작업을 수행한다. 3단계에서는 각 정보의 실시간 검색, 입력, 출력력을 효율적으로 하려는 데이터베이스 시스템을 구축하며 4단계에서는 웹 기반 유지관리 코드 생성 시스템 구축과 NFC 태그 생성 작업을 수행한다. 5단계에서는 NFC 기반 스마트 유지관리 시스템을 개발한다.

3.1 NFC 기술 개요

NFC는 RFID (Radio Frequency Identification)의 한 종류로서 비접촉식 근거리 무선 통신기기의 표준 기술을 의미한다. NFC는 13.56MHz의 주파수 대역을 사용하고 있으며, 초당 42Kb의 전송 속도로 약 10cm 정도의 가까운 거리에서 단말기 간 데이터를 주고받을 수 있다. NFC 칩셋이 장착된 스마트 기기의 경우 RFID의 읽기와 쓰기 작업을 모두 수행할 수 있으며, 기기 간 접촉을 통해 정보 커뮤니케이션이 가능한 양방향 통신을 지원한다. 최근 RFID 및 정보통신기술의 발달로 전자결제, 실생활 관련 정보



Fig. 5. General Application Area of NFC Technology

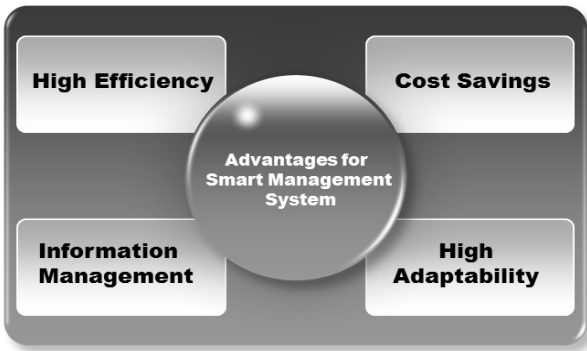


Fig. 6. Advantages of Smart Management System

전송, 출입통제 잠금장치 등 다양한 분야에 활용되고 있으며, 콘텐츠에 따라 NFC의 활용 범위가 크게 확대될 것이라 전망된다.

3.2 NFC 기반 스마트 유지관리 시스템의 장점

본 연구에서 주로 활용된 NFC, PHP, 스마트 기기 융복합 시스템의 장점과 기능을 기술하면 다음과 같다. 첫 번째는 언제 어디서든 스마트폰 및 스마트 패드를 사용하여 새로운 IT 기술인 NFC를 인식하여 다양한 건설정보의 조회 및 활용 가능하다. 두 번째는 PHP 웹 프로그래밍을 통해 다양한 공사이력정보 및 유지관리 정보 등의 정보 저장 및 수집이 가능하며, 세 번째는 건설유지관리에 있어 불필요한 노동력, 비용, 작업수행시간과 정보의 오류 및 누락문제 등을 상당 부분 해결 가능하다. 마지막으로 향후 발전 가능성이 큰 미래의 스마트 기기 기술을 통해 NFC와 PHP와의 융복합 시스템 구축이 가능하다.

Table 2. Sample of Inspection ID Code (KISTEC, 2011)

Item	Code	Check part	Code	Details	Code	
Dam Body	DB	Dam Internal	DI	Operating Status of Buried Instruments	BO	
				Leaks and Abnormal Conditions	LA	
				Management Status of Buried Instruments	BM	
		Dam Flooring	DF	Displacement Status	DS	
				Soil Erosion	SE	
				Railings Strain	RS	
					Surface Cracks	SC
					Subsidence	SB
					Aging	AG

Table 3. Example of Code Assignment

	Area Code	Dam No.	Items	Check List
Code Name	Gyeongbuk	01	Dam Body	Dam Internal
Code	054	01	DB	DI

3.3 댐의 분류 및 ID 분류체계

현행 댐 시설물 분류 기준을 참고하여 댐 종류와 점검 부위에 대한 유지관리사항을 항목별로 분류하고 정보의 통일성과 보안성 확보를 위해서 코드와 작업을 시행하였다.

Table 2는 댐 시설물 내에 조사항목, 점검부위, 세부항목에 ID를 부여한 표로서 다양한 댐 시설물 중 댐 본체 일부만 나타낸 것이다. 댐 시설물 분류 기준에 따라 분류된 점검부위를 대상으로 ID가 부여되며, 각각의 ID는 점검 부위의 영문 명칭을 참고하여 알파벳 이니셜을 임의로 부여하는 방법을 사용 하였다. ID부여 작업을 수행한 후, 조사항목과 점검부위 정보에 추가로 위치정보와 댐 정보를 조합하여 코드가 완성되며, 이를 NFC 태그에 삽입하게 된다. 정보가 삽입된 NFC 태그는 각 점검부위에 부착이 되며, 세부사항 및 항목별로 지정된 ID는 유지관리 데이터베이스를 구축 하는데 활용된다. 이렇게 댐의 각 부위를 세분된 구간으로 나누어 ID를 부여함으로써 댐 유지 관리 작업을 수행함에 보다 체계적인 유지관리 정보의 분류가 가능하다.

Table 3은 댐 시설물과 관련된 각 종 정보들을 기반으로 코드화 작업을 수행한 표이다. “054-01-DD”라는 완성된 코드를 통해 코드화 구성을 살펴보면, “054”는 지역번호로서 대상 댐의 위치가 경상북도 내에 위치한다고 가정하고 경상북도의 지역번호인 054를 사용하였다. “01”은 댐 고유 번호로서 경상북도 지역 안에 위치한

댐의 개수에 따라 각각 다른 일련의 번호가 부여된다. 본 연구에서는 임의로 댐의 번호를 01로 설정하였다. 마지막으로 “DD”는 DB, DI의 이니셜을 조합한 것으로 DB (Dam Body)는 조사항목 중 댐 본체, DI (Dam Interior)은 점검부위 중 댐체 내부를 의미한다. 추가로 댐 번호 “01”의 하위단계에는 필댐(FD), 사력댐(RFD), 중앙차수벽형(CIW), 공사연도 등의 정보가 포함되어 해당 지역의 댐 번호 검색 시 댐의 종류 및 설계방법, 공사연도 등의 공사정보를 확인하는 것이 가능하다. 단, 하위단계 정보는 코드조합 단계에서는 포함되지 않고, 데이터베이스 작업에 활용된다.

3.4 스마트 유지관리 시스템 데이터베이스 구축

해당 댐 시설물에 관한 유지관리 및 유지보수 등의 건설정보 수집은 스마트 유지관리 시스템 적용에 있어 매우 중요한 요소이며, 건설 정보의 수집은 건설공사 프로젝트를 효율적으로 수행할 수 있는 수단이 될 것이라 판단된다. 또한, 데이터베이스 구축을 통한 정보의 체계적인 보관 및 관리는 유지관리 업무를 수행하고, 수집된 건설정보를 활용함에 있어 가장 핵심적인 부분으로 스마트 유지관리 시스템 개발에 필수적인 과정이라 할 수 있다. 본 연구에서는 댐 시설물 스마트 유지관리 목적 실현을 위해 데이터베이스 시스템의 설계방법과 구축을 실행하였다.

Fig. 7은 데이터베이스 구축을 위한 여러 정보 개체 관계도를 나타낸 것이다. 데이터베이스의 구성은 코드, 점검부위, 유지관리, 댐 종류 총 4개의 메인 개체와 보조개체 그리고 세부개체로 분류하였다. 이는 시설물에 대한 정확한 분류와 체계적인 점검 및 유지보수

항목을 표준화할 목적으로 구성하였다.

‘댐 종류’는 필댐, 콘크리트댐, 복합댐으로 사용재료에 따라 분류를 하였고, 필댐은 다시 사력댐과 흙댐으로 콘크리트댐은 중력식댐, 공동 중력식댐, 아치댐, 부벽댐, R.C.C.D (Roller Compacted Concrete Dam)으로 세부항목을 구성하였다. 댐 시설물을 종류에 따라 구분하는 이유는 댐의 종류에 따라 특성이나 제반여건이 다르기 때문이며, 다양한 종류의 댐을 분류함으로써 유지관리 업무를 수행함에 있어 해당 댐에 적합한 유지관리 정보를 축적하고 특성이나 제반여건을 고려하여 상황에 따라 효율적으로 적용하기 위함이다.

‘점검부위’는 댐 본체, 기초지반, 여수로, 감세공, 방수로, 날개벽, 취수구, 수문 및 권양기, 전기설비로 댐 시설물 구성에 따라 분류하였으며, 댐체 내부, 댐체 바닥, 접근수로, 벽체, 바닥, 이음부, 취수시설, 케이블, 힌지 등 총 30개의 항목으로 세부 분류하였다. 효율적인 유지보수를 위하여 댐 시설물을 이루고 있는 여러 제반시설들을 분류하고 이에 따른 세부 점검시설 및 부위를 정렬함으로써 체계적인 유지관리업무를 수행할 수 있도록 구성하였다.

‘코드’와 ‘공사연도’는 향후 유지관리시스템 활용에 필요한 요소들로 구성하였다. 코드는 공사연도와 댐 시설물의 구획된 구간의 번호로 분류하였고, 유지관리는 유지보수내역, 회사명, 점검날짜로 분류하였다. 이러한 내용은 시설물 유지관리에 관련된 정보들을 통합적으로 저장관리하고, 시설물 점검의 신뢰성과 투명성 확보를 위해 반드시 필요한 항목이다.

댐 시설물 유지관리 정보의 데이터베이스 시스템을 구축함으로써 점검자와 관리자는 유지관리 업무를 수행함에 있어 편리성과 신속성이 증대 되고 체계적이고 통합적인 유지관리가 이루어질 것으로 기대된다.

3.5 스마트 유지관리 시스템 NFC 태그 생성

댐은 다른 구조물보다 규모 적으로 거대하고 세분되어 있어 점검 구역이 많이 존재하며 구역별로 점검 작업을 수행하기 위해서는 NFC 태그 역시 시설물의 점검 구간의 수와 같은 개수가 필요하게 된다. 따라서 NFC 태그를 댐의 구간별 개수에 따라 생산하는 작업이 수행되어야 한다. NFC 태그에 담을 수 있는 데이터는 URL(Uniform Resource Locator), 텍스트, 연락처, 이미지, 지도, 동영상 등이 있으며 NFC 입력 어플리케이션을 통해서 누구나 손쉽게 NFC 태그에 원하는 정보를 입력하는 것이 가능하다. 또한, NFC는 기기 간 접촉 또는 단말기와 태그의 접촉을 통해서 상호 커뮤니케이션이 가능하며, 단말기 어플리케이션을 통해 NFC 정보의 읽기 및 쓰기 기능을 제공하기 때문에 NFC 기능을 지원하는 스마트폰, 스마트 패드와 같은 단말기 등을 통해서 누구나 손쉽게 NFC 태그를 정보를 입력할 수 있다.

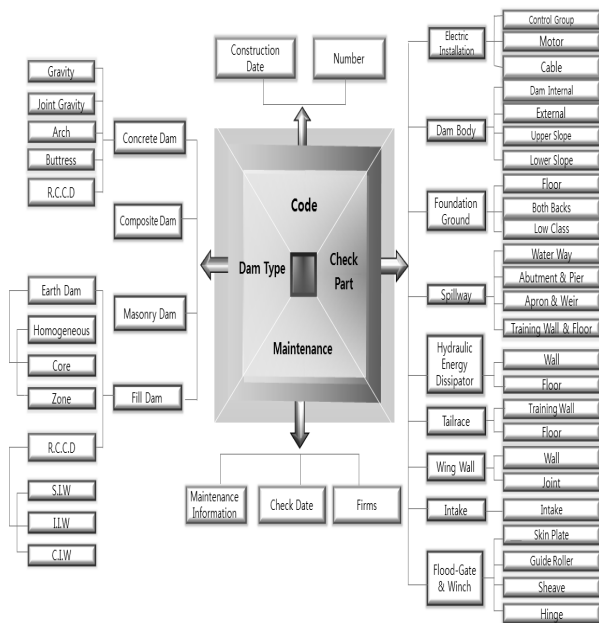


Fig. 7. Diagram of DB Classification

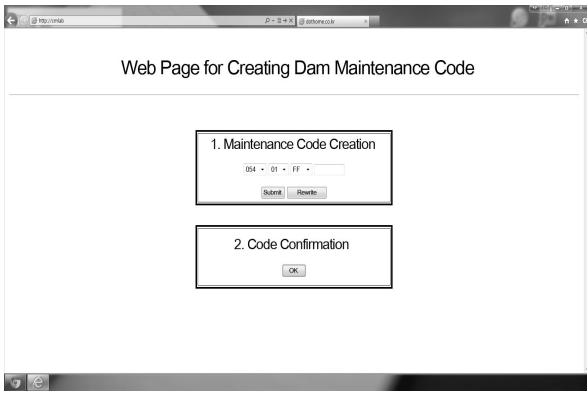


Fig. 8. Sample Web Page for Code Creation

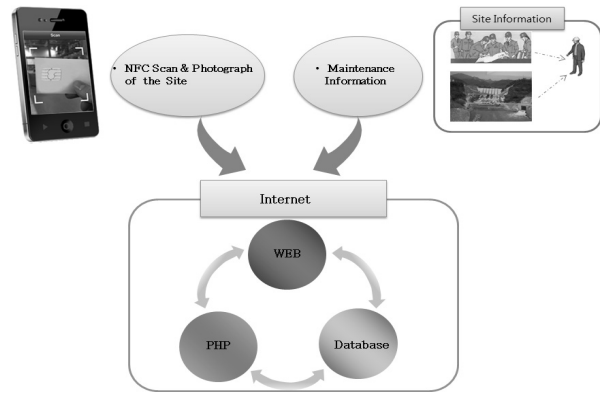


Fig. 10. Application of Smart Maintenance System



Fig. 9. Read / Write Process of NFC Tags

Fig. 8은 유지관리 코드 생성 웹페이지 화면을 나타낸 것으로 관리자는 코드생성 웹페이지를 통해서 NFC에 삽입될 유지관리코드를 생성 및 저장할 수 있다. 코드생성 웹페이지는 PHP Source를 활용하여 구축하였으며, 관리자는 지역번호, 댐 번호, 점검부위를 선택하여 저장하면 유지관리 코드가 자동으로 생성된다. 코드 생성 작업은 웹상에 구현이 가능하므로 활용도와 편의성이 향상될 것으로 기대된다. 더불어 데이터베이스와 연동되어 세분된 유지관리 정보 및 코드정보를 체계적으로 관리하는 것이 가능하다.

Fig. 9는 코드 데이터베이스와 PHP Source를 연계하여 NFC에 유지관리 코드를 입력하는 프로세스를 나타낸 것이다. 유지관리항목 코드화 작업 후, 항목에 맞게 유지관리 코드를 입력해 주면 PHP와 코드 DB의 상호연계를 통해 유지관리코드가 생성되며, 이는 데이터베이스에 저장된다. 이를 통해 NFC 태그에 유지관리정보가 담긴 코드를 삽입할 수 있으며, 작업이 완료된 NFC 태그는 시설물에 부착하는 작업이 가능하다.

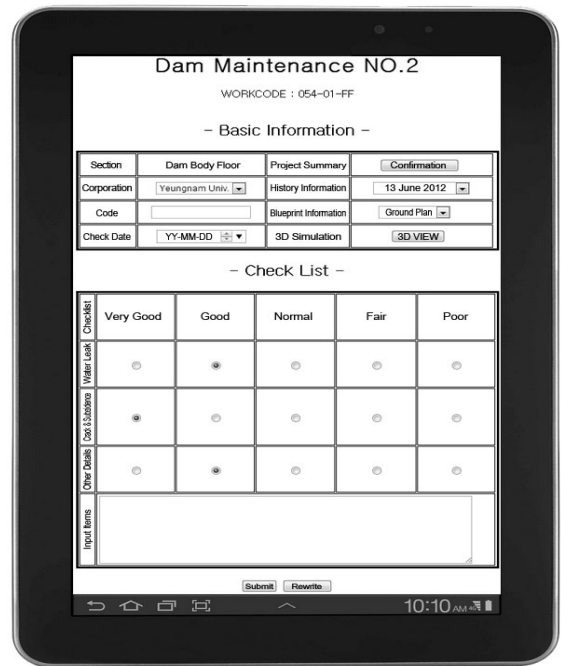


Fig. 11. Screenshot of Smart Maintenance Web Page

3.6 스마트 유지관리 시스템 개발

스마트폰과 스마트 패드 기기는 스마트 유지관리 시스템 적용 및 활용을 위해서는 필수적이다. 스마트 기기의 카메라, 인터넷 기능으로 하역금 스캔기능을 통해 NFC 태그를 인식하여 댐 유지관리 정보의 개요, 도면정보, 3D 시뮬레이션 등의 실시간 확인이 가능하며 균열 및 누수와 기타 점검 상황 등에 대한 유지관리가 가능하여 이에 대한 정보를 실시간으로 WEB으로 전송 후 PHP 시스템을 통해 데이터베이스에 저장된다. 위의 작업이 반복되면 데이터는 축적되고 향후 유지관리자를 통해 재확인 가능함과 동시에 댐의 안정성 유지를 위한 정보의 신뢰성을 향상할 수 있다.

앞서 NFC 태그 생성과 출력 그리고 시설물에 부착과정까지 수행하였다면, 점검자와 관리자 간의 신속하고 유기적인 정보 교환을 위해서는 두 주체를 연결할 수 있는 디바이스 및 소프트웨어가 존재해야 한다. Fig. 10은 스마트 유지관리 시스템 구성을 위한 웹사이트 구성도를 나타낸 것이다. 본 연구에서는 NFC 태그를 활용한 스마트 유지관리 시스템 구축을 위해 NFC 태그와 웹사이트 간 링크를 통해 추가적인 과정 없이 바로 유지관리 입력사이트로 이동할 수 있도록 구성하였다.

유지관리 시스템이 구축이 완료되면 Fig. 11과 같은 스마트 유지관리 웹페이지가 형성되며 스마트기기를 통해 NFC 태그를 인식하면 스마트 유지관리 웹페이지로 연결된다. 웹페이지에는 댐의 종류와 소재지, 점검부위명, 댐의 면적, 높이, 길이, 저수용량 등 공사개요를 확인 할 수 있어 해당 구조물에 관한 기본적인 내용을 관리자가 쉽게 이해할 수 있도록 구성하였다. 또한 점검자의 이름, 소속을 입력하여 유지관리의 투명성과 신뢰성 확보가 가능하며 동시에 과거이력정보는 최신날짜순으로 정렬하여 이전에 수행하였던 유지관리내용이나 이력정보를 점검자가 확인하고, 유지관리 업무를 수행하는데 참고 할 수 있도록 하였다.

3.7 NFC 기반 스마트 유지관리 시스템의 스마트 기기 적용

댐의 점검 부위에 부착된 NFC 태그를 스마트기기로 인식 하면 Fig. 11과 같이 활성화되어 진다. 스마트 유지관리 웹페이지 구성요소는 공사개요, 설계도면 정보, 시설물 3D VIEW, 과거이력정보, 유지관리 체크 및 입력사항 등을 제공한다.

공사개요는 위치, 규모, 현황 등 기본적인 정보를 제공하며, 설계도면정보와 3D시뮬레이션은 시각적인 정보를 제공함으로써 시설물에 대한 점검자의 이해를 도와준다. 과거 이력 정보는 유지관리 시 참고하기 위하여 신속한 검색을 할 수 있도록 제공 하며 체크 및 입력 시 편의를 제공한다. 하단 부분에서는 체크항목이 표로 구성됨으로 해당 점검부위의 누수, 균열 및 침하 등의 점검사항이 항목별로 나열되어 있다.

이러한 점검사항들은 점검자가 확인한 후 평가표를 활용하여 체크하며 추가로 발생한 특이사항을 작성하도록 텍스트 입력란을 제공하고 있다. 이를 통하여 점검자는 기존의 수기입력과 데이터의 전산화를 위한 이중의 업무를 하지 않음과 동시에 현장에서 신속하고 정확한 유지관리 점검 업무가 가능해질 것이다. 현장에서 스마트 기기로 입력한 유지관리 정보는 데이터베이스에 저장됨으로써 작업의 편의성을 확보할 수 있으며, 수기입력과 이중 업무 시 발생할 수 있는 정보의 오류, 누락을 미리 방지할 수 있고, 점검자가 유지관리 업무를 수행함에 필요한 여러 정보를 현장에서 신속하게 입력 및 보고하기에 기존의 유지관리 시스템보다 신속성과 효율성을 기대할 수 있다.

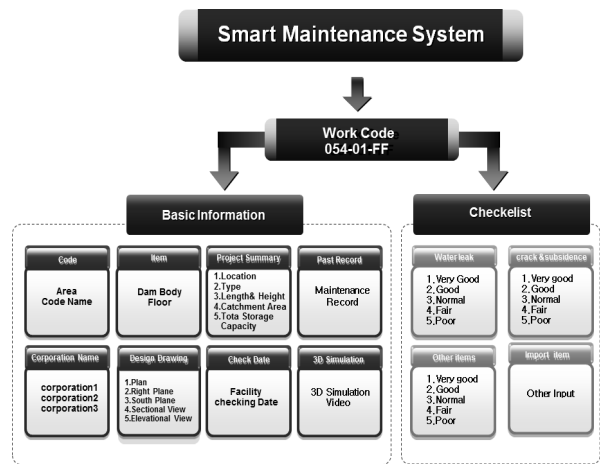


Fig. 12. Information Structure of Smart Management System

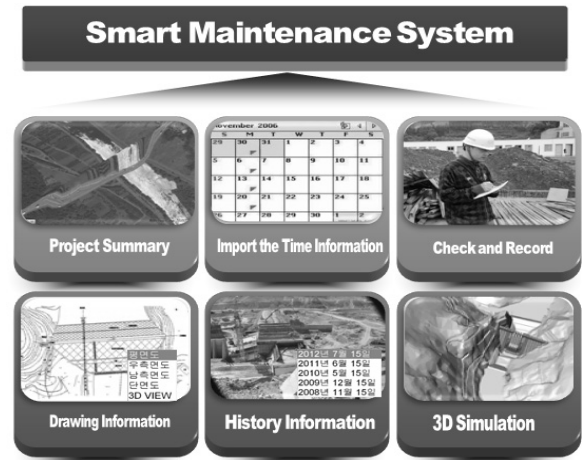


Fig. 13. Smart Maintenance System

4. 스마트 유지관리 시스템 검증

4.1 NFC 실용성 평가

스마트 이력관리 시스템 개발에 있어 가장 중요한 요인 중 하나는 NFC기술이라 할 수 있다. 본 시스템에서 관리자는 댐 시설물에 부착된 NFC를 스마트기기로 스캔함으로써 유지관리 업무를 수행하게 된다. 이 과정에서 NFC를 사용하는 이유는 스마트기기와 신속하고 정확한 통신이 가능하기 때문이다.

본 연구에서는 NFC가 스마트 유지관리 시스템 개발에 실용성이 있는지 판단하기 위해 NFC와 스마트기기 간 거리 및 각도에 따른 인식률 실험을 시행하였다.

인식률 실험은 NFC태그와 스마트폰 사이 거리는 0-42.9mm까지 3.3mm씩 증가 시켰으며, 각도는 0-45°까지 10°씩 증가시키며 측정하였다.

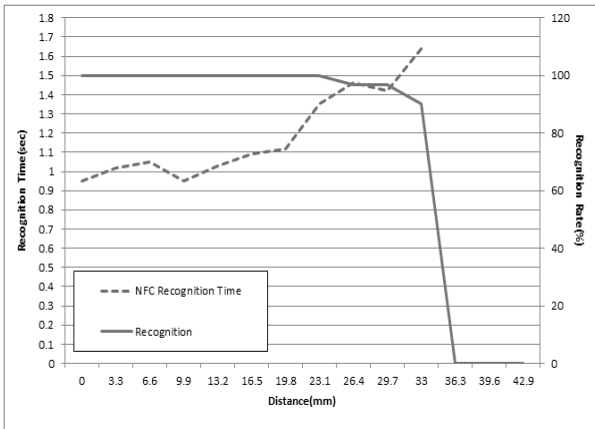


Fig. 14. Recognition Test for Distance

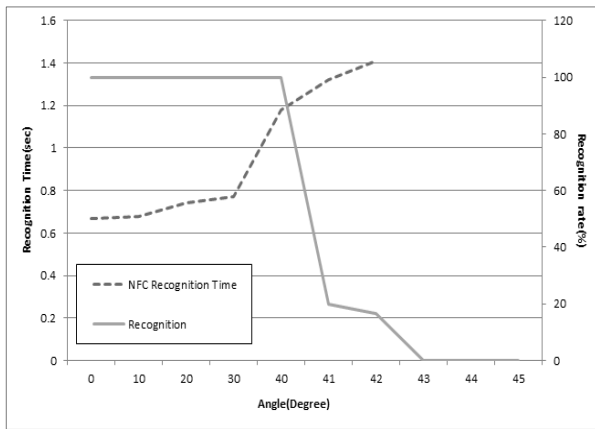


Fig. 15. Recognition Test for Angle

Fig. 14는 거리에 따른 인식을 실험 결과를 나타낸 것으로 인식시간은 NFC 태그와 스마트기기 간 거리가 증가함에 따라 인식시간도 함께 증가하는 추세를 보였다. 인식률은 측정거리 23.1mm 미만까지는 100%의 인식률을 보였으며, 23.1~33mm까지 인식률이 점차 하락하다 29.7mm 이상인 상황에서는 인식되지 않았다.

Fig. 15는 각도에 따른 인식을 실험 결과를 나타낸 것이다. 거리실험과 유사하게 각도가 증가함에 따라 NFC 인식 시간이 증가하는 모습을 보였다. 인식률은 측정거리 40°미만까지는 100%의 인식률을 보였으며, 41~42°까지 인식률이 점차 하락하다 43°이상인 상황에서는 인식이 되지 않았다.

본 실험을 통해 NFC와 스마트 기기 간 거리는 2cm 이내 각도는 40°미만으로 할 경우 100%의 인식률을 가지는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 NFC가 외부 환경에 영향을 받는다 할지라도 스마트 기기와 통신하기에 큰 어려움이 없을 것으로 판단되며, 스마트 유지관리 시스템 개발에 있어 적용 가능한 기술임을 검증하였다.

Table 4. Item of the Research

Classification	Survey Contents
Use of paper Maintenance Managing Business	a) Information Error and Missing
	b) Communication Inefficiency
	c) Inefficiency in Storage
	d) Inefficiency of Rework
	e) Lack of Information Security
	f) Maintenance Improvements
NFC Based management system used Maintenance tasks	g) Record System Check
	h) Information Accessibility & Security Check
	i) Decision & Communication Check
	j) Convenience Check
	k) Time Saving Check
	l) Right work evaluation Check
	m) System Utilization Check
	n) Important Function of the System

Table 5. Results of the Research

	Item	Agree	Disagree
1	a	91.67	8.33
	b	66.67	33.33
	c	83.33	16.67
	d	83.33	16.67
	e	83.33	16.67
2	g	91.67	8.33
	h	91.67	8.33
	i	91.67	8.33
	j	91.67	8.33
	k	100.00	0.00
	l	100.00	0.00
	m	100.00	0.00

4.2 설문조사를 통한 스마트 이력관리 시스템 실효성 검증

본 연구의 실효성을 검증하기 위하여 이력관리 시스템에 대한 설문지를 작성하고, 건설업체 종사자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문 대상자는 시공업체(2), 공기업(1), 정부기관(6), 엔지니어링 업체(3) 등 총 12명이 참여하였다.

설문내용은 기존의 종이문서를 사용한 유지관리 업무와 NFC 기반 이력관리 시스템을 사용한 유지관리 업무로 분류하였으며, 선행 연구를 바탕으로 기존 시스템의 문제점을 도출(a-f 항목)하고, NFC 기반 이력관리 시스템을 사용하였을 시 기대될 수 있는 기능별 실효성 여부(g-n 항목)를 중점으로 설문항목을 구성하였다.

Table 5는 설문조사 항목에 대한 찬반 의견을 수치화한 표이며,

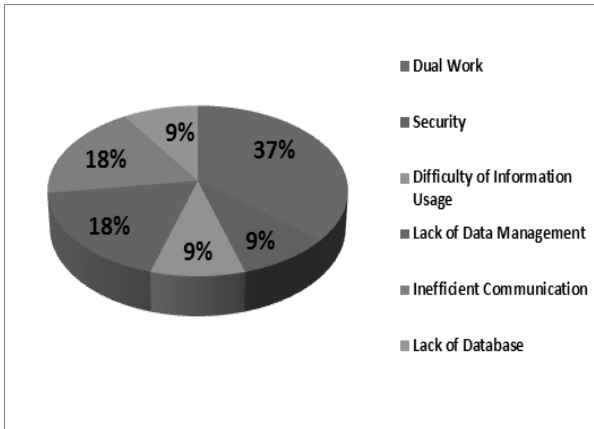


Fig. 16. Problems in Current Maintenance System

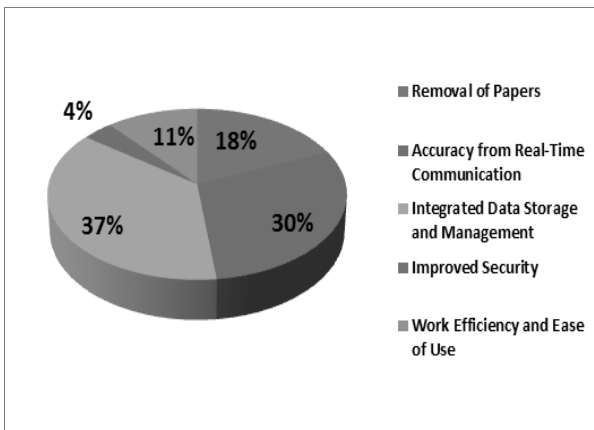


Fig. 17. Most Important Function of the Management System Based on NFC

Fig. 16은 기존 종이문서를 사용한 유지관리 업무에서 개선되어야 할 부분에 대한 내용을 분석한 것이다. 설문조사 분석결과 선행연구를 통해 도출된 기존 유지관리 업무의 문제점 항목에 대해 대다수의 설문참여 대상자가 찬성하는 것으로 나타났다. 여러 문제점들 중 정보의 오류 및 누락발생 문제, 이중 작업, 정보의 저장 및 관리에 관한 문제를 가장 심각하게 느끼는 것으로 나타났다. 이는 유지관리 업무에서 종이문서를 사용함으로써 발생할 수 있는 비효율적인 측면이 실무에서도 그대로 반영되고 있음을 알 수 있다.

Fig. 17은 NFC기반 이력관리 시스템에서 가장 중요한 기능을 분석한 것이다. 정보의 오류 및 누락방지, 정보의 관리 및 저장과 같은 항목을 본 시스템에서 가장 중요하게 생각하는 것으로 나타났다. 이를 통해 설문 대상자들은 기존 종이문서를 사용한 유지관리 업무 수행 시 가장 큰 문제로 지적되었던 이중 작업, 정보의 관리 및 저장 등과 같은 항목을 보완할 수 있는 기능을 선호하는 것으로 판단된다.

본 설문조사를 통해 선행연구에서 도출된 기존 유지관리 업무의 문제점과 실무에서의 문제점이 대다수 일치하는 것으로 나타났으며, 기존의 문제점들을 보완하는 NFC 기반 이력관리 시스템에 대해 실무자들은 대다수 호의적인 것으로 나타났다. 이러한 의견을 종합해 볼 때 본 시스템이 현장 적용될 경우 유지관리 업무의 향상과 효율성 증진에 이바지 할 것으로 판단된다.

5. 결론

오늘날 국내 건설시장의 대형화와 복잡화로 수많은 정보들이 발생하였고 이는 ‘효율적인 건설물의 유지관리’라는 사회적인 요구를 맞이하게 되었다. 본 연구는 이러한 시대적 동향에 따라 ‘NFC 태그 기반 스마트유지 관리 시스템’을 연구하였으며 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

첫 번째, ‘NFC 태그 기반 스마트유지 관리 시스템’은 다양한 댐 시설물의 적용 및 활용도가 높다. 댐 시설물의 필요한 점검 부위, 세부점검사항을 항목별로 분류 및 표준화함으로써 모든 형태의 댐 구조물의 적용이 가능하기에 실용성이 높을 것으로 판단된다.

두 번째, 점검부위 ID 부여 및 코드화 작업은 체계적인 정보관리와 통일성을 확보할 수 있다. 댐 시설물은 다양한 점검부위와 세부항목이 존재함으로써 ID 부여 및 코드화 작업을 통하여 정보의 통일성을 확보함과 동시에 관리자는 여러 정보를 일괄적으로 관리하는 것이 가능하다. 또한, ID와 코드로 이루어진 점검부위는 서로 중복되지 않으며 독립성을 가지므로 장기적인 활용가치로 판단된다.

세 번째, 유지관리 데이터베이스 구축을 통하여 정보의 중복을 방지하고 보안성을 확보할 수 있다. 댐 시설물 유지관리 항목의 표준화 작업은 항목별로 ID 부여 및 코드화 작업을 진행하였으며 이를 데이터베이스화함으로써 정보의 독립성을 보장과 중복을 방지할 수 있을 것 이라 판단된다.

네 번째, 스마트 기기를 통하여 유지관리 업무의 편의성 증대 및 시간을 절약할 수 있다. 점검자는 3G 및 LTE와 같은 데이터 통신이 가능한 장소라면 점검 부위에서 즉시 데이터를 전송할 수 있으며, 도면 및 관련 서류를 소지하지 않고 스마트기기를 통해 검색이 가능하므로 노동력 감소와 업무의 효율성을 기대 할 수 있을 뿐만 아니라 기존의 서류작업을 현장에서 실시하기에 이중 작업에서 발생하는 시간을 절약할 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로 본 연구는 NFC 인식을 테스트와 건설업체 종사자를 대상으로 한 설문조사를 통해 본 시스템의 실효성 평가를 실시하였다. NFC 인식을 테스트를 통해 NFC가 외부 환경에 영향을 받는다는 할지라도 스마트 기기와 통신하기에 큰 어려움이 없을 것으로 나타났으며, 스마트 유지관리 시스템 개발에 있어 적용 가능한 기술임을 검증하였다. 또한, 설문조사를 통해 실무자 대다수가

본 시스템이 기존의 유지관리 문제점을 상당 부분 해결해 줄 수 있을 것이라는 의견을 나타내었다. 이러한 의견을 종합해 볼 때 NFC를 활용한 스마트 유지관리 시스템이 현장 적용될 경우 유지관리 업무의 생산성 향상과 효율성 증진에 이바지할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012R1A2A2A02003265).

References

- Jang, M. S. and Moon, M. K. (2012). "Fitness centers management system using NFC." *Journal of KSCI Conference*, KSCI, Vol. 20, No. 2, pp. 69-70 (in Korean).
- Kim, B. J., Park, H. G., Shin, D. H. and Park D. S. (2004). "Dam facility maintenance of K-Water." *Geotechnical Engineering*, KGS, Vol. 20, No. 7, pp. 6-15 (in Korean).
- Kim, H. (2003). "About maintenance of dam." *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance Inspection*, KSMI, Vol. 7, No. 2, pp. 23-34 (in Korean).
- Kim, M. J. and Moon, M. K. (2012). "Smart mart system using NFC." *Journal of KSCI Conference*, KSCI, Vol. 20, No. 2, pp. 71-72 (in Korean).
- Kim, S. W. and Ahn, G. H. (2009). "A study on the problem and improvement of safety and maintenance management." *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance Inspection*, KSMI, Vol. 13, No. 4, pp. 101-108 (in Korean).
- Korea Facilities Maintenance Association (FMA) (2012). *Structure maintenance (Structure Type)*, Available at: <http://www.fma.or.kr> (in Korean).
- Korea Infrastructure Safety Corporation (KISTEK) (2011). *Safety inspection and precise safety diagnosis Detailed guidebook (DAM)* (in Korean).
- Lee, H. J. (2005). "Construction of location based service system for management of underground facility database." *Journal of the Korean Society Civil Engineers*, Vol. 35, No. 3, pp. 477-487 (in Korean).
- Lee, K. J. and Hong, S. W. (2011). "Design of serendipity service based on near field communication technology." *Journal of Intelligence and Information Systems*, KIISS, Vol. 17, No. 4, pp. 293-304 (in Korean).
- Nam, S. S. and Son, C. B. (2011). "Measurement system for the safety management of the dam." *Journal of KOSHAM*, Vol. 11, No. 4, pp. 4-16 (in Korean).
- Park, S. H. and Han, Y. S. (2010). "DB system to support management works for underground space structure." *Journal of KITS Conference*, KTIS, Vol. 1, pp. 211-215 (in Korean).
- Shin, C. G. and Lee H. Y. (2007). "Major national facility maintenance system and maintaining status." *Geotechnical Engineering*, KGES, Vol. 8, No. 1, pp. 38-45 (in Korean).