도로포장의 효율적 동상방지층 설계를 위한 현장 계측자료의 데이터베이스(DB) 구축

An Establishment of Database for Effective Design of Anti-Frost Heave Layer using Field Data

김낙석* · 남영국** · 조규태*** · 이범우****

Kim, Nakseok · Nam, Youngkug · Cho, Gyutae · Lee, Bumwoo

Abstract

Korea has seasonal weathers which result in the frosting of soil in winter times, and the thawing of soil in spring. These climate characteristics result in the damaging of pavements, due to the repeated freezing and thawing of road pavements during winter and spring. In order to reduce these pavement damages, anti-frost heave layers are being specially installed, however it is being applied based on foreign researches, and therefore result in the waste of national budget. With this study, a database system was constructed for effective management and monitoring of measured temperatures and function data of 2 meters below the embankment, cut slope, and the cutting-embankment boundary, which are 15 regions picked by the frost index diagram. As the study result, an effective storage and management-purpose database was established for easy data searching and downloading for the pavement design engineers.

Key words : Database, Anti-frost heave layer, Frost index, Pavement design, Monitoring

요 지

우리나라는 겨울철에 동결된 상태로 있다가 봄에는 해빙되는 계절적 동토지역이다. 이러한 계절적 특성으로 인하여 겨울에서 봄에 이르기까지 도로포장의 동결 · 융해가 반복되어 도로 파손을 유발 시키고 있다. 동결 · 융해로 인한 피해를 줄이기 위하여 도로포장 설계 시 노상이 동결하는 것을 방지하기 위한 동상방지층을 별도로 설치하고 있으나 실효성 검증 없이 국외 연구 결과에 따른 시방서를 바탕으로 무분별하게 적용되고 있어 국가적으로 예산을 낭비하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 동결지수 선도를 따라 선정된 15개 지역의 성토부 2 m 이하, 절토부, 절성경계부 구간에서 계측된 온도 및 함수비 데이터들을 효율적으로 관리하고 모니터링 하기위한 데이터베이스를 구축하고자 하였다. 연구결과 계측자료의 효율적인 저장 및 관리가 가능한 데이터베이스를 구축하여 도로설계 기술자의 손쉬운 계측 자료 검색 및 다운로드가 가능하게 되었다.

핵심용어 : 데이터베이스, 동상방지층, 동결지수, 포장설계, 모니터링

1. 서 론

우리나라는 겨울철에 동결된 상태로 있다가 봄에는 해빙되는 계절적 동토지역이다. 이러한 계절적 특성으로 인하여 겨울에서 봄에 이르기까지 도로포장의 동결 · 융해가 반복되어 도로 파손을 유발 시키고 있다(권기범, 2003). 동결 · 융해로 인한 피해를 줄이기 위하여 도로포장 설계 시 노상이 동결하는 것을 방지하기 위한 동상방지층을 별도로 설치하고 있으나 실효성 검증 없이 국외 연구 결과에 따른 시방서를 바탕으로 무분별하게 적용되고 있어 국가적으로 예산을 낭비하

고 있는 실정이다(이범우 등, 2010). 도로는 다양한 재료와 단면으로 구성된 구조물이기 때문에 계절 및 물성 특성뿐만 아니라 각 층의 구조적 적정성 또는 지지력 정도를 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 본 연구에서는 동상방지층 설치에 대한 효율적 기준안을 마련하기 위한 기초연구로서 동결지수선도를 따라 선정된 15개 지역의 성토부 2 m 이하, 절토부, 절성경계부 구간에서 계측된 온도, 함수비 및 지하수 위 데이터들을 효율적으로 관리하고 모니터링 하기위한 데이터베이스를 구축하고자 한다(조규태 등, 2002).

*정회원 · 경기대학교 토목공학과 교수 (E-mail : nskim1@kyonggi.ac.kr)

** (주)한맥기술 연구원장

***정회원 · 인천대학교 공학기술연구소 연구교수

****경기대학교 토목공학과 석사과정

그림 1. 계측데이터 무선전송 시스템(조규태 등, 2009)

그림 2. 계측센서 설치 위치(조규태 등, 2009)

2. 데이터 계측 및 수집 개요

계측데이터는 국내 15개 지역 총 45개소에 설치된 도로 각층의 센서를 통해 한 시간 단위로 측정되어 각각 데이터로거(datalogger)에 저장된다. 데이터 계측 무선 통신망 시스템은 그림 1과 같이 계측주체가 현장에 가지 않더라도 원하는 시간에 무선전송을 통해 계측 데이터를 엑셀(Excel) 파일 형식으로 전송 받을 수 있다. 또한 지하수위의 경우 현장 수동 계측을 실시하여 데이터베이스의 자료로 활용하고자 한다. 그림 2는 계측센서 설치 위치를 나타낸 그림이다.

3. 데이터베이스 설계

데이터베이스의 구축 목표는 현장에 설치된 계측기를 통하여 동결지수선도를 따라 선정된 15개 지역의 성토부 2m 이하, 절토부, 절성경계부 구간에서 계측된 온도, 함수비 및 지

하수위 데이터를 효율적으로 관리하고 동상방지층 설치에 대한 효율적 기준안을 마련하기 위한 데이터베이스를 구축하는 것이다. 데이터베이스의 구축 범위는 계측기를 통해 얻어낸 층별 온도, 함수비 및 지하수위 데이터를 시간별 데이터로 정리한다. 데이터베이스 테이블 설계는 데이터의 최소 단위로 설계하였다. 표 1과 같이 기본적인 한 개의 단면에는 총 28개의 센서를 가지고 있으며 매 시간마다 계측을 하기 때문에 시간데이터까지 포함하게 되어 총 29개의 필드를 가지는 구성이다.

데이터베이스의 메뉴 구성은 그림 3과 같이 지역 선택을 통해 단면과 동상방지층의 유무에 따른 포장 각층의 온도, 함수비 및 지하수위 데이터를 확인가능토록 설계하였다.

표 1. 자동계측 센서 매설 수

구분	함수비 측정 센서		온도 측정 센서	
	동방층 有	동방층 無	동방층 有	동방층 無
표층	-	-	2개	2개
기층	-	-	2개	2개
보조기층	2개	2개	2개	2개
동상방지층	2개	-	2개	-
노상	2개	2개	2개	2개

그림 3. 데이터베이스의 메뉴 구성

지역과 단면의 관계는 여러 개의 지역에 따른 각 지역의 단면이 존재하고 한 개의 단면에는 하나의 테이블로서 데이터가 존재하고 있는 방식이다.

4. 데이터베이스 구축

4.1 데이터베이스 구축 프로그램

4.1.1 MS SQL Server

SQL은 Structured Query Language(구조적 조회 언어)의 약자이다. SQL은 데이터베이스와 통신하는데 사용되며, ANSI(미국 국립표준연구소)에서 제정한 관계형 데이터베이스(Relational DB)를 위한 표준 언어이다. SQL문장은 데이터베이스에 있는 데이터를 갱신하거나, 데이터베이스의 데이터 조회하는 작업을 수행하는데 이용한다. SQL을 사용하는 몇 가지 범용 관계형 데이터베이스 시스템으로는 Oracle, Sybase, Microsoft SQL Server, Access 등이 있다(한상길, 2008). 대부분의 데이터베이스 시스템은 표준 SQL, 즉 ANSI SQL을 사용한다. 하지만, 표준 SQL 외에 자신의 시스템에서만 사용할 수 있는 고유한 특성의 확장된 SQL 기능을 가지고 있다. 이런 기능은 Oracle, SQL Server 등 각 데이터베이스 벤더(vender)들마다 다르게 가지고 있으므로 각 데이터베이스의 매뉴얼(manual)을 참조해야 알 수 있다. 그러나 “Select”, “Insert”, “Update”, “Delete”, “Create”, 그리고 “Drop”과 같은 표준 명령만으로도 데이터베이스에서 원하는 거의 모든 작업을 할 수 있다(성운정, 2010). MS SQL Server의 장점은 다음 표 2와 같다.

4.1.2 ASP (Active Server Page)

ASP는 클라이언트가 요청하면 서버에서 응답해 주는 방식의 서버 측 프로그램이다. 이 프로그램을 사용하면 서버에서 웹을 프로그래밍 할 수 있으며, 기존의 HTML페이지와는 다른 동적인 구성을 할 수 있다. 서버에서 작동하므로 속도는 서버의 사양에 따라 다르고 클라이언트측은 인터넷을 사용하는 사용자의 사양에 따라 다르다. 지금까지 많이 사용하던 CGI 프로그램보다 작성하기가 쉬워 빠르게 확산되고 있으나 윈도우 운영체제에서만 사용할 수 있다는 단점도 있다. 가장 큰 특징은 기존 HTML이 코드작업을 거쳐야 하는데 비해 텍스트 파일을 업데이트하는 것만으로도 웹페이지나 데이터베이스의 목차를 편집할 수 있고, 사용자의 구미에 맞는 것만 골라 페이지를 만들 수 있다는 데 있다. 또한 웹페이지 상에서 데이터베이스를 보여 주고 그 안에 실제로 존재하는 데이터를 조작할 수 있으며, 사용자에게 대한 정보를 검증하여

표 2. MS SQL 서버의 장점

구분	내용
SQL Server 장점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 타 데이터베이스 구축 프로그램에 비해 사용이 편리하다. 2. 사용자 인터페이스를 그래픽 적으로 구성하여 이용하기 편리하게 하였다. 3. 다양한 관리 마법사 기능의 사용으로 유지관리가 용이하다. 4. 윈도우 프로그램 체계와 호환이 가장 좋다.

표 3. ASP의 특징과 역할

구분	내용
ASP의 특징	<ol style="list-style-type: none"> 1. VB스크립트와 자바스크립트를 지원한다. 2. ADO(Active Data Object)를 이용하여 쉽게 DB를 액세스할 수 있다. 3. 비주얼 베이직, 비주얼 C++, 델파이 등의 액티브X 컨트롤 생성을 지원하는 모든 언어로 제작할 수 있다. 서버컨트롤을 생성할 수 있으며 확장이 가능하다.
ASP의 역할	<ol style="list-style-type: none"> 1. 웹 브라우저가 웹 서버의 스크립트를 요청한다. 2. 웹 서버는 요청된 스크립트를 스크립트 번역자에게 전달한다. 3. 스크립트 번역자는 스크립트 파일을 가져온다. 4. 요청된 스크립트는 액티브X 서버 컴포넌트를 요청할 수 있다. 5. 액티브X 서버 컴포넌트는 관련된 정보를 스크립트 번역자에게 전달한다. 6. 생성된 정보를 스크립트 번역자는 웹 서버에 전달한다. 7. 웹서버는 생성된 정보를 웹 브라우저에 전송한다.

그림 4. Visual Studio 2008을 이용한 SQL 테이블 정의 및 생성

해당 사용자에게 맞는 정보를 보내줄 수도 있다(임권묵, 2002). ASP의 특징과 역할은 표 3과 같다.

4.2 MS-SQL을 이용한 테이블 생성

MS-SQL에 접속하여 그림 4와 같이 테이블을 설계하기 위하여 Visual Studio 2008을 이용하여 데이터베이스에 접근하였으며 각각의 필드명과 저장할 값의 타입을 입력하여 테이블을 생성해준다.

4.3 데이터베이스 계층 자료 업데이트

생성된 데이터베이스 상에 실질적인 Raw 데이터를 넣어주는 작업은 그림 5와 같이 센서로부터 얻은 데이터가 저장되어 있는 엑셀파일을 서버에 전송 한 후 서버에서 파일을 읽어 각각의 필드에 맞게 넣어주는 방식으로 하고 있다. 이러한 업로드 방법은 추후에 지속적인 데이터베이스 업데이트를 위하여 비전문가도 쉽게 사용할 수 있도록 업로드 페이지를 추가로 제작하였다. 계층 자료 업로드 방법은 업로드 페이지에 접속 후 업데이트를 원하는 지역과 단면을 택한 뒤 저장 매체에 저장되어 있는 엑셀 형식의 파일을 서버에 업로드 하면 된다. 업로드 된 계층 데이터는 데이터베이스 상에서 정리 되어 표와 그래프로 구현된다.

4.4 데이터 선택 방식

데이터의 검색은 메뉴 선택에 따라 테이블명, 필드명, 특정

그림 5. Raw 데이터 및 데이터 업로드 페이지

```
SQL_LIST = Array(
    Array(
        Array(
            "(SG_TDR_01 + SG_TDR_03)/2 ",
            "(NF_TDR_01 + NF_TDR_03)/2 ",
            "(SB_TDR_01 + SB_TDR_03)/2 "
        ),
        Array(
            "(SG_TDR_04 + SG_TDR_06)/2 ",
            "(SB_TDR_04 + SB_TDR_06)/2 "
        )
    ),
    Array(
        Array(
            "(SG_TM_01 + SG_TM_03)/2 ",
            "(NF_TM_01 + NF_TM_03)/2 ",
            "(SB_TM_01 + SB_TM_03)/2 "
        )
    )
)
```

그림 6. 선택된 조건에 따른 SQL문

조건을 조합하여 만들어 낼 수 있도록 하였다. 테이블명을 조합하는 방법은 지역선택 컨트롤과 단면선택 컨트롤의 선택에 따라 데이터를 만들어 주도록 하였다. 선택된 조건에 따른 SQL문은 그림 6과 같다.

데이터 검색은 서로 다른 지역 데이터를 비교 검토가 필요할 경우를 대비하여 두 개의 지역을 각각 선택 가능토록 하였고 단면 검색 또한 각 단면에 따른 데이터의 변동을 선택적 확인 가능하도록 메뉴를 구성하였다. 또한 동상방지층의 설치 유무와 확인하고 싶은 데이터를 선택하여 원하는 기간의 시간평균, 일평균, 월평균 데이터를 확인 가능하도록 구성하였다.

4.5 웹상의 데이터 구현

데이터베이스 상에서 시간, 일 및 월 평균으로 자동 계산된 데이터들은 유저들이 쉽게 볼 수 있도록 그림 7과 같이 표와 그래프로 표현된다. 원하는 지역의 정보를 검색하기 위해서 지역과 단면, 동상방지층의 유무를 선택한 뒤 필요 정보를 선택하면 그림 8과 같이 검색 기간을 정하는 팝업 메

뉴를 통하여 사용자가 정한 기간 동안의 데이터가 표와 그래프로 구현된다. 또한 두 개의 지역의 데이터를 비교해 볼 수 있도록 지역과 단면의 정보를 선택 가능하도록 하였다. 연구의 목적으로 계측자료를 사용하고자 할 경우 자격이 부여된 사용자에게 한하여 검색 내용에 대한 계측 데이터를 다운로드 받을 수 있도록 하여 효율적 동상방지층 설치에 관한 연구의 자료로 사용 될 수 있게 하였다.

4.6 데이터베이스 운용에 대한 자격 부여

현장 계측자료는 동상방지층의 효과적 설치에 관한 연구의 자료로 활용계획이다. 따라서 데이터의 신뢰성이 중요하며 잘못된 데이터가 업로드 되었을 경우 연구에 차질이 발생 할 수 있다. 또한 연구자 외의 일반 사용자에게 의한 무분별한 계측 자료의 다운로드로 인하여 데이터에 대한 권리 침해 관련 문제를 방지하기 위하여 데이터의 업로드 및 다운로드에 관한 권리를 각각 부여하여 정해진 패스워드를 통해 작업이 가능토록 하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 동상방지층 설치의 효율적 기준안을 마련하기 위한 연구의 일환으로 계측 자료의 데이터베이스 구축에 관하여 다루었으며, 결론은 다음과 같다.

- 1) 계측자료를 이용한 데이터베이스 구축은 차후 수정이나 비교적 손쉬운 관리를 위하여 MS SQL 프로그램을 이용하고 웹페이지 구성은 MS SQL과 호환성이 좋은 ASP를 이용하여 제작하는 것이 상호간의 운용이 효과적이라 판단된다.
- 2) 기존의 경우 계측 주체와 데이터를 사용하는 연구자가 상이한 경우 자료의 전달에 있어서 필요 시 마다 사람의 인력이 개입하는 비효율적인 방식이 사용되었다. 하

그림 7. 검색 메뉴 및 데이터베이스 메인 화면

필요한 검색기간을 설정해주시요.

조회구분	☐ 시간 평균 ☒ 일 평균	
조회기간	시작일 2009-03-01	종료일 2009-03-20
<input type="button" value="선택"/>		

*일평균은 최대 65일까지 검색 하실 수 있습니다.

*시간평균은 시작일만 반영됩니다.

그림 8. 검색 기간 설정 화면

지만 본 연구의 데이터베이스 구축은 데이터 계측 주체의 자료의 효율적인 보관 및 관리를 가능토록 하였으며 연구자의 검색에 의한 손쉬운 계측 데이터 다운로드를 가능토록 하여 효과적인 데이터 관리와 활용을 가능하게 하였다.

- 3) 현재 본 연구의 데이터베이스는 계측 자료 값에 대한 저장과 활용을 중점적으로 다루고 있으나 차후 연구를 통해 각 계측 지점의 지역적 특성 및 계측기 매설 위치의 지형적 자료를 종합하여 계측 값과 함께 열람이 가능토록 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2010년 한국건설교통기술평가원 “현장계측자료를 이용한 DB구축 및 분석”지원 사업으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능케 한 한국건설교통기술평가원에 감사드립니다.

참고문헌

- 권기범 (2003) 동상영향에 따른 노상토의 지지력 평가, 인천대학교 학위논문.
- 이범우, 김낙석, 남영국 (2010) 동상방지층 설계를 위한 현장 계측 자료의 데이터베이스(DB) 구축, 한국방재학회학술발표회.
- 조규태, 진정훈, 남영국 (2002) 도로포장의 동상방지층 실효성 검증을 위한 현장계측 및 실내시험 연구, 대한토목학회논문집.
- 조규태, 신은철, 이재식, 김동균 (2009) 북부지역 도로 포장 구조체 현장 계측시스템 구축 및 현장 DATA 분석, 한국도로학회 학술대회논문집.
- 한상길 (2008) 국내 인물데이터베이스 구축과 서비스에 관한 비교분석, 한국도서관·정보학회지, 제39권, 제4호.
- 성윤정 (2010) (한번에 이해되는)MS SQL server 2008, 단행본 인피니티북스.
- 임권득 (2002) ASP와 MS-SQL을 이용한 인터넷 쇼핑몰 구현, 학위논문, 안양대학교.

- ◎ 논문접수일 : 11년 01월 18일
- ◎ 심사회의일 : 11년 01월 20일
- ◎ 심사완료일 : 11년 03월 16일