

# 고속철도 노반 침하관리를 위한 DB 개발

## Development of Database System for Management of Roadbed Settlement in High Speed Railway

최찬용\*  
Choi, Chan-Yong

김대상\*\*  
Kim, Dae-Sang

이진욱\*\*  
Lee, Jin-Wook

신민호\*\*\*  
Shin, Min-Ho

### ABSTRACT

Database are developed to control measured settlement data under construction in Gyungbu High Speed Railway from Daegu to Busan. This means that data having different type at different site could be managed in a unified way. The database includes algorithm to evaluate embankment settlement with settlement data at the surface of embankment and ground settlement data. And also, it has a function to analyse the causes of large settlement over allowable level and high settlement speed based on the log data, embankment specification, physical characteristics of embankment materials.

### 1. 서론

최근 들어 활발히 진행중인 건설관련 사업의 표준화 및 정보화 작업은 주로 설계, 시공 및 건설 관련 현황을 중심으로 추진되고 있다. 그러나, 건설 당시에 필요한 계측자료의 정보처리 및 관리의 전산화 작업은 타 분야에 비해 상당히 뒤떨어지는 분야이다. 특히, 고속철도와 같이 국가 중요한 시설물에 대한 계측자료의 정보화 및 관리는 향후 시설물의 유지관리와 관련하여 가장 기본이 되는 자료이기 때문에 계측자료의 표준분류체계가 확립되어야 한다. 외국의 경우에는 일반적으로 구조물 설계 단계부터 유지관리까지 모든 공정이 코드집이나 매뉴얼에 기재되어 있어 시공중이나 유지관리상에 어떠한 문제점이 발생하였을 시에는 신속한 정밀대조를 통해 원인규명 및 보완작업에 대한 지시를 내리는 방법으로 건설 안전 관리를 추구하고 있다(이송, 2000).

과거 일반적으로 철도에서 궤도를 시공하는 방식은 도상자갈을 이용한 유도상궤도로서 일정 침하를 허용한 구조로서 열차운행이후 주기적으로 선로를 관리하여 허용 침하 기준값 이상이 되면 보수를 전제로 하는 구조였다. 이러한 궤도형식은 초기 건설비용은 절감할 수 있으나, 장기적으로 유지보수비용이 증가하여 외국에서는 점차적으로 생력화 궤도형식인 콘크리트 궤도를 선호하고 있는 실정이다. 이러한 환경에 대응하고자 국내에서도 고속철도 2단계 구간부터 유지보수가 필요하지 않는 생력화 궤도인 콘크리트 궤도형식으로 건설하고 있다. 열차운행이후에는 별도의 유지보수를 수행하지 않기 때문에 콘크리트 궤도의 사용성을 확보하기 위하여 노반의 허용침하기준을 매우 엄격하게 관리하고 있다. 따라서, 토공 건설중에 발생할 수 있는 노반 침하량 계측 및 이를 예측하는 방법은 매우 중요한 항목이 되었다.

앞서 언급한 바와 같이 토공 건설이후의 노반의 침하량은 콘크리트궤도의 사용성 및 안정성에 중요한 영향을 미치기 때문에 과학적인 유지관리를 위해서는 노반 침하 계측자료의 DB화는 필수적이다. 따라서, 본 논문에서는 기존에 엑셀파일로 관리하는 침하데이터를 데이터베이스함으로써 전산관리 토대를 마련하였으며, 다른 형태의 침하데이터를 일원화하여 관리효율성을 향상시켰다. 또한, 침하데이터 평가에 필요한 부대정보를 DB화하여 향후 발생할 수 있는 침하에 대하여 예측하고 관리할 수 있는 고속철도 노반 침하관리 프로그램을 개발하여 소개하고자 한다.

\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 궤도토목연구본부, 정회원, E-mail:cychoi@krri.re.kr  
TEL : (031)460-5317 FAX: (031)460-5319

\*\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 궤도토목연구본부

\*\*\* 한국철도기술연구원 수석연구원, 궤도토목연구본부

## 2. 고속철도 노반 침하관리 프로그램

### 2.1 구동환경 및 범위

개발된 고속철도 노반 침하관리 프로그램은 PC 기반으로 인터넷이 되는 어느 곳에서나 인증된 사용자가 접근 및 사용이 가능하도록 구동체계를 구성하였으며 필요시 신속한 프로그램 업그레이드가 가능한 자동 업데이트 방식을 도입하여 데이터의 접근성 및 중앙관리가 실현되는게 특징이다. 데이터 베이스 접근방식은 Client/Server 방식을 도입하여 인터넷을 통해 쉽게 접근하도록 개발하였으며, 데이터베이스 접근시 사용자는 권한별 아이디/패스워드를 부여받아 차등화된 권한으로 DB에 접속하여 데이터 입력, 관리, 분석 업무를 수행할 수 있다. 또한 향후 기존 개발된 노반 침하관리용 데이터베이스를 지속적으로 관리 운영하기 위하여 Web 타입으로 접근 가능할 수 있도록 ODBC(Open DataBase Connectivity) 접속 방식을 도입하였다. 또한, Windows 스케줄러 또는 Linux cron를 이용하여 백업 스크립트 구동하며, 복구시 복구 스크립트를 구동하여 자동 복원되게 구현하였다. 표 1은 개발된 프로그램 구동환경을 나타내었다.

표 1. 프로그램 구동환경

구분	내용
클라이언트환경	PC 기반 Windows 2000이상
네트워크 환경	TCP/IP 기반 WAN/LAN(인터넷을 이용한 접속방식)
인증방식	아이디/패스워드
데이터베이스	MySQL(Freeware)
개발 언어	Visual Basic

### 2.2 침하량 데이터베이스 서버 구축

침하 데이터베이스는 침하량 데이터, 침하위치 일반정보 및 부대정보, 관련 도면 등으로 크게 3가지 논리적 구분으로 분류하였으며, 그에 따른 테이블 정보는 표 2와 같다.

표 2. 침하량 및 관련 정보를 저장하기 위한 테이블

테이블명	내용	관련정보
Alarmsetting	침하기준	지표 최대침하량, 월지표 최대침하속도
down_settlement	침하데이터	계측시각, 성토고, 원지반침하량, 비고
Fieldinfo	관련위치정보	위치정보, 노반구분, 설치부위, 현장공사명 등
Fileinfo	관련도면	도면명, station, 파일명
Nvalue	N값	Nvalue, fieldID, ID, Y
top_settlement	지표침하량	계측시각, 성토고, 지표침하량, 비고 등

## 3. 고속철도 노반 침하관리 프로그램 구성 및 기능

개발된 프로그램은 침하량 및 관련정보 추가·삭제·변경·검색이 용이하도록 사용자 인터페이스를 구현하였으며, 침하량 및 관련 정보 차트화 표출기능 지원 및 프로그램 GUI(Graphical User Interface)는 미관이 고급스럽게 구성하여 사용성이 매우 쉽게 적용할 수 있도록 구성하였다.

### 3.1 프로그램 기능

고속철도 노반 침하관리 프로그램의 구성은 침하위치 탐색기, 취약개소 검색 및 보고서 출력, 침하위치 기본정보와 기타정보, 침하데이터 확인 및 예측으로 구성되어 있다. 그림 1은 DB 프로그램의 초기 화면과 실행화면을 나타내었다. 그림 1에서와 같이 좌측부에는 침하위치 탐색기로 계측되어져 있는 노선과 Station에 따라 쉽게 정보를 확인할 수 있도록 탐색기로 구현하였다. 또한, 노반구분과 설치위치를 표시하게 되어져 있어 사용자가 원하는 지점을 쉽고 빠르게 접근 가능하도록 구현하였다.

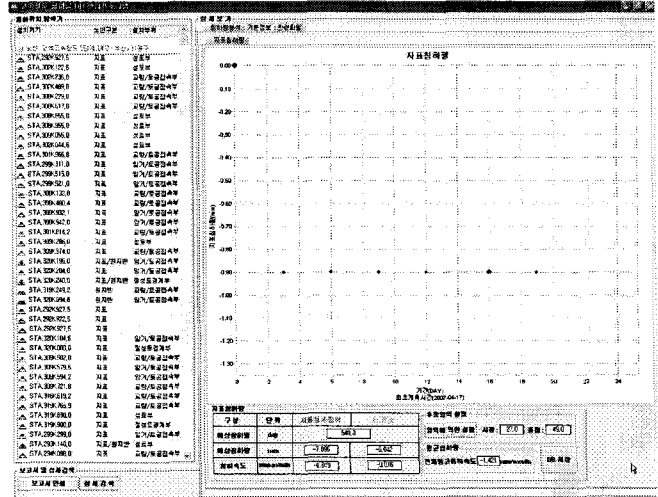
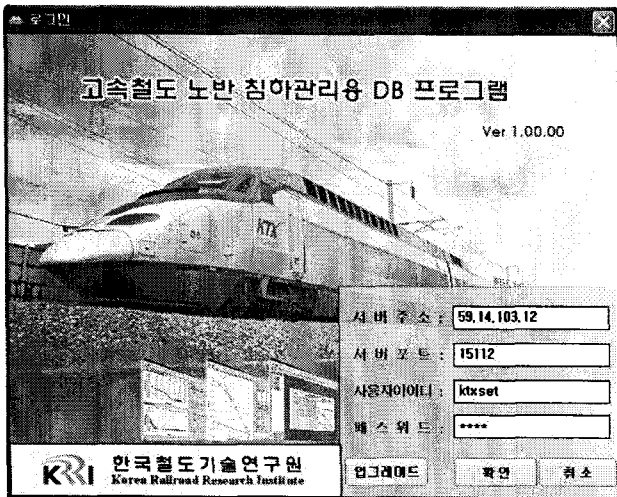


그림 1. 고속철도 노반 관리 DB 프로그램 초기화면과 실행화면

### 3.1.1 침하위치 탐색기

그림 2는 침하위치 탐색기이다. 침하위치 탐색기는 앞서 언급한 바와같이 설치위치, 노반구분, 설치구분으로 구성되어 있으며, 정렬 요소를 사용하여 사용자가 각 항목별 오름/내림 차순 정렬이 가능하여 이를 검색할 수 있도록 구현하였다. 또한, 설치위치의 [그림 표시등]에 따라 지표, 원지반 계측자료의 유무를 판단할 수 있도록 하였다.

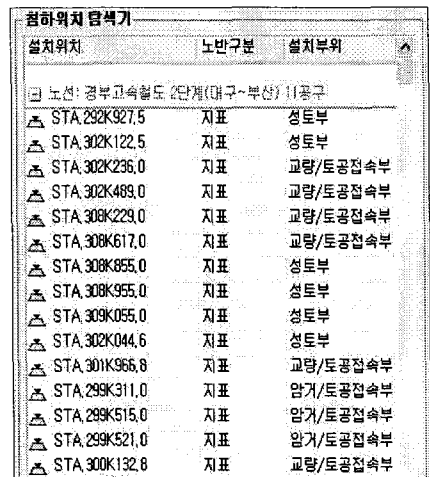


그림 2. 침하위치 탐색기

### 3.1.2 침하 데이터 확인 및 예측

#### 1) 지표·성토체 침하량 데이터 확인 및 예측

본 개발프로그램은 현장의 침하계측자료를 DB에 입력할 경우 지표침하량과 성토체 침하량을 구분하여 입력할 수 있도록 하였다. 지표침하량과 성토체 침하량을 분리한 이유는 침하량의 절대량의 크기가 다르고 또한 침하패턴이 다르기 때문에 분리하여 관리하는것이 효율적이라고 판단되기 때문이다.

따라서, 개발된 DB프로그램에서는 지표침하량과 성토체 침하량을 각각 입력하여 그래프로 확인할 수 있도록 하였다. 또한, 침하량의 예측값은 전체영역 설정과 사용자에 의한 영역설정이 가능하여 예상침하 일 후 시종점 추정식 및 회귀식을 사용한 예상 침하량 및 침하속도, 평균침하량 등을 확인할 수 있도록 하였다.

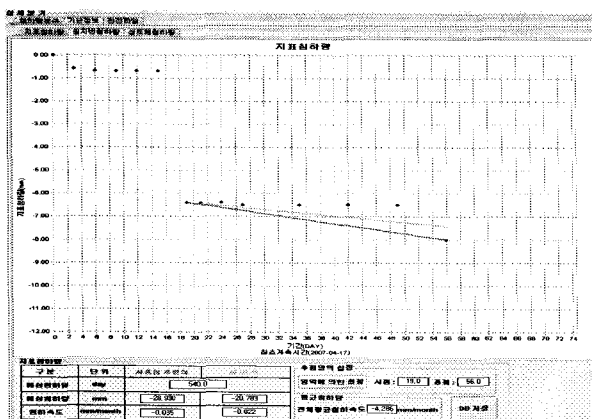


그림 3. 지표침하량 데이터 확인 및 예측

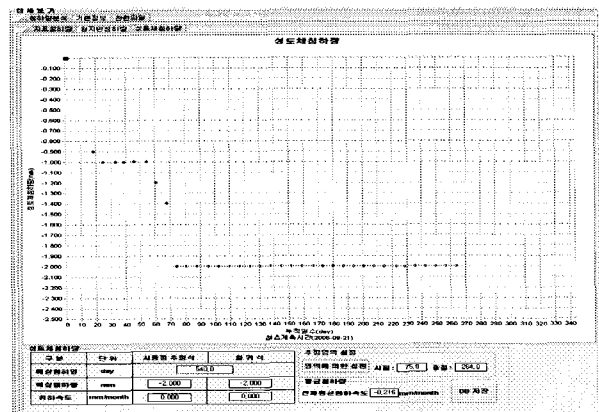


그림 4. 성토체 침하량 데이터 확인 및 예측

2) 원지반 침하량 데이터 확인 및 예측

그림 5은 원지반 침하 계측자료를 바탕으로 사용자 영역설정으로 통해 원지반침하량을 나타내었다. 전체 영역 및 영역 설정에 의하여 예상침하일 후 시종점 추정식 및 회귀식을 사용 예상 침하량 및 침하속도, 평균침하량을 확인할 수 있으며, 그 외에도 쌍곡선법, 평방근법, 아사오카법 등을 도입하여 최종 침하량(cm) 및 압밀도(%), R<sup>2</sup> 값을 확인할 수 있다. 각 그래프에 대한 추세식을 설정하며, 이는 영역 설정 변경시 마다 자동으로 변경 된다.

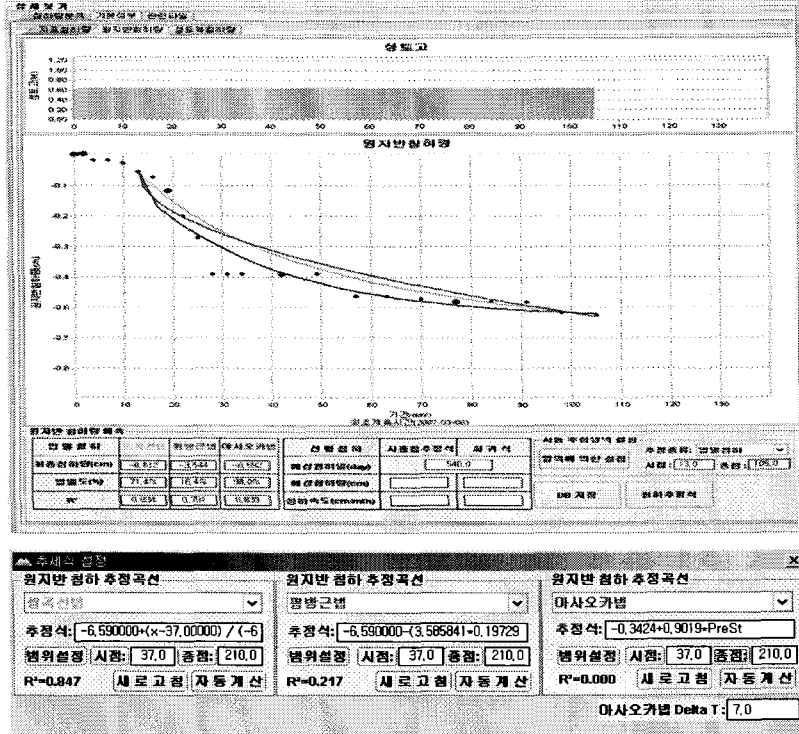


그림 5. 원지반 침하량 데이터 확인 및 예측

3.1.3 침하위치 기본 및 기타 정보

각 위치별 정보 및 데이터는 표 3의 항목과 같이 분류 정리된 자료를 포함시키는 것으로 하였다. 필수정보에는 총 7개의 항목으로 구성하여 침하와 관련된 정보를 사용자가 쉽게 검색하여 판단할 수 있도록 구성하였다. 또한, 해당위치의 관련 파일(도면, 기타 파일)등도 DB에 포함될 수 있도록 하였다.

표 3. 설치 위치별 세부 항목

구분	항목	내용
필수 정보	필수 기본정보	위치정보, 침하계주변정보, 침하계설치층, 설치높이(EL.),계획성토고, 현장공사명
	원지반 조건	위치, 원지반 층종류, 층두께, N값
	성토체 조건	성토고, 5mm통과율, 100mm통과율, 최대입경
	주변구조물 정보	구조물명, STA위치, 설치깊이, 제원, 기타
	원지반 물성 시험결과	위치, 비중, 단위중량, 자연함수비, 액성한계, 소성한계, 소성지수, 포화도, 초기간극비, 최대입경, 60%입경, 30%입경, 10번체 통과량, 40번체통과량, 0.08mm통과량, 흙종류
	지지장성 평가결과	위치, 강화노반, 상부노반, 하부노반, 원지반
	원지반 압밀시험결과	압축지수(Cc), 유효상재하중(Po), 압밀계수 NC, 압밀계수 OC, 팽창지수(Cr), 선행압밀하중(Pc), 투수계수 NC, 투수계수 OC
지표면 침하량	계측시각별 지표침하량(mm) 계측 자료	
원지반 침하량	계측시각별 성토고(m) 및 원지반침하량(cm) 계측 자료	

### 3.1.4 고속철도 노반 침하데이터 요약 보고서 및 검색기능

개발된 프로그램은 계측지점의 DB에 저장된 내용을 그림 6과 같이 요약 보고서 형태로 출력할 수 있도록 하였다. 요약보고서는 설치 위치정보와 침하량 요약정보, 원인분석, 침하그래프를 포함시켰으며, 경고기준치를 두어 침하량에 대한 분석을 할 수 있도록 기능추가를 하였다.

개발된 프로그램의 주요 기능중에 하나는 침하량이 경고 기준치보다 크게 발생할 경우에는 화면에서 확인하여 원인분석을 예비적으로 수행할 수 있도록 하였다. 원인분석 항목으로는 원지반의 N값과 흙의 종류, 성토고, 주변 구조물 등을 보고서 형태로 출력되어 사용자가 종합 검토하여 침하에 대한 원인 분석할 수 있는 기초자료를 제공할 수 있도록 하였다.

이외의 기타자료에 대해서는 상세검색을 통해 모든 항목에 대하여 검색조건을 주어 검색할 수 있도록 기능을 추가하였다.

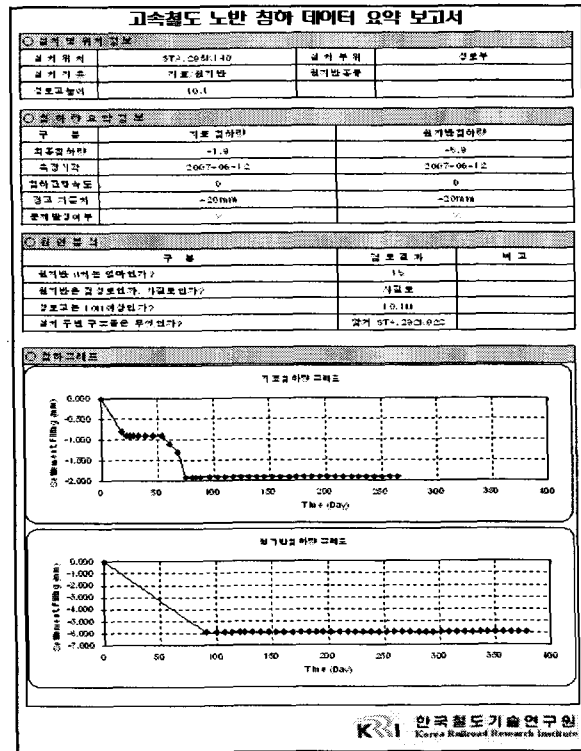


그림 6. 침하데이터 요약 보고서

## 4. 결론

본 논문에서는 기존에 침하 데이터의 페이퍼 또는 엑셀 파일로 관리되어오는 침하 데이터를 데이터베이스화함으로써 전산관리 토대를 마련하여 공동된 포맷으로 DB화하여 일괄적인 분석/평가할 수 있는 Tool을 개발하였다. 또한, 계측된 침하 데이터를 바탕으로 향후 발생할 수 있는 예상 침하량을 예측할 수 있는 기능을 추가하여 사용자가 침하량에 대하여 능동적으로 대처할 수 있도록 하였다. 또한, 침하 경고기준치를 두어 기준치 이상이 될 경우 원인 분석할 수 있는 기초자료 제공할 수 있도록 하였다. 입력된 고속철도 노반 침하 데이터는 향후 토공노반의 유지관리와 관련된 통계자료 축적과 활용이 가능할 것으로 판단된다. 향후, 꾸준한 DB화를 통해 설계 및 시공, 유지관리시 효율적으로 활용하여야 할 것이다.

### 감사의 글

현장 시험결과 자료 및 많은 도움과 협력을 주신 경부고속철도 2단계 공사현장의 건설 관계자 여러분과 한국철도시설공단 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.

### 참고문헌

1. 이송, 구자갑, 심민보(2000), "철도터널의 유지관리 DB 프로그램 개발 및 특성" 한국철도학회 논문집 제3권 제 3호 pp.139~146.
2. 김대상, 양신추, 문재석, 이현정, 강대웅(2006), "경부고속철도 콘크리트궤도 토공 및 원지반 침하(I)", 한국철도학회논문집, 1738-6225, 제9권6호통권37호, pp. 644~651.
3. 고속철도 노반 침하 데이터 DB 개발 기술매뉴얼.