

철도 지반정보 자료의 표준화 DB 개발

Development of Railroad Geotechnical Information Database

김정무* 김현기** 이성혁*** 황선근****
Kim, Jung-Moo Kim, Hyun-Ki Lee, Seong-Hyeok Hwang, Seon-Keun

ABSTRACT

In this study, various railroad geotechnical informations were standardized. The standardization was progressed by classifying the informations as basic properties, railroad vibrations and design plans. Basic informations included soil properties(27), dynamic property(1), geophysical prospecting(1), and elastic wave prospecting(4). Specification for 'human exposure to whole-body vibration' was used to construct the information of railroad vibration. And in the case of the information of design plan, the way to save by graphic files was chosen. Thus standardized informations examined their application by setting up database. Entity-Relation(E-R) model was used in the design of database and by this, the database system was constructed. This database system will be able to serve the performance enhancement of railroad system.

1. 서론

세계는 산업사회로부터 정보사회로 급속히 변모하고 있으며, 정보사회에서는 효율적인 정보입수·활용이 경제활동 전반에 걸쳐 발전의 밑거름이 될 뿐만 아니라, 인간의 의식구조와 생활환경에 이르기까지 혁명적인 변화를 초래하는 중추적인 역할을 담당하게 된다. 이 때문에 선진외국에서는 정보의 효과적인 활용으로 타 산업활동에 활기를 불어넣고 있으며, 산업자료의 표준화를 통해 가장 능률적인 방법으로 일을 진행하고, 이때 생산된 데이터를 효과적으로 관리하기 위한 데이터베이스 구축을 가장 중요하게 여기고 있다. 한편 데이터베이스 기술의 발전으로 정보의 관리 및 활용 기회가 더욱 증대됨에 따라 철도청에서는 1997년부터 '통합시설 관리시스템 마스터플랜'을 수립하여 시설관련 정보 및 각종 통계자료의 공유, 관련 시스템의 연계 및 통합 시설관리를 추진하는 등 철도시스템 선진화를 위한 기본자료의 축적에 적극 힘쓰고 있다.

본 연구에서는 이와 같은 복잡하고 다양한 철도지반정보를 표준화하고, 데이터베이스화하여, 향후 기초기반 자료로 활용할 수 있도록 합리적이고 체계적인 철도 시설물의 계획, 설계, 유지보수 및 안전진단의 기초자료인 지반정보를 효율적으로 저장하고 관리할 수 있는 기반을 조성하였다. 이렇게 구축된 데이터베이스는 사용처의 필요에 의해 다양한 분야에 적용될 수 있다.

2. 지반정보 자료의 분류

철도 시설물은 동적인 하중과 정적인 하중을 동시에 받으며, 시설물 주변의 진동영향 또한 고려하여야 한다. 본 연구에서는 이러한 특징을 고려하여 그림 1에 보인 바와 같이 3가지로 나누어 지

* 한국철도기술연구원 궤도토목연구본부 연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원 궤도토목연구본부 주임연구원, 정회원

*** 한국철도기술연구원 궤도토목연구본부 선임연구원, 정회원

**** 한국철도기술연구원 궤도토목연구본부 책임연구원, 정회원

반정보를 분류하였다. 우선 기본정보는 한 지점의 정보를 보여주는 것으로 시추공 자료와 기본물성, 동적물성, 물리탐사자료로 분류하였으며, 물리탐사자료는 다시 탄성파시험, 전기-전자기시험, 자연전위시험, 중자력시험으로, 동적물성자료는 공진주시험을 중심으로 분류하였다. 분류된 목록 중 표 1은 기본물성자료, 표 2는 물리탐사자료와 현장도면의 분류목록이다. 다음으로 시설물 주변의 진동영향을 고려한 진동정보는 여러 점을 포함하고 있으므로 서로 연관된 위치정보를 별도로 포함한다. 또한 현장도면 정보는 하중이나 물성과의 연관성을 찾기 어려우므로 별도로 분류하였다.

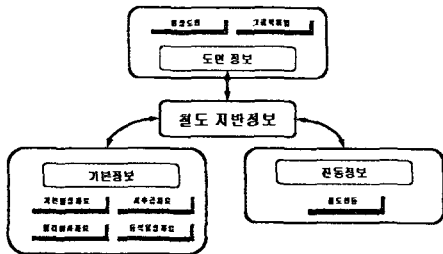


그림 1. 철도지반정보의 분류

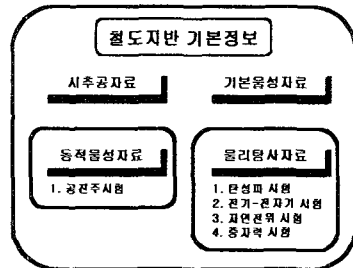


그림 2. 철도지반기본정보

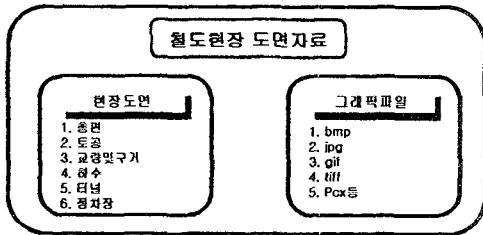


그림 4. 현장도면정보



그림 3. 연변진동정보

3. 자료의 표준화

철도지반정보에는 토질시험 결과, 물리탐사시험 결과, 동적물성시험 결과, 진동시험 결과 등 매우 복잡하고 다양한 정보가 존재하여 각 정보/자료의 표준화를 위해 KS에 있는 토질시험과 없는 토질시험으로 분류하였으며, KS에 없다고 하더라도 사용빈도수가 많고, 시험결과의 정리가 매우 간결한 경우에는 별도의 표준화를 진행하였다.

본 연구의 분류방법의 예는 다음과 같다. 물리탐사시험 결과의 경우, 출력이 간단한 탄성파시험 결과는 그림 5와 같이 표준화하였고 기타의 물리탐사시험 결과는 그림 6으로 통합하였다. 철도진동자료의 표준은 철도주변 진동 허용한도(환경부, 1995)를 기준으로 작성되었으며, 그림 7과 같이 철도로부터의 거리, 거리별 OA(Overall)값과 거리별 주파수의 진동 가속도 레벨값을 표시할 수 있도록 하였다. 그림 8은 현장도면정보의 표준화 양식이며 철도청 설계사무소의 '정규도 및 표준도'의 분류 기준에 따랐다.

표 1. 기초물성 리스트

시험 명칭	KS 규격	기타
01. 흙의 함수비시험	KS F 2306-98	
02. 흙의 비중시험	KS F 2306(96)	
03. 흙의 체가름 시험	KS F 2309-95	
04. 비중계에 의한 입도시험	KS F 2302-92(97)	일부
05. 흙의 액성한계 및 소성한계시험	KS F 2303	
06. 흙의 수축한계 시험	KS F 2304-85(95)	
07. 흙의 분류	KS F 2324-91(96)	
08. 흙의 다짐시험	KS F 2304-85(95)	
09. 노상토의 지지력비시험	KS F 2320-95	
10. 모래지반의 현장입도시험	KS F 2311-91(96)	
11. 흙의 투수계수시험	KS F 2322-95	
12. 압입시험	KS F 2316-97	
13. 흙의 1축압축시험	KS F 2314-97	
14. 직접전단시험	KS F 2343-97	
15. 흙의 비압밀비배수시험	KS F 2346-97	
16. 흙의 압밀비배수 3축압축 시험	ASTM D 2767-95	규정없음
17. 흙의 pH 시험	KS F 2103-88(98)	
18. 흙의 유기물 함유량 시험	KS F 2104-88(98)	
19. 표준 판입 시험	KS F 2318-97	
20. 동적 cone 관입 시험		규정없음
21. 현장 배인 시험	KS F 2342-75(96)	
22. 평판 재하 시험	KS F 2444-90(95) : 기초 KS F 2310-80(95) : 도로	
23. 말뚝의 재하 시험	KS F 2445-79(97)	
24. 암석의 정재하 시험	ASTM D 5731-95	규정없음
25. 암석의 일축 압축 강도 시험	ASTM D 5607-95	규정없음
26. 암석의 직접 전단 시험		규정없음
27. 암석의 3축 압축 시험	ASTM D 2664-95a	규정없음

표 2. 물리탐사 및 현장도면 분류

물리 탐사	
탄성과 반사법 탐사	크로스홀, 다운홀, SASW
탄성과 굴절법 탐사	굴절법시험
탄성과 토도그래피탐사	
지표레이더 탐사	
전기비저항 탐사	
전자기 탐사	
자연 전위 탐사	
중-자력 탐사	
γ선 탐사	
온도검층	
전기검층	
방사선검층	
속도검층	
현장도면	
총편	제도, 제표
토공	토공 정규, 당대
교량 및 구거	T법, PC법, 합성법
하수	횡단하수, 합하수, 수로
터널	정규, 굴착, 라이닝, 갱문
정차장	정차장, 승강장

시험 결과						
Mass Density(kg/m ³)						
No	Depth(m)	P Wave Velocity (m/sec)	S Wave Velocity (m/sec)	Reson's Ratio (%)	E G(Pa)	G M G(Pa)

그림 5. 탄성파시험 표준화 양식

한국철도기술연구원			
프로젝트명(Project)			
노선	구간 ~		
단/복선	<input type="checkbox"/> 단선	<input type="checkbox"/> 복선	거리
좌/우 아크거리	<input type="checkbox"/> 좌측	<input type="checkbox"/> 우측	시공 <input type="checkbox"/> 신설 <input type="checkbox"/> 보강
작성자(Writer)	작성일(Date)		
수치자료정보			
위치도 유/무	수치자료(TM)		비고(Remarks)
시험방법(Classification)	파입명(Fib Name)	비고(Remarks)	

그림 6. 물리탐사정보 표준화 양식

한국철도기술연구원			
프로젝트명(Project)			
노선	구간 ~		
단/복선	<input type="checkbox"/> 단선	<input type="checkbox"/> 복선	거리
좌/우 아크거리	<input type="checkbox"/> 좌측	<input type="checkbox"/> 우측	시공 <input type="checkbox"/> 신설 <input type="checkbox"/> 보강
작성자(Writer)	작성일(Date)		
수치자료정보			
위치도 유/무	수치자료(TM)		비고(Remarks)
ID No	Start Time	Stop Time	Remark

그림 7. 철도진동 표준화 양식

한국철도기술연구원			
도면자료입력			
출발(Classification)	도면번호(Map No)	명칭(Name)	파입명(Fib Name)
비고(Remarks)			

그림 8. 현장도면 표준화 양식

4. 데이터베이스 설계 및 구축방법

데이터베이스 설계는 데이터베이스가 어떻게 정의되고, 어떻게 배열, 분석 및 평가되는가를 결정하는 과정이다. 즉, 데이터베이스에 종합적이고 이론적인 틀과 구성을 제공하는 것이다. 지반정보를 저장하고 관리하기 위해 설계된 데이터베이스는 기본정보와 진동정보, 현장도면정보로 구별되며 각각의 자료는 서로 다른 속성을 갖는다. 본 연구에서는 데이터베이스 설계 시 이와 같은 특

성을 고려하고, 설계에 유연성을 부여하기 위해 개체-관계모델(Entity Relation Model)을 사용하여 설계하였다. 개체-관계모델이란 개체를 나타내는 Entity와 이들 개체간의 연관성을 나타내는 관계(Relation)의 집합으로 실세계를 표현하는 자료 모델로 개체-관계모델을 데이터베이스에서 사용하기 위해서는 테이블로 만들어야하며 이때 테이블의 열을 이루는 각 항목을 정의해야 하는데, 각 항목을 정의하여 만든 테이블의 틀을 스키마라고 한다. 모든 데이터들을 위에서 만들어진 테이블과 같은 형태 데이터베이스에 저장되며 이때의 데이터베이스를 관계형 데이터베이스(RDBMS)라고 한다.

본 연구에서 사용한 데이터베이스는 객체관계형 DBMS인 ZEUS로 GIS용 공간DBMS 엔진을 탑재하고 있으며, 일반적인 RDBMS의 기능과 객체의 상속 등의 객체지향적인 특징을 모두 갖고, 표현할 수 있는 데이터가 문자, 숫자, 날짜 등에서 확장되어 비정형(멀티미디어 정보, 지리정보 등)의 다양한 형태의 데이터를 수용할 수 있으므로 지반정보 처리에 유리하다고 하겠다. 그림 9와 10은 개체관계모델을 사용한 예로 공진주시험 자료의 개체관계 모델과 테이블을 표현하였다. 그림 11은 ZEUS 데이터베이스의 구조를 나타내었다.

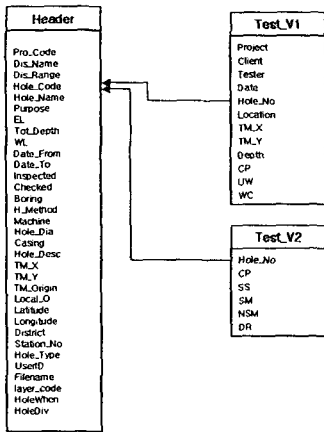


그림 9. 개체관계 모델의 예(공진주시험)

항목명	TYPE	NULL	UNIQUE	설명
Project	VARCHAR(20)	NULL		프로젝트
Client	VARCHAR(20)	NULL		발주처
Tester	VARCHAR(20)	NULL		시험자
Date	VARCHAR(30)	NULL		시험기간
Hole_No	VARCHAR(20)		UNIQUE	시추번호
Location	VARCHAR(100)			시추위치
TM_X	DOUBLE			시추좌표(TM X)
TM_Y	DOUBLE			시추좌표(TM Y)
Depth	FLOAT			시추깊이
CP	FLOAT			구속압
UW	FLOAT			단위중량
WC	FLOAT			함수비

항목명	TYPE	NULL	UNIQUE	설명
Hole_No	VARCHAR(20)		UNIQUE	시추번호
CP	FLOAT			구속압
SS	FLOAT			전단변형률
SM	FLOAT			전단탄성계수
NSM	FLOAT			정규화 전단탄성계수
DR	FLOAT			감쇠비

그림 10. 테이블의 예(공진주시험)

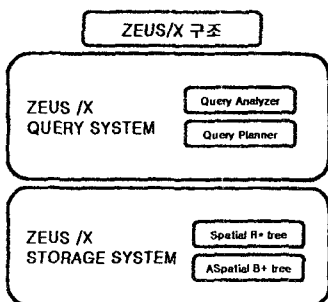


그림 11. ZEUS 데이터베이스의 구조

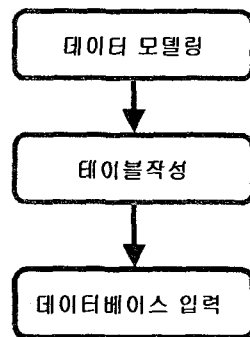


그림 12. 데이터베이스 구축방법

5. 데이터베이스 구축 내역

본 연구에서는 기본정보, 진동정보, 현장도면정보에 대하여 각각의 개체관계모델과 데이터베이스 테이블을 제작하였다. 기본정보는 기초물성(27), 동적물성(1), 물리탐사(1), 탄성과 탐사(4)를 대상으로 하였으며, 철도진동정보와 현장도면정보는 별도의 항목으로 데이터베이스를 구축하였다. 그림 12는 데이터베이스를 구축하고 데이터를 입력하는 순서를 나타내었으며, 그림 13은 공진주 시험결과와 입력데이터 샘플이며, 그림 13은 그림 12의 데이터를 데이터베이스에 입력하기 위한 SQL문이다. 구축한 데이터베이스에 데이터를 입력하기 위해서는 각각의 표준화 양식에 기입된 시험결과 데이터를 기본정보, 진동정보, 현장도면정보의 테이블 형식에 맞게 편집한 후, SQL문으로 전환하여야 한다.

번호	CP	SS	SM	NSH	DR
1	0.00004	6.190	4.3	0.00004	0.00004
2	0.00073	4.190	4.3	0.00073	0.00073
3	0.00118	6.191	3.710	0.00118	0.00118
4	0.00149	6.111	3.835	0.00149	0.00149
5	0.00283	5.817	3.007	0.00283	0.00283
6	0.00420	6.073	3.773	0.00420	0.00420
7	0.00715	6.044	3.903	0.00715	0.00715
8	0.01087	3.751	3.635	0.01087	0.01087
9	0.02061	3.757	3.663	0.02061	0.02061
10	0.04717	2.157	3.506	0.04717	0.04717
11	0.10066	1.994	3.376	0.10066	0.10066
12	0.00004	6.190	4.3	0.00004	0.00004
13	0.00073	4.190	4.3	0.00073	0.00073
14	0.00118	6.191	3.710	0.00118	0.00118
15	0.00149	6.111	3.835	0.00149	0.00149
16	0.00283	5.817	3.007	0.00283	0.00283
17	0.00420	6.073	3.773	0.00420	0.00420
18	0.00715	6.044	3.903	0.00715	0.00715
19	0.01087	3.751	3.635	0.01087	0.01087
20	0.02061	3.757	3.663	0.02061	0.02061
21	0.04717	2.157	3.506	0.04717	0.04717
22	0.10066	1.994	3.376	0.10066	0.10066
23	0.00004	6.190	4.3	0.00004	0.00004
24	0.00073	4.190	4.3	0.00073	0.00073
25	0.00118	6.191	3.710	0.00118	0.00118
26	0.00149	6.111	3.835	0.00149	0.00149
27	0.00283	5.817	3.007	0.00283	0.00283
28	0.00420	6.073	3.773	0.00420	0.00420
29	0.00715	6.044	3.903	0.00715	0.00715
30	0.01087	3.751	3.635	0.01087	0.01087
31	0.02061	3.757	3.663	0.02061	0.02061
32	0.04717	2.157	3.506	0.04717	0.04717
33	0.10066	1.994	3.376	0.10066	0.10066
34	0.00004	6.190	4.3	0.00004	0.00004
35	0.00073	4.190	4.3	0.00073	0.00073
36	0.00118	6.191	3.710	0.00118	0.00118
37	0.00149	6.111	3.835	0.00149	0.00149
38	0.00283	5.817	3.007	0.00283	0.00283
39	0.00420	6.073	3.773	0.00420	0.00420
40	0.00715	6.044	3.903	0.00715	0.00715
41	0.01087	3.751	3.635	0.01087	0.01087
42	0.02061	3.757	3.663	0.02061	0.02061
43	0.04717	2.157	3.506	0.04717	0.04717
44	0.10066	1.994	3.376	0.10066	0.10066
45	0.00004	6.190	4.3	0.00004	0.00004
46	0.00073	4.190	4.3	0.00073	0.00073
47	0.00118	6.191	3.710	0.00118	0.00118
48	0.00149	6.111	3.835	0.00149	0.00149
49	0.00283	5.817	3.007	0.00283	0.00283
50	0.00420	6.073	3.773	0.00420	0.00420
51	0.00715	6.044	3.903	0.00715	0.00715
52	0.01087	3.751	3.635	0.01087	0.01087
53	0.02061	3.757	3.663	0.02061	0.02061
54	0.04717	2.157	3.506	0.04717	0.04717
55	0.10066	1.994	3.376	0.10066	0.10066

그림 13. 공진주 시험 데이터 샘플

```

INSERT INTO Test_U1
( Project, Client, Tester, Date, Hole_No,
Location, TM_X, TM_Y, Depth, CP, UM, WC)
VALUES
( '광양터널구간', '철도청', '김정무', 20030212,
20, '목포', 300.245, 250.95, 5, 20, 1.7, 20);

INSERT INTO Test_U2
( Hole_No, CP, SS, SM, NSH, DR)
VALUES
( 'BH-1', 20, 0.0001, 3000, 0.95, 0.1);
    
```

그림 14. 공진주 시험 입력 SQL문

6. 결론

본 연구에서는 기본정보의 기초물성(27), 동적물성(1), 물리탐사(1), 탄성과 탐사(4)과 철도진동정보, 현장도면정보를 표준화하고 데이터베이스를 작성하기 위해 KS규정의 지반시험법과 물리탐사, 공진주시험, 철도진동, 현장도면 등을 대상으로 하여 표준화를 진행하였다. 표준화 후 개체관계모델에 의해 데이터베이스를 설계하였고, 테이블을 구성하여 데이터베이스에 입력하였다. 본 연구에서 개발한 표준안과 데이터베이스는 철도선진화를 위한 LCC(Life Cycle Cost) 기술확보와 철도시스템 수명주기비용에 기초자료로 활용할 수 있으며 향후 자료의 공유를 위해 웹으로 확장할 수 있다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원, "철도시스템 선진화 기술연구(시스템 성능향상 핵심기술)", 2003.
2. 김용필, "지반공학 시험법 및 응용", 세진사, 1999.
3. 조성호, 목영진, 장현삼, "지반의 동적 물성치 측정을 위한 탄성과 기법과 결과의 이용", 한국지반공학회, 2000.
4. 철도청, 철도청 설계사무소, "정규도 및 표준도".
5. 한국철도기술연구원, "철도 소음·진동의 효율적 저감방안 연구 1차년도 보고서", 철도청, 1997.
6. Kearey, Brooks, "An Introduction to Geophysical Exploration", 1991.