

성능중심 설계 도입을 위한 토공노반 DB 관리 프로그램 소개



| 최 찬 응 |
한국철도기술연구원
선임연구원



| 엄 기 영 |
한국철도기술연구원
책임연구원



| 신 민 호 |
한국철도기술연구원
수석연구원

1. 서론

1.1 프로그램 개발의 필요성

최근 들어 구조물에 대한 성능을 설계에 도입하여 경제적이며 합리적인 설계를 위한 다각적인 노력을 보이고 있으며, 이러한 성능설계 규정화는 국제 표준화로 발전시키고 있다. 성능중심의 설계를 도입하여 구조물의 기능이나 성능을 직접적으로 평가하기 위해서는 먼저 외부하중에 의한 변형 예측과 이를 판단하는 기준이 명확하게 분석할 수 있는 기법이 마련되어야 한다.

흙은 토립자, 물, 공기로부터 이루어진 3상 혼합 재료로서 변형이나 강도의 역학적 거동에 간극수의 상호작용의 영향을 강하게 받는다. 따라서 강재와 콘크리트와 같이 하중-변위 등의 응답을 정확히 표현할 수 있는 수리 모델 기법이 요구된다. 흙에 대한 정확한 예측을 할 수 있는 수리모델을 개발하기 위해서는 상세한 지반조사를 필요로 하는 경우가 많으며, 아직까지 이 부분에 대한 연구가 필요하다고 볼 수 있다. 그러나 현재 국내 대부분 토공 현장에서 발생하는 흙의, 기본적 물성 정보는 엑셀 또는 수작업으로 관리되고 있으며, 통계적 분석이 이루어지지 않고 있어 장기적 거동 또는 건설공사 이후의 이력조사가 충분하지 못하게 관리되고 있다. 따라서, 지금부터라도 흙의 물성과 향후 하중에 의

한 변위 등을 전산화된 DB로 구축할 필요가 있다. 또한 국내에서는 통일된 문서를 관리하는 것이 아니라, 각 공구별로 서로 다른 형식의 문서로 관리하고 있기 때문에 정보를 분석하는데 있어 어려움이 많다. 따라서 흙의 다양한 기본정보와 품질 평가 등을 통일화하고 추적평가와 이력조사를 강화시켜 향후 성능기반의 토구조물 설계를 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 성능기반의 토구조물 설계 방법을 도입할 때 유용한 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 본 고에서는 이러한 요구사항을 만족할 수 있는 토공노반 품질 관리 프로그램을 개발하여 이를 소개하고자 한다.

1.1.1 독일DIN 18 134규정의변형률계수를 구현할수 있는 프로그램의 필요

시공이 실제 설계대로 제대로 이루어졌는지를 확인하는 절차로는 통상 현장에서 품질관리, 시험 시공, 또는 계측 등을 통해 확인하고 있다. 일반적으로 토공 구간의 경우 쌓기, 구조물 뒤채움 등에 양질의 재료를 사용하여 열차운행에 따른 추가 압축침하가 발생하지 않도록 층별 다짐을 실시한 후 품질 관리를 통해 이를 확인하고 있다.

국내에서는 고속철도가 도입됨에 따라 기존 품질관리 방법보다 더 엄격한 기준으로 관리를 하고 있으며 특히, 경부 2단계와 호남고속철도의 경우에는 노반 유지보수를 하지 않는 생력화 궤도인 콘

크리트케도를 도입하여 노반의 품질관리는 더욱 더 중요시하고 있다. 국내에서 고속철도 토공노반에 대한 다짐품질 규정은 독일 DIN 18 134 규정을 준용하도록 되어 있다.

DIN 18 134 방법에 의한 변형계수 산정방법은 두 가지 방법이 있다. 첫 번째 방식은 1차, 2차 하중-변위 관계곡선으로부터 2차 함수 곡선으로 곡선접합(curve fitting)하여 각 계수를 구하여 변형률계수를 구하는 방법이다. 두 번째 방법은 활선기울기로 구하는 방법으로 최대응력(0.5MPa)의 0.3배, 0.7배에서 하중단계의 활선기울기로 변형률계수를 이용한 방법이다. 독일과 중국의 경우 주로 첫 번째 방식으로 변형계수를 구하고 있으며, 국내에서는 두 번째 방법을 적용하고 있다. 이와 같이 국내에서 산정하는 변형률계수는 독일과 다르기 때문에 이에 대한 검증이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

2. 토공정보 DB 관리프로그램의 환경

2.1 구동환경 및 범위

개발된 토공노반 정보관리 프로그램은 PC기반으로 인터넷이 되는 어느 곳에서나 인증된 사용자가 접근하고 사용이 가능하도록 구동 체계를 구성하였으며 필요시 신속한 프로그램 업그레이드가 가능한 Auto upgrade방식을 도입하였다. 이러한 방식의 장점은 데이터의 접근성 및 중앙관리가 실현되는 특징을 가지고 있다. 데이터베이스 접근 시에는 사용자의 아이디와 패스워드 인증 방식의 보안 체계를 구현하였으며, 원격 접속 지원이 가능한 Client/Server타입의 데이터베이스 구축으로 인터넷을 통해 쉽게 접근할 수 있다. 또한, 차후 Web-Page로 업그레이드 용이한 데이터베이스 인터페이스를 지원하여 필요시 신속한 프로그램 업그레이드가 가능하도록 개발 하였다. <표 1>

표 1. 프로그램 구동환경

구 분	내 용
서버	MYSQL 설치될 수 있는 COMPUTER (LINUX, WINDOW, UNIX)
클라이언트환경	PC 기반 IE 6.0이상
네트워크 환경	TCP/IP 기반 WAN / LAN
데이터 베이스	MYSQL (Freeware)
개발언어	Visual Basic

표 2. 재하시험 및 관련정보를 저장하기 위한 테이블

구 분	내 용
PLT	K_{30}
CPLT	$Ev_1, Ev_2, Ev_2 / Ev_1$
File Information	시설물 종류, 시험날짜, 선로명, 위치, 공구명, 노반구분, 시점, 종점, 토질종류, 함수비, 소성지수, 액성한계, 소성한계, 건조밀도, CBR, 프라이싱비, 재하판지름 및 재하판 용량 등

은 개발된 프로그램의 구동환경을 나타내었다.

현장에서 시공 중에 관련된 토공관련 정보 들은 흙의 성능을 규정하기 위한 중요한 시발점이라고 볼 수 있다. 따라서 이를 저장하기 위한 DB 및 테이블을 구축하였으며, 그에 따른 정보는 <표 2>와 같다. <표 2>에서와 같이 흙의 재료적 물성과 CBR 등과 같은 역학적 물성정보, 그리고 시공 중에 품질관리 기준 등이 정보에 포함시킬 수 있도록 하였으며, 위치정보와 같이 저장하여 향후 노반의 성능을 검토할 수 있도록 하였다.

2.2 토공노반 관리 프로그램 구성 및 기능

2.2.1 토공노반관리프로그램의기능

토공노반 DB 관리 프로그램의 구성은 DB를 빠르게 검색할 있는 조건 입력을 가능하게 하였으며, 검색결과를 사용자가 원하는 방법으로 정렬할 수 있도록 데이터검색과 기본정보, 재하시험 그래프를 확인할 수 있도록 하였다. 사용자가 원하는 데이터는 기본정보 뿐만 아니라 시험데이



그림 1. 평판재하시험 DB관리 프로그램 초기화면과 실행화면

터 상세보기, 평판재하시험과 반복평판재하시험 보고서를 출력하는 등 다양한 방법으로 출력할 수 있도록 구성하였다. <그림 1>은 토공노반 DB관리 프로그램의 초기 화면이다.

2.2.2 사용자인터페이스구현

사용자 인터페이스 구현으로 검색 조건에 따른 각종 정보와 데이터 검색 등을 할 수 있으며, 현장에서 평판재하시험 데이터의 추가·삭제를 할 수 있도록 하였다.

검색결과 상세보기에서는 선택된 데이터의 기본정보 및 시험데이터를 DB에서 추출하여 표출 및 직접 수정이 가능하며 재하시험 그래프를 통해서 선택된 시험데이터의 침하도표를 표출할 수 있도록 하였다.

본 프로그램에서는 평판재하시험과 반복평판재하시험으로 지지력계수와 변형률계수를 산정할 수 있으며, 특히 반복평판재하시험의 경우 변형률계수는 앞서 언급한 2가지 방법 모두 구현할 수 있도록 하였다.

<그림 2>는 입력 활성 창으로서 초기화면에서 사용자



그림 2. DB 저장 및 기본정보 입력창

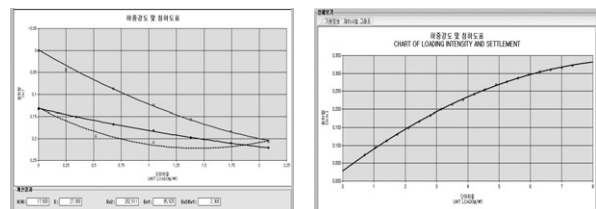
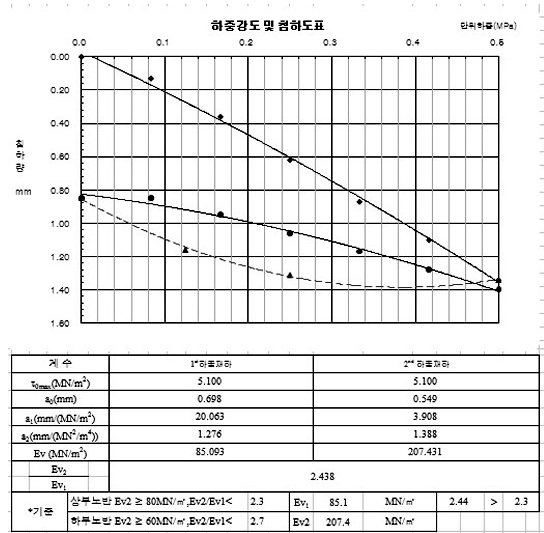


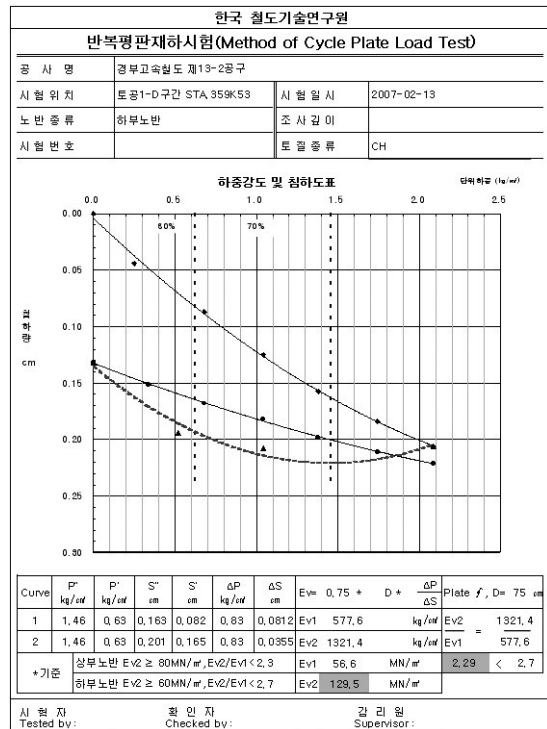
그림 3. 평판재하시험결과 그래프

ID와 패스워드를 입력하면 그림과 같이 생성된다.

<그림 3>은 토공노반 DB관리 프로그램에서 계측 결과



(a) 2차 함수곡선으로 구하는 방법



(b) 할선기율기로 구하는 방법

그림 4. 반복평판재하시험에서 변형률계수 구하는 방법 예시

를 바탕으로 자동적으로 추출되는 하중-침하 곡선을 보이고 있다. 그림에서와 같이 평판재하시험과 반복평판재하시험결과 그래프를 구현할 수 있다.

<그림 4>는 반복평판재하시험에서 변형률계수를 구하는 2가지 방법 모두 구현할 수 있도록 구성하였다.

2.2.3 평판재하시험데이터보고서

<그림 5>는 개발된 토공노반 관리 프로그램의 DB로 저장된 내용을 보고서 형태로 출력한 장이다. 보고서 양식은

철도기술연구원								
KSF 2310		평 판 재 하 시 험 표						
시 험 번 호 :		시 험 일 자 :			2007년 2월 13일			
시 간	시간 간격 (min)	하 중 (kg)	하중강도 (kg/cm ²)	계 미 지 읽 음			침 하 량 (cm)	비 고
				좌	우	평 균		
	0	0.70	69	77	1	0.073		
	742	1.05	89	98	1	0.094		
	989	1.40	108	118	1	0.113		
	1236	1.75	127	134	1	0.131		
	1484	2.10	145	151	1	0.148		
	1731	2.45	163	171	2	0.167		
	1978	2.80	178	188	2	0.183		
	2225	3.15	194	206	2	0.200		
	2473	3.50	209	217	2	0.213		
	2720	3.85	223	229	2	0.226		
	2967	4.20	236	245	2	0.241		
	3215	4.55	249	260	3	0.255		
	3462	4.90	261	274	3	0.268		
	3709	5.25	272	282	3	0.277		
	3958	5.60	282	292	3	0.287		
	4204	5.95	291	302	3	0.297		
	4451	6.30	298	311	3	0.305		
	4698	6.65	305	314	3	0.310		
	4946	7.00	310	320	3	0.315		
	5193	7.35	316	328	3	0.322		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
	0					0.000		
시 험 자 :		환 인 자 :						

그림 5. 평판재하시험 보고서

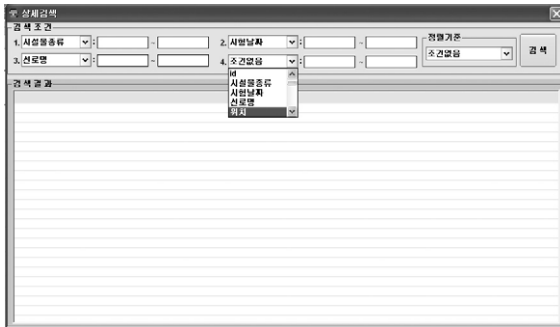


그림 5. 프로그램 상의 상세검색창

현재 시공사에서 페이퍼로 관리하고 있는 양식을 참조하였으며, 토공노반의 기본정보가 수록되도록 양식화하였다. 또한, 검색기능을 추가하였으며, 이외의 기타자료에 대해서는 상세검색을 통하여 시설물 종류, 시험날짜, 선로명 등 모든 항목에 대하여 검색조건을 주어 검색할 수 있도록 기능을 추가하였다(<그림 6> 참조).

3. 결론

흙 구조물에 대한 성능기반의 설계도입은 아직까지 많은 연구가 진행되지 않고 있으나 점차적으로 필요성을 인식하고 있다. 강재나 콘크리트는 하중에 대한 변위 등의 응답이 정확히 표현할 수 있는 수리 모델이 있지만, 흙의 거동은 매우 복잡하여 이를 규정화시켜 성능기반에서의 설계까지 도입하기에는 많은 노력과 연구가 필요하다. 이러한 성능 중심의 설계를 위해서는 먼저 많은 데이터가 축적되고 관리되어 통계적으로 분석하여 최적화시켜야 한다. 그러나 현실적으로 흙의 경우 대부분 페이퍼로 관리하여 관리의 어려움이 있으며, 시일이 경과됨에 따라 자료의 분실 등으로 분석자체가 안되는 경우가 많다. 따라서 본 프로그램의 개발로 통일화된 양식과 자료관리 등을 DB화시킬 수 있을 것으로 판단된다. 철도에서만이라도 앞으로 건설되는 토공의 많은 자료를 관리하고 활용하여 이를 설계기법까지 발전시켜야 할 것으로 판단된다. 또한, 향후 국내 철도기술이 외국으로 수출될 경우 시공 중에 관리되어온 데이터는 선진 철도기술의 노하우 제공과 최적화된 설계기법을 통해 합리적이며 경제적인 설계를 할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

- 일본지반공학위원회·토구조물 성능 평가에 관한 연구소위원회, “성토구조물의 성능규정화에 있어서의 과제와 전망”, 일본토목학회 논문집 C호 Vol. 63, No. 4, pp 993-1000.
- 최찬용, 배재훈, 이진욱(2008), “토공노반 다짐품질관리를 위한 DB 프로그램 개발소개”, 한국철도학회 봄학술발표회.
- 한국철도기술연구원(2008), “토공노반 최적두께 산정을 위한 설계기준 연구”, 연구보고서.