

# 도상자갈치기 대상관리 시스템 모듈 개발

## Development of System Modules for Ballast Cleaning Management

김남홍†  
Nam-Hong Kim

이승열\*  
Syung-Yeol Lee

우병구\*\*  
Byoung-Koo Woo

김명수\*\*\*  
Myung-Su Kim

이성욱\*\*\*\*  
Sung-Uk Lee

---

### ABSTRACT

We should manage the target locations according to the deterioration degree of the ballast for the rational and economical ballast cleaning. For this, it's required to define the logics calculating the crushing rates and suggest the threshold values for the ballast cleaning.

This paper introduce the system modules that estimate the ballast's deterioration degree refers to the results of the previous study("A Study on the Crushing Characteristic of the Ballast Gravel at High-Speed Railroad", Journal of the Korean Society for Railway, Vol.11, No.4, pp.384~389), enroll the target locations where the ballast cleaning is required.

---

### 1. 서론

합리적이고 경제적인 도상자갈치기를 위해서는 도상자갈의 열화정도에 따라 작업대상을 관리하여야 하며, 이를 위해서는 도상자갈의 파쇄율을 판별할 수 있는 로직과 도상자갈치기 보수작업 기준치에 대한 정의가 필요하다.

본 논문에서는 이전의 연구결과(“고속선 도상자갈의 파쇄특성에 관한 연구”, 한국철도학회논문집 제 11권 제4호 2008년)를 바탕으로 도상자갈 파쇄정도를 판단하고 도상자갈치기 작업이 필요한 구간을 선별하여 작업대상으로 등록하는 시스템 모듈을 개발하여 제시하였다.

### 2. 도상자갈 파쇄특성 분석<sup>1)</sup>

#### 2.1 개요

도상자갈 파쇄특성에 관한 이전의 연구결과를 바탕으로 경부고속선 관리구간별 도상자갈 파쇄정도를 평가하는 시스템을 구축하고자 한다. 이전의 연구에서는 대형 장비다짐작업으로 인한 세립화와 누적되는 열차통과하중을 도상열화의 주요 요인으로 판단하였으며, 시험용 궤도 부설을 통한 현장실험(실외 실측시험)과 실제의 운행환경을 모사한 모형실험(실내 모형실험)을 통하여 도상자갈의 파쇄특성을 분석하였다.

---

† 비회원, 한국철도공사, 연구원 기술연구팀, 대리  
E-mail : knh12345@korail.com

TEL : (042)615-4708 FAX : (02)361-8542

\* 정회원, 한국철도공사, 연구원 기술연구팀, 대리

\*\* 비회원, 한국철도공사, 연구원 기술연구팀, 차장

\*\*\* 정회원, 한국철도공사, 연구원 기술연구팀, 팀장

\*\*\*\* 정회원, 한국철도공사, 시설기술단 선로관리팀장, 공학박사·기술사

## 2.2 실험결과

도상다짐작업에 따른 도상자갈의 파쇄특성을 분석하기 위하여 MTT작업에 의한 실외 실측실험을 수행한 결과, 아래의 그림 1과 같이 도상다짐작업 횟수의 증가와 함께 자갈 파쇄입자 비율은 회귀분석 결과 1차 함수의 형태로 선형적인 증가분포를 보였으며, 추세선을 이용한 함수식과의 결정계수( $R^2$ , Coefficient of Correlation)도 0.9781로 1에 가까운 매우 높은 상관관계를 보였다. 또한, 누적통과톤수에 의한 도상자갈의 파쇄 특성을 분석하고자 실내 모형실험을 실시한 결과, 반복하중재하 횟수의 증가와 함께 도상자갈 파쇄입자 비율은 선형적인 증가분포를 보였고 40만회부터 급격한 변화를 나타내었다(그림 2).

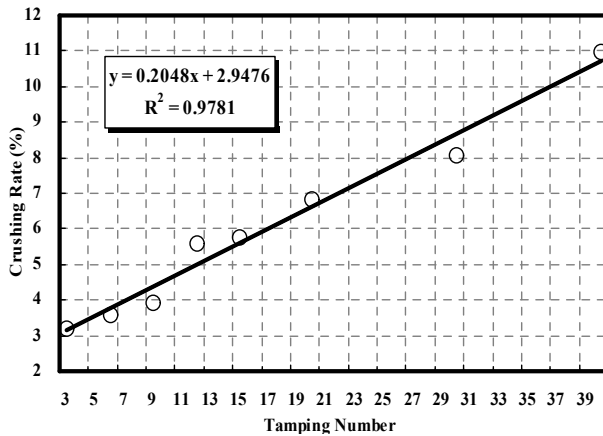


그림 1. 도상다짐작업 횟수별 파쇄비율(%)

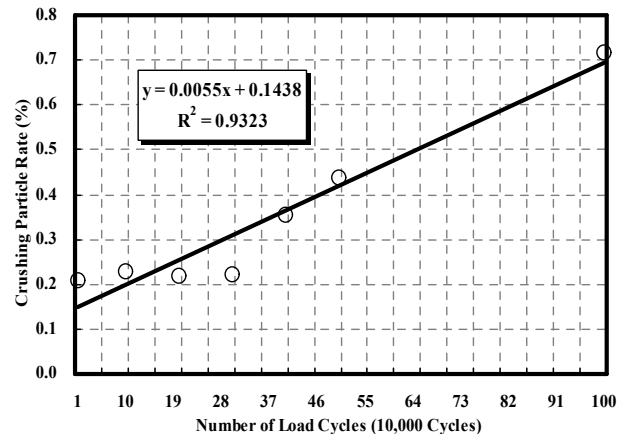


그림 2. 반복하중재하 횟수별 파쇄비율(%)

## 2.3 도상자갈 파쇄율 판별 로직

앞 절에 기술한 실외 실측실험과 실내 모형실험의 결과 데이터를 요약하여 아래의 표 1에 나타내었다.

표 1. 실내·외 실험 결과

Field Test (by MTT Tamping)		Model Test (by accumulated traffic loads)	
Tamping Number	Crushing Rate(%)	load cycles (10,000)	Crushing Rate(%)
3	3.22	1	0.21
6	3.57	10	0.23
9	3.94	20	0.22
12	5.57	30	0.22
15	5.76	40	0.36
20	6.84	50	0.44
30	8.08	100	0.72
40	10.97	-	-

각각의 실내·외 실험 결과를 종합하여 도상자갈 세립화에 대한 파쇄입자 비율( $F$ ) 실험모델식을 다음의 식(1)에 나타내었으며, 변수  $N_1$ 과  $N_2$ 는 각각 MTT다짐작업 횟수와 반복하중재하 횟수이다.

$$\begin{aligned}
 F &= f_{Field\ Test} + f_{Model\ Test} \quad (1) \\
 &= [0.2048N_1 + 2.9476] + [0.0055N_2 + 0.1438]
 \end{aligned}$$

### 3. 시스템 설계 및 구현

#### 3.1 개요

고속선 궤도 유지보수의 효율화와 객관적 신뢰성을 확보하기 위하여 예방보수 개념을 기반으로 국내 고속선 운영환경에 적합한 한국형 고속선 궤도관리 의사결정지원 시스템(KTMSYS ; Korea high speed Track Maintenance decision support SYstem)을 철도운영 주체인 한국철도공사가 주관하여 개발 중에 있다.

아래의 그림에 KTMSYS 개발범위 구성 전반에 대한 개요도를 나타내었으며, 이 중 도상자갈치기 대상관리 부분은 유지보수일정최적화 모듈의 일부 내용임을 밝혀둔다.

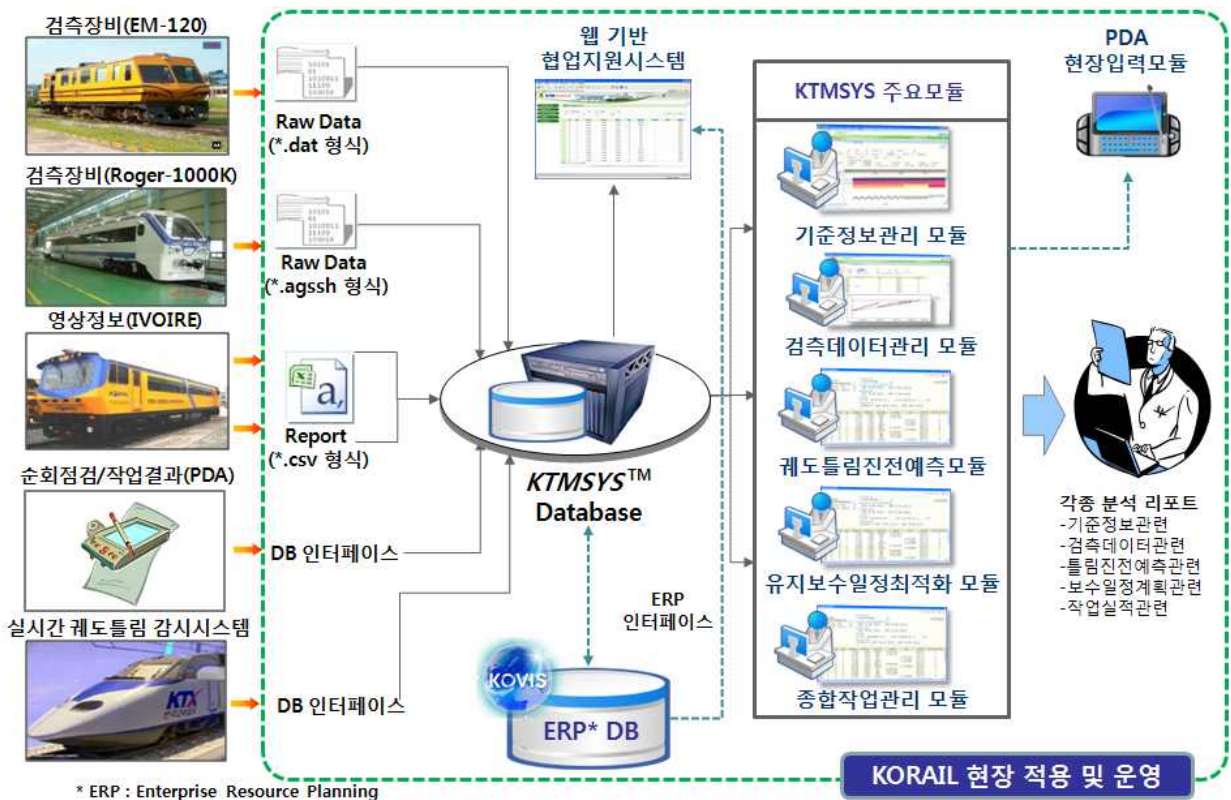


그림 3. KTMSYS 개발 범위

#### 3.2 시스템 설계<sup>2)</sup>

##### 3.2.1 시스템 기능설계

KTMSYS는 고속선 궤도관리 의사결정을 지원하는 시스템으로서 유관 부서에 정보를 제공하고 부서 간의 의사결정을 돕는 도구로 사용된다. 이를 위하여 KTMSYS는 검측데이터, 관련 규정, 각종 제약조건 등의 입력값을 받아들인다. 수집한 데이터를 이용하여 KTMSYS 엔진은 궤도의 현황분석, 틀림진전 예측, 보수일정 수립, 리포트 생성 등의 궤도유지보수업무에 필요한 작업을 수행한다. 이후에 일정최적화 모형개발을 통해 보수 일정을 시설관리사무소와 장비운영과에 제시하여 작업을 계획하게 하고 실행하는 부서의 의견을 반영하여 최종 일정계획을 수립하게 된다.

프로세스는 시스템에 주어지는 입력값과 출력값, 시스템에 영향을 주는 규정/법령, 시스템 사용주체를 정의 하는 방법으로 구성되었다. 시스템 프로세스 정의를 위하여 1981년 미 공군에서 ICAM(Integrated Computer Aided Manufacturing)프로젝트의 생산시스템 분석 및 설계 목적으로 개발한 IDEF(ICAM DEFinition) 방법론을 적용하였으며, 이를 위하여 IDEF 전용 Case Tool인 Logic Works의 BPWIN을 사용하였다.

### 3.2.2 시스템 화면설계

KTMSYS는 크게 5가지 모듈(기준정보관리, 검측데이터관리, 틀림진전예측, 유지보수 일정최적화, 종합작업관리)로 구분되며, 그 중 검측데이터관리 모듈에서는 궤도의 속성을 관리하는 궤도 마스터 데이터 및 세그먼트 관리, 검측데이터 관리 화면으로 구성되었으며, 틀림진전예측 모듈에서는 궤도품질지수 관리 및 틀림예측에 의한 이상세그먼트 조회 화면으로 구성되었다. 마지막으로 유지보수 일정최적화 모듈에서는 유지보수 작업을 위한 리소스 관리, 보수작업 리스트 관리, 단기 및 중장기 일정계획 관리, 보수작업 관리 화면 등으로 구성되었다.

### 3.2.3 시스템 DB설계

KTMSYS의 데이터베이스는 Microsoft SQL Server 2005를 사용하여 DBMS(DataBase Management System)로 설계되었으며, 도상자갈치기 작업실적 데이터는 오송고속철도시설사무소에서 관리하고 있는 도상균질화 작업실적을 KTMSYS 서버에 DB화 하였다. 또한, 테이블이나 프로시저는 관련 업무 및 기능에 친숙한 형태로 제공하여 관리 및 유지보수가 비교적 용이하도록 설계되었다.

### 3.3 도상자갈치기 대상관리 시스템 구현

도상자갈 파쇄율 판별 로직을 활용하여 구간별 도상자갈 파쇄정도를 평가하고 작업대상 목록으로 등록하는 일련의 과정을 시스템으로 구현하여 다음의 그림 4~6에 표현하였다. 세부적으로 살펴보면, 먼저 선로명과 방향, 사업소를 선택하는 조회기준 설정 탭이 있고, 작업대상에 대한 균집화를 설정할 수 있는 기능, 도상자갈 파쇄율 판별과 현황조회 기능, 작업대상 선별과 등록을 위한 기능 화면으로 구성되어 있다.

파쇄율에 대한 기준값의 경우, 선로정비지침(국토해양부, 2007.12) 제179조 자갈치기 시행 기준값(22.4mm체 통과율 20%) 외에 시스템 사용자(현장 관리자)가 임의의 값을 입력하여 특정 값에 대한 초과 개소를 예방차원에서 점검할 수 있도록 구성하였고, 자갈치기 이후의 잔여 토사혼입율(%)은 관리하지 않는다. 또한, 작업 균집화 기능을 제공하여 특정 구간 내에 포함되어 있는 작업대상 개소들을 균집화 하여 동시에 작업등록이 가능하게끔 구현하였다.

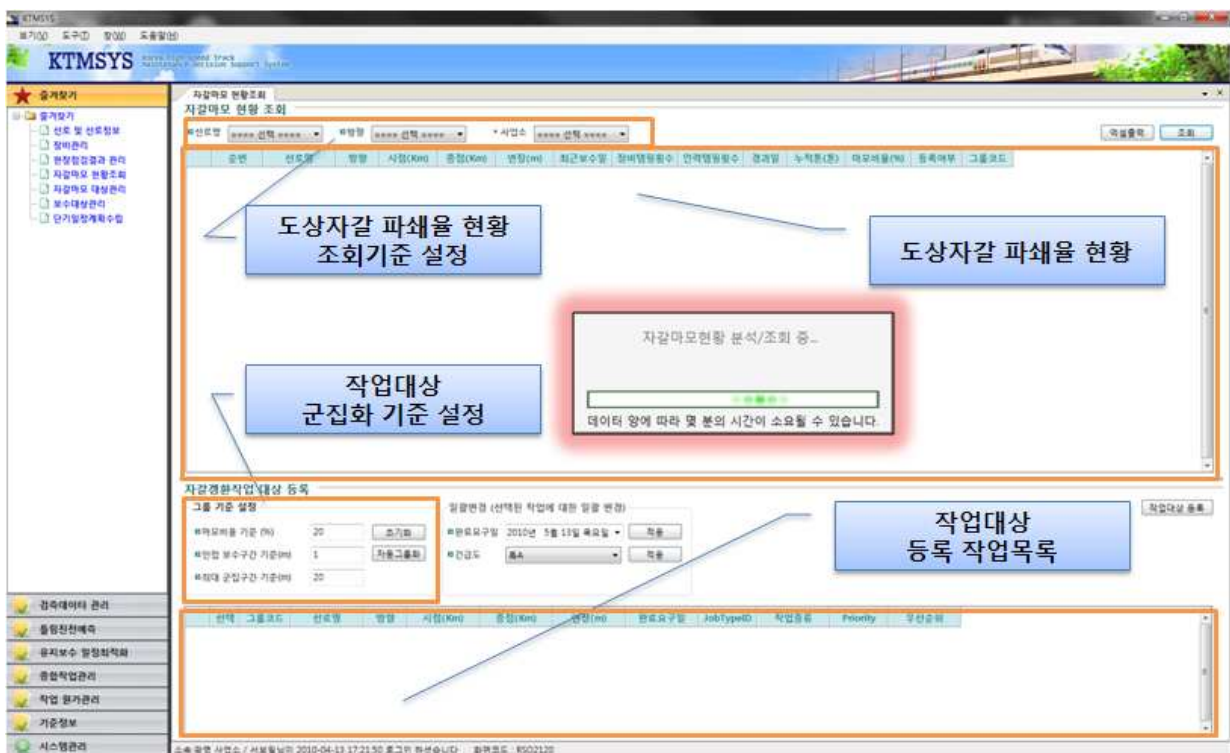


그림 4. 도상자갈 파쇄율 현황 조회

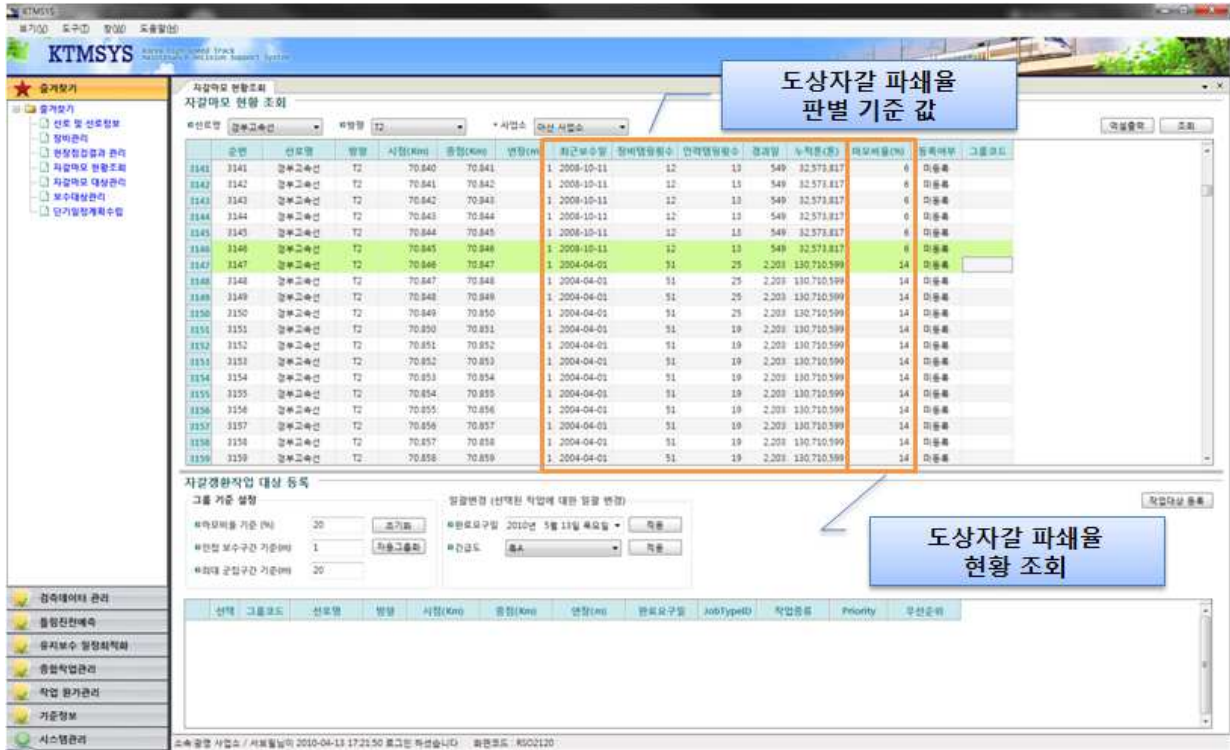


그림 5. 도상자갈 파쇄물 현황 조회 결과

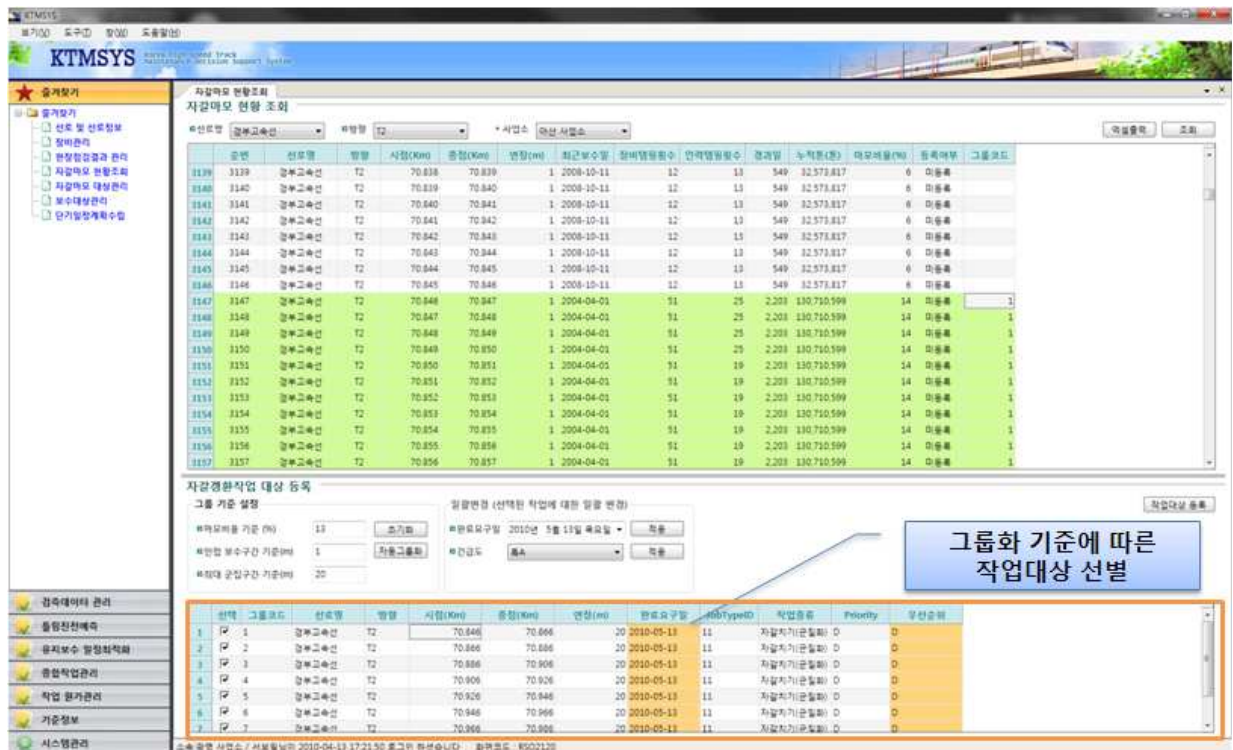


그림 6. 작업대상 등록 화면

파쇄물 판별로직에 있어, 누적통과톤수에 대한 관리는 다음의 그림과 같이 고속선 시설사업소 관리구간별로 월 통과톤수를 입력하여 관리하도록 구성하였으며, 누적하중에 대한 적용시점은 KTX 개통시점인 2004년 4월 1일로 정의하여 시스템에 반영하였다.

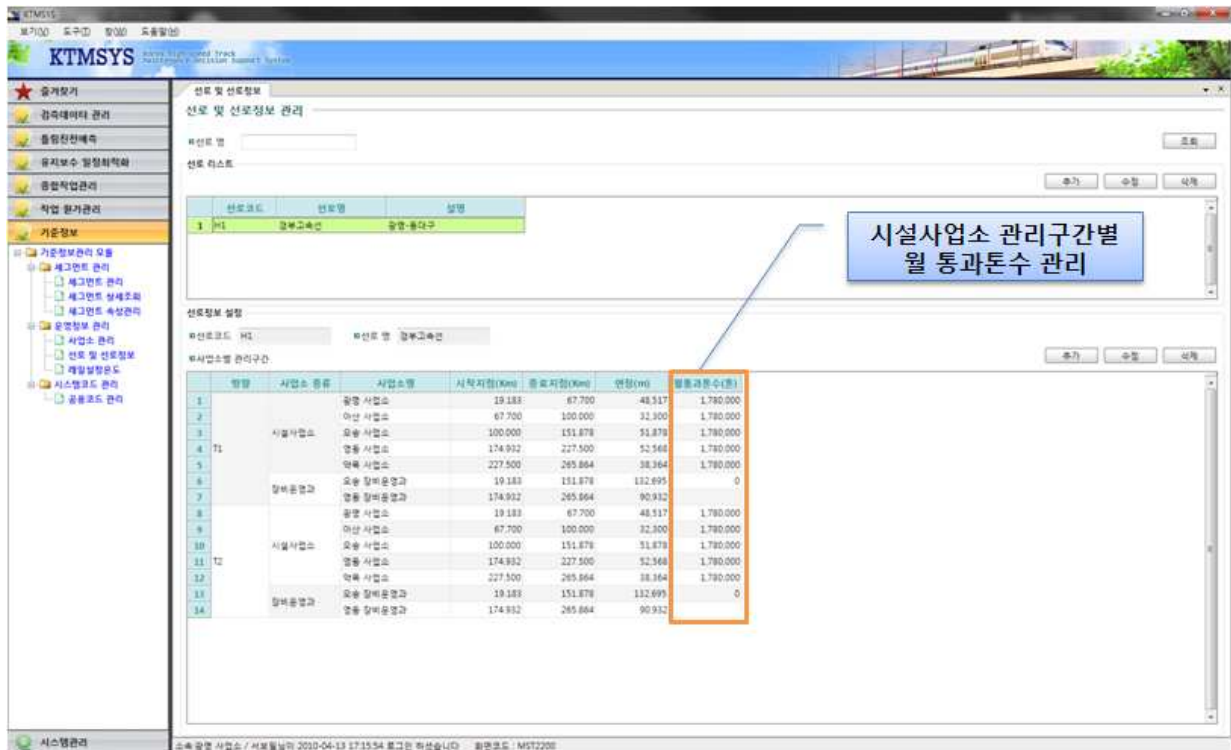


그림 7. 누적통과톤수 관리 화면

#### 4. 결론

도상자갈 파쇄특성에 관한 이전의 연구결과를 바탕으로 경부고속선 관리구간별 도상자갈 파쇄정도를 평가하는 시스템을 구축하였다.

도상자갈 파쇄율 판별 로직을 활용하여 구간별 도상자갈 파쇄정도를 평가하고 작업대상 목록으로 등록하는 일련의 과정을 시스템으로 구현하여 본문에 각각의 화면을 보이고 설명하였다. 본 내용은 현재 개발 중에 있는 KTMSYS의 유지보수일정최적화 모듈의 일부분에 적용되어 도상자갈치기 대상관리를 위한 하나의 기능으로 관리되어질 것이다.

파쇄율 판별로직에 있어, 이전의 연구에서는 2가지 요소(장비다짐작업횟수와 누적통과하중)를 고려하였으나, 본 모듈에서는 인력다짐작업에 대한 요인을 추가하여 로직을 구현해 놓은 상태이다. 인력탐핑과 장비탐핑과의 상관관계 즉, 각각의 요인별 도상자갈 파쇄에 미치는 영향평가는 추가연구를 통해 향후 제시되어야 할 내용이다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행하고 있는 미래철도기술개발사업(06 고속철도 III-1)의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관련기관에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 이춘길, 김남홍, 우병구, 이성욱, “고속선 도상자갈의 파쇄특성에 관한 연구”, 한국철도학회논문집, 11권, 4호, pp.384-389, 2008.
2. 국토해양부(2009), “고속선 궤도관리 의사결정지원 시스템 개발,” 미래철도기술개발사업 제2차년도 중간보고서, p.13-47.
3. 철도청(1998), “철도도상 개량을 위한 기초 연구”, 한국철도기술연구원 최종보고서, p.129-146.
4. Ernest T Selig and John M. Waters(1994), "Track Geotechnology and Substructure Management", Thomas Telford books, pp.8.18~8.32.