

# 궤도틀림의 분석 및 이력관리를 위한 전산시스템의 개발

## Development of the Computer System for the Analysis and the Management of Track Irregularities

오 지 택\* · 백 상 옥\*\*

OH, Ji-Taek · Paik, Sang-Wook

---

### Abstract

The whole track system is designed and maintained to provide satisfactory geometry. Renewal and correction decisions are often governed by track irregularities. To provide cost-effective track to meet this need in the future it is essential to be able to improve the methods by which the performance of the track is monitored and to have reliable methods for prediction and planning. This paper develops computer-aided system for analysis and management of track irregularities. The main objective is to collect and monitor track irregularities for each conventional line to be used as an aid in making decisions on track correction and renewal. The final decision, especially on track renewal, however, always be a decision made by man and not by computer-aided system.

---

### 1. 서론

세계 각 국의 철도기관들은 열차의 고속화와 운행의 고밀화 및 유지보수작업인력확보의 어려움으로 인하여 유지보수환경이 점차 열악해지는 문제점을 인식하였다. 이에 따라 궤도 유지보수의 효율성을 극대화하기 위한 보수작업의 기계화와 보수작업계획의 전산화에 대한 지속적인 연구개발을 수행하여 상당부분 실용화에 성공하였다. 국내에서도 경부선 등과 같은 주요 선에 있어서는 선로용량을 초과하거나 거의 육박하는 수준의 열차운행조건에 직면하게 되었다. 이에 따라 국철에서는 철도유지보수 및 관리에 대한 전산화 시스템의 개발에 박차를 가하고 있는 실정이다. 이러한 전산시스템 중 궤도틀림에 대한 시스템의 개발은 점차 고속화되어가는 열차에서의 승차감 향상기술과 유지보수체계의 개선에 있어서 필수적이라 할 수 있다. 특히, 최근의 검측차량은 측정된 궤도틀림정보를 디지털화하여 일반 컴퓨터에서 관리 및 분석이 용이하도록 되어 있다. 본 연구에서는 궤도의 유지보수 및 관리의 지표라 할 수 있는 궤도틀림에 대한 분석 및 이력관리를 위한 전산시스템을 개발하고자 한다.

### 2. 궤도틀림관련 전산시스템의 현황

궤도틀림은 궤도의 품질을 나타내는 지표로서 궤도유지보수에 있어서 매우 중요한 정보를 제공

---

\* 정회원 · 한국철도기술연구원 선임연구원 · 공학박사 · 031-461-0234(교265) (E-mail: jtoh@krrl.re.kr)

\*\* 비회원 · 한국철도기술연구원 연구원 · 공학사 · 031-461-8531(교158)

한다. 궤도유지보수시스템은 기본적으로 궤도틀림에 대한 분석과 이력관리, 유지보수작업의 이력 및 유지보수작업계획수립 등과 같은 기능을 갖추고 있다. 특히 전산화된 유지보수시스템은 보선작업계획자가 그 작업의 실시를 결장함에 있어 그 사용이 가능한 자원을 가장 효율적으로 운영하고 자원에 대한 모든 정보를 접할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 이러한 시스템들은 궤도의 회복불능손상을 미연에 방지하기 위한 예방보수(Preventive Maintenance, PM)계획을 수립하고 제한된 자원의 효율적인 운영을 위하여 개발된 것들이다. 표 1은 세계 각 국에서 개발하여 시험중이거나 활용중인 전산화된 궤도 유지보수시스템을 나타낸다.

표 1. 세계 각 국의 궤도유지보수 전산시스템

| 철도기관    | 시스템   | 특징 · 가동 상황 등   |
|---------|---|--|
| 영국국철    | 미니 MARPAS, MARPAS: 보수 및 갱신계획 지원시스템<br>RRNPV: 레일교환계획 | · 틀림진행의 수치/통계분석<br>· 차종별 평가<br>· 승차감 악화를 고려<br>· 실시 시기별 경비평가 |
| JR그룹    | SMIS: 신간선 정보관리 시스템                                  | · '75년 이후 가동중<br>· 계속적으로 기능 향상중                              |
| 네덜란드 국철 | BINCO: 보수계획 지원 시스템                                  | · 레일삭정 계획 포함   |
| 프랑스 국철  | GOP: 노상을 포함한 보수시스템                                  | · 도상+중간층=노상계수정<br>· '83이후 가동중                                |
| ERRI    | ECOTRACK: 경제적 궤도관리시스템                               | · 궤도상태관리<br>· 보수작업계획<br>· 갱신작업계획 작성                          |

철도선진국의 전산화된 유지보수시스템의 최신동향은 다음과 같은 3가지 표현된다.

- ▷ 적합한 방대한 자료를 축적한 데이터베이스를 구축
- ▷ 궤도의 손상모델을 개발
- ▷ 보수의 수요와 자원배분의 극대화를 위한 전산시스템을 구축

## 2.1 전산시스템의 구축

궤도유지보수에 관한 전산시스템은 제한된 자원의 운영효율을 극대화시키고 있으며 괄목한 보수비용의 절감효과를 거두고 있는 실정이다. 유지보수시스템의 전산화에 대하여 고려해야할 기본 항목을 UIC-715-1R와 UIC IF 1/85에 근거하여 다음과 같이 제시하였다.

### 1) 전산시스템의 표준화 배경

철도망과 유지보수에 대한 UIC 소위원회에서 “표준 궤도평가 시스템”의 제목으로 관련된 문제에 대한 타당성 연구가 수행되었으며 7차 위원회에서 제기된 새로운 의문(question)을 포함하는

정식요청이 1979년에 작성되었다. 주제는 2개 그룹으로 나뉘어 졌다.

- ▷ “컴퓨터 지원 궤도유지보수작업의 계획에 대한 표준 궤도평가시스템의 구축가능성”에 관련된 연구, 7/G/20로 명명되어 4년의 연구기간으로 DB에서 주도하는 UIC연구그룹에 의해 수행되었다. 이 의문에 대한 연구는 ORE 보고서 D117에서 수행된 연구결과와 궤도평가절차에 대한 state-of-the-art에 근거하였다.
- ▷ “차량응답을 결정하는 궤도의 형상매개변수에 대한 정량적인 산정”에 관련된 연구로서 이것은 C152로 명명되었으며 SNCF의 주도하에 ORE전문위원회에 위임하였다, 이 연구는 ORE C116의 결과에 근거하였다. 이 연구의 목표는 차량응답과 궤도형상간의 상관관계를 설정하는 것이다.

## 2) 전산시스템 구축의 목표

타당성연구를 통하여 철도의 유지보수에 대한 UIC소위원회가 다음과 같은 목표를 설정하였다.

- ▷ 서로 다른 시스템으로부터 얻은 결과의 조화
- ▷ 컴퓨터 지원 궤도형상평가에 대한 표준원리의 정의
- ▷ 이러한 유사 주제로 철도에서 수행되었던 선행연구에 대한 고찰

## 3) 전산시스템 구축의 기본항목

궤도의 유지보수를 위하여 철도가 갖추고 있는 표준과 규정을 전산화된 유지보수시스템에 접목시켜 궤도유지보수작업의 유/무에 대한 기본적인 의사결정을 지원하기 위한 시스템의 구축시 유럽에서 사용되고 있는 궤도평가시스템의 개발에서 고려한 항목들은 다음과 같다.

- ▷ 평가계수
- ▷ 궤도형상 측정
- ▷ 차량응답 측정
- ▷ 궤도형상과 차량응답간의 관계에 대한 지식
- ▷ 궤도형상에 대한 측정결과에의 디지털 분석을 위한 컴퓨터의 사용

## 3. 정기유지보수체계

궤도유지관리는 열차주행안전성과 승객승차감에 결정적인 영향을 끼치며 철도망에 대한 전체 비용 중 상당한 비중을 차지한다. 따라서, 궤도유지관리비용은 특정 주행속도, 주행안전 그리고 승객 승차감을 항상 만족 할 수 있는 한도내에서 가능한한 적게 들어야 한다. 이러한 궤도유지관리는 안전의 관점에서는 예방적이며, 승차감을 고려하면 교정적이다. 또한, 비용측면을 감안한다면 안전의 여유를 만족하며 궤도품질의 회복불능 손상을 방지를 보장하는 최적의 방법을 찾아야 한다.

궤도유지관리의 목표는 두 개의 기본적인 서로 다른 매개변수 그룹에 관계한다. 하나는 통상 복원될 수 있는 손상과 같은 기하학적(궤도틀림) 매개변수들이고, 다른 하나는 부속(레일, 체결구, 침목, 용접 등)을 교체하지 않으면 복원되지 않는 기계적인 매개변수들이다. 그러나, 기하학적 매개변수들은 손상진행속도가 기계적인 매개변수들에 비하여 약 5~15배정도 빠르다. 평균열차하중

으로 약 11~15 MGT(30,000~40,000 tons/day, UIC 그룹4, MGT=10<sup>6</sup>ton)을 받는 선로에서, 기하학적 특성의 체계적인 복원은 약 40~50 MGT하중이 작용한 후에 수행되는 반면에 레일은 약 500~600 MGT의 하중이 작용한 후에 교체된다. 이것은 연간 통과톤수 11~15 MGT인 선로에서 계획된 유지보수 작업의 주기가 약 3~4년이 됨을 의미하며, 레일의 교환은 대략 매 30~50년마다 수행됨을 의미한다. 기하학적 궤도특성의 실제와 이론값 간의 차이는 궤도결합으로 규정되며, 이 결합들의 복원은 궤도유지관리를 통하여 이루어진다.

정기유지보수체계는 기본적으로 궤도에서의 기하학적 손상과 기계적 손상에 대한 과학적인 진행예측모델을 필요로 한다. 또한, 진행예측모델을 구성하는 많은 매개변수들이 각각 궤도의 파괴에 기여하는 영향이 이론 및 실험적으로 정립되어야만이 신뢰도 높은 궤도유지보수계획의 수립이 가능해진다.

국내에서는 아직까지 체계적인 궤도파괴 메카니즘에 대한 선행연구가 거의 없는 실정으로 국철의 정기유지보수체계 구축 및 실현에 현실적인 어려움이 있다. 현행 유지보수체계를 정기유지보수체계로 전환하기 위해서는 국내 궤도현황에 대한 실험적인 분석과 이론적 접근이 병행되어야 하며, 지난 수십년간 국내 궤도에서 수행되어왔던 유지보수방식 및 보수이력과 궤도품질에 대한 적극적인 현장분석에 기초하여야 할 것이다.

#### 4. 궤도틀림분석프로그램의 개발

본 연구에서는 전산화된 궤도유지관리시스템의 기본시스템 중 궤도의 기하학적 손상을 나타내는 궤도틀림의 분석 및 이력관리를 위한 전산시스템을 각 모듈별로 개발하였다. 전산시스템을 구성하는 각 모듈은 다음의 표 2와 같다.

표 2. 기계보선작업의 지표인 궤도틀림관련 Raw data 및 분석자료의 Visualization 모듈

|   |
|---|
| 1. TIVMA (Track Irregularities Visualization Module A)                    |
| 궤도틀림 각 항목에 대한 선로별/구간별 Display 와 Print 모듈                                  |
| 2. TIVMB (Track Irregularities Visualization Module B)                    |
| 궤도틀림 분석결과에 대한 선로별/구간별 Display 와 Print 모듈                                  |
| 3. TIPVPM (Track Irregularities Progress Prediction Visualization Module) |
| 궤도틀림의 손상진행에 대한 예측 모듈(MTT의 투입주기평가부분 포함)                                    |
| 4. VMPLS (Visualization of Maintenance Priority on Lines and Sections)    |
| 궤도 각 선로별/구간별 기계보선작업 우선순위 Display와 Print 모듈                                |
| 5. VMOPL (Visualization of Maintenance Operation Period on Lines)         |
| 선로별/구간별 1종 및 2종 기계작업의 투입시기, 장비배치 및 운용을 위한 작업소요량 평가와 Display 모듈            |

표 2에 나타난 5개 모듈중 1. TIVMA 및 2. TIVMB는 국철의 EM-120으로 검측한 궤도틀림자료를 선로별, 구간별(역간 및 50m구간)로 분류 저장하고 표준편차 및 표준편차의 변화율(궤도손상진행율)을 구간별 열차 통과톤수(MGT)와 관련되어 분석하는 기능을 갖고 있다. 3. TIPVPM은 단순한 bi-linear궤도손상진행예측모델로 구성되어있으나, 향후 추가연구를 통하여 좀더 신뢰도 높은 궤도손상진행예측모델이 개발될 경우 손쉽게 모듈을 upgrade할 수 있도록 하였다. 실질적으로 전산시스템으로부터 얻게될 분석결과의 신뢰도는 전적으로 TIPVPM모듈에 사용한 궤도파괴예측모델에 의존하게 된다. 4. VMPLS는 국내 각 선로별, 구간별(역간 및 50m구간) 시급히 보수해야 하

는 취약개소를 수시보수에 적합하도록 분석제공하고, 계획보수를 위한 보수우선순위를 평가하는 부분이다. 마지막으로 5. VMOPL은 기계보선작업에 대한 종합적인 정보로서 선로별, 구간별 1종 및 2종기계작업의 투입주기(시기)등과 장비작업소요량을 평가하는 부분이다.

궤도의 유지보수는 철도운영의 안전을 위하여 충분히 수행되어야 하는 매우 중요한 작업으로서 가용한 인력, 장비 및 작업시간의 효율적인 활용을 위해서는 유지보수자원에 대한 최적운용이 가능한 체계가 조속히 구축되어야 할 것이다. 이는 기존선의 고속화, 고밀화 및 KTX의 기존선 직결 운행 등과 같이 지난 수 십년간 정제되어 왔던 철도운영환경이 변화하면서 궤도유지보수가 직면하게 될 높은 수준의 유지보수기준 및 작업시간의 부족 등을 해결하기 위하여 적극적인 대처가 그 어느 때보다도 절실하다 할 수 있다. 표 3은 전산시스템에서 처리할 대상선로를 나타낸다.

표 3. 전산처리 대상 선로

|   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |
|---|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| 1 | 경부선 | 6  | 경북선 | 11 | 대구선 | 16 | 동해선 | 21 | 나주선 |
| 2 | 호남선 | 7  | 경원선 | 12 | 과천선 | 17 | 진해선 | 22 | 광양선 |
| 3 | 중앙선 | 8  | 경인선 | 13 | 분당선 | 18 | 전라선 | 23 | 영동선 |
| 4 | 충북선 | 9  | 경의선 | 14 | 장항선 | 19 | 군산선 | 24 | 대백선 |
| 5 | 경전선 | 10 | 경춘선 | 15 | 대구선 | 20 | 일산선 | 25 | 정선선 |

#### 4.1 Visualization 및 Analysis 모듈

전산시스템의 TIVMA, TIVMB 및 TIPPVM모듈의 Data처리 체계도.

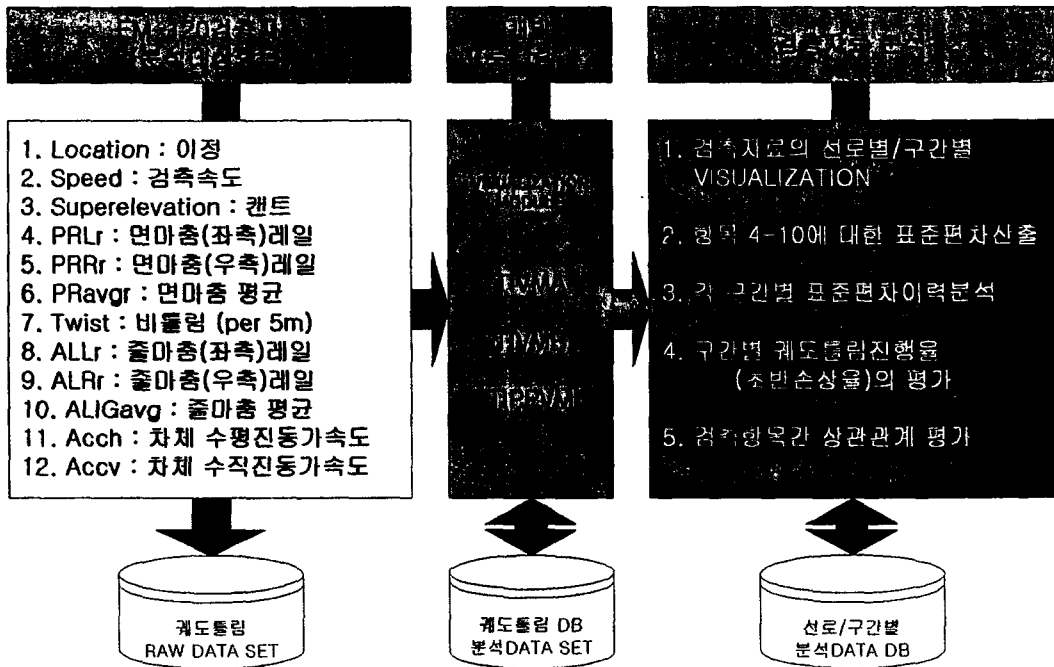


그림 1. 궤도틀림 표준편차 및 궤도손상을 분석

전산시스템의 VMPLS 및 VMOPL 모듈의 Data처리 체계도

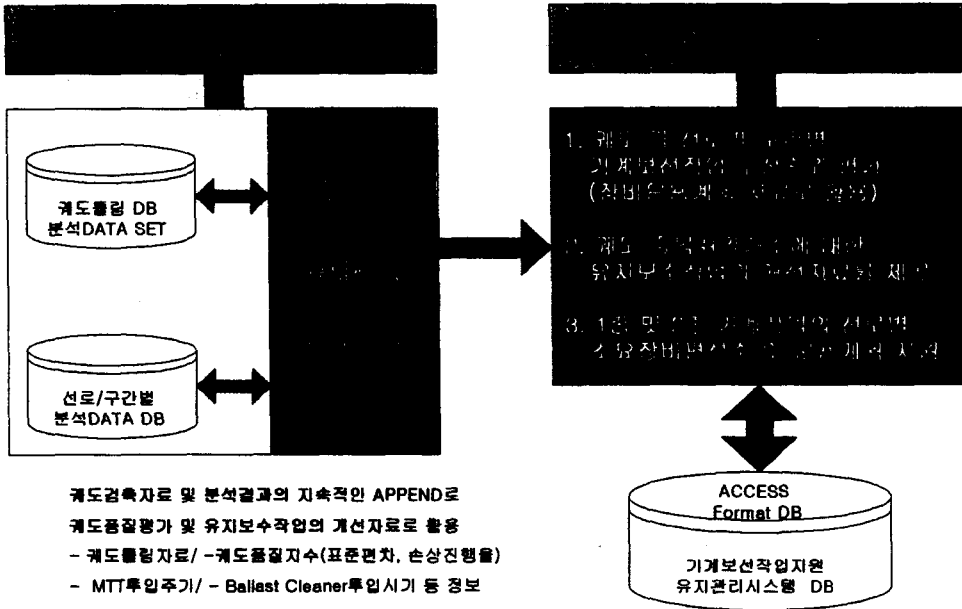


그림 2. 기계보선작업 지원정보의 분석

4.2 전산시스템 출력정보

본 연구에서 개발된 케도틀림의 선로별, 구간별 분석 프로그램의 출력예를 그림 3부터 ...에 나타내었다.

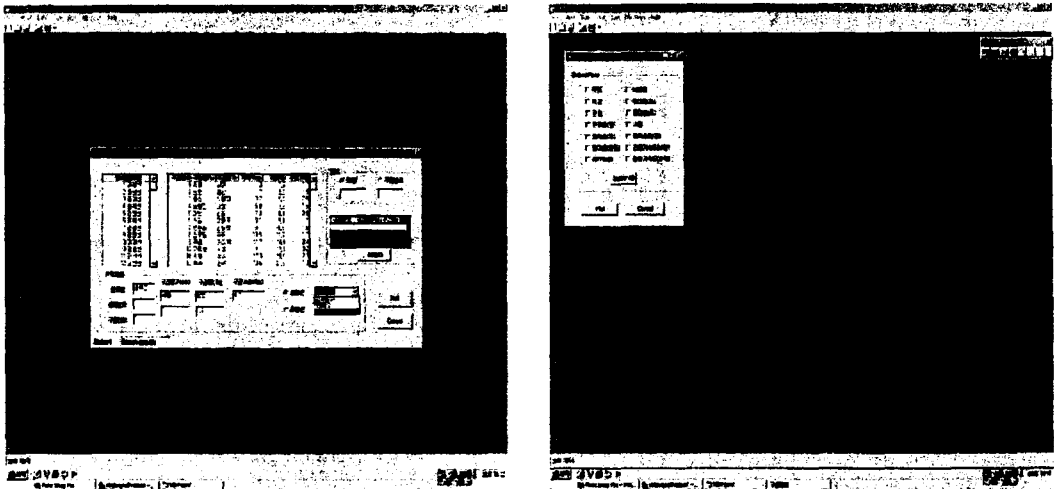


그림 3. 초기메뉴

그림 3은 25개의 선로중 임의 선로, 구간 및 visualization하고자 하는 케도틀림항목에 대한 선택 메뉴를 나타낸다.

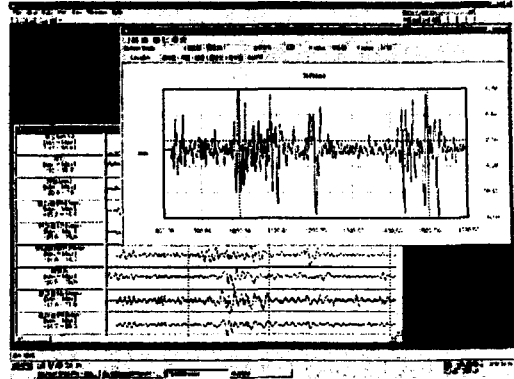
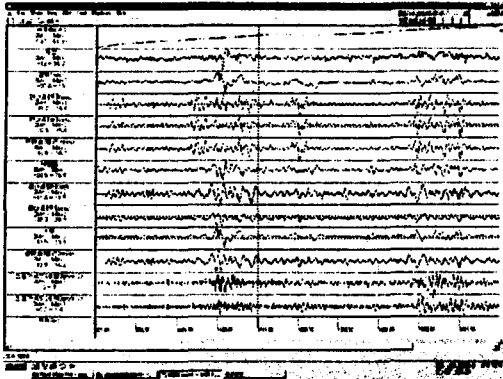


그림 4. Visualization 메뉴

그림 4는 선택된 선로, 구간에서의 궤도틀림항목에 대한 visualization을 나타낸다. 임의선택구간에 대한 확대기능을 갖추고 있다.

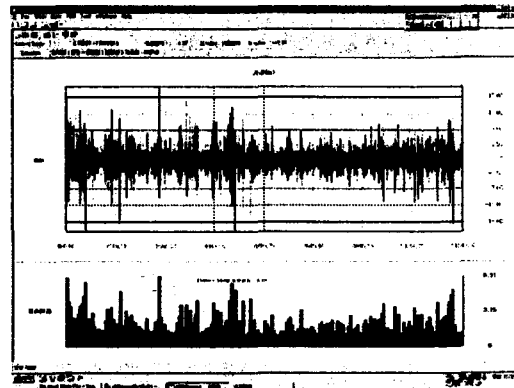
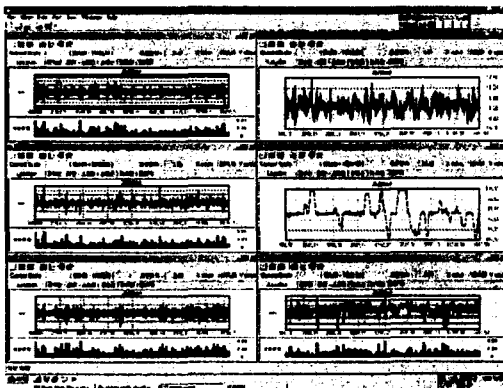


그림 5. 궤도틀림에 대한 표준편차 산출 및 DB저장

그림 5는 임의 구간 궤도틀림항목별 표준편차를 50m단위로 산출하여 visualization한 것을 나타내며, 동시에 산출된 값들을 DB에 분류 저장한다.

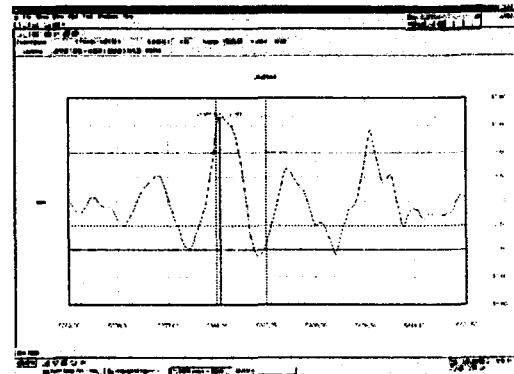
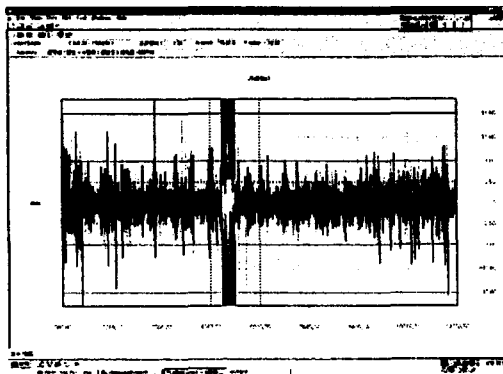


그림 6. 궤도틀림 취약개소에 대한 수시보수를 위한 visualization

그림 6은 궤도틀림이 불량하게 나타난 구간에 대한 확대와 틀림증거값을 출력한 것이며, 확대구간에 대해서 즉각적인 표준편차의 계산을 수행한다. 그림 7은 타 정보의 출력을 위한 메뉴를 나타낸다.

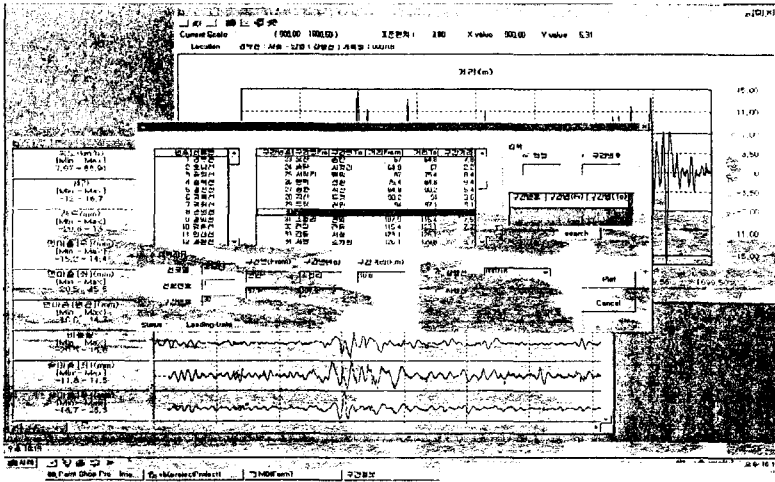


그림 7. 궤도틀림의 분석, 저장 정보의 조회 후 타 메뉴로의 이동

## 5. 결론

본 연구에서는 궤도유지작업의 현대화측면에서 궤도틀림의 분석을 통하여 예방(정기)유지보수체계에 필수적인 전산시스템의 개발을 수행하였다. 향후 지속적인 궤도틀림자료의 추가와 개선된 궤도손상진행예측모델의 개발이 수행되면 기계보수작업주기평가의 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것이다. 본 연구에서 수행된 전산시스템개발에 대한 연구결과로부터 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 현행 기계보선의 작업효율향상을 위해서는 계획보수체계로의 전환이 불가피하며, 기계보선 작업의 집중화를 위한 장기계획수립이 필요하다.
- 2) 궤도틀림의 분석 및 이력관리를 통하여 1종 또는 2종 기계작업을 적절하게 투입할 수 있다.
- 3) 지속적인 궤도틀림분석자료의 축적은 향후 궤도유지보수관련 기준의 개발, 차별화 및 궤도손상원인의 규명을 통한 궤도구조의 개선에 반드시 필요한 기초자료의 확보차원에서 매우 중요하다 할 수 있다.
- 4) 전산시스템의 구축을 통하여 국내 궤도고유의 특성분석이 가능하며, 국내 실정에 적합한 보수체계개선의 방향설정에 기여할 수 있다.

## 6. 참고문헌

- 1) 오지택 등(1999), **보선작업의 기계화 및 현대화 계획수립을 위한 연구**, 연구보고서, KRRI 연구 99-21, 한국철도기술연구원
- 2) UIC(1985), Possibility of creating a standard computer-aided track appraisal system for the planning of track maintenance work, Report IF 1/85