

실시간 GPS를 이용한 현장 성토다짐 관리시스템 개발 Development of Earth Fill Management System using Real-Time Kinematic GPS

심정민* · 윤홍식**

Sim, Jung-Min · Yun, Hong-Sic

要 旨

본 논문은 토목 공사 현장에서의 효율적인 다짐관리를 위하여 RTK GPS측량에 의한 다짐관리 시스템의 개발에 관한 것이다. 실시간 GPS 측량방법은 현장에서 실시간으로 측량사의 위치를 그래픽 화면에 출력하여 정확한 위치를 결정할 수 있는 방법으로 본 연구에서는 로울러상에 실시간 GPS시스템을 장착하고 개발된 소프트웨어(GPSROLL v.1.0)로써 산출한 다짐횟수나 컴퓨터 화면에 출력된 로울러의 이동궤적을 파악하여 다짐관리의 효율성을 높이고자 하였다. 또한 다짐현장에서 필요한 토질실험 데이터 처리용 프로그램과 측량계산 프로그램을 개발하여 현장관리의 효율화를 제고하였으며, 한글 GUI를 이용하여 사용자가 편리하게 이용 가능토록 데이터 입력화면 및 출력화면을 구현하였다.

ABSTRACT

This paper discusses the development of compaction management system using Real Time Kinematic (RTK) GPS technology for the efficient management of compaction. The use of RTK provides the land surveyors with a graphical display of his/her corrected position on the ground at that moment in time. In this work, we intended to improve the efficiency of compaction management showing the route of rollers and the total number of compaction obtained from management software (GPSROLL v.1.0) developed in this study. The RTK GPS system installed on the roller. To improve the efficiency of field management, GPSROLL software provides also data processing module for the field soil test and the field surveying data. GPSROLL system is based on the Korean GUI for user-friendly data input and output.

1. 緒 論

GPS(Global Positioning System)는 1973년 미 육군, 해군 및 공군의 협력사업으로 개발이 시작되어 1992년까지 완료된 전전후 위치결정 시스템이다. GPS는 Precise Positioning Service(PPS)와 Standard Positioning Service(SPS)의 두 가지 형태로 운영되며, 사용자에게 3차원의 위치와 속도, 정밀한 시각정보를 제공하여 준다. GPS는 특히 측량분야서 측지 기준점측량, 지각변동조사 및 공공측량 등에서 많이 활용되고 있으며, 최근에는 현장에서 고정국(Base Station)과 이동국(Rover)간에 무선통신을 이용하여 GPS관측 데이터를 송·수신함으로써 고정

국을 기준으로 하는 이동국의 상대적인 위치를 실시간으로 결정할 수 있는 RTK(Real-Time Kinematic) 측량방법이 개발되어 사용되고 있다. RTK 측량은 실시간측량뿐만 아니라 위치를 확인할 수 있는 시스템이다. 다시 말하면, 기지점을 기준으로 하여 미지점의 3차원 위치를 실시간으로 위치를 계산하는 방법으로 각 점간의 거리와 방향을 측정할 수 있다. GPS 시스템은 원래 군사목적으로 개발을 시작하였지만 GPS 신호일부를 미의회의 승인을 얻어 GPS 코드신호 중 C/A 코드는 민간에게 개방되었으며 나머지 P 코드 신호도 2005년부터 과학자, 기업인 등 민간인에게 무료로 개방될 예정이다. 민간인에게 보다 더 정확한 데이터가 개방될 경우에 GPS의 활용도는 급격히 증가하게 될 것이다. 국내에서도 GPS를 이용한 응용연구가 점진적으로 진행되고 있으

*정회원, 성균관대학교 토목공학과, 박사과정

**정회원, 성균관대학교 토목공학과, 강사

며 일부 회사에서도 개발중에 있다.

본 연구에서는 Ashtec Z-12 RCTM 측량시스템을 사용하여 부지조성, 댐건설 및 도로개설 현장에서의 성토 다짐관리를 효율적으로 수행할 수 있는 관리시스템을 개발하였다. 일반적으로 아스팔트 포장공사시에 시험 포장을 통하여 다짐횟수를 결정하고 있으나 대부분 현장에서는 로울러 기사의 눈대중으로 다짐을 실시하고 있으므로 다짐횟수를 정확히 점검하기가 어렵다. 이처럼 다짐횟수를 점검하는 방법이 없기 때문에 모든 현장에서 다짐의 신뢰도가 낮아 부실공사가 발생될 확률이 매우 높다. 본 시스템은 GPS 수신기를 사용하여 위치를 결정한 후에 다짐횟수를 계산하는 방법으로 성토다짐 공사시에 불충분한 다짐으로 발생하는 지반 침하나 누수와 같은 부실 공사를 예방할 수 있으며, 다짐에 대한 로울러 기사의 품질에 대한 의식을 고취시킬 수 있을 것이다. 또한, 표고값이 자동으로 계산되기 때문에 층 다짐에 대해서 시방서의 규정을 이행하는 것까지도 관리하게 되어 보다 더 정밀한 다짐시공이 가능하다. 본 시스템의 특징은 진동 로울러에 GPS 수신기를 탑재하여 주행궤적, 다짐횟수, 다짐고 및 불충분 다짐지역 등에 대한 정보가 프로그램을 이용하여 매일 산출할 수 있고 간단한 측량계산이나 현장 다짐시험에 관한 데이터를 자동적으로 처리할 수 있다.

시공현장에서 성토지반의 품질관리에 대해서는 지반이 어느 정도 다져졌는지를 조사하기 위해 흙의 밀도를 검사하고 다져진 후의 흙을 실제로 채취해 밀도를 계속하는 방법 및 흙을 채취하지 않고 전용기계로 지반의 밀도를 계산하는 방법이 사용되고 있으나 이들 방법들은 많은 시간과 인력이 투입되기 때문에 경우에 따라 공사 진행속도를 저하시키고 있다. 특히, 외국에서는 다짐 점검을 위한 전용기계로서 RI(Radiation Instrument) 장비를 사용하고 있으며 국내에도 도입을 위하여 시험 중에 있다. 그러나 이 장비는 방사선을 이용하기 때문에 국내 방사능법상 자격자가 운영을 해야하고 방사능 유출에 대한 위험성도 내포되고 있다.

본 연구에서 개발한 성토다짐 시스템은 고정국과 이동국간의 상대 측위방법에 의한 GPS 측위로 실시하는 방법으로 고정국에 컴퓨터를 설치하고 진동로울러 지붕위에 GPS 수신기를 설치하여 매일 다짐현황 파악 및 다짐 횟수를 점검하는 것이 가능하므로 다짐지역 전체에 대하여 균질한 다짐시공이 가능하다. 본 시스템을 운영하기 위해

서는 시험 성토다짐을 통해 사전에 몇 회 정도를 다짐하여야 최적 다짐밀도를 얻을 수 있는지 실험을 통해 미리 파악해 두어야 하며 현장의 경계 측량과 노드 측량을 실시하여 본 성토다짐 시스템을 적용하여야 한다.

2. RTK 측량의 원리

RTK GPS측량은 2대의 GPS 수신기를 사용하여 기지점에 1대의 수신기를 고정시키고 다른 1대의 수신기를 이동하면서 측량하는 방법이다. 이동하는 수신기의 위치를 결정하기 위하여는 양 수신기로부터 데이터를 처리할 수 있는 Differential GPS(DGPS) 측량은 Kinematic 측량법과 Differential 측량방법이 있는데 Kinematic 측량법은 2-3 cm 정도의 정확도를 얻을 수 있으며, Differential 측량방법은 1 m 정도의 정확도를 얻을 수 있다.⁹⁾ 특히, 기지국과 이동국간의 거리가 5~10 km 이내인 경우에는 수평위치의 정확도는 $\pm 2\sim 3$ cm, 표고위치는 $\pm 3\sim 4$ cm를 얻을 수 있다.⁹⁾

Kinematic과 Differential 측량방법의 기본적인 차이는 수학적 이론은 동일하지만 실시간 측량의 경우에는 현장에서 직접 수학적 계산을 할 수 있도록 기지국의 수신기로부터 Rover 수신기로 데이터를 전송하는 Radio Link를 사용하지만 Differential 측량방법은 수신기에 데이터를 저장하여 측량을 완료한 후에 PC상에서 운영되는 데이터 처리 소프트웨어를 사용하여 수학적 계산을 실시한다는 것이다.

Kinematic 측량방법으로써 센티미터 정도의 정확도를 얻기 위하여는 '초기화(Initialization)'가 필요한데

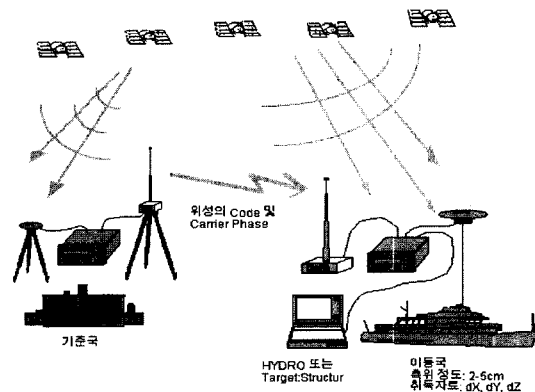


그림 1. RTK측량시스템의 구성

1주파 수신기를 사용하는 경우에는 기지점에 이동국을 설치하여 초기화를 실시하여야 하며, 2주파 수신기를 사용할 때에는 미지점상에서 초기화를 실시할 수 있다. 특히, 'on-the-fly' 모드를 설정하여 2주파수 수신기를 사용할 때에는 이동국이 이동할 때에 자동적으로 초기화가 실시되는데 미지점이나 이동중에 초기화를 얻기 위하여는 5개 이상의 위성들로부터 수신이 가능하여야 하며, 측량도중에 최소 4개의 위성들로부터 연속적으로 수신이 되어야 한다. 초기화후의 Kinematic 측량의 표준 정확도는 1 cm+2 ppm(1 σ)이다.

Kinematic GPS 측량방법은 정수치 Bias를 제거하기 위하여 기지의 기선상에서 미리 초기화를 실시하여야 하는데 본 연구에서 사용한 수신기는 On-The-Fly(OTF) 초기화가 실행되는 수신기이다. OTF Ambiguity resolution은 수신기가 이동하는 도중에 integer Phase의 획득이 가능하다.¹⁰ Trimble 시스템은 사용자가 기지점에서 초기화하거나 Integer Phase를 획득하기 위하여 정적 Session을 시작할 때에 OTF 초기화 옵션을 가지고 있다.

3. 성토 다짐 관리시스템의 개발

3.1 시스템의 기본적인 구성

본 연구에서는 성토다짐이나 포장다짐 공사에서 품질을 향상시키고 정밀한 시공을 위하여 필요한 성토다짐 관리 소프트웨어(GPSROLL v.1.0)를 직접 개발하였다. 본 시스템은 사용자가 이용하기 편리하도록 한글 GUI(Graphic User Interface)를 적용하여 개발함으로써 누구나 쉽게 시스템을 활용 가능하고 현장에서의 사용성을 높이기 위해서 실제 현장 업무분석을 바탕으로

프로그램 대상을 선정하였다.

본 시스템의 개발장비는 32 Mb의 메인메모리(RAM)와 1 Gb의 하드디스크를 가진 개인용 PC가 사용되었으며, 개발언어로는 고급언어인 마이크로소프트사의 비주얼 베이직 5.0을 이용하여 프로그래밍하였다. 본 시스템을 적용하는데 컴퓨터의 요구 사양은 32 Mb 이상의 RAM, 486 PC급 이상 하드웨어와 운영체제로는 Window 95나 Window NT상에서 실행 가능하다.

3.2 연구 대상지 선정 및 업무 분석

GPSROLL v.1.0의 시험 적용 지역은 한국전력발전소 건설 부지조성공사 현장과 성균관대학교 대운동장의 50 m×12 m 직사각형의 비교적 좁은 지역을 선정하였다. 진동 로울러의 지붕위에 GPS 수신기를 장착하고 1초 단위로 GPS 데이터를 수신한 후 고도값의 평균치에 대한 잔차가 20 cm 이상인 데이터를 필터링을 실시하였다. 다짐지역이 평탄한 지역이기 때문에 필터링에 대한 문제점은 크게 발생될지 않았으며, 필터링을 실시한 GPS 데이터는 평균 2.5초 단위로 데이터를 수집할 수 있었다. 시험 성토 지역에서 현장시험을 실시하여 최적 다짐 횟수 등을 결정하여야 하지만 본 연구에서의 최적 다짐횟수는 가상값을 적용하여 다짐업무의 정밀성을 유추하였다.

성토 다짐에 대한 업무 분석은 국내에서 처음으로 개발됨에 따라 시방서나 업무 규정이 없어 필요한 사항이 무엇인지에 대해 실무진과 개별 면담을 통해 개발하였다. 특히 다짐횟수에 대한 어떠한 규정이 없기 때문에 다짐 로울러 기사의 재량에 따라 다짐을 실시하고 있었으며, 다짐횟수로 시공관리를 하는 경우는 아스팔트 포

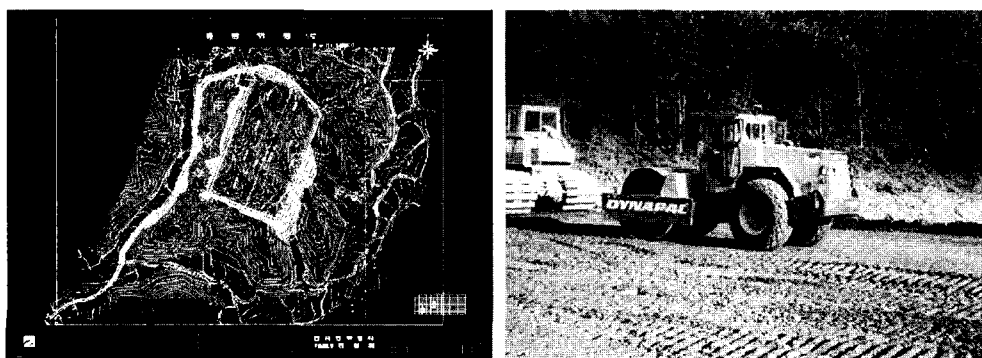


그림 2. 시험 적용 지역과 GPS 수신기가 탑재된 로울러

장공사에서 아스콘 포설후 타이어 로울러를 몇회 왕복 할 것인지를 시험 포장을 통한 왕복 횟수를 결정하고 있었으나 다짐 횟수 마저 로울러 기사의 기억에 의존하여 시공하고 있었다. 그리고 다짐공사중에 다음층의 층다짐 공사를 하기 위해 현장시험을 할 장소를 감리단이나 감독관이 암시적으로 유출하여 시공관련 비리 소지가 다분히 존재하고 있었다. 시험데이터의 처리 역시 거의 수 작업으로 처리하고 있었으며, 시험데이터 계산에 많은 시간과 경비가 소요되고 있는 실정이었다. 이러한 업무분석을 통해 다짐 시공현장의 임의 지점 혹은 전체 지역의 다짐 현황 파악, 현장 시험의 자동화 및 현장측량 후 내업작업 자동화 등을 포함하여 개선하고자 하였다.

3.3 성토다짐 시스템의 기능과 기본 조건

성토다짐 시스템의 기능은 크게 다짐 관리시스템, 측량계산 시스템, 현장 시험관리 시스템으로 구성되어있다. 그림 4는 성토다짐시스템(GPSROLL v.1.0)의 주화

면이자 다짐관리시스템의 입력화면이다. 다짐 관리시스템의 입력화면에서는 GPS 데이터를 성토다짐관리시스템 데이터로 변환하거나 입력데이터를 선택하여 화면상에 표시하게 된다. 다짐관리시스템에서는 전체 지역보기, 다짐로울러의 이동궤적 보기, 층별 및 전체 다짐횟수 보기, 다짐횟수 검증, 공정률 보기기능 등이 있으며 현장시험 관리시스템은 다짐 공사시 주로 사용하는 현장 및 실내 시험인 다짐밀도 시험, 들밀도시험, 평판재하시험, 현장 및 실내 CBR 시험 데이터 처리를 위한 모듈별로 구성되어 있다. 그리고 측량계산 시스템은 면적계산, 트레이스측량, 좌표변환, 토량계산 등을 할 수 있는 범용 측량계산 프로그램이다.

시스템의 기본조건은 우선 전체 시공지역 경계측량하여야 하며, 전체지역안에 노드라고 하는 각각의 섹터의 경계점을 측량하여 정해진 입력순서에 따라 입력해야 한다. 한 개 층 다짐시 25 cm 이상인 데이터들은 층다짐으로 보기 때문에 반드시 GPS 수신데이터에서 고도 평균

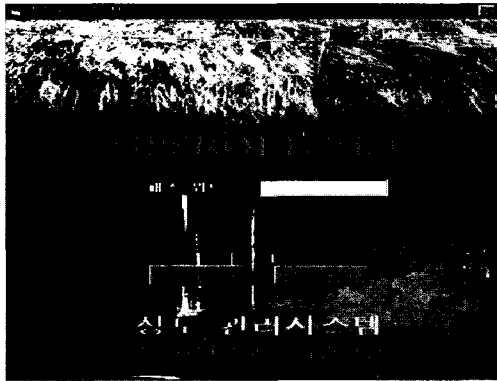


그림 3. 성토다짐 시스템의 시작화면

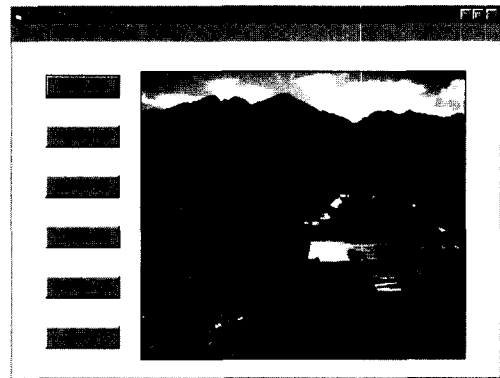


그림 5. 현장시험 관리 시스템의 주화면

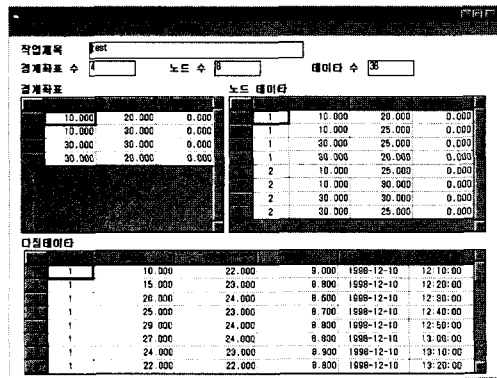


그림 4. 성토다짐 시스템의 주 화면



그림 6. 측량 관리 시스템의 주화면

값의 잔차가 20 cm 이상인 데이터는 필터링을 실시해야 한다. 각 노드에서 다짐횟수를 인정받기 위해서는 노드 끝단으로부터 입력조건으로 입력한 다짐 인정 범위까지 이동 후에 역방향으로 진행해야 다짐 횟수를 인정 받을 수 있다. 다음 노드를 다짐하기 위해서 이동중인 로울러에 대해서는 공사지역 범위 내인 경우라도 다짐횟수는 다짐의 안전율로 처리하여 다짐 횟수에 추가되지 않고 있다. 장시간 로울러의 정착시는 시스템의 처리 수행 속도 향상을 위하여 GPS 수신기 작동을 멈추게 하여 불필요한 GPS 데이터의 양을 늘리지 않아야 한다.

3.4 성토다짐 시스템의 전산체계 및 개발

성토다짐 시스템의 전산체계는 다짐관리, 현장시험 관리, 측량계산관리 등 3가지의 모듈로 구성되어 있으며, 성토 다짐관리시스템의 전산체계는 그림 7과 같다. 각각의 주요 모듈에 대해 살펴보면 다음과 같다.

3.4.1 다짐관리시스템

다짐관리시스템은 다짐 현황 점검과 관련된 프로그램으로 입력 데이터는 경계선, 노드포인트 및 GPS 데이터가 이용된다. 입력된 측량데이터가 WGS84 경위도인 경

우에는 측량관리 시스템의 좌표 변환 프로그램을 이용하여 좌표변환을 실시한 후에 GPSROLL 데이터로 변환이 필요하다. 변환된 데이터는 입력데이터 3종류를 모두 포함하고 있으며, 데이터는 일별로 저장관리된다. 본 시스템에서는 전체 현장을 표시하는 노드 색인도, 횡수별 시간대별로 다짐 횟수, 층별 다짐횟수, 다짐 속도, 다짐장비의 이동궤적 등의 현황을 알 수 있다. 또한 다짐횟수별로 다짐점증을 화면상 입력방법과 파일입력 방법으로 몇 층 몇회 다짐인지를 검증 할 수 있으며, 전체적으로 일정격자에 대해서도 다짐 횟수를 검증하여 다짐이 부족한 지역을 화면 또는 레포트로 출력이 가능하다.

3.4.2 측량 계산관리 시스템

측량 관리시스템은 현장에서 측량한 데이터를 이용하여 면적 계산, 토량 계산, 트래버스 측량의 내업을 자동화하는 프로그램과 벡셀 타원체와 WGS 84 기준 타원체간의 좌표값들을 상호변환하는 좌표 변환 프로그램으로 구성되어 있다. 입력 데이터로써 경위도로 표현된 데이터는 좌표 변환 프로그램을 이용하여 XY좌표값으로 변환해서 입력해야 한다. 면적 계산 프로그램은 좌표에 의한 단면적 계산 방법(Coordinate method)를 적

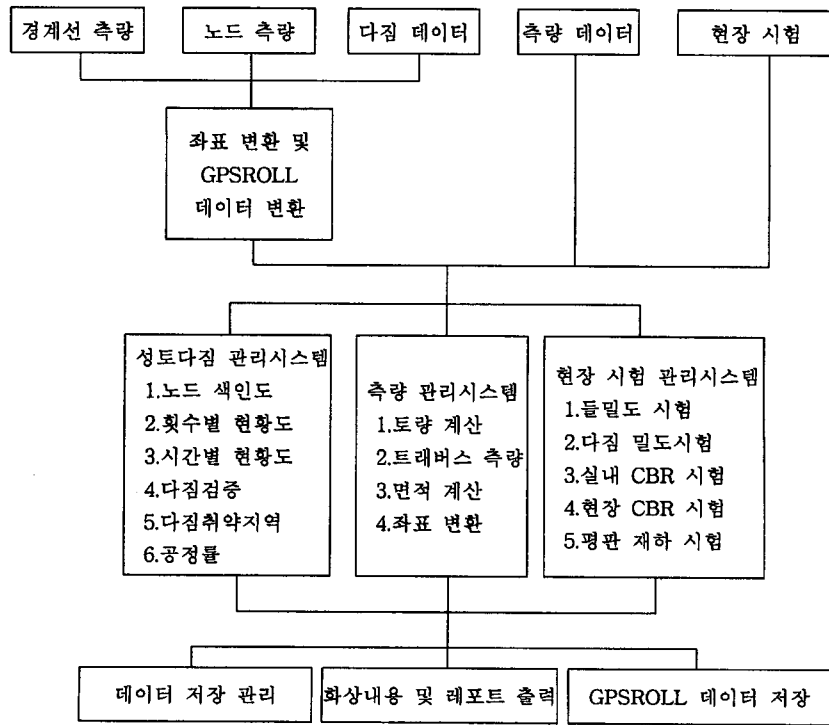


그림 7. 성토 다짐 관리 시스템의 전산 체계

용하였으며 토공량 산정 프로그램은 성토하기 전의 정방격자 데이터 혹은 정방격자 데이터와 성토나 절토 후의 측량 데이터를 이용하여 토공량 산정에 주로 이용되고 있는 양단 평균법(Average end area formula)을 이용하여 계산된다. 트래버스 측량 프로그램은 현장의 트래버스 측량데이터를 이용하여 콤팩스 법칙이나 트랜식 법칙을 이용하여 위거, 경거를 조정하여 면적을 계산하는 프로그램이다. 마지막으로 좌표 변환 프로그램은 WGS84 경·위도와 벡셀의 경·위도, 경·위도 좌표와 XY좌표 등으로 상호 변환하는 프로그램이다.

3.4.3 현장 시험 관리 시스템

현장 시험 관리 모듈은 다짐 현장에서 주로 실시하는 시험 대상인 들밀도 시험, 다짐밀도 시험, 실내 CBR 시험, 현장 CBR 시험 및 평판 재하시험 등에 대하여 자동화된 프로그램이다. 각각의 프로그램은 시험 데이터를 입력하는 부분과 입력 데이터를 계산하여 출력하는 부분으로 나누어져 있으며, 결과 보기 창에서는 현장 데이터를 그래프 형태로 자동으로 그려주기 때문에 시험 데이터를 이용한 결과치의 정확성이 향상될 수 있다. 실제 현장에서는 주로 마이크로 소프트웨어의 MS 엑셀을 이용되고 있지만 그래프 그림의 한계가 있으며 특히, 평판 재하시험결과치로 사용되는 Log-Log 그래프 그림의 경우는 그럴 수도 없다. 그러나 이 시스템에서는 시험 데이터만 있으면 자동으로 그래프 출력과 데이터 자동계산이 되므로 현장에서 매우 편리하게 이용가능하다.

3.5 성토 다짐 시스템의 적용결과

성토다짐 현장 실험 적용 데이터의 취득은 로올러에 탑재된 GPS 수신기와 연결된 소형 486펜컴퓨터에서 무선으로 고정국으로 데이터를 전송하고 고정국에 있

는 컴퓨터에서 수신한 데이터를 이용하였다. 수신한 GPS 데이터를 좌표 변환 프로그램을 이용하여 좌표 변환을 실시한 후 GPSROLL v.1.0 데이터로 변환하여 적용하였다. 그림 8-a는 한국전력 발전소 부지 조성 현장 DATA에 대한 다짐장비의 이동궤적 결과를 출력한 것이며, 그림 8-b는 시스템 개발 당시 좌표값이 제대로 인식되는지의 여부를 확인하기 위하여 성균관대 운동장에서 표고값을 변경하면서 GPS 데이터를 수신한 결과를 도시한 것이다. 진동 로올러의 진동으로 인하여 다짐장비에 탑재한 GPS데이터보다는 직접 걸어다니면서 수신한 운동장에서의 GPS DATA의 표고 평균값에 대한 잔차가 적게 나타났다. 그림 9는 각각의 노드에 대한 층별 다짐 횟수에 대한 결과를 출력한 화면으로 전체 다짐층 또는 각 다짐층별로 선택적으로 출력이 가능하며, 몇 층, 몇 회 등과 같은 다짐현황이 출력되므로 다짐 횟수 점검이 용이하다. 그림 10-a는 1번 노드에 대한 다짐횟수에 대한 검증을 실시한 결과를 출력한 화면으로서 각각 노드별로 키 입력 또는 파일 입력에 의하여 각 지점에 대한 다짐 횟수를 점검한 결과이고, 전체 다짐 지역에 대한 다짐 취약지역을 점검하기 위하여

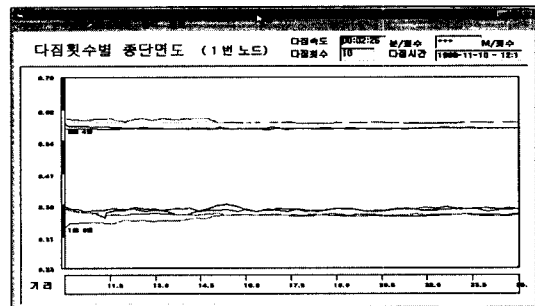


그림 9. 다짐 관리시스템의 횟수별 다짐보기 실행결과

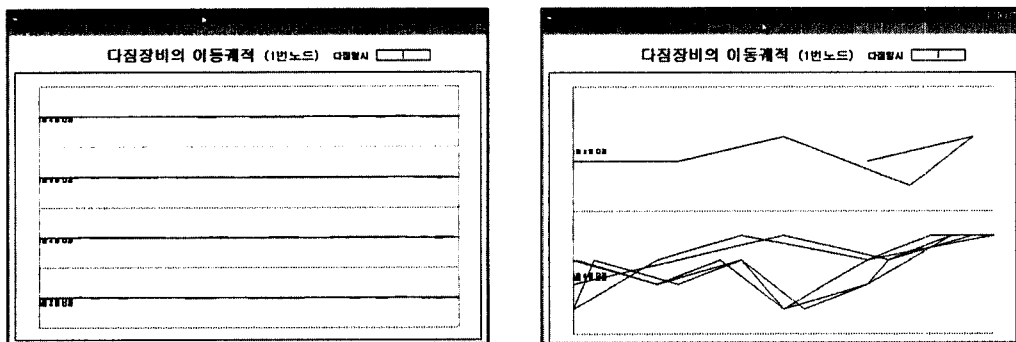


그림 8. 다짐 관리시스템의 이동궤적 실행결과

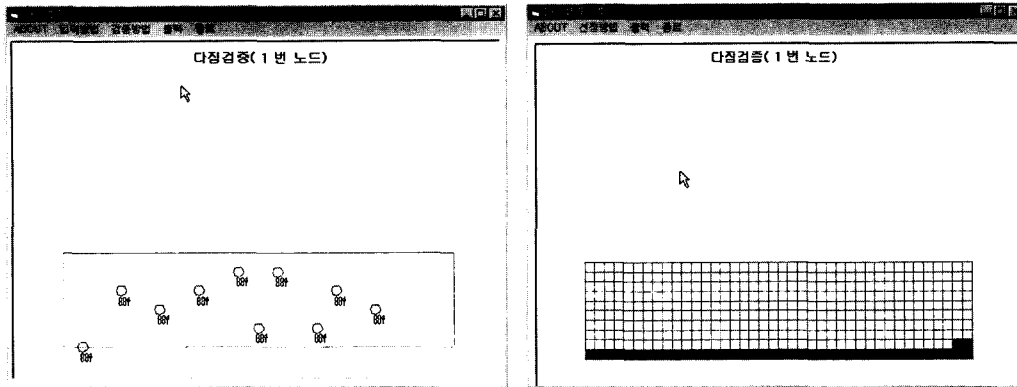


그림 10. 다짐 관리시스템의 다짐 검증 실행결과

일정한 격자간격으로 조사한 결과는 그림 10-b와 같다. 현장 시험관리 시스템은 실제 시험값을 확인하기 위해서 토질시험법에 예시된 시험 데이터를 이용하여 결과치를 계산하였다. 그림 11, 12 및 13은 다짐시험, 평판 시험, CBR 시험에 대한 실험 데이터에 대한 입력화

면과 시험결과와 출력화면으로 실험 데이터를 입력하면 결과화면 보기 기능을 이용하여 결과 값들이 자동으로 계산된다. 측량 계산관리 프로그램은 프로그램을 검증하기 위하여 미리 결과값을 예측 가능한 데이터를 이용하였다.

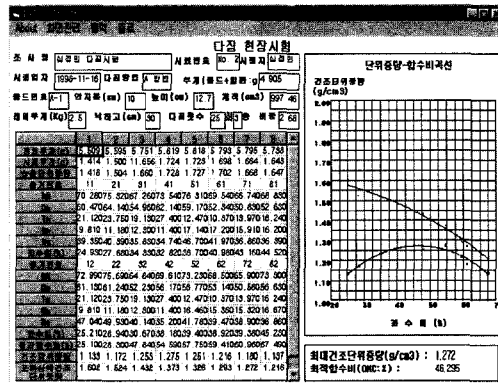
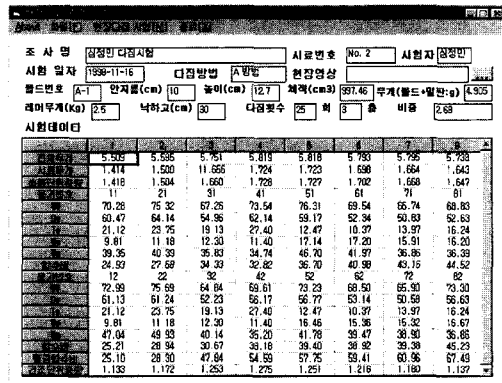


그림 11. 현장 시험 관리시스템의 다짐시험 입/출력화면

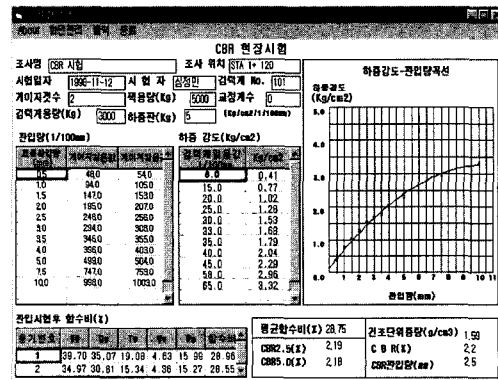
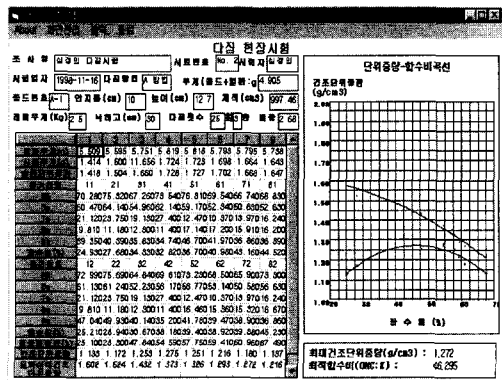


그림 12. 현장 시험 관리시스템의 CBR 시험 입/출력화면

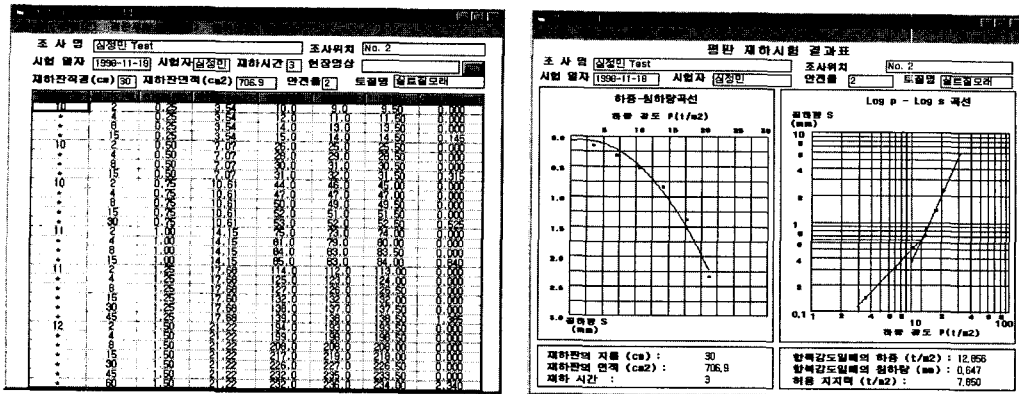


그림 13. 현장 시험 관리시스템의 평판재하시험 입/출력화면

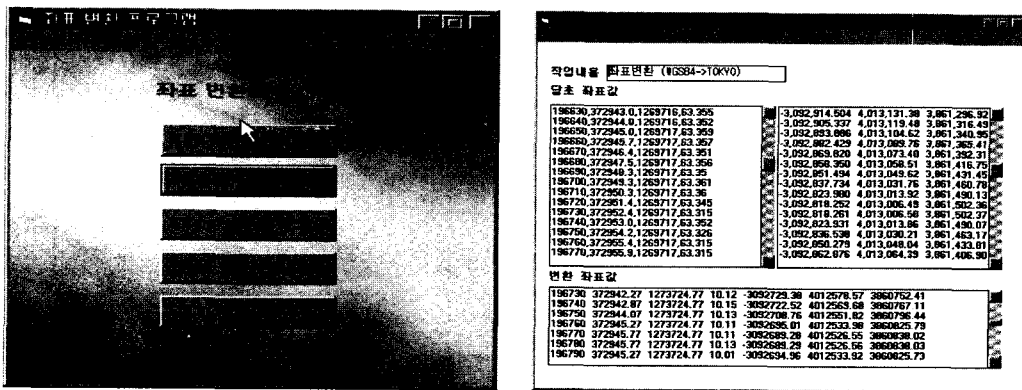


그림 14. 측량계산 관리 시스템의 좌표 변환 프로그램 수행결과

트래버스 측량 및 토량계산 프로그램은 일반측량학¹⁾ 책의 내용을 적용하였으며, 좌표 변환 프로그램은 권대원의 석사학위논문²⁾에 적용된 데이터를 적용하여 수행

하였다. 그림 14는 좌표 변환 프로그램의 결과 화면으로 변환 파라미터는 DMA에서 제공한 데이터, 성균관대학교에서 결정한 파라미터 및 지리원 96년도 연구사

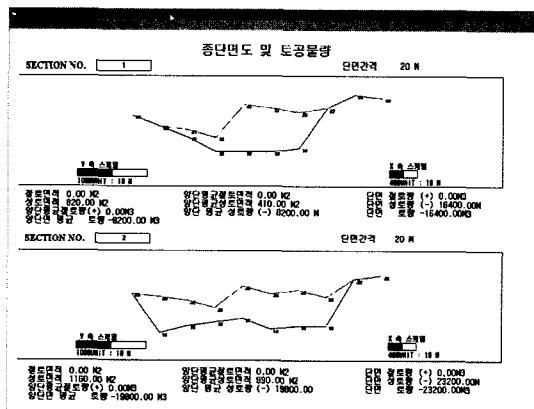


그림 15. 측량계산 관리 시스템의 토공량계산 프로그램 수행결과

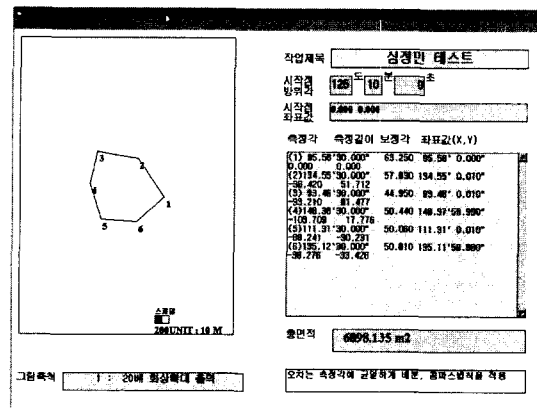


그림 16. 측량계산 관리 시스템의 트래버스측량 프로그램 수행결과

업 보고서의 결과를 취사 선택하여 좌표 변환을 수행할 수 있도록 하였다. 그림 15는 성토전과 성토후의 표고 값의 차이를 이용하여 전체 토공량을 양단평균법으로 산출한 결과를 화면에 출력한 것으로서 단면의 형상과 단면별 토공량을 나타내고 있다. 그림 16은 폐합 트레이스 측량 프로그램으로 위거와 경거를 조정하여 면적을 산출하는 결과 화면이다.

4. 결 론

기존 현장의 다짐관리를 효율성을 향상시키기 위하여 성토다짐을 기존의 방법과는 다르게 RTK GPS 측량을 응용하여 실시간으로 위치를 확인하여 각종 연산을 컴퓨터로 프로그램화 하고, 이들 모듈을 통합하여 GPSROLL v.1.0이라는 통합 패키지를 개발하였다. 한글 GUI 이용하여 풀다운 메뉴 방식으로 모든 기능이 사용하기 편리하도록 구성되어 있으며, 모든 시스템에 입력화면을 이용하여 입력대상이 무엇인지를 쉽게 알 수 있도록 개발하였다. 또한 성토 다짐과 관련된 토목 현장 시험과 일부 현장 측량시스템을 추가하여 현장 토목 업무 전산화를 이루었다. 현재로는 실제 현장의 검증은 끝나지 않은 상태이기 때문에 완성단계라고 볼 수는 없지만 로올러 기사의 눈대중으로 다짐을 실시하는 비효율적인 시공방법에 비하여 본 시스템은 안정적이고 합리적인 방법으로 다짐현황을 파악할 수 있다는 것에 큰 의의가 있다고 생각된다. 현장에 성토 다짐관리 시스템을 적용함으로써 얻을 수 있는 효과로는 첫째, 현장에 다짐 시험에 따른 시간과 경비가 감소될 수 있으며 공기 단축이 가능하다. 둘째로는 전체 면적에 대해 다짐 검증을 할 수 있기 때문에 다짐에 대한 정밀도

가 향상되어 다짐품질 향상이 가능하다. 세번째로는 GPS 데이터의 표고자료를 이용하기 때문에 층다짐 관리를 통해 한 개 층의 포설 높이를 알 수 있기 때문에 정밀 시공이 가능하다. 넷째, 중요한 지점의 다짐횟수를 파악하여 다짐 불량으로 인한 침하를 막을 수 있다. 마지막으로는 다짐과 관련된 현장 시험이나 측량 관련 업무를 자동화하였기 때문에 현장에서 업무능률 향상에 기여할 것이다.

본 연구에서 개발된 프로그램 성과 위에 더욱 추가되어야 할 사항은 범용 CAD 시스템과 연계를 위하여 DXF 형태로 데이터를 출력 하는 모듈, 토공량을 계산 하는 모듈, 다짐 물량 정산과 관련된 모듈 등의 개발이 필요하다.

참고문헌

1. 안철호, 최재화, "일반 측량학", 문운당, 1990.
2. 유복모, "측량학", 동명사, 1993.
3. 신방웅, "토질 시험법", 구미서관, 1997.
4. 편집부, "토목기술계산", 탐구문화사, 1992.
5. 김영훈, "Visual Basic 5.0", 인포북, 1997.
6. Rod Stephens, "VB Graphics", Jhon Wiley & Sons, 1997.
7. Tempfli. K., "Lecture Note on Digital Terrain Modeling", 1991, pp. 19-31.
8. Survey Controller™, Operation Manual, 1994.
9. Hitoshi, N. and B. Shigematsu, 1997.
10. Remondi, 1991; Talbot, 1992.
11. 권대원, "우리나라 측지계와 WGS84의 좌표변환", 성균관대학교 석사학위논문, 1995.
12. 이석배, "측량학 실습", 전주공업대학, 1996.