

전기 모터를 이용한 지반 굴착에서의 지반 데이터 분석 프로그램 개발¹⁾

김민재^{0*}, 김형범^{*}, 조성제^{*}, 윤재근^{**}
^{*}단국대학교 컴퓨터과학전공, ^{**}아이티엠개발(주)

90-@hanmail.net⁰, geniusbum@naver.com, sjcho@dankook.ac.kr

A Program Development for Ground Data Analysis in Pile Excavation using Electric Motor

Min-Jae Kim^{0*}, Hyung-Bum Kim^{*}, Seong-Je Cho^{*}, Jae-Keun Yoon^{**}

^{*}Dept. of Computer Science, Dankook University, ^{**}R&D Dept., ITM Development Inc.

요 약

최근 모든 분야에 대한 전산화가 가속화됨에 따라 업무 처리 능력의 향상과 함께 시간 비용의 절감을 이루고 있다. 이러한 추세와 함께 건설 분야에서의 전산화가 진행 중이다. 본 논문에서는 굴착장비의 전류 값과 굴착 깊이 계측을 통해 깊이에 따른 지반 강도를 전산화 시켜 추정함으로써 보다 합리적으로 말뚝 기초를 시공하는 방법 개발하고자 한다. 본 시스템은 건축, 토목, 건설 분야에서 국내 최초로 시도되는 것으로, 실제 공사 현장에서 획득되는 데이터의 분석을 도와 측정 오류(Human Error)를 최소화함은 물론 공사비 절감, 신속한 공사 정보 제공 등의 파급효과를 기대할 수 있다.

1. 서 론

지금까지 건설현장에서는 말뚝(Pile) 시공 시 수작업으로 공사현장 도면, 말뚝의 위치와 표준관입시험의 값을 수작업으로 관리하고 처리함으로써 오차 및 큰 비용이 들었다. 본 논문에서는 굴착 장비로부터 추출되는 데이터를 데이터베이스 시스템에 저장 및 관리하고 지반 강도 분석을 위한 정보를 사용자에게 제공함으로써 보다 정확한 측정 및 관리가 가능하게 한다. 또한 데이터를 일관성 있게 유지할 수 있고 보다 효율적인 정보 제공이 가능하게 되었다.

본 논문에서 개발한 프로그램을 이용하여 사용자는 공사현장에 있는 말뚝의 위치와 시공시기, 시공 시 얻어진 데이터들을 그래프와 트리 인터페이스를 통해 확인할 수 있다. 그리고 해당 데이터 요소들을 통해서 건설현장에서 발생할 수 있는 오류(Human Error)를 최소화 시켜 안전하고 신뢰성 있는 건축 설계 및 건설에 도움을 줄 것으로 기대된다.

본 논문의 2장에서는 건설 분야의 관련 연구에 대하여 소개하며, 3장과 4장을 통해 시스템 구성 및 구현에 대

해 서술한다. 그리고 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대해 언급하며 논문을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 기존의 지반 강도 분석 및 선굴착 작업

건설현장에서는 건물 시공에 앞서 말뚝 시공을 통해 건물의 지지 기반을 완성하는데[1], 이때 시공될 말뚝의 종류와 위치는 건물의 높이와 무게 등의 요소에 의해 결정된다[2].

기존의 지반 강도 분석은 표준 관입 시험과 현장 관리자에 의한 지질 해석을 통해 이루어져왔다. 표준 관입 시험이란, 3~4톤가량의 추를 이용하여 말뚝을 30cm 관입하는데 필요한 타격의 횟수의 값을 기록하는 것을 말한다. 이렇게 기록된 표준관입시험 값 N은 지반 굴착과정에서 배출되는 토사와 암석에 대한 현장 관리자의 해석과 비교된다.

표준관입시험 값 N은 일종의 대표 값으로 주변 지역의 지반강도를 추정하는 값으로 사용된다. 지반 강도의 분석이 끝나면 시공할 말뚝의 종류와 깊이, 선단 위치가 결정되고 이에 따라 굴착 장비를 통한 선굴착 작업이 시

¹⁾ 본 연구는 대한주택공사의 2006년도 중소기업기술개발지원사업의 지원에 의하여 수행되었음.

작된다.

말뚝 기초 시공 시 말뚝 선단의 위치가 말뚝 기초의 선단 지지력을 결정하는 매우 중요한 작업임에도 불구하고, 현재 건설 현장에서는 현장 관리자의 경험적 판단에 크게 의존함으로써 오차(Human Error)를 발생시킨다. 또한 표준 관입시험 시 발생하는 소음 및 주변 진동, 비용문제에 따른 시험 횟수의 제한 등으로 인하여 이러한 기법은 사양화되어가는 추세이다. 따라서 구조물의 안정성에 큰 영향을 미치는 말뚝 기초 시공에 있어 정량적이고 이론적인 접근 방법이 요구된다[3].

2.2 최근 지반 강도 측정에 대한 연구

최근 말뚝의 지반 강도 분석 및 시공 위치 결정을 위해 굴착계측장비를 이용하는 방법이 고안되고 있다[4]. 또한 지반 굴착 시 오거를 회전하면서 얻어지는 전기 모터의 전류 값과 굴착 깊이 데이터를 이용하여 지반 강도를 측정하기 위해 관련 연구가 진행 중이다.

이 방식의 장점은 지반 굴착을 파일 시공마다 실시간으로 굴착관련 데이터를 자동으로 수집할 수 있다는 것과 수집된 데이터를 PC에서 분석하여 파일 시공 관련 굴착 깊이 및 전류치, 지반 강도 등을 체계적으로 분석 관리할 수 있다는 것이다.

2.3 최근 연구와 시스템간의 연계

본 논문에는 오거 회전 시 전류와 깊이 데이터를 정제하여 데이터베이스화함과 동시에 사용자에게 GUI환경 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 사용자는 보다 정량적이고 이론적인 판단을 내릴 수 있다.

소개될 시스템은 공사현장에서 발생할 수 있는 오차(Human Error)를 최소화함으로써 건축물의 안전성 향상을 가져오는 물론 현장 관리자들에게 신속 정확한 공사 현장 정보를 제공하게 될 것이다.

3. 시스템 구성

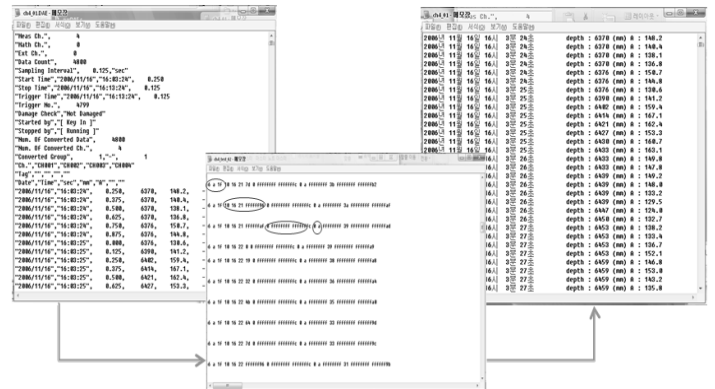
3.1 사용자 인터페이스(User Interface)의 구성

프로그램의 UI는 특정 공사 지구에 대한 말뚝 정보를 보여주는 트리뷰, 공사 지구의 도면 정보와 말뚝 시공시 추출되는 데이터를 통해 지반데이터의 해석을 돕는 그래픽 & 그래프 뷰 그리고 사용자에게 시공 장비에 대한 추

가적인 정보 제공을 통해 보다 정확한 측정이 가능하도록 하는 세부 정보 뷰로 구성된다.

3.2 데이터 처리

건축 시공 시 굴착계측장비로부터 추출된 데이터는 'DAE'라는 확장자를 가지며 전용 뷰어를 통해 접근이 가능하다. 프로그램이 접근 가능한 데이터 형태를 따르기 위하여 'DAE'파일을 바이너리 코드로 변환 후, 이를 다시 ASCII코드로 변환하는 과정이 필요하다. 이때 드릴의 공회전시 발생하는 데이터와 측정 불가능한 전류치 발생으로 인한 데이터 등 건설 현장에서 발생하는 필요 없는 값들을 제거한다. 이렇게 변환된 ASCII 데이터는 프로그램에 의해 데이터베이스화 되는데 사용된다.



(그림 1) DAE 파일의 변환 과정도

3.3 데이터베이스

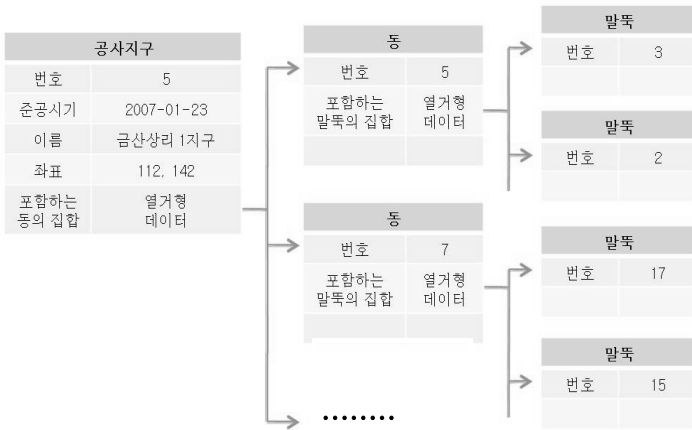
데이터처리부에 의해 변환된 데이터들의 저장 및 관리를 위해 데이터베이스 시스템이 사용된다.

데이터베이스를 구성하는 테이블은 공사 지구 정보, 동 정보, 말뚝 정보, 표준관입시험 값 정보, 시공 장비 정보의 총 5개로 구성된다.

공사 지구 정보 테이블은 그 하위에 동 정보 테이블이 가지며, 동 정보 테이블의 하위에는 말뚝 정보 테이블이 연결되어 공사 현장에 대한 정보를 표현한다.

말뚝 정보 테이블은 말뚝 시공에 사용된 장비 정보와 해당 위치에 근접한 표준관입 시험 값과 연결되어 사용자에게 지반 강도 해석을 위한 기준을 제공한다.

(그림 2)와 같이 공사 지구 정보 테이블 내의 포함되는 동의 집합은 열거형 데이터로 구성 되어 있다. 이와 같이 여러 개의 데이터를 하나의 집합 형태로 저장함으로써 데이터베이스를 효율적으로 이용할 수 있다.



(그림 2) 공사 지구, 동, 말뚝 테이블의 구조

4. 시스템 구현 및 실험

2.1에서의 기존 선굴착 시공을 위한 지반 강도 분석 기법의 문제점을 해결하고 보다 정량적이고 이론적인 분석이 가능하도록 하기 위해 ‘지반 강도와 전류치와의 상관관계’ 연구를 기반으로 시스템을 구현하였다.

본 논문에서는 실제 공사 현장에서 획득된 데이터를 이용하여 그래프 작성 및 실험을 수행하였다. 또한 구현이 비교적 간단한 VB(Visual Basic)을 이용하여 해당 데이터를 기초로 하는 프로그램의 프로토타입을 제작하였다.

4.1 개발 언어

본 논문에서는 지반 데이터를 해석하는 프로그램의 프로토타입 시스템을 비주얼 베이직을 이용해 작성되었으며, 개발 언어로는 JAVA를 사용했다.

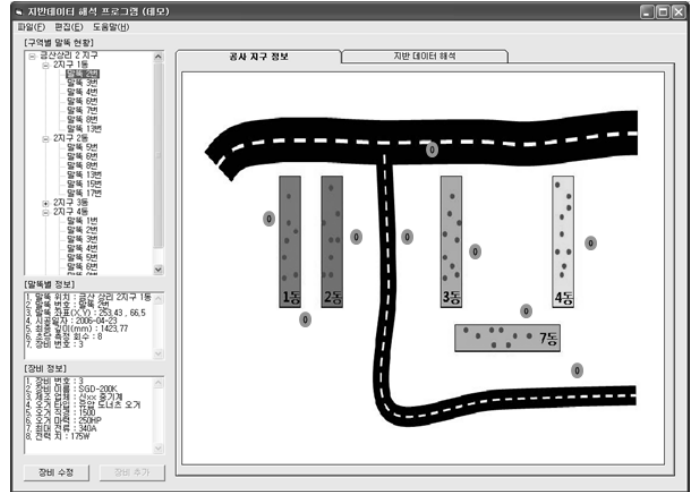
JAVA는 비주얼 머신을 이용하여 컴퓨터 환경의 제약을 받지 않는 장점이 있다. 현재 PC 환경에서 구현했지만 공사현장에서 사용할 수 있는 임베디드 보드에 확장하여 설치하기 위해서도 JAVA의 선택은 많은 이점을 가진다.

또한 JFreeChart라 하는 그래프 전용 도구를 그래프 출력 부분에서 사용하는데, 이것은 JAVA 기반으로 구동되는 것이기에 JAVA 언어를 선택한 이유가 되기도 한다.

4.2 GUI 상세

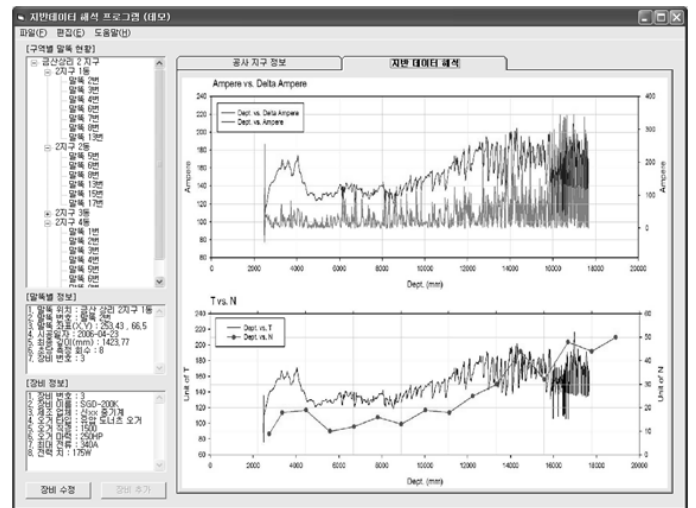
본 논문에서 Visual Basic으로 구현한 프로그램의 프로토타입이 아래의 (그림 3)과 같다. GUI에서 사용자는 말뚝에 대한 정보를 가지고 있는 트리 구조에서 해당 지구의 말뚝을 선택하게 된다. 선택함과 동시에 공사 지구

의 지도가 나오고 말뚝별 정보 및 장비 정보가 화면상에 출력된다. 이 때 공사 지구 지도에서 말뚝을 선택하게 되면 해당 말뚝에 대한 상세 정보가 다시 보이게 된다.



(그림 3) 프로그램의 프로토타입 - 1

아래의 (그림 4)의 그래프는 금산 상리 2지구[6]에 대한 실제 데이터를 통해 실험한 결과이다.



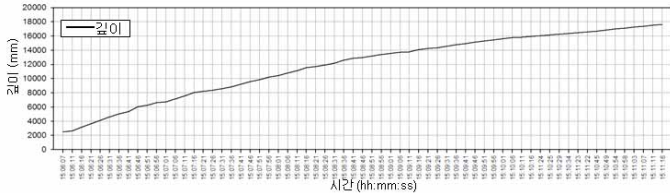
(그림 4) 프로그램의 프로토타입 - 2

4.3 데이터

시스템에서 드릴을 회전하면서 얻어지는 시간, 깊이, 전류치 데이터 등을 이용하여 출력된 그래프는 공사 현장 관리자가 정확한 지반 강도 측정할 수 있도록 한다.

4.3.1 시간에 따른 굴착 깊이

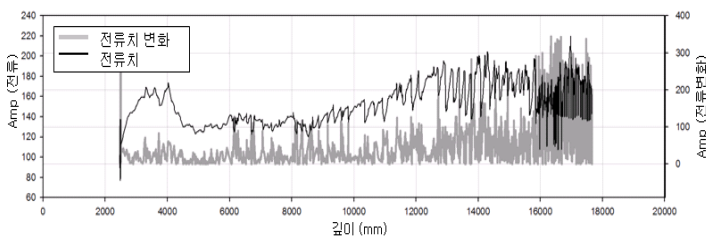
(그림 5)는 시간에 따른 굴착 깊이의 변화를 나타내고 있다. 데이터를 통해 사용자는 현재 굴착이 정상적으로 이루어지고 있는지, 시간대별 굴착의 속도가 어느 정도 되는지에 대해 확인할 수 있다. 실제 프로그램에서는 속도의 계산식을 제공하여 사용자 편의성을 고려하였다.



(그림 5) 시간에 따른 굴착 깊이

4.3.2 깊이에 대한 전류치 및 전류치 변화량

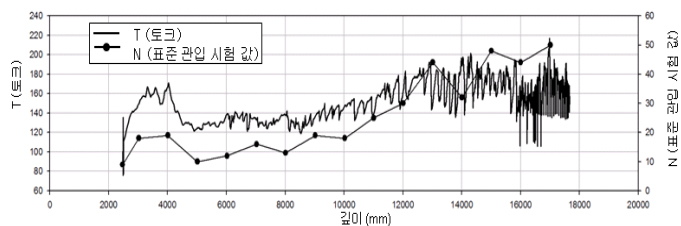
깊이의 변화에 따른 전류 및 전류의 변화를 아래의 (그림 6)에 나타냈다. 이는 ‘지반굴착시의 전기에너지와 표준 관입시험 N값과의 상관관계’ [3]을 기반으로 드릴의 전류 값을 지반 강도 측정의 척도로 사용하려고 하는 최근 연구에 기반한 것이다. (그림 6)에서 깊이가 깊어질수록 지반 강도가 높다는 것을 확인할 수 있다.



(그림 6) 깊이에 대한 전류치 및 전류치의 변화량

4.3.3 깊이에 따른 토크 값 및 표준 관입 시험 값 N

깊이에 따른 토크 값과 표준 관입 시험 값 N을 아래의 (그림 7)에 나타낸다. 여기에서 토크의 값이란 드릴을 통해 얻어진 전류 데이터를 통해 토크 공식을 유도해 내어 표현한 것이다[3].



(그림 7) 깊이에 따른 토크 값 및 표준관입 시험 값N

(그림 7)에서 N값의 추세와 토크의 추세가 비슷한 양상을 보이는 것을 확인할 수 있는데, 이것은 기존 지반 강

도를 측정해 왔던 표준 관입 시험 값 대신 드릴 시공을 통해 추출된 값을 사용할 수도 있음을 보여준다.

5. 결론 및 향후 방향

본 연구의 최종 목표물은 ‘선굴착매입 말뚝 시공의 품질관리 및 시공관리를 위한 지반굴착 정보의 전산화 기록 관리시스템 구축’이다. 연구를 통하여 지지력의 확보에 대표되는 말뚝의 품질관리에 적용 가능한 기술을 개발하고자 한다. 굴착정보 계측장비의 경우에는 시제품이 개발되어 현장 적용 연구를 수행하고 있으며, 현장 적용 시 발생하는 문제점을 파악하고 계측장비를 지속적으로 수정, 보완 하고 있다. 이에 따라 응용연구기간을 통하여 기능 및 성능을 보완해 나간다면 건설 분야에서는 과학적인 지반 강도 측정이 가능할 것이다.

개발될 소프트웨어를 통해 계측장비를 이용하여 확보된 지반굴착시의 소요전류, 굴착 깊이, 굴착장비의 수직도, 각각의 말뚝정보 등이 컴퓨터 프로그램을 통하여 사용자가 쉽게 이해할 수 있도록 그래픽화하여 도시한다. 사용자는 윈도우환경에서 손쉽게 지반굴착정보를 이해하고, 말뚝시공의 적정성을 파악할 수 있다. 계측된 말뚝시공 정보는 개발될 데이터베이스를 통하여 각 지구별 또는 각 공구별로 저장되어진다.

본 연구와 관련하여 얻는 실험 결과는 전기에너지로부터 지반강도 및 기초지지력을 추정할 수 있다는 가능성을 보여주며, 향후 후속 연구에 대한 타당성을 제시한다. 현장 말뚝시공 굴착정보 계측의 데이터베이스와 실내실험결과를 통하여 “지반굴착 정보의 전산화 및 기록 관리시스템”이 구축될 것이다.

참고 문헌

- [1] 토목공법연구회, 실무 말뚝기초의 계획·설계·시공, 건설 정보사, 2003, pp.456 ~ 463.
- [2] 대한주택공사, 실무자를 위한 건축구조 문제해결, 건축-2003-67, 2004, pp.40 ~ 48.
- [3] 조진우, “말뚝시공시 지반 굴착에 소요되는 전기 에너지와 표준관입시험 N값의 상관관계에 관한 연구”, “KGS Spring National Conference, 2007
- [4] 대한민국 특허 제 556673호.
- [5] Joseph E. Bowles, Foundation Analysis and Design, 5th Ed., McGraw-Hill, 1996, pp.154 ~ 162.
- [6] 대한주택공사, (주)동아건설턴트, 금산상리 2지구 지반조사 보고서, 2006, pp. 1 ~ 20.