KGS Spring Conference 2002 / March 21~22, 2002 / Seoul / Korea

인터넷을 이용한 가상 토질 실험실

Development of a Web-Based Soil Laboratory

이규환[1], Kyu-Hwan Lee, 이송[2], Song Lee, 정대석[3], Dae-Suk Jung

[1] 건양대학교 토목공학과 전임강사, Instructor, Dept. of Civil Engineering, Konyang Univ.
[2] 서울시립대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Seoul.
[3] 중부대학교 토목공학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Joongbu Univ.

SYNOPSIS : In the field of civil and geotechnical engineering, students conduct a variety of soil tests to fulfill undergraduate soil mechanics course requirement. There is a range of problems in soil laboratory instruction, such as, some students not getting hands on experience of conducting tests because of inadequate number of apparatus, time constraints and inability in exciting students to seriously conduct the experiments. However when these laboratory soil tests are simulated with multimedia interaction and visualization techniques, the students conceptual understanding of soil mechanics is enhanced. The simulation program for website teaching is a computer based instructional package intended to complement, and potentially replace, some physical testing in a real soil laboratory. The overall aim of this project is to develop an experimental simulation program toward active learning and development of critical thinking skills, including data interpretation, understanding of the processes and influential factors, and problem solving. Therefore enable students to access website to learn experimental procedure at any time or place.

Key words : geotechnical engineering, simulation program, soil laboratory, Website teaching

1. 서 론

토목공학이나 지반공학분야를 전공하는 학생들은 학부 및 대학원과정에서 토질역학을 이수하면서 다양한 종류의 토질실험을 배우게 된다. 그러나, 실내실험시 실험장비의 부족, 시간의 제한, 실험관련 지도인력의 부족, 실험에 대한 학생들의 관심 결여등의 여러 가지 문제점들이 있다. 특히, 실험장비가 고가거나 다루기 어려운 경우, 학부생들에게 제한을 두는 경우도 있다. 따라서, 토질실험실을 인터넷 공간상에서 멀티미디어를 이용하여 구현할 수 있다면 어느 정도는 실내실험시 발생하는 단점들을 보완할 수 있으며 또한, 학생들의 실험에 대한 관심과 이해를 높이는데 기여할 수 있다.

웹사이트를 이용한 시뮬레이션 프로그램은 실제 토질실험실에서 행해지는 물리적인 실험들을 보완하거나 대체할 목적으로 만들어진 일종의 컴퓨터를 이용한 교육용 도구이다. 본 프로젝트의 목적은 실제와 가까운 시뮬레이션 프로그램을 제작하는 것 외에도 이를 통해 사고의 기술을 개발하고 실험 데이터의 해석능력배양, 실험과정에 미치는 영향요소 및 실험과정의 이해, 실험과정에서 발생되는 문제점의 해결능력 배양등 여러 가지 목적으로 수행되었다. 인터넷상의 가상토질 실험실에는 학부과정에서 수행해야할 모든 종류의 실험이 다 포함되어 있으며 실험관련 제반내용들도 제공을 한다.

가상실험실은 실험과정을 보여주는 단순한 기능만을 수행하는 것이 아니라 사용자와 프로그램간의 상호작용을 통해서 실험이 수행되는 과정을 보여주며 실제 실험에 들어가기 전에 실험을 통해서 어떤 결과들을 얻을 수 있는지를 알려준다. 또한, 실내실험에서 얻은 데이터를 가상토질실험실을 이용하여 실험결과를 보고 해석할 수가 있다.

가상실험실은 실내실험을 완전히 배제하기 위한 것이 아니다. 실내실험의 보조수단으로서 가상 실험실상에서 지시된 과정을 따라 가상실험을 구현함으로서, 학생들의 실험에 대한 예비지식 증대와 관심유발을 통하여 효율적인 실내실험을 하는데 그 주된 목적이 있다. 가상시험실의 기능을 요약하면 다음과 같다.

1.1 학생 측면

- 토질실험에 대한 지식 및 이해도 증진
- 이해하기 쉬운 방법으로 토질실험에 대한 중요한 개념 전달
- 실제실험에 접할 수 있는 문제에 대한 해결 방법 제공
- FAQ를 이용한 답변
- 문제해결 능력을 증진하기 위한 문제 제공 등등

1.2 지도 측면

- 보다 효과적인 강의 전달
- 실험에 대한 대안을 이용하여 강의 할 수 있게 함
- 평범한 설명의 생략으로 인한 강의 시간의 단축
- 학습효과 유발로 인한 강의시간의 효율증대 등등...

2. 가상실험실 구축

가상 실험실 구축을 위해 마이크로 선사가 개발한 자바(Java)프로그램을 이용하였다. 자바 프로그램을 이용하여 스크린 상에서 사용자와 시뮬레이션 프로그램간에 상호작용을 할 수 있는 가상(Virtual)의 실험장치를 이용 가상실험을 할 수 있도록 하였다. 교수나 조교들은 시뮬레이션 프로그램을 통해 학생들이 습득해야할 기술적인 항목이나 학습태도등 학생들에게 그들의 요구사항을 반영할 수도 있다.

2.1 인터넷 기반기술

현재까지 인터넷을 이용한 가상 실험실 구축을 위해 사용할 수 있는 프로그램들이 많이 개발되었다. 이들 중 가장 보편적으로 사용되고 있는 것들은 다음과 같다.

- HTML (Hypertext Markup Language) / XML (Extensible Markup Language)
- JavaScript / Java / Shockwave / VRML (Virtual Reality Modeling Language)
- Streaming Video Technology / ASP(Active Server Pages)
- PERL(Practical Extraction and Report Language)

본 프로젝트에서 인터넷을 이용한 멀티미디어시스템과 가상세계 구축하기 위하여 HTML, JavaScript, VRML, Shockwave등을 이용하였다. 이들 인터넷 기술을 간략히 기술하면 다음과 같다.

2.1.1 HTML

HTML은 인터넷상에 문자정보를 제공하는 가장 기본적인 수단이다. 다른 인터넷 도구들은 기본적인 HTML 페이지에 상호작용, 애니메이션 그리고 3차원 세계 등을 제공하는데 이용된다. HTML은 어떤

종류의 웹 브라우저 상에서도 읽을 수 있는 태그(Tag)형식에 근거한 언어이다. HTML 페이지의 또 다른 장점은 내용을 쉽게 업데이트 할 수 있다는 것이다.

2.1.2 JavaScript

비록 HTML이 인터넷에 정적인 문자정보를 제공하는데 훌륭한 도구임에는 틀림이 없지만 동적인 정보는 제공할 수가 없다. JavaScript는 HTML 페이지에 동적인 상호작용 기능을 추가하기 위해 개발되었다. 상호작용성(interactivity)은 HTML 페이지에 동적인 기능을 추가하며 부라우져를 조정하고, HTML 페이지에서 다른 HTML 페이지로 정보를 전달하며, 사용자와의 상호작용을 할 수 있는 기능을 부여한다. 최근 들어 자바 프로그램이 교육용 소프트웨어를 개발하는데 각광을 받는 이유는 상호작용성(interactive)과 그래픽 기능을 웹상에 쉽게 옮겨 놓을 수 있기 때문이다. 본 연구에서는 JavaScript를 가상 실험실 구축을 위한 주 언어로 사용하였다.

2.1.3 Shockwave

JavaScript는 정적인 HTML 페이지에 문자에 근거한 상호작용기능을 추가하는데 아주 훌륭한 도구로 이용이 된다. 그러나 복잡하고 그래픽을 이용한 시뮬레이션 프로그램을 수행하기 위해서는 어려운 점이 있다. 따라서 인터넷상에 복잡한 시뮬레이션 프로그램을 구축하기 위해서는 Shockwave와 같은 다른 인터넷 기술이 이용되어 진다. Shockwave 시뮬레이션을 위해서는 Director란 멀티미디어 프로그램이 필요하며 Director 동영상을 Shockwave 동영상으로 전환해야 한다. HTML 페이지에 Shockwave 동영상이 설치되면 사용자는 Shockwave 플러그인(plug-in)을 이용하여 웹 브라우져상에서 동영상을 볼 수가 있는데 익스폴러나 넷스케이프 환경에서 제공이 된다. Shockwave는 파일크기나 파일 받기 시간을 줄이기 위해서 압축기술을 사용한다.

2.1.4 VRML

Skockwave는 2차원 시뮬레이션 작업에는 적당하나 3차원 작업을 위해서는 권장할 만 하지는 않다. 인터넷상에 3차원 세계를 구현하기 위해서는 효과적인 3차원 모델링 언어가 요구된다. VRML은 상호작용성, 애니메이션, 수정, 하이퍼링크 등의 기능이 있어 3차원세계를 구현하는데 적합하다. 특히, VRML은 3차원 모델을 위해 이해하기 쉬운 문자를 사용하며 문자 에디터 상에서 편집할 수 있는 기능이 있다.

2.2 시뮬레이션 프로그램의 설계

본 연구의 계획단계에서 지반공학 및 컴퓨터 관련 전문가들이 모여 인터넷상에 가상실험실 구축을 통해 얻을 수 있는 특별한 이점이 무엇인가에 대한 논의를 하였다. 그 결과 시간 및 예산문제, 표준화문제, 사용자와 컴퓨터와의 상호 작용문제, 개발기간동안의 피드백문제등에 대하여 중점적인 관심을 가지고 진행하기로 하였다. 그 결과는 표 1에 제시되었다. 표 1에 제시된 과정은 가상 토질실험실 뿐 아니라 이와 유사한 연구에 관심 있는 사람들에게도 도움이 되리라고 본다.

2.2.1 필요성 분석

지속적으로 변화하는 기술환경 때문에 학습환경을 정의한다는 것은 어려운 일이다. 학생들에 대한 시간적 제약을 줄이기 위해서 시뮬레이션 프로그램은 실험실이나 가정에 있는 컴퓨터 어디에서나 작동할 수 있어야 한다. 또한, 모뎀 환경에서는 접속속도로 인해 시뮬레이션 프로그램이 원활히 작동하지 않는

것으로 나타났다. 따라서 모뎀환경이 아닌 초고속 인터넷 전용선 이상의 접속환경이 요구되어 진다. 왜냐하면 시뮬레이션 프로그램이나 실험관련 동영상들은 고속의 인터넷 접속환경을 요구하기 때문이다. 이러한 문제점을 피하기 위해, 인터넷 접속 없이 실험관련 매뉴얼이나 시뮬레이션 프로그램을 이용할 수 있도록 컴팩트 디스크에 저장하여 오프라인 상태에서도 시뮬레이션 프로그램을 이용할 수 있는 환경을 만들었다.

표 1. 가상실험실의 설계과정 .

단계	주제	과업
필요성 분석	학습사항	학습환경
		학습시스템이 대한 접근법
	학습자	선행학습 / 경험
		태도 및 목표
	학습 과업	학습목표
		학업성취 평가
개발	구성	내용 형태
		교육전략
	전달	미디어의 종류
	관리	작업 팀
	중간평가	시험자
		평가
		수정
평가	총괄평가	시험자
		평가
		내용 보완

2.2.2 전략

가상 토질실험실을 위해서 1차로 총 10개의 실험이 계획되었다. 이들 시뮬레이션은 프로그램은 삼축실험을 제외한 학부에서 수행해야할 거의 모든 실험을 포함하고 있다. 현재 삼축실험에 대한 시뮬레이션 프로그램은 개발중에 있다.

표 2. 시뮬레이션 프로그램의 종류

번호	제목
1	비중시험
2	입도 시험
3	파이펫시험
4	액성시험
5	소성시험
6	다짐시험
7	정수위 투수시험
8	변수위 투수시험
9	압밀시험
10	전단시험

각 시뮬레이션 프로그램들은 이론적 측면, 실험 도구, 실험과정, 데이터 분석등 실험에 관련된 일련이 과정들이 매우 다르다. 시뮬레이션 프로그램의 환경설정시 아래의 상황들이 고려가 되었다.

- 하드웨어 시스템(MS 윈도우 환경이 보편적임)

- 멀티미디어의 기능 (내용, 그림, 애니메이션, 비디오, 오디오등 다양한 종류의 내용을 쉽게 소화할 수 있는 능력)
- 소프트웨어의 호환성(다양한 종류의 보조프로그램과의 데이터 호환성)
- 시스템의 수명 (향후 프로그램 기술 발달에 따른 유지관리를 위해)

시뮬레이션 프로그램 개발을 위한 작업팀의 구성은 다음과 같다.

- 엔지니어링팀 : 총 감독, 숙련된 토질 실험 기술자, 메니져, 프로그래머
- 교육기술팀 : 조언구룹, 교육설계사, 문법전문가, 그래픽 전문가, 평가 전문가

2.2.3 평가

시뮬레이션 프로그램의 평가 계획은 다음의 두 단계로 구성되어 있다.

- 중간평가 : 토질역학 수업을 이미 수강한 학습능력이 각기 다른 학생을 선발하였다. 이들 그룹은 프로제트 팀에게 프로그램 테스트를 통해 그들이 느낀 점을 주어 소프트웨어를 개발하는 동한 프로그램을 개선하도록 하는데 도움을 준다.

- 총괄평가 : 등록된 학생들을 대상으로 하여 표본 질문표를 이용하여 정규수업시간을 이용, 평가를 한다. 이를 이용하여 차후 프로그램 업그레이드 시에 반영을 한다.

3. Java 시뮬레이션을 통한 가상실험실

가상실험실에는 실험 매뉴얼, 시뮬레이션 프로그램, 실험장비 설명, 퀴즈문제등에 관한 내용이 포함되어 있다. 또한 실험의 각 단계별로 실험과정을 비디오를 녹화하여 학생들의 이해를 높이도록 그림 1과 같이 동영상을 제공하고 있다. 이와 같이 동영상도 인터넷을 이용한 교육시스템의 한 기술이다.

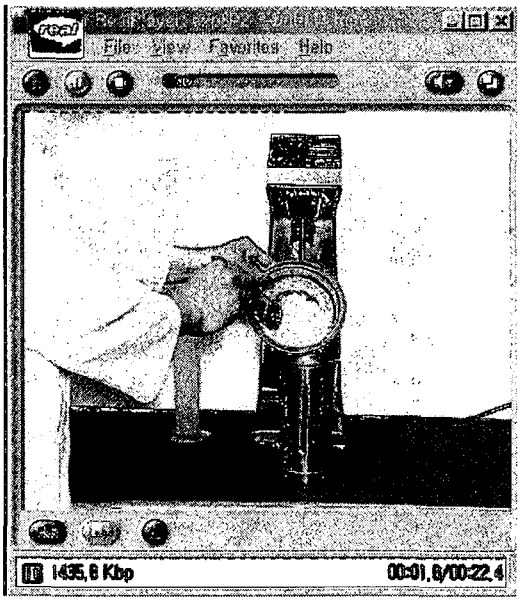

그림 1. 체분석 실험에 대한 동영상

동영상은 숙달된 기술자가 매뉴얼상의 실험순서를 따라 실제 실험을 수행 장면을 녹화한 것이다. 학생들은 반복해서 동영상을 시청함으로서 실험에 대한 이해를 높일 수가 있다. 이 방법은 학생들이 주저하지 않고 실험에 참여하여 줄길 수 있게 해주는 매우 유익한 도구가 될 것이다. 이를 통해 학생들은 실제 실내실험을 수행하기 전에 실험에 필요한 항목들을 이해할 수 있으며 흥미를 유발할 수가 있을 것이다. 또한, 학생 스스로가 간단한 연습문제풀이를 통해서 실험에 대한 자신의 이해도를 평가할 수 있으며 제공되는 각종 정보를 통해 실험과 관련된 기본적인 이론, 용어 등에 대한 지식을 습득할 수 있도록 하였다. 그림 2 는 스스로 학습평가(Self assessment quiz)를 할 수 있는 프로그램의 예를 보여주고 있다.

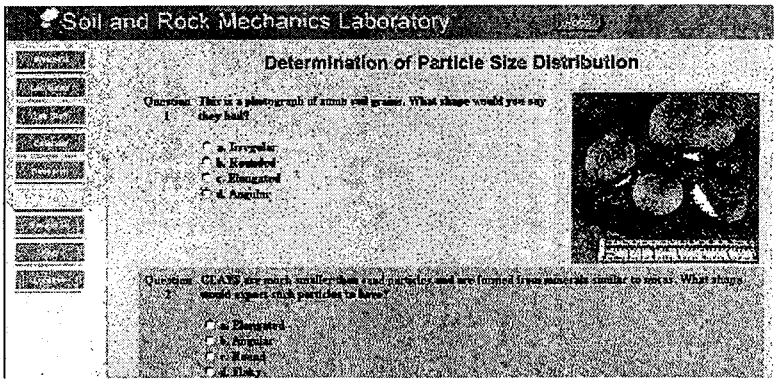

그림 2. 체분석 실험에 관한 연습문제

3.1 시뮬레이션 프로그램의 구성

Java를 이용한 시뮬레이션 프로그램의 주된 목적은 스크린 상에서 가상의 실험장치를 이용, 실험절차에 따라서 실험을 수행할 수 있는 기회를 제공하는데 있다, 이를 통해서 실험교관들은 실제 실험에 시뮬레이션 프로그램을 통해 얻은 결과들을 반영할 수 있으며 학생들이 알아야할 내용이나 학습태도등에 대한 그들의 요구사항을 반영할 수도 있다. 따라서 스크린 디자인은 멀티미디어를 이용한 프로젝트에 중요한 부분을 차지하고 있다. 왜냐하면 학습자는 스크린을 통해서 정보를 얻어가기 때문이다. 본 프로젝트에서는 효과적인 전달, 적합한 탐색도구 및 시각적인 미를 위해 전 시뮬레이션 프로그램들이 동일한 구조를 갖도록 하였다. 그림 3과 4는 체분석과 정수위 투수시험에 대한 시뮬레이션 그래픽 화면을 보여주고 있다. 시뮬레이션 프로그램의 구성 요소를 살펴보면 크게 실험장치부분, 실험절차부분, 데이터 쉬트, 실험도표로 구성되어 있다.

3.1.1 실험장치

그림 3과 4 에서 볼 수 있듯이 마우스를 이용하여 실험장치의 각부분을 클릭 하면 각 부분의 이름을 알 수 있으며 실험 절차를 클릭 하면 절차에 따라 실험장치 부분에서 애니메이션을 이용한 시뮬레이션이 실행된다.

3.1.2 실험절차

실험절차는 ASTM에서 제시된 표준방법에 준하였으며 시뮬레이션 프로그램의 특성상 실험 실험단계를 간략화 하기 위해서 중요치 않은 단계는 생략하였다.

3.1.3 데이터 쉬트

데이터 쉬트는 두 가지 옵션기능을 부여하였다. 하나는 시뮬레이션이 수행되면서 자동적으로 데이터 쉬트에 미리 입력되어 있는 데이터가 나타나도록 하였으며 또한, 사용자가 직접 데이터 쉬트에 데이터를 넣어 그 결과를 그래프를 통해서 볼 수가 있도록 하였다.

3.1.4 도표

사용자는 시뮬레이션이 진행되는 동안 동시에 실험결과를 그래프를 통해서 볼 수 있으며 도표에 있는 확대 및 축소 명령을 이용하여 그래프를 확대하거나 축소시킬 수 있다. 또한, 사용자는 실험실에서 얻은 결과를 입력하여 그 결과를 그래프를 통해서도 볼 수 가 있다.

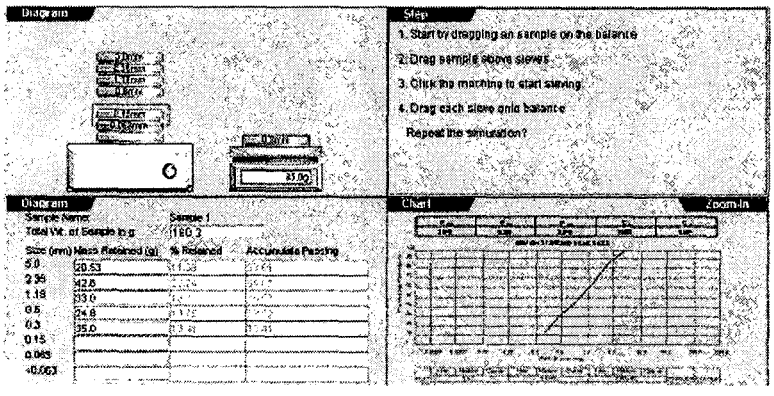

그림 3. 체분석에 대한 시뮬레이션 화면

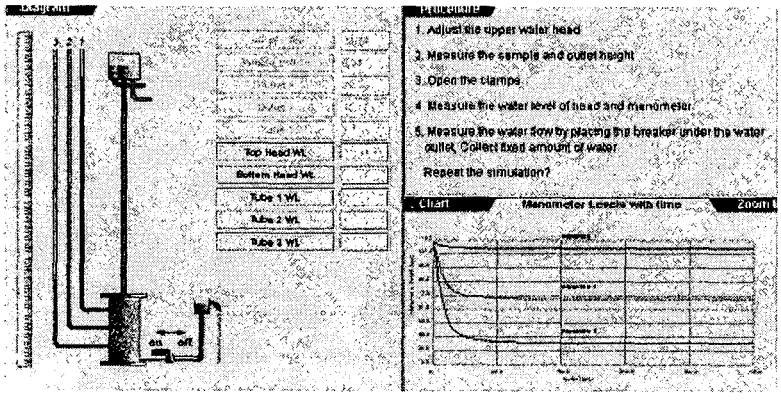

그림 4. 정수위 실험에 대한 시뮬레이션

또한, 시뮬레이션 프로그램을 수행한 후에 질문사항이 있을 경우에는 이를 해결하기 위해 질의응답기능과 실시간 대화를 통해서 의문점을 해결할 수 있는 기능이 있다.

3.2 가상실험 시스템

학생들은 가상실험실을 통해 토질실험에 대한 충분한 지식을 얻은 후에는 몇 명씩 조를 이루어 실제 토질실험에 참여하게 된다. 일반적으로 각조은 보통 5명 이내로 구성된다. 실제 실내시험에서는 숙련된

실험 조교들이 실험을 직접 시연한 후에, 담당교수가 참여하여 학생들의 실험과정을 체크하고 질문에 답하고 평가하는 역할을 한다. 시뮬레이션 프로그램의 궁극적인 목적인 학생들의 실험에 대한 이해증진 및 실내시험 효과의 극대화에 있는 만큼 가상실험실과 실제 실험실사이에는 상호 유기적인 관계가 있다고 볼 수 있다. 그림 5는 가상실험실과 실제 토질실험사이의 상호 관계를 나타낸 것이다.

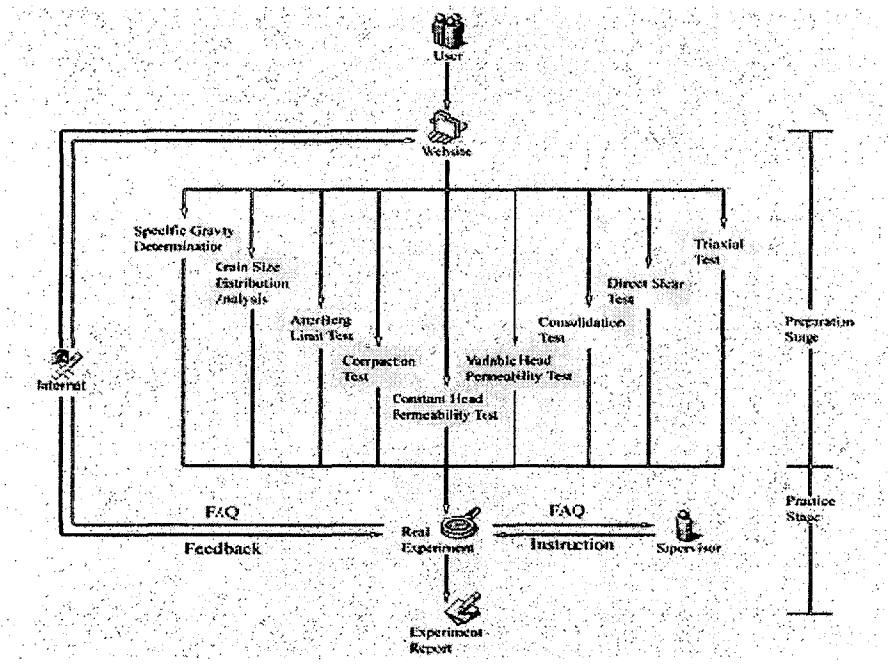

그림 5. 가상 및 실내 토질실험 시스템의 상호 관계

4. 결론

본 프로젝트를 통하여 가상 실험실을 고전적인 실내실험실에 접목시킴으로서 학생들에 실험에 대한 이해와 능력을 획기적으로 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다. 설명이 잘 되어있는 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램은 피동적인 학생을 자극하여 스스로 학습하고 감춰진 능력을 도출해 낼 수 있는 훌륭한 교육적인 도구로 사용할 수 있다. 이를 통해 실내 실험은 실제로 산지식을 전달하는 본연의 역할을 할 수 있다고 본다. 가상 토질실험실의 운영으로 얻을 수 있는 가장 큰 장점은 인터넷을 통해, 또는 오프라인 상태에서도 시간과 장소에 제약을 받지 않고 일년 365일 24시간 동안 연중 무효로 접속하여 실제 실험실에서 수행하는 것과 똑같은 과정을 경험할 수 있다는 것이다. 이를 통해서 토질 실험에 대한 관심을 유도 할 수 있으며 실제 토질실험 시간에 교육의 효율을 증대시킬 수 있다고 본다. 향후 본 연구는 토질시험 뿐만 아니 토목관련분야의 실험 및 현장실험에도 확대 적용할 수 있으리라 본다.

참고문헌

1. Henry, Jim(1998), "Running Laboratory Experiments via the World Wide Web," *ASEE Annual Meeting, Seattle, WA.*
2. URL: http://www.macromedia.com/software/authorware.
3. Stemler, L.K.(1997) Educational Characteristics of Multimedia: A Literature Review. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia.* Association for the Advancement of Computing in Education, Charlottesville, VA., Vol. 6, No. 3/4, pp. 339-358.