

# 지열발전 시추공 구축 프로젝트관리시스템 개발

김광염\*, 이승수\*\*

## Development of Project Management System for Geothermal Well Construction

Kwangyeom Kim\*, Seungsoo Lee\*\*

### Abstract

Enhanced Geothermal System (EGS) among geothermal system types enables to produce sustainable energy even in non-volcanic region while conventional geothermal energy has been restricted to obtain only from hot and permeable formation such as in volcanic regions. Successful EGS project in terms of economy, however, can be expected only when the project is managed effectively considering most of influencing factors (e.g., tangible and intangible resources, cost, time, risks, etc.). In particular, well construction is of the utmost importance in geothermal project as it dominantly influences on time and cost in the whole project. Therefore, when it comes to viable geothermal project without abundant experience, managing drilling economically and efficiently is inevitable. In this study, a project management system for well construction in geothermal project based on project control system including work breakdown structure and cost account was developed to predict and assess the performance of drilling and to visualize the progress.

### Key words

Enhanced Geothermal System(인공저류층생성기술), drilling(시추작업), Project Control System(프로젝트 관리체계), Work Breakdown Structure(작업분류체계), Cost Account(비용 계정)

(접수일 2012. 8. 28, 수정일 2012. 9. 24, 게재확정일 2012. 9. 24)

\* 한국건설기술연구원 수석연구원 (Division of Geotechnical Engineering, Korea Institute of Construction Technology)

■ E-mail : kimky@kict.re.kr ■ Tel : (031)910-0225 ■ Fax : (031)910-0211

\*\* 한국건설기술연구원 전임연구원 (Division of Geotechnical Engineering, Korea Institute of Construction Technology)

■ E-mail : sslee@kict.re.kr ■ Tel : (031)995-0824 ■ Fax : (031)910-0211

### Subscript

*MWe* : megawatts electric

*EGS* : enhanced geothermal system

*WBS* : work breakdown structure

*BHA* : bottom hole assembly

*BOP* : blow out preventer

*ROP* : rate of penetration

# 1. 서론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

친환경 에너지 생산방식인 지열발전은 태양력, 조력, 풍력 등의 기타 발전방식과 달리, 지속적으로 일정량의 전력을 공급할 수 있다는 장점이 있으며, 전 세계적으로 수많은 지열발전시스템이 건설 및 계획되고 있다. 지열 발전을 통한 전력생산능력을 살펴보면, 1995년 6833 MWe에서 2008년 9966 MWe의 지열발전 설비가 가동되고 있으며, 2005년에 지열 발전을 통해 직접적으로 사용된 전력량은 약 3000만 배럴(barrel) 이상의 석유를 대체하고 있다.<sup>3)</sup> 특히 지열발전 방식 중, 인공저류층생성기술(Enhanced Geothermal System, 이하 EGS)의 상용화를 통해 고온 화산지대가 아닌 비화산성 지대 및 투수율 면에서 불리한 지역에서도 지열발전이 가능해짐에 따라 지열발전의 보급이 급속히 증가할 수 있는 전기가 마련되었다.

그러나 현재 EGS 지열발전에 대한 연구개발이나 구축 프로젝트가 진행된 국가를 살펴보면, 프랑스, 영국, 독일, 스위스 등의 유럽 국가와 미국, 호주 등 주요 선진국에 치중되어 있다. 이는 크게 다음의 두 가지 이유에 기인한 것으로 볼 수 있다. 첫 번째로 대심도(약 3~5km) 시추를 통한 지열정구축 과정에서 수많은 리스크가 발생할 수 있고, 시추 및 인공저류층 형성과정에서 고도의 기술력이 필요하여 대부분의 도입국가에서는 프로젝트를 수행하는데 '기술적 제약'이 클 수 밖에 없다. 두 번째로 심부지열발전기술의 경우 대심도 시추 및 지열저류층 형성 등 지열정구축과정에서 발생하는 불확실성에 대한 예방 및 대응수준에 따라 소요되는 초기건설비용이 크게 달라지게 된다. 따라서 효율적이고 경제적으로 프로젝트를 기획하고 관리하기 위해서는 사전의 경험적 지식이라 할 수 있는 휴리스틱(heuristic)에 기반한 사업 타당성 분석, 경제적 지열정프로그램 설계 및 효율적 시공관리가 수행되어야 하나 대부분의 초기 도입국은 '경험적 노하우 제약'을 직면할 수 밖에 없다. 따라서 EGS 지열발전기술을 초기 도입하는 국가의 경우, 기술적 및 경험적 제약요소를 극복하기 위하여 선진국에 의존하게 되며, 이로 인한 막대한 기술료 및 서비스 비용을 지불하여 예산에 대한 부담을 가중시키기 때문에 프로젝트의 기획과정에서 사업에 대한 타당성이 부족해지기 쉽다.

이러한 문제점이 해결되기 위해서는 프로젝트를 기획하고

관리하는 데 있어 심부지열발전 기술에 대해 기술적, 경험적으로 부족한 부분을 보완하고 가이드 역할을 제공하는 프로젝트 관리시스템이 개발되어 제공되어야 한다. 특히, 심부지열발전의 공사과정에서 가장 리스크와 변동비용이 크게 발생할 수 있는 지열정구축공사에 대하여 시스템적인 지원이 보장되어야 할 것이다. 그리고 프로젝트 관리는 크게 공정관리와 비용관리로 구분될 수 있으므로, 공정과 비용을 관리하는 데 명확한 기준이 제시될 수 있도록 선행사례를 참조하여 프로젝트 관리체계를 구축하여야 한다. 이를 바탕으로 시스템의 개발이 수행되어야 보다 효율적인 시스템이 구축될 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 EGS 지열발전의 지열정 구축프로젝트를 대상으로 효율적으로 프로젝트가 기획 및 관리될 수 있도록 선행사례에 기반한 프로젝트관리체계를 도출하였다. 또한 이를 바탕으로 관리자 및 사용자에게 유용한 정보와 가이드를 제시할 수 있는 프로젝트관리시스템을 설계/개발하였으며, 이에 대한 내용을 소개한다.

## 1.2 연구의 범위 및 목표

본 연구는 EGS 지열발전의 지열정구축공사를 대상으로 선행사례에 기반한 프로젝트관리체계를 분석하고 이를 바탕으로 프로젝트의 공정 및 비용관리, 2D기반 공사진도의 시각화, 프로젝트정보의 분석/제공을 목표로 하는 프로젝트 관리시스템의 개발을 연구의 범위로 한다. 본 연구를 위한 연구 추진체계는 다음 Fig. 1과 같다.

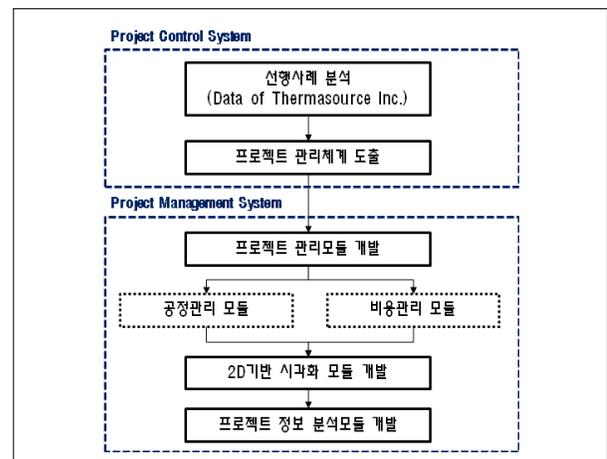


Fig. 1 본 연구의 추진체계

먼저, 지열정구축 프로젝트 관리의 기준체계를 구축하여 공사 프로세스 및 경험적 관리지식을 시스템 설계에 반영되도록 하였다. 전 세계적으로 널리 알려진 지열발전 컨설팅 및 시추회사인 Thermasource사에서 정립한 공사 프로세스 데이터<sup>4)</sup>를 분석하였으며, 이를 바탕으로 프로젝트 관리체계를 도출하였다. 정립된 지열정구축 프로세스를 통하여 작업분류체계(WBS)를 체계화하였으며, 프로세스별 소요비용항목을 참고하여 체계화 및 그룹화 함으로써, 프로젝트 비용을 예측하고 관리하는 데 반영되어야 하는 비용계정(cost account)을 수집 및 분류하였다.

그리고 정의된 관리기준체계를 바탕으로 프로젝트관리시스템을 구성하는 모듈을 설계하고 개발하였다. 본 연구에서의 프로젝트 관리시스템은 크게, 공정관리와 비용관리를 목표로 하는 ‘프로젝트 관리모듈’, 지열정 프로그램의 내용과 공사 진도관리를 이차원으로 시각화하여 정보를 제공하는 ‘2D기반 시각화 모듈’, 마지막으로 프로젝트의 관리정보를 분석 및 집계하여 사용자가 필요로 하는 정보를 보기 쉽게 제공하는 ‘프로젝트 정보 분석 모듈’의 세 가지로 구분하여 개발하였다.

본 연구사항은 향후, 국내 EGS 지열발전의 도입과 함께 시스템 구축에 대한 타당성이 검증될 것이며, 본 논문에서는 시스템의 개발 내용을 소개하는 것으로 범위를 한정하였다. 이는 국내 지열발전의 보급 활성화는 물론, 전 세계 EGS 지열발전 프로젝트의 기획 및 관리가 보다 효율적이고 경제적으로 수행되는 데 도움을 줄 수 있는 시스템의 프로토타입(prototype)을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 지열정구축 프로젝트 관리체계

프로젝트 관리는 제한된 시간과 자원, 비용 내에서 주어진 목표를 성취하기 위하여 작업과 자원을 계획하고 구성하며 관리하는데 있어 지식, 기술, 도구, 기법을 사용하는 것이라 할 수 있다. 프로젝트 관리의 가장 큰 중요사항 중 하나는 계획 및 시공단계에서 필요작업을 세부단계로 분해하여 작업을 계획 및 진행하기 위한 기준을 마련하는 작업분류체계(WBS)를 구축하는 데 있다.<sup>1)</sup>

대부분의 경우 작업분류체계는 해당 프로젝트에 대한 경험적 지식이 풍부한 전문가 혹은, 선행 프로젝트에서 구축된 관

리체계를 해당 프로젝트에 적용한다. 그러나 심부지열발전의 지열정 구축공사에 대한 국내 사례가 없고 전문가 또한 부족한 상황으로서 Thermasource사에서 정립한 공사 프로세스 데이터를 참고하였다. 또한, 비용관리모듈의 개발을 위해 필요한 비용계정을 정의하기 위하여 석유, 가스, 지열 시추 비용예측을 위해 가장 널리 사용되고 있는 Well cost 모델에 기반한 비용산정항목(cost categories)을 분석하였다. 본 연구에서 참고로 한 Thermasource사 역시 Well cost 모델에 기반하여 비용항목을 구축하였다. 본 연구에서 활용한 프로젝트 관리체계는 심부지열발전 시추공사에 대한 풍부한 경험을 가지고 있는 업체의 데이터를 적극 활용함으로써, 부족한 경험적 지식을 보완하여 시행착오를 줄이고, 공사를 효율적이고 경제적으로 관리하기 위함이다.

### 2.1 작업분류체계

지열정구축 공사의 수행은 지열정 설계구간과 각 설계구간에서의 작업과제(activity)의 조합으로 추진된다. Thermasource사에서 정립한 지열정구축공사의 프로세스에서도 설계구간을 기준으로 수행될 수 있는 작업과제를 크게 시추 (Drilling), 케이싱 (Casing), 로깅 (Logging)으로 구분하고 있다.<sup>4)</sup> 시추

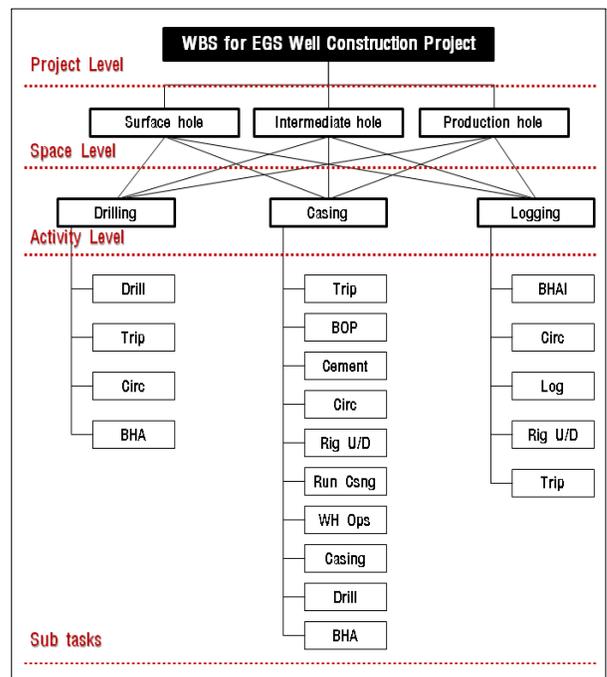


Fig. 2 지열정구축공사의 작업분류체계

는 각 설계구간을 시추리그 및 시추도구를 사용하여 지열정의 직경 및 깊이를 만족하도록 천공하는 작업이고 케이싱은 천공된 지열정 내의 공벽을 안정화시키기 위하여 케이싱파이프를 설치하고 공벽과 파이프의 외벽사이의 공극을 시멘트로 매우는 작업을 의미한다. 로깅은 지열정구축과정에서 필요한 시추관련 정보, 지층에 대한 다양한 물리, 화학, 역학 정보 등을 획득하기 위한 일련의 과정이다.

본 연구에서는 상기 내용을 바탕으로 지열정 구축공사의 최상위 작업분류수준을 Drilling, Casing, Logging으로 구분하였다. 하위 분류수준은 Thermasource사에서 비용 및 소요일수를 분석하기 위하여 활용하고 있는 작업프로세스별 Task code를 활용하여 체계화하였다. Fig. 2는 본 연구에서 지열정구축 프로젝트 관리시스템 설계의 기준이 되는 작업분류체계를 작성한 내용이다.

Fig. 2에서 지열정구축공사에 소요되는 작업은 지열정 설계구간인 Surface hole, Intermediate hole, Production hole의 공간분류내용에 따라 구분될 수 있으며, 작업의 최상위 분류수준(Activity Level)에서 Drilling, Casing, Logging로 체계화된다. 그리고 각 최상위 작업분류수준의 내용에 따라 종속적으로 수행되는 하위 수행 작업을 체계화하였으며, 분류된 하위 수행 작업들에 대한 작업내용을 설명한 내용은 다음 Table 1과 같다.

이와 같이 체계화된 작업분류체계는 지열정 구축공사를 위한 프로젝트 관리시스템의 개발과정에서 사용자에게 제공되어야 할 비용 및 공정과 관련된 정보의 누락을 방지하게 하여 보다 정확하고 효율적인 프로젝트 기획/관리의 수행을 가능하게 한다. 또한, 시스템의 모듈을 설계하는 데 기준을 제시

Table 1. 하위 수행 작업과제 정의

구분	내용
Drill	지열정을 시추하여 확대하거나 연장하는 작업
Trip	시추파이프를 시추공내로 삽입 또는 시추공 외부로 인발하는 작업
Circ	시추공 청소 등의 목적으로 시추용액을 순환시키는 작업
BHA	BHA(bottom hole assembly) 구성품을 조립하거나 분해하는 작업
Rig U/D	BHA 이외의 지표 장비를 조립하거나 분해하는 작업
BOP	BOP(blowout preventer)를 설치하는 것과 관련된 작업
WH Ops	well head를 다루는 것과 관련된 작업
Run Csng	케이싱 파이프를 설치하는 작업
Cement	시멘팅과 관련된 작업
Log	로깅과 관련된 모든 작업

하여 시스템 입/출력 데이터 정의 및 연계, 모듈의 기능정의, 사용자인터페이스(UI)의 설계를 원활하게 할 수 있을 것이다.

## 2.2 비용계정(Cost Account) 체계화

비용계정은 지열정구축공사에서 비용이 소요되는 모든 항목을 의미하며, 각 프로젝트의 규모, 특징 및 설계내용에 따라 상이할 수 있다. 그러나 공통적으로 소요되는 중점관리대상 비용계정을 시스템을 통해 제공함으로써, 각 설계구간 및 작업 프로세스별 신뢰적으로 비용을 예측하거나 관리할 수 있다.

Well cost 모델을 기반으로 한 Thermasource사에서 작업단위로 소요비용항목을 체계화한 내용을 살펴보면, Drilling Consumables, Drilling Services, Cementing, Casing Consumables, Casing Services, Logging으로 구분하고 있다.<sup>4)</sup> 즉, 지열정 시공과정에서 소요되는 비용을 크게 용역(service)비용과, 직접재료비로 구분하고 있다는 것을 알 수

Table 2. 비용계정의 체계화

Level 1	Level 2
Project Establishment	Planning & Engineering
	Insurance
	Permit
Well Design	Design service
Site Preparation	Road & Location
	Facilities
	transportation
Rig (De)Mobilization	Rig site Logistics
	Mobilization
	Demobilization
	Rig rental
Drilling	Drilling
	Drilling consumables
	Tripping
	Mud circulation
Casing	Casing consumables
	Casing
	BOP
	Cement
	WH Ops
Logging	Rig U/D
	Log service
Well Completion	Completion service

있다. 그러나 이는 프로젝트의 기획 및 준비과정에서 소요되는 비용항목이 누락되어 있어 이를 그대로 시스템에 반영할 경우, 프로젝트에 대한 경험이 없는 사용자에게는 시스템의 효용성이 결여되게 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 Bloomfield와 Laney(2005)의 연구 내용을 참고하여 지열정구축공사의 기획 단계를 고려하였고, 작업분류체계를 고려한 작업 프로세스에서 소요되는 비용계정을 보다 세분화하였다.<sup>2)</sup> Table 2는 체계화된 비용계정에 대한 내용이다.

Table 2의 내용을 살펴보면, 프로젝트의 기획단계에서 고려되어야 할 비용계정으로 프로젝트의 설립단계에서 계획, 공학적 타당성, 보험, 허가 등에 소요되는 비용과 지열정 설계 및 부지준비에 소요되는 세부 비용계정이 추가 되었다. 그리고 시추리그장비를 설치하기 위한 실행계획비용, 장비운송 비용, 장비임대비용 항목이 고려되었다. 지열정구축공사의 수행과정에서 소요되는 비용계정은 작업분류체계에 근간하여 직접재료비, 용역비 항목으로 체계화하였으며, 지열저류층을 형성하기 위한 지열정 마감작업(well completion)을 추가함으로써, 중점적으로 고려하여 관리되어야 하는 비용계정을 구성하였다.

본 연구를 통해 체계화된 비용계정은 각 EGS 프로젝트의 특성 및 용역발주의 범위에 따라 상이해 질 수 있으나 공통적으로 소요되는 항목을 분류함으로써 사용자에게 비용관리의 기준을 제시할 수 있을 것이다. 또한, 프로젝트마다 상이한 비용계정의 범주는 시스템에 반영 시 사용자가 비용계정항목을 유연하게(flexible) 조절할 수 있도록 인터페이스를 제공함으로써 문제점을 해결할 수 있을 것이다.

### 3. 지열정구축 프로젝트 관리시스템 개발

건설 프로젝트 관리시스템은 프로젝트 수행과정에서 생산되거나 소요되는 모든 정보를 사용자가 공유하게 함으로써 협업을 유도하고, 비용, 공정, 자원에 대한 관리의 효율성을 기함으로써 프로젝트가 경제적으로 수행될 수 있도록 지원하는 시스템을 말한다. 지열정구축공사의 경우, 시스템 개발에 앞서 가장 우선적으로 고려해야 할 사항은 경험적 지식이 부족한 사용자에게 프로젝트의 기획과정에서 도움을 줄 수 있어야 하고, 프로젝트의 비용/공정에 대한 관리가 용이해야

한다. 특히 공사의 특성상 작업진도가 가시적으로 보이지 않기 때문에 현재 지열정 내부의 작업진도를 쉽게 파악할 수 있는 정보를 시각화하여 제공한다면 매우 효과적일 수 있다.

따라서 본 연구에서는 앞에서 수행한 프로젝트관리체계 연구내용을 바탕으로 시스템의 기능을 정의하여 프로젝트 관리 모듈, 2D기반 시각화 모듈, 프로젝트 정보 분석모듈로 구성된 사용자 중심의 지열정구축공사를 위한 프로젝트 관리시스템을 개발하였다. 시스템 개발 환경은 델파이(delphi) 프로그래밍 언어를 사용하였으며, 초기 정보설정은 프로젝트관리체계에 기초함으로써 사용자에게 정보관리에 대한 기준을 제공할 수 있도록 하였다. 또한 사용자가 정보를 프로젝트의 특성에 맞도록 유연하게 다룰 수 있도록 인터페이스를 구성하였다.

#### 3.1 프로젝트 관리 모듈 개발

프로젝트 관리모듈은 공정관리 모듈과 비용관리 모듈로 구분하여 개발하였다. 각 모듈은 프로젝트 관리체계를 기반으로 공정 및 비용에 대한 정보를 지열정 설계구간별 시트

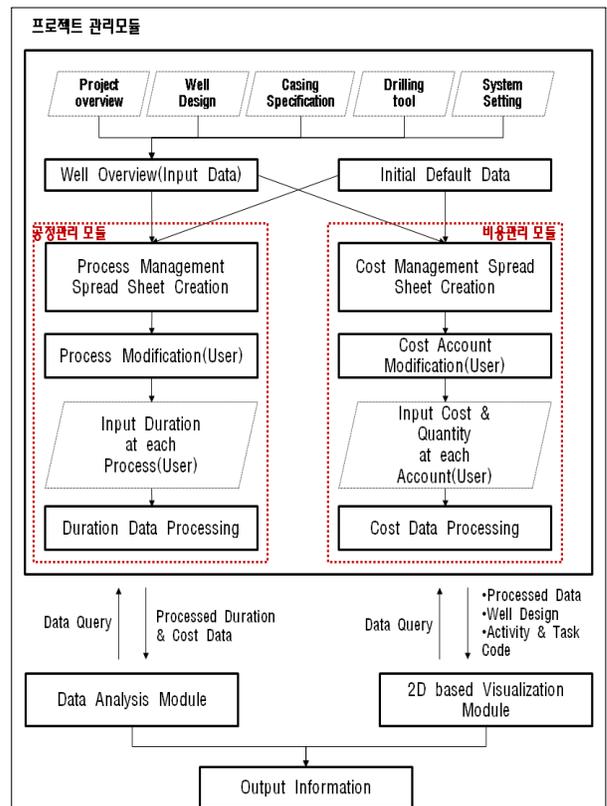


Fig. 3 프로젝트 관리모듈 개발 개념도

(sheet)형태로 사용자가 정보를 입력할 수 있도록 인터페이스를 구성하였다. 그리고 시스템에 소요되는 입력데이터를 'well overview' 창에 일괄적으로 입력할 수 있도록 하였으며, 이는 프로젝트에 대한 개요, 지열정 설계내용, 소요자원의 제원 등에 대한 정보를 제공하고 프로젝트 관리모듈뿐만 아니라, 2D기반 시각화 모듈 등 기타 모듈에 소요되는 데이터를 공유할 수 있도록 하는 데이터인터페이싱을 구성하기 위함이다. Fig. 3은 프로젝트 관리모듈을 개발하기 위한 개발개념도라 할 수 있으며, 전체 시스템에서의 각 모듈 간 데이터의 연계 및 시스템 스키마(schema)에 대한 모든 내용이 표현된 그림이다.

프로젝트 관리모듈을 포함한 시스템을 구성하는 모듈이 기능을 수행하는데 소요되는 정보는 Fig. 3과 같다. 사용자가 프로젝트 개요, 지열정설계내용, 케이싱 제원, 시추도구정보 및 시스템 환경설정에 대한 내용을 정의하여 직접입력하고, 프로젝트 관리체계와 같은 정보는 초기설정 값으로 저장된다. 공정관리 모듈 및 비용관리 모듈에서는 이를 바탕으로 각 목적에 맞는 스프레드시트(spread sheet)를 생성하게 된다. 각 모듈 모두 지열정 설계입력내용을 바탕으로 설계구간이 구분되며, 설계구간별로 초기 설정 값에 저장되어 있는 작업분류체계 및 비용계정이 각각 공정관리시트와 비용관리시트에 연계된다. 그러나 초기 설정 값은 관리의 기준을 제시하는 정보로서 프로젝트에 따라 변동이 발생할 수 있기 때문에 사용자는 이를 고려하여 공정 및 소요비용계정을 수정할 수 있다.

각 모듈의 관리시트가 완성되면, 사용자는 세분화된 관리단위별로 비용 및 수량, 작업소요일수를 입력한다. 비용의 경우 소요되는 비용계정항목의 견적이나 구매비용으로 입력할 수 있으나 작업소요일수 예측의 경우, 경험적 지식이 부족한 사용자라면 곤란하게 되므로 별도로 작업환경에 따른 시추굴진속도(Rate of Penetration; ROP)를 산정할 수 있는 시트를 제공할 수 있게 하였다. 상기 과정에 따라 생성된 비용 및 공정에 대한 데이터는 데이터 연산과정을 통해 분석 및 집계가 되며, 프로젝트 정보분석 모듈 및 2D기반 시각화 모듈과 정보가 연계되어 사용자에게 제공되게 된다.

다음 Fig. 4는 개발된 프로젝트 관리모듈의 사용자 인터페이스에 대한 내용이다.

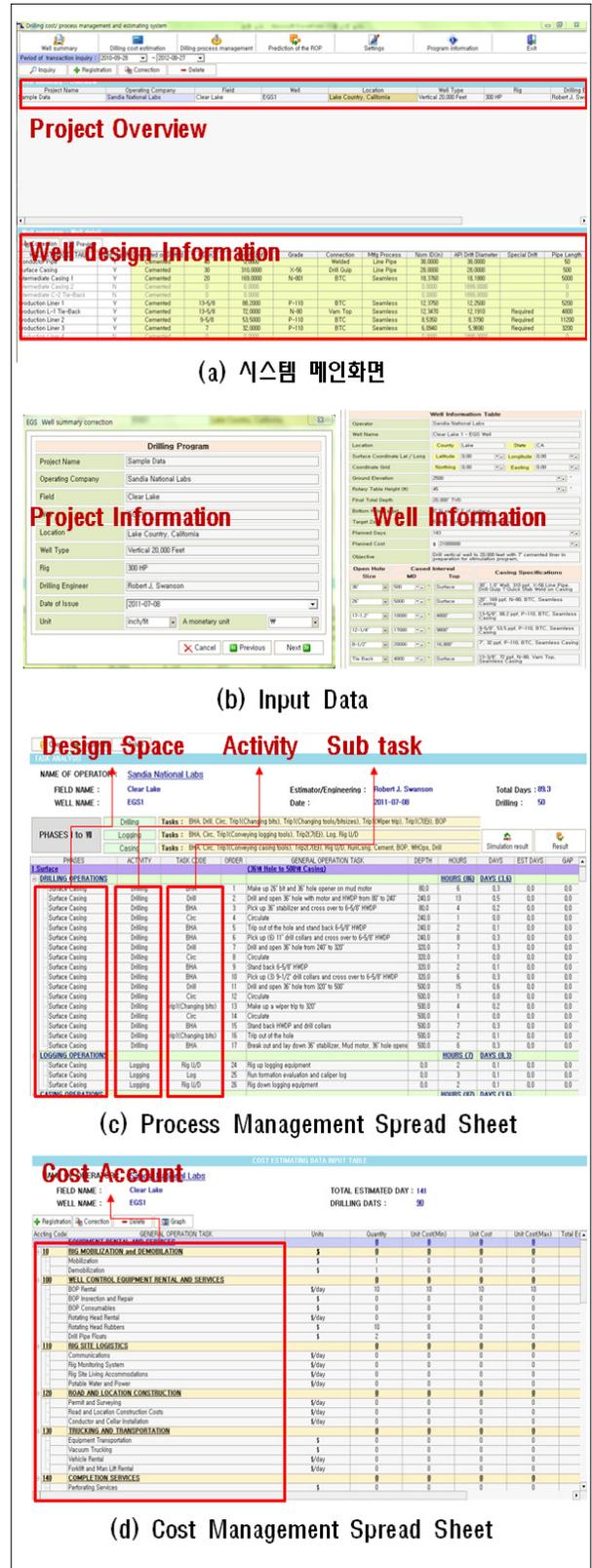


Fig. 4 프로젝트 관리모듈 인터페이스

### 3.2 2D기반 시각화 모듈 개발

프로젝트 관리에 있어 시각화는 최근 큰 이슈가 되고 있으며, 프로젝트 관리정보의 시각화는 관리자가 프로젝트에 대한 이해를 쉽게 하고, 각 시공주체 간 협업을 유도할 수 있으며, 공사수행 진도를 한눈에 파악하게 함으로써 공정관리 및 자원관리를 효율적으로 수행할 수 있다.

본 연구에서는 지열정구축공사의 진도관리를 시각화하기 위하여 다음 Fig. 5와 같은 알고리즘을 설계하여 개발 하였다.

먼저, 지열정 설계내용을 바탕으로 설계된 구간을 인식하여 선(line)을 기반으로 하여 표현되는 2차원 지열정 설계도를 그린다. 이때, 각 구간별로 지열정의 직경 및 깊이 정보는 프로젝트마다 상이하나, 본 연구에서는 어느 프로젝트라도 일정한 구간별 2D 설계가 수행되도록 설정하였다. 이는 실제 스케일에 따라 2D 설계가 수행되면 폭에 비하여 깊이 값이 매우 크므로 한눈에 보기가 쉽지 않고, 폭/깊이의 비율이 작아질수록 가느다란 실과 같은 형상으로 설계되기 때문이다. 사용자가 한눈에 보기 용이한 스케일을 사전에 정의하였으

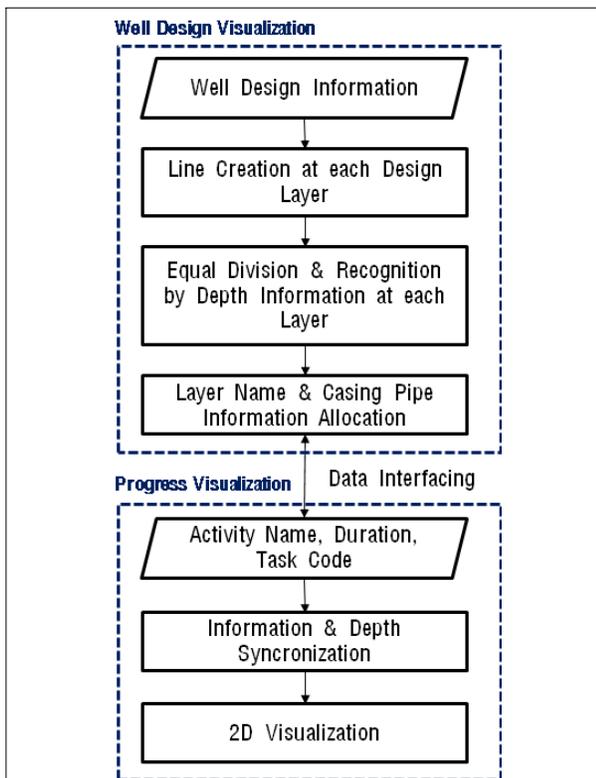


Fig. 5 2D 진도시각화 알고리즘

며, 구간별 실제 설계정보는 텍스트로 사용자에게 제공하면 문제가 쉽게 해결될 수 있다. 따라서 2D기반 지열정 설계내용이 시각화된 내용에 각 설계구간별 명칭과 케이싱 파이프 제원 정보가 동기화 되도록 시스템을 구성하였다.

그리고 상기와 같이 2차원으로 지열정 설계내용이 시각화 되면, 지열정구축공사의 진도정보 즉, 작업명칭과 해당 작업 수행깊이가 일치화 되도록 (각 구간별 선의 길이(cm)\*100/실제 설계 깊이(m))로 화면상 단위미터가 인식되도록 하였다. 이를 기반으로 프로젝트관리모듈에서 작업과제(activity), 작업일정(duration) 및 작업과제 일정에 따른 해당 깊이정보를 2D 설계내용과 동기화하여 작업과제에 따른 진도를 시각화 하였다.

다음 Fig. 6은 2D기반 시각화 모듈의 개발내용을 보여준다.

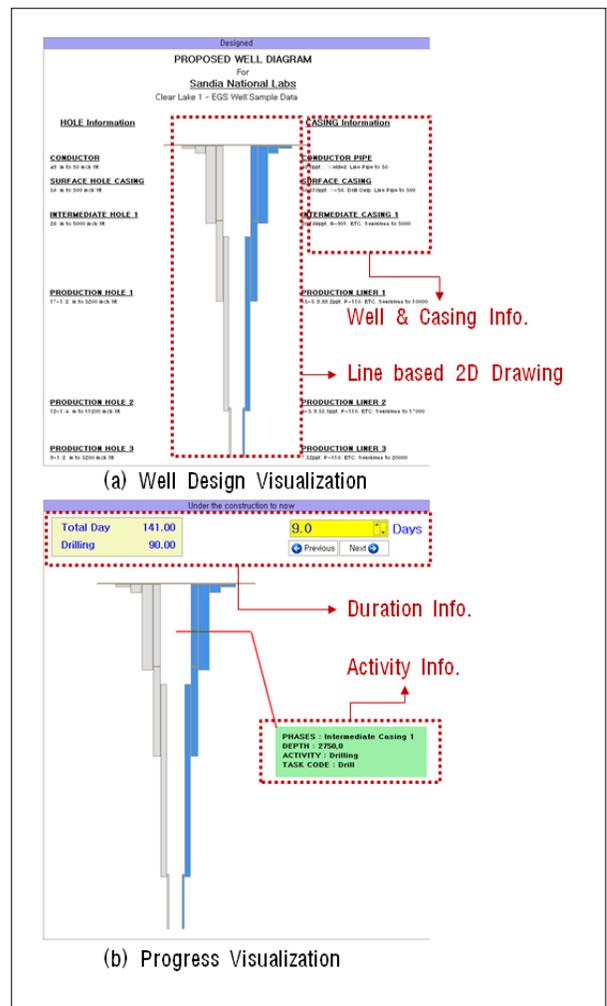


Fig. 6 2D 기반 시각화 모듈

### 3.3 프로젝트 정보분석 모듈 개발

프로젝트 정보분석 모듈은 프로젝트 관리모듈에서 기록된 공정 및 비용에 대한 정보를 분석 및 집계하여 사용자의 정보 제공요구(query)에 따라 보기 쉽게 결과를 제공하는 역할을 한다. 즉, 공정 및 비용관리 시트에 입력된 정보데이터를 인식하여 사용자가 요구하는 명령에 따라 데이터 프로세싱 및 출력이 수행된다.

본 시스템에서는 사용자가 요구하는 명령이라 할 수 있는 데이터 출력 방안을 비용과 공정데이터 모두 설계구간 및 수행 작업별 결과 집계표, 각각의 수행 작업별 결과값 혹은 전체 소요 값 대비 각 작업별 소비비율에 대한 그래프, 그리고 지열정 설계깊이에 따른 공정 및 비용 누적 그래프 등의 다양한 방식으로 제공되도록 하였다.

다음 Fig. 7은 비용 및 공정관리내용에 대하여 본 프로젝트 정보 분석 모듈을 통해서 사용자가 정보를 제공받을 수 있는 방법에 대한 내용이다.

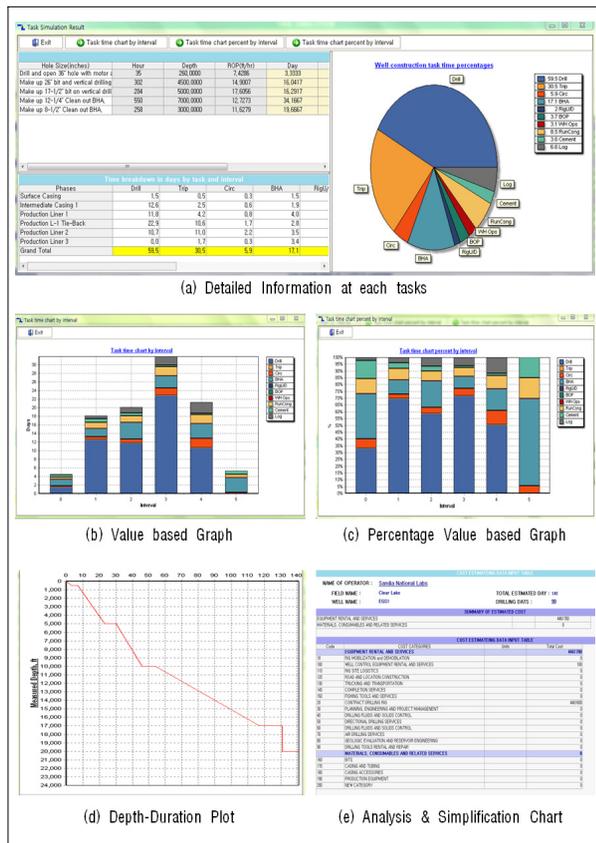


Fig. 7 프로젝트 정보분석 모듈의 기능

### 4. 결론

EGS를 포함한 지열발전기술은 대심도 시추공사 및 지열 저류층 형성과정에서 수많은 리스크와 고도의 기술이 뒷받침 되기 때문에 프로젝트를 효율적으로 기획하고 관리하기 위해서는 프로젝트에 대한 경험적 지식이 뒷받침 되어야 한다. 본 연구에서는 국내를 포함한 대부분의 국가에서 심부지열발전의 지열정구축공사에 대한 경험적 지식이 부족한 점을 고려하여 이를 보완하고, 프로젝트를 체계적이고 효율적으로 진행될 수 있도록 하는 프로젝트 관리시스템의 개발내용에 대하여 소개하였다.

먼저, 프로젝트 관리시스템의 설계 및 모듈구성의 기준이 될 수 있는 프로젝트 관리체계를 구축하기 위하여 Thermasource사의 데이터 및 Well cost 모델, 기타 사례연구를 참조하여 경험적 지식이 부족한 점을 보완하였다. 그리고 프로젝트 관리모듈, 2D기반 시각화 모듈 및 프로젝트 정보분석 모듈로 구성된 시스템을 설계하여 델파이 프로그래밍 기술을 통해 구축함으로써 시스템을 완성하였다.

본 연구개발 내용은 국내 EGS 지열발전의 도입과 함께 검증 및 수정이 진행될 것이다. 또한 보다 능동적인 의사결정을 지원하는 시스템으로 발전시킨다면, 향후 국내 EGS 지열발전의 타당성 검토 뿐만 아니라 사업을 촉진시키는데 기여할 수 있을 것이다. 그리고 세계적으로 지열발전 프로젝트의 관리시스템 개발기술에 있어 기술력을 선점할 수 있을 것으로 기대된다.

### 후 기

본 연구는 한국에너지기술평가원 지식경제 기술혁신사업의 일환으로 수행되었습니다. (과제번호: 2010T100200494)

### References

[1] 이봉희, 2005, "WBS(Work Breakdown Structure)를 이용한 일정관리 방안", 대한 전기협회 전기저널 통권 제 338호, pp. 80-90.

- [2] Bloomfield, K. K. and Laney, P. T. 2005, "Estimating Well Costs for Enhanced Geothermal System Applications", Report of Idaho National Laboratory.
- [3] Finger, J. and Blankenship, D. 2010, "Handbook of Best Practices for Geothermal Drilling", Sandia Report, SAND2010-6048, Sandia National Laboratories.
- [4] Polsky, Y., Capuano, J. L., Finger, J., Michael, H., Knudsen, S., Chip, A. J., Mansure, Raymond, D., Swanson, R. 2008, "Enhanced Geothermal Systems(EGS) Well Construction Technology Evaluation Report", Sandia Report, SAND2008-7866, Sandia National Laboratories.

---

**김 광 영**



1997년 서울대학교 자원공학과 공학사  
1999년 서울대학교 자원공학과 공학석사  
2007년 서울대학교 지구환경시스템 공학부  
공학박사

현재 한국건설기술연구원 Geo-인프라연구실 수석연구원  
(E-mail : kimky@kict.re.kr)

---

**이 승 수**



2006년 경희대학교 토목공학과 공학사  
2009년 한양대학교 토목공학과 공학석사

현재 한국건설기술연구원 Geo-인프라연구실 전임연구원  
(E-mail : sslee@kict.re.kr)